المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تخصص التبريد وتكييف الهواء

أساسيات التحكم في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

١٧٤ برد

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **أساسيات التحكم في أنظمة التبريد وتكييف الهواء** " لمتدربي تخصص "**التبريد وتكييف الهواء**" للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

تم اكتشاف دورات التبريد و تكييف الهواء منذ عشرات السنين بعناصرها الأساسية التي تكاد تكون ثابتة إلى يومنا هذا (ضاغط، ومكثف، ومبخر، وسيلة تمدد، ومراوح، ومضخات... الخ). إلا أن التطور الكبير الذي يطرأ على منظومات التبريد و التكييف يشمل بالخصوص مجال التحكم الآلي. فلغرض تقليل كلفة الطاقة، و ذلك بتشغيل الوحدات بأعلى كفاءة ممكنة و للمحافظة على ظروف التصميم الداخلية المثلى (درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والضغط، وسرعة الهواء...) مع المساهمة في المحافظة على البيئة و المحيط، شهدت أجهزة التحكم في منظومات التبريد و التكييف تطوراً كبيراً في العقدين الأخيرين و أصبحت كلفة هذه الأجهزة تشكل جزءا لا يستهان به من الكلفة الإجمالية للوحدات. فلا يمكن استخدام وحدة تبريد أو تكييف بشكل فعال بدون نظام تحكم مناسب و دقيق. و من هنا تظهر أهمية هذا المقرر المخصص لدراسة أساسيات التحكم في أنظمة التبريد و التكييف.

و قد تم تقسيم المقرر إلى أربع وحدات و ذلك ليتسنى للمتدرب فهمها بأسلوب سلس و مبسط، حيث تتناول الوحدة الأولى دراسة مبادئ التحكم الآلي، و تهدف إلى تمكين المتدرب من إدراك أهمية و أهداف التحكم الآلي في مجال التبريد وتكييف الهواء ثم التعرف على مكونات منظومات التحكم الآلي و الطرق الرئيسة للتأثير المستخدمة في هذه المنظومات.

أما الوحدة الثانية فتتكون من جزأين. الجزء الأول خصص لدراسة عناصر الحس لمختلف المتغيرات مثل درجة الحرارة و الرطوبة و التدفق... أما الجزء الثاني فقد خصص لدراسة أنواع الحاكمات و طرق اشتغالها. و قد حرصنا في كل مرة على تدعيم المعلومات المخصصة لكل عنصر بصور لأجهزة واقعية لمزيد من الإيضاح و لتمكين المتدرب من التعود على الأشكال الصناعية لهذه الأجهزة.

الجزء الأول من الوحدة الثالثة خصص لدراسة الأجهزة الموجهة كالصمامات و بوابات الهواء والمحركات الكهربائية و كذلك بعض الملحقات في دوائر التبريد والتكييف و أجهزة المراقبة و أجهزة الأمان. أما الجزء الثاني فقد خصص لدراسة الوحدات المساعدة للأجهزة الموجهة كالمرحلات و المفاتيح والمؤقتات و قواطع الضغط.

والوحدة الرابعة خصصت لدراسة بعض التطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة في التبريد والتكييف. ففي الجزء الأول تم تقديم مختلف الطرق المستخدمة للتحكم في تدفق وسيط التبريد مع التركيز على إيجابيات و سلبيات الأجهزة المستخدمة. أما الجزء الثاني فقد خصص لتقديم مختلف

المنظمات في أجهزة التبريد و التكييف و طرق توصيلها. و في الجزء الثالث من هذه الوحدة تم تقديم عدة أمثلة لأنظمة التحكم مثل التحكم في ملف التبريد و ملف التسخين و الرطوبة و الضغط الإستاتيكي...

وتأتي الوحدة الخامسة متممة للوحدات السابقة، حيث خصصت لدراسة الدوائر الكهربائية في وحدات التبريد و التكييف. فبعد التعرف على المكونات الميكانيكية لأنظمة التبريد و التكييف و أجهزة التحكم وملحقاتها، يتم تحديد الدوائر الكهربائية التي تحقق نظام التحكم المطلوب. الجزء الأول من هذه الوحدة مخصص لدراسة مختلف المخططات السلكية و مجال استخدامها. ثم بعد ذلك يتم توضيح طريقة تحديد متطلبات التحكم و أجهزته مع أمثلة مبسطة تمكن المتدرب من سرعة الفهم و القدرة على التحليل. أما الجزء الثاني لهذه الوحدة فقد خصص لدراسة دوائر التحكم و القدرة لأجهزة التبريد و التكييف المنزلية الأكثر استعمالاً منها: الثلاجة البسيطة، الثلاجة المزودة بنظام آلي لإذابة الصقيع، وحدة التكييف الشباكية، و حدة التكييف المنفصلة و وحدة التكييف المجمعة.

أساسيات التحكم في أنظمة التبريد و التكييف

مبادئ التحكم الآلي

الوحدة الأولى : مبادئ التحكم الآلي

الجدارة: معرفة أنظمة التحكم الآلي و طرق التأثير المستخدمة فيها

الأهداف

عندما يكمل هذا الفصل تكون لديك القدرة على:

- إدراك أهداف التحكم الآلي و أهميته في مجال التبريد و تكييف الهواء.
- التعرف على عناصر نظام التحكم الآلي و تحديد وظيفة كل عنصر منها.
- تحديد الرسم الصندوقي لنظام تحكم ذي دائرة مفتوح و نظام تحكم ذي دائرة مغلقة.
- التعرف على مختلف طرق التأثير في أنظمة التحكم الآلي و مجال استخدامها.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100 %

الوقت المتوقع للتدريس: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في تكييف الورش و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- أساسيات علم الحراريات و الموائع
- قياسات

١- ١ مقدمة

عادة ما نحتاج إلى تعديل لسعة منظومات التبريد أو التكييف و ذلك وفقا لتغير الحمل في الحيز المراد تكييفه. فالحمل الحراري يتغير بتغير الظروف الخارجية (درجة حرارة الهواء الخارجي، أشعة الشمس..) أو الظروف الداخلية (عدد الأفراد، الإضاءة، زيادة الحمل، فتح الأبواب...). هذا التغير في الحمل يجب أن يتبعه تغير في سعة المنظومة لتحقيق الظروف المثلى للتبريد أو التكييف. و لتحقيق ذلك يجب أن تشمل منظومة التبريد و التكييف نظام تحكم آلي يستجيب للمتغيرات في ظروف التصميم المطلوبة ويحدث التعديل المناسب في السعة.

١- ٢ أهداف التحكم الآلي

من أهم أهداف التحكم الآلي في مجال التبريد و تكييف الهواء:

- المحافظة على سلامة العمال وذلك بالتقليل من فرص التدخل اليدوي و احتمالات الخطأ الشخصي.
- المحافظة على ظروف التصميم الداخلية (درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والضغط، وسرعة الهواء...).
- المحافظة على سلامة الوحدات و ذلك بإيقاف تشغيلها أو إرسال إشارات إنذار عند تجاوز ظروف التصميم المحددة سلفا، الأمر الذي يقلل من تلفها.
- خفض معدل الطاقة اللازمة لأنظمة التكييف و بالتالي تقليل كلفة الطاقة و ذلك بتشغيل الوحدات بأعلى كفاءة ممكنة. و الإحساس بضرورة المحافظة على الطاقة يجب أن يكون حاضرا باستمرار في عقلية العاملين في مجال التبريد و تكييف الهواء بالخصوص لما له من أثر إيجابي في المحافظة على ثروات البلاد في مجال الطاقة. وترشيد استغلال الطاقة ينبع من تعاليم ديننا الحنيف و ذلك بنبذه للإسراف و حثه على حسن التصرف فيما رزقنا الله سبحانه و تعالى من نعم، قال تعالى في سورة الأنعام:

- خفض عدد العمال اللازمين لمتابعة أداء أنظمة التبريد و التكييف و صيانتها و بالتالي خفض تكلفة العمالة، مما يعود بالفائدة على المؤسسات و المصالح المعنية.

- المساهمة في المحافظة على البيئة وذلك بمراقبة العوامل التي لها تأثير سلبي على المحيط الذي يتعايش فيه الإنسان (نقاوة الهواء، الضجيج...). و البعد البيئي مهم جدا بل إن المحافظة على البيئة و المحيط واجب ديني نصت عليه شريعتنا السمحاء. فالإنسان خلقه الله تعالى ليعمر الأرض و يحافظ على خيراتها وذلك بالتصرف بحكمة و عدم الإسراف، قال تعالى في سورة الفرقان:

رَبَّنَا ٱصۡرِفۡ عَنَّا عَذَابَ جَهَنَّمَۖ إِنَّ عَذَابَهَا كَانَ غَرَامًا ﴿٦٥﴾ إِنَّهَا سَآءَتۡ مُسۡتَقَرًّا وَمُقَامًا ﴿٦٦﴾ وَٱلَّذِينَ إِذَآ أَنفَقُواْ لَمۡ يُسۡرِفُواْ وَلَمۡ يَقۡتُرُواْ وَكَانَ بَيۡنَ ذَٰلِكَ قَوَامًا ﴿٦٧﴾

١- ٣ مكونات منظومة التحكم الآلي

يتكون نظام التحكم الآلي عموما و في مجال التبريد و التكييف من العناصر الأساسية التالية (انظر الشكل ١- ١):

- **الحاكم**: و يتكون من جزأين الحاس و المرسل
  - **الحاس**: يحس بالتغير في الظروف الداخلية للمكان (درجة الحرارة، والرطوبة..) و يرسل النتيجة (في شكل إشارة كهربائية، أوحرارية، أو ميكانيكية..) إلى المرسل. و من أمثلة الحواس: حاس درجة الحرارة، وحاس الرطوبة، حاس الضغط...إلخ
  - **المرسل**: يتسلم إشارة الحاس و يقارنها بنقطة الضبط المحددة سابقا، و بحدوث الفرق يرسل إشارة منه إلى الجهاز الموجه.

و من أنواع الحاكمات: حاكم درجة الحرارة Thermostat، وحاكم الرطوبة Humidistat، وحاكم السرعة Speed Controller...إلخ

- **مصدر الطاقة**: ونعني به الطاقة المستخدمة في التحكم الآلي. يعمل الجهاز الذي يشمل طاقة التحكم على تكبير الإشارة المنبعثة من الحاكم (عند اللزوم) و نقلها إلى الجهاز الموجه لكي يتم تأثير التحكم. و من أمثلة الطاقة المستخدمة في التحكم: الطاقة الكهربائية باستعمال أجهزة

كهربائية (الفارق في الجهد المتسخدم يتراوح بين ١٢ و ٢٢٠ فولت)، الهواء المضغوط، أو الهيدروليك...إلخ

- **الجهاز الموجه**: و يسمى أيضا أداة التحكم. يستلم الجهاز الموجه إشارة الحاكم على حالها أو بعد تكبيرها بمصدر الطاقة و يتفاعل معها للتأثير على وسيلة التحكم. و من أمثلة ذلك: المحابس، وخوانق الهواء، والريلاي الكهربائي...إلخ .

- **وسيلة التحكم**: هي الوسيلة التي يتم التحكم فيها بواسطة الجهاز الموجه، كالمحابس و الخوانق، لتعديل الظروف الداخلية للمكان المكيف. و من أمثلة وسائل التحكم: ماء بارد ، وماء ساخن، وهواء، ومائع تبريد ، وتيار كهربائي...إلخ

- **المتغير المحكوم**: هو المتغير المطلوب التحكم فيه بضبطه و من أمثلة ذلك درجة الحرارة، والرطوبة، والضغط، والإنتالبي، ومستوى الصوت، ونقاوة الهواء، ومعدل سريان الموائع، ومستوى الماء داخل الخزان...إلخ

- **العملية**: تشكل العملية الغرض الأساسي من التحكم و من بين العمليات التي يتم تحقيقها في مجال التبريد و التكييف: التبريد ، والتسخين، والترطيب، وإزالة الرطوبة...إلخ .

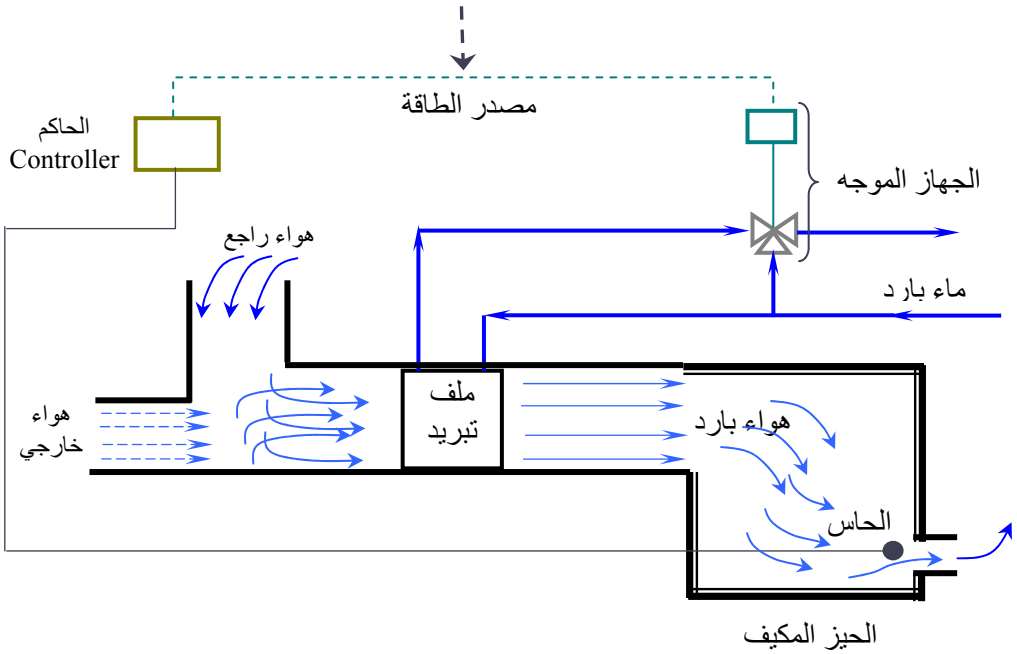
مثال (١)

الشكل (١- ١) يبين نظام تحكم يستخدم للتحكم في تكييف غرفة صيفا باستعمال ملف تبريد مزود بالماء البارد.

في هذا المثال العناصر المكونة لنظام التحكم الآلي هي:

- الحاس: عنصر حراري مثبت بالحيز المكيف لقياس درجة حرارة الهواء داخل الغرفة.
- المرسل: حاكم درجة الحرارة (ترموستات).
- مصدر الطاقة: طاقة كهربائية ترسل تحت تأثير الحاكم (توصيل الكهرباء المخصص للتحكم بتأثير إشارة الحاس).
- الجهاز الموجه: صمام ثلاثي كهرومغناطيسي.
- وسيلة التحكم: ماء بارد.
- المتغير المحكوم: درجة حرارة الغرفة الداخلية.

- العملية : تبريد



شكل (١- ١): نظام تحكم آلي ذو دائرة مغلقة

شرح أداء عناصر التحكم لوظائفها

❖ تكتشف العناصر الحاسة التغير الفعلي للمتغير المحكوم و تتأثر بهذا التغير و تعطي إشارة إلى المرسل فيعمل بدوره على مقارنة إشارة الحاس بنقطة الضبط. و عند حدوث الفرق يرسل إشارة إلى الجهاز الموجه حيث يعمل مصدر الطاقة على تكبيرها عند اللزوم.

❖ تنقل هذه الطاقة عبر وسائل التوصيل (أسلاك كهربائية، أو أنابيب هواء مضغوط...إلخ) إلى الجهاز الموجه (صمام، أو محرك، أو خوانق، أو مراوح..إلخ) حيث تعمل على تشغيله لتعديل وسيلة التحكم (ماء بارد، أو ماء ساخن، أو مائع تبريد، أو تيار كهربائي...) و بالتالي تحقيق العملية المطلوبة (تبريد، أو تسخين، أو ترطيب...إلخ).

❖ تكتشف العناصر الحاسة التغير الجديد الذي حدث فتعطي إشارة للحاكم الذي يقوم بدوره بإرسال إشارة للجهاز الموجه بتغيير قيمة وسيلة التحكم و هكذا...إلخ

يتم ترتيب عناصر منظومة التحكم، مجتمعة أو جزءا منها، على طريقتين:

- وفق منظومة تحكم ذات حلقة مفتوحة،
- وفق منظومة تحكم ذات حلقة مغلقة (مقفلة).

١- ٣- ١ نظام تحكم ذو حلقة مفتوحة Open Loop Control System

في هذا النظام ليس للحالة النهائية للحيز المكيف تأثير على عملية التحكم. أي أن جهاز التحكم لا يؤثر على سعة الوحدة مهما كان تغير الظروف الداخلية للحيز.

و كمثال لنظام تحكم ذي الحلقة المفتوحة طريقة التحكم في سرعة دوران مروحة لتحريك الهواء داخل غرفة. يتم تشغيل المروحة بالضغط يدويا على زر التشغيل فتبدأ المروحة في الدوران محدثة حركة للهواء تؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة بالغرفة. لكن رغم انخفاض درجة الحرارة إلى المستوى المطلوب تبقى المروحة في حالة اشتغال نظرا لعدم وجود حاس يحس بالتغير الحاصل في درجة حرارة الهواء و من ثم يرسل إشارة إلى جهاز التشغيل لإيقافها. فليس للحالة النهائية التي أصبحت عليها درجة حرارة الهواء أي تأثير على نظام التشغيل، إذ لا تتوقف المروحة إلا بالضغط مرة أخرى على الزر. في هذه الحالة نقول أن المروحة تشتغل وفق نظام تحكم ذي حلقة مفتوحة.

١- ٣- ٢ نظام تحكم ذو حلقة مقفلة Closed Loop Control System

في نظام التحكم ذي الحلقة المقفلة (مغلقة)، يكون للظروف النهائية للحيز تأثير مباشر على عملية التحكم. أي أن جهاز التحكم يتأثر بالقيمة النهائية للمتغير المحكوم داخل الحيز (درجة حرارة أو رطوبة نسبية، أو ضغط...إلخ) و يتدخل لتعديل سعة نظام التبريد أو التكييف.

و كمثال لنظام تحكم ذي دائرة مغلقة: نظام التحكم في تشغيل المكيف الشباكي حيث يكون الحاس موضوعا عند الهواء الراجع من الغرفة. فبعد تشغيل المكيف يستمر الضاغط في العمل و بالتالي في تبريد الغرفة حتى تنخفض درجة الحرارة إلى مستوى معين (محدد سلفا) عندها يتدخل جهاز التحكم و يفصل الضاغط فتتوقف دورة التبريد. بعد توقف الدورة تبدأ درجة حرارة الغرفة في الارتفاع من جديد

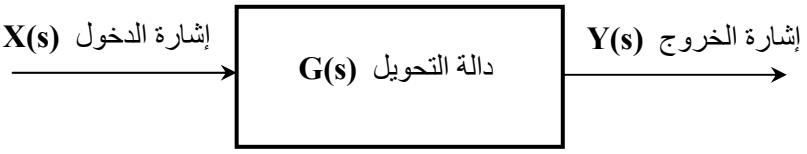
حتى تصل إلى أعلى قيمة مسموح بها و مضبوطة مسبقا، عندها يتدخل جهاز التحكم مرة أخرى لإعادة تشغيل الضاغط من جديد و هكذا... إلخ

و نلاحظ أن عملية التحكم تنطلق من الحاس لتنتهي عنده من جديد بعد التغيير الذي يطرأ على وسيلة التحكم. لذلك نسمي هذا النوع من أنظمة التحكم **بالحلقة المغلقة**. فنظام التحكم المستخدم بالنسبة للمكيف الشباكي يعمل وفق نظام تحكم ذي حلقة مغلقة.

١- ٤ الرسم الصندوقي Block Diagram

أشرنا سابقا إلى أن نظام التحكم يتكون من مجموعة عناصر، لكل عنصر منها دور خاص، و لمعرفة وظائف هذه العناصر و كذلك تسلسل إشارات التأثير يستخدم رسماً يسمى (**الرسم الصندوقي** أو **التخطيطي**). يوضح هذا الرسم العلاقات بين العناصر بعضها البعض، وهو عبارة عن رسم مبسط لتوضيح حالة و تأثير العلاقة بين القيم الداخلة و القيم الخارجة في نظام التحكم.

و الرسم الصندوقي يتكون من عدة عناصر، كل عنصر يرسم في شكل صندوق (مستطيل) مفرد بمدخل واحد و مخرج واحد، و يكتب داخل الصندوق نوع العنصر أو الإجراء المطلوب اتخاذه على القيم الداخلة حتى نتحصل على إشارة الخروج المطلوبة. و تحدد **دالة التحويل** العلاقة بين إشارة الخروج و الدخول. و توضع أسهم على الخطوط لبيان تسلسل الإشارات في اتجاه هذه الأسهم كما هو مبين في الشكل (١- ٢)



شكل (١- ٢): رسم صندوقي لأحد العناصر

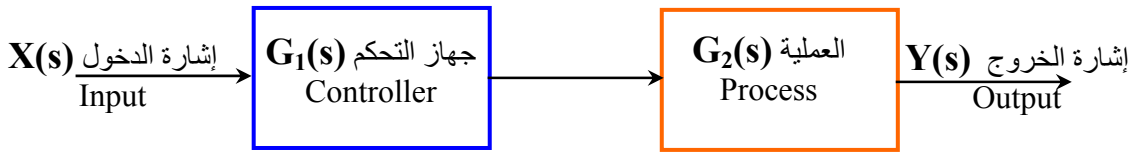
يبين الشكل (1-2) رسماً صندوقياً لأحد العناصر حيث السهم المتجه إلى الصندوق يدل على إشارة الدخول، أما السهم الخارج من الصندوق فيدل على إشارة الخروج لهذا العنصر ، و تسمى العلاقة بين إشارة الخروج و الدخول **بدالة التحويل** Transfer Function.

و تتميز طريقة الرسم الصندوقي لتمثيل أنظمة التحكم الآلي بأنها تمكن من الحصول على الرسم التخطيطي الكامل لنظام التحكم و ذلك بتوصيل الصناديق الممثلة للعناصر حسب سريان إشارات

التحكم. كذلك يمكن تحديد و معرفة تأثير كل جزء على خصائص نظام التحكم الكلي. وبصفة عامة فإنه من الأسهل متابعة طريقة عمل نظام التحكم بفحص الرسم التخطيطي بدلا من فحص النظام الحقيقي نفسه.

١- ٤- ١ الرسم الصندوقي لنظام التحكم ذي الحلقة المفتوحة

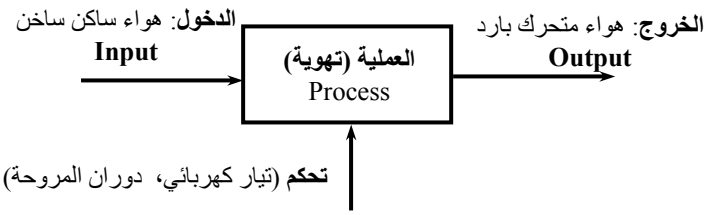
أشرنا سابقا إلى أن في نظام التحكم ذي الحلقة المفتوحة ليس لإشارة الخروج تأثير مباشر على جهاز التحكم. و الشكل العام للرسم الصندوقي لهذا النظام يكون كالتالي:



شكل (١- ٣): الرسم الصندوقي لنظام تحكم ذي دائرة مفتوحة

مثال (٢) : رسم صندوقي لنظام التحكم في مروحة تحريك الهواء

أوردنا في ما سبق مثالا لنظام تحكم ذي حلقة مفتوحة و المتمثل في طريقة اشتغال مروحة تستخدم لتحريك الهواء داخل غرفة. و ذكرنا أن نظام التحكم المستخدم بالنسبة لهذه المروحة لا يشتمل على حاس يحس بالتغير الحاصل في درجة حرارة الهواء و يرسل إشارة لجهاز التحكم (زر التشغيل). أي أنه لا وجود لتغذية خلفية تؤثر على جهاز التحكم. لذلك يكون الرسم الصندوقي لمثل هذا النظام كالتالي:



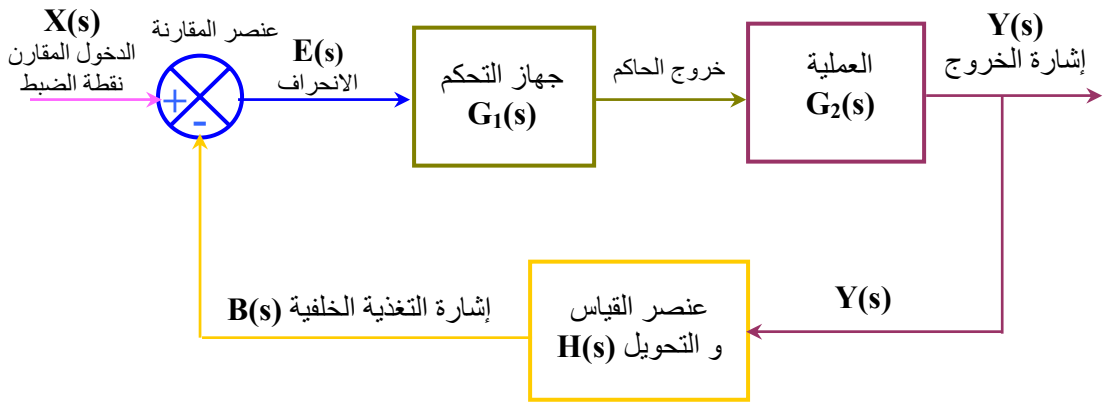
شكل (١- ٤): رسم صندوقي لدائرة مفتوحة (نظام التحكم في مروحة تهوية)

١- ٤- ٢ الرسم الصندوقي لنظام التحكم ذي الدائرة المغلقة

في نظام التحكم ذي الدائرة المغلقة إشارة الخروج لها تأثير مباشر على جهاز التحكم. لذلك يتم مقارنة إشارة الخروج بإشارة الدخول (نقطة الضبط) باستخدام عنصر المقارنة. و الإشارة الخارجة من عنصر المقارنة تحدد قيمة الانحراف، أي قيمة الابتعاد عن نقطة الضبط المحددة سلفا على جهاز التحكم. و قيمة الانحراف هي التي تؤثر على جهاز التحكم و من ثم على بقية عناصر النظام.

تستخدم نقطة تفريع للحصول على إشارة الخروج الموجهة إلى عنصر المقارنة. و عند اللزوم يستخدم جهاز خاص لقياس هذه الإشارة و تحويلها حتى تصبح على نفس وحدة إشارة الدخول. عندئذ تسمى الإشارة الخارجة من عنصر القياس و التحويل إشارة التغذية الخلفية.

الشكل (١- ٥) يبين نظام تحكم ذا دائرة مغلقة.



شكل (١- ٥): رسم صندوقي لنظام تحكم ذي الدائرة المغلقة

و نلاحظ أن الرسم الصندوقي لنظام التحكم ذي الحلقة المغلقة يتكون من سبعة عناصر أساسية:

١- إشارة الدخول المقارن (نقطة الضبط) X(s)

٢- عنصر المقارنة (الحاكم)

٣- الانحراف (إشارة الخطأ) E(s)

٤- دالة التحويل الأمامية: النسبة بين إشارة الخروج و إشارة الخطأ.
Feed Forward Transfer Function (**FFTF**)

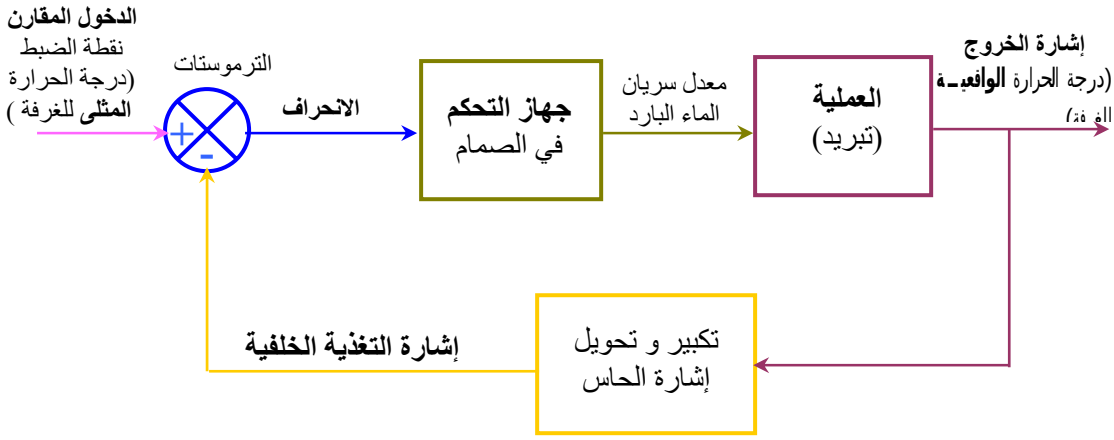
٥- دالة التحويل الخلفية: النسبة بين إشارة التغذية الخلفية و إشارة الخروج.
Feed Back Transfer Function (**FBTF**)

٦- إشارة التغذية الخلفية B(s)

٧- إشارة الخروج Y(s)

مثال (٣): رسم صندوقي لمنظومة تكييف غرفة صيفاً

في المثال (١) أوردنا منظومة تكييف غرفة صيفا بواسطة ملف تبريد (الشكل ١- ١). نظام التحكم المستخدم في هذه المنظومة يشتغل وفق حلقة مغلقة. الرسم الصندوقي لهذه المنظومة يمكن رسمه كالتالي:



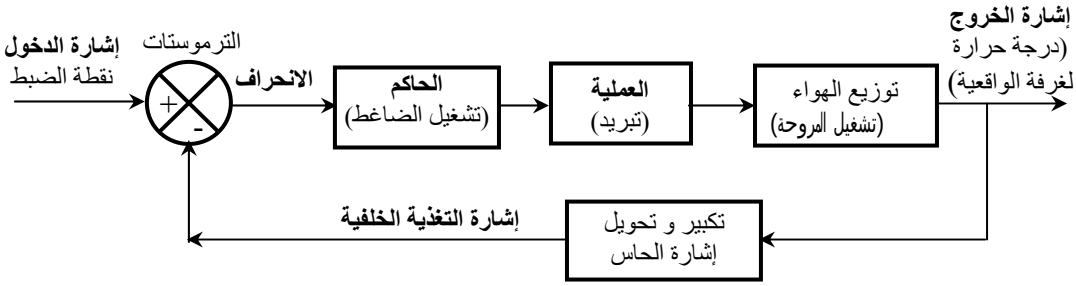
شكل (١- ٦): مثال لرسم صندوقي لنظام تحكم ذي حلقة مغلقة
(تبريد غرفة صيفا بواسطة ملف تبريد)

مثال (٤): نظام تكييف بوحدة تكييف منفصلة

قاعة تدريس مكيفة صيفاً بواسطة وحدة تكييف منفصلة (Split unit). المبخر مزود بمروحة لتوزيع الهواء البارد داخل الغرفة. يتم التحكم في درجة حرارة الغرفة بواسطة ترموستات. درجة الحرارة الواقعية للهواء داخل الغرفة يتم قياسها بواسطة حاس (مزدوجة حرارية). المطلوب تحديد الرسم الصندوقي لنظام التحكم للوحدة المذكورة.

الحل : نظام التحكم بالنسبة للوحدة المذكورة يتحكم في تشغيل و إيقاف الضاغط وفقا لدرجة حرارة الهواء البارد المناسبة لراحة المتواجدين داخل قاعة التدريس. درجة الحرارة المثلى يتم تقديرها سلفا و تحدد نقطة الضبط. حاس درجة الحرارة المستخدم (مزدوجة حرارية) يعطي إشارة كهربائية قيمتها تتغير بتغير

درجة الحرارة. لذلك يجب تحويل الإشارة الخارجة من الحاس قبل مقارنتها بنقطة الضبط. نظام التحكم المستخدم لهذا الغرض ذو دائرة مغلقة. لذلك يمكن تحديد الرسم الصندوقي لنظام التحكم المذكور كالتالي:



شكل (١- ٧): الرسم الصندوقي لنظام التحكم في وحدة تكييف منفصلة

١- ٥ أنواع المتحكمات Controllers

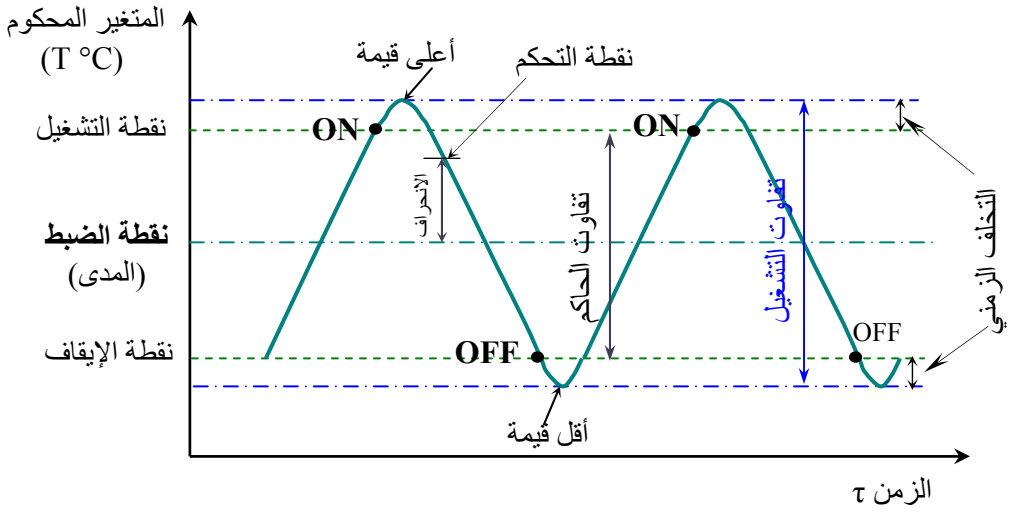
رأينا في الفقرة السابقة أن وظيفة عنصر المقارنة هي مقارنة إشارة الخروج النهائية (أو إشارة التغذية الخلفية) بإشارة الدخول (نقطة الضبط). الفرق بين الإشارتين يسمى الانحراف أو الخطأ. جهاز التحكم يستلم الإشارة الخارجة من عنصر المقارنة و يقوم بالتأثير المطلوب على الجهاز الموجه لإحداث التغيير المناسب على المتغير 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،والتحكم التكاملي،والتحكم العائم و التحكم التفاضلي...إلخ

١- 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 (صمام يفتح و يغلق كهربائيا) 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).

المثال التالي يوضح طريقة تمثيل منحنى المتغير المحكوم مع الزمن لنظام تحكم ذي وضعين يستخدم في وحدة تكييف صيفا:



شكل (١- ٨): المنحنى الزمني للمتغير المحكوم
(تكييف غرفة صيفا)

من المنحنى الزمني يمكن تحديد العناصر 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).

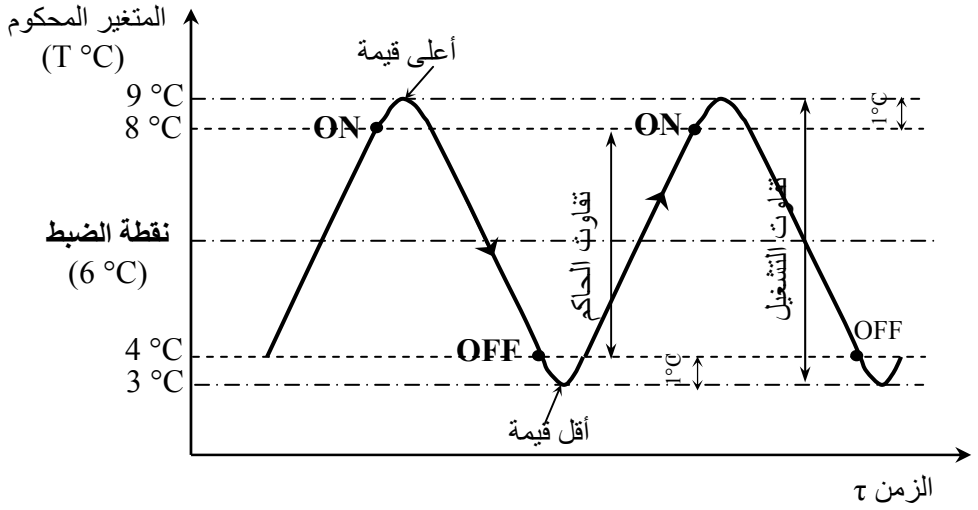
$$\text{الحساسية} = \frac{\Delta CV}{\Delta CE}$$

مثال (٥)

ثلاجة منزلية توصل عند ٨ درجات مئوية و تفصل عند ٤ درجات مئوية (على مستوى غرفة التبريد العادي). التخلف الزمني يقدر ب ١ درجة مئوية. 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 (١- ٩): 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: $6\,°C = \frac{4+8}{2} = \frac{OFF + ON}{2}$
- تفاوت الحاكم: 4 °C = OFF - ON
- تفاوت التشغيل: 6 °C = 1x2 + 4
- أعلى قيمة: 9 °C = 1 + 8
- أقل قيمة: 3 °C = 1 - 4

ملاحظة

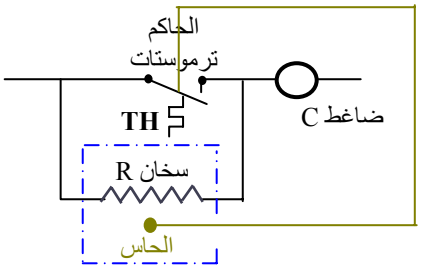
يستخدم التفاوت الكبير للتحكم ذي الوضعين في الوحدات التي تستلزم معادلة الضغوط لتسهيل بدء التقويم. إضافة إلى كون نظام التحكم ذي الوضعين لا يمكن من القيام بتحكم نسبي يتوافق مع التغير الظرفي للحمل داخل الحيز المكيف فإنه يعطي تفاوت تحكم كبيراً نسبيا (من ٤ إلى ٦ درجات). تفاوت الحاكم هذا لا يناسب بعض التطبيقات 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.**

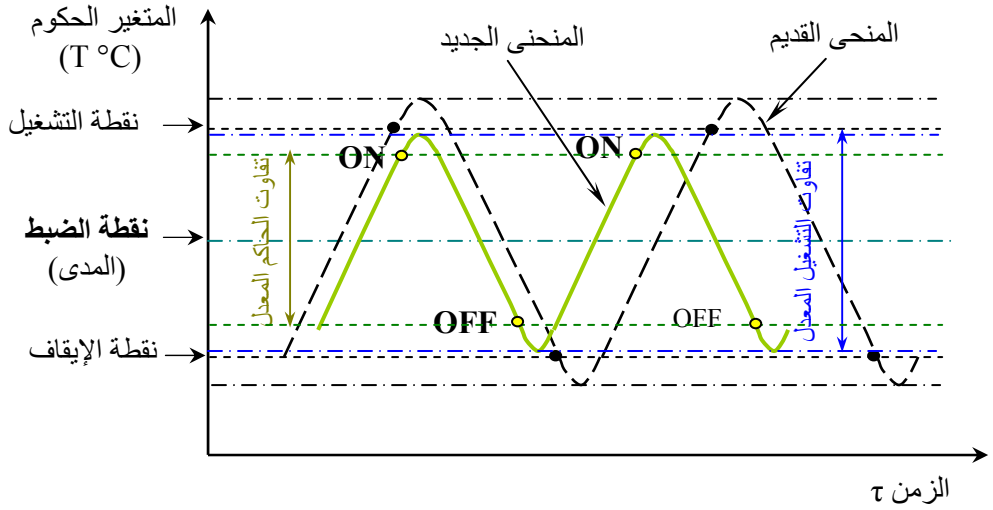
❖ **التحكم ذو الوضعين الموقوت**

يستخدم هذا النوع من تأثير التحكم لتخفيض مقدار تأخير الاستجابة في نظام التحكم ذي 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 (١- ١٠-أ) و (١- ١٠- 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 (١- ١٠ أ): طريقة توصيل السخان لتعجيل عمل الضاغط



شكل (١- ١٠ ب): المنحنى الزمني للمتغير المحكوم لنظام التحكم ذي الوضعين الموقوت (في وضع تعجيل)

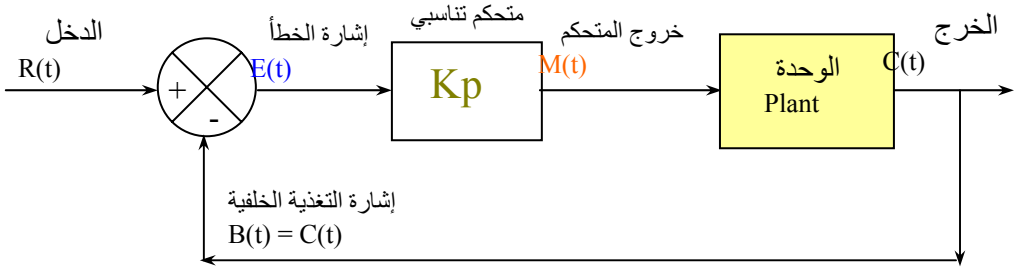
و هناك نوع آخر من التحكم ذو الوضعين الموقوت يستخدم لمنع تشغيل الضاغط على فترات قصيرة في أجهزة تكييف الشباك و الثلاجة المنزلية و في وحدات التبريد الكبيرة...إلخ
في هذه الحالات يتم التحكم في تشغيل الضاغط حيث لا يعمل إلا بعد فترة زمنية قصيرة (٢ – ٣ دقائق).
و يسمى هذا النوع من تأثير التحكم " **التحكم ذو الوضعين الموقوت في وضع تأخير**".

١- ٥ – 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.

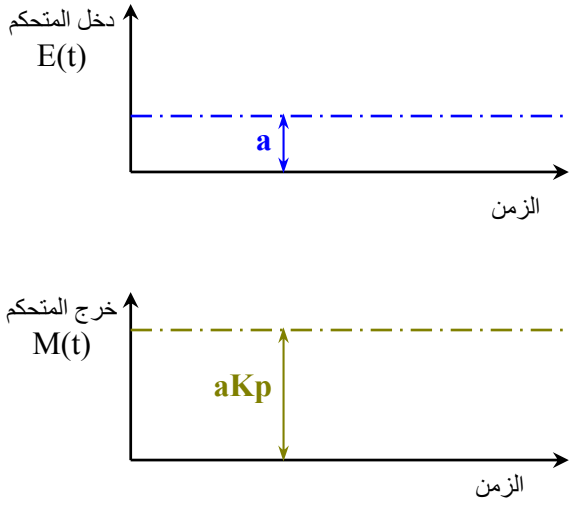
في هذا النوع من أنماط التحكم يعمل الحاكم التناسبي (Proportional Controller) على تكبير إشارة الخطأ حتى يتبينها الجهاز الموجه و يحدث في حينه التأثير المطلوب. الأمر الذي يمكن من المحافظة على نقطة الضبط شبه ثابتة. و يستخدم هذا النوع من التحكم في التطبيقات التي لا تحتمل انحرافا كبيرا عن نقطة الضبط (بنوك الدم، 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(١- ١١ 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.



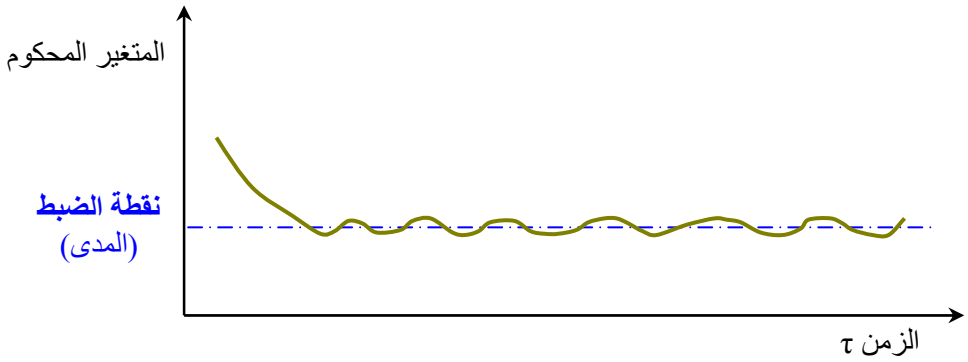
شكل (١- ١١ أ): الرسم الصندوقي لنظام تحكم تناسبي

و يبين الشكل (١- ١١ 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 (١- ١١- ب): إشارتي الدخول والخروج لنظام تحكم تناسبي

الشكل (١- ١١- ج) يبين تغير قيمة إشارة الخروج لنظام تحكم تناسبي مع الزمن حيث تتم المحافظة على نقطة الضبط شبه ثابتة.



