

**ENGC42 – Sistemas de Controle I**  
**Profa. Cristiane Paim**  
**Semestre 2018-1**

**2ª Lista de Exercícios**

**Parte I – Exercícios de livro**

Franklin, G. Powell, J. D., Emami-Naeini, A. **Feedback Control of Dynamic Systems**, Prentice-Hall, 6<sup>th</sup> Ed., 2010.

Capítulo 6 - Exercícios 6.3 (g, h, i), 6.5 (c, f), 6.7 (d, e), 6.8 (c, d), 6.13, 6.15, 6.18 a 6.21, 6.25, 6.33, 6.34, 6.36, 6.40 e 6.41.

Ogata, K. **Engenharia de Controle Moderno**. 4ª Edição, Ed. Pearson, 2003

Capítulo 8 – Exercícios B.8.8, B.8.10, B.8.17 a B.8.19, B.8.26 e B.8.29 a B.8.34.

Dorf, R. C., Bishop, R.H. **Sistemas de Controle Modernos**. 8ª edição, Ed. LTC, 2001.

Capítulo 8 – E8.4 a E8.9 e P8.3 a P8.10.

**Parte II – Exercícios de Prova**

## 1.

Seja a função de transferência:

$$G(s) = 1000 \frac{s^2 + s + 25}{s(s + 50)^2(s - 100)}$$

Traçar os Diagramas de Bode para  $G(j\omega)$  (assintóticos e reais).

- \* Identificar nos gráficos frequências e picos de ressonância, caso existam;
- \* Identificar nos gráficos valores reais e assintóticos nas frequências de corte e também nos limites  $\omega = 10^{-1}$  e  $\omega = 10^4$ ;
- \* Descrever detalhadamente todos os cálculos utilizados na obtenção dos valores identificados nos gráficos.

## 2.

Considere um sistema de controle a realimentação unitária cujo processo a controlar é um sistema com atraso de transporte de 1s:

$$G(s) = \frac{0.5e^{-s}}{s(s + 1)}$$

Os diagramas de Bode correspondentes ao sistema são mostrados na figura em anexo.

- (a) Traçar os diagramas de Bode considerando o atraso de transporte representado por uma aproximação de Padé(1,1).
- (b) Determinar a faixa de valores de  $K$  para os quais o sistema é estável:
  - i. usando a função de transferência exata;
  - ii. usando a função de transferência aproximada.
- (c) Considerando  $K = 1$ , estimar o sobre-sinal da resposta ao degrau unitário:
  - i. usando a função  $G(s)$  exata;
  - ii. usando a função de transferência aproximada.

Neste caso, o uso da aproximação de Padé é recomendável ? Justificar a resposta.

Obs: Considere a relação  $\xi \approx MF/100$ .

