كورس أول (١)

Automatic Controle and Mechanical Vibration

١- مقدمة وتعاريف في الحركة الاهتزازية
٢- الاهتزازات الحرة لنظام احادي الدرجة الحرية
٣- الاهتزازات القسرية لنظام احادي درجة الحرية
٤- المعادلات التفاضلية ودالة الانتقال
٥- دالة الانتقال المفتوحة والمغلقة
٦- دالة الانتقال للمنظومات الفيزيائية
٧- الاستجابة العابرة (الانتقالية) للمنظومات الكهروميكانيكية.
٨- تحليل الاستجابة الزمنية
٩- تحليل الاهتزازات الحرة لنظام متعدد درجات الحرية
١٠- الاهتزازات القسرية لنظام متعدد درجات الحرية
١١- قواعد تبسيط المخطط الكتلي ومخطط انتقال الاشارة وقاعدة ماسن
١٢- تقنية المحل الهندسي للجذور وطريقة روث لاختبار الاستقرارية
١٣- أسس السيطرة على الاهتزازات
١٤- تحليل الاستقرارية تقنية (بود)
١٥- تحليل الاستقرارية تقنية نايكوست.

١

(2)

Vibration

Free أهتزاز حر بسبب وزنه — Forced قسري

الجسم يكون لديه درجة حرية واحدة

درجة الحرية: نقصد بها قابلية الجسم على التحرك على محور واحد عندما يكون هنالك للجسم أكثر من درجة حرية واحدة يعني سوف يتحرك على أكثر من محور (x, y, z)

* Single degree of freedom:

معادلة تفاضلية حركة باتجاه واحد أحداثي واحد

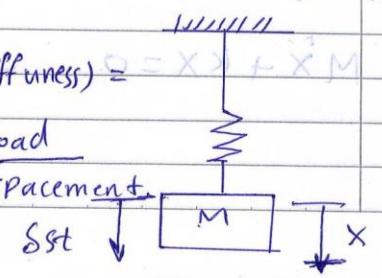
* the degree of freedom

معادلتين تفاضليتين وحركة وكل معادلة تحتوي على (x, y)

الأحد ٢٦/١٠/٢٠١٢م

Free Vibration of (undamped) signle dgree of Freedom system consider spring mass system shown use force Sumation method.

$K(\text{stiffness}) = \dfrac{\text{Load}}{\text{disspacement}}$



3

Genral Solution معادلة بيانية باستخدام

$$X(t) = A\,\overset{\cos}{\cancel{\sin}}\,\omega_n t + B\,\overset{\sin}{\cancel{\cos}}\,\omega_n t \quad \text{---} (4)$$

وباستخدام B.C

$$t=0 \Rightarrow A = X_0$$

$$X'(t) = -A\omega_n \sin \omega_n t + B\omega_n \cos \omega_n t$$

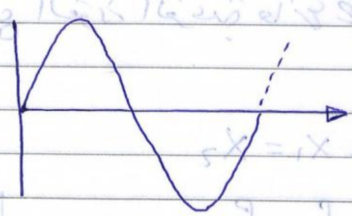
$$\dot{X}(0) = -A\omega_n \sin \omega_n(0) + B\omega_n \cos \omega_n(0)$$

$$B = \frac{\dot{X}_0}{\omega_n}$$

$$\therefore X(t) = X_0 \cos \omega_n t + \frac{\dot{X}_0}{\omega_n} \sin \omega_n t$$

$$\omega = 2\pi f_n$$

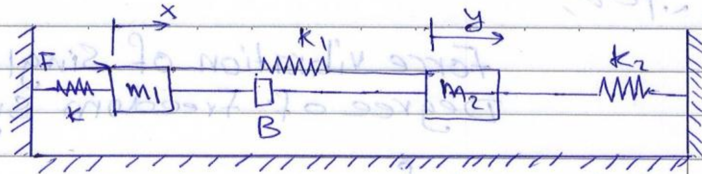
$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$$



Pandol oscillation

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\tau = \frac{1}{f_n} = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$$



B: damperd مخمد

Ground Chair Reperesentation

تمثيل بالكرسي التوصيل الأرضي

١- تمثل خط الأرضي ويكون بالأسفل دائماً

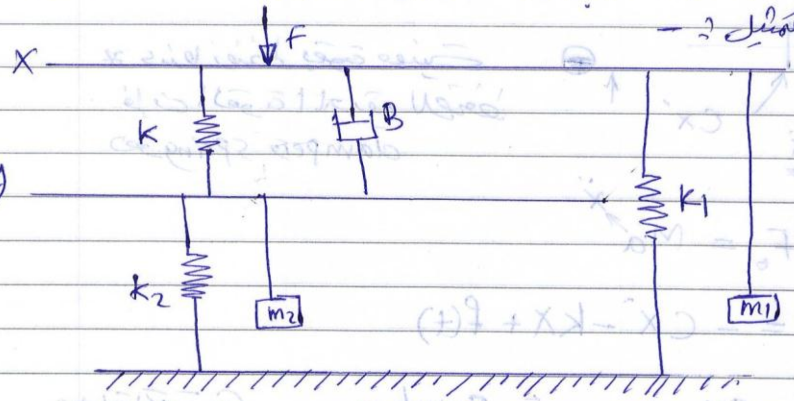
٢- تمثل خط القوة ويكون بالأعلى دائماً

٣- تمثل بقية المحاور بينهما

٤- تمثل المكونات من نوابض ومخمدات وحصرها بين خط عملها كما في السؤال

٥- تمثل الكتل وتكون بين خط عملها الى الأرضي مباشرة بغض النظر عن وجودها في السؤال.

* التمثيل :-



K = stiffness of damper

c = damping constant c 5

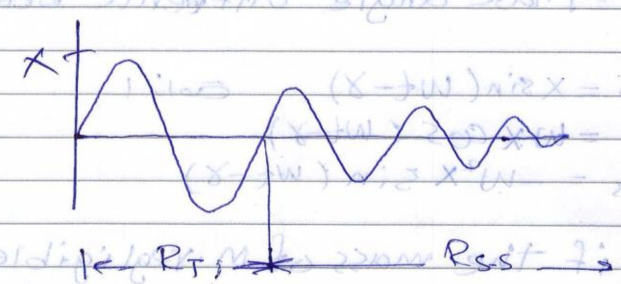
constant resistance

$$\boxed{M\ddot{x} + C\dot{x} + KX = F_o \sin Wt}$$ equation of motion

2^{nd} order non-homogenous equation

معادلة من الدرجة الثانية غير متجانسة

$W_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$



$R = R_T + R_{s.s}$

R_T = الاستجابة العابرة T = transient

$R_{s.s}$ = الاستجابة مستقرة s.s

ξ = معامل التخميد

R_T:

$\xi = 0 = A \sin wt + B \cos wt$

$\xi < 0 = e^{-\xi W_n t}(A \sin W_d t + B \cos W_d t)$

$\xi = 1 = (A + Bt) e^{-W_n t}$

$\xi > 1 = e^{-\xi W_n t}(A \cdot e^{W_n \sqrt{\xi^2 - 1}\, t} + B e^{-W_n \sqrt{\xi^2 - 1}\, t})$

تحفظ هذه العلاقات

To find $R_{s.s}$

$R_{s.s} = X \sin(Wt - \gamma)$ ---- (2)

محاضرة سابعة
٢٧/١٠/٢٠١٢

6

Control

Rferance

1- Automatic controle engineering by/ FRANCIS H. RAVEN

2- Feedback Controle System by DAZZA & HOUPER

3- Automatic control System by/ B. C. KVO

4- Automatic control system/ RICHARD C. DARI

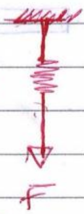
٥- ترجمة كتاب هندسة السيطرة د. رفعت

٦- ترجمة نظرية سيطرة التغذية / كلية الهندسة / الموصل

Represention of mech. & electrical compoeint.

1. Spring

$$F \rightarrow \boxed{1/k} \rightarrow X$$



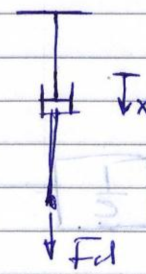
$F = kx$

Block diagram Spring

2 - Damper

$$F_d \rightarrow \boxed{\frac{1}{C}} \rightarrow \dot{X} \text{ او } V$$

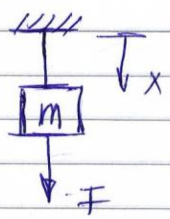
عجل



$F_d = CV$ or $= CDX$

D : dirtive مشتق

3) mass كتلة



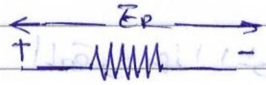
$$F \rightarrow \boxed{\frac{1}{m}} \rightarrow X \text{ او } V \text{ او } a$$

$F = ma = mDV$
$= mD^2X$

8

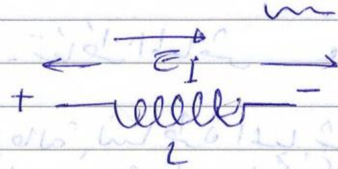
Companet Electrical

مقاومة



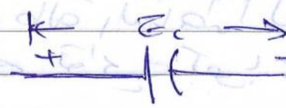
$E_R \rightarrow \boxed{1/B} \rightarrow I$

Coil ملف



$E_L \rightarrow \boxed{1/LD} \rightarrow I$

المتسعة

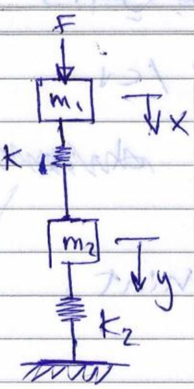


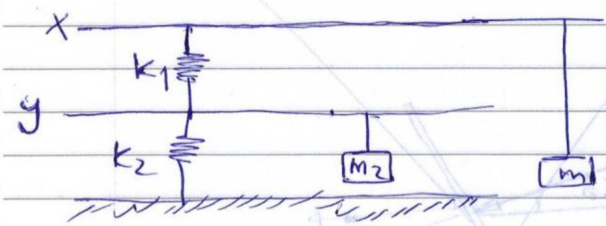
$E_c \rightarrow \boxed{C_D} \rightarrow I$

$D = \frac{d}{dt}$

9

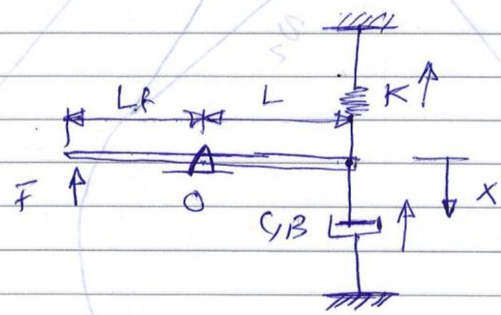
Grand Chair تمثيل بطريقة





* ثلاث محاور x و y والارض
* الفوق منها أي محور (محور x)
* بين الـ x و y ماذا يوجد
* محور y ماذا يوجد بين وبين الارض

EX/ عادم



$\sum M_O = 0$

$$FL_K = (K + BD)\, X \cdot L$$

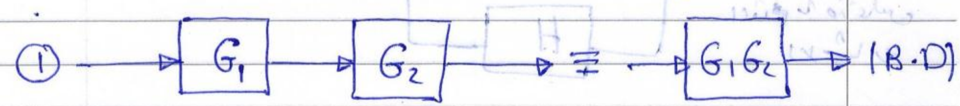
10

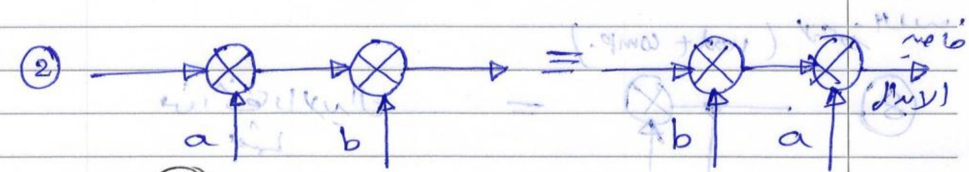
محاضرة السبورة بتاريخ ٢ / ١١ / ٢٠١٢م

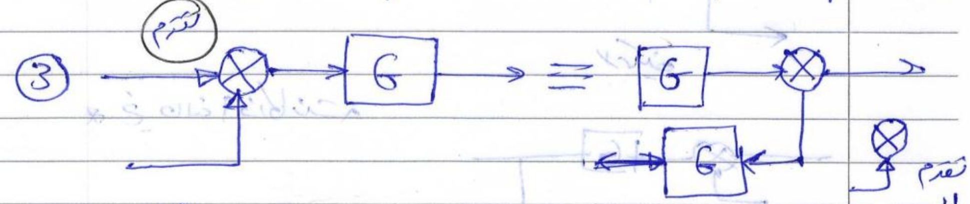
Block Diagram Reduction

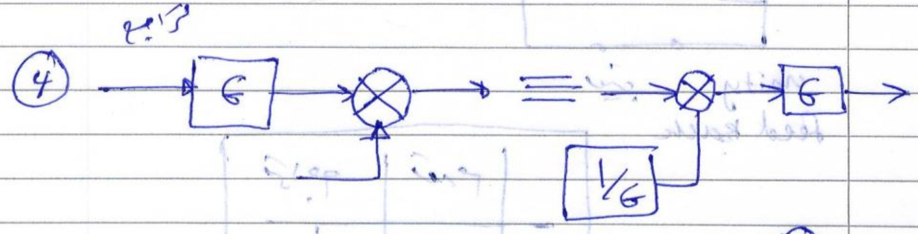
تبسيط المخططات

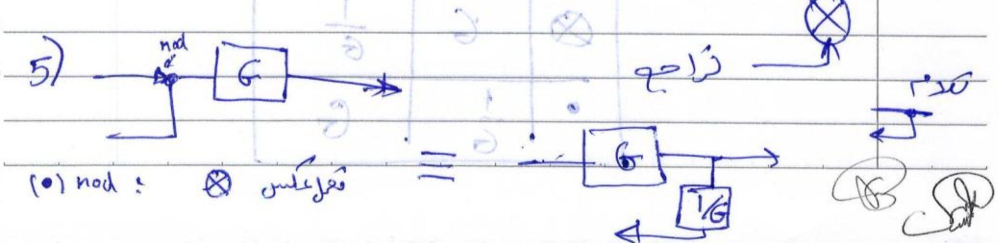
من المهم التعرف على بعض القواعد المتبعة لتبسيط الـ B.D (Block digram) كتلوي ومنها ما يلي





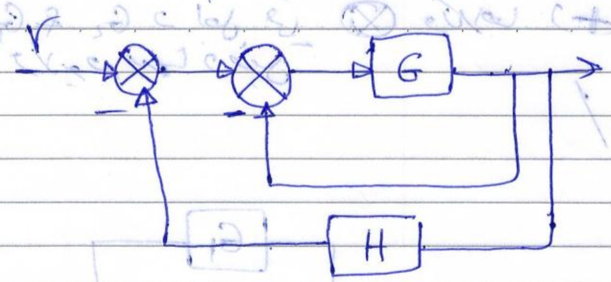


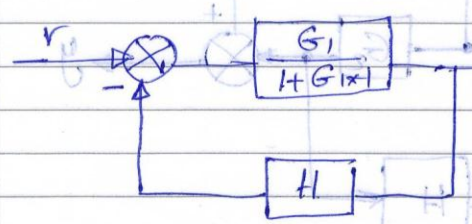


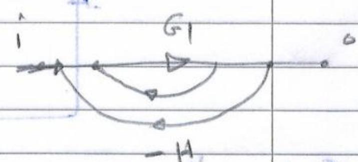


(•) nod : ⊗ نقطة عكس

Ex/

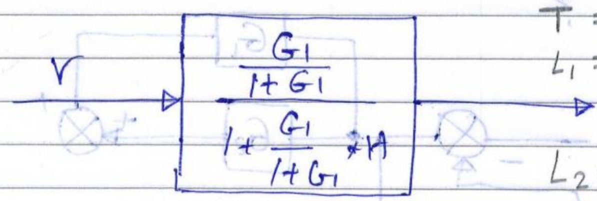






$T = G_1$

$L_1 = G_1$



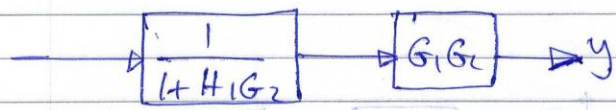
$L_2 = -HG_1$

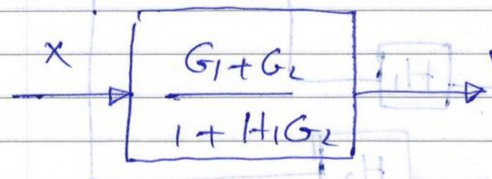
$$\Delta = 1 - [L_1 + L_2] + [L_1 L_2]$$

