Lista Lugar das Raízes.

EXERCÍCIOS

E7.1 Seja considerar um dispositivo que consiste de uma esfera rolando na superfície interna de um anel [11]. Este modelo é semelhante ao problema de um combustível líquido sendo sacudido em um foguete. O anel é livre para girar em torno do seu eixo principal, como está mostrado na Fig. E7.1. A posição angular do anel pode ser controlada por meio de um torque T aplicado ao anel por meio de um motor de torque fixado ao eixo de acionamento do anel. Se for usada retroação negativa, a equação característica do sistema é

$$1 + \frac{Ks(s+4)}{s^2+2s+2} = 0.$$

(a) Esboçar o lugar das raízes. (b) Achar o ganho quando ambas as raízes forem iguais. (c) Achar estas duas raízes iguais. (d) Achar o tempo de assentamento do sistema quando as raízes forem iguais.

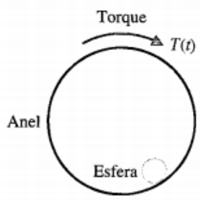

Fig. E7.1 Anel acionado por motor.

E7.2 Um registrador de fita possui um sistema de controle de velocidade com retroação negativa tal que $H(s) = 1$ e

$$G(s) = \frac{K}{s(s+2)(s^2+4s+5)}.$$

(a) Esboçar um lugar das raízes para K e mostrar que as raízes dominantes são $s = -0{,}35 \pm j0{,}80$ quando $K = 6{,}5$. (b) Para as raízes dominantes da parte (a), calcular o tempo de assentamento e a ultrapassagem para uma entrada em degrau.

E7.3 Um sistema de controle de um testador de suspensão automotiva possui retroação unitária negativa e um processo [12]

$$G(s) = \frac{K(s^2+4s+8)}{s^2(s+4)}.$$

Deseja-se que os pólos dominantes tenham um coeficiente ζ igual a 0,5. Usando o lugar das raízes, mostrar que é requerido o valor de $K = 7{,}35$ e que as raízes dominantes são $s = -1{,}3 \pm j2{,}2$.

E7.4 Considere-se um sistema com retroação unitária com

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^2+4s+5}.$$

(a) Determinar o ângulo de partida das raízes complexas no lugar das raízes. (b) Determinar o ponto em que o lugar das raízes entra no eixo real (ponto de entrada).
Respostas: $\pm 225°$; $-2{,}4$

E7.5 Considere-se o sistema com retroação com uma função de transferência de malha

$$GH(s) = \frac{K}{(s+1)(s+3)(s+6)}.$$

(a) Determinar o ponto de saída do eixo real. (b) Determinar o centróide das assíntotas. (c) Determinar o valor de K no ponto de saída.

E7.6 Os Estados Unidos planejam dispor de uma estação espacial operacional em órbita no final dos anos 1990. Uma versão de estação espacial está mostrada na Fig. E7.6. É crítico o problema de manter esta estação com uma orientação apropriada na direção do sol e da terra para gerar energia e comunicações. O controlador de orientação pode ser representado por um sistema com retroação unitária com um controlador e um atuador

$$G(s) = \frac{K(s+20)}{s(s^2+24s+144)}.$$

Esboçar o lugar das raízes do sistema à medida que K aumenta. Achar o valor de K que resulta em uma resposta oscilatória.
Resposta: $K > 16{,}37$

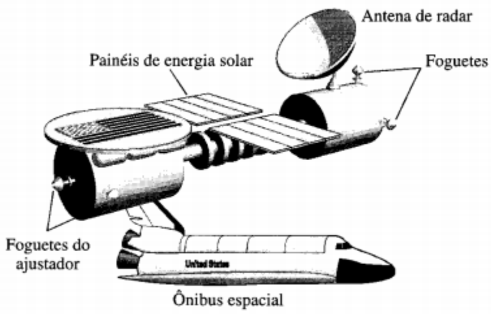

Fig. E7.6 Estação espacial.

E7.7 O elevador de um moderno edifício de escritórios trafega a uma velocidade máxima de 25 pés por segundo e ainda é capaz de parar em cada andar com um erro de nivelamento de um oitavo de polegada. A função de transferência do controle de posição com retroação unitária do elevador é

$$G(s) = \frac{K(s+10)}{s(s+1)(s+20)(s+50)}.$$

Determinar o ganho K quando as raízes complexas têm um valor de ζ igual a 0,8.

E7.8 Esboçar o lugar das raízes para um sistema com retroação unitária com

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^2(s+9)}.$$

(a) Achar o ganho para o qual todas as três raízes são reais e iguais. (b) Achar as raízes quando todas elas são iguais, como na parte (a).

Respostas: $K = 27$; $s = -3$

E7.9 O maior telescópio do mundo está localizado no Havaí. O espelho primário possui um diâmetro de 10 m e consiste de um mosaico de 36 segmentos hexagonais com a orientação de cada segmento controlada ativamente. Este sistema com retroação unitária para os segmentos do espelho possui

$$G(s) = \frac{K}{s(s^2 + 2s + 5)}.$$

(a) Determinar as assíntotas e desenhá-las no plano s. (b) Achar o ângulo de partida dos pólos complexos. (c) Determinar o ganho quando duas raízes estiverem situadas sobre o eixo imaginário. (d) Esboçar o lugar das raízes.

E7.10 Um sistema com retroação unitária possui

$$KG(s) = \frac{K(s + 2)}{s(s + 1)}.$$

(a) Determinar os pontos de saída e de entrada no eixo real. (b) Determinar o ganho e as raízes quando a parte real das raízes complexas estiver localizada em –2. (c) Esboçar o lugar das raízes.

Respostas: (a) $-0{,}59$, $-3{,}41$; (b) $K = 3$, $s = -2 \pm j\sqrt{2}$

E7.11 O sistema de controle de força de um robô com retroação unitária possui o processo a controlar [6]

$$KG(s) = \frac{K(s + 2{,}5)}{(s^2 + 2s + 2)(s^2 + 4s + 5)}.$$

(a) Achar o ganho K que resulta em raízes dominantes com um coeficiente de amortecimento de 0,707. Esboçar o lugar das raízes. (b) Achar a ultrapassagem percentual e o tempo de pico reais para o ganho K da parte (a).

E7.12 Um sistema com retroação unitária possui um processo a controlar

$$KG(s) = \frac{K(s + 1)}{s(s^2 + 4s + 8)}.$$

(a) Esboçar o lugar das raízes para $K > 0$; (b) achar as raízes quando $K = 10$ e 20; (c) calcular o tempo de subida de 0-100%, a ultrapassagem percentual e o tempo de assentamento (usar o critério de 2%) do sistema a uma entrada em degrau unitário quando $K = 10$ e 20.

E7.13 Um sistema com retroação unitária possui um processo a controlar

$$G(s) = \frac{4(s + z)}{s(s + 1)(s + 3)}.$$

(a) Desenhar o lugar das raízes à medida que z varia de 0 a 100. (b) Usando o lugar das raízes, estimar a ultrapassagem percentual e o tempo de assentamento (critério de 2%) do sistema em $z =$ 0,6, 2 e 4 para uma entrada em degrau. (c) Determinar os valores reais de ultrapassagem e de tempo de assentamento em $z = 0{,}6$, 2 e 4.

E7.14 Um sistema com retroação unitária possui um processo a controlar

$$G(s) = \frac{K(s + 10)}{s(s + 5)}.$$

(a) Determinar os pontos de saída e de entrada do lugar das raízes e esboçar o lugar das raízes para $K > 0$. (b) Determinar o ganho K quando as duas raízes características possuírem um ζ de $1/\sqrt{2}$. (c) Calcular as raízes.

E7.15 (a) Traçar o gráfico do lugar das raízes para

$$GH(s) = \frac{K(s + 1)(s + 3)}{s^3}.$$

(b) Calcular a faixa de valores de K para a qual o sistema é estável. (c) Prever o erro de estado estacionário do sistema a uma entrada em rampa.

Respostas: (a) $K > 3/4$; (b) $e_{ss} = 0$.

E7.16 Um sistema com retroação unitária negativa possui uma função de transferência do processo a controlar

$$G(s) = \frac{Ke^{-sT}}{s + 1},$$

onde $T = 0{,}1$ segundo. Mostrar que uma aproximação para o tempo de retardo é

$$e^{-sT} \cong \frac{\left(\frac{2}{T} - s\right)}{\left(\frac{2}{T} + s\right)}.$$

Usando

$$e^{-0{,}1s} = \frac{20 - s}{20 + s},$$

obter o lugar das raízes do sistema para $K > 0$. Determinar a faixa de valores de K para a qual o sistema é estável.

E7.17 Um sistema de controle como está mostrado na Fig. E7.17 possui um processo a controlar

$$G(s) = \frac{1}{s(s - 1)}.$$

(a) Quando $G_c(s) = K$, mostrar por meio do esboço do lugar das raízes que o sistema é sempre instável. (b) Quando

$$G_c(s) = \frac{K(s + 2)}{(s + 20)},$$

esboçar o lugar das raízes e determinar a faixa de valores de K para a qual o sistema é estável. Determinar o valor de K e as raízes complexas quando as duas raízes estiverem sobre o eixo $j\omega$.

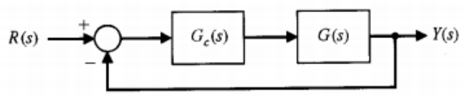

Fig. E7.17 Sistema com retroação.

E7.18 Um sistema com retroação negativa a malha fechada é usado para controlar o movimento de arfagem do jato de ataque A-6 Intruder, usado largamente na guerra do Golfo Pérsico. Quando $H(s) = 1$ e

$$G(s) = \frac{K}{s(s + 3)(s^2 + 2s + 2)},$$

determinar (a) o ponto de partida do lugar das raízes, (b) o valor das raízes sobre o eixo $j\omega$ e o ganho requerido para essas raízes. Esboçar o lugar das raízes.

Resposta: ponto de partida: $s = -2{,}29$

eixo $j\omega$: $s = \pm j1{,}09$ $K = 8$

E7.19 Um sistema com retroação unitária possui um processo a controlar

$$G(s) = \frac{K}{s(s + 3)(s^2 + 6s + 64)}.$$

(a) Determinar o ângulo de partida do lugar das raízes nos pólos complexos. (b) Esboçar o lugar das raízes. (c) Determinar o ganho K quando as raízes estiverem sobre o eixo $j\omega$ e determinar a localização dessas raízes.