A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

عیب یابی چیلرها ی آب خنک

تهیه و تنظیم: مهندس سید رحیم آشناخواه

کارشناس تاسیسات صدا و سیما

http://www.mohandes-iran.com

عیب یابی در سامانه های برودتی می بایست بصورت گام به گام ، دقیق و با حوصله باشد. مهندسین و تکنسین تاسیسات برودتی می بایست شناخت کامل از عملکرد کامل و صحیح از سامانه و تمام قطعات آن داشته باشند. بی تردید اندازه گیری دقیق عواملی چون

سامانه و تمام قطعات آن داشته باشند. بی تردید اندازه گیری دقیق عواملی چون

۱- مقدار جریان آمپر
۲- سابکولینگ
۳- سوپر هیت

اندازه گیری دما های کندانسور که شامل :

۱- اختلاف دمای بین آب خروجی و ورودی به کندانسور
۲- اختلاف دمای بین کندانسینگ و آب خروجی از کندانسور
۳-اختلاف دمای کندانسینگ و آب ورودی به کندانسور

اندازه گیری دماهای اواپراتورکه شامل :

۱- اختلاف دمای بین آب خروجی و ورودی به اواپراتورر
۲- اختلاف دمای آب خروجی از اواپراتور و دمای اواپراتور
۳-اختلاف دمای آب ورودی و دمای اواپراتور

می تواند کمک شایانی در شناسائی وعیب یابی سامانه برودتی باشد.

طبقه بندی عیوب در سامانه های برودتی

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه کاهش ↓فشار مکش می شود

۱- عیوبی که از کاهش ظرفیت دستگاه انبساط است
۲- عیوبی که از کاهش و یا کمبود مبرد در سامانه است
۳- عیوبی که از انبساط مایع مبرد قبل از شیر انبساط است
۴-عیوبی که از کاهش ظرفیت اواپرتور است

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه افزایش ↑فشار دهش می شود

۵-عیوبی که از شارژزیاد مبرد به سامانه است
۶-عیوبی که از وجود گازهای غیر قابل تقطیر است
۷-عیوبی که از کاهش و یا کمبود ظرفیت کندانسور است

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه افزایش ↑فشار مکش می شود

۸- عیوبی که از کاهش و یا کمبود ظرفیت کمپرسوراست

http://www.mohandes-iran.com

اجازه دهید برای بررسی بهتر شرایط کارکرد یک چیلر را در شرایط زیر را نظر بگیریم :

نوع گاز مورد استفاده در سامانه **R22**

شرایط کندانسور

دمای آب ورودی از برج به کندانسور **Twi = 27 °C**

دمای آب خروجی از کندانسور بطرف برج **Two = 32 °C**

شرایط اواپراتور

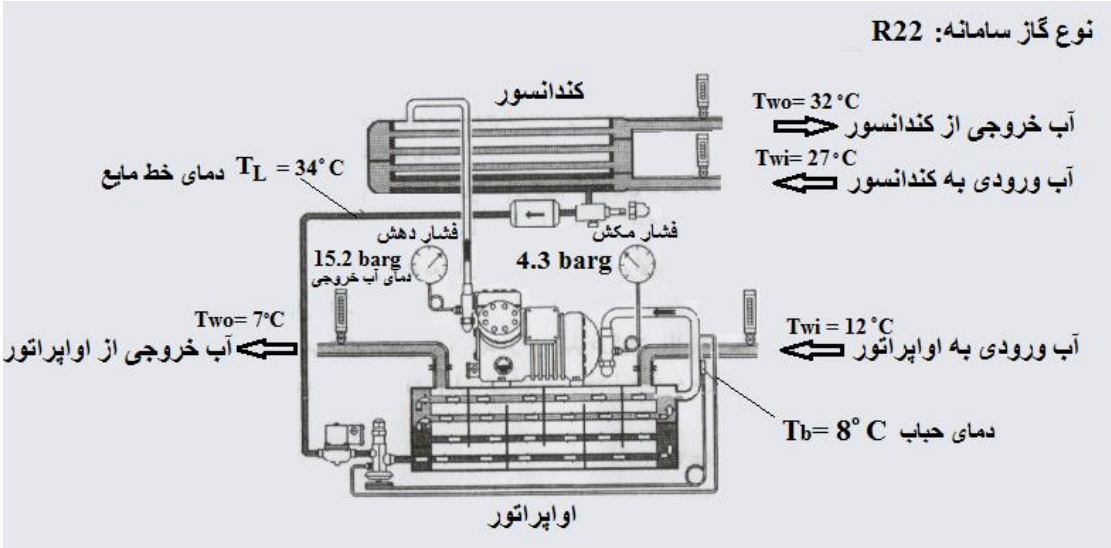
دمای آب ورودی به اواپراتور **Twi = 12°C**

دمای آب خروجی از اواپرتور بطرف مصرف کننده ها **Two = 7 °C**

فشار مکش **4.3 barg = 63 psig = 2 °C= 36.6 °F**

فشار دهش **15.2 barg = 220 psig = 42 °C= 107.6°F**

دمای خط مکش **34 °C = 93.2 °F**



با داشتن شرایط فوق حال به بررسی تغییرات احتمالی در این سامانه به علت عیوب مختلف و طبیق آن با شرایط عادی فوق می پردازیم .

http://www.mohandes-iran.com

عیبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه کاهش ↓ فشار مکش می شود

۱- کاهش ظرفیت دستگاه انبساط

هرگاه سوزن شیر انبساط کوچک انتخاب شده باشد و یا فیلتر آن کثیف باشد و یا تنظیمات آن نا درست باشد (بسته شده باشد) این امر باعث می شود مایع مبرد کمتری از خود عبور دهد و همین امر باعث می شود ظرفیت شیر انبساط کاهش می یابد

علایم

۱- میزان مایع مبرد در اواپراتور کم می شود.

چون شیر انبساط مقدار مبرد کمتری به اواپراتور جریان می دهد لذا این میزان در داخل اواپراتور کاهش می یابد.

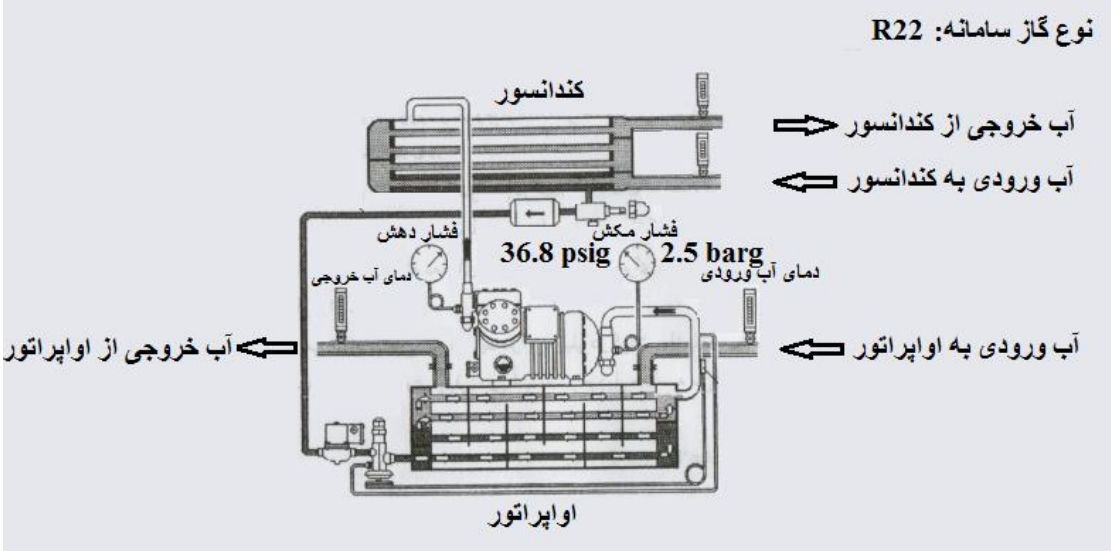
۲- فشار مکش کاهش می یابد

کاهش مقدار مایع مبرد در اواپراتور ، باعث کاهش فشار مکش LP می گردد.

نکته : هر مقدارمایع مبردی که از اواپرتور عبور داده می شود مقدار حرارت ثابتی از آب گرم ورودی جذب کرده وسپس تبدیل به بخار مبرد می شود .

کاهش ظرفیت دستگاه انبساط که می تواند به فرض بعلت تنظیمات غلط **دهانه شیر** انبساط باشد **باعث کاهش جریان مبرد به داخل اواپرتورمی گردد .**

نتیجه این کاهش جریان ، کاهش تولید بخار مبرد را با خود در اواپراتور در پی خواهد داشت ، این کاهش میزان بخارمبرد در داخل اواپرتور نیز باعث کاهش فشار در داخل اواپراتور خواهد شد. همچنین از آنجائی که ظرفیت کمپرسور سامانه تغییری نکرده و در حقیقت دارد با همان ظرفیت تعریف شده به کار خود ادامه می دهد ، لذا این امر باعث می شود کمپرسور با توجه به توانای بالا خود اقدام به مکش و جا بجای بیشتری از این گاز تولید شده مبرد کند و همین امر باعث کاهش بیشتر فشار مکش در سامانه می شود. در حقیقت در اینجا کمپرسور نقش یک پمپ خلاء را ایفا می کند



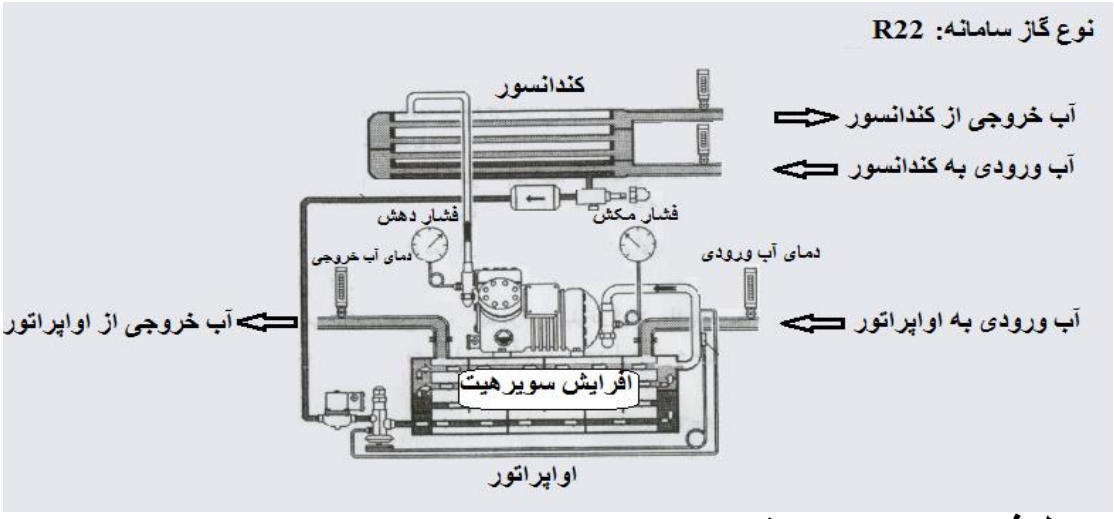
http://www.mohandes-iran.com

۲- مقدار سوپرهیت افزایش می یابد

نکته : در شرایط شارژمناسب مبرد به سامانه بعد از شیر انبساط معمولا ما شاهد وجود ۲۰ % گاز و ۸۰% مایع در داخل اواپراتور می باشیم .

