EA721 – Princípios de Controle e Servomecanismos

$1^{\underline{o}}$ Semestre de 2008 – $1^{\underline{a}}$ Prova – Prof. Paulo Valente

RA: **Nome:** **Ass.:**

Q1)
Q2)
Q3)
Q4)
Q5)

Q1. No sistema de controle da **Figura 1**, considere

$$G_1(s) = \frac{10k}{5s+1}, \quad G_2(s) = 1 \quad \text{e} \quad F(s) = 1.$$

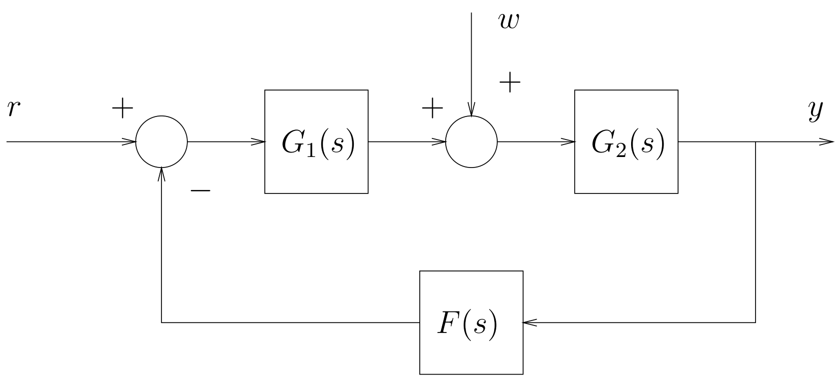


Figura 1

a) (1 pto) Assuma $w(t) = 5, \ t \geq 0$. Encontre o valor de k para que a componente de regime em y devida ao distúrbio w esteja limitada a 1% de w. (Essa especificação limita o ganho DC de w para y a 0.01); **b)** (1 pto) Se $r(t) = 10, \ t \geq 0$, encontre o erro de regime de y devido a r para o valor de k determinado em a).

Q2. Considere o sistema de controle ilustrado na **Figura 2**. **a)** (1.0 pto) Supondo inicialmente $k = 10$ e $k_t = 0.1$, determine ω_{FP}, a faixa de passagem do sistema; **b)** (1.0 pto) Determine k e k_t para que a máxima sobreelevação e a faixa de passagem do sistema sejam iguais a 5% e 10 rad/s, respectivamente.

A razão $\omega_{\text{FP}}/\omega_n$ e a máxima sobreelevação (em %) em função do fator de amortecimento ξ para um sistema de segunda ordem na forma padrão são indicadas nas **Tabelas 1** e **2**, respectivamente. Ao recorrer às tabelas, use sempre os valores mais próximos aos procurados.

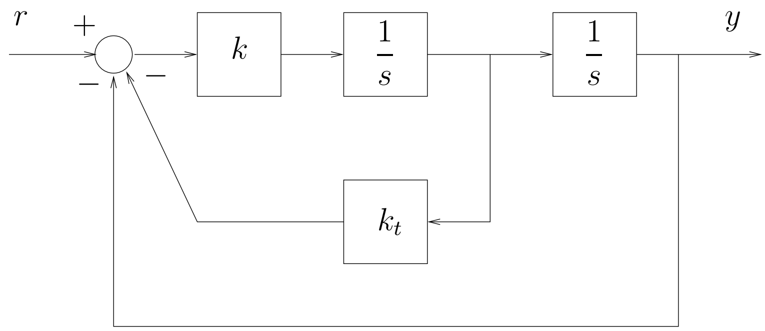


Figura 2

Tabela 1: $\omega_{\mathrm{FP}}/\omega_n \times \xi$

ξ	$\omega_{\mathrm{FP}}/\omega_n$	ξ	$\omega_{\mathrm{FP}}/\omega_n$
0.1	1.55	0.6	1.15
0.2	1.51	0.7	1.01
0.3	1.45	0.8	0.87
0.4	1.37	0.9	0.75
0.5	1.27	1.0	0.64

Tabela 2: $M_p \times \xi$

ξ	M_p	ξ	M_p
0.1	72.9	0.6	9.48
0.2	52.7	0.7	4.60
0.3	37.2	0.8	1.52
0.4	25.4	0.9	0.15
0.5	16.3	1.0	0.00

Q3. Considere o sistema de controle ilustrado na **Figura 3**, um modelo simplificado para o controle de profundidade de um submarino. Determine em função de k, k_1 e k_2 (parâmetros conhecidos), **a)** (1 pto) o erro de regime da saída y para uma entrada de referência degrau unitário $R(s) = 1/s$; **b)** (1 pto) o valor de regime da saída y devido ao distúrbio $W(s) = 1/s$.

