جامعة فلسطين التقنية \ خضوري
كلية فلسطين التقنية
قسم المهن الهندسية

أنظمة التحكم في التكييف والتبريد

م. محمد مؤمن جواعده

Eng. mohammad momen

مقدمة في أنظمة التحكم في أجهزة التكييف والتبريد

٥ - أنواع المتحكمات Controllers

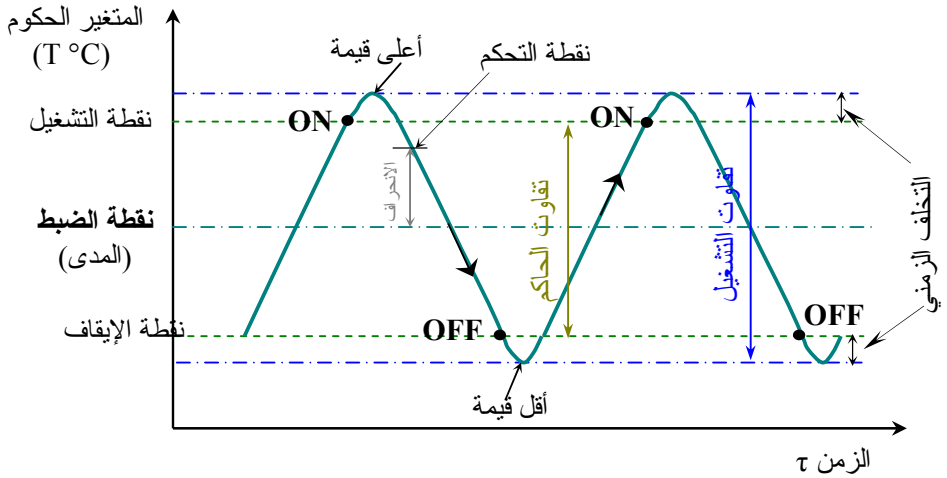
رأينا في الفقرة السابقة أن وظيفة عنصر المقارنة هي مقارنة إشارة الخروج النهائية (أو إشارة التغذية الخلفية) بإشارة الدخول (نقطة الضبط). الفرق بين الإشارتين يسمى الانحراف أو الخطأ. جهاز التحكم يستلم الإشارة الخارجة من عنصر المقارنة و يقوم بالتأثير المطلوب على الجهاز الموجه لإحداث التغيير المناسب على المتغير المحكوم. و يسمى ذلك "**أثر التحكم**" أو "تأثير التحكم". وفي مجال التبريد و تكييف الهواء تستخدم طرق متعددة لتأثير التحكم منها:التحكم ذو وضعين،التحكم التناسبي،التحكم التكاملي،التحكم العائم و التحكم التفاضلي...إلخ

٥ -١ التحكم ذو وضعين Two Position control ON-OFF

في هذا النوع من مؤثرات التحكم يكون الخروج في أحد موضعين: قيمة كبرى ON أو قيمة صغرى OFF، و ليس له أي وضع آخر بينهما.

فمثلا إذا كان الجهاز الموجه صمام كهرمغناطيسي فإما أن يكون مفتوحا بالكامل ON أو مقفلا بالكامل OFF. و إن كان مفتاحا كهربائيا فإما أن يكون موصلا ON أو فاصلا للتشغيل OFF. لذلك

فإن المتغير المحكوم يتراوح بين قيمتين طيلة فترة التشغيل (أعلى قيمة و أقل قيمة). و يتم تمثيل منحنى المتغير المحكوم مع الزمن على النحو التالي:



شكل (1-13): المنحنى الزمني للمتغير المحكوم

(تكييف غرفة صيفا)

من المنحنى الزمني يمكن تحديد القيم التالية:

❖ **تفاوت الحاكم**: هو مقدار التغير في المتغير المحكوم الذي يجعل الحاكم يرسل إشارة إلى الجهاز الموجه لإحداث التأثير المطلوب، و يحدد كما يلي:

تفاوت الحاكم = الفرق بين نقطة التشغيل و نقطة الإيقاف (OFF-ON) أو (ON-OFF) حسب موقع النقطتين على المنحنى الزمني

- **تفاوت التشغيل**: هو الفرق الحقيقي في المتغير المحكوم و يحدد ب:

تفاوت التشغيل = تفاوت الحاكم + ضعف التخلف الزمني أو تفاوت الحاكم = أعلى قيمة – أقل قيمة

❖ **التخلف الزمني**: هو التغير الطفيف الذي يطرأ على المتغير المحكوم بعد تأثير الحاكم مباشرة. قيمة التخلف الزمني تخضع إلى مدى سرعة الوحدة للاستجابة لتأثير التحكم و إحداث التغيير الفعلي في المتغير المحكوم وذلك بعكس اتجاه تغيره.

❖ **نقطة الضبط** (المدى): هي القيمة التي يتم تعديل جهاز التحكم عليها مسبقا، وهي متوسط قيمتي التشغيل و الإيقاف.

$$\text{المدى} = \frac{\text{OFF} + \text{ON}}{2}$$

❖ **أعلى قيمة**: هي أقصى قيمة يصلها المتغير المحكوم.

أعلى قيمة = المدى + نصف تفاوت التشغيل

❖ **أقل قيمة**: هي أقل قيمة يصلها المتغير المحكوم.

أقل قيمة = المدى - نصف تفاوت التشغيل

❖ **الانحراف**: هو الفرق اللحظي بين نقطة الضبط و نقطة التحكم.

الانحراف = نقطة التحكم – نقطة الضبط

❖ **نقطة التحكم**: هي القيمة الحقيقية للمتغير المحكوم (في أي لحظة) الناتجة عن توجيه الحاكم.

❖ **الحساسية**: هي النسبة بين التغير في قيمة طاقة التحكم Control Energy (CE) و المتغير المحكوم Controlled Variable (CV).

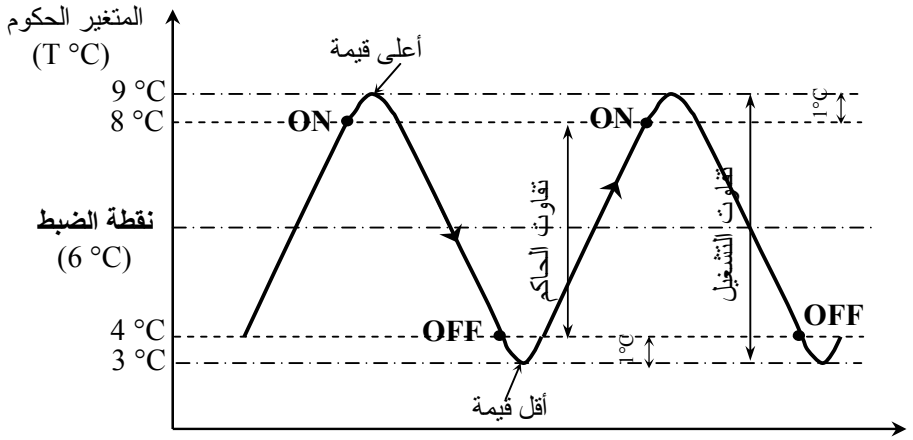
$$\text{الحساسية} = \frac{\Delta CV}{\Delta CE}$$

مثال (5)

ثلاجة منزلية توصل عند 8 °C و تفصل عند 4 °C (على مستوى غرفة التبريد العادي). التخلف الزمني يقدر ب 1 °C. ارسم المنحنى الزمني للمتغير المحكوم مع تحديد كل القيم الخاصة به.

الإجابة

في هذا المثال العملية المطلوبة هي (عملية تبريد) و المتغير المحكوم هو درجة الحرارة داخل الثلاجة.،فتشغيل دورة التبريد تتم عند ارتفاع درجة الحرارة داخل غرفة التبريد العادي، لذلك يكون المنحنى الزمني للمتغير المحكوم كالتالي:



شكل (1-14): المنحنى الزمني لعملية تبريد داخل ثلاجة منزلية

من نص المسألة نستطيع تحديد القيم التالية:

- نقطة التشغيل: 8 °C
- نقطة الإيقاف: 4 °C
- التخلف الزمني: 1 °C

و باستعمال القوانين التي تم ذكرها سابقا يمكن تحديد :

- المدى: $\frac{OFF + ON}{2} = \frac{4 + 8}{2} = 6\ °C$
- تفاوت الحاكم: $OFF - ON = 4\ °C$
- تفاوت التشغيل: $4 + 1x2 = 6\ °C$
- أعلى قيمة: $8 + 1 = 9\ °C$
- أقل قيمة: $4 - 1 = 3\ °C$

ملاحظة

يستخدم التفاوت الكبير للتحكم ذي الوضعين في الوحدات التي تستلزم معادلة الضغوط لتسهيل بدء التقويم. إضافة إلى كون نظام التحكم ذو الوضعين لا يمكن من القيام بتحكم نسبي يتوافق مع التغير الظرفي للحمل داخل الحيز المكيف فإنه يعطي تفاوت تحكم كبير نسبيا (من ٤ إلى ٦ درجات). تفاوت الحاكم هذا لا يناسب بعض التطبيقات الخاصة في مجال التبريد و التكييف التي تتطلب درجة حرارة شبه ثابتة طيلة فترة الخزن (التحكم في درجة حرارة داخل بنوك الدم أو مخازن الأدوية و المواد البيولوجية المخبرية...). ففي هذه التطبيقات لا يمكن استخدام نظام التحكم ذي الوضعين.

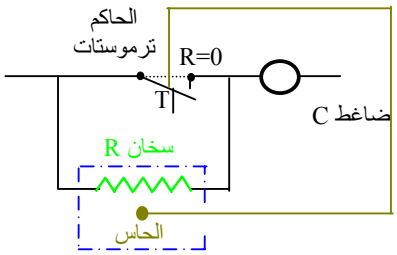
يمكن تحسين أداء نظام التحكم ذي الوضعين بالتعديل في زمن الاستجابة الأمر الذي يمكن من التقليل من تفاوت الحاكم. و من بين الطرق المستخدمة لهذا الغرض نظام التحكم **ذو الوضعين الموقوت.**

❖ **التحكم ذو الوضعين الموقوت**

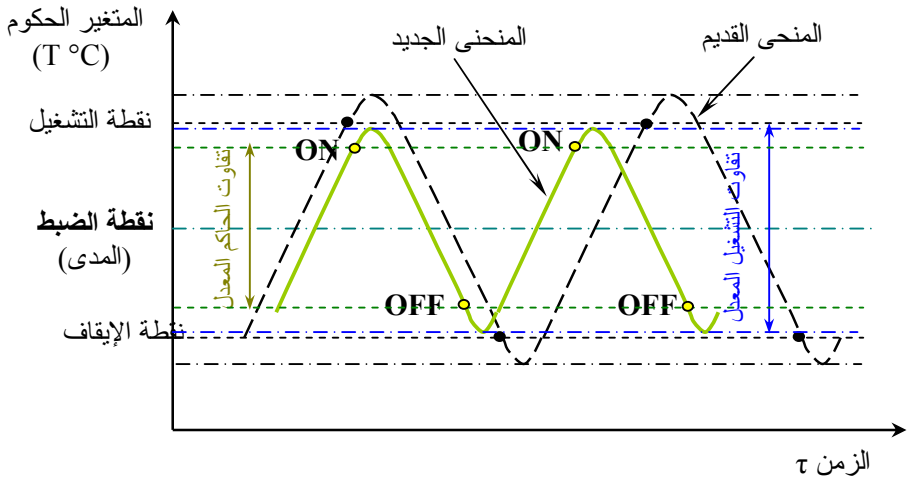
يستخدم هذا النوع من تأثير التحكم لتخفيض مقدار تأخير الاستجابة في نظام التحكم ذو الوضعين و بالتالي تخفيض تفاوت التشغيل. حيث يعدل من تفاوت ثنائي الوضع ذي التخلف الكبير نسبيا بتقليله.

ففي عملية التبريد ، باستخدام دورة تبريد مثلا ، يوضع سخان كهربائي صغير بجوار حاس درجة الحرارة داخل الحيز المبرد. و يتم توصيل هذا السخان بحيث يشتغل في فترة توقف الضاغط فقط. فعند توقف الضاغط يبدأ السخان الكهربائي بتسخين الهواء الملامس للحاس فيتوهم هذا الأخير أن درجة حرارة الهواء داخل الغرفة كلها قد ارتفعت فيرسل إشارة لجهاز تحكم الضاغط فيبدأ في العمل قبل بلوغ نقطة التشغيل الأساسية. الأمر الذي يقلل من مقدار تفاوت الحاكم كما هو مبين في الشكلين (1ه1- -أ و

1ـ15 -ب). بهذه الطريقة نكون قد عجلنا تشغيل الضاغط بالتخفيض من تفاوت الحاكم لذلك يسمى هذا النوع من تأثير التحكم " التحكم ذو الوضعين الموقوت في وضع تعجيل".



شكل (1-15 -أ): طريقة توصيل السخان لتعجيل عمل الضاغط



شكل (1-15 -ب): المنحنى الزمني للمتغير المحكوم لنظام التحكم ذي الوضعين الموقوت

(في وضع تعجيل)

و هناك نوع آخر من التحكم ذو الوضعين الموقوت يستخدم لمنع تشغيل الضاغط على فترات قصيرة في أجهزة تكييف الشباك و الثلاجة المنزلية و في وحدات التبريد الكبيرة...إلخ

في هذه الحالات يتم التحكم في تشغيل الضاغط حيث لا يعمل إلا بعد فترة زمنية قصيرة (2 – 3 دقائق).

و يسمى هذا النوع من تأثير التحكم " التحكم ذو الوضعين الموقوت في وضع تأخير".

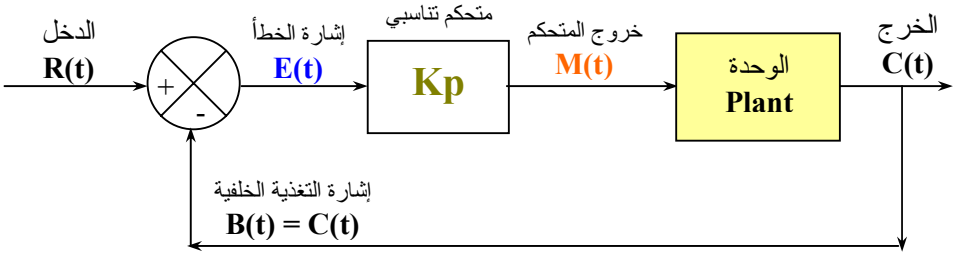
5 – ٢ التحكم التناسبي Proportional Controller

في التحكم التناسبي يتغير موضع أداة التحكم استجابة للمتغيرات الطفيفة (الانحراف) في المتغير المحكوم، حيث تتغير قيمة وسيلة التحكم بمقدار يتناسب مع الانحراف في المتغير المحكوم.

في هذا النوع من أنماط التحكم يعمل الحاكم التناسبي (Proportional Controller) على تكبير إشارة الخطأ حتى يتبينها الجهاز الموجه و يحدث في حينه التأثير المطلوب. الأمر الذي يمكن من المحافظة

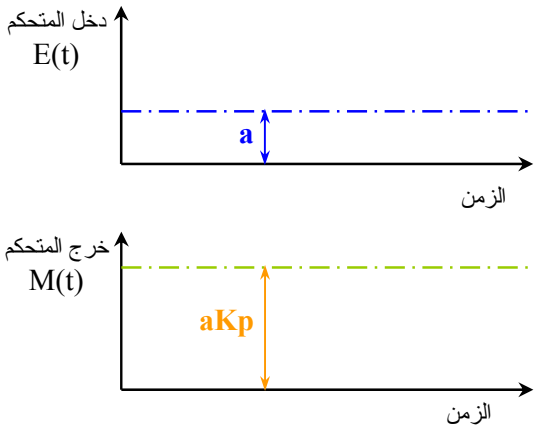
على نقطة الضبط شبه ثابتة. و يستخدم هذا النوع من التحكم في التطبيقات التي لا تحتمل انحرافا كبيرا عن نقطة الضبط (بنوك الدم، مخازن الأدوية الحساسة، مخازن الألبان، مختبرات التجارب العلمية...إلخ). و يعمل التحكم التناسبي على إمداد الحيز المكيف أو المبرد بكمية من الحرارة تساوي تقريبا الفقد أو الكسب الحراري فيه، مما يمكن من الحفاظ على درجة حرارة شبه ثابتة داخل المكان.

الشكل(1-16 -أ) يبين رسما صندوقيا لنظام تحكم تناسبي. حيث يقوم المتحكم التناسبي بضرب إشارة الخطأ E بمقدار ثابت Kp يسمى الكسب التناسبي (Proportional gain). و من خصائص هذا النوع من التحكم أنه كلما زادت قيمة كسب التحكم ، تقل قيمة الخطأ E. غير أن ذلك قد يؤدي إلى حدوث ترددات كثيرة في إشارة الخروج أو عدم استقرار النظام. لذلك يجب اختيار القيمة المناسبة لقيمة الكسب التناسبي Kp.



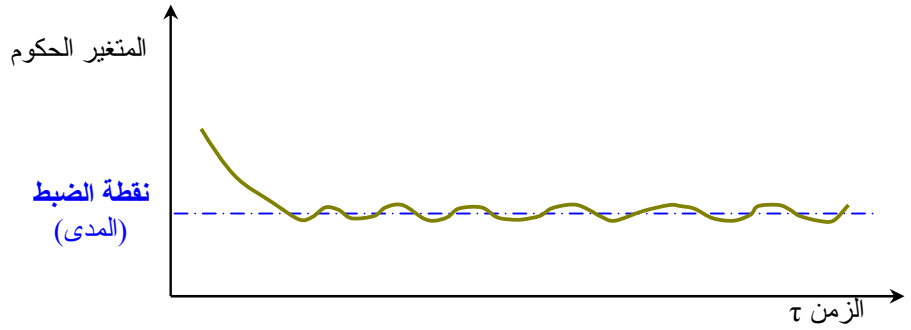
شكل (1-16 -أ): الرسم الصندوقي لنظام تحكم تناسبي

و يبين الشكل (1-16 -ب) إشارتي الدخول و الخروج بالنسبة للمتحكم التناسبي. فإذا كانت قيمة إشارة دخول المتحكم (وهي إشارة الخطأ) تساوي E(t) = a . فإن قيمة إشارة خروج المتحكم هي حاصل ضرب كسب المتحكم Kp و قيمة الخطأ a أي aKp. و يتضح من هذا أن عمل المتحكم التناسبي أساسا هو كمكبر (Amplifier).



شكل (1-16 -ب): إشارتي الدخول والخروج لنظام تحكم تناسبي

الشكل (1-16 -ج) يبين تغير قيمة إشارة الخروج لنظام تحكم تناسبي مع الزمن حيث يتم المحافظة على نقطة الضبط شبه ثابتة.

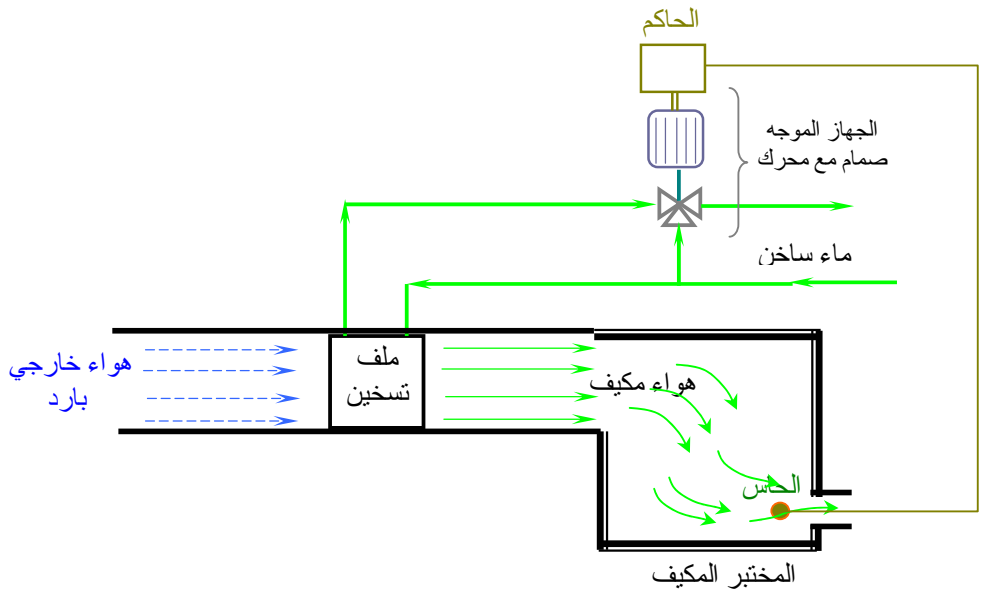


شكل (1-16 -ج): المنحنى الزمني لخرج نظام تحكم تناسبي

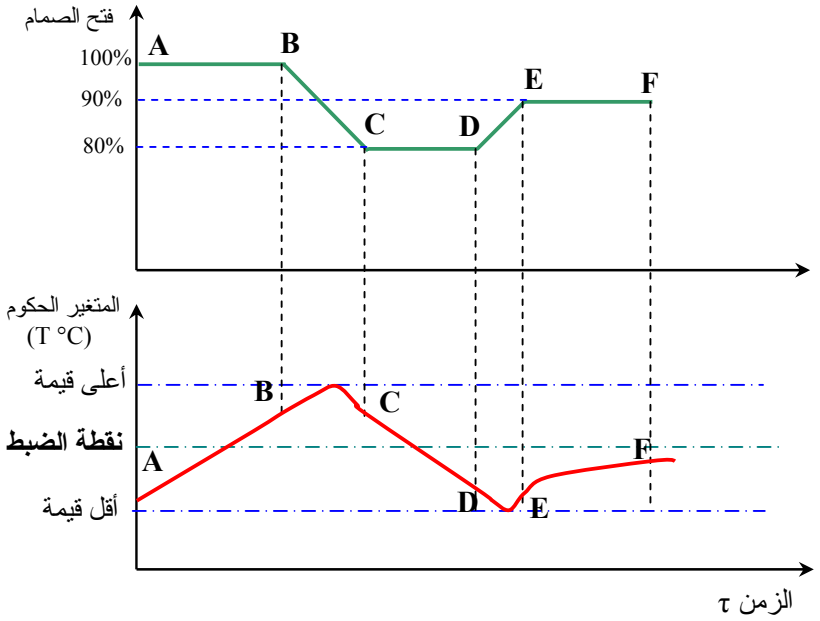
الأمثلة التالية تبين بعض التطبيقات العملية لنظام التحكم التناسبي.

مثال (6): تكييف مختبر تجارب علمية شتاء

في هذا التطبيق المطلوب المحافظة على درجة حرارة شبه ثابتة داخل المختبر حتى لا تؤثر التغيرات في الحرارة على دقة نتائج التجارب العلمية. لذلك يستخدم نظام تحكم تناسبي حيث يتم تنظيم سعة ملف التسخين بواسطة صمام ثلاثي مزود بمحرك كهربائي من نوع خاص يستطيع فتح أو غلق الصمام تدريجيا كما هو مشاهد على الشكل (1-17).



شكل (1-17 -أ): نظام تحكم تناسبي لتكييف مختبر علمي شتاء



شكل (1-17 -ب): المنحنى الزمني نظام تحكم تناسبي لتكييف مختبر علمي شتاء

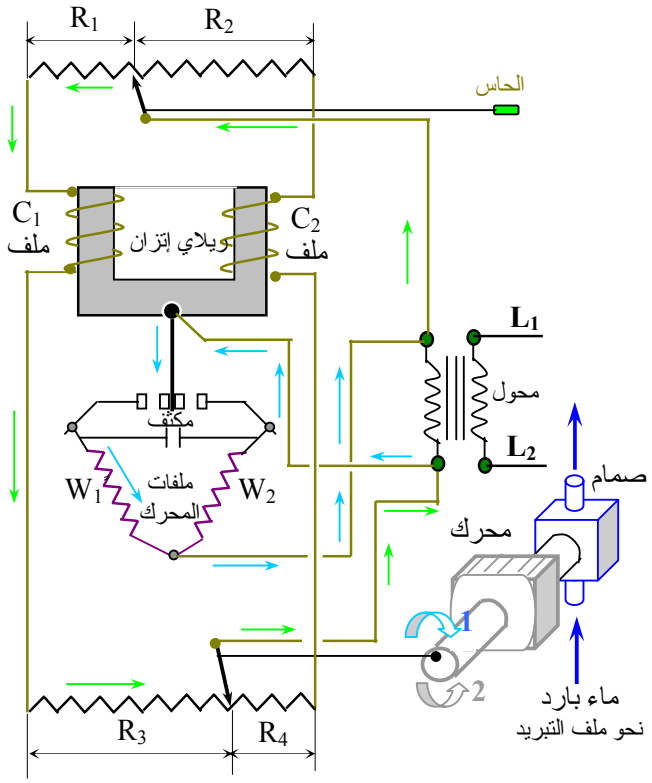
في هذا المثال يتغير معدل سريان الماء الساخن تناسبيا مع تغير درجة الحرارة داخل المختبر و بتأثير من الحاكم كالتالي:

- AB الصمام مفتوح بالكامل و درجة حرارة الهواء داخل الغرفة تبدأ في الارتفاع
- عند النقطة B يبدأ الصمام في عملية الغلق بمعدل ثابت فتنخفض سعة ملف التسخين و بالتالي تبدأ درجة حرارة الهواء في الانخفاض حتى تصل إلى نقطة C.
- عند النقطة C تتوقف حركة الصمام و يظل عند هذا الوضع و ينتج عن هذا انخفاض درجة حرارة الهواء داخل الغرفة إلى أن تصل إلى نقطة D و هي الحد الأدنى حيث يبدأ الصمام في عملية الفتح بمعدل ثابت فتزداد سعة ملف التسخين مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء داخل الغرفة من النقطة E إلى النقطة F.

تفاوت الحاكم يبقى صغيرا إذا ما قورن بنظام التحكم ذي الوضعين.

مثال (7): نظام تحكم تناسبي كهربائي

نظام التحكم التناسبي الكهربائي يعمل بتأثير فرق الجهد المتغير خلال مقاومات كهربائية متغيرة بتأثير من الحاكم كما هو مبين في الشكل (1-18).



شكل (1-18): نظام تحكم تناسبي كهربائي

هذا النظام يحتوي على محرك ذي مكثف كهربائي يمكن عكس دورانه مع ريلاى اتزان و فرق في الجهد متغير للتغذية (محول) و مجموعة إدارة التحكم في السرعة. و يستخدم هذا النظام للتحكم في درجة حرارة الحيز المكيف بشكل تناسبي.

حاس درجة الحرارة مثبت في المكان المكيف و بتغير درجة الحرارة يتغير موضع مقياس فرق الجهد مما يحدث تغير في التيار الكهربائي المار في المقاومات R_1 و R_2. و بالتالي تغير المجال المغناطيسي في كل من الملفات C_1 و C_2 (طرفي ريلاى الاتزان). فيسبب ذلك انحراف الريلاى يمينا أو شمالا لتوصيل أحد ملفات المحرك W_1 أو W_2. عندها يدور عمود المحرك في اتجاه التوصيل و يتحرك الذراع الثبت عليه مسببا في تغير المقاومات R_3 و R_4 لمعادلة التغير الذي طرأ على المقاومتين R_1 و R_2 . و كنتيجة لذلك تتغير قيمة التيار مرة أخرى و يعود ريلاى الاتزان إلى وضع الاتزان عندما تكون وضعية المقاومات الكهربائية الأربعة كالتالي:

$$R_4 + R_2 = R_3 + R_1$$

❖ عند ارتفاع درجة الحرارة داخل الحيز المكيف يتمدد الغاز داخل بصيلة الحاس فيدفع مقياس فرق الجهد إلى اليسار فتصبح $R_1 < R_2$. و يكون التيار المار عبر R_1 أكبر من التيار المار عبر R_2، أي $I_1 > I_2$ مما يحدث مجال مغناطيسي في الملف C_1 أكبر منه في الملف C_2.

$$C_1 > C_2 \Leftarrow I_1 > I_2 \Leftarrow R_1 < R_2$$

و تبعا لذلك ينحرف ريلاى الاتزان إلى اليسار و يوصل ملفات المحرك فيدور في الاتجاه (1) الأمر الذي يسبب في تكبير المقاومة R_3 و تصغير المقاومة R_4 حتى يحدث الاتزان من جديد عندما تحصل المعادلة:

$$R_4 + R_2 = R_3 + R_1$$

عندها يتوقف المحرك.

❖ عند انخفاض درجة الحرارة داخل الحيز المكيف ينكمش الغاز داخل بصيلة الحاس فيتحرك مقياس فرق الجهد إلى اليمين مسببا في تكبيرٌ R_1 و تصغير R_2. فيحدث مجال مغناطيسي في الملف C_2 أكبر منه في الملف C_1.

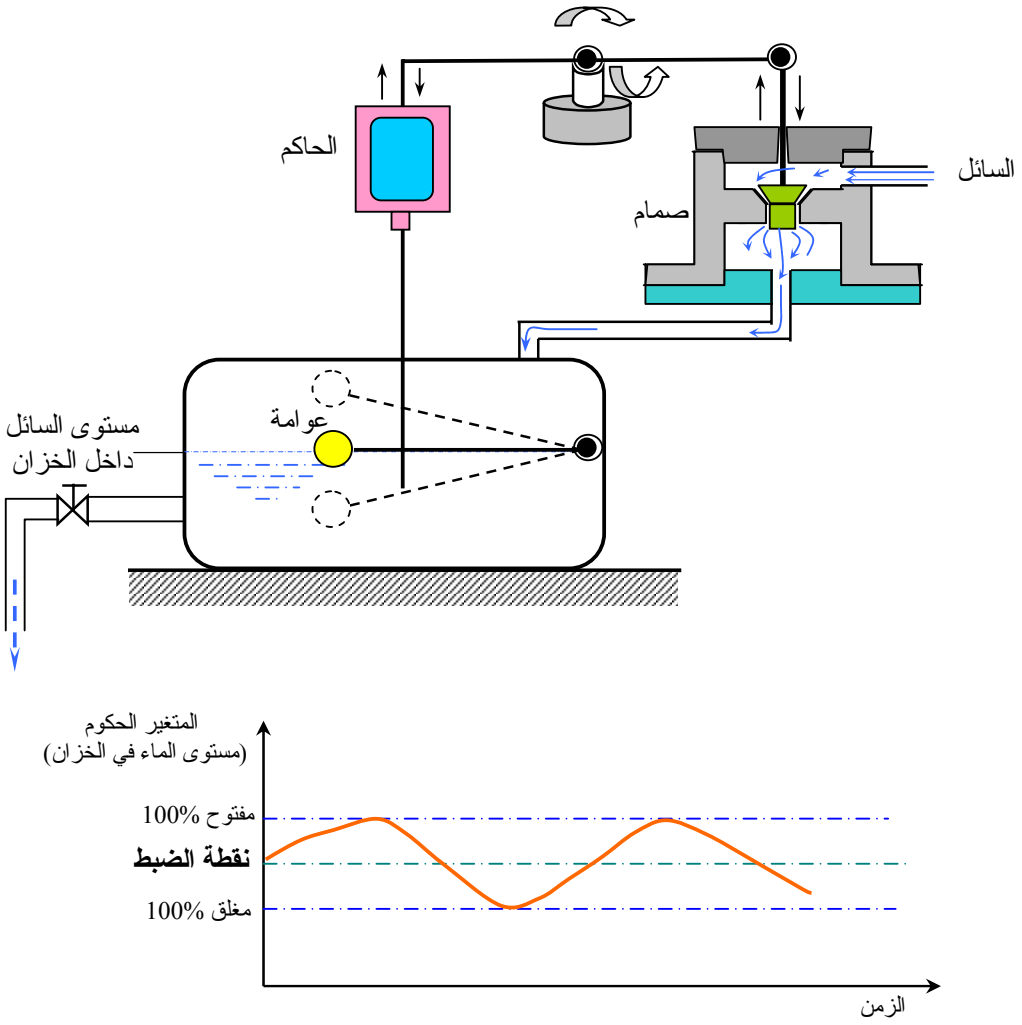
$$C_1 < C_2 \Leftarrow I_1 < I_2 \Leftarrow R_1 > R_2$$

عندها يتحرك ريلاى الاتزان إلى اليمين مسببا توصيل ملفات المحرك W_2 فيدور العمود في الاتجاه الثاني (2) مسببا تكبير R_3 و تصغير R_4 حتى يحدث الاتزان من جديد و يتوقف المحرك.

علما و أن دوران عمود المحرك، إضافة إلى تغيير المقاومات الكهربائية R_3 و R_4، فإنه يسبب في فتح أو غلق صمام مسببا في تغيير وسيلة التحكم (ماء بارد).

مثال (8): التحكم التناسبي العائم

الشكل (1-19) يبين نظام تحكم عائم يستخدم للتحكم في مستوى السائل داخل الخزان (ماء أو مائع تبريد). فبتأثير الحاكم يتحرك الجهاز الموجه إما في إتجاه موضع القفل و إما في اتجاه موضع الفتح بالنسبة للصمام. المتغير المحكوم هو مستوى الماء في الخزان و يتغير تناسبيا و فق كمية المياه الخارجة و نسبة فتح الصمام كما يبين ذلك المنحنيان المواليان.



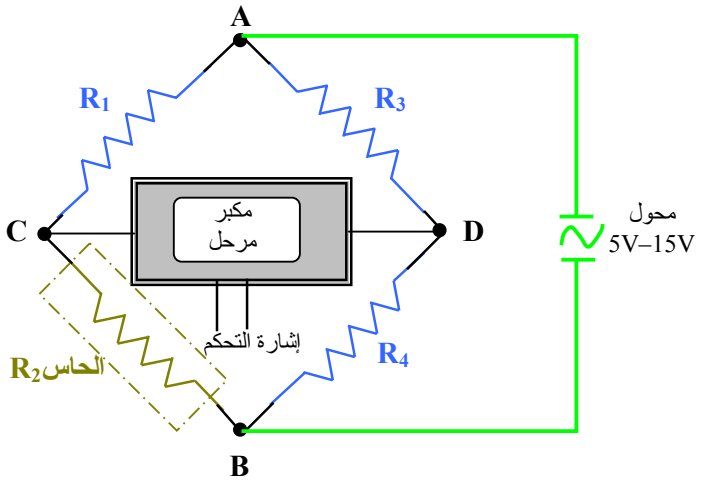
شكل (1-19): نظام تحكم تناسبي عائم

مثال (9): التحكم التناسبي الإلكتروني

تعتبر دورة وستين الأساس لكل دوائر التحكم الإلكتروني المستخدمة في معدات التبريد و التكييف. الشكل (1-20) يوضح قنطرة هوستون المعدلة لتناسب التحكم الإلكتروني، حيث يستخدم تيار متردد بدلا من التيار الثابت و مرحل مكبر بدلا من الجلفاومتر.

المقاومات المستخدمة R_1، R_3 ، R_4 و كذلك العنصر الحاس R_2 متساوية بقيمة 1000Ω لكل مقاومة. و تتغير قيمة المقاومة بتغير درجة الحرارة. تتزن القنطرة عندما تكون القراءة على الجهاز المكبر صفر.

عند حدوث تغيير في درجة الحرارة تتغير المقاومة R_2 (الحاس) و يسري تيار عبر المرحل فالمكبر و منه إلى عنصر التحكم النهائي ليعمل بدوره على تغيير موضع الجهاز الموجه لتعديل قيمة وسيلة التحكم.

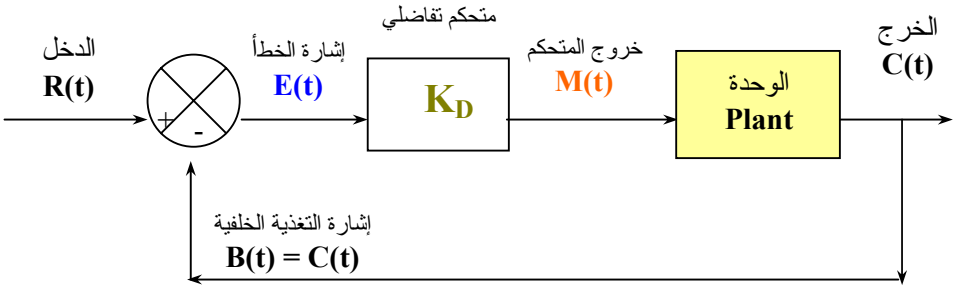


شكل (1-20): نظام تحكم إلكتروني

(قنطرة وستون المعدلة)

٥ – ٣ التحكم التفاضلي Derivative Controller

في هذا النوع من التحكم يستخدم متحكم تفاضلي (Derivative Controller) يقوم باجراء عملية تفاضل على إشارة الخطأ. ففي حالة ثبات قيمة دخل المتحكم التفاضلي (ثبات إشارة الخطأ) فإن خرج المتحكم التفاضلي يكون صفرا (M(t) = 0) وذلك لأن تفاضل المقدار الثابت يساوي صفر. ولذلك فإن المتحكم التفاضلي لا يستخدم بمفرده في الحياة العملية لأنه يعمل فقط في الحالات العابرة أثناء تغير إشارة الخطأ لتثبيته و لسرعة الوصول إلى نقطة التحكم. الشكل (1-21-أ) يبين رسماً صندوقياً لنظام تحكم تفاضلي.

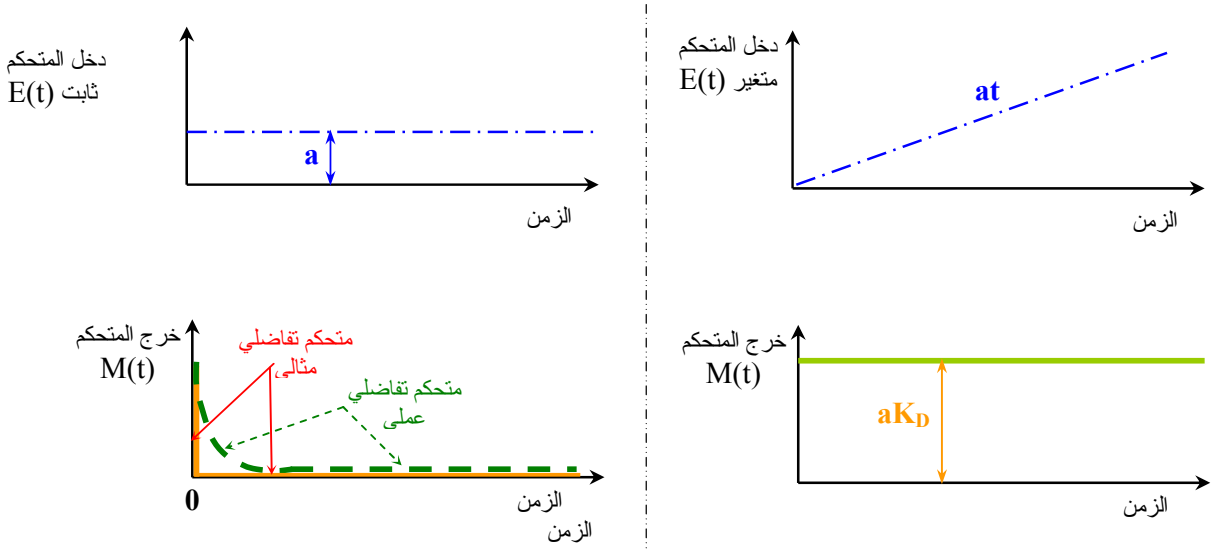


شكل (1-21 -أ): الرسم الصندوقي لنظام تحكم تفاضلي

و تكون إشارة خروج المتحكم التفاضلي كالتالي:

$$M(t) = K_D \frac{d}{dt}[E(t)]$$

يمكن تمثيل إشارة خروج المتحكم التفاضلي وفقا لإشارة الخطأ كما يلي (الرسم 21 -ب):

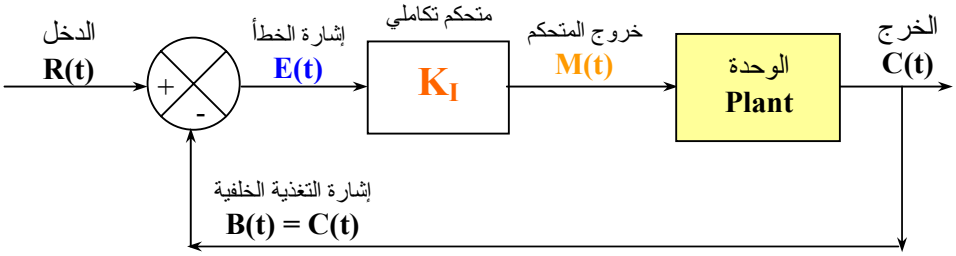


شكل (1-21 -ب): إشارة الخروج لنظام تحكم تفاضلي

٤ -٥ التحكم التكاملي Integral Controller

يتميز هذا النوع من التحكم باستخدام متحكم تكاملي (Integral Controller) يقوم بإجراء عملية تكامل لإشارة الخطأ و ذلك لتكبيرها مع الزمن و بالتالي التأثير الفوري على النظام المراد التحكم فيه حتى يزداد الخرج و يتساوى مع الدخل و تصبح إشارة الخطأ صفر.

الشكل (1-22 -أ) يبين رسما صندوقيا لنظام تحكم تكاملي.



شكل (1-22 -أ): الرسم الصندوقي لنظام تحكم تكاملي

ففي حالة استقرار الحمل الحراري تكون إشارة الخرج متساوية مع إشارة الدخل و بالتالي تكون إشارة الخطأ صفر يعني:

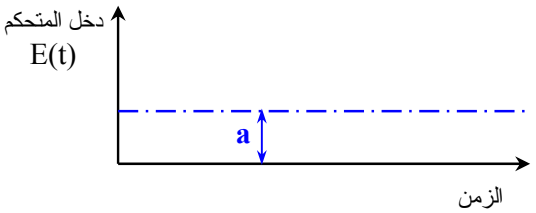
$$E = 0$$

عند حدوث تغير في الحمل تتغير إشارة الخرج للمنظومة و تصبح إشارة الخطأ بين الخرج و الدخل ثابتة بحيث $E(t) = a$ كما هو مبين على الرسم (1-22 -ب). و تبعا لذلك تصبح الإشارة الخارجة من المتحكم التكاملي $M(t)$ كما يلي:

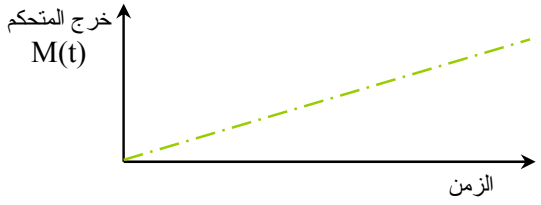
$$M(t) = K_I \int_0^t a \, dt$$

$$M(t) = K_I \, at$$

و عملية الضرب في الزمن في المعادلة التالية تجعل من الإشارة الخارجة من المتحكم $M(t)$ متغيرة مع الزمن كما هو موضح في الشكل (1-22 -ج).



شكل (1-22 -ب)



شكل (1-22 -ج)

تأثير المتحكم التكاملي على إشارة الخطأ

و يؤثر هذا التزايد على النظام المراد التحكم فيه حتى يزداد الخرج C(t) و يتساوى مع الدخل R(t) و تصبح إشارة الخطأ صفر $E(t) = 0$. و بذلك يعمل المتحكم التكاملي على تلافي الخطأ بين الدخل و الخرج بتعديل قيمة الخرج حتى تتساوى تماما مع قيمة الدخل.

و هذا النوع من التحكم بالرغم من أنه يحقق الدقة المطلوبة ويتلاشى الخطأ بين الدخل R(t) و الخرج C(t) إلا أنه قد يؤدي ٬عدم استقرار النظام إذا كانت ثابت معدل الضبط K_I عالية.و كلما زادت قيمة هذا المعدل كلما كانت عملية إعادة الضبط أسرع. غير أن ذلك قد يؤدي إلى حدوث ترددات كثيرة في الخرج أو عدم استقرار. لذلك يجب اختيار القيمة المناسبة للمعدل K_I.

٥ -٣ الترموستات Thermostat

كلمة ترموستات تتكون من جزئين (Therm) وتعنى الحرارة و (stat) و تعني الثبات و الاستقرار. فيكون المعنى الكامل الحرارة الثابتة أو المستقرة. و وظيفة الجهاز المسمى بالترموستات المحافظة على درجة الحرارة ثابتة.

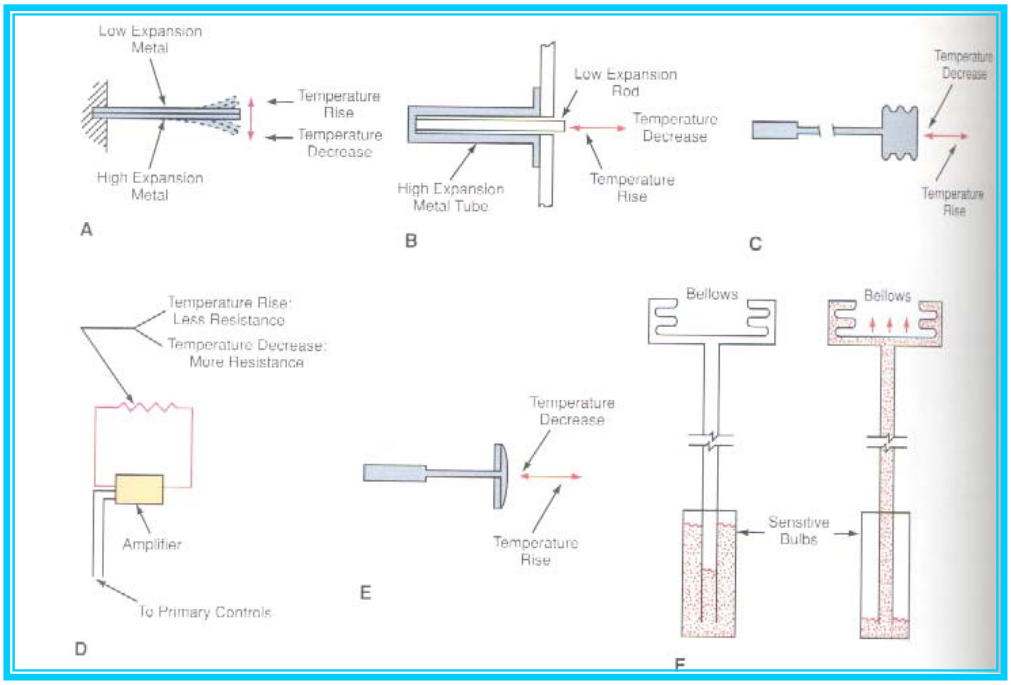
وفي الحقيقة يؤدي استخدام الترموستات إلى المحافظة على درجة الحرارة ثابتة من خلال مدى معين (تفاوت) لا تتجاوزه و ذلك بمراقبة وسيلة التحكم المستخدمة (ماء بارد ، ماء ساخن، مائع تبريد ، هواء مكيف، تيار كهربائي...إلخ). و يتوقف مقدار التفاوت على حساسية الترموستات و دقته.

