EA721 – Princípios de Controle e Servomecanismos

1º Semestre de 2005 – 1ª Prova – Prof. Paulo Valente

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

Q1. (1.0 pto) Considere o sistema de controle ilustrado na **Figura 1**. Determine **a)** (0.5 pto) a função de transferência de malha fechada entre w e u; **b)** (0.5 pto) idem, entre v e u.

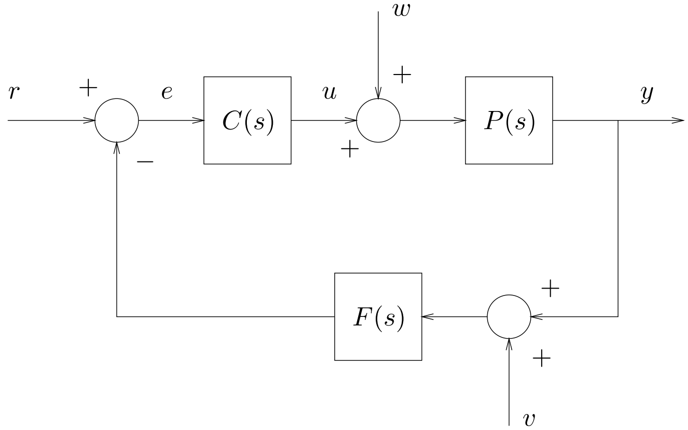


Figura 1.

Q2. (2.0 ptos) Considere o sistema de controle ilustrado na **Figura 2**. Determine **a)** (1.0 pto) o valor final da saída y para uma referência de entrada r igual ao degrau unitário; **b)** (1.0 pto) valores de k e k_t para que a faixa de passagem do sistema seja igual a $\omega_{FP} = 100$ rad/s.

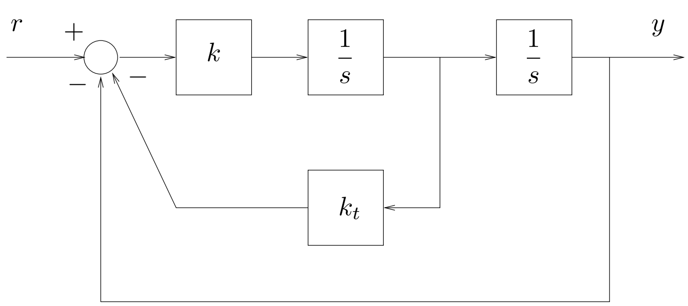


Figura 2.

Q3. (1.0 pto) Considere o sistema de controle da **Figura 1** com as seguintes definições para as funções de transferência:

$$C(s) = \frac{ks^2}{(s+2)^2}, \quad P(s) = \frac{s^2+3s+2}{s^4+5s^3+6s^2}, \quad F(s) = 1,$$

onde k é um ganho constante. Determine os erros de regime do sistema em malha fechada supondo que r é **a)** (0.5 pto) o degrau unitário; **b)** (0.5 pto) a rampa unitária.

Q4. (2.0 ptos) A função de transferência de um motor DC é dada por

$$P(s) = \frac{\Omega(s)}{E_a(s)} = \frac{k}{\tau s + 1},$$

onde Ω é a velocidade angular do eixo do motor e E_a é a tensão de entrada aplicada; k e τ são o ganho e a constante de tempo do motor, respectivamente. Determine **a)** (0.5 pto) a sensibilidade de $P(s)$ a variações no ganho do motor (malha aberta); **b)** (1.5 pto) a sensibilidade do sistema em malha fechada ilustrado na **Figura 3** em relação ao ganho do motor; k_c é o ganho de um controlador proporcional.

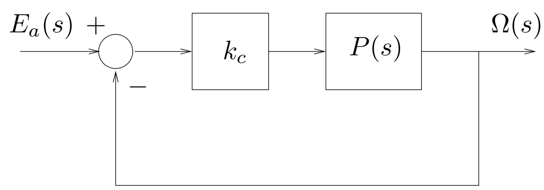


Figura 3.

Q5. (1.0 pto) Considere o sistema de controle da **Figura 1** com as seguintes definições para as funções de transferência:

$$C(s) = k_c, \quad P(s) = \frac{1}{s(s+2)}, \quad F(s) = 1.$$

Determine **a)** (0.5 pto) o valor de k_c para que o erro de regime para uma entrada rampa unitária seja de 0.1; **b)** (0.5 pto) a forma que um controlador $C(s)$ deve assumir para que entradas de distúrbio w do tipo degrau unitário sejam rejeitadas. Forneça uma justificativa matemática para sua resposta.

Q6. (2 ptos) No sistema de controle ilustrado na **Figura 4**, a função de transferência da planta é

$$P(s) = \frac{k}{s^2 - \alpha}$$

onde k e α são parâmetros positivos. O sistema possui dois sensores: k_s mede a posição e $k_t s$ mede a velocidade da saída do sistema. **a)** (0.5 pto) Supondo apenas realimentação de posição ($k_t = 0$), determine a relação entre k, α e k_s para que o sistema seja instável. **b)** (1.5 pto) Supondo ambas as realimentações, determine as relações entre k, α, k_s e k_t para que o sistema seja instável.

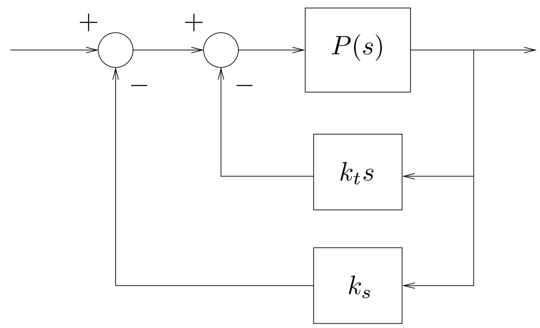


Figura 4.

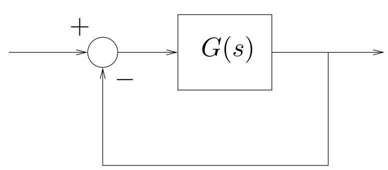
Q7. (1 pto) Um sistema de controle possui a seguinte equação característica:

$$s^3 + 3ks^2 + (k+2)s + 9 = 0.$$

Determine os valores do parâmetro k para que o sistema seja **a)** (0.5 pto) estável; **b)** (0.5 pto) marginalmente estável. Neste caso, calcule a freqüência de oscilação do sistema.

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) $T_{uw}(s) = \dfrac{-C(s)P(s)F(s)}{1 + C(s)P(s)F(s)}$, b) $T_{uv}(s) = \dfrac{-C(s)F(s)}{1 + C(s)P(s)F(s)}$;

Q2. a) $y(\infty) = 1$, b) $k = 10000$, $k_t = 0.014$;

Q3. a) $e_d = 12/(12 + k)$, b) $e_r = \infty$;

Q4. a) $S_k^P = 1$, b) $S_k^T = (\tau s + 1)/(\tau s + 1 + k_c k)$;

Q5. a) $k_c = 20$, b) $C(s)$ deve incluir ao menos um pólo em $s = 0$;

Q6. a) $\alpha > kk_s$, b) $kk_t < 0$ (isto é, $k_t < 0$) e/ou $\alpha > kk_s$;

Q7. a) $k > 1$, b) $k = 1$, $s_{1,2} = \pm j\sqrt{3}$, $\omega = \sqrt{3}$ rad/s.