EA-721 : PRINCÍPIOS DE CONTROLE E SERVOMECANISMO
Segunda Lista de Exercícios

José C. Geromel e Rubens H. Korogui

1. Estude a estabilidade do sistema de controle representado na Figura 1 em função do ganho $\kappa \in \mathbb{R}$, utilizando o critério de Routh e em seguida o critério de Nyquist considerando

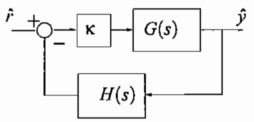

Figura 1: Sistema realimentado.

as seguintes funções de transferência:

(a) $G(s) = \dfrac{1}{s(s^2+2s+10)}$; $H(s) = \dfrac{s+2}{s+8}$

(b) $G(s) = \dfrac{(s+5)(s+7)}{(s+1)(s+3)}$; $H(s) = 1$

(c) $G(s) = \dfrac{s^2+6s+25}{s(s^2+2s+5)}$; $H(s) = 1$

(d) $G(s) = \dfrac{s+3}{s(s^2+4s+5)}$; $H(s) = \dfrac{1}{s+1}$

2. Para o sistema com realimentação unitária da Figura 2 estude sua estabilidade, para $\kappa \in \mathbb{R}$, através dos critérios de Routh e de Nyquist, considerando:

(a) $G(s) = \dfrac{s+2}{s+10}$

(b) $G(s) = \dfrac{1}{(s+10)(s+2)^2}$

(c) $G(s) = \dfrac{(s+1)(s+10)}{(s+100)(s+2)^3}$

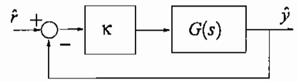

Figura 2: Realimentação unitária.

(d) $G(s) = \dfrac{s+1}{s^2(s+10)}$

(e) $G(s) = \dfrac{s+1}{s(s+2)}$

(f) $G(s) = \dfrac{1}{(s+2)(s^2+9)}$

(g) $G(s) = \dfrac{(1+10s)}{(1+20s)^2(1+5s)(1+s)}$

(h) $G(s) = \dfrac{s-1}{s^2(s+1)}$

3. Considere as equações características de sistemas dinâmicos a seguir. Determine no plano real (κ, λ) seus respectivos domínios de estabilidade.

(a) $s^2(s+1)(s+0,5) + \kappa(s+\lambda) = 0$

(b) $s^4 + 2s^3 + \kappa s^2 + \lambda s + \kappa = 0$

4. Considere o diagrama de blocos da Figura 3, onde κ e λ são reais.

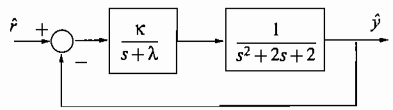

Figura 3: Realimentação unitária com dois graus de liberdade.

(a) Determine no plano $\kappa \times \lambda$ a região de estabilidade para o sistema em malha fechada.

(b) Para $\lambda = 0$ aplique o critério de Nyquist e determine todos os valores de $\kappa \in \mathbb{R}$ para os quais o sistema em malha fechada seja estável.

5. Determine o número de raízes da equação $s^4 + 6s^3 + 10s^2 - 2s - 15 = 0$ que estão localizadas no semi-plano complexo definido por $\mathrm{Re}\{s\} < -1$.

6. Para a equação algébrica

$$s(s+1)(s+2) + \left(\alpha + \frac{1}{\alpha}\right) = 0$$

determine todos os valores de $\alpha > 0$ tais que as suas raízes sejam assintoticamente estáveis.

7. Considere o sistema de controle representado na Figura 4. Encontre o maior intervalo da forma $\Delta = (0, T_{max})$ tal que se o período de amostragem $T \in \Delta$ então sistema em malha fechada é estável.

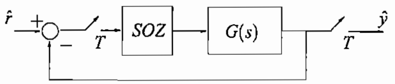

Figura 4: Realimentação unitária em sistemas a tempo discreto.

(a) $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)}$

(b) $G(s) = \dfrac{20}{(s+4)(s^2+2s+5)}$

(c) $G(s) = \dfrac{500(s-1)}{(s^2+2s+5)(s^2+6s+109)}$

8. Para cada uma das funções de transferência dadas a seguir determine sua representação de estado e, aplicando o critério de Lyapunov, conclua sobre sua estabilidade.

(a) $G(s) = \dfrac{10}{s^2+7s+10}$

(b) $G(s) = \dfrac{10(s+1)}{s^3+2s^2+3s+7}$

(c) $G(s) = \dfrac{150(s-2)}{s^4+19s^3+113s^2+245s+150}$

9. Para cada uma das funções de transferência dadas a seguir obtenha sua representação de estado e aplique o critério de Lyapunov para concluir sobre sua estabilidade.

(a) $G(z) = \dfrac{z-0,5}{z^2-z+0,26}$

(b) $G(z) = \dfrac{z+1}{z^2-z+1,06}$

(c) $G(z) = \dfrac{z+0,1}{z^3-0,7z+0,76z+0,3180}$

(d) $G(z) = \dfrac{(z-0,5)(z+0,6)}{z^4-0,7z^3+0,21z^2-0,023z-0,0052}$

10. Determine o lugar das raízes, em função do ganho $\kappa \in [0, +\infty)$, correspondente à equação característica $1 + \kappa G(s) = 0$ para

(a) $G(s) = \dfrac{1}{(s+1)(s+5)}$

(b) $G(s) = \dfrac{s^2+8s+20}{(s+2)(s^2+4s+7)}$

(c) $G(s) = \dfrac{10(s-1)}{s(s^2+4s+4)}$

(d) $G(s) = \dfrac{1}{(s+5)(s^2+2s+2)}$

(e) $G(s) = \dfrac{s+2}{(s+1)(s^2+6s+10)}$

11. Um sistema de controle a tempo contínuo tem como equação característica em malha fechada:

$$1 + \frac{\tau s + 3}{s(s^2+2s+2)} = 0$$

Determine seu lugar das raízes para $\forall\, \tau > 0$.

12. Para o sistema de controle realimentado da Figura 5:

(a) Esboce o lugar das raízes e determine $\kappa > 0$ de tal forma que os pólos dominantes tenham constante de tempo $\tau = \frac{1}{3}s$.

(b) Para κ calculado no item anterior determine a resposta ao impulso do sistema em malha fechada.

13. Para o sistema de controle da Figura 6, com $\kappa > 0$:

(a) Esboce o lugar das raízes em função do ganho κ.