

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/283294067>

Simulación de los Sistemas de Control Proporcional Derivativo y Proporcional Integral Derivativo de un Servomecanismo de segundo orden bajo la plataforma de LabVIEW.

Article · September 2015

CITATION

1

READS

26,116

4 authors, including:



Carlos Hernández

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

2 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



Edebaldo Peza

Universidad Nacional Autónoma de México

5 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



Enrique García-Trinidad

Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan

19 PUBLICATIONS 261 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



neural networks, cerebral signals and machine learning. [View project](#)

Simulación de los Sistemas de Control Proporcional Derivativo y Proporcional Integral Derivativo de un Servomecanismo de segundo orden bajo la plataforma de LabVIEW

HERNANDEZ-Carlos†, PEZA-Edebaldo, GARCIA-Enrique & TORRES-José

Recibido 16 de Julio, 2015; Aceptado 11 de Septiembre 2015

Resumen

En este artículo se desarrollan las simulaciones numéricas de los sistemas de control en lazo cerrado, Proporcional Derivativo (PD) y Proporcional Integral Derivativo (PID) para un servomecanismo, cuyo objetivo es proporcionar una herramienta didáctica pero a la vez sencilla, fiable y precisa para el aprendizaje de las técnicas de control automático en estudiantes de ingeniería que cursan el nivel superior, de tal forma que puedan realizar pruebas e implementar técnicas de control en un entorno inmune al deterioro de equipo experimental. Para realizarlo se utilizaron las herramientas de diseño de control y simulación con el software de LabVIEW de National Instruments. La simulación de las técnicas de control automático ofrece beneficios tanto al docente como al estudiante. Desde el punto de vista de un estudiante; contribuye a acelerar el proceso de aprendizaje del funcionamiento de los mismos, ya que está encaminado, de manera deductiva a ligar los conceptos teóricos hacia los posibles hechos físicos. Desde la perspectiva del docente; otorga una herramienta ilustrativa que simplifica el formato tradicional de la transferencia de conocimiento, y contribuye a nivelar la percepción de los conceptos que el docente posee, con los del estudiante que los adquiere.

Sistemas de Control, Ganancia Proporcional, Ganancia Derivativa, Ganancia Integral y Error en Estado Estacionario.

Abstract

In this paper, numerical simulations of feedback control systems, Proportional Derivative (PD) and Proportional Integral Derivative (PID) techniques have been developed in order to control a servo, which aims to provide a professional educational tool as simple, reliable and accurate for learning techniques of automatic control engineering students, so they can conduct tests and implement control techniques using computer simulations. Analytical model has been tested on LabVIEW of National Instruments, which has been used as a numerical computer software simulator. Simulation of automatic control techniques offers benefits both to the teacher and the student. From the perspective of a student; it helps to accelerate the learning process of operation of control systems, because of the link of theoretical concepts to potential physical facts. From the perspective of teachers; this provides an illustrative tool that simplifies the traditional form of learning, and it helps level the concepts the teacher has with the student who acquires.

Control Systems, Proportional Gain, Derivative Gain, Integral Gain and Steady State Error

Citación: HERNANDEZ-Carlos, PEZA-Edebaldo, GARCIA-Enrique & TORRES-José. Simulación de los Sistemas de Control Proporcional Derivativo y Proporcional Integral Derivativo de un Servomecanismo de segundo orden bajo la plataforma de LabVIEW. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-4:688-700

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Desde la aparición del regulador centrífugo de Watt (Watt 1788), existió la necesidad de describir analíticamente el funcionamiento de los componentes que hacen posible el control de velocidad. Sin embargo fue J.C. Maxwell quién planteo una descripción analítica del funcionamiento de este tipo de dispositivos.

Considerando algunos de los trabajos posteriores al descrito con anterioridad, y ya más significativos relacionados a la teoría del control; Directional stability of automatically steered bodies (Mynorsky 1922), Regeneration Theory (Nyquist 1932) y the Theory and Design of Servomechanisms (Hazen 1934), en su mayoría comparten la característica de que, primero fueron conceptualmente concebidos y posteriormente son descritos mediante formulaciones matemáticas.

Este proceso de concebir y formular matemáticamente un hecho puede ser, y generalmente es sencillo, para quienes día a día explicamos el funcionamiento de las técnicas de control en cursos de control automático de nivel superior, sin embargo para los estudiantes principiantes en el tema, generalmente es complicado relacionar fácilmente los conceptos en términos de control con los fenómenos físicos presentes en un proceso a controlar, con los modelos matemáticos que lo describen. Los ejercicios y prácticas que se evalúan en la asignatura de control automático tienen como fin facilitar la comprensión de estas relaciones, sin embargo, en el caso de las prácticas, estas son limitadas por la infraestructura de cada institución educativa y también por la capacidad adquisitiva de los estudiantes.

Es por esto que las herramientas de simulación por computadora que han sido posibles por el auge tecnológico desde principios del nuevo milenio se están convirtiendo en una poderosa herramienta para mitigar la falta de infraestructura en las instituciones así como el bajo poder adquisitivo de los estudiantes que se les dificulta la compra de material que las instituciones no les puedan proporcionar.

