



لتحميل المزيد من الكتب والمراجع باللغة العربية

تابعونا على

صفحة موسوعة الهندسة الكهربائية على الفيس بوك

Electrical Engineering Encyclopedia-Arabic

www.facebook.com/EEE.Arabic

جروب موسوعة الهندسة الكهربائية على الفيس بوك

EEE-Arabic

www.facebook.com/groups/EEE.Arabic

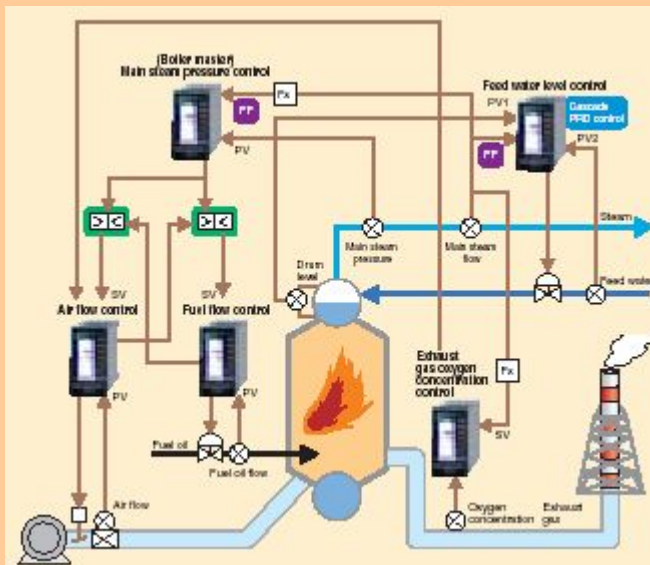
التحكم الآلي في العمليات الصناعية

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

0

Automatic Control For The Process Industries

E.Mail mahmodcontrol@yahoo.com

التحكم الآلي في العمليات الصناعية

إعداد وتنفيذ / المهندس / محمود عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح

التحكم فى العمليات الصناعية

Process Control



AUTOMATIC CONTROL

التحكم الآلى :

التحكم الآلى هو اعطاء الاجهزة (INSTRUMENTS) مهمة السيطرة على العملية الصناعية بدلا من العنصر البشرى لتمييزها بالدقة والسرعة والقدرة العالية على التحمل والإستمرارية ويتحقق ذلك بالقياس المستمر للعناصر الداخلة 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 .

The need for automatic controls

الحاجة إلى التحكم الآلى :

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 الانفجار والخسائر المادية والبشرية ، أيضاً منع مخاطر ضعف أو عدم السيطرة على التفاعلات الكيماوية والتى ينتج عنهما مواد سامة وخطيرة .

2 - الثبات والإستقرار Stability

لابد أن تعمل المنشآت الصناعية بثبات وإستمرارية ، ومنع

تكرار توقفات غير مخططة Unplanned Shutdowns

3 - الدقة Accuracy : الدقة هى العامل الرئيسى للحصول على منتج صناعى بالمواصفات القياسية وبالكفاءة الإقتصادية العالية .

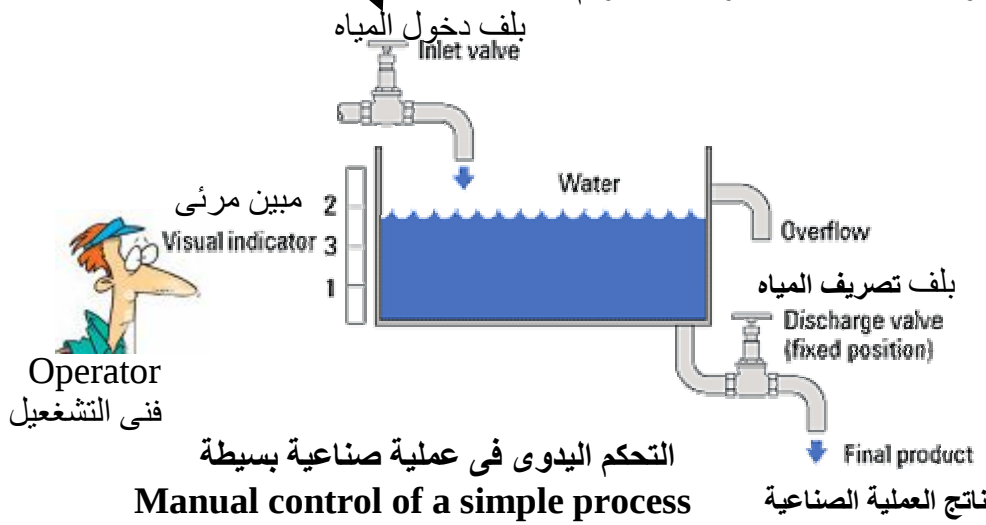
مقارنة التحكم البشرى اليدوى Manual بالتحكم الآلى Auto

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 :

- عدم إرتفاع المنسوب إلى الحد الأعلى وهو المناظر للرقم 2 على المبين المرئى Visual Indicator وليكن مثلاً مبين زجاجى مُدرج Sight Glass
- عدم هبوط المنسوب إلى الحد الأدنى وهو المنظر للرقم 1
- المحافظة على المنسوب عند المنتصف تقريباً عند الرقم 3



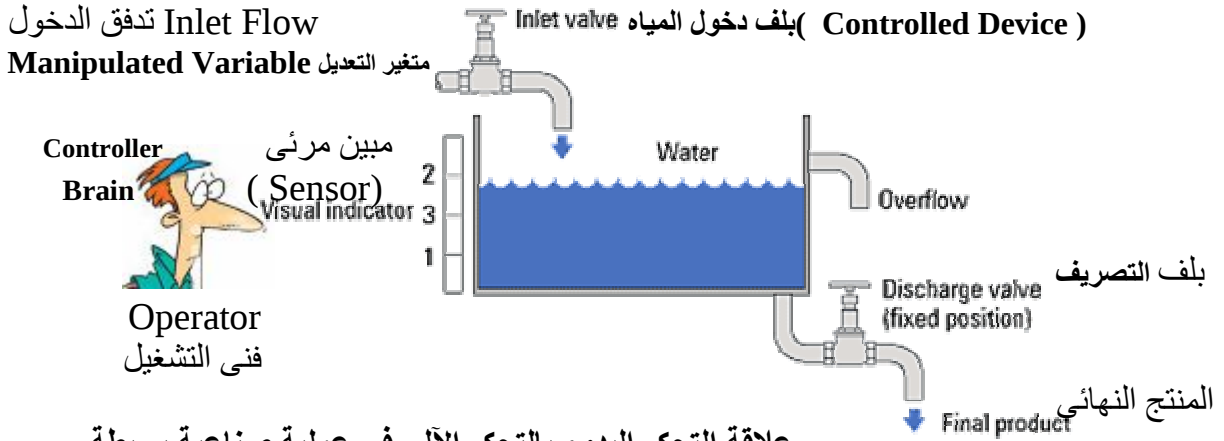
التشغيل اليدوى للتحكم فى منسوب الخزان :

- 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 .
- بعد وصول المنسوب Level إلى الوضع المضبوط (وهو المصطلح 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 الذى يتناسب مع الطلب .
- 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 :

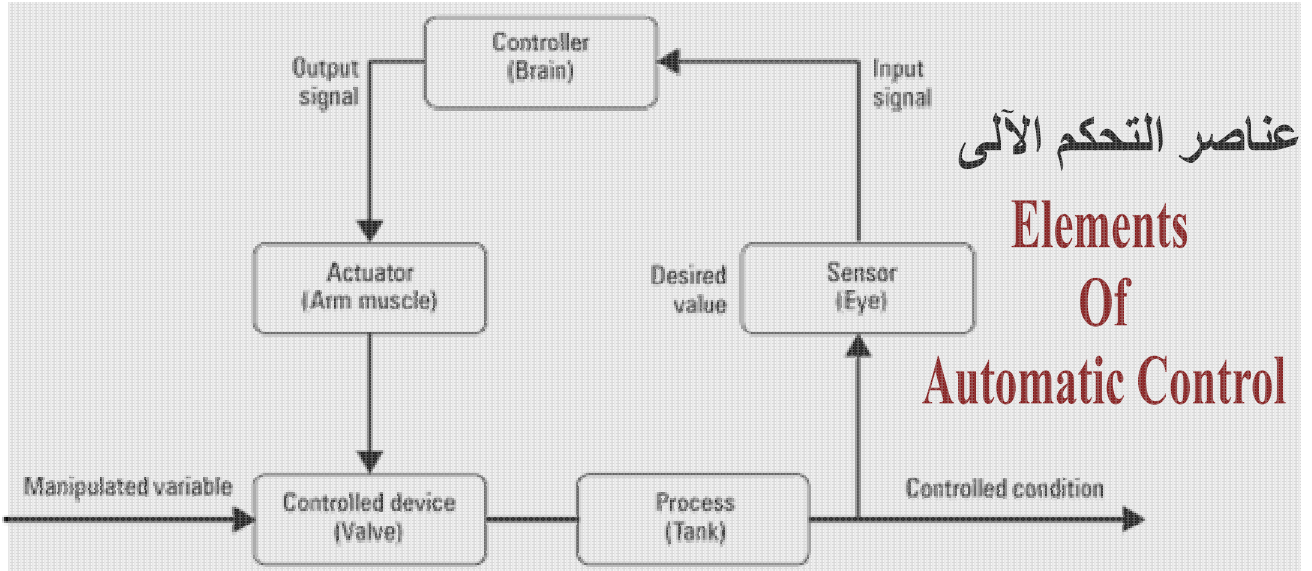
- الخطأ البشرى وارد جداً وأيضاً القدرة المحدودة على التحمل وسرعة الإستجابة لتغير ظروف الإستهلاك وغيرها من الأسباب التى تؤدى إلى نتائج تؤثر على الإنتاج وسلامة المعدات والأفراد ، فمثلاً :
- إرتفاع النسوب Level وفيضانه خارج الخزان ، وتكون المشكلة أكثر إذا كان الخزان به سوائل كيميائية خطيرة أو غالية الثمن .
- فراغ الخزان وبالتالي التسبب فى عدم تلبية إحتياجات الإستهلاك ، وما يترتب عليه من نتائج سلبية مثل توقف العملية الإنتاجية التى تعتمد على السحب المستمر من الخزان.

العلاقة بين مكونات التحكم اليدوي Manual Control ومكونات التحكم الآلي Auto Control



علاقة التحكم اليدوي بالتحكم الآلي فى عملية صناعية بسيطة
 Manual control of a simple process

يبين المخطط التالى العلاقة بين مكونات التحكم اليدوي وما يناظرها فى التحكم الآلي كما يلى :



- يمثل تدفق Flow المياه الداخلة للخران المصطلح متغير التعديل Manipulated Variable
- يمثل بلف دخول المياه Inlet Valve الأداة المحكومة Controlled Device والتي 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 التشغيل Arm muscle ويمثله محرك Actuator بلف دخول المياه وهو الأداة المحركة لعمود بلف التحكم الآلي Contol Valve .

دائرة التحكم الآلى المغلقة

CLOSED CONTROL LOOP

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

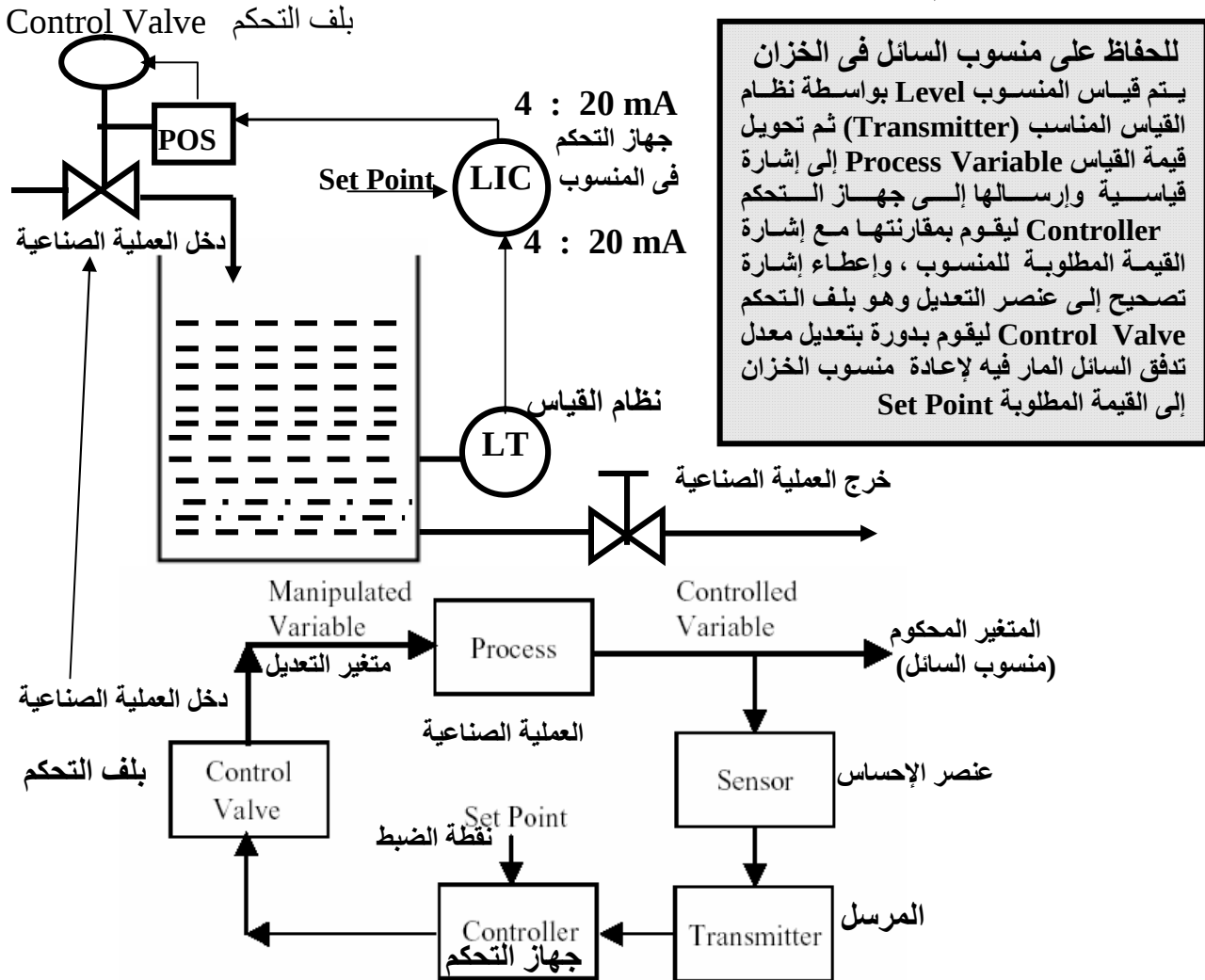
A closed control loop exists where a process variable is measured, compared to a setpoint, and action is taken to correct any deviation from setpoint.

