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

تخصص إنتاج كيميائي

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

٢٦٧ هكم

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 " **القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)** " لمتدربي تخصص "**إنتاج كيميائي** " في الكليات 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

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

أساسيات أجهزة القياس تستخدمه في القياس والتحكم

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

التعرف على بنية أجهزة القياس المستخدمة في القياس والتحكم في متغيرات الإنتاج الصناعي مثل الضغط، ودرجة الحرارة، ومعدل تدفق السوائل، وقياس مستوى السوائل.

مقدمة الفصل :

تلعب تقنية استخدام أجهزة القياس في الصناعة دورا بارزا في هذا المجال حيث تقوم بقياس متغيرات الانتاج الصناعي المعروفة. سيتم التعرف في هذا الفصل علي مكونات أجهزة القياس المستخدمة في أنظمة التحكم الآلي التي تتحكم في متغيرات عمليات الإنتاج في المصانع الكيميائية والبترولية مثل الضغط، و درجة الحرارة، ومعدل السريان، ومستوى السائل.

الأهداف السلوكية :

يجب أن يكون الطالب قادرا على :

- أن يشرح أسباب استخدام أجهزة القياس.
- أن يصف أنظمة أجهزة القياس.
- أن يختار جهاز قياس ذا دقة وحساسية، ومواءمة مناسبة وكذلك يميز أخطاء القياس.

المهام المشمولة : D1, D2, D5

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٣ ساعات نظري

١- ١ استخدامات أجهزة القياس :-

عنصر القياس هو الجزء الأول من وحدة التحكم الذي يتحسس شدة المتغير المعني بالتحكم ويصدر إشارة تتناسب مع شدة المتغير والتي تستخدم في تقليل انحراف شدة المتغير عن نقطة الإسناد المطلوبة. والإشارة قد تكون عبارة عن تغير في الضغط أو شدة التيار الكهربائي أو فرق في الجهد الكهربائي. و تستخدم أجهزة القياس في مراقبة العمليات الكيميائية ليتمكن الإنسان من أن يتخذ القرار السليم فمثلا ، في العمليات الكيميائية فإن مراحل التفاعلات الكيميائية يمكن معرفتها بقياس درجات الحرارة والضغط في نقاط مختلفة وهذا يمكن الإنسان من أن يأخذ القرارات الصحيحة مثلا ، بتصحيح قيمة التيار الكهربائي المغذي للسخان الكهربائي المستخدم في العملية ، أو بتغيير مقدار تدفق المياه الباردة ، أو أن يعدل فتحة صمام..الخ.

١- ٢ أنظمة أجهزة القياس (Instrumentation Systems)

أجهزة القياس تواجدت لتعطي قيمة لكمية طبيعية يراد قياسها. في الحالات البسيطة ، الجهاز يتكون من وحدة منفردة يعطي خرجها قراءة أو إشارة للمتغير المقاس مثل الترمومتر الزئبقي ال>ي يعطى تغير مستوى الزئبق، و من الامثلة لقياس درجة الحرارة داخل فرن استخدام مزدوج حراري الذي يحول درجة الحرارة المقاسة إلي كمية كهربية و يرسل الإشارة الكهربية إلي عناصر التحكم الآلي.

وفي المثال السابق نجد أن المزدوج الحراري قام بتحويل الطاقة الحرارية إلي طاقة كهربية. وفي مثل هذه الحالة ، فإن تغيير كمية معينة إلى كمية أخرى مع الاحتفاظ بعلاقة ثابتة معها تسمى "التحويل"" ويسمى الجهاز الذي يستخدم للتحويل بالمحول.

١- ٣ القياس الكهربائي للكميات غير الكهربائية

يتم تحويل الكميات الطبيعية مثل الأطوال، الضغوط، درجات الحرارة إلي كميات قياس كهربائية مثل الفولط، والمقاومة الكهربائية.

١- ٣- ١ المجس (Sensor):-

هو ذلك الجزء الذي يكون على اتصال مباشر مع كمية القياس مثل المزدوج الحراري الدي يقيس درجة الحرارة الفعلية في العمليات الكيميائية.

١- ٣- ٢ محول الإشارة (Transducer) :

هو ذلك الجهاز الذي يستقبل كمية القياس عند مدخله، ويعطي عند مخرجه إشارة مناظرة – إشارة القياس – و تحويل كميات القياس الى كميات كهربائية (فرق جهد – تيار). الكميات المقاسة بكثرة هي مثلا: درجة الحرارة، منسوب السائل، تركيز الغازات و السوائل.

١- ٤ دقة أجهزة القياس :

١- ٤- ١ القياس المتقن (Accuracy)

هي الجودة التي تميز إمكانية جهاز قياس لإعطاء قراءة مكافئة للقيمة الحقيقية true value للكمية المقاسة.

١- ٤- ٢ القيم والشك (Values and Uncertainty)

- القيمة الحقيقية (True Value)

الحصول على القيمة الحقيقية (الفعلية actual) لأي كمية مقاسة هو أمر مستحيل. وعليه فإن القيمة المقاسة يرافقها عادة مقدار من السماحة tolerance أو الشك.

و القيمة المقاسة هي القيمة الناتجة من عملية القياس، ويجب أن تكون مقترنة بها مقدار الشك أو الحدود الممكنة للأخطاء المرافقة لعملية القياس.

١- ٤- ٤ الحساسية (Sensitivity)

تُعرف الحساسية بأنها التغيرات في مستوى الإحساس بالكميات المقاسة.

امتحان ذاتي رقم ١

أجب على الأسئلة التالية :-

١- ١ ما هو الجزء الأول من وحدة التحكم الآلي؟

١- ٢ ما معنى القياس الكهربي للكميات غير الكهربية؟

١- ٣ عرف : (أ) المجس. (ب) محول الإشارة.

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

أجهزة قياس الضغط

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

معرفة بعض أجهزة قياس الضغط المستخدمة في العمليات الصناعية والتحكم الآلي وكذلك مميزات كل نوع وعيوبه.

مقدمة الفصل :

سيتم التعرف على تعريف الضغط والأنظمة المستخدمة في قياس الضغط في العمليات الصناعية والتي تنقسم إلي ثلاثة أنواع : نوع العمود السائل والذي يتم مقارنة الضغط المطلوب قياسه بعمود سائل معروف وزنه والمساحة التي يؤثر عليها مثل أنبوب بيتوت ومجس لقياس الضغط باستخدام أنبوب على شكل حرف U ، والنوع الثاني هو النوع المرن الذي يستخدم لإزاحة جسم مرن مثل الغشاء المرن ونوع المنفاخ وأنبوبة بوردون ومقياس الانفعال ذو سلك المقاومة ، والنوع الثالث هو الذي يستخدم المجسات الكهربائية مثل مقياس الضغط ذي المقاومة الكهربية ومقياس الضغط الكهروضغطية.

الأهداف السلوكية :

يجب أن يكون الطالب قادرا على معرفة أنواع ومزايا وعيوب الأنظمة الآتية لقياس الضغط :

- الأنظمة الغشائية.
- الأنظمة المتمددة.
- مقاييس الانفعال.
- مقاييس الضغط الكهربية.

المهام المشمولة : D1, D2, D5

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٣ ساعات نظري.

٢- ١ الضغط :

يعرف الضغط بأنه القوة لكل وحدة مساحة. وحدة الضغط هي باسكال، و يستخدم الضغط الجوى (atm)، وارتفاع عمود الزئبق (mHg)، وارتفاع عمود الماء (mH_2O) والبار (bar). والعلاقة بينها تكون كما يلي:-

١ باسكال (Pa) = ١ نيوتن/م^2 = 1.01972×10^{-5} كجم/سم^2

١ كجم قوة/سم^2 = 0.73559 mHg = 0.980665 بار (bar).

١ جوي = 0.760 mHg = 10.3323 mH_2O = 1.01325 بار = 1.3323 كجم قوة/سم^2

١ بار = 10^5 نيوتن/م^2 = 1.01972 كجم قوة/سم^2

وفي الاستخدامات الهندسية، تستخدم كثيرا مقاييس الضغط المطلق والضغط المقاس حيث إن:-

الضغط المطلق = الضغط المقاس + الضغط الجوي

الضغط المطلق هو الضغط الذي يعين ابتداء من الصفر (الضغط الذي يبدأ من الفراغ) وفرق الضغط بين نقطتين هو الفرق بين ضغطهما المطلق. مدى قياس الضغط الذي عادة يستخدم يتراوح بين 1.013 bar to 7000 bar.

مثال (٢- ١)

أوجد قيمة الضعط المطلق (kPa) عندما يكون الضغط المقاس هو ٩ بار.

الحل :

الضغط المطلق = 101.3 + 900 = 1001.3 كيلو باسكال (kPa)

٢- ٢ أنواع مقاييس الضغط

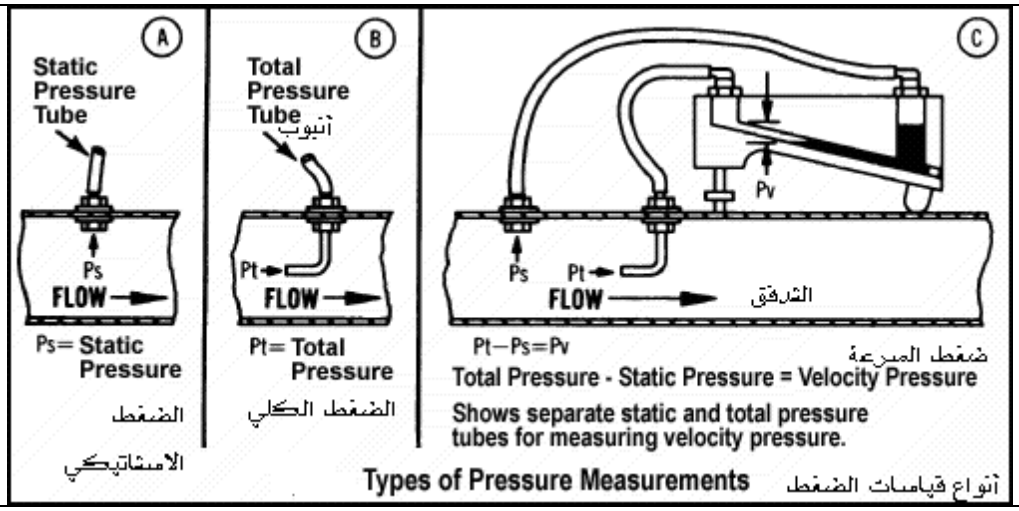
تنقسم أجهزة قياس الضغط في العمليات الصناعية إلي عدة أنواع منها:-

٢- ٢- ١ مقاييس الضغط السائلية

تستخدم لقياس الضغوط الصغيرة بدقة عالية. نلاحظ في شكل (٢- ١) توصيله مجس قياس الضغط (أنبوب بيتوت) في قسم (A) منفرد لقياس الضغط الإستاتيكي و في (B) لقياس الضغط الكلي.

وحيث أن الضغط الإستاتيكي في (C) يؤثر على جانبي المانومتر وعليه فإن تأثيره يعاكس بعضه وعليه فإن المانومتر يقرأ ضغط السرعة.

هذه الأجهزة عادة تستخدم في الصناعة لتعطي قراءة الضغط بواسطة عين إنسانية وعادة غير ممكن تحويل خرج هذا النوع من المقاييس إلى إشارة كهربائية وعلي هذا فإن هذه الأجهزة غير مناسبة لتكون عنصر من عناصر أنظمة التحكم الآلي.

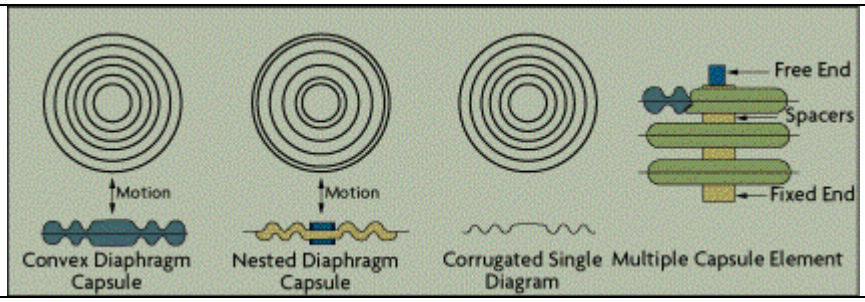


شكل (٢- ١) أنواع قياسات الضغط

٢- ٢- ٢ مقياس ذو غشاء (Diaphragm)

يستخدم محولات للأغشية المرنة الضغط (elastic-element pressure transducer).

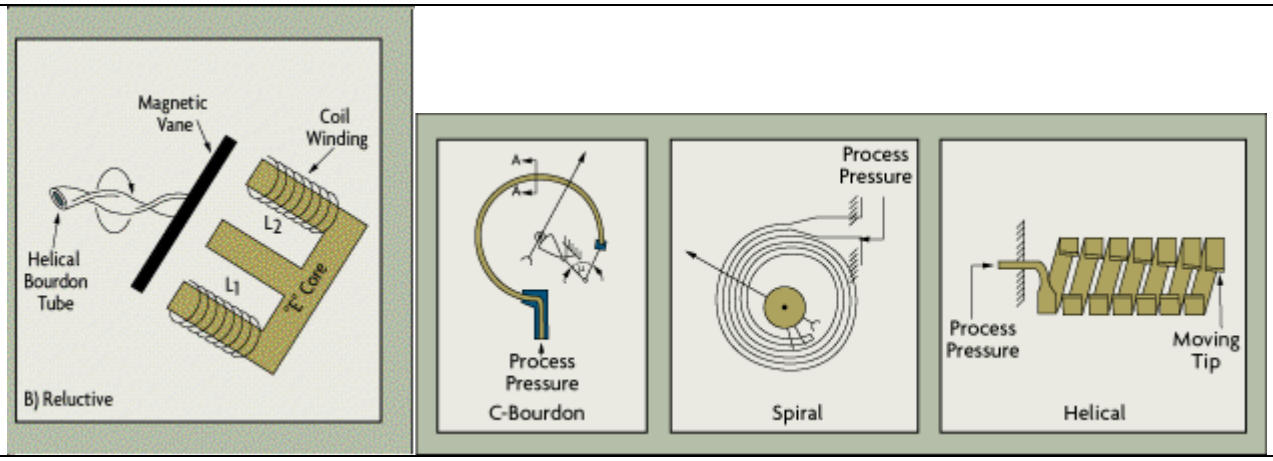
شكل (٢- ٢) يبين بعض تصاميم هذا المقياس، والتي تعمل علي تحويل القيمة الفعلية المقاسة إلى جهد كهربي. عندما يدخل السائل المراد قياس ضغطه في الجهاز فانه يزيح الغشاء وهذه الإزاحة يتم قياسها بواسطة محولات الإشارة. هذا النوع يمكنه قياس كلا من الضغط المقاس (gauge pressure) وفرق ضغطين (differential pressure). في حالة قياس فرق ضغطين فإن ضغط منهم يؤثر على جانب من الغشاء والضغط الثاني يؤثر علي الجانب الآخر من الغشاء وتكون محصلة الإزاحتين تعبر عن فرق الضغطين.

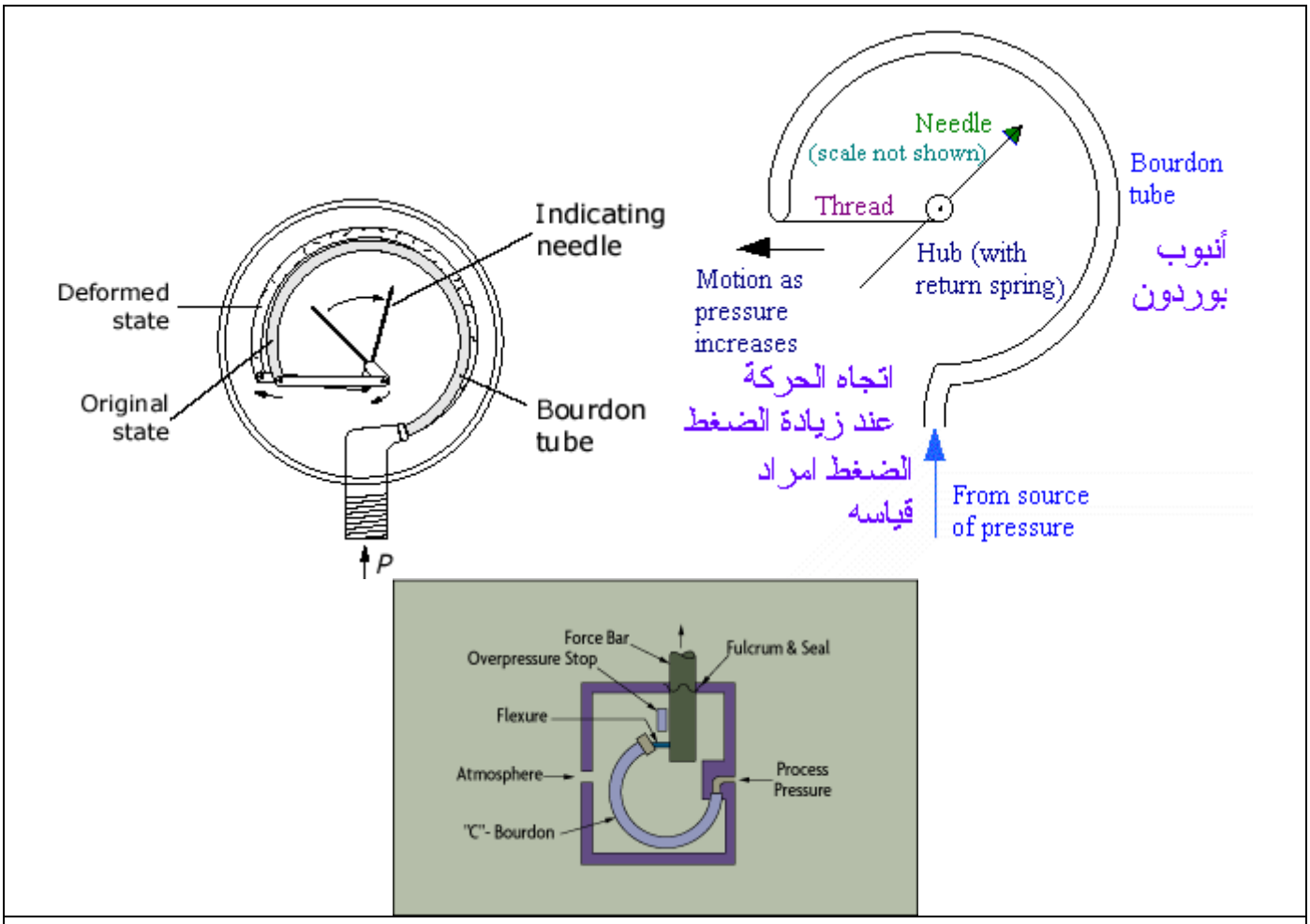


شكل (٢- ٢) أشكال مختلفة للغشاء المرن المستخدمة في محولات إشارة الضغط

٢- ٢- ٣ مقياس أنبوبة بوردون (Bourdon tube)

هو أكثر انتشارا استخداما في الصناعة لقياس الضغط للسوائل والغازات. تحت تأثير ضغط السائل أو الهواء في الأنبوبة . توجد تصميمات مختلفة لأنبوب بوردون كما هو موضح في شكل (٢- ٣). ولزيادة حساسية عنصر أنبوب بوردون، فإنه بالإمكان مدها لتكون علي شكل ملف حلزوني أو زنبرك، وهذا يزيد حركة الطرف المتحرك مما يزيد حساسية المقياس.





شكل (٢- ٣) تصاميم مختلفة لأنبوبة بوردون المستخدمة لقياس الضغط

٢- ٢- ٤ مقياس الضغط ذو المقاومة الكهربية

قياس الضغوط التي أعلي من 7000 bar عادة تجري كهربائيا وذلك بمراقبة التغير في مقاومة سلك مصنوع من مواد خاصة لديها خاصية متميزة وهي أن علاقة الضغط الذي يؤثر عليها يتناسب خطيا مع مقاومته الكهربية ومن ضمنها سبيكة من المنجنين (سبيكة تحتوى على 83% نحاس، 12.7%منجنيز، 3.9% نيكل) .

امتحان ذاتي رقم ٢

أجب على الأسئلة التالية :-

٢- ١ ما هو أعلى ضغط يمكن قياسه بمقياس أنبوبة بوردون التي على شكل حرف C.

٢- ٢ أذكر مقيا الضغط الأكثر مناسبة لقياس الضغوط التي أعلى من 7000 Bar.

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

أجهزة قياس درجة الحرارة المستخدمة في دوائر التحكم الأوتوماتيكى

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

معرفة مبادئ طرق قياس درجة الحرارة المستخدمة في العمليات الصناعية وأنواع الأجهزة ومزاياها وعيوبها.

مقدمة الفصل :

درجة الحرارة من المفهوم الفيزيائي هي معيار للطاقة المختزنة في الذرات ولذلك يعتبر قياس درجة الحرارة مهم جدا لجميع نواحي الحياة وخصوصا في العمليات الصناعة. وسيتم التعرف على المبادئ الفيزيائية وأنواع ومدي أجهزة قياس (الترمومترات) درجات الحرارة. وتصنف أجهزة قياس درجات الحرارة حسب الخواص الفيزيائية، مثل، مقاييس درجات الحرارة السائلية مثل الزئبق والكحول، وهي تعتمد في عملها على تغير حجمها أو طولها عند تغير درجة الحرارة، وكذلك مقاييس درجات الحرارة المقاومية والتي تعتمد على تغير المقاومة الكهربائية للمعدن المستخدم مع تغير درجات الحرارة وهي جيدة للقياس وأيضا من أجل استخدامها في أنظمة التحكم الآلي، كذلك مقاييس المزدوجات الحرارية والتي تعتمد على خاصية الحرارة الكهربية الناتجة عن الربط باللحام لمادتين (في الغالب معادن أو سبائك معدنية) مختلفتين وموصلتين للكهرباء وعند موضع الربط (القياس) ينشأ جهد كهربي يتناسب طرديا تقريبا مع درجات الحرارة مما يجعل مجس حراري جيد في أنظمة التحكم الآلي، ويوجد أنواع أخرى من المقاييس مثل مقاييس درجات الحرارة الإشعاعية والتي تعتمد على قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي.

الأهداف السلوكية :

يجب أن يكون الطالب قادرا على معرفة أنواع ومزايا وعيوب الأنظمة الآتية لقياس درجة الحرارة :

- الثرمومتر ذو المقاومة الكهربية.
- المزدوج الحراري.
- مقياس الإشعاع الحراري.

المهام المشمولة : D2, D5 D1,

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٣ ساعات نظري

٣- ١ الانتقال الحراري

قياس درجات الحرارة مهم جدا في العمليات الصناعية. مبدئيا ، لا يمكن أن تنتقل الحرارة بين عنصرين مختلفين إلا إذا كان بينهما فرق في درجة الحرارة. الحرارة تنتقل دائما من العنصر الذي درجة حرارته أعلى إلى العنصر الذي درجة حرارته أقل. وكلما ازداد فرق درجة الحرارة، ازدادت معه قابلية التبادل الحراري، إلى أن تتساوى درجات الحرارة في العنصرين.
لدى الانتقال الحراري، يجب إن يُفّرق بين:

- التوصيل الحراري: من خلال تلامس المادة مع المصدر الحراري، تنتقل كمية الحرارة عبر المادة.
- حمل حراري طبيعي: السائل أو الغاز الساخن يصعد إلى أعلى، والسائل أو الغاز البارد يهبط إلى أسفل.
- الحمل الإجباري: السائل أو الغاز الساخن تجبرهما مضخة أو مروحة على التحرك.

- الإشعاع: مصدر الحرارة يعطي كمية الحرارة من خلال الإشعاع. سطح المادة الذي يسقط عليه الإشعاع الحراري يأخذ كمية الحرارة بدون أن يسخن الغاز الموجود بين المصدر والمادة.

لدي انتقال الحرارة في التطبيقات التقنية، يتشاركفي بعض العمليات كل من التوصيل الحراري والحمل والإشعاع.

٣- ٢ تصنيف أجهزة قياس درجة الحرارة

يمكن تصنيف أجهزة قياس درجة الحرارة تبعا لمدى درجات الحرارة إلى:

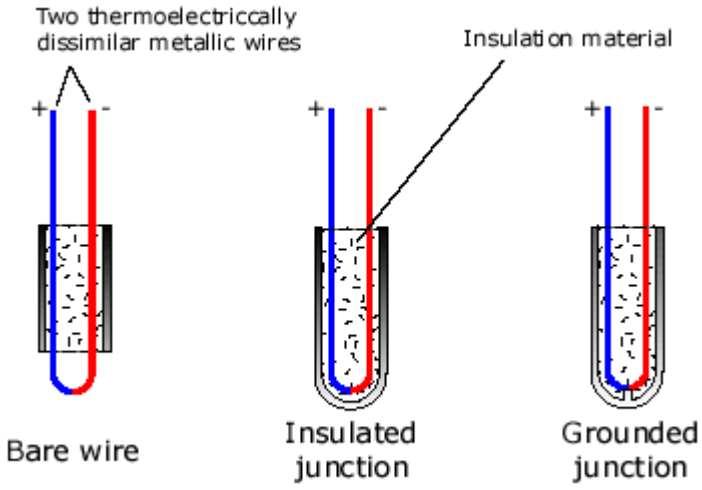
١. ترمومترات (Thermometers) لمدى درجات الحرارة حتى 600° C.
٢. بيرو مترات (Pyrometers) لمدى درجات الحرارة أعلى من 600° C.

