Date 16/08/22

# Process Control & Instrumentation

Name ÷ Suraj Prajapati  Sub. Code - 5003

## 1.1 Instrumentation and its importance to chemical industries

किसी भी chemical industry में विभिन्न unit operation में बहुत से parameters जैसे - T, P, Conc, flow rate etc. परिवर्तनशील होते हैं। इन process को सफलतापूर्वक चलाने के लिए इन parameters का continuously measurement आवश्यक है। इन parameters को measure करने के लिए process application के अनुसार अलग-अलग instruments का use किया जाता है। जिससे पूरे प्रक्रम की जानकारी प्राप्त हो सकें तथा प्रक्रम मे होने वाली किसी भी abnormality को तुरन्त ज्ञात किया जा सकें।

इसप्रकार "Chemical Industries में विभिन्न parameters को measure करने के लिए instrument स्थापित करने की प्रक्रिया Instrumentation कहलाती है।"

अर्थात् Chemical Industries के instrumentation का अर्थ है - प्रत्येक step पर प्रत्येक parameter को measure करने के लिए instrument स्थापित करना।

यदि किसी C.I. में instrumentation नहीं किया जाएं तो उस अवस्था में process ideally नहीं चल पाएगा जिससे productivity (उत्पादकता) भी प्रभावित होगी तथा साथ ही दुर्घटना की भी आशंका बनी रहेगी।

अत: C.I. में Instrumentation के निम्न importance (लाभ) हैं -

(1.) Instrumentation के द्वारा प्रत्येक समय - अन्तराल पर parameter मे होने वाले परिवर्तन का ज्ञान होता है।

(2.) Parameter में परिवर्तन को control करके ideal condition maintain की जाती है।

(3.) Instrumentation के द्वारा जब industry ideal condition में चलती है तब high productivity प्राप्त होती है।

(4.) किसी प्रकार की दुर्घटना की आशंका नहीं होती है।

(5.) Instrumentation के कारण विभिन्न equipments जैसे - Heat exchanger, Distillation Column, reactor etc.. पूर्ण दक्षता के साथ कार्य करते हैं तथा इनकी maintenance की भी कम आवश्यकता होती है।

## 1.2 Important process parameters required to be measured in chemical Industries

किसी C.I. को सुचारु रूप से चलाने के लिए निम्न parameters को measure करना आवश्यक है -
इन parameters को measure करने के पश्चात इन्हें process control के द्वारा standard condition मे maintain करने से अधिकतम productivity प्राप्त होती है।

(1.) **Temperature** =>

सामान्यत: सभी रासायनिक अभिक्रियाएं एक तापमान विशेष पर सम्पन्न होती है। अत: तापमान को मापन करके उसे नियंत्रित कर ideal temperature पर अभिक्रिया सम्पन्न कराई जा सकती है।

(2.) **Pressure** =>

किसी रासायनिक अभिक्रिया के लिए ला-शातेलिए (ली-शटेलिए) के नियम के अनुसार "दाब का घटाया या बढ़ाया जाता है जिससे अभिक्रिया अग्र दिशा में बढ़ सके"।
अत: दाब को measure करना आवश्यक है।

(3.) **Concentration** =>

किसी रासायनिक अभिक्रिया के लिए सान्द्रता मापन भी बहुत अधिक महत्वपूर्ण है। सान्द्रता को नियंत्रित करके उत्पादकता बढ़ाई जा सकती है।

(4.) **Volumetric flow rate** =>
(CSTR)
Continuous reactors में अभिक्रिया को सुचारु रूप से चलाने के लिए volumetric flow rate को measure करके control करना आवश्यक है।

(5.) **pH** =>

किसी अभिक्रिया के अम्लीय / क्षारीय माध्यम में होने का पता हमें pH सेम्पलिंग से लगता है। अत: pH को measure करना भी बहुत अधिक महत्वपूर्ण है।

(6.) **Level** =>

किसी C.I. में दुर्घटना की अधिकता से तथा overflow / underflow जैसी जटिल परिस्थितियों से बचने के लिए Level को measure करना आवश्यक है।

उपरोक्त parameters के अतिरिक्त कुछ अन्य parameters भी होते हैं जिन्हें measure करना भी आवश्यक है इन्हें "Secondary Parameters" भी कहते हैं।
जैसे - Density, Viscosity, [ ], Kinematic viscosity, thermal conductivity, Diffusivity
यदि सभी parameters को measure करने के लिए instruments स्थापित किए जाते हैं तभी उस C.I. का Instrumentation सम्पूर्ण माना जाता है। तथा सभी parameters को control करके C.I. को सुचारु रूप से चलाया जा सकता है।

## 1.3 Importance of process control ⇒

किसी C.I. में process control के द्वारा उस process को पूर्ण दक्षता से सतत् रूप से least variation के द्वारा run किया जा सकता है। Process Control को install करने के निम्न advantages हैं -

(1.) Maximum productivity
(2.) Consistent in quality
(3.) Maximum yield
(4.) Energy efficiency
(5.) Maximum safety
(6.) Satisfying environmental requirement
(7.) Maximum profit

Process Control में Chemical अभियांत्रिकी के field में automatic control के द्वारा C.I. run करने का अध्ययन किया जाता है।
Automization के द्वारा minimum efforts से process को automatically control किया जाता है।
वर्तमान में chemical Industry में control room में लगा होता है जिसके द्वारा control room से ही पूरे process को control करके smoothly run किया जा सकता है।
इसप्रकार Chemical Industry में process control का बहुत अधिक महत्व है।

(i) Maximum Productivity

process control के कारण "जब process निर्धारित मापदण्ड के अनुसार run करता है तो उसकी productivity बढ़ जाती है तथा 100 % standard परिस्थितियों में maximum productivity प्राप्त होती है।

(ii) Consistance in quality

किसी भी C.I. में यह ज्ञातव्य है कि प्राप्त उत्पाद High quality का हो तथा उसकी consistancy बनी रहे। Process control में product की consistancy बनी रहती है। जिससे सतत् रूप से उच्च quality का product प्राप्त होता है।

(iii) Maximum yield

process control के सुचारु रूप से कार्य करने से maximum yield प्राप्त होती है। तथा wastage minimum होता है और reactants पूर्णत: product में परिवर्तित हो जाते हैं।

(iv) Energy efficiency

process control के कारण energy को भी save किया जा सकता है जिससे energy efficiency में वृद्धि होती है।

(v) Maximum Safety

Automization अथवा process control द्वारा दुर्घटना की आशंका नहीं रहती है जिससे process को safety run किया जा सकता है। Process में abnormality होने पर स्वत: ही alarm अथवा साइरन बजते हैं जिससे भी दुर्घटना को टाला जा सकता है व process को smoothly run कराया जा सकता है।

(vi) Satisfying Environmental Requirment

जब process को पूर्णत: control किया जाता है तो Environmental Hazard भी minimum होता है जिससे pollution होने की संभावना कम होती है।

(vii) Maximum profit

जब process पूर्णत: control परिस्थितियों में कार्य करता है तो maximum yield प्राप्त होने के कारण profitability भी अधिकतम होती है।

(viii) Less men power required

Automization के द्वारा process को control करने से men power requirement भी कम होता है जिससे भी profitability increase होती है।

Date 27/08/22

# Unit - 2

## Temperature

(1.) The temperature conversion formula from Celcius (°C) to kelvin (K)

$$K = °C + 273.15$$

(2.) The temperature conversion formula from Fahrenheit (°F) to Celsius (°C).

$$°C = (F - 32) \times \frac{5}{9}$$

(3.) The temperature conversion formula from Kelvin (K) to Fahrenheit

$$F = (K - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$$

| Unit | °C | °F | K |
|---|---|---|---|
| °C | °C | $\frac{9}{5}(°C) + 32$ | °C + 273.15 |
| F | $(F-32) \times \frac{5}{9}$ | F | $(F-32) \times \frac{5}{9} + 273.15$ |
| K | K − 273.15 | $(K - 273.15) \times \frac{9}{5} + 32$ | K |

Ex- 30°C → K ?

$\because$ $K = °C + 273.15$

$K = 30 + 273.15$

$K = 303.15$

50°C → F

$°F = \frac{9}{5}°C + 32$

$°F = \frac{9}{5}(50) + 32$

$°F = 90 + 32$

$°F = 122$

Ex. 113°F → K

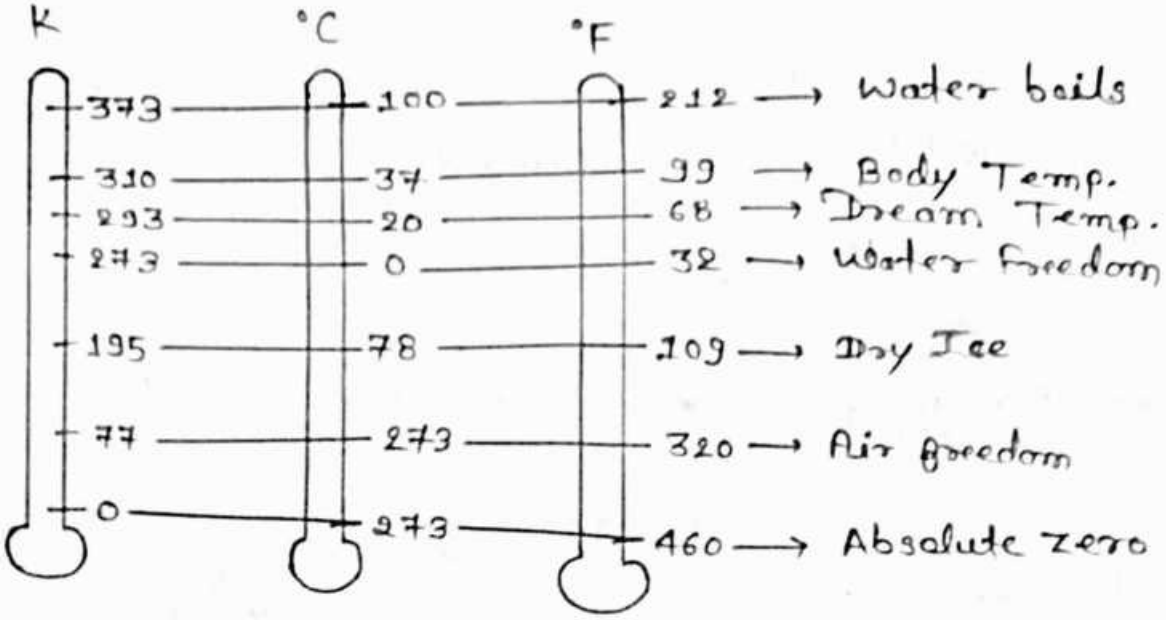
$K = (F - 32) \times \frac{5}{9} + 273.15$

$K = (113 - 32) \times \frac{5}{9} + 273.15$

$K = 81 \times \frac{5}{9} + 273.15$

$K = 45 + 273.15$

$K = 318.15$




## Introduction

Chemical Industries में temp. एक बहुत अधिक important parameter है क्योंकि सभी chemical reaction एक विशिष्ट temp पर maximum productivity देती है।

→ Temp. hotness अथवा coolness को प्रदर्शित करता है। तथा इसका प्रत्येक समय पर exact ज्ञात होना बहुत अधिक आवश्यक है इस कारण से C.I. में विभिन्न बिन्दुओं पर temp. measurement के लिए Instrumentation किया जाता है।

→ Flow पाइपलाइन, storage vessels, chemical reactors etc... में विशिष्ट रूप से temp. ~~measuring~~ measuring instruments लगाए जाते हैं।

## Different scales of temperature

Temp. scales को कुछ विशेष fixed points के अनुसार परिभाषित किया जाता है उन्हें reference मानकर उनके अनुसार temp. की scaling की जाती है।

Term
(1.) The lower fixed point is known as Ice point.

(2) The higher fixed point or steam point.

Temp. measurement के लिए मुख्यतः चार scales काम में आते हैं।

① Fahrenhite scale (3) Kelvin scale

(2) Celcius scale (4) Rankine scale

(1.) Fahrenhite scale ⇒

यह scale सन् 1724 में D.G. Fahrenhite के द्वारा propose किया गया था। इसमें water का freezing point 32°F तथा boiling point 212°F आधार माना जाता है। इसप्रकार इन दोनों values के बीच scale को 180 समान भागों में बाँटा जाता है।

(2.) Celcius scale ⇒

यह scale Anders Celcius के द्वारा propose किया गया था। इसमें water का Ice point 0°C तथा boiling point 100°C मानकर पूरे scale को 100 समान भागों में विभाजित किया जाता है। इसप्रकार यह scale प्राप्त होता है।

(3) Kelvin scale ⇒

यह scale W.T.B. Kelvin के नाम पर आधारित है। यह scale इस तथ्य पर आधारित है कि absolute zero or 0°K से नीचे तापमान पहुँचाना सम्भव नहीं है। क्योंकि

(4) Rankine scale ⇒

यह scale M. Rakine के द्वारा सन् 1859 में propose किया गया। इसमें temp. को °R के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

यह एक absolute temp. scale है जिसमें −459.67°F पर absolute zero °R प्राप्त होता है। यह scale kelving scale के समान ही है जिसप्रकार kelvine scale में absolute zero °K = −273.16°C होता है उसीप्रकार Rankine scale में −459.67°F = 0°R होता है।

°F ⟷ °R
°C ⟷ K

Temp. measuring instruments

Temp. measure करने के मुख्यतः दो methods हैं –

① Contact method
② Non-contact method

(1.) Contact method

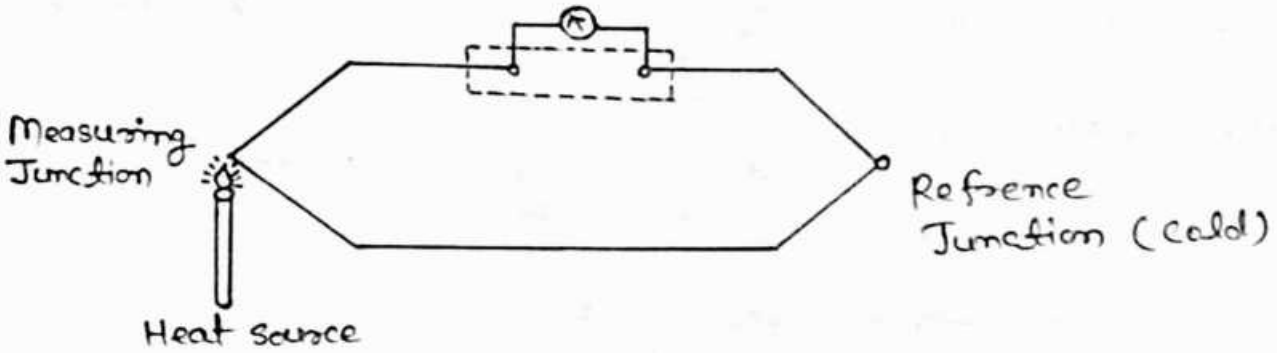
इस method में direct material contact के द्वारा hot body तथा testing body के बीच thermodynamic साम्य स्थापित करके temp. को measure किया जाता है।

(8) Non-contact method =>
इस method में hot body के द्वारा निकलने वाले radiations तथा testing body के बीच thermodynamic eq^n स्थापित करके temp measurement किया जाता है।

सामान्यतः प्रयुक्त होने वाले temp measuring instruments निम्न हैं।

1. Thermo couples
2. Resistence thermometer
3. Pyrometers
4. Bimetallic thermometers
5. Liquid in all glass thermometer

(1.) Thermocouples =>




principle => Thermocouple का सिद्धान्त यह है कि जब दो असमान धातु आपस में किसी एक closed circuit form में जोड़े जाते हैं तो दो junction प्राप्त होते हैं। यदि एक junction को गर्म किया जाए तो circuit में current flow करता है जिसे Galvanometer के द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।
Circuit में होने वाले इस current की मात्रा दोनों junctions के बीच temp difference के समानुपाती होती है।
चूंकि इस instrument में temp measurement के लिए दो metals का use किया जाता है अतः इसे thermocouple कहते हैं।

Construction => Thermocouple दो भिन्न प्रकार के धातुओं के wire से बनाया जाता है जिसमें दोनों wires को दो ends पर joint किया जाता है जिससे दो junction प्राप्त होते हैं।

(A) Measuring Junction

(B.) Reference Junction

working => measuring Junction को गर्म करने पर voltage produce होता है या कि Reference Junction के across voltage से अधिक होता है। दोनों Junction के मध्य voltage diff को measure कर लिया जाता है तथा Voltmeter की reading को उसके सापेक्ष temp की terms में calibrate कर लिया जाता है।

Thermocouple में काम आने वाले प्रमुख metals निम्न है। (A.) Copper
(B.) Iron
(C.) platinum Rohdium
(D.) Chromel Alumina

Range of thermocouple
Thermo couple का use wide temp range 0° से 2000°c तक के लिए किया जा सकता है।

Application of thermocouple
T.C. का use विभिन्न industries में किया जाता है -
e.g. - electric power generation, furnace monitoring & control, food & beverage (खाद्य पदार्थ), chemical & allied industries

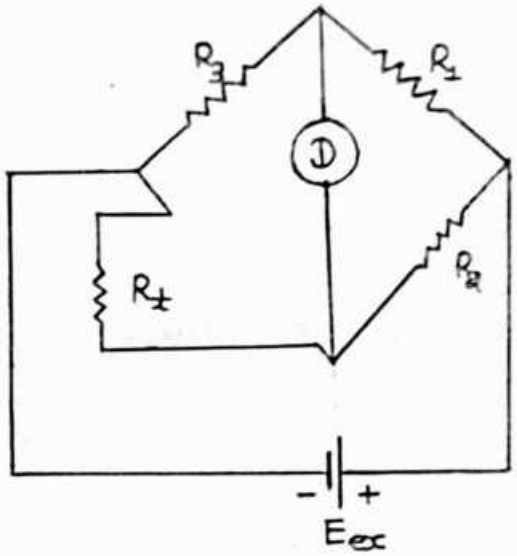
Advantages of T.C. =>
① इसकी accuracy अच्छी होती है।
② इसमें callibration checking की जा सकती है।
③ इसमें temp. measurement की wide range प्राप्त होती है।
④ ये अपेक्षाकृत सस्ते होते है।
⑤ इसमें bridge circuit की आवश्यकता नही होती है।
⑥ ये long transmission distance पर भी कार्य करते है।

Disadvantages
① कई application में इनके साथ amplifier की अधिक आवश्यकता होती है। (कमी → बढ़ा दिखना)
② इनके लिए विशेष metals का selection भी आवश्यक है क्योंकि metal expansion से ही voltage में परिवर्तन होता है तथा temp monitoring की जा सकती है।

③ Control applications के लिए expensive की आवश्यकता है।

④ इनके लिए temp- voltage relationship non - linear होता है।

② Resistence thermometer =>




wheatstone bridge circuit with RTD in one arm

Principal

जब किसी metal / conductor का temp परिवर्तित होता है तो temp मे परिवर्तन के साथ ही उसका resistence भी परिवर्तित होता है। कुछ metals का electrical resistence, temp बढ़ने के साथ directly / proportionaly बढ़ता है।

Metals की इस property को utilise करके temp ज्ञात किया जा सकता है।

यदि किसी metal wire का resistence ज्ञात है तो temp के साथ होने वाले परिवर्तन के द्वारा उसके resistence मे होने वाले परिवर्तन को temp के साथ co-relate करके temp ज्ञात करना ही resistence t.m. का basic principle है।

Resistence t.m. मे सामान्यत: Pt, Cu, Ni etc.. का use किया जाता है।

Construction =>

RTD को बनाने के लिए generally Pt, Cu, Ni का use करते है। इसमे temp sositive resistence element को उस medium मे insert करते है जिसका temp ज्ञात किया जाना है। और इसे एक wheatstone bridge की

एक arm में connect कर देते हैं। wheatstone bridge में अन्य resistence ज्ञात होते हैं किन्तु जिस metal का temp ज्ञात करने के लिए insert किया गया है उसके resistence में परिवर्तन होता है। तथा यह परिवर्तन temp के सापेक्ष होता है।

संतुलन की स्थिति में,

$$\frac{A}{B} = \frac{X}{C}$$

यहाँ X परिवर्तित resistence को प्रदर्शित करता है। जिसके अनुसार galvanometer में reading आती है तथा इस galvanometer की reading को temp की term में callibrate कर लिया जाता है।