تتكون دائرة التحكم الآلى المغلقة من الآتى :

- 1 - العملية الصناعية PROCESS
 - 2- نظام القياس (المرسل) MEASURING SYSTEM (TRANSMITTER)
 - 3- جهاز التحكم CONTROLLER
 - 4- صمام (بلف) التحكم CONTROL VALVE
- 1- 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 Temperature والمنسوب 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

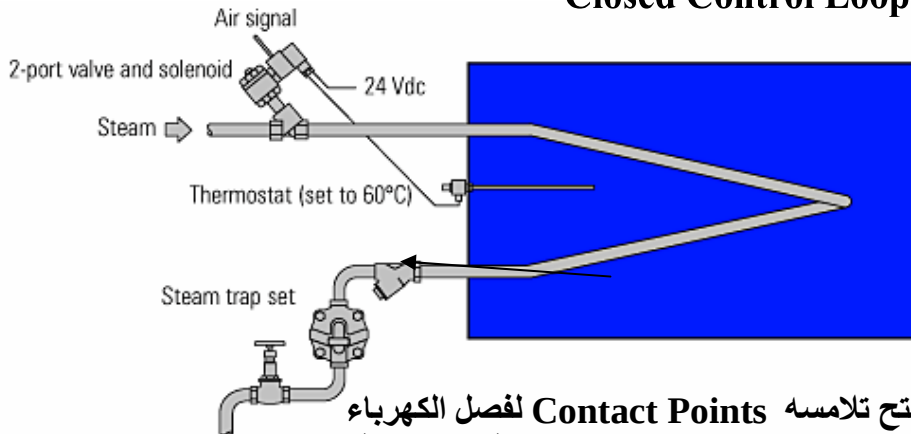


Blank Page

عملية التحكم في الحرارة Temperature

مثال 3

دائرة التحكم المغلقة Closed Control Loop



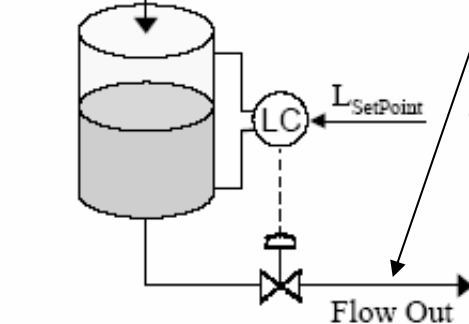
حيث تتكون العملية الصناعية من مبادل حرارى تتم فيه عملية التسخين Heating بالتحكم فى كمية بخار الماء Steam كما يلي :

يتم قياس درجة الحرارة بجهاز الثرموستات Thermostat

والمضبوط عند 60°C ، حيث يفتح تلامسه Contact Points لفصل الكهرباء عن السولينويد لفقل 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 والتي يمكن ضبطها فى الحدود الخاصة بنوع الثرموستات .

مثال 4

عملية التحكم فى منسوب Level السوائل فى الخزانات 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 والبتروولية ، حيث يتم تركيب جهاز التحكم LC مباشرة على الخزان وهنا يحتوى جهاز التحكم (LC) Level Controller على نظام القياس Measuring ونظام التحكم Control معاً فى جهاز واحد .

مثال 5 :

عملية التحكم فى تدفق Flow السائل الذى تضخه

الطلمبة Fluid Pump

- تتكون العملية الصناعية من مضخة تقوم

بالسحب من خط السحب Suction Line

والطرء فى خط الطرد Delivery Line

هنا يتم تركيب نظام للتحكم فى معدل

سريان السائل Flow Rate ،والذى يتكون من :

- مرسل تدفق Flow Transmitter

يقوم بقياس معدل التدفق المار وتحويله

إلى إشارة ضغط قياسية هوائية (نيوماتية) (Bar , Psi , Kg/cm²)

- يتم إرسال إشارة خرج مرسل التدفق Flow Transmitter كإشارة دخل نيوماتية إلى جهاز التحكم

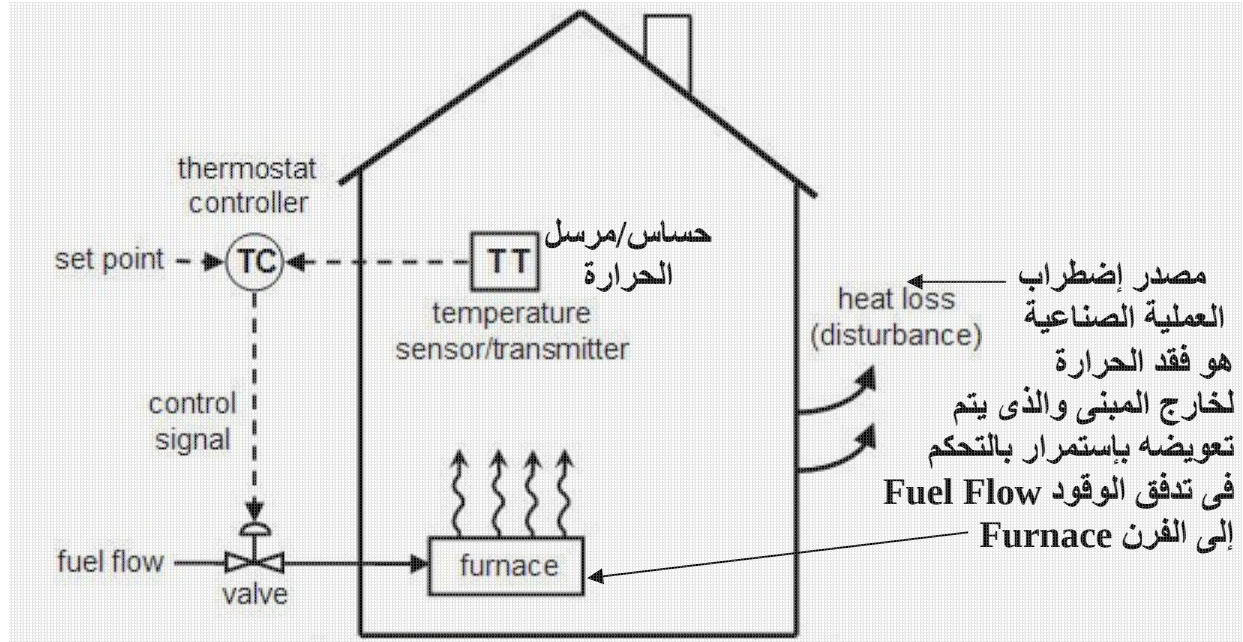
النيوماتى Pneumatic Controller الذى يتم فيه مقارنة الفرق بين التدفق الفعلى Actual Flow

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 أو التدفئة للمباني أو المعامل الإنتاجية

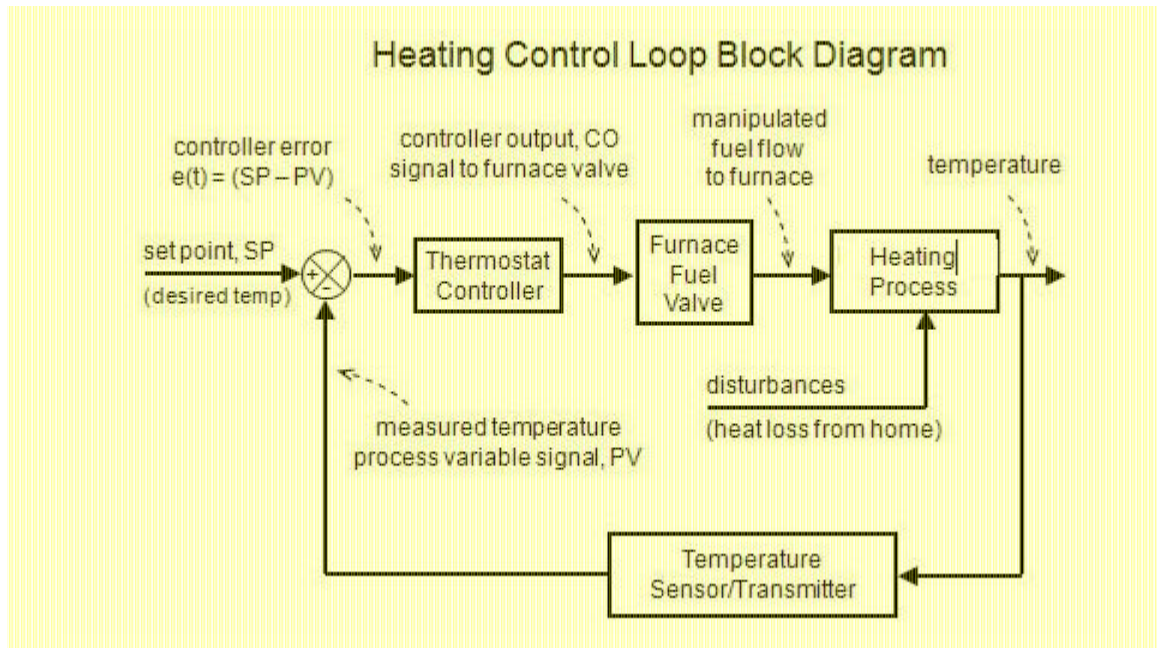
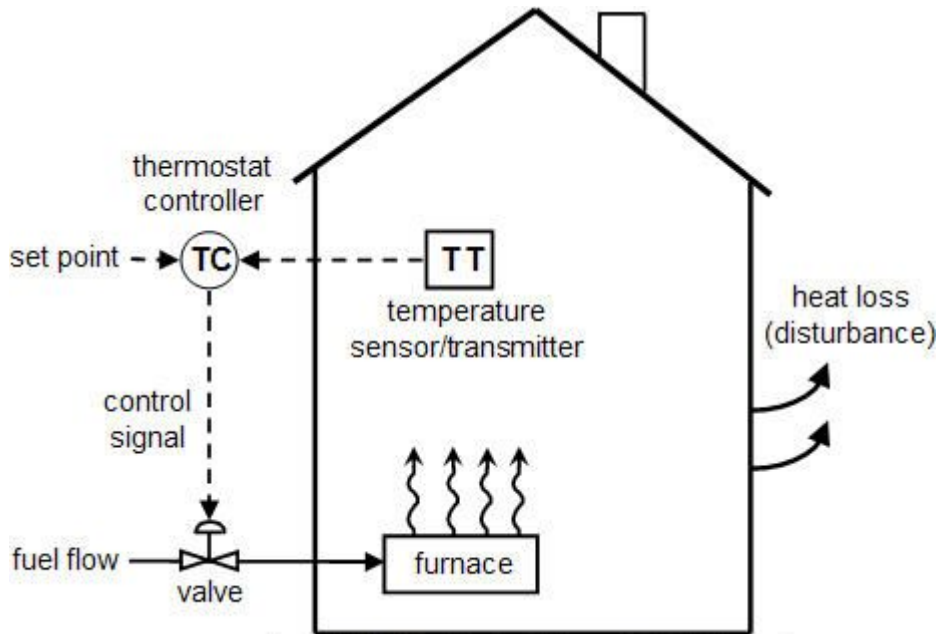
دائرة التحكم المغلقة Closed Control Loop



كيفية عمل نظام التحكم :

- قياس الحرارة بالحساس Sensor أو المرسل Transmitter وذلك بتحويل درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$ إلى إشارة قياسية هي 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 Set Point (SV) والتي يتم وضعها على جهاز التحكم .
- تتغير إشارة خرج جهاز التحكم وهى Control Signal إذا تغيرت درجة الحرارة PV داخل المبنى عن القيمة المضبوطة Setpoint .
- فى حالة انخفاض 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 المبنى بالقيمة المضبوطة SP فإن جهاز التحكم يحافظ على إشارة التحكم Control Signal كما هى بدون تغيير ، ويستمر ذلك طالما لا يوجد فرق بين PV و SP

التمثيل التخطيطي لمكونات عملية التحكم في الحرارة

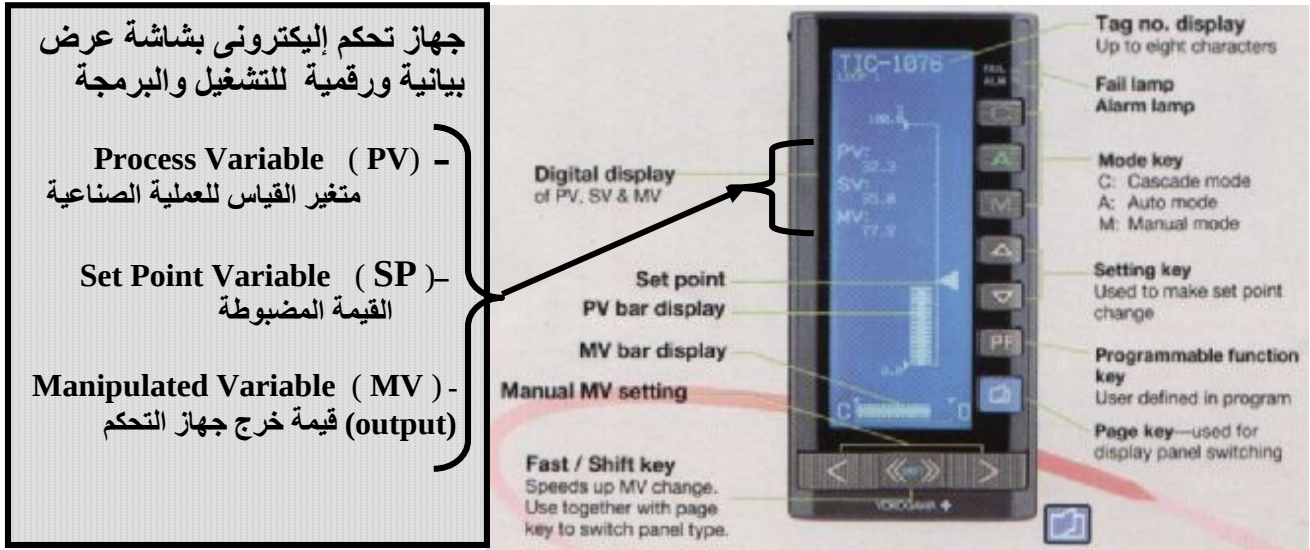


نستطيع بسهولة الآن مقارنة مكونات نظام التحكم في العملية الصناعية (الشكل العلوى) بمكونات المخطط الهيكلى لها (الشكل السفلى) وبالتالي فهم المصطلحات المستخدمة بكثرة فى نظم التحكم الألى .

TRANSMITTER

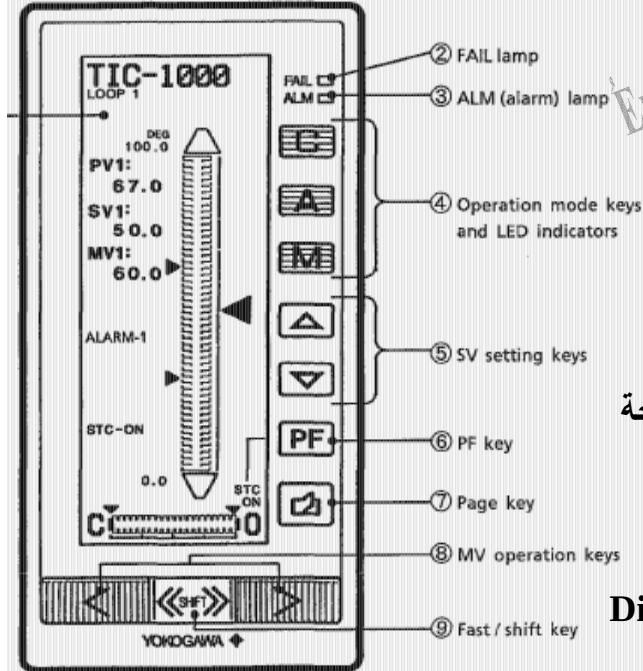
2 - جهاز الارسال (المرسل) :





الغرض من جهاز التحكم: هو المحافظة على المتغير الطبيعي (المنسوب - الحرارة - الضغط - التدفق -) عند القيمة الصحيحة , ويتم ذلك كما يلي :

يستقبل جهاز التحكم القيمة المقاسة للمتغير الطبيعي للعملية الصناعية (PV) Process Variable من جهاز المرسل Transmitter ثم مقارنتها بإشارة نقطة الضبط (SP) Set Point المنتجة محليا او المستقبلة Remote Set Point من جهاز تحكم اخر , ثم معالجة الفرق بين الاشارتين بوحدة التحكم الاوتوماتيك وبالصواب 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.



