Lec- 05 -

بعض الامثلة المهمة ضمن

موضوع bode plot

* المثال التالي يحتوي على تاخير زمني e^{-ds} في مثل هذه الحالة فان الحل يتم اولا بمعالجة e^{-ds} وفق نقطة (8) المذكورة ضمنا المحاضرة رقم (4) والتي تتلخص بان وجود e^{-ds} بالمعادلة لايؤثر على معادلة $M=|GH|$ وتؤثر على ϕ باضافة زاوية قدرها $(-57.13\,dw)$ وذلك لان

$$e^{-ds} \longrightarrow e^{-djw} = \cos dw - j\sin dw$$

لذلك $M = |e^{-djw}| = \sqrt{\cos^2 dw + \sin^2 dw} = \sqrt{1} = 1$

20log ويتم اضافة

$$= 20\log\sqrt{\cos^2 dw + \sin^2 dw}$$

$$= 20\log 1 = \text{Zero}$$

$$\phi = +\tan^{-1}\frac{\text{Imag}}{\text{real}} = +\tan^{-1}\frac{-\sin dw}{\cos dw}$$

$$= -\tan^{-1}\frac{\sin dw}{\cos dw}$$

$$= -dw = -57.13\,dw \text{ deg}$$

Ex: A unity f/b with $G(s) = \dfrac{e^{-0.1s}}{s(s+4)}$, draw bode plot

sol

$d = 0.1$, $w_c = 4$ rad\sec

$$G(jw) = \frac{e^{-0.1jw}}{jw(jw+4)} = \frac{e^{-0.1jw}}{4jw(0.25jw+1)} = \frac{0.25\,e^{-0.1jw}}{jw(0.25jw+1)}$$

نقطة البداية $s.p = 20\log k - \underline{20\log w}$ ← تم اختيارها 0.1

فقط لو يوجد s بالمقام

$$s.p = 20\log 0.25 - 20\log 0.1 = -12.04 + 20$$

$$= 8 \ \underbrace{db/dec}_{\text{decade}}$$

حزمة

* ملاحظة لكل poles او zeros موجود بالمعادلة يكون له ميلان مقداره 20db

كل pole يكون ميلانه -20db

كل zero يكون ميلانه +20db

صعود البسط ⇒

$$M = |GH(j\omega)| = \overbrace{20\log k + 20\log|e^{-dj\omega}|}^{} - \underline{20\log w}$$

$$\underbrace{-20\log\sqrt{1+(0.25w)^2}}$$

صعود المقام

$$= 20\log 0.25 + \text{zero} - 20\log w - 20\log\sqrt{1+(0.25w)^2}$$

Φ = مجموع زوايا البسط - مجموع زوايا المقام

$$= +\tan^{-1}\frac{0}{k} + \tan^{-1}\frac{-\sin wd}{\cos dw} - \tan^{-1}\frac{0.25w}{1} - 90$$

