

Reingeniería Aplicada a una Estación Compacta de Procesos (ECP)

Gudiño-Lau Jorge, Ramírez-Chora Ricardo, Ríos-Cortez Felipe y Raúl Martínez Venegas
jglau@ucol.mx, chora@ucol.mx, frcortez@ucol.mx, rmvenegas@ucol.mx

Universidad de Colima
Facultad de ingeniería Electromecánica
Km. 20 Carretera Manzanillo-Barra de Navidad

Resumen

Este artículo presenta un análisis de la reingeniería y la aplicación de la misma, que consiste en la adaptación de un sistema de arquitectura cerrada a un sistema de arquitectura abierta aplicada a una estación compacta de procesos. Existen pocos laboratorios con sistemas no lineales en arquitectura abierta, por esta razón se aplicó reingeniería a una ECP. Esto con la finalidad de aplicar la teoría desarrollada en el aula, a un sistema real, tal como se hace en la industria.

A la ECP se le diseñó las etapas de potencia y protección, así como una tarjeta de adquisición de datos para controlar las variables de presión, nivel, flujo y temperatura; asimismo la combinación de las variables.

Asimismo se describen las características principales de la ECP, se analiza la estructura del sistema para aplicarle las técnicas de ingeniería inversa y reingeniería y se presentan resultados de las adecuaciones implementadas.

1. Introducción

La Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Colima se tiene con tres módulos de procesos de arquitectura abierta, dos de control de nivel y uno de control de presión; los tres diseñados e implementados en la Facultad.

En la industria se tienen módulos de arquitectura cerrada; por otra parte los fabricantes de módulos didácticos siempre lo diseñan en arquitectura cerrada, lo que limita a los estudiantes implementar sus propios controladores diseñados y analizados en el salón de clases. La ECP esta limitada ya que utiliza un control clásico PID para controlar una sola variable, no puedo controlar dos al mismo tiempo. Actualmente existen muy pocos módulos didácticos en arquitectura abierta y que permitan implementar cualquier tipo de control [2,3]. A la ECP

se le aplica la técnica de reingeniería, para pasarla arquitectura cerrada a arquitectura abierta, lo que permitirá a los estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado aplicar algoritmos de control no lineal diseñados por ellos mismos, además permitirá controlar una o varias variables de proceso al mismo tiempo [1,4,5].

2. Descripción de la estación compacta en arquitectura cerrada.

El Modulo Didáctico ECP es de la firma FESTO y es mostrado en la Figura 1, tiene cuatro sensores y tres actuadores, que son manipuladas por un control PID industrial. La ECP permite trabajar con cuatro variables de forma independiente [2,4].

Las variables que se pueden controlar son de nivel, presión, caudal y temperatura, todas son controladas por un controlador industrial digital Burkert tipo 1110.



Fig. 1 Estación Compacta de Procesos (ECP)

Para ello se tiene cuatro sensores uno de presión analógico tal como se observa en la Figura 2, un sensor de flujo o caudal como se muestra en la Figura 3, el sensor ultrasónico para medir el nivel es mostrado en la Figura 4 y el sensor de temperatura en la Figura 5.



Fig. 2 Sensor analógico de presión.



Fig. 3 Sensor de flujo o caudal.



Fig. 8 Sensor ultrasónico

Además, la ECP tiene tres actuadores, en la Figura 6 se muestra bomba centrífuga, la válvula proporcional se observa en la Figura 7 y unidad de calefacción es mostrada en la Figura 8.



Fig. 5 Sensor temperatura.



Fig. 6 Bomba centrífuga



Fig. 7 Válvula proporcional



Fig. 3 Unidad de calefacción

Además, tiene un controlador industrial digital Burkert tipo 1110 para manipular la cuatro variables, tal como se observa en la Figura 9.



Fig. 9 Controlador industrial digital Burkert

3. Estación compacta en arquitectura abierta.

Para obtener una estación compacta de procesos en arquitectura abierta, se implemento la técnica de reingeniería.

Una de las principales ventajas de tener el sistema en arquitectura abierta, es manipular una o varias variables de la ECP y además implementar algoritmos de control diseñados en las aulas [2,3].

