وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
كلية المستقبل الجامعة
قسم التكييف والتبريد

ENGNEERING WORK SHOPS

م/ انواع الصمامات المستخدمة في دوائر التبريد

اسم المختبر: ورش التكييف والتبريد
رمز المختبر :DL006
اعداد المهندس : محسن عليوي ناصر

الدكتور: سامي محسن
السنة الدراسية 2020-2021

مقدمة:-

كي تؤدي دورة التبريد عملها بكفاءة ينبغي ان يكون ضغط وسيط التبريد منخفضا في المبخر؛ لأن وسيط التبريد يتبخر عند درجة حرارة منخفضة, ويكون وسيط التبريد القادم من المكثف ذا ضغط عال نسبيا في حالة سيولة؛ لذلك يجب وضع جهاز خاص للتحكم في تدفق وسيط التبريد بين خط السائل وبين المبخر (وهو صمام التمدد) يعمل على تخفيض ضغط وسيط التبريد (أي أنه يعمل على تمدد وسيط التبريد أو انتشاره) عند دخوله إلى المبخر, وعملية التمدد هي عملية معاكسة تماما لعملية الانضغاط التي أجراها الضاغط, إضافة إلى أن جهاز التحكم بالتدفق يعمل على تنظيم مرور وسيط التبريد بما يتناسب مع معدل التبخير في المبخر.

أنواع صمامات التمدد في التبريد والتكييف

صمامات التمدد (Expansion valves)هي أجهزة تستخدم للتحكم في تدفق وسيط التبريد في نظام التبريد. فهي تساعد على تسهيل تغيير الضغط العالي لسائل التبريد (liquid refrigerant)في وحدة التكثيف لخفض ضغط غاز التبريد(gas refrigerant) في المبخر.

ويستخدم المصطلح "الجانب المنخفض low side" للإشارة إلى جزء النظام الذي يعمل تحت ضغط منخفض وهو المبخر .و يستخدم مصطلح "الجانب العالىhigh side" للإشارة إلى جزء النظام الذي يعمل تحت ضغط مرتفع وهو المكثف.

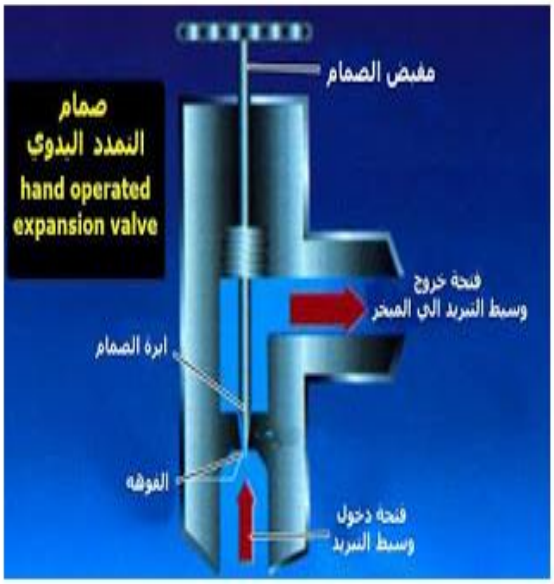
وتوجد سبعة أنواع من أجهزة التحكم بتدفق وسيط التبريد من المكثف إلى المبخر او كما تعرف بصمام التمدد او صمام الانتشار وهي:

1. صمام التمدد اليدوي HEV(hand operated expansion valve)
2. الأنبوب الشعريcapillary tube
4. صمام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) thermostatic expansion valves
5. محبس عوامة جانب الضغط المنخفض Low Pressure Float Valve
6. محبس عوامة جانب الضغط العالي High Pressure Float Valve

7 صمام التمدد الالكتروني electronic expansion valve

****

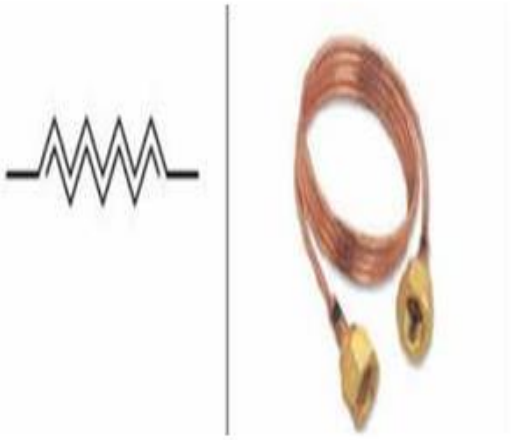
صمام التمدد اليدوي HEV(hand operated expansion valve)