و الترموستات تشمل نقاط تماس كهربائية يمكن و صلها أو فصلها بعدة طرق منها :

- حركة شريحة ثنائية المعدن (شريحة مزدوجة) Bi-metal
- تمدد مائع داخل بصيلة Bulb
- ضغط بخار داخل منفاخ Bellow

و تعطي هذه الطرق الثلاث تأثيرا ميكانيكيا يستخدم مباشرة في تشغيل مفتاح كهربائي (SwitchON/OFF) كما هو مبين على الشكل (2-19).

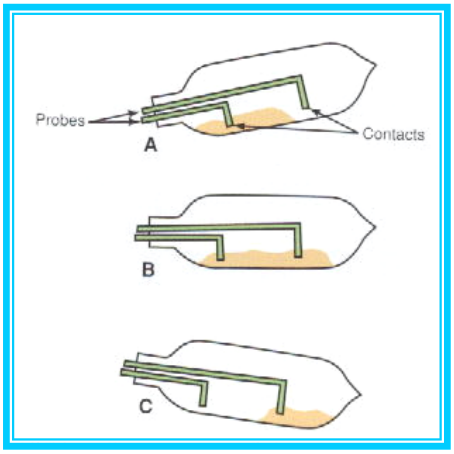
كذلك يمكن أن يشتغل الترموستات في نظام التحكم التناسبي حيث تستغل الحركة الميكانيكية للشريحة المزدوجة لتغيير مقاومة كهربائية موصولة بنظام التحكم. في هذه الحالة يسمى ترموستات تعديلي.



شكل (2-19): طرق تأثير الترموستات [1]

A شريحة معدنية مزدوجة - B معدن ذو معدل تمدد طولي كبير تحت تأثير الحرارة - C منفاخ مشحون غاز - D مقاومة متغيرة مع الحرارة - E غشاء معدني مرن - F بصيلة حساسة

وفي بعض التطبيقات يتم استخدام مفاتيح زئبقية (Mercury Switches) بدل من نقاط التلامس العادية في المفاتيح الكهربائية و ذلك لتجنب الغبار و الأتربة التي قد تأثر على التوصيلات الكهربائية كما هو مبين على الشكل (2-20).



شكل (2-20): شكل المفتاح الزئبقي

و عادة ما يقترن اسم الترموستات بمجال استخدامها أو بالجزء المركب عليه فنقول مثلا:

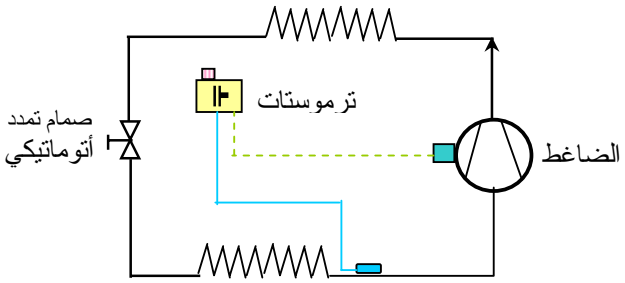
- ترموستات الغرفة Room Thermostat
- ترموستات الجو الخارجي Outside Air Thermostat
- ترموستات المروحة Fan Thermostat
- ترموستات ملف (تبريد أو تسخين) Coil Thermostat

و في ما يلي بعض التطبيقات التي تستخدم فيها الترموستات كجهاز تحكم:

1 - ترموستات الغرفة

يستخدم ترموستات الغرفة للتحكم في درجة حرارة الغرفة و يتم تركيبه داخل الحيز المكيف. و يستعمل للعديد من التطبيقات منها:

❖ التحكم في تشغيل و إيقاف الضاغط في و حدات التبريد و تكييف الهواء (الشكل 2-21)



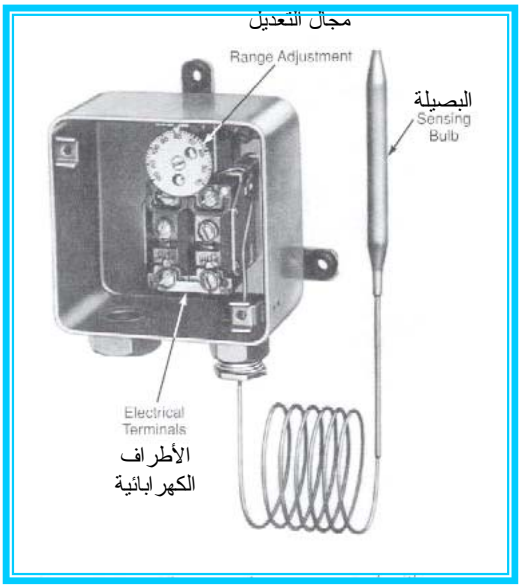
شكل (2-21): ترموستات غرفة للتحكم في تشغيل الضاغط وحمايته من طفح المبخر

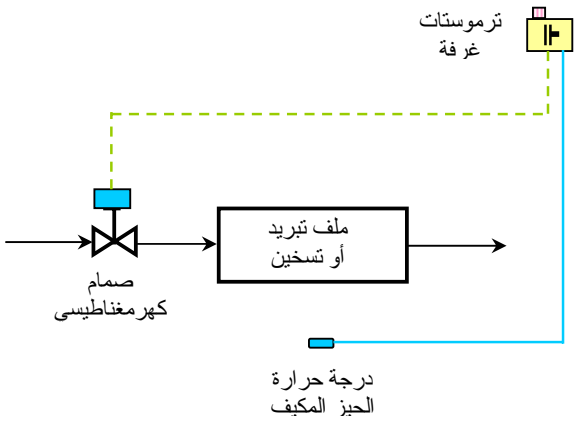
❖ التحكم في صمام ملف تبريد و ملف تسخين (الشكل 2-22)

ويسمى ترموسات تبريد أو ترموستات تسخين. في هذه الحالة يتحكم الترموستات في:

- فتح و غلق الصمام الذي يزود الملف بالماء البارد أو الساخن عند استخدام ملف
- وصل و فصل السخان الكهربائي عند التسخين بالكهرباء.

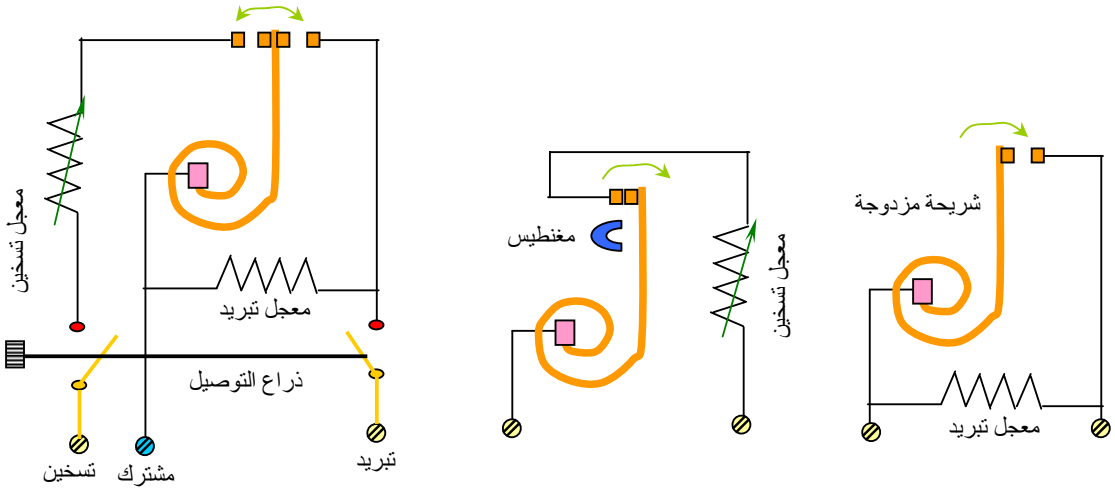
و تختلف ترموستات التبريد على ترموستات التسخين بوضع نقاط التلامس الكهربائي. فبالنسبة لترموستات التبريد تكون نقاط التلامس مفصولة (OFF) عندما تبرد حرارة الغرفة و موصولة (ON) عندما ترتفع درجة حرارة الغرفة فوق القيمة المسموح بها. أما بالنسبة لترموستات التسخين فتكون نقاط التلامس موصولة (ON) عند انخفاض درجة حرارة الغرفة تحت القيمة المسموح بها و مفصولة(OFF) عندما تسخن الغرفة.





شكل (2-22): ترموستات غرفة للتحكم في معدل سريان الماء [1]

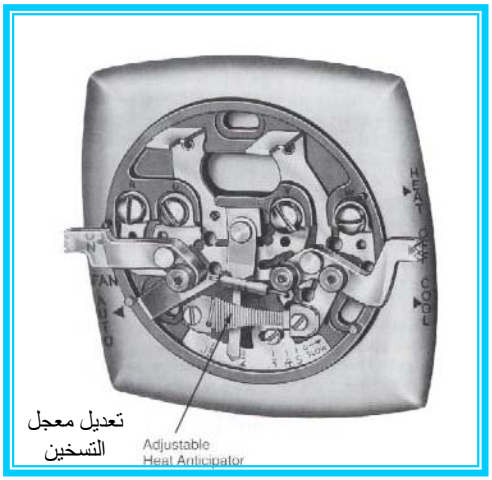
كما يمكن أن يشمل جهاز التحكم بالترموستات على معجل (Anticipator) للتقليل من تفاوت الحاكم. و يتكون المعجل من سخان كهربائي صغير يتم توصيله بشكل متوازي مع الشريحة المعدنية المزدوجة بحيث يعجل من غلق نقاط اللامس الترموستات قبل أن تصل درجة حرارة الغرفة إلى نقطة التشغيل أو الإيقاف كما هو مبين على الشكل (2-23 -أ) و (2-23 -ب).



رسم (2-23 -أ): تبريد رسم (2-23 -ب): تسخين رسم (2-23 -ج): تبريد/تسخين

شكل (2-23): ترموستات غرفة (تبريد – تسخين - مدمج) مع معجل

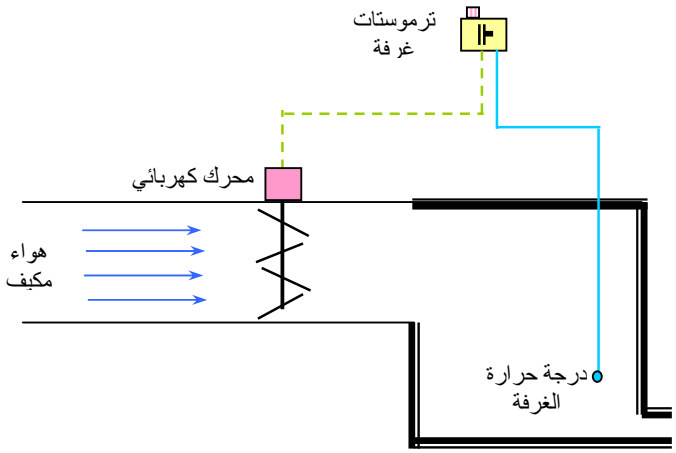
و هناك ترموستات مدمج (تبريد/تسخين) يمكن استخدامه للتحكم في التبريد و التسخين و يسمى أيضا ترموستات صيف/شتاء. و يستخدم للتحكم في المضخات الحرارية أو الوحدات التي تشتمل على نظام تبريد و تسخين في نفس الوقت. و تتكون من شريحة معدنية مزدوجة تمكن من فصل أو توصيل دائرتين كهربائيتين واحدة للتبريد و الأخرى للتسخين. كما تشمل معجل للتبريد و آخر للتسخين كما هو مبين على الشكل (2-23 -ج). الشكل (2-24) يبين التركيب الداخلي لترموستات تسخين مع معجل.



شكل (2-24): التركيب الداخلي لترموستات تسخين مع معجل.

❖ التحكم في خوانق الهواء (الشكل 2-25)

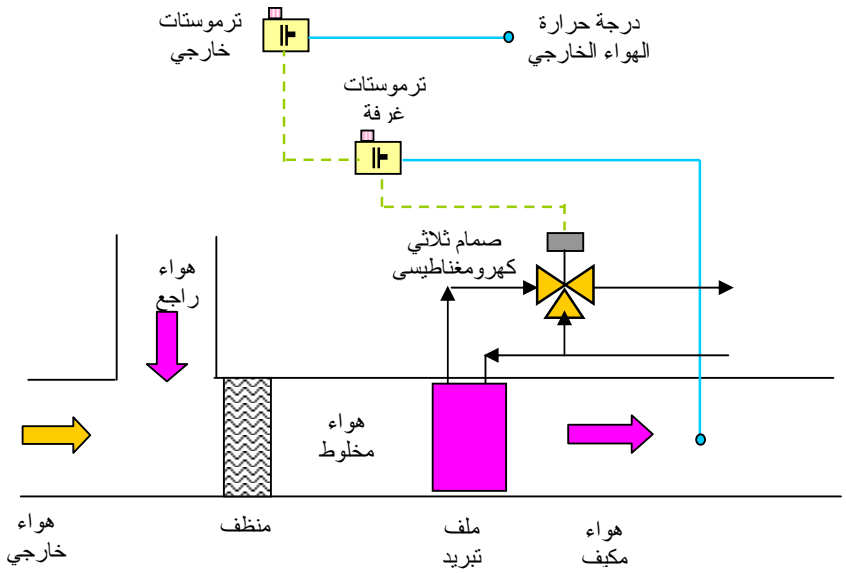
يستخدم الترموستات للتحكم في تشغيل المحرك الذي يعمل على تغيير اتجاه رياش توزيع الهواء في منظومات التكييف وذلك وفق التغير في الحمل.



شكل (2-25): ترموستات غرفة للتحكم في خوانق الهواء

2 - ترموستات الهواء الخارجي Outside air Thermostat

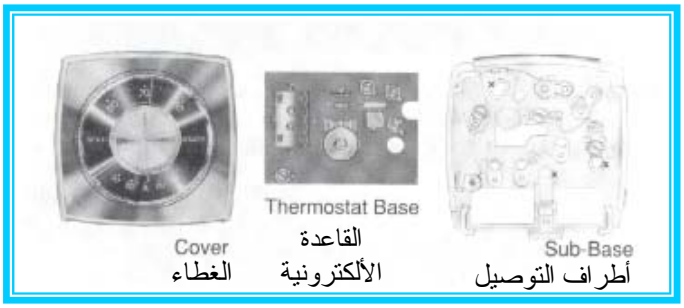
يتم تركيب الترموستات الخارجي خارج الحيز المراد تكييفه و ذلك لمراقبة تغير درجة حرارة الهواء الخارجي. و يعمل الترموستات الخارجي على تعديل نقطة ضبط الترموستات الداخلي الذي يتحكم في درجة حرارة هواء التغذية الخارج من ملف التبريد كما هو مبين على الشكل (2-26). فمثلا إذا انخفضت درجة حرارة الهواء الخارجي فإن ترموستات الهواء الخارجي يعمل على رفع نقطة ضبط الترموستات الداخلي مما يؤدي إلى التقليل من معدل سريان الماء البارد عبر ملف التبريد و هذا يساهم في الاقتصاد في الطاقة المستهلك.



شكل (2-26): ترموستات الهواء الخارجي

3 - الترموستات الإلكتروني Electronic Thermostat

تبعا للتطور الذي حصل على أنظمة التحكم في مجال التبريد و تكييف الهواء يستخدم الترموستات الإلكتروني. و يشمل هذا النوع من الترموستات نفس العناصر الأساسية مثل الترموستات العادي غير أن كل العمليات (إحساس، فصل/توصيل، توقيت...إلخ) تتم باستخدام قطع إلكترونية (ترنزيستور، ريلى، مكبر، معالج...إلخ). وهناك عدة أنواع من الترموستات الإلكتروني مستخدمة في أجهزة التبريد و التكييف الحديثة (وحدات التكييف المنفصلة، الوحدات المجمعة، المضخات الحرارية...إلخ) الشكل (2-27) يبين أنموذجاً للترموستات الإلكتروني.



شكل (2-27): أنموذجاً لترموستات إلكتروني

الفصل الاول

التحكم في تدفق وسيط التبريد

الجدارة: معرفة الأجهزة المستخدمة للتحكم في معدل سريان وسيط التبريد

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

- التعرف على مختلف المستخدمة للتحكم في معدل سريان وسيط التبريد و مجالات استخدامها.
- اختيار صمام التمدد الملائم لمختلف التطبيقات في مجال التبريد و تكييف الهواء.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل االطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90 %

الوقت المتوقع للتدريس: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الفصل الثاني من نفس المقرر .
- مختبر التحكم الآلي .
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في تكييف الورش و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- أساسيات علم الحراريات و الموائع
- قياسات
- الفصلين الأول و الثاني من نفس المقرر الدراسي.

١ - مقدمة

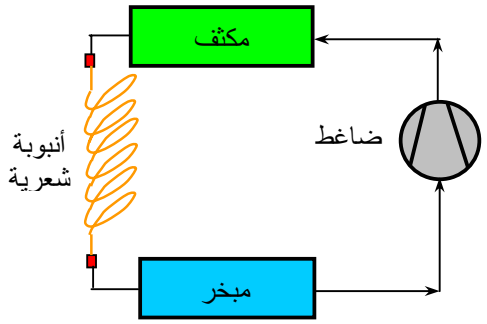
التحكم في تدفق وسيط التبريد عبر وحدات التبريد و التكييف له أهمية كبرى إذ أن له تأثير مباشر على السعة التبريدية لهذه الوحدات. و من ناحية أخرى فإن عدم التحكم الدقيق في معدل السريان قد يؤدي إلى اضطرابات في اشتغال دورات التبريد الأمر الذي ينعكس سلبا على كفاءتها. و من بين المشاكل المتأتية من عدم ضبط معدل سريان وسيط التبريد عطش المبخر الذي يؤدي إلى انخفاض السعة التبريدية. و كذلك طفح المبخر الناتج عن الزيادة المفرطة في كمية وسيط التبريد داخل المبخر. وهناك عدة طرق للتحكم في معدل سريان وسيط التبريد ، تختلف باختلاف طبيعة الحمل الحراري و نوع صمام التمدد المستخدم. في هذا الفصل سوف يتم دراسة مختلف صمامات التمدد المستخدمة في وحدات التبريد التكييف و طريقة اشتغالها و مجالات تطبيقها.

٢ - الأنبوبة الشعرية

٢ -١ خصائص الأنبوبة الشعرية

الأنبوبة الشعرية هي عبارة عن أنبوبة من النحاس الأحمر اللين صغير القطر تستخدم كصمام تمدد لخفض الضغط بين المكثف و المبخر. و يختلف انخفاض الضغط خلال الأنبوبة الشعرية تبعا لقطرها و طولها. و لا تحتوي الأنبوبة على أجزاء داخلية متحركة و لا تحتاج لعملية ضبط و يحدث الانخفاض في الضغط نتيجة احتكاك وسيط التبريد بالسطح الداخلي لها.

و يتم توصيل الأنبوبة الشعرية في دورة التبريد كما هو مبين على الشكل (3-1).



شكل (3-1): دورة تبريد تستخدم أنبوبة شعرية

و يتم تحديد معدل سريان الكتلة لوسيط التبريد خلال الأنبوبة الشعرية باستخدام قوانين ميكانيكا الموائع وفق المعادلة التالية:

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{\rho \, \Delta P \, \pi^2 \, d^5}{8 \, f \, L}}$$

حيث:

ρ - كثافة وسيط التبريد

L - طول الأنبوبة

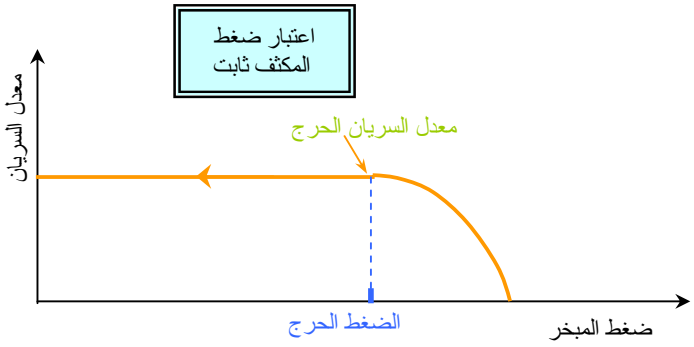
ΔP - الفرق في الضغط المرتقب بين المكثف و المبخر

f - معامل الاحتكاك على السطح الداخلي للأنبوبة

و من المعادلة السابقة نتبين أن معدل سريان وسيط التبريد يزداد بازدياد فرق الضغط بين المكثف و المبخر. و هذا يؤدي إلى الزيادة في سرعة مائع التبريد داخل الأنبوبة.

و عند ثبوت ضغط المكثف فإن سرعة سريان مائع التبريد داخل الأنبوبة تزداد بانخفاض ضغط المبخر حتى يصل إلى الضغط الحرج عندها تكون سرعة مائع التبريد مساوية لسرعة الصوت.

فإذا انخفض ضغط المبخر عن الضغط الحرج ضلت سرعة وسيط التبريد مساوية لسرعة الصوت. و بالتالي يبقى معدل السريان ثابت مهما قل ضغط المبخر عن قيمة الضغط الحرج كما هو مبين على الشكل (3-2).

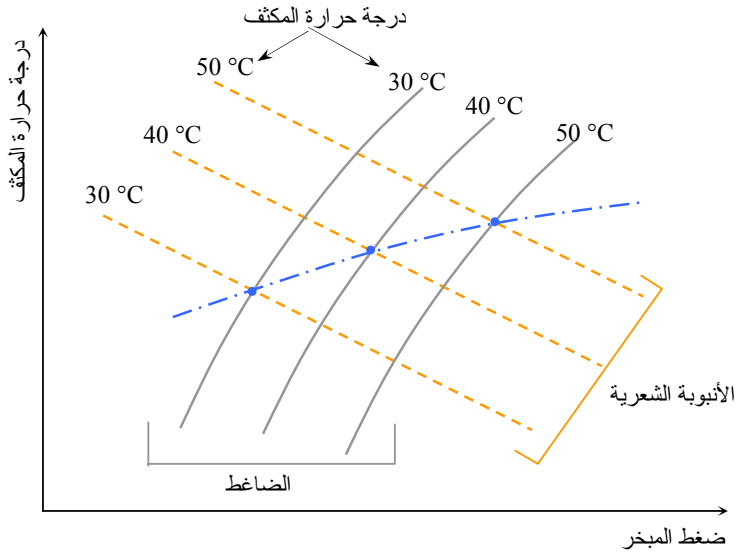


شكل (3-2): تغير معدل سريان وسيط التبريد مع ضغط المبخر

و تستخدم الأنبوبة الشعرية في الوحدات ذات الأحمال الحرارية الثابتة مثل الثلاجات المنزلية و المجمدات و وحدات التكييف الصغيرة.

٢ -٢ أداء الأنبوبة الشعرية

يوضح الشكل (3-3) العلاقة بين ضغط المبخر و معدل سريان مائع التبريد عبر الأنبوبة الشعرية من ناحية و عبر الضاغط من ناحية أخرى و ذلك عند درجات حرارة مختلفة بالنسبة للمكثف. و يتضح من الرسم أنه عند درجة حرارة تكثيف معينة، يؤدي زيادة ضغط المبخر إلى تقليل معدل سريان مائع التبريد خلال الأنبوبة الشعرية و زيادة معدل سريان مائع التبريد خلال الضاغط. و يتم الوصول إلى ضغط الاتزان للمبخر عندما يتساوى معدل سريان مائع التبريد في كل من الأنبوبة الشعرية و الضاغط. لذلك فإن تغير درجة حرارة المكثف يؤدي إلى الزيادة في ضغط الاتزان للمبخر و الزيادة في معدل سريان مائع التبريد.

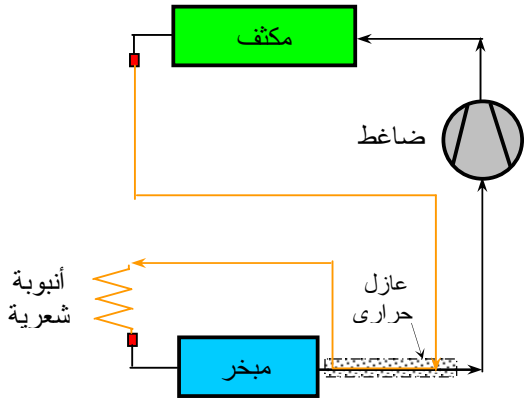


شكل (3-3): أداء الأنبوبة الشعرية عند تغير درجة حرارة المكثف [4]

٢ -٣ إستخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري

عند انخفاض الضغط أثناء مرور مائع التبريد داخل الأنبوبة الشعرية تتغير حالة وسيط التبريد حيث يصبح داخل منطقة التشبع مما يؤدي إلى تبخر جزء منه. و وجود هذا البخار يعمل على إعاقة السريان خلال الأنبوب. لهذا يفضل أن تكون نسبة البخار من معدل السريان صغيرة جدا، و يمكن 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 على الشكل (3-4). و يكون اتجاه السريان لوسيط التبريد في الأنبوبة معاكس لاتجاه سريان وسيط التبريد في خط السحب.



شكل (3-4): استخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري

و من المميزات الأخرى لاستخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري تحميص وسيط التبريد بخط السحب، مما يحمي الضاغط من احتمال الطفح أي أن يسحب الضاغط مائع تبريد في حالة سائل.

٢ -٤ مميزات استخدام الأنبوبة الشعرية

أ - رخيص الثمن سهل التصنيع و التوصيل.

ب - أطول عمر من أنواع الصمامات الأخرى لأنها لا تحتوي على أجزاء متحركة.

ج - الأداء الجيد عند ثبات حمل التبريد و ثبات كل من ضغط السحب و الطرد.

د - عند توقف الضاغط يستمر مرور مائع التبريد في الأنبوبة الشعرية إلى أن يتم اتزان الضغوط بين المكثف و المبخر الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض العزم على مستوى محور الضاغط عند بدء التشغيل.

٢ -٥ عيوب استخدام الأنبوبة الشعرية

أ - انخفاض الأداء عندما يتغير الحمل.

ب - يستمر سريان مائع التبريد عبر الأنبوبة عندما تتوقف الوحدة و إن 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 و يمكن أن يؤدي ذلك إلى تلف الضاغط. لهذا يحبذ استخدام مبخر من نوع المغمور أو وضع خزان سائل عند خروج المبخر. وكذلك يجب تفريغ الوحدة جيدا من الهواء قبل عملية الشحن.

ج - يشترط تركيب مصفاة عند دخول الأنبوبة الشعرية لتجنب انسداده بالشوائب.

٣ - صمام التمدد الأتوماتيكي

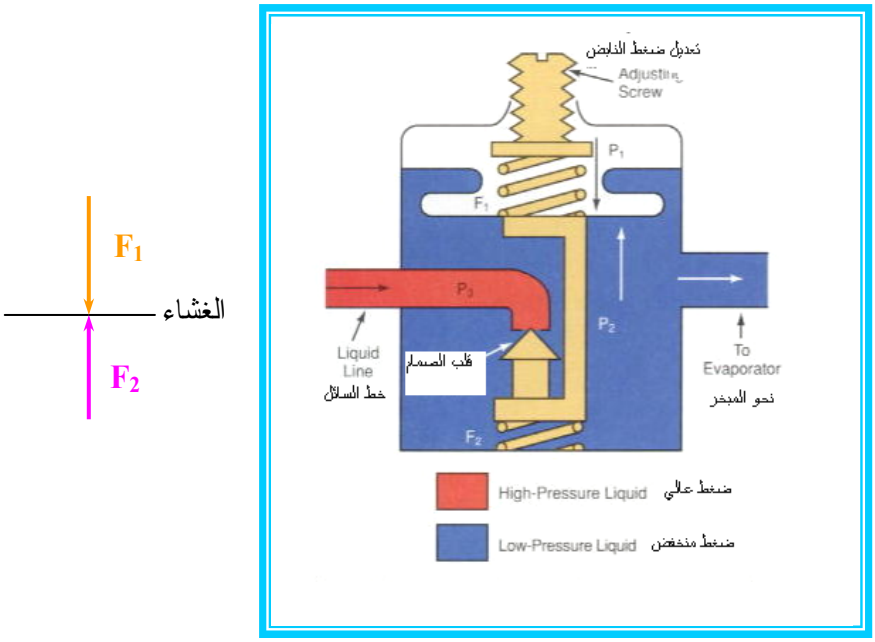
٣ -١ خصائص صمام التمدد الأتوماتيكي

يعرف هذا النوع من الصمامات باسم صمام التمدد ذو الضغط الثابت حيث يعمل على خفض الضغط بين المكثف و المبخر و المحافظة على هذا الضغط ثابت في المبخر إضافة إلى التحكم في معدل سريان وسيط التبريد. و الشكل (3-5) يبين طريقة اشتغال هذا الصمام، إذ يتكون أساسا من غشاء معدني مرن و نابض و مقعد الصمام.

يقع الغشاء تحت تأثير قوتان متضادتان في الإتجاه:

- قوة ضغط النابض F_1 و تأثر على الغشاء من أعلى
- قوة ضغط المبخر F_2 و تأثر على الغشاء من أسفل

و يتم اتزان الغشاء عند تساوي هاتين القوتين. إذا زاد ضغط المبخر عن ضغط النابض يتحرك الغشاء إلى أعلى مما يسبب في غلق فتحة الصمام جزئيا و بالتالي تقليل معدل سريان وسيط التبريد فينخفض ضغط المبخر. أما إذا انخفض ضغط المبخر عن ضغط النابض فإن الغشاء يتحرك إلى أسفل مما يسبب فتح الصمام و بالتالي زيادة معدل سريان وسيط التبريد فيرتفع ضغط المبخر.



شكل (3-5): طريقة اشتغال صمام التمدد الأتوماتيكي

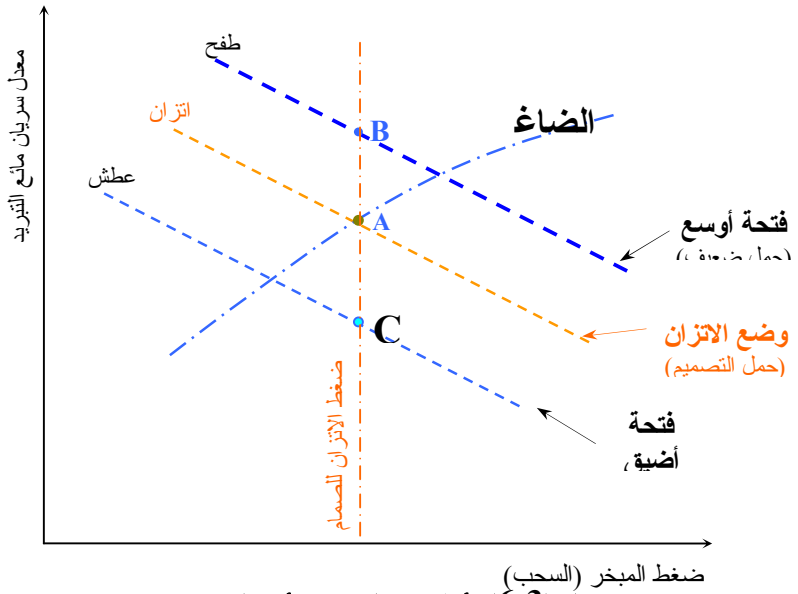
٣ -٢ أداء صمام التمدد الأتوماتيكي

يتم التعرف على أداء صمام التمدد الأتوماتيكي بدراسة العلاقة بين معدل سريان وسيط التبريد عبر الفتحة و ضغط المبخر و ذلك بافتراض:

- ضغط المكثف ثابت
- فتحة سريان وسيط التبريد بالمقعد ثابتة.

فعند زيادة ضغط المبخر يقل معدل سريان وسيط التبريد كما هو مبين على المنحنيات الحمراء بالشكل (3-6)، حيث يوضح كل المنحنى تغير معدل السريان عبر فتحة معينة بالمقعد. أما معدل سريان مائع التبريد عبر الضاغط فيرتفع بارتفاع ضغط السحب (أي ضغط المبخر) و ذلك للإبقاء على ضغط الطرد (أي ضغط المكثف) ثابت كما يبين ذلك المنحنى الأزرق.

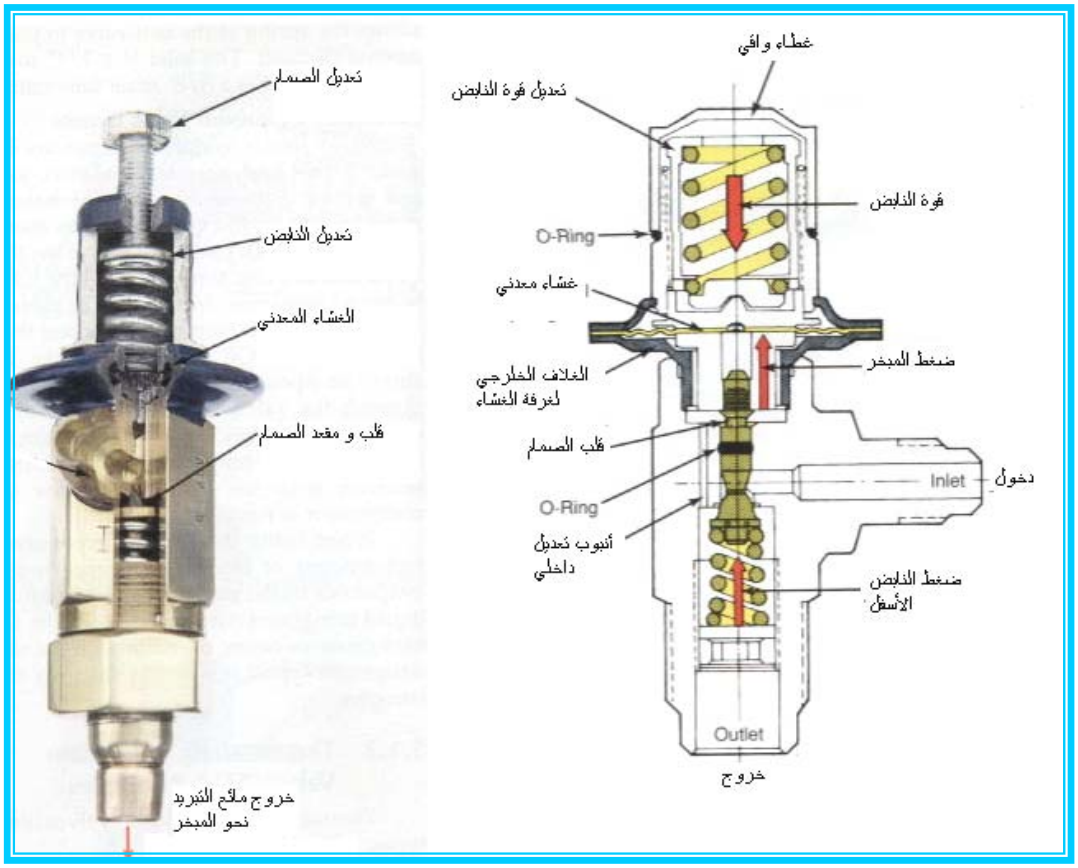
و توضح حالة الاتزان (عند ضغط الاتزان) فتحة الصمام عند حمل التصميم (الحالة A). فعند زيادة الحمل عن حمل التصميم تبدأ درجة الحرارة داخل المبخر في الارتفاع مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط المبخر فيتحرك غشاء الصمام إلى أعلى في اتجاه الإغلاق الأمر الذي يعمل على خفض ضغط المبخر إلى أن يبلغ قيمة الاتزان الثابتة عند حدوث حالة الاتزان من جديد. عند هذه الحالة يكون معدل سريان مائع التبريد عبر فتحة الصمام أقل من المطلوب بالضاغط الأمر الذي يسبب عطش المبخر من وسيط التبريد (حالة C).



شكل (3-6): أداء صمام تمدد أتوماتيكي

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

عبر الصمام أكبر من المطلوب بالضاغط الأمر الذي يؤدي إلى طفح مائع التبريد بالمبخر. الرسم (3-7) يبين مكونات صمام تمدد أتوماتيكي مع شكله الصناعي.



شكل (3-7): صمام تمدد أتوماتيكي

ملاحظة

دراسة أداء صمام التمدد الأتوماتيكي تمت باعتبار ضغط المكثف ثابت، فماذا يحدث إذا عند تغير درجة حرارة المكثف؟

لقد أشرنا سابقا أن معدل سريان وسيط التبريد يتغير طرديا بتغير فرق الضغط بين دخول و خروج الصمام و بالتالي فإنه بثبات ضغط المبخر يزداد معدل سريان مائع التبريد عند ارتفاع ضغط المكثف مما يؤدي إلى زيادة قدرة التبريد.

٣ -٣ مميزات صمام التمدد الأتوماتيكي

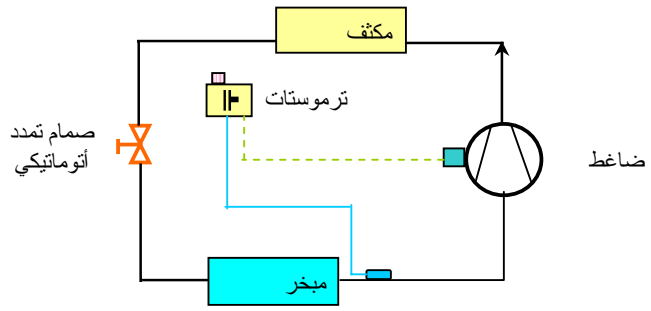
- حماية المبخر من تكوين الصقيع عند إخفاض حمل التبريد لمدة طويلة
- حماية الضاغط عند زيادة الحمل وذلك بمحافظته على ضغط المبخر ثابت

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

٣ -٤ عيوب صمام التمدد الأتوماتيكي

- يعمل الصمام بافتراض حمل تبريد ثابت نسبيا و يسبب الصمام طفح المبخر إذا ما انخفض الحمل أو عطش المبخر عند ارتفاع الحمل.
- احتمال طفح سائل التبريد من البخر 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، كما هو مبين على الشكل (3-8). و يتم ضبط الترموستات عند درجة حرارة مساوية لدرجة حرارة التشبع المناظرة لضغط المبخر أو أعلى منها بدرجتين.

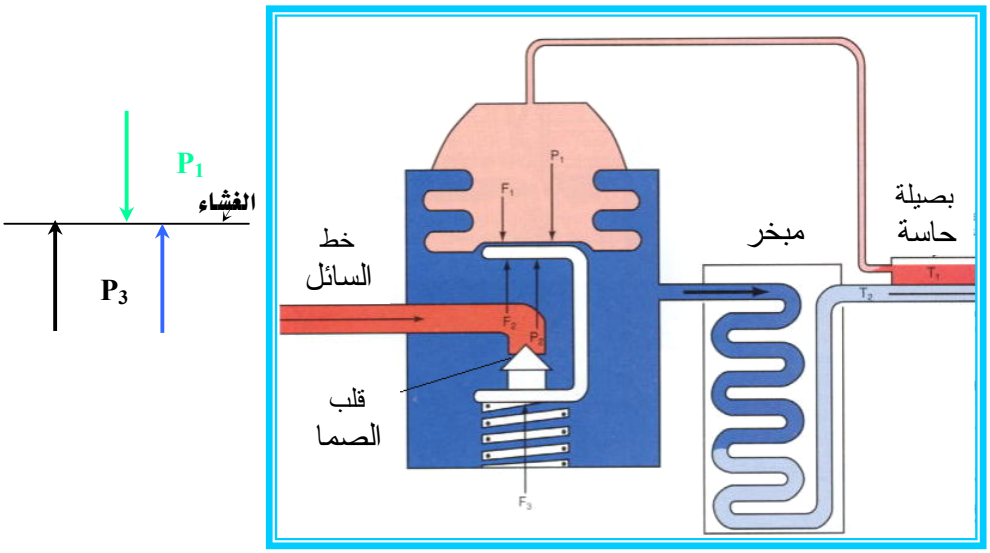


شكل (3-8): حماية الضاغط من طفح سائل التبريد عند انخفاض الحمل

4 - صمام التمدد الحراري

٤ -١ خصائص صمام التمدد الحراري

يسمى صمام التمدد الحراري أيضا بصمام التمدد الترموستاتي و يتكون من غشاء معدني مرن و قلب الصمام و مقعد و نابض و بصيلة مع أنبوبة شعرية مملوءة بمائع. يتم توصيل صمام التمدد الحراري كما هو مبين على الشكل (3-9).



شكل (3-9): طريقة اشتغال صمام التمدد الحراري

يتم اتزان الغشاء تحت تأثير القوى التالية:

- ضغط المائع الموجود داخل البصيلة و الأنبوبة الشعرية ويضغط على الغشاء من فوق P_1.
- ضغط النابض من أسفل الغشاء P_3.
- ضغط المبخر يؤثر من أسفل الغشاء P_2.

يتم تثبيت البصيلة على مستوى خط السحب و ذلك للإحساس بدرجة حرارة مائع التبريد المحمص بعد خروجه من المبخر.

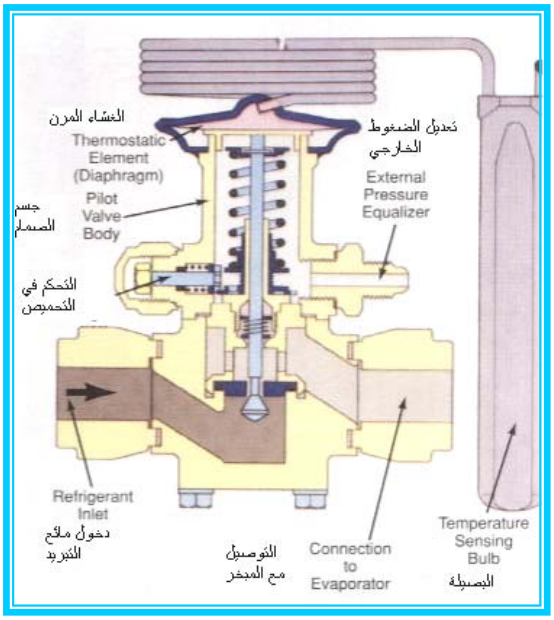
عند ارتفاع الحمل تحس البصيلة بارتفاع درجة حرارة الغاز المحمص على مستوى خط السحب فيزداد ضغط المائع الموجود داخلها P_1 عن كل من ضغط المبخر P_2 و الضغط المتأتي من النابض P_3 فيتقوس الغشاء إلى أسفل مسببا فتح الصمام و بالتالي زيادة معدل سريان مائع التبريد إلى المبخر.

أما عند انخفاض الحمل فإن البصيلة تحس بانخفاض درجة حرارة الغاز المحمص عند خروج المبخر فيقل الضغط P_1 عن كل من P_2 و P_3 فيتقوس الغشاء إلى أعلى مسببا غلق الصمام و بالتالي نقصان معدل سريان وسيط التبريد إلى المبخر.

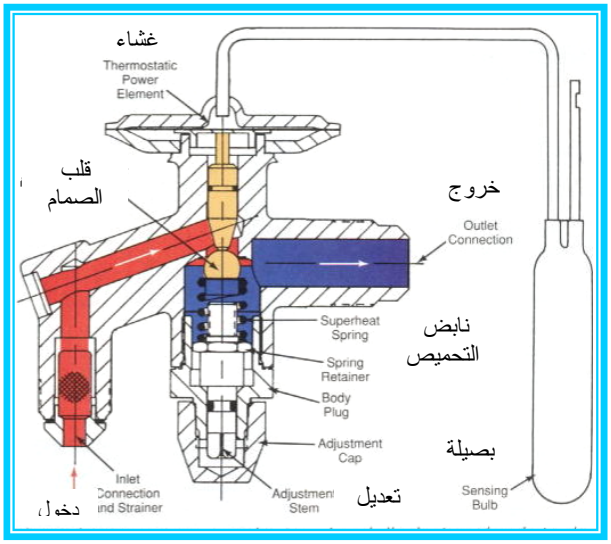
يتم ضبط ضغط النابض عند قيمة التحميص المطلوبة من قبل الشركة المصنعة و يعاد ضبطه عند اللزوم لتغيير قيمة التحميص.

و يعتبر صمام التمدد الحراري من أكثر الصمامات انتشارا نظرا لأدائه الجيد بالإضافة إلى إمكانية استخدامه في أي تطبيق من تطبيقات التبريد بما فيها التطبيقات ذات التغيرات الكبيرة في حمل التبريد. و يعمل هذا الصمام على المحافظة على قيمة ثابتة لتحميص البخار ما بين خط السحب و المبخر الأمر الذي يساعد على حفظ المبخر ممتلئا بوسيط التبريد في جميع ظروف التشغيل.

الأشكال (٣ -١٠ -أ) و (٣ -١٠ -ب) و (٣ -١٠ -ج) تبين نماذج لصمام التمدد الحراري.



شكل (٣ -١٠ -أ): صمام تمدد حراري ذو مسار مستقيم



شكل (٣ -١٠ -ب): صمام تمدد حراري ذو مسار في شكل زاوية

شكل (٣ -١٠ -ج): صمام تمدد حراري من نوع دانفوس Danfoss طراز TKE

٤ -٢ أداء صمام التمدد الحراري

عند زيادة حمل التبريد تزداد درجة 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 إتزان جديد. و إذا زاد حمل التبريد مرة أخرى يعدل المحبس وضعه من جديد و يزداد معدل سريان وسيط التبريد، وفي هذه الحالة يخشى على الضاغط من الوصول إلى حالة الحمل الزائد (Overload).

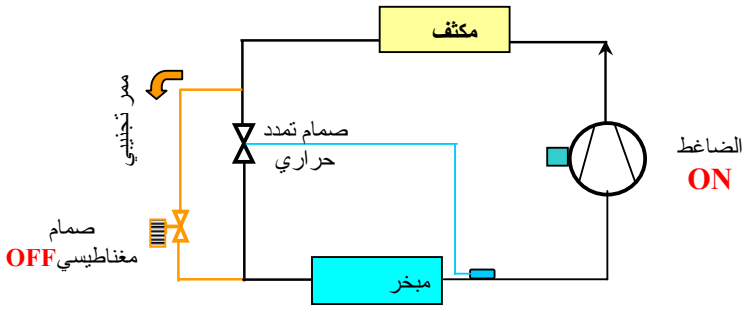
عند انخفاض حمل التبريد تنخفض درجة حرارة البصيلة، و ينتج عن ذلك انخفاض ضغط البصيلة فيبدأ صمام التمدد في تعديل وضعه في اتجاه الإغلاق لتقليل معدل سريان مائع التبريد حتى حدوث الاتزان من جديد. و باستمرار انخفاض حمل التبريد يستمر تقليل معدل سريان مائع التبريد، و بالتالي انخفاض ضغط المبخر الأمر الذي يسبب طفح الضاغط بسائل التبريد الخارج من المبخر عند أحمال التبريد المنخفضة جدا في بعض الحالات الخاصة.