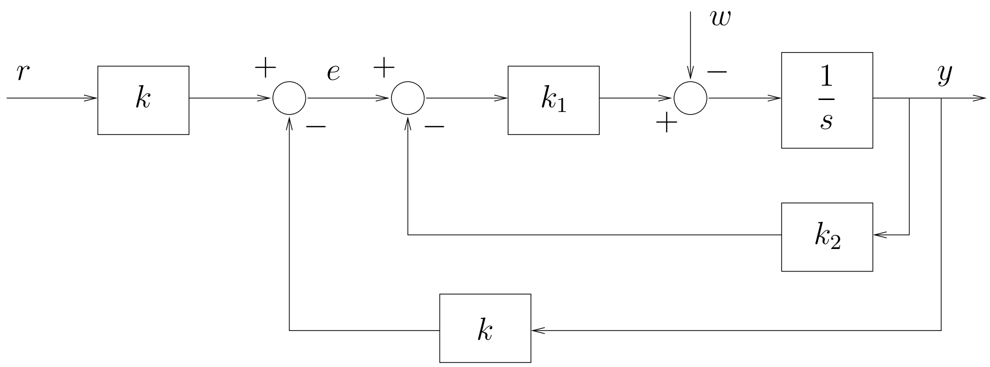


Figura 3

Q4. (2 pts) Os dois sistemas ilustrados na **Figura 4** possuem a mesma função de transferência de malha fechada $Y(s)/R(s)$ (no caso, independente de s) quando $k_1 = k_2 = 100$. Calcule as sensibilidades dos sistemas (a) e (b) em relação ao parâmetro k_1. Qual dos sistemas é mais sensível a variações no parâmetro k_1? Justifique.

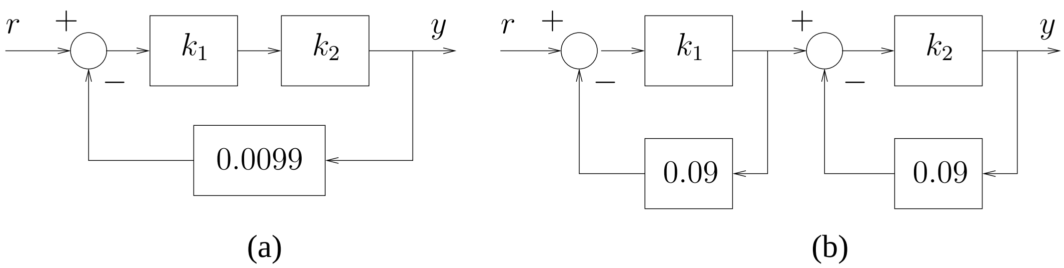


Figura 4.

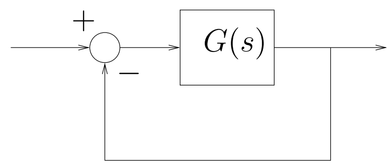
Q5. No sistema de controle da **Figura 1**, considere

$$G_1(s) = k, \quad G_2(s) = \frac{2}{s^3 + 4s^2 + 5s + 2} \quad \text{e} \quad F(s) = 1.$$

a) (0.5 pto) Determine e_d, o erro de regime do sistema para uma entrada degrau de amplitude A ($R(s) = A/s$); **b)** (1.5 pto) a especificação de que e_d seja menor do que 2% de A pode ser atingida pelo ajuste do ganho k? Justifique. (Nota: no cálculo de erros de regime, pressupõe-se que o sistema em malha fechada seja estável.)

Algumas Fórmulas

Erros de Regime



N	$1/s$	$1/s^2$	$1/s^3$	Constante
0	$1/(1+k_p)$	∞	∞	$k_p = \lim_{s\to 0} G(s)$
1	0	$1/k_v$	∞	$k_v = \lim_{s\to 0} sG(s)$
2	0	0	$1/k_a$	$k_a = \lim_{s\to 0} s^2G(s)$

Função de Sensibilidade

Sensibilidade de uma função de transferência $G(s)$ a um parâmetro p:

$$S_p^G = \frac{\partial G}{\partial p}\frac{p}{G}.$$

(O *parâmetro* p pode ser outra função de transferência de interesse).

Teorema do Valor Final

Se $y(t) \Leftrightarrow Y(s)$ possui valor final, então

$$y(\infty) = \lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s).$$

Respostas

Q1. a) $k = 9.9$, b) $e_d = 0.1$;

Q2. a) $\omega_{\text{FP}} = 4.8$ rad/s, b) $k = 100$, $k_t = 0.14$;

Q3. a) $e(\infty) = kk_2/(k + k_2)$, b) $y(\infty) = -1/[k_1(k + k_2)]$;

Q4. $S_{k_1}^{Ta} = 0.01$, $S_{k_1}^{Tb} = 0.1$. O sistema (b) é dez vezes mais sensível a variações em k_1 do que o sistema (a);

Q5. a) $e_d = A/(1 + k)$, b) Para que $e_d < 0.01A$, seria necessário usar $k > 49$. Como pelo critério de Routh-Hurwitz o sistema é estável se e somente se $-1 < k < 9$, a especificação não pode ser atendida.