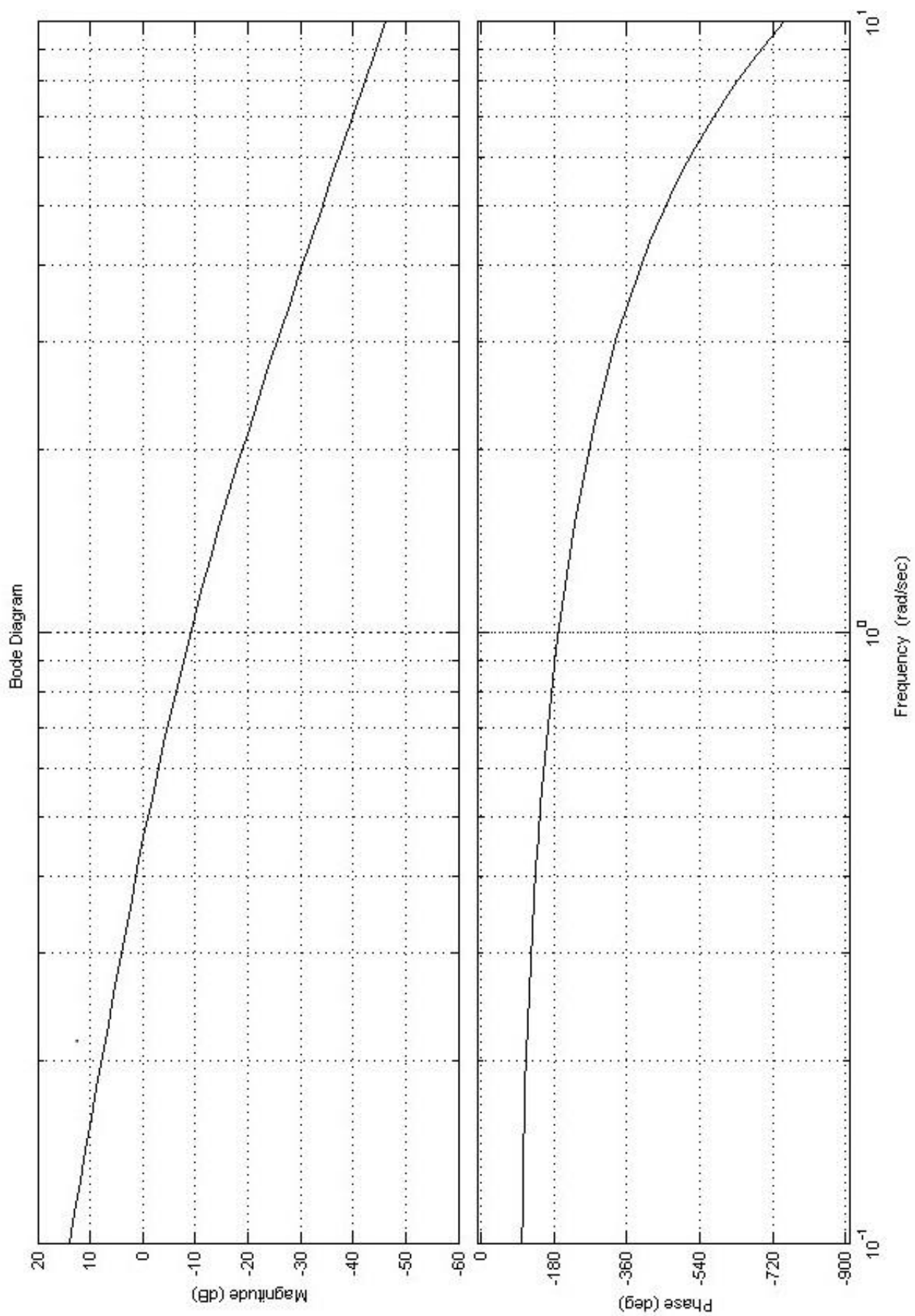


Figura 1

3.

Seja um sistema de controle a realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é dada por  $G(s)$ . A figura 2 apresenta a variação do módulo (em dB) para  $G(j\omega)$ . A partir do diagrama de Bode, determine o tipo do sistema e o valor do coeficiente de erro estático associado. Qual a largura de faixa do sistema? Justificar as respostas.

