CONTROL

Dr. Deeb Abu-Fara

By: Sana’a Iqtait

* Process variable → input / output

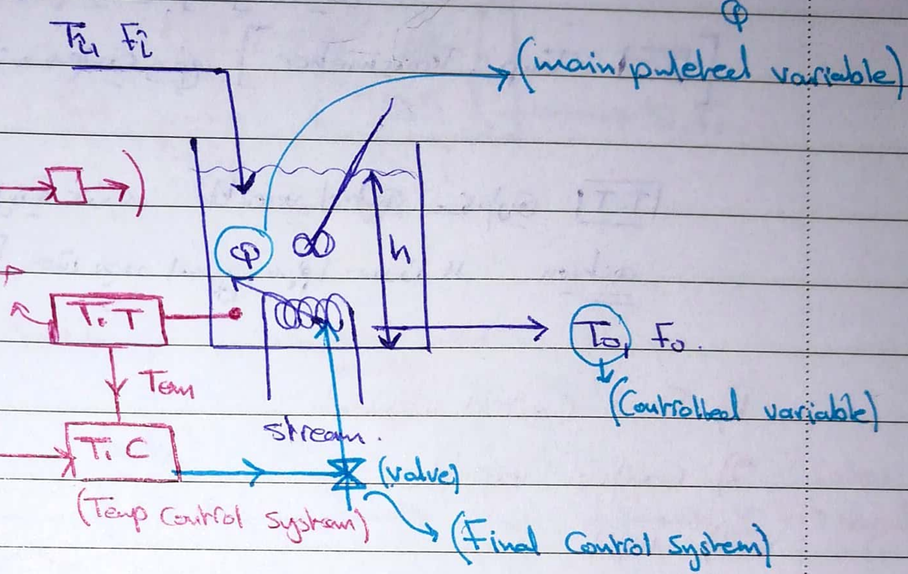
(process and instrumination digram)

P and I. Digram

⇓

(Black digram → ☐ →)

حساس درجة الحرارة



← (يحدد كم الطبيعي لها) Temp req

وبقارن اذا شافها فيه تغير واختلاف
بياخد (action) معين انه
يحل تغيرات الـ (heat) عشان نرجعها زي ما كانت

* process variable ⟹ T_i, F_i, T_o, F_o, h, Q.

input ⟶ T_i, F_i, Q. output ⟶ F_o, T_o, h → أتحكم فيها

* a STH where the input is at inlet Temp at T_i and Flow rate F_i and we Give Q, T_o, F_o, T_i, F_i

* purpose of the process ⟹ Comen heat to change T_i to T_o (هدف)

* My Control object ⟹ is the output Temp (T_o) and output Flowrate

- اذا بدي أتحكم بأي إشي أنا بتحكم بالطلع عند (output) وهو عكس البايلوجي.

تغير الـ Flow في الـ stream وبالتالي (Valve) (Temp sencer)

بتحكم الـ Flow بتزيد الـ Q وبالتالي الـ Flow يقلل الـ heat

(Resistense) بتحكم بالـ Valve . باستخدام stream من electrical heater بدل الـ

element آخر في الـ Control system. ← (Final Control element) ⟸ stream في الـ stream بيتغير في الـ
ممكن يكون Valve ومش لازم يكون

[1] تحديد (Control object) ← هو الشيء اللي بتحكم فيه output

وهو هنا درجة الحرارة (Temp) ← بتقيسها (Control variable)

* لو بدي اتحكم ب (Tc) اول اشي لازم اقيس ؟

[1] قياس الحرارة عن طريق وضع [[T.T] : Temp . Transmeter]

[2] لازم اعرف طريقة تحديد Control variable ← عن طريق [T.T]

[3] وضع [T.C] حتى يحدد المخرج ويعرفها ويحدد الـ action

1) Final Control element
2) Control variable
3) input
4) Control
5) ~~Measuring~~ ~~device~~ Measuring device

input ← → output

(mainpulated) ← يتغير عشان Tc (Controlled)

* ذاكرة بروزها في Controlled هو output وهو اللي بتحكم فيه . main... فهي input

* (mathmatical relation ship) ← بربط الـ (Controlled) مع الـ (mainpulated)

dynamic modle (Unsteady state) ← بحتاج dynamic process عشان تربط

* لأن الـ Control معني بالتغير في System وبدي اربط الـ in مع out

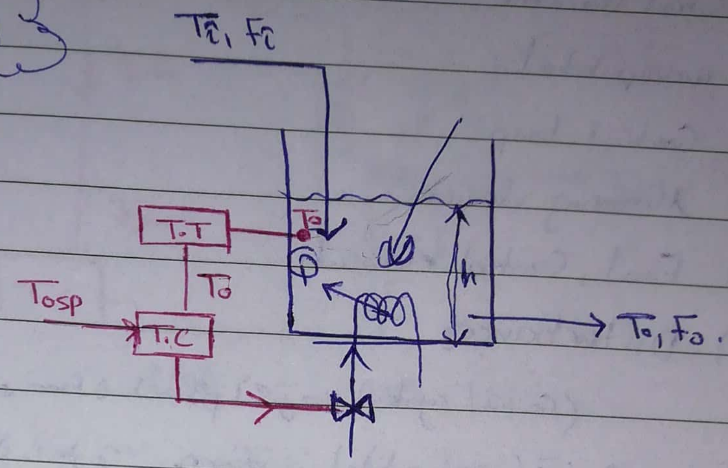
بحتاج (mathmatical realtion) يربطهم ببعض وهو اللي اسمه dynamic modle

(mainpulated variable) الـ يتحكم في Final Control *

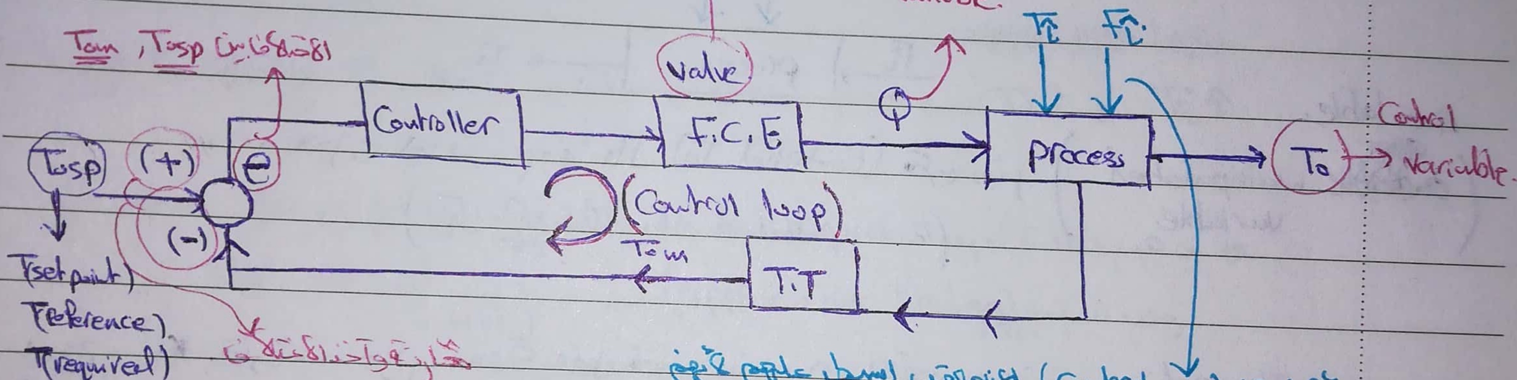
strategy [1] :

Feed Back Control

(حسب التغير بعمل حل)



انتبه لتغير الـ valve ينتج تغير في F وبالتالي Q



بالتركيز على (Control variable) الذي نعتبر وسيطر عليهم لأنهم تغيروا لحالهم !!

(Disturbances مصدر إزعاج.) F لأن الـ valve موصلة Q مش على F

- حتى أتحكم control variable بطريقة معينة عبر الـ Q

- بلاقي من process ويرجع لل process ونسميها العملية (Control loop).

- بتطلع الـ Block diagram عند الـ process ونشوف كيف يوضح ↓

T_o is function in Q only ~~and~~ that what effecting in Q only

↓

ومعناها غير مرتبط بالسؤال الـ (P.I.D) بس أنه يوضح تأثير الـ F_i, T_i

* (B.D) ← T_o فقط تتغير بتغير الـ Q.

* (P.I.D) ← T_o تعتمد أيضا على (F_i, T_i) فلازم توضيحهم

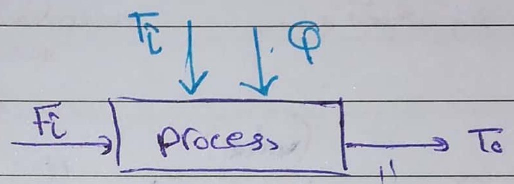
T_o depending on Q, T_i, F_i.

Subject Date No.

1) Control variable
2) manipulated
3) Control loop
4) Measuring device.
5) Final, Control elements
6) Disturbances

* عشان (B.D) ـــــ ممكن نستخدم أكثر من (Control system)

* ممكن نتحكم بال (To) إذا غيرت ~~manip~~ (manipulated variable) أكثر مثل وجود F_i valve



available.
* عدد العوامل اللي بنتحكم فيها بال (Controlled To) تكون بعدد (~~available~~ manipulated variable)
(manipulated to Q or F_i)

* تكون عند حرارة معينة يحصل تغير، نحس هذا التغير و بنتخذ action بناءً عليه و بحل معالجة له

شرح process

* لما انشوف التغير واحاول نحل ← Corrective action ممكن نحل appriventive action
بحيث يمنع حدوث التغير من البداية.

* دائماً لازم اعرف شو اللي بغير (To) ومعادلة (input) (Q, T_i, F_i) فلو
ضمنت تحكم فيهم (To) ما بتتغير.

N O T E B O O K

Scanned by CamScanner

Subject Strategy [2]: Feed Forward Control → قبل حدوث التغير بنعمل

Date No.

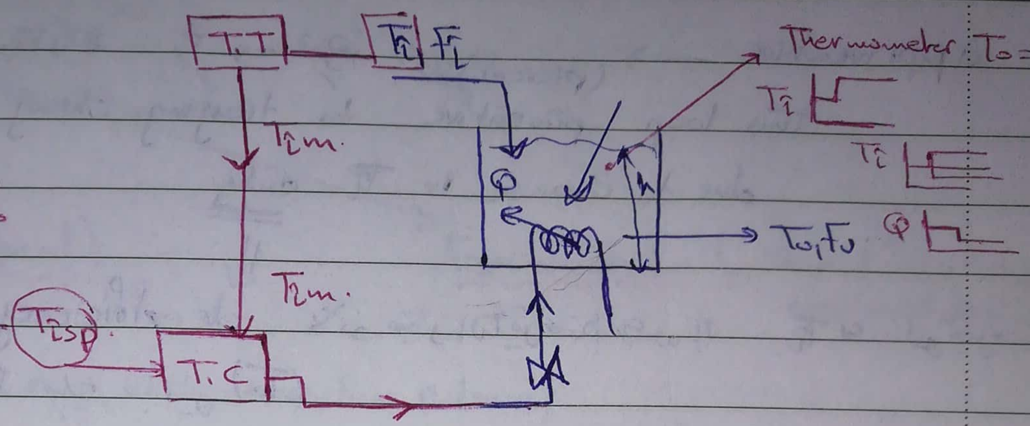
مفسر ان input وبنصمم عليها

⇑

مثلا لو مصمم heater بيسخن 25°C دوماً بتكون inlet Temp بيسخن

⇑

التحكم بـ input Temp ← T_{isp} الي بدي احطه تصميم البروسيس اتوماتيك تكون inlet كذا



الي بدي اتحكم فيها ↑

* بدلا ما اقيس (T_o) بقيس (T_i)

* اذا صار اختلاف بين (T_{isp}) و (T_{im}) مثلاً ($T_{isp}=25$) وكانت T_i (30°C)

بتوقع انو الـ Temp داخل الـ Tank رح تزيد، لهيك ما بدي ياها تزيد بشغل على

تقليلها

$T_i \uparrow$ ← $T_o \uparrow$ ← فبقلل $\phi \downarrow$ ← وبالتالي ϕ تقلل T_i وبالتالي T_o تبقى ثابتة

* فمن هون اكتشف وجود التغير بال process وبلاشي فيه قبل ما يصير تغير على output يعني

وهذا نسميه (apprehensive strategy) ← (Feed Forward control)

---

* In Control → (1) Feed Back strategy.

(2) Feed Forward strategy.

* Concept's الـ apprehensive احسن من (Convictive)

لأن (الوقاية خير من العلاج)

Subject Date No.

apprivenhive → (prevent) ※ جل وتاقها To وعاقبها

This loop priventive to traying chang in To.

due to change in Ti only

⇓

ومنا deefficiency لأنو فنار التأثير فقم يجون ال Tc لعنا لو تغير حني

Fi مناه صلة بتغير (To)

هون لازم (Controlled loop) لكل (input Change on system)

↓

تعالج فقم variable واحد.

* Feed Back ⟸ هيديس التعرضا (To) وهاكو بعض النظر عنا سبب هذا التغير.

فالأحسن هو ال (Feed Back)

※ (deefficiency) بجنب المواجهة انو

دهل تغير بشوف السبوبيالو.

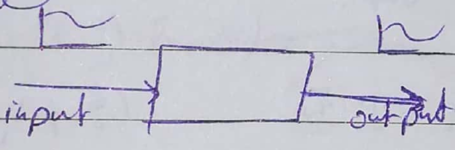
Subject Chapter $\boxed{2}$ Date No.

*** Dynamic Modeling** → in Unsteady state
⇓
change.

Theorotical (Analytical)
⇓
Basic equation (energy, mass, Momentum Balance)
⇓
~~Const~~ Conservation و state قانون of mass and energy.
⇓
Rate of rxn. ممكن احتاج معادلات اخرى زي
Basic equation. بالاضافة لل physical Rate equation

Experimental (لو مش متوفر عندي Theortical بستخدم ال experimental)

*** Expermintal Modle**



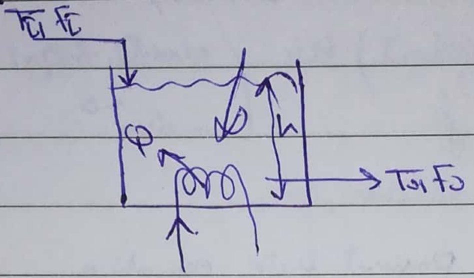
(عكس شرط ال مزج طبخ)

* ال input اللي بدخلو بعتمد على نوع ال change اللي بدخلو
(Deterministic change ~~Modle~~) ← تغيرات محدودة ومعروفة ، ولو كان اللي داخل منه input بيكون
(Deterministic Modle) ده
- ممكن الأشياء تكون متغيرة حسب تغير environmental of system فبكون لازم استخدم ال
(Stochastic Modle) ← (عشوائية فبكون ال input اللي بدخلو ده (Stochastic Modle)

* الـ experimental أفضل في بعض الأحيان من Analytical

↲ (1) الموديل ممكن يكون general، ما ينفعش أستخدمه في حالة غير الحالة اللي اتعمل لها
معمول في حالة معينة Case in Condition معينة، Rate معين ... إلخ
عند حرارة 25°C ما ينفعش أستخدمه عند 40°C

↲ (2) معظم الـ chemical process تكون non linear.



*Mass Balance (unsteady state) :-

$$\frac{dm}{dt} = m_{in} - m_{out}$$

$$\frac{d(\rho_o A h)}{dt} = \rho_i F_i - \rho_o F_o \qquad (\rho_o \neq \rho_i)$$

(Volumetric Flowrate)

A = Cross sectional Area.

let (ρ = Constant)

Constant

$$A\frac{dh}{dt} = F_i - F_o$$

* يهمني أوصل لأقل عدد من المتغيرات، أو المتغيرات اللي ما تعبر، أفهمهم.

variable → (h, F_i)

F_o مرتبط مع h

Constant → (A, R)

$$A\frac{dh}{dt} = F_i - \frac{h}{R} \rightarrow F_o.$$

R = Resistance to Flow. → (مقاومة الـ pipe اللي ماشي فيها الـ flow)

$$\cancel{A\frac{dh}{dt} = F_i \ldots}$$

$$AR\frac{dh}{dt} + h = R F_i$$

→ العلاقة في درجة واحدة "

(h) Function in input (F_i) only

↲ # Theoritical ده من الـ physical ده

Subject　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　Date　　　　　　No.

$$AR\frac{dh}{dt} + h = R\,F_i \longrightarrow$$ Change in output $\underline{h}$ depend on change in input F_i only.

* فنرسم التغير في h حسب المعادلة *

* Energy Balance (Enthalpy Balance) :

$$\frac{d}{dt}\left[\underbrace{\rho A h C_p (T_o - T_{ref})}_{(m c_p \Delta T)}\right] = \left[\rho F_i C_p (T_i - T_{ref}) - \rho F_o C_p (T_o - T_{ref}) + Q\right]$$

(enthalpy in = enthalpy out)

$T_{ref} = \text{Zero}$, $A\rho c_p = \text{Constant}$

$$\cancel{A\rho c_p}\,\frac{d(h T_o)}{dt} = \frac{\cancel{\rho c_p}}{A}(F_i T_i) - \frac{\cancel{\rho c_p}}{A}(F_o T_o) + \frac{Q}{A\rho c_p}$$

$$\frac{h\,dT_o}{dt} + \frac{T\,dh}{t} = \frac{1}{A} F_i T_i - \frac{1}{A} F_o T_o + \frac{Q}{A\rho c_p}.$$

« نلزم نوع التشابه

$$\frac{dh}{dt} = \frac{R F_i - h}{RA} \longrightarrow$$ من المعادلة السابقة.

$$?? \frac{dT_o}{dt} + ??\,T_o = ??\,F_i T_i + ??\,Q$$ *

* الفكرة: لازم اعوض وناخذ الحرارة بحيث تكون معينة في الخزان و بحيث تصير علاقة ترتبط بين output (T_o) و (input) اللي بأرخمها.

N O T E B O O K

Scanned by CamScanner

Subject　　　　　　　　Date　　　　　No.

$AR\frac{dh}{dt} + h = R F_i$ ⟶ تمثيله variable ف

$\frac{dh}{dt}$ ⟶ steady state = zero

$0 + h_{ss} = R F_{iss}$ ⟶ $(h - h_{ss})$

$AR\frac{dh}{dt} + (h - h_{ss}) = R(F_i - F_{iss})$

$h - h_{ss} = h'$ ⟹ $AR\frac{dh'}{dt} + h' = R F_i'$

$F_i - F_{iss} = F'$

تعريف التغير مباشرة (ترمز التعريف variable)

Deviation form ⟶ تقيس التغير مباشرة في المتغيرات.

* ما نفهم العلاقات في B.D (Block digram) ← من خلال Relationship المتغيرات.

* عشان احولها لـ (B.D) لازم تحولها لـ ... ← Transfer function

① دايم العلاقات

② Deviation form

③ يحولها لـ Transfer function ⟶ مرة أخذ laplace لـ deviation form

بعد ما كانت linear وحولناها لـ Transfer function.

* Laplace Transform ⟹ تحويل الـ linear differential equation لـ Algebric equation

لتحويل الأشكال ومنع... الـ differential

* ندخل Laplace الـ Deviation form.

⟶ $\mathcal{L}\, y(t) = y(s)$

t (domain) ⟹ s (domain) ← مجال تخيلي

ما يرسم اي شيء ... ← (... t domain ...)

$\longrightarrow \mathcal{L}\, y(t) = y(s)$ ⟶ initial value of the Function.

$\mathcal{L}\left(\frac{dy}{dt}\right)^{t} = s\,y(s) - y(0)$

deviation لو قلنا الـ يعطي مثلا zero = e

هو تغيير وبداية التغير = صفر

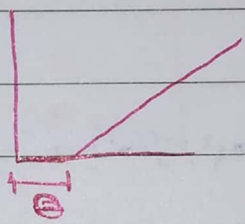
$\longrightarrow \mathcal{L}\,\frac{d^2y}{dt^2} = s^2 y(s) - s\,y'(0) - y(0)$

$\longrightarrow \mathcal{L} \int y(t)\, dy = \frac{1}{s}\, y(s)$ ⟶ هذا الشكل الو عندي integral

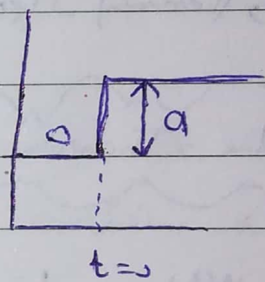
integral

$\longrightarrow \mathcal{L}\, y(t-\theta) = e^{-\theta s}\, y(s)$

Delay time



$\longrightarrow \mathcal{L}$ step Function $= \frac{a}{s}$ ⟶

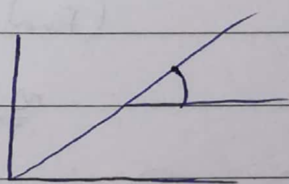


$y(t) = 0 \qquad t < 0$

$\qquad\; a \qquad 0 \leq t$

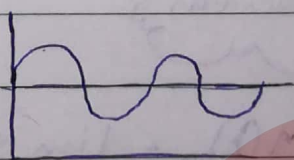
$\longrightarrow$ Ramp Function $\quad y(t) = at$

$y(s) = \frac{a}{s^2}$

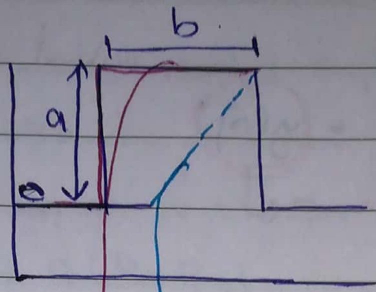


$\longrightarrow$ Sin wave Function.

$y(s) = \frac{??}{s^2 + \ldots}$



→ Pulse Function.



$$y(s) = \frac{a(1-e^{-bs})}{s}$$

لو بدي أتأكد من هاد الحل صح

$$\frac{a}{s} + \frac{-a(e^{-bs})}{s}$$

عبارة عن 2step بمجموع الـ:

$$\frac{a(1-e^{-bs})}{s}$$

\# → 2step → one in positive

one in negative and the second on delay Function.