عند توقف الضاغط يبدأ ضغط المبخر في الارتفاع مسببا حركة الغشاء في اتجاه غلق الصمام و ينتفي السريان عبر الصمام، و تبعا لذلك يبقى الضغط مرتفعا ناحية المكثف و منخفضا ناحية المبخر. فعند بدء التشغيل من جديد و الحالة تلك، يحتاج الضاغط إلى عزم كبير و يتعرض إلى إجهادات كبيرة قد تؤدي إلى تلفه ميكانيكيا و يعتبر ذلك من عيوب صمام التمدد الحراري. و لحماية الضاغط من هذه المشكلة يتم معادلة الضغوط على مستوى خطي السحب و الطرد عند إيقاف الضاغط و ذلك باستخدام إحدى الطرق التالية:

أ - احداث ثقب صغير في مقعد الصمام يسمح بسريان ثانوي صغير لمائع التبريد عند توقف الضاغط

ب - وصل أنبوبة شعرية صغيرة بين دخول و خروج الصمام تسمح بمعادلة الضغوط بين المكثف و المبخر بعد توقف الضاغط.

ج - الطريقة الأكثر استخداما لمعادلة الضغوط تتلخص في عمل ممر تجنيبي يسمح بسريان مائع التبريد إلى المبخر بدون المرور من خلال صمام التمدد، و يتم 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 تلقائيا بحيث لا يمكن لمائع التبريد المرور إلى المبخر إلا عن طريق صمام التمدد فقط كما هو مبين على الشكل (3-11).



شكل (3-11): تعديل خارجي للضغوط باستخدام ممر تجنيبي

٤ -٣ الشططان

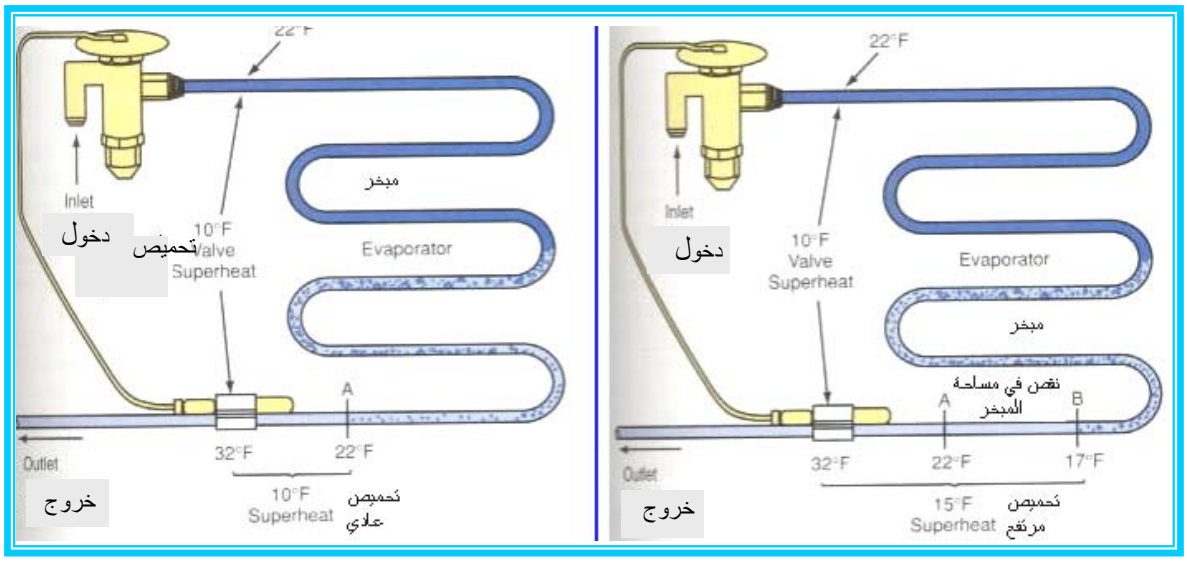
الشططان هو التغير المتردد لمعدل سريان مائع التبريد حيث يزداد حتى يصل إلى قيمة تؤدي إلى طفح المبخر، ثم يقل لدرجة عطش المبخر من وسيط التبريد. و يكون الشططان نتيجة التخلف الزمني لاستجابة صمام التمدد الحراري أو نتيجة للفترة الزمنية التي يأخذها مائع التبريد للدخول إلى المبخر و الوصول إلى موضع البصيلة بعدما يعدل الصمام وضعه على إثر تغير ضغط البصيلة. و يتسبب الشططان في تغير درجة الحرارة و الضغط لمائع التبريد عند خروجه من المبخر الأمر الذي يؤدي إلى خفض سعة التبريد. كما يؤدي الشططان إلى صفح سائل التبريد إلى الضاغط عند ارتفاع معدل السريان مائع التبريد عن الحد المطلوب لحمل التبريد. و لتجنب الشططان أو التقليل منه ينصح بالقيام بما يلي:

- اختيار المقاس المناسب لصمام التمدد الحراري.
- اختيار درجة التحميص المناسبة لعمل المحبس حيث إن خفض درجة التحميص للبخار الخارج من المبخر يساعد عادة على احتمال حدوث الشططان.
- اختيار الشحنة المناسبة للبصيلة الحرارية.
- تصميم المبخر بشكل يضمن حسن التوزيع لانتقال الحرارة و سريان مائع التبريد في مختلف أجزائه.
- تركيب البصيلة في المكان الصحيح.
- اختيار أفضل موضع لخطوط تعادل الضغوط الخارجية بالنسبة للصمام الحراري المعادل خارجيا.

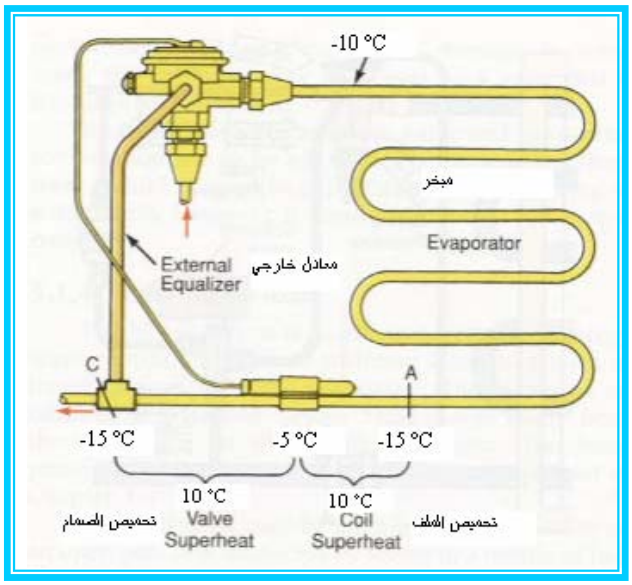
٤ -٣ صمام التمدد الحراري المعادل خارجيا

أشرنا سابق أن صماما التمدد الحراري يعمل على أساس التوازن بين كل من ضغط البصيلة من ناحية و ضغط النابض و ضغط المبخر من ناحية أخرى. و يعمل هذا الصمام بطريقة جيدة ما لم يكن هناك فارق في الضغط بين دخول و خروج المبخر. أما عند وجود فارق في الضغط كبير بين دخول و خروج المبخر ناتج عن احتكاك وسيط التبريد على السطح الداخلي لأنابيب المبخر، فإن ضغط المبخر الذي يؤثر على الغشاء من الأسفل يصبح أكبر من الضغط عند خروج المبخر. و تبعا لذلك تكون درجة الحرارة التي تحس بها البصيلة عند خروج المبخر أقل من قيمة التصميم العادية. و ينتج عن ذلك ارتفاع في قيمة التحميص الأمر الذي يقلل من مساحة المبخر الفعلية كما هو مبين على الشكل (3-12).

و للتغلب على هذه المشكلة يستخدم صمام تمدد حراري معادل خارجيا. و يشتمل هذا الصمام على أنبوب يوصل بين خط السحب عند خروج المبخر و الفضاء الأسفل للغشاء. و يمكن هذا الأنبوب باتزان غشاء الصمام بين ضغط البصيلة من جهة و ضغط النابض و خروج الضاغط من جهة أخرى كما هو مبين على الشكل (3-13).

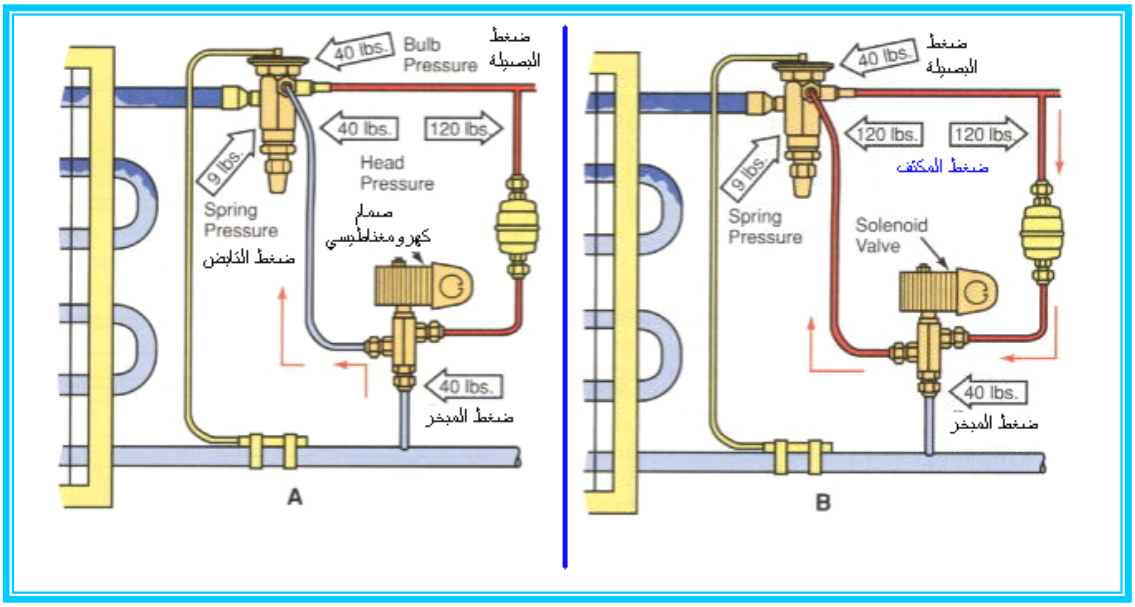


شكل (3-12): تأثير الفقد في الضغط عند المبخر على قيمة التحميص



شكل (3-13): صمام تمدد حراري معادل خارجيا

كما يمكن استخدام نظام تعديل خارجي يعمل فقط عندما يكون الضاغط في حالة تشغيل و يفصل آليا عند توقف الضاغط كما هو مبين على الشكل (3-14).



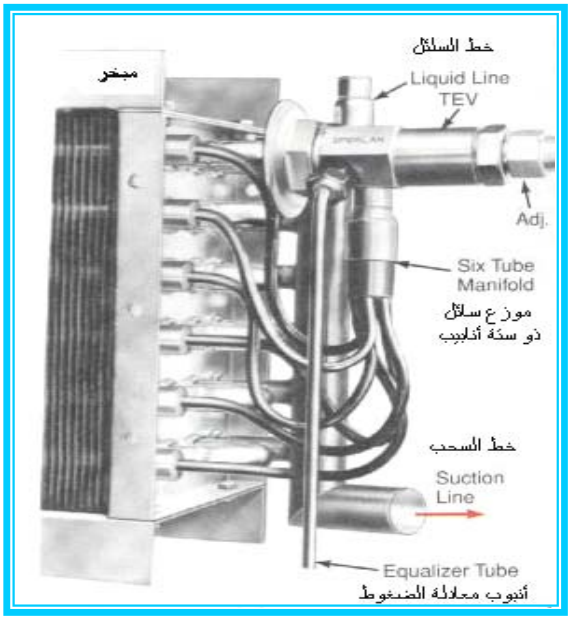
شكل (3-14): تعديل الضغوط خارجيا باستخدام صمام ثلاثي

يستخدم في هذا النظام صمام كهرومغناطيسي ثلاثي يفتح عندما يكون الضاغط في حالة اشتغال فيوصل بين خروج المبخر و أسفل الغشاء في صمام التمدد (الحالة **A**). أما عندما يكون الضاغط متوقفا، يقفل الصمام الثلاثي فيوصل بين خط السائل و أسفل الغشاء فيقفل قلب الصمام (الحالة **B**).

و يستخدم هذا النوع من الصمامات كلما كان هناك انخفاض كبير في الضغط خلال المبخر. و الجدول (3-1) يوضح قيم الفارق في الضغط خلال المبخر و التي تستوجب استخدام صمام تمدد حراري معادل خارجيا.

مائع التبريد	درجة حرارة المبخر				
	5 °C	-5 °C	-15 °C	-30 °C	-40 °C
	الانخفاض في الضغط الذي يستوجب التعديل (bar)				
R12	0.150	0.100	0.075	0.050	0.030
R22	0.200	0.150	0.100	0.075	0.050
R500	0.150	0.100	0.075	0.050	0.030
R502	0.20	0.175	0.120	0.060	0.075
R717	0.200	0.150	0.100	0.075	0.050

جدول (3-1): انخفاض الضغط في المبخر و الذي يستوجب معادلة خارجيا



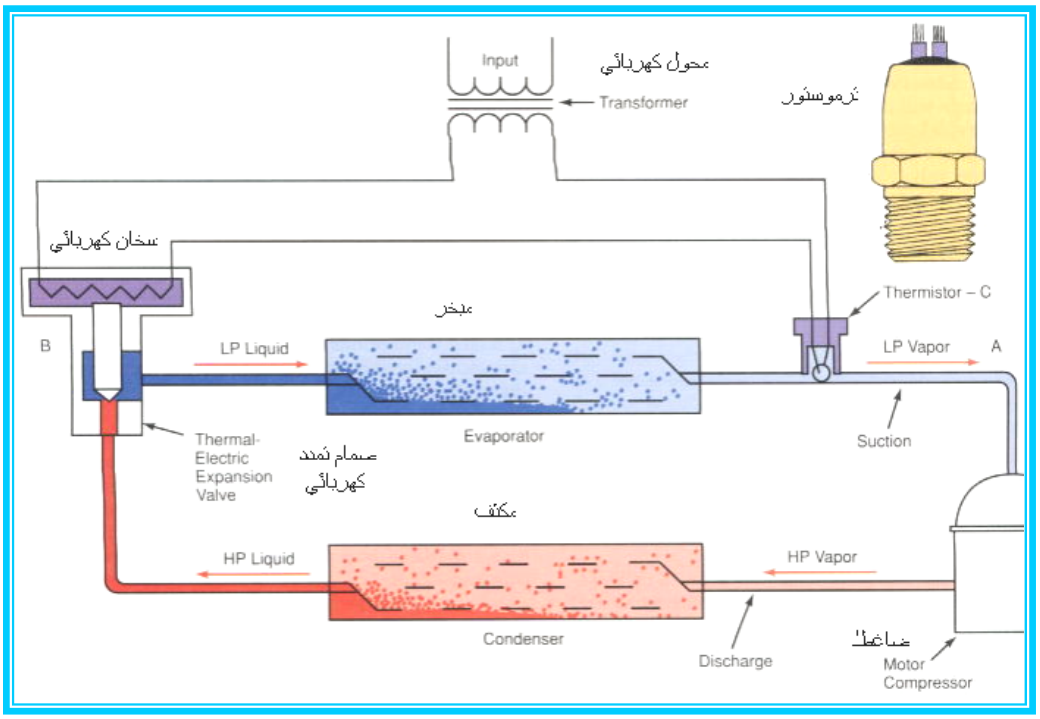
شكل (3-15): صمام تمدد حراري معادل خارجيا مع موزع للسائل

كما يستخدم هذا النوع من الصمامات عند إضافة موزع سائل مع صمام التمدد الحراري كما هو مبين على الشكل (3-15).

٥ - صمام التمدد الكهربائي الحراري

يعمل هذا النوع من الصمامات بالجهد الكهربائي المؤثر على قلب الصمام و الذي يتم التحكم فيه بواسطة عنصر حساس يوضع في خط السحب بعد خروج المبخر.

الشكل (3-16) يبن مكونات صمام التمدد الكهربائي. حيث يستخدم عنصر للإحساس بدرجة حرارة التحميص لوسيط التبريد يعرف بالترموستور و هو عبارة عن مقاومة كهربائية تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة. و يوضع الترموستور في خط السحب عند خروج المبخر.



شكل (3-16): صمام تمدد كهربائي

عند ارتفاع درجة حرارة وسيط التبريد عند خروج المبخر (أي عند ارتفاع قيمة التحميص) تنخفض مقاومة الترموستور فيزداد التيار الكهربائي المار إلى السخان المثبت داخل المحبس مسببا حركة قلب الصمام في اتجاه الفتح. و تبعا لذلك يرتفع معدل سريان وسيط التبريد نحو المبخر فتنخفض قيمة التحميص إلى مستوى خط السحب إلى الحد المطلوب.

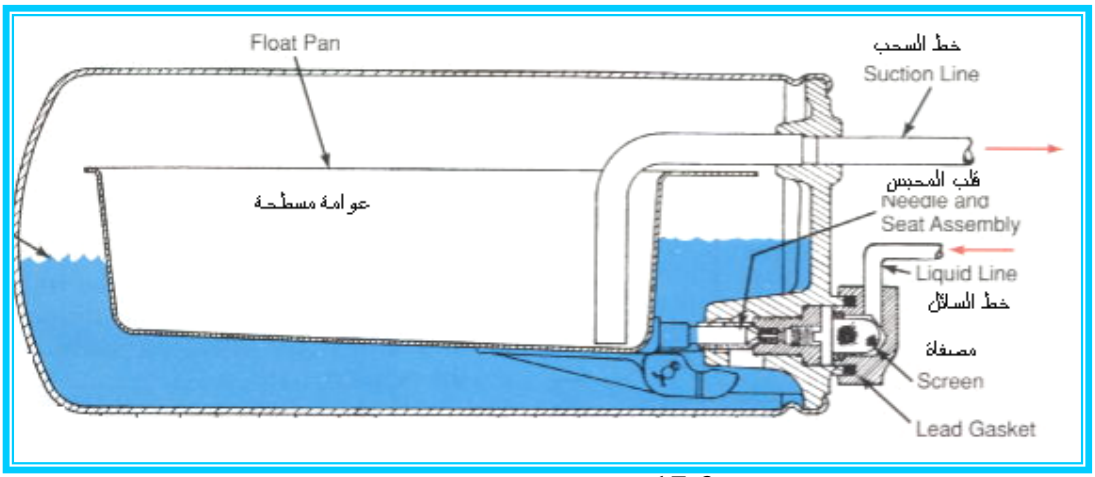
عند توقف الضاغط ترتفع درجة الحرارة على مستوى خط السحب مما يؤدي إلى انخفاض مقاومة الترموستور و بالتالي فتح قلب الصمام بتأثير السخان. و يؤدي انفتاح قلب الصمام إلى معادلة الضغوط بين المكثف المبخر.

لذلك فإن من مميزات صمام التمدد الكهربائي أنه لا يحتاج إلى معادلة خارجية للضغوط. كما يمكن من التحكم في قيمة التحميص على مستوى خروج المبخر. كما يمتاز بقلة العناصر الميكانيكية المتحركة و استخدام وصلة كهربائية بالنسبة للحاس بدل من الأنبوبة الشعرية و هذا يكسبه أداء أفضل و دقة جيدة خاصة و أن الحاس مغمور كلياً بمائع التبريد.

٦ - محبس عوامة جانب الضغط المنخفض

١ -٦ وظيفة محبس العوامة جانب الضغط المنخفض

يستخدم محبس عوامة جانب الضغط المنخفض للتحكم في سريان مائع التبريد و المحافظة على مستوى ثابت لسائل التبريد داخل المبخر المغمور بغض النظر عن ضغط المبخر و درجة حرارته، بالإضافة إلى قيامه بخفض الضغط بين المكثف و المبخر كما هو مبين على الشكل (3-17).



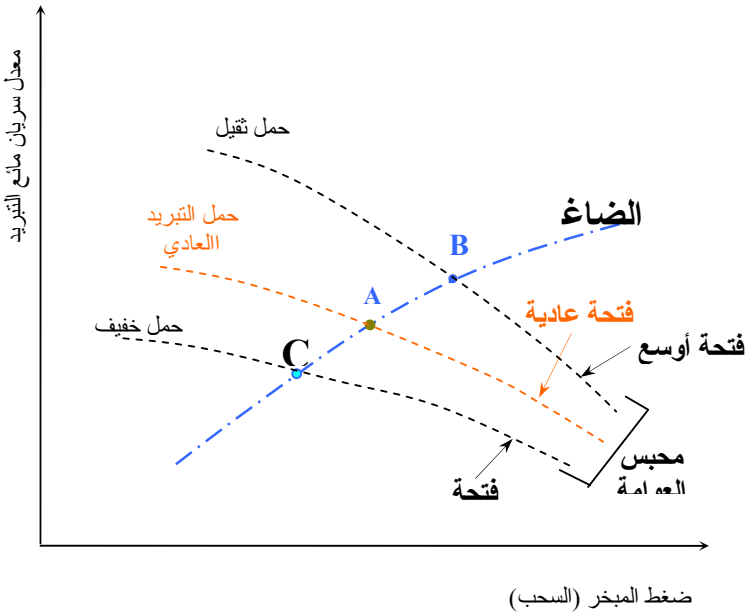
شكل (3-17): محبس عوامة للضغط المنخفض

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

٦ -٢ أداء المحبس

عند زيادة حمل التبريد عن حمل التصميم يرتفع معدل التبخير، و يؤدي ذلك إلى ازدياد معدل سريان مائع التبريد الذي يجب على الضاغط مناولته للمكثف. لذلك يقوم المحبس بتوسيع قيمة معدل السريان للمحافظة على مستوى السائل.

أما عند انخفاض حمل التبريد عن حمل التصميم فإن معدل التبخير يقل و يرتفع مستوى السائل، عندها يبدأ المحبس في تضييق فتحة السريان و بالتالي فإن معدل سريان مائع التبريد الخارج من الضاغط إلى المكثف يقل مما يؤدي إلى انخفاض ضغط المبخر تبعا لانخفاض الحمل كما هو مبين على الشكل (-18 3).



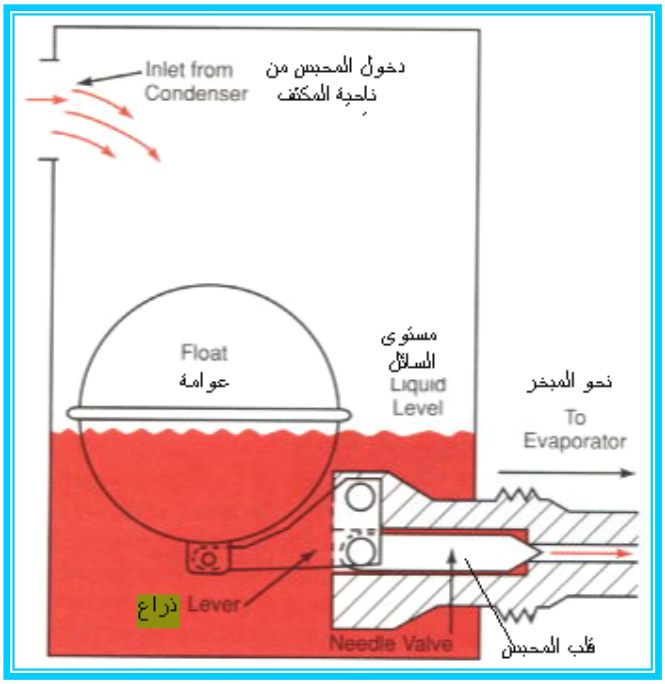
شكل (3-18): أداء محبس عوامة للضغط المنخفض

٦ - محبس عوامة جانب الضغط العالي

يستخدم محبس عوامة جانب الضغط العالي مع المبخرات المغمورة لخفض الضغط بين المكثف و المبخر إضافة إلى التحكم في معدل سريان مائع التبريد نحو المبخر تبعا لحمل التبريد المطلوب. و يتم تثبيت هذا المحبس أقرب ما يكون من المبخر. و يتم التحكم في معدل سريان مائع التبريد عن طريق تثبيت مستوى السائل بالمحبس كما هو موضح على الشكل (3-19).

عند إيقاف الضاغط يقفل المحبس تلقائيا لحماية الضاغط من الطفح المرتد من المبخر، مما يؤدي إلى زيادة معدل سريان مائع التبريد المتكثف و الداخل إلى المحبس. الأمر الذي يعمل على ارتفاع مستوى السائل داخل المحبس فترتفع العوامة و يتحرك قلب المحبس في اتجاه الفتح مما يسمح لمائع التبريد

بالسريان إلى المبخر بعد تمدده. و هكذا يعمل محبس العوامة جانب الضغط العالي على حفظ معظم مائع التبريد داخل المبخر في جميع الأوقات.



شكل (3-19): محبس عوامة جانب الضغط العالي

الفصل الثاني

المنظمات في دورات التكييف والتبريد

الجدارة: معرفة الأجهزة المستخدمة للتحكم في الضغط و درجة الحرارة و السعة في دورات التبريد و تكييف الهواء.

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

- التعرف على مختلف المنظمات و وظائفها و مجالات استخدامها.
- اختيار المنظم الملائم لمختلف التطبيقات في مجال التبريد و تكييف الهواء.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90٪

الوقت المتوقع للتدريس: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الفصل الأول و الثاني و الثالث من المقرر الدراسي
- مختبر التحكم الآلي
- ورش أساسيات التبريد و التكييف
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في تكييف الورش و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- علم الحراريات و الموائع
- قياسات
- الفصل الأول و الثاني و الثالث من نفس الحقيبة التدريبية.

١ - مقدمة

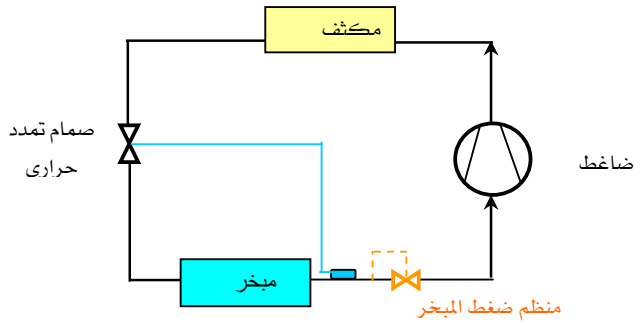
بالإضافة إلى العناصر الأساسية لدورات التبريد و التي تشمل الضاغط و المكثف و المبخر و صمام التمدد ، تستخدم أجهزة إضافية للتحكم في:

- مستوى الضغط العالي و الضغط المنخفض وفق شروط التصميم و نقاط الضبط المحددة
- درجة الحرارة على مستوى المكثف و المبخر كي تبقى في الحدود الملائمة لظروف التشغيل المطلوبة
- ضغط السحب لحماية الضاغط من الأحمال المرتفعة.
- سعة الضاغط لكي تتلائم مع حمل التبريد المطلوب.

هذا الفصل مخصص لدراسة مختلف المنظمات من حيث وظيفة كل منظم و مكوناته و طريقة توصيله و أهم مجالات استخدامه.

٢ - منظم ضغط المبخر

يستخدم منظم ضغط المبخر لضمان عدم انخفاض ضغط المبخر عن الحد الأدنى المسموح به لنظم التبريد في مختلف التطبيقات. يتم توصيل هذا المنظم مباشرة بعد خروج المبخر أي جنب البصيلة الحاسة كما هو موضح على الشكل (4 -1). ويبين هذا الشكل طريقة التحكم في معدل سريان مائع التبريد خلال المنظم، حيث يؤثر على قلب الصمام قوتان: قوة النابض من أعلى و قوة ضغط المبخر من أسفل. و يتم تعديل قوة النابض بصامولة معدة للغرض.



شكل (4 -1) توصيل منضم ضغط المبخر

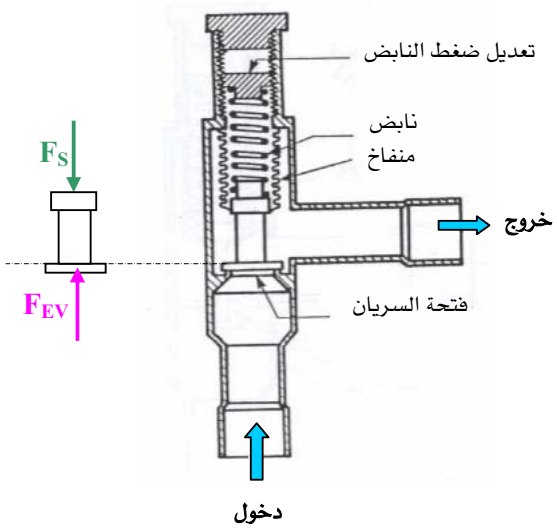
ويستخدم منظم ضغط المبخر في التطبيقات التالية:

أ - ضمان عدم انخفاض ضغط المبخر عن حد معين و بالتالي المحافظة على ضغط ثابت و من ثم المحافظة على درجة حرارة ثابتة على مستوى المبخر.

ب - تفادي حدوث صقيع في المبخر وذلك في بعض التطبيقات التي لا تحتمل التجمد (ثلاجات حفظ الخضر و الفواكه..).

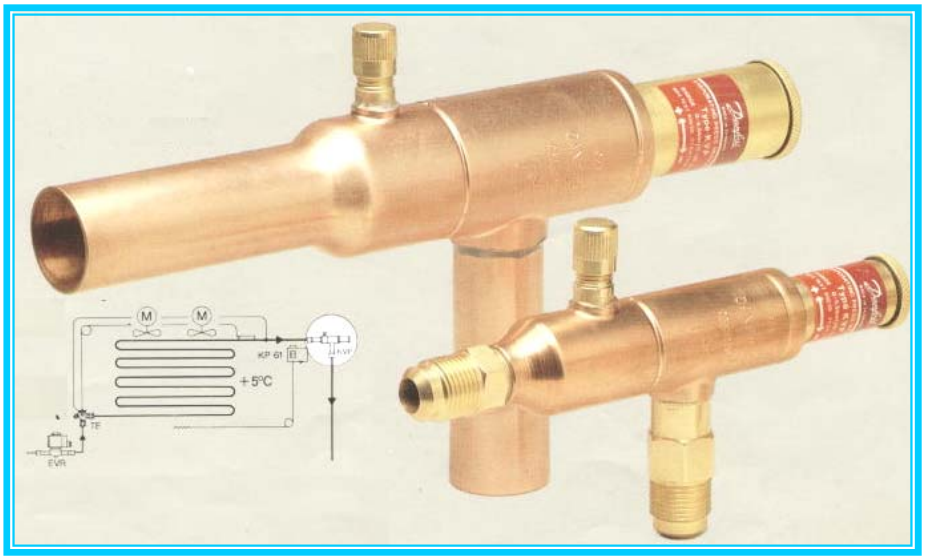
ت - تفادي تجمد المياه في مبردات المياه حيث يخشى من تجمد الماء عند انخفاض الحمل.

ث - في نظم التبريد متعددة المبخرات للتحكم في ضغط كل مبخر على حدة مع استخدام ضاغط واحد.



شكل (4 -2): مكونات منظم ضغط المبخر

الرسم (4 -3) يوضح الشكل الصناعي لمنظم ضغط المبخر حيث يمكن توصيله باللحام أو بالفلير.

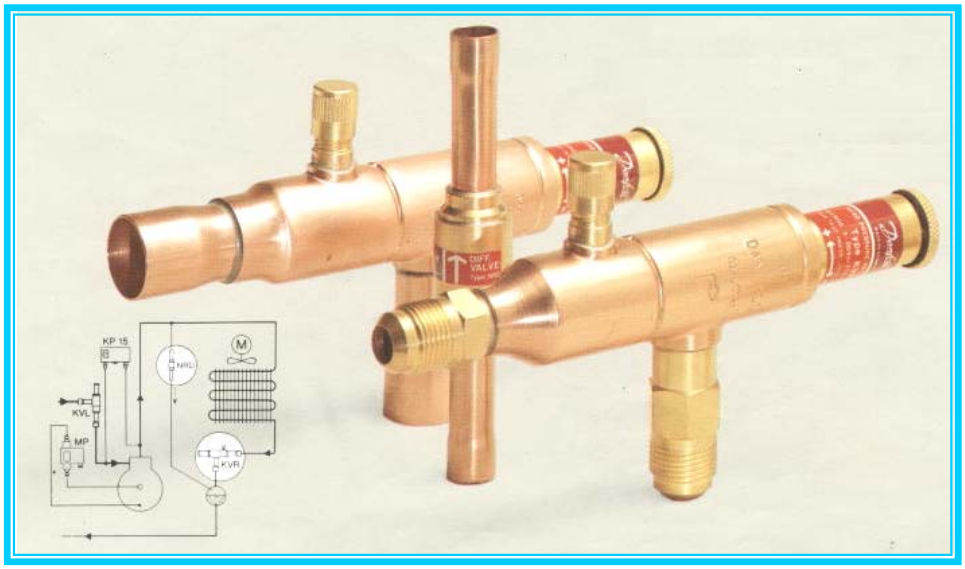


شكل (4 -3): منظم ضغط المبخر دانفوس Danfoss طراز KVP [6]

٣ - منظم ضغط المكثف

يستخدم منظم ضغط المكثف للمحافظة على ضغط المكثف عند مستوى معين و منع انخفاضه عن الحد المسموح به، و ذلك لضمان فارق في الضغط مناسب بين دخول و خروج صمام التمدد. و يستخدم هذا المنظم خاصة في المناطق الباردة للمحافظة على ضغط المكثفات المبردة بالهواء البارد من الانخفاض الشديد.

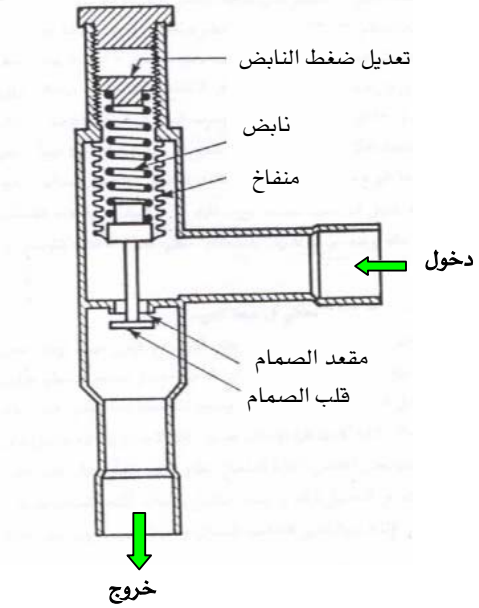
و يتم توصيله مباشرة بعد خروج المكثف و في الوحدات التي تشتمل على خزان سائل يمكن أن يضاف صمام ضغط فرقي للمحافظة ضغط خزان السائل ثابت كما هو موضح على الشكل (4 -4) حيث يبرز منظم لضغط المكثف من نوع دانفوس طراز KVR مع صمام ضغط فرقي NRD للتحكم في الضغط على مستوى خزان السائل.



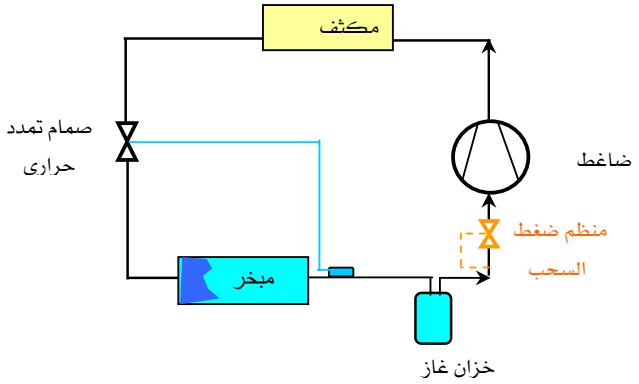
شكل (4 -4): منظم ضغط المكثف KVRمع صمام ضغط فرقي NRDمن نوع دانفوس[6]

٤ - منظم ضغط السحب

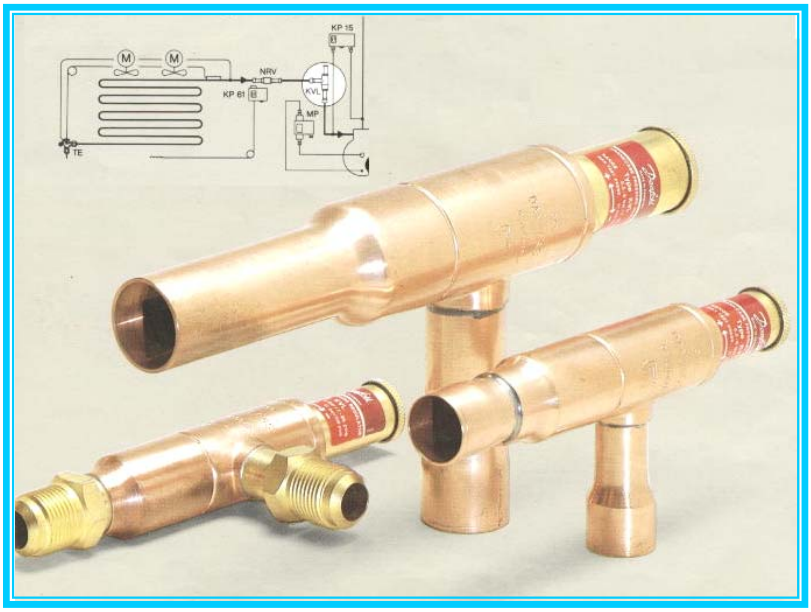
يسمى أيضا منظم ضغط صندوق المرفق و يتم توصيله على مستوى خط السحب قريباً من دخول الضاغط، و يستخدم هذا المنظم لوقاية الضاغط من زيادة الحمل أثناء فترة التقويم و ذلك بعد توقف طويل للدورة. مثلا عند إعادة تشغيل الدورة بعد عملية إذابة الصقيع حيث يكون الضغط على مستوى المبخر مرتفعا نسبيا. في هذه الحالة يقوم منظم ضغط السحب بخفض ضغط مائع التبريد الخارج من المبخر حتى يوافق ظروف التقويم بالنسبة للضاغط. الشكل (4 -5) يوضح مكونات منظم ضغط السحب. و الشكل (4 -6) يوضح طريقة توصيل منظم ضغط السحب بينما يوضح الشكل (٤ -٧) صورة للشكل الصناعي لمنظم من نوع دانفوس طراز KVL.



شكل (4 -5): مكونات منضم ضغط المكثف



شكل (4 -6): طريقة توصيل منظم ضغط السحب



شكل (4 -٧): منظم ضغط السحب نوع دانفوس طراز KVL [6]

٥ - منظم التحكم في السعة

تتغير سعة التبريد المطلوبة في نظم التبريد مع الظروف المناخية المحيطة بالوحدات و مع اختلاف الفصول، حيث توجد بعض الفترات التي لا تستوجب حمل تبريدي كبير أو لا تستوجب تبريد على الإطلاق. و في كثير من الأحيان يستخدم منظم حراري (Thermal Controller) لإيقاف و تشغيل الضاغط حسب الضرورة. غير أن التشغيل و الإيقاف المترددين في فترات قصيرة قد يسبب إحدى المشاكل التالية:

- احتياج الضاغط إلى عزم تشغيل عالي عند بداية التشغيل وهذا يؤدي إلى انخفاض كفاءة الوحدة،
- احتمال تلف محرك الضاغط نتيجة التحميل الزائد و الناتج عن لإيقاف المتتابع.

لذلك تستخدم طرق أخرى للتحكم في سعة التبريد دون اللجوء لإيقاف و تشغيل الضاغط بشكل متتابع، ومن بين هذه الطرق ما يلي:

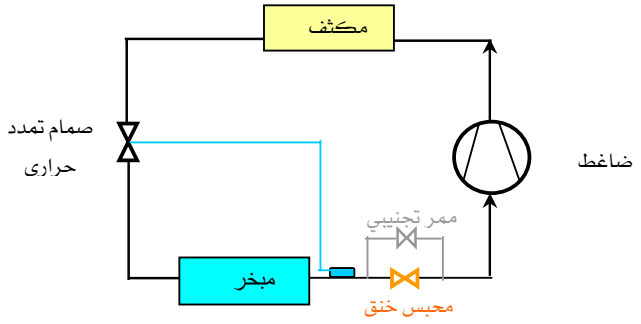
أ - استخدام دورات تبريد بعدة مراحل الأمر الذي يستوجب استخدام أكثر من ضاغط أو استخدام ضاغط متعدد الأسطوانات، وفصل عدد معين من الضواغط أو الأسطوانات كلما قلت سعة التبريد المطلوبة.

ب - خنق بخار الغاز على مستوى خط السحب باستخدام محبس خنق،

ج - إرجاع جزء من الغازات الساخنة الخارجة من الضاغط إلى خط السحب أو إلى دخول المبخر باستخدام منظم لتهريب الغاز الساخن.

٥ -١ التحكم في سعة التبريد باستخدام محبس خنق بخط السحب

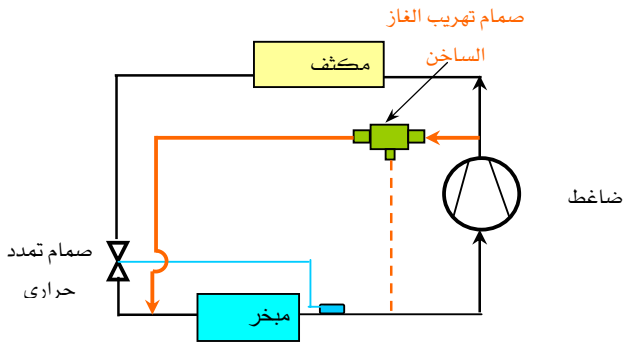
يوضع محبس خنق في خط السحب كما هو مبين على الشكل (4 -8). فعند انخفاض حمل التبريد يرسل منظم درجة حرارة المبخر (الترموستات) إشارة إلى محبس خنق الغاز فيبدأ في الإقفال الأمر الذي يسبب انخفاض ضغط السحب للضاغط فيقل معدل سريان وسيط التبريد خلال الضاغط فتقل سعة التبريد بالمبخر. و يستخدم محبس تجنيبي لضمان سريان حد أدنى من مائع التبريد إلى الضاغط لمنع تلفه في حالة انخفاض حمل التبريد بشكل كبير. و تسمح هذه الطريقة بالتحكم في خفض سعة التبريد من 15 إلى 40 ٪، أما إذا انخفض حمل التبريد إلى قيمة تقل عن هذه النسبة يتم إيقاف الضاغط بتأثير من الترموستات.



شكل (4 -8): التحكم في سعة التبريد باستخدام محبس خنق بخط السحب

٥ -٢ التحكم في سعة التبريد باستخدام منظم لتهريب الغز الساخن إلى مدخل المبخر

تمكن هذه الطريقة من التحكم في سعة التبريد مع تجنب انخفاض ضغط السحب للضاغط عن الحد المسموح به. و يستخدم لهذا الغرض منظم لتهريب الغاز الساخن يتم توصيله بين خط الطرد للضاغط و دخول المبخر كما هو موضح على الشكل (4 -9).



شكل (4 -9): التحكم في سعة التبريد باستخدام منظم لتهريب الغاز الساخن

عند انخفاض حمل التبريد على مستوى المبخر ينخفض ضغط السحب للضاغط فيبدأ منظم سعة التبريد في الإنفتاح لتمرير جزء من الغاز الساخن مباشرة إلى دخول المبخر و تجنيب مرور كل الغاز الساخن للمكثف. و يعمل الغاز المهرب كحمل زائف بالنسبة للمبخر. و تزداد نسبة انفتاح منظم تهريب الغاز الساخن كلما انخفض حمل التبريد بالمبخر.

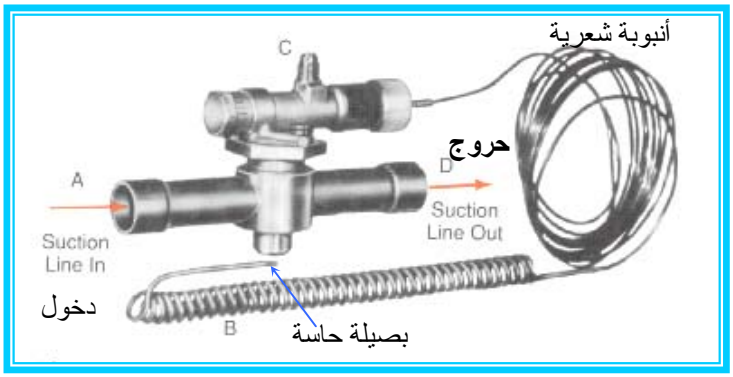
و من مميزات هذه الطريقة التحكم الجيد في سعة التبريد دون التأثير على أداء الضاغط. غير أن الضاغط يستهلك نفس الطاقة الكهربائية للتشغيل حتى عند الحمل التبريدي الأصغر.

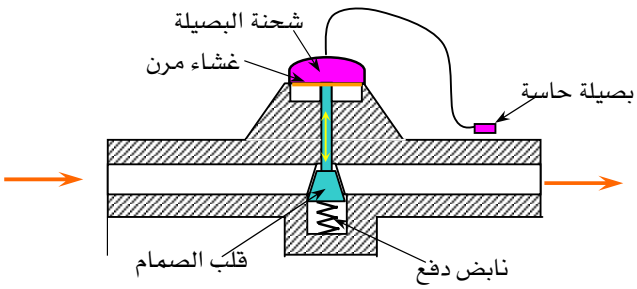
الشكل (4 -10) يوضح شكل صناعي لمنظم تهريب الغاز الساخن من نوع دنفوس طراز CPCE مع وحدة خلط على مستوى دخول المبخر طراز LG.

شكل (4 -10): منظم تهريب الغاز الساخن من نوع دنفوس طراز LG +CPCE.

٦ - صمام التحكم في درجة الحرارة

يستخدم هذا الصمام للتحكم في درجة الحرارة على مستوى المبخر و ذلك بالتحكم في ضغط المبخر. و يشبه صمام التحكم في الحرارة، صمام التمدد الحراري في شكله و طريقة اشتغاله كما هو موضح على الشكل (4 -11). و يشتغل بتأثير درجة حرارة الهواء البارد المغادر للمبخر. و يشتمل هذا الصمام على أنبوبة شعرية و بصيلة حاسة و منفاخ يحدث حركة تحت تأثير ضغط البصيلة، و تمكن حركة المنفاخ من فتح أو غلق الصمام.