واجهة جهاز التحكم Front Panel Display

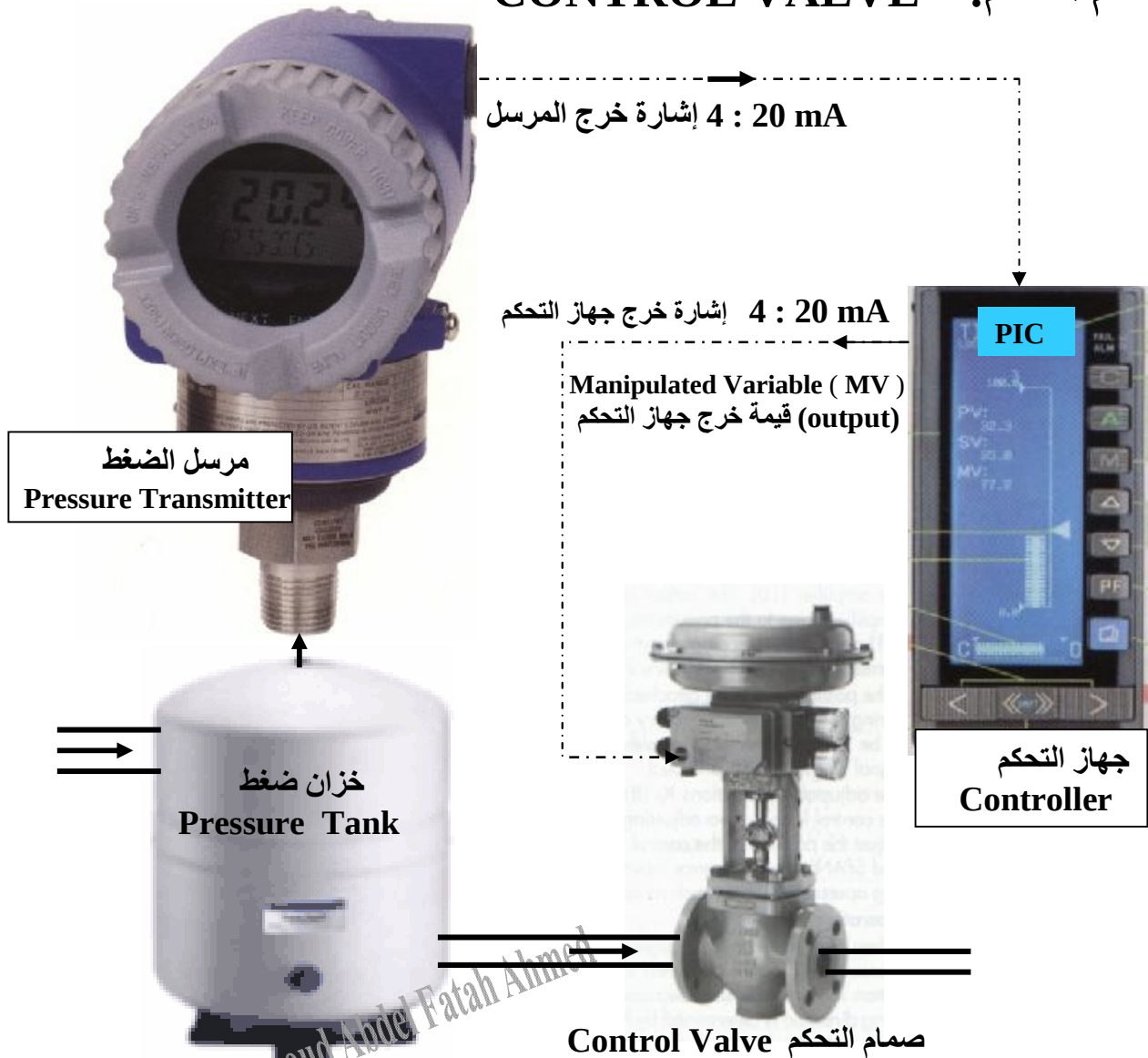
تحتوى واجهة جهاز التحكم على الآتى :
أولاً : مجموعة أزرار لوحة التحكم يستخدمها كلاً من :

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

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

- إشارة الدخل للقيمة المقاسة (متغير العملية الصناعية) (PV) Process Variable
 - قيمة نقطة الضبط (SP) Set Point أو بالمعنى الآخر (SV)
 - خرج جهاز التحكم لتعديل العملية الصناعية (Output) (MV) Manipulated Variable
- توجد أزرار لتحويل جهاز التحكم إلى الوضع اليدوى (M) (Manual) والأوتوماتيك (A) (Automatic)

صمام التحكم: CONTROL VALVE



إستخدام صمام التحكم Control Valve :

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

يوضح الشكل الذي أمامك نظام التحكم في ضغط إحدى العمليات الصناعية كما يلي :

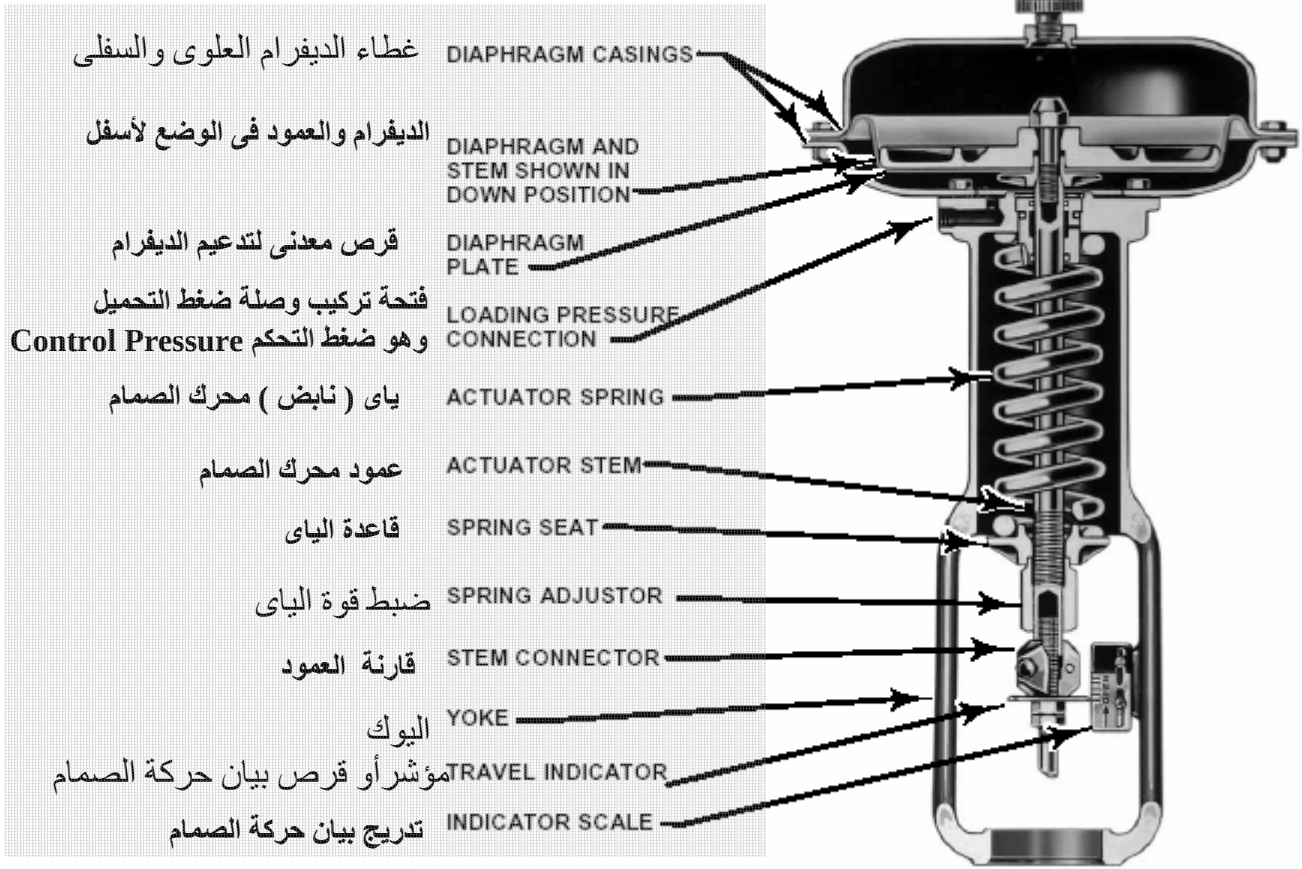
بعد قيام المرسل Transmitter بقياس الضغط وهو يمثل هنا متغير العملية الصناعية PV المطلوب الحفاظ عليه ، فإنه يرسل إشارة القياس إلى جهاز التحكم Controller والذي يقوم بالآتي :

- 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



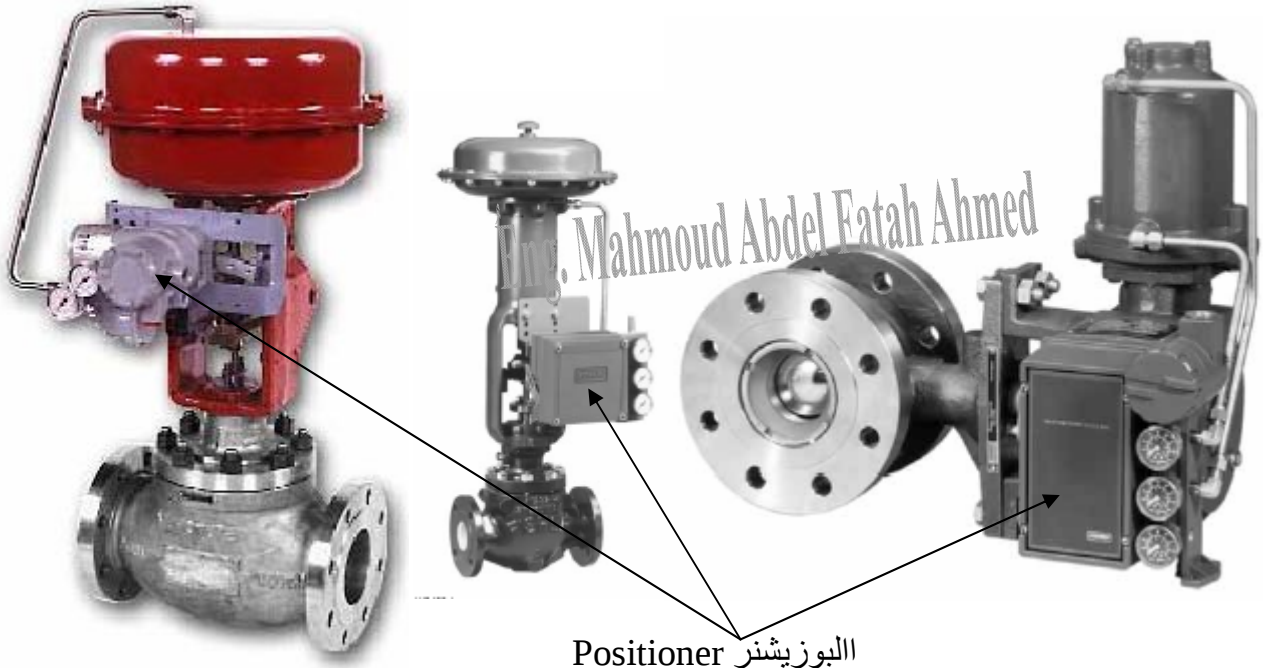
Valve Actuator هو مصدر القوة الدافعة المحركة لعمود الصمام Valve Stem لى يقوم بتحريك السدادة Plug نحو قاعدة الصمام Seat أو بعيداً عنها ، وبالتالي تعديل كمية السائل أو الغاز المار بالصمام .

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



البوزيشنر Positioner

إشارة دخل نيوماتيك Input Signal Pneumatic

0.2bar to 1 bar
0.4bar to 2 bar

أو

إشارة دخل كهربية Input Signal Electric

4mA to 20mA

إشارة الخرج Output Signal

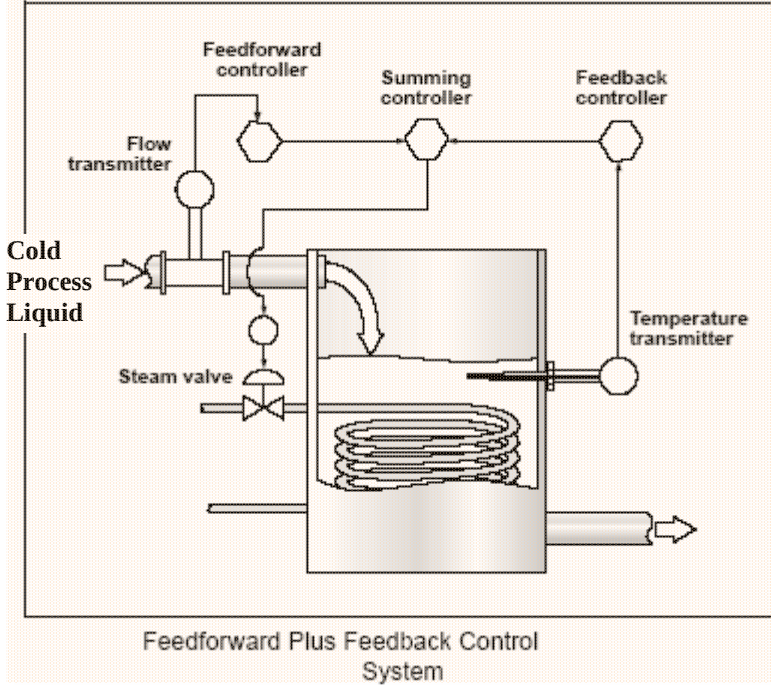
تتغير إشارة الخرج تبعا لاحتياجات محرك البلف Actuator وأقصى قيمة لإشارة الخرج تبلغ 95% من ضغط هواء التغذية Air supply .