صمام التمدد اليدوي HEV

يعد صمام التمدد اليدوي أول أنواع صمامات التمدد استعمالاً, ومبدأ عمله يشبه إلى حد كبير حنفية المياه العادية, ولا يستعمل هذا الصمام الآن إلا على نطاق ضيق كما في دورات التبريد التي تعمل بالأمونيا, ويعمل هذا الصمام بصورة جيدة إذا استمر الحمل ثابتا, لذا: فهو يستعمل في وحدات التبريد الكبيرة والصناعية إذ يوجد مهندس أو فني ماهر كي يضبط فتحة الصمام وفقا لما يتطلب حمل التبريد في أثناء التشغيل, وعيبه الرئيس, أنه لا يتجاوب مع تغير حمل التبريد تلقائيا, إذ يلزم ضبطه باستمرار كلما تغير حمل التبريد .

الأنبوب الشعريcapillary tube

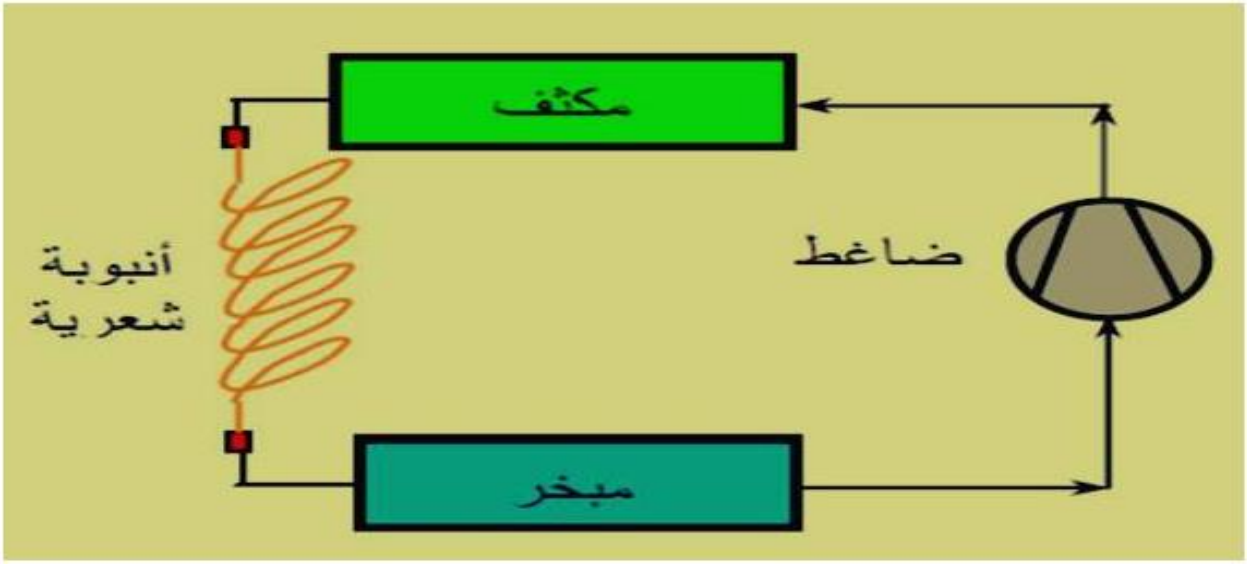


ماهي الانبوبة الشعرية (الكابلري)

الأنبوبة الشعرية او الكابلري(Capillary Tube) عبارة عن أنبوبة ذات قطر داخلى صغير جدا حيث يتراوح القطر الداخلى بين0.8 مم إلى2 مم ويترواح طولها بين ا إلى 4 متر وتستعمل بكثرة فى وحدات التبريد الصغيرة كالثلاجة المنزلية والمجمدات ووحدات التكييف الصغيرة.
وتوجد الأنبوبة الشعرية بين المكثف والمبخر حيث تركب فى خط السائل بعد المجفف (الفلتر) حيث يتصل أحد طرفى الأنبوبة بالمجفف بينما يتصل الطرف الآخر بمدخل المبخر .

