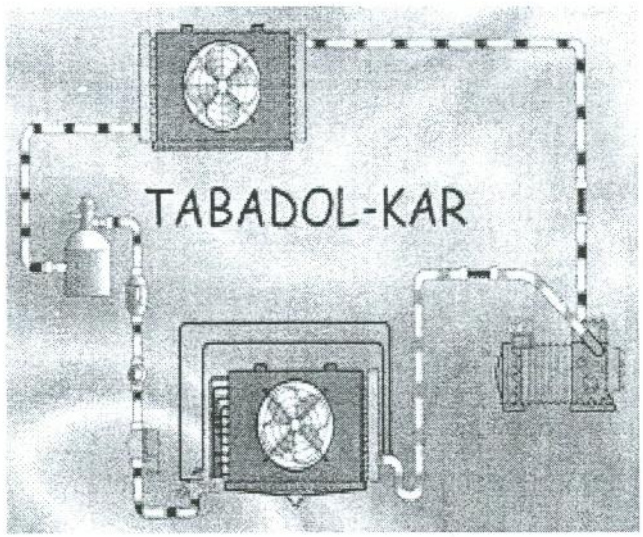
دوره تخصصی سیستمهای برودتی

شرکت صنعتی تبادل کار



تهیه و تدوین :

زاره انجرقلی

B.Sc.,M.Sc.,DUCL,M.Inst.R., AMIMechE , AM.ASHRAE

عضو انیستیتو تبرید انگلستان

عضو انیستیتو تعمیر کاران تبرید انگلستان

عضو انیستیتو مهندسین مکانیک انگلستان

عضو ASHRAE آمریکا

دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره اتجرقلی

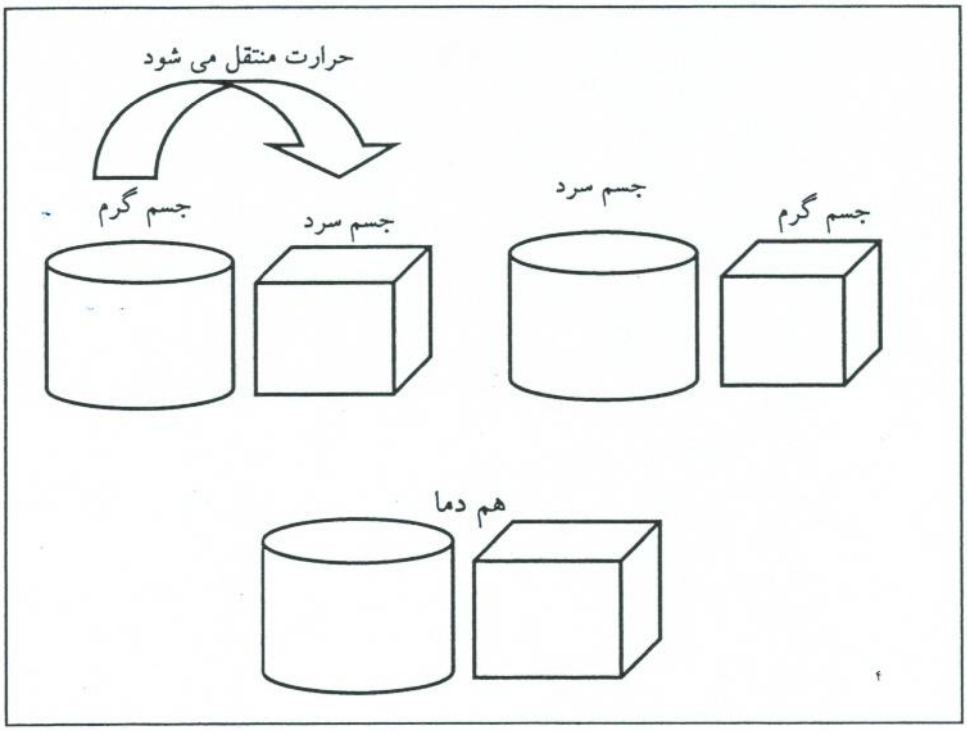
مطالب مورد بحث

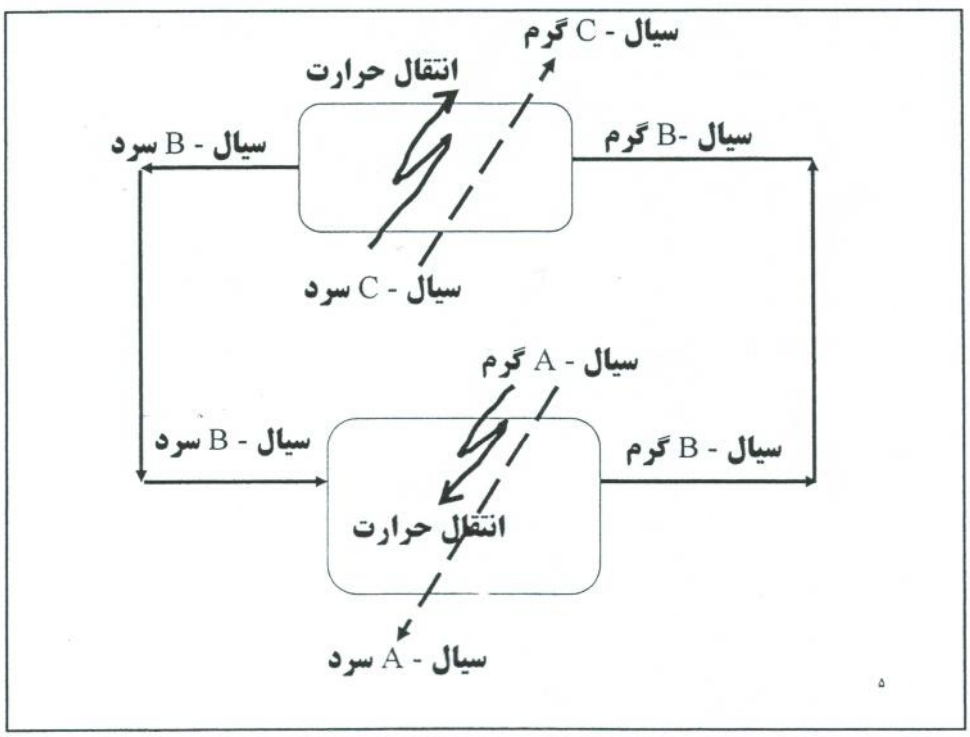
۱-آشنائی با سیستم تبرید تراکمی
۲- ایمنی
۳ -نکات نصب کاندنسر
٤ - کنترل فشار کاندنسر
۵ - مبردها - خواص و خطرات
۶- آشنائی با قطعات دیگر
۷ - حفاظت کمپرسور
۸- کارکرد شیر انبساط ترموستاتیکی
۹ - روشهای لوله کشی
۱۰- کنترل ظرفیت
۱۱- کمپرسورهای موازی
۱۲-وکیوم
۱۳- تست ازت و وکیوم
۱٤- تعویض فیلتر ها
۱۵- تخلیه و افزایش روغن
۱۶- نکات تابلو برق
۱۷- چکهای ضروری در راه اندازی
۱۸- عیب یابی

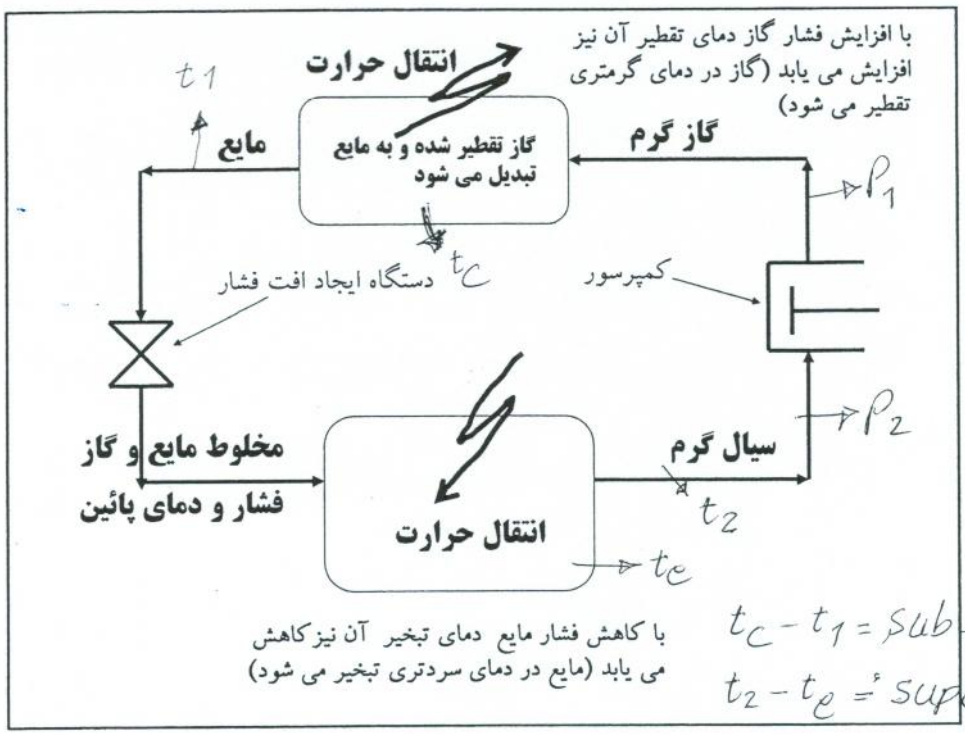
۲

نبود گرما = سرما

۳


حرارت منتقل می شود
جسم گرم
جسم سرد
جسم سرد
جسم گرم
هم دما


سیال - C گرم
انتقال حرارت
سیال - B سرد
سیال -B گرم
سیال - C سرد
سیال - A گرم
سیال - B سرد
سیال - B گرم
انتقال حرارت
سیال - A سرد



- با افزایش فشار گاز ، دمای تقطیر آن افزایش می یابد یعنی در دمای بالاتری به مایع تبدیل می شود. کمپرسور فشار گاز را افزایش داده و در نتیجه دمای تقطیر آن نیز افزایش می یابد و در کاندنسر با دمائی که در دسترس داریم (هوای محیط یا آب) به مایع تبدیل می شود.

- با کاهش فشار مایع، دمای جوش (تبخیر) آن کاهش می یابد. بعد از دستگاه انبساط فشار مایع کاهش یافته و دمای جوش (تبخیر) آن نیز کاهش می یابد یعنی در دمای پائینتری مایع تبخیر می شود. با گرفتن حرارت از سیال خنک شونده، مایع در اواپراتور تبخیر شده و چون سیال خنک شونده حرارت خود را از دست می دهد سرد می شود.

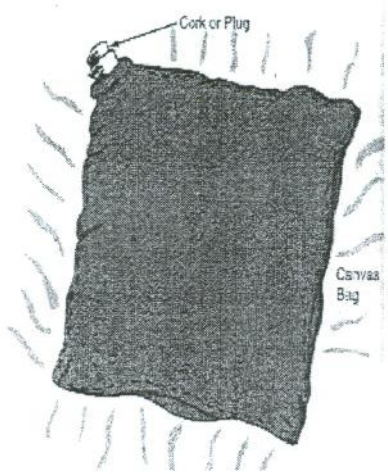
جدول فشار و دمای آب

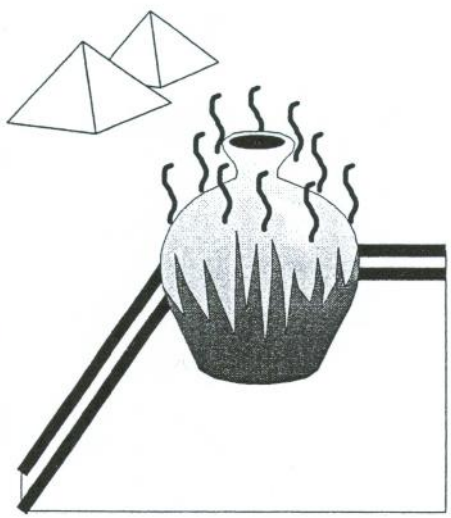
فشار مطلق (bar)	نقطه جوش °C
1.012	100
0.794	93.3
0.517	82.2
0.326	71.1
0.199	60
0.153	54.4
0.087	43.3
0.048	32.2
0.025	21.1
0.012	10
0.009	5.6
0.007	2.2
0.006	1.1
0.006	0
0.005	-1.1
0.003	-6.7
0.002	-12.2

با کاهش فشار دمای جوش (تبخیر) کاهش می یابد

۸

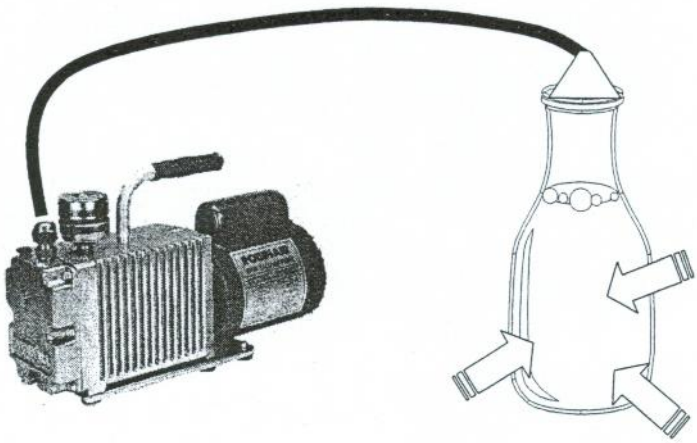
در اثر تبخیر سیال حرارت جذب می شود



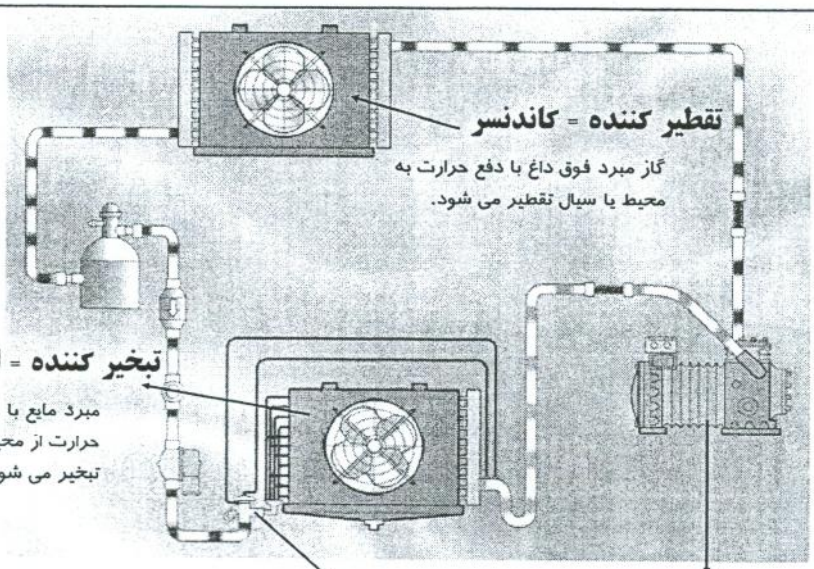


۹

در اثر تبخیر سیال حرارت جذب می شود



۱۰



تقطیر کننده = کاندنسر

گاز مبرد فوق داغ با دفع حرارت به محیط یا سیال تقطیر می شود.

تبخیر کننده = اواپراتور

مبرد مایع با جذب حرارت از محیط یا سیال تبخیر می شود.

کمپرسور

۱- گاز مبرد را در مدار جریان می دهد.

۲- فشار\گاز مبرد را افزایش داده تا در کاندنسر در دمای محیط تقطیر شود.

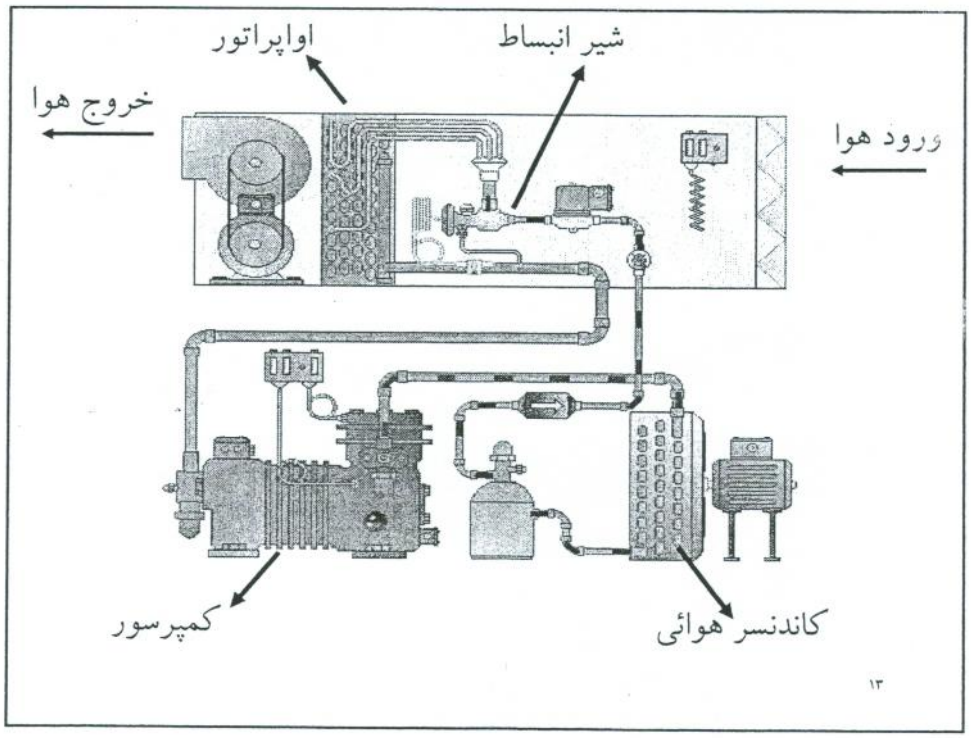
شیر انبساط

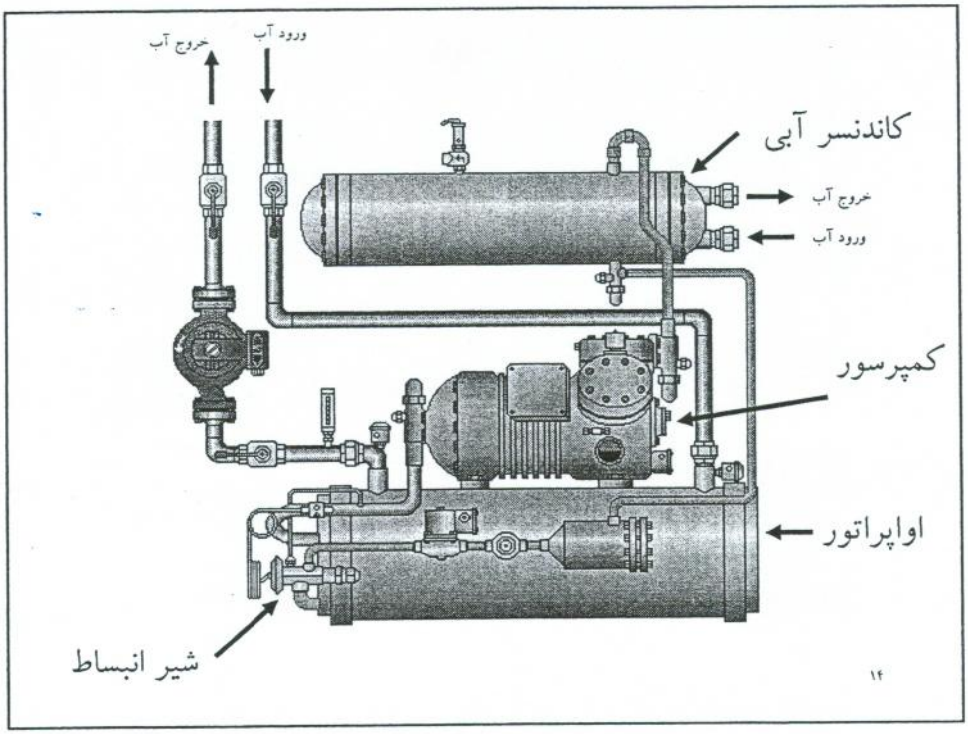
۱- ایجاد افت فشار که باعث افت دما می شود.

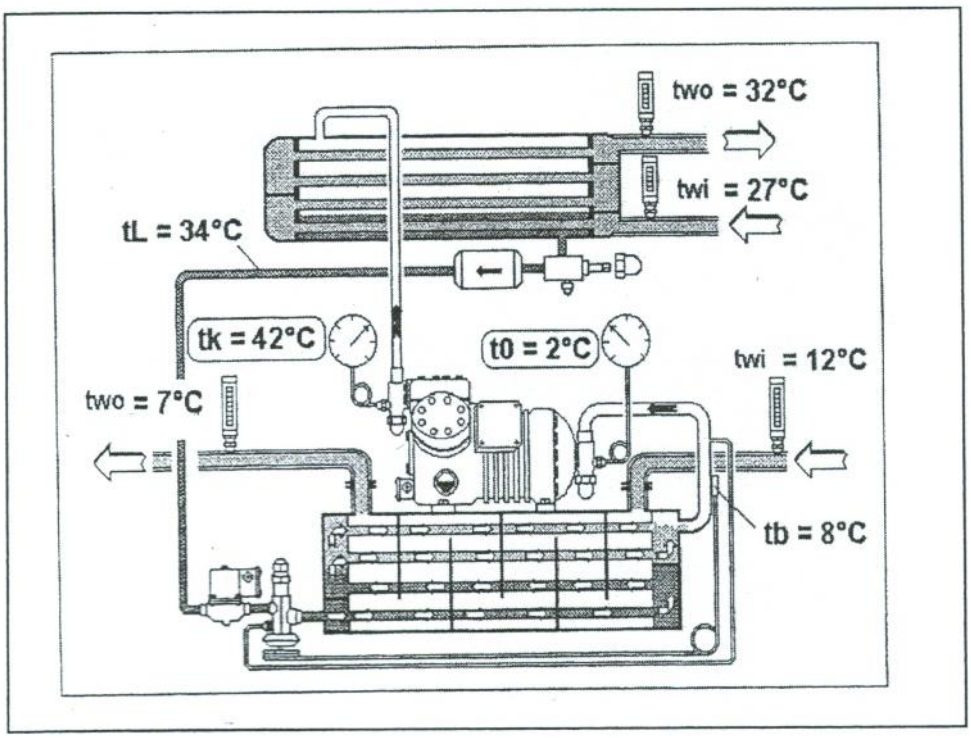
۲- تنظیم مقدار مبرد عبوری به اواپراتور بر اساس مقدار سوپر هیت گاز خروجی از اواپراتور.

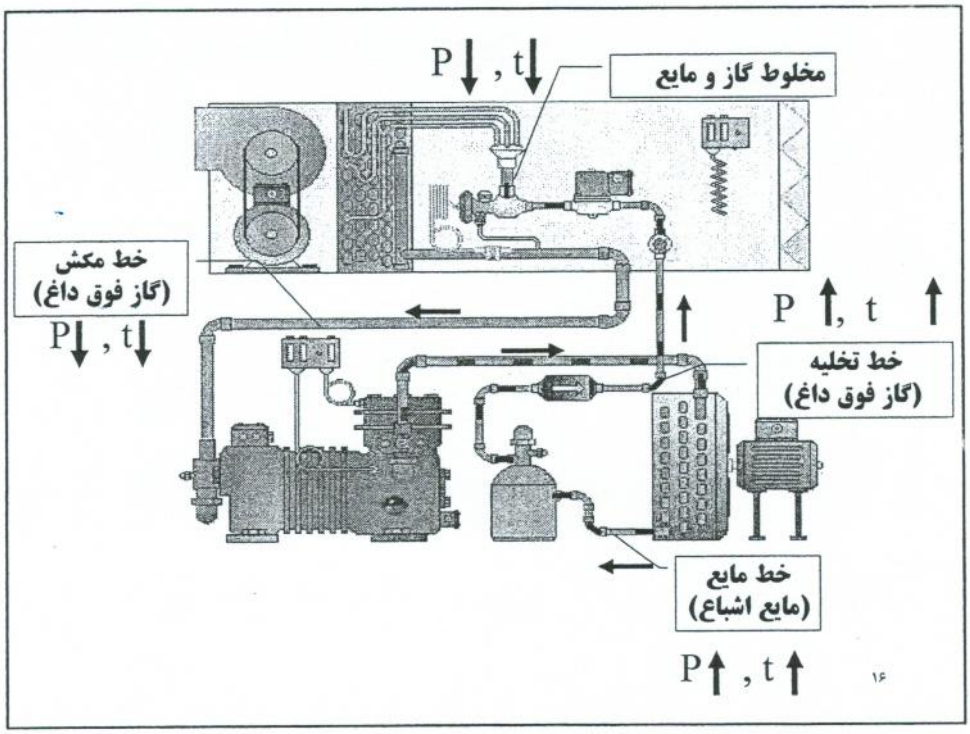
کارکرد سیستم تبرید تراکمی

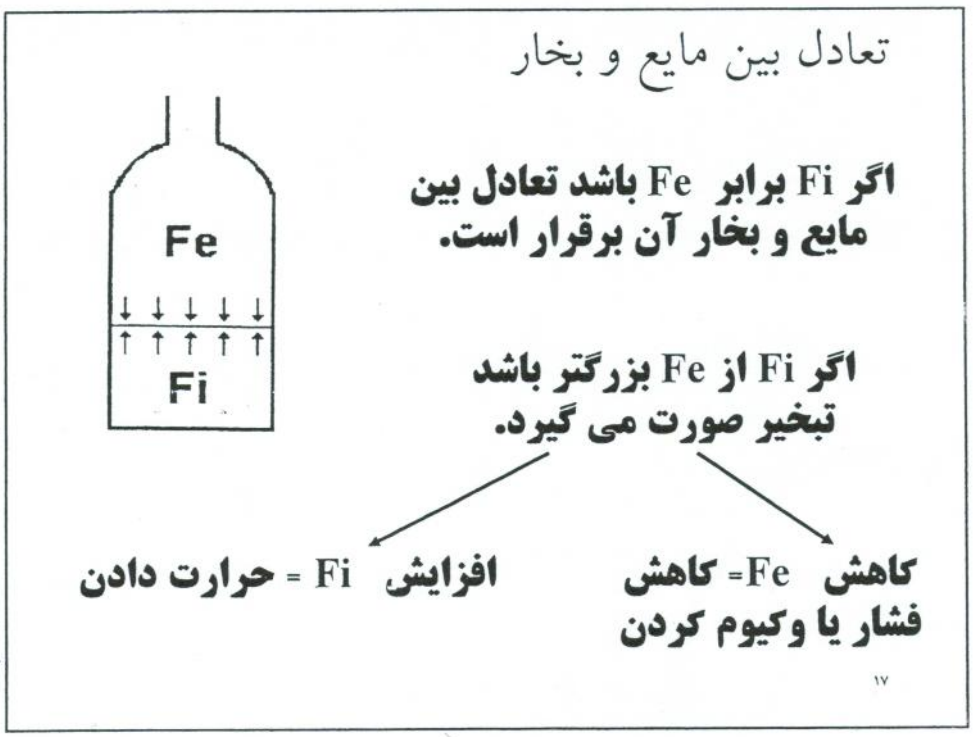
کمپرسور گاز مبرد را در سیستم جریان داده و فشار گاز را افزایش می دهد. چون فشار گاز افزایش یافته است لذا گاز مبرد در مبدل حرارتی (کاندنسر) در دمای محیط (یا دمائی که در دسترس است) تقطیر شده و به مایع تبدیل می شود. این مایع فشار بالا از کاندنسر خارج شده و به شیر انبساط می رسد. شیر انبساط (یا لوله موئی) افت فشار شدید در مسیر این مایع ایجاد کرده و لذا فشار مایع کاهش یافته و در نتیجه دمای آن نیز کاهش می یابد. در اثر این افت فشار مقداری از مبرد مایع به گاز تبدیل شده و مخلوط گاز و مایع مبرد وارد مبدل (اواپراتور) می شود. در اواپراتور گرمای سیال خنک شونده به مایع مبرد منتقل شده و چون فشار این مایع پائین است لذا در دمای پاینتری تبخیر می شود (در دمائی که نیاز است). وقتی مبرد مایع تبخیر می شود گرمای نهان خود را از دست داده و لذا حرارت زیادی را از سیال خنک شونده دریافت می کند. سیال خنک شونده نیز چون حرارت خود را از دست داده است سرد می شود. کمپرسور مبرد تبخیر شده در اواپراتور را مکش کرده و مجددا در سیکل جریان می دهد.



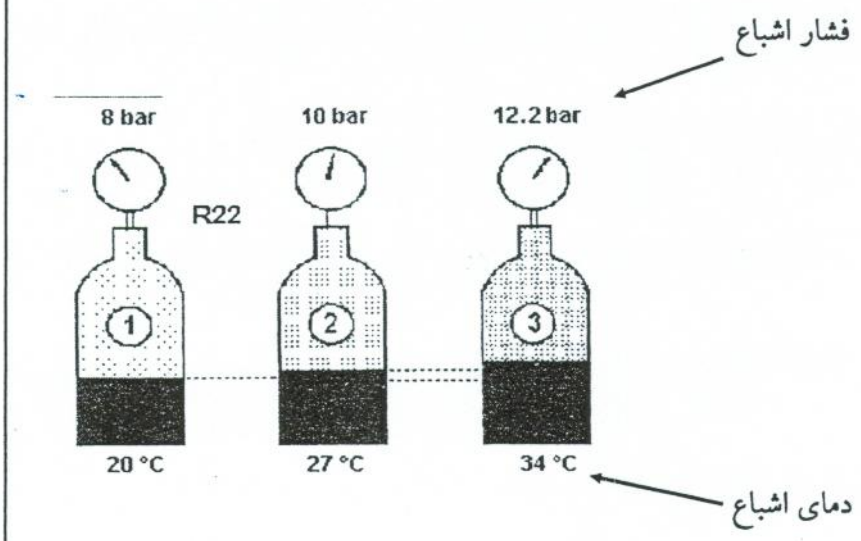

خروج آب
ورود آب
کاندنسر آبی
خروج آب
ورود آب
کمپرسور
اواپراتور
شیر انبساط
۱۴


two = 32°C
twi = 27°C
tL = 34°C
tk = 42°C
t0 = 2°C
twi = 12°C
two = 7°C
tb = 8°C


P↓ , t↓
مخلوط گاز و مایع
خط مکش
(گاز فوق داغ)
P↓ , t↓
P↑, t↑
خط تخلیه
(گاز فوق داغ)
خط مایع
(مایع اشباع)
P↑ , t↑
۱۶


تعادل بین مایع و بخار
Fe
Fi
اگر Fi برابر Fe باشد تعادل بین
مایع و بخار آن برقرار است.
اگر Fi از Fe بزرگتر باشد
تبخیر صورت می گیرد.
کاهش Fe= کاهش
فشار یا وکیوم کردن
افزایش Fi = حرارت دادن
۱۷

فشار و دمای اشباع



۱۸

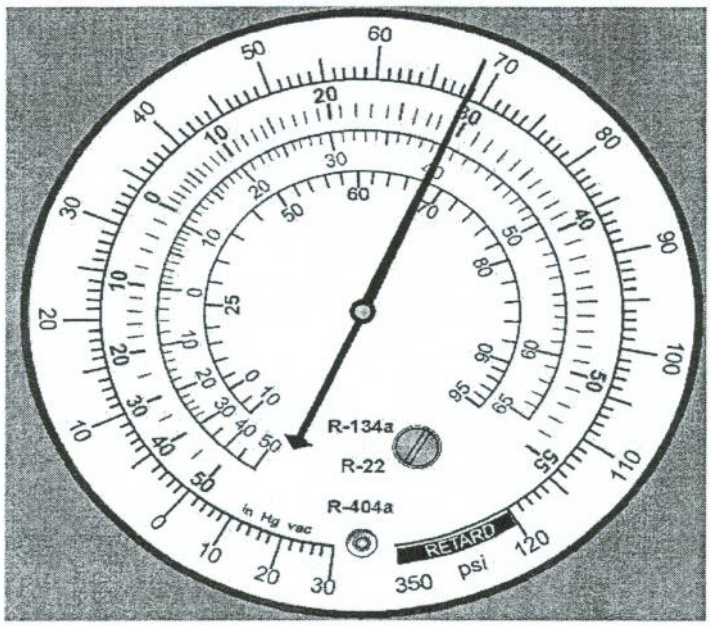
جدول فشار و دمای اشباع مبرد

Temperature °C	Absolute pressure, bar R11	R12	R13	R22	R502	R717
−60		0.226	2.799	0.378	0.433	
−55		0.300	3.438	0.498	0.637	
−50	0.027	0.392	4.182	0.647	0.820	0.409
−45	0.037	0.504	5.039	0.830	1.042	0.545
−40	0.051	0.642	6.022	1.052	1.309	0.718
−35	0.069	0.807	7.139	1.318	1.626	0.932
−30	0.093	1.004	8.403	1.635	1.998	1.196
−25	0.122	1.237	9.825	2.088	2.433	1.516
−20	0.158	1.509	11.416	2.444	2.937	1.902
−15	0.203	1.826	13.188	2.951	3.515	2.365
−10	0.257	2.191	15.154	3.534	4.174	2.908
−5	0.323	2.610	17.327	4.202	4.922	3.552
0	0.402	3.086	19.723	4.963	5.764	4.295
5	0.495	3.626	22.356	5.823	6.708	5.161
10	0.605	4.233	25.243	6.792	7.762	6.149
15	0.734	4.914	28.406	7.877	8.932	7.287
20	0.883	5.673	31.871	9.087	10.226	8.570
25	1.055	6.516	35.675	10.432	11.652	10.010
30	1.252	7.449	critical	11.921	13.219	11.670
35	1.476	8.477		13.562	14.936	13.500
40	1.731	9.607		15.365	16.812	15.540
45	2.018	10.840		17.341	18.859	17.820
50	2.340	12.190		19.499	21.087	20.330

۱۹

فشار در جدول فشار مطلق است
فشاری که از روی گیج میخوانیم
فشار سنجی است که با فشار جو
به جدول باید فشار سنجی را
به فشار مطلق تبدیل کنیم

دمای اشباع مبرد بر روی فشار سنج نیز نشان داده شده است



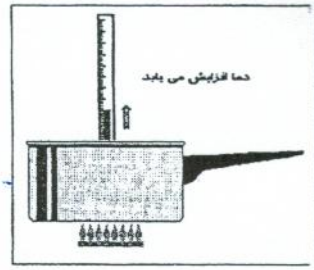
جدول فشار و دمای اشباع مبرد

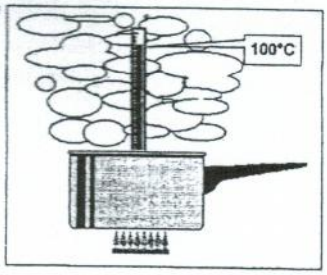
Temperature °C	Absolute pressure, bar					
	R11	R12	R13	R22	R502	R717
−60		0.226	2.799	0.378	0.433	
−55		0.300	3.438	0.498	0.637	
−50	0.027	0.392	4.182	0.647	0.820	0.409
−45	0.037	0.504	5.039	0.830	1.042	0.545
−40	0.051	0.642	6.022	1.052	1.309	0.718
−35	0.069	0.807	7.139	1.318	1.626	0.932
−30	0.093	1.004	8.403	1.635	1.998	1.196
−25	0.122	1.237	9.825	2.088	2.433	1.516
−20	0.158	1.509	11.416	2.444	2.937	1.902
−15	0.203	1.826	13.188	2.951	3.515	2.365
−10	0.257	2.191	15.154	3.534	4.174	2.908
−5	0.323	2.610	17.327	4.202	4.922	3.552
0	0.402	3.086	19.723	4.963	5.764	4.295
5	0.495	3.626	22.356	5.823	6.708	5.161
10	0.605	4.233	25.243	6.792	7.762	6.149
15	0.734	4.914	28.406	7.877	8.932	7.287
20	0.883	5.673	31.871	9.087	10.226	8.570
25	1.055	6.516	35.675	10.432	11.652	10.010
30	1.252	7.449	critical	11.921	13.219	11.670
35	1.476	8.477		13.562	14.936	13.500
40	1.731	9.607		15.365	16.812	15.540
45	2.018	10.840		17.341	18.859	17.820
50	2.340	12.190		19.499	21.087	20.330

اگر با فشار مکش دما پیدا شود، این دما دمای تبخیر در اواپراتور است

اگر با فشار تخلیه دما پیدا شود، این دما دمای تقطیر در کاندنسر است

تعاریف اساسی و مهم





دمای اواپراتور = دمای ثابتی که در آن دما مایع مبرد در فشار ثابت در اواپراتور به جوش می آید **te** .

فشار اواپراتور یا فشار مکش = فشار ثابتی که در آن فشار مایع مبرد در دمای ثابت در اواپراتور تبخیر می شود **Pe** .

دمای کاندنسر = دمای ثابتی که در آن دما گاز مبرد در فشار ثابت در کاندنسر تقطیر می شود **tc** .

فشار کاندنسر یا فشار تخلیه = فشار ثابتی که در آن فشار گاز مبرد در دمای ثابت در کاندنسر تقطیر می شود **Pc** .

۲۲

تعاریف اساسی و مهم

در عمل دو فشار قابل اندازه گیری است:

فشار اواپراتور Pe **و فشار کاندنسر** Pc

با اندازه گیری فشار ها به جدول مبرد رجوع می کنیم و برای هر فشار یک دما پیدا می شود.

دمائی که با فشار اواپراتور پیدا شد دمای اواپراتور te **است**

دمائی که با فشار کاندنسر پیدا شد دمای کاندنسر tc **است**

۲۳

انواع فشار

فشار سنج فشار نسبی را نشان می دهد یعنی فشار نسبت به اتمسفر.
فشار سنج در محیط آزاد فشار 0 bar را نشان می دهد در حالی که فشار محیط 1 bar مطلق است.

فشار سنج ---------- نسبی P(g)

مطلق P(a)

مطلق P(a) = نسبی P(g) + 1 bar

مطلق P(a) = نسبی P(g) + 14.5 Psi

۲۴

انواع فشار

اگر جدول فشار و دمای اشباع مبرد که در اختیار دارید بر حسب فشار مطلق باشد ، نمی توان فشار قرائت شده با فشار سنج که نسبی است در این جدول پیدا کرد. برای پیدا کردن فشار صحیح باید فشار نسبی را به فشار مطلق تبدیل کنید. اگر فشار جدول بر حسب bar است پس فشار قرائت شده بر حسب bar را با 1bar جمع کنید که به فشار مطلق تبدیل شود. اگر فشار جدول بر حسب Psi است پس فشار را بر حسب Psi قرائت کرده (که نسبی است) و با 14.5 Psi جمع کنید که فشار مطلق بدست آید. با این فشار مطلق به جدول رجوع کنید.

اگر فشار جدول بر حسب نسبی است پس با همان فشار قرائت شده از فشار سنج به جدول رجوع کنید.

