

1. **(Peso 1 ponto)** Assinale Verdadeiro (V) ou Falso (F) para as seguintes afirmações:

- (a) Em geral, um sistema de terceira ordem pode ser aproximado pelas raízes dominantes de um sistema de segunda ordem se a parte real das raízes dominantes for menor que $1/5$ da parte real da terceira raiz.
- (b) O número de zeros da função de transferência em malha na origem é chamado de tipo numérico.
- (c) O tempo de subida é definido como o tempo necessário para o sistema estabelecer-se dentro de uma dada porcentagem da amplitude de saída.
- (d) Um sistema estável é um sistema dinâmico com uma resposta de saída limitada para um entrada qualquer.
- (e) Um sistema é estável se todos os polos estão no semiplano direito.
- (f) Um sistema marginalmente estável possui polos sobre o eixo $j\omega$.

2. **(Peso 2 pontos)** Um amortecedor de vibrações dinâmico é mostrado na Figura 1. Este sistema é representativo de muitas situações envolvendo a vibração de máquinas contendo componentes desbalanceados. Os parâmetros M_2 e k_{12} podem ser escolhidos de tal modo que a massa principal M_1 não vibre em regime permanente quando $f(t) = a \sin \omega_0 t$. Obtenha o modelo em espaço de estado desse sistema, em que a entrada é a força $f(t)$ aplicada na massa M_1 e a saída é o deslocamento $y_1(t)$.

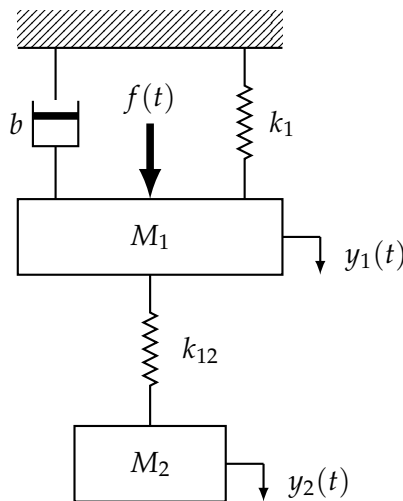


Figure 1: Amortecedor de vibrações.

3. **(Peso 2 pontos)** Todos estão familiarizados com as rodas gigantes. O seu inventor, George Ferris, tinha uma experiência considerável com ferro, aço e construção de pontes. Ele concebeu e construiu sua famosa roda para a Feira Mundial de 1893 em Chicago. Para evitar aborrecer aos passageiros, estabeleça um requisito no qual a velocidade em regime permanente deva ser controlada dentro de uma faixa de 5% da velocidade desejada para o sistema mostrado na Figura 5.

Com base nisso:

- (a) Determine a faixa de valores de ganho K para os quais o sistema a malha fechada é estável.
- (b) Determine o valor do ganho K necessário para um constante de erro estático de 20.

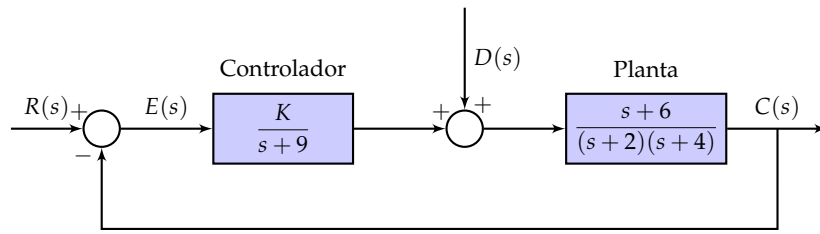


Figure 2: Controle de velocidade de uma roda gigante

- (c) Para o ganho obtido no item anterior, determine o erro devido a uma perturbação em degrau unitário.
4. **(Peso 1 ponto)** A Figura 3 apresenta o diagrama de Bode de uma função de transferência $G(s)$, que é de fase mínima.

