

Controlador de temperatura con rampa de calentamiento

Chávez González Alonso¹, Morales Sánchez Eduardo², Juan Manuel Ramos Arreguín¹

Universidad Tecnológica de San Juan del Río¹
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro².
alen_c40@yahoo.com.mx¹, emoraless@ipn.mx², jsistdig@yahoo.com.mx¹

Resumen

En la actualidad existen distintos controles de temperatura, pero no todos permiten controlar utilizando una rampa de calentamiento programable. El presente trabajo consiste en el diseño y construcción de un controlador PID con rampa de calentamiento. La metodología de diseño se basó en el diseño por módulos. Se utilizó el lenguaje LabVIEW para hacer el programa de control y una tarjeta de adquisición de datos DAQ-USB de 10 bits. Se aplicaron VI de control de LabVIEW para implementar el control PID con rampa.

Palabras clave: sensor de temperatura, adquisición de datos, control PID, rampa de calentamiento programable.

1. Introducción

En la industria existen muchos procesos que requieren ser monitoreados y controlados pero al mismo tiempo la información obtenida debe ser entendible para todas las personas. La temperatura es uno de los parámetros más importantes que la industria monitorea y controla. La mayoría de los controles de temperatura industriales son del tipo PID con "setpoint" es decir se da un valor de temperatura y el control lleva la temperatura del proceso a ese valor que se dio. El control PID es el tipo de control retroalimentado más usado y robusto debido a que su ley de control, esta basado en minimizar el error [1].

Sin embargo tanto en la industria como en la academia se tienen procesos que requieren que la temperatura no suba abruptamente a un valor fijo sino que la temperatura se vaya incrementando poco a poco hasta alcanzar el valor deseado; a este tipo de control se le denomina de control de rampa controlada. Ver Figura 1.1.

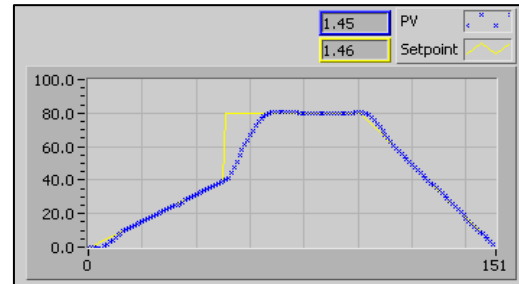


Fig. 1.1 Rampa programable

El presente trabajo consiste en diseñar y construir un controlador de temperatura que tenga la característica de ser un control retroalimentado tipo PID y que permita el control de temperatura por rampa de calentamiento.

El sistema propuesto al que se le controlará la temperatura será una chaqueta de resistencia eléctrica para un extrusor.

2. Metodología

La metodología a seguir será:

- Especificaciones
- Propuesta de diseño por módulos.
- Diseño eléctrico de cada módulo.
- Implementación eléctrica de cada módulo.
- Unir eléctricamente los módulos.
- Prueba del sistema.
- Diseño del programa.
- Prueba del sistema y programa.

Los materiales a utilizar son los siguientes:

Lenguaje LabVIEW 8.0
Resistencia de chaqueta para extrusor de 300 watts
DAQ USB 6008 de NI.
Computadora personal
Circuitos integrados varios.

2.1. Especificaciones

El diseño de un nuevo dispositivo electrónico comienza con la definición de especificaciones, las cuales se dan en función de las necesidades. Por lo tanto las características que debe cumplir el sistema a desarrollar son:

- Control PID
- Control de temperatura por rampa
- Temperatura máxima de control de $400^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Temperatura mínima de control: temperatura ambiente.
- Medición de temperatura
- Actuador a una potencia máxima de 300 watts a 120 VAC.
- Adquisición de temperatura.

2.2. Diagrama a bloques

De acuerdo a las especificaciones se propone un diseño por módulos en el que cada modulo realiza una función específica del sistema a diseñar. Los módulos propuestos son:

- Módulo Resistencia
- Módulo Medidor de temperatura
- Módulo Adquisición de temperatura
- Módulo control PID con rampa de temperatura
- Módulo Actuador

La Figura 2.1 muestra el diagrama de módulos para propuesto para el control PID con rampa de calentamiento a diseñar. Se puede observar que se tiene un módulo "PID" el cual realiza el control, un modulo "adquisición" de datos para obtener el valor de temperatura, un modulo "actuador" para aplicar potencia al modulo "R" que consiste en la resistencia a controlar o planta y un modulo medidor de temperatura para cerrar el lazo de control.

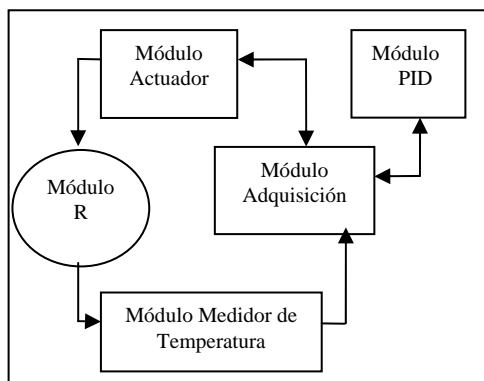


Fig. 2.1 Módulos del sistema de control

Este sistema de módulos permitirá modificar inmediatamente los valores de PID del control porque el programa esta dentro de la PC.

