

CONTROL DE PROCESOS

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Control de Procesos
Clave de la asignatura:	ICF-1602
(Créditos) SATCA1	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Electrónica

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Electrónica la capacidad de analizar, desarrollar, diseñar y gobernar procesos industriales mediante el control, utilizando algoritmos estándares. Se parte del control básico, como lo es el on-off, posteriormente se analiza e implementa el modo de control proporcional, pasando posteriormente por algoritmos de control más completos como lo es el integral y el derivativo para finalizar este esquema con la combinación de los tres últimos mencionados (modos de control PI, PD y PID). La sintonización de lazos de control es un tema que no podemos dejar de lado, pues es la parte fundamental que determina la manera en que se pone a punto el sistema, determinando los valores adecuados asignados para cada modo de control, de tal manera que nos permita una respuesta óptima de dicho sistema, en función de la variable que se requiere controlar.

También se lleva a cabo el análisis, diseño y aplicación de sistemas de control multivariables, lo cual nos permite integrar de manera global los conocimientos obtenidos previamente en sistemas más complejos como sistemas de control multi lazo, (la necesidad de medir y/o controlar dos o más variables interdependientes).

El criterio para la ubicación de esta asignatura a partir del 8° semestre, se debe a que requiere de conocimientos previos de sobre instrumentación (específicamente medición de diferentes variables físicas, conocimiento de transmisores, elementos finales de control, entre otros temas), también son necesarios el dominio de temas específicos desarrollados en las materias de control I y control II (función de transferencia, respuesta en el tiempo, error, estabilidad, etc.).

Intención didáctica.

Se organiza el temario del curso en 6 unidades, agrupándose los contenidos conceptuales de la asignatura de la siguiente forma: en la primera unidad se estudian los conceptos básicos acerca de los antecedentes del control de procesos industriales, en esta misma unidad se lleva el análisis del primer modo de control que es el on-off ; en la segunda unidad se contempla el análisis y aplicación de los sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional; la tercera unidad se combina el modo de control proporcional con el integral generando el modo de acción PI, en la cuarta unidad se estudia el desarrollo y la implementación en procesos industriales, del sistema de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional-integral-derivativo, en la quinta unidad se analizan los diferentes métodos de sintonización de lazos de control y su aplicación, en la sexta unidad se analizan las diferentes esquemas en que se presentan los procesos industriales multivariables.

En la unidad uno se aborda los conceptos generales sobre el control de procesos, con un enfoque de aplicación en industrias de producción, así mismo se analiza para su implementación y aplicación el modo de control on-off.

En la segunda unidad se inicia con el estudio del modo de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional, realizando análisis comparativos entre este modo de control y el de tipo on-off. Se obtiene función de transferencia de sistemas de lazo único, donde ya se incluye este algoritmo de control (proporcional).

La tercera unidad incluye los sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional-integral, donde nuevamente se realiza un análisis teórico práctico sobre los parámetros fundamentales a tomar en cuenta en la aplicación de este algoritmo de control.

En la cuarta unidad se analiza los sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional-integral-derivativo, realizando un análisis comparativo entre este modo de control y los modelos anteriormente mencionados.

En la quinta unidad se realiza el análisis de algunos métodos de sintonización de lazos control, entre ellos se encuentran los métodos basados en la curva de reacción, método basado en criterios integrales, métodos de lazo cerrado, etc.

En la sexta unidad el enfoque está basado en el análisis teórico práctico de sistemas de control multivariables, en donde se realiza la implementación de sistemas de control en cascada, sistemas de control de salidas múltiples, control de relación, entre otros, basados en una comparación de funcionalidad en relación con los modos de control de lazo único.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas

promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables físicas básicas, manejo de teoría de control (funciones de transferencia de sistemas reales), sintonización de sistemas de control con variables físicas fundamentales (nivel, flujo, presión, temperatura) ; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, actividades que propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis, con la intención de desarrollar una actividad intelectual compleja.

En las actividades prácticas sugeridas es conveniente que el profesor acompañe a los alumnos en el desarrollo de las mismas, siendo estas actividades de vital relevancia para el aprendizaje de las competencias descritas en la materia. Las actividades deberán de ser estructuradas de una manera secuencial, lo cual por sí misma incrementará el grado de complejidad.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, haciendo más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados y de las observaciones.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de la experiencia desarrollada en las prácticas de laboratorio, se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y que sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización del conocimiento.

Es necesario que el profesor ponga especial atención y cuidado en estos aspectos, durante el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

3. PARTICIPANTES EN EL DISEÑO Y SEGUIMIENTO CURRICULAR DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán Junio de 2007	Ing. Marco Antonio Sosa López Ing. Sergio Sandoval Chávez	Desarrollo del programa en unidades de aprendizaje.
Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán Mayo de 2012	Ing. Marco Antonio Sosa López	Reestructuración de la materia por competencias.

4. COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas:

Conocer y analizar los conceptos básicos sobre los antecedentes del control de proceso y su importancia en el desarrollo económico de nuestro país.

Conocer la estructura básica de un sistema de control de lazo cerrado y su aplicación en la industria.

Analizar, diseñar y aplicar el modo de control on-off en lazo de control cerrado, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo).

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo).

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-integral, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y el de tipo proporcional.

Competencias genéricas:**Competencias instrumentales**

- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad de organizar y planificar
- Conocimientos básicos de la carrera
- Comunicación oral y escrita

- Habilidades básicas de manejo de la computadora
- Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas

- Solución de problemas
- Toma de decisiones.

Competencias interpersonales

- Capacidad crítica y autocrítica
- Trabajo en equipo
- Habilidades interpersonales

Competencias sistémicas

- Capacidad de aplicar los

<p>Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-integral-derivativo, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y los modos anteriores, determinando los criterios adecuados para la selección del modo más adecuado según caso específico.</p> <p>Determinar el método más adecuado para la sintonización de lazos de control mediante análisis teórico práctico, según el caso que se presente con uno o unos sistemas de control de lazo cerrado.</p> <p>Obtener la función de transferencia de sistemas de control multivariable de tal manera que nos permita aplicar la teoría de control (conocimiento de algoritmos de control en lazos de control cerrado) aplicada a este nuevo contexto.</p>	<p>conocimientos en la práctica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma
--	---

5. COMPETENCIAS PREVIAS DE OTRAS ASIGNATURAS

Competencias previas

- Conocer principios fundamentales de instrumentación utilizados para la medición

de variables fundamentales.

- Medición de variables fundamentales tales como: temperatura, nivel, flujo, presión, que sirvan como base para aplicar en los sistemas de control de lazo cerrado.
- Manejo de conceptos básicos tales como, medición, rango, precisión, etc., que permitan al estudiante poseer una idea clara de las características fundamentales del equipo a utilizar aplicado en las actividades prácticas.

6. TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
I	Sistemas de control continuo	1.-Antecedentes del control de procesos industriales 2.- Modo de control on-off
II	Sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional	Modo de control proporcional
III	Sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional-Integral	Modo de control proporcional-integral
IV	Sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional-integral - Derivativo	Modo de control proporcional-integral-derivativo
V	Sintonización de lazos de control	1.- Tipos de métodos de sintonización 2.-Métodos basados en la curva de reacción del proceso 3.- Métodos basados en criterios integrales

		<p>4.-Métodos de lazo cerrado</p> <p>5.-Métodos basados en la cancelación de polos</p> <p>6.- Métodos basados en la localización de polos</p>
VI	Control de procesos multivariados	<p>1.- Conceptos previos</p> <p>2.- Control en cascada</p> <p>3.- Control de salidas múltiples</p> <p>4.- Control de relación</p> <p>5.- Sistemas de control selectivo o por comando</p> <p>6.- Control adaptativo</p> <p>7.- Sistemas de control inteligente</p>

7. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Sistemas de control continuo

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Conocer y analizar los conceptos básicos sobre antecedente del control de proceso y su importancia en el desarrollo económico de nuestro país.</p> <p>Conocer la estructura básica de un sistema de control de lazo cerrado y su aplicación en la industria.</p> <p>Analizar, diseñar y aplicar el modo de control on-off en un lazo de control cerrado típico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y comprender los diferentes sistemas de control que se utilizan en los procesos industriales y de servicios así como sus ventajas y desventajas. Investigar diferentes medios (catálogos de fabricantes:, internet, manuales de proveedores, etc.) las características de los diferentes elementos de un Sistema de Control. • Identificar los elementos que integran la estructura de un sistema de control clásico. • Realizar diseño mediante análisis matemático de un sistema de control de tipo on-off para determinar la frecuencia de trabajo (ciclo de trabajo) y en función de ésta determinar cuál será la vida útil de cada uno de sus elementos. • Conectar y poner en operación sistemas de control del tipo on-off para variables de temperatura, nivel flujo y presión (deberá el alumno seleccionar una de estas variables para realizar

	dicha actividad).
--	-------------------

Unidad 2: Sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo)	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en libros especializados los conceptos fundamentales de la teoría sobre el modo de control proporcional • Investigar y comprender los diferentes enfoques de los sistemas de control que se utilizan algoritmos de control básicos (modo de acción proporcional). • Investigar diferentes medios (catálogos de fabricantes:, internet, manuales de proveedores, etc.) las características de los diferentes elementos de un Sistema de Control utilizando el modo de control proporcional. • Implementar un lazo de control de cualquiera de las variables básicas, utilizando el modo de control proporcional

Unidad 3: Sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional-Integral

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-integral, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel,	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en libros especializados los conceptos fundamentales de la teoría sobre el modo de control proporcional integral • Investigar y comprender los diferentes enfoques de los sistemas de control que se utilizan algoritmos de control básicos (modo de acción proporcional integral).