۲۵

فشار و دمای اشباع

دما C°	فشار مطلق bar R12	فشار مطلق bar R134a
-60	0.226	0.163
-55	0.300	0.223
-50	0.392	0.299
-45	0.504	0.396
-40	0.642	0.516
-35	0.807	0.665
-30	1.004	0.847
-25	1.237	1.067
-20	1.509	1.330
-15	1.826	1.640
-10	2.191	2.007
-5	2.610	2.434
0	3.086	2.928
5	3.626	3.496
10	4.233	4.145
15	4.914	4.883
20	5.673	5.716
25	6.516	6.653
30	7.449	7.701
35	8.477	8.868
40	9.607	10.164
45	10.843	11.597
50	12.193	13.176

فشار سنج ---------- نسبی P(g)

مطلق P(a)

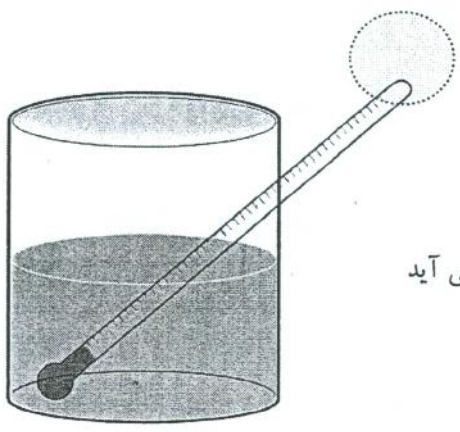
مطلق P(a) = نسبی P(g) + 1 bar

مطلق P(a) = نسبی P(g) + 14.5 Psi

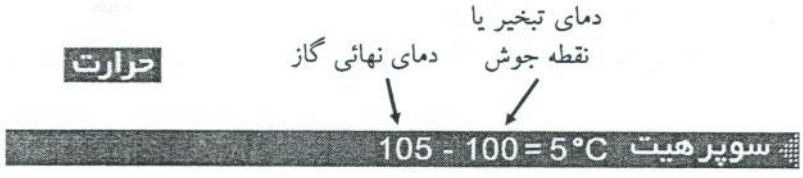
R134a ----- نسبی P(g) = **1 bar(g)**

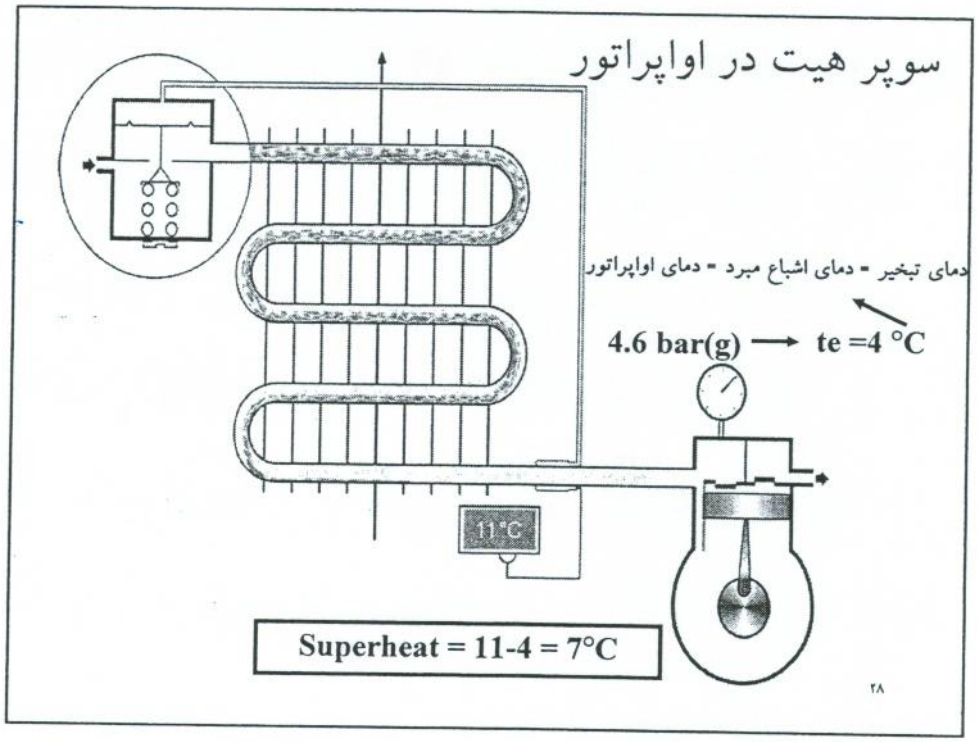
1 bar(g) + 1 bar = 2 bar (a)

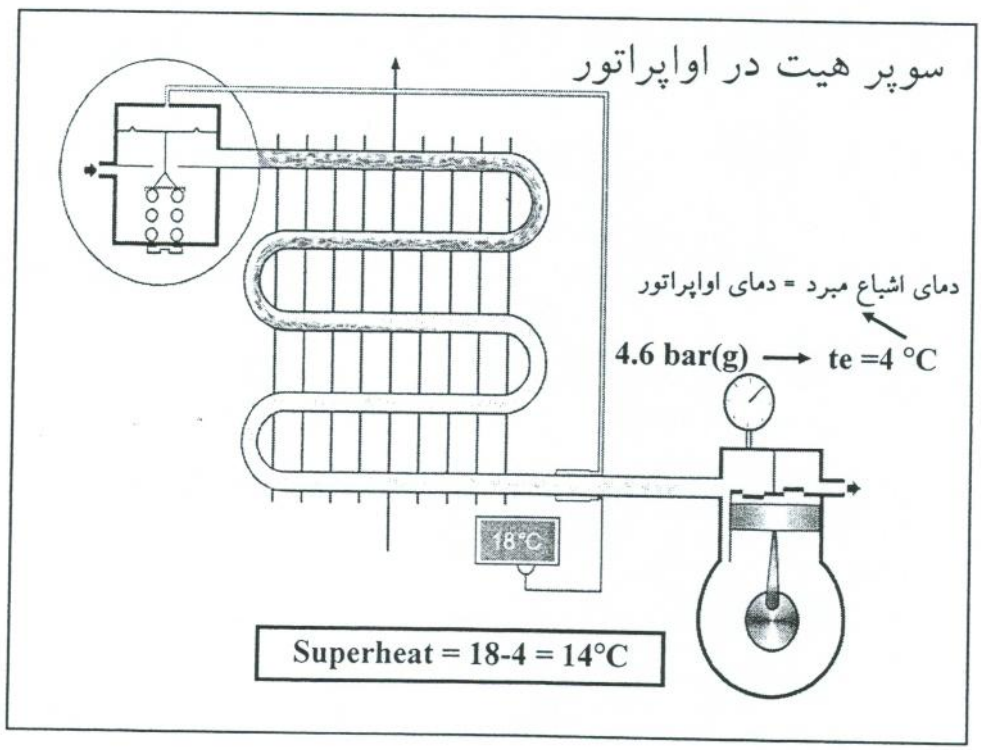
۲۶

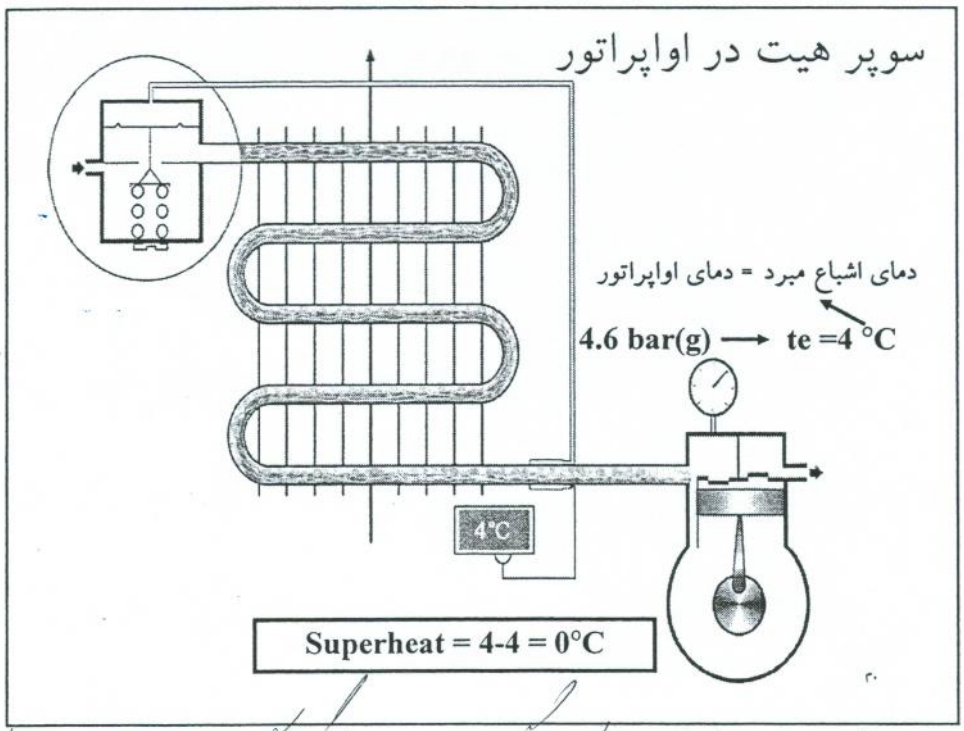


در **1 atm , 100°C** آب به جوش می آید

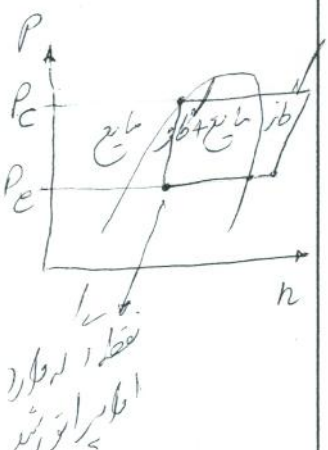



سوپر هیت در اواپراتور
دمای تبخیر - دمای اشباع مبرد = دمای اواپراتور
4.6 bar(g) ⟶ te =4 °C
11°C
Superheat = 11-4 = 7°C
۲۸


سوپر هیت در اواپراتور
دمای اشباع مبرد = دمای اواپراتور
4.6 bar(g) ⟶ te =4 °C
18°C
Superheat = 18-4 = 14°C



* حداقل Superheat 5°C را در نظر می گیریم، به علت اینکه کمپرسور دچار مشکل نشود.
* برای داشتن راندمان مناسب و افزایش عمر کمپرسور حداکثر Superheat 10°c را در نظر می گیریم.



تعریف سوپر هیت (فوق داغ)

اختلاف دمای گاز نهائی و دمای تبخیر سیال را سوپر هیت می گویند.

$$t - te = superheat$$

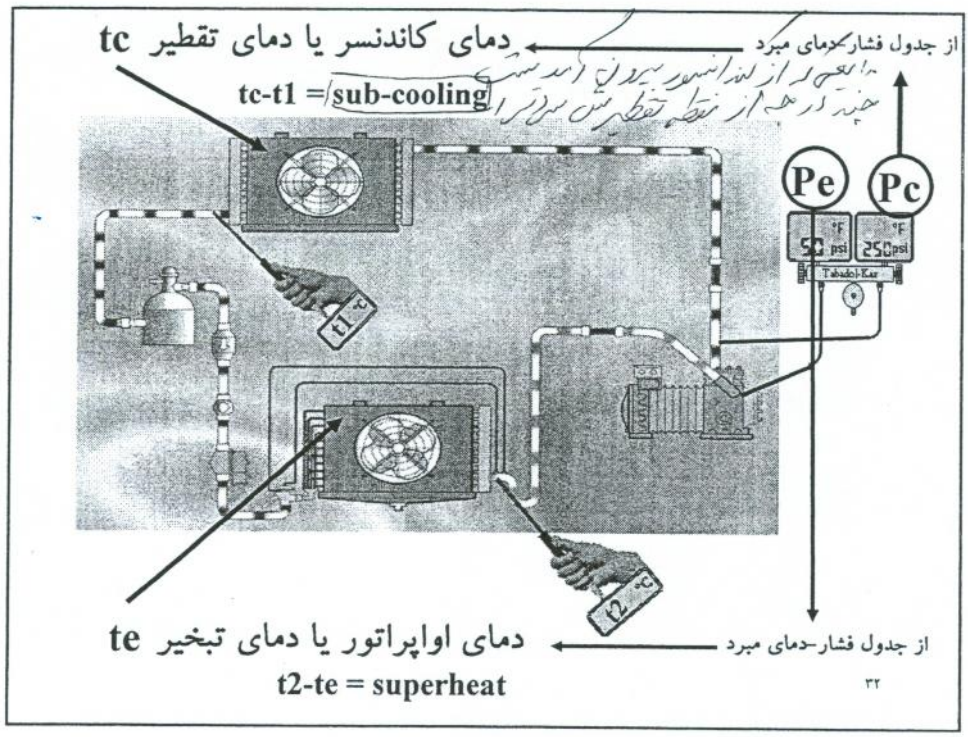
t: دمای گاز نهائی
te: دمای تبخیر یا دمای اواپراتور

تعریف سابکولینگ (مادون سرد)

اختلاف دمای تقطیر گاز و دمای نهائی مایع را سابکولینگ می گویند.

$$tc - t = sub\ cooling$$

tc: دمای تقطیر یا دمای کاندنسر
t: دمای نهائی مایع



اندازه گیری سوپر هیت

۱- فشار مکش را قرائت کنید.
۲- با فشار اندازه گیری شده به جدول فشار-دمای مبرد رجوع کنید و دمای اشباع آنرا پیدا کنید (دمای تبخیر یا دمای اواپراتور). توجه کنید که فشار نسبی و مطلق را اشتباه نکنید.
۳- دمای لوله خروجی از اواپراتور را اندازه بگیرید.
۴- دمای اندازه گرفته شده در مرحله ۳ را از دمای مرحله ۲ کم کنید. این اختلاف مقدار سوپر هیت است.

اندازه گیری سابکولینگ

۱- فشار تخلیه را قرائت کنید.
۲- با فشار اندازه گیری شده به جدول فشار-دمای مبرد رجوع کنید و دمای اشباع آنرا پیدا کنید (دمای تقطیر یا دمای کاندنسر). توجه کنید که فشار نسبی و مطلق را اشتباه نکنید.
۳- دمای لوله خروجی از کاندنسر را اندازه بگیرید.
۴- دمای اندازه گرفته شده در مرحله ۲ را از دمای مرحله ۳ کم کنید. این اختلاف مقدار سابکولینگ است.

Safety ایمنی

۱- به هیچ وجه گاز اکسیژن نباید وارد سیستم شود. گاز اکسیژن و روغن ترکیب شده و انفجار رخ می دهد. حتی با دستهای آلوده با روغن نباید به دستگاه جوشکاری اکسی- استیلن کار کرد.

۲- سیلندرهای اکسیژن و استیلن باید حتما به صورت عمودی حمل ، نگهداری و در محل کار قرار بگیرند.

۳- هر نوع سیلندر گاز تحت فشار را در مقابل تابش مستقیم آفتاب و یا در محیط خیلی گرم نگهداری و یا حمل نکنید.

٤- درپوش شیر تمامی سیلندهای تخت فشار را قبل از حمل ببندید. در غیر اینصورت اگر سیلندر به زمین بیفتد و شیر آن بشکند، سیلندر مانند بادکنک به حرکت در می آید و خسارات جانی و مالی شدیدی ایجاد خواهد کرد.

۵- برای شارژ مبرد به حالت گاز لازم است تا سیلندر مبرد را گرم کرد چون در اثر کاهش فشار سیلندر دمای مایع مبرد نیز کاهش می یابد و شارژ مبرد به صورت گاز امکان پذیر نخواهد بود. برای گرم کردن سیلندر مبرد هیچوقت از شعله مستقیم استفاده نکنید. سیلندر را درون یک سطل آبگرم تا حداکثر $30^{\circ}C$ قرار دهید.

Safety ایمنی

۶- هیچوقت سیلندر مبردی که مجهز به سوپاپ یکطرفه است با در آوردن سوپاپ اقدام به پر کردن آن نکنید.

۷- گاز مبرد از هوا سنگینتر است و در صورت نشتی در محیط به سطح پائینتری آمده و اکسیژن موجود در هوا را به سطح بالاتری منتقل می کند. اگر مقدار مبرد نشت کرده زیاد باشد امکان خفگی در محیط ایجاد خواهد شد.

۸- توجه شود که مبرد مایع با دست و یا صورت تماس پیدا نکند. تماس مبرد مایع با پوست باعث سوختگی می شود.

۹- در زمان شستشوی کاندنسر آبی با اسید از دستکش ، ماسک ، لباس و کفش مناسب استفاده شود.

۱۰- در هنگام تخلیه روغن کمپرسور توجه شود که شاید روغن حالت اسیدی داشته باشد لذا در این مواقع از دستکشهای مخصوص استفاده شود.

۱۱- قبل از روشن کردن هر سیستم برودتی باید اطمینان حاصل شود که شیر تخلیه (Discharge) کمپرسور باز است. در صورت بسته بودن این شیر در زمان استارت ، امکان انفجار کمپرسور وجود دارد.

Safety ایمنی

۱۲- قبل از روشن کردن کمپرسور اطمینان حاصل کنید که تمامی کنترلها در مدار باشند. کنترل Hi&Low و کنترل فشار روغن ، کنترل فلو سوئیچ برای چیلرهای آب- کنترل قطع و وصل فنهای کاندنسر هوائی (کنترلهای فشار).

۱۳- قبل از کار انگشتر ، دستبند ، گردنبند ، کراوت ، ساعت مچی ... خود را باز کنید. استفاده از این اقلام ممکن از خسارات جانی به همراه داشته باشد.

۱٤- برای بلند کردن اقلام سنگین به جای قدرت کمر از قدرت پاها استفاده کنید.

۱۵- به هیچ وجه به قطعات و دستگاههای در حال حرکت مانند شافت پمپ ، شافت فن ، پروانه ، تسمه و .... دست نزنید.

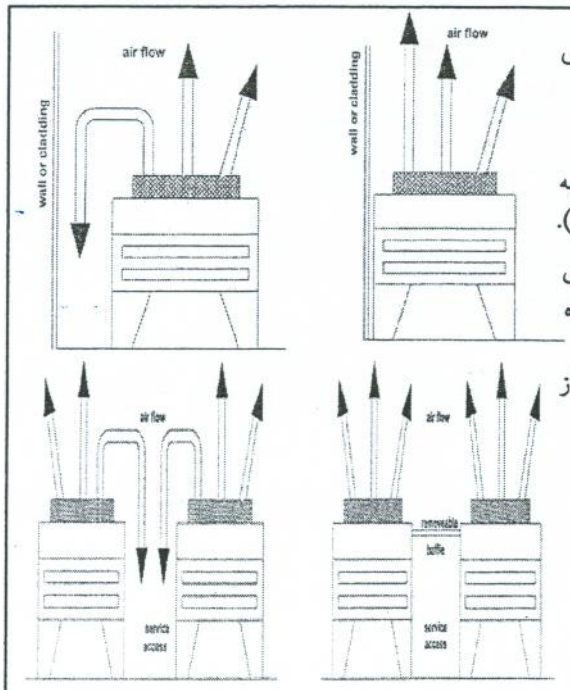
۱۶- به هیچ وجه تنهائی مشغول کار نشوید. همیشه به همراه یک همکار در محیط کار حاضر شوید تا در صورت بروز حادثه ، به کمک همدیگر اقدام نمائید.

۱۷- در زمان کار با وسایل برقی و تابلو برق شرایط ایمنی الکتریکی را به دقت رعایت کنید.

هیچوقت منتظر نباشید تا یکنفر دیگر شرایط ایمنی را برای شما فراهم کند. همیشه خود شما باید پیشقدم باشید و موارد ایمنی را چندین بار چک کنید.

! عاقبت بی احتیاطی !

انفجار کمپرسور



محل مناسب برای نصب کاندنسر هوائی

۱- هوای تازه باید به ورود کاندنسر به راحتی جریان یابد.

۲- هوای گرم خروجی از کاندنسر باید به راحتی در محیط تخلیه شود (بدون کانال).

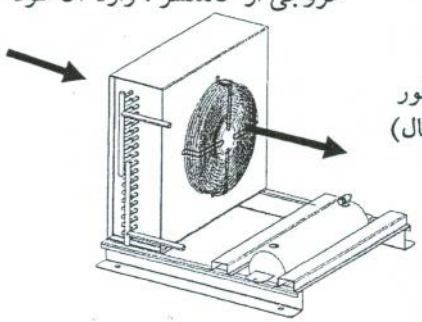
۳- محل نصب باید طوری باشد که هوای گرم خروجی از کاندنسر به ورود آن راه نیابد.

۴- بالای کاندسرهای افقی باید کاملا باز باشد

۳۸

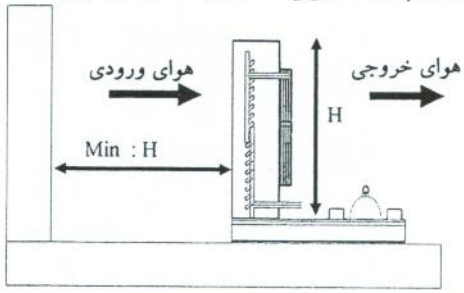
محل مناسب برای نصب کاندنسر هوائی

هوای محیط باید بدون اختلاط با هوای خروجی از کاندنسر ، وارد آن شود



هوای خروجی از کاندنسر باید به طور آزاد در محیط تخلیه شود (بدون کانال)

فاصله پشت تا دیوار حداقل به اندازه ارتفاع کاندنسر



کنترل فشار کاندنسر
Head Pressure Control

هر گاه فشار کاندنسر (Pc) به دلیل کاهش دمای محیط بیرون کاهش پیدا کند ، مشکلاتی برای سیستم ایجاد خواهد شد.

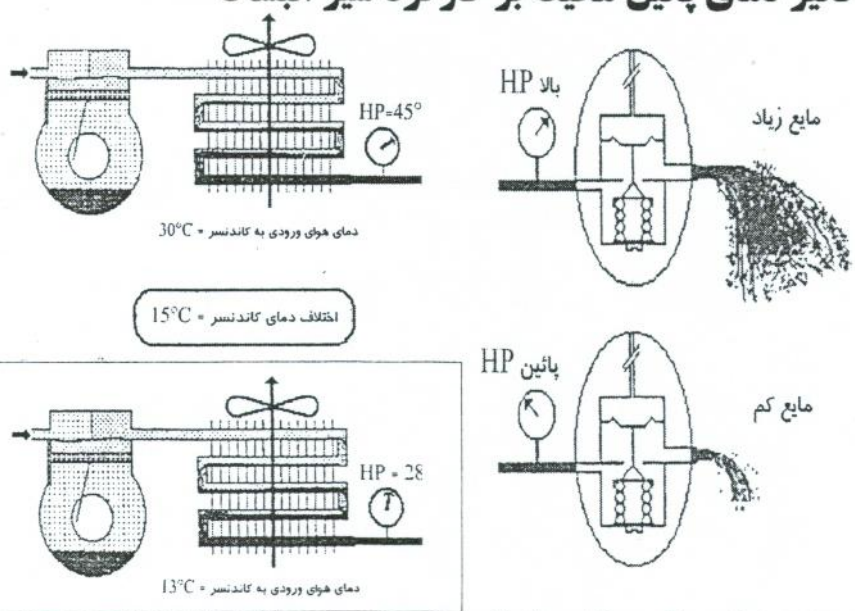
۱- در زمان کارکرد معمولی سیستم.

۲- در زمان شروع به کار کمپرسور.

مشکلات ایجاد شده در اثر تاثیر فشار کاندنسر بر روی کارکرد شیر انبساط است.

۴۰

تاثیر دمای پائین محیط بر کارکرد شیر انبساط



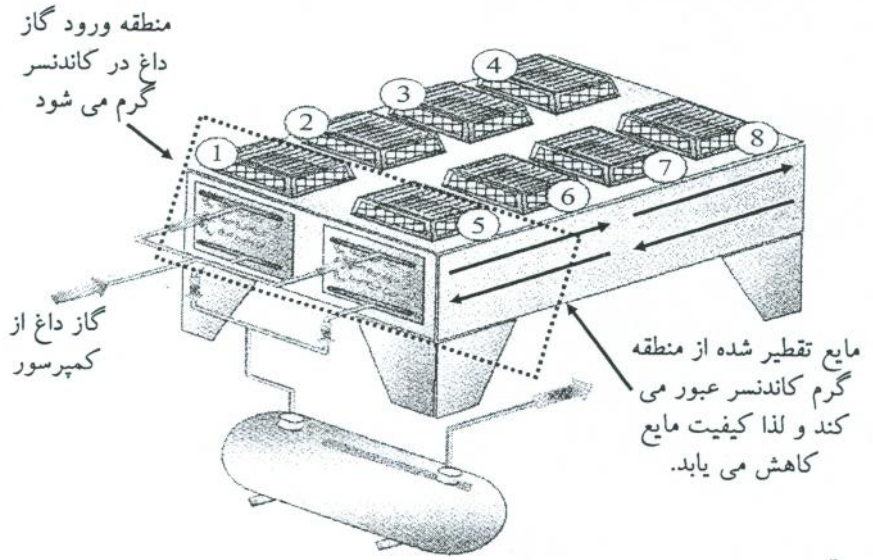
اگر HP خیلی پائین باشد ظرفیت برودتی شیر انبساط کاهش می یابد

تاثیر دمای پائین محیط بر کارکرد شیر انبساط

دستگاههای سیستم برودتی برای حداکثر دمای محیط بیرون طراحی و انتخاب می شوند. در شرایط دمای پائین محیط (مثلا زمستان و پائیز)، فشار کاندنسر کاهش می یابد و در نتیجه همان سوزن شیر انبساط مبرد کمتری از خود عبور می دهد. این امر باعث کاهش ظرفیت برودتی سیستم شده و فشار مکش کمپرسور کاهش می یابد. برای جلوگیری از این اشکال باید به یک روشی فشار کاندنسر را به حالت طراحی رساند. در کاندنسرهای هوائی می توان با خاموش و روشن کردن فنها و یا تغییر دور موتور فنها و در کاندنسر های آبی با کم کردن دبی آب کاندنسر این کار را انجام داد.

۴۲

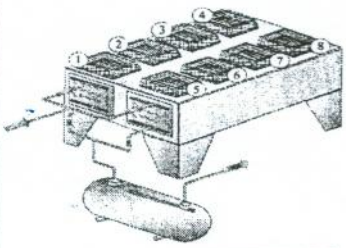
کنترل فشار کاندنسینگ – Head Pressure Control



۳

کنترل فشار کاندنسر در کاندنسر های هوائی – Head Pressure Control

خاموش و روشن کردن فنها



فنهائی که نزدیک به کلکتور ورودی کاندنسر قرار دارند باید در آخرین مرحله خاموش و در اولین مرحله روشن شوند.

کاندنسری که فنهای آن به صورت شکل روبرو است حتما باید به صورت زوج قطع و وصل شوند.

تنظیم اختلاف فشار روشن و خاموش شدن فنها باید طوری انجام گیرد که فنها به سرعت قطع و وصل نشوند.

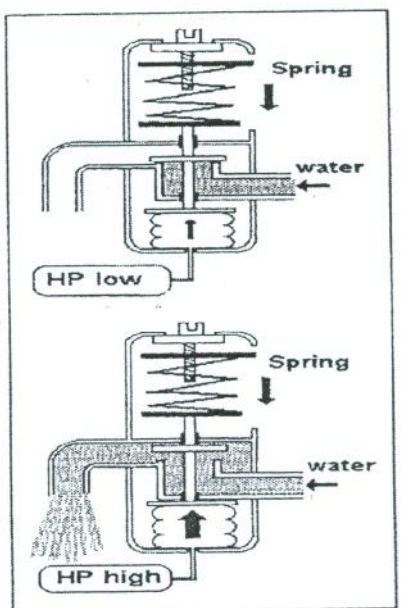
از سیستم کنترل سرعت الکتروموتور (فنها) نیز می توان استفاده کرد.سیستم تغییر دور موتور برای الکتروموتورهای سه فاز هزینه بالائی دارد.

خاموش شدن فنها
مرحله ۱ : فنهای 4 , 8
مرحله ۲ : فنهای 3 , 7
مرحله ۳ : فنهای 2 , 6
مرحله ٤ : فنهای 1 , 5

روشن شدن فنها
مرحله ۱ : فنهای 1 , 5
مرحله ۲ : فنهای 2 , 6
مرحله ۳ : فنهای 3 , 7
مرحله ٤ : فنهای 4 , 8

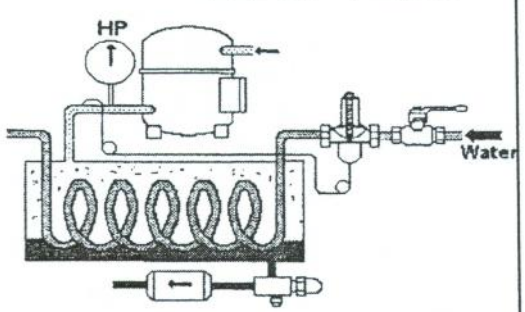
۴۴

کنترل فشار کاندنسر در کاندنسر های آبی – Head Pressure Control



با استفاده از شیر مخصوص ، دبی آب ورودی به کاندنسر آبی را تغییر می دهیم تا فشار کاندنسر در حد طراحی باقی بماند.

اگر آب کاندنسر از برج خنک کننده تامین می شود می توان فن برج را توسط یک ترموستات خاموش و روشن نمود ولی این کار در شرایط دمای پائین محیط خیلی موثر نیست.



Winter Start استارت در زمستان

وقتی که دمای محیط پائین باشد (زمستان) ، در زمان استارت کمپرسور فشار تخلیه پائین خواهد بود حتی اگر فنهای کاندنسر خاموش باشد. چندین ثانیه طول می کشد که فشار تخلیه کمپرسور بالا برود و در این زمان چون فشار تخلیه پائین است شیر انبساط مبرد کمتری به اواپراتور می فرستد و در نتیجه فشار مکش پائین می رود و کمپرسور توسط کنترل LP قطع می شود. این کار چندین بار تکرار می شود تا فشار تخلیه بالا رود. روشن و خاموش شدن متوالی کمپرسور ضرر زیادی به آن وارد می کند.

برای جلو گیری از این پدیده باید یک تایمر تاخیری در تایلو برق تعبیه شود. این تایمر فرمان کنترل LP را در حدود ۲۰ الی ۶۰ ثانیه از مدار خارج می کند و در نتیجه کمپرسور در این فاصله از پائین بودن فشار مکش قطع نمی کند.

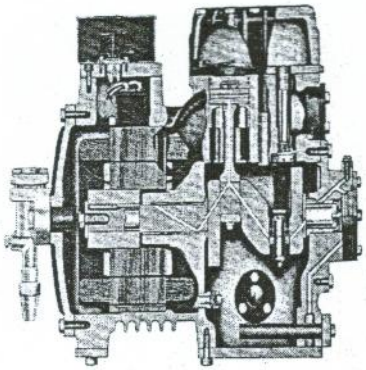
نکته مهم اینکه مدار برق باید طوری طراحی شود که اگر در زمان استارت کمپرسور واقعا مشکل LP وجود دارد مثل کمبود گاز، این تایمر در مدار قرار نگیرد و سیستم اصلا روشن نشود.

۴۶

مبردها
Refrigerants

۴۷

خواص یک مبرد خوب



- نقطه انجماد پائین داشته باشد.
- ضریب هدایت حرارتی بالا داشته باشد
- هادی الکتریسیته نباشد.
- سمی نباشد.
- آتش زا نباشد.
- با روغن ترکیب شیمیائی نشود.
- با روغن مخلوط باشد.

۴۸

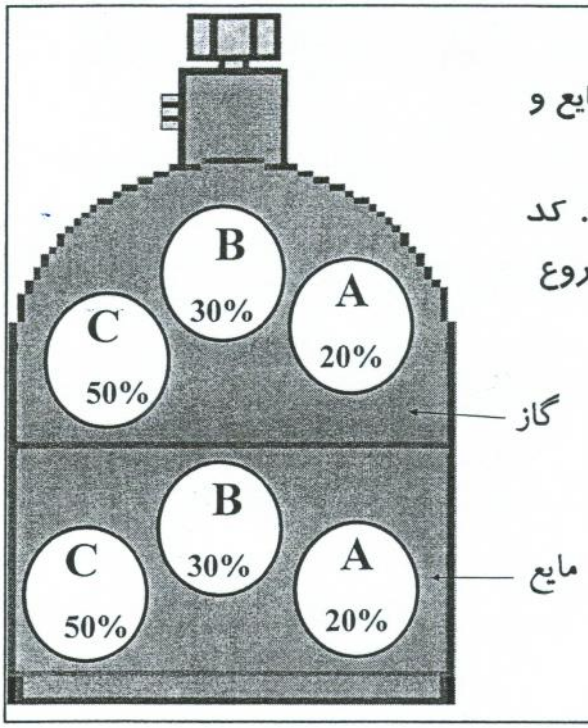
طبقه بندی مبردها

۱– هالوکربنها : (Halocarbons) دارای اتمهای کلر، فلور ، بروم و ید مانند R22

۲– ایزوتروپ : (Azeotropes) مخلوط دو یا چند مبرد که بعد از اختلاط یک ماده واحد را تشکیل می دهند و خواص ماده جدید با هر کدام از مواد تشکیل دهنده آن متفاوت است. درصدهای مواد تشکیل دهنده این مبرد در حالتهای گاز و مایع مساوی است .R507

۴۹

اگر درصد عناصر تشکیل دهنده مبرد در قسمت مایع و گاز برابر باشند مبرد جزء گروه Azeotrope است. کد نام این مبردها با 500 شروع می شود.



۵۰

طبقه بندی مبردها

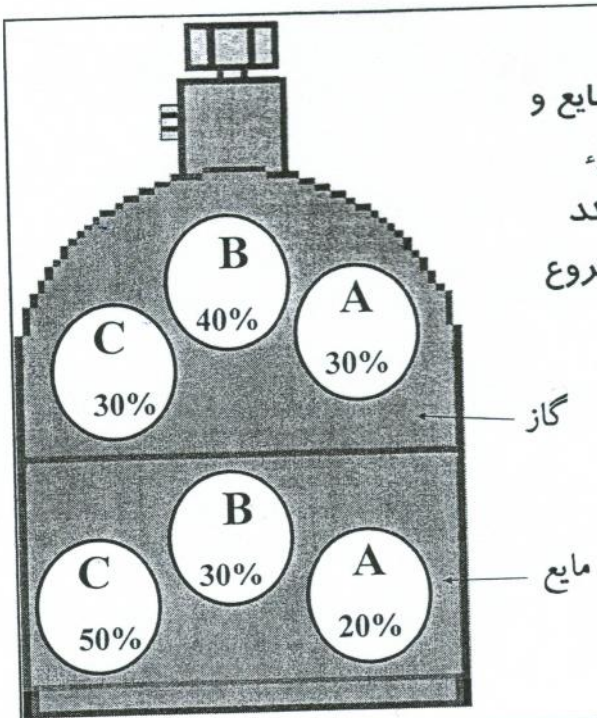
۱– هالوکربنها : (Halocarbons) دارای اتمهای کلر، فلور ، بروم و ید مانند R22

۲– ایزوتروپ : (Azeotropes) مخلوط دو یا چند مبرد که بعد از اختلاط یک ماده واحد را تشکیل می دهند و خواص ماده جدید با هر کدام از مواد تشکیل دهنده آن متفاوت است. درصدهای مواد تشکیل دهنده این مبرد در حالتهای گاز و مایع مساوی است .R507

۳– زیوتروپ : (Zeotropes) مخلوط دو یا چند مبرد که در فشار و دمای معین درصدهای تشکیل دهنده مواد در حالت گاز و مایع برابر نیستند... , R407 .

۵۱

اگر درصد عناصر تشکیل دهنده مبرد در قسمت مایع و گاز برابر نباشند مبرد جزء گروه Zeotrope است.کد نام این مبردها با 400 شروع می شود.



۵۲

طبقه بندی مبردها

۱- هالوکربنها : (Halocarbons) دارای اتمهای کلر، فلور ، بروم و ید مانند R22

۲- ایزوتروپ : (Azeotropes) مخلوط دو یا چند مبرد که بعد از اختلاط یک ماده واحد را تشکیل می دهند و خواص ماده جدید با هر کدام از مواد تشکیل دهنده آن متفاوت است. درصدهای مواد تشکیل دهنده این مبرد در حالتهای گاز و مایع مساوی است .R507

۳- زیوتروپ : (Zeotropes) مخلوط دو یا چند مبرد که در فشار و دمای معین درصدهای تشکیل دهنده مواد در حالت گاز و مایع برابر نیستند... , R407 .

۴- مواد آلی یا هیدروکربونها : (Organic) مثل اتان و بوتان و پروپان و...

۵- مواد معدنی : (Inorganic)مثل آمونیاک و دی اکسید کربن و ...

۵۳

نامگذاری مبرد ها

-اولین عدد از سمت راست معرف تعداد اتمهای فلور است.

-دومین عدد از سمت راست معرف تعداد اتمهای هیدروژن به اضافه یک است.

-سومین عدد از سمت راست معرف تعداد اتمهای کربن منهای یک است.

اگر عدد سوم از طرف راست صفر باشد نوشته نمی شود. مبردهای آلی متفرقه با سری ۶۰۰ ، مبردهای معدنی با سری ۷۰۰ ، مبردهای Azotrope با سری ۵۰۰ و مبردهای Zeotrope با سری ٤۰۰ نامگذاری می شوند.

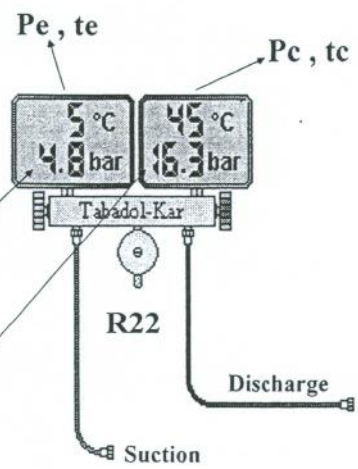
R 1 3 4

C-1 H+1 F

۵۴

فشار و دمای اشباع

دما C°	فشار مطلق R2 bar	فشار مطلق R2 bar
-60	0.226	0.378
-55	0.3	0.498
-50	0.392	0.647
-45	0.504	0.83
-40	0.642	1.052
-35	0.807	1.318
-30	1.004	1.635
-25	1.237	2.088
-20	1.509	2.444
-15	1.826	2.951
-10	2.191	3.534
-5	2.610	4.202
0	3.086	4.963
5	3.626	5.823
10	4.233	6.792
15	4.914	7.877
20	5.673	9.087
25	6.516	10.432
30	7.449	11.921
35	8.477	13.562
40	9.607	15.365
45	11	17.341
50	12.19	19.499



۵۵

طبقه بندی روغنها

۱- روغنهای معدنی
- Paraffin based
- Naphthenic based

۲- روغنهای مصنوعی
- Dialkylated benzene
- Polyalphaolefin - PAO
- Polyalkylene glycol - PAG
- Polyol ester - POE

R134a

روغنهای مصنوعی جاذب رطوبت هستند.

Carboxylic (organic) acid + alcohol → ….. + water

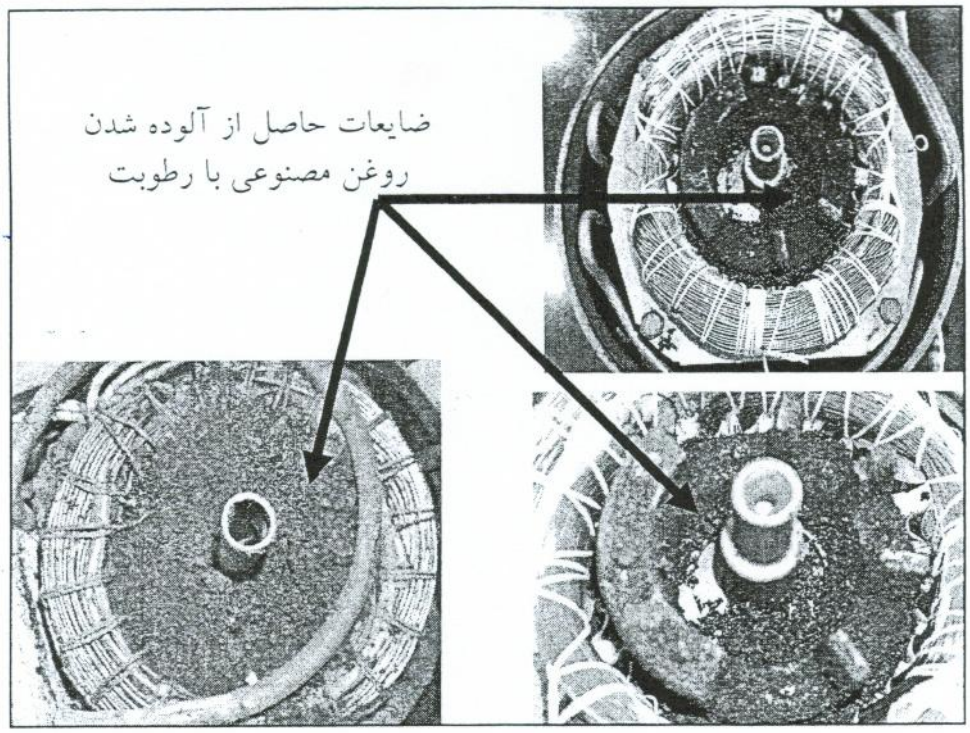
۵۶

هشدار

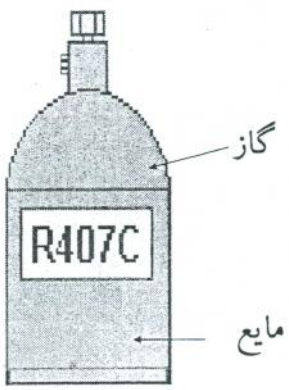
روغن مصنوعی + رطوبت ← الکل + اسید

باعث خوردگی و تاثیر بر فلزات می شود (مس و آلومینیوم) و ضایعات حاصل از آن در سیستم باقی می ماند

۵۷



Zeotrope

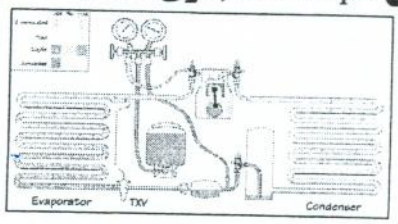


درصد مواد تشکیل دهنده مبرد **Zeotrope** در حالت گاز و مایع متفاوت است.

درنتیجه عمل تبخیر یا تقطیر در دمای ثابتی انجام نمی شود.

R32 (23%) R134a (52%) R125 (25%)

نکات بسیار مهم در مورد مبردهای Zeotrope (سری 400)



۱- سیستمی که از این نوع مبرد استفاده می کند حتما باید به صورت مایع شارژ مبرد شود.

۲- در صورت نشت مبرد از سیستم حتما باید کل مبرد باقیمانده در سیستم به نحو ایمنی تخلیه شود و مجددا شارژ مبرد شود.

۳- روغنی که همراه این مبردها استفاده می شود اکثرا از نوع مصنوعی است و باید نکات زیر رعایت شود.

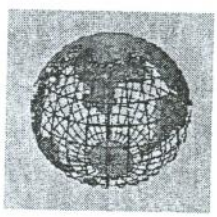
الف) روغنهای مصنوعی جاذب شدید رطوبت هستند لذا باید در ظرف آبندی شده ای نگهداری شوند.

ب) سیستم باید به نحو احسن از هوا تخلیه شود و شارژ ازت گردد. سپس مجددا تحت تخلیه قرار گیرد.

ج) مراحل ریخت روغن به کمپرسور باید طوری تنظیم گردد که زمان تماس روغن با هوا به حداقل برسد.