* (S) domain لما تعطيني سؤال بطلب مني اياه بالـ (T.domain) وبدي الحل بالـ (t)

* Final value Theorem

$$y(t)_{\infty} = \lim_{s \to 0} S\, y(s)$$

* لو عندي Algbric بدل الحل inverse laplace من (S domain) بدي y(t) at ∞

من خلال (Final value Theorem)

* بالحل inverse laplace بطلع من y(t) عند الـ ∞

* initial value Theorem

$$y(t)_0 = \lim_{s \to \infty} S\, y(s)$$

→ (Transfer form) تطبيقات على ←

$$\mathcal{L}\left[AR\frac{dh'}{dt} + h' = R F_i' \right]$$ Laplace L-T

$$AR\left[s h'(s) - \cancel{h'(0)}_{0} \right] + h'(s) = R F_i'$$

$$AR h'(s)\,[s+1] = R F_i'(s)$$

$$\frac{h'(t)}{F_i'(t)} \neq \frac{h'(s)}{F_i'(s)} = \frac{R}{AR[s+1]} \Longrightarrow \text{Transform Function}$$

\# ↓ [change output , change input] علاقة بين

علاقة تربط تغير ال out مع in

$$F_i'(s) \longrightarrow \boxed{\frac{R}{ARs+1}} \longrightarrow h'(s)$$

Transform Function ⟹ is the ~~in~~ laplace transform of the change in input to Laplace transform of the change in output

* First order System

- what is a first order system ??

it is a system described by 1st order D.E

$$a_0 \frac{dy(t)}{dt} + a_1 y(t) = b\, x(t)$$

should reach the transfer function using Laplace.

$$\frac{a_0}{a_1} \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = \frac{b}{a_1} (x(t))$$

$$\frac{a_0}{a_1} \left[s y(s) - y(0) \right] + y(s) = \frac{b}{a_1} x(s)$$

$$\frac{a_0}{a_1} s\, y(s) + y(s) = \frac{b}{a_1} x(s) \Rightarrow y(s) \left[\frac{a_0}{a_1} s + 1 \right] = \frac{b}{a_1} x(s).$$

$$G(s) = \frac{y(s)}{x(s)} = \left(\frac{b/a_1}{\frac{a_0}{a_1} (s+1)} \right) \rightarrow \text{Transfer function}$$

$$\rightarrow G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

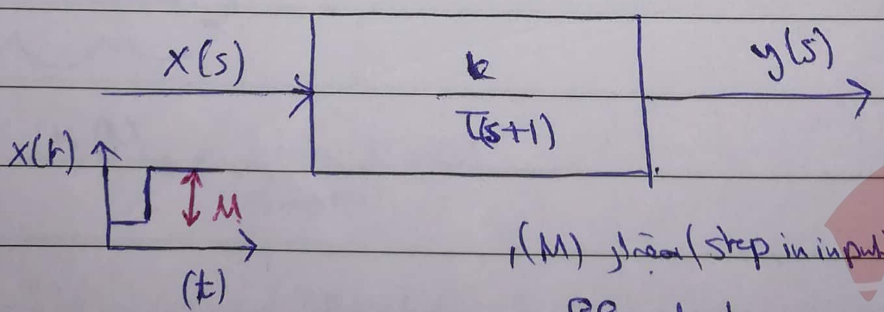
(b/a_1), $\frac{a_0}{a_1}$

K: steady state Gain.

τ: time Constant.

For any system K and τ should be identified.

طالما انه (1st order) لازم أوجد (K و τ) .



حطيت تغير بال (step in input) بمقدار (M)،

كيف رح يتغير ال output ؟؟

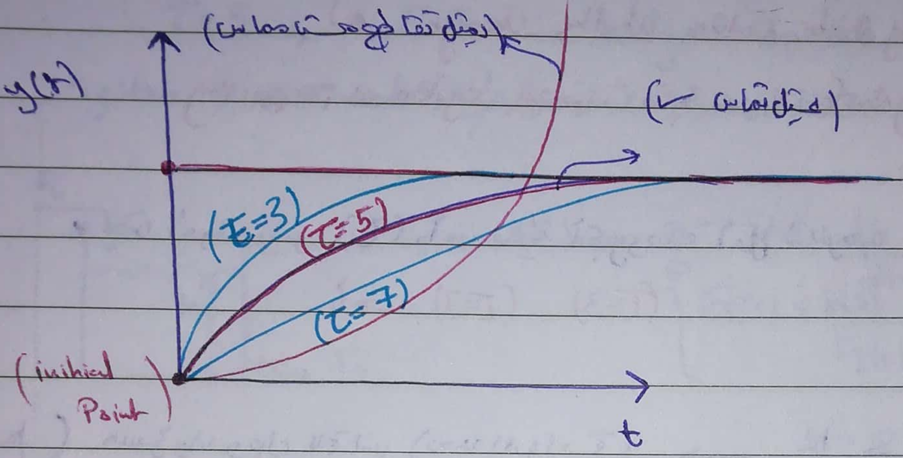
Subject   Date   No.

$$y(s) = \frac{k}{\tau s+1} * (X(s)) = \frac{M}{s}$$

$$\mathcal{L}\, step\ \underline{a} = \frac{a}{s} \Longrightarrow y(t) = \mathcal{L}^{-1} y(s)$$

$$y(t) = \mathcal{L}^{-1} \frac{k}{s} \xrightarrow[\text{بالجدول}]{\text{من الجدول}} y(t) = KM\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$\mathcal{L}^{-1}$



* لازم أبين شيئين بالرسم :

① نقطة البداية $(t=0)$

$y(t)$ change → initial value of the change $y(t) = zero \rightarrow (y(t) = zero)$

$y(t) = KM \leftarrow (e^{-\infty/t} = zero) \leftarrow (t = \infty)$ ② نقطة النهاية

infinity انو ال function لازم توصل KM في ال

وهذا معناه إنو ال (t) تقارب، يعني صار ال function من النهاية ...

محور التقارب

$y(t) = KM \rightarrow$ معادلة خط مستقيم

Subject Date No.

$y(t)_{\infty} = KM$ → Funcition in steady state → K والي بحدد وقفة

ماهو الـ Constant اللي بيحدد وقفة الـ process وحدة وقفة الـ Funcition in steadystate

(K) لأنو M هي input

لذلك تسمى (K) up steady state Gain

- steady state value of the change

- steadystate اللي بحدد وقفة الـ system الـ propperity

* حتى أكون تعبير (τ) بأخذ قيمة أكبر وقيمة أقل ما أعرف $(\tau=5)$

أخذ $(\tau=7)$ $(\tau=3)$

(في البسيط) مسؤول عن وصول القياس (تحديد لوقفة) ← K ← steady state

طريقة أو طول الوصول (الإقدام) ← τ ← transfer

عدد كم الوقت اللي بحتاجو الـ change حتى نوصل القياس.

Transfer أي إنه البسط يكون الـ دلالة على steadystate، وإنه إن بأخذ ما بدي على

* $\boxed{\tau}$ → resistance time of the change in process

" " " " " to go From input to output

كل ما كان الوقت أقل فيكون الـ change في الـ process أول.

$$y(t) = KM\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$y(t)_{\infty} = KM$$

$$y(s) = \frac{KM}{s(\tau s+1)}$$

$$y(t)_{\infty} = \lim_{s \to 0} s\, y(s)$$

$$y(t)_{\infty} = \lim_{s \to 0} s\left[\frac{KM}{s\tau(s+1)}\right]$$

$$\boxed{y(t)_{\infty} = KM}$$

والبديل من غير ما أعمل $\mathcal{L}^{-1}$

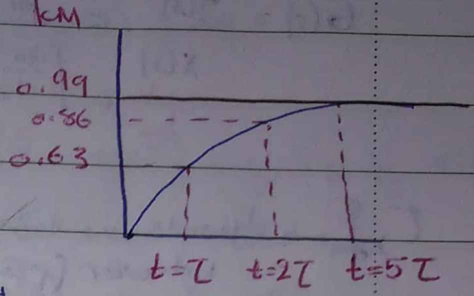
من طريق # Final value Theorem

N O T E B O O K

Subject　　　　　　　　　　Date　　　　　No.

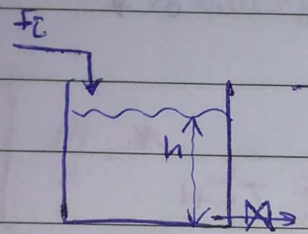
* First order System

$$G(s) = \frac{k}{\tau s+1}$$



$\tau=5 \rightarrow \tau=5$ يعني وصل ال steady state in

system تبع ال parameters لازم نكون مرتبين ← k, τ



→ mass Balance : $AR\frac{dh}{dt} + h = RF_i$

$$\left\{ G(s) = \frac{H(s)}{F_i(s)} = \frac{R}{ARs+1} \right\} \rightarrow \text{First order system.}$$

$k = R \quad , \quad \tau = RA \rightarrow (\tau, k)\downarrow$

لازم نزيد ال R ، زيدو. إذا بدي أزيد Area أو R ← كثافة زمن R ← بسكّر ال valve

{Resistance بزيد ال كل ما سكّرت ال}

* Second order System

→ System described by 2nd order diff equation

$$a_0\frac{d^2y(t)}{dt^2} + a_1\frac{dy(t)}{d(t)} + a_2y(t) = b\,x(t)$$

deviation ← بحولها ل
Transfer بعدها ال
Laplace بطلع

$$\frac{a_0}{a_2}\left[s^2y(s) - s\cancel{y'(0)} - \cancel{y'(0)}\right] + \frac{a_1}{a_2}\left[sy(s) - \cancel{y(0)} + y(s)\right] = \frac{b}{a_2}x(s)$$

$$\Downarrow$$

$$\rightarrow \frac{a_0}{a_2}s^2y(s) + \frac{a_1}{a_2}sy(s) + y(s) = \frac{b}{a_2}x(s)$$

$$\rightarrow y(s)\left[\frac{a_0}{a_2}s^2 + \frac{a_1}{a_2}s + 1\right] = \frac{b}{a_2}x(s)$$

$$\left\{ G(s) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{b/a_2}{\frac{a_0}{a_2}s^2 + \frac{a_1}{a_2}s+1} \right\} \#$$

↳ 2nd order #

NOTEBOOK

$$\left(\frac{a_0}{a_2}\frac{d^2y(t)}{dt^2}+\frac{a_1}{a_2}\frac{dy(t)}{dt}+\cancel{a_2}\,y(t)=\frac{b}{a_2}x(t)\right)\div a_2$$

$$\frac{a_0}{a_2}\left[s^2y(s)-s\,\cancel{y(0)}^{\,0}-\cancel{y'(0)}^{\,0}\right]+\frac{a_1}{a_2}\left[s\,y(s)-\cancel{y(0)}^{\,0}\right]+y(s)=\frac{b}{a}x(s)$$

$$\frac{a_0}{a_2}s^2y(s)+\frac{a_1}{a_2}s\,y(s)+y(s)=\frac{b}{a_2}x(s)$$

$$y(s)\left[\frac{a_0}{a_2}s^2+\frac{a_1}{a_2}s+1\right]=\frac{b}{a_2}x(s)$$

$$G(s)=\frac{y(s)}{x(s)}=\frac{b/a_2}{\frac{a_0}{a_2}s^{2}+\frac{a_1}{a_2}s+1}$$

2nd order ← order = أعلى أس في المقام

$$y(t)_\infty=\lim_{s\to 0}s\,y(s)=\lim_{s\to 0}\cancel{s}\left[\frac{KM}{\cancel{s}\,(\tau^2\cancel{s^2}+2\xi\cancel{\tau s}+1)}\right]$$

$$\Downarrow\quad \left[y(t)_\infty=KM\right]\rightarrow K$$

اني حدد ال S.S هو ال K

$$y(s)=\frac{K}{\tau^2s^2+2\xi\tau s+1}\qquad y(t)=\mathcal{L}^{-1}y(s)$$

Partial fraction

لازم أحلل العبارة التي بعده.

$$\Longrightarrow\ Ax^2+bx+c=0.\qquad x_{1,2}=\frac{-B\mp\sqrt{B^2-4AC}}{2A}$$

$$\tau^2s^2+2\xi\tau s+1=0.$$

$$s_{1,2}=\frac{-2\xi\tau\mp\sqrt{4\tau^2\xi^2-4\tau^2}}{2\tau^2}.$$

Subject $\left[\dfrac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}\right]$ * steady state → y(t) at infinity ∞ Date No.

$$G(s) = \frac{y(s)}{x(s)} = \frac{b/a_2}{\left[\frac{a_0}{a_2}s^2 + \frac{a_1}{a_2}s + 1\right]} \Rightarrow \left[\frac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}\right] \#$$

$\tau^2 \leftarrow \frac{a_0}{a_2}$, $2\xi\tau \leftarrow \frac{a_1}{a_2}$

τ = time constant, ξ (zeta)

τ, ξ → مسؤول عن dynamic behavior (الحكم) ⟸ k = steady state Gain, ξ = damping factor

k → Final st.state مسؤول عن (السلوك)

* كيف يتصرف الـ system مع الزمن (dynamic behavior) أي قيمة.

$$X(s) \longrightarrow \boxed{\frac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}} \longrightarrow y(s)$$

IM → (step change)

$$\left[y(s) = \frac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1} * \frac{M}{s}\right]$$

Laplace inverse → $y(t)_\infty = \lim_{s \to 0} \cancel{s} \left[\dfrac{kM}{\cancel{s}(\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1)}\right]$

⇓

$$\left[y(t)_\infty = kM\right] \#$$

→ $[\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1]$ → 2-term الاول

$Ay^2 + By + C = 0$

$$y_{1,2} = \frac{-B \mp \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$S_{1,2} = \frac{-2\xi\tau \mp \left[\sqrt{4\xi^2\tau^2 - 4\tau^2}\right]}{2\tau^2}$$

↓

$$\left[\frac{-\xi \mp \sqrt{\xi^2 - 1}}{\tau}\right] \rightarrow \frac{-\xi}{\tau} \mp \frac{\sqrt{\xi^2 - 1}}{\tau}$$

* بناءً على قيمة (ξ) بتنتج 3 حالات:

1. $\xi > 1$ → 2 real different roots
2. $\xi < 1$ → 2 complex roots
3. $\xi = 1$ → 2 real equal roots

N O T E B O O K

$$S_{1,2} = \frac{-\cancel{2}\xi\cancel{\tau} \mp \cancel{2\tau}\sqrt{\xi^2-1}}{\cancel{2}\tau^{\cancel{2}}}$$

$$\boxed{S_{1,2} = \frac{-\xi}{\tau} \pm \frac{\sqrt{\xi^2-1}}{\tau}}$$

(Damping factor) ← * حسب قيمة ξ توجد عندي 3 حالات :

تقل الإخماد — [1] $\xi > 1$ → 2 real different roots → over Damped.

تذبذب كثير — [2] $\xi < 1$ → 2 complex roots → under Damped

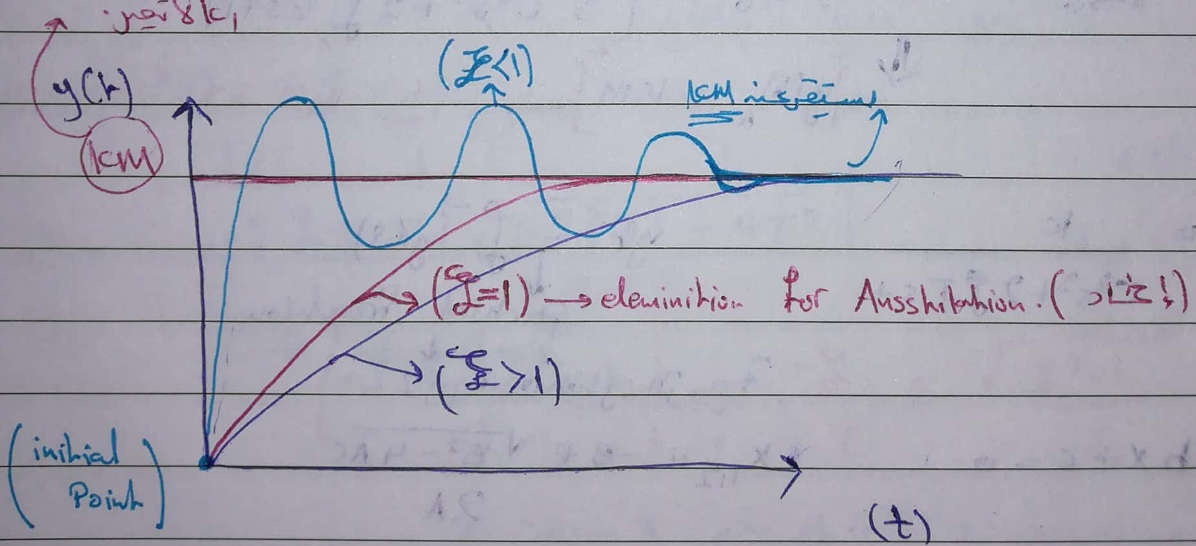
الفترة أكبر — [3] $\xi = 1$ → 2 real equal roots → Critically Damped

الأكثر عملية ~~[illegible]~~ حسب طبيعة (dynamic behavior) حسب تفوق على — لا تتولى (Ausstilation من [II] لا يرجع)

وبالتالي فإنه تأثير ξ هو الأقوى

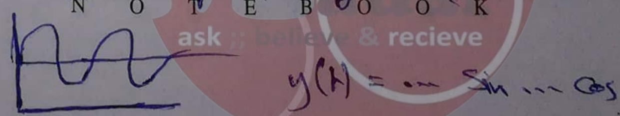
$$X(s) \xrightarrow{\;\sqrt{1M}\;} \boxed{\frac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}} \to Y(s)$$

بيوضح العلاقة بين ξ, τ والـ k تتغير



* الـ dynamic behavior هو (ξ) وبعدهم (τ)، لأن ξ لها أثر على الحالة.

* لا ξ^{-1} ... Complex في التذبذبات الكبيرة الذي sin و cos



(الذبذبة)

* حتى نحدد الـ Ausstilation لازم نحدد المحور اللي بتحدث عليه

لمعين المهمة لازم يستقر عند الـ 1cm, فقبل كان يتأرجح عند الـ 1cm وهذا يعني

ان الـ Ausstilation في البداية يكون كبير وبعدين يقل حتى يستقر

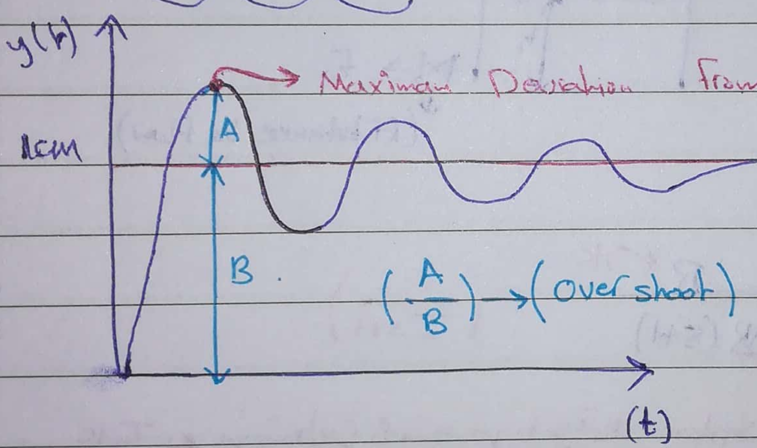
ξ → Damping Factor → parameter يعطي الـ Ausstilation عالي أو قليل حسب القيمة.

- كل ما تكبر قيمة ξ يقل عن التذبذب

- ξ → تنقل من حالة لحالة

- τ → يوضح الحالة الواحدة يعني فقط up or down.

* Under Damped



(A/B) → Maximum Deviation from st.st over steady state.

- أي حاجة موجودة في الـ System Parameter ← (K, τ, ξ)

الـ Parameter الموجودة في Transfer function.

* كيف الـ ~~Parameter~~ (Property) تتغير الـ Parameter in Transfer function e.e.

* حتى أوجد قيمة $\left(\frac{A}{B}\right)$ ال ← ال $\frac{A}{B}$ هي ال maximum فآخذها ونعوضها بالمعادلة
ونشتق ونساوي بال Zero ونطلع قيمة (t) ونعوضها ونطلع (y)

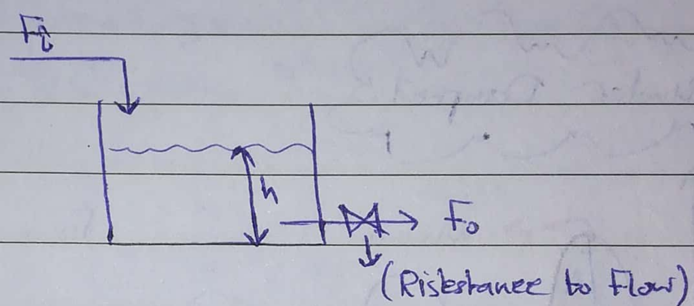
$$\Downarrow$$

$$\text{overshoot} = \frac{A}{B} = \exp\left(\frac{-\pi\zeta}{\sqrt{\zeta^2-1}}\right)$$

$$\Downarrow$$

overshoot depending on Zeta (ζ) only

* اذا إنت معطيني ال maximum overshoot اذا بوجدلك ζ فقط



$$\Rightarrow \quad RA\frac{dh}{dt} + h = RF_i$$

$$G(s) = \frac{\overset{K}{R}}{\underset{\tau}{AR}(s+1)} \qquad \left(\frac{k}{\tau s+1}\right)$$

τ, K ← مرتبطات بأشياء فيزيائية بال system

لما بدي K تزيد بزيد ال R من خلال تقليل ال Flow في valve

ملاحظة في ال Transfer تكون ζ علاقة مع (A, R, T, P) فقط تغير
اي parameter ممكن يغير ζ

$$\Downarrow$$

حيث انها مربوطة مع Physical Parameter

Subject   Date   No.

$$\left(\frac{a_0}{a_2}\frac{d^2y(t)}{dt^2}+\frac{a_1}{a_2}\frac{dy(t)}{dt}+\cancel{\frac{a_2}{a_2}}y(t)=\frac{b}{a_2}x(t)\right)\div a_2$$

$$\frac{a_0}{a_2}\left[s^2y(s)-s\,\cancel{y(0)}^{\,0}-\cancel{\dot y(0)}^{\,0}\right]+\frac{a_1}{a_2}\left[s\,y(s)-\cancel{y(0)}^{\,0}\right]+y(s)=\frac{b}{a}x(s)$$

$$\frac{a_0}{a_2}s^2y(s)+\frac{a_1}{a_2}s\,y(s)+y(s)=\frac{b}{a_2}(x(s))$$

$$y(s)\left[\frac{a_0}{a_2}s^2+\frac{a_1}{a_2}s+1\right]=\frac{b}{a_2}x(s)$$

$$\left\{G(s)=\frac{y(s)}{x(s)}=\frac{b/a_2}{\frac{a_0}{a_2}s^{2}+\frac{a_1}{a_2}s+1}\right\}$$

2nd order ← order الأس = أعلى أس

$$y(t)_\infty=\lim_{s\to 0}s\,y(s)=\lim_{s\to 0}\cancel{s}\left[\frac{kM}{\cancel{s}\,\tau^2\cancel{s^2}+2\xi\cancel{\tau}s+1}\right]$$

$$\Downarrow$$

$$\left\{y(t)_\infty=kM\right\}\longrightarrow$$ اللي حدد ال S.S هو ال $\underline{\underline{k}}$

$$y(s)=\frac{k}{\tau^2s^2+2\xi\tau s+1}$$

$$y(t)=\mathcal{L}^{-1}y(s)$$

↓

Partial fraction

↓

فلازم أحلل العبارة التربيعية.

$$\Longrightarrow Ax^2+bx+c=0.\qquad x_{1,2}=\frac{-B\mp\sqrt{B^2-4AC}}{2A}$$

$$\tau^2s^2+2\xi\tau s+1=0.$$

$$s_{1,2}=\frac{-2\xi\tau\mp\sqrt{4\tau^2\xi^2-4\tau^2}}{2\tau^2}$$

Date No.

$$S_{1,2} = \frac{-\cancel{2}\xi\cancel{\tau} \mp \cancel{2\tau}\sqrt{\xi^2-1}}{\cancel{2}\tau^{\cancel{2}}}$$

$$\boxed{S_{1,2} = \frac{-\xi}{\tau} \pm \frac{\sqrt{\xi^2-1}}{\tau}}$$

(Damping factor)

* حسب قيمة ξ يوجد عندنا 3 حالات :

تقل إزاحة دالة — [1] $\xi > 1 \rightarrow$ 2 real different roots $\rightarrow$ over Damped.