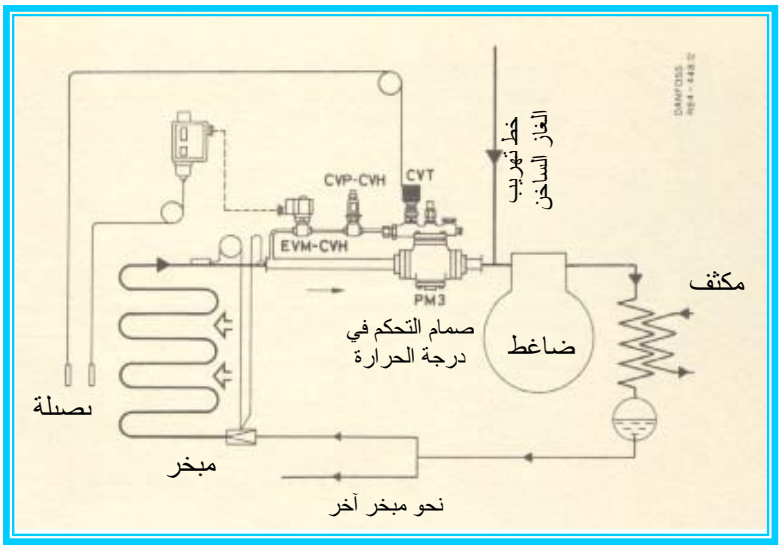




شكل (4 -11): صمام التحكم درجة الحرارة

يتم توصيل المنظم بعد خروج المبخر على مستوى خط السحب، و تثبت البصيلة الحاسة في المكان المناسب لمراقبة درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر. عند انخفاض درجة حرارة المبخر (يعني انخفاض درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر) ينخفض الضغط داخل البصيلة الحاسة فينكمش المنفاخ مما يسبب في تحريك قلب المنظم في اتجاه الغلق. و هكذا يمكن الصمام من مراقبة درجة حرارة المبخر المنخفضة. و بغلق الصمام جزئيا تبدأ درجة حرارة المبخر في الارتفاع مما يتسبب في ارتفاع الضغط داخل البصيلة الحاسة، و يؤدي ذلك إلى تمدد المنفاخ و دفع قلب الصمام في اتجاه الفتح. و بفتح الصمام يزداد معدل سريان مائع التبريد خلال الضاغط فتنخفض درجة حرارة المبخر من جديد و هكذا...

الشكل (4 -12) يوضح مثالا للتحكم في درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر باستخدام صمام من نوع دانفوس. حيث يشكل الصمام الرئيسي PM3 و الصمام الموجه CVT و الذي يفتح بتأثير درجة الحرارة، و حدة متكاملة للتحكم التناسبي تمكن من تعديل سعة المبخر وفق درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر. و تستخدم بصيلة الصمام CVT للإحساس بدرجة حرارة الهواء.



شكل (4 -12): منظم تحكم في درجة حرارة الهواء من نوع دانفوس [7]

الفصل الثالث

3-الملحقات في دورات التكييف والتبريد

الجدارة: معرفة الملحقات في دورات التبريد و تكييف الهواء.

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على:

- التعرف على مختلف الملحقات و وظائفها و مجالات استخدامها.
- اكتساب القدرة على معرفة الملحقات الضرورية لمختلف دوائر التبريد و التكييف و طرق توصيلها.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل االطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90٪

الوقت المتوقع للتدريس: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الفصل الأول و الثاني و الثالث و الرابع من نفس المقرر
- مختبر التحكم الآلي
- ورش أساسيات التبريد و التكييف
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في ورش تكييف و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- أساسيات علم الحراريات و الموائع
- قياسات
- الفصل الأول و الثاني و الثالث و الرابع من نفس المقرر.

١ - مقدمة

بالإضافة إلى الأجهزة الأساسية و أجهزة التحكم و المنظمات التي تم دراستها في الفصول السابقة، تستخدم عناصر إضافية في دورات التبريد و التكييف تسمى بالملحقات. و تلعب هذه العناصر دوراً مهماً في حسن اشتغال الوحدات، حيث تمكن من إعطاء مرونة أكثر في التحكم في مختلف المتغيرات و تساعد على مراقبة حالة وسيط التبريد في مختلف مراحل الدورة. كذلك تمكن الملحقات من القيام بعدة عمليات متممة للمهمة الرئيسية للوحدات، كامتصاص الاهتزازات وحماية الضاغط من فشل التزييت و عملية الضخ التحتي...إلخ

في هذا الفصل سوف نقوم بدراسة أهم الملحقات المستخدمة في دورات التبريد و التكييف و التعرف على وظائفها و طرق توصيلها.

٢ - التحكم في مستوى المياه

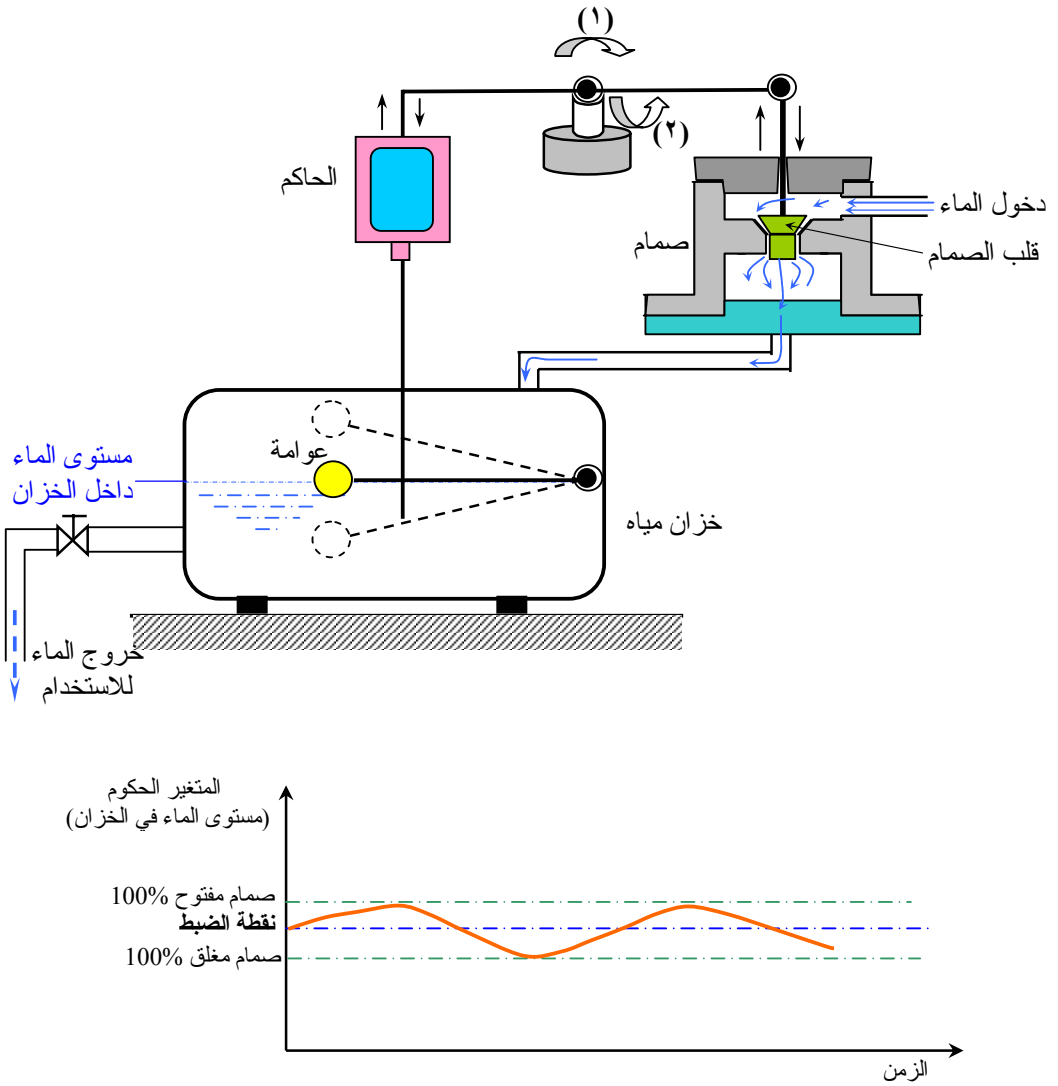
٢ -١ نظام التحكم العائم لمراقبة مستوى المياه

يتم التحكم في مستوى المياه داخل الخزان باستخدام نظام تحكم عائم كما أشرنا إلى ذلك في الفصل الأول من هذا المقرر. و يتكون نظام التحكم العائم من عوامة مثبتة داخل الخزان يعطي موضعها مؤشراً على مستوى الماء، و يتم ترجمة هذا المؤشر إلى إشارة ميكانيكية أو كهربائية، حيث يستلمها جهاز التحكم ليقوم بالتأثير المطلوب على وسيلة التحكم. وسيلة التحكم عبارة عن صمام يفتح و يغلق بشكل تناسبي حسب تغير مستوى الماء داخل الخزان كما هو موضح على الشكل (5-1).

عند ارتفاع الماء بالخزان يقوم جهاز التحكم بإدارة الذراع في الاتجاه (١) الأمر الذي يدفع قلب الصمام إلى الأسفل أي في اتجاه الغلق. بانغلاق الصمام تدريجيا يقل معدل سريان ماء التغذية و يستقر مستوى الماء داخل الخزان.

عند ازدياد الطلب على الماء الموجود داخل الخزان ينخفض مستواه فتنزل العوامة إلى أسفل الأمر الذي يتسبب في إدارة الذراع في الاتجاه (٢) بتأثير من الحاكم. عندها يرتفع قلب الصمام إلى أعلى أي في اتجاه الفتح فيزداد معدل سريان ماء التغذية و هكذا.

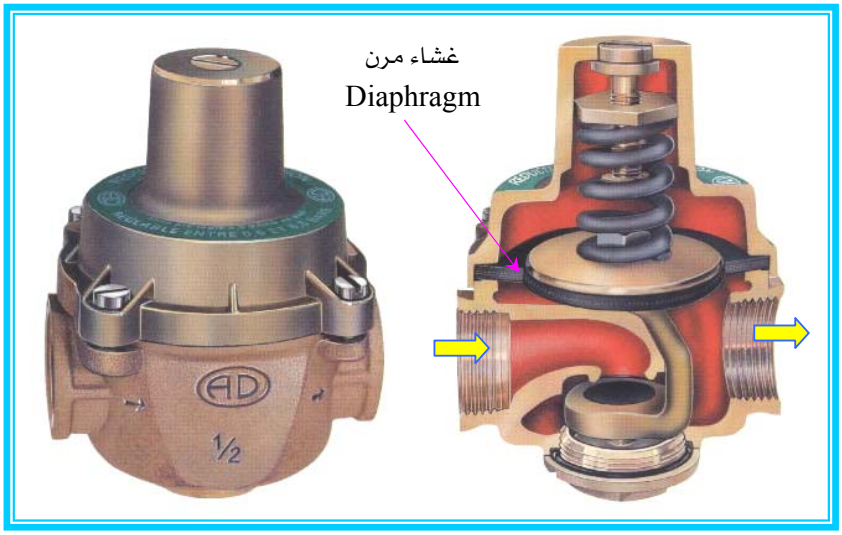
و يبين المنحنى الزمني على هذا الشكل تغير مستوى الماء داخل الخزان، بحيث يتم المحافظة على كمية معينة من الماء مناسبة لاستخدام الوحدة طيلة فترة الاشتغال.



شكل (5-1): نظام تحكم في مستوى المياه

٢ -٢ مخفض ضغط الماء Water pressure reducing valve

تستخدم صمامات خاصة في مسالك الماء بوحدات التبريد و التكييف وذلك لتخفيض الضغط. الشكل (٥ -٢) يوضح مقطع طولي لصمام تخفيض الضغط يستخدم لتعديل ضغط الماء ليتناسب مع خصائص الاستخدام بالوحدات أو المباني. حيث يتم التحكم في فتحة الصمام يدويا و ذلك بتعديل قوة النابض المؤثرة على الغشاء المرن (Diaphragm).



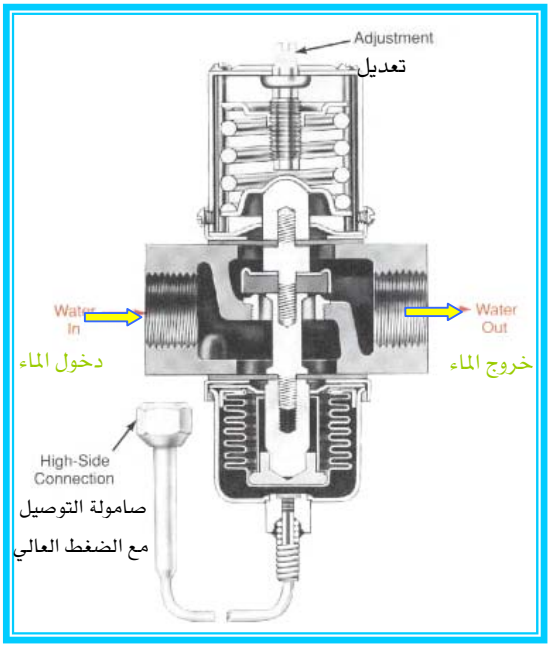
شكل (٥ -٢): صمام التحكم في ضغط الماء

٢ -٣ التحكم في معدل سريان الماء

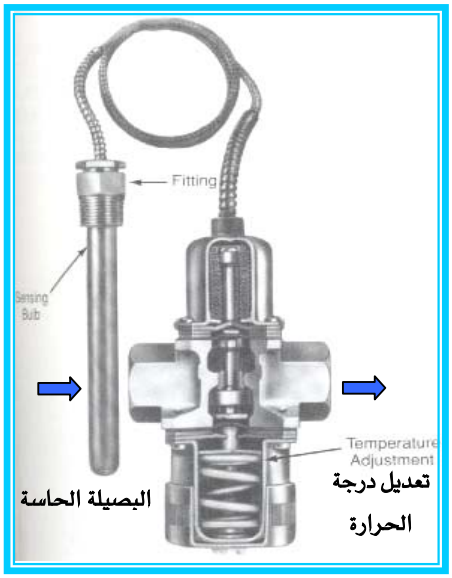
يتم التحكم في معدل سريان الماء خلال ملفات التبريد/التسخين أو خلال وحدات التثليج (Chillers) باستخدام صمامات آلية تشتغل تحت تأثير الضغط أو درجة الحرارة. و يشتمل هذا النوع من الصمامات على حاس (بصيلة أو منفاخ) يتم بواسطته تحريك قلب الصمام في اتجاه الغلق أو الفتح وفق التغير في الضغط و أو درجة الحرارة عند نقطة التوصيل.

الشكل (٥ -٣) يوضح مقطعاً لصمام تحكم في معدل سريان الماء خلال مكثف من نوع غلاف و ملف. يتم تثبيت الأنبوب المفضي إلى المنفاخ بخط الطرد للضاغط، على مستوى الضغط العالي بدورة التبريد. فعند ارتفاع الضغط بالمكثف ينكمش المنفاخ مما يؤدي إلى دفع قلب الصمام في اتجاه الفتح فيزداد معدل سريان الماء خلال المكثف ليتوافق مع الزيادة في الحمل الحراري.

عندما ينخفض الضغط على مستوى المكثف، يتمدد المنفاخ و يسحب معه قلب الصمام في اتجاه الغلق مما يؤدي إلى انخفاض معدل سريان ماء التبريد.



شكل (٥ -٣): صمام التحكم في معدل سريان الماء بتأثير الضغط
Pressure-Operated water valve



شكل (٥ -٤): صمام التحكم في معدل سريان الماء بتأثير درجة الحرارة
Thermostatic water valve with sensing bulb

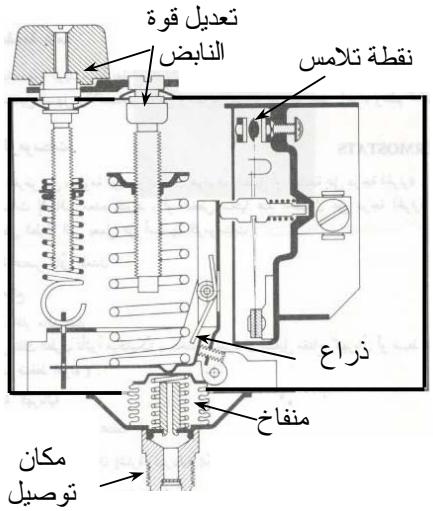
الشكل (٥ -٤) يوضح صمام تحكم في معدل سريان الماء بتأثير درجة الحرارة. يتم توصيل هذا الصمام عند دخول الماء بالنسبة لمكثف من نوع غلاف و ملف. البصيلة الحاسة يتم تثبيتها على خط الماء الخارج من المكثف. فعند ارتفاع درجة حرارة الماء يتمدد الغاز الموجود داخل البصيلة مسبباً في دفع قلب الصمام في اتجاه الفتح مما يسبب في زيادة معدل سريان ماء التبريد.

٢ - قواطع الضغط المنخفض و المرتفعPressure Cut out

تستخدم قواطع الضغط لحماية الوحدة و بالخصوص الضاغط من الارتفاع المفرط لضغط الطرد أو الانخفاض الشديد لضغط السحب. و هي عبارة عن مفاتيح كهربائية تفتح و تغلق تحت تأثير الضغط، لذلك تسمى مفاتيح الضغط.

و يتكون قاطع الضغط من منفاخ يتم تحريكه بتأثير الضغط المراد التحكم فيه، و من نابض دفع يوازن المنفاخ و يمكن من تحديد نقطة الفصل (نقطة الضبط) كما هو مبين على الشكل (٥ -٥).

فعند ارتفاع الضغط عن الحد المسموح به يفتح قاطع الضغط دورة القدرة الكهربائية و يتوقف الضاغط. و يتم إعادة تشغيل جهاز للتحذير عند فتح نقاط التوصيل (جرس، منبه صوتي، إضاءة مصباح..إلخ).

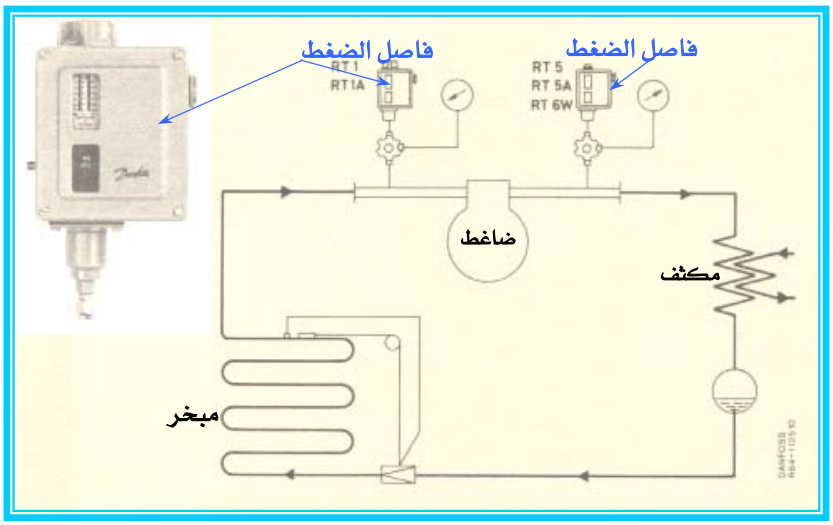


الشكل (٥ -٥): مكونات قاطع الضغط

و يتم قطع الدائرة عادة عند زيادة الضغط بحوالي 2 bars عن ضغط التصميم. و نظراً لأن الزيادة في الضغط تعني حدوث عطل في أداء أحد أجزاء نظام التبريد كالمكثف أو نتيجة عدم غلق صحيح للصمامات، يجب أن يعاد قاطع الضغط العالي يدويا و ليس آليا و ذلك بعد معالجة أسباب القطع.

كذلك تؤدي الضغوط المنخفضة غير العادية إلى احتمال حدوث عطل في الدورة (تكون الصقيع في حالة ملفات تبريد الهواء) أو ارتفاع درجة حرارة الطرد بسبب ارتفاع نسبة الانضغاط. لذلك يتم تركيب قاطع الضغط المنخفض لإيقاف الضاغط عند اللزوم. و يضبط قاطع الضغط عادة ع 0.6 bar إلى 1 bar أقل من ضغط تصميم المبخر، مع مراعاة أن يبقى ضغط القاطع أعلى من الضغط الطبيعي. وذلك لتجنب دخول الهواء داخل الدورة. و عند حدوث فصل للضاغط بسبب الانخفاض الشديد للضغط، يعاد قفل قاطع الضغط المنخفض مرة أخرى آليا عند ضغط مناظر لدرجة حرارة أقل بقليل من درجة حرارة الحمل. الشكل (٥ -٦) يوضح مثالاً لتركيب قاطع الضغط المنخفض و العالي على مستوى خطي السحب و الطرد.

بعد توقف الدورة لمدة طويلة(مثلا عند فترة إذابة الصقيع)، و عند تشغيلها من جديد ينخفض ضغط السحب في البداية إلى قيمة أقل من العادية، الأمر الذي قد يؤدي إلى عمل فاصل الضغط المنخفض. و لتجنب ذلك يمكن إضافة جهاز توقيت تأخيري لمنع بدأ التشغيل المتكرر بالنسبة لمحرك الضاغط.



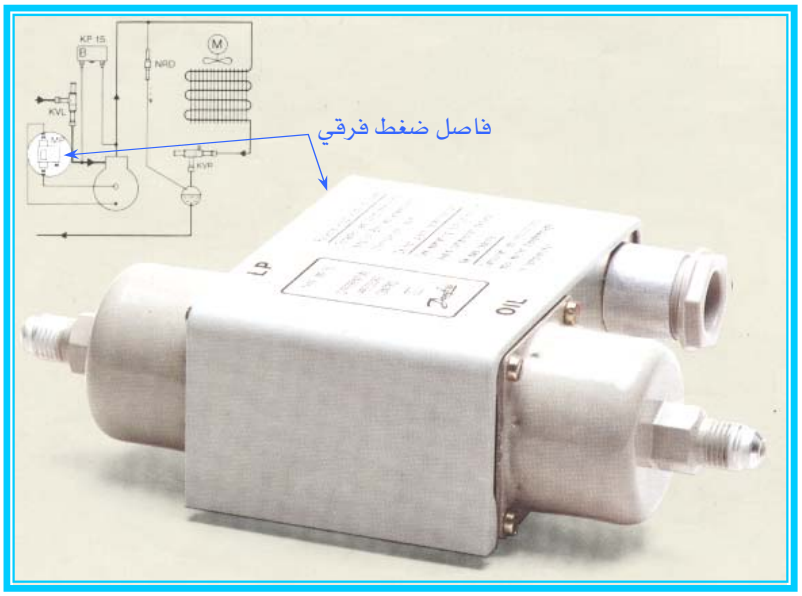
شكل (٥ -٦): تركيب قاطع الضغط

و يمكن التحكم في الضغط العالي و المنخفض بواسطة جهاز واحد يشتمل على مفتاح قلاب مزدوج كما هو مبين على الشكل (٥ -٧).

شكل (٥ -٧): قاطع ضغط مزدوج من نوع دانفوس طراز KP

كما يستخدم قاطع ضغط فرقي يعمل تحت تأثير ضغطين متعاكسين في الاتجاه. و يشتمل على منفاخين يتم توصيلهما بنقاط مراقبة الضغط، وعند تجاوز الفارق بين الضغطين لقيمة معينة يحدث الفصل. و من مجالات استخدام هذا النوع من قاطع الضغط حماية الضاغط من فشل التزييت، حيث يثبت بين خط السحب و خط مضخة التزييت. فعند انخفاض ضغط زيت التزييت عن ضغط السحب يتم إيقاف الضاغط آلياً لحمايته. و لا يمكن إعادة تشغيل الضاغط إلا بعد أن يرتفع ضغط زيت التزييت من جديد و يتجاوز ضغط السحب.

الشكل (٥ -٨) يبين قاطع للضغط الفرقي من نوع دانفوس و طريقة توصيله على مستوى خط زيت التزييت و خط السحب للضاغط لحمايته من فشل التزييت.

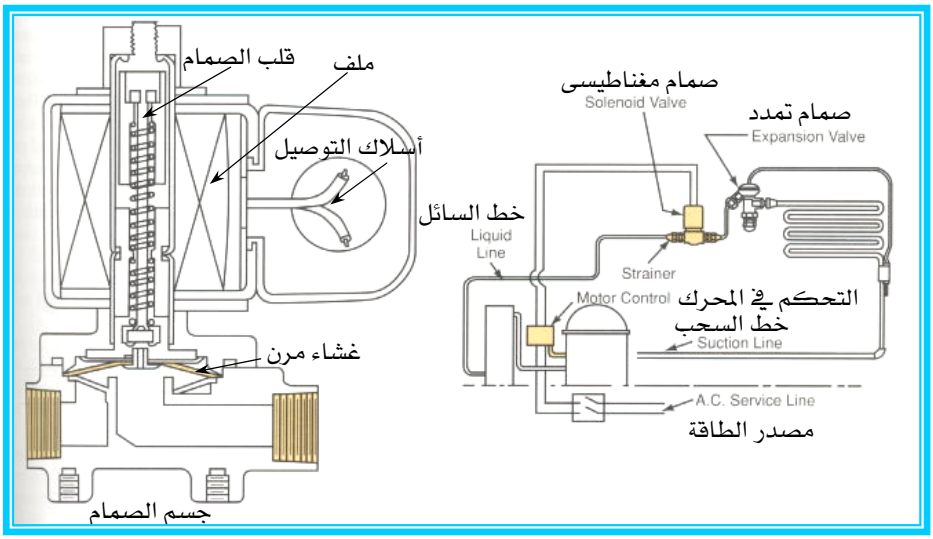


شكل (٥ -٨): قاطع ضغط فرقي (Danfoss MP) و طريقة تركيبه
Oil pressure safety cutout

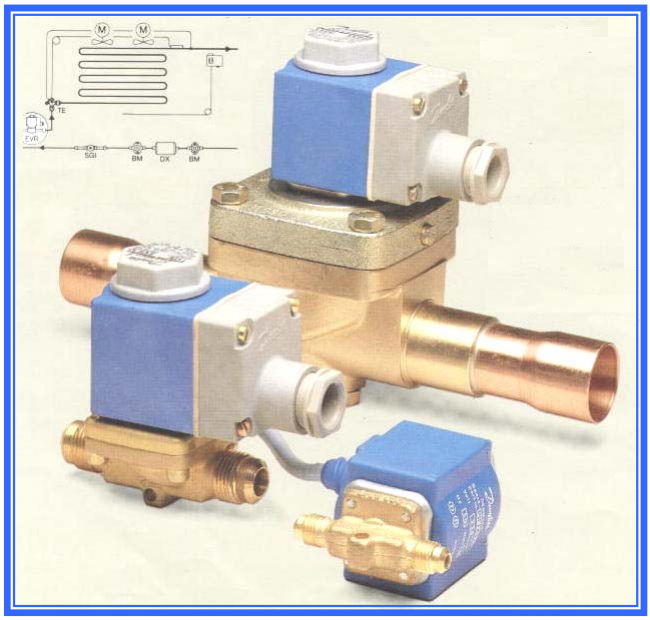
٣ - صمامات السلونويد (لمغناطيسية)Solenoid valves

صمام السلونويد عبارة عن صمام يتم تشغيله بالتيار الكهربائي. و تأثير الكهرباء يتم على مستوى قلب الصمام الذي يصمم في شكل محور يتم تدويره أو سحبه بواسطة ملف كهربائي مثبت حول المحور و يحدث شد مغناطيسي يمكن من إحداث التأثير المطلوب، لذلك يسمى أيضا بالصمام المغناطيسي. و يتم فتح أو غلق فتحة الصمام بواسطة طرف القلب نفسه أو استخدام غشاء مرن (Membrane) يتم تحريكه بواسطة قلب الصمام كما هو مبين على الشكل (٥ -٩). و يكون تأثير التحكم إما لفتح الصمام بالنسبة لصمام مغناطيسي عادة مغلق (Normaly Opened NO) و إما للغلق بالنسبة لصمام مغناطيسي عادة مفتوح (Normaly Closed NC).

و تستخدم الصمامات المغناطيسية في نظم التبريد و التكييف على خطوط مائع التبريد و مواسير ضغط الزيت و خطوط المياه و الهواء المضغوط. و يمكن هذا النوع من الصمامات من الحصول على مرونة أنسب في التحكم في دورات التبريد و التكييف، وذلك بالتقليل من التدخل اليدوي.. الشكل (٥ -١٠) يبين أمثلة لصمامات مغناطيسية من نوع دانفوس.



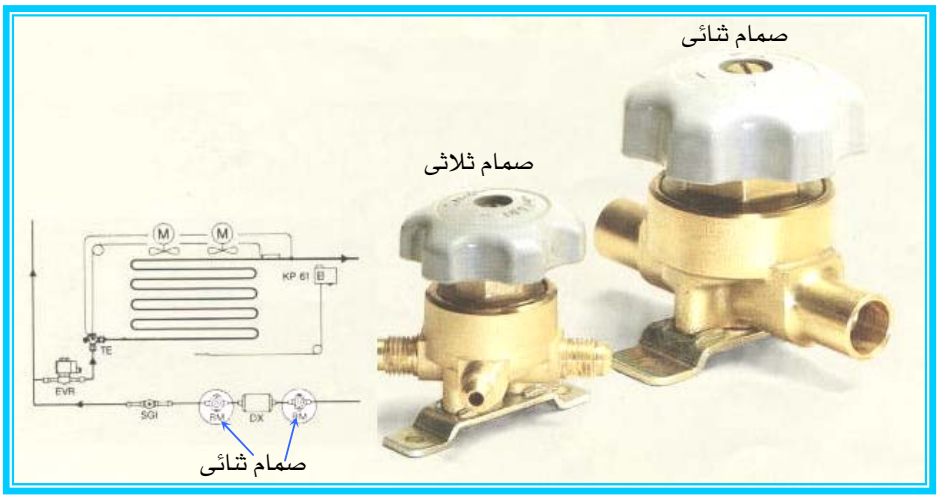
شكل (٥ -٩): صمام مغناطيسي



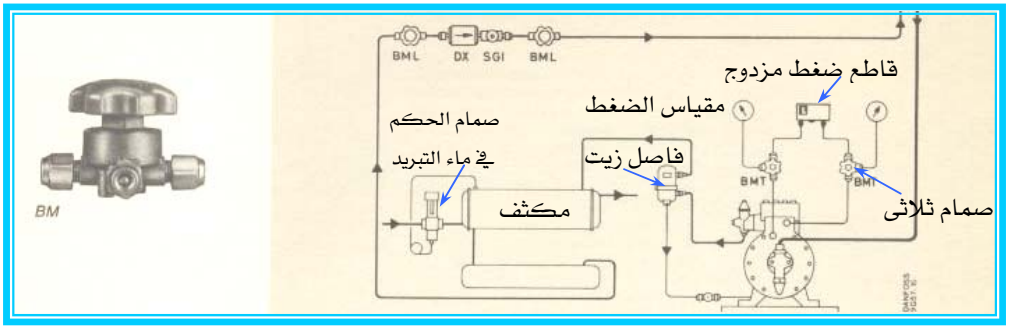
شكل (٥ -١٠): صمامات مغناطيسية من نوع دانفوس طراز EVR

٤ - الصمامات الثلاثية و الرباعية الاتجاهاتThree-way and Four-way valves

تستخدم في دورات التبريد و تكييف الهواء، إلى جانب الصمام ذي الاتجاهين، صمامات ذات ثلاثة و أربعة اتجاهات، و ذلك في بعض التطبيقات الخاصة. الشكل (٥ -١١ -أ) يوضح صمام ثلاثي يدوي إلى جانب صمام ثنائي من نوع دنفوس، كم يوضح الشكل (٥ -١١ -ب) مثالا لاستخدام الصمام الثلاثي اليدوي لتوصيل مقياس و قاطع الضغط في نفس الموقع.



شكل (٥ -١١ -أ): صمام ثنائي و صمام ثلاثي يدوي من نوع دنفوس طراز BM



شكل (٥ -١١ -ب): استخدام صمام ثلاثي يدوي من نوع دنفوس طراز BM

كما يستخدم الصمام الثلاثي كجهاز موجه لتزويد ملفات التبريد و التسخين بالماء حيث يقوم بالتحكم في معدل سريان الماء خلال الملف و إرجاع ما زاد عن حاجة الملف إلى خزان التغذية. الشكل (٥ -١٢) يبين

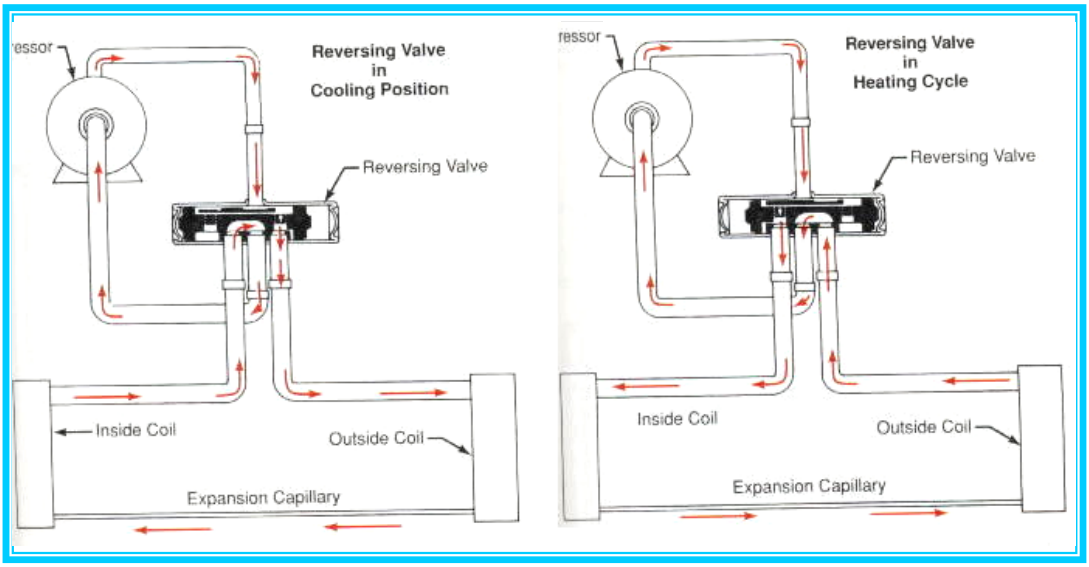
مثالا لصمام ثلاثي يستخدم لتزويد مكثف من نوع غلاف و ملف بماء التبريد مع ضمان مرور تجنيبي للماء الزائد عن حاجة المكثف (Bypass).

شكل (٥ -١٢): صمام ثلاثي للتحكم في معدل سريان الماء خلال مكثف

و يستخدم الصمام رباعي الاتجاهات لعكس دورة التبريد عند إذابة الصقيع كما يستخدم هذا النوع من الصمامات في المضخات الحرارية لعكس الدورة من التبريد إلى التسخين أو العكس. و يكون الصمام الرباعي الاتجاهات ذي تأثير يدوي أو مغناطيسي. الشكل (٥ -١٣) يوضح مثالا لصمام رباعي مغناطيسي يستخدم لعكس دورة التبريد.

و يوضح الشكل (٥ -١٤) طريقة استخدام الصمام الرباعي بالنسبة لمضخة حرارية حيث يتم الانتقال من نظام التبريد (صيفا) إلى نظام التسخين (شتاء) بعكس الدورة. و نتيجة لذلك ينقلب اتجاه السيلان خلال الملفات و الأنبوبة الشعرية و يتحول المبخر إلى مكثف و العكس.

شكل (٥ -١٣): صمام رباعي مغناطيسي



شكل (٥ -١٤): عكس الدورة في مضخة حرارية بواسطة صمام رباعي

٥ - صمام عدم رجوعCheck valve

يستخدم صمام عدم الرجوع لتحديد اتجاه واحد للسريان و ذلك في التطبيقات التالية

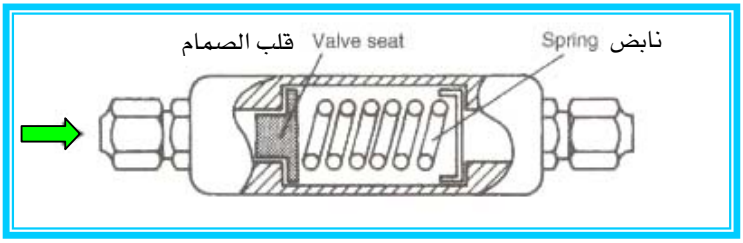
أ - على دورات المضخات الحرارية لمنع السريان خلال صمامات التمدد غير المستخدمة في دورة واحدة.

ب - عند تهريب الغاز الساخن لمنع الغاز من دخول مبخر آخر غير المعني بذلك.

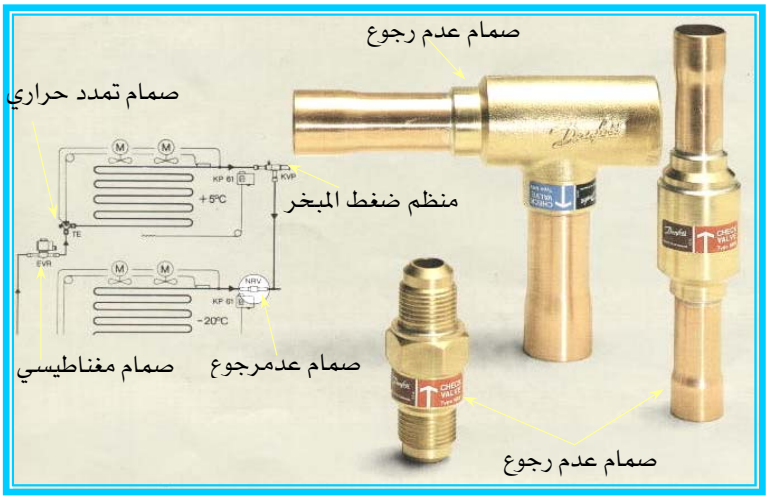
ج - عند توصيل عدة ضواغط على نفس المكثف لمنع رجوع السائل إلى الضاغط المتوقف.

د - في الدورات التي تشتمل على مبخرين أو أكثر عند ضغوط مختلفة لمنع غاز السحب من الرجوع إلى المبخر الأبرد.

و يوضح الشكل (٥ -١٥) مقطع طولي لصمام عدم رجوع. أما الشكل (١٥ -١٦) فيبين نماذج لصمامات عدم رجوع من نوع دانفوس و طريقة توصيلها على وحدة تبريد بها مبخرين عند ضغوط مختلفة.



شكل (٥ -١٥) صمام عدم رجوع



الشكل (٥ -١٦) نماذج لصمام عدم رجوع من نوع دنفوس طراز NRV

٦ - أجهزة الأمان

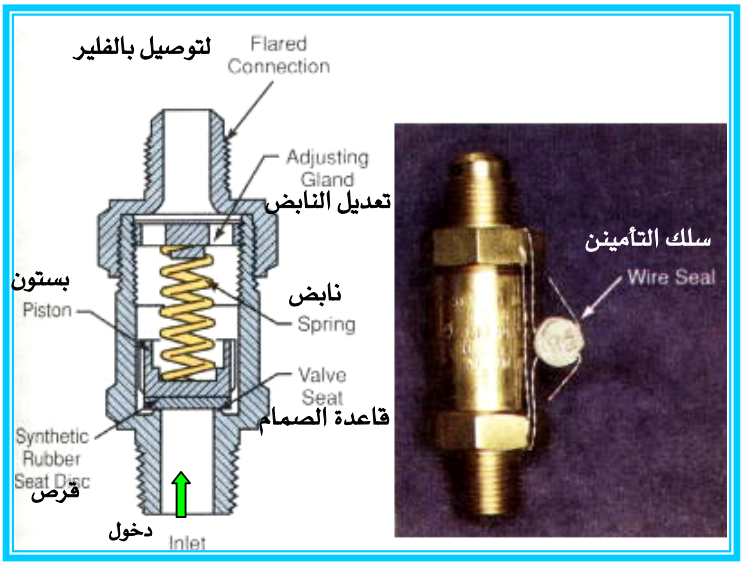
تستخدم عدة أجهزة أمان في دورات التبريد و تكييف الهواء لغرض حماية عناصر الوحدة من التلف الذي قد يحدث إثر زيادة غير طبيعية في الضغط أو درجة الحرارة أو في التيار الكهربائي على مستوى دائرة القدرة. و من بين هذه الأجهزة ما يلي:

٦ -١ صمام الأمان Safety valve

يستخدم صمام الأمان لحماية الأجهزة الواقعة تحت ضغط عالي (خزان السائل، خط الطرد...إلخ) من الزيادة المفرطة في الضغط. و هو عبارة عن صمام ذي اتجاه واحد عادة مغلق يتم تثبيته في مكان مراقبة الضغط. ويستخدم كملجئ أخير لحماية الوحدة. فعند ارتفاع الضغط بشكل غير عادي وفي صورة عدم اشتغال قاطع الضغط العالي بسبب عطل فني مثلا، يفتح صمام الأمان تلقائيا و يسمح بخروج كمية من مائع التبريد من الدورة إلى الهواء المحيط في أسرع وقت ممكن. الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط داخل الدورة. عند انخفاض الضغط إلى الحد العادي ينغلق الصمام تلقائيا. الشكل (٥ -١٧) يوضح طريقة اشتغال صمام الأمان. بعد تحديد ضغط الفتح بالنسبة لصمام الأمان و ذلك بتعديل النابض، يقع تأمينه بسلك لتفادي تغير نقطة ضبطه كما هو موضح على الشكل.

و يراعى في تركيب صمام الأمان ما يلي:

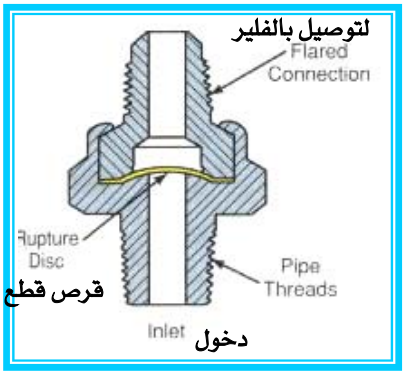
- اختيار الحجم الملائم للصمام ليتوافق مع كمية مائع التبريد التي يجب إخراجها من الوحدة في أسرع وقت ممكن.
- اختيار المكان المناسب لتوصيل صمام الأمان بحيث لا يكون عرضة للصدمات أو العبث.
- أن لا يتسبب أي جهاز أو ماسورة و غيرها في تعطيل السيلان خلال صمام الأمان عند انفتاحه، بحيث تكون فتحته جاهزة للنفث في كل حين.
- الحرص على أن يكون اتجاه فتحة صمام الأمان في فراغ بحيث لا يتسبب المائع المندفع خلاله في تلف الأجهزة أو الضرر بالعاملين.
- المراقبة الدورية لصمم الأمان.



شكل (٥ -١٧): صمام أمان

٦ -٢ قرص القطع Rupture disc

يتكون قرص القطع من غشاء معدني دائري الشكل يتم تركيبه على الخزانات الواقعة تحت الضغط العالي. و يستخدم كملجئ أخير لحماية الأجهزة من الزيادة المفرطة في الضغط داخل الوحدة عند تعطل أجهزة التحكم المخصصة لذلك. فعند ارتفاع الضغط داخل الخزان بشكل غير عادي يقطع الغشاء (القرص) مما يتسبب في تفريغ الخزان من مائع التبريد بسرعة فائقة. الشكل (٥ -١٨) يبين طريقة اشتغال قرص القطع.



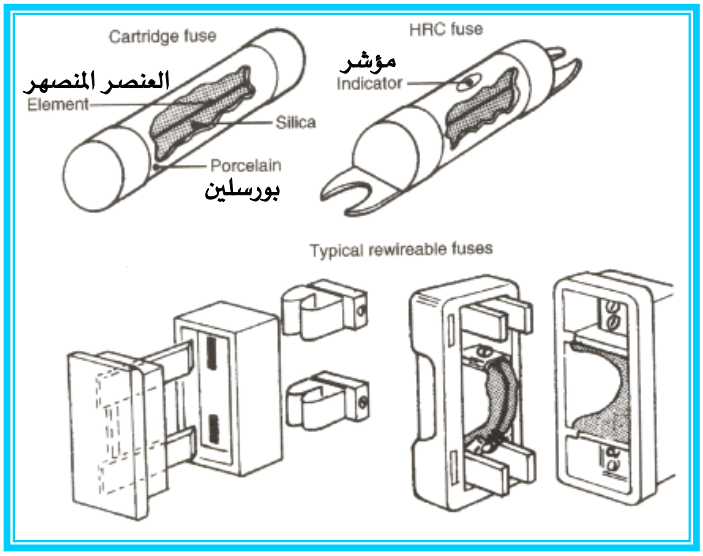
شكل (٥ -١٨): قرص قطع

و من عيوب قرص القطع أنه لا يستخدم إلا مرة واحدة و كذلك عند قطعه يتسبب في تفريغ الوحدة كلية من مائع التبريد.

و يراعى عند تركيب قرص القطع نفس الملاحظات التي تمت الإشارة إليها بالنسبة لصمام الأمان.

٦ -٣ الفيش بمصهرFuse

ويسمى أيضا فيوز (Fuse) و يستخدم كجهاز وقاية للأجهزة الكهربائية من الارتفاع الغير عادي للتيار الكهربائي. ويتكون الفيش من طرفين بينهما شعيرة موصلة كما بالشكل (٥ -١٩). فإذا زاد التيار الكهربائي عن حد معين تحترق الشعيرة الموصلة و يقطع الكهرباء بين طرفي الفيش.



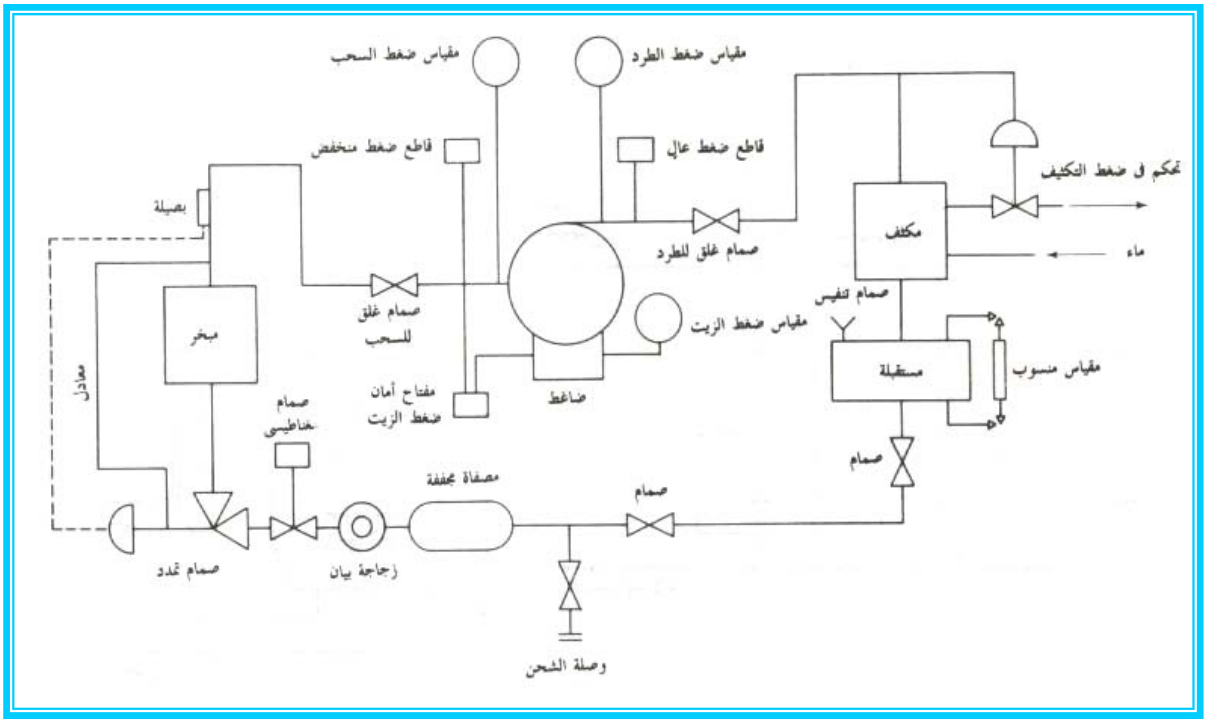
شكل (٥ -١٩): نماذج من فيش بمصهر (Fuses)

و من مميزات و فوائد الفيش بمصهر ما يلي:

- رخيص الثمن و سهل التركيب و التعويض .
- يوجد بأحجام و أشكال مختلفة حسب القيمة القصوى للتيار المسموح بها في الدائرة الكهربائية.
- حماية الجهاز من التلف إذا زاد التيار عن الحد المسموح به.
- حماية الأسلاك و الموصلات من القطع و الحرق و التلف.
- الوقاية من احتمال حدوث حريق في المحيط أو الوسط المجاور.... إلخ

خلاصة

الشكل (٥ -٢٠) يلخص طريقة توصيل مختلف أجهزة التحكم و الملحقات على دورة تبريد.



