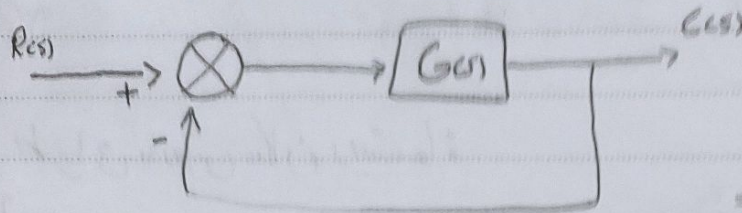


۲



$$G(s) = G_H(s) G_V(s)$$

$$= \frac{0}{(s+0,4)(s+0,1)(s+0)}$$

$$= \frac{0}{s^3 + 0,5s^2 + 0,4s + 0}$$

قطب‌های مدار باز:

$$\begin{cases} s_1 = -0,4 \\ s_2 = -0,1 \\ s_3 = 0 \end{cases}$$

مقدار ماکسیمم پاسخ پله = ۳,۱۲۵ $\rightarrow 43\% \times 3,125 = 1,344 \rightarrow \text{at } t = 4,149 \text{ min}$

$\rightarrow \tau \approx 4,1 \text{ min}$, $PM = 43,4^\circ$, $W_c = 0,78 \text{ rad/min}$, $GM = 14,5 \text{ dB}$

$$1 + KGH(s) = 1 + \frac{0K}{s^3 + 0,5s^2 + 0,4s + 0} = 0 \rightarrow s^3 + 0,5s^2 + 0,4s + 0 + 0K = 0$$

ماتریس هرویت:

s^3	1	0,4
s^2	0,5	0
s^1	b	0
s^0		

$$b = \frac{(0,5 \times 0,4) - (0 + 0K)}{0,5}$$

$$= 0 \rightarrow K_{cr} \approx 1,5$$

معادله کمپل: $0,5(j\omega)^2 + (0,4 + 1,5j\omega) = 0 \rightarrow \omega_{cr} = \pm 1,51 \rightarrow P_{cr} = \frac{1}{\omega} = 1,5 \text{ min}$

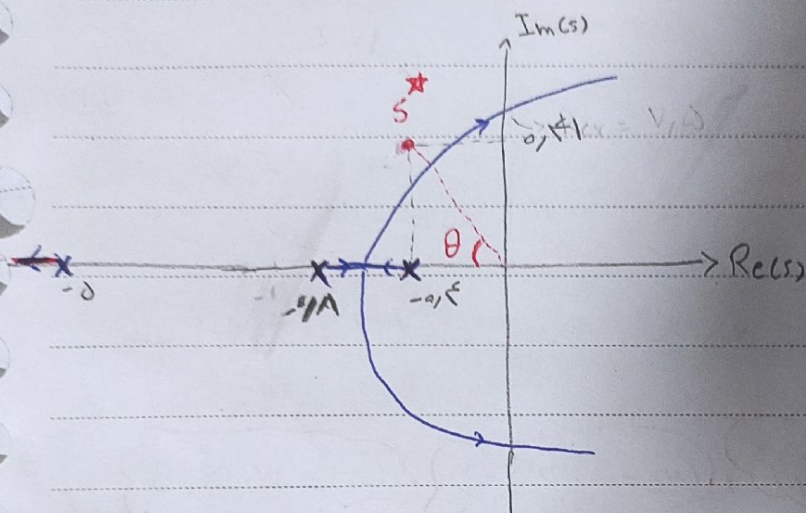
$$P.S = 5\% \rightarrow \zeta = 0,49 \quad T_s = \frac{4}{\zeta \omega_n} = 10 \rightarrow \omega_n = 0,4 \rightarrow \omega_n = 0,5 \text{ rad/min}$$

$$\rightarrow s^* = -0,4 + j(0,41)$$

طراحی به روش مکان ریشه ها:

$$G_c = K \frac{s+z}{s+p}$$

$$\theta = \cos^{-1} \zeta = \cos^{-1} 0,49 = 54^\circ$$



* نقطه‌ی مطلوب ما است که باید کاری کنیم مکان از آن عبور کند پس فاز (مقیاس) باید ۱۸۰ شود. ابتدا فاز $G(s)$ بدون جبران را حساب میکنیم

$$\angle G(s^*) = \angle \text{صفرها} - \angle \text{قطبها} = - \angle (s = -0,18) - \angle (s = -0,4) - \angle (s = -0,4)$$

$$\tan^{-1} \left(\frac{0,41}{0,4} \right) \quad \tan^{-1} \left(\frac{0,41}{0,4} \right)$$

$$= -5,1 - 45,7 - 90 = -140,8$$

حال ϕ را کمبود فاز بدون جبران (میزان تغییر فاز لازم) تعریف میکنیم

$$\rightarrow \phi - 140,8 = \angle G(s^*) = -110 \rightarrow \phi = -39,2^\circ$$

یک لگ میزاریم - یک صفر در $s = -b$ و یک قطب در $s = -a$ به طوری که زاویه‌ی $G_c(s^*)$

$$-140,8 + \tan^{-1} \left(\frac{0,41}{10 - 0,4} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{0,41}{b - 0,4} \right) = -110$$

$$1,4^\circ \rightarrow b = 0,14$$

Subject: _____
Date: _____

$$\rightarrow G_c(s) = K \frac{s+10}{s+0.14}$$

حالا باید گاهی که به ازای آن، مکان های G.G.

از ۵ عبوری کند و پیدا این.

$$K = \frac{1}{G(s) \cdot \frac{s+10}{s+0.14}} = 0.014$$

$$\rightarrow G.G_c(s) = \frac{0.0015}{(s+2)(s+0.15)(s+0.1)} \cdot \frac{s+10}{s+0.15} \quad \left. \begin{array}{l} 0.5 = 1/2 \\ T_s = 11, \text{ s min} \\ e_{ss} = 0.99\% \end{array} \right\}$$

حالت تعادل وضعش داغونه 😊

فرض: $e_{ss}(\%) = 0.1 = \frac{1}{1 + K_p} \rightarrow K_p = 99$ المطلوب

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G.G_c(s) = 0,2 \rightarrow K \text{ باید حدود } 200 \text{ برابر باشد}$$

K با ۷۰۰ عدد برابر است

← به Lag دیکه میزاریم با $\alpha = 200$! غیر ممکن و غیر منطقی ولی امتحانش میکنیم.

حالت تعادل در بسته ولی حالت گذرا بهم ریخت

$$G_{c1}(s) = \frac{s + 0.04}{s + \frac{0.04}{100}} \longrightarrow$$

$$G_c(s) = \frac{s + 0.1}{\frac{s + 0.1}{Y_0}} \rightarrow \begin{cases} 0.5 = 0.14\% \quad \times \\ T_s = 11, \omega_{\min} \quad \times \\ e_{ss} = 0.01 \quad \checkmark \end{cases}$$

$$\rightarrow G_c' = \frac{5 + 1,1^N}{5 + 0,1^N}$$

$$\begin{cases} O.S = 1,3\% \checkmark \\ T_s = 12,5 \\ e_{ss} = 0,012 \checkmark \end{cases}$$

دیکھو تمام زوریں ہمیں ہوتی ہیں

برای پیوند PI نیاز به باینری می باشد.

۱.۲۰

یک انتگرال گیر (قطب در مبدأ) میزایم و به صفر در $s = -a$ به طوری که زاویه $G_c(s^*)$

$$-140.1^\circ - 134^\circ + \tan^{-1}\left(\frac{0.41}{a-0.4}\right) = -180^\circ$$

$$\rightarrow \frac{0.41}{a-0.4} = \tan(94.1^\circ) = -11.9 \rightarrow a \approx 0.344$$

$$\rightarrow G_c(s) = K \frac{s+0.344}{s} \rightarrow K = \frac{1}{|G(s^*) \cdot \frac{s^*+0.344}{s}|} = 0.3$$

$$\rightarrow G_{cp}(s) = \frac{0.3(s+0.344)}{s} \rightarrow G \cdot G_{cp}(s) \xrightarrow{\text{بالفصل}} \begin{cases} 0.5 = 3\% \checkmark \\ T_s \approx 10.4 \text{ min} \\ e_{ss} = 0 \checkmark \end{cases}$$