نزيد تذبذبات — [2] $\xi < 1 \rightarrow$ 2 complex roots $\rightarrow$ under Damped

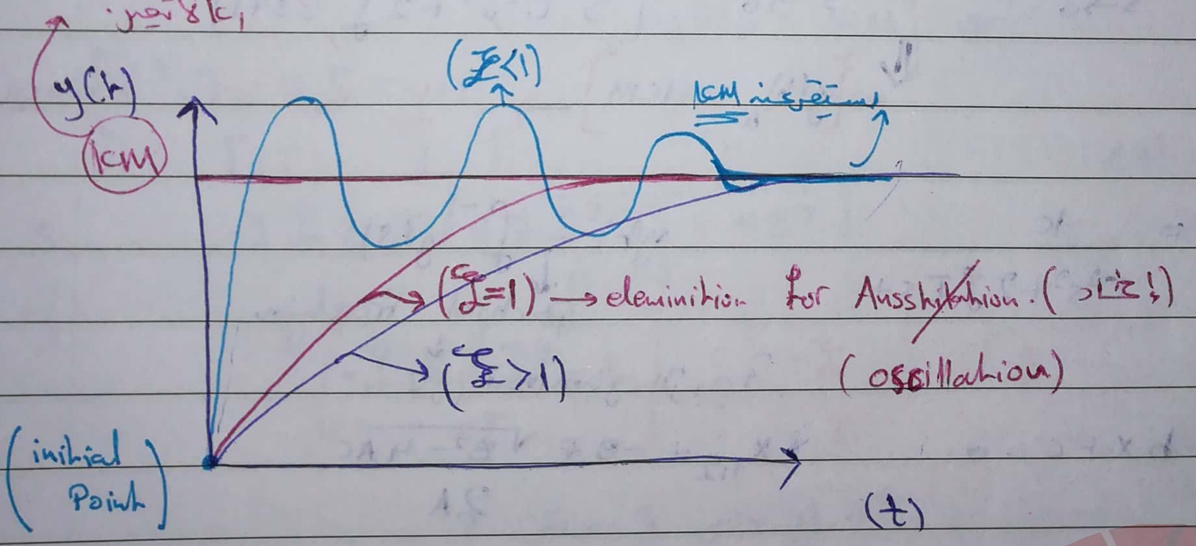
تقل أكبر — [3] $\xi = 1 \rightarrow$ 2 real equal roots $\rightarrow$ Critically Damped

اكبر عمر ~~[illegible]~~ مسؤولة عن (dynamic behavior) وبالتالي فإن تأثير ξ هو الأقوى — حسب تقوية على — لا يوجد أي ما في [3] لا يرجع Ausstilation الـ

$$\xrightarrow[\lfloor \text{IM}]{X(s)} \boxed{\frac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}} \xrightarrow{y(s)}$$

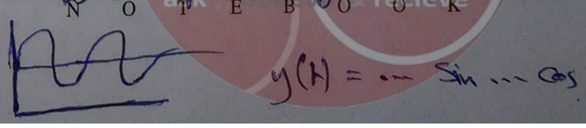
بحيث يتمطور حسب ξ, τ

لو k تتغير



* اللي بأثر على dynamic هو (ξ) ومن ثم (τ)، لأنه ξ لها ثلاث حالات.

* الـ ξ^{-1} في Complex يكون ساوي بدلالة R. sin. cos



Subject الرمز ال ζ :- Date No.

* متى بحدد ال ~~Ausshilation~~ oscillation لازم نحدد المحور الي بحدث عليه (التذبذب)

يعني المرجع في لازم يستقر عند 1cm , فقبل كان يتأرجح عند 1cm وبعدين

أول ال ~~Ausshilation~~ oscillation في البداية بيكون كبير وبعدين يصغر حتى يستقر

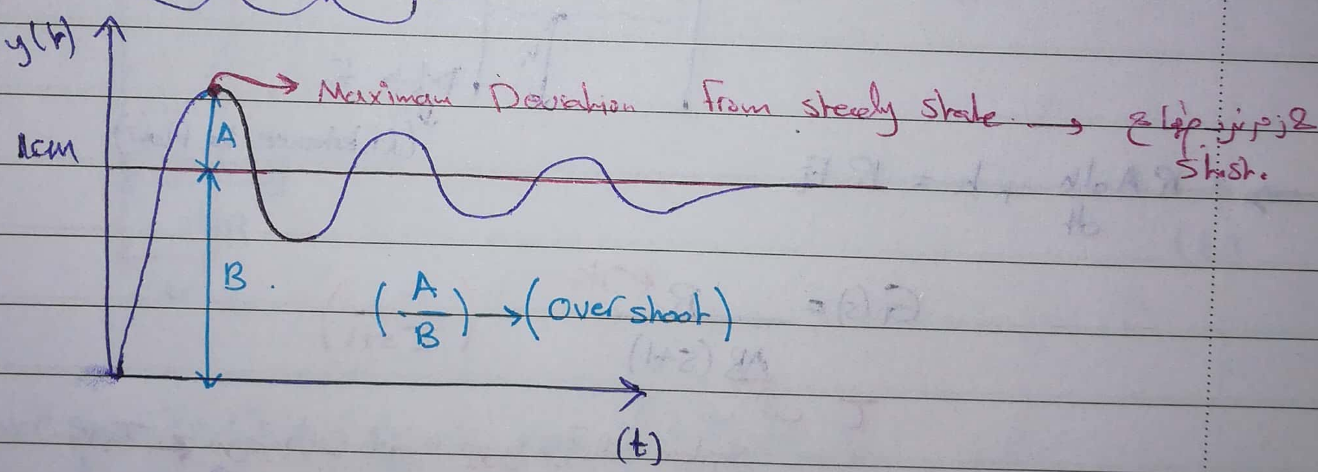
- ζ → Damping Factor → parameter بتبين ال Ausshilation عالي أو قليل حسب القيمة.

- كل ما تكبر قيمة ζ بيقل التذبذب

- ζ ← تنتقل من حالة لـ حالة

- τ ← هي الكمية الواحدة بتقلل فقط up or down.

* Under Damped



(A/B) → Maximum Deviation from st.st over steady state.

- أي مقدار ثابت يعتمد ع النظام System parameter ← (K, τ, ζ)

لـ ال parameter الموجود في Transfer function.

* كيف ال ~~Parameter~~ تفرع ال parameter in Transfer function ∴ PE.

(Property)

Subject Date No.

* حتا أوجد قيمة ($\frac{A}{B}$) ال ← ال A هي ال maximum بأخذها وبعوضها بالمعادلة وبشتق وبساوي بال zero وبطلع قيمة (t) وبعوضها وبطلع (y)

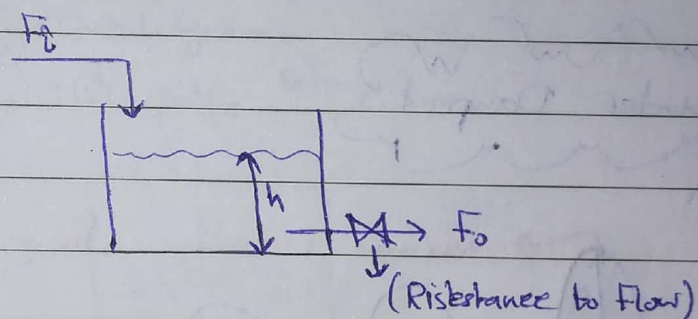
⇓

$$\text{overshoot} = \frac{A}{B} = \exp\left(\frac{-\pi \zeta}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}\right) \quad \#$$

⇓

overshoot depending on Zeta (ζ) only

* اذا إنا بدي ال maximum overshoot اذا بزيد ال ζ فقط



$$\Rightarrow \quad R A \frac{dh}{dt} + h = R F_i$$

$$G(s) = \frac{R}{AR(s+1)} \qquad \left(\frac{k}{\tau s + 1}\right)$$

$R \to k$, $AR \to \tau$

τ, k ← مرتبطات بأشياء فيزيائية بال system

لما بدي k تزيد بزيد ال R يعني ~~بسكر~~ قلل ال Flow في valve

ملاحظة في ال Transfer تكون ζ معتمدة ع (A, R, T, P) شو ما تتغير
أي parameter موجود فيها غيرت ζ

⇓

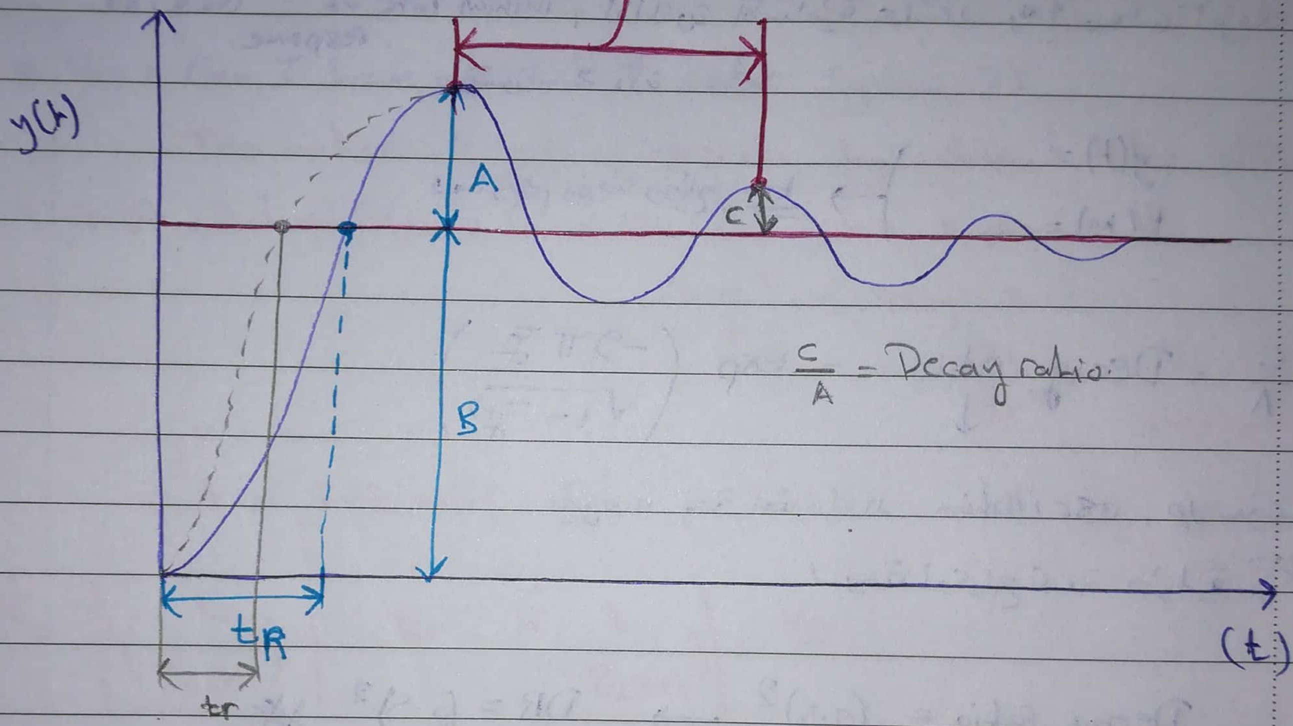
جميعها مربوطة مع Physical Parameter

Subject Date No.

* Edit (Ausshilation) → (oscillation) ~~(ocsillation)~~ (الاهتزازة)

(time زمن لو تنتقل حقد الدور الـ)

Period of oscillation $= P = \left(\dfrac{2\pi \tau}{\sqrt{1-\xi^2}} \right)$



$\dfrac{C}{A}$ = Decay ratio

* over shoot (O.S) $= \dfrac{A}{B} = \exp\left(\dfrac{-\pi \xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \right)$
↓
maximum deviation. أقصى انحراف للـ

* settling time : ∓5 % oscillation in st.st.
↓
(st.st. الزمن حتى الوصول للـ)

* لازم نلاحظ ان (τ)(ξ) ، الـ frequency تأثير لها على الـ (τ) لوجود حد الـ
الـ (O.S) مرتبط بالـ magnitude وموجود ضمن الـ (y) مش موجود الـ (t)

Subject Date No.

* عدد الذبذبات بتشير الها : Frequency

High Frequency ← 〰〰

low Frequency. ← ∿∿

* t_R (Rise time) : الوقت اللازم للوصول لل st.st ←

قدرة على initial rate of response , اذا القوة الابتدائية كانت , عالية ممكن أزيد عليها .

فيتكون 2 درة .

$y(t) = \dots$

$k(m) = \dots$

→ t_R منساويهم ببعض ونطلع

* $\frac{C}{A}$ = Decay ratio $= \exp\left(\frac{-2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)$

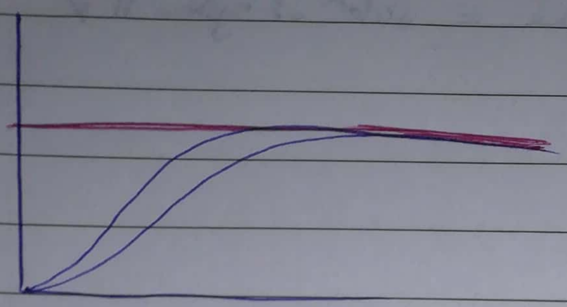
بتعرفنا سرعة اختفاء ال oscillation , هل ستختفي بسرعة أو تحتاج مدة طويلة ؟؟

Decay ratio $= (0.5)^2$ → $DR = (0.5)^2$ *

* design my control system. تجع ما سبق لتعرفنا *

* $(0.5) = 50\% = 0.5$ → $0.5 = \exp\left(\frac{-\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)$

بالعكس ال (0.5) ممكن أعرف (ζ)



* How Can I have a Second order System ??

- The nature of system describ by Second ordere differential equation

ال physical ال system فيه أشياء طبيعتها بتمثل 2nd order في معادلة

$F = ma \Leftarrow$ Spring ال

acceleration $= \dfrac{d^2L}{dr^2} \longrightarrow$ المشتقة الثانية للمسافة مع الزمن

- two first order System in Serice.

$$X \longrightarrow \boxed{\left(\frac{k_1}{\tau_1 s+1}\right)}_{G_1} \xrightarrow{y_1} \boxed{\left(\frac{k_2}{\tau_2 s+1}\right)}_{G_2} \xrightarrow{y_2}$$

$$G_1 = \frac{y_1(s)}{x(s)} = \frac{k_1}{\tau_1 s+1} \qquad G_2 = \frac{y_2}{y_1} = \frac{k_2}{\tau_2 s+1}$$

- لو بدي تغير y_2 مع (X) ؟؟

$$\frac{y_2}{x} = \frac{\cancel{y_1}}{x} * \frac{y_2}{\cancel{y_1}} = \frac{y_2}{x} \ \#$$

$$\underset{\text{(overall G)}}{G} = G_1 * G_2 = \frac{k_1 k_2}{(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)} \Big\} \rightarrow \text{Second order system } \#$$

$$\left(\frac{k_1 k_2}{\tau_1 \tau_2 s^2 + (\tau_1 + \tau_2)s + 1}\right)$$

* ال order of system = عدد ال series تكاملات ع بعض

$$G = \frac{K_1 K_2}{\tau_1 \tau_2 s^2 + (\tau_1 + \tau_2) s + 1}$$

$\tau_1\tau_2 \rightarrow \tau^2$

$\tau = \sqrt{\tau_1 \tau_2}$ *

$\zeta = \dfrac{\tau_1 + \tau_2}{2\sqrt{\tau_1 \tau_2}}$ *

* why, can't be under Damped ??

Because my roots are real roots (τ_1, τ_2)

لكانت ال roots ← complex

$\left(\dfrac{-1}{\tau_1}, \dfrac{-1}{\tau_2}\right)$ تمثل تخيلية

(time constant)

وال $\tau_1 \tau_2$ عبارة عن time ولا يجوز ان يكون الزمن تخيلية

* (I have real roots) *

- اذا $(\tau_1 = \tau_2)$ ← critical roots

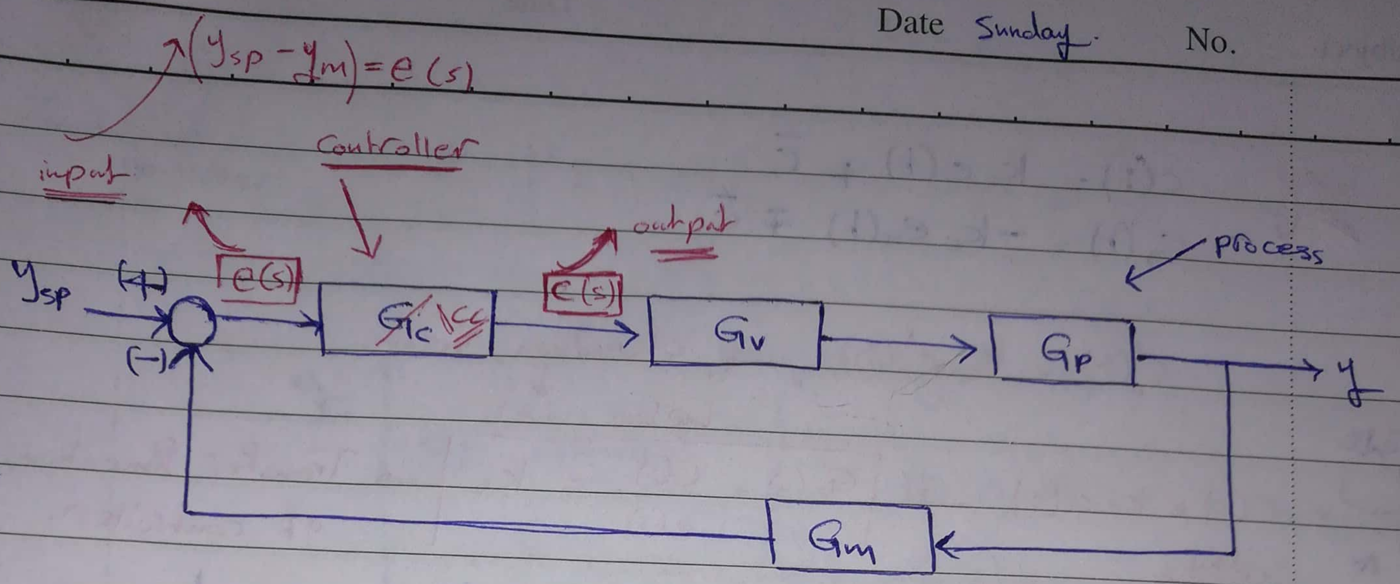
$(\tau_1 \neq \tau_2)$ ← over damped

.... (تمت بحمد الله)

* chapter "5" done *

Subject

Date Sunday. No.



ـ هنعوض لكل الـ Block Transfer function من تعريفها على طول.

$$G_p : \frac{k}{\tau s+1} \qquad G_p : \frac{k}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s+1}$$

* Type of Controllers

ـ بنرجع للـ Transfer function للـ controller (العلاقة بين output و input للـ controller)

[1] proportional Controller (P)

$$C(s) = G_c(s) * e(s)$$

$$C(t) = K_c \; e(t) \rightarrow$$ output Controller is directly proportional with e(t) input of controller

K_c constant

(مش زيرو) (Self distractive Controller) → if e(t) = zero , c(t) = zero.

لـ No signal ← * لما valve إستنى تشتغل فيقفل في controller

Constant ~~xx~~ فيزيقي st. st.

$$c(t) = K_c \, e(t) + \bar{c}$$

*. لو كتبنا العلاقة بصورة الـ (deviation form) هنقدر نحول , هيبقى عندنا التغيير لما (error = zero)

steady state for controller → $y_m = y_{sp}$

Subject Date No.

عكس — $c(t) = k_c e(t) + \bar{c}$

$C_{ss}(t) = -k_c e_{ss}(t) \mp \bar{C}$

$c'(t) = k_c e'(t) \longrightarrow$ diviation form.

Laplace ↓ لابلاس

علاقة بسيطة جداً $c(s) = k_c e(s) \longrightarrow \boxed{G_c(s) = \frac{C(s)}{e(s)} = k_c} \longrightarrow$ Transfer function of controller.

{input * constant = output.} ← Transfer function أبسط وهو ← constant عبارة عن ←

Because it has a zero dynamic ← سريع جداً في ال action للحالة ← For Controller.

* ال order للنظام تحسب ال order system

* Second order ← بطيئة الحركة ← First order ← سريع الحركة ← Zero order

(spontaneous change) كثير Controller فالحالة التغير ال

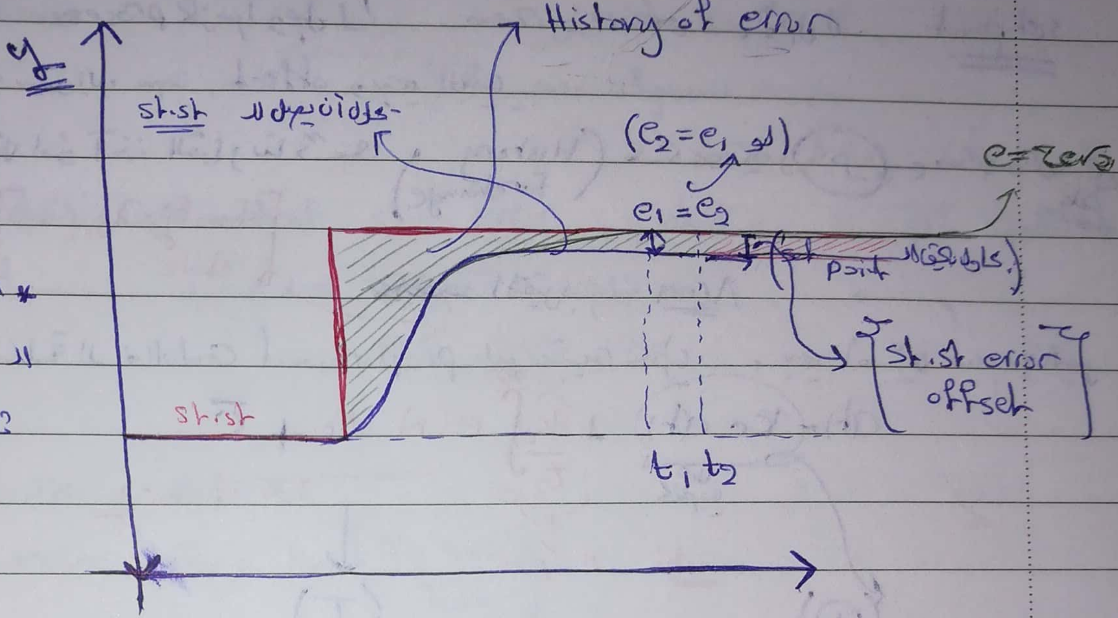
* ال Controller بسيط وسريع فالتركيبة الميكانيكية بسيطة والحالة السعر رخيص

- سريع - بسيط - رخيص

* Any process we not control manually, we can not control soft

Function of Controller. → * اذا حصل تغير بدي اياه يكفي، اما تغير طبيعي اياه يلغي

* المساحة تغير لحتى ال error يكون ثابت؟



→ $C_1 = K_c e_1$ * لو قلنا C_1 عند t_1 ووصلها 10 sec اذا التغير

→ $C_2 = K_c e_2$ كمان $e_2 = e_1$ ← فالطبيعي كمان ال value ما بتتغير

وبالتالي e و c و y ما بتتغير ← stack

لما ال error = error ← الكنترول بيوقف.

ال output ما بيوصل ال st.st، راح يضل في difference ع sp

(steady state error (offset)) بنسميه

الوضوح:

* The smallest change can detected By device → resolution

دقة

0.001 ← لو ال resolution تبعي 0.001 رح يقرألك يا 0.001

$0.001 \leftarrow \{\boxed{0.001},\ 0.0015,\ 0.0014\}$

* Function of the resolution for the device.

