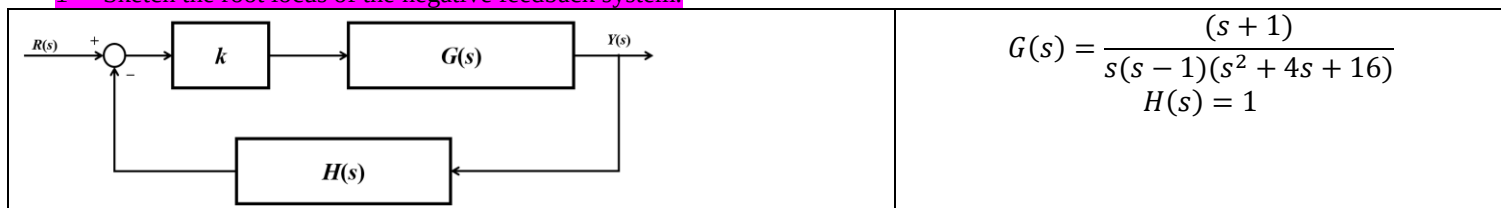


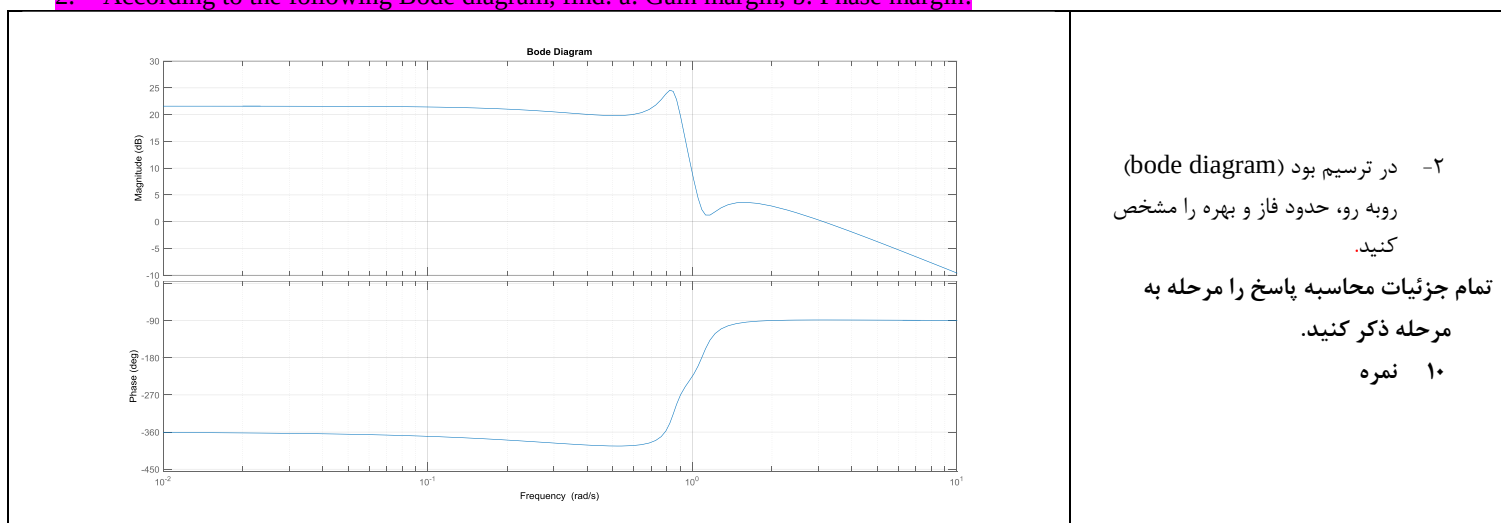
امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی:
۰۰-۰۱-۲		شماره دانشجویی:
☒ غیرمجاز ☐ برگه فرمول: مجاز	☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز	☐ غیرمجاز ☒ ماشین حساب: مجاز

۱- روت لوکاس (مکان هندسی ریشه‌ها) نمودار بلوکی زیر را با تمام جزئیات رسم کنید (۵۰ نمره).

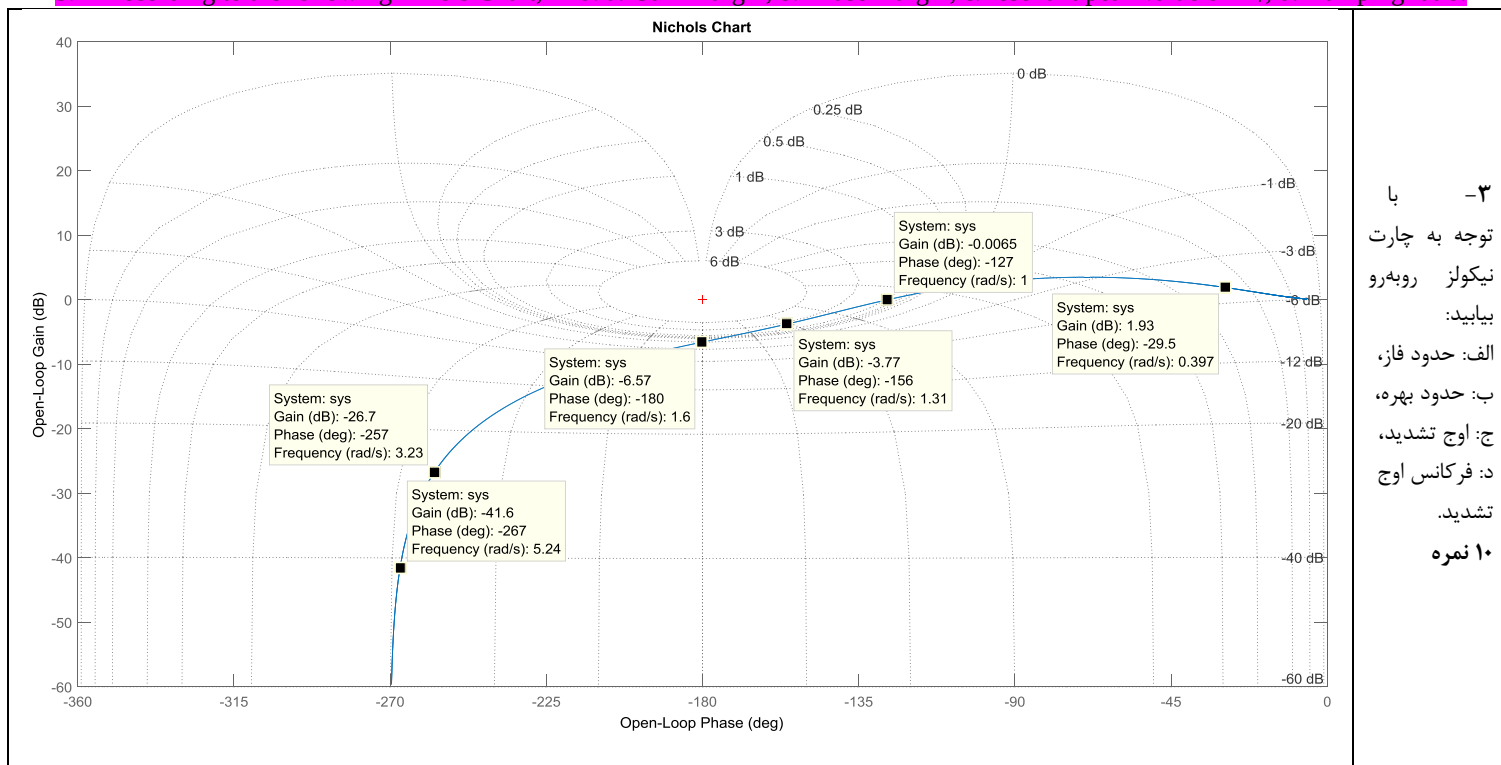
1- Sketch the root locus of the negative feedback system.



