



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google
Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Desarrollo de plataforma experimental para evaluar el desempeño de controladores PID en un sistema térmico

Authors: CERECERO-NATALE, Luis Fidel, KAUIL-KAUIL, Jesús Alejandro, PUC-MAY, José Gerardo, CHAN-AC, Irvin Arlin

Editorial label EORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-169

BCIERMMI Classification (2019): 241019-169

Pages: 17

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: EORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Agenda

- 1 Introducción
- 2 Interfaz de control gráfica
- 3 Controlador PID
- 4 Experimentación
- 5 Conclusiones

Introducción

La ingeniería de control es una disciplina que se enfoca en modelar matemáticamente una gama diversa de sistemas dinámicos, el diseño de controladores que harán que estos sistemas se comporten en la manera deseada. Dispositivos como circuitos eléctricos, procesadores digitales y los microcontroladores son muy utilizados en todo sistema de control moderno. La ingeniería de control tiene un amplio rango de aplicación en áreas como los sistemas de vuelo, de propulsión de los aviones de aerolíneas, militares, en la carrera espacial y últimamente en la industria automotriz.

Prototipo experimental

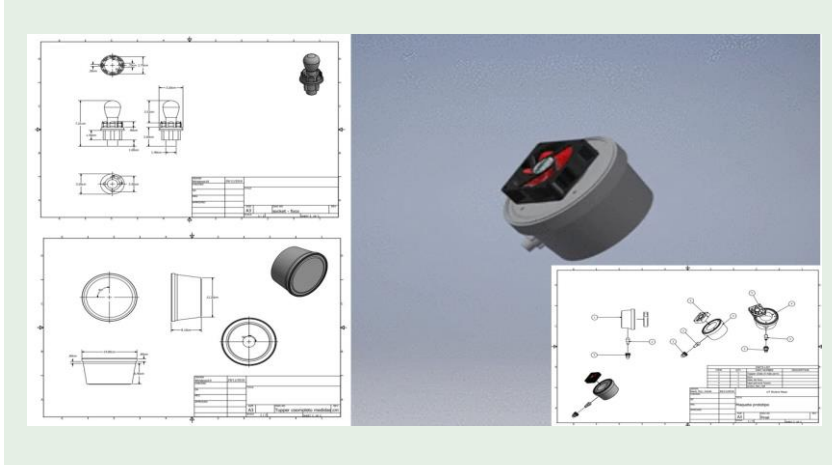
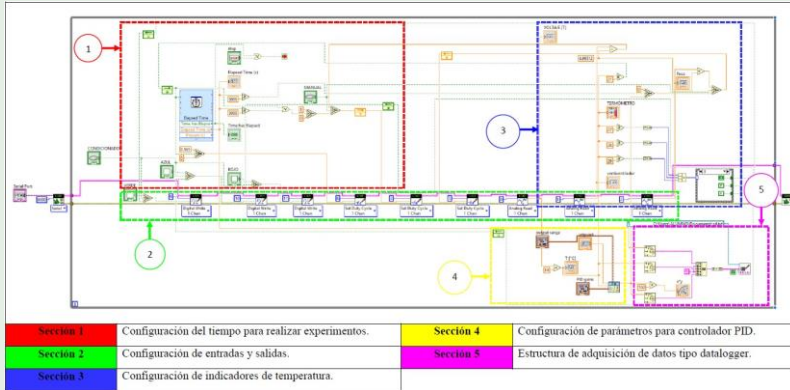


