



Universidad
Nova Spania



CONGRESO

INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS MORELIA 2019

CERTIFICADO

otorgado a

ING. Génesis del Carmen Urbina

por su artículo intitulado

Creación de un algoritmo autoajustable mediante el método Taguchi aplicado a un sistema de segundo orden

(Artículo No. MRL0594)

el cual fue presentado en el congreso desarrollado del 15 al 17 de mayo de 2019 en Morelia, Michoacán, México y publicado (1) en el portal de Internet *AcademiaJournals.com*, con ISSN 1946-5351, Vol. 11, #2, 2019 online e indización en la base de datos Fuente Académica Plus de EBSCOhost y (2) en el libro electrónico online intitulado *Investigación en la Educación Superior: Morelia 2019* con ISBN 978-1-939982-48-3.

Rafael Moras, Ph.D. P.E.
Editor, Academia Journals
Profesor de Ing. Industrial, St. Mary's University

CREACIÓN DE UN ALGORITMO AUTOAJUSTABLE MEDIANTE EL MÉTODO TAGUCHI APLICADO A UN SISTEMA DE SEGUNDO ORDEN

Ing. Génesis Del Carmen Urbina¹

Resumen— La investigación tiene como objetivo el desarrollo teórico práctico de un algoritmo autoajustable mediante el método Taguchi en un sistema de segundo orden. Para esta investigación se le denominará al sistema de control es proporcional, integral y derivativo; comúnmente denominado como PID como el sistema de segundo orden.

Palabras clave—control, autoajustable, Taguchi, PID.

Introducción

PID es un algoritmo de control que tiene como objetivo ajustar los valores de un sistema hasta que el valor del error es igual a cero, tomando el error como la diferencia del valor esperado con el valor de salida, este mecanismo obtiene retroalimentación constante con el cual se calcula el error hasta reducirlo a cero. Recibe el nombre de PID debido a que se compone del conjunto de tres cálculos: proporcional, integral y derivativo. Dependiendo de los elementos con los que se conforme, se le llamará con la primera letra de dicho componente, por ejemplo: controlador un PI está compuesto de proporcional e integral, mientras que un controlador P sólo cuenta con proporcional. Mientras que el método Taguchi es un conjunto de técnicas estadísticas para realizar experimentos que pretenden determinar las mejores combinaciones de variables de producto y sistema para fabricar un producto, para esta investigación se considera al sistema que se desea controlar por PID como el producto final.

Descripción del Método

Conceptos básicos del control PID

En el control PID cada componente contribuye a mitigar el error del estado actual hasta llegar al resultado esperado; en donde el componente de integral controla el error pasado, proporcional controla el error presente y derivativo controla el error futuro. La mayoría de los problemas de control se pueden solucionar calculando error pasado, error presente y error futuro. El conjunto de estos tres elementos contribuye para obtener como resultado el valor de cero en el error; ya que, partiendo de la proporcional, al añadir la integral se remueve el estado del error y si además se añade el derivativo se incrementa el rendimiento y evita que el rebasamiento del sistema, llamado overshooting en inglés. El rebasamiento consiste en el acumulamiento del error en la integral, lo que provoca que cuando se llega al resultado deseado (error igual a cero) se continúe corrigiendo a pesar de no haber error, por lo que se sobrepasa el cálculo obteniendo un valor negativo de error como se muestra en la Figura 1. Para entender mejor como funciona un sistema que se desea controlar por medio de PID se sugiere ver dicho sistema como dos componentes: actuadores y proceso. Los actuadores son los dispositivos que generan la fuerza o energía para que el sistema reaccione o cambie. El proceso es lo que reacciona a la acción de los actuadores.

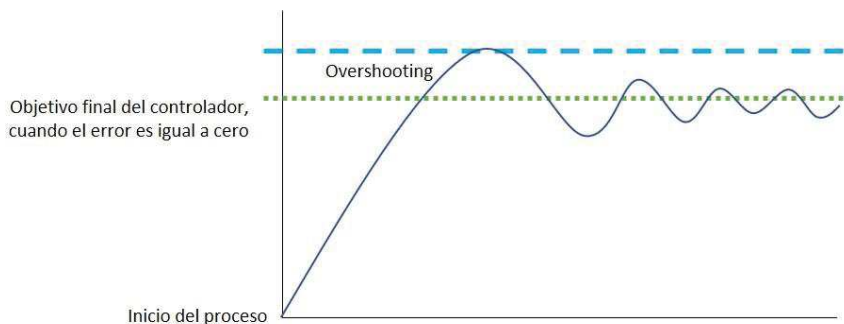


Figura 1. Rebasamiento, también conocido como overshooting.

