وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني كركوك

# الحقيبة التعليمية

**القسم العلمي:تقنيات ميكانيك القدرة**

**اسم المقرر: أساسيات منظومات السيطرة**

**المستوى: المستوى الثاني**

**الفصل الدراسي: الأول**

**السنة الدراسية: 2024 - 2025**

# معلومات عامة

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اسم المقرر: | أساسيات منظومات السيطرة | | | | | | |
| القسم: | تقنيات ميكانيك القدرة | | | | | | |
| المعهد: | المعهد التقني كركوك | | | | | | |
| المستوى | المستوى الثاني | | | | | | |
| الفصل الدراسي: | الأول | | | | | | |
| عدد الساعات الاسبوعية: | نظري | 2 | عملي | 2 | | | |
| عدد الوحدات الدراسية: | 4 | | | | | | |
| الرمز: | PMTR244 | | | | | | |
| نوع المادة | نظري | - | عملي | - | كلهما | √ | |
| هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى | لايوجد | | | | | | |
| اسم المقرر النظير | / | | | | | | |
| القسم | / | | | | | | |
| رمز المقرر النظير | / | | | | | | |
| معلومات تدريسي المادة | | | | | | | |
| اسم مدرس (مدرسي) المقرر: | مها حسن غفور | | | | | | |
| اللقب العلمي: | مدرس مساعد | | | | | | |
| سنة الحصول على اللقب | 2017 | | | | | | |
| الشهادة : | ماجستير | | | | | | |
| سنة الحصول على الشهادة | 2014 | | | | | | |
| عدد سنوات الخبرة ( تدريس) | 8 سنوات | | | | | | |

## الوصف العام للمقرر

مقرر أساسيات منظومات السيطرة

## الاهداف العامة

سيكون الطالب قادراً على

1. فهم المفاهيم الاساسية لمنظومات سيطرة أجهزة التبريد والتكييف
2. أستخدام أجهزة قياس الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة وإجراء الحسابات الخاصة بمخططات الهواء
3. التعرف على دوائر السيطرة الالكترونية .

## الأهداف الخاصة

1. سيتعلم الطالب كيفية قياس درجة الحرارة وبقية الخواص الفيزيائية التي لها تأثير على راحة الأنسان
2. سيتعلم الطالب فهم وقراءة كافة تالخرائط الألكترونية الخاصة بأجهزة السيطرة بأجهزة التبريد

## الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

سيكون الطالب في نهاية الوحدة النمطية قادرا على أن :

استخدام أجهزة السيطرة الكهربائية والالكترونية الحديثة

## المتطلبات السابقة

**لا يوجد**

| الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية | | |
|---|---|---|
| ت | تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم | آلية التقييم |
| 1 | إكساب الطالب المهارات الأساسية لفهم اساسيات التي تعمل في منظومات السيطرة | أختبارات شفهية , تقييم يومي |
| 2 | إكساب الطالب المهارات في مجال السيطرة على عمل المنظومات | أختبارات شفهية , تقييم يومي |
| 3 | اكساب الطالب مهارة تحليل وتفسير عمل أجهزة السيطرة وكيفية ربطها وصيانتها. | التقارير المختبرية, أختبارات حضورية |

**أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)**

| الاسلوب او الطريقة | مبررات الاختيار |
|---|---|
| **1.عرض تقديمي , شرح**<br>**2. الاستفادة من المواقع الإلكترونية العلمية في تطوير المقرر من خلال عرض الأفلام العلمية والمستجدات في حقل المقرر.**<br>**3.التقارير المختبرية**<br>**4. الربط بين الجزء النظري والعملي للمقرر من خلال مادة المشروع الطلابي.**<br>**5.عمل مجموعات طلابية لتقديم محاضرة او تجربة علمية عن مواضيع متعلقة بالمقرر**<br>**6- طرح أمثلة واقعية** | **لتقريب الصورة وربط الواقع النظري بالواقع العملي و لأكساب الطالب الأسس العلمية لمنظومة سيطرة مستخدمة في أجهزة التبريد ولجعله ملماًبالتخصص عند المزاولة** |

| الفصل الاول من المحتوى العلمي | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مبادئ وحدات السيطرة | الوقت | | العنوان الفرعي | طريقة التدريس | التقنيات | طرق القياس |
| التوزيع الزمني | النظري | العملي | | | | |
| الفصل الأول | 2 ساعة | 2 ساعة | منظومات السيطرة في اجهزة التبريد والتكييف | محاضرة | عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة , مقطع فيديو | أختبارات شفهية , تجارب مختبرية |
| الفصل الثاني من المحتوى العلمي | | | | | | |
| عناصر منظومات السيطرة | الوقت | | العنوان الفرعي | طريقة التدريس | التقنيات | طرق القياس |
| التوزيع الزمني | النظري | العملي | | | | |
| الفصل الأول | 2 ساعة | 2 ساعة | عناصر منظومات السيطرة | محاضرة | عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة , مقطع فيديو | أختبارات شفهية , تجارب مختبرية |
| الفصل الثالث من المحتوى العلمي | | | | | | |
| الصمامات (الأجهزة الموجهة) وأنواعها | الوقت | | العنوان الفرعي | طريقة التدريس | التقنيات | طرق القياس |
| التوزيع الزمني | النظري | العملي | | | | |
| الفصل الأول | 2 ساعة | 2 ساعة | انواع الصمامات ومبدأ عملها | محاضرة | عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة , مقطع فيديو | أختبارات شفهية , تجارب مختبرية |
| الفصل الرابع (من المحتوى العلمي) | | | | | | |
| تطبيقات على أنظمة السيطرة في وحدات التبريد وتكييف الهواء | الوقت | | طريقة التدريس | التقنيات | طرق القياس | |
| التوزيع الزمني | النظري | العملي | | | | |
| الفصل الأول | 2 ساعة | 2 ساعة | محاضرة | عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة , مقطع فيديو | أختبارات شفهية , تجارب مختبرية | |

# المحتوى العلمي

**الفصل الأول / منظومات السيطرة في اجهزة التبريد والتكييف**

**اساسيات السيطرة .**

**تتالف منظومة السيطرة في تطبيقات التبريد والتكييف من العناصر التالية**

**1- الحيز المكيف : يمثل المتغير المطلوب السيطرة عليه مثل درجة الحرارة , الرطوبة ,الضغط .**

**2-المسيطر : هو الجهاز الذي يستجيب للمتغير ويتصرف لتحقيق الهدف المطلوب مثل الثرموستات , مسيطر محرك الضاغط , مسيطر الضغط ...**

**3- الاجهزة المنفذة : هي الالية التي ينظم عملها من قبل المسيطر مثل الصمام , البوابات , المراوح ,الضواغط**

**4- محطة الاجراء او المعالجة : وتمثل الجهاز الذي يقوم بالوظيفة المطلوبة او التطبيق المطلوب واجراء المعالجة عليه مثل جهاز التكييف , مروحة التهوية , محرك السيارة ...**

**أهداف التحكم الآلي( الهدف من أستخدام منظومة سيطرة)**

**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.**

**-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 يعيش فيه الإنسان )نقاوة الهواء، الضجيج.)...

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

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

### نظام تحكم ذو حلقة مفتوحةOpen 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 درجةالحرارة إلى المستوى المطلوب تبقى المروحة في حالة تشغيل،نظرا لعدم وجود حاس يحس بالتغيرالحاصل 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، و في هذه الحالة نقول أن المروحة تشتغل وفق نظام تحكم ذي حلقة مفتوحة.

### -نظام تحكم ذو حلقة مقفلةClosed 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(، عندهاا 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 ومضبوطة مسبقا، عندها يتدخل جهاز التحكم مرة أخرى لإعادة تشغيل الضاغط من جديد و هكذا... 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.

انواع اجهزة السيطرة

A- السيطرة ذات الحالتين ( on – off )

هي ابسط انواع السيطرة حيث تتم السيطرة على المتغير من خلال تشغيل واطفاء الجهاز لابقاء المتغير ضمن الحد المطلوب وتكون قيمة المتغير متوسطة القيمة بين قيمة التشغيل وقيمة الفصل . مثال على ذلك الثلاجة المنزلية . من نتائج عمل هذا النوع من السيطرة تضهر حالتين مهمة هي :

1- فارق السيطرة : هو الفرق بين نقطتي التشغيل والايقاف التي يعمل عليها المسيط .

2- فارق التشغيل : هو الفرق الحقيقي الذي يحصل بين اعلى حد وادنى حد لقيمة المتغير المسيطر عليه ويكون هذا الفرق اكبر دائما من فارق اليسطرة وذلك بسبب تاثير الخزن الحراري والتاخر بالاستجابة .

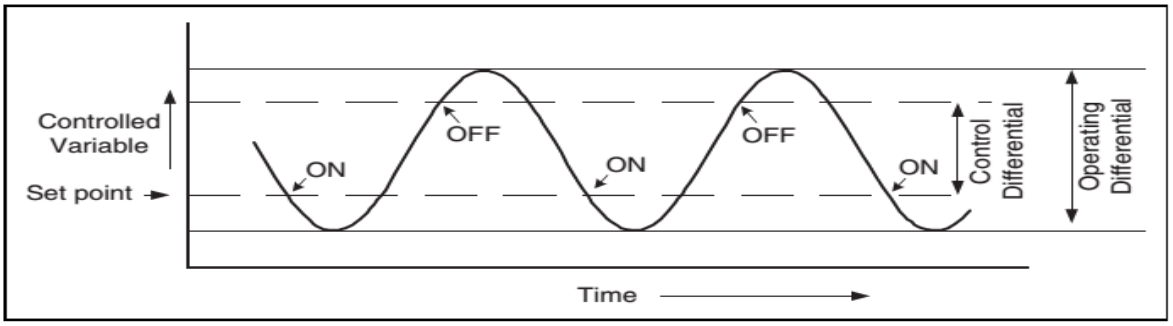



**Figure 1-5** Two-position Heating Control

تكون المسيطرات من هذا النوع مزودة بمنظمين لتنظيم عمله . انواع المنظمات المعروفة هي :

1- منظم ضبط المدى : (يغير من مستوى نقطة ضبط المتغير) مع ابقاء الفارق ثابت

2-منظم ضبط الفارق : يغير الفرق بين نقطة التشغيل والتوقف .

3-منظم ضبط نقطة التوصيل : تتحكم بتغيير نقطة التوصيل .

4-منظم ضبط نقطة التوقف : تتحكم بتغيير نقطة التوقف .

B- السيطرة نوع (ON-OFF) المحددة زمنيا .

صمم هذا النوع من السيطرة لتقليل فارق التشغيل الكبير والحاصل بسبب الخزن الحراري والتاخر بالاستجابة , حيث يتميز المسيطر بوجود عنصر يتحكم بزمن فترة التشغيل او فترة التوقف . ومن الامثلة على ذلك ثرموستات السيطرة على درجة حرارة الغرفة حيث يزود بمقاومة حرارية من الداخل تعطي حرارة خلال عملها كاشارة خاطئة لتحقيق مايلي

1- في حالة التبريد تعمل المقاومة عندما يفصل الثرموستات لتعطي اشارة خاطئة للثرموستات لجعله يعمل قبل ان تصل درجة حرارة الغرفة الى درجة توصيل الثرموستات وذلك لمنع حدوث ارتفاع لدرجة حرارة الغرفة اكثر من الازم للاسباب المذكورة اعلاه .

2- في حالة التدفئة تعمل المقاومة عندما يكون الثرموستات موصلا وذلك لجعل الثرموستات يفصل قبل ان تصل درجة حرارة الغرفة الى الدرجة التي يفصل عندها الثرموستات لمنع ارتفاع درجة حرارة الغرفة الى اكثر من الازم لنفس الاسباب اعلاه . والشكل ادناه يوضح فكرة العمل

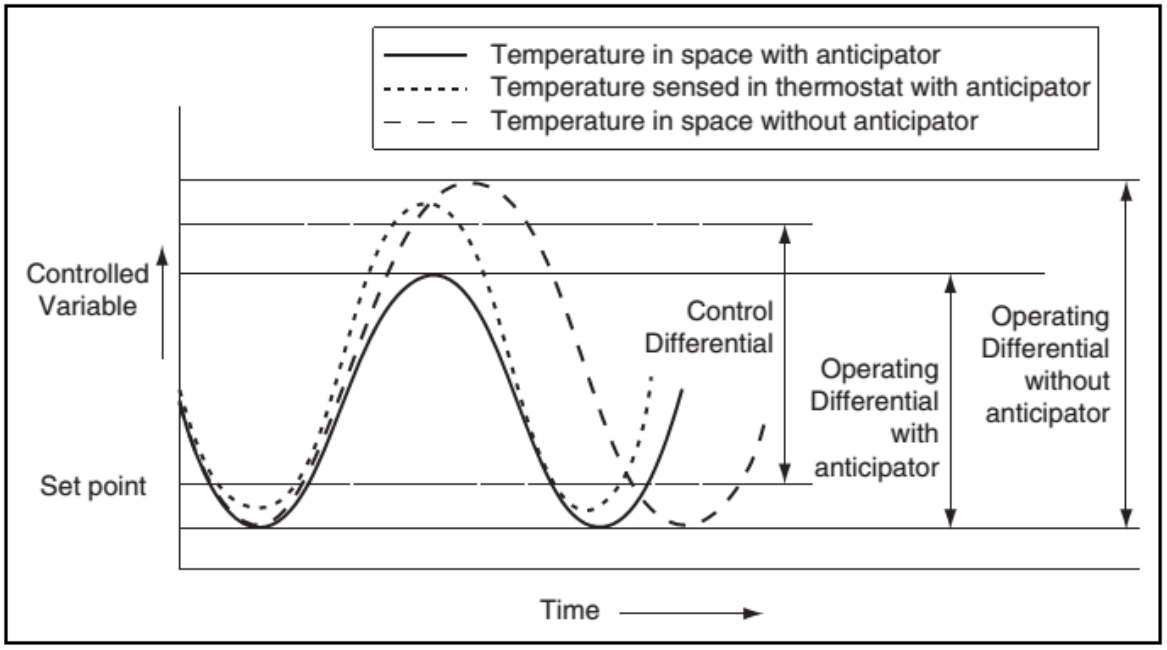



**Figure 1-6** Two-position Control with Anticipator

هناك نوع اخر من الثرموستات يستخدم الساعة التي تعمل على ايقاف وتشغيل المنظومة , مثال على ذلك الثرموستات المستخدم في الغرف المعزولة حراريا ( الثلاجة او المجمدة الخ ... ) حيث ينضم ليعمل مثلا ( 5 دقائق ) ويتوقف (20 دقيقة ) وذلك كي لا يحصل تبريد اكثر من الازم لان الفقد الحراري قليل .

C- السيطرة نوع المتغيرة او الطائفة .

هذا النوع من السيطرة لاينتج اي اشارة اذا كان المتغير المسيطر عليه ضمن حدود الفارق , حيث يسمى هذا الفارق (بالفترة الميتة) واذا تجاوز المتغير الحد الاعلى او الحد الادنى للفترة الميتة فان المسيطر يصدر اشارة لتوجيه المتغير ضمن الفترة الميتة وتتوقف الاشارة حال دخول المتغير الفترة الميتة . والمخطط ادناه يمثل تصرف السيطرة .

