

CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LIQUIDOS

Benítez Cadena Víctor Manuel
Zalamea Balladares José Mauricio
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

El Módulo de Control de Nivel de Líquidos es equipo que permite realizar acciones de control sobre la variable nivel de líquido de un tanque a través de un sistema de control cuyo elemento principal es un PLC que comanda la apertura de una válvula ubicada a la salida del tanque, y la activación de una bomba que suministra líquido a este tanque desde un tanque de almacenamiento.

Un sensor de presión diferencial que realiza una medición indirecta a través de una sonda llena de aire, determina la presión de la columna de líquido y proporciona una salida continua que permite determinar el nivel de líquido en el tanque. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de controlar el proceso al ejecutar los lazos de control programados.

El módulo ha sido diseñado para operar en modo manual, en el cual se tiene control individual sobre cada parte del equipo, o automático el cual requiere el ingreso de un setpoint de nivel deseado a fin de que se realicen las acciones de control.

El ingreso de parámetros se lo puede realizar desde un panel de operado ubicado en la parte frontal del módulo o desde el computador por medio de una interfaz gráfica (HMI) que permite además la supervisión y adquisición de datos.

INTRODUCCION

El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño y construcción de un módulo didáctico de control de nivel de líquidos destinado a la implementación de un Laboratorio de Procesos Industriales para la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control.

El equipo esta diseñado para la realización de prácticas de laboratorio que permitan la capacitación del estudiante en el control de procesos.

El Módulo de Control de Nivel de Líquidos permite realizar acciones de control sobre la variable nivel en un tanque principal por medio de una válvula de control ubicada a la salida del tanque, y de una bomba que suministra líquido desde un tanque de almacenamiento. La válvula de control está construida de una válvula de globo cuyo vástago esta acoplado a un motor eléctrico de corriente continua que trabaja como actuador. El control de la apertura de la válvula se lo realiza realimentando la posición del vástago por medio de la señal de voltaje de un potenciómetro lineal multivuelta. El potenciómetro esta acoplado al vástago de la válvula por medio de poleas.

El nivel de líquido en el tanque se determina a través de un sensor de presión diferencial integrado para gases, el que por medio de una sonda llena de aire registra la presión de la columna de líquido y proporciona una salida continua que representa el nivel de líquido en el tanque.

El módulo ha sido diseñado para operar en modo manual, en el cual se tiene control individual sobre cada parte del equipo, o automático el cual requiere el ingreso de un setpoint de nivel deseado a fin de que se realicen las acciones de control. El ingreso de parámetros se lo puede realizar desde un panel de operador ubicado en la parte frontal del módulo o desde el computador por medio de una interfaz gráfica desarrollada con el software INTOUCH por medio de la cual se realiza la supervisión y adquisición de datos.

Todas las acciones de control son realizadas por medio de un PLC el que procesa las señales de entrada y determina las acciones a tomar para lograr las condiciones de funcionamiento deseado.



Figura 1. Módulo de Control de Nivel de Líquidos

SENSOR DE NIVEL

Uno de los principales aspectos que determina la selección del sensor de presión diferencial es el costo.

En el mercado local se encontró tipos de sensores utilizados a nivel industrial con costos muy elevados y con rangos de presión que no se ajustan totalmente a las necesidades del proceso. Es por esto que se busco una solución mas económica sin dejar a un lado el aspecto técnico y de confiabilidad del equipo, encontrándose el sensor SCX01DN, un sensor de presión diferencial para gases no corrosivos integrado del fabricante SENSYM ICT, que permite una entrada diferencial de 1 psi y una salida lineal de voltaje de 0 a 4.5 Vdc.

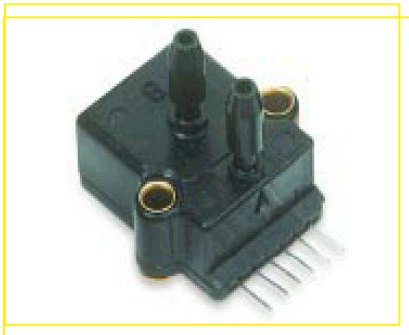


Figura 2. Sensor de presión diferencial SCX01DN

VÁLVULA DE CONTROL

Debido a los elevados costos de una servoválvula en el mercado local, se planteo la solución de construir una válvula de control, en la que el cuerpo mismo de la válvula sea adquirido en el mercado y se diseñe el actuador de la misma que controle el porcentaje de apertura de la válvula mediante

una señal de control de la misma manera como lo hacen las servoválvulas del mercado a diferencia que las últimas generalmente emplean una señal de control de 4 – 20mA , la misma que es transformada a presión mediante un convertidor IP y es la que determina el porcentaje de apertura o cierre.