الانبوبة الشعرية (الكابلري)

الأنبوبة الشعرية هي عبارة عن أنبوبة من النحاس الأحمر اللين, صغيرة القطر تستخدم كصمام تمدد لخفض الضغط بين المكثف والمبخر.
ويختلف انخفاض الضغط خلال الأنبوبة الشعرية تبعا لقطرها وطولها. ولا تحتوي الأنبوبة على أجزاء داخلية متحركة ولا تحتاج لعملية ضبط.
ويحدث الانخفاض في الضغط نتيجة لعملية الخنق الناتجة عن التغير المفاجئ في قطر الأنبوبة على مستوى خط السائل ولارتفاع احتكاك وسيط التبريد بالسطح الداخلي للأنوبة الشعرية. ويتم توصيل الأنبوبة الشعرية في دورة التبريد كما في الصورة القادمة.



توصيل الأنبوبة الشعرية فى دورة التبريد

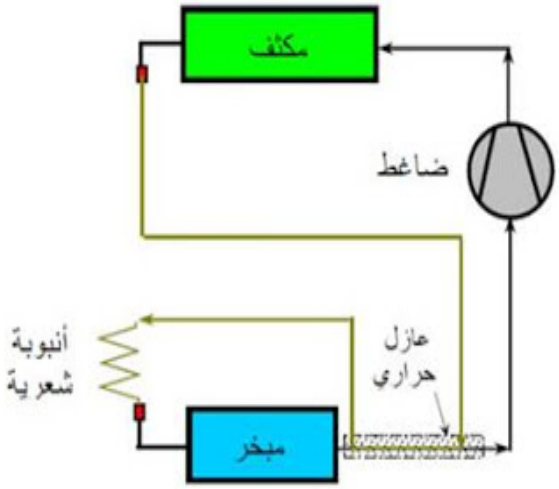
نظرية عمل الأنبوبة الشعرية

توجد عدة نظريات تتعلق بأساس تشغيل الأنبوبة الشعرية فإنه يحدث انخفاض فى ضغط مركب التبريد عندما يمر خلال قطر الأنبوبة نتيجة احتكاك البخار المتكون فيحدث انخفاض فى ضغط مركب التبريد عندما يمر خلال قطر الأنبوبة الصغيرة حتى يبدأ السائل فى التبخير داخل الأنبوبة وهذا البخار المتكون يحدث إنخفاض مفاجىء فى الضغط ودرجة الحرارة تقريبا فى الربع الأخير من طول الأنبوبة وأخيرا يبرد مركب التبريد إلى درجة حرارة المبخر وينخفض ضغطه إلى ضغط المبخر .

استخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري

عند انخفاض الضغط في أثناء مرور مائع التبريد داخل الأنبوبة الشعرية تتغير حالة وسيط التبريد، حيث يصبح داخل منطقة التشبع مما يؤدي إلى تبخر جزء منه. ومن الجدير بالذكر أن هذا البخار يعمل على إعاقة السريان خلال الأنبوبة. ولهذا يفضل أن تكون نسبة البخار من معدل السريان صغيرة جدا. ويمكن تحقيق ذلك بزيادة قيمة التبريد التحتي لسائل التبريد عند دخول الأنبوبة الشعرية.

لذلك يتم تثبيت جزء من الأنبوبة الشعرية عند خروج المبخر في شكل مبادل حراري, حيث يلامس السطح الخارجي للأنبوبة الشعرية السطح الخارجي لخط السحب كما هو مبين بالصورة القادمة.



استخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري

ويكون اتجاه السريان لوسيط التبريد في الأنبوبة معاكس لاتجاه سريان وسيط التبريد في خط السحب.

ومن المميزات الأخرى لاستخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري زيادة تحميص وسيط التبريد بخط السحب مما يحمي الضاغط من احتمال الطفح, أي أن يسحب الضاغط مائع تبريد في حالة سائل,وكذلك يمكن هذا الإجراء من زيادة التبريد التحتي عند الخروج من المكثف, مما يمكن من الزيادة في مفعول التبريد.

مميزات وعيوب استخدام الانبوبة الشعرية

مميزات استخدام الأنبوبة الشعرية:

- رخيصة الثمن وسهلة التصنيع والتوصيل.
- لا يوجد بها أى أجزاء متحركة كالتى فى صمام التمدد أو العوامة مما يعنى سهولة تشغيلها وطول عمرها.
- الأداء الجيد عند ثبات حمل التبريد وثبات كل من ضغط السحب والطرد.
- عند توقف الضاغط يستمر مرور مائع التبريد في الأنبوبة الشعرية إلى أن يتم اتزان الضغوط بين المكثف والمبخر الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض العزم على مستوى محور الضاغط عند بدء التشغيل.

