

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS APUCARANA

JULIO CESAR GARCIA RIBEIRO

RELATÓRIO DA ATIVIDADE SEMANAL 2
SISTEMAS DE CONTROLE 2

Apucarana, 2020

QUESTÃO 1

O sistema em questão é o explicito pela seguinte função de transferência:

$$G(s) = \frac{25}{s^2 + 4s + 25}$$

Gerando o diagrama de bode e utilizando datatips se tem que a margem de fase é 68,9, como na descrito na Figura 1 abaixo:

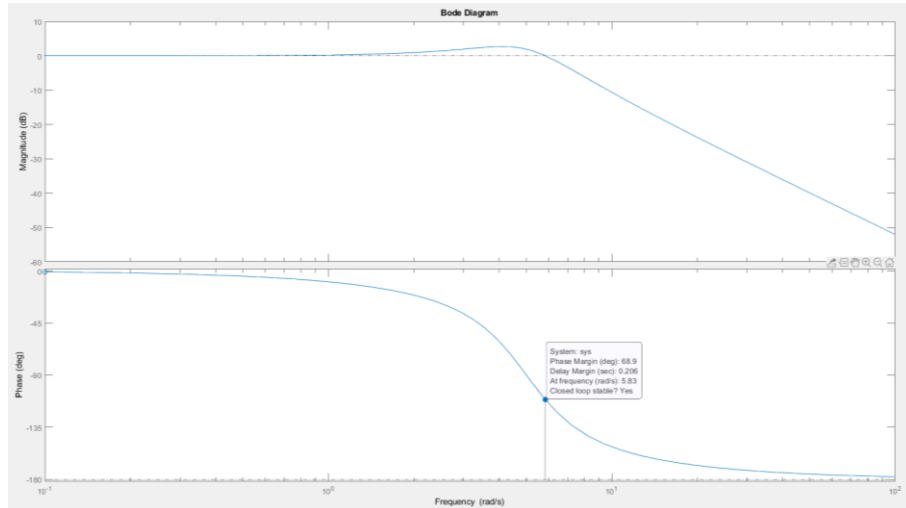


Figura 1 – Diagrama de bode do sistema

QUESTÃO 2

Foi gerado o diagrama de bode para o sistema da função de transferência contida abaixo, com um intervalo de frequência entre 0.01 até 1000 rad/s.

$$G(s) = \frac{9s^2 + 1.8s + 9}{s^3 + 1.2s + 9s}$$

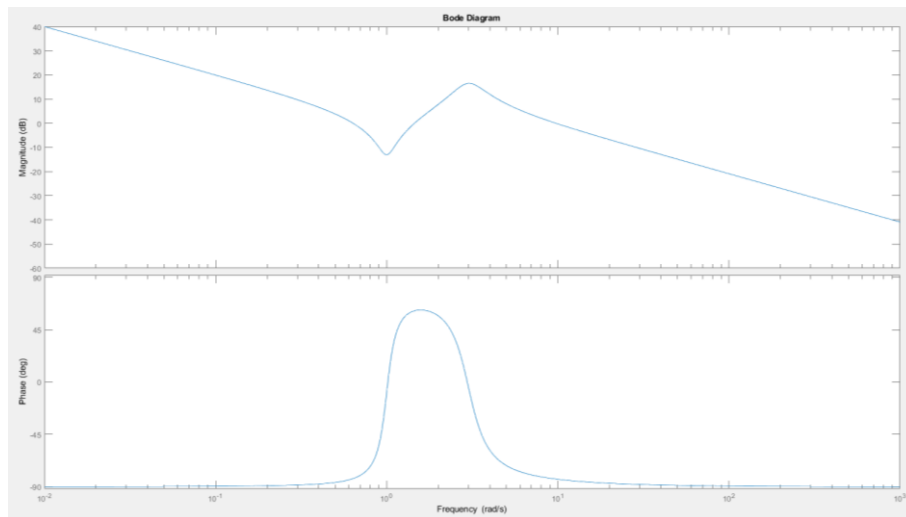


Figura 2 – Diagrama de bode do sistema

QUESTÃO 3

A função de transferência dos compensadores analisados foram os seguintes:

$$G_c(s)_A = \frac{2.27s + 10}{0.054s + 1}$$

$$G_c(s)_B = \frac{50s + 5}{100s + 1}$$

$$G_c(s)_C = \frac{0.227s + 1}{0.054s + 1}$$

$$G_c(s)_D = \frac{10s + 1}{100s + 1}$$

$$G_c(s)_E = \frac{s^2 + 0.85s + 0.105}{s^2 + 7.015s + 0.105}$$

Os diagramas de bode dos compensadores estão contidos nas figuras abaixo:

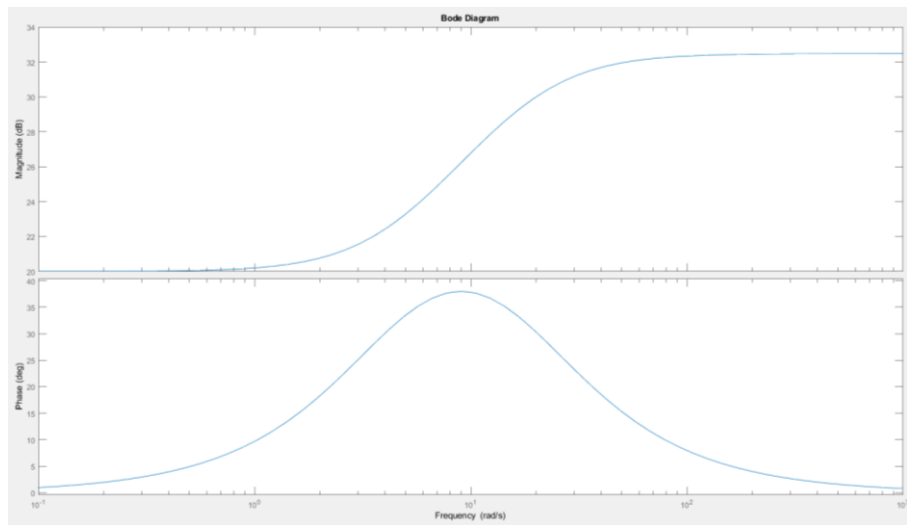


Figura 3 – Diagrama de bode do compensador A

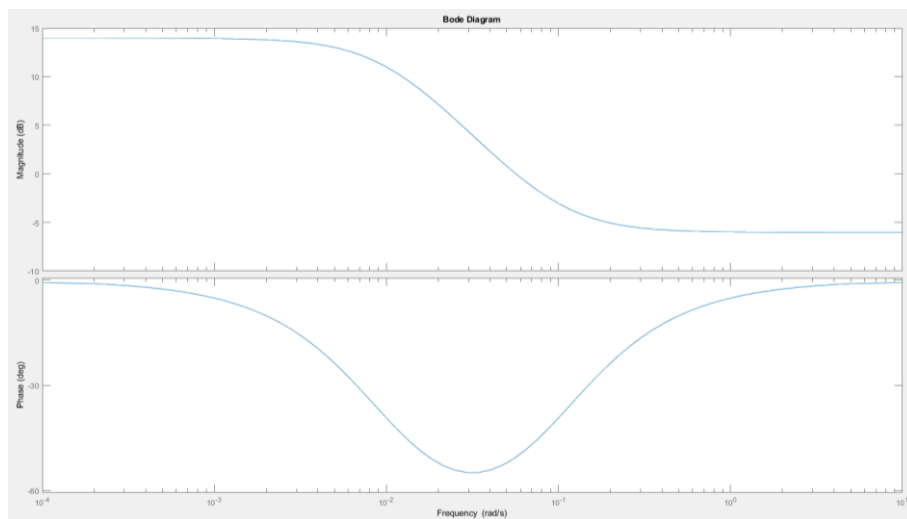


Figura 4 – Diagrama de bode do compensador B

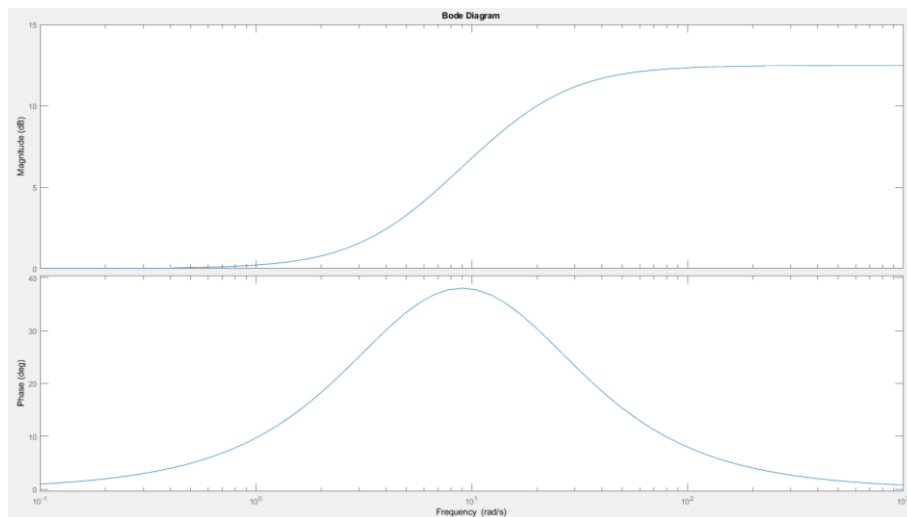


Figura 5 – Diagrama de bode do compensador C

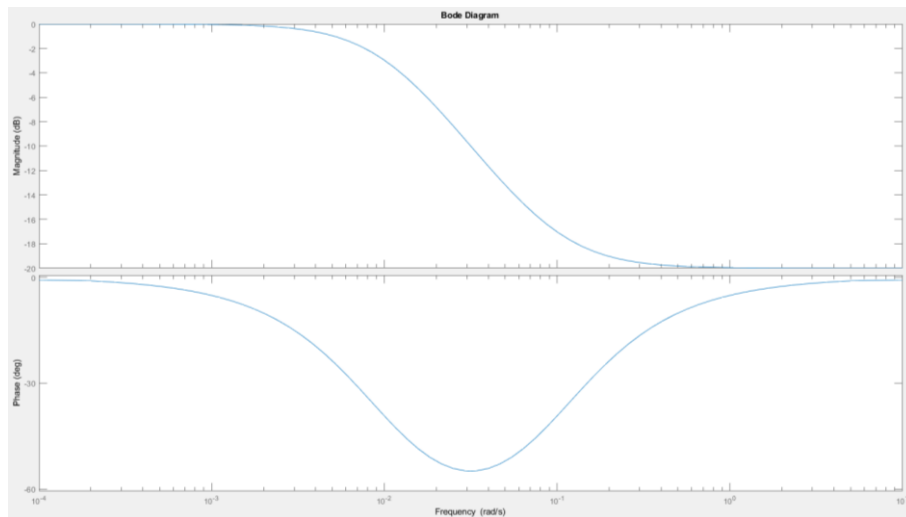


Figura 6 – Diagrama de bode do compensador D

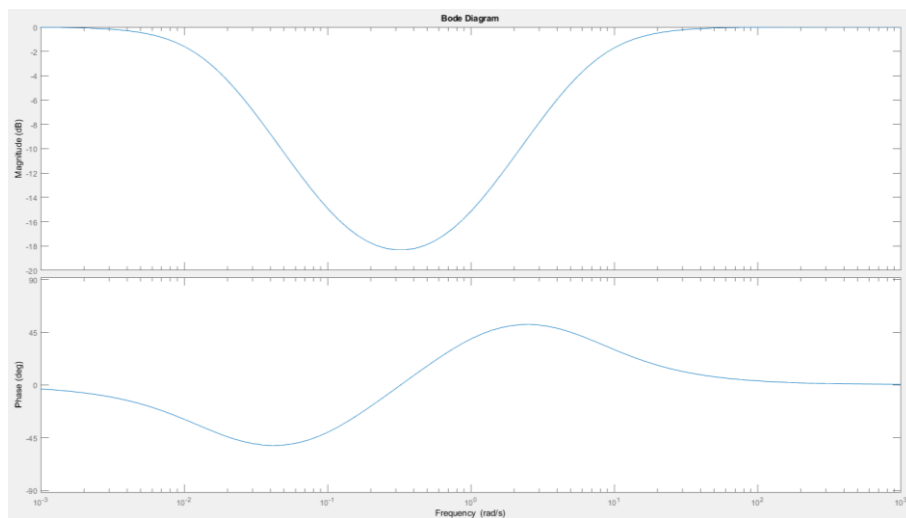


Figura 7 – Diagrama de bode do compensador E

Analisando os diagramas acima, se pode perceber que os compensadores A e C (Figura 3 e 5) são do tipo avanço de fase (*lead*) e os compensadores B e D (Figura 4 e 6) são do tipo atraso de fase (*lag*). Entre os compensadores A e C e B e D o que muda na função de transferência é apenas o ganho, o que causa uma diferença no valor do módulo em decibéis do diagrama de bode.

Se pode perceber que o controlador E (Figura 7) é do tipo avanço-atraso (*lead-lag*).

QUESTÃO 4

O sistema analisado é descrito pela seguinte função de transferência:

$$G(s) = \frac{20s + 20}{s^4 + 7s^3 + 20s^2 + 50s}$$

A Figura 8 abaixo demonstra o diagrama de bode do sistema em questão e indica a margem de ganho (Gm), margem de fase (Pm), a frequência de cruzamento de fase (W_{cp}) e a frequência de cruzamento de ganho (W_{cg}).