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



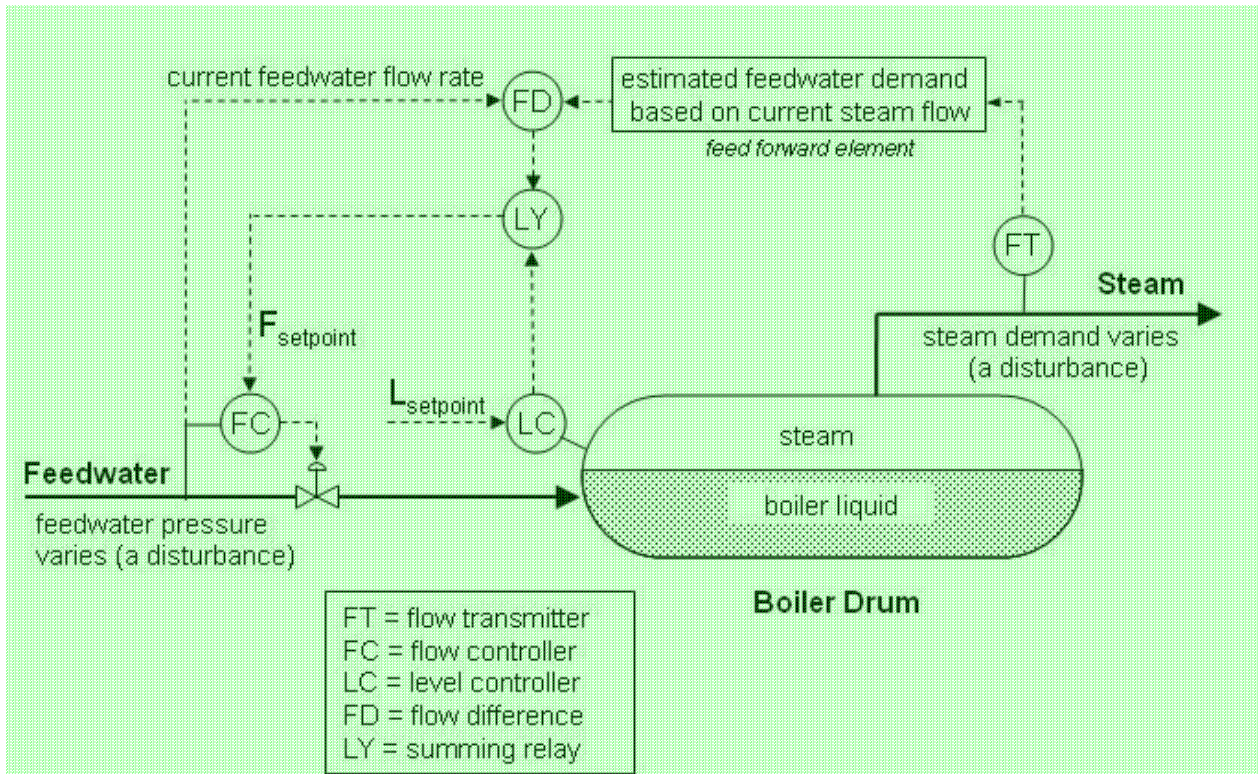
غالباً يكون من الصعب استخدام تحكم التغذية الأمامية وحده وذلك بسبب صعوبة الحسابات المناسبة للتعامل مع كل تغير ممكن للعملية الصناعية

ولهذا يتم استخدام نظام تحكم يجمع كلاً من نظام تحكم التغذية الأمامية ونظام تحكم التغذية الخلفية

Feedforward Plus Feedback

يحقق الجمع بين النظامين استخدام كلاً من قياس درجة الحرارة المطلوبة وقياس التدفق في إعطاء إشارة تحكم واحدة إلى بلف دخول سائل العملية الصناعية

يوضح الشكل التالي مثال عملي مستخدم كثيراً في الصناعة وهو عملية التحكم في منسوب الماء في 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 :

- العامل الإقتصادى أى التكلفة التى تتناسب مع أهمية العملية الصناعية .

- درجة الدقة المطلوبة للتحكم فى العملية الصناعية .

- الإستجابة الزمنية Time Response للتغيرات المؤثرة على العملية الصناعية .

- إستجابة كسب Gain العملية الصناعية .

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

الأساليب الأساسية للتحكم فى العملية الصناعية هى :

التحكم ثنائى الوضع (قفل - فتح) Two Posithon Or On/Off Control

التحكم ذو الحيز البينى On/Off Differential Gap Controller

التحكم التناسبى Proportional Controller (P)

التحكم التناسبى التكاملى Proportional With Reset Controller (P1)

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 الإختيار الخاطىء يعنى تكاليف أكثر أو تحكم ضار أو لاحتاحه العملية الصناعية

وتنقسم أجهزة التحكم تبعاً لمصدر تشغيلها الى الأنواع التالية:

1 - جهاز تحكم لا يحتاج الى مصدر تشغيل (طاقة) تحكم ذاتى Self Acting Controller

2 - جهاز تحكم نيوماتى (هوائى) Pneumatic Controller : يستخدم ضغط الهواء كمصدر تغذية Air Supply

3 - جهاز تحكم اليكترونى أو كهربى ELECTRONIC / ELECTRIC CONTROLLER يستخدم الكهرباء كمصدر تشغيل

4 - جهاز تحكم هيدرولى HYDRAULIC CONTROLLER يستخدم ضغط الزيت كمصدر تشغيل . Pressurized Oil Supply

Blank Page

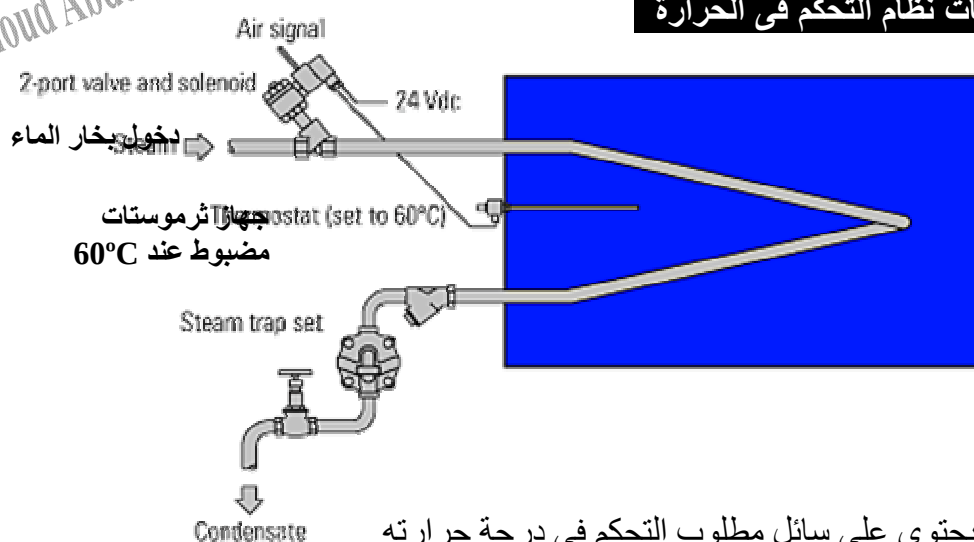
ثانياً: جهاز التحكم ON/OFF ذو الفرق البيني ON/OFF Differential Gap Controller

جهاز التحكم ذو فارق التحويل بين وضعي Upper Switching Point و Lower Switching Point

مثال 1 :

من الأمثلة المألوفة للتحكم ثنائي الوضع هو التحكم في درجة حرارة الأوعية Vessels والخزانات Tanks وهنا المطلوب التحكم في مرور ON أو عدم مرور OFF بخار الماء Steam في ملف مواسير يقوم بتسخين السائل الموجود بحيث يتم المحافظة على درجة الحرارة عند نقطة الضبط Setpoint عند 60 درجة مئوية بحد أعلى $Upper\ Limit = 61^{\circ}C$ وحد أدنى $Lower\ Limit = 59^{\circ}C$

أولاً : مكونات نظام التحكم في الحرارة



- خزان يحتوي على سائل مطلوب التحكم في درجة حرارته
- ملف تسخين Steam Coil عبارة عن ماسورة معدنية يمر بها بخار ماء Steam
- بلف كهربى (سولينويد) ، مغلق عادة Normally Closed ، أى أنه يفتح عند توصيله بالكهرباء
- ثرموستات Thermostat يحس أو يقيس الحرارة بالخزان ويقارنها بنقطة الضبط Set Point
- وهى هنا $60^{\circ}C$ وذو فارق بينى Switching Differential درجة واحدة أعلى ودرجة واحدة أدنى نقطة الضبط وبالتالي فتح أو قفل التلامس الكهربى لفصل أو توصيل الكهرباء إلى بلف السولينويد .

عمل نظام التحكم في الحرارة

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

Blank Page

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

يكثّر 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 .

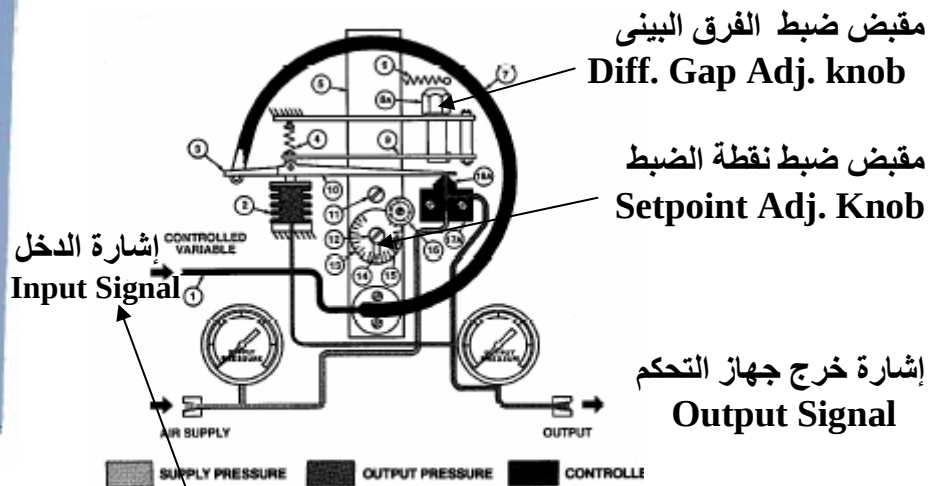
التحكم ثنائى الوضع Two Position أو (ON / OFF) ذو الفرق البينى ، أو بمعنى آخر التحكم ذو الحيز الساكن Dead Band حول القيمة المضبوطة Setpoint هو:

التحكم الذى لا يحدث فيه تغير لخرج جهاز التحكم 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 لا تتطلب ضرورة المحافظة على حالتها عند النقطة المضبوطة Setpoint .

أولاً:جهاز تحكم نيوماتى Diff Gap Pneumatic Controller



مؤشر Setpoint

مؤشر بيان الضغط المطلوب التحكم فيه

وصلة دخول الضغط المطلوب التحكم فيه
وهو Controlled Variable

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

Blank Page

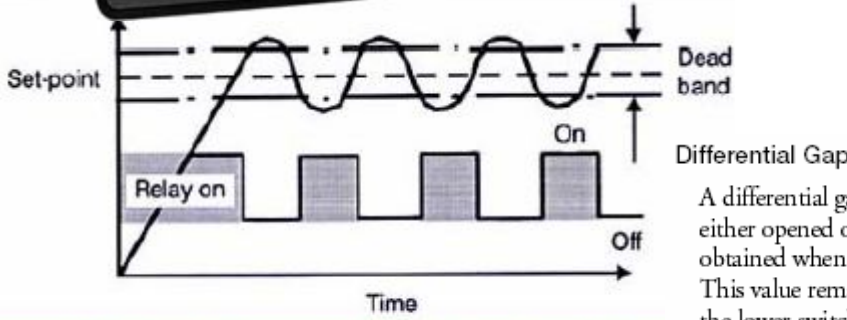
استخدام الأجهزة الديجيتال للتحكم الثنائي ON/OFF و الفرق البيني ON/OFF Differential Gap(Dead Band) Control التحكم في درجة الحرارة Temperature Control

تمتاز الأجهزة الحديثة الديجيتال بالإمكانات العظيمة وسهولة برمجتها والتي تعتمد على تنفيذ خطوات محددة يستطيع القيام بها المهندس أو الفني الذي لديه المعلومات الأساسية والعامة عن التحكم .

هذا بالإضافة طبعاً إلى الميزة الكبيرة وهي رخص الأجهزة الديجيتال بالمقارنة بالأجهزة النيمائية حيث نستطيع شراء أجهزة تحكم ديغيتال بحوالى خمسون دولار ، وهي 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	REPL. SENSOR P/N
DE20	85-265	20	0-500°F (0-260°C)	10' (3m)	RTD1000
					SHIP WGT. (Lbs./kg)
					3 (1.5)



On/Off Control with Dead-Band

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 وهو مماثل الكثير من الأجهزة الإيطالية واليابانية والكورية والصينية والمتوفرة بالسوق المحلى بالقاهرة ومدينة العاشر من رمضان ومدينة 6 أكتوبر وبأسعار متفاوتة تبلغ حوالى خمسون دولار تتدرج بالزيادة حسب المواصفات المطلوبة

وهنا يجب شراء الجهاز بمواصفات حسب الإحتياج الفعلى وتجنب إختيار نفس نوع الجهاز بمواصفات كثيرة لاحتياجها 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

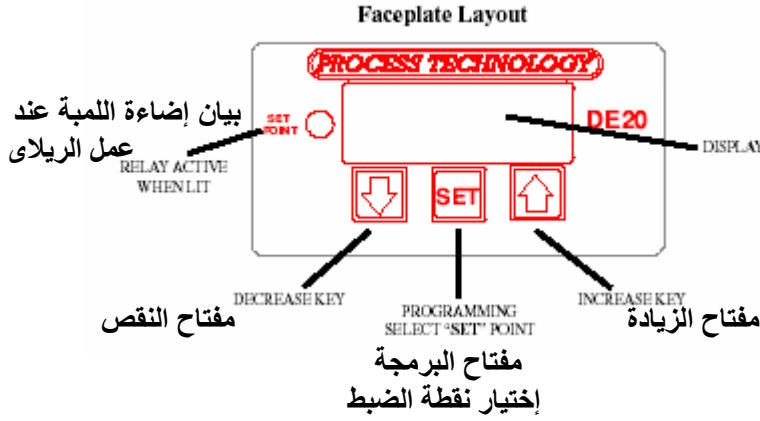
وهنا يأتى الدور المهم جداً للمهندس الذى يقوم بإعداد مواصفات طلب الشراء والذى يجب أن يكون على دراية كافية بالماهيم الأساسية والمهمة الواردة فى هذا الكتاب والأجزاء المكملة له .