٣- ٢- ١ الترمومتر الحراري الكهربائي (Thermoelectric Thermometer)

(المزدوج الحراري) (Thermocouple)

يقيس الترمومتر الحراري الكهربائي درجة الحرارة باستخدام القوة الدافعة الحرارية التي تتولد في مزدوجة حرارية. والمزدوجة

الحرارية عبارة عن اتحاد معدنين مختلفين لتوليد قوة دافعة حرارية كهربائية. وكما يظهر في الشكل (٣- ١)، تكون دائرة واحدة مقفلة باستخدام أسلاك معدنية من معدنين مختلفين. ونتيجة اختلاف درجات الحرارة للجزأين المتصلين ($t_2 > t_1$)، تتولد قوة دافعة كهربائية وتسبب مرور تيار تسمى هذه الظاهرة التأثير الحراري الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية الناتجة في هذا الوقت تسمى القوة الحرارية الكهربائية. ويتحدد مقدار هذه القوة الدافعة تبعا لأنواع المعدنين المستخدمين والفرق في درجة الحرارة للجزأين المتصلين. والجزأين المتصلان، يسمى أحدهما الوصلة المرجعية (وصلة باردة)، والجزء الآخر لقياس درجة الحرارة، يسمى وصلة قياس الحرارة (الوصلة الساخنة).



شكل (٣- ١) مزدوجات حرارية شائعة الاستخدام Typical Thermocouples

٣- ٢- ١- ١ مواد المزدوجات الحرارية (Thermocouple materials)

أهم الخواص المطلوبة للمزدوجات الحرارية هي:

- قوة دفع كهربية كبيرة.
- دقة معايرة.
- مقاومة عالية للصدأ والتأكسد.
- علاقة خطية بين القوة الدافعة الكهربية ودرجة الحرارة.

المواد الشائعة الاستخدام في تكوين المزدوجات الحرارية المستخدمة في الصناعة هي:

- - ٣٠٠ إلى ١٠٠ درجة مئوية للمزدوج (نحاس – كونستنتان).
- صفر إلى ١٣٠٠ درجة مئوية للمزدوج (حديد – كونستنتان).
- ٦٠٠ إلى ١٨٠٠ درجة مئوية للمزدوج (كروميل – الوميل)
- ١٣٠٠ إلى ٢٩٠٠ درجة مئوية (بلاتين – بلاتين روديم)
- ١٠٠٠ إلى ١٦٠٠ درجة مئوية للمزدوج (حديد – كونستنتان) مع الجو المختزل (Reduced atmosphere).
- ١٦٠٠ إلى ٢١٠٠ درجة مئوية للمزدوج (كروميل – الوميل) مع الجو المؤكسد (Oxidized atmosphere).

يعطى جدول (٣- ١) النسب المئوية لمكونات بعض السبائك المستخدمة كعنصر حراري.

السبيكة	التكوين الكيميائي Chemical composition					
	AL	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni
الوميل Alumel	2			0.5	2.5	95
كروميل Chromel		10				90
كونستنتان Constantan			55			45

جدول (٣- ١) مكونات بعض السبائك المستخدمة كعنصر حراري

جدول (٣- ٢) يبين بعض المزدوجات الحرارية التي تستخدم في قياس درجات الحرارة.

الرمز	المادة		حدود الاستخدام ($^{\circ}$ م)	
	الجانب +	الجانب -	عادي	تسخين زائد
T	نحاس	سبيكة من النحاس والنيكل	٢٠٠- ٣٠٠	٢٥٠- ٣٥٠
J	حديد	سبيكة من النحاس والنيكل	٦٠٠- ٤٠٠	٧٥٠- ٥٠٠
E	سبيكة من النيكل والكروم	سبيكة من النحاس والنيكل	٧٠٠- ٤٥٠	٨٠٠- ٥٠٠
K	سبيكة من النيكل والكروم	سبيكة من النيكل	١٠٠٠- ٦٥٠	١٢٠٠- ٨٥٠
S	سبيكة من البلاتين والروديوم (١٠٪ روديوم)	بلاتين	١٤٠٠	١٦٠٠
R	سبيكة من البلاتين والروديوم (١٣٪ روديوم)	بلاتين	١٤٠٠	١٦٠٠
B	سبيكة من البلاتين والروديم (٣٠٪ روديوم)	سبيكة من البلاتين والروديوم (٦٪ روديوم)	١٥٠٠	١٧٠٠

جدول (٣- ٢) أنواع المزدوجة الحرارية

٣- ٢- ١- ٢ مميزات المزدوج الحراري

- منخفض التكلفة.
- لا يوجد أجزاء متحركة ممكن أن تنكسر.
- نطاق واسع لقياس درجة الحرارة.
- له وقت استجابة قصير نسبيا.
- له دقة قياس مقبولة ويمكن الاعتماد عليه.

يمكن استعمال المزدوجات الحرارية لقياس درجات حرارة عالية جدا وكذلك درجات حرارة منخفضة جدا.

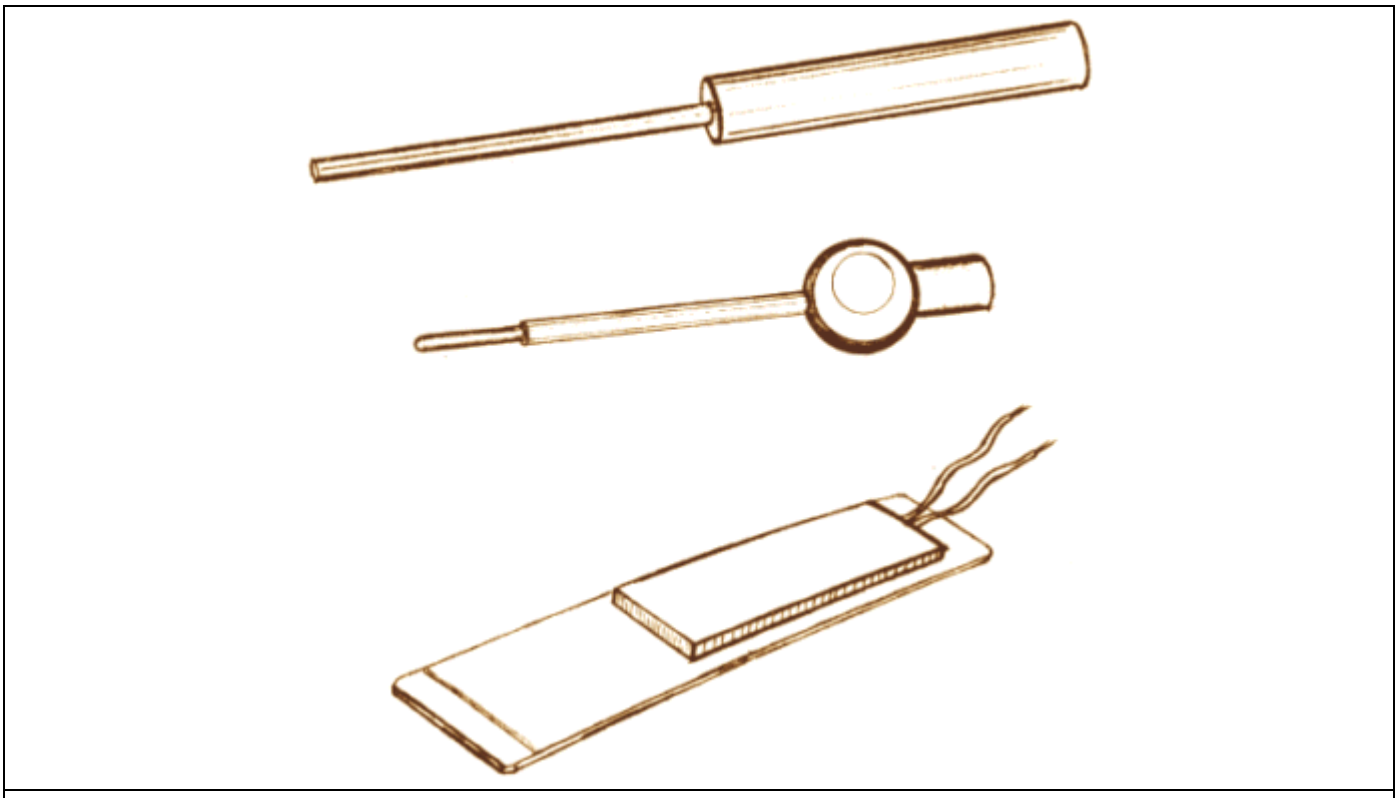
٣- ٢- ١- ٣ بعض عيوب المزدوج الحراري

- حساسية قياسه منخفضة (usually 50 µV/°C (28 µV/°F) or less).
- صغر الفولطية الخارجة منه من الممكن التشويش عليا بسهولة، وهذه من الممكن التخفيف منها باستخدام فلاتر للتخلص من الضوضاء، ولكن لا يمكن التخلص منها نهائيا.

٣- ٢- ٢ قياس درجة الحرارة بترمومتر ذو المقاومة الكهربية

Resistance thermometer or resistance-temperature device (RTD)

استخدمت ترمومترات المقاومة لقياس درجات الحرارة المرتفعة من ٥٥٠ إلي ٨٥٠ درجة مئوية، وكانت تعرف باسم بيرومترات المقاومة (Resistance pyrometers). ولكن الآن تستخدم ترمومترات المقاومة لقياس درجات الحرارة لنفس مدى المزدوجات الحرارية خاصة وأن القوة الدافعة الكهربية لمزدوجات الحرارية عند درجات الحرارة المنخفضة صغيرة وبالتالي تكون ترمومترات المقاومة أكثر دقة وأفضل لقياس درجات الحرارة المنخفضة. شكل (٣- ٢) يبين بعض ترمومترات المقومة الشائعة الاستخدام.



شكل (٣- ٢) بعض مجسات ترمومترات المقاومة Resistance Temperature Detectors

تعتمد هذا المقياس على تغير مقاومة المعدن المستخدم مع تغير درجة الحرارة حيث أن مقاومة المعادن النقية تزداد خطيا تقريبا مع درجة الحرارة في مجال كبير لدرجة حرارة.

٣- ٢- ٢- ١ بعض مميزات ترمومتر المقاومة:

- مستقر ودقيق.
- علاقته الخطية أحسن من المزدوج الحراري.
- نسبة الإشارة إلي مستوى التشويش عالية (Higher signal-to-noise ratio).

٣- ٢- ٢- ٢بعض عيوب ترمومتر المقاومة:

- غالي.
- يحتاج مصدر تيار كهربي.
- زمن استجابته ليس سريع بالكفاية لبعض التطبيقات.

٣- ٢- ٣ المقاوم الحراري (مقاومة حساسة للحرارة)

ثيرمستر Thermistor (Thermal Sensitive Resistor)

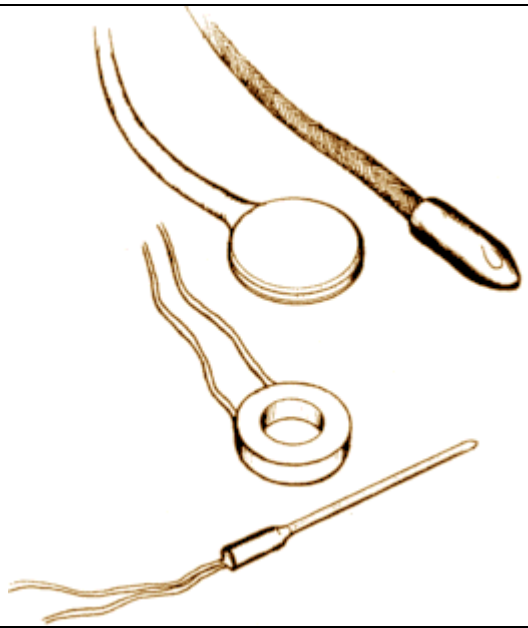
يتكون من بعض مواد أشباه الموصلات وهي تصنع من أكاسيدالمواد التي تتبع مجموعة الحديد مثل كروميوم، كوبالت، حديد، مانجنيز، ونيكل. وهي مواد بمعاملات درجة حرارة سالبة (مقاومات NTC) أي أن المقاومة تنخفض عندما تزداد درجة الحرارة و للمقوم الحراري حساسية عالية ويمكن أن ينتج بكميات كبيرة وبتكلفة منخفضة. تستخدم مقاومات NTC كمجسات لدرجة الحرارة في صناعة الغسالات وصناديق التجميد ومجففات الملابس ومراقبة ماء التبريد. المقاوم الحراري يتأثر بسرعة بتغير درجة الحرارة. بعض أشكال الثيرمستر (العنصر الحساس) مبين في شكل (٣- ٣). وهو عادة، يكون على هيئة قضيب أو قرص داخل أنبوبة حماية. يتصل الثيرمستر بجهاز القياس بواسطة أسلاك توصيل من البلاتين.

٣- ٢- ٣- ١ بعض مميزات الثرميستورات:

- دقة القياس عالية ($\approx \pm$ 0.02 ° C)، أحسن من ذات المقاومة المعدنية، وأفضل من ذات المزدوجات الحرارية.
- حساسيته عالية، أحسن عشرة مرات تقريبا من ذات المقاومة المعدنية، وأفضل من ذات المزدوجات الحرارية.
- صغير في الحجم بالنسبة للمزدوج الحراري.
- زمن الاستجابة أقصر من نظيره ذات المقاومة المعدنية.
- مستقر ويمكن الاعتماد عليه لزمن طويل.

٣- ٢- ٣- ٢ بعض عيوب الثرميستورات:

- علاقة غير خطية بين المقاومة ودرجة الحرارة. بعكس ذات المقاومات المعدنية التي تكون العلاقة تقريبا خطية.
- نطاق قياس درجة الحرارة محدودة في حدود 150 ° C – 100 –.
- كبر مقاومة عنصر القياس واختلاف القيمة تبعا لنوعية المادة الشبه موصلة.



شكل (٣- ٣) أنواع الثيرمستر الشائعة الاستعمال Typical Thermistors

٣- ٢- ٤ ترمومتر الإشعاع الحراري (Thermal Radiation Thermometer)

جميع الأجسام تبث إشعاعات كهرومغناطيسية كدالة لدرجة الحرارة. ويقيس ترمومتر الإشعاع الحراري درجة حرارة الجسم باستخدام العلاقة الثابتة بين شدة الإشعاع ودرجة حرارة الأجسام (قانون بلانك Plank's Law).

امتحان ذاتي رقم ٣

أجب على الأسئلة التالية :-

٣- ١ أكتب قيمة 21° C بالكلفن.

٣- ٢ ما هو الفرق بين : (أ) ترمومتر. (ب) بيرومتر.

٣- ٣ ما هي المزدوجة الحرارية؟

٣- ٤ أيهما أكثر دقة وأفضل في قياس درجات الحرارة المنخفضة : (أ) ترمومتر مقاومة. (ب) المزدوجات الحرارية.

٣- ٥ أيما أكثر دقة وأعلى حساسية لقياس درجات الحرارة : (أ) ثرمستر. (ب) المقياس ذات المقاومة المعدنية. (ج) المقاييس ذات المزدوجات الحرارية.

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

أجهزة قياس معدل التدفق ومستوى السائل

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

معرفة مبادئ قياس معدل التدفق الحجمي للموائع ومستوى السائل وكذلك أنواع الأجهزة ومزاياها وعيوبها.

مقدمة الفصل :

أصبحت عملية القياس والتحكم في العمليات الصناعية من الشروط المهمة للحصول على إنتاج ممتاز ومقاييس التدفق تستخدم بشكل كبير في عمليات مزج المواد الكيميائية. تستخدم الطرق التالية بكثرة في أجهزة قياس معدل التدفق الحجمي للغازات وللسوائل : استخدام آلية خانقة، ويحسب معدل التدفق عن طريق الضغط الفرقي قبل وبعد الخنق مثل مقياس الفنشوري، كذلك يمكن قياس سرعة التدفق، ويحسب معدل التدفق عن طريق السرعة ومساحة المقطع ومثال على ذلك مقياس بيتوت، يوجد مقياس التدفق على أساس تغيير المساحة، وبحساب التدفق عن طريق تغيير مساحة مقطع الخانق للمحافظة على ضغط فرقي ثابت دائما، وهو يستخدم لقياس التدفقات الصغير، أو في حالة الموائع ذات اللزوجة العالية نسبيا، وهو لا يصلح للأنظمة التحكم الآلي لأنه يعطي قيمة القياس المرئي فقط. كذلك توجد أنواع أخرى من مقاييس معدل التدفق مثل الاجهزة التي تستخدم المحاثة الكهرومغناطيسية الناتجة من تدفق المائع في مجال كهربي. توجد أنواع كثيرة من أجهزة قياس مستوى السائل وفي معظم الحالات يكون الاحتياج إلى معرفة مستوى السائل يكون تقريبيا. مقاييس مستوى السائل ذو العوامة تعتمد على وجود عوامة تطفو فوق سطح السائل ويقاس مستوى السائل بناءا على موضع العوامة. توجد أنواع أخرى من أجهزة قياس مستوى السائل مثل مبين مستوي السائل بالضغط الفرقي، ومبين مستوى السائل فق الصوتي، ومبين مستوى السائل بشعاع إشعاعي.

الأهداف السلوكية :

يجب أن يكون الطالب قادرا على معرفة أنواع ومزايا وعيوب الأنظمة الآتية لقياس معدل السريان ومستوى السائل :

- مقياس الروتامتر.
- مقياس الفنشوري.
- مقياس بيتوت.
- مقياس النومتر ذو السلك الساخن.
- أنظمة العوامات.

المهام المشمولة : D2, D5 D1,

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٣ ساعات نظري

٤- ١ أجهزة قياس التدفق الحجمي (Instrumentation of Flow)

تستخدم الطرق التالية بكثرة في استخدام أجهزة قياس التدفق:

٤- ١- ١ مقياس التدفق بالضغط الفرقي (التفاضلي) Differential Pressure Flowmeter

في حالة توفر خانق، في جزء من خط الأنابيب، ذي فتحة (orifice)، أو فوهة (nozzle)، أو أنبوبة فنشوري (venturi) كما في الشكل (٤- ١)، يتغير الجذر التربيعي للفرق في الضغط قبله وبعده بالتناسب مع معدل ضغط التدفق. ويتميز مقياس التدفق بالضغط الفرقى بأنه ذو تركيب بسيط ودقة عالية، وهى تستخدم بكثرة حيث أنها ذات فقد قليل في الضغط ولكنها تحتاج إلي مكان كبير. يمكن حساب التدفق Q (م^3/ث) لسائل كما يلي، باستعمال نظرية ومعادلة برنولي:

$$Q = \alpha A \sqrt{(2g(p_a-p_b)/\gamma}$$

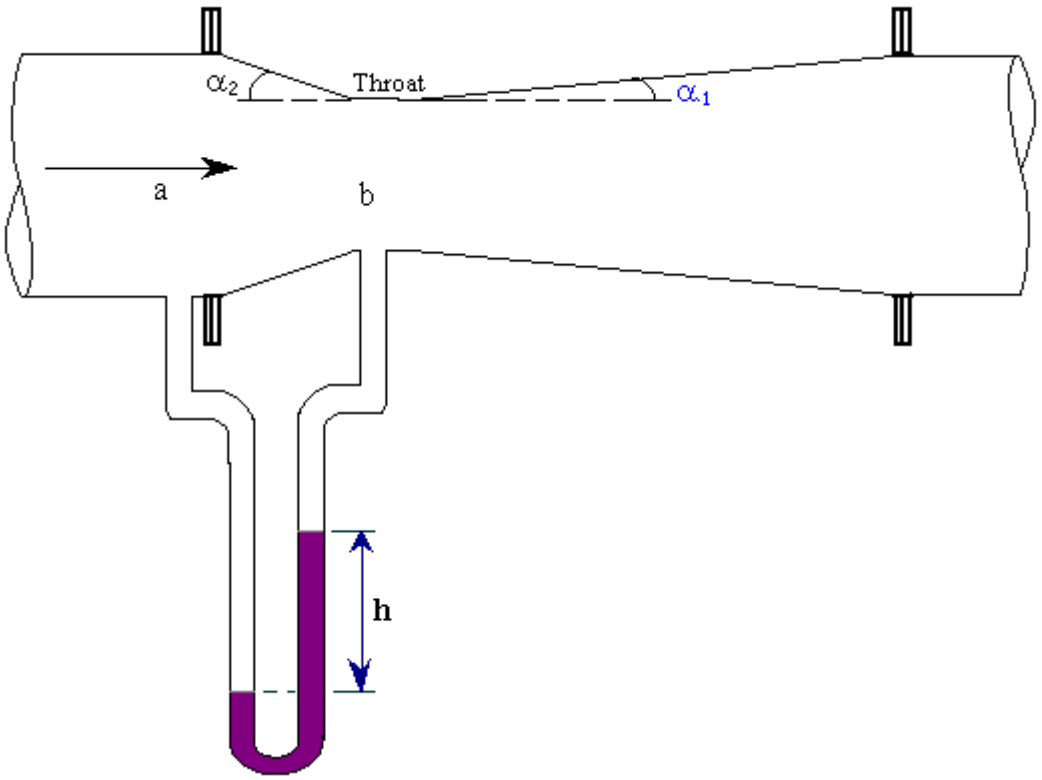
حيث α : معامل التدفق

A : مساحة مقطع أقل جزء في الخانق (م^2)

g : عجلة الجاذبية (م/ث^2)

γ : الوزن النوعي للسائل (كجم قوة/م^3)

(p_a-p_b) : الضغط الفرقى (كجم قوة/م^2)



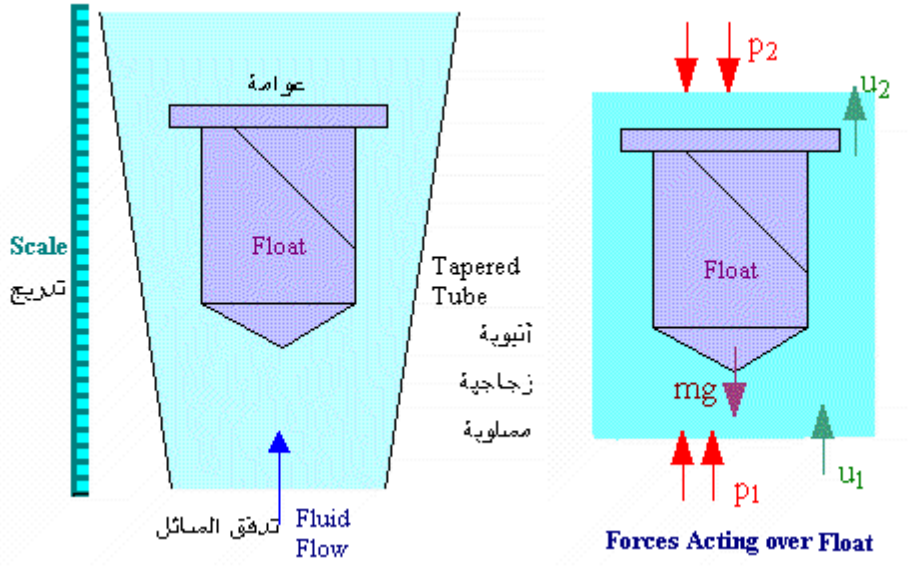
شكل (٤- ١) أنبوبة فنشوري

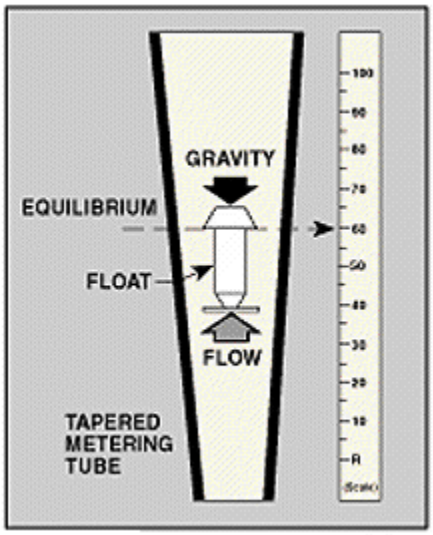
٤- ١- ٢ مقياس المساحة المتغيّرة (Variable Area Flowmeter (Rotameter)

في مقاييس فرق الضغط المتغيّر، منطقة الانقباض أو الفوهة ثابتة فأن الانخفاض في الضغط معتمدة على نسبة التدفّق. أما في مقياس المساحة المتغيّرة، الانخفاض في الضغط يكون ثابت ومعدل التدفّق يتوقف على منطقة الانقباض.

المقياس المعروف باسم الروتامترrotameter شكل (٤- ٢) يتضمّن أنبوب زجاجي على شكل مخروط يكون قطره الأصغر في القاع. يحتوي الأنبوب على عوامة (float) تتحرك بحرية والتي تستند إلى توقّف في قاعدة الأنبوب. مبدأ عمله يعتمد على أنه عند مرور السائل أو الغاز عبر الأنبوبة المخروطية ترتفع العوامة إلى أعلى وإلى أسفل حتى لحظة حصول توازن القوى المؤثرة عليها، موقعهاّ يشير إلى معدل التدفّق. معدل التدفّق يمكن أن يقرأ من المقياس المجاور، الذي يحفر في أغلب الأحيان على الأنبوب الزجاجي. إنّ العوامة تثبّت في أغلب الأحيان بالأخاديد الحلزونية (مشقبيات مائلة) قطعت فيها، تؤدي إلى دوران العوامة

حول محورها حتى تبقى في وضعها المركزي داخل الأنبوب، ومن هنا يأتي أسم المقياس. هذا المقياس يمكن اعتباره كمقياس فوهة بفتحة متغيّرة. إن تركيب مقياس التدفق على أساس تغيير المساحة بسيط، ولا يلزم معه وجود أنابيب مستقيمة قبل أو بعد بوابة خروج الضغط الفرقي. ويمكن تركيبه مباشرة على خط أنابيب، ويستخدم لقياس التدفقات الصغيرة، التي لا يمكن قياسها بواسطة مقياس التدفق بالضغط الفرقي أو في حالة الموائع ذات درجة اللزوجة العالية نسبيا. يوجد أنواع تستخدم محولات إشارة ليكون عنصرا من عناصر التحكم الآلي أو لقراءة القياس من بعد. دقة قياس هذه الأجهزة الرخيصة هي ±3%، ولكن يوجد منها أنواع تصل دقة قياسها إلي ±0.2%.