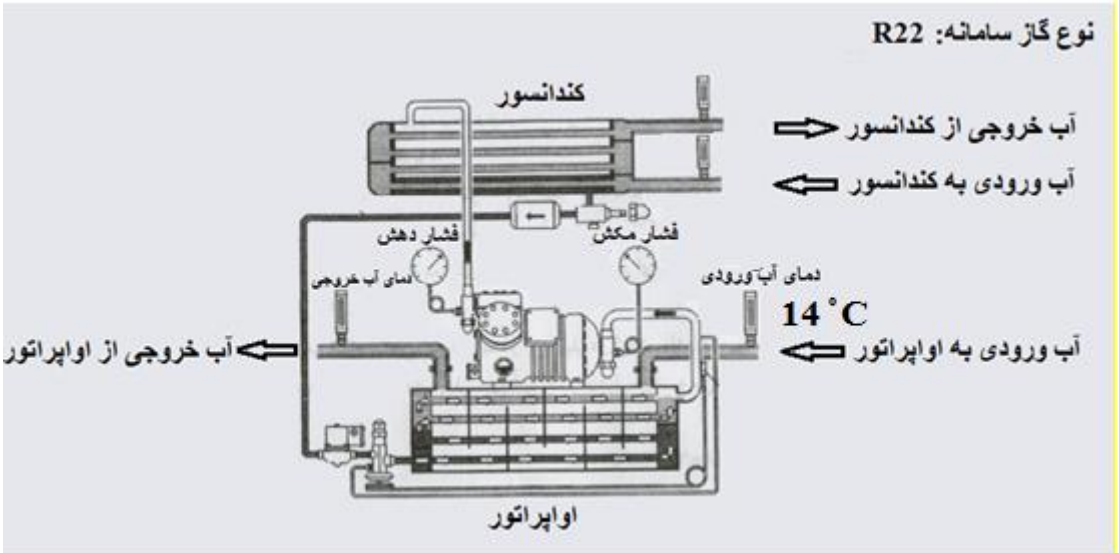
این کاهش و یا کمبود مایع مبرد باعث می شود قطرات مایع در داخل مخزن(shell) اواپرتور خیلی زودتر تبخیرو به گاز تبدیل شوند.

این امر باعث می شود گاز تولیدی درمسیر باقیمانده در اواپرتور با آب گرم بیشتری در تماس باشد. لذا این رخداد باعث افزایش مقدار ***سوپر هیت*** *گاز مبرد می شود.*



۳- ظرفیت اواپراتور کاهش می یابد

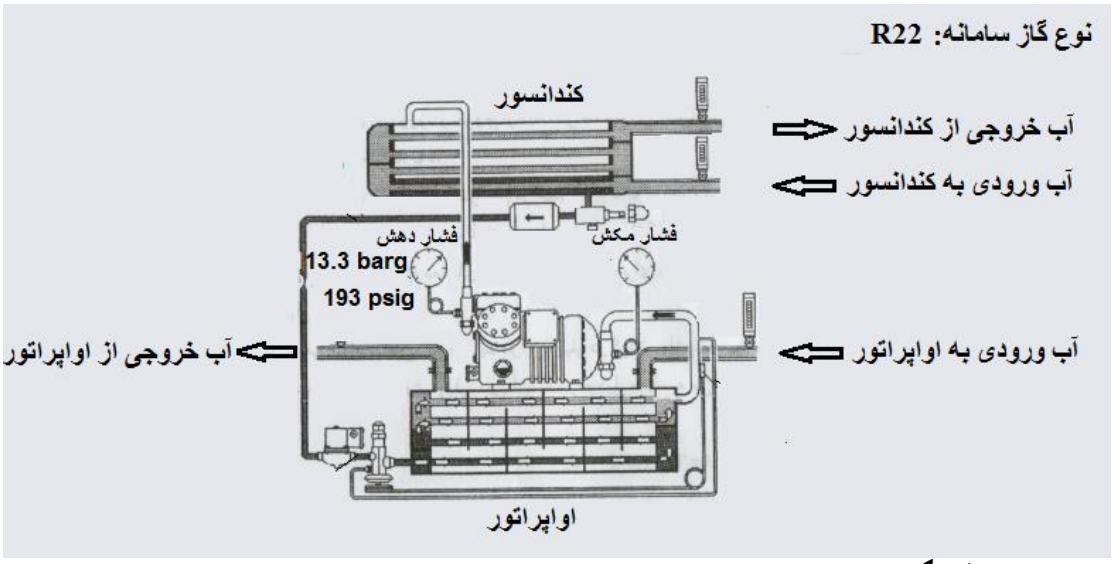
به علت کمبود مایع مبرد در داخل اواپراتور این امر باعث کاهش ظرفیت برودتی سامانه می شود . این کاهش ظرفیت باعث کاهش اختلاف دمای آب در اواپراتور می گردد ، همین امر باعث می شود دمای آب ورودی (آب برگشتی از مصرف کننده) از 12 ° C بیشتر شود.



http://www.mohandes-iran.com

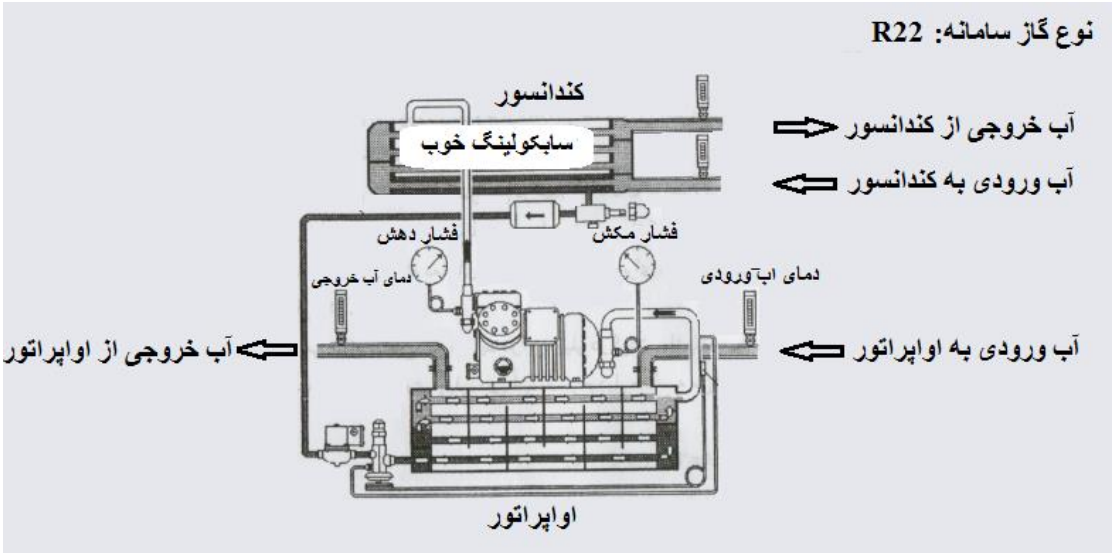
۴- فشار تخلیه (دهش) کمی کاهش می یابد

در اثر کاهش ظرفیت برودتی در اواپرتور ، حرارت کمتری به کندانسور منتقل شده لذا فشار تخلیه HP بنوبه خود کمی کاهش می یابد.(یعنی از 15.2 barg به 13.3 barg کاهش می یابد)



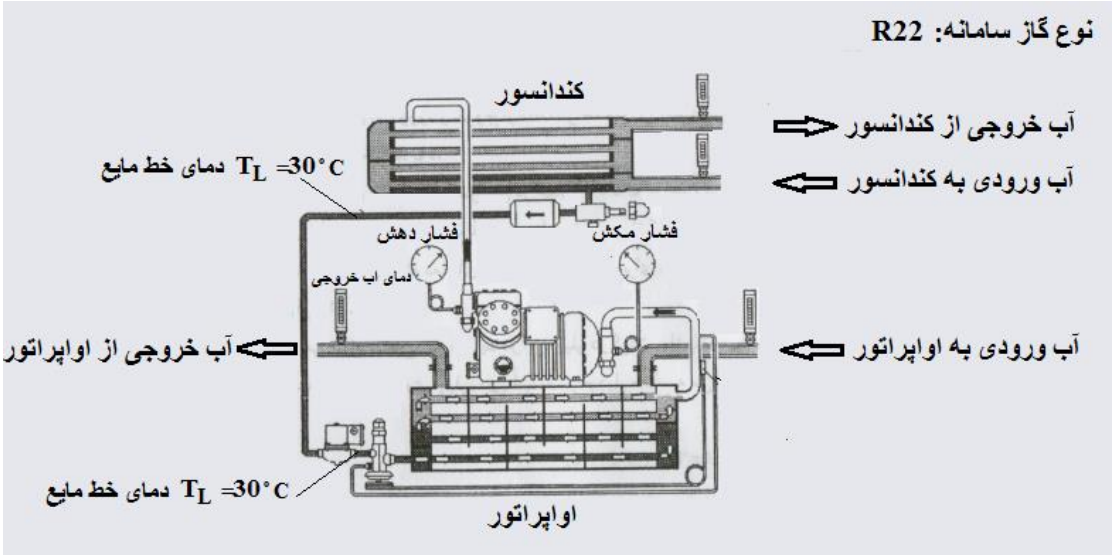
۵- سابکولینگ خوب

چون عبور مایع مبرد از شیر انبساط به بعد محدود شده است این امر باعث تجمع و مانگاری بیشتر مایع مبرد در کندانسور و خط مایع می گردد. این ماندگاری بیشتر مایع مبرد در خط مکش باعث خنک شدن بیشتر مایع مبرد می شود .

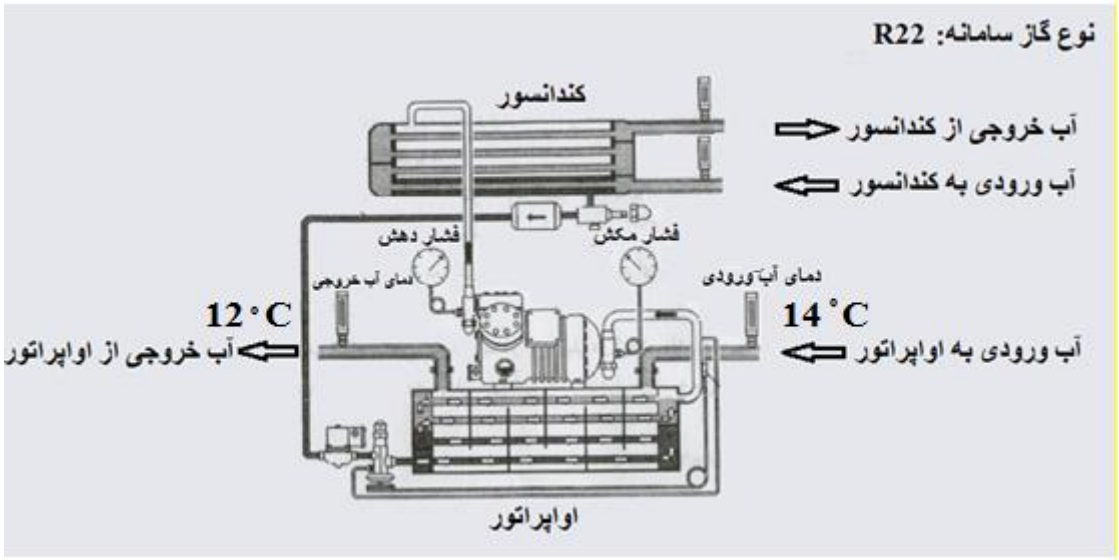


http://www.mohandes-iran.com

۶- اختلاف دمایی در خط مایع ملاحظه نمی شود



۷- اختلاف دمای بین آب ورودی و خروجی از اواپراتور کاهش می یابد
(کاهش $\Delta\theta$ آب اواپراتور 14- 12 = 2 ° C)



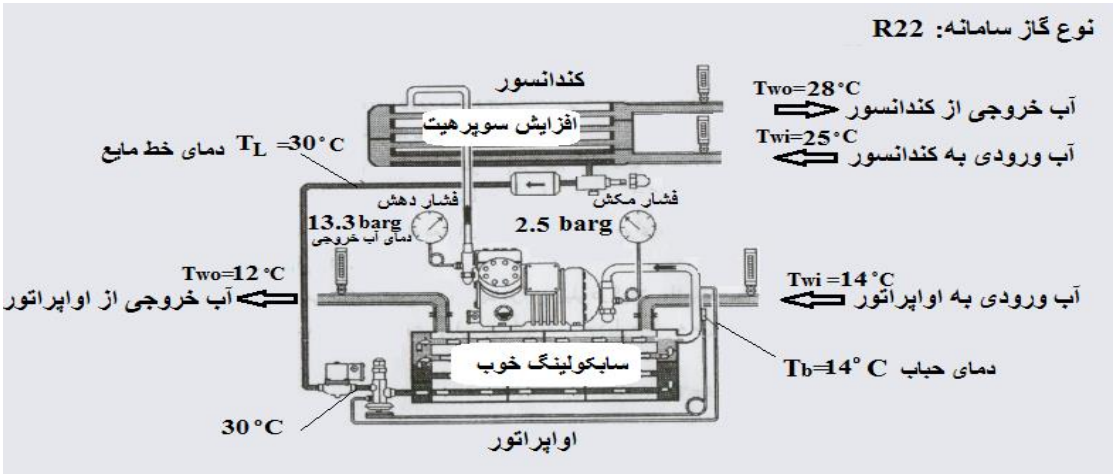
۸- عدم وجود حباب در Sight Glass

عواملی چون انتخاب غلط سوزن شیر انبساط ، عدم تنظیمات صحیح شیر انبساط ، سوراخ شدن حباب حرارتی، نصب غلط لوله متعادل کننده از عوامل اصلی ایجاد کاهش ظرفیت دستگاه انبساط می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

خلاصه عیب " کمبود ظرفیت شیر انبساط " با اعداد فرضی را می توانید درجدول زیر ملاحظه کنید.

