



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES828 - Laboratório de Controle de Sistemas

Pré Relatório - Experimento 6

Controle por realimentação de saída de uma
planta eletrônica

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira

Marcelli Tiemi Kian

RA

101918

117892

25 de abril de 2015

1 Objetivos

O objetivo desse experimento é projetar via realização em espaço de estado um controlador e um observador de estado para a planta eletrônica identificada no experimento 2[2].

2 Projeto do Controlador

Consideramos a planta cuja função de transferência representada pela equação 1 que foi obtida usando as medidas realizadas durante o experimento 2[2] para o projeto do controlador e observador em espaço de estado conforme a figura 2, com as matrizes A , B e C indicadas em 2, 3, 4.

$$G(s) = \frac{\kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 \kappa_4}{(s\tau_2 + 1)(s\tau_3 + 1)s} \quad (1)$$

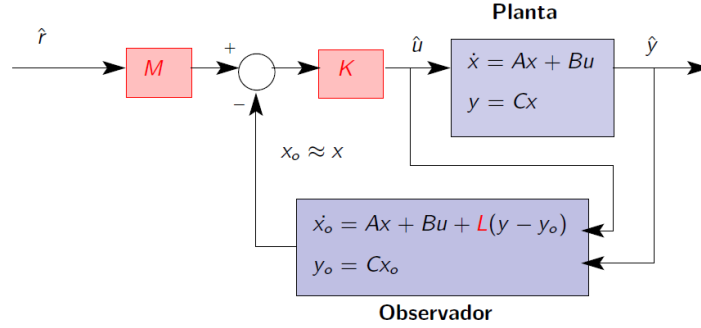


Figura 1: Diagrama de blocos do sistema

Tabela 1: Parâmetros numéricos da função de transferência

Parâmetro	Valor
κ_1	-0.1005
κ_2	-2.1508
κ_3	-4.6448
κ_4	-5.6307
τ_2	0.0210
τ_3	0.0244

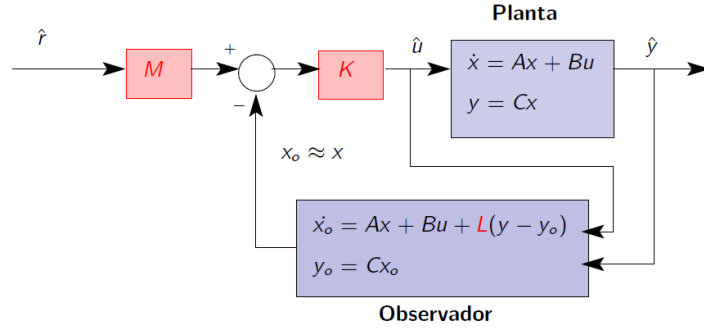


Figura 2: Diagrama de blocos do sistema

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -\frac{1}{\tau_2 \tau_3} & -\frac{\tau_2 + \tau_3}{\tau_2 \tau_3} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{\kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 \kappa_4}{\tau_2 \tau_3} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.1 Requisitos do Sistema e Projeto

Seguindo o proposto no roteiro [1] as especificações do sistema são:

- Tempo de estabilização de aproximadamente 0.5 [s].
- Fator de amortecimento igual a $\sqrt{2}/2$.
- Polo em $s = -30$.
- Erro em regime permanente nulo a uma entrada rampa.
- Amplitude do sinal de controle não pode ultrapassar ± 10 [Volts].

2.1.1 Cálculo de K

Considerando que o tempo de estabilização do sistema é influenciado principalmente pelos dois polos de menor parte real, podemos aproximar o sistema como

de segunda ordem e calcular os polos que cumprem os dois primeiros requisitos. Escolhemos então o terceiro polo do sistema conforme especificado, obtendo:

$$s_1 = -7.8240 + 7.8240i \quad (5)$$

$$s_2 = -7.8240 - 7.8240i \quad (6)$$

$$s_3 = -30 \quad (7)$$

Utilizando a metodologia indicada no roteiro[1], encontramos K que aloca os autovalores da matriz $A - BK$ nos polos desejados, chegamos então a:

$$K = \begin{bmatrix} 0.3329 & -0.1232 & -0.0039 \end{bmatrix} \quad (8)$$

2.1.2 Cálculo de L

A matriz L nos permite alocar os polos de nosso observador. Desejamos que este siga o estado do sistema de maneira mais rápida possível, ou seja, tenha um tempo de resposta menor que o controlador, porém sem que sua largura de faixa seja muito larga (para diminuir a influência de ruídos). Escolhemos então como polos do observador o dobro dos polos do controlador, obtendo L que aloca os polos da matriz $A - LC$ conforme o desejado:

$$L = \begin{bmatrix} 2.6935 & 177.2424 & 8422.7 \end{bmatrix} \quad (9)$$

2.1.3 Cálculo de M

Para cumprir a quarta especificação, devemos encontrar a matriz M que satisfaz as equações 10 e 11.

$$S(0)KM(0) = 1 \quad (10)$$

$$\left(\frac{d}{ds}(S(s)KM(s)) \right)_{s=0} = 0 \quad (11)$$

Conforme sugerido no roteiro[1], escolhemos M da forma:

$$M = \frac{\frac{s}{\tau} + 1}{\frac{s}{30} + 1} * \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Obtivemos então as equações:

$$m_1 - 0.3702 * m_2 - 0.0117 * m_3 = 1 \quad (13)$$

$$\frac{1}{\tau} - 0.1945 = 0 \quad (14)$$

Como os valores de m_1 , m_2 e m_3 pouco afetam a resposta do sistema, desde que sigam as equações acima, escolhemos arbitrariamente os valores $m_1 = 1$ e $m_2 = 0.5$ e resolvemos o sistema, obtendo:

$$M = \frac{\frac{s}{5.142} + 1}{\frac{s}{30} + 1} * \begin{bmatrix} 1 \\ 0.5 \\ -15.8275 \end{bmatrix} \quad (15)$$

2.2 Simulação

Com o auxílio do Simulink simulamos (com e sem ruído branco) as respostas do controlador à uma onda quadrada de amplitude $1V$ e frequência de $0,25Hz$, e seus esforços de controle, que podem ser vistas nas figuras 3 e 4.

