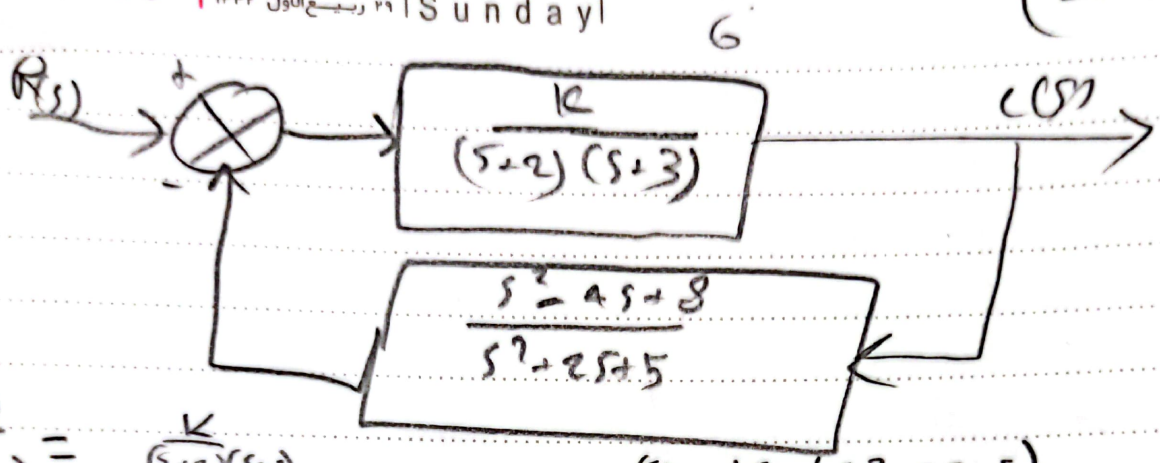
(4 (الف

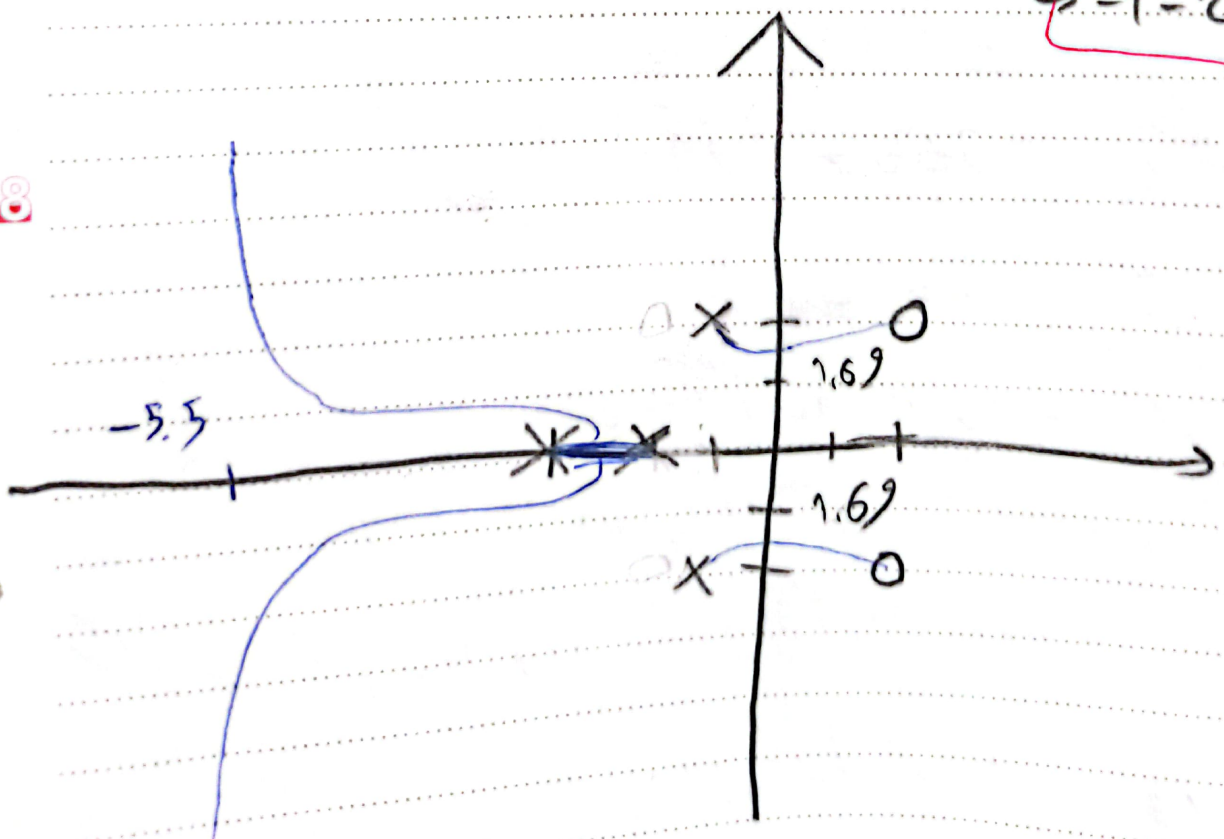


$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{K}{(s+2)(s+3)}}{1+\frac{K(s^2-4s+8)}{(s+2)(s+3)(s^2+2s+5)}} = \frac{K(s^2+2s+5)}{(s+2)(s+3)(s^2+2s+5)+K(s^2-4s+8)}$$

$$G(s)H(s) = \frac{K(s^2-4s+8)}{(s+2)(s+3)(s^2+2s+5)}$$

$s^2+2s+5 \Rightarrow -1\pm 2j$

- $s \to -2$
- $s \to -3$
- $s \to -1+2j$
- $s \to -1-2j$



تعداد مجانب‌ها $4-2=\boxed{2}$

$$\frac{(2n+1)\pi}{2} \Rightarrow \boxed{\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}}$$

محل برخورد مجانب‌ها

$$-\frac{\sum p_i - \sum z_i}{n-m} = -\frac{7+4}{2} = -\frac{11}{2} = \boxed{-5.5}$$

محل تقاطع

$$G = \frac{d}{ds}\left(\frac{(s+2)(s+3)(s^2+2s+5)}{(s^2-4s+8)}\right) = 0 \Rightarrow s \simeq -2.513$$

محل شکست

زاویه ورود صفر

$$\varphi_1 = \pi, -\frac{\pi}{2} + \tan^{-1}\left(\frac{4}{3}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{2}{4}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{2}{5}\right)$$

$$\simeq 191$$

$$\varphi_2 = 360 - 191 = 169$$

زاویه خروج قطب

$$\theta_1 = -\pi = -\pi$$