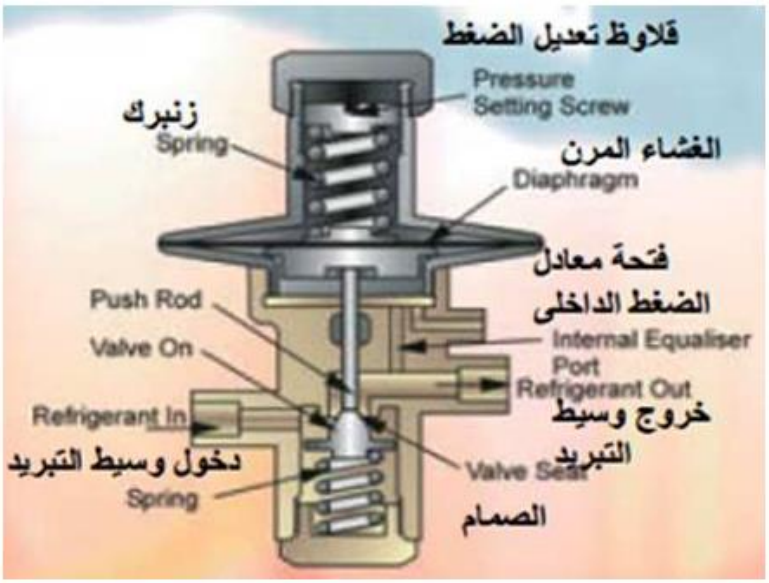
عيوب استخدام الأنبوبة الشعرية:

- انخفاض الأداء عندما يتغير الحمل فلا يمكن استخدامها مع الاحمال الكبيرة والمتغير
- يستمر سريان مائع التبريد عبر الأنبوبة عندما تتوقف الوحدة وإن كان في ذلك مميزات كما أسلفنا إلا أنه لا بد أن تكون الشحنة داخل الوحدة مضبوطة. فإذا كانت الشحنة أكثر من اللازم فإنها تسبب طفح المبخر ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تلف الضاغط. لذا يفضلاستخدام مبخر من نوع المغمور أو وضع فاصل قطرات السائل عند خروج المبخر. وكذلك يجب تفريغ الوحدة جيدا من الهواء قبل عملية الشحن.
- يشترط تركيب مصفاة عند دخول الأنبوبة الشعرية لتجنب انسدادها بالشوائب.
- عدم القابلية للتحكم فى مركب التبريد .

أعطال شائعة للأنبوبة الشعرية :

- وجود رطوبة داخل دائرة التبريد .
- وجود رواسب أو ذرات معدنية تعمل على سدد بالأنبوبة
- حدوث ثنى حاد بأحد أجزائها .

صمام التمدد الأوتوماتيكي automatic expansion valve (AEV)



صمام التمدد الاوتوماتيكى

يعمل صمام التمدد الأتوماتيكى (Automatic Expansion Valve)على خفض الضغط بين المكثف والمبخر والمحافظة على ضغط ثابت و محدد فى المبخر إضافة إلى التحكم في معدل سريان وسيط التبريد. و تعرف صمامات التمدد الأوتوماتيكية بصمامات التمدد ذو الضغط الثابت .

أجزاء وطريقة عمل صمام التمدد الأتوماتيكي

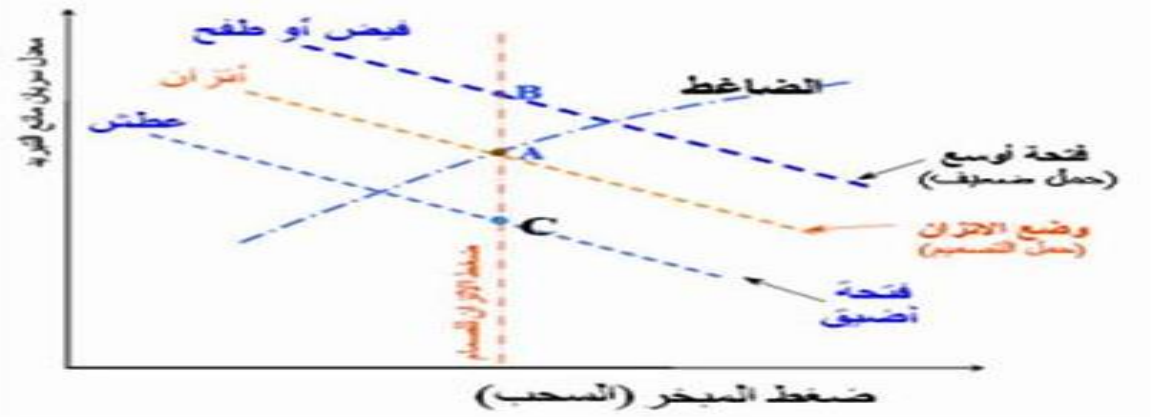
و يتكون هذا الصمام من غشاء معدني مرن وزنبرك و مقعد الصمام و يقع الغشاء تحت تأثير قوتان متضادتان في الاتجاه هما :