فشار مکش	کاهش	LP= -10 °C = 2.5 barg
فشار تخلیه	کاهش	HP= 38°C = 13.3 barg
سوپر هیت	افزایش	Super heat= 24 ° C
سابکولینگ	خوب	
دمای محفظه میلنگ	گرم	
شیشه روئیت	حباب ندارد	
$\Delta\theta$ آب اواپراتور	کاهش	



http://www.mohandes-iran.com

عوامل احتمالی این عیب

۱- شیر انبساط و یا سوزن آن اشتباه و یا کوچک انتخاب شده است
۲- تنظیمات سوزن شیر انبساط نادرست و احتمالا در حالت خیلی بسته قرار دارد
۳- حباب حرارتی شیر انبساط سوراخ شده است
۴- حباب حرارتی شیر انبساط بعد از لوله متعادل کننده خارجی نصب شده است.
نکته: حباب حرارتی شیر انبساط می بایست قبل از لوله متعادل کننده خارجی قرار گیرد. این فاصله ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر بعد از خروجی لوله از اواپرتور است.
۵- شیر انبساط نشتی داخلی دارد ، *در صورت نشتی، مایع مبرد از طریق لوله متعادل کننده به خط مکش راه یافته و همین امر باعث خنک شدن لوله مکش در قسمت نصب حباب حرارتی میشود نتیجه این خنک شدن ، فرمان بسته شدن و یا کاهش دهانه ورودی مایع مبرد از شیر انبساط به داخل اوپراتور صادر می گردد.*
۶- فیلتر شیر انبساط گرفته است
۷-شیر انبساط اشکال مکانیکی دارد
۸- فشار دهش (فشارکندانسور) به دلیلی کاهش یافته، یا دمای محیط بیش از حد کاهش یافته، یا اینکه بر روی سامانه هیچ گونه سامانه کنترلی نصب نشده تا بتواند فشاردهش را تنظیم و ثابت نگهدارد .این کاهش فشار که تا پشت شیر انبساط ادامه دارد، باعث می شود که شیرانبساط به خوبی عمل نکرد و مایع مبرد کمی به علت فشار کم از خود عبور دهد.
۹- پخش کن مبرد نصب شده بر روی اواپرتور مناسب ظرفیت سامانه نیست
۱۰- محل نصب حباب به خط مکش نادرست است

http://www.mohandes-iran.com

عیبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه کاهش ↓فشار مکش می شود

۲ ـ کاهش و یا کمبود مبرد در سامانه

اگر در چیلر، مبرد کمی شارژ شده باشد ، یا به عللی در سامانه نشتی ایجاد شده باشد ، این امر باعث کاهش مقدار مبرد هم در اواپراتور و هم در کندانسور می شود . *هرگاه صحبت از کاهش و یا کمبود مبرد در سامانه به میان می آید، یعنی یا به اندازه کافی مبرد به سامانه ترزق نشده یا اینکه به علت نشتی در لوله و اتصالات مقداری مبرد از سامانه خارج شده ، این امر باعث کاهش برودت در سامانه می شود .*

حال به بررسی علائم و مشکلات این عیب می پردازیم

علائم

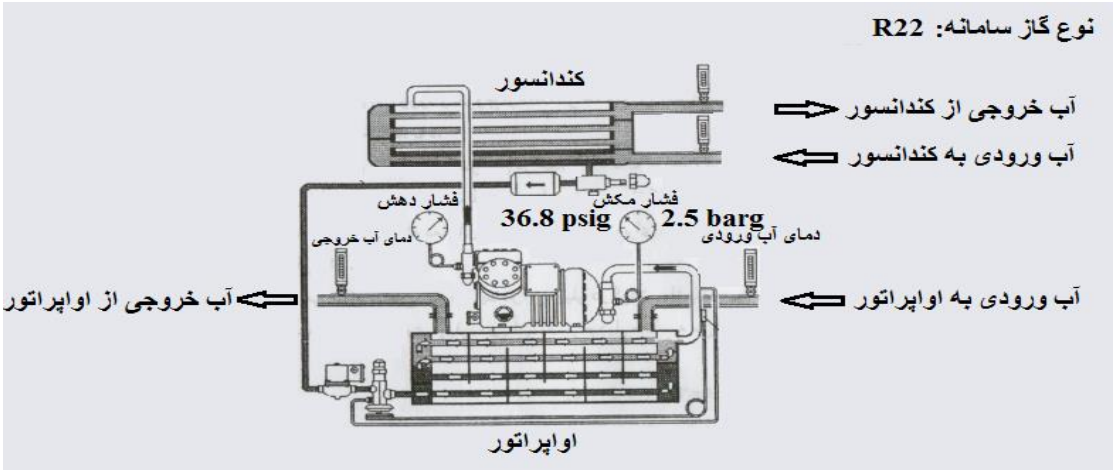
۱ـ میزان مایع مبرد در اواپراتور کم می شود

۲ـ فشار مکش کاهش می یابد.

کاهش مقدار مایع مبرد در اواپراتور ، باعث کاهش فشار مکش LP می گردد.

نکته : هر مقدارمایع مبردی که از اواپرتور عبور داده می شود مقدار حرارت ثابتی از آب گرم ورودی جذب کرده وسپس تبدیل به بخار مبرد می شود .

کاهش ظرفیت دستگاه انبساط که می تواند به فرض بعلت تنظیمات غلط **دهانه شیر** انبساط باشد **باعث کاهش جریان مبرد به داخل اواپرتورمی گردد . نتیجه این کاهش جریان ، کاهش تولید بخار مبرد را با خود در اواپراتور در پی خواهد داشت ، این کاهش میزان بخارمبرد در داخل اواپرتور نیز باعث کاهش فشار در داخل اواپراتور خواهد شد. همچنین از آنجائی که ظرفیت کمپرسور سامانه تغییری نکرده و در حقیقت دارد با همان ظرفیت تعریف شده به کار خود ادامه می دهد ، لذا این امر باعث می شود کمپرسور با توجه به توانای بالا خود اقدام به مکش و جا بجای بیشتری از این گاز تولید شده مبرد کند و همین امر باعث کاهش بیشتر فشار مکش در سامانه می شود. در حقیقت در اینجا کمپرسور نقش یک پمپ خلاء را ایفا می کند**



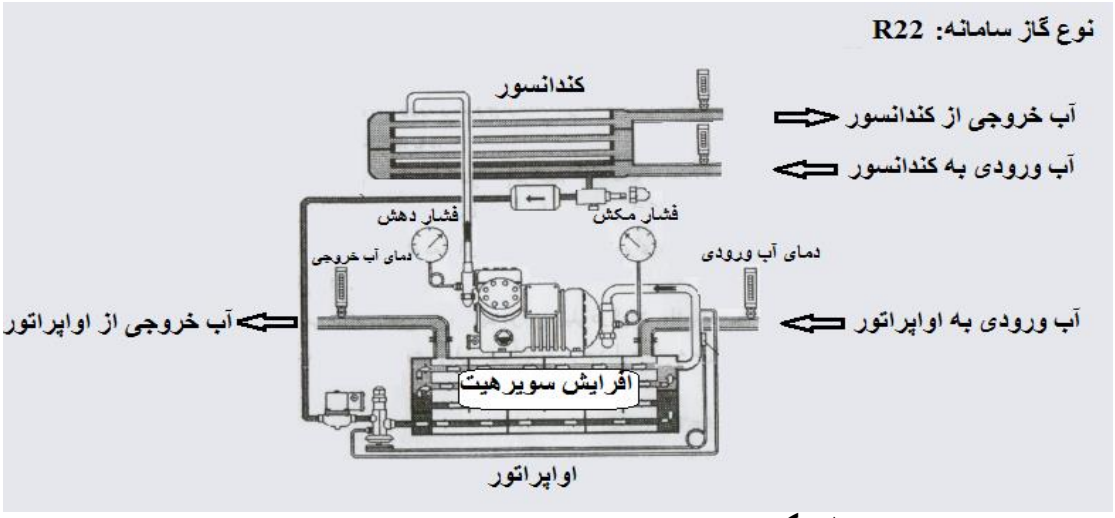
http://www.mohandes-iran.com

۲- مقدار سوپرهیت افزایش می یابد

نکته : در شرایط شارژمناسب مبرد به سامانه بعد از شیر انبساط معمولا ۲۰ % گاز و ۸۰% مایع روبرو خواهیم بود .

این کاهش و یا کمبود مایع مبرد باعث می شود قطرات مایع در داخل مخزن(shell) اواپرتور خیلی زودتر تبخیرو به گاز تبدیل شوند.

این امر باعث می شود گاز تولیدی که درمسیر لوله باقیمانده در اواپرتور با آب گرم بیشتری در تماس باشد. این رخداد باعث افزایش مقدار ***سوپر هیت*** *گاز مبرد می شود.*

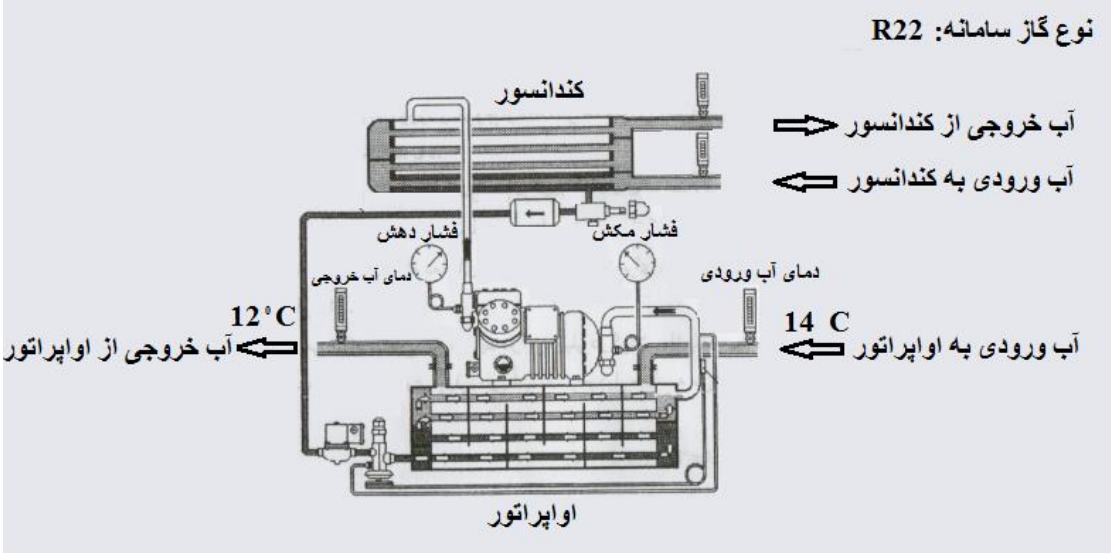


۳- کندانسور سابکولینگ کمی ایجاد می کند

کمبود مبرد درکل سامانه ، یعنی اینکه داخل لوله های کندانسور **گاز مبرد** کمی وجود دارد ، این کمبود مبرد در کندانسور یعنی عملیات اتمام کندانس شدن گازمبرد در لوله های کندانسور خیلی زودتر از حد معمول ، یعنی در همان اوایل لوله های کندانسور(در ۱/۳ لوله های کندانسور) به اتمام می رسد.(در شرایط عادی اتمام کندانس شدن گاز مبرد معمولا در ۲/۳ پایانی لوله های کندانسور به پایان می رسد) . بعد از پایان یافتن تقطیر ازاین قسمت به بعد هر گونه از دست دادن حرارت در مسیر لوله باقی مانده باعث خنک شدن یا سابکول بیشتر مایع مبرد می شود . اما به علت کم بودن **مقدارجرمی مایع مبرد** درکندانسور این مایع خنک نمی تواند باعث افزایش مقدار زیاد در سابکولینگ شود ، بلکه باعث کاهش خیلی کم در سابکولینگ می شود .