2. According to the following Bode diagram, find: a: Gain margin, b: Phase margin.



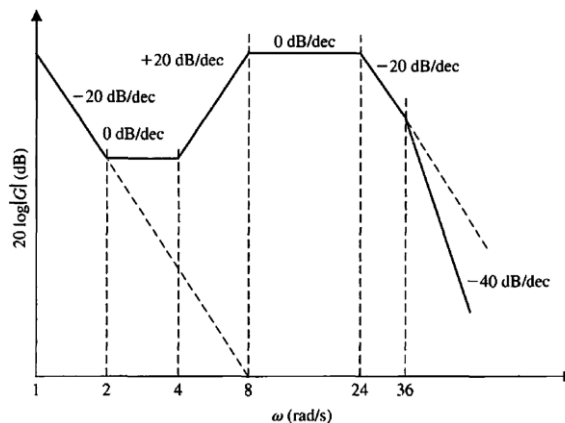
3. According to the following Nihols Chart, find: a. Gain margin, b. Phase margin, c. resonant peak value of M_r , d. Damping ratio.



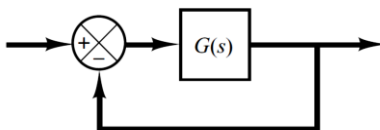
امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی:
☒ غیرمجاز ☐ برگه فرمول: مجاز	☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز	☐ غیرمجاز ☒ ماشین حساب: مجاز

۴- نمودار اندازه تابع تبدیل زیر در شکل نشان داده شده است. مقادیر K ، a و b را به دست آورید (۱۰ نمره).

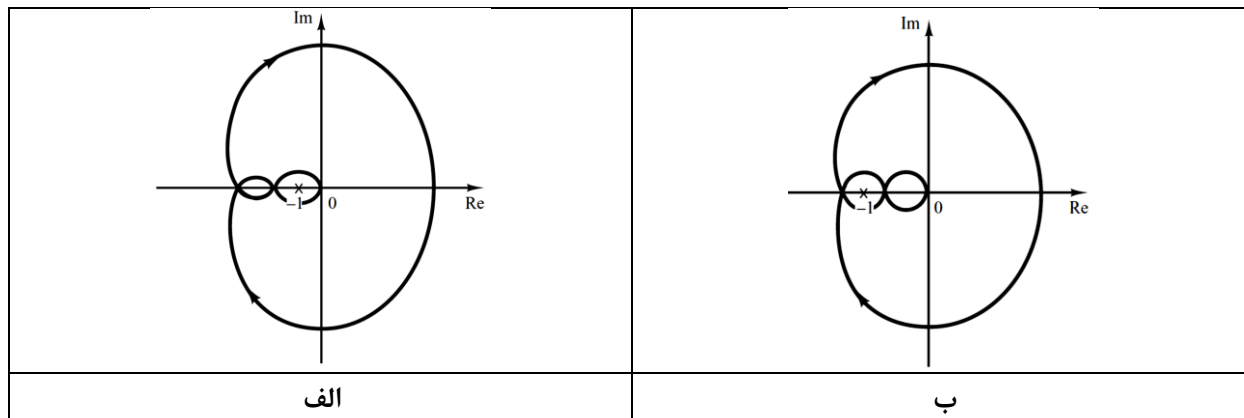
$$G(s) = \frac{K(1 + 0.5s)(1 + as)}{s(1 + s/8)(1 + bs)(1 + s/36)}$$



۵- سیستم حلقه بسته زیر را در نظر بگیرید که $G(s)$ هیچ قطبی در سمت راست صفحه S ندارد:



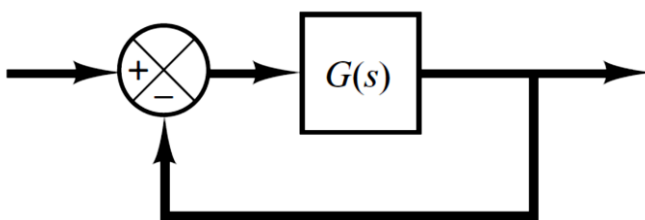
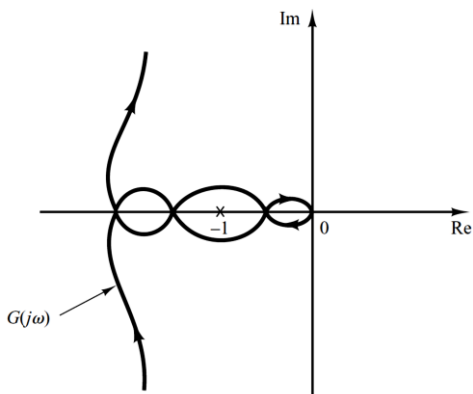
اگر نمودار نایکوئیست قطب‌های $G(s)$ به صورت زیر باشد، آیا سیستم پایدار است (۱۰ نمره)؟