<p>presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y el de tipo proporcional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis sobre la respuesta de un sistema de control de lazo cerrado (para cualquiera de las variables básicas) utilizando el modo de control proporcional integral. • Implementar un lazo de control de cualquiera de las variables básicas, utilizando el modo de control proporcional integral
---	--

Unidad 4: Sistemas de control de lazo cerrado utilizando el modo de control Proporcional-integral -Derivativo

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-integral-derivativo, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y los modos anteriores, determinando los criterios adecuados para la selección del modo óptimo según caso específico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en libros especializados los conceptos fundamentales de la teoría sobre el modo de control proporcional integral derivativo • Investigar y comprender los diferentes enfoques de los sistemas de control que se utilizan algoritmos de control básicos (modo de acción proporcional integral derivativo). • Investigar en diferentes medios (revistas, internet, libros especializados, en campo mediante visitas industriales, etc.), sobre la aplicación real de un sistema de control utilizando este algoritmo de control. • Realizar un análisis sobre la respuesta de un sistema de control de lazo cerrado, así como su diseño, (para cualquiera de las variables básicas) utilizando el modo de control proporcional integral derivativo. • Implementar un lazo de control de cualquiera de las variables básicas, utilizando el modo de control proporcional integral derivativo

Unidad 5: Sintonización de lazos de control

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Determinar el método más adecuado para la sintonización de lazos de control mediante análisis teórico práctico, según el caso que se presente con un o unos sistemas de control de lazo cerrado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en libros especializados los conceptos fundamentales de la teoría sobre métodos existentes para la sintonización de lazos de control • Investigar en diferentes medios (revistas, internet, libros especializados, en campo mediante visitas industriales, etc.), la manera real del procedimiento de sintonización de lazos de control. • Sintonización de un sistema de control de lazo cerrado (de la variable más común; presión, nivel , temperatura, flujo) utilizando el modo de control PID, utilizando el método que más se adecue a las necesidades de la variable a controlar

Unidad 6: Control de procesos multivariables

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Obtener la función de transferencia de sistemas de control multivariable de tal manera que nos permita aplicar la teoría de control (conocimiento de algoritmos de control en lazos de control cerrado) aplicada a este nuevo contexto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en libros especializados los conceptos fundamentales de la teoría sobre el control de procesos multivariables • Investigar y comprender los diferentes enfoques de los sistemas de control en cascada que utilizan algoritmos de control básicos (modo de acción proporcional integral derivativo). • Investigar y comprender los diferentes enfoques de los sistemas de control de relación que utilizan algoritmos de control básicos (modo de acción proporcional integral derivativo). • Análisis y diseño de lazo de control en cascada

8. PRÁCTICAS

- Control on off de las variables básicas como temperatura nivel, flujo presión.
- Control proporcional de variables básicas como temperatura nivel, flujo presión.
- Control PI de variables básicas como temperatura nivel, flujo presión.
- Control PID de variables básicas como temperatura nivel, flujo presión.
- Sintonización de un sistema de control típico utilizando el método seleccionado por el alumno.
- Control en cascada utilizando el modo de acción proporcional.

9. PROYECTO INTEGRADOR (PARA FORTALECER LAS COMPETENCIAS DE LA ASIGNATURA CON OTRAS ASIGNATURAS)

- Se especificará el proyecto integrador.

10. EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS (ESPECÍFICAS Y GENÉRICAS DE LA ASIGNATURA)

- Propiciar en el estudiante el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos a la solución de problemas.
- Emplear el método de conferencia en aula, auxiliándose con láminas, proyecciones, videos y prototipos didácticos para: explicar y analizar los elementos que conforman un sistema de control industrial
- Promover la asistencia del alumno a seminarios y exposiciones de equipo relacionados con los contenidos de la materia en cuestión.
- Propiciar que el alumno realice investigación en la industria, en centros de investigación y en laboratorios de la institución, para mostrar con proyecciones o videos la aplicación de sistemas de control industrial.
- Estimular la búsqueda y selección de información sobre temas del curso en diferentes medios tales como páginas de internet especializadas, libros, enciclopedias, revistas especializadas, en visitas industriales.
- Promover la investigación documental.
- Promover la investigación experimental tanto de campo como de laboratorio
- Hacer uso de software de desarrollo de aplicaciones de control y automatización.
- Promover visitas industriales a lugares que tengan aplicaciones relacionadas con los contenidos de la asignatura.
- Exposición de los temas por parte del maestro, aplicación del tema expuesto, trabajos de investigación que sustenten la teoría.