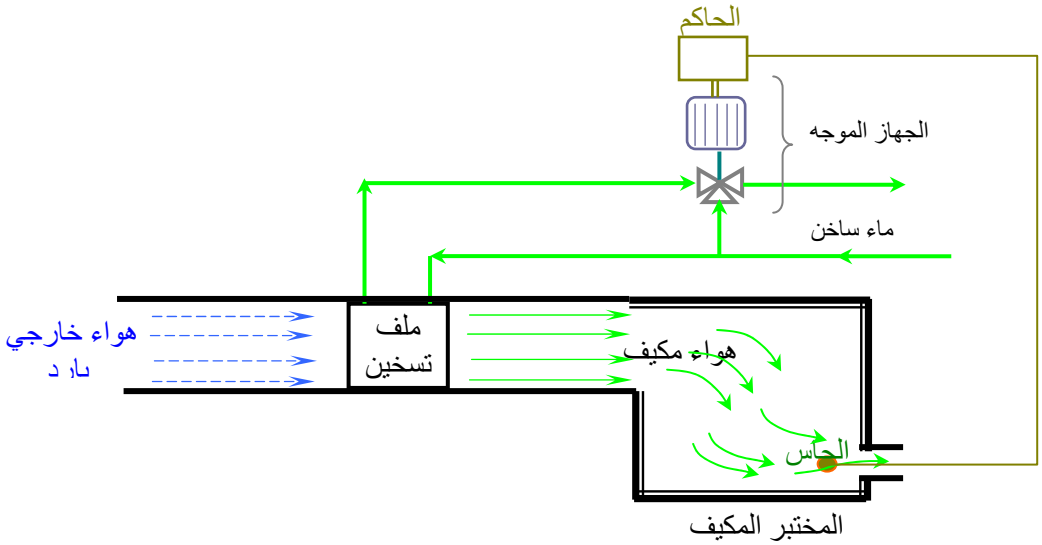
شكل (١- ١١- ج): المنحنى الزمني لخرج نظام تحكم تناسبي

الأمثلة التالية تبين بعض التطبيقات العملية لنظام التحكم التناسبي.

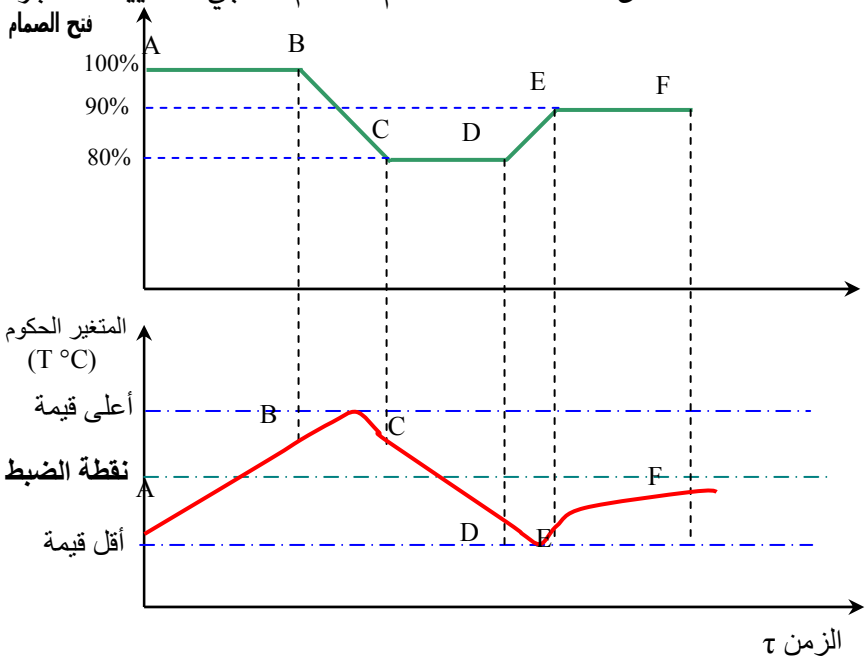
مثال (٦): تكييف مختبر تجارب علمية شتاء

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 بجهاز توجيه من نوع خاص يستطيع فتح أو غلق الصمام تدريجيا كما هو مشاهد على الشكل (١- ١٢- أ).



شكل (١- ١٢- أ): نظام تحكم تناسبي لتكييف مختبر علمي شتاء



شكل (١- ١٢- ب): المنحنى الزمني لنظام تحكم تناسبي لتكييف مختبر علمي شتاء

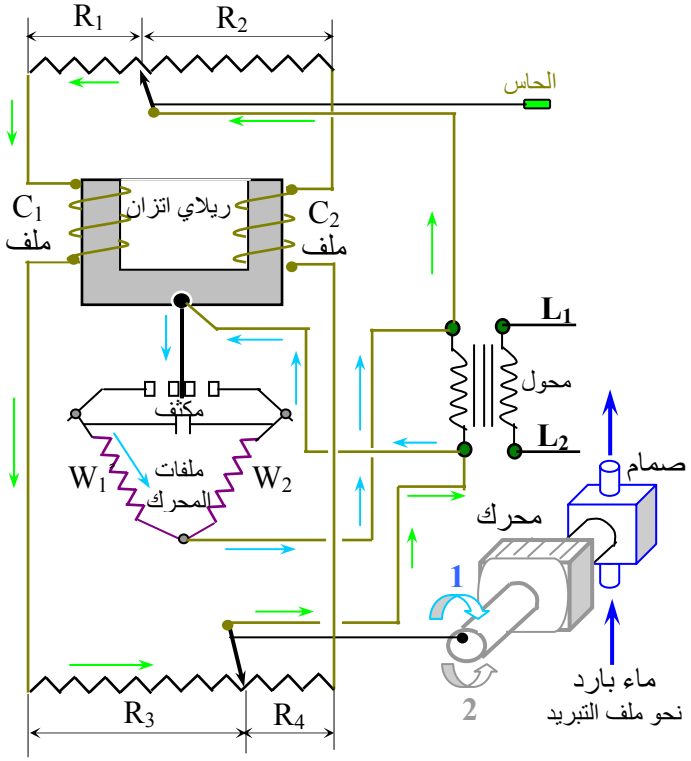
في هذا المثال يتغير معدل سريان الماء الساخن تناسبيا مع تغير درجة الحرارة داخل المختبر و بتأثير من الحاكم كالتالي (انظر الشكل ١- ١٢- ب):

- 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.

و نلاحظ في هذه الحالة أن تفاوت الحاكم يبقى صغيرا إذا ما قورن بنظام التحكم ذي الوضعين.

مثال (٧): 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 (١- ١٣).



شكل (١- ١٣): نظام تحكم تناسبي كهربائي

هذا النظام يحتوي على محرك ذي مكثف كهربائي يمكن عكس دورانه مع ريلاي 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 تغيراً 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 ريلاي الاتزان). فيسبب ذلك انحراف الريلاي يمينا أو شمالا لتوصيل أحد ملفات المحرك W_1 أو W_2. عندها يدور عمود المحرك في اتجاه التوصيل و يتحرك الذراع المثبت 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 ريلاي 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 مجالاً مغناطيسياً 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 ريلاي الاتزان إلى اليسار و يوصل ملفات المحرك فيدور في الاتجاه (1) الأمر الذي يسبب 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 تكبير R_1 و تصغير R_2. فيحدث مجال مغناطيسي في الملف C_2 أكبر منه في الملف C_1.

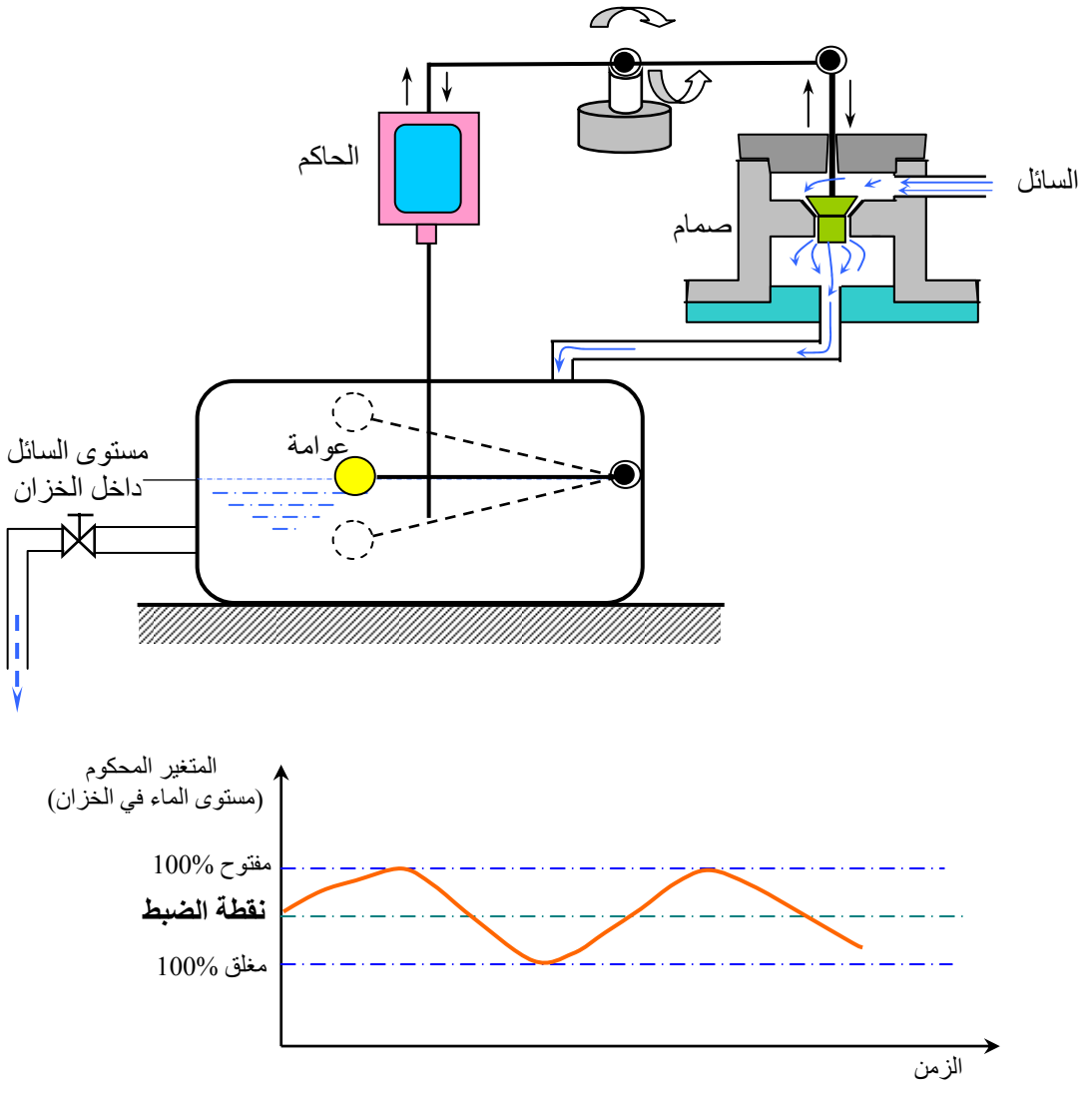
$$C_1 < C_2 \Leftarrow I_1 < I_2 \Leftarrow R_1 > R_2$$

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

مثال (٨): التحكم التناسبي العائم

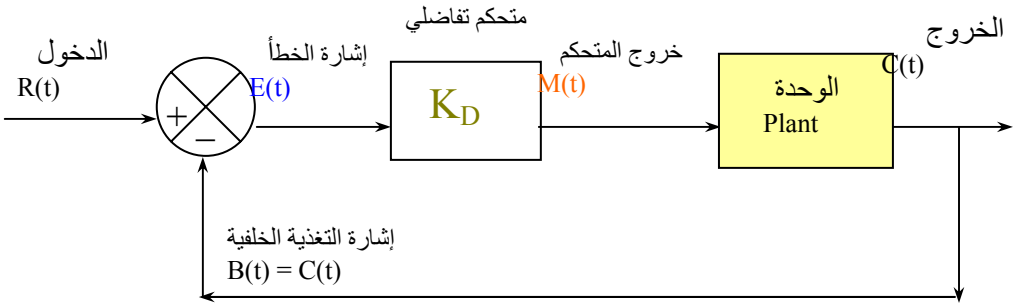
الشكل (١- ١٤) يبين نظام تحكم عائم يستخدم للتحكم في مستوى السائل داخل الخزان (ماء أو مائع تبريد). فبتأثير الحاكم يتحرك الجهاز الموجه إما في اتجاه موضع القفل و إما في اتجاه موضع الفتح بالنسبة للصمام. المتغير المحكوم هو مستوى الماء في الخزان و يتغير تناسبيا و فق كمية المياه الخارجة و نسبة فتح الصمام كما يبين ذلك المنحنيان المواليان.



شكل (١- ١٤): نظام تحكم تناسبي عائم

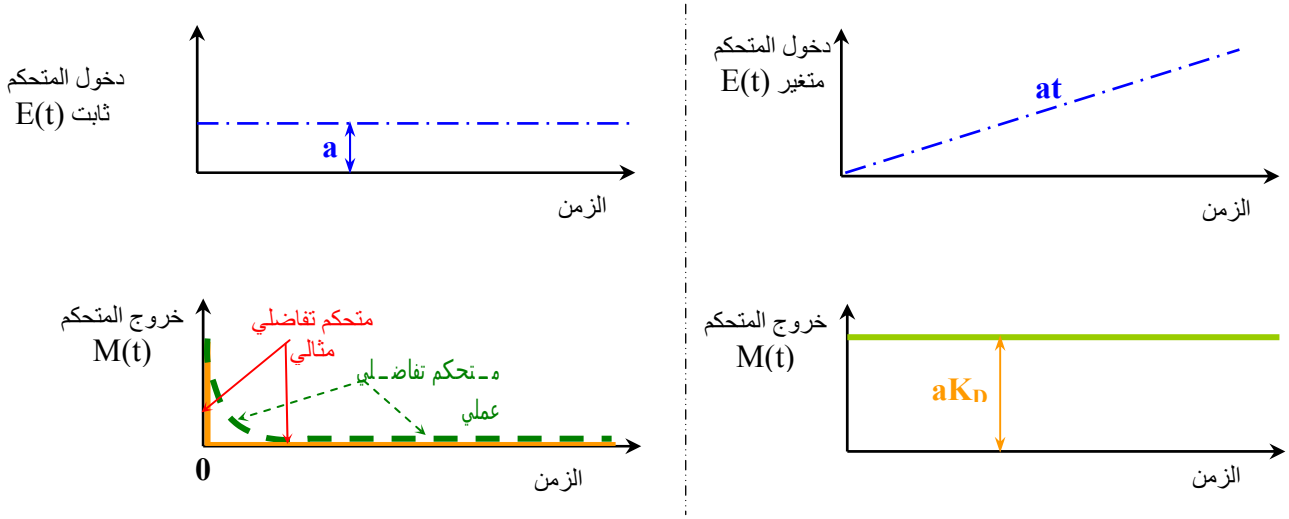
١- ٥ – ٣ التحكم التفاضلي Derivative Controller

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 صفراً. 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 (١- ١٥ أ) يبين رسماً صندوقياً لنظام تحكم تفاضلي.



شكل (١- ١٥ أ): الرسم الصندوقي لنظام تحكم تفاضلي

و تتغير إشارة الخروج C(t) وفق تغير الإشارة الخارجة من المتحكم التفاضلي M(t). أما إشارة خروج المتحكم التفاضلي M(t) فتتغير مع الزمن وفق تغير إشارة الخطأ E(t) وباعتبار دالة التحويل K_D.
يمكن تمثيل إشارة خروج المتحكم التفاضلي وفقا لإشارة الخطأ كما يلي (الرسم ١- ١٥ ب):



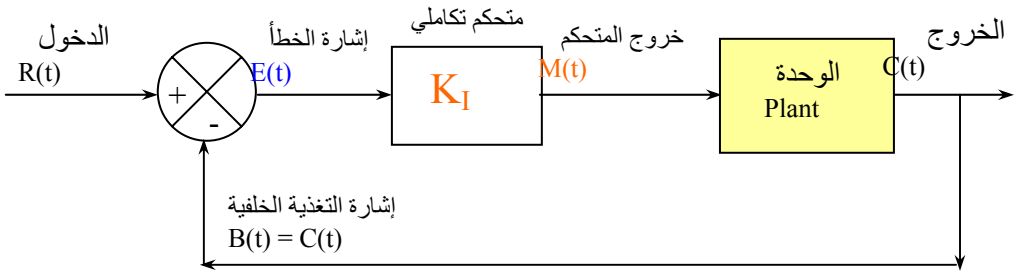
شكل (١- ١٥ ب): إشارة الخروج لنظام تحكم تفاضلي

نلاحظ من خلال المثال السابق تأثير المتحكم التفاضلي على إشارة الدخول. فإذا كانت إشارة الدخول ثابتة يحولها المتحكم التفاضلي إلى الصفر. أما إذا كانت إشارة الدخول متغيرة مع الزمن فالمتحكم التفاضلي يقوم بتثبيتها.

١- ٥- ٤ 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 صفراً.

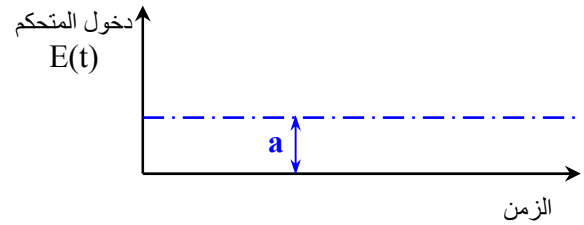
الشكل (١- ١٦ أ) يبين رسما صندوقيا لنظام تحكم تكاملي.



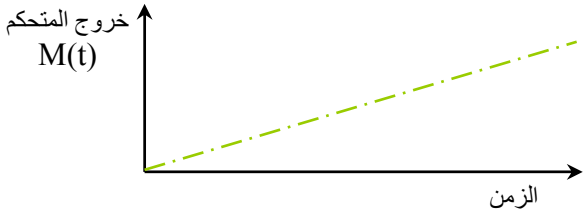
شكل (١- ١٦ أ): الرسم الصندوقي لنظام تحكم تكاملي

ففي حالة استقرار الحمل الحراري تكون إشارة الخرج متساوية مع إشارة الدخل و بالتالي تكون إشارة الخطأ صفر $E(t) = 0$، يعني أنه لا وجود لانحراف ملحوظ على نقطة الضبط.

عند حدوث تغير في الحمل تتغير إشارة الخروج للمنظومة و تصبح إشارة الخطأ بين الخروج و الدخول ثابتة بحيث $E(t) = a$ كما هو مبين على الرسم (١- ١٦ ب). و تبعا لذلك تصبح الإشارة الخارجة من المتحكم التكاملي $M(t)$ متغيرة مع الزمن، و نسبة تغيرها محكومة بدالة تحويل المتحكم K_I كما هو موضح في الشكل (١- ١٦ ج).



شكل (١- ١٦- ب)



شكل (١- ١٦- ج)

تأثير المتحكم التكاملي على إشارة الخطأ

و يؤثر هذا التزايد على النظام المراد التحكم فيه حتى ترتفع إشارة الخروج C(t) و تتساوى مع إشارة الدخول R(t) و تصبح إشارة الخطأ صفراً E(t) = 0. و بذلك يعمل المتحكم التكاملي على تلافي الخطأ بين الدخول و الخروج بتعديل قيمة الخروج حتى تتساوى تماما مع قيمة الدخول.

و هذا النوع من التحكم بالرغم من أنه يحقق الدقة المطلوبة و يمكن من تلاشي الخطأ بين الدخول R(t) و الخروج C(t) إلا أنه قد يؤدي إلى عدم استقرار النظام إذا كانت دالة المتحكم K_I عالية.إذ كلما زادت قيمة هذه الدالة كلما كانت عملية إعادة الضبط أسرع. غير أن ذلك قد يؤدي إلى حدوث ترددات كثيرة في الخروج أو عدم استقرار، لذلك يجب اختيار القيمة المناسبة للدالة

١- ٦ مسائل

السؤال الأول

أ – ما هي أهداف التحكم الآلي في مجال التبريد و التكييف ؟

ب – اذكر العناصر المكونة لمنظومة تحكم آلي لوحدة تبريد مع تحديد وظيفة كل عنصر

ج – اشرح الفرق بين نظام تحكم ذي حلقة مفتوحة و نظام تحكم ذي حلقة مغلقة مع إعطاء مثال لكل نظام.

السؤال الثاني

أ- ما هو الغرض من استخدام الرسم الصندوقي لمنظومة التحكم الآلي ؟

ب- اذكر عناصر الرسم الصندوقي لنظام تحكم ذي دائرة مغلقة.

السؤال الثالث

يتم تكييف غرفة صيفا بواسطة ملف تبريد مزود بالماء البارد. درجة حرارة الغرفة مضبوطة في حدود $23 \pm 2\ ^\circ C$ 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، اذكر وسيلة التحكم.

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

السؤال الرابع

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

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

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

- تفاوت الحكم
- تفاوت التشغيل
- المدى
- نقطة 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.

السؤال الخامس

أ- اذكر أنواع المتحكمات المستخدمة في ميدان التبريد و التكييف و مجالات تطبيقاتها.

ب- اشرح طريقة اشتغال نظام التحكم التناسبي و ما هي إيجابياته.

أساسيات التحكم في أنظمة التبريد و تكييف الهواء

عناصر منظومة التحكم الآلي

الوحدة الثانية : عناصر منظومة التحكم الآلي

الجدارة: معرفة عناصر الحس و أنواع الحاكمات المستخدمة في التحكم الآلي

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

- التعرف على عناصر الإحساس بدرجة الحرارة و بالرطوبة و بالضغط و بالتدفق و مجالات استخدامها.
- التعرف على أنواع الحاكمات و طرق اشتغالها و كيفية توصيلها و مجال استخدامها.
- اختيار عنصر الحس المناسب و الحاكم الملائم لمختلف التطبيقات في مجال التبريد و تكييف الهواء.

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

الوقت المتوقع للتدريس: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الوحدة الأولى من نفس المقرر الدراسي
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في تكييف الورش و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- علم الحراريات و الموائع
- أساسيات التبريد و التكييف
- أساسيات التقنية الكهربائية
- قياسات
- الوحدة الأولى من نفس الحقيبة التدريبية.

٢- ١ مقدمة

ذكرنا في الفصل الأول العناصر الأساسية لمنظومة التحكم الآلي و أشرنا إلى أهمية الحاكم في هذه المنظومة فهو الذي يتحكم في وضع الجهاز الموجه ليحدث التغيير المطلوب في وسيلة التحكم و بالتالي تحقيق عملية التحكم المطلوبة. و يتكون الحاكم من عنصرين هما الحاس (Sensor) و المرسل (المتحكم Controller). و نظرا لأن مختلف العمليات المنشودة لغرض التبريد و تكييف الهواء تهدف إلى التحكم خاصة في درجة الحرارة و الرطوبة و التدفق و الضغط (بالنسبة للهواء أو الماء أو مائع التبريد) فسوف يتم، في الجزء الأول من هذا الفصل، دراسة مختلف عناصر الحس و طرق تركيبها. أما الجزء الثاني من هذا الفصل فسوف يتم تخصيصه لدراسة مختلف الحاكمات و مجال استخدامها.

٢- ٢ عناصر الإحساس بدرجة الحرارة Temperature sensors

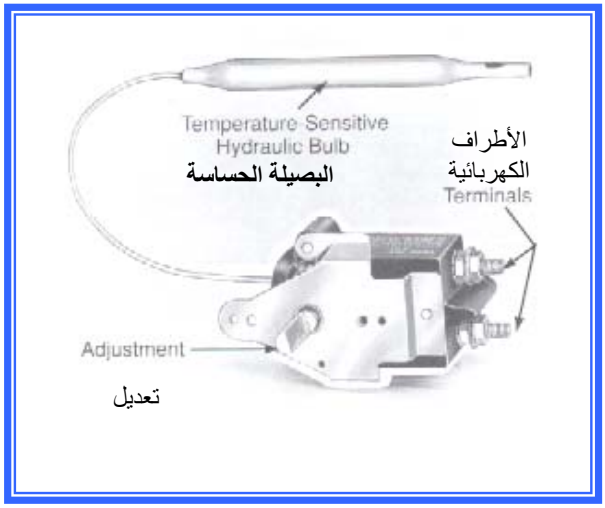
من بين المواد الشائعة الاستخدام للإحساس بدرجة الحرارة:

- البصيلة Bulb
- الشريحة المزدوجة Bi-metal
- المنفاخ Blow
- المزدوجة الحرارية Thermocouple
- المقاومة الكهربائية المتغيرة مع درجة الحرارة Electric Resistance
- الحاسات الإلكترونية Electronic Sensors

٢- ٢- ١ البصيلة Bulb

تتكون من بصيلة و أنبوبة شعرية مملوءة بسائل أو غاز، عند تعرض البصيلة للحرارة يزداد الضغط داخلها وينتقل الضغط عبر الأنبوبة الشعرية إلى غشاء معدني مرن و تحدث حركة تستخدم مباشرة لفتح أو قفل نقاط تلامس كهربائية أو تحريك أجهزة تعمل على تغيير فتحة قلب صمام مما يؤدي إلى التعديل في قيمة معدل السريان أو الضغط.

و تستخدم البصيلة و الأنبوبة الشعرية لقياس درجة الحرارة في مسالك الهواء. و تستخدم أيضا كعناصر حاسة لدرجة الحرارة و متممة للدوائر الإلكترونية. الشكل (٢- ١) يبين الأجزاء المكونة للبصيلة الحساسة.

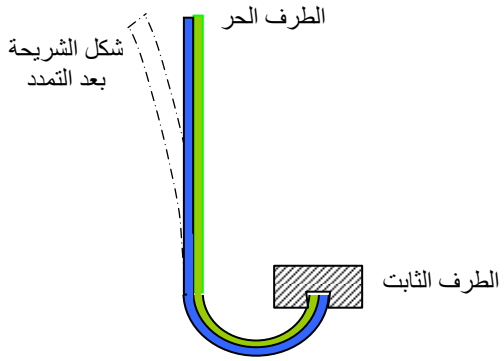


شكل (٢- ١): بصيلة حساسة بدرجة الحرارة [١]

٢- ٢- ٢ الشريحة المعدنية المزدوجة Bi-metal

تتكون الشريحة المعدنية المزدوجة من معدنين مختلفين في معامل التمدد الطولي الناتج عن الحرارة. المعدنان ملحومان لحام جيد عند منطقة الاتصال بينهما، حيث عندما تتغير درجة حرارة الهواء المحيط بالعنصر الذي له أكبر معامل تمدد طولي يعمل هذا الأخير على تحريك الطرف الحر للشريحة. و يمكن استخدام هذه الحركة لفتح أو قفل نقاط تلامس كهربي في حالة التحكم الكهربي أو تغيير في ضغط الهواء عند التحكم بالهواء المضغوط. كما يستخدم مغناطيس دائم على تنظيم حركة العنصر الحاس و منع احتراق نقاط التلامس.

وتستخدم الشريحة المعدنية المزدوجة عادة مع الترموستات المركب على الجدران في الأماكن المكيفة. الشكل (٢- ٢) يبين شريحة معدنية مزدوجة.

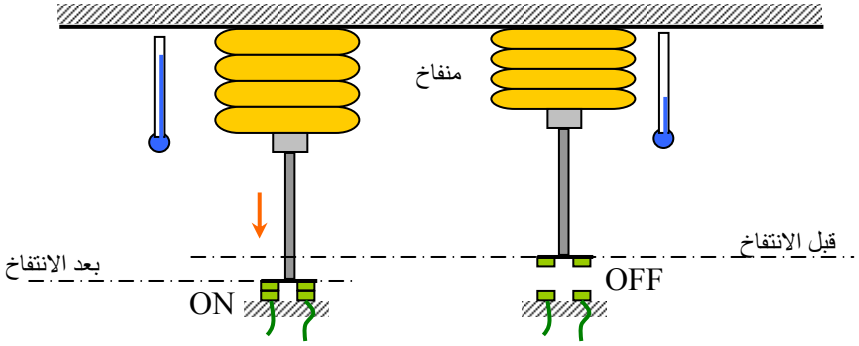


شكل (٢- ٢): شريحة معدنية مزدوجة

٢- ٢- ٣ المنفاخ Blow

يصنع المنفاخ عادة من النحاس الأصفر و يملأ ببخار غير قابل للتكثف في مدى التحكم. و يعمل تغير درجة حرارة الهواء المحيط بالمنفاخ على تمدده أو انكماشه. و تستخدم حركة المنفاخ الناتجة عن تغير درجة الحرارة لفتح أو قفل نقاط تلامس كهربي في حالة التحكم الكهربي أو تغيير في ضغط الهواء عند التحكم بالهواء المضغوط. و يعمل نابض مثبت فوق المنفاخ على تحديد نقطة الضبط و مدى تمدد المنفاخ

كما هو مبين في الشكل (٢- ٣). ويستخدم المنفاخ عادة مع الترموستات المركب على الجدران في الأماكن المكيفة.



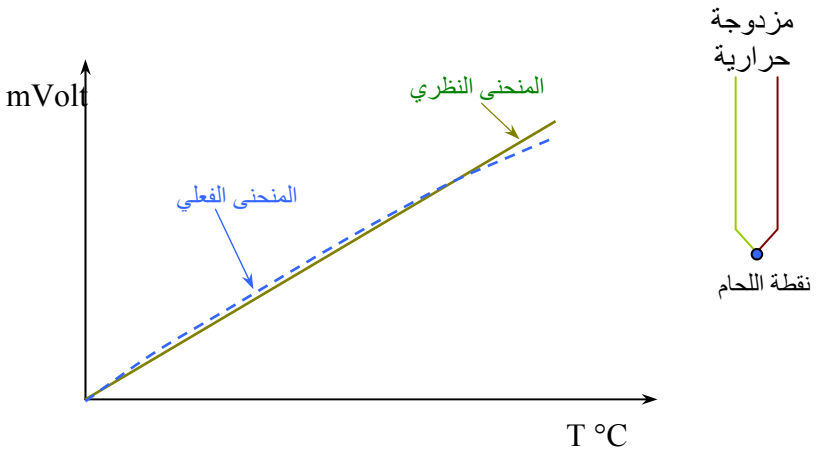
شكل (٢- ٣): منفاخ حساس

٢- ٢- ٤ المزدوجة الحرارية Thermocouple

تتكون المزدوجة الحرارية من سلكين معدنيين متصلين مع بعضهما بلحام دقيق في طرفيهما أحدهما يسمى الوصلة الباردة و تكون درجة الحرارة فيه ثابتة والآخر يسمى الوصلة الساخنة.

فعند ارتفاع درجة حرارة الوصلة الساخنة يتولد تيار حراري يتولد عنه قوة دافعة كهربائية حرارية يمكن استخدامها للتأثير على ملف ريلي لوصل أو فصل دائرة تحكم. و تتغير القوة الدافعة الكهربائية بتغير فرق درجات الحرارة بين الوصلتين الباردة و الساخنة كما هو مبين على الشكل (2-4). وتستخدم عدة مواد معدنية لتشكيل المزدوجة الحرارية منها:

- نحاس – كونستنتان
- حديد – كونستنتان
- ألمنيوم - كروم

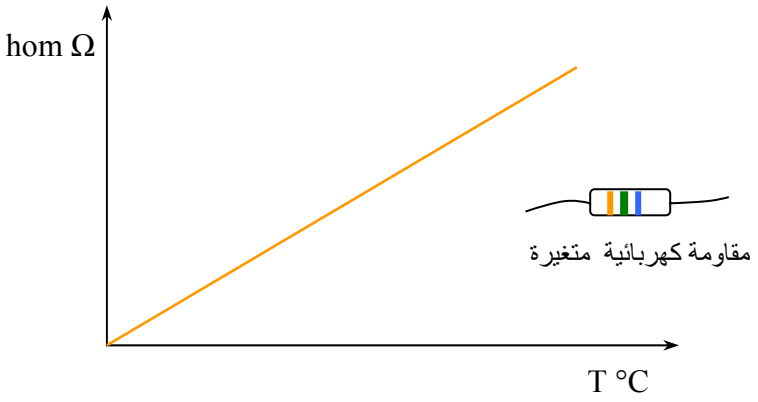


شكل (٢- ٤) منحنى تغير الفارق في الجهد مع درجة الحرارة لمزدوجة حرارية

٢- ٢- ٥ المقاومة المتغيرة مع درجة الحرارة Variable Resistance

لبعض المواد خاصية تغيير مقاومتها للتيار الكهربائي بتغير درجة الحرارة. و تستخدم هذه المقاومة المتغيرة كحاس لدرجة الحرارة حيث يتم توصيلها بدائرة التحكم الكهربائية للتأثير عليها. و يوجد نوعان من المواد المستخدمة لهذا الغرض (PTC و NTC) يختلفان باختلاف شكل تغير المقاومة مع درجة الحرارة كما هو مبين على الرسم (٢- ٥):

- المواد النقية (البلاتين – النيكل) PTC
- المواد الشبه موصلة (الترموستر) NTC .



شكل (٢- ٥): منحنى تغير الفارق في الجهد مع درجة الحرارة لمقاومة الكهربائية

الشكل (٢- ٦) يوضح نماذج مختلفة لحواس درجة الحرارة، حيث يختلف شكل الحاس وفق مجالات الاستخدام.

شكل (٢- ٦): نماذج لحواس درجة الحرارة [٣]

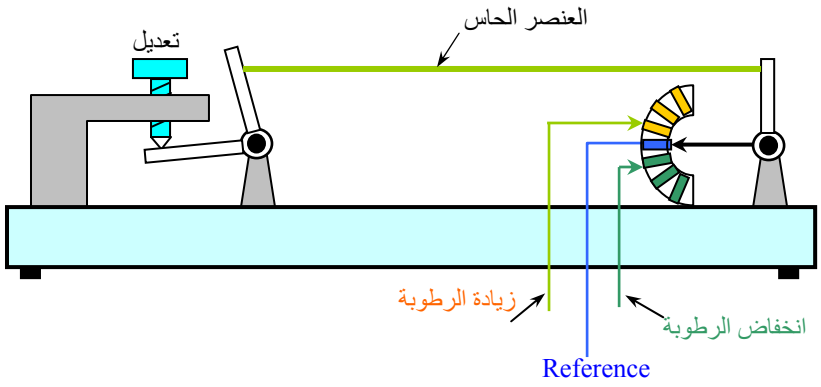
٢- ٣ عناصر الإحساس بالرطوبة Humidity Sensors

المواد المستخدمة للإحساس بالرطوبة يتغير شكلها أو مقاومتها أو سعتها الكهربائية أو شدة إضاءتها حسب تغير الرطوبة و من هذه المواد ما يلي:

٢- ٣- ١ شعر الإنسان أو الحيوان – جلد الحيوان – النايلون

هذه المواد العضوية تتأثر بالرطوبة و لا تتأثر بدرجة الحرارة، فعند ارتفاع نسبة الرطوبة بالهواء تزداد ليونتها و تتمدد. تستخدم أغشية الحيوان بنسبة أكثر من الشعر نظرا لمتانتها. أما النايلون فيفضل عن الشعر لمتانته و يفضل عن أغشية الحيوان لعدم اللزوجة.

كما يستخدم أيضا لهذا الغرض المواد القابلة لامتصاص الرطوبة مثل السليكون (Silica gel) و سيلفات الكلسيوم (Calcium sulfate) و الزيوليت (Ziolite). و يتم قياس الرطوبة على الطريقة الموضحة على الشكل (٢- ٧).



شكل (٢- ٧): طريقة قياس الرطوبة

تحت ظروف مختبرية محددة (Reference State) يتم ضبط الطول الأولي (الافتراضي) للعنصر المستخدم لقياس الرطوبة وذلك باستخدام جهاز التعديل، و يوضع مؤشر الرطوبة على نقطة (المشترك) حيث يعكس نسبة رطوبة الهواء عند حالة الضبط. و كل تغير في الرطوبة تتم مقارنته بما كانت عليه عند نقطة الضبط. فإذا وضع الجهاز مثلا في مكان يكون الهواء فيه رطبا يتمدد عنصر الإحساس بالرطوبة (الغشاء) و يتحرك المؤشر إلى أعلى مسجلا قيمة نسبة الزيادة في الرطوبة مقارنة بالحالة الأولية (Reference State). أما إذا وضع الجهاز في مكان يكون فية الهواء جافا فإن الغشاء سينكمش و يتحرك المؤشر إلى أسفل.

يمكن تحويل حركة المؤشر الناتجة عن تغير نسبة الرطوبة إلى إشارة كهربائية يتم إظهارها على شاشة رقمية.

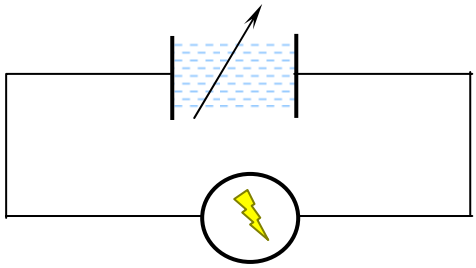
٢- ٣- ٢ المقاومة الكهربائية المتغيرة مع الرطوبة

تشبه هذه المقاومات الكهربائية تلك التي تستخدم للإحساس بدرجة الحرارة غير أنها تتأثر بالرطوبة.

٢- ٣- ٣ المكثف الكهربائي Electric Capacitor

يتكون المكثف الكهربائي من لوحين بينهما وسط عازل فيوضع بين اللوحين مادة عازلة قابلة لامتصاص الرطوبة و التأثر بها ، و بذلك تتغير سعة المكثف بتغير الرطوبة في المكان الموضوع فيه كما هو مبين على

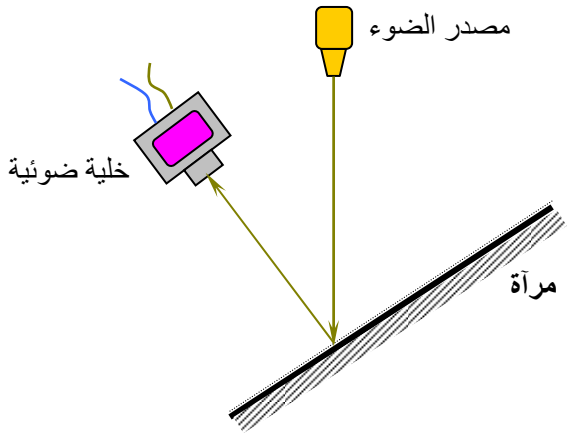
الشكل (٢- ٨) فكلما زادت الطوبة تزداد سعة المكثف الكهربائي. و بتوصيل هذا المكثف بدائرة التحكم الإلكترونية يمكن استخدام الإشارة المنبعثة منها للتأثير على دوائر التحكم.



شكل (٢- ٨): مكثف كهربائي ذو سعة متغيرة مع الرطوبة

٢- ٣- ٤ الخلايا الضوئية

يستخدم شعاع ضوئي يسقط على مرآة مبرد حيث تتغير شدة الضوء المنعكس منها حسب كمية بخار الماء المتكاثف عليها. و يعمل الشعاع الضوئي المنعكس على تشغيل خلية ضوئية موصولة بدائرة تحكم كما هو مبين على الشكل (٢- ٩).



شكل (٢- ٩): خلية ضوئية للإحساس بتغير الرطوبة

الشكل (٢- ١٠) بعض الأمثلة لأجهزة قياس الرطوبة المستخدمة في مجال التبريد و تكييف الهواء.

شكل (٢- ١٠ أ) جهاز لقياس الرطوبة النسبية و درجة الحرارة في الأماكن المكيفة [١]

شكل (٢- ١٠ ب): جهاز محمول لقياس الرطوبة النسبية و درجة الحرارة

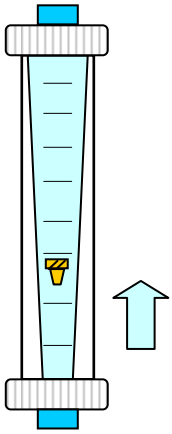
٢- ٤ عناصر الإحساس بالتدفق Flow rate Sensors

تستخدم عدة أجهزة لقياس التدفق بالنسبة لمختلف التطبيقات في مجال التبريد و تكييف الهواء. و تختلف هذه الأجهزة باختلاف نوع المائع إن كان سائلا أم غازا.

٢- ٤- ١ عناصر الإحساس بتدفق السائل Liquid Flow rate Sensors

الأجهزة الشائعة الاستخدام لقياس معدل سريان السائل عبر المواسير (ماء أو مائع تبريد) هي:

❖ الفلومتر ذو الأنبوب المنفتح: يتكون هذا الجهاز من أنبوب منفتح يكون السيلان فيه عموديا من الأسفل إلى الأعلى. و يطفح داخل الأنبوب مخروط معدني صغير (روتمتر) يكون ارتفاعه داخل الأنبوب هو المؤشر على قيمة معدل السريان. وهذا الجهاز يعطي قيمة معدل سريان السائل بالقراءة المباشرة على سلم مرسوم على الأنبوب نفسه كما هو مبين على الشكل (٢- ١١).



شكل (٢- ١١): فلومتر ذو أنبوب منفتح

❖ فلومتر ذو تربين (ريش) Turbine flow-meter

يتكون هذا الجهاز من تربين موضوعة داخل ماسورة و يتم تحريكها بفعل السريان. و تشتمل التربين على طرف مغناطيسي يعطي مؤشراً على سرعة دورانها و بالتالي عل قيمة معدل السريان عبر الماسورة. المؤشر الصادر من الطرف المغناطيسي يتم استلامه بواسطة عداد إلكتروني مثبت على السطح الخارجي للفلومتر كما هو مبين على الشكل (٢- ١٢).

شكل (٢- ١٢): فلومتر ذو تربين (ريش)

و هناك طريقة متطورة لقياس معدل السريان عبر المواسير انطلاقا من السطح الخارجي للمواسير و دون اللجوء إلى أي عنصر داخل القناة. و يتم ذلك باستخدام أجهزة تشتغل وفق الذبذبات فوق الصوتية كما هومبين على الشكل (٢- ١٣) (Ultra sonic flow-meter) . حيث تثبت هذه الأجهزة على السطح الخارجي للأنبوب المراد قياس معدل السريان عليه. و تتميز هذه الطريقة بالدقة و عدم إحداث اضطرابات داخل المواسير، غير أنها مكلفة مقارنة بالطرق الأخرى و تتطلب مهارة في أخذ القياسات.

شكل (٢- ١٣): قياس معدل السريان بطريقة الموجات فوق الصوتية [٦]

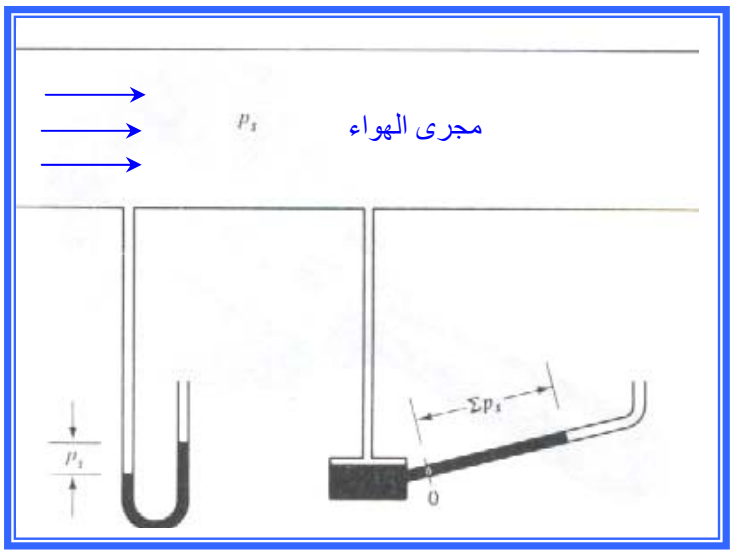
٢- ٤ ٢ عناصر الإحساس بتدفق الهواء Air flow rate Sensors

لقياس سرعة الهواء داخل القنوات يمكن استخدام جهاز محمول خاص يسمى فلوستمتر (air Velocity meter) و يعطي قيمة سرعة الهواء مباشرة بواسطة مؤشر أو على شاشة رقمية صغيرة كما هو مبين على الشكل (٢- ١٤).

شكل (٢- ١٤): أجهزة محمولة لقياس سرعة الهواء (air Velocity meter)

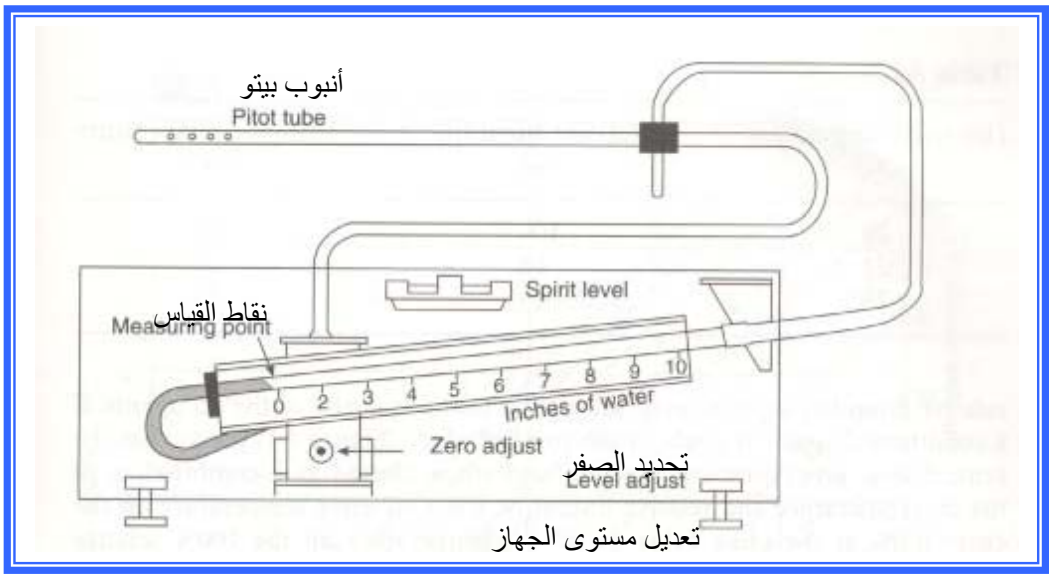
كما يمكن استخدام أجهزة تقوم بتحويل طاقة الحركة إلى ضغط. و عادة ما يستخدم المانومتر الرأسي أو المائل (Manometer) لتحديد قيمة الضغط كما بالشكل (٢- ١٥).