- قوة ضغط الزنبرك وتؤثر على الغشاء من أعلى
- قوة ضغط المبخر وتؤثر على الغشاء من أسفل

وعند تساوي هاتين القوتين يتم اتزان الغشاء. أما إذا زاد ضغط المبخر عن ضغط الزنبرك يتحرك الغشاء إلى أعلى مما يسبب في غلق فتحة الصمام جزئيا وبالتالي يقل معدل سريان وسيط التبريد فيخفض ضغط المبخر.

أما إذا انخفض ضغط المبخر عن ضغط الزنبرك فان الغشاء يتحرك إلى أسفل مما يسبب فتح الصمام و بالتالي يزيد معدل سريان وسيط التبريد فيرتفع ضغط المبخر.

خصائص أداء صمام التمدد الأتوماتيكي



أداء صمام التمدد الأتوماتيكي

يوضح الشكل السابق العلاقة بين معدل سريان وسيط التبريد خلال الصمام وضغط المبخر وذلك مع الاخذ في الاعتبار ثبوت ضغط المكثف وذلك لمعرفة خصائص أداء صمام التمدد الأتوماتيكي .

ويوضح الشكل أنه عند زيادة ضغط المبخر يقل معدل سريان وسيط التبريد , أما معدل سريان وسيط التبريد عبر الضاغط فيزيد بزيادة ضغط السحب (أي ضغط المبخر) وذلك للإبقاء على ضغط الطرد (أي ضغط المكثف) ثابت. وتوضح حالة الاتزان (عند ضغط الاتزان) فتحة الصمام عند حمل التصميم (الحالة A). فعند زيادة الحمل عن حمل التصميم تبدأ درجة الحرارة داخل المبخر في الارتفاع مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط المبخر فيتحرك غشاء الصمام إلى أعلى في اتجاه الإغلاق الأمر الذي يعمل على خفض ضغط المبخر إلى أن يبلغ قيمة الاتزان الثابتة عند حدوث حالة الاتزان من جديد.

عند هذه الحالة يكون معدل سرين مائع التبريد عبر فتحة الصمام أقل من المطلوب بالضاغط الأمر الذي يسبب عطش المبخر من وسيط التبريد (حالة C) .

أما عند انخفاض الحمل عن حمل التصميم فإن درجة حرارة المبخر تبدأ في الانخفاض و بالتالي يبدأ ضغط المبخر في الانخفاض فيتحرك الغشاء إلى أسفل في اتجاه الفتح مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط داخل المبخر حتى يصل إلى ضغط الاتزان عند الحالة (B) عند هذه الحالة يصبح معدل سريان وسيط التبريد خلال الصمام أكثر من المطلوب بالضاغط الأمر الذي يؤدي إلى طفح او فيض وسيط التبريد بالمبخر.

مزايا استخدام صمام التمدد الأتوماتيكي

- حماية المبخر من تكوين الصقيع عند إخفاض حمل التبريد لمدة طويلة .
- حماية الضاغط عند زيادة الحمل وذلك بحافظته على ضغط المبخر ثابت

ونتيجة لهذه المزايا فإن صمام التمدد الأتوماتيكي **يستخدم عادة في الوحدات الصغيرة ذات الأحمال الثابتة** نسبيا مثل الثلاجات المنزلية و ثلاجات العرض و وحدات تكييف الهواء المنزلية.

عيوب استخدام صمام التمدد الأتوماتيكي

- يعمل الصمام بافتراض حمل تبريد ثابت نسبيا و يسبب الصمام طفح او فيض المبخر إذا ما انخفض الحمل أو عطش المبخر عند ارتفاع الحمل.
- احتمال طفح سائل التبريد من المبخر إلى الضاغط عند انخفاض حمل التبريد , وذلك يستوجب حماية إضافية للضاغط.
- لا يمكن للصمام معادلة أي تغيرات في ضغط المكثف.
- عند توقف الضاغط يغلق الصمام كليا و لا توجد وسيلة لمعادلة الضغوط , و بالتالي يحتاج الضاغط إلى عزم كبير عند بدء التشغيل.