↓

Proportional Controller

Subject   Date   No.

Resolution of Controller

* اذا ال process اللي بشتغل عليها ال resolution تبعها أقل من ال controller لازم احوّلها ثانية.

↓

لو ال process وصلت لازم اوصل ل error = zero لأوصل ل set point
ويتوقف ساري بسبب offset وبدي الغيه.

- الأحسن انو آخذ القرار بناءً على (History for change) من شو حصل (كم) صار تغير من أول ما صار خطأ

[steady state وصلنا لل]

Area التغير

* مشكلة ال proportional controller انو بتعتمد على قديش في بدي أمشي من بداية التغير

$$c(t) = k_c\, e(t) + \frac{k_c}{\tau_I}\int_0^{\infty} e(t)\, dt + \bar{c}$$

$k_c\, e(t)$: كم → (P) → instant

$\frac{k_c}{\tau_I}$: التوصيل

$\int_0^{\infty} e(t)\, dt$: History → (I)

2) - Proportional ~~Controller~~ Integral Controller (PI)

$$c(t) = k_c\, e(t) + \frac{k_c}{\tau_I}\int_0^{\infty} e(t)\, dt \;\longrightarrow\; \text{deviation Form}$$

$$c(s) = k_c\, e(s) + \frac{k_c}{\tau_I} * \frac{1}{s}\, e(s)$$

$$G_c = \frac{c(s)}{e(s)} = k_c\left[1 + \frac{1}{\tau_I s}\right] = k_c\left[\frac{\tau_I s + 1}{\tau_I s}\right]$$

dynamics → أبطأ

$G_{c(P)} = k_c$

- Simple
- No dynamic

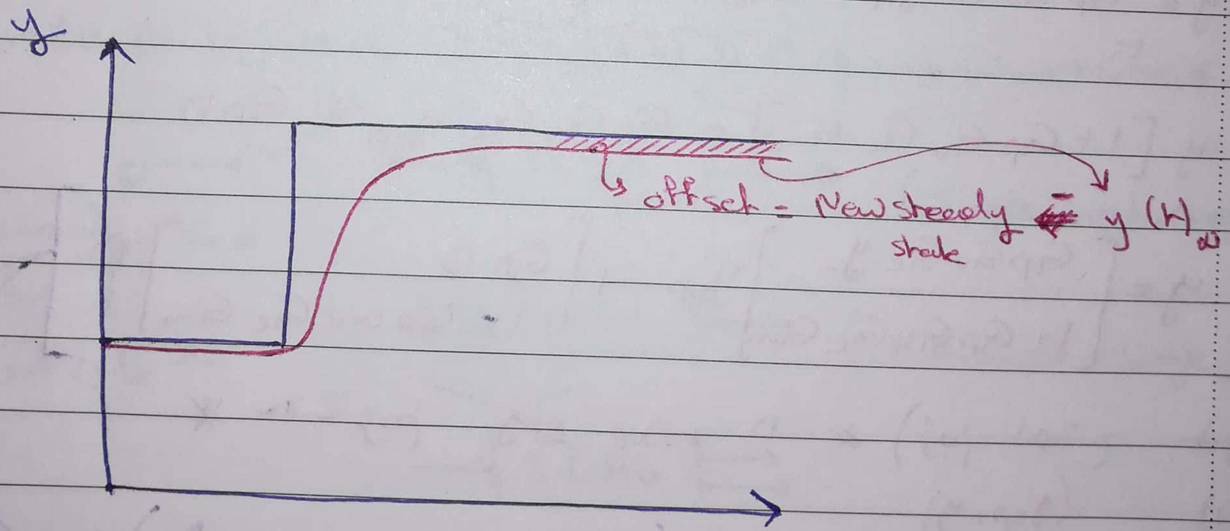
$$G_{c(PI)} = k_c \left[\frac{\tau_I s+1}{\tau_I s}\right]$$

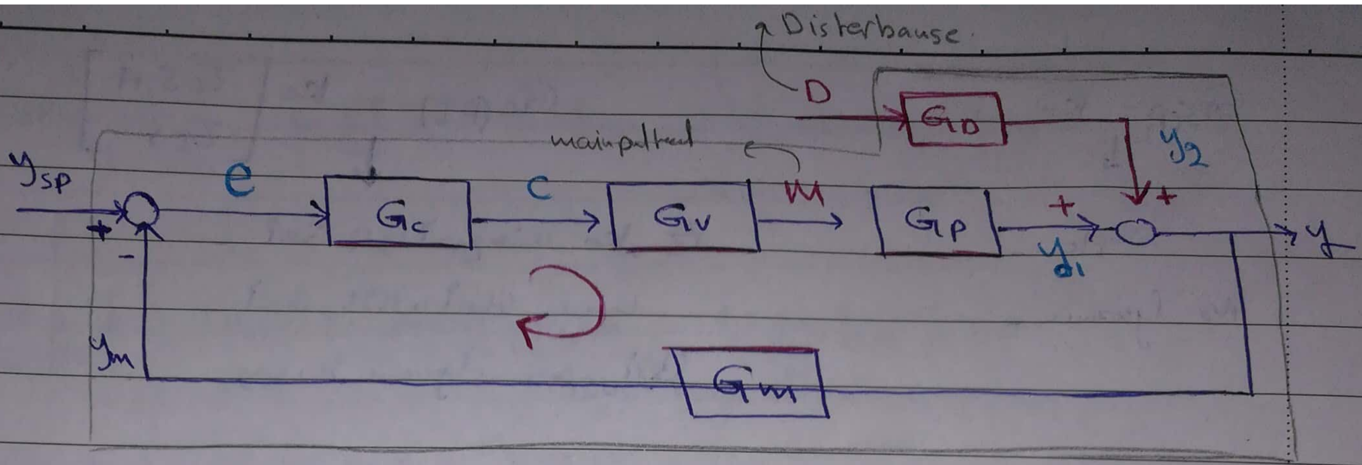
- أعقد مشان أحتاج شي k_c, τ_I
- أعقد وبالتالي أغلى وصعبة
- وجود ال dynamic ــ يصير أبطأ

* if you don't care about st.st error → don't go to PI controller.
* offset → d.p process تكون مشكلة في حسبان

تأثر م P & PI

* P controller, $G_c = k_c$
* PI controller, $G_c = k_c \left[\frac{\tau_I s+1}{\tau_I s}\right]$





$\rightarrow y = y_1 + y_2$

$\rightarrow G_p * M + G_D * D = y$

$G_p * G_v C + G_D D = y$

$G_p G_v G_c e + G_D D = y$

$G_p G_v G_c [y_{sp} - y_m] + G_D D = y$

$y = G_p G_v G_c y_{sp} - G_p G_v G_c \, y \, G_m + G_D D$ *

$y [1 + G_p G_v G_c G_m] = G_p G_v G_c y_{sp} + G_D D$

$$\boxed{y = \left[\frac{G_p G_v G_c y}{1 + G_p G_v G_c G_m}\right] y_{sp} + \left[\frac{G_D D}{1 + G_p G_v G_c G_m}\right] D}$$

* علاقة تربط y ع Ysp و D * (تربط input ع output)
(D) (ysp, y)

ال output الي تربط Transfer بتعطيني ـ (The closed loop Transfer Function)
ع input خلال دورة (closed loop)

المقام نفس و فالتعامل ع بيعتمد على التغيرات في D أو Ysp و مابعين أبو علاقة

ولهذا تربط y ع Ysp وعلاقة ثانية D ع y

NOTEBOOK

Date No.

* charstristic equation (ch.E)

$1 + G_c G_v G_p G_m = 0$ ⟶ * أي analysis لأي system رح بنشتقها ch.E

* لأنو النظام نفسه هو بيمثل ch.E وموجودة بال ch. system

* وجود الكنترولر في السيستم ـه ما بأثر على الجزء اللي بالبسط Transfer function فهو يعبر عن Forward path ⟶ (Transfer) العلاقة بين ال input و output

* الحدود الموجودة في المقام تمثل ـه الحدود الموجودة عند ال loop
(1+ Transfer loop)

⇓

** زي ما اتأكدنا من صحة العلاقة. **

* معنا التغير يكون في y_{sp} أو D أو ال $(D+y_{sp})$ ـه رح نشتغل على التغيرات

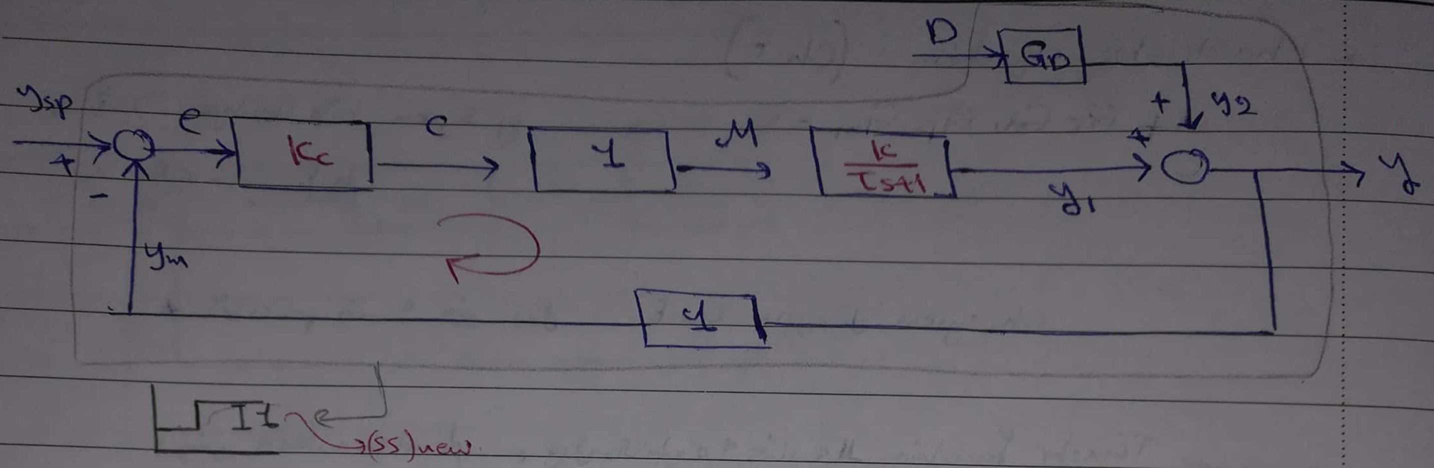
x ⟶ [SISO] ⟶ y (Single input, single output)

* مثال له (we have a change in y_{sp})
فالـ D رح يكون التغير فيه = 0

⟶ [MISO] ⟶ (Multi input, single output)

⟶ [SIMO] ⟶

⟶ [MIMO] ⟶



$$y = \frac{K_c\left[\frac{K}{\tau s+1}\right]}{1+K_c\left[\frac{K}{\tau s+1}\right]} * \frac{1}{s}$$

offset = New SS − $y(t)_\infty$
↓
(1) the magnitude ~~to the~~ change to the st.st.

$$\left[\frac{K_c\left[\frac{K}{\tau s+1}\right]}{1+K_c\left[\frac{K}{\tau s+1}\right]} * \frac{1}{s}\right] = y(s)$$

$$y(s) = \frac{\frac{K_cK}{\tau s+1}}{\left[\frac{\tau s+1+K_cK}{\tau s+1}\right]} * \frac{1}{s} \Rightarrow \left[y(s) = \frac{K_cK/(1+K_cK)}{\frac{\tau}{1+K_cK}s+1} * \frac{1}{s}\right]$$

Subject Date No.

$$y(t)_\infty = \lim_{s \to 0} \cancel{s} \left[\frac{k_c k / 1 + k_c k}{\frac{\tau}{\cancel{1+k_c k}} s + 1} * \frac{1}{\cancel{s}} \right]$$

$$y(t)_\infty = \frac{k_c k}{1 + k_c k} \quad *$$

$$\text{offset} = 1 - y(t)_\infty$$

$$\text{offset} = 1 - \frac{k_c k}{1 + k_c k} \Rightarrow \boxed{\text{offset} = \frac{1 + \cancel{k_c k} - \cancel{k_c k}}{1 + k_c k}} \quad *$$

اذا الـ offset دائماً أقل من 1 ← $\text{offset} = \frac{1}{1 + k_c k}$ *

وبالتالي مستحيل يوصل الـ Control لـ st.pt

* The offset inversly proportional wit k_c. *

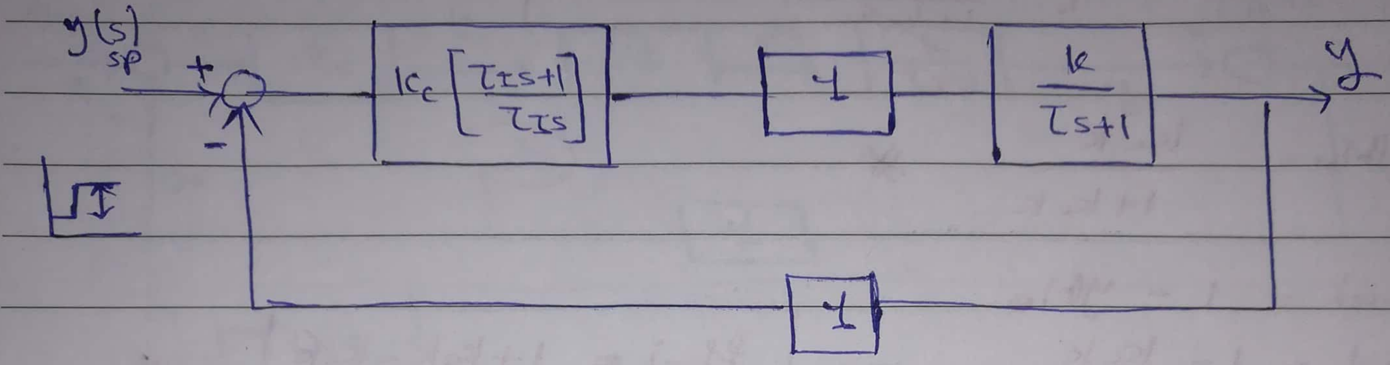
$$\left[\text{offset} \propto \frac{1}{k_c} \right] \longrightarrow k_c \uparrow \Rightarrow \text{offset} \downarrow$$

قيمة offset ممكن نوصلها لو k_c كبيرة رح نزود

* There must be limit of k_c → (ليش ما بنزود الـ k_c كتير؟)

System instability

* offset إلغاء P يعني offset *



$$\text{offset} = \frac{1}{1+K_c K} \quad \#$$

$$y = \frac{K_c\left[\frac{\tau_I s+1}{\tau_I s}\right]\left[\frac{K}{\tau s+1}\right]}{1+K_c\left[\frac{\tau_I s+1}{\tau_I s}\right]\left[\frac{K}{\tau_2 s+1}\right]} * \frac{1}{s}$$

* ال (PI) زود ال dynamic من
First order لـ Second order

$$\text{offset} = R.ss - y(t)_\infty \Rightarrow$$

$$\text{offset} = 1 - y(t)_\infty \ ??$$

$$y(s) = \left[\frac{\frac{K_c K(\cancel{\tau_I s+1})}{\tau_I s(\cancel{\tau s+1})}}{\left[\frac{\tau_I s(\cancel{\tau_s+1}) + K_c K(\cancel{\tau_I s+1})}{\tau_I s(\cancel{\tau s+1})}\right]} * \frac{1}{s}\right]$$

$$y(t)_\infty = \lim_{s\to\infty} s$$

$$y(t)_\infty = \frac{K_c K}{K_c K} = 1 \quad \#$$

offset = $1 - y(t)_\infty$

$= 1 - 1 = \text{zero}$ ↓

p(I) controller make elemination of offset *

* p(I) → k_c → Gain

τ_I → integral time.

* مع (PI) ظهور في المقام (S) ← dynamic ← تغيير أبطأ

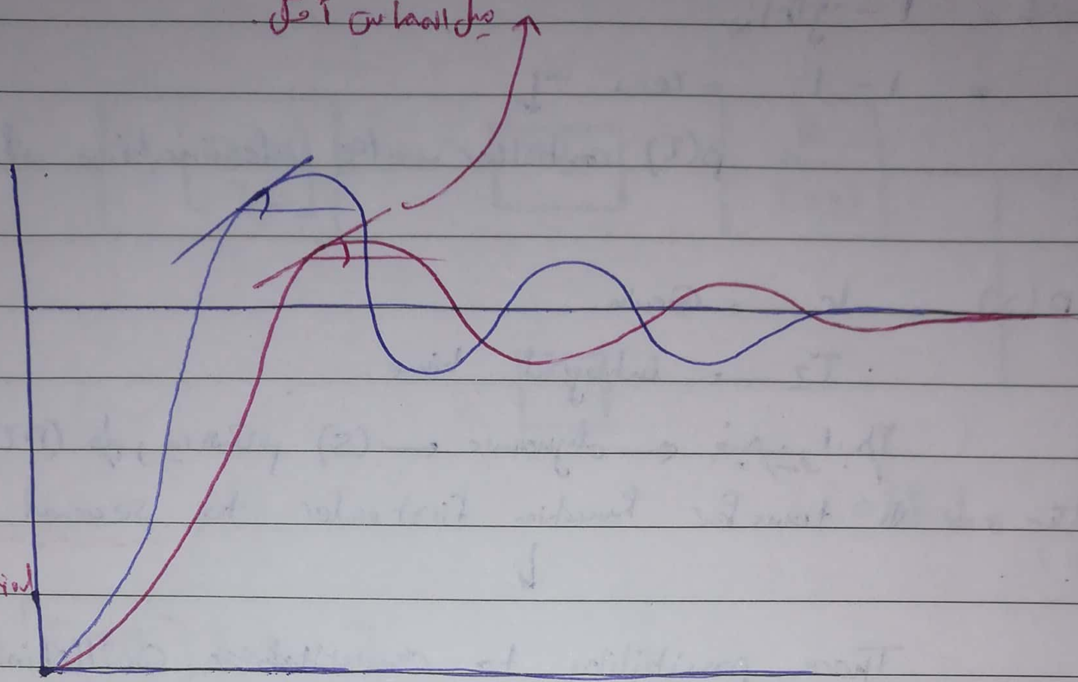
→ The over all transfer function first order to second order

↓

There possibility to ~~[illegible]~~ Oscillation. (تذبذب)

* (PI) ← حل مشكلة الـ offset لكن أوجد مشكلة الـ ~~[illegible]~~ (oscillation)

ميل المماس أقل



action of the controller proportional of error

(وجود error يعطيك action.)

History of error

* بدور على Rate of the change فالمماس قديش بيتغير المماس سريع

$$C = K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_I}\int_0^{\infty} e(t)\,dt + K_c\tau_D \frac{de(t)}{d(t)} + \bar{C}$$

لما تغير الـ Rate سريع أو بطيء
↓
to oscillation

(تغير الـ error سريع أو بطيء)

3 (PID) controller

* كل element in controller موجود فيه مشكلة معينة.

$$C = K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_I}\int_0^{\infty} e(t)\,dt + K_c T_D \frac{de(t)}{d(t)} + \cancel{\bar{C}}$$

P I D

in deviation form

↓

Three term Controller

$$C_s = k_c\, e(s) + \frac{k_c}{\tau_I} * \frac{1}{s}\, e(s) + k_c\, \tau_D\, s\, e(s) \rightarrow \text{Laplace}$$

$$C(s) = k_c \left[1 + \frac{1}{\tau_I s} + \tau_D s \right] e(s)$$ (درجة البسط أكبر من درجة المقام).

$$G_c = \frac{C(s)}{e(s)} = k_c \left[\frac{\tau_I \tau_D s^2 + \tau_I s + 1}{\tau_I s} \right]$$ → Transfer Function.

(k_c, τ_I, τ_D) 3 parameter ← PID *

← يلغي الـ offset

← Sublimation of oscillation ← مع البداية يشوف التغير فيتنبأ فيه (بعطي خطوة تنبؤ)

*درجة البسط أكبر من درجة المقام وهذا مشكلة عميقة ← Physical unrealizability
(غير موجود بالواقع & ما بنقدر نحققه)

$$X(s) \longrightarrow \boxed{\frac{Q(s)}{P(s)}} \longrightarrow Y(s)$$

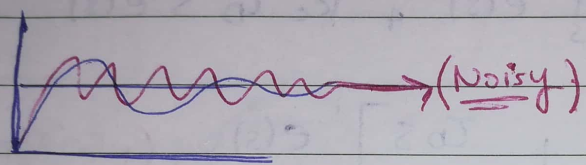
$$\frac{Y}{X} = \frac{Q(s)}{P(s)} \Rightarrow Y\, P(s) = X\, Q(s)$$

* اذا $Q(s)$ أعلى درجة من $P(s)$ ← لو حصل تغير فالتغير بالـ output بكون
أعلى من input ← وهذا غير معقول
↓
physical unrealizability → (ideal PID Controller)

لحل هاي المشكلة حيث نزيد درجة المقام تساوي مع الأعلى درجة البسط

$$\left[\frac{1}{\alpha s + 1} \right]$$ فبنضرب بـ

* اذا كان ال Signal noisy (فيها تشويش) ← ممكن تجيبها من أي مكان



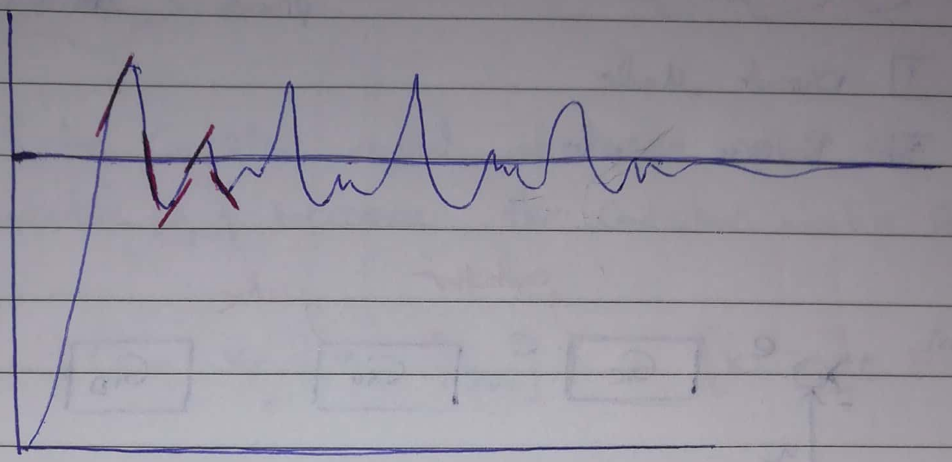
\# PID → sensitive for noisy Signal.