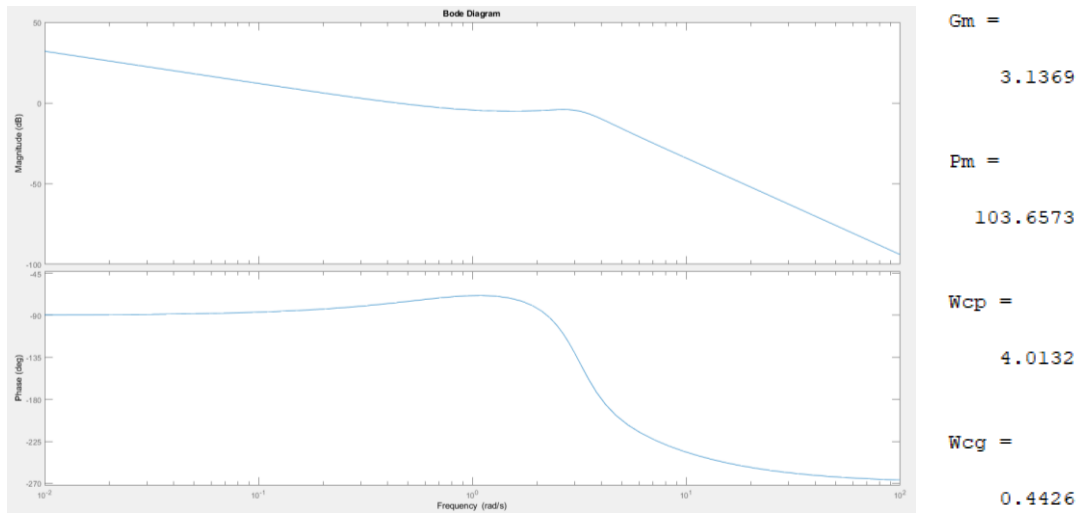


Figura 8 – Diagrama de bode do sistema e valores requeridos

Se pode verificar a estabilidade do sistema com a sua resposta, contida na Figura 9 abaixo:

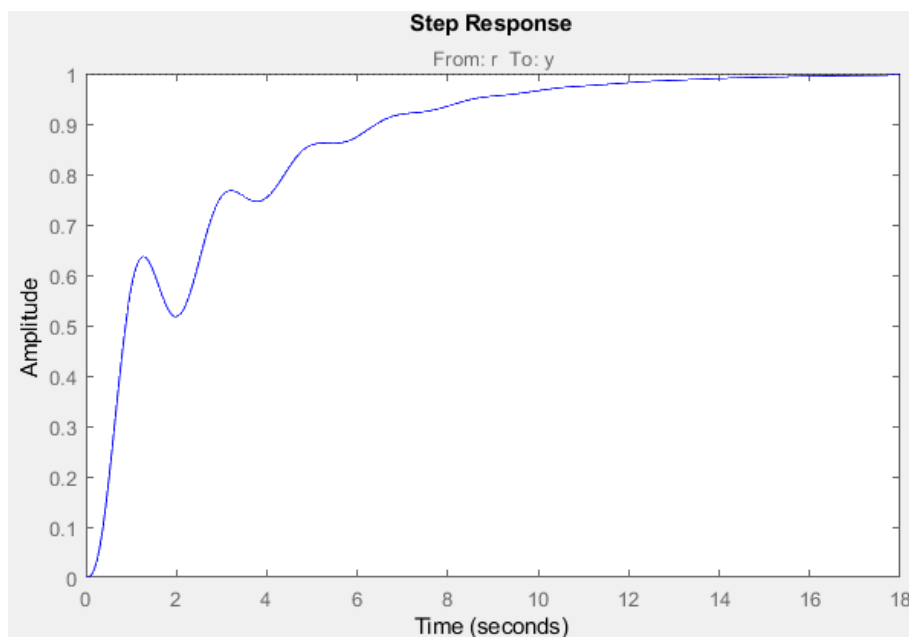


Figura 9 – Reposta do sistema

Se pode perceber que o sistema demonstra estabilidade.

QUESTÃO 5

A função de transferência do sistema analisado pode ser observada abaixo:

$$G(s) = \frac{K}{s^3 + 6s^2 + 5s}$$

Foram utilizados dois valores para K (10 e 100). Os diagramas de bode (Figura 10) e as respostas do sistema (Figura 11) em ambos os casos estão contidos abaixo:

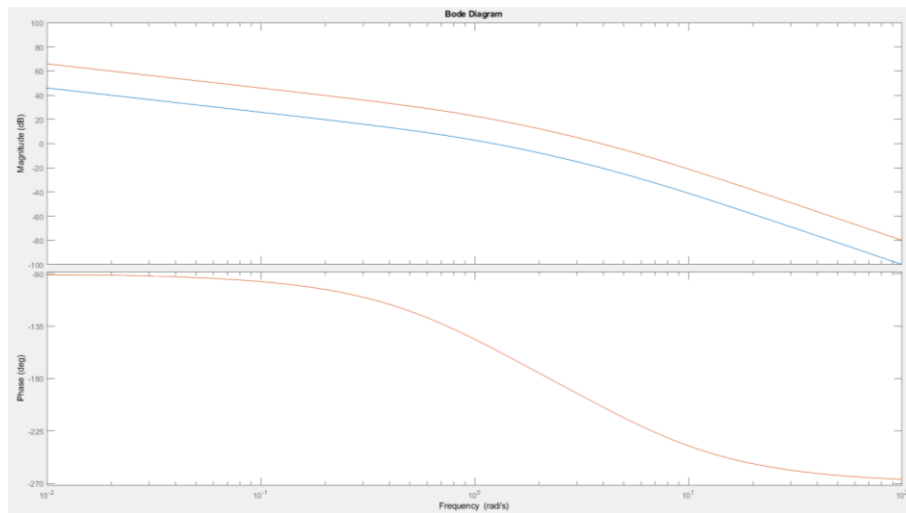


Figura 10 – Diagrama de bode dos sistemas (A em azul e B em laranja)

