



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE UNA PLANTA DE NIVEL DE LIQUIDO, SISTEMA VASOS COMUNICANTES

Víctor Napoleón López Medina, Damián Perfecto Alvarado Camatón.

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

vnlopez@espol.edu.ec, dpalvara@espol.edu.ec

Resumen

El diseño y construcción de este sistema está basado en la aplicación específica de control, como en este caso la de control de nivel de un tanque. Para realizar este tipo de control se lee una variable física que luego es manipulada por un controlador en el que se ajustan sus parámetros para el funcionamiento óptimo del actuador a fin de obtener una respuesta apropiada del sistema.

El controlador se lo diseña en un computador que contiene instalado el software Labview, el cual gracias a su desempeño es ampliamente usado en la Instrumentación Virtual. El programa es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico, es de mucha utilidad debido a que cuenta con herramientas para como identificación de sistemas, diseño de control, simulación, etc.

Abstract

The design and construction of this system is based on the specific application of control, as in this case the level control of a tank. To perform this control reads a physical variable that is then manipulated by a controller in adjusting their parameters to optimal operation of the actuator in order to obtain an appropriate response of the system.

The controller design it on a computer that has installed the software Labview, which thanks to its performance is widely used in Virtual Instrumentation. The program is a graphical tool for test, control and design through programming. The language used is called G language, where the symbol G is graphic language, is very useful because it includes tools to as system identification, control design, simulation, etc.

1. Introducción

En este proyecto tenemos varias expectativas como son las de poder desarrollar un prototipo de planta configuración Vasos comunicantes, en la que se realiza un control de nivel en uno de sus tanques. Para esto hacemos uso de lo aprendido en el seminario de Labview y Adquisición de Datos.

La forma de realizar el control de nivel, es en lazo cerrado, donde nuestra variable de control es la altura de uno de los tanques. La medición se la hace a través de un transmisor de presión que genera como salida una señal de corriente eléctrica proporcional a la presión que sensa. Luego de acondicionar esta señal, se la lee por medio de una tarjeta de adquisición de datos y se procede a desarrollar el programa en el software Labview que permitirá realizar dicho control.

El programa desarrollado está formado por estas etapas: lectura de la variable controlada, controlador PID, generación de la señal que va al actuador es decir al circuito electrónico que genera una señal PWM que es usada para habilitar a las bombas que se encargan de suministrar el agua necesaria para mantener un nivel constante de agua en el tanque que se realiza el control.

2. Descripción de la planta

2.1 Montaje de la planta

El sistema de la planta de control de nivel vasos comunicantes consiste en el control de nivel de un líquido en el segundo tanque por medio de un controlador diseñado con las herramientas del software Labview. El controlador está diseñado para ejecutarse en un computador mediante el uso de las herramientas del software Labview.

La planta el cual está constituido por varios componentes:

- 1.- Tanques
- 2.- Bombas DC
- 3.- Electroválvula
- 4.- Transmisor de Presión
- 5.- Sensor de Proximidad

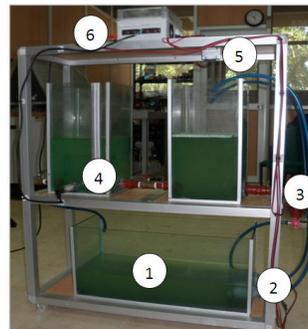


FIGURA 1 Planta de Nivel configuración Vasos Comunicantes

2.2 Descripción de los componentes de la planta

2.2.1 Tanques

En esta Planta se hace uso de 3 tanques:

- Tanque de reserva
- Tanque 1
- Tanque 2

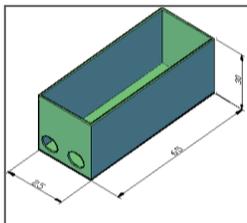


FIGURA 2 Tanque de reserva

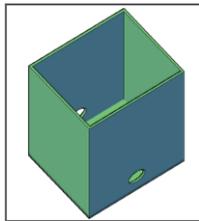


FIGURA 3 Tanque 1 y Tanque 2

2.2.2 Válvula Solenoide

La válvula electromagnética experimental, con conexiones de 90 grados, necesita una presión al comienzo. La válvula electromagnética también conveniente para medios del agua: Válvula de la lavadora, válvula electromagnética del agua, válvula electromagnética líquida, válvula electromagnética del piloto, etc.



