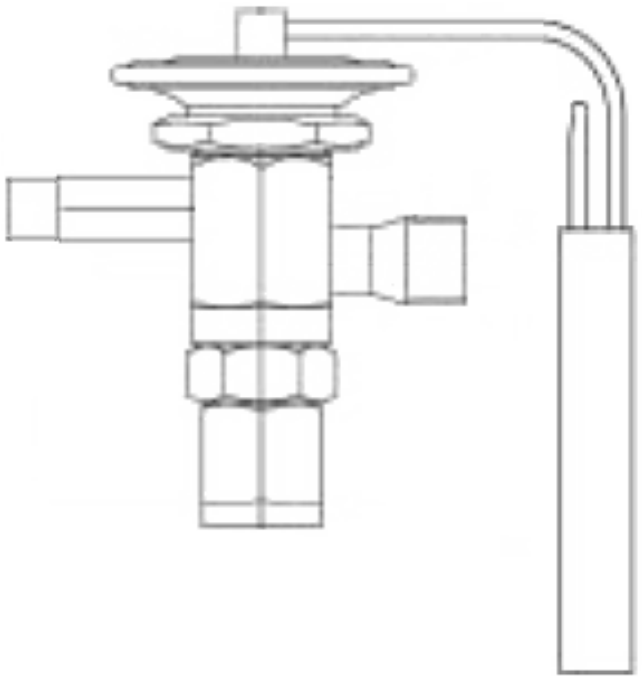
شیرهای انبساط حرارتی
Thermal Expansion Valve



نویسنده : مهندس آرش مرتضی نیا

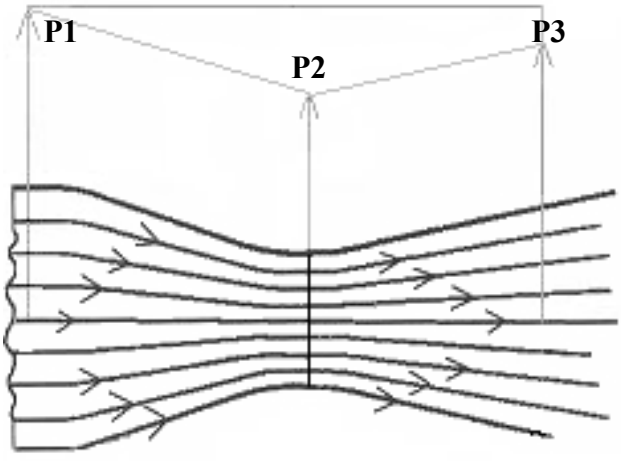
اساس عملکرد شیرهای انبساط

عملکرد شیرهای انبساط ، بر اساس عبور سیال از یک روزنه می باشد .

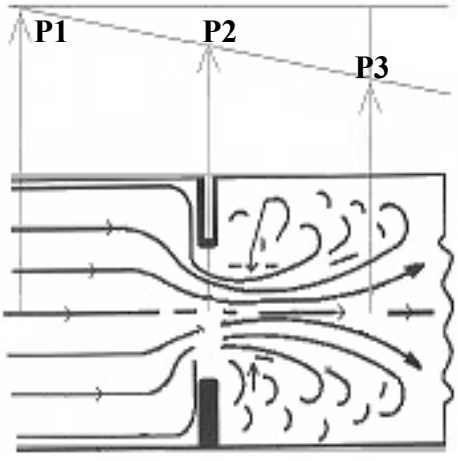
عملکرد ونتوری و روزنه (Venturi & Nozzle)

یک ونتوری شامل ۳ بخش میشود : ۱ – بخش همگرا ۲ – گلوگاه ۳ – بخش واگرا . یکنواختی در همگرایی و واگرایی در یک لوله ونتوری باعث میگردد بردار جریان سیال بصورت یکنواخت همگرا و سپس واگرا شود و جریان سیال از دیواره جدا نگردد . هنگام نزدیک شدن سیال از قسمت ورودی به گلوگاه (قسمت همگرا) سرعت سیال و انرژی جنبشی آن بیشتر میشود ، فشار آن کاهش پیدا کرده و در مقطع گلوگاه کمترین فشار را پیدا میکند . پس از عبور از گلوگاه نیز دقیقا عکس این عمل اتفاق می افتد ، سرعت سیال افت پیدا کرده و فشار سیال افزایش پیدا میکند. اگر در مقطع ورودی فشار سیال را P1 ، در گلوگاه فشار سیال را P2 ، و در خروج فشار را P3 در نظر بگیریم داریم : P2<P3<P1 . فشار خروجی از ونتوری برابر فشار ورودی نخواهد شد و سیال به اندازه P1-P3 (براثر اصطکاک با دیواره) افت فشار پیدا خواهد کرد (شکل ۱) .

هنگام نزدیک شدن سیال در لوله به روزنه ، بردارهای جریان سیال درون لوله در نزدیکی روزنه بسمت مرکز روزنه انحراف جهت پیدا میکنند . سیال در پس از عبور از روزنه متلاطم شده و افت فشار زیادی پیدا میکند ، درصدی از بردارهای جریان خم شده و بسمت عقب برمیگردند و در کنار دیواره روزنه تشکیل گردابه میدهند . اگر فشار ورودی سیال قبل از روزنه را برابر P1 ، فشار در مقطع روزنه را برابر P2 و فشار سیال پس از عبور از روزنه را برابر P3 درنظر بگیریم ، خواهیم داشت : P3<P2<P1 (شکل ۲) .
پخش کن ها که بواسطه آنها میتوان مبرد عبورکرده از شیر انبساط را (که در فاز مایع ـــ بخار قرار دارد) بطور یکنواخت و یکسان تقسیم نمود ، بر اساس نحوه عمکرد ونتوریها و همانطور که گفتیم شیرهای انبساط حرارتی بر اساس عملکرد روزنه ها ، کار میکنند .



شکل ۱ – ونتوری



شکل ۲ – روزنه

شیرهای انبساط حرارتی (Thermal Expansion Valve)

شیرهای انبساط حرارتی برای دو منظور بکار گرفته میشوند :

۱- کنترل دبی مبرد ورودی به اواپراتور

مبرد ورودی به اواپراتور باید همواره به مقداری باشد که ، سطح تبادل حرارتی اواپراتور قادر به تبخیر تمامی آن بوده و بازگشت مبرد بصورت مایع بسمت کمپرسور رخ ندهد . هرچه میزان ظرفیت اواپراتور یا بار حرارتی اعمالی به اواپراتور بیشتر باشد ، شیر انبساط حرارتی باید اجازه عبور مبرد مایع بیشتری را به درون اواپراتور جهت تبخیر دهد ، و بالعکس .