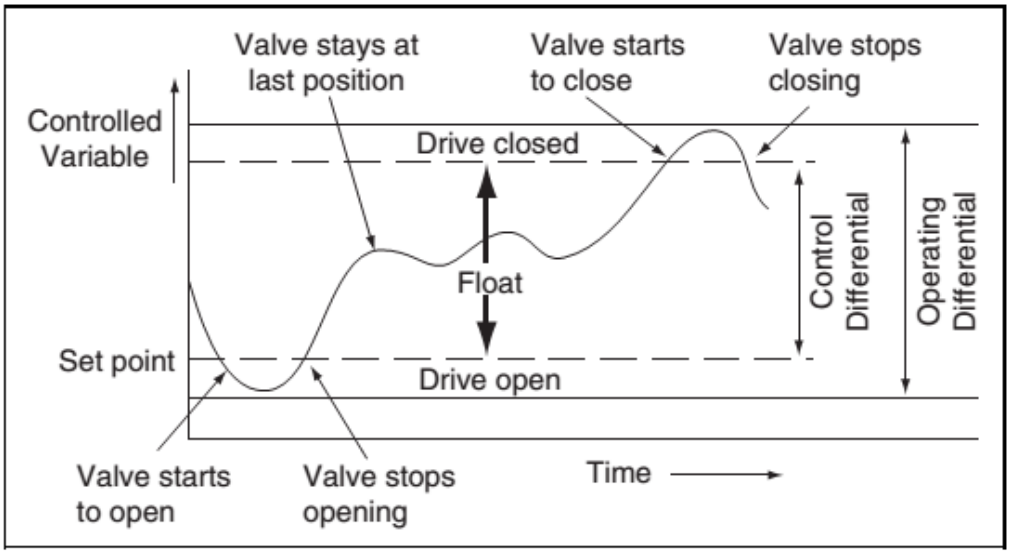



**Figure 1-8** Floating Control

D - السيطرة التناسبية :

في السيطرة من هذا النوع تكون الاشارة الخارجة متغيرة باستمرار وتتغير بشكل يتناسب مع الانحراف عن نقطة الضبط التي تحصل للمتغير المسيطر عليه , يلتقي هذا النوع من السيطرة مع حالة واحدة من حالات الحمل اما بقية الحالات فينشئ الانحراف او الحيود (Error) عن نقطة الضبط , وذلك لان الاشارة الخارجة تكون على علاقة خطية مع الحيود الحاصل ولا تعتمد على ظروف التشغيل , علما ان ظروف التشغيل غير خطية . يتناسب هذا النوع من السيطرة مع الاحمال الثابتة تقريبا او التي تتغير ببطئ . والمخطط ادناه يوضح تصرف السيطرة .

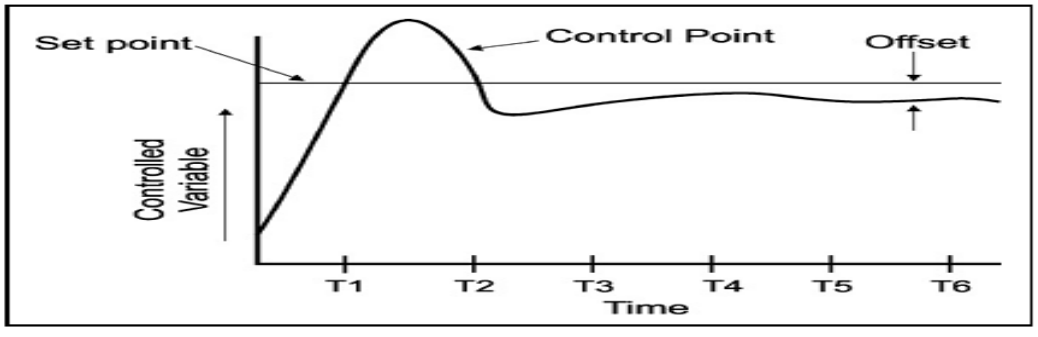



**Figure 1-11** Proportional-only Control

**E- نوع السيطرة التناسبي مع الارجاع الاوتوماتيكي :**

**وهو اكثر تقدما لابقاء المتغير عند نقطة الضبط بدون اي حيود وذلك لاحتوائه على عنصر التكامل . حيث تقرأ قيمة المتغير عدة مرات خلال وحدة الزمن وتعرف هذه بثابت التكامل (Ki ) , وعلى اساسها تتغير الاشارة باستمرار مع الزمن لاعادة وتعديل قيمة المتغير باستمرار (reset rate ) وابقائه عند نقطة الضبط بدون اي حيود**

$$O = A + KP + KI \int e$$

**Ki = x/t حيث تعني عدد المرات المقروءة خلال الزمن**

**والمخطط ادناه يوضح تصرف السيطرة**

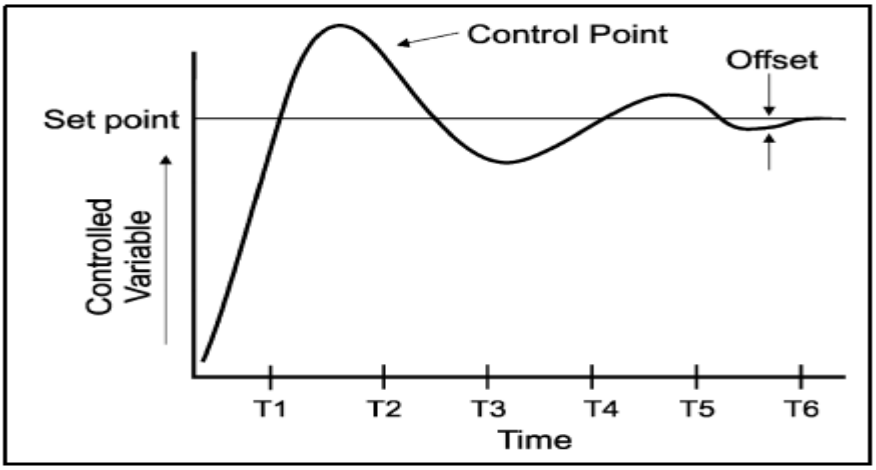



**Figure 1-12** Proportional Plus Integral Control

**تعريف المصطلحات المستخدمة في انواع السيطرة اعلاه :**

**1- نقطة الضبط (set point) : هي الظروف المرغوبة للمتغير.**

**2- نقطة السيطرة (control point) هي الظروف الواجب على المسيطر الحفاض عليها .**

**3- الحيود (offset) هو انحراف المتغير عن نقطة الضبط .**

**4- حد الخنق (throttling rang) هو مقدار الحيود المسموح به للمتغير وابقائه ضمن منطقة محصورة بين قيمتين والتي تحدد مقدار شوط الحركة الذي يقطعه الجهاز المنفذ من ادنى حد الى اعلا حد كي يتمكن من الحفاض على ابقاء المتغير محصورا ضمن المنطقة اعلاه .**

## الفصل الثاني/ عناصر منظومات السيطرة

**عناصر الإحساس بدرجة الحرارة(Temperature sensors)**

**من بين المواد الشائعة الاستخدام للإحساس بدرجة الحرارة:**

**-البصيلة. (Bulb)**

**-الشريحة المزدوجة(Bi-metal)**

**-المنفاخ. (Below)**

**-المزدوجة الحرارية. (Thermocouple)**

**-المقاومة الكهربائية المتغيرة مع درجة الحرارة. (Electric Resistance)**

**-الحاسات الإلكترونية(Electronic Sensors)**

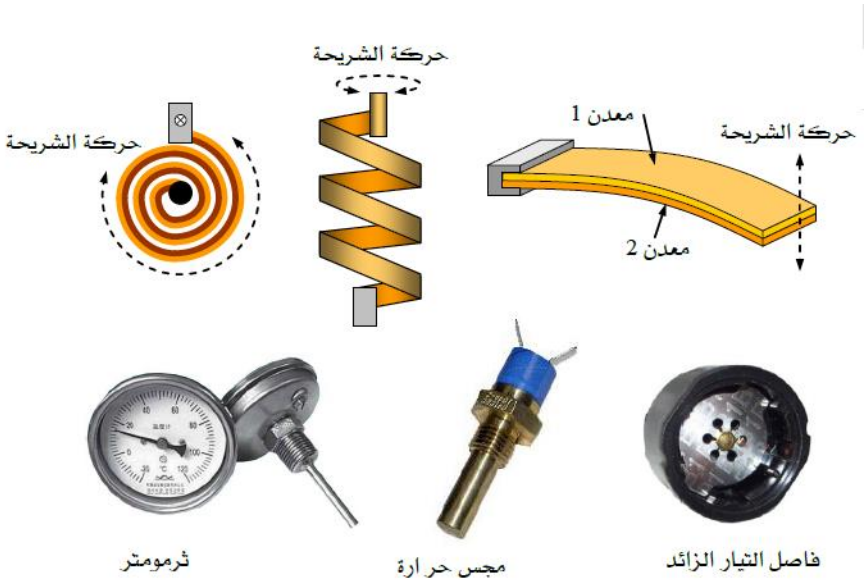
### 1-البصيلة(Bulb)

**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 المكونة للبصيلة الحساسة.**

الشكل (2- 1) : البصيلة.