2.1. Diseño eléctrico de los módulos propuestos

2.3.1 Módulo R

Este módulo corresponde al dispositivo físico que va a calentarse. Consiste de una resistencia eléctrica tipo chaqueta para extrusor (Figura 2.2). La resistencia utilizada tiene las características siguientes: Resistencia de chaqueta de 120 Vac a 300 Watts.



Fig. 2.2 Resistencia eléctrica para extrusor

2.3.2 Módulo Medidor de temperatura

Este módulo consiste en medir la temperatura de la resistencia. El sensor que se va a utilizar para medir la temperatura es un Termopar del tipo K. Tiene un rango de temperatura de -200°C hasta $+1200^{\circ}\text{C}$.

Como la especificación es medir una temperatura máxima de 400°C , el termopar cumple con esta restricción en diseño.

Debido a la señal de voltaje tan pequeña que genera un termopar, se recomienda utilizar circuitos integrados de amplificación. Un circuito integrado que sirve para medir los termopares, es el AD595. La figura 2.3 muestra el diagrama eléctrico propuesto para este bloque.

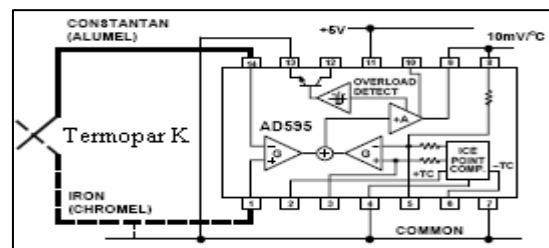


Fig. 2.3 Circuito Integrado AD595 y Termopar tipo K

2.3.3 Módulo de Adquisición

Se propone para este módulo utilizar una Tarjeta de adquisición de datos con comunicación USB a la computadora. En específico se usará la DAQ-USB 6008 de National Instruments, la cual es una tarjeta de adquisición de datos de 10 bits. Esta tarjeta tiene ADC y DAC así como I/O analógicas y digitales.

2.3.4 Módulo Actuador

Este módulo realiza la tarea de proporcionar la potencia hacia la resistencia a calentar. Se propone un diseño eléctrico compuesto por un relevador de estado sólido con entrada 4-30 VDC y salida 100-220 VAC. Se utilizará un transistor bipolar tipo BC547 para amplificar en corriente el voltaje de entrada al relevador. La Figura 2.4 muestra el diagrama eléctrico propuesto.

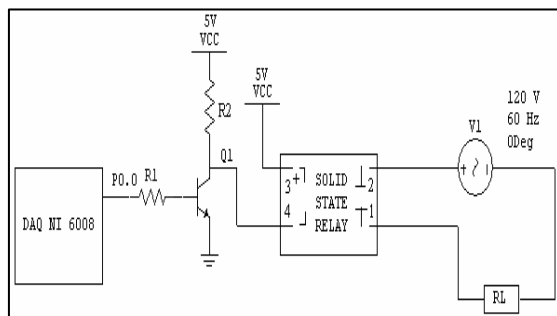


Fig. 2.4 circuito eléctrico, transistor y relevador de estado sólido

2.3.5 Módulo PID

Este módulo corresponde a la programación del controlador PID con rampa de calentamiento. Se utiliza una computadora en la cual se programa el controlador PID, se introducen los parámetros del control PID y realiza la rampa de calentamiento. El software utilizado es el LabVIEW 8.0. Cabe mencionar que el programa LabVIEW proporciona programas especiales denominados VI tales que hacen funciones específicas de control. Se tiene un VI denominado "PID" el cual es un programa que ya tiene programado un control PID [2] [3]. También se utilizará el VI denominado "setpoint profile" el cual es un programa que permite calcular los parámetros de una rampa de calentamiento para introducir los datos al VI "PID". La Figura 2.5 muestra un fragmento del programa en donde se puede observar como se conectan los VI "PID" y "Setpoint profile" para tener un control PID con rampa de calentamiento. La salida del control PID se programa

de tal manera que sea una señal continua de 0 a 1 normalizado.

El programa realizado convierte la señal de control de 0 a 1 en una señal modulada por ancho de pulso PWM para ser enviada al modulo actuador. Se utiliza una salida digital del DAQ USB para enviar la señal PWM al actuador El tiempo de ciclo es de 0.2 segundos.

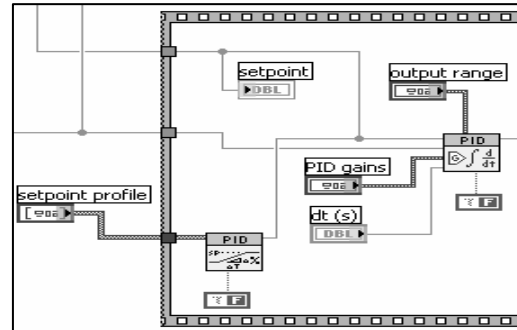


Fig. 2.5 VI "PID" y "Setpoint Profile"

3. Pruebas y resultados

Antes de probar todo el sistema, se realizaron pruebas con cada uno de los módulos para comprobar que estuvieran funcionando correctamente. Se unieron los módulos y se realizaron pruebas para el funcionamiento completo.