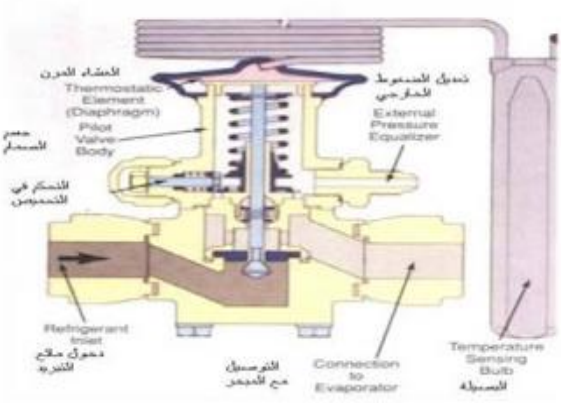
لحماية الضاغط من احتمال طفح سائل التبريد و الناتج عن طفح المبخر عند انخفاض حمل التبريد يثبت ترموستات على وصلة خط السحب حيث يعمل هذا الترموستات على إيقاف الضاغط إذا انخفضت درجة حرارة وسيط التبريد الخارج من البخر عن نقطة ضبط

الترموستات, ويتم ضبط الترموستات عند درجة حرارة مساوية لدرجة حرارة التشبع المناظرة لضغط المبخر أو أعلى منها بدرجتين.

صمام التمدد الحراري

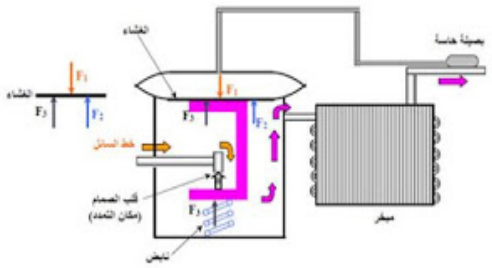
ويعرف أيضا باسم صمام التمدد الثيرموستاتي او الترموستاتي وبالإنجليزية يعرف ب (thermostatic expansion gl thermal expansion valve) valve) (غالبًا ما يتم اختصاره إلى صمام TEV أو TXV أو TX) ويعمل على المحافظة على فرق درجة الحرارة بين وسيط التبريد الخارج من المبخر ودرجة حرارة التشبع عند ضغط المبخر وذلك لتحقيق اكبر استفادة ممكنة من سطح المبخر. ويوجد له مجسات خاصة للتحكم. ومبدأ عمله بشكل مبسط هو انه عند ازدياد حمل التبريد يقوم الصمام بزيادة معدل السريان مما يؤدي إلى حفظ درجة الخارج من المبخر عند درجة المعايرة, أما عند نقص الحمل التبريدي يقوم الصمام بتقليل معدل السريان ويحافظ على ثبات درجة التحميص.

مكونات صمام التمدد الحراري



مكونات صمام التمدد الحراري

يتكون صمام التمدد الثرموستاتي من غشاء معدني وقلب الصمام ونابض وبصيلة مع أنبوبة شعرية مملوءة بمائع كما يظهر في الشكل السابق.



كيف يعمل صمام التمدد الحراري

ويمكن شرح عمل هذا الصمام بشكل مبسط كما يلى:

يتم اتزان الغشاء المرن تحت تأثير القوى التالية

قوة المائع الموجود داخل البصيلة والأنبوبة الشعرية ويضغط على الغشاء من فوق F1.

قوة النابض وتؤثر من أسفل الغشاء F3.

قوة المبخر وتؤثر من أسفل الغشاء F2.

عند ارتفاع الحمل تحس البصيلة بارتفاع درجة حرارة الغاز المحمص على مستوى خط السحب, فيزداد ضغط المائع الموجود داخلها مما يؤدي إلى ارتفاع القوة المؤثرة على أعلى الغشاء F1 حتى تتجاوز مجموع القوتين F2 وF3 فيتقوس الغشاء إلى أسفل مسبباً فتح الصمام تدريجياً وبالتالي زيادة معدل سريان مائع التبريد إلى المبخر.

أما عند انخفاض الحمل فإن البصيلة تحس بانخفاض درجة حرارة الغاز المحمص عند خروج المبخر فيقل الضغط P1 مما يؤدي إلى انخفاض القوة F1 عن مجموع F2 و F3 فيتقوس الغشاء إلى أعلى مسبباً غلق قلب الصمام تدريجياً وبالتالي نقصان معدل سريان وسيط التبريد إلى المبخر.

