



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA  
 DIVISÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
 DEPARTAMENTO DE MECATRÔNICA  
**MPS-43: SISTEMAS DE CONTROLE**

**Lista de Exercícios 8**

Prof. Davi Antônio dos Santos

1. Usando papel semi-log, esboce o diagrama de Bode (gráficos de módulo e fase) dos sistemas modelados pelas seguintes funções de transferência:

a. 
$$G(s) = \frac{10(s + 3)}{s(s + 2)(s^2 + s + 2)}$$

b. 
$$G(s) = \frac{20(s + 1)}{s(s + 5)(s^2 + 2s + 10)}$$

2. Seja um sistema de segunda ordem sem zeros modelado pela seguinte função de transferência:

$$M(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

onde  $\omega_n > 0$  e  $0 \leq \zeta \leq 0,707$  são parâmetros conhecidos. Considere a resposta em frequência do sistema em questão.

- a. Mostre que o pico de ressonância é dado por

$$M_r = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1 - \zeta^2}}$$

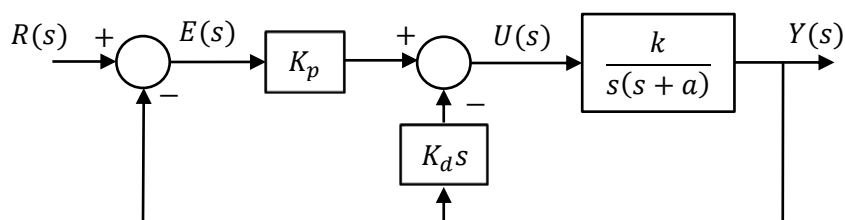
- b. Mostre que a frequência de ressonância é dada por

$$\omega_r = \omega_n\sqrt{1 - 2\zeta^2}.$$

- c. Mostre que a banda passante é dada por

$$BP = \omega_n\sqrt{(1 - 2\zeta^2) + \sqrt{2 - 4\zeta^2 + 4\zeta^4}}.$$

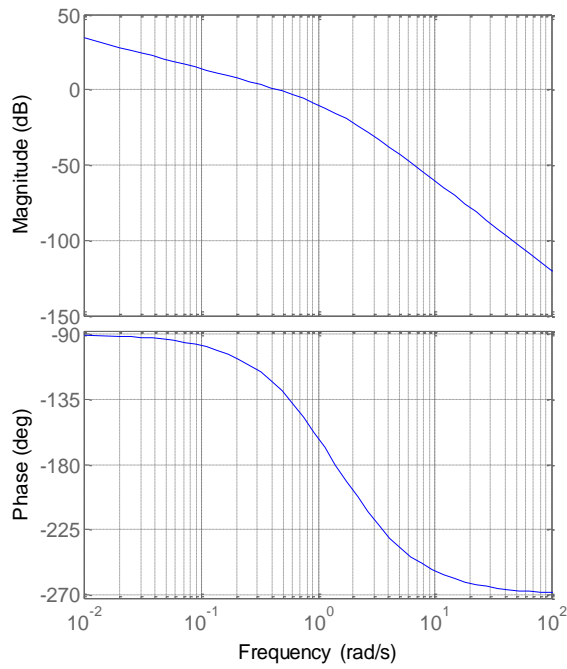
3. Seja um servomecanismo de posição angular, controlado por um controlador P-D, modelado pelo seguinte diagrama de blocos:



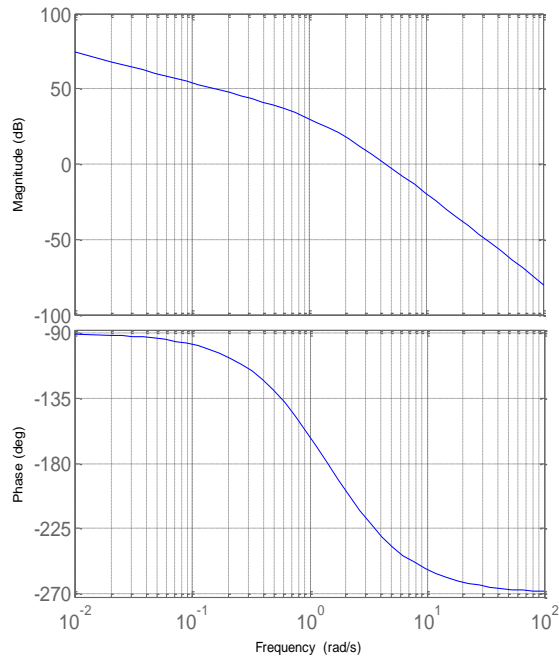
Considere conhecidos os parâmetros  $k$  e  $a$  do modelo da planta. Denote o pico de ressonância e a banda passante da resposta em frequência de malha fechada por  $M_r$  e BP, respectivamente. Obtenha expressões para o cálculo dos parâmetros  $K_p$  e  $K_d$  do controlador em função de  $k$ ,  $a$ ,  $M_r$  e BP.

4. Obtenha as margens de fase ( $\mu_f$ ) e de ganho ( $\mu_g$ ) e as frequências de cruzamento de fase ( $\omega_{cf}$ ) e de ganho ( $\omega_{cg}$ ) das plantas modeladas pelos seguintes diagramas de Bode:

a.



b.



5. Considere as plantas modeladas pelos diagramas de Bode da questão 4. Considerando-as em malha fechada com realimentação unitária e com um controlador proporcional  $C(s) = 1$ , calcule os respectivos erros em regime permanente em resposta a uma entrada do tipo rampa unitária.

6. Esboçe o diagrama de Nyquist de:

a.  $G(s) = k/s$

b.  $G(s) = k/s^2$

c.  $G(s) = k(s + 1)/(s + 2)$

d.  $G(s) = k/(s^2 + as + b)$

e.  $G(s) = k/s(s + a)$

f.  $G(s) = k/s(s + a)(s + b)$