$$= -57.13\,dw - 90 - \tan^{-1}\frac{0.25w}{1}$$

w	M	Φ
0.1	8	-92
1	-12.8	-109.75
4	-27.09	-192.13
10	-40.63	-215.3

s.p

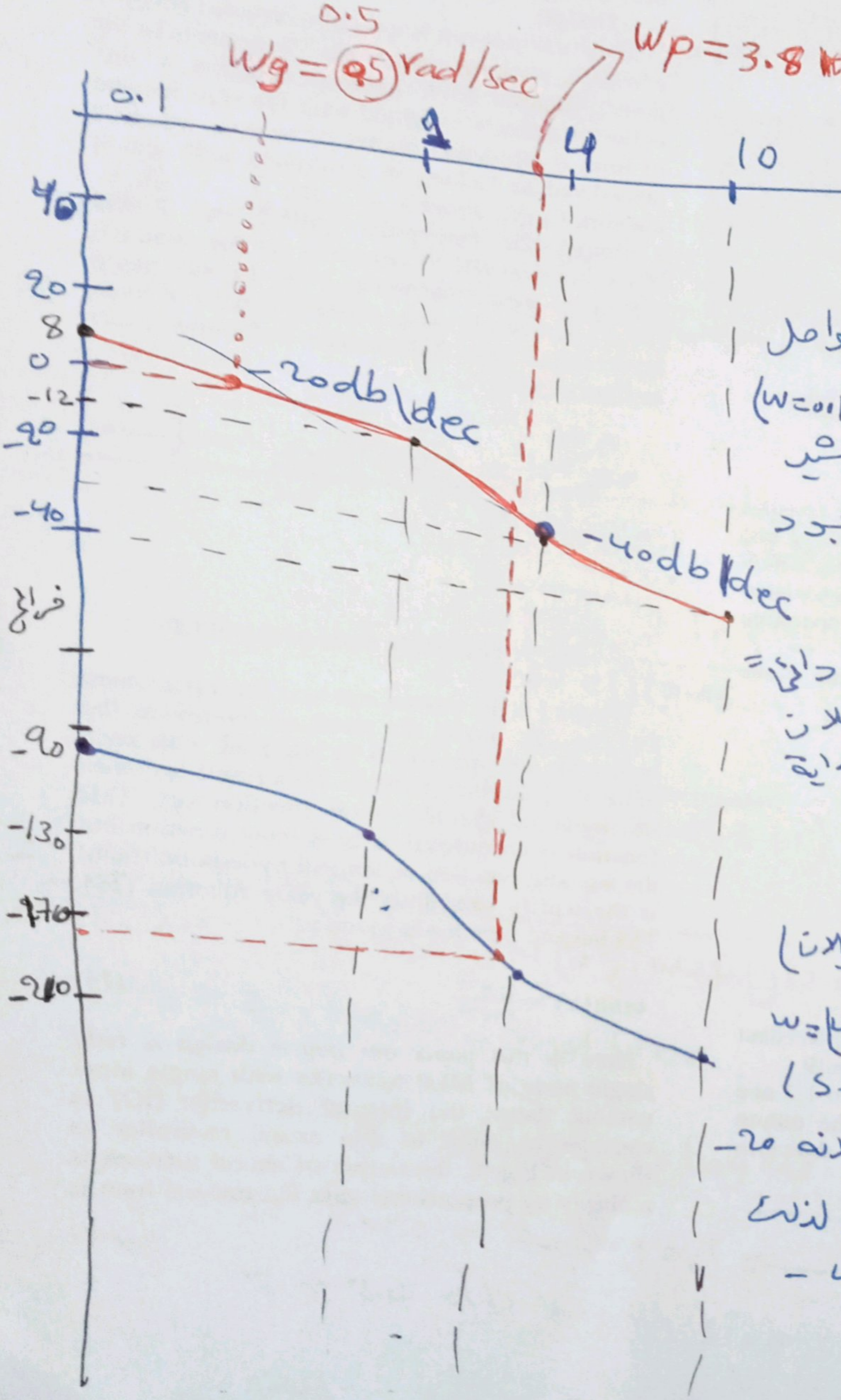
تحسب بتعويض w بمعادلة Φ

P2

* بعد اكمال الجدول يتم رسم M و Φ

* يمكن وضع w (X-axis) و M و Φ (y-axis)

من الاعلى او الاسفل



*ملاحظة يتم ملاحظة الخط الواصل ما بين نقطة البداية (w=0.1 → 4) تردد w و w_{c1} ويتم تاشير ميلان -20db/dec وذلك لوجود s بالمقام $\frac{كم}{s(s+4)}$

s = دائماً تحدد ميلان نقطة البداية

كل s تعطي -20db

s^2 ← -40db

s^3 ← -60db

s^0 ← Zero (لايوجد ميلان)