و الجهاز المحول لطاقة الحركة إلى ضغط يسمى **أنبوب بيتو** (Pitot ube) و يكون الأنبوب معاكساً لاتجاه تيار الهواء و موصولا بمانومتر كما في الشكل (٢- ١٦). و توجد بالأنبوبة الخارجية لأنبوب بيتو القياسي ثقوب جانبية تكون متعامدة مع تدفق الهواء، وبذلك تعطي الضغط الإستاتيكي. و بتوصيل الثقوب الداخلية و الخارجية إلى طرفي مانومتر سيكون الفرق هو ضغط السرعة.



شكل (٢- ١٥): المانومتر الرأسي و المائل

نشير إلى أنه يجب استخدام مانومتر حساس و دقيق حتى يمكن قياس الضغوط الصغيرة (أقل من 15 Pa) و التي تكافئ سرعة هواء في حدود ٥ متر في الثانية . علما و أن دقة مثل هذا الجهاز لا تصلح للسرعات الأقل من ٣ متر في الثانية.



شكل (٢- ١٦): أنبوبة بيتو لقياس سرعة الهواء (Pitot Tube)

كما يمكن قياس معدل سريان الهواء باستخدام جهاز ذي ريش يسمى أنيمومتر أو مرياح (Anemometer). هذا الجهاز يشتمل على ريش يتم تدويرها بالهواء، و يتم عد اللفات في زمن محدد بواسطة عداد إلكتروني و من ثم تحويله إلى معدل سريان كما هو مبين على الشكل (٢- ١٧).

شكل (٢- ١٧): أنيمومتر (Anemometer)

٢- ٤- ٣ جهاز الإحساس بثاني أكسيد الكربون CO_2 Sensors

هناك أجهزة تستخدم لمراقبة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء وذلك للتعرف على مدى نقاوته، خاصة في الأماكن المغلقة و المستغلة من عدد كبير من الأشخاص (قاعات الإجتماعات، المسارح...) فبعد فترة معينة من التواجد في مثل هذه الأماكن ترتفع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء المكيف مما يخل بضروف الراحة المثلى للمتواجدين و يستوجب القيام بالتهوئة لتجديد الهواء. و تشتمل هذه الأجهزة على حاس كيميائي للتعرف على جزيئات ثاني أكسيد الكربون وعلى حاس دقيق لقياس الضغط الجزئي لها مما يمكن من تحديد النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون في الهواء بدقة متناهية (١ جزء من مليون 1ppm). علما و أن النسبة المئوية لغاز ثاني أكسيد الكربون المناسبة لرحة الإنسان يجب أن لا تتجاوز ٨٠٠ جزء من مليون ($CO2 \leq 800$ ppm) ، ASHRAE [١٣]. الشكل (٢- ١٨) يوضح أمثلة لجهاز قياس ثاني أكسيد الكربون.

شكل (٢- ١٨) : أمثلة لجهاز قياس نسبة ثاني أكسيد الكربون بالهواء

٢- ٥ أنواع الحاكمات Controller types

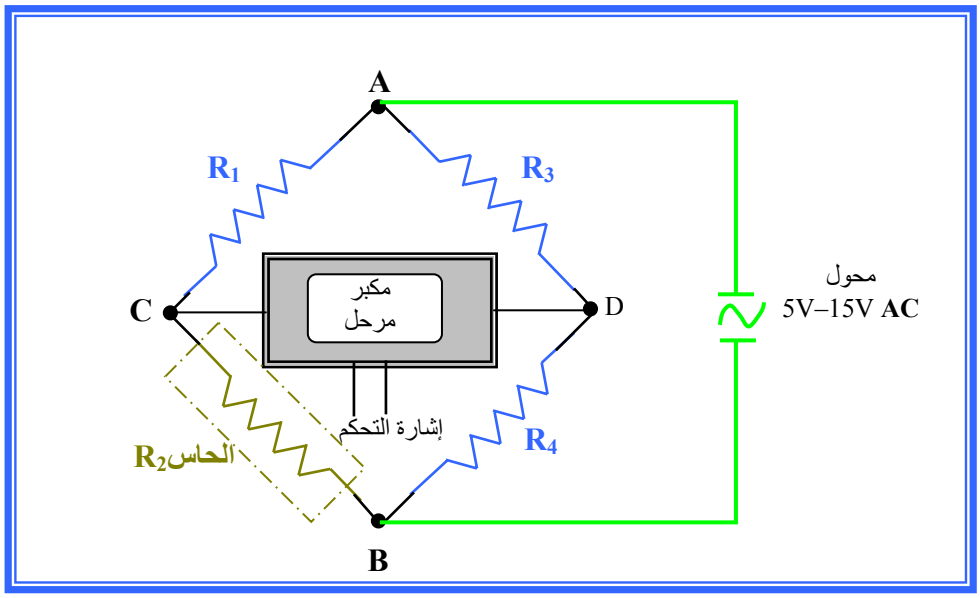
الحاكم هو مجموعة العناصر التي تولد إشارة تمكن من إحداث التغير المطلوب على خصائص تشغيل الوحدة. كما أشرنا في الوحدة الأولى إلى أن الحاكم يتكون من جزأين الحاس و المرسل. فالحاس يحس بالتغير الذي يطرأ على خصائص الهواء (درجة حرارة، ورطوبة، وضغط...). أما المرسل فيتسلم إشارة الحاس و يقارنها على حالها أو بعد تكبيرها و تحويلها بنقطة الضبط. و حسب قيمة الفرق بين نقطة الضبط و إشارة المرسل و الذي يسمى بالانحراف، يتم إرسال إشارة إلى الجهاز الموجه لإحداث التغير المطلوب على الخاصية المعنية. في مجال التبريد و تكييف الهواء يمكن استخدام عدة أنواع من الحاكمات منها:

٢- ٥- ١ حاكمات كهربائية و إلكترونية Electric and Electronic Controllers

تستخدم هذه الحاكمات في دوائر التحكم التي تشتمل على حاس يمكنه إرسال إشارة كهربائية إلى المرسل (مزدوجة حرارية، مقاومة متغيرة، مكثف كهربائي...إلخ). حيث يستلم الحاكم الإشارة الصادرة من الحاس فيتفاعل معها و ويقارنها بنقطة الضبط ثم يرسلها على حالها أو بعد تكبيرها إلى الجهاز الموجه لإحداث التغيير المطلوب على وسيلة التحكم. و تستخدم هذه الحاكمات عادة في أنظمة التحكم التناسبي الذي سبق شرحه في الفصل الأول. الشكل (٢- ١٩) يبين تخطيطا مبسطا لنظام تحكم تناسبي إلكتروني.

هذا النظام مصصم وفق دورة دورة وستين المعدلة Winston Loop التي تعتبر الأساس لكل دوائر التحكم الإلكتروني المطبقة في معدات التبريد و التكييف، حيث يستخدم تيار متردد بدلا من التيار الثابت و مرحل مكبر بدلا من الجلفانومتر.

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 الدورة 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 (٢- ١٩): نظام تحكم إلكتروني
(دورة وستون المعدلة)

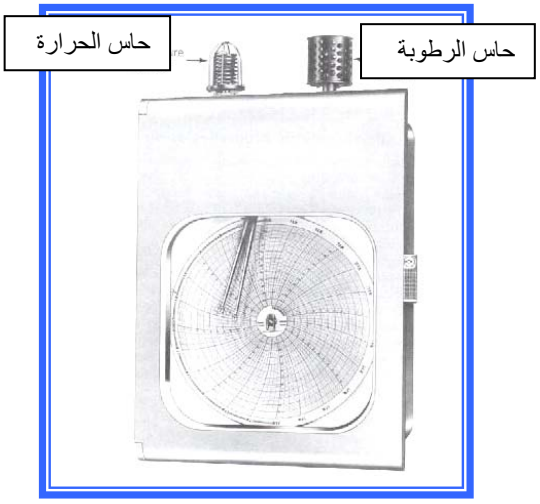
٢- ٥- ٢ حاكمات مبينة و مسجلة Visual and Recorder controller

الحاكمات المبينة و المسجلة تمكن من بيان قيمة المتغير المحكوم أثناء فترة التحكم إما بشكل مباشر على شاشة رقمية أو مسجلة على شريط ورقي أو على ملف رقمي يمكن استخدامه لمراقبة سير عملية التحكم لفترات طويلة. و كمثال لذلك:

- الأجهزة المسجلة المستخدمة لمراقبة درجة الحرارة في بنوك الدم فبالإضافة إلى أجهزة الإنذار المستخدمة للتنبيه عند انقطاع التيار الكهربائي أو حصول عطل في الدورة تتم مراقبة درجة الحرارة باستمرار للحفاظ على سلامة الدم من التلف.
- الأجهزة المسجلة المستخدمة في محطات الرصد الجوي لمراقبة تغير درجة الحرارة و الرطوبة و سرعة الريح... (الشكل ٢- ٢٠)

جهاز مراقبة تغير درجة الحرارة

جهاز مراقبة تغير درجة الحرارة و الرطوبة



شكل (٢- ٢٠): نماذج للحاكمات المسجلة

٢- ٥- ٣ الترموستات Thermostat

كلمة ترموستات تتكون من جزأين (Therm) وتعني 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 **شبه ثابتة** باعتبار مدى معين (تفاوت) لا تتجاوزه و ذلك بمراقبة وسيلة التحكم المستخدمة (ماء بارد، أو ماء ساخن، أو مائع تبريد، أو هواء مكيف، أ و تيار كهربائي...إلخ). و يتوقف مقدار التفاوت على حساسية الترموستات و دقته. 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

في الوحدة الرابعة من هذه المذكرة نورد عدة تطبيقات على أنظمة التحكم يستخدم فيها الترموستات كعنصر موجه.

من ناحية أخرى، يمكن تصنيف أنواع الترموستات إلى صنفين : ترموستات كهروحراري و ترموستات إلكتروني.

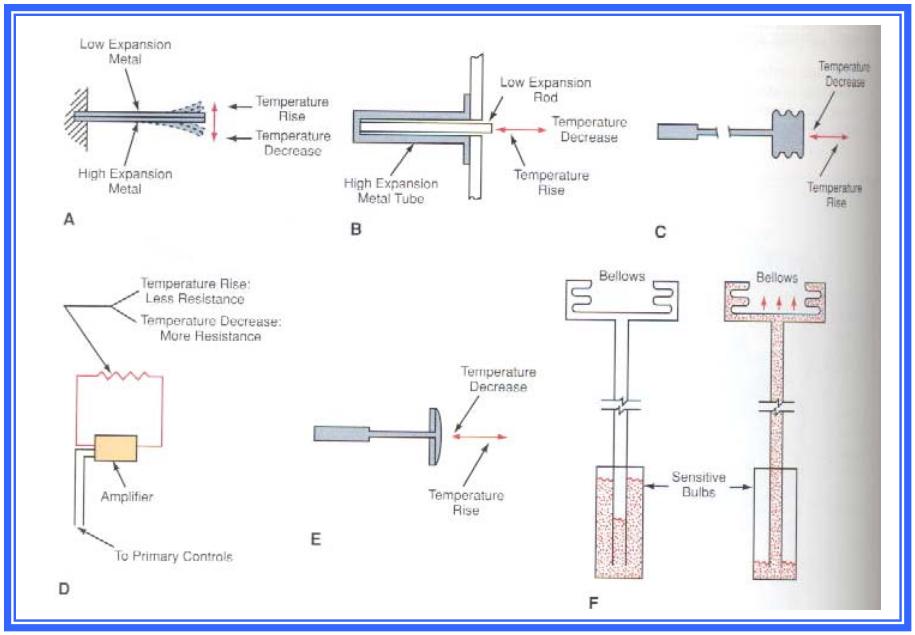
أ- الترموستات الكهرو حراري

تشتمل الترموستات الكهرو حرارية على نقاط تماس كهربائية يمكن و صلها أو فصلها ، تحت تأثير تغير درجة الحرارة ، 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 (Switch ON/OFF) كما هو مبين على الشكل (٢- ٢١).

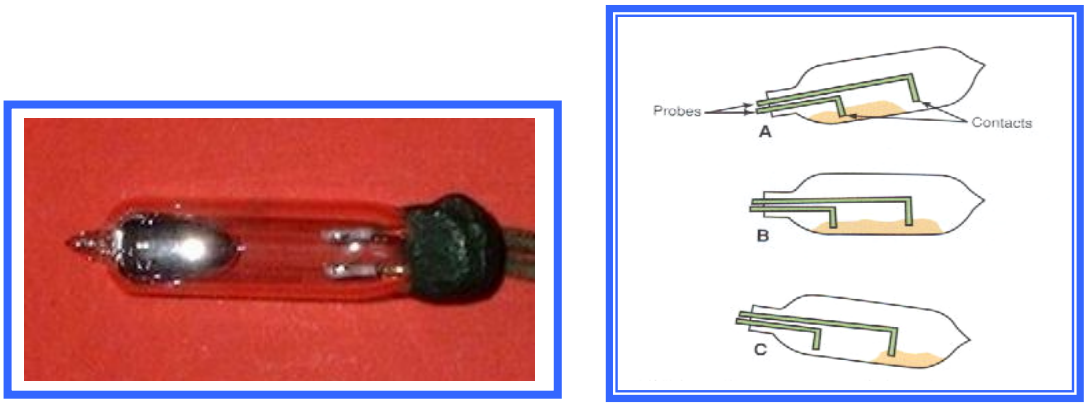
كذلك يمكن أن يشتغل الترموستات في نظام التحكم التناسبي حيث تستغل الحركة الميكانيكية للشريحة المزدوجة لتغيير مقاومة كهربائية موصولة بنظام التحكم. في هذه الحالة يسمى ترموستات تعديلي.



شكل (٢- ٢١): طرق تأثير الترموستات [١]

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 تؤثر على التوصيلات الكهربائية كما هو مبين على الشكل (٢- ٢٢).



شكل (٢- ٢٢): مثال لمفتاح كهربائي زئبقي

ب- الترموستات الإلكتروني Electronic Thermostat

يشتمل الترموستات الإلكتروني على نفس العناصر الأساسية مثل الترموستات العادي غير أن كل العمليات (إحساس، فصل/توصيل، توقيت...إلخ) تتم باستخدام قطع إلكترونية (ترنزيستور، وريلى، ومكبر، ومعالج...إلخ). وهناك عدة أنواع من الترموستات الإلكترونية مستخدمة في أجهزة التبريد و التكييف الحديثة (وحدات التكييف المنفصلة، أو الوحدات المجمعة، أو المضخات الحرارية...إلخ) الشكل (٢- ٢٣) يبين نموذجين للترموستات الإلكتروني.

شكل (٢- ٢٣): نموذجان لترموستات إلكتروني

٢- ٦ تمارين عن الوحدة الثانية

١) اذكرثلاثة أمثلة لأجهزة الإحساس ب
   أ- درجة الحرارة .
   ب- الرطوبة .
   ت- التدفق .
٢) اذكر ثلاثة تطبيقات لترموستات الغرفة .
٣) اذكر ثلاثة أمثلة يستخدم فيها قاطع الضغط .
٤) مكيف يتم الإحساس فيه بثاني أكسيد الكربون في الهواء المكيف. اذكر مثالا تطبيقيا.
٥) اذكر أمثلة للحاكمات الكهربائية

أساسيات التحكم في أنظمة التبريد و تكييف الهواء

الأجهزة الموجهة

الوحدة الثالثة : الأجهزة الموجهة

الجدارة: معرفة الأجهزة الموجهة في وحدات التبريد و تكييف الهواء.

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

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

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

الوقت المتوقع للتدريس: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الوحدة الأولى و الثانية من نفس المقرر
- ورش أساسيات التبريد و التكييف
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في ورش تكييف المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- أساسيات علم الحراريات و الموائع
- أساسيات التبريد و التكييف
- قياسات
- الوحدة الأولى و الثانية من نفس المقرر.

٣- ١ مقدمة

في الوحدة الأولى تم شرح وظيفة الجهاز الموجه في منظومة التحكم الآلي فهو العنصر الذي يتفاعل مع الإشارة الصادرة عن الحاكم (Controller) للتأثير على وسيلة التحكم. و تعتبر الأجهزة الموجهة من العناصر المهمة في أنظمة التبريد و التكييف إذ تمكن من إعطاء مرونة أكثر في التحكم في مختلف المتغيرات و تساعد على مراقبة حالة وسيط التبريد في مختلف مراحل الدورة. في هذه الوحدة سوف نقوم بدراسة أهم الأجهزة الموجهة المستخدمة في وحدات التبريد و التكييف و التعرف على وظائفها و طرق اشتغالها.

٣- ٢ التحكم في مستوى المياه

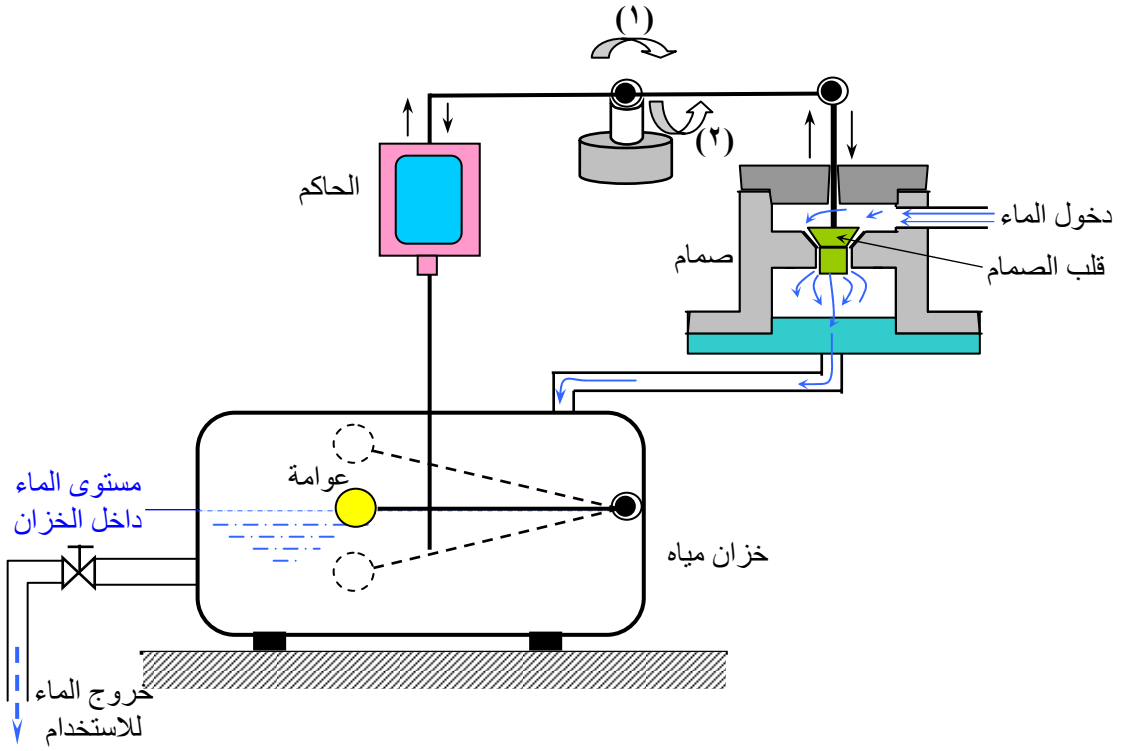
٣- ٢- ١ نظام التحكم العائم لمراقبة مستوى المياه

يتم التحكم في مستوى المياه داخل الخزان باستخدام نظام تحكم عائم كما أشرنا إلى ذلك في الوحدة الأولى من هذا المقرر. و يتكون نظام التحكم العائم من عوامة مثبتة داخل الخزان يعطي موضعها مؤشراً على مستوى الماء، و تتم 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 (٣- ١- أ).

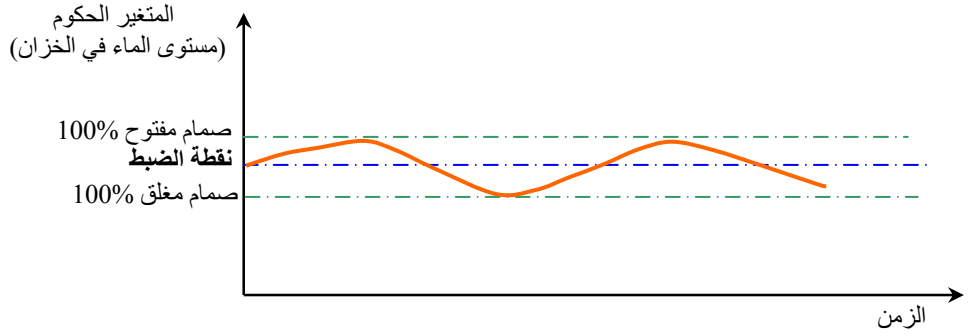
عند ارتفاع الماء بالخزان يقوم جهاز التحكم بإدارة الذراع في الاتجاه (١) الأمر الذي يدفع قلب الصمام إلى الأسفل أي في اتجاه الغلق. بانغلاق الصمام تدريجيا يقل معدل سريان ماء التغذية و يستقر مستوى الماء داخل الخزان.

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 في الشكل (٣- ١- ب) هذا الشكل تغير مستوى الماء داخل الخزان، بحيث يتم المحافظة على كمية معينة من الماء مناسبة لاستخدام الوحدة طيلة فترة الاشتغال.



الشكل (٣- ١- أ)



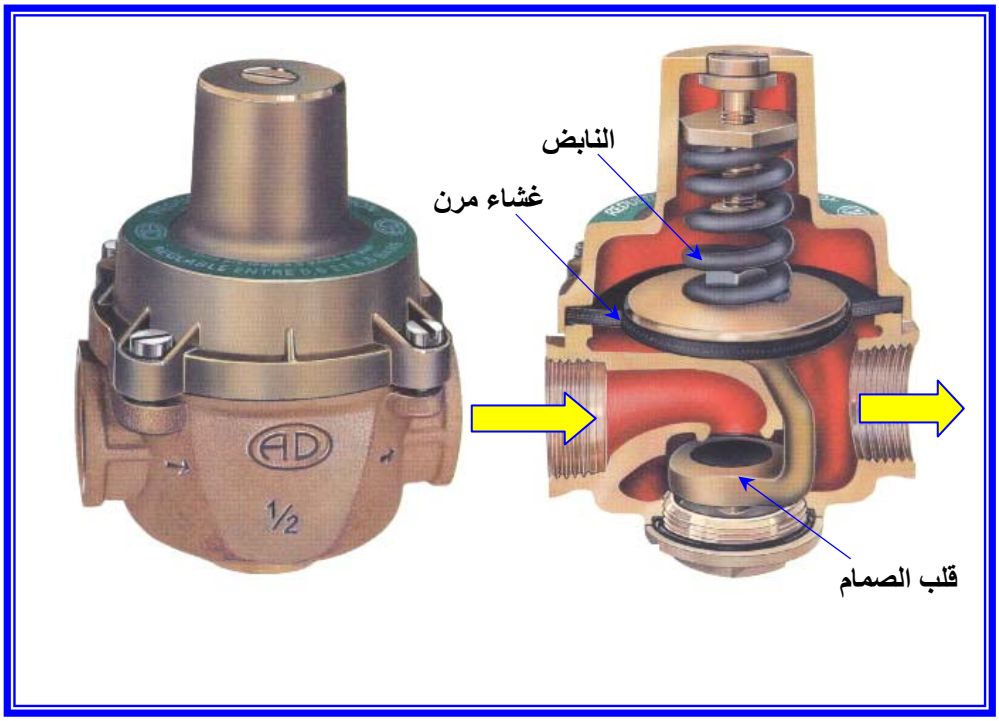
الشكل (٣- ١- ب)

شكل (٣- ١): نظام تحكم في مستوى المياه

٣- ٢- ٢ صمام مخفض ضغط الماء Water pressure reducing valve

تستخدم صمامات خاصة في مسالك الماء بوحدات التبريد و التكييف وذلك لتخفيض الضغط. الشكل (٣- 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 (الياي) المؤثرة على الغشاء المرن (Diaphragm). فإذا انخفضت قوة النابض يرتفع قلب الصمام، مما يؤدي إلى خنق على مستوى فتحة سريان الماء وهذا يؤدي بدوره إلى انخفاض ضغط الماء المار من خلاله.



شكل (٣- ٢): صمام التحكم في ضغط الماء

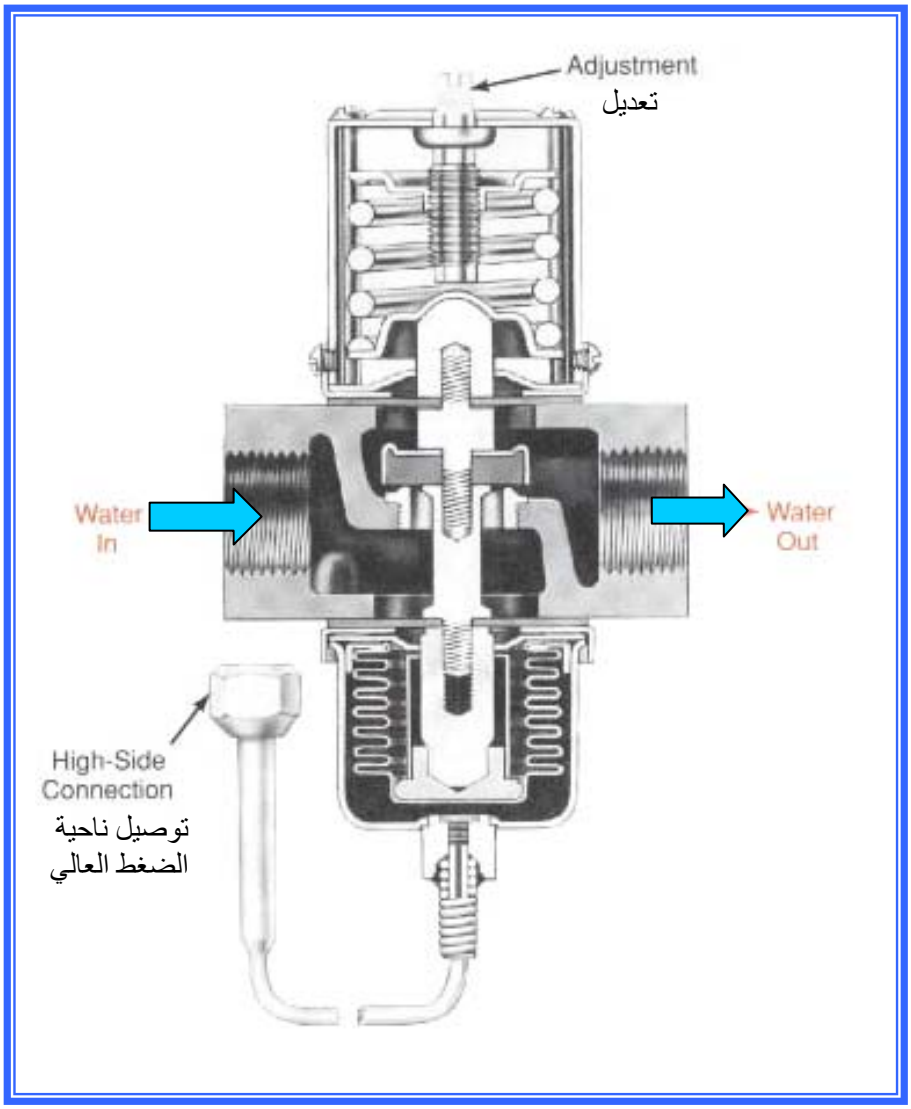
٣- ٢- ٣ التحكم في معدل سريان الماء

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 (٣- ٣) يوضح مقطعاً لصمام تحكم في معدل سريان الماء عبر بتأثير الضغط المكثف 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 (٣- ٣): صمام التحكم في معدل سريان الماء بتأثير الضغط
Pressure-Operated water valve

الشكل (٣- 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

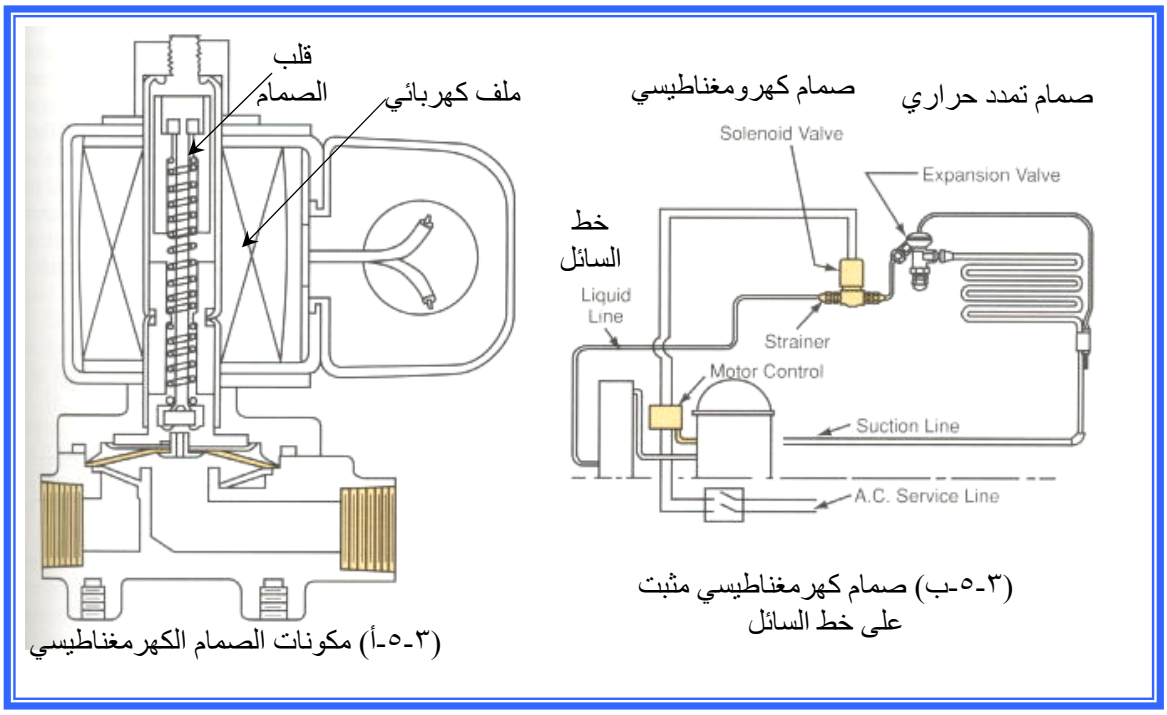
من المكثف. فعند ارتفاع درجة حرارة الماء يتمدد الغاز الموجود داخل البصيلة مسبباً دفع قلب الصمام في اتجاه الفتح مما يؤدي إلى زيادة معدل سريان ماء التبريد.

شكل (٣- ٤): صمام التحكم في معدل سريان الماء بتأثير درجة الحرارة

Thermostatic water valve with sensing bulb

٣- ٣ صمامات السلونويد (المغناطيسية) 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 (٣- ٥ أ). 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).

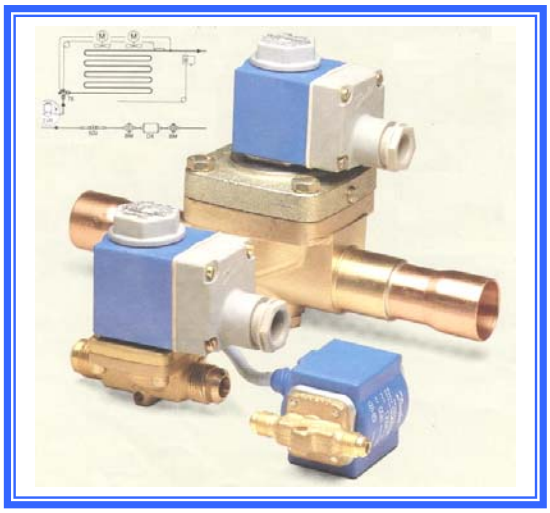


(٣-٥-أ) مكونات الصمام الكهرمغناطيسي

(٣-٥-ب) صمام كهرمغناطيسي مثبت على خط السائل

شكل (٣- ٥): صمام مغناطيسي

و تستخدم الصمامات المغناطيسية في منظومات التبريد (الشكل (٣- ٥ ب) و وحدات 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 (٣- ٦) يبين أمثلة لصمامات مغناطيسية حيث تتكون من الهيكل المعدني الأساسي للصمام و الملف الكهربائي مع علبة التوصيل.

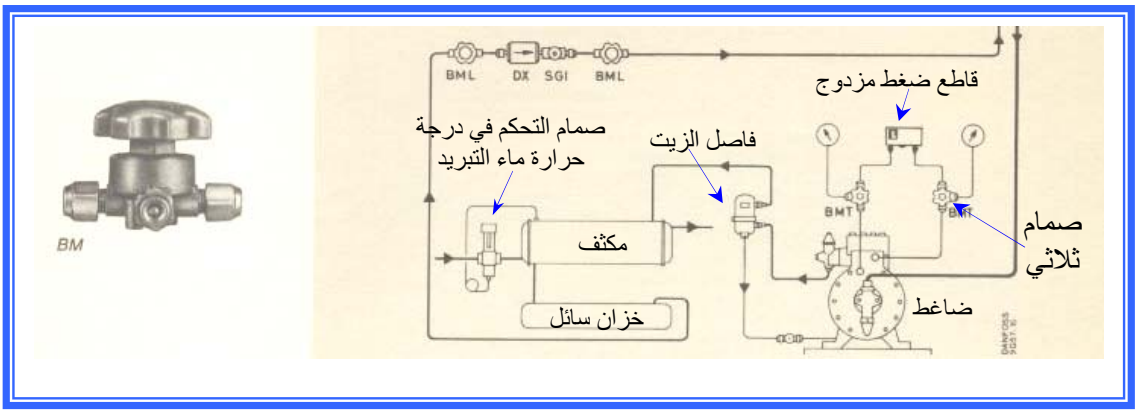


شكل (٣- ٦): صمامات مغناطيسية

٣- ٤ الصمامات الثلاثية و الرباعية الاتجاهات Three-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 (٣- ٧- أ) يوضح صماماً ثلاثياً يدوياً إلى جانب صمام ثنائي، كما يوضح الشكل (٣- ٧- ب) مثالا لاستخدام الصمام الثلاثي اليدوي لتوصيل مقياس و قاطع الضغط على مستوى السحب و الطرد لضاغط ترددي بوحدة تبريد. إذ تتكون هذه الوحدة من ضاغط وفاصل للزيت و مكثف مبرد بالماء متبوعا بخزان سائل و صمام عدم رجوع و زجاجة بيان. يتم تعديل معدل سريان الماء عبر المكثف حسب الحمل ، بواسط صمام ذي تحكم حراري (راجع الشكل ٣- ٤). على مستوى السحب و الطرد تم تثبيت جهاز لقياس الضغط و فاصل ضغط مزدوج حيث إن التوصيل بين هذه العناصر يتم بواسطة صمام يدوي ثلاثي BMT.

شكل (٣- ٧- أ): صمام ثنائي و صمام ثلاثي يدوي



شكل (٣- ٧- ب): استخدام صمام ثلاثي يدوي

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 (٣- ٨) 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 (٣- ٨): صمام ثلاثي للتحكم في معدل سريان الماء خلال مكثف

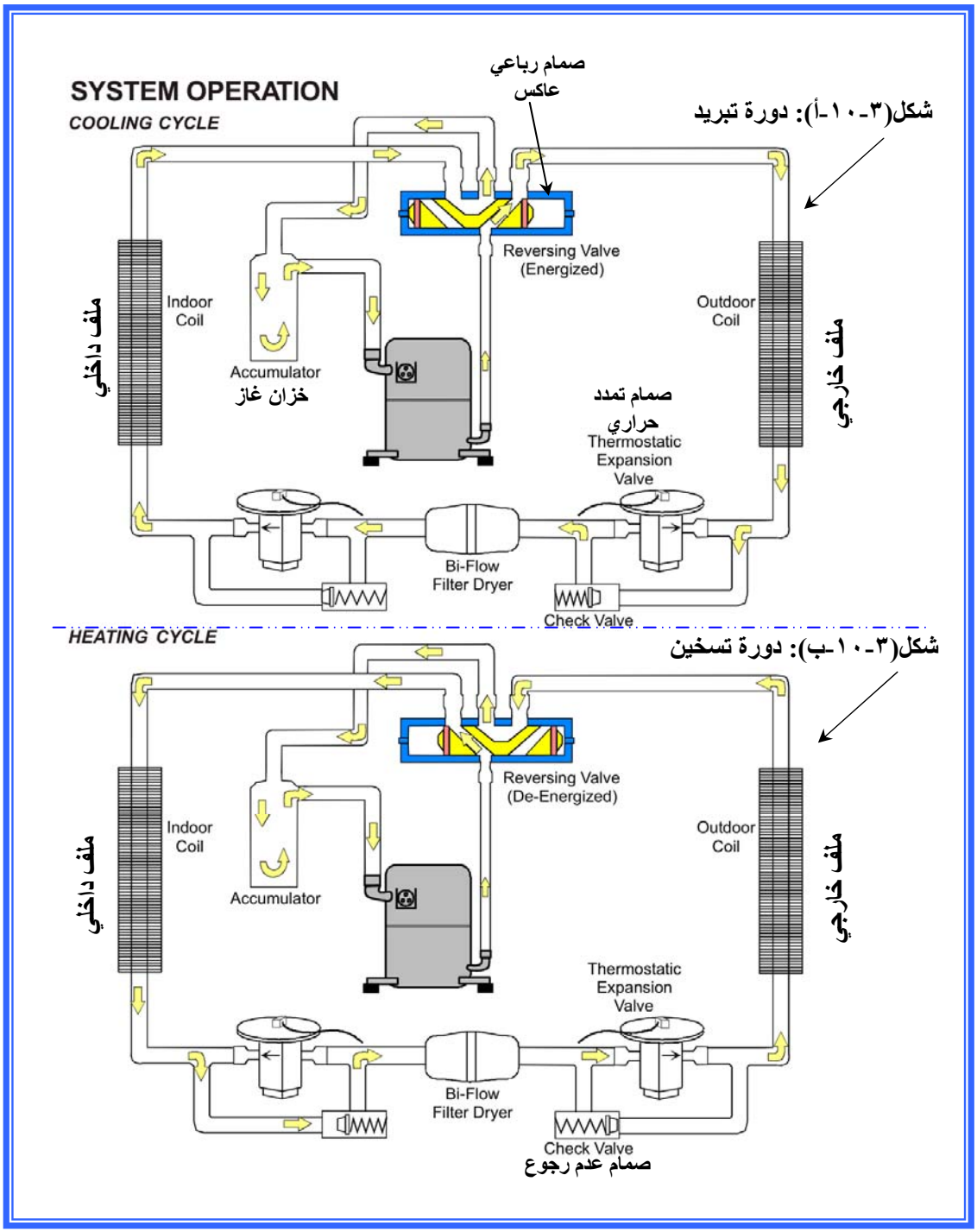
و يستخدم الصمام رباعي الاتجاهات لعكس دورة التبريد عند إذابة الصقيع كما يستخدم هذا النوع من الصمامات في المضخات الحرارية لعكس الدورة من التبريد إلى التسخين أو العكس. و يكون الصمام الرباعي الاتجاهات ذا تأثير يدوي أو مغناطيسي. الشكلين (٣- ٩- أ) و (٣- ٩- ب) يوضحان مثالين لصمام رباعي مغناطيسي يستخدم لعكس دورة التبريد.

شكل (٣- ٩ - ب): صمام مغناطيسي رباعي

شكل (٣- ٩ - أ): صمام تمدد مغناطيسي رباعي

شكل (٣- ٩ - أ): صمام مغناطيسي رباعي

و يوضح الشكل (٣- ١٠) طريقة اشتغال مضخة حرارية حيث يتم الانتقال من نظام التبريد **صيفا** (الشكل ٣- ١٠- أ) إلى نظام التسخين **شتاء** (الشكل ٣- ١٠- ب) بعكس الدورة عن طريق صمام رباعي. و نتيجة لذلك ينقلب اتجاه السيلان خلال الملفات و الأنبوبة الشعرية و يتحول المبخر إلى مكثف و العكس.



شكل(٣-١٠-أ): دورة تبريد

شكل(٣-١٠-ب): دورة تسخين

٣- ٥ صمام عدم رجوع Check valve

هو عبارة عن صمام يسمح بسريان المائع في اتجاه واحد و يستخدم في التطبيقات التالية

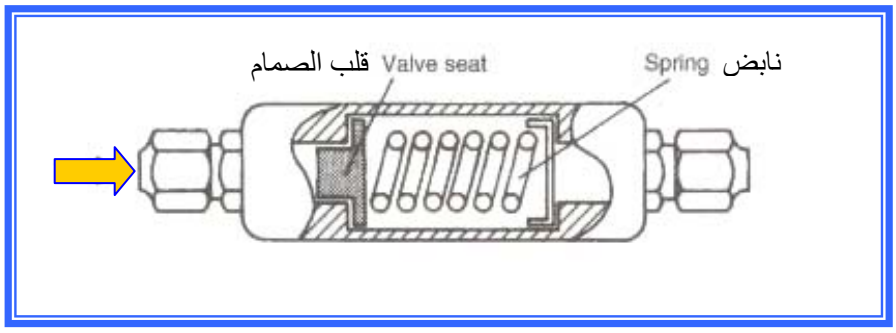
أ- في دورات المضخات الحرارية لمنع السريان خلال صمام التمدد غير المستخدم أثناء التبريد و التسخين.

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

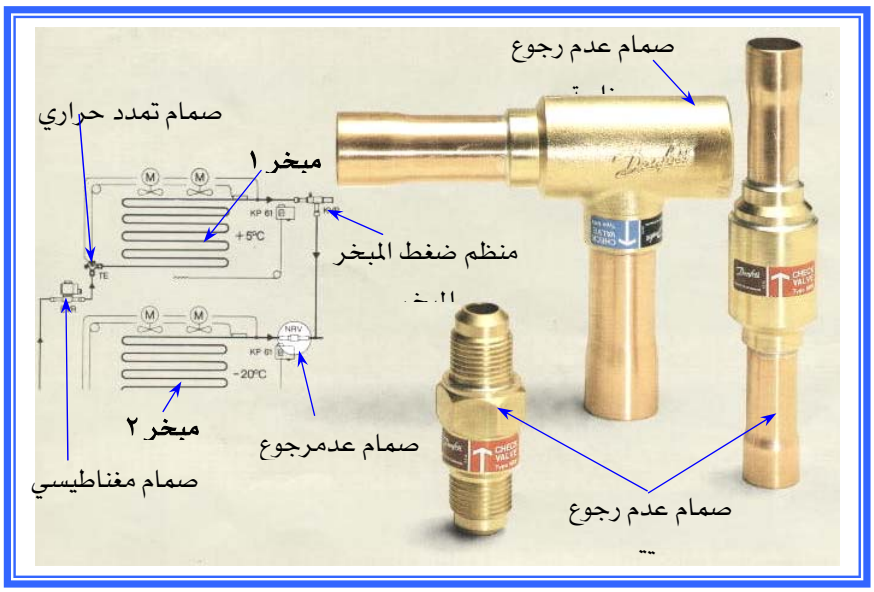
ج- عند توصيل عدة ضواغط على نفس المكثف لمنع رجوع السائل إلى الضاغط المتوقف.

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

و يوضح الشكل (٣- ١١) مقطعاً طولياً لصمام عدم رجوع. أما الشكل (٣- ١٢) فيبين نماذج لصمامات عدم رجوع و طريقة توصيلها على وحدة تبريد بها مبخرين عند ضغوط مختلفة.



شكل (٣- ١١) صمام عدم رجوع



الشكل (٣- ١٢) نماذج لصمام عدم رجوع

٣- ٦ بوابات الهواء

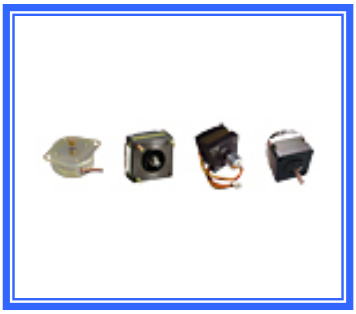
تشكل بوابات الهواء عنصرا مهما في وحدات التكييف إذ تمكن من التحكم في معدل تدفق الهواء في مختلف قنوات التوزيع (هواء خارجي، وهواء راجع، وهواء تغذية...) وفق تغير الأحمال الحرارية و نوعية العملية المراد تنفيذها. و تتكون بوابات الهواء من ريش توزيع مصنوعة من لوحات معدنية و في بعض

الأحيان بلاستيكية، و يتم التحكم في اتجاه ميلانها قصد الفتح أو الغلق إما يدويا أو آليا باستخدام محركات كهربائية معدة للغرض أو بواسطة ذراع ميكانيكي يتم تحريكه بواسطة عنصر موجه (منفاخ، ضغط هواء...). الشكل (٣- ١٣) يوضح مثالا لبوابة هواء وقد صنعت من الألواح المعدنية، كما يظهر على الشكل ذراع توجيه الريش و العنصر الموجه.

شكل (٣- ١٣) : بوابة التحكم بمعدل تدفق الهواء

٣- ٧ المحركات الكهربائية

تستخدم المحركات الكهربائية كجهاز موجه في أنظمة التبريد و التكييف، و تمكن من فتح و غلق بوابات الهواء أو فتح و غلق صمامات ثلاثية و غيرها. و تكون هذه المحركات الكهربائية بأحجام متفاوتة. فمثلا المحركات التي تستخدم لتحريك ريش توزيع الهواء بوحدات التكييف المنزلية تكون صغيرة و كذلك سرعة دورانها منخفضة كما هو موضح على الشكل (٣- ١٤ أ).



