SISTEMAS DINAMICOS Y CONTROL : Diseño de controladores por realimentación de estados

Estudiante: Edward Fabian Goyeneche Velandia.

Docente: PhD.Gustavo Adolfo Osorio Londoño

Departamento de Ingeniería Eléctrica , Electrónica y Computación
Universidad Nacional De Colombia - Sede Manizales
2024-I

1.

Analizar, Identificar y presentar los pasos para el diseño del controlador por realimentación de estados desarrollado en el enlace y explicado en el capítulo 7 (Realimentación de estados).

Tomando de el Nootebook suministrado. FBS_3_17 y _7_13

El sistema dinámico modelado en las 2 primeras celdas ,consiste en dos masas conectadas por resortes y amortiguadores, con un control de entrada aplicado. Este tipo de sistemas refleja la dinámica de múltiples cuerpos acoplados entre si.

Teniendo as ecuaciones del sistema se derivan utilizando las leyes de Newton y principios de energía, que resultan en un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias (ODEs) que describen el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, si que como vemos la idea detrás del control por realimentación de estados es utilizar la información del estado actual del sistema (posiciones y velocidades) para calcular una señal de control que influya en el comportamiento futuro del sistema. En este caso, la entrada 'I' varía en función del tiempo para simular diferentes estrategias de control.

*1.1. Definición de la Función **r_masses_m_drive**:*

- Esta función define un sistema dinámico compuesto por dos masas conectadas por resortes y amortiguadores, con un control de entrada.

1.2. Parámetros del Sistema

Los parámetros del sistema son los siguientes:

- J_1 y J_2: Momentos de inercia de las dos masas.
- c: Coeficiente de amortiguamiento.
- k: Constante del resorte.
- k_I: Ganancia del controlador integral.
- T_d: Par de torsión externo.
- I: Entrada de control.

1.3. Condiciones de Control

El valor de I varía en función del tiempo para simular diferentes estados de control:

- Activado: $I = 1$
- Desactivado: $I = 0$
- Invertido: $I = -1$

1.4. Definición de las Ecuaciones del Sistema

El sistema de ecuaciones diferenciales está representado como:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_3 \\ \frac{k}{J1}(x_1 - x_0) + \frac{c}{J1}(x_3 - x_2) + k_I \cdot I \\ \frac{k}{J2}(x_0 - x_1) + \frac{c}{J2}(x_2 - x_3) + T_d \end{bmatrix}$$

donde x es el vector de estado y $\dot{x}$ representa su derivada respecto al tiempo.

1.5. Simulación del Sistema

Se define un rango de tiempo t para realizar la simulación. A continuación, se utiliza el método 'odeint' para integrar las ecuaciones diferenciales y obtener las soluciones x del sistema a lo largo del tiempo.

2. Resultados de la Simulación

2.1. Gráficas de Posición y Velocidad

Muestra las posiciones de ambas masas en función del tiempo, ilustrando cómo se mueven debido a las fuerzas de los resortes, amortiguadores y el control y las velocidades de ambas masas en función del tiempo, proporcionando una visión de la dinámica del sistema..

2.2. Diagramas de Fase

Diagrama de fase de la primera masa y segunda masa, mostrando la relación entre su posición y velocidad

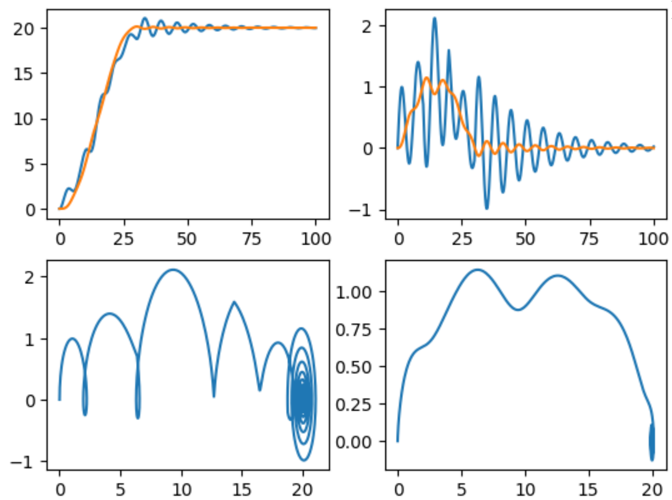

Figura 1. Grafica del sistema (celda 2).