$$\theta_2 = -\pi + 0 + (-\pi) = 0$$

$$\theta_3 = -\pi + \left(\pi + \frac{\pi}{2} + \tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right)\right) - \left(\tan^{-1}(1) + \tan^{-1}(2) + \frac{\pi}{2}\right) \simeq -71.5$$

$$\theta_4 = +71.5$$

ب) $1+GH=$ ______

$$1+GH=\frac{s^4+7s^3+(21+K)s^2+(37-4K)s+(8K+30)}{(s^2+5s+6)(s^2+2s+5)}$$

s^4	1	$(21+K)$	$8K+30$	0
s^3	7	$(37-4K)$	0	
s^2	$\frac{110+11K}{7}$	$(8K+30)$	0	
s^1	$\frac{-44K^2-425K+2660}{110+11K}=0$			
s^0				

$K>0$

$$\begin{cases} K=4.28 \; ✓ \\ K=-13.9 \; ✗ \end{cases}$$

$$\frac{110+11(4.28)}{7}s^2+(8(4.28)+30)=0$$

$$s=\pm\sqrt{2.86274}\simeq\pm 7.69$$

محل برخورد با محور $j\omega$

$K=4.28$

مقدار بهره

پ) در قسمت الف داشتیم که

$\varphi_2=169$ $\varphi_1=197$

$$e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} = 0.3 \Rightarrow \zeta$$

$$\zeta = \frac{-\ln 0.3}{\sqrt{\pi^2 + (\ln 0.3)^2}} = 0.3578$$

$$\cos^{-1}(\zeta) \simeq 69.034 \qquad \tan 69 \simeq 2.6$$

$$\bar{s} = -\zeta\omega_n + \omega_n\sqrt{1-\zeta^2} \Rightarrow \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} = 2.6$$