۲ - برقراری اختلاف فشار مابین کندانسور و اواپراتور

یک شیر انبساط خود باعث ایجاد اختلاف فشار ما بین دو عضو فشار بالا "کندانسور" و فشار پایین "اواپراتور" نمیگردد بلکه ایجاد این اختلاف فشار بر عهده کمپرسور است که ، قلب سیستم بحساب می آید . در واقع شیر انبساط قرارگرفته در این میان باعث حفظ این اختلاف فشار میشود .

نوع یک شیر انبساط ، بطور مستقیم تعیین کننده دمای اواپراتور نیست بلکه یک شیر انبساط بواسطه تنظیم میزان دبی مبرد ورودی به اواپراتور و میزان اختلاف فشار ایجاد شده مابین دو قسمت پرفشار و کم فشار، دمای اواپراتور

را تعیین میکند .

شیرهای انبساط حرارتی دقت زیادی را در تنظیم میزان دبی مبرد ورودی به اواپراتور دارند و بطور وسیعی مورد استفاده قرارمیگیرند . یکی از اصول استفاده از این نوع شیرهای انبساط این است که ، عملکرد اینگونه از شیرهای انبساط ملزم به سوپرهیت شدن مبرد تبخیر شده در خروجی اواپراتور است . یک شیر انبساط حرارتی بگونه ای عمل مینماید که همواره یک مقدار سوپرهیت ثابت و پایدار در خروج از اواپراتور ، با تنظیم میزان مبرد ورودی به اواپراتور ، داشته باشیم . یکی از دلایل این امر این است که ، همواره مطمئن باشیم مبرد به صورت مایع بسمت کمپرسور نخواهد رفت . این عمل بواسطه حباب حرارتی (Bulb) نصب شده بر روی لوله خروجی اواپراتور انجام میپذیرد . نحوه عملکرد حباب حرارتی بدین صورت میباشد که حباب حرارتی نصب شده بر روی لوله خروجی اواپراتور دمای مبرد خروجی از اواپراتور را اندازه گرفته و مقدار آنرا بواسطه تغییر میزان فشار مبرد درون حباب حرارتی ، به شیر انبساط انتقال میدهند .

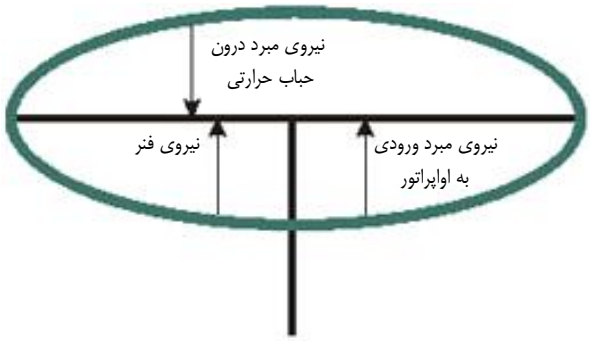
در شیر انبساط حرارتی دیافراگمی وجود دارد که سه نیروی اعمالی : فشار مبرد درون حباب حرارتی (از بالای دیافراگم) ، فشار اشباع مبرد خروجی از شیر انبساط و ورودی به اواپراتور (از پایین دیافراگم) و نیروی اعمالی از سمت فنر (از پایین دیافراگم) با یکدیگر بالانس میشوند (شکل ۳) .

حرکت دیافراگم باعث حرکت پیستون حاوی سوزن شده و حرکت سوزن نیز باعث تغییر دبی مبرد ورودی به اواپراتور میگردد .

هرچه میزان دمای مبرد (سوپرهیت شده) خروجی از اواپراتور بیشتر گردد در نتیجه دما و فشار مبرد درون حباب حرارتی شیرانبساط حرارتی بیشتر شده ، نیروی بیشتری از سمت بالا به دیافراگم شیر انبساط وارد میشود ، شیر انبساط بازتر شده و اجازه عبور مبرد بیشتری را به اواپراتور میدهد و بالعکس .

هرچه بر میزان سفتی فنر قرارگرفته در زیر دیافراگم شیر انبساط افزوده شود ، دمای مبرد خروجی از اواپراتور باید بیشترباشد (بیشتر سوپرهیت شود) تا نیروی بیشتری توسط مبرد درون حباب حرارتی به دیافراگم جهت حفظ تعادل اعمال شود . میزان سفتی این فنر برای اولین بار توسط کارخانه سازنده شیر انبساط حرارتی تنظیم میشود و معمولا در حد وسط قرار میگیرد ولیکن هنگام استفاده از این نوع شیرهای انبساط میتوان سفتی این فنر را با چرخاندن یک محور یا پیچ تغییر داد .

همانطور که گفتیم شیرهای انبساط حرارتی از متداولترین شیرهای انبساط مورد مصرف بوده و بدلیل آشنایی اکثر خوانندگان در مورد چگونگی عملکرد آنها ، بحث را در این مورد به پایان رسانده و به قسمتهای بعدی میپردازیم .



شکل ۳ – سه نیروی اعمالی به دیافراگم شیر انبساط حرارتی

انواع حباب حرارتی (Bulb) در شیرهای انبساط حرارتی

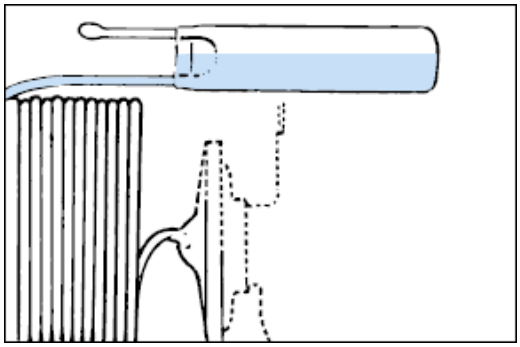
۱ – حباب حرارتی پر از مایع (Liquid-Charged bulb)

۲ – حباب حرارتی دارای ماکزیمم فشار عملکرد (MOP bulb یا Gas-Charged bulb)

۳ – حباب حرارتی دارای جاذب (Adsorption-Filled bulb)

در زیر به شرح هر یک از حباب های حرارتی ذکر شده میپردازیم .

