

Regulación de nivel en un sistema de dos tanques

Mediante un sencillo sistema de adquisición de datos se ha desarrollado una planta a escala para analizar problemas de tratamiento de fluidos

José María Girón Sierra

Dpto. de Informática y Automática de la UCM

Rafael Rico López

Dpto. de Automática de la UAH

José Antonio de Frutos Redondo

Dpto. de Automática de la UAH

Un problema típico en la industria es el del control de nivel en líquidos. Su solución puede resultar interesante para todas aquellas aplicaciones relacionadas con la industria química, alimenticia, con el tratamiento de aguas, etc.

Aprovechando las grandes posibilidades que ofrece hoy día un PC con una tarjeta de adquisición de datos, se ha diseñado una planta a escala en donde se analizan problemas de tratamiento de fluidos: tanques, tuberías, válvulas, bombeo, etc.

Concretamente, los problemas específicamente tratados han sido dos: la medición en tiempo real de niveles mediante ultrasonidos y la regulación del nivel mediante el control de la velocidad de la bomba.

El sistema se basa en un ordenador que se encarga tanto de la adquisición de datos (monitorización) como del control directo algorítmico de la bomba y por tanto del caudal y de los niveles de los tanques.

El introducir el ordenador en el sistema se centra en dos aspectos. Por un lado, la mejora del comportamiento gracias a una buena regulación del nivel y a la obtención de unos buenos transitorios. Por otro lado, se evitan desbordamientos y se supervisan los esfuerzos de la bomba con el consiguiente aumento de su vida media.

Implementación del sistema

En la implementación del sistema hay que distinguir dos campos fundamentales: el hardware (sensores y su interface, la conversión analógica-digital, actuación sobre el motor de la bomba) y el software (interface gráfica con el usuario, algoritmos de control, representación de datos, almacenamiento de datos).

- Hardware:

Como ya se ha indicado se han utilizado sensores de ultrasonidos para medir el nivel de líquido en cada uno de los tanques. El diseño de la interface no presenta problemas si bien puede requerir un estudio a propósito, distinto en cada caso.

Respecto a la conversión analógico-digital se ha utilizado una tarjeta de adquisición de datos de características comunes. Concretamente la Lab-PC+ de *National Instruments*. En la elección de la misma ha sido determinante el software que suministra la casa más que sus características técnicas ya que estas se pueden encontrar en multitud de tarjetas de otras marcas.

En cuanto a la actuación sobre el motor de la bomba se trata de generar una señal de consigna con perfil de tiempo sintetizado en el canal analógico de salida de la tarjeta. Con la adecuada electrónica, diseñada al caso, se ataca al motor sin más problemas.

- Software:

Para su desarrollo se ha usado el paquete *LabWindows* de *National Instruments* que permite escribir programas en lenguajes *standard* incluyendo funciones de librería que cubren múltiples servicios (control de instrumentación, programación de tarjetas, análisis de datos, gráficos, manejo de ficheros, etc.). Por otra parte, esta herramienta de desarrollo se acopla muy bien al control en tiempo real.

Un aspecto básico del software es la interface gráfica con el usuario (GUI). El paquete *LabWindows* permite la edición de pantallas gráficas con menús, barras de opciones, controles virtuales e inclusión de imágenes PCX que, gracias al empleo de las funciones de librería, resulta muy fácil de utilizar. Un segundo aspecto que resuelve de forma brillante el paquete de desarrollo es el de las representaciones de datos, tanto las de la simulación como las de tiempo real.

Otras áreas en las que las librerías de funciones de *LabWindows* ofrecen un considerable ahorro de tiempo y esfuerzo de desarrollo son las de la programación de la tarjeta de adquisición y el análisis de los datos obtenidos.

Nuestro programa ofrece dos posibles estrategias de control: por función de transferencia y por realimentación de estados. Una vez seleccionada una de ellas y determinados los parámetros de la misma se pasa a hacer una simulación de lo que ocurriría en el sistema bajo esas condiciones. Se hace una representación gráfica de la evolución de los niveles en los tanques y de la tensión en la bomba y se espera a que el usuario elija si pasa al experimento real o si ensaya una nueva estrategia de control.

Una vez realizado el experimento real se ofrece la posibilidad de almacenar los datos en un fichero.