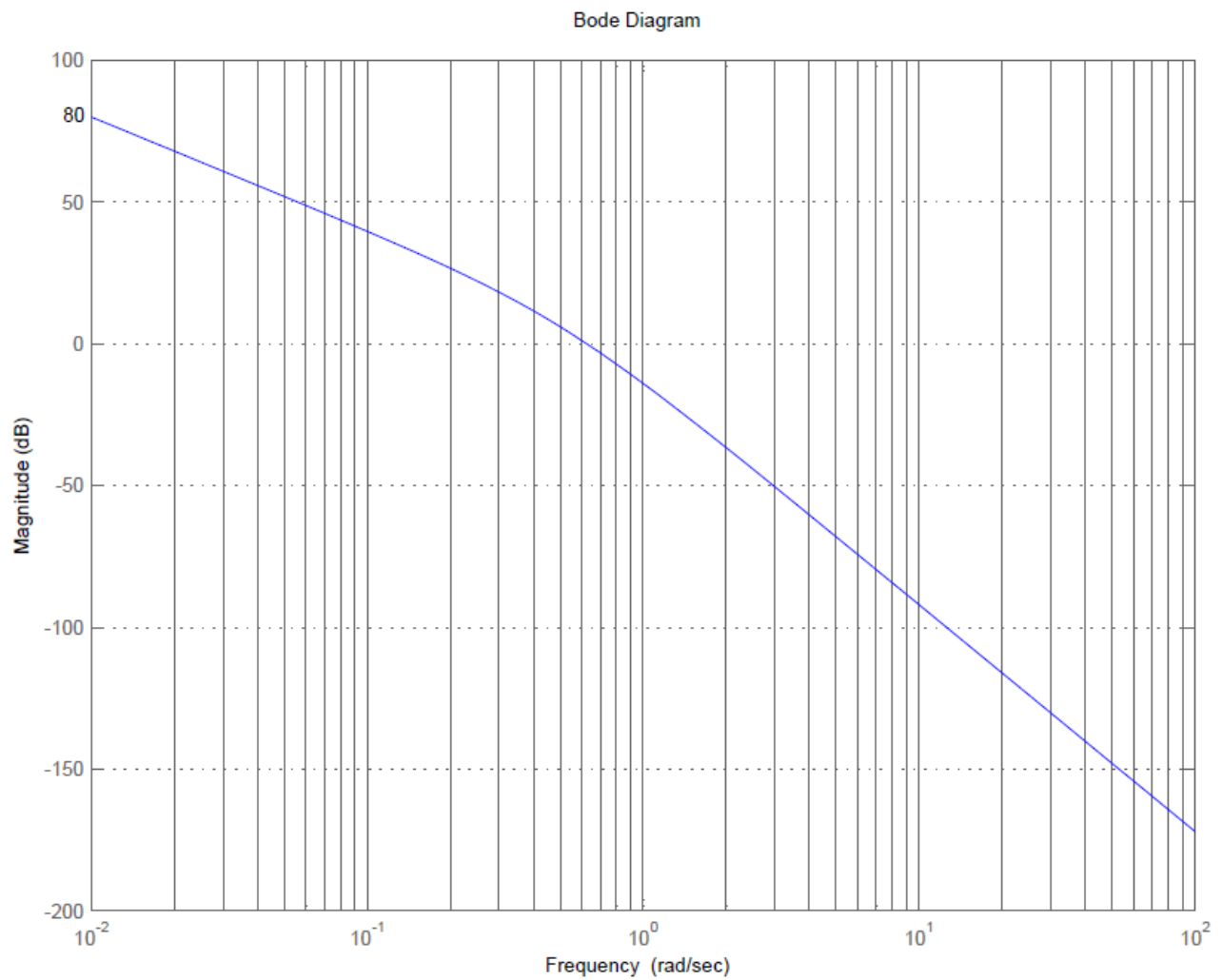


Figura 2

4.

Seja um sistema de controle a realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é dada por  $G(s)$ . A Figura 3 apresenta a Carta de Nichols para  $G(j\omega)$ . A partir desta, analisar e concluir sobre a estabilidade do sistema em malha fechada. Indicar na figura as margens de ganho e fase. Justificar as respostas.

