

[Painel](#) / [Meus cursos](#) / [SC26EL](#) / [12-Projeto de Controladores em Espaço de Estados - Parte 1](#)

/ [Questionário sobre Projeto de Controladores em Espaço de Estados - Parte 1](#)

**Iniciado em** quarta, 21 abr 2021, 14:10

**Estado** Finalizada

**Concluída em** quarta, 21 abr 2021, 14:30

**Tempo** 20 minutos 18 segundos

**empregado**

**Notas** 2,0/2,0

**Avaliar** 10,0 de um máximo de 10,0(100%)

Questão 1

Correto

Atingiu 1,0 de 1,0

Considere o sistema abaixo:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Deseja-se que o sistema siga uma referência do tipo degrau com erro nulo. Adicionalmente, os polos dominantes devem fornecer sobressinal de 16,3% e tempo de acomodação de 2 segundos para o critério de 2%. Projete o vetor de ganhos  $K$  e o ganho  $K_r$  para atender as especificações do problema.

**PARTE 1:**

Para atender as especificações do problema, o coeficiente de amortecimento dos polos dominantes é  $\zeta =$

0,5

✓ enquanto a frequência natural associada é  $\omega_n =$

4

✓  $rad/s$ .

Assim, os polos dominantes do sistema compensado são:  $s_{1,2} =$

-2

✓  $\pm$

3,464

✓ .

Para o cálculo do vetor de ganhos  $K$  e do ganho  $K_r$ , considere que o terceiro polo do sistema compensado é  $s_3 = -5$ .

A matriz de controlabilidade tem a forma  $M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$ . Assim, os elementos da matriz  $M$  são:

 $m_{11} =$ 

0

✓ ,  $m_{12} =$

0

✓ ,  $m_{13} =$

1

✓ ,

 $m_{21} =$ 

0

✓ ,  $m_{22} =$

1

✓ ,  $m_{23} =$

-3

✓ ,

 $m_{31} =$ 

1

✓ ,  $m_{32} =$

-3

✓ ,  $m_{33} =$

7

✓ .

O posto da matriz de controlabilidade é:

✓ .

Portanto, o sistema é:

✓ .

O vetor de ganhos do controlador é:

 $K = [$ 

✓

✓

✓ ].

O ganho CC do sistema compensado é:

✓ .

O valor do ganho que pondera a referência é:  $K_r =$ 

✓

A partir da simulação do sistema compensado, o sistema exibe um sobressinal de

✓ % enquanto o tempo de acomodação é de

✓ segundos.

**PARTE 2:**

Na parte 1, o sobressinal e o tempo de acomodação foram distintos dos especificados por termos escolhido o terceiro polo  $s_3$  muito próximo dos polos dominantes de malha fechada. Para aproximar o comportamento transitório deste sistema de terceira ordem do comportamento de um sistema de segunda ordem, escolha o terceiro polo mais afastado dos polos dominantes, isto é,  $s_3 = -20$ . Recalcule o vetor de ganhos  $K$  e o ganho  $K_r$ . Observe os valores dos ganhos, o sobressinal e o tempo de acomodação obtidos através de simulação.

O vetor de ganhos do controlador é:

 $K = [$ 

✓

✓

✓ ].

O ganho CC do sistema compensado é:

✓ .

O valor do ganho que pondera a referência é:  $K_r =$



A partir da simulação do sistema compensado, o sistema exibe um sobressinal de

✓ % enquanto o tempo de acomodação é de

✓ segundos.

O sistema em malha fechada é representado por:

$$\dot{x} = A_{MF}x + B_{MF}u,$$

$$y = C_{MF}x.$$

Considere as estruturas das matrizes abaixo:

$$A_{MF} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}. \text{ Assim, os elementos da matriz } A_{MF} \text{ são:}$$

$a_{11} =$

✓ ,  $a_{12} =$

✓ ,  $a_{13} =$

✓ ,

$a_{21} =$

✓ ,  $a_{22} =$

✓ ,  $a_{23} =$

✓ ,

$a_{31} =$

✓ ,  $a_{32} =$

✓ ,  $a_{33} =$

✓ .

$B_{MF} = [b_{11} \quad b_{21} \quad b_{31}]^T$ . Assim, os elementos da matriz  $B_{MF}$  são:

$b_{11} =$

✓ ,

$b_{21} =$

✓ ,

$b_{31} =$

✓ .

$C_{MF} = [c_{11} \quad c_{12} \quad c_{13}]$ . Assim, os elementos da matriz  $C_{MF}$  são:

$c_{11} =$

2

✓,  $c_{12} =$

0

✓,  $c_{13} =$

0

✓.

### PARTE 3:

Na parte 2, observamos que sobressinal e o tempo de acomodação se aproximaram dos especificados. Todavia, houve um aumento dos ganhos do controlador. Ganhos elevados podem trazer problemas de implementação. Também implicam em maior energia necessária para se impor a dinâmica desejada. Estes fatores devem ser analisados ao se especificar os polos de malha fechada desejados. Agora, afaste ainda mais o terceiro polo  $s_3$ , isto é, considere  $s_3 = -50$ . Recalcule o vetor de ganhos  $K$  e o ganho  $K_r$ . Observe os valores dos ganhos, o sobressinal e o tempo de acomodação obtidos através de simulação. É esperada uma maior aproximação da resposta dos valores especificados para o sobressinal e tempo de acomodação. Todavia, os ganhos devem ser ainda maiores. Verifique.

O vetor de ganhos do controlador é:

$K = [$

800

✓

214

✓

51

✓].

O ganho CC do sistema compensado é:

0,0025

✓.

O valor do ganho que pondera a referência é:  $K_r =$

400

✓

A partir da simulação do sistema compensado, o sistema exibe um sobressinal de

16,2

✓ % enquanto o tempo de acomodação é de

2,04

✓ segundos.

Questão **2**

Correto

Atingiu 1,0 de 1,0

Considere o sistema abaixo:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Este é um sistema instável. Deseja-se que o sistema siga uma referência do tipo degrau com erro nulo. Adicionalmente, o sistema deve se comportar como um sistema criticamente amortecido, isto é, o sobressinal deve ser nulo. A frequência natural dos polos de malha fechada deve ser  $\omega_n = 4 \text{ rad/s}$ . Projete o vetor de ganhos  $K$  e o ganho  $K_r$  para atender as especificações do problema.

Os polos do sistema são (do menor para o maior):  $s_1 =$ ✓ e  $s_2 =$ 

✓ .

Para atender as especificações do problema, o coeficiente de amortecimento dos polos de malha fechada é  $\zeta =$ 

✓ .

Assim, os polos do sistema compensado são:  $s_{1,2} =$ 

✓ .

A matriz de controlabilidade tem a forma  $M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}$ . Assim, os elementos da matriz  $M$  são: $m_{11} =$ ✓ ,  $m_{12} =$ 

✓

 $m_{21} =$ ✓ ,  $m_{22} =$ 

✓ .

O posto da matriz de controlabilidade é:

✓ .

Portanto, o sistema é: 

✓ .

O vetor de ganhos do controlador é:

 $K = [$ 

✓

✓ ].

O ganho CC do sistema compensado é:

✓ .

O valor do ganho que pondera a referência é:  $K_r =$

✓

A partir da simulação do sistema compensado, o sistema exibe um sobressinal de

✓ % enquanto o tempo de acomodação é de

✓ segundos.

◀ [Diagrama de blocos - SciLab/Xcos](#)

Seguir para...

[Aula 13 - Projeto de Controladores em Espaço de Estados - Parte 2 ▶](#)