Algunos aspectos del programa

La figura 1 muestra el menú inicial donde se tienen las tres opciones de control (por función de transferencia de cada uno de los tanques y por realimentación de estados) además de la posibilidad de representar datos previamente obtenidos y salvados en fichero.

- Control mediante función de transferencia

Se da un nivel deseado en uno de los tanques y la función de transferencia que le corresponde. La tensión que se aplica al motor de la bomba es:

$$u(z) = c(z) + \frac{Q(z)}{P(z)} * error$$

En esta ecuación $c(z)$ es un tensión constante que se aplica a la bomba y $error$ es la diferencia entre el nivel medido y el deseado. La función de transferencia será:

$$\frac{Q(z)}{P(z)} = \frac{a_0 + \dots + a_{m-1}z^{m-1} + a_m z^m}{b_0 + \dots + b_{n-1}z^{n-1} + b_n z^n}$$

El cálculo se lleva a cabo de acuerdo al siguiente algoritmo: $Q(z)$ representa la salida (tensión) del sistema en un instante de muestreo dado mientras que $P(z)$ es la entrada, es decir, la diferencia entre el nivel deseado y el real. Para una muestra k dada tendré:

$$Q(k) = \frac{1}{b_n} \{ [a_0 P(k-m) + a_1 P(k-m-1) + \dots + a_m P(k)] - [b_0 Q(k-n) + b_1 Q(k-n-1) + \dots + b_{n-1} Q(k-1)] \}$$

donde la salida se evalúa a partir de las salidas anteriores y de las entradas anteriores.

- Control por realimentación de estados

La actuación de control en la realimentación de estados se efectúa sobre los niveles de los dos tanques siguiendo esta ecuación:

$$u(z) = c(z) + R_1 * error1 + R_2 * error2$$

En la figura 2 se puede observar la pantalla para representación de datos.

Conclusión

El tema que hemos tratado experimentalmente con éxito, puede resultar interesante para los departamentos técnicos relacionados con la industria química, farmacéutica,

petroquímica, alimentación, tratamiento de aguas y, en general, todas aquellas actividades que involucren problemas de niveles de líquidos.

Tarjeta de adquisición de datos

Características técnicas

- Resolución: 12 bits
- 8 canales de entrada
- 83Kmuestras/seg.
- Ganancia programable de 1, 2, 5, 10, 20, 50 o 100
- Entrada unipolar 0-10V o bipolar $\pm 5V$
- *Buffer* de 512 muestras
- 2 canales analógicos de salida (resolución 12 bits)
- 24 líneas de E/S digitales configurables
- 3 temporizadores independientes
- transferencia DMA

Software

Características básicas

- Escrito en lenguaje C con funciones de librería de *LabWindows*
- GUI's con menús de opciones, controles virtuales y gráficos PCX
- Programación de la tarjeta mediante funciones de librería
- Adquisición de datos mediante técnica de doble *buffer*
- Representación gráfica de datos en tiempo real
- Dos estrategias de control distintas a elegir
- Simulación de la estrategia seleccionada
- Control algorítmico mediante actuación en el motor de la bomba
- Almacenamiento de datos en fichero

Simulación y control de un sistema de dos tanques

- ☐ Control por FdT del tanque A
- ☐ Control por FdT del tanque B
- ☐ Control por Realimentacion de estados
- ☐ Leer fichero de datos
- ☐ Salir

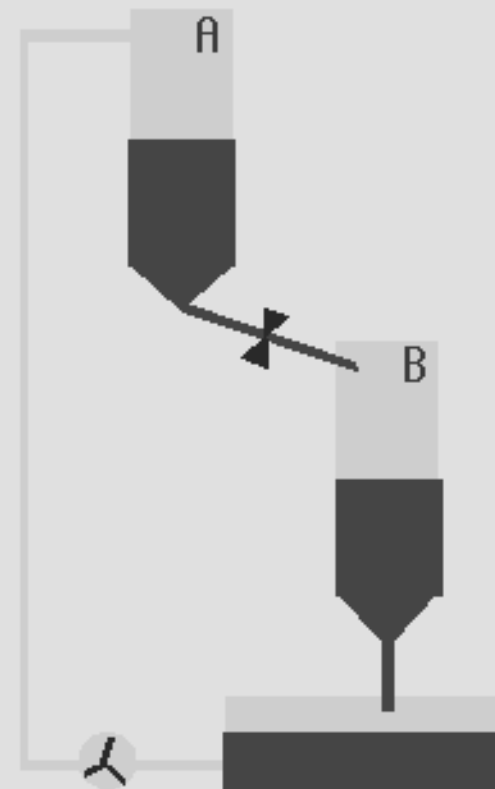


Figura 1. Menú inicial.