$$T.F = \frac{C}{r} = \frac{\frac{G_1}{1+G_1}}{1+\frac{G_1}{1+G_1}\times H}$$

$$\Delta_1 = 1$$

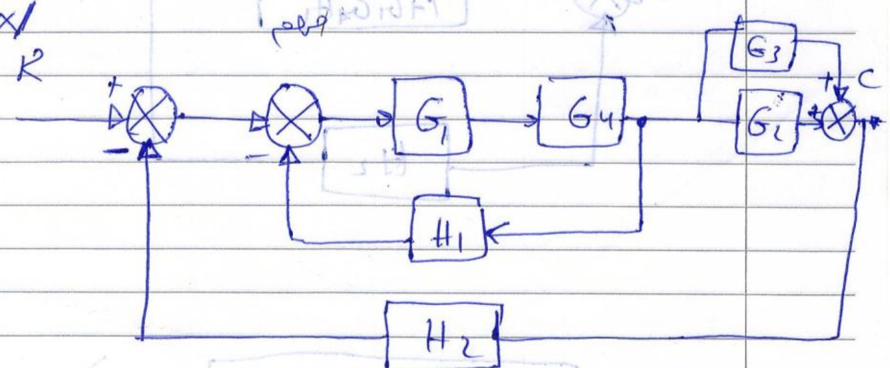
$$T.f = \frac{G}{1-[G_1-HG_1]-[GGH]}$$





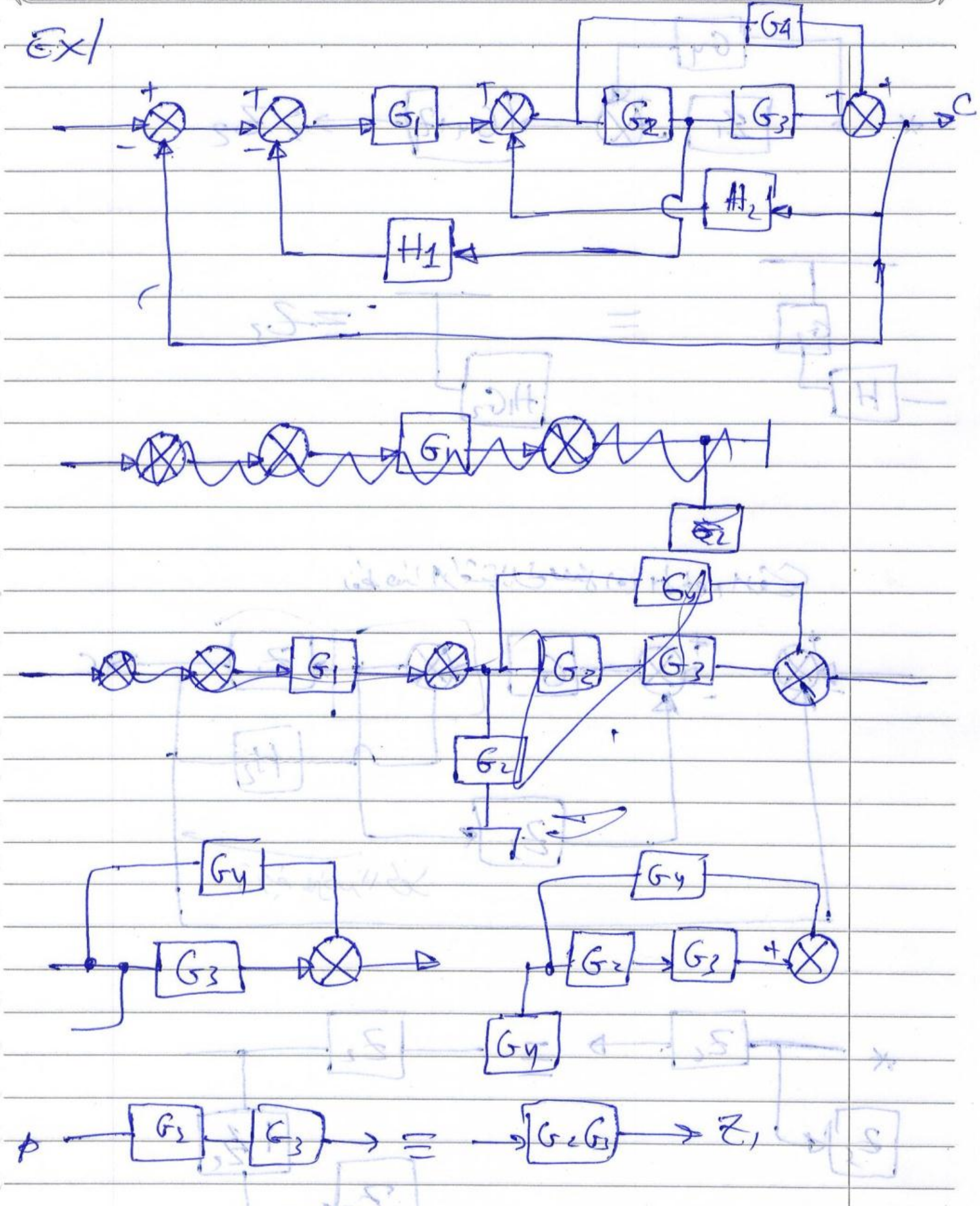
$$T.F = \frac{y}{x} = \frac{G_1 + G_2}{1 + H_1 G_2}$$

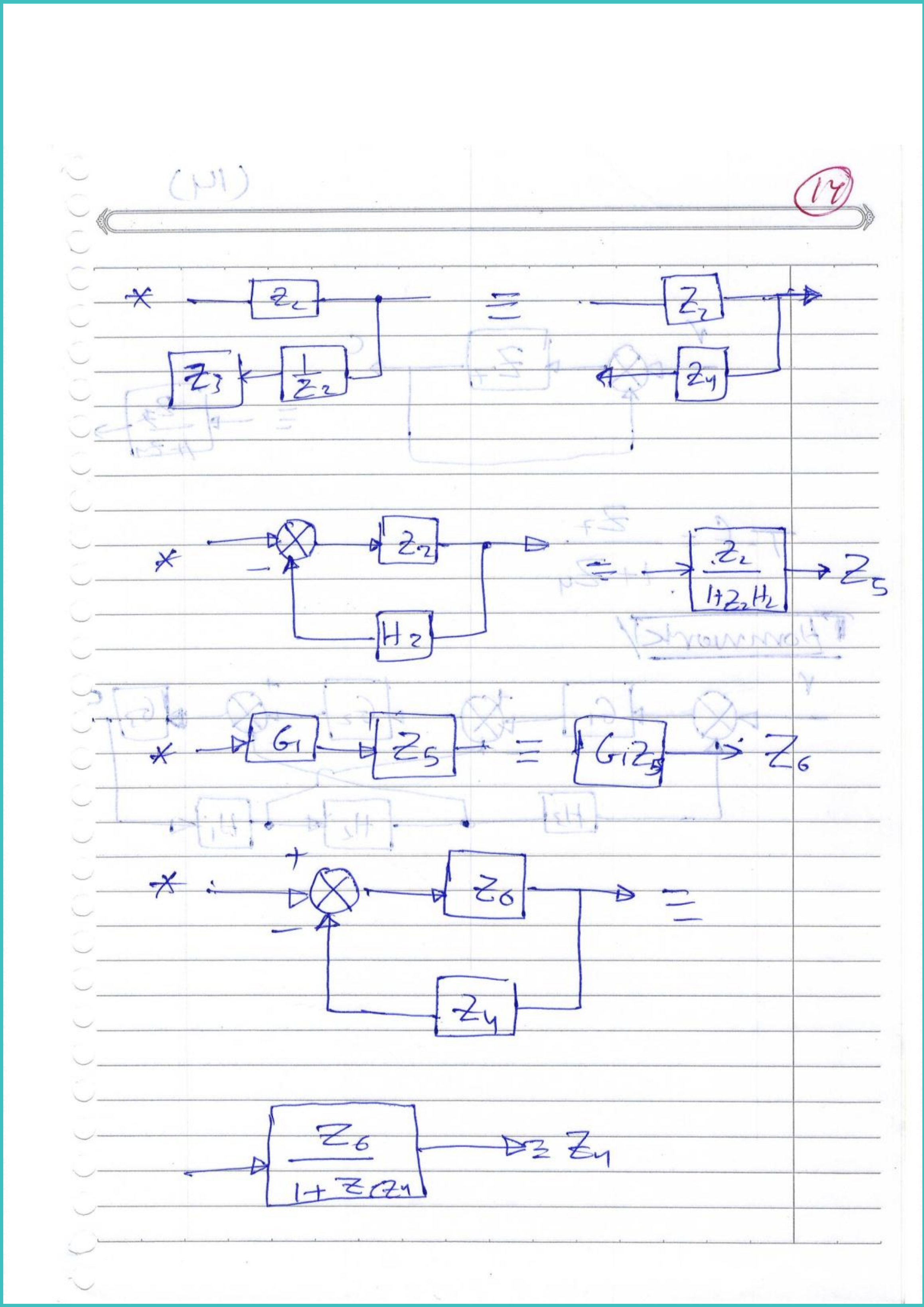
Ex/



13

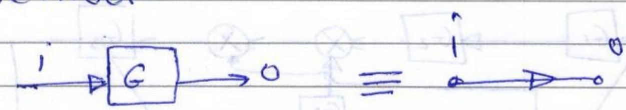
Ex/

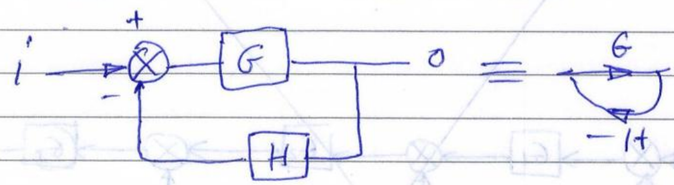



14
Z_2
$\frac{1}{Z_2}$
Z_3
Z_2
Z_4
Z_2
H_2
$\frac{Z_2}{1+Z_2H_2}$
Z_5
G_1
Z_5
G_1Z_5
Z_6
Z_6
Z_4
$\frac{Z_6}{1+Z_6Z_4}$
Z_4

محاضرة صغيرة ١٠/١١/٢٠١٢ 15

method

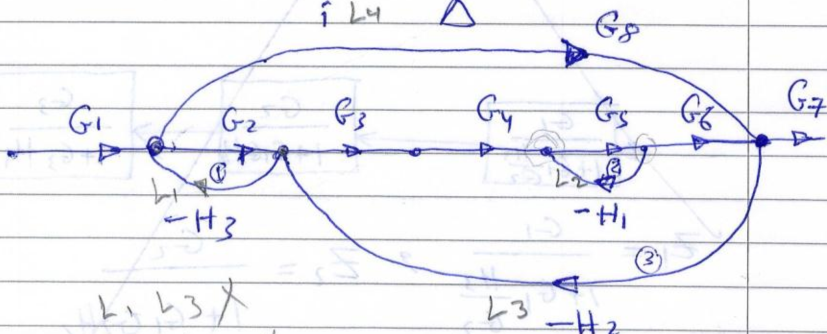




صيغة ماسون للربح لمسارات الاشارة

Mazon's formula Gain

$$T.F = \sum_{i} \frac{T_i \, \Delta_i}{\Delta}$$



$L_1 L_3$ ✗

$L_2 L_3$ ✗

$L_1 L_2$ ✓

16

$$T.f = \sum \frac{T_i \Delta_i}{\Delta} = \frac{T_1 \Delta_1}{\Delta} + \frac{T_2 \Delta_2}{\Delta}$$

T : تعني المسار الذي يخرج من (i) ويصل الى (o) بدون ان يمر على ~~أي~~ عقدة أكثر من مرة

LOOP (L) : المسار الذي يخرج من أي عقدة ويرجع الى نفس العقدة دون يمر على عقدة أكثر من مرة

$$T_1 = G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 G_6 G_7$$

$$T_2 = G_1 G_8 G_7$$

$$L_1 = -G_2 H_3$$

$$L_2 = -G_5 H_1$$

$$L_3 = -G_3 G_4 G_5 G_6 H_2$$

$$L_4 = G_8 H_2 H_3$$

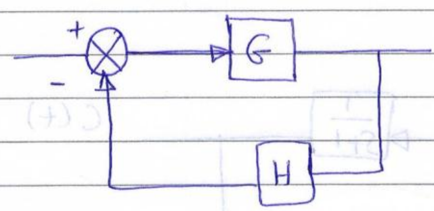
$\Delta = +1 -$ [مجموع كل الحلقات] $+$ [مجموع ضرب كل حلقتين غير متماستين] $-$ [مجموع ضرب كل ثلاث حلقات غير متماسة] $+$ [مجموع ضرب كل أربع حلقات غير متماسة] ....

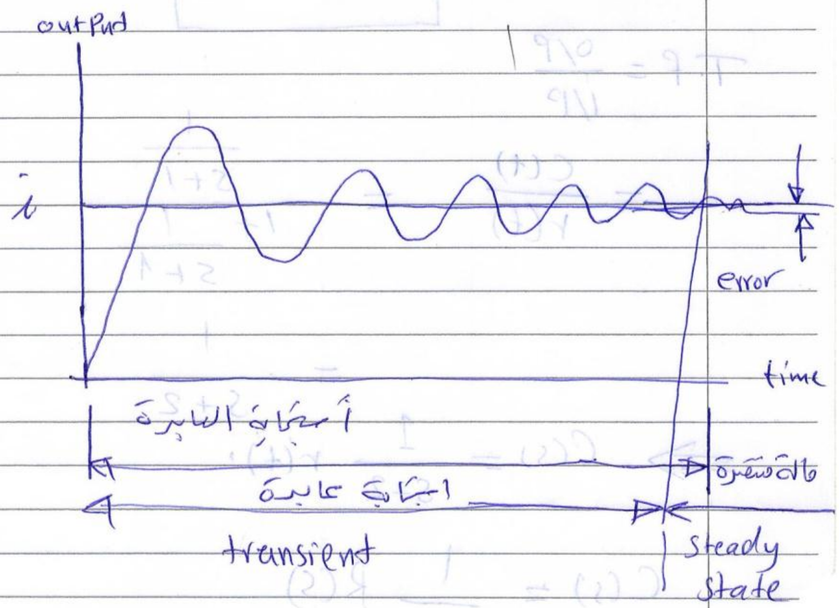
Gain

(17)

١٧ / ١١ / ٢٠١٠ محاضرة

Response الإستجابة





$$Response)_{total} = R.)_{transient} + R.)_{s.s}$$

(18)

18

$$R(S) = \text{Step} = \frac{1}{S}$$

$$C(S) = \frac{1}{S+2} * \frac{1}{S}$$

جذور مختلفة

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

$$= \frac{C_1}{S} + \frac{C_2}{S+2}$$

$$C_1 = \lim_{S \to 0} \frac{1}{\cancel{S}(S+2)} * \cancel{S} = \frac{1}{2}$$

$$C_2 = \lim_{S \to -2} \frac{1}{S(S+2)} (S+2) = -\frac{1}{2}$$

$$C_1 S + 2C_1 + C_2 S = 1$$

$$\frac{C_1(S+2) + C_2(S)}{S(S+2)} \qquad \boxed{C_1 = \frac{1}{2}}$$

$$\cancel{\frac{C}{S(S+2)}}$$

$$C_1 + C_2 = 0$$

$$\cancel{C_1(S+2) = 1 \Rightarrow C_1 = \frac{1}{(S+2)}}$$

$$\frac{1+2}{2} = \frac{3}{2}$$

$$C_1 = \frac{1}{2} \qquad \cancel{C_2 = \frac{1}{S}}$$

$$\boxed{2C_1 = 1} \qquad S \cdot \frac{1}{2} + 1 = 1$$

$$C_2 = \cancel{C_1 = \frac{1}{2}} \qquad C_1 S + 2C_1 = 1 \qquad S = 0 \qquad 1 - \frac{3}{2} = \frac{2-3}{2}$$

$$\frac{1}{2}S + 1 = 1 \qquad C_2 S = 1$$

19

homwork/ $F(s)=1$, $F(t)=e^{-t}$

$$y(s)=\frac{1}{(s+1)^2(s+2)}=\frac{C_1}{(s+1)^2}+\frac{C_2}{(s+1)}+\frac{C_3}{(s+2)}$$

$$C_1=\lim_{s\to -1}\frac{1}{\cancel{(s+1)^2}(s+2)}\cancel{(s+1)^2}=1$$

$$C_2=\lim_{s\to -1}\left(\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{\cancel{(s+1)^2}(s+2)}\cancel{(s+1)^2}\right.\right.$$

$$=\lim_{s\to -1}\left(\frac{d}{ds}\frac{1}{s+2}\right)=\lim_{s\to -1}\frac{-1}{(s+2)^2}=-1$$

$$C_3=\lim_{s\to -2}\frac{1}{(s+1)^2\cancel{(s+2)}}\cancel{(s+2)}=1$$

$C_1+C_2+C_3=1$

~~$C_2+2C_3=0$~~

$C_3=0$

$$\frac{1}{(s+1)}=\frac{A}{s+1}$$

C_1

$\cancel{C_1 s+C_1}+C_2 s+C_2+C_3(s^2+2s+1)$

C_1

$\cancel{C_1 s+C_1}+C_2 s+C_2+C_3 s^2+2C_3 s+C_3=1$

~~$C_1+C_2+C_3=1$~~ $\boxed{C_1+C_2=1}$ ⇒ ~~$C_1=1-C_2$~~

$C_1+C_2=1$

$C_1\cancel{s}+C_2+2C_3\cancel{s}=0$

$C_3=0$

٢٠

$$\alpha = \frac{\tan^{-1}\frac{0}{75}}{\tan^{-1}\frac{3}{\cancel{7}4}} = \frac{0}{36.9} = 0.36.9$$

قانون عندما
تكون بجذور مركبة

$$\boxed{y(t) = \frac{1}{b}\,|\,|\,e^{at}\sin(bt+\alpha)}$$

$$= \frac{1}{3}\cdot 15\,e^{-2t}\sin(3t-36.9)$$

$$\boxed{(s+6)\ \text{بقى}}$$

$$C_2 = \lim_{s\to -6} \frac{75}{(s^2+4s+13)(s+6)}(s+6) = 3$$

$$\frac{X(s)}{X(s)} = \frac{75}{(s^2+4s+13)(s+6)}$$ للتوضيح فقط /

$$S_{1,2} = \frac{-4\pm\sqrt{16-52}}{2} = -2\pm 3i \Leftrightarrow a+bj$$

$a=-2$, $b=+3$

$$y(t) = \frac{1}{b}\,|\,|\,e^{at}\sin(bt+\alpha)$$

$$y(t) = \frac{1}{3}*15*e^{-2t}\sin(3t-36.9)$$

[illegible] ٢١

Table of laplace Transforms

1- 1 $\quad\quad$ $1/s$

2- t^n $\quad\quad$ $n!/s^{n+1}$

3- e^{at} $\quad\quad$ $\dfrac{1}{s-a}$

4- t^p $\quad\quad$ $\Gamma(p+1)/s^{p+1}$

5- $\sin(at)$ $\quad\quad$ $\dfrac{a}{s^2+a^2}$

6- $\cos(at) = \dfrac{s}{s^2+a^2}$

7- $t\sin(at) = \dfrac{2as}{(s^2+a^2)^2}$

8- $t\cos(at) = \dfrac{s^2-a^2}{(s^2+a^2)^2}$

9 $e^{at}\sin(bt) = \dfrac{b}{(s-a)^2+b^2}$

10 $e^{at}\cos(bt) = \dfrac{s-a}{(s-a)^2+b^2}$

11- $t^n e^{at} = \dfrac{n!}{(s-a)^{n+1}}$

22

سيطرة واهتزازات

$$\frac{y(t)}{r(t)} = \frac{1}{D^2+12D+32} \qquad r(t)=32 \text{ step}$$

$$Y(s) = \frac{R(s)}{s^2+12s+32}$$

$$= \frac{32}{s(s^2+12s+32)}$$

$$= \frac{32}{s(s+4)(s+8)}$$

$$= \frac{C_1}{s} + \frac{C_2}{s+4} + \frac{C_3}{s+8}$$

$$C_1 = \lim_{s\to 0} \frac{1}{\cancel{s}(s+4)(s+8)} \times \cancel{s} = \frac{1}{32}$$

$$C_2 = \lim_{s\to -4} \frac{1}{s(s+4)(s+8)}(s+4) = -\frac{1}{16}$$

$$C_3 = \lim_{s\to -8} \frac{1}{s(s+4)(s+8)}(s+8) = 1$$

$$C_3 = \lim_{s \to -2} \left(\frac{d}{d(s)} \frac{1}{\cancel{(s+2)}(s+1)} * \cancel{(s+2)} \right)$$

$$= \left(\frac{d}{ds} \frac{1}{(s+1)} \right) = -2$$

$$\frac{-1}{(s+1)^2}$$

Ex3/ $y(s) = \dfrac{3}{s(s^2+2s+5)}$

$$s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$\Rightarrow s_{1,2} = -1 \pm 2i$

$$\boxed{s_1 = -1 + 2i}$$

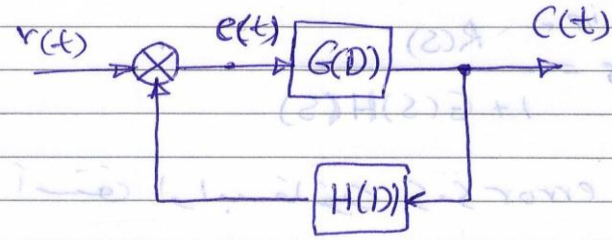
$$\lim_{s \to -1+2i} \frac{3}{s\cancel{(s^2+2s+5)}} * \cancel{(s^2+2s+5)}$$

$$y(t) = \frac{1}{b} |\ | e^{at} \sin(at + \alpha)$$

$$G = y(t) = \frac{1}{2} e^{-t} * 1.34 * \sin(-t + 64$$

24

error



Steady steate error

الاشتقاق مطلوب لازم

$$e(t) = r(t) - c(t)H(D)$$

$$\because \quad c(t) = e(t)G(D)$$

$$\therefore \quad e(t) = r(t) - e(t)G(D)H(D)$$

$$e(t)\left[1 + G(D)H(D)\right] = r(t)$$

$$\therefore \quad \boxed{e(t) = \frac{r(t)}{1 + G(D)H(D)}}$$

$\boxed{t = \infty \;,\; s = 0 \qquad \text{شروط } s.s}$

* For Parab:

$$E_{s.s}(S) = \lim_{s \to 0} \cancel{s} \cdot \frac{1}{s^{\cancel{3}}}$$

$$= \frac{1}{1+G(S)H(S)}$$

$$\lim_{s \to 0} \frac{1}{S^2 + S^2 G(S) H(S)}$$

error steady state law's

$$\boxed{E_{s.s} = \lim_{s \to 0} \frac{1}{1+G(S)H(S)} \quad \text{for Step}}$$

$$\boxed{E_{s.s} = \lim_{s \to 0} \frac{1}{S(1+G(s)H(s))} \quad \text{for ramp}}$$

$$\boxed{E_{s.s} = \lim_{s \to 0} \frac{1}{S^2(1+G(s)H(s))}}$$

محاضرة ١/١٢/٢٠١٣ م مسودة (26)

For Step $E_{s.s} = \dfrac{1}{1+\lim\limits_{s\to 0} G(s)H(s)}$ $\quad \dfrac{\lim 1}{\lim 1 + \lim\limits_{s\to 0} G(s)H(s)}$

$= \dfrac{1}{1+K_p}$

K_p = ثابت خطأ الموقع (Postioanl Constant error)

For ramp $E_{s.s} = \dfrac{1}{\lim\limits_{s\to 0} s\, G(s)H(s)}$

$\dfrac{\lim\limits_{s\to 0} 1}{\lim\limits_{s\to 0} s + s \lim\limits_{s\to 0} s\, G(s)H(s)}$ $= \dfrac{1}{K_v}$ → Velocity Constant error

For Parab. $E_{s.s} = \dfrac{1}{\lim s^2 G(s)H(s)}$

$= \dfrac{1}{K_a}$ → acceleration Constant error

$\dfrac{\lim\limits_{s\to 0} 1}{\lim\limits_{s\to 0} s^2 + \lim\limits_{s\to 0} s^2 G(s)H(s)}$

(F.S)

(27)

Q) a- Find The T.F for the unity Feed back System which has a steady state error equal to (3/2), when the input is ramp

b- The closed loop characteristics equation as show. Determine the Steady State gain

$$1+\frac{K}{(0.05S+1)(S+1)(1/4\,S+1)}=0$$

Solution/

$H = 1$

* لا يوجد رسم للمنظومة للدالة
كيف نستخرج من منطوق
الكلام (سؤال) حيث
نلاحظ كذلك / G(s)
لا توجد للدالة نأخذها
بدلالة K_v

$\therefore E_{s.s}=\frac{1}{K_v}$ for ramp

$t=\infty$

$s=0$

$\because E_{s.s}=\frac{3}{2} \Rightarrow \therefore K_v=\frac{2}{3}$

$\therefore K_v=\lim\limits_{S\to 0} S\,GH$

$\because H=1$

$\therefore K_v=\lim\limits_{S\to 0} S\,G=\frac{2}{3} \Rightarrow \boxed{G=\frac{2}{3S}}$

$\cancel{\lim\limits_{s\to 0} \ldots \lim\limits_{s\to 0} \ldots}=\frac{2}{3}$

$\Rightarrow G$

(85) 28

Q) $(D^2 + 3D + 2)\, c(t) = 2\, r(t)$

Find

① response step
② // ramp
③ // Parb
④ $E_{s.s}$ step
⑤ // ramp
⑥ // parb.

$\Rightarrow$ $\boxed{\text{unity feedback}}$

$$c(t) = \frac{2\, r(t)}{(s+2)(s+1)} \Rightarrow C(s) = \frac{2\, R(s)}{(s+2)(s+1)}$$

$$C(s) = \frac{2}{s(s+2)(s+1)}$$

$$C(s) = \frac{2}{s(s+2)(s+1)}$$

$$C(s) = \frac{C_1}{s} + \frac{C_2}{(s+2)} + \frac{C_3}{(s+1)}$$

$$C_1 = \lim_{s \to 0} \frac{2}{\cancel{s}(s+2)(s+1)} \times \cancel{s} = 1$$

(٢٥)

29

$$C(S) = \frac{1}{S^2} - \frac{2}{4(S+2)} + \frac{2}{(S+1)} \rightarrow C(t) = t - \frac{1}{2}e^{-2t} + 2e^{-t}$$

داخيب / اكل 4, 5, 6 for parab. $1/S^3$

$C(S) = \frac{C_1}{S^3} + \frac{C_2}{\ldots}$

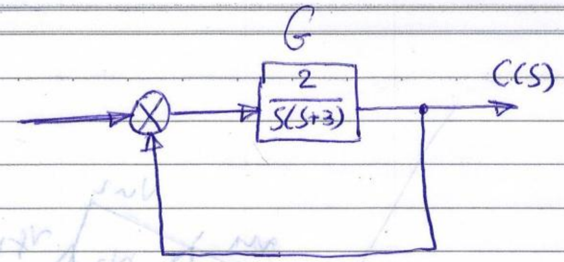
④ $E_{s.s}$ for Step

$$E_{ss} = \frac{1}{1 + G(S)H(S)}$$

$$\frac{1}{(S+1)(S+2) + 3}$$ → ضاكف ن ق

30

Q)



error

$E_{s.s}$ for Step
// ramp
// Parb.

for step $= \frac{1}{s}$

$$E_{s.s} = \frac{1}{1 + \lim \frac{2}{s(s+3)}} \Rightarrow \boxed{K_p = \infty}$$

$$K_v = \lim_{s \to \infty} S * G(H)$$

$$K_v = \lim_{s \to 0} \frac{2S}{S(S+3)} \Rightarrow K_v = \frac{2}{3}$$

$$K_A = \lim_{s \to 0} S^2 G(H)$$

$$K_A = \lim_{s \to 0} \frac{2S^2}{S(S+3)}$$

$$K_A = 0$$

damped Single degree. فرضنا س

محاضرة بتاريخ ٩/١٢/٢٠١٢

27

Vibration

أي معادلة من الدرجة الثانية لها زوج من الجذور
نفرض أن هذا الزوج مركب

$m\ddot{x} + c\dot{x} +$

$$S_1 = a + bj$$

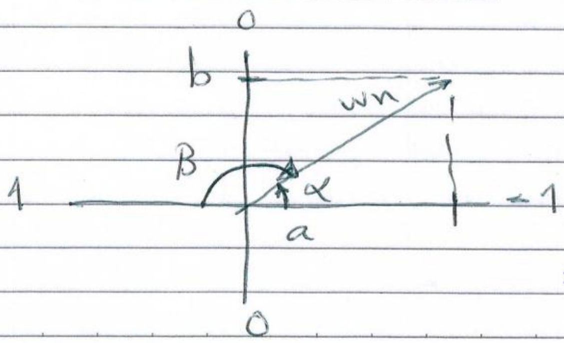
$$S_2 = a - bj$$

$$[\,s - (a+bj)\,][\,s - (a-bj)\,]$$

$$(s - a - bj)(s - a + bj)$$

$$s^2 - as + \cancel{bjs} - as + a^2 - \cancel{abj} - \cancel{bjs} + \cancel{abj} - b^2 j^2 = 0$$

$$\boxed{S^2 - 2as + a^2 + b^2 = 0} \quad \text{--- } (*)$$



$$\omega_n^2 = a^2 + b^2$$

$$\cos\beta = \frac{a}{\omega_n}$$

$$\Rightarrow a = \cos\beta\, \omega_n$$

$\beta = (\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1})\omega$

32

C : معامل التخميد $\Rightarrow m\ddot{x} + c\dot{x} + x = 0$

$S^2 - 2aS + a^2 + b^2 = 0$ ---- (*)

$S^2 + (2W_n \cos\beta) S + W_n^2 = 0$

نستطيع ان نجد $\beta = 0$ فان التخميد يعادل ζ معامل التخميد C

$S^2 + \boxed{(2W_n \cos\beta)} S + W_n^2 = 0$

$S^2 + (2W_n) S + W_n = 0$

$\theta = \omega t = 0$

$\therefore C = 2W_n \cos\beta$ معامل التخميد الواقعي

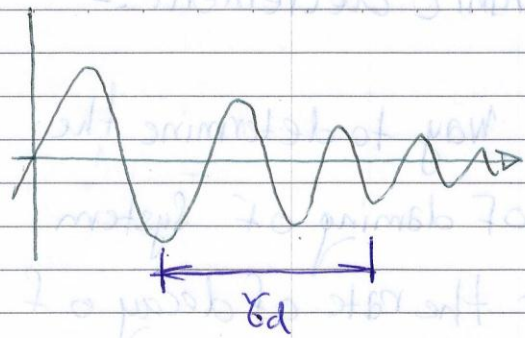
$C_c = 2W_n$ معامل التخميد الحرج

$\therefore \zeta = \frac{C}{C_c} = \frac{2W_n \cos\beta}{2W_n} = \cos\beta$

نسبة التخميد

حالات يرجع الى حاصية الاهتزازات

السابقة . حالات ζ



Case II

$\zeta = 1$

$$\frac{C_c}{2m} = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow C_c = 2\sqrt{\frac{k}{\cancel{m}}}\cdot m^{\cancel{2}} = 2\sqrt{km}$$

or C

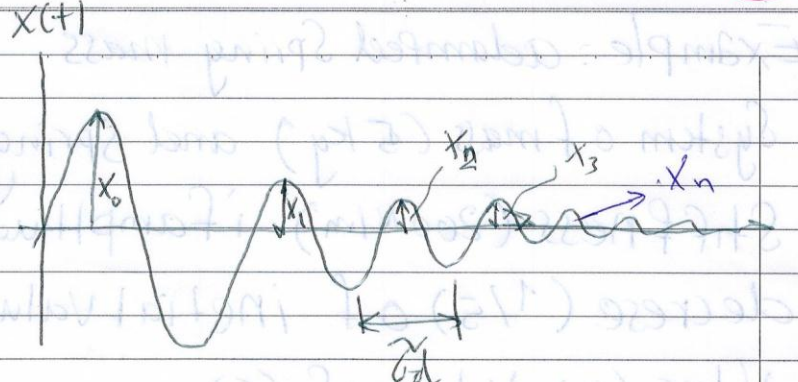
$$c = C_c = 2mW_n \quad \text{or} \quad C_c = 2\sqrt{km}$$

$$\boxed{x(t) = C_1 e^{-W_n t} + C_2 e^{-W_n t}}$$

$\zeta > 1$ overdampaing

$$x(t) = e^{-\zeta w_n t}\left[A_1 e^{w_n\sqrt{\zeta^2-1}\,t} + A_2 e^{-w_n\sqrt{\zeta^2-1}\,t}\right]$$

$$A_1 e^{w_d t} + A_2 e^{w_d t}$$



the ratio between two peak

$$\frac{x(t_1)}{x(t_1+\tau_d)} = \frac{e^{-\zeta\omega_n t_1}}{e^{-\zeta\omega_n (t_1+\tau_d)}} = e^{\zeta\omega_n \tau_d}$$

Take ln

$$\delta = \ln\frac{x(t_1)}{x(t_1+\tau_d)} = \zeta\omega_n \tau_d$$

Then $\delta = \dfrac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}$

Which is called the logartmic decrement

$$\delta = \frac{1}{n}\ln\frac{X_0}{X_n}$$

where n is the number the number of oscillation cycle between any two peaks.

35

Solution/ $x_5 = \frac{1}{5} x_1$

$$\frac{x_1}{x_5} = \frac{x_1}{\cancel{x_2}} * \frac{\cancel{x_2}}{\cancel{x_3}} * \frac{\cancel{x_3}}{\cancel{x_4}} * \frac{\cancel{x_4}}{x_5}$$

$$\ln \frac{x_1}{x_5} = \frac{1}{\frac{1}{5}} = 5$$

$$\delta = \ln \frac{x_1}{x_5}$$

(C)

$$\delta = \frac{1}{4} \ln 5 = 0.4$$

$$\frac{0.16}{2\pi} = \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$\delta = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \Rightarrow \zeta = 0.063$$

$$(0.0254)^2 = \frac{\zeta^2}{1-\zeta^2}$$

$$\boxed{\delta \approx 2\pi\zeta}$$

$$1 - \zeta^2 = 1540.56\zeta^2$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}} \quad , k = 200 \quad m = 5\,kg$$

$c = \cancel{3.99}$

$$\frac{c}{2m} = \frac{c}{c_c} \cdot \frac{c_c}{2m} = \zeta\omega$$

$$c = 2m\zeta\omega = 2m\zeta\sqrt{\frac{k}{m}}$$

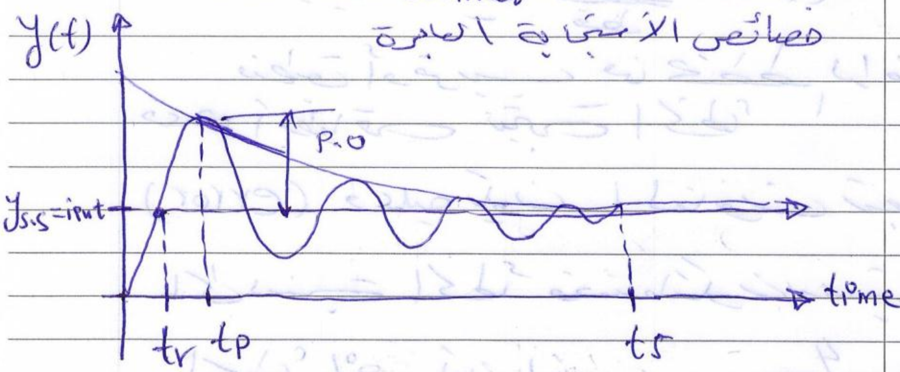
$$\boxed{c = 2\zeta\sqrt{km}}$$

(أ و)

15/12/2018 بتاريخ محاضرة 8

Control

خصائص الاستجابة العابرة



$s^2+2as+a^2+b^2=0$

$\boxed{s^2+2\zeta\omega_n+\omega_n^2=0}$ من المعادلة السابقة

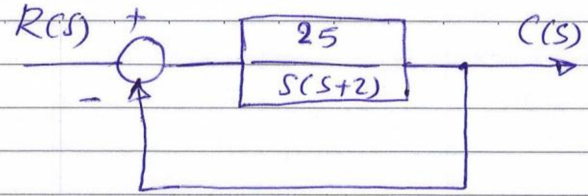
t_r : زمن الصعود أو الارتقاء
او التقاطع بين منحنى الخارج (o/p)
وبين خط الداخل (i/p)

$$t_r=\frac{1}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$$

$t_p =$ زمن اعلى نقطة
في خط الخارج o/p

$$t_s=\frac{4}{\zeta\omega_n}$$

Ex: Find ζ



$$T.F = \frac{\frac{25}{S(S+2)}}{1+\frac{25}{S(S+2)}} = \frac{25}{S^2+2S+25}$$

مقارنة مع المعادلة القياسية

$S^2+2S+25$ أقارن البسط مع معادلة القياسية

$S^2+2\zeta\omega_n+\omega_n^2=0$

$\omega_n^2=25 \Rightarrow \omega_n=5$

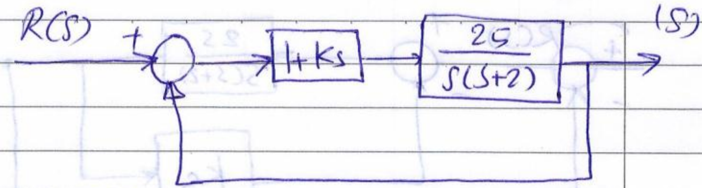
$2=2\zeta\omega_n \Longrightarrow \zeta=\frac{1}{5}$

الباقي واجب !