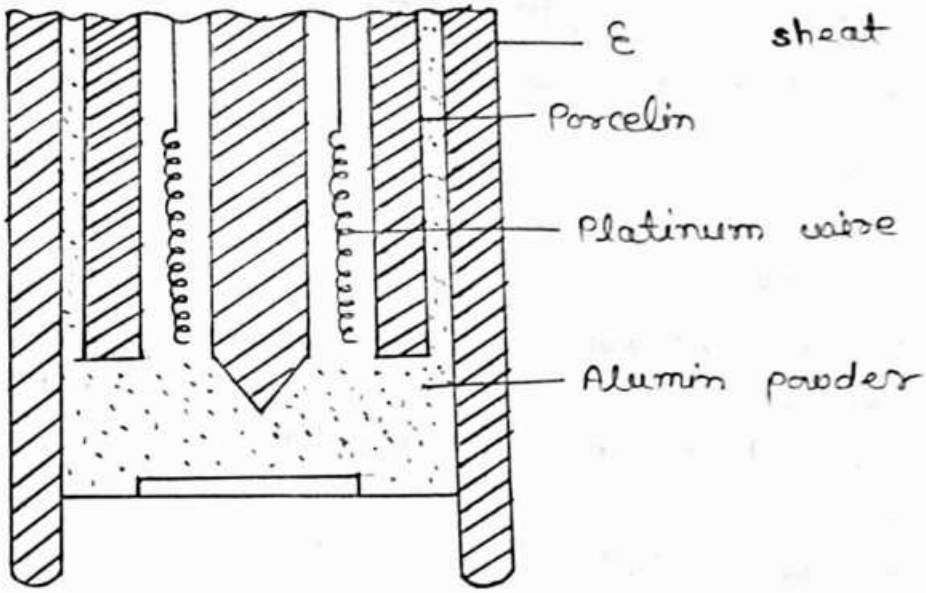



Figure ÷ Resistence Thermometer

Working

दिए गए चित्र में एक Resistence t.m. को प्रदर्शित किया गया है जिसका Resistence element generally long spring wire की तरह एक metal sheet में enclosed रहता है। जब इस assembly को liquid अथवा gas medium में place (suspend) किया जाता है जिसका की temp ज्ञात करना होता है तो temp में उस परिवर्तन को sheet के द्वारा quickly resistence तक पहुँचाया जाता है। Temp में इस परिवर्तन के कारण wire heat / cool होता है जिसके परिणामस्वरूप wire के resistence में समानुपातिक परिवर्तन होता है जिससे galvanometer में reading आने लगती है। R में हुए इस परिवर्तन को temp की term में convert करके T ज्ञात किया जा सकता है।

Advantage :-

① इसमे measurement की high accuracy होती है।
② wide temp range −200°C से 1200°C तक use मे लाया जा सकता है।
③ यह size मे छोटा होता है किन्तु इसका response बहुत fast होता है।
④ इसकी performance stable तथा accurate होती है।
⑤ इस method मे सुग्राहिता (accuracy) 0.01°C तक प्राप्त होती है।

Disadvantage :-

① Cost high होती है।
② Power supply की आवश्यकता होती है।
③ Bulb size बड़ा होता है।
④ ये vibration के कारण mechanical trouble create करते है।
⑤

③ Pyrometer ⇒

यह एक temp measuring device है जो बिना किसी physical contact के work करता है। यह एक technic है जो एक hot body के temp तथा उस body के द्वारा emitate electro megnetic radiation के मध्य relation पर depend करती है।

जब किसी भी body को heat provide की जाती है तो उसमे thermal energy emit होती है जिसे Heat radiation भी कहा जाता है।

Pyrometer मे इन्ही radiation का use करके temp ज्ञात किया जाता है।

ये दो प्रकार के होते है -

Ⓐ Radiation pyrometer
Ⓑ Optical pyrometer

① Radiation pyrometer ⇒

ये तापमापी किसी गर्म etc.. के द्वारा उत्सर्जित विकिरणो के measurement पर आधारित होते है।

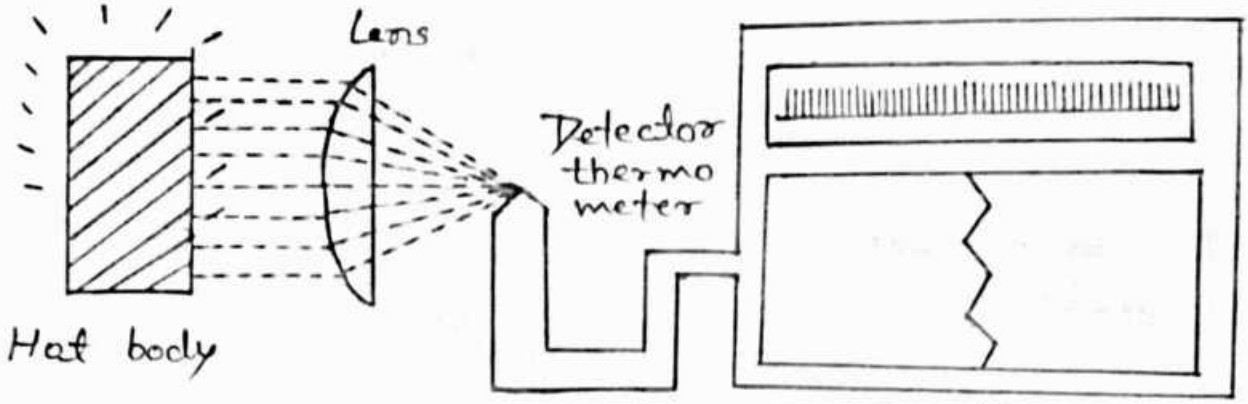



Figure ÷ Radiation Pyrometer

दिए गए चित्र के अनुसार वह body / object, जिसका की T ज्ञात किया जाना है, से निकलने वाले radiations को lens के द्वारा detector / receiving element पर focus किया जाता है। यहाँ पर resistence thermocouple, thermometer etc.. हो सकते हैं जो कि इन focus किए गए radiations के द्वारा उत्पन्न heat से T को indicate करते हैं।

Working ÷

जिस body का temp ज्ञात करना होता है उस body से निकलने वाली radiations को lens की सहायता से detector पर focus कर दिया जाता है। Detector एक thermopyle होता है। जब इस पर radiation focus होते हैं तो प्राप्त energy के द्वारा इसका temp बढ़ता है तथा Reference junction जो कि room temp पर होता है, के सापेक्ष T difference को calibrate करके T ज्ञात कर लिया जाता है।

Advantage ÷

1. इनके द्वारा high temp measure किया जा सकता है।
2. इसमें target को contact करने की आवश्यकता नहीं होती है।
3. इसकी Response speed fast होती है।
4. इनकी cost moderate होती है।

Disadvantage :-

① इनका Temp scale non-linear होती है।

② Target material की emissivity measurement को प्रभावित करती है।

③ इनमें thermocouple का use करने पर उनकी life limited होती है।

(B.) Optical Pyrometer =>

इसका प्रयोग 600°C से 8000°C तक के temp को measure करने के लिए किया जाता है।

→ नीचे दिए गए चित्र में Optical pyrometer के diagram को प्रदर्शित किया गया है —

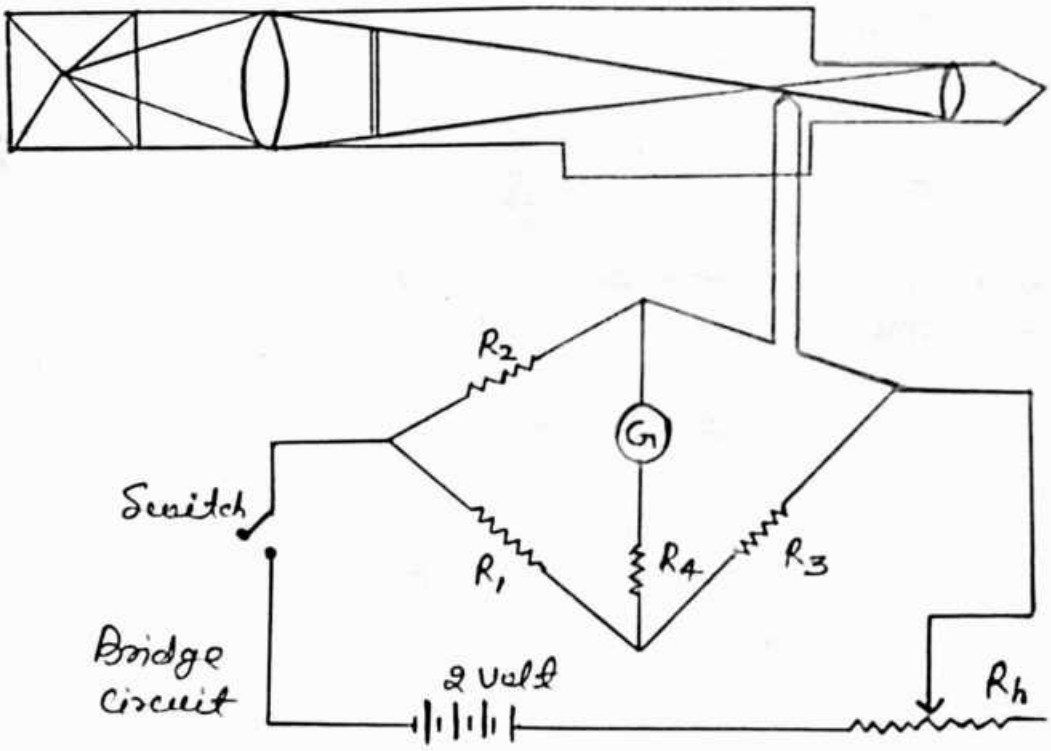



Figure :- Optical Pyrometer

Principal => Optical pyrometer का operation इस सिद्धान्त पर आधारित है कि

जब एक hot body द्वारा emitted radiation की intensity की तुलना source द्वारा emitted radiation के साथ की जाती है तो दोनों के बीच अन्तर को तापमान की terms में calibrate करके temp measurement किया जाता है

Construction =>

जिस hot body का Temp measure करना होता है उसके द्वारा उत्सर्जित radiation intensity की तुलना Callibration reference temp की radiation intensity के साथ की जाती है। यह तुलना करने के लिए इसका connection Resistence thermometer से किया जाता है। जिसकी galvanometer की reading को temp की term में callibrate किया जाता है।

Working =>

Fillament को 2 volt की बैटरी के द्वारा heat किया जाता है इसके साथ ही series में धारा नियंत्रक लगा होता है जिससे fillament का temp adjust किया जाता है। यह fillament wheatstone bridge की एक arm से connected रहता है जिससे एक moving coil galvanometer connect रहता है। Temp के fillament का electrical resistence temp के साथ परिवर्तित होता है जबकि bridge की अन्य arms के resistence में कोई change नहीं होता है। जिस कारण जैसे ही fillament का temp बढ़ता है वैसे ही bridge unbalance हो जाता है। जितना अधिक degree of unbalance होता है उतना ही galvanometer में अधिक deflection होता है इस deflection को temp की term में callibrate करके temp. measure किया जाता है।

Advantage :-

① It is light in weight.
② It is usefull for high temp measurement.
③ It has a good accuracy.
④ No need to direct contact to target.
⑤ इसकी temp. measurement range बहुत अधिक होती है।
⑥

Disadvantage =>

① यह अपेक्षाकृत महँगा होता है।
② यह clean तथा burning gases, जिनके द्वारा radiation उत्पन्न नहीं होते हैं, के temp measurement के लिए प्रयोग में नहीं लाया जा सकता है।

③ इसमें (Human) मानवीय error होने की सम्भावना रहती है।

(4) Bimetallic Thermometer ⇒

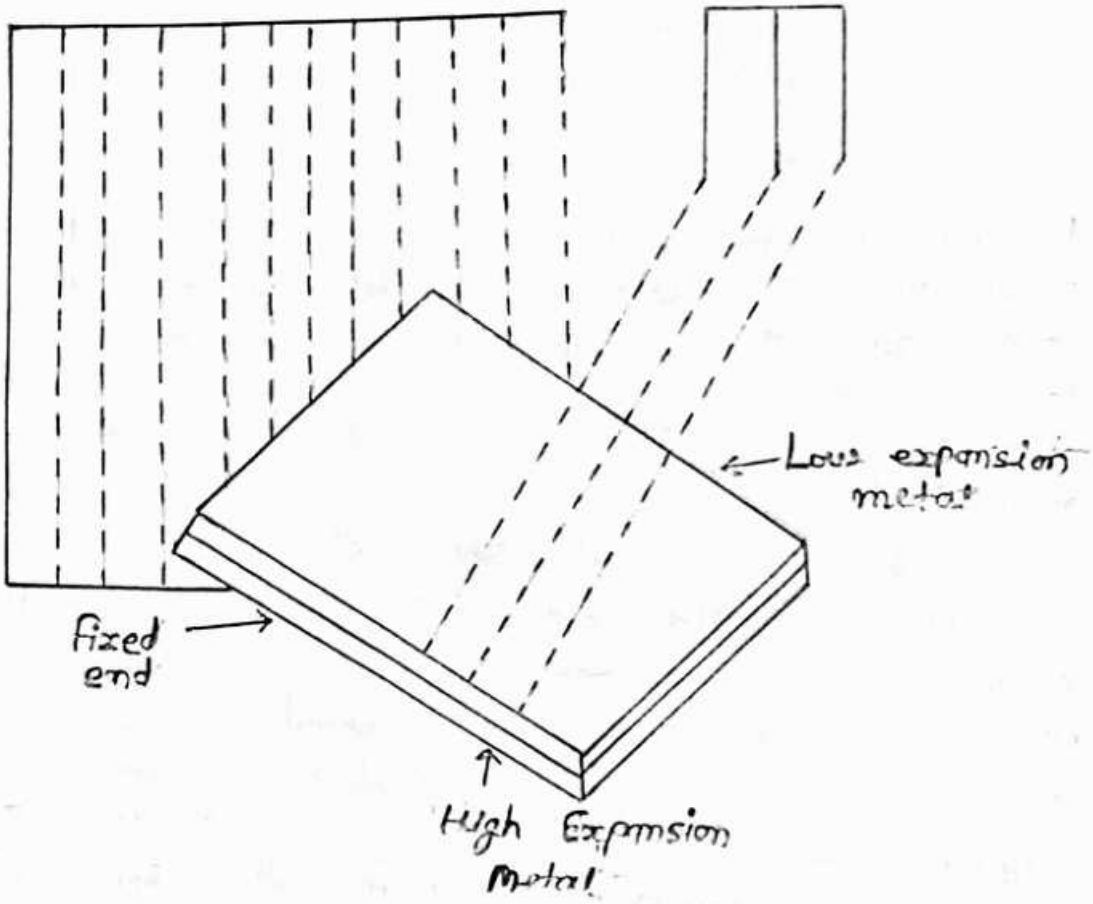



figure ÷ Bimetallic Thermometer

Principal ⇒
दो ऐसी भिन्न metal strips को जोड़ा जाता है जिनके expansion coefficient मे अन्तर होता है। एक Metal low expansion होती है तथा दूसरी metal high expansion होती है।

Construction ⇒
Bimetallic thermometer मे दो metal strips brass तथा invar (Fe + 36% Ni alloy) से बना हुआ होता है जिसमे दोनो strips साथ-2 welded होती है। प्रत्येक strip का expansion coefficient अलग-2 होता है। Higher expansion coefficient strip को outside मे तथा lower expansion coefficient strip को inside मे weld किया जाता है।

Working =>
जब welded strip को heat source जिसका कि temp ज्ञात करना है, से contact में लाया जाता है तो strip की length में change आता है। और यह परिवर्तन उनके thermal expansion coefficient पर depend करता है। दोनों metals में thermal expansion coefficient में अन्तर के कारण से उत्पन्न tension को एक pointer scale पर temp की term में callibrate करके temp ज्ञात किया जाता है।
यदि strip छोटी है तो deflection भी कम होगा लेकिन यदि strip लम्बी होगी तो deflection भी अधिक होगा।
इसप्रकार bimetallic thermometer दो प्रकार का होता है।

① Spiral bimetallic element thermometer
② Helix bimetallic element thermometer

(1.) Spiral bimetallic element thermometer

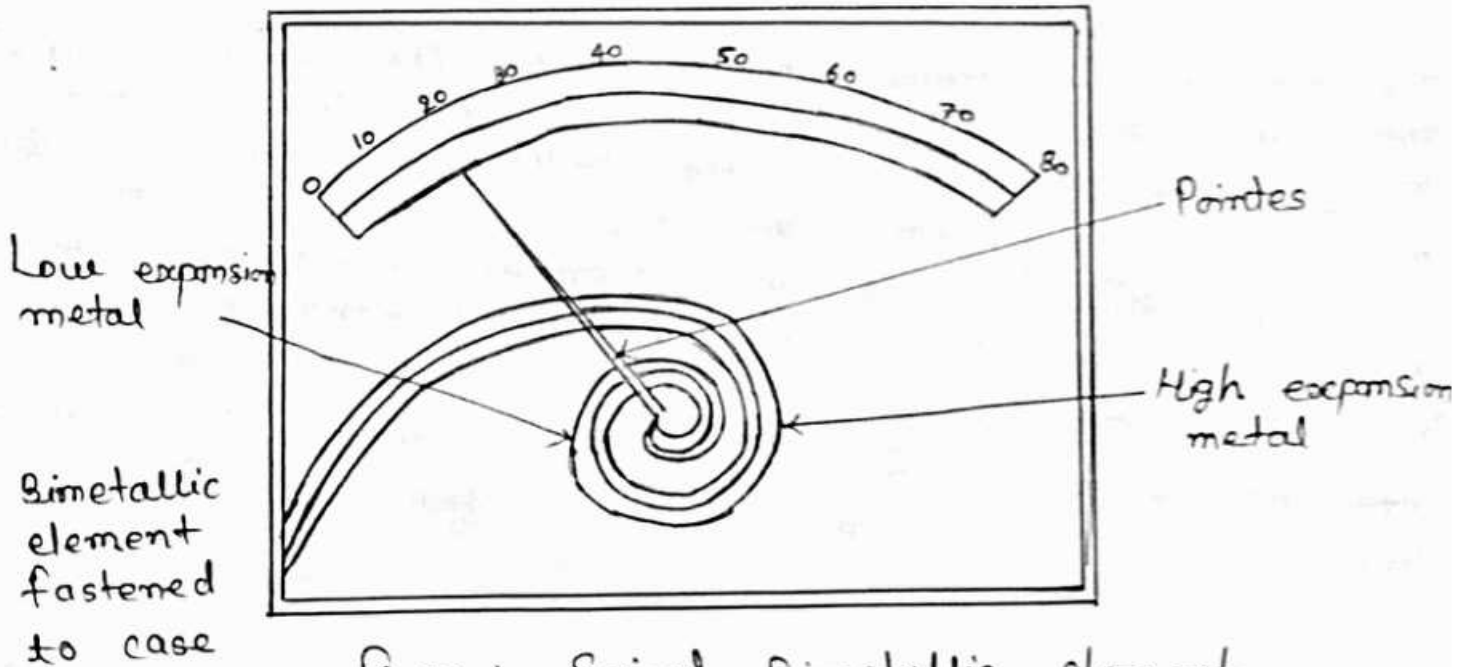
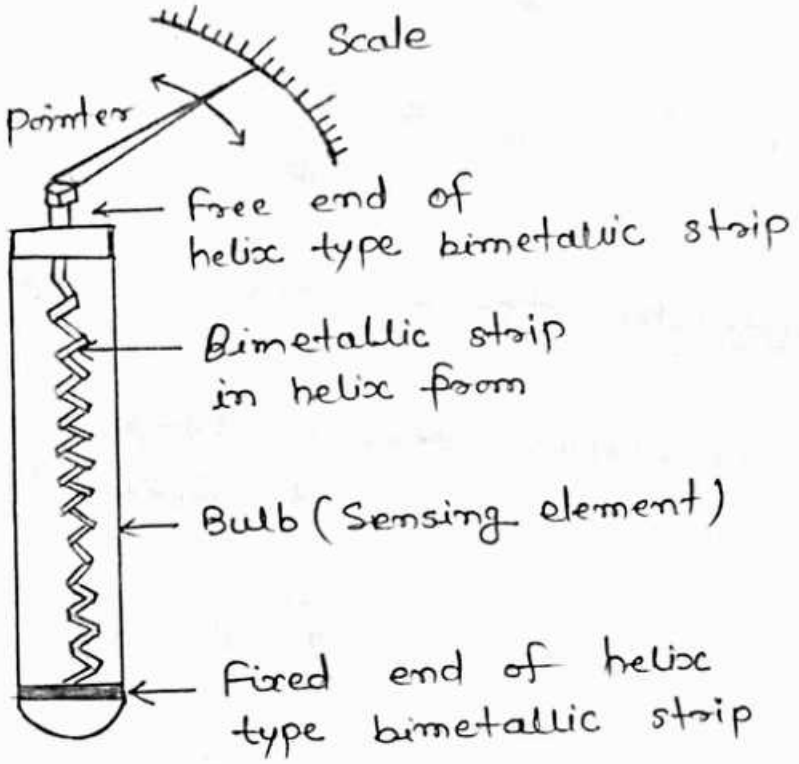



figure :- Spiral Bimetallic element

दिए गए चित्र के अनुसार Spiral bimetallic में दोनों metals को spiral form में weld किया जाता है जब यह temp measure करने वाले object के साथ contact में आती है तो दोनों metals के expansion coefficient में अन्तर के कारण tightness उत्पन्न होती है

जिसकारण ठीक counter action में balance करने के लिए force उत्पन्न होता है जिसके द्वारा calibrated temp scale पर temp प्रदर्शित होता है।
इसका प्रयोग मुख्यतः Ambient air का temp मापने के लिए किया जाता है।