- Exposición de temas por parte de los alumnos.
- Propiciar la utilización de las matemáticas para el planteamiento y solución de problemas dentro de la materia.
- Realizar prácticas de laboratorio utilizando instrumentación adecuada en función de tecnología disponible.
- Visitar una empresa en donde se tengan instalados sistemas de adquisición de datos.
- Buscar y seleccionar información en textos, Internet, etc., sobre los temas de la asignatura de instrumentación y control, para así elaborar resúmenes, ensayos, mapas conceptuales, etc.
- Proponer problemas que fomenten en el estudiante el analizar, identificar y evaluar los parámetros que están involucrados en los sistemas de control industrial.
- Fomentar actividades grupales que propicien la colaboración, la cooperación y la comunicación con intercambio argumentado de ideas, la reflexión, y la integración entre los estudiantes.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan la vinculación de la aplicación teórica en la práctica, con desarrollo de trabajo en equipo.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y de las distintas asignaturas, para su análisis y solución.

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Tareas y Ejercicios
- Participación / Exposiciones en clase
- Evaluar los reportes de investigación documental.
- Prácticas en clase o extra clase
- Elaboración de sistemas de control
- Exámenes escritos
- Tareas y trabajos de investigación.
- Participación en clase.
- Evaluar los informes técnicos de las conferencias y exposiciones.
- Evaluar la participación del alumno en clase durante el desarrollo del curso.
- Presentación proyecto final.
- Evaluar el desarrollo de proyectos de automatización y control.
- Considerar la participación en las actividades programadas en la materia:
- Participación en clases

- Cumplimiento de tareas y ejercicios, en tiempo y forma
- Exposición de temas individuales y/o por equipos.
- Participación y colaboración en equipos de trabajo
- Participación en congresos o concursos

- Aplicar exámenes escritos considerando que no sea el factor decisivo para la acreditación del curso.

- Considerar el desempeño integral del alumno.

11. FUENTES DE INFORMACIÓN (ACTUALIZADAS CONSIDERANDO LOS LINEAMIENTOS DE LA APA*)

- 1.- Titulo: Industrial Control Electronics
Autor: John Webb/Kevin Greshock
Editorial: Mac Millan

- 2.- Titulo: Instrumentación Industrial
Autor: Antonio Creus
Editorial: Marcombo

- 3.- Titulo: Introducción al Estudio de lo Instrumentación Industrial
Autor: Daniel Ramírez / Nered Vargas Velásquez
Editorial: Instituto Politécnico Nacional

- 4.- Titulo: Ingeniería de Control Moderna
Autor: Katsuhico Ogata
Editorial: Prentice may

- 5.- Título: Automatic Tuning o Simple Regulators w/Spec.Phase and Amplitud Margins
Autor: Aström,K.J.y T.Hägglund
Editorial: Automática Vol. 20,N ° 5,pág 645 -651,1984

- 6.- Titulo: Manuales de fabricantes de equipo
Autor: National Instrument. Logic Bus, Newark,

- 7.- Kuschewiski John G., Hui Stefen, Zark Stanislaw H., Appication of Feedforward Neural Networks to Dynamical System Identification and Control, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 1 No. 1 March 1993

- 8.- Ogata Katsuhiko, Ingeniería de Control Moderno, Editorial Prentice Hall

10.- Schiffmann Wolfram, Geffers H. Willi,
Adaptive Control of Dinamic Systems by
Bacpropagation Networks, Neural
Networks Vol. 6 1993

Formato de Prácticas de la Materia de Control de Procesos

Datos de la Práctica

Nombre de la Práctica : Control On-off

Práctica No 1

Fecha: junio 2013

Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Diseño, análisis e implementación de un sistema de control de lazo cerrado utilizando el modo de control on off.

Introducción

El control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%). La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador suma una posición, y si la variable es menor el actuador a suma la otra posición.

Presenta las siguientes características:

- Variación cíclica continua de la variable controlada
- El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.
- Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

Ventajas del sistema on-off

- Es la forma más simple de control
- Bajo precio de instalación
- Fácil instalación y mantenimiento
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

Desventajas del sistema de control on-off

- Mínima precisión.
- No recomendable para procesos de alto riesgo

Materiales y Equipos

Estación de trabajo (variable a controlar puede ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuente de alimentación

Controlador

Transmisor

Válvula de control

Metodología

Previamente es necesario tener información completa de la variable que se va a controlar (consultar manuales necesarios sobre la variable, el controlador, el transmisor, el elemento final de control, etc.), también haber realizado análisis completo del lazo de control (haber obtenido la función de transferencia y realizar cálculos para determinar cómo responderá el sistema una vez implementado, de tal manera que lo calculado corresponda a lo real).