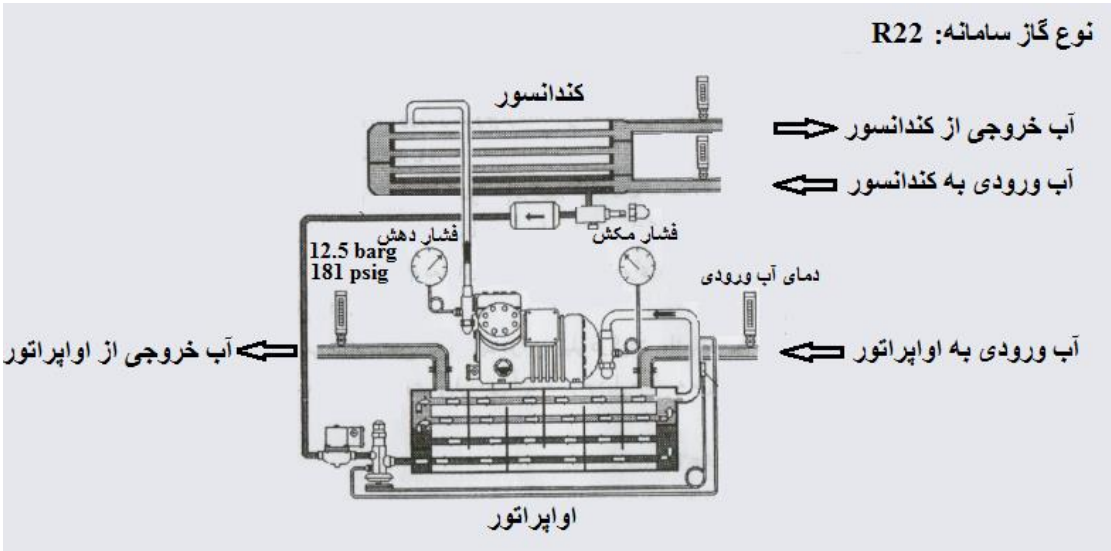
http://www.mohandes-iran.com

۴- ظرفیت اواپراتور کم شده و اختلاف دمای ورودی و خروجی از اواپراتور کاهش می یابد و این خود باعث می شود که دمای آب برگشتی به اواپراتور از ۱۲ ° C بالاتر رود .



۶- **فشار تخلیه کمی کاهش می یابد**

بعلت کاهش ظرفیت برودتی سامانه ، حرارت کمتری به کندانسور منتقل می شود و همین امر باعث کاهش فشار تخلیه می شود.



۷- وجود حباب در شیشه روئیت ، ***خط مایع می بایست همیشه پر از مایع مبرد سابکول باشد*** . *در صورت کاهش مایع مبرد در* ***خط مایع*** *، ما شاهد مخلوطی از گاز و مایع مبرد در* ***خط مایع*** *خواهیم بود، این پدیده را می توان بصورت وجود حباب در سایت گلاس سامانه مشاهده کرد . دیده شدن حباب در شیشه رویت نشانه وجود گاز ناشی از* ***تبخیر آنی مایع مبرد*** *در حجم ثابت لوله خط مایع به علت کمبود مبرد است.*

http://www.mohandes-iran.com

خلاصه عیب " کمبود مبرد با اعداد فرضی را می توانید در زیر ملاحظه کنید.

فشار مکش	کاهش	LP= -10 °C =2.5 barg
فشار تخلیه	کاهش	HP= 35°C = 12.5 barg
سوپر هیت	افزایش	Super heat= 24 ° C
سابکولینگ	کاهش	Sub-Cooling= 0 °C
دمای محفظه میلنگ	گرم	
شیشه روئیت	حباب دارد	
Δθ آب اواپراتور	کاهش	Δθ=14°C- 12°C= 2°C

عوامل احتمالی این عیب

۱ -عوامل ایجاد این عیب بسیار و اضح است، در قسمتی از سامانه نشتی وجود دارد و یا در هنگام راه اندازی ، مبرد کمی به سامانه شارژ شده است.
قبل از هر اقدامی نسبت به بررسی کل سامانه جهت پیدا کردن نشتی و ترمیم آن اقدام کنید و سپس نسبت به شارژ مناسب سامانه برودتی خود اقدام کنید.

http://www.mohandes-iran.com

عیبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه کاهش ↓فشار مکش می شود

۳ـ انبساط قبل از شیر انبساط

هرگاه در خط مایع گرفتگی و یا افت فشار بیش از حدی ایجاد شود قسمتی از مایع مبرد قبل از رسیدن به شیر انبساط منبسط و تبدیل به گاز می شود.

Pre-expansion یا انبساط قبل از شیرانبساط پدیده ای است که معمولا قبل از ورود مایع مبرد به شیر انبساط اتفاق می افتد . در این پدیده مایع مبرد در ***خط مایع*** *به دلایلی تبخیر می شود. در این رخداد مبرد بصورت مایع کامل به شیر انبساط نمی رسد و همین امر مشکلاتی را در سامانه و عملکرد برودتی سامانه بوجود می آورد.*

علایم

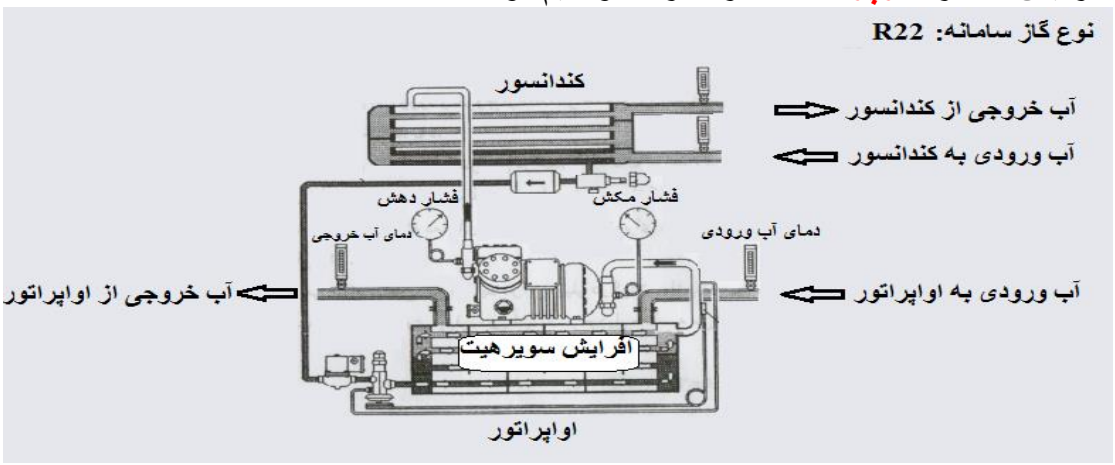
۱ـ میزان ورود مایع مبرد در اواپراتور کم می شود

۲ـ مقدار سوپرهیت افزایش می یابد.

نکته : *در شرایط شارژمناسب مبرد به سامانه تبرید بعد از شیر انبساط معمولا ۲۰% گاز و ۸۰% مایع وجود دارد.*

حال از آنجای که در ورودی شیرانبساط مقدار مایع مبرد کم شده لذا این انتظار را باید داشت که در خروجی ما شاهد **مایع مبرد** کمتری باشیم .

با تبخیر شدن این **مایع مبرد کم** و تبدیل آن به بخار در همان قسمت های اولیه اواپرتور، این امر باعث می شود که این **بخار مبرد** تولید شده مسیر بیشتری در تماس با آب گرم عبوری از داخل اواپرتورداشته باشد. لذا در این رخداد ما شاهد افزایش مقدار **سوپر هیت** گاز مبرد خواهیم بود.



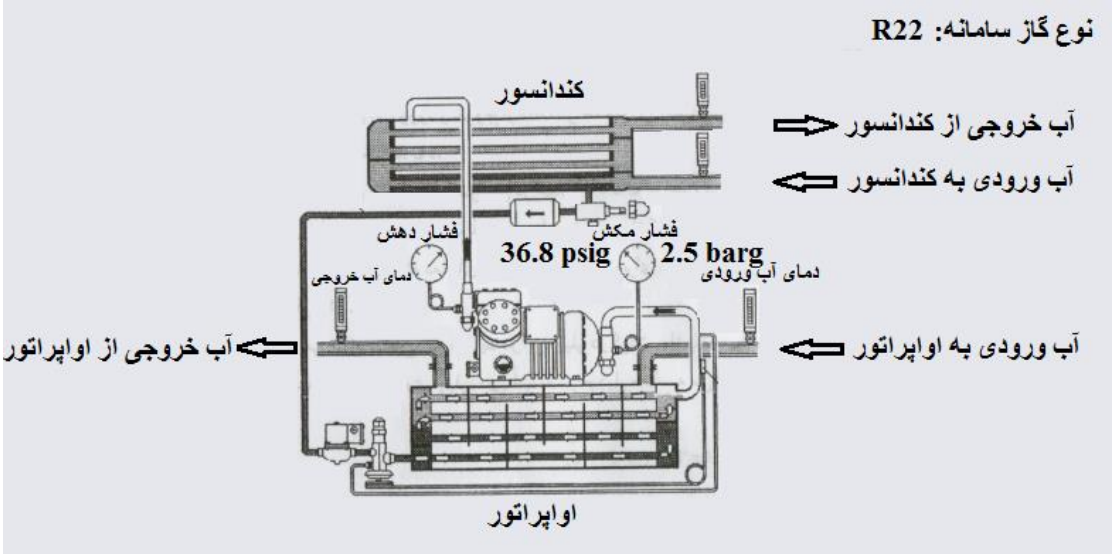
http://www.mohandes-iran.com

۳ـ فشار مکش کاهش می یابد .

کاهش مقدار مایع مبرد در اواپراتور ، باعث کاهش فشار مکش LP می گردد.

نکته : هر مقدارمایع مبردی که از اواپرتور عبور داده می شود مقدار حرارت ثابتی از آب گرم ورودی جذب کرده وسپس تبدیل به بخار مبرد می شود .