جد قيمة K عندما تكون $\zeta = 0.5$

38

Ex2)



$$T.F = \frac{\frac{25(1+Ks)}{S(S+2)}}{1+\frac{25(1+Ks)}{S(S+2)}} = \frac{25+25Ks}{S^2+2S+25+25Ks}$$

$$= \frac{25+25Ks}{S^2+S(2+25k)+25}$$

$$\omega_n^2 = 25 \Rightarrow \omega_n = 5$$

$$(2+25k) = 2\zeta\omega_n \qquad \zeta = 0.5$$

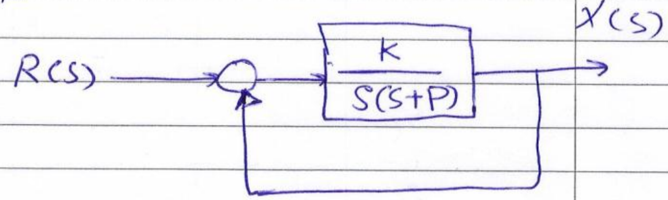
$$\Rightarrow k =$$

Ex)

39

%2 $t_s \leq 4$ sec , $P.O. \leq 4.3\%$

Find P, K



$$T.F = \frac{K}{S^2 + PS + K}$$

$$S^2 + 2\xi W_n + W_n^2 = 0$$

$$W_n = \sqrt{K}$$

$$P = 2\xi W_n$$

$$\xi = \frac{P}{2\sqrt{K}}$$

الأجود

$$\xi \geq \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$P = 2$$

$$K = 2$$

$$t_s = \frac{4}{\xi W_n} \quad \%2$$

أستاذ جمهور - المرحلة الثالثة / كهروميكانيك

(ذات) المعرفة والاعتراضات

Control and Vibration

كورس ثاني

محاضرة بتاريخ
٢٠١٤/٢/٢

40

Control

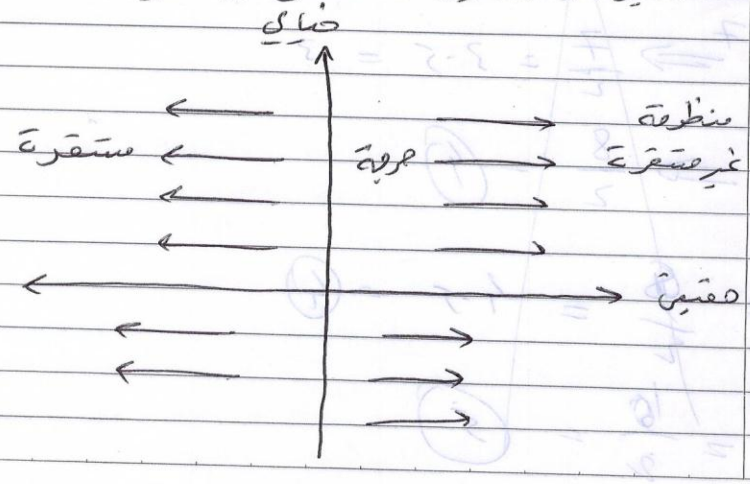
The Routh Criterion Stability

معيار روث للاستقرارية

في هذه الطريقة يتم التعرف على استقرارية المنظومات من خلال ترتيب المعادلة المميزة لتشكل مصفوفة ويتم فحص اول عمود من هذه المصفوفة فاذا كان غير متغير الاشارة فإن المنظومة مستقرة أما اذا كان هنالك تغير واحد على الأقل في اشارة أحد عناصر العمود الأول للمصفوفة فإن المنظومة غير مستقرة بمعنى آخر وجود جذور للمنظومة على يمين المحور الخيالي

* ملاحظة: عدد الجذور على يمين المحور سيساوي عدد تغير الاشارة للعناصر اول عمود من المصفوفة.

Ex/



(٤٣) (41)

Ex/ $\Delta(S)\ \ S^3+S^2+2S+24$

فردي ←	S^3	1	2	0	
زوجي ←	S^2	1	24	0	+
~~فردي~~	S^1	-22	0	0	−
	S^0	24	0	0	+

حيث نلاحظ تغير الاشارة ٢ لذلك المنظومة غير مستقرة

$$\frac{(1*24)-(1*2)}{1}$$

يجب ان تكون عدم تغير الاشارة حتى تبقى المنظومة مستقرة

Ex) جد قيمة K التي تجعل المنظومة مستقرة

$\Delta(S) = S^3+2S^2+4S+K$

S^3	1	4	0
S^2	2	K	0
S^1	$\frac{8-K}{2}$	0	0
S^0	K	0	0

K?

$$\frac{\cancel{\left(\frac{8-K}{2}\right)}K}{\cancel{\left(\frac{8-K}{2}\right)}} = K$$

تعتبر بالموجبة ان قيمة K

(S 14)

42

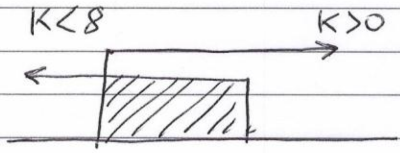
① $K > 0$

② $\frac{8-K}{2} > 0$

$8 - K > 0$

$-K > -8$

$K < 8$



$0 < K < 8$

Ex) $S^5 + 2S^4 + 4S^3 + 8S^2 + 10S + 6 = 0$

S^5	1	4	10	0
S^4	2	8	6	0
S^3	$\cancel{0}\ e$	7	0	
S^2	$\frac{8e-14}{e}$	6	0	
S^1	7	0		
S^0	6	0		

$\frac{8e-14}{e} = -\frac{14}{e}$

توضيح

$e =$ قيمة قليلة جداً مقاربة من الصفر

$\frac{8e}{e} - \frac{14}{e} = 8 - \frac{14}{e}$

$\frac{14}{e}$ يهمل لمقارنة

* في حالة كون أحد العناصر صفر تتم معالجته كالاتي :-
نجعل العنصر يساوي e قيمة قليلة جداً جداً
أشارتها سوف تحدد عن التي قبلها فاذا كان عنصر
التي قبلها موجب سوف تكون موجب وكذا الشيء بالنسبة
للسالبة

$$S^6+6S^5+10S^4+12S^3+13S^2-18S-24=0$$

S^6	1	10	13	−24	0
S^5	6	12	−18	0	
S^4	8	16	−24	0	
S^3	$\cancel{0}$ 32	$\cancel{0}$ 32	0		

وأما الباقي كلها صفارة ـ

* في حالة ظهور صف صفري وتتم معالجته كالآتي
إيجاد المعادلة المساعدة ويتم إيجادها من الصف
الذي يسبق الصف الصفري

• the auxiliary equation is always an even order.

من S^4 نوجد معادلة المساعدة

$$8S^4+16S^2-24=0 \qquad \div 8$$

$$S^4+2S^2-3=0$$

$$S^2+6S+8$$

$$S^4+2S^2-3 \,\big)\, S^6+6S^5+10S^4+13S^2-18S-24$$

$$\mp S^6 \mp 2S^4 \pm 3S^2$$

$$6S^5+8S^4+12S^3+16S^2-18S-24$$

$$-6S^5 \mp 12S^3 \pm 18S$$

$$8S^4+16S^2-24$$

$$\mp 8S^4 \mp 16S^2 \pm 24$$

(تتمة)

44

$(S^2+6S+8)(S^4+2S^2-3)=0$

S^2+6S+8

$(S+4)(S+2) \Rightarrow S_1=-4, S_2=-2$

$S^4+2S^2-3=0$

$(S^2-1)(S^2+3)=0 \Rightarrow (S^2-1)=(S-1)(S+1)$

$S_3=1$

$S_4=-1$

$(S^2+3) \Rightarrow S_{5,6}=\pm\sqrt{3}\, i$

منظومة غير مستقرة .

$\frac{d\Delta(S)}{dS}=32S^3+32S$

ونعوضها بصف الصفري

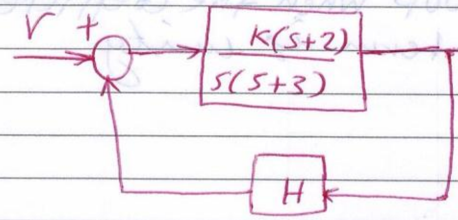
٢٠١٤/٢/٩

45

سيطرة / المحاضرة الثانية

Controle (Root locus)

المقصود به تقنية تحديد مسار جذر مصدر المعادلة المميزة



① T.f =

$$\frac{K(S+2)}{S(S+3)+H\,K(S+2)}$$

أستخرج (T.f) الدالة

H unity feed back

② $\underbrace{S(S+3)}_{K \text{ بدون}}+\underbrace{K(S+2)}_{K \text{ مع}}=0$

③ Zero الأصفار

من الجزء الذي يحتوي على K ⊙

$K(S+2) \Rightarrow S=-2$

عدد الأصفار $m=1$ (~~الأقطاب~~) الأصفار من الجزء الذي يحتوي على K

قيمة واحدة فقط

④ Poles الأقطاب من الجزء الذي لا يحتوي على K

$S(S+3)$ من الجزء الذي لا يحتوي على K و $S=0$, $S=-3$

عدد الأقطاب $n=2$

(5) Asymptot المحاذيات

عدد المحاذيات = عدد الاقطاب − عدد الاصفار

عدد المحاذيات Asymptot $= n - m$ عدد الاقطاب − عدد الاصفار

$= 2 - 1$

$= 1$

المحاذي له ان يكون له زاوية ونقطة التقاء وعدد

(6) breaking for Asymptot

نقطة التقاء المحاذيات

$$\text{breaking} = \frac{\sum \text{Poles} - \sum \text{Zero}}{n - m}$$

$$= \frac{0 - 3 - (-2)}{1} = -1$$

(7) angles of Asymptot

زاوية انفتاح المحاذي

$$\measuredangle = \frac{(1 - 2i)\pi}{n - m}$$

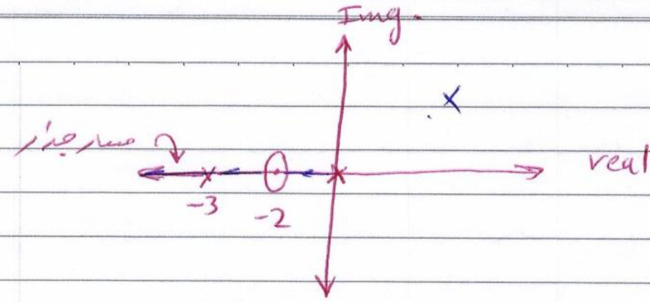
$\because$ محاذي واحد فإذن زاوية واحدة.

$i = 0, 1, 2, \ldots$

وللتأكد نأخذ قيمة أخرى

$\measuredangle$	i
π	0

47



8) check on real

فحص وجود المسار على المحور الحقيقي

$$\sum \measuredangle P - \sum \measuredangle Z = \text{odd } [\pi, 3\pi, 5\pi, \dots]$$
$$\text{even } [0, 2\pi, 4\pi, \dots]$$

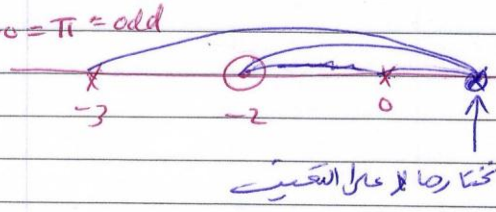
$(0+0)-(0)=0$

$(0+\pi)-(0)=\pi$

إذا طلعت نتيجة كانت odd اكو

even ماكو " " " "

$\pi - 0 = \pi = \text{odd}$



توصل بزوايا

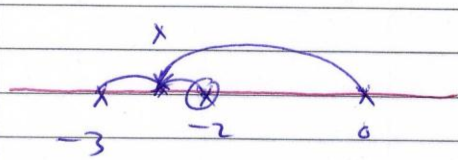
فقط وصفر

عند العوض

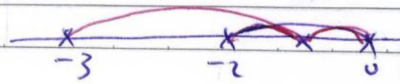
$\measuredangle P - = 0$

لحين ~~...~~ even

ماكو (x)



$\pi - \pi = 0$ even



$\pi - 0 = \pi$ odd

(3P)

48

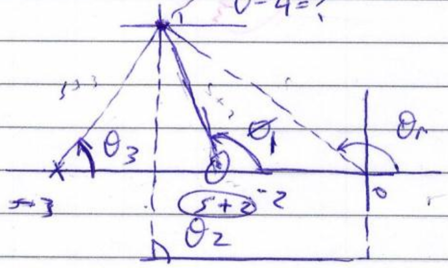
Root locus

(9) Check on plane

a+bj

$$\sum \measuredangle P - \sum \measuredangle Z = \pi$$

$\theta = 4 = ?$



b) breaking path

$$s(s+3) + k(s+2) = 0$$

$$k = \frac{-s(s+3)}{s+2} = \frac{-(s^2+3s)}{s+2}$$

$$\frac{dk}{ds} = \frac{(s+2)(2s+3) - s(s+3)(1)}{(s+2)^2}$$

$\frac{dk}{ds} = 0$
$s = \angle$

Ex/ take that poles $(-3, -1 \pm j)$ and Zeros (-2) plot the root locus?

Poles $(-3, -1 \pm j)$

(49)

$n = 3$

Zeros (-2) عدد الاصفار = (-2)

$m = 1$

no. of Asym $= 3 - 1 = 2$

$$\text{breaking} = \frac{\Sigma \text{pole} - \Sigma \text{zero}}{n-m} = \frac{-3+(-1+j)+(-1-j)+2}{2}$$

$$= -1.5$$ نقطة التقاطع

محاذي

$$= \frac{(1-2i)\pi}{n-m}$$

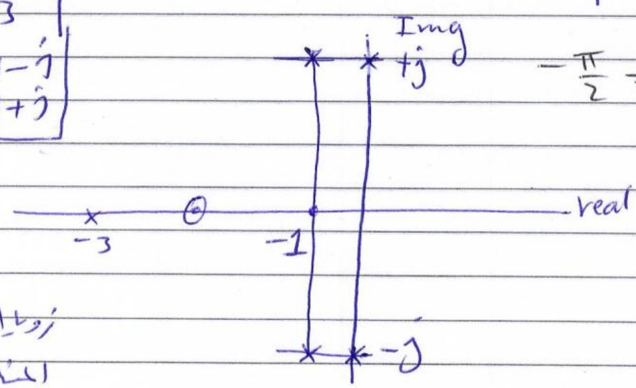
$$= \frac{(1-2\times 0)\pi}{2} = \frac{\pi}{2}$$

ϕ	i
$\pi/2$	0
$3\pi/2$	1

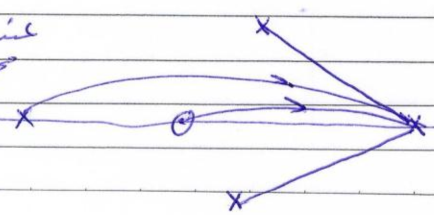
$-\frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{2}$

الاقطاب

$$\boxed{\begin{array}{c} -3 \\ -1-j \\ -1+j \end{array}}$$



زوايا الاقطاب المناظرة دائما عند فحصها على محور الحقيقي يكون مجموعها
2π

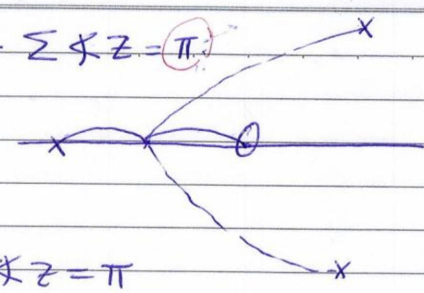


no found

لا يوجد مسار لأن الناتج
2π

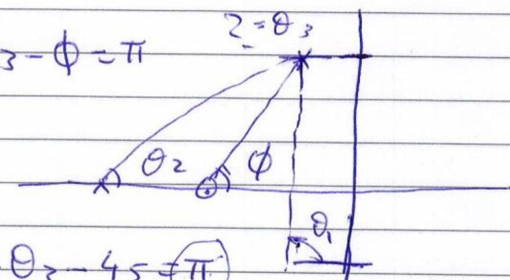
$(0+2\pi)-\pi=\pi$ odd

$\sum\angle P-\sum\angle Z=\pi$

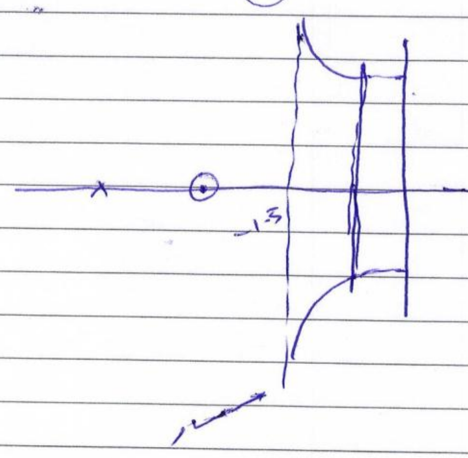


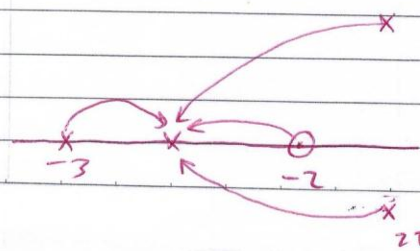
$\sum\angle P-\sum\angle Z=\pi$

$\theta_1+\theta_2+\theta_3-\phi=\pi$



$\theta_0+\tan^{-1}\frac{1}{2}+\theta_3-45=\pi$





$\sum\angle P-\sum\angle Z$

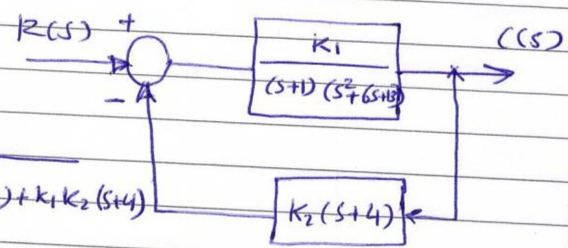
$=(0+2\pi)-\pi=\pi$ odd

(12)

51

Control 2014/2/16
Sunday

Ex/ Find the (Root) locus of the System.



$$T.f = \frac{K_1}{(S+1)(S^2+6S+13)+K_1K_2(S+4)}$$

نأخذ مقام دالة الأنتقال .