۶۰

مبردها و محیط زیست



۱- تخریب لایه ازون

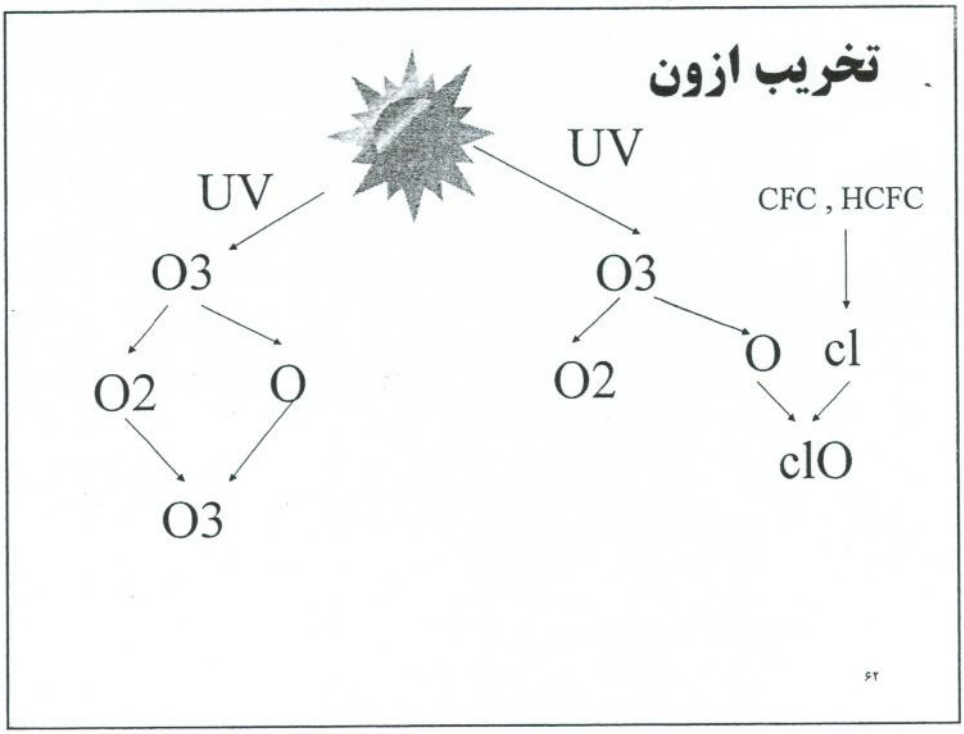
۲- ایجاد حالت گلخانه ای

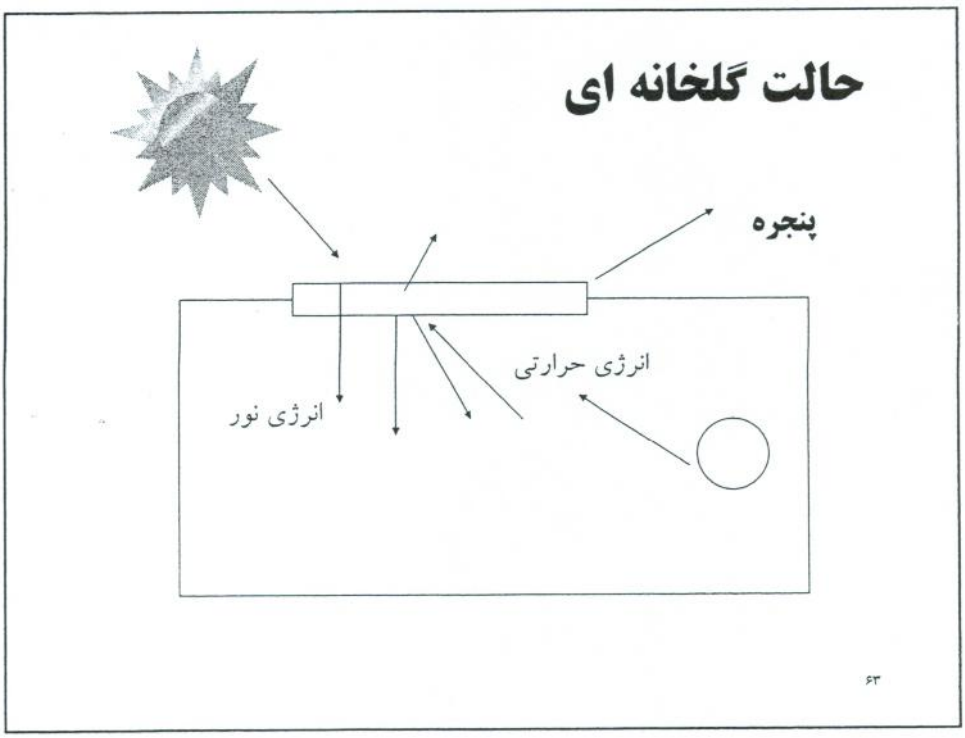
ODP = Ozone Depletion Potential پتانسیل تخریب ازون

GWP = Global Warming Potential پتانسیل افزایش حرارت کره زمین

(R11=1)

۶۱


تخریب ازون
UV
UV
CFC , HCFC
O3
O3
O2
O
O2
O
cl
clO
O3
۶۲


حالت گلخانه ای
پنجره
انرژی حرارتی
انرژی نور
۶۳

مقایسه ODP و GWP برای بعضی از مبردها

REFRIGERANT	FORMULA	ODP	GWP
CFC-11	$CFCl_3$	1.00	1.00
CFC-12	CF_2Cl_2	1.00	3.2
CFC-115	$CClF_2CF_3$	0.60	10.60
HCFC-22	$CHClF_2$	0.06	0.30
HFC-32	CH_2F_2	0.00	0.12
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	0.02	0.02
HFC-125	CHF_2CF_3	0.00	0.63
HFC-134a	CH_2FCF_3	0.00	0.31
HFC-143	CH_3CF_3	0.00	0.76
CFC-502	R22(48.8%)+R115(51.2%)	0.23	3.75

۶۴

Leak Detection نشت یابی مبردها

CFC	**Chlorofluorocarbon**	**R12, R502, R11, …**
HCFC	**Hydrochlorofluorocarbon**	**R22, R409A, R408A, R411B …**
HFC	**Hydrofluorocarbon**	**R134a, R404A, R407C, R410A …**
HC	**Hydrocarbon**	**R600a, R290, …**

	سیال داخل سیستم	HCFC	HFC	HC
نشت یاب الکترونیکی	مبرد	✓	✓	???
نشت یاب مادون قرمز	مبرد	✓	✓	???
نشت یاب مافوق صوت	مبرد/ ازت	✓	✓	✓
نشت یاب هالیدی	مبرد	✓	☒	☒
نشت یاب فلورسنتی	مبرد	✓	✓	✓
کف صابون	مبرد/ ازت	✓	✓	✓

نشت یاب الکترونیکی

کیت نشت یابی فلورسنتی

نشت یاب مافوق صوت

نشت یاب هالیدی

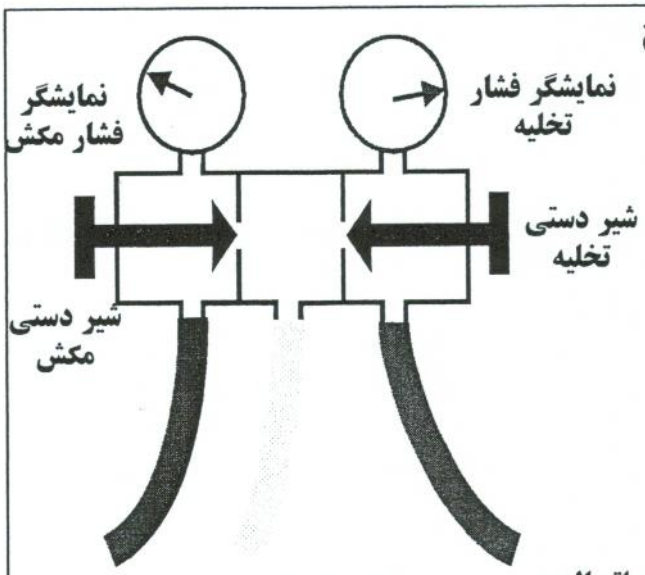
- نشت یاب الکترونیکی وجود مبرد را حس کرده و آژیر می زند. برای استفاده این نوع نشت یابها باید حتما از محل نشت مبرد خارج شود و با گاز ازت امکان نشت یابی وجود ندارد.
- نشت یاب مافوق صوت دارای یک گیرنده صدا ، گوشی و تقویت کننده صدا است . با استفاده از این دستگاه می توان محل نشت را با صدای نشتی تشخیص داد. وجود مبرد در سیستم الزامی نیست و می توان با گاز ازت نیز نشت یابی کرد.
- نشت یاب هالیدی یک شعله است که اگر در مجاورت مبردی که دارای اتم کلر است قرار بگیرد رنگ شعله تغییر می کند. حتما باید مبرد از محل نشت خارج شود و مبرد باید دارای اتم کلر باشد. مثلا تشخیص نشت مبرد R134a که اتم کلر ندارد با شعله هالیدی امکان ندارد.
- نشت یاب فلورسنتی دارای ماده زرد رنگ فلورسنتی ، چراغ ماورا، بنفش ، عینک زرد رنگ و کیت تزریق ماده فلورسنت است. توسط دستگاه تزریق ماده فلورسنت به اندازه لازم در کمپرسور تزریق می شود. سیستم روشن می شود و این ماده با مبرد موجود در سیستم جریان می یابد و از محل نشتی خارج می شود. با استفاده از چراغ ماورا، بنفش و عینک زرد رنگ ماده فلورسنت به وضوع دیده می شود و محل نشت مشخص می شود. دقت شود که برای استفاده از این سیستم حتما باید مبرد کافی در سیستم باشد که بتوان کمپرسور را روشن کرد. محل نشت اگر در معرض دید نباشد نمی توان نشت ماده فلورسنت را رویت کرد.

آشنائی با قطعات دیگرسیستم

۱- گیج
۲- لوازم اندازه گیری
۳- انواع کمپرسورها
۴- انواع اواپراتورها
۵- انواع کاندنسرها
۶- انواع دستگاههای انبساط
۷- قطعات دیگر ...
۸- اکومولاتور
۹- جدا کننده روغن
۱۰- ریسیور
۱۱- کنترل فشار بالا و پائین
۱۲- شیر تنظیم فشار اواپراتور
۱۳- شیر تنظیم فشارمحفظه میللنگ

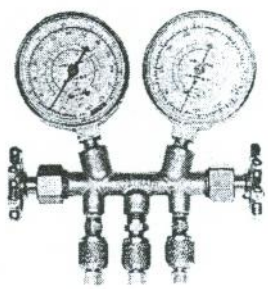
۶۸

منیفلد و فشار سنج

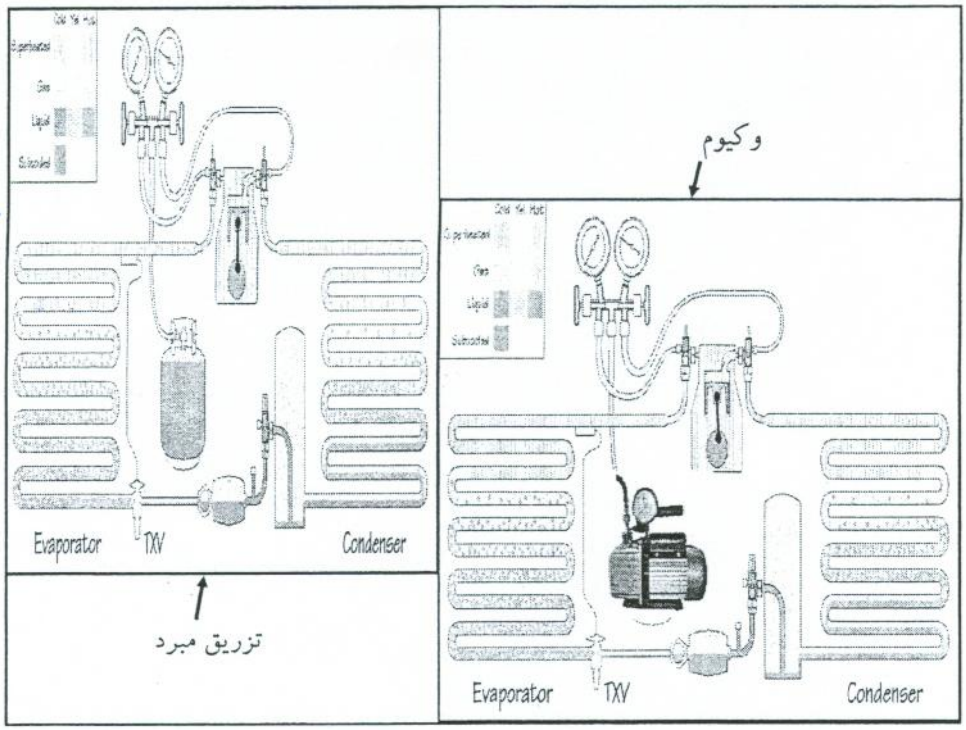


منیفلد و گیج فشار

Gauge manifold



۶۹


Evaporator
TXV
Condenser
تزریق مبرد
وکیوم
Evaporator
TXV
Condenser

وسایل اندازه گیری
دستگاه دما سنج
Probe دما – تماسی
Probe دما برای
لوله
۷۱

اندازه گیری دما

انواع دما سنج

ترموکوپل

- دقت پائین
- زمان پاسخ پائین
  حدود ۳ ثانیه

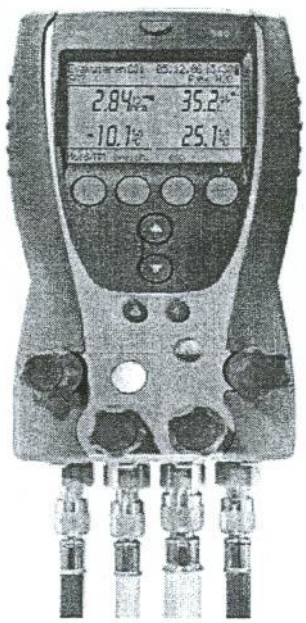
Pt-100

- دقت بالا
- زمان پاسخ بالا
  حدود ۴۰ ثانیه

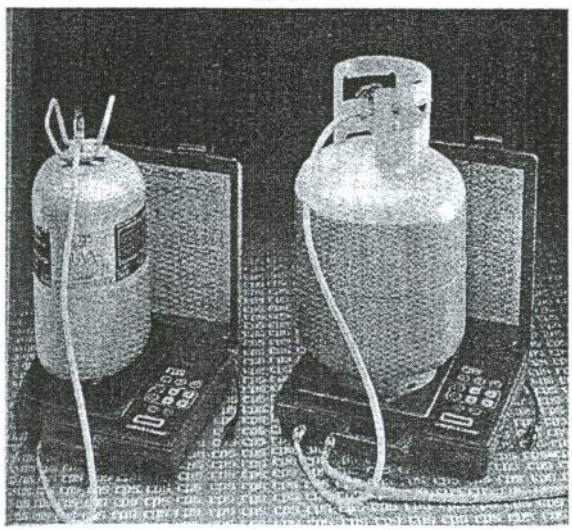
۷۲

وسایل اندازه گیری

فشار سنج دیجیتالی



ترازو



۷۳

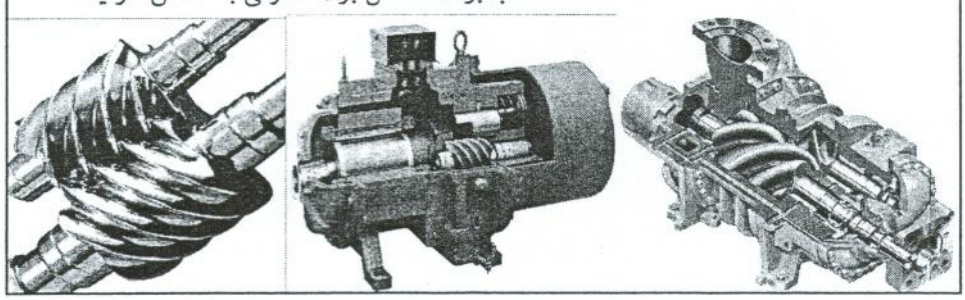
کمپرسورهای تبرید
پیستونی

1. حرکت رفت و آمدی
2. تعمیرات آسان
3. تعمیر کار زیاد
4. جریان مبرد پالسی
5. ارتعاش نسبتا زیاد
6. کنترل ظرفیت در صورت **Unload** کردن سیلندرها پله ای است

کمپرسورهای تبرید
Screw

جهت چرخش موتور بسیار مهم است

1. حرکت دورانی
2. کنترل ظرفیت خطی
3. صدای بالا ولی قابل کنترل
4. ارتعاش نسبتا کم
5. جریان مبرد یکنواخت
6. قطعات در حرکت کمتر
7. قابلیت کنترل دمای تخلیه در اثر تزریق روغن
8. تعمیرات تخصصی
9. نامناسب بودن کاهش برق مصرفی با کاهش ظرفیت

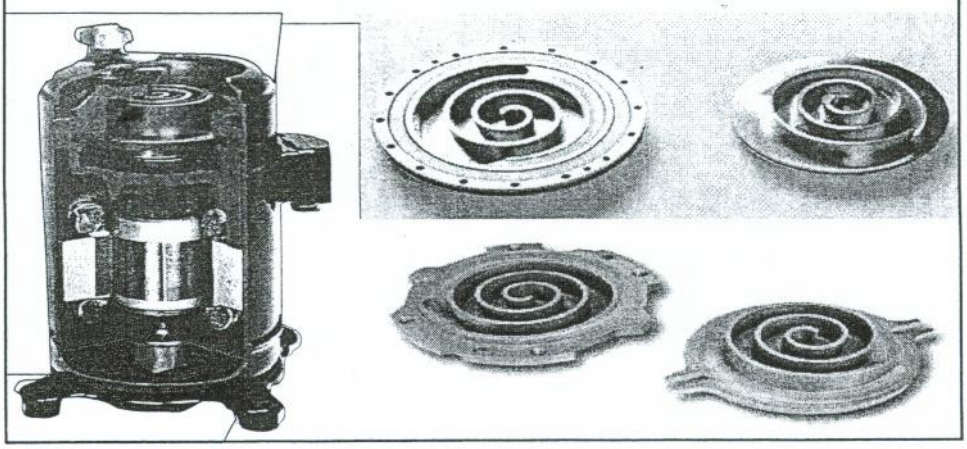


کمپرسورهای تبرید

Scroll

❶ حرکت دورانی
❷ جریان مبرد یکنواخت
❸ ارتعاش نسبتا کم
❹ بازده ای بالا و جریان برق کمتر
❺ قطعات در حرکت کمتر
❻ صدای کم
❼ چون به صورت **Hermetic** هستند قابل تعمیر نیست

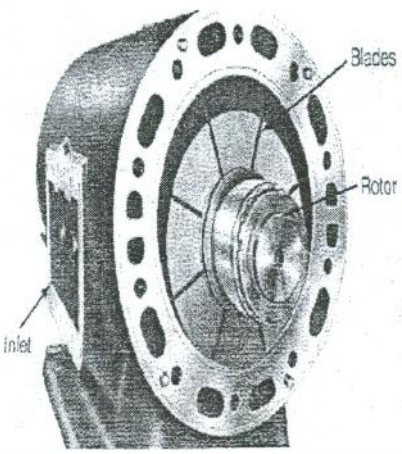
جهت چرخش موتور بسیار مهم است

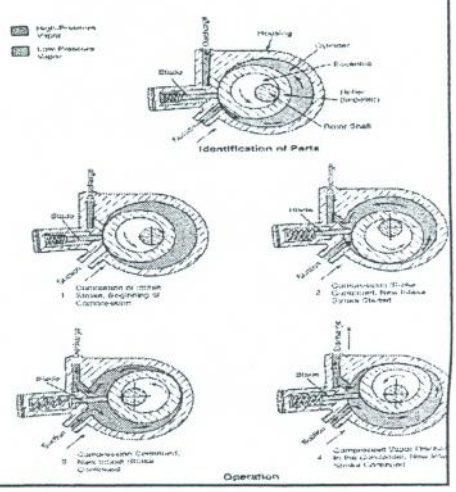


کمپرسورهای تبرید

Rotary

❶ حرکت دورانی
❷ جریان مبرد یکنواخت
❸ ارتعاش نسبتا کم
❹ بازده ای بالا و جریان برق کمتر
❺ صدای کم





کمپرسورهای تبرید

Centrifugal

❶ حرکت دورانی

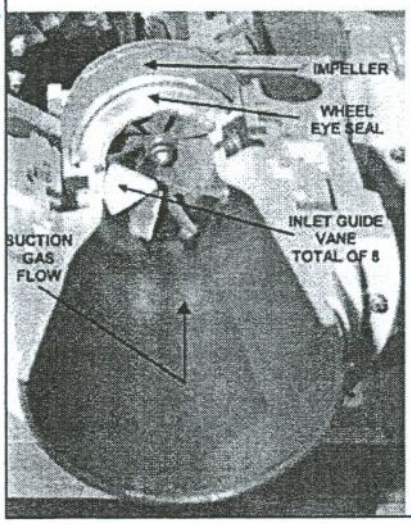
❷ جریان مبرد یکنواخت

❸ ارتعاش نسبتا کم

❹ عمل تراکم مبرد بدون روغن انجام می شود

❺ صدای بالا ولی قابل کنترل

❻ احتمال **Surge** (برگشت جریان) وجود دارد



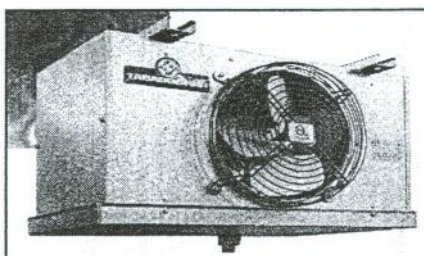
۷۸

انواع اواپراتور

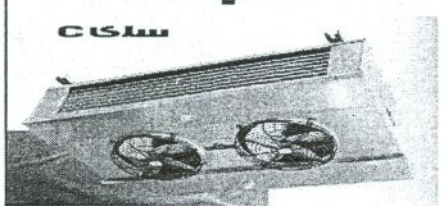
هوائی

Air Cooler

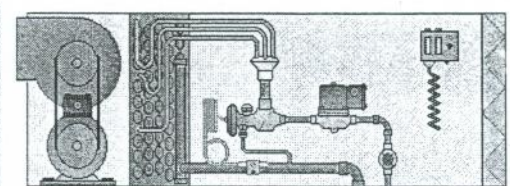
کاربرد : سردخانه ، پکیج هواساز

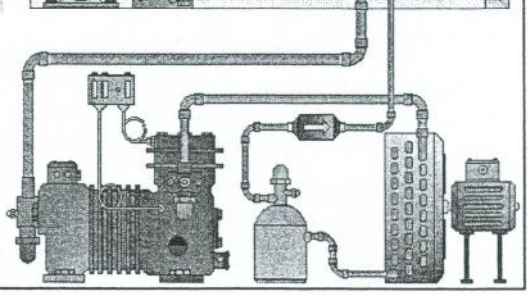


سلک C



سلک W



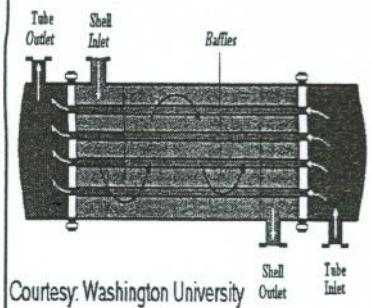


انواع اواپراتور

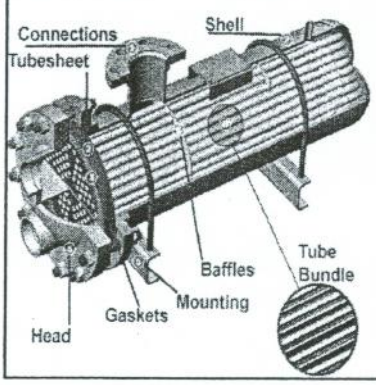
پوسته لوله ای

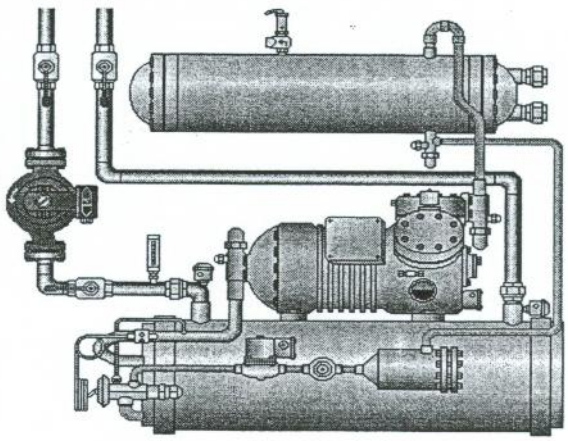
Shell&Tube

کاربرد : خنک کاری مایعات یا گازها



Courtesy: Washington University



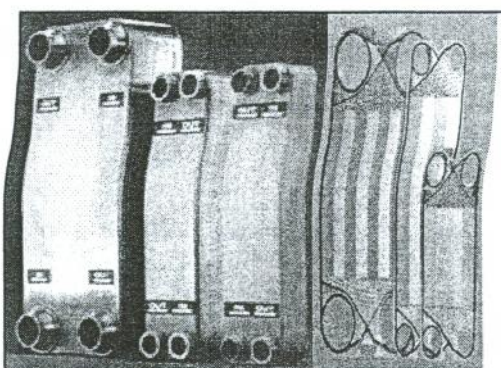


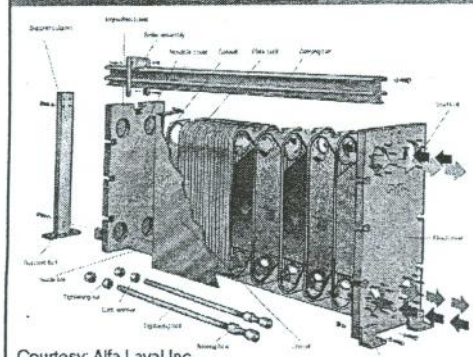
انواع اواپراتور

صفحه ای

Plate Heat Exchanger

کاربرد : خنک کاری مایعات یا گازها



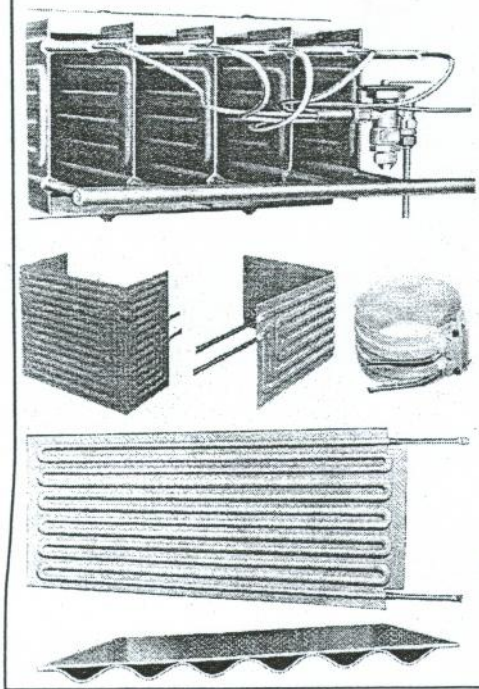


Courtesy: Alfa Laval Inc.

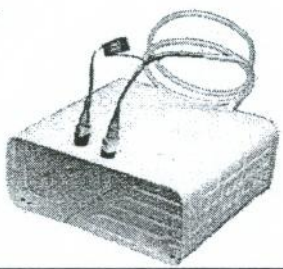
انواع اواپراتور

" صفحه ای تخت"

Stamped or Plate Surface



کاربرد : یخچالهای خانگی ،
قفسه های سرد



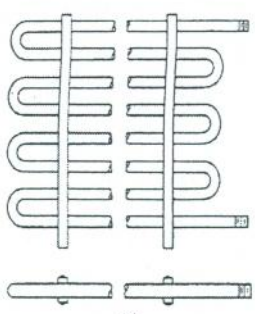
انواع اواپراتور

Bare Tube

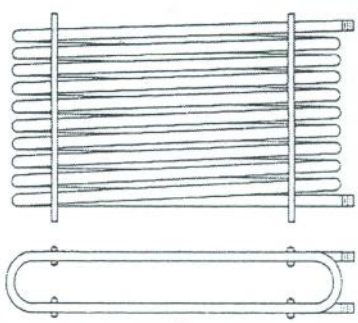
کاربرد : یخسازهای صنعتی ،

خنک کاری مایعات جهت ذخیره انرژی ،

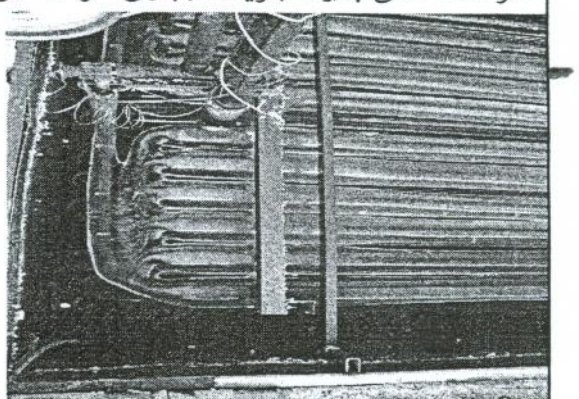
سردخانه های بدون جریان اجباری هوا (با فین)



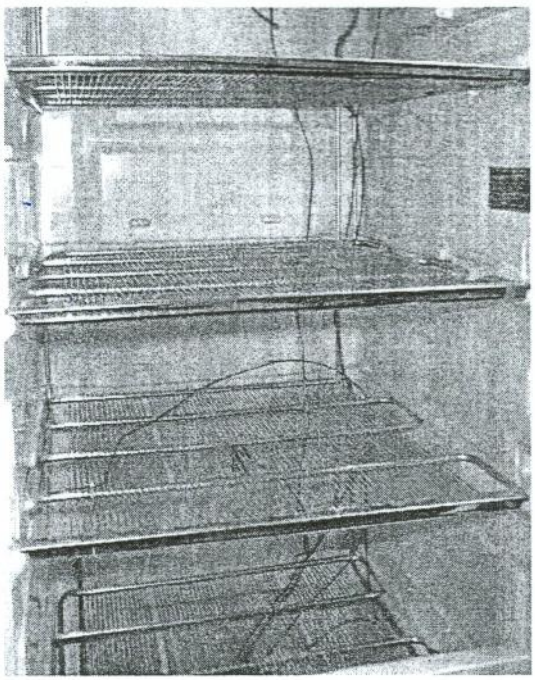
(a)



(b)



انواع اواپراتور



Wire on Tube

کاربرد : قفسه های سرد

۸۴

انواع اواپراتور

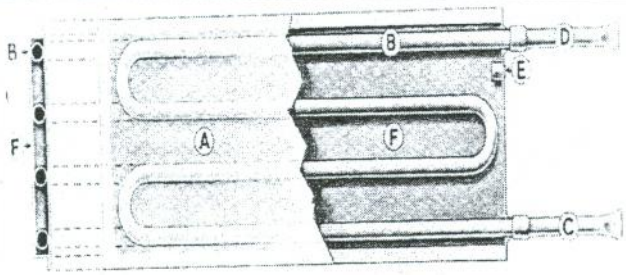


Plate - Type

کاربرد : ذخیره سازی سرما ، خودروهای حمل مواد منجمد

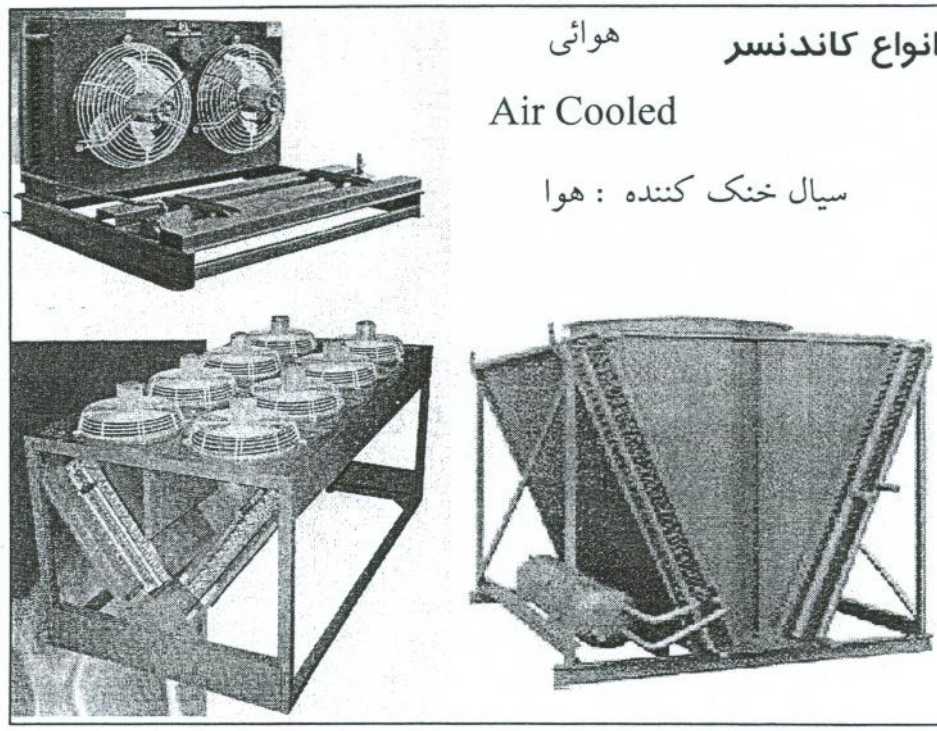
۸۵

انواع کاندنسر

هوائی

Air Cooled

سیال خنک کننده : هوا



انواع کاندنسر

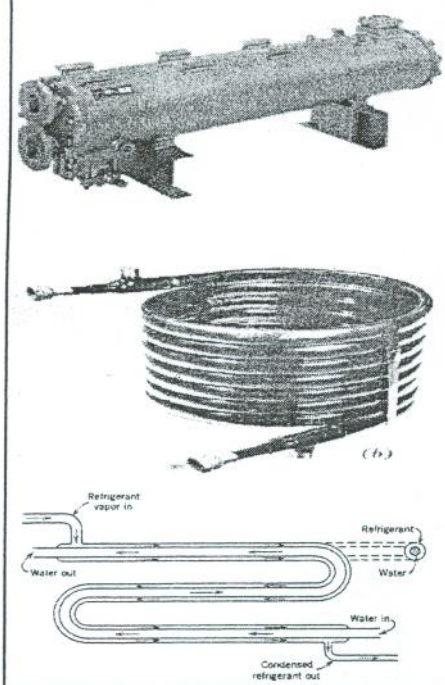
آبی

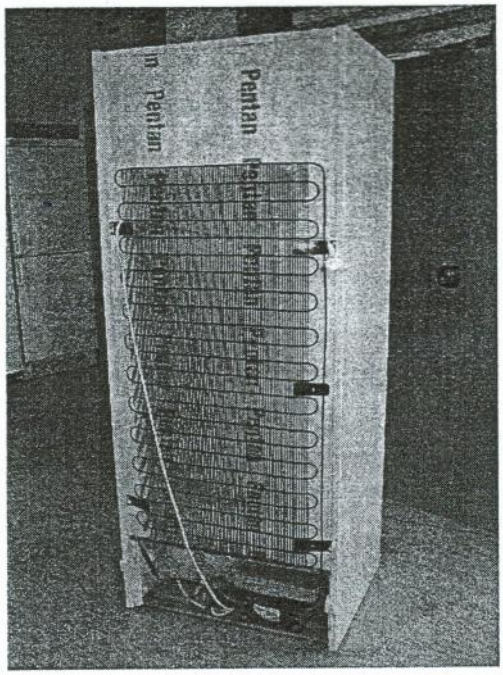
Water Cooled

سیال خنک کننده : آب

دو لوله ای

Double-pipe





انواع کاندنسر

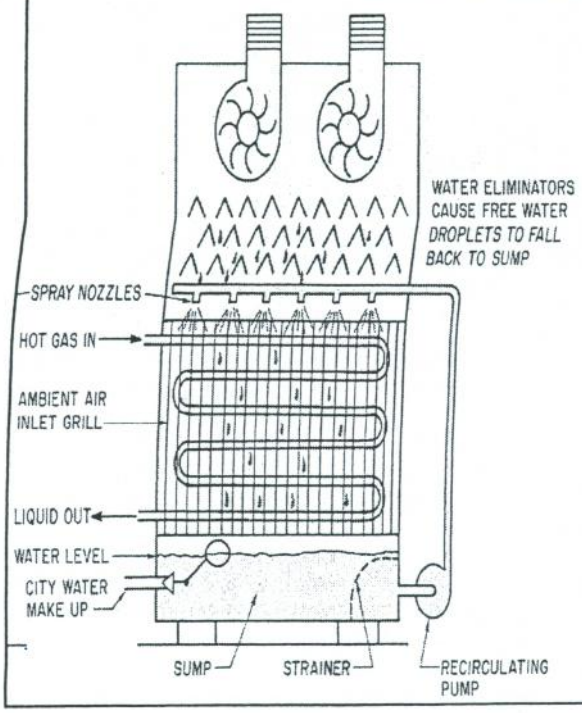
استاتیک (بدون فن)

Static

Wire on Tube

سیال خنک کننده : هوا
جریان طبیعی

۸۸



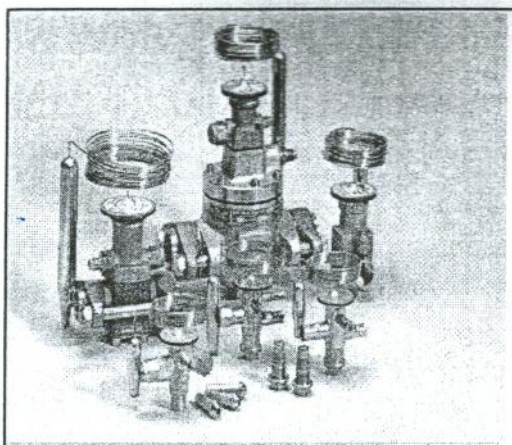
انواع کاندنسر

تبخیری

Evaporative Condenser

سیال خنک کننده :
آب و هوا (تبخیری)

۸۹

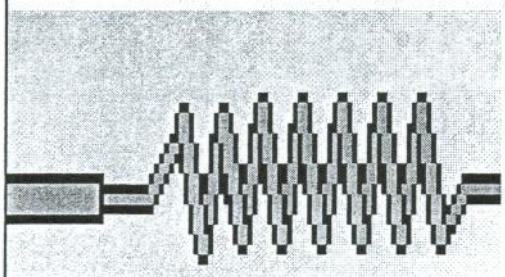


دستگاه انبساط

شیر انبساط ترموستاتیکی

یا الکترونیکی

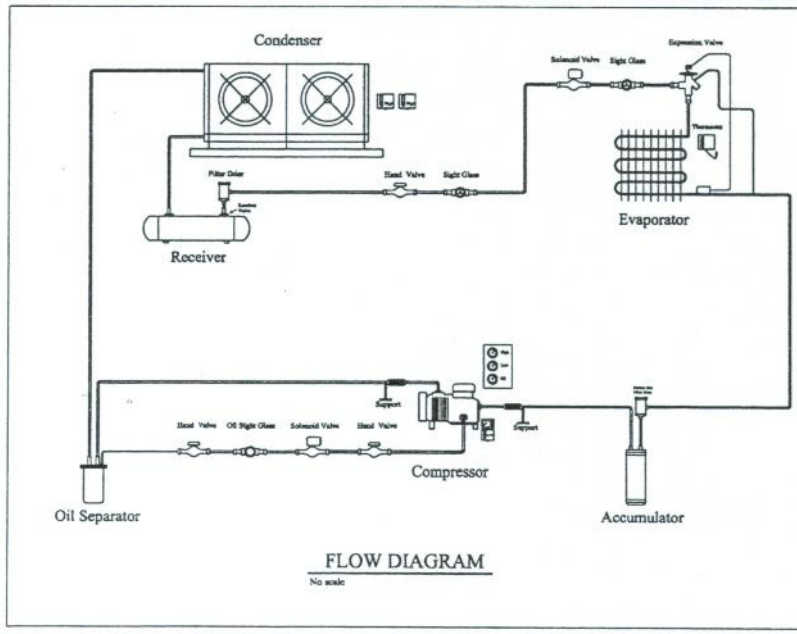
Thermostatic or
Electronic Expansion
Valves



لوله موئی

Capillary Tube

۱۰

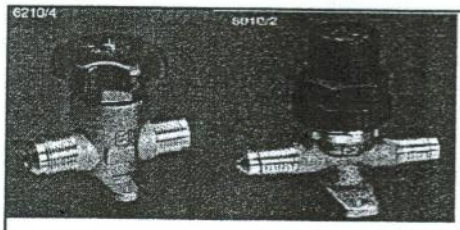


FLOW DIAGRAM

No scale

۱۱

قطعات دیگر

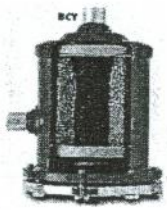


شیرهای دستی

Shut off valves

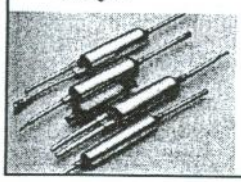
وظیفه : مسدود کردن جریان

محل نصب : روی خط مایع و یا هر مسیری که در تعمیرات نیاز به بسته شدن دارد. هیچگاه روی خط تخلیه نصب نشود.



فیلتر / خشک کن

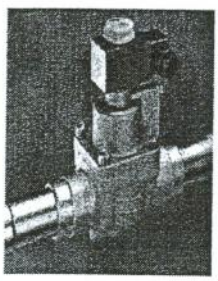
Filter / Driers



وظیفه : فیلتر کردن مبرد (ذرات و کمی رطوبت)

محل نصب : روی خط مایع و یا خط مکش

قطعات دیگر

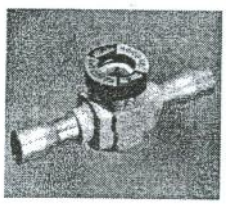


شیر برقی

Solenoid Valves

وظیفه : مسدو کردن جریان مبرد

محل نصب : روی خط مایع ، نزدیکترین فاصله ممکن به شیر انبساط و یا روی هر خطی که نیاز به بسته شدن اتوماتیک است.



شیشه رویت

Sight Glass

وظیفه : نشان دادن جریان مایع

محل نصب : روی خط مایع و یا روی هر خطی که نیاز به مشاهده جریان مایع است.

قطعات دیگر

جدا کننده روغن

Oil Separator

وظیفه : جدا کردن روغن از گاز تخلیه

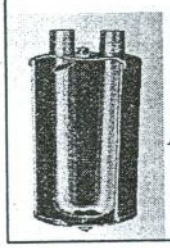
محل نصب : روی خط تخلیه بین کمپرسور و کاندنسر

مبدل خط مایع و مکش

Liquid-Suction line HX

وظیفه : سابکول کردن مایع مبرد

محل نصب : بین خطوط مایع و مکش



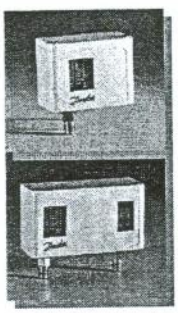
آکومولاتور

Accumulator

وظیفه : جلوگیری از ورود مایع مبرد به کمپرسور

محل نصب : روی خط مکش بین اواپراتور و کمپرسور

قطعات دیگر



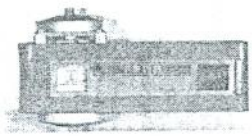
کنترل فشار

Hi & Low Pressure Control

وظیفه : کنترل (محدود کردن) فشار ها

محل نصب : انشعابهای فشار بالا و پائین به این دستگاه وصل می شود.

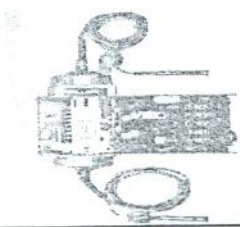
* باید با توجه به دما در گازهای مختلف کن را تنظیم کنیم.



کنترل فشار روغن

وظیفه : کنترل فشار روغن در کمپرسور

محل نصب : انشعابهای فشار پائین و فشار روغن به این دستگاه وصل می شود.

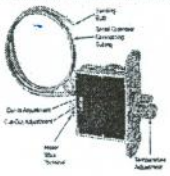


Oil Pressure Switch

قطعات دیگر

ترموستات

Thermostat



وظیفه : کنترل دما

محل نصب : روی برگشت سیال خنک شونده به اواپراتور

وظیفه : جلوگیری از برگشت نامطلوب مبرد یا روغن

شیر یک طرفه

Check valve

۱۶

قطعات دیگر

لرزه گیر

Vibration Eliminator

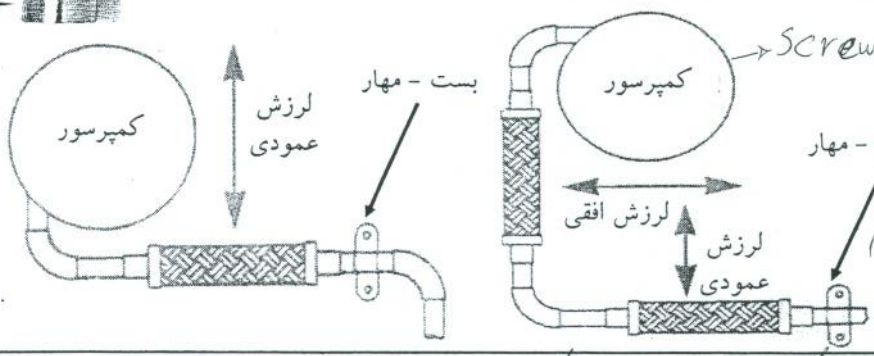
وظیفه : جلوگیری از انتقال ارتعاش کمپرسور به خطوط

محل نصب : روی خط مکش و تخلیه کمپرسور

روش نصب :

موازی میل لنگ کمپرسور به صورت افقی

پایه دورتر از کمپرسور مهار شود



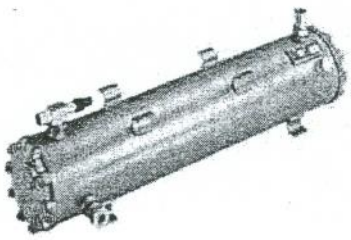
Screw - Scorall

* در پیستونی‌ها لرزه‌گیر موازی میل لنگ نصب شود.

وظیفه : محل مبرد اضافی سیستم

(در سیستمهائی که از شیر انبساط استفاده می کنند)

محل نصب : بعد از کاندنسر



ریسیور

Receiver

۹۸

توجه

برای قطعات زیر جهت نصب آنها بسیار مهم است. اگر جهت برعکس نصب شود مشکلات اساسی در سیستم ایجاد خواهد شد.

۱- شیر دستی

۲- شیر برقی

۳- فیلتر

۴- شیر یکطرفه

برای قطعات زیر نصب لوله های ورود و خروج باید دقیقا رعایت گردد.

۱- جدا کننده روغن

۲- اکومولاتور

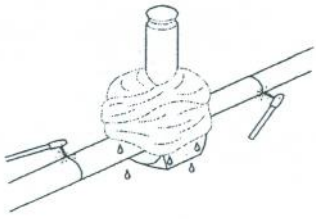
۳- ریسیور

۹۹

توجه

در زمان جوشکاری قطعات ، اجزا داخلی آنها را بیرون آورده تا در اثر حرارت تخریب نشوند.