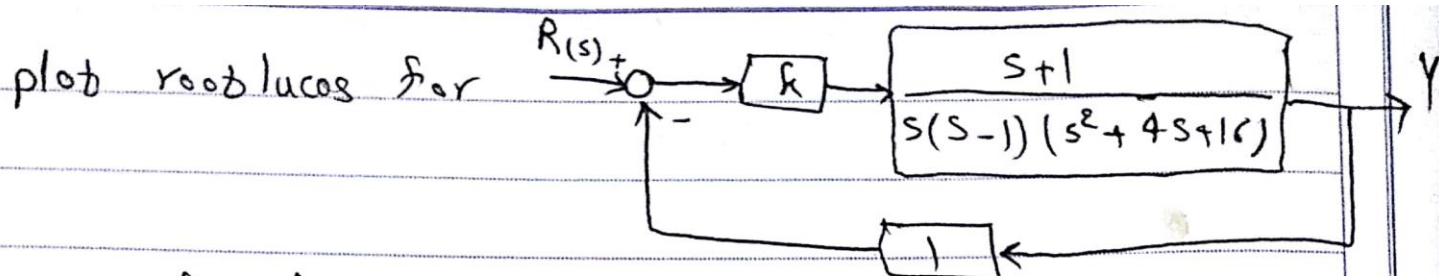
۶- نمودار قطبی نایکوئیست دیاگرام بلوکی رسم شده است. آیا سیستم در حالت زیر پایدار است یا نه؟

الف- اگر $G(s)$ یک قطب سمت راست صفحه S داشته باشد (۵ نمره).

ب- اگر $G(s)$ هیچ قطبی سمت راست صفحه S نداشته باشد اما یک صفر سمت راست صفحه S داشته باشد (۵ نمره).



امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۱-۱۳ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی:
☐ برگه فرمول: مجاز ☐ غیرمجاز	☐ جزوه و کتاب: مجاز ☐ غیرمجاز	☐ ماشین حساب: مجاز ☐ غیرمجاز



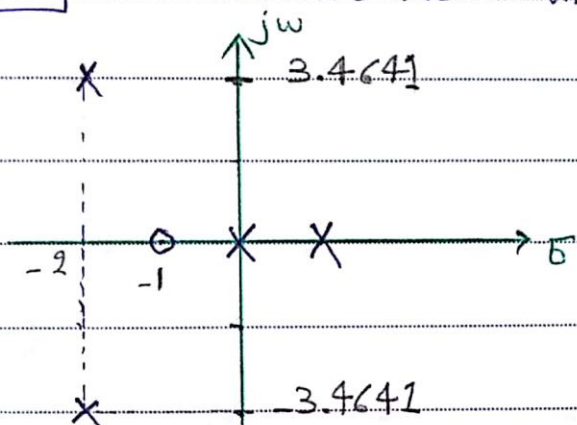
Assume that the value of gain k is nonnegative ($k \geq 0$)

1.1 calculate zeros and poles of open-loop transfer function.

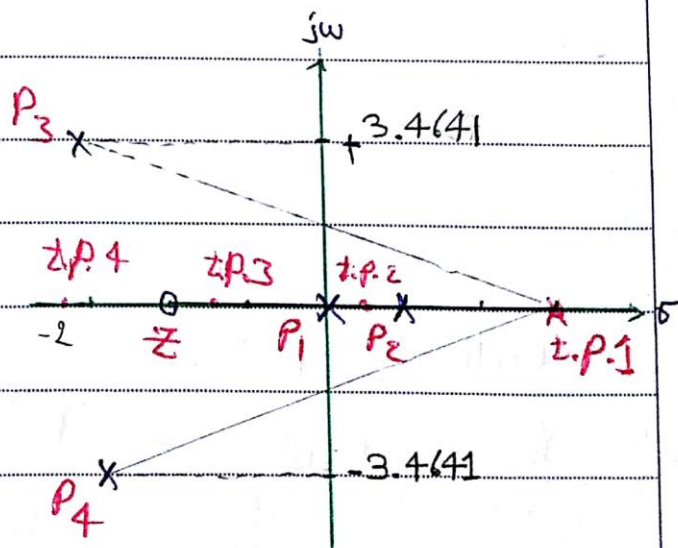
open-loop T.F. = $G(s)H(s) = \frac{s+1}{s(s+1)(s^2+4s+16)}$

zeros: $s = -1$
 poles: $s = 0, s = 1, s = -2 \pm 3.4641i$

1.2 locate the zeros and poles of open-loop T.F. on the s plane.



