

EA721 - Tarefa 9

Rodrigo Seiji Piubeli Hirao (186837)

11 de novembro de 2021

Conteúdo

1 Exercício 01

2

1 Exercício 01

- $e_{rampa} \leq 0.1 \rightarrow v_k \geq 10$
- $MF \geq 60^\circ$
- $MG \geq 12dB$

Temos inicialmente o sistema não compensado com resposta ao degrau da figura 1 com os seguintes parâmetros.

- $M_p = 0\%$
- $t_s = 10s$
- $t_r = 3.3580s$

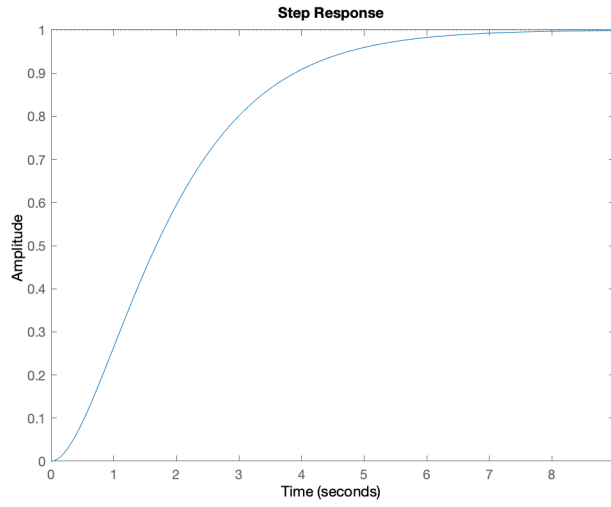


Figura 1: Resposta ao degrau da planta não compensada

As equações 1 e 2 mostram o ganho de malha do sistema.

$$C(s)P(s) = k_c \alpha \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} P(s) = C_1(s)G(s) \quad (1)$$

$$\begin{cases} C_1(s) = \frac{Ts+1}{\alpha Ts+1} \\ G(s) = k_c \alpha P(s) = kP(s) \end{cases} \quad (2)$$

Temos que a constante de velocidade do sistema é $k_v = \frac{k}{2}$ pela equação 3

$$k_v = \lim_{s \rightarrow 0} s C_1(s)P(s) = \frac{k}{2} \quad (3)$$

Assim temos que $v_k = \frac{k}{2} \geq 10 \rightarrow k \geq 20$, podemos usar, então, $k = 25$, logo $G(s) = 25P(s)$, que possui a margem de fase $MF = 22.6^\circ$ na faixa que a manitude cruza 0dB com $\omega = 4.8rad/s$ pela figura 2.

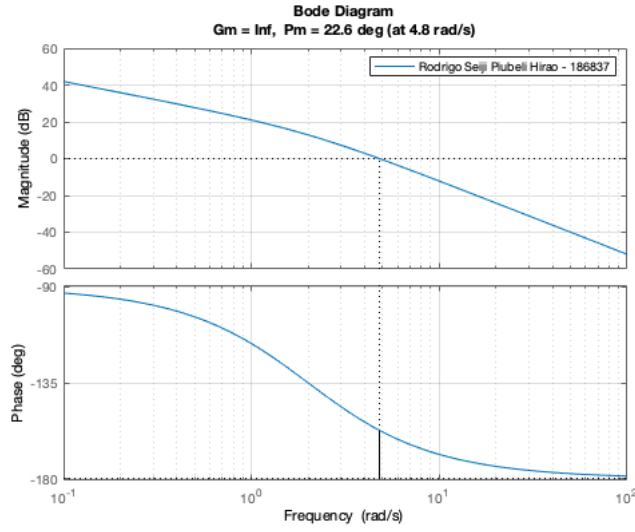


Figura 2: Diagrama de Bode da planta não compensada

Para termos uma margem de folga de 10° devemos adicionar $\phi_m = 47.4^\circ$, tendo assim $\alpha = 0.1520$, como pode ser visto na equação 4.

$$\alpha = \frac{1 - \sin(\phi_m)}{1 + \sin(\phi_m)} = 0.1520 \quad (4)$$

Com $|C_1(j\omega_m)|_{dB} = 0.8273$ pela equação 5, devemos obter $|G(j\omega_m)|_{dB} = -0.8273$, assim $|G(j\omega_m)| = 0.3899$. O que nos leva à frequência $\omega = 7.884 \text{ rad/s}$ como pode ser visto no script abaixo.

$$|C_1(j\omega_m)|_{dB} = -20 \log(\sqrt{\alpha}) = 8.1813 \quad (5)$$

```
>> [mag, fas] = bode(G, 7.884)
```

```
mag =
```

```
0.3899
```

```
fas =
```

```
-165.7656
```

Assim podemos calcular $\frac{1}{T} = 3.0738$ e $\frac{1}{T\alpha} = 20.2214$ segundo a equação 6

