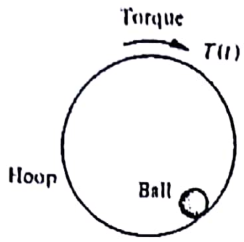
PROVA 1 - PMR3404 Controle I – 27/04/2018

Prof. Eduardo Aoun Tannuri

Nome: ____ **No. USP:** ________

1) (3,0 pontos) considere o dispositivo que consiste numa esfera que rola no interior de um aro. O aro é livre para girar em torno de seu eixo, como ilustra a figura. A posição angular do aro pode ser controlada pelo torque T aplicado ao eixo por um motor elétrico.



A equação característica do Sistema em malha fechada com realimentação unitária é:

$$1 + \frac{ks(0.25s + 1)}{s^2 + 2s + 2} = 0$$

a) Esboce o Lugar das Raízes.
b) Determine o ganho k quando as raízes são iguais. Calcule as duas raízes nesse caso.

2) (3,5 pontos) Considere o sistema representado pela função de malha aberta:

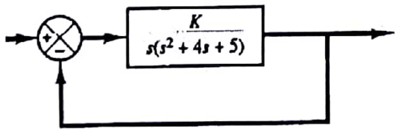
$$G(s) = \frac{(s + 6)}{(s + 10)(s^2 + 2s + 2)}$$

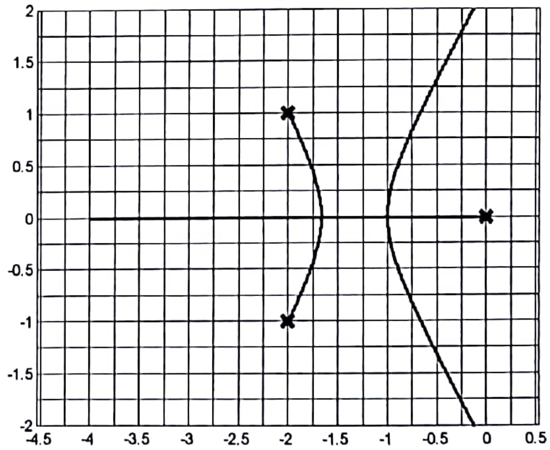
a) O requisito para o projeto do controlador é obter uma resposta em malha fechada com tempo de estabilização de 2s e máximo sobressinal de 20%. Projete um controlador para atender tal requisito.
b) Obtenha o erro em regime para uma entrada em degrau unitário na referência.
c) Projete um controlador adicional para reduzir o erro em regime em 10 vezes em relação ao valor obtido no item (b).

3) (3,5 pontos) Considere o sistema abaixo, cujo Lugar das Raízes é também apresentado.

a) Determine o valor de K para que o fator de amortecimento ζ dos polos dominantes em malha fechada seja 0,7. Você pode obter informações aproximadas diretamente da figura.

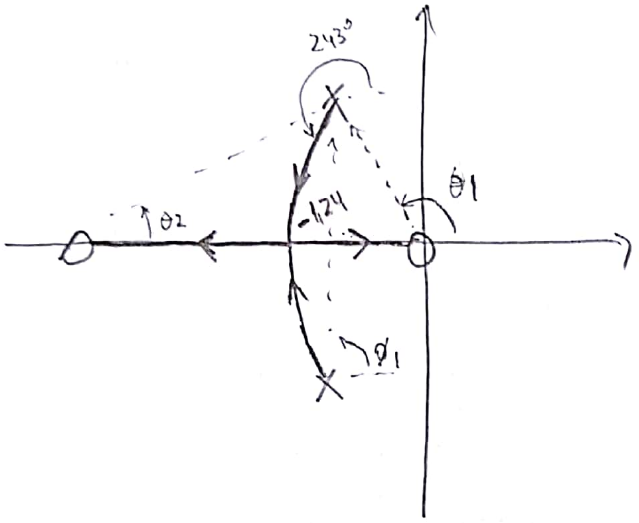
b) Obtenha os polos em malha fechada para o valor de K obtido no item (a) e esboce a resposta ao degrau unitário na referência. Justifique todas as suas hipóteses.





1) $$G(s) = \frac{s.(0{,}25s+1)}{s^2+2s+2}$$

ⓐ Zeros = $\begin{cases} 0 \\ -4 \end{cases}$ Polos $\begin{cases} -1 \pm j \end{cases}$