En virtud de aprovechar las más recientes herramientas de software con las que cuenta la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez; institución donde se desarrollaron los programas de simulación. Se toma la decisión de utilizar la plataforma de programación e instrumentación virtual; LabVIEW, ya que al ser una herramienta que actualmente está teniendo un auge importante en la Industria Mexicana y tiene la característica de ser un medio fiable en precisión y exactitud que le permite un salto sencillo desde el simulador a una aplicación de control en un proceso real.

Por lo anterior este trabajo se enfoca al manejo correcto y de fácil comprensión en el diseño y uso de los controladores del tipo industrial, como son el Control PD y el Control PID, aplicados al control de posición y velocidad de un servomecanismo mediante un simulador de interfaz gráfica, en la plataforma de LabVIEW.

Actualmente es posible encontrar una diversidad amplia de simuladores de sistemas de control automático que incluyen una gran gama de herramientas requeridas en los procesos de simulación, citando un par de ejemplos, simuladores que se incluyen junto con libros como; Control automático de procesos industriales del Ing. Alfredo Roca y las herramientas interactivas que acompañan al libro de control automático con herramientas interactivas de los autores José Luis Guzmán Sánchez, Ramón Costa Castello, Manuel Berenguel Soria y Sebastián Dormido Bencomo. Y además junto con los propios ejemplos que acompañan a los softwares como Simulink de Matlab y el propio LabVIEW de National Instruments. Sin embargo estos simuladores y herramientas interactivas continúan manejando exclusivamente la parte analítica del análisis de los sistemas de control cuyas herramientas virtuales resultan un tanto confusas en la aplicación con los estudiantes de la teoría de control automático, a diferencia de estos, en nuestro simulador solo nos centramos en un par de técnicas de control, lo cual absorbe toda la atención de las ecuaciones y conceptos claves, sin desviarla por los ajustes de los parámetros adicionales a los ya exclusivos, para el análisis y simulación del funcionamiento de los sistemas de control. Nuestro simulador facilita, aún más que los anteriores, la asimilación de la información, ya que en una sola ventana se muestran los gráficos de los datos involucrados como son la posición, velocidad, señal de error y de control, así como también una figura representativa del eje de un servomecanismo.

Durante la simulación del servomecanismo, aplicando las técnicas de control PD o PID, es visible el movimiento del eje del servomecanismo en velocidad y posición, siendo estos idénticos a los comportamientos mostrados mediante los indicadores gráficos de la plataforma.

Así, los estudiantes, perciben y comprenden fácilmente la aplicación de las ecuaciones e involucran directamente el ajuste de las ganancias de las acciones de control proporcional, integral y derivativo.

Control PD y Control PID

Función de Transferencia de un Sistema de segundo orden

De la ecuación diferencial lineal y de segundo orden se tiene que:

$$a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = bu(t) \quad (1)$$

y además se conoce que la función de transferencia, en su forma estándar, en lazo cerrado, para un sistema de segundo orden, está definida por:

$$G(s) = \frac{b\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (2)$$

Donde:

ω_n – representa la frecuencia natural no amortiguada del sistema, y

ζ – el factor de amortiguamiento.

Para la simulación de un servomecanismo con el que se muestra en este artículo, las ecuaciones anteriores juegan un papel fundamental, ya que el servomecanismo simulado es un sistema de segundo orden.

Modelado de un sistema de segundo orden: servomecanismo

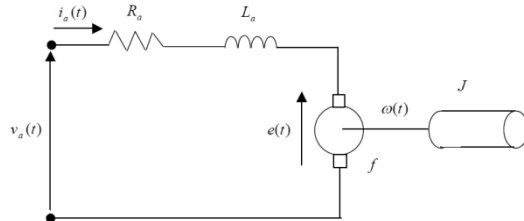


Figura 1 Sistema electromecánico de un servomecanismo

La figura 1 muestra un esquema de un motor de corriente continua o directa (cc) y es importante considerarlo ya que antes de controlar un sistema, necesitamos primero entender en términos matemáticos cómo se comporta dicho sistema sin controlador alguno, es decir, conocer si el sistema a controlar presenta estabilidad.

La función de transferencia para el modelo matemático, considerando que las perturbaciones en la carga son nulas para un servomecanismo, esta descrita por la siguiente ecuación

$$\frac{K}{s(L_a J_m s^2 + (R_a J_m + B_m L_a)s + k_b K + R_a B_m)} \quad (3)$$

Donde:

L_a - inductancia de armadura

R_a - resistencia de armadura

B_m - coeficiente de fricción viscosa

J_m - momento de inercia de la carga

K - constante del par

K_b - constante de fuerza contraelectromotriz

La figura 2 muestra el diagrama de bloques de un motor de cc sin la acción de control.

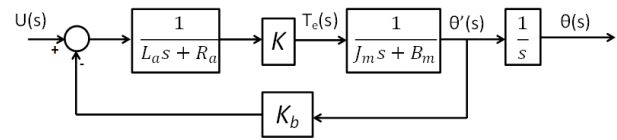


Figura 2. Diagrama de bloques de un motor de cc

A esto se le conoce como modelado de sistemas, y es parte fundamental del análisis del sistema de control.

