www.eee-books.com

لتحميل المزيد من الكتب والمراجع باللغة العربية

تابعونا على

موقع عالم الهندسة الكهربية

www.eee-books.com

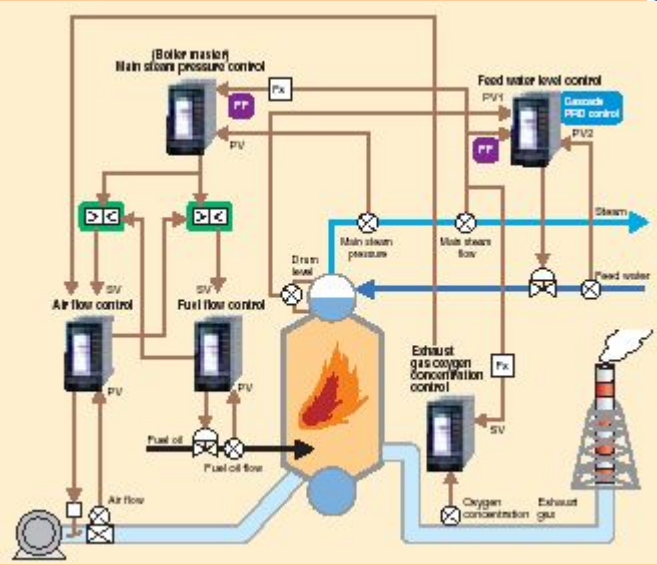
جروب عالم الهندسة الكهربية على الفيس بوك

www.facebook.com/groups/EEE.Arabic

التحكم الآلى فى العمليات الصناعية

Automatic Control For The Process Industries

Process Automation Control PID Control



هذا الكتاب والأجزاء التالية هو ناتج
خبرة علمية وعملية ممتدة ثلاثون عاماً

تأليف المهندس / محمود عبد الفتاح أبو الفتوح

Instrument Expert

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com

التحكم فى العمليات الصناعية
Process Control

التحكم الآلى : AUTOMATIC CONTROL

التحكم الآلى هو اعطاء الاجهزة (INSTRUMENTS) مهمة السيطرة على العملية الصناعية بدلا من العنصر البشرى لتميزها بالدقة والسرعة والقدرةالعالية على التحمل والإستمرارية ويتحقق ذلك بالقياس المستمر للعناصرالداخلة فى تشغيل العملية الصناعية مثل الضغط والحرارة والمنسوب والتدفق وغيرها ثم مقارنة قياس العملية الصناعية وهو Process Variable (PV) بالقيمة المضبوطة Setpoint وهى القيمة التى يتم وضعها للتشغيل الصحيح للعملية الصناعية .

الحاجة إلى التحكم الآلى : The need for automatic controls

هناك ثلاث أسباب رئيسية للحاجة للتحكم الآلى :

1- الأمان Safety :

يجب أن يتوفر الأمان الكافى لتشغيل عمليات الإنتاج الصناعى ، وخاصة عمليات الإنتاج المعقدة والخطيرة والتى تتطلب ضغوط تشغيل وحرارة عالية لابد من المحافظة عليها فى الحدود الآمنة لتجنب مخاطر الإنفجار والخسائر المادية والبشرية ، أيضاً منع مخاطر ضعف أو عدم السيطرة على التفاعلات الكيماوية والتى ينتج عنهامواد سامة وخطيرة .

2 ـ الثبات والإستقرار Stability

لابد أن تعمل المنشآت الصناعية بثبات وإستمرارية ، ومنع تكرار توقفات غير مخططة **Unplanned Shutdowns**

3 ـ الدقة Accuracy :

الدقة هى العامل الرئيسى للحصول على منتج صناعى بالمواصفات القياسية وبالكفاءة الإقتصادية العالية .

Eng. Mahmoud Abdel Fatah Ahmed

مقارنة التحكم البشرى اليدوى Manual بالتحكم الآلى Auto

هذه المقارنة تعمل على الفهم السريع للتحكم الآلى وخاصة المصطلحات الفنية المستخدمة فى التحكم الآلى Automatic control terminology

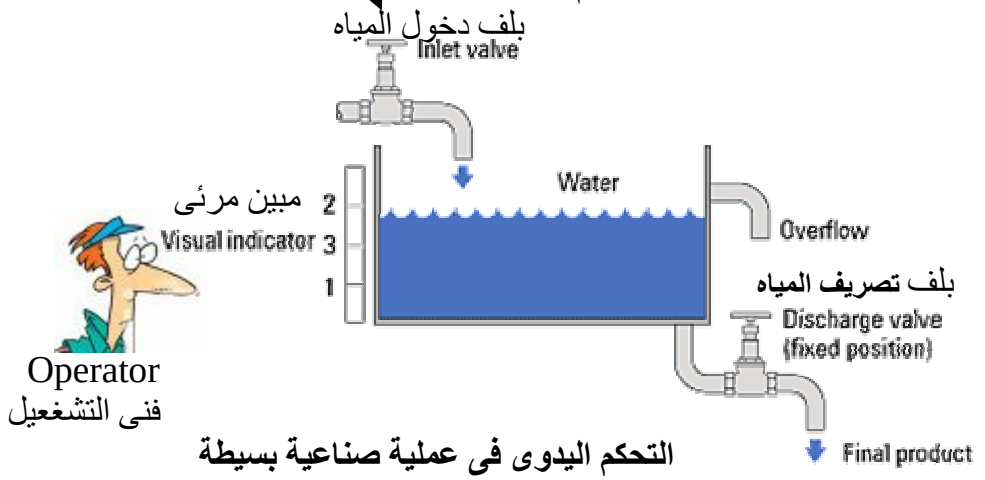
يوضح الشكل خزان مياه يتم فيه التحكم فى منسوب Level المياه بالمراقبة المستمرة بعين فنى التشغيل Operator ، وذلك بالفتح أو القفل اليدوى لبلف دخول المياه Inlet Valve

مطلوب من فنى التشغيل تنفيذ الآتى :

ـ عدم إرتفاع المنسوب إلى الحد الأعلى وهو المناظر للرقم 2 على المبين المرئى Visual Indicator وليكن مثلا مبين زجاجى مُدرج Sight Glass

ـ عدم هبوط المنسوب إلى الحد الأدنى وهو المنظر للرقم 1

ـ المحافظة على المنسوب عند المنتصف تقريباً عند الرقم 3



التحكم اليدوى فى عملية صناعية بسيطة
Manual control of a simple process

التشغيل اليدوى للتحكم فى منسوب الخزان :

ـ فى بداية التشغيل يقوم فنى التشغيل Operator بقفل بلف التصريف Discharge Valve ، وفتح بلف دخول المياه Inlet Valve مع إستمرار مراقبة المنسوب بالعين حتى يصل **إلى المنسوب**المطلوب وهو هنا فى هذا المثال الوضع **3** .

ـ بعد وصول المنسوب Level إلى الوضع المضبوط (وهوالمصطلح المعروف بـ Setpoint) وهو الوضع 3 ، تستطيع الجهة المستهلكة فتح بلف التصريف Discharge Valve لمرور المنتج النهائى وهو Final Product (هو هنا المياه ، وقد يكون أى سائل آخر) بالمعدل الذي يتناسب مع الطلب .

ـ يجب على فنى التشغيل المراقبة المستمرة لمنسوب الخزان Tank Level ، وذلك لكى يفتح أو يقفل بلف الدخول Inlet Valve أكثر أو أقل لمواجهة أى تغير فى معدل سحب المياه من بلف التصريف .

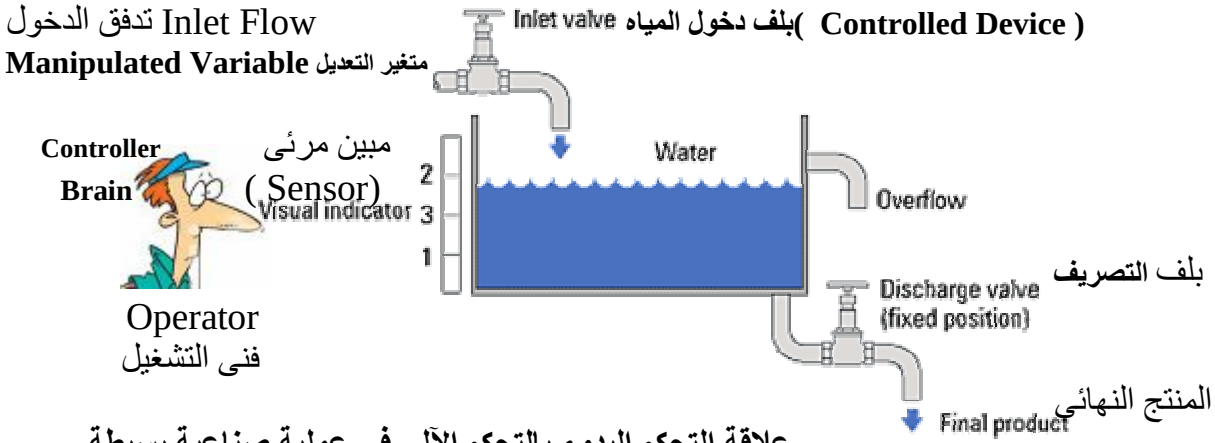
مخاطر التشغيل اليدوى :

الخطأ البشرى وارد جداً وأيضاً القدرة المحدودة على التحمل وسرعة الإستجابة لتغير ظروف الإستهلاك وغيرها من الأسباب التى تؤدى إلى نتائج تؤثر على الإنتاج وسلامة المعدات والأفراد ، فمثلاً :

ـ إرتفاع النسوب Level وفيضانه خارج الخزان ، وتكون المشكلة أكثر إذا كان الخزان به سوائل كيماوية خطيرة أو غالية الثمن .

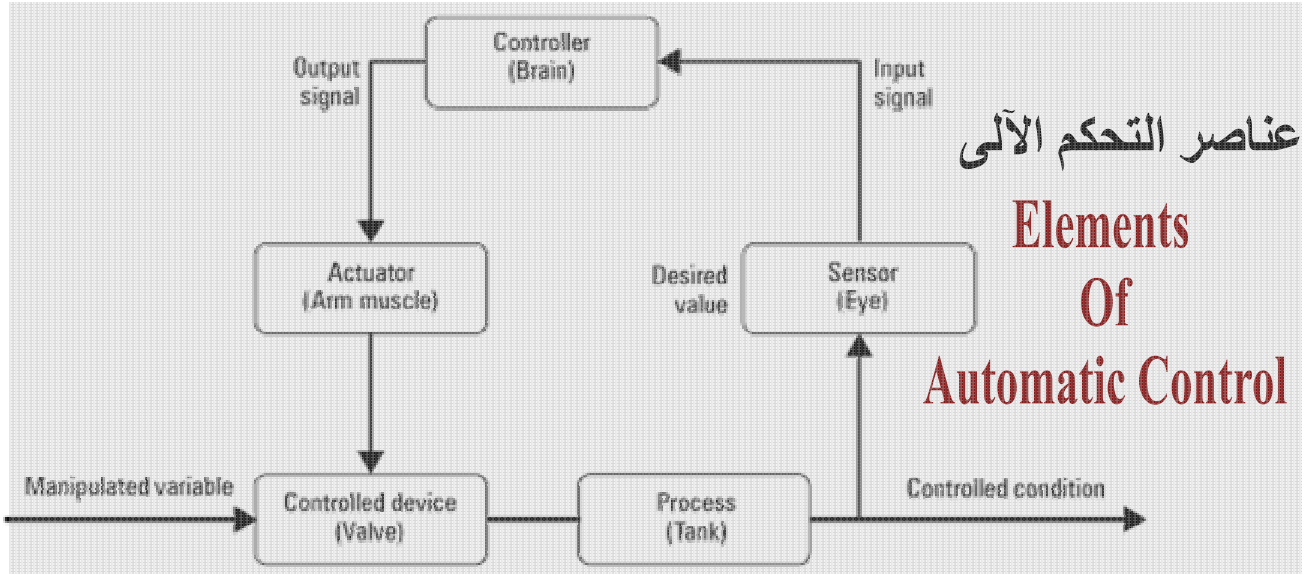
ـ فراغ الخزان وبالتالى التسبب فى عدم تلبية إحتياجات الإستهلاك ، ومايترتب عليه من نتائج سلبية مثل توقف العملية الإنتاجية التى تعتمد على السحب المستمر من الخزان.

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح



علاقة التحكم اليدوى بالتحكم الآلى فى عملية صناعية بسيطة
Manual control of a simple process

يبين المخطط التالى العلاقة بين مكونات التحكم اليدوى وما يناظرها فى التحكم الآلى كما يلى :



- يمثل تدفق Flow المياه الداخلة للخزان المصطلح **متغير التعديل** **Manipulated Variable**
- يمثل بلف دخول المياه Inlet Valve الأداة المحكومة Controlled Device والتى يتم بواسطتها تعديل تدفق متغير التعديل Manipulated Variable .
- يمثل الخزان Tank **العملية الصناعية** **Process**
- منسوب Level الخزان يمثل **المتغير المحكوم** **Controlled Variable**أو**Controlled Condition**
- يمثل مراقبة المنسوب Level فى الخزان بعين Eye فنى التشغيل يمثل **الحساس** **Sensor**
- إشارة رؤية العين إلى مخ Brain فنى التشغيل تمثل **إشارة الدخول** **Input Signal**
- مخ Brain فنى التشغيل يمثل جهاز التحكم Controller
- يعمل مخ Brain فنى التشغيل (ويمثله جهاز التحكم Controller)على مقارنة إشارة العين Input Signal للمنسوب الفعلى Actual Level بالقيمة المرغوبة Desired Value أو الـ Set point للمنسوب وبالتالى إعطاء إشارة خرج Signal Output إلى عضلات زراع فنى التشغيلArm muscle ويمثله محرك Actuator بلف دخول المياه وهو الأداة المحركة لعمود بلف التحكم الآلى Contol Valve .

دائرة التحكم الآلى المغلقة
CLOSED CONTROL LOOP

دائرة التحكم المغلقة هى التى يتم فيها قياس متغير العملية الصناعية Process Variable (PV) ومقارنته بنقطة الضبط Setpoint ، وإتخاذ إجراء لتصحيح أى إنحراف عن نقطة الضبط .

A *closed control loop* exists where a process variable is measured, compared to a setpoint, and action is taken to correct any deviation from setpoint.

تتكون دائرة التحكم الآلى المغلقة من الآتى :

1 ـ العملية الصناعية PROCESS

2ـ نظام القياس (المرسل) MEASURING SYSTEM (TRANSMITTER)

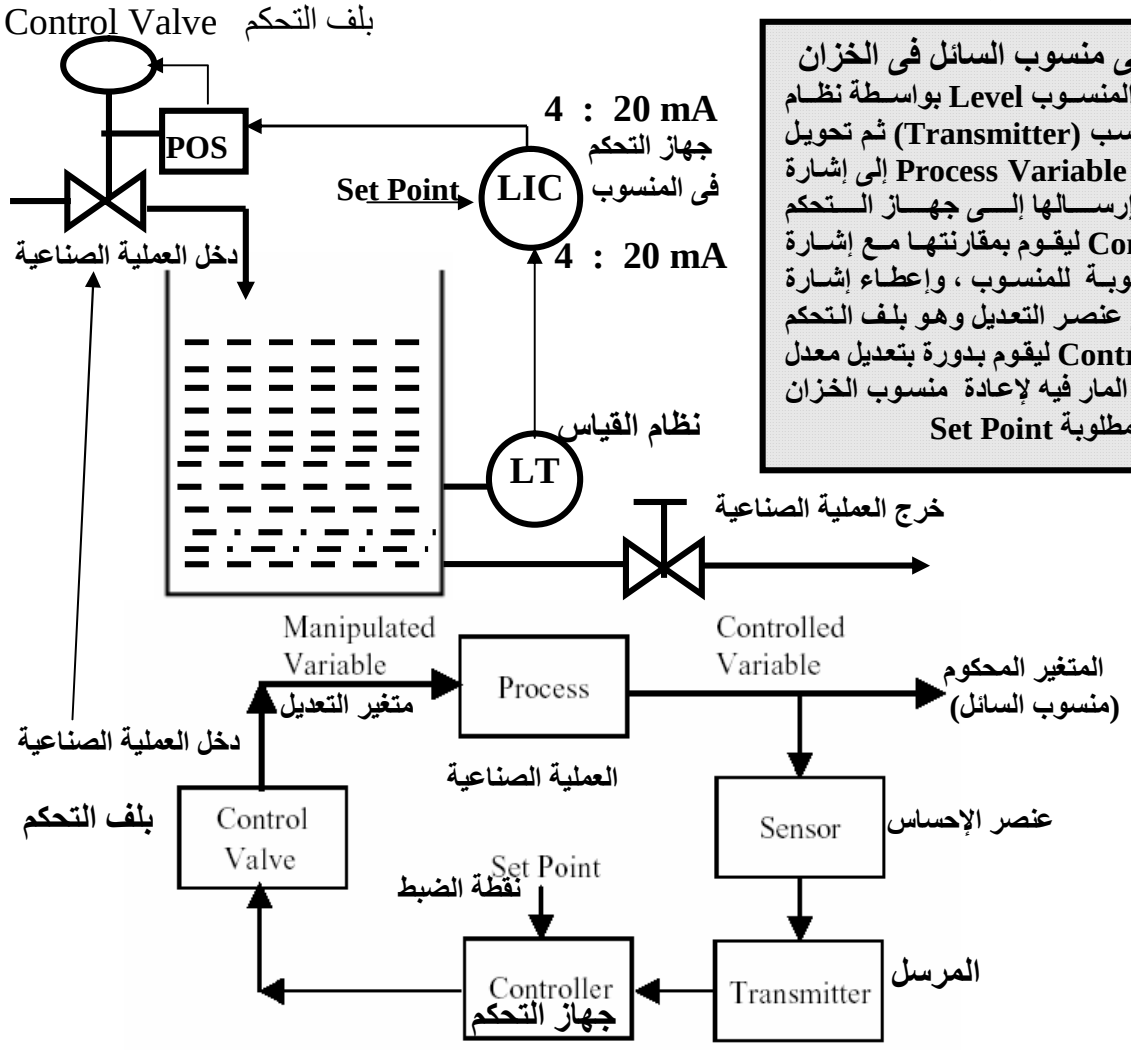
3ـ جهاز التحكم CONTROLLER 4ـ صمام (بلف) التحكم CONTROL VALVE

1ـ العملية الصناعية : PROCESS

هى عملية الانتاج المستخدم فيها طرق تحويل المواد الأولية Raw Materials إلى منتجات نهائية End Products ، و التى تتطلب لتحقيق ذلك التحكم Control فى ضبط ظروف التشغيل مثل الضغط Pressure والحرارة Temperatureوالمنسوب Level والتدفق Flow وغيرها .

وتتكون العملية الصناعية Process من المعدات والمواد الداخلة فى العملية الإنتاجية أو أحد مراحلها .

مثال 1 : عملية التحكم فى المنسوب Level



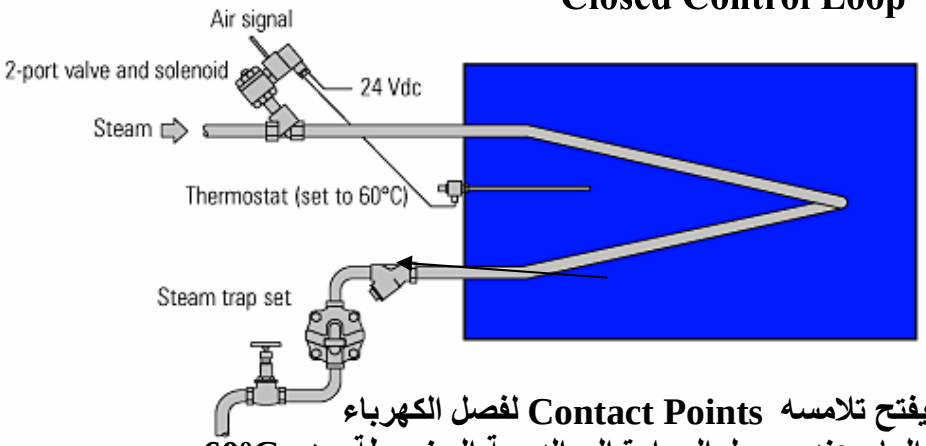
E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

Blank Page

عملية التحكم فى الحرارة Temperature

مثال 3

دائرة التحكم المغلقة Closed Control Loop

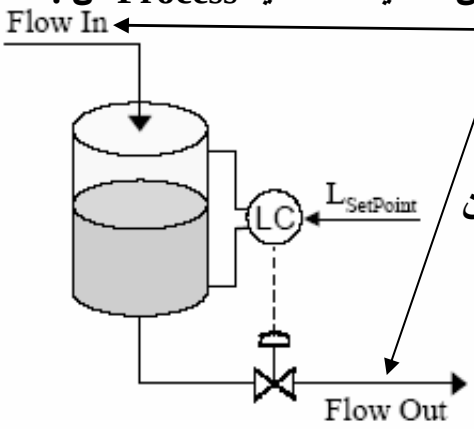


حيث تتكون العملية الصناعة من مبادل حرارى تتم فيه عملية التسخين Heating بالتحكم فىكمية بخار الماء Steam كما يلى :

يتم قياس درجة الحرارة بجهاز الثرموستات Thermostat والمضبوط عند 60°C ، حيث يفتح تلامسه Contact Points لفصل الكهرباء عن السولينويد لقفل دخول بخار الماء عند وصول الحرارة إلى الدرجة المضبوطة وهى 60°C ثم إعادة قفل تلامس الثرموستات عند إنخفاض الحرارة إلى قيمة ثابتة خاصة بنوع الثرموستات أو قيمة إعادة الضبط Reset Value والتى يمكن ضبطها فى الحدود الخاصة بنوع الثرموستات .