PI Controller → $G_c = k_c \left[\frac{\tau_I s + 1}{\tau_I s} \right]$

P Controller → $G_c = k_c$

PID Controller → $G_c = k_c \left[\frac{\tau_I \tau_D s^2 + \tau_I s + 1}{\tau_I s} \right]$

PID Controller



(مرة الموجب + ومرة (-))

$$C = K_c e + \frac{K_c}{\tau_I} \int \dots \mp K_c \tau_D \frac{de}{dt}.$$

output of controller ← e تتأرجح (+ , -) فيظهر تغيير الـ oscillation

(لو ظهرت مشكلة PID نغير من PID لـ PI)

* electrical Noise → analoge signal not digital Signal

حالة تموجية

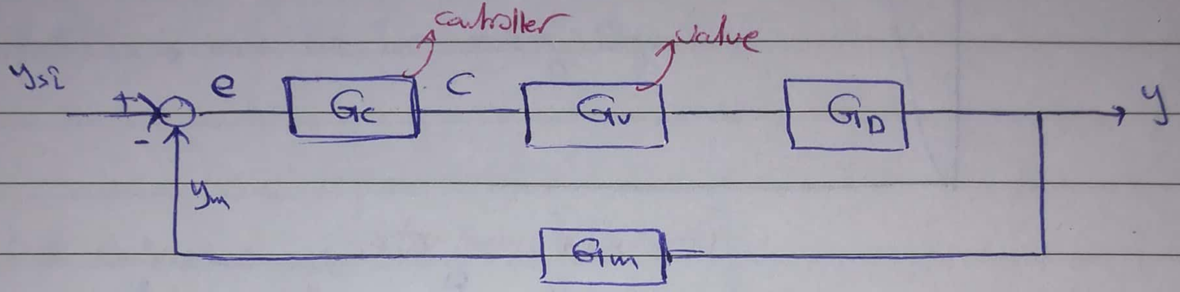
OK

(أهمية الـ derivative Term is فرق تفاضل الـ T_D)

* Controller Mode

* كيف تقيس الـ output الـ Controller ع تأثير الـ output process

1. Direct Mode.
2. Reverse Mode.



* Direct Mode

- if the out put Controller (C) increases when the Controlled variable (y_m) increase, the Controller Mode is Direct.

إذا (C) بزيد بيعني الـ Controller بيكون في Direct Mode.

* كيف نعرف إنه الـ Controller بيكون ~~[illegible]~~ Direct ؟؟

the action of the Controller بيكون من الـ proportional, ولا integral و derivative مثلاً

وجود الـ offset ...

$$\uparrow C = K_c\left[y_{sp} - y_m\uparrow\right]$$

$y_m \uparrow \leftarrow$ رح تقل ~~[illegible]~~

$[K_c<0]$ تقل K_c لازم $\uparrow C$ عشان $\leftarrow \downarrow[y_{sp}-y_m] \leftarrow \uparrow y_m$

* Direct Mode *

* Reverse Mode

- if the Controller output decreases when the Controller variable (y_m) increases, the Controller work is Reverse Mode

$$\downarrow C = K_c \left[y_{sp} - \uparrow y_m \right] \longrightarrow \left[K_c > 0 \right] \text{ Reverse Mode.}$$

* ليش بدي احدد ال Controller بحيث يكون يا Reverse OR Direct ?

* Why we have to set the Controller Mode ??

- حتى يتوافق مع ال valve، لأنو ال output (controller) داخل عال valve.

→ To have (Synchronization) Between Controller and the valve.

حتى يكون بينهم تناغم ^^

---

* Valve

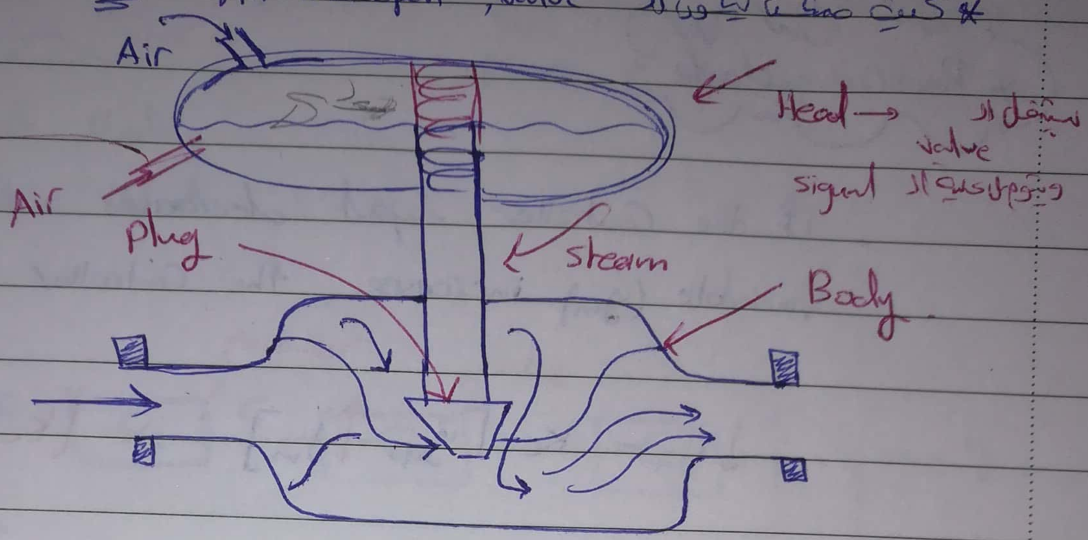
- أهم إشي Safety لما يتعطل ال Controller.
- كيف بتصرف ال valve اذا انقطع ال Controller

1. Fail open → if the controller failed, the valve open
2. Fail close → if " " " , " " close

اذا في signal بيسكر، اذا ما في Signal بيكون فاتح.
(Air - To - close)

(Air - To - open)

* كيف ممكن أميز بين الـ valve , Air_To_open OR Air_To_close ??



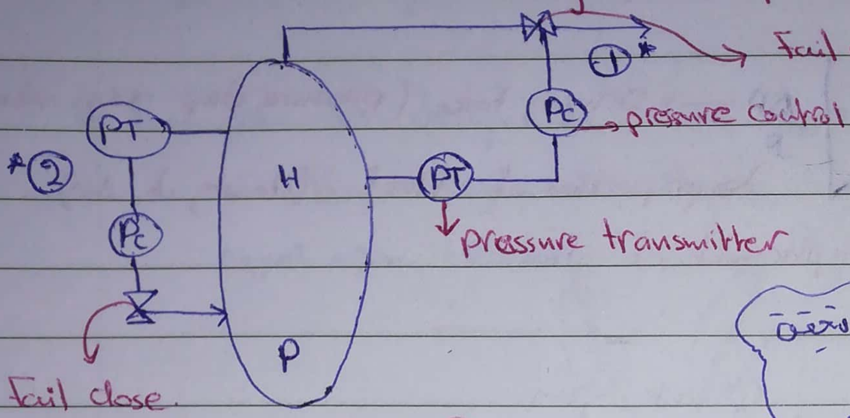
[Air_To_close → لما يدخل هواء ينزل الـ stream والـ plug يسكر → Fail open (Direct Mode)]

[Air_To_open → لما يدخل هواء من تحت رح الزنبرك يطلع لفوق والـ ~~valve~~ plug ينفتح, لما يروح الهواء الـ plug بيسكر]

* why I have to choose OR My Controller either ?? *
one controller

* why we have to choose the design of the valve ??

- Safety of the process

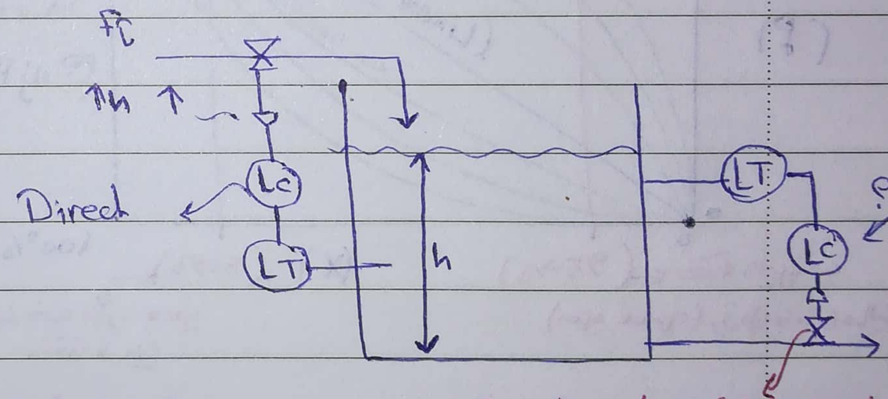


* كل علاقة عم أسوق كيف ال safety متحققة وبناءً على نوع ال valve

لو خربان ال (PC) رح يشغل ال valve بشكل

* [1] In Case (PC) Failed, the valve will open Fully (Fail open design)

* [2] " " " " , " " " Close Fully (Fail close design)



Air-to-close (Fail open)

Air-to-open

* what is the Mode of the Controller ??

~~Air to open~~ h↑, signal of controller ↓, So the valve be Fail open

✱ (Reverse Mode) ✱

(Air to close)

Air to open ⇒ h↑ → have a Signal, the valve will open →

C↑ → Direct Mode #

* كل نوع من ال valve بنعرف أول كيف آلية نوع ال Controller

* Flow characterstics of valves → العلاقة بين التغير في Flow مع فتحة الـ valve

Flow

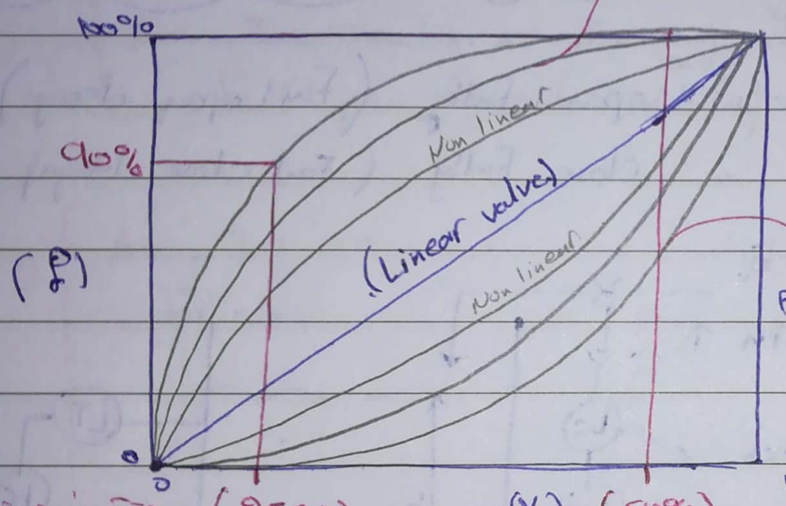
$$F = C_v \, f(x) \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

ΔP → Driving Force. (pressure drop across valve)

ρ → properties of Fluid. (density of Air)

C_v → mechanical design of the valve. (تصميم الـ valve من الداخل)

$f(x)$ → linear displacment of stem



* Chart describe the Flow of valve.

* مثلا لـ 25% لـ 80% الـ Flow زاد PP تقريبا 50%

(25%) ← فتحة صغيرة (quick open) يعطي فتحة عالية

(80%) ← في (equal valve) عند فتحة كبيرة جدا يعطي فتحة عالية.

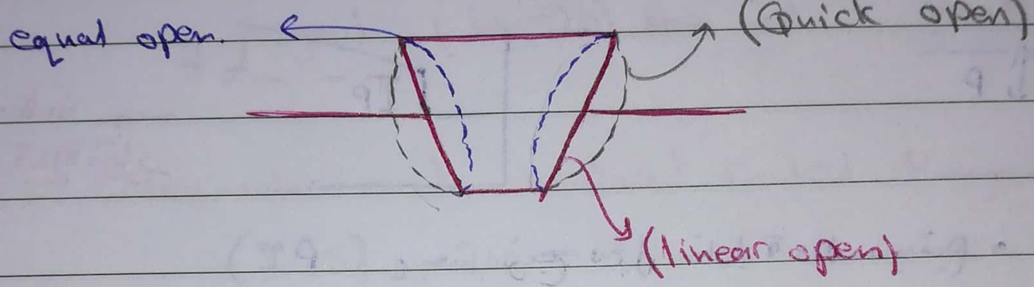
- uper → Quick opening. → (Blut of Flow) → يكون بالبداية أول ما أفتح الـ valve يعطيني فتحة عالية وبعدين قل.
- Below Linear valve → Equal opening. (percentage) → (Bull cut flow) → في النهاية
  بس أول ما أفتح الـ valve بشكل بسيط ما في Flow آخر شي بيعطيني Flow
- linear valve → (Flow بحسب الـ valve تتناسب مع الفتح)

* what to choose equal or Quick ??

* Why I have to choose Linear OR Quick open OR equal percentage valve ??

* How Can be design the valve equal OR quick open??

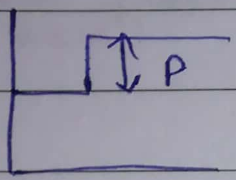
By change the shape

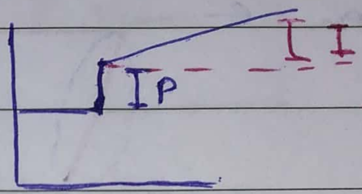


* wind up reset Controller → PI controller.

لما يوصل ال controller وال valve لحالة الاشباع.

Which the set (PI) controller taken action, when the Controller take stagnanet situation.





→ valve يكون وصل لحالة اشباع 100%

(PI) لـ حتى نرجع نعمل خلخلة بالسيستيم ف تزيح ال stagnent situation فيطلع من حالة الاشباع

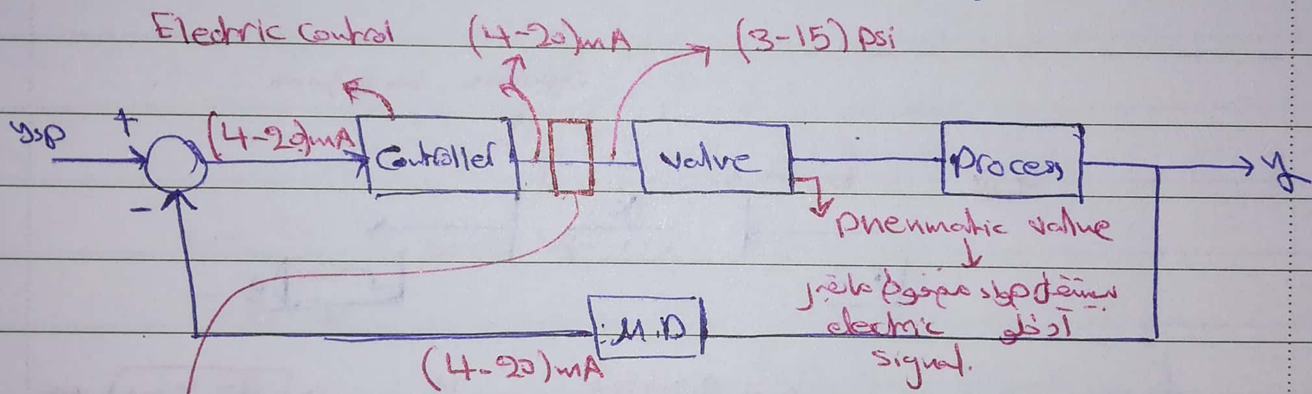
* Controller Signal :

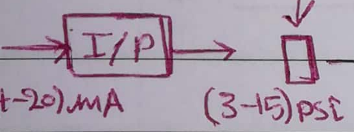
1. electric (مشغلة كهربائية)
2. pneumatic ((هواء مضغوط) Compresed air تنقل بواسطة signal

The Electric and standered Control Range for signal (4-20) ~~Amm~~ mA (4-20) mA *

Pneumatic and standered Control Range signal (3-15) psi *

* لو حصل عندك خلط بين Electric و pneumatic ee





(I/P) converter → تحويل electric لـ pneumatic

* thermo cuble → electro motive force. لقياس الحرارة

* لو حصل أي تغير في ال signal راح تقل كل الأجهزة تشتغل على electric

أو ممكن تكون كل الأجهزة pneumatic pressure

Subject Date No.

* what the Benifit to having a standered Signal ??

① حتى لما اشتري جهاز يكون شغال على standered وهاد

أي شركة standered design

② لما اشتغل على standered بريحني من مطابقة (M.D) أيضا

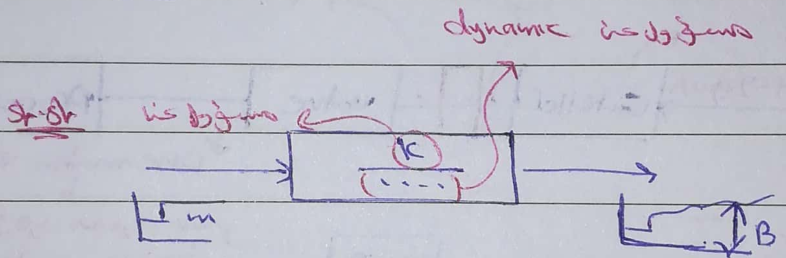
(electric, Temp)

$$(4-20)\,mA \longleftarrow \boxed{\text{Thermo cable}} \longleftarrow (25^\circ C - 50^\circ C)$$

لـ أقل حرارة بنقيسها هي 25°C، وأعلى قيمة 50°C

لـ لو كانت الحرارة 50°C رح يعطيني على output (20 mA)

(4 mA) 〃 〃 〃 〃 25°C 〃 〃



$$K = \frac{\Delta \text{output}}{\Delta \text{input}} = \frac{B}{m} \Rightarrow \boxed{B = Km}$$ *

* ان الجهاز standerd

مصدر الـ input

مصدر النوع تقدر

احسب قيمة (K)
↳ st.st Gain.

$$(4-20)\,mA \longleftarrow \boxed{KM} \longleftarrow (50-250)^\circ C$$

$$KM = \frac{\Delta \text{output}}{\Delta \text{input}} = \cancel{\frac{20-4}{250-50}} \left(\frac{20-4}{250-50}\right) = \frac{16}{200}$$

$$\boxed{KM = 0.08}$$

N O T E B O O K

اولا عند calibrated يكون محدد الـ $\frac{K}{S}$. وهذا معنى

انو 50°C بتوصف 4mA

250°C بتوصف 20mA.

$(20-4) \rightarrow \boxed{I/P} \rightarrow (3-15)$

$k = \frac{15-3}{20-4} = \frac{12}{16}$ ✳

$(3-15) \rightarrow \boxed{P/I} \rightarrow (20-4)$

$k = \frac{16}{12}$ ✳

* Thermo cuble a first order with time constant equal $\underline{5}$, Calibrated to 50-250 °C with electric Control.

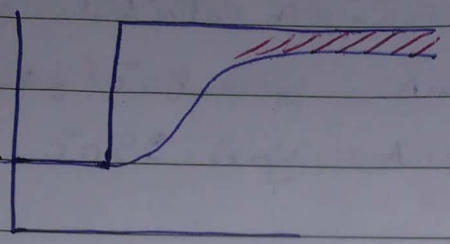
$(50-250)^\circ C \rightarrow \boxed{\frac{K}{\tau s+1}} \rightarrow (4-20)mA$

first order

$k = \frac{16}{200} = 0.08$ ✳

$\tau = 5$ ✳

هنا السؤال حدد قيمة $\frac{K}{S}$



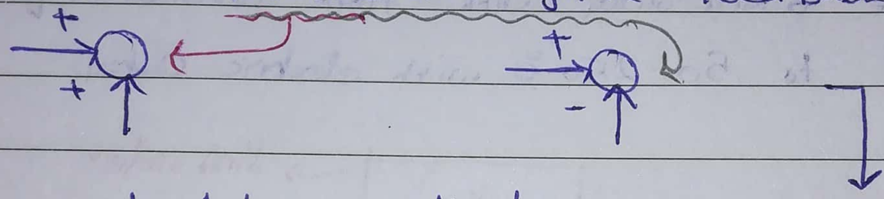
* كيف أختار ال controller المناسب ؟؟

- مثلاً لو ال offset مش عاوزاه موجود في ال system نختار **PI**

لو عادي مش فارق نختار **P**

- لو عندي signal noisy ← لا نختار PID نختار **(PI)**

Possitive and negative Feed Back.



Limitation on Hardware مش بيستخدم الحل

---

* متى ال offset بيكون سالب ؟؟ change in Disturbances. **Exam**

" " possitive ؟؟ Setpoint

* متى نستخدم هذا النوع من valve ؟؟

$$y(t) = KM - \left[\frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin(\omega t + \varphi) \right]$$

---

* الأساس في ان ال Controll هو ال Simplest.

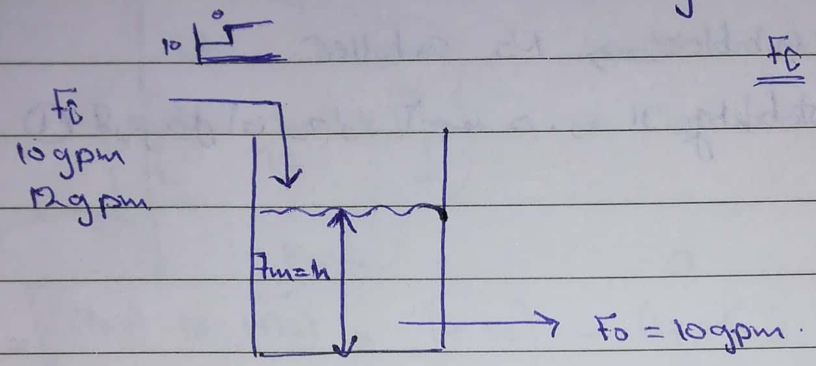
if the Simplest control give what i need, not need to complicated saystem *

* ومهم كمان ال **Safety**

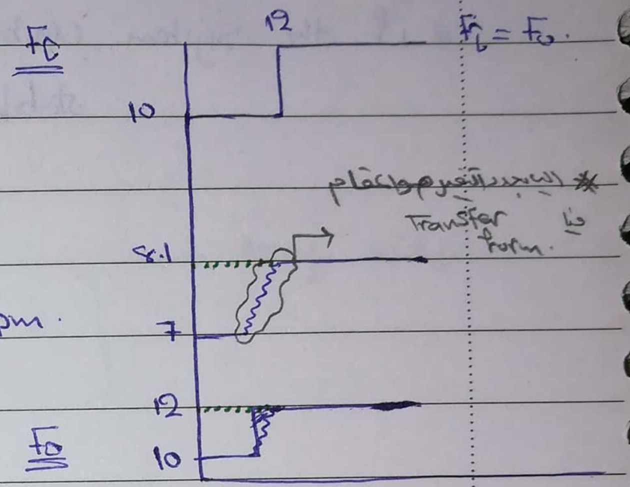
Subject Date Tuesday. No.

* Control System performance

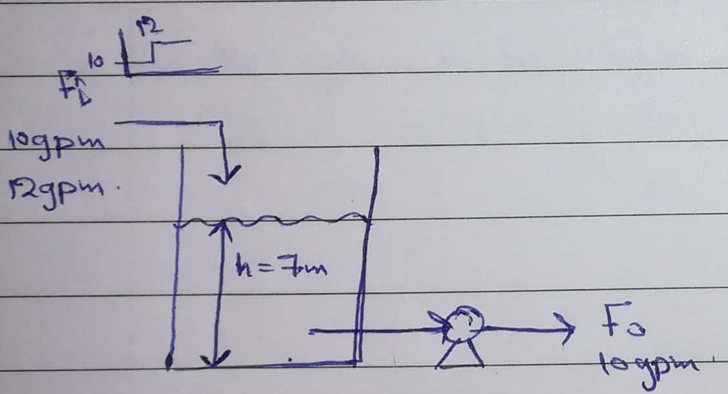
- stability of control system
- what is the stability?



@ SS : h constant.



* السيستم التعبير عن موقفه فـ Transfer form.