La forma básica de un servomecanismo está conformada por un motor eléctrico cuyo mecanismo cuenta con un eje de carga Inercial J , y con fricción en las escobillas del motor y también en la carga (representado por la constante b). Existe un circuito de manejo que transforma un voltaje de entrada $u(t)$, por medio del motor, en un torque aplicado al eje $T_e(t)$.

Mediante principios de modelado matemático de los sistemas lineales, es posible encontrar un balance de torques, entre el torque de entrada generado por el motor y el torque requerido para acelerar la carga, que vence la fuerza de fricción. Esto se representa por:

$$J_m \frac{d^2 \theta}{dt^2} + B_m \frac{d\theta}{dt} = T_e(t) \quad (4)$$

Donde θ es la posición angular del eje del servomecanismo. El objetivo de tener un sistema de control para un servomecanismo es regular la posición de su eje, o su velocidad $\dot{\theta}$, de acuerdo al valor de referencia deseado. El voltaje de entrada $u(t)$ está relacionado con el torque $T_e(t)$ mediante una ganancia K . La inercia dividida entre el coeficiente de fricción viscosa es conocida como la constante de tiempo del sistema τ , donde $\tau = \frac{J}{b}$.

Entonces el modelo del sistema puede ser expresado como:

$$\tau \ddot{\theta} + b \dot{\theta} = K u(t) \quad (5)$$

En los sistemas de control prácticos con servomecanismos, existen componentes adicionales al modelo que son importantes. Muchos de ellos están relacionados a las no linealidades con el amplificador que alimenta al servomecanismo y a la fricción existente en los componentes mecánicos. Los elementos más importantes que presentan no linealidades están en el voltaje de saturación del servomecanismo, que es proporcionado por el amplificador que lo manipula, la banda muerta en el amplificador, también conocida como la fricción de Coulomb en componentes rotacionales, y la histéresis en cualquier mecanismo de transmisión que pueda existir entre el eje del servomecanismo y su carga. Un buen sistema de control deberá incluir funciones para trabajar con estas características no lineales.

En este artículo, nos concentramos en la simulación de un servomecanismo lineal representada por la ecuación diferencial lineal de segundo orden (5). Por lo tanto, la parte lineal del modelo del servomecanismo puede ser expresada en su función de transferencia como:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{s(\tau s + b)} \quad (6)$$

La ecuación (4) se toma como modelo de prueba para simular un servomecanismo, cuya función de transferencia está dada por

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b}{s(s + a)} \quad (7)$$

La ecuación (7) anterior indica que el sistema es marginalmente estable, ya que uno de los polos se encuentra en el origen del plano complejo, esto es $s = 0$, y además de que este sistema si se puede controlar.

Para desarrollar los programas de simulación, de los sistemas de control PD y PID, con y sin perturbación, estos se implementaron a través de la siguiente metodología.

Control PD de un Sistema de Segundo Orden

La figura 3 muestra el diagrama de bloques del control PD aplicado a un servomecanismo

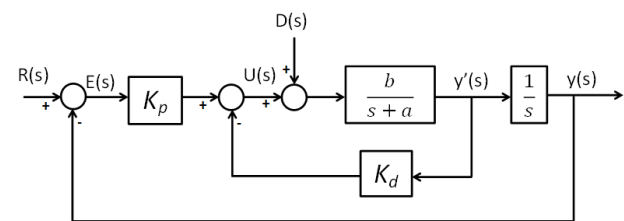


Figura 3 Diagrama de bloques del sistema de control PD aplicado a un servomecanismo

Básicamente se agregan dos bloques al sistema de segundo orden (servomecanismo), uno llamado ganancia proporcional (K_p), que multiplica la diferencia entre la señal de referencia $R(s)$ y la señal de salida $y(s)$ que se obtiene mediante el lazo de realimentación negativa, el segundo multiplica la señal $y'(s)$ de la función de transferencia del servomecanismo por un factor denominado ganancia derivativa (K_d) y además agrega un cero a la función de transferencia del servomecanismo y realimenta esta señal para sumarla con la salida del bloque proporcional.

La función de transferencia en lazo cerrado del sistema control PD de un servomecanismo y sin perturbación, queda representado por:

$$G(s) = \frac{K_p b}{s^2 + (a + K_d b)s + K_p b} \quad (8)$$

Las ecuaciones (9) y (10) las cuales definen la frecuencia natural y el factor de amortiguamiento relativo del sistema respectivamente, nos permiten conocer la velocidad y tipo de respuesta (subamortiguada, amortiguada y sobreamortiguada) del sistema de control.

$$\omega_n = \sqrt{K_p b} \quad (9)$$

$$\zeta = \frac{a + K_d b}{2\sqrt{K_p b}} \quad (10)$$

$$y(s) = \frac{b(K_p R(s) + D(s))}{s^2 + (a + K_d b)s + K_p b} \quad (11)$$

Las ganancias del controlador se deducen a

$$K_p = \frac{\omega_n^2}{b} \quad (12)$$

$$K_d = \frac{2\zeta\omega_n - a}{b} \quad (13)$$

La frecuencia natural y el factor de amortiguamiento dependen de las ganancias proporcional y derivativa por lo que es posible ajustar estas cantidades.