مثال 4

عملية التحكم فى منسوب Level السوائل فىالخزانات حيث تتكون العملية الصناعية Process من :



الخزان وتدفق السائل الداخل Flow In

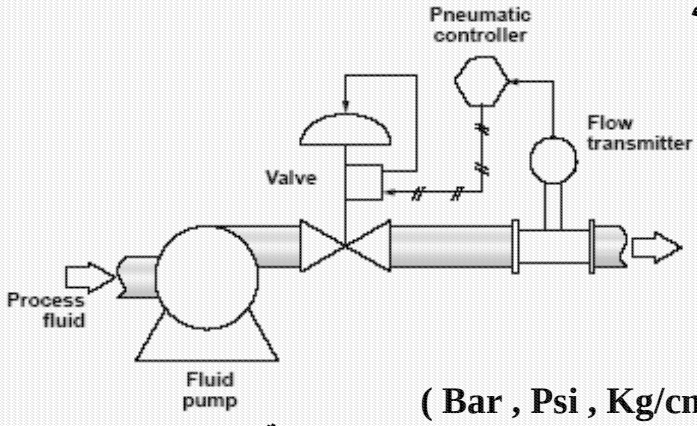
والتحكم فى تدفق السائل الخارج Flow Out

هذا المثال مستخدم كثيراً للتحكم الموقعى فى المنشآت الصناعية والبترولية ، حيث يتم تركيب جهاز التحكم LC مباشرة على الخزان وهنا يحتوى جهاز التحكم Level Controller (LC) على نظام القياس Measuring ونظام التحكم Control معاً فى جهاز واحد .

Eng. Mahmoud Abdel Fatah Ahmed

مثال 5 :

عملية التحكم فى تدفق Flow السائل الذى تضخه الطلمبة Fluid Pump



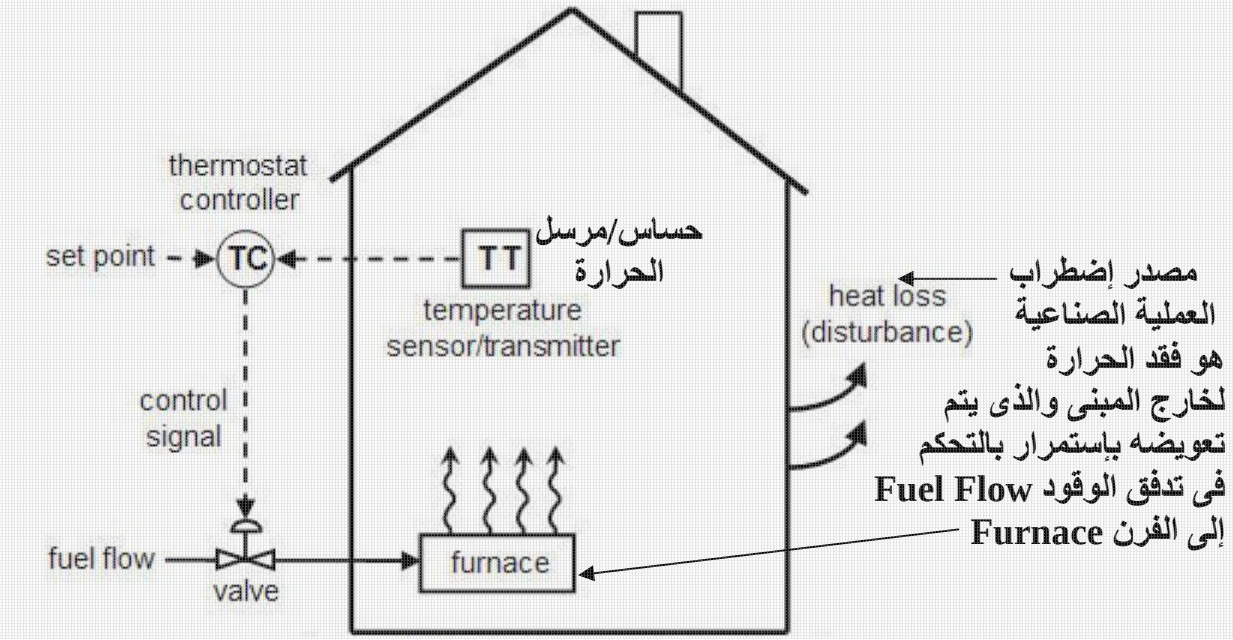
ـ تتكون العملية الصناعية من مضخة تقوم بالسحب من خط السحب Suction Line والطرد فى خط الطرد Delivery Line هنا يتم تركيب نظام للتحكم فى معدل سريان السائل Flow Rate ،والذى يتكون من:

ـ مرسل تدفق Flow Transmitter يقوم بقياس معدل التدفق المار وتحويله إلى إشارة ضغط قياسية هوائية(نيوماتية) (Bar , Psi , Kg/cm^{2})

ـ يتم إرسال إشارة خرج مرسل التدفق Flow Transmitter كإشارة دخل نيوماتية إلى جهاز التحكم النيوماتى Pneumatic Controllerالذى يتم فيه مقارنة الفرق بين التدفق الفعلى Actual Flow والتدفق المطلوب Set point ثم معالجة الفرق وإعطاء إشارة خرج إلى بلف التحكم Control Valve لتعديل التدفق ليتوافق دائماً مع القيمة Set Point التى يتم وضعها على جهاز التحكم .

التحكم فى الحرارة أوالتدفئة للمبانى أو المعامل الإنتاجية

دائرة التحكم المغلقة Closed Control Loop



كيفيةعمل نظام التحكم :

- قياس الحرارة بالحساس Sensor أو المرسل Transmitter وذلك بتحويل درجة الحرارة °C إلى إشارة قياسية هى متغير القياس للعملية الصناعية (PV) Process Variable يستقبلها جهاز التحكم فى الحرارة Controller كإشارة دخل Input Signal

- يقوم جهاز التحكم بمقارنة إشارة الدخل (PV) Input Signal بإشارة القيمة المضبوطة لدرجة الحرارة داخل المبنى (SP) أو (SV) Set Point والتى يتم وضعها على جهاز التحكم .

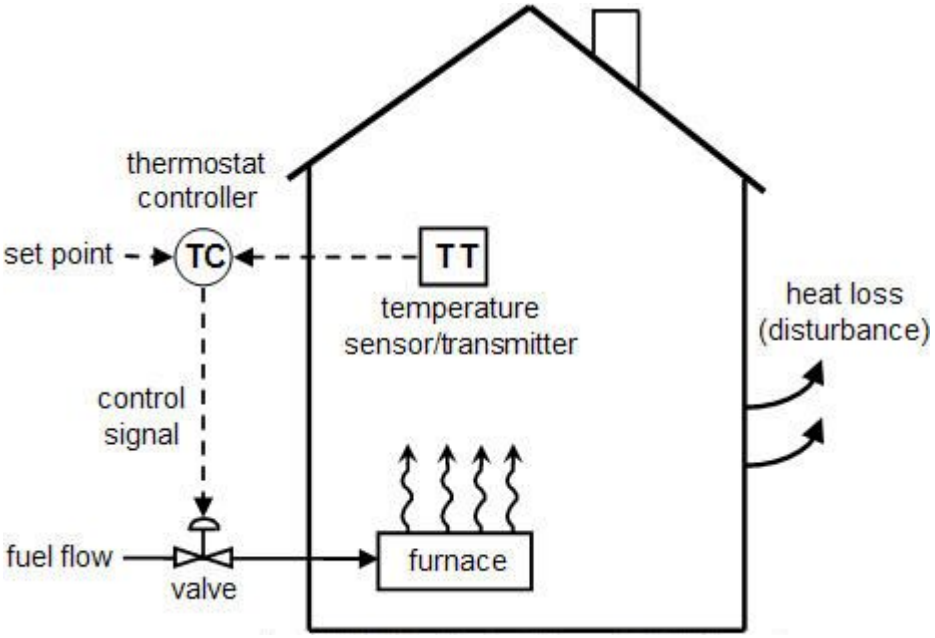
- تتغيير إشارة خرج جهاز التحكم وهى Control Signal إذا تغيرت درجة الحرارة PV داخل المبنى عن القيمة المضبوطة Setpoint .

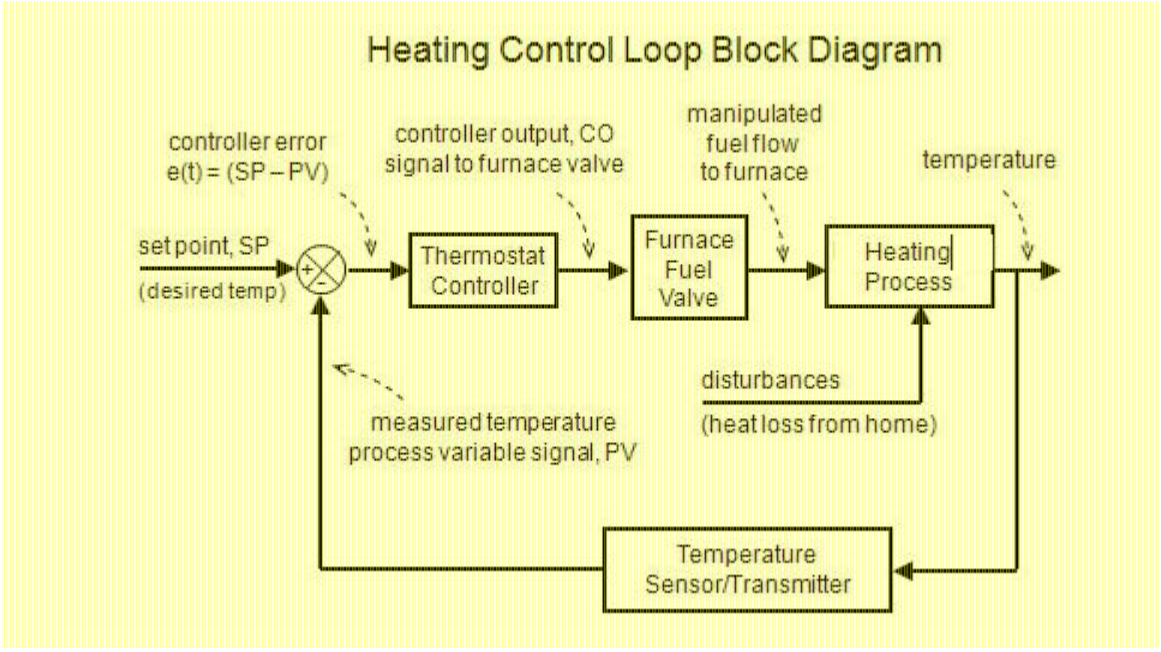
- فى حالة إنخفاض الحرارة PV عن القيمة المضبوطة SP فإن إشارة التحكم Control Signal تعمل على زيادة تدفق الوقود Fuel Flow بزيادة فتح بلف التحكم Valve أى جعله More Open

- فى حالة زيادة الحرارة PV عن القيمة المضبوطة SP فإن إشارة التحكم Control Signal تعمل على خفض تدفق الوقود Fuel Flow بتقليل فتحة بلف التحكم Valve أى جعله Less Open

- فى حالة تساوى الحرارة PV داخل المنى بالقيمة المضبوطة SP فإن جهاز التحكم يحافظ على إشارة التحكم Control Signal كما هى بدون تغيير ، ويستمر ذلك طالما لايوجد فرق بين PV و SP

التمثيل التخطيطى لمكونات عملية التحكم فى الحرارة





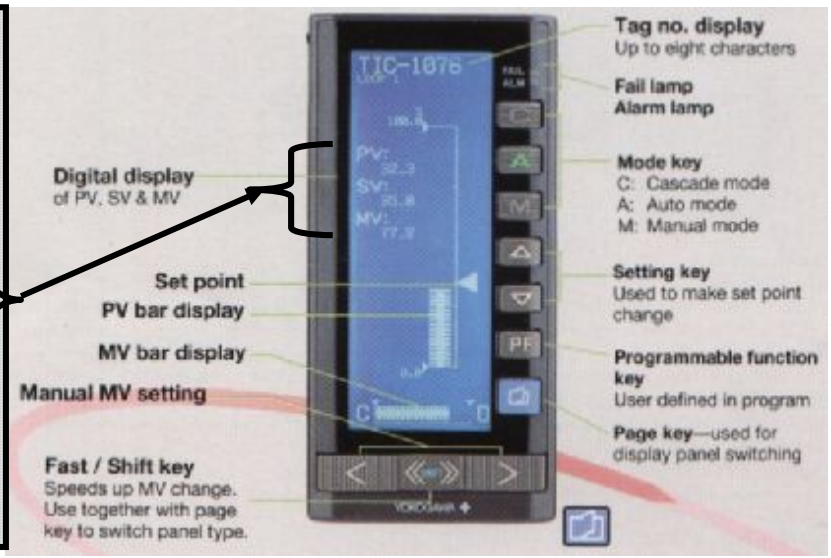
نستطيع بسهولة الآن مقارنة مكونات نظام التحكم فى العملية الصناعية (الشكل العلوى) بمكونات المخطط الهيكلى لها (الشكل السفلى) وبالتالى فهم المصطلحات المستخدمة بكثرة فى نظم التحكم الألى .

2 - جهاز الارسال (المرسل): TRANSMITTER

جهاز التحكم : CONTROLLER

جهاز تحكم إليكترونى بشاشة عرض بيانية ورقمية للتشغيل والبرمجة

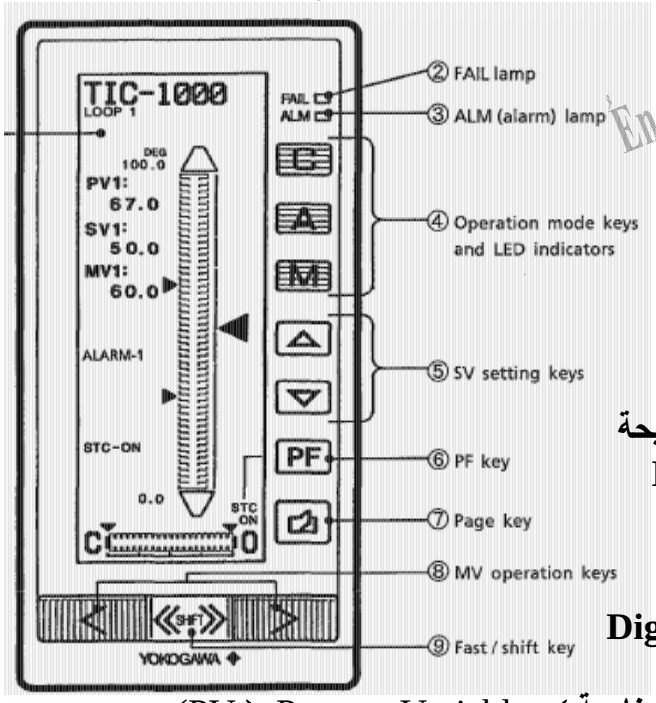
- **Process Variable (PV)** متغير القياس للعملية الصناعية
- **Set Point Variable (SP)** القيمة المضبوطة
- **Manipulated Variable (MV)** قيمة خرج جهاز التحكم (output)



الغرض من جهاز التحكم: هو المحافظة على المتغير الطبيعى(المنسوب ـ الحرارة ـ الضغط ـ التدفق ـ .....) عند القيمة الصحيحة , ويتم ذلك كما يلى :

يستقبل جهاز التحكم القيمة المقاسة للمتغير الطبيعى للعملية الصناعية Process Variable (PV) من جهاز المرسل Transmitter ثم مقارنتها باشارة نقطة الضبط Set Point (SP) المنتجة محليا او المستقبله Remote Set Point من جهاز تحكم اخر , ثم معالجة الفرق بين الاشارتين بوحدة التحكم الاوتوماتيك وبالضوابط المناسبة لاعطاء اشارة تحكم قادرة على قيادة صمام التحكم Control Valve بالطريقة التى تضمن تحكم سريع ومستقر ومأمون للعملية الصناعية وسوف يتم فيما بعد توضيح كيفية ضبط وتوليف جهاز التحكم للحصول على افضل اسلوب تحكم.

Eng. Mahmoud Abdel Fatah Ahmed



واجهة جهاز التحكم
Front Panel Display

تحتوى واجهة جهاز التحكم على الآتى :

أولاً : مجموعة أزرار لوحة التحكم يستخدمها كلاً من :

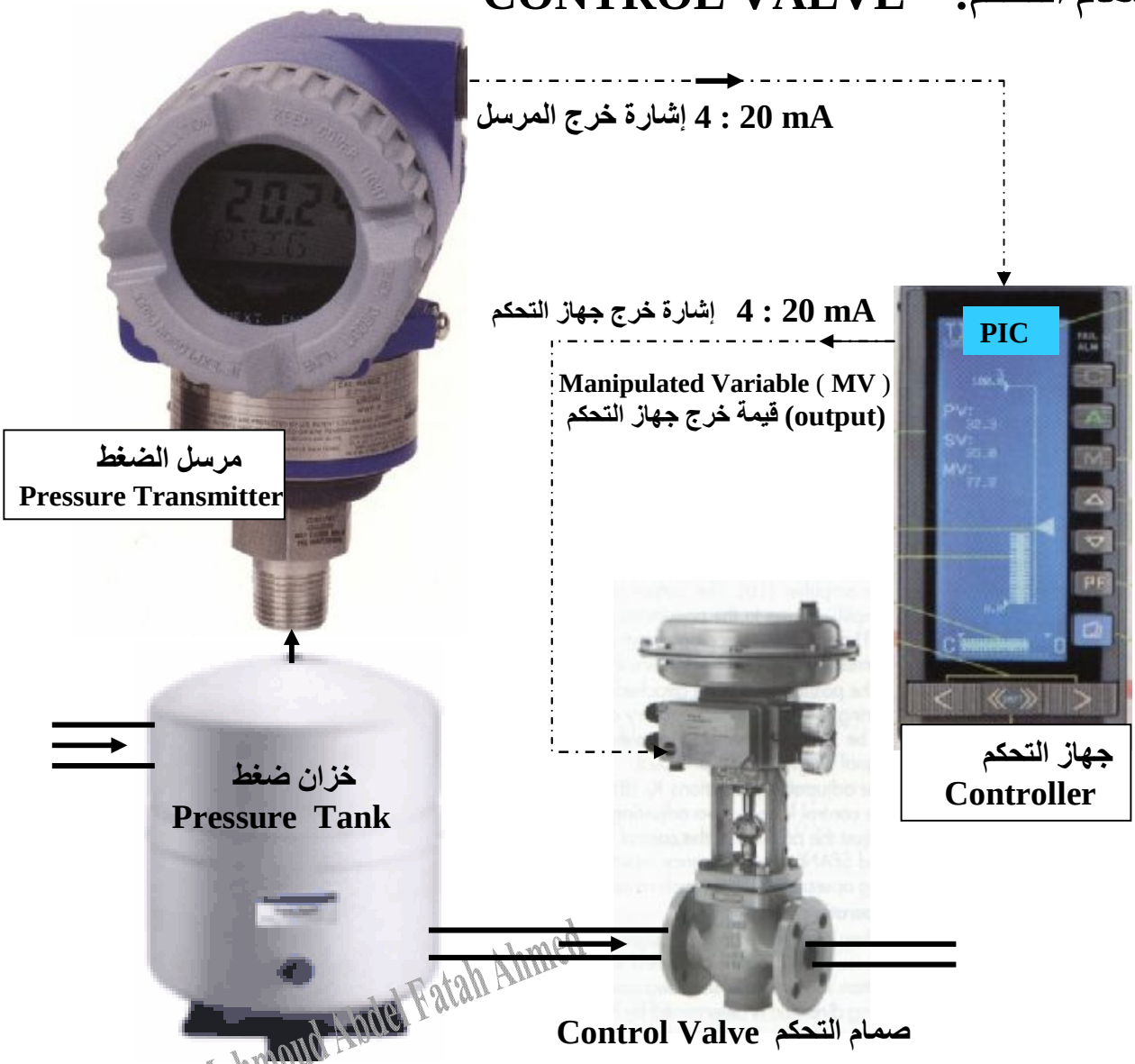
- **مشغل العملية الصناعية Operator : لتشغيل العملية الصناعية لتتوافق مع ضوابط التشغيل الصحيحة**
- **مهندس الأجهزة الدقيقة Instrument Engineer لبرمجة ومعايرة وضبط الأداء التحكمى لجهاز التحكم لكى يناسب خواص وإحتياجات العملية الصناعية**

ثانيا : شاشة عرض بيانية Graphical ورقمية Digital لعرض بيانات التشغيل مثل :

- **إشارة الدخل للقيمة المقاسة(متغير العملية الصناعية)** Process Variable (PV)
- **قيمة نقطة الضبط Set Point (SP) أو بالمعنى الآخر (SV)**
- **خرج جهاز التحكم لتعديل العملية الصناعية (Output)** Manipulated Variable (MV)

توجد أزرار لتحويل جهاز التحكم إلى الوضع اليدوى M (Manual) والأوتوماتيك A (Automatic)

صمام التحكم: CONTROL VALVE



Eng. Mahmoud Abdel Fatah Ahmed

إستخدام صمام التحكم Control Valve :

فى معظم عمليات التحكم الصناعية يستخدام صمام التحكم Control Valve كعنصر تحكم نهائى Final Control Element للقيام بتعديل معدل تدفق السوائل أو الغازات للحفاظ على العملية الصناعية عند حدود التشغيل الصحيحة .