شكل (٥ -٢٠): طريقة توصيل مختلف أجهزة التحكم و الملحقات على دورة تبريد

الفصل الرابع

الدوائر الكهربائية

الجدارة: معرفة الدوائر الكهربائية للأجهزة التبريد و تكييف الهواء المنزلية.

الأهداف

عندما يكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على:

- التعرف على الدوائر الكهربائية للأجهزة التبريد و تكييف الهواء المنزلية.
- اكتساب القدرة على تحديد متطلبات التحكم للحصول على أفضل أداء و أعلى كفاءة بالنسبة لوحدات التبريد و التكييف المنزلية.
- تحديد عناصر التحكم اللازمة لتنفيذ متطلبات التحكم السابقة.
- تخطيط دوائر التحكم و القدرة تبعا لمتطلبات لتحكم.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90٪

الوقت المتوقع للتدريس: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الفصل الأول و الثاني و الثالث و الرابع و الخامس من نفس المقرر .
- مختبر التحكم الآلي .
- ورش أساسيات التبريد و التكييف .
- مقرر أساسيات التقنية الكهربائية .
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في ورش تكييف و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- علم الحراريات و الموائع
- قياسات
- الفصل الأول و الثاني و الثالث و الرابع من نفس المقرر
- الفصل الأول و الثاني و الثالث من مقرر أساسيات التقنية الكهربائية.

١ - مقدمة

في الفصول السابقة من هذا المقرر قمنا بدراسة المعدات الأساسية لدورات التبريد و كذلك المنظمات و الملحقات التي تمكن من التحكم في خصائص اشتغال وحدات التبريد و التكييف. وذلك للحصول على أعلى كفاءة و على ظروف تشغيل آمنة بالنسبة للوحدات و الأشخاص و لتحقيق متطلبات التحكم اللازمة لمختلف التطبيقات.

و تقتضي متطلبات التحكم تحديد التسلسل المنطقي لاشتغال مختلف الأجهزة وفق برنامج التبريد أو التسخين المراد تحقيقه. لذلك تمت دراسة دور مختلف المنظمات و الملحقات بدوائر التبريد. و حتى تكتمل عملية التحكم لابد من إضافة العناصر الكهربائية اللازمة لضمان اشتغال الأجهزة و تحقيق متطلبات التحكم المنشودة.

هذا الفصل مخصص للتعرف على العناصر الكهربائية و الإلكترونية المتممة لمنظومات التحكم بأجهزة التبريد و التكييف المنزلية. و من ثم دراسة الدوائر الكهربائية بالأجهزة المذكورة و طرق أدائها. لذلك سوف نورد في بداية الفصل دراسة مختصرة حول مختلف الدوائر الكهربائية و طرق تصميميها لنخلص فيما بعد إلى دراسة الدوائر الكهربائية بالأجهزة المنزلية الأكثر استخداما مثل الثلاجة و المكيف الشباكي و وحدات التكييف المنفصلة و المجمعة.

٢ - أنواع الدوائر الكهربائية

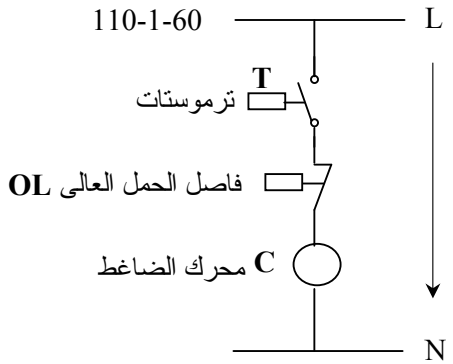
يوجد نوعان من الدوائر الكهربائية عموما، فهناك دوائر التحكم و دوائر القدرة. فبالنسبة للوحدات الصغيرة عادة ما تكون دائرة التحكم و القدرة واحدة، أما بالنسبة للوحدات ذات السعات العالية تكون دائرة التحكم منفصلة عن دائرة القدرة.

٢ -١ دائرة التحكم

تعمل هذه الدائرة على التأثير على عناصر التحكم لتنفيذ تتابع التحكم المطلوب وفق البرنامج المحدد وذلك بإدخال العناصر العاملة حسب متطلبات التحكم كالترموستات و قاطع الضغط و فاصل الحمل العالي. كما تعمل على إدخال عناصر دائرة القدرة حسب التوقيت الزمني المضبوط سلفا. في اغلب الأحيان تعمل دائرة التحكم بطور واحد (Single phase 1Φ). و يكون فرق الجهد بدائرة التحكم أقل أو يساوي فرق الجهد بدائرة القدرة. كما أن الطاقة المستهلكة للتحكم أقل بكثير من طاقة دائرة القدرة.

الشكل (٦ -١) يوضح مثالا لدائرة تحكم ثلاجة صغيرة مكونة من:

- ترموستات للتحكم في درجة حرارة الثلاجة،
- فاصل الحمل العالي لحماية الضاغط من الزيادة المفرط في التيار،
- الضاغط و هو عنصر القدرة الوحيد في الدائرة.



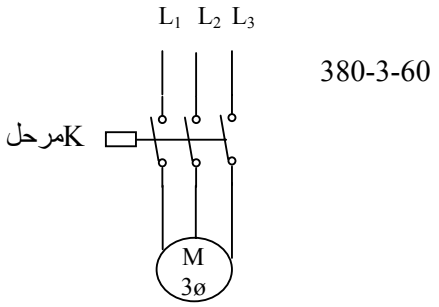
شكل (٦ -١): دائرة تحكم بسيطة

و كما نلاحظ بالنسبة للمثال السابق أن دائرة التحكم تمثل في نفس الوقت دائرة القدرة نظرا لبساطة الدائرة.

٢ -٢ دائرة القدرة

تعمل دائرة القدرة على تشغيل (أو إيقاف) عناصر القدرة مثل المحركات تبعا لإشارة دائرة التحكم. و يكون فرق الجهد و الطاقة الكهربائية المستهلكة في دائرة القدرة مساويين أو أكبر مما هو مستعمل في دائرة التحكم. و تعمل دائرة القدرة بوجه واحد (1Φ) أو بثلاثة أوجه (3Φ).

الشكل (٦ -٢) يعطي مثالا لدائرة قدرة تستخدم لتشغيل أو إيقاف محرك كهربائي ذي ثلاثة أوجه (3Φ).



شكل (٦ -٢): دائرة قدرة

٣ - عناصر الدائرة الكهربائية

تتكون الدائرة الكهربائية من مجموعة من أحمال و مفاتيح و موصلات (أسلاك) مرتبة حسب التسلسل المنطقي لبرنامج التشغيل المحدد.

٣ -١ الأحمال Loads

هي العناصر التي تستهلك فرق الجهد بالدائرة و منها:

أ - الملفات المغناطيسية Coils: كملفات المحركات الكهربائية و المرحل و الصمامات المغناطيسية. في هذه الأحمال تتحول القدرة الكهربائية إلى مجال مغناطيسي بالملفات الثابتة فتعمل على تحريك الأجزاء المتحركة.

ب - المقاومات Resistances: كسخانات إذابة الصقيع و سخانات الزيت و سخانات التدفئة بالمكيفات. في هذه الأحمال تتحول القدرة الكهربائية بها إلى حرارة للتسخين.

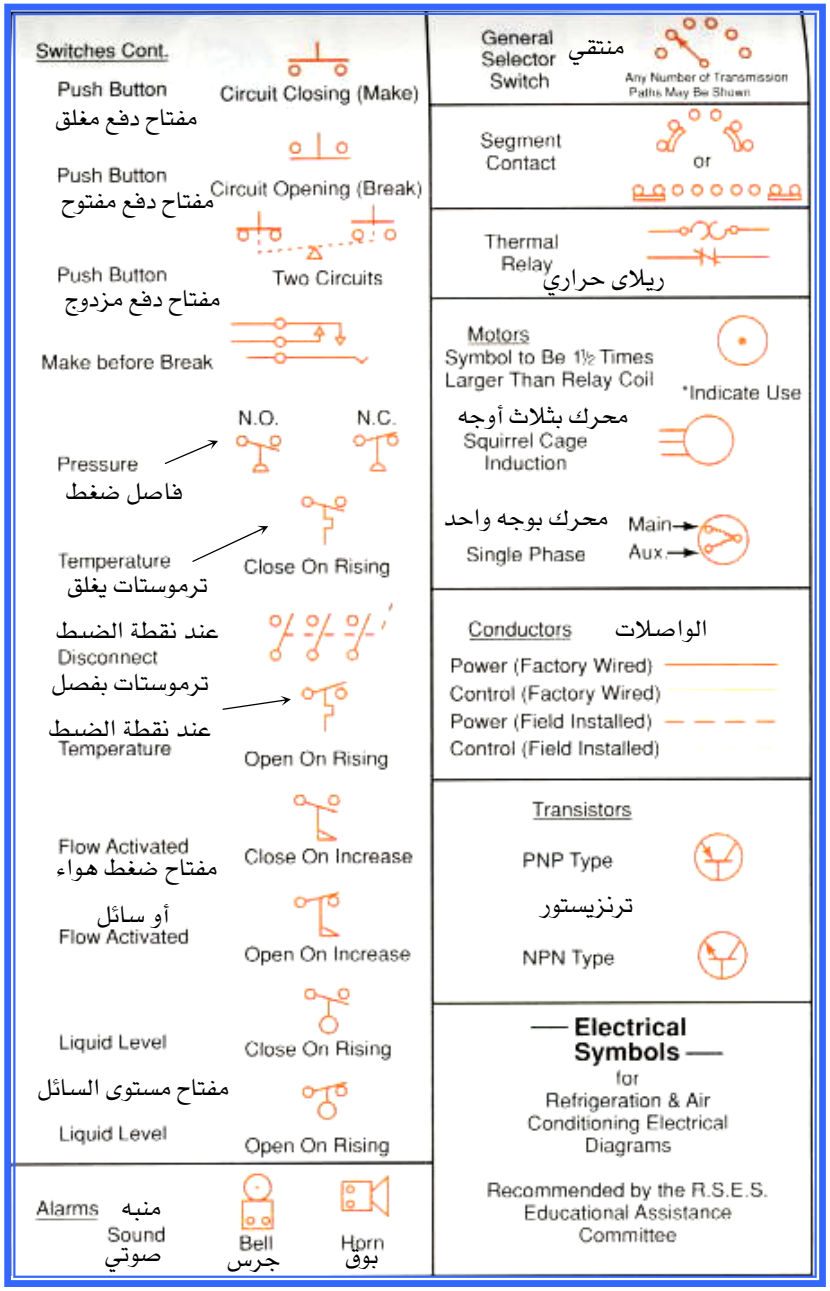
ت - المصابيح Lamps: كمصابيح البيان للتشغيل و الإيقاف حيث تتحول القدرة الكهربائية بها إلى إضاءة.

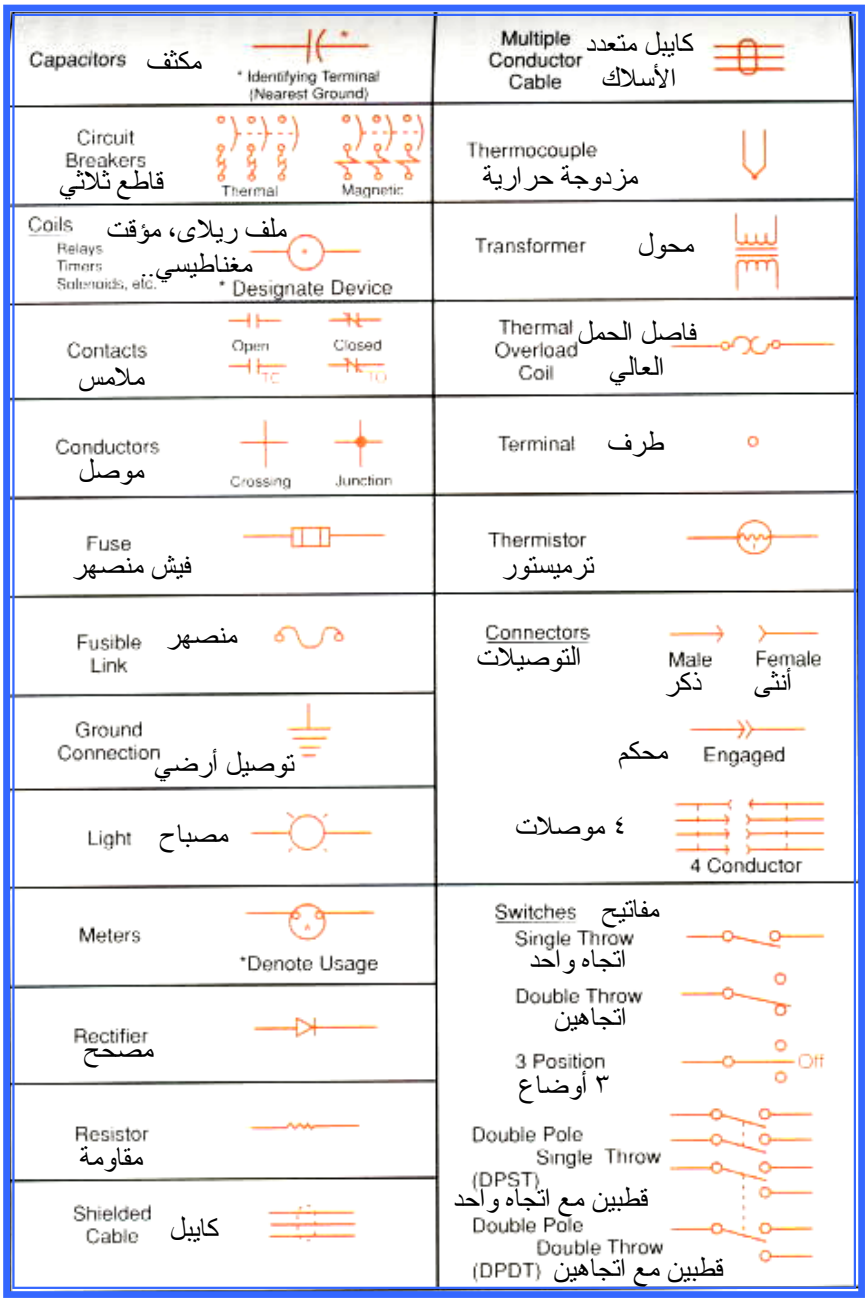
٣ -٢ المفاتيح Switches

تشمل مفاتيح التشغيل اليدوي و الأتوماتيكي (الترموستات) و تعمل على ترتيب التشغيل لعناصر التحكم و كذلك فاصل الحمل العالي و قاطع الضغط و و تعمل كمفاتيح أمان و حماية و غيرها...

٣ -٣ الموصلات Wires

و هي الأسلاك الكهربائية التي تمكن من توصيل العناصر المختلفة بالتيار ويكون قطر الأسلاك مناسب للحمل و التيار المسحوب.





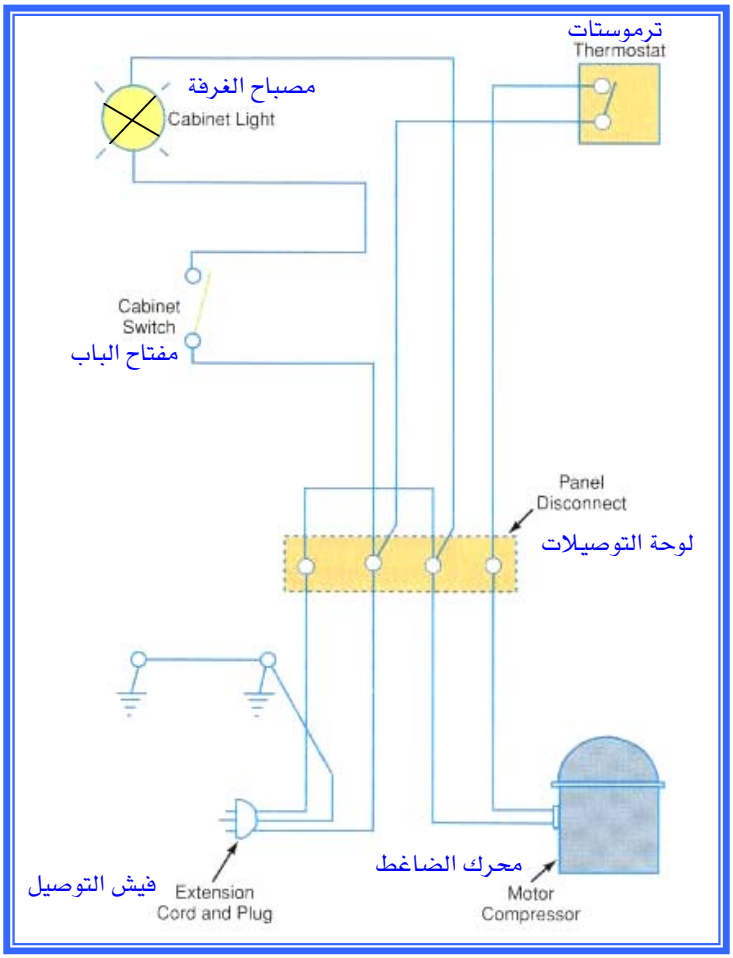
(حسب الاستخدام في المؤسسات الصناعية)

٤ - طريقة رسم الدوائر الكهربائية

هناك نوعان لرسم الدوائر الكهربائية و هما الرسم التخطيطي و الرسم الشيكي:

الرسم التخطيطي

هو رسم مبسط توضع فيه العناصر على شكل رموز خاصة قريبة من وظائفها الأصلية (انظر الجدول ٦ -١ الذي يوضح الرموز المستخدمة ببعض الوحدات في المؤسسات الصناعية). و من خلال هذا الرسم يتم التعرف على دور كل عنصر و علاقته ببقية أجزاء الدائرة. و يستخدم هذا الرسم في مرحلة أولى لتصميم دوائر التحكم و يستخدم فيما بعد للقيام بعملية اكتشاف الأعطال (Trouble shooting) و الصيانة. و للرسم التخطيطي قواعد محددة و فق النظام العالمي للمواصفات سوف نحرص على تطبيقها عندنا رسمنا للدوائر الكهربائية.



شكل (٦ -٣): رسم شبكي للدوائر الكهربائية بالثلاجة منزلية صغيرة

الرسم الشبكي

في هذا الرسم، تكون العناصر في نفس وضعها الطبيعي تقريبا بالوحدة (ثلاجة، مكيف..) و يوضح مسار الأسلاك الموصلة و ألوانها. و يستخدم الرسم الشبكي بالمصانع لتسهيل عمليات التركيب و كذلك للصيانة و الإصلاح. الشكل (٦ -٣) يوضح رسما شبكيا لثلاجة منزلية صغيرة (براد)، و هذا الشكل يعكس الرسم التخطيطي الذي تم تقديمه على الشكل (٦ -١) علما و أن فاصل الحمل العالي موجود داخل علبة التحكم المثبتة على الضاغط. و ليس هناك قواعد ثابتة للرسم الشبكي، إذ يخضع للتصميم العام للوحدات و هذا يختلف من مؤسسة منتجة إلى أخرى.

قواعد تفسير الرسم التخطيطي

هناك مجموعة من القواعد يجب معرفتها لفهم الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائي وهي:

١. يسري التيار من الموجب إلى السالب (L_1 ← N (L_2)

١ - يوجد حمل واحد فقط بالدائرة الموصلة لهذا الحمل

٢ - الرسم التخطيطي يعين حالة الإستعداد للتشغيل Ready to start

٣ - ترسم نقاط التماس في وضعها العادي: عادة مفتوحة (NO) أو عادة مغلقة (NC)

٤ - عند بدء التشغيل يتغير وضع نقاط التماس للمرحل الذي يصل التيار لملفها .

٥ - ملف المرحل يمكن أن يتحكم في أكثر من نقطة تماس .

٦ - يمر التيار خلال نقط التماس المغلقة فقط .

٧ - يكتب قرب ملف المرحل أرقام الدوائر المحتوية على نقاط تماس هذا المرحل و حالتها (NO أو NC)

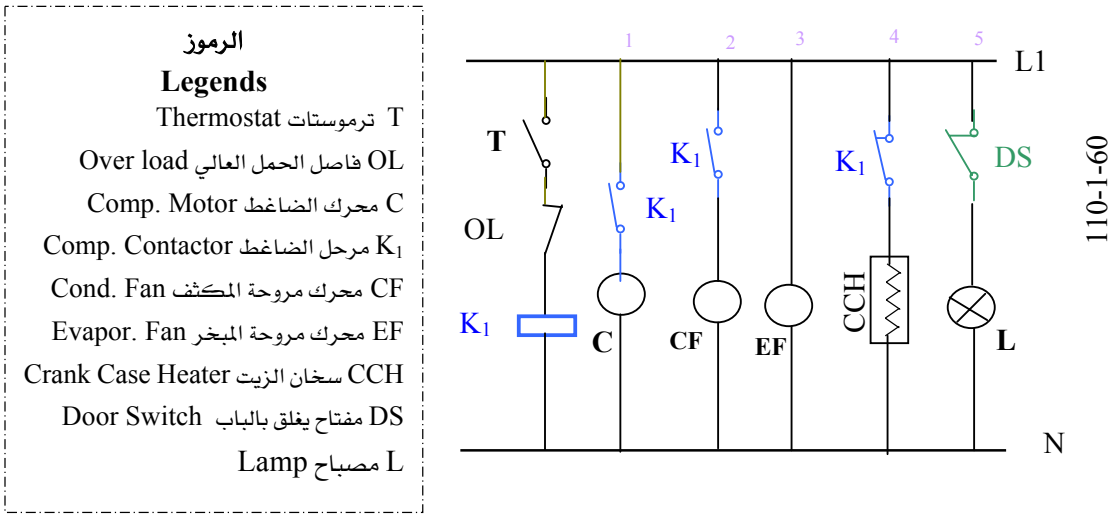
٨ - مفاتيح التشغيل ترسم في الوضع العادي (عادة مفتوحة) و تغلق بتتابع التشغيل، أما مفاتيح الوقاية فترسم في الوضع العادي لها (عادة مغلقة) و تفتح عندما يستلزم الأمر الوقاية و قطع التيار. نقاط تماس المؤقت ترسم في وضع بدء التوقيت.

٩ - توضح الوصلات بالألوان أو الأرقام و توضح الدوائر بالأرقام .

١٠ - يرفق الرسم التخطيطي بقائمة تفسير الرموز .

١١ - تدون الملاحظات خارج الرسم مع الحرص على الإقلال منها قدر الإمكان.

الشكل (٦ -٤) يوضح رسما تخطيطيا لوحدة تبريد بسيطة تشتمل على ضاغط بوجه واحد و مروحة مكثف يتم تشغيلها مع الضاغط و مروحة مبخر تشتغل طيلة فترة التبريد و سخان الزيت يعمل عند توقف الضاغط. وقد تمت في هذا التخطيط مراعاة القواعد السابقة الذكر.



شكل (٦ -٤) رسم تخطيطي لوحدة تبريد بسيطة

٥ - تصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد بسيطة

يتم تصميم دوائر التحكم و القدرة لوحدات التبريد بصفة عامة وفق منهجية محددة يمكن تلخيصها في المراحل التالية:

أ - دراسة مكونات دورة التبريد الميكانيكية بجميع عناصرها .

ب - دراسة أداء الدورة على خريطة الضغط -الإنتالبي(P - h) وذلك لمعرفة قيم الضغوطات و درجات الحرارة في مختلف مراحل الدورة.

ت - تحديد متطلبات التحكم للحصول على أفضل أداء و أعلى كفاءة.

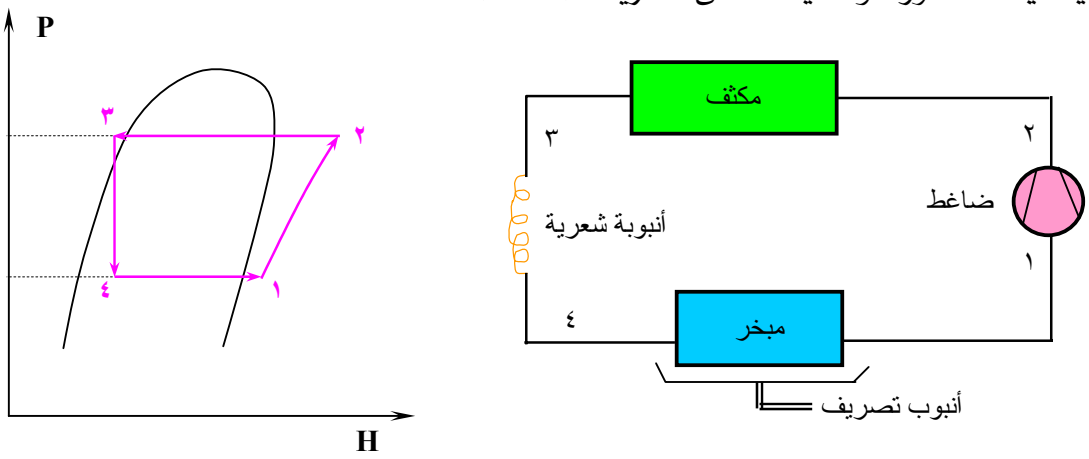
ث - تعيين عناصر التحكم اللازمة لتنفيذ متطلبات التحكم السابقة.

ج - تخطيط دوائر التحكم و القدرة حسب المعلومات السابقة.

و لفهم طريقة تنفيذ الخطوات السابقة نبدأ بتخطيط دائرة التحكم و القدرة لوحدة تبريد بسيطة، وهي عبارة عن ثلاجة منزلية صغيرة.

٥ -١ مكونات دورة التبريد الميكانيكية

كما هو معلوم تتكون دورة التبريد البسيطة من الأجزاء التالية: ضاغط بطور واحد و مكثف بدون مروحة و أنبوبة شعرية و مبخر عادي بدون مروحة أيضا. الشكل (٦ -٥) يوضح الدورة الميكانيكية المذكورة و تنفيذها على الخريطة (P - h).



شكل (٦ -٥): دورة تبريد بسيطة

٥ -٢ متطلبات التحكم

تتلخص متطلبات التحكم بالنسبة للدورة المذكورة في ما يلي:

أ - تبريد حتى 5+ °C (دون النزول إلى درجة حرارة تجمد الماء)،

ب - تقويم محرك الضاغط ذي الوجه الواحد و حمايته من زيادة التيار.

٥ -٣ عناصر التحكم

١ - حاكم درجة الحرارة يعمل بمدى من 1 °C إلى 10 °C و له تفاوت يسمح بمعادلة الضغوط للمساعدة في تقويم المحرك (خلال لأنبوبة الشعرية أثناء توقف الضاغط... إلخ راجع الفصل الثالث من هذا المقرر)،

٢ - بالنسبة لمحرك الوجه الواحد يكون هناك ملفان أحدهما للتشغيل و الآخر للتقويم، و يجب استخدام وسيلة توصيل ملف التقويم في بداية التشغيل فقط ثم فصله فيما بعد. و يمكن استخدام ريلاى تقويم يعمل بتأثير التيار أو فرق الجهد كما يمكن استخدام مكثف كهربائي للتقويم،

٣ - فاصل الحمل العالي (Over Load OL) لحماية المحرك من الزيادة المفرطة للتيار بالدائرة.

٥ -٣ تخطيط دائرة التحكم و القدرة

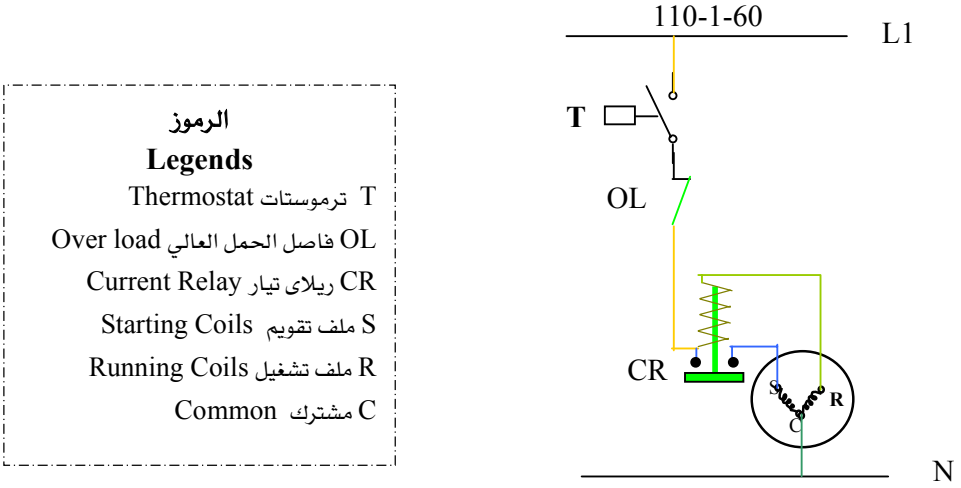
الشكل (٦ -٦) يوضح دائرة التحكم و القدرة للوحدة المذكورة و يظهر فيها ريلاى التيار المستخدم لتوصيل وفصل ملف التقويم.

شرح أداء الدورة

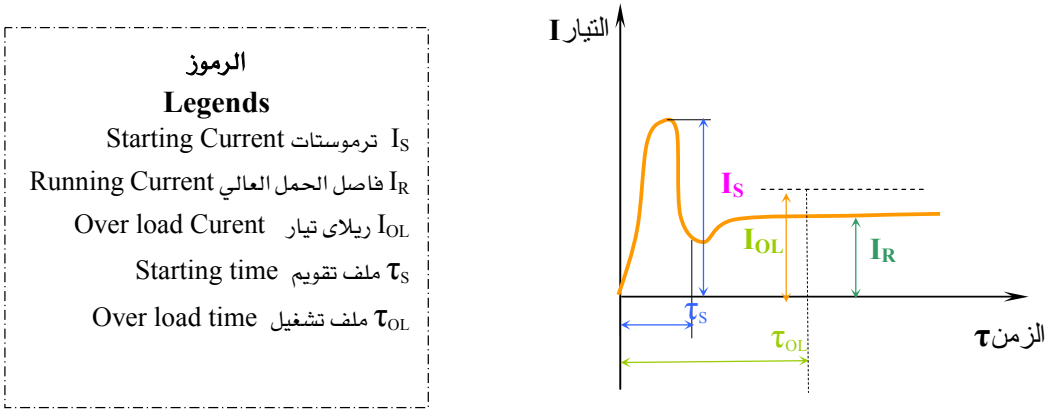
عندما ترتفع درجة الحرارة داخل الثلاجة تغلق نقطة تماس حاكم درجة الحرارة (الترموستات T) فيمر التيار من L1 إلى فاصل الحمل العالي OL ثم خلال ملف الريلاى CR ثم ملف التشغيل R فالمشترك C ثم إلى N . يسحب المحرك تيارا عاليا (تيار التقويم Is) كما هو موضح على الشكل (٦ - ٧). عند ذلك يرتفع المجال المغناطيسي بملف الريلاى فيجذب القلب المغناطيسي فيوصل التيار لملف التقويم S فيعمل بدوره مع ملف التشغيل على التوازي فيبدأ المحرك في الدوران. و تزيد سرعة دوران المحرك تدريجيا مما يقلل من التيار المسحوب. عندما تصل سرعة دوران المحرك إلى حوالي ٧٥ ٪ من سرعة التصميم سيقل التيار بملف الريلاى و كذلك المجال المغناطيسي حتى يفصل القلب المغناطيسي ملف التقويم و يواصل المحرك في الدوران بتأثير ملف التشغيل R. و تستغرق عملية التقويم المذكورة زمنا قصيرا جدا (من ١/١٠ إلى ١/٢ ثانية).

بتشغيل المحرك يقوم الضاغط بتزويد الدورة بمائع التبريد فيبرد الحيز داخل الثلاجة، و عندما تنخفض درجة الحرارة إلى نقطة ضبط الفصل (Cut out) بالنسبة للترموستات يفصل التيار عن محرك الضاغط فيتوقف. وبتوقف الضاغط سترتفع درجة الحرارة تدريجيا من جديد حتى تصل إلى نقطة ضبط التوصيل بالنسبة للترموستات فيعمل على إعادة تشغيل الضاغط و هكذا...

تجدر الإشارة إلى أن قيمة تيار فاصل الحمل العالي I_{OL} أقل من قيمة تيار التقويم I_S، غير أن زمن تأثير التقويم τ_S أصغر من زمن فاصل الحمل العالي τ_{OL} كما هو موضح على الشكل (٦ -٧). لذلك يسمح فاصل الحمل العالي للمحرك بالتقويم رغم ارتفاع قيمة تيار القويم.

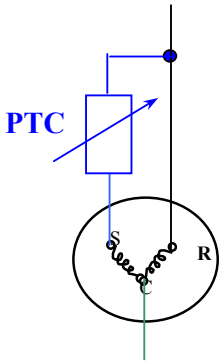


شكل (٦ -٦): دائرة التحكم و القدرة لوحدة تبريد بسيطة



شكل (٦ -٧): التيار المسحوب أثناء فترتي التقويم و التشغيل بالنسبة لمحرك الضاغط

و قد تم حديثا استبدال ريلاى التيار ذي القلب المغناطيسي بشبه موصل (PTC) من خاصيته زيادة مقاومته عند مرور التيار الكهربائي به (من 50 Ω إلى حوالي 1500 Ω) في فترة التقويم. و يتم توصيل تلك المقاومة بدلا من ريلاى التقويم ، فعند بدء التشغيل تكون مقاومتها 50 Ω فيمر التيار خلالها إلى ملف التقويم و بعد حوالي ١/١٠ ثانية تزيد مقاومتها إلى 1500 Ω تمنع مرور التيار إلى S و يستمر المحرك في العمل بتأثير الملف R كما هو موضح على الشكل (٦ -٨).



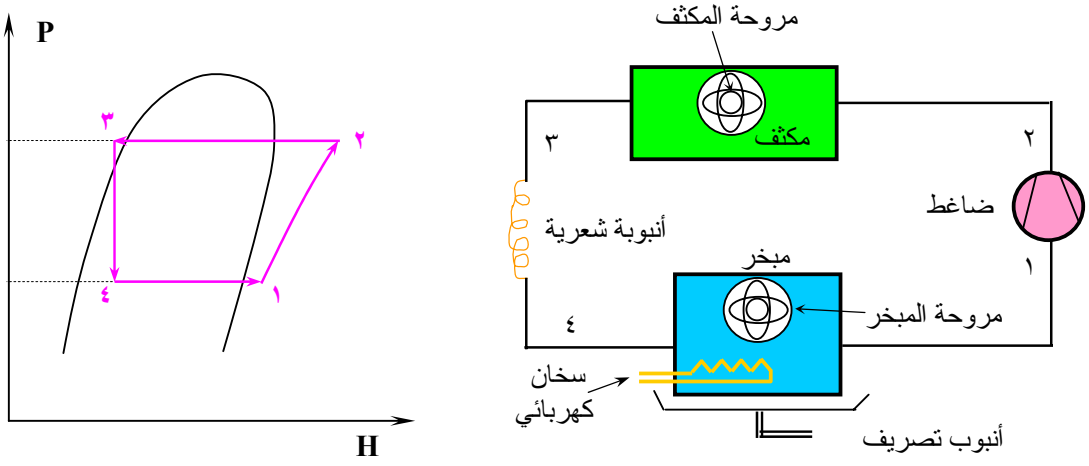
شكل (٦ -٨): استخدام مقاومة شبه موصلة لتوصيل وفصل ملف التقويم

٦ - تصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد وتجميد بسيطة

بالنسبة لوحدة تبريد و تجميد تنخفض درجة الحرارة على مستوى المبخر عن الصفر (-20 °C) ولذلك يجب إضافة نظام إذابة الصقيع أتوماتيكيا و مروحة على مستوى المبخر. و نظرا لارتفاع السعة الحرارية على مستوى المكثف تضاف إليه أيضا مروحة. و من ثم يمكن تتبع خطوات تصميم دوائر التحكم و القدرة للوحدة المذكورة كما يلي.

٦ -١ دورة التبريد الميكانيكية

الشكل (٦ -9) يوضح الدورة الميكانيكية للوحدة التبريد و التجميد و يظهر السخان الكهربائي المستخدم لإذابة الصقيع على مستوى المبخر و كذلك مروحة المكثف و مروحة المبخر.



شكل (٦ -9): دورة تبريد و تجميد بسيطة

٦ -٢ متطلبات التحكم

لكي يتم استغلال الوحدة على الوجه الأمثل يجب أن تتوفر فيها متطلبات التحكم التالية:

أ - تجميد حتى -20°C

ب - مساعدة محرك الضاغط على التقويم و حمايته من زيادة التيار

ت - عدم التصاق باب المبخر بغرفة التجميد

ث - تحديد فترة التبريد و التجميد و فترة إذابة الصقيع

ج - إذابة الصقيع أتوماتيكيا بسخان كهربائي

ح - إضاءة الثلاجة عند فتح الباب

٦ -٣ عناصر التحكم

من متطلبات التحكم المذكورة سابقا يمكن تحديد عناصر التحكم التالية:

١ - حاكم درجة الحرارة بمدى أقل من -20°C مع تفاوت يسمح بمعادلة الضغوط للمساعدة في تقويم المحرك (خلال الأنبوبة الشعرية أثناء توقف الضاغط) .

٢ - ريلاى تيار أو جهد و فاصل الحمل العالي .

٣ - سخان كهربائي لإذابة الصقيع مع وسيلة لحمايته .

٤ - مؤقت لضبط فترة التبريد و التجميد و فترة إذابة الصقيع .

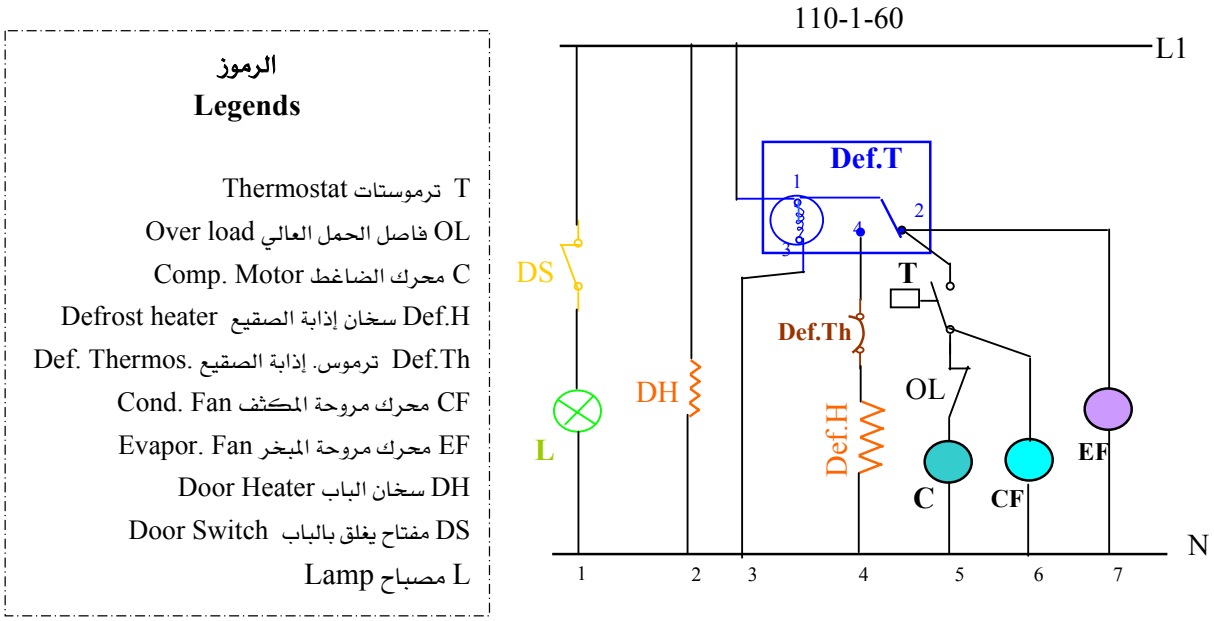
٥ - سخان محدود القدرة بباب المبخر .

٦ - مصباح إضاءة تعمل بتأثير مفتاح بالباب .

٦ -٤ تخطيط دوائر التحكم و القدرة

الشكل (٦ -10) يوضح دوائر التحكم و القدرة للوحدة المذكورة وقد تم ترقيمها كما يلي:

- دائرة (١): مصباح إضاءة تعمل بتأثير مفتاح بالباب
- دائرة (٢): سخان بالباب ليدفأ حتى لا يلتصق بغرفة التبريد
- دائرة (٣): مؤقت فترة التبريد و إذابة الصقيع
- دائرة (٤): سخان إذابة الصقيع مع ترموستات الصقيع من نوع شريحة معدنية مزدوجة
- دائرة (٥): مروحة المكثف تعمل مع محرك الضاغط
- دائرة (٦): محرك الضاغط يعمل بتأثير المؤقت و حاكم درجة الحرارة و فاصل الحمل العالي
- دائرة (٧): مروحة المبخر تعمل أثناء فترة التبريد فقط و ذلك بتأثير من المؤقت



شكل (٦ -10) دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد و تجميد بسيطة

أداء الوحدة أثناء فترة التبريد

أثناء فترة التبريد تكون العناصر التالية في وضع تشغيل:

- سخان الباب
- محرك المؤقت حيث تمكن نقطة تماسه من توصيل التيار إلى الدوائر (٥)، (٦) و (٧).
- الضاغط مع مروحة المكثف
- مروحة المبخر

يتحكم المؤقت في زمن تشغيل الوحدة تبريد (الضاغط، مروحة المكثف، مروحة المبخر) لفترة معينة (٦ ساعات مثلا) يعمل خلالها الترموستات على التحكم في تشغيل و إيقاف الضاغط و مروحة المكثف حسب تغير درجة الحرارة بغرفة التبريد بينما تظل مروحة المبخر تعمل باستمرار أثناء فترة التبريد.

أداء الوحدة أثناء فترة إذابة الصقيع

بعد انتهاء فترة التبريد يعمل المؤقت على فصل كل من مروحة المبخر و محرك الضاغط و مروحة المكثف، في حين يوصل سخان إذابة الصقيع بالدائرة (٤). و إذا أذيب كل الصقيع قبل انتهاء الوقت المحدد لذلك بالمؤقت (حوالي ٢٠ دقيقة) سوف ترتفع درجة حرارة سطح المبخر إلى حوالي 4 °C فيعمل ترموستات الصقيع على فصل سخان إذابة الصقيع و يظل هكذا حتى ينتهي وقت إذابة الصقيع. عندها

يفصل المؤقت دائرة السخان و يوصل دائرة التبريد، فتعمل مروحة المبخر مباشرة و محرك الضاغط مع مروحة المكثف بتأثير من حاكم درجة الحرارة.

يجمع الماء الناتج عن إذابة الصقيع بحوض أسفل المبخر و منه إلى أنبوب تصريف معد للغرض.

٧ - ثلاجة منزلية ذات نظام آلي لإذابة الصقيع بواسطة سخان كهربائي

(Refrigerator-Freezer with Electric Heater Automatic Defrost).

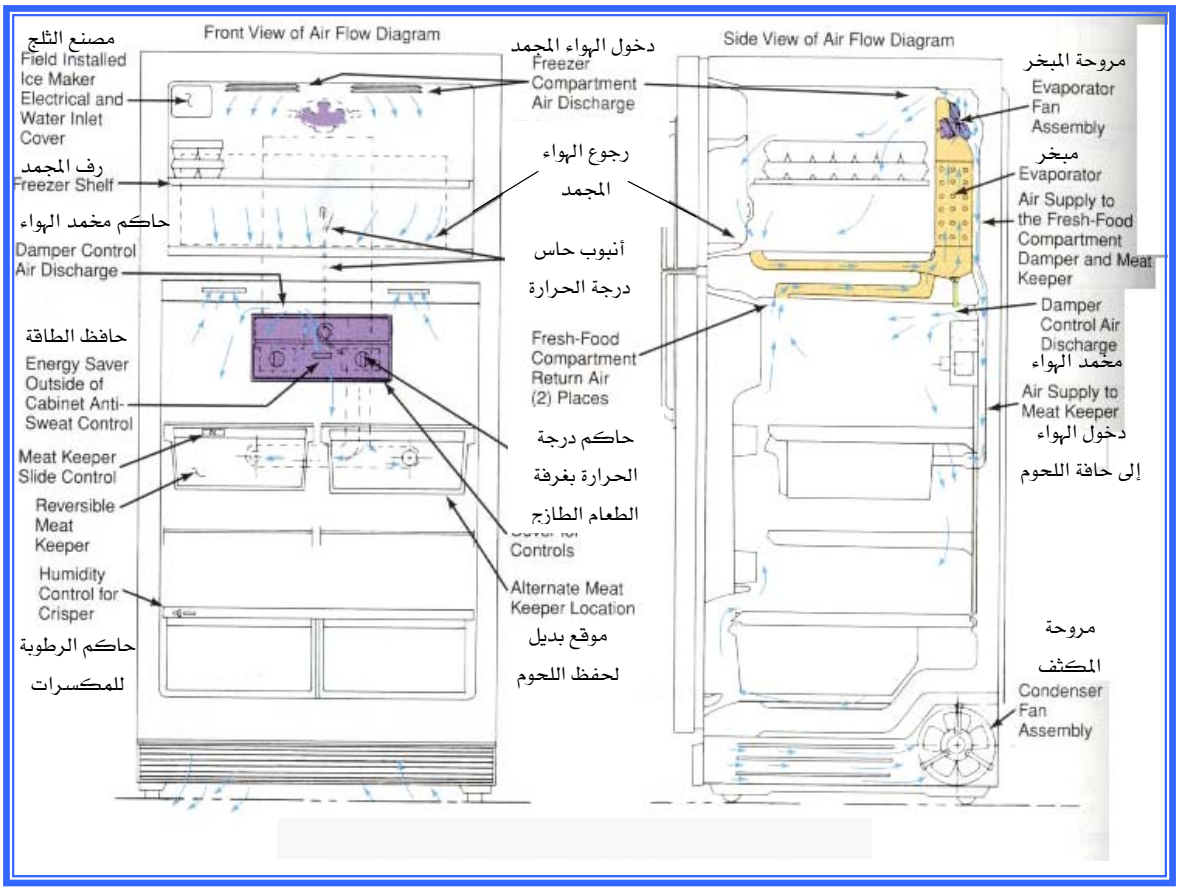
٧ -١ مكونات الثلاجة المنزلية ذات النظام الآلي لإذابة الصقيع بواسطة سخان كهربائي

الشكل (٦ -11) يوضح صورة لمكونات ثلاجة منزلية بها خانة للأطعمة الطازجة و أخرى للأطعمة المجمدة و نلاحظ الرفوف المعدة لوضع الأطعمة و المشروبات. و تعمل هذه الثلاجة وفق ما يسمى بدورة منع التجمد أو بالدورة الخالية من التجمد. في هذا النوع من الثلاجات يوضع المبخر خارج خانة التجميد و خلال فترة التبريد يتم سحب الهواء فوق المبخر و يدفع بشكل قسري إلى خانة التبريد و التجميد باستخدام مروحة تدار بمحرك كهربائي.