(B.) Helix bimetallic thermometer




दिए गए चित्र में Helix type bimetallic thermometer प्रदर्शित किया गया है जिसमें दोनों metals को Helical shape में joint किया जाता है। इसमें Helix के fix end को temp measuring end के साथ contact में लाया जाता है दोनों metals के thermal coefficient में अन्तर के कारण से इनका mechanical expansion अलग-2 होता है जिसकारण से उत्पन्न tension के द्वारा ~~temp~~ ~~ten~~ expansion को temp. की term में calibrate करके pointer scale में प्रदर्शित किया जाता है।

Advantage ⇒
(1) ये सस्ते तथा मजबूत होते है व आसानी से नहीं टूटते हैं।
(2) इनकी installation तथा maintenance easy होती है।
(3) इनका accuracy Level की अच्छा होता है।
(4) इनकी temp range −75°c से 540°c तक होती

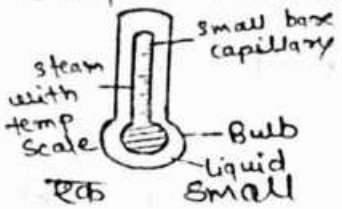
है जो कि fairly wide है।

Disadvantage :-

1. Temp variation की frequency अधिक होने पर इनका accuracy level कम हो जाता है।
2. ये केवल indicating (or recording) type ही उपलब्ध होते हैं।
3. ये Local mounting तक ही limited रहते हैं।
4. इनका calibration difficult होता है।

## 5. Liquid in glass thermometer

यह एक simple temp measuring device है जो कि Industry, laboratory तथा house hold etc.. सभी में use में लाया जाता है। यह device इस सिद्धान्त पर आधारित है कि temp बढ़ने पर कुछ विशेष liquid में अधिक expansion इस expansion के कारण expanded liquid temp indicate करता है।




Construction :-

Liquid in glass thermometer में एक small bore glass tube होती है जिसके lower end पर एक thin ball glass bulb होता है। Generally tube तथा glass में भरा जाने वाला liquid Mercury (Hg) होता है। जब lower end को जिसमें की Hg भरा होता है, उस object के साथ contact में लाया जाता है जिसका की temp ज्ञात करना होता है तो Hg expend होता है तथा बीच की पतली glass tube में capillary action के द्वारा ऊपर की ओर expend होता है और temp indicate करता है।

Working :- कभी-कभी Hg के स्थान पर एल्कोहल का भी use किया जाता है।
इस Thermometer के द्वारा temp measure करने के लिए जब source के साथ contact में लाया जाता है तो liquid expend होता है तथा temp कम होने पर यह liquid संकुचित होता है। इसप्रकार liquid के संकुचन तथा expansion के द्वारा object का temp ज्ञात किया जाता है। Hg t.m. की range $-35^\circ F$ से $673^\circ F$ तक होती है तथा इसकी accuracy ±1 Scale level तक की होती है।

यह partial immersion तथा total immersion दोनों प्रकार से design किए जाते हैं। तथा इनकी upper temp range को Inert gas e.g. $N_2$ को introduce करके बढ़ाया जा सकता है।

Advantage =>

① यह अन्य temp. measuring instruments की अपेक्षा सस्ते होते हैं।

② इनका use सुगमता से किया जा सकता है।

③ इन्हें प्रयोग करने के लिए किसी external power supply अथवा Battery की आवश्यकता नहीं होती है।

④ इन्हें आवश्यकतानुसार Repeatedly प्रयोग में लाया जा सकता है।

⑤ इनका callibration °C तथा °F दोनों scales में सरलता से किया जा सकता है।

Disadvantage =>

① वे application जिसमें extremely high तथा low temp को measure करना हो, वहाँ पर ये उपयुक्त नहीं होते हैं।

② Highly accurate results प्राप्त करने के लिए इनका प्रयोग नहीं किया जा सकता है।

③ electrical thermometer की अपेक्षा ये Deligate होते हैं अतः इन्हें सावधानी से प्रयोग में लेना आवश्यक है।

④ temp. reading को तुरन्त Note करना आवश्यक है अन्यथा ये atmosphere से प्रभावित हो जाते हैं।

⑤ Glass thermometer में प्रयुक्त liquid, glass के टूटने की अवस्था में Risky हो सकता है।

## 2.2 Criteria for selection of thermometer for a particular measurement

किसी particular application के लिए thermometer का Selection करते समय निम्न criterias को Consider किया जाता है -

① Temp range => किसी particular application में किस temp. range का measure किया जाना है उसके अनुसार ही thermometer का चयन किया जाता है।

② Permisible time for testing =>
किसी particular measurement application में कितना permisible time है उसके अनुसार thermometer का चयन किया जाता है।

③ Temp. fluctuation
जिस object का temp ज्ञात किया जाना है उसके temp. में कितनी तेजी से fluctuations हो रहे है उसके अनुसार instrument select किया जाता है।

④ Convenicy & accuracy =>
किसी particular application में measurement के लिए कितनी accuracy required है उसके अनुसार temp. measuring instrument प्रयोग में लाया जाता है।

⑤ Medium =>
यह medium जिसमें source जिसका temp. ज्ञात करना है उपस्थित है, को consider करके temp measuring instrument select किया जाता है

⑥ Cost =>
Temp. measuring instrument को select करते समय cost भी एक important factor है जिसे consider करना आवश्यक है।

Date 22/09/2022

# Unit - 3

## Pressure

किसी भी C.I. में Pressure एक important parameter है क्योंकि सारी C.R. एक विशिष्ट दाब पर सम्पन्न होती है इसकारण दाब का measurement तथा control होना ही आवश्यक है।

Definition :- इकाई क्षेत्रफल पर लगने वाला बल "दाब" कहलाता है।

Units ⇒ दाब की सबसे सामान्य unit atm है।
इसके अतिरिक्त दाब को निम्न units में भी प्रदर्शित किया जाता है।

| | Pascal | Bar | Pounds per square inch | standard atmosphere |
|---|---|---|---|---|
| 1 Pa | | 0.00001 | 0.000145 | 0.0000099 |
| 1 Bar | 100000 | | 14.5 | 0.987 |
| 1 Psi | 6895 | 0.0689 | | 0.0680 |
| 1 atm | 101330 | 1.013 | 14.7 | |

2. Definition of absolute pressure, Gauge Pressure and differential Pressure ⇒

absolute pressure is the actual total pressure (including atmoshpheric pressure) acting on a surface.

Gauge pressure तथा atmoshpheric pressure के योग को "absolute pressure" कहते हैं।

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{gauge}$$

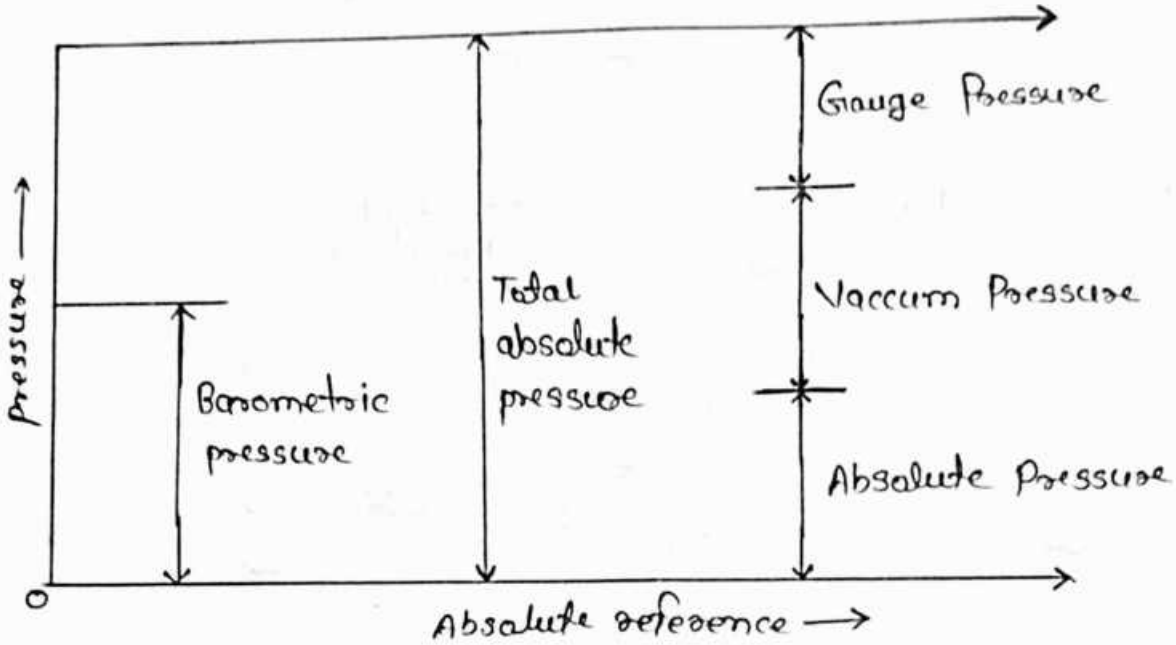
Gauge Pressure ⇒
वह pressure जो atmospheric pressure से अधिक / कम होता है तथा जिसे pressure gauge के द्वारा मापा जाता है, Gauge Pressure कहलाता है।

Absolute pressure तथा atmospheric pressure का अन्तर Gauge Pressure कहलाता है।

$$P_g = P_a - P_{atm}$$

Differential Pressure ⇒
दो बिन्दुओं के बीच pressure difference को Differential Pressure कहते हैं।
Differential Pressure को भी Gauge के द्वारा measure किया जाता है।

Relation between absolute, Gauge and Barometric Pressure




## 3.2 Pressure Measurement

किसी भी C.I. में प्रयुक्त होने वाले pressure measuring instrument निम्न हैं -

1. Manometer
2. Elastic deformation
3. Strain gauge
4. Piezometer
5. Barometer

### 3.2.1. Manometer

Manometer एक pressure measuring device है जिसके द्वारा Gauge pressure measure किया जाता है तथा इसके लिए Liquid column की Height को pressure के against balance किया जाता है।
विभिन्न प्रकार के Manometers निम्न हैं -

## (1.) U- tube manometer

U- tube manometer सबसे simple construction वाला manometer है जिसका use laboratory में pressure measure करने के लिए किया जाता है।

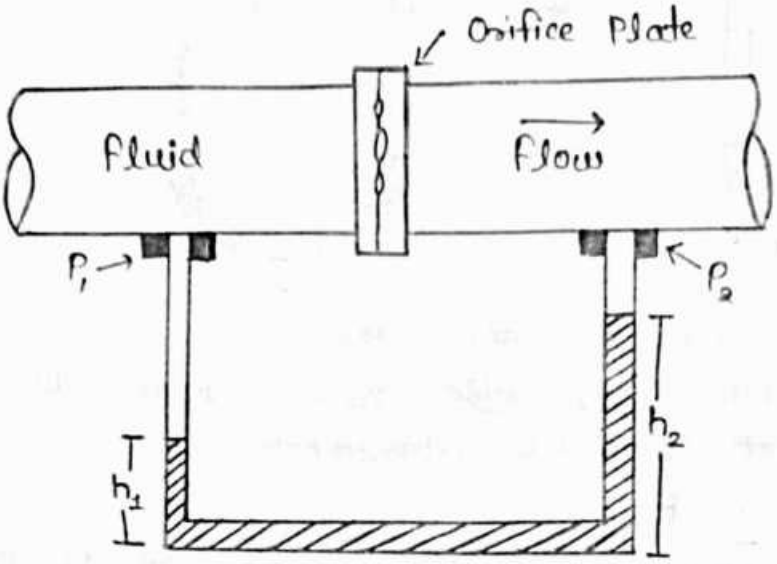


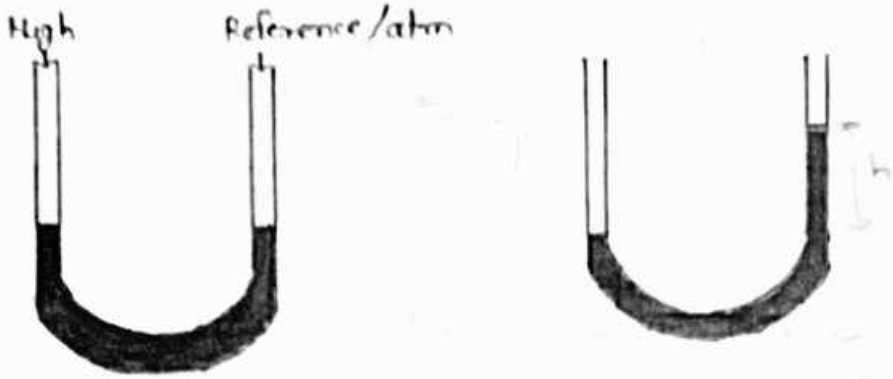

figure ÷ U- tube manometer

Principal ⇒
U- tube manometer इस सिद्धान्त पर आधारित है कि उसकी दो भुजाओं के बीच fluid height में अन्तर उन दो बिन्दुओं के बीच pressure difference के मान को प्रदर्शित करता है।

Construction ÷
दिए गए चित्र में एक U- tube manometer को प्रदर्शित किया गया है जिसकी भुजाएं उन दो बिन्दुओं से attached है जिनके बीच pressure difference ज्ञात किया जाता है।
U- tube manometer में एक trasparent glass की tube होती है जिसमें Liquid partially filled रहता है।
यह Liquid सामान्यत: water / mercury प्रयोग में लाया जाता है क्योंकि इनके specific weight (density) का मान अलग - 2 temp. पर exactly ज्ञात है तथा यह tube में चिपकते नहीं है।

Working ÷
U- tube manometer के एक सिरे का एक pressure tab में तथा दूसरे सिरे का दूसरे pressure tab / reference pressure / Atmospheric pressure के साथ attach किया जाता है। जब Reference pressure atmospheric होता है तो उस सिरे को खुला छोड़ दिया जाता है।

नीचे दिए गए चित्र के अनुसार attach करने से पूर्व तथा करने के पश्चात् निम्न परिवर्तन होता है




माना कि दोनों भुजाओं के बीच दिए गए चित्रानुसार अन्तर h है तो इस अवस्था में यदि प्रयुक्त Liquid की density ρ हो तो उनके बीच pressure difference

$$P = \rho g h$$

यदि दूसरी भुजा के लिए Reference pressure atmospheric है तो इस अवस्था में absolute pressure $P_a = \rho g h + P_{Reference}$

U-tube में प्रयुक्त होने वाले Liquid में निम्न characteristics आवश्यक है -
(a.) Low viscosity
(b.) Low surface tension
(c.) Should not get vaporised

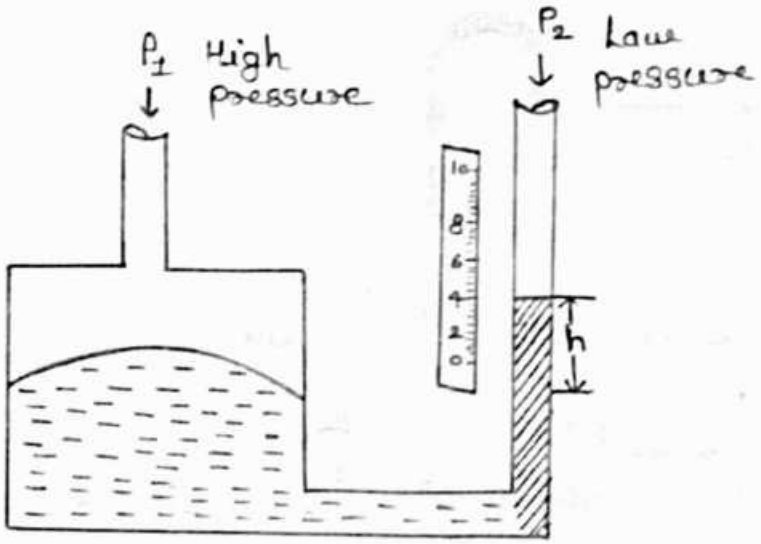
Advantages of U-tube manometer :-
(i) Simple construction
(ii) Low cost
(iii) Accurate and Senstive

Disadvantages
(i) Temp में परिवर्तन होने पर इसके द्वारा प्राप्त मान में error हो सकती है।
(ii) h का मान ज्ञात करने में error होने की सम्भावना होती है।

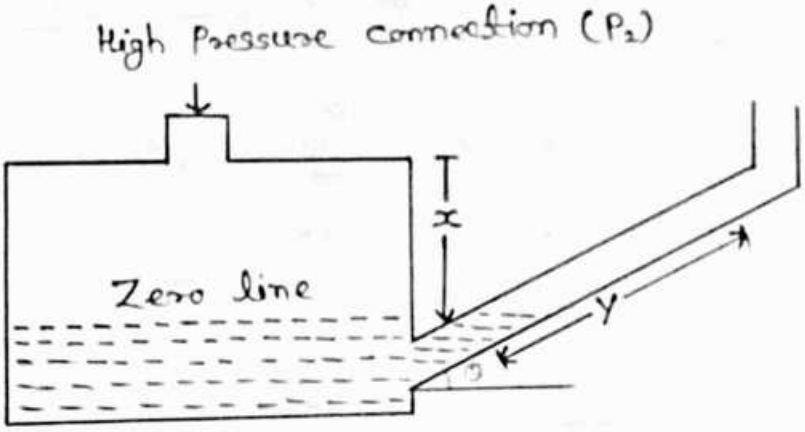
→ U-tube manometer को applications के अनुसार निम्न प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है
(A) Simple U-tube manometer
(B) Well type manometer
(C) Differential manometer

(D.) Inverted differential manometer

(2.) Well type manometer :-

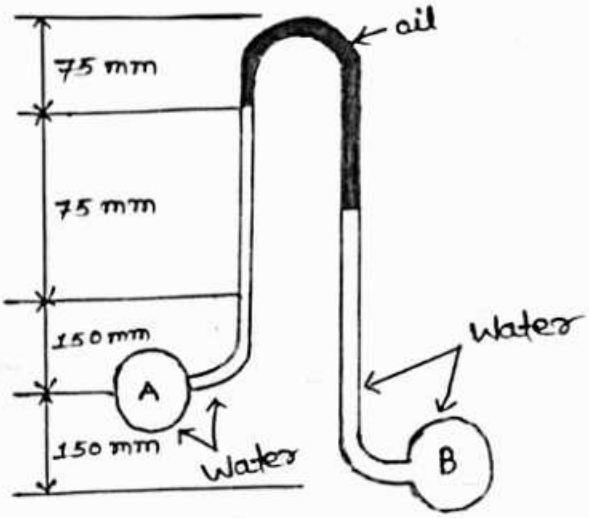



well type manometer मे केवल एक भुजा होती है जिसमे Liquid filled रहता है तथा जब इसे high pressure point से attach किया जाता है तो उस अवस्था मे Liquid की hight मे होने वाले परिवर्तन h के measure कर लिया जाता है तथा $P = \rho g h$ के द्वारा pressure ज्ञात किया जाता है।
well manometer को inclined manometer की तरह मे भी design किया जा सकता है -
नीचे दिए गए चित्र मे Inclined manometer को प्रदर्शित किया गया है -



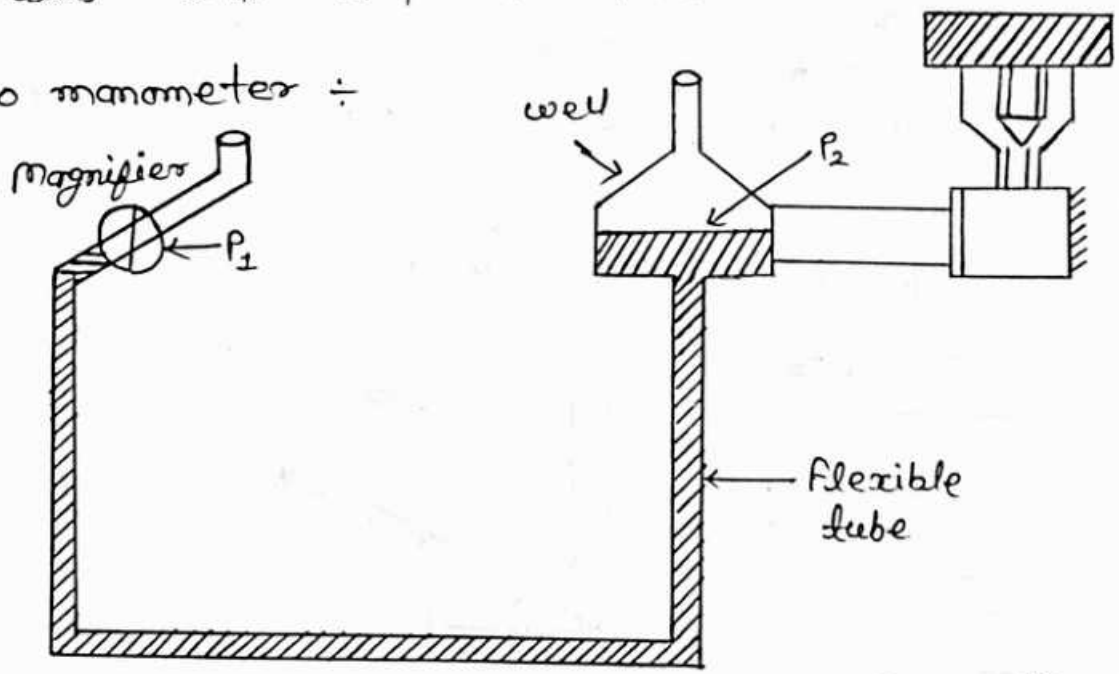

Sensitivity को increas करने के लिए inclined manometer का use किया जाता है क्योंकि Inclined manometer मे बहुत कम pressure changes को भी सरलता से measure किया जा सकता है।