يوضح الشكل الذى أمامك نظام التحكم فى ضغط إحدى العمليات الصناعية كما يلى :

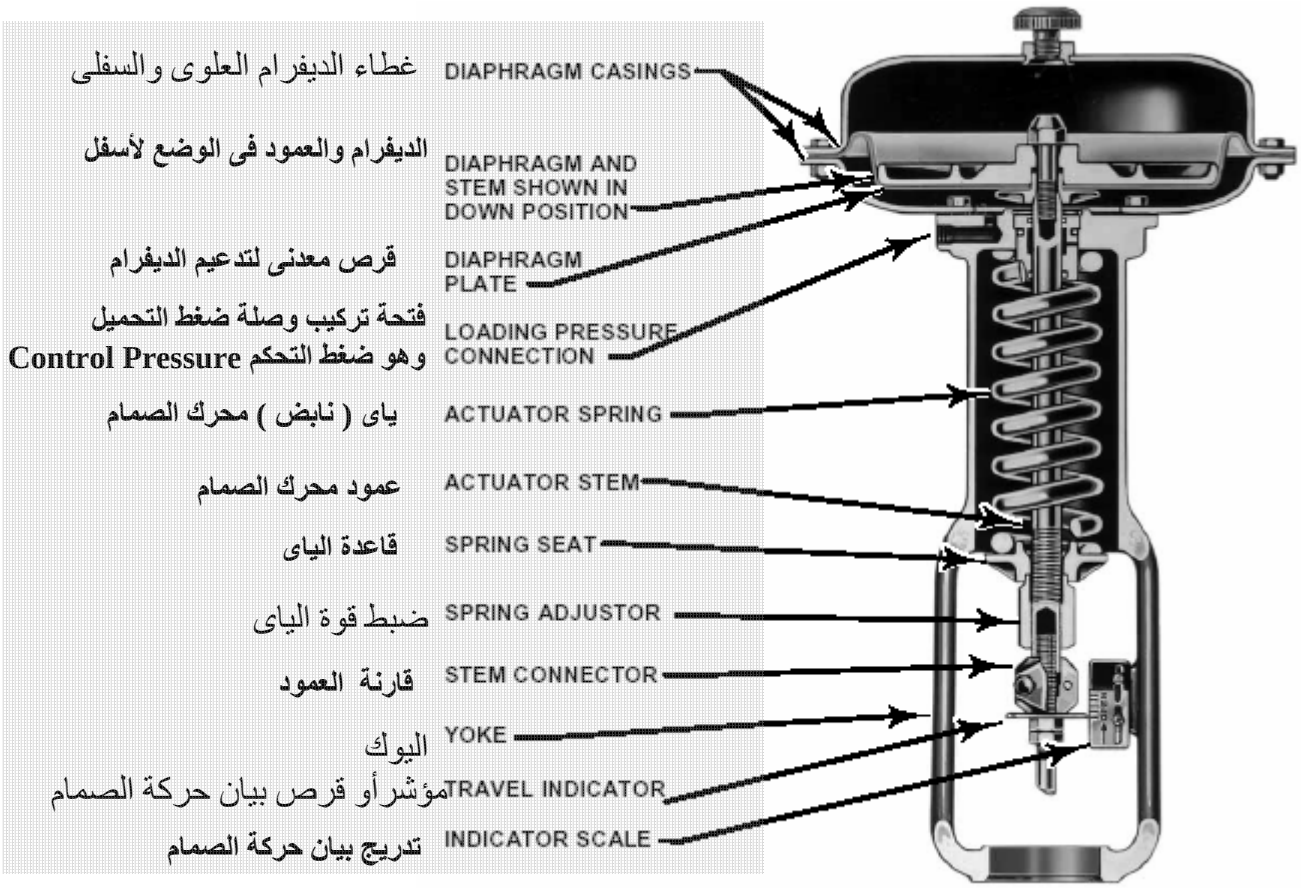
بعد قيام المرسل **Transmitter** بقياس الضغط وهو يمثل هنا متغير العملية الصناعية **PV** المطلوب الحفاظ عليه ، فإنه يرسل إشارة القياس إلى جهاز التحكم **Controller** والذى يقوم بالآتى :

- مقارنة إشارة القياس **PV** بإشارة القيمة المضبوطة **Setpoint (SV)** لضغط العملية الصناعية .
- معالجة الفرق بين الإشارة **PV** وبين **SV** حسب ضوابط الأداء لجهاز التحكم (**PID**)
- إعطاء إشارة خرج لتصحيح العملية الصناعية وإعادتها إلى القيمة المضبوطة SV ، وذلك بتعديل تدفق متغير التعديل Manipulated Variable (**MV**) بواسطة صمام التحكم Control Valve .

Blank Page

الأجزاء الرئيسية لبلف التحكم

أولاً : محرك صمام التحكم Valve Actuator



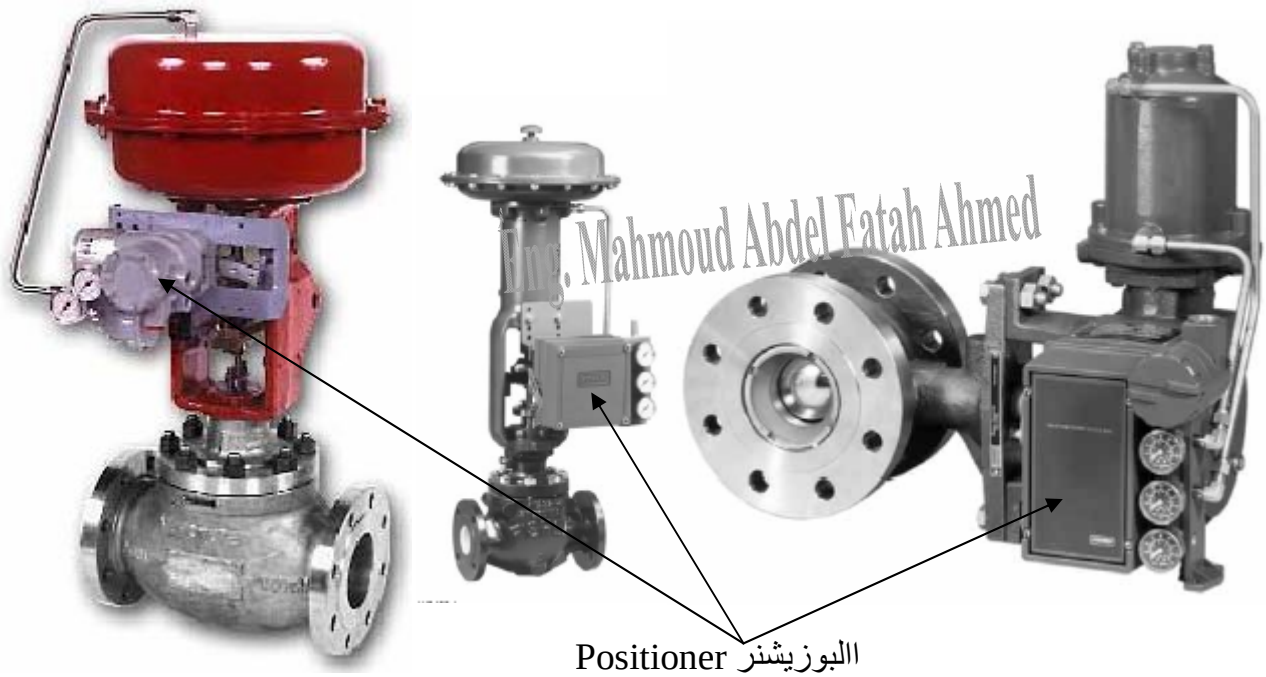
Valve Actuatorهو مصدر القوة الدافعة المحركة لعمود الصمام Valve Stem لكى يقوم بتحريك السدادة Plug نحو قاعدة الصمام Seat أو بعيداً عنها ، وبالتلى تعديل كمية السائل أو الغاز المار بالصمام .

Blank Page

محدد وضع البلف Valve Positioner

الغرض من محدد وضع البلف Valve Positioner

يقوم محدد الوضع position (البوزيشنر) بالضبط الأتوماتيك للبلف لضبط فتحة البلف عند الوضع المطلوب (desired position)وذلك طبقا لإشارة التحكم الصادرة اليه من جهاز التحكم Controller



االبوزيشنر Positioner

إشارة دخل نيوماتيك Input Signal Pneumatic

0.2bar to 1 bar

أو 0.4bar to 2 bar

إشارة دخل كهربية Input Signal Electric

4mA to 20mA

إشارة الخرج Output Signal

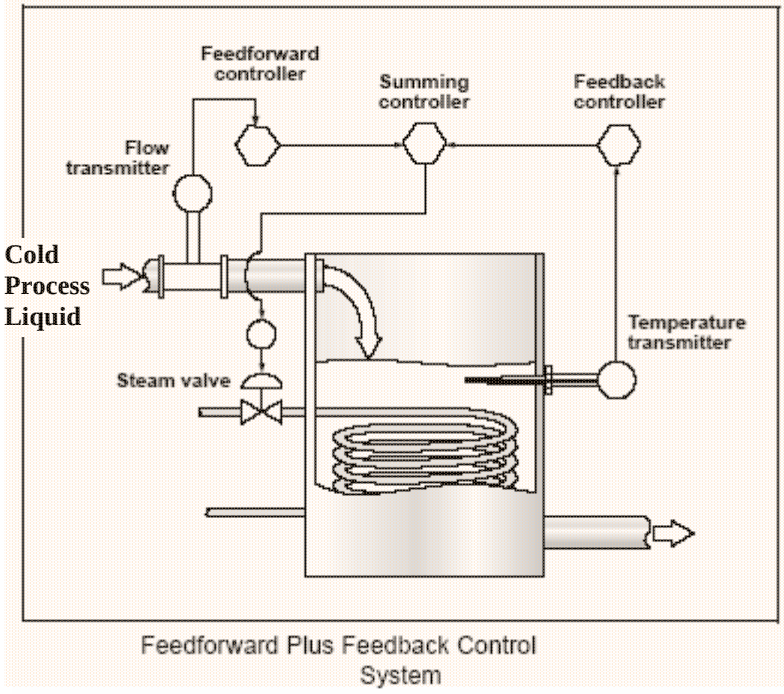
تتغير اشارة الخرج تبعا لاحتياجات محرك البلف Actuator وأقصى قيمة لاشارة الخرج تبلغ 95% من ضغط هواء التغذية Air supply .

ضغط هواء التغذية :- Supply pressure

من الأفضل أن يكون ضغط هواء التغذية أكبر بمقدار 0.3 bar عن الضغط اللازم لمحرك البلف (Actuator) وغالبا يكون ضغط هواء التغذية 1.4 bar (20 psi) وقد يصل ضغط هواء التغذية الى حوالى 6 bar وذلك حسب القوة اللازمة لتشغيل الـ Actuator .

التحكم ذو التغذية الأمامية Feedforward Control

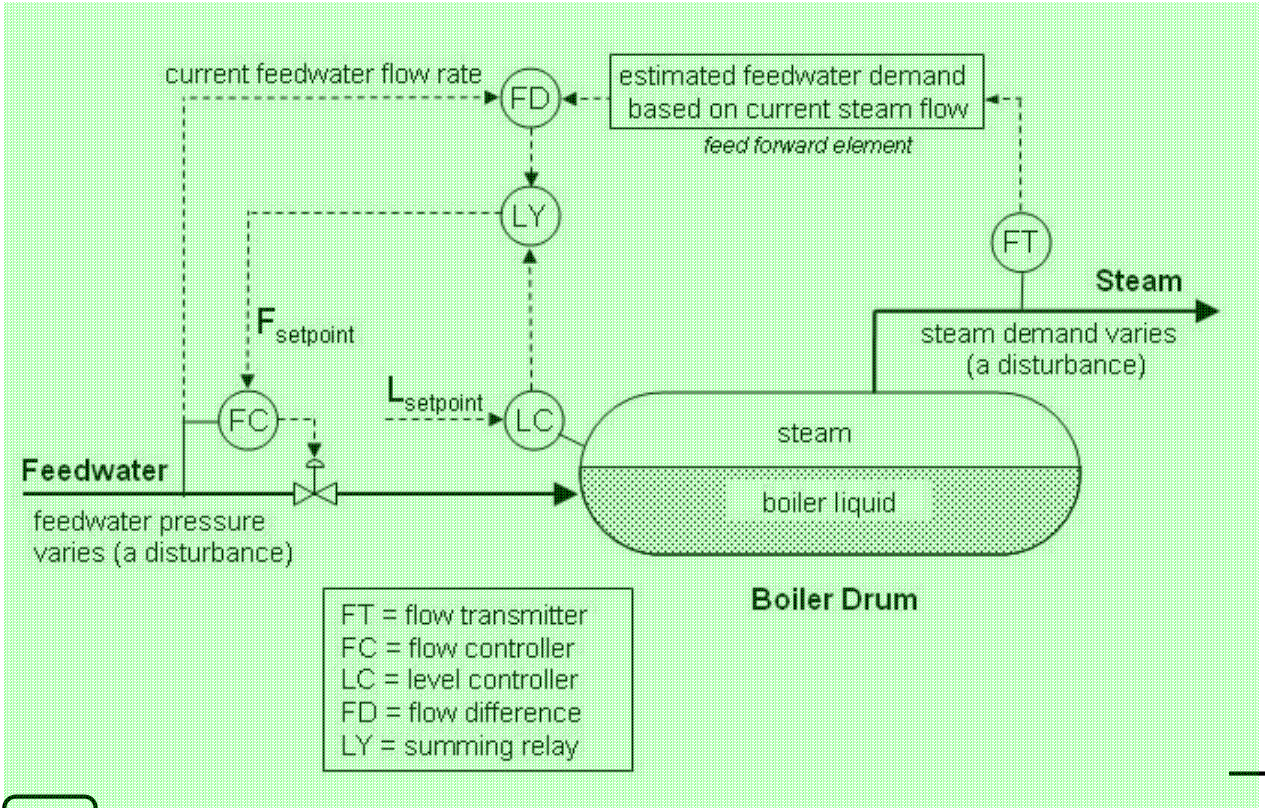
التحكم ذو التغذية الأمامية بالإضافة إلى التغذية الخلفية Feedforward Plus Feedback Control



Feedforward Plus Feedback Control System

- غالباً يكون من الصعب إستخدام تحكم التغذية الأمامية Feedforward وحده وذلك بسبب صعوبة الحسابات المناسبة للتعامل مع كل تغير ممكن للعملية الصناعية
- ولهذا يتم إستخدام نظام تحكم يجمع كلاً من نظام تحكم التغذية الأمامية ونظام تحكم التغذية الخلفية Feedforward Plus Feedback
- يحقق الجمع بين النظامين إستخدام كلاً من قياس درجة الحرارة المطلوبة وقياس التدفق فى إعطاء إشارة تحكم واحدة إلى بلف دخول سائل العملية الصناعة

يوضح الشكل التالى مثال عملى مستخدم كثيراً فى الصناعة وهو عملية التحكم فى منسوب الماء فى درم الغلايات Boiler Drum



أساليب التحكم الأساسية
Basic Control Modes

يعتمد إختيار أسلوب التحكم Control Mode أو فعل التحكم Control Action المناسب للعملية الصناعية على الآتى :
ـ العامل الإقتصادى أى التكلفة التى تتناسب مع أهمية العملية الصناعية .
ـ درجة الدقة المطلوبة للتحكم فى العملية الصناعية .
ـ الإستجابة الزمنية Time Response للتغيرات المؤثرة على العملية الصناعية .
ـ إستجابة كسب Gain العملية الصناعية .

فعل التحكم Control Action هو الطريقة التى ينفذها نظام التحكم لتصحيح إنحراف Deviation العملية الصناعية لإعادتها إلى القيمة المضبوطة Set point

الأساليب الاساسية للتحكم فى العملية الصناعية هى :

- **التحكم ثنائى الوضع (قفل ـ فتح) Two Posithon Or On/Off Control**
- **التحكم ذو الحيز البينى On/Off Differentiul Gap Controller**
- **التحكم التناسبى (P) Proportional Controller**
- **التحكم التناسبى التكاملى (P1) Proportional With Reset Controller**
- **التحكم التناسبى التكاملى التفاضلى Proportional With Reset And Differential Controller**

أنواع أجهزة التحكم : Types of Control Instruments

من المهم إختيار جهاز التحكم المناسب لتنفيذ أسلوب التحكم الذى تحتاجه العملية الصناعية ... لماذا؟

الإجابة : لأن إلإختيار الخاطىء يعنى تكاليف أكثر أو تحكم ضار أو لاتحتاحه العملية الصناعية

وتنقسم أجهزة التحكم تبعاً لمصدر تشغيلها الى الأنواع التالية:

1 ـ جهاز تحكم لا يحتاج الى مصدر تشغيل (طاقة) تحكم ذاتى Self Acting Controller
2 ـ جهاز تحكم نيوماتى (هوائى) Pneumatic Controller : يستخدم ضغط الهواء كمصدر تغذية Air Supply
3 ـ جهاز تحكم اليكترونى أو كهربى ELECTRONIC / ELECTRIC CONTROLLER
يستخدم الكهرباء مصدر تشغيل
4 ـ جهاز تحكم هيدرولكى HYDRAULIC CONTROLLER
يستخدم ضغط الزيت كمصدر تشغيل Pressurized Oil Supply .