الشكل (٣- ١٤ أ) : محركات كهربائية تستخدم لتحريك ريش توزيع الهواء

شكل (٣- ١٤ ب) : محرك كهربائي من نوع خطوةخطوة Step by Step

كما تستخدم محركات من أحجام أكبر للتحكم في بوابات الهواء أو للتحكم في الصمامات ذات السعات العالية، و تكون عادة من نوع المحركات **'خطوة خطوة Step by Step'** إذ تلف بزوايا معينة حسب متطلبات الإجراء المرغوب تحقيقه. الشكل (٣- ١٤ ب) يبين مثالا لمحرك كهربائي من نوع خطوة خطوة.

٣- ٨ الوحدات المساعدة للأجهزة الموجهة

تستخدم عدة وحدات كعناصر مساعدة للأجهزة الموجهة و تكون وظيفتها إما توصيل هذه الأجهزة أو فصلها أو تأخير تشغيلها حسب متطلبات التحكم. و تختلف العناصر المساعدة باختلاف وظائفها كما يلي.

٣- ٨- ١ المفاتيح Switches

نعني بالمفاتيح كلاً من :

- المرحلات Contactors و هي عبارة عن مفاتيح كهربائية متعددة الأوجه يتم فتحها و غلقها بواسطة ملف كهرومغناطيسي (ملف الحث). و تمكن المرحلات من تشغيل أو إيقاف عدة عناصر بالدوائر الكهربائية في نفس الوقت.
- مفاتيح التشغيل Switch اليدوي العادية (OFF, ON) و الأتوماتيكي (الترموستات...).
- فاصل الحمل العالي Overload و يستخدم لحماية الأجهزة و بالخصوص الضواغط من الزيادة المفرطة في التيار المسحوب. فعند زيادة التيار المسحوب عن المعدل العادي بكثير يفصل فاصل الحمل

العالي الكهرباء عن الضاغط لمنح احتراق ملفاته. و يتم توصيل فاصل الحمل العالي على الخط المشترك لملف الضاغط.

- فاصل الضغط العالي و المنخفض Pressure Cut off و تعمل كمفاتيح أمان و حماية لعناصر الوحدة و التي سوف يتم دراستها في الفقرة التالية.

- المؤقت الزمني Timer و يستخدم لتحديد فترة التبريد و فترة إذابة الصقيع في وحدات التبريد التي تشتمل على نظام آلي لإذابة الصقيع. كما يمكن استخدام المؤقت في تطبيقات أخرى لتحديد زمن تشغيل أو لإيقاف بعض الأجهزة بوحدات التبريد و التكييف

- المؤخر الزمني Time delay و يستخدم لتأخير اشتغال عنصر أو أكثر في الدوائر الكهربائية حسب متطلبات التحكم. فمثلا بعد الانتهاء من عملية إذابة الصقيع يتم تأخير اشتغال مروحة المبخر لفترة وجيزة و ذلك كي تتجمد قطرات الماء الموجودة على سطح المبخر و لا تتناثر على المواد الغذائية التي قد لا تحتمل الرطوبة مثل الفواكه الجافة و مساحيق العصير و الأدوية و اللحوم المجمدة و غيرها...

الشكل (٣- ١٥) يبين أمثلة لبعض المفاتيح المذكورة.

مؤخر زمني

ترموستات

مرحل

مؤقت زمني

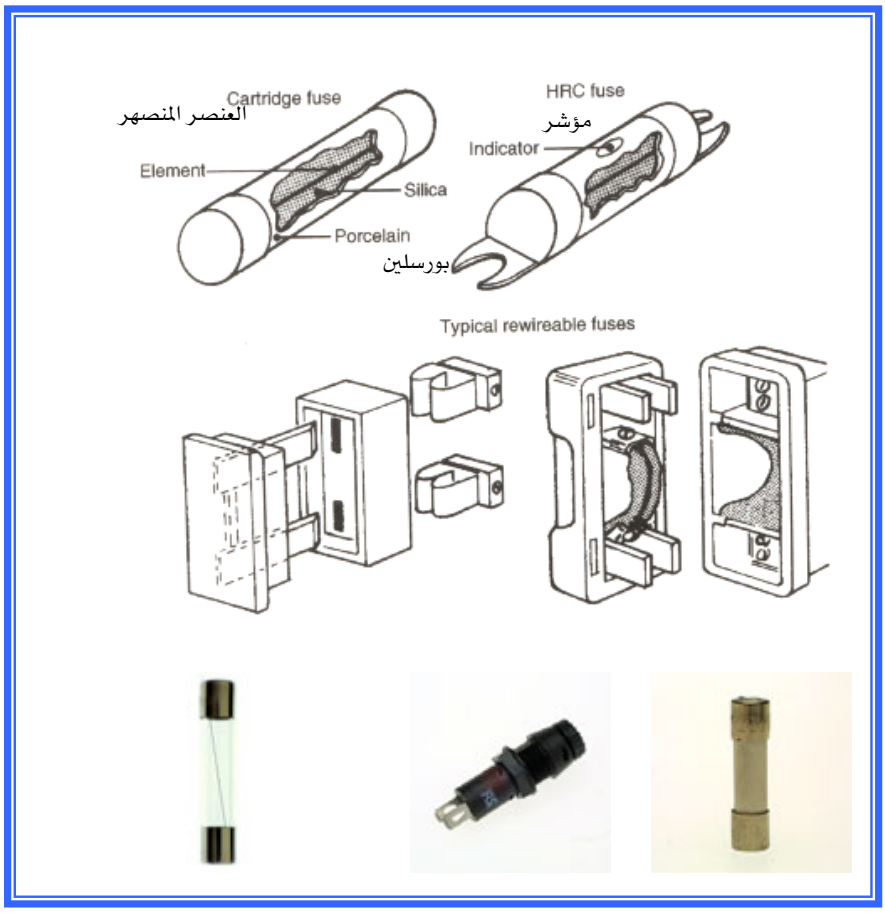
مؤقت زمني

مؤخر زمني

سشكل (٣- ١٥): نماذج لمفاتيح مختلفة

٣- ٨ - ٢ الفيش بمصهر Fuse

ويسمى أيضا فيوز (Fuse) و يستخدم كجهاز وقاية للأجهزة الكهربائية من الارتفاع غير العادي للتيار الكهربائي. ويتكون الفيش من طرفين بينهما شعيرة موصلة كما بالشكل (٣- ١٦). فإذا زاد التيار الكهربائي عن حد معين تحترق الشعيرة الموصلة و يقطع الكهرباء بين طرفي الفيش.



شكل (٣- ١٦): نماذج من فيش بمصهر (Fuses)

و من مميزات و فوائد الفيش بمنصهر 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

٣- ٩ قواطع الضغط المنخفض و المرتفع Pressure Cut out

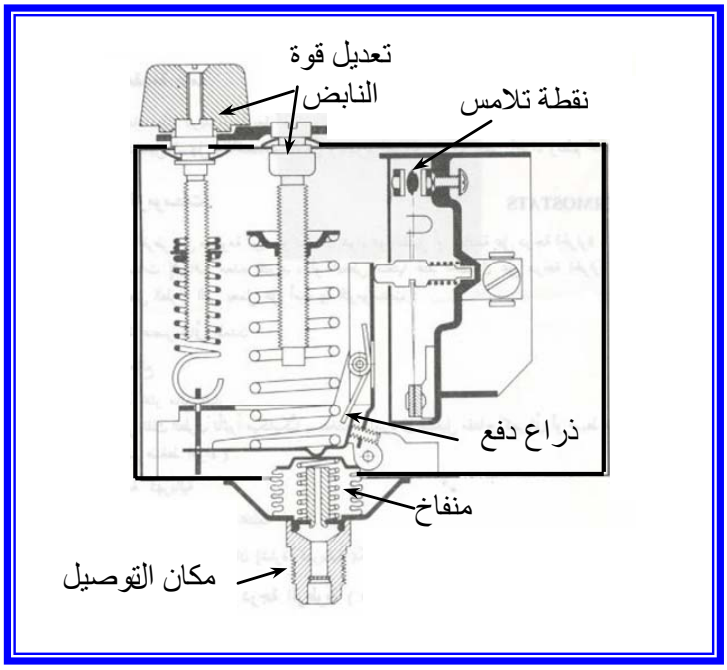
تستخدم قواطع الضغط لحماية الوحدة و بالخصوص الضاغط من الارتفاع المفرط لضغط الطرد أو الانخفاض الشديد لضغط السحب. و هي عبارة عن مفاتيح كهربائية تفتح و تغلق تحت تأثير الضغط، لذلك تسمى مفاتيح الضغط.

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 (٣- ١٧).

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

و يتم قطع الدائرة الكهربائية عادة عند زيادة الضغط بحوالي ٢ بار (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.

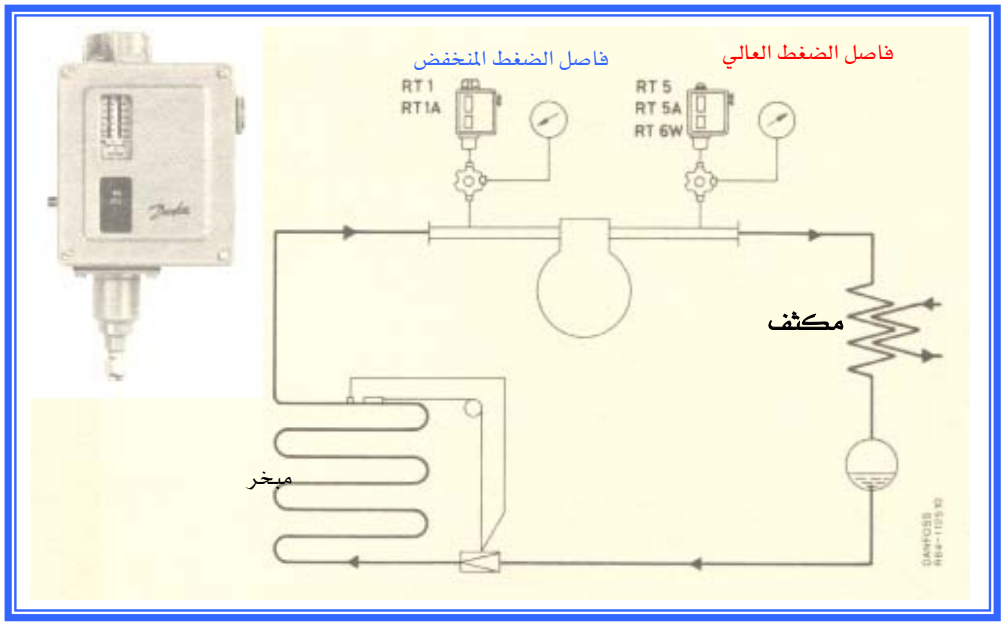
كذلك تؤدي الضغوط المنخفضة غير العادية إلى احتمال حدوث عطل في الدورة (تكون الصقيع في حالة ملفات تبريد الهواء) أو ارتفاع درجة حرارة الطرد بسبب ارتفاع نسبة الانضغاط. لذلك يتم تركيب قاطع الضغط المنخفض لإيقاف الضاغط عند اللزوم. و يضبط قاطع الضغط عادة عند 0.6 bar إلى 1 bar أقل من ضغط تصميم المبخر، مع مراعاة أن يبقى ضغط القطع 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 (٣- ١٧): مكونات قاطع الضغط

الشكل (٣- ١٨) 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 بدء التشغيل المتكرر بالنسبة لمحرك الضاغط.

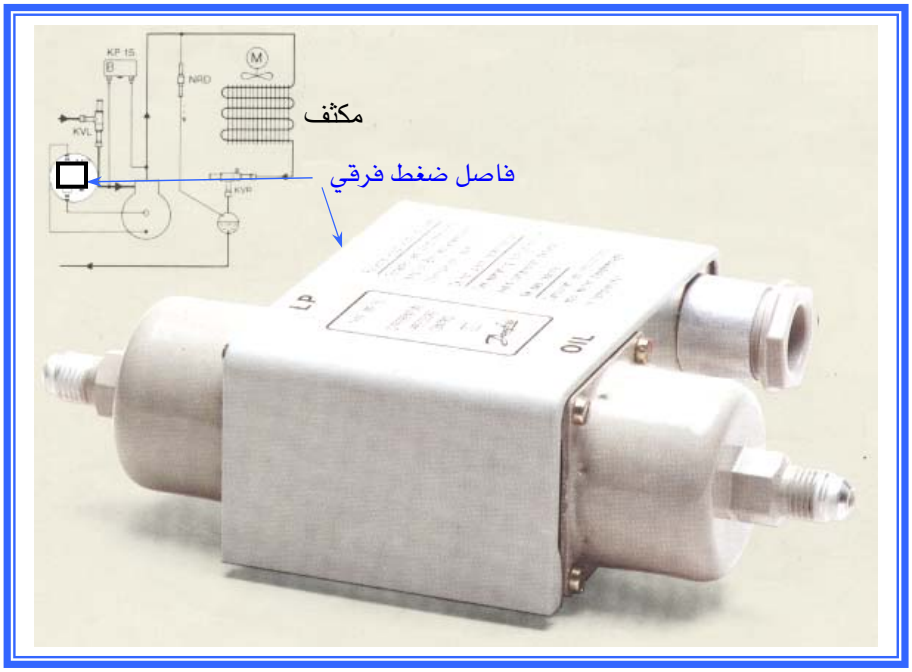


شكل (٣- ١٨): تركيب قاطع الضغط

و يمكن التحكم في الضغط العالي و المنخفض بواسطة جهاز واحد مزدوج يشتمل على نقطتي توصيل كما هو مبين على الشكل (٣- ١٩).

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 (٣- ٢٠) يبين قاطعاً للضغط الفرقي و طريقة توصيله على مستوى خط زيت التزييت و خط السحب للضاغط لحمايته من فشل التزييت.

شكل (٣- ١٩): قاطع ضغط مزدوج



شكل (٣- ٢٠): قاطع ضغط فرقي و طريقة تركيبه

Oil pressure safety cutout

٣- ١٠ ملحقات دوائر التبريد

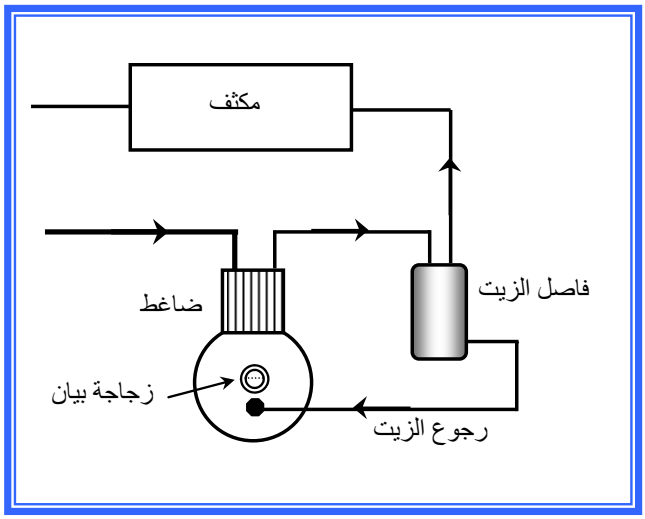
نورد في ما يلي بعض العناصر المساعدة الأخرى و هي عبارة عن ملحقات تستخدم في منظومات التبريد و التكييف لتحسين و مراقبة أدائها.

٣- ١٠- ١- فاصل الزيت Oil Separator

يستخدم فاصل الزيت لفصل قطرات الزيت التي تدفع مع غاز مائع التبريد إلى خط الطرد وذلك لتجنب وصول الزيت إلى المكثف و من ثم صمام التمدد و المبخر. إذ أن تراكم الزيت بالمبخر له تأثير سلبي على أداء و حدات التبريد ، كذلك يمكن أن يتسبب الزيت في انسداد جزئي لصمام التمدد.

لذلك يتم توصيل فاصل الزيت عند خط الطرد مباشرة بعد الضاغط. و يمكن من عزل قطرات الزيت عن الغاز و من ثم إرجاعها إلى حوض الزيت بأسفل الضاغط. أما الغاز المحمص فيتم دفعه ناحية المكثف.

الشكل (٣- ٢١) يوضح طريقة توصيل فاصل الزيت في دورة التبريد ، بينما يوضح الشكل (٣- ٢٢) نموذج صناعي لفاصل الزيت.

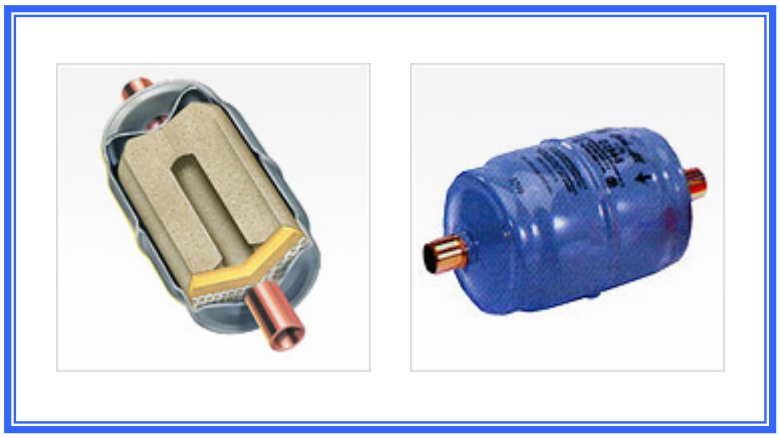


شكل (٣- ٢١) تركيب فاصل الزيت

شكل (٣- ٢٢) نموذج لفاصل الزيت

٣- ١٠- ٢ المنظف و المجفف Filter Dryer

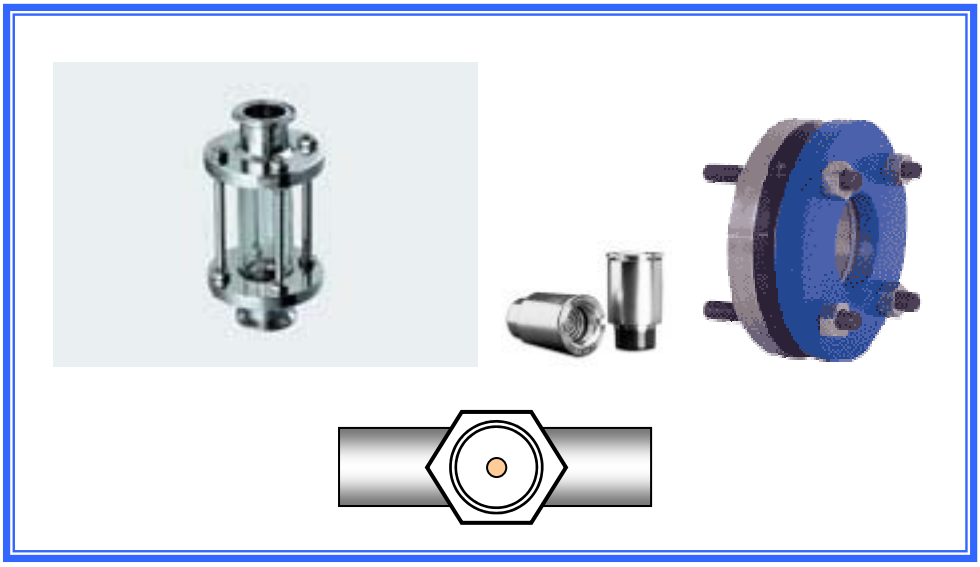
يستخدم المنظف و المجفف لتخليص مائع التبريد من الرطوبة و الشوائب التي يمكن أن تعلق به (قطع جلد ، أو أتربة ، أو ترسبات معدنية...). و يعتبر من بين الملحقات الرئيسة في الدورة إذ يمنع وصول هذه الشوائب إلى الأجزاء الحساسة في دورة التبريد مثل صمام التمدد و الضاغط..و يتم تركيبه عادة عند خط السائل بعد خروج المكثف. يتكون من غلاف خارجي و قلب وهو العنصر المنظف و المجفف. هناك بعض النماذج يمكن تغيير القلب فقط بعد اتساخه و المحافظة على الغلاف الخارجي. الشكل (٣- ٢٣) يوضح نموذجا لمجفف و منظف مع إبراز العنصر الداخلي له.



شكل (٣- ٢٣): نموذج لمنظف و مجفف

٣- ١٠- ٣ زجاجة البيان Sight Glass

تمكن زجاجة البيان من التعرف على حالة مائع التبريد بالدورة كما تعطي مؤشرا على نسبة الرطوبة به. يتم توصيل زجاجة البيان عند خط السائل مباشرة بعد المنظف و المجفف. كما يمكن توصيلها في أماكن أخرى بالدورة، عند خروج المبخر أو عند خط الطرد مثلا. و هناك نماذج أخرى لزجاجة البيان تستخدم لإبراز مستوى السائل داخل خزان أو في حوض الضاغط مثلا. الشكل (٣- ٢٤) يبين نماذج لزجاجات البيان المستخدمة في وحدات التبريد و التكييف.



شكل (٣- ٢٤): نماذج لزجاجات البيان

٣- ١٠- ٤ مانومتر الضغط Pressure Manometer (Gauge)

وهو الجهاز المستخدم لقياس الضغط داخل المواسير و يتم تركيبه في أماكن متعددة من دورة التبريد للتعرف على تغير الضغط في مختلف المراحل. و يمكن المانومتر من القراءة المباشرة للضغط في النقطة المعنية، كما يمكن في كثير من النماذج الحديثة من تحديد درجة حرارة التشبع المناظرة لقيمة الضغط. الشكل (٣- ٢٥) يبين نماذج مختلفة للمانومتر.

شكل (٣- ٢٥): نماذج لمانومتر قياس الضغط

٣- ١١ 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:

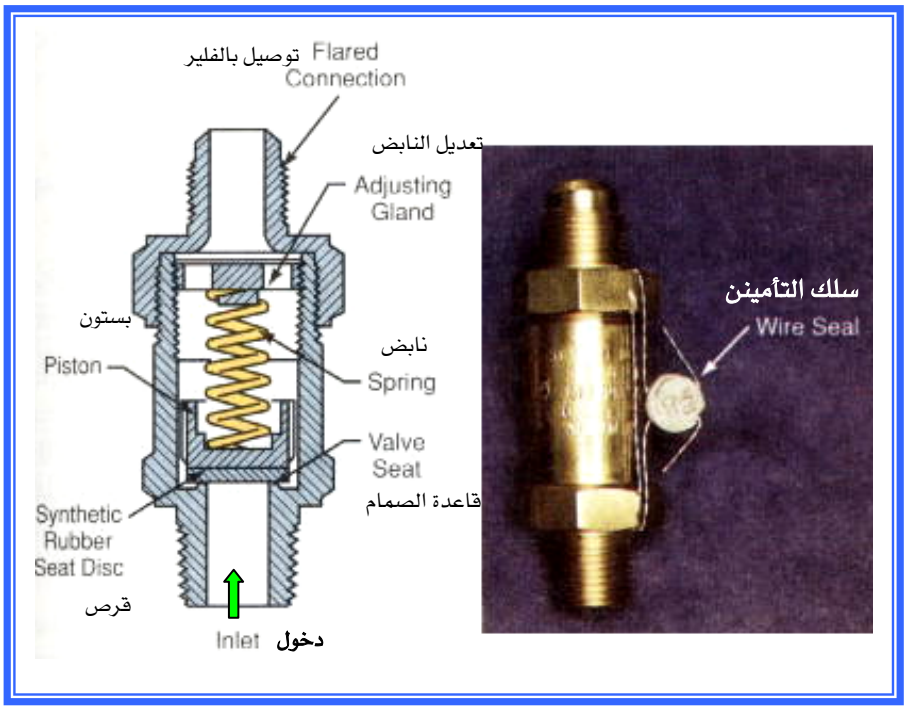
٣- ١١- ١ صمام الأمان Safety valve

يستخدم صمام الأمان لحماية الأجهزة الواقعة تحت ضغط عالٍ (خزان السائل، أو 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 كملجأ 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

(٣- ٢٦) يوضح طريقة اشتغال صمام الأمان. بعد تحديد ضغط الفتح بالنسبة لصمام الأمان و ذلك بتعديل النابض، يكون تأمينه بسلك لتفادي تغير نقطة ضبطه كما هو موضح على الشكل.

و يراعى في تركيب صمام الأمان ما يلي:

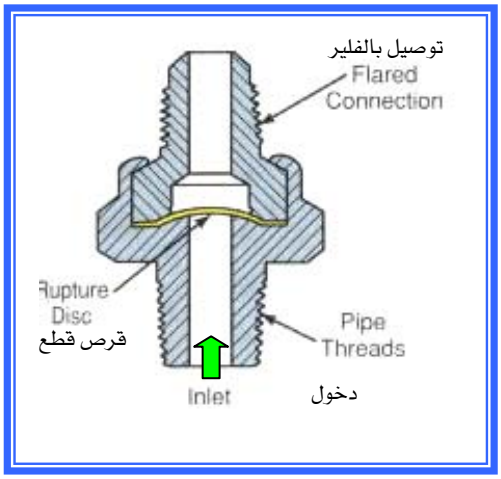
- اختيار الحجم الملائم للصمام ليتوافق مع كمية مائع التبريد التي يجب إخراجها من الوحدة في أسرع وقت ممكن.
- اختيار المكان المناسب لتوصيل صمام الأمان بحيث لا يكون عرضة للصدمات أو العبث.
- أن لا يتسبب أي جهاز أو ماسورة و غيرها في تعطيل السيلان خلال صمام الأمان عند انفتاحه، بحيث تكون فتحته جاهزة للنفث في 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 لصمام الأمان.



شكل (٣- ٢٦): صمام أمان

٣- ١١- ٢ قرص القطع Rupture disc

يتكون قرص القطع من غشاء معدني دائري الشكل يتم تركيبه على الخزانات الواقعة تحت الضغط العالي. و يستخدم كملجأ 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 (٣- ٢٧) يبين طريقة اشتغال قرص القطع.



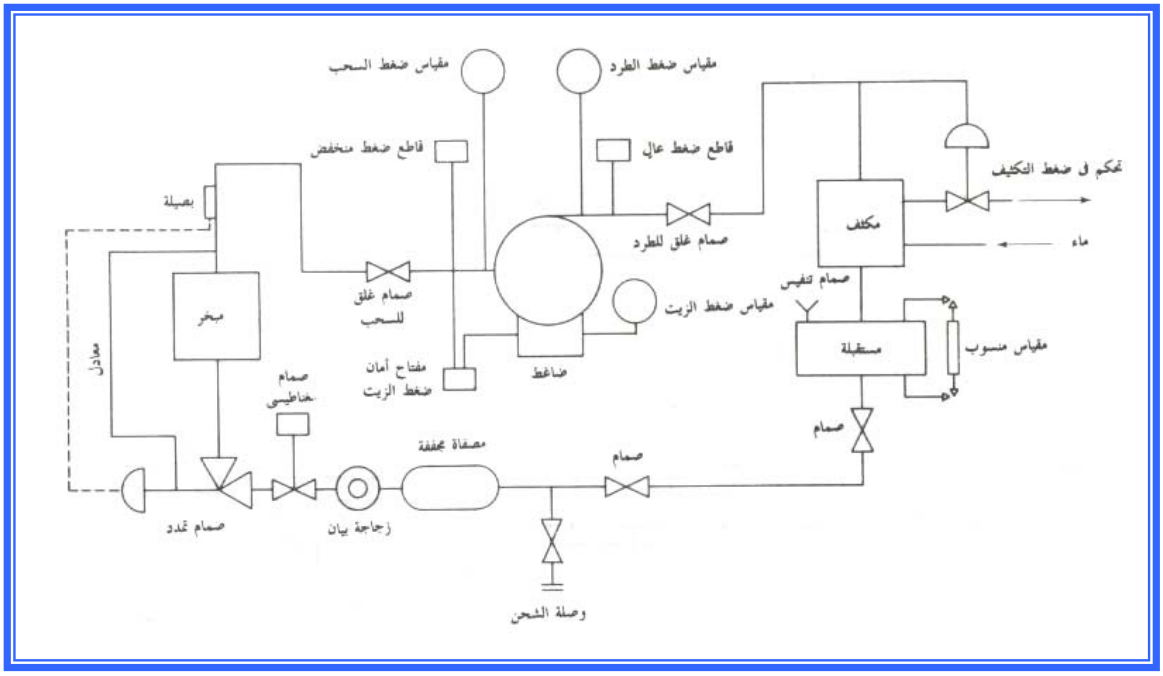
شكل (٣- ٢٧): قرص قطع

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 الملحوظات التي تمت الإشارة إليها بالنسبة لصمام الأمان.

خلاصة

الشكل (٣- ٢٨) يلخص طريقة توصيل مختلف أجهزة التحكم و الملحقات على دورة تبريد.



شكل (٥- ٢٨): طريقة توصيل مختلف أجهزة التحكم و الملحقات على دورة تبريد

٣- ١٢ أسئلة عن الوحدة الثالثة

١) اذكر مثالا يستخدم فيه صمام ثلاثي

٢) ما هو دوربوابات الهواء و كيف يتم التحكم فيها

٣) اذكر أمثلة لاستخدام المحركات الكهربائية كأجهزة موجهة

٤) اذكر أنواع المفاتيح المستخدمة في منظومات التبريد و التكييف مع تحديد طريقة عملها.

٥) ما هو دور قاطع الضغط العالي و كيف يشتغل.

٦) ما هو دور قاطع الضغط المنخفض و كيف يشتغل.

٧) اذكر مثالين لاستخدام الصمام الكهرومغناطيسي.

٨) اشرح طريقة استخدام الصمام الرباعي لعكس الدورة بمضخة حرارية.

٩) ما هو دور فاصل الزيت و كيف يتم توصيله على الوحدة.

١٠) حدد مكان توصيل المنظف و المجفف في دورة التبريد.

١١) اذكر وظيفة صمام الأمان و طريقة استخدامه.

أساسيات التحكم في أنظمة التبريد وتكييف لاهواء

تطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة في التبريد وتكييف الهواء

الوحدة الرابعة : تطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة في التبريد و تكييف الهواء

الجدارة: معرفة أهم التطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة في مجال التبريد و تكييف الهواء.

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

- التعرف على مختلف الأجهزة المستخدمة للتحكم في معدل سريان وسيط التبريد و مجالات استخدامها.
- اختيار صمام التمدد الملائم لمختلف التطبيقات في مجال التبريد و تكييف الهواء.
- التعرف على مختلف المنظمات المستخدة في وحدات التبريد و التكييف.
- التعرف على أهم التطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة.

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

الوقت المتوقع للتدريس: ٦ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الوحدة الثانية من نفس المقرر .
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في مختلف الورش و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- أساسيات علم الحراريات و الموائع
- أساسيات التبريد و التكييف
- أساسيات التقنية الكهربائية
- قياسات
- الوحدتين الأولى و الثانية من نفس المقرر الدراسي.

٤- ١ التحكم في معدل تدفق وسيط التبريد

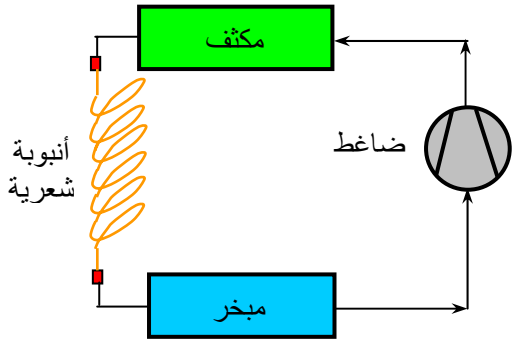
التحكم في تدفق وسيط التبريد عبر وحدات التبريد و التكييف له أهمية كبرى إذ أن له تأثير مباشر على السعة التبريدية لهذه الوحدات. و من ناحية أخرى فإن عدم التحكم الدقيق في معدل السريان قد يؤدي إلى اضطرابات في اشتغال دورات التبريد الأمر الذي ينعكس سلبا على كفاءتها. و من بين المشاكل المتأتية من عدم ضبط معدل 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.

٤- ١- ١ الأنبوبة الشعرية

٤- ١- ١- 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 لعملية الخنق الناتجة عن التغير الفجئي في قطر الماسورة على مستوى خط السائل و لارتفاع احتكاك وسيط التبريد بالسطح الداخلي للأنبوبة الشعرية.

و يتم توصيل الأنبوبة الشعرية في دورة التبريد كما هو مبين على الشكل (٤- ١).



شكل (٤- ١): 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

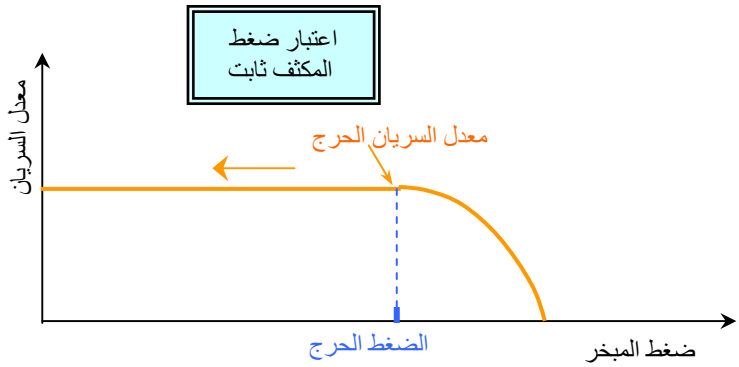
L - طول الأنبوبة

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. فإذا انخفض ضغط المبخر بشكل ملحوظ حتى يصل إلى قيمة تسمى (بالضغط الحرج Critical pressure) تصبح عندها سرعة وسيط التبريد مساوية لسرعة الصوت. و نتيجة لذلك يبقى معدل السريان ثابتاً مهما قل ضغط المبخر عن قيمة الضغط الحرج كما هو مبين على الشكل (٤- ٢).



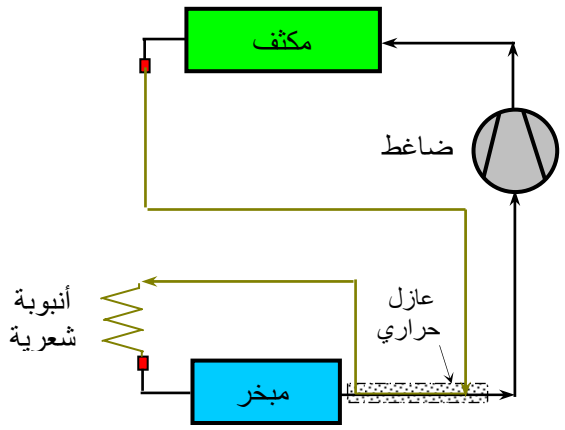
شكل (٤- ٢): تغير معدل سريان وسيط التبريد مع ضغط المبخر

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

٤- ١- ١- ٢ 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. ووجود هذا البخار يعمل على إعاقة السريان خلال الأنبوبة. 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 (٤- ٣). و يكون اتجاه السريان لوسيط التبريد في الأنبوبة معاكساً لاتجاه سريان وسيط التبريد في خط السحب.



شكل (٤- ٣): استخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري

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

٤- ١- ١- ٣ مميزات استخدام الأنبوبة الشعرية

أ- رخيصة الثمن سهلة التصنيع و التوصيل.

ب- أطول عمراً 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.

٤- ١- ١- ٤ عيوب استخدام الأنبوبة الشعرية

أ- انخفاض الأداء عندما يتغير الحمل.

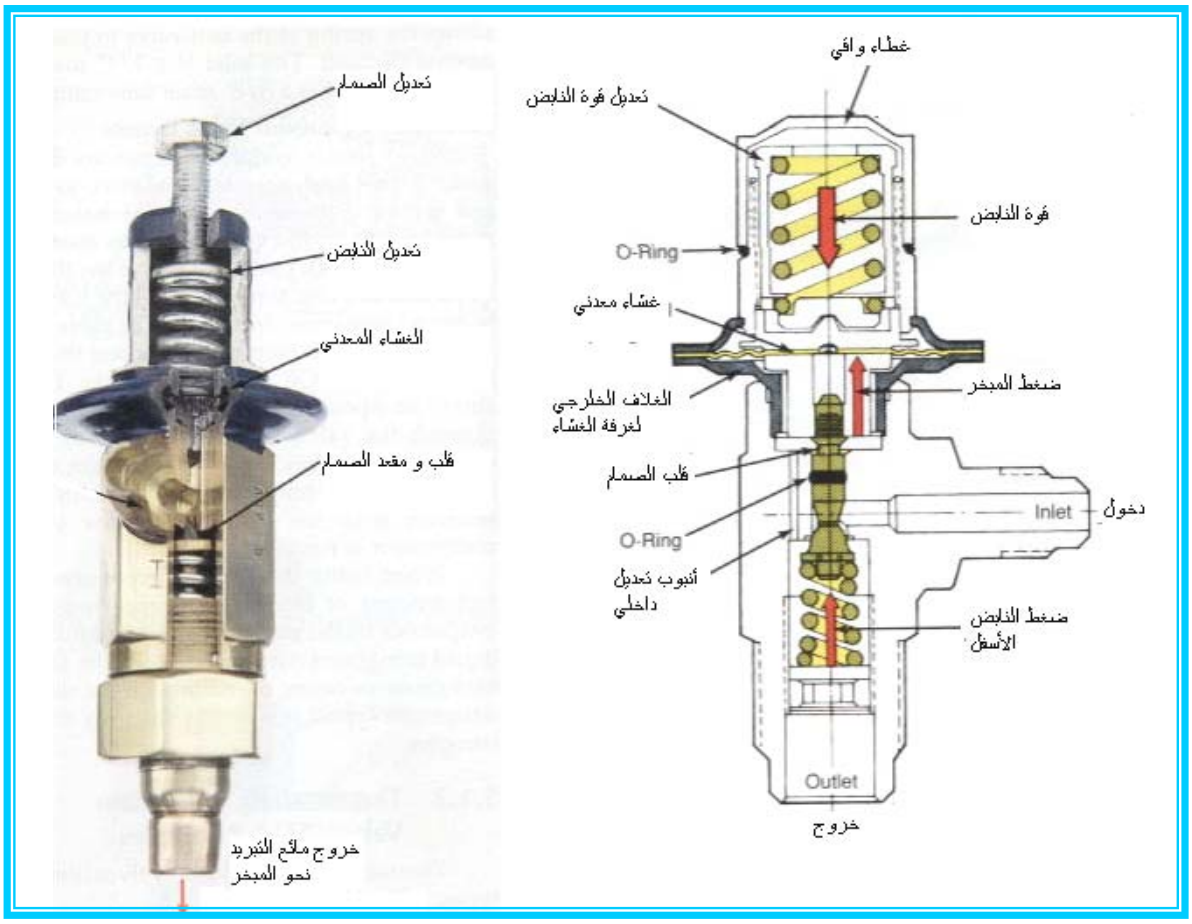
ب- يستمر سريان مائع التبريد عبر الأنبوبة عندما تتوقف الوحدة و إن كان في ذلك مميزات كما أسلفنا إلا أنه لا بد أن تكون الشحنة داخل الوحدة مضبوطة. فإذا كانت الشحنة أكثر من اللازم فإنها تسبب طفح المبخر و يمكن أن يؤدي ذلك إلى تلف الضاغط. لهذا يحبذ استخدام مبخر من نوع المغمور أو وضع خزان سائل عند خروج المبخر. وكذلك يجب تفريغ الوحدة جيدا من الهواء قبل عملية الشحن.

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

٤- ١- ٢ صمام التمدد الأتومايكي

٤- ١- ٢- ١ خصائص صمام التمدد الأتوماتيكي

يعرف هذا النوع من الصمامات باسم صمام التمدد ذي الضغط الثابت حيث يعمل على خفض الضغط بين المكثف و المبخر و المحافظة على هذا الضغط ثابتاً في المبخر إضافة إلى التحكم في معدل سريان وسيط التبريد. و يتكون الصمام من غشاء معدني مرن و نابض رئيس (١) و نابض مسك (٢) و قلب الصمام كما هو موضح على الشكل (٤- ٤).

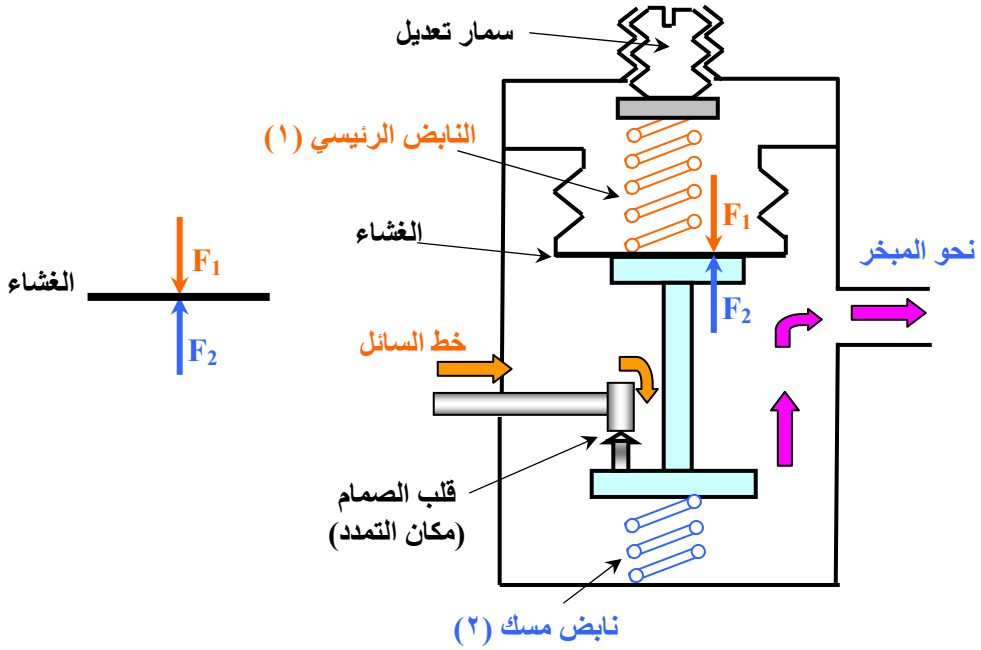


شكل (٤- ٤): مكونات صمام التمدد أتوماتيكي

الشكل (٤- ٥) يوضح بطريقة مبسطة كيفية اشتغال صمام التمدد الأتوماتيكي، حيث يقع الغشاء تحت تأثير قوتين متضادتين في الإتجاه:

- قوة ضغط النابض الرئيسي (١) F_1 و تؤثر على الغشاء من أعلى
- قوة ضغط المبخر F_2 و تؤثر 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 غلق فتحة الصمام جزئيا و بالتالي تقليل معدل سريان وسيط التبريد فينخفض ضغط المبخر. أما إذا انخفض ضغط المبخر عن ضغط النابض الرئيس فإن الغشاء يتحرك إلى أسفل مما يسبب فتح الصمام و بالتالي زيادة معدل سريان وسيط التبريد فيرتفع ضغط المبخر. و يتم ضبط قوة النابض الرئيس بواسطة مسمار التعديل الموجود برأس الصمام.



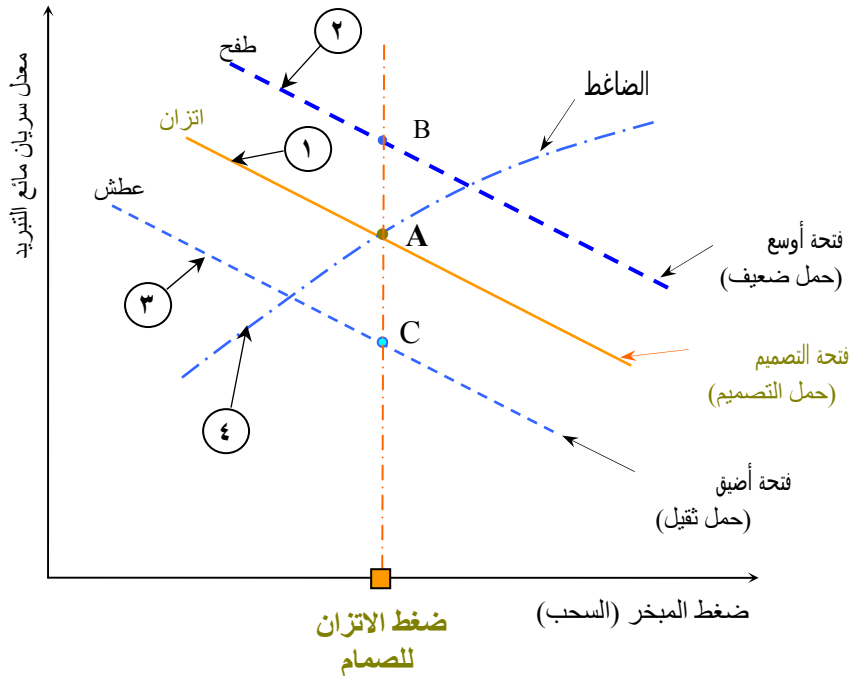
شكل (٤- ٥): طريقة اشتغال صمام التمدد الأتوماتيكي

٤- ١- ٢- ٢ أداء صمام التمدد الأتوماتيكي

يتم التعرف على أداء صمام التمدد الأتوماتيكي بدراسة العلاقة بين معدل سريان وسيط التبريد عبر فتحة قلب الصمام و ضغط المبخر و ذلك بافتراض ضغط المكثف ثابت.

لذلك سوف تعتبر ثلاثة مستويات لفتحة قلب الصمام يتم ضبطها كما أشرنا سابقا بصامولة التعديل. فعند زيادة ضغط المبخر يقل معدل سريان وسيط التبريد بالنسبة للوضعيات الثلاثة لقلب الصمام كما هو مبين على المنحنيات الحمراء بالشكل (٤- ٦)، حيث يوضح كل منحنى تغير معدل السريان عبر فتحة معينة بالمقعد مع تغير ضغط المبخر.