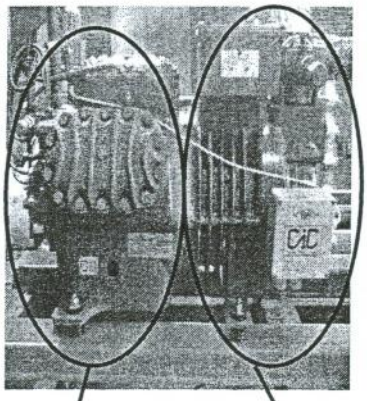
در زمان جوشکاری شیشه روئیت ، یک پارچه تر روی آن ببندید تا در اثر حرارت شیشه آن تخریب یا کدر نشود. دقت شود تا قطرات آب وارد لوله نشود.



۱۰۰

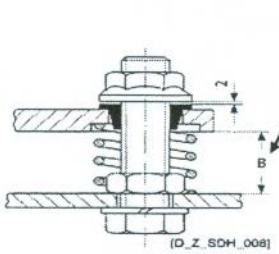
قطعات دیگر

فنرهای زیر کمپرسور

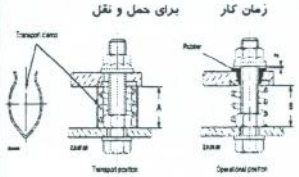


فنرهای زیر کمپرسور توسط سازنده با کمپرسور تحویل داده می شود. این فنرها معمولا دو به دو با رنگهای مختلف است. هر رنگ مشخص کننده محل قرار گیری فنر است. دو عدد ازاین فنرها زیر قسمت الکتروموتور و دو عدد دیگر زیر قسمت کمپرسور قرار می گیرد. برای تعیین محل آنها باید به اطلاعات فنی سازنده رجوع کرد (یا روی کاغذی که به همراه فنرها داده می شود قید شده است).

همچنین فاصله سفت کردن پیچ پایه نیز داده شده است.



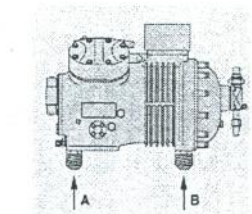
۱۰۱

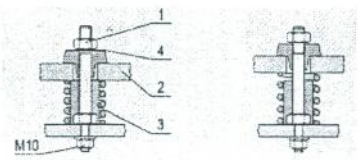


Copeland

مدل کمپرسور	شماره مدل	اندازه A (mm)	اندازه B (mm)	رنگ فنر زیر موتور	رنگ فنر زیر کمپرسور
DKM	50/5X	22	25	آبی	بدون نیره
DKM , DKJ	75/7X	22	25	آبی	بدون نیره
DKM , DKJ , DKSJ	100/10X	22	25	آبی	بدون نیره
DKL , DKSL	150/15X	22	25	بدون نیره	مسی
DKL , DKSL	200/20X	22	25	بدون نیره	مسی
DLE , DLF , DLJ	201/20X	30	35	آبی	آبی
DLF , DLJ , DLL	301/30X	30	35	آبی	آبی
DLL , DLSG	401/40X	30	44	بدون نیره	بدون نیره
DLHA	500/50X	30	44	بدون نیره	بدون نیره
D2SA	450/45X	30	44	بدون نیره	بدون نیره
D2SA , D2SC	550/550	30	44	بدون نیره	بدون نیره
D2SC , D2SK	650/65X	30	44	بدون نیره	بدون نیره
D2DL	400/40X	30	35	بدون نیره	بدون نیره
D2DB , D2DC , D2DD , D3DA , D9RA	500/50X	30	35	بدون نیره	بدون نیره
D2DB , D2DL , D3DA , D3DC , D3SA , D3SC , D9RA ,	750/75X	30	35	بدون نیره	بدون نیره
D9TK , D9TL , D9TH	760	34	38	بدون نیره	بدون نیره
D9TH	1010	34	38	بدون نیره	سفید
D3DC , D3DS , D9RC , D9RS , D3SC , D3SS	1000/100X	30	35	بدون نیره	سفید
D4SA , D4SF , D4DA , D4DF	1000/100X	34	44	زرد	مسی
D3SS , D3DS , D9RS , D4SL , D4SH , D4DH , D4DL	1500/150X	34	44	زرد	مسی
D4SA , D4DA	2000/200X	34	44	زرد	مسی
D6TA	1500/150X	34	44	سیاه	مسی
D4ST , D4SJ, D4DJ , D6TH , D6SF , D6SH , D6SA , D6DH	2000/200X	34	44	سیاه	مسی
D4DT	2200/220X	34	44	سیاه	مسی
D4SH , D4DH , D6SL	2500/250X	34	44	سیاه	مسی
D6DL	2700/270X	34	44	سیاه	مسی
D4SJ , D4DJ	3000/300X	34	44	سیاه	مسی
D6SH , D6DH	3500/250X	34	44	آبی	مسی
D6TJ	2500/250X	34	44	آبی	قرمز
D6SJ , D6ST , D6DJ , D6DT	3000/300X	48	44	آبی	قرمز
D6SJ , D6DJ	4000/400X	48	44	آبی	قرمز
D6SU	4000/400X	48	44	قهوه ای	سیاه
D6SK	4000/400X	48	51	قهوه ای	سیاه
D6SK	5000/500X	48	51	قهوه ای	قهوه ای
D8SH , D8DL	3700/370X	48	51	طوقه ای	سیاه
D8SH , D8DH	4000/400X	48	51	طوقه ای	سیاه
D8SJ , D8DT	4500/450X	48	51	طوقه ای	سیاه
D8SJ , D8SH , D8DH , D8DJ	5000/500X	48	51	طوقه ای	سیاه
D8SJ , D8DJ	6000/600X	48	51	طوقه ای	سیاه
D8SK		48	51	آبی	

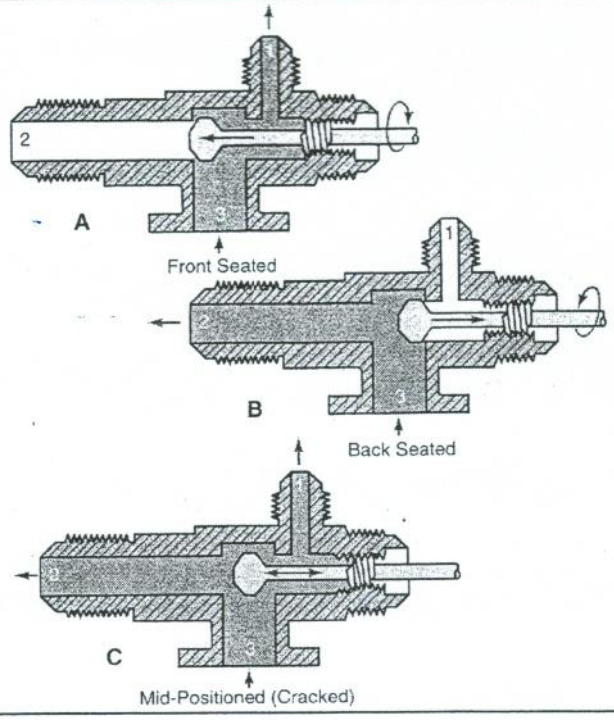
Bitzer





مدل کمپرسور	رنگ فنر زیر موتور (B)	رنگ فنر زیر کمپرسور (A)
2EL-2.2(Y) .. 2CL-4.2(Y)	سفید	خاکستری
2U-3.2(Y) .. 2N-7.2(Y)	زرد	سفید
4VC-6.2(Y) .. 4NC-20.2(Y)	سبز	زرد
4Z-5.2(Y) .. 4N-20.2(Y)	سبز	زرد
4J-13.2(Y) .. 4H-25.2 , 4G-20.2(Y)	قرمز	قهوه ای
4G-30.2(Y)	آبی	قهوه ای
6J-22.2(Y) .. 6F-50.2(Y)	آبی	قهوه ای
8GC-50.2(Y) .. 8FC-70.2(Y)	سیاه	قرمز
S4T-5.2(Y) , S4N-8.2(Y)	سبز	زرد
S4G-12.2(Y)	قهوه ای	قهوه ای
S6J-16.2(Y)	قرمز	قهوه ای
S6H-20.2(Y) .. S6F-30.2(Y)	آبی	قهوه ای

قطعات دیگر



شیر سرویس

Service Valve

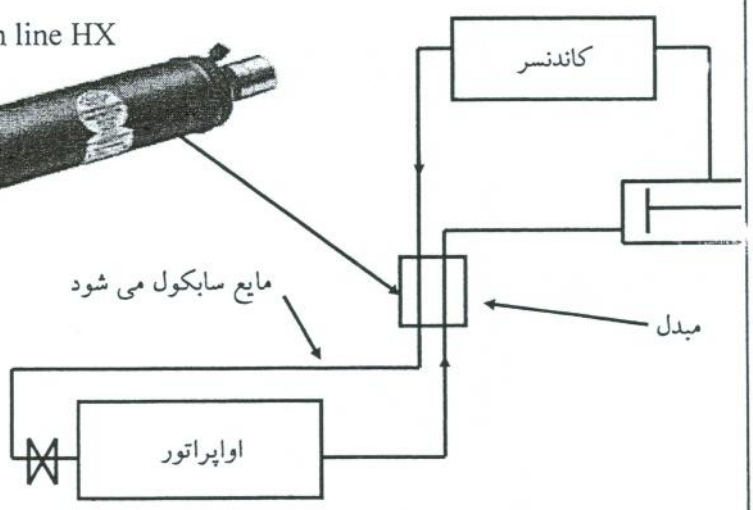
وظیفه : باز و بسته کردن مسیر مبرد (۲) به کمپرسور (۳) و محل اتصال (۱)

محل نصب : روی بدنه کمپرسور یا ریسیور

۱۰۴

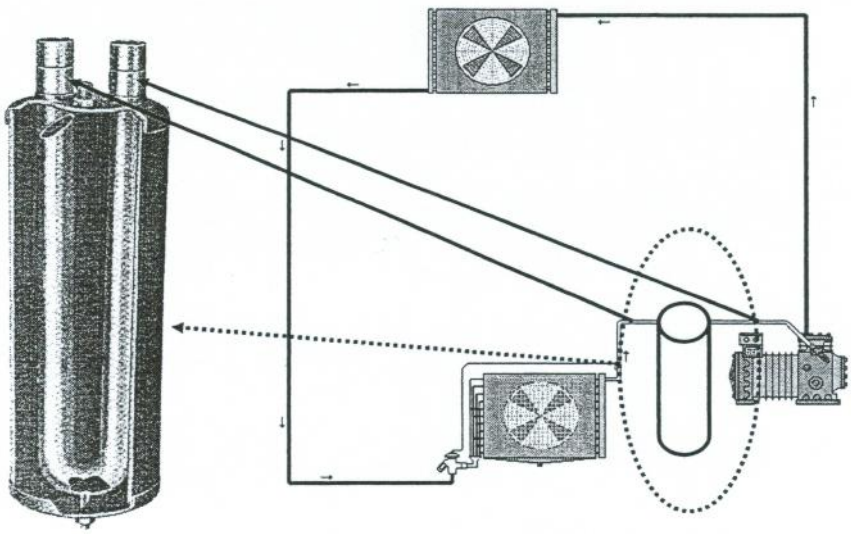
مبدل خط مایع و مکش

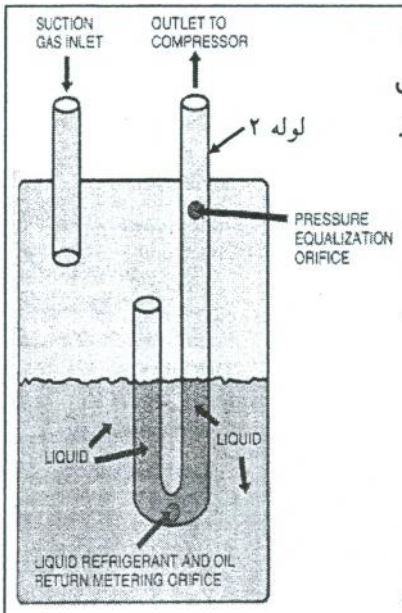
Liquid-Suction line HX



۱۰۵

Suction Accumulator اکومولاتور

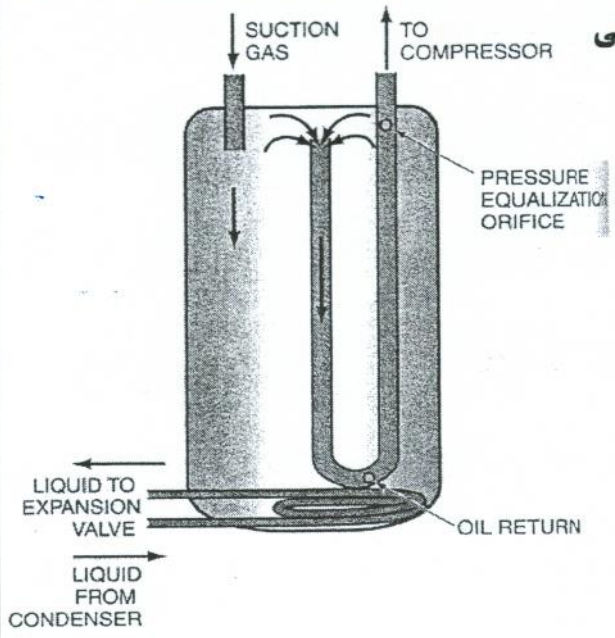




در زیر لوله ۲ ، یک سوراخ کوچک وجود دارد که روغن موجود در اکومولاتور را به کمپرسور بر می گرداند. در بالای لوله ۲ ، یک سوراخ کوچک دیگر وجود دارد که برای متعادل کردن فشار است.
وقتی که در زیر اکومولاتور مایع جمع شود و کمپرسور خاموش گردد، از سوراخ زیر لوله مایع وارد لوله شده و سطح مایع در لوله و اکومولاتور یکسان می شود. وقتی که کمپرسور روشن شود این ستون مایع داخل لوله فورا وارد کمپرسور خواهد شد.

سوراخ متعادل کننده فشار ، باعث می شود که فشار قبل و بعد از ستون مایع برابر شود (فشار اکومولاتور) و لذا در زمان استارت کمپرسور چند ثانیه ای این ستون مایع به صورت معلق باقی ماندهٔ و زمان تبخیر شدن را خواهد داشت.

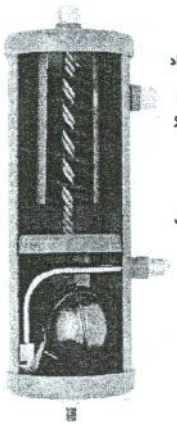
اکومولاتور با مبدل حرارتی



بعضی از اکومولاتورها دارای یک مدار لوله دیگری هستند که در کف مخزن قرار میگیرد. خط مایع خروجی از ریسیور به این مدار وصل می شود تا مایع سابکول گردد.

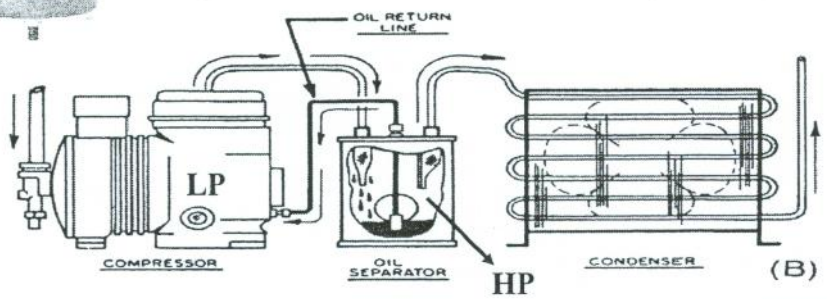
۱۰۸

جدا کننده روغن – Oil Separator

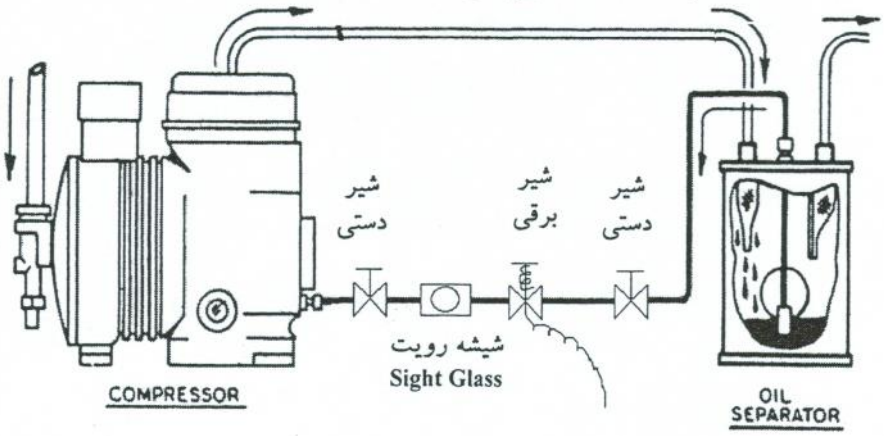


جدا کننده روغن در خط تخلیه کمپرسور نصب می شود. گاز تخلیه از کمپرسور که طبیعتا روغن نیز به همراه دارد وارد این مخزن شده و روغن چون مایع و سنگین است به زیر مخزن رفته و باعث باز شدن شیر فلوتر می شود. خروجی این شیر به کارتر کمپرسور وصل است. چون در جدا کننده روغن ، فشار تخلیه کمپرسور و در کارتر فشار مکش است لذا وقتی که شیر فلوتر باز شد در اثر اختلاف فشار روغن به داخل کارتر تخلیه می شود.

در صورت وجود مبرد مایع در جداکننده روغن ، این مایع همانند روغن وارد کارتر کمپرسور شده و مشکلات شدیدی ایجاد می کند. به همین منظور باید جدا کننده روغن در محل گرمی نصب شود. در صورتی که سیستم برودتی در زمستان نیز کار می کند ، در زمان خاموش شدن کمپرسور ، گاز موجود در جداکننده روغن می تواند تقطیر شده و وارد کارتر شود. پیشنهاد می گردد که در مسیر لوله جدا کننده و کارتر کمپرسور یک عدد شیر برقی نصب شود. برق این شیر باید از کمپرسور گرفته شود تا در زمان خاموش شدن کمپرسور این شیر بسته شود.



جدا کننده روغن – Oil Separator



شیر برقی باید توسط یک تایمر کنترل شود.

بعد از استارت کمپرسور با یک تاخیر زمانی شیر برقی باز شود مثلا ۳۰ ثانیه. بعد از این زمان شیر برقی باز می ماند تا کمپرسور خاموش شود.

۱۱۰

توجه

قبل از نصب و جوشکاری جدا کننده روغن و اکومولاتور، حتما داخل آنها روغن ریخته شود

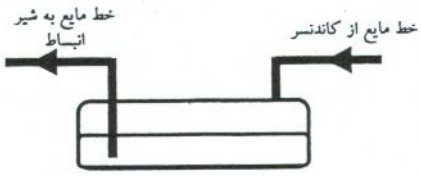
اکومولاتور : از لوله ورودی (in) روغن ریخته و توسط یک چراغ قوه داخل لوله خروجی را نگاه کنید. وقتی از این لوله روغن مشاهده شد یعنی مقدار روغن کافی است.

جدا کننده روغن : معمولا روی برچسب بدنه مقدار شارژ اولیه روغن نوشته شده است. اگر مقدار روغن مشخص نبود از ورودی (in) آن آنقدر روغن ریخته تا از خروجی روغن ، روغن چکه کند یعنی فلوتر باز کند.

ریسیور – Receiver

ریسیور یک مخزن خالی است که برای ذخیره مبرد اضافی استفاده می شود. محل نصب آن در خط مایع بین کاندنسر و شیر انبساط است. وقتی که شیر انبساط بسته می شود مبرد اضافی در ریسیور جمع می شود. اکر ریسیور در سیستم قرار نگیرد مبرد اضافی در کاندنسر جمع شده و سطح حرارتی آنرا کاهش می دهد. در صورتی که سطح زیادی از کاندنسر کاهش یابد فشار تخلیه بالا می رود. اگر ریسیور در سیستم نصب نشود ، مقدار مبرد شارژ شده همانند سیستم لوله موئی بحرانی خواهد شد. سیستمی که از لوله موئی استفاده می شود نباید ریسیور داشته باشد.

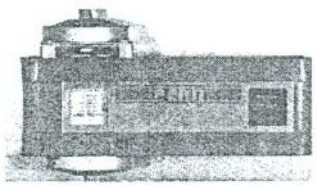
در تئوری حجم ریسیور باید به اندازه ای باشد که مجموع آن با حجم کاندنسر بتوانند کل مبرد داخل سیستم را در خود جای دهند. از آنجائی که مقدار مبرد دقیق قابل محاسبه نیست لذا در عمل حجم ریسیور به صورت تجربی در نظر گرفته می شود.

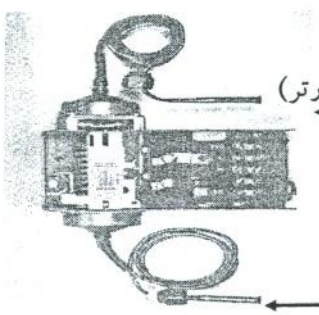


۱۱۲

کنترل فشار روغن

Oil Pressure Switch



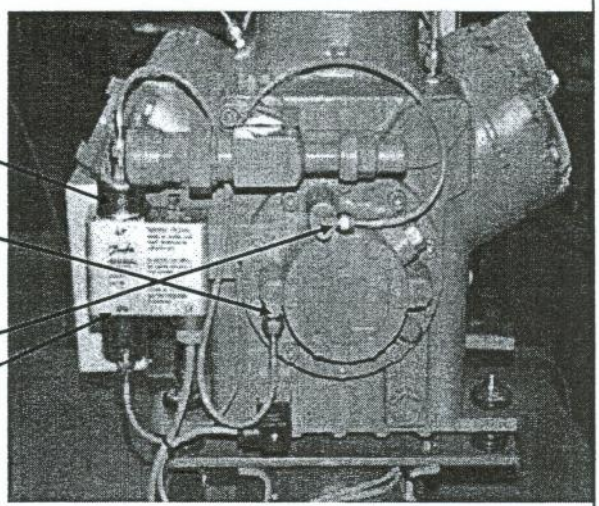


کنترل فشار روغن در اثر اختلاف فشار مکش (کارتر) و فشار روغن عمل می کند. توجه شود که فشار مکش حتما از داخل کارتر گرفته شود تا در زمان گرفتگی فیلتر مکش کمپرسور و روغن ، این کنترل عمل کند.

کنترل فشار روغن یک تاخیر زمانی دارد. در بعضی از مدلها این زمان ثابت است و قابل تغییر نیست ولی در بعضی دیگر این زمان قابل تنظیم است 30s , 60s, 90s,120s . این تاخیر برای این است که حتی در شرایط نرمال کاری ، مقدار گاز مبرد به ورود پمپ روغن رفته و باعث کاهش فشار روغن می شود. بعد از تاخیر زمانی معمولا این گاز از کارتر خارج شده و فشار روغن به حد نرمال می رسد. اگر در کارتر کمپرسور مبرد مایع به حد زیادی وجود داشته باشد ، بعد از تاخیر زمانی نیز فشار روغن کاهش می یابد و کنترل روغن کمپرسور را خاموش می کند.

کنترل فشار روغن

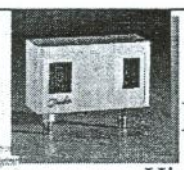
Oil Pressure Switch

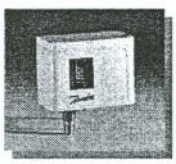


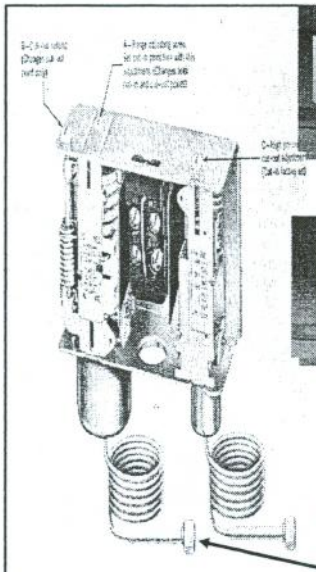
۱۱۴

کنترل فشار بالا و پائین

Hi & Low Pressure Control





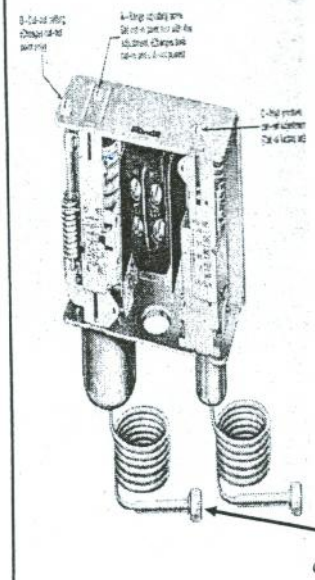


در تمامی سیستمها ، نصب کنترل فشار Hi & Low برای ایمنی سیستم الزامی است.

هر گاه فشار تخلیه کمپرسور از فشار تنظیم شده بالاتر رود ، کنترل فشار بالا کنتاک برقی داخل خود را قطع می کند. هر گاه فشار مکش کمپرسور از حد تنظیم کاهش یابد کنتاکت برقی داخل قطع می گردد. بعضی از مدلها به صورت اتوماتیک عمل می کنند ، بدین معنی که اگر در اثر افزایش فشار بالا و یا کاهش فشار مکش کنتاکت برقی قطع شد، و بعد از مدتی این فشارها به حد نرمال رسید مجددا کنتاکت برقی به صورت اتوماتیک وصل می شود. در بعضی از مدلها این عمل به صورت اتوماتیک انجام نمی شود و در صورت قطع شدن کلید reset باید فشار داده شود.

تنظیم کنترل فشار بالا و پائین

Hi & Low Pressure Control Setting



تنظیم این فشارها بستگی به شرایط کاری سیستم (te , tc) و نوع مبرد دارد.

تنظیم کنترل فشار بالا باید بالاتر از فشار کارکرد معمولی در گرمترین شرایط باشد.

تنظیم کنترل فشار پائین باید کمتر از فشار کارکرد معمولی باشد.

کنترل فشار پائین محدوده تنظیم دیگری نیز دارد که به آن Differential می گویند. این تنظیم برای اختلاف فشاری است که دستگاه باید مجددا وصل و یا قطع (بستگی به نوع مدل) کند.

تنظیم کنترل فشار بالا و پائین

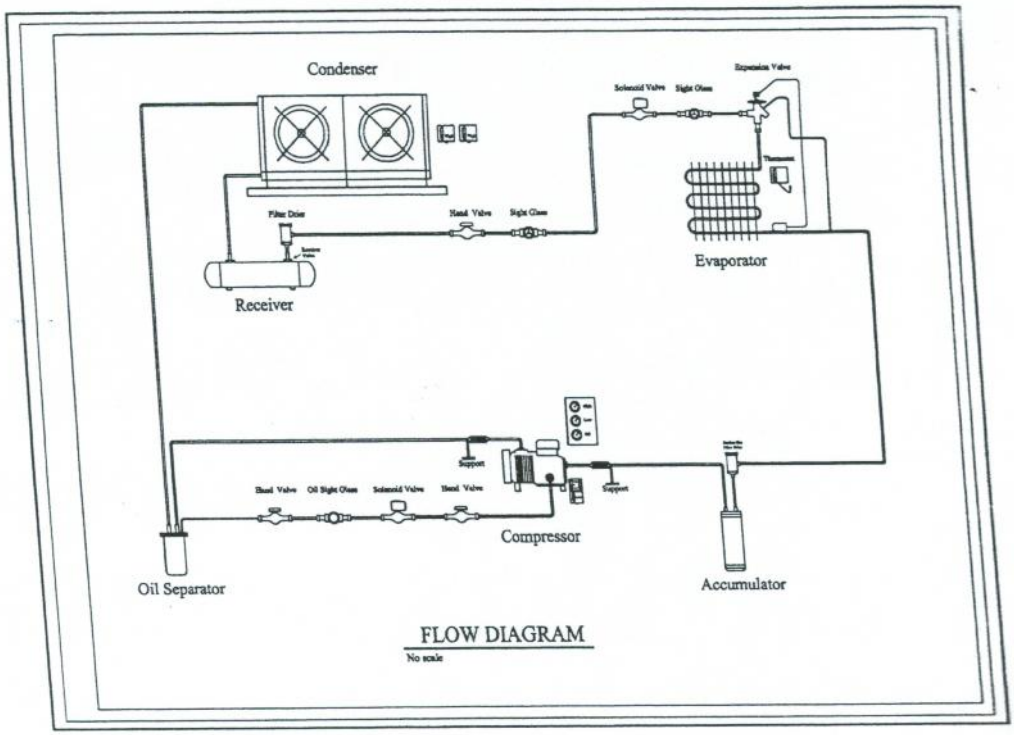
Hi & Low Pressure Control Setting

$te = -20°C \xrightarrow{R22} Pe = 1.44\ bar(g)$ فشار کارکرد (LOW)

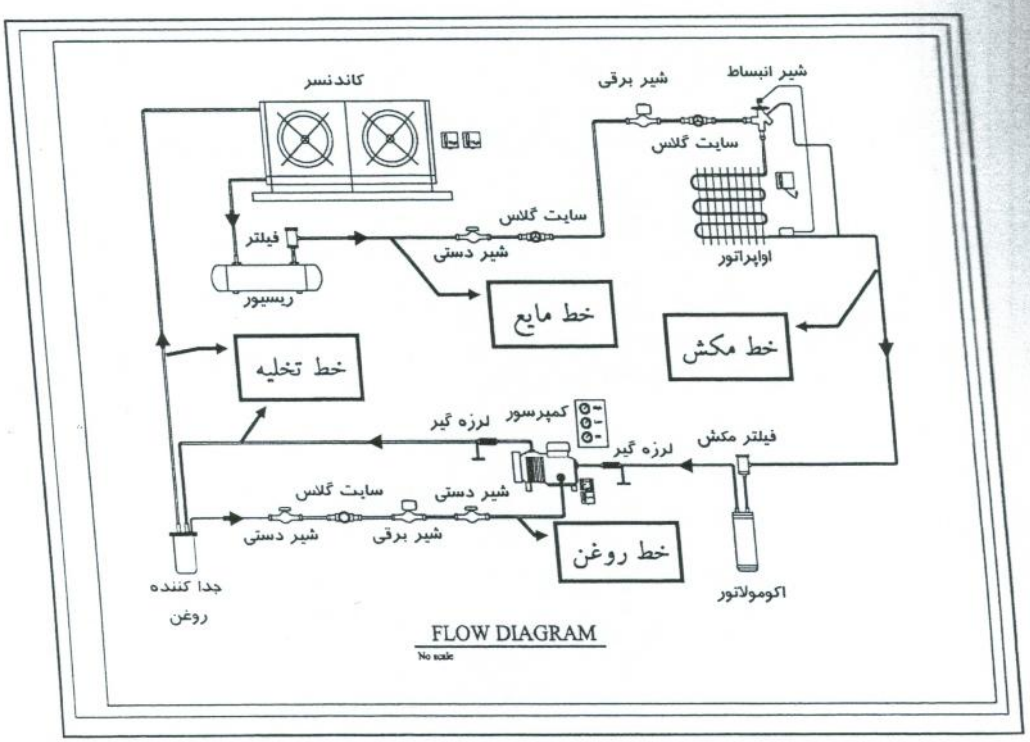
$tc = 50°C \xrightarrow{R22} Pc = 18.4\ bar(g)$ فشار کارکرد (HIGH)

تنظیم فشار LOW باید پائینتر از فشار کارکرد LOW باشد.
تنظیم فشار HIGH باید بالاتر از فشار کارکرد HIGH باشد.

دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره انجرقلی

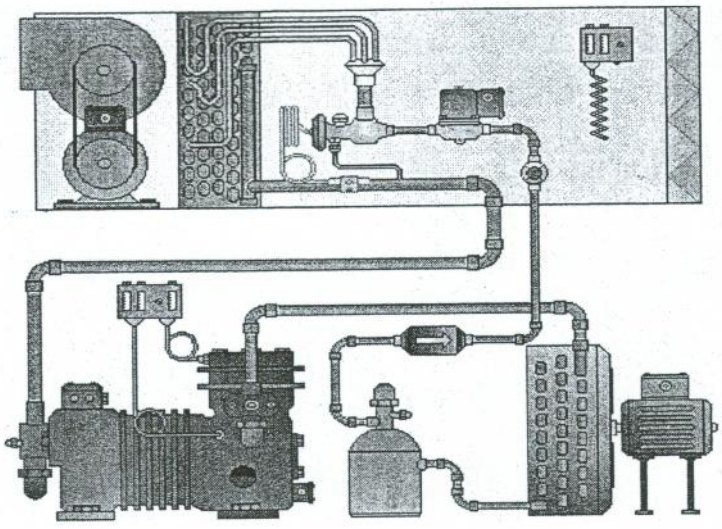


FLOW DIAGRAM
No scale



FLOW DIAGRAM
No scale

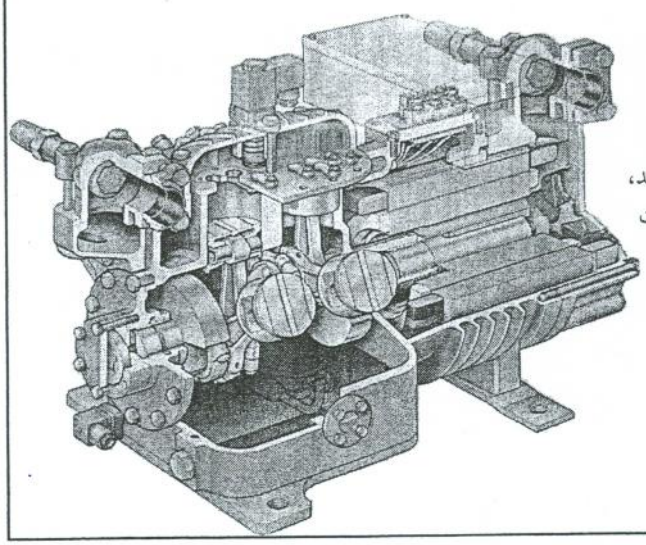
حفاظت کمپرسور



۱۲۰

با گاز مبرد روغن نیز وارد کمپرسور می شود و روغن به زیر قسمت سیم پیچ می ریزد. از طریق یک مجرائی این روغن به قسمت کارتر هدایت می شود. اگر مبرد مایع از طریق مکش وارد کمپرسور شود از همین مجرا وارد کارتر می شود.

اگر مبرد مایع با حجم خیلی زیاد وارد کمپرسور شود می تواند وارد سیلندر شده و صدمات شدیدی به کمپرسور وارد می کند.



مانند شکستن سوپاپها – سرسیلندر- شاتون – پیستون ...

ولی اگر مقدار مبرد مایع کم باشد، این مایع وارد کارتر شده و باعث تخریب تدریجی کمپرسور می شود.

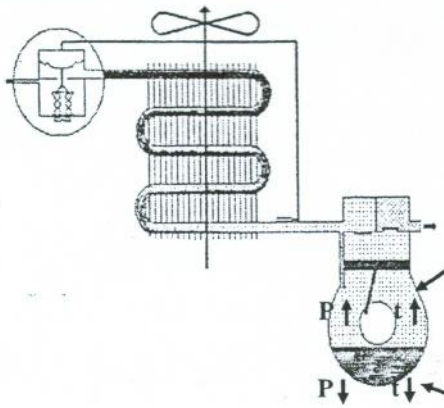
۱۲۱

مشکلات ایجاد شده در اثر برگشت مایع مبرد به کارتر کمپرسور

- ۱- وجود بیش از اندازه مبرد در کارتر باعث رقیق شدن روغن می گردد و لذا روغن خاصیت اصلی خود را از دست می دهد.
- ۲- اگر مبرد بیش از اندازه ای در کارتر حضور داشته باشد ، مخلوط روغن و مبرد اشباع می شود و لذا جدا شدن دو سیال اتفاق خواهد افتاد.
- ۳- مایع مبرد از روغن سنگینتر است و در نتیجه در زیر سطح روغن جمع می شود. این امر باعث بالا آمدن سطح روغن در شیشه رویت می شود و چنین به نظر می رسد که مقدار روغن خوب است.
- ٤- اگر مبرد مایع در روغن زیاد باشد ، در زمان استارت کمپرسور که فشار و دمای کارتر پائین می آید، مبرد مایع تبخیر شده و باعث اغتشاش شدید روغن می شود. این امر باعث کاهش فشار روغن شده و لذا روغنکاری کمپرسور با مشکل روبرو می شود. (چرا؟)

۱۲۲

در یک سیستم بسته مبرد همیشه توسط روغن جذب می شود حتی اگر اختلاف فشاری وجود نداشته باشد. وقتی گاز مبرد به محفظه میللنگ می رسد به مایع تقطیر شده و با روغن مخلوط می شود. این امر تا اشباع کامل روغن ادامه خواهد یافت. مقدار مبردی که روغن جذب می کند اساسا به فشار و دما بستگی دارد و این مقدار با افزایش فشار و دما شدیدا افزایش پیدا می کند. در محدوده دمائی محیط، مقدا مبردی که روغن جذب می کند به حداکثر می رسد. وقتی که فشار روی مخلوط مبرد و روغن کاهش یابد (همانطور که در لحظه استارت کمپرسور ایجاد می شود) ، مقدار مبرد مایعی که برای اشباع کردن روغن مورد نیاز است به شدت کاهش می یابد و بقیه مبرد مایع تبخیر شده و به گاز تبدیل می شود. این عمل باعث مخشوش شدن شدید مخلوط روغن و مبرد می شود که به Foaming معروف است. این امر در استارت کمپرسور اتفاق می افتد و از شیشه رویت روغن کمپرسور به صورت کف مشاهده می شود. اگر شدت این امر بالا باشد حتی باعث تخلیه شدن کارتر از روغن زیر یک دقیقه می شود. توجه داشته باشید که هر Foaming در کارتر دلیل بر وجود مبرد مایع نیست و مخشوش شدن شدید روغن نیز باعث Foaming می شود.
پدیده ای که باعث تعجب اکثر تکنیسینها می شود این است که وجود مبرد مایع در کارتر باعث پائین آمدن فشار روغن و حتی باعث قطع کنترل فشار روغن می شود گرچه مقدار روغن در کارتر به حد کافی باشد. ورود مقدار زیاد مبرد مایع به کارتر نه تنها باعث کاهش قدرت روغن کاری روغن می شود بلکه مبرد مایع با ورود به داخل پمپ روغن تبخیر شده و راه ورود روغن به پمپ را مسدود می کند لذا روغنی پمپ نمی شود و فشار روغن به شدت کاهش می یابد.



روغن مبرد را جذب کرده و در خود حل می کند و مبرد تقطیر شده و به صورت مایع در روغن باقی می ماند. مقدار مبردی که روغن در خود جذب می کند با بالا رفتن فشار و دمای محفظه میللنگ افزایش می یابد.

وقتی کمپرسور خاموش می شود ، فشار و دمای محفظه بالا رفته و مبرد بیشتری در روغن جذب می شود.

وقتی کمپرسور روشن شود فشار داخل محفظه میللنگ کاهش یافته و لذا مقدار مبردی که روغن می تواند در خود نگهدارد به شدت کاهش می یابد. در نتیجه مقدار اضافی مبرد موجود در روغن تبخیر شده و از روغن جدا می شود. این پدیده به صورت کف (Foaming) از شیشهٔ رویت روغن مشاهده می شود.

گاز مبرد ایجاد شده وارد ورودی پمپ روغن می شود در نتیجه روغن پمپ نشده و فشار روغن کاهش می یابد. متعاقبا کنترل فشار روغن، کمپرسور را قطع می کند.

دلایل برگشت مبرد به کارتر کمپرسور

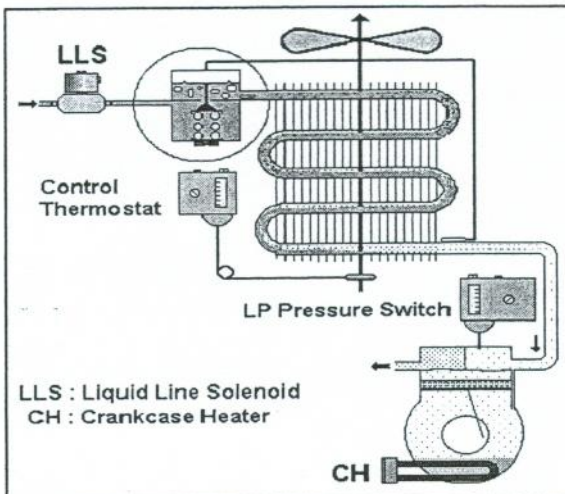
کمپرسور خاموش است:

- ۱-در اثر اختلاف سطح کمپرسور و اواپراتور
- ۲- در اثر مهاجرت مبرد Refrigerant Migration
- ۳- اگر جدا کننده روغن در تخلیه کمپرسور وجود دارد ، زمانی که کمپرسور خاموش می شود و دمای جدا کننده روغن به دمای محیط برسد چون دمای سطح جدا کننده روغن از دمای گاز تخلیه کمتر است لذا مقداری از گاز مبرد تقطیر شده و از راه فلوتر روغن وارد کارتر می شود.

کمپرسور روشن است:

- ٤- کارکرد و یا تنظیم نادرست شیر انبساط ترموستاتیکی
- ۵- بیش از اندازه بودن مقدار مبرد در سیستمهائی که از لوله موئی به عنوان دستگاه انبساط استفاده می کنند.
- ۶- مشکلات ایجاد شده برای اواپراتور (مانند برفک زیاد ، گرفتگی فیلتر هوا ، از کار افتادن فن و ...) که قدرت تبخیر آنرا کاهش دهند.

کنترل کمپرسور با حداقل حفاظت



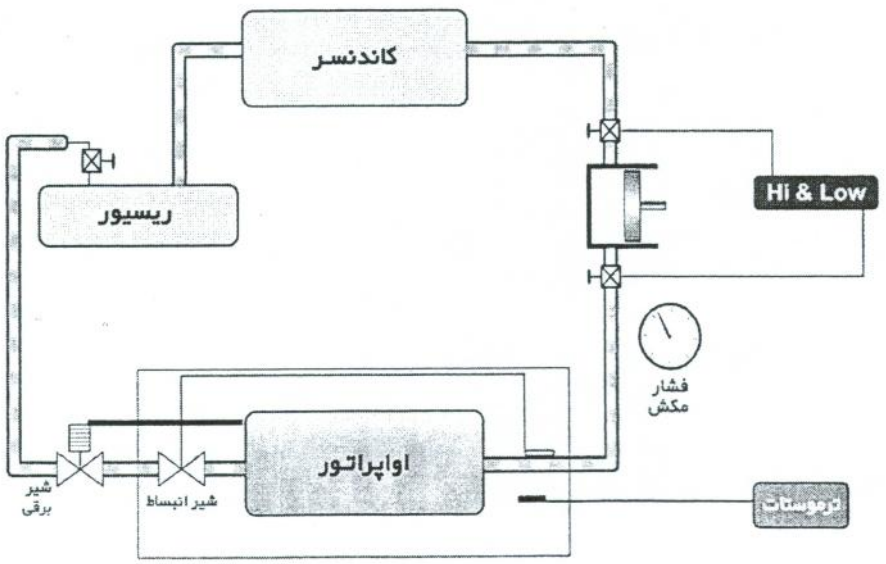
المنت حرارتی در کارتر باعث گرم شدن روغن می شود و لذا مبرد مایع موجود در روغن تبخیر می شود. المنت حرارتی کارتر فقط در زمان خاموش بودن کمپرسور باید روشن شود. اگر مقدار زیادی مبرد مایع در کارتر حضور داشته باشد ، هیتر قدرت تبخیر آنرا نخواهد داشت.