Blank Page

ثانياً: جهازالتحكمON/OFF ذو الفرق البينيى
ON/OFF Differential Gap Controller

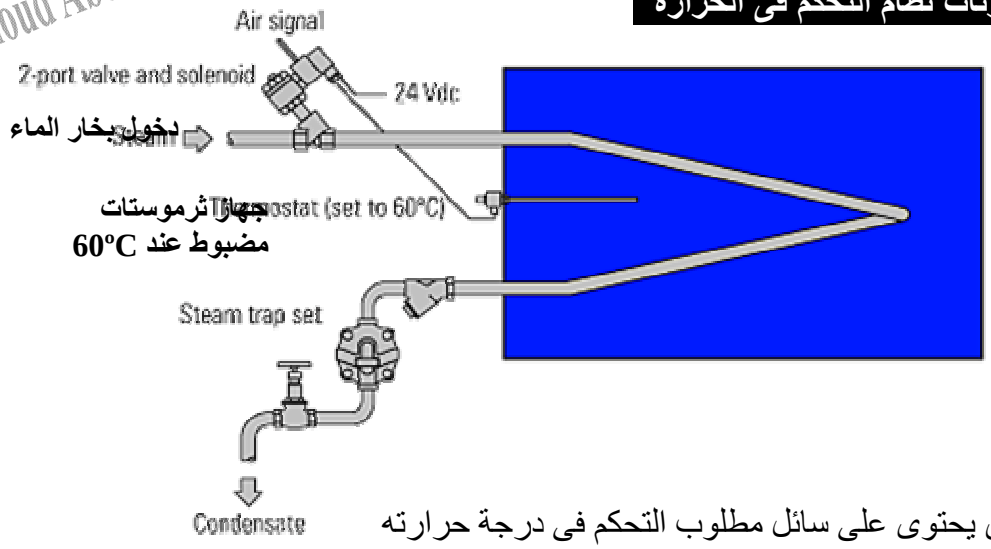
جهازالتحكم ذو فارق التحويل بين وضعىUpper Switching Point و Lower Switching Point

مثال 1 :

من الأمثلة المألوفة للتحكم ثنائى الوضع هو التحكم فى درجة حرارة الأوعية Vessels والخزانات Tanks وهنا المطلوب التحكم فىمرور ON أو عدم مرور OFF بخار الماء Steam فى ملف مواسير يقوم بتسخين السائل الموجود بحيث يتم المحافظة على درجة الحرارة عند نقطة الضبط Setpoint عند 60 درجة مئوية بحد أعلى Upper Limit = 61ºC وحد أدنى Lower Limit = 59ºC

Eng. Mahmoud Abdel Fatah Ahmed

أولاً : مكونات نظام التحكم فى الحرارة



ـ خزان يحتوى على سائل مطلوب التحكم فى درجة حرارته
ـ ملف تسخين Steam Coil عبارة عن ماسورة معدنية يمر بها بخار ماء Steam
ـ بلف كهربى (سولينويد) ، مغلق عادة Normaly Closed ، أى أنه يفتح عند توصيله بالكهرباء
ـ ثرموستات Thermostat يحس أو يقيس الحرارة بالخزان ويقارنها بنقطة الضبط Set Point وهى هنا 60ºC وذو فارق بينى Switching Differential درجة واحدة أعلى ودرجة واحدة أدنى نقطة الضبط وبالتالى فتح أو قفل التلامس الكهربى لفصل أو توصيل الكهرباء إلى بلف السولينويد .

عمل نظام التحكم فى الحرارة

ـ يقوم جهاز الثرموستات بقياس درجة حرارة سائل الخزان وهى تمثل إشارة متغير القياس المطلوب التحكم فيه (PV) **Process Variable** ، ثم مقارنة الحرارة المقاسة بالحرارة المضبوطة والتى تمثل إشارة نقطة الضبط (SP) Set Point وهى هنا 60ºC
ـ إذا زادت الحرارة عن 60ºC بدرجة واحدة ، يتم فصل نقط التلامس **Electric Contacts** وفصل الكهرباء عن البلف الكهربى **Solenoid** Valve وبالتالى قفله ومنع دخول الـ Steam إلى الخزان حيث يستمر فصل الكهرباء عن السولينويد طالما إستمرت الحرارة بالزيادة .
ـ عند هبوط الحرارة أقل من الحرارة المضبوطة Set Point وهى 60ºC بدرجة واحدة ، تتصل نقط تلامس الثرموستات Electric Contacts ويفتح بلف السولينويد **Solenoid Valve** ويستمر مفتوح لدخول بخار الماء طالما إستمرت الحرارة فى الهبوط .
ـ نتابع فى الصفحة التالية التمثيل البيانى للتحكم **ON/OFF Switching Differential Control**

Blank Page

تطبيقات عملية لإستخدام أجهزة وضعى التحكم ON/OFF و الفرق البينى
ON/OFF Differential Gap Control

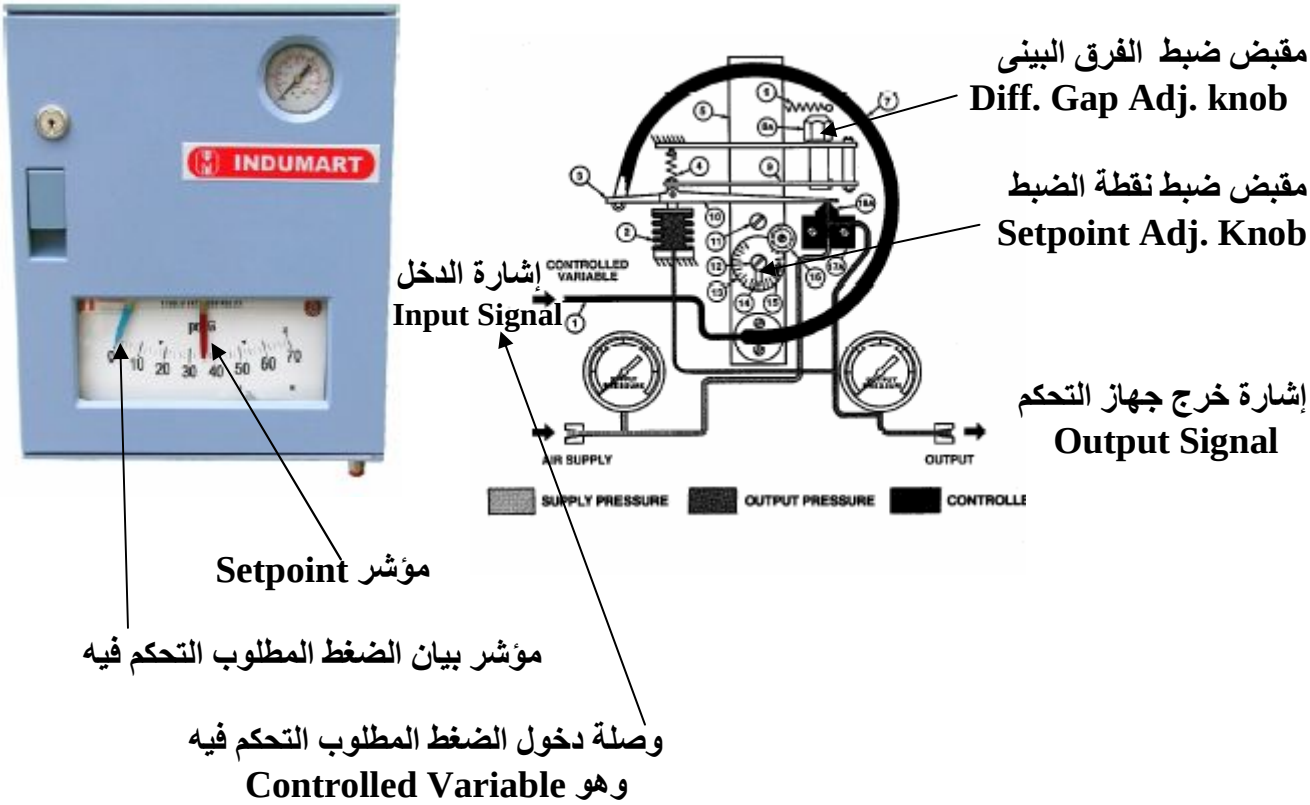
يكثر ويفضل إستخدام هذا النوع من أجهزة التحكم الموقعية Field Instruments فى الشركات البترولية والبتروكيماوية والأسمدة ومحطات توليد الطاقة والضواغط التربينية ، علاوة على الإستخدام فى خزانات المياه فى المنشآت المدنية وغيرها .

التحكم ثنائى الوضع Two Position أو (ON / OFF) ذو الفرق البينى ، أو بمعنى آخر التحكم ذو الحيز الساكن Dead Band حول القيمة المضبوطة Setpoint هو:
التحكم الذىلايحدث فيه تغير لخرج جهازالتحكم سواء بقيمة صغرى أو قيمة عظمى طالما أن القيمة المقاسة للـ Process Variable تتواجد بين الحد الأعلى وبين والحد الأدنى من نقطة الضبط Setpoint

الخلاصة:

الهدف من التحكم ON/OFF Gap Control هو المحافظة على حالة العملية الصناعية بين قيمتين هما : حد أعلى High وحد أدنى Low أى أن العملية الصناعية لاتتطلب ضرورة المحافظة على حالتها عند النقطة المضبوطة Setpoint .

أولاً :جهاز تحكم نيوماتى Diff Gap Pneumatic Controller



مقبض ضبط الفرق البينى
Diff. Gap Adj. knob

مقبض ضبط نقطة الضبط
Setpoint Adj. Knob

إشارة الدخل
Input Signal

إشارة خرج جهاز التحكم
Output Signal

مؤشر Setpoint

مؤشر بيان الضغط المطلوب التحكم فيه

وصلة دخول الضغط المطلوب التحكم فيه
وهو Controlled Variable

ـ يوضح الشكل أحد أجهزة التحكم الموقعية Field Controller النيوماتية ، وكما ترى هذا الجهاز يتحكم فى ضغط عملية صناعية من الصفر إلى 70 PSI
ـ نقطة الضبط Setpoint هى كما ترى عند 35 PSI
ـ نستطيع بسهولة بإستخدام ضبط مقبض الفرق البينى Diff. Gap Adj. knob التحكم فىالفرق بين الحد الأدنى Low Limit للضغط وبين الحد الأعلى High Limit
وهذ الضبط يكون طبعاً حسب إحتياجات العملية الصناعية أو العملية الإنتاجية

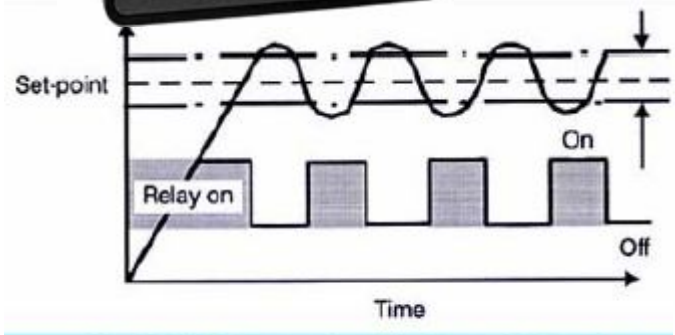
Blank Page

إستخدام الأجهزة الديجيتال للتحكم الثنائى ON/OFF و الفرق البينى
ON/OFF Differential Gap(Dead Band) Control
التحكم فى درجة الحرارة Temperature Control

تمتاز الأجهزة الحديثة الديجيتال بالإمكانيات العظيمة وسهولة برمجتها والتى تعتمد على تنفيذ خطوات محددة يستطيع القيام بها المهندس أو الفنى الذى لديه المعلومات الأساسية والعامة عن التحكم .

هذا بالإضافة طبعاً إلى الميزة الكبيرة وهى رخص الأجهزة الديجيتال بالمقارنة بالأجهزة النيوماتية حيث نستطيع شراء أجهزة تحكم ديجيتال بحوالى خمسون دولار ، وهى متوفرة بالأسواق وقمت بشراء الكثير منها وإستخدامها فى الكثير من نظم التحكم .

DE SERIES, 1/8 DIN DIGITAL THERMOSTATS						
MODEL NUMBER	VOLTS	MAX. AMPS	TEMP. RANGE	SENSOR LENGTH Ft./(m)	REPL. SENSOR P/N	SHIP WGT. Lbs./(kg)
DE20	85-265	20	0-500°F (0-260°C)	10' (3m)	RTD1000	3 (1.5)



On/Off Control with Dead-Band

Differential Gap

A differential gap instrument provides two distinct outputs, either opened or closed. One distinct output value is obtained when the level exceeds the upper switching point. This value remains constant until the level decreases below the lower switching point. At this time the controller changes to another distinct output value. The new value remains constant until the level again rises above the upper switching point causing the output value to return to the first output value. The distance between the two switching points is called the differential gap.

يوضح الشكل جهاز تحكم فى الحرارة وهويماثل الكثير من الأجهزة الإيطالية واليابانية والكورية والصينية والمتوفرة بالسوق المحلى بالقاهرة ومدينة العاشر من رمضان ومدينة 6أكتوبر وبأسعار متفاوتة تبلغ حوالى خمسون دولار تتدرج بالزيادة حسب المواصفات المطلوبة

وهنا يجب شراء الجهاز بمواصفات حسب الإحتياج الفعلى وتجنب إختيارنفس نوع الجهاز بمواصفات كثيرة لانحتاجها وذلك سعياً وراء شراء الجهاز الغالى ثمناً ، جرياً على مفهوم أن الغالى هو الأفضل .

فمثلاً : إذا كان العنصر الحساس Sensor هو RTD فيجب شراء جهاز تحكم يتعامل مع الـ RTD وتجنب شراء جهاز عام Universal يتعامل مع الـ RTD بأنواعها ، والإزدواج الحرارى TC بأنواعه

وهنا يأتى الدور المهم جداً للمهندس الذى يقوم بإعداد مواصفات طلب الشراء والذى يجب أن يكون على دراية كافية بالماهيم الأساسية والمهمة الواردة فى هذا الكتاب والأجزاء المكملة له .

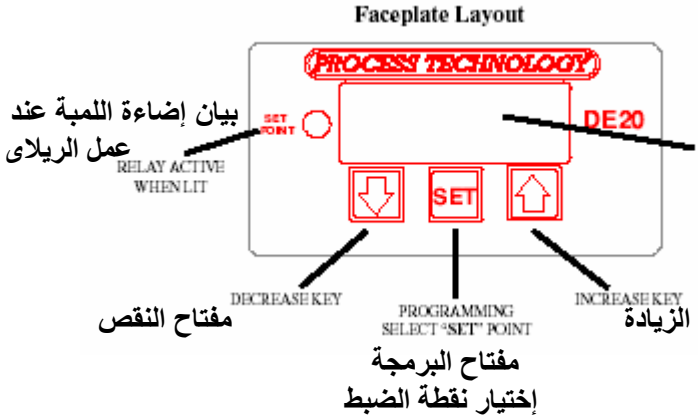
فى الصفحات التالية نتناول على سبيل المثال (يتشابه معه الكثير من الأنواع) برمجة الجهاز الموضح ومعايرته وإعدادة بالضوابط الصحيحة والآمنه التى تحتاجها العمليات الصناعية للتحكم فى حرارتها والمتواجدة بكثرة فى شركات الصناعات البلاستيكية والمصانع الكيماوية وغيرها .

وصف جهاز التحكم فى حرارة العمليات الصناعية :

عمل جهاز التحكم :

ـ فصل الكهرباء عن السخان عند وصول الحرارة إلى نقطة الضبط Setpoint
ـ إعادة توصيل الكهرباء للسخان عند هبوط الحرارة بقيمة الـ Set Point Dead band أسفل نقطة الضبط
ـ يستمر توصيل الكهرباء للسخان حتى الوصول إلى الـ Set Point
ـ يستمر فصل السخان فى الإتجاه المعاكس بعد إعادة توصيل السخان
ـ حالة فصل الكهرباء أو حالة توصيل الكهرباء تستمر كما هى أثناء الحيز الساكن Dead Band

واجهة الجهاز : Faceplate Layout



المواصفات الفنية التالية تستطيع الإستفادة منها فى إعداد طلبات الشراء المناسبة للتحكم فى حرارة الكثير من الصناعات والإستخدامات العامة .

المواصفات الفنية لجهاز التحكم

SPECIFICATIONS

Standard Input:
2 wire- 1000 ohm RTD: tcr (alpha), 0.00385 ohm/ohm/°C

ـ عنصر الإحساس بالحرارة Sensor
وهو نوع RTD 1000

Input Range:
-40 to 1000° F (-40 to 538° C), °F or °C field selectable.

ـ مدى قياس الجهاز هو من -40 °C إلى 538°C

Set Point Range:
Selectable throughout the input range.

ـ مدى نقطة الضبط : إختيارى على طول مدى القياس

Sensor Break or Short Protection:
De-energize control output.

ـ الحماية من حدوث قصر أو فتح الحساس Sensor
تتم الحماية بفصل خرج التحكم (فصل الكهرباء)

Accuracy
± 0.25% span, ± 1 digit.

ـ الدقة :
± 0.25% من الإتساع SPAN
(Span = هو الفرق بين القيمة العظمى والصغرى لمدى القياس)

Display:
4 digit, ½" (nominal) LED display.

ـ شاشة العرض تسع 4 أرقام مضاءة بدايود ضوئى LED

Control Function:
ON/OFF Electromechanical Relays.

ـ وظيفة (فعل)التحكم : نوع التحكم هو ON/OFF بريلاى عادى (إليكتروميكانيك)

Control Outputs:
Set Point (reverse acting). SPDT, N/O contact.
20A resistive @ 240 VAC maximum, 1 H.P. @ 240 VAC maximum.

ـ خرج جهاز التحكم هو (عكسى الآداء)
بريلاى ذو تلامس أحادى القطب وثنائى التلامس SPDT
يتحمل التلامس حتى 20A

ON/OFF Differential:
Field adjustable 1° (F or C) to 99°.

ـ ضبط الفارق البينى ON/OFF Diff. Gap
مدى الضبط هو من 1 ° إلى 99 ° درجة مئوية أوفهرنهيتية

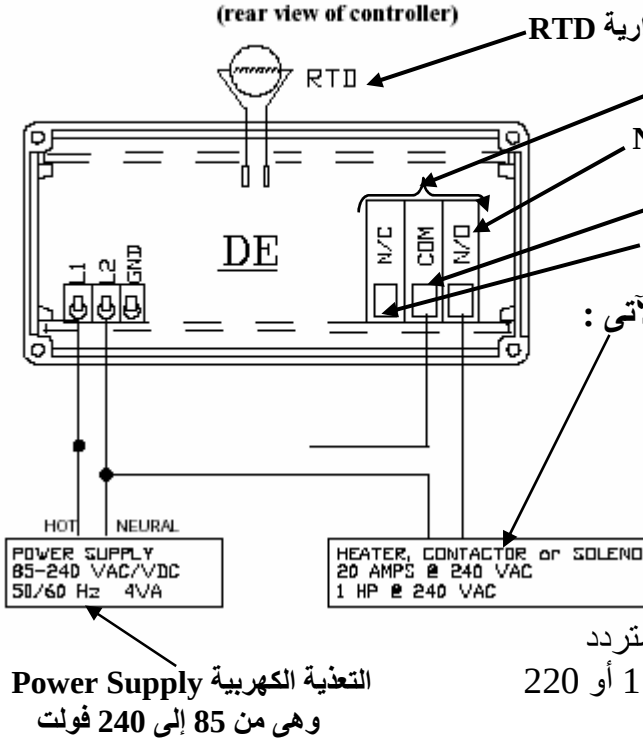
Memory:
Non volatile.

ـ الذاكرة : غير متطايرة (لاتفقد الضوابط والبرمجة بفقد الكهرباء)

توصيلات الجهاز Wiring Connection

تستطيع ببساطة الإستعانة بمعلومات توصيل هذا الجهاز فى توصيل معظم أجهزة التحكم الديجيتال .

Power, Heating and Cooling Relay Wiring
(rear view of controller)



ـ توصيل طرفى الحساس Sensor وهو المقاومة الحرارية RTD
ـ مجموعة توصيلات أطراف نقط تلامس الريلاى
ـ توصيل طرف الريلاى المفتوح عادة Normaly Open
ـ توصيل طرف الريلاى المشترك Common
ـ توصيل طرف الريلاى المغلق عادة Normaly Closed

توصيلات خرج جهاز التحكم يمكن إستخدامها فى الآتى :
ـ Heater التحكم فى توصيل وفصل كهرباء السخان
ـ Contactor التحكم فى عمل الكونتاكتور الذى يقوم بتوصيل تلامسات كهربية بأحمال Loads مختلفة .
ـ Solenoid تشغيل بلف سولينويد .

عند شراء جهاز التحكم فإنه من الأفضل مراعاة أن تغذيته الكهربية تكون من 85 إلى 240 فولت وذلك تجنباً لمشاكل إنخفاض الفولت عن 220 فولت متردد وأيضاً سهولة تركيبه فى الأماكن التى تعمل بفولت 110 أو 220

التغذية الكهربية Power Supply وهى من 85 إلى 240 فولت

ضبط نقطة التحكم Control Set Point :

Control Set Point

The set point value will be displayed whenever the "SET" key is pressed. This value can be changed by the following procedure:

Press both the "SET" key and the decrease "↓" keys simultaneously and hold for 3 seconds. The set point value and a decimal point will appear, release both keys. Wait approximately one second, then using the decrease "↓" key or increase "↑" key, adjust the display to your new value. Depress the "SET" key to enter your new value.

Note: If the "SET" key is not pressed within 5 seconds, the new value will be lost and the set point value will revert to its previous setting.

The controller will automatically return to the operating mode and display the current temperature.