$$\boxed{\bar{s} = -a + j2.6a} \rightarrow \text{در معادله } 1+GH=0 \text{ جایگذاری}$$

$$\begin{cases} a_1 \simeq -1.56, K = 55.69 & \bar{s}_1 = 1.56 - 4j \\ a_2 \simeq 0.9629, K = -1.228 & \bar{s}_2 = -0.96 + 2.49j \\ a_3 \simeq 0.656, K = 0.876 & \bar{s}_3 = -0.656 + 1.7j \\ a_4 \simeq -0.68, K = 17.5091, & \bar{s}_4 = +0.68 - 1.76j \end{cases}$$

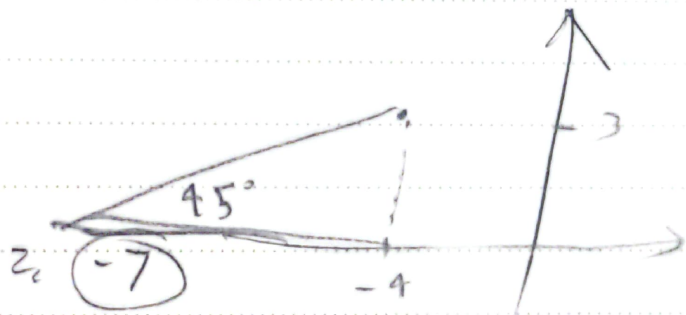
6) $G(s) = \frac{K}{(s+4)(s+1)}$

$$T_p = \frac{\pi}{w_n\sqrt{1-\zeta^2}} \Rightarrow w_n = \frac{\pi}{T_p\sqrt{1-\zeta^2}} = 5$$

$$s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2 = s^2 + 8s + 25$$ مخرج عبارت

$$\hookrightarrow \begin{cases} s_1 = -4 + j3 \checkmark \\ s_2 = -4 - j3 \times \end{cases}$$

$$\angle(-4+j3) = (-225^\circ) \Rightarrow \boxed{45^\circ \text{ تا}}$$



و چون کنترل PI همواره باعث یک صفر در 0.1- می‌شود

$$\left.\frac{s+0.1}{s}\right|_{s=-4+j3} = \frac{-3.9+3j}{-4+j3} = 0.984\angle -0.698$$

ادامه 6

پس زاویه صفر 45.698 بدست میاد، مقدار صفر را بدست میاوریم

$$-4 + (-3)\cot(45.698) = -6.92778$$

$\frac{3}{x}$, 45.698

صفر $= -6.93$

مقدار صفر

$$G_c = \frac{K(s+6.93)(s+0.1)}{s}$$

$$G\,G_c = \frac{K(s+6.93)(s+0.1)}{s(s+1)(s+4)}$$

$$G G_c \Big|_{s=-4+3j} = 0.32422K \angle 179.978^\circ \simeq 180^\circ$$

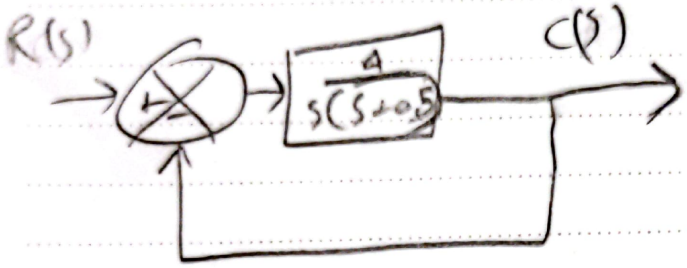
$\Downarrow$

$$0.32422K = 1 \Rightarrow K = \frac{1}{0.32422}$$

$$K = 3.08432$$

$$G_c = \frac{3.084(s+6.93)(s+0.1)}{s}$$

8) $\zeta = 0.5 \quad \omega_n = 2.5$ خطای حالت ماندگار پله = 0



$$\Rightarrow \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{4}{s(s+0.5)}}{1+\frac{4}{s(s+0.5)}} = \frac{4}{s^2+0.5s+4}$$