فى الصفحات التالية نتناول على سبيل المثال (يتشابه معه الكثير من الأنواع) برمجة الجهاز الموضح ومعايرته وإعدادة بالضوابط الصحيحة والأمنه 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 :

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



واجهة الجهاز : Faceplate Layout

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

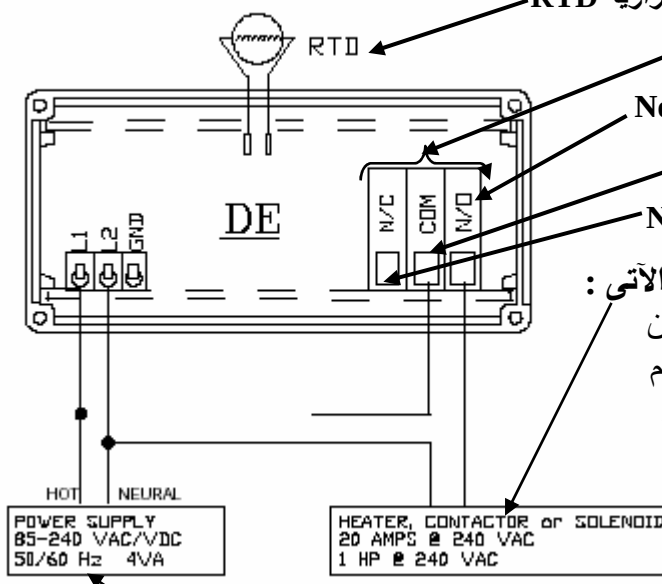
المواصفات الفنية لجهاز التحكم

- SPECIFICATIONS**
- عنصر الإحساس بالحرارة Sensor وهو نوع RTD 1000
 - مدى قياس الجهاز هو من -40°C إلى 538°C
 - مدى نقطة الضبط : إختياري على طول مدى القياس
 - الحماية من حدوث قصر أو فتح الحساس Sensor تتم الحماية بفصل خرج التحكم (فصل الكهرباء)
 - الدقة : $\pm 0.25\%$ من الإلتساع SPAN (Span = هو الفرق بين القيمة العظمى والصغرى لمدى القياس)
 - شاشة العرض تسع 4 أرقام مضاءة بدايود ضوئى LED
 - وظيفة (فعل) التحكم : نوع التحكم هو ON/OFF بريلاى عادى (إلكتروميكانيك)
 - خرج جهاز التحكم هو (عكسى الأداء) بريلاى ذو تلامس أحادى القطب وثنائى التلامس SPDT يتحمل التلامس حتى 20A
 - ضبط الفارق البينى ON/OFF Diff. Gap مدى الضبط هو من 1° إلى 99° درجة مئوية أو فهرنهايتية
 - الذاكرة : غير متطايرة (لاتفقد الضوابط والبرمجة بفقد الكهرباء)
 - Memory: Non volatile.

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)



التغذية الكهربائية
وهي من 85 إلى 240 فولت

- توصيل طرفى الحساس Sensor وهو المقاومة الحرارية RTD
- مجموعة توصيلات أطراف نقط تلامس الريلاى

- توصيل طرف الريلاى المفتوح عادة Normally Open
- توصيل طرف الريلاى المشترك Common

- توصيل طرف الريلاى المغلق عادة Normally Closed

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

عند شراء جهاز التحكم فإنه من الأفضل مراعاة أن تغذيته الكهربائية 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

ضبط نقطة التحكم 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.

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

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

خطوات تغيير قيمة ضبط نقطة الضبط :

- إضغط الزر SET والزر ↓ معاً فى نفس الوقت ولمدة ثلاث ثوان حيث تظهر قيمة ال Set Point الحالية ، ولتغييرها نضغط الزر ↑ لزيادتها ونضغط الزر ↓ لإنقاصها ، ثم نضغط الزر SET لحفظ ولتخزين القيمة الجديدة

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 5° F and the "SP1" SET POINT is set at 115° F, then the set point relay is de-energized when the (displayed) temperature reaches 115° F and it is reenergized when the temperature falls to 110° F.

فإن ريلاى الخرج يصبح De-energized وفتح نقطة تلامسه عند وصول الحرارة على الشاشة 115° ويظل التلامس مفتوح حتى تنخفض الحرارة إلى 110° وهنا يقفل الريلاى تلامسه (Reenergized)

هذا الضبط مهم جداً

إذا كانت العملية الصناعية تتطلب المحافظة على درجة الحرارة قريبة من نقطة الضبط SP فإنه يجب تضيق ال Dead Band والعكس صحيح
فمثلاً : إذا كانت ال SP = 115° وتم ضبط قيمة ال Dead Band = 5° أسفل نقطة الضبط

ثالثاً : التحكم التناسبي (P) Proportional Control

التحكم التناسبي : Proportional Control

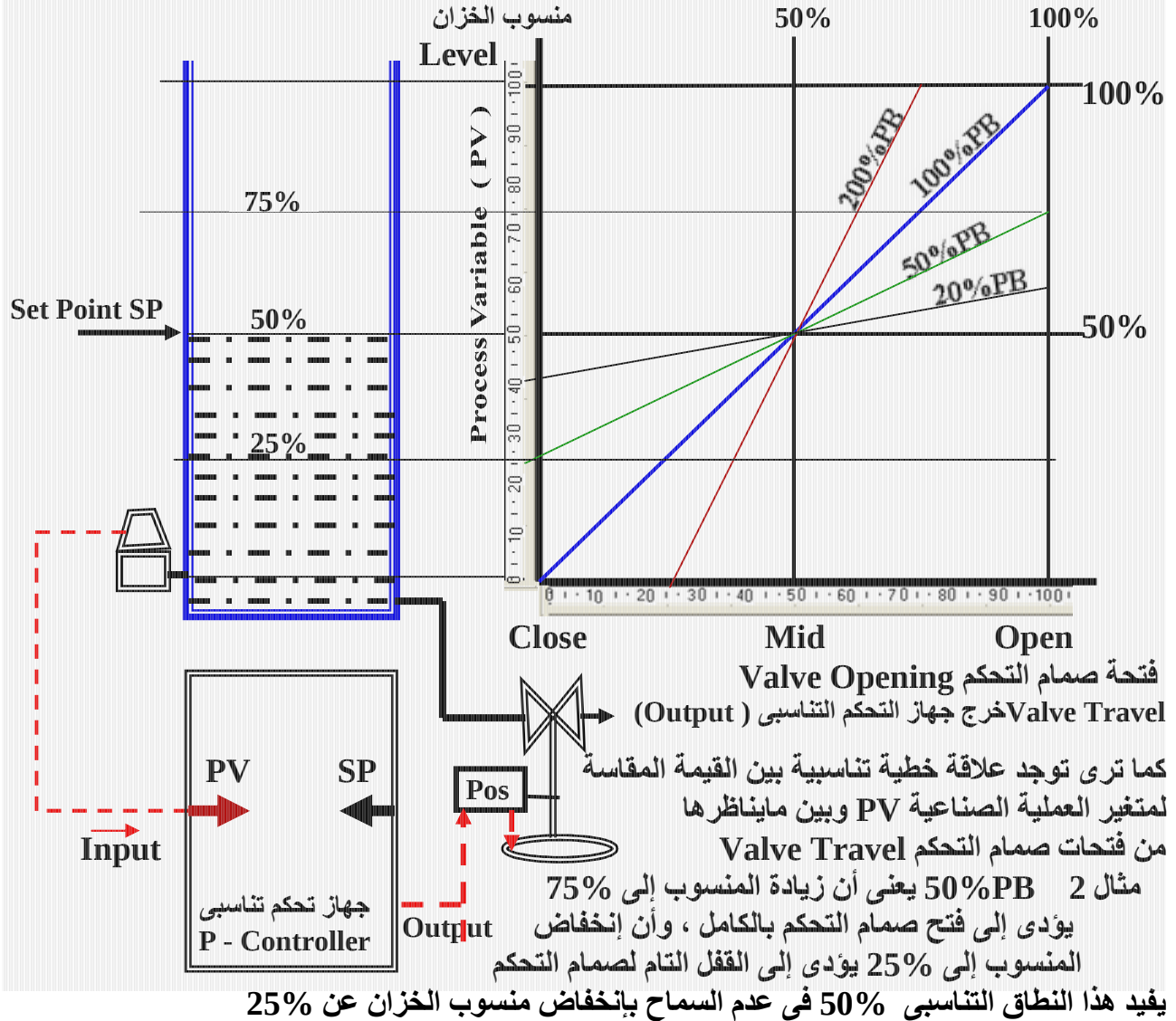
هو إحداث تغييرات تناسبية في الخرج Output تتناسب مع الخطأ Error أو الإنحراف Deviation بين متغير العملية الصناعية PV و بين القيمة المضبوطة SP Set Point

$$\text{Error} = \text{Deviation} = \text{SP} - \text{PV}$$

النطاق التناسبي Proportional Band PB هو كمية تغير القيمة المقاسة للعملية الصناعية PV (كنسبة مئوية من التدرج) على جانبي نقطة الضبط Set Point واللازمة لإحداث تغير في الخرج Output من أدنى قيمة إلى أقصى قيمة أو التي 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?" $\text{PB} = \Delta \text{Input}(\% \text{Span}) \text{ For } 100\% \Delta \text{Output}$

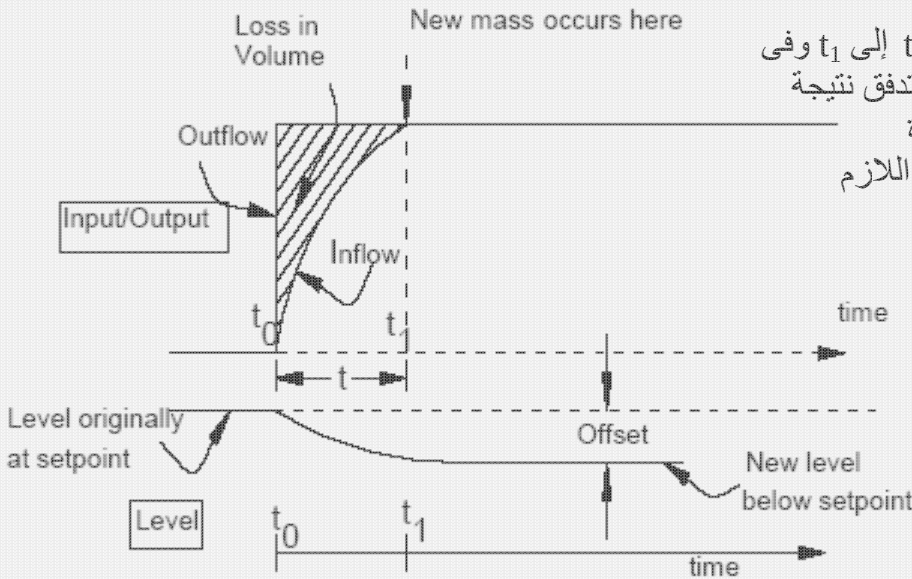
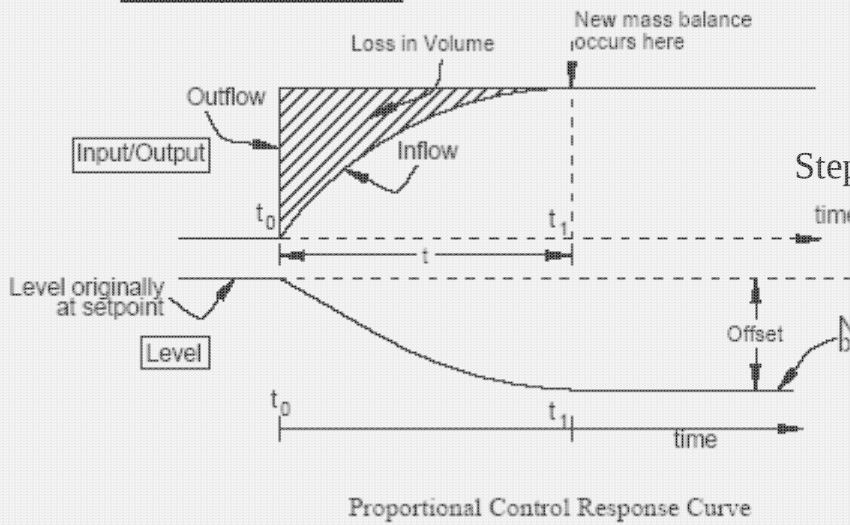
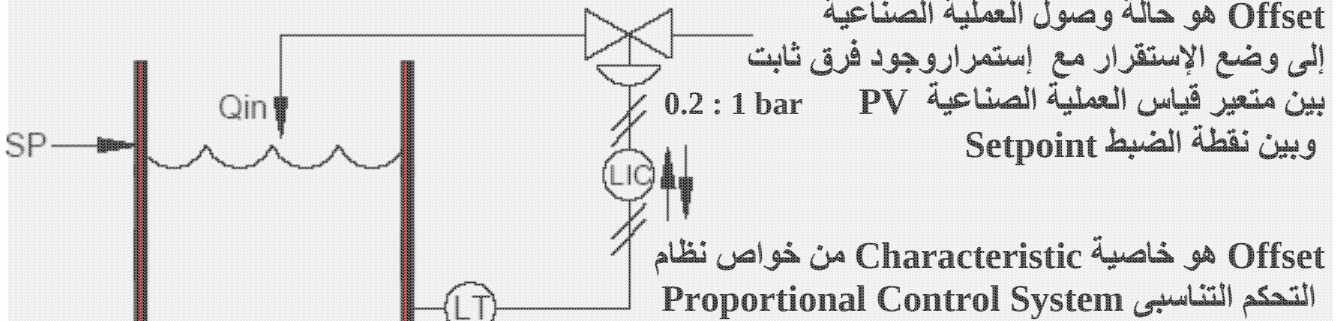
مثال : إذا كان منسوب خزان هو 100 cm سنتيمتر ، ونقطة الضبط هي 50 cm فإن $\text{PB} = 100\%$ يعني أن تغير المنسوب أعلى أو أدنى نقطة الضبط بمقدار 50 cm يسبب الفتح أو الغلق الكامل لصمام التحكم Control Valve.



Blank Page

الانحراف 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.



Blank Page

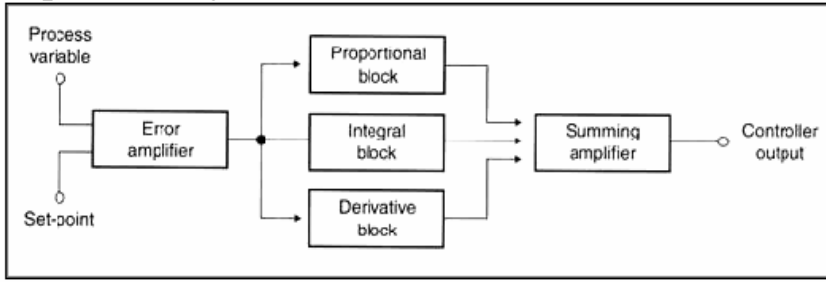
جهاز التحكم التناسبي التكاملي التفاضلي PID Controller

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

PID Controller Calculation (Algorithm)

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

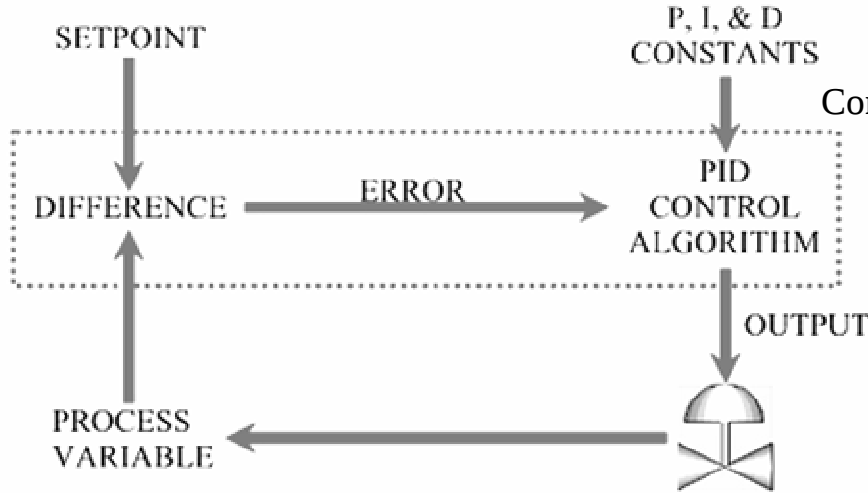
PID can be described as a set of rules with which precise regulation of a closed-loop control system is obtained.