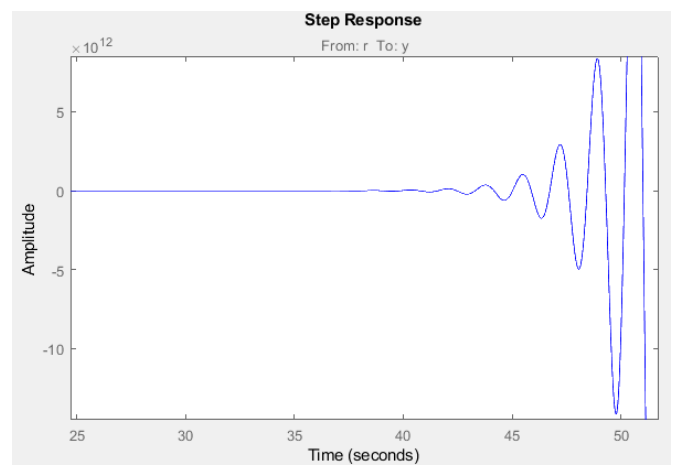
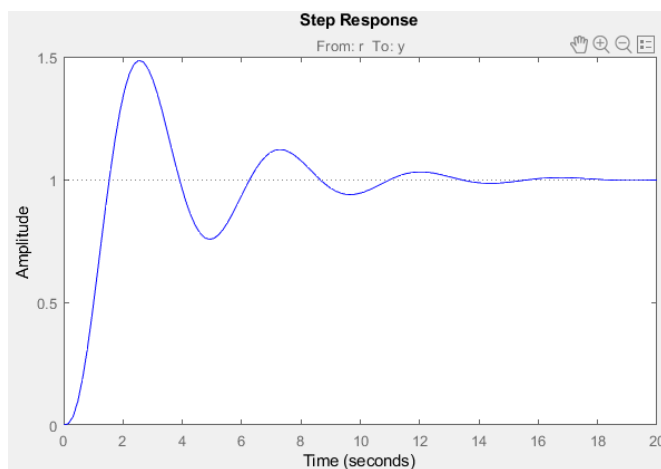


Figura 11 – Resposta dos sistemas (A na esquerda e B na direita)

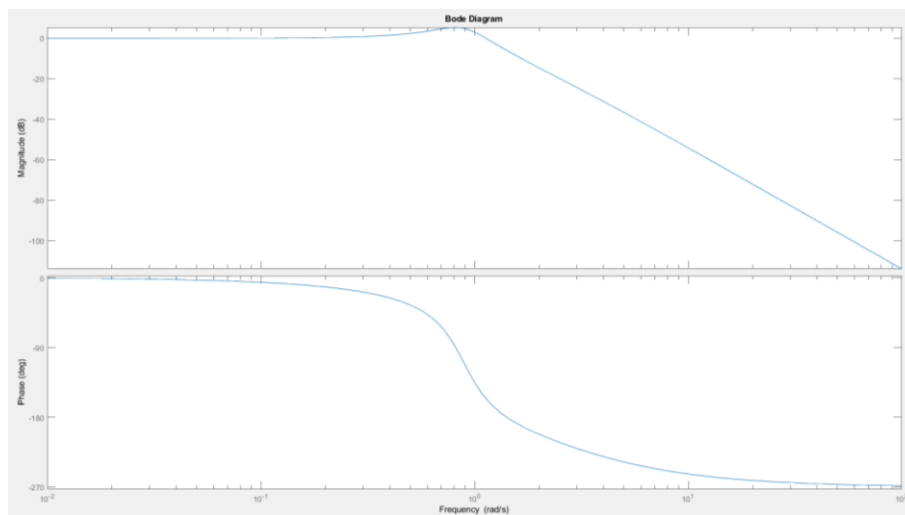
Como se pode perceber no diagrama de bode, o diagrama de fase não muda e o módulo é diferente devido a diferença no ganho do sistema. Entretanto, se observa nas respostas dos sistemas que o com ganho 10 é estável e o com ganho 100 é instável, ou seja, o valor do módulo do sistema altera a posição do zero do sistema, diferenciando a estabilidade dos sistemas.

