

① سیستم کنترل خطی یک واحد با تابع تبدیل حلقه باز زیر:

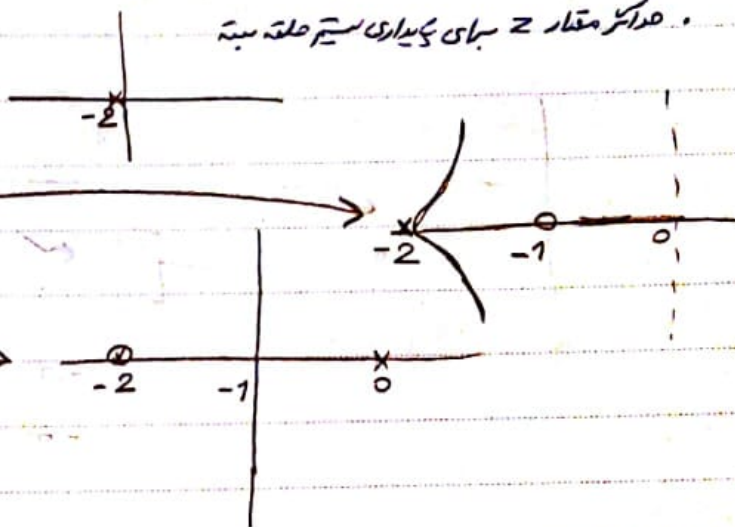
$$G(s) = \frac{10(s+z)}{s(s^2+4s+8)} \quad (z>0)$$

• نمودار حلقه باز در صفحه مختصات s برای سیستم حلقه بسته ۳ برای تغییر پارامتر z
• حداکثر مقدار z برای پایداری سیستم حلقه بسته

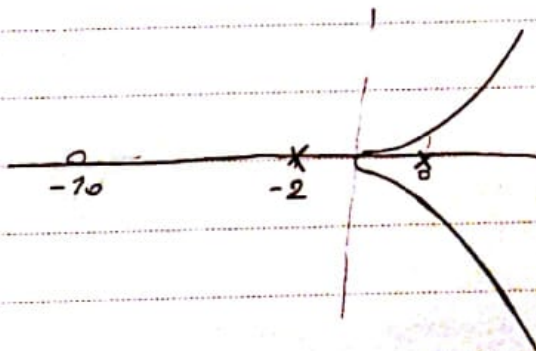
$z=0 \rightarrow \frac{10(s+0)}{s^3+4s^2+4s}$

$z=1 \rightarrow \frac{10(s+1)}{s^3+4s^2+4s}$

$z=2 \rightarrow \frac{10(s+2)}{s^3+4s^2+4s}$



$z=10 \rightarrow \frac{10(s+10)}{s^3+4s^2+4s}$



$$1 + \frac{10(s+z)}{s^3+4s^2+4s} = 0 \rightarrow \frac{s^3+4s^2+4s+10s+10z}{s^3+4s^2+4s} = 0 \rightarrow s^3+4s^2+14s+10z=0$$

نقطه پایداری

برای پایداری $\frac{10z-76}{4} > 0 \rightarrow 10z-76 > 0$

$10z > 76$

$z < 7.6$

s^3	1	14	
s^2	4	$10z$	
s	$\frac{76-10z}{4}$	0	
s^0	$10z$		

$0 < z < 7.6$

$z = 2, 3, 4, 5, 6, 7$

$\max\{z\} = 7$

(2) انتخاب اضافه کردن کنترل کننده $G_c(s)$ به روی مدار کنونی شده در هر حالت:

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)(s+3)}$$



الف) کنترل کننده تناسبی: $G_c(s) = K$

ب) کنترل کننده انتگرالی: $G_c(s) = \frac{K}{s}$

ج) کنترل کننده مشتق گیر: $G_c(s) = K(s+4)$

طرح انتخاب شده



الف) کنترل کننده تناسبی: $G_c(s) = K$

* اضافه کردن این کنترلر، صفر قطبی اضافه نمی کند.