Suppose $\boxed{K_1K_2=K}$

$S_1=-1$

$S_2=-3+2j \quad , \quad S_3=-3-2j$

عدد الأقطاب = $n=3$

$S=-4 \quad , \quad m=1$

علماً أن كل قطب يبحث عن الصفر حاضر للسؤال
عدد الأقطاب ثلاثة وعدد الأصفار واحد
وعليه فإن قطبين ليس لهم أصفار
أي بمعنى أن أصفارهم غير ظاهرة (موجودة
في ∞)

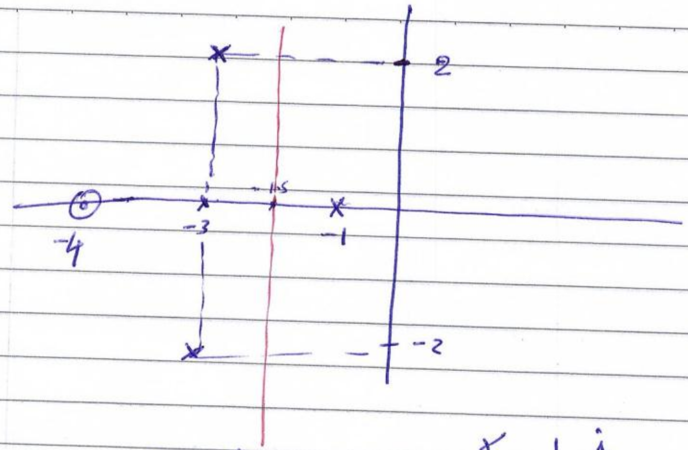
number of symptot $= n-m = 3-1 = 2$

$$\text{break away} = \frac{\sum P - \sum Z}{n-m}$$

$$= \frac{-1(-3+2j)+(-3-2j)-(-4)}{2}$$

$= -1.5$

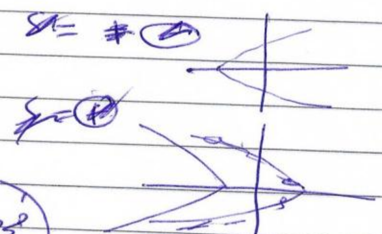
(52)



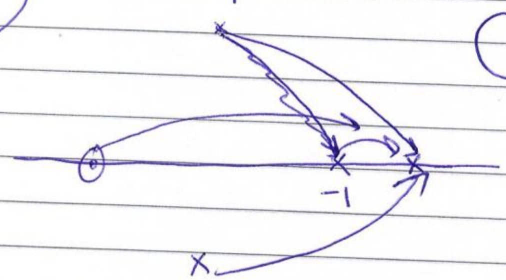
$$\measuredangle = \frac{(1-2i)\pi}{n-m}$$

$\measuredangle$	i
$\frac{\pi}{2}$	0
$-\frac{\pi}{2}$	1

$\frac{ds}{dk} \Rightarrow s = \ldots$



عكس مسار
نفس اتجاه الزوايا



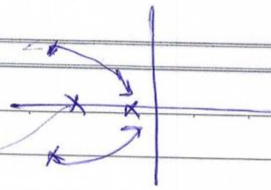
$$\sum \measuredangle P - \sum \measuredangle Z = \boxed{\begin{matrix}\text{odd}\\ \text{even}\end{matrix}}$$

53

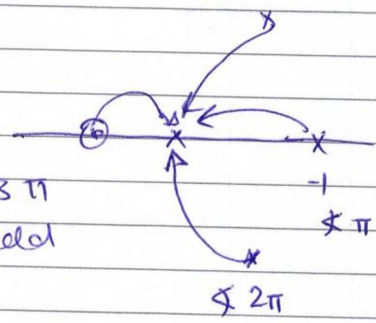
دائرة زوايا مجموع 2π

زوايا

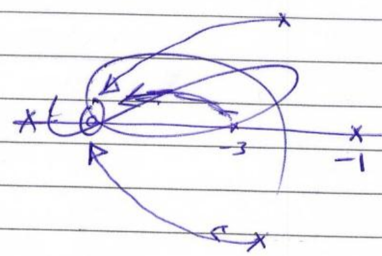
نقطة التقاطع متكافئ



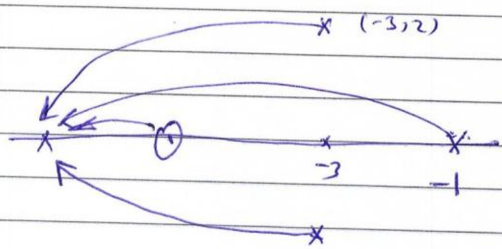
2



$(2\pi+\pi)-(0)=3\pi$ odd



3



$(\pi+2\pi)-\pi=2\pi$ even

لا يوجد مسار

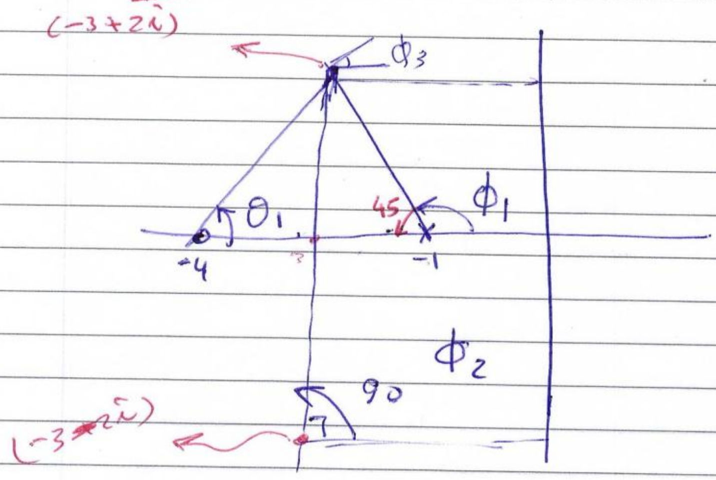
يعني ما نضمها بالمسار

54

$$\boxed{\sum \measuredangle P - \sum \measuredangle Z = \pi}$$ / الاعتبار الجيبي

θ → الاقطاب

ϕ → zero



$\cancel{\phi_4} = \tan^{-1} \frac{2}{2}$

$= \cancel{\ }$

ϕ_3 : نحن نريد [illegible] ϕ_3

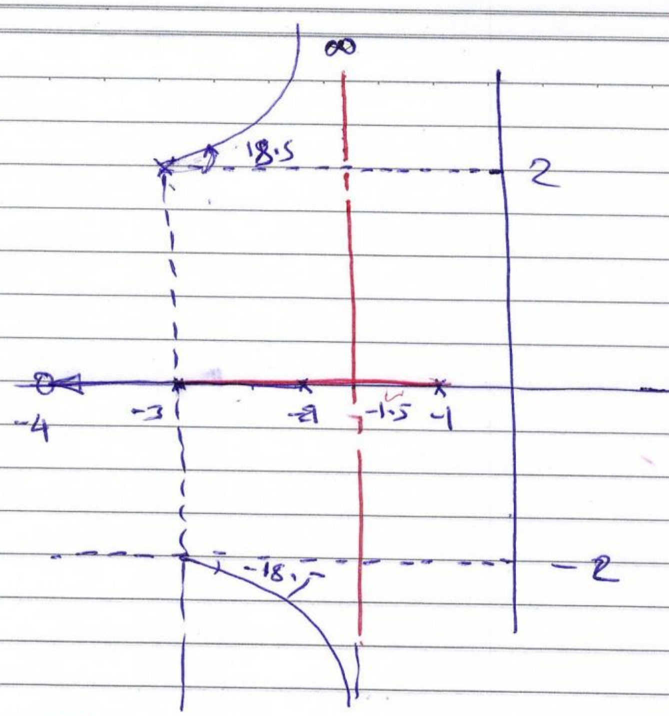
$\theta_1 = 63.5^\circ$

$\phi_1 = -45 + 180 = 135$

$135 + 90 + \phi_3 - 63.5 = 180$

$$\boxed{\phi_3 = 18.5^\circ}$$

(٥٥)



(shift)

Routh crir - tutorail

سنة اللي قبلها نجد (s+2)   (أو نعطيك shift)

$S(S^2+8S+a)+4(S+8)$

$\boxed{\text{Staibilty}}$

$S^3+8S^2+aS+4S+32$

$S^3+8S^2+(4+a)S+32$

hint
$a>0$
since stability

S^3	1	$4+a$	0
S^2	8	32	0
S^1	a	0	
S^0			

(٥٤) 56

Vibration 14/2/23

Multi-Degree of Freedom vibrations

الاهتزازات الحرة لنظام متعدد درجات الحرية

a- Free ✓
b- Froced

* Free Vibration for multi-d.o.f. System
for this System we need -

1- Two Cordinates to repesint motion
$F=0 \Rightarrow$ تختفي القوة
التعجيل صفر $(a=0)$

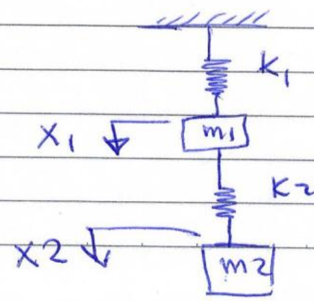
2- Two equations of motion formed each on both coordinates

3- two slution eq.

4- Two frequncy the system will have

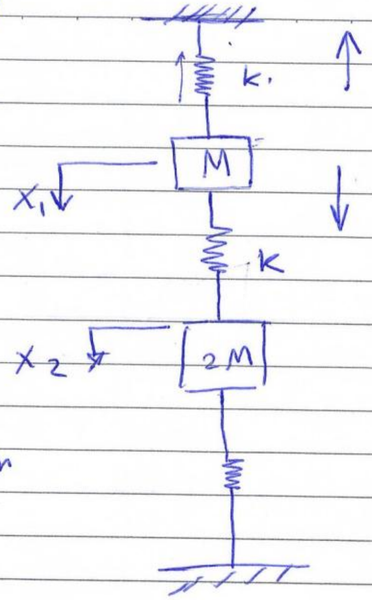
5- Two response ratio are obtained.

Ex1/

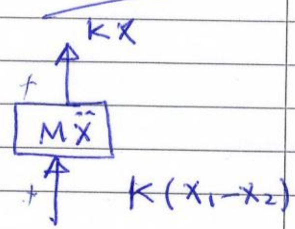


(F2)

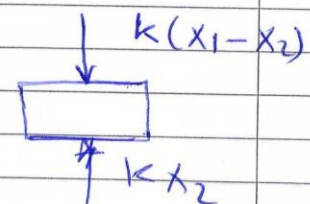
Ex2/



Solution



نفرض أن كتلة حركتها معاكسة عن الاتجاه .



Newton 2nd low $\sum F = ma$

$$M\ddot{X}_1 + 2kX_1 - kX_2 = 0 \quad ---- (1)$$

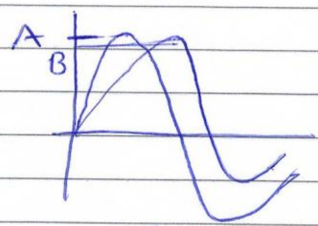
$$2M\ddot{X}_2 = -kX_2 + k(X_1 - X_2)$$

$$2M\ddot{X}_2 + 2kX_2 - kX_1 = 0 \quad --- (2)$$

$X_1 = A \sin \omega t$ or $A e^{i\omega t}$

$X_2 = B \sin \omega t$ or $B e^{i\omega t}$

A & B = Amplitude of motion of mass



$\ddot{X}_1 = -\omega^2 A e^{i\omega t} \Rightarrow$ or $\ddot{X}_1 = -\omega^2 A \sin \omega t$

$\ddot{X}_2 = -\omega^2 B e^{i\omega t} \Rightarrow$ or $\ddot{X}_2 = -\omega^2 B \sin \omega t$

$[(2k - M\omega^2)A - Bk]\cancel{e^{i\omega t}} = 0$ --- (5)

بعد التعويض في معادلة رقم ~~واحد~~ (1)

$[(2k - 2M\omega^2)B - Ak]\cancel{e^{i\omega t}} = 0$ --- (6)

from eq. (5)

$\frac{A}{B} = \frac{k}{(2k - M\omega^2)}$ ---- (7)

from (6)

$\frac{A}{B} = 2k - 2M\omega^2 / k$ --- (8)

59

يوجد طريقتين لحل معادلة رقم (7) و (6)
ومن ضمنها المصفوفة

$$\begin{bmatrix} 2k - Mw^2 & -k \\ k & 2k - 2Mw^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

طريقة المحددات 8

$(eq.7 = 8)$

طريقة ثانية → حل المعادلة

$$\frac{k}{2k - M\omega^2} = \frac{2k - 2Mw^2}{k}$$

$$k^2 = 4k^2 - 2mk\omega^2 - 4mkw^2 + 2m^2\omega^4$$

$$2m^2\omega^4 - 4mkw^2 - 2mkw^2 + 4k^2 - k^2 = 0$$

$$2M^2\omega^4 - 6kM\omega^2 + 3k^2 = 0$$

$$\omega^4 - \frac{3}{M}k\omega^2 + \frac{3k^2}{2M^2} = 0$$

معادلة تحل بالدستور

$$\omega_1^2, \omega_2^2 = \frac{+3k}{2M} \mp \frac{1}{2}\sqrt{\frac{9k^2}{M^2} - \frac{4*3k^2}{2M^2}}$$

$$\omega_1^2 = \frac{3}{2}\frac{k}{M} - \frac{(1.732)\,k}{M}$$

$$= 1.5\frac{k}{m} - 0.866\frac{k}{M}$$

السالب

$$\omega_1 = 0.79\sqrt{\frac{k}{m}}$$

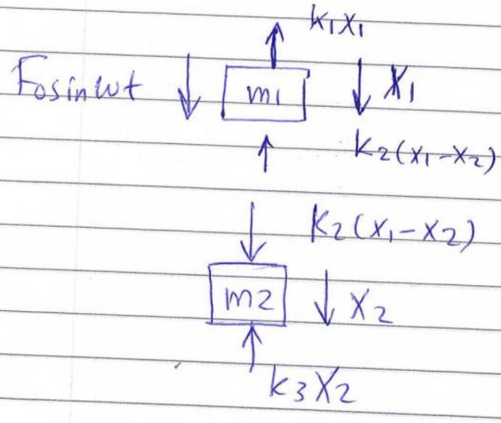
$$\omega_2 = \cancel{1.5}\ \frac{3}{2}\cdot\frac{k}{M} + 0.866\frac{k}{m}$$

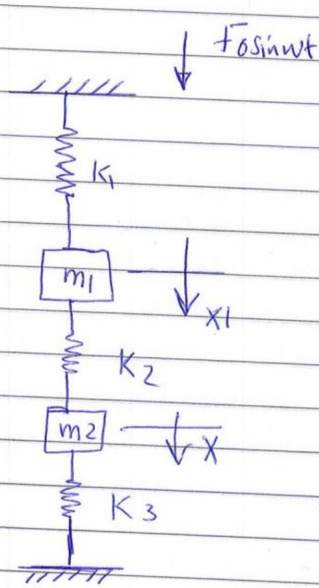
$$\omega_2 = 1.538\sqrt{\frac{k}{m}}$$ نعوضها بالسالب

$$\frac{A}{B} = \left(\frac{k}{2k - M\omega_1^2}\right)$$

Vibration 2014 / 3 / 1 61

Forced Vibration





* في حالة وجود (K_1 & K_2 & K_3) تحل بالمصفوفة
* في بعض المصادر

$$X_1 = A$$

$$X_2 = B$$

$$\sum f_1 = m_1 \ddot{X}$$

$$-k_1 X_1 - k_2 (X_1 - X_2) - m_1 \ddot{X}_1 = F_0 \sin\omega t \quad \text{---} \quad (1)$$

$$\sum F_2 = m_2 \ddot{X}_2$$

62

$$\sum F_2 = m_2 \ddot{x}_2$$

$$k_2(x_1 - x_2) - k_3 x_2 = m_2 \ddot{x}_2 \quad --- (2)$$

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2+k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_0 \\ 0 \end{bmatrix} \sin\omega t$$

$$x_1 = X_1 \sin\omega t$$

$$x_2 = X_2 \sin\omega t$$

تعرف مصفوفة التي تحتوي (k)

$$-\omega^2 \cancel{\sin\omega t} \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \cancel{\sin\omega t} \begin{bmatrix} k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_0 \\ 0 \end{bmatrix} \cancel{\sin\omega t}$$

$$\begin{bmatrix} k_1+k_2-m\omega^2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2+k_2-m\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(k_1 + k_2 - m_1\omega^2) X_1 - k_2 X_2 = f_0 \quad --- (1)$$

$$-(k_2 X_1 + (k_2 + k_3 - m_2\omega^2) X_2 = 0 \quad --- (2)$$

$$X_2 = \frac{k_1 X_1}{(k_2 + k_3 - m_2\omega^2)}$$

من معادلة (2)

(63)

$$(k_1+k_2-m_1\omega^2)X_1-\frac{k_2^2 X_1}{(k_2+k_3-m_2\omega^2)}=F_o\omega^2$$

or

$$\frac{\left[(k_1+k_2-m_1\omega^2)X_1(k_2+k_3-m_2\omega^2)\right]-k_2^2X_1}{(k_2+k_3-m_2\omega^2)}=F_o$$

$$X_1=\frac{F_o(k_2+k_3-m_2\omega^2)}{(k_1+k_2-m_1\omega^2)(k_2+k_3-m_2\omega^2)-k_2^2}$$

$$X_2=\frac{F_o k_2}{(k_1+k_2-m_1\omega^2)(k_2+k_3-m_2\omega^2)}$$

$$x_1=X_1\sin\omega t$$

$$x_1=\frac{F_o(k_2+k_3-m_2\omega^2)}{(k_1+k_2-m_1\omega^2)(k_2+k_3-m_2\omega^2)-k_2^2}(\sin\omega t)$$

$$x_2=X_2\sin\omega t$$

$$x_2=\frac{F_o k_2}{(k_1+k_2-m_1\omega^2)(k_2+k_3-m_2\omega^2)}\sin\omega t$$

For Steady state Response.

