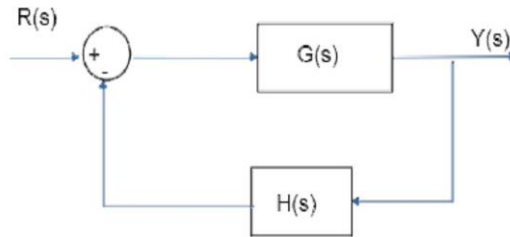


Nome: Francisco Lucas Lima da Silva

1. (40 scores) Dado o sistema abaixo, onde $G(s) = 0.1/((s+1).(s+5))$, projete um compensador que que atendas as especificações em destaque ($H(s) = 1$):

- Sobressinal menor ou igual a 10%.
- Tempo de acomodação menor ou igual a 2s.
- Erro de regime menor ou igual a 0,1.



0.1)

$$G(s) = \frac{0.1}{(s+1)(s+5)}$$
$$H(s) = 1$$
$$M_p \leq 10\%$$
$$T_s \leq 2s$$
$$e_p \leq 10\%$$

$G(s)$ é de 2ª ordem, logo $T_s = \frac{4}{\xi \omega_n}$

Polos: $p = -1$ e $p = -5$, $\xi \omega_n = 3$, logo

$$T_s = \frac{4}{3} = 1,33.$$

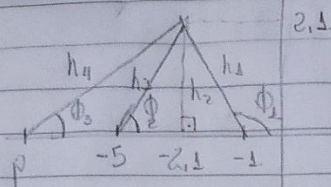
- Erro de regime

$$e_p = \frac{1}{1+K_p} = 0,1 \Rightarrow 0,1 + 0,1 K_p = 1$$
$$0,1 K_p = 0,9 \Rightarrow K_p = 9$$
$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} K \cdot G(s) = 9 \Rightarrow K \cdot \frac{0.1}{1 \cdot 5} = 9$$
$$K = 450$$

- Overshoot

Escolhemos $\xi = 0,7 \Rightarrow M_p \approx 5\%$

$$T_s = \frac{4}{\xi \omega_n} \leq 2 \Rightarrow \omega_n \geq 2,85 \therefore \omega_n = 3$$
$$s = -\xi \omega_n \pm j \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$
$$s = -2,1 \pm j \cdot 3 \sqrt{1 - (0,7)^2} \Rightarrow s = -2,1 \pm j 2,1$$



$$G(s) = K_c \frac{s+2.1}{s+p}$$

$$G(s) = K_c \frac{s+2.1}{s+p} ; 0 - \phi_1 - \phi_2 - \phi_3 = \pm 180(2n+1)$$

$$90 - \left(180 - \arctan \frac{2.1}{1.1}\right) - \left(\arctan \frac{2.1}{2.9}\right) - \phi_3 = -180$$

$$90 - 117.65 - 35.91 - \phi_3 = -180$$

$$\phi_3 = 180 + 90 - 117.65 - 35.91$$

$$\phi_3 = 116.44^\circ$$

$$\phi_3 = \arctan \frac{2.1}{|p|-2.1} = 116$$

$$\tan 116^\circ = \frac{2.1}{|p|-2.1}$$

$$-2.05 = \frac{2.1}{|p|-2.1}$$

$$-2.05|p| + 4.305 = 2.1$$

$$-2.05|p| = -2.205$$

$$|p| = 1.07 \Rightarrow p = -1.07$$

$$|K_c \cdot G(s) \cdot G(s)| = 1$$

$$\frac{K_c \cdot s+2.1}{s+1.07} \cdot \frac{0.1}{(s+1)(s+5)} = 1$$

$$\frac{K_c \cdot h_2 \cdot 0.1}{h_4 \cdot h_3} = 1 ; h_2 = 2.1 \Rightarrow \frac{K_c \cdot 2.1 \cdot 0.1}{2.34 \cdot 2.37 \cdot 3.58} = 1$$

$$K_c \cdot 0.0406 = 1$$

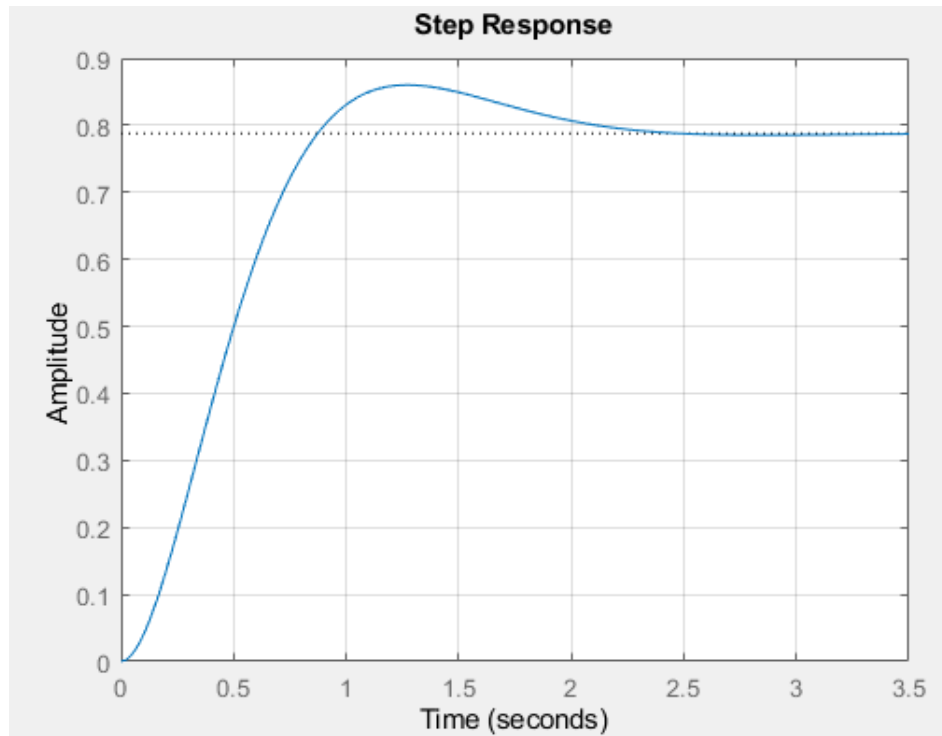
$$h_1^2 = (2.1)^2 + (2.1-1)^2 \Rightarrow h_1 = 2.37$$

$$h_3^2 = (2.1)^2 + (5-2.1)^2 \Rightarrow h_3 = 3.58$$

$$h_4^2 = (2.1)^2 + (2.1-1.07)^2 \Rightarrow h_4 = 2.34$$

$$K_c = 94.54$$

$$\text{Por lo tanto, } G(s) = 94.54 \frac{s+2.1}{s+1.07}$$



2. (20 scores) Cite 3 métodos de sintonia PID

Sintonia por Resposta em Frequência

Método de Zigler-Nichols

Sintonia por Lugar das Raízes

3. (40 scores) Usando Zigler –Nichols, sintonize um Compensador PID para a planta $G(s)$.

$$G(s) = \frac{2 \cdot e^{-s}}{5s + 1}$$

Sendo $k = 2$, $L = -1$ e $T = 5$;

O fator de incontrolabilidade é $FI = \frac{L}{T} = \frac{1}{5} = 0,2$, logo usamos o método da curva de reação para ZN.

Assim,

$$K_p = 1.2 \frac{T}{k * L} = 1.2 * \frac{5}{2 * 1} = 3$$

$$T_I = 2L = 2 * 1 = 2$$

$$T_d = 0.5L = 0.5 * 1 = 0.5$$