۱- خاموش کردن : فرمان ترموستات به برق کمپرسور و بستن شیر برقی و روشن کردن هیتر داخل محفظه میللنگ

۲- روشن کردن : فرمان ترموستات به برق کمپرسور و باز کردن شیر برقی و خاموش کردن هیتر داخل محفظه میللنگ

کنترل و حفاظت کمپرسور با سیستم Pump Down : خاموش کردن

جمع آوری مبرد در کاندنسر و ریسیور



خاموش شدن کمپرسور به روش Pump-Down

توسط تابلو برق - اتوماتیک

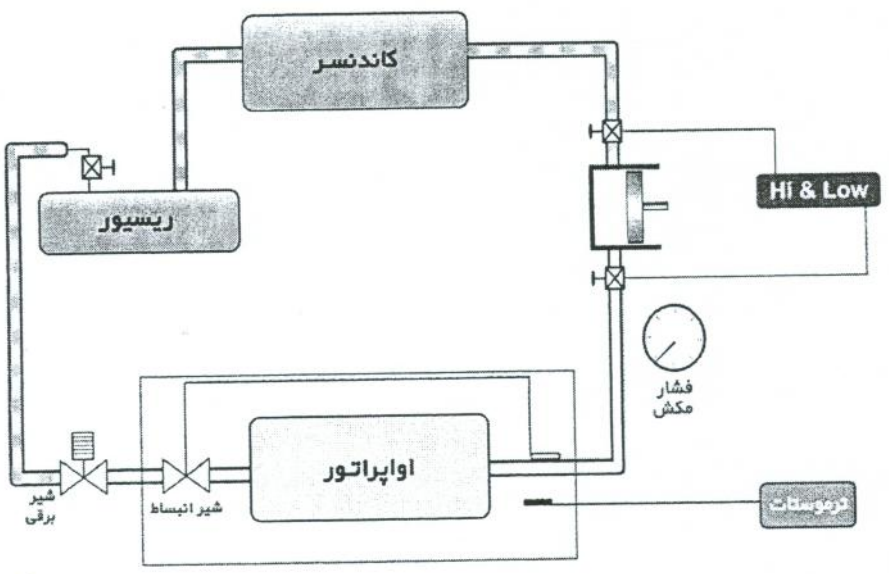
کنتاکت ترموستات به شیر برقی بسته است و وقتی ترموستات فرمان می دهد شیر برقی خط مایع بسته می شود. چون هنوز کمپرسور کار می کند لذا مبرد داخل اواپراتور و خط مکش را به کاندنسر و ریسیور منتقل می کند.

وقتی که اواپراتور از مبرد خالی شد، فشار مکش کاهش می یابد و هنگامی که از تنظیم Low Pressure پائینتر رفت کمپرسور توسط LP Switch خاموش می شود.

۱۲۸

کنترل و حفاظت کمپرسور با سیستم Pump Down : روشن کردن

جمع آوری مبرد در کاندنسر و ریسیور



روشن شدن کمپرسور در روش Pump-Down

توسط تابلو برق - اتوماتیک

کنتاکت ترموستات به شیر برقی بسته است و وقتی ترموستات فرمان می دهد شیر برقی خط مایع باز می شود. کمپرسور هنوز خاموش است. در اثر اختلاف فشار ، مبرد از ریسیور به سمت اواپراتور جریان می یابد و باعث می شود که فشار مکش (LP) افزایش یابد.

وقتی که فشار مکش از حد تنظیم Low Pressure بیشتر شد کمپرسور توسط LP Switch روشن می شود.

۱۳۰

روش دستی Pump-Down

برای انجام بعضی از کارهای تعمیراتی به جمع آوری مبرد از مسیر خط مایع ، اواپراتور و خط مکش نیاز است. برای این کار باید از روش دستی **Pump-Down** استفاده کرد. برای این منظور باید شیر خروجی روی ریسیور و یا شیر دستی خط مایع را تا انتها بست و اجازه داد تا کمپرسور کار کند تا مبرد را در کاندنسر و ریسیور جمع کند.

۱۳۱

توجه

اگر تنظیم کنترل فشار پائین LP روی عدد بالائی تنظیم شود (مثلا 1bar) ، در زمان Pump-Down تمام مبرد داخل اواپراتور تخلیه نمی شود و بعد از خاموش شدن کمپرسور مجددا فشار مکش بالا رفته و LP کمپرسور را روشن می کند. این عمل چند بار تکرار شده تا فشار اواپراتور کاهش یابد و دیگر افزایش نیابد.

در بعضی از کاربردها می توان این مشکل را با افزایش تنظیم .Diff روی کنترل LP حل کرد (ولی نه همیشه).

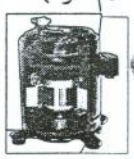
از طرف دیگر تابلو برق باید طوری طراحی شود که وقتی ترموستات فرمان داد و Pump-Down انجام شد، اگر به هر دلیلی فشار مکش بالا آمد دیگر کمپرسور روشن نشود تا ترموستات فرمان دهد.

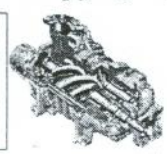
۱۳۲

به کار گیری روش **Pump-Down** به عوامل زیر بستگی دارد :

۱- کمپرسورهای پیستونی قابلیت **Pump-Down** را دارند.

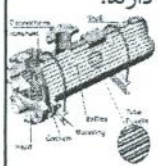
۲- کمپرسورهای **Scroll** و **Screw** قبلیت **Pump-Down** را ندارند (باید استعلام شود).

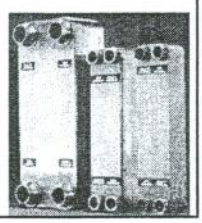




۳- اواپراتورهای هوا خنک (کویل) قابلیت **Pump-Down** را دارند.

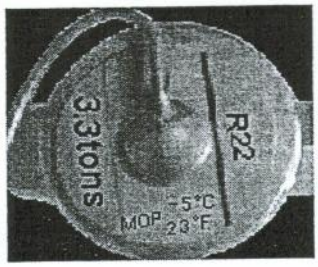
۴- اواپراتورهای پوسته لوله ای **(Shell&Tube)** قابلیت **Pump-Down** را دارند.





۵- اواپراتور های صفحه ای **(Plate)** قابلیت **Pump-Down** را ندارند.

شیر انبساط ترموستاتیکی



Thermostatic Expansion Valve

TEV

۱- ایجاد افت فشار

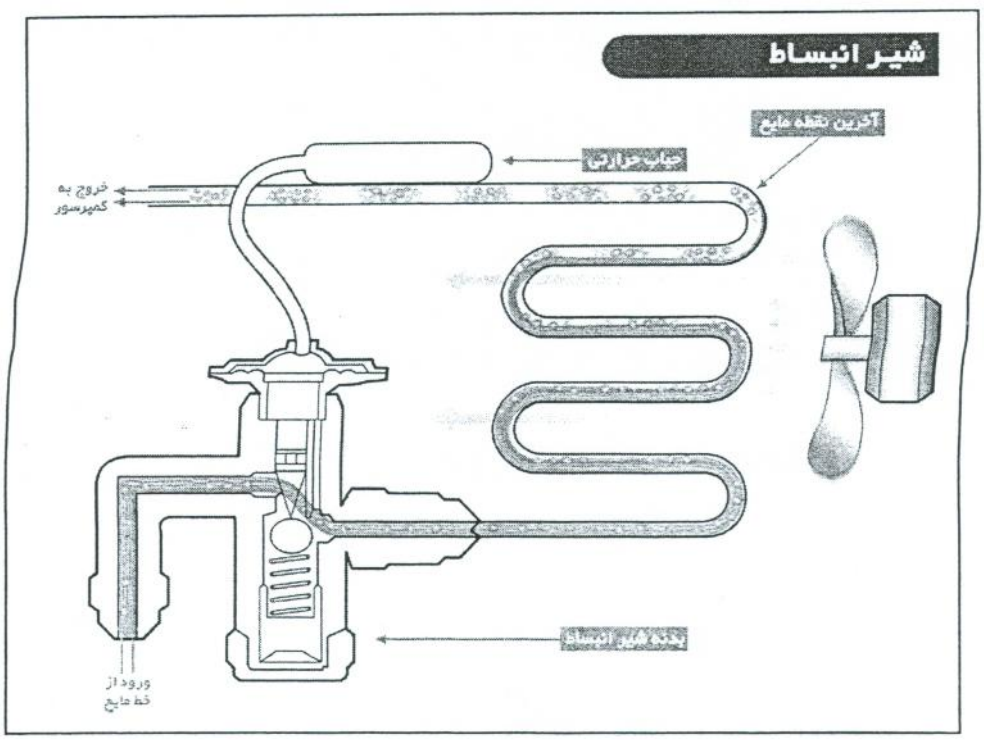
افت فشار سیال = افت دمای سیال $P\downarrow = t\downarrow$

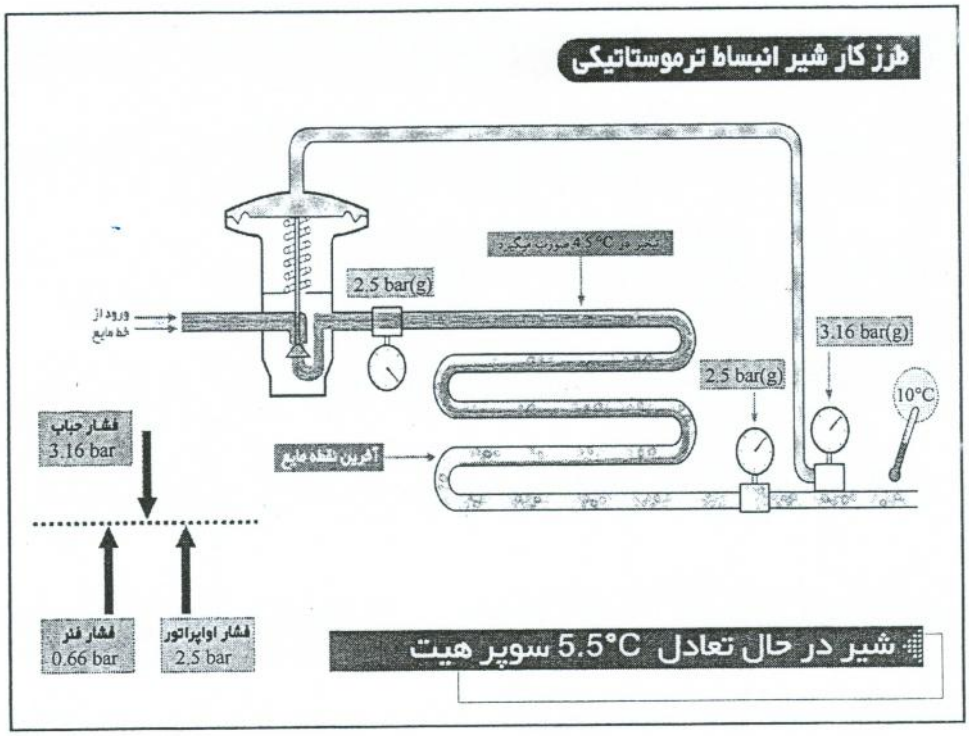
۲- کنترل مقدار مبرد عبوری به اواپراتور بر اساس مقدار سوپر هیت خروجی از اواپراتور

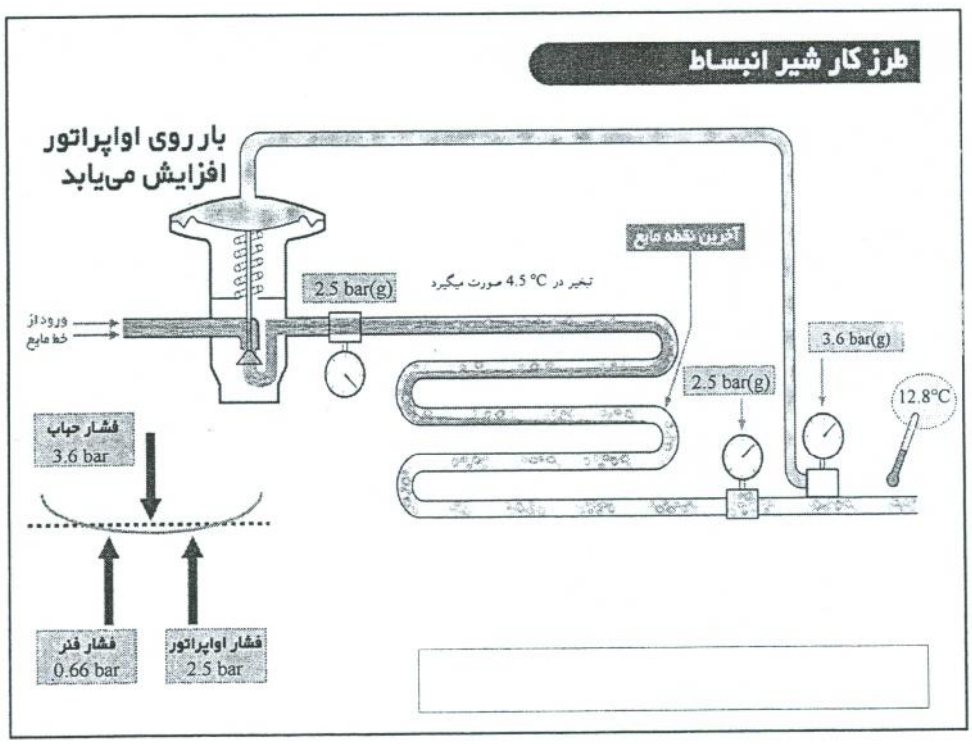
تذکر مهم : شیر انبساط ترموستاتیکی فقط سوپر هیت خروجی از اواپراتور را تنظیم می کند و کنترل ظرفیت نمی کند.

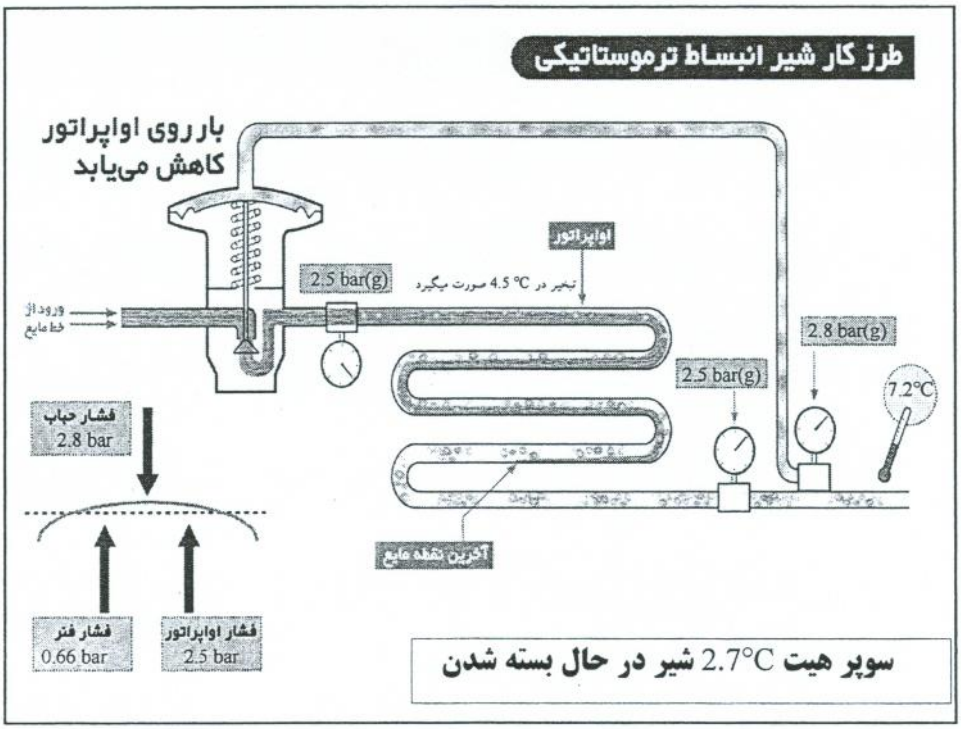
کنترل ظرفیت سیستم فقط توسط کمپرسور امکان پذیر است.

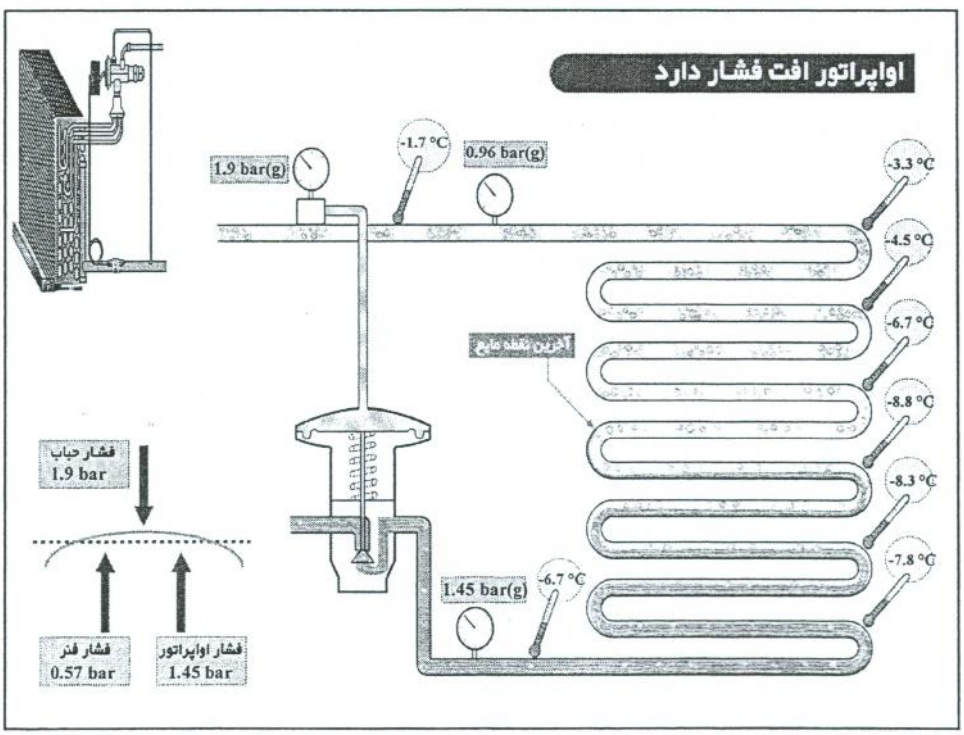
۱۳۴

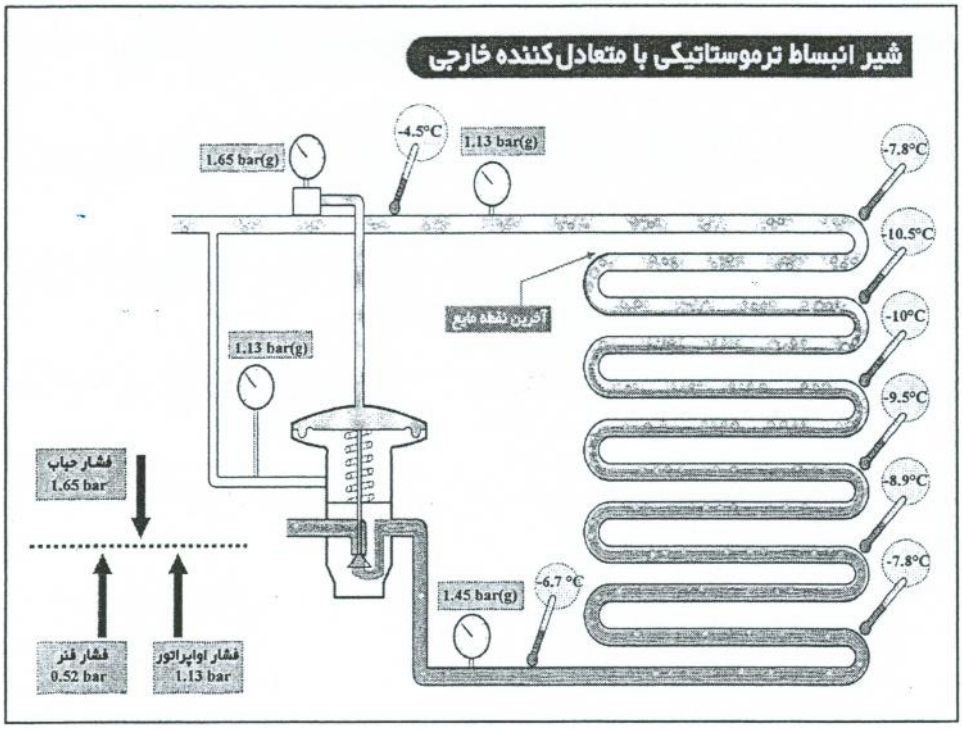



طرز کار شیر انبساط ترموستاتیکی
تبخیر در 4.5 °C صورت میگیرد
2.5 bar(g)
ورود از
خط مایع
3.16 bar(g)
2.5 bar(g)
10°C
آخرین نقطه مایع
فشار حباب
3.16 bar
فشار فنر
0.66 bar
فشار اواپراتور
2.5 bar
شیر در حال تعادل 5.5°C سوپر هیت


طرز کار شیر انبساط
بار روی اواپراتور
افزایش می‌یابد
آخرین نقطه مایع
تبخیر در 4.5 °C صورت میگیرد
2.5 bar(g)
ورود از
خط مایع
3.6 bar(g)
2.5 bar(g)
12.8°C
فشار حباب
3.6 bar
فشار فنر
0.66 bar
فشار اواپراتور
2.5 bar


طرز کار شیر انبساط ترموستاتیکی
بار روی اواپراتور
کاهش می‌یابد
اواپراتور
2.5 bar(g)
تبخیر در 4.5 °C صورت میگیرد
ورود از
خط مایع
2.8 bar(g)
2.5 bar(g)
7.2°C
فشار حباب
2.8 bar
آخرین نقطه مایع
فشار فنر
0.66 bar
فشار اواپراتور
2.5 bar
سوپر هیت 2.7°C شیر در حال بسته شدن


اواپراتور افت فشار دارد
1.9 bar(g)
-1.7 °C
0.96 bar(g)
-3.3 °C
-4.5 °C
-6.7 °C
آخرین نقطه مایع
-8.8 °C
-8.3 °C
-7.8 °C
فشار حباب
1.9 bar
1.45 bar(g)
-6.7 °C
فشار فنر
0.57 bar
فشار اواپراتور
1.45 bar



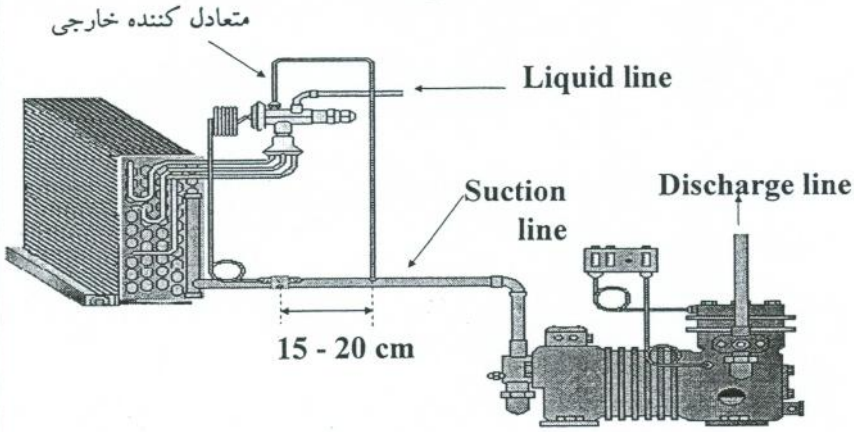
شیر انبساط با متعادل کننده خارجی

هر گاه افت فشار در اواپراتور بالا باشد و از شیر انبساط معمولی (متعادل شده داخلی) استفاده شده باشد ، سوپر هیت بیش از حدی در اواپراتور تولید می شود. دلیل این امر این است که به علت افت فشار، دما نیز کاهش می یابد و شیر پاسخ اشتباه به این کاهش دما می دهد و می بندد. به زبان ساده تر اینکه شیر نمی فهمد که این افت دما از افت فشار است و خیال می کند که سوپر هیت کم شده و بنابراین شیر را می بندد.

در این صورت باید از شیر انبساط با متعادل کننده خارجی استفاده شود. در این شیر فشار خروجی اواپراتور توسط یک لوله به زیر دیافراگم منتقل می شود. در این حالت شیر پاسخ صحیح به سوپر هیت می دهد و دیگر سوپر هیت اضافه تولید نمی شود.

لوله متعادل کننده خارجی فقط فشار خروجی اواپراتور را به زیر دیافراگم منتقل می کند و هیچ کار دیگری انجام نمی دهد

محل نصب متعادل کننده خارجی



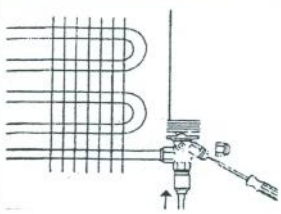
محل انشعاب اکولایزر خارجی باید حتما :

۱- از لوله افقی گرفته شود.

۲- انشعاب از بالای لوله گرفته شود تا روغن یا مبرد مایع وارد آن نشود.

۳- انشعاب[۱۴] بعد از محل نصب حباب حرارتی شیر گرفته شود تا در صورت نشت داخلی شیر ، شیر نبندد.

تنظیم سوپر هیت



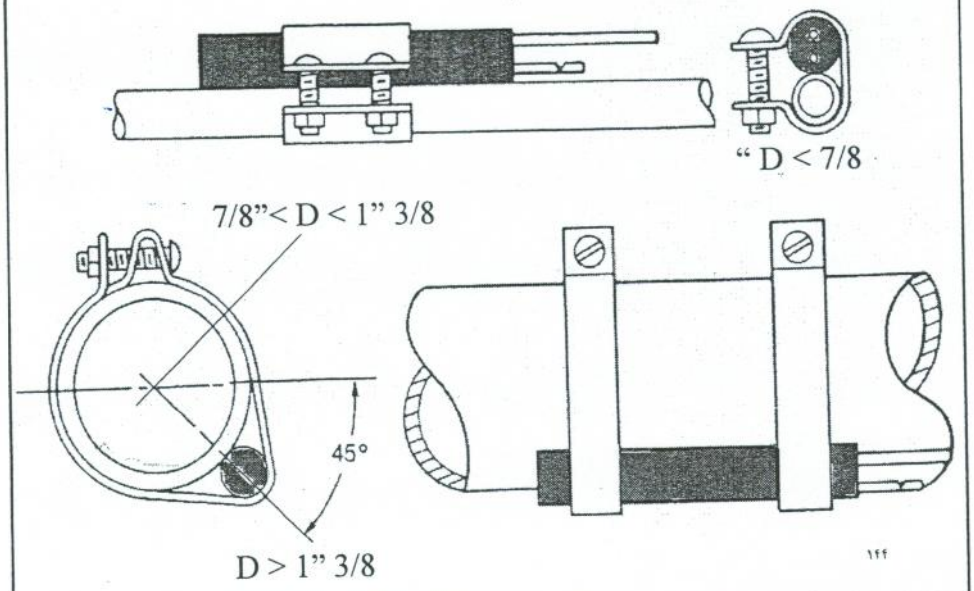
شیر انبساط ترموستاتیکی برای برای ظرفیت قید شده در کاتالوگ تنظیم شده است. جهت تنظیم شیر برای شرایط کاری خود به مراحل ذیل توجه نمائید:

برای افزایش سوپر هیت پیچ تنظیم را در جهت عقربه های ساعت بچرخانید(شیر بسته می شود).

برای کاهش سوپر هیت پیچ تنظیم را در جهت عکس عقربه های ساعت بچرخانید (شیر باز می شود.)

توجه : برای تنظیم شیر ها با ظرفیت پائین ، پیچ تنظیم را در هر چرخش فقط 1/4 دور بچرخانید و اجازه دهید تا سیستم به تعادل برسد (حدود ۳۰ دقیقه) . مجددا سوپر هیت را اندازه گیری کرده و در صورت نیاز مجددا تنظیم کنید.

محل نصب بالب حرارتی

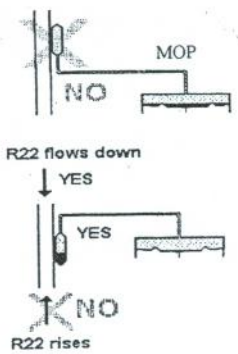


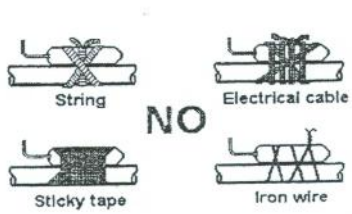
نصب حباب حرارتی

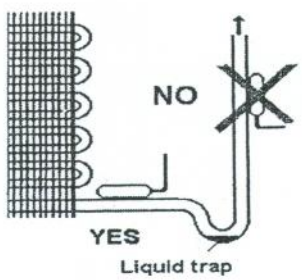
۱- حباب حرارتی را روی لوله افقی نصب کنید.

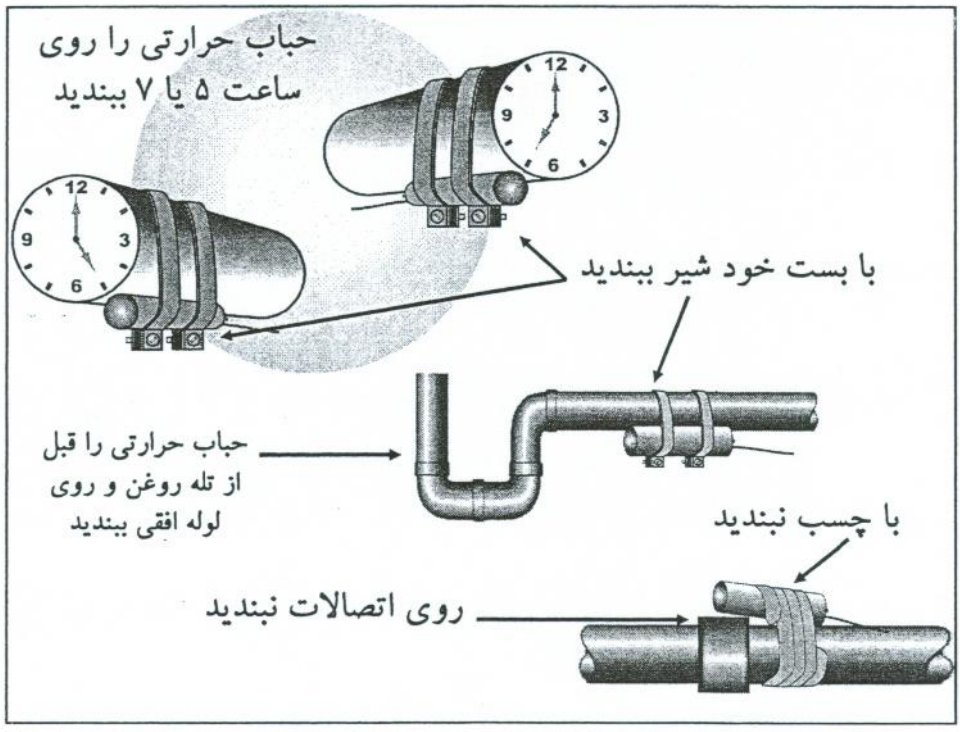
۲- حباب حرارتی و لوله مکش را عایق کنید.

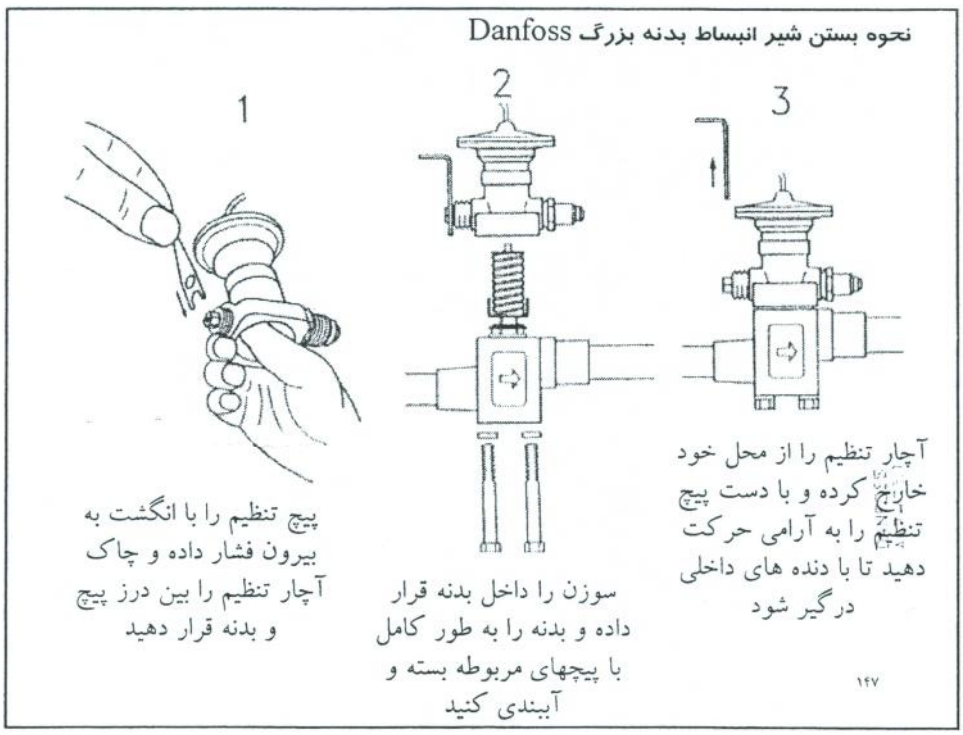
۳- حباب حرارتی را حتما با بست ارائه شده توسط سازنده ببندید.



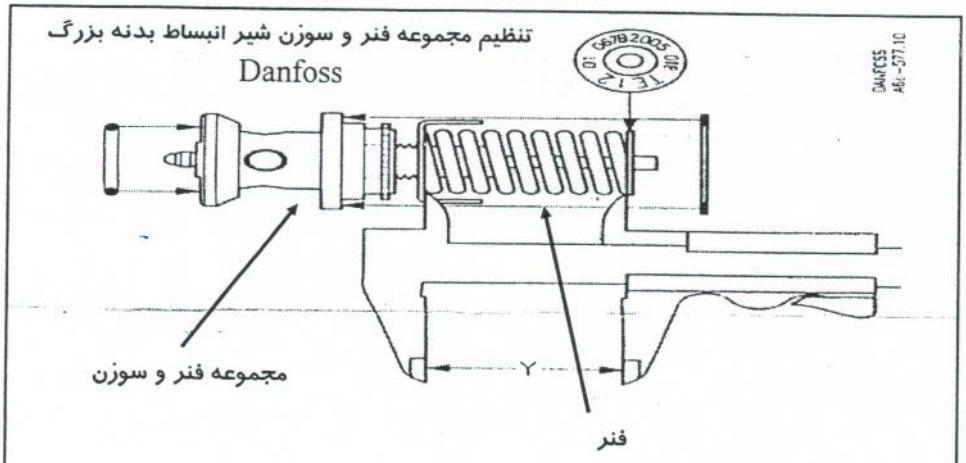





حباب حرارتی را روی
ساعت ۵ یا ۷ ببندید
با بست خود شیر ببندید
حباب حرارتی را قبل
از تله روغن و روی
لوله افقی ببندید
با چسب نبندید
روی اتصالات نبندید


نحوه بستن شیر انبساط بدنه بزرگ Danfoss
1
2
3
پیچ تنظیم را با انگشت به
بیرون فشار داده و چاک
آچار تنظیم را بین درز پیچ
و بدنه قرار دهید
سوزن را داخل بدنه قرار
داده و بدنه را به طور کامل
با پیچهای مربوطه بسته و
آببندی کنید
آچار تنظیم را از محل خود
خارج کرده و با دست پیچ
تنظیم را به آرامی حرکت
دهید تا با دنده های داخلی
درگیر شود
۱۴۷

تنظیم مجموعه فنر و سوزن شیر انبساط بدنه بزرگ



قبل از نصب طول فنر مطابق دستوالعمل سازنده ، برای هر شماره سوزن تنظیم کنید

Orifice no.	Orifice code no.	Y = ±1 mm				
		R 12	R 22	R 134a	R 404A	R 502
01	067B2005	36	35	35	36	32
02	067B2006	36	35	35	36	32
03	067B2007	36	35	35	36	32
04	067B2008	36	35	35	36	32

Hunting

این پدیده در شیر انبساط ترموستاتیکی ایجاد شده و شیر متناوبا باز و بسته می شود. این عمل باعث بالا و پائین رفتن دما و فشار اواپراتور می شود Hunting .شدید باعث افت ظرفیت برودتی سیستم می شود چون فشار اواپراتور کاهش یافته و لذا ظرفیت کمپرسور کم می شود. در اثر این پدیده احتمال برگشت مبرد مایع به کمپرسور زیاد است.

یکی از دلایل بوجود آمدن این پدیده را می توان تاخیر زمانی عکس العمل شیر دانست. بدین معنی که مبردی که وارد اواپراتور می شود زمانی طول می کشد تا از اواپراتور خارج شود و لذا زمانی طول می کشد تا شیر عکس العمل جدید نشان دهد. این تاخیر زمانی ممکن است باعث باز و بسته شدن متناوب شیر شود. همچنین حباب حرارتی یک جرم مشخصی دارد و طبیعتا یک تاخیر زمانی دارد که این خود می تواند با تاخیر زمانی اواپراتور باعث تشدید این پدیده شود.

سرعت بالای مبرد در اواپراتور نیز می تواند باعث پدیده hunting شود. مبرد مایع در این شرایط به صورت موجهائی که به SLUGS معروف است حرکت می کند و به صورت مایع قسمتی از اواپراتور را پر کرده و از اواپراتور خارج می شود. در اثر خروج مایع از اواپراتور بالب حرارتی خنک شده و فرمان بسته شدن شیر را می دهد در نتیجه مبرد کمتری به اواپراتور وارد می شود.

پدیده Hunting را می توان با اعمال ذیل کاهش یا از بوجود آمدن آن جلوگیری کرد:

۱- شیر مناسب با ظرفیت برودتی سیستم انتخاب کنید. اگر ظرفیت شیر بیشتر از ظرفیت سیستم باشد باعث تشدید hunting می شود.

۲- تنظیم شیر را تغییر دهید. معمولا سوپر هیت کمتر باعث افزایش huntingمی شود (ولی نه همیشه).

۳- شیر انبساط با بالب حرارتی مناسبی انتخاب کنید. بالبها از نوع cross-charged از ایجاد hunting جلوگیری می کنند.

٤- اواپراتور را از لحاظ یکنواختی جریان هوا و مبرد طراحی کنید. پخش کنهای روی اواپراتور باید به درستی طراحی و ساخته شوند .

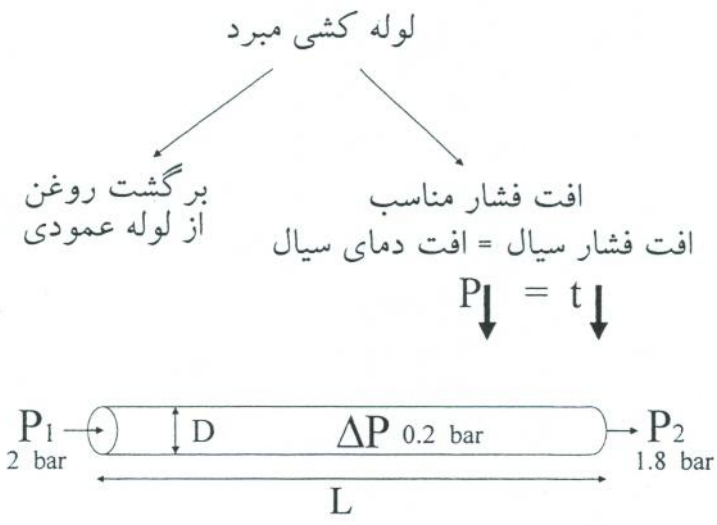
۵- سایز لوله مکش را بدرستی طراحی و نصب کنید.

۶- محل نصب بالب حرارتی را به درستی انتخاب و بالب را محکم روی خط مکش ببندید.

۷- محل نصب متعادل کننده خارجی را به درستی انتخاب کنید.