(3)
Inverted U-tube manometer :-




Inverted U-tube manometer का उपयोग दो pipes के बीच pressure difference ज्ञात करने के लिए किया जाता है। जब दोनो चाप मे अलग-2 liquid प्रवाहित होता है तो उस अवस्था मे inverted U-tube manometer मे air का प्रयोग किया जाता है। दोनो भुजाओ मे seperately pressure ज्ञात करके उनके बीच का अन्तर ज्ञात किया जाता है।

(4)
Micro manometer :-




इसका प्रयोग बहुत small pressure changes को मापने के लिए किया जाता है।
दिए गए चित्र के अनुसार micro manometer मे well एक flexible tube से connected रहती है जिसका एक सिरा inclined रहता है तथा इसके inclined सिरे पर magnifier attached रहता है जो कि tube मे fluid level को observe करता है micromanometer को इसप्रकार

adjust किया जाता है कि initially दोनों भुजाओं में pressure $P_1 = P_2$.
well में होने वाले बहुत small pressure changes को magnifier के द्वारा observe कर लिया जाता है तथा measure कर लिया जाता है।

Advantages of manometer :-

① Simple construction
② High accuracy
③ Reasonable cost
④ Suitable for normal pressure and differential pressure growth
⑤

Disadvantages of Manometer

① Large and bulky
② Not portable
③ Need leveling
④ Problem of condensation

Errors in manometers :-

Manometer के द्वारा pressure ज्ञात करने में निम्न कारणों से error आ सकती है -

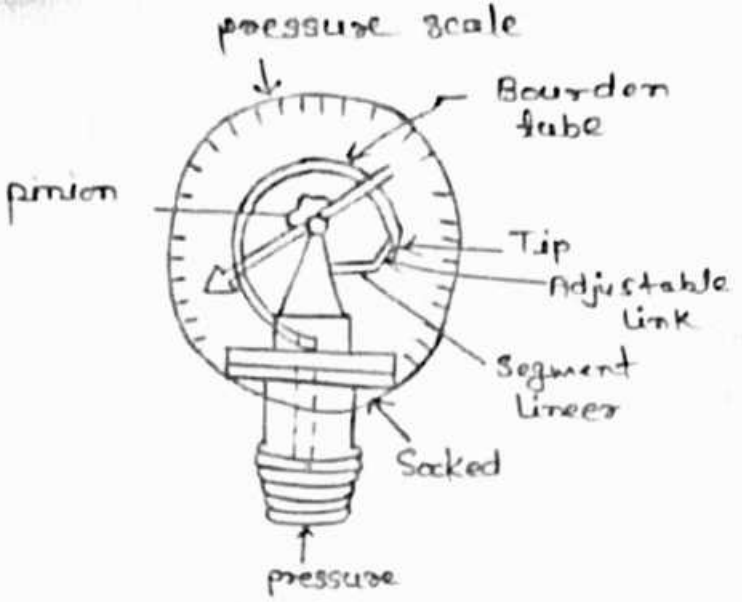
(i) Effect of temp.
(ii) Capillary effect
(iii) Effect of variable maniscus {always read the centre of the maniscus}

3.2.1 Elastic deformation element :-

Pressure measurement के लिए प्रयुक्त होने वाले elastic deformation element निम्न प्रकार के होते हैं -

① Bourden tube
② Bellows
③ Elastic diagphram gauges

(1) Bourden tube :-




Bourden tube का प्रयोग pressure measurement करने के लिए बहुत अधिक किया जाता है क्योंकि इसका construction simple होता है तथा pressure measurement accurate रहता है।

दिए गए चित्र के अनुसार Bourden tube pressure gauge में pressure responsive element एक metal tube (जिसे Bourden tube भी कहते हैं) होती है। यह Bourden tube bronze, steel, Berellium, copper etc. की बनी होती है। इस tube को bend करके circular segment में convert कर लिया जाता है जिससे यह tube "C" shape प्राप्त कर लेती है। इस tube का एक सिरा fix होता है तथा यह सिरा applied pressure के साथ contact में होता है तथा open होता है। इस limb का दूसरा सिरा closed रहता है किन्तु displacement के लिए free रहता है

Working :-
जब fixed end को pressure के साथ contact में लाया जाता है तो इस tube का cross section straight shape लेने की ओर अग्रसर होता है तथा free hand centre से दूर जाता है। यह free hand एक spring load linkage से connected रहता है तथा यह linkage displacement को amplifier करता है जिसके कारण pointer का callibrated scale पर movement होता है तथा pressure का मान प्रदर्शित होता है। इसप्रकार Bolden tube द्वारा pressure measure किया जाता है।

Advantages :-
(i) Low cost
(ii) Simple construction

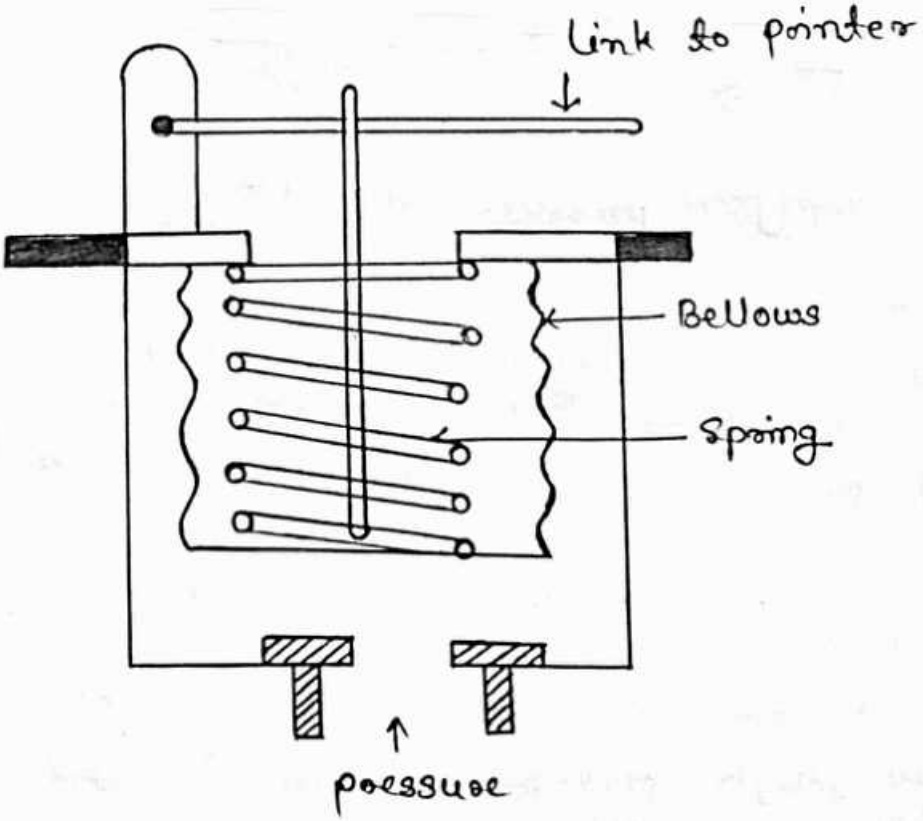
(iii) High accuracy
(iv) These tubes are available in a wide variety of ranges.

Disadvantages -
(i) They have low spring gradient.
(ii) They are affected by sock and vibration.
(iii) They are susceptible to hysteresis.

(2.) **Bellows** => Bellows gauge का प्रयोग absolute pressure मापन के लिए भी किया जाता है। यह Bourden tube की अपेक्षा अधिक sensitive होते है। इनका प्रयोग लगभग 3 psi तक का pressure ज्ञात करने के लिए किया जाता है। यह इसप्रकार के alloy से बने होते है। जिसकी strength high होती है तथा ductile होता है।

Types of Bellows :-
Bellows दो प्रकार के होते है -
(a.) Bellow Pressure element
(b) Differential Pressure gauge

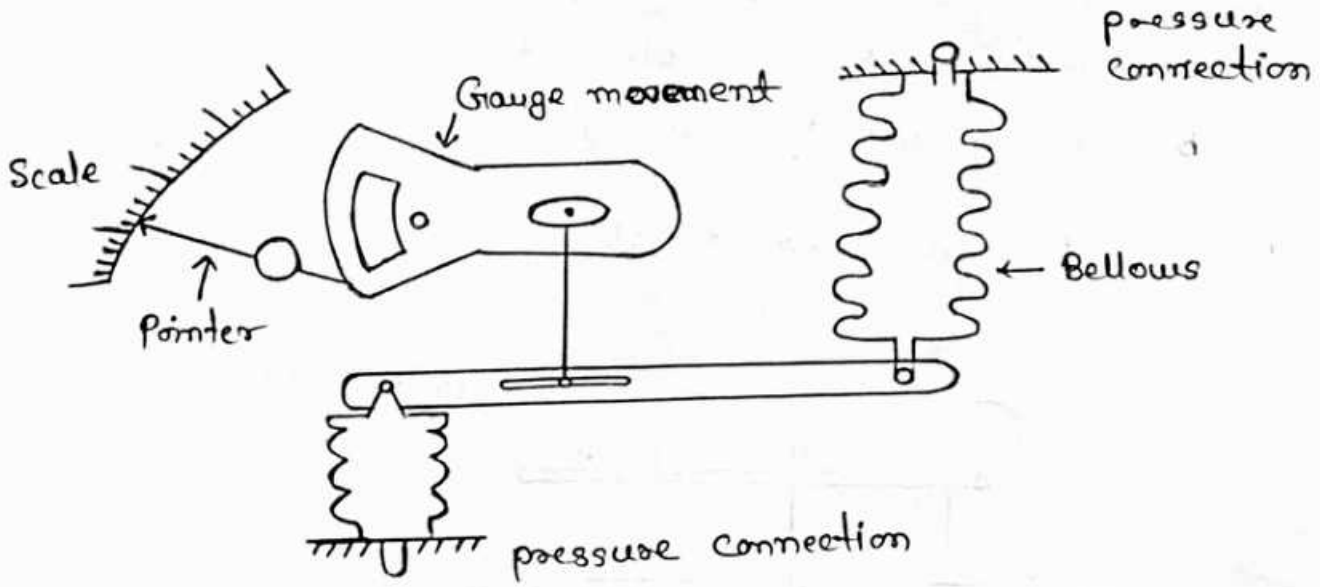
(a.) Bellows Pressure Element =>



दिया गया चित्र Bellows Pressure element को प्रदर्शित किया गया है। जिसमें Bellows में एक side में pressure applied किया जाता है जिसमें इनमें deflection आता है तथा जो deflection को spring की सहायता से counter balance कर लिया जाता है, जितना अधिक pressure होगा उतना ही अधिक deflection होगा, जिससे spring के द्वारा उतना ही अधिक counter balance action किया जाएगा। Spring के द्वारा किया गया counter balance Pressure indicator पर Pressure के मान को प्रदर्शित किया जाता है।

(b) Differential Pressure gauge :-

दिए गए चित्र में Bellows type differential pressure gauge को प्रदर्शित किया गया है। जिसमें 2 Bellows किसी arm के दो सिरों पर connected रहते हैं। अर्थात् जिन दो बिन्दुओं के बीच pressure ज्ञात करना है उन्हें निम्न के दोनों सिरों तथा bellows में connect कर दिया जाता है। जब दोनों बिन्दुओं के बीच pressure बराबर है




तो Pointer शून्य reading show करता है किन्तु जब दोनों बिन्दुओं के बीच Pressure difference ज्ञात करता है तो Bellows का deflection अलग-अलग होने के कारण connecting levers में differential Pressure दिए गए pointer scale पर प्रदर्शित होता है।

Advantages of Bellows :-

(i) इनकी cost low अथवा moderate होती है।

(ii) इनके द्वारा High pressure के मान को ज्ञात किया जा सकता है।

(iii) यह absolute pressure तथा differential pressure दोनों के मान को प्रदर्शित करता है।

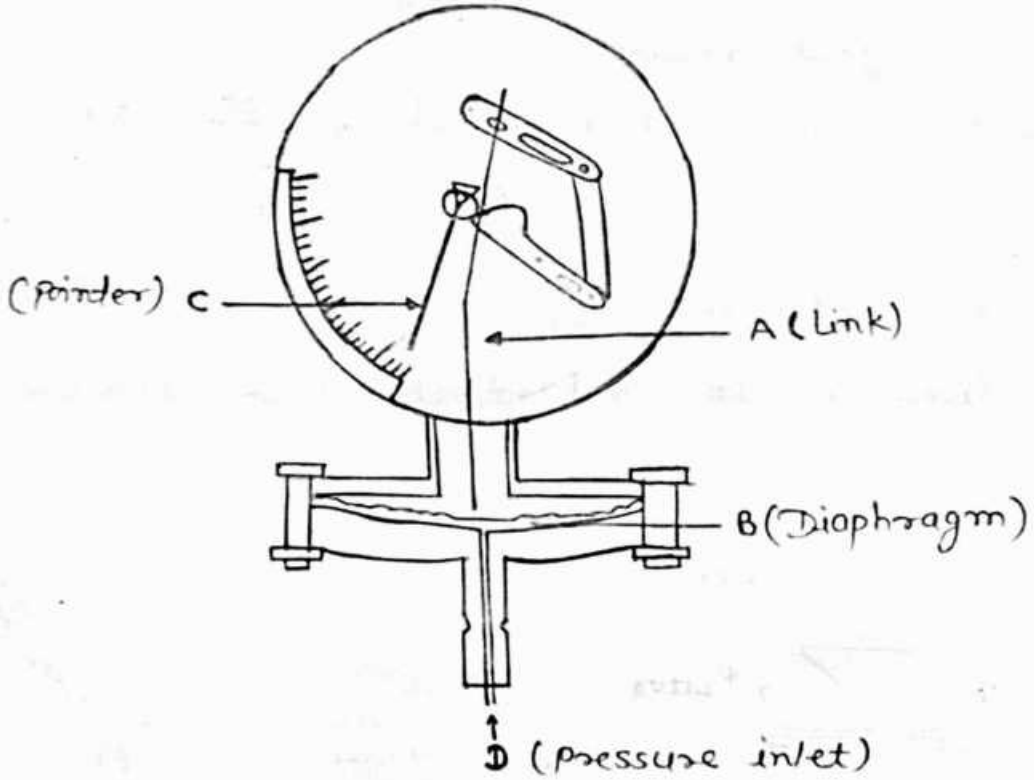
Disadvantages of Bellows :

(i) तापमान में परिवर्तन की अवस्था में इनके साथ प्राप्त मान सही नहीं होता है।

(ii) इनकी application limited होती है।

Diaphragm :

Diaphragm pressure gauge का प्रयोग low pressure range के लिए किया जाता है। Diaphram pressure gauge में एक flexible fin membrane होता है। जिसे Diaphragm कहते हैं। का प्रयोग pressure ज्ञात करने के लिए किया जाता है। नीचे दिए गए चित्र में एक Diaphragm pressure gauge प्रदर्शित किया गया है।



दिए गए चित्र के अनुसार Diaphragm pressure gauge के निम्न parts होते हैं।

(a) Link
(b) Diaphragm
(c) Pointer
(d) Pressure inlet / Pressure measuring point

Working ÷ जब system पर pressure apply किया जाता है तो यह point D के द्वारा diaphragm pressure gauge में enter होता है जिसके कारण Diaphragm B में deflection आता है। यह Deflection link [A] के द्वारा pointer को transmit होता है तथा calibrate scale पर pointer के movement द्वारा pressure ज्ञात कर लिया जाता है। सामान्यत: इसके द्वारा pressure bar अथवा psi scale पर ज्ञात किया जाता है।

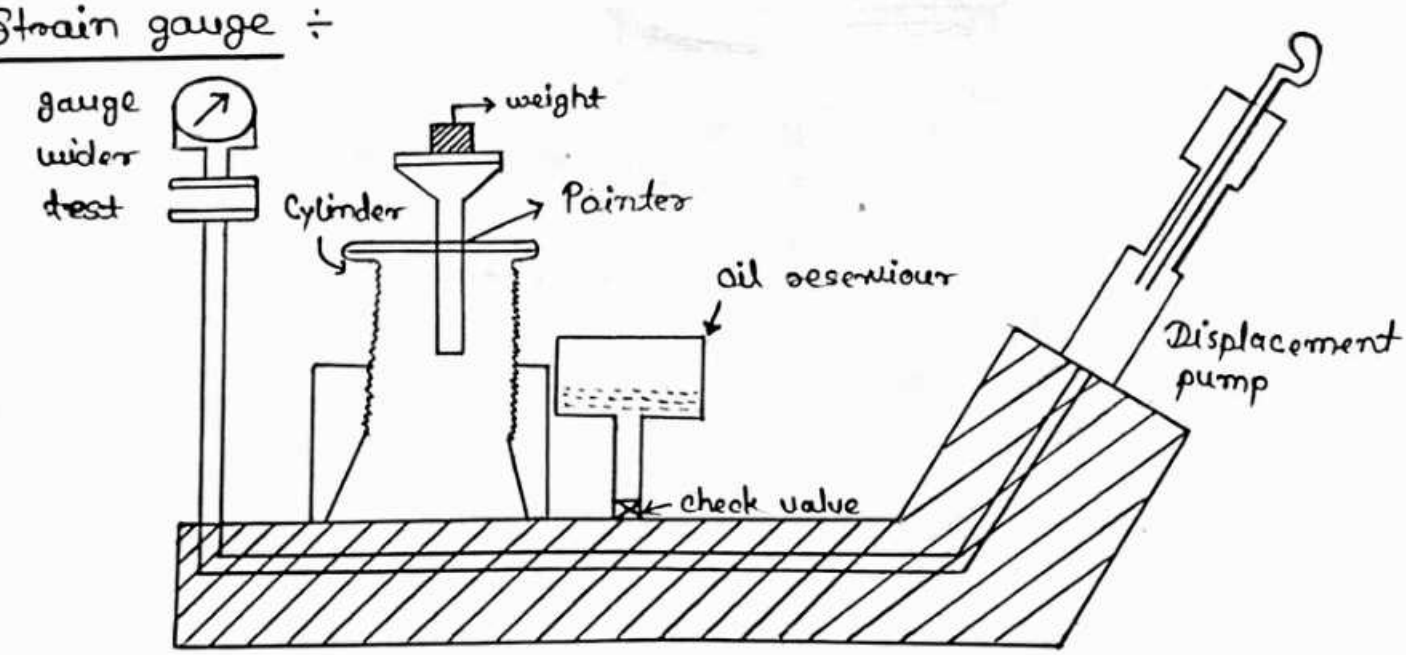
Advantage ÷

(i) इनकी cost moderate होती है।
(ii) size में छोटे होते हैं।
(iii) साधारण application में सरलता से use किया जा सकता है।
(iv) They have good linearity.
(v) यह vibration तथा socked resistence होते हैं।

Disadvantages ÷

(i) They are difficult to repair.
(ii) They are limited to relatively low pressure.