Diagrama de bloques de programación con LabVIEW



Icono y descripción de los componentes utilizados

Bucle	Puerto serial	Serie abierta	Control matriz	Booleano	Escritura digital	Control matriz	Nodo de retroalimentación	Lectura analógica de 1 canal
Regre el código dentro de su subprograma hasta que se produce una condición específica. Un bucle siempre se ejecuta al menos una vez.	Abre una conexión serie a un dispositivo LINUX remoto.	Abre una conexión serie a un dispositivo LINUX remoto.	Convierte múltiples matrices o agrega elementos a una matriz de n dimensiones.	Número puede ser un número entero, una matriz o un grupo de elementos a una matriz de n dimensiones.	Escribe los valores en los canales de salida digital especificados.	Convierte múltiples matrices o agrega elementos a una matriz de n dimensiones.	Almacena datos de una ejecución de VI a través de bucle a la siguiente.	Lee el valor del canal de entrada analógico especificado.
Funciones booleanas:	Funciones de comparación (menor o igual):	Verdadero o Falso	Booleano a (R, I)	Funciones de comparación (multiplicador)	PID Vn	Conexión: PID	Número la cadena fraccionaria	Funciones de comparación (seleccionar)
Calcula el OR. Regre de las entradas. Ambas entradas deben ser valores booleanos, valores numéricos o grupos de errores. Si ambas entradas son FALSO, la función devuelve FALSO. De lo contrario, devuelve VERDADERO.	Devuelve VERDADERO si x es mayor o igual que y . De lo contrario, esta función devuelve FALSO. Puede construir el modo de comparación de esta función. Puede comparar una matriz o agrupación de un tipo de datos con un escalar del mismo tipo de datos y generar una matriz o agrupación de valores booleanos. El panel del conector muestra los tipos de datos predefinidos para esta función polimórfica.	El uso del punto decimal del sistema define el separador decimal. Si es VERDADERO (predefinido), el separador decimal usa el separador decimal localmente. Si es FALSO, el separador decimal es un punto.	Convierte un valor FALSO o VERDADERO localmente en un estado de 16 bits con un valor de 0 o 1, respectivamente.	Devuelve el producto de las entradas. Si conecta dos valores de forma de canal a dos valores de tipo de datos analógicos a esta función, aparecen mensajes de error err y err out en la función. El panel del conector muestra los tipos de datos predefinidos para esta función polimórfica.	El algoritmo PID presenta un límite de rango de salida de control con salida de controlador anti-deriva y una perturbación del integrador para control de ganancia PID. Utilice la instancia DBL de este VI para implementar un solo bucle de control. Utilice la instancia DBL Array para implementar el control paralelo de múltiples bucles.	Las ganancias PID especifican la ganancia proporcional, el tiempo integral y el porcentaje de derivada del controlador.	Convierte el número a un formato F (notación fraccional), cadena de punto fijo o un ancho de caracteres de ancho n más ancho si es necesario. El panel del conector muestra los tipos de datos predefinidos para esta función polimórfica.	Devuelve el valor calificado a la entrada i o entrada j , dependiendo del valor de s . Si s es VERDADERO, esta función devuelve el valor calificado s . Si es FALSO, esta función devuelve el valor calificado s .
Cuerdas de concatenación	Establece el ciclo de trabajo en el canal	Escritura lista de canales delimitado VI	Cierre	Funciones de comparación (Divisor)	Componentes de una estructura de caso	Tiempo transcurrido	Funciones de comparación (seleccionar)	
Concatena cadenas de entrada y matrices ID de cadenas en una sola cadena de salida. Para las entradas de matriz, esta función concatena cada elemento de la matriz.	Establece el ciclo de trabajo del canal PID especificado. Un ciclo de trabajo de 0 corresponde al 0% de actividad y un ciclo de trabajo de 1 corresponde al 100% de actividad.	Convierte una matriz ID o ID de cadenas, estereos con rango o número de dígitos permitidos en una cadena de texto y escribe la cadena en un nuevo archivo de flujo de bytes o agrega la cadena a un archivo existente. Este VI predefinido muestra este VI para transportar o separar datos.	Cierre la conexión con el dispositivo LINUX remoto y libera todos los recursos de E/S locales.	Calcula el cociente de las entradas. Si conecta dos valores de forma de canal a dos valores de tipo de datos analógicos a esta función, aparecen mensajes de error (entrada) y error (salida) en la función. El panel del conector muestra los tipos de datos predefinidos para esta función polimórfica.	Contiene uno o más subprogramas, o casos, exactamente uno de los cuales se ejecuta cuando se ejecuta la estructura. El valor controlado el selector de casos determina que caso ejecutar.	Indica la cantidad de tiempo que ha transcurrido desde la lista de inicio especificada.	Devuelve el valor calificado a la entrada i o entrada j , dependiendo del valor de s . Si s es VERDADERO, esta función devuelve el valor calificado s . Si es FALSO, esta función devuelve el valor calificado s .	