La ecuación (11) es la señal de salida del sistema de control PD con presencia de perturbación, por lo que se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$e_{ss} = -\frac{d}{k_p} \quad (14)$$

$$D(s) = \frac{d}{s} \quad (15)$$

$$U(s) = \frac{u}{s} \quad (16)$$

La ecuación (14) nos permite obtener de manera analítica cual será el error en estado estacionario.

Las ecuaciones (15) y (16) son las que se definen por defecto para la perturbación y la entrada en el simulador respectivamente, sin embargo el usuario puede cambiar estas expresiones si desea determinar el comportamiento bajo otro tipo de entrada, o de perturbación modificándolos en el diagrama de bloques del simulador.

Control PID de un Sistema de Segundo Orden

La figura 4 muestra el diagrama de bloques del control PID aplicado al servomecanismo.

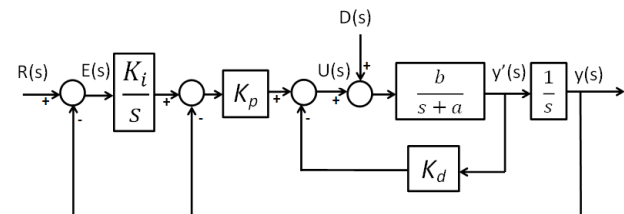


Figura 4 Diagrama de bloques del sistema de control PID aplicado a un servomecanismo

Para agregar la acción integral, se añade el bloque correspondiente al mismo, como se puede apreciar en la figura 4.

La ecuación que representa la salida de un sistema control PID de segundo orden bajo una perturbación $D(s)$ es:

$$y(s) = \frac{b(K_i R(s) + sD(s))}{s^3 + (a + K_d b)s^2 + K_p b s + K_i b} \quad (17)$$

$$e_{ss} = 0 \quad (18)$$

Con la adición del integrador, el error en estado estacionario se vuelve cero para cualquier perturbación de valor constante.

Simulador

El simulador está conformado por instrumentos virtuales. En cada uno se realiza una función en particular, uno realiza la función de un sistema de control PD y otro la función de un sistema de control PID. En ambos se configura un servomecanismo en particular (dando valores a los parámetros de a y b) cuya función de transferencia tiene la forma de la ecuación (7).

Para la programación del simulador, se hace uso de las herramientas que están contenidas en la paleta de funciones; Control Designed and Simulation de LabVIEW, ver figura 5.

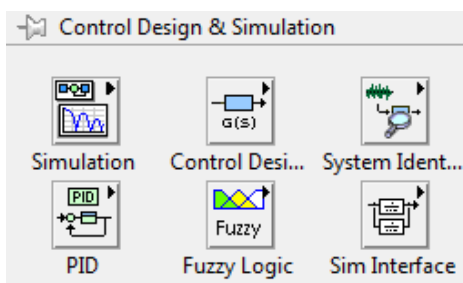


Figura 5 Paleta de funciones Control Design & Simulation en la plataforma de LabVIEW

Esta paleta proporciona todas las herramientas para la construcción de los diferentes tipos de controladores, como son los PD y PID, y así como la configuración de los diferentes tipos de señales de entrada a los sistemas de control, como lo son; la función escalón, el tren de pulsos, una rampa, una senoidal y/o señales personalizadas por el usuario. Gracias al simulador y estas herramientas es posible determinar los valores de las ganancias K_p , K_d y K_i realizando pruebas una y otra vez hasta encontrar una combinación de valores que mantengan la salida dentro de los parámetros aceptables.

Las figuras 6 a 8 muestran los controles que componen el panel frontal del simulador de control PD a un servomecanismo



Figura 6 Perillas de ajuste de las ganancias K_p y K_d en la plataforma de LabVIEW

Como primera instancia de ambos programas cuentan con elementos interactivos, como son las perillas de ajuste para la ganancia proporcional y derivativa, estas perillas tienen configurada una escala de valores del 0 a 10, como se muestran en la figura 6.

También podemos encontrar controles para definir el valor constante de la perturbación, y los parámetros de a y b de la función de transferencia del servomecanismo. La visualización de la posición y la velocidad del eje del servomecanismo se anexan como indicadores, esta parte del panel frontal se muestra en la figura 7

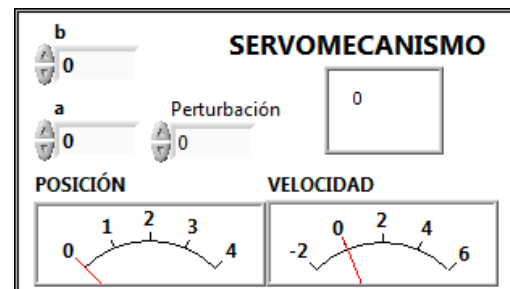


Figura 7 Indicador de la función de transferencia y controles para ajustar la perturbación y los parámetros del servomecanismo en la plataforma de LabVIEW

Otro segmento del panel frontal está dedicado a mostrar el valor de factor de amortiguamiento y la frecuencia natural no amortiguada, el valor de la señal de error y el de la señal de control.

Esto lo vemos en la figura 8, por lo que es posible corroborar los valores obtenidos empleando las ecuaciones (9) y (10).