64

الطريقة الثانية (طريقة المحددات)

$$X_1 = \frac{\begin{vmatrix} F_o & -k_2 \\ 0 & k_2+k_3-m_2\omega^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} k_1+k_2-m_2\omega^2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2+k_3-m_2\omega^2 \end{vmatrix}}$$

$$X_2 = \frac{\begin{vmatrix} k_1+k_2-m_1\omega^2 & F_o \\ -k_2 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} k_1+k_2-m_1\omega^2 & -k_2 \\ -k & k_2+k_3-m_2\omega^2 \end{vmatrix}}$$

$$X_2 = \frac{k_2 F_o}{(k_1+k_2-m_1\omega^2)(k_2+k_3-m_2\omega^2)-(k_2)^2}$$

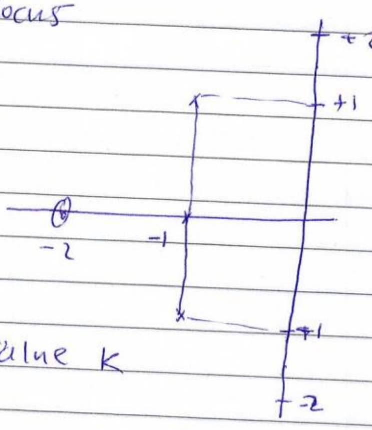
$$\frac{8-4+k}{2} \quad \frac{4+k}{2}$$

65

أسئلة الفصل الثاني/ الشهر

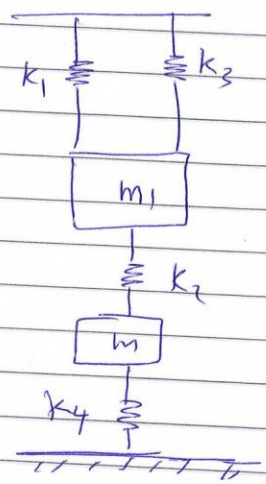
$$\frac{8+4k}{2}$$

plot Root locus



Find value K

② used Matrix method



$$s^4 + 2s^3 + 2s^2 + 2s^2$$

$$s^4 + 2s^3 + 2s^2 + 2s^2 + 4s + 4 + k s + 2k$$

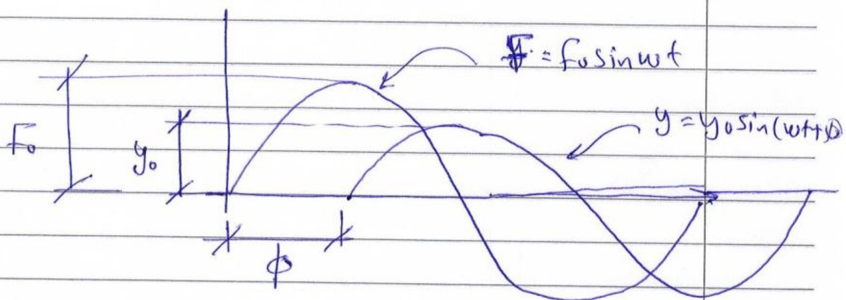
$2k > -4$

66

Control

Frequncy response method

طرق الاستجابة الترددية



وهي من الوسائل المهمة اللازمة لدراسة التصرف الديناميكي الحركي للنظام المسيطر ويكون في حالة كون الداخل الى النظام دخل جيبي مثل

$F = F_o \sin \omega t$

وفي هذه الحالة نلاحظ ان الاستجابة في حالة الاستقرار تكون ترددية وتتلاشى كما في الاستجابات العابرة التي درست سابقاً عندما كان الدخل (step, ramp, harp)
كما نلاحظ ان نسبة الاتساع (بين الخارج op والداخل inp) وزاوية الطور تعتمدان كلياً على سرعة الزاوية (ω) وكما مبين في الرسم اعلاه.

* وعليه فإنه من الممكن استبدال كل (D) في دالة انتقال بـ ($j\omega$) ومن ثم رسم العلاقة بين الاتساع و (ω) وبين ϕ و ω ومن ثم رسم (ploar plot) ← بدون تمثيل لوغارتمي
(Bode plot) صيغة التمثيل اللوغارتمي

(F.d)

67

تمثيل [illegible] Bode plot

Ex) $y(t) = \dfrac{1}{1+\tau D} f(t)$

Find the ploar plot ?

$$\frac{y_o}{f(t)} = \frac{1}{1 + j\tau\omega}$$

$$\left|\frac{y_o}{f(t)}\right| = \frac{1}{\sqrt{1+(\tau\omega)^2}} \quad --- (1)$$

$$\phi = \measuredangle \frac{1}{1+j\tau\omega}$$

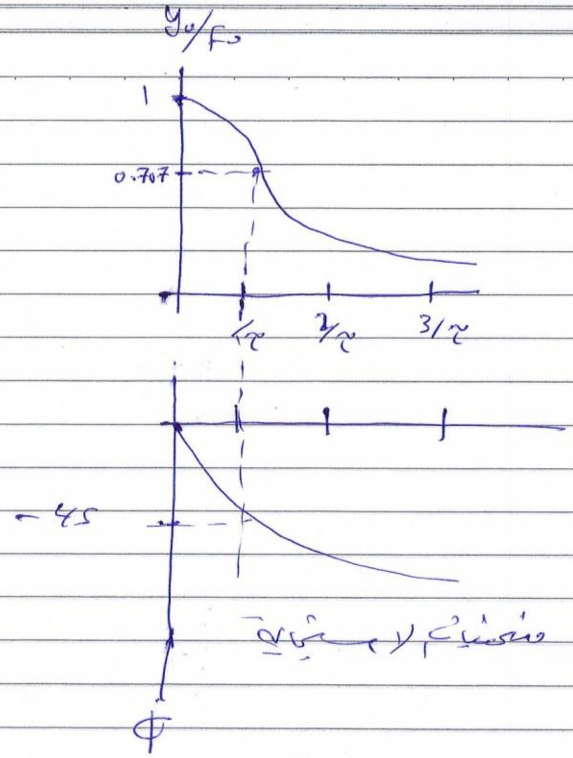
$\phi =$ زاوية البسط − زاوية المقام

$$\phi = 0 - \measuredangle(1+j\tau\omega) = -\tan^{-1}\tau\omega \quad -- (2)$$

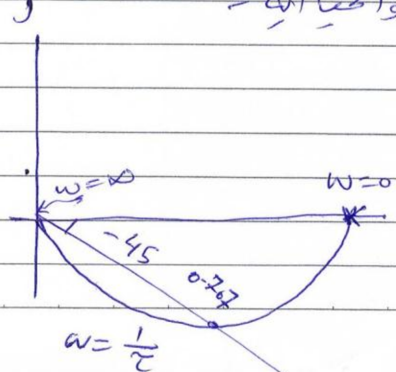
معادلة (1)

ω	y_o/F_o	ϕ
0	1	0
$\frac{1}{\tau}$	0.707	-45
$\frac{2}{\tau}$	0.447	-63.4

(38) 68



* ملاحظة: ولرسم مخطط نأخذ من الرسم السابق طول الاشعاع (y/f_o) لعدة نقط وكل طول يعبر كالزاوية ونمثلهم بالمستوى المحاور الحقيقية والخيالية.



(P2)

ساهم الباحث بلوك في أثناء هذه لتقنية
نقطة الاستجابة الترددية من خلال إضافة
التمثيل اللوغاريتمي لرسم العلاقة .

* يحسب الاستجابة ضرب (20dB)

اضفناه للاستفادة منه في السيطرة على
زوايات السالبة
منه محور ثم أخذ منه من مضاعفات
العشرية بالنسبة (w) او dB (ديسبل)
بالنسبة للارتفاع

ex) Bode

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

نعوض عن و
باسي
ب (S) او (D)
jw

$$G(jw) = \frac{K}{jw(1+j\tau w)}$$

$$|G(jw)| = \frac{K}{|jw|\,|1+j\tau w|}$$

$$= \frac{K}{w\sqrt{1+\tau^2 w^2}}$$

$$\log\left|\frac{G(jw)}{K}\right| = -\log w - \frac{1}{2}\log(1+\tau^2 w^2) \quad \text{--- (1)}$$

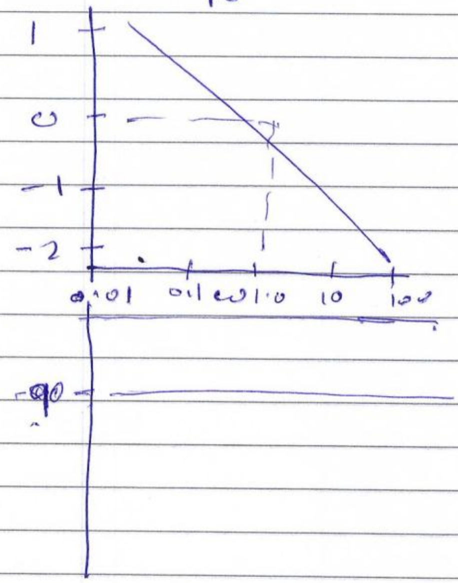
$$\phi = \angle G(j\omega) = -\angle j\omega - \angle(1+j\tau\omega)$$

$$= -90 - \tan^{-1}\tau\omega \quad \text{--- (2)}$$

من المعادلة ① ومعادلة رقم ②

$$|\,| = -\log\omega \quad \text{--- (1)} \qquad \phi = -90$$

$$\phi = -90$$



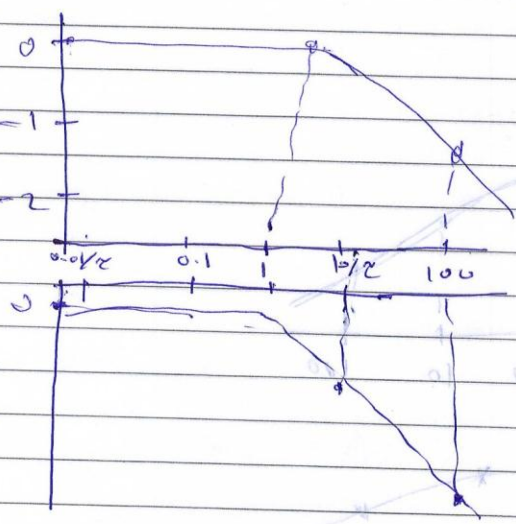
ω	$\|\,\|$	ϕ
0.01		-90
0.1		-90
1	0	-90
10		
100	-2	-90

$$|\,| = -\frac{1}{2}\log(1+\tau^2\omega^2)$$

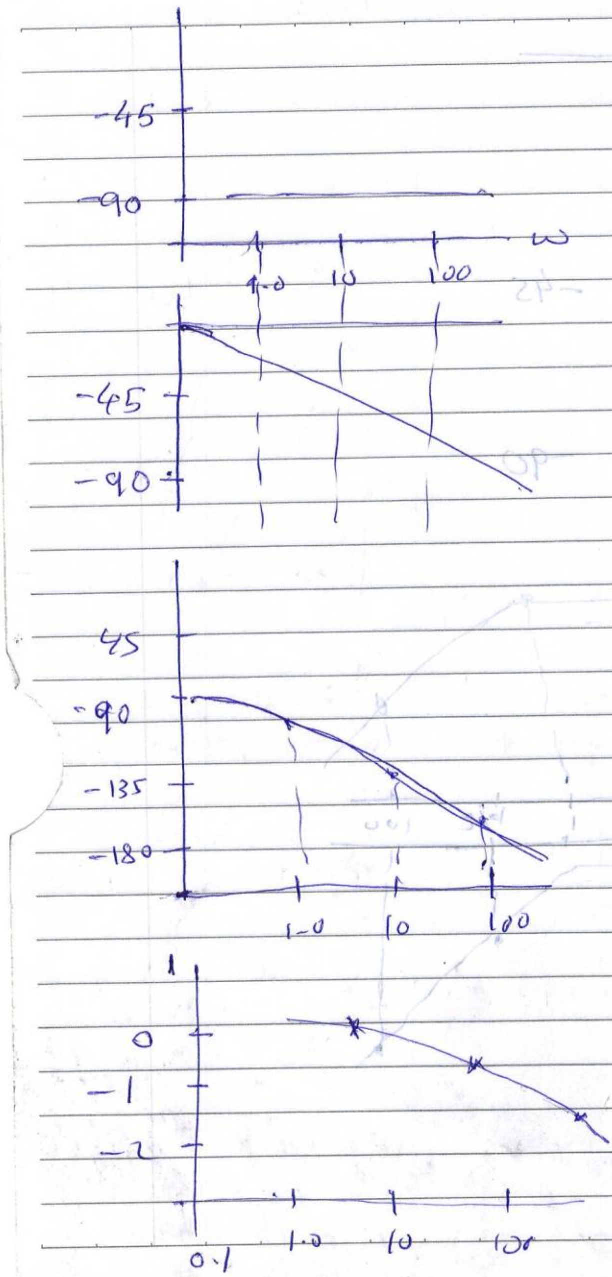
$$\phi = -\tan^{-1}\tau\omega$$

71

ω	مطلق $\| \|$	
$\frac{0.01}{\tau}$		
$\frac{0.1}{\tau}$		
$\frac{1}{\tau}$	0	-45
$\frac{10}{\tau}$		
$\frac{100}{\tau}$	-2	-90

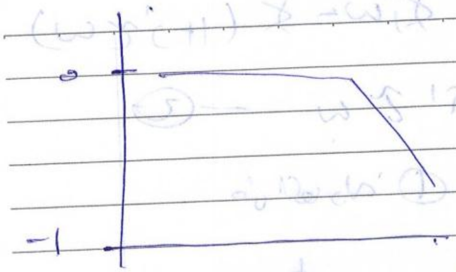


(71)

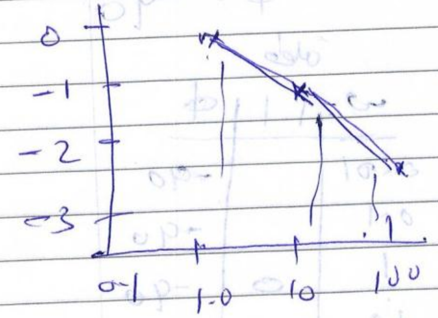


2

70



عملية جمع في الزوايا
ايضا عملية جمع للرسوم



(5) تابع , لا نفس العمود / لا يوافق $\dot{x}$ و θ نأخذه

$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$ تحت الجذر وهو التردد الطبيعي

$\omega_n = \sqrt{\frac{mgL + k_1L^2}{mL^2}}$, $2\zeta\omega_n = \frac{cL_2^2}{ML^2}$

X = Amplitude of Vibrastion at steady state

γ = Phase angle difference between f_o & X

$R_{s.s} = X\sin(\omega t - \gamma)$ ازاحة

$\dot{R}_{ss} = \omega X\cos(\omega t - \gamma)$

$\ddot{R}_{s.s} = -\omega^2 X\sin(\omega t - \gamma)$

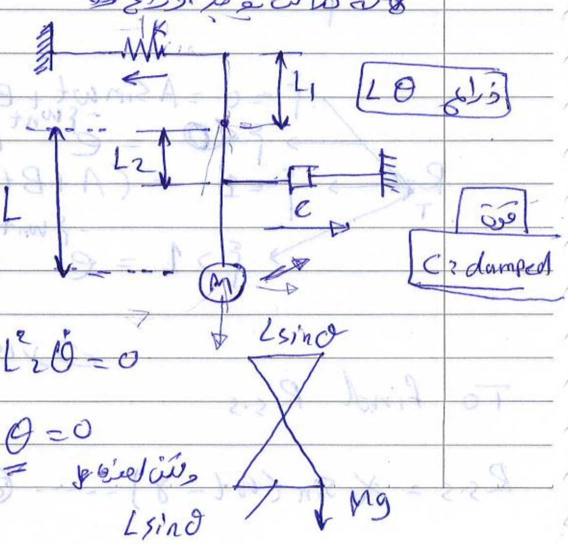
Ex) if the mass of M negligible and for small oscillation, find the damped natural frequancy

* يلاحظ في السؤال انه تستطيع استخدام طريقة G.C لانه الحلقة دائري (ثقله) وكذلك نلاحظ انه موجود حرام لانه كانت يوجد ذراع

$J_o = ML^2$

$\Sigma T_o = J\ddot{\theta}$ | ازاحة $kL\theta$ |

$-mgL\theta - kL_1^2\theta - cL_2^2\dot{\theta} = ML^2\ddot{\theta}$

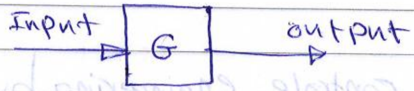


$ML^2\ddot{\theta} + (MgL + kL_1^2)\theta + cL_2^2\dot{\theta} = 0$

$\ddot{\theta} + \frac{cL_2^2}{ML^2}\dot{\theta} + \left(\frac{MgL + kL_1^2}{ML^2}\right)\theta = 0$ نفس العمود

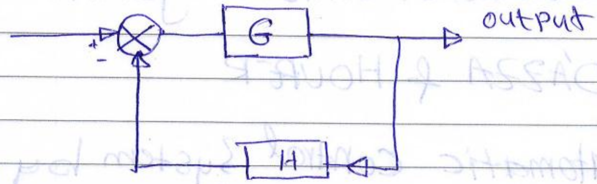
(6)

G = عمليات



منظومة مفتوحة (الحلقة)

G: For word element عامل التغذية الأمامية



منظومة سيطرة مغلقة

مثال (المكيف والسخان)