Avatar Windows

Los miembros de la familia de controladores PID

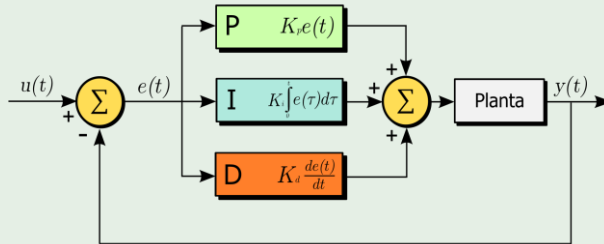
- 1 Proporcional (P):** da una salida del controlador que es proporcional al error, puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente (off-set).
- 2 Integral (I):** da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error en régimen permanente es cero.
- 3 Derivativa (D):** tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, la acción de control derivativa nunca se utiliza por sí sola, debido a que sólo es eficaz durante períodos transitorios.



Estructura de los controladores PID

Son denominados P,I, PI, PD y PID e incluyen tres acciones:

$$u_{PID} = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$



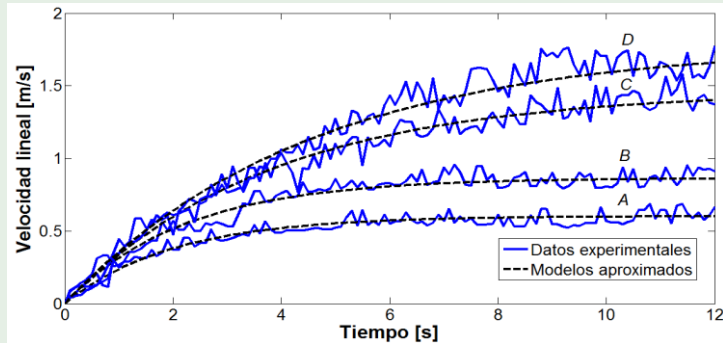
Desventajas de un controlador PID

La estructura de un controlador PID es simple, aunque su simpleza es también su debilidad, dado que limita el rango de plantas donde pueden controlar en forma satisfactoria (existe un grupo de plantas inestables que no pueden estabilizadas con ningún miembro de la familia PID).



Desventajas de un controlador PID

La acción derivativa tiene la desventaja importante que amplifica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador.



Modelo matemático

Los parámetros de K , L y T expresados en la ecuación han sido identificados, que modela el comportamiento matemático en una función de transferencia de primer orden con retardo, una vez definidos los parámetros el software Microsoft Office Excel se encarga de realizar las operaciones en donde se ingresaron las fórmulas de sintonización del primer método de Ziegler-Nichols, los resultados de K_p , T_i y T_d están dados en segundos.

$$\frac{Salida(s)}{Entrada(s)} = \frac{4,31}{12,24s + 1} \cdot e^{-0,6s} \quad (2)$$

Sintonización de ganancias

Las constantes del PID que se utilizan en el software LabVIEW trabajan con valores en minutos como se muestra en la tabla, por lo cual se emplea el sistema sexagesimal para realizar la conversión de segundos a minutos.

Controlador	K_p	T_i	T_d
P	20.40	∞	0
PI	18.36	0.0333333	0
PID	24.48	0.023	0.005

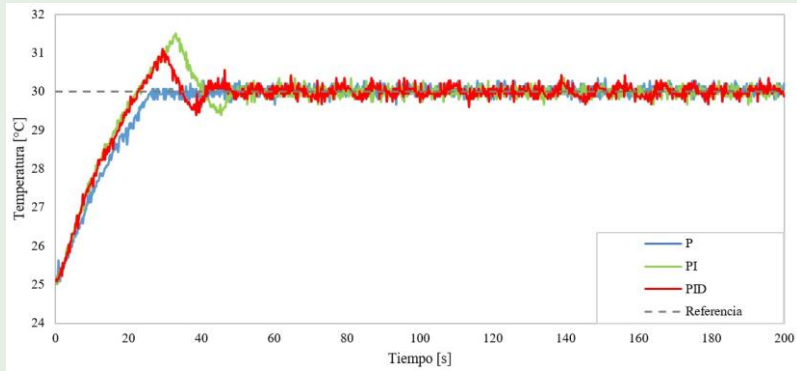
Comparación de los controladores P, PI y PID

Para evaluar el desempeño del controlador PID y sus variantes se utiliza la una estructura tipo tabla donde los datos son proporcionados por el datalogger. Se puede apreciar que la mejor opción para este sistema térmico, sin perturbación, es el controlador P, ya que su comportamiento y tiempo de respuesta es eficaz al alcanzar la referencia asignada.