A la ECP se aplica reingeniería de tal forma que puede funcionar de las dos maneras, en arquitectura cerrada si se quiere implementar como se una en la industria y en arquitectura abierta, para el caso que los estudiantes o investigadores quieran aplicar sus propios algoritmos de control. En la Figura 10 se muestra la ECP terminada en arquitectura abierta. Las salidas de todos los sensores (presión, nivel, temperatura y flujo) con un estándar de 0 a 10volts de corriente directa, asimismo las entradas para controlar los actuadores como son: el resistor, válvula y bomba, cada uno con sus respectivas indicaciones del rango de voltaje que se les puede suministrar [4].



Fig. 10 Estación compacta de procesos en arquitectura abierta

En la Figura 11 se muestra un interruptor rojo tiene la función de cambiar la manera de controlar la bomba, directa o indirectamente a través de la alimentación de la válvula, ya que existe una relación proporcional de alimentación entre válvula y bomba.

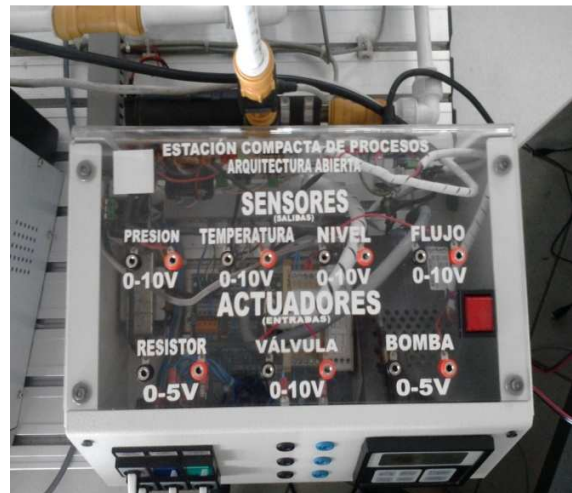


Fig. 11 Estación compacta de procesos en arquitectura abierta

El control de fábrica es sustituido por una tarjeta de adquisición de datos de la marca NI, controlado a través del software Simulink de Matlab.

3.1 Reingeniería del sistema de flujo

El sensor del sistema de flujo proporciona una señal análoga de frecuencia con rango de 0-1000Hz, se realizó reingeniería y se implemento un convertidor frecuencia-voltaje que fue tomado de la hoja de datos del circuito integrado LM331(V-F converter), el cual se combinó a una serie de amplificadores operacionales como son: un seguidor de tensión que sirve para el acoplamiento de un

amplificador de ganancia 1:10 y se introdujo la señal a un amplificador inversor ya que a la salida del amplificador de ganancia genera una señal negativa, por eso es necesario la inversión del voltaje. Tal como se observa en la Figura 12.

La relación que se obtiene en nuestro convertidor de frecuencia-voltaje debe ser una relación 100Hz:1v, lo que quiere decir, que para una entrada de 0-1000Hz, se tiene a la salida 0-10volts.

3.3 Reingeniería del sistema de presión

Para el sistema de presión, el sensor por fábrica genera una señal analógica de voltaje con un rango de 0-10volts, se aplica la reingeniería al emplear un seguidor de tensión, ya que permite acoplar una señal de manera más fácil y segura. Dicho circuito se muestra en la Figura 14.