* الخط الواصل ما بين (w=4 → 10) التردد 4 يعود الى الحد (s+4) وهو pole لذلك اضعة ميلانه -20 ويتم جمعه مع الميلان السابق لذلك تم تاشير -20-20 = -40

Ex2: (P 8.4 ch 8), the open loop T.F of a certain unity f/b system $GH = \frac{k}{s(s+2)(s+20)}$ draw bode plot then determine a) limiting value of k for system to be stable

ⓑ value of k for G.M = 10 db

ⓒ value of P.M to be 50°

<u>sol</u>

* في الاسئلة التي بها k نحاول دائماً جعل ثابت حدود البسط والمقام 1 وجعل العوامل المشتركة مع k لها = 1 وكما في الخطوات التالية

$$GH = \frac{k}{s(s+\underset{w_{c1}}{\underline{2}})(s+\underset{w_{c2}}{\underline{20}})} = \frac{k}{2*20s(\frac{1}{2}s+1)(\frac{1}{20}s+1)}$$

$$= \frac{0.025k}{s(0.5s+1)(0.05s+1)} \quad \text{let} = 1 = k_1$$

$$GH = \frac{1}{s(0.5s+1)(0.05s+1)}$$

$$GH(jw) = \frac{1}{jw(0.5jw+1)(0.05jw+1)}$$

$w_{c1} = 2$, $w_{c2} = 20$ rad/sec.

