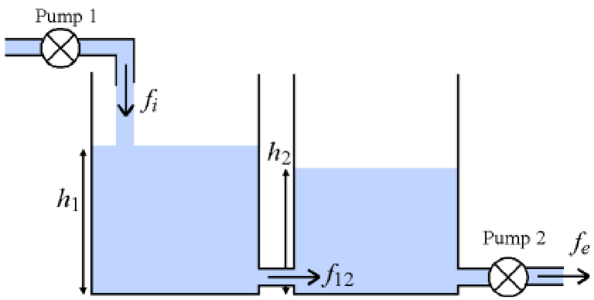
EXAMEN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL

(2ª Parte) Junio 2003

Problema 1 **(10 puntos)**

La siguiente figura muestra el modelo esquemático de un sistema formado por dos depósitos acoplados de sección fija (**A**). El agua entra en el tanque 1 con un caudal f_i por medio de la bomba 1 (h_1 nivel de agua del tanque 1) . El agua fluye del tanque 1 al tanque 2 con un caudal f_{12} (h_2 nivel de agua del tanque 2). Finalmente el agua es extraída del tanque 2 mediante la bomba 2 con un caudal f_e.

Las bombas 1 y 2 permiten controlar los caudales f_i , f_e que son regulables mediante eletroválvulas proporcionales (el caudal de salida de cada bomba es proporcional al voltaje aplicado en cada una de las entradas u_i, u_e). Solo se dispone de un sensor de nivel que permite medir h_2 (*salida*).



Las ecuaciones del modelo vienen dadas por:

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{1}{A}\left(f_i - f_{12}\right)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{1}{A}\left(f_{12} - f_e\right)$$

$$f_{12} = \sqrt{2g\left(h_1 - h_2\right)}$$

$$f_i = K\,u_i \qquad f_e = K\,u_e$$

$$g = 9{,}8\ m/s^2, \quad A = 4.42715\ m^2, \quad K = 4.42715\ m^3/s\cdot V$$

Se pide:

1. Obtener el modelo de estado **no lineal** del sistema propuesto.
   (2,5 puntos)

2. Calcular el estado de equilibrio y obtener el modelo de estado linealizado entorno al punto de equilibrio dado por:
   (2,5 puntos)

$$f_{i0} = f_{e0} = K\,\frac{m^3}{s}$$

$$h_{10} = 5\ m$$

3. A partir del modelo de estado linealizado anterior, calcular la evolución libre del sistema partiendo de estado:
   (2,5 puntos)

$$\begin{bmatrix} \Delta h_1(0) \\ \Delta h_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1 \\ 0.1 \end{bmatrix}$$

4. Partiendo del estado inicial anterior, calcular la evolución de la salida cuando aplicamos un escalón unitario en la entrada u_i:
   (2,5 puntos)

Campus de Elche. Avda. del Ferrocarril s/n – 03202 ELCHE

Problema 2. **(10 puntos)**

Sea el sistema discreto representado por las siguientes ecuaciones:

$$x[(k+1)T] = A_D\ x(kT) + B_D\ u(kT)$$
$$y(kT) = C\ x(kT)$$

donde

$$T = 0.01s \qquad A_D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 2.5 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} \qquad B_D = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Se pide:

1. Análisis completo del sistema.

(3 puntos)

2. 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 conseguir que la respuesta del sistema sea críticamente amortiguada y el tiempo de establecimiento sea aproximadamente de 0.4. El resto de polos se ubicarán en el origen (z=0).

   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.

(4puntos)

3. Comentar cuál es el efecto del sistema de control propuesto en el apartado 2 sobre la estabilidad del sistema.

(1.5 punto s)

4. Comentar cuál es el efecto del observador sobre la dinámica del sistema realimentado.

(1.5 punto s)

FORMULARIO:

Tiempo de establecimiento para un sistema continuo de segundo orden críticamente amortiguado ante entrada escalón: $t_s \approx \dfrac{4{,}73}{\sigma} \quad (\zeta = 1)$

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

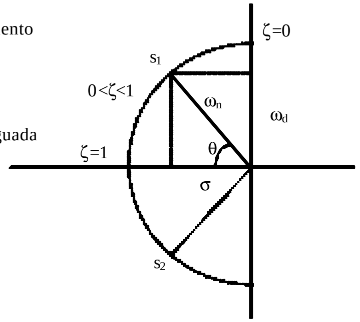
$$\Rightarrow \qquad G(s) = \frac{K}{1 + 2 \cdot a \cdot T \cdot s + T^2 \cdot s^2} = \frac{K \cdot w_n^2}{s^2 + 2 \cdot z \cdot w_n \cdot s + w_n^2}$$

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

$w_n \quad \rightarrow$ Frecuencia natural no amortigua

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

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



Polos del sistema

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

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

Relación entre polos del sistema continuo y sistema discretizado:

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