## 2-الشريحة المعدنية المزدوجة(Bi-metal)

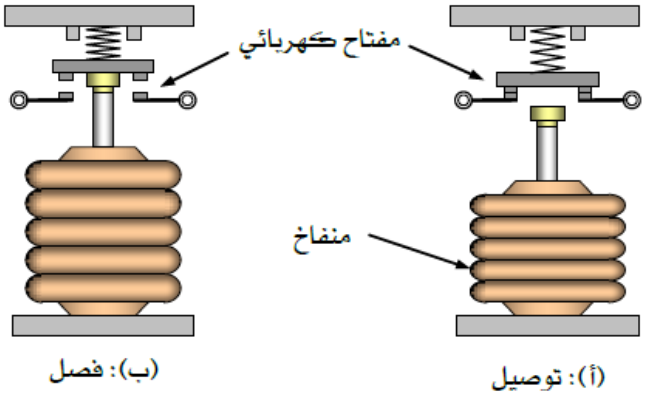
تتكون الشريحة المعدنية المزدوجة من معدنين لتلفين في معامل التمدد الطولي الناتج عن الحرارة. المعدنان ملحومان لحام جيد عند منطقة الاتصال بينهما، حيث عندما تتغير درجة حرارة الهواء المحيط بالعنصر الذي له أكبر معامل تمدد طولي يعمل هذا الأخير على تحريك الطرف الحر للشريحة، و يمكن استخدام هذه الحركة لفتح أو قفل نقاط تلامس كهربائي وتستخدم الشريحة المعدنية المزدوجة عادة مع الترموستات المركب على الجدران في الأماكن




الشكل (2- 2) : نماذج للشريحة المعدنية المزدوجة.

## 3-المنفاخ(Below)

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 الكهربائي ،أو تغيير في ضغط الهواء عند التحكم بالهواء المضغوط، و يعمل نابض مثبت فوق المنفاخ على تحديد نقطة الضبط و مدى تمدد المنفاخ ويستخدم المنفاخ عادة مع الثرموستات المركب على الجدران في الأماكن المكيفة



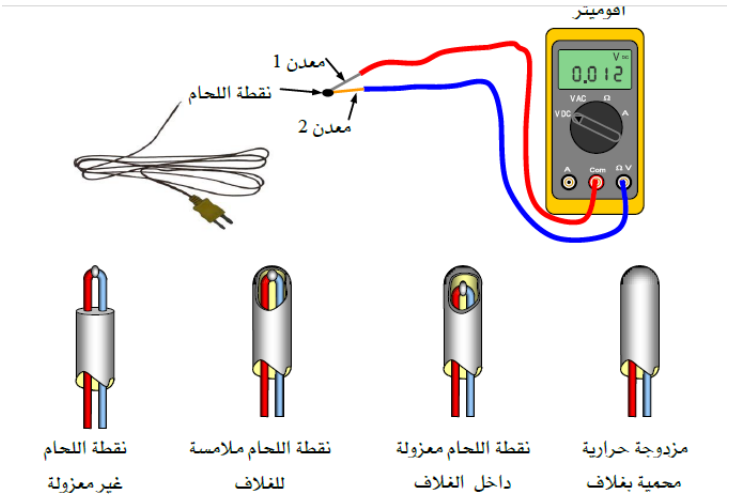

الشكل (2- 3) : منفاخ حساس.

**4-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.**

**عند 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 ( 4-2 )، وتستخدم عدة مواد معدنية لتشكيل المزدوجة الحرارية منها:**

- **نحاس – كونستنتان.**
- **حديد – كونستنتان.**
- **ألمنيوم – كروم.**




الشكل (2- 4) : المزدوجة الحرارية.

**5-المقاومة المتغيرة مع درجة الحرارة(Thermistor)**

**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 المقاومات يختلفان باختلاف شكل تغير المقاومة مع درجة الحرارة.**

**-المقاومة المتغيرة إيجابا مع درجة الحرارة. PTC ( Positive Temperature Coefficient )**

**-المقاومة المتغيرة سلبا مع درجة الحرارة. NTC ( Negative Temperature Coefficient )**

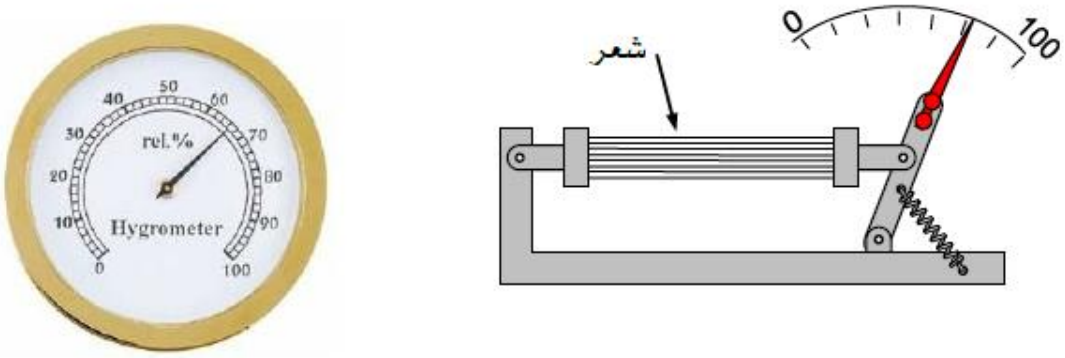
الشكل ( 2- 5 ): نماذج للمقاومة المتغيرة مع درجة الحرارة.

**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:**

**- 1 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، و 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( Silicagel ) و سيلفات الكلسيوم ( Calcium sulfate ) و الزيوليتZiolite )**




الشكل 2- 6 : مقياس رطوبة.

**2-المقاومة الكهربائية المتغيرة مع الرطوبة(Humistor)**

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

الشكل (2- 7) : نماذج لمقاومات متغيرة مع الرطوبة.

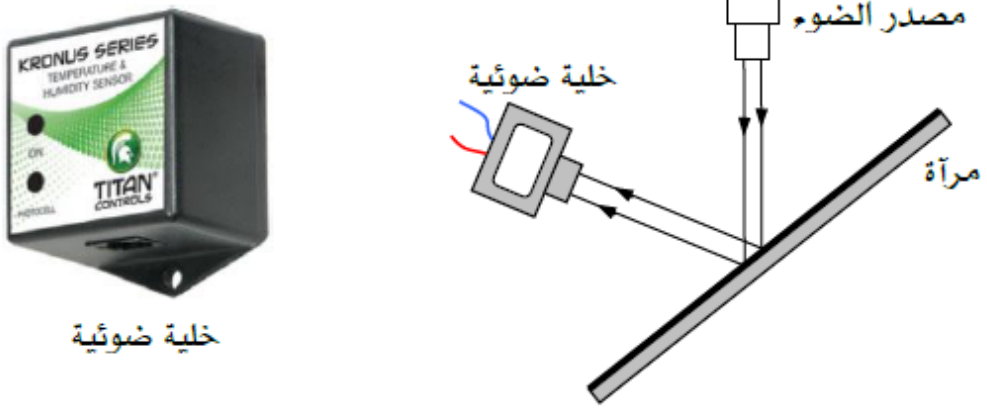
**3-المكثف الكهربائي(Electric Capacitor)**

**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 فكلما زادت الرطوبة تزداد سعة المكثف الكهربائي، و بتوصيل هذا المكثف بدائرة التحكم الإلكترونية يمكن استخدام الإشارة المنبعثة منها للتأثير على دوائر التحكم.**

الشكل (2- 8) : نماذج لمكثفات كهربائية متغيرة مع الرطوبة.

**4-الخلايا الضوئية(Photocell sensor)**

**يستخدم شعاع ضوئي يسقط على مرآة حيث تتغير شدة الضوء المنعكس منها حسب كمية بخار الماء المتكاثف عليها، و يعمل الشعاع الضوئي المنعكس على تشغيل خلية ضوئية موصولة بدائرة تحكم.**




الشكل (2- 9) : خلية ضوئية للإحساس بتغير الرطوبة.

**4-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.**

### 1-4- عناصر الإحساس بتدفق السائل(Liquid Flow rate Sensors)

**الأجهزة الشائعة الاستخدام لقياس معدل سريان السائل عبر الأنابيب )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 لروط 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.**

الشكل (2- 10) : نماذج لفلومتر ذو أنبوب منفتح.