Una vez habiendo obtenido la información necesaria (mencionada en la parte superior) proceder a la implementación del sistema básico de control de lazo cerrado utilizando el modo de control on off.

En este sistema empezaremos a realizar un análisis teórico práctico desde un punto de referencia cualquiera (esto es, inicialmente seleccione una zona muerta al azar y un set point cualquiera), verifique que sus cálculos corresponden al sistema real.

Posteriormente realice un incremento del set point y vuelva a recalcular los datos necesarios para ese movimiento (verifique los tiempos de subida y bajada así como su frecuencia de trabajo). Realice este procedimiento para varios cambios de set point.

Ahora mueva la zona muerta (ajustando un valor más grande y posteriormente más pequeño) y calcule nuevamente los parámetros de tiempo de subida y bajada así como su frecuencia de trabajo.

Realice cambios en la carga para verificar que efecto tiene este sobre la respuesta del sistema (nuevamente verifique los tiempos de subida y bajada así como su frecuencia de trabajo).

Es necesario obtener gráficamente la respuesta del sistema en todo momento.

Anote observaciones y saque conclusiones.

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la práctica será conveniente llevar anotaciones de todas

aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta bibliográfica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

¿Cuál será el objetivo de implementar este tipo de control?
¿Qué ventajas se obtienen cuando se utiliza este tipo de control cerrado en relación con el control de lazo abierto?
¿Qué tan crítico resulta si no se calcula de manera adecuada el ciclo de trabajo para variables a controlar tales como presión, flujo y temperatura?

Fuentes de Información

Título: Ingeniería de Control Moderna
Autor: Katsuhiko Ogata
Editorial: Prentice may
Título: Instrumentación Industrial
Autor: Antonio Creus
Editorial: Marcombo

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio
Cumplimiento con las herramientas de calidad 5's

Formato de Prácticas de la Materia de Control de Procesos

Datos de la Práctica

Nombre de la Práctica : Control Proporcional

Práctica No 2

Fecha: junio 2013

Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo)

Introducción

El modo de control proporcional, está basado en un algoritmo lineal y proporcional, que tiene como objetivo reducir la magnitud del error.

El modo de control proporcional no considera el tiempo y solo se ve afectado por el tiempo muerto y el tiempo de reacción del retardo del proceso.

En un controlador proporcional la señal de accionamiento es proporcional a la señal de error del sistema.

La relación entre la variable regulada y la señal de error es la constante de acción proporcional o ganancia proporcional K_p . Si es demasiado grande, pequeñas desviaciones producirán grandes cambios en el actuador, y si es demasiado pequeña la reacción puede no ser suficiente para compensar el error.

La función de transferencia y el símbolo de un regulador de este tipo es:

$$G(s) = E(s) k_p$$

Donde

$G(s)$ es la salida del controlador

$E(s)$ es el error

K_p es la ganancia proporcional

El inconveniente de este tipo de control es que como la acción correctora es proporcional al error, no podrá anularse este completamente, ya que si el error llegara a ser cero, la acción correctora también lo sería (lo cual no tiene sentido, corregiríamos el error sin acción correctora), por lo que quedara siempre un error permanente u offset, que dependerá de la función de transferencia de la planta y de la ganancia o amplificación proporcional.

Este modo de control posee las siguientes características:

Banda proporcional ($100/k_p$): es el % que tiene que variar la entrada (señal de error) del controlador para que la salida cambie en un 100%.

Ganancia proporcional K_p . Cuanto mayor es la banda proporcional menor es la ganancia y si la BP es mayor del 100% no podremos obtener desviaciones del 100% del actuador.

Materiales y Equipos

Conectores

Estación de trabajo (variable a controlar puede ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuente de alimentación
Controlador del tipo analógico o digital
Transmisor de presión o de temperatura o de flujo o de nivel o de cualquier otra variable que se vaya a controlar
Válvula de control
Graficador del tipo digital
Conector macho para mangueras
Saca mangueras
Corta mangueras
Amperímetro
Convertidor de corriente a presión

Metodología

Previamente es necesario tener información completa de la variable que se va a controlar (consultar manuales necesarios sobre la variable, el controlador, el transmisor, el elemento final de control, etc.), también haber realizado análisis completo del lazo de control (haber obtenido la función de transferencia y realizar cálculos para determinar cómo responderá el sistema una vez implementado, de tal manera que lo calculado corresponda a lo real).

Una vez habiendo obtenido la información necesaria (mencionada en la parte superior) proceder a la implementación del sistema básico de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional.

En este sistema empezaremos a realizar un análisis teórico práctico desde un punto de referencia cualquiera (esto es, inicialmente seleccione el valor de $K_p = 1$ y un set point igual al 50%), verifique que sus cálculos corresponden al sistema real.