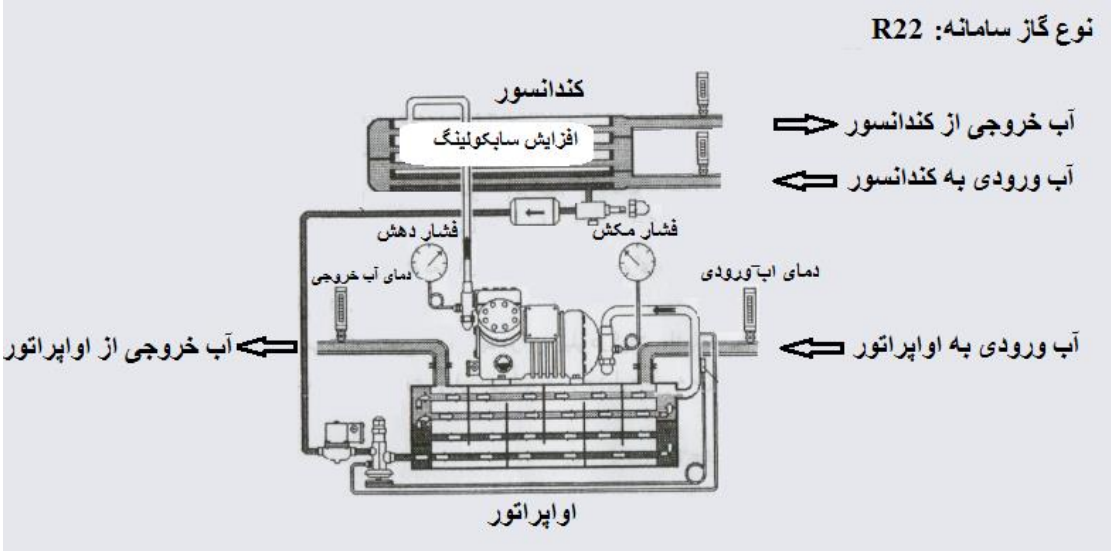
نتیجه این کاهش جریان ، کاهش تولید بخار مبرد را با خود در اواپراتور در پی خواهد داشت ، (چرا که قسمتی از مایع مبرد قبل ورود به شیر انبساط منبسط شده و همین امر باعث کاهش میزان مایع مبرد ورودی به در داخل اواپراتوراز طریق شیر انبساط شده است) این کاهش میزان بخارمبرد در داخل اواپرتور نیز باعث کاهش فشار در داخل اواپراتور خواهد شد. همچنین از آنجائی که ظرفیت کمپرسور سامانه تغییری نکرده و در حقیقت دارد با همان ظرفیت تعریف شده به کار خود ادامه می دهد ، لذا این امر باعث می شود کمپرسور با توجه به توانای بالا خود اقدام به مکش و جا بجای بیشتری از این گاز تولید شده مبرد کند و همین امر باعث کاهش بیشتر فشار مکش در سامانه می شود. در حقیقت در اینجا کمپرسور نقش یک پمپ خلاء را ایفا می کند



http://www.mohandes-iran.com

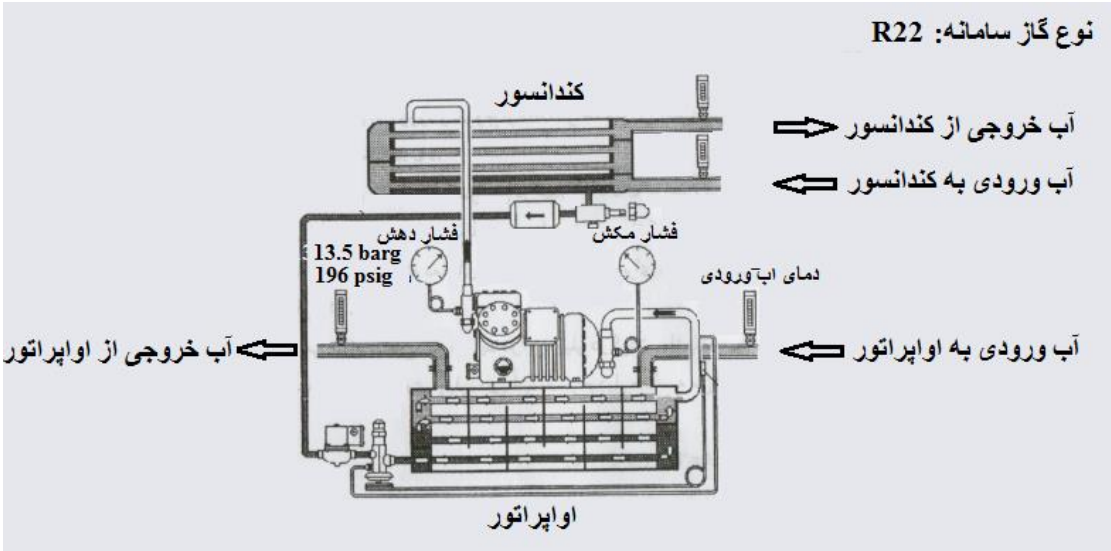
۴-- کندانسور سابکولینگ خوبی ایجاد می کند

با توجه به جریان کم مایع مبرد به داخل اواپرتور (بعلت گرفتگی در فیلتر – خشک کن) بیشتر مایع مبرد باقی خواهد ماند ، همین امر باعث می شود با توجه به ظرفیت بالای کندانسورکه تغییر نیافته است مایع مبرد در داخل کندانسور بیش از حد خنک گردد.



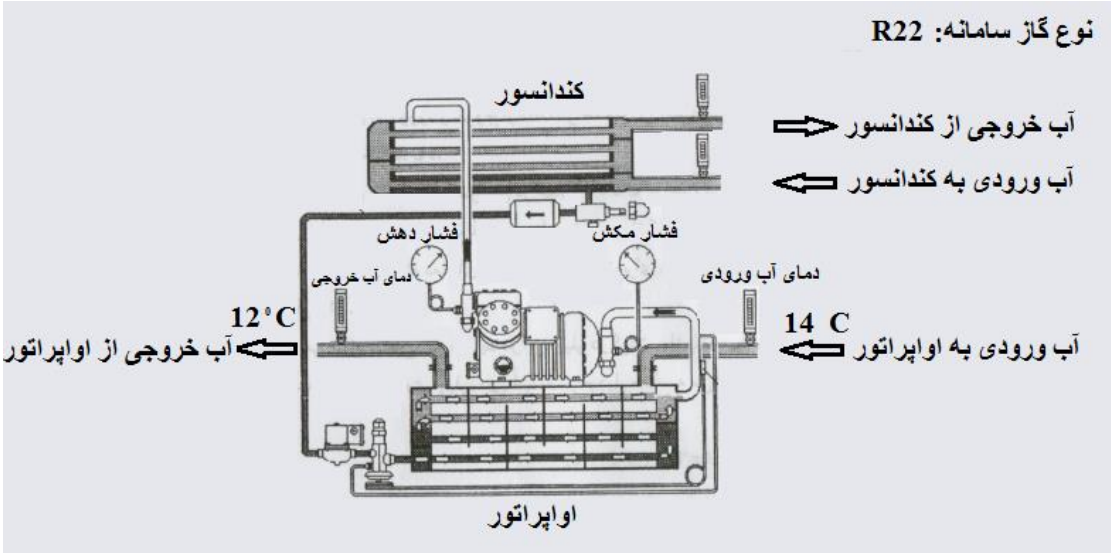
۵- فشار تخلیه کمی کاهش می یابد

در شرایط عادی اتمام کندانس شدن گاز مبرد معمولا در ۲/۳ پایانی لوله های کندانسور به پایان می رسد. اما در این شرایط این اتمام معمولا کمی بعد از ۱/۳ مسیر کندانسور می باشد ، همین امر باعث می شود مایع مبرد درکندانسور مسیر بیشتری در لوله های کندانسور در تماس با جریان آب عبوری از کندانسور باشد و بیشتر خنک گردد. این خنک شدن بیشتر مایع مبرد یعنی کاهش فشار تخلیه در سامانه .



http://www.mohandes-iran.com

۶- ظرفیت اواپراتور کم شده و اختلاف دمای آب ورودی و خروجی از اواپراتور کمی کاهش می یابد. این کاهش مقدار**مایع مبرد** در اواپرتور باعث کاهش ظرفیت برودتی در سامانه تبرید ، افزایش دمای آب ورودی و افزایش دمای آب خروجی از اواپرتور می گردد. نتیجه این امر کاهش اختلاف دما بین آب ورودی و خروجی از اواپرتور را در بر خواهد داشت .



۸- وجود حباب در شیشه روئیت

مهندسین و تکنسین های محترم دقت داشته باشند که این حباب ها در شیشه رویت به علت کمبود مبرد در سامانه نیست بلکه بخاطر انبساط قبل از شیر انبساط است. تبخیر شدن قسمتی از **مایع مبرد** در بفرض در **فیلتر – خشک کن** باعث می شود که مخلوطی از مایع و گاز به شیشه رویت برسد و همین رخداد باعث ایجاد حباب در شیشه رویت می گردد.

http://www.mohandes-iran.com

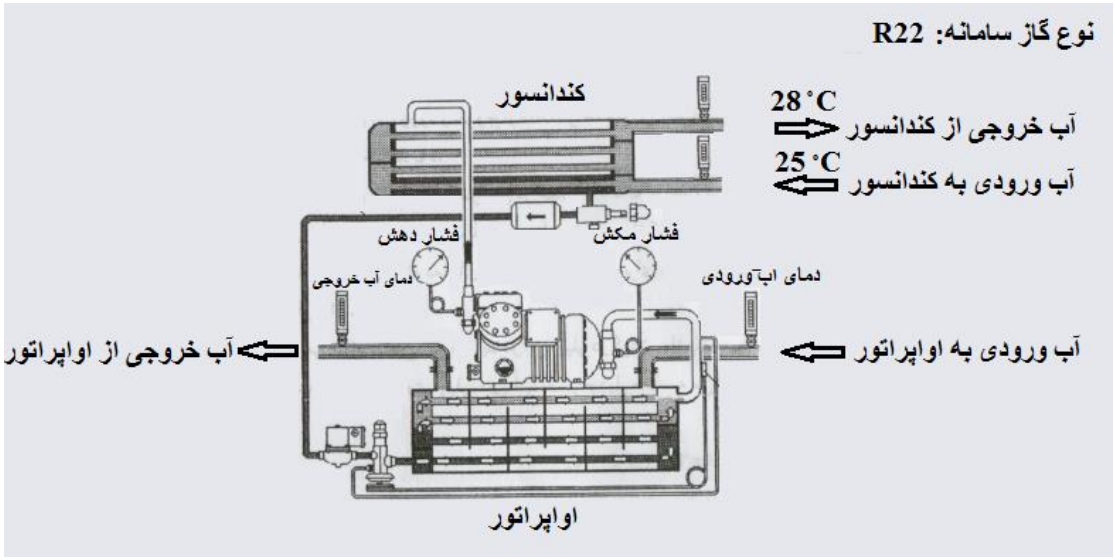
۹- دمای محفظه میل لنگ افزایش می یابد

در کمپرسورهای بسته و نیمه بسته ، خنک کاری کمپرسور توسط دمای پائین گاز مبرد انجام می شود .

حال اگر دمای این گاز ورودی به کمپرسور افزایش یابد ، قدرت خنک کاری آن کاهش و مختل می شود ، در نتیجه دمای در قسمت مکش کمپرسور افزایش می یابد ، این افزایش دما همچنین باعث شدت افزایش دما در محفظه میل لنگ نیز می گردد.

توجه کنید که این دمای بالا گاز مبرد در ورودی به کمپرسور همچنین باعث می شود که دمای گاز در قسمت دهش نیز به نوبه خود افزایش یابد.

از آنجای که ظرفیت برودتی به علت کمبود مبرد در سامانه کاهش یافته ، این در حالی است که ظرفیت **کندانسور**در سامانه هیچ تغییری نداشته ، لذا درصورتیکه سامانه مجهز به سامانه کنترل HP نباشد ، این امر باعث می شود که ظرفیت دفع حرارتی در کندانسور به علت کم بودن گاز مبرد بشدت افزایش و در پی این رخداد دمای آب خروجی ازکندانسورنیز به نوبه خود کاهش می یابد . در حقیقت **اختلاف دمای** آب ورودی و خروجی از کندانسورکاهش می یابد.



http://www.mohandes-iran.com

خلاصه علایم انبساط قبل از شیر انبساط

فشار مکش	کاهش	LP= -10 °C= 2.5 barg
فشار تخلیه	کاهش	HP= 38°C = 13.5 barg
سوپر هیت	افزایش	Super heat= 24 ° C
سابکولینگ	خوب	Sub-Cooling
دمای محفظه میلنگ	گرم	
شیشه روئیت	حباب دارد	
$\Delta\theta$ آب اواپراتور	کاهش	

عوامل احتمال این عیب

۱- گرفتگی در صافی –خشک کن
۲- احتمال نیمه باز بودن و یا گرفتگی شیر برقی
۳--عبور خط مایع از محیط گرم و یا داغ
۴- قطر لوله کوچک خط مایع می تواند باعث ایجاد آفت فشارشود (این مشکل معمولا در تعمیرات توسط تعمیرکار غیر حرفه ای اتفاق می افتد)
۵- قر شدن لوله خط مایع
۶- طولانی بودن خط مایع بصورت عمودی .