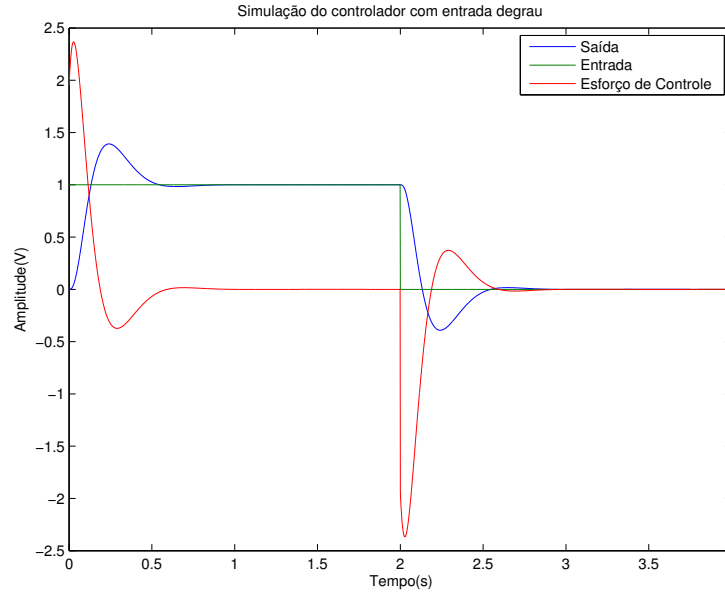


Figura 3: Resposta e esforço de controle para onda quadrada

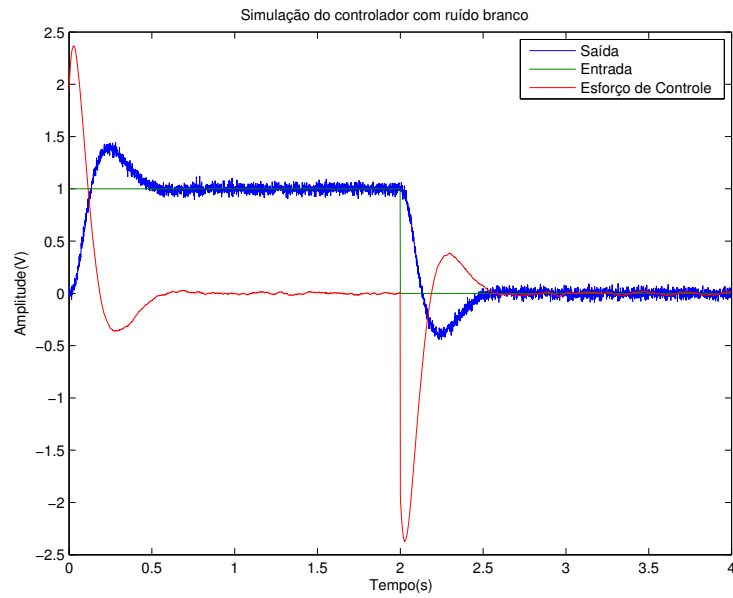


Figura 4: Resposta e esforço de controle para onda quadrada com ruído branco

Simulamos também a resposta deste controlador à uma rampa, mostrado na figura 5. Como podemos ver, o erro estacionário para essa entrada é nulo, conforme desejado.

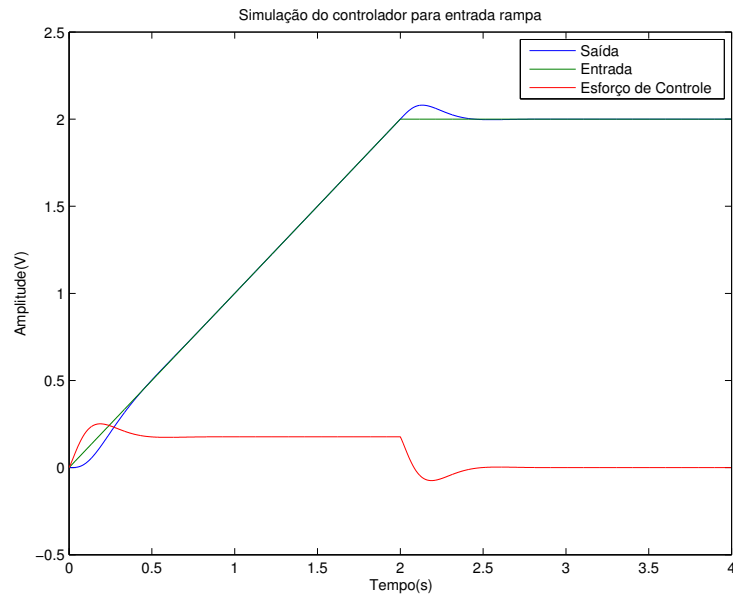


Figura 5: Resposta e esforço de controle para rampa

A tabela ?? apresenta as características da resposta desse controlador, obtida com o auxílio da função *stepinfo* do Matlab.

Tabela 2: Características da resposta do controlador

Sobrelevação	12.3698%
Tempo de estabilização	0.7454 [s]
Tempo de subida	0.0503 [s]
Erro estacionário (degrau)	0
Erro estacionário (rampa)	0

3 Referências

- [1] Roteiro do experimento disponibilizado para os alunos
- [2] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 2: Identificação de plantas eletrônicas.*