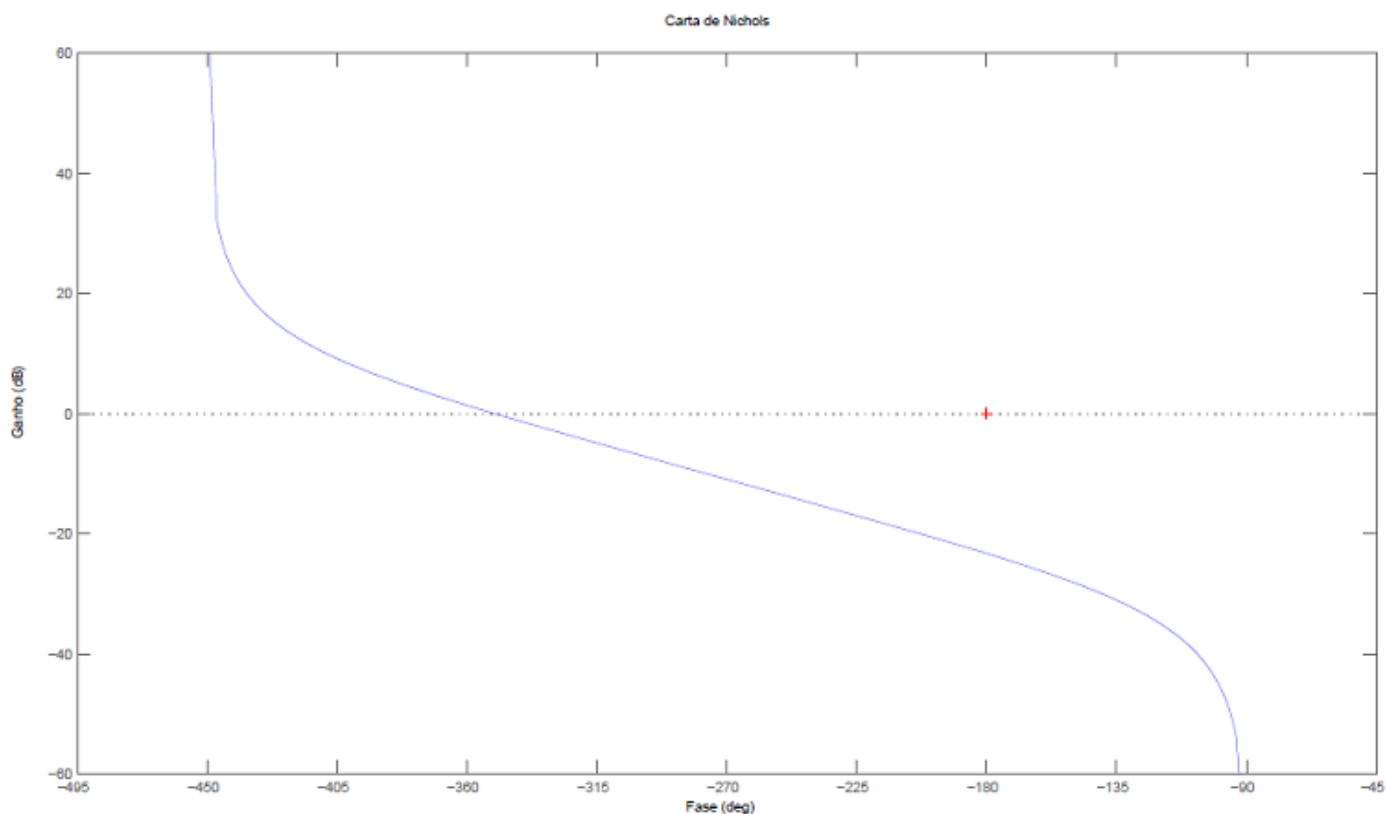
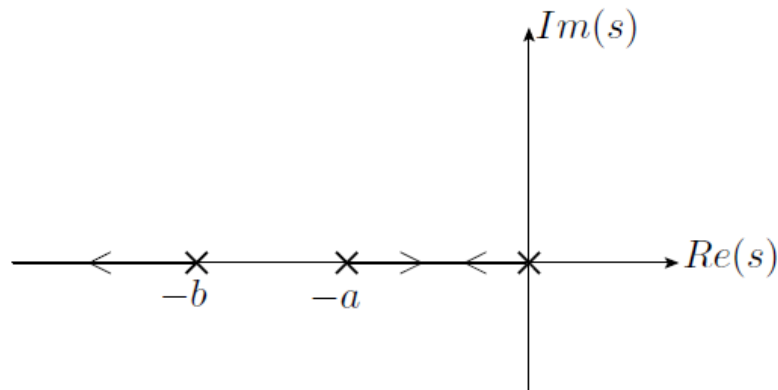


Figura 3

5.