(1) قرار می دهیم:

$$s^2 + 2s + 2 + K = 0$$

$$\max |r(m)| = 2$$

(2) قطب ها را می دهیم: $s = -1 \pm j$

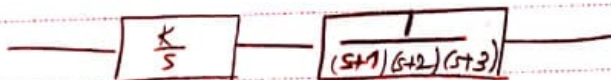
(3) شقوق های بسته: فاصله قطب ها از حلقه بسته باز: صفر و حلقه باز

(4) می دهیم: $\gamma = \frac{(2+1) \cdot 1}{2}$

(2) $\sigma_0 = \frac{(-1-1) \cdot 0}{2} = -1$

(3) $|n-m| = 2$

ب) کنترل کننده انتگرالی: $G_c(s) = \frac{K}{s}$



یک صفر قطب در $s=0$ ایجاد می کند

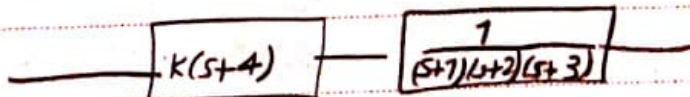
$$\Delta(s) = 1 + \frac{K}{s(s+1)(s+2)(s+3)} \rightarrow \frac{s(s+1)(s+2)(s+3) + K}{s^4 + 6s^3 + 11s^2 + 6s + K} = 0$$

$$s^4 + 6s^3 + 11s^2 + 6s + K = 0$$

ج) کنترل کننده مشتق گیر: $G_c(s) = K(s+4)$ ← معادله از این کنترلر به تقاطع استفاده نمی شود، چون نسبت به فضای ثابت، معادله نیست.

(صفر مشتق فضای ثابت را معطر در نظر می گیریم)

← یک صفر حلقه باز اضافه می کند



(3) Bode plot for $G(s) = \frac{Ks+3}{2s(s+1)(s+2)}$

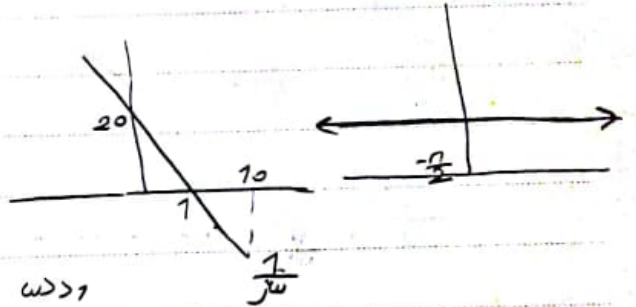
* $G_1(j\omega) = \begin{cases} |G_1(j\omega)| = 20 \log \frac{3}{2} = 2 \\ \angle G_1(j\omega) = \tan^{-1} 0 = 0 \end{cases}$

* $G_2(j\omega) = \begin{cases} |G_2(j\omega)| = 20 \log \sqrt{1 + \frac{\omega^2}{9}} \\ \angle G_2(j\omega) = \tan^{-1} \frac{\omega}{3} \end{cases} \begin{cases} 20 \log \frac{\omega}{3} & \omega \gg 3 \\ 0 & \omega \ll 3 \end{cases}$

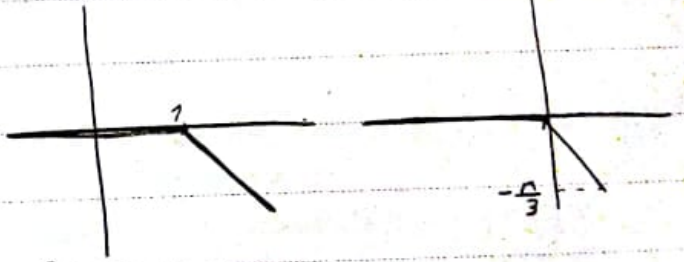


$G(j\omega) = \frac{j\omega+3}{j\omega(j\omega+1)(j\omega+2)}$
 $G_1(j\omega) = \frac{3}{2} K = \frac{3}{2}$
 $G_2(j\omega) = \frac{3}{s} + 1 = \frac{j\omega}{3} + 1$
 $G_3(j\omega) = \frac{1}{j\omega+1}$
 $G_4(j\omega) = \frac{1}{\frac{j\omega}{2} + 1}$