- المنحنى رقم (١) يبين تغير معدل سريان مائع التبريد مع ضغط المبخر عندما يكون قلب الصمام مفتوحا وفق تعديل التصميم (أي وفق حمل التصميم المعتمد لوحدة التبريد)
- المنحنى رقم (٢) يبين تغير معدل سريان مائع التبريد مع ضغط المبخر عندما يكون قلب الصمام مفتوحا زيادة عن اللزوم، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع معدل السريان مقارنة بحالة الاتزان.
- المنحنى رقم (٣) يبين تغير معدل سريان مائع التبريد مع ضغط المبخر عندما يكون قلب الصمام مفتوحا أقل من اللزوم، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض معدل السريان مقارنة بحالة الاتزان.



شكل (٤- ٦): أداء صمام تمدد أتوماتيكي

أما معدل سريان مائع التبريد عبر الضاغط فيرتفع بارتفاع ضغط السحب (أي ضغط المبخر) و ذلك للإبقاء على ضغط الطرد (أي ضغط المكثف) ثابتاً كما يبين ذلك المنحنى رقم (٤).

- عندما يكون الحمل الحراري على مستوى المبخر متوافقا مع خصائص تصميم الوحدة (حمل التصميم)، يكون الصمام في حالة اتزان (عند ضغط الاتزان بالحالة A) و تكون فتحة قلب الصمام متوافقة أيضاً مع حمل التصميم.

- عند زيادة الحمل الحراري عن حمل التصميم يختل الاتزان على مستوى الغشاء و تبدأ درجة الحرارة داخل المبخر في الارتفاع مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط المبخر فيتحرك غشاء الصمام إلى أعلى في اتجاه غلق قلب الصمام (تحت تأثير القوة F_2). الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض ضغط المبخر تدريجيا إلى أن يعود لقيمة الاتزان السابقة عندما يحدث 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).
- عند انخفاض الحمل الحراري عن حمل التصميم يختل الاتزان أيضا على مستوى الغشاء و تبدأ درجة حرارة المبخر في الانخفاض و بالتالي يبدأ ضغط المبخر في الانخفاض. عندها يتحرك الغشاء إلى أسفل في

اتجاه فتح قلب الصمام (تحت تأثير القوة F_1) مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط داخل المبخر من جديد 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.

ملاحظة

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

لقد أشرنا سابقا ألى 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.

٤- ١- ٢- ٣ مميزات صمام التمدد الأتوماتيكي

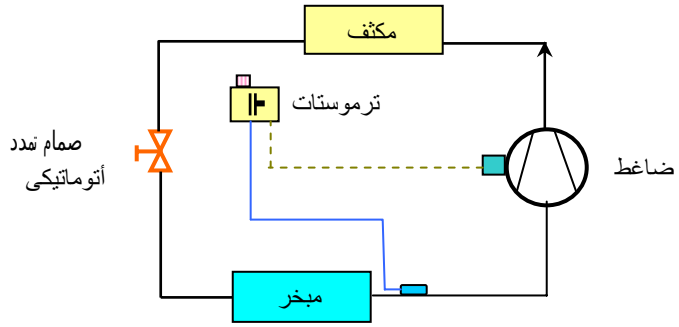
- حماية المبخر من تكوين الصقيع عند إنخفاض حمل التبريد لمدة طويلة
- حماية الضاغط عند زيادة الحمل وذلك بمحافظته على ضغط المبخر ثابتاً

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.

٤- ١- ٢- 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.

و لحماية الضاغط من احتمال طفح سائل التبريد 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 (٤-٧). و يتم ضبط الترموستات عند درجة حرارة مساوية لدرجة حرارة التشبع المناظرة لضغط المبخر أو أعلى منها بدرجتين.

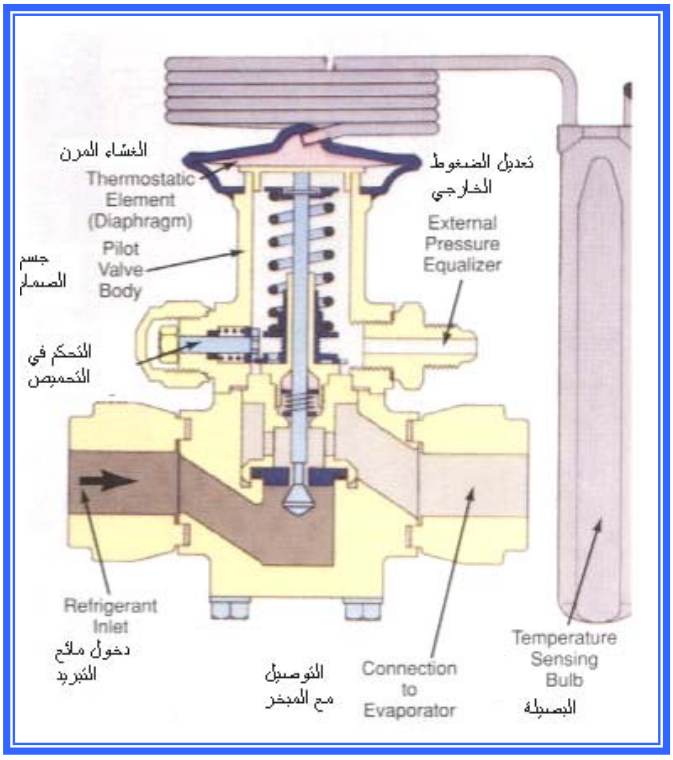


شكل (٤-٧): حماية الضاغط من طفح سائل التبريد عند انخفاض الحمل

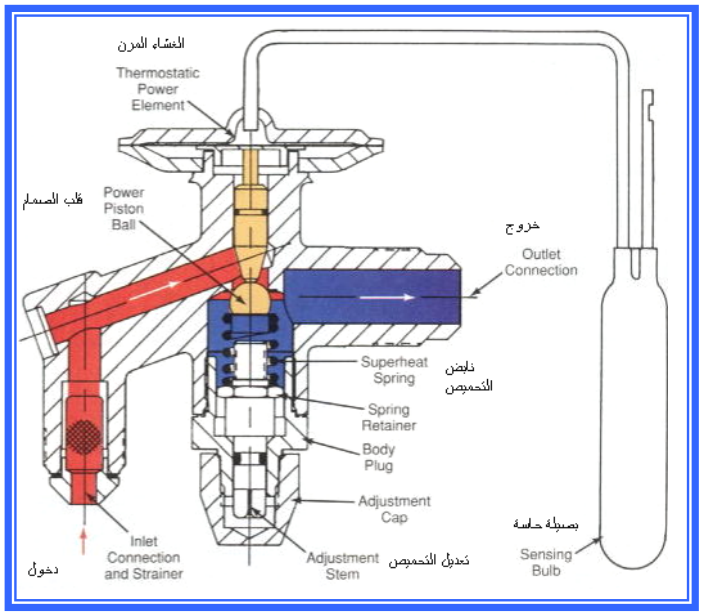
٤- ١- ٣ صمام التمدد الحراري

٤- ١- ٣- 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 كما هو موضح على الشكل (٤- ٨- أ) ، الشكل (٤- ٨- ب).



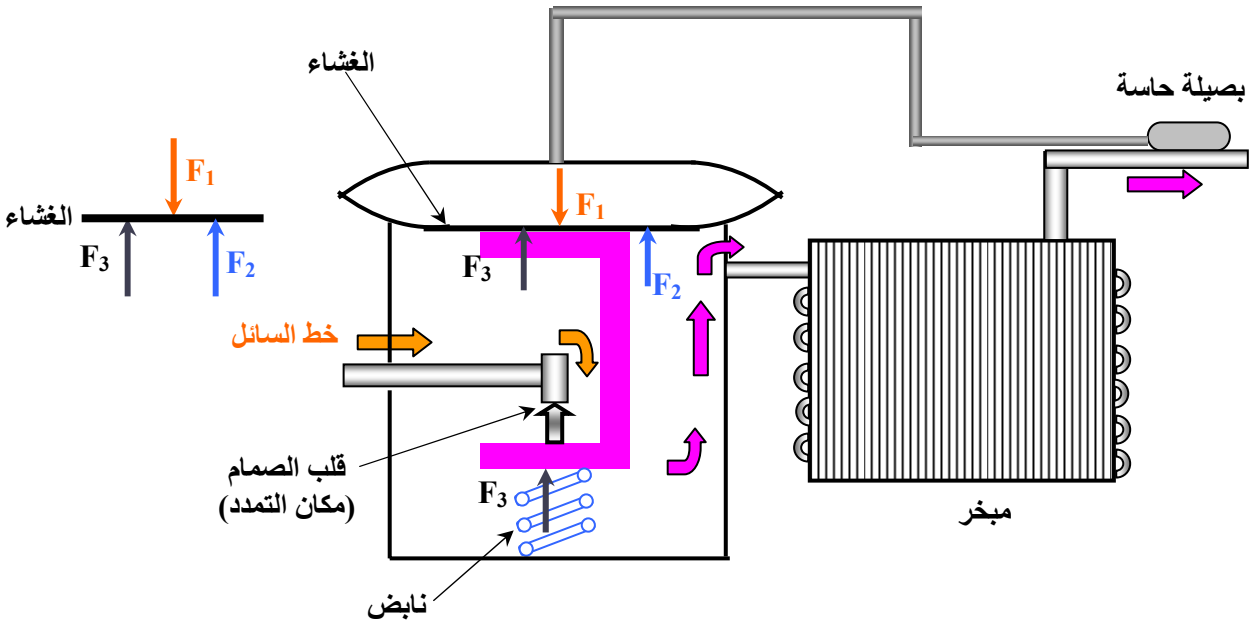
شكل (٤- ٨- أ)



شكل (٤- ٨- ب)

شكل (٤- ٨): مكونات صمام تمدد حراري

الشكل (٤- ٩) يوضح طريقة اشتغال صمام التمدد الحراري، حيث يتم تثبيت البصيلة عند خروج المبخر للإحساس بدرجة حرارة مائع التبريد المحمص في هذا الموقع.



شكل (٤- ٩): طريقة اشتغال صمام التمدد الحراري

و يمكن شرح عمل هذا الصمام بشكل مبسط كما يلي:

يتم اتزان الغشاء المرن تحت تأثير القوى التالية (شكل ٤- ١٠):

- قوة المائع الموجود داخل البصيلة و الأنبوبة الشعرية ويضغط على الغشاء من فوق F_1.
- قوة النابض و تؤثر من أسفل الغشاء F_3.
- قوة المبخر و تؤثر من أسفل الغشاء F_2.

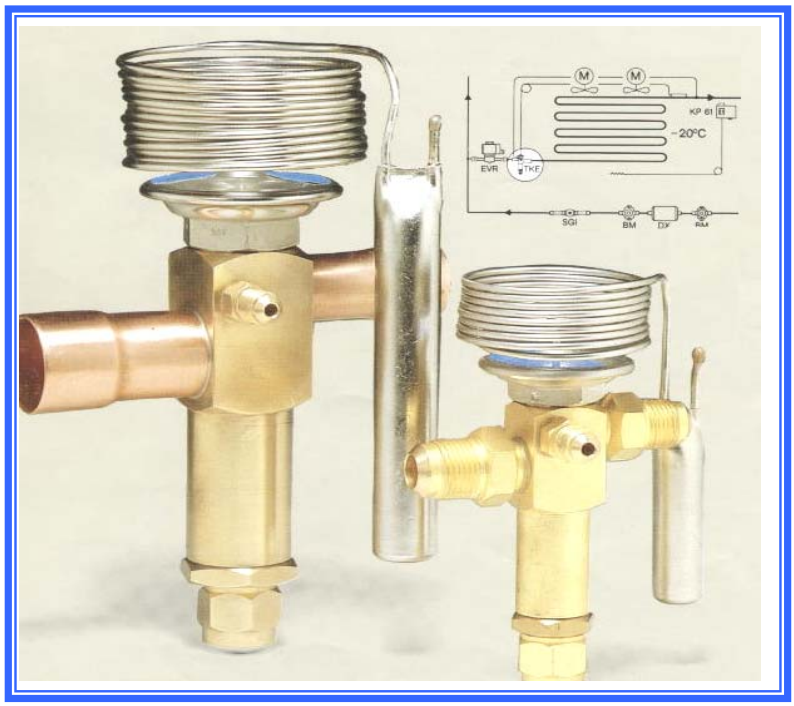
عند ارتفاع الحمل تحس البصيلة بارتفاع درجة حرارة الغاز المحمص على مستوى خط السحب فيزداد ضغط المائع الموجود داخلها مما يؤدي إلى ارتفاع القوة المؤثرة على أعلى الغشاء F_1 حتى تتجاوز مجموع القوتين F_2 و F_3 فيتقوس الغشاء إلى أسفل مسببا فتح الصمام تدريجيا و بالتالي زيادة معدل سريان مائع التبريد إلى المبخر.

أما عند انخفاض الحمل فإن البصيلة تحس بانخفاض درجة حرارة الغاز المحمص عند خروج المبخر فيقل الضغط P_1 مما يؤدي إلى انخفاق القوة F_1 عن مجموع F_2 و F_3 فيتقوس الغشاء إلى أعلى مسببا غلق قلب الصمام تدريجيا 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 مختلف تطبيقات التبريد بما في ذلك 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.

الشكل (٤- ١٠) يبين نموذجاً صناعياً لصمام التمدد الحراري.



شكل (٣- ١٠): موذج صناعي لصمام تمدد حراري

٤- ١- ٣- 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 اتزان جديد. و إذا زاد حمل التبريد مرة أخرى يعدل المحبس وضعه من جديد و يزداد معدل سريان وسيط التبريد مسببا إجهادا إضافيا للضاغط، وفي هذه الحالة يخشى على الضاغط من الوصول إلى حالة الحمل الزائد (Overload).

عند انخفاض حمل التبريد تنخفض درجة حرارة مائع التبريد عند خروج المبخر، و ينتج عن ذلك انخفاض ضغط البصيلة فيبدأ صمام التمدد في تعديل وضعه في اتجاه الغلق لتقليل معدل سريان مائع التبريد حتى حدوث الاتزان من جديد. و باستمرار انخفاض حمل التبريد يستمر معدل سريان مائع التبريد

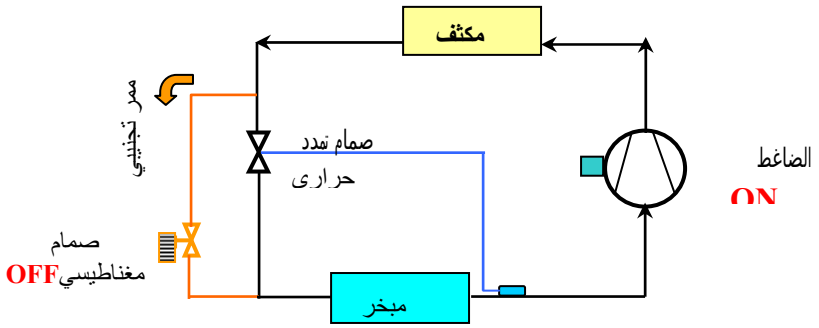
في النقصان، مما يؤدي إلى انخفاض ضغط المبخر الأمر الذي يسبب طفح الضاغط بسائل التبريد الخارج من المبخر عند أحمال التبريد المنخفضة جدا في بعض الحالات الخاصة حيث إن الحمل الحراري غير كافٍ لتبخير كل كمية مائع التبريد المارة عبر المبخر.

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 تتم معادلة الضغوط على مستوى خطي السحب و الطرد عند إيقاف الضاغط و ذلك باستخدام إحدى الطرق التالية:

أ- إحداث 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 كما هو مبين على الشكل (٤- ١١).



شكل (٤- ١١): تعديل خارجي للضغوط باستخدام ممر تجنيبي

٤- ١- ٣- ٣ الشططان

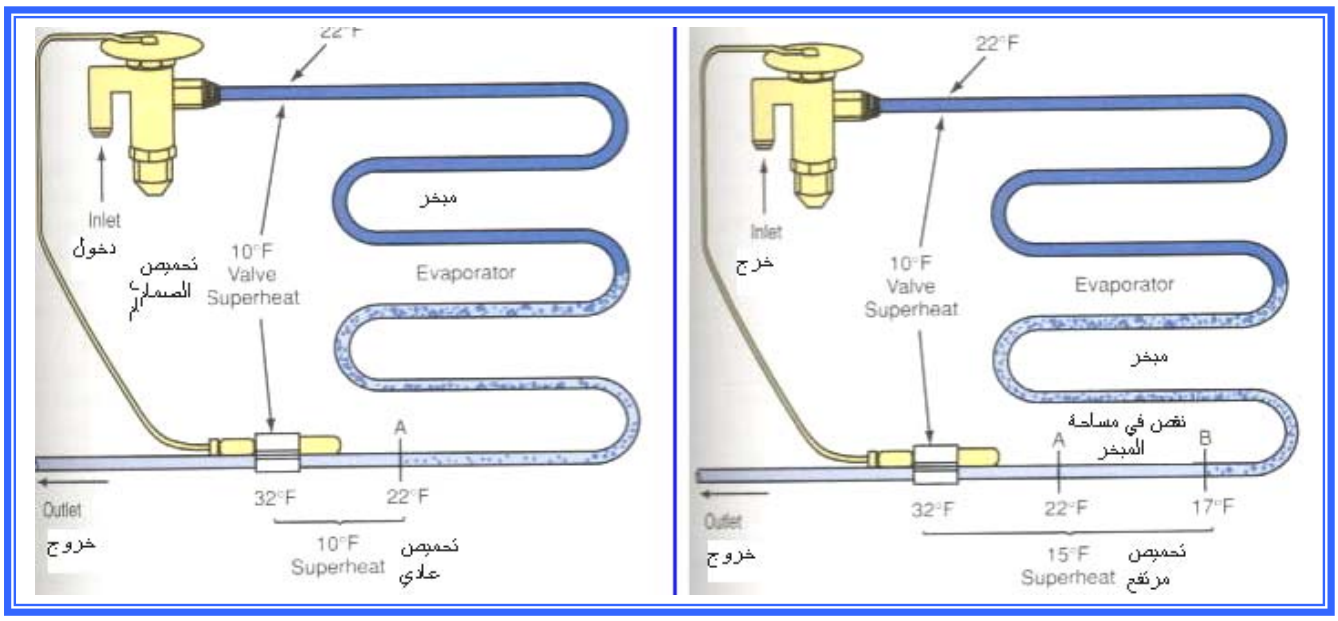
الجدير بالذكر أنه نتيجة التخلف الزمني لاستجابة صمام التمدد الحراري أو نتيجة للفترة الزمنية التي يأخذها مائع التبريد للدخول إلى المبخر و الوصول إلى موضع البصيلة بعدما يعدل الصمام وضعه على

إثر تغير ضغط البصيلة، قد يحدث ما يسمى بالشططان حيث يزداد معدل سريان مائع التبريد حتى يصل إلى قيمة تؤدي إلى طفح المبخر أو يقل إلى قيمة تؤدي إلى عطش المبخر. 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 طفح سائل التبريد إلى الضاغط عند ارتفاع معدل سريان 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.

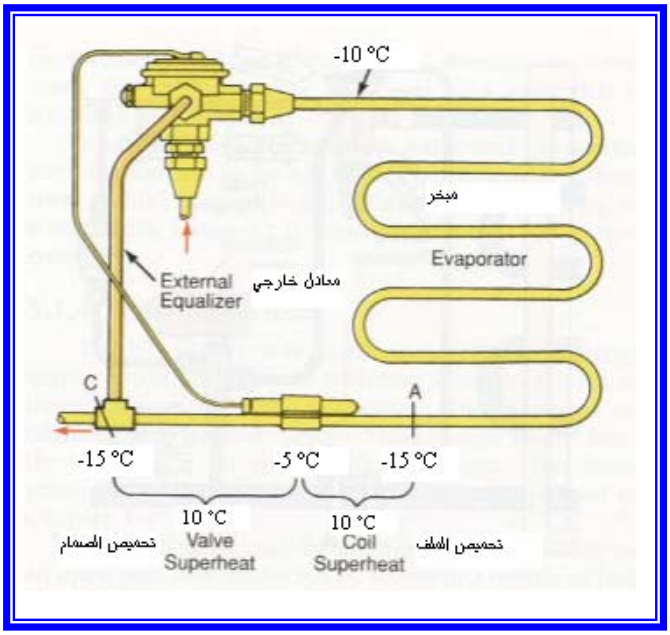
٤- ١- ٣- ٤ صمام التمدد الحراري المعادل خارجيا

أشرنا سابقاً أن صمام 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 (٤- ١٢).



شكل (٤- ١٢): تأثير الفقد في الضغط عند المبخر على قيمة التحميص

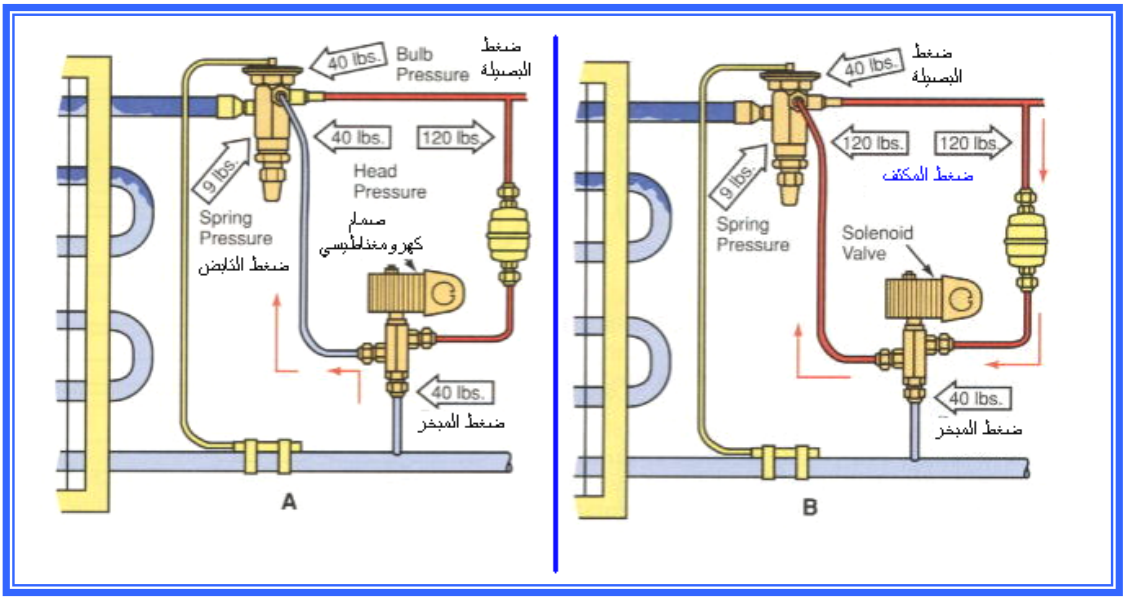
و للتغلب على مشكلة الفقد في الضغط المفرط عبر المبخر، يستخدم صمام تمدد حراري معادل خارجيا. و يشتمل هذا الصمام على أنبوب يوصل بين خط السحب عند خروج المبخر و الفضاء الأسفل للغشاء. و يمكن هذا الأنبوب من اتزان غشاء الصمام بين ضغط البصيلة من جهة و ضغط النابض و ضغط المبخر من جهة أخرى كما هو مبين على الشكل (٤- ١٣).



شكل (٤- ١٣): صمام تمدد حراري معادل خارجيا

من ناحية أخرى يمكن استخدام نظام تعديل خارجي يعمل فقط عندما يكون الضاغط في حالة تشغيل و يفصل آليا عند توقف الضاغط كما هو مبين على الشكل (٤- ١٤).

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



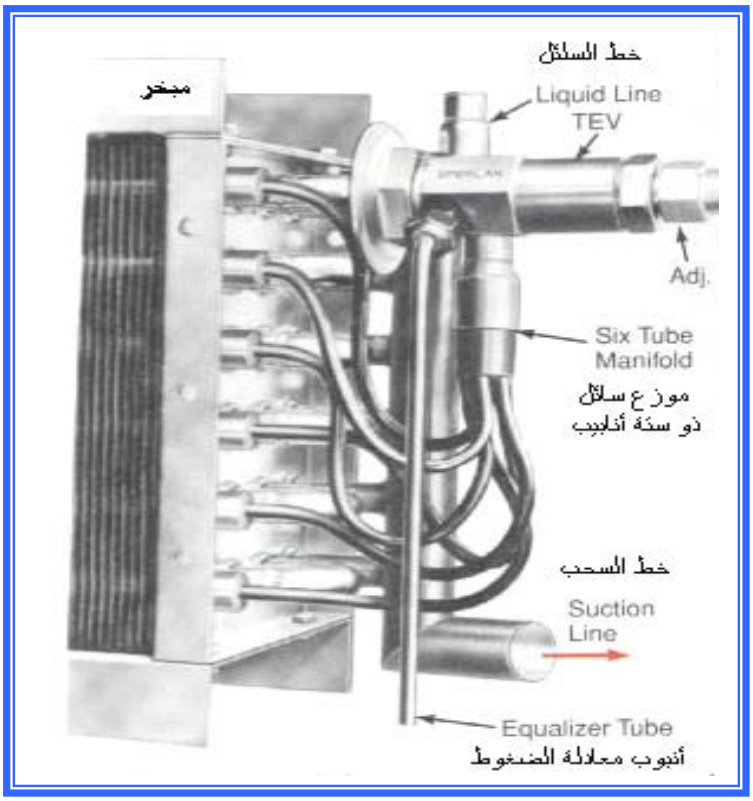
شكل (٤- ١٤): تعديل الضغوط خارجيا باستخدام صمام ثلاثي

و يستخدم هذا النوع من الصمامات المعادلة خارجيا كلما كان هناك احتمال لانخفاض الضغط عبر المبخر بشكل ملحوظ. و الجدول (٤- ١) يوضح قيم الفارق في الضغط عبر المبخر 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 (٤- ١): انخفاض الضغط في المبخر و الذي يستوجب معادلة خارجية

كما يمكن استخدام صمام التمدد الحراري المعادل خارجيا عند إضافة موزع سائل كما هو مبين على الشكل (٤- ١٥). حيث يتكون توزيع مائع التبريد الخارج من الصمام على نقاط مختلفة عبر المبخر.



٤- ١- ٤ صمام التمدد الكهربائي الحراري

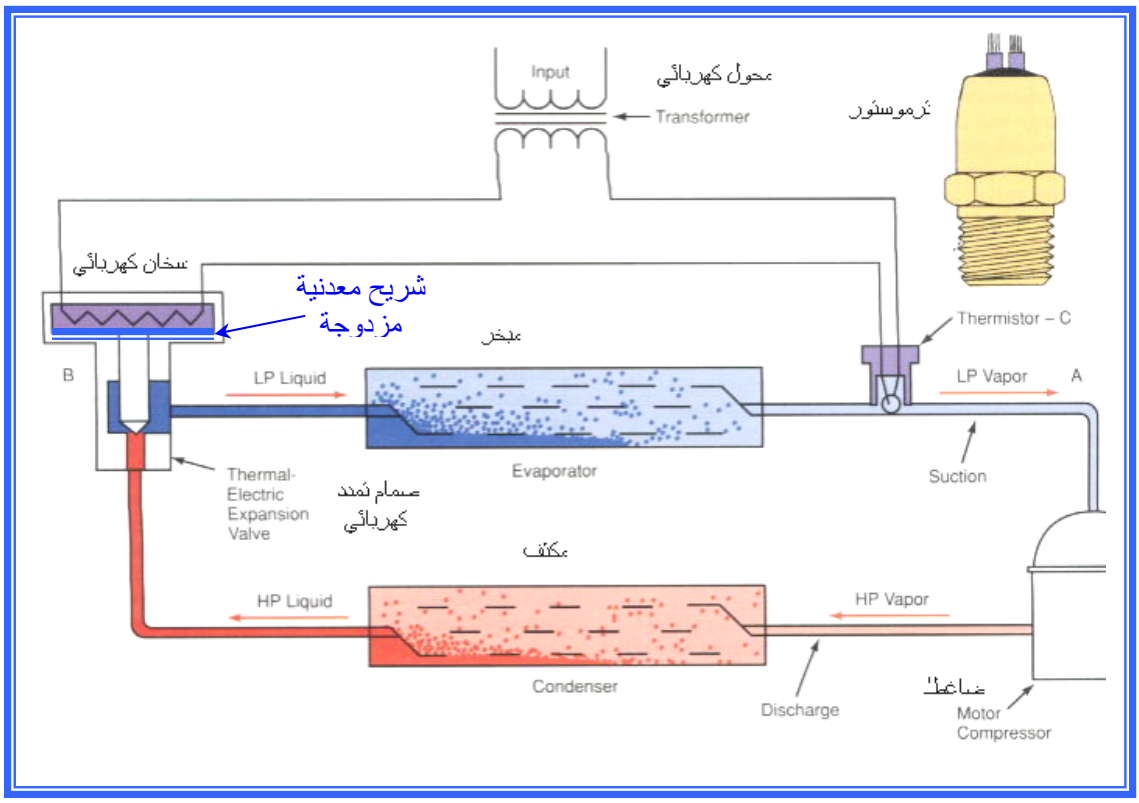
يعمل هذا النوع من الصمامات بالجهد الكهربائي المؤثر على قلب الصمام و الذي يتم التحكم فيه بواسطة عنصر حساس يوضع في خط السحب بعد خروج المبخر.

الشكل (٤- ١٦ أ) يبين مكونات صمام التمدد الكهربائي. حيث يستخدم عنصراً 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.

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 تقوس الشريحة المعدنية المزدوجة مما يؤدي إلى 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.

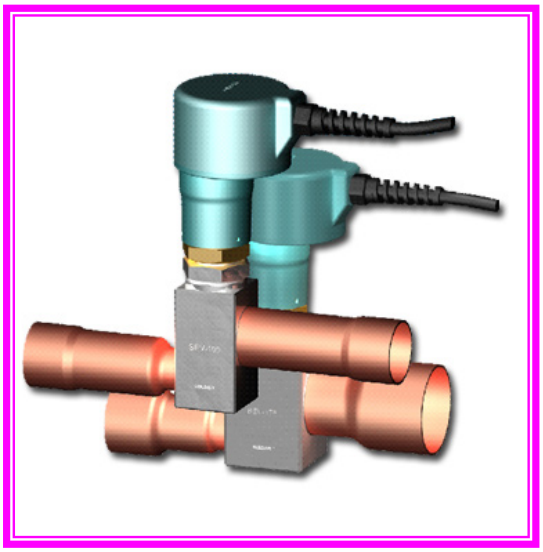
من ناحية أخرى و عند توقف الضاغط ترتفع درجة الحرارة على مستوى خط السحب مما يؤدي إلى انخفاض مقاومة الترموستور فيزداد التيار الكهربائي المار إلى السخان المثبت داخل المحبس مسببا تقوس الشريحة المعدنية المزدوجة مما يؤدي إلى حركة قلب الصمام في اتجاه الفتح. و يؤدي انفتاح قلب الصمام أثناء توقف الضاغط إلى معادلة 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 بدلاً من الأنبوبة الشعرية و هذا يكسبه أداء أفضل و دقة جيدة خاصة و أن الحاس مغمور كلياً بمائع التبريد.



شكل (٤- ١٦- أ): صمام تمدد كهربائي حراري

الشكل (٤- ١٦ ب) يبين نموذجا لصمام تمدد كهربائي حراري.

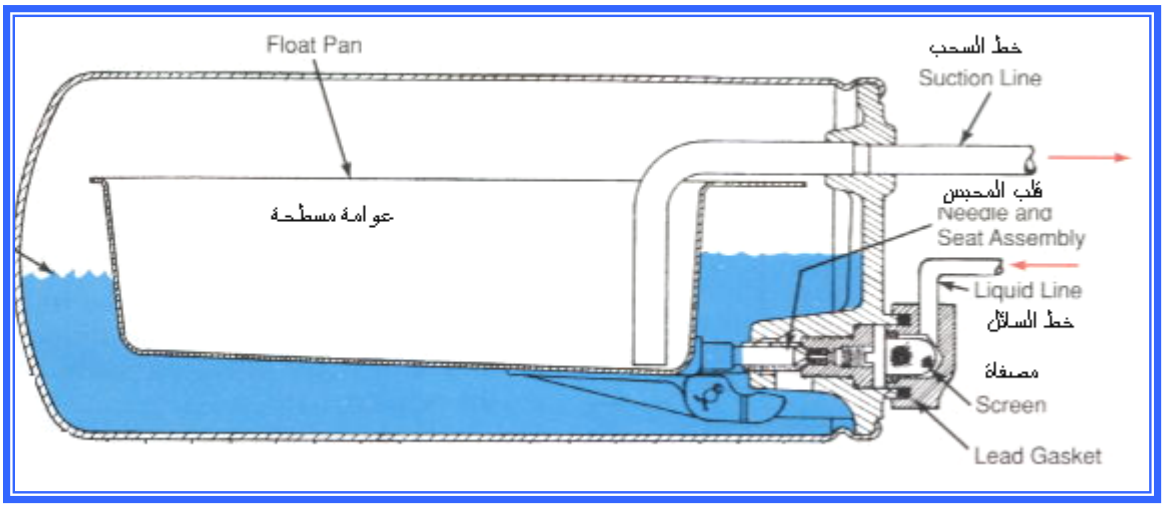


الشكل (٤- ١٦ ب) : صمام تمدد كهربائي حراري

٤- ١- ٥ محبس عوامة جانب الضغط المنخفض

٤- ١- ٥- ١ 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 (٤- ١٧).

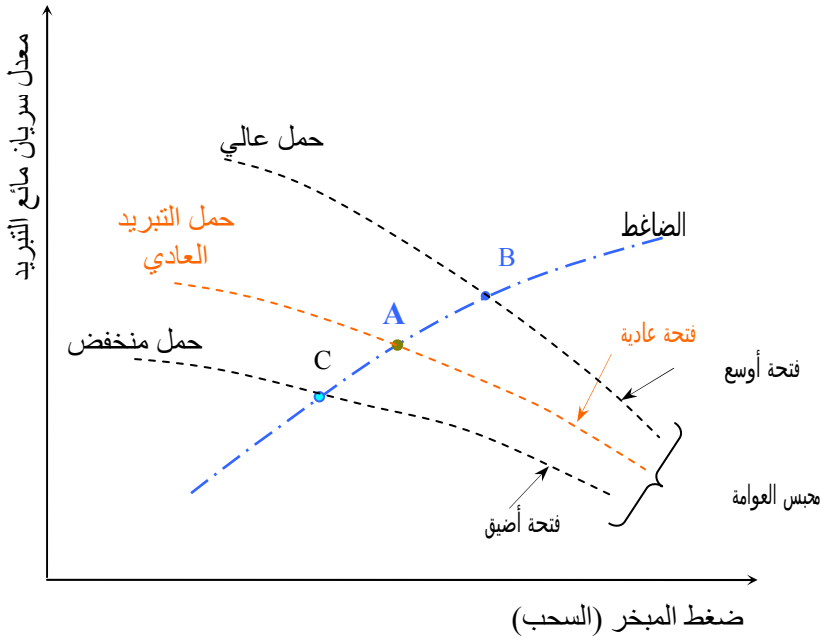


شكل (٤- ١٧): محبس عوامة للضغط المنخفض

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

٤- ١- ٥- ٢ أداء المحبس

الشكل (٤- ١٨) يوضح طريقة أدء المحبس، فعند زيادة حمل التبريد عن حمل التصميم يرتفع معدل التبخير، و يؤدي ذلك إلى زيادة معدل سريان مائع التبريد الذي يجب على الضاغط طرده ناحية المكثف . لذلك يفتح قلب المحبس جزئيا للزيادة في معدل السريان والمحافظة على مستوى السائل بالمبخر. أما عند انخفاض حمل التبريد عن حمل التصميم فإن معدل التبخير يقل و يرتفع مستوى السائل، عندها يغلق قلب المحبس جزئيا مما يؤدي إلى انخفاض معدل سريان مائع التبريد عبر الضاغط. من ناحية أخرى ينخفض ضغط المبخر تبعا لانخفاض الحمل.



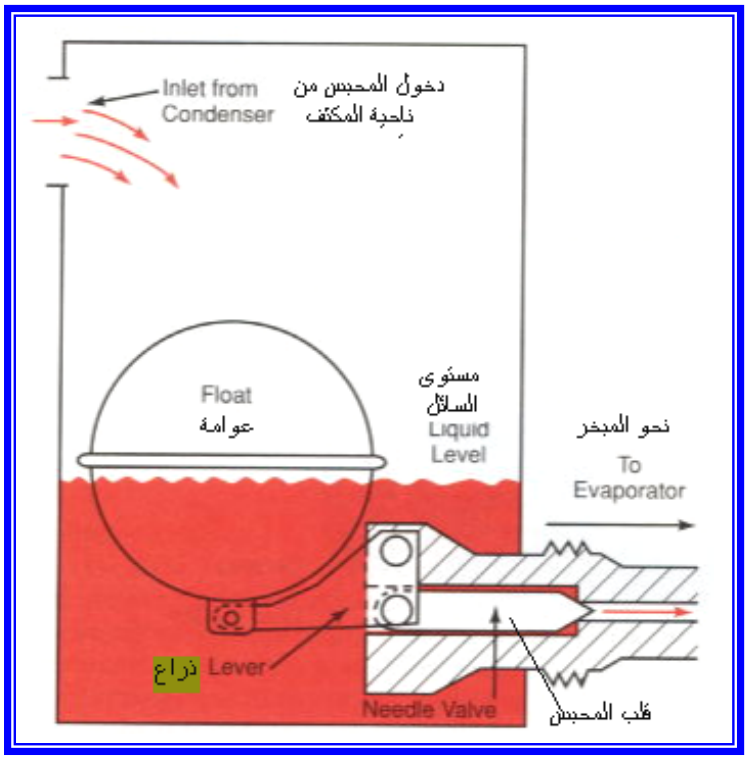
شكل (٤- ١٨): أداء محبس عوامة للضغط المنخفض

٤- ١- ٦ محبس عوامة جانب الضغط العالي

يستخدم محبس عوامة جانب الضغط العالي مع المبخرات المغمورة لتخفيض الضغط بين المكثف و المبخر إضافة إلى التحكم في معدل سريان مائع التبريد المار للمبخر تبعا لحمل التبريد المطلوب. و يتم توصيل هذا المحبس أقرب ما يكون من المبخر. التحكم في معدل سريان مائع التبريد يتم بواسطة قلب المحبس الذي يفتح و يغلق حسب تغير مستوى السائل بالمحبس كما هو موضح على الشكل (٤-١٩).

عند ارتفاع الحمل الحراري على مستوى المبخر، يزداد معدل التبخير بالمبخر مما يؤدي إلى زيادة معدل التكثيف بالمكثف. تبعا لذلك يرتفع مستوى السائل بخزان العوامة مما يؤدي إلى ارتفاع العوامة و بالتالي فتح قلب المحبس جزئيا. عندها يرتفع معدل سريان مائع التبريد نحو المبخر لزيادة السعة التبريدية.

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



شكل (٤-١٩): محبس عوامة جانب الضغط العالي

٤- ٢ المنظمات

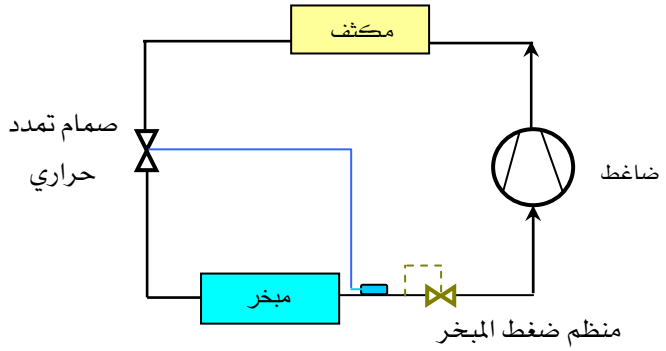
بالإضافة إلى العناصر الأساسية لدورات التبريد و التي تشمل الضاغط و المكثف و المبخر و صمام التمدد ، تستخدم أجهزة إضافية للتحكم في:

- 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 تتلاءم مع حمل التبريد المطلوب.

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

٤- ٢- ١ 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 (٤- ٢٠).



شكل (٤- ٢٠) توصيل منظم ضغط المبخر

الشكل (٤- ٢١) يوضح 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.

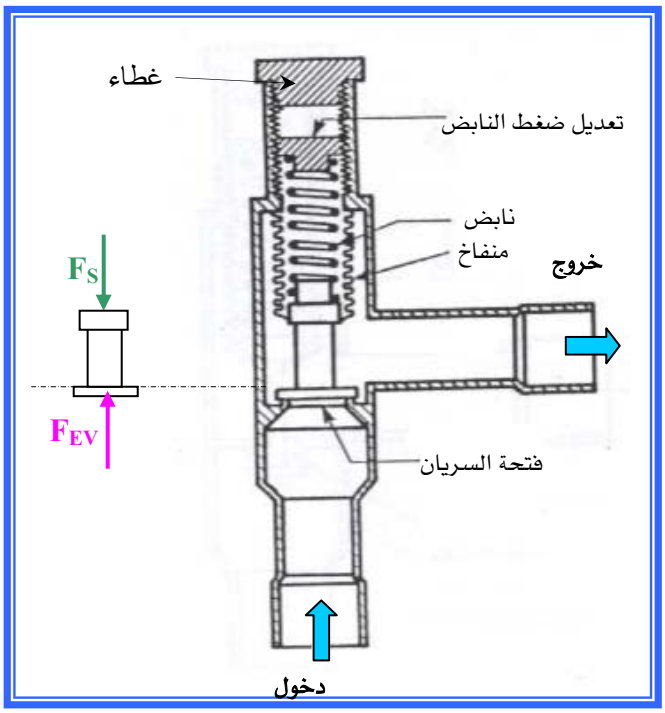
ويستخدم منظم ضغط المبخر في التطبيقات التالية:

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 الخضروات و الفواكه..).

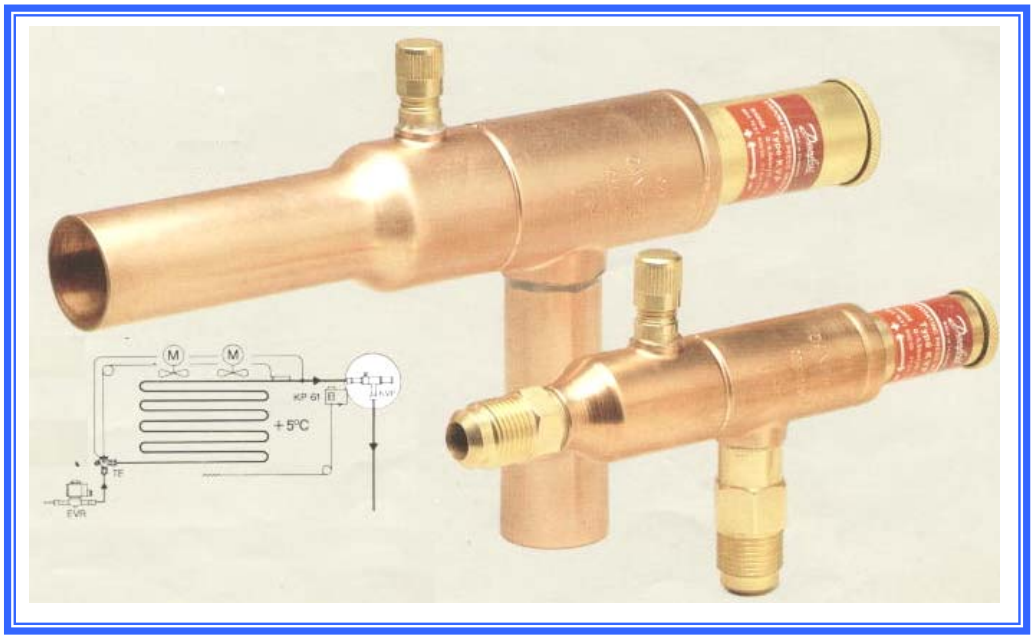
ت- تفادي تجمد المياه في مبردات المياه حيث يخشى من تجمد الماء عند انخفاض الحمل.

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



شكل (٤- ٢١): مكونات منظم ضغط المبخر

الرسم (٤- ٢٢) يوضح الشكل الصناعي لمنظم ضغط المبخر حيث يمكن توصيله باللحام أو بالفلير.