۱۵۰

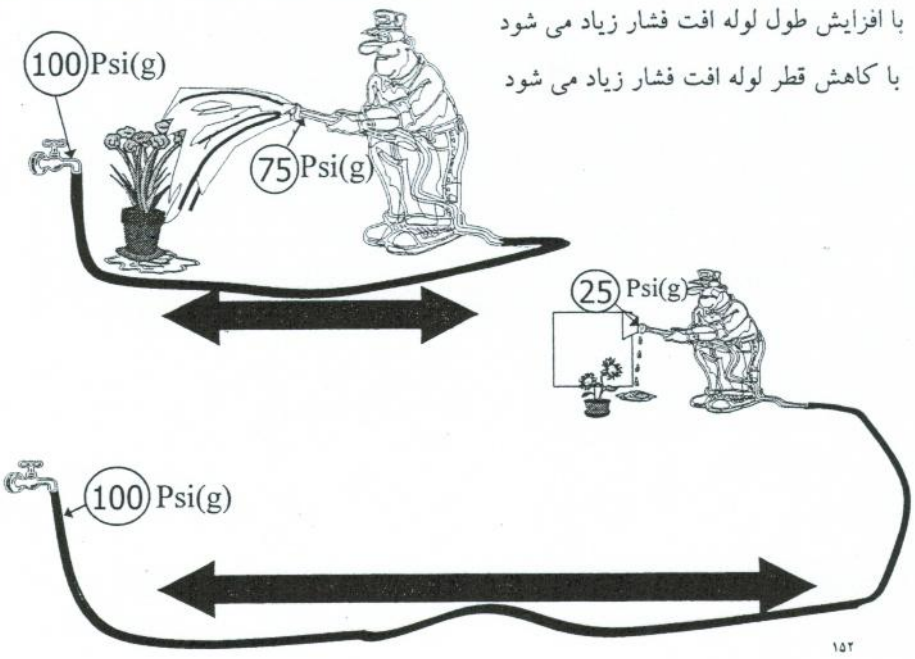
لوله کشی



۱۵۱

با افزایش طول لوله افت فشار زیاد می شود

با کاهش قطر لوله افت فشار زیاد می شود



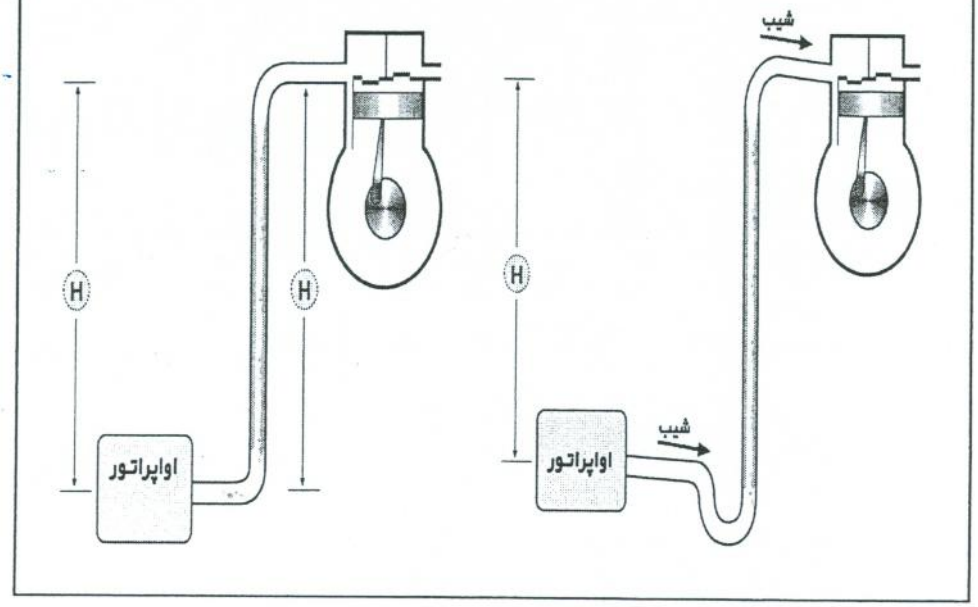
۱۵۲

ملاک قطر لوله ، سایز شیرهای کمپرسور نیست

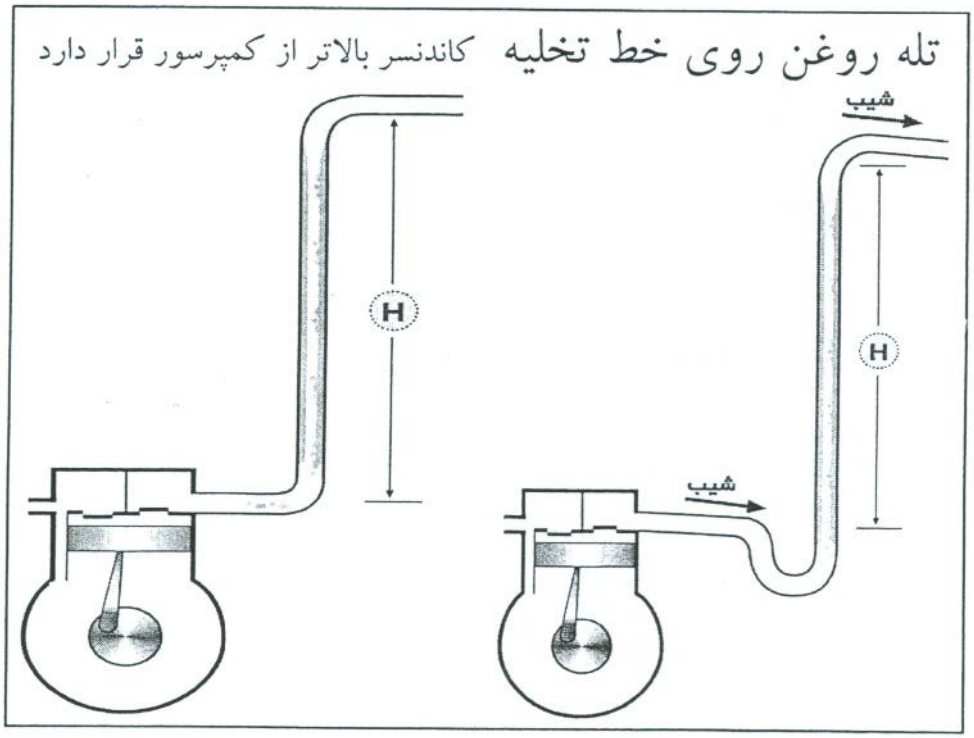
برای هر سیستمی و بر اساس طول لوله کشی و ظرفیت سیستم ، قطر لوله ها باید محاسبه شود

۱۵۳

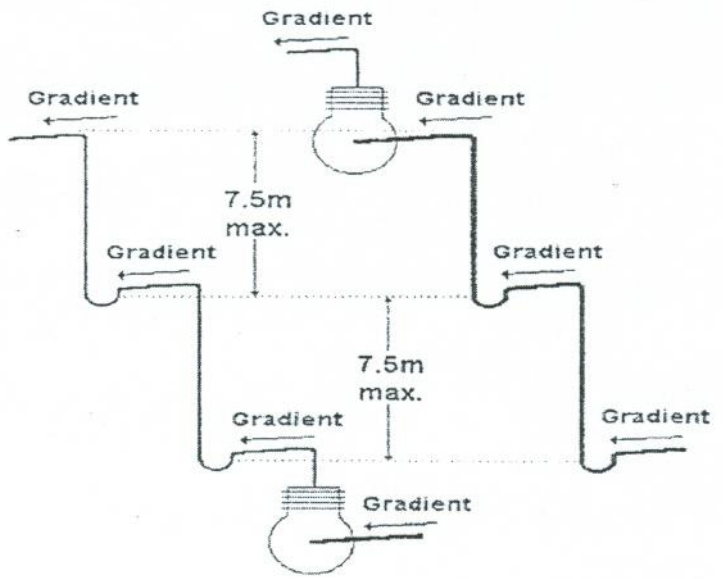
تله روغن روی خط مکش کمپرسور بالاتر از اواپراتور قرار دارد



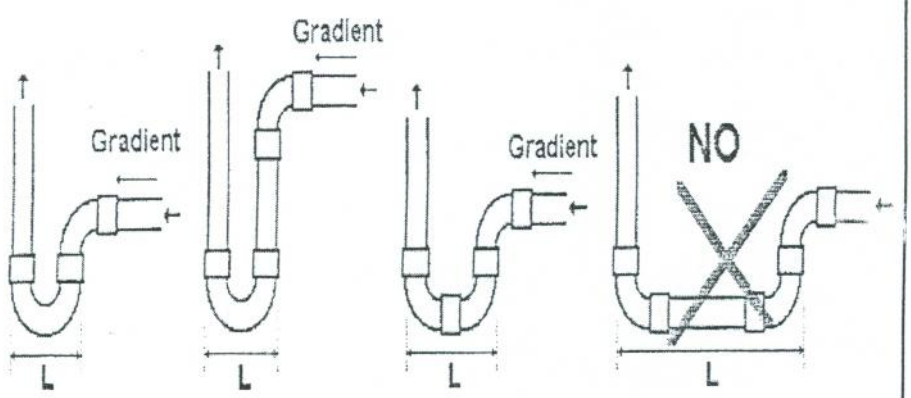
تله روغن روی خط تخلیه کاندنسر بالاتر از کمپرسور قرار دارد



ارتفاع لوله زیاد



۱۵۶



۱۵۷

تله روغن Oil Trap

تله روغن در زیر لوله های مکش و تخلیه که به صورت عمودی هستند و گاز به صورت عمودی به بالا می رود نصب می شود. زمانی که کمپرسور روشن است و گاز جریان دارد این تله ها کاری انجام نمی دهند. وظیفه اصلی تله روغن زمانی است که کمپرسور خاموش می شود. وقتی که کمپرسور خاموش شد ، روغن روی جداره لوله به پائین آمده و داخل این تله جمع می شود. وقتی که کمپرسور روشن شد،ن اولین جریان گاز روغن را از تله جمع کرده و به بالا می برد.
اگر تله نصب نشود روغن در خط مکش وارد اواپراتور شده و در لوله تخلیه وارد سرسیلندر و سیلندر کمپرسور می شود. اگر این اتفاق بیفتد روغن در اواپراتور ماسیده شده و در آن باقی می ماند و در تخلیه اگر وارد سیلندر شود در زمان تراکم مانند مبرد مایع به کمپرسور صدمه شدید وارد می شود.

۱۵۸

روشهای لوله کشی

روش لوله کشی در سیستم تبرید
لوله کشی آب نیست !

۱۵۹

روشهای لوله کشی

روش لوله کشی در سیستم تبرید باید به صورتی طراحی شود که :

۱- در خط مکش روغن به سمت کمپرسور هدایت شود. در خطوط افقی خط مکش باید شیبی معادل ۱٪ ایجاد گردد.

۲- در خط تخلیه روغن باید به سمت کاندنسر هدایت شود. در خطوط افقی خط تخلیه باید شیبی معادل ۱٪ ایجاد گردد.

۳- در ابتدای خطوط عمودی خط مکش و تخلیه باید تله روغن نصب گردد.

۴- روش لوله کشی چند اواپراتور به یک خط مکش مشترک باید به گونه ای باشد که روغن و مبرد خروجی از یک اواپراتور درکارکرد اواپراتور دیگر اختلال ایجاد نکند. در غیر اینصورت تنظیم شیر انبساط هر یک از اواپراتورها ، کارکرد دیگری را تغییر خواهد داد.

۵- ارتعاشات کمپرسور و غیره به خطوط لوله منتقل نشود.

۱۶۰

استاندارد مهار کردن لوله های مسی

اگر کلیه لوله های سیستم به صورت صحیح مهار نشوند ، باعث صدمات شدید به اتصالات جوش خورده شده و نهایتا به نشتی مبرد منجر خواهد شد.

۱۶۱

بست زدن لوله ها برای نگهداری لوله نیست !!!

فاصله صحیح بست ها ارتعاش در لوله ها را کاهش می دهد.

۱۶۲

استاندارد مهار کردن لوله های مسی

Standard BS EN 378-2-2000

Section 6.3.1

Cupper Tube OD (mm)	Support Spacing (m)
15 to 22	1
22 to 54	2
54 to 67	3

CSA B52 code

Tube OD (in)	Tube OD (mm)	Max. Span (ft)	Max Span (m)
5/8	15.88	5	1.5
7/8	22.23	6	1.8
1 1/8	28.58	7	2.1
1 3/8	34.93	8	2.4
1 5/8	41.28	9	2.7
2 1/8	53.98	10	3.0
2 5/8	66.68	11	3.3
3 1/8	79.38	12	3.6
3 5/8	92.08	13	3.9
4 1/8	104.78	14	4.2

۱۶۳

کنترل ظرفیت
Capacity control

دستگاههای سیستم برودتی بر اساس ظرفیت در نقطه طراحی انتخاب می شوند.

$$Q = m \times Cp \times \Delta t$$

$Q = 0.5 \times 4.18 \times (12-7) = 10.4$ kW design load ⟵ ظرفیت کمپرسور انتخاب شده

$Q = 0.5 \times 4.18 \times (11-7) = 8.4$ kW

$Q = 0.5 \times 4.18 \times (10-7) = 6.3$ kW

در سیستمهائی دبی سیال خنک شوند زیاد باشد، کاهش یک درجه دمای سیال باعث کاهش شدید ظرفیت می شود.

$$Q = m \times Cp \times \Delta t$$

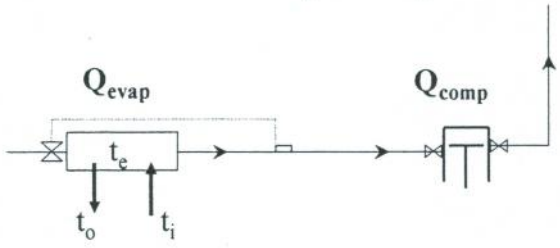
$Q = 5 \times 4.18 \times (12-7) = 104.5$ kW design load ⟵ ظرفیت کمپرسور انتخاب شده

$Q = 5 \times 4.18 \times (11-7) = 83.6$ kW

$Q = 5 \times 4.18 \times (10-7) = 62.7$ kW

۱۶۴

کنترل ظرفیت
Capacity control



در نقطه طراحی

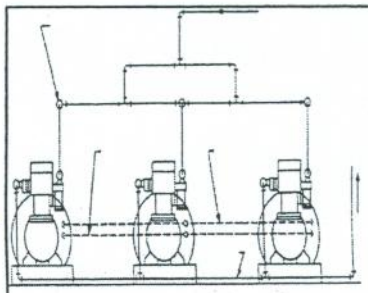
Qevap = Qcomp

مثلا در چیلر آب دمای ورود 12°C و دمای خروج 7°C

اگر دمای آب برگشت کاهش پیدا کرد و مثلا به 11°C رسید ، Qevap کاهش یافته در حالی که Qcomp همان عدد طراحی است. این اتفاق باعث می شود که فشار مکش کمپرسور کاهش یابد و در نتیجه دمای اواپراتور کاهش می یابد.

۱۶۵

کمپرسور های موازی



در کاربردهائی که ظرفیت سیستم برودتی بالا است، به جای یک عدد کمپرسور می توان از دو یا چند کمپرسور به صورت موازی استفاده کرد تا همان ظرفیت بالا را بدست آورد. وقتی که ظرفیت برودتی در اواپراتور ها کاهش می یابد می توان با خاموش کردن کمپرسورها کنترل ظرفیت انجام داد.

شرایط موازی کردن کمپرسورها

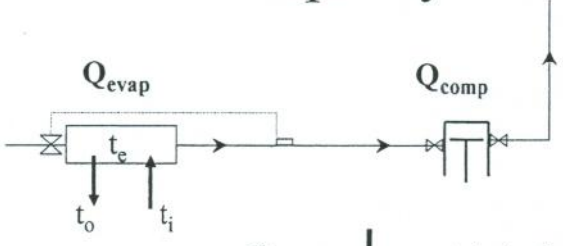
۱- کمپرسورهای هم ظرفیت و هم مدل را به صورت موازی ببندید.

۲- کارتر های همه کمپرسورها باید توسط دو عدد لوله به یکدیگر وصل شود (مانند شکل صفحه بعد). در غیر اینصورت روغن داخل کارتر کمپرسوری که خاموش است به داخل کارتر کمپرسورهای روشن منتقل خواهد شد.

۱۶۶

کنترل ظرفیت

Capacity control



Qcomp ↓ برای اکثر روشهای کنترل ظرفیت

Qevap ↑ در روش کنترل ظرفیت با گاز داغ

برای جلوگیری از کاهش فشار مکش باید با یک روشی مجددا Qevap و Qcomp با هم برابر شوند. در اکثر روشهای کنترل ظرفیت Qcomp کاهش یافته تا به Qevap برسد. در روش کنترل ظرفیت با گاز داغ ، Qevap افزایش یافته تا با Qcomp برابر شود.

۱۶۷

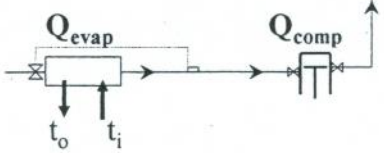
$m_w = 2.345$ kg/s

بدون کنترل ظرفیت

t_i	t_o	t_e	Q_e
12	6.66	1.44	49.62
11	5.79	0.7	48.39
10	4.92	-0.04	47.15
9	4.03	-0.74	46.17
8	3.15	-1.5	45.1

با کنترل ظرفیت

t_i	t_o	t_e	Q_e	Reduction % Q_e
12	≈ 7	≈ 2	49.01	0.0
11	≈ 7	≈ 2	39.21	20.0
10	≈ 7	≈ 2	29.41	40.0
9	≈ 7	≈ 2	19.6	60.0
8	≈ 7	≈ 2	9.8	80.0



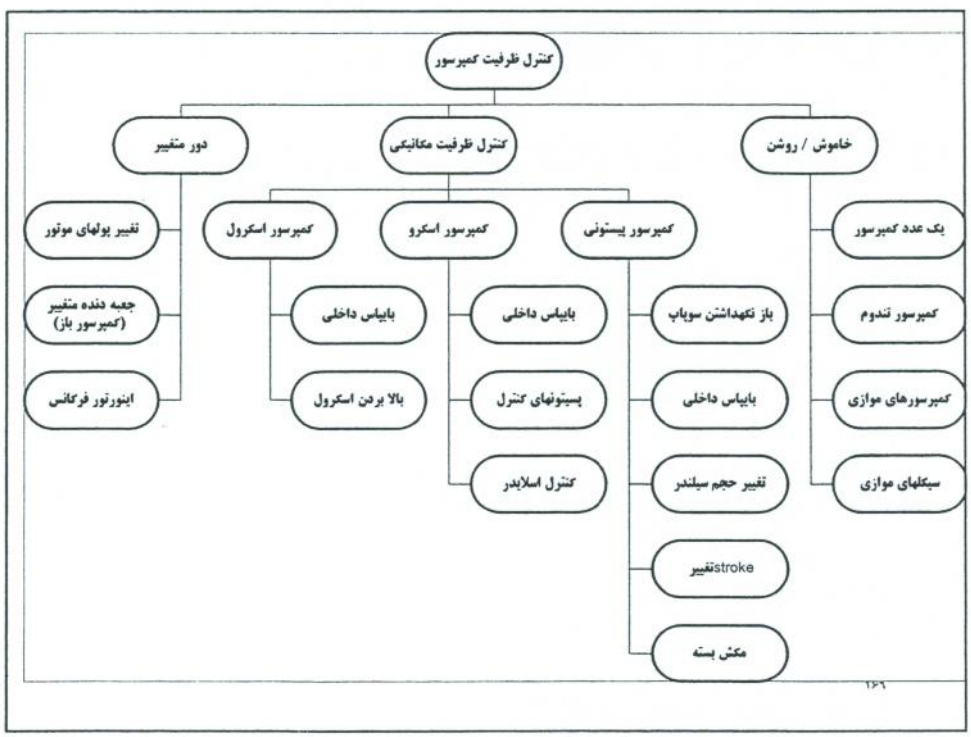
اهداف کنترل ظرفیت سیستم برودتی

۱- جلوگیری از کاهش دمای اواپراتور te

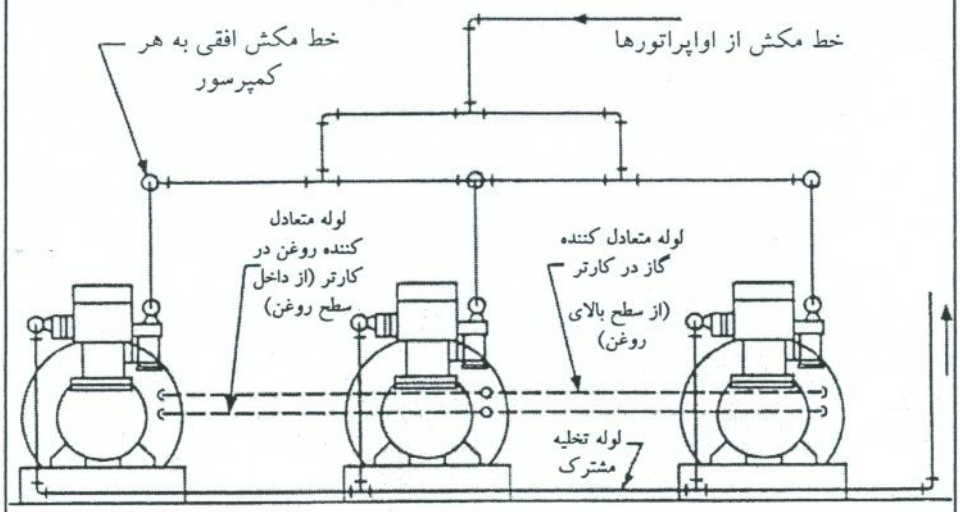
۲- جلوگیری از کاهش دمای سیال خنک شونده to

۳- جلوگیری از قطع و وصل زیاد کمپرسور

۴- کاهش مصرف انرژی



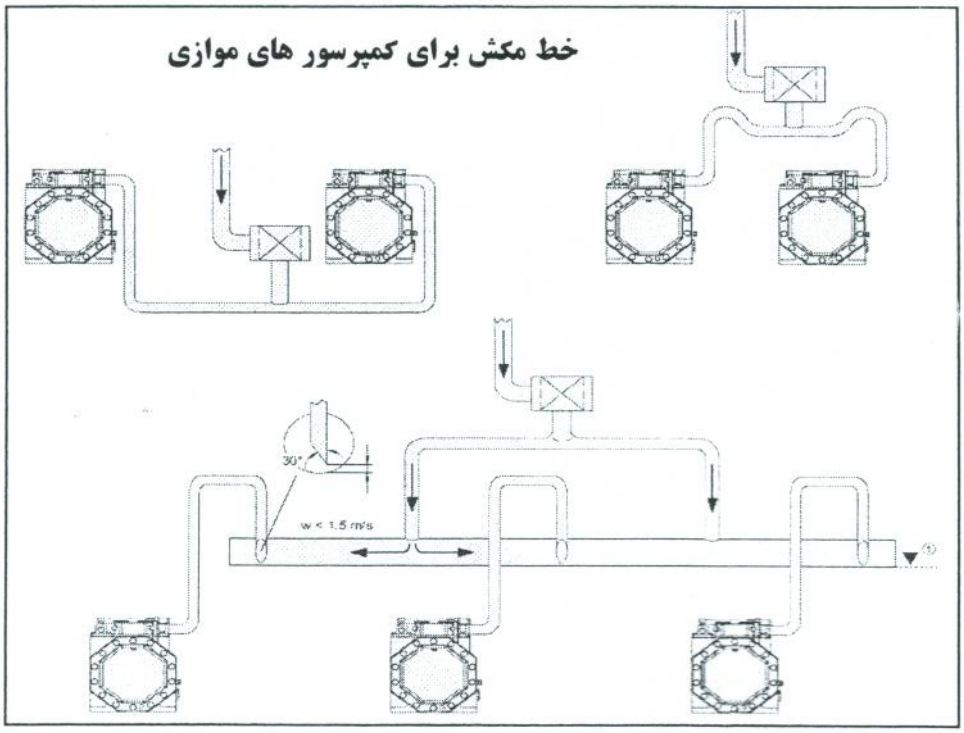
کمپرسور های موازی



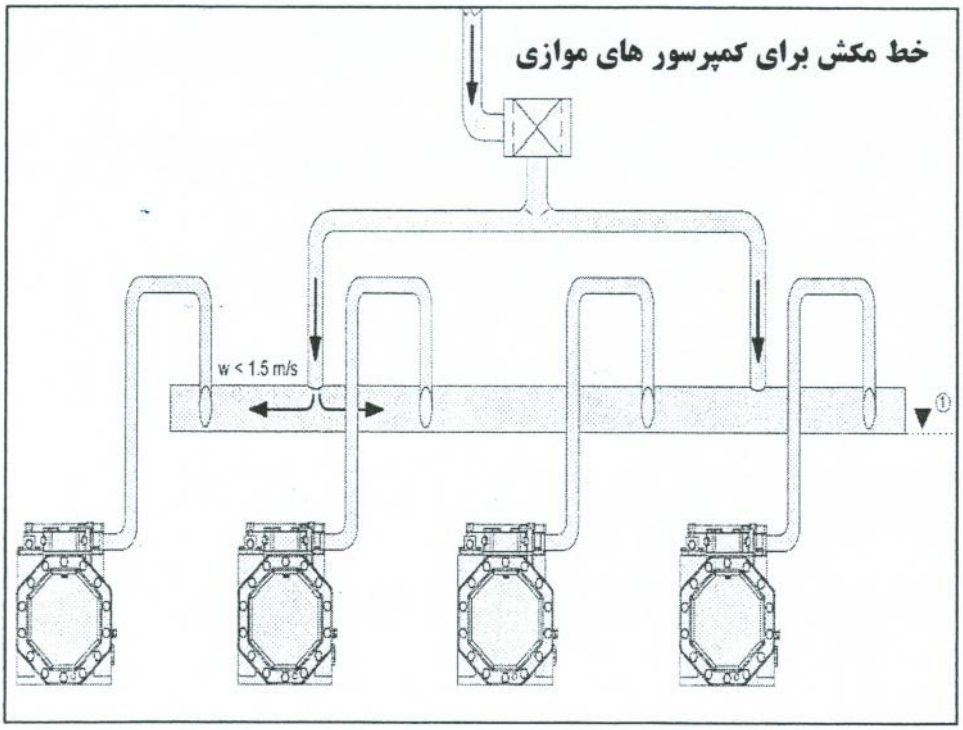
قطر لوله متعادل کننده گاز در کارتر باید حداقل دو سایز بزرگتر از قطر لوله متعادل کننده روغن باشد

۱۷۰

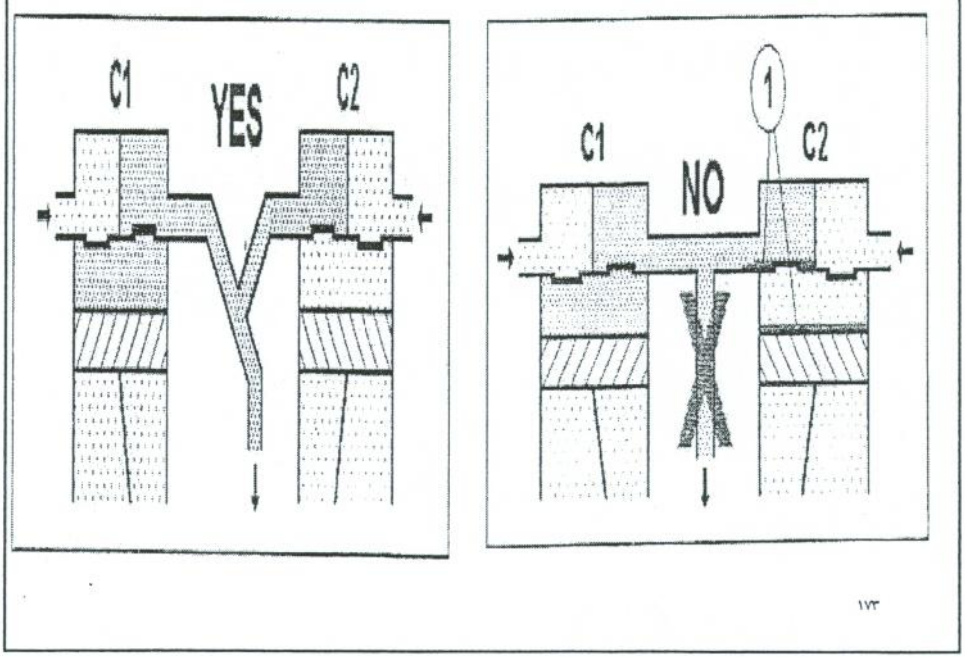
خط مکش برای کمپرسور های موازی

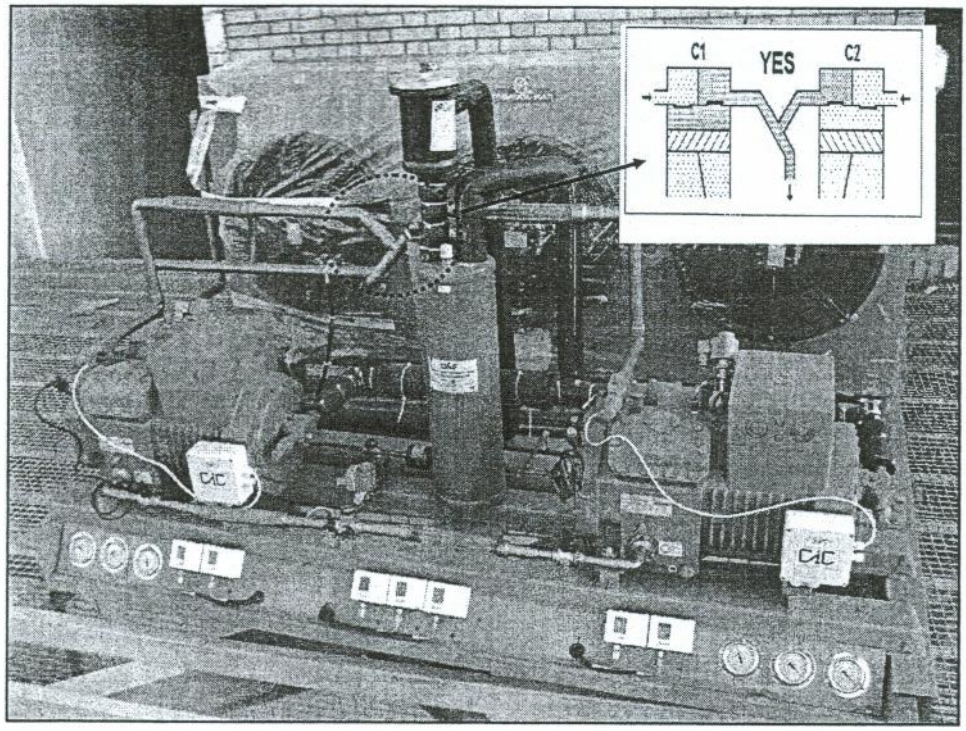


خط مکش برای کمپرسور های موازی



خط تخلیه برای کمپرسورهای موازی





بعد از نصب و لوله کشی – تست ازت و وکیوم

۱- برق تابلو را قطع کنید تا به هیچ وجه کمپرسور استارت نشود.

۲- مطمئن شوید که کلیه شیرهای دستی و برقی در مدار باز است.

۳- گیج ازت و شیلنگ های مربوطه را به شیر مکش و تخلیه کمپرسور وصل کنید.

٤- گیج LP و کنترل فشار پائین (Low pressure switch) را از مدار خارج کنید تا در اثر فشار بالا صدمه نبیند.

۵- به آرامی و رعایت اصول ایمنی در مدار ازت تزریق کنید تا فشار مدار به 250 Psi برسد.

۶- تمامی اتصالات را برای نشتی چک کنید.

۷- در صورت مشاهده نشتی حتما ازت را تخلیه کرده و بعد به تعمیر بپردازید.

۸- بعد از هر تعمیر مجدا به روش فوق ازت تزریق کرده و نشت یابی کنید.

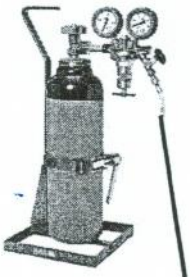
۹- وقتی که مطمئن شدید نشتی وجود ندارد فشار نشان داده شده روی فشار سنجهای مکش و تخلیه را ثبت کرده و ازت را دو الی سه روز در سیستم نگه دارید.

۱۰- بعد از این مدت فشار گیج ها را چک کنید اگر فشار ها کاهش پیدا کرده است یعنی نشتی ریز وجود دارد. نشتی را پیدا کرده و تعمیرات را انجام دهید. مجددا تست ازت کرده و مطمئن شوید نشتی وجود ندارد. احتمالا یکی از فشارها بالا رفته و دیگری پائین می آید و یا به یک حد تعادل می رسند که این طبیعی است.

۱۱- بعد از اینکه مطمئن شدید که به هیچ وجه نشتی وجود ندارد ، ازت را از سیستم خارج کرده و شیلینگها و یا لوله های گیج LP و کنترل فشار پائین (Low pressure switch) را وصل کرده و آببندی کنید و در مدار قرار دهید.

۱۲- مجددا در سیستم ازت تزریق کرده تا فشار به 110 Psi برسد و اتصالات گیج LP و کنترل فشار پائین (Low pressure switch) را برای نشتی چک کنید.وقتی که مطمئن شدید نشتی ندارند، ازت را خالی کرده و کل سیستم را از هر دو طرف فشار بالا و پائین تحت وکیوم قرار دهید.

روش تخلیه روغن از کمپرسور به کمک فشار ازت

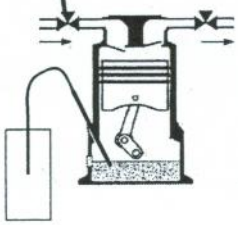


۱- سیستم را Pump-Down کنید. تنظیم LP را روی 0 bar قرار داده تا مبرد کاملا از خط مکش خالی شود. وقتی که کمپرسور قطع شد دقت کنید که اگر فشار مکش مجددا افزایش یافت این کار را تکرار کنید.

۲- برق تابلو را قطع کنید تا به هیچ وجه کمپرسور استارت نشود.

۳- شیر مکش و تخلیه کمپرسور را تا انتها ببندید.

٤- گیج ازت و شیلنگ مربوطه را به شیر مکش کمپرسور وصل کنید.



۵- پیچ مربوطه روی کارتر کمپرسور که برای افزایش روغن است باز کنید.

۶- یک شیلنگ و یا لوله مسی نرم وارد کارتر کمپرسور کنید تا وارد سطح روغن شود.سر دیگر سیلنگ و یا لوله را در ظرف تخلیه روغن قرار دهید.

۷- محل ورود شیلنگ یا لوله مسی باید آببندی شود.

۸- مقدار کمی ازت وارد کمپرسور کنید تا فشار داخل کارتر بالا رود. با افزایش فشار روغن از طریق شیلنگ و یا لوله خارج می شود.

۹- بعد از اتمام کار مراحل افزایش روغن را ادامه دهید.

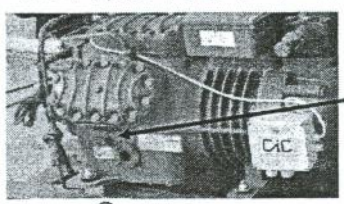
روش افزایش روغن به کمپرسور

۱- سیستم را Pump-Down کنید. تنظیم LP را روی 0 bar قرار داده تا مبرد کاملا از خط مکش خالی شود. وقتی که کمپرسور قطع شد دقت کنید که اگر فشار مکش مجددا افزایش یافت این کار را تکرار کنید.

۲- برق تابلو را قطع کنید تا به هیچ وجه کمپرسور استارت نشود.

۳- شیر مکش و تخلیه کمپرسور را تا انتها ببندید.

٤- گیج و شیلنگ مربوطه را به شیر مکش کمپرسور وصل کنید. شیلنگ وسطی گیج را به وکیوم پمپ وصل کنید.

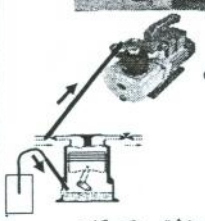


۵- پیچ مربوطه روی کارتر کمپرسور که برای افزایش روغن است باز کنید.

۶- در محل این پیچ یک مغزی برنجی وصل کنید.

۷- یک شیلنگ بی رنگ روی این مغزی وارد کرده و سر دیگر شیلنگ را در گالن روغن قرار دهید.

۸- وکیوم پمپ را روشن کرده و شیر مربوطه روی گیج را باز کنید.



۹- روغن از شیلنگ مکش شده و به داخل کارتر جریان می یابد. وقتی که مقدار کافی روغن که در کارتر شارژ شد ، پمپ وکیوم را خاموش کرده و شیلنگ روغن را جدا کنید.

۱۰- پیچ مربوطه را در محل شارژ روغن ببندید و کاملا آببندی کنید.

۱۱- وکیوم پمپ را روشن کرده و داخل کمپرسور را کاملا وکیوم کنید.

۱۲- شیرهای کمپرسور را باز کرده و سیستم را روشن کنید. پیچ روی بدنه کمپرسور را برای نشتی چک کنید.

روش تعویض همزمان فیلتر درایر و فیلتر خط مکش

۱- شیر ریسیور را ببندید تا سیستم Pump-Down شود. تنظیم LP را روی 0 bar قرار داده تا مبرد کاملا از خط مایع خالی شود. وقتی که کمپرسور قطع شد دقت کنید که اگر فشار مکش مجددا افزایش یافت این کار را تکرار کنید.

۲- برق تابلو را قطع کنید تا به هیچ وجه کمپرسور استارت نشود.

۳- شیر تخلیه کمپرسور را تا انتها ببندید.

٤- فیلتر خط مایع را تعویض کنید.

۵- فیلتر خط مکش را تعویض کنید.

۶- گیج و شیلنگ مربوطه برای تزریق ازت را به شیر مکش کمپرسور وصل کنید.

۷- از طریق تابلو ، شیر برقی را برق دار کرده تا باز شود.

۸- به آرامی در مدار ازت تزریق کرده و از نشتی محلهای باز شده مطمئن شوید.

۹- گیج ازت را باز کرده و گیج معمولی را روی شیر مکش کمپرسور وصل کنید. شیلنگ وسطی را به وکیوم پمپ وصل کنید.

۱۰- وکیوم پمپ را روشن کنید تا خط مایع ، اواپراتور و خط مکش را کاملا وکیوم کند.

۱۱- شیر روی گیج و وکیوم پمپ را محکم ببندید.

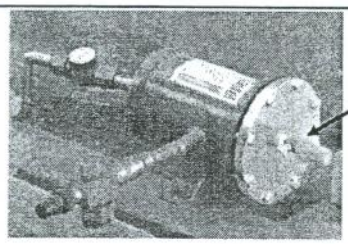
۱۲- سیم شیر برقی را در تابلو اصلاح کنید.

۱۳- شیر تخلیه کمپرسور را باز کنید.

۱٤- شیر ریسیور را باز کرده و سیستم را روشن کنید.

۱۵- شیلنگ و گیج را از سیستم جدا کنید (با باز کردن شیر مکش تا انتها).

روش تعویض فیلتر درایر خط مایع در صورتی که فیلتر از نوع کور درایر باشد و شیر دستی روی فیلتر نصب است



۱- شیر ریسیور را ببندید تا سیستم Pump-Down شود. تنظیم LP را روی 0 bar قرار داده تا مبرد کاملا از خط مایع خالی شود. وقتی که کمپرسور قطع شد دقت کنید که اگر فشار مکش مجددا افزایش یافت این کار را تکرار کنید.

۲- شیر دستی نصب شده بعد از فیلتر (روی خط مایع) را ببندید.

۳- پیچهای فیلتر را باز کرده و کور داخل آنرا تعویض کنید.

٤- واشر قدیمی فیلتر را بیرون آورده و واشر جدید روی فلنج فیلتر قرار دهید و بعد سر فیلتر را ببندید.

۵- گیج و شیلنگ مربوطه برای تزریق ازت را به شیر دستی کوچک روی فیلتر وصل کنید.

۶- شیر دستی کوچک روی فیلتر را باز کرده و به آرامی در مدار ازت تزریق کرده و از نشتی محلهای باز شده مطمئن شوید.

۷- ازت را خارج کرده و از طریق همین شیر کوچک و گیج معمولی مدار را وکیوم کنید.

۸- شیر دستی روی فیلتر را بسته و گیج را جدا کنید.

۹- شیر ریسیور و شیر دستی روی خط مایع را باز کرده و سیستم را روشن کنید.

نکات تابلو برق

۱- کلیه قسمتهای سیکل تبرید دارای مدار قدرت جداگانه باشد.
۲- کلیه قسمتها دارای مدار اعلام آلارم جداگانه باشد.
۳- کلیه اواپراتورها در یک سیکل باید دارای یک مدار فرمان دیفراست مشترک باشند ولی با توانائی قطع دیفراست هر اواپراتور در هنگام عدم وجود برفک باشد.
٤- قابلیت pump-down را داشته باشد.
۵- قابلیت winter start را داشته باشد.
۶- دارای نشان دهنده ساعت کار کمپرسور باشد.
۷- دارای نشان دهنده آمپر مصرفی مدار باشد.
۸- فنهای اواپراتور ها باید دائم کار باشد.
۹- قابلیت تاخیر در راه اندازی فنهای اواپراتور بعد از دیفراست.
۱۰- فنهای کاندنسر مجهز به سیستم اتوماتیک و دستی باشد.
۱۱- تاخیر زمانی در باز کردن شیر برقی خط روغن.
۱۲- قابلیت قطع و وصل فنهای کاندنسر بر اساس فشار تخلیه کمپرسور را داشته باشد.
۱۳- دارای کلیه کنترل آلات اعم از : کنترل فشار بالا ، فشار پائین ، فشار روغن ، کنترل فشار جهت قطع و وصل فنهای کاندنسر ، ترموستات ، ترمومتر ، ترمودیسک و نشان دهنده فشارهای کارکرد باشد.
۱٤- داخل سردخانه کلیدی تعبیه کنید که در صورت بروز هر گونه اتفاق کاربر بتواند از طریق این کلید سیستم برودتی را قطع کند. این کلید باید به یک آژیر خطر نیز مجهز باشد.
۱۵- داخل سردخانه یک ترموستات دیگر جهت ایمنی نصب کنید. این ترموستات را روی دمائی پائینتر از دمای خرابی محصول،تنظیم کنید. اگر به هر دلیلی دمای سردخانه بالا آمد این ترموستات عمل کرده و باید آژیر خطر را به صدا دربیاورد.

چکهای ضروری در زمان راه اندازی سیستم

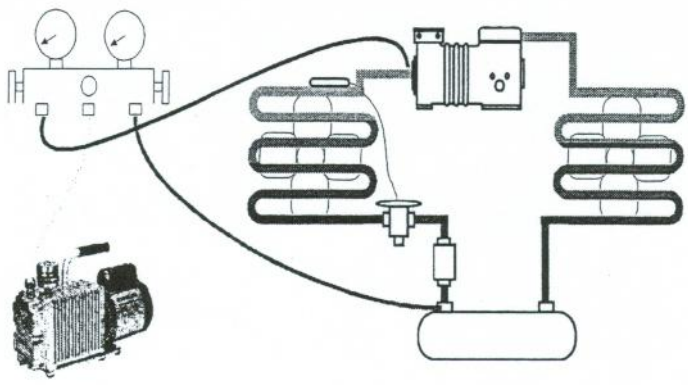
۱- جهت چرخش فنهای اواپراتور
۲- جهت چرخش فنهای کاندنسر هوائی
۳- جهت چرخش پمپ آب برای کاندنسر آبی
٤- جهت چرخش فن برج خنک کن در صورت استفاده از کاندنسر آبی
۵- عایق بودن حباب حرارتی شیر انبساط و خط مکش
۶- تنظیم و عملکرد کلیه آلارمها : CIC , LP , HP , oil , Termistor
۷- عملکرد سیستم Pump-Down
۸- تنظیم و عملکرد کنترلهای HP برای قطع و وصل فنهای کاندنسر هوائی
۹- کالیبره کردن ترمومتر (فرمان)
۱۰- برگشت روغن به کمپرسور
۱۱- تنظیم شیر انبساط
۱۲- دیفراست به همراه ترمودیسک
۱۳- عملکرد درین و شیر یکطرفه
۱٤- بعد از مدتی کار کردن ، تعویض فیلتر خط مایع و مکش

وکیوم

هدف تخلیه سیستم یا وکیوم : ۱- خارج کردن هوا یا گازهای غیر قابل تقطیر

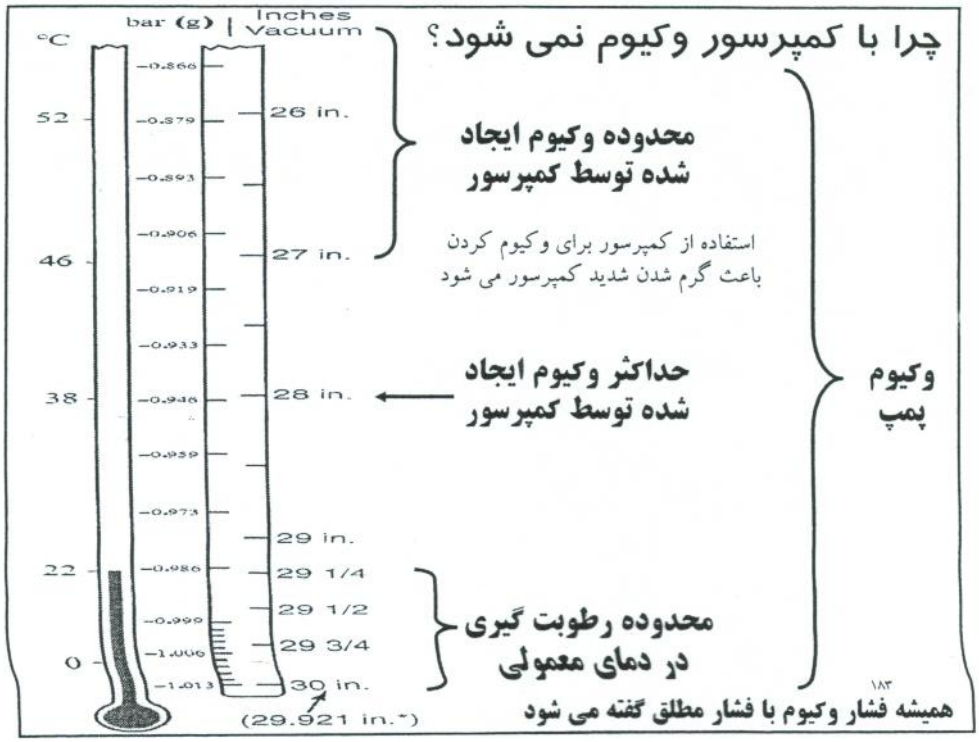
۲- خارج کردن رطوبت موجود در سیستم

دشمن سیستم تبرید رطوبت است



۱۸۲

چرا با کمپرسور وکیوم نمی شود؟



محدوده وکیوم ایجاد شده توسط کمپرسور

استفاده از کمپرسور برای وکیوم کردن باعث گرم شدن شدید کمپرسور می شود

حداکثر وکیوم ایجاد شده توسط کمپرسور

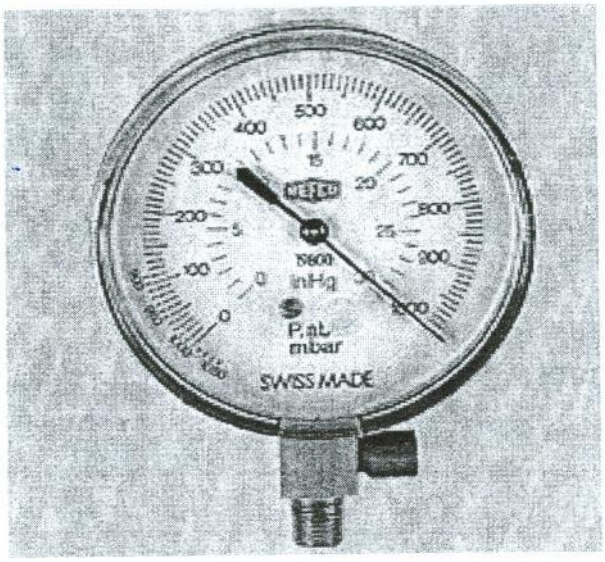
محدوده رطوبت گیری در دمای معمولی

وکیوم پمپ

۱۸۳

همیشه فشار وکیوم با فشار مطلق گفته می شود

گیج وکیوم



فشار در وکیوم باید توسط فشار سنج مخصوص وکیوم قرائت شود. فشار سنج معمولی به هیچ وجه دقت در این محدوده را ندارد.