③ Strain gauge ÷



Strain gauge (Dead weight tester) का प्रयोग pressure measurement तथा pressure gauge के calibration के लिए किया जाता है। दिए गए चित्रानुसार इस device के तीन components होते हैं।

(i) Fluid (oil) ÷ जिसके द्वारा pressure transmit किया जाता है।

(ii) A weight Piston ÷ जिसके द्वारा pressure apply किया जाता है

(iii) A connection port ÷ जिसमें की calibrate किए जाने वाले gauge को install किया जाता है।

इसके अतिरिक्त strain gauge में oil reservoir तथा एक adjusting screw pump भी होते हैं oil reservoirs में piston के द्वारा लगाए गए बल के कारण displace होकर के प्राप्त oil reserve रहता है। Calibration testing के लिए accurate weight masses (force) का प्रयोग किया जाता है।

Working ÷ सर्वप्रथम chamber तथा cylinder को clean oil के द्वारा full कर दिया जाता है इसके पश्चात calibrate किये जाने वाले pressure gauge को connection port दिए गए चित्रानुसार लगाया जाता है प्रारम्भिक अवस्था में इस pressure gauge की reading शून्य पर fix की जाती है।
इसके पश्चात एक weight select करके दिए गए चित्रानुसार उसे vertical resistence पर रख दिया जाता है। कुछ समय के लिए system को stablies किया जाता है तथा उस w के अनुसार प्राप्त pressure की reading पर उसे calibrate कर दिया जाता है इसी क्रम में अलग-अलग weight लगा करके प्राप्त force $F = mg$ के लिए pressure $p = F/A$ ज्ञात करके उस pressure के मान के अनुसार इसे calibrate कर लिया जाता है साथ ही दिए गए किसी pressure gauge की testing भी की जाती है।

Advantages ÷

(i) Simple in construction

(ii) Easy to use

(iii) इसे wide range of pressure measuring device के calibration में प्रयोग में लाया जाता है।

(iv) Pressure के मान को weight तथा piston cylinder combination में परिवर्तन करके सरलता से परिवर्तित किया जा सकता है।

Disadvantages :-

(i) Piston तथा cylinder के बीच होने वाले fraction के कारण इसकी accuracy प्रभावित होती है।

(ii) Gravitational constant G का मान मे variation होने पर accuracy प्रभावित होती है।

Date 11/10/2022

# Unit - 4

## Transmission

### Introduction :-

किसी भी chemical industry में एक central panel के द्वारा पूरे process को control किया जाता है। process panel का area बहुत अधिक होता है। अत: process को quick control करके Quality तथा Quantity maintain की जा सकती है। अत: किसी chemical process से सम्बन्धित variables के सभी मानों को central panel तक पहुँचाया जाता है। इस panel पर यह मान indicate होते हैं। तथा operator / Engineer इन मानों के अनुरूप process control करने के लिए controlling action लेता है। Operator के द्वारा दिए गए control action को भी plant के विभिन्न parts तक पहुँचाना अति आवश्यक है।

इसप्रकार " Plant की information को control panel तक पहुँचाना तथा control panel पर लिए गए action को plant के विभिन्न भागों तक पहुँचाने की विधि को "Transmission" कहते हैं।

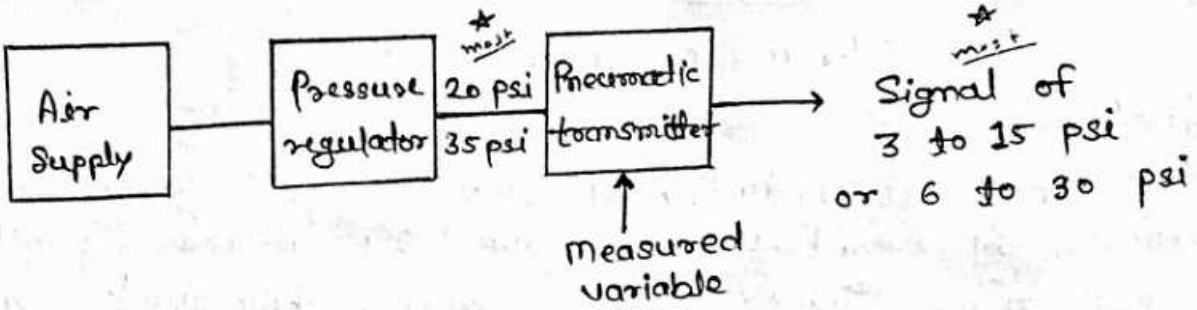
### Method of Transmission :-

C.I. में transmission के लिए निम्न method प्रयुक्त होते हैं -

(1.) Pneumatic transmission
(2.) Hydraulic transmission
(3.) Electrical / Electronic transmission

### (1.) Pneumatic transmission :-

Pneumatic transmission मे compressed air का प्रयोग करके signal को transmit किया जाता है इसमे air की supply को इसप्रकार regulate किया जाता है कि 20 - 35 psi का air pressure प्राप्त होता है तथा जब यह measure किए गए variable के साथ contact मे आता है तो उससे 3 to 15 psi का signal प्राप्त होता है जैसा कि नीचे दिए गए चित्र मे प्रदर्शित किया गया है




ये निम्न प्रकार के होते है -

(a.) Force balance transmitter - Beam type

(b.) Force balance transmitter Null balance

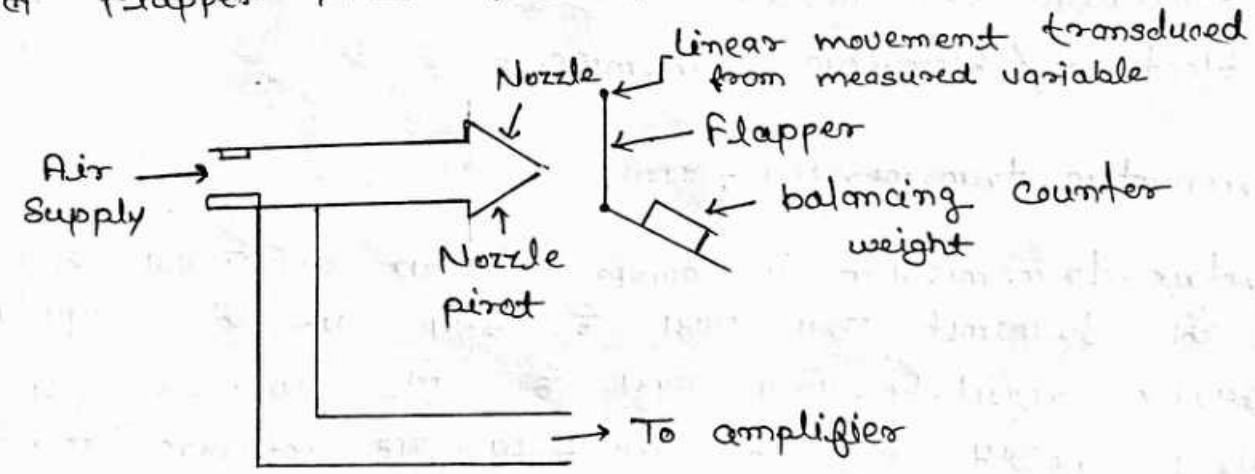
(c.) Force balance transmitter - stack type

(d.) Air-relay force balance transmitter - stack type

उपरोक्त सभी प्रकार के Pneumatic transmission में flapper nozzle mechanism का प्रयोग किया जाता है Pneumatic transmission का सबसे important requirement यह है कि constant air regulatate supply होती रहे तथा यह विश्वास दाब 20-35 psi पर प्राप्त होती है तथा इसका output signal 3 से 15 psi पर प्राप्त होता है।

## Flapper Nozzle mechanism :-

नीचे दिए गए चित्र में pneumatic transmission मे प्रयोग मे आने वाले flapper Nozzle mechanism को प्रदर्शित किया गया है।

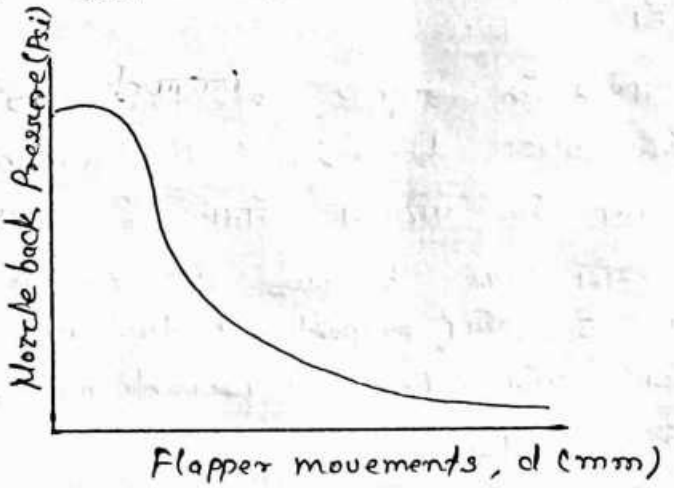



दिए गए चित्र के अनुसार एक open nozzle जिसमे restriction के through air supply होती है इस Nozzle के just सामने flapper होता है जो कि measured element पर positioned रहता है। flapper पर transmission के द्वारा force apply किया जाता है जो कि measured variable को इस flapper

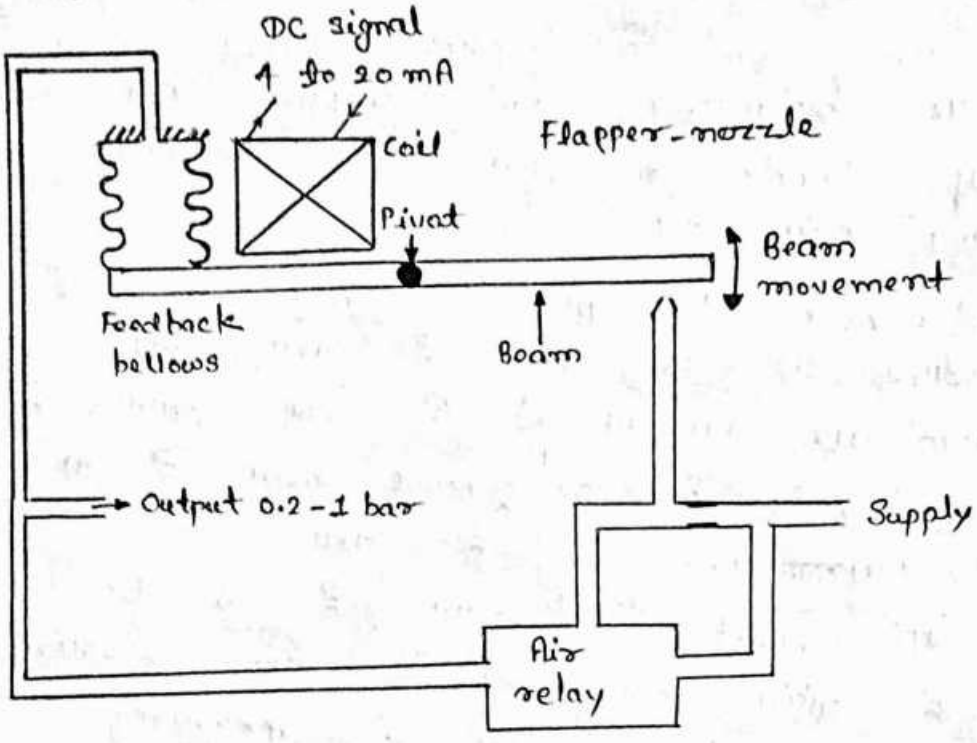
के linear displacement में परिवर्तित कर देता है। Flapper के एक point को pivoted किया जाता है जबकि दूसरे सिरे पर balancing counter weight रखे जाते हैं Restriction तथा Nozzle के बीच एक connection amplifier की ओर भेजा जाता है।

जब flapper, nozzle tube की ओर move करता है तो air nozzle से बाहर नही आ पाती है तथा इस condition में maximum air amplifier की ओर जाती है किन्तु जब flapper, nozzle से दूर move करता है तो amplifier से minimum air pass होती है तथा अधिकांश air atmospher में export हो जाती है इसप्रकार flapper के nozzle के सापेक्ष movement से air pressure develop होता है। तथा यह air pressure ही measured variable के भाव को प्रदर्शित करता है तथा इस air pressure के द्वारा निश्चित दूरी पर transmission के लिए आवश्यक signal प्राप्त होता है।

(Q.)



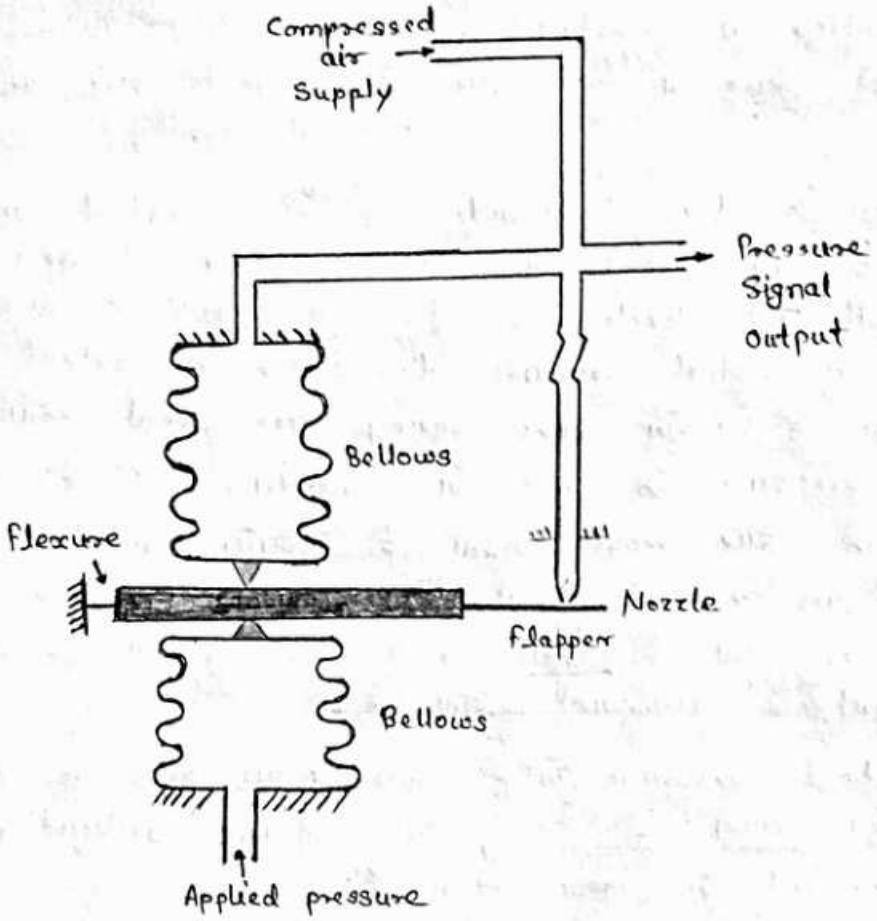

(Q.) Force balance transmitter - beam type ⇒




दिए गए चित्र मे force balance type I - P converter जो कि force balance principle पर आधारित है, के लिए Flapper nozzle mechanism को प्रदर्शित किया गया है।

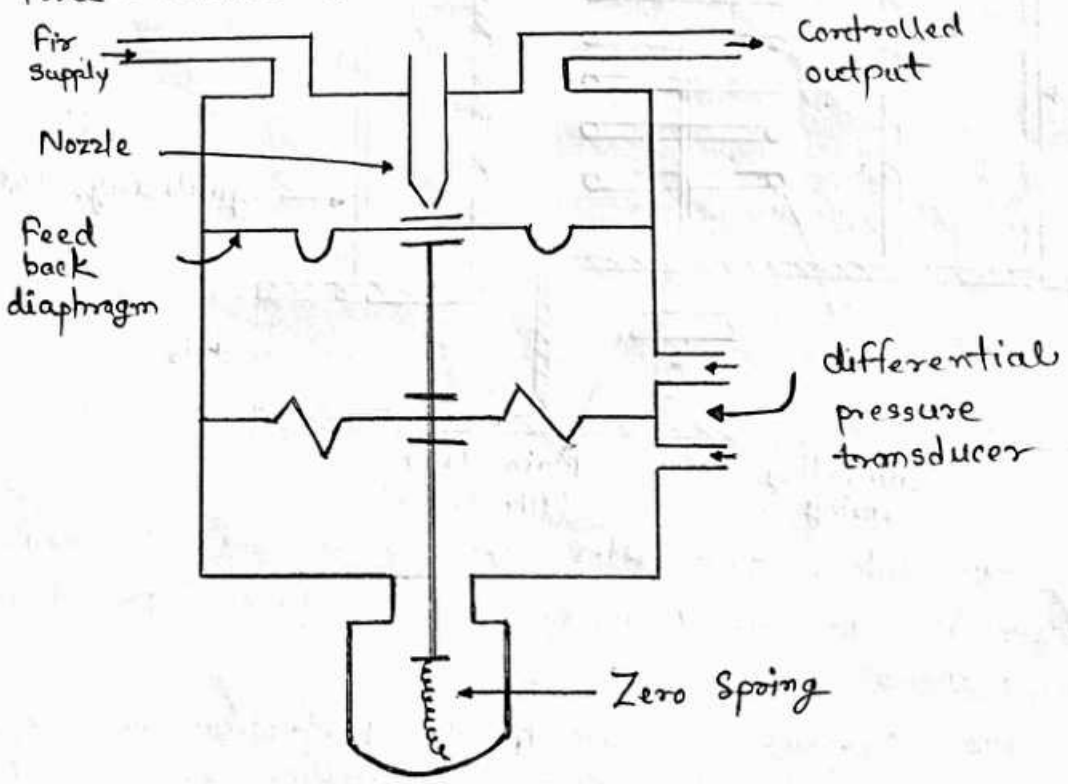
इसमे सर्वप्रथम दिए गए चित्र के अनुसार electric current coil मे से pass होती है जिसके कारण beam का displacment होता है जिस कारण Flapper nozzle gap मे परिवर्तन होता है तथा उसके सापेक्ष pressure प्राप्त होता है यहाँ पर bellows की सहायता से counter force apply किया जाता है (proportional to output pressure) जो कि coil के द्वारा लगने वाले force (proportional to input electrical signal) को balance करता है।

(b) Force balance transmitter - Null type ⇒




दिए गए चित्र मे Null balance type force balance transmitter को प्रदर्शित किया गया है जिसमे कि किसी दिए गए variable के द्वारा जितना pressure apply किया जाता है output pressure के मान मे परिवर्तन होता है तथा उतना ही counter balance force लगाकर flexure को fix किया जाता है तथा लगाए गए pressure को nullify किया जाता है अतः इसे Null balance type force balance transmitter कहते हैं।

(c.) force - balance transmitter - stack type ⇒

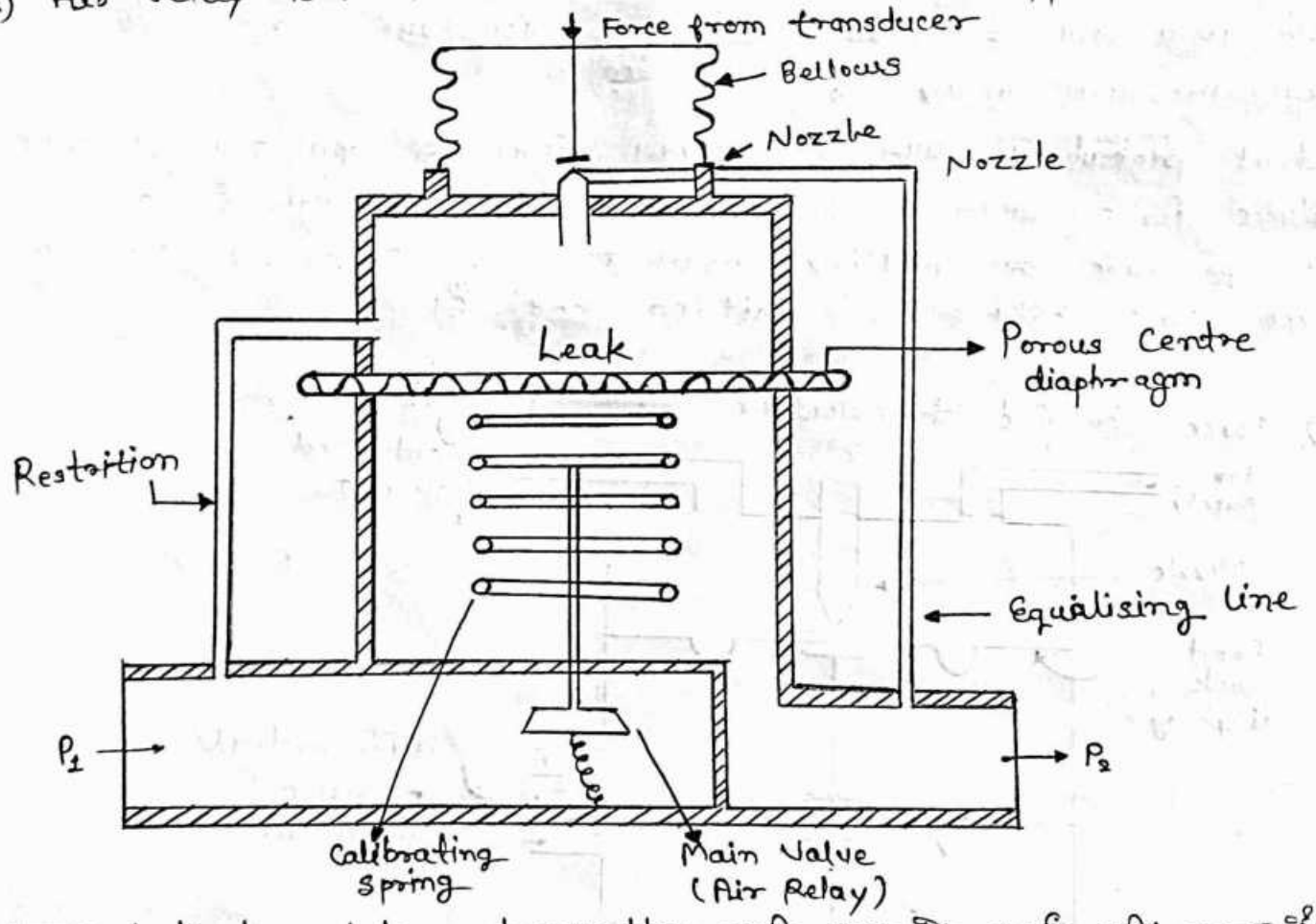


इसप्रकार के transmitter में transducer के द्वारा applied force तथा air nozzle एक ही plane में एक दूसरे से opposite सिरे पर होते हैं।

चित्रानुसार Restriction के through assembly top से constant air supply की जाती है तथा nozzle के द्वारा यह air atmosphere में leak की जाती है। Nozzle के just सामने feedback diaphragm होता है जो कि differential pressure transducer के output signal से connected रहता है जिसमें zero spring arrangment रहता है जब Differential pressure के मान में परिवर्तन होता है तो transducer ऊपर की ओर move करता है जिससे nozzle से बाहर निकलने वाली air कम हो जाती है। इसकारण feedback diaphragm पर pressure increas होता है तथा इसपर लगने वाला pressure transducer के output pressure के समानुपाती होता है।