أثناء التشغيل نستطيع رؤية نقطة الضبط Set Point الحالية بمجرد الضغط على زر SET

خطوات تغيير قيمة ضبط نقطة الضبط :
ـ إضغط الزر SET والزر ↓ معاً فى نفس الوقت ولمدة ثلاث ثوان حيث تظهر قيمة ال Set Point الحالية ، ولتغييرها نضغط الزر ↑ لزياد تها ونضغط الزر ↓ لإنقاصها ، ثم نضغط الزر SET لحفظ ولتخزين القيمة الجديدة

ملحوظة : إذا لم يتم ضغط الزر SET خلال 5 ثوان فإن القيمة لايتم تخزينها ويعود الجهاز مرة أخرى للقيمة السابقة وكأن شيئاً لم يكن ، كما أنه يعود لعرض قيمة الحرارة المقاسة .

ضبط الحيز الساكن Dead Band لنقطة الضبط Set Point

U5, "SP1" Set Point Dead Band

This setting, which may be any number from 1 to +99 represents a dead band that only applies to the SET POINT.

This bandwidth applies to the low side of the "**SP1**" SET POINT. If the "**U5**" setting is set at 5º F and the "**SP1**" SET POINT is set at 115º F, then the set point relay is de-energized when the (displayed) temperature reaches 115º F and it is reenergized when the temperature falls to 110º F.

هذا الضبط مهم جداً جداً

إذا كانت العملية الصناعية تتطلب المحافظة على درجة الحرارة قريبة من نقطة الضبط SP فإنه يجب تضييق الـ Dead Band والعكس صحيح
فمثلاً : إذا كانت الـ 115º = SP وتم ضبط قيمة الـ 5º = Dead Band أسفل نقطة الضبط
فإن ريلاى الخرج يصبح De-energized وفتح نقطة تلامسه عند وصول الحرارة على الشاشة 115º
ويظل التلامس مفتوح حتى تنخفض الحرارة إلى 110º وهنا يقفل الريلاى تلامسه (Reenergized)

ثالثاً : التحكم التناسبى (P) Proportional Control

التحكم التناسبى Proportional Control :

هو إحداث تغييرات تناسبية فى الخرج Output تتناسب مع الخطأ Error أو الإنحراف Deviation
بين متغير العملية الصناعية **PV** Process Variable وبين القيمة المضبوطة Set Point **SP**

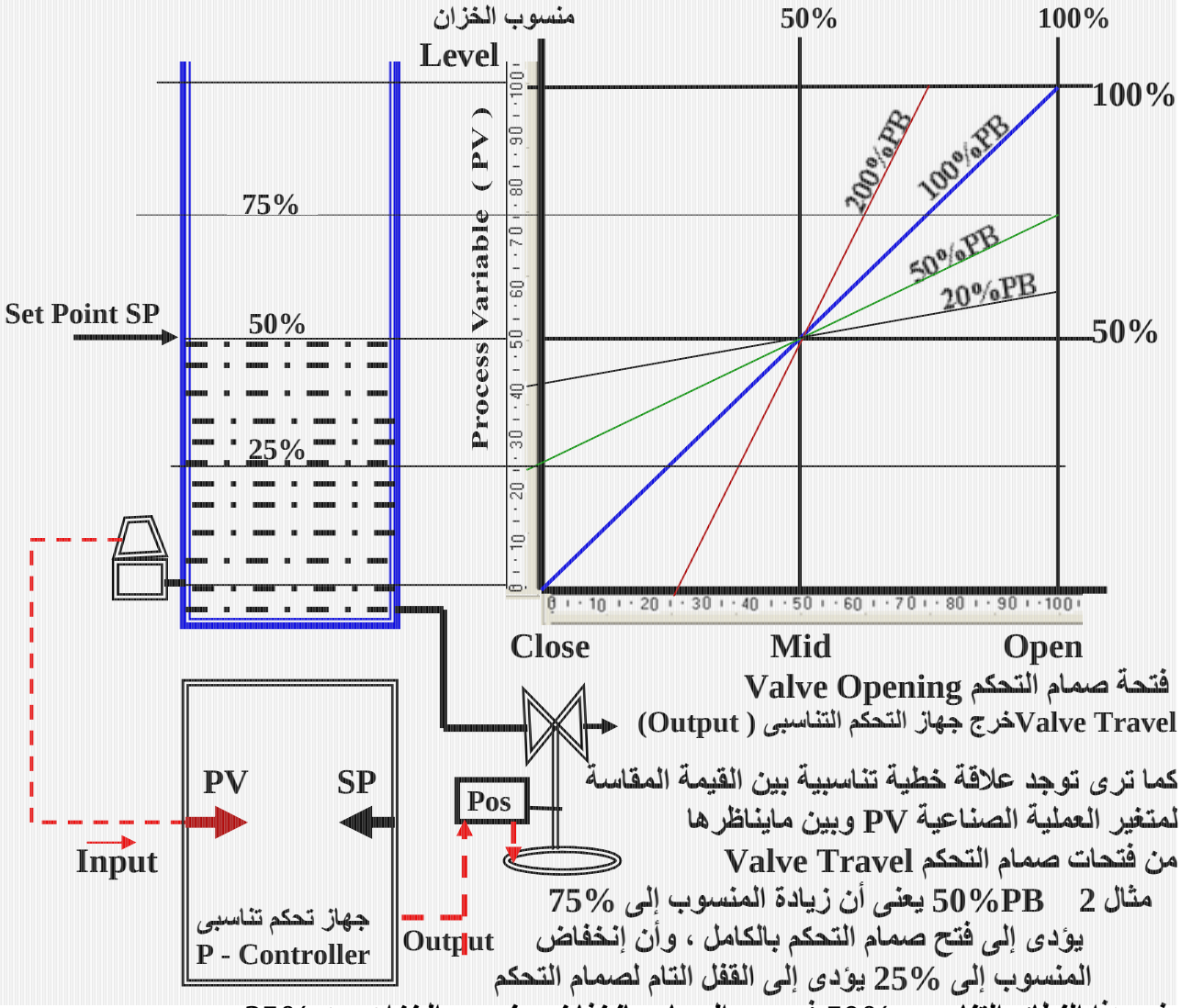
Error = Deviation = SP - PV

النطاق التناسبى Proportional Band PB

هو كمية تغير القيمة المقاسة للعملية الصناعية PV (كنسبة مئوية من التدريج)على جانبى نقطة الضبط Set Point واللازمة لإحداث تغير فى الخرج Output من أدنى قيمة إلى أقصى قيمة أوالتى تسبب حركة كاملة Full Travel لبلف التحكم Control Valve.

PB *"What percentage of change of the controller input span will cause a 100% change in controller output?"* PB= ΔInput(%Span) For 100%ΔOutput

مثال : إذا كان منسوب خزان هو 100 cm سنتيمتر ، ونقطة الضبط هى 50 cm فإن PB =100 % يعنى أن تغيرالمنسوب أعلى أوأدنى نقطة الضبط بمقدار 50 cm يسبب الفتح أو الغلق الكامل لصمام التحكم Control Valve.



كما ترى توجد علاقة خطية تناسبية بين القيمة المقاسة لمتغير العملية الصناعية PV وبين ماينظرها من فتحات صمام التحكم Valve Travel

مثال 2 50%PB يعنى أن زيادة المنسوب إلى 75% يؤدى إلى فتح صمام التحكم بالكامل ، وأن إنخفاض المنسوب إلى 25% يؤدى إلى القفل التام لصمام التحكم

يفيد هذا النطاق التناسبى 50% فى عدم السماح بإنخفاض منسوب الخزان عن 25%

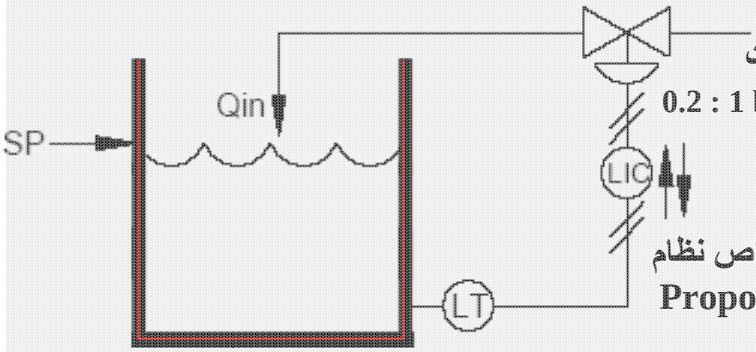
E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

Blank Page

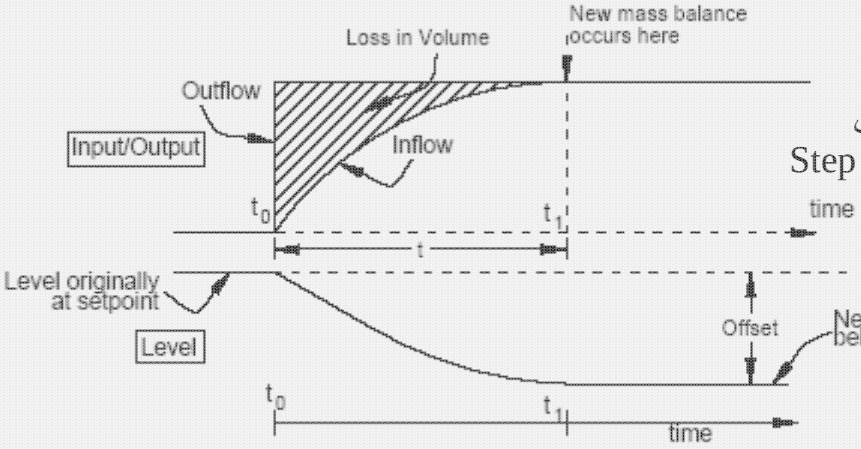
الإنحراف أو الحيود الثابت
(Offset or Droop)

Offset - A condition which occurs when the process has reached equilibrium but has not reached the setpoint. Called droop.

Offset هو حالة وصول العملية الصناعية
إلى وضع الإستقرار مع إستمراروجود فرق ثابت
بين متعير قياس العملية الصناعية **PV** **0.2 : 1 bar**
وبين نقطة الضبط **Setpoint**

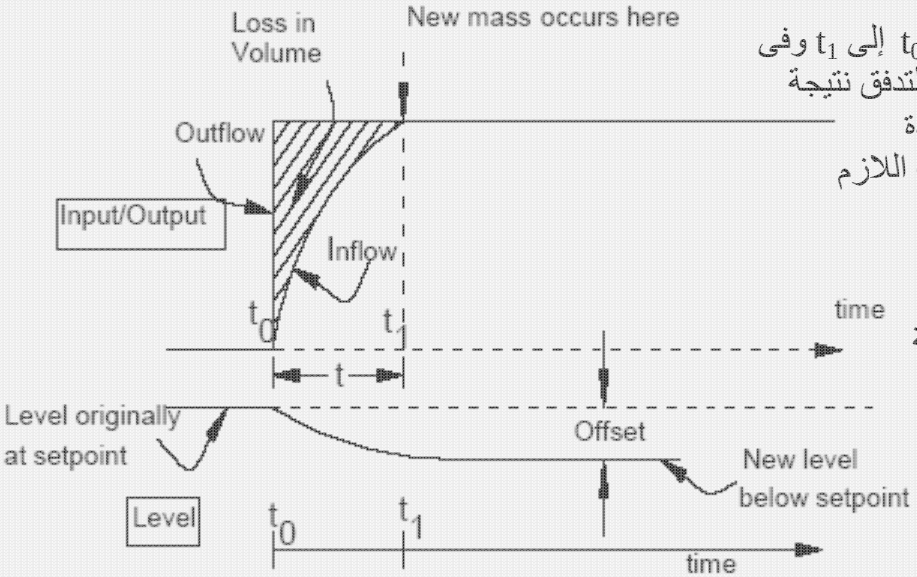


Offset هو خاصية **Characteristic** من خواص نظام
التحكم التناسبى Proportional Control System



Proportional Control Response Curve

في البداية كان منسوب الخزان
مساوى لنقطة الضبط Setpoint
ولكن عند حدوث سحب سريع مرحلى
من لخزان Step Increase in Outflow
فى زمن t_0 نتج عنه قياس جديد
للمنسوب ووضع تصحيح تحكمى
Control correction
أدى إلى حالة إتزان كمى جديد New mass balance بين
الزيادة الجديدة فى كمية تدفق
السحب Outflow وبين ماناظرها من
زيادة مماثلة فى كمية التدفق
الداخلة Inflow إلى الخزان
ولكن طبعاً بعد مرور وقت من t_0 إلى t_1 وفى
أثناء هذا الوقت يحدث فقد فى التدفق نتيجة
الفرق بين الحدوث السريع لزيادة
السحب Outflowوبين الوقت اللازم
للتعويض بزيادى فتحة صمام
دخول التدفق Inflow



Proportional Response with a lower Proportional Band

فى مقارنة بين منحنى الإستجابة
Response Curve العلوى
والسفلى نلاحظ الآتى :
تخفيض الـ PB فى المحنى
السفلى تسبب فى تخفيض
قيمة الـ Offset وأيضاً
تخفيض زمن وصول العملية
الصناعية إلى الإتزان Equilibrium

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

Blank Page

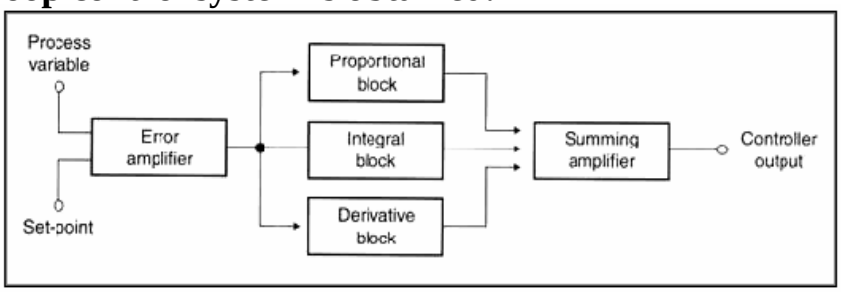
جهاز التحكم التناسبى التكاملى التفاضلى PID Controller

(Proportional - Integral - Derivative Controller) (PID Controller)

PID Controller Calculation (Algorithm)

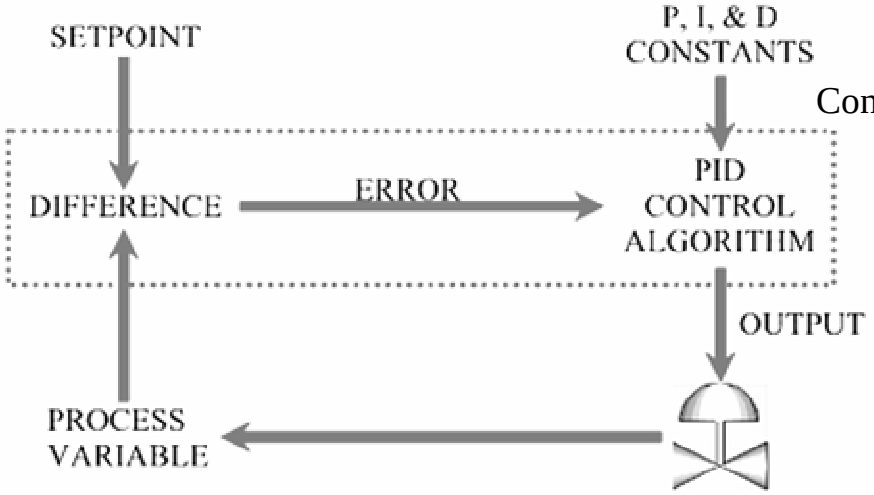
PID هو نظام فعّال Effective Control System للتحكم الدقيق والمستمر فى العمليات الصناعية وبمعنى آخر هو مجموعة من القواعد التى نحصل بها على تنظيم دقيق لدوائر التحكم المغلقة

PID can be described as a set of rules with which precise regulation of a closed-loop control system is obtained.



Block Diagram of PID Controller

يستقبل جهاز التحكم إشارة قياس العملية الصناعية PV وهى Process Variable ثم طرحها من القيمة المضبوطة Set Point ويكون ناتج الطرح هو قيمة الخطأ Error (e) ، والذى يستخدمه جهاز التحكم فى حسابات الـ **PID Calculation (Algorithm)** لإنتاج إشارة خرج جهاز التحكم والتى يستقبلها عنصر تصحيح العملية الصناعية وهو مثلاً صمام التحكم Control Valve



Control Algorithm

$$\text{Controller Output } (P_{Out}) = K_p\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(\tau)\,d\tau + T_d\frac{de}{dt}\right)$$

Controller Output (P_{Out}) = $P_{contrib}$ + $I_{Contrib}$ + $D_{Contrib}$

حيث K_p = Proportional Gain ، T_i = Integral Time ، T_d =Derivative Time

هو الصيغة أو المعادلةالرياضية للتعبير عن الثلاث عناصر المساهمة فى خرج جهاز التحكم وهى :

- **مساهمة الفعل التناسبى** — **Proportional Contribution = $P_{contrib}$**
- **مساهمة الفعل التكاملى** — **Integral Contribution = $I_{Contrib}$**
- **مساهمة الفعل التفاضلى** — **Derivative Contribution = $D_{Contrib}$**

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

Blank Page

ضبط فعل التحكم التكاملى Integral Action (Reset Action)
فى نظم وأجهزة التحكم الصناعية

برمجة أو ضبط أجهزة ونظم التحكم الصناعية يظهر بها فعل التحكم التكاملى Integral أو بالمعنى الآخر والمعروف بـ إعادة الضبط Reset يظهر بالرمز I أو RPM وعليك أن تحدد قيمتها المناسبة للعملية الصناعية ، وذلك طبعاً أثناء برمجة الأجهزة الإليكترونية الديجيتال أو غيرها من الأجهزة العادية النيوماتية والهيدروليكية

ماهو مفهوم الضبط لفعل التحكم بالمصطلح I أو المصطلح RPM

المصطح I و المصطلح MPR (Minutes Per Repeat)

كلاهما يشير إلى زمن إعادة الضبط Reset Time وهو زمن تكرار الفعل التناسبى معبراً عنه بالـ Seconds أو بالداقائق لكل تكرار(MPR (Minutes Per Repeat

زمن إعادة الضبط بالدقائق لكل تكرار = MPR =(Minutes Per Repeat)In Reset Time

المصطلح RPM (Repeats Per Minute)

هوعكس مفهوم المصطلح I أو MPR ، ولهذا فهو يعنى عدد التكرار لكل دقيقة RPM

معدل التكرار = Reset Rate =RPM

ولكن ماهو تأثير ماسبق على توليف Tuning أجهزة التحكم Controllers مع العملية الصناعية

فى مواقع الإنتاج الصناعية يكون من الضروري جداً أن تسير العمليات الإنتاجية كما هو مطلوب ، ولتحقيق ذلك يتم ضبط تأثير الفعل التناسبى Proportional Action وتأثير الفعل التكاملى Resetبالمفهوم الصحيح

فمثلاً :

عند بداية توليف Tuning عملية صناعية جديدة مع جهاز تحكم فإنه يجب أن نتذكر الآتى :

ضبط الفعل التناسبى P Proportional Action :

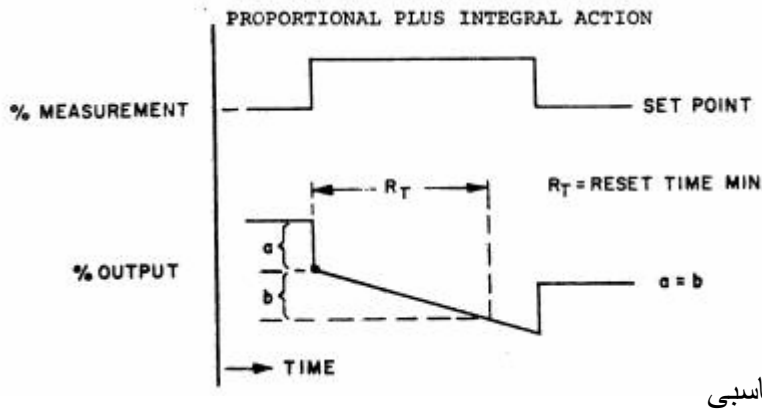
- نبدأ بقيمة عالية عند إختيار الضبط على أساس الـ PB أى Prportional Band
- نبدأ بقيمة منخفضة عند إختيار الضبط على أساس الكسب Gain

ضبط الفعل التكاملى I Integral Action :

- **نبدأ بقيمة عالية عند إختيار الضبط على أساس زمن إعادة الضبط Reset Time أو زمن تكرار إعادة الضبط MPR**
- **نبدأ بقيمة منخفضة عند إختيار الضبط على أساس عدد التكرار لكل دقيقة RPM**

فى الجزء الثانى من الكتاب تجدون تفاصيل أكثر عن توليف نظم التحكم فى العمليات الصناعية مع تطبيقات عملية متنوعة وتنفيذها فى مواقع الإنتاج والمنشآت الصناعية المختلفة .