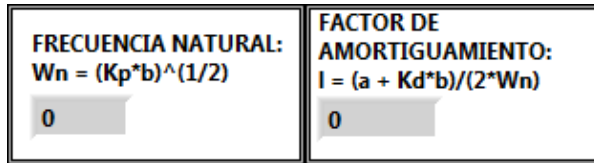


Figura 8 Indicadores de frecuencia natural y factor de amortiguamiento en la plataforma de LabVIEW

Sobre el panel frontal se puede apreciar cuatro ventanas para gráficos, cada uno de ellos corresponde a la señal de referencia junto con la señal de salida, la señal de error, la señal de control y la última muestra la evolución de la velocidad del eje del servomecanismo conforme se coloca en la posición deseada. Las figuras 9 a 12 muestran las ventanas de los gráficos en el mismo orden.

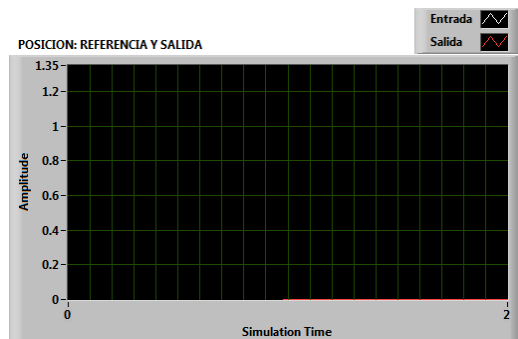


Figura 9 Gráfico de la señal de referencia y de salida del sistema de lazo cerrado

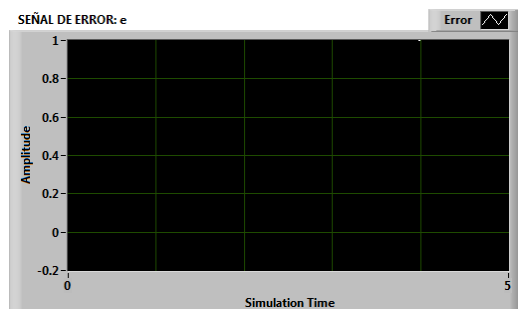


Figura 10 Gráfico de la señal de error

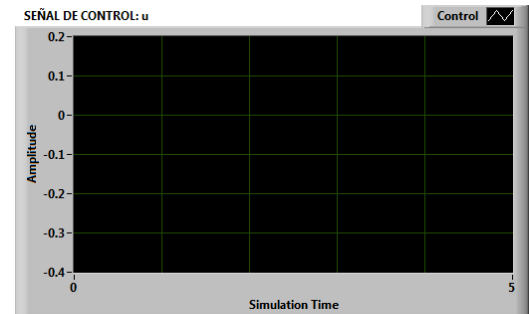


Figura 11 Gráfico de la señal de control

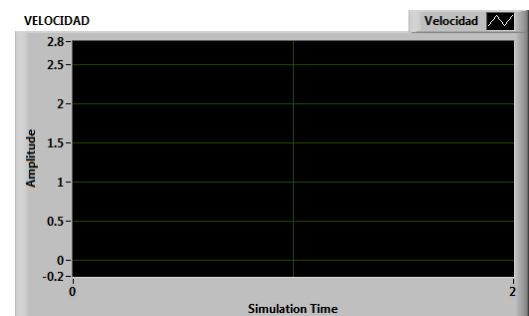


Figura 12 Gráfico de la velocidad del eje del servomecanismo

La figura 13, colocada en el panel frontal del simulador, muestra una vista de lo que sería el servomecanismo y su eje virtual, el cual, mientras se realiza la simulación este cambia a la posición deseada según la señal de referencia obtenida en el indicador gráfico de la figura 9.



Figura 13 Imagen de un servomecanismo virtual en la plataforma de LabVIEW

El panel frontal del simulador PID cuenta con los mismo elementos más dos cambios, el primero de ellos es que se deja de incluir los indicadores para la frecuencia natural no amortiguada y el factor de amortiguamiento, y el segundo consta de haber agregado una perilla para el ajuste de la ganancia integral, esta se puede ver en la figura 14.

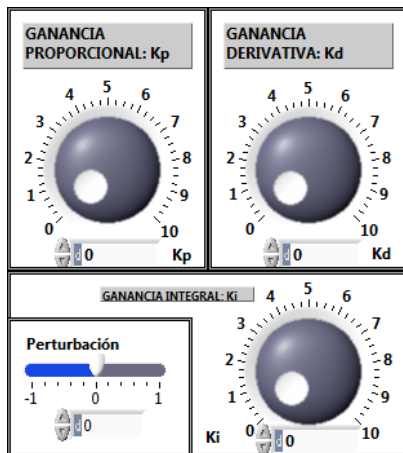


Figura 14 Perillas para el ajuste de las ganancias K_p , K_d y K_i en la plataforma de LabVIEW

Resultados

Las consideraciones para realizar las simulaciones numéricas del sistema de segundo orden, así como la de los sistemas de control PD y PID con y sin perturbación, son:

- Parámetros del sistema de segundo orden:
 $a = 0.5$ y $b = 50$
- Periodo de Integración: 0.001 seg
- Método de Integración:
Runge – Kutta orden 4
- Señal de Referencia o Entrada:
Escalón Unitario
- Tiempo de simulación: 2 seg