ينساب السائل من أسفل إلى أعلى في الأنبوبة الزجاجية المسلوبة، فتبدأ العوامة في التحرك إلى أعلى،

وتتوقف العوامة في وضع موازنة تام بين وزنها (وزنها ناقص الطفوية) والضغط الفرقي أعلى وأسفل العوامة. وبذلك يتم الحصول على كمية التدفق. ويسمى مقياس التدفق على أساس تغير المساحة بمقياس العضو الدوار.
شكل (٤- ٢) مقياس التدفق على أساس تغير المساحة من نوع العوامة

الهبوط في الضغط الذي ينتج من تحويل طاقة الضغط إلى طاقة الحركة (معادلة بارنوللي) وكذلك الناتج من الفقد الناتج من الاحتكاك والذي يتضمن في معامل خروج المائع C_D.

$$\Delta p/(\rho g) = u_2^2/(2g) - u_1^2/(2g) \qquad (1)$$

معادلة استمرار التدفق (Continuity equation):

$$A_1u_1 = A_2u_2 \qquad (2)$$

حيث:

A_1 = مساحة مقطع الأنبوب.

A_2 = المساحة الحلقية التي يمر من خلالها المائع حول العوامة.

من المعادلة (١) و (٢) نجد سرعة تدفق المائع خلال المساحة الحلقية:

$$u_2 = \frac{1}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

فرق الضغط قبل وبعد العوامة

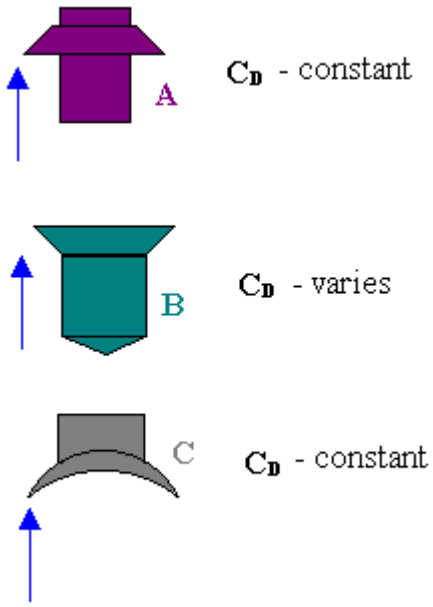
$$\Delta p = V_f(\rho_f - \rho)g/A_f$$

حيث V_f هو حجم العوامة، ρ_f هي كثافة العوامة، و A_f هي مساحة أكبر مقطع للعوامة في المستوى الأفقي. بالتعويض نجد:

$$Q = C_D A_2 \sqrt{\frac{2V_f(\rho_f - \rho)g}{\rho A_f (1 - (A_2 / A_1)^2)}}$$

حيث معامل خروج المائع C_D يعتمد عل شكل العوامة كما هو موضح في شكل (٤- ٣)، وكذلك يعتمد علي رقم رينولدز (Reynolds Number -Re) المعتمدة على السرعة خلال الحلقة والقطر الهيدروليكي المتوسط للحلقة. وعليه:

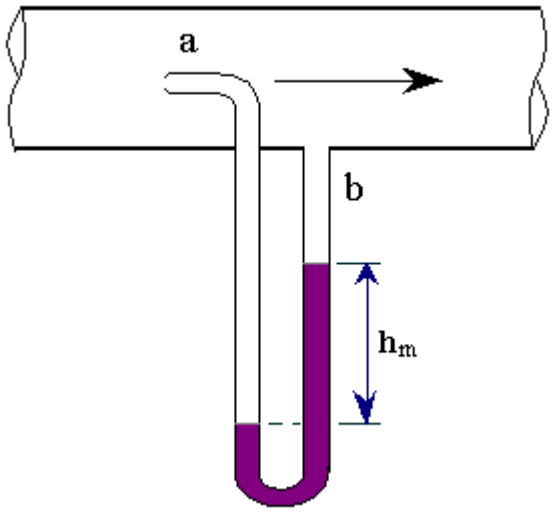
- لنفس الجهاز ونفس المائع فإن جميع العناصر في الطرف الأيمن من المعادلة ثابتة ما عدا ارتفاع العوامة. أي أن معدل التدفق يتناسب خطيا مباشرة مع ارتفاع العوامة.
- نظرا لأن كثافة السوائل مرتفعة لذلك يجب استخدام عوامات ذات كثافة عالية (مثل الحديد الذي لا يصدأ) ويكون جسم العوامة أيضا مصمت، أما في حالة الغازات فإن كثافتها منخفضة لذلك تستخدم عوامات مصنوعة من الألمونيوم مثلا ويكون جسم العوامة أيضا مفرغا.



شكل (٤- ٣) أشكال العوامات الشائعة الاستخدام ومعامل خروج المائع

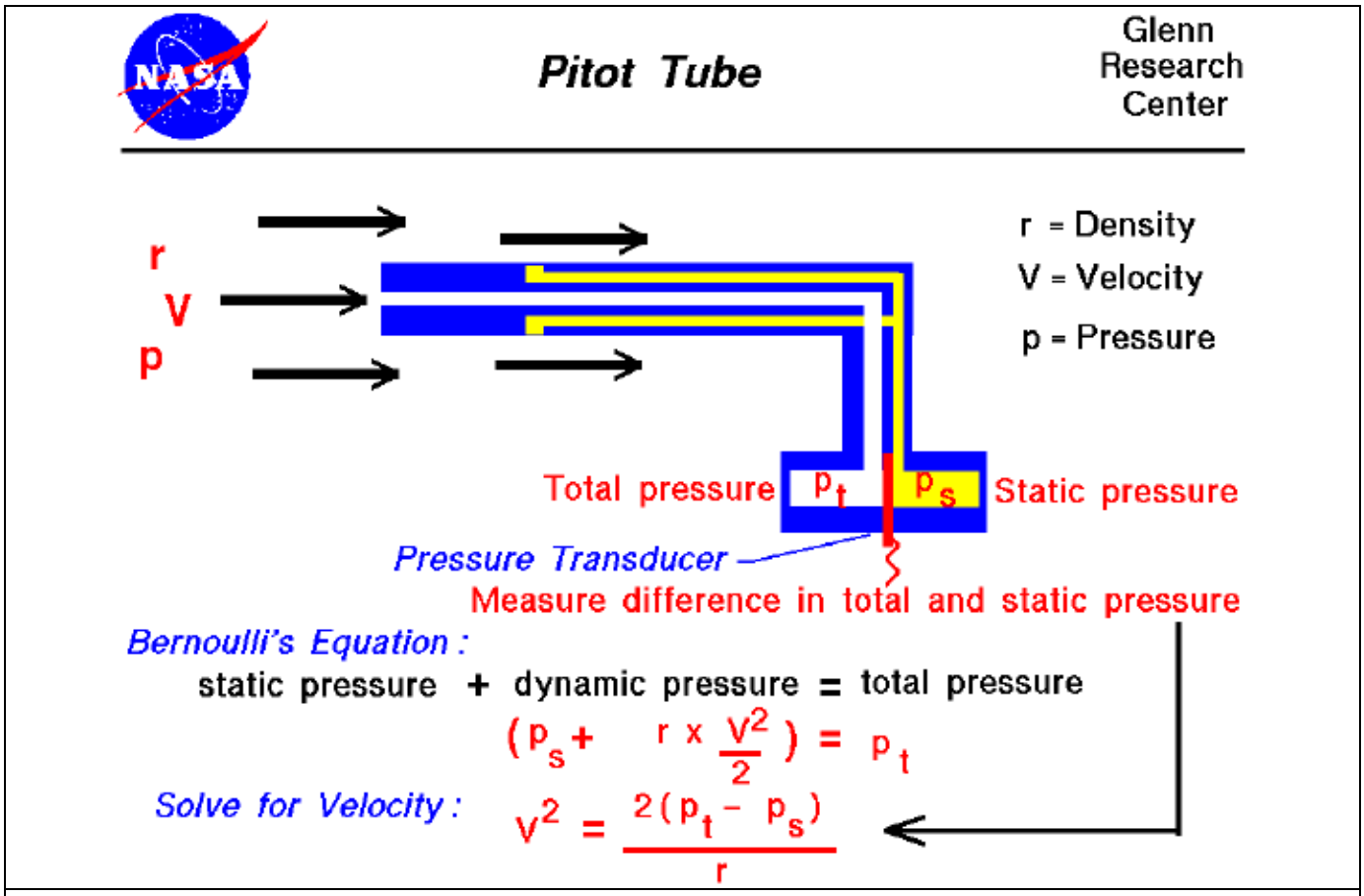
٤- ١- ٣ أنبوب البيتوت (Pitot Tupe)

إنّ أنبوب pitot أداةُ لقيَاْس السرعةِ المحليّةِ على طول اتجاه التدفقِ عند نقطة واحدة. كما في الشكل (٤- ٤)



شكل (٤- ٤) أنبوب بيتوت

يبين هذا الشكل (٤- ٥) رسم تخطيطي لأنبوب pitot مستعملة كعدّادات سرعة.



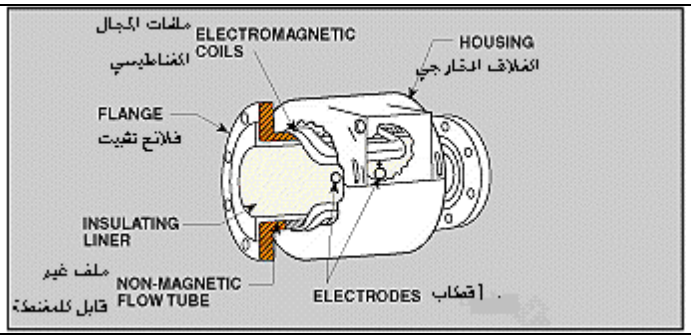
شكل (٤- ٥) أنبوب بيتوت لقياس سرعات الموائع

٤- ١- ٤مقياس التدفق الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Flowmeter)

مقاييس معدل التدفق الكهرومغناطيسية يمكنها أن تستخدم لجميع السوائل الموصلة للكهرباء. المكوّنات الرئيسية أنبوب التدفّق (عنصر أساسي)، يبينه شكل (٤- ٦). يركب أنبوب التدفّق مباشرة في الأنبوب الذي يتدفق فيه السائل المراد قياس معدل تدفقه. هبوط الضغط فيه يساوى طول مكافئ من الأنبوب لأن ليس هناك أجزاء أو عوائق مؤثّرة إلى التدفّق. الفولتميتر يمكن أن يربط مباشرة إلى أنبوب التدفّق أو يمكن أن يركب عن بعد ويوصل إليه بسلك محمي من التشويشات الكهربية، أو يكون الجهاز عنصر من عناصر نظام تحكم آلي.

شكل (٤- ٦) مقياس معدل التدفق من النوع الكهرومغناطيسي وهو وزنه خفيف ومجمع في وحدة واحدة ويمكن تركيبه بالأنابيب بواسطة فلانجات تثبيت وليس له أجزاء متحركة ولا يعوق التدفق.

يشتغل flowmeters الكهرومغناطيسي على قانون فاراداي للحثّ الكهرومغناطيسي الذي يصرّح بأنّ فرق جهد كهربي يتولد عندما يتحرّك موصل كهربي خلال حقل مغناطيسي. يعمل السائل كموصل والمجال المغناطيسي يتولد عن طريق الملفات المنشّطة خارج أنبوب التدفّق، كما في شكل (٤- ٧). وعليه فعندما يتدفق السائل في المجال المغناطيسي تنتج قوة دافعة كهربية (تتناسب مع السرعة المتوسطة للسائل) . وعلى ذلك، في حالة أنبوبة ذات قطر ثابت، يكون كمية فرق الجهد الكهربي الناتج يتناسب مباشرة مع معدل التدفّق حيث أن قطبان كهربائيان يركبان في حائط الأنبوب يلقطان فرق الجهد المتولد.

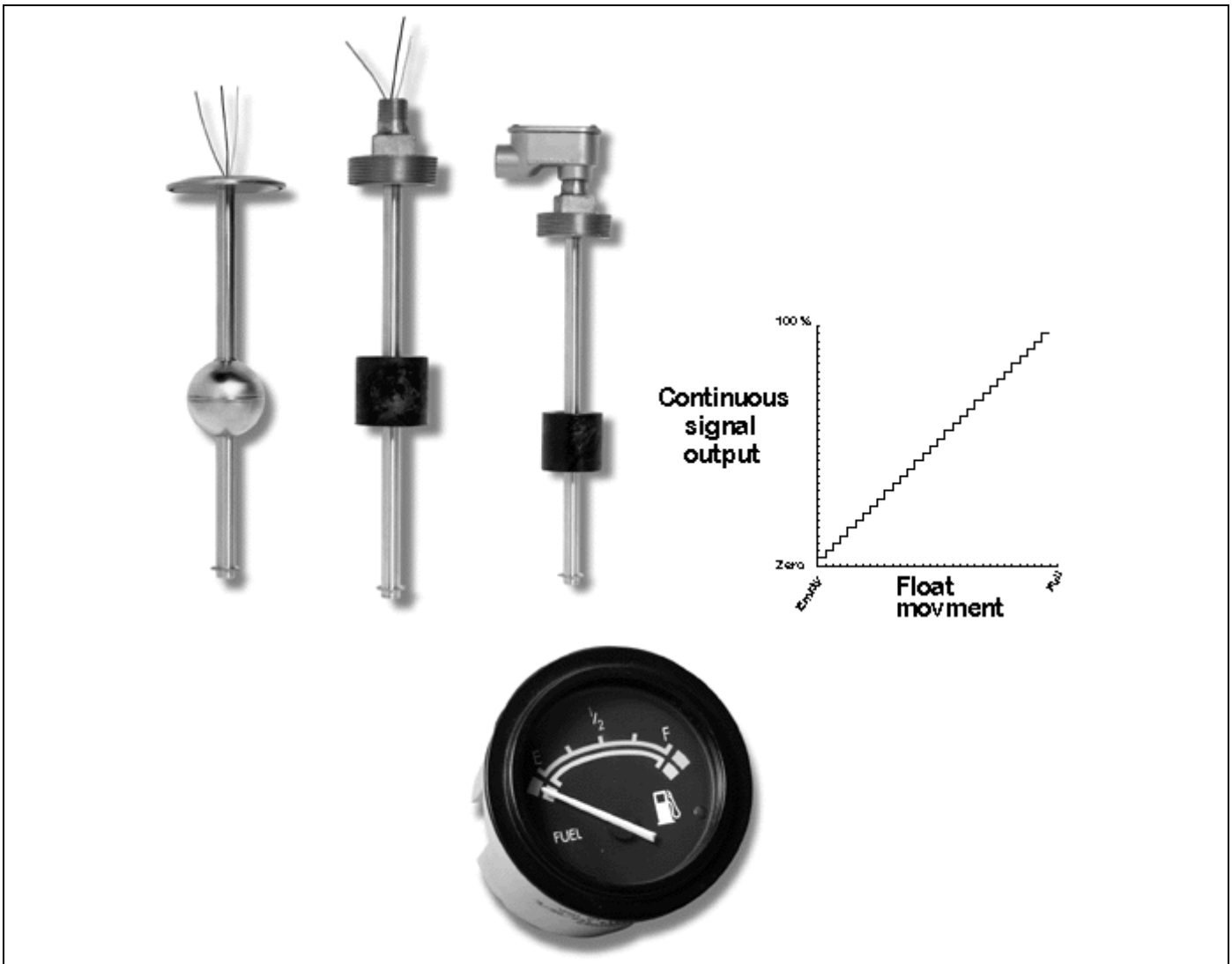


شكل (٤- ٧) المكونات الرئيسية لمقياس تدفق السوائل الكهرومغناطيسي.

٤- ٢ أجهزة قياس مستوى السائل (Instrumentation of Liquid Level)

٤- ٢- ١ مبين مستوى السائل ذو العوامة (Float Liquid Level Indicator)

يستخدم عوامة تطفو على سطح السائل ويقاس مستوى السائل بناءا على موضع العوامة. شكل (٤- ٨) يوضح بعض أشكال المجسات الملحقة مع نظام العوامة لتحديد مستوى سائل بصورة مستمرة .

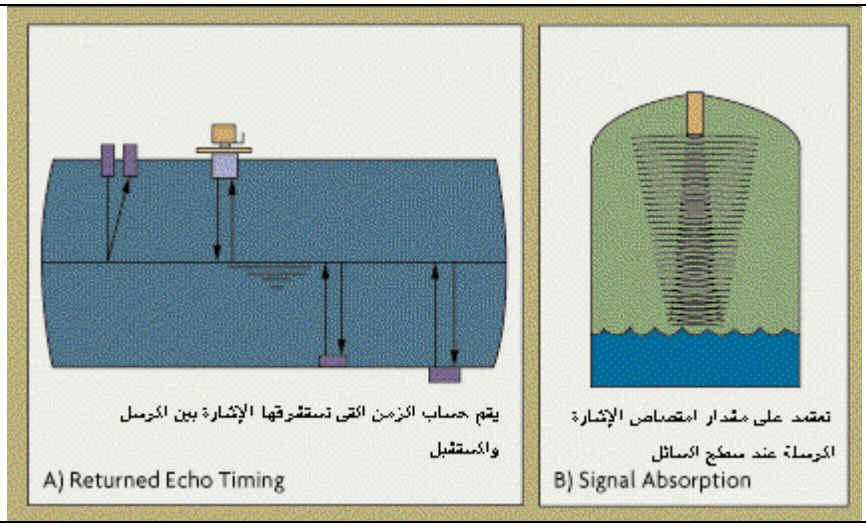


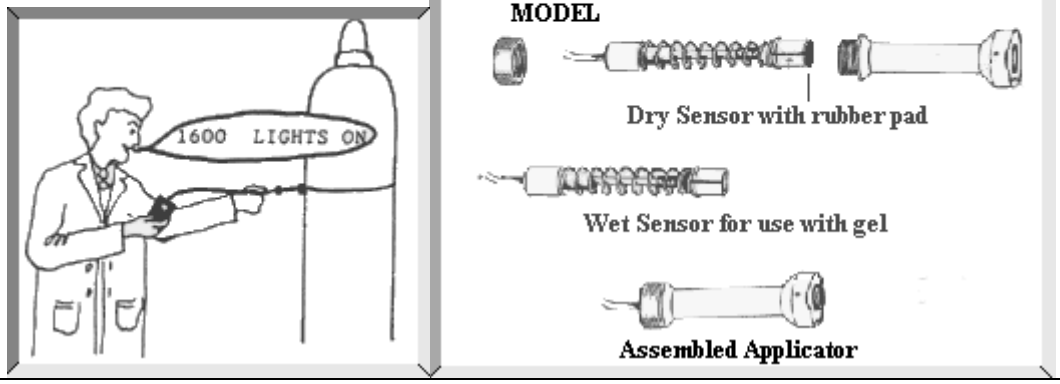
شكل (٤- ٨) نظام لتحديد مستوى سائل بصورة مستمرة لترسل الإشارة إلي أجهزة التحكم

Liquid level sensors with a continuous output signal for process control signal data

٤- ٢- ٢ مبين مستوى السائل فوق السمعي (Ultra sonic)

يمكن قياس ارتفاعات مستوي السائل باستخدام مرسل / مستقبل فوق السمعي كما يظهر في الشكل (٤- ٩)، وبشكل عام يتكون محول الإشارة الفوق السمعي من بلورتين من البلورات الكهروضغطية كلاهما يكون على تماس مع الوسط المراد قياسه ولكنها مفصولة عن بعضها بمسافة قصيرة. تعمل إحدى البلورتين كمرسلة لنبضة فوق سمعية وتقوم الأخرى باستقبال النبضة بعد تأخير يعتمد على هندسة الظروف التي يعمل فيها محول الإشارة. يمكن تثبيت مقدار المقاس عن طريق كشف الإزاحة الطويلة بين الإشارة المرسلة والإشارة المستقبلة.

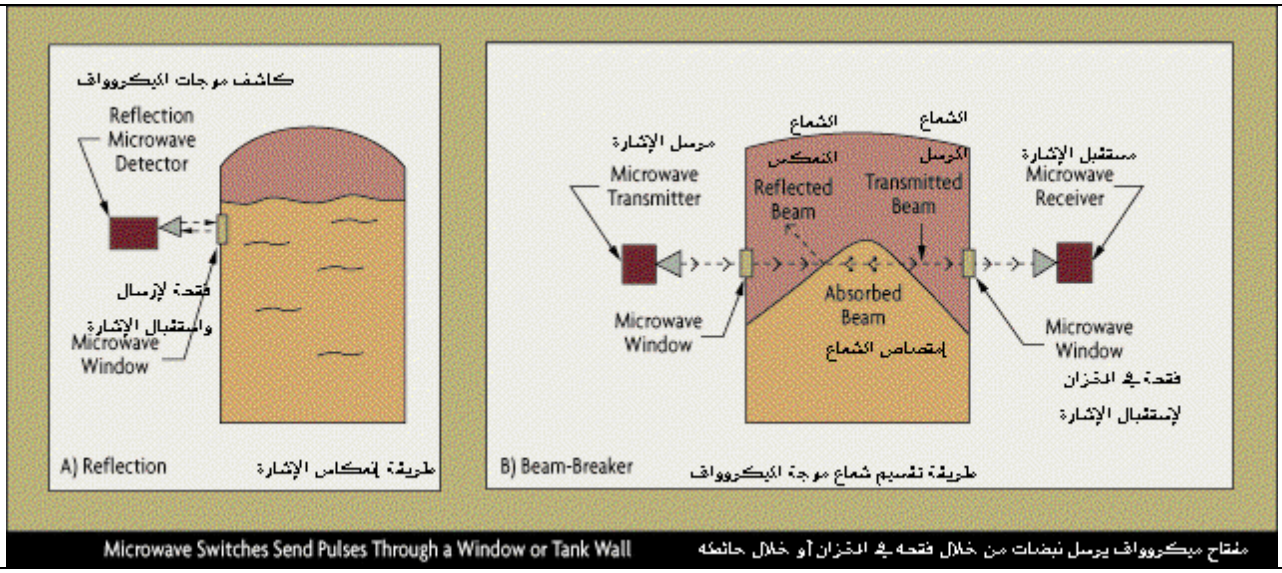




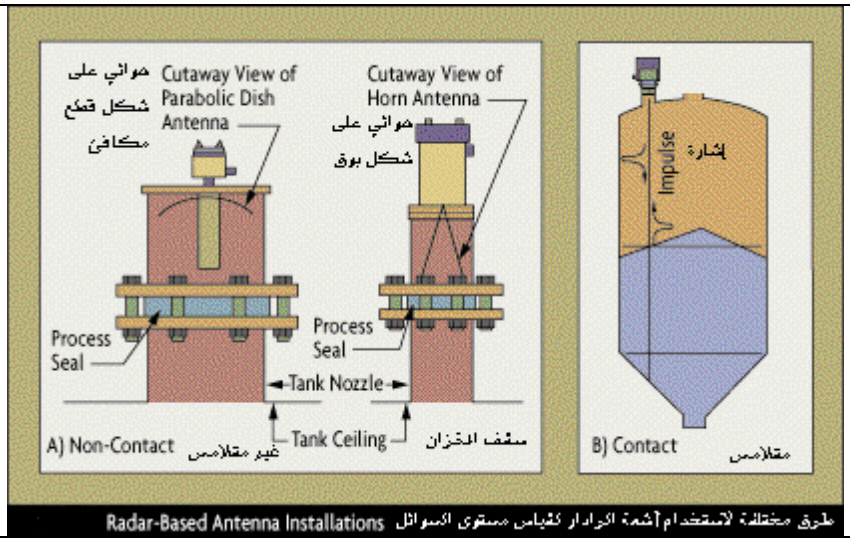
شكل (٤- ٩) مبين مستوي السائل داخل أسطوانة أو خزان بواسطة محول إشارة فوق السمعية (Ultrasonic Transducers)

٤- ٢- ٣ مقاييس أخرى لمستوى السائل

يمكن قياس مستوى السائل باستخدام موجات قصيرة جدا –ميكرو واف (microwave) كما يظهر في الشكل (٤- ١٠). كذلك يبين شكل (٤- ١١) مبينات تستخدم أشعة الرادار في قياس مستوى السائل وهي غالية التكاليف، ولكن التطورات الهائلة في صناعة الإلكترونيات. وهى يمكنها أن تقيس مستوى السوائل التي تكون في تطبيقات صعب قياسه بالطرق الأخرى مثل الخزانات المغلقة، وكذلك عندما يكون سائل في حالة دوامات، وكذلك عندما يكون هناك عوائق مثل تكثف البخار.



شكل (٤- ١٠) استخدام الأشعة القصير جدا (microwave) لقياس مستوى السوائل



شكل (٤- ١١) استخدام أشعة الرادار لقياس مستوى السوائل

امتحان ذاتي رقم ٤

أجب على الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر إلى الحل في نهاية الحقيبة.

٤- ١ أذكر جهاز يستخدم العلاقة بين فرق الضغط ومعدل الانسياب.

٤- ٢ أذكر جهاز يمكن اعتباره كمقياس لمعدل الانسياب ذات فوهة بفتحة متغيرة.

٤- ٣ أذكر جهاز يمكنه قياس السرعة المحلية على طول اتجاه التدفق عند نقطة واحدة.

٤- ٤ بأي طريقة يتم بيان مقدار البنزين في خزان وقود السيارة على العداد الموجود أمام كرسي السائق؟

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

المفاهيم الأساسية للتحكم الآلي

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

التعرف على أهمية استخدام التحكم الآلي في متغيرات الإنتاج الصناعي مثل درجة الحرارة، وقياس مستوى السوائل ، ..... الخ.