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{1}{T\sqrt{\alpha}} = 7.42 \\ \frac{1}{T} &= 3.0738 \\ \frac{1}{T\alpha} &= 20.2214 \end{aligned} \quad (6)$$

Então $k_c = \frac{k}{\alpha} = 128.5166$, o que resulta no controlador avanço da equação 7

$$C(s) = 128.5166 \frac{s + 3.0738}{s + 20.2214} \quad (7)$$

Assim obtemos o resultado da figura 3, que possui $MF = 64.1$.

```
>> margin(C*P)
```

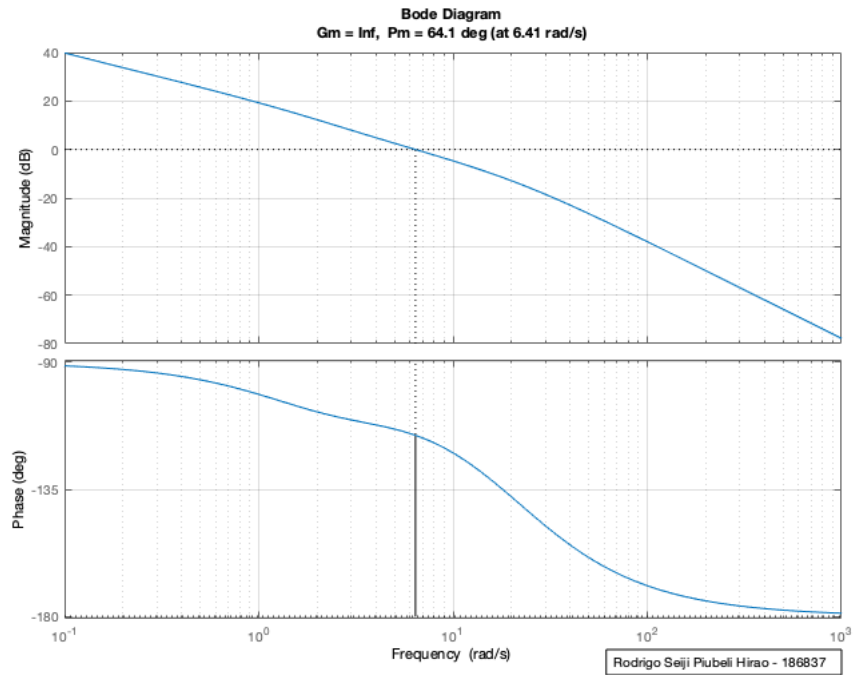


Figura 3: Diagrama de Bode da planta compensada

Que pelo gráfico de sua resposta ao degrau da figura 4 temos

- $M_p = 9\%$
- $t_s = 1.26s$
- $t_r = 0.2065s$

Onde podemos ver que a maior faixa de passagem do sistema diminuiu o amortecimento do sistema, assim aumentando a sobre-elevação. Porém o sistema estabilizou e cresceu mais rápido também.

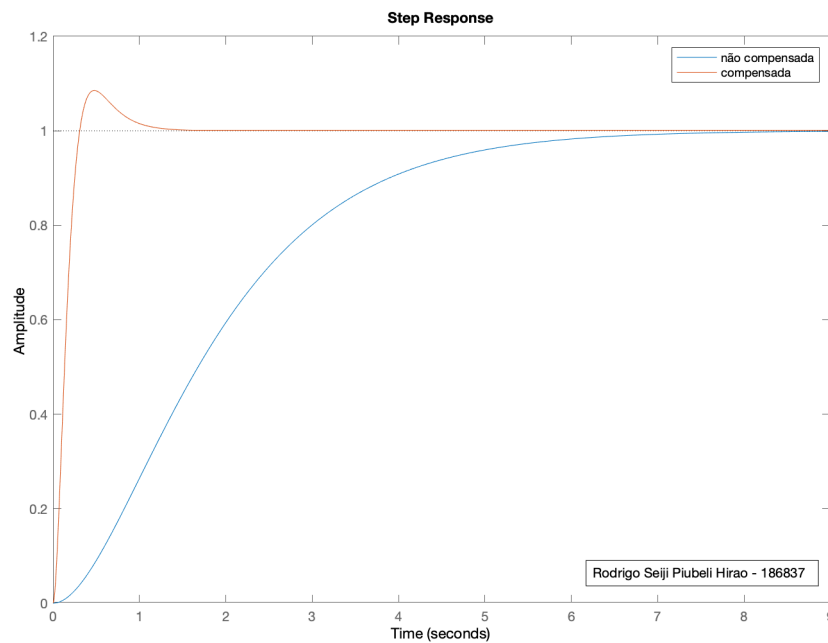


Figura 4: Resposta ao degrau da planta compensada