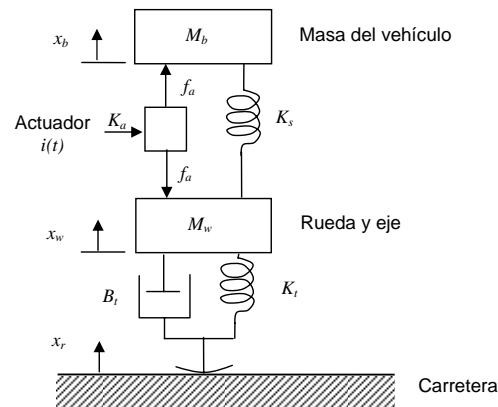


Problema

La siguiente figura muestra el modelo esquemático de un sistema de suspensión activa para un automóvil, en el que solo se considera una rueda, la mitad de un eje y la suspensión de un cuarto de la masa del vehículo. El modelo incluye las partes pasivas de la suspensión más un actuador ideal.



Donde:

M_w : masa de la rueda	x_w : desplazamiento de la rueda
K_r : constante elástica de la rueda	x_b : desplazamiento del vehículo
B_t : amortiguador viscoso de la rueda	x_r : desplazamiento de la carretera
M_b : masa de un cuarto del vehículo	f_a : fuerza del actuador
K_s : Resorte amortiguador entre eje y cuerpo	$i(t)$: corriente de alimentación del actuador.
K_a : constante de conversión del actuador	

La rueda se modela como una combinación de un resorte y un amortiguador viscoso. Como enlace entre el eje y el cuerpo se conecta un resorte en paralelo con el actuador. El resorte permite soportar el peso del cuerpo cuando el actuador no está activo.

El actuador se supone ideal produciendo una conversión proporcional (constante K_a) entre la corriente de alimentación $i(t)$ y la fuerza de actuación f_a sobre el eje y la masa del vehículo. La fuerza aplicada se muestra en la gráfica en la dirección que corresponde a un valor positivo.

Se considera un modelo del sistema respecto a un punto de equilibrio en el cual el peso del vehículo es soportado por el resorte K_s y la rueda. Respecto a este punto de equilibrio, las ecuaciones de equilibrio de fuerzas sobre ambas masas vienen dadas por:

$$f_a = M_b \frac{d^2}{dt^2} x_b + K_s(x_b - x_w)$$

$$0 = f_a + M_w \frac{d^2}{dt^2} x_w + K_s(x_w - x_b) + K_r(x_w - x_r) + B_t \left(\frac{d}{dt} x_w - \frac{d}{dt} x_r \right)$$

Ecuación del actuador: $f_a = K_a \cdot i(t)$

Los desplazamientos x_w , x_b y x_r se consideran incrementos relativos a la posición de equilibrio de la suspensión. El sentido indicado en el gráfico corresponde a un valor positivo.

Se considerará así mismo:

- $u_1(t) = i(t)$ es la entrada de control (actuador)
- $u_2(t) = x_r$ (desplazamiento de la carretera) es una entrada de perturbación del sistema.
- Salidas del sistema:
 - $y_1(t) = (x_b - x_w)$: posición relativa del vehículo respecto a la rueda
 - $y_2(t) = d(x_b - x_w)/dt$: velocidad relativa del vehículo respecto a la rueda

Se pide:

1. Justificar brevemente si las variables (x_b , x_w , x_r) pueden ser variables de estado.
2. Obtener el modelo de estado del sistema propuesto en términos de los parámetros indicados utilizando el mayor número de las variables propuestas en el apartado 1.
3. Calcular el modelo de estado y realizar un análisis completo del sistema tomando los siguientes valores de los parámetros:

$M_w = 2 \text{ Kg}$ $K_r = 50 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-2}$ $B_t = 5 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-1}$ $M_b = 100 \text{ Kg}$ $K_s = 50 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-2}$ $K_a = 50 \text{ N/A}$
--

Problema 2. (10 puntos)

Sea el sistema discreto representado por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}x[(k+1)T] &= A_D x(kT) + B_D u(kT) \\ y(kT) &= C x(kT)\end{aligned}$$

donde

$$T = 0.1s \quad A_D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 2.5 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} \quad B_D = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [1 \quad 0 \quad 0]$$

Se pide:

1. Análisis completo del sistema.

(2 puntos)

2. Justificar si, partiendo del estado inicial $x_0 = x(0) = [1 \quad 1 \quad 0]^T$, es posible llevarlo al estado $x_1 = x(1) = [1 \quad 1 \quad 0]^T$ en $t=1s$.

(1 punto)

3. Calcular la entrada $u(t)$ de mínima energía que se debe aplicar en bucle abierto para conseguir el objetivo indicado en el apartado 2.

(2 puntos)

4. Considerando que sólo es conocida la salida y la entrada del sistema, diseñar un control por realimentación del estado observado que cumpla las siguientes especificaciones:

- La salida del sistema, ante entrada en escalón, debe seguir la referencia de entrada presentando error nulo frente a inexactitudes del modelo y la presencia de perturbaciones.
- El sistema de control debe ubicar el máximo número de polos en el origen ($z=0$) de forma que el régimen transitorio presente un comportamiento con oscilaciones muertas.

A parte de los cálculos y su desarrollo se deberá dibujar el diagrama de bloques del conjunto indicando flujos monovariables (trazo simple) o multivariables (trazo doble) según proceda.

(4 puntos)

5. Comentar cuál es el efecto del sistema de control propuesto en el apartado 4 sobre la estabilidad del sistema.

(1 punto)