و معرفة المفاهيم الأساسية والمصطلحات الأساسية المستخدمة في تحليل أنظمة التحكم الآلي.

مقدمة الفصل :

تعد نظرية التحكم الآلي من أهم النظريات المستخدمة في إدارة العمليات الصناعية والإنتاجية. لما أدى إلى جودة المنتجات وانخفاض التكاليف. وقد أدت السرعة الكبيرة لسريان العمليات الصناعية والإنتاجية وارتفاع متطلبات الدقة والجودة إلى انتشار نظم التحكم الأتوماتيكي. والهدف من نظام التحكم الحفاظ على بعض خصائص العملية (متغير التحكم) عند قيمة محددة وأن تغييرها يتبع قانون معلوم وهذا يتم آليا دون تدخل الإنسان .

الأهداف السلوكية :

- يجب أن يكون الطالب قادرا على :
- أن يعرف أسباب استخدام أنظمة التحكم الآلي.
- أن يعرف الفرق بين أنظمة التحكم ذو المسار المغلق والمسار المفتوح.
- أن يصف منظومة التحكم بمخطط صندوقي .
- أن يعرف بعض المصطلحات التي تستخدم في التحكم .
- أن يعرف المعدات الأساسية لنظام التحكم الآلي .

المهام المشمولة : D1, D2, D5

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٢ساعات نظري

٥- ١ أنظمة التحكم في الصناعات الكيميائية

يتم التحكم في درجة الحرارة، والضغط ومعدل تدفق السوائل ومستوى السائل وبنود أخرى في العمليات الكيميائية عن طريق غرفة للتحكم، تتركز فيها أجهزة القياس بعيدا عن الأجهزة الموجودة في موقع الإنتاج، وتضم غرفة التحكم الأجزاء التي تناظر المخ الإنساني للقيام بالتحكم في العمليات التي بطبيعتها ديناميكية وعدم التدخل لضبط هذه المتغيرات في الوقت المناسب من الممكن أن يعرض سلامة وجودة المنتج ومعدل الإنتاج إلي مخاطر. وتؤدي أجهزة القياس الوظائف التي تناظر الحواس الخمس للإنسان (نظر،وسمع، ولمس، وتذوق، وشم).

٥- ٢ التحكم الآلي

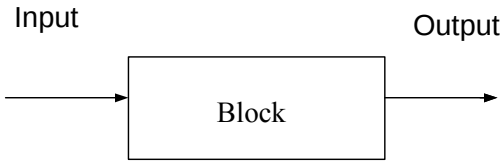
هو عملية يتم فيها بشكل متواصل تحسس كمية يراد تنظيمها، ومقارنتها مع كمية أخرى، وبالاعتماد على نتيجة المقارنة يتم التأثير على الكمية المراد تنظيمها ومقارنتها مع الكمية المنظمة. تلعب عمليات التنظيم دورا كبير في الطبيعة مثل عملية تثبيت درجة الحرارة أجسام الكائنات الحية. كذلك فإن التحكم، الذي يستخدم في عمليات الإنتاج في المصانع الكيميائية والبترولية تستخدم درجة الحرارة، والضغط، ومستوى السائل وبنود أخرى كمتغيرات يتم التحكم فيها.

٥- ٣ المفاهيم الأساسية لنظم التحكم الآلي

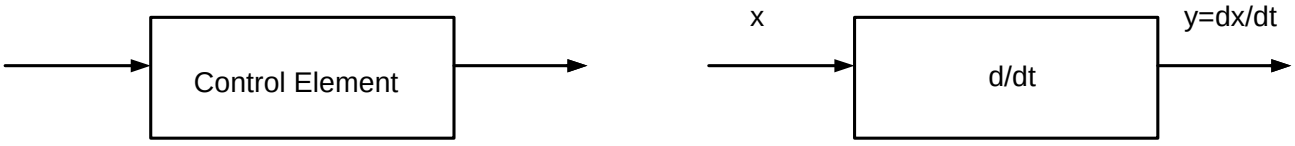
Basic Concepts for Automatic Control Systems

٥- ٣- ١ المخططات الصندوقية Block Diagram

هو تمثيل تخطيطي للعلاقة بين الخارج و الداخل للنظام الفيزيائي وهو يعتبر وسيلة مبسطة ومفيدة لتشخيص العلاقات الوظيفية بين المكونات المختلفة لنظام التحكم. وتسمى أحيانا مكونات النظام بعناصر النظام، وأبسط صورة للمخطط الصندوقي هو الرسم ذو المربع الواحد و بدخل واحد وخرج واحد كما موضح بشكل (٥- ١). ويوضع داخل المستطيل أو المربع عادة وصف أو اسم العنصر أو الرمز الرياضي للعملية الحسابية التي يتعرض لها الدخل حتى ينتج الخرج وتمثل الأسهم اتجاه المعلومات أو تدفق الإشارات شكل (٥- ٢).



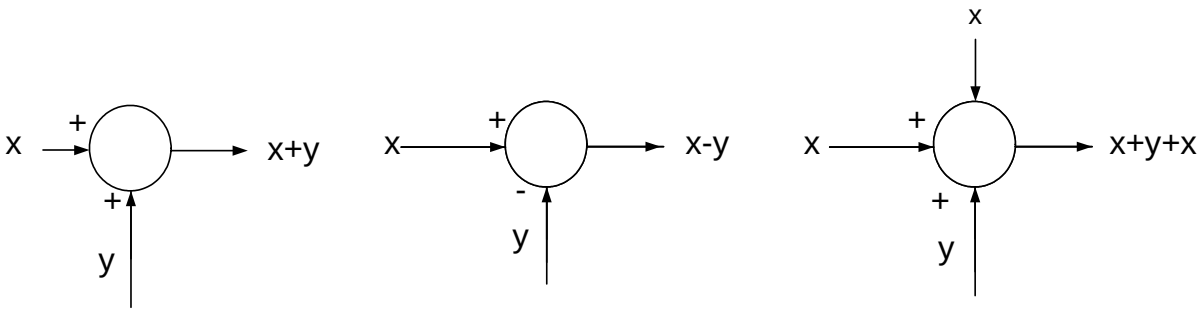
شكل (٥- ١) مخطط صندوقي بدخل واحد و خرج واحد



أ ب

شكل (٥- ٢) أ- يمثل اتجاه المعلومات ب- يمثل العمليات الحسابية التي تجري داخل الصندوق

وللعمليات الحسابية مثل الجمع والطرح تمثيل خاص فيتحول المربع إلى دائرة صغيرة تسمى نقطة الجمع Summing Point مع إشارات موجبة + أو سالبة – متوافقة مع الأسهم الداخلة إلى الدائرة ويكون الخرج عبارة عن المجموع الجبري لأسهم الدخول ، ويمكن أن يدخل نقطة الجمع أي عدد من الأسهم شكل (٥- ٣).



شكل (٥- ٣) نقطة الجمع

ولاستخدام نفس الإشارة أو المتغير كدخل لأكثر من مربع تخطيطي أو نقطة جمع نستخدم نقطة المأخذ Take off Point وهي تسمح للإشارات بالتقدم بدون تغيير عبر مسارات مختلفة إلى عدة أماكن محددة. شكل (٥- ٤).

شكل (٥- ٤) نقطة مأخذ

٥- ٣- ٢ الرسم التخطيطي لنظم التحكم بالتغذية الخلفية

Block Diagram of Feed Back Control Systems

توصل المربعات والتي تمثل المكونات المختلفة لنظام التحكم بطريقة تمثل العلاقة الوظيفية داخل النظام. والتركيب الأساسي لنظام التحكم بالتغذية الخلفية موضح بالشكل (٥- ٥). ,ويجب التأكيد على أن الأسهم الموصلة بين المربعات تمثل اتجاه تدفق طاقة التحكم أو المعلومات، وليس المنبع الرئيسي للطاقة بالنسبة للنظام، فمثلا يكون المنبع الأساسي للطاقة في فرن يجري التحكم فيه بترموستات قد يكون المنبع الأساسي كيميائيا ناتجا عن احتراق الوقود (فحم- زيت) ولكن مصدر الطاقة هذه لا يظهر في دائرة التحكم الآلي المغلقة.

و فيما يلي بعض التعريفات الهامة المستخدمة في دراسة أنظمة التحكم.

١- القيمة المرغوب فيها Set Point

وهي القيمة التي يضعها المشغل لأي عملية بحيث يعمل المنظم على أساسها بعدم السماح للمتغير المقاس بالانحراف عنها.

٢- نقطة التحكم Control Point

هي قيمة المتغير المقاس عند حالة الاستقرار

٣- الإزاحة Offset

هي الفرق بين القيمة المرغوب فيها ونقطة التحكم عند حالة الاستقرار وتسمى أحيانا بالخطأ الاستاتيكي.

٤- الانحراف Deviation

هي الفرق بين القيمة المرغوب فيها ونقطة التحكم قبل حالة الاستقرار (عند أي لحظة).

٥ - العملية الكيميائية (الوحدة الصناعية) Plant

تسمى أيضا بالنظام المتحكم فيه . وهي عبارة عن العملية أو الآلة أو الوحدة الصناعية والمطلوب التحكم كمية خاصة بها أو أدائها.

٦ - عنصر التحكم Controller

ويسمى المنظم، وهو عبارة عن المكونات المطلوبة لكي تولد إشارة تحكم مناسبة

٧- عناصر التغذية الخلفية Feedback Element

عبارة عن المكونات المطلوبة لكي تكون العلاقة الوظيفية بين إشارة التغذية الخلفية الابتدائية وخرج الوحدة المتحكم فيها.

٨ - الدخل المرجعي (القيمة المرغوب فيها) Reference Input

عبارة عن إشارة خارجية تطبق على نظام التحكم بالتغذية الخلفية العكسية لقيادة فعل محدد للعملية وغالبا ما يمثل السلوك المثالي للعملية.

٩- الخرج المتحكم فيه Controlled Output او المتغير المطلوب التحكم فيه

هو قيمة المتغير المقاس في العملية الكيميائية.

١٠- إشارة التغذية الخلفية الابتدائية Primary Feedback Signal

هي عبارة عن الإشارة التي تكون دالة للخرج المتحكم فيه، والتي تتم جمعها جبريا مع القيمة المرغوب فيها لكي يتم إنتاج إشارة التحكم.

١١- إشارة التشغيل (التحكم) Control Signal

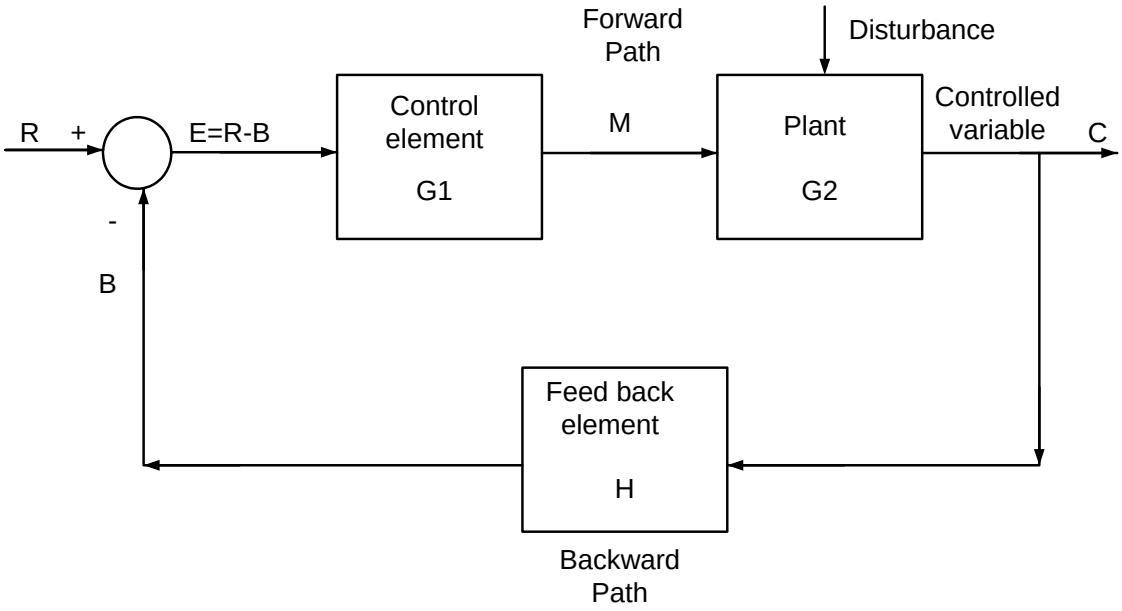
تسمى أيضا بالخطأ أو فعل التحكم ، وهو عبارة عن الجمع الجبري المتكون من الدخل العياري (القيمة المرغوب فيها) والتغذية الخلفية .

١٢- المتغير المعالج Manipulated Variable

هي الكمية التي يمكن من خلال تغييرها التحكم في متغير التحكم .

١٣- التشويش Distrurbance

عبارة عن مجموعة التغيرات التي تحدث للنظام المتحكم فيه لأسباب خارجية بعيدة عن عملية التحكم ذاتها (كالتغيُر في الحمل، والتأثيرات الناتجة عن درجة الحرارة، والخلل في الشبكة) ولكن تأثيرها ينعكس على عملية التحكم لأن هذا التشويش يعمل على تغيير قيمة الخرج من النظام.ووظيفة عملية التنظيم هي تقليل تأثير كميات التشويش إلى أكبر حد ممكن. وقد تدخل على العملية بواسطة الجمع مع m أو خلال نقطة متوسطة كما هو موضح في الشكل (٦- ٥)



شكل (٥- ٥) مخطط عام لمنظومة تحكم ذو مسار مغلق

حيث: plant: تعني العملية الكيميائية. Control elemewnt تعني عنصر التحكم. Disturbance تعني التشويش . controlled variable تعني المتغير المطلوب التحكم به.. feed back element تعني التغذية الخلفية.. forward path تعني المسار الامامي. Back ward path تعني المسار الخلفي..

١٤- المسار الأمامي Forward Path

هو عبارة عن مسار الإرسال من إشارة التشغيل(E) وحتى الخرج المتحكم فيه(C)

١٥- مسار التغذية الخلفية Backward Path

وهو مسار الإرسال من الخرج المتحكم فيه وحتى إشارة التغذية الخلفية الأبتدائية

١٦- التغذية المرتدة (الخلفية) Feedback

إن فكرة التغذية المرتدة (الخلفية) تعتبر الأساس الأول في تصميم منظومات التحكم الأتوماتيكي وهذه النظرية تعتمد على فكرة مقارنة القيمة الفعلية لمتغير التحكم بالقيمة المرغوب فيها ثم تحديد إشارة تحكم مناسبة تتوقف على قيمة الخطأ الناتج من عملية المقارنة السابقة.

١٧- ألة التحكم المؤازر Servo-mechanisim

ويسمى نظام التحكم بالتغذية العكسية ذو الوظيفة الخاصة بآلة التحكم المؤازر Servomechanisim وهي تستحق أو تستوجب اهتماما خاصا نظرا لأهميتها في التطبيقات الصناعية و في نظرية التحكم الآلي.

٥- ٤ جبر المخططات ودوال الانتقال Diagram Algebra and Transfer Functions

يتكون الرسم الصندوقي من تركيب محدد لأربعة أنواع من العناصر هي : المربعات- نقطة الجمع- نقطة المأخذ- الأسهم ذات الاتجاه الواحد والتي تمثل سريان الإشارات ويمثل الشكل (٥- ٥) التكوين الأساسي لنظام التحكم بالتغذية الخلفية.

٥- ٥ المعدات الرئيسية لنظم التحكم الآلي

يتكون أي نظام تحكم Control System من المكونات الآتية:-

١- العملية المتحكم فيها Process
٢- نظام القياس Measurements
٣- عنصر المقارنة Comparison
٤- المنظم أو المتحكم Controller
٥- عنصر التحكم النهائي Final Control Element

و تتصل بعضها ببعض بواسطة خطوط الاتصال. و فيمايلي شرحها:

١- العملية المتحكم فيها Process

هو النظام الموجود أو العملية المراد التحكم فيها مثل (المفاعلات الكيميائية- الغلاية – وحدات تكرير البترول – وحدات تحلية المياه ..... الخ)

٢- نظام القياس Measuring System

و هو النظام الأساسي لأي نظام تحكم عند اتباع نظام مراقبة المركزية. و أي نظام قياس (مجموعة قياس) تتكون من:-

- عنصر الحس الابتدائي
- المرسل

و يعتبر عنصر الحس الابتدائي و المرسل من العناصر الرئيسية في نظام التحكم الآلي حيث يقوم بقياس مختلف الكميات الطبيعية مثل الضغط – درجة الحرارة – معدل تدفق السوائل – السرعة - .... الخ.

ويقيس العنصر الحساس Sensor الكمية المتحكم فيها لترسل الى المقارن لمعرفة كم انحرفت عن قيمتها المحددة. ويجب أن تحقق العناصر الحساسة في نظم التحكم الآلي المتطلبات التالية:-

- أن تتمتع بالحساسية المطلوبة
- أن يكون حجمها وكتلتها في الحدود المسموح بها

وفي كثير من الحالات يكون المطلوب من العنصر الحساس كمية كهربائية وتحل هذه المسألة بتوصيل جهاز خاص (محول) إلى العنصر الحساس حيث يقوم هذا المحول بتحويل الإشارة غير الكهربائية عند الخرج مثلا إلى إشارة كهربائية.

المرسلات Transmitters :

تسمى العناصر الحساسة Sensors المجمعة مع المحولات Transducers بالمرسلات Transmitters .

٣- عنصر المقارنة Comparison Element

عادة عبارة عن دائرة دخل المنظم وهي التي تقوم بتحديد الانحراف.

٤- المنظم Controller

هو جهاز يعمل بقانون معين يسمى قانون التحكم Control law وهذا القانون يحدد العلاقة التي تربط بين إشارة الخطأ وإشارة التحكم التي يخرجها المنظم. ويعتبر المنظم من أهم مكونات منظومة التحكم ويحتاج في تصميمه وضبطه إلى عناية فائقة ودراسة دقيقة. و يشتمل المنظم في كثير من الأحيان على عنصر المقارنة Comparator.

٥- عنصر التحكم النهائي Final Control Devices and Actuators

العنصر المنفذ هو أحد العناصر الأخيرة في نظم التحكم الأتوماتيكي. قد يكون صمام او مضخة.

٥- ٦ أمثلة على التحكم في بعض العمليات الكيميائية

لتركيب نظام تحكم على العملية الكيميائية نحتاج معرفة المتغير المسبب للتشويش و المتغير المراد التحكم فيه و كدلك المتغير المعالج (كماسبق شرحها اعلاه). و يتضح شرح ذلك من خلال الامثلة التالية:

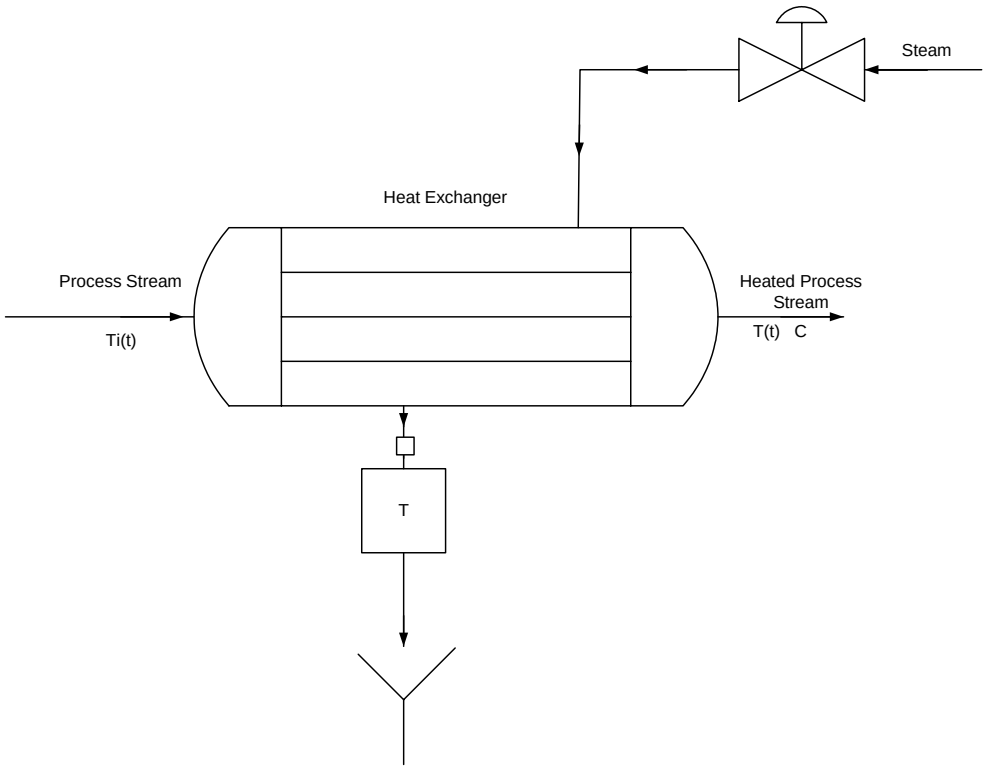
مثال(١) المبادل الحراري:

لتثبيت الأفكار دعنا نأخذ في الاعتبار المبادل الحراري الموضح بالشكل (٥- ٦). والغرض من هذه الوحدة هو تسخين مائع العمل الكيميائية من درجة حرارة دخول معينة $Ti(t)$ حتى تصل إلى قيمة مرغوب فيها وهي درجة حرارة الخروج $T(t)$. و يتم التسخين بواسطة بخار متكثف. وتكون الحرارة المكتسبة لمائع العملية الكيميائية مساوية للحرارة المفقودة من البخار بشرط ألا يحدث انتقال حرارة من المبادل إلى الوسط المحيط (القانون الأول للديناميكا الحرارية) وعليه يجب عزل المبادل الحراري والأنابيب الداخلة إليه والخارجة منه عزلا جيدا. و تكون الحرارة المنطلقة من البخار هي الحرارة الكامنة للتكثيف.

و في العملية السابقة توجد متغيرات كثيرة قد يؤدي تغيرها إلى اختلاف درجة حرارة عن القيمة المرغوب فيها. و إذا حدث ذلك فلابد من عمل فعل ما يصحح هذا الانحراف، بمعنى أن الهدف هو التحكم في درجة حرارة خروج مائع العملية الكيميائية بحيث تصل إلى القيمة المرغوب فيها أو القيمة المطلوبة. و أحد الطرق لإنجاز هذه المهمة تأتي أولا بقياس درجة حرارة الخروج $T(t)$ ثم مقارنتها بالقيمة المرغوب فيها و اعتمادا على هذه المقارنة يتقرر ما يجب فعله لتصحيح هذا الانحراف أو (الخطأ) . و معدل تدفق بخار التسخين يمكن أن يستخدم في تصحيح

هذا الانحراف، بمعنى إذا كانت درجة الحرارة أكبر من القيمة المطلوبة يمكن تقليل فتحة صمام الخنق لتقليل معدل التدفق (الطاقة) للمبادل الحراري . و إذا كانت درجة الحرارة أقل من القيمة المطلوبة يمكن زيادة فتحة الصمام و بالتالي زيادة معدل التدفق لزيادة الطاقة للمبادل و يمكن أن يتم ذلك يدويا عن طريق فني التشغيل و نظرا لبساطة وسهولة هذا الإجراء و لا توجد مشكلة في هذا التطبيق. ولكن في معظم العمليات في الوحدات الصناعية أو الكيميائية حيث توجد مئات أو آلاف المتغيرات التي يجب أن

يكون لها قيم مرغوب فيها و تصحيح الانحرافات لهذه المتغيرات يحتاج إلى عدد هائل من الفنيين في التشغيل و بالتالي يجب أن يتم ذلك التحكم أتوماتيكيا بمعنى آخر نحتاج إلى أجهزة قياس للتحكم في المتغيرات دون الحاجة الى الفنيين وهذا ما نسميه بالتحكم الآلي في العمليات.



شكل (٥- ٦) مبادل حراري

حيث: steam تعني بخار حار. heat exchanger تعني مبادل حراري. Process stream تعني مجر العملية. Heated process stream تعني مجر العملية الساخن.