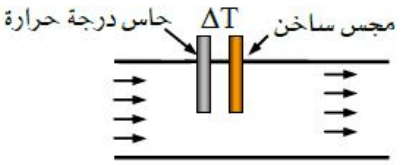
**فلومتر ذو تربين(Turbine flow-meter)**

**يتكون هذا الجهاز من تربين موضوعة داخل أنبوب و يتم تحريكها بفعل السريان، و تشتمل التربين على طرف مغناطيسي يعطي مؤشراً على سرعة دورانها و بالتالي على قيمة معدل السريان عبر الأنبوب. المؤشر الصادر من الطرف المغناطيسي يتم استلامه بواسطة عداد إلكتروني مثبت على السطح الخارجي للفلومتر.**

الشكل (2- 11) : نماذج لفلومتر ذو تربين.

**فلومتر السلك الساخن(Hot wire flow-meter)**

**تعطي كمية الحرارة المفقودة من مجس ساخن مؤشرا على معدل التدفق.**




الشكل (2- 12) : فلومتر السلك الساخن.

**فلومتر الريشة(Vane flow-meter)**

**يدفع السائل الريشة فتدور على محورها بحسب مقدار التدفق الذي يتغلب على قوة النابض الحلزوني المثبت على مؤخرة عمود الريشة ، و عند انخفاض السريان تدور الريشة في الإتجاه المعاكس.**

الشكل (2- 13) : فلومتر الريشة

**فلومتر الموجات فوق صوتية(Ultra sonic flow-meter)**

**و هناك طريقة متطورة لقياس معدل السريان عبر الأنابيب انطلاقا من السطح الخارجي للأنابيب و دون اللجوء إلى أي عنصر داخل القناة، و يتم ذلك باستخدام أجهزة تشتغل وفق الذبذبات فوق الصوتية، حيث تثبت هذه الأجهزة على السطح الخارجي للأنبوب المراد قياس معدل السريان عليه، و تتميز هذه الطريقة بالدقة و عدم إحداث اضطرابات داخل الأنابيب ، غير أنها مكلفة مقارنة بالطرق الأخرى و تتطلب مهارة في أخذ القياسات.**

الشكل (2- 14) : فلومتر باستخدام الموجات الفوق صوتية.

**4- 2-عناصر الإحساس بتدفق الهواء(Air Flow rate Sensors)**

**لقياس سرعة الهواء داخل القنوات يمكن استخدام جهاز محمول خاص يسمى فيلوستيمتر air Velocity meter، و يعطي قيمة سرعة الهواء مباشرة بواسطة مؤشر أو على شاشة رقمية صغيرة.**

الشكل (2- 15) : أجهزة قياس سرعة الهواء.

**5-جهاز الإحساس بثاني أكسيد الكربون(CO2 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 بظروف الراحة المثلى للمتواجدين و يستوجب القيام بالتهوية 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 ( 2 جزء من مليون 1) ppm، علما بأن النسبة**

المئوية لغاز ثاني أكسيد الكربون المناسبة لراحة الإنسان يجب أن لا تتجاوز 1300 جزء من مليون ( CO2 < 1300 ppm أوCO2 < 1.31 g/m3 )

الشكل (2- 16) : أجهزة لقياس نسبة ثاني أكسيد الكربون بالهواء.

## 6-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:

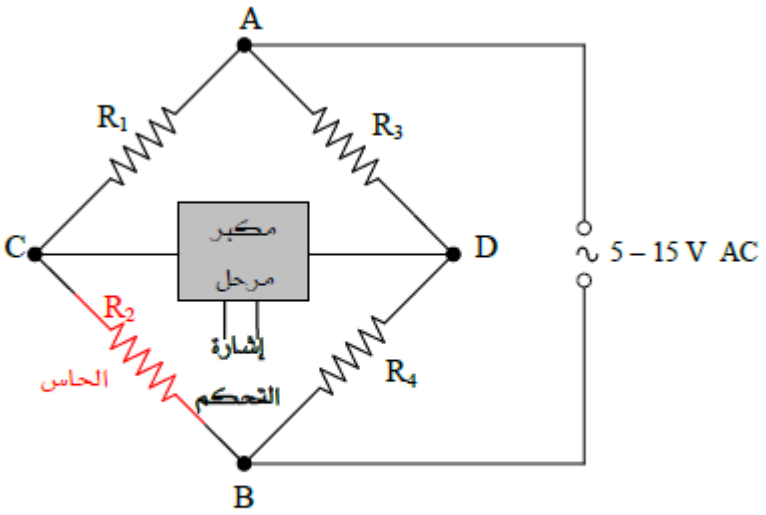
### 6- 1 حاكمات كهربائية و إلكترونية(Electric and Electronic Controllers)

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,هذا النظام مصمم وفق قنطرة ويتستون المعدلة Wheatstone bridge 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 المستخدمةR1 ، R3 ، R4و كذلك العنصر الحاس R2 متساوية بقيمة Ω1000

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( R2 الحاس( و يسري تيار عبر المرحل

فالمكبر و منه إلى عنصر التحكم النهائي ليعمل بدوره على تغيير موضع الجهاز الموجه لتعديل قيمة وسيلة التحكم.




الشكل (2– 17) : نظام تحكم إلكتروني (قنطرة ويتستون المعدلة).

### 6- 2-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 (2- 18) : نماذج للحاكمات المبينة و المسجلة .

**6- 3-الثرموستات(Thermostat)**

**كلمة الثرموستات تتكون من جزأين ( الحرارة والثبات فيكون المعنى الكامل الحرارة الثابتى او المستقرة ووظيفة الجهاز المسمى بالثرموستات المحافظة على الحرارة ثابن\تة وفي الحقيقة يؤدي استخدام الثرموستات الى المحافظة على درجة حرارة شبه ثابتة باعتبار مدى معين ( تفاوت) لاتتجاوزه وذلك بمراقبة وسيلة التحكم المستخدمة ( ماء بارد أو ماء ساخن أو مائع تبريد او هواء مكيف أو تيار كهربائي ... الخ)**

**ويتوقف مقدار التفاوت على حساسية الثرموستات ودقته وعادةً يقترن اسم الثرموستات بمجال استخدامها أو بالجزء المركب عليه فنقول مثلا:**

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

**من ناحية أخرى، يمكن تصنيف أنواع الثرموستات الى صنفين :**

**ثرموستات كهروحراري وثرموستات الكتروني.**

أ- الثرموستات الكهرو حراري

تشتمل الثرموستات الكهرو حرارية على نقطة تماس كهربائي يمكن زصله أو فصله 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 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 ثرموستات تعديلي.

ب- الثرموستات الإلكتروني(Electronic Thermostat)

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

## الفصل الرابع: الأجهزة الموجهة

### 1-مقدمة

تعتبر الأجهزة الموجهة من العناصر المهمة في أنظمة التبريد و التكييف، إذ تمكن من إعطاء مرونة أكثر في التحكم في لتلف المتغيرات، و تساعد على مراقبة حالة وسيط التبريد في لتلف مراحل الدورة، و في هذه الوحدة سوف نقوم بدراسة أهم الأجهزة الموجهة المستخدمة في وحدات التبريد و التكييف و التعرف على وظائفها و طرق عملها.

### 2-الصمامات

### 2- 1-الصمامات الثنائية

تستخدم الصمامات الثنائية في أنظمة التبريد و التكييف لعزل أو توصيل جزء من دورة التبريد و هي متنوعة في الشكل و الحجم و المواد المصنوعة منها.

الشكل (3- 1) : نماذج لصمامات ثنائية.

### 2- 2الصمامات الكهرومغناطيسيةSolenoid valves

الصمام الكهرومغناطيسي هو 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 ، حيث يحدث شد مغناطيسي يمكن من إحداثh لتأثير 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، و يكون تأثير التحكم إما لفتح الصمام بالنسبة لصمام مغناطيسي عادة مغلق ( Normaly Opened NO )و إما للغلق بالنسبة لصمام مغناطيسي عادة مفتوح (. Normaly Closed NC ) و تستخدم الصمامات المغناطيسية في منظومات التبريد و وحدات التكييف على خطوط مائع التبريد و أنابيب 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 ( يبين أمثلة لصمامات ـ التكييف، وذلك بالتقليل من التدخل اليدوي، الشكل ) 1

مغناطيسية، حيث تتكون من الهيكل المعدني الأساسي للصمام و الملف الكهربائي مع علبة التوصيل.