Un paso muy importante es la obtención de los valores de los parámetros del control PID (K_p , K_i y K_d). Para determinar estos parámetros (K_p , K_i y K_d para el control PID) se aplicó la metodología de Ziegler- Nichols [4] la cual consiste en:

- Ajuste los valores de K_i y K_d a cero.
- Ponga un valor arbitrario de banda proporcional y observe los resultados del control.
- Si la K_p introducida origina un proceso de oscilación, incremente gradualmente K_p hasta que la oscilación desaparezca. Esta K_p es P_c .
- Si la K_p introducida no produce oscilaciones, disminuye gradualmente K_p hasta tener una oscilación constante. Esta K_p es P_c .
- Mida el periodo de tiempo (T_c) de un ciclo de oscilación constante. Los parámetros PID son determinados de la siguiente forma:
 Banda proporcional (P_b) = $1.7 P_c$
 Tiempo Integral (T_i) = $0.5 T_c$
 Tiempo Derivativo = $0.125 T_c$

Se realizaron programas para probar cada módulo y para probar la unión de estos, así como también para obtener los valores de K_p , K_i y K_d para el control PID. Por último se incorporó al programa de control PID una subrutina para poder controlar la temperatura como rampa de calentamiento.

Se realizaron pruebas con el programa final. El programa final permite graficar la temperatura medida en la resistencia, la temperatura calculada para la rampa de calentamiento, la señal de error, el número de muestras y todos los datos de temperatura se guardan en un archivo de datos para su posterior procesamiento. La figura 3.1 muestra la interfaz de usuario del programa de una rampa de temperatura que va de 27 °C a 80 °C en 7 minutos, se mantiene en 80° C por 2 minutos y se enfría hasta temperatura ambiente. La figura 3.2 muestra el dispositivo construido.

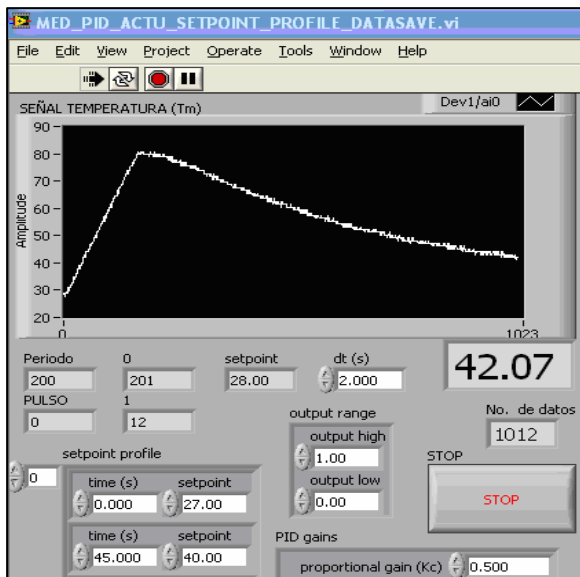


Fig. 3.1 Interfaz de la rampa de calentamiento



Fig. 3.2. Dispositivo construido del controlador de temperatura con rampa de calentamiento.

4. Conclusiones

Se logró el diseño y la construcción de un controlador de temperatura tipo PID con rampa de calentamiento.

La metodología de diseño utilizada fue por módulos, permitiendo cumplir con las especificaciones dadas para el controlador. Se realizó un programa en LabVIEW, por medio del cual se puede visualizar la temperatura, la señal de error. La salida del controlador PID de 0 a 1, se convirtió en una señal PWM para controlar a la resistencia de 300 watts.

El funcionamiento del controlador de temperatura PID con rampa de calentamiento funciona adecuadamente.

Se recomienda para un trabajo futuro incorporar en el programa una opción para auto-sintonizar al control PID.

Referencias

- [1] Bañuelos M., Castillo J., Rayo G., Quintana S., Damián R., Pérez. J. “*CONTROLADOR PID DE TEMPERATURA DE TIPO DIDÁCTICO*”, Laboratorio de Electrónica, Centro de instrumentos, UNAM, 10 Páginas., México D.F.
- [2] Delibas A., Turker T., Cansever G. “*Real-Time DC Motor Position Control by Fuzzy Logic and PID Controllers Using LABIEW*”, Dept. of Electrical Eng., Yildiz Technical University, 6 pages.
- [3] Página de Internet National Instruments., “*LabVIEW PID Control Toolkit User Manual*”,. Página web <http://digital.ni.com/manuals.nsf/websearch/23880AD630A3C0E386257181007356B0>
- [4] Manual No. 14 . “*Microprocessor Based Auto Tune PID Controller*”. OGDEN. 1994. Ogden Manufacturing Co.