* $G_3(j\omega) = \begin{cases} |G_3(j\omega)| = 20 \log \frac{1}{j\omega} = -20 \log \omega \\ \angle G_3(j\omega) = -\tan^{-1} \frac{\omega}{1} = -90^\circ \end{cases}$



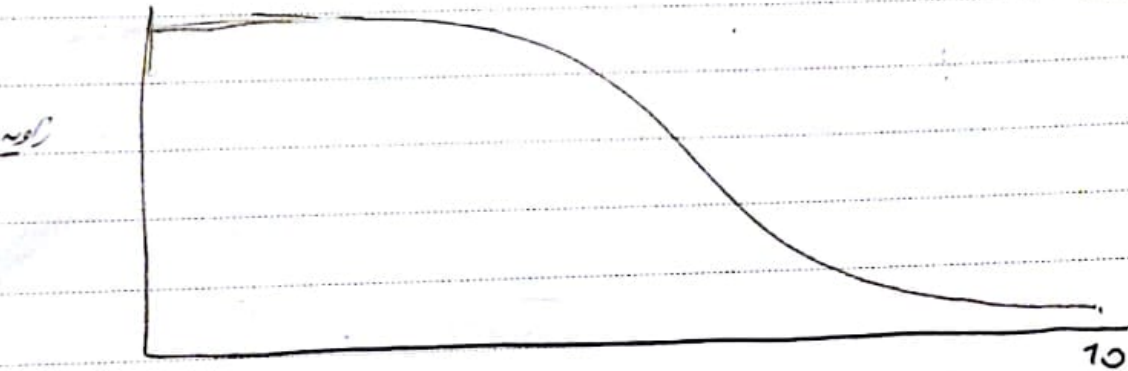
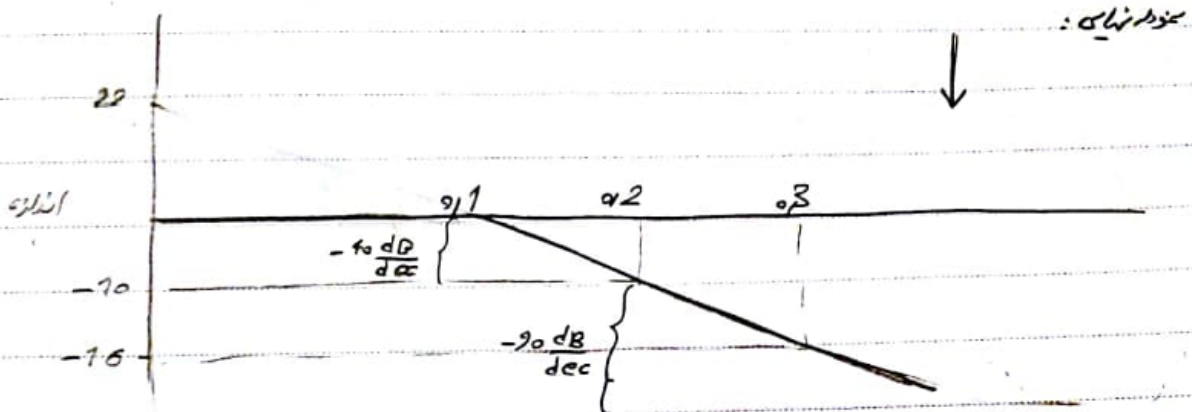
* $G_4(j\omega) = \begin{cases} |G_4(j\omega)| = 20 \log \frac{1}{j\omega+1} \\ \angle G_4(j\omega) = -\tan^{-1} \omega \end{cases} \begin{cases} -20 \log \omega & \omega \gg 1 \\ 0 & \omega \ll 1 \end{cases}$