2: Determine the root loci on the



real axis:

امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی: ماشین حساب: مجاز ☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز ☐ غیرمجاز ☒ برگه فرمول: مجاز ☐ غیرمجاز ☒
--	---	--

۱۲۵

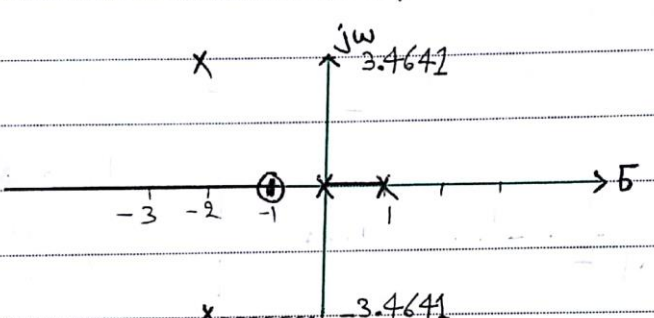
محل مهر آموزش

z.p.1
 $\angle P_1 - \angle P_2 - \angle Z = 0$ $\angle P_3 + \angle P_4 = 2\pi$
 The angle condition is not satisfied for z.p.1

z.p.2 $\Rightarrow \angle P_2 = \pi, \angle P_1 = \angle Z = 0, \angle P_3 + \angle P_4 = 2\pi \Rightarrow 0 - 3\pi = \pm(2k+1)\pi$
 The angle condition is satisfied for z.p.2

z.p.3 $\angle P_1 - \angle P_2 = \pi, \angle Z = 0, \angle P_3 + \angle P_4 = 2\pi \Rightarrow 0 - (\pi + 2\pi) = \pm(2k+1)\pi$
 The angle condition is not satisfied for z.p.3

z.p.4 $\angle P_1 - \angle P_2 = \angle Z = \pi, \angle P_3 + \angle P_4 = 2\pi \Rightarrow \pi - (\pi + \pi + 2\pi) = \pm(2k+1)\pi$
 The angle condition is satisfied for z.p.4



3 Determine the asymptotes of the root loci:

3.1 Determine number of asymptotes $\begin{cases} n=4 \\ m=1 \end{cases} \quad N_s, n-m, 3$

3.2 Determine the angle of asymptotes, $\varphi_A, \pm \frac{\pi(2k+1)}{n-m}$

$\varphi_A, \frac{\pi(2k+1)}{4-1} = \frac{\pi}{3}(2k+1) \quad k, 0, 1, 2$

3.3 The asymptotes ~~inter~~ intersect at a point on the real axis:

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

☆ نزدیکی ندارد محل تقاطع میانگین روی یکا هندسی رسم می‌باشد

امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی: ماشین حساب: مجاز ☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز ☐ غیرمجاز ☒
--	---	---

4 Find the break away and break-in points

1.1 Write characteristic equation

$$1 + \frac{k(s+1)}{s(s-1)(s^2+4s+16)} = 0$$

4.2 obtain k from the characteristic equation

$$k = -\frac{s(s-1)(s^2+4s+16)}{(s+1)} = -\frac{s^4+3s^3+12s^2-16s}{(s+1)} \Rightarrow$$

3 Determines from $\frac{dk}{ds} = 0$

$$\frac{dk}{ds} = \frac{(4s^3+9s^2+24s-16)(s+1) - (1)(s^4+3s^3+12s^2-16s)}{(s+1)^2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{dk}{ds} = \frac{3s^4+10s^3+21s^2+24s-16}{(s+1)^2} = 0 \Rightarrow$$