شكل (٦ -11): منظر داخلي لثلاجة منزلية (مبرد و مجمد)

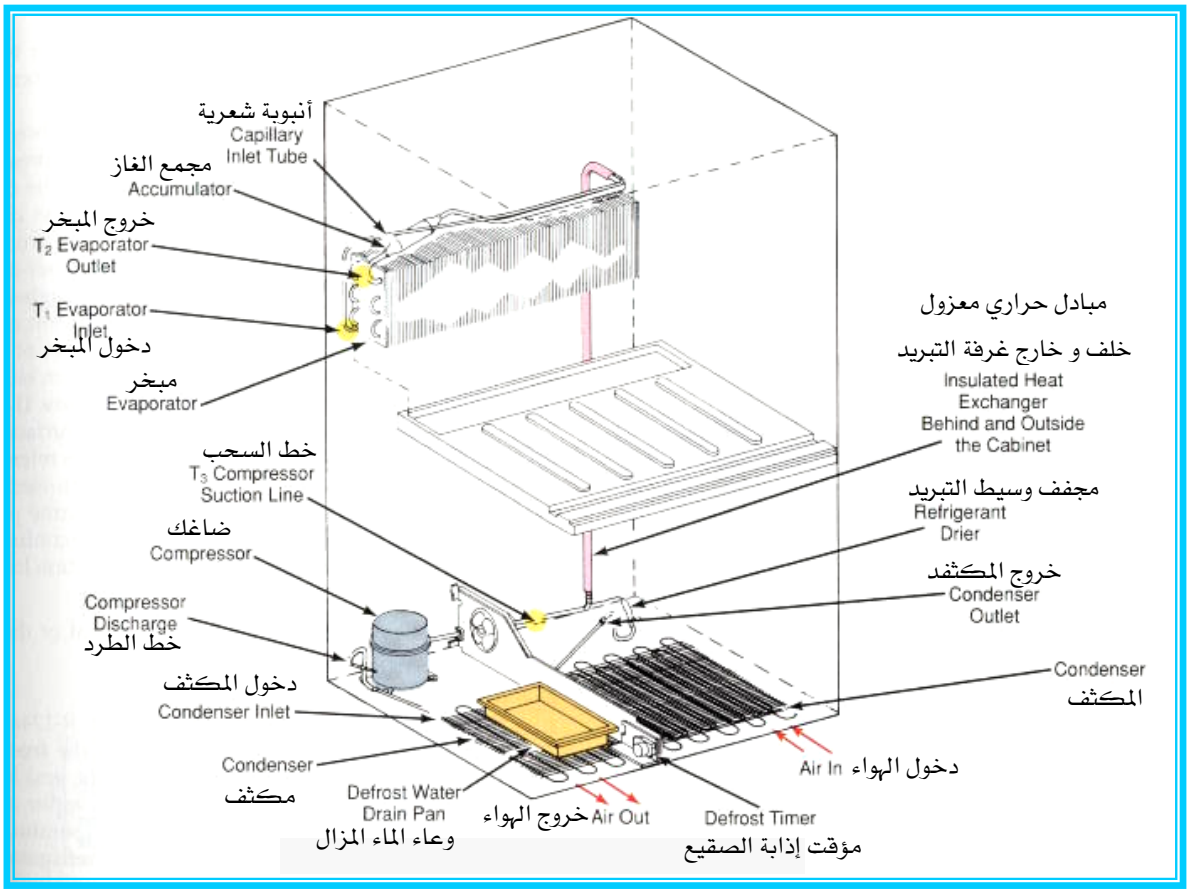
تتم إذابة الصقيع من المبخر آليا باستخدام سخان كهربائي. المياه الناتجة عن عملية إذابة الصقيع يتم سحبها عبر مواسير تصريف و تجمع في وعاء يركب عادة فوق الضاغط و المكثف، حيث تعمل الحرارة المنبعثة من الضاغط على تبخيرها.

و تقتضي عملية إذابة الصقيع آليا توفير الحيز اللازم لاحتواء السخانات الكهربائية و أجهزة التحكم الإضافية. كما يجب تصميم مسالك الهواء بشكل جيد حيث تضمن وصول الهواء البارد إلى غرفة التجميد ثم غرفة الأطعمة الطازجة. كذلك يجب ضمان تبريد المكثف بشكل جيد حرصا على تحقيق أفضل كفاءة للدورة الميكانيكية. و تستخدم مروحة تدار بمحرك كهربائي لدفع الهواء إلى سطح المبخر عبر مجاري هوائية متعددة و تستخدم مخمدات للتحكم في معدل سريان الهواء. كما يتم تأمين دورة هواء قسرية حول المكثف عن طريق مروحة تدار بمحرك كهربائي كما هو موضح على الشكل (٦ -١٢).



شكل(٦ -١٢): دورة الهواء بثلاجة منزلية عبر غرفة التجميد و غرفة تبريد الأطعمة الطازجة

الدورة الميكانيكية لهذا النوع من الثلاجات يتم تصميمها بشكل يضمن وصول الهواء البارد بكميات مناسبة لغرفة التجميد أولا ثم غرفة التبريد. لذلك يتم وضع المبخر خلف الرف الفاصل بين غرفة التجميد و حيز الطعام الطازج. أما الضاغط فيتم تثبيته عند قاعدة الثلاجة جنب المكثف كما هو موضح على الشكل (٦ -١٣). و يستخدم أنبوب شعري كوسيلة تمدد حيث يتم تثبيته على خط السحب. الأمر الذي يؤمن تبادلا حراريا بين الأنبوب الشعري و خط السحب (راجع الفصل الثالث من هذا المقرر).



شكل (٦ -١٣): تخطيط الدورة الميكانيكية لثلاجة منزلية تشتمل على غرفة تبريد و غرفة تبريد الأطعمة الطازجة

٧ -٢ متطلبات التحكم

بعد التعرف على مكونات الثلاجة المنزلية المتطورة (المبردة و المجمدة) و التي تشتمل على نظام آلي لإذابة الصقيع بواسطة سخان كهربائي، يمكن تصور متطلبات التحكم كما يلي:

١ - التبريد إلى 20 °C- في خانة التجميد و إلى 5 °C+ في خانة الأطعمة الطازجة مع القدرة على التعديل في درجات الحرارة حسب الحمل لتوفير الطاقة،

٢ - تقويم الضاغط و حمايته

٣ - إذابة الصقيع آليا بسخان كهربائي مع ضمان حماية السخان،

٤ - عدم التصاق الباب بغرفة التجميد،

٥ - إضاءة الثلاجة عند فتح باب غرفة التبريد،

٦ - توقف مروحة المبخر عند فتح باب الثلاجة للإقلال من هروب الهواء البارد إلى الخارج،

٧ - يحسب المؤقت زمن التبريد الفعلي و زمن إذابة الصقيع

٨ - تعمل مروحة المبخر أثناء فترة التبريد الفعلي فقط.

٧ -٣ عناصر التحكم

١ - حاكم درجة حرارة (ترموستات بمدى أقل من 20°C- مع تفاوت يسمح بتعادل الضغوط عبر الأنبوب الشعري أثناء توقف الضاغط،

٢ - ملف تقويم مع ريلاى تقويم يشتمل على شبه موصل PTC و مكثف كهربائي و فاصل الحمل العالي،

٣ - سخان كهربائي لإذابة الصقيع مع وسيلة لحمايته (ترموستات إنهاء إذابة الصقيع)،

٤ - مؤقت إزالة الصقيع،

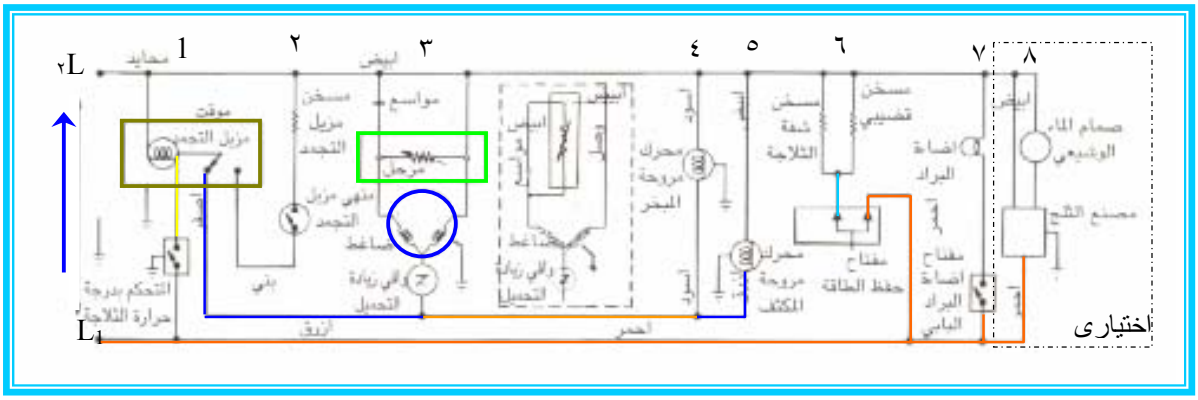
٥ - سخان حول شفة المجمد لمنع التصاق الباب و سخان بحوض تجمع المياه المذابة و سخان حول محرك المروحة و سخان تجفيف،

٦ - مصباح إضاءة تعمل بتأثير فتح الباب على أن يكون موصلا كهربائيا بشكل معكوس مع محرك مروحة المبخر،

٧ -٤ الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية

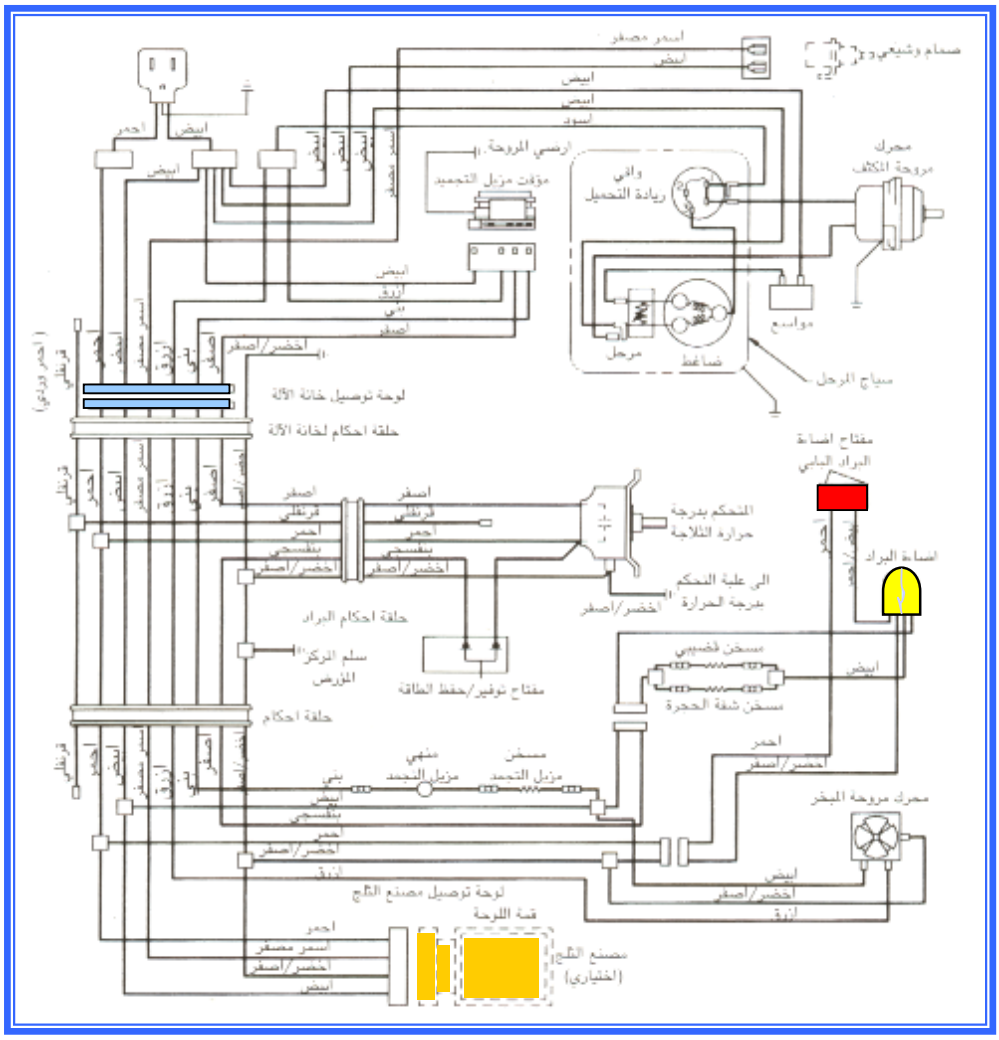
الشكل (٦ -١٤) يوضح مختلف الدوائر الكهربائية التي تضمن تحقيق متطلبات التحكم المذكورة كما يلي:

- دائرة (١): مؤقت فترة التبريد و إذابة الصقيع
- دائرة (٢): سخان إذابة الصقيع مع ترموستات من نوع شريحة معدنية مزدوجة
- دائرة (٣): محرك الضاغط يعمل بتأثير المؤقت و حاكم درجة الحرارة و فاصل الحمل العالي و يظهر كذلك ريلاي PTC
- دائرة (٤): مروحة المبخر تعمل أثناء فترة التبريد فقط و ذلك بتأثير من المؤقت و تفصل عند فتح الباب لمنع تسرب الهواء البارد إلى خارج الثلاجة،
- دائرة (٥): مروحة المكثف تعمل مع محرك الضاغط
- دائرة (٦ -٧): سخان شفة باب غرفة التبريد و سخان الهيكل الرئيسي للثلاجة،
- دائرة (٨): لمبة إضاءة تعمل بتأثير مفتاح بالباب



شكل (٦ -١٤): الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية

الشكل (٦ -١٥): يوضح الرسم الشبكي للدوائر الكهربائية و يبرز طريقة توزيع مختلف العناصر و كذلك ألوان أسلاك التوصيل.



شكل (٦ -١٥): الرسم الشبكي للدوائر الكهربائية

٧ -٥ أداء الثلاجة أثناء فترة التبريد

عند ارتفاع درجة الحرارة داخل غرفة التبريد إلى أن تصل نقطة الضبط بالنسبة لحاكم درجة الحرارة يتم توصيل الضاغط و مروحة المبخر و مروحة المكثف و كذلك المؤقت الذي يشرع في حساب فترة التبريد. تبدأ الدورة في الاشتغال و تسحب مروحة المبخر الهواء البارد في اتجاه غرفة التجميد ثم غرفة تبريد الأطعمة الطازجة. عند انخفاض درجة الحرارة داخل المجمد دون °C 22- يفصل حاكم درجة الحرارة دورة التبريد.

٧ -٦ أداء الثلاجة أثناء فترة إذابة الصقيع

تتم عملية إذابة الصقيع مرة كل ست ساعات تشغيل للضاغط. عند انتهاء فترة التبريد يفصل الموقت كل من الضاغط و مروحة المبخر و مروحة المكثف و يوصل سخان إذابة الصقيع بالدائرة (٢). تدوم فترة إذابة الصقيع من ٢٥ إلى ٣٠ دقيقة، بعدها يعيد المؤقت تشغيل الضاغط و كل من مروحة المبخر و المكثف بينما يفصل سخان إذابة الصقيع.

عند ذوبان كل الصقيع المتكون على سطح المبخر قبل انتهاء فترة إذابة الصقيع، ترتفع درجة حرارة المبخر حتى إذا اقتربت من 10 °C بتفاوت ± 3 °C يفصل الترموستات المثبت على المبخر (ترموستات إنهاء إذابة الصقيع) السخان و يبقى في وضع مفتوح حتى تنتهي فترة إذابة الصقيع و تبدأ عملية التبريد. عندما تنخفض درجة الحرارة على مستوى المبخر إلى 7- °C تغلق نقاط تماس ترموستات إنهاء إذابة الصقيع.

ملاحظة

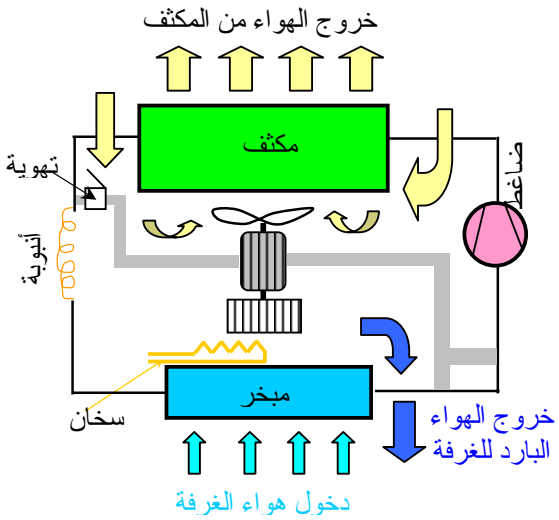
نلاحظ أن السخانات المجففة (سخان شفة باب غرفة التبريد و سخان الهيكل الرئيسي للثلاجة...) موصلة باستمرار بالتيار الكهربائي و لا تفصل إلا عند الظروف المناخية الملائمة لعدم ترسب الرطوبة و ذلك بتأثير من مفتاح حفظ الطاقة.

٨ - دوائر التحكم في و القدرة لوحدة تكييف شباكية

٨ -١ طريقة اشتغال المكيف الشباكي

يستخدم المكيف الشباكي لتكييف الغرف ذات الحمل الحراري الصغير و المتوسط. بالنسبة لعملية التبريد يتم استخدام دورة تبريد بسيطة تتكون من (الشكل ٦ -١٦):

- ضاغط ذي سعة صغيرة يعمل بمحرك بوجه واحد (1Φ)،
- مكثف يبرد بالهواء المدفوع بواسطة مروحة محورية،
- مبخر يعمل على تبريد هواء الغرفة الراجع ثم دفعه إلى الحيز المكيف من جديد بواسطة مروحة طاردة مركزية، علما وأن مروحة المكثف و مروحة المبخر تداران محرك واحد (1Φ)،
- أنبوبة شعرية كوسيلة تمدد تمكن من معادلة الضغوط أثناء توقف المكيف لمساعدة محرك الضاغط على التقويم أثناء بدأ التشغيل.



الشكل (٦ -١٦): مكونات المكيف الشباكي

و بالنسبة لعملية التدفئة عند برودة الطقس، تتم بواسطة سخان كهربائي مزود بوسائل الحماية و التحكم في درجة الحرارة.

أما بالنسبة لخفض الرطوبة يمكن أن يحدث في المناطق الرطبة كنتيجة لعملية التبريد، و تخضع نسبة التخفيض في الرطوبة لنقطة ضبط حاكم درجة الحرارة و نقطة الندى للهواء و لكفاءة ملف التبريد (المبخر) إذ لا يتوفر حاكم للرطوبة.

و لتجديد الهواء تستخدم فتحة صغيرة موصولة بالهواء الخارجي و يتم التحكم في فتحها يدويا حسب الحاجة. كما يستخدم مرشح إسفنجي أو من ألياف البلاستيك لتنقية الهواء، على أن يتم تنظيف هذا المرشح دوريا و يتم توزيع الهواء بواسطة رياش يتم تحريكها آليا بشكل ترددي، كما هو موضح على الشكل(٦ -١٧).

شكل (٦ -١٧): صورة لمكيف شباكي من نوع 'جنرال GENERAL'

٨ -٢ متطلبات التحكم

أ - تبريد الهواء صيفا و تدفئته شتاء مع دفع الهواء داخل الحيز المكيف بمعدلات مختلفة حسب تغير الحمل .

ب - تقويم محرك الضاغط و حمايته .

ت - تقويم محرك مروحة المكثف و المبخر.

ث - ضمان إمكانية تجديد الهواء عبرة فتحة موصولة بالهواء الخارجي.

ج - توزيع الهواء آليا.

ح - تنظيف الهواء باستخدام مرشح.

خ - بيان تشغيل الضاغط.

٨ -٣ عناصر التحكم

لتحقيق متطلبات التحكم المذكورة يجب توفير العناصر التالية:

- ترموستات بمدى تحكم يشمل التبريد و التدفئة، يعمل على تشغيل و إيقاف الضاغط عند وصول درجة حرارة الغرفة لنقطة الضبط المحددة،
- ملف تقويم للضاغط مع فاصل الحمل العالي و مكثف تشغيل،
- محرك ذو سرعة دوران متغيرة لإدارة مروحة المكثف و مروحة المبخر،
- مصباح بيان تشغيل الضاغط،
- محرك كهربائي صغير لتحريك رياش توزيع الهواء،
- مفتاح لاختيار عملية التكييف المطلوبة (تبريد، تدفئة...)

٨ -٤ دائرة التحكم و القدرة لمكيف شباكي

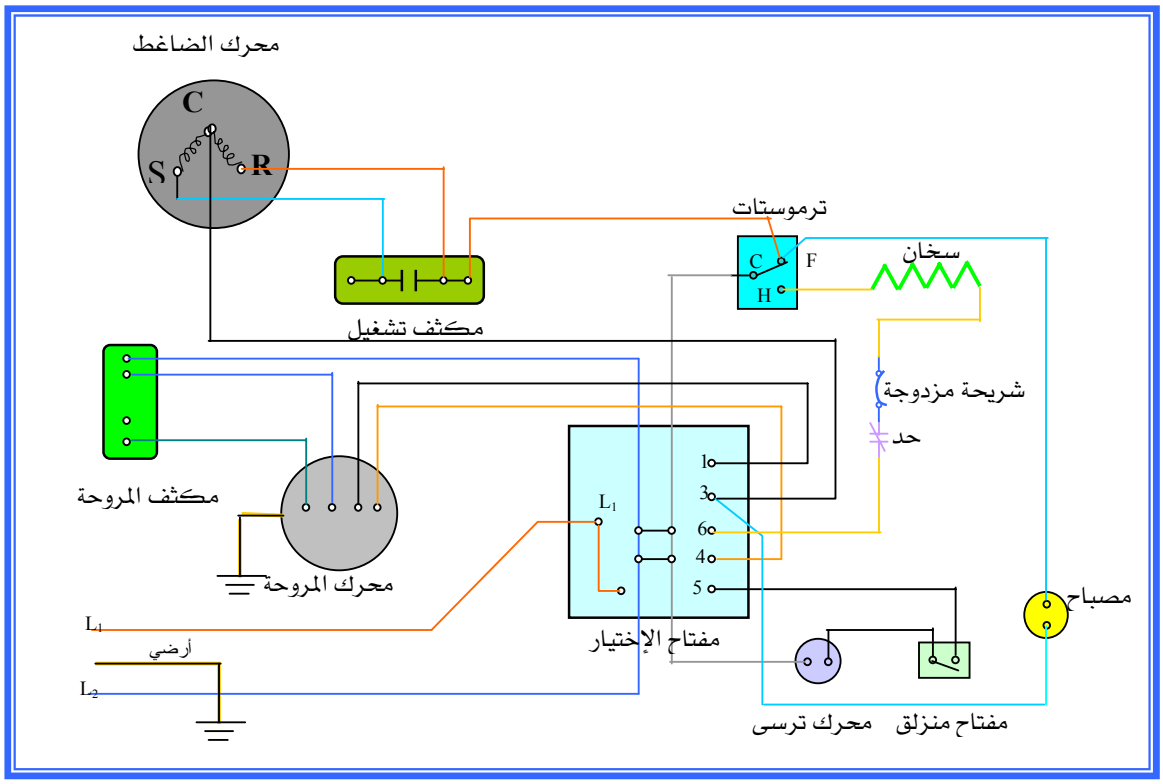
الشكل (٦ -١٨) يوضح الرسم الشبكي لمكيف شباكي وفق متطلبات و عنا صر التحكم المذكورة سابقا. و من مفتاح الاختيار يمكن تحديد العملية المنشودة (سرعة مروحة عالية أو منخفضة، تسخين عالي أو منخض، تبريد نهاري أو ليلي...).

❖ **أداء الوحدة تبريد نهاري**

باستخدام مفتاح الاختيار يتم توصيل L_1 بكل من ١ و ٢ و ٥ فيمر التيار إلى نقطة C بمحرك الضاغط ثم ملفات التشغيل R منها إلى مكثف التشغيل الكهربائي Run Cap ثم الترموستات بنقطة توصيله العليا F ثم نقطة C بنفس الترموستات ثم L_2 بمفتاح الاختيار ثم L_2 بمصدر القدرة. عندها يحاول محرك الضاغط بدء التقويم وفي نفس الوقت يمر تيار خلال ملفات التقويم S ثم المكثف الكهربائي ثم الترموستات ثم L_2 فيساعد ملف التقويم ملف التشغيل و يبدأ دوران المحرك و يستمر في الدوران بتأثير كل من R و S خلال مكثف التشغيل الكهربائي.

من ناحية أخرى يتم توصيل النقطة ٣ بمصباح بيان تشغيل الضاغط ثم النقطة العليا بالترموستات ثم L_2. كذلك من النقطة ١ يمر التيار إلى الجزء الثاني من ملفات محرك المروحة Fan motor و مكثف التشغيل الكهربائي ثم L_2 فتعمل المروحة بالسرعة العالية.

و بتوصيل نقطة ٥ يتم توصيل المفتاح المنزلق الخاص بتشغيل المحرك الترسي لإدارة رياش توجيه الهواء ثم L_2.



الشكل (٦ -١٨) الرسم الشبكي لمكيف شباكي

ملاحظة

بالنسبة لعملية التبريد الليلي يتم بنفس الطريقة المذكورة بالنسبة للتبريد النهاري بتغيير سرعة المروحة من السرعة العالية إلى السرعة المنخفضة

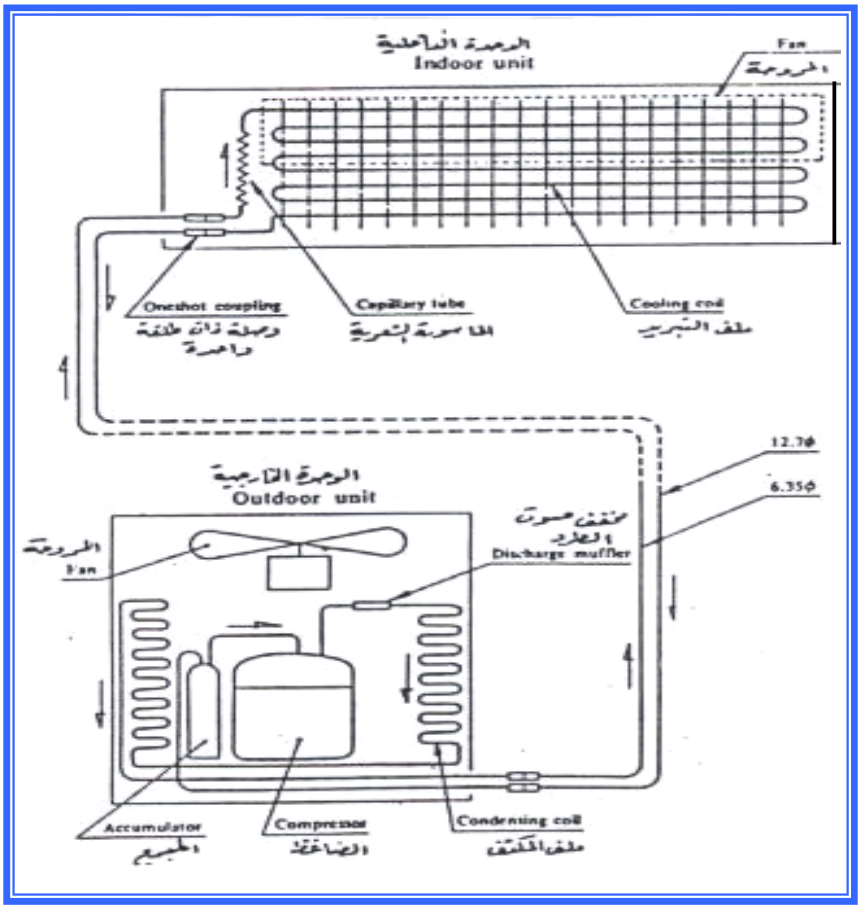
❖ أداء الوحدة تسخين بطيء

يتم توصيل L_1 بالنقاط ٤، ٥ و ٣ على مفتاح الاختيار، فبتوصيل النقط ٤ يمر التيار إلى ملفات المروحة و من خلالها إلى مكثف تشغيل المروحة ثم L_2 فتعمل المروحة بسرعة بطيئة. و بتوصيل النقطة ٥ يمر التيار إلى محرك رياش التوجيه ثم L_2. و بتوصيل النقطة ٣ يمر التيار إلى السخان خلال عنصر الحماية Limit ثم إلى النقطة السفلى بالترموستات H ثم النقطة C بنفس الترموستات ثم L_2.

٩ - دوائر التحكم و القدرة وحدة تكييف منفصلة

٩ -١ مكونات وحدات التكييف المنفصلة

في وحدات التكييف المنفصلة يكون كل من المكثف و مروحته و الضاغط في مكن بعيد نسبيا على المكان المكيف بينما بقية عناصر الوحدة (وسيلة التمدد، المبخر و مروحته) تكون داخل الحيز المكيف. و يساعد ذلك على التقليل من الضوضاء و التخلص من الحرارة المنبعثة من المكثف و الضاغط خارج الحيز المكيف. كما يعطي مرونة أكثر في تركيب المبخر بأي مكان و أي اتجاه في الغرفة (أرضي، سقفي أو على الجدار). كما يمكن استخدام عدة مبخرات بالنسبة لوحدة التكثيف الواحدة حسب السعة التبريدية المتاحة.



الشكل (٦ -١٩) وحدة تكييف منفصلة

و بالنسبة لهذا النوع من الوحدات يمكن تركيب أكثر من ضاغط و أكثر من مروحة على مستوى المكثف تبعا للحمل الحراري و أبعاد المكثف. كما يمكن تصميم المكثف على شكل أسطوانة لتقليل

من الحجم الخارجي و إعطاء فاعلية أكبر للتبريد بواسطة الهواء المدفوع. الشكل (٦ -١٩) يوضح تخطيطا لوحدة تكييف منفصلة.

الشكل (٦ -٢٠) يوضح صورة لوحدة تكييف منفصلة من نوع (جنرال GENERAL) مخصصة للتبريد و التدفئة و تشتمل على جهاز تحكم عن بعد (Remote Control).

شكل (٦ -٢٠) صورة لوحدة تكييف منفصلة من نوع (جنرال)

٩ -٢ دائرة التحكم و القدرة

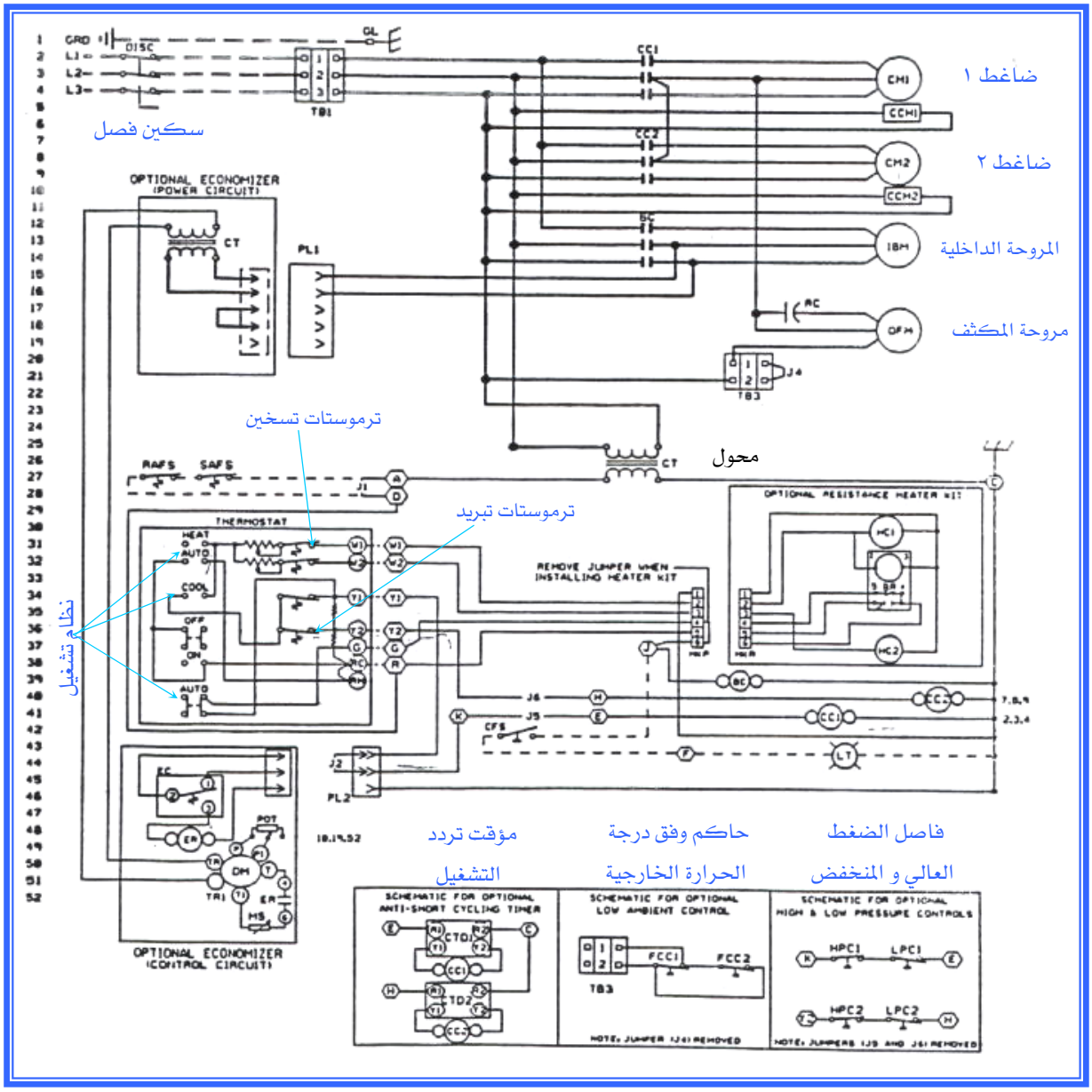
الشكل (٦ -٢١) يوضح دائرة التحكم و القدرة لوحدة تكييف منفصلة تتكون من:

- ضاغطين يدار كل منهما بمحرك ذي ثلاث أوجه 3Φ
- مبخر مع مروحة داخلية تدار بمحرك ذي ثلاث أوجه 3Φ و وصلات مسالك الهواء
- مكثف يبرد بالهواء له مروحة تدار بمحرك ذي وجه واحد 1Φ تعمل مع أحد الضواغط أو كليهما
- وسيلة تمدد
- سخان كهربائي للتدفئة
- عناصر اختيارية (موفر للطاقة Economizer، فاصل الضغط العلي HP و الضغط المنخفض LP، جهاز تحكم وفق درجة حرارة الهواء المحيط Low Ambient Control، مؤقت تشغيل متباعد Anti Short Cycle Timer.

٩ -٣ أداء الوحدة تبريد

من المحول CT يمر التيار بدائرة التحكم عند A خلال، RAFS - SAFS و هما حاكمان لدرجة الحرارة بمسلك الهواء الخاص بالحماية من ارتفاع درجة الحرارة الغير عادي (كحصول حريق لا سمح الله)، ثم إلى D ومنه إلى R ثم مكثف التشغيل RC ثم نظام التشغيل الأتوماتيكي Auto ثم G ثم 4 ثم 6 ثم J و منها إلى كونتكتر المروحة BC ثم L2 بالمحول فيعمل محرك مروحة المبخر (المروحة الداخلية IBM) و يوصل مصباح بيان اتساخ المرشح LT خلال CFS. و بتشغيل النظام Cool أو Auto يمر التيار خلال ترموستات التبريد الأول ثم Y1 ثم J2 عند عدم توصيل مفور الطاقة (Economizer) ثم K خلال J5 ثم E ثم إلى كونتكتر الضاغط الأول CC1 ثم L2 بدائرة التحكم فتوصل نقاط التماس بالدوائر ٢ -٣ -٤ فيعمل محرك الضاغط الأول CM1 و تعمل معه مروحة المكثف OFM خلال النقطة الثانية من الكونتكترCC1 بالخط الكهربائي L2 (بالدائرة ٣) مع مكثف التشغيل RC بمرور التيار خلال J4 (إن لم يوصل .Low Amb. Temp) ثم L3 بالدائرة ٤

وإذا اقتضى الأمر زيادة التبريد تعمل الترموستات الثاني للتبريد خلال Y2 ثم J6 ثم H ثم إلى كونتكتر الضاغط الثاني CC2 ليعمل الضاغط الثاني CM2.


ضاغط ١
ضاغط ٢
المروحة الداخلية
مروحة المكثف
سكين فصل
ترموستات تسخين
ترموستات تبريد
محول
نظام تشغيل
فاصل الضغط العالي و المنخفض
حاكم وفق درجة الحرارة الخارجية
مؤقت تردد التشغيل

شكل (٦ -٢١): دائرة التحكم و القدرة لوحدة تكييف منفصلة

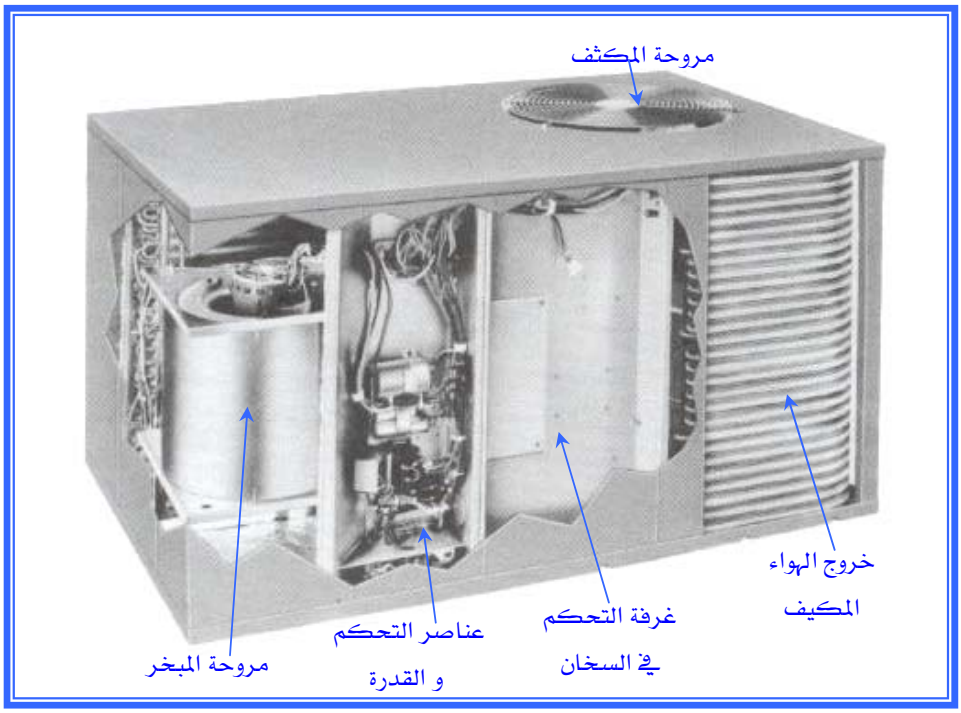
٩ -٤ أداء الوحدة تسخين

عند ضبط نظام التشغيل على Heat أو Auto يمر التيار من الترموستات الأول للتدفئة W1 ثم 2ثم إلى حاكم السخان HC1 ليوصل التيار خلال دائرة السخان (غير مرسومة). كما يعمل الترموستات الثاني W2 على تشغيل حاكم السخان HC2 عند الحاجة إلى المزيد من التسخين فيوصل التيار بدائرة السخان الثاني (غير مرسومة). من ناحية أخرى يجب ضمان تشغيل المروحة الداخلية IBM عند التسخين و ذلك عن طريق الريلاى BR لضمان سريان الهواء على السخانات.

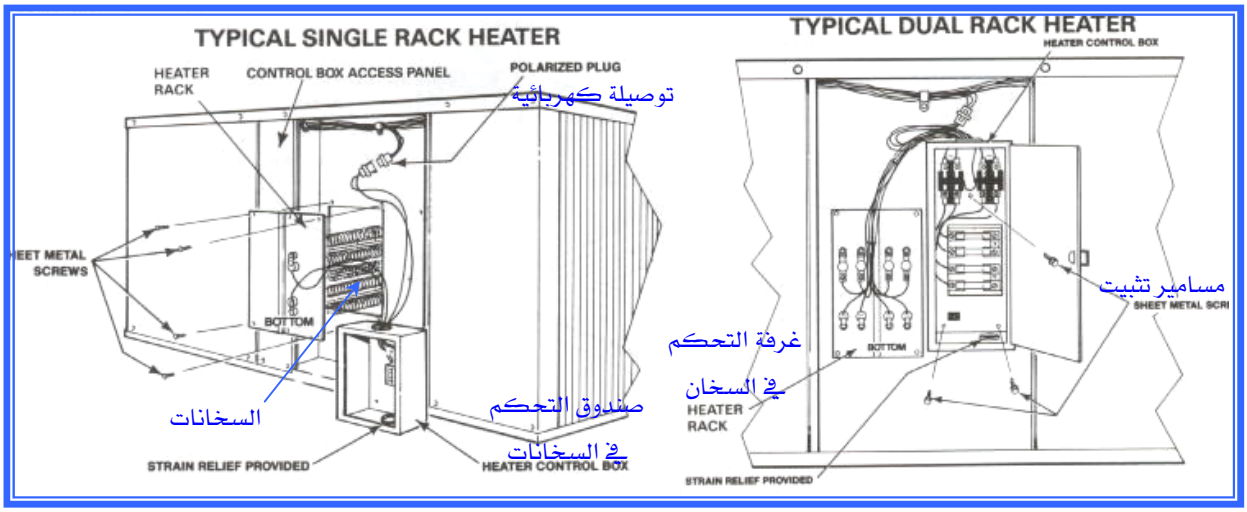
١٠ - دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف مجمعة

١٠ -١ مكونات وحدات التكييف المجمعة

الوحدات المجمعة تشبه في تصميمها إلى حد كبير المكيف الشباكي غير أنها أكبر سعة و لذلك يمكن أن يبرد المكثف بالهواء أو بالماء. وحجم هذه الوحدات كبير و تستخدم عادة لتكييف الأماكن الواسعة كالمساجد. الشكل (٦ -٢٢) يوضح مثالا لوحدة تكييف مجمعة من نوع تران (TRANE) تستخدم للتبريد و التسخين. و الشكل (٦ -٢٣) يوضح طريقة توصيل السخانات الكهربائية المعدة للتدفئة.



شكل (٦ -٢٢): وحدة تكييف مجمعة



شكل (٦ -٢٣): طريقة توصيل السخانات بوحدة تكييف مجمعة

١٠ -٢ دائرة التحكم و القدرة

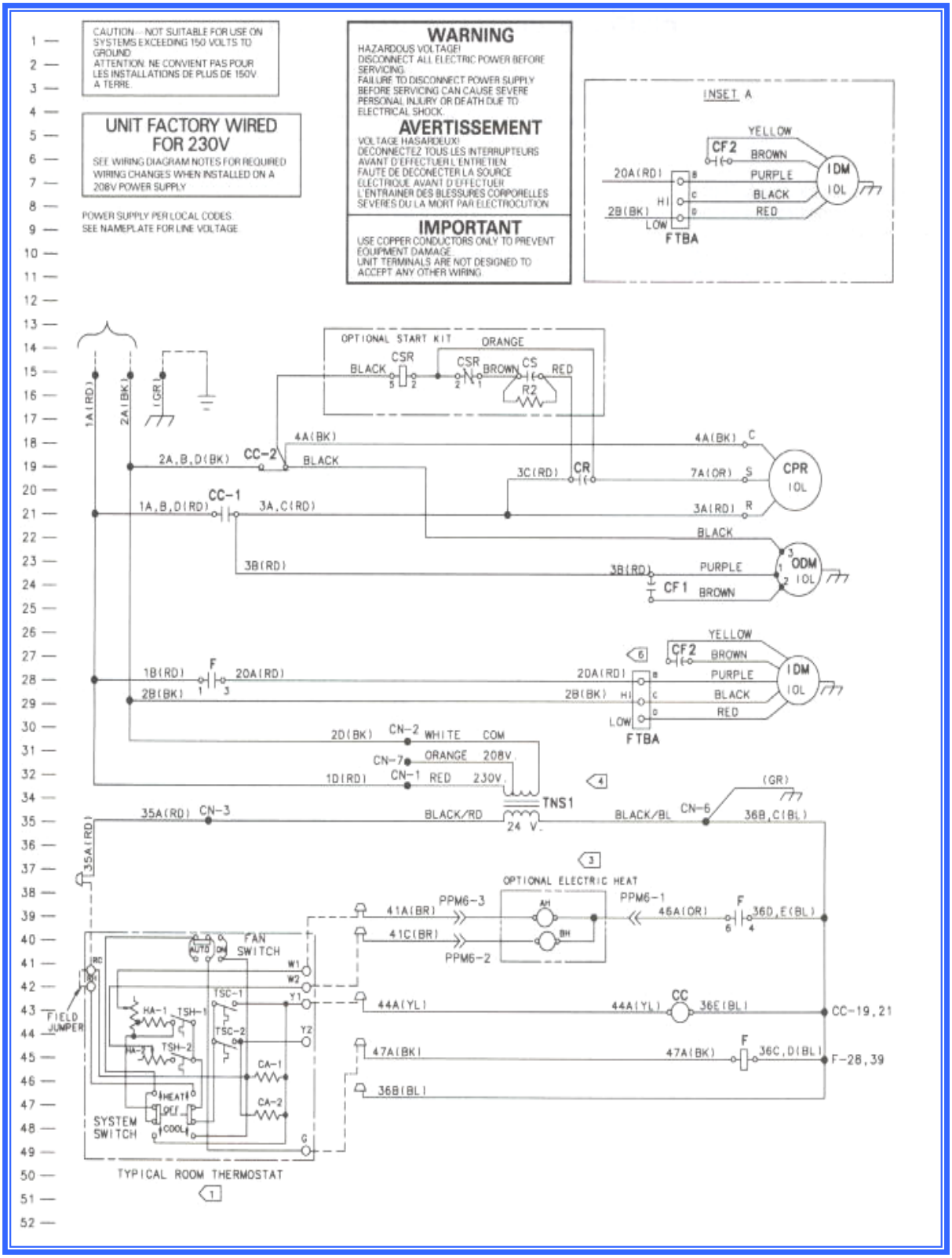
الشكل (٦ -٢٤) يوضح دائرة التحكم و القدرة لوحدة تكييف مجمعة من النوع المذكور سابقا (الشكل ٦ -٢٢).