QUESTÃO 6

A função de transferência de malha fechada do sistema analisado é a seguinte:

$$G(s) = \frac{1}{0.5s^3 + 1.5s^2 + s + 1}$$

O diagrama de bode do sistema de malha fechada pode ser observado na Figura 12 abaixo. Junto deste, os valores de pico de ressonância (*pico_res*), frequência de ressonância (*freq_res*) e a banda passante (*BW*) estão contidos a direita do diagrama de bode.



pico_res =
5.2790
freq_res =
0.8238
BW =
1.3270

Figura 12 – Diagrama de bode do sistema e valores requeridos

QUESTÃO 7

Se quer variar o valor do amortecimento deste sistema de 0.1 até 1, incrementando 0.2. O sistema possui um valor de frequência natural de 10. Deste modo, se pode descrever o sistema com a seguinte função de transferência:

$$G(s) = \frac{100}{s^2 + 2 \xi 10 + 100}$$

A Figura 13 abaixo demonstra todos os diagramas de bode para os sistemas possíveis:

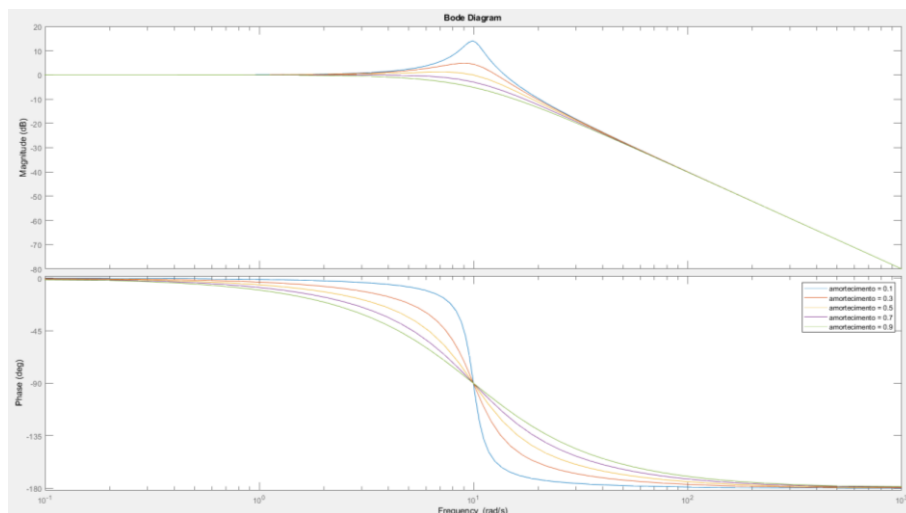


Figura 13 – Diagrama de bode dos sistemas

Se pode observar que, quanto mais próximo de zero é o valor do amortecimento, maior é o valor da magnitude em decibéis e mais próximo de 0° e -180° fica a fase. Se pode dizer que um sistema com o valor menor de amortecimento tende a ser mais instável.

QUESTÃO 8

Se quer fazer um compensador atraso de fase do sistema com a seguinte função de transferência:

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + s}$$

Com um erro de velocidade de 0.02 e margem de fase de pelo menos 50°. Se pode calcular a constante de velocidade da seguinte forma:

$$kv = \frac{1}{e_v(\infty)}, \quad kv = 50$$

O diagrama do lugar das raízes do sistema em questão pode ser observado na Figura 14 abaixo:

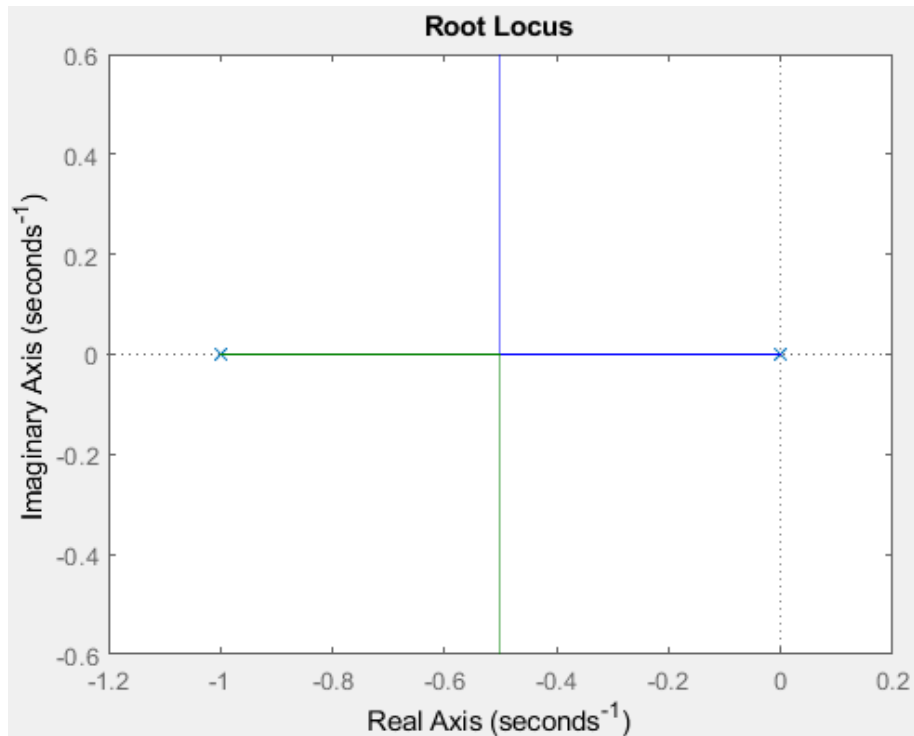


Figura 14 – Diagrama do lugar das raízes do sistema

Os polos estão localizados em:

$$P_{1,2} = -0.5 \pm 0.866j$$

Analisando a resposta do sistema (Figura 15) não compensado, se pode definir que:

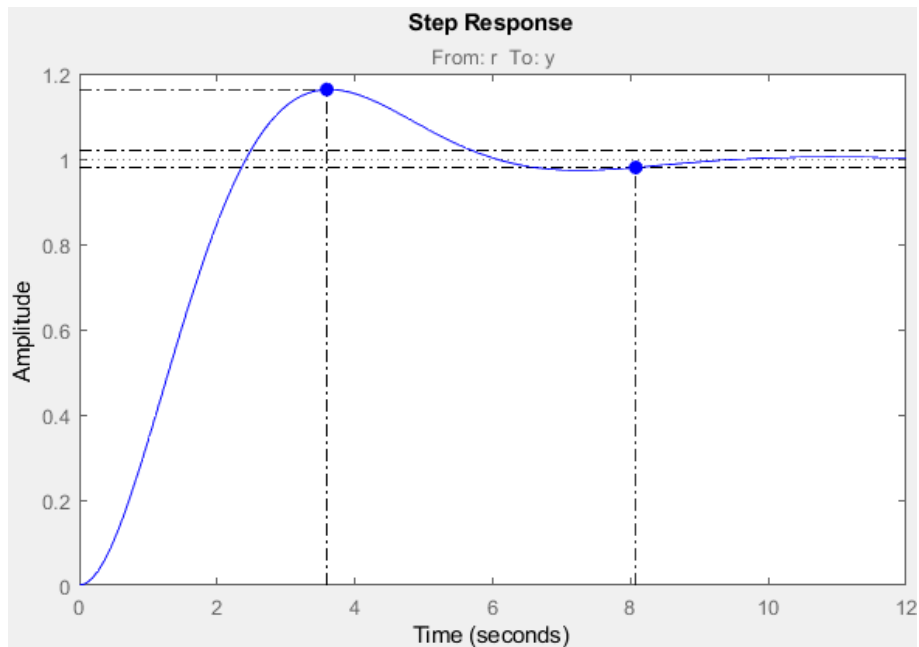


Figura 15 – Resposta do sistema

$$Overshoot = 16.3\%$$

$$Ts = 8.08s$$

Como:

$$Overshoot = e^{-\left(\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right)}, \quad Ts = \frac{4}{\xi\omega_n}$$

Se pode afirmar que:

$$\xi = 0.5, \quad \omega_n = 0.99 \cong 1$$

Analisando o erro estático, se tem que:

$$kv = \lim_{s \rightarrow 0} s \left(\frac{1}{s^2 + s} \right) = 1$$

Como é desejado um este modo, se pode calcular a proporção do aumento da seguinte forma:

$$\beta = \frac{kv_{desejado}}{kv_{atual}} = \frac{50}{1} = 50$$

Posicionando o zero em $s = -0.05$ a posição do polo será em 0.001. Calculando o ganho do compensador (analisando no polo encontrado):

$$\left| K_c \frac{s + 0.05}{s + 0.001} \frac{1}{s^2 + s} \right| = 1, \quad K_c = 1.024$$

Deste modo:

$$G_c(s) = 1.024 \frac{s + 0.05}{s + 0.001}$$

O diagrama de bode do sistema controlado pode ser observado na Figura 16 abaixo. Se pode observar que a margem de fase é de 47.8° . Com a Figura 17 se observa o diagrama de bode do sistema não compensado, do compensador e do sistema compensado.