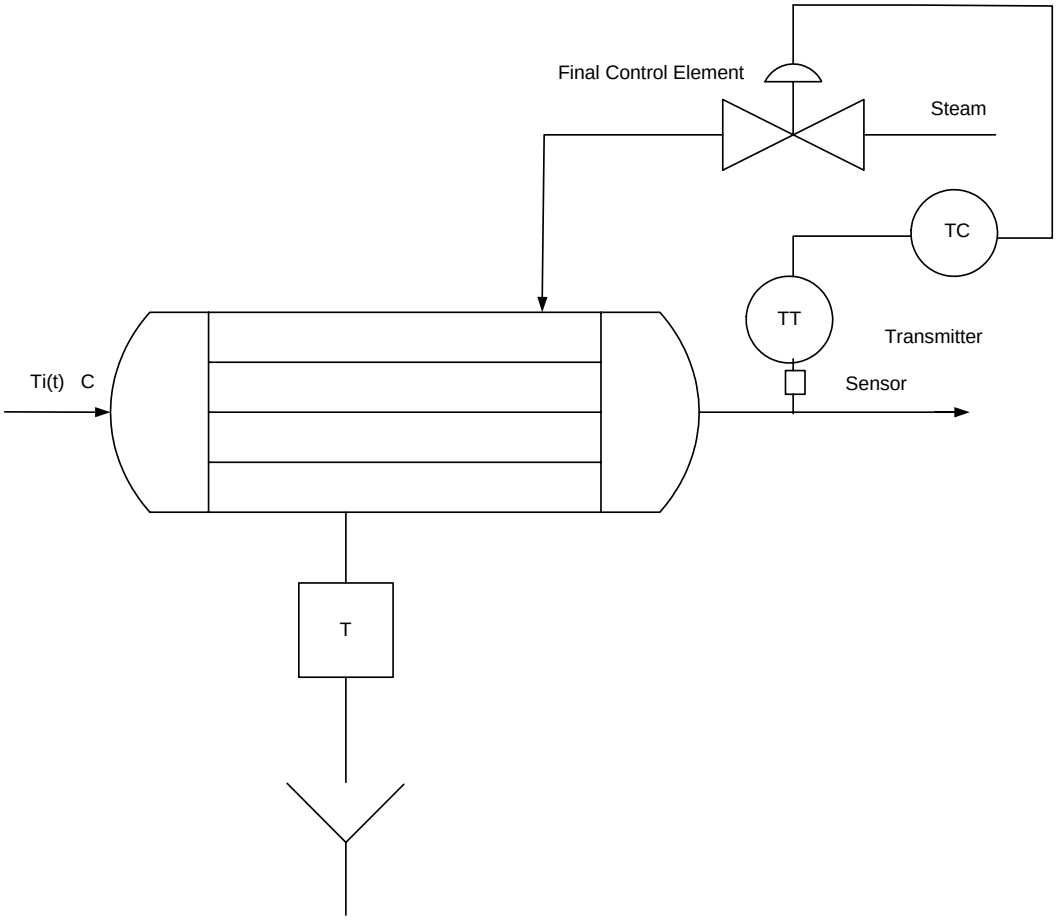
وبالرجوع إلى منظومة المبادل الحراري اعلاه نجد انه يمكن عمل منظومة تحكم آلي عنصرها الأساسية كالموضحة بالشكل (٥- ٧) . وأول شئ يجب عمله هو قياس درجة حرارة خروج مائع العملية الكيميائية و يتم ذلك عن طريق حساس مثل المزدوج الحراري ، أو قياس درجة الحرارة بالمقاومة الكهربية أو الترمومترات أو أشباه الوصلات (ثرمويستر) ، ..... الخ. ويتصل هذا لحساس بمرسل أو ناقل الإشارة الذي يحولها بدوره إلى إشارة أكبر و ينقلها إلى المنظم (المتحكم).

يتضح من الشرح اعلاه ان كل عملية تنظيم تشمل ثلاث عمليات:-

- عملية القياس: يجب الكشف عن الكمية المقاسة.
- عملية المقارنة: يجب مقارنة الكمية المطلوبة مع الكمية المقاسة.

- عملية التحكُم: يجب التأثير على الكمية المقاسة لتعديلها بعد حدوث التشويش.

يكون التنظيم غير ذاتي (يدويا) إذا نُفّذت مهمة عنصر واحد على الأقل في دائرة التنظيم من قبل الإنسان. وإذا لم يشارك الإنسان في التنفيذ ، فيكون التنظيم تنظيما أوتوماتيكيا (تحكم آلي).

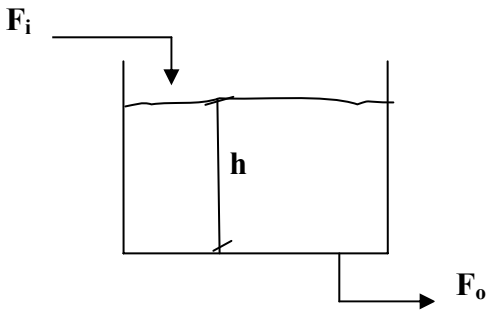


شكل (٥- ٧) نظام التحكم في مبادل حراري

حيث: sensor تعني المحسس. Transmitter تعني المرسل. Final control element تعني عنصر التحكم النهائي. **steam تعني بخار حار**

مثال(٢): مستوى سائل في خزان شكل (٥- ٨)

المطلوب في هذا المثال هو المحافظة على مستوى السائل (h) في الخزان ثابت عند قيمة محددة. اذا حدث تشويش من معدل السريان الداخل فماهي المتغيرات الازم معرفتها لتركيب نظام تحكم.



شكل (٥- ٨)

الحل:

من خلال تحديد المتغيرات التالية نستطيع تحديد المكان الذي سوف يركب عليه نظام التحكم كمايلي:

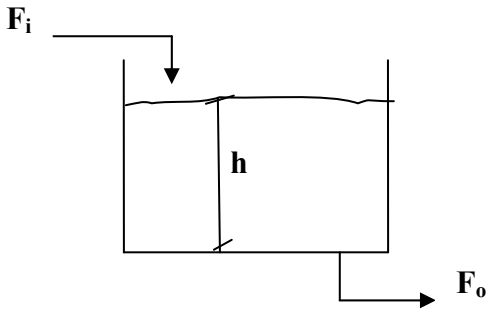
١- المتغير المطلوب التحكم فيه هو: h (الارتفاع)

٢- المتغير المسبب للاتشويش هو: Fi (معدل السريان الحجمي الداخل)

٣- المتغير المعالج هو: Fo (معدل السريان الحجمي الخارج)

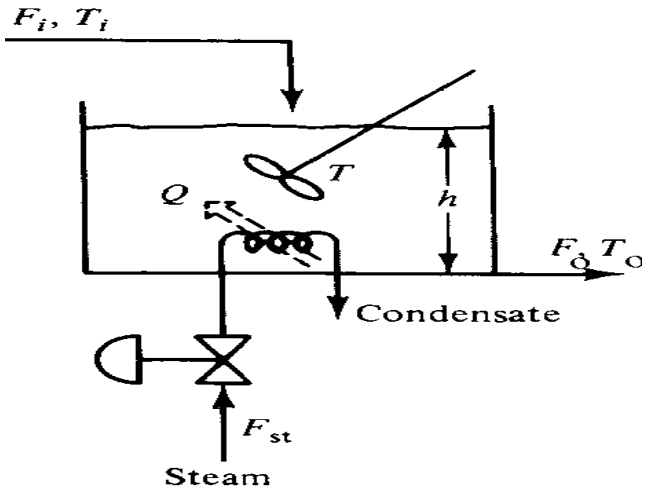
اذا يربط نظام التحكم بين المجس في الخزان و صمام الخروج لضبط الارتفاع عند حدوث التشويش.

تمرين: ركب نظام للتحكم بالارتفاع في الشكل ادناه؟



مثال(٣): مفاعل كيميائي شكل(٥- ٩)

في الشكل أدناه مفاعل كيميائي ذو قلاب مستمر مع سخان من النوع الحلزوني. يحدث فيه تفاعل ماص للحرارة لذلك يستخدم بخارمشبع عند درجة حرارة ثابتة (Tst) و يسري البخار المشبع بمعدل سريان حجمي (Fst). اذا كان المطلوب هو التحكم بدرجة الحرارة الخارجة (To) عند قيمة ثابتة . فاذا حدث تشويش من معدل السريان الداخل (Fi) فماهي المتغرات المطلوب معرفتها لتركيب نظام تحكم. حيث: steam تعني بخار حار. Condensate تعني بخار متكثف و متحول الى سائل.



شكل (٥- ٩)

الحل:

من خلال تحديد المتغيرات التالية نستطيع تحديد المكان الذي سوف يركب عليه نظام التحكم كمايلي:

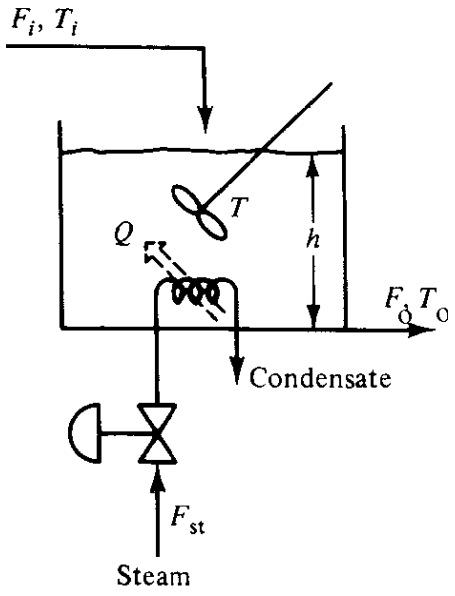
٤- المتغير المطلوب التحكم فيه هو: To (درجة الحرارة الخارجة من المفاعل)

٥- المتغير المسبب للتشويش هو: Fi (معدل السريان الحجمي الداخل)

٦- المتغير المعالج هو: Fst (معدل السريان الحجمي للبخار المشبع)

اذا يربط نظام التحكم بين المجس في الخزان و صمام الخروج للبخار المشبع لضبط درجة الحرارة الخارجة من المفاعل الكيميائي عند حدوث التشويش.

تمرين: ركب نظام للتحكم بالارتفاع في الشكل ادناه؟



٥- ٧ أنواع نظم (دوائر) التحكم الآلي

يعتمد بناء نظام التحكم الآلي لضمان القانون المطلوب لتغيير أو المحافظة على القيمة المرغوب فيها على أن تشكل منظومة التحكم إما دائرة مفتوحة Open Loop أو دائرة مغلقةClosed Loop . يتلخص مبدأ الدائرة المفتوحة في تحقيق القانون المطلوب لتغير الكمية المتحكم فيها مباشرة عن طريق تغيير التأثير المتحكم. ففي حالة مثال المبادل الحراري الذي سبق ذكره في الفصل السابق قد تشاهد عامل التشغيل درجة حرارة السائل الخارج من المبادل فيقوم بفتح أو غلق الصمام وذلك للمحافظة على درجة حرارة المياه حسب القيمة المرغوب فيها. فإذا كانت درجة حرارة السائل أقل من القيمة المرغوب فيها يقوم العامل بفتح الصمام للسماح للبخار بالمرور خلال المبادل فترتفع درجة حرارة السائل، وفي حالة ارتفاع درجة حرارة السائل عن القيمة المرغوب فيها يقوم العامل بقفل الصمام لمنع البخار عن المبادل الحراري، وبذلك يكون عامل التشغيل كمسار للتغذية الخلفية ويصبح النظام ذو تحكم مغلق. وبالتالي يمكن تعريف نظام التحكم ذو المسار المفتوح بأنه نظام تحكم لا يقاس خرجه. لذا فإن العوامل الخارجية يمكن أن تجعل خرج نظام الدائرة المفتوحة يتغير عن القيمة المرغوب فيها. ومن المثال عرفنا كيفية تحويل دائرة التحكم المفتوحة إلى دائرة تحكم مغلقة من خلال عامل التشغيل الذي يقوم بقياس الخرج ومقارنته بالقيمة المرغوب فيها وعمل فعل التحكم المناسب والموضوع هو إحلال العامل بمنظم آلي يقوم بالأعمال السابقة. وبالتالي فإن نظام الدائرة المغلقة يتميز بقياس الخرج (متغير التحكم) ومقارنته بالقيمة المرغوب فيها وعمل فعل التحكم المناسب أتوماتيكيا.

امتحان ذاتي رقم ٥

٥- ١ ما الفرق بين دوائر التحكم ذو المسار المغلق ودوائر التحكم ذو المسار المفتوح؟

٥- ٢ ارسم مخطط صندوقي لنظام تحكم ذو مسار مغلق ؟

٥- ٣ ما هي المعدات الرئيسية لنظم التحكم الآلي؟

٥- ٤ عرف دالة التحويل –الخطأ - التشويش – عنصر التحكم النهائي

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

انواع تاثيرات المحكمات

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

التعرف على التأثيرات المختلفة التي يمكن للمنظمات فعلها لربط إشارة الخارج وإشارة الداخل بعلاقة رياضية محددة وذلك لتقليل الخطأ بين القيمة المقاسة لمتغير التحكم والقيمة المرغوب فيها. وكذلك معرفة كيفية الضبط المثالي للمنظمات.

مقدمة الفصل :

يقدم هذا الفصل أنواع تأثيرات التحكم في حالات التحكم المختلفة ومجالات استخدام كل نوع من تأثيرات التحكم. وكذلك الضبط المثالي للمنظمات. و نبدة عن المنظمات المنطقية المبرمجة.

الأهداف السلوكية :

يجب أن يكون الطالب قادرا على :

- أن يعرف التأثيرات المختلفة للتحكم وخصائص كل نوع.
- أن يعرف صورة العلاقة الرياضية بين دخل وخرج النظام
- أن يعرف مجالات تطبيق كل منظم.
- أن يعرف كيفية الضبط المثالي للمنظمات

المهام المشمولة : D1, D2, D5

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٤ ساعات نظري.

٦- ١ انواع تاثيرات المحكمات

- ان الهدف الاساسي لاستخدام نظم التحكم في العمليات الكيميائية هو القضاء على التشويشات التي قد تؤثر على قيم بعض متغيرات العملية عند الحالة المستقرة.

- **تاثيرات التحكم المختلفة لنظم التحكم بالتغذية العكسية:**
- **هناك ثلاث تأثيرات رئيسية الخاصة بنظم التحكم بالتغذية العكسية و هي:**

١- التأثير التناسبي (Proportional control action)
٢- التأثير التكاملي (Integral control action)
٣- التأثير التفاضلي (Derivative control action)
٤- التأثير التناسبي التكاملي التفاضلي (PID Controller)

و قبل شرح انواع المتحكمات ينبغي وضع بعض التعاريف الهامة و هي:

$$\varepsilon(t) = C_{SP} - C_m(t)$$

حيث: $\varepsilon(t)$ هي اشارة الانحراف

C_{SP} هي القيمة المعيارية للمتغير الذي ينبغي التحكم فيه

$C_m(t)$ هي القيمةالمقاسة للمتغير الذي ينبغي التحكم فيه

و ايضا:

$C_m'(t)$ هي قيمة المتغير المراد التحكم فيه بعد تأثير المحكم

$y(t)$ هي قيمة الاشارة الخارجة من المحكم

و الان سنعرض بالتفصيل تأثير كل متحكم على حدة:

١- الحكم التناسبي:

تعطى معادلة المحكم التناسبي بالمعادلة الآتية:

$$y(t)= \bar{y} + K_c\, \varepsilon\,(t)$$

حيث:

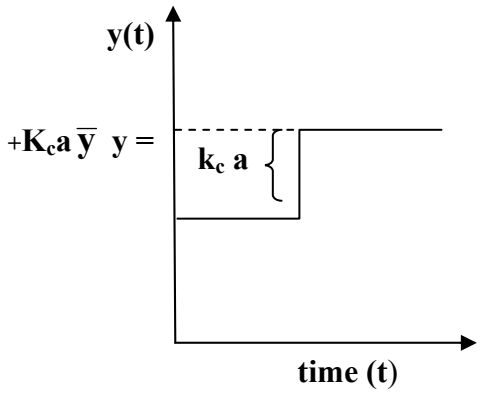
$\bar{y}$ تعرف على أنها قيمة الاشارة الخارجة من المحكم التناسبي عند القيمة المستقرة (عند $\varepsilon\,(t)=0$)

K_c تسمى بكسب المحكم و هو يعبر عن حساسية المحكم

- يمكن أن تعرف K_c من المعادلة: $\mathbf{K_c = \frac{100}{P.B}}$ ، يطلق على P.B مدى التناسب وتعبرP.B عن النسبة المئوية للانحراف اللازمة لإعطاء أقصى إشارة خارجة من المحكم ، فإذا كانت هذه النسبة مقدار صغير فان قيمة Kcتكون كبيرة أو أن حساسية المحكم مرتفعة.
- يتميز المحكم التناسبي ببساطته وذلك لوجود عنصر ضبط واحد لعمل المحكم وهو K_c
- العيب الأساسي للمحكم التناسبي هو ظاهرة " انحراف الحالة المستقرة" أو offset ويعني ذلك عدم إعادة قيمة المتغير المراد التحكم فيه إلى نفس قيمته المعيارية أو المستقرة الأصلية بعد عمل المحكم وإنما تكون العودة إلى قيمة مستقرة بالقرب من القيمة الأصلية.
- لتفسير ظاهرة انحراف الحالة المستقرة نعتبر مرة أخري مثال 2( )والذي سبق شرحه اعلاه وكان الهدف من هذا المثال هو التحكم في مستوى سائل في خزان.نعتبر الآن أن الخزان يعمل في الحالة المستقرة بحيث يكون معدل الدفق الداخل للخزان F_i = معدل الدفق الخارج من الخزان F_o = 150 وعند هذه الظروف يكون مستوى السائل بالخزان h_s = 6ft ، فإذا حدث تشوش بحيث زادت F_i فجأة إلى170 فان مستوى السائل بالخزان سوف يزداد تبعا لذلك ونفرض أنه يتم استخدام محكم تناسبي للتحكم في مستوى السائل في الخزان وفي هذه الحالة سوف تزداد الإشارة الخارجة من المحكم من قيمتها المستقرة $\bar{y}$ 9 psig= إلى y(t)=10 psig. وبالتعويض في معادلة تشغيل المحكم التناسبي نجد أن:

$$10\ psig = 9\ psig + K_c\varepsilon_\infty$$

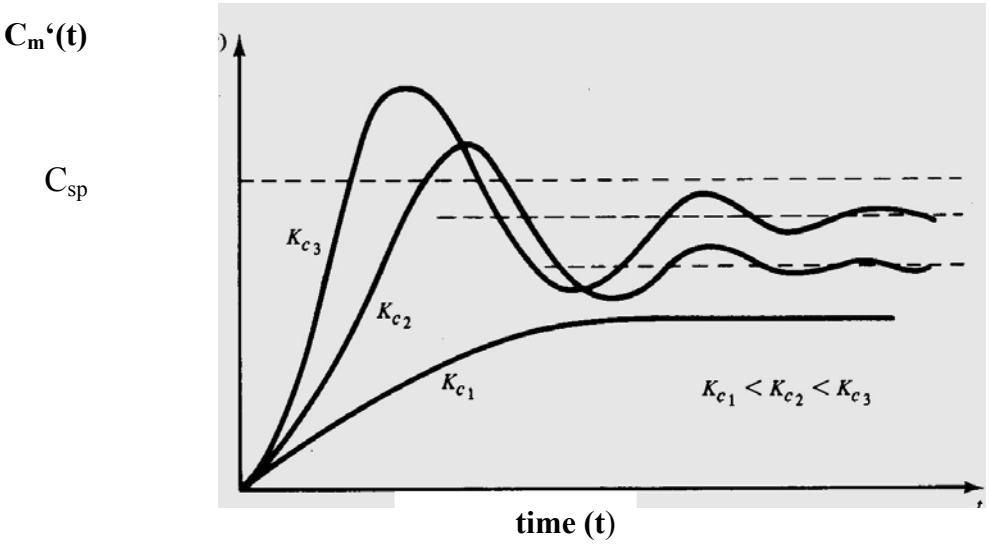
حيثε_∞ تمثل انحراف الحالة المستقرة ، ويمكننا أن نستنتج من التعويض السابق أنه لا يمكن أن تكون $\varepsilon_\infty=0$، وإنما $\varepsilon_\infty = \frac{1}{K_c}$ ، ويعني ذلك أن بالإمكان تقليل انحراف الحالة المستقرة وذلك بزيادة قيمة K_c ولكن مع ذلك توجد حدود لزيادة K_c حتى نتلافى عدم الثبات في عمل المحكم . يوضح شكل (٦- ١) الإشارة الخارجة من المحكم التناسبي كرد فعل لتغير مفاجئ مقداره a في التشوش



شكل (٦- ١) الإشارة الخارجة من المحكم التناسبي

يوضح شكل (٦- ٢) تأثير عمل المحكم التناسبي على تغير مفاجئ في المتغير الذي ينبغي التحكم فيه، و يتضح فيه أن المتغير المقاس بعد عمل المحكم $C_m'(t)$ يمثل دالة مهتزة في الزمن تخبو باستمرار للوصول إلى حالة مستقرة جديدة ليست الأصلية مما يعني وجود انحراف الحالة المستقرة. كما يوضح الشكل أن زيادة K_c تؤدي إلى انخفاض مقدار انحراف الحالة المستقرة ولكن في نفس الوقت تزداد الاهتزازات oscillations ويزداد الدفع العلويovershoot

(يمثل الدفع العلوي أول ارتفاع للمتغير الذي ينبغي التحكم فيه عن قيمته المعيارية أو المستقرة) وبالطبع فان الزيادة الكبيرة في K_c تؤدي إلى اهتزازات لا نهائية لا تخبو ولا تقترب من الحالة المستقرة



شكل (٦- ٢) تأقير المحكم التناسبي على المتغير المقاس أو الذي ينبغي التحكم فيه

٢- المحكم التناسبي التكاملي

يعمل هذا المحكم على تلافي العيب الأساسي للمحكم التناسبي وهو ظاهرة انحراف الحالة المستقرة كما سبق شرحه، أي أن هذا المحكم يعمل على القضاء على هذه الظاهرة.

- تعطى معادلة هذا المحكم بالمعادلة:

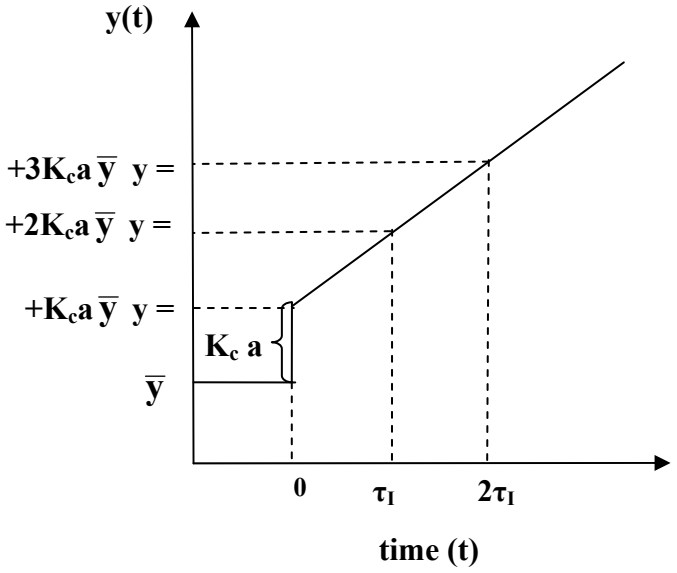
$$y(t) = \bar{y} + K_c\varepsilon(t) + \frac{K_c}{\tau_I}\int_0^t \varepsilon(t)dt$$

- يلاحظ أن الحدين الأول والثاني من المعادلة هن نفس الحدود التي تتكون منها حدود معادلة المحكم التناسبي وأن الحد الأخير هو المسئول عن التأثير التكاملي في التحكم
- تعرف τ_I على أنها زمن إعادة الفعل التناسبي ويلاحظ وجود هذا الزمن ضمن حد التكامل بالمعادلة ولفهم كيفية عمل التأثير التكاملي نعتبر تغير مفاجئ في أحد التشوشات والذي يؤدي بدوره إلى تغير مفاجئ في قيمة المتغير المقاس وبالتالي إلى تغير مفاجئ في الانحراف مقداره a أي أن $\varepsilon(t) = a$ ويكون التأثير التناسبي هو $K_c\ a$ وبحساب التكامل في المعادلة ،نجد أن:

$$\frac{K_c}{\tau_I}\int_0^{\tau_I} \varepsilon(t)\,dt = \frac{K_c}{\tau_I}\int_0^{\tau_I} a\,dt$$

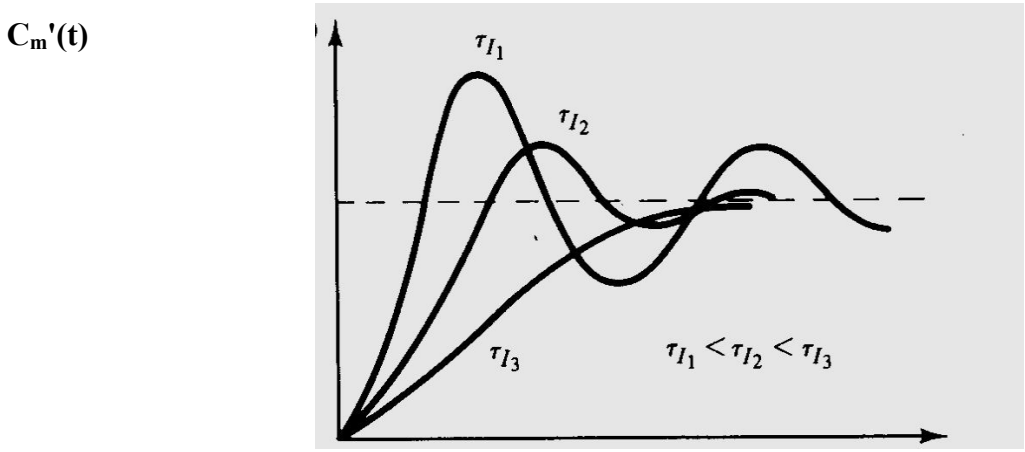
$$\frac{K_c}{\tau_I}\int_0^{\tau_I} a\,dt = \frac{K_c}{\tau_I} \times a \times \tau_I = K_c a$$

والنتيجة التي يوضحها حساب التكامل أن التأثير التكاملي قد كرر الفعل التناسبي بعد مرور زمن مقداره τ_I ويستمر المحكم من هذا النوع في تكرار الفعل التناسبي طالما وجد انحراف عن الحالة المستقرة وطالما مر زمن مقداره τ_I و هذا الزمن يمثل عنصر ضبط آخر لهذا المحكم بالإضافة إلى K_c ويمكن تمثيل هذا التأثير بيانيا كما هو موضح في شكل(٦- ٣) الذي يوضح كيفية تغير الإشارة الخارجة من المحكم مع الزمن