इसप्रकार control output pressure को changing air pressure के द्वारा transmit कर दिया जाता है तथा उसका use indication, recording तथा control में किया जाता है।

(d.) Air relay force balance transmitter - stack type




साधारण stack type balance transmitter सही तरह से कार्य नहीं करता है। अतः इस अवस्था में Air - Relay force balance stack type transmitter का use किया जाता है

दिए गए चित्रानुसार Constant Pressure $P_1$ पर Restriction के through air transmitter body में enter होती है। जिसमें restricted

opening के द्वारा यह atmosphere मे leak होती है। जब transducer के through force लगाया जाता है तो यह flapper nozzle के द्वारा इस air को restrict करता है जिसके परिणामस्वरूप valve खुल जाता है तथा pressure $P_2$ का मान बढ़ जाता है इस condition मे output pressure $P_2$ transducer के force से balance हो जाता है तथा force कम होने पर इस process का reverse हो जाता है जिससे तुरन्त signal प्राप्त होता है।

## Electrical transmission ⇒

Transmission की वह विधि जिसमे AC circuit का प्रयोग करके coils के बीच Iron की position मे variation करके inductance develop की जाती है जिससे प्राप्त signal को transmit किया जाता है, "Electrical transmission" कहलाता है।

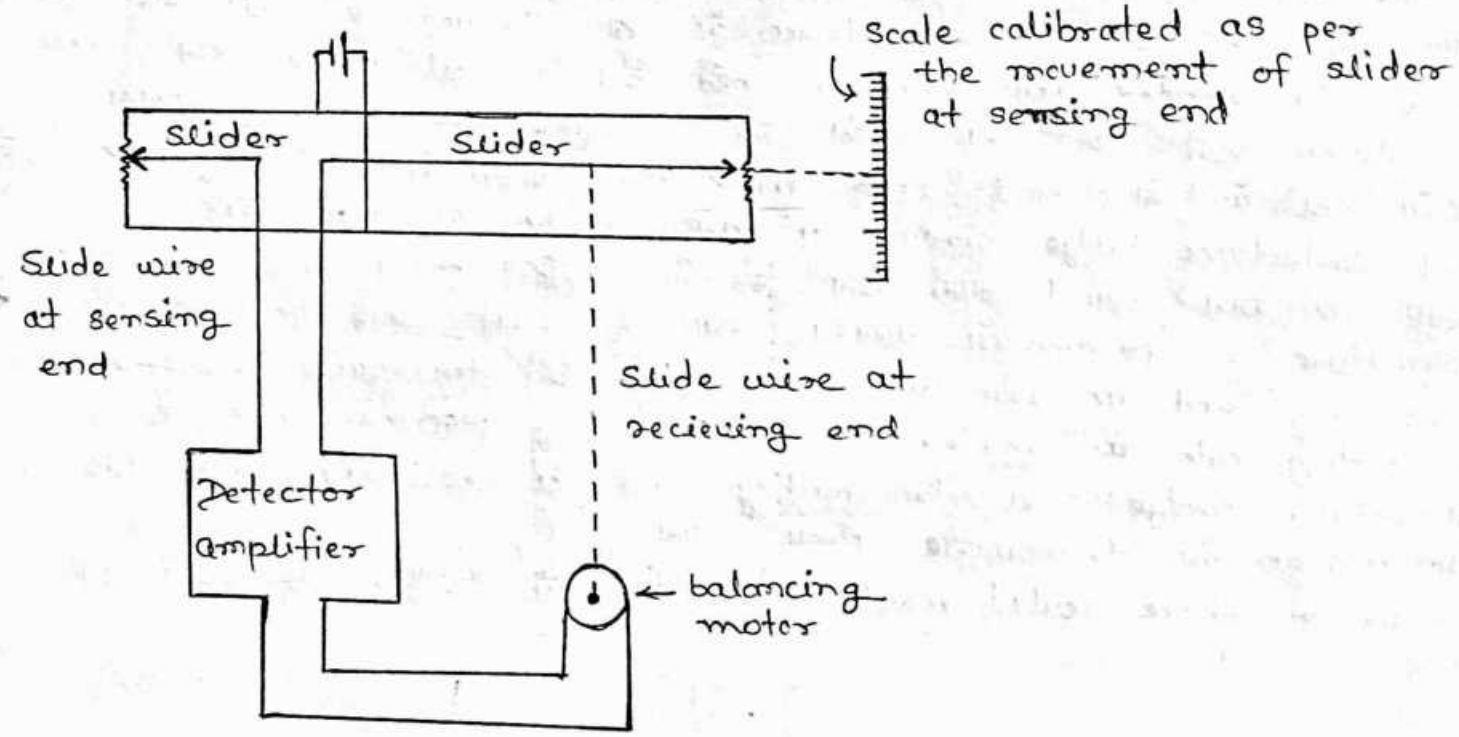
यह निम्न प्रकार के होते है :-

(A.) Wheatstone bridge type

(B.) Inductance bridge type

(C.) Impedence bridge type

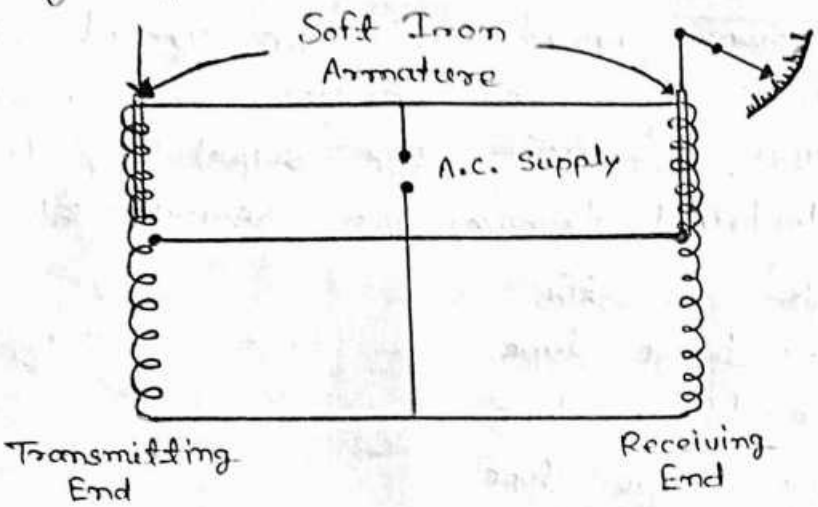
(A.) Wheatstone bridge type ⇒




इस transmeter मे दो variable resistence होते है इन variables के दोनो सिरो को slide wire से connect करके wheatstone circuit complete किया जाता है। दिए गए चित्र wheatstone bridge transmitter arrangement

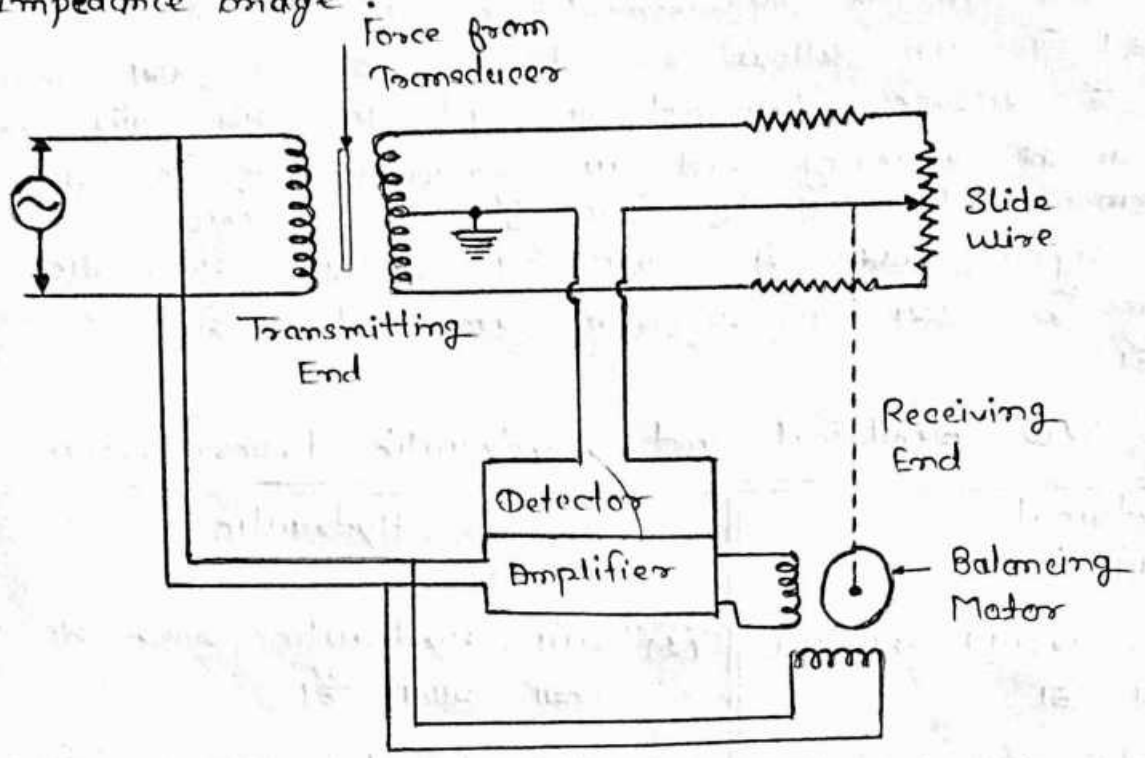
को प्रदर्शित किया जाता है।
जब variable के मान में परिवर्तन होता है तो sensing end पर slider के द्वारा wheatstone bridge unbalance हो जाता है जिसे detect कर किया जाता है तथा amplifier के through amplify करके balancing motor को signal दिया जाता है जो कि receiving end के sliding wire को signal देती है तथा ये slider उन्हें output signal देता है जिससे bridge पुनः balance condition में आ जाता है इसप्रकार wheatstone bridge द्वारा transmission किया जाता है।

(8.) Inductance bridge type




Inductance bridge का मुख्य लाभ यह है कि यह एक self balance device है। अतः इसमें किसी अतिरिक्त outside या बाहरी apparatus की आवश्यकता नहीं होती है इस device में दो Inductance coil होती है जिन्हें Transmitter तथा Receiver कहते हैं। ये coil परस्पर तीन wires के द्वारा जुड़ी होती हैं। जिससे की bridge arrangement बनता है। दोनों coils में दो soft iron armatures (प्रत्येक में एक) move करती है इस Inductance bridge circuit में A.C. supply दी जाती है। Transmitter end पर जब signal प्राप्त होता है तो उसके कारण soft Iron armature की position में परिवर्तन होता है इसकी self balancing के लिए receiving end पर armature move करती है तथा इसके movement से Indicating scale पर pointer के द्वारा reading ज्ञात हो जाती है इसप्रकार Inductance bridge द्वारा transmitting end से receiving end तक information को transmit किया जाता है।
इसप्रकार के device sealed instruments के लिए मुख्यतः प्रयुक्त में लिए जाते हैं

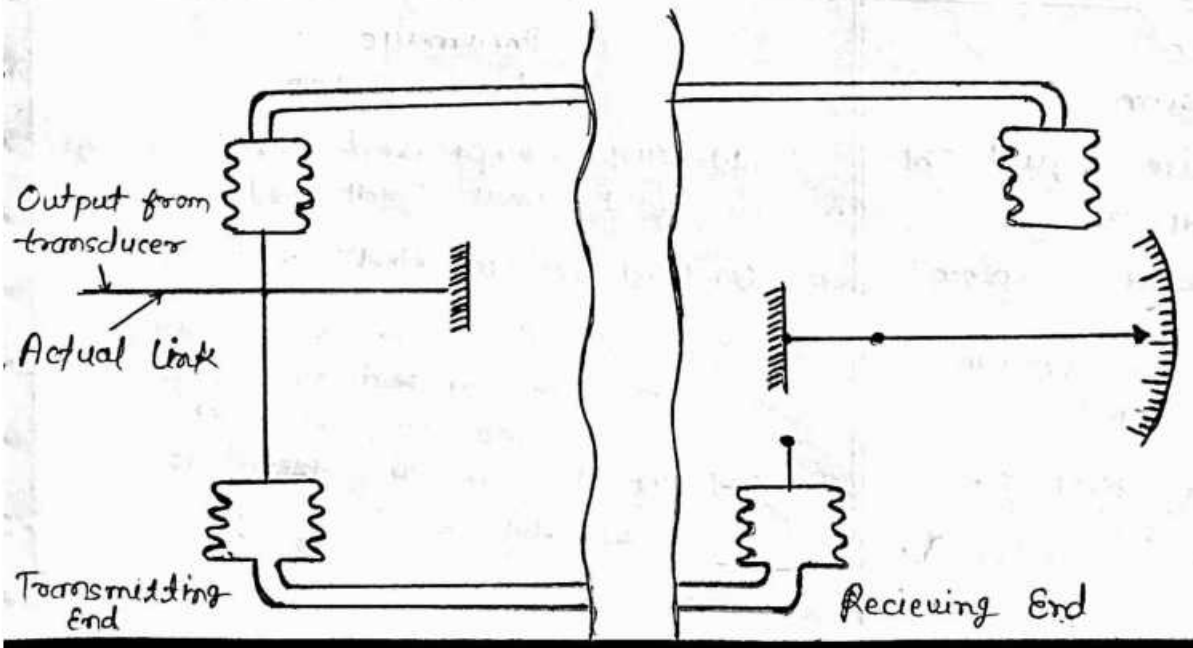
(c.) Impedance bridge :-




इस device मे एक transformer जिसमें signal primary तथा double secondary winding होती है साथ ही एक movable armature इसप्रकार position होती है जिससे measurement को transmit किया जा सकें। Transmitting End पर Transducer के द्वारा force लगाया जाता है जिसके कारण होने वाले unbalance को detector के द्वारा detect करके amplify किया जाता है जिससे Receiving end पर slide की position मे change कर दिया जाता है।

(3.) Hydraulic transmission

नीचे दिए गए चित्र मे Hydraulic transmission system प्रदर्शित किया गया है जिसमे चार bellows का use किया जाता है जिनमे से दो transmitting end तथा दो recieving end पर होते हैं। ये चारों bellows एक impulse pipeline के द्वारा connected रहते हैं। तथा पूरा system liquid के द्वारा filled रहता है।



जब transmission end पर measurement के कारण actuating link प्राप्त होता है। तो एक Bellow expand होता है तो इसका bellow expand (contract) होता है उसके कारण transmitting end पर होने वाले expansion तथा contraction का receiving end पर communication हो जाता है जिससे system counter balance होता है तथा receiving end पर pointer में signal प्राप्त हो जाता है। इसके कारण Hydraulic transmission के द्वारा measurement information (signal) को transmitte किया जाता है।

Difference b/w Electrical and Hydraulic transmission

| Electrical transmission | Hydraulic |
|---|---|
| (1.) इसमें A.C. circuit का use किया जाता है। | (1.) इसमें Hydraulic power का use किया जाता है। |
| (2) इसमें detector तथा amplifier का use किया जाता है। | (2) इसमें detector तथा amplifier का use नहीं किया जाता है। |
| (3.) इसमें wheatstone bridge का use किया जाता है। | (3.) इसमें bellows का use किया जाता है। |
| (4.) यह पूरा system wire से connected रहता है। | (4.) यह पूरा system impulse pipeline से connected रहता है। |
| (5) यह सामान्यतः atmosphere में open रहता है तथा A.C. circuit के द्वारा जुड़ा रहता है। | (5.) यह पूरा system liquid के द्वारा भरा रहता है |
| (6) इसमें coil के मध्य iron core की position में परिवर्तन से signal produce (transmitte) होता है। | (6.) इसमें bellows के expansion तथा contraction से signal produce/transmitt होता है। |

Difference b/w hydraulic and Pneumatic transmission

| Hydraulic transmission | Pneumatic transmission |
|---|---|
| (1.) इसमें pressurise liquid का उपयोग किया जाता है। | (1.) इसमें compressed air / gas का उपयोग किया जाता है। |
| (2) यह system अपेक्षाकृत complex रहता है। | (2) यह system सरल रहता है। |
| (3.) लीकेज होने पर system slow down हो जाता है। | (3.) उसमें लीकेज का अधिक प्रभाव नहीं होता है तथा system को तुरन्त restore किया जा सकता है। |
| (4.) Oil के use के कारण यह कम clean होता है। | (4.) Air के use के कारण यह clean होता है |

| | |
|---|---|
| (5.) इसकी maitenance cost high होती है। | (5.) इसकी maintenance cost कम होती है। |
| (6.) इसमें rusting की संभावना होती है। | (6.) इसमें rusting की कोई सम्भावना नहीं होती है। |
| (7.) इसमें bellows का use किया जाता है। | (7.) इसमें flapper-nozzle का प्रयोग किया जाता है। |

# Unit - 5

## Process Control

### Introduction :-

C.I. में किसी Process को सफलतापूर्वक चलाने के लिए तथा productivity व Quality को उच्च रखने के लिए Process Control के द्वारा Process Parameter को control किया जाता है। जब Process parameter ideal condition में अर्थात् process की requirement के अनुसार maintain रहते हैं तो उस अवस्था में quality तथा quantity दोनों ही maintain रहती है साथ ही दुर्घटना की आशंका नही होती है तथा plant पूर्ण efficiency से कार्य करता है अतः Process Control के निम्न advantage हैं :-

(i) Consistence product quality
(ii) Lower manufacturing cost
(iii) High productivity
(iv) Improved safety
(v) Energy savings
(vi) Improved environmental performance

### (i) Consistence product quality :-

जब process parameter को ideal condition में process control के द्वारा maintain किया जाता है तो product quality में variation नही आता है तथा wastage होता है।

### (ii) Lower manufacturing cost :-

process control के द्वारा cost को detect करके तथा उनका निराकरण करके plant को ideal condition में maintain किया जा सकता है जिससे manufacturing cost कम होती है।

### (iii) High productivity :-

जब process control के द्वारा plant ideal condition में run होता है तो High productivity प्राप्त होती है

### (iv) Improved safety :-

Control system के द्वारा किसी प्रकार की abnormality होने पर तुरन्त signal प्राप्त होता है जिससे accident के risk को minimize करके safety को improve किया जा सकता है।

(V) Energy Savings :-
जब plant तथा मशीनरी पूर्ण efficiency के साथ operate होते हैं तो energy waste कम हो जाता है तथा energy की savings होती है।

(VI) Improved Environmental Performance :-
plant से बाहर निकलने वाले ambient का signal भी हमें process control से तुरन्त प्राप्त हो जाता है जिससे उन्हें तुरन्त नियंत्रित किया जा सकता है तथा environmental में होने वाले दुष्प्रभाव से बचाया जा सकता है।

→ इस प्रकार process variables को control करने की प्रक्रिया "Process Control" कहलाती है।

→ Process Control के निम्न steps होते हैं :-

(i) Process Parameter का measurement करना।
(ii) Measured value को desired value से compare करना।
(iii) Desired value तथा measured value के difference को मापना।
(iv) उपरोक्त अन्तर को कम करने के लिए आवश्यक कदम उठाना।

Important definition :-

(1.) System :-
विभिन्न components को arrange करने से प्राप्त assembly / unit जो कि किसी विशेष object को प्राप्त करने के लिए हो, "System" कहलाती है।

(2.) Output :-
System से प्राप्त actual response output कहलाता है।

(3.) Input :-
Control system पर किया जाने वाला action जिसकी output प्राप्त हो, Input कहलाता है।

(4.) Control :-
किसी दिए गए system को regulate, direct अथवा command करना Control कहलाता है।

(5.) Control System :-
किसी Control system में प्रमुखतः निम्न units involve होती हैं-
(A) Inputs (B) Outputs (C) Input - Output combination को co-ordinate करने का arrangement

Requirement of a good control system ÷

किसी अच्छे control system की मुख्य requirement निम्न है -

(1) Accuracy ÷

किसी अच्छे control system की accuracy अधिक होनी चाहिए जिससे error minimize हो सके ।

(2) Sensitivity ÷

Control system में environmental अथवा अन्य disturbances होने पर प्रभाव नही पड़ना चाहिए तथा input signal के प्रति अति संवेदनशील होना चाहिए ।

(3) Noise ÷

Noise एक undesired input signal है तथा एक अच्छे control system को noise के प्रति insensitive होना चाहिए ।

(4) Stability ÷

stability का अर्थ होता है - Bounded input तथा Bounded output एक अच्छे control system सभी प्रकार के variation मे stable होना चाहिए ।

(5) Bandwidth ÷

एक अच्छे control system के लिए Bandwidth अधिक होनी चाहिए जिससे parameter मे अधिक परिवर्तन होने की अवस्था मे भी वह सुचारू रूप से कार्य कर सके ।

(6) Speed ÷

एक अच्छे control system की speed high होनी चाहिए जिससे parameters तेजी से control हो सके

5.1 Closed and Open loop System ÷

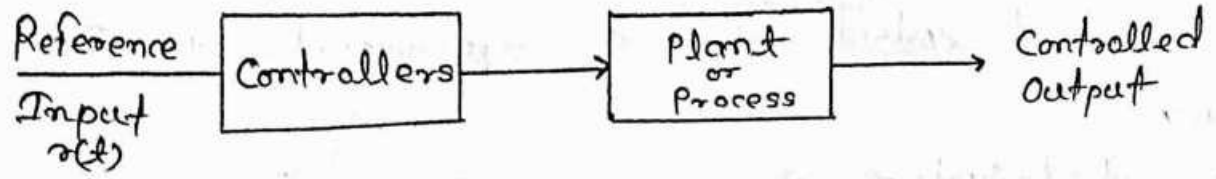
Control systems को दो category मे विभाजित किया जाता है -

(1) open loop control system

(2) Closed loop control system

(1) Open loop control system ÷

The open loop control system is also known as Control system with out feedback or non-feedback control system.