Block Diagram of PID Controller

يستقبل جهاز التحكم إشارة قياس العملية الصناعية PV وهي Process Variable ثم طرحها من القيمة المضبوطة Set Point ويكون ناتج الطرح هو قيمة الخطأ (e) ، والذي

يستخدمه جهاز التحكم في حسابات الـ PID Calculation (Algorithm) لإنتاج إشارة خرج جهاز التحكم والتي يستقبلها عنصر تصحيح العملية الصناعية وهو مثلاً صمام التحكم Control Valve



Control Algorithm

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

$$\text{Controller Output (P}_{\text{Out}}) = P_{\text{contrib}} + I_{\text{Contrib}} + D_{\text{Contrib}}$$

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

هو الصيغة أو المعادلة الرياضية للتعبير عن الثلاث عناصر المساهمة في خرج جهاز التحكم وهي :

- مساهمة الفعل التناسبي Proportional Contribution = P_{contrib}
- مساهمة الفعل التكاملي Integral Contribution = I_{Contrib}
- مساهمة الفعل التفاضلي Derivative Contribution = D_{Contrib}

Blank Page

ضبط فعل التحكم التكاملى (Reset Action) Integral 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 الإلكترونية الديجيتال أو غيرها من الأجهزة العادية النيوماتية والهيدروليكية

ماهو مفهوم الضبط لفعل التحكم بالمصطلح I أو المصطلح RPM

المصطلح 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 بالدقائق لكل تكرار MPR (Minutes Per Repeat)

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

المصطلح RPM (Repeats Per Minute)

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

معدل التكرار = Reset Rate = RPM

ولكن ماهو تأثير ماسبق على توليف 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 Reset بالمفهوم 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

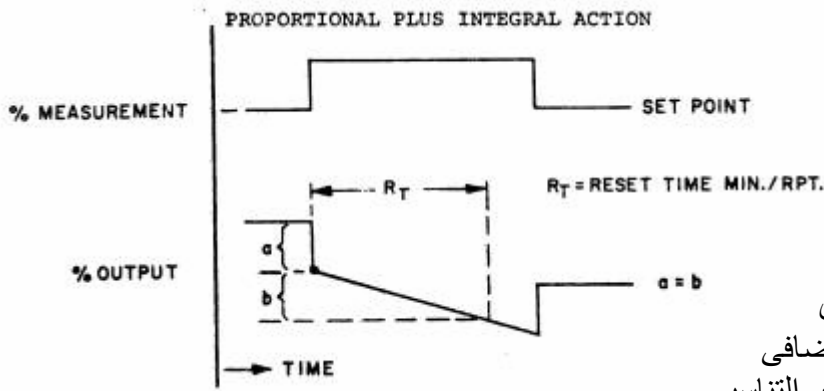
زمن تكرار إعادة الضبط MPR

- 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 التناسبي بالإضافة إلى الفعل التكاملي

Proportional Plus Integral Action



يوضح الشكل دائرة تحكم لفعل التحكم التناسبي بالإضافة للفعل التكاملي والمعروف بـ PI Control وذلك في دائرة تحكم مفتوحة Open Loop حيث نلاحظ الآتي :

- إحداث تغيير مرحلي Step Change في القيمة المقاسة Measurement يؤدي إلى إحداث تغيير فوري بتأثير الفعل التناسبي بالقيمة a يتبعها إحداث تغيير إضافي بتأثير الفعل التكاملي b بنفس قيمة التغير التناسبي

ولكن بعد مرور زمن إعادة الضبط $R_T = \text{Reset Time}$

- تستمر الزيادة في الخرج بتأثير الفعل التكاملي طالما إستمر هناك فرق بين القيمة المقاسة Measurement وبين القيمة المضبوطة Set point

- تتوقف الزيادة في 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 $PB = 50\%$ وخطاً ثابت Sustained Error ، ونقطة ضبط Set point = 50% وقيمة مقاسة Measurement = 55% وبعد مرور أربع دقائق إزداد الخرج 30% ، ماهي القيمة المضبوط عليها الفعل التكاملي ؟ Reset Time

الحل :

$$Gain = \frac{100\%}{50\%} = 2$$

$$PB = 50\%$$

وحيث أن فعل التحكم مباشر $\uparrow\uparrow$ لهذا يكون الكسب بإشارة سالبة Negative Gain (K_p)

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

وحيث أن الخرج الكلي (تناسبي + تكاملي) بعد مرور أربع دقائق هو 30% فهذا يعنى أن الزيادة التي سببها الفعل التكاملي خلال الأربع دقائق هي 20% ، لأن الفعل التناسبي تسبب في زيادة 10%

$$\text{أي أن معدل تكرار الفعل التناسبي (Reset Rate) = } 0.5\text{RPM} = 2\text{MPR}$$

- 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

الفعل التفاضلي Derivative or Rate Action

يقوم الفعل التفاضلي بتسريع التحكم في العمليات الصناعية بطيئة الإستجابة أو الكبيرة السعة .

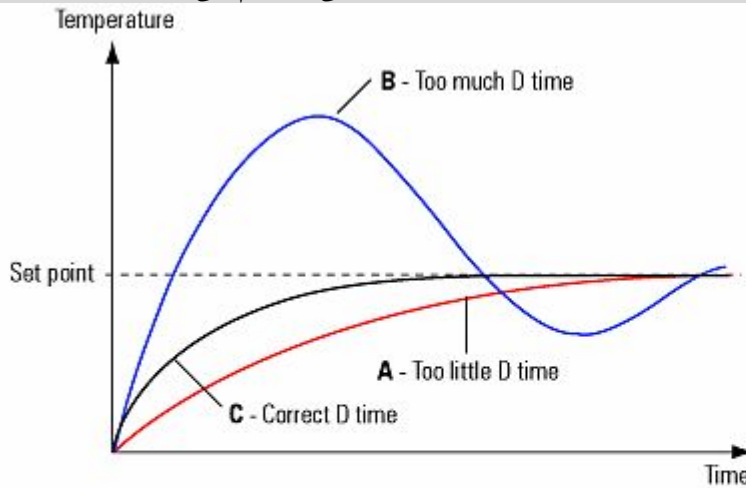
الفعل التفاضلي (Rate) Derivative+ Action :

هو دالة في سرعة تغير الخطأ Rate action is a function of the *speed of change* of the error.

يقوم فعل التحكم التفاضلي بإعطاء إستجابة فورية (تغير في خرج جهاز التحكم) والتي من المفترض أن تعادل في المستقبل كلاً من الفعل التناسبي بالإضافة للفعل التكاملي ولكن بعد مرور الزمن التكاملي I

Derivative (Rate) Summary - 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 التفاضلي في العمليات الصناعية البطيئة الإستجابة مثل التحكم في الحرارة . ولايستخدم في التحكم في التدفق Flow Control ، ويندر إستخدامه في التحكم في الضغط Pressure ، و يقل إستخدامه في 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 التفاضلي Rate or Derivative Action

هو فعل تحكم إستباقي Leading Control الهدف منه التغلب على القصور الزاتي Inertia أو التأخير الزمني الكلي Overall Lag للتحكم في العملية الصناعية .

وفكرة عمل التحكم الإستباقي Pre-act للفعل التفاضلي هي قيام جهاز التحكم بمقارنة القيمة الحالية للقيمة المقاسة PV بالقيمة السابقة لها ، فإذا كان هناك تغير في ميل Slope القيمة المقاسة فإن جهاز التحكم يحدد قيمة الخرج التي يجب أن يعطيها بعد الزمن الذي تم ضبطه للفعل التفاضلي T_d (وهي قيمة الخرج بتأثير الفعل التناسبي وحده) ، وفوراً وقبل بداية تأثير الفعل التناسبي 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

ولهذا يكون 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 والتي يحدث فيها سحب سريع يتطلب التعويض السريع بكميات كبيرة فى البداية ، وذلك لكى يتم التعويض السريع وبالتالي سرعة تقليل الفرق الذى حدث بين منسوب الخزان (PV) وبين القيمة المضبوطة Setpoint (SV)

إختيار إستجابة التحكم التفاضلى هو للتغير فى القيمة المقاسة (PV) Process Variable 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 القيمة 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

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 وبالتالي التعجيل بمعالجة الخطأ.

مزايا فعل التحكم التفاضلى : Advantages of Derivative Action

سرعة الإستجابة بإحداث تغير فوري 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

Setting of T_d

ضبط زمن الفعل التفاضلى T_d

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

- كسب كبير High Gain - 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 - إحداث تغير صغير فى الخرج Small Output Change

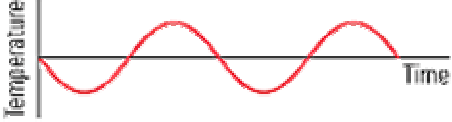
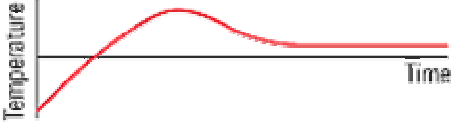
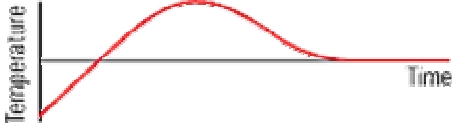
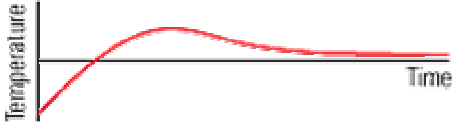
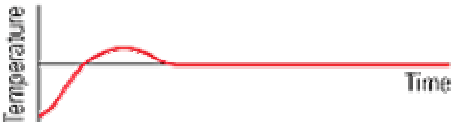
- عملية صناعية مستقرة Stable Process

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

منحنى الإستجابة لأساليب التحكم التناسبي والتكاملى والتفاضلى

PID Control Modes and Responses

مهندس التحكم بعد كل ماسبق فإنه وبعون الله تعالى يكون قد تحقق لديه معرفة تأثير عمل 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 التناسبي يكفي فلا يجب إدخال التحكم التكاملى والتفاضلى ، ولكن يتم فقط إضافة أسلوب التحكم الضرورى والمناسب للعملية الصناعية ، وقد واجهت أنا شخصياً فى داخل وخارج مصر مشكلة الإختيار الخاطيء 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

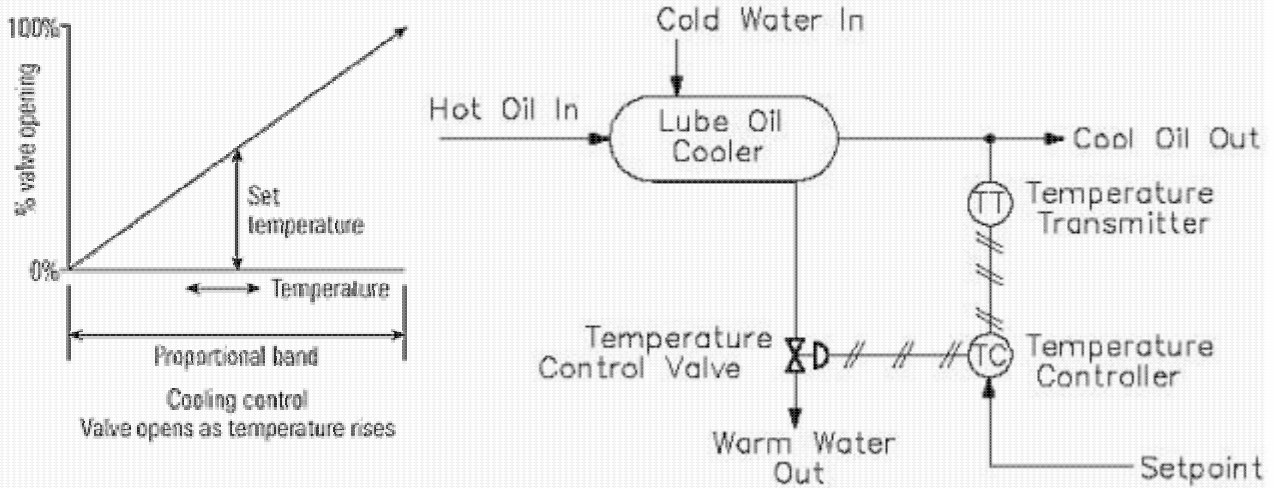
هو نظام تحكم يزداد فيه خرج جهاز تحكم العملية الصناعية بزيادة متغير العملية الصناعية PV فوق نقطة الضبط Setpoint SV

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 استخدام فعل التحكم المباشر فى نظم تحكم التبريد Cooling Control

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



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

تمثل درجة حرارة الزيت الخارج من مبرد الزيت Lube oil cooler متغير العملية الصناعية المحكوم Controlled Variable وتؤدي زيادتها إلى زيادة إشارة خرج جهاز التحكم Temperature Controller TC وبالتالي زيادة فتحة بلف التحكم وزيادة تدفق مياه التبريد cold water والتي تمثل متغير التعديل Manipulated variable وهذا طبقاً لعمل على خفض 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 بناءً على العلاقة بين متغير (أو عنصر) التعديل **Manipulated Parameter (MV)** وبين المتغير (أو العنصر) 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 (Process Variable) 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 (Process Variable) 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

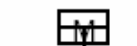
رموز العمليات الصناعية والأجهزة الدقيقة

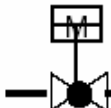
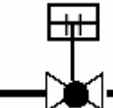
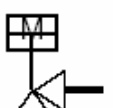
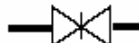
Process and Instrument Symbols

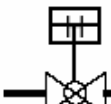
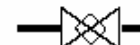
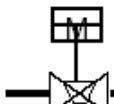
لابد للمهندسين والكيميائيين العاملين في المنشآت الصناعية والبتروولية أن تكون لديهم المعرفة الكافية بمخططات ورسومات ورموز العمليات الصناعية والأجهزة وهي المعروفة بـ

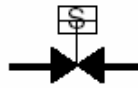
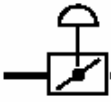
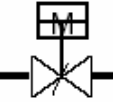
Process and Instrument Drawings (P& ID_s)

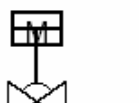
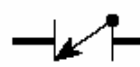
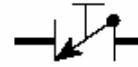
أولاً: رموز البلوف (الصمامات) *Valve Symbols*

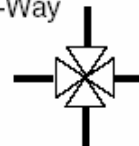
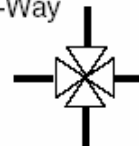
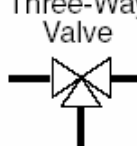
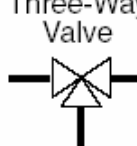
GATE VALVES					
					
Gate Valve	Manual Operated Valve	Pneumatic	Motor	Hydraulic	Bleeder Valves

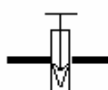
GLOBE VALVES							
							
Globe Valve	Pneumatic	Motor	Hydraulic	Angle	Pneumatic	Motor	Needle

BALL VALVES			PLUG VALVES		
					
Ball	Ball	Motor or Hydraulic	Plug	Plug	Motor or Hydraulic

BUTTERFLY VALVES						
					Pneumatic Operated	
Butterfly	Butterfly	Butterfly	Motor or Hydraulic			Solenoid Valve CLOSED