شكل (٦- ٣) الإشارة الخارجة من المحكم التناسبي التكاملي

- يوضح شكل (٦- ٤) التأثير التكاملي على المتغير المقاس أو المراد التحكم فيه و يتشابه مع التأثير التناسبي في كونه اهتزازيا ويخبو ليصل إلى الحالة المستقرة الأصلية، أي أن التأثير التكاملي يقضي على ظاهرة انحراف الحالة المستقرة وهذه هي ميزة هذا التأثير مقارنة بالتأثير التناسبي.
- يتضح أيضا من الشكل أن زيادة τ_I تؤخر الوصول إلى الحالة المستقرة حيث أن ذلك يساعد على نمو الانحرافات عن القيمة المعيارية إلا أن اختيار القيم الصغيرة جدا من τ_I يؤدي إلى المزيد من الاهتزازات والدفع العلوي الذي قد يؤدي بدوره إلى عدم الثبات في عمل المحكم



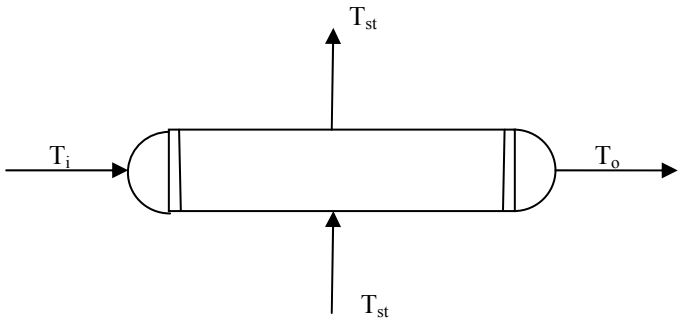
شكل (٦- ٤) تأثير التحكم التكاملي على المتغير الذي ينبغي التحكم فيه

٣- المحكم التناسبي التكاملي التفاضلي

تعطى معادلة المحكم التناسبي التكاملي التفاضلي بالمعادلة الآتية:

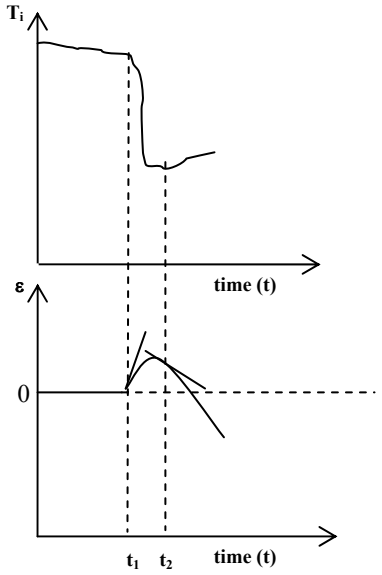
$$y(t) = \bar{y} + K_c\varepsilon(t) + \frac{K_c}{\tau_I}\int_0^t \varepsilon(t)dt + K_c\tau_D\frac{d\varepsilon}{dt}$$

- يلاحظ في المعادلة وجود حد ثالث هو حد التفاضل الذي يعبر عن معدل تغير الانحراف مع الزمن بالإضافة إلى الحد التناسبي والتكاملي ويعني ذلك أن هناك ثلاث عناصر لضبط عمل المحكم وهم K_c و τ_I و τ_D
- تسمى τ_D بزمن التفاضل
- وجود حد التفاضل يعطي المحكم ميزة التنبؤ بما سيحدث من تغيرات في الانحراف في اللحظات الزمنية التالية كما يتضح من المثال التالي :نعتبر التحكم في درجة حرارة السائل الخارج من مبادل حراري ، يدخل السائل لى المبادل عند درجة حرارة T_i و يتم تسخينه ببخار الماء عند درجة حرارة T_{st} ليخرج عند درجة حرارة T_o حيث($T_o > T_i$)كما هو موضح في شكل (٦- ٥)



شكل (٦- ٥) تسخين سائل في مبادل حراري

الآن بافتراض حدوث تشوش بحيث نقصت T_i بشكل شبه مفاجئ، فان T_o سوف تنقص وذلك حسب ما هو موضح في شكل (٦- ٦)



شكل (٦- ٦) توضيح لصفة التنبؤ التفاضل

- نعتبر الزمنين t_1 و t_2 ، عند كلا الزمنين نجد أن الانحراف (معرف على أنه الفرق بين T_{osp} و T_{om}) موجبا ولكن معدل تغير الانحراف عند الزمن t_1 أو تفاضل الانحراف بالنسبة للزمن عند t_1 والذي يساوي هندسيا ميل الخط المستقيم المماس لمنحنى الانحراف عند t_1 وهذا الميل موجب، فيعرف المحكم من خلال حساب التفاضل أن T_o في طريقها للنقصان عن T_{osp} فبزيد من الإشارة الخارجة منه وبالتالي تزيد فتحة صمام البخار فيزيد معدل سريان البخار

- عند الزمن t_2 يكون ميل الخط المستقيم المماس لمنحنى الانحراف سالبا ، فيعرف المحكم من خلال حساب التفاضل أن T_o في طريقها للزيادة عن T_{osp} فيقلل من الإشارة الخارجة منه وبالتالي تقل فتحة صمام البخار فيقل معدل سريان البخار
- بصفة عامة نكون τ_D أكبر من τ_I وبالتالي فان التأثير التفاضلي يسبب استجابة متأخرة للعملية الكيميائية للوصول مرة أخرى إلى القيمة المعيارية للمتغير الذي ينبغي التحكم فيه ولكن في المقابل يسبب التأثير التفاضلي اهتزازات أقل ودفع علوي أقل وعادة يتم اختيار قيمة τ_D لتوازن بين هذين العاملين، أي إعطاء سرعة استجابة كبيرة نسبيا لمتغير العملية الذي ينبغي التحكم فيه مع اهتزازات قليلة ودفع علوي صغير نسبيا
- يصبح التأثير التفاضلي مساويا للصفر في حالة التغير المفاجئ أو في حالة التغيرات الحادة العشوائية والكثيرة في الانحراف

اختيار المحكم المناسب للعملية الكيميائية :

للعمليات السريعة يتم اختيار المحكم التناسبي التكاملي حيث ينم الحصول على استجابة سريعة نسبيا مع القضاء على ظاهرة offset دون الخوف من الاهتزازات والدفع العلوي الكبير، أمثلة لهذه العمليات التحكم في ضغط الغازات أو التحكم في معدل تدفق السوائل. بالنسبة للعمليات البطيئة كالتحكم في درجة الحرارة و التركيز فيستخدم المحكم التناسبي التكاملي التفاضلي حيث يمكن الحصول على سرعة استجابة كبيرة للمتغير الذي ينبغي التحكم فيه باختيار قيم كبيرة لكسب المحكم K_c مع اختيار قيم τ_D صغيرة نسبيا لتقليل الاهتزازات والدفع العلوي

عنصر التحكم النهائي:

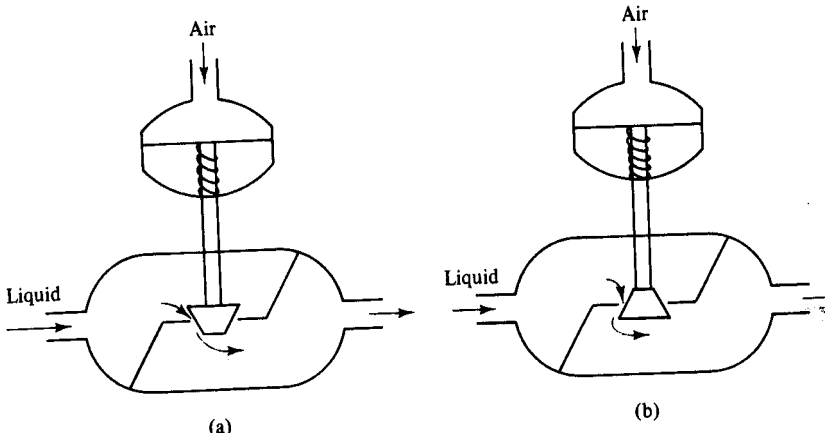
غالبا ما يكون هذا العنصر هو صمام تحكم يعمل بضغط الهواء ويعمل الصمام على التحكم في معدل سريان سائل عن طريق تغيير موضع السدة (plug) والتي تتواجد في نهاية عمود stem والنهاية الأخرى للعمود تتصل بغشاء ميكانيكي. عند تأثير ضغط الهواء على الغشاء يتحرك عمود الصمام الى أسفل وتسبب هذه الحركة:

إما إعاقة السدة للسريان ويطلق على هذا النوع من الصمامات "مغلق بضغط الهواء air-to-close" أو fail open شكل (٦- ٧ a)

-

أو إتاحة السدة للسريان و يطلق على هذا النوع من الصمامات "مفتوح بضغط الهواء air-to- open "أو fail closed (٦- ٧ b)

- يعتمد معدل السريان خلال الصمام على دالة في موضع عمود الصمام والتي بدورها تتغير مع تغير الشكل الهندسي لسطح السدة و على ذلك يمكن تقسيم الصمامات حسب معدل السريان خلالها إلى:
  - الصمام الخطي linear valve : حيث يتناسب معدل السريان طرديا مع مقدار حركة عمود الصمام
  - صمام النسبة المتساويةequal percentage valve: حيث ينتج معدل سريان صغير في البداية عند فتح الصمام ثم يزداد بشكل ملحوظ مع زيادة الفتحة
  - صمام سريع الفتح quick opening : وينتج عنه معدل سريان كبير عند حركة صغيرة لعمود الصمام



شكل (٦- ٧) صمامات التحكم

٦- ٢ المنظمات المنطقية المبرمجة Programmable Logic Controllers PLCs

٦- ٢- ١ مقدمة

يمكن تعريفها على أنها أجهزة إلكترونية رقمية يستخدم ذاكرة قابلة للبرمجة لتخرين العمليات، وينفذ مهام معينة (منطقية، أو تتابعية، أو زمنية، أو عددية أو رياضية) للتحكم في الآلات والعمليات الكيميائية والفرق بينها وأجهزة الحاسب الآلي كتالي:-

١- البرمجة غالبا تختص بالعمليات المنطقية وعمليات الفتح والقفل.

٢- الوصلات البينية لدوائر الدخل والخرج تكون داخل الجهاز.

٣- الدوائر مصممة ومجمعة لتحمل الاهتزازات، الحرارة ، الرطوبة والضوضاء.

٦- ٢- ٢ مميزات المنظمات المنطقية المبرمجة

Advantages of Programmable Logic Controllers PLCs

فيما يلي بعض أهم مميزات استخدام المنظمات المنطقية المبرمجة

١- المرونة: بما أن البرنامج المخزن يمكن تعديله، يمكننا بالتالي إضافة أو تغيير خطوات في التحكم بدون اللجوء لإجراء تغيير في التوصيلات سواء في الدخل أو الخرج. النتيجة هي نظام تحكم مرن يمكن استخدام لوظائف التحكم ذات درجات تعقيد متفاوتة.

٢- تصحيح الأخطاء: ينحسر الأمر في تغيير بعض الأوامر في البرنامج وبذلك يختصر كثيرا من الوقت. وكذلك باستخدام PLC يمكن تحديد أعطال الماكينة التي يتم التحكم فيها بدقة وسرعة متناهيتين، بل يتم إجراء تعديل في البرنامج بحيث يستمر أداء الماكينة طبيعي حتى يتم إصلاح العطل.

٣- عدد كبير من نقاط الاتصال: يحتوي الجهاز PLC على عدد نقاط اتصال كثيرة ويمكن زيادتها بإضافة جزء بسيط جديد للبرنامج.

٤- انخفاض التكلفة: بإدخال التقنيات الحديثة أمكن تخفيض تكلفة أجهزة PLC بدرجة كبيرة بحيث أصبحت في كثير من الأحوال أوفر من طرق التحكم التقليدية.

٥- ظهور رسالات معبرة عن الأخطاء التي تحدث في الماكينات أو العمليات أثناء التشغيل : تظهر الأخطاء على شاشة متصلة بجهاز PLC.

٦- ٢- ٣ عيوب المنظمات المنطقية المبرمجة

Disadvantages of Programmable Logic Controllers PLCs

فيما يلي بعض عيوب استخدام المنظمات المنطقية المبرمجة

١- إدخال تقنية حديثة: دائما ما يصحب إدخال تقنية حديثة بعض المشاكل كإحداث بعض التغييرات في الماكينات أو العمليات وتدريب الفنيين تدريبا دقيقا

٢- في بعض التطبيقات، يكون استخدام PLC قليل النفع مثل التطبيقات الثابتة التي لا تتغير فيكون استخدام PLC فيها ذو تكلفة عالية و ذو إمكانيات غير مستغلة وغير مطلوبة.

٣- التأثر بالظروف البيئية: مثل معظم الأجهزة الإلكترونية تتأثر أجهزة PLC بدرجات الحرارة العالية و الاهتزازات العنيفة، مما يحدد استخدامها في هذه الظروف.

٦- ٢- ٤ مكونات المنظم المنطقي المبرمج PLC

فيما يلي عرض لمكونات المنظمات المنطقية المبرمجة PLC والتي يوضحها شكل (٦- ٨) في مخطط صندوقي ويوضح شكل

(٦- ٩) منظم منطقي مبرمج.

١- وحدة المعالجة المركزية: Central Processing Unit

وهي تمثل القلب للنظام. يتم قياس حجم CPU بحجم الذاكرة التي بداخلها، وهي بدورها تتوقف على حجم العملية الصناعية المطلوب التحكم فيها. في بعض أنواع CPU إضافة ذاكرة إضافية لتحقيق متطلبات العملية الصناعية من توسعات وغير ذلك. معظم CPU بها بطارية لحفظ البرنامج في حالة انقطاع التيار الكهربي تتراوح مدة الحفظ من شهر إلى سنة. أما البرنامج الأساسي لتشغيل CPU فهو محفوظ بصورة دائمة وغير قابل للفقدان. و أما البرنامج الخاص بالعملية الصناعية فهو يحتاج إلى البطارية لحفظه في حالة انقطاع التيار الكهربي.

٢- المبرمج: Programmer PM

المبرمج يشبه لحد كبيرة لوحة المفاتيح المستخدمة في الحاسب الآلي ويوجد نوع لاب توب Lap Top وهو أفضل في حالة وجود أنواع كثيرة من PLC الوحدة الصناعية بحيث يمكن قراءة وكتابة البرامج لهم كلهم باستخدام لاب توب بدلا من استخدام عدة أنواع من PM على حسب نوع كل من PLC كما هو موضح بشكل (٦- ١٠).

٣- وحدات الدخل والخرج: I/O Modules

هذه الوحدات هي وسيلة اتصال بين CPU والعالم الخارجي. تتلقى وحدات الدخل الإشارات الكهربية و تخرج وحدات الخرج جهود لتشغيل الأجهزة المختلفة. و يوجد في كل وحدة ٤ أو ٨ أو ١٢ أو ١٦ نهاية طرفية Terminal. و في النظم الصغيرة، تتواجد النهايات الطرفية للدخول والخروج مع CPU في إطار واحد. أما في الأنظمة الكبيرة تكون وحدات I/O تكون منفصلة عن CPU وتتصل معها بواسطة كابلات متعددة الأطراف.

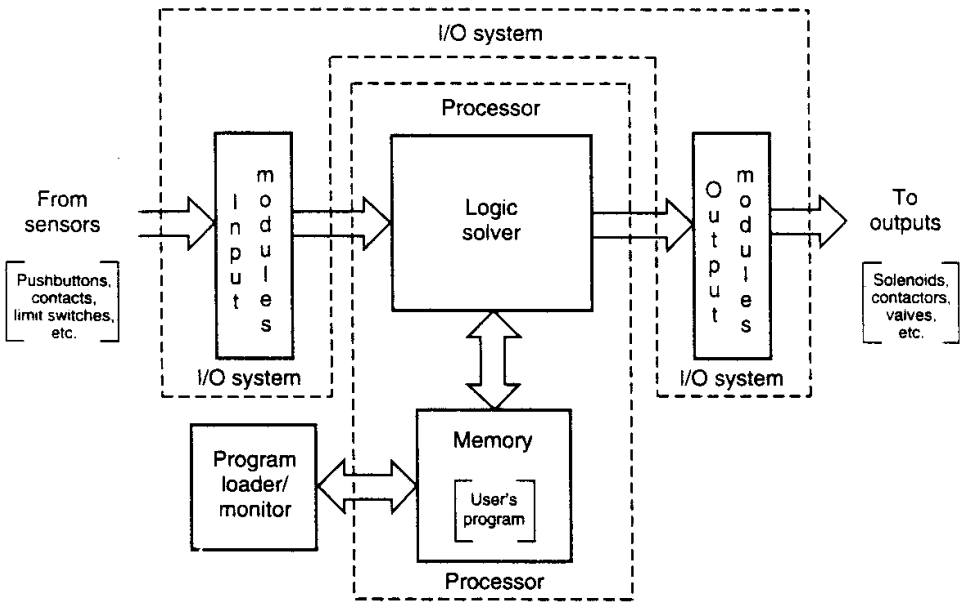
٤- الطابعة Printer

و هي تستخدم لطباعة البرنامج أو أي بيانات خاصة بالعملية.

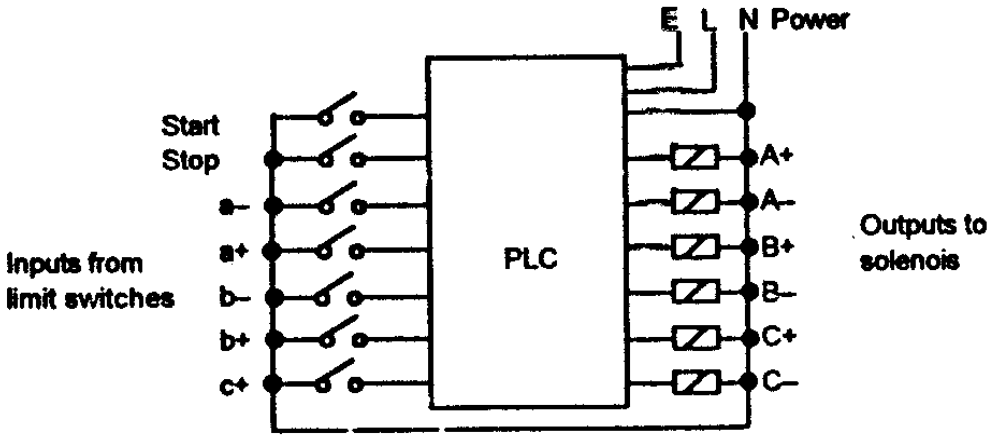
٥- مسجل البرنامج

في الوحدات القديمة من أنظمة PLC تستخدم شرائط أو اسطوانات مرنة لتسجيل البرنامج من CPU . أما الوحدات الحديثة فهي تستخدم اسطوانات ثابتة Hard disks للبرمجة والتسجيل.

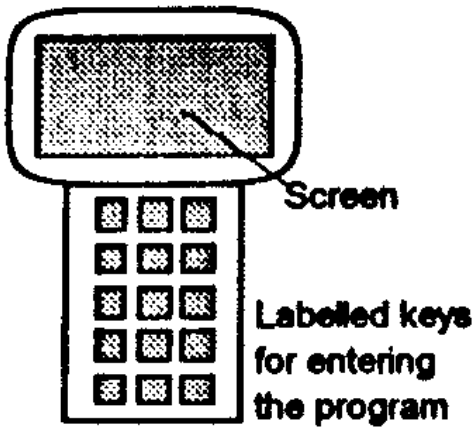
وقد توضع هذه المكونات في علبة واحدة أو علب منفصلة كما هو موضح في شكل (٦- ١١)



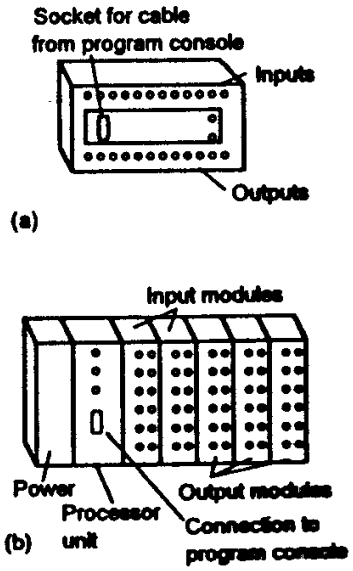
شكل (٦- ٨) مخطط صندوقي لأجزاء المنظمات المنطقية المبرمجة



شكل (٦- ٩) منظم منطقي مبرمج



شكل (٦- ١٠) مبرمج يدوي



شكل (٦- ١١) منظم منطقي مبرمج

(أ) صندوق واحد (ب)مكونات منفصلة

امتحان ذاتي رقم ٦

٦ - ١ما هي الأنواع المختلفة لتأثيرات التحكم للمنظمات؟

٦ - ٢ اكتب العلاقة الرياضية التي تحكم المنظم التناسبي؟

٦- ٣ ما هي مميزات وعيوب المنظمات المنطقية المبرمجة؟

٦ - ٤ ما هي المكونات الأساسية للمنظم المنطقي المبرمج؟

القياس والتحكم في العمليات الكيميائية (نظري)

صمامات التحكم في العمليات

الجدارة :

يجب أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل وبنسبة ١٠٠٪.

الهدف العام :

التعرف على الأنواع المختلفة من صمامات التحكم والمواد المصنوعة منها وكذلك معرفة كيفية اختيار الصمام لعمل معين والعوامل التي تحدد هذا الاختيار الصمام وكذلك معرفة خصائص السريان خلال الصمام وتحديد مقاس الصمام أو حجمه.

مقدمة الفصل :

صمام التحكم أو عنصر التحكم النهائي هو آخر جزء في دائرة التحكم وهو يأخذ الإشارة من منظم العملية ويعمل مباشرة على التحكم في مائع العملية. وصمامات التحكم هي التي تجعل متغيرات التحكم مثل الضغط، درجة الحرارة، التدفق، المستوى عند قيمها المطلوبة بالرغم من التغيرات التي تحدث في ديناميكية العملية وأيضا الحمل المطلوب منها.

ويجب أن تتفق صمامات التحكم مع موائع العملية الصناعية لتواجه متطلباتها وخصائصها. إن التطور الحادث في صمامات التحكم نتج عن التفاعل المستمر بين العمليات التي تستخدم فيها هذه الصمامات وأنظمة التحكم ويظهر هذا التطور في شكلها ومشغلاتها والإكسسوارات التي تربط بينها وبين الأنظمة.

الأهداف السلوكية :

يجب أن يكون الطالب قادرا على :

- أن يعرف وظيفة الصمام في منظومة التحكم.
- أن يعرف الأنواع المختلفة من الصمامات ومميزات كل نوع.
- أن يعرف محددات اختيار الصمامات
- أن يعرف كيفية اختيار الصمامات.
- أن يحسب مقاس الصمام.

المهام المشمولة : D1, D2, D5

متطلبات الجدارة :

يجب على الطالب أن يكون قد اجتاز حقيبة : أسس الهندسة الكيميائية.

الوقت المتوقع للتدريب : ٢ ساعات نظري

٧- ١- تصنيفات عامة للصمامات التحكم

نعني هنا بصمام التحكم أي صمام يعمل من خلال طاقة معينة بغض النظر إذا كان يستخدم في التحكم للخنق أو الفتح والغلق. وتشتمل صمامات التحكم على صمامات العمود المنزلق Sliding Stem Valves (Globe, Rotary) وأنواع أخرى مثل صمامات البوابات المتحركة بموتور وصمامات (Louvers, Pinch, Plug Valves) وصمامات تنظيم ذاتية التشغيل التي لم نأخذها في الاعتبار. وكل الأنواع الرئيسية مثل صمامات العمود المنزلق أو الصمامات الدوارة تنقسم إلى أكثر من عشرة مجموعات أخرى تبعا لأدائها النسبي والتكلفة. بالرغم من الاختلافات الموجودة في كل مجموعة تعتبر كل الصمامات الموجودة داخل المجموعة الواحدة متماثلة في حالة الاختيار المبدئي. ويمكن تحسين الاختيار داخل المجموعة الواحدة.

٧- ١- ١ صمامات العمود المنزلق Sliding Stem Valve

من أشهر الأنواع الشائعة الاستخدام صمامات العمود المنزلق (كروية، زاوية، شكل حرف Y) و تتاح هذه الصمامات بمختلف المقاسات من ½ بوصة إلى ٢٠ بوصة (١٥ مم – ٥٠ مم). و تتاح أيضا اختيارات كثيرة حسب المواد المصنوع منها الصمام، نهايات التوصيل ، خصائص التحكم لهذا النوع متاحة أكثر من أي عائلة أخرى.

وتتاح صمامات جلوب Globe في علب بنهايات ذات فلانجات أو مقلوظة أو ملحومة. والحديد الزهر Cast iron بالإضافة إلى الصلب الكربوني Cast steel أو الصلب الذي لا يصدأ Stainless steel ومواد كثيرة متاحة لصناعة قلب الصمام. ويتميز هذا النوع بالقدرة الفائقة على الخنق، والأداء الجيد والمتانة لدى هذا النوع تجعله منافسا بالرغم من التكلفة الزائدة نسبيا. والمشتري يمكنه الحصول على

هـذا النـوع مـن الصـمامات لأنهـا تعمـل لفـترة طويلـة بـدون مشـاكل كمـا انـه يقـاوم لظـروف العمـل مثـل الإجهادات في الأنابيب، الاهتزازات، تغيرات درجات الحرارة.