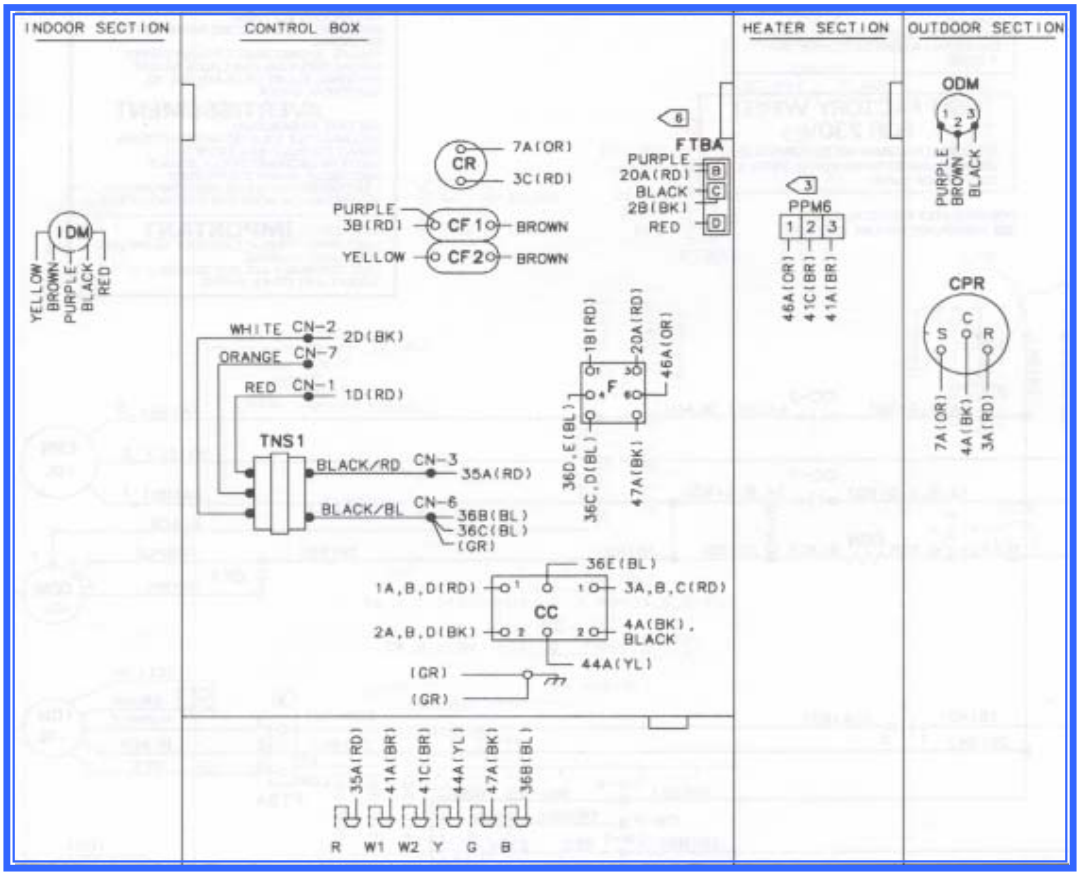
١٠ -٣ أداء الوحدة تبريد

من المحول TNS1 يمر التيار بدائرة التحكم ٣٥ عند CN-3 ثم مفتاح نظام التشغيل الأتوماتيكي Cool أو Auto فيتم غلق مفتاح المروحة FAN SWITCH فيمر التيار إلى G ثم ريلاى المروحة F ثم CN-6 بالمحول فيعمل محرك مروحة المبخر (المروحة الداخلية IDM). و بتشغيل النظام Cool أو Auto يمر التيار خلال ترموستات التبريد الأول TSC-1 إلى كونتكتر الضاغط CC ثم CN-6 بدائرة التحكم فتوصل نقاط التماس بالدوائر 19 -20 -21 فيعمل محرك الضاغط CPR عبر المكثف CR و تعمل معه مروحة المكثف ODM خلال النقطة الثانية من الكونتكتر CC-2 وعبر مكثف التشغيل CF1. كما يمكن توصيل نظام تحكم اختياري لحماية الضاغط من تردد بدأ التشغيل (Optional Start Kit).

١٠ -٤ أداء الوحدة تسخين

يتم تشغيل المروحة الداخلية IDM بنفس الطريقة الموضحة في الفقرة السابقة المتعلقة بالتبريد. من ناحية أخرى، عند ضبط نظام التشغيل على Heat أو Auto يمر التيار إلى ترموستات التسخين الأول1-TSH ثم W1 ثم إلى نقطة التوصيل 3-PPM6 ثم إلى كونتكتر السخانات المعدة للتدفئة AH ثم 1-PPM6 ثم ريلاى المروحة F ثم 6-CN فيتم توصيل التيار خلال دائرة السخانات (غير مرسومة). و عند الحاجة لمزيد التسخين يتم تشغيل الترموستات الثاني 2-TSH فيمر التيار إلى W2 ثم نقطة التوصيل 2-PPM6 ثم إلى كونتكتر السخانات الإضافية المعدة للتدفئة BH ثم 1-PPM6 ثم ريلاى المروحة F ثم 6-CN فيتم توصيل التيار خلال دائرة السخانات الإضافية (غير مرسومة).


CAUTION—NOT SUITABLE FOR USE ON SYSTEMS EXCEEDING 150 VOLTS TO GROUND.
ATTENTION: NE CONVIENT PAS POUR LES INSTALLATIONS DE PLUS DE 150V A TERRE.
UNIT FACTORY WIRED FOR 230V
SEE WIRING DIAGRAM NOTES FOR REQUIRED WIRING CHANGES WHEN INSTALLED ON A 208V POWER SUPPLY.
POWER SUPPLY PER LOCAL CODES. SEE NAMEPLATE FOR LINE VOLTAGE.
WARNING
HAZARDOUS VOLTAGE! DISCONNECT ALL ELECTRIC POWER BEFORE SERVICING. FAILURE TO DISCONNECT POWER SUPPLY BEFORE SERVICING CAN CAUSE SEVERE PERSONAL INJURY OR DEATH DUE TO ELECTRICAL SHOCK.
AVERTISSEMENT
VOLTAGE HASARDEUX! DÉCONNECTEZ TOUS LES INTERRUPTEURS AVANT D'EFFECTUER L'ENTRETIEN. FAUTE DE DÉCONNECTER LA SOURCE ELECTRIQUE AVANT D'EFFECTUER L'ENTRAINER DES BLESSURES CORPORELLES SÉVÈRES OU LA MORT PAR ELECTROCUTION.
IMPORTANT
USE COPPER CONDUCTORS ONLY TO PREVENT EQUIPMENT DAMAGE. UNIT TERMINALS ARE NOT DESIGNED TO ACCEPT ANY OTHER WIRING.
INSET A
YELLOW
CF2
BROWN
PURPLE
BLACK
RED
IDM
IOL
20A(RD)
2B(BK)
HI
LOW
FTBA
OPTIONAL START KIT
ORANGE
BLACK
CSR
BROWN
CS
RED
R2
1A(RD)
2A(BK)
1GR
4A(BK)
2A,B,D(BK)
CC-2
BLACK
3C(RD)
CR
7A(OR)
CPR
3A(RD)
CC-1
1A,B,D(RD)
3A,C(RD)
3B(RD)
ODM
CF1
1B(RD)
F
20A(RD)
2B(BK)
2D(BK)
CN-2
WHITE
COM
CN-7
ORANGE
208V.
1D(RD)
CN-1
RED
230V.
TNS1
24 V.
35A(RD)
CN-3
BLACK/RD
BLACK/BL
CN-6
(GR)
36B,C(BL)
OPTIONAL ELECTRIC HEAT
41A(BR)
PPM6-3
41C(BR)
PPM6-2
PPM6-1
46A(OR)
36D,E(BL)
FAN SWITCH
AUTO
ON
RC
W1
W2
Y1
Y2
G
TSC-1
TSC-2
HA-1
TSH-1
HA-2
TSH-2
CA-1
CA-2
HEAT
OFF
COOL
SYSTEM SWITCH
FIELD JUMPER
44A(YL)
CC
36E(BL)
CC-19,21
47A(BK)
36C,D(BL)
F-28,39
36B(BL)
TYPICAL ROOM THERMOSTAT



DEVICE	DESCRIPTION	LINE
AH,BH	CONTACTOR ELECTRIC HEAT	39,40
CC	COMPRESSOR CONTACTOR COIL	43
CF1	OUTDOOR FAN CAPACITOR	24
CF2	INDOOR MOTOR CAPACITOR	27
CN	CONNECTOR OR WIRE NUT	
CPR	COMPRESSOR	20
CR	COMPRESSOR RUN CAPACITOR	20
CS	COMPRESSOR START CAPACITOR	15
CSR	COMPRESSOR START RELAY COIL	15
F	INDOOR FAN RELAY COIL	45
FTB	FAN TERMINAL BLOCK	28,29
IDM	INDOOR FAN MOTOR	
IOL	INTERNAL OVERLOAD	
ODM	OUTDOOR FAN MOTOR	24
PPM6	HEATER PLUG (FEMALE)	39,40
TNS1	CONTROL POWER TRANSFORMER	34

WIRE COLOR DESIGNATION			
ABBR	COLOR	ABBR	COLOR
BK	BLACK	PR	PURPLE
BL	BLUE	RD	RED
BR	BROWN	WH	WHITE
GR	GREEN	YL	YELLOW
OR	ORANGE		

شكل (٦ -٢٤): دائرة التحكم و القدرة لوحدة تكييف مجمعة

تمارين

الفصل الأول: مبادئ التحكم الآلي

١) ما هي أهداف التحكم الآلي

٢) اذكر العناصر الأساسية لمنظومة التحكم الآلي في مجال التبريد و تكييف الهواء مع تحديد وظيفة كل عنصر منها.

٣) مسألة ١

يتم تكييف غرفة صيفا بواسطة ملف تبريد مزود بالماء البارد. درجة حرارة الغرفة مضبوطة في حدود $23 \pm 2\ °C$ بواسطة ترموستات غرفة. يتم قياس درجة حرارة الغرفة بواسطة مزدوجة حرارية. يتم التحكم في معدل سريان الماء البارد بواسطة صمام ثلاثي مغاطيسي. المطلوب:

أ) ارسم شكلاً توضيحياً مبسطاً لمنظومة التحكم المذكورة مع تحديد مكان الحاس ومكان جهاز التحكم، أذكر وسيلة التحكم.

ب) حدد الرسم الصندوقي لمنظومة التحكم المذكورة مع ذكر مختلف العناصر المكونة لهذا الرسم و تحديد دالة تحويل المنظومة.

٤)المسألة ٢

يتم تكييف غرفة صيفاً بواسطة دورة تبريد عادية. يستعمل جهاز تحكم لضبط درجة حرارة الغرفة في حدود $23 \pm 2\ °C$ التخلف الزمني يقدر ب $1\ °C$ المطلوب:

أ – ارسم بيانا مبسطا لمنظومة التحكم المذكورة مع تحديد مكان الحاس و مكان جهاز التحكم. اذكر وسيلة التحكم و العملية المطلوبة.

ب - ارسم المنحنى الزمني للمتغير المحكوم مع تحديد تفاوت الحاكم، تفاوت النشغيل، المدى، نقطة التشغيل ونقطة الإيقاف و أعلى و أقل قيمة.

- تفاوت الحكم
- تفاوت التشغيل
- المدى
- فقطة الشغيل ونقطة الإيقاف
- أعلى قيمة و أقل قيمة

ج - ما هو نوع تأثير التحكم الآلي المستعمل بالنسبة لهذه الغرفة. ما هي عيوبه وكيف يمكن تحسينه.

٥) اذكر أنواع المتحكمات المستخدمة في ميدان التبريد و التكييف و مجالات تطبقاتها

الفصل الثاني : مكونات أنظمة التحكم الآلي

١) اذكر ثلاث أمثلة لأجهزة الإحساس ب

أ - درجة الحرارة .

ب - الرطوبة .

ت - التدفق .

٢) أذكر ثلاث تطبيقات لترموستات الغرفة .

٣) أذكر ثلاث أمثلة يستخدم فيها قاطع الضغط .

الفصل الثالث : التحكم في تدفق وسيط التبريد

١) في دورات التبريد ، يتم التحكم في معدل سريان مائع التبريد بعدة طرق. اذكر الحالات التي يتم فيها استخدام وسائل التمدد التالية:

أ - أنبوبة شعرية .

ب - صمام تمدد أتوماتيكي .

ت - صمام تمدد حراري .

٢) ما هي مزايا و عيوب الأنبوبة الشعرية .

٣) اذكر طريقتين لمعادلة الضغوط عند استخدام صمام تمدد حراري كوسيلة تمدد .

٤) ما هي مميزات صمام التمدد الكهرحراري .

الفصل الرابع : المنظمات في دوائر التبريد و التكييف

١) اذكر الحالات التي يتم فيه استخدام منظم ضغط المبخر .

٢) ما هو دو منظم ضغط صندوق المرفق .

٣) اذكر ثلاث طرق للتحكم في سعة الضاغط .

٤) ما هو دور منظم ضغط المكثف و متى يجب استعماله .

الفصل الخامس و السادس : الملحقات و الدوائر الكهربائية

١) اذكر مثالا لاستخدام منظم درجة الحرارة .

٢) اذكر أنواع الدوائر المهربائية و مجالا استخدامها .

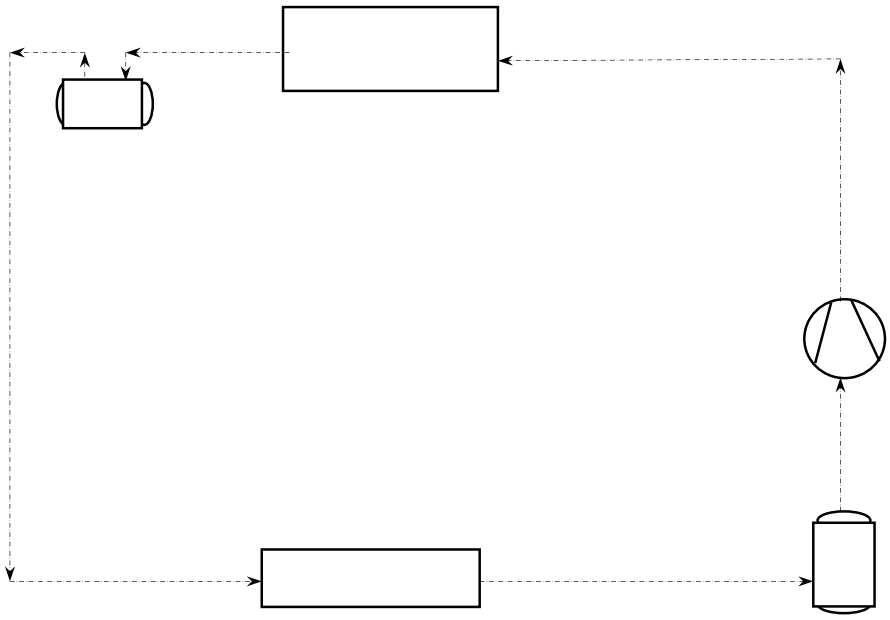
٣) ما هي عناصر الدائرة الكهربائية .

٤) المسألة

الرسم المصاحب يبين و حدة تبريد و تجميد بسيطة متكونة من ضاغط بمحرك (Φ ١) و مكثف بمروحة (1Φ) و مبخر بمروحة (1Φ). التيار الكهربائي للعناصر المذكورة 60 Hz-220 V. درجة حرارة التكثيف T_{CD}= 35 °C و درجة حرارة التبخير T_{EV} = -20 °C . يتم إذابة الصقيع على مستوى المبخر بواسطة سخان كهربائي المطلوب:

١) إتمام الدورة الميكانيكية المذكورة مع إضافة العناصر التالية:

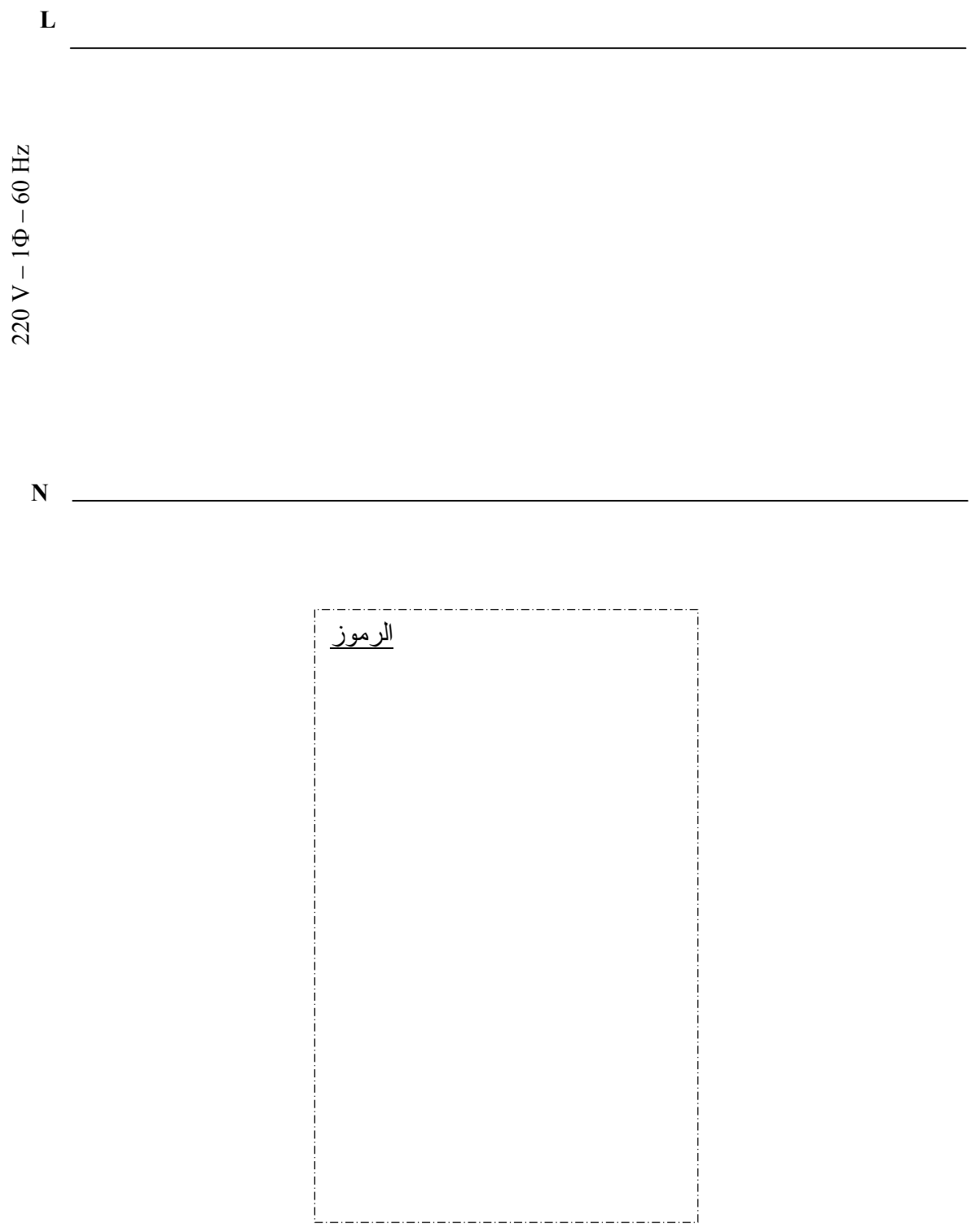
- صمام تمدد حراري **TEV**
- منظم ضغط المبخر **EVR**
- منظم ضغط السحب **SR**
- منظم سعة الضاغط **CR**
- فاصل الزيت عن مائع التبريد **OS**
- حاكم درجة حرارة التكثيف **TCDC**
- العدد اللازم من الصمامات المغناطيسة لإمكانية القيام بعملية الضخ التحتي**ELV**



٢) اذكر متطلبات التحكم لهذه الوحدة.

٣) حدد عناصر التحكم للوحدة المذكورة.

٤) ارسم الدوائر الكهربائية لمختلف الأجهزة بالوحدة و المترجمة لمتطلبات التحكم.


L
220 V – 1Φ – 60 Hz
N
الرموز

الفصل الخامس

دوائر القدرة والتحكم لدورات السعات العالية

الجدارة

تتبع وتصميم دوائر التحكم والقدرة Tracing control and power diagrams لنظم التبريد والتكييف ذات السعات العالية

الأهداف

عندما يكمل المتدرب هذه الوحدة يكون لديه القدرة على:

- قراءة وتتبع دوائر التحكم لنظم التبريد والتكييف
- تصميم ورسم دوائر التحكم والقدرة لوحدات التبريد التجارية
- تتبع وتصميم دوائر إزالة الصقيع المختلفة لوحدات التبريد التجارية
- التعرف على الطرق المختلفة لتوصيل المحركات الكهربية ثلاثية الأوجه

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٨٠٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

كتالوجات الشركات

وحدات التبريد بالورش

متطلبات الجدارة

اجتياز حقيبة أساسيات التحكم في أنظمة التبريد والتكييف

دوائر التحكم والقدرة لوحدات السعات العالية

توجد عدة طرق للتحكم في تشغيل وإيقاف محرك الضاغط منها: طريقة الترموستات الرئيسي والضخ التحتي و الضخ الفوقي ومن طرق إذابة الصقيع: السخان الكهربي و الغاز الساخن و الماء . كما توجد عدة طرق لتوصيل المحركات الكهربائية ثلاثية الأطوار(3 Φ) منها: التوصيل المباشر و الملفات الجزئية و نجمة - دلتا.

أ - طرق التحكم في تشغيل وإيقاف الضاغط

من الطرق المستخدمة: طريقة الترموستات الرئيسي وطريقة الضخ التحتي وطريقة الضخ الفوقي .

١. طريقة الترموستات الرئيسي Master thermostat

فيها يتم تشغيل أو إيقاف محرك الضاغط بتأثير الترموستات مباشرة كما في الثلاجة المنزلية والمكيف الشباكي كما سبق ودُرِس في حقيبة أساسيات التحكم في أنظمة التبريد والتكييف ويمكن استخدامها أيضا بدوائر التحكم والقدرة لوحدات التبريد والتجميد التجارية والصناعية ومبردات المياه Chillers كما سيرد فيما بعد.

٢. طريقة الضخ التحتي Pumping down

فيها يتم تشغيل أو إيقاف محرك الضاغط بتأثير فاصل الضغط المنخفض والذي يعمل من خلال صمام خط السائل والترموستات. ويتم ذلك عندما يطلب الترموستات إيقاف الضاغط سيفصل إشارة التحكم عن سلنويد خط السائل فيغلق ويظل الضاغط يعمل فيقل ضغط السحب إلى أن يصل نقطة ضبط فاصل الضغط المنخفض فيتوقف الضاغط. و تستخدم هذه الطريقة لتفريغ المبخر من مائع التبريد قبل الإيقاف لعدم تحميل الضاغط عند بدء التقويم خاصة بعد إذابة الصقيع.

٣. طريقة الضخ الفوقي Pumping out

فيها يتم تشغيل أو إيقاف محرك الضاغط بتأثير فاصل الضغط المنخفض والذي يعمل من خلال صمام خط السائل والترموستات مع مرحل إضافي لتفادى تشغيل وإيقاف الضاغط على فترات قصيرة إذا حدث تسريب من صمام خط السائل.

ب - طرق إذابة الصقيع

من طرق إذابة الصقيع: السخان الكهربي و الغاز الساخن والماء .

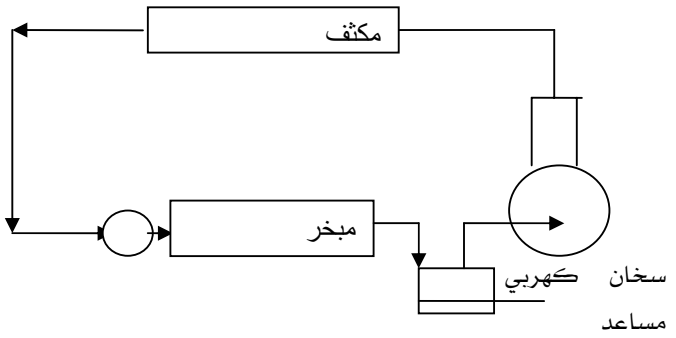
١ - إذابة الصقيع بالسخان الكهربي

فيها تستخدم طاقة حرارية من سخان كهربي لإذابة الصقيع. يتم ذلك بإيقاف الضاغط لمنع مرور مائع التبريد للمبخر وتشغيل سخان كهربي بالمبخر لتسخينه وإذابة الصقيع ثم فصله وإعادة تشغيل الضاغط لعملية التبريد الأساسية. ويستخدم للوحدات الصغيرة.

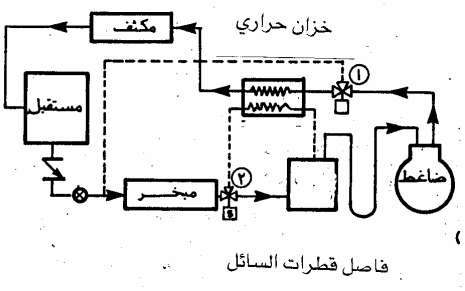
٢ - إذابة الصقيع بالغاز الساخن

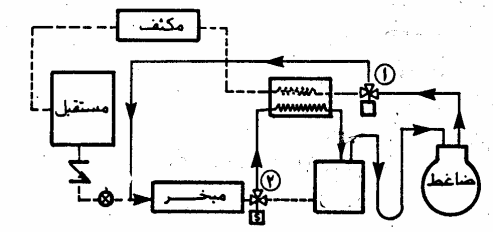
فيها يتم استخدام الطاقة الحرارية للغاز الساخن للوحدة في إذابة الصقيع ويتم ذلك بمنع مائع التبريد من الدخول إلى المبخر ثم تحويل جزء أو كل الغاز الساخن من الضاغط مباشرة إلى المبخر (بدلا من المكثف) فيعمل على إذابة الصقيع ثم تعاد الدورة لعملية التبريد الأساسية مرة أخرى. ويستخدم للوحدات الكبيرة .ونظرا للحاجة لمصدر حراري إضافي لتعويض الطاقة الحرارية الممتصة عند إذابة الصقيع يمكن استخدام عدة وسائل منها:

- سخان كهربي مساعد صغير لتسخين فاصل قطرات السائل أو المستقبل لتبخير المتكاثف الخارج من المبخر ويعمل هذا السخان أثناء عملية إذابة الصقيع كما بشكل (١ -١).
- استخدام خزان حراري كما بشكل (١ -٢) وفيه يتم استخدام خزان حراري به ماء يدخل إليه غاز مائع التبريد الساخن قبل دخوله إلى المكثف أثناء عملية التبريد فيعمل الغاز على تسخين الماء. وفي حالة إذابة الصقيع سيمر المتكاثف من مائع التبريد بعد خروجه من المبخر إلى الخزان



شكل (١ -١)استخدام سخان كهربي مساعد





تبريد **إذابة صقيع**

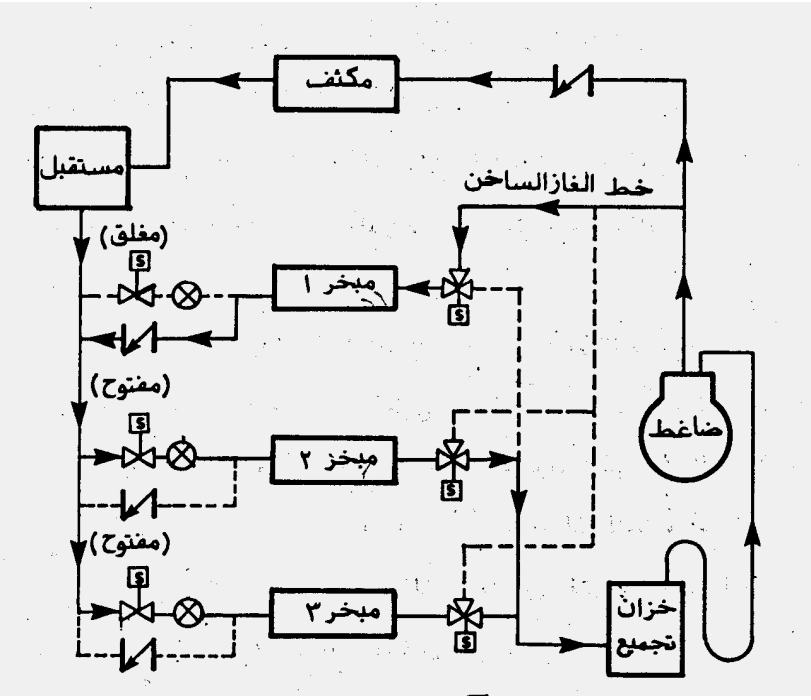
شكل (١ -٢) طريقة استخدام الخزان الحراري

الحراري ليعاد تبخيره وإكسابه الحرارة الإضافية اللازمة ثم يدخل إلى الضاغط محمصا. وينظم هاتين العمليتين الصمامين ١ و ٢ بالشكل.

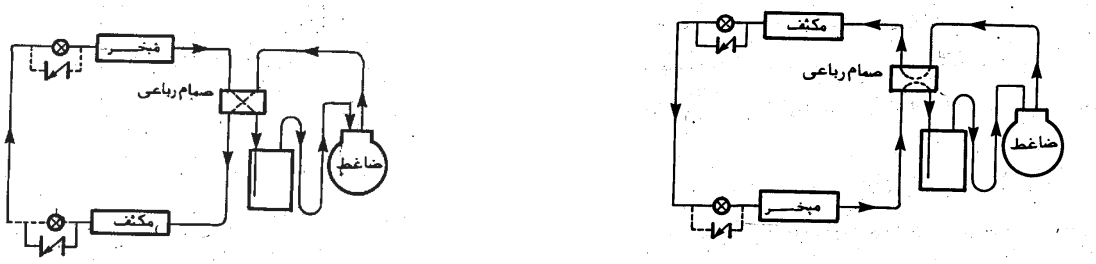
- استخدام الطاقة الحرارية الناتجة من المبخرات الأخرى للوحدات متعددة المبخرات كما بشكل (١ -٣) وفيه يتم منع سائل التبريد من الدخول إلى مبخر التجميد أثناء إذابة الصقيع والسماح بإمرار جزء من غاز مائع التبريد الساخن للمبخر ثم يخرج المتكاثف إلى خزان السائل ليختلط بالمتكاثف من غاز وحدة التبريد. ويمر السائل إلى مبخر التبريد لسحب الحرارة منه والتي يستخدم جزء منها لإعادة تبخير المتكاثف من إذابة الصقيع. لاحظ الصمامات المغناطيسية المنظمة لعمل الدورة.
- **عكس الدورة باستخدام صمام رباعي (عاكس) كما بشكل (١ -٤) وفيه يتم عكس مسار مائع التبريد الساخن إلى المبخر (يعمل مكثف الآن) باستخدام صمام عاكس فيعمل الغاز على إذابة الصقيع ثم يخرج إلى المكثف (يعمل مبخر الآن) ليستمد حرارته من خارج المكان المبرد ثم المستقبل ثم الضاغط. لاحظ انه يلزم إضافة صمام تمدد ثان وصمامي عدم رجوع.**

٣. **إذابة الصقيع بالماء**

فيها تستخدم الطاقة الحرارية للماء في إذابة الصقيع. يتم ذلك بمنع مائع التبريد من الدخول إلى المبخر ثم رش الماء على المبخر فيعمل على إذابة الصقيع ثم يوقف الماء وتعاد الوحدة للتبريد الأساسي.



شكل (١ -٣) طريقة استخدام حرارة من عدة مبخرات



إذابة صقيع تبريد

شكل (١ - ٤) طريقة عكس الدورة لإذابة الصقيع

دوائر التحكم والقدرة الكهربية لوحدات التبريد والتجميد التجارية

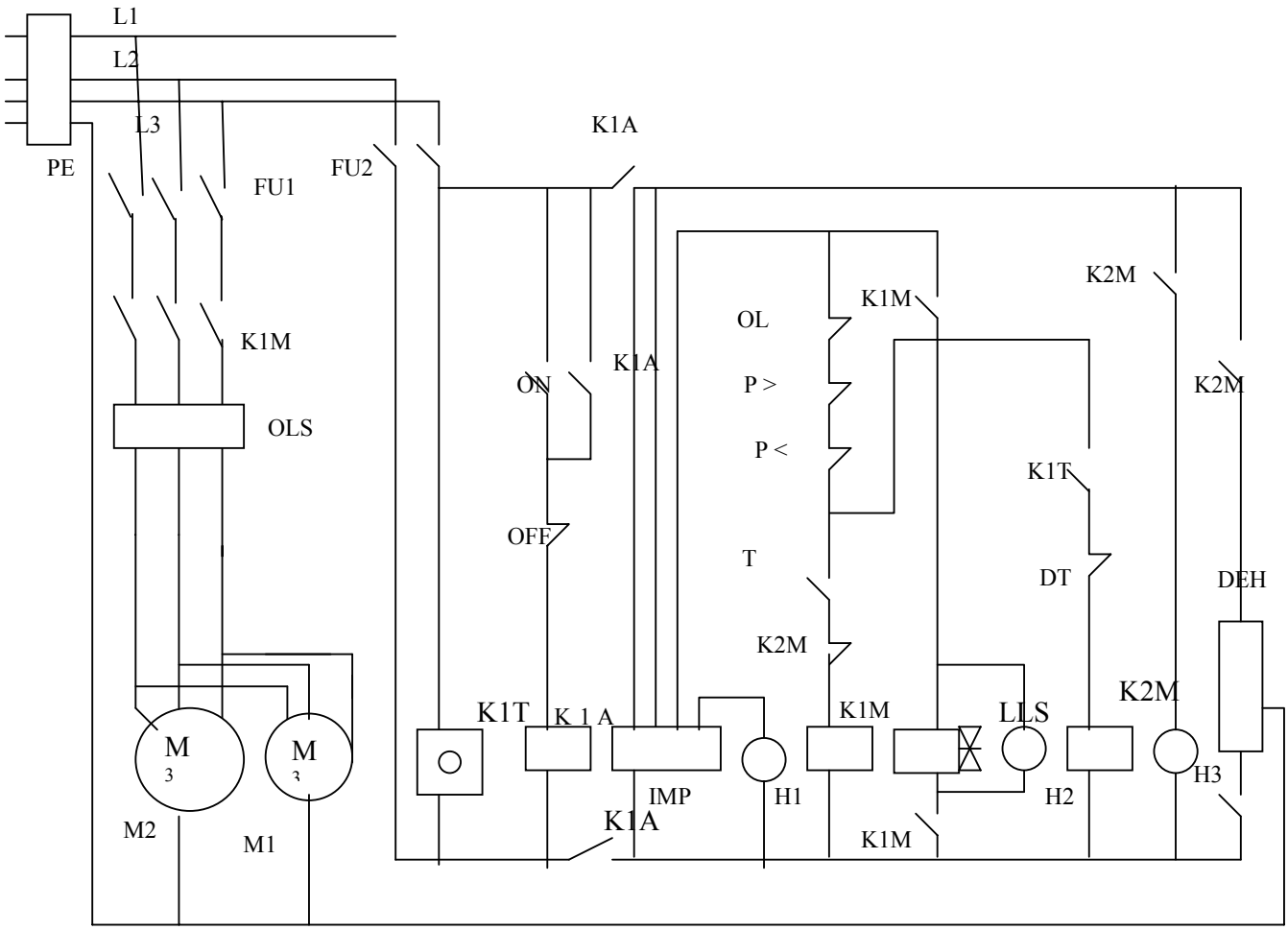
كتطبيق على دوائر التحكم والقدرة ونظم إذابة الصقيع سيتم تناول بعض نظم التحكم التي تشمل العمليتين معا ومنها:

١. نظام التحكم لوحدة التبريد التجارية (تشغيل ترموستات أساسي وإذابة الصقيع بالسخان الكهربي electric heater defrosting

شكل (١ - ٥) يمثل دائرة التحكم والقدرة لوحدة تبريد تجارية (تشغيل ترموستات أساسي وإذابة الصقيع بالسخان الكهربي) وفيه يمكن متابعة تتابع التحكم كما يلي:

- دائرة القدرة (٢٢٠ -٣ -٦٠) ثلاثة أطوار لتشغيل محرك الضاغط ومروحة التكثيف عن طريق الفيوزات FU1 ونقاط التلامس K1M مع فاصل الحمل العالي OLS
- تبدأ دائرة التحكم 60-1-220 بالفيوزات FU2
- دائرة المؤقت K1T لتحديد وقت التبريد أولا ثم وقت إذابة الصقيع
- دائرة المسك الذاتي Self holding وفيها يتم الضغط لحظيا على مفتاح التشغيل ON فيمر التيار من FU الأول خلال ON إلى مفتاح الإيقاف OFF (مغلق) ثم مرحل المسك الذاتي K1A ثم FU الثاني . عندها سيستحث energizes المرحل ويغير نقاط تماسه فتغلق نقطته الموازية للمفتاح ON ليمر التيار منها للمسك الذاتي بدلا من ON. أيضا تغلق النقطتان KA1 بدائرة التحكم.
- .دائرة مرحل الحماية من ارتفاع درجة حرارة ملفات محرك الضاغط IMP حيث يمر التيار من FU إلى نقطة K1A الأولى إلى الملف IMP ثم إلى نقطة K1A الثانية فيستحث الملف ويعمل على توصيل نقاط تلامسه الداخلية لتوصيل التيار إلى وسائل الحماية بدائرة مرحل التبريد K1M أو لمبة بيان H1 عند سخونة الملفات.

دائرة مرحل التبريد K1M.: حيث يمر التيار من IMP إلى فاصل زيادة التيار OL وفاصل الضغط العالي<P وفاصل الضغط المنخفض >P ثم ترموستات التشغيل T(يغلق بارتفاع درجة حرارة الحيز) ثم نقطة تلامس مرحل إذابة الصقيع K2M المغلقة الآن ثم المرحل K1M ثم نقطة K1A. وعليه يستحث المرحل K1M وتغلق نقاط تلامسه الثلاث بدائرة القدرة فيدور محرك الضاغط M1 ومحرك مروحة المكثف M2 .في نفس الوقت ستغلق نقطتي التلامس K1M بدائرة سلنويد خط السائل LLS لفتحه ليمر مائع التبريد إلى المبخر وكذلك تضئ لمبة بيان تشغيل الضاغط H2 وتبدأ عملية التبريد.



شكل (١ -٥) تشغيل وإيقاف محرك الضاغط نظام تشغيل ترموستات أساسي مع إذابة الصقيع بالسخان الكهربي

- سيكون نظام إذابة الصقيع متوقفا لفتح نقاط التماس المؤدية إليه
- عندما تنخفض درجة الحرارة إلى الحد المطلوب سيفصل Tالمرحل K1M مباشرة فتتوقف وحدة التكثيف ويغلق سلنويد خط السائل وتطفأ اللمبة H2.
- بانتهاء فترة التبريد سيعمل مرحل المؤقت K1T على تغيير نقاط تماسه لفصل وحدة التكثيف وغلق السلنويد وتشغيل إذابة الصقيع حيث يوصل نقطته K1T بدائرة مرحل إذابة الصقيع K2M ليمر التيار من P< إلى نقطة K1T ثم ترموستات الصقيع DT المغلق الآن لانخفاض درجة حرارة سطح المبخر ثم K2M ثم نقطة K1A. وعليه سيستحث المرحل K2M فيعمل على تغيير نقاط تلامسه. فتفتح K2M بدائرة المرحل K1M لفصله وإيقاف وحدة التكثيف وغلق الصمام. وتغلق النقطة K2M بدائرة لمبة بيان تشغيل إذابة الصقيع H3 لإضاءتها. وتغلق النقطتان K2M بدائرة السخان DHلتشغيله.
- عندما تنتهي فترة إذابة الصقيع سيعمل K1T على فصل مرحل إذابة الصقيع وإعادة التبريد وإذا أذيب الصقيع قبل الوقت المحدد بالمؤقت سيسخن المبخر ويعمل ترموستات الصقيع على فصل مرحل إذابة الصقيع K2M لفصل السخان وإعادة تشغيل التبريد.

تمرين (١)

لنظام التحكم السابق أضف مروحة للمبخر بحيث

١ - تعمل وتتوقف مع محرك الضاغط

٢ -تعمل مع التبريد وتتوقف عند إذابة الصقيع

٣ -تعمل مع التبريد وتتوقف عند إذابة الصقيع وتتأخر لمدة ٣ دقائق بعد إذابة الصقيع حتى لا تنقل حرارة إذابة الصقيع إلى المنتج وأيضا حتى لا تتناثر المياه الناتجة عن إذابة الصقيع على المنتج.

توجيهات للحل:

١ -استخدم نقطة تلامس مفتوحة من مرحل وحدة التكثيف إلى محرك المروحة

٢ - استخدم نقطة تلامس مغلقة من مرحل وحدة التكثيف إلى محرك المروحة

٣ - استخدم نقطة تلامس مغلقة من مرحل إذابة الصقيع لمرحل المؤخر الزمني ثم نقطة مفتوحة منه مع نقطة مغلقة من مرحل إذابة الصقيع إلى محرك المروحة.

Legend تفسير الرموز لدوائر التحكم لهذا الفصل

DH	سخان إذابة الصقيع الكهربي
ET	ترموستات سطح المبخر
EF	محرك مروحة المبخر
FU	منصهر (فيوز)
HGS	صمام الغاز الساخن
IMP	حماية ملفات المحرك
K1A	مرحل المسك
K1T	مؤقت
K1M	مرحل التبريد
K2M	مرحل إذابة الصقيع
K3M	مرحل الضخ الفوقي
K2T	مؤقت مؤخر
LLS	صمام خط السائل
M1	محرك الضاغط
M ٢	محرك مروحة المكثف
P>	فاصل الضغط العالي
P<	فاصل الضغط المنخفض
T	ترموستات التشغيل

٢. نظام التحكم لوحدة التبريد التجارية (تشغيل ضخ تحتيpumping down وإذابة الصقيع بالسخان الكهربي)

نظرا لزيادة ضغط المبخر أكثر من اللازم بعد إذابة الصقيع وما يترتب عليه من تحميل محرك الضاغط عند بدء التشغيل في هذه الحالة يمكن تفريغ المبخر من مائع التبريد قبل البدء بإذابة الصقيع. ويتم ذلك بتوصيل نقطة تماس مغلقة للمؤقت مع الترموستات ليؤثرا معا بالفتح أو الغلق لسلونويد خط السائل ويعمل فاصل الضغط المنخفض على التحكم في تشغيل أو إيقاف مرحل محرك الضاغط كما بشكل (١ -٦) ويسمى هذا النظام بالضخ التحتى.

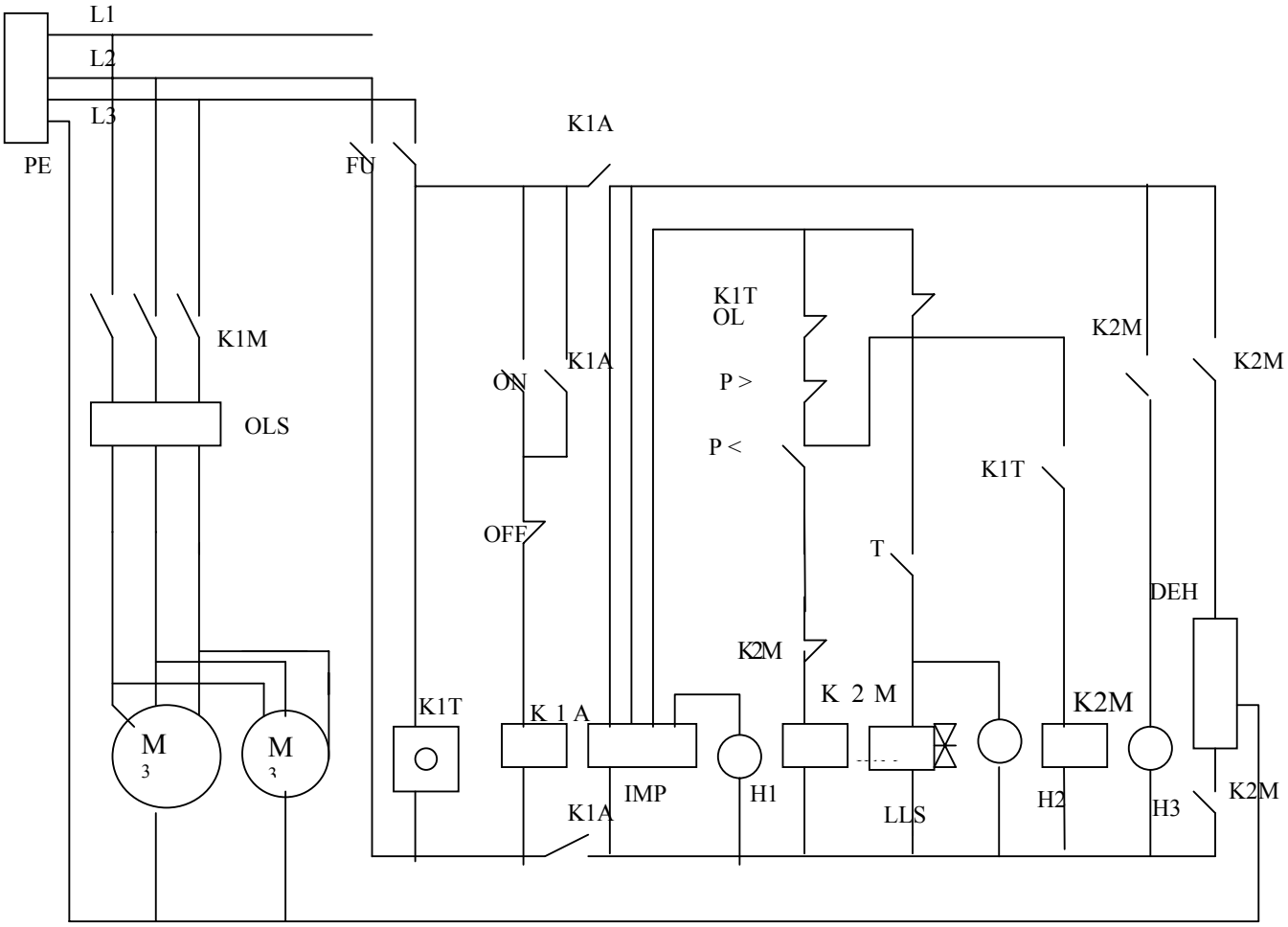
ففي حالة بدء التشغيل تعمل نقطة المؤقت K1T و الترموستات T على توصيل التيار الكهربي لسلونويد خط السائل LLS فيفتح ويمر مائع التبريد إلى فاصل الضغط المنخفض P< ويزيد الضغط حتى نقطة ضبط التوصيل cut in للفاصل فيغلقه فيمر التيار إلى مرحل تشغيل محرك الضاغط K1M لتبدأ عملية التبريد. وعند وصول درجة الحرارة سيعمل الترموستات T على فصل التيار عن LLS فيغلق ويمنع مرور مائع التبريد للمبخر ويظل الضاغط يعمل إلى أن يقل الضغط بخط السحب حتى نقطة ضبط الفصل cut out لفاصل الضغط المنخفض P< فيفصل التيار عن مرحل الضاغط فتتوقف وحدة التكثيف بعد تفريغ المبخر من مائع التبريد تقريبا.