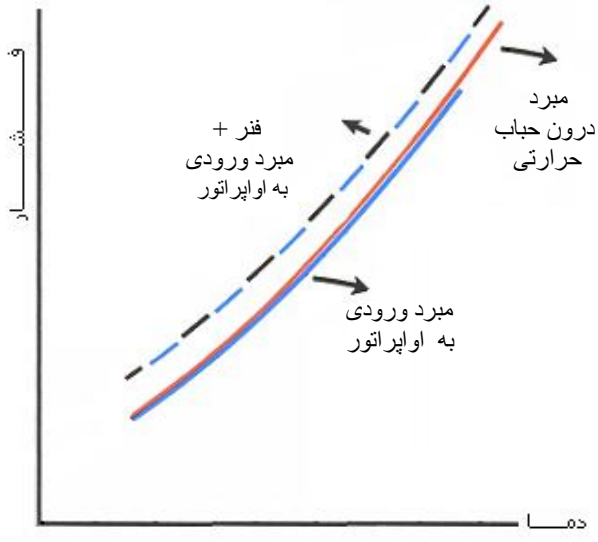
حباب حرارتی پر از مایع



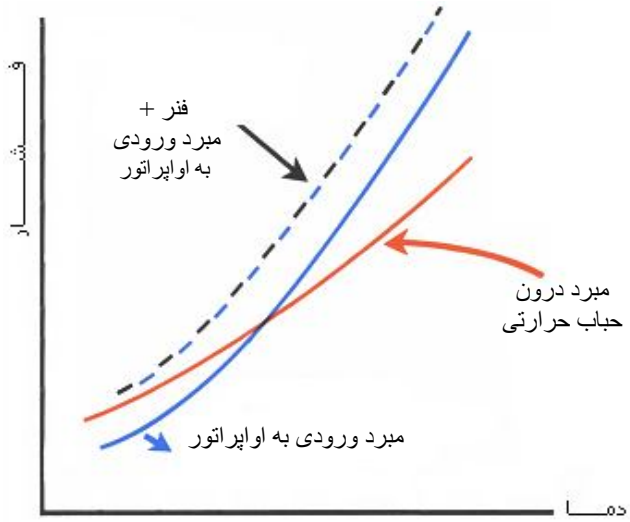
شکل ۴ – حباب حرارتی پر از مایع

این نوع حباب حرارتی با مقدار زیادی از ن««««وعی مبرد پرشـــــده است که مبرد بکاررفته درحبـــــاب حرارتی میتوانـــــد عینا مبرد بکـــاررفته در همـان سیکـــــل تـبـــرید (Parallel-Charged) یـا از نـوع دیـگری باشد (Cross-Charged) . امـروزه اکـثـر ســـــازندگان شیـــرهای انبســاط حـــرارتی تولـیـد نـــوع Cross-Charged را ترجیح میـــدهند و ازعملکرد این نوع شیرهای انبـســـــــاط نتیـجـــه بهتری گرفته اند (شکل ۵ و ۶) .

در حین گرم شدن تدریجی اواپـــراتور و حـــبـــاب حرارتی چـــــــون نمودار فشارــ دمای مبرد درون حبـــــــــاب حرارتی نسبت به نمودار فشار ــ دمای مبرد درون اواپراتور ، دارای شیـــــــــب کمتری است بنابراین نیروی اعمالی از طرف مبرد درون اواپراتور خیلی سریعتر از نیروی اعمالی از طـرف حبـاب حرارتـی افـزایش پیـدا میکنـد و در نتیجه شـیر انبسـاط حرارتـی از نـوع Cross-Charged سـریعتر بسـته میشـود . همچنـین در شـیرهای انبسـاط از نـوع Cross-Charged عیوبی از قبیل تغذیه بیش از حد سیستم ، بازگشت مبرد مایع به کمپرسور و افت تدریجی فشـار خـط مکـش در زمانهـای اولیه شروع به کار کمپرسور، کاهش پیدا میکند .



شکل ۵ – حباب حرارتی Liquid Parallel-Charge



شکل ۶ – حباب حرارتی Liquid Cross-Charged

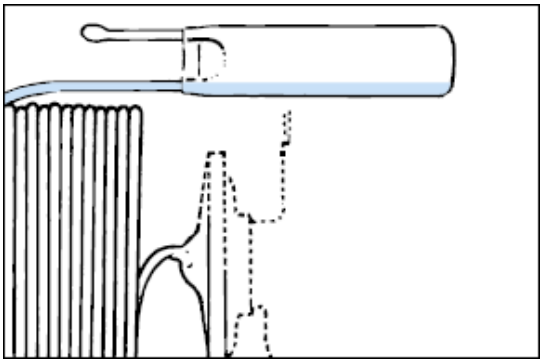
هرچه فشار اواپراتور بالاتر رود یا بعبارتی لوله مکش کمپرسور گرمتر شود ، در نتیجه مبرد بکار رفته در حباب حرارتی شیر انبساط که بـر روی خط مکش کمپرسور نصب شده نیزگرم تر میشود ، مبرد درون آن بیشتر تبخیر شده و نیروی بیشـتری بـه دیـافراگم شـیر انبسـاط

جهت حرکت آن به پایین و بازکردن شیر انجام میگیرد که در نتیجه مبرد بیشتری وارد اواپراتور می گردد . دراینجا باید به این نکته توجه نمود که در این نوع حباب حرارتی شیرهای انبساط مقداری مبرد مایع قرار دارد که هیچگاه تمامی آن تبخیر نشده و همیشه مقداری مبرد بصورت مایع در حباب حرارتی باقی میماند .

معایب

در لحظه شروع بکار اولیه کمپرسور (استارت اولیه) فشار خط مکش کمپرسور و فشار درون اواپراتور کاهش می یابد ، ولی چون خروجی اواپراتور و در نتیجه حباب حرارتی نصب شده بر روی آن هنوز گرم میباشد در نتیجه نیروی اعمالی از سمت مبرد موجود در حباب حرارتی باعث حرکت دیافراگم شیر انبساط بسمت پایین شده و باعث بازشدن بیش از نیاز شیر انبساط میشود . در نتیجه در زمانهای اولیه شروع به کار سیستم مبرد بیش از حد وارد اواپراتور گردیده ، میزان سوپرهیت مبرد خروجی از اواپراتور کاهش پیدا کرده ، فشار خط مکش کمپرسور بطور تدریجی افت پیدا میکند و احتمال برگشت مایع به کمپرسور میرود .
همچنین زمانیکه کمپرسور خاموش است اگر حباب حرارتی شیر انبساط در جای نسبتا گرمی قرارداشته باشد ، فشار درون حباب حرارتی به اندازه ای کافی میباشد که شیر انبساط را باز کرده و اواپراتور پر از مایع گردد . بنابراین با شروع به کار کمپرسور و داشتن اواپراتوری پر از مایع ، امکان بازگشت مبرد بصورت مایع به کمپرسور وجود دارد . البته این عیب در سیستمهایی که در آنها شیر برقی در مسیر خط مایع سیستم قرار دارد ، تا قسمت زیادی رفع میگردد .

حباب حرارتی دارای ماکزیمم فشار عملکرد



شکل ۷ – حباب حرارتی دارای ماکزیمم فشار عملکرد

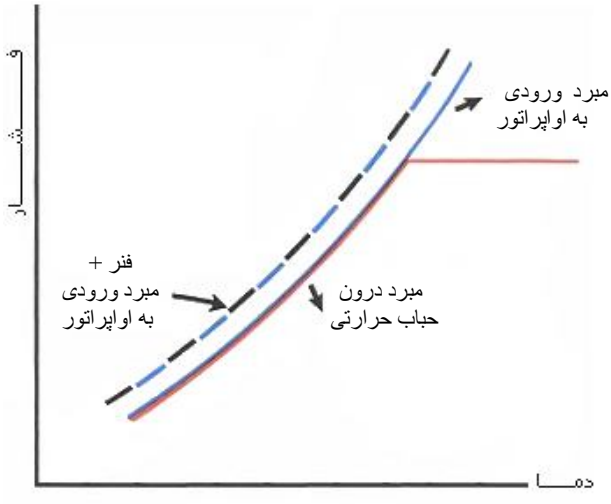
در یک حباب حرارتی دارای ماکزیمم فشار عملکرد ، حباب دارای مقدار کمتری از مبرد درون خود میباشد.زمانیکه دمای اواپراتور از حدی بالاتر رود (یا لوله مکش کمپرسور از حدی گرمتر شود) گرمای انتقال پیدا کرده به حباب حرارتی باعث تبخیر تمامی مبرد موجود در حباب حرارتی شده و باعث ایجاد یک فشار نهایی و از پیش درنظر گرفته شده به دیافراگم جهت بازشدن شیرانبساط حرارتی میشود . اگر دمای خط لوله مکش از حد ذکر شده هم فراتر رفته باشد بسبب تبخیر تمامی مبرد موجود در حباب حرارتی ، فشار اعمالی به دیافراگم از سمت حباب حرارتی از مقدار قبلی بیشتر نشده و شیر انبساط بازتر نمیگردد . بنابراین در شیرهای انبساط

دارای ماکزیمم فشارعملکرد همواره محدودیتی در میزان نیروی اعمالی توسط مبرد درون حباب حرارتی به دیافراگم در جهت بازشدن شیر انبساط حرارتی وجود دارد و همانند شیرهای انبساط نوع قبلی (دارای حباب حرارتی پر از مایع) افزایش دمای خط مکش به معنای بازشدن بیشتر شیر انبساط نخواهد شد .

مزایا

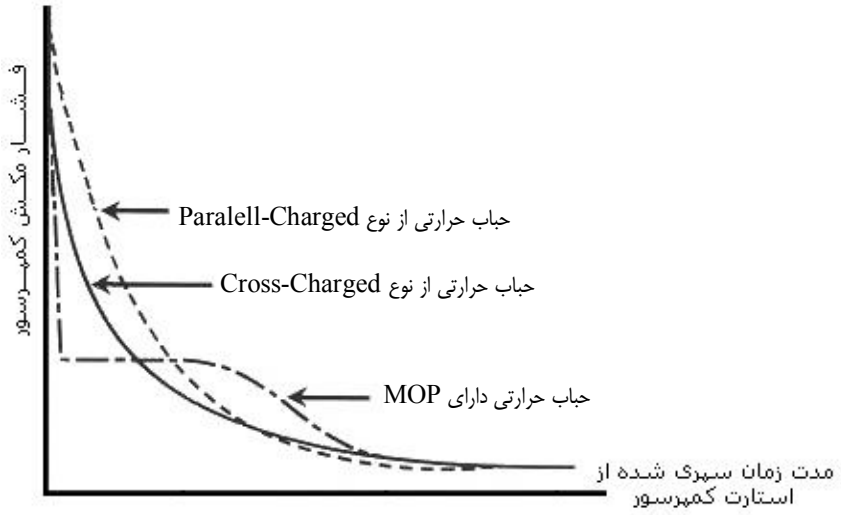
دراین نوع شیرهای انبساط هنگام خاموش بودن سیستم و افزایش فشار و دمای درون اواپراتور و خط مکش کمپرسور ، بطور تدریجی تمام مبرد موجود در حباب حرارتی تبخیر شده و فشار اعمالی از سمت حباب حرارتی به دیافراگم شیر انبساط به مقدار نهایی خود میرسد . بالای این نقطه افزایش بیش از حد فشار درون اواپراتور (یا گرم شدن بیشتر لوله مکش کمپرسور یا حباب حرارتی) باعث بازشدن بیشتر شیر انبساط نشده و نیروی فنر و اواپراتور که کم کم در حال افزایش است به نیروی اعمالی از طرف حباب حرارتی که بمقدار ماکزیمم خود رسیده غلبه کرده و باعث بسته نگه داشتن شیر انبساط میشود . در این نوع شیرهای انبساط فشاری به مقدار معلوم وجود دارد که اگر فشار درون حباب حرارتی از این مقدار معلوم افزایش پیدا کند ، شیر انبساط حرارتی در حالت بسته قرارمیگیرد. به ماکزیمم فشار اعمالی از سمت حباب حرارتی فشار MOP (Maximum Operating Pressure) و به دمای متناظر آن، دمای MOP گویند که این عدد توسط سازندگان شیر انبساط اندازه گیری و بیان میشود .

در لحظه شروع بکار کمپرسور (استارت اولیه) نیز که فشار درون اواپراتور کاهش پیدا میکند ، بدلیل اینکه حباب حرارتی هنوز گرم میباشد نیروی اعمالی از سمت حباب حرارتی باعث بازشدن شیر انبساط میشود با این تفاوت که نیروی اعمالی در این لحظه توسط حباب حرارتی دارای ماکزیمم فشار عملکرد (که هم اکنون به حداکثر مقدار خود رسیده) نیرویی بمراتب کمتر نسبت به حباب حرارتی پرازمایع (Liquid Charged) به دیافراگم اعمال مینماید ، درنتیجه شیر انبساط بمقدار کمی بازشده ، میزان سوپرهیت مبرد خروجی کاهش پیدا نکرده ، فشار خط مکش افت خود را پیدا میکند و امکان برگشت مایع به کمپرسور به حداقل ممکن میرسد (شکل ۸) .



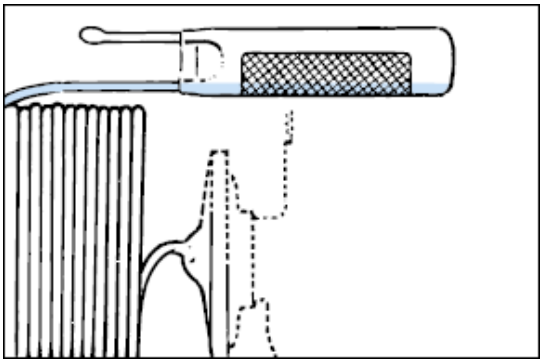
شکل ۸ – حباب حرارتی دارای ماکزیمم فشار عملکرد (MOP)

در نمودار شکل ۹ تغییرات فشار خط مکش کمپرسور نسبت به زمان سپری شده از استارت اولیه کمپرسور در مورد سه نوع شیر انبساط حرارتی با یکدیگر مقایسه شده است :



شکل ۹

حباب حرارتی داری جاذب



شکل ۱۰ – حباب حرارتی دارای جاذب

در این نوع حباب حرارتی ، حباب از نوعی ماده که در حکم یک جاذب ایفای نقش میکند پر شده است . در این نوع هنگام افزایش دمای حباب حرارتی و تبخیر بیشتر مبرد درون حباب ، به سبب وجود نوعی ماده جذب کننده گازدر حباب (مانند ذغال چوب) شیر انبساط حرارتی بطور تدریجی باز شده و عکس العمل آن در باز شدن بمراتب آهسته تر از شیر انبساط پرشده از مایع میباشد و هنگام کاهش دمای حباب حرارتی نیز شیر انبساط سریعتر بسته میشود .

از اینگونه شیرهای انبساط در شرایط کاری خاصی که در آن بار حرارتی اعمالی به اواپراتور در بازه زمانی کوتاه تغییرات چشمگیری میکند مورد استفاده قرارمیگیرد .

در این نوع ، با تغییرات بار اعمالی به اواپراتور ، شیر انبساط بطور تدریجی بازتر شده و از تغذیه بیش از حد اواپراتور بواسطه بازشدن سریع شیر انبساط جلوگیری میشود و هنگام کاهش با حرارتی اعمالی به اواپراتور و کاهش دمای مبرد خروجی از اواپراتور ، شیر انبساط سریعتر بسته میشود تا از برگشت مایع به کمپرسور تا جای ممکن اجتناب نماید .

محدوده عملکرد یک شیر انبساط حرارتی

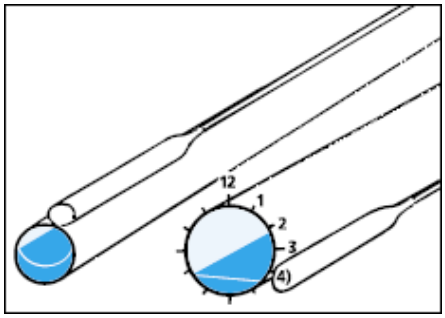
شیرهای انبساط حرارتی را معمولا از نظر محدوده دمای عملکرد نیز میتوان تقسیم بندی نمود . برای نمونه شیرهای انبساطی که در تجهیزات تهویه مطبوع ، سردخانه های زیر صفر و بالای صفر ، تونل های انجماد و فریزرهای دما مادون پایین ، مورد استفاده قرارمیگیرند .

تفاوت در محدوده دمای عملکرد شیرهای انبساط (که این محدوده دمایی توسط سازندگان شیر انبساط بیان میشود) در نوع مبرد شارژ شده درحباب حرارتی میباشد .

اگر یک شیر انبساط ساخته شده برای شرایط دمایی بالا یا متوسط (تهویه مطبوع + سردخانه بالای صفر و زیر صفر) در شرایط دمای پایین (برای نمونه تونل انجماد) مورد استفاده قرارگیرد ، با کاهش تدریجی دمای اواپراتور در یک محدوده دمایی تمامی مبرد موجود در حباب حرارتی تقطیر شده ، فشار اعمالی از سمت حباب حرارتی در جهت بازنمودن شیر انبساط کاهش پیدا کرده و نیروی اعمالی از سمت مبرد ورودی به اواپراتور بهمراه نیروی فنر باعث بسته نگه داشتن شیر انبساط میشود و مشاهده میگردد که دمای اواپراتور از یک میزان پایین تر نمی آید .

همچنین اگر یک شیر انبساط ساخته شده جهت استفاده درشرایط دمای پایین ، در شرایط دمایی متوسط مورد استفاده قرار گیرد ، چون فشار اعمالی به دیافراگم درجهت بازکردن شیر انبساط از طرف مبرد موجود در حباب حرارتی ، در شرایط دمای متوسط ، به حداکثر مقدار ممکن میرسد در نتیجه شیر انبساط کاملا باز می ماند و با تمام ظرفیت اجازه عبور مبرد را به درون اواپراتور میدهد .

نحوه نصب حباب حرارتی



همانطور که گفتیم حباب حرارتی باید بر روی خط مکش کمپرسور **بصورت افقی** نصب گردد و وضعیت قرار گرفتن آن بصورت ساعت ۱ یا ساعت ۴ باشد . چون در پایین لوله خط مکش کمپرسور همواره مقداری از روغن اختلاط یافته با مبرد سیستم جمع شده و جریان دارد ، بنابراین حباب حرارتی باید بگونه ایی نصب گردد که دمای مبرد درون لوله خط مکش را حس کند .

معمولا در صورتیکه قطر لوله خط مکش کمپرسور از " ۷/۸ (۲۲ mm) کوچکتر باشد ، حباب حرارتی بصورت ساعت ۱ و اگر سایز لوله خط مکش بزرگتر یا مساوی " ۷/۸ باشد ، حباب حرارتی بصورت ساعت ۴ بسته میشود .

Superheating

قبلا ذکر شد که استفاده از شیرهای انبساط حرارتی ملزم به سوپرهیت شدن مبرد خروجی از اواپراتور است .
زمانیکه یک مبرد از حالت بخار اشباع به حالت سوپرهیت میرود درواقع دما و انرژی آن افـزایش پیـدا میکنـد . افـزایش دمـای مبـرد در اواپراتور زمانی میتواند اتفاق بیفتد که تمامی مبرد از حالت مایع به حالت بخار تبدیل شده باشد .

سوپرهیت ایستا (Static Superheat)

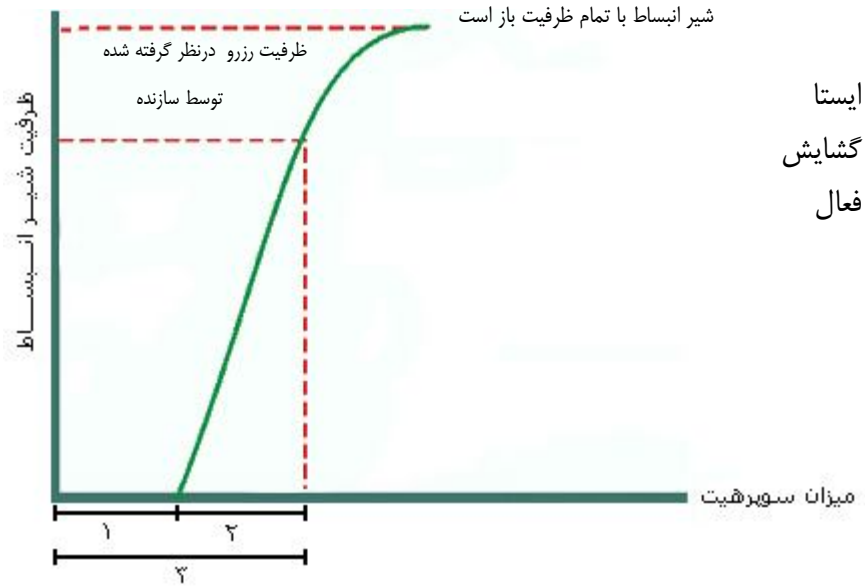
مقدار سوپرهیت لازم جهت غلبه بر نیروی اعمالی از سمت فنر شیر انبسـاط و قـرار دادن شـیر انبسـاط حرارتـی در آسـتانه بازشـدن را، سوپرهیت ایستا گویند .

سوپرهیت گشایش (Opening Superheat)

مقدارسوپرهیت لازم جهت حرکت دادن سوزن شیر انبساط از مرحله آستانه باز شدن و بازکردن آن به اندازه مورد نیاز جهت عبـور مبـرد را سوپرهیت گشایش گویند .

سوپرهیت فعال (Operating Superheat یا Working Superheat)

به جمع دو مقدار سوپرهیت ایستا و سوپرهیت گشایش ، سوپرهیت فعال گویند .



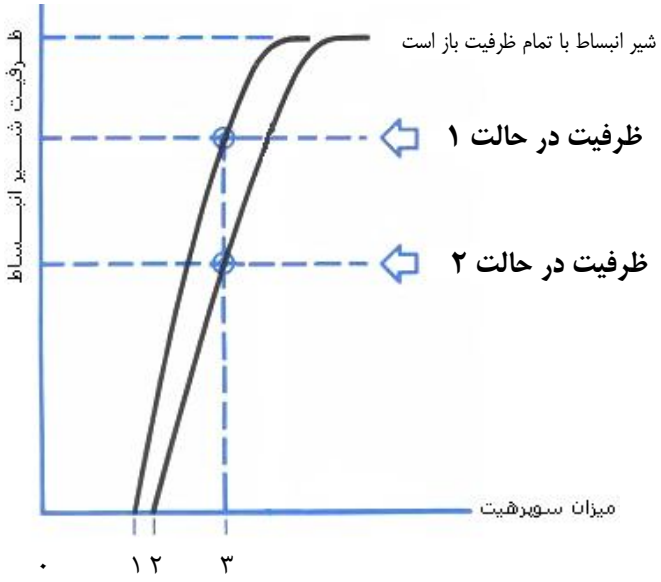
۱ – سوپرهیت ایستا
۲ – سوپرهیت گشایش
۳ – سوپرهیت فعال

شکل ۱۱

تقریبا در تمامی شیرهای انبساط حرارتی ، در زیر یا در کنار شیر انبساط پیچ یا محوری قـرار دارد کـه بـا چرخانـدن آن میتـوان میـزان سوپرهیت ایستا را تغییر داد . چرخاندن این محور باعث تغییر میزان سوپرهیت ایستا میشود و چون سـوپرهیت فعـال از جمـع دو مقـدار سوپرهیت ایستا و سوپرهیت گشایش است ، مقدار سوپرهیت فعال نیز تغییر میکند . چرخاندن محور در جهت سفت نمودن فنر بمعنـای،

افزایش نیروی اعمالی از فنر در جهت بستن شیر ، افزایش میزان سوپرهیت ایستا و کاهش ظرفیت شیر انبساط حرارتی میشود و بالعکس (شکل ۱۲) .

در واقع تغییر تنظیم این پیچ بمعنای تغییر مکانی منحنی شکل ۱۱ بسمت راست یا چپ نمودار میباشد . تغییرات جزئی در میزان سوپرهیت مبرد خروجی تاثیر کمی در دمای اواپراتور دارد ولیکن افزایش بیش از حد سوپرهیت مبرد خروجی از اواپراتور باعث کاهش چشمگیر دمای اواپراتور خواهد شد . نمودار شکل ۱۲ ظرفیت شیر انبساط را در در دو وضعیت مورد بررسی قرار داده است . در وضعیت اول ۱ ⟵ ۰ میزان سوپرهیت ایستا ، ۳ ⟵ ۰ میزان سوپرهیت فعال سیستم میباشد . بنابراین میزان ظرفیت شیر انبساط حالت ۱ میباشد . در وضعیت دوم ، میزان سوپرهیت ایستا با افزایش از ۱ ⟵ ۰ به ۲ ⟵ ۰ تغییر کرده است ولیکن میزان سوپرهیت فعال سیستم ، نقطه ۳ (۳ ⟵ ۰) ثابت مانده است . بنابراین مشاهده میشود که میزان ظرفیت شیر انبساط از حالت ۱ به حالت ۲ نزول پیدا میکند . (شکل ۱۲) .

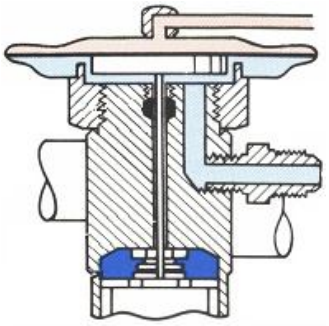


شکل ۱۲

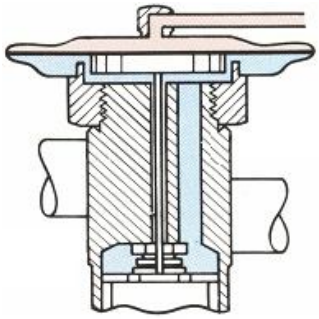
تعدیل کننده داخلی و خارجی (External and Internal Pressure Equalizer)

همانطور که گفتیم عملکرد شیر انبساط حرارتی بستگی به توازن سه نیروی ذکرشده در قبل دارد . (فشار اشباع مبرد ورودی به اواپراتور بعلاوه نیروی فنر و نیروی اعمالی از طرف مبرد درون حباب حرارتی) .

در یک شیر انبساط حرارتی دارای تعدیل کننده داخلی ، فشار خروجی شیر انبساط (یا ورودی به اواپراتور) به زیر دیافراگم شیر انبساط حرارتی انتقال پیدا میکند ولیکن در شیر انبساط حرارتی دارای تعدیل کننده خارجی شیر انبساط بگونه ای طراحی شده که فشار خروجی شیر انبساط به زیر دیافراگم راهی نداشته بلکه فشار زیر دیافراگم شیر انبساط توسط یک لوله رابط متصل شده به خروجی اواپراتورتغذیه میشود .



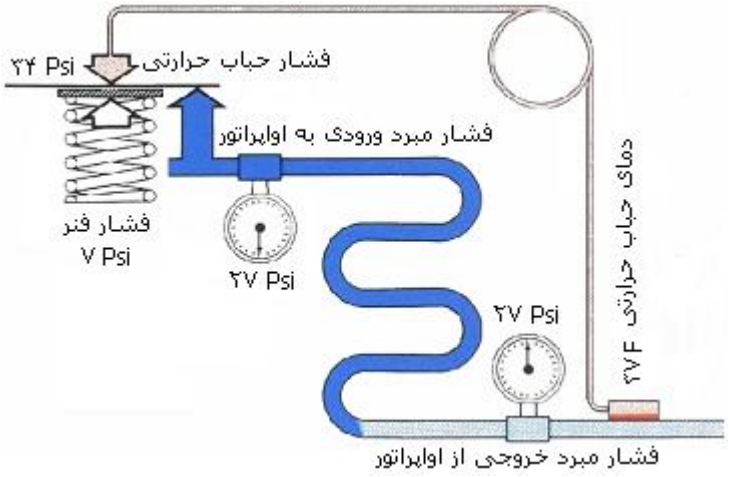
شکل ۱۳ – شیر انبساط دارای تعدیل کننده خارجی



شکل ۱۴ – شیر انبساط دارای تعدیل کننده داخلی

معمولا شیرهای انبساط دارای تعدیل کننده داخلی در سیستم هایی مورد استفاده قرار میگیرند که در آنها افت فشار مبرد هنگام گذر از اواپراتور کم باشد و شیرهای انبساط حرارتی دارای تعدیل کننده خارجی نیز در سیستم هایی مورد استفاده قرار میگیرد که افت فشار مبرد در گذر از اواپراتور محسوس است .