Con la finalidad de ajustarse a los actuadores de las válvulas del mercado se decidió que la válvula debe recibir una señal de control, con lo que la misma debe posicionarse de tal manera que su porcentaje de apertura varíe entre 0 y 100% respectivamente.

El primer problema que se presento fue como determinar la ubicación del vástago de la válvula para así determinar su porcentaje de apertura.

La válvula admite dar aproximadamente 5 vueltas entre la posición cerrada y abierta, esto permitió acoplar mecánicamente por medio de poleas un potenciómetro de precisión lineal multivuelta de 5 K Ω (10 vueltas), el que cambia su valor dependiendo de la posición del vástago. El potenciómetro es conectado a 12 Vdc en serie con un potenciómetro de ajuste de tal manera que el voltaje entre el terminal variable y tierra tome valores para las diferentes posiciones del vástago de la válvula.

El eje de un motor de DC de 12 V esta acoplado directamente al vástago de la válvula permitiendo así el movimiento del mismo, ya sea en sentido horario o antihorario dependiendo del sentido de giro del motor.

El periodo en el cual el motor va a ser alimentado, así como también el sentido de giro son fijados por dos relés de 12Vdc cuya energización es controlada por las salida O: \emptyset /2 y O: \emptyset /3 del PLC por medio de una subrutina de control que toma la señal analógica de corriente de la entrada I: \emptyset .7 (potenciómetro de posición del vástago), y la compara con el dato del porcentaje de apertura deseado.

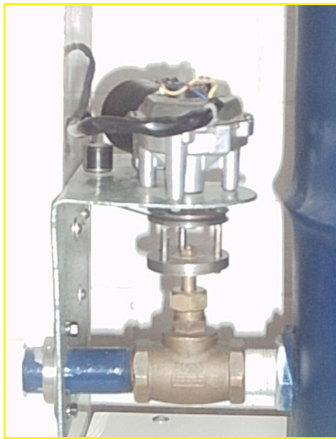


Figura 3. Válvula de control

INTERFAZ GRÁFICA

El monitoreo, control y adquisición de datos del equipo se lo realiza por medio de una interfaz gráfica desarrollada con el software INTOUCH 7.1 uno de los componentes de *Wonderware Factory Suite™* que permite la creación de HMI para Microsoft, Windows 95 (o superior) y Windows NT 4.0 (o superior) de manera fácil y rápida. Es muy versátil, de fácil manejo y posee las herramientas necesarias no solo para crear ambientes amigables al usuario sino también para una adecuada presentación y manipulación de los datos obtenidos.

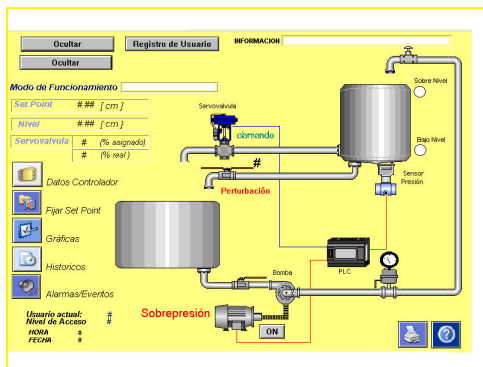


Figura 4. Pantalla del proceso representada mediante INTOUCH

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

En la actualidad la industria posee cada vez procesos productivos más automatizados, complejos y en los que coexisten una gran diversidad de elementos: PLCs, computadores, accionamientos neumáticos o eléctricos, etc.

Esto dió lugar a la aparición de los sistemas de producción flexibles que proporcionan respuestas rápidas al mercado fuertemente cambiante de hoy en día. Como resultado de todas estas necesidades se originaron los llamados sistemas de control "inteligentes" basados en conceptos de: descentralización, autonomía, monitorización, cooperación y colaboración.