Considere um sistema de controle com realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é  $KG(s)$ . Quando  $K$  varia de 0 a  $+\infty$ , os pólos de malha fechada reais do sistema apresentam o comportamento apresentado na figura a seguir. Sabe-se ainda que este Lugar da Raízes tem um ponto de ramificação em  $-3 + \sqrt{3}$  e o centróide é o ponto  $-3$ .



- (a) Determinar  $G(s)$ , sabendo-se que os coeficientes dos termos de maior grau dos seus numerador e denominador são ambos iguais a 1 (1,0 ponto);
- (b) Esboçar o diagrama de Nyquist de  $G(s)$  e determinar os valores de  $K$  para os quais o sistema é estável por meio do critério de estabilidade de Nyquist (1,5 pontos);
- (c) Considere  $K = 50$ . Esboçar a resposta do sistema a um degrau unitário, indicando no gráfico tempo de acomodação, valor de regime permanente e sobressinal, caso exista (1,0 ponto).

6.

Seja um sistema de controle a realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é dada por:

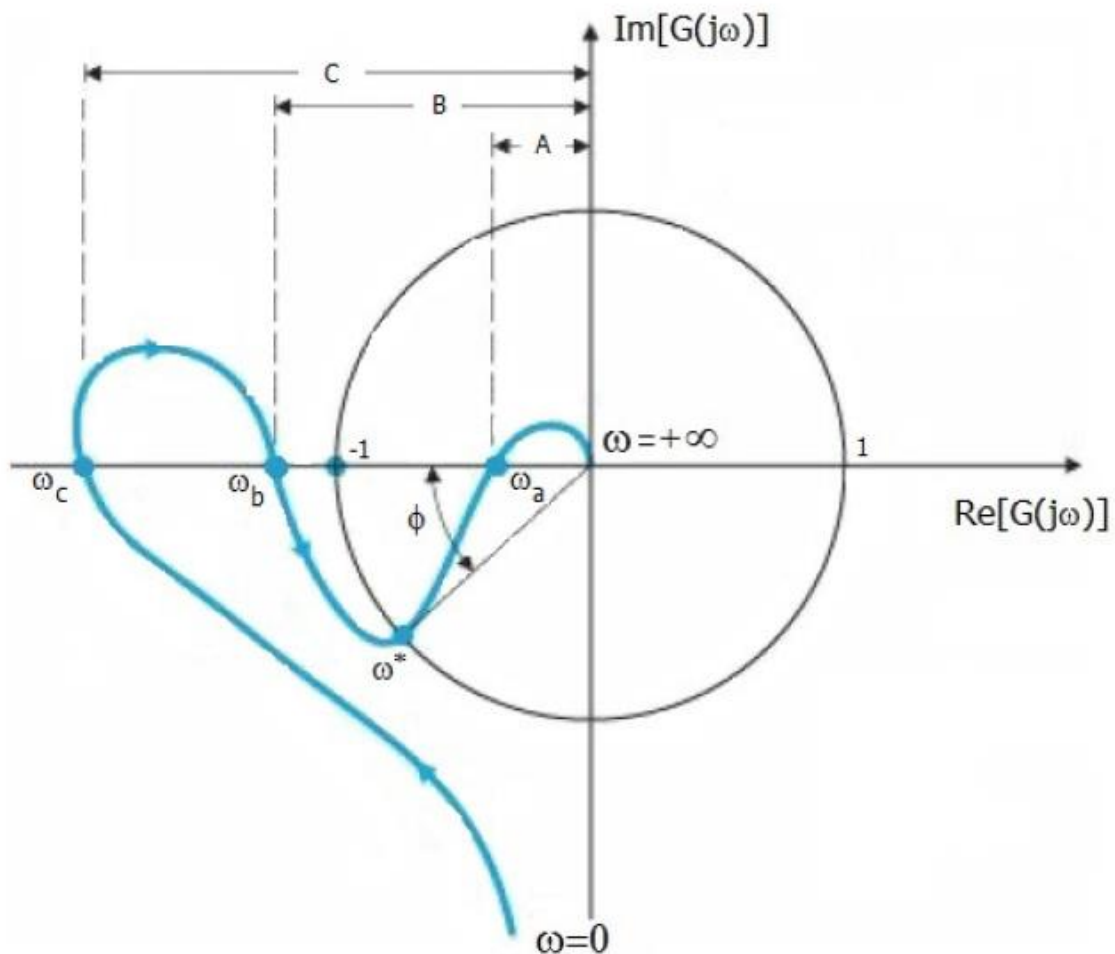
$$KG(s) = K \frac{s + 2}{(1 - s)[(s + 1)^2 + 1]}$$

- (a) Esboçar o diagrama de Nyquist de  $G(s)$  e determinar os valores do parâmetro  $K \in \mathbb{R}$  para os quais o sistema é estável em malha fechada, usando para isto o critério de estabilidade de Nyquist;
- (b) Para  $K = -1,95$ , esboçar a resposta ao degrau unitário do sistema em malha fechada. Justificar a forma do esboço.

7.

O diagrama polar de um sistema condicionalmente estável é mostrado abaixo.

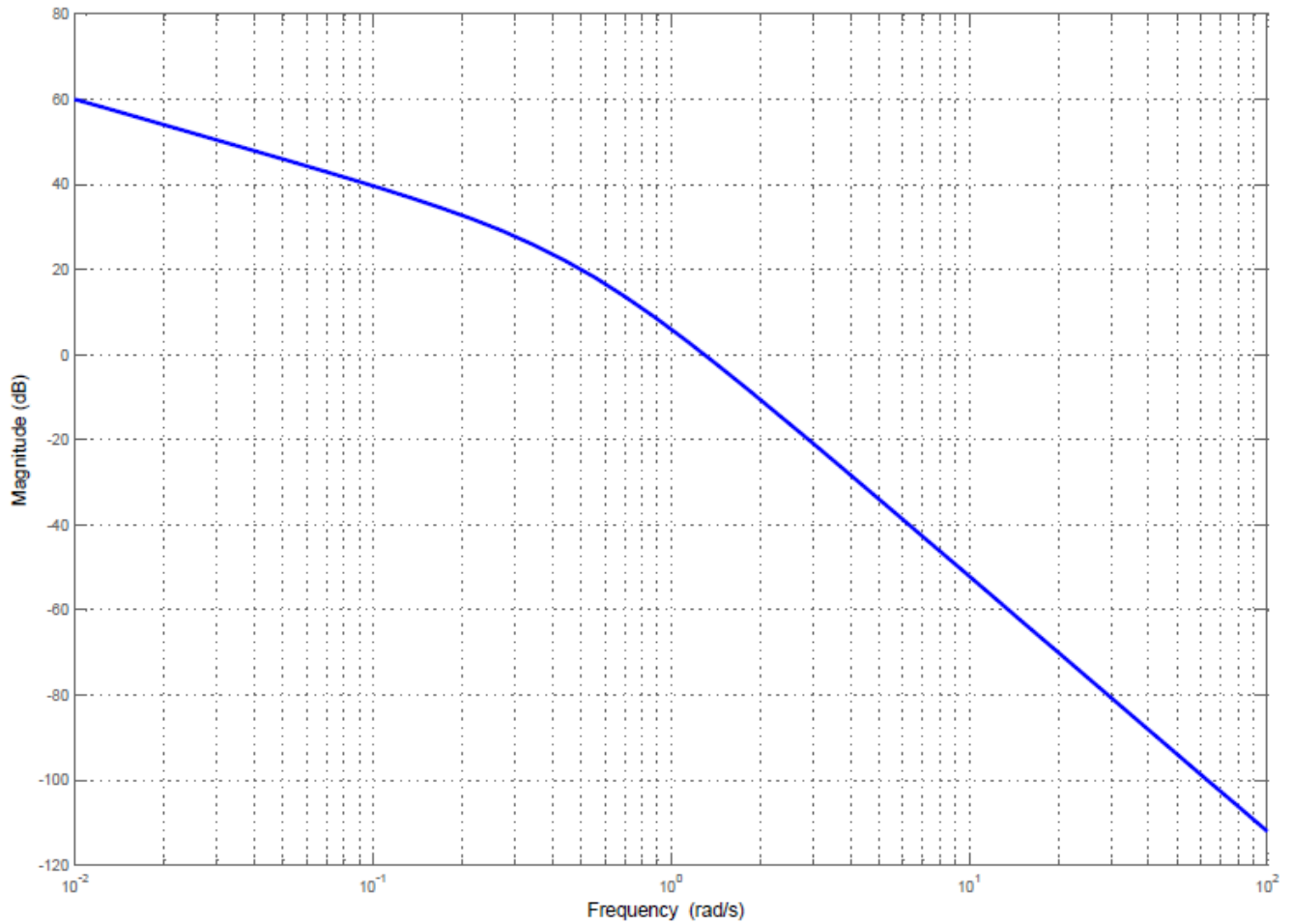
Sabe-se que na função de transferência de malha aberta não existem polos no semiplano direito. Analisar a estabilidade do sistema quando o ganho é variado de zero a um valor muito grande ( $0 < K < +\infty$ ). Indicar a(s) faixa(s) de estabilidade do sistema.