* $G_5(j\omega) = \begin{cases} |G_5(j\omega)| = -20 \log \sqrt{1 + \frac{\omega^2}{4}} \\ \angle G_5(j\omega) = -\tan^{-1} \frac{\omega}{2} \end{cases} \begin{cases} -20 \log \frac{\omega}{2} & \frac{\omega}{2} \gg 1 \\ 0 & \frac{\omega}{2} \ll 1 \end{cases}$



Subject _____
Date _____



④ خرد شایسته Bode برای سیستم با تابع تبدیل زیر

$$\frac{s+3}{(s+2)(s^2+2s+25)}$$

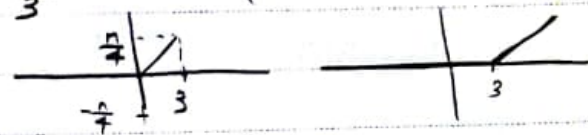
$$G(s) = \frac{3(s+1)}{5s(\frac{s}{2}+1)(\frac{s^2}{25}+\frac{2}{25}s+1)} G_1 G_2 G_3 G_4$$

$$\frac{s^3+2s^2+25s+2s^2+4s+50}{s^3+4s^2+29s+50}$$

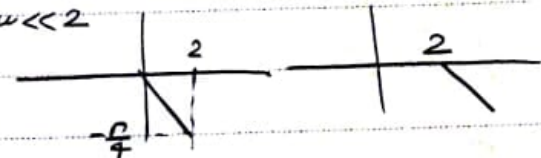
$$* G_1(j\omega) = \frac{3}{50} \rightarrow \begin{cases} |G_1| = 20 \log \frac{3}{50} = -24 \\ \angle G_1 = 0 \end{cases}$$



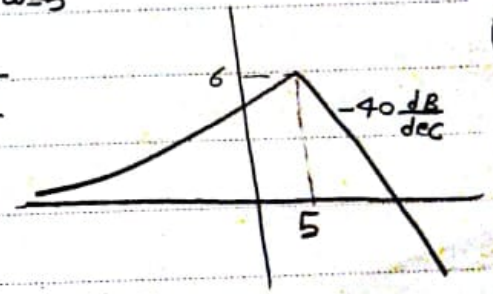
$$* G_2(j\omega) = \frac{j\omega}{3} + 1 \rightarrow \begin{cases} |G_2| = 20 \log \sqrt{1 + \frac{\omega^2}{9}} \rightarrow \begin{cases} 20 \log \frac{\omega}{3} & \omega \gg 3 \\ 0 & \omega \ll 3 \end{cases} \\ \angle G_2 = \tan^{-1} \frac{\omega}{3} \end{cases}$$



$$* G_3(j\omega) = \frac{1}{\frac{j\omega}{2} + 1} \rightarrow \begin{cases} |G_3| = \begin{cases} -20 \log \frac{\omega}{2} & \omega \gg 2 \\ 0 & \omega \ll 2 \end{cases} \\ \angle G_3 = -\tan^{-1} \frac{\omega}{2} \end{cases}$$