$$S.P = 20\log(1) - \underline{\underline{20\log w}}$$ لوجود s بالمقام

$$= \text{zero} - 20\log 0.1$$ تحدد نقطة البداية

$= +20$ db with slop -20 db/dec

البسط →

$$M = 20\log 1 - 20\log w - 20\log\sqrt{1+(0.5w)^2} - 20\log\sqrt{1+(0.05w)^2}$$

خاص بالمقام — حد $(0.5s+1)$ — حد $(0.05s+1)$

$$\phi = -90 - \tan^{-1}\frac{0.5w}{1} - \tan^{-1}\frac{0.05w}{1}$$

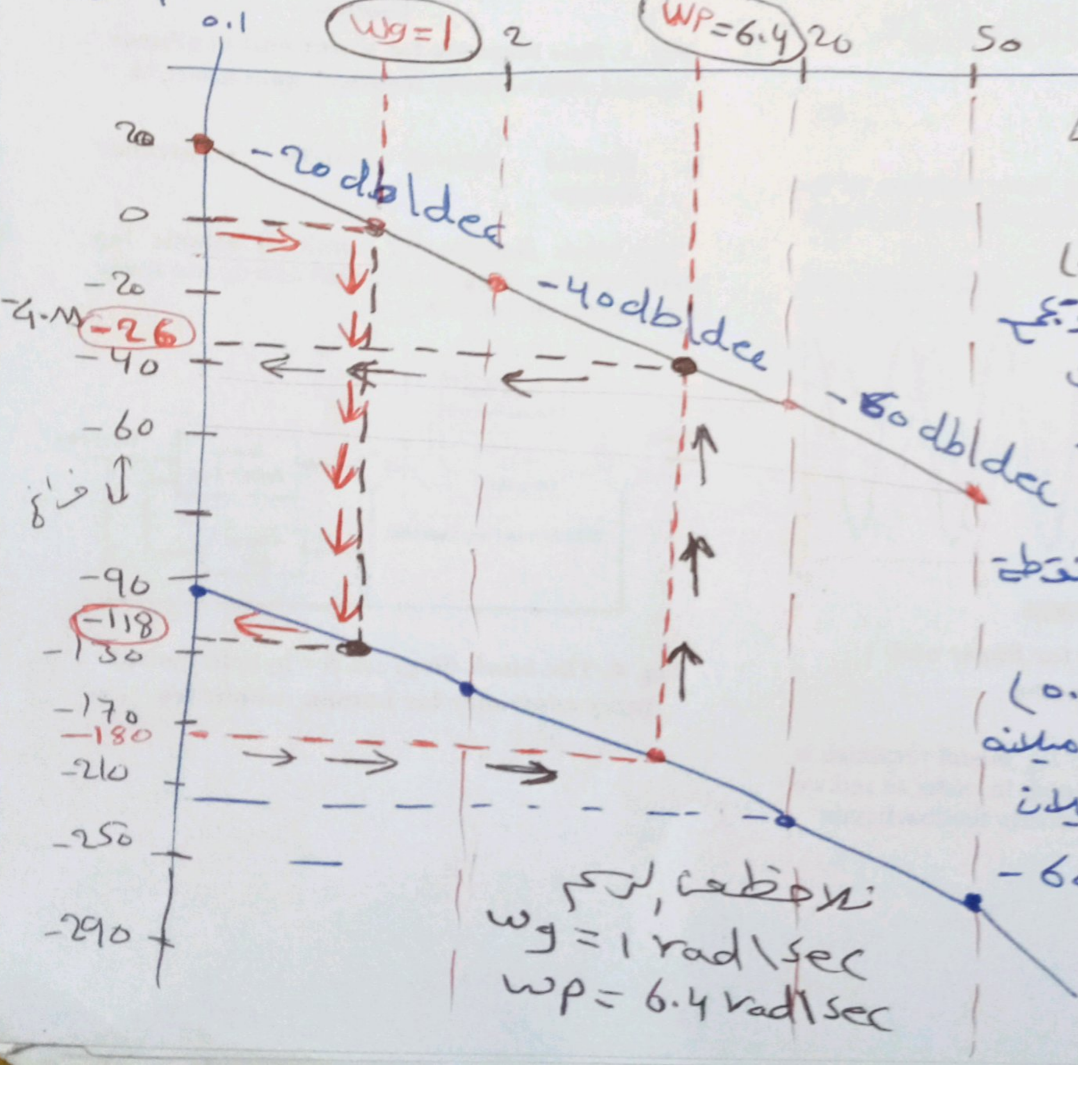
w	M	ϕ
0.1	s.p = 20	-93°
$w_{c1} = 2$	-9.11	-141°
$w_{c2} = 20$	-43.1	-219.28
50	-53.336	-245.908

↑ يتم اختيارها

* الخط الواصل بالرسم ما بين
$0.1 \longrightarrow 2$ rad/sec
المعادلة $\frac{1}{s(0.5s+1)(0.05s+1)}$ = تحدد ميلان
الخط الواصل ما بين $0.1 \longrightarrow 1$
لذلك يكون الميلان -20

* الخط الواصل ما بين
التردد $2 \longrightarrow 20$
تابع للحد $(0.5s+1)$
يكون ميلانه -20 ويجمع
مع الميلان السابق
لذلك يتم تأثير -40

* الخط الواصل ما بين النقطة
$20 \longrightarrow 50$
تابع للحد $(0.05s+1)$
وهو ايضا poles لذا ميلانه
-20 ويجمع مع الميلان
السابق لذا يكون -60



نلاحظ الرسم
$w_g = 1$ rad/sec
$w_p = 6.4$ rad/sec

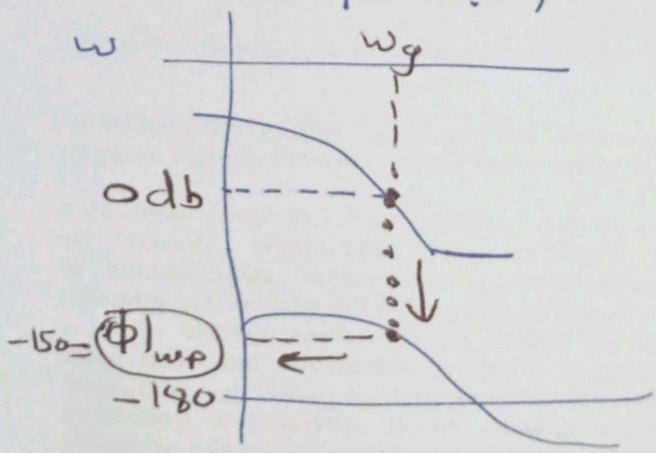
نلاحظ من الرسم السابق قيمة G.M والذي هو قيمة M عند التردد w_p ويتم ايجادة كما موضح بالشكل او تعويض قيمة w_p بمعادلة M واخذ عكس الاشارة لقيمة الناتجة

