EXAMEN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL

(2ª Parte) FINAL Junio 2004

Problema 1 (5 puntos)

Dado el sistema caracterizado por las siguientes ecuaciones:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2.5 & 3 & -5.75 & 0.25 \\ -3.5 & 3 & -6.25 & -0.25 \\ -2.5 & 3 & -5.25 & -0.25 \\ -4.5 & -1 & 7.75 & -3.25 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 0.5 & -0.5 & 1 & 0 \end{bmatrix} x$$

Se pide:

a) Dividirlo, aplicando el teorema de Kalman, en los diferentes subsistemas

Detallar todos los cálculos realizados expresando las matrices del modelo de cada uno de los subsistemas, así como la matriz de transformación.

(2 puntos)

b) Representar gráficamente los diferentes subsistemas y su interrelación.

(0,5 puntos)

c) ¿Pueden alcanzarse, partiendo desde el estado inicial nulo, los siguientes puntos del espacio de estados: $[-2\ -4\ 0\ 2]^T$ y $[0\ 3\ 1\ 0]^T$? Razonar la respuesta.

(0,5 puntos)

d) ¿Pueden ser observados, a partir de la entrada y la salida, los estados anteriores? Razonar la respuesta.

(0,25 puntos)

e) Indicar si las variables de estado x_3 y x_4 (del sistema original), por separado, son controlables y observables. Razonar la respuesta.

(0,25 puntos)

f) Indicar si las variables de estado (x_1, x_4) (del sistema original), en conjunto, son controlables y observables. ¿Y las variables de estado (x_1, x_3)? Razonar la respuesta.

(0,5 puntos)

Problema 2

Sea el sistema discreto representado por las siguientes ecuaciones:

$$x[(k+1)T] = Gx(kT) + Hu(kT)$$
$$y(kT) = Cx(kT)$$

donde

$$T = 0.01s \qquad G = \begin{bmatrix} 4 & -1 & -2 \\ 3.5 & -1 & -1 \\ 2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \qquad H = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.5 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 4 & -3 & 0 \end{bmatrix}$$

Considerando que sólo es conocida la salida y la entrada del sistema, diseñar un control por realimentación del estado de forma que el tiempo de establecimiento sea menor a 1 segundo y el valor de pico de sobreoscilación (M_p) no supere el 15%. Los polos restantes se situarán en el origen.

Además no debe existir error en régimen permanente ante una entrada en escalón unitario (la salida debe seguir a la entrada en régimen permanente ante cualquier perturbación), por lo que debe incorporar un regulador integral.

Dibujar el diagrama de bloques del conjunto indicando flujos monovariables (trazo simple) o multivariables (trazo doble) según proceda.

Explicar, de forma concisa, el efecto del observador sobre la dinámica del sistema realimentado

Puntuación del problema: (5 puntos)

1. Análisis del sistema y especificaciones: (0.5 puntos)
2. Diseño del Observador: (1 puntos)
3. Diseño del Controlador: (2 puntos)
4. Obtención de las ganancias del integrador y de realimentación del estado: (0.5 puntos)
5. Representación gráfica del sistema de control: (0.5 puntos)
6. Efecto del observador sobre la dinámica del sistema realimentado: (0.5 puntos)

Nota:

Cada problema se puntúa sobre 5 puntos.
Cada problema constituye el 50% de la nota de la segunda parte del examen.
Cada parte del examen debe aprobarse por separado y constituye el 50% de la nota final

Duración del Examen: 2 ½ horas

FORMULARIO:

Tiempo de establecimiento para un sistema continuo de segundo orden ante entrada escalón:

$$t_s \approx \frac{p}{s} \quad (z << 1),$$

$$t_s \approx \frac{4{,}73}{\sigma} \quad (\zeta = 1)$$

Valor de pico de sobreoscilación:

$$M_p = e^{-\frac{p}{tgq}} \cdot 100\%$$

$$T^2 \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2 \cdot a \cdot T \cdot \frac{d\,y(t)}{dt} + y(t) = K \cdot y(t) \qquad K, T, a > 0 \qquad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \qquad G(s) = \frac{K}{1 + 2 \cdot a \cdot T \cdot s + T^2 \cdot s^2} = \frac{K \cdot w_n^2}{s^2 + 2 \cdot z \cdot w_n \cdot s + w_n^2}$$

$\zeta = \cos\theta \quad (0 < \zeta \leq 1) \quad \rightarrow$ Coeficiente de amortiguamiento

$w_n \quad \rightarrow$ Frecuencia natural no amortigua

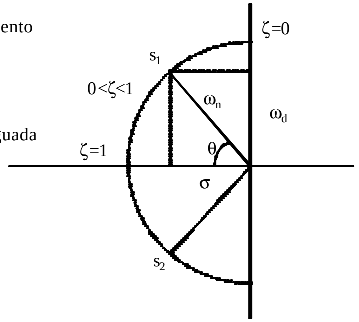
$\sigma = \zeta \cdot \omega_n \quad (0 < \zeta \leq 1) \quad \rightarrow$ Factor de establecimiento

$\omega_d = \omega_n \cdot \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (0 < \zeta \leq 1) \rightarrow$ Frecuencia amortiguada

Polos del sistema

$s_{1,2} = -\sigma \pm j \cdot \omega_d \quad (0 < \zeta \leq 1)$

$s_{1,2} = -\zeta\omega_n \pm \omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1} \quad (\zeta > 1)$



Relación entre polos del sistema continuo y sistema discretizado:

Polos del sistema discreto: $z_r = e^{p_r T}$ (p_r polos del sistema continuo)