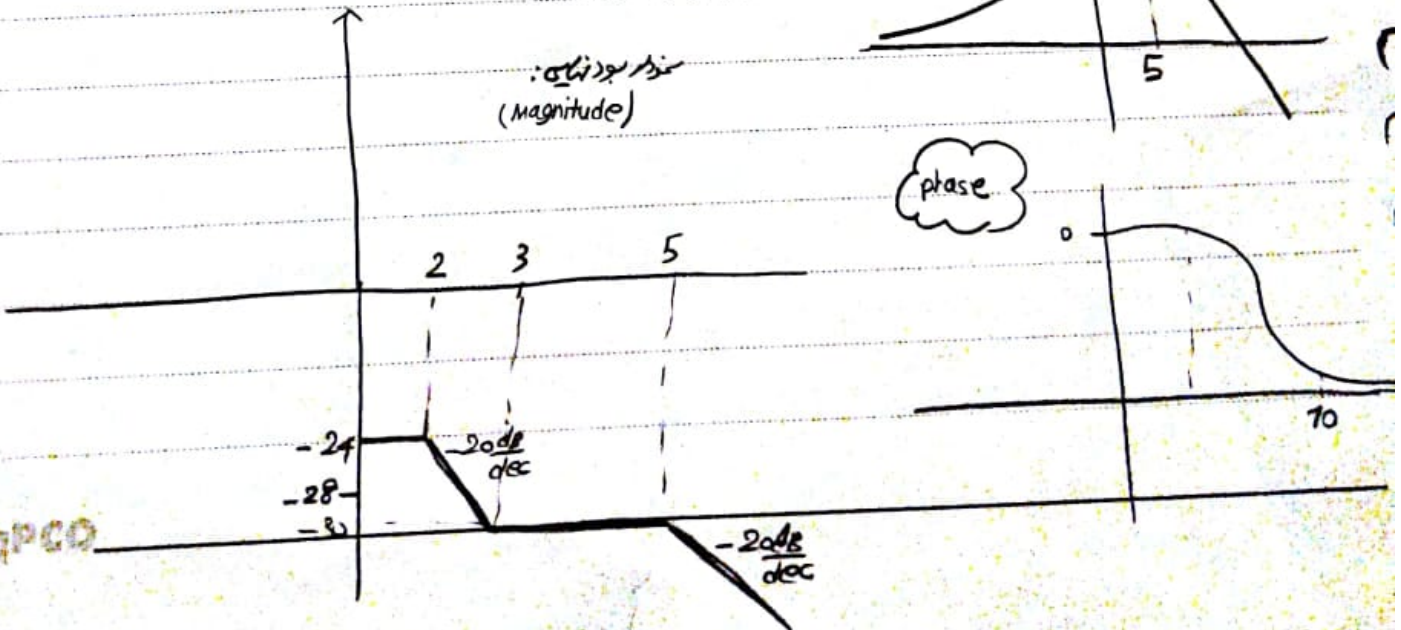


$$* G_4(j\omega) = \frac{1}{\frac{j\omega^2}{25} + \frac{2}{25}j\omega + 1} = \begin{cases} |G_4| = \begin{cases} -40 \log \frac{\omega}{5} & \omega \gg 5 \\ 0 & \omega \ll 5 \\ +6 & \omega = 5 \end{cases} \\ \angle G_4 = \tan^{-1} \frac{\frac{2}{25}\omega}{1 - \frac{\omega^2}{25}} \end{cases}$$



استیسیته
(Magnitude)

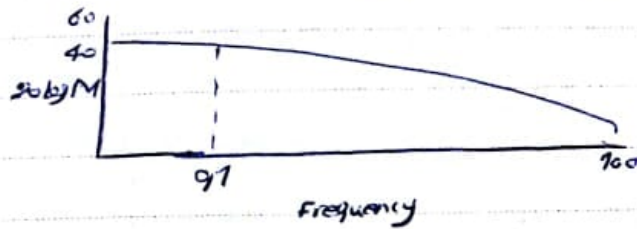
phase



Subject

Date

⑤. از روی پهنای باند میانه میانه و خط رجعت میانه را به ازای فرکانس
یافته، شیب و سهم پیدا کنید.



شیب منحنی اول $\rightarrow N=1 \rightarrow -20 \frac{dB}{dec} = \text{شیب منحنی دوم}$

$$\omega=1 \rightarrow 20 \log \underbrace{|G(j\omega)|}_{KV} = 40 \rightarrow KV = \sqrt{10} \rightarrow ess = \frac{1}{KV} = \frac{\sqrt{10}}{10}$$

$$20 \log K - \frac{20 \log 1}{0} = 40$$

به اندازه‌گیری در منحنی، یک 20 dB افت خواهیم داشت.

$-20 \frac{dB}{sec} \leftarrow N=1$