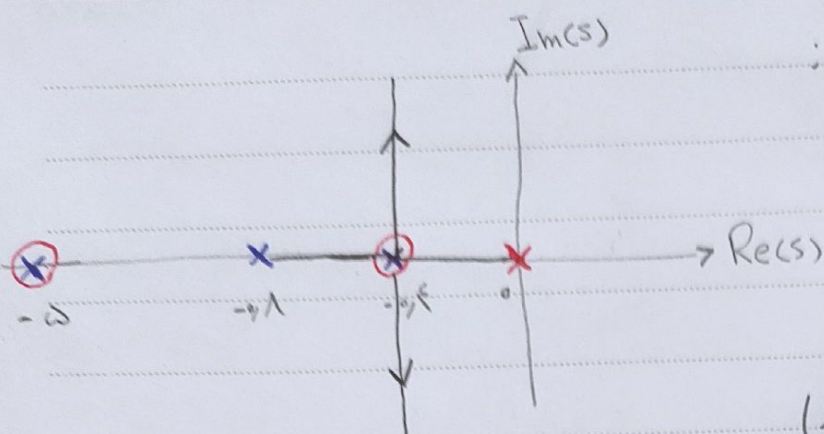
برای کم کردن T_s ، قطب در مبدأ رو به ذره میاریم نسبت چپ مثلاً در 0.005 و ضریب مستقیم گیر رو هم به ذره کوچکتش میکنیم ←

۱.۲۱

$$G_{cp}(s) = \frac{0.3(s+0.34)}{s+0.005} \rightarrow \begin{cases} 0.5 = 2.27\% \checkmark \\ T_s = 9.31 \text{ min} \checkmark \\ e_{ss} = 0.015 (1.5\%) \checkmark \end{cases}$$

به مصالحه ای بین خطا و ستیلند تا میم وجود داره.

حالا برای PID طراحی کنیم:



با توجه به اینکه $G(s)$

در -0.4 ، -0.1 ، -5

قطب دارد و نقطه‌ی مطلوب ما

هم از $-0.4 + j0.4$ است (وسط -0.1 و -5)

می‌توانیم ۲ تا صفر در -0.4 و -5 بزاریم و به قطب در مبدأ بزاریم ←

$$G_c(s) = \frac{K(s+a)(s+b)}{s} = \frac{K(s+0.4)(s+5)}{s}$$

$$K = \frac{1}{G(s^*) \cdot \frac{(s^*+0.4)(s^*+5)}{s}} = 0.0459 \rightarrow G_{c0} = 0.0459 \frac{s^2 + 5.4s + 2}{s}$$

$$\rightarrow \begin{cases} 0.5 = 5\% \checkmark \\ T_s \approx 12 \text{ min} \\ e_{ss} = 0 \checkmark \end{cases}$$

طراحی PID به روش زیگلر نیکولز :

روش اول : به تابع تبدیل مدار باز سیستم درودی پله میدیم و خروجی روی باینر

برای پیدا کردن نقطه‌ی عطف و مشتق دوم پانچ پله دوم رسم میکنیم

در $t = 1.94$ مشتق دوم صفر می‌شود. پانچ پله در $t = 1.94$ دامنه‌ی 0.8 دارد.

