Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Eléctrica

EXPERIENCIA 1 MODELOS FENOMENOLÓGICOS Y MODELOS LINEALES

EL5205 Laboratorio de Control Avanzado

Profesores : Manuel Duarte
: Marcos Orchard
: Doris Sáez
Auxiliar : Oscar Cartagena
Ayudantes : Esteban Jofré
Roberto Barriga
Heraldo Rozas

Fecha de entrega del enunciado	:	09-08-2017
Fecha de presentación	:	16-08-2017
Fecha de recepción de informe	:	08-09-2017

I Introducción

Los estanques pueden encontrarse en diversas aplicaciones de la industria ya sea para almacenar líquidos, generar mezclas, entre otras. En esta experiencia se trabajará con el estanque cónico del laboratorio de automática. Este sistema hidráulico está compuesto por una bomba, un estanque de recirculación, un estanque cónico y uno cuadrado, tal como se observa en la Figura 1.

Por medio de un variador de frecuencia (0-100%) conectado a la bomba, se controla el flujo de entrada (F_{in}) estanque cónico. La válvula de salida del estanque cónico se fija manualmente y controla el flujo de salida (F_{out}), para estos efectos, se dejará en 45°.

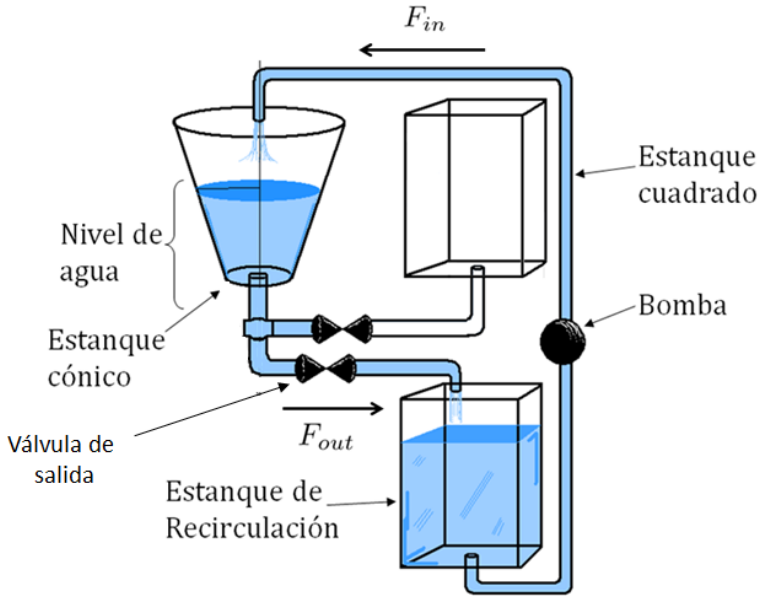


Figura 1: Sistema hidráulico

Para esta planta hidráulica, se desean encontrar modelos que puedan representar adecuadamente el sistema: estanque de recirculación – bomba - estanque cónico. Para ello, la experiencia contará con dos tipos de modelos: modelo fenomenológico y modelos empíricos lineales.

II Modelo fenomenológico

Se desea obtener una identificación por medio de un análisis fenomenológico del sistema conformado por el estanque cónico, el estanque de recirculación y la bomba. Para ello, la bomba eléctrica (actuador) puede modelarse por medio de la siguiente ecuación:

$$F_{in}(t)\left[\frac{cm^3}{s}\right] = c_1 \cdot Frec[\%] + c_2$$

Para efectos prácticos, se recomienda que el flujo de salida esté dado por la ecuación

$$F_{out}(t)\left[\frac{cm^3}{s}\right] = \beta \cdot \sqrt{h}$$

Finalmente, el volumen se relaciona con los flujos de entrada y salida por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{dV}{dt} = F_{in}(t) - F_{out}(t)$$

Son conocidas la altura (H) y el radio (R) del estanque cónico, que corresponden a:

$$R = 34.5[cm] \qquad H = 79.8[cm]$$

Actividad 1:

Diseñe un experimento que permita calcular los parámetros c_1, c_2 y β del modelo fenomenológico del estanque. Para ello se entregan las siguientes recomendaciones:

- La válvula de salida del estanque cónico (válvula N° 4), se puede abrir y cerrar completamente
- Los parámetros c_1 y c_2 se pueden obtener dejando $F_{out}(t) = 0$.
- El parámetro β se puede obtener dejando $F_{in}(t) = 0$.

Calcule dichos parámetros.

Actividad 2:

Utilizando el modelo fenomenológico obtenido, linealice el sistema en torno a 3 puntos de operación: bajo, medio y alto (obtendrá 3 modelos lineales). Se recomiendan puntos de operación que tengan una altura en torno a los siguientes rangos:

- Bajo: altura entre 15 [cm] y 30 [cm].
- Medio: altura entre 30 [cm] y 45 [cm].
- Alto: altura entre 45 [cm] y 60 [cm].

Actividad 3:

Implemente en simulink los distintos modelos obtenidos del estanque cónico (modelo fenomenológico y modelos linealizados). La entrada debe ser la frecuencia aplicada a la bomba (0-100%) y la salida la altura del líquido (nivel del estanque).