يتم ضبط ضغط النابض عند قيمة التحميص المطلوبة من قبل الشركة المصنعة ويعاد ضبطه عند اللزوم لتغيير قيمة التحميص.

ويعتبر صمام التمدد الحراري من أكثر الصمامات انتشارا نظرا لأدائه, بالإضافة إلى إمكانية استخدامه في مختلف تطبيقات التبريد بما في ذلك التطبيقات ذات التغيرات الكبيرة في حمل التبريد.

ويعمل هذا الصمام على المحافظة على قيمة ثابتة لتحميص البخار ما بين خط السحب والمبخر الأمر الذي يساعد على حفظ المبخر ممتلئا بوسيط التبريد في جميع ظروف التشغيل.

أداء صمام التمدد الحراري

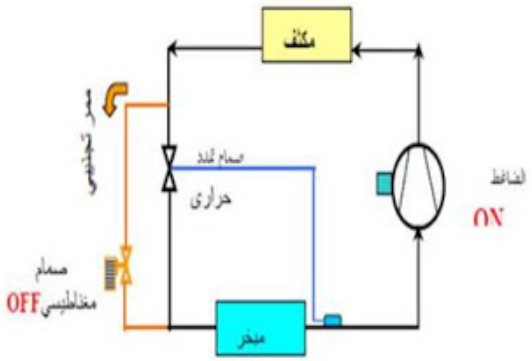
عند زيادة حمل التبريد تزداد حرارة مائع التبريد في خط السحب للضاغط الأمر الذي يسبب ارتفاع ضغط البصيلة فيبدأ صمام التمدد بتعديل فتحة مرور مائع التبريد في اتجاه الفتح فيزيد معدل سريان مائع التبريد حتى يصل المحبس إلى وضع اتزان جديد. وإذا زاد حمل التبريد مرة أخرى يعدل المحبس وضعه من جديد ويزداد معدل سريان وسيط التبريد مسببا إجهادا إضافيا للضاغط , وفي هذه الحالة يخشى على الضاغط من الوصول إلى حالة الحمل الزائد (overload).

عند انخفاض حمل التبريد تنخفض درجة حرارة مائع التبريد عند خروج المبخر, وينتج عن ذلك انخفاض ضغط البصيلة فيبدأ صمام التمدد في تعديل وضعه في اتجاه الغلق لتقليل معدل سريان مائع التبريد حتى حدوث الاتزان من جديد وباستمرار انخفاض حمل التبريد يستمر معدل سريان مائع التبريد في النقصان مما يؤدي إلى انخفاض ضغط المبخر الأمر الذي يسبب طفح الضاغط بسائل التبريد الخارج من المبخر عند أحمال التبريد المنخفضة جداً في بعض الحالات الخاصة حيث إن الحمل الحراري غير كاف لتبخير كل كمية مائع التبريد المارة عبر المبخر.

عند توقف الضاغط يبدأ ضغط المبخر في الارتفاع مسبباً حركة الغشاء في اتجاه غلق الصمام ويتوقف السريان عبر الصمام, وتبعا لذلك يبقى الضغط مرتفعاً ناحية المكثف منخفضاً ناحية المبخر.

فعند بدء التشغيل من جديد يحتاج الضاغط إلى عزم كبير ويتعرض إلى إجهادات كبيرة قد تؤدي إلى تلفه ميكانيكياً , ويعتبر ذلك من **عيوب صمام التمدد الحراري**, ولحماية الضاغط ننصح باستخدام إحدى الطرق التالية:

- إحداث ثقب صغير في مقعد الصمام يسمح بسريان ثانوي صغير لمائع التبريد عند وقوف الضاغط.
- وصل أنبوبة شعرية صغيرة بين دخول وخروج الصمام تسمح بمعادلة الضغوط بين المكثف و المبخر بعد توقف الضاغط.
- الطريقة الأكثر استخداماً لمعادلة الضغوط تتلخص في عمل ممر تجنيبي يسمح بسريان مائع التبريد إلى المبخر بدون المرور من خلال صمام التمدد.