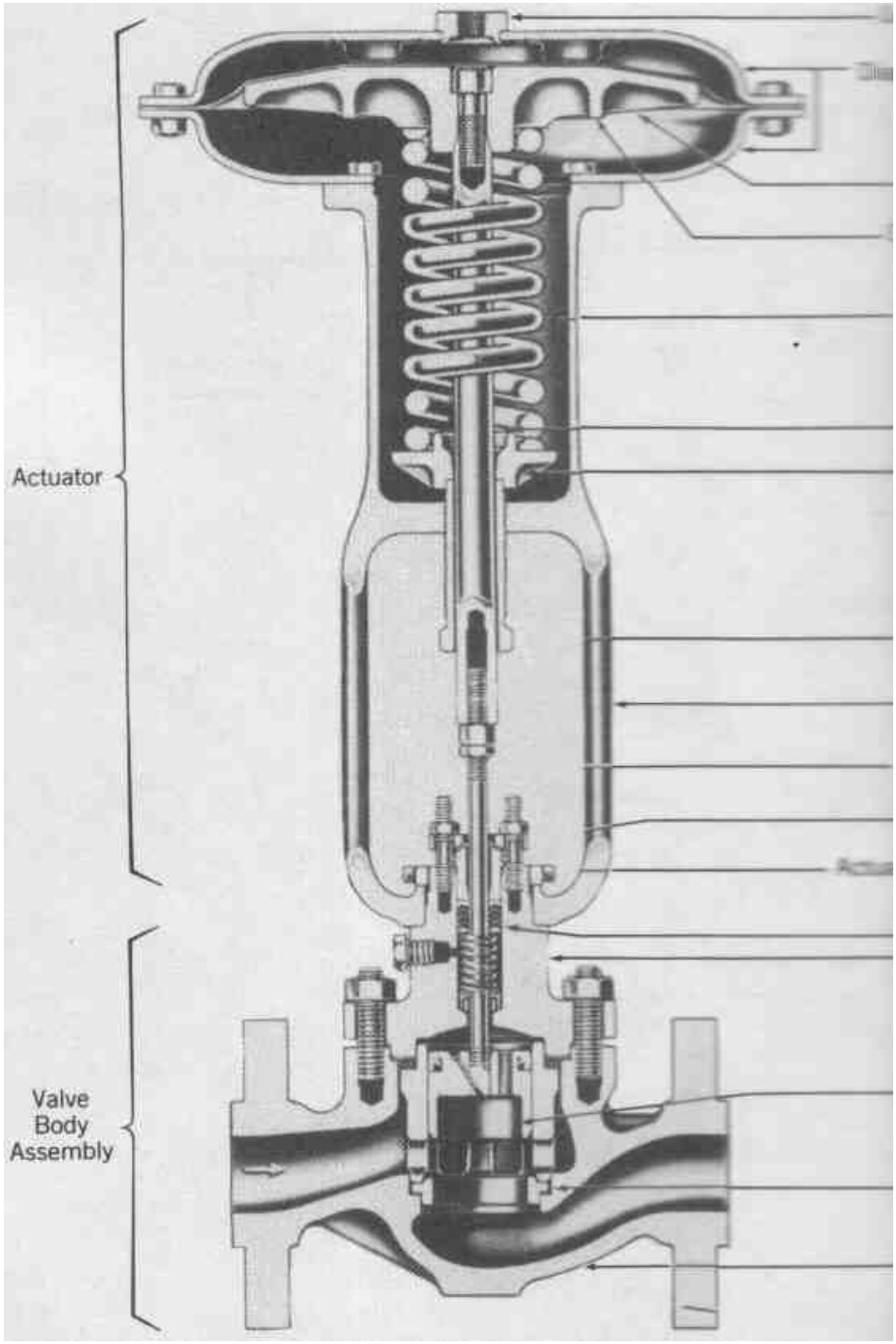
كما يعتبر هذا النوع من الصمامات هو الاختيار المناسب في كثير من التطبيقات بالغة الصعوبة فهو مقاوم للضغط العالي والضوضاء والتكهف ونظرا لتلك المتطلبات العملية، تحتاج هذه المنتجات إلى تصميم هيكل إنشائي معقد.

ومثال جيد على هذا هو صمام مكيف البخار. وهذا النوع من الصمامات يتحمل ضغط بخار وتحكم في التدفق مع إزالة التحميص كل هذا مع قيود التركيب.

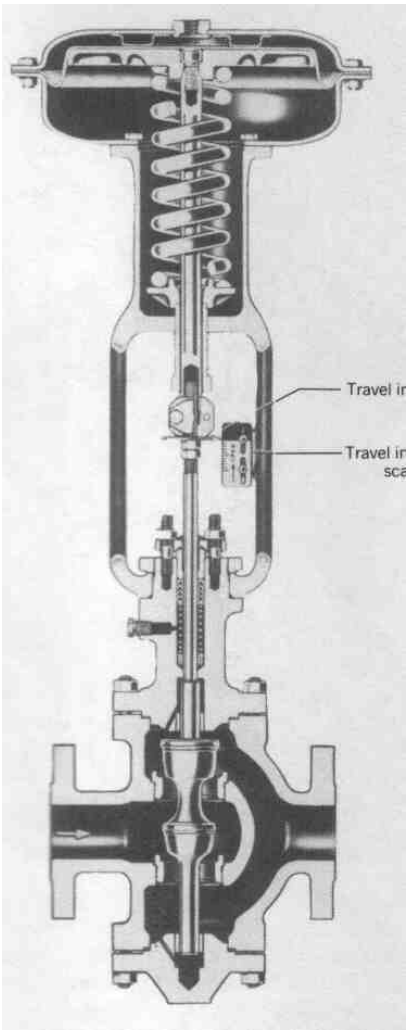
وقد تصنع صمامات العمود المنزلق من مخزون القضبان Bar Stock وتتميز بأنها صغيرة الحجم واقتصادية حيث تم تصنيعها من قضبان موجودة بالمخازن في المصانع. و المقاسات المتاحة من هذه الصمامات تتراوح من جزء البوصة إلى ٣ بوصات (٨٠ مم) وعامة فإن سعة التدفق لها تكون أقل من سعة الصمامات المتعددة الأغراض ونهايتها تكون بدون فلانجات وبالتالي يتم تركيبها بين فلانجات المواسير أو أن تكون مقلوظة.

ومميزات هذا النوع من الصمامات هو تنوع الخامات التي يمكن أن يصنع منها حيث أن المخازن بالمصانع ممتلئة بمعادن شتى ولذا فإن تلك الصمامات تصنع من الأعمدة بالتشغيل وليس بالسبك. ولذلك فإنها تستخدم عند الأخذ في الاعتبار عملية التآكل الكيميائي للصمام. وعلى أية حال فإن صغر الحجم والجودة العالية لها تجعلها جاذبة حتى في الحالات التي لا يخشى من وجود التآكل الكيميائي. وعموما فإن اختيارها يعتبر اقتصاديا.

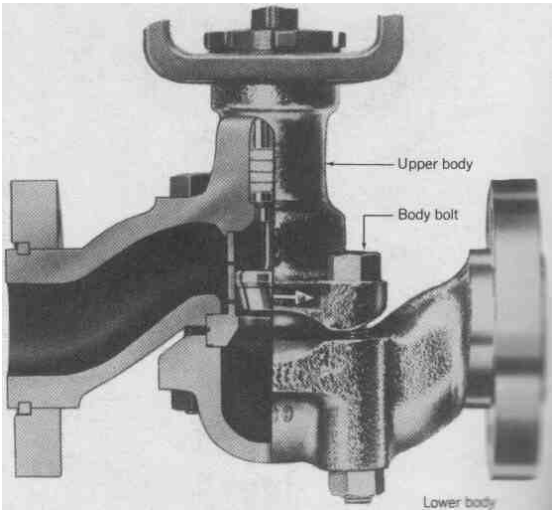
والمجموعة الثالثة من صمامات الأعمدة المنزلقة والأقل تكلفة وتسمى صمامات الأجسام الاقتصادية وهي تستخدم في تطبيقات البخار ذي الضغط المنخفض أو الهواء أو الماء. والمقاسات المتاحة تتراوح من ½ بوصة إلى ٤ بوصة (١٥- ١٠٠ مم) والخامات المستخدمة في تصنيعها تشمل البرونز ، الحديد الزهر، الصلب، والصلب الذي لا يصدأ ، وفئات الضغط عادة تقف عند حد ANSI300 . وبالمقارنة بصمامات العمود المنزلق الأخرى فإن هذه الصمامات تعتبر بسيطة ومشغلاتها صغيرة، و تتراوح تكلفتها من ¾ إلى ½ تكلفة الصمامات الأخرى. وتوضح الأشكال من (٧- ١) إلى (٧- ٥) أنواع مختلفة من صمامات العمود المنزلق.



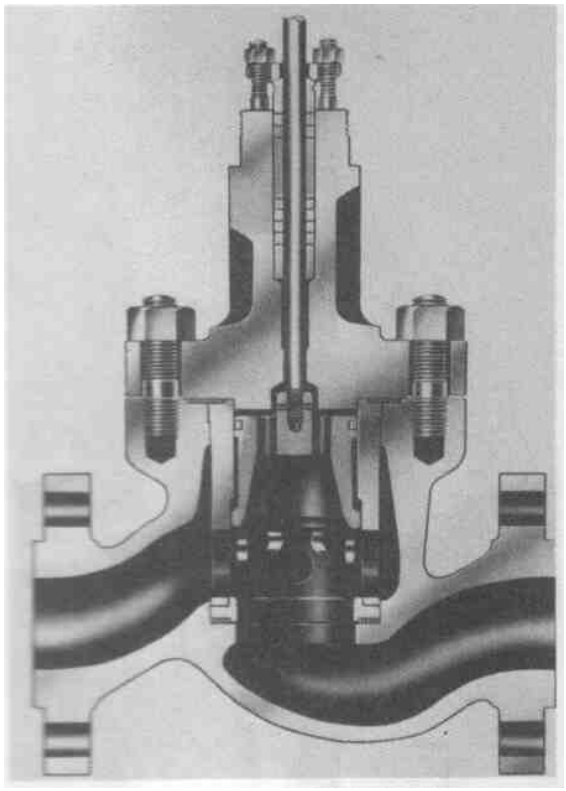
شكل (٧- ١) صمام عمود منزلق وحيد المقعد (Globe)



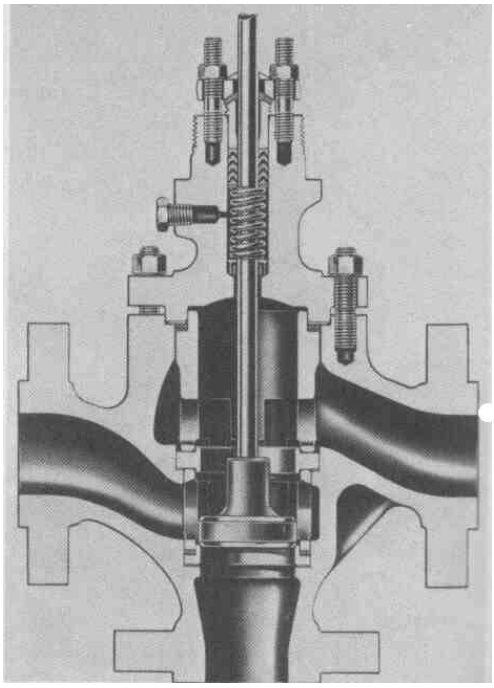
شكل (٧- ٢) صمام عمود منزلق ثنائي المقعد (Globe)



شكل(٧- ٣) صمام ذو قطعتين



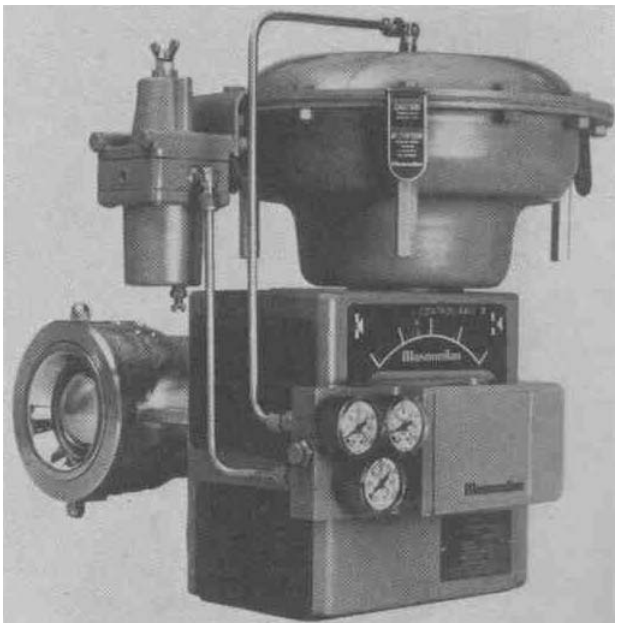
شكل(٧- ٤) صمام قفص



شكل(٧- ٥) صمام ثلاثي الاتجاهات

٧- ١- ٢ صمامات كروية Ball Valves

يوجد مجموعتان من الصمامات الكروية وعادة تستخدم في حالة الهبوط العالي في الضغط وحالات الفتح والقفل و بمقاسات تصل إلى ٢٤ بوصة (٦٠٠ مم) وتصميمات الفتحة الكاملة تعطي أعلى سعة تدفق وأقل معدل تآكل ناتج من حركة مائع العملية. وعلى أية حال فإن السريان الذي به عوالق يستجيب في أول ٢٠٪ من حركة الكرة مما يجعل صمامات الفتحة الكروية غير مناسبة لعمليات الخنق. ويوضح شكل (٧- ٦) أحد أنواع الصمامات الكروية.



شكل(٧- ٦) صمام كروي مع محدد موضع

٧- ١- ٣ صمامات الفيش اللامركزي Eccentric Plug Valves

هذه الفئة من الصمامات تشتمل على مميزات كل من صمامات العمود المنزلق والصمامات الدوارة التي تتميز بالتشغيل الدوراني ولكن تختلف عنهما فإنها تستخدم تصميمات المقعد الصلب الشامل وتظهر هذه الصمامات مقدرة فائقة على الخنق ومقاومة التآكل الديناميكي. والأحجام المتاحة من هذا النوع تصل إلى ٨ بوصات (٢٠٠مم) في ضغوط تصل إلى ANSI600 ويتاح من هذا النوع صمامات بفلانجات أو بدونها وبخامات مختلفة.

٧- ١- ٤ صمامات الفراشة Butterfly Valves

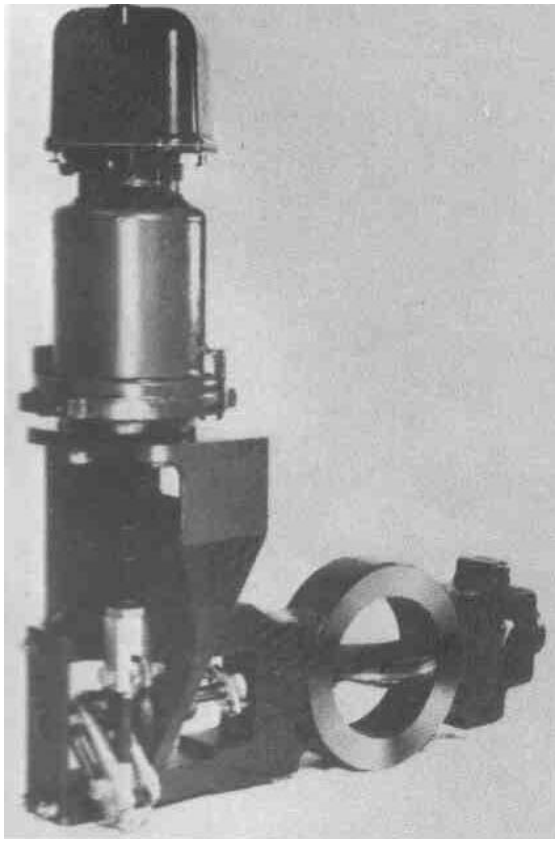
تنقسم صمامات الفراشة إلى ثلاث مجموعات

١. التمايل الكامل Swing Through
٢. المبطنة Lined
٣. الأداء العالي High Performance

والتصميم الأكثر بدائية هو تصميم المجموعة الأولى وهذا النوع من الصمامات ليس به حشو إحكام ويستخدم في أغراض الخنق التي لا تحتاج إلى خنق أكثر من ١٪ من التدفق الكلي. والمقاسات أو الأحجام المتاحة من هذا الصمام تتراوح من ٢ إلى ٩٦ بوصة (٥٠- ٢٤٠٠ مم) والخامات التي يصنع منها هذا الصمام هو الحديد الزهر أو الصلب الكربوني، أو الصلب الذي لا يصدأ وتصل معدلات الضغط إلى فئة ANSI2500 ، كما يعمل هذا النوع من الصمامات تحت مدى واسع من درجات الحرارة.

و قد أدت الحاجة إلى منع التسرب إلى تطور تصميمات جديدة كالنوع الثاني والثالث من صمامات الفراشة والصمام المبطن يستخدم مادة البولي تترا فلورو إثيلين PTFE للتبطين مما يؤدي إلى الإحكام الجيد. كما يعتمد هذا الحشو على التداخل بين القرص والجدار المبطن ولهذا فإن هذا النوع من الصمامات مقيد في حالات الهبوط في الضغط ودرجات الحرارة بسبب استخدام المواد الايلاستومرية Elastometric وبفضل هذه البطانة لا يلامس مائع العملية الجسم المعدني للصمام وبالتالي فإنها تستخدم عند احتمالات حدوث التآكل الكيميائي.

وصمامات الفراشة المبطنة بالمواد الايلاستومرية يكون سعرها عادة أقل عندما تستخدم كصمامات تحكم بمقاسات متوسطة وكبيرة. أما صمامات الفراشة ذات الأداء العالي تتميز بأعمدتها وأقراصها الثقيلة والمدى الكامل للضغوط والإحكام الجيد الذي يؤدي إلى القفل الجيد. وهذا النوع من الصمامات يجمع بين الأداء الجيد والوزن الخفيف والثمن المعقول. والأحجام أو المقاسات المتاحة لهذا النوع تتراوح من ٢ إلى ٧٢ بوصة (٥٠ إلى ١٨٠٠ مم) بدون فلانجات من خامات الصلب الكربوني والصلب الذي لا يصدأ ومعدلات ضغط حتى فئة ANSI600 مع القفل المحكم وبنية إنشائية متينة لذا فإنها تستخدم في تطبيقات عديدة. ويوضح شكل (٧- ٧) أحد أنواع الصمامات الفراشة.



شكل (٧- ٧) صمام الفراشة

٧- ٢ اختيار الصمامات Valves Selection

اختيار صمام تحكم لتطبيق معين يبدوا أمرا بسيطا فعادة نوع واحد من الصمامات المعروفة يأخذ في الاعتبار – صمام العمود المنزلق – كل مصنع يعرض منتج مناسب لوظيفة معينة والاختيار يعتمد على عوامل معروفة مثل التكلفة، الشحن، العلاقة مع البائع، وتفضيل المستخدم. و الآن عوامل الاختيار أصبحت أكثر تعقيدا للمهندسين ذو الخبرة المحدودة أو الذين لم يدركوا كثير من التغيرات التي تمت في صناعة صمامات التحكم. ومثل كثير من القرارات، قرار اختيار صمام التحكم يشتمل على كثير من المتغيرات. والخطوة التالية هي تقديم شامل لعملية اختيار الصمامات.

محددات عامة لاختيار الصمامات General Selection Criterion

يوجد بعض الاعتبارات الأساسية التي ترشدنا في عملية اختيار صمام التحكم ، وعلى أية حال، توجد بعض العوامل التي يجب أن ينظر إليها المستخدم ذو الخبرة المحدودة. والقائمة الفحص التالية تتضمن

١- معدل الضغط وأقصى ضغط للتحمل
٢- حجم –المقاس- الصمام
٣- سعة التدفق
٤- خصائص السريان
٥- مدى السريان
٦- حدود درجات الحرارة
٧- التسرب
٨- الفقد في الضغط عند القفل والسريان
٩- متطلبات نهايات التوصيل
١٠- توافق الخامات ومتانتها
١١- التكلفة

معدلات الضغط Pressure Rating

تحدد معدلات الضغط التي يتحملها حسم الصمام تبعا لتصنيف ANSI Pressure والفئات الشائعة الاستخدام للصلب الكربوني والصلب الذي لا يصدأ هي ANSI150, 300, 600 لكل مادة مصنوع منها جسم الصمام وكل فئة من فئات ANSI تصف توزيع الضغط الأقصى والذي يقل مع درجة الحرارة تبعا لمتانة المادة. ولكل مادة حد أدنى وحد أعلى لدرجة الحرارة التي تعمل عندها تبعا للمطيلية والمتانة للخامات المستخدمة.

درجة حرارة التشغيل Operating Temperature

تحمل الصمامات من حيث درجات الحرارة ينسى عادة ولكنه من أهم العوامل التي تقلل من مدى الاختيار للصمامات. والاعتبارات الناتجة عن درجة الحرارة المرتفعة هي التأثير على متانة و مطيلية المادة المصنوع منها جسم الصمام بالإضافة إلى التمدد النسبي للأجزاء الداخلية للصمام لذا فإنها قد تؤثر على

توافق الأجزاء الداخلية وكذلك المواد الطرية التي تتأثر أيضا بدرجات الحرارة المنخفضة. والمقصود بالمواد الطرية هي المواد الايلاستومرية ، والبلاستيك وهي موجودة بحلقات مقعد الصمام، حشو إحكام المكبس، حوامل العمود الدوار بطانة صمام الفراشة. ودرجة الحرارة القصوى لتشغيل الصمام تتراوح من ٢٠٠ إلى ٣٥٠ ف (٩٥- ١٧٧ م) وحدود درجة الحرارة لمادة البولي تترا فلورو إثيلين PTFE هي ٤٥٠ ف (٢٣٢ م).

و مما سبق نتبين أن درجة الحرارة تؤثر في اختيار الصمام فيما عدا بعض الصمامات التي ليس لها حدود دنيا أو عليا مثل صمامات الفراشة المبطنة وأيضا فهي تؤثر على الأداء فعلى سبيل لمثال مرورا بمادة PTFE وحتى المعادن فإن درجة الحرارة العالية تزيد من التسرب عند القفل وأيضا تزيد من الاحتكاك في المحامل المعدنية وأيضا درجة الحرارة تؤثر على مادة الحشو.

اختيار المادة المصنوع منها الصمام Material Selection

توافق المادة المصنوع منها الصمام ومتانتها من الاعتبارات المعقدة. فالأمر قد يتعلق بالتآكل الكيميائي الحادث عن طريق التفاعل الكيميائي مع مائع العملية الصناعية أو التآكل الديناميكي الناتج عن وجود مواد عالقة التي لها فعل الكشط، أو التأثيرات الناتجة عن الوميض أو التكهف، ظروف درجة الحرارة والضغط للعملية الصناعية. و تعتبر المواد المستخدمة للمواسير و ما يحدث لها وسيلة جيدة للتنبؤ بالمادة التي يمكن أن يصنع منها صمام التحكم و أيضا من المعروف أن السرعة داخل الصمام تكون أكبر من تلك التي تكون بالمواسير وهذا العامل يجب أخذه في الاعتبار.

و بأخذ كل العوامل لاختيار المادة المصنوع منها صمامات التحكم المطلوبة للعمل بدقة و أحيانا في ظروف بيئة تشغيل قاسية حتى نتأكد من عمل الصمام بالطريقة الصحيحة وهذه العوامل تقع في مجموعتين أولهما توافق المواد المصنوع منها الصمام للعمل ميكانيكا وثانيهما توافق هذه المواد مع بيئة العملية الصناعية.

في حالات كثيرة تتعارض هذه القيود مما يجعل عملية الاختيار المادة المصنوع منها الصمام صعبة جدا حيث لا توجد مادة واحدة تتفق مائة بالمائة مع تلك الشروط وعلى هذا الأساس يجب عمل أحسن التوافقات.

أجسام الصلب الكربوني Carbon Steel Bodies and Bonnets

الصلب الكربوني من أكثر المواد الشائعة الاستخدام لأجسام صمامات التحكم من فئات ANSI SA 216من WCB أو WCC والصلب الكربوني سهل السبك أو اللحام أو التشغيل و لذا فهو يستخدم في أغلب التطبيقات في العمليات الصناعية وذلك لصغر تكلفته وأداؤه الجيد. ولذلك يوصى باستخدامه وكذلك لوجوده حسب المواصفات القياسية.

أجسام الصلب السبائكي Alloy Steel Bodies and Bonnets

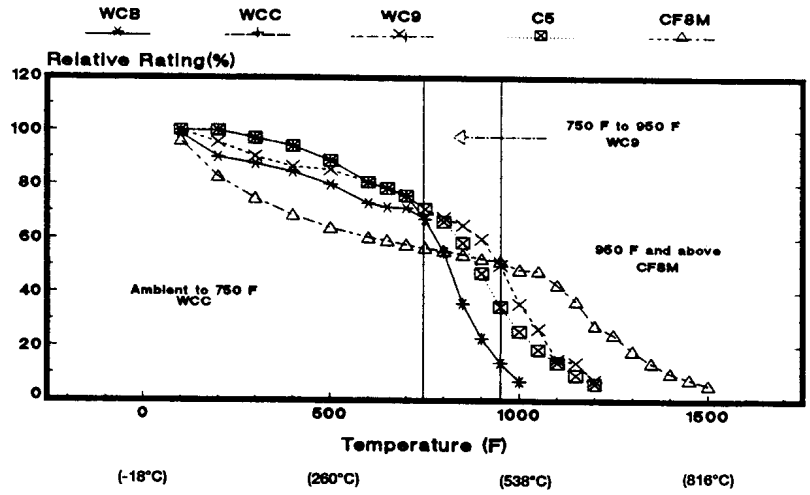
عندما تشتمل العملية الصناعية على درجات حرارة وضغوط عالية فإن الصلب السبائكي يكون هو المطلوب دائما. ومعظم سبائك الصلب المستخدمة هي الصلب مع الكروم أو المولبيدنيوم لزيادة مقاومته للمعالجة Tempering أو جرفته Graphitization عند درجات الحرارة المرتفعة وكذلك فإنه يزيد من مقاومة التآكل الديناميكي في تطبيقات الوميض ومن أشهر تلك المواد ASME SA 217 grads WC9, WC6 .