वे Control system जिसमें control action system के output से पूर्णत: independent होता है ; "Open loop control system" कहलाता है। इसप्रकार के system में output value को reference value से compare नहीं किया जाता है।

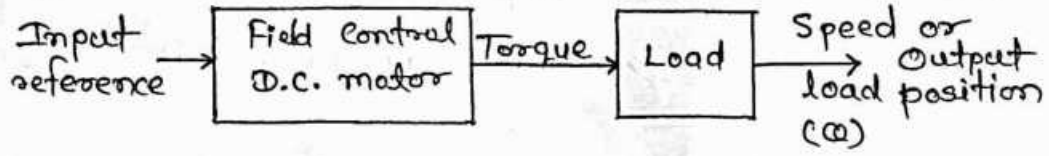
Open loop control system के दो मुख्य elements हैं :

(i) Controller

(ii) Controlled Process

इसमे किसी दिए गए process को बिना feedback प्राप्त हुए control किया जाता है।

<u>Example :-</u> Automatic machine is the example of open loop control syst




Machine में operating time को manually set किया जाता है तथा set time के पश्चात् मशीन बन्द हो जाती है चाहे desired output प्राप्त हो अथवा नहीं।

इसप्रकार open loop control system में control action output से पूर्णत: independent होता है।

Advantages of Open loop control System

1.) Simple in construction design

2.) More economic

3.) Easy maintenance

4.) Stability

5.) Convenient to use when output is difficul to measure

Disadvantages

1.) Inaccurate

2.) Unrealiable

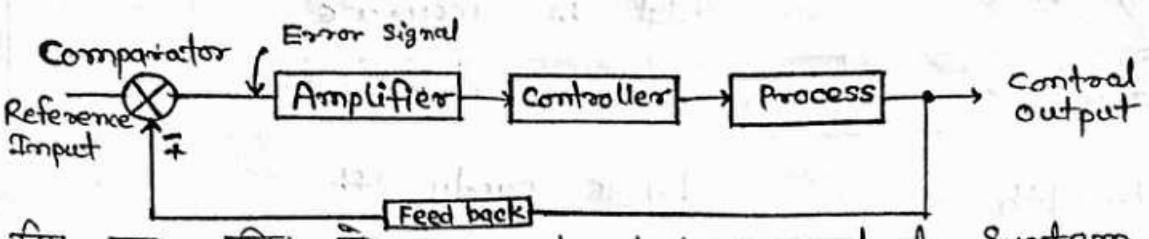
3.) Slow control

4.) Optimization is not possible

Closed loop control system :-

Closed loop control system को "Feedback control system" भी कहते हैं।

वह system जिसमें control action मूलतः output पर निर्भर करता है, Closed loop control system कहलाता है।




दिए गए चित्र मे एक closed loop control system को प्रदर्शित किया है जिसमे की process से प्राप्त controlled output को feedback element के द्वारा comparator में भेजा जाता है। जहाँ इसे reference value से compare किया जाता है जिससे error signal प्राप्त होता है इस error signal को amplifier से amplify करके controller मे भेजा जाता है जिसके अनुसार controller action लेता है तथा process को control करता है जिससे की error minimize हो सकें।

Advantages of closed loop control system :-

(1) High accuracy
(2) High sensitivity
(3) High bandwidth
(4) Reduce effects of non-linearities
(5) Optimization is possible

Disadvantages of closed loop control system :-

(1) Complicated in design
(2) High maintenance
(3) The system may become unstable

Comparison of open and closed loop control system

| S. No. | Open loop system | Closed loop system |
|---|---|---|
| 1. | No feedback, Hence feedback elements absent. | Feedback exists, Hence feeback elements present |
| 2. | No error detector | Error detector is present |
| 3. | It is inaccurate | It is accurate |
| 4. | Low sensitive to parameter changes | High sensitive to parameter changes |
| 5. | Small bandwidth | Large bandwidth |
| 6. | Stable | May become unstable |
| 7. | Economical | Costly |

## 5.2 Factors affecting control system

किसी control system को प्रभावित करने वाले कारक निम्न हैं :-

(1.) Noise :- Noise एक undesired input signal है जो कि control system पर विपरीत प्रभाव डालता है।
एक अच्छे control system में इस undesirable input का प्रभाव नहीं पड़ना चाहिए।

(2.) Settling time :- एक अच्छे control system के द्वारा dynamic variable को allowable range मे लाने का समय "settling time" कहलाता है तथा यह कम - से - कम होना चाहिए।

(3.) Environmental Changes :- Environmental Changes का control system पर बहुत अधिक प्रभाव पड़ता है जबकि एक अच्छे control system को environmental से अप्रभावित होना चाहिए जिससे कि environment मे होने वाले परिवर्तन का उसपर प्रभाव नहीं पड़े।

(4.) Internal disturbance :- Process के internal disturbances भी process की कार्यप्रणाली को प्रभावित करती है अत: एक अच्छे control system को internal disturbance से प्रभावित नहीं होना चाहिए।

(5.) Bandwidth :- एक अच्छे control system के लिए Bandwidth अधिक होनी चाहिए। Bandwidth कम होने पर control system सही प्रकार से कार्य नहीं कर पाएगा।

(6.) Effect of transmission ÷ Transmission की speed control system को सीधे प्रभावित करती है अतः transmission का माध्यम उचित रखने पर control system quickly respond करता है।

(7.) Errors in measurement ÷ यदि process variable के measurement मे error होती है तो उसका सीधा प्रभाव control system पर पड़ता है और control system सही प्रकार से कार्य नहीं कर पाता है।

## 5.3 Different types of control actions, their merits and demerits ÷

→ Control actions मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं -

(1.) Discontinuous Control action

(2.) Continuous Control action

(1.) Discontinuous control action ÷

किसी discontinuous control मे variable का मान descrete values के बीच परिवर्तित होता रहता है अर्थात् maxima अथवा minima value प्राप्त करता है।

Discontinuous Controller दो प्रकार के होते हैं -

(i) ON-OFF / two position controller

(ii) Multiposition position controller

Modes of control action

- Continuous
- Discontinuous

(i) ON-OFF Controller ÷

वे Controller जिसमें final controller element fully open/closed condition में होता "ON-OFF controller" कहलाता है।

→ यह किसी feedback controller का simplest form है तथा controlled output की value के अनुसार fully open / closed condition में रहता है।

Advantages ÷

(1.) Simple in construction

(2.) Economic

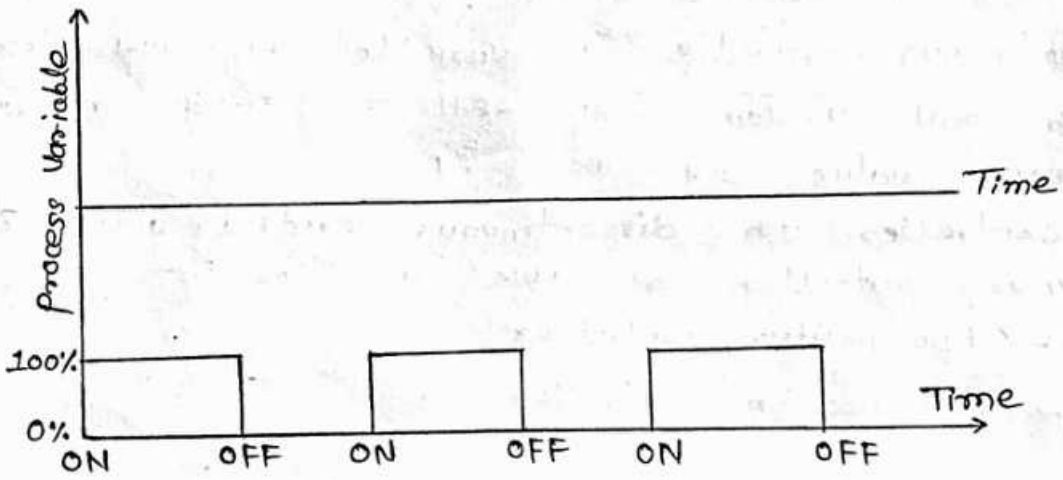
(3.) Digital output in both the states

Disadvantages ÷

(1.) Controlled parameter का मान लगातार set point के आस-पास maintain हो पाता है।

(2.) Set point से deviation अधिक होने की सम्भावना होती है।

→ नीचे दिए गए चित्र मे ON-OFF controller के response को प्रदर्शित किया गया है ÷




(ii) Multiple Controller ÷

Multiposition Controller किसी ON-OFF controller का logical extension होता है जिसमें की controller की दो से अधिक positions होती है

Advantages ÷

(1.) Simple in constructions

(2.) Better discontinuous controll due to multiposition

(3.) Easy to implement

Disadvantage ÷

(1.) Controlled variable का मान set point के आस-पास ☆ करता है।

(2.) Deviation लगातार maintain रहता है

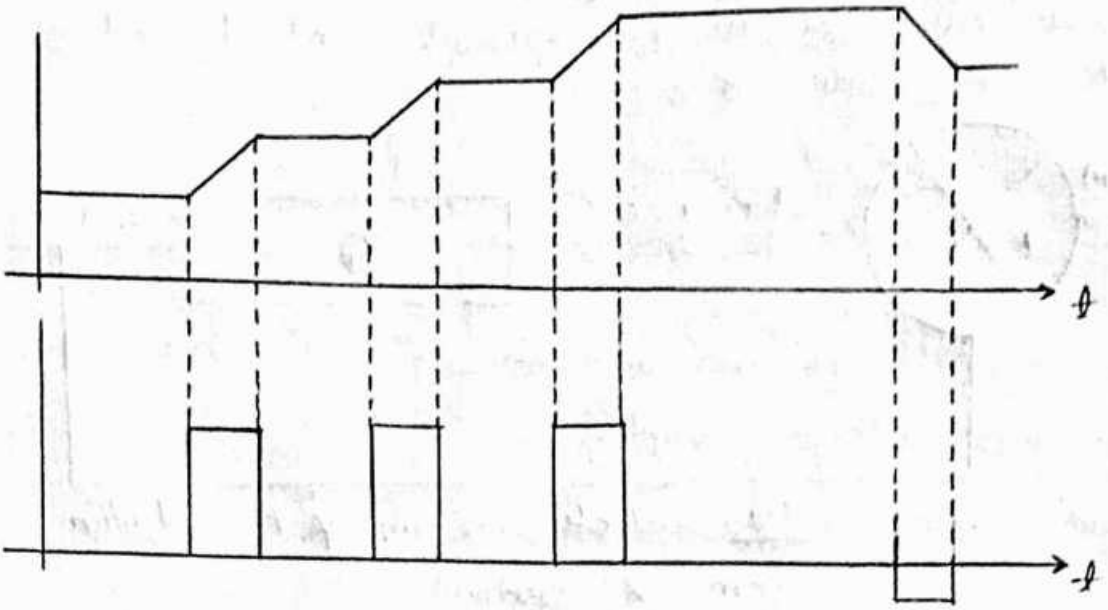



Figure :- Control process using 3-point controller

Continuous Controller :-

वे controller जो controlled output को सम्पूर्ण operation के duration में limits के अन्दर maintain करते हैं तथा जिनका Controlling action variable के error signal के अनुसार continuously apply होता रहता है, Continuous controller कहलाते हैं

→ Continuous control action निम्न तीन modes में होते हैं -

(1) Proportional Controller

(2.) Integral Controller

(3) Derivative controller

→ Process variable के मान को set point के पास maintain करने के लिए इन controllers के combination को भी काम में लिया जाता है।

→ इनके combinations निम्न हैं -

(1.) Proportional- Integral Controller [PI Controller]

(2.) Proportional- Derivative Controller [PD Controller]

(3.) Proportional- Integral - Derivative Controller [PID Controller]

(1.) Proportional Control action :-
(P - action)

→ एक proportional controller किसी manipulated variable को continuously इसप्रकार adjust करता है कि process demand के अनुसार output प्राप्त होता रहे। Proportional control में controller का output

error के proportional होता है।

→ नीचे दिए गए चित्र में proportional control action को प्रदर्शित किया गया है -

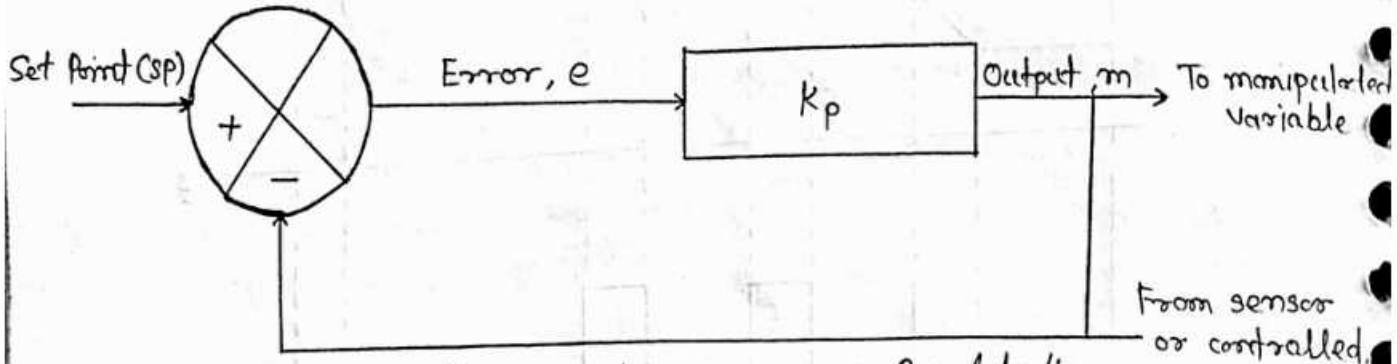



Fig.:- Block diagram of P-controller action

$m$ = Output

$e$ = Error

तो इस अवस्था में Proportional control का equation निम्न equation द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है -

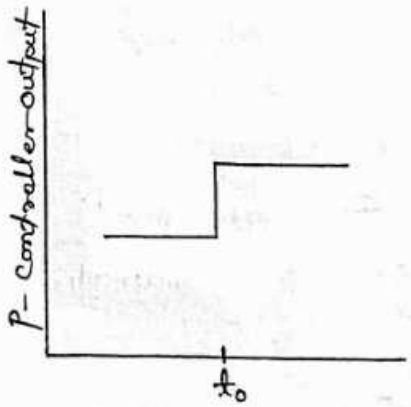
$$m = K_p e \longrightarrow ① \quad (1.1)$$

यहाँ $K_p$ constant है जिसे "Controller gain" भी कहते हैं।

→ यदि Bias(b) भी हो तो

$$m = K_p e + b \longrightarrow ② \quad (1.2)$$

इसके आधार पर proportional controller का output निम्न प्रकार से प्राप्त होगा -




Advantages of P- controller

(1.) इसके द्वारा steady state error को कम किया जाता है जिससे System अधिक stable बनता है।

(2.) Faster response (त्वरित control)

Disadvantages of P- controller

(1.) System में offset (error) रह जाती है।

(2.) Maximum overshoot बढ़ जाता है। overshoot

(2.) Integral Control action :-

Proportional control action में steady state error (offset) रह जाती है जिसे Integral control action को include करके remove किया जा सकता है।

Output signal (m) का मान Integral Control action में mathematically निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है-

$$m = K_p \frac{1}{T_i} \int_0^t e\,dt \longrightarrow (2.1)$$

→ Integral control action के block diagram को नीचे दिए गए चित्र में प्रदर्शित किया गया है -

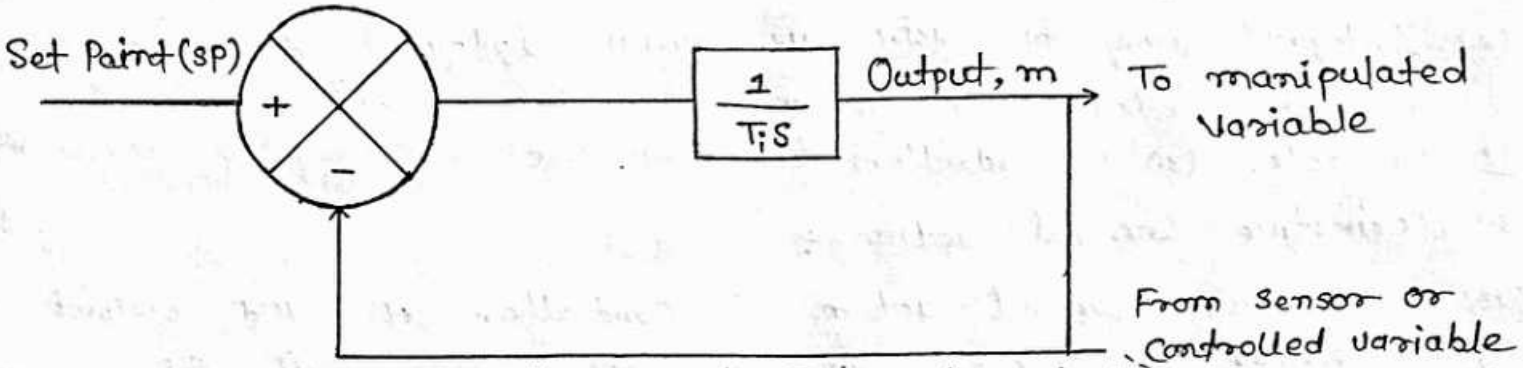



Fig. :- Block diagram of Integral control action

$$m = K_p \frac{1}{T_i} \int_0^t e\,dt + C(t_0) \longrightarrow (2.2)$$

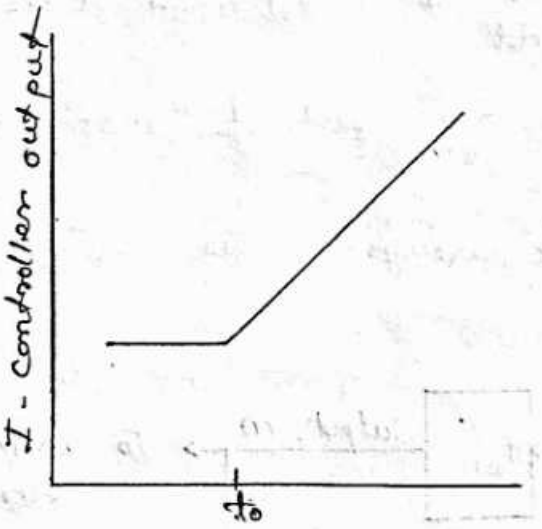
यहाँ $m$ = Controller output

$T_i$ = Integral time

$e$ = Error

$E(t_0)$ = Controller output before integration

→ Integral control action का output response निम्न प्रकार से होता है :-



Advantages of Integral control action :-

(1.) इसके द्वारा controlled variables को exact set point तक भी पहुँचाया जा सकता है।

(2.) stable control प्राप्त होता है।

(3.) Process parameter को लम्बे समय तक desired limits में maintain किया जा सकता है।

(4.) Steady state error कम होती है।

Disadvantages of Integral control action :-

(1.) Slow response to the error

(2.) Integral time को बढ़ाने पर अथवा integral gain को कम करने पर integral action की strength कम हो जाती है। or Unstable. (3.) इन controllers को अकेला use नही किया जा सकता है।

(3.) Derivative Control action :-

किसी Derivative Control action में Controller से प्राप्त output signal error में परिवर्तन की दर का फलन होता है। Derivative Control action का मुख्य लाभ यह है कि यह error में ~~परिवर्तन~~ की दर में परिवर्तन के अनुसार respond करता है जिससे error के बहुत अधिक बढ़ने की सम्भावना नही होती है।

→ Derivative control action को mathematically निम्न equation से प्रदर्शित किया जा सकता है।

$$m = K_p T_d \frac{de}{dt} \longrightarrow (3.1)$$

$$m = T_d \frac{de}{dt} + c(t_0) \longrightarrow (3.2)$$

→ ~~Derivative Control action का output response नीचे दिए गए चित्र के अनुसार होता है।~~

→ P- controller के block diagram को नीचे दिए चित्र में प्रदर्शित किया गया है :-

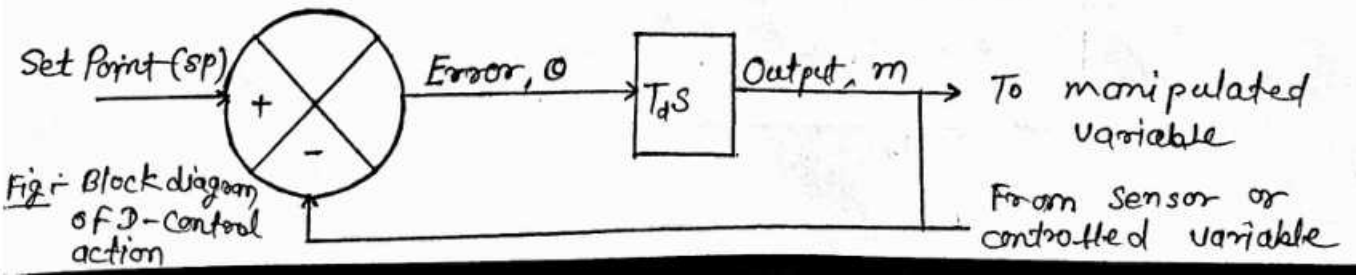



Fig:- Block diagram of D-Control action

Derivative control action का output response नीचे दिए चित्र के अनुसार होता है -

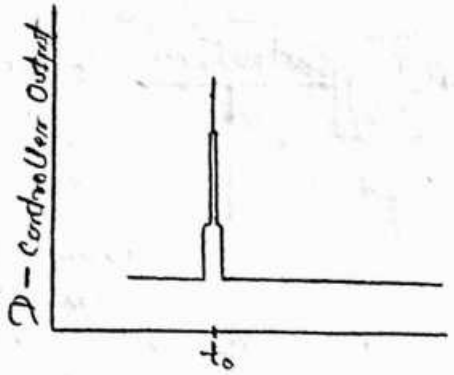



Figure :- D- controller output for step input

Advantage of D- controller

(1.) It improves the transient response of the system.