DIAPHRAGM VALVES			CHECK VALVES		
					
Diaphragm		Motor	Check Valve	Check Valve	Stop Check

SAFETY (Gases)		RELIEF (Liquids)		Four-Way		Three-Way Valve	
							
		Relief Valve					

Knife Valve		Pinch Valve				
				Gauge	Rotameter	Orifice

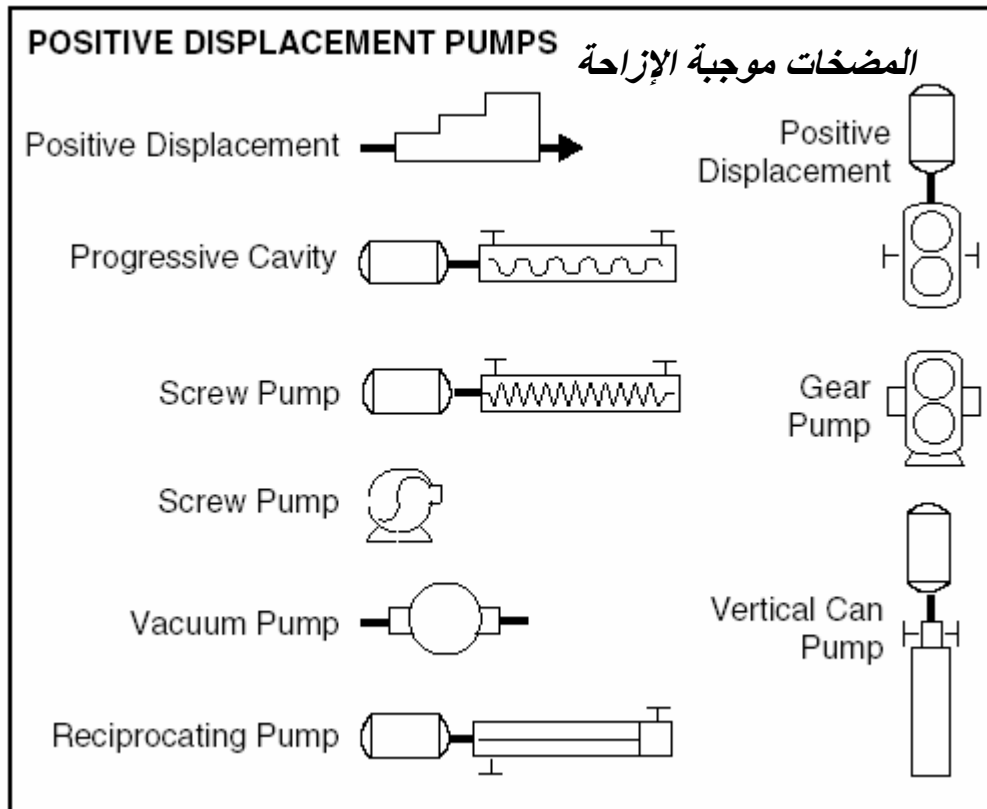
ثانياً : رموز الأجهزة الدقيقة Instrument Symbols

مبين حرارة TI Temp Indicator مرسل حرارة TT Temp Transmitter مسجل حرارة TR Temp Recorder جهاز تحكم حرارة TC Temp Controller مبين منسوب LI Level Indicator مرسل منسوب LT Level Transmitter مسجل منسوب LR Level Recorder جهاز تحكم منسوب LC Level Controller	مبين تدفق FI Flow Indicator مرسل تدفق FT Flow Transmitter مسجل تدفق FR Flow Recorder جهاز تحكم تدفق FC Flow Controller مبين ضغط PI Pressure Indicator مرسل ضغط PT Pressure Transmitter مسجل ضغط PR Pressure Recorder جهاز تحكم ضغط PC Pressure Controller	محول إشارة كهربية إلى نيوماتية I/P Transducer جهاز تحكم وبيان للضغط PIC Pressure Indicating Controller جهاز تحكم وتسجيل للضغط PRC Pressure Recording Controller إنذار منسوب LA Level Alarm عنصر قياس تدفق FE Flow Element عنصر قياس حرارة TE Temperature Element مقياس منسوب LG Level Gauge مرسل تحليل AT Analyzer Transmitter
---	---	--

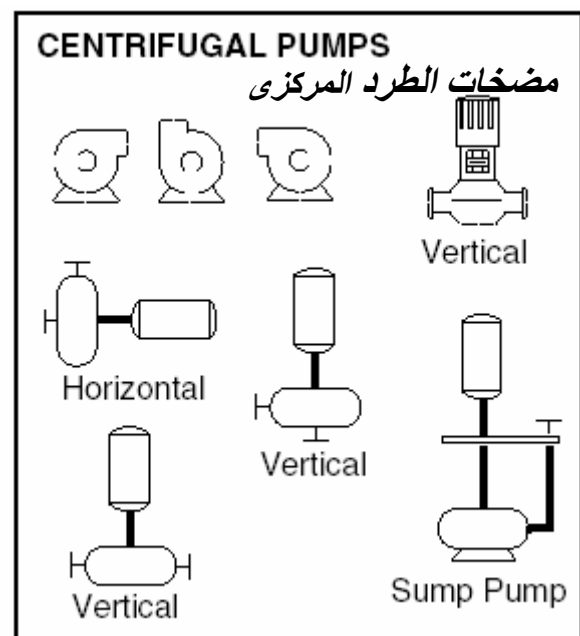
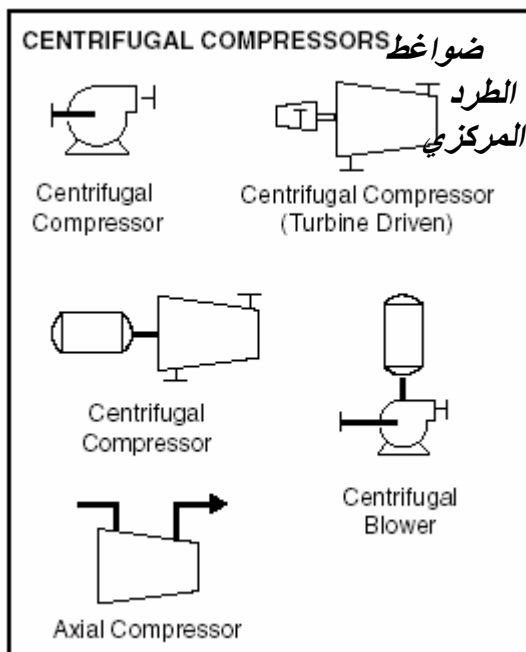
متغير العملية الصناعية المقاس Variable Being Measured	عمل الجهاز What It Does	الجهاز Instrument
رقم دائرة التحكم Control Loop	Remote Location (board mounted)	Remote Location (behind control panel)
جهاز مثبت بعيداً عن الموقع جهاز مثبت خلف لوحة التحكم		

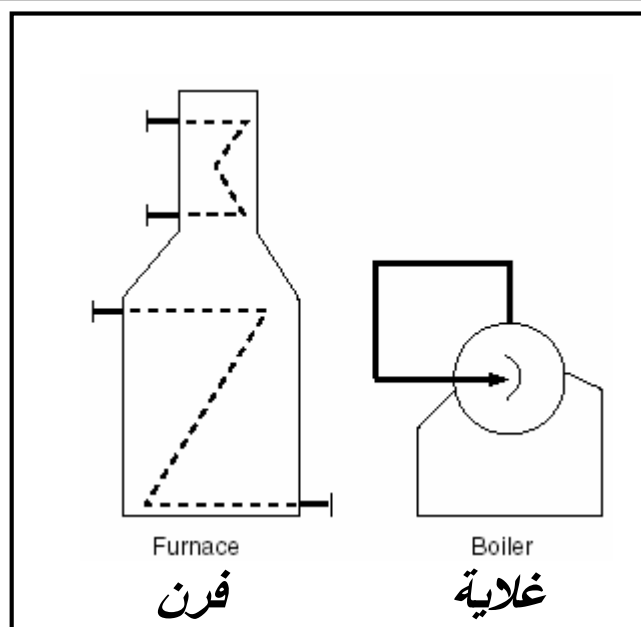
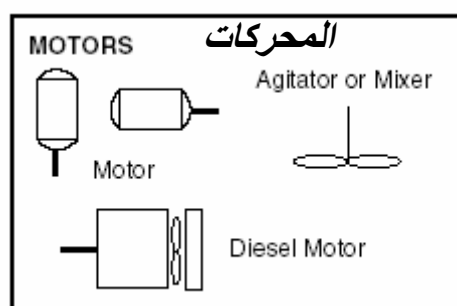
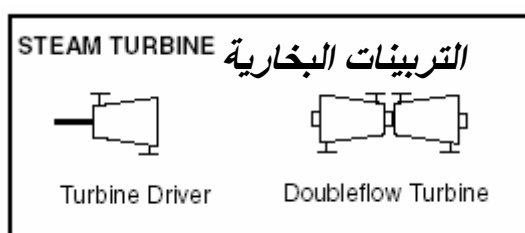
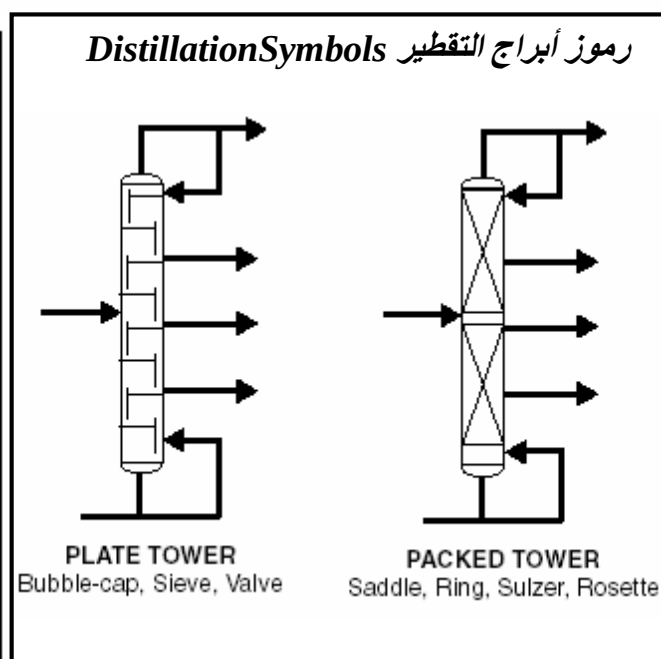
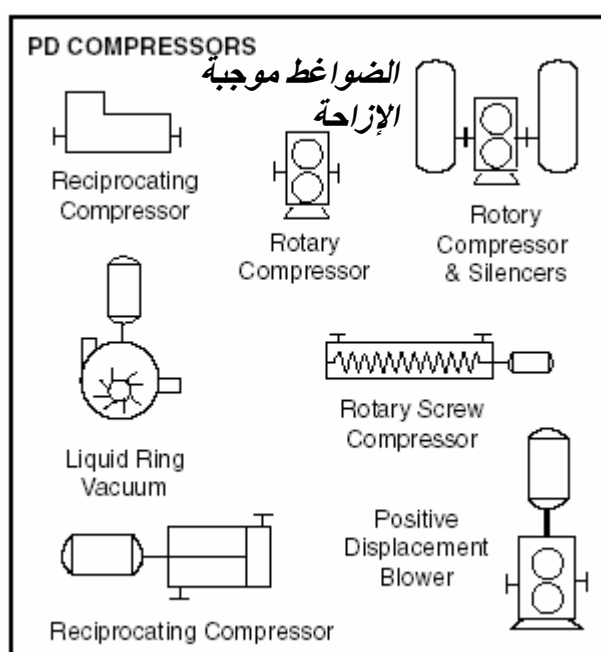
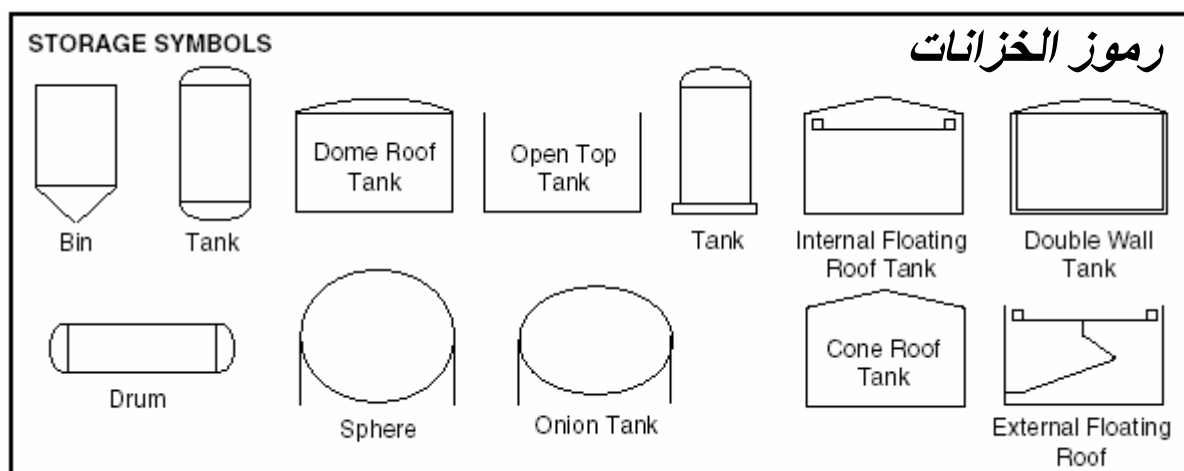
جهاز مثبت في موقع الإنتاج	Field Mounted