مقدار مشتق اول در $t = 1.94$ هم در میاریم -0.62

$$y = mt + b = 0.62t + b \quad \begin{matrix} t = 1.94 \\ y = 0.8 \end{matrix} \rightarrow 0.8 = 1.2152 + b \rightarrow b = -0.415$$

پس معادله‌ی خطی که بر منحنی پانچ پله در نقطه‌ی عطف مماس میشه برابر است با

$$y = 0.62t - 0.415$$

$$\rightarrow \begin{cases} K = 3.11 \\ T = 5.17 \\ L = 0.54 \end{cases}$$

$$\rightarrow G_c(s) = 0.4 T \frac{(s + \frac{1}{T})^2}{s}$$

$$= 3.11 \frac{(s + 1.85)^2}{s}$$

۲.۱۰

$$= 3.11 \left(s + \frac{3.17}{s} + 3.42 \right)$$

$$\rightarrow G.G_c \text{ پاسخ } \begin{cases} 0.5 = 47\% \quad \text{Ⓢ} \\ T_s = 1 \text{ min} \quad \checkmark \\ e_{ss} = 0 \quad \checkmark \end{cases}$$

چون نزدیک همرزان دو تا قطب داشتیم، روش اول زیگلر نیکولز خیلی خوب جواب نمی‌دهد.

مقادیر K_p ، K_I ، K_D رو دستی تغییر دادیم و به یک حالت خوبی رسیدیم ۲.۱۱

$$G_{cv} = \frac{0,4}{s} + 2,1 + 1,5s = \frac{1,5s^2 + 2,1s + 0,4}{s}$$

$\rightarrow G_{cv}$

$$\begin{cases} O.S = 14,7\% \checkmark \\ T_s = 4 \text{ min} \checkmark \\ e_{ss} = 0 \checkmark \end{cases}$$

روش دوم: مقادیر K_p , K_i و K_d رو بدست آورده بودیم.

$$G_{c_A} = 0,075 K_{ex} \cdot P_{ex} \frac{(s + \frac{K}{P_{ex}})^2}{s} = 1,4 \frac{(s + 1,4)^2}{s}$$

2.20

$$= 1,4s + 4,48 + \frac{2,51}{s}$$

$$\rightarrow G \cdot G_{c_A} \text{ پالنگ به } \begin{cases} O.S = 55\% \checkmark \\ T_s = 10 \text{ min} \checkmark \\ e_{ss} = 0 \checkmark \end{cases}$$

مقادیر K_p , K_i , K_d رو دستی تغییر دادیم به جهت کاهش T_s و $O.S$

2.21

$$G_{c_1} = 1,5s + 3,3 + \frac{1}{s}$$

$$\rightarrow G \cdot G_{c_1} \text{ پالنگ به } \begin{cases} O.S = 14,4\% \checkmark \\ T_s = 3 \text{ min} \checkmark \\ e_{ss} = 0 \checkmark \end{cases}$$

فضای حالت

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BU \\ Y = CX + DU \end{cases}, X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, U = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_p \end{bmatrix}$$

$$G(s) = \frac{D}{s^3 + 9.2s^2 + 9.32s + 1.6} = \frac{Y(s)}{U(s)} \rightarrow \Delta u(s) = (s^3 + 9.2s^2 + 9.32s + 1.6)Y(s)$$

$$Y(s) = x_w, \quad sY(s) = x_v = \dot{x}_w, \quad s^2Y(s) = x_r = \dot{x}_v \rightarrow s^3Y(s) = \dot{x}_r$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \Delta u(s) = 9.2x_1 + 9.32x_2 + 1.6x_3 \\ \dot{x}_2 &= x_1, \quad \dot{x}_w = x_2, \quad Y(s) = x_w \end{aligned} \rightarrow A = \begin{bmatrix} -9.2 & -9.32 & -1.6 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, C = [0 \ 0 \ 1], D = 0$$

شرط استفاده از فیدبک حالت:

اینکه با تمام حالت های فیدبک دسترسی داشته باشیم \rightarrow سیستم کنترل و روبات پذیر باشد.

کنترل پذیری: ما با تمام حالت های سیستم دسترسی داریم و می توانیم به عنوان فرمان کنترلی بدهیم.

و سیستم روبات اولیه خودش به حالت دلخواه خودمون در زمان محدودی میریم.

رویت پذیری: یعنی در خروجی تمام حالت های سیستم قابل رویت و مشاهده است.