FIGURA 4 Válvula Solenoide.

2.2.3 Transmisor de Presión

Es un Dispositivo destinado a convertir y transmitir una señal de presión, en una variación de corriente 4-20 [mA] a dos hilos para alimentarse y enviar la señal convertida al medidor.

Aprovecha los avances existentes en el campo de los sensores cerámicos con membrana de aluminio que permiten mantener unas excelentes prestaciones.



FIGURA 5 Transmisor de Presión.

2.2.4 Bombas DC

La bomba a utilizarse es la misma bomba que se utiliza en los automóviles, esta bomba funciona a 12[v].



FIGURA 6 Bomba con Motor de Corriente

Continua.

2.2.5 Diseño electrónico

En este sistema de control de nivel, configuración vasos comunicantes se realiza un acondicionamiento para las señales de entrada y salida de la DAQ, además se diseña una fuente para alimentación con salida de 12 VDC.

2.2.5.1 Diseño del circuito de Aislamiento de Control: Salida PWM y Fuerza: Troceador Clase A

A continuación se tiene un circuito que permite aislar la etapa de control y de fuerza de las bombas DC.

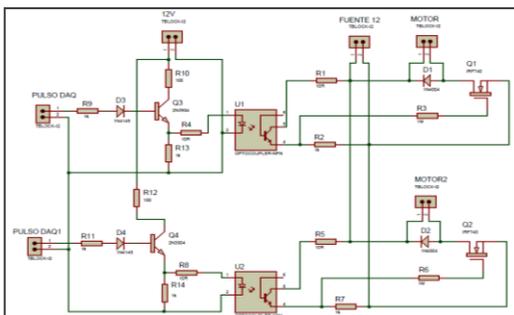


FIGURA 7 Circuito de Control y Fuerza para las bombas DC.

2.2.5.2 Diseño del circuito de Acondicionamiento para la Señal que activa la Válvula Solenoide

Se trata de un circuito, el cual su principio fundamental es enviar pulso a una electroválvula para cerrar o abrir, su funcionamiento se realiza enviando un pulso desde el programa a la tarjeta DAQ, esta recibe el pulso y lo envía a un opto triac, este a su vez envía dicho pulso a la válvula pero aislado del control que se realiza por el mismo principio que se mencionó anteriormente.

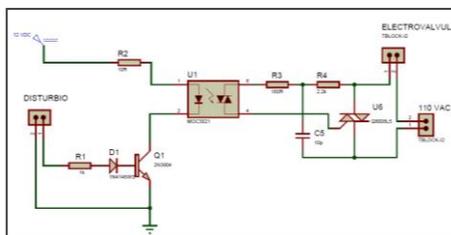


FIGURA 8 Circuito de Acondicionamiento para la señal de activación de la Válvula solenoide.

2.2.5.3 Diseño del circuito de Acondicionamiento para la Señal del Transmisor de Presión

Se trata de un circuito el cual su principio fundamental es acoplar la señal de corriente de 4 a 20 [mA] que provee el sensor de presión a una señal de voltaje, utilizamos un operacional con una resistencia para acoplar dicha señal a la tarjeta de adquisición, esto se realizó porque la tarjeta recibe señales de voltaje, mas no de corriente.

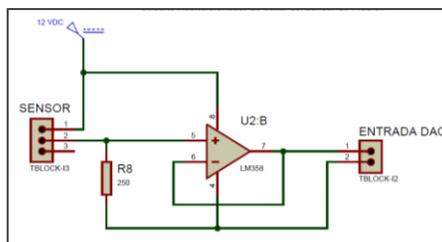


FIGURA 9 Circuito de Acondicionamiento para la señal del Transmisor de Presión.

3. Identificación de la planta

3.1 Introducción a la Identificación de Sistemas

La identificación de sistemas consiste en obtener modelos matemáticos de sistemas dinámicos basados en datos observados del sistema. Debido a que los sistemas dinámicos son abundantes en nuestro medio, las técnicas de identificación de sistemas tienen una amplia área de aplicación.

Para la identificación de la planta de control de nivel se tuvo que llevar a cabo el diseño de una etapa de experimentación, en la cual se definió la variable a medirse, la señal estímulo a ser aplicada al sistema, el periodo de experimentación, las asunciones a realizarse, en fin las condiciones bajo las cuales se realizaría el experimento.