Simulación de un Sistema de segundo orden

El sistema de segundo orden se representa por la función de transferencia

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{50}{s(s + 0.5)} \quad (19)$$

donde los polos del sistema son $s = 0$ y $s = -0.5$

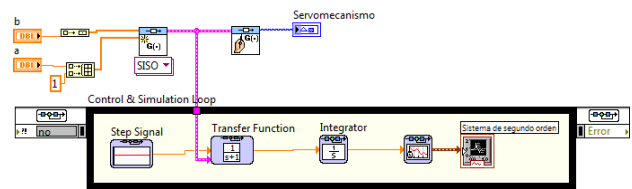


Figura 15 Sistema de segundo orden en lazo abierto en la plataforma de LabVIEW

En la simulación, el sistema de segundo orden muestra un comportamiento marginalmente estable

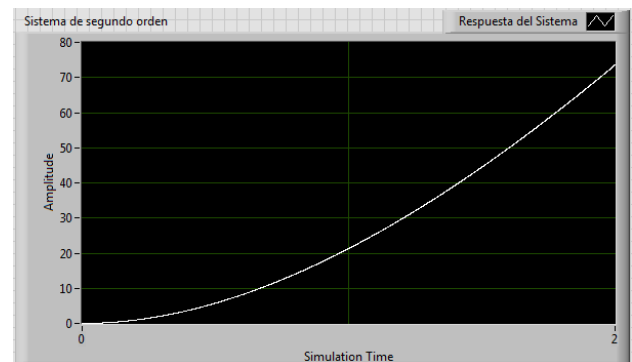


Figura 16 Curva de respuesta a un escalón unitario del sistema de segundo orden en lazo abierto

Simulación de un Control PD de un Sistema de segundo orden

El Sistema de Control PD es representado por el diagrama de la figura 17

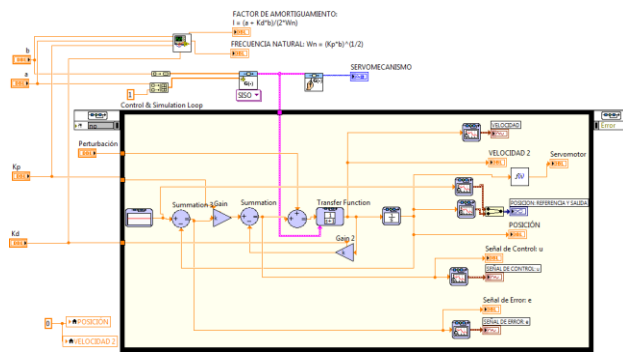


Figura 17 Sistema de Control PD para un sistema de segundo orden en la plataforma de LabVIEW

La simulación del Sistema de Control PD se considera primero sin el efecto de la perturbación y segundo bajo el efecto de perturbación de valor constante

Respuesta del Sistema de Control PD sin el efecto de la perturbación

Para la simulación se consideran los siguientes valores en las ganancias:

i) $K_p = 0.2$ y $K_d = 0$

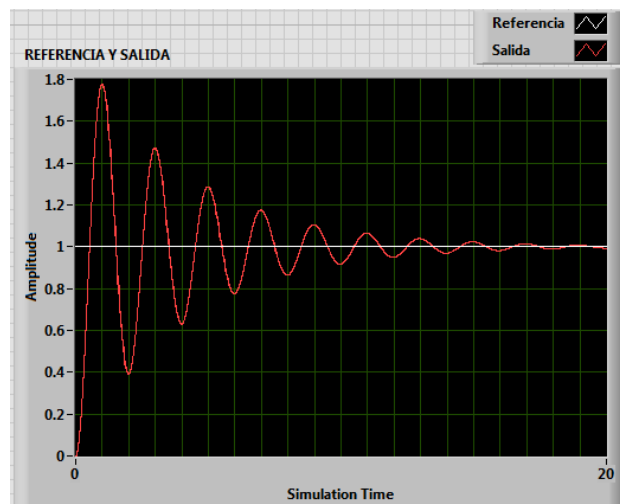


Figura 18 Curva de respuesta a un escalón unitario del Sistema de Control PD en lazo cerrado con el valor de cero para K_d

ii) $K_p = 0.2$ y $K_d = 0.02$

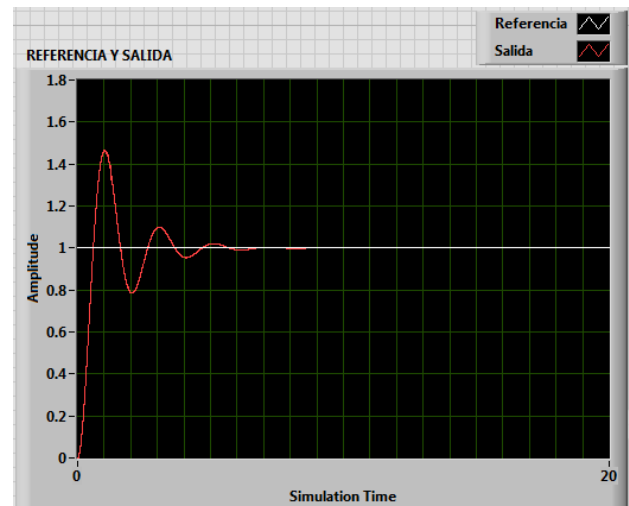


Figura 19 Curva de respuesta a un escalón unitario del Sistema de Control PD en lazo cerrado con el valor diferente de cero para K_d