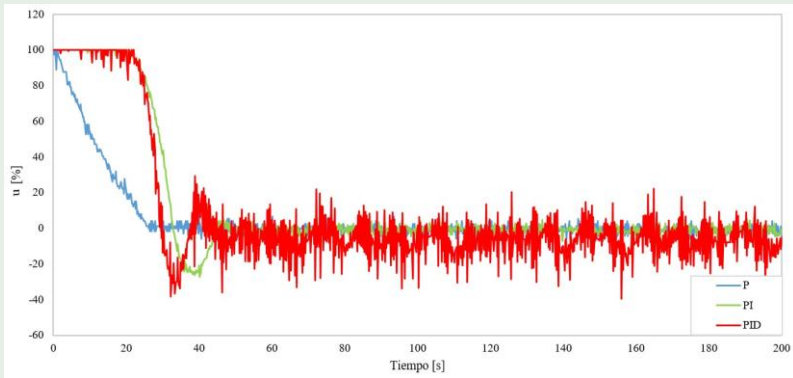
Tiempo [s]	Control P [°C]	Control PI [°C]	Control PID [°C]	Referencia [°C]
0	25.01953	25.22087	25.08789	30
0.79214	25.22460	25.08789	25.1562	30
0.38126	25.15625	25.01953	25.08789	30
0.56940	25.08789	25.01953	25.15625	30
...
199.8862	29.941406	29.94140	29.94140	30



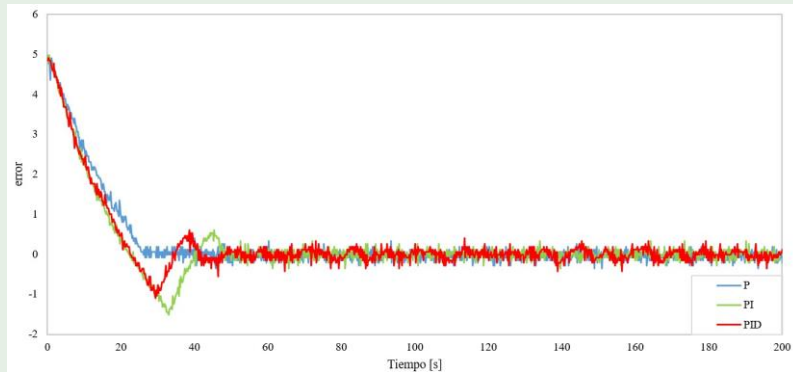
Comparativo de controladores P, PI y PID (respuesta)



Comparativo de controladores P, PI y PID (variable de control)



Comparativo de los controladores P,PI y PID (error)



Conclusiones

Se logró diseñar, construir, instrumentar y controlar un sistema térmico para realizar pruebas de control, donde se puede contrastar el desempeño del controlador PID y sus diversas configuraciones de manera satisfactoria. Una vez integrada la plataforma experimental con los elementos mecánicos y electrónicos se procedió a desarrollar una interfaz gráfica para el control de los experimentos en un sistema térmico de lazo cerrado, donde se lograron calcular las ganancias del controlador PID usando el primer método de Ziegler-Nichols en una hoja de cálculo en el software Excel. Con dichos resultados se procedió a sintonizar el control en la interface de LabVIEW de National Instruments utilizando la librería de MakerHub como enlace de comunicación con el Arduino UNO.

Conclusiones

Dicho sistema permite capturar los datos para procesar fuera de línea en un archivo tipo datalogger de manera eficaz. Con los datos obtenidos en forma de tablas es posible graficar la respuesta de los sistemas con distintos valores de ganancias para evaluar el desempeño de los controladores.

Trabajo futuro

Se pretende evaluar el desempeño de los controladores PID sometidos a perturbaciones externas, ya que hasta el momento, las pruebas han sido realizadas en lazo cerrado sin perturbación, cabe mencionar que la tarjeta electrónica tipo shield cuenta con otro potenciómetro para regular la velocidad del segundo actuador (ventilador), con lo que es posible inducir un cambio repentino de la temperatura en el recipiente.





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)