

9,8

**10° Trabalho em Grupo - Estabilidade de sistemas de controle em malha fechada.**

Grupo: 07

Nomes: Cecília Dias Pereira	Gabriel Pontes Moedim	Larissa de Queiroz Bertin
Laura dos Santos Xavier	Leticia Zanichelli de Oliveira	Luma Matias Pasquotti

- 1) Por meio da utilização do software Scilab, avalie a resposta do sistema em malha fechada frente a uma variação degrau de amplitude 5 no set point, empregando a estratégia de sintonia Ziegler-Nichols II. Adote as seguintes funções de transferência:

$$G_{p(s)} = \frac{3}{1+5*s} \quad G_{m(s)} = \frac{1}{1+2*s} \quad G_{f(s)} = \frac{0.5}{1+2*s}$$

R: Resposta nas próximas páginas.

① Equação característica

$$1 + G(s) G(s) G(s) G(s) = 0$$

$$1 + K_c \frac{3}{1+9s} \cdot \frac{1}{1+2s} \cdot \frac{0.5}{1+2s} = 0$$

$$20s^3 + (10 + 10 + 4)s^2 + (5 + 2 + 2)s + 1 + 1.5 K_c = 0$$

$$* 20s^3 + 24s^2 + 9s + 1 + 1.5 K_c = 0$$

② Substituindo  $s$  por  $\pm wi$

$$-20w^3i - 24w^2 + 9wi + 1 + 1.5 K_c = 0$$

③ Separando a parte real da parte imaginária

$$\text{Real: } -24w^2 + 1 + 1.5 K_c = 0$$

$$\text{Imaginária: } -20w^3i + 9wi = 0$$

④ Resolvendo a parte imaginária

$$-20w^3i + 9wi = 0$$

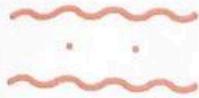
$$-20w^2 + 9 = 0$$

$$w = \pm \sqrt{\frac{9}{20}} = \pm 0,67 \rightarrow w_{critico} = 0,67 //$$

⑤ Substituindo na parte real

$$* -24 \cdot (0,67^2) + 1 + 1,5 K_c = 0 \rightarrow K_c \text{ crítico} = 6,53 //$$





### ⑥ T crítica

$$T_{\text{crítico}} = \frac{2\pi}{\omega_{\text{crítico}}} = \frac{2\pi}{0,67} \approx T_{\text{crítico}} = 9,38$$