۱۸۴

چرا وکیوم کردن به منظور تخلیه رطوبت ، زمان طولانی نیاز دارد؟

جرم حجمی = kg/m^3

$$m^3/kg = \text{حجم مخصوص} = \frac{1}{\text{جرم حجمی}}$$

با کاهش فشار ، یک کیلوگرم آب در اثر تبخیر حجم بیشتری را اشغال می کند. در نتیجه در زمان وکیوم کردن سیستم ، هر چقدر که فشار کاهش می یابد حجم بیشتری از بخار آب باید از سیستم خارج شود لذا زمان طولانی تری نیاز است.

مخصوصا اگر آب به صورت مایع در سیستم باشد

جدول فشارجزئی و دمای آب

نقطه جوش °C	فشار مطلق (bar)	فشار مطلق (in Hg)	حجم مخصوص بخار آب (m^3/kg)
100	1.012	29.9	1.7
93.3	0.794	23.45	2.1
82.2	0.517	15.28	3.1
71.1	0.326	9.65	4.8
60	0.199	5.88	7.7
54.4	0.153	4.52	9.8
43.3	0.087	2.59	16.5
32.2	0.048	1.42	29.2
21.1	0.025	0.74	54.1
10	0.012	0.37	106.3
5.6	0.009	0.27	141.7
2.2	0.007	0.21	177.1
1.1	0.006	0.2	191.0
0	0.006	0.18	206.1
-1.1	0.005	0.16	225.1
-6.7	0.003	0.1	353.2
-12.2	0.002	0.06	565.2

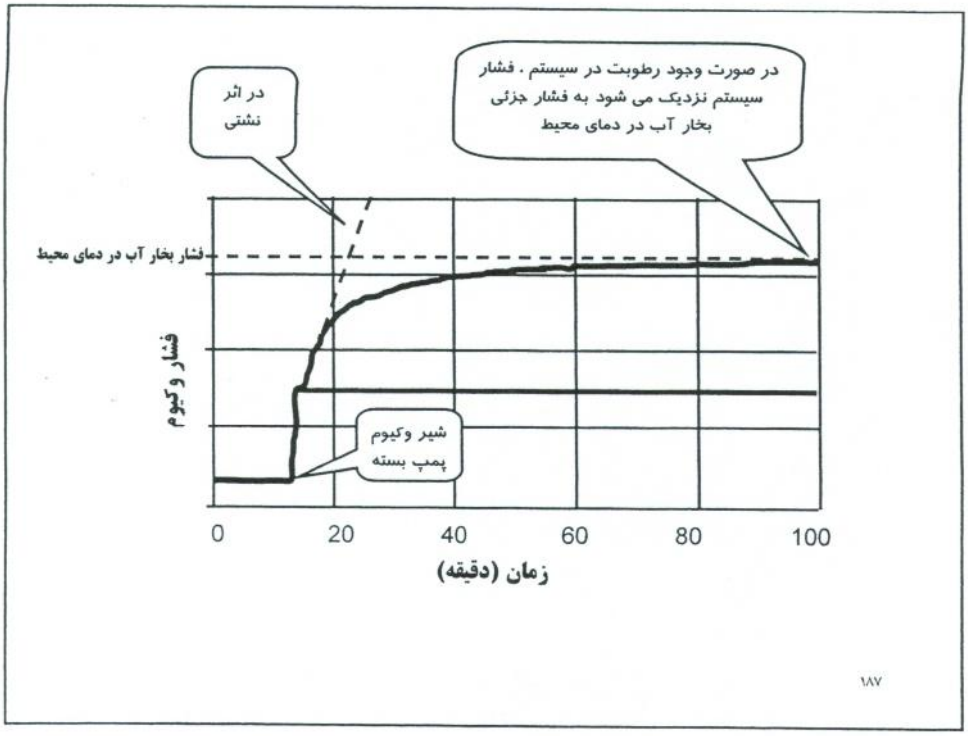
چرا با کمپرسور وکیوم نمی شود؟

کمپرسور برای تراکم ساخته شده است. اگر با کمپرسور عمل وکیوم انجام شود کمپرسور شدیدا گرم می شود. از طرف دیگر فشار وکیومی که کمپرسور توان تولید آنرا دارد برای عمل رطوبت گیری کافی نیست.

چرا وکیوم کردن به منظور تخلیه رطوبت ، زمان طولانی نیاز دارد؟

با کاهش فشار (وکیوم کردن) حجم مخصوص آب افزایش می یابد در نتیجه در اثر تبخیر مثلا یک قطره آب حجم بسیار بالائی از بخار آب تشکیل می شود که برای تخلیه نیاز به زمان دارد.

۱۸۶

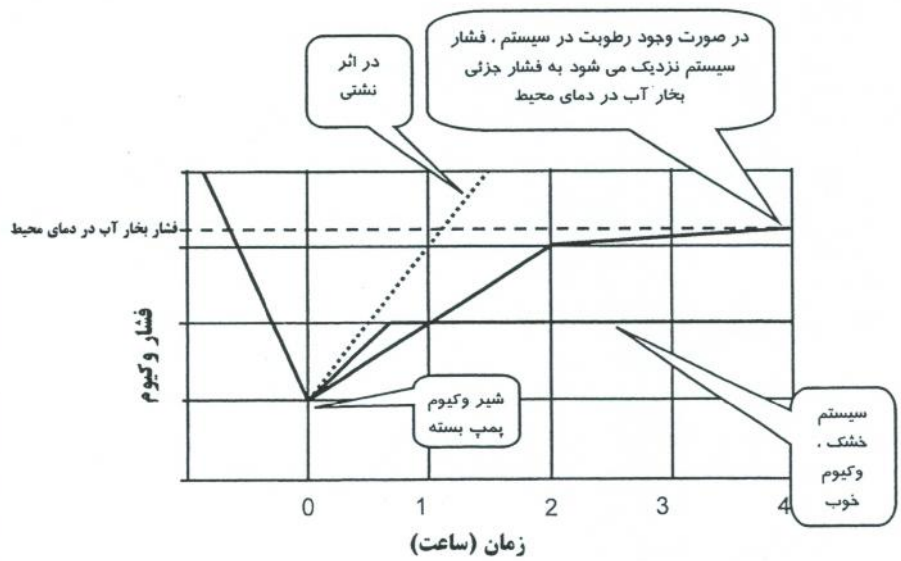


۱۸۷

دمای محیط و فشار بخار آب

C° دما	mmHg (torr)	bar(a)	Pa(a)
-10	2.150	0.0029	286.59
-8	2.514	0.0034	335.18
-6	2.933	0.0039	390.98
-4	3.412	0.0045	454.89
-2	3.960	0.0053	527.94
0	4.585	0.0061	611.21
2	5.295	0.0071	705.93
4	6.101	0.0081	813.42
6	7.014	0.0094	935.15
8	8.046	0.0107	1072.70
10	9.209	0.0123	1227.80
12	10.518	0.0140	1402.33
14	11.989	0.0160	1598.34
16	13.636	0.0182	1818.03
18	15.480	0.0206	2063.80
20	17.538	0.0234	2338.23
22	19.832	0.0264	2644.08
24	22.385	0.0298	2984.37
26	25.219	0.0336	3362.29
28	28.362	0.0378	3781.28
30	31.840	0.0424	4245.03
32	35.684	0.0476	4757.49
34	39.925	0.0532	5322.83
36	44.596	0.0595	5945.56
38	49.732	0.0663	6630.42
40	55.373	0.0738	7382.49
42	61.559	0.0821	8207.12
44	68.331	0.0911	9110.01
46	75.735	0.1010	10097.17
48	83.819	0.1117	11174.97
50	92.634	0.1235	12350.12

۱۸۸



۱۸۹

دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره انجرقلی

برای قرائت فشار وکیوم حتما باید از گیج مخصوص وکیوم استفاده کرد. بعد از اتمام وکیوم و رسیدن به فشار مناسب (حدود 250Pa) ، شیر روی گیج و وکیوم پمپ بسته شده و بالا آمدن فشار را مشاهده کنید.

اگر در مدت زمان کوتاهی فشار بالا آمد و به فشار اتمسفر رسید یعنی در سیستم نشتی وجود دارد.

اگر در سیستم رطوبت باشد ، فشار در مدت زمان بیشتری بالا رفته و نهایتا به فشار بخار آب در دمای محیط می رسد.

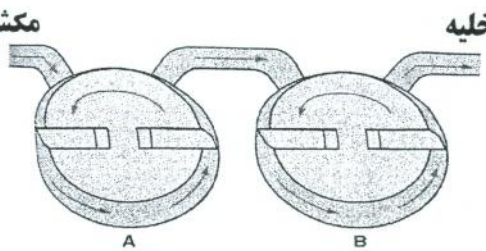
اگر در سیستم رطوبت نباشد و نشتی نیز وجود نداشته باشد فشار وکیوم خیلی کم بالا آمده و دیگر تغییری نمی کند (فشار نهائی پائینتر از فشار بخار آب در دمای محیط است).

وکیوم پمپ

۱- 1.5 CFM برای سیستمهای خانگی کوچک

۲- 3-5 CFM برای سیستمهای متوسط

۳- 10-15 CFM برای سیستمهای بزرگ



وکیوم پمپ دو مرحله

کارکرد و نگهداری وکیوم پمپ

۱- برای مشاهده فشار وکیوم حتما از گیج مخصوص وکیوم استفاده کنید.

۲- برای وکیوم کردن حتما از شیلنگهای کوتاه با قطر بالا استفاده کنید.

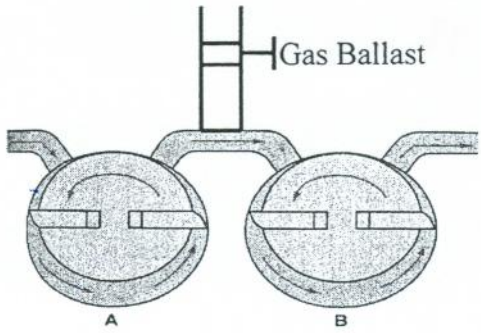
۳- حتما از روغن مخصوص وکیوم پمپ استفاده کنید.

٤- حتما روغن وکیوم پمپ را بعد از ۳ الی ٤ بار کار تعویض کنید.زمانی که دستگاه و روغن گرم است روغن را تعویض کنید.

۵- در مسیر شیلنگ وصل وکیوم پمپ به سیستم یک عدد شیر برقی وصل کنید تا در زمان قطع برق این شیر بسته شود و روغن وکیوم پمپ به داخل سیستم تخلیه نشود.(بعضی از وکیوم پمپ ها شیر یکطرفه دارند.)

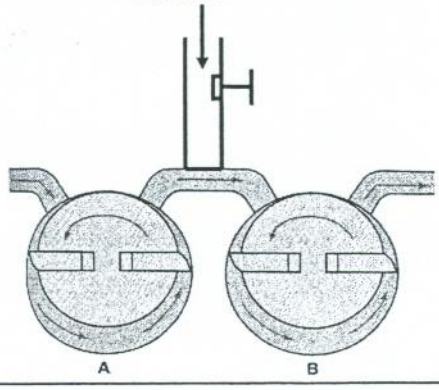
۶- بعد از اتمام وکیوم حتما وکیوم پمپ را از حالت وکیوم خارج کنید یعنی اجازه دهید هوا وارد آن شود در غیر اینصورت به مرور روغن وارد سیلندر آن می شود (Gas Balast).

۷- از وکیوم پمپ با ظرفیت خیلی بالا استفاده نکنید. این کار باعث انجماد رطوبت در ابتدای مسیر وکیوم می شود و رطوبت سیستم به آ قوبی تخلیه نمی شود.



رطوبت در اثر تراکم تقطیر شده و وارد روغن می شود. این امر باعث تخریب زودهنگام وکیوم پمپ می شود

هوای نسبتا خشک محیط بیرون



در ابتدای عمل وکیوم شیر Gas Ballast **که باز باشد، هوای خارج وارد مرحله دوم شده و تقطیر رطوبت را کم می کند. بعد از مدتی که هوا از خروجی وکیوم پمپ بیرون نیامد، شیر را ببندید تا عمل وکیوم ادامه یابد.**

قبل از دوره عیب یابی باید بر مطالب زیر تسلط کامل داشته باشید

۱- تعریف فشار و دمای اواپراتور و کاندنسر $P_e - P_c - t_e - t_c$

۲- نحوه پیدا کردن دمای اواپراتور و کاندنسر با قرائت فشارها

۳- تعریف سوپر هیت و سابکولینگ

۴- روش اندازه گیری سوپر هیت و سابکولینگ

۵- روش اندازه گیری سوپر هیت و سابکولینگ برای مبردهای زیوتروپ

اصول پنج گانه عیب یابی

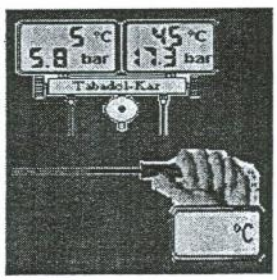
۱- آموزش و درک کامل تئوری کارکرد سیستم تبرید

۲- در اختیار داشتن وسایل کامل و دقیق مورد نیاز اندازه گیری

۳- در اختیار داشتن مجموعه کامل کاتالوگها و اطلاعات فنی دستگاهها

٤- آنالیز و تشخیص عیب با استفاده از اطلاعات و وسایل موجود

۵- رفع عیب با بالاترین سطح استاندارد



۱۹۴

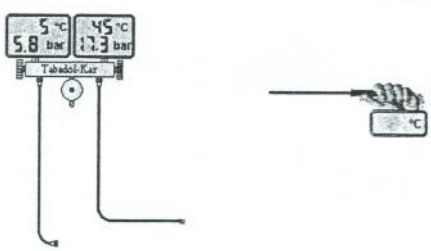
عیب یابی

te
tc

۱- تخمین شرایط کارکرد معمولی سیستم

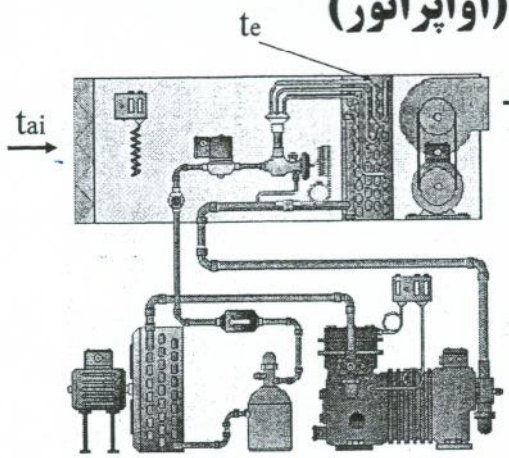
۲- تشخیص عیوب عینی

۳- وصل فشار سنجها و دما سنج و تشخیص عیوب با استفاده از فشارها و دماهای قرائت شده



۱۹۵

شرایط معمولی کارکرد (اواپراتور)



tai - tao = 8 to 10 °C

tai - te = 16 to 20 °C

tao - te = 8 to 10 °C

Superheat = 5 to 8 °C

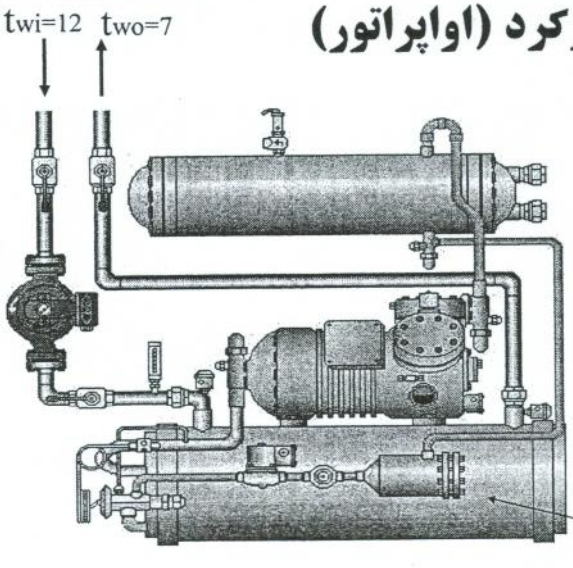
For Refrigeration: tai - tao = 3 to 5 °C

tai - te = 5 to 10 °C

tao - te = 3 to 5 °C

۱۹۶

شرایط معمولی کارکرد (اواپراتور)



twi - two = 5 °C

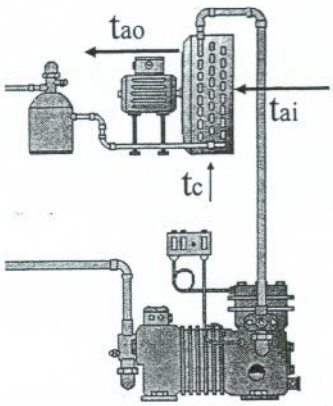
twi - te = 10 °C

two - te = 5 °C

Superheat = 5 to 8 °C

۱۹۷

شرایط معمولی کارکرد (کاندنسر)



$t_{ao} - t_{ai} = 5$ to 10 °C

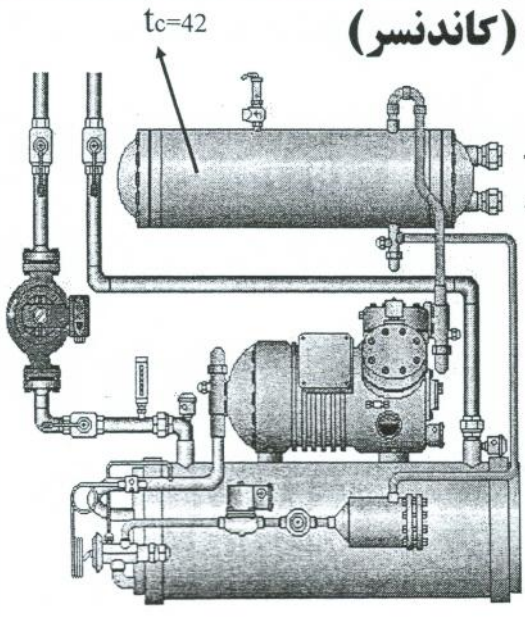
$t_c - t_{ao} = 5$ to 10 °C

$t_c - t_{ai} = 10$ to 15 °C

Subcooling = 4 to 7 °C

۱۹۸

شرایط معمولی کارکرد (کاندنسر)



$t_{wo} - t_{wi} = 5$ °C

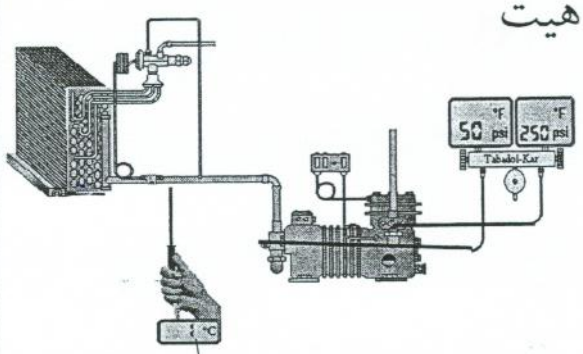
$t_c - t_{wo} = 10$ °C

$t_c - t_{wi} = 15$ °C

Subcooling = 5 to 8 °C

۱۹۹

اندازه گیری سوپر هیت



[bar] [bar] [bar]

$P(g)+1 = P(a)$

$\frac{Psi}{14.7} = bar$

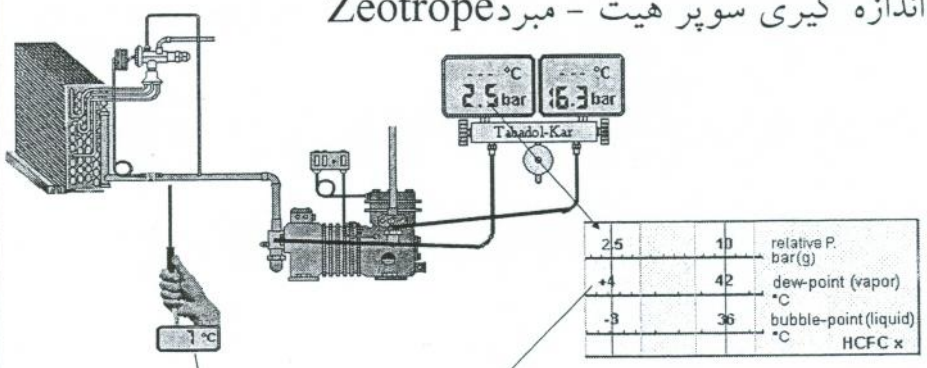
$\frac{50}{14.7} = 3.4bar + 1 = 4.4\ bar\ (a)$

4.4 bar (a) ← از جدول فشار - دمای مبرد دمای اشباع پیدا شود R22 ← te -3.2 °C

$1 - (-3.2) = 4.2\ °C$ super heat

۲۰۰

اندازه گیری سوپر هیت - مبردZeotrope

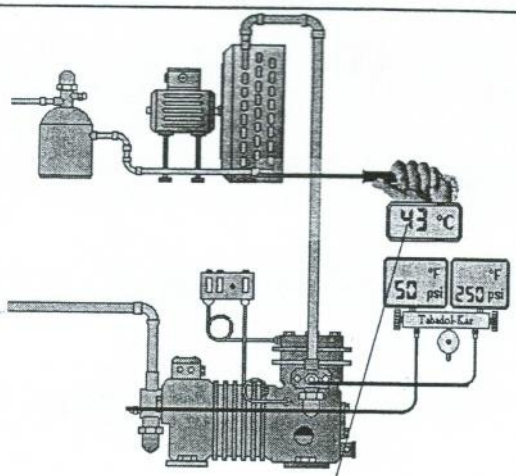


2.5 bar (g) ← از جدول فشار - دمای مبرد دمای Dew Point پیدا شود ← 4 °C

$7 - 4 = 3\ °C$ super heat

۲۰۱

اندازه گیری مایع سابکول شده (کاندنسر)



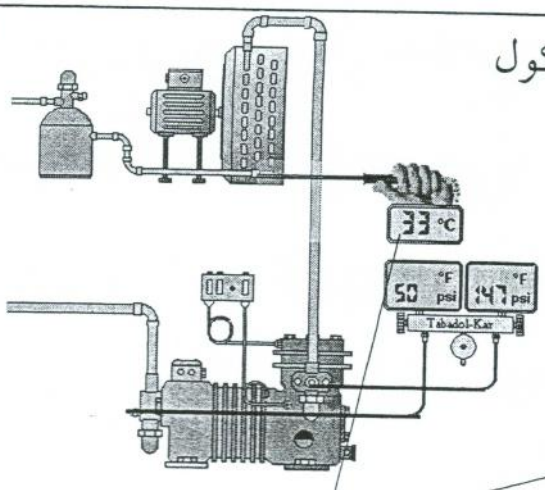
$$\frac{250}{14.7} = 17bar + 1 = 18\,bar(a)$$

18 bar (a) ← از جدول فشار - دمای مبرد دمای اشباع پیدا شود R22 → 46.5 °C

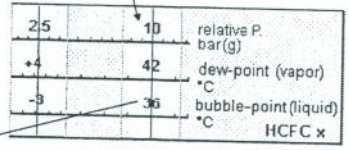
46.5 - 43 = 3.5 °C sub-cooling

۲۰۲

اندازه گیری مایع سابکول شده (کاندنسر) مبردZeotrope



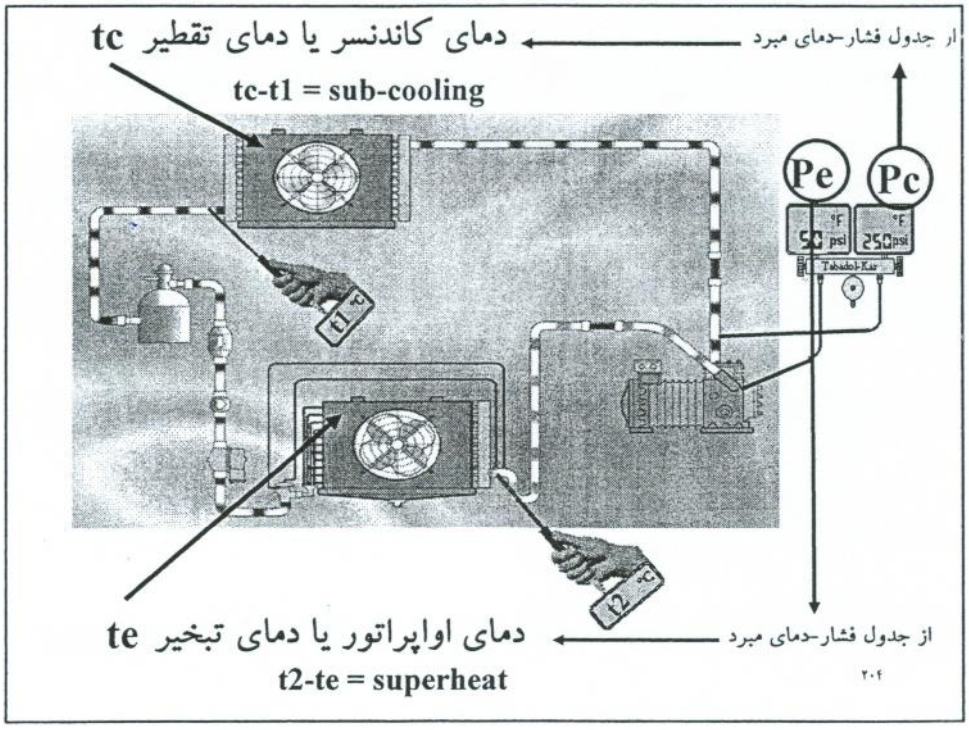
$$\frac{147}{14.7} = 10\,bar(g)$$

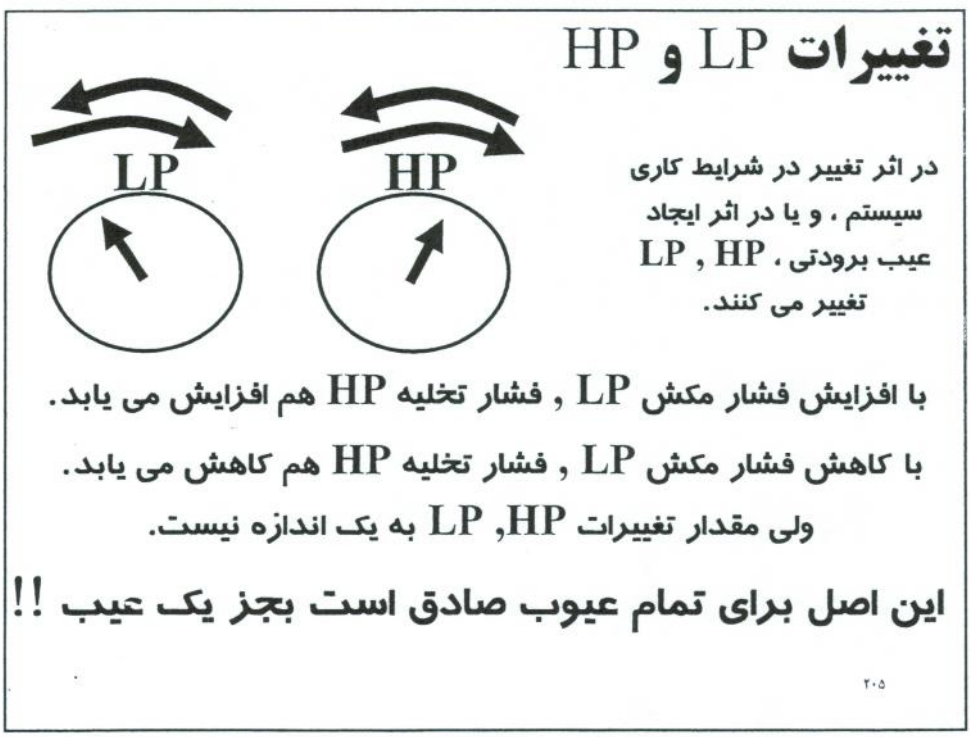


10 bar (g) ← از جدول فشار - دمای مبرد دمای Bubblt point پیدا شود → 36°C

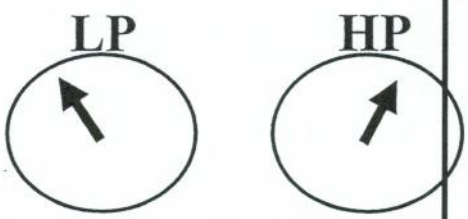
36 - 33 = 3 °C sub-cooling

۲۰۳


دمای کاندنسر یا دمای تقطیر tc
از جدول فشار-دمای مبرد
tc-t1 = sub-cooling
Pe
Pc
t1
t2
دمای اواپراتور یا دمای تبخیر te
از جدول فشار-دمای مبرد
t2-te = superheat
۲۰۴


تغییرات LP و HP
LP
HP
در اثر تغییر در شرایط کاری سیستم ، و یا در اثر ایجاد عیب برودتی ، LP , HP تغییر می کنند.
با افزایش فشار مکش LP , فشار تخلیه HP هم افزایش می یابد.
با کاهش فشار مکش LP , فشار تخلیه HP هم کاهش می یابد.
ولی مقدار تغییرات LP ,HP به یک اندازه نیست.
این اصل برای تمام عیوب صادق است بجز یک عیب !!
۲۰۵

تغییرات LP و HP

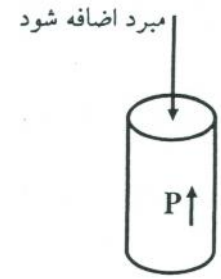


در اثر تغییر در شرایط کاری سیستم ، و یا در اثر ایجاد عیب برودتی ، LP , HP تغییر می کنند.

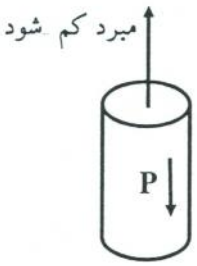
اگر مقدار کاهش LP بیشتر از مقدار کاهش HP باشد ، عیب ایجاد شده به عنوان " LP **پائین** " شناخته می شود.

اگر مقدار افزایش HP بیشتر از مقدار افزایش LP باشد ، عیب ایجاد شده به عنوان " HP **بالا** " شناخته می شود.

۲۰۶



اگر حجم مخزن ثابت باشد و مبرد به آن اضافه شود فشار افزایش می یابد



اگر حجم مخزن ثابت باشد و مقدار مبرد از مخزن کاهش یابد فشار نیز کاهش می یابد

۲۰۷

طبقه بندی عیوب

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی به همراه کاهش فشار مکش می شوند. (LP Faults)

۱- کمبود ظرفیت شیر انبساط
هرگاه اواپراتور کمتر از مقداری که کمپرسور توان مکش دارد گاز مبرد تولید کند فشار مکش کاهش می یابد.

۲- کمبود مبرد

۳- انبساط قبل از شیر در خط مایع

٤- کمبود ظرفیت اواپراتور

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی به همراه افزایش فشار مکش می شوند.

۵- کمبود ظرفیت کمپرسور
هرگاه اواپراتور بیشتر از مقداری که کمپرسور توان مکش دارد گاز مبرد تولید کند فشار مکش افزایش می یابد.

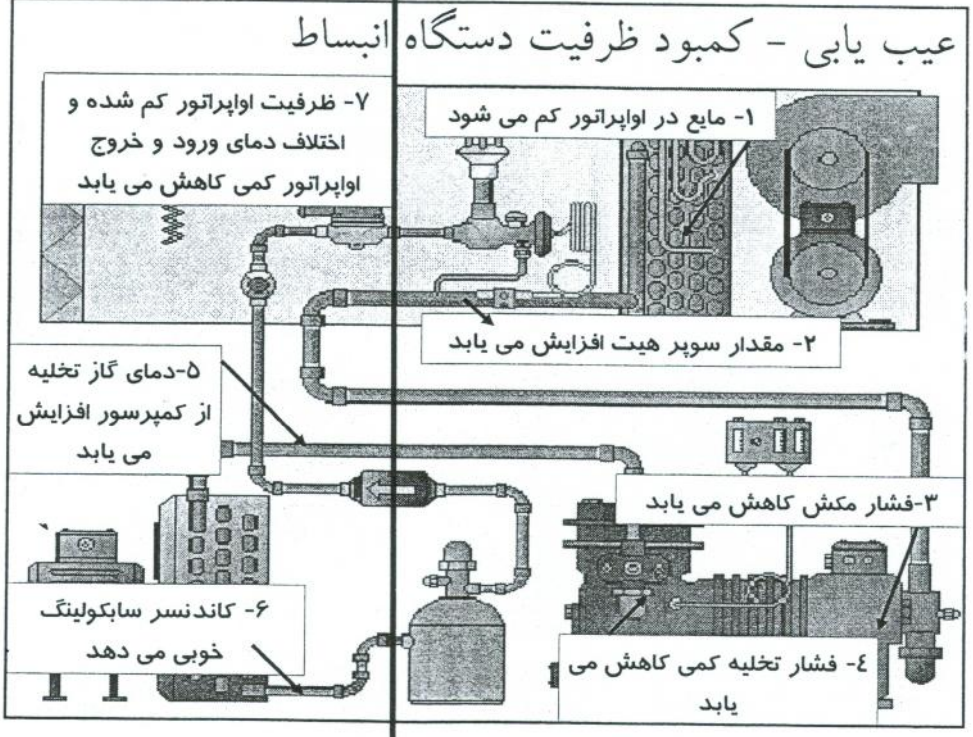
عیوبی که باعث افزایش فشار تخلیه می شوند . (HP Faults)

۶- ازدیاد مبرد

۷- وجود گازهای غیر قابل تقطیر

۸- کمبود ظرفیت کاندنسر

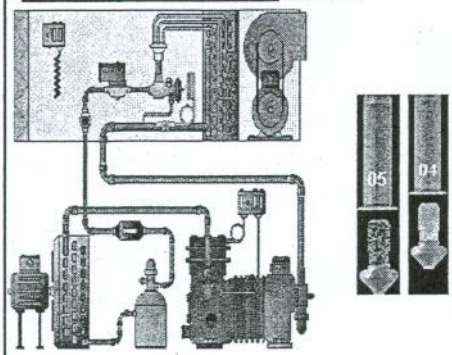
عیب یابی - کمبود ظرفیت دستگاه انبساط



دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره انجرقلی

کمبود ظرفیت دستگاه انبساط

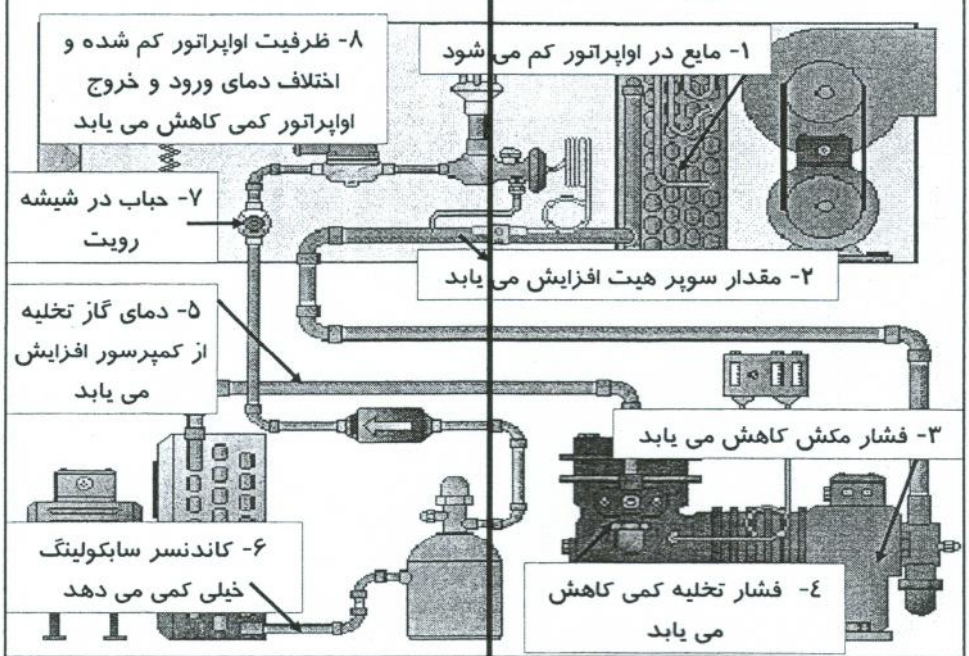
HP	↘	کمی
○ LP	↘	
○ SH	↗	
○ SC	→	
○ ΔT L.L.	NO	
ΔT (air)	↘	کمی



عوامل ایجاد عیب

- ظرفیت شیر انبساط اشتباه انتخاب شده یا سوزن آن خیلی کوچک است.
- شیر انبساط در اثر تنظیم نادرست خیلی بسته شده است.
- حباب حرارتی شیر انبساط سوراخ شده است.
- لوله متعادل کننده خارجی قبل از حباب حرارتی نصب شده و در شیر نشت داخلی وجود دارد.
- شیر انبساط اشکال مکانیکی دارد و کار نمی کند.
- فیلتر شیر انبساط گرفته است.
- اگر شیر انبساط از نوع MOP باشد ، بدنه شیر از حباب حرارتی سردتر است.
- حباب حرارتی شیر در جای نادرست نصب شده و یا لق شده است.

عیب یابی - کمبود مبرد

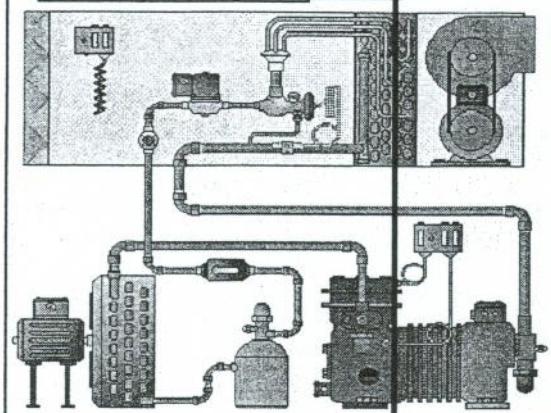


کمبود مبرد

HP	↘	کمی
○ LP	↘	
○ SH	↗	
○ SC	↘	
ΔT L.L.	NO	
ΔT (air)	↘	کمی

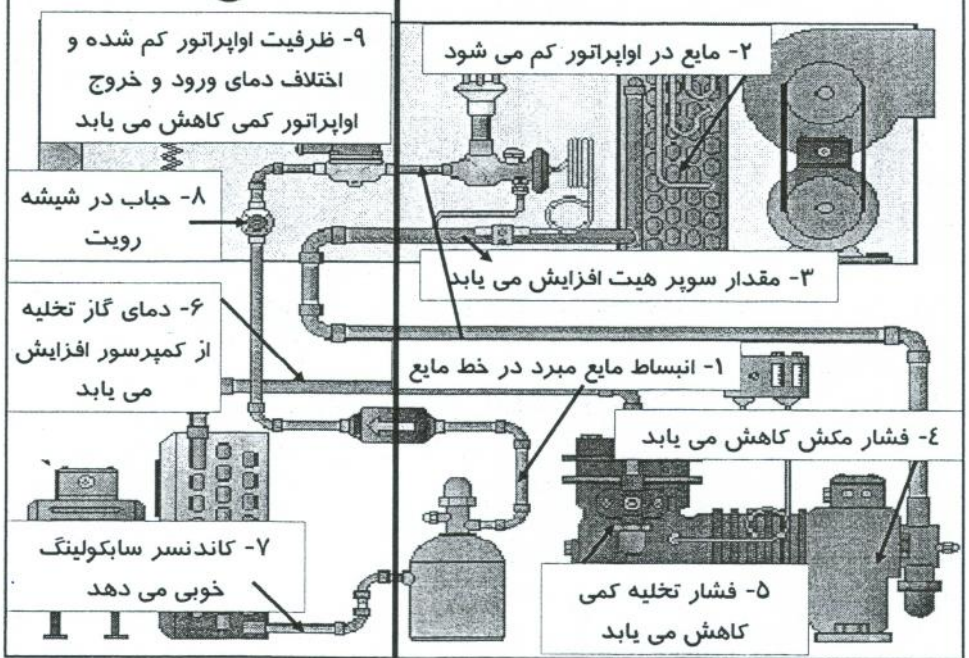
عوامل ایجاد عیب

- شارژ نادرست (کم) مبرد.
- نشتی در سیستم.

