

EJERCICIO N°2

Profesora: Dra. Doris Sáez

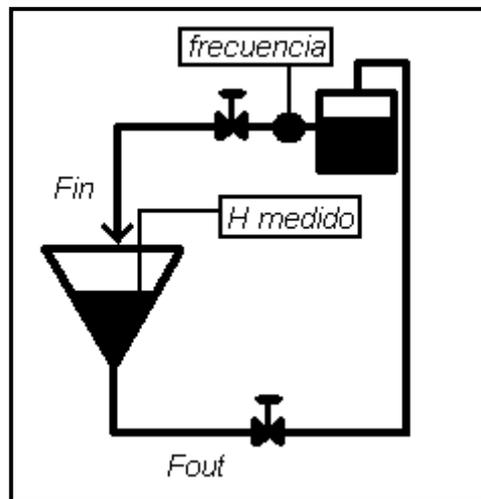
Ayudante: Alfredo Núñez (alfnunez@ing.uchile.cl)

Fecha de entrega: Lunes 26 Abril, 12:00 (Partes 1 y 2) (3 ptos.).

La planta de nivel consiste en un estanque cónico y un estanque de recirculación (ver esquema de la planta). El estanque cónico posee un flujo de entrada desde el estanque de recirculación y un flujo de salida hacia el estanque de recirculación.

Se dispone de un sensor de nivel del estanque cónico. Además, se dispone de una válvula neumática de flujo (funciona con aire comprimido), que regula el flujo de entrada al estanque cónico. El flujo de entrada al estanque cónico es impulsado por una bomba.

A su vez se dispone de un medidor de flujo ubicado en la salida del estanque cónico, también de una bomba que impulsa el flujo de salida y además de una válvula que regula el flujo de salida.



1. Modelación de la planta.

Para realizar el diseño del sistema de control, en primer lugar, se debe tener un modelo fenomenológico que describa la dinámica de la planta de nivel.

La ecuación diferencial que rige la altura de la planta está dada por:

$$\frac{dh}{dt} = a \frac{F_{in} - F_{out}}{h^2}$$

donde $a=0.4687$ es una constante que depende del ángulo entre el eje de simetría del cono y su superficie. Considerar el modelo en unidades MKS (SI).

Suponga que la válvula neumática de flujo de entrada se encuentra completamente abierta; es decir, el flujo que entra al estanque cónico corresponde al que la bomba impulsa. Además la válvula que regula el flujo de salida se encuentra cerrada ($F_{out}(t)=0$).

La función de transferencia entre flujo de entrada al estanque [m^3/s] y la frecuencia de excitación de la bomba [Hz] está dada por:

$$\frac{F_{in}(s)}{f(s)} = \frac{a}{s+b}$$

donde $a = 3.7045 \cdot 10^{-5}$; $b = 0.0357$

- 1.1 Justifique la modelación fenomenológica descrita.
- 1.2 Suponiendo que la planta (sólo el estanque) opera en torno a los 30 [cm] de altura (0.3[m]), obtenga un modelo linealizado del sistema. Especifique polos y ceros del modelo.
- 1.3 Usando el modelo lineal (punto 1.2), obtenga la función de transferencia $G(z)$ en el dominio z de la planta. Discretice usando el método de Euler y un periodo de muestreo de $T = 0.3$ segundos. (Euler: $s=(z-1)/T$).
- 1.4 Determine la respuesta de la planta (modelo fenomenológico) al escalón de 17[lit/min] en F_{in} utilizando MATLAB-SIMULINK. Considere 10 minutos de simulación.
- 1.5 Determine la respuesta de modelo linealizado continuo (punto 1.2) al escalón de 17[lit/min] en F_{in} utilizando MATLAB-SIMULINK. Considere 10 minutos de simulación.
- 1.6 Determine la respuesta del modelo linealizado discreto (punto 1.3) al escalón de 17[lit/min] en F_{in} utilizando MATLAB-SIMULINK. Considere 10 minutos de simulación.
- 1.7 Analice y compare los resultados de las simulaciones (1.4, 1.5, 1.6): ¿Es estable la planta?, ¿es asintóticamente estable?, ¿se parecen las respuestas de los modelos obtenidos?, ¿qué pasa con las respuestas después de algunos minutos?. Comente sus resultados.

2. Diseño del controlador.

Luego de la modelación de la planta, se propone diseñar un controlador proporcional y un controlador proporcional-integral. Recuerde que la variable manipulada es la frecuencia de la bomba.

- 2.1 Encuentre la función de transferencia discreta en lazo cerrado de la planta con el controlador proporcional.
- 2.2 Usando la transformación bilineal $z = \frac{w+1}{w-1}$ y Routh-Hurwitz, encuentre la ganancia crítica del sistema. Determine la respuesta del sistema con la ganancia crítica (utilice el **modelo fenomenológico**), usando MATLAB-SIMULINK. Comente sus resultados.
- 2.3 Se desea diseñar un controlador que sea capaz de responder rápidamente ante cambios de referencia de tipo escalón. Para ello y utilizando el modelo lineal discreto (punto 1.3), se pide construir un controlador proporcional que permita que la planta tenga un tiempo de estabilización de al menos 12 segundos. Calcule el sobrenivel máximo en estas circunstancias usando como referencia 0.7[m]. Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta (utilice **modelo fenomenológico**), usando MATLAB SIMULINK. Considere además un flujo de salida de 0.5[lit/s] y que la planta parte con 10[cm] de agua. Justifique sus resultados. Pruebe para referencias de 0.3, 0.5 y 0.7[m].
- 2.4 Diseñe un controlador PI discreto, usando el modelo lineal discreto (punto 1.3), tal que la planta alcance régimen permanente en menos de 200 segundos y el sobrenivel máximo sea 15% Simule la respuesta en lazo cerrado de la planta (utilice **modelo fenomenológico**), usando MATLAB SIMULINK. Considere un flujo de salida de 0.5 [lit/s] y que la planta parte con 10 [cm] de agua. Justifique sus resultados. Pruebe para referencias de 0.3, 0.5 y 0.7[m].
- 2.5 Analice y compare los resultados con ambos controladores para el simulador del modelo fenomenológico, en los siguientes casos:
 - a) $F_{out}=0$ y cambio en referencia de nivel desde 0.3 a 0.5 [m].

- b) $F_{out}=50\%$ y cambio en referencia de nivel desde 0.3 a 0.5 [m].
- c) $F_{out}=0$ y cambio en referencia de nivel desde 0.7 a 0.5 [m].
- d) $F_{out}=50\%$ y cambio en referencia de nivel desde 0.7 a 0.5 [m].
- e) Estabilizar en referencia 0.3[m] y aplicar variación de F_{out} de 25% a 75% (sobre un total de 34[lit/min]).

Todos los cambios de las variables ocurren a los 250[seg]. Comente y justifique todos los casos.

3. Experiencia en el laboratorio.

Nota en Laboratorio (1.5 ptos.)

Parte 3 (1.5 ptos.)

Fecha de realización: Semana 26 al 30 de Abril.

Fecha de entrega: 2 días después de realizar el Laboratorio.

- 3.1 Programe el controlador digital de la planta de nivel con los parámetros del controlador proporcional obtenido en 2.3. Obtenga la respuesta de la planta.
- 3.2 Programe el controlador PI digital de la parte 2.4 y obtenga la respuesta de la planta.
- 3.3 Compare los resultados obtenidos en 2.3 y 2.4 con 3.1 y 3.2.
- 3.4 Explique y comente sus resultados.