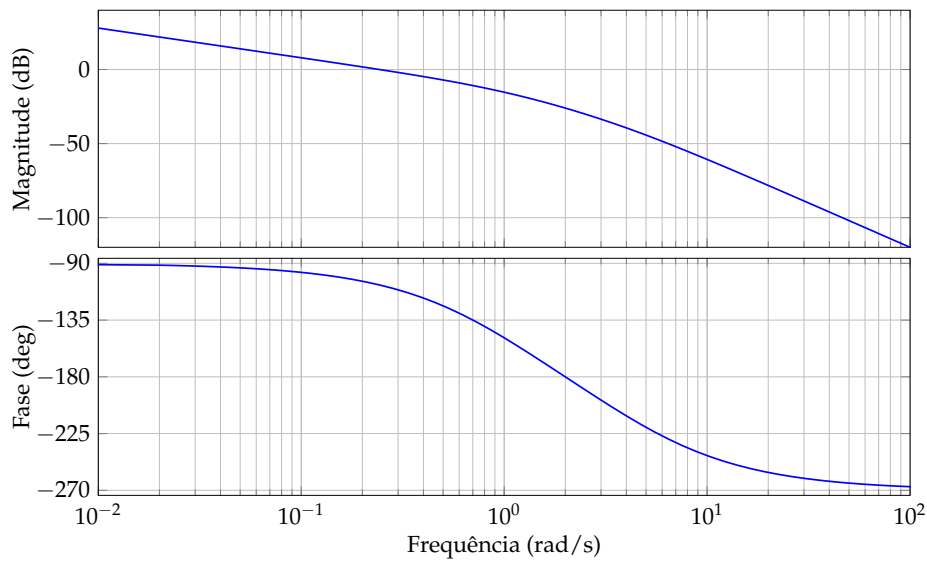


Figure 3: Diagrama de Bode.

De acordo com essas informações, determine:

- (a) a margem de ganho G_M
- (b) a margem de fase Φ_M
- (c) o sistema a malha fechada, com realimentação negativa, é estável? Se sim, justifique sua resposta.
5. **(Peso 2 pontos)** Dado o sistema mostrado na Figura 4:

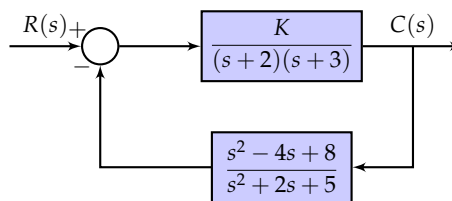


Figure 4: Sistema de controle com realimentação.

- (a) Trace o diagrama do lugar de raízes, aplicando os refinamentos.
- (b) Determine o cruzamento com o eixo $j\omega$ e o valor do ganho K no cruzamento.
- (c) Determine o ponto de saída do eixo real com precisão de duas casas decimais.
- (d) Determine os ângulos de chegada e de saída dos polos complexos.

(e) A partir do gráfico do lugar de raízes, determine o ganho K para que os polos dominantes a malha fechada tenham um amortecimento $\zeta = 0,3$. Considere que a fase de $G(s)$ para os polos dominantes obtidos seja de, no mínimo $\pm 179,5^\circ$.

6. **(Peso 2 pontos)** Controladores em cascata com a planta são utilizados para ajustar a resposta transitória de um sistema de controle, modificando a posição dos polos dominantes do sistema. No sistema de controle apresentado na Figura 5, o controlador $K(s + z)$ é utilizado para modificar o lugar de raízes do sistema sem controlador. Nesse sistema, deseja-se que os polos dominantes a malha fechada sejam $s = -2 \pm j2$, como ilustrado na Figura 6. Assim, determine:

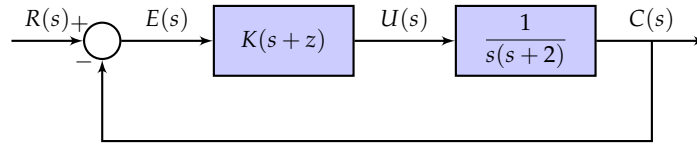


Figure 5: Sistema com controlador PD.

- O valor do ângulo θ_3 , indicado na Figura 6 para que os polos $s = -2 \pm j2$ sejam polos dominantes do sistema.
- O valor de z para que os polos $s = -2 \pm j2$ sejam polos dominantes do sistema.
- O valor do ganho K para o item anterior.

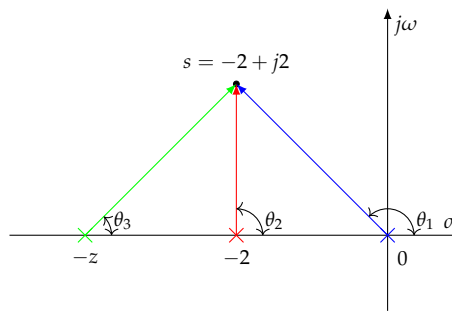


Figure 6: Lugar geométrico de raízes.