Posteriormente realice un incremento del set point y vuelva a recalcular los datos necesarios para ese movimiento (verifique los tiempos de subida y bajada así como su frecuencia de trabajo). Realice este procedimiento para varios cambios de set point.

Ahora mueva el valor de k_P (ajustando un valor más grande y posteriormente más pequeño) y calcule nuevamente los parámetros como tiempo transitorio, máximo sobre impulso, error en el estado estable y estabilidad.

Realice cambios en la carga para verificar que efecto tiene este sobre la respuesta del sistema.

Es necesario obtener gráficamente la respuesta del sistema en todo momento.

Anote observaciones y saque conclusiones.

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la práctica será conveniente llevar anotaciones de todas aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta

bibliográfica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

¿Cuál es la ventaja primordial de este tipo de control comparado con el de tipo on-off?
¿Cuál será las consecuencias que se tendrán cuando se ajusta una banda proporcional muy pequeña?
¿Si se ajusta una ganancia muy pequeña, qué efectos tendrá sobre el sistema?

Fuentes de Información

Kuschewiski John G., Hui Stefen, Zark
Stanislaw H., Appication of Feedforward
Neural Networks to Dynamical System
Identification and Control, IEEE
Transactions on Control Systems
Technology, Vol. 1 No. 1 March 1993

Título: Manuales de fabricantes de equipo
Autor: National Instrument. Logic Bus, Newark,

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio
Cumplimiento con las herramientas de calidad 5's

Formato de Prácticas de la Materia de Control de Procesos

Datos de la Práctica

Nombre de la Práctica : Control Proporcional-Integral

Práctica No 3

Fecha: junio 2013

Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-integral, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y el de tipo proporcional.

Introducción

Modo de control Integral

En una acción de control integral, la rapidez de cambio en la respuesta del controlador, $m(t)$ es proporcional al error, $e(t)$, es decir:

$$dm(t)/dt = K_c e(t) \quad \text{ecuación 1}$$

O bien,

$$m(t) = K_c \int e(t) dt \quad \text{ecuación 2}$$

En donde K_c , es una constante ajustable. La función de transferencia del controlador integral es:

$$M(s)/E(s) = K_c/s \quad \text{ecuación 3}$$

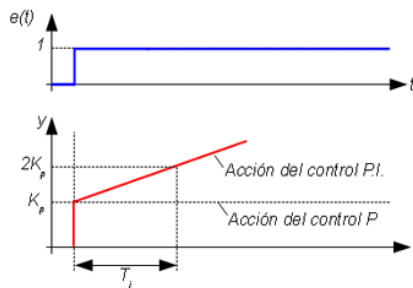
A partir de la ecuación (1) se deduce que si, por ejemplo, se duplica el valor de $e(t)$, el valor de $m(t)$ varía dos veces más rápido y a partir de la ecuación (2) se explica que cuando el error se hace igual a cero, el valor de $m(t)$ permanece constante. En ocasiones, la acción de control integral se denomina Control de Reajuste (Reset). En realidad no existen controladores que actúen únicamente con acción integral, siempre actúan en combinación con reguladores de una acción proporcional, complementándose los dos tipos de reguladores, primero entra en acción el regulador proporcional (instantáneamente) mientras que el integral actúa durante un intervalo de tiempo. (T_i = tiempo integral)

La Función de transferencia del bloque de control PI responde a la ecuación:

$$G(s) =$$

Donde K_p y T_i son modificados según el sistema. Si T_i es una rampa, el efecto integral será atenuado, y

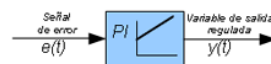
regulador PI.



$$Y(s)/E(s) = K_p [1/(T_i s + 1)]$$

parámetros que se pueden modificar según las necesidades del sistema. La pendiente de la rampa correspondiente al efecto proporcional es pequeña y, su efecto será viceversa.

Respuesta temporal de un



Por lo tanto la respuesta de un regulador PI será la suma de las respuestas debidas a un control proporcional P, que será instantánea a detección de la señal de error, y con un cierto retardo entrará en acción el control integral I, que será el encargado de anular totalmente la señal de error.

Materiales y Equipos

Conectores

Estación de trabajo (variable a controlar puede ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuente de alimentación

Controlador del tipo analógico o digital

Transmisor de presión o de temperatura o de flujo o de nivel o de cualquier otra variable que se vaya a controlar

Válvula de control

Graficador del tipo digital

Conector macho para mangueras

Saca mangueras

Corta mangueras

Amperímetro

Convertidor de corriente a presión

Metodología

Previamente es necesario tener información completa de la variable que se va a controlar (consultar manuales necesarios sobre la variable, el controlador, el transmisor, el elemento final de control, etc.), también haber realizado análisis completo del lazo de control (haber obtenido la función de transferencia y realizar cálculos para determinar cómo responderá el sistema una vez implementado, de tal manera que lo calculado corresponda a lo real).