فعل التحكم التناسبى بالإضافة إلى الفعل التكاملى
Proportional Plus Integral Action



يوضح الشكل دائرة تحكم لفعل التحكم التناسبى بالإضافة للفعل التكاملى والمعروف بـ PI Control وذلك فى دائرة تحكم مفتوحة Open Loop

حيث نلاحظ الآتى :

ـ إحداث تغير مرحلى Step Change فى القيمة المقاسة Measurement يؤدى إلى إحداث تغير فورى بتأثير الفعل التناسبى بالقيمة a يتبعها إحداث تغير إضافى بتأثير الفعل التكاملى b بنفس قيمة التغير التناسبى ولكن بعد مرور زمن إعادة الضبط Reset Time = R_T

ـ تستمر الزيادة فى الخرج بتأثير الفعل التكاملى طالما إستمر هناك فرق بين القيمة المقاسة Measurement وبين القيمة المضبوطة Set point

ـ تتوقف الزيادة فى الخرج فقط عند تساوى القيمة المقاسة مع القيمة المضبوطة SP – PV = 0

مثال :

جهاز تحكم مباشر Direct Action(يزيد خرج جهاز التحكم بزيادة القيمة المقاسة) ، حيث الـ PB = 50% وخطأ ثابت Sustained Error ، ونقطة ضبط Set point = 50% وقيمة مقاسة Measurement=55% وبعد مرور أربع دقائق إزداد الخرج 30% ، ماهى القيمة المضبوط عليها الفعل التكاملى ? Reset Time

الحل :

$$Gain = \frac{100\%}{50\%} = 2 \qquad \textbf{PB = 50\%}$$

وحيث أن فعل التحكم مباشر ↑↑ لهذا يكون الكسب بإشارة سالبة Negative Gain (K_p)

$$\text{Proportional Output} = -K_p \times \text{Error}$$
$$= -2 \times (50 - 55) = +10\ \%$$

وحيث أن الخرج الكلى (تناسبى + تكاملى) بعد مرور أربع دقائق هو 30% فهذا يعنى أن الزيادة التى سببها الفعل التكاملى خلال الأربع دقائق هى 20% ، لأن الفعل التناسبى تسبب فى زيادة 10%

أى أن معدل تكرار الفعل التناسبى (Reset Rate) = 0.5RPM = 2MPR

- **Direct acting process (Process Gain and Controller Gain positive) –› use reverse acting controller**
- **Reverse acting process (Process Gain and Controller Gain negative) –› use a direct acting controller**

Derivative or Rate Action الفعل التفاضلى

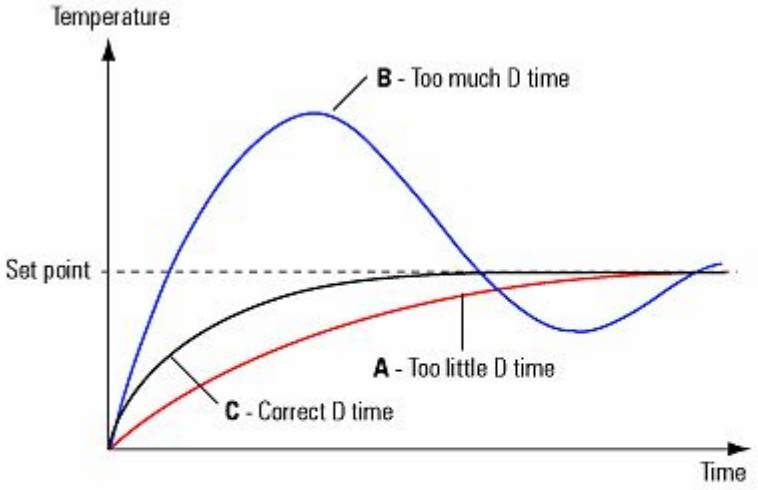
يقوم الفعل التفاضلى بتسريع التحكم فى العمليات الصناعية بطيئة الإستجابة أوالكبيرة السعة .

الفعل التفاضلى (Rate) Derivative+ Action :
Rate action is a function of the *speed of change* of the error. **هو دالة فى سرعة تغير الخطأ**

يقوم فعل التحكم التفاضلى بإعطاء إستجابة فورية (تغيرفى خرج جهاز التحكم) والتى من المفترض أن تعادل فى المستقبل كلاً من الفعل التناسبى بالإضافة للفعل التكاملى ولكن بعد مرور الزمن التكاملى I

Derivative (Rate) Sumary - Rate action is a function of the *speed of change* of the error. The units are *minutes*. The action is to apply an immediate response that is equal to the proportional plus reset action that would have occurred some number of minutes I the future.

ويستخدم فعل التحكم التفاضلى فى العمليات الصناعية البطيئة الإستجابة مثل التحكم فى الحرارة . ولايستخدم فى التحكم فى التدفق Flow Control ، ويندر إستخدامه فى التحكم فى الضغط Pressure ، و يقل إستخدامه فى المنسوب Level



Derivative time reaction to change in load

	Summary of derivative action
Correct derivative time =	Quick response, stable
Too much D time =	Faster response leading to overshoot and instability
Too little D time =	Slower response

الفعل التفاضلى Rate or Derivative Action

هو فعل تحكم إستباقى Leading Control الهدف منه التغلب على القصور الزاتى Inertia أو التأخير الزمنىالكلى Overall Lag للتحكم فى العملية الصناعية .

وفكرة عمل التحكم الإستباقى Pre –act للفعل التفاضلى هى قيام جهاز التحكم بمقارنة القيمة الحالية للقيمة المقاسة PV بالقيمة السابقة لها ، فإذا كان هناك تغير فى ميل Slope القيمة المقاسة فإن جهاز التحكم يحدد قيمة الخرج التى يجب أن يعطيها بعد الزمن الذى تم ضبطة للفعل التفاضلى T_d (وهى قيمة الخرج بتاثير الفعل التناسبى وحده) ، وفوراً وقبل بداية تأثير الفعل التناسبى فإن جهاز التحكم يقوم بإعطاء هذه القيمة .

Blank Page

إستخدامات التحكم التفاضلى Applications

نظراً لإعتماد عمل التحكم التفاضلى على سرعة تغير الخطأ Error ، فإن خرج جهاز التحكم Output سوف يكون عنيف جداً إذا تم إستخدامه فى عملية صناعية سريعة مثل التدفق Flow أو فى عملية صناعية سريعة الإضطراب Noisy ، وفى هذه الحالة يحدث تذبذب للعملية الصناعية Cycling

ولهذ ايكون من الأفضل إستخدام التحكم التفاضلى فى العمليات الصناعية بطيئة الإستجابة مثل درجة الحرارة Temperature حيث يكون التأخير الزمنى كبير Large Time Delay بين تنفيذ أمر التصحيح الصادر من جهاز التحكم Corrective Action وبين إستجابة العملية الصناعية Process Response .

أيضاً نستطيع إستخدام التحكم التفاضلى فى دوائر التحكم فى الخزانات ذات السعات الكبيرة والتى يحدث فيها سحب سريع يتطلب التعويض السريع بكميات كبيرة فى البداية ، وذلك لكى يتم التعويض السريع وبالتالى سرعة تقليل الفرق الذى حدث بين منسوب الخزان Level (PV) وبين القيمة المضبوطة Setpoint (SV)

إختيار إستجابة التحكم التفاضلى هو للتغيرفى القيمة المقاسة Process Variable (PV) وتجاهل تغير القيمة المضبوطة (SV) Setpoint

ControllerOption to Ignore Change in Setpoint (SV)

الكثير حالياً من أجهزة التحكم الإليكترونية وخاصة الأجهزة الديجيتال يتم تصميمها للإستجابة فقط فى التغير فى الـقيمة المقاسة (متغير القياس) PV ، وتتجاهل التغير فى القيمة المضبوطة (SV) Setpoint وهذه ميزة كبيرة لأنها تمنع الإضطراب الكبير للعملية الصناعية فى حالة إحداث تغير فى الـ Setpoint

Eng. Mahmoud Abdel Fatah Ahmed

الخلاصة :

أسلوب التحكم التفاضلى : Derivative or Rate Action Mode

- هو أسلوب تحكم يعتمد على سرعة التغير فى الخطأ Function of the speed of change of the Error
- يعطى إستجابة فورية فى خرج جهاز التحكم لتصحيح قدر كبير من الخطأ وبالتالى التعجيل بمعالجة الخطأ.

مزايا فعل التحكم التفاضلى : Advantages of Derivative Action

سرعة الإستجابة بإحداث تغير فورى كبير فى خرج جهاز التحكم ، يؤدى إلى تخفيض الزمن اللازم لإعادة متغير قياس العملية الصناعية PV إلى القيمة المضبوطة Setpoint (SV)

عيوب فعل التحكم التفاضلى : Disadvantages of Derivative Action

إحداث تذبذب وعدم إستقرار فى حالة إستخدامه فى العمليات الصناعية السريعة التغير Fast Processes

ضبط زمن الفعل التفاضلى T_d Setting of T_d

أولا: ضبط زمن كبير (عدد أكثر من الدقائق) More Minutes

- كسب كبير High Gain ـ إحداث تغير كبير فى الخرج Large Output Change
- إمكانية حدوث تذبذب للعملية الصناعية Possible Cycling

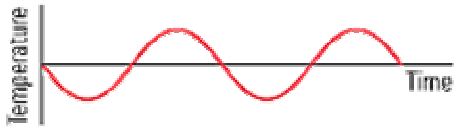
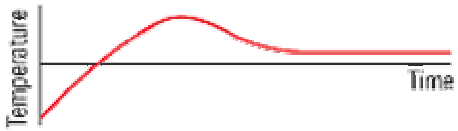
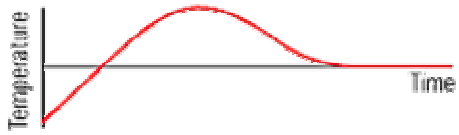
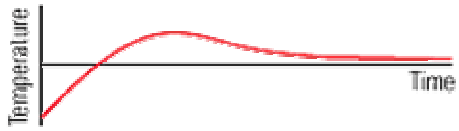
ثانياً : : ضبط زمن صغير (عدد أقل من الدقائق) Less Minutes

- **كسب صغير Low Gain ـ** إحداث تغير صغير فى الخرج Small Output Change
- عملية صناعية مستقرة Stable Process

عند توليف دائرة التحكم بطريقة التجربة والخطأ Trial and Error ، فإننا نبدأ بقيمة صغرى للـ T_d ثم نزيده حتى يحدث تذبذب للعملية الصناعية ، وهنا نخفض زمن الـ T_d إلى الثلث .

منحنى الإستجابة لأساليب التحكم التناسبى والتكاملى والتفاضلى
PID Control Modes and Responses

مهندس التحكم بعد كل ماسبق فإنه وبعون الله تعالى يكون قد تحقق لديه معرفة تأثيرعمل وأيضاً إختيار أسلوب أو أساليب التحكم Control Modes على إستجابة العملية الصناعية .

Control mode	Typical system responses	Advantages/disadvantages
On /off		▪ Inexpensive ▪ Simple ▪ Operating differential can be outside of process requirements
Proportional P		▪ Simple and stable ▪ Fairly high initial deviation (unless a large P-band is chosen), then sustained offset ▪ Easy to set up ▪ Offset occurs
Proportional plus Integral P + I		▪ No sustained offset ▪ Increase in proportional band usually required to overcome instability ▪ Possible increased overshoot on start-up
Proportional plus Derivative P+D		▪ Stable ▪ Some offset ▪ Rapid response to changes
Proportional plus Integral plus Derivative P+I+D		▪ Will give best control, no offset and minimal overshoot ▪ More complex to set up manually but most electronic controllers have an 'autotune' facility. ▪ More expensive where pneumatic controllers are concerned

يجب أن يتجنب مهندس التحكم إختيار أساليب تحكم معقدة و ليست ضرورية لحاجة العملية الصناعية ، فمثلاً إذا كان التحكم التناسبى يكفى فلايجب إدخال التحكم التكاملى والتفاضلى ، ولكن يتم فقط إضافة أسلوب التحكم الضرورى والمناسب للعملية الصناعية ، وقد واجهت أنا شخصياً فى داخل وخارج مصر مشكلة الإختيار الخاطىء لأساليب التحكم ، وعلى سبيل المثال فقط : أننى لاحظت إدخال التحكم التفاضلى فى التحكم فى تدفق الغاز الطبيعى فى نظام التحكم فى الغلايات Boilers .

الفعل التحكمى المباشر Direct Control Action
والفعل التحكمى العكسى Reverse Control Action

أولاً : الفعل التحكمى المباشر Direct Control Action

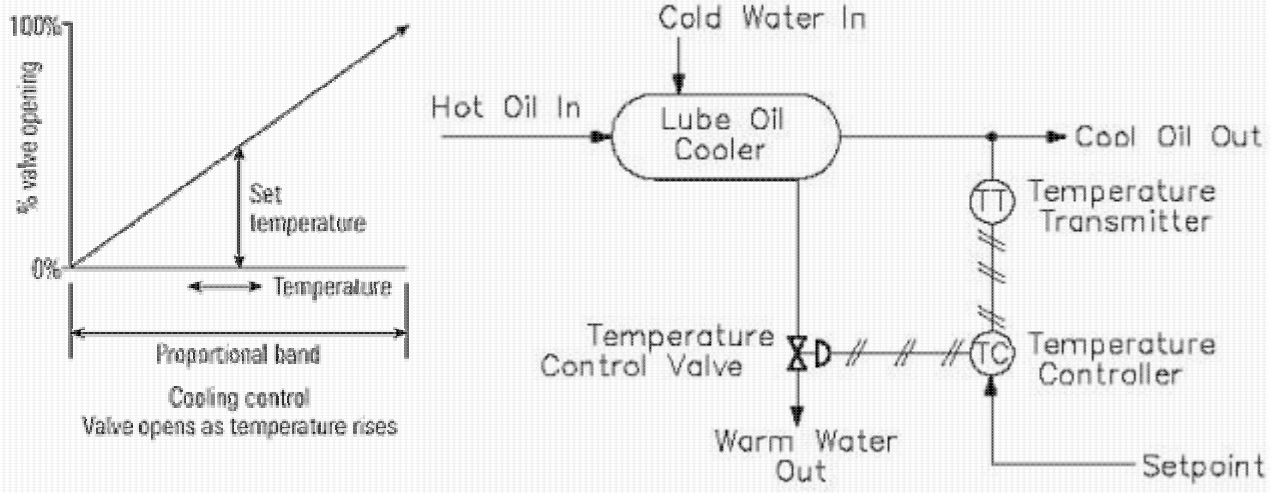
هو نظام تحكم يزداد فيه خرج جهاز تحكم العملية الصناعية بزيادة متغير العملية الصناعية PV فوق نقطة الضبط Setpoint SV

Direct Acting Control - A control arrangement in which the process controller output increases if the process variable rises above the setpoint. Typically used to control cooling equipment.

Direct action means that, when the controller sees an increasing signal from the transmitter, its output will increase.

يظهر بسهولة إستخدام فعل التحكم المباشر فى نظم تحكم التبريد Cooling Control

يوضح الشكل نظام التحكم فى دائرة تبريد زيت التزييت Lube Oil System ، وهذه الدائرة كثيرة الإستخدام فى التربينات فى محطات الكهرباء والضواغط فى المواقع البترولية والأسمدة الكيماوية وغيرها .



يوضح الشكل الأيسر أن زيادة الحرارة Temperature عن الحرارة المضبوطة Set Temperature تؤدى إلى زيادة فى فتحة البلف Valve Opening

تمثل درجة حرارة الزيت الخارج من مبرد الزيت Lube oil cooler متغير العملية الصناعية المحكوم Controlled Variable وتؤدى زيادتها إلى زيادة إشارة خرج جهاز التحكم Temperature Controller TC وبالتالى زيادة فتحة بلف التحكم وزيادة تدفق مياه التبريد cold water والتى تمثل متغير التعديل Manipulated variable وهذا طبعاً يعمل علىخفض درجة حرارة الزيت وإعادتها إلى القيمة المضبوطة Setpoint ، وبالطبع أيضاً العكس صحيح .

Blank Page

Controller Action ضبط إختيار فعل التحكم فى أجهزة التحكم

- A direct/reverse selection is normally provided with the PID to compensate for the relationship of the manipulated parameter to the controlled parameter

عادة فى نظام التحكم PID يتم إختيار فعل التحكم مباشر Direct Action أو عكسى Reverse Action وذلك طبعاً بناءاً على العلاقة بين متغير (أوعنصر) التعديل Maipulated Parameter (MV) وبين المتغير (أوالعنصر)المحكوم Controlled Parameter (PV)

- Select ***direct*** if the manipulated parameter must increased to correct for an increasing controlled parameter

يتم إختيار فعل التحكم المباشر Direct فى حالة :

إذا كان متغير التعديل Manipulated Variable (Parameter) (MV) يجب أن يزيد لتصحيح الزيادة فى المتغير المحكوم Controlled (ProcessVariable) Parameter (PV)

- Select ***reverse*** if the manipulated parameter must be decrease to correct for an increasing controlled parameter

يتم إختيار فعل التحكم العكسى Reverse فى حالة :

إذا كان متغير التعديل Manipulated Variable (Parameter) (MV) يجب أن ينقص لتصحيح الزيادة فى المتغير المحكوم Controlled (ProcessVariable) Parameter (PV)

• Direct acting process (Process Gain and Controller Gain positive) −› se a reverse a t ng ntr ller

• Reverse acting process (Process Gain and Controller Gain negative) −› se a d re t a t ng ntr ller