H: feed Back element عامل التغذية الخلفية

Comparter * المقارن كاشف الخطأ

Transfer function (T.f) دالة الانتقال

$$T.f. = \frac{output}{Input} = \frac{O.P}{I.P}$$

Terms unity feed back $\boxed{H = 1}$ *

تمثيل بعض المكونات الميكانيكية والكهربائية

anloge (8)

Antloges (مهم)

التناظر

المقصود بهذا الموضوع هو ايجاد دائرة كهربائية مطابقة للدائرة الميكانيكية

ويكون على نوعين

١- تناظر المباشر والتناظر العكسي

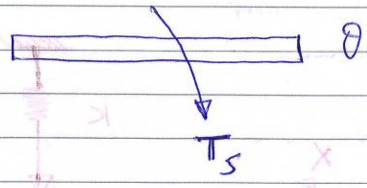
* في حالة التناظر المباشر يكون ربط الاجزاء الكهربائية المقابلة للاجزاء الميكانيكية (حسب الجدول المعطى) بصورة متوازية - توازي ميكانيكي يساوي الى توازي كهربائي

التوالي الميكانيكي يؤدي الى توالي كهربائي

أما في حالة التناظر العكسي توازي ميكانيكي ⇐ توالي كهربائي

توالي ميكانيكي يؤدي الى توازي كهربائي

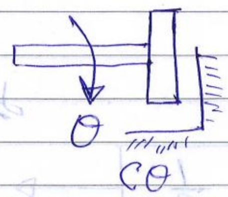
4) Shaft



$T_s = K\theta$

$$T_s \longrightarrow \boxed{\frac{1}{K}} \longrightarrow \theta$$

5) تخميد الدوراني



$T = C\theta$

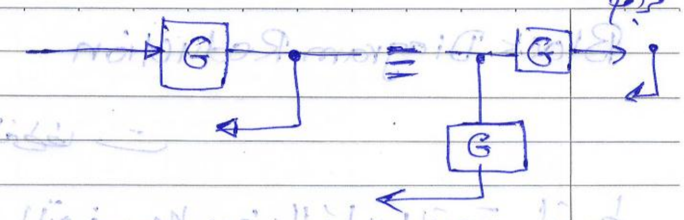
$$T_B \longrightarrow \boxed{\frac{1}{C}} \longrightarrow \theta$$

6) $T_m = J\alpha = JDw = JD^2\theta$

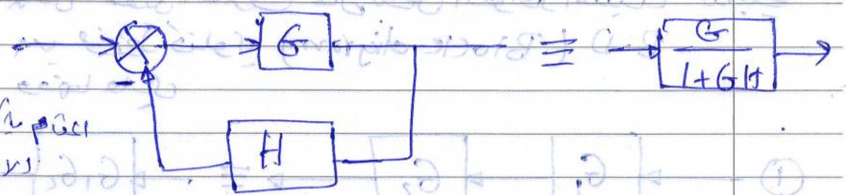
$$T_m \longrightarrow \boxed{\frac{1}{JD^2}} \longrightarrow \theta$$

(١٥)

6)



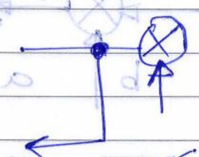
7)



اتجاه عكس الاشارة (-)

(node + comp.)

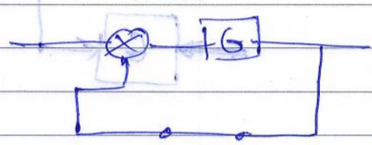
8)



من الخطأ الابدال بينهما

لا يمكن

* في حالة وجود كالتالي



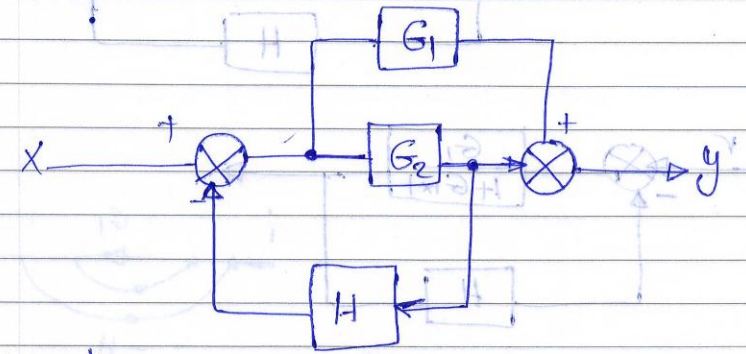
unity feed back

	تقدم	تراجع
⊗	G	$\frac{1}{G}$
•	$\frac{1}{G}$	G

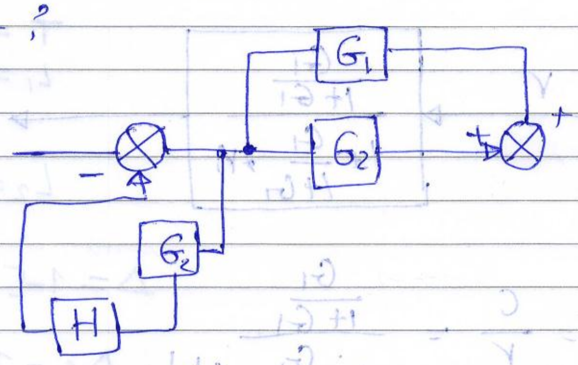
(11)

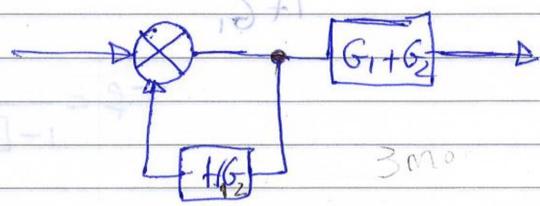
G₁ & G₂ د اخل في ⊗ وكلاهما (+)
ولا يوجد بينهما دخل

Ex/

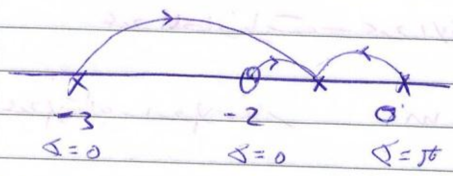


find = $\frac{y}{x}$?



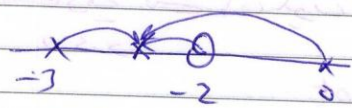


$0 + \pi - 0 = \pi$

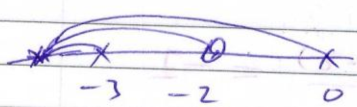


$0 + \pi -$

$\measuredangle z - \measuredangle p$



$0 + \pi - \pi = 0$



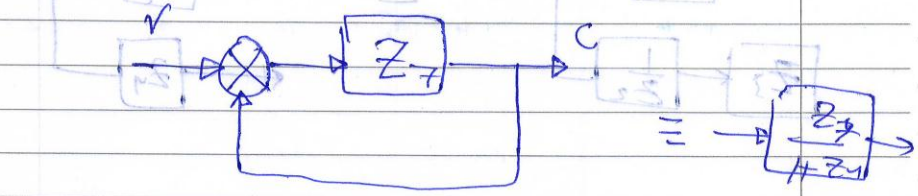
$\pi + \pi - \pi = \pi$

(45)

K : which is the static loop Sensitivity-

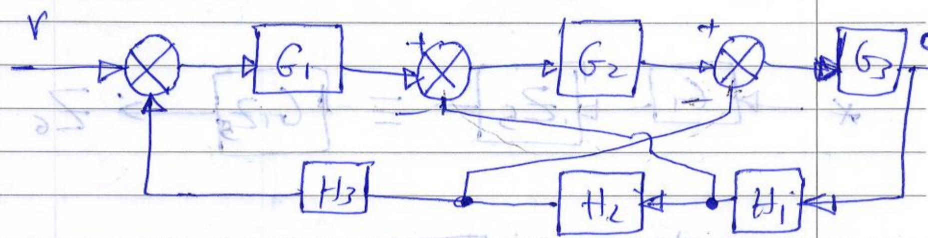
Product of all constant terms in the control loop when the coefficient of each S term is unity

(14)

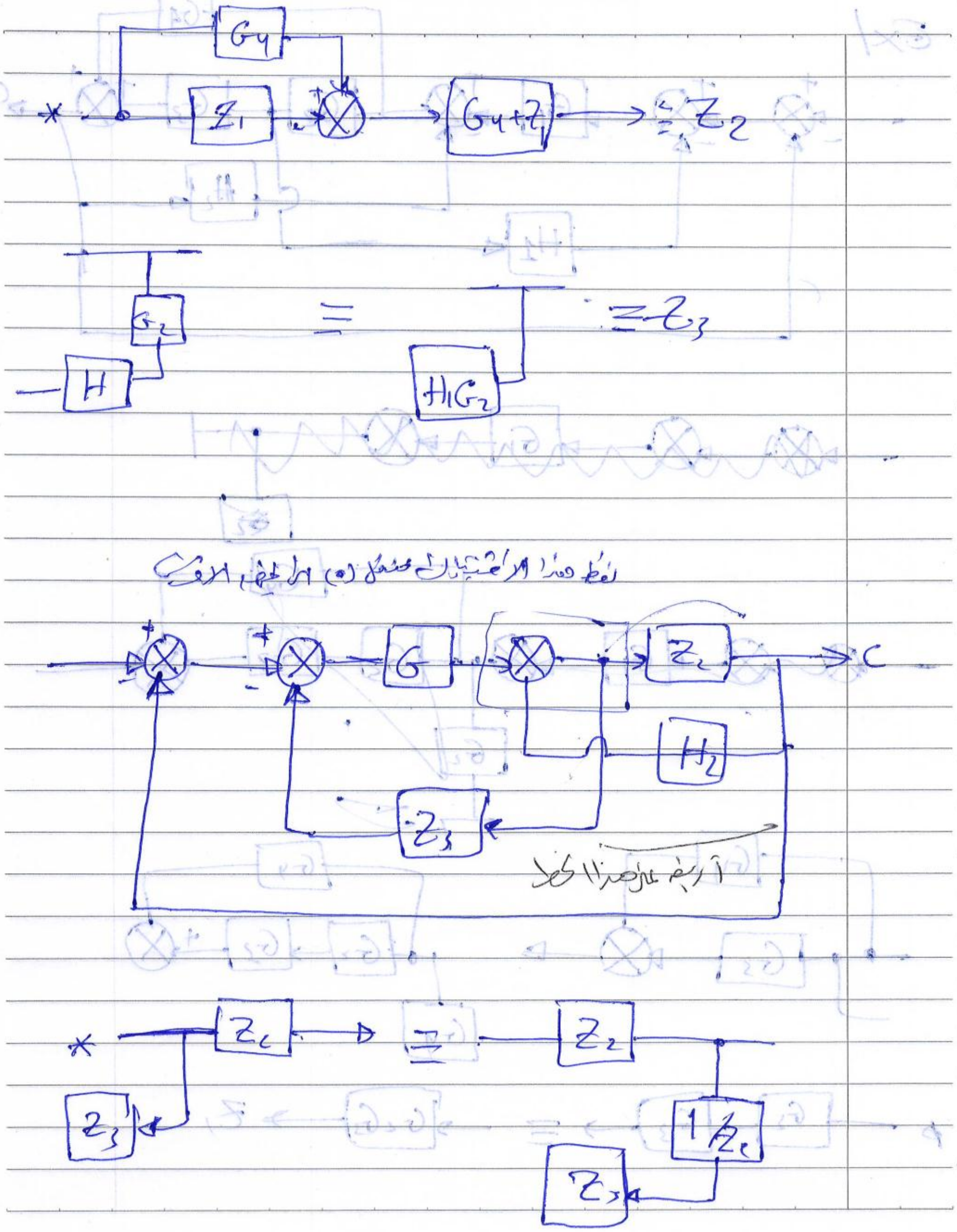


$$T.f = \frac{Z_7}{1+Z_4}$$

Homwork/



(13)



(96)

$$\Delta = 1 - [L_1 + L_2 + L_3 + L_4] + [L_1 L_2 + L_4 L_2]$$

* نفس Δ الرئيسية في بعد تصفير الحلقات التي تمس المسار الأول

$$\Delta_1 = [1 - [\cancel{L_1}^{0} + \cancel{L_2}^{0} + \cancel{L_3}^{0} + \cancel{L_4}^{0}] + [\cancel{L_4 L_2}^{0} + \cancel{L_4 L_2}^{0}]]$$

$$\Delta_1 = 1$$

* هي Δ الرئيسية بعد تصفير الحلقات التي تمس المسار الثاني

$$\Delta_2 = 1 - [L_1 + L_2 + L_3 + L_4] + [L_1 L_2 + L_4 L_2]$$

$$\Delta_2 = 1 - [\cancel{L_1}^{0} + L_2 + \cancel{L_3}^{0} + \cancel{L_4}^{0}] + [\cancel{L_1 L_2}^{0} + \cancel{L_4 L_2}^{0}]$$

$$\Delta_2 = 1 - L_2$$

$$T.F = \frac{T_1 \Delta_1}{\Delta} + \frac{T_2 \Delta_2}{\Delta}$$

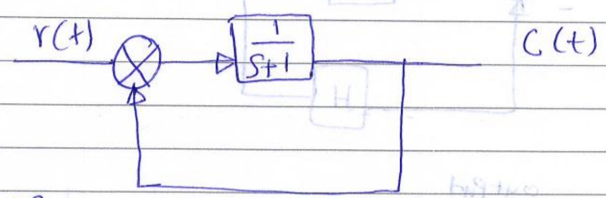
$$T.F = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 G_6 G_7 * 1}{\Delta} + \frac{G_1 G_8 G_7 (1 - L_2)}{\Delta}$$

$$= \frac{G_1 G_2 G_3 G_5 G_6 G_7}{1 - [L_1 + L_2 + L_3 + L_4] + [L_1 L_2 + L_4 L_2]} + \frac{G_1 G_8 G_7 (1 - L_2)}{1 - [L_1 + \cdots}$$

(17)

للحصول على حالة مستقرة s.s عندما يكون

$$\left.\begin{matrix} t = \infty \\ S = 0 \end{matrix}\right\} \rightarrow R_{s.s}$$



$$T.F = \frac{O/P}{I/P}$$

$$= \frac{C(t)}{r(t)} = \frac{\frac{1}{S+1}}{1+\frac{1}{S+1}}$$

$$= \frac{1}{S+2}$$

$$\Rightarrow C(s) = \frac{1}{S+2} r(t)$$

$$C(s) = \frac{1}{S+2} R(S)$$

$$R(S) = \text{step} = \frac{1}{S}$$

(18)

$$= \frac{1/2}{S} - \frac{1/2}{S+2}$$

حفظ

	t	S
Step	1	$1/S$
ramp	t	$1/S^2$
Parab	t^2	$\frac{1}{S^3}$
Impuls	∞	1
	e^{-at}	$\frac{1}{S+a}$
	$\sin wt$	$\frac{w}{S^2+w^2}$

$\frac{a}{S+a^2}$

$\frac{1}{S+a^2}$

$$\frac{Y(S)}{F(S)} = \frac{1}{(S+1)^2 (S+2)}$$

جذور متكررة

في الجذور

تكون مرفوع

الى اس

معين

$$= \frac{A}{(S+1)} + \frac{B}{(S+1)^2} + \frac{C}{S+2}$$

$$= \frac{C_1}{(S+1)^2} + \frac{C_2}{(S+1)} + \frac{C_3}{(S+2)} \Rightarrow \frac{C_1 + C_2(S+1) + C_3(S+2)}{(S+1)^2 (S+2)}$$

$$t^n e^{at} = \frac{n!}{(s-a)^{n+1}}$$ (19).

$$Y(s) = \frac{1}{(s+1)^2} - \frac{1}{s+1} + \frac{1}{s+2}$$

$$= t e^{-t} - e^{-t} + e^{-2t}$$

$$y(t) = e^{-t}(t-1) + e^{-2t}$$

Ex1

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{75}{(s^2+4s+13)(s+6)}$$

نعوضه

$s \longrightarrow -2+3j$

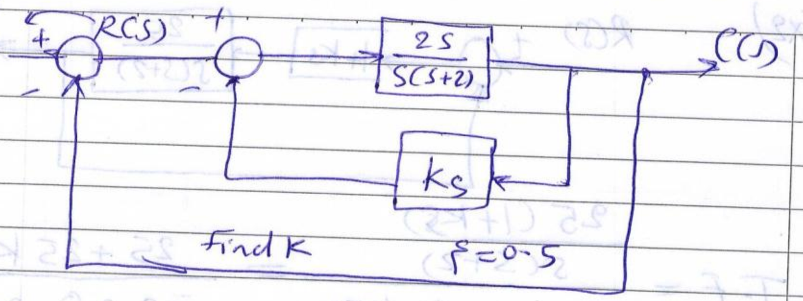
$$P_n/s = X(s) = 1$$

$$= \lim_{s \to -2+3j} \frac{75}{\cancel{(s^2+4s+13)}(s+6)} \cdot \cancel{(s^2+4s+13)}$$

$$\frac{75}{-2+3j+6}$$

$$|\,| = \frac{\sqrt{(0)^2+(75)^2}}{\sqrt{(3)^2+(4)^2}} = \frac{75}{5} = 15$$

$$\cancel{\alpha = \tan^{-1}\frac{0}{75}}$$



$$T.F = \frac{\frac{25}{S(S+2)}}{1+\frac{25}{S(S+2)} * K_s}$$

الحل

$$\boxed{\begin{array}{l} \omega_n = 5 \\ k = \frac{3}{25} \end{array}}$$

$$\frac{\frac{25}{S(S+2)}}{\frac{S(S+2)+25K_s}{S(S+2)}} = \frac{25}{S^2+2S+25K_s}$$

$$T.F = \frac{\frac{25}{S(S+2)+25K_s}}{1+\frac{25}{S(S+2)+25K_s}} = \frac{\frac{25}{S(S+2)+25K_s}}{S^2+}$$

(36)

t_s : زمن الاستقرار وهو الزمن الذي يكون منحنى مخطط الخارج فقط منطبق أو قريب من مخطط الداخل وعدم انطباقه نتيجة الخطأ (error) وعليه يكون القانون تبعاً الى نسبة الخطأ فعندما تكون نسبة

$$t_s = \frac{4}{\zeta \omega_n}$$

الخطأ 2% يكون القانون حيث تذكر قيمة او نسبة الخطأ.