¹ La Ing. Génesis Del Carmen Urbina es ingeniera de pruebas de calidad de software embebido en el área de aviación en la empresa General Electric campus Querétaro (GEIQ). genesis.urbina@ciateq.edu.mx

PID cuenta con una gran popularidad debido a lo fácil que es entenderlo, sin embargo, al tratar de aplicarlo se pueden desencadenar diversas dificultades ya que en la vida real los sistemas PID no son lineales. Comenzando por los actuadores, un error común es no poder seguir los valores exactos que se le ingresan, lo que provoca fenómenos como la saturación del sistema o retroceso (también conocido como histéresis). El fenómeno de saturación ocurre cuando el valor ingresado para actúe el actuador es superior a su límite, por lo que le será imposible alcanzar el valor ingresado y se mantendrá por debajo de dicho valor, es decir, en el límite. Sin embargo, para el controlador que continúa en un proceso lineal, no se ha percatado que el valor del actuador no corresponde con la salida del controlador (el valor ingresado), así que cuando el proceso llega a error de cero, el controlador comenzará a decrementar el valor ingresado, pero ya que este valor es superior al límite, el actuador no reaccionará hasta que se le indique menor al límite y se continúe aplicando energía al actuador, lo que a su vez desencadena un error negativo, lo que provoca que el sistema tarde mucho tiempo en reaccionar antes de volver a igualar el valor de error a cero. A este efecto se le conoce como windup, ver Figura 2. Por eso es importante conocer las limitaciones físicas y lógicas de los actuadores que componen el sistema que se desea controlar para evitar que la integral lo sobrepase.

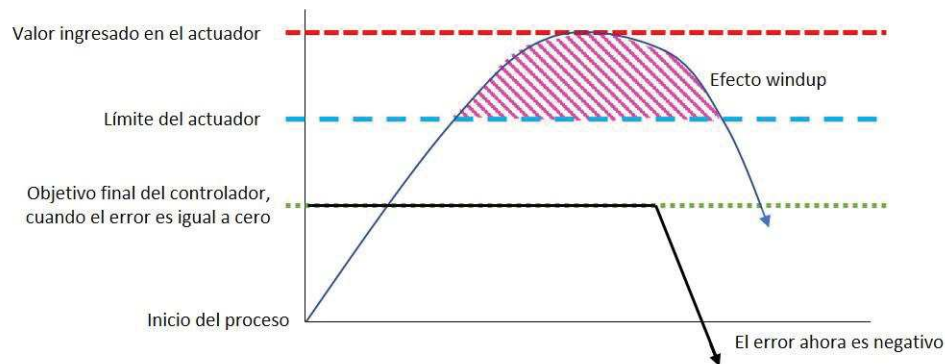


Figura 2. Efecto windup de la integral.

Método Taguchi

Esta metodología surgió de las propuestas del ingeniero Genichi Taguchi a partir de la década de 1950, cuando iniciaba el apogeo de la industria japonesa, precediendo el milagro económico japonés. El enfoque de Taguchi resalta la importancia del control de calidad para el diseño de un producto, empleando como herramienta la experimentación. El método tiene como objetivo la reducción de ruido, en el que se traduce en un proceso robusto que reduce la variabilidad de un producto. Mediante la técnica de diseño de experimentos se evalúan los efectos de los factores afocándose en cada experimento en una característica específica. Al realizar estos experimentos se consideran réplicas con cada combinación y con ello se puede estimar la variación, es decir, el error. Partiendo de los resultados de los experimentos, cuando se combina el resultado medio con la variabilidad (error), dicha relación recibe el nombre de señal-ruido, siendo la señal el resultado medio y el ruido la variabilidad. Taguchi propone tres tipos principales de señal-ruido:

1. Más grande es mejor: la variabilidad disminuye cuando el factor de la calidad incrementa.
2. Nominal es mejor: la variabilidad incrementa cuando el factor de la calidad se aleja del valor nominal.
3. Más pequeño es mejor: la variabilidad disminuye cuando el factor de la calidad se aproxima a cero.

Para el diseño de los experimentos Taguchi propone el uso de matrices con diseño ortogonales, es decir, que sus columnas formen un ángulo recto. Dichas matrices ortogonales se pueden comparar con una replicación factorial fraccionada, de manera que conserva el concepto de ortogonalidad y contrastes. Un experimento factorial fraccionado es también un arreglo ortogonal.

Taguchi desarrolló una serie de arreglos particulares que denominó: $L_a(b)C$, 'L' denota que se trata de un arreglo ortogonal, 'a' es el número de experimentos (filas de la matriz); 'b' es el número de niveles de cada elemento (contenido de la matriz) y 'c' es el número de elementos (columnas de la matriz).

Ajuste del control PID con el método Taguchi

Para ajustar un control PID es necesario contar con los requerimientos del sistema, los cuales son: la precisión del control, la velocidad y la estabilidad. Con los requerimientos se establece el comportamiento deseado del sistema en el tiempo. Es en este aspecto donde el ajuste adecuado de PID se convierte en una tarea compleja y abrumadora. Partiendo de los requerimientos se proponen realizar experimentos con la metodología Taguchi con los valores de proporcional, integral y derivativo hasta obtener un conjunto adecuado de ganancias; validando y verificando en

cada experimento si el sistema se comporta de manera adecuada, ver Figura 3. Los experimentos y resultados continuarán en un estudio posterior.