وفي حالة بدء إذابة الصقيع يعمل المؤقت على فصل التيار عن سلنويد خط السائل كما سبق في حالة فصل الترموستات ثم تتم عملية إذابة الصقيع.

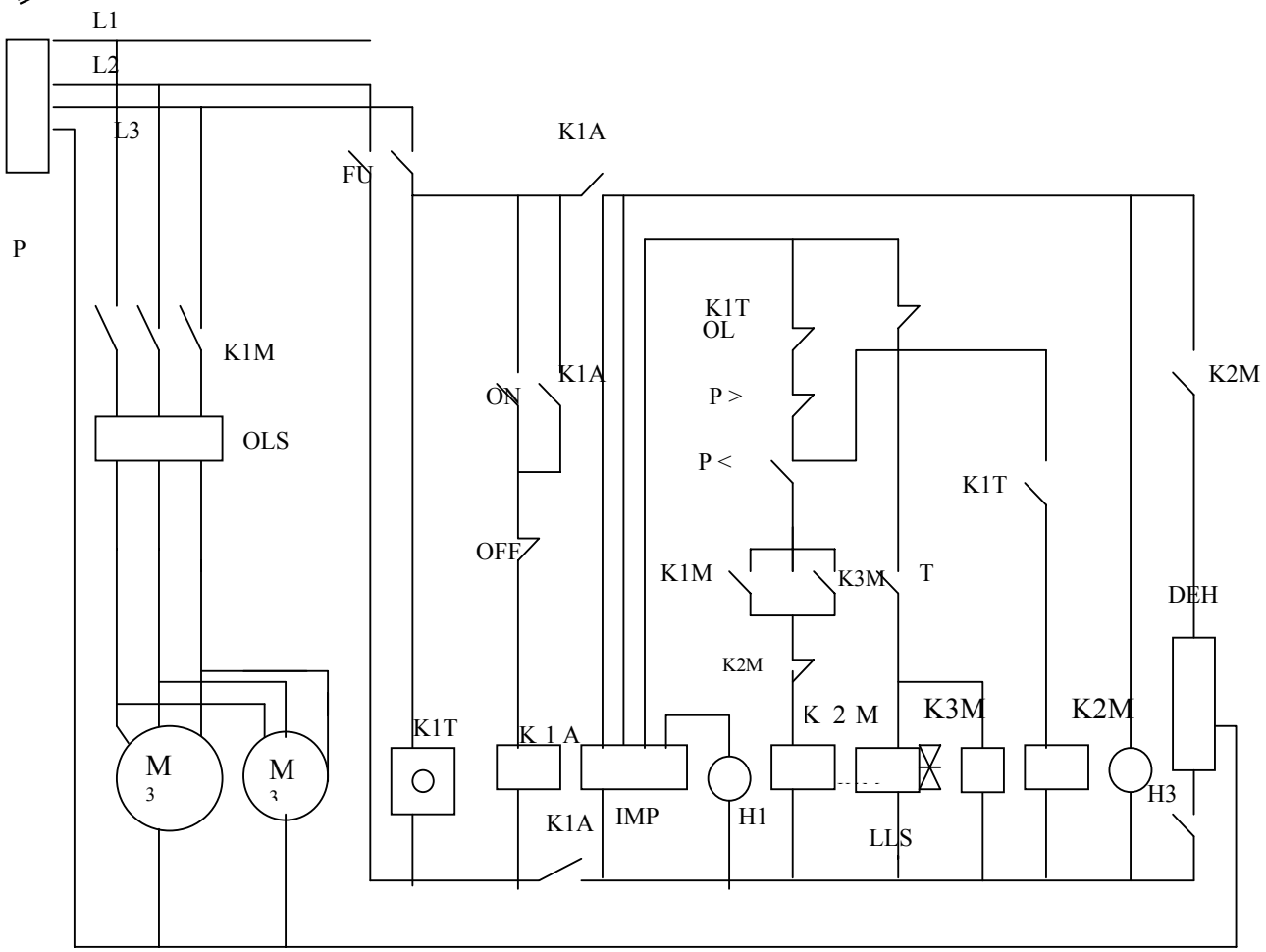
٣. نظام التحكم لوحدة التبريد التجارية (تشغيل ضخ فوقي وإذابة الصقيع بالسخان الكهربي)

نظرا لاحتمال تسرب مائع التبريد من صمام خط السائل أثناء توقف الضاغط مما يترتب عليه تشغيل الضاغط لفترات قصيرة قد تتلف الضاغط ومحركه، يمكن تلاشي ذلك بتوصيل مرحل إضافي على التوازي مع سلونيد خط السائل وتعمل نقطة مفتوحة منه مع آخرى موازية له من مرحل الضاغط على تشغيل أو فصل الضاغط تبعا لتوصيل الترموستات فقط دون التسرب كما بشكل (١ -٧).

ففي حالة التسرب لمائع التبريد من السلونيد و زيادة الضغط بخط السحب وتوصل فاصل الضغط المنخفض فلن يستحث مرحل الضاغط K1M لفصل النقطتان K1M, K3M .وعند توصيل الترموستات سيستحث K3M ويفتح السلونيد وتغلق نقطة K3M بدائرة مرحل الضاغط ولكن المرحل سينتظر حتى يوصل فاصل الضغط المنخفض وعندها سيمر التيار من الفاصل إلى المرحل K1M خلال نقطة K3M إلى مرحل الضاغط، وعندما يستحث ستغلق نقطته بدائرته الموازية لنقطة K3M.



شكل (١ -٦) تشغيل وإيقاف محرك الضاغط بنظام الضخ التحتي pumping down



شكل (١ -٧) تشغيل وإيقاف محرك الضاغط بنظام الضخ الفوقي PUMP OUT

وعند فصل الترموستات سيغلق السلونيد ولا يستحث K3M فتفصل نقطته بدائرة مرحل التبريد K1M ولكن الضاغط سيظل يعمل بتأثير نقطة التلامس K1M إلى أن يفصل فاصل الضغط المنخفض فيفصل K1M وتفصل نقطته بدائرته.

٤. نظام التحكم لوحدة التبريد التجارية (تشغيل ترموستات أساسي وإذابة الصقيع بالغاز الساخن

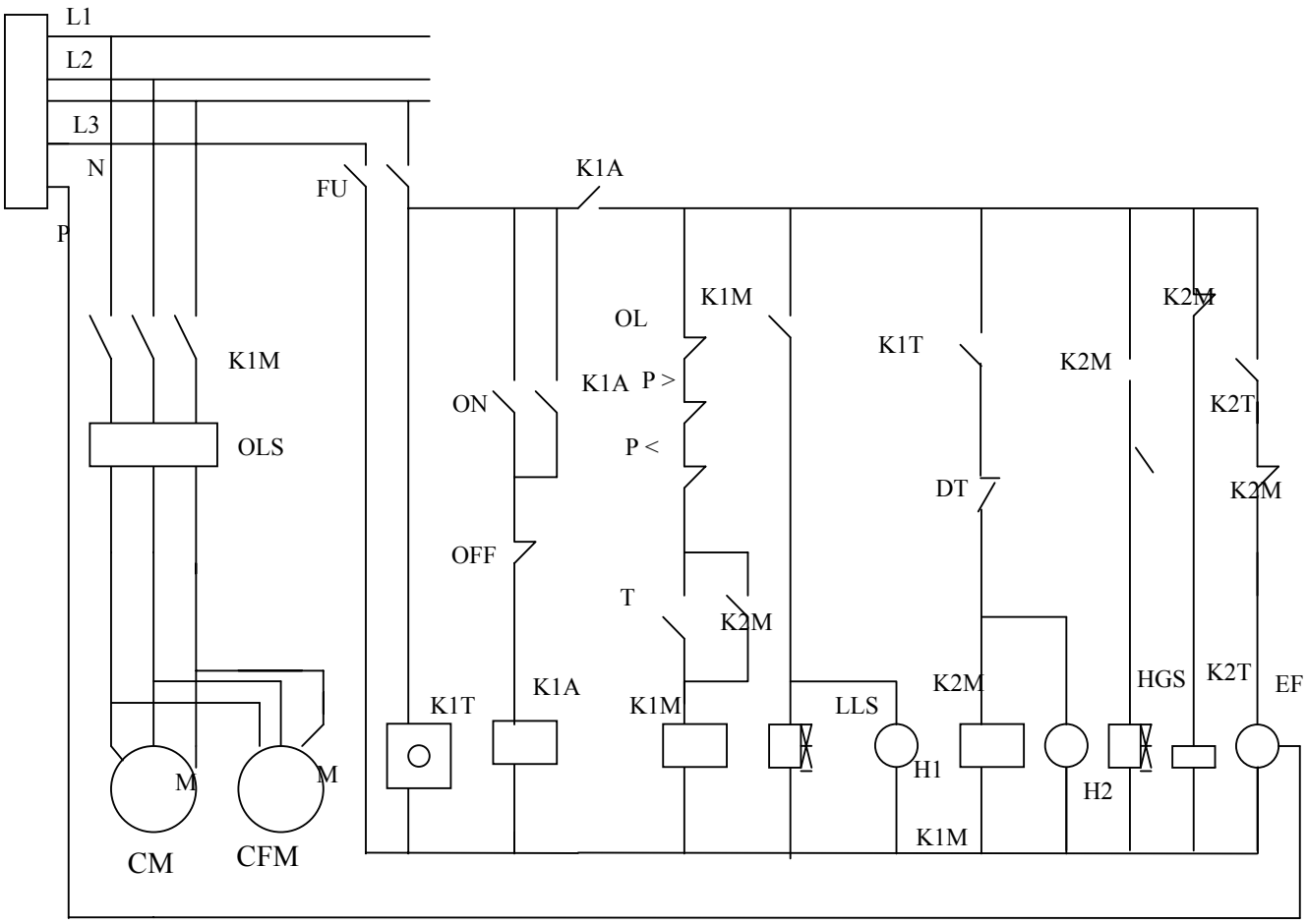
شكل (١ -٨) يمثل وحدة تبريد تجارية (تشغيل ترموستات أساسي وإذابة الصقيع بالغاز الساخن) وفيه يلاحظ كما بشكل (١ -٥) مع بعض الاختلافات ومنها مايلي:

١. دائرة التحكم تعمل بفرق جهد 110 V (L3, N) ودائرة القدرة 220 V.
٢. إضافة صمام للغاز الساخن HGS ومروحة المبخر M3مع مؤخر زمني لهاK2T
٣. إضافة نقطة تلامس من مرحل إذابة الصقيع على التوازي مع الترموستات لضمان تشغيل الضاغط أثناء إذابة الصقيع للحصول على الغاز الساخن للعملية

في حالة التبريد سيوصل الترموستات التيار إلى مرحل الضاغط K1M فيستحث وتغلق نقاط تلامسه بدائرة القدرة لتشغيل محركات وحدة التكثيف. CM, CFM بالإضافة إلى توصيل نقطة تلامسه لفتح صمام خط السائل LLS مع إضاءة لمبة بيان تشغيل الضاغط H1. كذلك سيمر التيار خلال نقطة التلامس K2Mالمغلقة إلى مرحل مؤخر مروحة المبخر . وبعد وقت التأخير المحدد سيوصل التيار إلى محرك المروحة EF خلال نقطة K2M المغلقة.

في حالة إذابة الصقيع سيعمل المؤقت K1T على توصيل نقطة تلامسه ليمر التيار خلال ترموستات الصقيع DTإلي مرحل إذابة الصقيع K2M فيستحث وتغلق نقطة تلامسه لتوصيل التيار إلى صمام الغاز الساخن لفتحه فيمر الغاز الساخن إلى المبخر مباشرة لإذابة الصقيع وتضئ لمبة بيانه H2 أيضا ستفصل نقطة تلامسه لفصل التيار عن مؤخر مروحة المبخر ثم إيقافها. بالإضافة إلى توصيل نقطة تلامسه الموازية للترموستات لضمان تشغيل الضاغط أثناء إذابة الصقيع.

في حالة انتهاء وقت إذابة الصقيع سيعمل K1T على فصل مرحل إذابة الصقيع K2M لغلق بلف الغاز الساخن ليعود الغاز للمرور إلى المكثف لإعادة التبريد. ولإعادة توصيل مرحل مؤخر مروحة المبخرK2T لتشغيل محركها EF بعد التأخير المطلوب حتى يبرد المبخر.



شكل (١ -٨) إذابة الصقيع بالغاز الساخن

تمرين (٢)

أثناء إذابة الصقيع ستقل الطاقة الحرارية الداخلة للمبخر وسينخفض ضغط السحب كثيرا وقد تعود قطرات سائل للضاغط، ولذلك يلزم إضافة مصدر حراري للمساعدة على استمرار عملية الإذابة. مع الرسم اشرح كيف يتم ذلك؟

توجيهات للحل

استخدم فاصل لقطرات السائل accumulator واستخدم سخانا كهربيا له يعمل أثناء إذابة الصقيع. أو استخدم خزانا حراريا يسخن مائعا أثناء التبريد وتستخدم تلك الحرارة بعد ذلك كمصدر حراري مساعد.

طرق توصيل المحرك ثلاثي الأوجه

نظرا لزيادة سعة الضواغط المستخدمة في كثير من وحدات التبريد والتجميد ووحدات تكييف الهواء تستخدم محركات ذات قدرات عالية. ولذلك تعمل هذه المحركات بثلاثة أوجه (.3) ونظرا لسحبها تيارا عاليا عند بدء التقويم يزيد تيار التقويم إلى حوالي خمسة أضعاف تيار التشغيل ($I_S = 3\text{-}5\ I_R$) مما يسبب انخفاضا فى فرق الجهد كثيرا وبالتالي التأثير على الوحدات الأخرى ويمكن استخدام إحدى طرق التوصيل التالية

- توصيل مباشر Across the line connection
- توصيل ملفات جزئية Part winding connection
- توصيل نجمة – دلتا Star- Delta connection
- توصيل مقاومات أولية Primary resistor
- توصيل محول أوتوماتيكي Auto transformer

التوصيلات الأربع الأخيرة تعمل على خفض تيار التقويم بنسب متفاوتة للتقليل من انخفاض فرق الجهد إلا أن عزم التقويم يقل في الحالات تلك مما يستلزم خفض الحمل على المحرك عند بدء التقويم. وفيما يلي تفصيل للطرق الثلاث الأولى نظرا لكثرة استخدامها في وحدات التبريد والتكييف.

١. توصيل مباشر Across the line connection

هذه الطريقة تستخدم للمحركات ذات القدرة الصغيرة والتي تشتمل على ملف واحد ذو ثلاث أطراف كما بشكل (١ -٩) يعمل ملف المرحل بدائرة التحكم على توصيل نقاط تماسه بدائرة القدرة فيمر التيار من المصدر إلى المحرك مباشرة. وعليه فتيار التقويم ١٠٠% وعزم التقويم ١٠٠% مما يؤثر سلبا على فرق الجهد.

٢. توصيل ملفات جزئية Part winding connection

هذه الطريقة تستخدم للمحركات ذات القدرة المتوسطة وفيها يستخدم ملفان جزئيان الأول لبدء التقويم والثاني لاستكمال التقويم ثم يستمران في العمل سويا أثناء التشغيل. يعمل المرحل الأول بدائرة التحكم على توصيل نقاط تماسه بدائرة القدرة فيمر التيار من المصدر إلى المحرك خلال أطراف الملفات الجزئية الأولى لمجرد دوران المحرك دورات قليلة. كما يوصل المؤخر لتوقيت التأخير كجزء من الثانية ليستحث المرحل الثاني والذي بدوره يعمل على توصيل الملفات الجزئية الثانية لاستكمال تقويم وتشغيل دوران المحرك بالسرعة المصمم عليها. ولذلك فتيار التقويم يمثل ٦٥% مما يقلل انخفاض فرق الجهد عند التقويم وكذلك يقل العزم للتقويم ٦٥% وعليه يجب أن يقل تحميل المحرك أثناء التقويم.

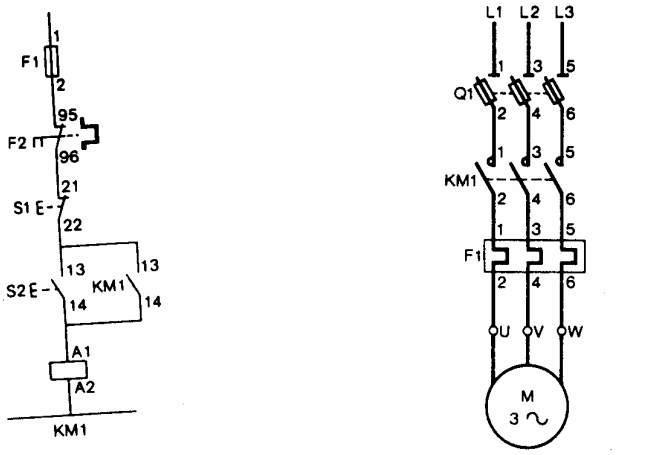
٣. توصيل نجمة – دلتا (Star- Delta)

هذه الطريقة تستخدم للمحركات ذات القدرة العالية كما بشكل (١ -١٠) وفيها تكون الست أطراف للملف خارج المحرك لإمكانية توصيلها نجمة أولا للتقويم ثم توصيلها دلتا للتشغيل. تبدأ دائرة التحكم بتوصيل المرحلات KM1 بالإضافة إلى KM2 لبدء التقويم بتوصيله نجمة مع المؤقت KA1 لتوقيت الفرق بين التوصيلتين. بعد أن تصل سرعة المحرك لسرعة التصميم .فيعمل المؤقت على فصل K1M وتوصيل KM3 مع الاحتفاظ بـ KM2 للتحويل إلى دلتا

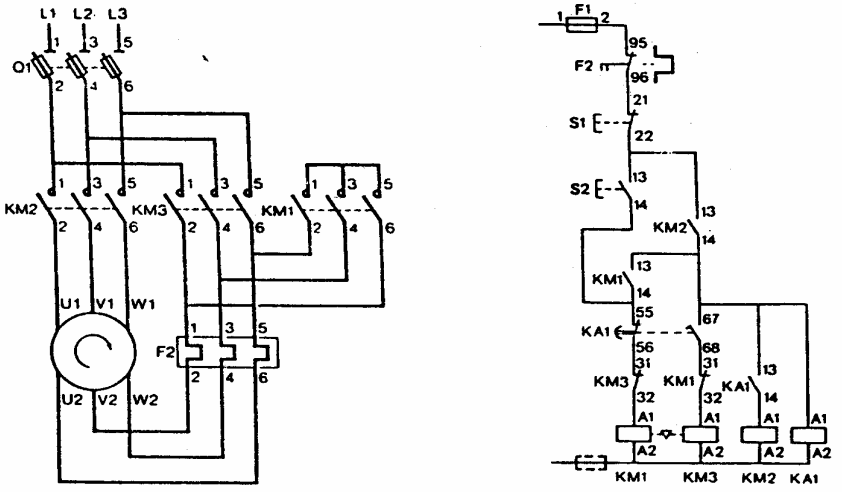
وعليه فتيار التقويم يمثل ٣٣% مما يقلل انخفاض فرق الجهد عند التقويم وكذلك العزم للتقويم ٣٣٪ ولذلك يجب أن يقل كثيرا تحميل المحرك أثناء التقويم.

تمارين

١. قارن مع الرسم بين الضخ التحتي والضخ الفوقي؟
٢. مع الرسم اشرح أداء وحدة تعمل بالضخ الفوقي ويذاب الصقيع فيها بالغاز الساخن؟
٣. ارسم دائرة التحكم والقدرة لطريقة تقويم المحرك توصيل ملفات جزئية مع شرحها؟



شكل (١ -٩) دائرة القدرة والتحكم للتوصيل المباشر



شكل (١ -١٠) دائرة القدرة والتحكم للتوصيل نجمة - دلتا

الفصل السابع

مبادئ نظام ادارة الطاقة

الجدارة:

معرفة إستراتيجيات إدارة الطاقة في أنظمة التبريد والتسخين والتهوية لتكييف الهواء (H.V.A.C.) والطرق الممكن استعمالها لتنفيذ تلك الاستراتيجيات.

الأهداف:

عند نهاية هذه الوحدة يكون المتدرب قادرا على:

- معرفة إجراءات المحافظة على الطاقة بالمباني
- معرفة كيفية استخدام تقنيات نظم إدارة الطاقة في المباني Building Management Systems (BMS).

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٨٠ ٪.

الوقت المتوقع للتدريب

٢ ساعتان

الوسائل المساعدة:

- خرائط ومخططات الموقع
- كتالوجات الوحدات
- أجهزة القياس المختلفة

متطلبات المقرر:

دراسة جميع المقررات السابقة

٤. مبادئ نظم إدارة الطاقة

Energy Management Principles

إن استهلاك الطاقة ما يزال في الارتفاع مع تزايد الحاجة للطاقة في جميع القطاعات الصناعية والتجارية والنقل والمباني. مصادر الطاقة تتمثل أساسا في الموارد البترولية السائلة والغازية والفحم وكمياتها محدودة وغير كافية لسد الحاجة المتزايدة. استعمال المواد البترولية والفحم وحرقها يتسبب في إنتاج وبث كميات هائلة من الغازات الملوثة في الجو أهمها ثاني أكسيد الكربون الذي يكثف من مفعول الانحباس الحراري green house effect مما يهدد بعدم التوازن الحراري للأرض وما يتبع ذلك من ارتفاع في معدل درجة الحرارة وتقلبات مناخية وارتفاع مستوى مياه البحر. من واجبنا إذا البحث على مصادر أخرى للطاقة والحرص عن البحث عن مصادر أخرى للطاقة على النقية منها وذلك للمحافظة على البيئة وعلى جزء من مخزون الطاقة العالمي لأجيال المستقبل.

البحث على مصادر أخرى للطاقة

في هذا الإطار ونتيجة محدودية المواد البترولية سعت عدة بلدان إلى تطوير موارد ثانية مساعدة أهمها الطاقة الذرية والطاقات الجديدة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الجوفية وطاقة أمواج البحار. الاعتماد على الطاقة الذرية يبقى مرتبطا بمخاطر الأشعة النووية وصعوبة التخلص من النفايات مما يتطلب إجراءات أمن وسلامة مشددة وتكنولوجيا عالية. أما الطاقات الجديدة والمتجددة فرغم أنها تمثل الحل النظيف بدون أي تأثير سلبي على البيئة إلا أن استعمالها يبقى محدودا إلى بعض التطبيقات وتكلفتها لا زالت مرتفعة وغير منافسة.

التحكم والمحافظة على الطاقة

قبل اللجوء إلى مصادر أخرى للطاقة قد تكون مكلفة وصعبة الإنجاز يجب أولا مراجعة طريقة استعمال الطاقة في جميع القطاعات الصناعية والتجارية والنقل والمواصلات والمباني ووضع استراتيجية لإدارة الطاقة واستعمالها بطريقة رشيدة. هذه العملية تمكن من الحافظة على كميات هائلة من الطاقة وغالبا ماتكون بدون تكلفة عالية.

قطاع المباني أصبح من أبرز القطاعات المستهلكة للطاقة لا سيما في المناطق ذات المناخ الغير معتدل. إضافة إلى الإضاءة صار التسخين والتهوية وتكييف الهواء من الضروريات في جميع المباني سواء منها

السكنية أو الإدارية أو ذات الاستعمال التجاري أو الصناعي، وذلك لتوفير ظروف الراحة القصوى وتحسين الإنتاجية.

فيما يلي سنتعرف على إستراتيجيات إدارة الطاقة في المباني وخاصة في مجال التسخين والتهوية وتكييف الهواء والنظم التي يمكن الاعتماد عليها لتنفيذ تلك الاستراتيجيات.

إستراتيجيات إدارة الطاقة في المباني

نجاح أي برنامج في إدارة الطاقة يعتمد على منفعة و قناعة ومساندة ومشاركة جميع المتداخلين، أولهم مالك المبنى ثم مستعمليه وخاصة أصحاب القرار منهم وبقية الأطراف المزودة للخدمات مثل الفنيين والمشرفين على استغلال المبنى وصيانته و شركات تزويد الطاقة و شركات الصيانة. .بعد ذلك يجب تكوين فريق إدارة حفظ الطاقة للإشراف على دراسة المبنى ووضع الأهداف ثم الإستراتيجيات التي يجب اتباعها لتحقيق ذلك و أخيرا السهر على تنفيذها ومتابعتها وتقييمها من جديد للتحسين.

ومن مهام فريق إدارة الطاقة ما يلي:

- وضع برنامج محافظة على الطاقة بأهداف واضحة
- حصر نقاط استعمال الطاقة وسط المبنى وتقييمها واستنتاج الإجراءات التي يمكن اتخاذها وتنفيذها للحد من الاستهلاك المفرط للطاقة. مجموع هذه العمليات يعرف ب Energy audit وهناك مكاتب دراسات متخصصة في هذا المجال يمكن الاستعانة بخدماتها
- معرفة أنواع الطاقة المتوفرة والممكن استعمالها بأقل تكلفة
- اختيار المنظومات المناسبة لتسخين وتهوية وتكييف هواء المبنى وتجهيزها بوسائل تحكم تسمح بملاءمة أداء المنظومة مع الحاجيات الحرارية المتغيرة للحيز، ويمكن أيضا الاستعانة بمكاتب دراسات متخصصة في المجال.
- اختيار الاقتراحات ذات الجدوى الاقتصادية والبحث عن تمويلها وتنفيذها حسب الأولوية وتقييمها.

استعمال الطاقة في التكييف و التسخين

الهدف من تكييف الهواء هو التحكم في درجة الحرارة ومستوى الرطوبة و نقاوة هواء الحيز المراد تكييفه وذلك لتوفير الراحة لمستعملي المكان أو لتوفير ظروف العمل الملائمة لعملية صناعية معينة. ويمكن تقسيم الأحمال الحرارية إلى المجموعات التالية:

- الأحمال الناتجة عن انتقال الحرارة خلال الحوائط والأسقف والأرضيات والأبواب بسبب فارق درجات الحرارة وبسبب أشعة الشمس حسب الاتجاه
- الأحمال الناتجة عن انتقال الحرارة خلال النوافذ بسبب فارق درجات الحرارة وبسبب أشعة الشمس المباشرة حسب اتجاه النافذة
- الأحمال الناتجة عن تسرب الهواء خلال الفتحات حول النوافذ والأبواب بسبب فارق درجة الحرارة وفارق محتوى الرطوبة
- الأحمال الناتجة عن هواء التهوية بسبب فارق درجة الحرارة وفارق محتوى الرطوبة
- الأحمال الناتجة عن الأشخاص حسب نشاطهم
- الأحمال الناتجة عن الأجهزة مثل الإضاءة، الحاسب الآلي، آلات التصوير والنسخ، أجهزة الطبخ، محركات كهربية، مجفف شعر.....
- الأحمال الناتجة عن عدم كفاءة مكونات المنظومات المستعملة: المكيفات والمضخات و المراوح و المرشحات و الغلايات والإضاءة و .....
- الأحمال الناتجة عن تسرب الحرارة خلال شبكات توزيع موائع التبريد والتسخين (ماء وهواء مكيف) حسب فارق درجات الحرارة ومستوى عزل وطول القنوات.
- الأحمال الناتجة عن تسخين الماء الصحي

إجراءات المحافظة على الطاقة Energy Conservation Opportunities (ECOs)

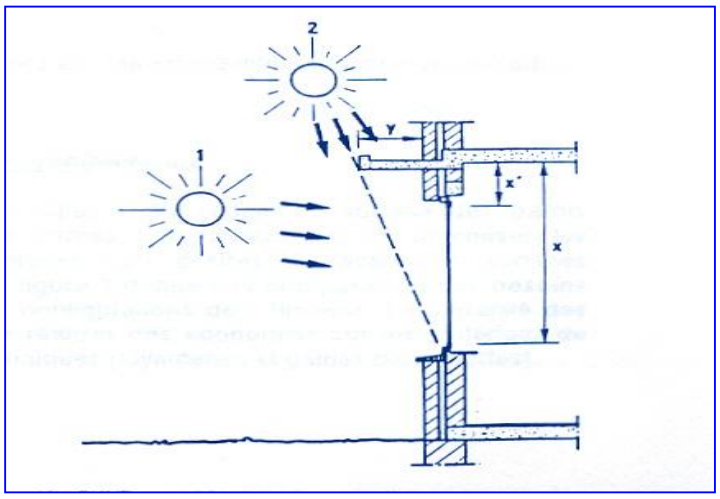
بعد حساب ومعرفة الأحمال يمكن تقييمها والنظر في إمكانية تقليصها واقتراح الحلول الممكنة لذلك مع دراسة اقتصادية تبين تكاليف التنفيذ والتوفير السنوي ومدة استرجاع التكاليف لكل اقتراح. تقع دراسة تلك المقترحات التي تسمى أيضا "فرص المحافظة على الطاقة" أو Energy Conservation Opportunities (ECOs) .ثم يقع اختيار ما يمكن تنفيذه وذا جدوى اقتصادية. يمكن البحث عن التمويل لإنجاز تلك المقترحات عبر المؤسسات الحكومية المكلفة بإدارة الطاقة والتي تعطي عدة امتيازات مالية وتشجيعية.

يمكن تقسيم فرص المحافظة على الطاقة إلى مجموعتين، الأولى تهتم بالمباني القديمة حيث لا يمكن سوى إنجاز بعض التحسينات ولا يمكن تغيير شكل المبنى ولا اتجاهه ولا مواد بنائه . أما الثانية فهي تخص المباني الجديدة حيث يمكن تنفيذ بعض الإجراءات الوقائية عند البناء وقبل فوات الأوان وتختلف تلك الفرص حسب الموسم أي الصيف أو الشتاء.

إجراءات المحافظة على الطاقة خلال فصل الصيف:

فيما يلي الإجراءات التي يمكن اتخاذها للمحافظة على الطاقة في مجال التكييف.

- عدم الإفراط في التبريد وإزالة الرطوبة والرفع في مستوى درجة الحرارة والرطوبة المطلوبة
- التخفيض من كميات التهوية إلى الحد الأدنى مع المحافظة على نقاوة الهواء
- التخفيض من كميات الهواء المتسربة والغير مرغوب فيها
- التخفيض من الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس وذلك بـ:
  - استغلال وسائل التظليل الخارجية والداخلية: الستائر.. كما بشكل (٨ -١)، الأشجار.



شكل (٨ -١) يوضح استغلال أشعة الشمس شتاء والحماية منها صيفا بالنسبة للنوافذ ذات الاتجاه الشرقي

  - استعمال غشاء عاكس (reflective film) لعكس أشعة الشمس
- التخفيض من التبادل الحراري خلال الحوائط والسقف وذلك ب
  - استعمال العزل الحراري
  - اللجوء إلى وسائل التظليل مثل زراعة الأشجار المظللة أو استعمال الطوب(bricks) المظلل
- التخفيض من التبادل الحراري خلال السقف وذلك باستعمال العزل الحراري واختيار ألوان فاتحة تعكس أشعة الشمس
- التخفيض من الأحمال الداخلية الناتجة عن الإضاءة والأجهزة وذلك ب

- إغلاق الإضاءة الغير ضرورية
- تخفيف مستوى الإضاءة العام وإضافة إضاءة مركزة عند الحاجة فقط
- الاستفادة من الإنارة الطبيعية كلما أمكن
- تعويض اللمبات المتوهجة...incandescent..بلمبات .فلوريسنت...fluorescent..
- طرد الهواء الساخن مباشرة إلى الخارج (كما بالمطبخ)
- اختيار أجهزة ذات كفاءة عالية

- الاعتماد على الهواء الخارجي للتبريد كلما سمحت درجة حرارته وذلك باستخدام وحدات ذات موفر economizer
- استعمال المكيف الصحراوي أو التبريد بالتبخير الأديباتيكي للمناطق الجافة
- استعمال المجففات لإزالة الرطوبة من الهواء وتقليص الحمل الكامن
- تجهيز المنظومات الحرارية بوسائل التحكم تسمح بتشغيلها عند الحاجة فقط
- اللجوء إلى مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية كلما أمكن
- الصيانة المنتظمة لمنظومات التكييف تمكن من المحافظة على سلامتها وعلى كفاءتها العالية ويطيل من عمرها. عمليات الصيانة تشمل أساسا ما يلي:
  - التأكد من سرعة سريان الموائع المستعملة
  - تنظيف وصيانة ملفات التبريد وخطوط صرف الماء المتكاثف
  - صيانة وحدات التبريد
- تنظيف وصيانة المرشحات أو تغييرها
- التأكد من سلامة منظومات التحكم وخاصة سلامة حواس وحاكمات درجات الحرارة والرطوبة
- صيانة المراوح والمضخات

إجراءات المحافظة على الطاقة خلال فصل الشتاء:

لحسن الحظ فإن أغلبية الإجراءات التي تساهم في المحافظة على الطاقة في فصل الصيف تساهم أيضا في المحافظة على الطاقة في فصل الشتاء. الفرق الأساسي يتمثل في الحرارة الناجمة عن أشعة الشمس والحرارة التي ينتجها الأشخاص والأجهزة.، إذ كلاهما يضاف إلى المكان وبالتالي يتسببان في زيادة حمل التكييف بينما يخففان من حمل التسخين. وفيما يلي الإجراءات الممكن اتخاذها لتوفير الطاقة شتاء:

- خفض درجة حرارة الهواء الداخلية إلى أقل مستوى ممكن خلال فترات الاستعمال وذلك ب:
  - عدم الإفراط في التسخين مع تشجيع الأشخاص على ارتداء لباس مدفئ
  - تخفيض درجة الحرارة في الأماكن الواسعة مثل الورش وتأمين سخانات بديلة صغيرة للأشخاص
  - تخفيض درجة حرارة الهواء في الممرات والسلالم
- خفض درجة حرارة الهواء الداخلية خلال فترات عدم الاستعمال وذلك ب:
  - استعمال مؤقت أوتوماتيكي لتخفيض درجات الحرارة خلال الليل وعطلة نهاية الأسبوع
  - إيقاف وسائل التسخين بالممرات
  - تجهيز المكان بوسائل تحكم تتحسس حضور الأشخاص داخل الحيز
  - لو أن هناك استعمال جزئي للمبنى يجب حصر ذلك في منطقة واحدة وتخفيض درجة الحرارة في بقية المبنى
- تجنب التأثير السلبي الناتج عن الإشعاع من الحوائط الباردة
  - تخفيض الإشعاع من الأسطح الباردة مثل النوافذ باستعمال الستائر
  - إبعاد أماكن الجلوس والعمل عن مصادر الإشعاع
- غلق نظم التهوية خلال ساعات عدم إشغال المكان (في المطبخ كمثال)
- تزويد الكمية اللازمة من الهواء فقط و بدون إفراط وذلك حسب عدد الأشخاص ونوعية النشاط
- سحب الهواء المراد طرده من الأماكن الثانوية مثل المطبخ و دورة المياه
- التخفيض من تسرب الهواء بمراجعة الفتحات حول الأبواب والنوافذ وإغلاقها (caulking and weather stripping).
- منع تسرب الهواء إلى الحيز بواسطة رفع ضغط هواء المكان
- التخفيض من تسرب الهواء باستعمال الستائر الهوائية والممرات الداخلية (entrance halls).

- السماح لأشعة الشمس من دخول المكان بفتح الستائر نهارا ثم إغلاقها بعد غياب الشمس
- تجهيز المنظومة بوسائل التحكم في درجات الحرارة والرطوبة
  - ترموستات لكل حيز له استعمال أو نشاط مختلف
  - تحكم أسبوعي مبرمج حسب الحاجة
  - تأمين وسائل قفل الترموستات حتى لا يحدث لها أي تغيير
- التحكم في منظومة تهوية المبنى
  - تجهيز المنظومة ببوابات أوتوماتيكية (automatic dampers) ووسائل التحكم فيها
  - استعمال مراوح إضافية في المناطق التي تحتاج تهوية أكثر
  - استعمال مرشحات فحم و غيرها لتنقية الهواء وبالتالي إمكانية التخفيض من التهوية
- استعمال وسائل منفصلة للتزويد المباشر exhaust hoods بهواء التعويض وبالتالي عدم الإفراط في التهوية.
- الخفض من التبادل الحراري خلال النوافذ عن طريق
  - استعمال نوافذ ذات ألواح مزدوجة، يساعد ذلك على تخفيض الصوت أيضا
  - عزل إطارات النوافذ المصنعة من الألمنيوم
  - تجهيز النوافذ بوسائل تظليل أو ستائر
  - اختيار الاتجاه الأمثل للنوافذ في المباني الجديدة. كمثال الجنوب بالنسبة للمناخ المعتدل لأنه يسمح بدخول أشعة الشمس في فصل الشتاء وحجبها في الصيف.
- التخفيض من التبادل الحراري خلال الحوائط والسقف
  - إضافة عازل حراري للأسطح الغير نافذة. الأولوية في العزل الحراري للسقف والجدران تكون كالآتي: السقف -الشمال -الغرب -الشرق وأخيرا الجنوب
  - أولوية العزل للأماكن الأكثر استعمالاً
- التخفيض من التبادل الحراري خلال السقف
  - إضافة عازل حراري وخاصة حول المحيط الخارجي للسقف
  - اختيار لون فاتح في المناخ الحار لعكس أشعة الشمس وغامق في المناخ البارد لامتصاص أشعة الشمس
- التخفيض من التبادل الحراري خلال الأرضية وذلك بالعزل وخاصة على المحيط الخارجي للمبنى ثم حماية العزل من تأثير الرطوبة

- التخفيض من التسرب الحراري خلال شبكات توزيع موائع التبريد والتسخين (ماء وهواء مكيف) حسب فارق درجات الحرارة ومستوى عزل وطول القنوات.
  - القيام بعزل جيد للقنوات والتأكد من حماية العزل من تأثير الرطوبة
  - اختيار المكان الأمثل للوحدات المركزية حتى تكون أقرب ما يمكن من نقاط الاستعمال وتكون هكذا الشبكة أقصر ما يمكن
  - التحكم في درجة حرارة وسيلة التبريد حسب درجة حرارة الهواء الخارجي
- الصيانة المنتظمة لمنظومات التدفئة فهي تمكن من المحافظة على سلامة المنظومات وعلى كفاءتها العالية وتطيل من عمرها. عمليات الصيانة تشمل أساسا ما يلي:
  - تنظيف وصيانة الغلايات
  - التأكد من سرعة سريان الموائع المستعملة
  - تنظيف وصيانة ملفات التسخين
  - تنظيف وصيانة المرشحات أو تغييرها
  - صيانة المراوح والمضخات
  - التثبت من سلامة منظومات التحكم وخاصة سلامة حواس درجات الحرارة والرطوبة

نظم التحكم الرقمي المباشر Direct Digital Control (DDC)

العديد من فرص المحافظة على الطاقة تعتمد على التحكم سواء في درجة الحرارة ، في الرطوبة، في مستوى الإضاءة أو في مقدار التهوية حسب ساعات العمل وعدد الأشخاص ودرجة حرارة الهواء الخارجي، وغالبا ما تكون العوامل تتأثر ببعضها البعض ويصعب على الفرد التنسيق بينها. نظم التحكم الرقمي المباشر (DDC) يعتمد على تكنولوجيا الحاسب الحديثة و يقوم بمثل هذه العمليات بطريقة أوتوماتيكية (راجع الفصل السابق).

نظم إدارة الطاقة بالمباني Building Energy Management System

نظم إدارة الطاقة بالمباني كانت سابقا تركز على استهلاك الطاقة لكل منظومة (تبريد ، تكييف، إضاءة، تسخين ماء صحي...) على حدة. التوجه الحالي يعتمد على استهلاك الطاقة الإجمالي للمبنى ويأخذ بعين الاعتبار التداخل بين جميع العمليات.

هناك ثلاثة أنواع لنظم إدارة الطاقة:

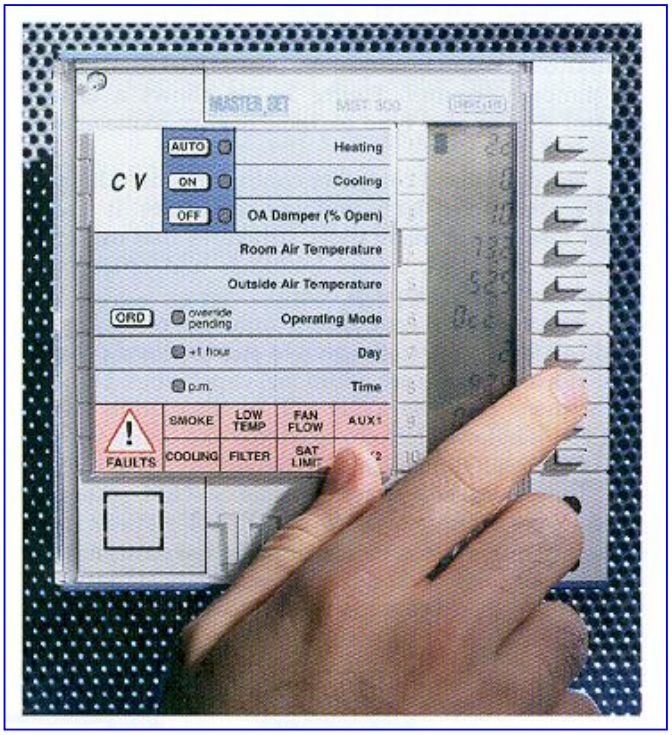
- **نظام تحكم محلي localized controller**

يستعمل هذا النوع من التحكم كما بشكل (٨ -٢) في نظم التسخين والتكييف البسيطة. يسمح هذا النظام التحكم في منظومة أو جهاز معين بطريقة مستقلة وبدون أي تداخل مع نظم ثانية. من الأمثلة لذلك: تحكم محلي في بوابة تغذية هواء بناء على درجة حرارة المنطقة، التحكم المبرمج في درجة حرارة مكان معين.

شكل (٨ -٢) يوضح أنظمة تحكم محلية Localized

- **نظام تحكم عن بعد remote controller**

يستعمل هذا النظام للتحكم عن بعد كما في شكل (٨ -٣) في أكثر من جهاز تحكم في الطاقة في نفس الوقت . يستعمل هذا النظام عندما يكون هناك تداخل بين العمليات المتحكم فيها ويمكن برمجته للتخفيف من طلب الطاقة العام. الوظائف التي يؤديها عن بعد هذا النظام تشمل: إيقاف/تشغيل، إيقاف/تشغيل حسب برنامج يحدد الأولويات للحد من طلب الطاقة، إيقاف/تشغيل بعض النظم بدون التأثير على ظروف الراحة، التنبيه في حالة وجود مشكلة في جهاز ما. مؤشر عن شغل أو توقف الأجهزة. يعتبر هذا النظام الأكثر انتشار لقدرته على التحكم عن بعد في ما يقارب ٥٠ وظيفة وبتكلفة معقولة

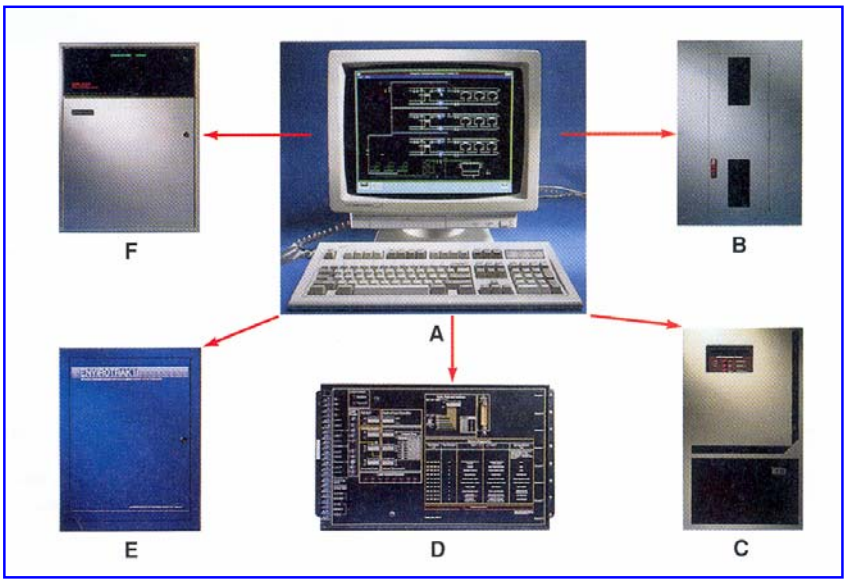


شكل (٨ -٣) يوضح نظام تحكم عن بعد Remote controller

- نظام تحكم مركزي من خلال الحاسب الآلي centralized computer control

يعتبر هذا النظام الأكثر تطوراً في مجال إدارة الطاقة بالمباني **Building** Energy Management System (BEMS) . بناء على معطيات عمل المنظومات المستعملة بالمبنى ومعلومات مسجلة سابقا بالذاكرة، يقوم الحاسب بالحصول على overall optimization...وأخذ قرارات التحكم اللازمة حسب برنامج إدارة طاقة عام للمبنى كما يوضح شكل (٨ -٤) .

رغم أن هذا النظام أكثر تكلفة إلا أنه يسمح بمجال تحكم أوسع ويؤدي إلى أحسن النتائج في مجال إدارة الطاقة بالمباني **الكبيرة** والمعقدة الأنظمة. نظام التحكم المركزي يقوم بجميع وظائف نظامي التحكم المحلي والتحكم عن بعد.وله قدرات إضافية مثل البرمجة والتذكير بمواعيد الصيانة لجميع



شكل (٨ -٤) يوضح نظام تحكم مركزي من خلال الحاسب الآلي
centralized computer control

تمارين

١. ما هي الأحمال الحرارية في تكييف الهواء وكيف يمكن الاقتصاد فيها؟
٢. ما هي إجراءات المحافظة على الطاقة في فصل الصيف؟
٣. قارن بين نظم إدارة الطاقة المختلفة؟
٤. كيف يمكن ترشيد الطاقة لوحدات التكييف الحديثة؟