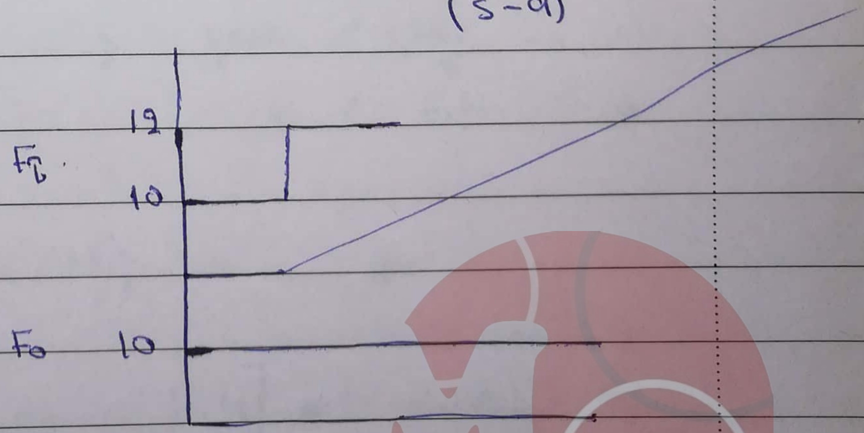


@ SS : h constant.

$F_i = F_o = 10$ gpm.

⟹ لو عملت Analysis لل system
لو جبت Transfer لل[illegible]

$$\frac{1}{(s-a)}$$



* what is the stability? if the output is bounded (s.s) is due to bounded input → The system is stable

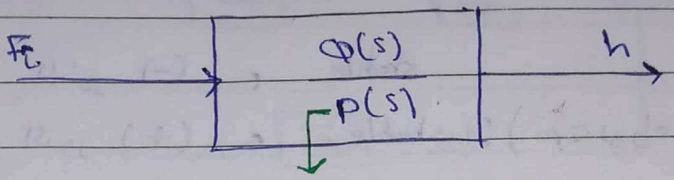
N O T E B O O K

* if the output is Unbounded is due to bounded input ⇒ The system Unstable *

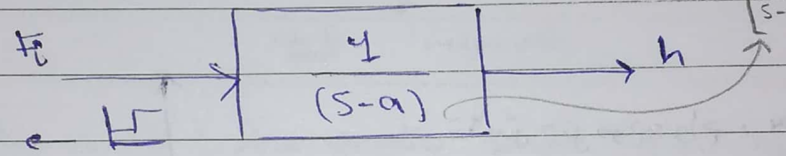
Subject Date No.

ـ بنوصف ال process بال Transfer function

ـ مثيلة ~~xxxx~~ ال output ع نة عن تغير الحاكم



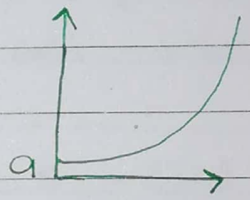
المقام عبارة عن characteristic equation



change in input

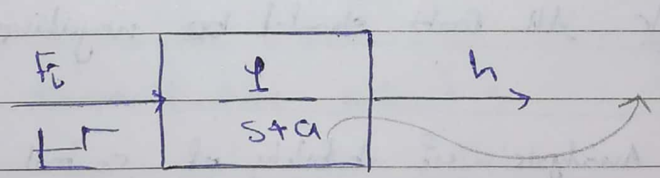
$[s-a=0 \Rightarrow \boxed{s=a}]$

$$\mathcal{L}^{-1}\left(\frac{1}{s-a}\right) = e^{at} \longrightarrow$$



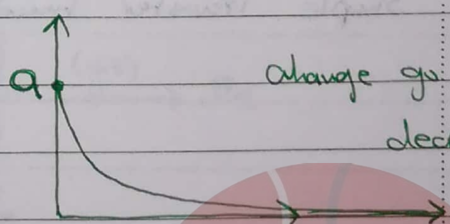
The change go to increase to ∞ (نهائي)

* Unstable System *



$[s+a=0 \Rightarrow \boxed{s=-a}]$

$$\mathcal{L}^{-1}\left(\frac{1}{s+a}\right) = e^{-at} \longrightarrow$$



change go to decrease. *

(تتلاشى)

* (stable system) steady state لم يرجع لل

* الاهتمام في جذور الحاكم.

Subject Date No.

* حتى أحدد ال stability :

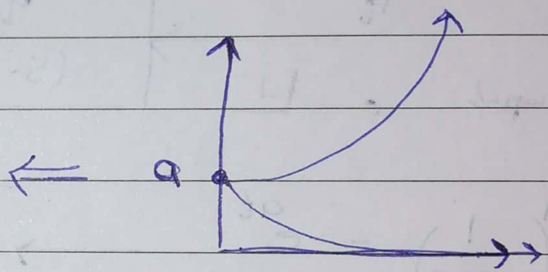
- بتطلع عل جذور المقام ال Transfer Function اذا

- الجذور (-) ⟵ stable

- الجذور (+) ⟵ Unstable (حتى لو واحد موجب و negative يكون unstable)

$$\mathcal{L}\left[\frac{1}{s-a} * \frac{1}{s+a_1} * \frac{1}{s+a_2} * \frac{1}{s+a_3}\right]$$

Unstable تأتي جذر موجب واحد بعملية

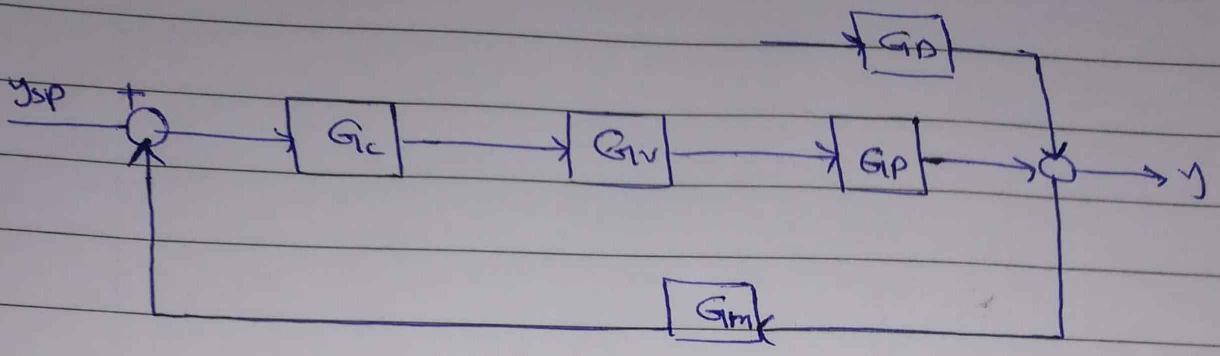


* if one of the root's positive the System Unstable

* To Be stable All root's should be negative.

* Method to Analysis of stability of control System

Simple Transfer Function ⟶ close loop Transfer Function.



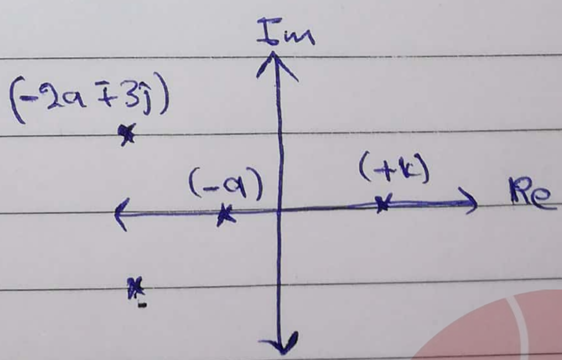
$$y(s) = \frac{G_c G_v G_p}{(1 + G_v G_c G_p G_m)} y_{sp} + \frac{G_D}{(1 + G_v G_c G_p G_m)} D$$

ch.E المقام بيسموه

* عشان أعرف تغير ال output بيعتمد على المقام (بيسموه ch.E) ولازم نعرف Root's
* بدي أطلع قيمة ال root's

* The most General Form of root's : - Real root's
  - imaginery root's

(1) The root's ~~Route~~ Locus Method :



Subject   Date Thursday   No.

* stability Analysis :

characteristic Equation
- Roots

[I] Root-Locus-Method → one parameter controller — مهمة لما يكون عندي

$1 + G_c G_v G_p G_m = \text{zero}$ — لما أعوض مكان الـ G راح يطلع

$5S^4 + 7S^3 + \ldots = \text{zero}$ — معادلة بدلالة $\underline{(S)}$

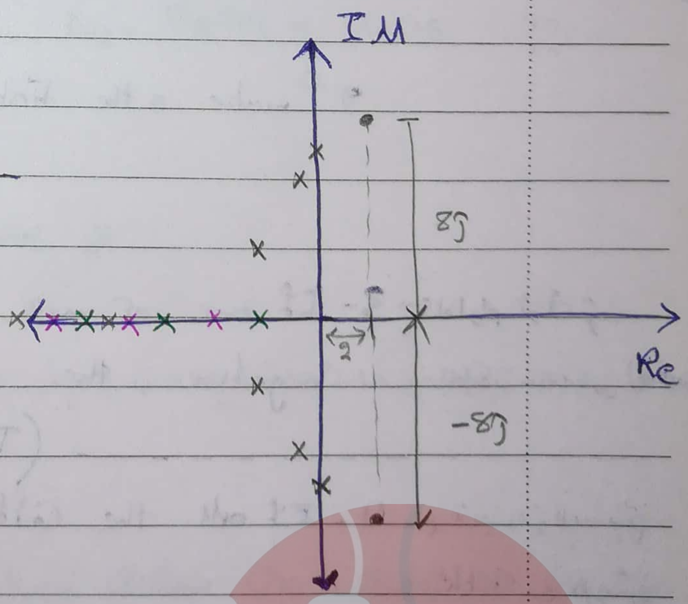
- بيوصل بالمعادلة الـ Controller Parameter

وهنا متغيرات مواقع الجذور تتغير وبتغير الـ Parameter

$9S^3 + 7S^2 + 11S + 1 + K_c = 0$ ← لو إلي ٣ جذور تقليدي

بأخذ قيم $\underline{K_c}$

K_c	R_1	R_2	R_3
[تفرض قيم] 0	−3	−5	−7
10	−3.7	−7	−9.5
20	−9	−2 + 3j	−2 − 3j
50	−11	−0.5 + 7j	−0.5 − 7j
critical ← 55	−13	+7.5j	−7.5j
57	−3	+2 + 8j	+2 − 8j



→ The System is stable (negative root's).

* القيم الواقعة على المحور (Imaginary root's) ← اهتزازية وتقع بين منطقتين

stable لـ unstable والعكس.

critical stable

Subject   Date   No.

[Critical stable واقع جذور بين ال ~~emegenny~~ emegenny لا ماخذنا إذا*]

* لو عندي $\underline{PI}$ أو $\underline{PID}$ رح تتغير الجذور بتغير ال $(K_C, T_I, T_D) \leftarrow$ بحسب العلاقة أدناه

* $offset = \frac{1}{1+K_C K}$ ← ما عجز زيد K_C كثير رح توقعني بال instability.

$\boxed{2}$ Routh - Hurwitz Array → بيعرفنا لوكان عنا جذور موجبة من ch.E

1- put the ch.E in a polynomial form with decending Power of $\underline{S}$

$$\left[a_0 S^n + a_1 S^{n-1} + a_2 S^{n-2} + a_3 S^{n-3} + \dots a_n S^0 = 0\right]$$

↓ ترتيب تنازلي بالنسبة ل $\underline{S}$

2- make the first ~~coefficient~~ coefficients possitive [لو سالب نضرب بالسالب لنضرب موجب]

3- If one or more of the Coefficients (a's) is / are negative, the system Unstable. ← إذا واحد أو أكثر من المعاملات سالب يكون (Unstable)

(Test I)

4- If all the Coefficients are Possitive ⟹ Go To Test II ، وإذا ما نوع النظام stable ← موجبه م

لا تستنتج مباشرة

Subject Date No.

⟹ { Test II } :

* Form the R-H Array *

Array بكتب المعاملات على شكل

a_0	a_2	a_4	a_6	......
a_1	a_3	a_5	a_7	......
$\boxed{A_1}$	$\boxed{A_2}$		$\cancel{\boxed{A_4}}$	
B_1				

⟹ $A_1 = \dfrac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1}$ ✓

$A_2 = \dfrac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1}$??

$A_4 = \dfrac{a_1 (\text{zero}) - a_0 (\text{zero})}{a_1}$ ⟹ يوقف *

* بحل ماشي أفقياً حتى يصفر بنزل عامودي

* For the System stable ⟹ all cofficient in Coulum One shold be possitive if any one is negative the System Unstable.

Subject Date No.

Ex:- $8s^3 + 17s^2 + 3s + \underbrace{1 + K_c}_{(s^0)} = \text{zero}$

8	3	
17	$1+K_c$	
$\left[\dfrac{17 \times 3 - 8 \times (1+K_c)}{17}\right]$	zero	
$1+K_c$	0	$\Longrightarrow$ Array أول الإعا

$$B_1 = \frac{\left[\left(\dfrac{(17\times3)-(8\times 1+K_c)}{\cancel{17}}\right) \times (1+K_c) - (\cancel{17 \times \text{zero}})\right]}{\left[\dfrac{(17\times3)-(8(1+K_c))}{\cancel{17}}\right]}$$

$*$ For the system to be stable $\Longrightarrow$ $\dfrac{17\times3 - 8(1+K_c)}{17} > 0$ possitive

$\left[1+K_c > 0\right]$ possitive.

$(K_c > -1)$

$\dfrac{17 \times 3 - 8(1+K_c)}{17} > 0 \longrightarrow \cancel{1+}K_c < \dfrac{17\times3}{8} - 1$

$K_c < 5.4$ $**$

$1 + K_c > 0 \longrightarrow (K_c < -1)$ $**$

$**\ \left[-1 < K_c < 5.4\right]\ **$ stability Range.

عمود التغير في عكا $\text{offset} = \dfrac{1}{1+K_cK}$

NOTEBOOK

Scanned by CamScanner

* لو كان عندي τ_I و τ_D بطلع معادلة بدلالة المتغيرات وبطلع Range كل واحد.

* To Performance The controller $\Longrightarrow$ Stability. بدرس ال

- عشان ال stability ال response بعدين بنشوف قديش rise time أو offset *

* if the System Unstable $\Longrightarrow$ No controller.

① لازم قبل أي خطوة أحدد حدود ال stability.

* Design of Control System Stability

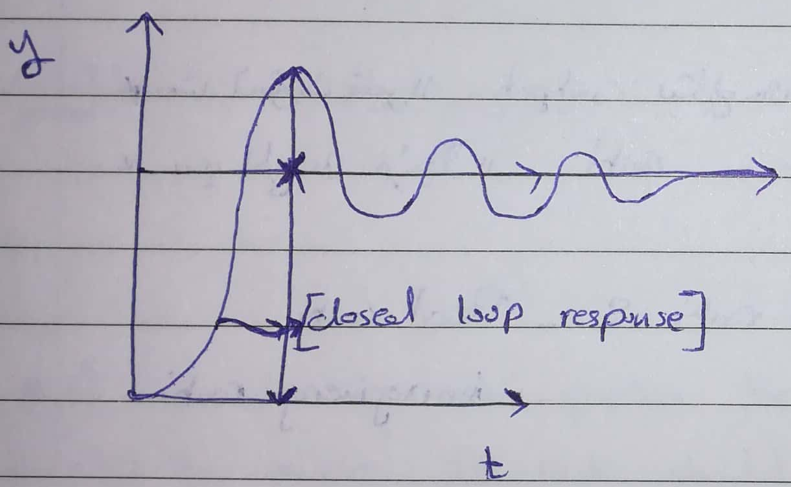
- لما يطلب ال Range تبع ال K_c ، على اساس نختار قيمة ال K_c ؟؟

قيمة K_c

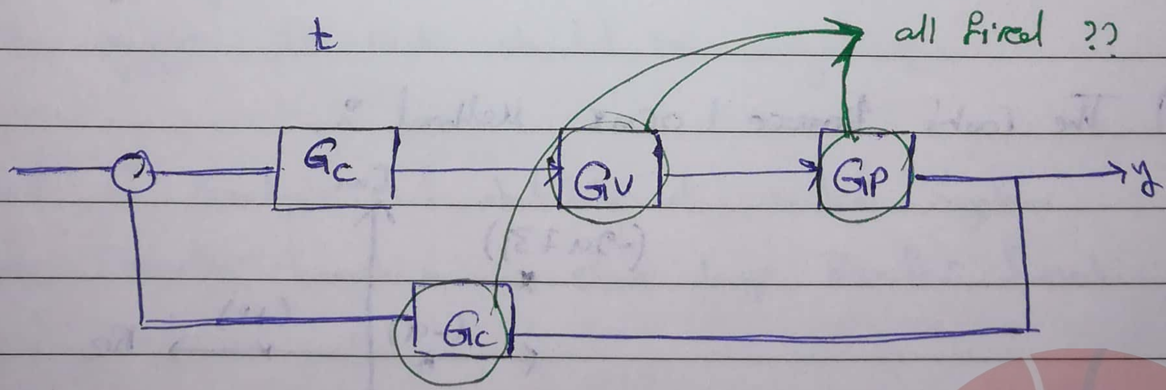
Stability → Controller Tuning → Design criteria

Design criteria → Simple crateria → OS, decay

بنطلب قيمة لهم



بنطلب ال Controller parameter الي بعطيني response



* بنطلب ال OS , decay لما نبني م ~~...~~ ال Response.

Date No.

* What is the value of Controller Gain ??
which Give $OS < 0.5$ (over shoot)

* Over shoot express about the Maximum deviation from St.St
* The criteria may be decay ratio or

Controller الأحسن الوصول الى تقرب أكثر وهو *

* Criteria

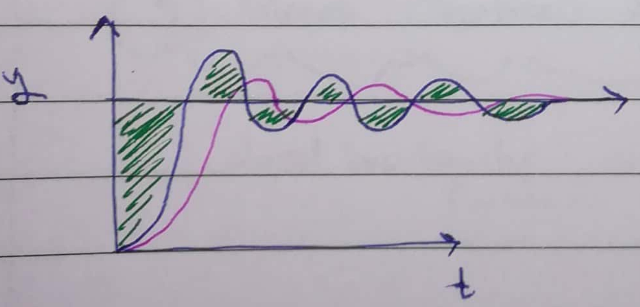
To minimize the over shoot and minimize the rise time.

$$OS = \exp\left[\frac{-2\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right]$$

→ No controller with these 2 condition, Because they are inversly

Comprehensive Criteria

Minimize the deviation as ~~overshoot~~ over all between set point and Response.



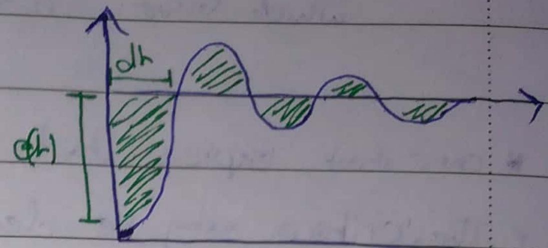
→ [deviation less, منه قلة المساحة]

* Target of controller → To minimize the deviation between the set point and Response.

* Minimize deviation → reduce the Area under the curve.

I Integral Method → To Calculate the Area.

$$\text{Area} = \int_0^\infty e(t)\, dt$$



→ $$ISE = \int_0^\infty e^2(t)\, dt$$ → عشان +ve , -ve ميلغوش بعض
مساحة أقل وكمية غير حقيقية حجم تربيع.

→ If the error < 1 → التربيع بيقلل المساحة مش يزيدها

→ $$IAE = \int_0^\infty |e(t)|\, dt$$

(minimization لل controller لإلزام)

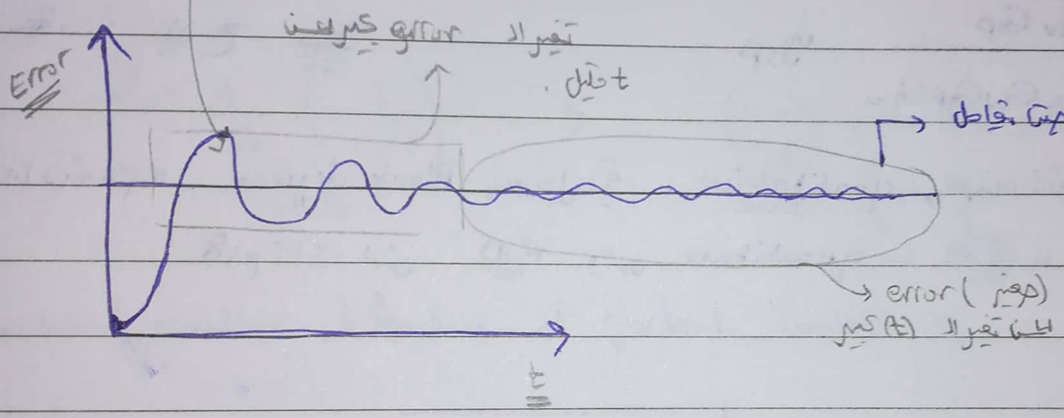
* Comprehensive Design Criteria (حين نتطلع على deviation كامل as all)

1. Integral Method

① $ISE = \int_0^\infty e^2 \, dt$ → ↓ ← المساحة بيتوضح

② $IAE = \int_0^\infty |e| \, dt$

أنو المساحة بالأول كبيرة بالأول الوزن لطبيعي



* بنا ضع وزنا بالمعادلة حيث نتفاعل ع القيم الموجبة

③ $ITAE = \int_0^\infty t \, |e| \, dt$

* استخدام طريقة ① ② ③ بالاعتماد على نوع ال controller

2. Direct Synthesis Method

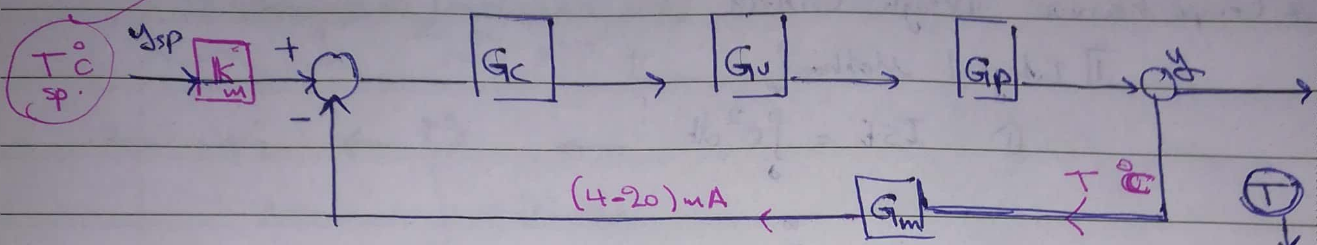
كيف y بديناها بالنسبة ل y_{sp}

$$\left[\frac{y}{y_{sp}} \; ?? \right]$$

* بنا نوجد معادلة تربط y مع y_{sp} عن طريق closed loop transfer function.

مA/°C لازم   فش الواحدة لـ
اسمها Km

Subject   Date   No.

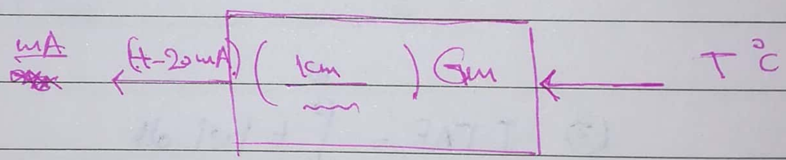


Gm وحداتها طالع من (mA/°C)   Thermocouple (اسم طالع لا يكون current)   [توصيل حرارة]

$$y = \frac{G_c G_v G_p}{1 + G_c G_v G_p G_m} \, y_{sp}$$

* علاقة ع y ع y_{sp}

* لما نرسم الـ Block digram مش لازم qualitative, بس بدنا فقط design
قولنا انو الـ B.D مش quantitative ما لازم الـ units



$$K_m = \frac{\Delta \text{output}}{\Delta \text{input}} = \frac{mA}{°C}$$

* let $G_m = K_m$ and   let $G = G_m G_p G_v$

- عنوانا design for Controller يعني أهم كل اشي منخص Gc وأهم Gc كالتالي.

$$y = \frac{G G_c}{1 + G_c G} \, y_{sp} .$$

$$G_c = \frac{1}{G} \left[\frac{y/y_{sp}}{1 - y/y_{sp}} \right]$$

(Direct Synthesis Method)   في اعداد الـ Gc يعني الحد (y/ysp) (Performance criteria)

⟹ you have arelation ship Between G(s) of system and performence criteria and G_c.

N O T E B O O K

* لما نحدد ال performance اللي بدنا اياه (y/ysp) والمعادلة بقدر أجيب Gc

↓

Direct

* perfect Control → $\left[\frac{y}{y_{sp}} = 1 \right]$ → Transfer function with zero order

not achive becouse off

$G_c = \frac{1}{G} \left(\frac{1}{1 - 1} \right)$ → يتحقق الأحلام
(∞)

[الكمال لله سبحانه]

Final ??

* What another defenition of perfect Control ??

* هنا $\left[\frac{y}{y_{sp}} = 1 \right]$ أي كان ال process عندك zero order $\left[\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{0} = \infty \right]$

$\left[\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{\tau_s S + 1} \right]$ → (First order) → next step (First order) توصل لـ zero order

Date Sunday No.

* Design of Control System Stability

- لما طلع ال Range تبع ال K_c ، عشان نختار مين ال K_c ؟؟

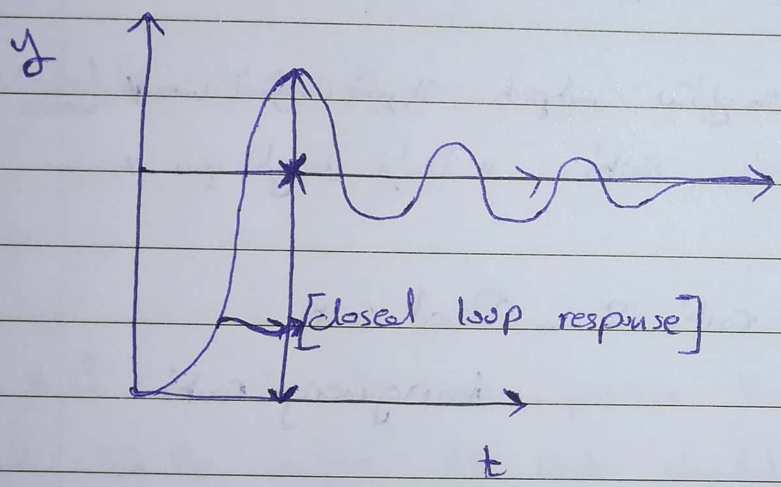
قيمة K_c

Stability → Controller Tuning → Design criteria.

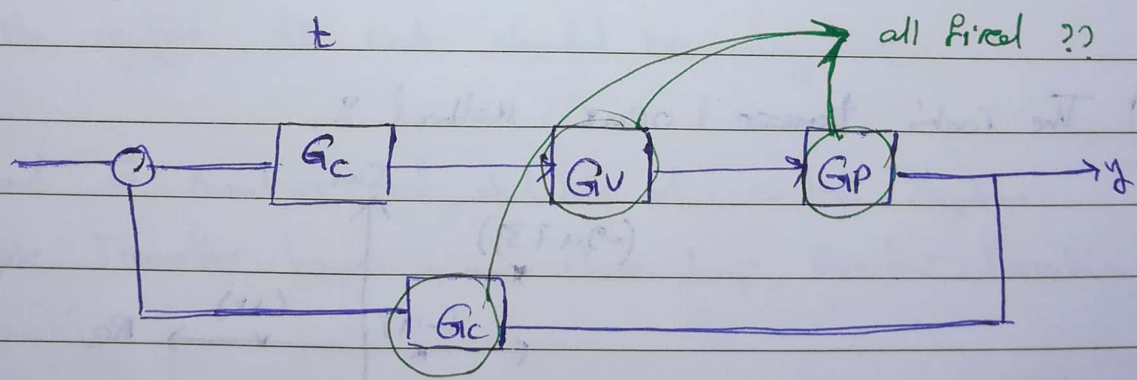
Simple criteria ← Design criteria

Simple criteria → OS, decay

بتوصلني قيمة ثابتة.



* بيعرف ال Controller parameter لما برسم ال response.



* بنعرف ال OS , decay لما نرسم ال ~~[illegible]~~ ال Response.

* What is the value of Controller Gain ??
which Give OS < 0.5 (over shoot)

* Over shoot express aboute the Maximam deviation from St.St

* The criteria may be decay ratio or

* الأمثل الوحيد الي بقرر أخيرو هو Controller

* Criteria :

To minimize the over shoot and minimize the rise time.

$$OS = \exp\left[\frac{-2\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right]$$

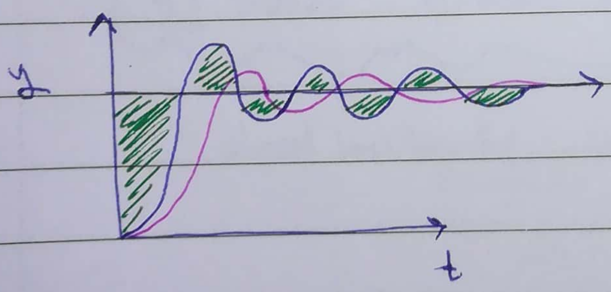
→ No controller with these 2 condition, Because they are inversly.

⇓

Comprehensive Criteria

↓

Minimize the deviation as ~~overshoot~~ over all between set point and Response.



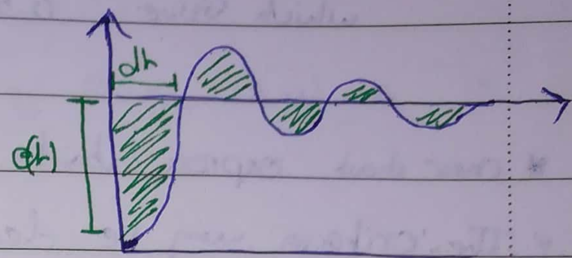
→ [deviation less, منه قلت المساحة تحت]

* Target of controller → To minimize the deviation Between the set point and Response.

** * Minimize deviation → reduce the Area under the curve. **

I Integral Method $\longrightarrow$ To calculate the Area.

$$\text{Area} = \int_0^\infty e(t)\, dt$$



$$\Rightarrow ISE = \int_0^\infty e^2(t)\, dt \longrightarrow$$

عشان +ve , -ve فيعوضوا ~~x~~
مساحة أقل وكمية غير حقيقية فنعمل تربيع.

$\longrightarrow$ If the error < 1 $\longrightarrow$ التربيع بيقلل المساحة مش بيزيدها

$$\Longrightarrow IAE = \int_0^\infty |e(t)|\, dt$$

Subject (minimization عل controller لإيجاد الـ) Date No.

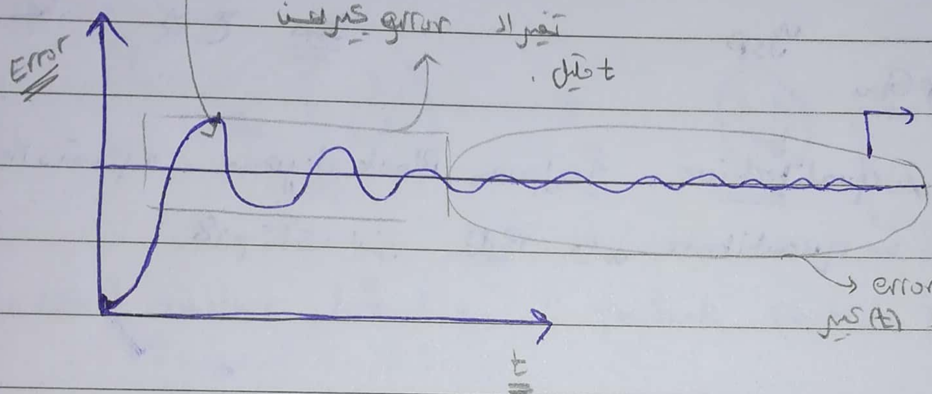
* Comprehensive Design Criteria (حيث نتطلع على deviation كلها as all)

1 Integral Method

① $ISE = \int_0^\infty e^2\, dt$ → <1 → المساحة بتصغير

لأنو مساحتها بالأول كبيرة لذلك الوزن لطيس

② $IAE = \int_0^\infty |e|\, dt$



* عنا تخل وزن بالمعادلة حيث تفاضل ع القيم الصغير

③ $ITAE = \int_0^\infty t\, |e|\, dt$

* استخدام طريقة ① ② ③، بالاعتماد على نوع الـ controller.

2 Direct Synthesis Method

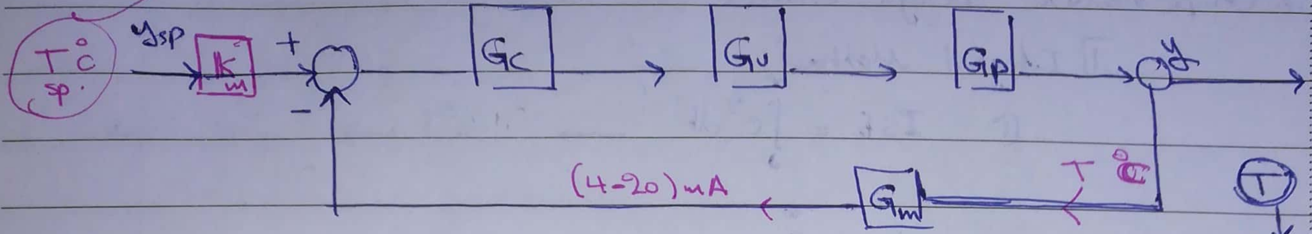
كيف y بربطها بالسيو الـ y_{sp}

$\left[\frac{y}{y_{sp}} \;?? \right]$

* بجيب اوجد معادلة تربط y مع y_{sp} عن طريق closed loop transfer Function.

لِ مش الطوابل $\frac{mA}{°C}$ ثم

Subject مثل Km   Date   No.



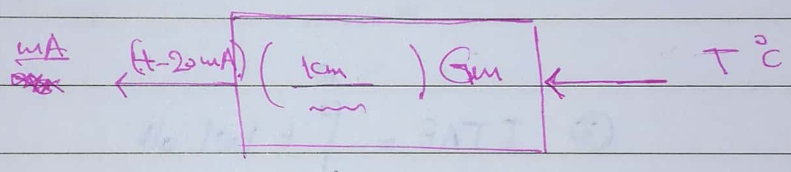
Gm هي الي بطالعلي وحداتها $\left(\frac{mA}{°C}\right)$ Thermocouple (الي طالع الكترون current)   [توقيس حرارة]

$$y = \frac{G_c G_v G_p}{1 + G_c G_v G_p G_m} y_{sp}$$

* هدفي $y = y_{sp}$

* لما نرسم ال Block diagram بطريقة qualitative, هي بتعطي Design

وحتى أتأكد انو B.D يكون quantitative لازم ال units



$$K_m = \frac{\Delta\,output}{\Delta\,input} = \frac{mA}{°C}$$

* let $G_m = K_m$ and let $G = G_m G_p G_v$

- عشان نعمل design for Controller بدي اعمل كل اشي ثابت الا Gc وأحط Gc لحالو.

$$y = \frac{G\,G_c}{1 + G_c G} y_{sp}$$

$$G_c = \frac{1}{G}\left[\frac{y/y_{sp}}{1 - y/y_{sp}}\right]$$

↓

(Direct Synthesis Method)

(y/ysp) بدي احدد Gc منحدد ال

↓

(Performance criteria)

⇒ you have a relationship between G(s) of system and performance criteria and Gc

N O T E B O O K

* ممكن بتحدد ال performance اللي بدك اياه (y/ysp) والعلاقة بتوصلك Gc المطلوب

Direct

Transfer function with zero order

* perfect Control $\rightarrow \left[\frac{y}{y_{sp}} = 1\right]$

not achive because off

$$G_c = \frac{1}{G}\left(\frac{1}{1-1}\right) \longrightarrow$$

(∞)

بتحقق الاحلام

[الكمال لله يخوان]

Final??

* what another defenition of perfect Control ??

$$\left[\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{0} = \infty\right]$$ zero order بتمثل process انو كل ال $\left[\frac{y}{y_{sp}} = 1\right]$ هون *

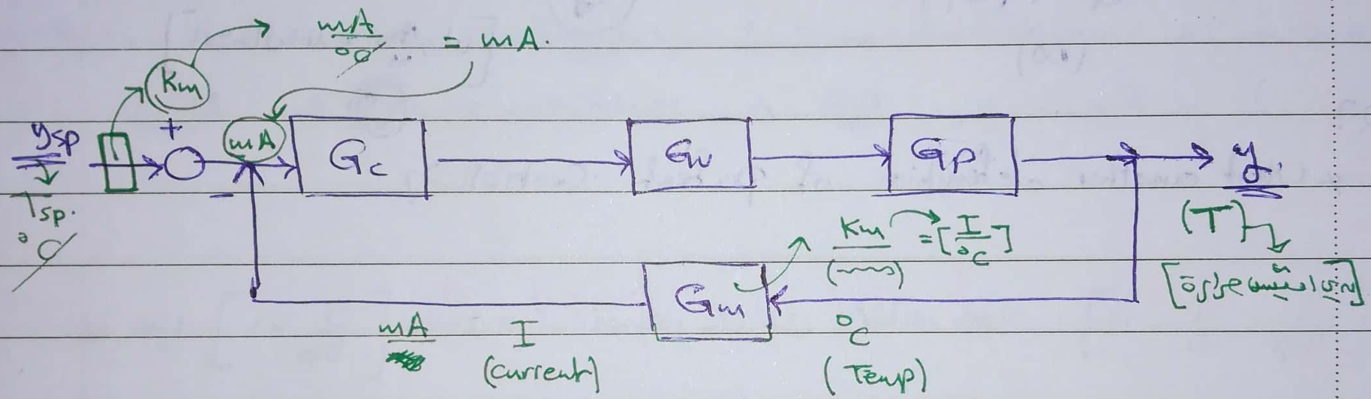
$$\left[\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{\tau_s S+1}\right] \longrightarrow (\text{First order}) \longrightarrow$$ نحوّل zero order ل next step (First order)

* Integral Method :

- ISE
- IAE
- ITAE

* Direct synthasis Method

$\frac{y}{y_{sp}}$



$$y = \frac{K_m G_c G_v G_p}{1 + G_c G_v G_p G_m} y_{sp}$$

unite [illegible] quantative مطالبين بال *

(unites + وحدات)

* let $G_m = K_m$.

$G_m G_p G_v = G$

$$y = \frac{G G_c}{1 + G G_c} y_{sp}$$

- بدنا نختار G_c كلها لأنو بدي أعمل design الها

$$\frac{y}{y_{sp}} = \frac{G G_c}{1 + G G_c}$$

solve the G_c $\Rightarrow$ $G_c = \frac{1}{G}\left[\frac{y/y_{sp}}{1 - y/y_{sp}}\right]$

$(G_m G_p G_v)$

Subject   Date   No.

* $\frac{y}{y_{sp}}$ = performance Criteria

** مشكلة كيف بدي (y/ysp) تساوي دقة، بعوض في المعادلة فيطلع الـ $\underline{G_c}$

↓

[Direct synthasis Method] → (y/ysp الي بدي).

- $\frac{y}{y_{sp}} = 1$ → perfect Control. – means the dynamic between $\underline{y}$ and y_{sp} @ zero order.

$G_c = 1/G \left(\frac{1}{1-1} \right)$ ⟹ $\boxed{G_c = \infty}$ (∞) # we cannot achive perfect Control

- $\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{\tau_c s + 1}$ → First order. #

$\tau_c \uparrow$ → بعيد عن ideality –

بوصل τ_c لقيمة الـ zero

برجع الـ ideal (perfect)

$G_c = \frac{1}{G} \left[\frac{\frac{1}{\tau_c s+1}}{1 - \frac{1}{\tau_c s+1}} \right]$

$\boxed{G_c = \frac{1}{G} * \frac{1}{\tau_c s}}$ #

* الطريقة شاملة بمعرفة اختيار الـ (y/ysp) ؟؟

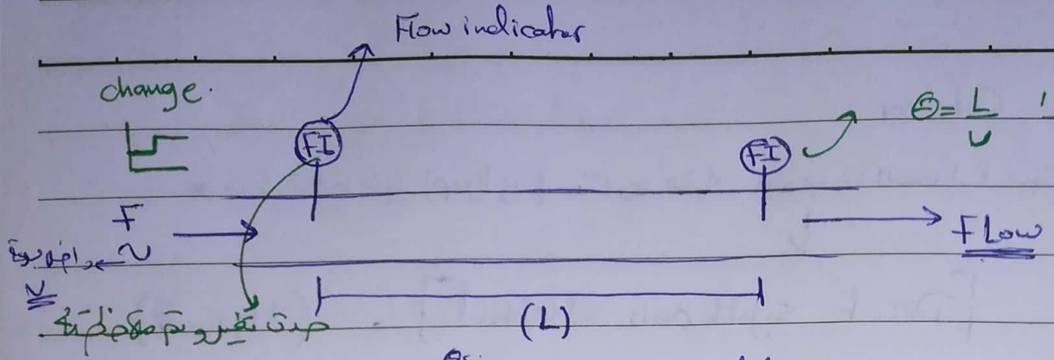
* How Can I choose the performance Criteria (y/ysp) ??

→ (y/ysp) should include any characteristic important in process

* مشكلة الـ $\boxed{G_p}$ في معادلة بدي $\left(\frac{K e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \right)$ ← delay ← ما بنقدر نتجاهله، لأنه أخطاء بالـ design بعدين.

$\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{\tau_c s + 1}$ → delay ما فيه الـ first order أخذناه *

Subject Date No.



* حتى يلاحظ التغير يحتاج الـ $\Theta = \frac{L}{u}$

- وهنا يكون قادر على قراءة الـ delay. لازم اضعها : $e^{-\theta s}$

$$\frac{y}{y_{sp}} = \frac{e^{-\theta s}}{\tau_c s+1}$$

* y/y_{sp} :-

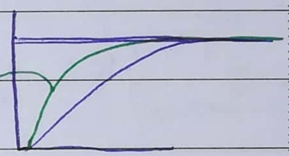
① تكون قريبة للـ perfect

② نرجع لمرة أقل من perfect وهي شبه first order

③ لازم تكون متوفرة أهم التغيرات في الـ process

④ يتم الاختيار بالشكل الذي يمكن يحل مشاكل في الـ process

* How we can choose y/y_{sp} ??



second order ← $\frac{K}{\tau^2 s^2 + \tau s \xi 2 + 1}$ ← لو كان الـ ← * ممكن يسرّع ←

↓

الخصائص ذاتية

هنا اسرع ← $\left[\frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{\tau_c s+1}\right]$

* الوقت delay time ناتج من physical الـ controller ما بقدر الغيه

Ex: $G = \frac{2.3(1-0.5S)}{(S+1)(S+2)}$, design a $\boxed{PI}$ controller for the ~~system~~ process using Direct Synthesis Method (DSM)

$$G_c = \frac{1}{G}\left[\frac{y/y_{sp}}{1-y/y_{sp}}\right]$$

$\Rightarrow \frac{y}{y_{sp}} = \frac{1}{\tau_c s+1} \xrightarrow{\text{التعويض}} G_c = \frac{(S+1)(S+2)}{2.3(1-0.5S)} * \frac{1}{\tau_c s}$

↓

Possitive roots → Control Unstable

This Controller Rejected Because it unstable * لموجود شي ^ع

$$G_c = \frac{(S+1)(S+2)}{2.3\,(1-\cancel{0.5s})} * \frac{(1-0.5s)}{\tau_c s}$$

* الأشيا اللي نقدر احنا نغير فيه هو y/ysp ← بحيث اصلحها تكون بطريقة تلغي الـ unstability

$$\Rightarrow \frac{y}{y_{sp}} = \frac{(1-0.5s)}{1+\tau_c s}$$

ـ تم الغاء الـ stability بهذه الطريقة للتوضيح في (y/ysp)

$$G_c = \frac{(S+1)(S+2)}{2.3(\tau_c s)}$$ ← (وتم ضبط اساسنا (وتقريبا تمام.

$$\frac{y}{y_{sp}} = \frac{(1-0.5s)}{(1+\tau s)^2}$$

* نجربها أعمل Trail and error فحسب الـ process واشكاله الموجودة، وقيمة مثلا.

* طرق الـ design :

1. * Simple Criteria.
2. * Comporthensive Criteria.
   - Integral
   - DSM
3. * Emperical Method → From Experimintal Test *
   - Cohen _ Coon. → open loop experimintal
   - Zieglar _ Nicols → close loop experimintal

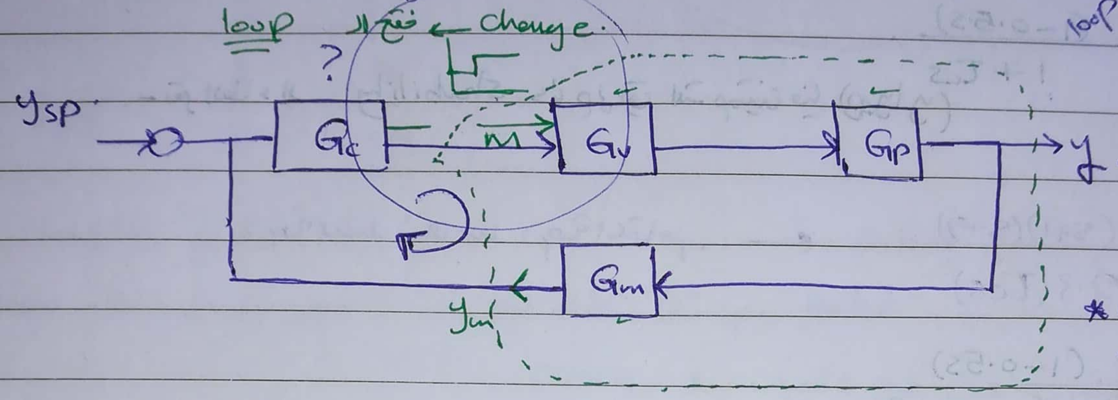
Subject   Date خميس   No.

* Emperical Methods :

1 Cohen - Coon Method

مفتوحة

* open loop experiment.



* بستني لحد ما افتح ال loop بعمل تغيير على ال value step change وبشوف وبسجل القراءات ل Gm

* Responce of the valve, Process and measuring device

① نعمل step change على ال System ونشوف ال output ل y_m

② نعمل Fit ل output مع t ونطلع قيم θ, τ, K ,,,,

[Fit the data as 1st order + delay.]

t (input)	M (input)	y_m (output)
⋮	⋮	⋮

$$G = G_v G_p G_m = \frac{K e^{-\theta s}}{\tau_c s + 1}$$

* لما يعطيني الجهاز data وبعطيني قيم [K , θ, τ] ←

project

* Fit for output and time

$$G_c = f(K, \tau, \theta)$$

* في الكتاب علاقات نعوض فيها ال controller

K , θ, τ →

P $\quad K_c = f_1(\tau, k, \theta)$

PI $\quad K_c = f_2(k, \tau, \theta)$, $\tau_I = f_3(\tau, k, \theta)$

PID $\quad K_c = f_4(k, \tau, \theta)$, $\tau_I = f_5(k, \tau, \theta)$, $\tau_D = f_6(\tau, \theta, k)$

* بنحصل على قيم θ , k , τ ، بنروح على معادلات من الـ controller المطلوب وبنعوض فيها

وبنعوض قيم τ , θ , k وبنطلع قيم K_c , τ_I , τ_D

* تعتمد دقة القيم $[\tau_I, \tau_D, K_c]$ على:

① على دقة الموديل

② القيم اللي بنطلعها هي initial value وبنستخدمها بعمل Final Simulation (matlab)

حتى نشوف القيم الأقرب للصح حسب الـ performance تبعه.