$s = 0.4483 \Rightarrow k = 3.0729$	$\Rightarrow k = 30.2562 + 319.14$ $= 319.14$
$s = -0.7595 + 2.1637i$	
$s = -0.7595 - 2.1637i$	
$s = -2.2627 \Rightarrow k = 70.5628$	

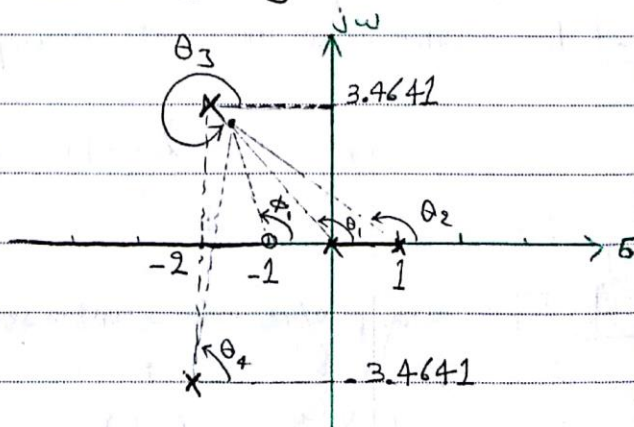
4.4 calculate k for s_1, s_2, s_3 and s_4

5 Determine the angle of departure (angle of arrival) of the

root-locus from frome

a complex poles (at a

complex zeros



امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی:
☒ غیرمجاز ☐ برگه فرمول: مجاز	☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز	☐ غیرمجاز ☒ ماشین حساب: مجاز

305.21 4 -234.79

$$\theta_1 = 180^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{3.4641}{2}\right) = 120^\circ, \quad \theta_2 = 180^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{3.4641}{3}\right) = 130.89^\circ$$

$$\theta_3 = ? \rightarrow \theta_4 = 90^\circ \rightarrow \phi = \phi_1 = 180^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{3.4641}{1}\right) = 106.10^\circ$$

$$\phi - (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) = \pm(2k+1)180 \Rightarrow 106.10 - (120 + 130.89 + \theta_3 + 90) = \pm 180^\circ$$

$$\Rightarrow \theta_3 = \begin{cases} -54.79^\circ \rightarrow \text{for } p_3 \\ 305.21 = +34.79^\circ \rightarrow \text{for } p_4 \end{cases}$$

6 Find the points where the root locus cross the imaginary axis

6.1 Routh's stability criterion

characteristic equation $\Rightarrow s^4 + 3s^3 + 12s^2 + (k-16)s + k = 0$

s^4	1	12	k
s^3	3	k-16	0
s^2	$\frac{3 \times 12 - (k-16)}{3}$	k	0
s^1	$\frac{3 \times 12 - (k-16) \times (k-16)}{3}$	0	0
s^0	$\frac{3 \times 12 - (k-16)}{3}$	0	0

$$k > 0 \Rightarrow -k^2 + 59k - 832 = 0 \Rightarrow \begin{cases} k_1 = 23.3153 \\ k_2 = 35.6847 \end{cases}$$

→ Auxiliary equation

$$\frac{52-k}{3} s^2 + k = 0 \Rightarrow \begin{cases} 9.5615 s^2 + 23.3153 = 0 \Rightarrow s = \pm j 1.5616 \\ 5.4384 s + 35.6847 = 0 \Rightarrow s = -2.5617j \end{cases}$$

امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی:
☒ غیرمجاز ☐ برگه فرمول: مجاز	☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز	☐ غیرمجاز ☒ ماشین حساب: مجاز

6.2 leting $s = j\omega$ in the characteristic equation

$$(j\omega)^4 + 3(j\omega)^3 + 12(j\omega)^2 + (k-16)(j\omega) + k = 0$$

$$\omega^4 - 3j\omega^3 - 12\omega^2 + (k-16)j\omega + k = 0 \Rightarrow$$

$$(\omega^4 - 12\omega^2 + k) + j\omega[-3\omega^2 + (k-16)] = 0 \quad \begin{cases} \omega^4 - 12\omega^2 + k = 0 \\ -3\omega^2 + (k-16) = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{k-16}{3} \Rightarrow \left(\frac{k-16}{3}\right)^2 - 12\left(\frac{k-16}{3}\right) + k = 0 \Rightarrow$$