الشكل 3- 2 : نماذج لصمامات كهرومغناطيسية.

### 2- 3الصمامات الثلاثية

تستخدم في دورات التبريد و تكييف الهواء، إلى جانب الصمام ذي الاتجاهين، صمامات ذات ثلاثة ، و ذلك في بعض التطبيقات مثل توصيل مقياس و قاطع الضغط على مستوى السحب و الطرد لضاغط ترددي بوحدة تبريد1.

الشكل (3- 3) : صمامات ثلاثية الاتجاهات (أ) : يدوي ، (ب) : كهرومغناطيسي

( : صمامات ثلاثية الاتجاهات )أ( : يدوي ، )ب( : كهرومغناطيسي. – )

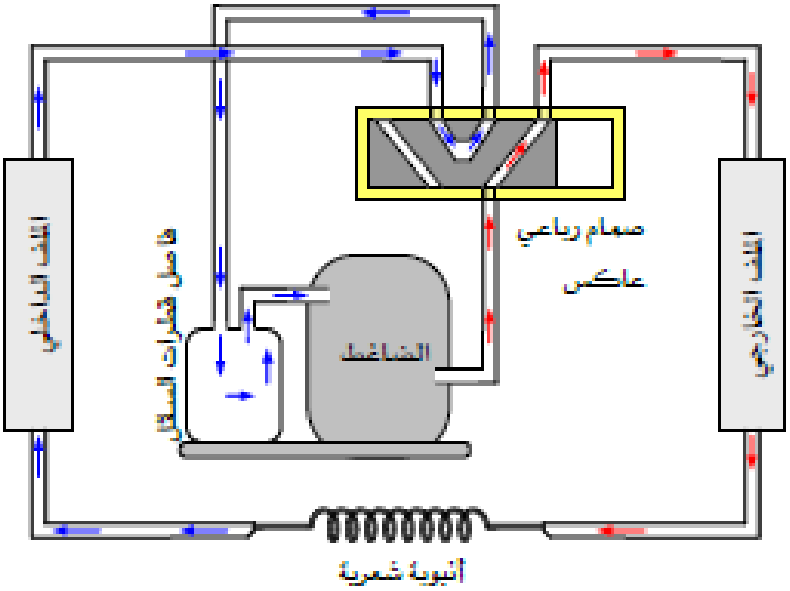
كما يستخدم الصمام الثلاثي كجهاز موجه لتزويد ملفات التبريد أو التسخين بالماء ، حيث يقوم بالتحكم في معدل سريان الماء خلال الملف و إرجاع ما زاد عن حاجة الملف إلى خزان2 ( من الوحدة الأولى يبين مثالا لصمام ثلاثي يستخدم لتزويد ملف - التغذية، الشكل ) 2 تبريد بالماء البارد، مع ضمان مرور تجنيبي للماء الزائد عن حاجة الملف(. Bypass )

2- 4-الصمام الرباعي العاكس

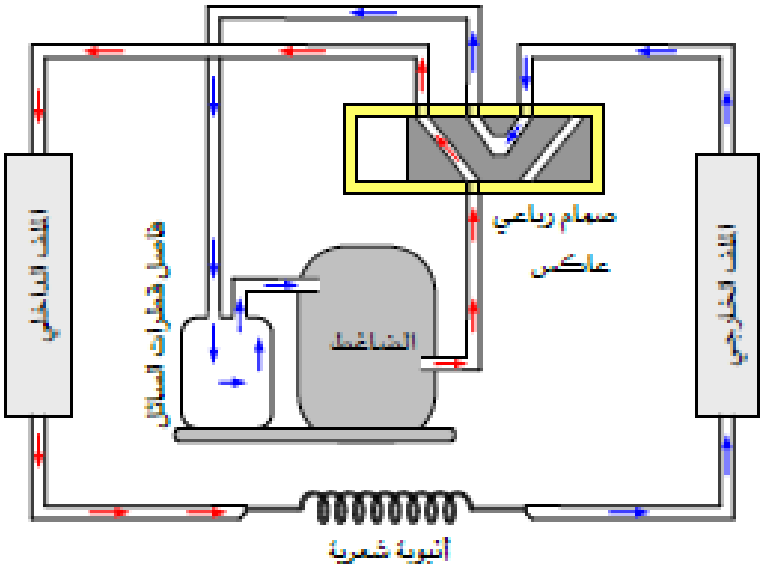
يستخدم الصمام رباعي الاتجاهات لعكس دورة التبريد عند إذابة الصقيع، كما يستخدم هذا النوع من الصمامات في المضخات الحرارية لعكس الدورة من التبريد إلى التسخين أو العكس، و يكون الصمام الرباعي الاتجاهات ذا تأثير يدوي أو مغناطيسي.

الشكل (3- 4) : صمام رباعي عاكس.

و يوضح الشكل (3- 5) طريقة عمل مضخة حرارية، حيث يتم الانتقال من نظام التبريد صيفا (الشكل 3- 5- أ) إلى نظام التسخين شتاء (الشكل 3- 5- ب) بعكس الدورة عن طريق صمام رباعي، و نتيجة لذلك ينقلب اتجاه السريان خلال الملفات و الأنبوبة الشعرية و يتحول المبخر إلى مكثف و العكس.




الشكل (3- 5- أ) : دورة تبريد.

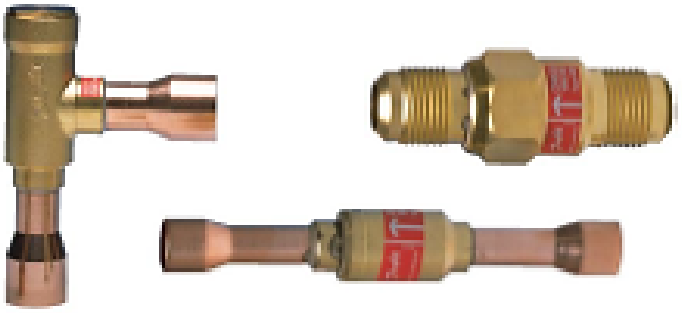



الشكل (3- 5- ب) : دورة تسخين.

## 2- 5- صمام عدم الرجوع (Check valve)

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

- في دورات المضخات الحرارية لمنع السريان خلال صمام التمدد غير المستخدم أثناء التبريد و التسخين.
- عند تهريب الغاز الساخن لمنع الغاز من دخول مبخر آخر غير المعني بذلك.
- عند توصيل عدة ضواغط على نفس المكثف لمنع رجوع السائل إلى الضاغط المتوقف.
- في الدورات التي تشتمل على مبخرين أو أكثر عند ضغوط مختلفة لمنع غاز السحب من الرجوع إلى المبخر الأبرد.



الشكل (3- 6): نماذج لصمامات عدم رجوع.

### 2- 6- 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 حالة 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 يتغلق الصمام تلقائيا، 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 أنبوبة 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.

الشكل (3- 7): نماذج لصمامات أمان.

## 2- 7- بوابات الهواء (Dampers)

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 (3- 8) يوضح مثالا لبوابة هواء وقد صنعت من الألواح المعدنية، كما يظهر على الشكل ذراع توجيه الريش و العنصر الموجه.

الشكل (3- 8) : نماذج لبوابات الهواء.

### 3- المحركات الكهربائية (Electrical motors)

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.

الشكل (3- 9): نماذج لمحركات كهربائية.

### 4- 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:

### 4- 1- المفاتيح (Switches)

تستخدم لتشغيل أو إيقاف النظام وهي كثيرة و متنوعة تختلف من حيث طريقة التشغيل و القدرة.

الشكل (3- 10): نماذج من مفاتيح التشغيل و الإيقاف.

### 4- 2- 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.

الشكل (3- 11): نماذج من المرحلات.

### 4- 3- فاصل الحمل الزائد (Overload)

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 لمنع احتراق ملفاته.

الشكل (3- 12) : نماذج لفواصل الحمل الزائد.

### 4- 4- المؤقت الزمني (Timer)

يستخدم المؤقت الزمني 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.

الشكل (3- 13) : نماذج للمؤقت الزمني.

### 4- 5- المؤخر الزمني (On delay Timer)

يستخدم المؤخر الزمني 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 (3- 14): نماذج للمؤخر الزمني.