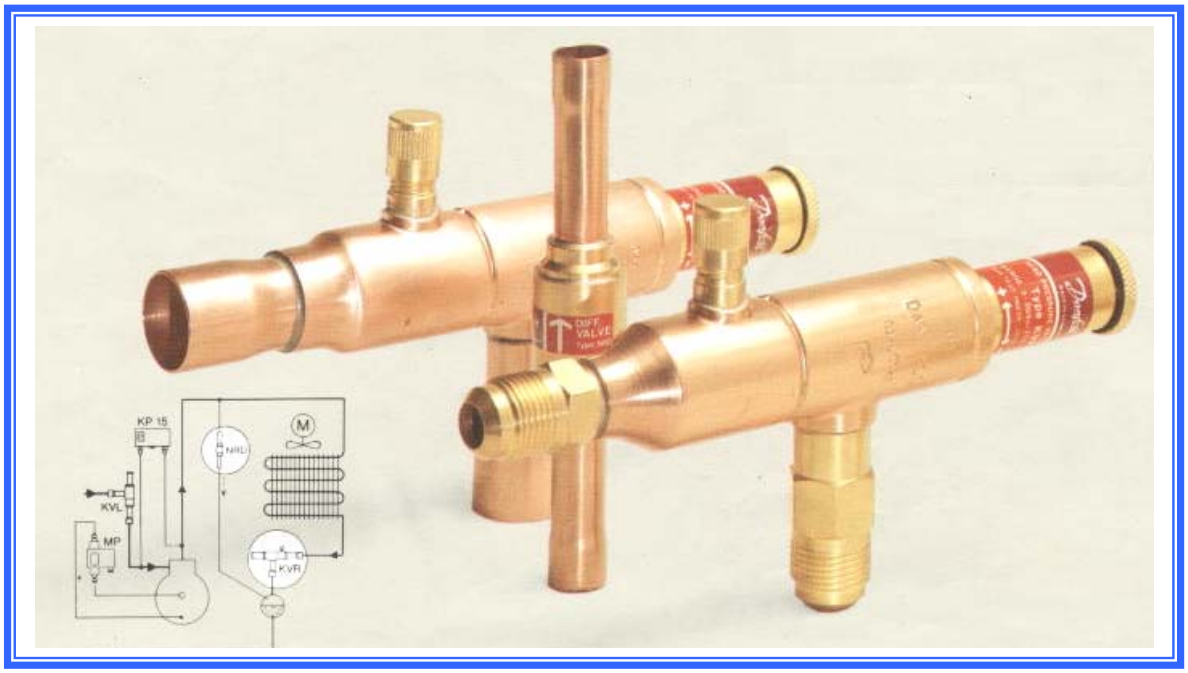


شكل (٤- ٢٢): منظم ضغط المبخر دانفوس [٦]

٤- ٢- ٢ 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 على ضغط خزان السائل ثابتاً كما هو موضح على الشكل (٤- ٢٣) حيث يبرز منظم لضغط المكثف مع صمام ضغط فرقي للتحكم في الضغط على مستوى خزان السائل.

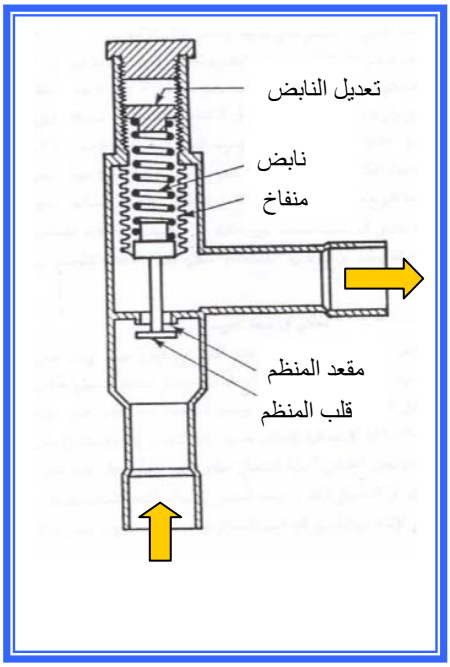


شكل (٤- ٢٣): منظم ضغط المكثف مع صمام ضغط فرقي من نوع دانفوس [٦]

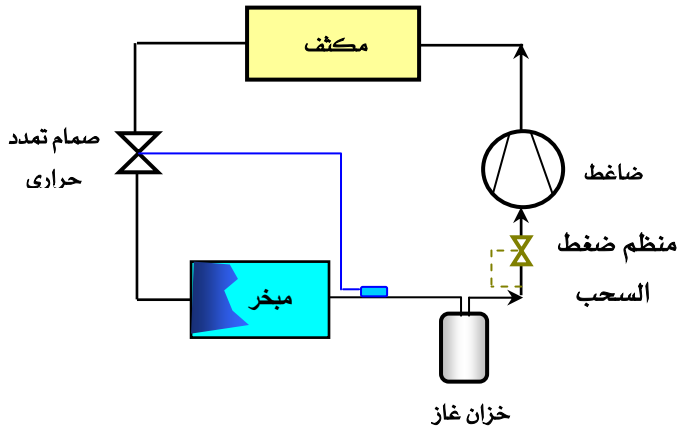
٤- ٢- ٣ منظم ضغط السحب

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 (٤- ٢٤) يوضح مكونات منظم ضغط السحب. و الشكل (٤- ٢٥) يوضح طريقة توصيل منظم ضغط السحب بينما يوضح الشكل (٤- ٢٦) صورة لمنظم ضغط السحب الصناعي.



شكل (٤- ٢٤): مكونات منظم ضغط السحب



شكل (٤- ٢٥): طريقة توصيل منظم ضغط السحب

شكل (٤- ٢٦): منظم ضغط السحب [٦]

٤- ٢- ٤ 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 حملاً تبريدياً كبيراً أو لا تستوجب تبريداً 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:

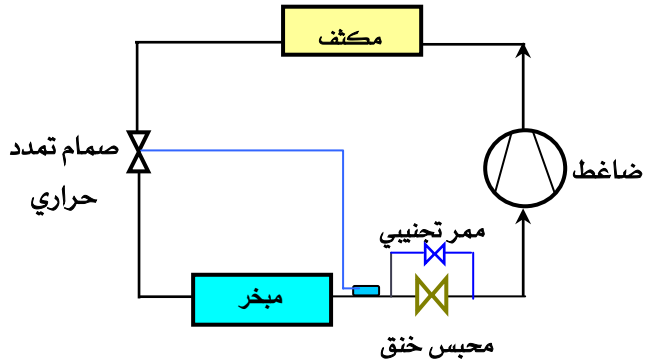
- احتياج الضاغط إلى عزم تشغيل عالٍ عند بداية التشغيل وهذا يؤدي إلى انخفاض كفاءة الوحدة،
- احتمال تلف محرك الضاغط نتيجة التحميل الزائد و الناتج عن الإيقاف المتتابع.

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

- 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،
- خنق بخار الغاز على مستوى خط السحب باستخدام محبس خنق،
- إرجاع جزء من الغازات الساخنة الخارجة من الضاغط إلى خط السحب أو إلى دخول المبخر باستخدام منظم لتهريب الغاز الساخن.

أ- التحكم في سعة التبريد باستخدام محبس خنق بخط السحب

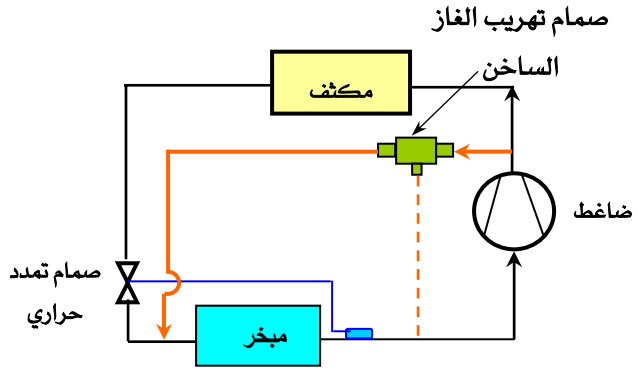
يوضع محبس خنق في خط السحب كما هو مبين على الشكل (٤- 27). فعند انخفاض حمل التبريد يرسل منظم درجة حرارة المبخر (الترموستات) إشارة إلى محبس خنق الغاز فيبدأ في الإقفال الأمر الذي يسبب انخفاض ضغط السحب للضاغط فيقل معدل سريان وسيط التبريد خلال الضاغط فتقل سعة التبريد بالمبخر. و يستخدم محبس تجنيبي لضمان سريان 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 ١٥ إلى ٤٠ ٪، أما إذا انخفض حمل التبريد إلى قيمة تقل عن هذه النسبة فيتم إيقاف الضاغط بتأثير من الترموستات.



شكل (٤- 27): التحكم في سعة التبريد باستخدام محبس خنق بخط السحب

ب- التحكم في سعة التبريد باستخدام منظم لتهريب الغاز 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 (٤- 28).



شكل (٤- 28): 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 الانفتاح 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.

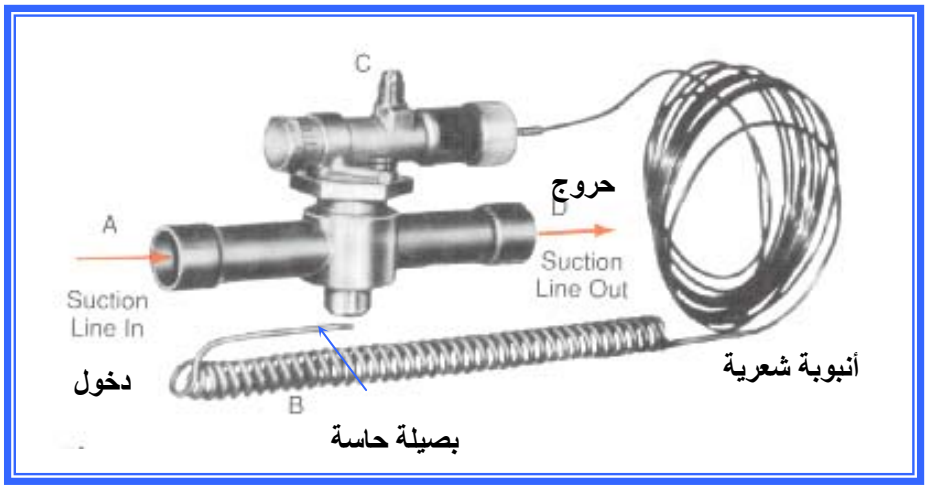
و من مميزات هذه الطريقة التحكم الجيد في سعة التبريد دون التأثير على أداء الضاغط. غير أن الضاغط يستهلك نفس الطاقة الكهربائية للتشغيل حتى عند الحمل التبريدي الأصغر.

الشكل (٤- 29) يوضح شكلاً صناعياً لمنظم تهريب الغاز الساخن مع عنصر خلط على مستوى دخول المبخر.

شكل (٤- 29): منظم تهريب الغاز الساخن مع عنصر

٤- ٢- ٥ صمام التحكم في درجة الحرارة

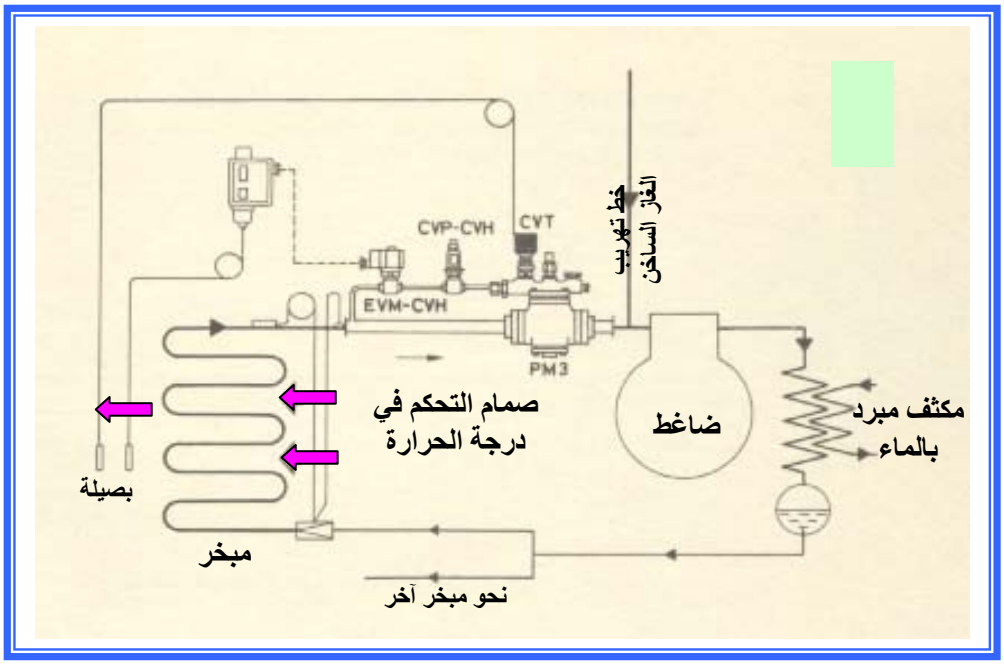
يستخدم هذا الصمام للتحكم في درجة الحرارة على مستوى المبخر و ذلك بالتحكم في ضغط المبخر. و يشبه صمام التحكم في الحرارة، صمام التمدد الحراري في شكله و طريقة اشتغاله كما هو موضح على الشكل (٤- 30). و يشتغل بتأثير درجة حرارة الهواء البارد المغادر للمبخر. و يشتمل هذا الصمام على أنبوبة شعرية و بصيلة حاسة و منفاخ يحدث حركة تحت تأثير ضغط البصيلة، و تمكن حركة المنفاخ من فتح أو غلق الصمام.



شكل (٤- ٣٠): صمام التحكم في 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 (انخفاض درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر) ينخفض الضغط داخل البصيلة الحاسة فينكمش المنفاخ مما يسبب 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 (٤- ٣١) يوضح مثالا للتحكم في درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر باستخدام صمام من نوع دانفوس. حيث يشكل الصمام الرئيس PM3 و الصمام الموجه CVT و الذي يفتح بتأثير درجة الحرارة، و وحدة متكاملة للتحكم التناسبي تمكن من تعديل سعة المبخر وفق درجة حرارة الهواء المغادر للمبخر. و تستخدم بصيلة الصمام CVT للإحساس بدرجة حرارة الهواء.



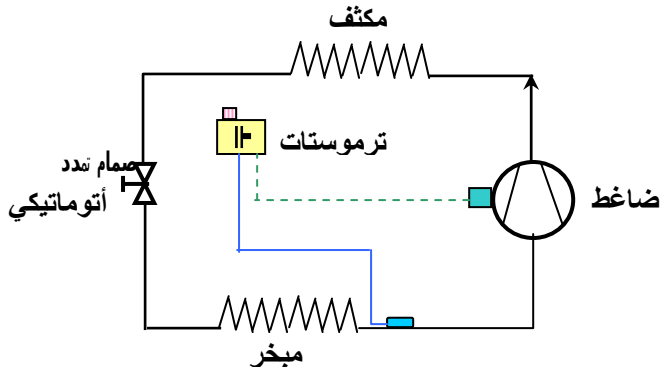
شكل (٤- ٣١): منظم تحكم في درجة حرارة الهواء من نوع دانفوس [٧]

٤- ٣ تطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة

نقدم في ما يلي بعض التطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة في التبريد و التكييف.

٤- ٣- ١ التحكم في درجة حرارة خروج المبخر باستخدام ترموستات.

يستخدم الترموستات في التحكم في تشغيل و إيقاف الضاغط في و حدات التبريد و تكييف الهواء وفق درجة حرارة مائع التبريد الخارج من المبخر. و يتم ذلك لحماية الضاغط من الطفح أي من وصول قطرات السائل إليه عند استخدام صمام تمدد أتوماتيكي مثلا كما هو موضح على الشكل (٤- ٣٢).



شكل (٢- ٣٢): ترموستات غرفة للتحكم في تشغيل الضاغط
وحمايته من طفح المبخر

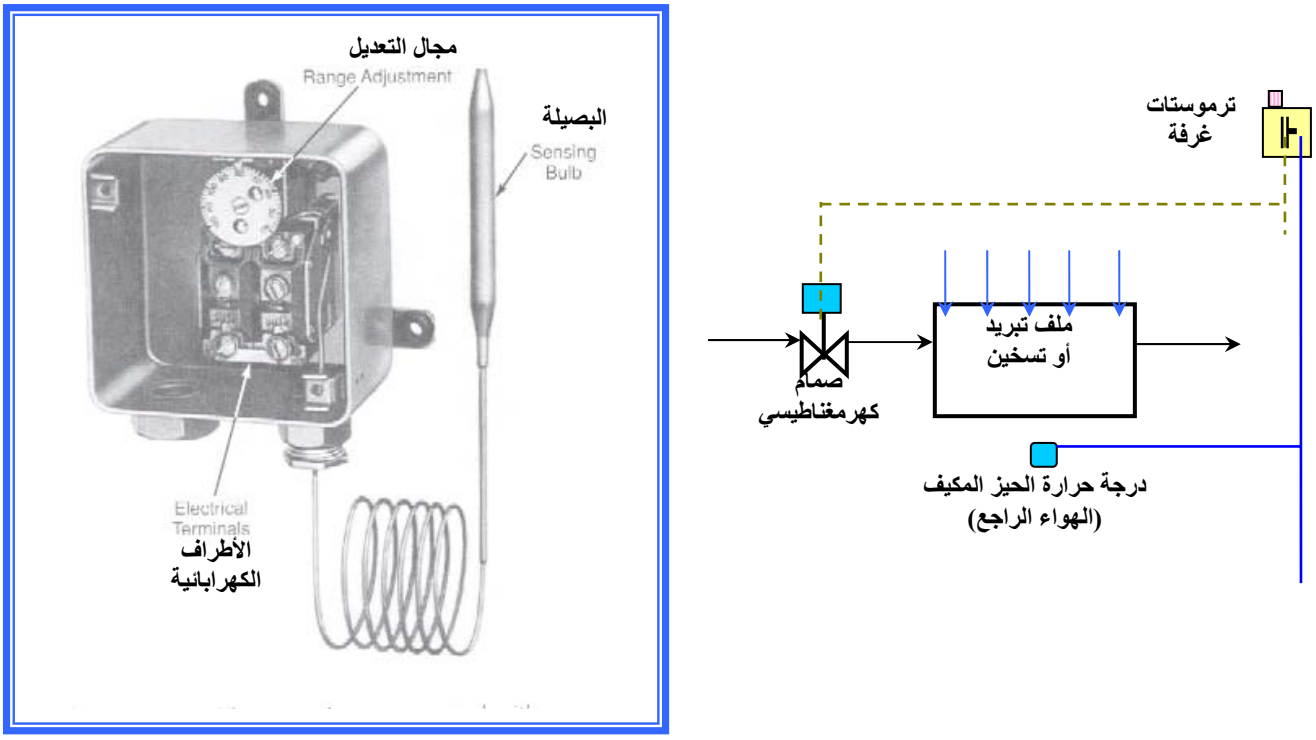
٤- ٣- ٢ التحكم في صمام ملف تبريد و ملف تسخين

يتم التحكم في الصمام الذي يغذي ملف التبريد أو التسخين بالماء باستخدام ترموستات يسمى ثرموستات تبريد أو ترموستات تسخين حسب نوع الملف. 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 عن 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)

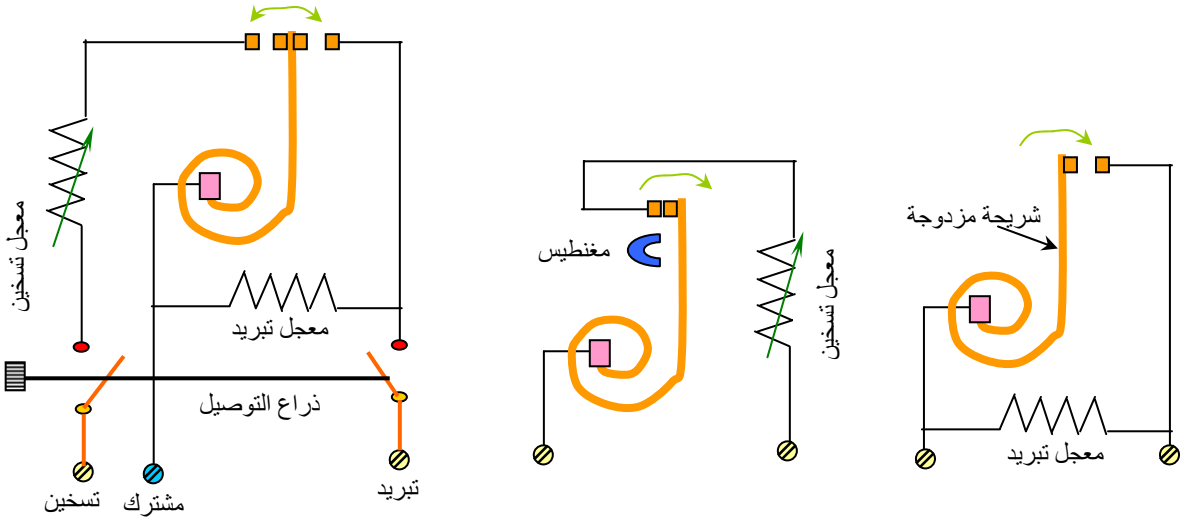
عندما تسخن الغرفة. الشكل (٤- ٣٣) يوضح طريقة توصيل الترموستات للتحكم في صمام ملف التبريد و التسخين وفق درجة حرارة الحيز المكيف.



شكل (٤- ٣٣): ترموستات غرفة للتحكم في معدل سريان الماء

كما يمكن أن يشمل جهاز التحكم بالترموستات على معجل (Anticipator) للتقليل من تفاوت الحاكم. و يتكون المعجل من سخان كهربائي صغير يتم توصيله بشكل متوازٍ مع الشريحة المعدنية المزدوجة بحيث يعجل من غلق نقاط تلامس الترموستات قبل أن تصل درجة حرارة الغرفة إلى نقطة التشغيل أو الإيقاف كما هو مبين على الشكل (٤- ٣٤ أ) و (٤- ٣٤ ب).

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 (٤- ٣٤ج)



رسم (٤- ٣٤ أ): تبريد

رسم (٤- ٣٤ ب): تسخين

رسم (٤- ٣٤ ج): تبريد/تسخين

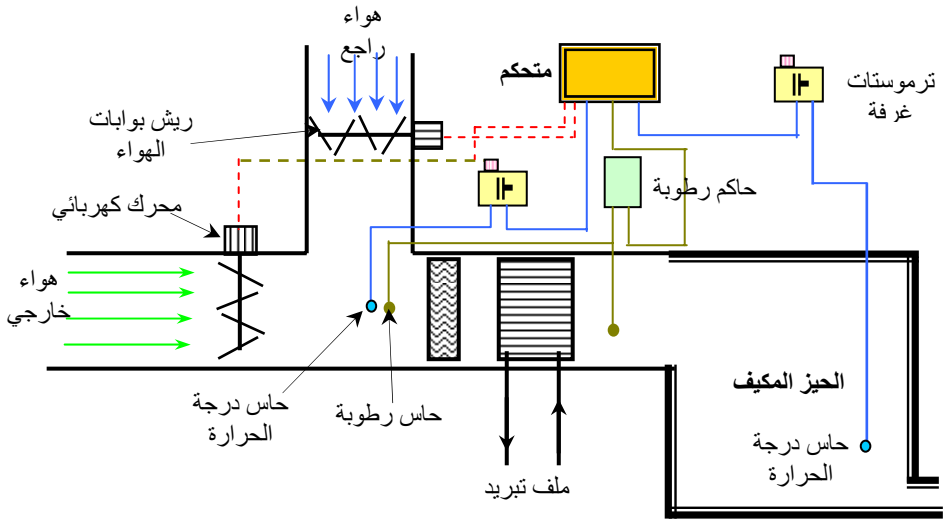
شكل (٤- ٣٤): ترموستات غرفة (تبريد – تسخين - مدمج) مع معجل

الشكل (٤- ٣٥) يبين الأجزاء الداخلية لترموستات تسخين مع معجل.

شكل (٤- ٣٥): التركيب الداخلي لترموستات تسخين مع معجل

٤- ٣- ٣ التحكم في بوابات الهواء

يستخدم الترموستات للتحكم في تشغيل المحرك اذ يعمل على تعديل زوايا ريش بوابات الهواء في منظومات التكييف وذلك وفق تغير حالة الهواء المخلوط بصندوق الخلط والحمل داخل الحيز المكيف كما هو موضح على الشكل (٤- ٣٦). حيث يعطي كل من حاس الترموستات و حاس حاكم الرطوبة إشارات إلى المتحكم الرئيس ليعطي بدوره إشارة إلى محركات توجيه بوابات الهواء إما في اتجاه الغلق أو في اتجاه الفتح.

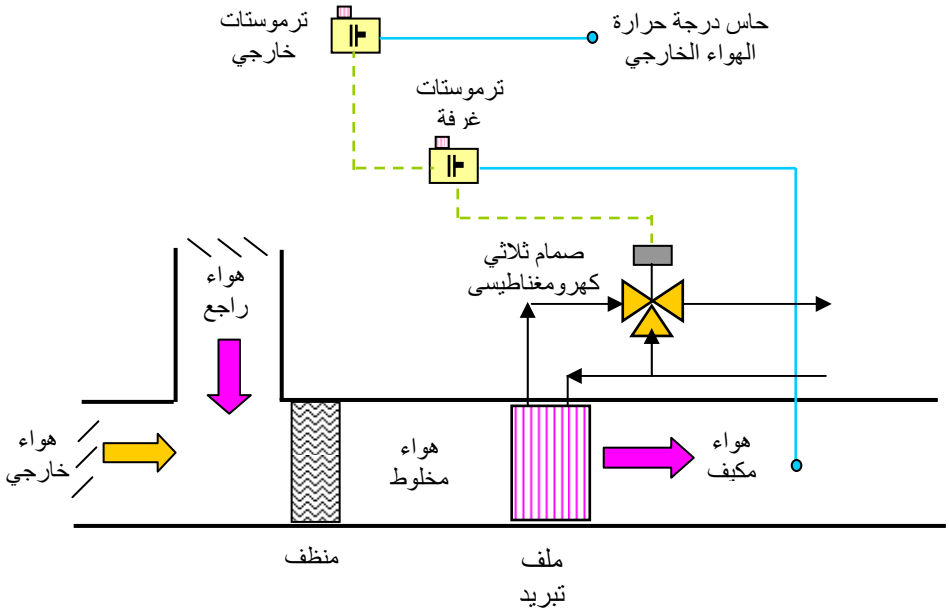


شكل (٤- ٣٦): التحكم في بوابات الهواء

٤- ٣- ٤ التحكم في درجة الحرارة باستخدام 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 (٤- ٣٧).

فمثلا إذا انخفضت درجة حرارة الهواء الخارجي فإن الترموستات الخارجي يعمل على رفع نقطة ضبط الترموستات الداخلي مما يؤدي إلى التقليل من معدل سريان الماء البارد عبر ملف التبريد و هذا يساهم في ترشيد استهلاك الطاقة.

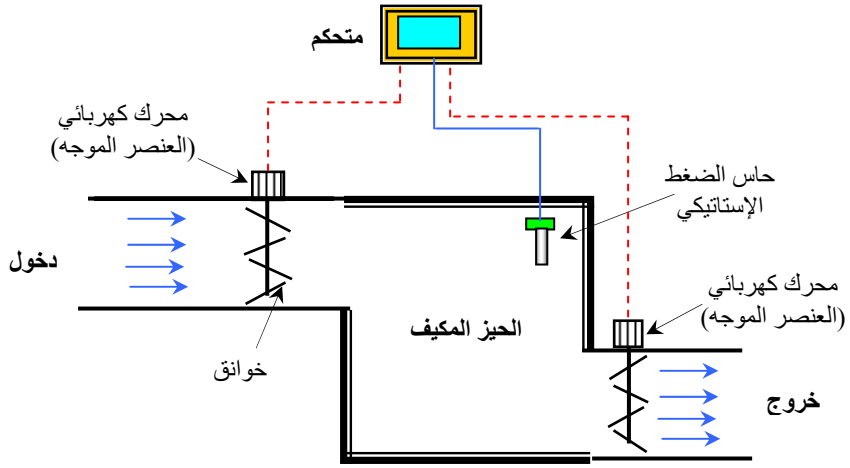


شكل (٤- ٣٧): التحكم في درجة حرارة الهواء المكيف بواسطة ترموستات الهواء الخارجي

٤- ٣- ٥ التحكم في الضغط الإستاتيكي

التحكم في الضغط الإستاتيكي من الإجراءات المهمة في تقنية تكييف الهواء، إذ يتم بواسطة ذلك تحديد مسار الهواء المكيف أو منع الهواء العادم من الوصول إلى مناطق معينة. فمثلا في المستشفيات لا يسمح بالهواء القادم من الغرف الأخرى بالدخول، تجنبا لوصول البكتيريا. لذلك يجب أن يكون الضغط بقاعة العمليات أكبر من الضغط ببقية الغرف. كذلك بالفنادق و المطاعم يجب أن يكون الضغط بقاعة الأكل أكبر من الضغط بالحمامات و المطبخ لتجنب دخول الروائح غير المرغوب فيها...

و يتم التحكم في الضغط الإستاتيكي بواسطة حاكم للضغط الذي يؤثر بدوره على بوابات الهواء الراجع و هواء التغذية كما هو موضح على الشكل (٤- ٣٨). فعند انخفاض الضغط داخل الحيز مثلا يحس حاس الضغط بذلك فيرسل إشارة إلى المتحكم. يقوم المتحكم بتحليل تلك الإشارة و من ثم يرسل إشارة توجيه إلى محرك خوانق الهواء عند الخروج لإغلاقها جزئيا في حين يبقي على خوانق الهواء عند الدخول على حالها (أو ربما يزيد في فتحها إذا كان الانخفاض في الضغط داخل الحيز كبيرا). و ينتج عن خنق الهواء عند الخروج ارتفاع تدريجي في الضغط داخل الحيز. عند بلوغ قيمة الضغط المطلوبة (نقطة الضبط) يثبت المتحكم ريش خانق الهواء وذلك عن طريق المحرك الكهربائي الذي يقوم بدورالعنصر الموجه.



الشكل (٤- ٣٨) : التحكم في الضغط الإستاتيكي

٤- ٤ أسئلة عن الوحدة الرابعة

٤- ٤- ١ أسئلة عن التكم في معدل تدفق و سيط التبريد

١) اذكر مجال استخدام الأنبوبة الشعرية كوسيلة تمدد
٢) ما هي مميزات و عيوب الأنبوبة الشعرية
٣) متى يستخدم صمام التمدد الأتوماتيكي
٤) اشرح مع رسم مبسط طريقة توصيل صمام التمدد الحراري
٥) اشرح معنى الشططان بالنسبة لصمام تمدد حراري
٦) اذكر الطرق المستخدة لمعادلة الضغوط بالنسبة لصمام تمدد حراري
٧) اشرح طريقة اشتغال صمام التمدد الكهربائي الحراري
٨) اذكر مميزات صمام التمدد الكهربائي الحراري
٩) اشرح الغاية من استخدام محبس عوامة ناحية الضغط المنخفض و طريقة اشتغالها
١٠) اشرح الغاية من استخدام محبس عوامة ناحية الضغط العالي و طريقة اشتغالها.

٤- ٤- ٢ أسئلة عن المنظمات

١) اشرح وظيفة منظم ضغط المبخر و طريقة توصيله في دورة التبريد
٢) اذكر الحالات التي تستوجب استخدام منظم ضغط المبخر
٣) اشرح وظيفة منظم ضغط المكثف و طريقة توصيله في دورة التبريد
٤) اذكر الحالات التي تستوجب استخدام منظم ضغط المكثف
٥) اذكر الطرق المستخدمة للتحكم في سعة وحدات التبريد
٦) اشرح وظيفة منظم ضغط السحب و طريقة توصيله في دورة التبريد.

٤- ٤- ٣ أسئلة عن تطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة

١) مع رسم مبسط اشرح طريقة التحكم في نسب خلط الهواء بنظام التكييف
٢) مع رسم مبسط اشرح طريقة التحكم في درجة حرارة الهواء الخارج من ملف التبريد
٣) مع رسم مبسط اشرح طريقة التحكم في درجة حرارة الهواء الخارج من ملف التسخين

٤) مع رسم مبسط اشرح طريقة التحكم في الضغط الإستاتيكي داخل غرفة عمليات بمستشفى.

٤- ٤- ٤ أسئلة إضافية

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 الكهروحراري.

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

٦) ما هو دو منظم ضغط صندوق المرفق .

٧) اذكر ثلاث طرق للتحكم في سعة الضاغط .

٨) اذكر مثالا لاستخدام منظم درجة الحرارة .

٩) مع رسم مبسط اشرح طريقة التحكم في درجة حرارة الهواء الخارج من ملف التبريد أو ملف التسخين.

١٠) مع رسم مبسط اشرح طريقة التحكم في نسب الهواء عند عملية الخلط.

١١) ما هي دواعي التحكم في الضغط الإستاتيكي، اذكر بعض الأمثلة

أساسيات التحكم في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

دوائر القدرة و التحكم لبعض الأجهزة المنزلية

الوحدة الخامسة : دوائر القدرة و التحكم لبعض الأجهزة المنزلية

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

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة 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 المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90٪

الوقت المتوقع للتدريس: ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

- محتوى الوحدات الأولى و الثانية و الثالثة و الرابعة من نفس المقرر .
- ورش أساسيات التبريد و التكييف .
- مقرر أساسيات التقنية الكهربائية .
- منظومات التحكم الآلي المستخدمة في ورش التكييف و المكاتب بالكلية.

متطلبات الجدارة

اجتياز المقررين:

- علم الحراريات و الموائع
- أساسيات التبريد و التكييف
- قياسات
- الوحدات الأولى و الثانية و الثالثة و الرابعة من نفس المقرر
- مقرر أساسيات التقنية الكهربائية.

٥- ١ مقدمة

في الوحدات السابقة من هذا المقرر قمنا بدراسة المعدات الأساسية لدورات التبريد و كذلك الأجهزة الموجهة والمنظمات 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 الوحدة مخصصة 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 الوحدة نبذة 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.

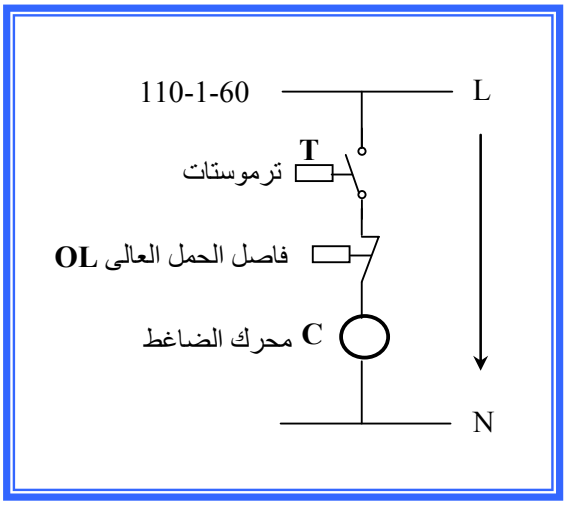
٥- ٢ أنواع الدوائر الكهربائية

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 فتكون دائرة التحكم منفصلة عن دائرة القدرة.

٥- 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 أغلب الأحيان تعمل دائرة التحكم بطور واحد (1Φ Single phase). 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 (٥- ١) يوضح مثالا لدائرة تحكم ثلاجة صغيرة مكونة من:

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



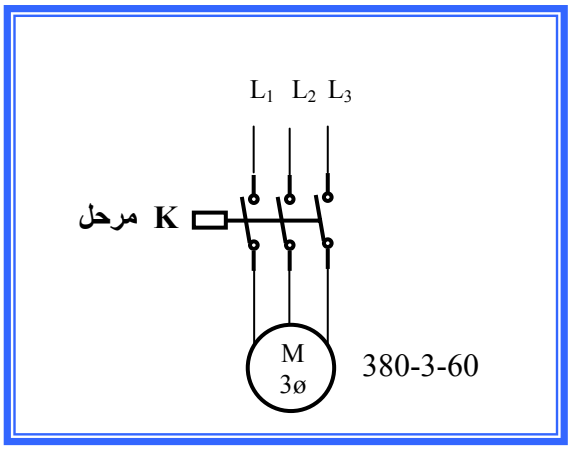
شكل (٥- ١): دائرة تحكم بسيطة

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

٥- 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 (١ Φ) أو بثلاثة أوجه (٣ Φ).

الشكل (٥- ٢) يعطي مثالا لدائرة قدرة تستخدم لتشغيل أو إيقاف محرك كهربائي ذي ثلاثة أوجه (٣ Φ).



شكل (٥- ٢): دائرة قدرة

٥- ٣ عناصر الدائرة الكهربائية

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

٥- 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.

٥- ٣- ٢ المفاتيح Switches

نعني بالمفاتيح كلاً من المرحلات Contactors و مفاتيح التشغيل Switch اليدوي و الأتوماتيكي (الترموستات) و فاصل الحمل العالي Overload و فاصل الضغط العالي و المنخفض

Pressure Cut off و المؤقت الزمني Timer و المؤخر الزمني Time delay وقد تم توضيح وظائف كل هذه العناصر في الوحدة الثالثة من هذا المقرر.

٥- ٣- ٣ الموصلات Wires

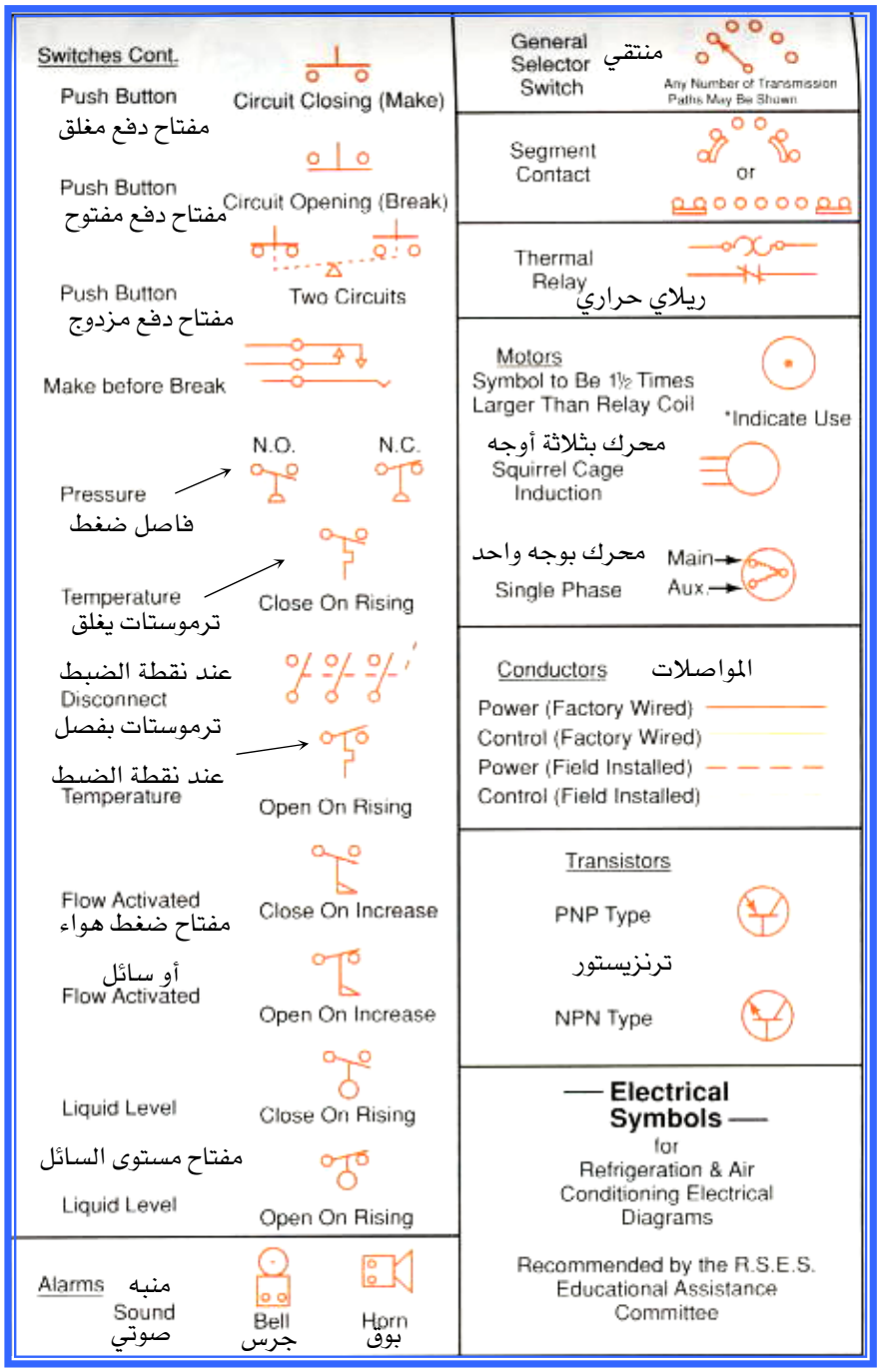
و هي الأسلاك الكهربائية التي تمكن من توصيل العناصر المختلفة بالتيار ويكون قطر الأسلاك مناسباً للحمل و التيار المسحوب. و في أغلب الأحيان يتم استخدام أسلاك كهربائية بألوان مختلفة لتسهيل عملية تتبع الدوائر أثناء الصيانة.

٥- ٤ طريقة رسم الدوائر الكهربائية

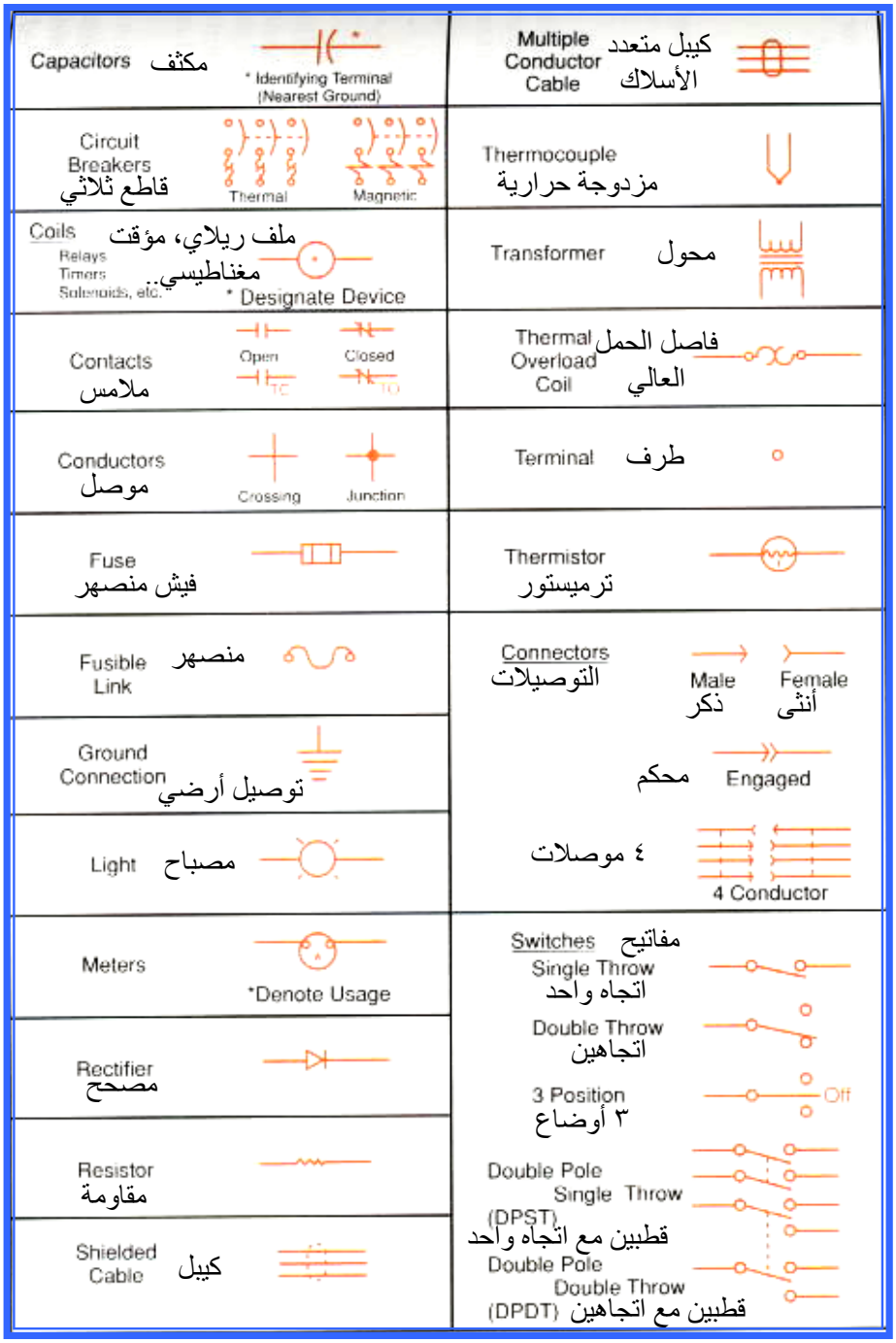
هناك نوعان لرسم الدوائر الكهربائية و هما الرسم التخطيطي و الرسم الشبكي:

٥- ٤- ١ الرسم التخطيطي

هو رسم مبسط توضع فيه العناصر على شكل رموز خاصة قريبة من وظائفها الأصلية (انظر الجدول (٥- ١- أ) و (٥- ١ – ب) 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 و الصيانة لوحدات التبريد و التكييف (Troubleshooting) . و للرسم التخطيطي قواعد محددة و فق النظام العالمي للمواصفات سوف يتم شرحها في الفقرات التالية.



جدول (٥- ١- أ) رموز العناصر الكهربائية
(حسب الاستخدام في المؤسسات الصناعية)



جدول (٥- ١- ب) رموز العناصر الكهربائية

(حسب الاستخدام في المؤسسات الصناعية)

قواعد تفسير الرسم التخطيطي

هناك مجموعة من القواعد تجب معرفتها لفهم الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية وهي:

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

٢- يوجد حمل واحد فقط بالدائرة الموصلة لهذا الحمل

٣- الرسم التخطيطي يعين حالة الاستعداد للتشغيل Ready to start

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

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

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

٧- يمر التيار خلال نقط التماس المغلقة فقط .