iii) $K_p = 0.2$ y $K_d = 0.1$

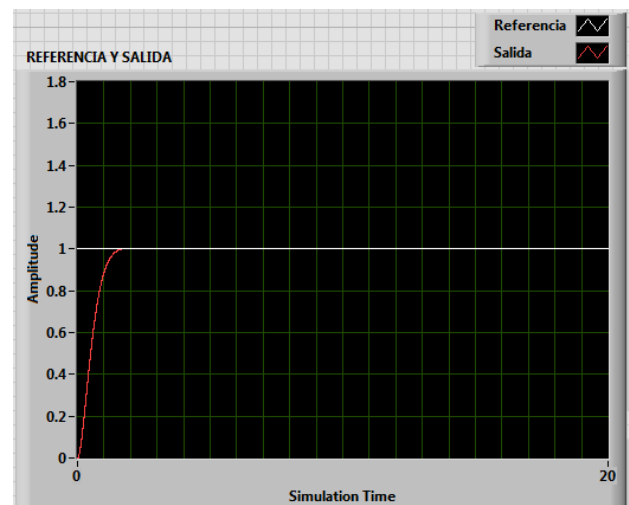


Figura 20 Curva de respuesta a un escalón unitario del Sistema de Control PD en lazo cerrado incrementando el valor K_d

El efecto de las oscilaciones presentadas en este tipo de sistemas pueden ser amortiguadas con solo ajustar el valor de la ganancia derivativa. Valores elevados para la ganancia proporcional pueden presentar oscilaciones.

El valor del error en estado estacionario es cero y la frecuencia natural del sistema así como su factor de amortiguamiento dependen solo de la ganancia proporcional y derivativa.

Respuesta del Sistema de Control PD con el efecto de la perturbación

Para simular el efecto de la perturbación este se considera de un valor constante, los valores de la ganancia K_p y K_d se toman del mismo valor que se consideraron el inciso iii) del punto anteriormente descrito

$$K_p = 0.2, K_d = 0.1 \text{ y } d = 0.3$$

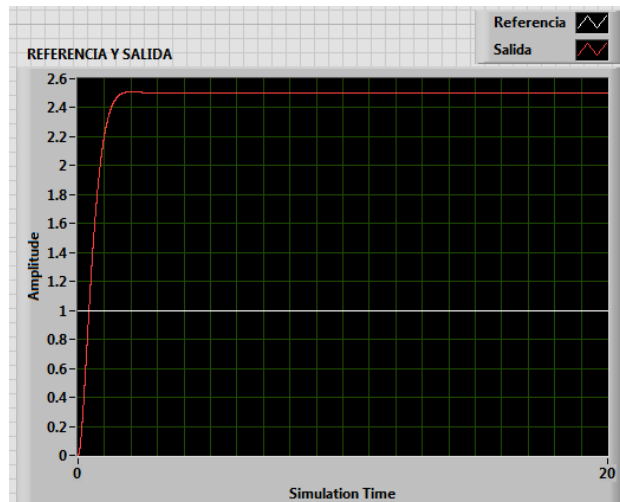


Figura 21 Curva de respuesta a un escalón unitario del Sistema de control PD en lazo cerrado bajo el efecto de perturbación

En la respuesta del sistema se aprecia que la señal de salida no sigue el mismo valor de la señal de referencia y esto es debido al efecto de la perturbación por lo que existe la presencia de error en estado estacionario.

Simulación de un Control PID de un Sistema de segundo orden

El efecto de la perturbación y de valor constante, se puede eliminar o contrarrestar mediante la acción integral.

El sistema de control PID es representado por el diagrama de la figura 22.

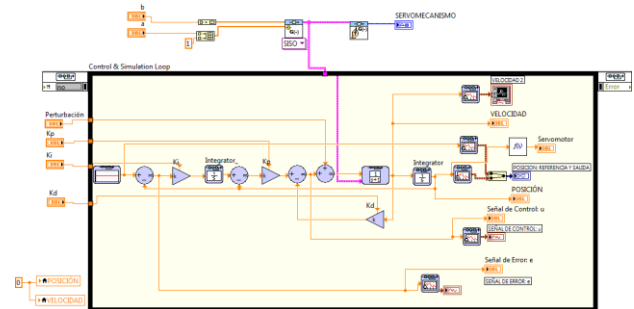


Figura 22 Sistema de un Control PID para un sistema de segundo orden en la plataforma de LabVIEW

En la simulación del Sistema de Control PID el efecto de la perturbación es contrarrestado debido a la adición de la acción integral.