### 4- 6- قواطع الضغط (Pressure Cut out Switches)

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) 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 2 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.

## الفصل الرابع: تطبيقات على أنظمة التحكم في التبريد وتكيف الهواء

### 1-مقدمة

للتحكم في تدفق وسيط التبريد أهمية كبرى في وحدات التبريد و التكييف، لأن ذلك له تأثيره مباشر على السعة التبريدية، و عدم التحكم الدقيق في معدل السريان قد يؤدي إلى اضطرابات في عمل دورات التبريد، الأمر الذي ينعكس سلبا على كفاءتها، و من بين هذه المشاكل التي يمكن أن تحصل نذكر عطش المبخر الذي يؤدي إلى انخفاض السعة التبريدية، و طفح المبخر الناتج عن الزيادة المفرطة في كمية وسيط التبريد داخل المبخر. و يوجد عدة طرق للتحكم في معدل سريان وسيط التبريد، تختلف باختلاف طبيعة الحمل الحراري و نوع صمام التمدد المستخدم. 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 كي تتلاءم مع حمل التبريد المطلوب.

في هذه الوحدة سوف يتم دراسة لتلف صمامات التمدد و لتلف المنظمات

المستخدمة في وحدات التبريد التكييف، من حيث وظائفها، و مكوناتها، و طرق توصيلها، و أهم مجالات استخداماتها، و طرق اشتغالها، و مجالات تطبيقها.

## 2- التحكم في معدل تدفق وسيط التبريد

### 2- 1- الأنبوبة الشعرية

#### 2- 1- 1- خصائص الأنبوبة الشعرية

الأنبوبة الشعرية هي عبارة عن أنبوبة من النحاس الأحمر اللين صغير القطر تستخدم كوسيلة 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 الفجائي في قطر الأنبوبة على مستوى خط السائل، و لارتفاع احتكاك وسيط التبريد بالسطح الداخلي للأنبوبة الشعرية.

الشكل (4- 1): أنبوبة شعرية.

و يتم توصيل الأنبوبة الشعرية في دورة التبريد كما هو مبين على الشكل (4- 2).

الشكل (4- 2): دورة تبريد تستخدم أنبوبة شعرية.

**مميزات استخدام الأنبوبة الشعرية**

- **رخيصة الثمن سهلة التصنيع والتوصيل.**
- **أطول عمراً من أنواع الصمامات الأخرى لأنها لا تحتوي على أجزاء متحركة.**
- **الأداء الجيد عند ثبات حمل التبريد و ثبات كل من ضغط السحب و الطرد.**
- **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.**

**2- 1- 4-عيوب استخدام الأنبوبة الشعرية**

- **انخفاض الأداء عندما يتغير الحمل.**
- **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 مجمع سائل عند خروج المبخر، وكذلك يجب تفريغ الوحدة جيدا من الهواء قبل عملية الشحن.**
- **يشترط تركيب مصفاة عند دخول الأنبوبة الشعرية لتجنب انسدادها بالشوائب.**

**2-2 صمام التمدد الحراري(Thermal Expansion Valve - TXV)**

**1.تعريف الصمام ووظيفته:**

**صمام التمدد الحراري هو عنصر تحكم في تدفق سائل التبريد داخل أنظمة التبريد والتكييف. يعمل على تنظيم كمية سائل التبريد التي تدخل المبخر بناءً على الحمل الحراري، مما يساعد في تحسين كفاءة التبريد ومنع تجمد المبخر أو زيادة الحمل على الضاغط.**

**2.مكونات صمام التمدد الحراري:**

**يتكون الصمام من عدة أجزاء رئيسية، تشمل:**

1. **فتحة التمدد (Orifice): تعمل على خفض ضغط سائل التبريد عند دخوله إلى المبخر.**
2. **المنفاخ (Diaphragm/Bellows): يتحكم في فتح أو إغلاق الصمام وفقًا لدرجة حرارة التبخر.**
3. **المستشعر الحراري (Thermal Bulb): يحتوي على شحنة حرارية ويُثبت على خط السحب**

ليقيس حرارة غاز التبريد الخارج من المبخر.
4. النابض :(Spring) يوازن الضغط داخل الصمام للتحكم في تدفق سائل التبريد.
5. المدخل والمخرج :مكان دخول سائل التبريد عالي الضغط وخروجه إلى المبخر بعد خفض الضغط.

3.مبدأ عمل صمام التمدد الحراري:

يعمل الصمام على التحكم في تدفق سائل التبريد استنادًا إلى درجة حرارة غاز التبريد الخارج من المبخر. عندما ترتفع درجة حرارة المبخر، يزيد الضغط داخل المستشعر الحراري، مما يؤدي إلى فتح الصمام وزيادة تدفق سائل التبريد. أما عندما تنخفض درجة الحرارة، يقل تدفق السائل، مما يمنع تشبع المبخر بالسائل الزائد.

4.استعمالات صمام التمدد الحراري:

يستخدم الصمام في عدة تطبيقات، منها:
- أنظمة التبريد التجارية والصناعية.
- أنظمة تكييف الهواء المنزلية والمركبات.
- أنظمة التبريد في الثلاجات والمجمدات.
- وحدات التبريد في العمليات الصناعية والمختبرات.

5.مميزات صمام التمدد الحراري:

✅ تحكم دقيق في تدفق سائل التبريد :يساعد في تحسين كفاءة النظام وتقليل استهلاك الطاقة.

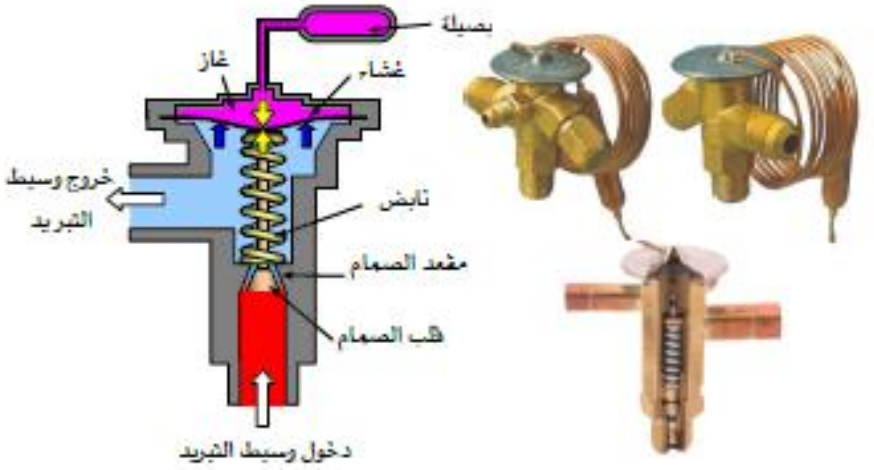
✅ تحسين أداء المبخر :يضمن تبخيرًا كاملاً لسائل التبريد دون تراكم سائل غير متبخر.

✅ تكيف تلقائي مع تغيرات الحمل الحراري :مما يجعله مثاليًا للاستخدام في الأنظمة ذات الأحمال المتغيرة.

✅ تقليل فرص حدوث الصقيع في المبخر :من خلال ضبط تدفق سائل التبريد بدقة.

