

## EA721 - Princípios de Controle e Servomecanismos

1o. Semestre de 2004 - 1a. Prova - Prof. Paulo Valente

RA:

Nome:

Ass.:

1. Considere o sistema de controle representado na Figura 1 com as seguintes definições:

$$C(s) = k, \quad P(s) = \frac{1}{s(s + \alpha)}, \quad F(s) = 1 \quad (w = v = 0).$$

Dado que a faixa de passagem ( $\omega_{FP}$ ) de um sistema de segunda ordem com fator de amortecimento  $\xi = 0.7$  é igual à sua frequência natural ( $\omega_n$ ), determine  $k$  e  $\alpha$  para que a faixa de passagem do sistema em malha fechada seja de 100 rad/s.

2. Calcule a sensibilidade do sistema de controle em malha fechada da Figura 1 à variação do parâmetro  $p = \alpha$ , assumindo que

$$C(s) = k, \quad P(s) = \frac{1}{s(s + 1)(s + 4)}, \quad F(s) = s + \alpha \quad (w = v = 0).$$

Dado:  $S_p^T = \frac{\partial T}{\partial p} \frac{p}{T}$ .

3. Considere o sistema de controle da Figura 1 com as seguintes definições:

$$C(s) = k, \quad P(s) = \frac{s + \alpha}{(s + \beta)^2}, \quad F(s) = 1 \quad (w = v = 0).$$

Determine  $k$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  para que o sistema em malha fechada atenda as seguintes especificações de desempenho: erro de regime para entrada degrau  $e_d = 0.1$ , fator de amortecimento  $\xi = 0.5$  e frequência natural  $\omega_n = \sqrt{10}$ .

4. Considere o sistema de controle da Figura 1 com

$$C(s) = k, \quad P(s) = \frac{1}{s^n(s + \alpha)}, \quad F(s) = 1 \quad (w = v = 0).$$

Determine o menor valor de  $n$  ( $\geq 0$ ), e os valores de  $k$  e  $\alpha$  para o sistema em malha fechada atenda as seguintes especificações de desempenho: fator de amortecimento  $\xi = 0.5$  e erro de regime para entrada rampa  $e_r = 0.01 \text{ s}^{-1}$ .

5. Considere o sistema de controle da Figura 1 com

$$C(s) = k_P + \frac{k_I}{s}, \quad P(s) = \frac{1}{s + \alpha}, \quad F(s) = 1 \quad (w = v = 0).$$

Determine  $k_P$ ,  $k_I$  e  $\alpha$  para que os pólos do sistema em malha fechada sejam iguais a  $-1 + j$  e  $-1 - j$  e o erro de regime para entrada rampa seja  $e_r = 0.1$ .

6. Considere o sistema de controle da Figura 1 com

$$C(s) = \frac{1}{s+5}, \quad P(s) = \frac{100}{s+2}, \quad F(s) = 1 \quad (v = 0).$$

Determine o erro de regime total do sistema em malha fechada devido às entradas simultâneas  $R(s) = 1/s$  e  $W(s) = 1/s$ .

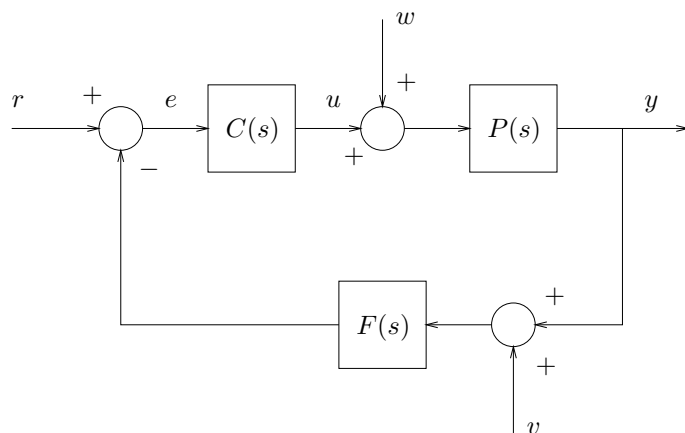
7. Determine o número de raízes da equação

$$s^6 + s^5 + s^4 + s^3 + s^2 + s + 1 = 0$$

no semi-plano direito do plano  $s$  através do critério de Routh-Hurwitz. Construa o Array de Routh e indique claramente o procedimento adotado.

**Erros de Regime** ( $F(s) = 1$ )

N	$1/s$	$1/s^2$	$1/s^3$	Constante
0	$1/(1+k_p)$	$\infty$	$\infty$	$k_p = \lim_{s \rightarrow 0} C(s)P(s)$
1	0	$1/k_v$	$\infty$	$k_v = \lim_{s \rightarrow 0} sC(s)P(s)$
2	0	0	$1/k_a$	$k_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2C(s)P(s)$



**Figura 1:** Sistema de controle em malha fechada.

## Respostas

1.  $k = 10000, \alpha = 140$ ;
2.  $S_{\alpha}^T = \frac{-k\alpha}{s^3 + 5s^2 + (4+k)s + k\alpha}$ ;
3.  $k = \sqrt{10} - 2, \alpha = 9/(\sqrt{10} - 2)$  e  $\beta = 1$ , ou  $k = \sqrt{10} + 2, \alpha = 9/(\sqrt{10} + 2)$  e  $\beta = -1$ ;
4.  $n = 1, k = 10000 \text{ rad/s}$  e  $\alpha = 100$ ;
5.  $k_P = 1.8, k_I = 2$  e  $\alpha = 0.2$ ;
6. Erro =  $-4.45$ ;
7. Duas raízes no semi-plano direito.