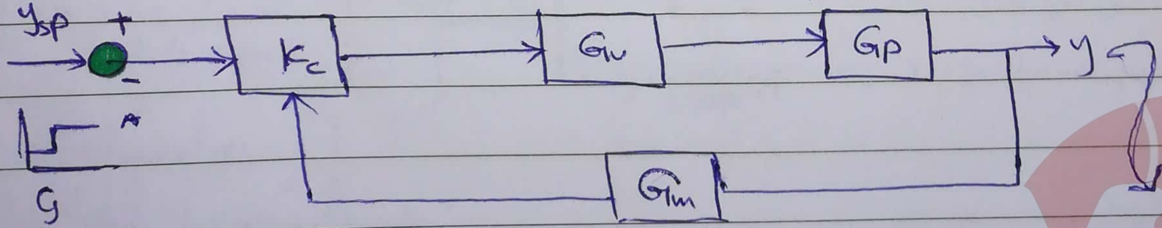
2] Zieglar _ Nichols Method

* close loop Test. → * نعمل step change عادةً على Ysp أو load

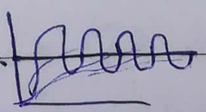
- نختار الـ controller على أنه proportional (K_c) ,

- let controller to be (P) controller
- use a small value of K_c (exp $K_c = 1$)
- increase the value of K_c (exp $K_c = 5, 10, \dots$) ← change بعد ما نعمل

ونلاحظ التغير على (y)



بنزيد Kc حتى نصل إلى



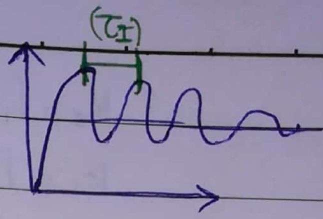
← output يكون بهذا الشكل.

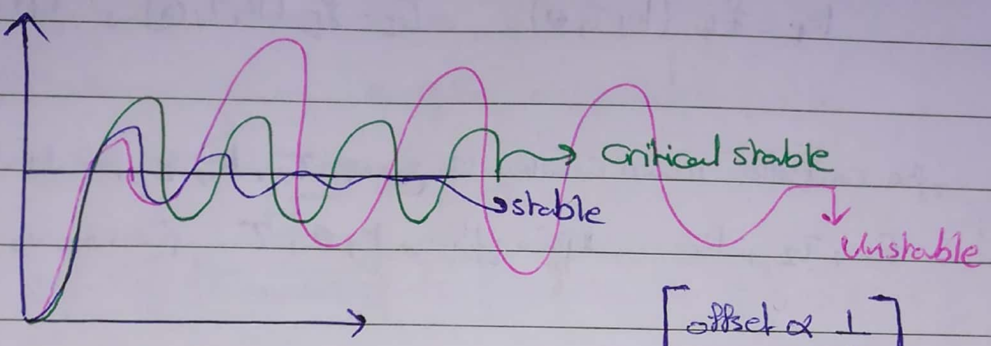
↓

ثابت ← (Continuous oscillation)

$\boxed{K_u} \rightarrow$ ultimat Controller Gain.

stable is system أعلى قيمة لل stable لو زدتها بطلع الـ





$\left[\text{offset} \propto \frac{1}{K_c}\right]$

* بعدما طلع قيمة K_u برجع على معادلات Zieglar وبطلع قيم K_c مثلاً

P $\left[K_c = \frac{K_u}{2}\right]$??

PI ← أقل قيمة لـ K_c $\quad K_c = \frac{K_u}{2.2}$?? مش أكيد $\quad \tau_I = \frac{P_u}{??}$ period of ochillation

لأنه بعطيني بداية لل

دخول Ochillation $\quad$ PID $\quad K_c = \frac{K_u}{1.7??}$ $\quad \tau_I = \frac{\cancel{K_u}\, P_u}{??}$ $\quad \tau_D = \frac{\cancel{K_u}\, P_u}{??}$

اتلو.

[قيمة K_c أكبر من K_c الـ PI
لأنه عندي حاجة ثانية تقلل الـ ochillation]

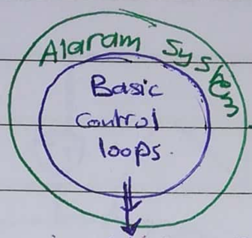
Subject Date No.

كل الموجودات يستطيع بعضها لغا
(stand by) واحد شغال وواحد موقف .

Application of Control :-

* Control system and Safty

(1) Redundancy



* عند حدوث مشكلة بخبر عن الزيادة
مثلاً الى سببت الزيادة .

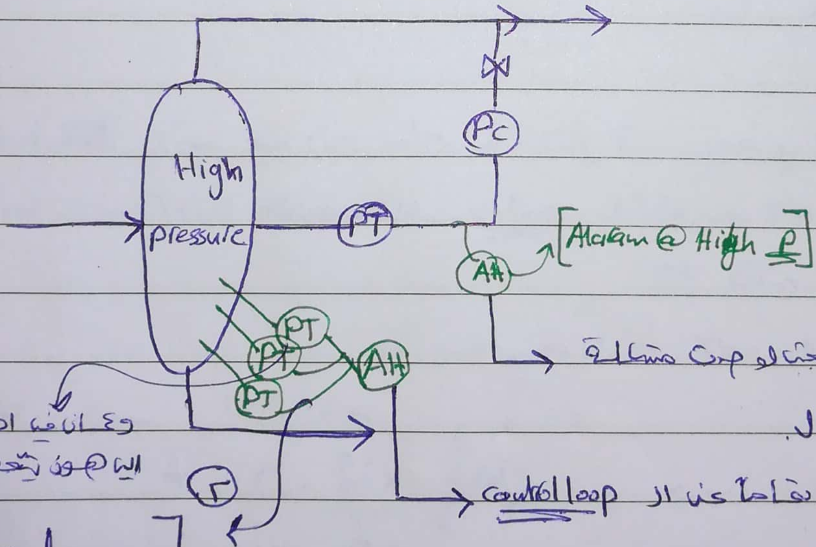
[الحالة process variable تعدى حد معين احنا مابجيلوش عليه]

[كل الاشياء اللي احنا حاطينها control valve ... وصممنا وجهزينها dp's]
(Automatic)

مثلاً أحنا ادينا $P = 215$ لو وصل
$P = 217$ يعطي Alaram

* يعطي ال Alaram يكون هناك operater [is person] ويعمل check ويحاول يحلها
(activated Automaticly But Reset By manually).

* Alaram System :-



& رمزيا ون ال Alaram منفصل بحيث لو حصل مشكلة
هنا control loop شغل هو شغال.

(1) Alaram لازم منفصل تماماً عن ال control loop

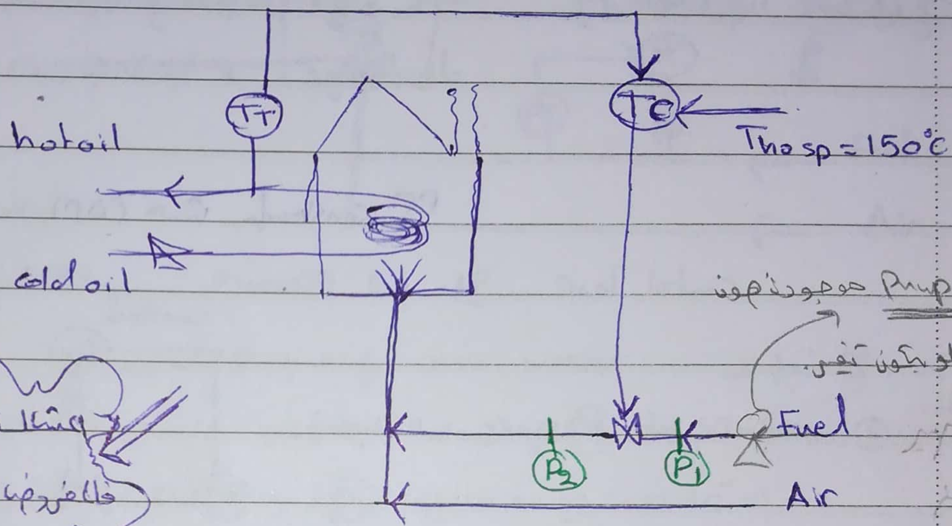
(2) وعاوزين اكثر من (PT)
اليه هو بتحصل فيه مشروع ليه

[Redundancy]
فيه موجود أكثر من (PT)

* احط أكثر من (PT) كل (AH) هل يوجد ال System بحيث يوقف عند اشياء معينة
عند ... مثلاً لو احنا ٣ قراءات في حالة ... يكون تمام ... بالو الاقراءات تختلفات يعني ذلك
(متقاربات) (متباعدات)

Subject Date No.

* Some Advanced Control Techniques



لو فين Pump موجودة هون كان الـ flow يكون ثابت

المشكلة في الـ physical فالظروف تشتغل عليها اكبت غير مناسبة

* بدي اخلي درجة الحرارة تقل الـ oil

* لو قلت Tho sp عن 150°C رح يعرفني TC بإشارة الـ valve اكبت نفتح ويدخل Fuel ~~Fuel~~

وحتى نزيد الـ Flow نزيد فتحة الـ valve , الـ ~~[illegible]~~ كيف أضمن انو صح

الـ Flow كاملة دخلت ؟؟

لازم اعرف الـ Flow داخل بعد مش قبل .

$$F = C_v\, f(x) \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

15 gpp — 10% .

فتحة الـ valve

وهنا تشتغل specific Δp

لو Δp اختلفت رح تختلف

يعتمد على الـ valve و pressure

Subject Date No.

* لشـ ـمـ ـشـ (P1) ماهوش ثابتة ؟؟

Flow in line fule is utility line [خط مشترك]

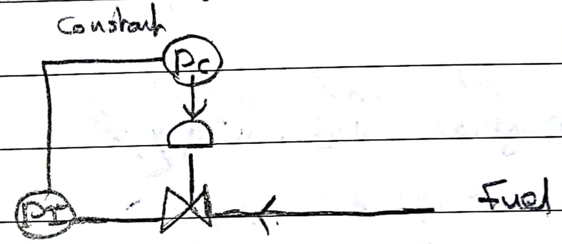
[pressure not constant]

Have high probability variable pressure.

* الضغط الثابت بكون على نقطة * discharge

* المشكلة إنو (DP) مش PP constant

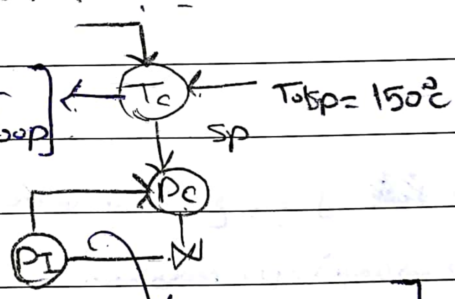
الحل اعمل ال pressure control loop



→ ح يخلي ال pressure يكون ثابت

* طب هل نجم نبي هاذا ال pressure يكون ثابت ؟؟

الحل باستخدام ال (Tc)



[primery control loop] [Master]

Cascaed Control ⟸

[2 control Conect in series]

(1)

الشيء اللي قدر ح يضبط manipulated variable

[Flacuation] مش ثابت متغير

بسبب خارجية بتغير control loop

[secondry control loop] OR [Slave controler]

هون ال control متوقف منها اكثر primery control.

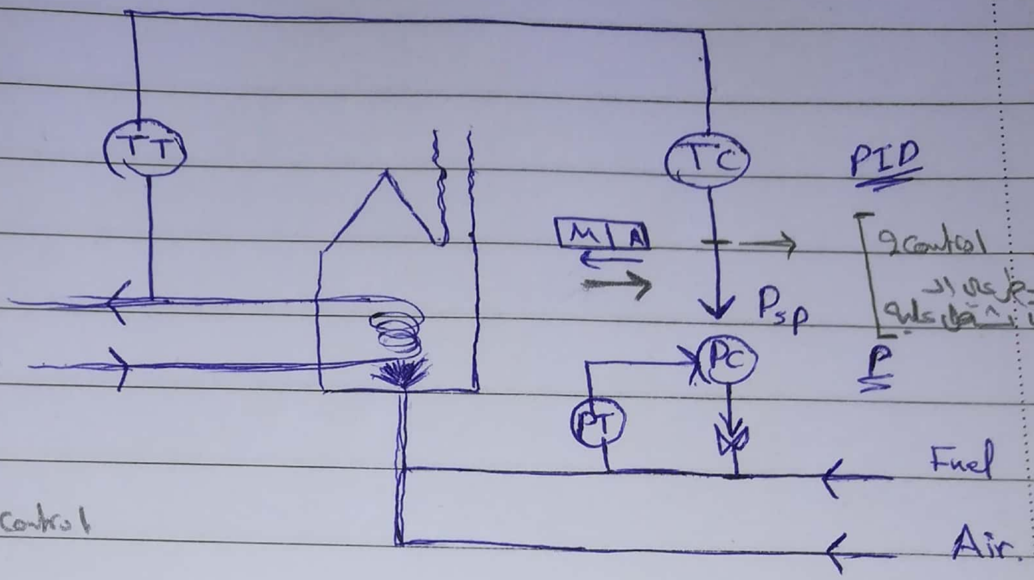
[1 valve , 2 controller , 2 transmer] 2T

لا في ال Proces ما بيتغير

(2)

* dynamic is complicated and large

N O T E B O O K



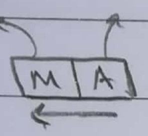
PID

وفيه ال control و
مش اسيطر على ال
control اللي بشتغل عليه

P

no output signal from control

مانيول
اتوماتيك



switch

① فصل ال master عن ال praymary خطوتين ال switch

② بعدها أضبط ال PC وحولها Auto (A) وبعدها انتقل على T.C

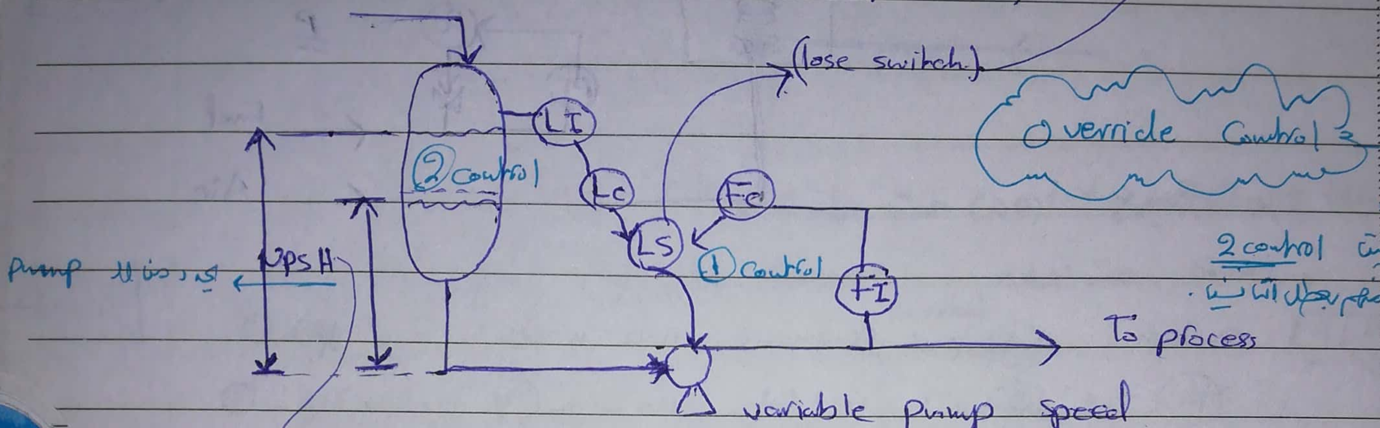
عشان القاعدة اللي تعمل عليها PC تكون شغالة بالشكل الصحيح.

Subject Date No.

* Selective Controllers:

(لما signal يتنزل)

Several type of selective Control
- why selective
- selective of what.



~~[illegible]~~ لحل
selection بين 2 control
بحيث واحد منهم يعطل التانية.

(Net positive suction head) → The minimum head in suction at the pump opirating.

* لو قلت الـ flow يزيد لحد ما يوصل أقل من Positive suction head

* ordinary control → بيتحكم
override control بيشتغل ال

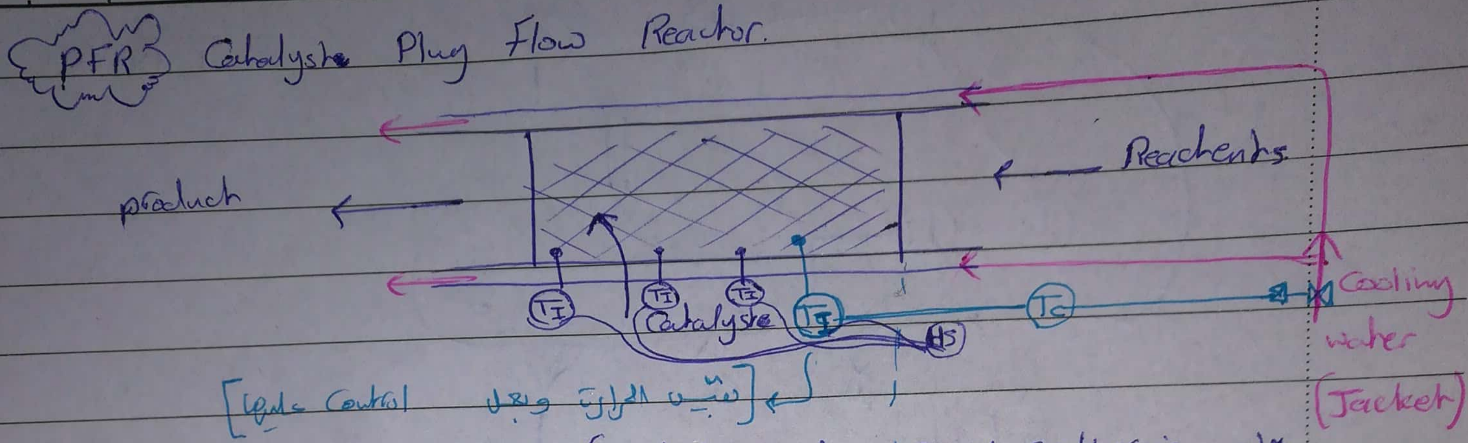
[override control] ، بيشتغل لو وصل الـ level لقريب الـ PNSH . لازم يحرك الـ flow loop

(selective Between 2 controller)

Selective of Control

N O T E B O O K

PFR Catalyst Plug Flow Reactor.



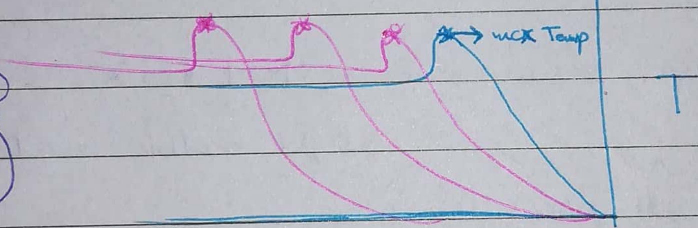
[تثبيت الحرارة وبعمل Cascade Control]

* لو exothermic Reactor بلزم تبريد (Jacket)

* The objective of the control to maintain the Temp at the maximum possible Temp.

Temp distribution in Reactor

طبعاً الـ Temp بتوصل لـ max



selection of Transmitter

* الـ max Temp مش ثابتة هل ممكن تتحرك مكانها في الـ Reactor ؟؟

وجود الـ Catalyst مع الوقت بيخلي نشاطه يقل فيصير deactivate

position of max Temp function of the Catalyst activity.

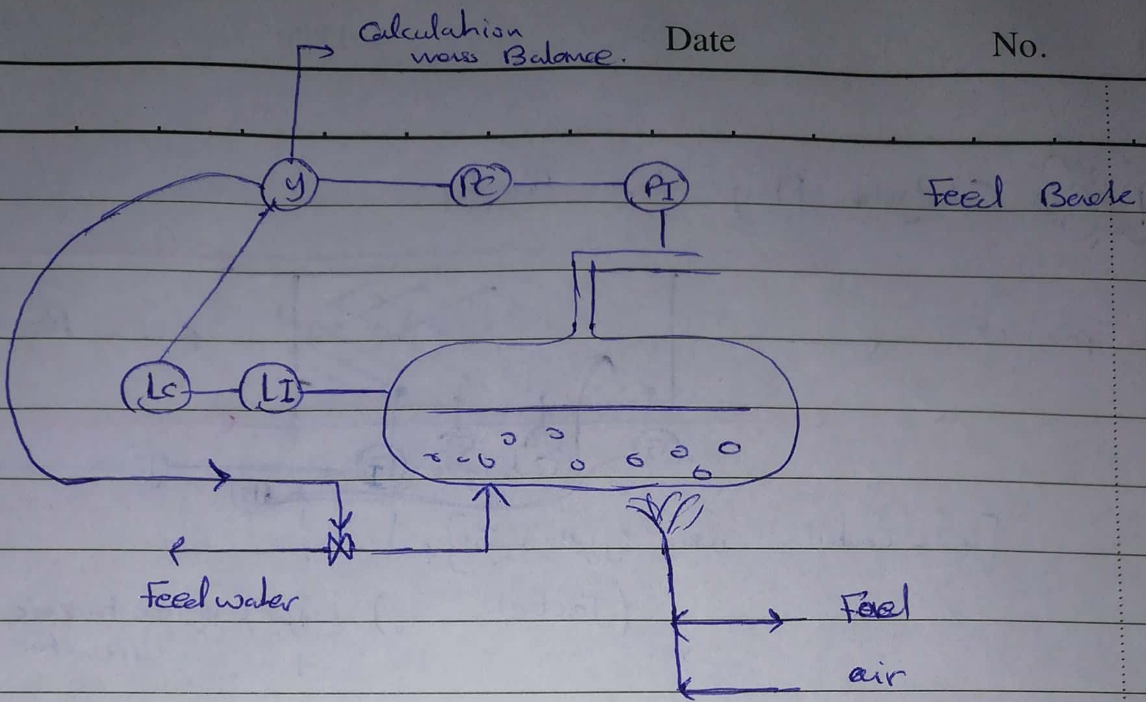
* لو الـ activity قل فيبدأ يصير التفاعل متأخر والـ max

لم تتحرك مكان الـ max Temp. فلا نقدر نعمل not stationary control

* How can modify Control loop ?

(HS) High selective يعني مجموعة Reactor في كل مكان نضع TI

ونشوف أعلى حرارة وتحديد الـ max



* if $P\downarrow$, $L\downarrow$ Because the evaporation increase.

$P\downarrow \longrightarrow L\uparrow$ ↑ التبخير هون أكبر

* mix of water and vaper → expansion → level فبزيد الـ

vapor bubble exploded

The Swell phenomena

معدل الزيادة في حجم bubble أكبر من معدل التبخر

* if $P\uparrow$, $L\downarrow$, vaper bubble compelled

The shrink phenomena