**6.عيوب صمام التمدد الحراري:**

- **تعقيد الصيانة :يحتاج إلى ضبط دقيق للتأكد من عمله بشكل صحيح.**
- **حساسية عالية للأوساخ والشوائب :مما قد يؤدي إلى انسداد الصمام وفقدان التحكم في التدفق.**
- **تكلفة أعلى مقارنة بصمامات التمدد الأخرى (مثل صمام الأنبوب الشعري).**
- **قد يحتاج إلى إعادة ضبط دوري في بعض الأنظمة :خاصة عند تغير الظروف التشغيلية بشكل متكرر.**



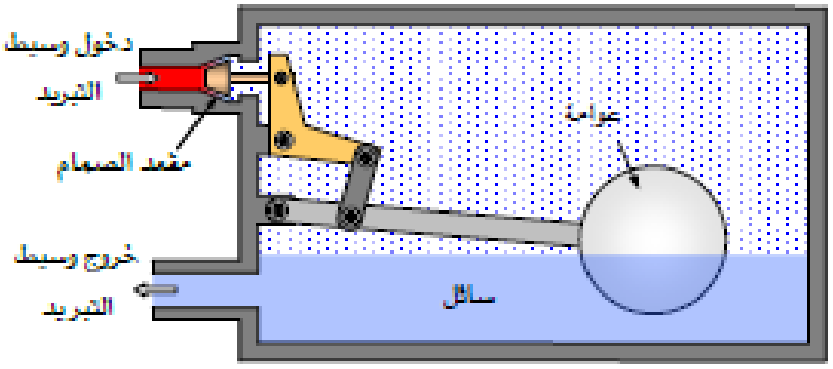

video.mp4

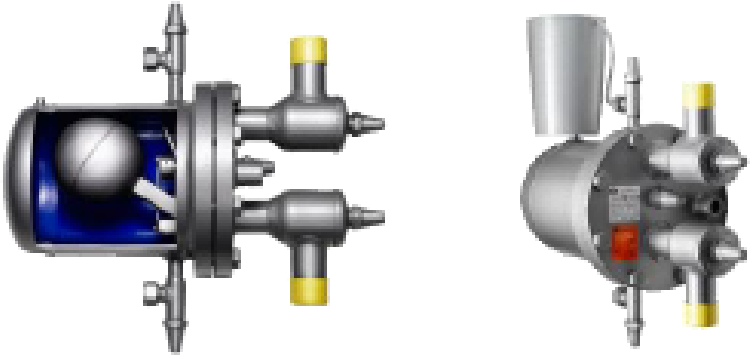
### 2- 3- صمام التمدد بالعوامة

يستخدم صمام التمدد بعوامة 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 (4- 12).

عند زيادة حمل التبريد عن حمل التصميم يرتفع معدل التبخير، و يؤدي ذلك إلى زيادة معدل سريان مائع التبريد الذي يجب على الصاغط طرده ناحية المكثف ، لذلك يفتح قلب المخيس 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 المخيس جزئيا مما يؤدي إلى انخفاض معدل سريان مائع التبريد عبر الصاغط، من ناحية أخرى ينخفض ضغط المبخر تبعا لانخفاض الحمل.



الشكل (4- 12): صمام تمدد بعوامة جانب الضغط المنخفض.

**4-2 الصمام الإلكتروني ( EEV ) هو مكون مهم في أنظمة التبريد الحديثة، يتحكم بدقة في تدفق الفريون إلى المبخر باستخدام إشارات كهربائية من وحدة التحكم الإلكترونية(. ECU )**

**طريقة عمله:**

**يستقبل إشارات من المستشعرات )الضغط والحرارة. ) يستخدم محرك كهربائي داخلي لفتح أو إغلاق الصمام بدقة. يساعد في تحسين كفاءة النظام وتوفير الطاقة.**

**مميزاته مقارنة بالصمام التقليدي:**

- **تحكم أكثر دقة في تدفق الفريون.**
- **استجابة سريعة للتغيرات الحرارية.**
- **توفير للطاقة وتحسين كفاءة التبريد.**
- **إمكانية التحكم الذكي عبر أنظمة إلكترونية.**

**عيوب الصمام الإلكتروني ( EEV ) في أنظمة التبريد والتكييف:**

**.1التكلفة العالية:**

**الصمامات الإلكترونية أغلى من الصمامات التقليدية مثل صمام التمدد الحراري TXV ( ،( سواء من حيث الشراء أو الصيانة.**

**.2الحاجة إلى وحدة تحكم إلكترونية:**

**لا يعمل بشكل مستقل، بل يحتاج إلى وحدة تحكم إلكترونية ( ECU ) ومستشعرات لضبط تدفق الفريون، مما يزيد من تعقيد النظام.**

**.3الحساسية للجهد الكهربائي:**

**قد يتأثر بأعطال الكهرباء أو تغيرات الجهد، مما قد يؤدي إلى خلل في عمل الصمام أو توقفه عن الاستجابة.**

**. 4الصيانة المعقدة:**

**يتطلب مهارات متقدمة لفحصه وإصلاحه، ولا يمكن صيانته بسهولة مثل الصمامات التقليدية.**

**في حالة تعطل المحرك الداخلي أو الدائرة الإلكترونية، قد يكون من الصعب إصلاحه ويحتاج إلى استبدال كامل.**

**أماكن استخدامه:**

- **تكييف الإنفرتر وال. VRF**
- **الثلاجات التجارية والصناعية.**
- **أنظمة التبريد الدقيقة.**
- **يُعتبر الصمام الإلكتروني تقنية متقدمة تزيد من كفاءة التبريد وتقلل استهلاك الطاقة.**

### 2- 2- صمام التمدد الأتوماتيكي

### 2- 2- 1- 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.

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

و عندما يزداد 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، 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.

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 ،مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط داخل المبخر من جديد، حتى يصل إلى ضغط الاتزان، عند هذه الحالة يصبح معدل سريان وسيط التبريد عبر الصمام أكبر من المطلوب بالضاغط، الأمر الذي يؤدي إلى طفح مائع التبريد بالمبخر.

### 2- 2- 2- مميزات صمام التمدد الأتوماتيكي

- حماية المبخر من تكوين الصقيع عند انخفاض حمل التبريد لمدة طويلة.
- حماية الضاغط عند زيادة الحمل وذلك بمحافظته على ضغط المبخر ثابتا.

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.

### 2- 2- 3- 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 المبخر إلى الضاغط عند انخفاض حمل التبريد، وذلك يستوجب حماية إضافية للضاغط.
- لا يمكن للصمام معادلة أي تغيرات في ضغط المكثف.
- عند توقف الضاغط يغلق الصمام كليا و لا توجد وسيلة لمعادلة الضغوط، و بالتالي يحتاج الضاغط إلى عزم كبير عند بدء التشغيل.

و لحماية الضاغط من احتمال طفح سائل التبريد الناتج عن طفح المبخر عند انخفاض حمل التبريد يثبت ثرموستات على وصلة خط السحب حيث يعمل هذا الثرموستات على إيقاف الضاغط إذا انخفضت درجة حرارة وسيط التبريد الخارج من المبخر عن نقطة ضبط الثرموستات، كما هو مبين على الشكل (4- 6)، و يتم ضبط الثرموستات عند درجة حرارة مساوية لدرجة حرارة التشبع المناظرة لضغط المبخر أو أعلى منها بدرجتين.

**خارطة القياس المعتمدة**

| المحتوى التعليمي | عناوين الفصول | الأهمية النسبية | الأهداف السلوكية | | | | | عدد الفقرات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | المعرفة النسبية | الفهم | التطبيق | التحليل | التقييم | |
| الفصل الاول | مبادئ وحدات السيطرة | %10 | | | | | | |
| الفصل الثاني | عناصر منظومات السيطرة | %20 | | | | | | |
| الفصل الثالث | الصمامات (الأجهزة الموجهة) وأنواعها | %30 | | | | | | |
| الفصل الرابع | تطبيقات على أنظمة السيطرة في وحدات التبريد وتكييف الهواء | %40 | | | | | | |
| المجموع | | %100 | | | | | | |

**الاسئلة البعدية**

**س 1 /ماهي اهداف التحكم الآلي ؟**

**س 2/ أملى الفراغات بما يناسبها:**

**1**

**.يتكون الحاكم من _____ و. _ _____**

**2**

**.يتم ترتيب عناصر منظومة التحكم مجتعة او جزء منها على طريقتين هما _____ و. _____**

**3**

**_____ .هي القيمة التي يتم تعديل الجهاز عليها مسبق ا.**

س 3 / عناصر الاحساس بالحرارة عدده ا؟ واشرح باختصار واحد منها.

س4/ ما هي الشروط التي وجب مراعتها عن تركيب صمام الأمان ؟ عددها

س5/ أرسم دورة التسخين مع توضيح إتجاه سريان المائع والتأشير على الأجزاء الاساسية وتوضيح عمل الصمام الرباعي بالرسم؟

- المصادر الاساسية :

**Engineering Measurement and instrumentation by L. F. Adams**

**Control systems Engineering Measurement and instrumentation by L. F. Adams**

- **Control systems**

- المصادر المقترحة, روابط مقترحة ذات صلة:

| المكتبة الافتراضية التابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي |
| --- |
| - المكتبة الافتراضية التابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي<br>- ما موجود من كتب في المكتبة الالكترونية للمعهد |