http://www.mohandes-iran.com

عیبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه کاهش ↓فشار مکش می شود

۴- کاهش ظرفیت اواپرتور

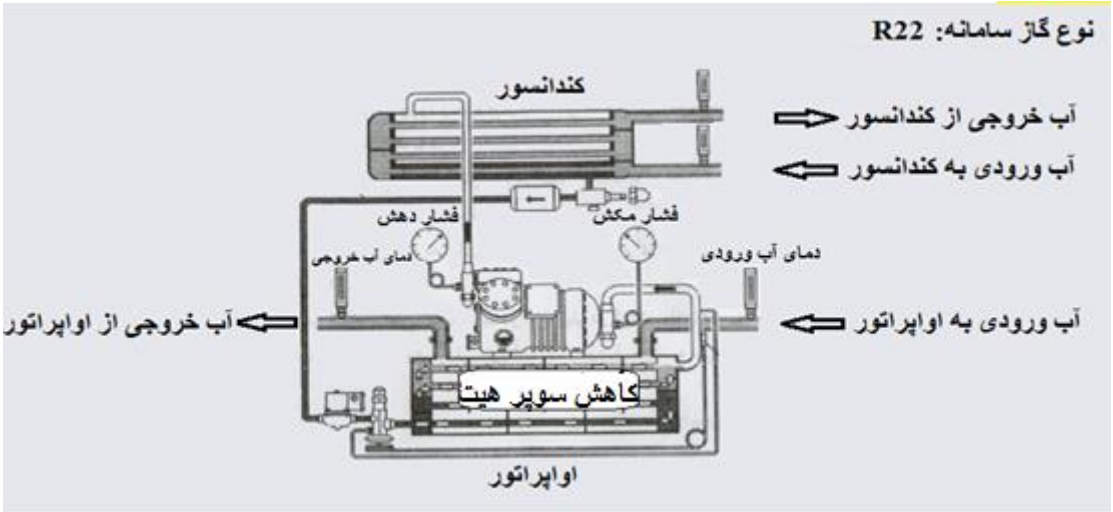
هرگاه اواپراتور چیلر مشکل داشته باشد مثلا مقدار دبی آب کم شود و یا اواپراتور رسوب گرفته باشد ، این امر باعث کاهش ظرفیت اواپراتور می گردد. اگر لوله ی اواپرتور با آلودگی مسدود شده باشد این امر انتقال و تبادل حرارتی را به شدت کاهش خواهد داد. این امر باعث کاهش تبخیر شدن مایع مبرد در اواپرتور می شود. کاهش ظرفیت اواپرتور یعنی به عللی ظرفیت و یا تبادل حرارتی در اواپرتور کاهش یافته. این کاهش ظرفیت می تواند به علت گرفتگی ، آلودگی بر روی سطح اواپرتور ، کاهش دور پمپ ، معکوس شدن دور پمپ وسوخته شدن الکترو موتور پمپ باشد.

علائم

۱- مایع در اواپراتور زیاد می شود.

چون به اندازه کافی مایع مبرد در داخل اواپراتور موجود می باشد ، اما عملیات تبخیر به کندی پیش می رود (بعلت رسوب گرفتگی و یا دبی کم) این امر باعث افزایش میزان مایع مبرد در اواپراتور می شود.

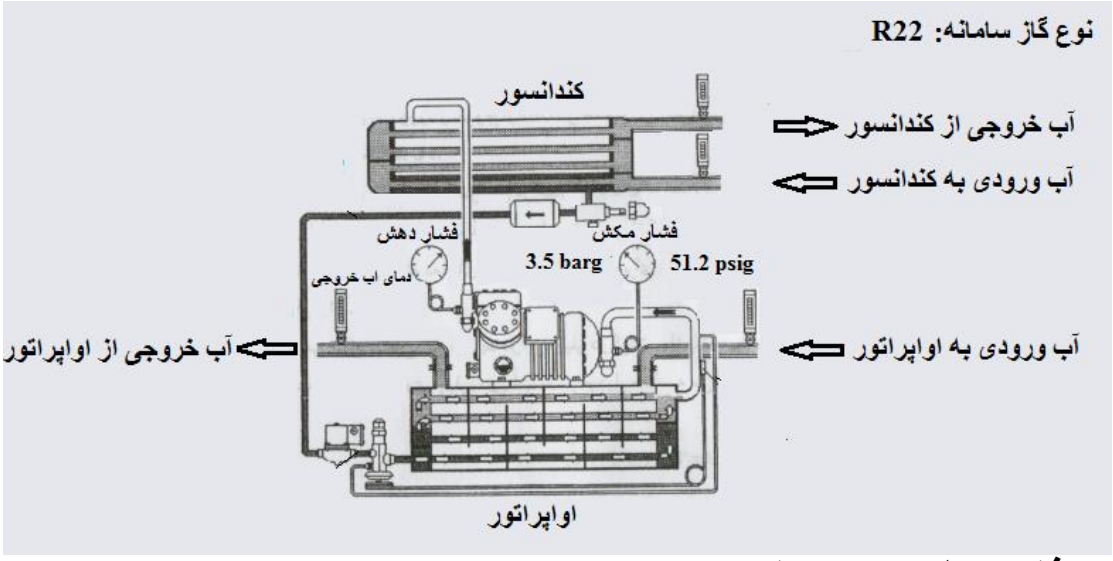
۲- مقدار سوپرهیت کاهش می یابد. بعلت افزایش مایع مبرد در اواپراتور میزان سوپر هیت کاهش می یابد.



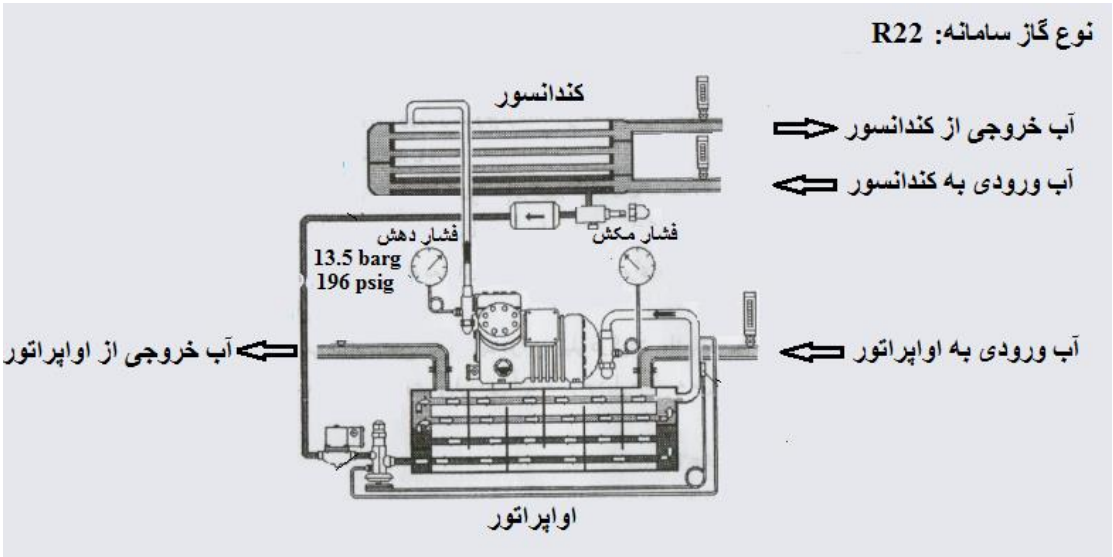
http://www.mohandes-iran.com

۳- فشار مکش کاهش می یابد

افزایش مایع مبرد در اواپراتور بعلت کمبود ظرفیت اواپراتور باعث کاهش تولید میزان گاز مبرد در اواپراتورمی گردد ، همین کاهش گاز باعث کاهش فشار مکش می شود.



۴- فشار تخلیه کمی کاهش می یابد



۵- کندانسور سابکولینگ خوبی ایجاد می کند

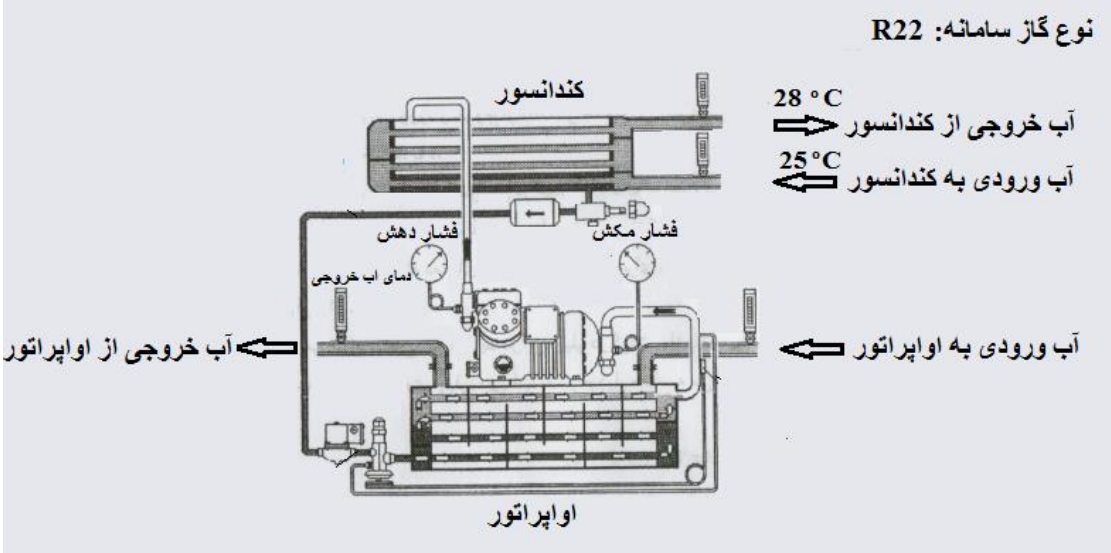
بخاطر اینکه این مشکل در قسمت اواپرتور می باشد ، لذا کندانسور کار خود را بخوبی انجام می دهد و همین امر باعث می شود عملیات سابکولینگ خوب باشد.

۶- ظرفیت اواپراتور کم می شود .

http://www.mohandes-iran.com

۷- **اختلاف دمای آب ورودی به اواپراتور یا افزایش و یا کاهش می یابد**

اگر اختلاف ایجاد شده در اثر کاهش دبی آب در اواپراتور باشد اختلاف دمای آب در اواپراتور افزایش می یابد ، و اگر مشکل بخاطر رسوب در اواپراتور باشد اختلاف دمای اواپراتور کاهش می یابد.



http://www.mohandes-iran.com

عامل اصلی کاهش و کمبود ظرفیت در اواپراتور

۱- کاهش گذر جریان آب

۲- آلودگی بر روی اواپرتور

این دو عامل را می توان با اندازه گیری اختلاف دمای آب ورودی و خروجی به اواپراتورشناسائی کرد.

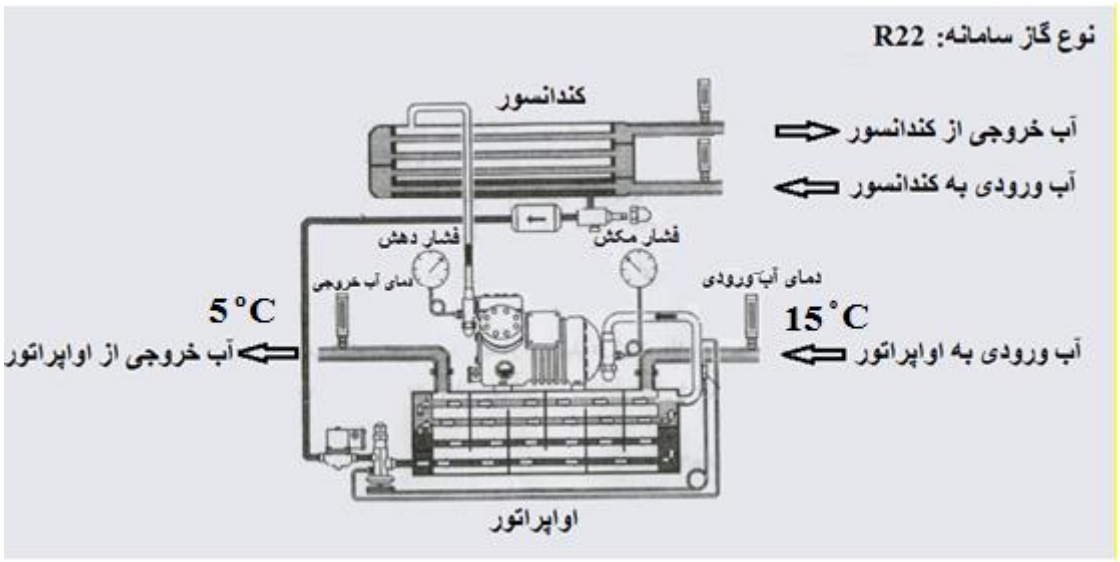
کاهش گذر جریان آب

درصورتی که کمبود ظرفیت اواپرتور از کاهش جریان آب در داخل اواپراتور باشد، این امر باعث کاهش سرعت جریان آب در داخل اواپراتور می شود.این کاهش سرعت باعث می شود که دمای **سطح** اواپراتور کاهش یابد. با توجه به کاهش سرعت جریان آب این امر باعث می شود که آب در هنگام عبور از اواپرتور زمان بیشتری در تماس با سطح سرد اواپراتور باشد . این مدت تماس بیشتر باعث افزایش دمای آب ورودی T_{wi} و کا هش دمای آب خروجی T_{wo} از اواپراتور می شود