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

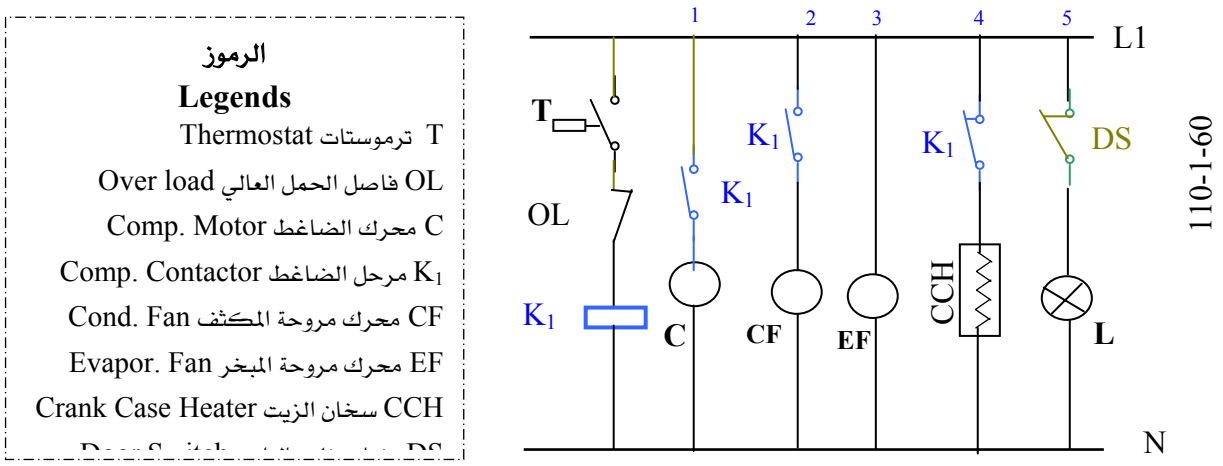
٩- مفاتيح التشغيل ترسم في الوضع العادي (عادة مفتوحة) و تغلق بتتابع التشغيل، أما مفاتيح الوقاية فترسم في الوضع العادي لها (عادة مغلقة) و تفتح عندما يستلزم الأمر الوقاية و قطع التيار. نقاط تماس المؤقت ترسم في وضع بدء التوقيت.

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

١١- يرفق الرسم التخطيطي بقائمة تفسير الرموز .

١٢- تدون الملاحظات خارج الرسم مع الحرص على التقليل منها قدر الإمكان.

الشكل (٥- ٣) وضح مثالا لرسم تخطيطي 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 للإبقاء على درجة حرارة الزيت عند حوالي 45 °C.



شكل (٥- ٣): مثال لرسم تخطيطي لوحدة تبريد بسيطة

شرح الرسم التخطيطي

يتكون الرسم التخطيطي من ٥ دوائر كهربائية إضافة إلى دائرة إضافية تشتمل على الترموستات و مرحل الضاغط K_1. نقاط التوصيل مرسومة في وضعيتها العادية عند توقف الوحدة

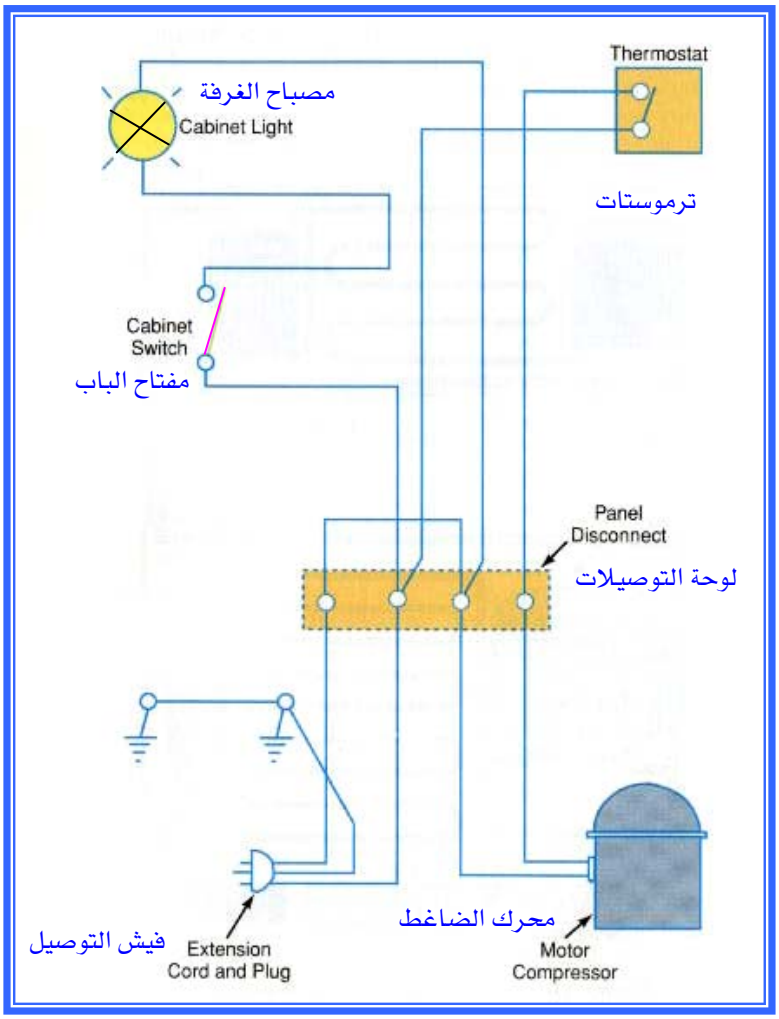
- الدائرة (١) تشتمل على محرك الضاغط و فاصل الحمل العالي و زر تشغيل الضاغط
- الدائرة (٢) تشتمل على محرك مروحة المكثف و زر تشغيلها
- الدائرة (٣) تشتمل على محرك مروحة المبخر.
- الدائرة (٤) تشتمل على سخان زيت الضاغط و زر التشغيل الخاص به والذي يفصل عند تشغيل الضاغط و يوصل عند توقفه .
- الدائرة (٥) تشتمل على مصباح إضاءة غرفة التبريد و زر يفتح و يغلق بتأثير الباب

تتابع إجراءات التحكم

حسب هذا الرسم التخطيطي فإن مروحة المبخر تكون في حالة تشغيل دائم لتحريك هواء داخل غرفة التبريد. عند ارتفاع درجة الحرارة داخل غرفة التبريد يقوم الترموستات بتوصيل التيار الكهربائي فيستحث المرحل و الذي بدوره يغلق نقاط التوصيل . عندها يشتغل كل من الضاغط و مروحة المكثف. عند انخفاض درجة الحرارة داخل غرفة التبريد إلى المستوى المطلوب يفصل الترموستات المرحل و الذي بدوره يفصل الضاغط و مروحة المكثف. أثناء توقف الضاغط يتم توصيل سخان الزيت . مصباح الإضاءة يضيء غرفة التبريد عند فتح الباب.

٥- ٤- ٢ 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 (٥- ٤) 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.



شكل (٥- ٤): رسم شبكي للدوائر الكهربائية بثلاجة منزلية صغيرة

٥- ٥ خطوات تصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة

يتم تصميم دوائر التحكم و القدرة لوحدات التبريد بصفة عامة وفق منهجية محددة يمكن تلخيصها في الخطوات 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.

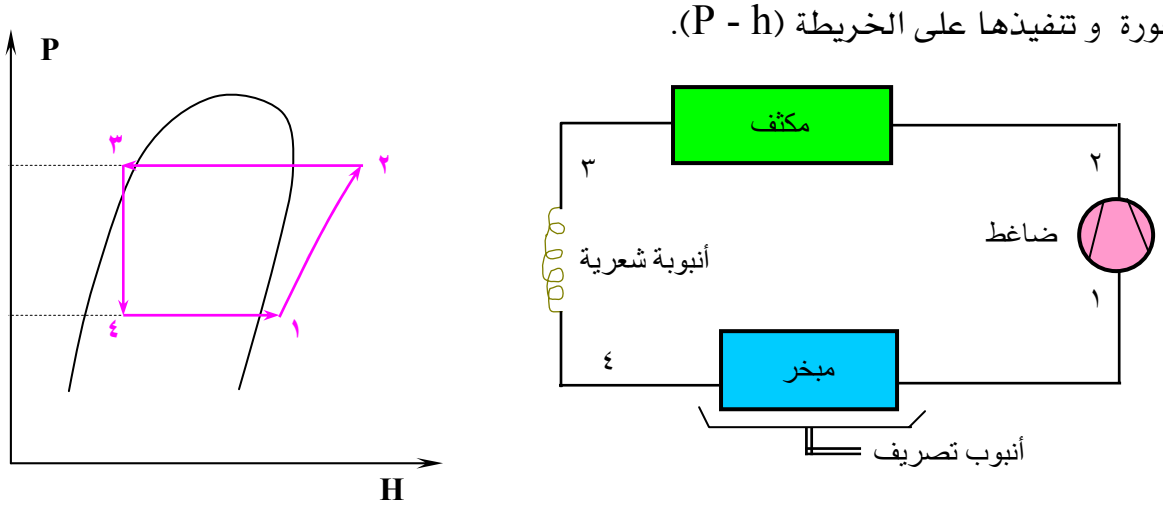
ث- تعيين عناصر التحكم اللازمة لتنفيذ متطلبات التحكم السابقة.

ج- تخطيط دوائر التحكم و القدرة حسب المعلومات السابقة.

٥- ٦ دوائر التحكم و القدرة لثلاجة منزلية بسيطة

لفهم طريقة تنفيذ الخطوات السابقة المتعلقة بتصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة نورد فيما يلي تخطيط دائرة التحكم و القدرة لوحدة تبريد بسيطة، وهي عبارة عن ثلاجة منزلية صغيرة.

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 (٥- ٦) يوضح الدورة الميكانيكية المذكورة و تنفيذها على الخريطة (P - h).



شكل (٥- ٦): دورة تبريد بسيطة

٥- ٦- ١ 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- ٦- ٢ عناصر التحكم

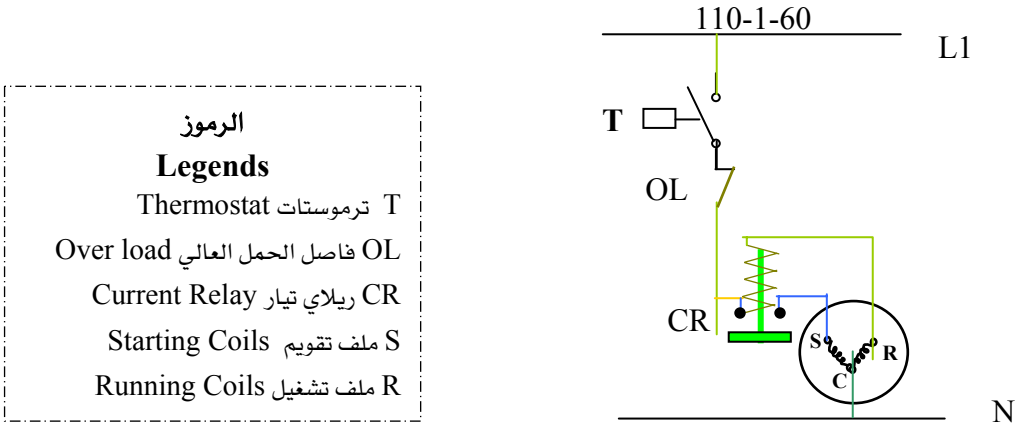
١- حاكم درجة الحرارة يعمل بمدى من 1 °C إلى 10 °C (أي مجال استخدامه) و له تفاوت يسمح بمعادلة الضغوط للمساعدة في تقويم المحرك (خلال الأنبوبة الشعرية أثناء توقف الضاغط... إلخ راجع الوحدة الثالثة من هذه الوحدة)،

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 ريلاي 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- ٦- ٣ دائرة التحكم و القدرة

الشكل (٥- ٧) يوضح دائرة التحكم و القدرة للوحدة المذكورة و يظهر فيها ريلاي التيار المستخدم لتوصيل وفصل ملف التقويم.



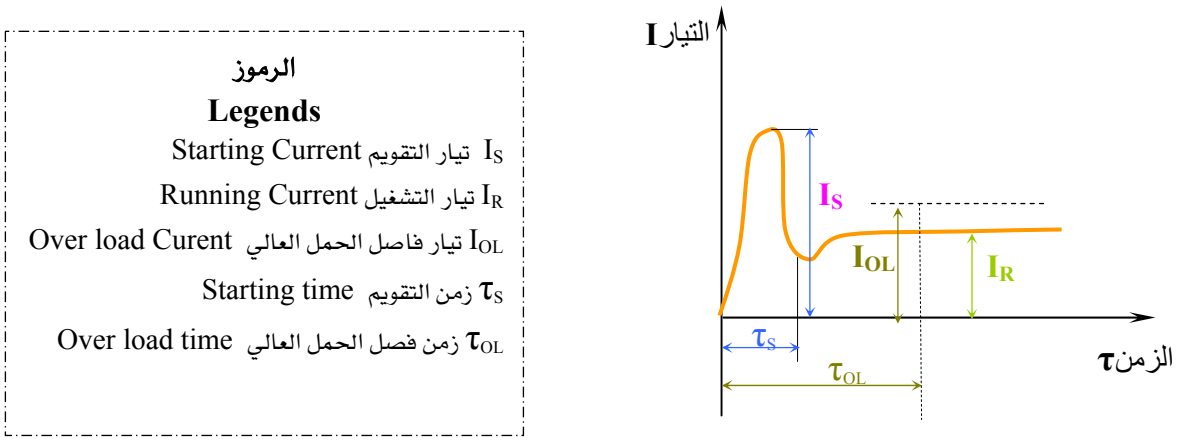
شكل (٥- ٧): دائرة التحكم و القدرة لوحدة تبريد بسيطة

❖ 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 الريلاي CR ثم ملف التشغيل R فالمشترك C ثم إلى N . يسحب المحرك تيارا عاليا (تيار التقويم Is) كما هو موضح على الشكل (٥- ٨). عند ذلك يرتفع المجال المغناطيسي بملف الريلاي 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 المسحوب بملف الريلاي و كذلك المجال المغناطيسي حتى يفصل القلب المغناطيسي ملف التقويم و ي المحرك في الدوران بتأثير ملف التشغيل R. و تستغرق عملية التقويم المذكورة زمنا قصيرا جدا (من ١/١٠ إلى ١/٢ ثانية).

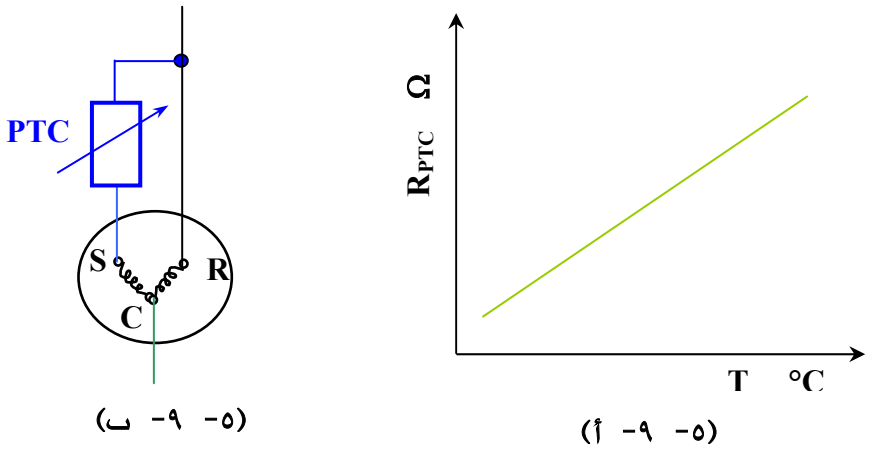
بتشغيل المحرك يقوم الضاغط بتزويد الدورة بمائع التبريد فيبرد الحيز داخل الثلاجة، و عندما تنخفض درجة الحرارة إلى نقطة ضبط الفصل (Cut out) بالنسبة للترموستات يفصل التيار عن محرك الضاغط فيتوقف. وبتوقف الضاغط ترتفع درجة الحرارة تدريجيا من جديد حتى تصل إلى نقطة ضبط التوصيل بالنسبة للترموستات فيعمل على إعادة 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 (٥- ٨). لذلك يسمح فاصل الحمل العالي للمحرك بالتقويم رغم ارتفاع قيمة تيار القويم.



شكل (٥- ٨): التيار المسحوب أثناء فترتي التقويم و التشغيل بالنسبة لمحرك الضاغط

و قد تم حديثا استبدال ريلاي التيار ذي القلب المغناطيسي بشبه موصل (PTC) من خاصيته زيادة مقاومته بزيادة درجة الحرارة حيث ترتفع من 50 Ω إلى حوالي 1500 Ω أثناء فترة التقويم كما هو موضح على الشكل (٥- ٩- أ). و يتم توصيل تلك المقاومة بدلا من ريلاي التقويم ، فعند بدء التشغيل تكون مقاومتها 50 Ω فيمر التيار خلالها إلى ملف التقويم و بعد حوالي ١/١٠ ثانية ترتفع درجة حرارتها فتزيد مقاومتها إلى 1500 Ω لتمنع مرور التيار إلى S و يستمر المحرك في العمل بتأثير الملف R كما هو موضح على الشكل (٥- ٩- ب).



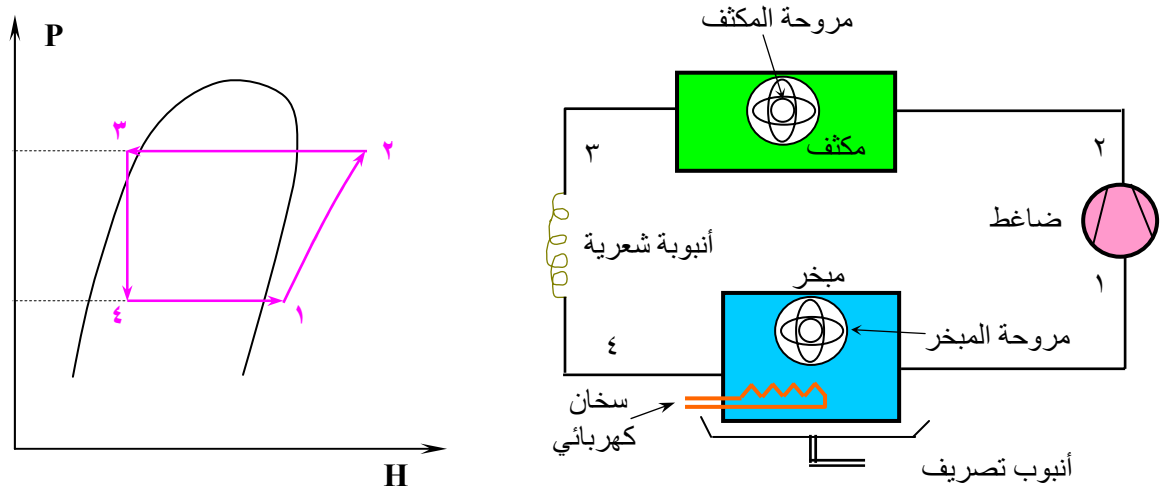
(٥- ٩- ب) (٥- ٩- أ)

شكل (٥- ٩): استخدام مقاومة شبه موصلة لتوصيل وفصل ملف التقويم

٥- ٧ تصميم وتخطيط دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد وتجميد بسيطة

بالنسبة لوحدة تبريد و تجميد تنخفض درجة الحرارة على مستوى المبخر عن الصفر (-20 °C) ولذلك تجب 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.

الشكل (٥- ١٠) يوضح الدورة الميكانيكية لوحدة التبريد و التجميد و يظهر السخان الكهربائي المستخدم لإذابة الصقيع على مستوى المبخر و كذلك مروحة المكثف و مروحة المبخر.



شكل (٥- ١٠): دورة تبريد و تجميد بسيطة

٥- ٧- ١ متطلبات التحكم

لكي يتم استخدام 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

٥- ٧- ٢ 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- ريلاي 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 .

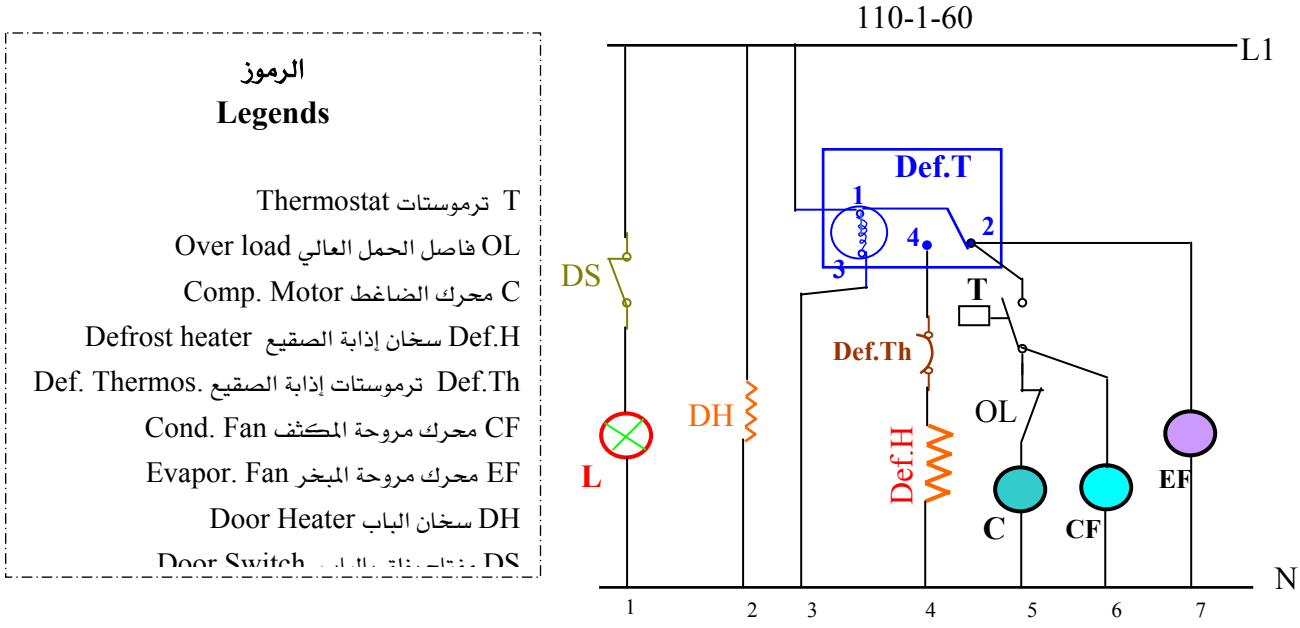
٥- سخان محدود القدرة بباب المبخر .

٦- مصباح إضاءة يعمل بتأثير مفتاح بالباب .

٥- ٧- ٣ تصميم وتخطيط دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد وتجميد بسيطة

الشكل (٥- ١١) يوضح دوائر التحكم و القدرة للوحدة المذكورة وقد تم ترقيمها كما يلي:

- دائرة (١): مصباح إضاءة يعمل بتأثير مفتاح بالباب
- دائرة (٢): سخان شفة الباب حتى لا يلتصق بغرفة التبريد
- دائرة (٣): مؤقت زمني لتحديد فترة التبريد و إذابة الصقيع
- دائرة (٤): سخان إذابة الصقيع مع ترموستات الصقيع
- 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 (٥- ١١) دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد و تجميد بسيطة

شرح 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 وحدة التبريد (الضاغط، ومروحة المكثف، ومروحة 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.

شرح 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 موجود بأسفل المبخر و منه إلى أنبوب تصريف معد للغرض.

٥- ٨ دوائر التحكم و القدرة لثلاجة منزلية ذات نظام آلي لإذابة الصقيع بواسطة سخان كهربائي (Refrigerator-Freezer with Electric Heater Automatic Defrost).

الشكل (٥- ١٢) 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 كهربائية.

شكل (٥- ١٢): 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 ، 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. حيث تستخدم مروحة كهربائية لدفع الهواء إلى سطح المبخر عبر مجارٍ هوائية متعددة و تستخدم مخمدات للتحكم في معدل سريان الهواء. و في بعض التصميمات الحديثة يكون المكثف مغلفاً بالغلاف الخارجي للثلاجة Inter Coil مع ضمان عزله حراريا عن المبخر و بقية جسم الثلاجة.

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. يستخدم أنبوب شعري كوسيلة تمدد يتم تثبيت جزء منه على خط السحب. الأمر الذي يؤمن تبادلا حراريا بين الأنبوب الشعري و خط السحب (راجع الوحدة الثالثة من هذه الحقيبة) لزيادة قيمة التحميص و حماية الضاغط من وصول مائع التبريد السائل إليه.

٥- ٨- ١ 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:

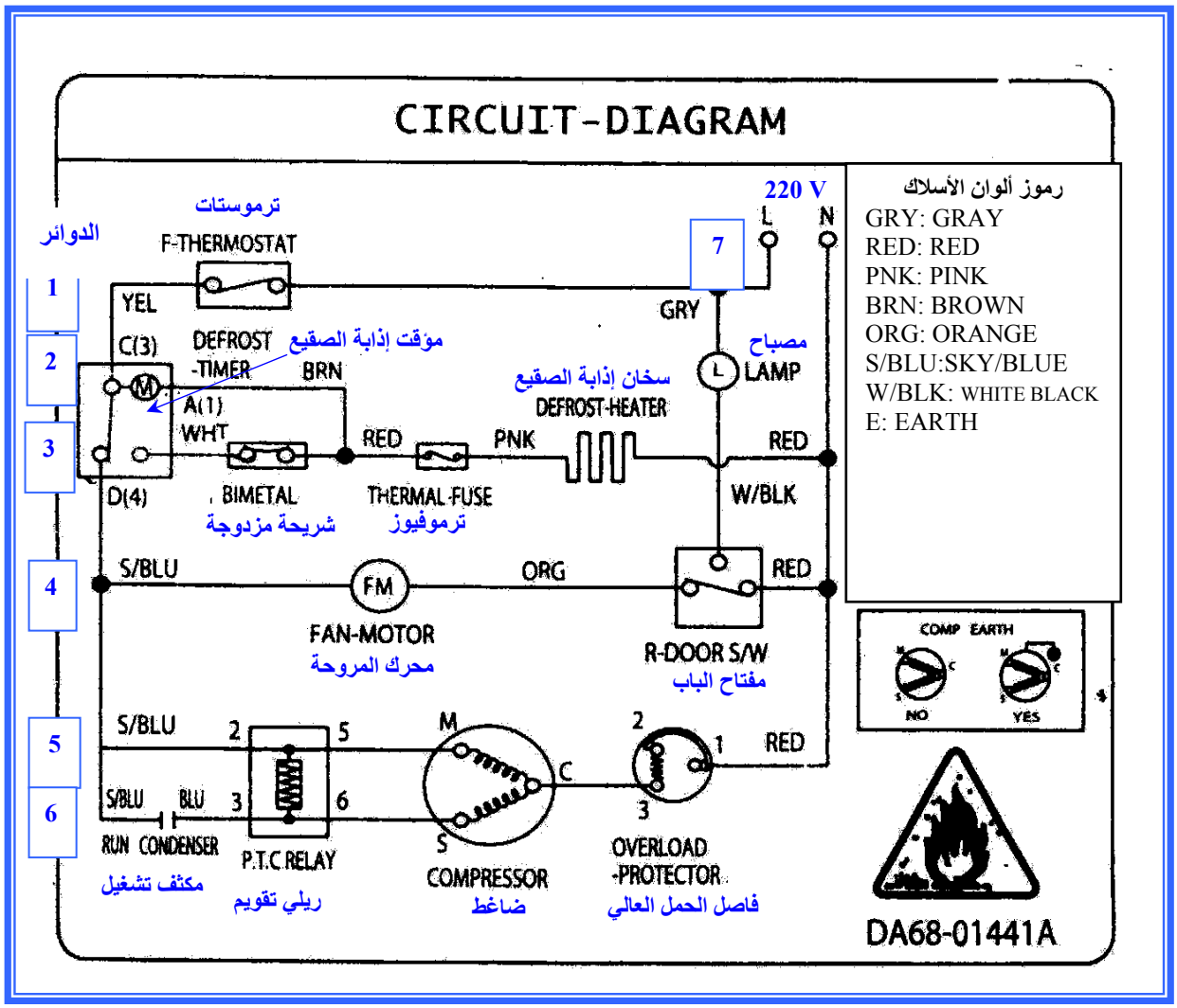
١- التبريد إلى $-25\ ^{\circ}C$ في خانة التجميد و إلى $+5\ ^{\circ}C$ في خانة الأطعمة الطازجة مع القدرة على التعديل في درجات الحرارة حسب الحمل لتوفير الطاقة،
٢- تقويم الضاغط و حمايته
٣- إذابة الصقيع آليا بسخان كهربائي مع ضمان حماية السخان،
٤- عدم التصاق الباب بغرفة التجميد،
٥- إضاءة الثلاجة عند فتح باب غرفة التبريد،
٦- توقف مروحة المبخر عند فتح باب الثلاجة للإقلال من هروب الهواء البارد إلى الخارج،
٧- يحسب المؤقت زمن التبريد الفعلي.
٨- تعمل مروحة المبخر أثناء فترة التبريد الفعلي فقط.

٥- ٨- ٢ عناصر التحكم

١- حاكم درجة حرارة (ترموستات بمدى أقل من $-25°C$ مع تفاوت يسمح بتعادل الضغوط عبر الأنبوب الشعري أثناء توقف الضاغط،
٢- ملف تقويم مع ريلاي 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- مصباح إضاءة يعمل بتأثير فتح الباب على أن يكون موصلا كهربائيا بشكل معكوس مع محرك مروحة المبخر،

٥- ٨- ٣ تخطيطي دوائر التحكم و القدرة

الشكل (٥- ١٣) يوضح مختلف الدوائر الكهربائية مرسوماً من قبل الشركة المصنعة و التي تضمن تحقيق متطلبات التحكم المذكورة كما يتوفر عناصر التحكم المذكورة سلفا.



شكل (٥- ١٣): الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية

أداء الثلاجة أثناء فترة التبريد

عند ارتفاع درجة الحرارة داخل غرفة التجميد إلى أن تصل نقطة الضبط بالنسبة لحاكم درجة الحرارة (الترموستات) يتم توصيل الضاغط (دائرة ٦،٥) و مروحة المبخر (دائرة ٤) و كذلك المؤقت الزمني بالدئرة (٢)، الذي يشرع في حساب فترة التبريد (نشير في هذه الحالة أن محرك المؤقت الزمني واقع تحت فرق الجهد $\Delta U=220\ V$). تبدأ الدورة في الاشتغال و تسحب مروحة المبخر الهواء البارد من المبخر في اتجاه غرفة التجميد ثم غرفة تبريد الأطعمة الطازجة. عند انخفاض درجة الحرارة داخل المجمد دون $22\ ^\circ C$- يفصل حاكم درجة الحرارة (الترموستات) الدوائر الكهربائية من ١ إلى ٦ و تبقى فقط الدائرة ٧ لتؤمن إضاءة المصباح عند فتح باب الثلاجة.

أداء الثلاجة أثناء فترة إذابة الصقيع

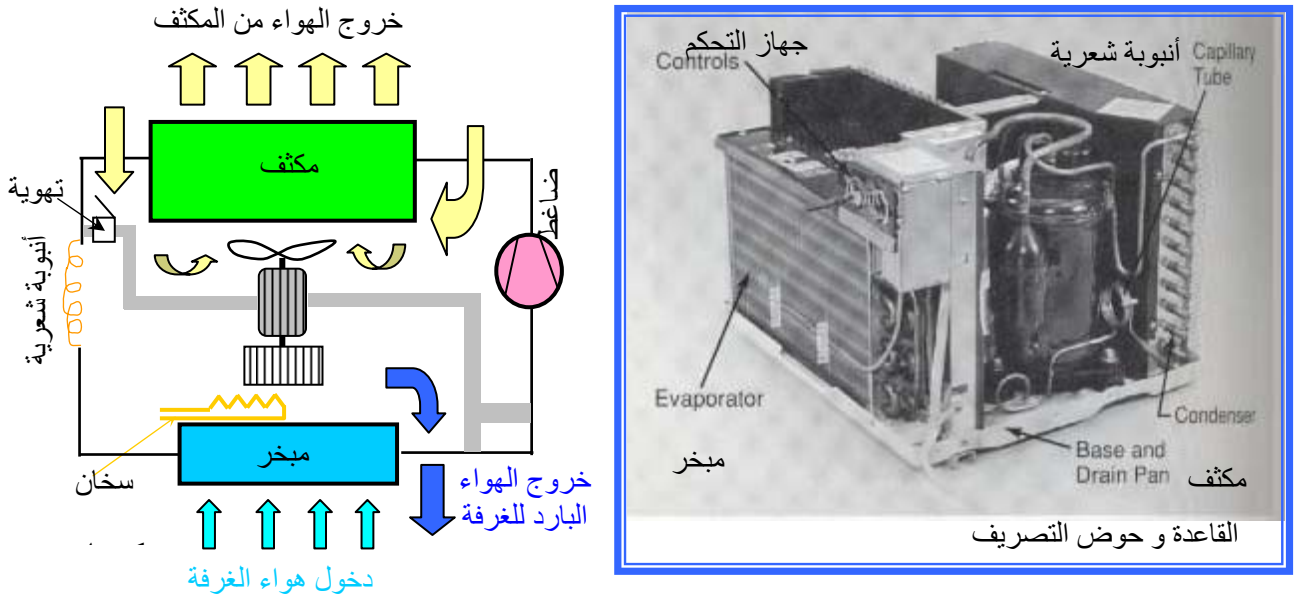
تتم عملية إذابة الصقيع بعد كل ست ساعات تشغيل للضاغط. عند انتهاء فترة التبريد يفصل المؤقت كل من الضاغط و مروحة المبخر و يوصل سخان إذابة الصقيع بالدائرة (٣). في هذه الحالة ينتفي الفرق في الجهد على مستوى محرك المؤقت الزمني (الدائرة ٢) بفعل التوصيلة الواقعة بين الشريحة المزدوجة و الترموفيوز ($\Delta U=0\ V$) فيتوقف عن الدوران و تتواصل عملية إذابة الصقيع طيلة الفترة المحددة بواسطة المؤقت. في حالة ذوبان كل الثلج المتكون على سطح المبخر قبل انتهاء فترة إذابة الصقيع ترتفع درجة حرارة المبخر مما يؤدي إلى تقوس الشريحة المعدنية المزدوجة فتفصل السخان. عندها يعود فرق الجهد على مستوى محرك المؤقت ليصبح ($\Delta U=220\ V$). عند ذلك يدور محرك المؤقت الزمني و يوصل الدوائر من ٤، ٥ و ٦ من جديد و تعود فترة التبريد.

٥- ٩ دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف شباكية

يستخدم المكيف الشباكي لتكييف الغرف ذات الحمل الحراري الصغير و المتوسط. بالنسبة لعملية التبريد يتم استخدام دورة تبريد بسيطة تتكون من (الشكل ٥- ١٤):

- 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 بمحرك واحد (1Φ)،

- أنبوبة شعرية كوسيلة تمدد تمكن من معادلة الضغوط أثناء توقف المكيف لمساعدة محرك الضاغط على التقويم أثناء بدأ التشغيل.



الشكل (٥- ١٤): 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 فيمكن 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 و تمكن هذه الفتحة من طرد كمية من الهواء الداخلي إلى خارج الغرفة، حيث يتم تعويضها عبر المنافذ الصغيرة على مستوى الأبواب أو النوافذ. كما يستخدم مرشح إسفنجي أو من ألياف البلاستيك لتنقية الهواء، على أن يتم تنظيف هذا المرشح دوريا و يتم توزيع الهواء بواسطة ريش يتم تحريكها آليا بشكل ترددي، كما هو موضح على الشكل(٥- ١٥).

شكل- ١٥): صورة لمكيف شباكي مع مجال توزيع الهواء

٥- ٩- ١ 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 عبر فتحة موصولة بالهواء الخارجي.

ج- توزيع الهواء آليا.

ح- تنظيف الهواء باستخدام مرشح.

خ- بيان تشغيل الضاغط.

٥- ٩- ٢ 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 ريش توزيع الهواء،
- مفتاح لاختيار عملية التكييف المطلوبة (تبريد، تدفئة...)

٥- ٩- ٣ تخطيط داوئر التحكم و القدرة

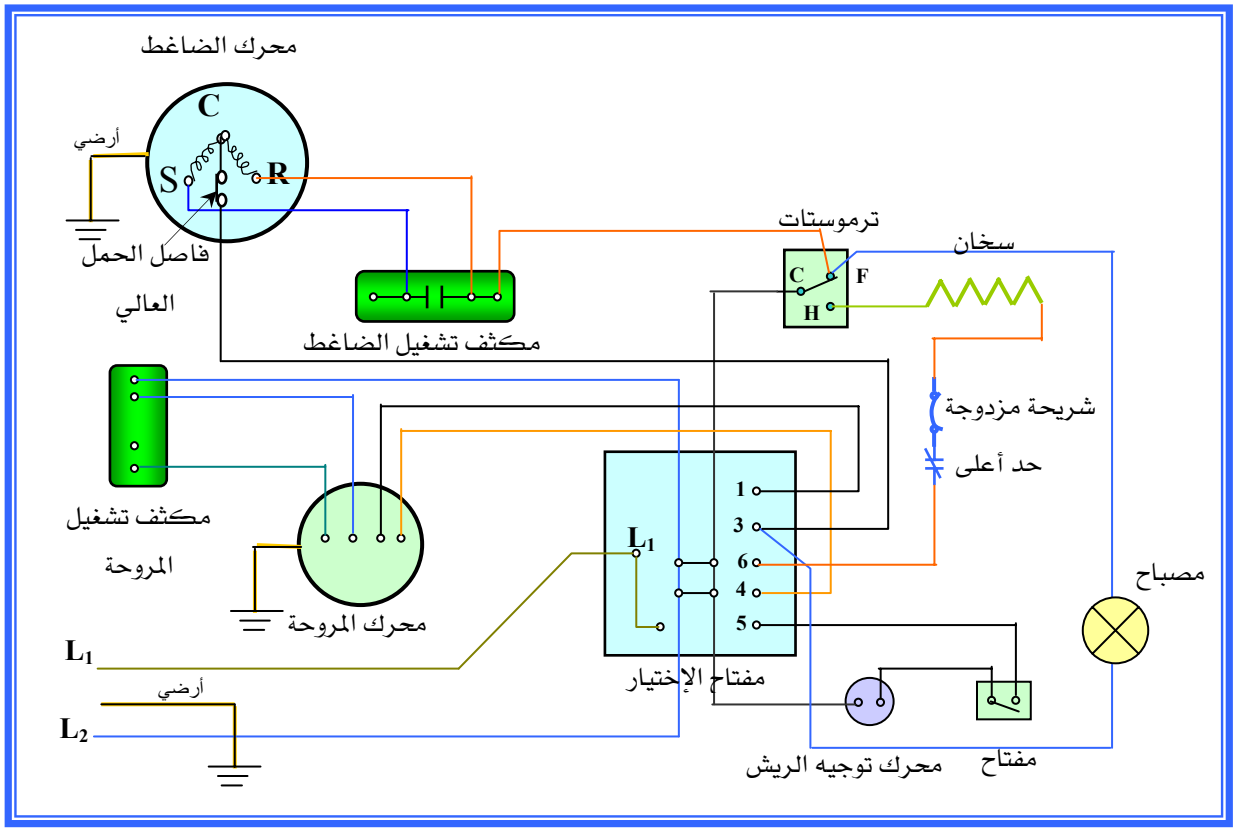
الشكل (٥- ١٦) يوضح الرسم الشبكي لمكيف شباكي وفق متطلبات و عناصر التحكم المذكورة سابقا. و من مفتاح الاختيار يمكن تحديد العملية المنشودة (سرعة مروحة عالية أو منخفضة، تسخين عالٍ أو منخض، تبريد نهاري أو ليلي...).

❖ أداء الوحدة تبريد نهاري

باستخدام مفتاح الاختيار يتم توصيل L_1 بكل من ١ و ٣ 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. في نفس الوقت يمر تيار خلال ملفات التقويم S ثم المكثف الكهربائي ثم الترموستات ثم L_2 فيساعد ملف التقويم ملف التشغيل و يبدأ المحرك في الدوران إلى أن يصل إلى سرعته العادية. عندها يفصل ملف التقويم S و يستمر المحرك في الدوران بتأثير كل من R و 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 الخاص بتشغيل محرك إدارة ريش توجيه الهواء ثم L_2.



الشكل (٥- ١٦) الرسم الشبكي لمكيف شباكي

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

❖ أداء الوحدة تسخين بطيء

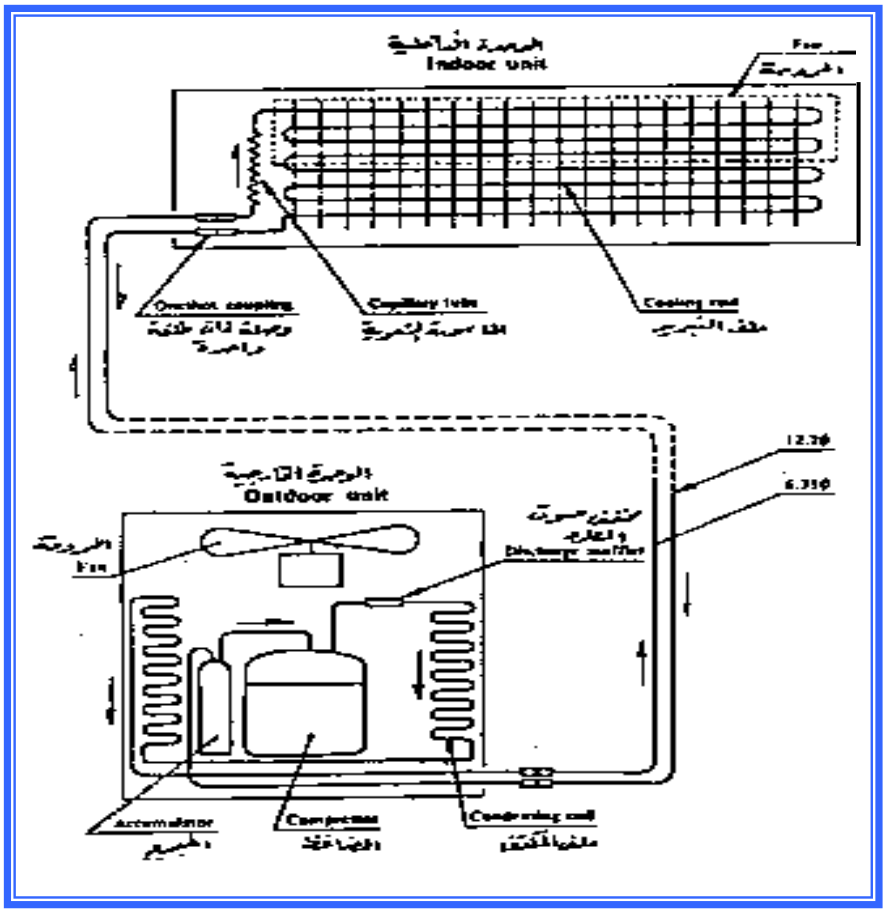
يتم توصيل L_1 بالنقاط ٤، ٥ و ٦ على مفتاح الاختيار، فبتوصيل النقاط ٤ يمر التيار إلى ملفات المروحة و من خلالها إلى مكثف تشغيل المروحة ثم L_2 فتعمل المروحة بسرعة بطيئة. و بتوصيل النقطة ٥ يمر التيار إلى محرك ريش التوجيه ثم L_2. و بتوصيل النقطة ٦ يمر التيار إلى السخان عبر عنصر الحماية (حد أعلى) ثم إلى النقطة السفلى بالترموستات H ثم النقطة C بنفس الترموستات ثم L_2.

٥- ١٠ دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف منفصلة

٥- ١٠- ١ مكونات وحدات التكييف المنفصلة

في وحدات التكييف المنفصلة يكون كل من المكثف و مروحته و الضاغط في مكان 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). الشكل (٥- ١٧) يوضح تخطيطا لوحدة تكييف منفصلة. حيث يظهر في الأسفل الوحدة الخارجية و تشتمل على المكثف و الضاغط و مروحة المكثف و خزان الغاز. أما الوحدة الداخلية فتتكون من المبخر و مروحة المبخر و وسيلة التمدد (أنبوبة شعرية). كما يمكن توصيل عدة مبخرات بوحدة التكثيف الواحدة حسب السعة التبريدية المتاحة مما يمكن من تكييف عدة غرف عند نفس درجة الحرارة بنفس النظام.

توجد وحدات بها أكثر من ضاغط و أكثر من مروحة على مستوى المكثف تبعا للحمل الحراري و حجم المكثف. كما يمكن تصميم المكثف على شكل أسطوانة لتقليل الحجم الخارجي و إعطاء فاعلية أكبر للتبريد بواسطة الهواء المدفوع.



الشكل (٥- ١٧) وحدة تكييف منفصلة

٥- ١٠- ٢ دوائر التحكم و القدرة

الشكل (٥- ١٨) يوضح دوائر التحكم و القدرة للوحدة الداخلية و الوحدة الخارجية لنظام تكييف منفصل.