در مثال زیر یک شیر انبساط حرارتی از نوع Parallel Liquid-Charge در سیستمی که با مبرد R12 کارمیکند در نظر گرفته شده است . در شکل ۱۵ یک شیر انبساط حرارتی دارای تعدیل کننده داخلی جهت تغذیه اواپراتور بکار رفته است و فرض بر این گرفته شده که اواپراتور مورد نظر دارای هیچ گونه افت فشاری نیست . بنابراین در ورود و خروج اواپراتور فشار ثابت میباشد که در این مثال برای مبرد R12 فشاراشباع Psi ۲۷ و دمای اشباع مبرد متناظر با فشار اشباع ، F ۲۸ در نظر گرفته شده است . بنابراین یکی از نیروهای اعمالی به دیافراگم در جهت بستن شیر انبساط حرارتی نیروی Psi ۲۷ از سمت مبرد ورودی به اواپراتور میباشد . اگر نیروی حاصل از فشار فنر اعمالی به دیافراگم شیر انبساط را در جهت بستن آن Psi ۷ در نظر بگیریم در نتیجه مبرد درون حباب حرارتی جهت قراردادن شیر در آستانه باز شدن باید فشاری معادل Psi ۷ + ۲۷ یعنی Psi ۳۴ به دیافراگم شیر انبساط حرارتی اعمال کند . جهت رسیدن به این فشار حباب حرارتی باید دمایی در حدود F ۳۷ داشته باشد . (اینکه در فشار Psi ۳۴ حباب حرارتی دارای چه دمایی است بستگی به نوع شیرانبساط حرارتی و مبرد درون آن دارد . در این مثال همانطور که اشاره شد ، شیرانبساط بکاررفته از نوع Parallel Liquid-Charged میباشد . بدین معنا که مبرد بکار رفته در حباب حرارتی همان مبرد R12 موجود در سیکل تبرید این مثال میباشد (جهت درک بهتر به قسمت انواع حباب های حرارتی رجوع شود) .

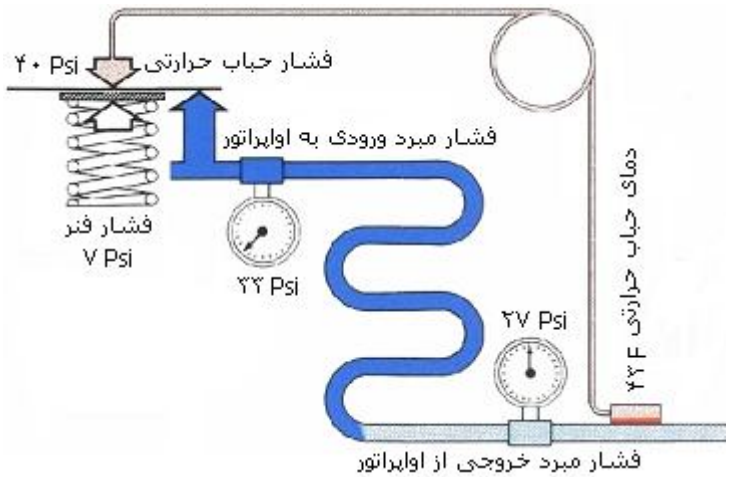


شکل ۱۵

اگر دمای لوله خط مکش کمپرسور را نیز برابر دمای مبرد درون حباب حرارتی در نظر بگیریم در نتیجه خواهیم داشت :

میزان سوپرهیت خروجی ۳۷ – ۲۸ = ۹ F

حال همین شیر انبساط دارای تعدیل کننده داخلی را با همان تنظیم فنر بر روی اواپراتوری که دارای ۶ Psi افت فشار است نصب می کنیم . اگر مبرد خروجی از اواپراتور دارای فشار ۲۷ Psi باشد بنابراین مبرد ورودی به اواپراتور دارای فشار ۳۳ Psi بوده است . در نتیجه فشار اعمالی در زیر دیافراگم جهت بستن شیر انبساط برابر ۳۳ Psi بعلاوه ۷ Psi فشار فنر خواهد بود . بنابراین از طرف حباب حرارتی باید فشار معادل ۷ Psi + ۳۳ یعنی ۴۰ Psi اعمال شود تا سه نیرو یکدیگر را خنثی کرده و شیر انبساط حرارتی در آستانه باز شدن قرار گیرد . حباب حرارتی مثال ذکر شده که از مبرد R12 پرشده است برای رسیدن به چنین فشاری باید دمایی در حدود ۴۳ F داشته باشد (دمای خط مکش کمپرسور) (شکل ۱۶) .

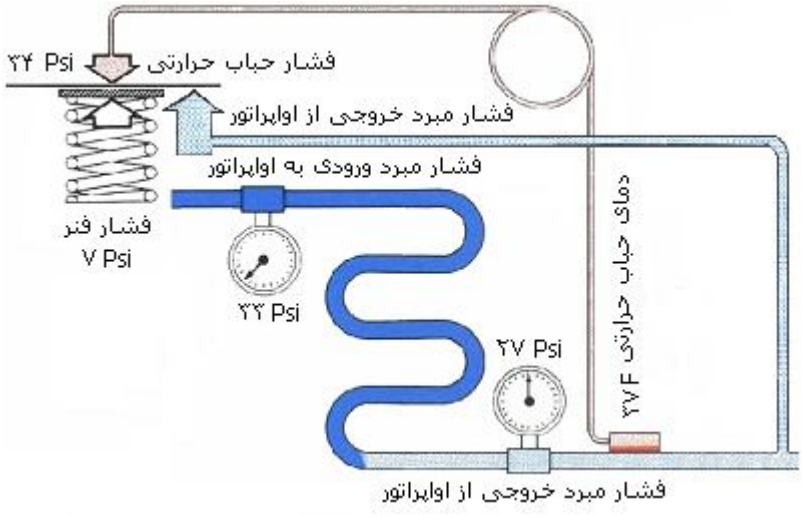


شکل ۱۶

در نتیجه خواهیم داشت :

۱۵ F = ۲۸ – ۴۳ میزان سوپرهیت خروجی

بنابراین مشاهده میشود زمانیکه از یک شیر انبساط حرارتی دارای تعدیل کننده داخلی با اواپراتوری که دارای افت فشار محسوسی است استفاده میگردد میزان سوپرهیت خروجی افزایش چشمگیری پیدا میکند .
در شکل ۱۷ مشاهده میکنید که اگر در همین شرایط از نوعی شیر انبساط حرارتی استفاده شود که دارای تعدیل کننده خارجی است مشکل برطرف شده و میزان سوپرهیت مبرد خروجی برابر همان ۹ F میشود .