3. Definición y Simulación del Sistema Normalizado

3.1. Explicación celda 3

La normalización es un proceso para simplificar las ecuaciones del sistema mediante la introducción de una escala característica, en este caso, la frecuencia natural w0. Esto ayuda a comparar diferentes sistemas con una referencia común. Frecuencia Natural (w0): La frecuencia natural de un sis- tema oscilatorio es la frecuencia a la cual el sistema oscilaría si no hubiera ningún amortiguamiento ni fuerza externa actuando sobre él. Ecuaciones de Movimiento Normalizadas: Las ecuaciones de movimiento se reescriben en términos de la frecuencia natural, haciendo que los coeficientes de las ecuaciones sean adimensionales. Esto simplifica el análisis y el diseño del controlador.

Frecuencia Natural ($_ommega_0$):

- Comentado en el código:

$$\omega_0 = (k * (J1 + J2)/J1/J2)^{0.5} \tag{1}$$

- $\omega_0 =$ es la frecuencia natural del sistema. Es una medida de la rapidez con que el sistema oscilatorio responde sin amortiguamiento.

Definición de la Función `r_masses_m_drive_normalized`:

- Similar a la función anterior pero incluye la normalización por ω_0.

Parámetros del Sistema Normalizado:

- $w0$: Frecuencia natural.
- $J1$, $J2$: Momentos de inercia de las dos masas.
- c: Coeficiente de amortiguamiento.
- k: Constante del resorte.
- kI: Ganancia del controlador integral.
- Td: Par de torsión externo.
- I: Entrada de control.

Condiciones de Control:

- El valor de I cambia en función del tiempo, similar a la función anterior, pero el sistema está normalizado por $w0$.

Definición de las Ecuaciones del Sistema Normalizado:

- El sistema de ecuaciones diferenciales normalizadas está representado como:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} w0 \cdot x_2 \\ w0 \cdot x_3 \\ \frac{k(x_1 - x_0) + w0 \cdot c(x_3 - x_2) + kI \cdot I}{w0 \cdot J1} \\ \frac{k(x_0 - x_1) + w0 \cdot c(x_2 - x_3) + Td}{w0 \cdot J2} \end{bmatrix}$$

- Aquí, x es el vector de estado, y dx es el cambio en el estado.

3.2. Gráficas de Posición y Velocidad vs. Tiempo

Las gráficas de posición y velocidad en función del tiempo proporcionan una visión clara de la evolución temporal del sistema de dos masas.

3.2.1. Posición (x_0 y x_1) vs. Tiempo:: Estas gráficas ilustran cómo las posiciones de las dos masas varían a lo largo del tiempo. Se pueden observar las oscilaciones características de sistemas mecánicos y cómo la posición de cada masa responde a las fuerzas y controles aplicados.

3.2.2. Velocidad (x_2 y x_3) vs. Tiempo:: Estas gráficas muestran cómo las velocidades de las masas cambian con el tiempo. Permiten analizar cómo las velocidades responden a las entradas de control y cómo se relacionan con las aceleraciones del sistema.

3.2.3. Diagramas de Fase:: Los diagramas de fase ofrecen una perspectiva diferente del comportamiento del sistema, representando la relación entre las variables de estado en un espacio de fases.

3.2.4. Posición (x_0) vs. Velocidad (x_2):: Este diagrama de fase muestra la trayectoria de la primera masa en el espacio de fases. Permite visualizar de forma cualitativa la naturaleza de las oscilaciones y la estabilidad del sistema. Los ciclos cerrados indican un comportamiento oscilatorio, mientras que las trayectorias que se acercan a un punto fijo sugieren un estado de equilibrio.

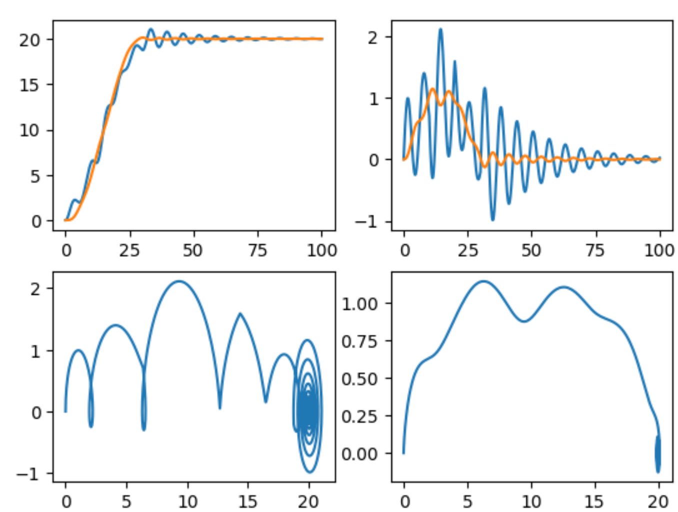

Figura 2. Grafica del sistema (celda 3).