### ⑦ Calculando $K_c$ , $\tau_I$ e $\tau_D$ pela sintonia de Ziegler-nichols

Controlador P :  $K_c = 3,25$

Controlador PI :  $K_c = 2,93$   
 $\tau_I = 7,82$

Controlador PID :  $K_c = 3,91$   
 $\tau_I = 4,69$   
 $\tau_D = 1,17$

\*

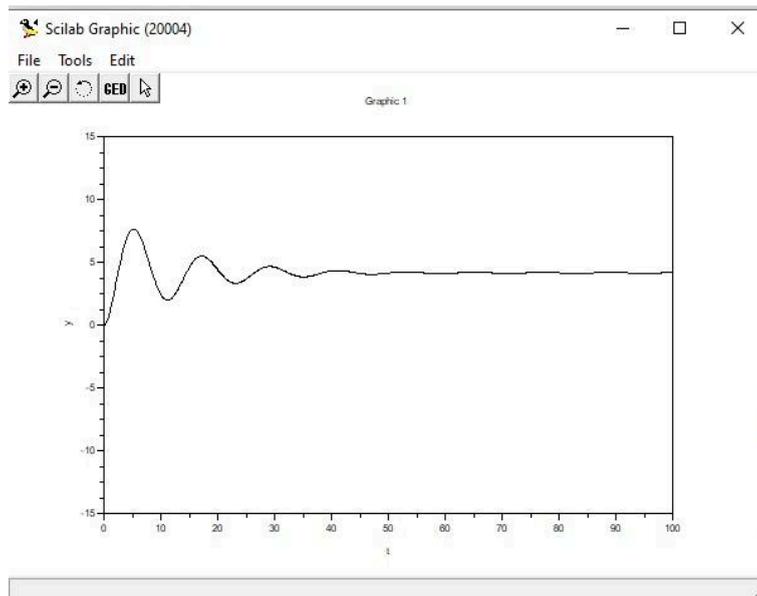
### ⑧ Calculando as variáveis

$$P = K_c = 3,25$$

$$I = \frac{K_c}{\tau_I} = \frac{2,93}{7,82} = 0,37$$

$$D = K_c \cdot \tau_D = 3,91 \cdot 1,17 = 4,57$$

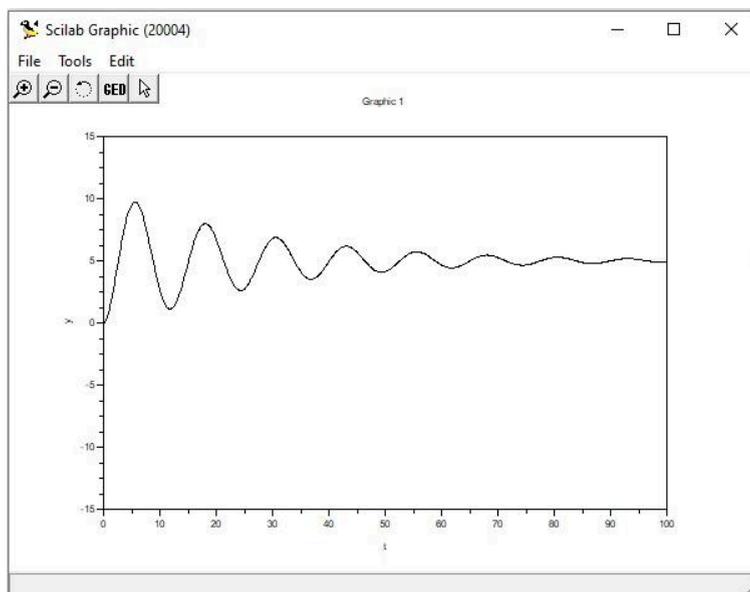
## Gráfico gerado para o controlador Proporcional



Overshoot = 0,84

Offset = 0,85

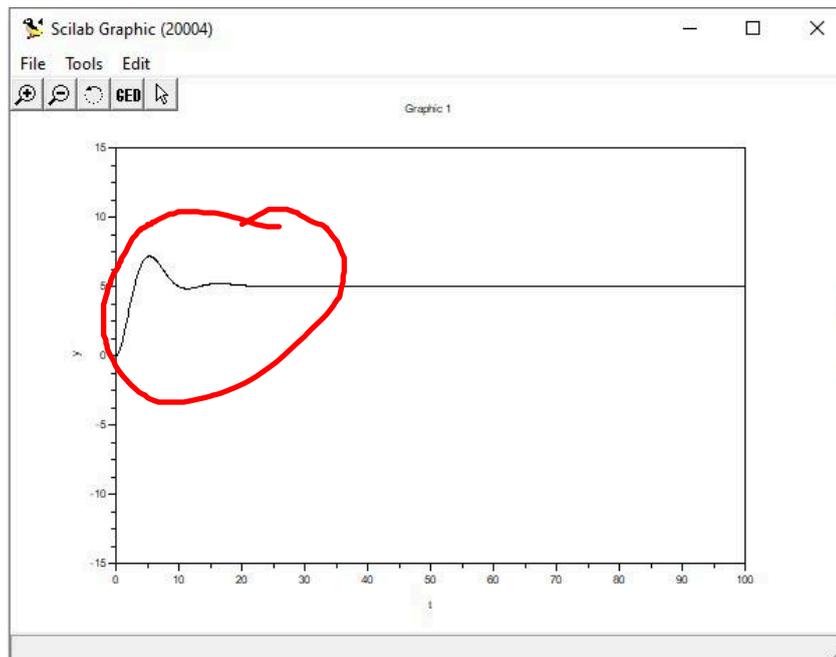
## Gráfico gerado para o controlador Proporcional Integral



Overshoot = 0,99

Offset = 0,13

## Gráfico gerado para o controlador Proporcional Integral Derivativo



Overshoot = 0,43

Offset = 0, 00

### Conclusões:

A melhor condição para o sistema é aquela que apresenta os menores valores de overshoot e offset, dessa forma, partindo a análise de estabilidade através do método de substituição direta e sintonia por Ziegler-Nichols 2, o controlador Proporcional Integral Derivativo se mostra ideal, com overshoot e offset de 0,43 e 0,00, respectivamente.

- 2) Avalie a estabilidade do processo empregando a estratégia de root locus no Scilab, a partir da multiplicação das funções de transferência ( $G_p \cdot G_f \cdot G_m$ ). Discuta os resultados.

---

scilab-4.1.2

Copyright (c) 1989-2007  
Consortium Scilab (INRIA, ENPC)

---

```
Startup execution:
loading initial environment

-->s=poly(0,'s');
-->num=poly([1.5],'s','c');
-->den=poly([1 9 24 20],'s','c');
-->g=syslin('c',num,den)
g =
      1.5
-----
1 + 9s + 24s2 + 20s3

-->evans(g,100)
```

R:

