



Universidade De Brasília
Departamento De Engenharia Elétrica
Controle Digital

Simulação 4

Aluno:
Arthur de Matos Beggs ————— 12/0111098

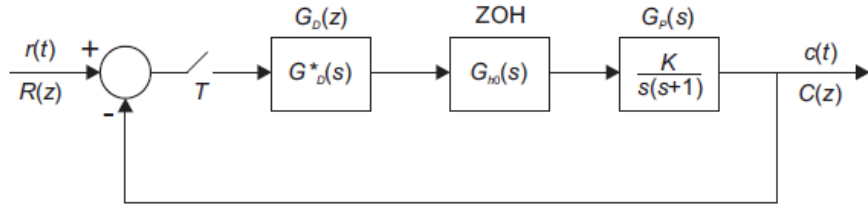


Figura 1:

Figura 1: Diagrama e funções de transferência do sistema.

Questão 1

$$G(z) = \mathcal{Z} \left\{ \frac{1 - e^{-0.2s}}{s} \frac{K}{s(s+1)} \right\} = (1 - z^{-1}) \mathcal{Z} \left\{ \frac{K}{s^2(s+1)} \right\} = 0.01873 \left[\frac{K(z + 0.9356)}{(z - 1)(z - 0.8187)} \right]$$

$$G(z) = \frac{K(0.01873z + 0.01752)}{z^2 - 1.8187z + 0.8187}$$

Para $G(\omega) = G(z)|_{z=\frac{1+0.1\omega}{1-0.1\omega}}$:

$$G(\omega) = \frac{K \left[0.01873 \left(\frac{1+0.1\omega}{1-0.1\omega} \right) + 0.01752 \right]}{\left(\frac{1+0.1\omega}{1-0.1\omega} \right)^2 - 1.8187 \left(\frac{1+0.1\omega}{1-0.1\omega} \right) + 0.8187} = \frac{K(-0.000333\omega^2 - 0.09633\omega + 0.9966)}{\omega^2 + 0.9969\omega}$$

$$G(\omega) \doteq \frac{K \left(1 + \frac{\omega}{300} \right) \left(1 - \frac{\omega}{10} \right)}{\omega(\omega + 1)}$$

Questão 2

Para o compensador em avanço $G_D(\omega) = \frac{1+\tau\omega}{1+\alpha\tau\omega}, 0 < \alpha < 1$:

$$K_v = \lim_{\omega \rightarrow 0} \omega G_D(\omega) G(\omega) \doteq K = 2$$

Questão 3

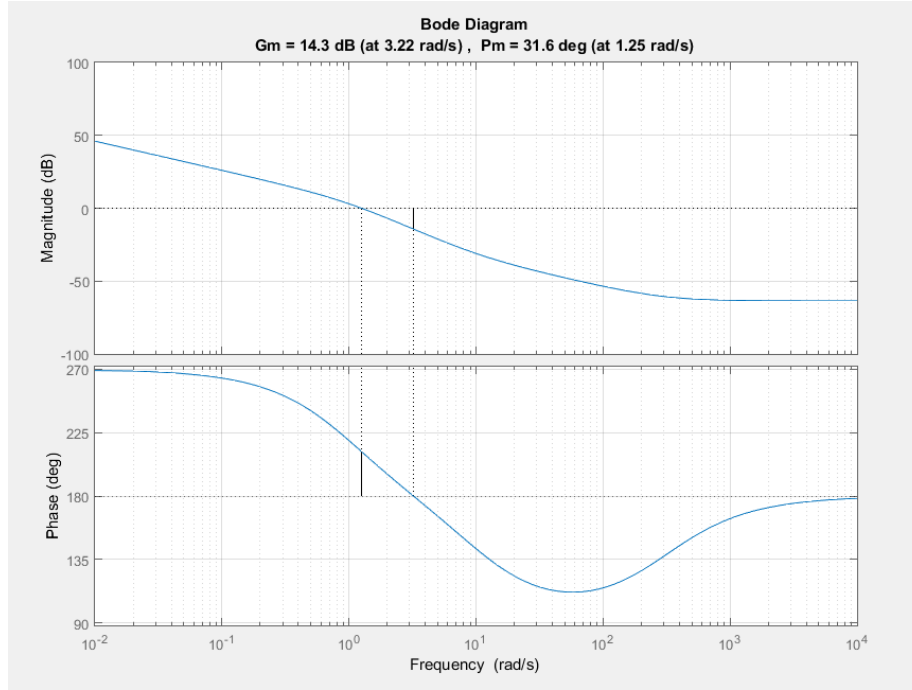


Figura 2: Diagrama de Bode de $G(s) = G(\omega)|_{\omega=s}$

Questão 4

A Margem de Fase de $G(\omega)$ é de 31.6° . Para que a Margem de Fase satisfaça o requerimento de 50° , um avanço de fase de $\approx 20^\circ$ é necessário. Porém, também é necessário compensar o deslocamento da frequência de cruzamento. Assim, 8° adicionais compensam a frequência de cruzamento, resultando em $\phi_m = 28^\circ$. Com isso,

$$\phi_m = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} \Rightarrow \alpha = 0.361.$$

$$-20 \log \frac{1}{\sqrt{\alpha}} = -20 \log \frac{1}{\sqrt{0.361}} = -4.425 \text{ dB}$$

Por tentativa e erro, temos

$$v_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha\tau}} \approx 1.7$$

Assim, $\tau \approx 0,979$ e

$$G_D(\omega) = \frac{1 + \tau\omega}{1 + \alpha\tau\omega} = \frac{1 + 0.979\omega}{1 + 0.3534\omega}$$

Transformando para o plano z ,

$$\omega = \frac{2}{0.2} \frac{z-1}{z+1} = 10 \frac{z-1}{z+1}$$

$$G_D(z) = \frac{1 + 0.9790 \left(10 \frac{z-1}{z+1}\right)}{1 + 0.3534 \left(10 \frac{z-1}{z+1}\right)} = \frac{2.3798z - 1.9387}{z - 0.5589}$$

$$G_D(z)G(z) = \frac{2.3798z - 1.9387}{z - 0.5589} \frac{2(0.01873z + 0.01752)}{z^2 - 1.8187z + 0.8187}$$

$$G_D(z)G(z) = \frac{0.0891z^2 + 0.0108z - 0.0679}{z^3 - 2.3776z^2 + 1.8352z - 0.4576}$$

Questão 5

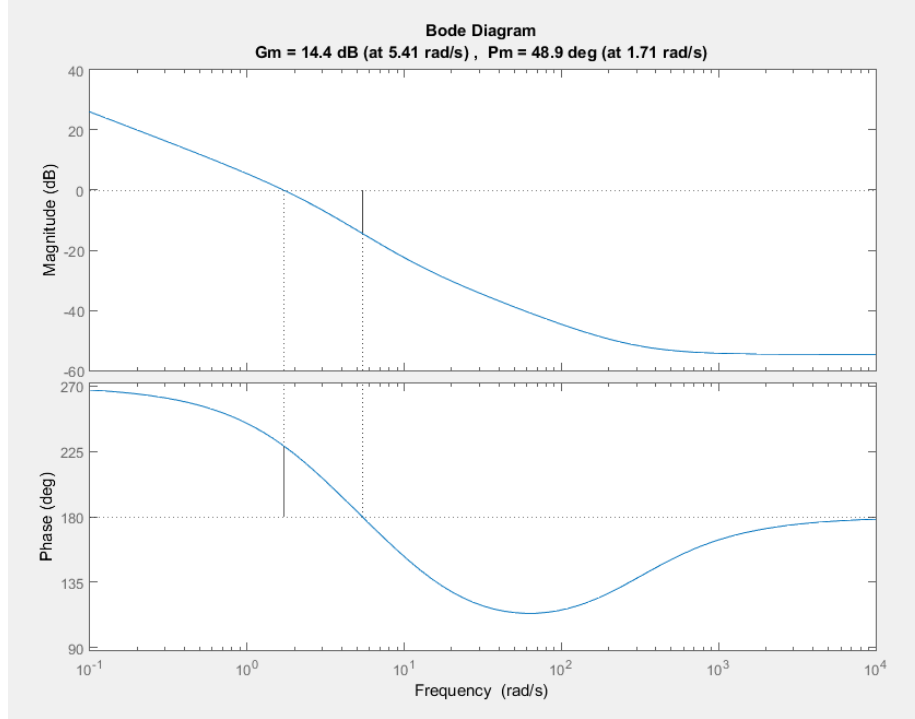


Figura 3: Diagrama de Bode de $G_D(s)G(s) = G_D(\omega)G(\omega)|_{\omega=s}$

O diagrama de Bode de $G_D(s)G(s) = G_D(\omega)G(\omega)|_{\omega=s}$ apresenta Margem de Ganho de 14.4 dB (>10 dB, conforme requisito de projeto) e Margem de Fase de $48.9^\circ (\approx 50^\circ)$, conforme requisito de projeto). Assim, o controlador em avanço projetado apresenta Margens de Ganho e Fase muito próximas ao esperado, satisfazendo as especificações.