$$\Delta T=T_{wi}- T_{wo} > \text{زیاد}$$

اگر به فرض دمای ورودی را ۱۵ C° و دمای خروجی را ۵ C° در نظر گرفته شود این اختلاف دما ۱۰ C° می باشد که بی تردید مقدار آن زیاد است

$$\Delta T= 15- 5 =10 \ C°.$$



http://www.mohandes-iran.com

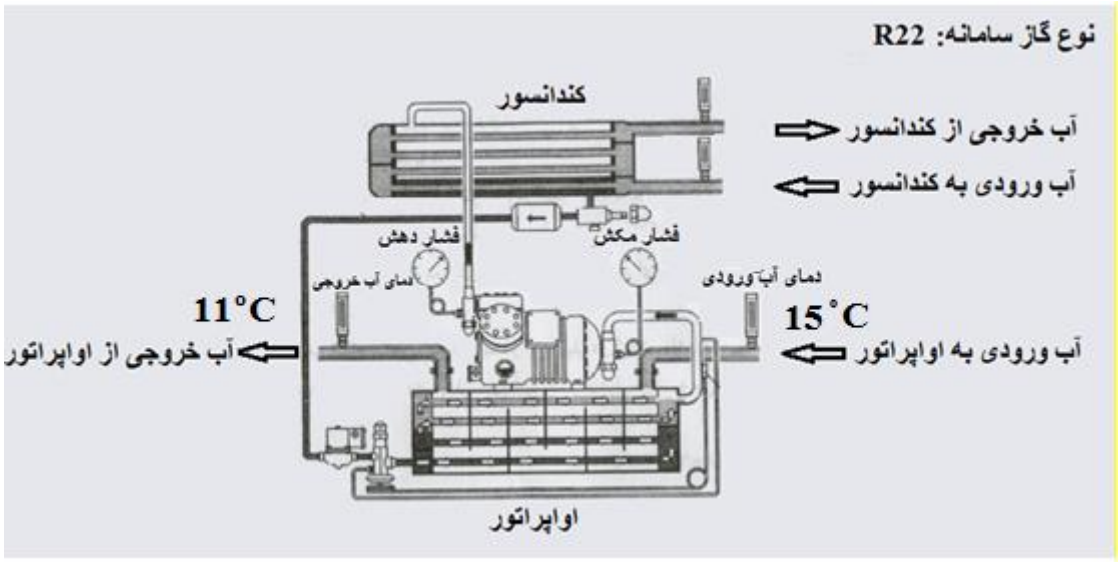
کثیفی و آلودگی در اواپرتور

اگر روی لوله های اواپراتور به هر دلیلی کثیف و آلوده باشد این امر باعث کاهش انتقال حرارت بین جریان آب ورودی و سطح لوله های اواپراتور می گردد. این امر باعث می شود که جریان آب عبوری زیاد خنک نشود. اواپراتور کثیف و آلوده باعث کاهش اختلاف دمای بین آب ورودی و خروجی از اواپرتور می شود.

$$\Delta T=T_{wi}- T_{wo} > \text{کم}$$

اگر به فرض دمای ورودی را ۱۵ C° و دمای خروجی را ۱۱ C° در نظر گرفته شود این اختلاف دما ۴ C° می باشد که بی تردید مقدار آن کم است

$$\Delta T= 15- 11 =4\ C°$$



خلاصه کاهش و کمبود ظرفیت اواپراتور

*عوامل احتمالی*کمبود ظرفیت اواپرتور(کثیفی)

۱- لوله های ها اواپراتور کثیف است

۲- فیلترها در ورودی پمپ چیلد واتر کثیف شده اند

عوامل متفرقه دیگر

۳- در داخل اواپرتور بیش از حد روغن جمع شده است

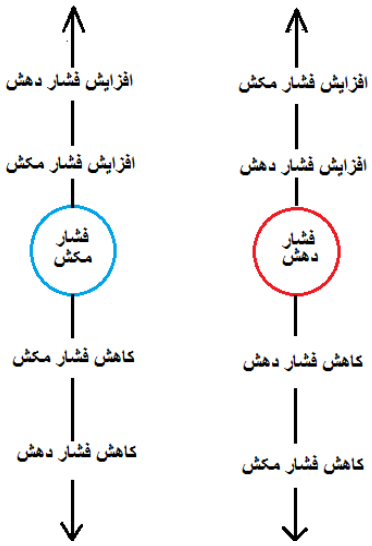
۴- به عللی در مسیر حرکت آب افت فشارزیادی ایجاد شده است

http://www.mohandes-iran.com

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه افزایش ↑فشار دهش می شود

۵- شارژ بیش از اندازه مبرد به سامانه

در سامانه های برودتی ما همیشه با دو فشار مکش Low pressure (LP) و فشار دهش Discharge pressure(DP) روبرو هستیم . در صورتی که هریک از این دو فشار کم و یا زیاد شوند ، فشار دیگر همیشه در همان جهت تغییر می کند.



در شرایط ازدیاد مبرد، فشار دهش افزایش می یابد وهمین امر باعث افزایش فشار مکش به خاطر کاهش مقدار گذری جرمی مبرد می شود.(چون مقدار گاز تولیدی در کندانسور کاهش یافته و از آنجای که قسمتی از حجم کندانسور توسط مایع مبرد اشغال شده ، همین کاهش حجم کمک به افزایش فشار مکش می کنند) .
افزایش فشاردهش نسبت مستقیم به جریان برق مصرفی دارد. با توجه به ازدیاد مبرد که باعث افزایش فشار دهش شده این امر باعث افزایش جریان برق مصرفی کمپرسور می گردد.

نکته : در کمپرسورهای بسته و نیمه بسته ، خنک کاری کمپرسور توسط دمای پائین گاز مبرد انجام می شود .

حال در این شرایط که مقدار جرمی گاز مبرد به کمپرسور کاهش یافته و از طرفی بعلت ورود مایع مبرد به کمپرسور که باعث افزایش جریان در کمپرسور شده ، این افزایش جریان افزایش گرمای محفظه کمپرسور را در برخواهد داشت.
این کاهش خنک کاری باعث افزایش دما در شیر مکش کمپرسورنیز می شود .
توجه کنید دمای بالا گاز مبرد در ورودی به کمپرسور همچنین باعث می شود که دمای گاز در شیر دهش نیز افزایش یابد.

http://www.mohandes-iran.com

نکته :درصورتیکه در سامانه ، گازهای غیر قابل تقطیر وارد و یا نفوذ کرده باشد دقیقا علائم ازدیاد مبرد را نشان می دهد.لذا می بایست جهت تشخص نسبت به آزمایش گاز های غیر قابل تقطیر اقدام نمود

علائم

۱- مقدار سوپرهیت کمی کاهش می یابد

۲- فشار مکش افزایش می یابد

۳- فشار تخلیه افزایش می یابد . به علت شارژ بیش از اندازه به سامانه این امر باعث می شود مبرد اضافه مقداری از حجم کندانسور را اشغال کنند .

با افزایش حجم مایع در کندانسور سطح انتقال حرارت در کندانسور کاهش می یابد. این کاهش سطح انتقال باعث می شود گاز فوق داغ وارد شده به کندانسور بخوبی خنک نشود . این امر باعث **بالا رفتن دما و فشار گاز مبرد** درکندانسور می شود.

۴- **کندانسور سابکولینگ زیادی ایجاد می کند.** در شرایط عادی ما می دانیم که فشار دهش از خروجی شیر دهش کمپرسور تا قبل از ورودی به شیر انبساط ثابت است اما با توجه به کاهش حجم کندانسوربخاطر شارژ اضافی این فشار مقداری افزایش می یابد.

$$P\alpha\ 1/v$$

اما از آنجای که درقسمت پائین کندانسور (که در حقیقت خروجی گاز است) مقدار زیاد مبرد مایع جمع شده ، همین امر کمک می کنند که این مایع مبرد اضافه در تماس بیشتری با آب عبور داشته باشد ، لذا ما شاهد خنک شدن بیشتر مایع مبرد خواهیم بود این خنک شدن یعنی سابکولینگ بیشتر.خلاصه اینکه ازدیاد مبرد در کندانسور باعث افزایش سابکولینک و فشار دهش می شود.

۵- ظرفیت اواپراتور کم شده و اختلاف دمای ورودی و خروجی از اواپراتور کاهش می یابد.

۶- اگر فشار اواپراتور(فشار مکش)خیلی بالا باشد این امرمی تواند نشانه خوبی از وجود گاز های غیر قابل تراکم باشد

جدول عیب یابی

مشکل سیستم	فشار دهش	فشار مکش	سوپر هیت	سابکولینگ	آمپر
ازدیاد مبرد	↑	↑	↓	↑	↑

http://www.mohandes-iran.com

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه افزایش↑ فشار دهش می شود

۶- گازهای غیر قابل تقطیر

حضور گاز های غیر قابل تقطیر مثل نیتروژن ، اکسیژن، آرگون و غیره که در هوا موجود است باعث کاهش عملکرد سامانه های برودتی می شوند. این گاز ها با دمای جوش پائین درلوله های کندانسور به تله می افتند و باعث کاهش عملکرد سامانه برودتی می شوند. از آنجایی که سامانه های تبرید برای یک نوع گاز خالص طراحی شده اند حضور این گاز ها در کندانسور و یا اواپراتور در می تواند باعث افزایش فشار آنها گردد .

قانون گاز دالتون اثبات می کند ، مجموع فشار گاز های مختلف در یک سامانه باعث افزایش فشار کل سامانه می شود.

علایم

۱- افزایش زیاد و غیر معمول فشار اواپراتور(فشار مکش)می تواند نشانه خوبی از وجود گاز های غیر قابل تراکم باشد.

آزمایش گازهای غیر قابل تقطیر

ابتدا می بایست سامانه را پمپ دان کرد.

روش پمپ دان

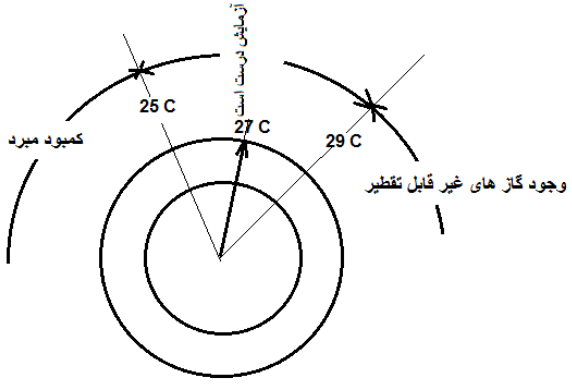
ابتدا شیر خروجی کندانسور بیندید. در صورت که سامانه شما فاقد شیر کندانسور است نسبت به بی بار کردن شیر برقی اقدام کنید، این امر باعث می شود مسیر ورودی مایع مبرد در خط مایع به شیر انبساط و اواپراتور بسته شود. درجه ترموستات را پائین بیاورید. کمپرسور را روشن کنید تا نسبت به مکش تمام گاز مبرد موجود درداخل لوله های اواپرتور و انتقال آن به کندانسور اقدام شود. این عمل باعث کاهش فشار مکش می شود . این کاهش فشار باعث می شود که کمپرسور توسط کلید **کنترل فشار پائین** خاموش شود ، لذا می توان با استفاده از یک سیم دو سر ترمیال کلید فشار مکش را به هم وصل کنید (جمپر کردن) .

با رسیدن فشار به حدود ۴ Psia این اتصال دهنده کنترل را مدار خارج کنید.