1) ASSÍNTOTAS: n=m ⇒ não há assíntotas

2) Ponto de pouso no eixo real

$$\frac{dK}{ds} = 0$$

$$K = \frac{-(s^2+2s+2)}{s(0{,}25s+1)} = \frac{-s^2-2s-2}{0{,}25s^2+s}$$

$$\frac{dK}{ds} = -\frac{0{,}5s^2+s+2}{(0{,}25s^2+s)^2} \Rightarrow -0{,}5s^2+s+2=0$$

$$s = \begin{cases} 3{,}24 \\ -1{,}24 \end{cases}$$

3) ÂNGULO DE SAÍDA DO POLO

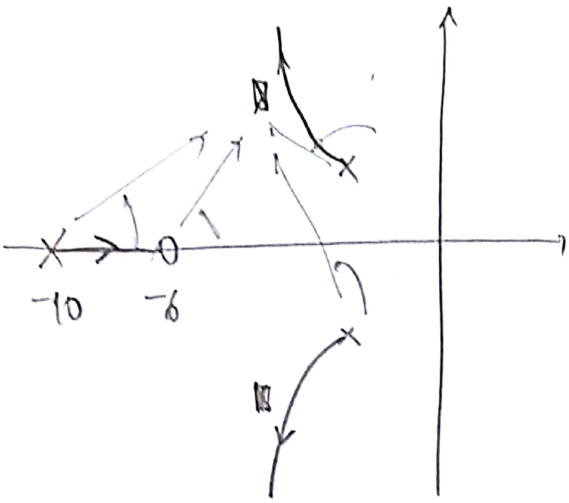
$$-\phi_1 + \theta_1 + \theta_2 - \phi_2 = -180 \pm K360$$

$$-90 + 135 + 18 - \phi_2 = 63 - \phi_2 = -180$$

$$\phi_2 = 243°$$

ⓑ $$1 + \frac{K.-1{,}24.(-1{,}24 \cdot 0{,}25+1)}{-1{,}24^2+2.-1{,}24+2} = 0 \Rightarrow \boxed{K = 1{,}24}$$

② a)



polo desejado

$M_p = 20\%$ $\quad \zeta = 0{,}46$

$t_s = 2s$ $\Rightarrow$ $\omega_n = 4{,}34\ rad/s$

$s_{1,2} = -2 \pm 3{,}87j$

ângulo de avanço = $\underline{\underline{11^\circ}}$

Supondo o zero do compensador em $z = -2$

$\Rightarrow$ $\boxed{G_C = K \cdot \frac{(s+2)}{(s+p)} \Rightarrow \text{obtemos } K = 24, \ p = 2{,}75}$

b) erro em regime p/ degrau unitário na referência $= \frac{1}{1+K_p}$ $\quad$ c/ $K_p = \lim_{s \to 0} G(s) G_c(s)$

$K_p = 5{,}24$

$\Rightarrow e_{ss} = \frac{1}{1+5{,}24} = \underline{\underline{0{,}16}}$ //

c) Devemos incluir um compensador de atraso

$G_{C2} = K \cdot \frac{Ts+1}{\beta Ts+1}$ $\quad$ sendo $K = \beta = 10$

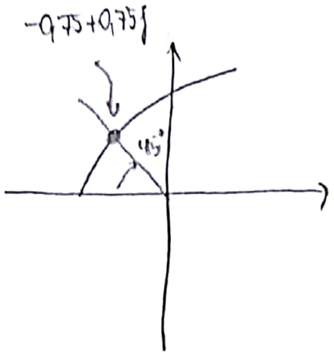
T deve ser tal que $\frac{1}{T}$ < parte real polo dominante

escolhendo $T = 10$ $\Rightarrow$ $\boxed{G_{C2} = 10 \cdot \frac{10s+1}{100s+1}}$ //

Scanned by CamScanner

3) Pela figura, $\zeta = 0{,}7 \Rightarrow \theta = 45^\circ$

(a)



$$\text{polo} = -0{,}75 \pm 0{,}75j$$

$$\Rightarrow \left| \frac{K}{s(s^2+4s+5)} \right|_{s=-0{,}75+0{,}75j} = 1$$

$$\Rightarrow \boxed{K = 2{,}91}$$

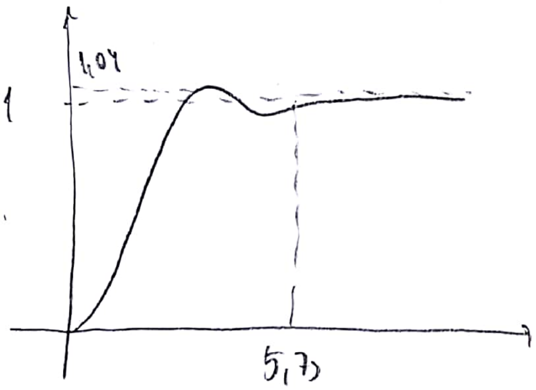
(b) $\text{polo}_{1,2} \cong -0{,}75 \pm 0{,}75j$

$\text{polo}_3 \Rightarrow -2{,}44$

$$1 + \frac{2{,}91}{s(s^2+4s+5)} = 0$$

$\Rightarrow s_{1,2} \cong -0{,}75 \pm 0{,}75j$

$s_3 = -2{,}44$ ← não dominante



Sobressinal $= 4{,}5\%$ $\omega_n = 1\,\text{rad/s}$

$t_s^{2\%} = 5{,}73$