ثالثاً : رموز العمليات الصناعية *Process Diagrams*

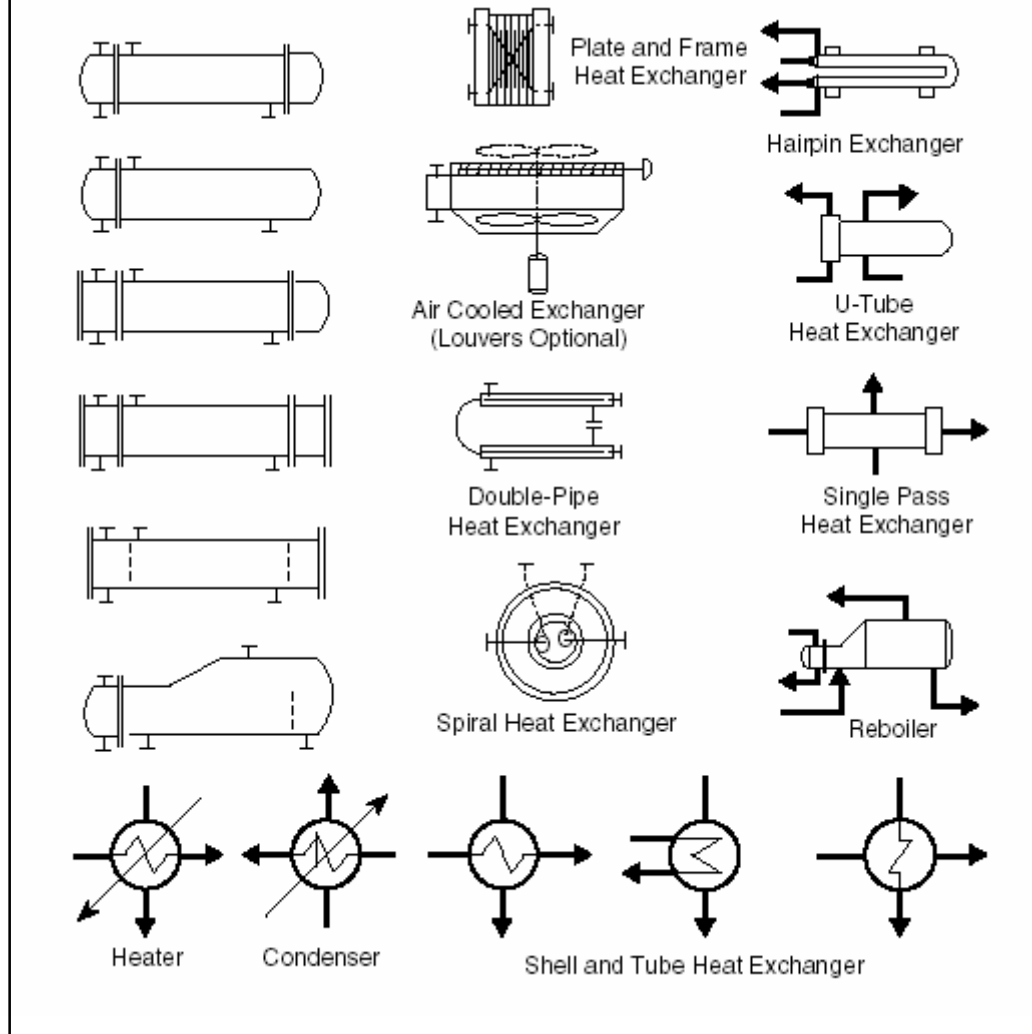


توضح الأشكال
العديد من مكونات
الإنتاج المستخدمة
في الكثير من
العمليات الصناعية

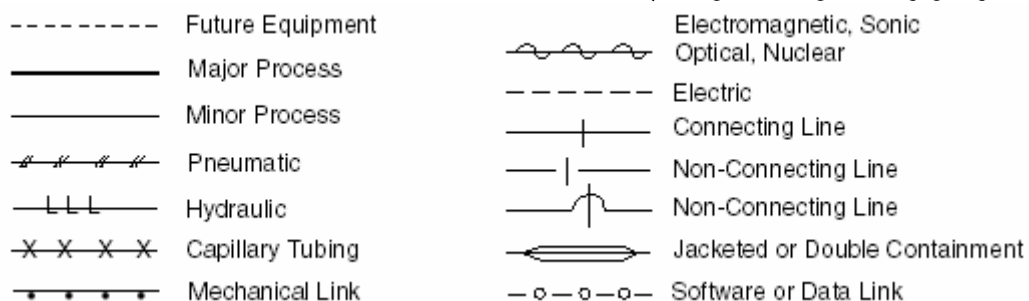




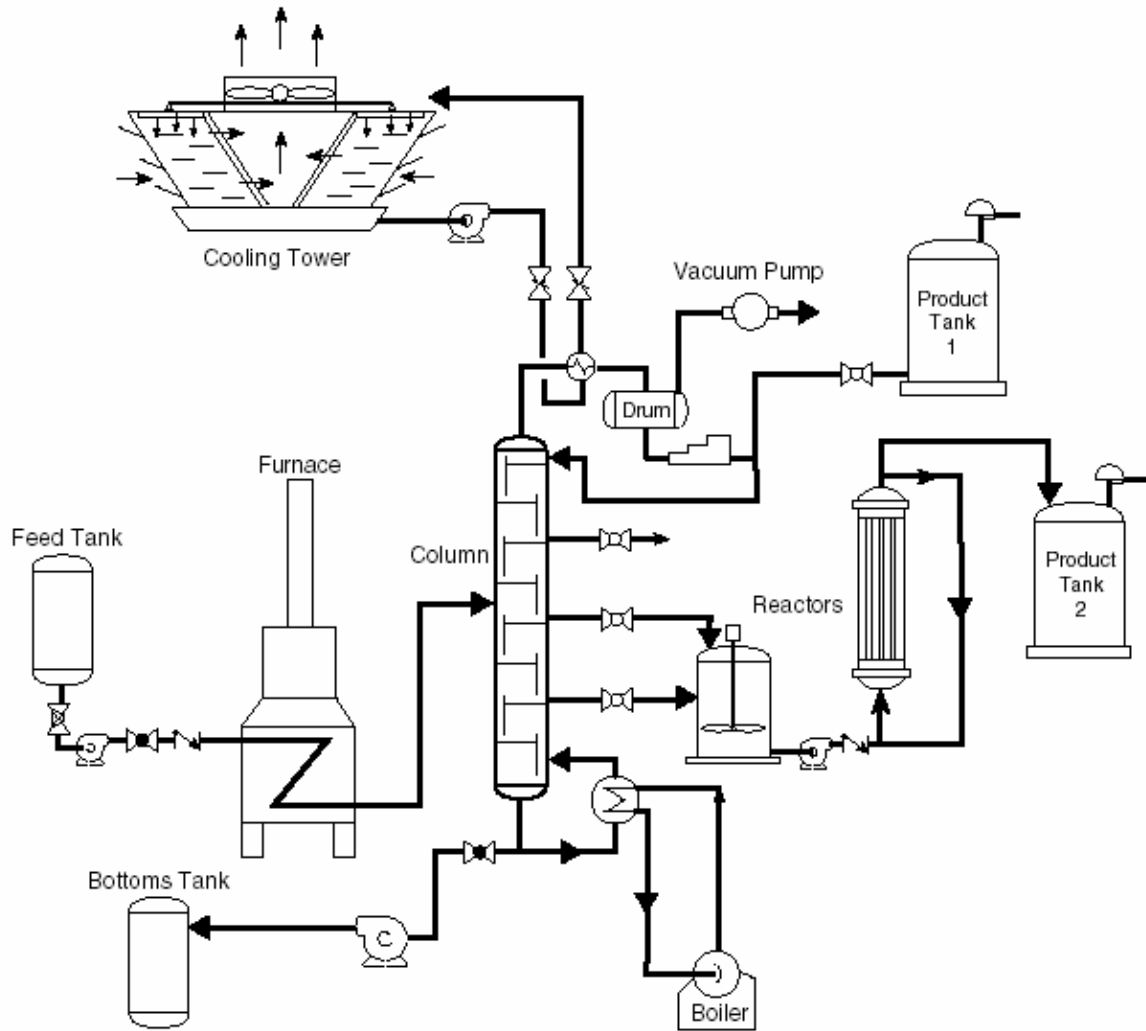
رموز المبادلات الحرارية Heat Exchanger Symbols



رموز خطوط التوصيل



مثال :مخطط عمليات صناعية وأجهزة دقيقة
Process & Instrument Diagram (P& ID)
 أولاً : مخطط العملية الصناعية

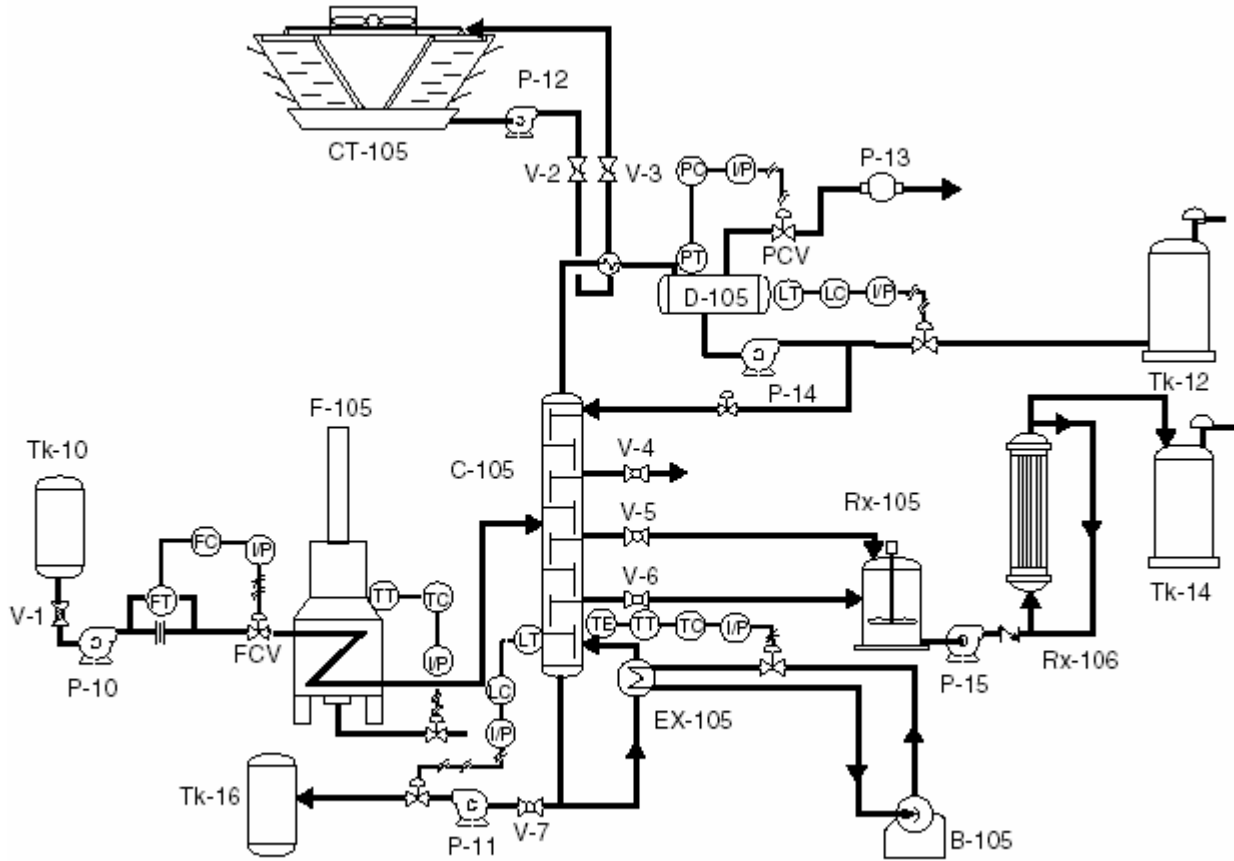


Process Flow Diagram (PFD)

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

وفي الصفحة التالية تم إضافة الأجهزة Instruments على مكونات العملية الصناعية Process لكي نحصل على مخطط متكامل للعملية الصناعية والأجهزة

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



Process and Instrument Diagram (P&ID)

عملية التقطير باختصار هي عملية صناعية يتم فيها فصل مكونات خليط Mixture وذلك بتكنولوجيا استخدام نقطة غليان Boiling Point مكونات الخليط

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 والأمانة 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 ، وفى 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 (4 : 20)

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 التى 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] : Function key. Press this key to select the desired function mode and confirm a setting value.

[Mode key] : 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] : Down key. Press this key to decrease values displayed on the SV display. Hold down this key to speed up the decrements.

[Up key] : 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 الأجزاء التالية بعون الله ومشينته .

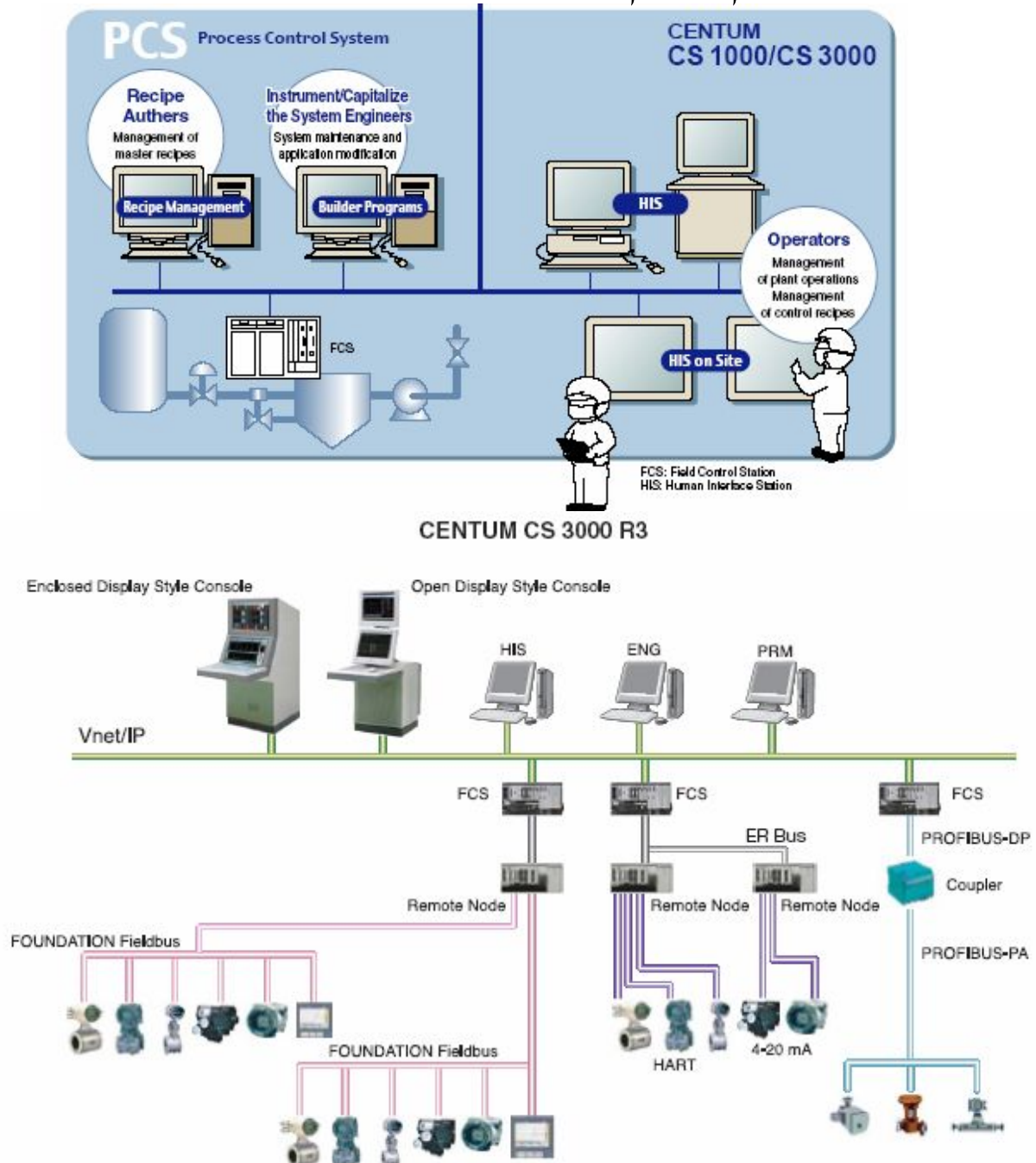
Blank Page

نظام التحكم (DCS (Distributed Control System

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 في المنشآت الصناعية الكبرى وفي الصناعات البترولية والبتروكيمياوية وصناعة الأسمدة والأسمت وغيرها من الصناعات التي يتواجد بها العشرات والمئات من دوائر التحكم والتي تعتمد كثيراً على استخدام التحكم PID ولهذا يلزم المعرفة الواسعة بالتحكم PID لكل من يعمل في أنظمة الـ DCS

المكونات الرئيسية لنظام التحكم DCS



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.