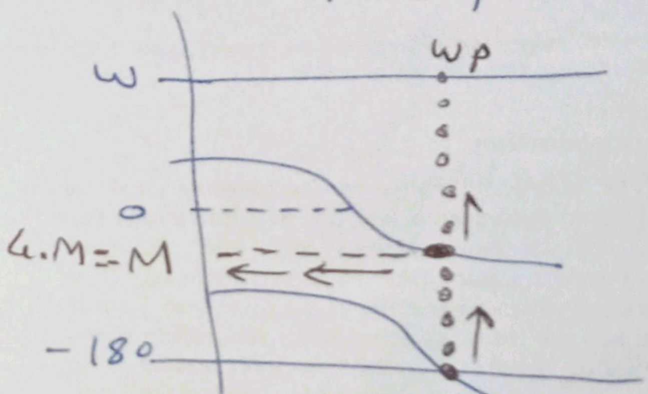
$$\therefore G.M = -M\big|_{w_p} = 26$$

$$P.M = 180 + \phi\big|_{w_g} = 62$$

من الرسم $\phi\big|_{w_g} = -118^\circ$ ← * يتم ايجادها بتعويض w_g بمعادلة ϕ

ويمكن ايجادها من الرسم وذلك بتسقيط خط عند التردد w_g الى رسم phase وعند تقاطعه مع الرسم نجد ϕ





* من معطيات السؤال (a) مطلوب ايجاد (range of k) لاستقرارية المنظومة نستخدم القانون التالي لايجاد قيمة k

$$20 \log K_1 = G.M = 26$$

$$20 \log 0.025k = 26$$

للتخلص من log $\quad \log 0.025k = \frac{26}{20}$

$$0.025k = 10^{\frac{26}{20}} = 19.95$$

critical gain يعتبر هنا k هو $\quad k = \frac{19.95}{0.025} = 798$

$\therefore$ range for stability $0 < K \leq 798$

(b) For the gain margin to be 10, نستخدم القانون التالي

$$X = G.M_{\text{الأصلي}} - G.M_{\text{المعطاه}} \Rightarrow X = 26 - 10 = 16 \text{ db}$$

ثم نستخدم القانون

$$20 \log k_1 = X$$

$$\log k_1 = \frac{X}{20} \Rightarrow k_1 = 10^{\frac{X}{20}}$$

$$0.025 k = 10^{\frac{X}{20}} \Rightarrow K = 252$$

(c) for P.M to be 5°, find k

sol

$$P.M = 180 + \phi|_{\omega g} \Rightarrow 50 = 180 + \phi|_{\omega g}$$

$$\phi|_{\omega g} = -130° \xrightarrow{\text{نتم ايجاد قيمة التردد من الرسم عند هذه الزاوية}} \omega g = 1.9 \text{ rad/sec.} \xrightarrow{\text{ثم نلاحظ قيمة M عند هذا التردد}} M = -5.5$$