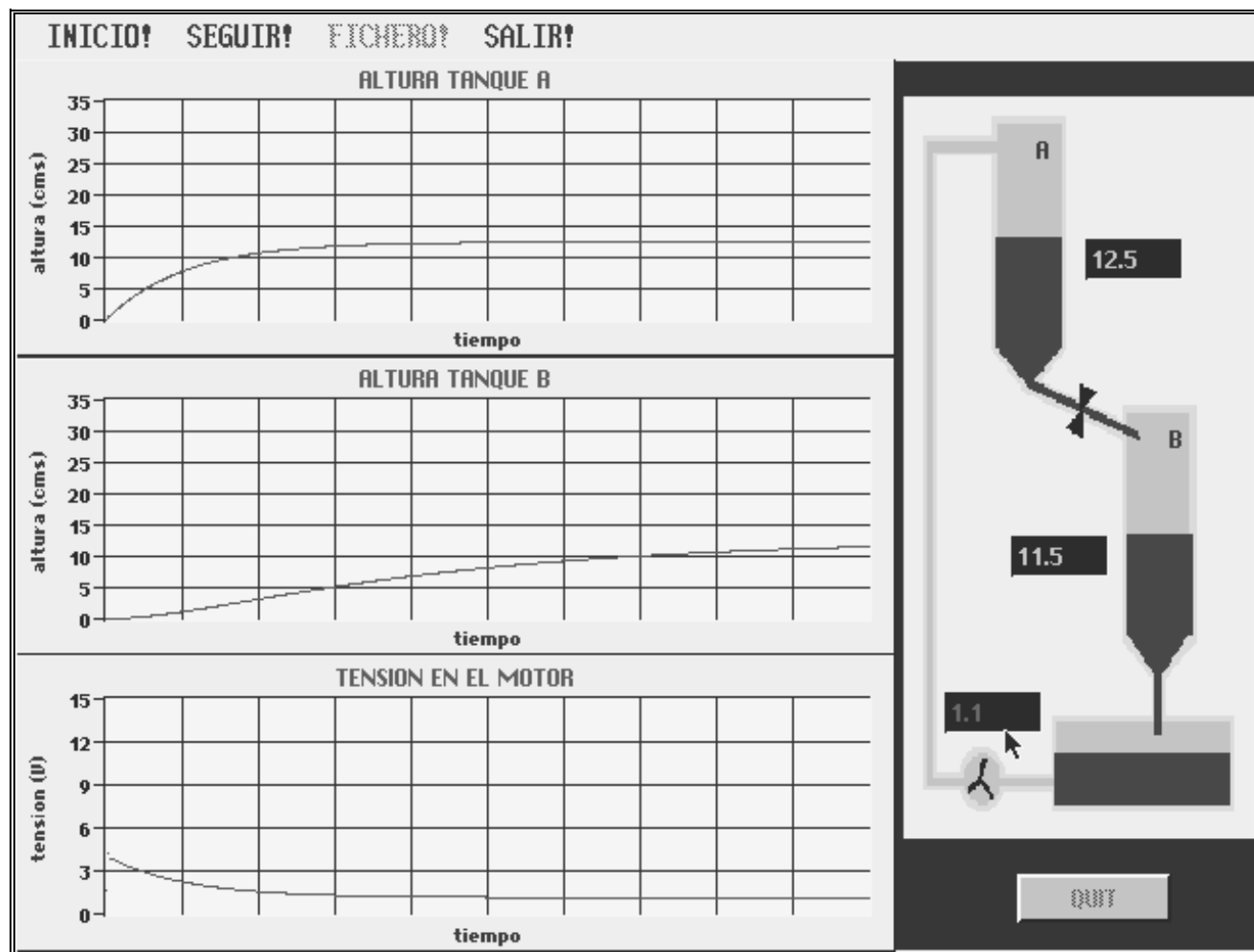


Figura 2. Representación de datos.