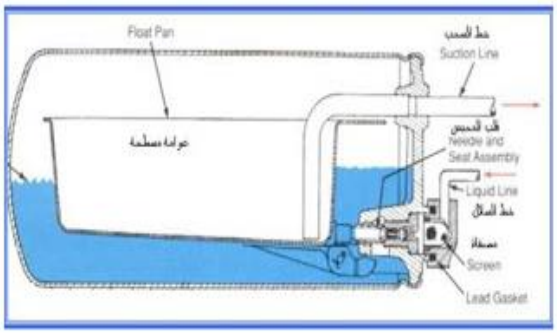


تعديل خارجي للضغوط باستخدام ممر تجنيبي

ويتم تركيب صمام كهرومغناطيسي (Solenoid Valve) على الممر التجنيبي, بحيث يفتح هذا الصمام فقط إذا ما تم إيقاف الضاغط, أما عند تشغيل الضاغط فيغلق هذا الصمام تلقائياً بحيث لا يمكن لمائع التبريد المرور إلى المبخر إلا عن طريق صمام التمدد.

محبس عوامة جانب الضغط المنخفض Low Pressure Float Valve

يستخدم محبس عوامة جانب الضغط المنخفض للتحكم في سريان مائع التبريد والمحافظة على مستوى ثابت لسائل التبريد داخل المبخر المغمور بغض النظر عن ضغط المبخر ودرجة حرارته, بالإضافة إلى قيامه بخفض الضغط بين المكثف والمبخر.

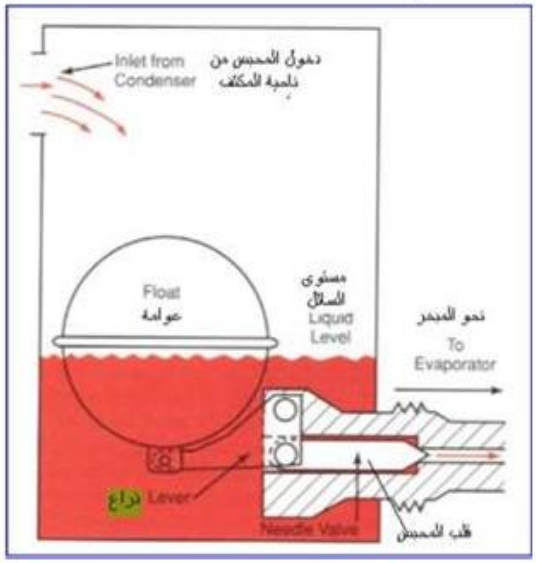


محبس عوامة جانب الضغط المنخفض

حيث عند انخفاض مستوى السائل في المبخر ينخفض مستوى العوامة ويفتح المحبس حتى يتساوى معدل سريان مائع التبريد نحو المبخر مع معدل السريان المطلوب بالضاغط.

محبس عوامة جانب الضغط العالي High Pressure Float Valve

يستخدم محبس عوامة جانب الضغط العالي مع المبخرات المغمورة لتخفيض الضغط بين المكثف والمبخر إضافة إلى التحكم في معدل سريان مائع التبريد المار للمبخر تبعا لحمل التبريد المطلوب.



محبس عوامة جانب الضغط العالي

ويتم توصيل هذا المحبس أقرب ما يكون من المبخر. والتحكم في معدل سريان مائع التبريد يتم بواسطة قلب المحبس الذي يفتح ويغلق حسب تغير مستوى السائل بالمحبس.

وعند ارتفاع الحمل الحراري على مستوى المبخر، يزداد معدل التبخير بالمبخر مما يؤدي إلى زيادة معدل التكثيف بالمكثف. تبعا لذلك

يرتفع مستوى السائل بخزان العوامة مما يؤدي إلى ارتفاع العوامة وبالتالي فتح قلب المحبس جزئيا. عندها يرتفع معدل سريان مائع التبريد نحو المبخر لزيادة السعة التبريدية.

أما عند انخفاض الحمل الحراري على مستوى المبخر، فيقل معدل التبخير بالمبخر مما يؤدي إلى نقصان معدل التكثيف بالمكثف. وتبعا لذلك ينخفض مستوى السائل بخزان العوامة مما يؤدي إلى انخفاض العوامة وبالتالي غلق قلب المحبس جزئيا. عندها ينخفض معدل سريان مائع التبريد نحو المبخر تبعا لانخفاض السعة التبريدية. وكذا يعمل محبس العوامة جانب الضغط العالي على حفظ معظم مائع التبريد داخل المبخر في جميع الأوقات.

صمام التمدد الالكتروني electronic expansion valve

صمام التمدد الالكتروني

يعمل صمام التمدد الالكتروني عن طريق محبسين , أحدهما لدرجة الحرارة والأخر للضغط. وعن طريق جهاز إلكتروني يمكن التحكم بدقة في درجة تحميص وسيط التبريد عند مخرج المبخر , وبالتالي يتشابه عمله مع عمل صمام التمدد الثيرموستاتي.