$$\Rightarrow s_{1,2} = -\frac{1}{4} \pm j1.98$$

با توجه به فرض سوال مخرج باید شود $\Leftarrow$

$$s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2 = s^2+5s+25$$

$$\Rightarrow s_{1,2} = -2.5 \pm j4.33$$

$$\angle G(-2.5+4.33j) \simeq 234.794$$ حال چون

$\angle G$ 54.794 با اصلاح کنید

(پیشنهاد)

$$G_c = K\left(\frac{s+z_1}{s+p_1}\right)\left(\frac{s+z_2}{s+p_2}\right)$$

$$\lim_{s\to 0} sG_cG = 80 \Longrightarrow \lim_{s\to 0} sG = 80 \Rightarrow$$

$$\lim_{s\to 0} \frac{4sK_c}{s(s+0.5)} = 80 \Rightarrow 8K_c = 80 \Rightarrow K = 10$$

حال بیده کنترل کننده PID می توانیم قسمت PI را $\frac{(s+0.1)}{(s+0.09)}$ فرض کرد

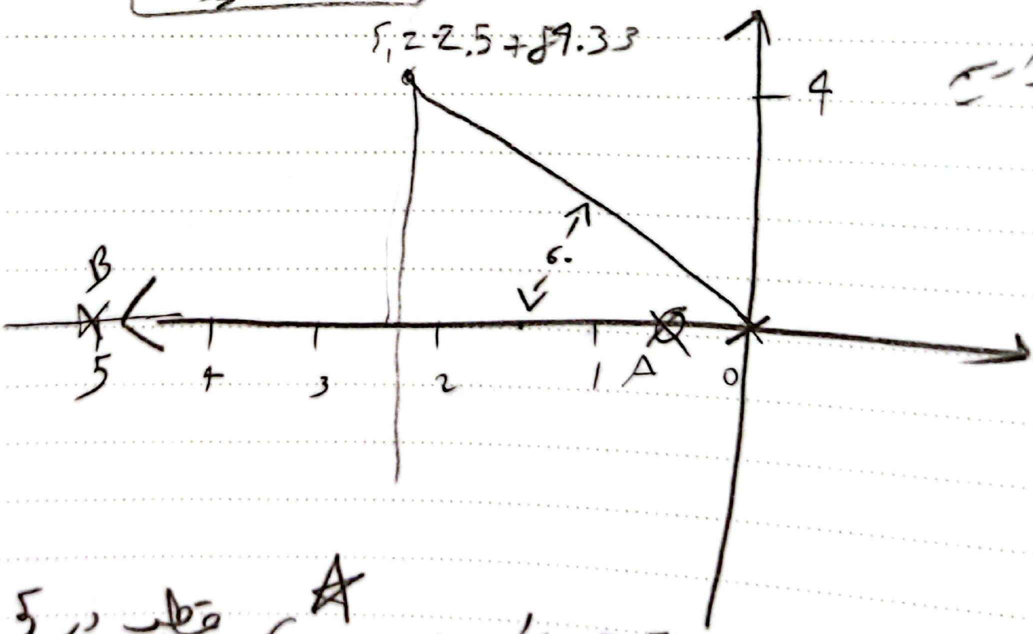
$$\left(\frac{s+0.1}{s+0.01}\right)\Bigg|_{s=-2.5+j4.33} \simeq \frac{-2.4+j4.33}{-2.49+4.33} \simeq 0.991\angle -0.9029°$$

↓

$\frac{z_2}{p_2}$ در عوض نسبت آن $\frac{1}{10}$ شود

$\measuredangle$ زاویه جدید $= 54.794 + 0.9029 =$ $55.6969°$ است

داریم



$\frac{OA}{OB} = \frac{1}{10}$ قطب در ۵ بدست می آید ⟸ $\measuredangle$ اگر صفر را در -0.5 قرار بدهیم

$$\left(\frac{s+0.5}{s+5}\right)$$

مسئله ۸

$$G_c = 10\left(\frac{s+0.5}{s+5}\right)\left(\frac{s+0.1}{s+0.01}\right)$$

$$GG_c = 10\left(\frac{s+0.5}{s+5}\right)\left(\frac{s+0.1}{s+0.01}\right)\left(\frac{4}{s(s+0.5)}\right)$$

$$= \frac{40\,(s+0.1)}{(s+5)(s+0.01)\,s}$$