Con la finalidad de representar en parte uno de estos procesos y de obtener una aplicación real para el módulo implementado de decidió utilizar el Módulo de Control de Nivel para desarrollar un surtidor de volúmenes de agua controlado (SURTIDOR DE AGUA).

Los detalles de funcionamiento del surtidor se indican a continuación.

DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

La aplicación desarrollada permite suministrar un volumen de agua, el que es obtenido del tanque de abastecimiento (tanque principal) y es desalojado por medio de la válvula de control (servoválvula).

El control del suministro se la realiza desde el computador (interfaz gráfica) donde se permite escoger el volumen de agua que se desea despachar de una lista de opciones, e iniciar el despacho del líquido.

Al iniciar la aplicación o en el caso de que el volumen a ser despachado sea mayor al existente ese momento en el tanque de abastecimiento se ejecuta una rutina de llenado del tanque, después de la cual se permite realizar nuevos despachos.

En el computador se muestra además la hora, fecha, el nombre del despachador, nivel de acceso, nivel de líquido en el tanque, el número total de litros despachados y se permite abrir una ventana con una base de datos en la que se detalla la hora y cantidad despachada.




INTERFAZ GRÁFICA PARA LA APLICACIÓN


La interfaz gráfica par el SURTIDOR DE AGUA es desarrollada en Intouch y consta de una ventana principal en la que se representa el proceso y se permite realizar las acciones de

control, una segunda ventana de selección de la cantidad de litros que se desea despachar y una ventana final en la que se muestra la base de datos de los despachos realizados.

Las partes con la que consta la ventana principal de la interfaz gráfica para el SURTIDOR DE AGUA son las siguientes. Figura 5.1

- Textos
 - “Fecha”
Muestra la fecha en curso.
 - “Hora”
Muestra la hora en curso.
 - “Por despachar”
Muestra el número de litros a ser despachado
 - “Contador”
Muestra el número total de litros despachados
 - “Despachador”
Muestra el nombre del despachador
 - “Nivel de Acceso”
Muestra el nivel de acceso del despachador (un número entre 0 y 9999)

- Botones
 - Despachador  Permite ingresar el nombre del usuario actual.
 - Clave  Permite ingresar la clave de usuario para habilitar las acciones de control.
 - Despacho  Permite iniciar el despacho de la cantidad de litros escogida en a ventana “Cantidad”

- Cantidad  Abre la ventana CANTIDAD (Figura 2.2) la que permite escoger la cantidad de litros a ser despachados.

- Reset



Deshabilita las acciones de control a espera del ingreso de un nuevo usuario.

- Base de Datos



Abre una ventana con una base datos , la que contiene lo siguiente

- Fecha
- Hora
- Cantidad total despachada
- Usuario



Figura 5. Ventana principal SURTIDOR DE AGUA

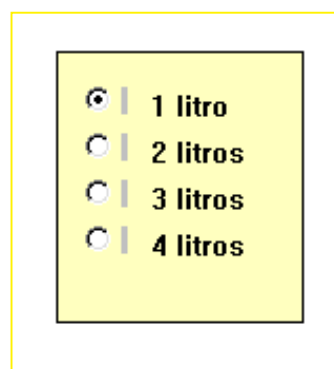


Figura 6. Ventana CANTIDAD

CONTROL DE LA APLICACIÓN (SURTIDOR DE AGUA)

Para el control de la aplicación se utiliza PLC Micrologix 1000 Analg L20AWA5A, y las siguientes entradas / salidas son requeridas:

Entradas

- Final de carrera de sobrepresión en la bomba (I:Ø/4 discreta)
- Sensor de presión diferencial (I:Ø.4 análoga 0 –10.5 V)
- Potenciómetro de posición del vástago de la válvula de control (I:Ø.7 análoga 0 –21mA)

Salidas

- Luz Principal (I:Ø/6 discreta)
- Relé del motor de la bomba (I:Ø/5 discreta)
- Luz indicadora de sobrepresión en a bomba (I:Ø/1 discreta)
- Relé de giro derecho para el motor del actuador de la válvula (I:Ø/2 discreta)
- Relé de giro izquierdo para el motor del actuador de la válvula (I:Ø/3 discreta)

PROGRAMACIÓN DEL PLC

En la aplicación escogida se requiere sacar un volumen determinado de agua, para lo cual se hace uso de la válvula de control, el sensor de nivel de líquido en el tanque y la consideración de que el tanque principal tiene una área transversal constante (Radio = 18 cm Área = 1017. 88 cm²) en el rango de alturas de 24cm a 44cm. Tomando en cuenta dicha consideración para desalojar un volumen determinado de agua la válvula debe estar abierta hasta que se cumpla la diferencia de niveles correspondiente a ese volumen con el área constante de 1017.88 cm².