Una vez habiendo obtenido la información necesaria (mencionada en la parte superior) proceder a la implementación del sistema básico de control de lazo cerrado utilizando el

modo de control proporcional-Integral.

En este sistema empezaremos a realizar un análisis teórico práctico desde un punto de referencia cualquiera (esto es, inicialmente puede seleccionar el valor de $K_p = 1$, con un valor en el modo de acción integral mínimo (si el ajuste es en minutos por repetición este debe estar al máximo, si es repeticiones por minuto, debe estar a un valor mínimo) y un set point igual al 50%), verifique que sus cálculos corresponden al sistema real (cuál debe ser el valor del error de la variable a controlar con ese ajuste de K_p).

Verifique la respuesta del sistema con el valor ajustado en K_p

Determine gráficamente cual es el valor del off-set

Calcule nuevamente cual será el valor óptimo del K_i para eliminar ese error y determine que tanto error se obtiene una vez ajustado el sistema al valor calculado.

Posteriormente realice un incremento del set point y vuelva a recalcular los datos necesarios para ese movimiento. Realice este procedimiento para varios cambios de set point.

Ahora mueva el valor de k_p y K_i (ajustando un valor más grande y posteriormente más pequeño) y calcule nuevamente los parámetros como tiempo transitorio, máximo sobre impulso, error en el estado estable y estabilidad.

Realice cambios en la carga para verificar que efecto tiene este sobre la respuesta del sistema.

Es necesario obtener gráficamente la respuesta del sistema en todo momento.

Anote observaciones y saque conclusiones.

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la práctica será conveniente llevar anotaciones de todas aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta bibliográfica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

¿Cuál será el propósito de utilizar el modo de control integral?

¿Es posible utilizar únicamente el modo de acción integral?

¿Cuál sería el problema al que nos enfrentamos si utilizáramos solo este modo de control?

¿Es posible que esta combinación de modos de control nos permita tener un rango más amplio de control sobre la variable a controlar?

¿Desde su punto de vista cual será la aplicación más óptima de este modo de control?

Fuentes de Información

Titulo: Ingeniería de Control Moderna
Autor: Katsuhiko Ogata
Editorial: Prentice may
Titulo: Introducción al Estudio de lo Instrumentación Industrial
Autor: Daniel Ramírez / Nered Vargas Velásquez
Editorial: Instituto Politécnico Nacional

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio
Cumplimiento con las herramientas de calidad 5's

Formato de Prácticas de la Materia de Control de Procesos

Datos de la Práctica

Nombre de la Práctica : Control Proporcional-Derivativo

Práctica No 4

Fecha: junio 2013

Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-derivativo, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y el de tipo proporcional.

Introducción

Control de acción derivativo

En este tipo de control la señal de accionamiento es proporcional a la derivada respecto al tiempo del error.

Esta acción tiene la función de oponerse a la velocidad de variación de la señal de error, por lo que si se añade a la acción proporcional produce una mejora en el tiempo de respuesta, al anticiparse a la tendencia de la variación.

Por lo tanto la acción derivativa mejora respuesta transitoria del sistema.

Tiene el gran inconveniente de que ante variaciones bruscas de la señal de error produce una respuesta tan grande que tiende a hacer inestable el sistema en bucle cerrado, por lo que jamás se utiliza sola. Al igual que el proporcional deja una señal de error permanente.

Su función de transferencia básica es la siguiente:

$$G(s)=K_d E(s)S$$

Donde :

G(s) salida del controlador

K_d ganancia del controlador o tiempo de derivación

E(s) error

S operador de Laplace

La acción de control proporcional derivativa (PD) genera una señal que es resultado de la combinación de la acción proporcional y la acción derivativa conjuntamente, obteniendo en conjunto una ecuación representada como se muestra a continuación:

$$G(s)= K_pE(s)+K_dS E(s)$$

Materiales y Equipos

Conectores

Estaciones de trabajo (variables a controlar pueden ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuentes de alimentación

Controladores del tipo analógico o digital

Transmisores de presión o de temperatura o de flujo o de nivel o de cualquier otra variable que se vaya a controlar

Válvula de control

Graficador del tipo digital

Conector macho para mangueras

Saca mangueras

Corta mangueras

Amperímetro

Convertidor de corriente a presión

Metodología

Previamente es necesario tener información completa de la variable que se va a controlar (consultar manuales necesarios sobre la variable, el controlador, el transmisor, el elemento final de control, etc.), también haber realizado análisis completo del lazo de control (haber obtenido la función de transferencia y realizar cálculos para determinar cómo responderá el sistema una vez implementado, de tal manera que lo calculado corresponda a lo real).