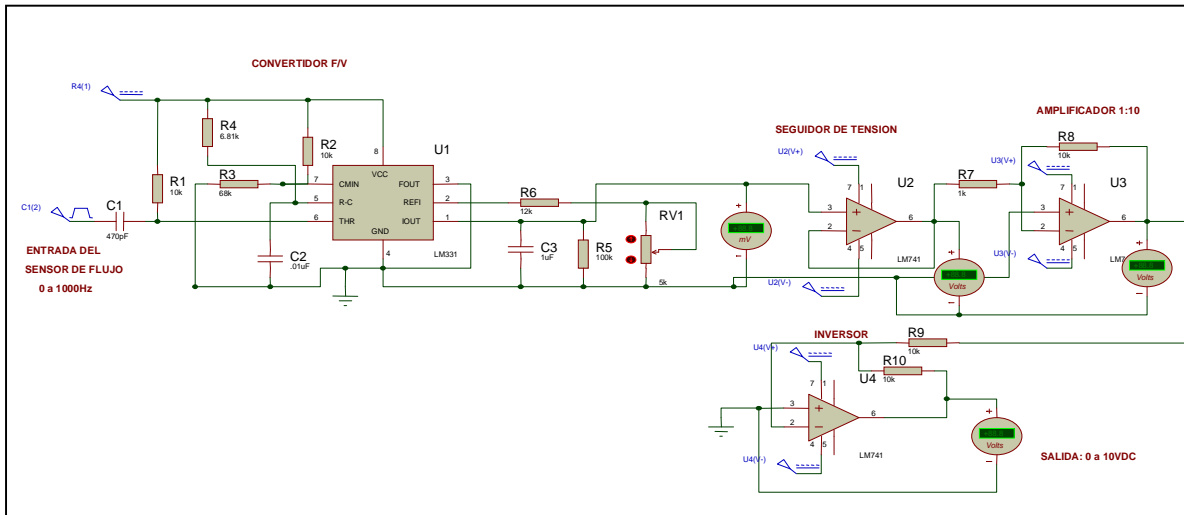


Fig. 12 Convertidor de frecuencia-voltaje.

3.2 Reingeniería del sistema de nivel

En el sistema de nivel, el sensor proporciona una señal analógica de corriente de 4-20 miliamperios, la reingeniería consiste en estandarizar la señal con un rango de 0-10volts, para ello se emplea un convertidor de corriente a voltaje, con una salida 0 a 5 volts y acoplarlo a un amplificador no inversor de ganancia 1:2. Tal como se ilustra en la Figura 13.

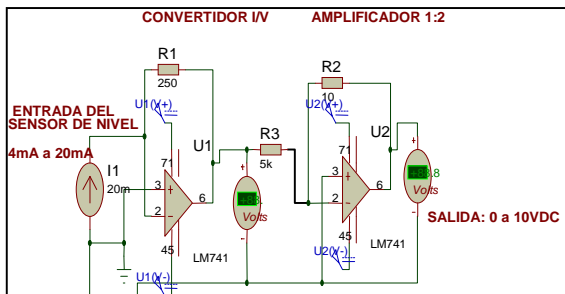


Fig. 13 Convertidor de corriente-voltaje.

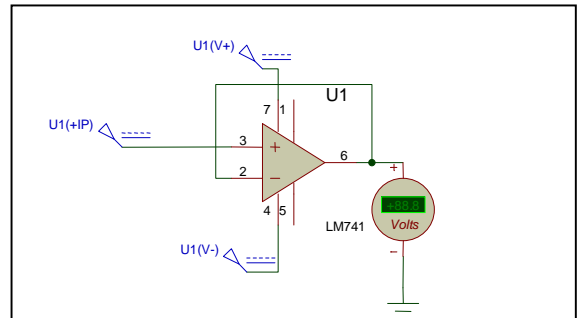


Fig. 14 Seguidor de tensión.

3.4 Reingeniería del sistema de temperatura

En el sistema de temperatura, se realiza la reingeniería al adquirir un transmisor PT100, el cual para generar los 4-20miliamperes a la salida, se tiene primero que calcular la resistencia de carga de acuerdo a la formula (1), donde V es el voltaje de alimentación del transmisor y Rload la resistencia de carga.

$$R_{Load} = \left(\frac{V - 5}{0.021} \right) \quad (1)$$

Por la resistencia de carga (330 ohms) circula un voltaje de 1-5volts, para cumplir con el estándar de 0-10volts, se acopla a un amplificador inversor con ganancia 1:2 y después a un inversor para tener una salida positiva, tal como se muestra en la Figura 15.