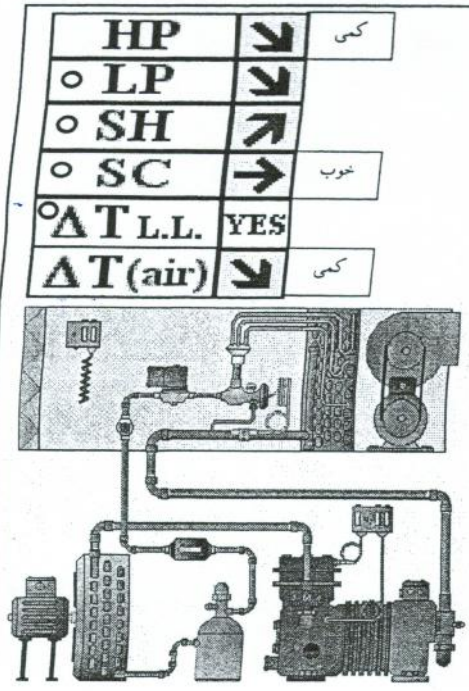


۲۱۲

عیب یابی - انبساط قبل از شیر در خط مایع



انبساط قبل از شیر در خط مایع

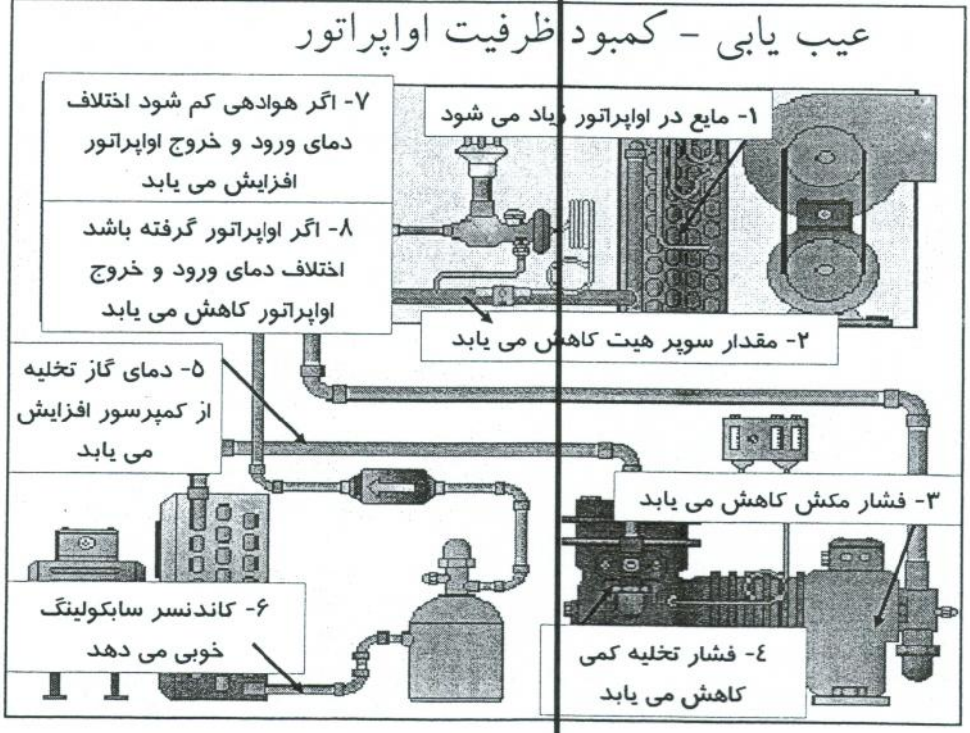


عوامل ایجاد عیب

- فیلتر / خشک کن گرفته است.
- شیر خروجی ریسیور مسدود است یا کاملا باز نیست.
- شیر برقی خراب است یاکاملا باز نشده است.
- قطر لوله مایع خیلی کوچک است.
- فاصله عمودی اواپراتور از ریسیور زیاد است.
- خط مایع از محیط خیلی گرمی عبور می کند.

۲۱۴

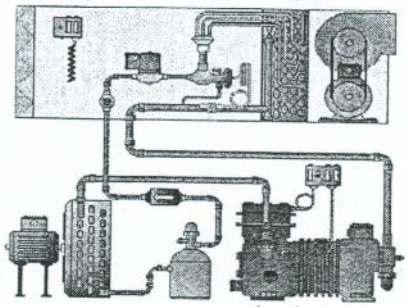
عیب یابی - کمبود ظرفیت اواپراتور



کمبود ظرفیت اواپراتور

HP	↘	کمی
LP	↘	
○ SH	↘	
SC	→	خوب
ΔT L.L.	NO	

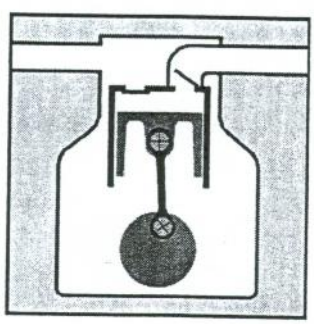
ΔT(air)	↘	فینهای اواپراتور گرفته است
ΔT(air)	↗	گذر هوا روی اواپراتور کم است

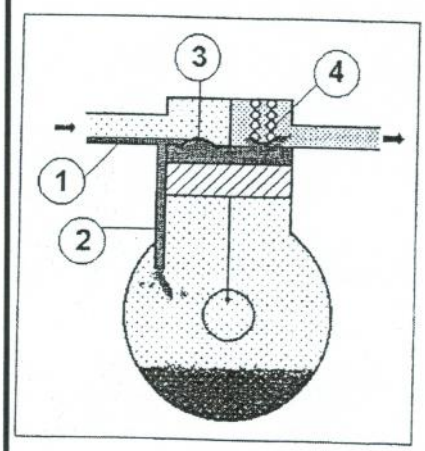


عوامل ایجاد عیب

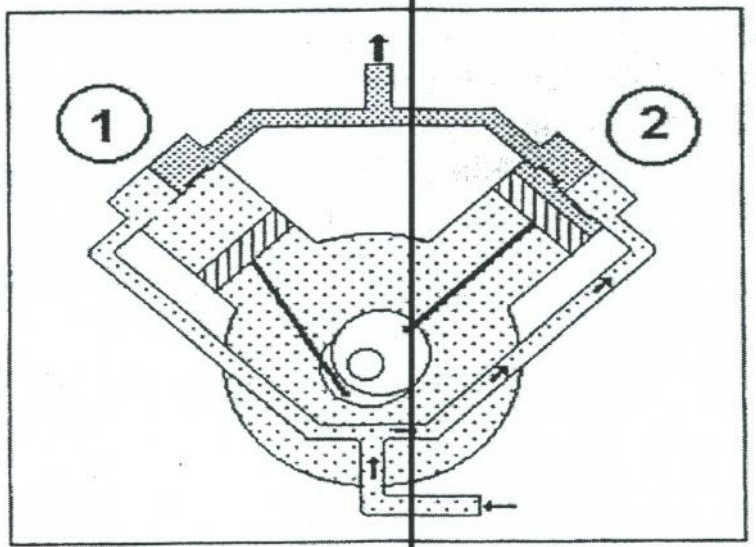
- لوله ها یا فینهای اواپراتور رسوب دارد.
- فیلتر هوا کثیف است.
- فن اواپراتور مشکل دارد.
- افت فشار زیاد در مسیر هوا.
- فن اواپراتور در جهت عکس می چرخد.
- بین اواپراتور و فن هوای گرم نفوذ دارد.
- روغن زیادی در اواپراتور وجود دارد.
- اواپراتور برفک زده است.
- هوای سرد به ورود اواپراتور برگشت دارد.
- ظرفیت اواپراتور انتخاب شده کم است.

عیب یابی - کمبود ظرفیت کمپرسور – سوپاپ شکسته

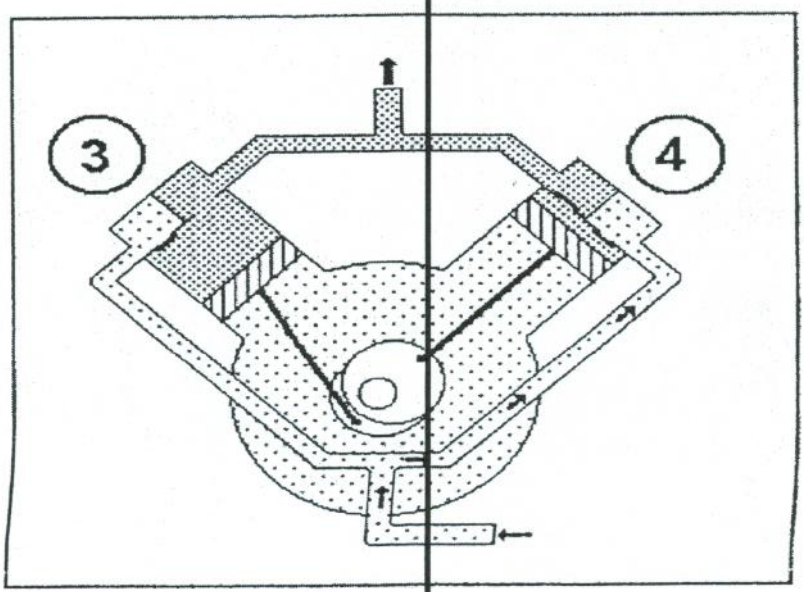




عیب یابی - کمبود ظرفیت کمپرسور – سوپاپ شکسته

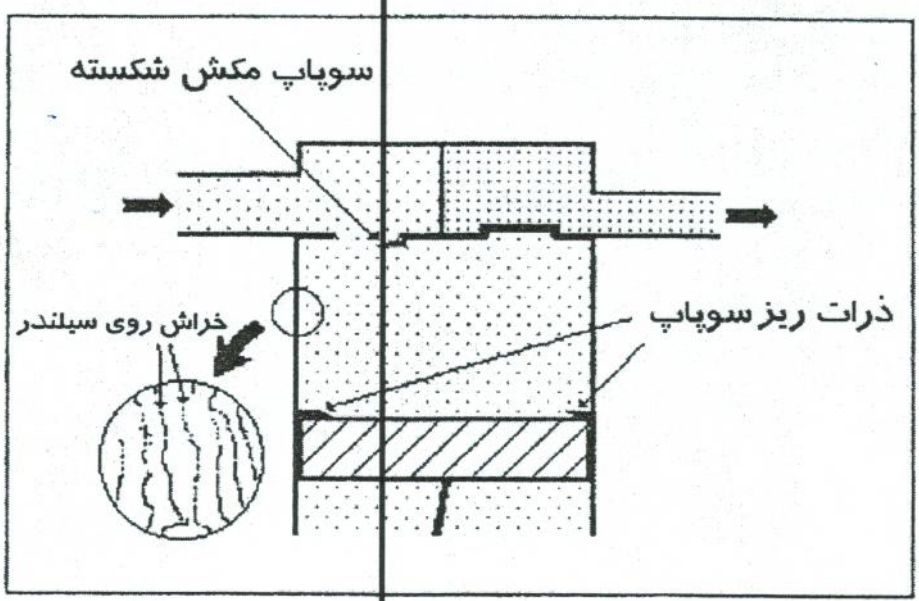


عیب یابی - کمبود ظرفیت کمپرسور – سوپاپ شکسته

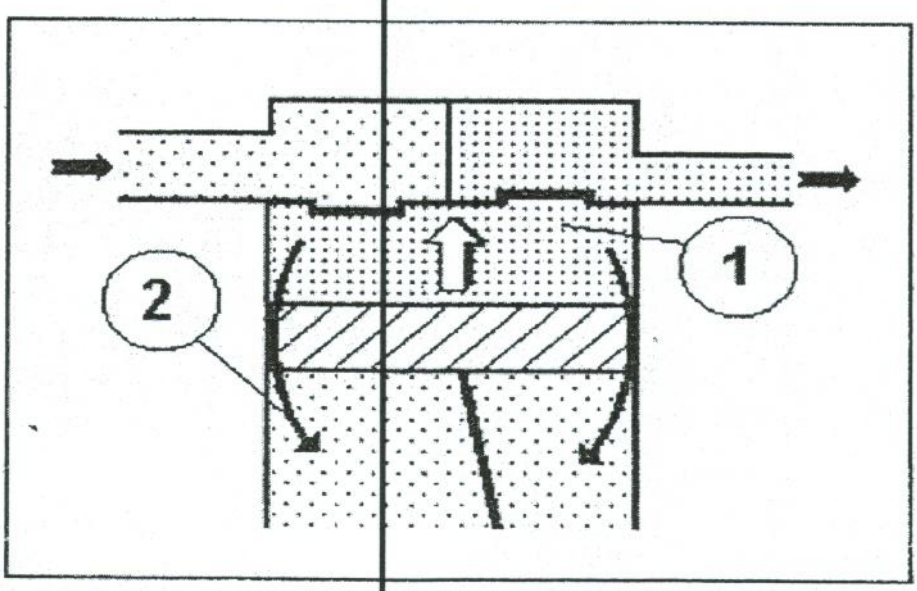


دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره انجرقلی

عیب یابی - کمبود ظرفیت کمپرسور – سوپاپ شکسته

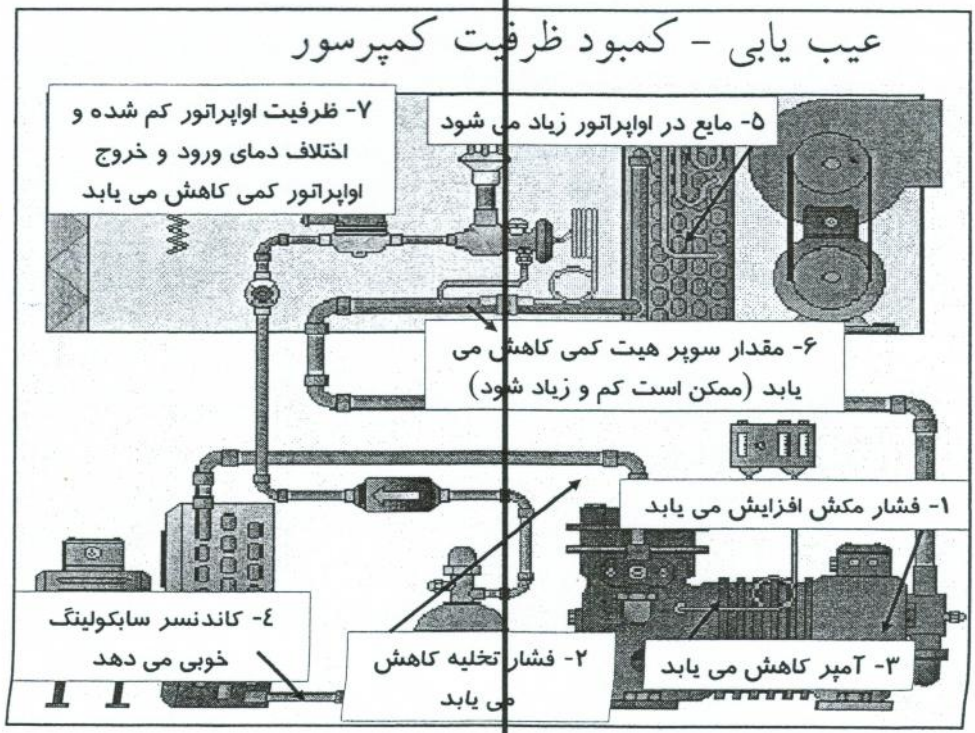


عیب یابی - کمبود ظرفیت کمپرسور – سوپاپ شکسته



دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره انجرقلی

عیب یابی - کمبود ظرفیت کمپرسور



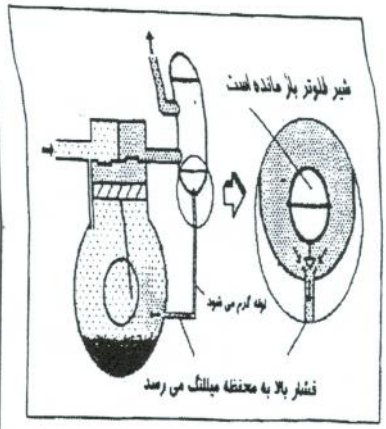
کمبود ظرفیت کمپرسور

° HP	↘	
° LP	↗	
SH	↗	کمی
SC	→	
ΔT L.L.	NO	
ΔT (air)	↘	کمی

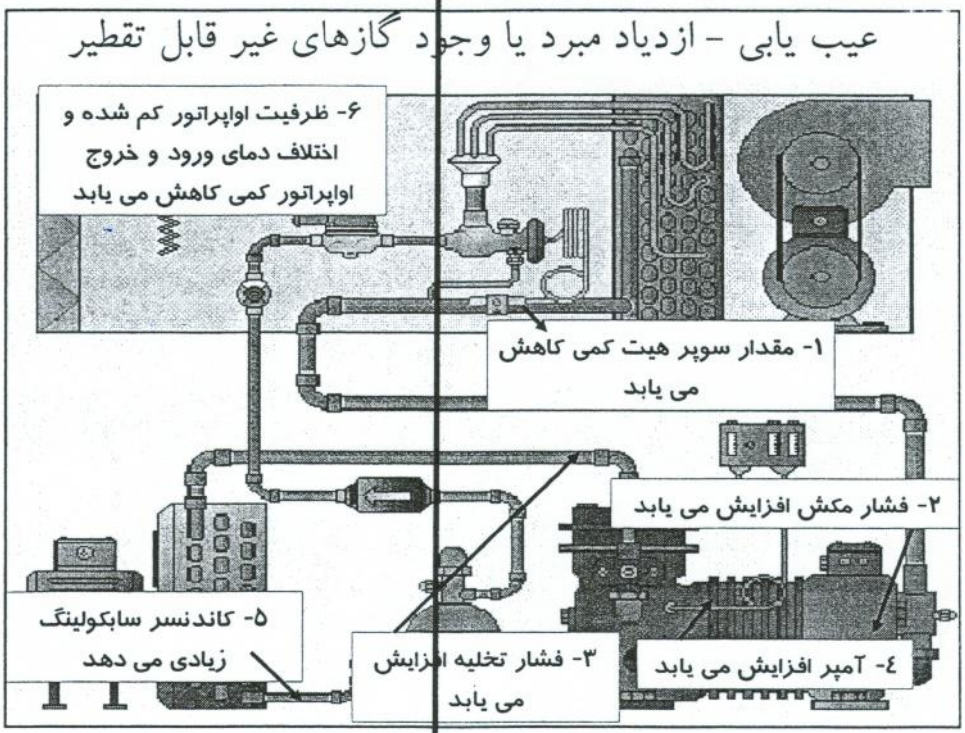
احتمال زیاد و کم شدن

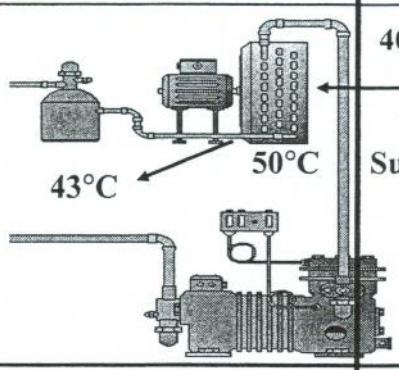
عوامل ایجاد عیب

- سوپاپها شکسته است یا آببندی نمی کند.
- واشر سر سیلندر بین دو فشار آببندی نمی کند.
- واشر زیر صفحه سوپاپها ضخیم است.
- سلندر در اثر قطعات شکسته شده سوپاپ صدمه دیده است.
- سرعت چرخش کمپرسور کم است.
- شیر فلوتر جدا کننده روغن باز مانده است

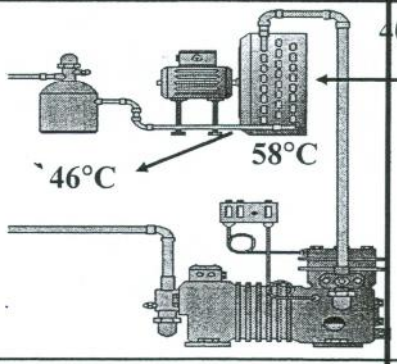


عیب یابی - ازدیاد مبرد یا وجود گازهای غیر قابل تقطیر





Sub-Cooling = 50-43 = 7°C



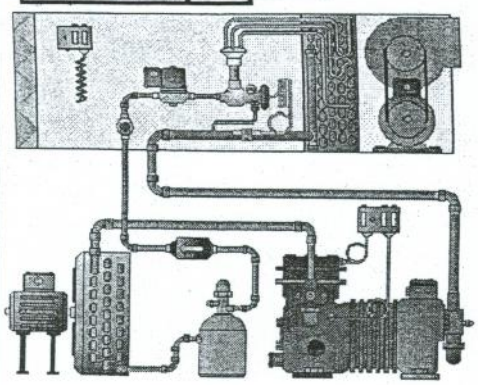
اگر مبرد زیاد باشد و یا در سیستم هوا وجود داشته باشد فشار و دمای کاندنسینگ افزایش می یابد

Sub-Cooling = 58-46 = 12°C

ازدیاد مبرد یا گازهای غیر قابل تقطیر

° HP	↗	
LP	↗	
SH	↘	کمی
° SC	↗	
ΔT L.L.	NO	
ΔT (air)	↘	کمی

LP ↑ اگر فشار اواپراتور خیلی بالا باشد یعنی گازهای غیر قابل تقطیر وجود دارد

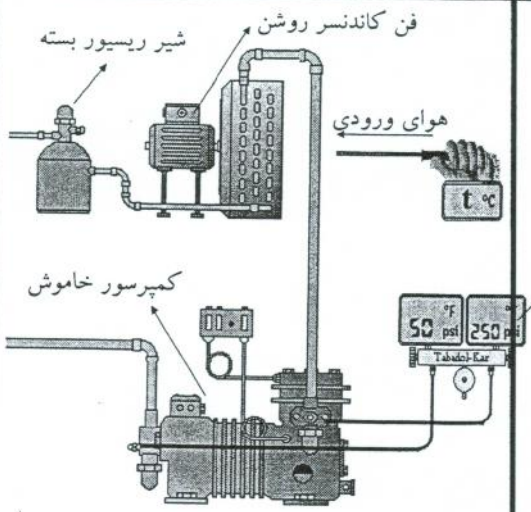


عوامل ایجاد عیب

- مبرد بیش از حد شارژ شده است.
- در سیستم گازهای غیر قابل تقطیر وجود دارد.
- ریسیور خیلی کوچک است.

۲۲۶

تست وجود گازهای غیر قابل تقطیر



$$\frac{250}{14.7} = 17bar + 1 = 18bar(a)$$

46.5 - t > 2 ← گازهای غیر قابل تقطیر وجود دارد

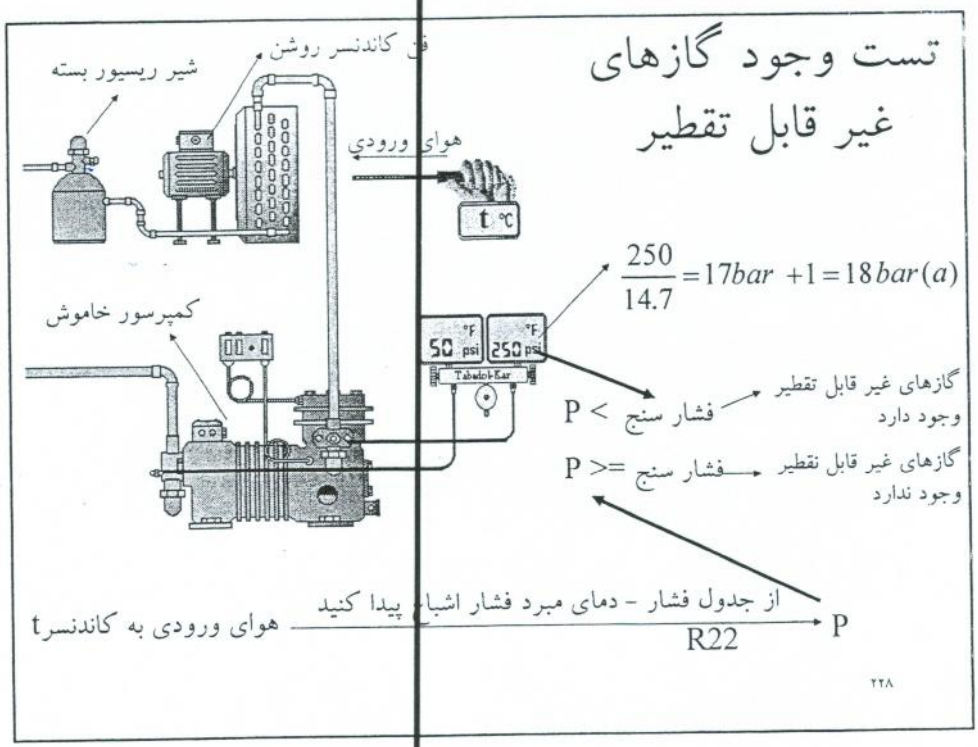
46.5 - t < 2 → گازهای غیر قابل نقطیر وجود ندارد

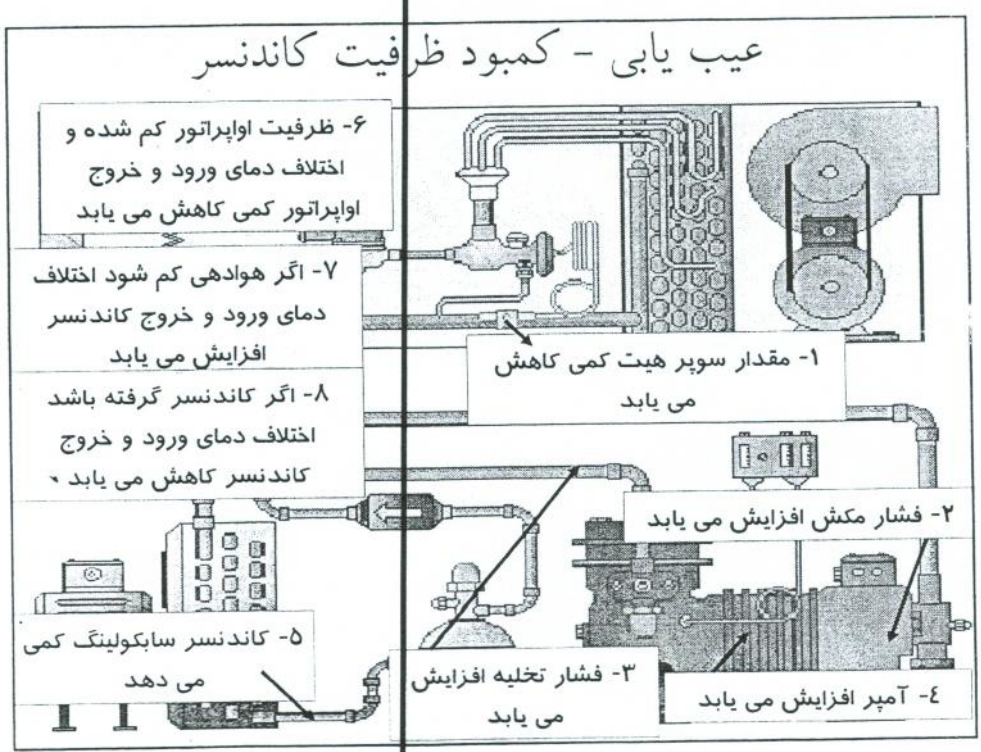
46.5 - t << 2 → کمبود مبرد

18 bar (a) ← از جدول فشار – دمای مبرد دمای اشباع پیدا شود R22 → 46.5 °C

۲۲۷

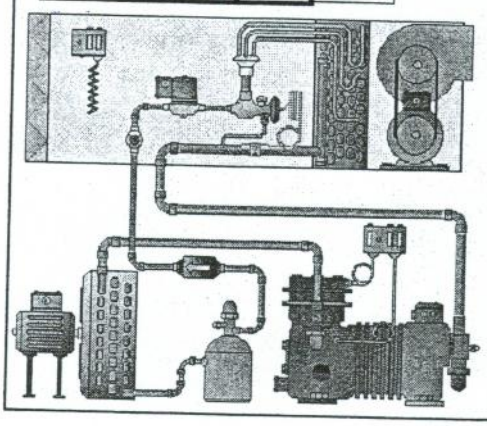
دوره آموزشی تبرید تراکمی
جهت شرکت انفورماتیک
تهیه و تدوین : زاره انجرقلی





کمبود ظرفیت کاندنسر

° HP	↗	
LP	↗	
SH	↘	کمی
° SC	↘	
ΔT L.L.	NO	
ΔT (air)	↘	کمی



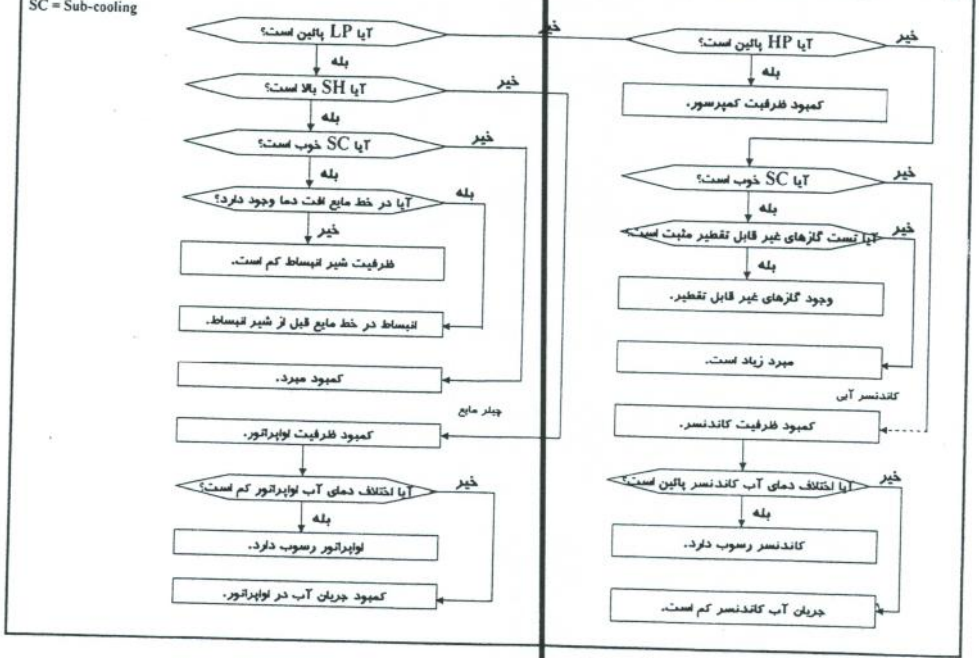
عواملی ایجاد عیب

- لوله ها یا فینهای کاندنسر رسوب دارد.
- محل نصب کاندنسر درست نیست.
- فنهای کاندنسر در جهت عکس می چرخد.
- بین کاندنسر و فن هوا نفوذ دارد.
- هوای گرم خروجی از کاندنسر مجددا به ورودی آن بر می گردد.
- ظرفیت کاندنسر انتخاب شده خیلی کم است.
- دمای هوای محیط خیلی بالا است.

۲۳۰

راهنمای عیب یابی

LP = Low pressure [suction]
HP = High pressure [discharge]
SH =Super heat
SC = Sub-cooling



R22

فشار ها نسبی است

دمای اشباع (C°)	فشار اشباع bar(g)
-30	0.6389
-29	0.7093
-28	0.7819
-27	0.857
-26	0.9344
-25	1.0144
-24	1.0969
-23	1.1819
-22	1.2697
-21	1.3601
-20	1.4532
-19	1.5491
-18	1.6479
-17	1.7497
-16	1.8543
-15	1.962
-14	2.0728
-13	2.1868
-12	2.3039
-11	2.4242
-10	2.5479
-9	2.675
-8	2.8055
-7	2.9394
-6	3.0769
-5	3.2181
-4	3.3628
-3	3.5114
-2	3.6637
-1	3.8198
0	3.9799
1	4.1439
2	4.312
3	4.4841
4	4.6605
5	4.841
6	5.0258
7	5.215
8	5.4086
9	5.6067
10	5.8093
11	6.0166
12	6.2285
13	6.4451
14	6.6665
15	6.8929
16	7.1241
17	7.3604
18	7.6017
19	7.8482
20	8.0998
21	8.3568
22	8.6191
23	8.8868
24	9.16

دمای اشباع (C°)	فشار اشباع bar(g)
26	9.723
27	10.0132
28	10.309
29	10.6107
30	10.9182
31	11.2318
32	11.5514
33	11.8772
34	12.2091
35	12.5473
36	12.8919
37	13.2429
38	13.6004
39	13.9645
40	14.3352
41	14.7127
42	15.097
43	15.4882
44	15.8864
45	16.2916
46	16.704
47	17.1236
48	17.5504
49	17.9847
50	18.4265
51	18.8758
52	19.3328
53	19.7975
54	20.27
55	20.7505
56	21.2389
57	21.7355
58	22.2403
59	22.7533
60	23.2748

R134a

فشار ها نسبی است

دمای اشباع (C°)	فشار اشباع bar(g)
-30	-0.1562
-29	-0.1154
-28	-0.073
-27	-0.029
-26	0.0166
-25	0.0639
-24	0.113
-23	0.1638
-22	0.2164
-21	0.2708
-20	0.3272
-19	0.3855
-18	0.4458
-17	0.5082
-16	0.5726
-15	0.6392
-14	0.7079
-13	0.7789
-12	0.8522
-11	0.9278
-10	1.0057
-9	1.0862
-8	1.169
-7	1.2545
-6	1.3425
-5	1.4331
-4	1.5264
-3	1.6225
-2	1.7214
-1	1.8231
0	1.9277
1	2.0353
2	2.1458
3	2.2595
4	2.3763
5	2.4962
6	2.6194
7	2.7459
8	2.8757
9	3.009
10	3.1457
11	3.286
12	3.4298
13	3.5772
14	3.7284
15	3.8834
16	4.0421
17	4.2048
18	4.3714
19	4.542
20	4.7166
21	4.8955
22	5.0785
23	5.2657
24	5.4573
25	5.6533

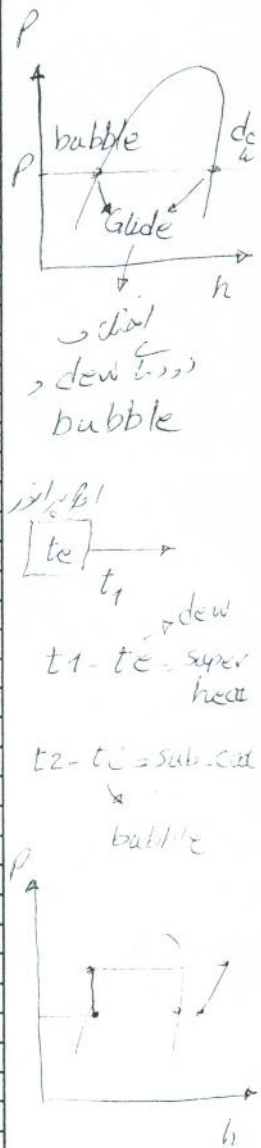
دمای اشباع (C°)	فشار اشباع bar(g)
26	5.8537
27	6.0587
28	6.2682
29	6.4824
30	6.7013
31	6.925
32	7.1535
33	7.387
34	7.6255
35	7.869
36	8.1176
37	8.3714
38	8.6305
39	8.895
40	9.1648
41	9.4401
42	9.721
43	10.0076
44	10.2998
45	10.5978
46	10.9017
47	11.2115
48	11.5273
49	11.8492
50	12.1773
51	12.5116
52	12.8523
53	13.1993
54	13.5529
55	13.9131
56	14.2799
57	14.6535
58	15.0339
59	15.4213
60	15.8156

R407C فشار ها نسبی است

P	t' (bubble)	t'' (dew)
bar (g)	°C	°C
1	-28.4	-21.69
1.1	-27.22	-20.53
1.2	-26.08	-19.41
1.3	-24.98	-18.34
1.4	-23.92	-17.29
1.5	-22.89	-16.28
1.6	-21.9	-15.31
1.7	-20.93	-14.36
1.8	-19.99	-13.44
1.9	-19.07	-12.54
2	-18.18	-11.66
2.1	-17.31	-10.81
2.2	-16.47	-9.98
2.3	-15.64	-9.17
2.4	-14.83	-8.38
2.5	-14.04	-7.61
2.6	-13.27	-6.85
2.7	-12.51	-6.11
2.8	-11.77	-5.38
2.9	-11.04	-4.67
3	-10.33	-3.97
3.1	-9.63	-3.29
3.2	-8.94	-2.62
3.3	-8.27	-1.96
3.4	-7.61	-1.31
3.5	-6.95	-0.67
3.6	-6.31	-0.04
3.7	-5.68	0.57
3.8	-5.07	1.18
3.9	-4.46	1.77
4	-3.85	2.36
4.1	-3.26	2.94
4.2	-2.68	3.51
4.3	-2.11	4.07
4.4	-1.54	4.62
4.5	-0.98	5.17
4.6	-0.43	5.71
4.7	0.11	6.24
4.8	0.65	6.76
4.9	1.18	7.28
5	1.7	7.79
5.1	2.22	8.29
5.2	2.73	8.79
5.3	3.23	9.28
5.4	3.73	9.77
5.5	4.22	10.24
5.6	4.71	10.72
5.7	5.19	11.19
5.8	5.66	11.65
5.9	6.13	12.11
6	6.6	12.56
6.1	7.06	13.01
6.2	7.51	13.46
6.3	7.96	13.89
6.4	8.41	14.33
6.5	8.85	14.76
6.6	9.29	15.18
6.7	9.72	15.61
6.8	10.15	16.02

P	t' (bubble)	t'' (dew)
bar (g)	°C	°C
7.4	12.64	18.45
7.5	13.04	18.84
7.6	13.44	19.22
7.7	13.83	19.61
7.8	14.23	19.99
7.9	14.61	20.37
8	15	20.74
8.1	15.38	21.11
8.2	15.76	21.48
8.3	16.14	21.84
8.4	16.51	22.21
8.5	16.88	22.56
8.6	17.24	22.92
8.7	17.61	23.27
8.8	17.97	23.62
8.9	18.33	23.97
9	18.68	24.32
9.1	19.04	24.66
9.2	19.39	25
9.3	19.74	25.34
9.4	20.08	25.67
9.5	20.42	26.01
9.6	20.76	26.34
9.7	21.1	26.66
9.8	21.44	26.99
9.9	21.77	27.31
10	22.1	27.63
10.1	22.43	27.95
10.2	22.76	28.27
10.3	23.08	28.58
10.4	23.41	28.9
10.5	23.73	29.21
10.6	24.05	29.51
10.7	24.36	29.82
10.8	24.68	30.13
10.9	24.99	30.43
11	25.3	30.73
11.1	25.61	31.03
11.2	25.92	31.32
11.3	26.22	31.62
11.4	26.52	31.91
11.5	26.82	32.2
11.6	27.12	32.49
11.7	27.42	32.78
11.8	27.72	33.07
11.9	28.01	33.35
12	28.3	33.63
12.1	28.6	33.91
12.2	28.88	34.19
12.3	29.17	34.47
12.4	29.46	34.75
12.5	29.74	35.02
12.6	30.03	35.3
12.7	30.31	35.57
12.8	30.59	35.84
12.9	30.87	36.11
13	31.14	36.37
13.1	31.42	36.64
13.2	31.69	36.9

P	t' (bubble)	t'' (dew)
bar (g)	°C	°C
13.8	33.31	38.46
13.9	33.57	38.71
14	33.83	38.97
14.1	34.1	39.22
14.2	34.36	39.47
14.3	34.62	39.72
14.4	34.87	39.97
14.5	35.13	40.21
14.6	35.39	40.46
14.7	35.64	40.71
14.8	35.89	40.95
14.9	36.15	41.19
15	36.4	41.43
15.1	36.65	41.67
15.2	36.89	41.91
15.3	37.14	42.15
15.4	37.39	42.39
15.5	37.63	42.62
15.6	37.88	42.86
15.7	38.12	43.09
15.8	38.36	43.32
15.9	38.6	43.55
16	38.84	43.78
16.1	39.08	44.01
16.2	39.32	44.24
16.3	39.55	44.47
16.4	39.79	44.69
16.5	40.02	44.92
16.6	40.26	45.14
16.7	40.49	45.37
16.8	40.72	45.59
16.9	40.95	45.81
17	41.18	46.03
17.1	41.41	46.25
17.2	41.64	46.47
17.3	41.87	46.68
17.4	42.09	46.9
17.5	42.32	47.12
17.6	42.54	47.33
17.7	42.77	47.55
17.8	42.99	47.76
17.9	43.21	47.97
18	43.43	48.18
18.1	43.65	48.39
18.2	43.87	48.6
18.3	44.09	48.81
18.4	44.31	49.02
18.5	44.52	49.23
18.6	44.74	49.43
18.7	44.95	49.64
18.8	45.17	49.84
18.9	45.38	50.05
19	45.59	50.25
19.1	45.8	50.45
19.2	46.01	50.65
19.3	46.23	50.85
19.4	46.43	51.05
19.5	46.64	51.25
19.6	46.85	51.45



R404a

فشار ها نسبی است

فشار اشباع bar(g)	دمای Dew Point. (°C)	دمای Bubble Point (°C)
1	-30.77	-31.48
1.2	-28.43	-29.12
1.4	-26.24	-26.91
1.6	-24.19	-24.85
1.8	-22.25	-22.91
2	-20.42	-21.07
2.2	-18.68	-19.32
2.4	-17.02	-17.65
2.6	-15.44	-16.05
2.8	-13.92	-14.53
3	-12.46	-13.06
3.2	-11.05	-11.65
3.4	-9.7	-10.28
3.6	-8.39	-8.97
3.8	-7.12	-7.69
4	-5.89	-6.46
4.2	-4.7	-5.26
4.4	-3.55	-4.1
4.6	-2.42	-2.97
4.8	-1.33	-1.87
5	-0.26	-0.8
5.2	0.77	0.24
5.4	1.79	1.26
5.6	2.78	2.26
5.8	3.75	3.23
6	4.69	4.18
6.2	5.62	5.11
6.4	6.53	6.02
6.6	7.41	6.91
6.8	8.29	7.79
7	9.14	8.65
7.2	9.98	9.49
7.4	10.8	10.31
7.6	11.61	11.13
7.8	12.4	11.92
8	13.18	12.71
8.2	13.95	13.48
8.4	14.7	14.24
8.6	15.45	14.98
8.8	16.18	15.72
9	16.9	16.44
9.2	17.61	17.15
9.4	18.31	17.85
9.6	18.99	18.55
9.8	19.67	19.23
10	20.34	19.9
10.2	21	20.56
10.4	21.65	21.22
10.6	22.3	21.86
10.8	22.93	22.5
11	23.56	23.13
11.2	24.17	23.75
11.4	24.78	24.36
11.6	25.39	24.97
11.8	25.98	25.57

فشار اشباع bar(g)	دمای Dew Point. (°C)	دمای Bubble Point (°C)
12.8	28.86	28.46
13	29.42	29.02
13.2	29.97	29.57
13.4	30.51	30.12
13.6	31.05	30.66
13.8	31.58	31.2
14	32.11	31.73
14.2	32.63	32.25
14.4	33.15	32.77
14.6	33.66	33.29
14.8	34.17	33.79
15	34.67	34.3
15.2	35.17	34.8
15.4	35.66	35.29
15.6	36.15	35.79
15.8	36.63	36.27
16	37.11	36.75
16.2	37.59	37.23
16.4	38.06	37.7
16.6	38.53	38.17
16.8	38.99	38.64
17	39.45	39.1
17.2	39.9	39.56
17.4	40.35	40.01
17.6	40.8	40.46
17.8	41.24	40.91
18	41.68	41.35
18.2	42.12	41.79
18.4	42.55	42.22
18.6	42.98	42.66
18.8	43.41	43.09
19	43.83	43.51
19.2	44.25	43.93
19.4	44.67	44.35
19.6	45.08	44.77
19.8	45.49	45.18
20	45.9	45.59
20.2	46.31	46
20.4	46.71	46.4
20.6	47.11	46.8
20.8	47.5	47.2
21	47.89	47.6
21.2	48.29	47.99
21.4	48.67	48.38
21.6	49.06	48.77
21.8	49.44	49.15
22	49.82	49.53
22.2	50.2	49.91
22.4	50.57	50.29
22.6	50.94	50.67
22.8	51.31	51.04
23	51.68	51.41