(2.) Rapid response.

(3.) Can overcome and over shooting.

(4.) यह Sensor के remote allocation में भी कार्य कर सकता है।

Disadvantage of Derivative Controller

(1.) यह Noise signal को amplify कर देता है।

(2.) offset को elimenate नहीं करता है।

(3) Slowly varying error के प्रति ineffective होता है।

(4) Proportional Plus Integral Control action :-

किसी proportional - Integral Controller (PI - Control) में प्राप्त होने वाला output proportional action तथा integral action का combination होता है।

अतः P-I Controller की equation को निम्न प्रकार से mathematically represent किया जा सकता है -

$$m = K_p e + K_p \frac{1}{T_i} \int_0^t e\,dt$$

$$m = K_p \left[ e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e\,dt \right]$$

P-I Controller के Block diagram को नीचे दिए गए चित्र में प्रदर्शित किया गया है :-

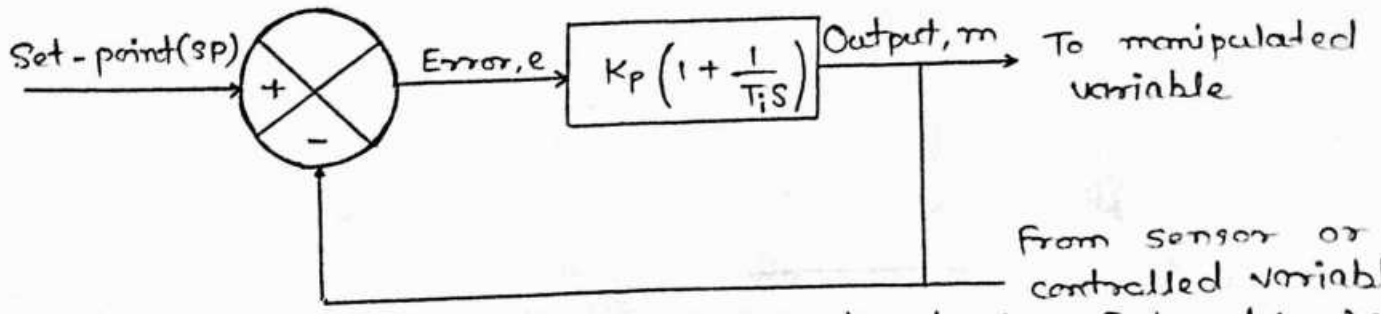
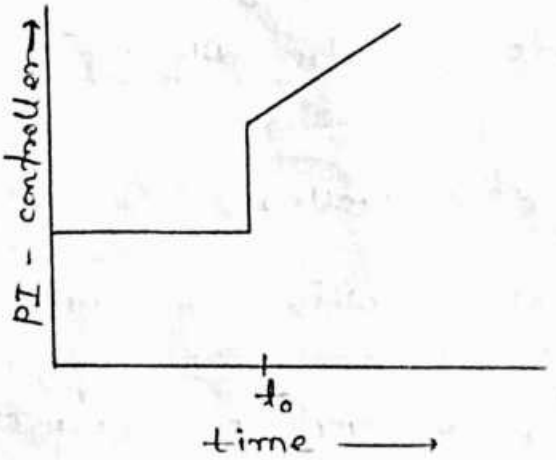



Fig.:- Block diagram of Proportional-plus-Integral (PI) Control action

जब system set point पर नही होता है तो उस समय proportional action के द्वारा उसे set point पर लाया जाता है तथा integral action के द्वारा system को इसप्रकार control किया जाता है कि वह set point से अधिक deviate ना कर सके।

PI-Controller का response / output नीचे दिए गए चित्र के अनुसार प्राप्त होता है -




Advantage of PI - Controller

(1.) इसके द्वारा offset को पूर्णतः remove किया जा सकता है।

(2.) No steady state error.

Disadvantage of PI - Controller

(1.) Long response time

(2.) Longer period of os

(3) Higher maximum deviation

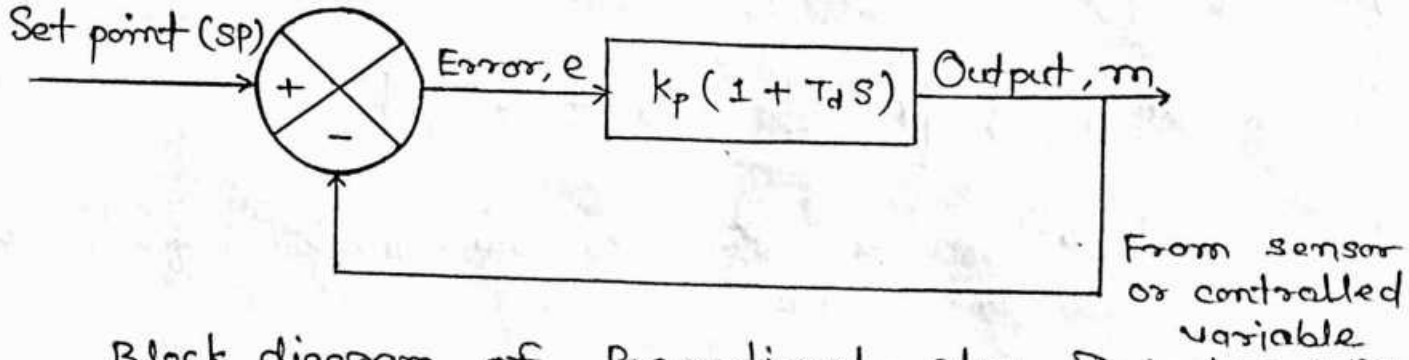
(5.) Proportional-Plus-Derivative Controller ÷
(PD - Controller)

Proportional - Derivative controller में proportional के साथ derivative action लिया जाता है जिसमें derivative action के कारण Controlled output actuating error की परिवर्तन की दर के साथ vary करता है।
अतः PD - Controller की eqn को निम्न mathematical action के द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है -

$$m = k_p e + k_p T_d \frac{de}{dt}$$

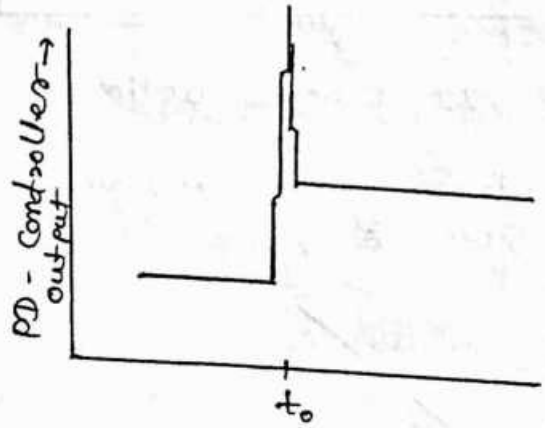
$$m = k_p \left[ e + T_d \frac{de}{dt} \right]$$

Proportional - Derivative Controller को नीचे दिए गए चित्र action के अनुसार द्वारा प्रदर्शित किया गया है ÷




Block diagram of Proportional - plus - Derivative (PD) control action

→ PD - Control का step input नीचे दिए गए चित्र के अनुसार प्राप्त होता है।




Advantages of PD - Controller
(1.) Smallest maximum deviation
(2.) Smallest oscillation
(3.) Shortest time required

Disadvantages of PD - Controller

(1.) Noise को amplify करता है।

(2.) Steady state operation मे error का minimization नही होता है।

(6.) Proportion - plus - Integral - puls - Derivative Control (PID Control)

PID - Controller एक three mode controller है जिसमे proportion, Integral तथा Derivative तीनो का combination प्रयुक्त होता है। अत: तीनों प्रकार के action के advantages के कारण से यह बहुत अधिक उपयोगी होता है।

PID - Controller के eqn का नीचे दिए गए mathematically expression द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है -

$$m = K_p \left[ e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e\,dt + T_d \frac{de}{dt} \right]$$

PID - Control action को नीचे दिए गए Block diagram द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है -

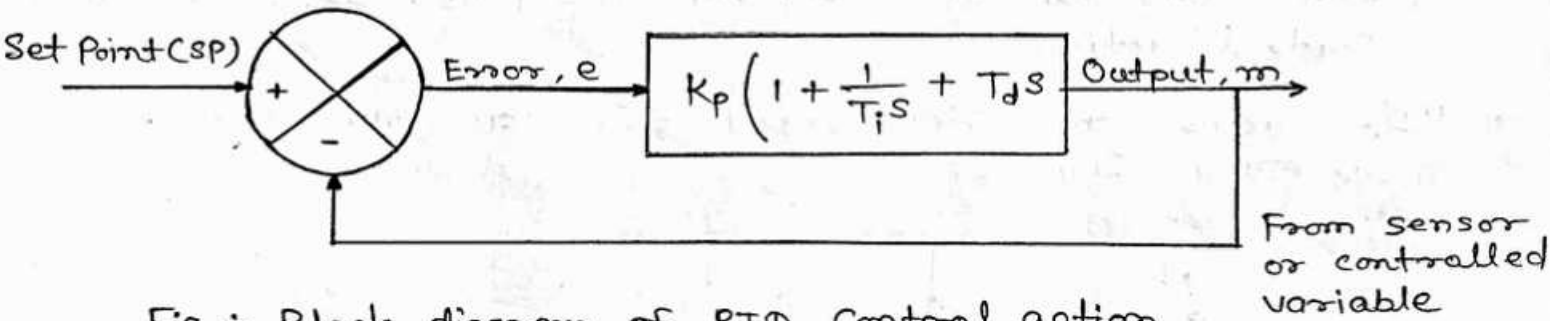
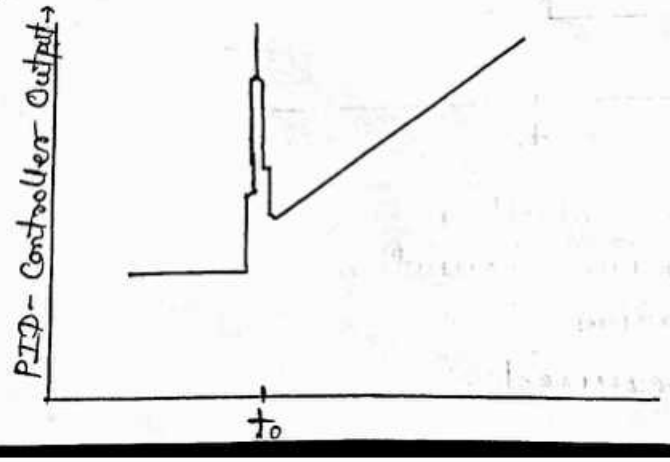



Fig.÷ Block diagram of PID Control action

PID - Controller का step input के लिए response नीचे दिए गए चित्र के अनुसार प्राप्त होता है ÷



Advantage of PID- Controller

(1.) The P- controller stabilizes the gain but produces a constant steady - state error.

(2.) The I- Controller reduces or eliminates the steady-state error

(3.) The D- Controller reduces the rate of change of error.

Disadvantages of PID- Controller

The only disadvantage is the tuning methodology.

## 5.4 Process dynamic response of system ÷

जब किसी controller के द्वारा control action लिया जाता है तो अलग-अलग control action के लिए अलग- अलग response प्राप्त होते हैं।

(1.) P-controller output ÷

जब किसी system को pulse input दिया जाता है तो उस अवस्था में proportional controller का output response उसके input में exactly resemble करता है जैसा कि नीचे दिए गए चित्र में प्रदर्शित किया गया है-

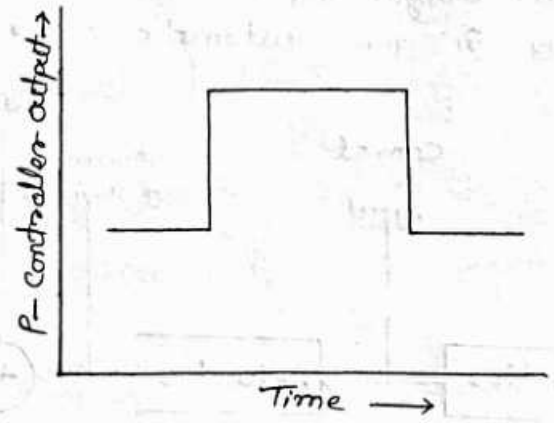



Fig.÷ P- controller output for pulse input

(2.) I- controller output ÷

I- controller output के लिए प्राप्त controller output में continuous increase के स्थान पर यह integral action के पश्चात constant हो जाता है। नीचे दिए गए चित्र में I- controller ouput को प्रदर्शित किया गया है -

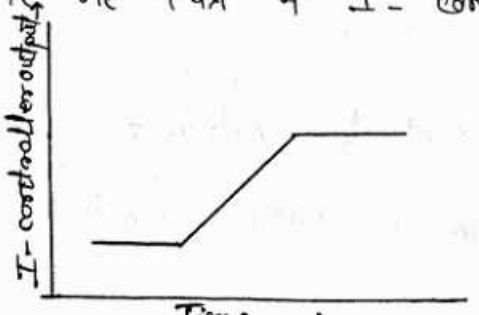



Fig.÷ I- controller output for pulse input

(3.) D- Controller output :

D- controller output दिए गए input graph के derivative से प्रदर्शित किया जाता है जिसमें 1st discontinuouty तो positive infinity होती है जबकि response से प्राप्त second downward discontinuouty negative infinity होती है। इसको नीचे बताया गया है :

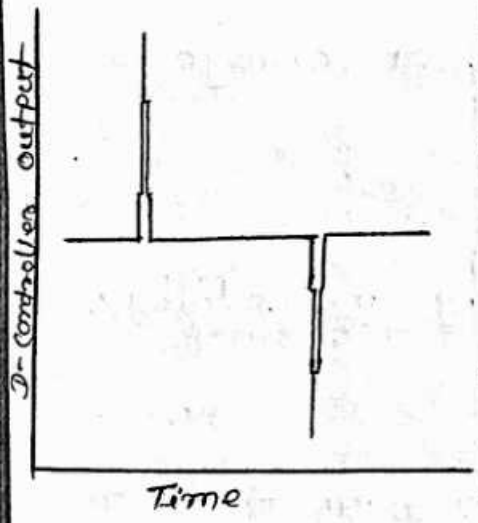



Fig. : D- controller output for pulse input

(4.) Output response of PID- Controller : Pulse input के लिए PID controller का output response उपरोक्त तीनों responses का combination होता है।

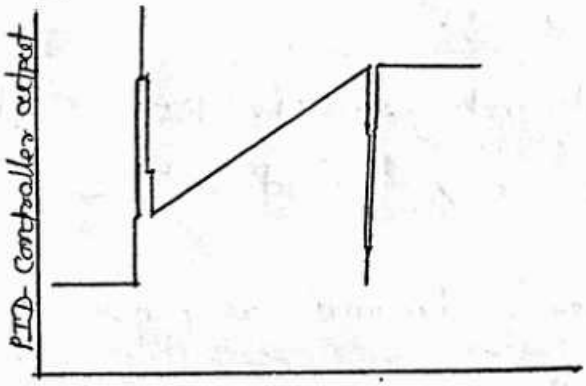
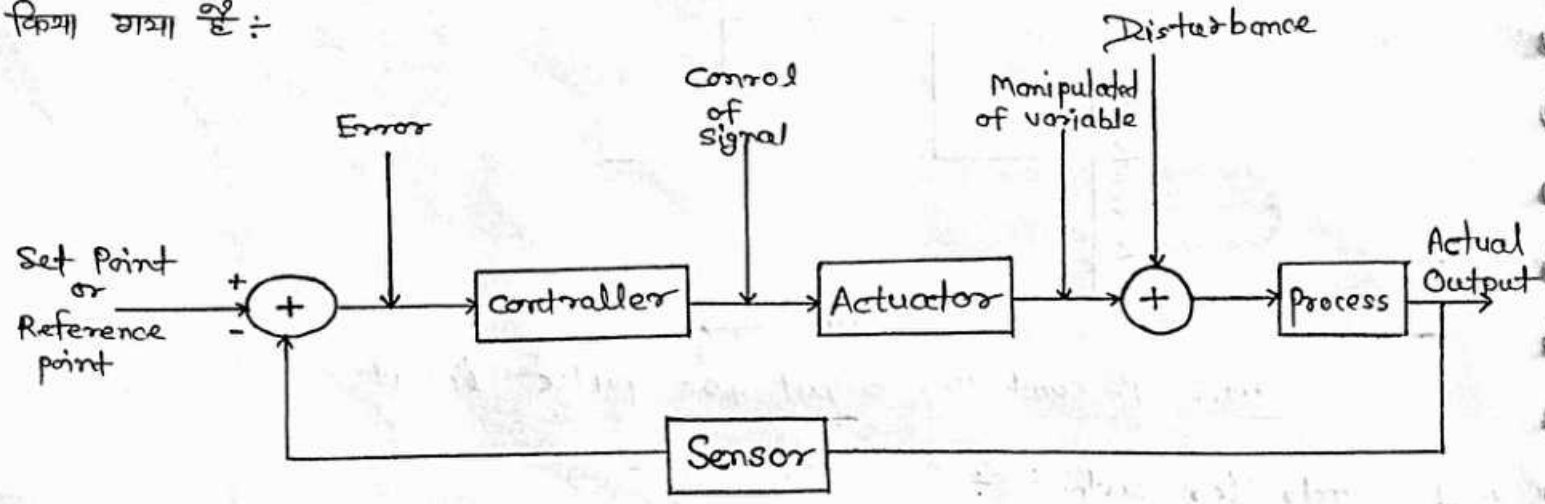



Fig. : PID-controller output for pulse input

Function of an automatic controller :

एक automatic control system में विभिन्न element तथा divider होते हैं जिनके combination द्वारा प्राप्त configuration से process को control किया जाता है। नीचे दिए गए चित्र में एक automatic controller को प्रदर्शित किया गया है :




दिये गए चित्र में एक Automatic Controller को प्रदर्शित किया गया है जिसके द्वारा point में होने वाले किसी भी disturbance को control किया जाता है।

Function of an Automatic Control System :

एक automatic control system के निम्न function होते हैं :

(1.) Measurement ÷ किसी दिये गए parameter को automatic control system द्वारा स्वत: ही measure किया जाता है, जिससे उस parameter के मान में समय के साथ होने वाले परिवर्तन ज्ञात होते रहते हैं।

(2.) Comparison of measured value and desired value ÷

Automatic control system के द्वारा स्वत: ही measured value का comparison desired value से किया जाता है जिससे उन दोनो के बीच अन्तर ज्ञात होता है।

(3.) Control action ÷ Measured value व desired value के बीच अन्तर के अनुसार automatic controller के द्वारा control action लिया जाता है जिससे की error को minimize किया जा सकें।

(4.) Conversion of control signal to power signal ÷

Automatic controller में उपस्थित actuator के द्वारा control signal को power signal में परिवर्तित किया जाता है।

Automatic control system को process में प्रयोग करने के purpose निम्न हैं ÷

(1.) Automatic control system का प्रयोग करके productivity को बढ़ाया जा सकता है।

(2.) Automatic control system का करके quality को बढ़ाया जा सकता है।

(3.) Energy का optimization किया जा सकता है।

(4.) Automatic Controller के द्वारा process का संचालन सुगम हो जाता है।

(5.) इसके द्वारा remote control किया जा सकता है।

(6.) इसके द्वारा environment पर होने वाले दुष्प्रभाव से बचा जा सकता है।

(7.) Manual control में Human operator की आवश्यकता होती है जबकि automatic controller में यह स्वत: ही control होता है।