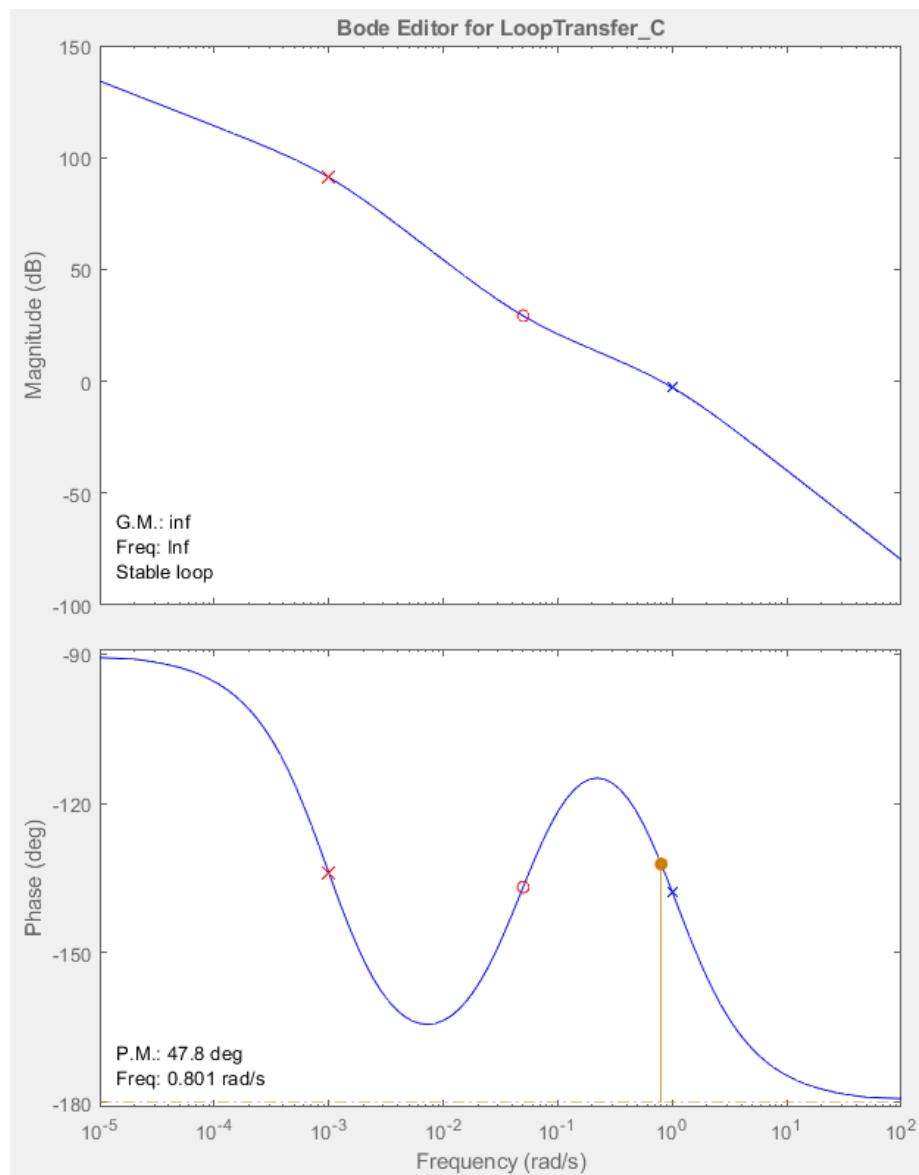


Figura 16 – Diagrama de Bode do sistema compensado

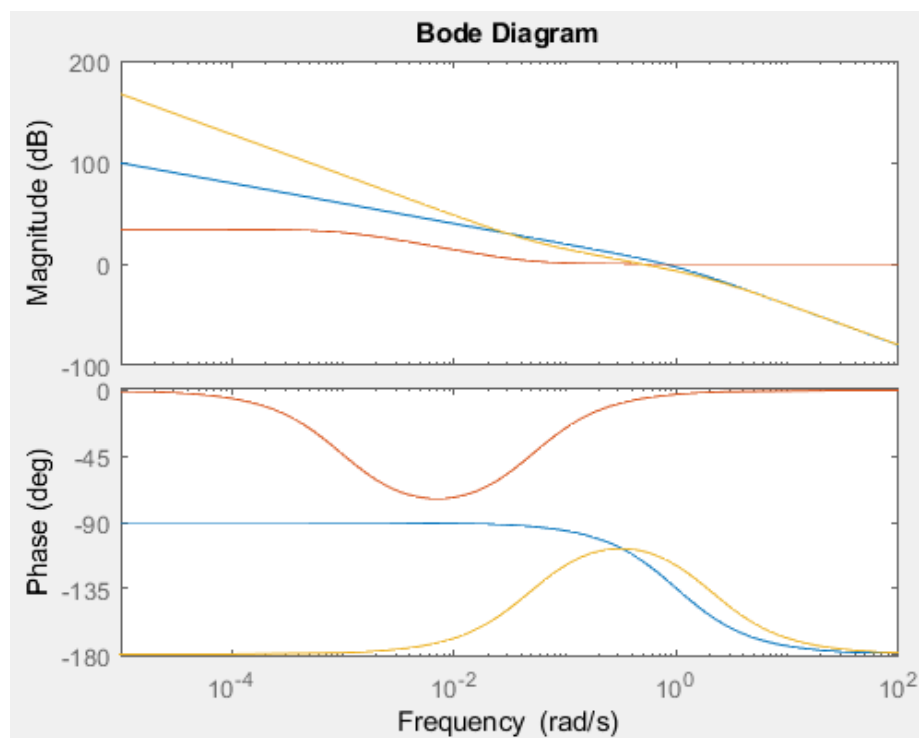


Figura 17 – Diagramas de bode sobrepostos