El programa ladder desarrollado para el SURTIDOR DE AGUA consta de una subrutina de inicio, Subrutina ARRANQUE que se encarga de llenar el tanque de abastecimiento (Tanque Principal) hasta la altura de 44cm una vez cuando se inicia el proceso o cada vez que el volumen a sacar de líquido sea mayor al existente en el tanque.

Cuando el tanque se encuentra listo para el suministro del líquido dentro de la subrutina ARRANQUE se setea un bit de estado el que permite continuar con el resto del programa principal. Ya en el programa principal se ejecuta la subrutina LITROS que corresponde a una tabla de asignación de valores decimales de nivel a cada valor en litros que se desea desalojar (Tabla 5.1)

El ejemplo de cálculo se encuentra en el Anexo 5.1

LITROS	VALOR DECIMAL DE ΔNIVEL
1	803
2	1606
3	2409
4	3212

Tabla 1. Valores de asignación para la subrutina LITROS

Posteriormente en el programa principal cheque si es posible desalojar ese volumen de líquido haciendo una resta entre el nivel actual, el valor decimal a desalojar y comparándolo con el valor correspondiente al nivel mínimo de 24cm. Cuando el volumen no es suficiente se ejecuta nuevamente la subrutina ARRANQUE, caso contrario se abre la válvula de control hasta que se cumpla la diferencia de niveles que corresponde al volumen deseado. El inicio del proceso se lo puede hacer únicamente desde el PC por medio del botón “Despachar”

Para el control de posición de la válvula de control se utiliza la Subrutina SERVOVÁLVULA descrita en el Capítulo 3. El programa ladder para la el SURTIDOR DE AGUA se encuentra en el Anexo 5.2

CONCLUSIONES

La acción de control a ser usada en un proceso depende directamente del tipo de respuesta de la planta. La repuesta del Módulo de Control de Nivel se aproxima a la de un sistema de primer orden, por lo tanto la acción proporcional implementada para el controlador es suficiente para obtener resultados satisfactorios con un error en estado estable no mayor al 1.5 %.

El sensor de presión diferencial utilizado para determinar el nivel de líquido en el tanque presenta una característica lineal, estable y con buenos tiempos de respuesta. Esto facilita considerablemente el control de la variable ya que no es necesario realizar una regresión lineal de los datos ni tampoco se tienen tiempos muertos considerables.

El control de posición desarrollado para la válvula de globo a pesar de ser solamente un control ON/OFF presenta buenos resultados. El

posicionamiento de la válvula es controlado en todo el recorrido del vástago y el error en estado estable no es mayor al 2% en la posición.

La programación del PLC usado es sencilla y permite enfocarse en la lógica del programa. Si bien es cierto el uso de señales analógicas incrementa las aplicaciones de los PLCs en sistemas que involucran acciones de control más complejas, se debe tener en cuenta los tiempos de conversión y toma de los datos ya que se podrían tener lecturas incorrectas lo que implica acciones de control no deseadas.

BIOGRAFIA

Benítez Cadena Víctor Manuel

Lugar de nacimiento Ambato ,11 de diciembre de 1978.

Estudios secundarios en el Colegio nacional Bolívar de Ambato 1996

Estudios Superiores EPN

Ingeniero en Electrónica y control 2003

Ingeniero de proyectos TANASA.

Técnico de mantenimiento Red Monitoreo ambiental de Quito

En la actualidad, ingeniero de proyectos Ponce Hnos. S.A. donde realiza actividades de automatización industrial.

Zalamea Balladares José Mauricio

Nacido en Ambato el 28 de noviembre de 1978, estudios secundarios en el Colegio Nacional Bolívar de Ambato 1996, estudios universitarios EPN 2003 en ingeniería en electrónica y control, Operador de un aplanche de generación de energía 5.2 MW lago agro ecuador para Petroproducción por aproximadamente un año, actualmente Junior Field Enginner paraSLB, Macae Brasil.