* لايجاد K نستخدم القانون التالي

$$20 \log k_1 = -M = 5.5$$

$$k_1 = 10^{\frac{5.5}{20}} \Rightarrow 0.025 k = 1.88$$

$$k = 75.35$$

The C.L.T.F is stable because G.M & P.M is +ve and because O.L.T.F is stable

EX3: for system with $O.L.T.F = \dfrac{1}{s^2+2s+3}$

draw bode plot

sol

$$O.L.T.F = GH = \frac{1}{s^2+2s+3} = \frac{1/3}{\frac{1}{3}s^2+\frac{2}{3}s+1}$$

$$GH(jw) = \frac{1}{\frac{1}{3}(jw)^2+\frac{2}{3}jw+1} = \frac{1}{-w^2+\frac{2}{3}jw+1}$$

$$= \frac{1}{(1-\frac{1}{3}w^2)+\frac{2}{3}jw} \quad , \quad w_c^2 = 3 \Rightarrow w_{c_{1,2}} = \mp\sqrt{3}$$

يتم اخذ الجزء الموجب فقط

$$M = 20\log 1 - 20\log\sqrt{(1-\tfrac{1}{3}w^2)^2+(\tfrac{2}{3}w)^2}$$

$$\phi = -\tan^{-1}\frac{\frac{2}{3}w}{(1-\frac{1}{3}w^2)} \quad , \quad s.p = 20\log\frac{1}{3} = -9.54$$

w	M	ϕ
0.1	s.p=-9.59	-3.85°
1.731 $w_c=\sqrt{3}$	-10.8	-90°
3	-18.6	-135°
100	-80	-179.85°

دائما يتم اخذ على الاقل اربع نقاط

نلاحظ في هذا المثال ما يلي في حساب ϕ

① if $w < w_c$

then يتم استخدام هذا القانون $\phi = -\tan^{-1}\dfrac{\frac{2}{3}w}{(1-\frac{1}{3}w^2)}$

② if $w = w_c$

$$\phi = -90$$

③ if $w > w_c$

يتم استخدام القانون التالي

$$\phi = -\left(180 - \tan^{-1}\frac{\frac{2}{3}w}{(\frac{1}{3}w^2-1)}\right)$$

يتم عكس الحدود

$w_g = \infty$

$w_p = \infty$

G.M , P.M

G.M $= \infty$

P.M $= \infty$

* يقوم الطالب بالرسم وايجاد المتغيرات

Ex4: draw bode for system with O.L.T.F

$$GH = \frac{1}{s^2+2s-3} = \frac{1/3}{(+\frac{1}{3}s^2+\frac{2}{3}s-1)}$$

$\rightarrow \omega_c^2$

$$GH(j\omega) = \frac{1}{-\frac{1}{3}\omega^2+\frac{2}{3}j\omega-1}$$

سالب

$\omega_c^2 = 3 \Longrightarrow \omega_{c1,2} = \mp\sqrt{3} = \mp 1.732$ rad/sec

يؤخذ الجزء الموجب فقط

$$M = 20\log 1 - 20\log\sqrt{(-1-\frac{1}{3}\omega^2) + (\frac{2}{3}\omega)^2}$$

$$\phi = -\left(+180 - \tan^{-1}\frac{2/3\,\omega}{(1-\frac{1}{3}\omega^2)}\right)$$

لان الثابت سالب
تم اضافة 180

$s.p = 20\log 1 = 9.59$

ω	M	ϕ
0.1	-9.59	-176
$\sqrt{3}$	-16.8	-15
3	-22.6	-153
100	-80	-175

① if $\omega < \omega_c$

$$\phi = -\left(180 - \tan^{-1}\frac{\frac{2}{3}\omega}{1-\frac{1}{3}\omega^2}\right)$$

هذا الكسر يجب ان يكون موجب

② if $\omega = \omega_c$

$$\phi = -90$$

③ if $\omega > \omega_c$

$$\phi = -\left(180 - \tan^{-1}\frac{2/3\,\omega}{\frac{1}{3}\omega^2+1}\right)$$

هذا الكسر يجب ان يكون موجب

يقوم الطالب بالرسم
وايجاد المتغيرات
والتي ستكون كالتالي

$\omega_g = \infty$

$\omega_p = \infty$

$G.M = 9.59$

$P.M = \infty$