Primero se simula el sistema control proporcional integral derivativo con los siguientes valores para las ganancias y la perturbación.

$$K_p = 0.2, K_d = 0.1, K_i = 0.3 \text{ y } d = 0.3$$

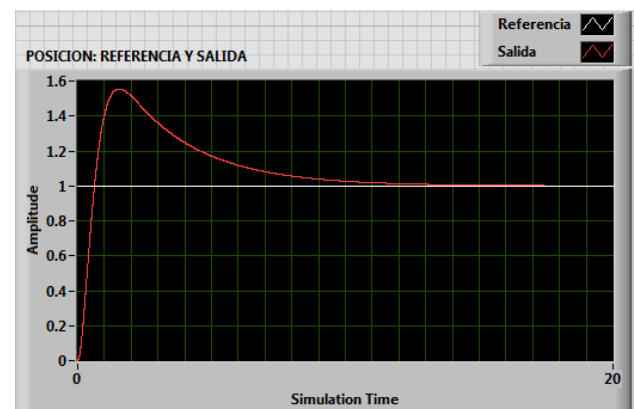


Figura 23 Curva de respuesta a un escalón unitario del sistema de control PID en lazo cerrado

En la respuesta del sistema se aprecia la eliminación del error en estado estacionario debido a la acción integral.

Como una segunda simulación, se varía los valores de ganancias K_p , K_d y K_i , tomando en cuenta el mismo valor constante para la perturbación.

$$K_p = 2, K_d = 0.25, K_i = 1 \text{ y } d = 0.3$$

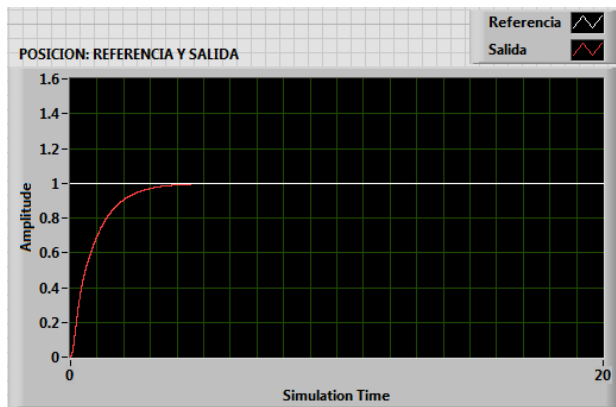


Figura 24 Curva de respuesta a un escalón unitario del Sistema de Control PID en lazo cerrado sin oscilaciones y/o sobretiros

Anexos

Clerk, M. *On Governors*. From the Proceedings of the Royal Society, No.100, 1868.

Roca, A. *Control Automático de procesos industriales, Con prácticas de simulación y análisis por ordenador PC*. <http://www.alfredoroca.com/libro/libro.php>. España: Ediciones Díaz de Santos.

Agradecimientos

Al Dr. Rubén Alejandro Garrido Moctezuma y la Dra. Irma Irasema Siller Alcalá por sus conocimientos impartidos

También los autores agradecen al personal de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez que apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Conclusiones

En este artículo se propone una solución práctica y de manera fácil para la simulación de sistemas de control PD y PID, en sistemas estables y de segundo orden, aplicados al área de control automático.

En un sistema de control PD, y sin perturbación, la simulación muestra que el valor de error en estado estacionario es cero, que al incrementar el valor de la ganancia derivativa (K_d) se disminuyen las oscilaciones y que con el aumento de la ganancia proporcional (K_p) aumenta la velocidad de respuesta del sistema (frecuencia natural - ω_n) pero se disminuye el valor del factor de amortiguamiento por lo que la respuesta del sistema pueda oscilar.

Si el sistema de control PD se simula bajo el efecto de una perturbación de valor constante, la respuesta del sistema presenta error en estado estacionario, por lo que la señal salida del sistema no sigue el mismo valor de la señal de entrada es estado estacionario.

En la simulación se comprueba que para eliminar el error en estado estacionario, debido al efecto de la perturbación en un sistema de control PD, se agrega la acción integral gracias a la implementación del control PID.

Además implementar simuladores de sistemas de control, con LabVIEW, que son de fácil uso y entendimiento para estudiantes de ingeniería en las universidades tecnológicas en México, estos pueden ser escalables para abarcar temas de investigación aplicada a los sistemas de control, como lo son control robusto y adaptable.

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de un prototipo experimental que comprenda físicamente un servomecanismo y pueda ser incorporado a los sistemas de control programados con LabVIEW, esto con el propósito de probar las técnicas y teorías de control automático tanto en la simulación como en tiempo real.

Referencias

Bishop, R. (2012). *Modern Control Systems with LabVIEWTM* (1st Edition). USA: National Technology and Science Press.

Distefano, J., Stubberud, A., Williams, I. (1990). *Feedback and Control Systems* (2nd Edition). USA: MacGraw-Hill

Hernández, V., Silva, R., Carrillo, R. (2013). *Control Automático: Teoría de diseño, construcción de prototipos, modelado, identificación y pruebas experimentales* (1^a Edición). México: CIDETEC.

Hernández, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB* (1^a Edición). México: Pearson Educación, S.A.

Kuo, B. (1996). *Sistemas de Control Automático* (7^a Edición). México: Pearson Educación, S.A.

Larsen, R. (2011). *LabVIEW for Engineers* (1st Edition). USA: Pearson Education.

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control Moderna Katsuhiko Ogata* (5^a Edición). España: Pearson Educación, S.A.