

Iniciado em	domingo, 16 fev. 2025, 14:22
Estado	Finalizada
Concluída em	domingo, 16 fev. 2025, 14:24
Tempo empregado	2 minutos 12 segundos
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 $\zeta =$

0,500



enquanto a frequência natural associada é $\omega_n =$

3,998



rad/s.

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

-2



\pm 3,462



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: 3 .

Portanto, o sistema é: Controlável .

O vetor de ganhos do controlador é:

$K =$ [79,926 33,985 6].

O ganho CC do sistema compensado é: 0,025 .

O valor do ganho que pondera a referência é: $K_r =$ 39,963 .

A partir da simulação do sistema compensado, o sistema exibe um sobressinal de 10,603 % enquanto

o tempo de acomodação é de 1,634 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:

$K =$ [319,702 93,985 21].

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:

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

$$a_{11} = \text{} \checkmark, a_{12} = \text{} \checkmark, a_{13} = \text{} \checkmark,$$

$$a_{21} = \text{} \checkmark, a_{22} = \text{} \checkmark, a_{23} = \text{} \checkmark,$$

$$a_{31} = \text{} \checkmark, a_{32} = \text{} \checkmark, a_{33} = \text{} \checkmark.$$

$$B_{MF} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{21} & b_{31} \end{bmatrix}^T. \text{ Assim, os elementos da matriz } B_{MF} \text{ são:}$$

$$b_{11} = \text{} \checkmark,$$

$$b_{21} = \text{} \checkmark,$$

$$b_{31} = \text{} \checkmark.$$

$$C_{MF} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \end{bmatrix}. \text{ Assim, os elementos da matriz } C_{MF} \text{ são:}$$

$$c_{11} = \text{} \checkmark, c_{12} = \text{} \checkmark, c_{13} = \text{} \checkmark.$$

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:

$$K = \left[\text{} \checkmark \quad \text{} \checkmark \quad \text{} \checkmark \right].$$

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.

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): $s_1 = -1$ ✓ e $s_2 = 1$ ✓.

Para atender as especificações do problema, o coeficiente de amortecimento dos polos de malha fechada é $\zeta = 1$ ✓.

Assim, os polos do sistema compensado são: $s_{1,2} = -4$ ✓.

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:

$m_{11} = 0$ ✓, $m_{12} = 1$ ✓

$m_{21} = 1$ ✓, $m_{22} = 0$ ✓.

O posto da matriz de controlabilidade é: 2 ✓.

Portanto, o sistema é: Controlável ✓.

O vetor de ganhos do controlador é:

$K = \begin{bmatrix} 17 & 8 \end{bmatrix}$ ✓.

O ganho CC do sistema compensado é: $0,063$ ✓.

O valor do ganho que pondera a referência é: $K_r = 16$ ✓.

A partir da simulação do sistema compensado, o sistema exibe um sobressinal de 0 ✓ % enquanto o tempo de acomodação é de $1,456$ ✓ segundos.