8.

Seja um sistema de controle a realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é dada por  $G(s)$ . A variação do módulo (em dB) para  $G(j\omega)$  é apresentada na folha em anexo (Figura 2). A partir do diagrama de Bode, determinar o tipo do sistema e o valor do coeficiente de erro estático associado. Estimar a função de transferência  $G(s)$ . Justificar as respostas.

Figura 2 - Diagramas de Bode (módulo)





**9.**

Considere um sistema de controle com realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é dada por

$$KG(s) = \frac{0,1K(s+1)^2}{s^3}$$

- (a) Esboçar o diagrama de Nyquist. Explicitar parte real e parte imaginária de  $G(j\omega)$ , módulo e fase para as frequências de interesse ( $\omega = 0$  e  $\omega = \pm\infty$ ) e análise do comportamento em torno da origem.
- (b) Usando o Diagrama de Nyquist, determinar a estabilidade do sistema em função da variação do ganho  $-\infty < K < +\infty$ . Indicar também para que valor(es) de  $K$  o sistema em malha fechada apresenta 1, 2 ou 3 pólos instáveis. Justificar as respostas.

**10.**

Considere um sistema de controle com realimentação unitária cuja função de transferência de malha aberta é dada por:

$$G(s) = \frac{5(2 - 20s)}{s(2 + 20s)(s^2 + s + 100)}$$

- (a) Traçar os diagramas de Bode de  $G(j\omega)$ . Determinar os valores (módulo e fase) reais e assintóticos nas frequências de corte e também nos limites  $\omega = 10^{-2}$  e  $\omega = 10^2$ . Calcular a(s) frequência(s) e pico(s) de ressonância, caso existam. Indicar a inclinação das assíntotas. Descrever os procedimentos utilizados na obtenção dos valores indicados no gráfico.
- (b) Calcular os valores das margens de estabilidade. O sistema é estável? Justificar a resposta.
- (c) Esboçar a Carta de Nichols para  $G(j\omega)$ .