



EXPERIENCIA 1 MODELOS FENOMENOLÓGICOS Y MODELOS LINEALES

EL5205 Laboratorio de Control Avanzado

Profesores : Manuel Duarte
 : Marcos Orchard
 : Doris Sáez

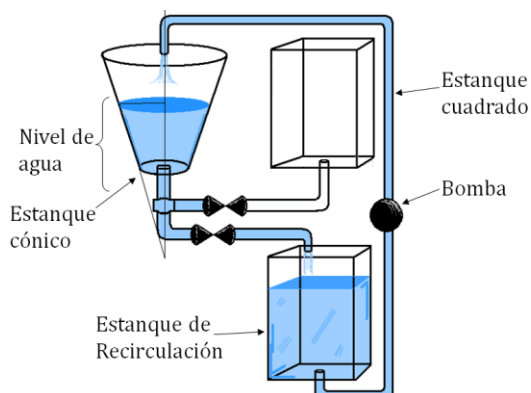
Auxiliar : David Acuña

Ayudantes : -
 -
 -

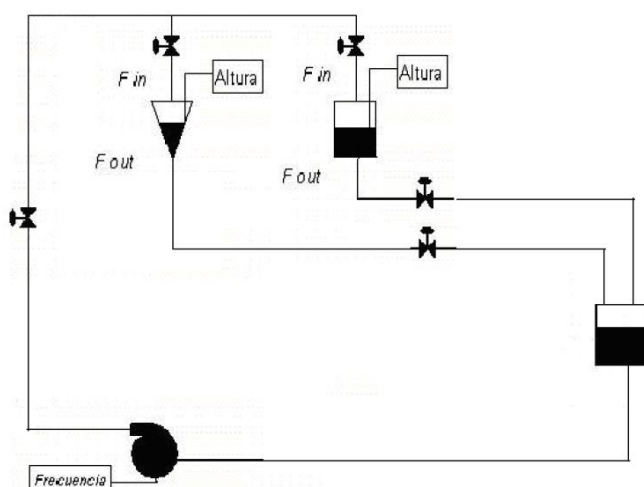
Fecha de entrega del enunciado : 9 de Septiembre
Fecha de recepción de preinforme : 16 de Septiembre
Fecha de recepción de informe : 30 de Septiembre

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 siguiente ilustración



Por medio de un variador de frecuencia (0-100%) conectado a la bomba, se controla el flujo de entrada al estanque cónico. La llave de salida del estanque cónico se controla manualmente y, para estos efectos, se dejará en los 45° .



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:

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

Actividad 1:

Obtenga los parámetros c_1 , c_2 y β , que permiten obtener el 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 al máximo.
- Los parámetros c_1 y c_2 se pueden obtener dejando $F_{out}(t) = 0$.
- El parámetro β se puede obtener dejando $F_{in}(t) = 0$.

Actividad 2:

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 linealizado). La entrada debe ser la frecuencia aplicada a la bomba (0-100%) y la salida la altura del líquido (nivel del estanque).

Actividad 4:

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.

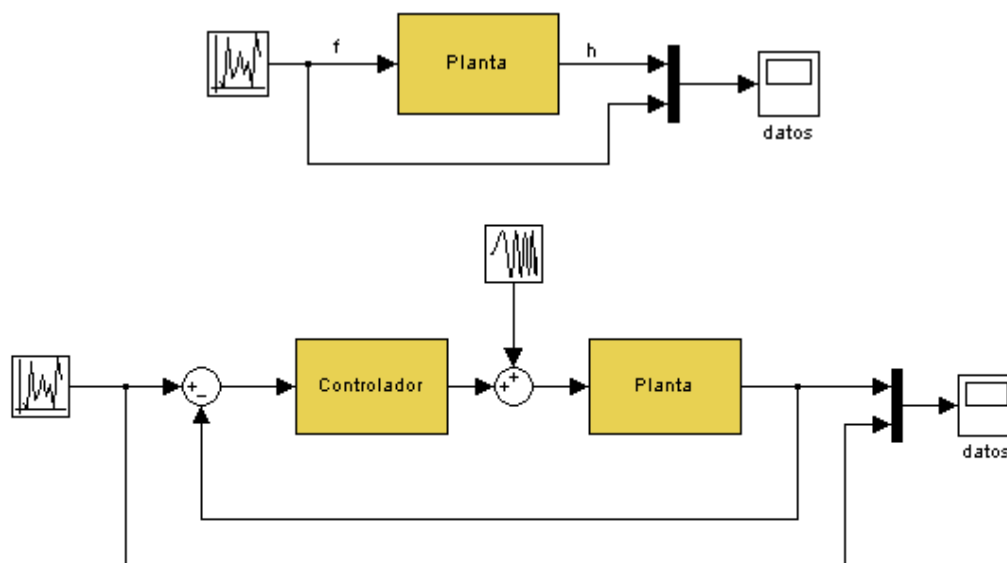
Establezca un criterio de evaluación del desempeño de estos modelos, por ejemplo aquel que tenga menor error cuadrático medio.

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 lineales

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 establezca 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 varíe su valor dentro de los rangos definidos anteriormente. Se tendrán 3 señales distintas (3 mediciones distintas).
- Realice los ajustes necesarios (sintonizar) en el controlador diseñado para que cumpla con los requerimientos pedidos, para cada rango de operación. Finalmente, tendrá 3 set de datos (entrada/salida) que utilizará para modelar.
- Cada set de datos dividirlo en dos conjuntos: *train* y *validation*, 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 grados de A, B y delay desde 1 hasta 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. Para cada conjunto debe seleccionar el modelo con mejor desempeño (según un criterio previamente definido). Es decir, para cada rango de operación obtendrá tres modelos (el mejor ARX, ARMAX y ARIX).

Actividad 3:

Para cada rango de operación escoja el mejor modelo (ya sea el ARX, el ARMAX o el ARIX). Con las tres funciones de transferencia, calcule un controlador PI discreto con un



tiempo de estabilización de 150[s] y MOV=10%, un controlador para cada rango de operación.

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.