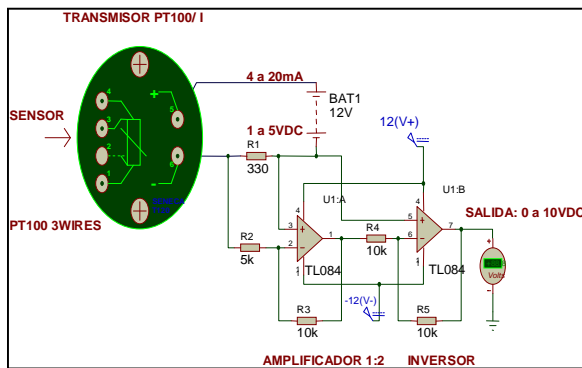


Fig. 15 Convertidor PT100-voltaje.

3.5 Etapa de potencia de la bomba centrífuga.

La ECP tiene una bomba que es alimentada con 24volts de corriente directa y consume una corriente máxima de 0.5amperios, la reingeniería consiste en construir una etapa de potencia para proteger a la tarjeta de adquisición de datos y manipular el trabajo de la bomba con un rango de 0-5volts, tal como se ilustra en la Figura16.

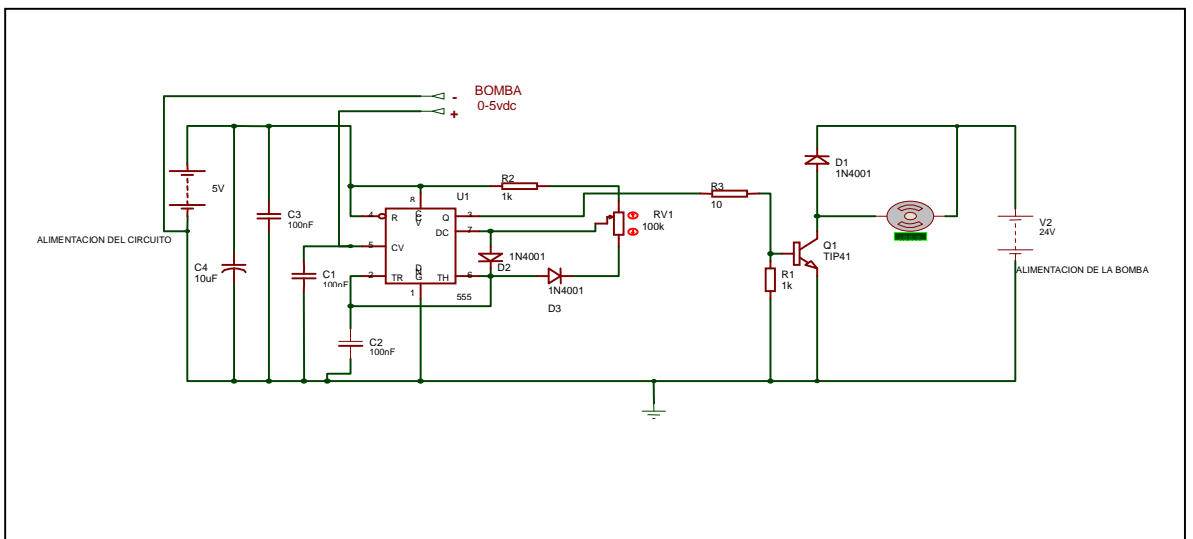


Fig. 16 Etapa de potencia de la bomba centrífuga.

El circuito indicado para obtener el resultado deseado es un PWM (modulación por ancho de pulso) que regula la corriente suministrada a la bomba, para así obtener un trabajo de 0-100%, tal como se muestra en la Figura 16.

3.6 Etapa de potencia para la unidad de calefacción.

La unidad de calefacción tiene en su interior un relevador, que es el encargado de activar o desactivar la alimentación de dicha unidad, la reingeniería consiste en diseñar un amplificador no inversor con ganancia 1:3.7, ya que el relevador se acciona después de los 14volts y se desactiva cuando se le suministra menos de 4volts, en la Figura 17 se muestra el circuito.

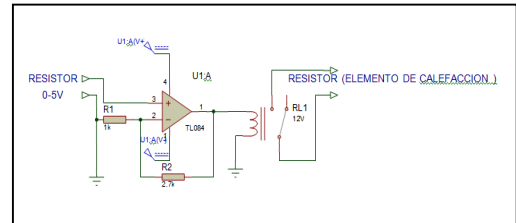


Fig. 17 Etapa de potencia de la unidad de calefacción.