با اتمام عملیات پمپ دان اجازه دهید که فقط پمپ های کندانسور به مدت حداقل ۱۵ دقیقه کار کند تا دمای تمام گاز مبرد به مایع تبدیل گردد. در زمان عملکرد پمپ ها ها شما ابتدای امرشاهد کاهش تریجی فشار دهش خواهید بود ، اما با مرور زمان شاهد ثابت شدن فشار دهش خواهید بود. پس از ثابت شدن فشار مکش پمپ ها را از مدار خارج کنید. پس از این مرحله نسبت به اندازه گیری دمای آب ورودی به کندانسور اقدام کنید.

http://www.mohandes-iran.com

به عنوان مثال به فرض **دمای آب ورودی به کندانسور ۲۷ C°** است .حال نسبت به قرائت دمای اشباع مبرد از روی گیج دهش اقدام کنید. در صورتی که دمای اشباع مبرد هم ۲۷C° باشد این امر نشان می دهد که سامانه شما فاقد گاز های غیر تقطیر است. اما از آنجای که فشار سنج و دمای سنج مورد استفاده در این آزمایش ها دقیقا کالیبره نیستند پس می توان برای این خطا ۲C° ترانس در نظر گرفت. پس در صورتی که اختلاف این دو دما منفی و یا مثبت ۲ نسبت به دمای محیط بود ، این امر نشان می دهد که هیچ گونه گاز غیر قابل تقطیری در سامانه وجود ندارد. به فرض فشار دهش ۱۴۵ psi و گاز مبرد در سامانه R22 است ، لذا با استفاده از جداول فشار - دما ، فشار کندانس را به دمای اشباع تبدیل کنید ، عدد بدست آمده حدود ۲۵C° است ، این نتیجه نشان می دهد که سامانه شما فاقد گاز های غیر قابل تقطیر است.



فشار سنج دهش

http://www.mohandes-iran.com

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه افزایش↑ فشار دهش می شود

۷- کاهش و یا کمبود ظرفیت کندانسور

کاهش و یا کمبود ظرفیت کندانسور یعنی به عللی دفع حرارت از کندانسور کاهش یافته . این کاهش دفع حرارت معمولا بخاطرکثیفی و رسوب گرفتن لوله ها کندانسور و یا کاهش جریان آب در کندانسورمی باشد. توجه داشته باشید که لوله رسوب گرفته کندانسور می تواند ۱۰ تا ۴۰ % ظرفیت حرارتی کدانسور را کاهش دهد.

علائم

۱- فشار تخلیه افزایش می یابد

از آنجائی که لوله ها کندانسور کثیف و آغشته به رسوب شده این امر باعث کاهش انتقال حرارت بین مبرد وآب ورودی به کندانسور می گردد. این کاهش انتقال حرارت باعث می شود که گاز ورودی به کندانسور به خوبی خنک نشود، لذا این امر باعث افزایش دمای کاندنسینگ می شود . **افزایش دمای کاندانسینک** در پی خود **افزایش فشار کاندنسینگ** (فشار دهش) را پی خواهد داشت .

۲- افزایش جریان مصرف برق

می دانیم که مصرف برق کمپرسور نسبت مستقیم به **فشار دهش** دارد، از آنجایی که که فشار دهش افزایش یافته این امر باعث افزایش مصرف برق کمپرسور می شود.

۴- افزایش دمای محفظه میل لنگ

نکته : در کمپرسورهای بسته و نیمه بسته ، خنک کاری کمپرسور توسط دمای پائین گاز مبرد انجام می شود .

حال اگر دمای این گاز ورودی به کمپرسور افزایش یابد قدرت خنک کاری آن کاهش و مختل می شود ، در نتیجه دمای در قسمت مکش کمپرسور افزایش می یابد . این افزایش دما همچنین باعث شدت افزایش دما در محفظه میل لنگ می شود.

۳- کاهش سابکولینگ

کاهش دما آب خروجی از کندانسور باعث کاهش ظرفیت کندانسور و مقدار سابکولینگ در سامانه می شود .

۴- ظرفیت اواپراتور کم می شود

از آنجائی که فشار تخلیه افزایش یافته است ، این امر باعث افزایش فشار در بالای سیلندر می شود، این افزایش فشار در بالای سیلندر باعث کاهش گذر جرمی گاز مبرد به کمپرسور می شود که خود باعث کاهش ظرفیت برودتی اواپراتور می شود.

http://www.mohandes-iran.com

۵- فشار مکش افزایش می یابد

چون میزان جرمی مبرد در کندانسور کاهش یافته ، این امر باعث کاهش دبی مبرد به داخل اواپرتور می گردد، لذا همین کاهش دبی باعث سوپرهیت شدن بیشتر مبرد و در نتیجه افزایش LP می شود .

۶- اختلاف دما بین آب ورودی و خروجی کاهش می یابد (در صورت کثیف بودن کندانسور)

۷-اختلاف دما بین آب ورودی و خروجی افزایش می یابد (در صورت کاهش جریان آب به کندانسور)

عامل اصلی کاهش ظرفیت کندانسور

۱- کاهش گذر جریان آب

۲- رسوب گرفتگی لوله های کندانسور

این دو عامل را می توان با اندازه گیری اختلاف دمای آب ورودی و خروجی به کندانسور شناسائی کرد.

کاهش گذر جریان آب

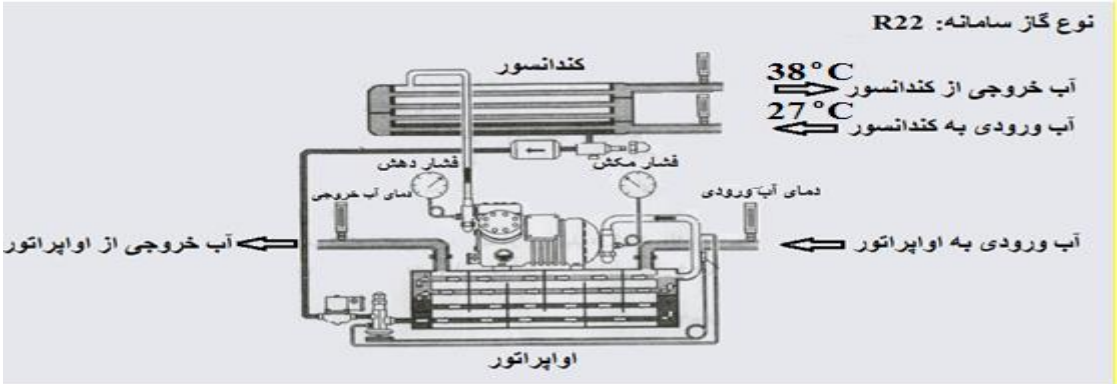
عواملی چون شل شدن کوپلینگ پمپ ، نیم سوز سیم پیچ الکتروموتور ، کثیف شدن صافی پمپ ، معکوس شدن دور پمپ و... از علل اصلی کم شدن گذر جریان آب از روی کندانسوراست. درصورتی که کاهش ظرفیت کندانسوراز کاهش جریان آب بر روی آن باشد،این کاهش سرعت باعث می شود که دمای سطح کندانسور افزایش یابد. باتوجه به کاهش سرعت جریان آب این امر باعث می شود که آب در هنگام عبور از کندانسور زمان بیشتری در تماس با سطح گرم کندانسور باشد ، این مدت تماس بیشتر باعث افزایش دمای خروجی T_{wo} از کندانسور می شود.

درصورت کاهش جریان به هر عللی اختلاف دمای آب ورودی و خروجی افزایش می یابد.

$$\Delta T = T_{wo} - T_{wi} > \text{زیاد}$$

اگر به فرض دمای ورودی را ۲۷ C° و دمای خروجی را ۳۸ C°در نظر گرفته شود این اختلاف دما ۱۱ C° می باشد که بی تردید مقدار آن زیاد است

$$\Delta T = 38 - 27 = 11\ C°.$$



http://www.mohandes-iran.com

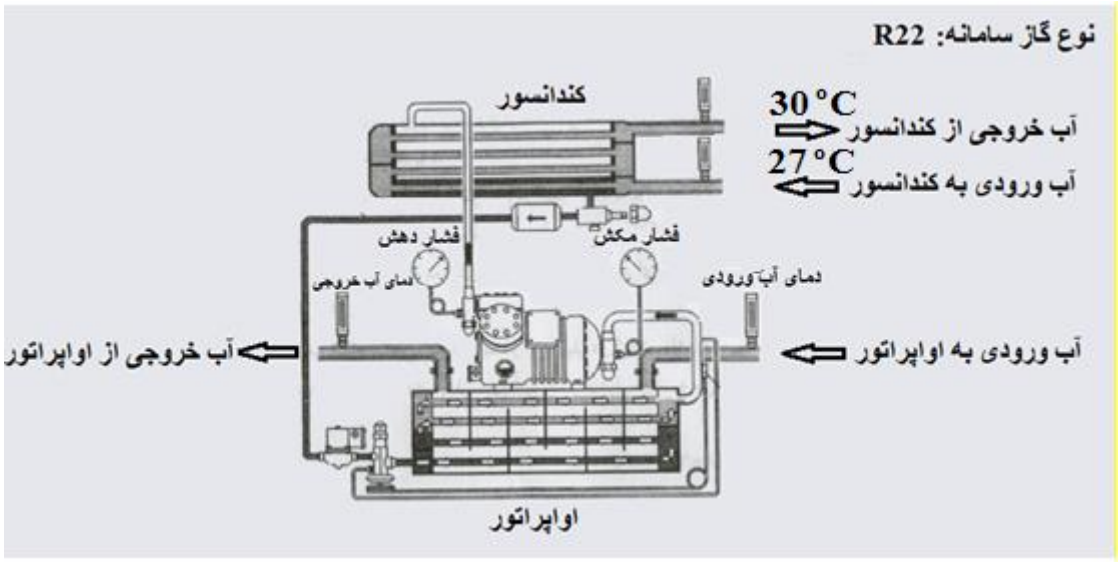
رسوب گرفتگی لوله های کندانسور

اگر روی لوله های کندانسور به هر دلیلی رسوب و آلوده باشد این امر باعث کاهش انتقال حرارت بین جریان آب ورودی و سطح لوله های کندانسورمی گردد. این امر باعث می شود که جریان آب عبوری زیاد گرم نشود. اکندانسور کثیف ورسوب گرفته ه باعث کاهش اختلاف دمای بین آب ورودی و خروجی از اکندانسور می شود.

$$\Delta T=T_{wo}- T_{wi}> \text{کم}$$

اگر به فرض دمای ورودی را ۲۷C° و دمای خروجی را ۳۰ C° در نظر گرفته شود این اختلاف دما ۵ C° می باشد که بی تردید مقدار آن کم است

$$\Delta T= 30- 27 =3\ C°$$



http://www.mohandes-iran.com

خلاصه کاهش ظرفیت کندانسور

عیوبی که باعث کاهش ظرفیت برودتی (خنکی) به همراه افزایش فشار مکش می شود

۸- کمبود ظرفیت کمپرسور

قبلا اشاره کردیم در سامانه های برودتی ما همیشه با دو فشار مکش Low pressure (LP) و فشار دهش Discharge pressure(DP) روبرو هستیم .در تمامی عیوب که مورد بررسی قرار گرفت این دو فشار همیشه هم جهت یکدیگر کاهش و یا افزایش می یابند. یعنی اگر یکی از این دو فشار کم و یا زیاد شوند ، فشار دیگر همیشه در همان جهت تغییر می کند البته نه به همان میزان ومقدار.

تنها عیب برودتی که کاهش و افزایش این دو فشار خلاف همدیگر است " کمبود ظرفیت کمپرسور" است. چون این عیب تنها عیبی است که این دو فشار در خلاف همدیگر حرکت می کنند لذا جزو یکی از ساده ترین روش های عیب یابی بشمار می آید.

با توجه به جذاب بودن این عیب یابی دوستان علاقمند می تواند به مقاله اینجانب تحت عنوان " **عیب یابی شکسته شدن سوپاپ های کمپرسور**" در مجله پیشگامان تبرید شماره 14صفحه ۶۶ مراجعه کنند.

منابع:
۱-اصول تبرید و هیدرولیک در چیلر های آبی
مهندس زاره انجرقلی
۲-اینترنت
مطالعه مطالب در کانال راهنمای تاسیسات برودتی (سرا)
https://t.me/S_ R_ Ashnakhah

http://www.mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com