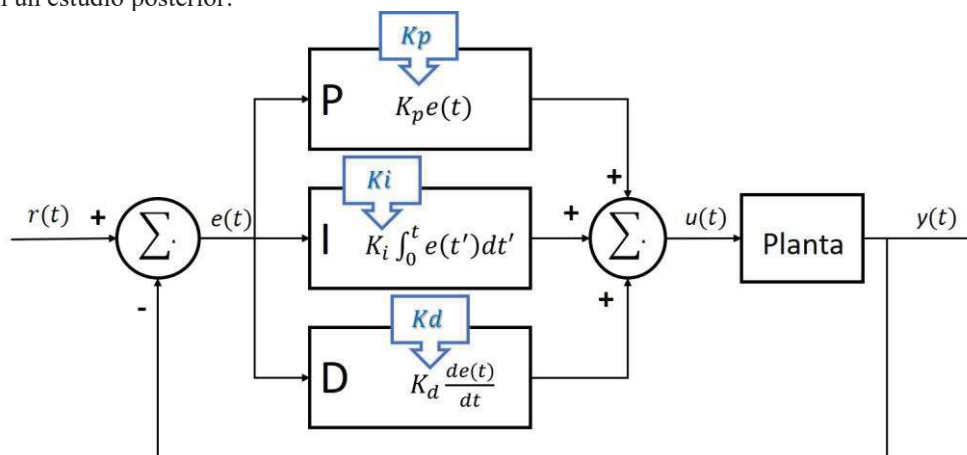


Figura 3. Propuesta.

Comentarios Finales

Conclusiones

Desde la perspectiva de esta investigación se considera al control PID es simplemente un sistema de segundo orden.

Un controlador básico se compone sólo de proporcional (control P) que realiza un control correctivo de proporcional al error.

Con la aplicación de la metodología Taguchi se pretende evitar los efectos de windup y overshooting en el control PID.

Taguchi tiene mucho potencial para ser empleado la optimización de algoritmos y no limitar esta metodología sólo a la mejora productos en la industria.

De esta investigación preparan los fundamentos para la creación de un algoritmo de control PID autoajutable mediante el método Taguchi.

Recomendaciones

A los investigadores interesados en continuar esta investigación, para desarrollar un control PID autoajutable empleando el método Taguchi, se les recomienda enfocarse en la creación de los experimentos ortogonales para obtener los ajustes adecuados de un control PID.

Referencias

Dewantoro, Gunawan. Robust fine-tuned PID controller using Taguchi method for regulating DC motor speed. 2015 7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) [online]. 2015. Retrieved z: doi:10.1109/icitee.2015.7408936

Gerry, J. ; "A Comparison of PID Control Algorithms", Control Engineering (EUA), Vol 34 N° 3, Marzo 1987.

Gerry, J. y F.G. Shinsky; "PID Controller Specification (White Paper)", Exper-Tune Inc., 2000.

Moliner, Roger; Tanda, Rafael. Herramienta para la sintonía robusta de controladores PI/PID de dos grados de libertad. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, 2016, vol. 13, no 1, p. 22-31.

Ruano, Ildefonso Ruano; García, Javier Gámez; ORTEGA, Juan Gómez. Laboratorio Web SCORM de control PID con integración avanzada. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, 2016, vol. 13, no 4, p. 472-483.

Ruiz, Víctor M. Alfaro. Ecuaciones Para Controladores Pid Universales. Revista Ingeniería [online]. 2011, vol. 12, nos. 1-2. Retrieved z: doi:10.15517/ring.v12i1-2.6429

Vlachogiannis, John G. and Ranjit K. Roy. Robust PID controllers by Taguchi's method. The TQM Magazine [online]. 2005, vol. 17, no. 5, pp. 456-466. Retrieved z: doi:10.1108/09544780510615951

Vlachogiannis, John G. and Ranjit K. ROY. Robust PID controllers by Taguchi's method. The TQM Magazine [online]. 2005, vol. 17, no. 5, pp. 456-466. Retrieved z: doi:10.1108/09544780510615951

Wu, Yuin and Wu, Alan. Diseño robusto utilizando los métodos Taguchi. B.m.: Díaz de Santos, 1997.

Notas Biográficas

La **Ing. Génesis Del Carmen Urbina** se graduó como Ing. en Sistemas de Información en la Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID) campus Acapulco, cuenta con 7 años de experiencia en el desarrollo de software, dos de ellos laborando en el área de telecomunicaciones en *Ericsson* sede Querétaro y tres años en el ramo aeroespacial en *General Electric* sede Querétaro. Actualmente se encuentra cursando el posgrado 'Sistemas Inteligentes y Multimedia' en CIATEQ que se encuentra dentro del padrón del programa nacional de posgrados de calidad de CONANCYT.