شکل ۱۷

۹ F = ۲۸ – ۳۷ میزان سوپرهیت خروجی

نحوه محاسبه ظرفیت شیر انبساط حرارتی

یک شیر انبساط حرارتی باید متناسب با ظرفیت و سطح تبادل حرارتی اواپراتور انتخاب گردد تا مطمئن شویم میزان مناسبی از جریان مبرد در اواپراتور وارد شده ، از تمام ظرفیت برودتی اواپراتور استفاده بهینه میشود ، پدیده هایی از قبیل Hunting (تغذیه بیش از حد اواپراتور) و Cycling (تغذیه کم اواپراتور) رخ نداده و یک مقدار سوپرهیت مناسب و پایدار در خروجی از اواپراتور داشته باشیم .
جهت انتخاب شیر انبساط مناسب باید سه عامل مشخص باشد : ۱ – ظرفیت برودتی اواپراتور ۲ – دمای اشباع مبرد درون اواپراتور ۳ – اختلاف فشار مابین ورودی و خروجی شیر انبساط (اختلاف فشار ما بین دو جزء فشار پایین (اواپراتور) و فشار بالای (کندانسور)) .
از میان ۳ مورد ذکرشده ، ۲ مورد اولیه بدیهی میباشد و لزومی به بحث در مورد آنها نیست .

اختلاف فشار دو سمت شیر انبساط از رابطه زیر بدست می آید :

$$\Delta P = P_C - P_E - \Delta P_{sys} - \Delta P_{Dis} - (\Delta P_H)$$

ΔP : برابر اختلاف فشار مابین دو سمت شیر انبساط می باشد (مجهول رابطه) .

P_C : برابر فشار معادل با دمای تقطیر سیستم (T_C) می باشد .

P_E : برابر فشار معادل با دمای اشباع اواپراتور (T_E) می باشد .

ΔP_{sys} : برابر افت فشار مبرد مایع هنگام گذر از لوله خط مایع ، درایر ، شیر برقی ، شیر دستی و سایت گلاس میباشد که بطور تقریبی این میزان افت فشار را برابر bar ۰,۳ درنظر میگیرند .

ΔP_{Dis} : برابر افت فشار مبرد هنگام گذر از پخش کن و لوله های رابط متصل به آن است که بطور تقریبی این میزان افت فشار را برابر bar ۱,۰ درنظر میگیرند .

ΔP_H : برابر میزان افت فشار استاتیکی است که در اثر وجود اختلاف ارتفاع ما بین اواپراتور و رسیور سیستم بوجود می آید . مقدار این افت فشار با معلوم بودن اختلاف ارتفاع موجود مابین اواپراتور و رسیور در سیستم و نوع مبرد موجود در سیستم از جدول زیر بدست می آید :

مبرد	مقدار عددی ΔP_H (bar)				
	6 m	**12 m**	**18 m**	**24 m**	**30 m**
R22	*0.7*	*1.4*	*2.1*	*2.8*	*3.5*
R134a	*0.7*	*1.4*	*2.1*	*2.8*	*3.6*
R404A	*0.6*	*1.3*	*1.9*	*2.5*	*3.2*
R507	*0.6*	*1.3*	*1.9*	*2.5*	*3.2*

نکته

- در اواپراتورهای آبی چون در اواپراتور پخش کن و لوله های رابط وجود ندارد ، بنابراین در محاسبات مربوط به افت فشار اینگونه اواپراتورها ، فشار ΔP_{Dis} را برابر مقدار عددی صفر در نظر میگیرند .

- در اکثر سیستمهایی نه چندان بزرگ فرئونی کشور ، نهایت اختلاف ارتفاع مابین اواپراتور و رسیور کندانسور از۲ الی ۳ متر تجاوز نمیکند ، بنابراین حداقل مقدار عددی ۰,۷– ۰,۶ ذکر شده در جدول ، مقداری بیش از حد معمول بوده و ترجیحا مقدار افت فشار ناشی از ارتفاع را برای اواپراتورهای هوایی برابر ۰,۲ درنظر میگیریم .

همچنین در برخی دیگر از منابع مانند : A Technical HandBook About Refrigerant Applications تالیف کمپانی **SWEP** محاسبه افت فشار مابین دو جزء پرفشار و کم فشار سیستم بصورت :

$$\Delta P = P_C - P_E - \Delta P_{sys} - (\Delta P_{Dis})$$

بیان شده است و در آن افت فشار استاتیکی ، بدلیل کمی اختلاف ارتفاع ما بی دو عضو اواپراتور و رسیور ناچیز درنظر گرفته شده است .

بنابراین خواهیم داشت :

در اواپراتورهای هوایی	$\Delta P = P_C - P_E - ۱,۵$ (bar)
در اواپراتورهای آبی	$\Delta P = P_C - P_E - ۰,۵$ (bar)

مثال :

مطلوبست محاسبه ظرفیت شیر انبساط ، برای اواپراتوری به شرایط زیر :

- ظرفیت برودتی اواپراتور ۹,۵ Kw
- دمای مبرد درون اواپراتور $T_E = -۱۰C$
- کندانسور سیستم از نوع آبی و دمای کندانس سیستم $T_C = ۳۰C$
- مبرد سیستم از نوع R22

$T_E = -۱۰ C \rightarrow P_E = ۲٫۵$ bar
$T_C = ۳۰ C \rightarrow P_C = ۱۰٫۸$ bar
$\Delta P = (۱۰٫۸ - ۲٫۵) - ۰٫۵$ bar
$\Delta P = ۷٫۸$ bar

T_E و T_C

مقادیر T_E و T_C که به ترتیب دمای اشباع مبرد درون اواپراتور و دمای اشباع مبرد درون کندانسور میباشند از روابط زیر بدست می آیند :

T_C کندانسور هوایی = دمای محیط + (۸ ~ ۱۵) C
T_C کندانسور آبی = دمای آب + (۵ ~ ۶) C
T_E اواپراتور هوایی = دمای اتاق – (۶ ~ ۱۰) C
T_E اواپراتور آبی = دمای آب – (۵ ~ ۶) C

منابع :

۱ - A Technical HandBook About Refrigerant Applications (www.swep.se)
۲ - SPORLAN Thermostatic Expansion Valves Catalogue 1981
۳ - DANFOSS Refrigeration And Air Conditioning Controls Catalogue 2000
۴ - ALCO Controls Catalogue No.28