

Prática 4 (20/11/2020). Valor: 25 pontos.

## Método do Lugar das Raízes

1. Considere um motor elétrico cujo comportamento dinâmico é descrito pela função de transferência

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{\tau(s)} = \frac{0.5}{s(0.5s + 1)}, \quad (1)$$

em que  $\theta(s) = \mathcal{L}\{\theta(t)\}$  é a posição angular do eixo do motor e  $\tau(s) = \mathcal{L}\{\tau(t)\}$  é o torque aplicado ao seu eixo.

- (a) Obtenha a função de transferência pulsada  $G(z)$ . Considere que  $T = 0,1$  s e que a reconstrução do sinal de saída do controlador é implementada por um segurador de ordem zero. *Dica:* utilize a função `c2d` ou a função `c2dm` do MATLAB.
- (b) Gere o lugar das raízes desse sistema para um controlador proporcional.
- (c) Para que faixa de valores de  $K_p$  o sistema em malha fechada será estável?
- (d) Para que faixa de valores de  $K_p$  o sistema em malha fechada apresentará pólos complexos?
- (e) Para que faixa de valores de  $K_p$  o sistema em malha fechada apresentará comportamento oscilatório?
- (f) Aplique um degrau unitário ao sistema em malha fechada para um caso sobre-amortecido (pólos reais diferentes). Gere os gráficos da saída, do sinal de erro e da ação de controle.
- (g) Aplique um degrau unitário ao sistema em malha fechada para um caso criticamente amortecido (pólos reais iguais). Gere os gráficos da saída, do sinal de erro e da ação de controle.
- (h) Aplique um degrau unitário ao sistema em malha fechada para um caso sub-amortecido (pólos complexos). Gere os gráficos da saída, do sinal de erro e da ação de controle.
- (i) Aplique um degrau unitário ao sistema em malha fechada para um caso oscilatório devido a pólos reais negativos. Gere os gráficos da saída, do sinal de erro e da ação de controle.
- (j) Aplique um degrau unitário ao sistema em malha fechada para um caso instável (pelo menos um pólo fora do círculo de raio unitário). Gere os gráficos da saída, do sinal de erro e da ação de controle.
- (k) Uma boa métrica de desempenho para um sistema de controle em malha fechada é dada pelo somatório

$$S = \sum_{k=0}^{N-1} |e_k| = \sum_{k=0}^{N-1} |r_k - y_k|,$$

em que  $r_k$  é uma referência em degrau unitário,  $y_k$  é a resposta do sistema ao degrau unitário, e  $N$  é o número de amostras do sinal de erro  $e_k$ . Com o auxílio do MATLAB, determine o valor de  $K_p$  que minimiza a métrica  $S$ . Para o valor de  $K_p$  encontrado, gere os gráficos de resposta ao degrau unitário, do sinal de erro e da ação de controle para o sistema em malha fechada obtido.