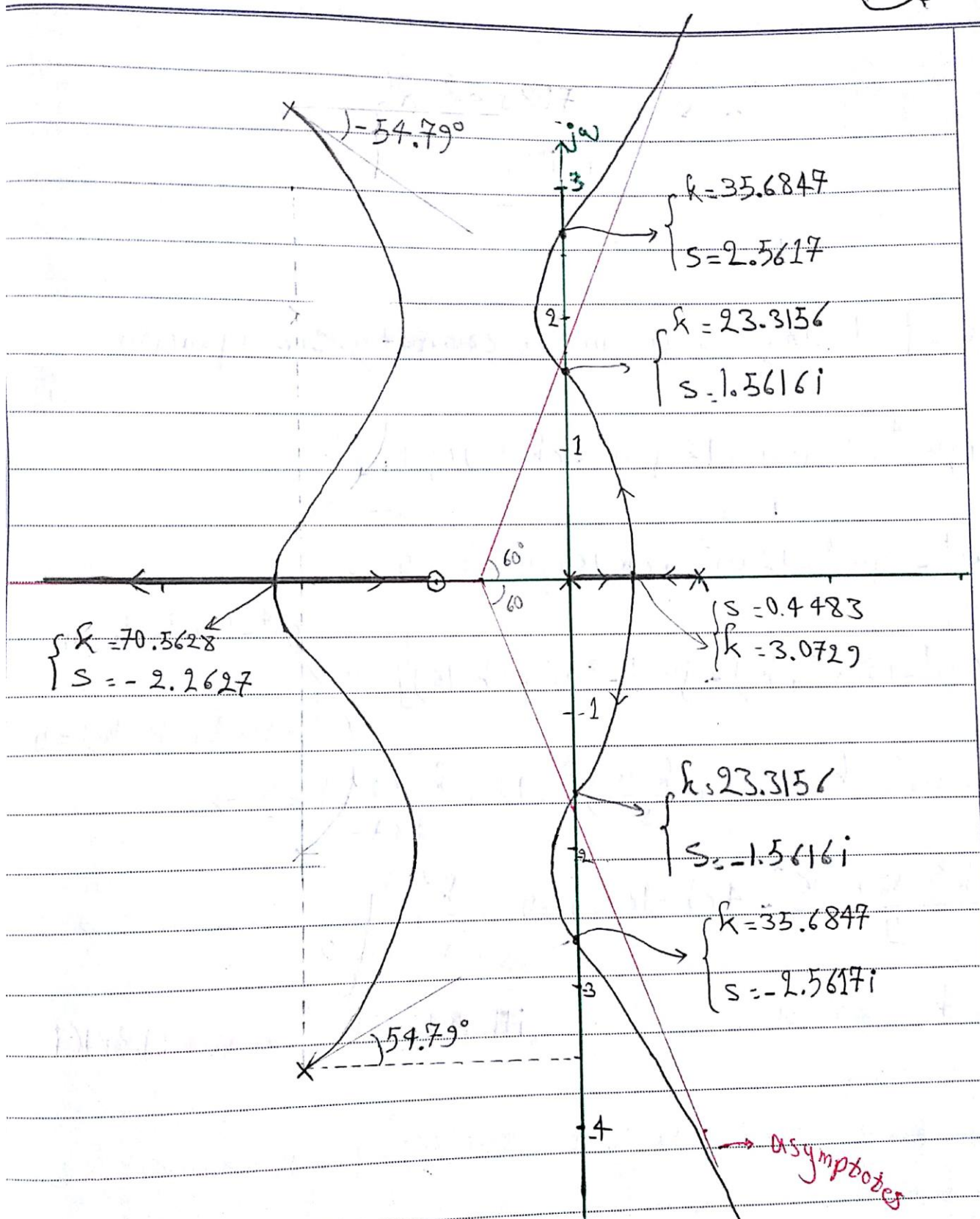
$$\frac{k^2 - 32k + 16^2}{9} - 4(k-16) + k = 0 \Rightarrow \frac{k^2 - 59k + 832}{9} = 0 \Rightarrow$$

$$k_1 = 23.3153 \Rightarrow -3\omega^2 + (23.3153 - 16) = 0 \Rightarrow \omega = \pm 1.5616i$$

$$k_2 = 35.6847 \Rightarrow -3\omega^2 + (35.6847 - 16) = 0 \Rightarrow \omega = \pm 2.5617i$$

امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۱-۱۳ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی:
☒ غیرمجاز ☐ برگه فرمول: مجاز	☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز	☐ غیرمجاز ☒ ماشین حساب: مجاز

۱۶



امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۳-۱۱ ۰۰-۰۱-۲	 دانشگاه هرازگان	نام و نام خانوادگی: شماره دانشجویی: ماشین حساب: مجاز ☒ غیر مجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز ☐ غیر مجاز ☒ برگه فرمول: مجاز ☐ غیر مجاز ☒
--	---	---

محل مهر آموزش

پاسخ سؤال ۲: $G_m = -2.33 \text{ dB}$ و $PM = 91.7 \text{ deg}$

هدف از عبارت است از پس فاز لازم در فرکانس عبور پهنای برای استقرار سیستم در مرتبه ناایستاری.

حد پهنای عکس اندازه (در ω_c) در فرکانسی است که زاویه فاز در آن -180° می شود.

پاسخ سؤال ۳: چون بزرگترین مسیر اندازه ماس بر (در ω_c) برابر با 3 dB است،

اندازه اوج شداید M_r برابر با 3 dB خواهد بود. فرکانس اوج

شداید 1.31 rad/s است $\omega_r = 1.31 \text{ rad/s}$ و $M_r = 3 \text{ dB}$

نقطه عبور فاز نقطه ای است که مگن (در ω_c) محور -180° را قطع می کند (در سیستم فعلی $\omega_c = 1.6 \text{ rad/s}$ است)

هدف از فاصله افقی بین نقطه عبور پهنای و نقطه بحرانی (-180° و 0 dB) است.

نقطه عبور پهنای نقطه ای است که مگن (در ω_c) محور 0 dB را قطع می کند (در سیستم فعلی $\omega_c = 1.6 \text{ rad/s}$ است)

حد پهنای بر حسب dB فاصله بین نقطه عبور فاز و نقطه بحرانی است.

$GM = 2.1228$ و $PM = 53.1302$

فرکانس تقاطع مگن (در ω_c) و $M_r = 3 \text{ dB}$ پهنای باند را مشخص می کند.

پاسخ سؤال ۴:

$$20 \log \frac{k}{\omega} = 0 \text{ dB} \Rightarrow \omega = 8 \Rightarrow 20 \log \frac{k}{8} = 0 \Rightarrow k = 8$$

We have a zero at $\omega_s 2$ and another zero at $\omega_s 4$. The zero at $\omega_s 4$ yields $\alpha = 0.25$

We also have a pole at $\omega_s 8$, and a second pole at $\omega_s 24$.

The pole at $\omega = 24$ yields $b = \frac{1}{24} \Rightarrow G(s) = \frac{8(1 + \frac{s}{2})(1 + \frac{s}{4})}{s(1 + \frac{s}{8})(1 + \frac{s}{24})(1 + \frac{s}{36})}$

امتحان پایان ترم درس کنترل اتوماتیک ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ ساعت ۱۱-۱۳	 دانشگاه هرمزگان	نام و نام خانوادگی:
۰۰-۰۱-۲		شماره دانشجویی:
☒ غیرمجاز ☐ برگه فرمول: مجاز	☒ غیرمجاز ☐ جزوه و کتاب: مجاز	☐ غیرمجاز ☒ ماشین حساب: مجاز

$$Z = N + P$$

جواب سوال ۱

$$a: N=0, P=0 \Rightarrow Z=0 \Rightarrow \text{system is stable}$$

$$b: N=2, P=0 \Rightarrow Z=2 \Rightarrow \text{system is unstable}$$

جواب سوال ۲

$$N=0, P=1 \Rightarrow Z=1 \Rightarrow \text{The system is unstable}$$

$$c: N=0, P=0 \Rightarrow Z=0 \Rightarrow \text{The system is stable.}$$

Note: The presence of a zero of $G(s)$ in the right half s

plane does not affect the stability of the system.