$$t_s = \frac{3}{\zeta \omega_n}$$

إذا الخطأ 5% يكون القانون

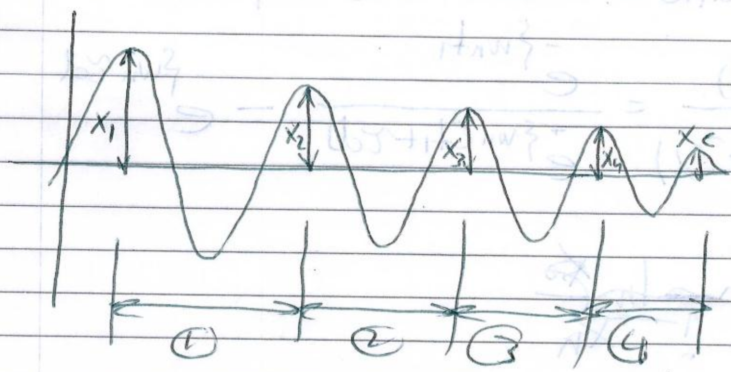
Percent over Shoot : P.O

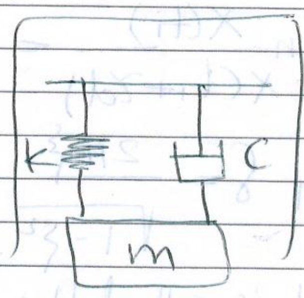
$$P.O = \frac{M_p - y_{ss}}{y_{ss}} * 100\%$$

$$M_p = 1 + e^{\frac{-\pi \zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

$$P.O = 100\, e^{\frac{-\pi \zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

Example: adamped Spring mass System of mass (5 kg) and Spring Stiffness (200 N/m) if amplitude decrese (1/5) of inetial value after (4) Value of (C)

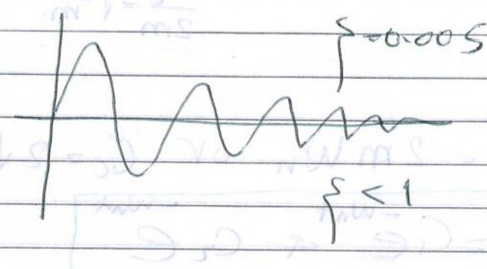




(33)

logarithmic decrement :-

The best way to determine the amount of daming of system to measur the rate of decay of free Oscillation



$$X(t) = e^{-\zeta w_n t}\left[C_1 \cos w_d t + C_2 \sin w_d t\right]$$

$$\tau_d = \frac{2\pi}{w_d} = \frac{2\pi}{w_n\sqrt{1-\zeta^2}}$$

(٣٩)

Case I. underdamping

$\zeta < 1$ $m\ddot{x} + C\dot{x} + kx = 0$ معادلة حركة

$X = Ce^{st}$

$\dot{X} = CSe^{st}$

$\ddot{X} = CS^2e^{st}$

$C, S = \text{constant}$ تؤخذ بنظر الأعتبار

$e^{st} \neq 0$, $\text{time} = t$

* في بعض المصادر

$\zeta < 1$

$$X(t) = e^{-\zeta\omega_n t}\left[C_1 e^{j\omega_d t} + C_2 e^{-j\omega_d t}\right]$$

Note: τ_d = damping Period

$$= \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{1}{f_d}$$

(23)

$$|\,| = \frac{3}{\sqrt{5}} = 1.34$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{0/3}{-2/1} = \frac{\angle 0}{\angle -63} = \cancel{4}63$$

$$S_{1,2} = \frac{-2 \pm \sqrt{-16}}{2} = \frac{-2 \pm 4i}{2}$$

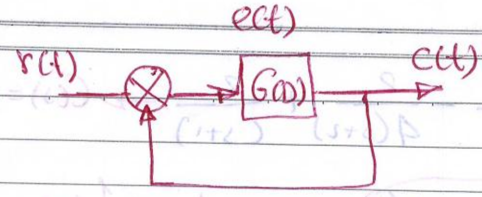
$$= -1 \pm 2i$$

$$C_2 = \lim_{s \to 0} \frac{3}{\cancel{S}(s^2+2s+5)} * \cancel{S}$$

$$C_2 = \frac{3}{5}$$

$$\frac{1}{2}e^{-t} * 1.34 * \sin(-t+64) + \frac{3}{5S}$$

(29)



$$e(t) = r(t) - c(t)\,H(D)$$

$$\Rightarrow E_{s.s} = R(S) - C(S) \times 1$$

$$\frac{2}{S+1} - \frac{1}{S+2}$$

For Step $\Rightarrow \cancel{\frac{1}{S}} - \cancel{\frac{1}{S}} + \frac{1}{(S+2)} + \frac{2}{(S+1)}$

$$E_{s.s} = \frac{2(S+2) - (S+1)}{(S+1)(S+2)} = \frac{S+3}{(S+1)(S+2)}$$

$$S = 0$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$R(s) = \frac{1}{s}$$

$$C(s) = \frac{1}{s} + \frac{1}{(S+2)} - \frac{2}{(S+1)}$$

$$E_{s.s} = \frac{1}{1 + G(s)\,H(s)}$$

(28)

$$C_2 = \lim_{s \to -2} \frac{2}{s(s+1)\cancel{(s+2)}} \times \cancel{(s+2)} = 1$$

$$C_3 = \lim_{s \to -1} \frac{2}{s(s+2)(s+1)} \cdot (s+1) = -2$$

$$\boxed{C(s) = \frac{1}{s} + \frac{1}{(s+2)} - \frac{2}{s+1}}$$

$$= 1 + e^{-2t} + 2e^{-t}$$

(2) // ramp

$$C(s) = \frac{2}{s^2(s+2)(s+1)}$$

$$C(s) = \frac{C_1}{s^2} + \frac{C_2}{(s+2)} + \frac{C_3}{(s+1)}$$

نراجع

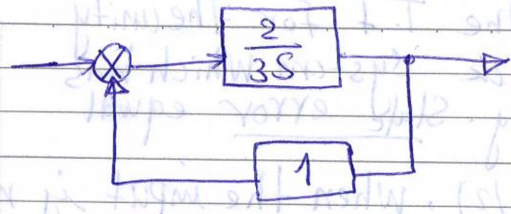
$$C_1 = \lim_{s \to 0} \frac{2}{s^2(s+2)(s+1)} \times \cancel{s^2}$$

$$C_2 = \lim_{s \to -2} \frac{2}{s^2\cancel{(s+2)}(s+1)} \cancel{(s+2)}$$

$$= \frac{-2}{5} \times = -\frac{1}{2}$$

$$C_3 = \lim_{s \to -1} \frac{2}{s^2(s+2)\cancel{(s+1)}} \times \cancel{(s+1)}$$

(27)



$$T.F = \frac{\frac{2}{3S}}{1+\frac{2}{3S}} = \frac{2}{3S+2}$$

(b) gain $\Rightarrow$ (k) بسط

gain or [illegible] (charact-equation)

$$1 + \frac{k}{(0.05S+1)(S+1)(1/4S+1)} = 0$$

(Steady Steat) $\Rightarrow S=0$

$$1 + \frac{k_1}{1} = 0 \Rightarrow \boxed{k = -1}$$

(24)

$$E_{s.s} = \lim_{t \to \infty} e(t) = \lim_{s \to 0} s\, E(S)$$

i/p ← R(S)

$$E_{s.s} = \frac{R(S)}{1+G(S)H(S)}$$

error s.s أشتق اد ابد قانون

Step ، وشيل
ram
hy

* for Step

$$E_{s.s}(S) = \lim_{S \to 0} \cancel{S} \cdot \frac{1}{\cancel{S}} \cdot \frac{1}{1+G(S)H(S)}$$

$$= \lim \frac{1}{1+G(S)H(S)}$$

* For ramp

$$E_{s.s}(S) = \lim_{S \to 0} \cancel{S} \cdot \frac{1}{S^2} \cdot \frac{1}{1+G(S)H(S)}$$

$$= \lim_{S \to 0} \frac{1}{S(1+G(S)H(S))}$$

(22)

$$= \frac{1/32}{s} - \frac{1/16}{s+4} + \frac{1}{s+8}$$

$$y(t) = \frac{1}{32} - \frac{1}{6} e^{-4t} + e^{-8t}$$

Ex 2/

$$\frac{c(t)}{r(t} = \frac{1}{D^2+4D+4} \quad , \quad r(t) = 2e^{-t}$$

$$C(t) = \frac{2}{(s+1)(s^2+4s+4)}$$

$$C(t) = \frac{2}{(s+1)(s+2)(s+2)}$$

$$= \frac{C_1}{(s+1)} + \frac{C_2}{(s+2)^2} + \frac{C_3}{(s+2)}$$

$$C_1 = \lim_{s \to (-1)} \frac{2}{\cancel{(s+1)}(s+2)^2 \cdot (s+2)} * \cancel{(s+1)} = 2$$

$$C_2 = \lim_{s \to (-2)} \frac{2}{\cancel{(s+2)^2}(s+1)} \cancel{(s+2)^2} = -2$$

ل الابطاء من عنده فابنهائي

١٧/١١/١٢ م محاضرة معادلات المضخات (٩٥)

مناقشة

(1) $H = 25\,m$

$N = 200\ r.p.m\ ,\ Q = 9\,m^3/s$

$\eta = 90\%\ ,\ H_2 = 20\,m$

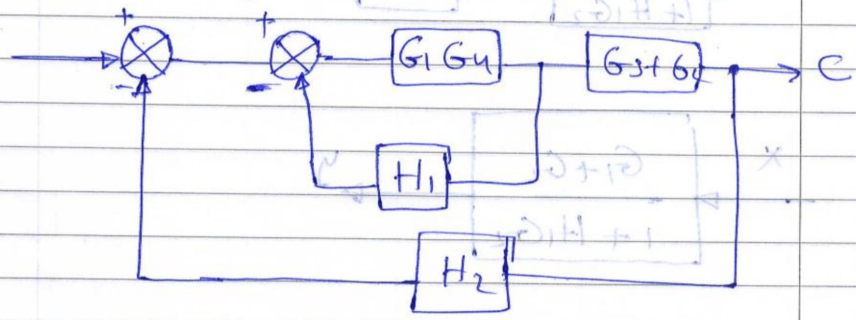
$\left(\frac{N}{\sqrt{H}}\right)_1 = \left(\frac{N}{\sqrt{H}}\right)_2 \Rightarrow N_2$

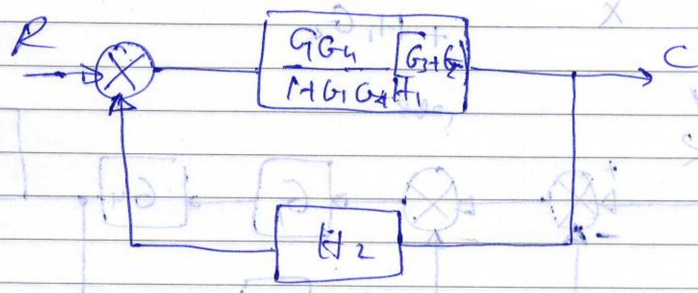
$\left(\frac{Q}{\sqrt{H}}\right) = \left(\frac{Q}{\sqrt{H}}\right) \Rightarrow Q_2 = (\ )$

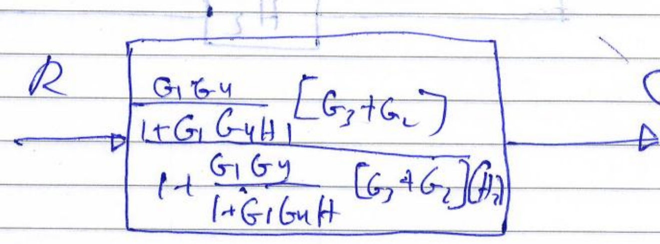
$P_o = (\gamma Q H) * 0.9$

$\left(\frac{P}{H^{3/2}}\right) = \left(\frac{P}{H^{3/2}}\right) \Rightarrow P_2$

(12)


G1 G4
G3+G4
C
H1
H2


R
GG4 / 1+G1G4H1
G3+G2
C
H2


R
G1G4 / 1+G1G4H1 [G3+G2]
1+ G1G4 / 1+G1G4H [G3+G2](H2)
C

T.f 2

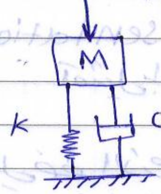
محاضرة الاهتزازات
بتاريخ ٢/١٠/٢٠١٢م

(٤)

Force vibration of Single Degree of freedom system

1) Exteranal force excitation

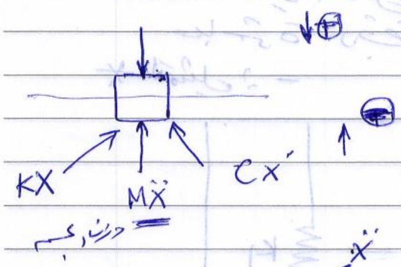
$f(t) = F_o \sin \omega t$



F_o = Magnitude of exciting force

T_o = Magnitude of exciting Torque

التحليل الفيزيائي : تأثير قوة خارجية



* عندما نضغط بقوة معينة فإن القوة الحقيقية للضغط هو dampers spring

$\Sigma F_o = M a$ ($\ddot{x}$)

$M\ddot{x} = -C\dot{x} - KX + f(t)$

$M\ddot{x} + C\dot{x} + KX = F_o \sin \omega t$ ---- ① معادلة الحركة

$J_o\ddot{\theta} + C\dot{\theta} + K\theta = T_o \sin \omega t$ معادلة الحركة إذا كان عزم

عزم دوراني للزاوية θ والخطي x

(3)

نوابض بالتوالي والتوازي

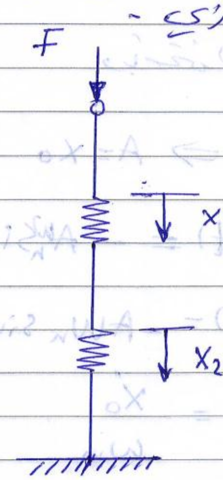
التوازي :-
عندما تكون القوى الكلية مساوية للقوى الفرعية فالازاحة الكلية هي مجموع الازاحات الفرعية فانه حالة توازي .

$$F_t = F_1 = F_2$$

$$X_t = X_1 + X_2$$

$$= \frac{F_1}{K_1} + \frac{F_2}{K_2}$$

$$\therefore X_t = F_t\left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}\right)$$



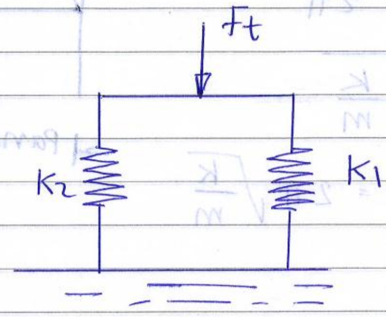
التوالي :-
عندما تكون الازاحة الكلية مساوية للازاحات الفرعية والقوى الكلية هي مجموع القوى الفرعية فانه في حالة توالي .

$$X_t = X_1 = X_2$$

$$F_t = F_1 + F_2$$

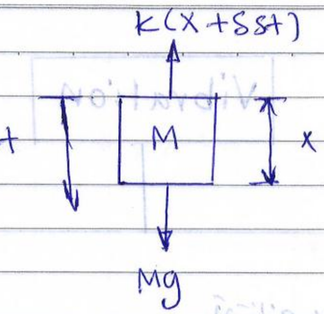
$$= K_1 X_1 + K_2 X_2$$

$$= X_t (K_1 + K_2)$$



(2)

حركة اهتزازية بتأثير وزن الجسم (Mg)



قوة النابض $F_s = K\delta st$

δst : static deflection

$w = Mg$

$M\ddot{X} = Ma = \frac{d^2X}{dt^2}$

الازاحة X
السرعة $\dot{X}$
تعجيل $\ddot{X}$

$Mg = K\delta st$ — ① بدون تسليط حمل

حسب قانون نيوتن الثاني

$\Sigma F_{extrant} = ma$ — ②

$Mg - K(X + \delta st) = m\ddot{X}$

$Mg - KX - \delta st K = m\ddot{X}$

$\cancel{} - KX = M\ddot{X}$

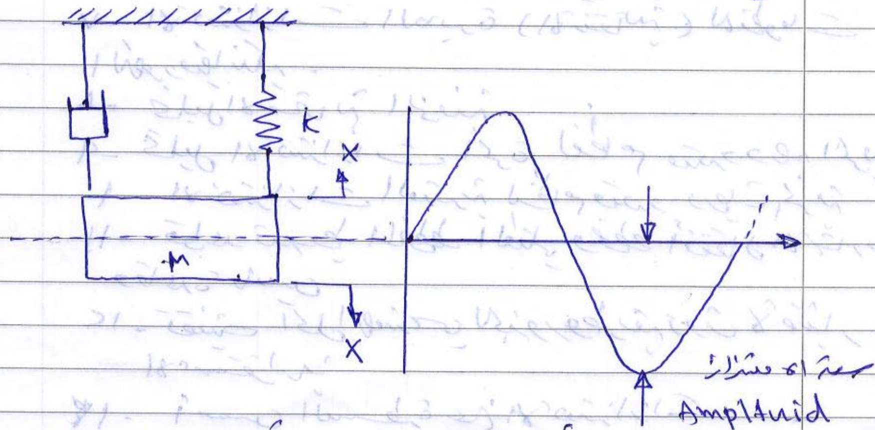
$M\ddot{X} + KX = 0$ — ③ معادلة الحركة

(1)

Vibrations الاهتزازات

الاهتزازات : حركة جسم ما بشكل متكرر حول محور (التوازن)
تسمى هذه الحركة بالحركة الاهتزازية .

شروط الاهتزازات
١- معادلة الحركة للمنظومة (يجب ان يكون لها حركة)
٢- كيفية التعرف على المنظومة ومعرفة نوع التأثير
٣- التردد (الذبذبة) : هي عدد المرات التي يتحرك بها الجسم في وحدة الزمن



الاهتزاز له موجتين أفقية او عمودية