الصلب الذي لا يصدأ Stainless Steel Bodies and Bonnets

من اشهر مجموعات الصلب الذي لا يصدأ المستخدم في صناعة أجسام الصمامات هي مجموعة CF8M ومن سبكته S31600 حيث أن نسبة الكربون ١٩,٥٪ ، نيكل ١٠,٥٪ ، ٢,٥ مولبيدنيوم وهذه المجموعة رخيصة الثمن ، ولها خواص جديدة في تحمل درجات الحرارة العالية ومقاومتها العالية للتآكل الكيميائي.

عملية اختيار مادة الصمام Material Selection Process

بالنظر إلى معدلات الضغط ودرجة الحرارة في ANSI B1634 يكون الأمر سهلا عندما تكون هذه المعدلات موضحة بيانيا في خريطة. ويوضح شكل (٧- ٨) معدلات الضغط ودرجة الحرارة مع المواد المصنع منها الصمامات وهذا الشكل يساعد في عملية اختيار الصمام.



شكل (٧- ٨) معدلات ضغط الصمام مع درجة الحرارة والمادة المصنوع منها الصمام

٧- ٣ خصائص التدفق Flow Characteristics

القيد التالي في اختيار الصمام هو خصائص السريان. وبالإشارة إلى نموذج السريان الذي يتم فيه الانخفاض في الضغط يتغير تبعا لموضع الصمام وخصائص السريان الكاملة هي الفتح السريع والخطي ومتساوي النسبة ، واختيار الخصائص له تأثير قوي على عملية التحكم في العملية الصناعية لأنها تمثل التغير في كسب الصمام بالنسبة لحركته وكذلك استقرارها.

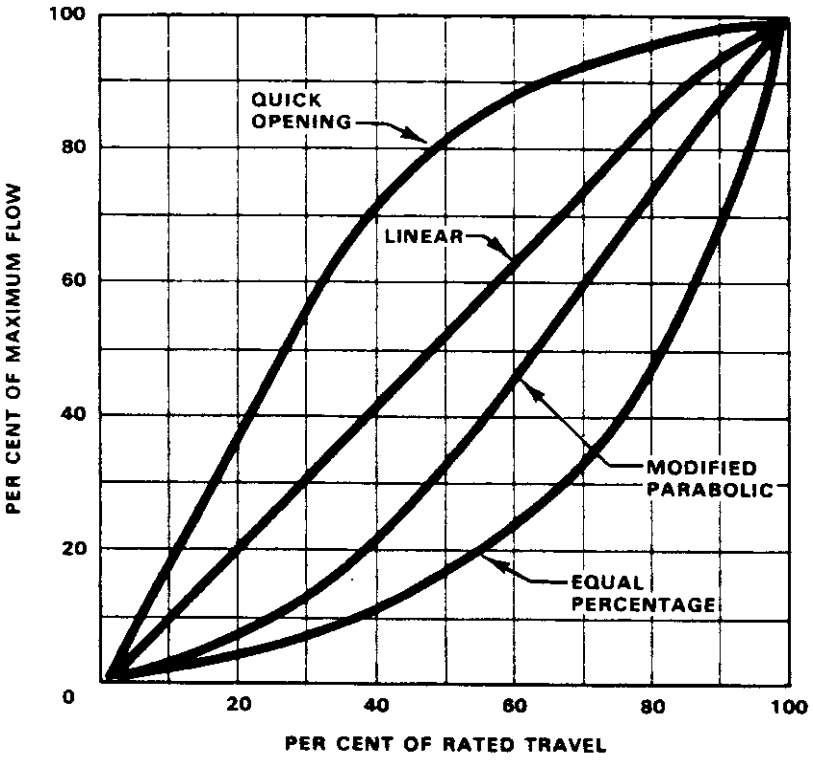
ومعظم صمامات التحكم توصف بعناية من حيث خصائص السريان لأنها تعتمد على شكل عنصر القفل كالفيش Plug أو القفص Cage أو الكرة Ball . و يوجد بعض الصمامات بخصائص متعددة لتناسب التطبيقات العملية المختلفة بينما توجد أخرى تعرض خيارات أقل وبعضها لا تعرض أية خيارات.

ولتحديد أفضل خصائص سريان لتطبيق محدد كميا ، يتم التحليل الديناميكي لدائرة التحكم. يوضح شكل (٧- ٩) منحنيات خصائص السريان في الصمامات. و يتضح من المنحنيات أن خصائص الفتح السريع يعطي في البداية أكبر معدل تغيير في تدفق مع أقل حركة للصمام بعلاقة تكاد تكون خطية تقريبا ومع زيادة موضع عنصر الصمام بعد ذلك تعطي معدلات سريان منخفضة بحدة وعندما يقترب عنصر الفتح من أكبر فتحة ممكنة فإن معدل التدفق يصل إلى الصفر وتستخدم هذه الخصائص في عمليتي الفتح والقفل.

ولكنه يكون مناسبا في تطبيقات عديدة أن يكون عنصر الصمام الخطي محدد تماما ومن منحنى الخصائص الخطي يتضح أيضا أن معدل التدفق يتناسب تناسبا طرديا مع حركة الصمام. وبالتالي يكون المنحنى ذات ميل ثابت مع الانخفاض في الضغط، وعليه يكون كسب الصمام ثابتا في جميع

معدلات التدفق. والصمام الخطي يستخدم في تطبيقات التحكم في المستوى وبعض تطبيقات التحكم في السريان تحتاج إلى كسب صمام ثابت.

أما من منحنى سريان النسبة المتساوية Equal Percentage فإن الزيادات المتساوية لحركة الصمام تؤدي إلى نسب متساوية من معدلات التدفق. وإن التغير في معدلات التدفق تتناسب مع معدلات التدفق قبل التغيير في موضع عنصر الصمام. وعندما يكون عنصر الصمام (الفيش أو القرص أو الكرة) بالقرب من المقعد يكون التدفق صغيرا والتغير في التدفق يكون صغيرا ومع تدفق أكبر يكون أكبر وهكذا. والصمامات ذات خصائص النسب المتساوية عادة تستخدم في تطبيقات التحكم في الضغط وتطبيقات أخرى يكون نسبة الفقد في الضغط كبيرة وتمتص من النظام نفسه وذلك مقارنة بالنسبة الصغيرة نسبيا في صمام التحكم.



شكل(٧- ٩) منحنى خصائص السريان في الصمامات

مدى التدفق Rangeability

يعتبر مدى التدفق أحد خصائص الصمام والذي يعرف بأنه النسبة بين أكبر وأصغر قيمة للتدفق والمطلوبة للتحكم في عملية ما. وأكبر قيمة مطلوبة لتطبيقات محددة وذلك لتلائم تمايل swing أو تجميعه بين ظروف بدء التشغيل وظروف التشغيل العادي وأقصى ظروف تشغيل. و عموما الصمامات الدوارة خاصة الكروية لها مدى تشغيل أكبر من صمامات العمود المنزلق.

الهبوط في الضغط Pressure Drop

أقصى هبوط في الضغط يمكن أن يتحمله الصمام عند القفل وعندما يكون الصمام مفتوحا جزئيا فإن كليا و قيمة الهبوط في الضغط في جميع الأحوال السابقة من العوامل الهامة المحددة لاختيار الصمام. فصمامات العمود المنزلق عموما فائقة في هذا المجال وكل ذلك بسبب وعورتها ، وثبات دعائم أجزائها المتحركة وعلى العكس فإن الصمامات الدوارة تعطي هبوط محدود في الضغط أقل من المعدل الذي يعمل عنده الصمام خاصة عند نفس ظروف السريان وذلك لوجود إجهادات ديناميكية على القرص أو الكرة عند السر عات العالية.

وكذلك الضوضاء والتكهف أيضا عاملين يجب أخذهما في الاعتبار بالرغم من إنهما غير مرتبطين إلا انهما يجمعان في الغالب لأنهما يرافقان الهبوط العالي في الضغط ومعدلات التدفق

نهاية التوصيلات End Connection

في نقطة ما من عملية الاختيار فإن نهاية توصيلات الصمام يجب أخذها في الاعتبار والسؤال المطلوب الإجابة عليه هل متاح التوصيل المرغوب فيه أم لا ؟ في بعض الأحوال تكون نهاية التوصيلات محددة للاختيار أو مؤثرة جدا من ناحية سعة الصمام. على سبيل المثال، إذا كان مواصفات الماسورة يمكن لحامها مع الصمام فإن اختيار الصمام يحدد بصمام العمود المنزلق وذلك لأن صمامات الفراشة أو الكرة عند استخدامها في حالة اللحام يكونا أكثر تكلفة.

المقدرة على القفل Shutoff Capability

مقدرة الصمام على القفل عامل يجب أخذه في الاعتبار وعادة يعطى بدلالة مواصفات ANSI/FCI 70-2-1976 (R1982) . والتسرب عند القفل يعتمد على عوامل كثيرة تشمل الهبوط في الضغط، درجة الحرارة، حالة سطح الحشو وأيضا بالنسبة للصمامات العمود المنزلق على قوة الحمل على المقعد. نظرا لأن القدرة على القفل تعتمد على ظروف الاختبار القياسية ، والتي يمكن أن تكون مختلفة تماما عن ظروف العمل الحقيقية. والتسرب أثناء العمل لا يمكن التنبؤ به بدقة وعلى أية حال فإن فئات ANSI عند الإغلاق تعطى أساسا جيدا لمقارنات بين الصمامات التي لها نفس التركيب. و عملية الإغلاق المحكم هامة جدا في صمامات الضغط العالي لان التسريب قد يتلف مقعد الصمام مؤديا إلى تلف للحافة trim ولذا فإنه يجب أخذ الاحتياطات عند اختيار مادة مقعد الصمام و تركيبه والحمل الواقع عليه لضمان كفاءته.

سعة السريان Flow Capacity

سعة أو كمية السريان تعتبر قيدا إضافيا لعملية اختيار الصمام وفي خطوط السريان الكبيرة صمامات العمود المنزلق تكون أكثر تكلفة من الصمامات الدوارة. من ناحية الأخرى فإن معدلات التدفق الصغيرة تكون الصمامات الدوارة غير مناسبة.

٧- ٤ حجم أو مقاس الصمام Valve Sizing

يختار حجم أو مقاس الصمام في الصناعة تبعا لمقاس الماسورة التي يركب بها. وأثبتت الدراسات الحديثة إن ذلك يؤدي إلى أضرار في عملية التحكم وعليه فإن ذلك يسبب مشاكل في العمليات الصناعية. المدى الواسع من معدلات التدفق، الضغوط، ظروف المائع تحتاج إلى طريقة أدق للاختيار وبالتالي ظهرت الآن طرق جديدة لاختبار الصمام. و لم تعد عملية اختيار الصمام بناء على حجم الماسورة ذات جدوى . و الاختيار الصحيح لمقاس أو حجم الصمام لعملية صناعية ما يحتاج إلى معرفة بظروف العملية ومعدل التدفق المطلوب لها وعلى شكل الصمام وكيفية عمله. وأصبحت عملية حساب حجم أو مقاس الصمام تعتمد على النتائج التجريبية والنظرية. وبالتالي فالنتائج من هذه الطريقة متوقعة ودقيقة ومتوافقة.

وتركزت الجهود السابقة في حساب حجم أو مقاس الصمام على السريان في السوائل. وكان أول من أجرى التجارب على سريان السوائل هو دانيال برنولي وتم بعد ذلك عمل تجارب لتعديل نظريته وتم الحصول على المعادلة الآتية:

$$Q = C_v \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma}}$$

حيث : Q: معدل التدفق

C_v : معامل مقاس/حجم الصمام ويحدد عن طريق الاختبار

P_1 : ضغط منبع السريان Upstream Pressure

P_2 : ضغط مصب السريان Downstream Pressure

γ : الوزن النوعي للسائل

ولضمان انتظام ودقة خطوات قياس عوامل تحديد حجم أو مقاس الصمام تمت عن طريق مواصفات ISA . وقياس معامل C_v والمعاملات ذات العلاقة تمت تحديدها في مواصفات ANSI/ISA S75.02 1981 وتمت الاختبارات لتحديد المعاملات حسب المواصفات حيث يتم تدوير الماء خلال الصمام تحت الاختبار لفرق ضغط معين وضغط دخول معين. ثم يقاس ويسجل كل من معدل التدفق، درجة حرارة المائع، ضغط الدخول والفرق في الضغط، موضع عنصر (فتحة) الصمام، الضغط الجوي وكل هذه البيانات تعطي المعلومات الكافية لحساب معاملات حجم الصمام. ويتم أخذ عدد هائل من التجارب للحصول على البيانات التي يكتبها المصنعين في كتالوجات منتجاتهم .

٧- ٤- ١ الخطوات الأساسية لتحديد مقاس أو حجم الصمام Sizing Procedure

الخطوات التي تمت لتحديد مقاس أو حجم الصمام في سريان السوائل مباشرة . ومرة أخرى للتأكد من الانتظام والتوافق يوجد مواصفة لتصحيح المعادلة التي تستخدم في سريان السوائل لاستخدامها في أي تطبيق ANSI/ISA S75.01-1985 وتصبح المعادلة كالتالي:

$$C_v = Q / \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma}}$$

وبناء على قياس معدل التدفق والانخفاض في الضغط يمكن حساب قيمة C_v ويتم مقارنتها لحساب حجم وتصميم صمام معين و تقع قيمتها بين ٠,٧ و٠,٩

و تغطي معادلة السوائل الأساسية الحالات التي تماثل فروض الاختبار حسب المواصفات ولسوء الحظ فإن كثير من التطبيقات تقع خارج نطاق هذه المواصفات وبالتالي تكون خارج مجال تطبيق المعادلة السابقة. و عليه فإن يمكن إدخال عوامل أخرى لتصحيح الانحراف بين الواقع ومعادلة المواصفة كما يلي:-

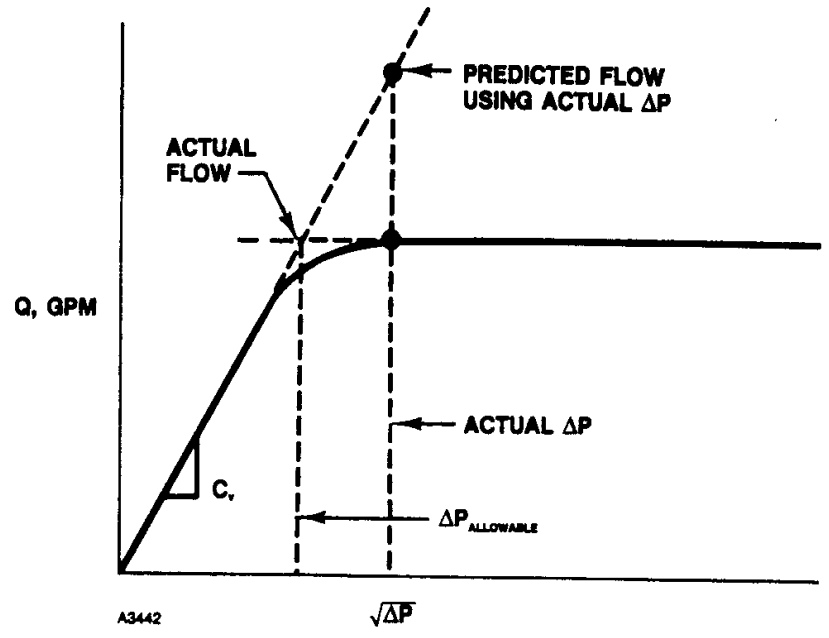
$$C_v = Q / NF_P F_R \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma}}$$

حيث : N معامل تحويل وحدات

$F_R F_P$: معاملات التصحيح

السريان المزدرد Chocked Flow

يوضح شكل (٧- ١٠) زيادة معدل السريان باستمرار بزيادة فرق الضغط خلال الصمام. و في الواقع هذه العلاقة تتحقق في مدى معين. و بعد ذلك مع زيادة فرق الضغط إلى حد معين تكون زيادة معدل التدفق أقل من المتوقع. وهذه الظاهرة تستمر حتى ينعدم السريان بالرغم من زيادة معدل السريان وهذه الحالة التي يحدث عندها أقصى معدل سريان تسمى حالة السريان المزدرد وتحدث هذه الحالة في كل من سريان السوائل والغازات. ومن الضروري معرفة سبب حدوثها لكل حجم أو مقاس معين من الصمامات.



شكل (٧- ١٠) علاقة معدل السريان وفرق الضغط تحت الظروف المثالية والواقعية

السريان اللزج Viscous Flow

أحد الافتراضات المتضمنة في خطوات حساب حجم الصمام أن السريان المتطور تماما . في السريان الطبقي كل جزيئات المائع تتحرك متوازية لبعضها البعض بصورة مرتبة بدون خلط. على عكس السريان المضطرب حيث العشوائية في اتجاه ومقدار السرعة للسائل كما يحدث خلط للجزيئات في السريان المضطرب. ويعطى معامل التصحيح F_R بدلالة عدد رينولدز الذي يعبر عن درجة الاضطراب للسريان.

اعتبارات المواسير Pipe Consideration

عندما يركب الصمام في شبكة مواسير تختلف عن مقطع الاختبار القياسي من الضروري عمل حساب التأثير نتيجة لتغيير المواسير على السريان خلال الصمام. حيث أن مقطع الاختبار القياسي محدد الأطوال قبل وبعد الصمام وكذلك قطر المواسير. كذلك فإن المواسير بالموقع تحتاج إلى كيعان ومخفضات ووصلات T التي تزيد من مفاقيد الضغط . ولتصحيح ذلك يستخدم معامل التصحيح F_P.

٧- ٤-٢ مقاس أو حجم صمام للبخار والغازات Steam and Gases Valve Sizing

بالرغم من أن معظم البنود السابقة تخص حساب حجم أو مقاس الصمام في حالة سريان السوائل ولكن يمكن استخدامها بالتوازي لقياس حجم الصمام في حالة سريان الهواء أو الغازات أو البخار. فقط الخطوات الإضافية الواجب أخذها في الاعتبار هي الخواص الطبيعية للغازات وعوامل نسبة الضغط التي تحدد درجة الانضغاط والتنبؤ بالسريان المزدرد. والصورة العامة لحساب حجم الصمام للموائع القابلة للانضغاط.

$$C_v = Q / NF_P F_R \, P_1 Y \sqrt{\frac{X}{\gamma T_1 Z}}$$

حيث Y : معامل التمدد.

$X = \Delta P / P_1$

T_1 : درجة الحرارة.

Z: معامل الانضغاطية.

امتحان ذاتي رقم ٧

٧- ١ ما أنواع المختلفة لصمامات التحكم المستخدمة في عمليات التحكم؟

٧- ٢ ما هي مميزات صمامات العمود المنزلقSliding Stem Valves ؟

٧- ٣ ما هي خصائص الصمامات الكروية Ball Valves ؟

٧- ٤ ماهي مميزات صمامات الفيش اللامركزية Eccentric PlugValves ؟

٧- ٥ ما هي مميزات صمامات الفراشة المبطنة Lined Butterfly Valve؟

٧- ٦ ما هي العوامل التي تحدد اختيار الصمامات Valve Selection ؟

٧- ٧ اشرح كيف يؤثر كل من الضغط ودرجة الحرارة على عملية اختيار الصمام؟

٧- ٨ ما هي العوامل التي تحدد اختيار المادة المصنوع منها الصمام؟

٧- ٩ ارسم منحنيات خصائص السريان في الصمامات واشرح كيف يؤثر نموذج السريان على اختيار نوع الصمام؟

٧- ١٠ عرف مدى التدفق – الهبوط في الضغط خلال الصمام – المقدرة على القفل

٧- ١١ ماهي الخطوات الأساسية لتحديد حجم الصمام؟

إجابة الامتحان الذاتي رقم١

١- ١ عنصر القياس.

١- ٢ تحويل الكميات الطبيعية مثل الأطوال، الضغوط، درجات الحرارة إلي كميات قياس كهربية مثل الفولط، والمقاومة الكهربية، والمحاثة، وسعة.

١- ٣ (أ) هو ذلك الجزء الذي يكون على اتصال مباشر مع كمية القياس.

(ب) هو ذلك الجهاز الذي يستقبل كمية القياس عند مدخله، ويعطي عند مخرجه إشارة مناظرة لإشارة القياس.

إجابة الامتحان الذاتي رقم ٢

٢- ١ 6000 Bar.

٢- ٢ مقياس الضغط ذو المقاومة الكهربية.

إجابة الامتحان الذاتي رقم٣

٣- ١ 294.16 K.

٣- ٢ (أ) يقيس لمدى درجات حرارة حتى 600° C.

(ب) يقيس لمدى درجات الحرارة أعلى من 600° C.

٣- ٣ هي عبارة عن اتحاد معدنيين مختلفين لتوليد قوة دافعة حرارية كهربية.

٣- ٤ (أ).

٣- ٥ (أ).

إجابة الامتحان الذاتي رقم ٤

٤- ١ أنبوبة فنشوري.

٤- ٢ مقياس المساحة المتغيرة.

٤- ٣ أنبوب البيتوت.

٤- ٤ طريقة العوامة حيث تغير حركة العوامة المقاومة في الدائرة الكهربية، وهذا يؤدى بدوره إلى تغير شدة التيار المار فيها، والذي يظهر من خلال المبين دالا على كمية الوقود الموجودة في الخزان.

المراجع

1. Internet Sites.

2. Medlock, R. S. and Furness, R. A. "Mass flow measurement – a state of the art review", Measurement and Control, 23, 100-13, 1990.

3. Morris, A. S. : "Principles of measurement and instrumentation", Prentice Hall, 1993.

4. Perry, R. H., Green, D. W., Maloney, J., O. : "Perry's chemical engineers' handbook", McGraw-Hill Boo; Company, 1992.

5. Quinn, T. J. "Temperature", 2nd ed. Academic press, New York, 1990.

6. Spitzer, D. W. "Flow measurement", Instrumentation Society of America, Research Triangle Park, NC, 1991.

7. Tilford, C. R. "Pressure and vacuum measurement", In Physical methods of chemistry, 2nd ed., Vol. 6, pp. 106-73, John Wiley and Sons, New York, 1992.

8. "Process/Industrial Instruments and Controls Handbook" Douglas M. Considine, 4 th Edition, Mc-Graw Hill Inc.

9. "Process Control Systems-Applications, Design and Tuning", 3 rd Edition, Mc-Graw Hill International, F.G. Shinsky, 1988.

10. "Principles and practice of Automatic Process Control", Carlos, A. Smith, and Armando, B. Corripo, 1985, Jhon Wiley and Sons.

11. "Programmable Logic Controllers", Priciples and Applications , Second Editions, John W. Webb, 1992.

المحتويات

١- ١ استخدامات أجهزة القياس:- . . . . . - ٢ -
١- ٢ أنظمة أجهزة القياس (Instrumentation Systems) . . . . . - ٢ -
١- ٣ القياس الكهربائي للكميات غير الكهربائية . . . . . - ٢ -
١- ٤ دقة أجهزة القياس :. . . . . - ٣ -
امتحان ذاتي رقم ١ . . . . . - ٤ -
٢- ١ الضغط : . . . . . - ٦ -
٢- ٢ أنواع مقاييس الضغط . . . . . - ٦ -
امتحان ذاتي رقم ٢ . . . . . - ١٠ -
٣- ١ الانتقال الحراري . . . . . - ١٢ -
٣- ٢ تصنيف أجهزة قياس درجة الحرارة . . . . . - ١٣ -
٣- ٤ قياس درجة الحرارة بترمومتر ذو المقاومة الكهربية. . . . . - ١٦ -
٣- ٥ المقاوم الحراري (مقاومة حساسة للحرارة) . . . . . - ١٨ -
٣- ٦ ترمومتر الإشعاع الحراري (Thermal Radiation Thermometer) . . - ١٩ -
امتحان ذاتي رقم ٣ . . . . . - ١٩ -
٤- ١ أجهزة قياس التدفق الحجمي (Instrumentation of Flow) . . . . . - ٢١ -
٤- ٢ أجهزة قياس مستوى السائل (Instrumentation of Liquid Level) . . - ٢٨ -
امتحان ذاتي رقم ٤ . . . . . - ٣٣ -
٥- ١انظمة التحكم في الصناعات الكيميائية . . . . . - ٣٥ -
٥- ٢ المفاهيم الأساسية لنظم التحكم الآلي . . . . . - ٣٥ -
٥- ٣ جبر المخططات ودوال الانتقال Diagram Algebra and Transfer Functions - ٤٠ -
٥- ٤ المعدات الرئيسية لنظم التحكم الآلي . . . . . - ٤٠ -
امتحان ذاتي رقم ٥ . . . . . - ٤٩ -
٦- ١ انواع تاثيرات المتحكمات ٤٧
٦- ٢ المنظمات المنطقية المبرمجة . . . . . خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.٥٤

امتحان ذاتي رقم ٦ . . . . . - ٦٤ -
٧- ١- تصنيفات عامة للصمامات التحكم . . . . . - ٦٦ -
٧- ٢ اختيار الصمامات Valves Selection . . . . . - ٧٣ -
٧- ٣ خصائص التدفق Flow Characteristics . . . . . - ٧٧ -
٧- ٤ حجم أو مقاس الصمام Valve Sizing . . . . . - ٨٠ -
امتحان ذاتي رقم ٨ . . . . . - ٨٤ -
إجابة الامتحان الذاتي رقم ١ . . . . . ٧٥
إجابة الامتحان الذاتي رقم٢ . . . . . خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.٧٥
إجابة الامتحان الذاتي رقم ٣ . . . . . خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.٧٥
إجابة الامتحان الذاتي رقم ٤ . . . . . خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.٧٥
المراجع. . . . . - ٥٣ -