

ECM303 - Sistemas de Controle

Primeira Prova

Vanderlei C. Parro e-mail: *vparro@ieee.org*

Primavera 2020

- Pares de transformadas de Laplace:

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| $f(t)$ para $t \geq 0$ | $F(s)$ |
| Impulso unitário: $\delta(t)$ | 1 |
| Degrau unitário: $1(t)$ | $\frac{1}{s}$ |
| t^n para $n = 1, 2, 3, \dots$ | $\frac{n!}{s^{n+1}}$ |
| e^{-at} | $\frac{1}{s+a}$ |
| $\sin(\omega t)$ | $\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$ |
| $\cos(\omega t)$ | $\frac{s}{s^2 + \omega^2}$ |
| | |

- **Tempo de subida:** $t_r = \frac{\pi - \beta}{\omega_d}$
- **Instante de pico:** $t_p = \frac{\pi}{\omega_d}$
- **Tempo de acomodação (t_s):** $t_s(2\%) = \frac{4}{\sigma} = \frac{4}{\zeta \cdot \omega_n}$
- **Sobressinal máximo (M_p):** $M_p[\%] = 100 \cdot e^{-\pi \frac{\zeta}{\sqrt{1 - \zeta^2}}}$

1 Questão

Um sistema dinâmico pode ser modelado pela função de transferência da Equação 1, que representa seu comportamento em malha aberta, onde o ganho - K_p é ajustável.

$$G_{ma}(s) = \frac{K_p(s+1)}{(s-4)(s+8)} \quad (1)$$

Considerando que o sistema opera em malha fechada, com realimentação unitária e o ganho $K_p = 1$, verifique se o sistema é estável nesta condição. Verifique se existe uma faixa de ganho que garanta a estabilidade do sistema.

2 Questão

Um sistema dinâmico operando em malha aberta pode ser modelado pela função de transferência da Equação 2. Para controlar este sistema tem-se disponível um controlador do tipo **proporcional** com ganho ajustável - K_p para operar em malha fechada e realimentação unitária.

$$G_{ma}(s) = \frac{4}{s(s+4)} \quad (2)$$

O sistema deve atender as especificações de desempenho descritas. Verifique se existe um valor de ganho ou uma faixa do ganho K_p que atende a estas especificações.

1. O **erro estacionário ao degrau** deve ser nulo;
2. O **erro estacionário** quando a entrada $R(s)$ for uma **rampa** deve ser inferior a 10%.
3. O **amortecimento** deve ser: $\zeta > 0.707$.
4. O **sobressinal** deve ser: $M_p < 20\%$

3 Questão

No gráfico da figura 1 as respostas temporais na segunda coluna referem-se a entrada degrau (unitário) aplicada aos sistemas em malha fechada. Na primeira coluna temos o lugar das raízes, tendo como parâmetro livre o ganho K . A resposta temporal pode corresponder, **mas não necessariamente**, a mais de um lugar das raízes.

Para cada um dos casos determine a função de transferência de malha aberta $G_{ma}(s)$ tendo como parâmetro livre o ganho K_p (**1.5 pontos**) e relacionando cada resposta temporal como o lugar das raízes coerente (**1.0 ponto**).

4 Questão

No gráfico da figura 2 temos a resposta ao degrau unitário de um sistema de segunda ordem operando em malha fechada, com realimentação unitária. Determine com base na análise temporal a função de transferência de malha fechada. É possível estimar a função de transferência de malha aberta? se sim qual seria?

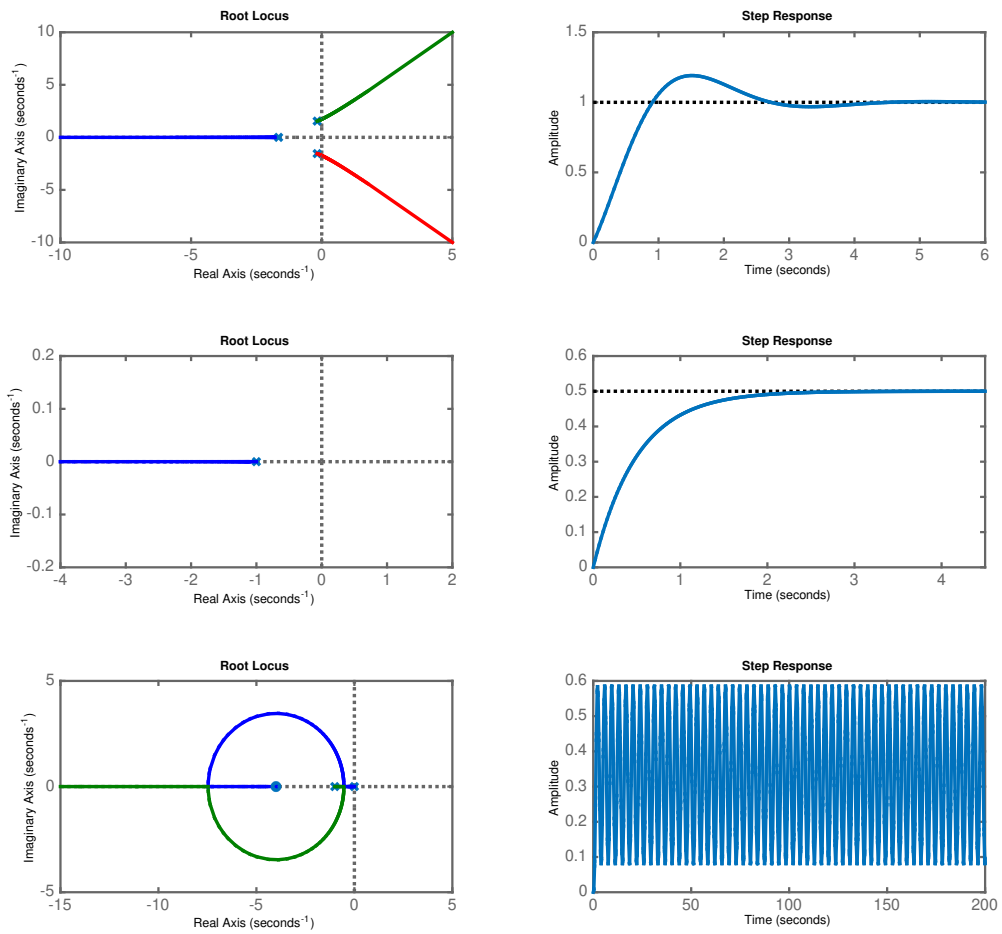


Figura 1: Lugar das raízes na coluna esquerda e resposta temporal na coluna direita.

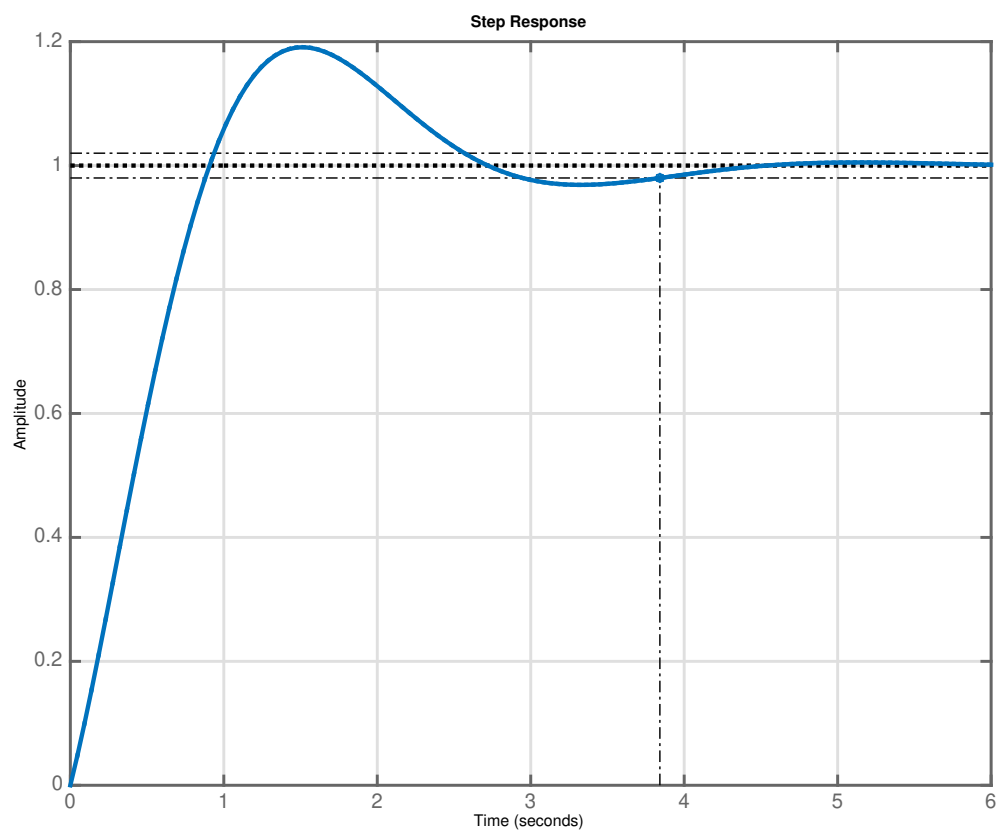


Figura 2: Resposta temporal de um sistema de segunda ordem