3.7 Etapa de potencia de la válvula proporcional.

La reingeniería en la etapa de potencia de la válvula que se muestra en la Figura 18, consiste en construir un seguidor de tensión acoplado a unos transistores para aislar la tarjeta de adquisición de datos de la corriente que pueda demandar la válvula.

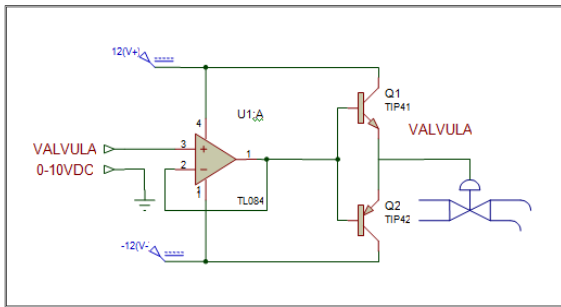


Fig. 18 Etapa de potencia de la válvula.

4. Resultados experimentales

Para verificar que la ECP funciona de forma correcta en arquitectura abierta, se realizaron varios experimentos, los cuales consisten en adquirir las señales de los cuatro diferentes tipos de sensores y se le suministro voltaje a los actuadores, esto con una tarjeta de adquisición de datos de la marca NI a través del software Simulink de Matlab; todo esto con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento. La Figura 19 muestra el diagrama de bloques utilizados en Simulink, para realizar los experimentos.

4.1 Adquisición de la señal de nivel.

En esta prueba se le suministró a la bomba 5volts y se registro la señal que el sensor proporciona al aumentar y disminuir el nivel de agua del tanque como se muestra en la Figura 20.

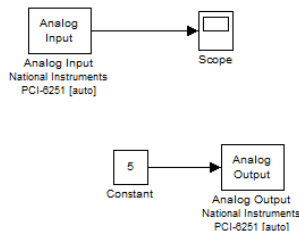


Fig. 19 Entrada y salida de datos en Simulink con DAQ NI PCI 6251

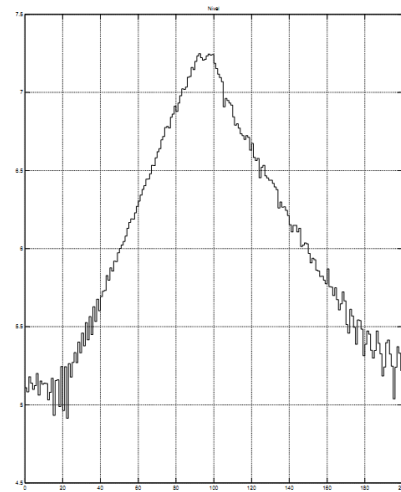


Fig. 20 Registro de la señal del sensor de nivel.

Asimismo se realiza la misma prueba a los demás sensores y actuadores.

5. Conclusiones

Se aplicó reingeniería a la ECP y se realizó pruebas experimentales para verificar el funcionamiento correcto. La tarjeta de adquisición de datos mando señales de voltajes a los actuadores y estos respondieron a las señales de voltaje, de igual forma se adquirió las señales de los sensores. Lo que se demuestra que cumple el objetivo de aplicar reingeniería a la ECP. Ahora esta ECP se le puede aplicar los algoritmos de control que se diseñen en las aulas o centros de investigaciones.

6. Referencias

- [1] Boylestad, N. "Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos". Ed. Perason, México, 8va. edición, 2003.
- [2] Ogata, K. "Modern Control Engineering", Ed. Pearson Higher Education, cuarta edición, 2008.
- [3] Ogata, K. "Problemas de Ingeniería de Control utilizando Matlab", Editorial Prentice Hall, España, 1ra edición, 1998.
- [4] Pallas, R. "Sensores/condicionadores de señal". Ed. Alfaomega, México, 4ta edición, 2005.
- [5] Rachid, M. "Electrónica de Potencia". Ed. Pearson Educación, México, 4ta edición, 2004.