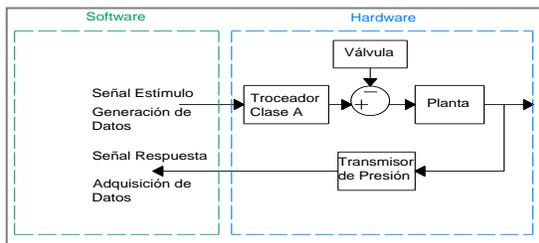


FIGURA 10 Esquema de configuración para identificación de la planta

3.2 Adquisición de datos

Para adquirir la señal de nivel que genera el transmisor de presión fue necesario acondicionar la señal por medio de un circuito formado por un amplificador operacional Im 358 y luego ser transmitida al módulo de entrada analógicas NI 6201 de la DAQ

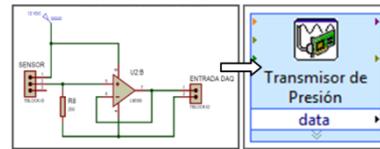


FIGURA 11 Adquisición de la señal que entrega el transmisor de Presión.

3.2.1 Señal estímulo aplicada al sistema y respuesta del sistema

Para determinar el modelo del sistema se aplica una señal de tipo cuadrada con un periodo de 100 segundos, la señal en color rojo.

La señal de color blanco es la respuesta del Sistema e decir la altura medida del nivel en el tanque a controlar.

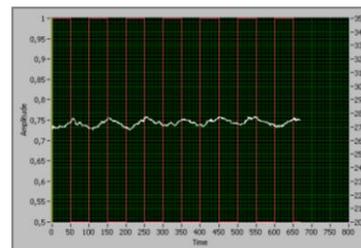


FIGURA 12 Señal estímulo y respuesta del sistema

3.3 Selección del modelo

Para la selección del modelo se realizó la prueba de aplicar una señal estímulo a la planta y luego observar su respuesta para ello se hizo uso del siguiente Vi, formado por varias etapas como:

- 1.- Adquisición y Acondicionamiento de la señal.
- 2.- Generación de la señal estímulo.
- 3.- Generación de la función de transferencia.
- 4.- Generación de la señal de control.

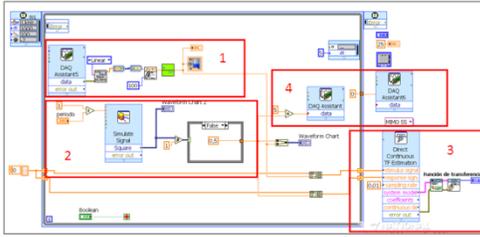


FIGURA 13 Vi usado en la Identificación de la planta.

Función de transferencia

$$\frac{-4,44089E-16s^2 + 0,00774813s + 2,60229E-6}{s^3 + 2,89624s^2 + 0,00495725s + 7,23636E-8}$$

FIGURA 15 Función de Transferencia de la planta con Labview

4. Diseño, control y simulación

4.1 Sintonización de Parámetros del Controlador

3.3.1 Simulación del modelo

A continuación tenemos los resultados obtenidos luego de realizar los respectivos ensayos, es decir aplicar una señal al sistema y obtener la respuesta del mismo.

Mediante el siguiente Vi, realizamos la etapa correspondiente a la sintonización de la planta y de esta forma obtenemos las ganancias: proporcional, integral y derivativa de nuestra planta.

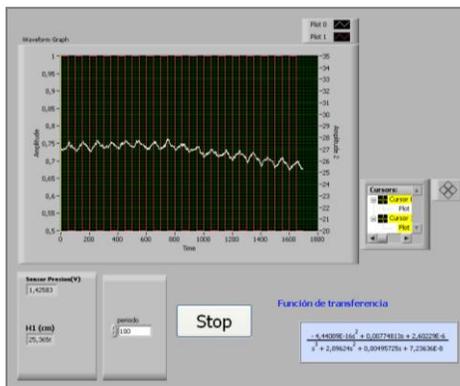


FIGURA 14 Resultados obtenidos en la identificación de la planta

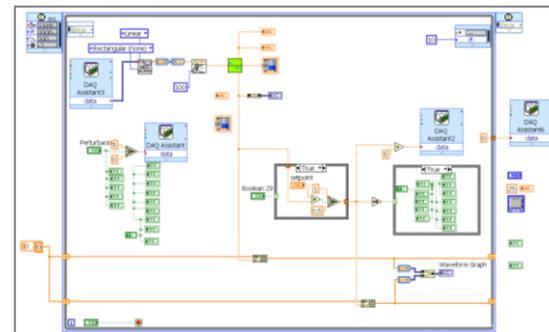


FIGURA 16 Vi utilizado para Sintonizar la Planta

Para determinar las ganancias se hace uso del método del relé de Astrom-Hagglung.