Actividad 4:

Diseñe y realice pruebas para comprobar la efectividad de los modelos. Para ello, **en lazo abierto**, compare la respuesta de la planta con respecto a los modelos fenomenológicos y a los modelos lineales obtenidos, según corresponda.

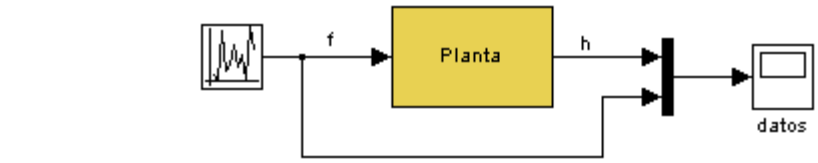
Establezca un criterio de evaluación del desempeño de estos modelos, por ejemplo aquel que tenga menor error cuadrático medio.

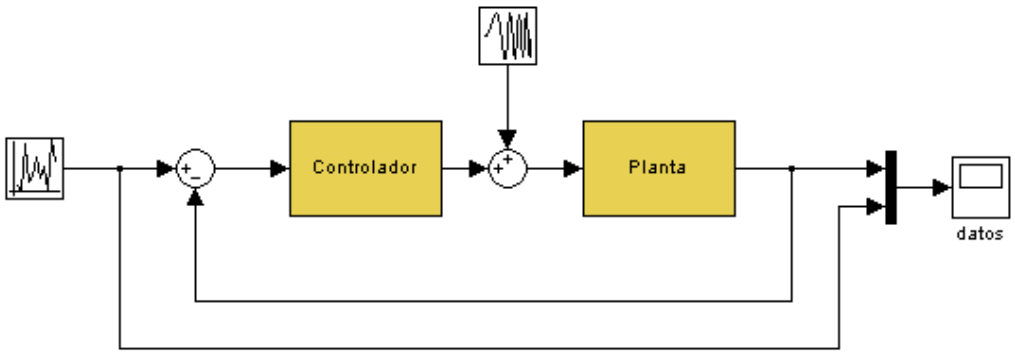
Proponga nuevas soluciones que ayuden a mejorar estos modelos.

Recomendación: Construya una función escalonada para ser utilizada como entrada de los modelos, cuide que se abarque el rango completo de frecuencias de funcionamiento.

III Modelos experimentales

En esta etapa se obtendrán modelos lineales del estanque cónico: ARX, ARMAX, ARIX. Para un problema de identificación, se puede proceder con un sistema en lazo abierto o lazo cerrado.





En esta ocasión se realizará **una modelación en lazo cerrado en torno a 3 puntos de operación**.

Actividad 1:

Para obtener una modelación en lazo cerrado se procede como sigue:

- Diseñar y probar en la planta un controlador P o PI discreto que estabilice el sistema en un tiempo finito de hasta 300 [s]. Queda a su criterio el diseño de este controlador.
- Utilizar como referencia una señal aleatoria en torno a los siguientes puntos de operación: baja (15-30 [cm]), media (30-45 [cm]) y alta (45-60 [cm]). Es decir, generar una señal que varie su valor dentro de los rangos definidos anteriormente. Se tendrán 3 señales distintas.
- Excite la planta con las señales de referencia anterior y guarde los datos de entrada/salida de la planta. Obtenga 3 set de datos (entrada/salida) que utilizará para identificar.
- Cada set de datos dividirlo en dos conjuntos: entrenamiento y validación, sea cuidadoso con la división realizada (6 conjuntos en total).

Actividad 2:

Para cada conjunto *train*, genere modelos ARX, ARMAX y ARIX. Obtenga modelos con grado del numerador (A), denominador (B) y retraso desde 1 a 3 (todas las combinaciones posibles).

Recomendables son las funciones en matlab: `arxstruc`, `selstruc`, `struc`, `arx`, `armax`. Compruebe estos modelos con el set de datos "*validation*". Probar estos modelos en lazo abierto.

En un principio para cada rango de operación va a tener un conjunto de modelos ARX, un conjunto de modelos ARMAX y un conjunto de modelos ARIX. Elija un criterio de evaluación (AIC, MSE, etc) y para cada conjunto debe seleccionar el modelo con mejor desempeño. Es decir, para cada rango de operación obtendrá tres modelos (el mejor ARX, ARMAX y ARIX).

Actividad 3:

Para cada rango de operación seleccione el mejor modelo (ya sea el ARX, el ARMAX o el ARIX). Luego, para cada función de transferencia seleccionada calcule un controlador PI

discreto con un tiempo de estabilización de 150[s] y MOV=10%. Asegúrese de probar el controlador considerando los límites de la frecuencia de entrada.

Actividad 4:

Considere la siguiente referencia:

$$r = \begin{cases} 25 & 0 < t \leq 400 \\ 40 & 400 < t \leq 800 \\ 55 & 800 < t \leq 1200 \end{cases}$$

Pruebe en planta los controladores PI discretos según corresponda y compárelos con los resultados teóricos en los modelos empíricos y en el modelo fenomenológico.

Ante cualquier duda de procedimiento consulte con los ayudantes.