Blank Page

Blank Page

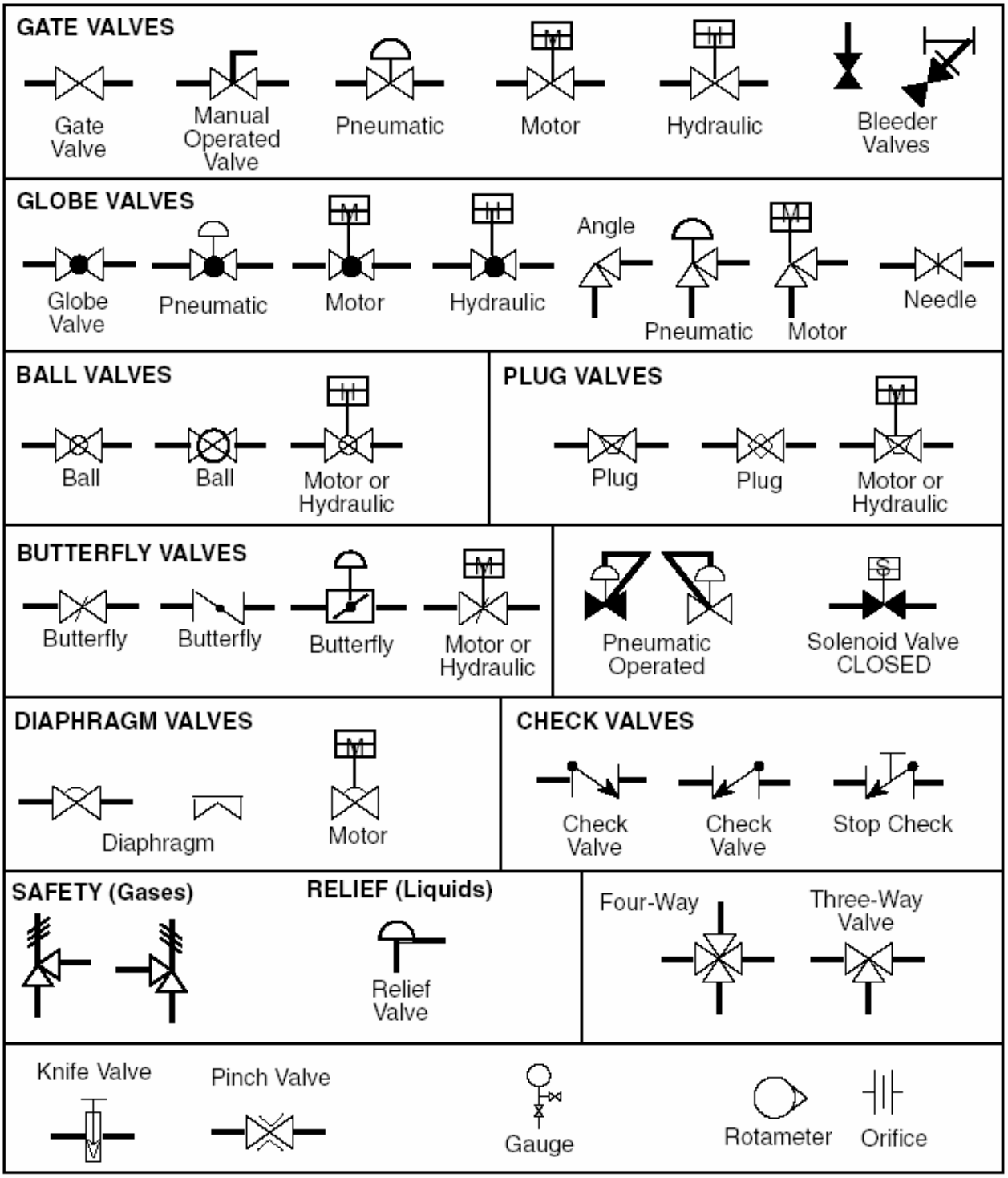
رموز العمليات الصناعية والأجهزة الدقيقة

Process and Instrument Symbols

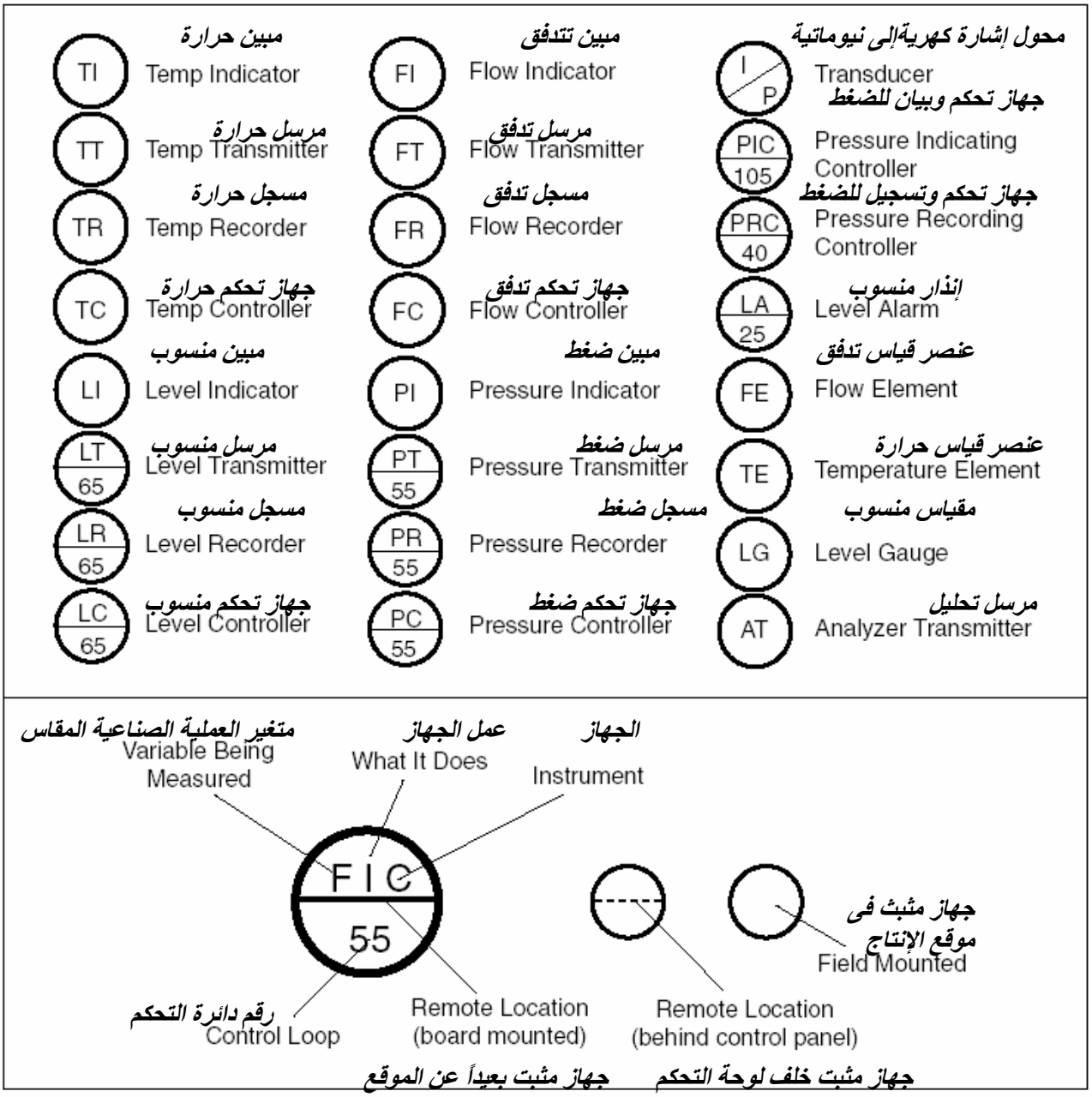
لابد للمهندسين والكيميائين العاملين فى المنشآت الصناعية والبترولية أن تكون لديهم المعرفة الكافية بمخططات ورسومات ورموز العمليات الصناعية والأجهزة وهى المعروفة بـ

Process and Instrument Drawings (P& ID_S)

أولاً: رموز البلوف (الصمامات) Valve Symbols

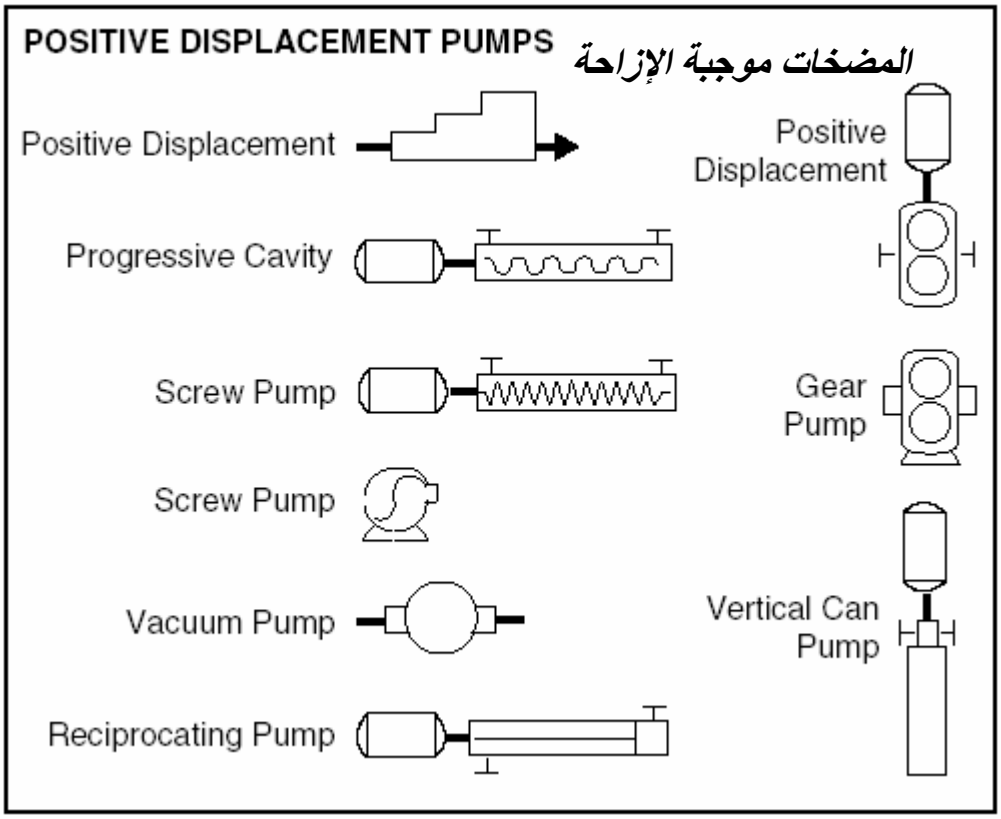


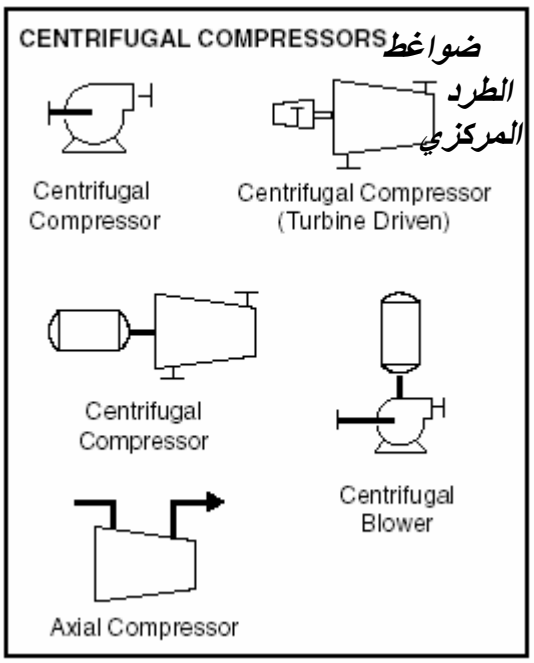
ثانياً : رموز الأجهزة الدقيقة *Instrument Symbols*

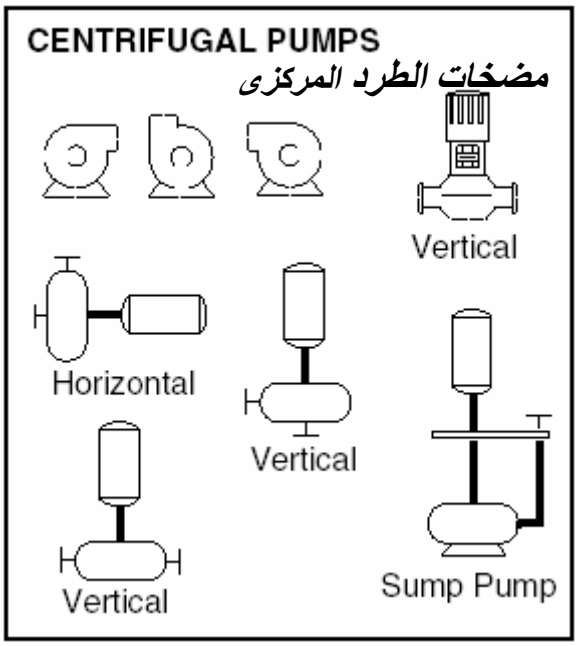


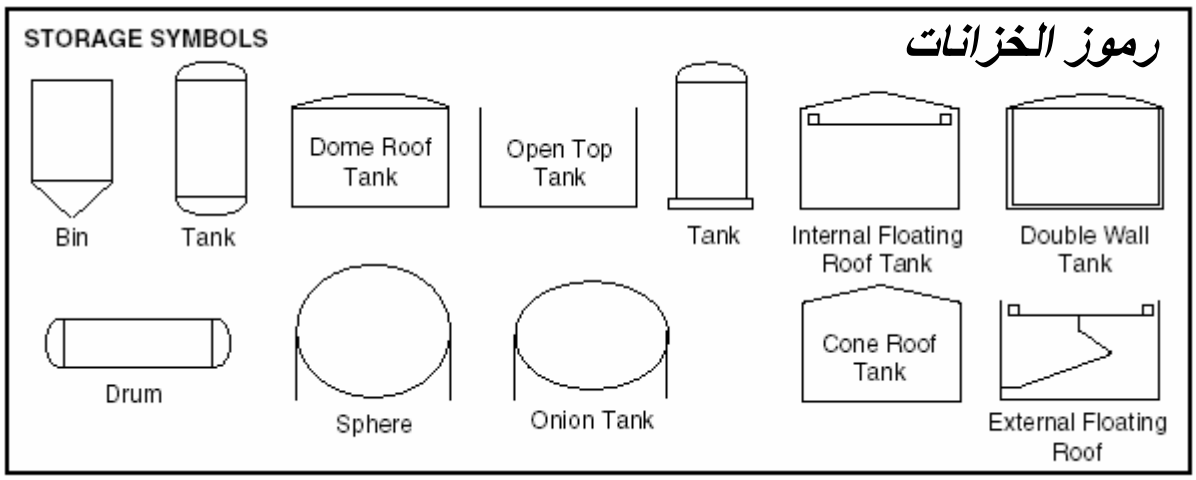
ثالثاً : رموز العمليات الصناعية *Process Diagrams*

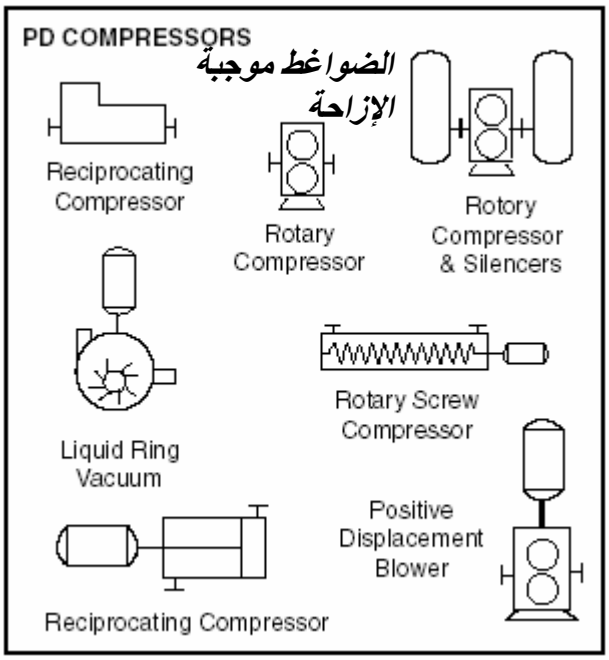
توضح الأشكال العديد من مكونات الإنتاج المستخدمة فى الكثير من العمليات الصناعية

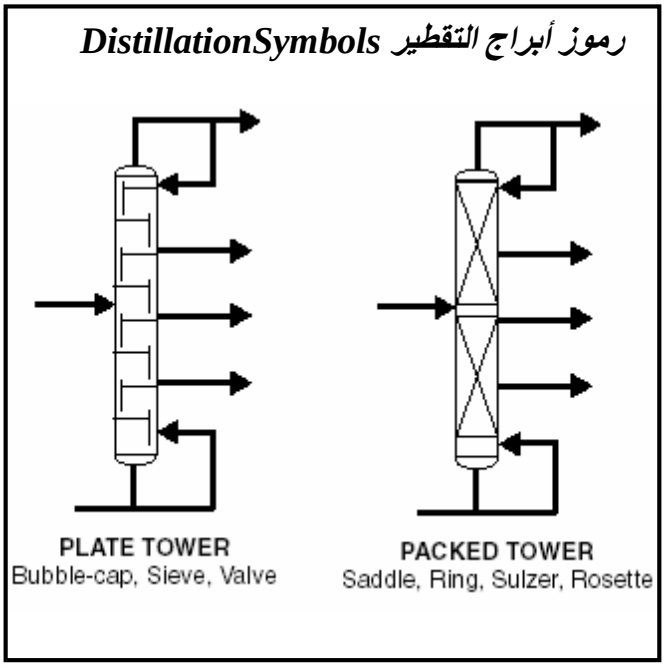


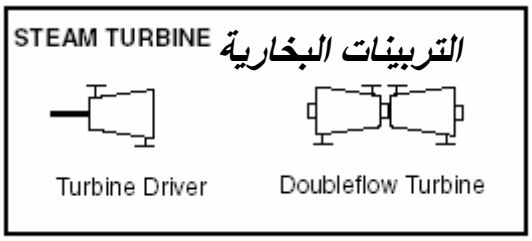


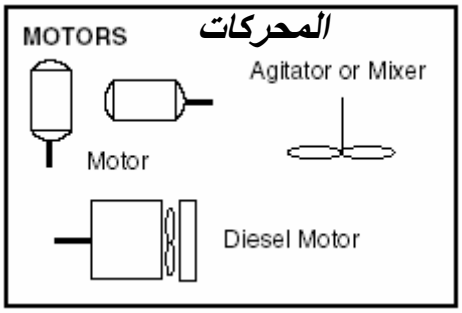


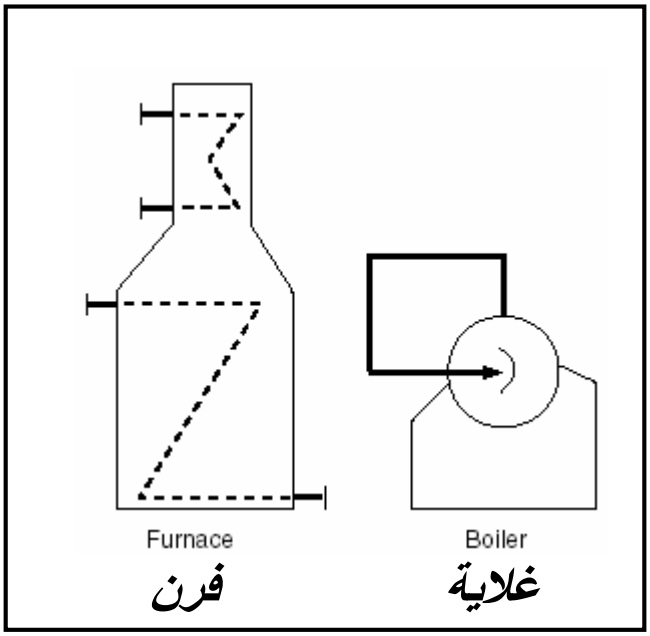

STORAGE SYMBOLS
رموز الخزانات
Bin
Tank
Dome Roof Tank
Open Top Tank
Tank
Internal Floating Roof Tank
Double Wall Tank
Drum
Sphere
Onion Tank
Cone Roof Tank
External Floating Roof


PD COMPRESSORS
الضواغط موجبة الإزاحة
Reciprocating Compressor
Rotary Compressor
Rotory Compressor & Silencers
Liquid Ring Vacuum
Rotary Screw Compressor
Positive Displacement Blower
Reciprocating Compressor

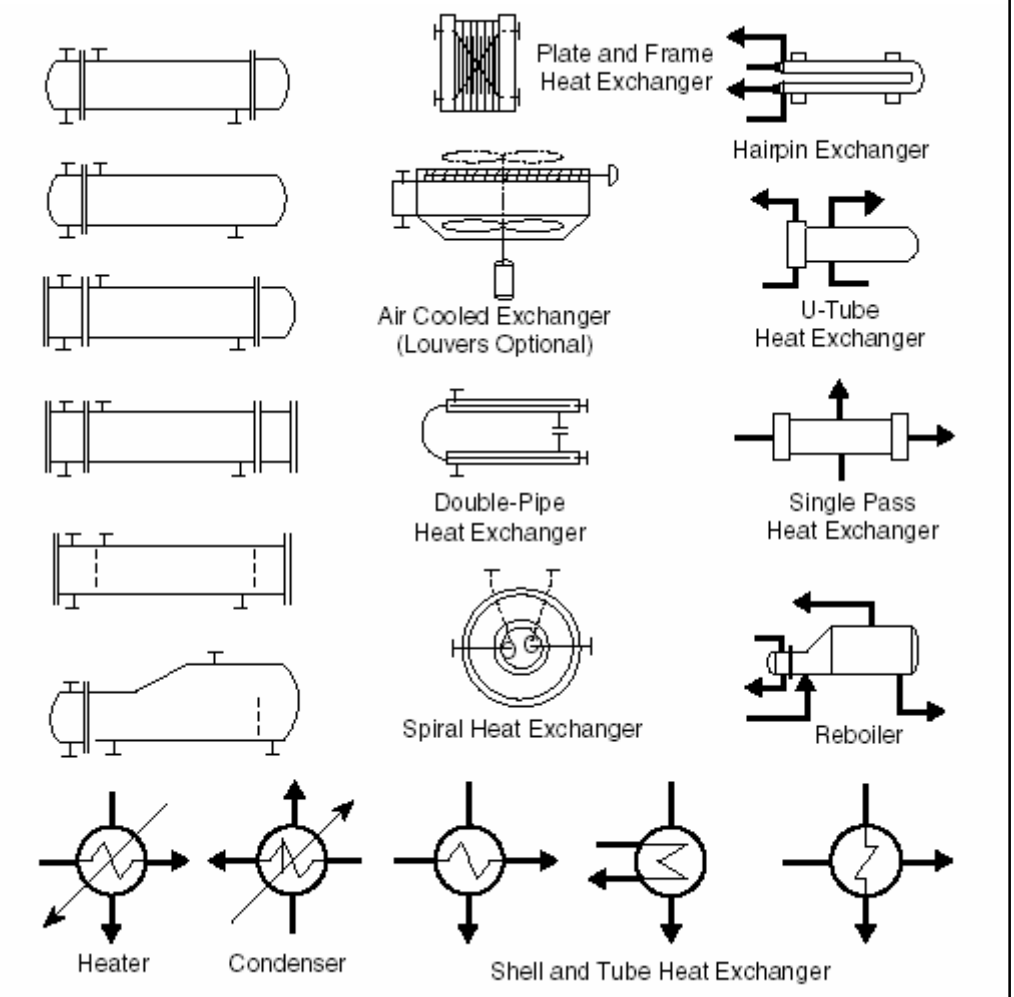

رموز أبراج التقطير DistillationSymbols
PLATE TOWER
Bubble-cap, Sieve, Valve
PACKED TOWER
Saddle, Ring, Sulzer, Rosette


STEAM TURBINE التربينات البخارية
Turbine Driver
Doubleflow Turbine

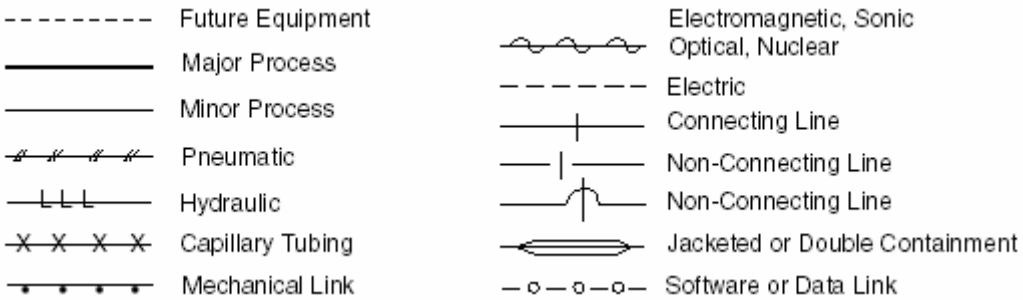

MOTORS
المحركات
Agitator or Mixer
Motor
Diesel Motor


Furnace
فرن
Boiler
غلاية

Heat Exchanger Symbols رموز المبادلات الحرارية



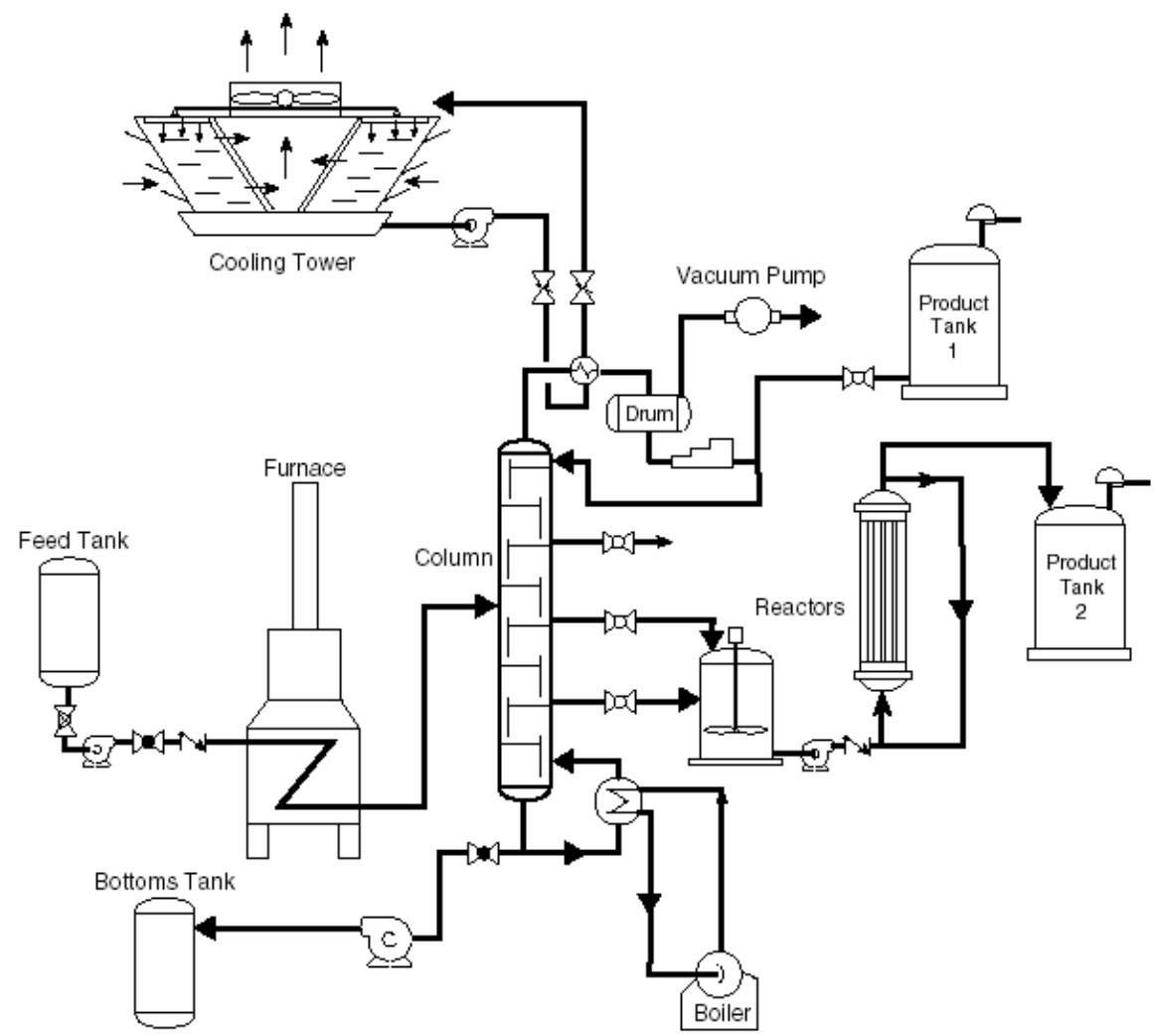
رموز خطوط التوصيل



مثال :مخطط عمليات صناعية وأجهزة دقيقة

Process & Instrument Diagram (P& ID)

أولاً : مخطط العملية الصناعية

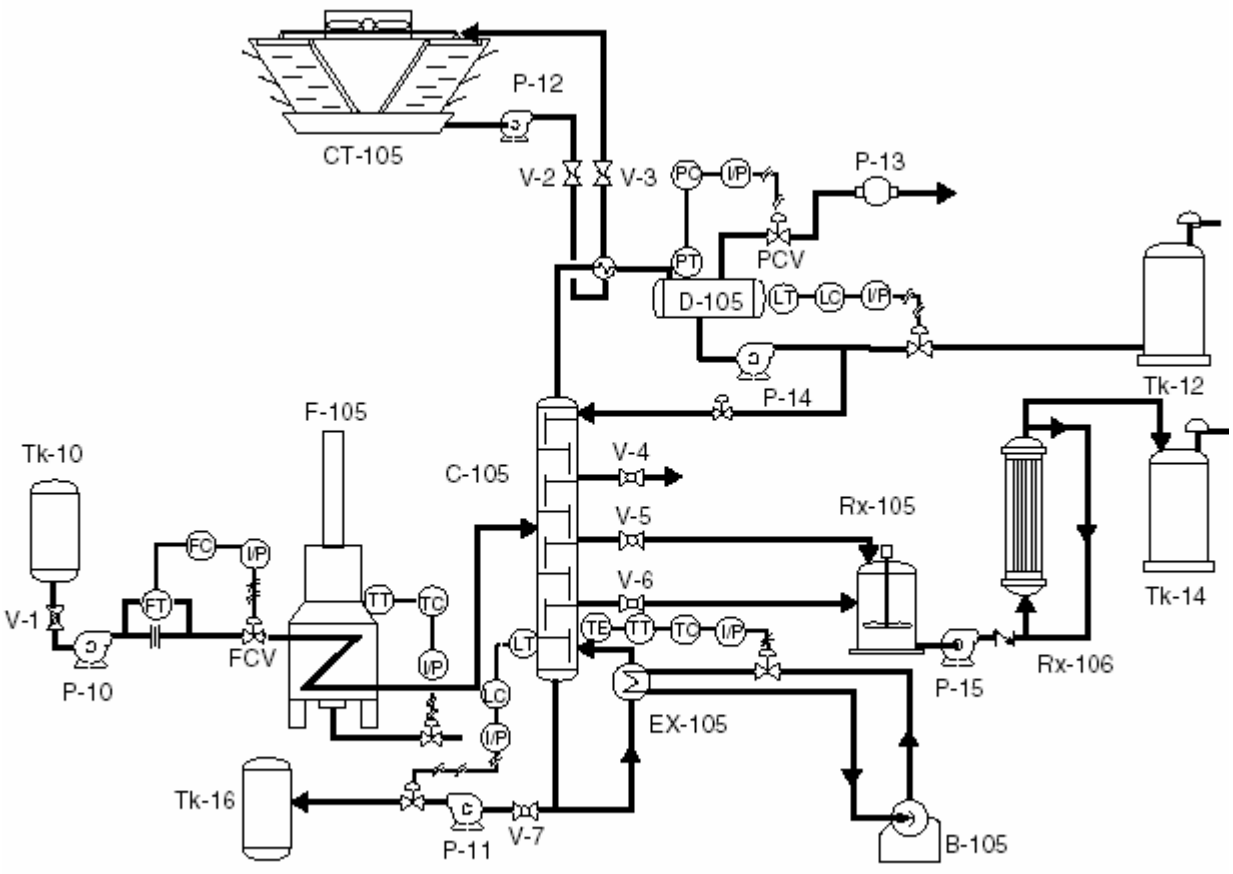


Process Flow Diagram (PFD)

يوضح الشكل مكونات العملية الصناعيةوعلاقاتها ببعضها ومسارات التدفق بين مراحلها ، والشكل يهتم أساساً بسير العملية الإنتاجية ،حيث نلاحظ هنا غياب أجهزة القياس والتحكم *(Instruments (Measuring and Control Instruments*

وفى الصفحة التالية تم إضافة الأجهزة *Instruments* على مكونات العملية الصناعية *Process* لكى نحصل على مخطط متكامل للعملية الصناعية والأجهزة

مثال : Process & Instrument Diagram (P& ID)
يوضح الشكل التالى عملية صناعية للتقطير Distillation
وهى تجمع بين مكونات العملية الصناعية وبين الأجهزة Instruments



Process and Instrument Diagram (P&ID)

عملية التقطير بإختصار هى عملية صناعية يتم فيها فصل مكونات خليط Mixture
وذلك بتكنولوجيا إستخدام نقطة غليان Boiling Point مكونات الخليط

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

العلاقة بين التحكم PID وإستخدامه فى أنظمة الـ DCS وبين نظم التحكم PLC

كما سبق توضيحه بالتفصيل التحكم PID هو نظام للتحكم المستمر Conitnious Control ، وهو بالطبع ضرورى للمحافظة على إستقرار متغيرات العمليات الصناعية (مثل الحرارة والضغط والمنسوب والتدفق وغيرها) عند القيم المضبوطة Setpoint والآمنة Safe Limits

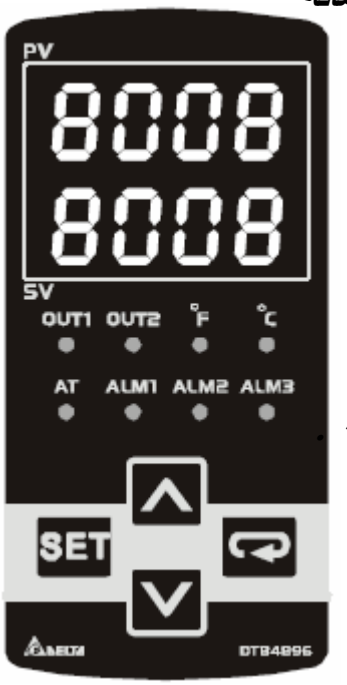
وهو موجود فى نظم التحكم الحديثة المتعددة دوائر التحكم مثل الـ DCS و أجهزة التحكم ذات دائرة التحكم المفردة و متعددة الوظائف مثل هذا الجهاز الحديث

وهو جهاز يابانى Yokogawa بميزات تحكم ممتازة وثمنه حوالى ثمانمائة دولار

Model YS150
Single-Loop Multifunction Controller

Each control type is incorporated in a control module.
Standard PID Control
Proportional band : 2.0 to 999. 9%
Integral time : 1 to 9999sec
Derivative time : 0 to 9999sec

وكما سبق التحكم PID يتواجد فى أجهزة التحكم الفردية ، و فى نظم التحكم DCS حيث إشارات الدخل Analog Inputs تكون غالباً قيمتها من 4 إلى 20 مللى أمبير (4 : 20 mA) وتعطى أيضاً إشارات خرج Analog Output قيمتها من 4 إلى 20 مللى أمبير(20 : 4)



وفى أجهزة التحكم الحديثة كما هو على اليسار إقتصادية السعر حيث تتدرج من مائة دولار إلى عدة مئات من الدولارات والفارق فى السعر طبعاً يكون فى الإمكانيات التى تتناسب مع أهمية العملية الإنتاجية.

ولهذا يجب أن يختار مهندس التحكم الجهاز المناسب السعر والمناسب طبعاً لإحتياجات وأهمية العملية الصناعية .

وهذا الجهاز الذى أمامك هو جهاز أمريكى ثمنه حوالى مائة دولار

وهو جهاز تحكم PID فى الحرارة Temperature Controller

وهو يتميز بالتحكم المزدوج لدائرتين تحكم فى نفس الوقت Out1/Out2

Dual Loop Outout Control

وهذا الجهاز يوفر تحكم ممتاز فى الإستخدامات الصناعية والعامة والتى تتطلب ضبط عملية التسخين و التبريد معاً للوصول أو للمحافظة على درجة حرارة معينة ويكون طبعاً من العبث إستخدام جهاز تحكم PLC بتكلفة عالية مزود بوحدة PID بالإضافة طبعاً لشراء وحدة دخل A/D ووحدة خرج D/A

PV Display : to display the process value or parameter type.
SV Display : to display the set point, parameter operation read value, manipulated variable or set value of the parameter.
AT : Auto-tuning LED, flashes when the Auto-tuning operation is ON.
OUT1/OUT2 : Output LED, lights when the output is ON.
: Function key. Press this key to select the desired function mode and confirm a setting value.
: Mode key. Press this key to set parameters within function mode.
°C, °F : Temperature unit LED. °C : Celsius °F : Fahrenheit
ALM1 – ALM3 : Alarm output LED, lights when ALM1/ALM2/ALM3 is ON.
: Down key. Press this key to decrease values displayed on the SV display. Hold down this key to speed up the decrements.
: Up key. Press this key to increase values displayed on the SV display. Hold down this key to speed up the incremental action.

المزيد عن كيفية إستخدام وبرمجة هذا الجهاز وغيره فى الإجزاء التالية بعون الله ومشيئته .

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

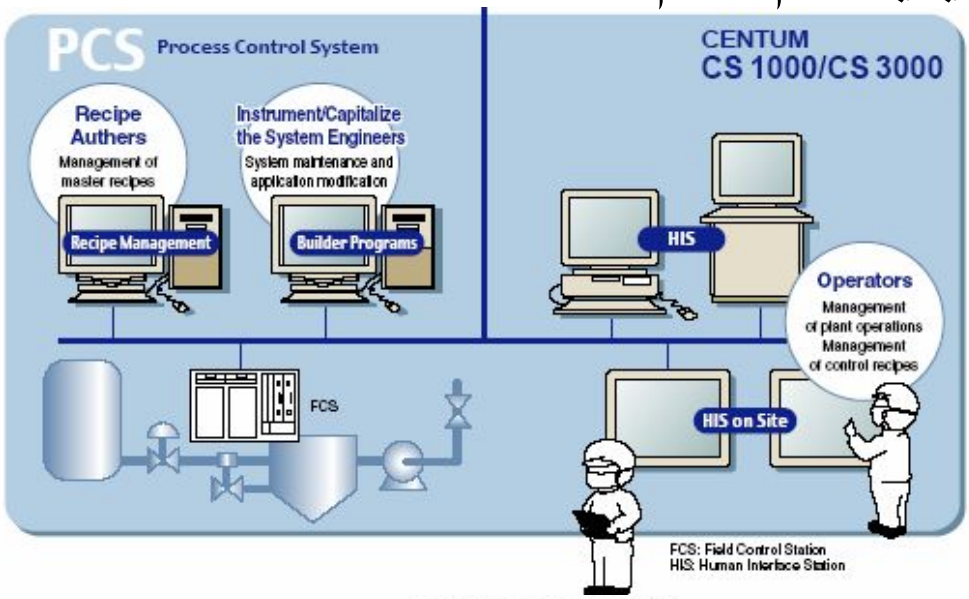
Blank Page

DCS (Distributed Control System) نظام التحكم

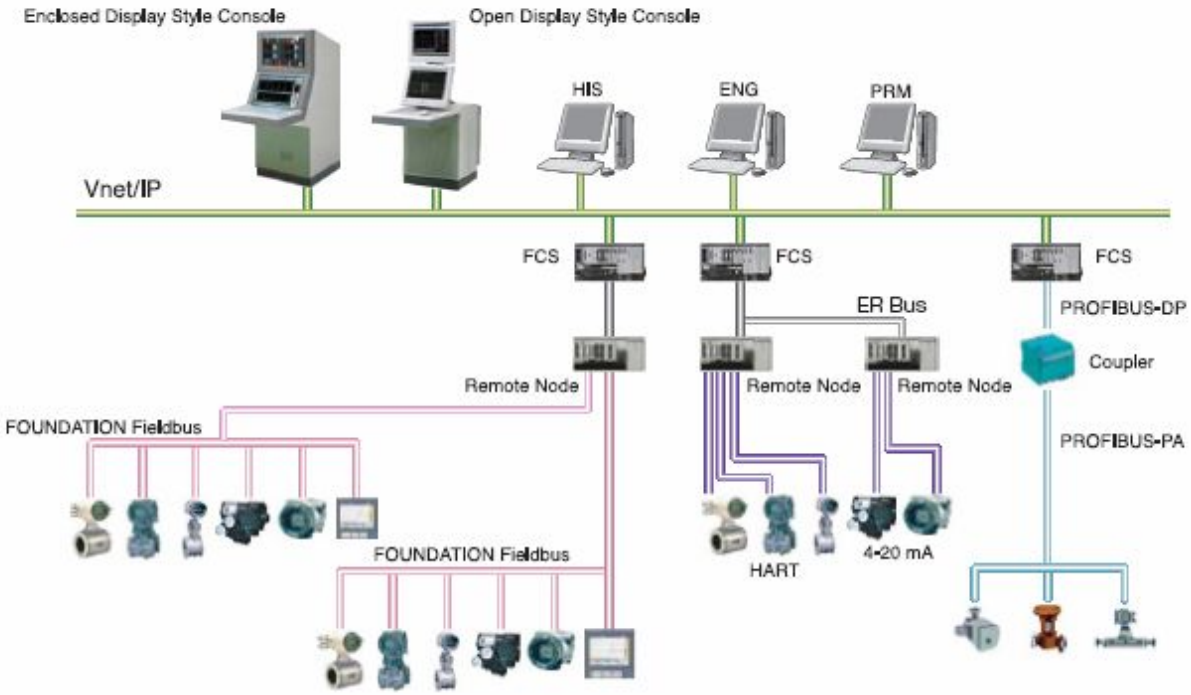
DCSs performed hundreds of analog measurements and controlled dozens of analog outputs, using multi-variable Proportional Integral Derivative **(PID)** control.

يتواجد الآن بكثرة التحكم DCS كنظام حديث فى المنشآت الصناعية الكبرى وفى الصناعات البترولية والبتروكيماوية وصناعة الأسمدة والأسمنت وغيرها من الصناعات التى يتواجد بها العشرات والمئات من دوائر التحكم والتى تعتمد كثيراً على إستخدام التحكم PID
ولهذا يلزم المعرفة الواسعة بالتحكم PID لكل من يعمل فى أنظمة الـ DCS

المكونات الرئيسية لنظام التحكم DCS



CENTUM CS 3000 R3



The PID control algorithm is used for the control of almost all loops in the process industries

Distributed Control Systems (DCSs) are dedicated systems used to control manufacturing processes that are continuous or batch-oriented, such as oil refining, petrochemicals, central station power generation, pharmaceuticals, food & beverage manufacturing, cement production, steelmaking, and papermaking.

DCSs are connected to sensors and actuators and use setpoint control to control the flow of material through the plant.

The most common example is a setpoint control loop consisting of a pressure sensor, controller, and control valve.

Pressure or flow measurements are transmitted to the controller, usually through the aid of a signal conditioning Input/Output (I/O) device.

When the measured variable reaches a certain point, the controller instructs a valve or actuation device to open or close until the fluidic flow process reaches the desired setpoint.

Large oil refineries have many thousands of I/O points and employ very large DCSs.