❖ **أداء وحدة التبريد**

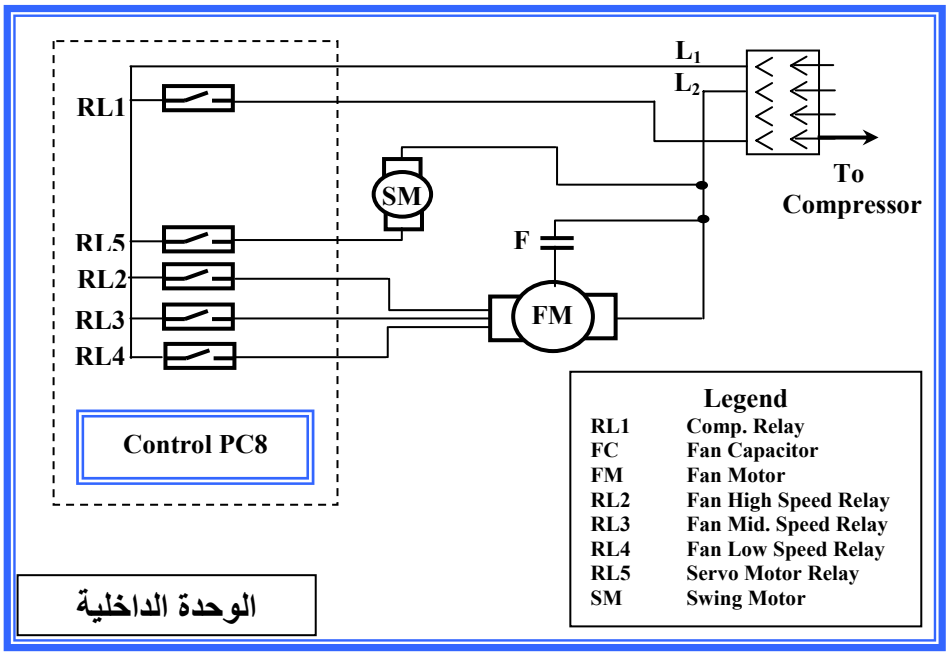
تشمل **وحدة التحكم** الإلكترونية Control PC8 على:

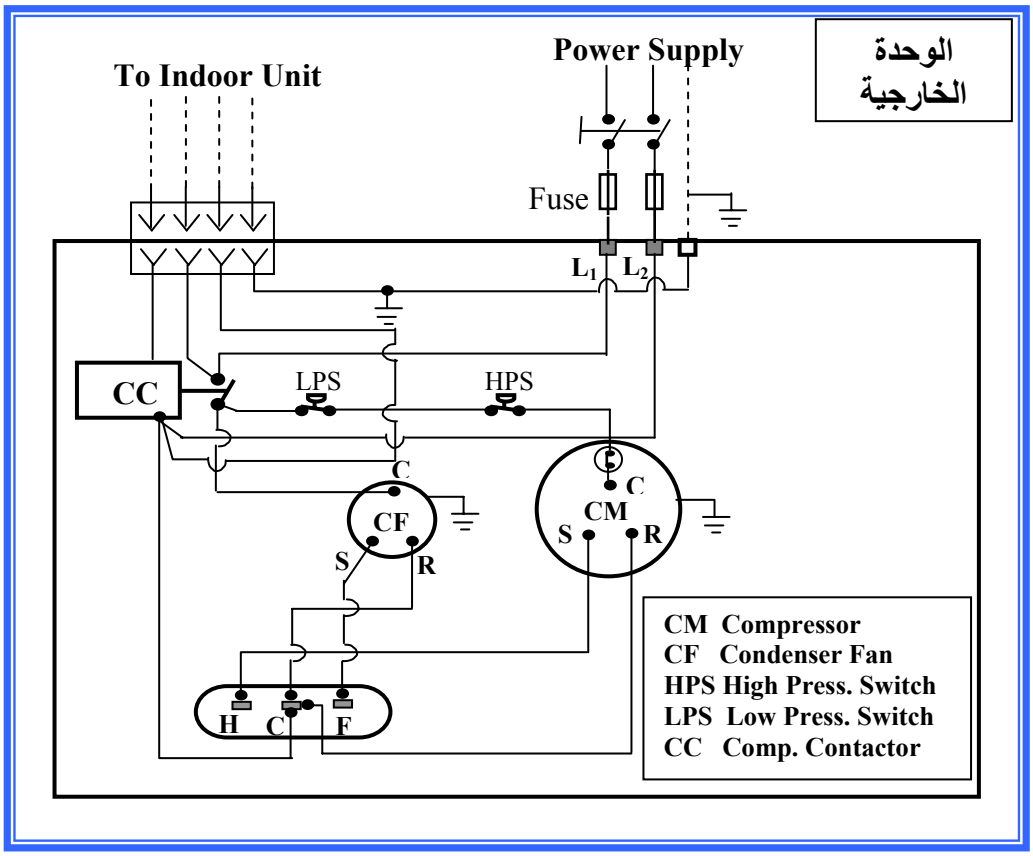
- مفتاح التشغيل و الإيقاف و زر اختيار سرعة مروحة المبخر FM باستخدام و RL2 و RL3 و RL4
- محرك ريش التوجيه SM باستخدام RL5 الذي يتم تشغيله اختياريا ،
- ترموستات التشغيل.

لتشغيل الوحدة الخارجية يتم توصيل مفتاح التشغيل و الإيقاف **بوحدة التحكم** و اختيار سرعة مروحة المبخر بالوحدة الداخلية. عند ارتفاع درجة حرارة الغرفة يوصل ترموستات التشغيل RL1 لإرسال إشارة

التحكم إلى الضاغط فيتم حث المرحل CC في الوحدة الخارجية و الذي يعمل بدوره على توصيل التيار الكهربائي بكل من L1 و L2 و ذلك لتشغيل الضاغط و مروحة المكثف كما يلي:

- لتشغيل الضاغط يمر التيار من L1 إلى LPS وHPS و فاصل التيار العالي للضاغط و إلى نقطة المشترك C بمحرك الضاغط CM. و من خلال ملفات التشغيل R و التقويم S يمر التيار إلى مكثف التشغيل للضاغط (H - C) و من ثم إلى L2.
- لتشغيل مروحة المكثف يمر التيار من L1 إلى المشترك C بمحرك المروحة CF. و من خلال ملفات التشغيل R و التقويم S يمر التيار إلى مكثف التشغيل للمروحة (F - C) و من ثم إلى L2.



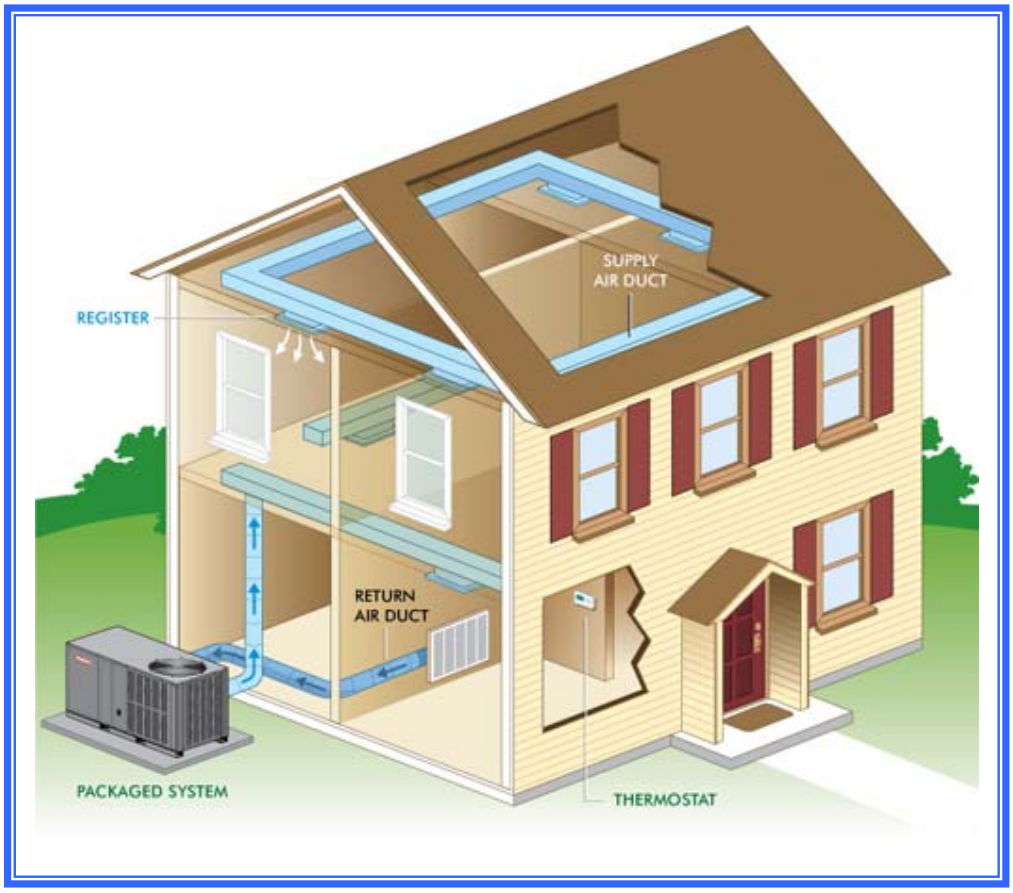


الشكل (٥- ١٨): الدوائر الكهربائية للوحدة الداخلية والخارجية للنظام تكييف منفصل

٥- ١١ دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف مجمعة

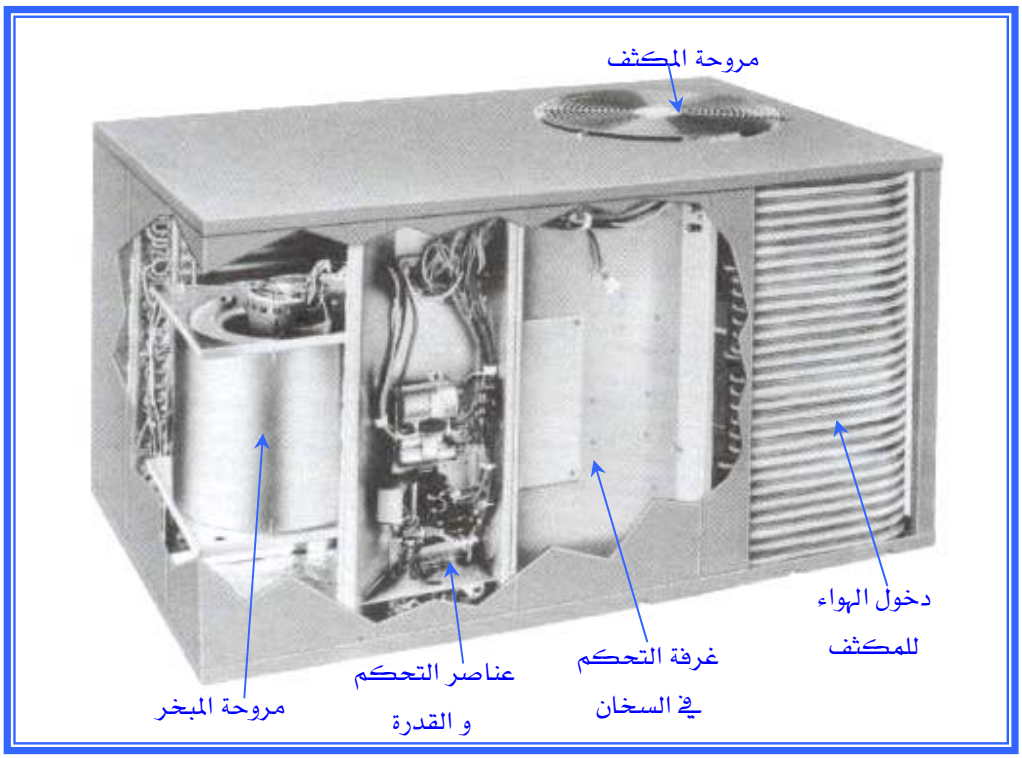
٥- ١١- ١ مكونات وحدات التكييف المجمعة

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. و يمكن أن توضع في مكان معين و يتم جلب الهواء المكيف لمختلف الغرف عبر قنوات توزيع هواء معدة للغرض كما هو موضح على الشكل (٥- ١٩).

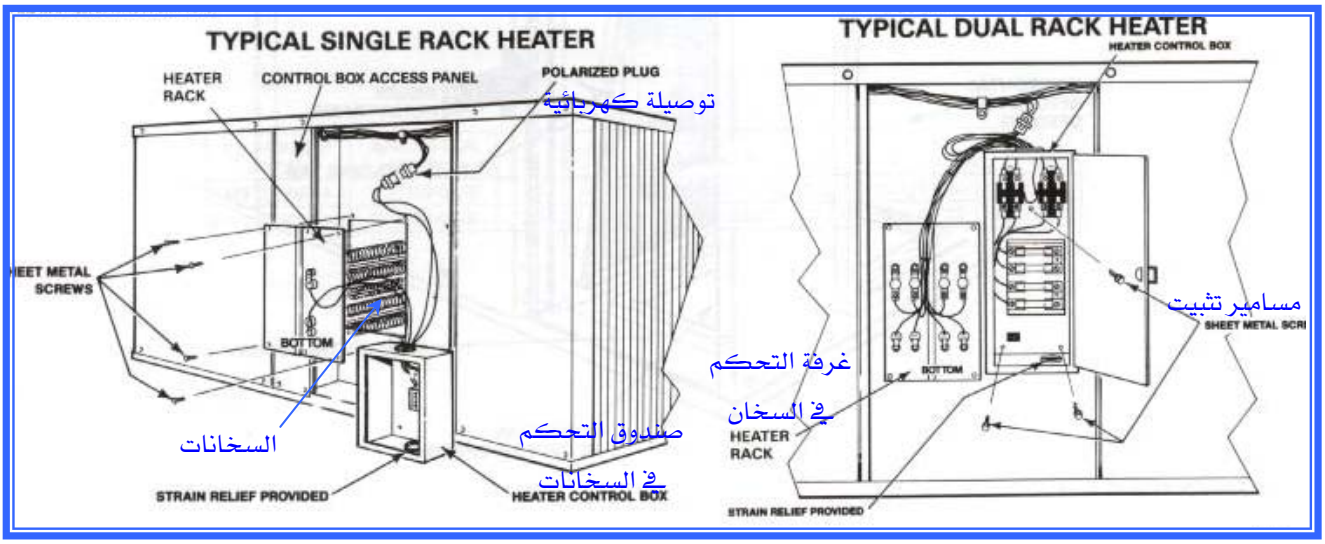


الشكل (٥- ١٩): وحدة تكييف مجمعة مجهزة بمسالك هوائية معدة لتكييف منزل

الشكل (٥- ٢٠) يوضح مثالا لوحدة تكييف مجمعة تستخدم للتبريد و التسخين. و الشكل (٥- ٢١) يوضح طريقة توصيل السخانات الكهربائية المعدة للتدفئة.



شكل (٥- ٢٠): وحدة تكييف مجمعة تستخدم للتبريد و التسخين



شكل (٥- ٢١): طريقة توصيل السخانات بوحدة تكييف مجمعة

٥- ١١- ٢ دوائرة التحكم و القدرة

الشكل (٥- ٢٢) يوضح دوائر التحكم و القدرة لوحدة التكييف المجمعة المذكورة كما وردت في كتيب التشغيل لإحدى الشركات.

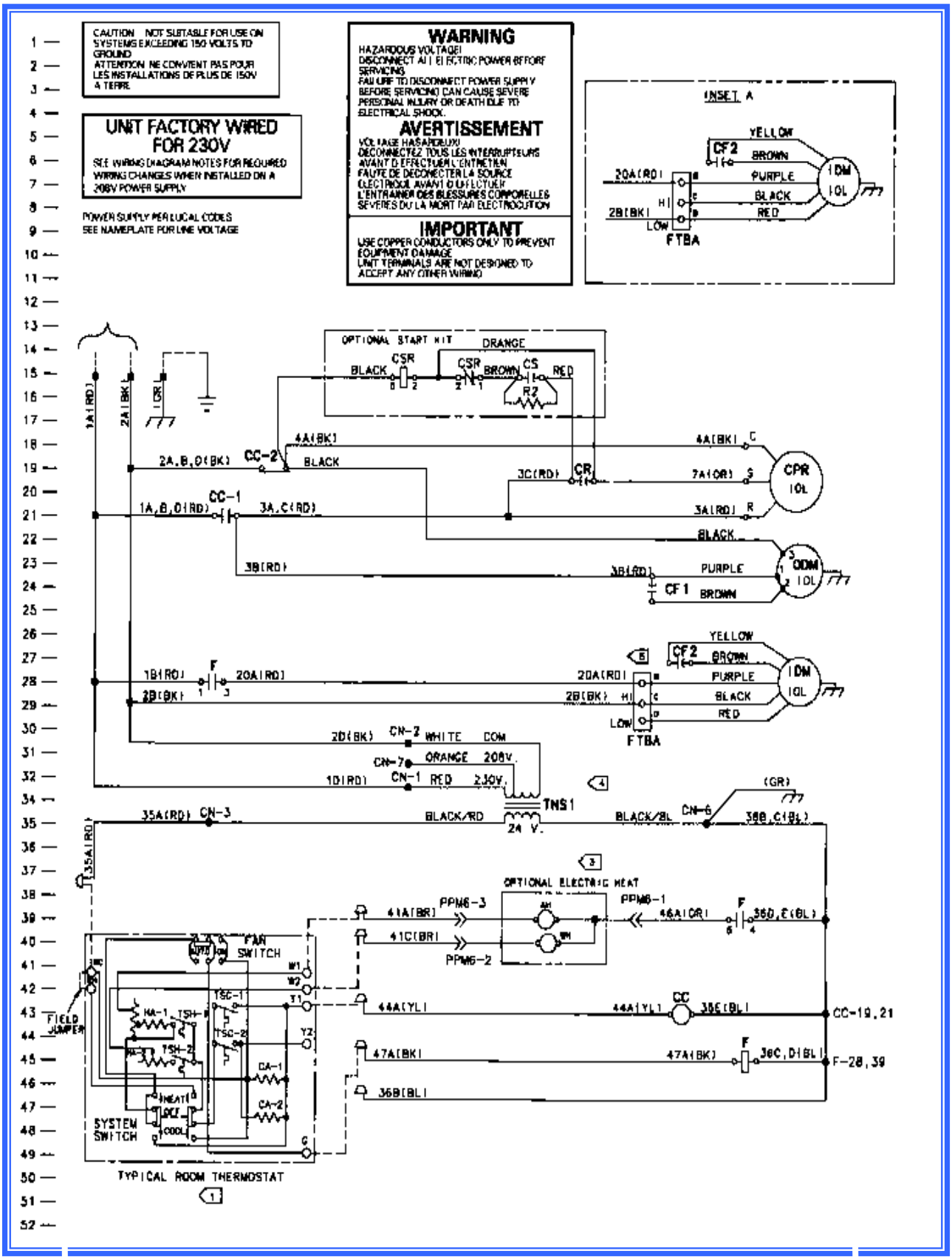
٥- ١١- ٣ أداء وحدة التبريد

من المحول الكهربائي TNS1 يمر التيار بدائرة التحكم (٣٥) عند CN-3 ثم مفتاح نظام التشغيل الأتوماتيكي Cool أو Auto (دائرة ٤٦- ٤٨) فيتم غلق مفتاح المروحة FAN SWITCH (دائرة ٤١) ويمر التيار إلى G (دائرة ٤٩) ثم إلى ريلاي المروحة F (دائرة ٤٥) ثم CN-6 إلى المحول (دائرة ٣٥) فيعمل محرك مروحة المبخر (المروحة الداخلية IDM بالدوائر ٢٧، ٢٨، ٢٩). و بتشغيل النظام Cool أو Auto يمر التيار خلال ترموستات التبريد الأول TSC-1 إلى كونتكتر الضاغط CC (دائرة ٤٣) ثم إلى CN-6 بدائرة التحكم فتوصل نقاط التلامس بالدوائر(١٩، ٢٠، ٢١) فيعمل محرك الضاغط CPR عبر المكثف الكهربائي CR و تعمل معه مروحة المكثف ODM خلال النقطة الثانية من الكونتكتر CC-2 وعبر مكثف التشغيل CF1 (دوائر ١٩، ٢٣، ٢٤). كما يمكن توصيل نظام تحكم اختياري لحماية الضاغط من تذبذب بدء التشغيل (Optional Start Kit) بالدوائر ١٤، ١٥ و ١٦.

٥- ١١- ٤ أداء وحدة التسخين

يتم تشغيل المروحة الداخلية IDM بنفس الطريقة الموضحة في الفقرة السابقة المتعلقة بالتبريد. من ناحية أخرى، عند ضبط نظام التشغيل على Heat (دائرة ٤٧) أو Auto يمر التيار إلى ترموستات التسخين الأولTSH-1 ثم إلى العناصر التالية على الترتيب: W1 (دائرة ٤١) و نقطة التوصيل PPM6-3 (دائرة ٣٩) و كونتكتر السخانات المعدة للتدفئة AH و PPM6-1 و ريلاي المروحة F و CN-6 . عندها يتم توصيل التيار خلال دائرة السخانات (غير مرسومة).

عند الحاجة لمزيد من التسخين يتم تشغيل الترموستات الثاني TSH-2 (دائرة ٤٥) فيمر التيار إلى العناصر التالية على التوالي: W2 و نقطة التوصيل PPM6-2 (دائرة ٤٠) و كونتكتر السخانات الإضافية المعدة للتدفئة BH و PPM6-1 و ريلاي المروحة F و CN-6 . عندها يتم 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 ÉLECTRIQUE AVANT D'EFFECTUER L'ENTRETIEN PEUT CAUSER DES BLESSURES CORPORELLES SÉVÈRES OU LA MORT PAR ÉLECTROCUTION
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
CSR
BLACK
BROWN
CS
RED
R2
1A(RD)
2A(BK)
GR
4A(BK)
2A,B,D(BK)
CC-2
BLACK
3C(RD)
CR
7A(OR)
CPR
IOL
3A(RD)
CC-1
1A,B,D(RD)
3A,C(RD)
3B(RD)
PURPLE
CF1
BROWN
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
PPM6-3
PPM6-1
41A(BR)
41C(BR)
PPM6-2
46A(OR)
36D,E(BL)
FAN SWITCH
W1
W2
Y1
Y2
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

الرموز

Code	Descreption	Line
AH BH	Contactor Electric Heat	39, 40
CC	Compressor Contactor Coil	43
CF1	Outdor Fan Capacitor	24
CF2	Indoor Motor Capacitor	27
CN	Connector	
CPR	Compressor	20
CR	Compressor Capacitor	20
CS	Compressor Start Capacitor	15
CSR	Compressor Start Relay Coil	15
F	Indor Fan Realay Coil	45
FTB	Fan Tarminal Block	28,29
IDM	Indoor Fan Motor	
OL	Internal Overload	
ODM	Outdoor Fan Motor	24
PPM6	Heater Plug Female	39, 40
TNS1	Control Power Tranformer	34

شكل (٥- ٢٢): دائرة التحكم و القدرة لوحدة تكييف مجمعة

٥- ١٢ تمارين عن الوحدة الخامسة

١) اذكر أنواع الدوائر الكهربائية و مجالات استخدامها.

٢) ما هي عناصر الدائرة الكهربائية .

٦) كيف يتم تحديد متطلبات التحكم بالنسبة لثلاجة منزلية.

٧) ما هو الفرق بين الرسم الشبكي و الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية.

٨) اشرح طريقة تقويم الضاغط باستخدام ريلي من نوع PTC

٩) ارسم رسما تخطيطيا للدوائر الكهربائية بالنسبة لثلاجة منزلية بها نظام آلي لإذابة الصقيع بالسخان كهربائي.

١٠) **مسألة شاملة**

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 . تتم إذابة الصقيع على مستوى المبخر بواسطة سخان كهربائي المطلوب:

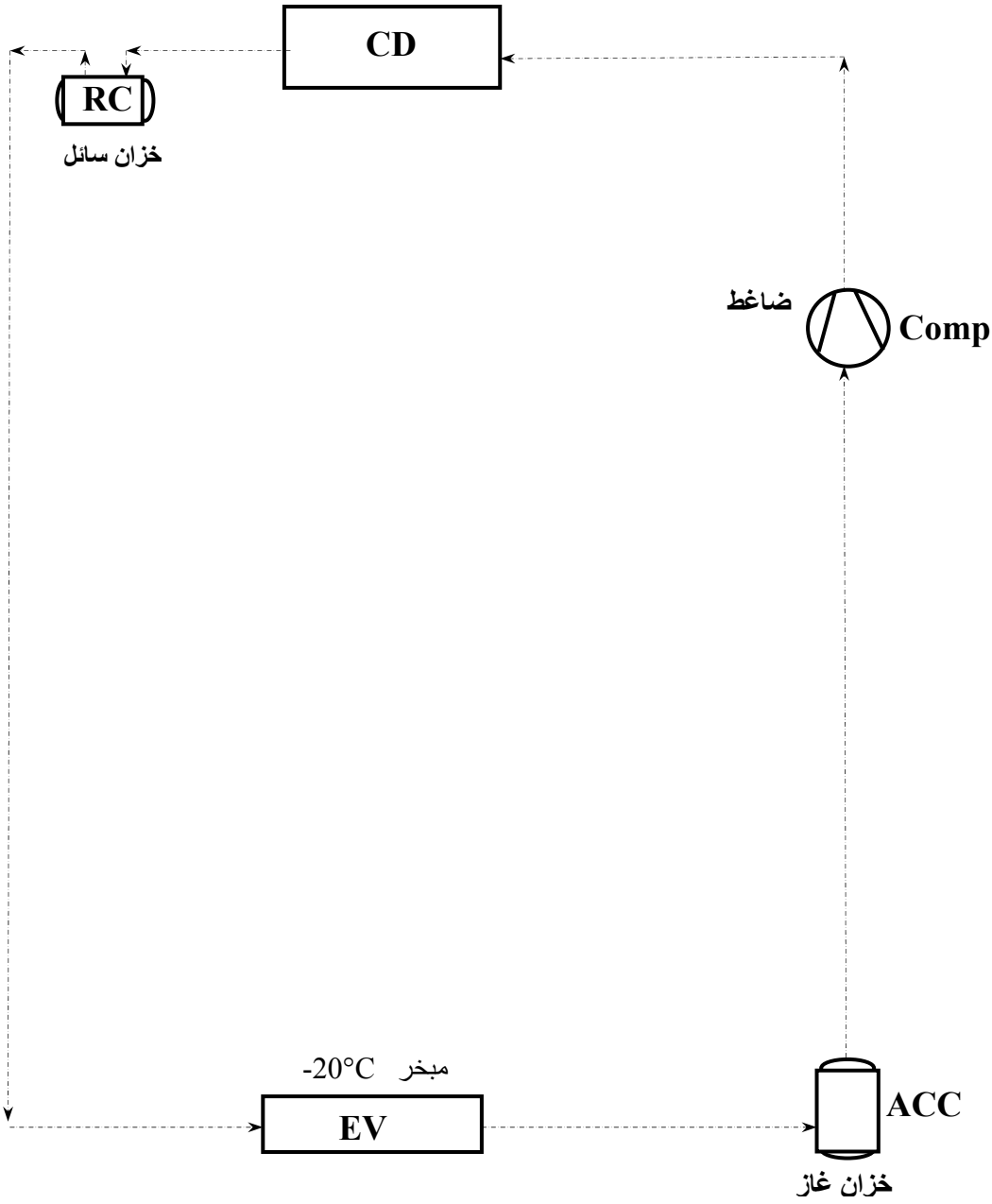
١- إتمام الدورة الميكانيكية المذكورة مع إضافة العناصر التالية في أماكنها الصحيحة:

- 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 المذكورة و التي تحقق متطلبات التحكم مع ذكر الرموز لكل العانصر.


CD
RC
خزان سائل
ضاغط
Comp
مبخر -20°C
EV
ACC
خزان غاز

L

220 V – 1Φ – 60 Hz

N

الدوائر الكهربائية

الرموز

أهم المصطلحات الفنية

GLOSSARY		المصطلحات الفنية
	A	
Accumulator		مركم (خزان غاز)
Adaptater		مهيأ
Adiabatic		أديباتيكي
Air cycle		دورة هواء
Air filter		مرشح هواء
Amplifier		مكبر
Anemometer		مرياح
Blade	**B**	ريشة
Boiling point		نقطة الغليان
Bypass		مرور تجنيبي
Capacitor	**C**	مكثف
Capacity		سعة
Capalliary tube		أنبوب شعري
Catalogue		كتيب المنتج
Central force		قوة مركزية
Centrifugal		طاردة
Charging		شحن
Check valve		صمام عدم رجوع
Chilled Water		ماء مبرد
Chiller		
Climate		
Closed loop		
Cold storage		
Comfort		
Compressor		
Condenser		
Conduction		

مبرد		Contact
مناخ		Contactor
حلقة مغلقة		Controller
الخزن البارد		Convection
راحة		Cooler
ضاغط		Cooling load
مكثف		Critical
توصيل		Cut-out
تلامس	**D**	Defrost
مرحل		Defrosting
حاكم		Dehumidifier
حمل		Derivetive control system
مبرد		Dessicant
حمل تبريد		Detector
حرج		Dew point
نقط القطع (الفصل)		Diaphragm
		Diode
		Discharge
		Drain
		Dry bulb
		Drier
		Duct
ازالة التجمد		
إذابة الثلج	**E**	
مزيل الرطوبة		Effectiveness
نظام تحكم تفاضلي		Efficiency
مجفف		Emissivity
حاس		Enthalpie
نقطة الندى		Equaliser
غشاء مرن		Evaporator
ديود (ثنائي)		Expansion valve
تفريغ		External

تصريف	F	Fan
بصيلة جافة		Filter
مجفف		Floating Control
قناة		Four way
		Freezing
		Fresh air
		Function
فاعلية	G	
كفاءة		Gas
إشعاعية		Gauge
انتالبي		Glycol
معادل		Guarantee period
مبخر		
صمام تمدد		
خارجي	H	Heat
		Hermetic
		High pressure
		Hose
		Hot gas defrost
		Humidistat
مروحة		Humidity
كرشح	I	
تحكم عائم		
رباعي الاتجاه		Ice
تجميد		Induction
هواء نقي		Infiltration
دالة		Integral control system
		Internal
		Insulation
غاز		

عداد		Kinetic
قليكول		Kit
فترة الضمان		
		Latent heat
		Leak
	K	Liquid
		Louver
حرارة		Low pressure
مغلق		
ضغط عالٍ		
	L	
خرطوم		
اذابة الصقيع بالغاز الساخن		Maintenance
حاكم رطوبة		Manometer
		Mass transfer
رطوبة		Miscibility of oil
		Mixing
		Moisture
	M	Muffler
ثلج		
حث		
		Noise
تسرب إلى الداخل		Non-condensable gas
نظام تحكم تكاملي		Nut
داخلي		
عزل		
		Oil
حركي	**N**	Oil pressure Safety cut-out
		Oil separator

طقم (مجموعة معدات)		Packaged unit
		Pallet
	O	Pipe
حرارة كامنة		Pitot tube
تسرب إلى الخارج (تنفيس)		Pressure
سائل		Pressure gauge
فتحة تهوية		Probe
ضغط منخفض		Process
		Product
	P	Proportional control
		Psychrometers
		Psychrometric chart
		Purge
صيانة		
مانومتر		
نقل (تبادل) الكتلة		
اختلاط الزيت		
خلط		Quality
بخار		Quantity
كاتم صوت		
		Radiation
		Ratio
		Raceiver
ضجيج		Refrigerant
غاز غير قابل للتكثف	Q	Relative humidity
صامولة		Relay
		Rotary
	R	Safe

زيت	S	Safety
قاطع أمان ضغط الزيت		Saturation
فاصل زيت		Screw
		Semi-conductor
		Sensible heat
		Separator
		Service
		Shell and coil
		Shell and tube
		Solar
وحدة مجمعة		Solenoid valve
نقالة		Spare parts
ماسورة		Specific heat
		Split unit
أنبوب بيتو		Steam ejector
ضغط		Steam injection
عداد ضغط		Storage
		Strainer
مسبار		Sub-cooling
عملية		Superheat
منتج		
تحكم تناسبي	T	Temperature
سيكرومتر		Thermometer
خريطة سيكرومترية		Thermal
		Thermo-electric
طرد (تفريغ) الغاز		Thermostat
		Thermostatic expansion valve
		Timer
		Tower
		Training
		Transfer
		Transfer Function
نوعية		Two-Position control
كمية		

		Units (SI)
		Unit
إشعاع		
نسبة		
مستقبل		Valve
وسيط تبريد		Vapour
الرطوبة النسبية		Variable
مرحل		Velocity
دوار		Vibration
		Volumetric efficiency
		Washer
		Water treatment
		Wet bulb
		Winter cycle
آمن	**U**	
أمان		
تشبع		
لولب (مسمار)	**V**	
شبه موصل		
حرارة محسوسة		
فاصل		
خدمة		
غلاف و ملف		
غلاف و أنبوب		
شمس	**W**	
صمام مغناطيسي		
قطع غيار		

حرارة نوعية وحدة منفصلة قاذف بخار حقن بخار خزن مصفٍ تبريد تحتي تحميص درجة حرارة ترمومتر حراري كهروحراري حاكم درجة الحرارة (ترموستات) صمام تمدد حراري مؤقت برج تدريب تحويل ، تبادل دالة تحويل تحكم ذو وضعين		

وحدات النظام العلمي وحدة صمام بخار متغير سرعة ارتعاش (اهتزاز) كفاءة حجمية غسالة مناولة الهواء بصيلة رطبة دورة شتوية		

المراجع

[١] Modern Refrigeration and Air Conditioning
A. D. Althouse, C. H. Turnquist, A. F. Bracciano
The Goodheart-Willcoxx Company, INC
Tinley Park, Illinois 1992

[٢] هندسة التبريد و تكييف الهواء

د. مصطفى محمد السيد، د. قدري أحمد فتحي، د. محمد علي درويش

مركز النشر العلمي جامعة الملك عبد الغزيز

[3] Refrigeration Equipment
A. C. Bryant
Butterworth Heinemann – Second Edition
Linacre House, Jordan Hill, Oxford 997

[4] التحكم في أجهزة التبريد و التهوية و تكييف الهواء

م. ابراهيم محمد القرضاوي

منشأة المعارف – الإسكندرية

[5] Feedback and Control Systems
J. J.Distefano, A. R. Stubberud, I. J. Williams
Schaim's outline series
McGraw-Hill International Book Company Singapore 1983

[٦] المنظمات الأتوماتيكية لمنشآت التبريد التجاري و تكييف الهواء

مؤسسة دانفوس

الدنمارك - ١٩٩٩

[7] DANFOSS Catalogue 2000
Commercial Refrigeration and Air Conditioning – System Components
Nordborg – Denmark 2000

[8] DANFOSS Catalogue Condensé
Appareils de regulation automatique pour installations frigorifiques
Denmark 19982

[9] منظومات التبريد المنزلية –سلسلة الكتاب التقني

مكتب الاستشاريون للأعمال الهندسية و التقنية

منشورات الثانوية الفنية طرابلس - ليبيا ١٩٩٣

[10] التبريد و التكييف

أ. ر. تروت ترجمة د. محمد فوزي الرفاعي، د. عادل خليل حسن

دار ماكقروهيل للنشر – الدار الدولية للنشر و التوزيع ١٩٨١

[11] تكييف الهواء مبادئ و تطبيقات

د. رمضان احمد محمود

منشأة المعارف – الأسكندرية ١٩٩٦

[12] TRANE Catalog
Illusion Split System
Trane Company – USA 1998

[13] HVAC Equations Data and Rules of Thumb
Artur A., Bell JR.
McGraw-Hill

المحتويات

الوحدة الأولى : مبادئ التحكم الآلي ١
١- ١ مقدمة ٢
١- ٢ أهداف التحكم الآلي ٢
١- ٣ مكونات منظومة التحكم الآلي ٣
١- ٣- ١ نظام تحكم ذو حلقة مفتوحة ٥
١- ٣- ٢ نظام تحكم ذو حلقة مغلقة ٥
١- ٤ الرسم الصندوقي Block Diagram ٦
١- ٤- ١ الرسم الصندوقي لنظام التحكم ذي الحلقة المفتوحة ٦
١- ٤- ٢ الرسم الصندوقي لنظام التحكم ذي الدائرة المغلقة ٧
١- ٥ أنواع المتحكماتControllers ٩
١- ٥- ١ التحكم ذو وضعين Two Position control ON-OFF ٩
١- ٥– ٢ التحكم التناسبي Proportional Controller ١٣
١- ٥– ٣ التحكم التفاضلي Derivative Controller ١٨
١- ٥- ٤ التحكم التكاملي Integral Controller ١٩
١- ٦ مسائل ٢١
الوحدة الثانية : عناصر منظومة التحكم الآلي ٢٢
٢- ١ مقدمة ٢٣
٢- ٢ عناصر الإحساس بدرجة الحرارة Temperature sensors ٢٣
٢- ٢- ١ البصيلة Bulb ٢٣
٢- ٢- ٢ الشريحة المعدنية المزدوجة Bi-metal
٢٤
٢- ٢- ٣ المنفاخ Blow ٢٥
٢- ٢- ٤ المزدوجة الحرارية Thermocable ٢٥
٢- ٢- ٥ المقاومة المتغيرة مع درجة الحرارة Variable Resistance ٢٧

٢- ٣- عناصر الإحساس بالرطوبة Humidity Sensors ٢٧
٢- ٣- ١ شعر الإنسان أو الحيوان – جلد الحيوان – النايلون ٢٨
٢- ٣- ٢ المقاومة الكهربائية المتغيرة مع الرطوبة ٢٨
٢- ٣- ٣ المكثف الكهربائي ٢٨
٢- ٣- ٤ الخلايا الضوئية ٢٩

٢- ٤- عناصر الإحساس بالتدفق Flow rate Sensors ٣٠
٢- ٤- ١ عناصر الإحساس بتدفق السائلLiquid Flow rate Sensors ٣٠
٢- ٤- ٢ عناصر الإحساس بتدفق الهواء Air flow rate Sensors ٣٢
٢- ٤- ٣ جهاز الإحساس بثاني أكسيد الكربون CO_2 Sensors ٣٦
٢- ٥- أنواع الحاكمات Controller types ٣٧
٢- ٥- ١ حاكمات كهربائية و إلكترونية Electric and Electronic Controllers ٣٧
٢- ٥- ٢ حاكمات مبينة و مسجلة Visual and Recorder controller ٣٧
٢- ٥- ٣ الترموستات Thermostat ٣٨
٢- ٥- ٤ الترموستات الإلكترونيElectronic Thermostat ٤٠
٢- ٦ تمارين عن الوحدة الثانية
٤١

الوحدة الثالثة : الأجهزة الموجهة ٤٢
٣- ١ مقدمة ٤٣
٣- ٢ التحكم في مستوى المياه
٤٣
٣- ٢- ١ نظام التحكم العائم لمراقبة مستوى المياه
٤٣
٣- ٢- ٢ صمام مخفض ضغط الماء Water pressure reducing valve ٤٤
٢- ٢- ٣ التحكم في معدل سريان الماء ٤٥

٣- ٣ صمامات السلونويد (المغناطيسية)Solenoid valves ٤٧
٣- ٤ الصمامات الثلاثية و الرباعية الاتجاهات Three-way and Four-way valves ٤٩
٣- ٥ صمام عدم رجوع Check valve ٥٣
٣- ٦ بوابات الهواء ٥٤
٣- ٧ المحركات الكهربائية ٥٤

٣- ٨ الوحدات المساعدة للأجهزة الموجهة ٥٥
٣- ٨- ١ المفاتيح Switches ٥٥
٣- ٨- ٢ الفيش بمصهر Fuse ٥٦
٣- ٩ قواطع الضغط المنخفض و المرتفع Pressure Cut out ٥٨
٣- ١٠ ملحقات دوائر التبريد ٦١
٣- ١٠- ١ فاصل الزيت ٦١
٣- ١٠- ٢ المنظف و المجفف ٦١
٣- ١٠- ٣ زجاجة البيان ٦٢
٣- ١٠- ٤ منومتر الضغط ٦٣
٣- ١١ أجهزة الأمان ٦٣
٣- ١١- ١ صمام الأمان ٦٣
٣- ١١- ٢ قرص القطع ٦٥
٣- ١٢ أسئلة عن الوحدة الثالثة ٦٦

الوحدة الرابعة : تطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة في التبريد و تكييف الهواء ٦٧
٤- ١ التحكم في معدل تدفق وسيط التبريد ٦٨
٤- 1-1- الأنبوبة الشعرية ٦٨
٤- 1-1- ١ خصائص الأنبوبة الشعرية ٦٨
٤- 1-1- ٢ استخدام الأنبوبة الشعرية كمبادل حراري ٦٩
٤- 1-1- ٣ مميزات استخدام الأنبوبة الشعرية ٧٠

٤- 1-1- ٤ عيوب استخدام الأنبوبة الشعرية ٧٠

٤- ١- ٢ صمام التمدد الأتوماتيكي ٧١
٤- ١- ٢- ١ خصائص صمام التمدد الأتوماتيكي ٧١
٤- ١- ٢- ٢ أداء صمام التمدد الأتوماتيكي ٧٢
٤- ١- ٢- ٣ مميزات صمام التمدد الأتوماتيكي ٧٤
٤- ١- ٢- ٤ عيوب صمام التمدد الأتوماتيكي ٧٤
٤- ١- ٣ صمام التمدد الحراري ٧٥
٤- ١- ٣- ١ خصائص صمام التمدد الحراري ٧٥
٤- ١- ٣- ٢ أداء صمام التمدد الحراري ٧٧
٤- ١- ٣- ٣ الشططان ٧٨
٤- ١- ٣- ٤ صمام التمدد الحراري المعادل خارجيا ٧٩
٤- ١- ٤ صمام التمدد الكهربائي الحراري ٨٢
٤- ١- ٥ محبس العوامة جانب الضغط المنخفض ٨٤
٤- ١- ٤- ١ وظيفة محبس عوامة جانب الضغط المنخفض ٨٤
٤- ١- ٤- ٢ أداء المحبس ٨٤
٤- ١- ٦ محبس عوامة جانب الضغط العالي ٩٩
٤- ٢ المنظمات ٨٦
٤- ٢- ١ منظم ضغط المبخر ٨٧
٤- ٢- ٢ منظم ضغط المكثف ٨٩
٤- ٢- ٣ منظم ضغط السحب ٨٩
٤- ٢- ٤ منظم التحكم في السعة ٩١
٤- ٢- ٥ صمام التحكم في درجة الحرارة ٩٣
٤- ٣ تطبيقات على أنظمة التحكم البسيطة ٩٤
٤- ٣- ١ التحكم في درجة حرارة خروج المبخر باستخدام ترموستات ٩٤
٤- ٣- ٢ التحكم في صمام ملف تبريد و ملف تسخين ٩٥
٤- ٣- ٣ التحكم في بوابات الهواء ٩٦

٤- ٣- ٤ التحكم في درجة الحرارة باستخدام ترموستات الهواء الخارجي Outside air Thermostat ٩٧
٤- ٣- ٥ التحكم في الضغط الإستاتيكي ٩٨
٤- ٤ أسئلة عن الوحدة الرابعة ٩٩
الوحدة الخامسة : دوائر القدرة و التحكم لبعض الأجهزة المنزلية ١٠١
٥- ١ مقدمة ١٠٢
٥- ٢ أنواع الدوائر الكهربائية ١٠٢
٥- ٢- ١ دائرة التحكم ١٠٣
٥- ٢- ٢ دائرة القدرة ١٢٠
٥- ٣ عناصر الدائرة الكهربائية ١٠٤
٥- ٤ طريقة رسم الدوائر الكهربائية ١٠٤
٥- ٤- ١ الرسم التخطيطي ١٠٤
٥- ٤- ٢ الرسم الشبكي ١٠٨
٥- ٥ خطوات تصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة ١٠٩
٥- ٦ تصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد وتجميد بسيطة ١١٠
٥- ٦- ١ متطلبات التحكم ١١٠
٥- ٦- ٢ عناصر التحكم ١١٠
٥- ٦- ٣ دائرة التحكم و القدرة ١١١
٥- ٧ تصميم و تخطيط دوائر التحكم و القدرة لوحدة تبريد وتجميد بسيطة ١١٣
٥- ٧- ١ متطلبات التحكم ١١٣
٥- ٧- ٢ عناصر التحكم ١١٣
٥- ٧- ٣ تخطيط دوائر التحكم و القدرة ١١٤
٥- ٨ دوائر التحكم و القدرة لثلاجة منزلية ذات نظام آلي لإذابة الصقيع بواسطة سخان كهربائي ١١٥
٥- ٨- ١ متطلبات التحكم ١١٧
٥- ٨- ٢ عناصر التحكم ١١٧

٥- ٨- ٣ تخطيط دوائر التحكم و القدرة ١١٧
٥- ٩ دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف شباكية ١١٩
٥- ٩- ١ متطلبات التحكم ١٢١
٥- ٩- ٢ عناصر التحكم ١٢١
٥- ٩- ٣ تخطيط دوائر التحكم و القدرة ١٢١

٥- ١٠ دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف منفصلة ١٢٣
٥- ١٠- ١ مكونات وحدات التكييف المنفصلة ١٢٣

٥- ١٠- ٢ دوائر التحكم والقدرة ١٢٤
٥- ١١ دوائر التحكم و القدرة لوحدة تكييف مجمعة ١٢٧
٥- ١١- ١ مكونات وحدة التكييف المجمعة ١٢٧
٥- ١١- ٢ دوائر التحكم و القدرة ١٢٩
٥- ١١- ٣ أداء وحدة تبريد ١٢٩
٥- ١١- ٤ أداء وحدة تسخين ١٢٩
٥- ١٢ تمارين عن الوحدة الخامسة ١٣٢
أهم المصطلحات العلمية
المراجع
الفهرس