3.3.2 Modelo seleccionado para la planta

Después de realizar la prueba de aplicar la señal de estímulo a la planta y obtener una señal de respuesta el Vi genera el siguiente modelo o Función de transferencia.

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	9.6	∞	0
PI	5.4	0.016	0
PID	7.2	0.01	0.0025

4.2 Criterios de Selección del Controlador

De esta grafica obtenemos los valores: K_p y T_o , los cuales nos sirven para calcular las respectivas ganancias para los diferentes controles

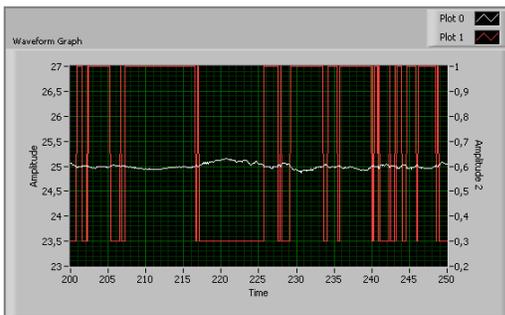


FIGURA 17 Señales obtenidas en la Sintonización de la planta

Para seleccionar el tipo de controlador tenemos que considerar la respuesta de la planta, es decir que en este caso necesitamos mantener un nivel constante por lo que optamos elegir el controlador PID, con esto tenemos las siguientes ganancias: $K_p=7.2$, $K_i=0.01$ y $K_d=0.00225$

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	9.6	∞	0
PI	5.4	0.016	0
PID	7.2	0.01	0.0025

4.3 Simulación de la Planta con Controlador

A continuación se muestra la señal de salida del controlador, que es la de color rojo, la señal en verde es la variable del proceso o sea el nivel y la blanca es el Set point o señal de referencia.

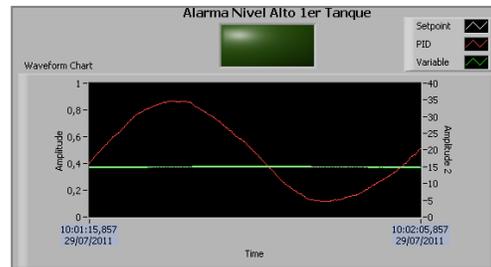


FIGURA 18 Señales obtenidas del controlador y respuesta del sistema.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Aprendimos la forma de elaborar un VI en labview para Sintonizar la planta y de esta forma poder obtener las ganancias para el controlador PID, también a Identificar la planta y obtener el modelo matemático o función de transferencia de este sistema.
- 2) Cabe recalcar que el sistema fue desarrollado bajo un punto de operación óptimo (25cm) y el control va a estar operando alrededor de ese punto. Cualquier cambio que se realice fuera de este punto de operación el control no va a reaccionar como es debido. La válvula de salida debe estar con una apertura máxima de un 20% para que este disturbio no afecte al control ya que el flujo de salida es menor que el flujo de entrada.
- 3) Es recomendable para futuro en este proyecto colocar una bomba de mayor potencia, debido a que actualmente se tienen dos bombas con capacidades distintas y de potencia muy baja para poder compensar el flujo de entrada. Haciendo ese cambio la respuesta del sistema va a mejorar porque el proceso será más rápido.

6. Referencias

[1] Carlos A. Smith y Armando B. Corripio ,Principles and Practice of AutomaticProcess Control, John Wiley& Son, Inc (Traducido por Editorial Limus"), 1985

[2] R.C. Dorf y R.H.Bishop, Modern Control System, Prentice Hall 11va Ed, Fecha de Publicación Julio 2007.

[3] Ing. Juan Gilberto Mateos Suárez, MEDICIÓN DE NIVEL, <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel/nivel1.htm>, fecha de consulta julio del 2011.