Una vez habiendo obtenido la información necesaria (mencionada en la parte superior) proceder a la implementación del sistema básico de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional-derivativo.

Nuevamente en este sistema empezaremos a realizar un análisis teórico práctico desde un punto de referencia cualquiera (esto es, inicialmente seleccione el valor de $K_p= 1$, con un valor en el modo de acción derivativo K_d , mínimo (ajustar en un valor mínimo en minutos el modo de acción derivativo) y set point igual al 50%.

Verifique que sus cálculos corresponden al sistema real.

Verifique la respuesta del sistema con el valor ajustado en K_p
Determine gráficamente cual es el valor del error dinámico en el sistema.
Determine gráficamente el valor del error dinámico y en función de este calcule cual debe ser el valor asignado a K_d (valor de la ganancia derivativa).
Verifique que el valor calculado es el suficiente para eliminar dicho error, en caso contrario reajuste de manera manual ese valor, determine cuales son las causas que nos pueden ocasionar desvíos en el cálculo de dicho parámetro.

Posteriormente realice un incremento del set point y vuelva a recalcular los datos necesarios para ese movimiento. Realice este procedimiento para varios cambios de set point.

Ahora mueva el valor de k_p y K_d (ajustando un valor más grande y posteriormente más pequeño) y calcule nuevamente los parámetros como tiempo transitorio, máximo sobre impulso, error en el estado estable y estabilidad.

Realice cambios en la carga para verificar que efecto tiene este sobre la respuesta del sistema.

Es necesario obtener gráficamente la respuesta del sistema en todo momento.

Anote observaciones y saque conclusiones.

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la práctica será conveniente llevar anotaciones de todas aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta bibliográfica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

¿Qué se logra con el sistema de control cuando se introduce el modo de control derivativo?

¿De qué manera ayuda este modo de control a eliminar el error dinámico?

¿Es considerable la ventajas que se obtiene utilizando estos modos de control en relación a los vistos en las practicas anteriores? ¿Por qué?

Fuentes de Información

Titulo: Industrial Control Electronics

Autor: John Webb/Kevin Greshock

Editorial: Mac Millan

Titulo: Ingeniería de Control Moderna

Autor: Katsuhico Ogata

Editorial: Prentice may
Titulo: Introducción al Estudio de lo Instrumentación Industrial
Autor: Daniel Ramírez / Nered Vargas Velásquez
Editorial: Instituto Politécnico Nacional

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio
Cumplimiento con las herramientas de calidad 5's

Formato de Prácticas de la Materia de Control de Procesos

Datos de la Práctica

Nombre de la Práctica : Control Proporcional-Integral-Derivativo
Práctica No 5

Fecha: junio 2013 Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado, utilizando el modo de control proporcional-integral-derivativo, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y los modos anteriores, determinando los criterios adecuados para la selección del modo óptimo según caso específico.

Introducción

PID: acción de control proporcional-integral-derivativa, esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$M(s) = K_p E(s) + K_i E(s)/s + K_d s E(s) + \text{BIAS}$$

Donde

K_p es la ganancia del modo de control proporcional

$E(s)$ es el error que se obtiene al comparar el punto de ajuste con la variable que se encuentra controlando

K_i es la ganancia del modo de acción integral

K_d es la ganancia del modo de acción derivativo

Bias es el valor que el sistema necesita para cuando el sistema se encuentre en el punto óptimo (cuando el error sea cero) exista una salida del controlador de tal suerte que mantenga en equilibrio al sistema y justamente en el punto que se requiere (set point)

El controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta, sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

Los controladores PID son suficientes para resolver el problema de control de muchas aplicaciones en la industria, particularmente cuando la dinámica del proceso lo permite (en general procesos que pueden ser descritos por dinámicas de primer y segundo orden), y los requerimientos de desempeño son modestos (generalmente limitados a especificaciones del comportamiento del error en estado estacionario y una rápida respuesta a cambios en la señal de referencia).

El controlador PID puede ser estructurado de diferentes maneras. Las formas comúnmente usadas son las formas serie y paralelas. En este sentido, se discuten las diferencias entre éstas desde el punto de vista de sus parámetros.

Materiales y Equipos

Conectores

Estación de trabajo (variable a controlar puede ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuente de alimentación

Controlador del tipo analógico o digital

Transmisor de presión o de temperatura o de flujo o de nivel o de cualquier otra variable que se vaya a controlar

Válvula de control

Graficador del tipo digital

Conector macho para mangueras

Saca mangueras

Corta mangueras

Amperímetro

Convertidor de corriente a presión

Metodología

Previamente es necesario tener información completa de la variable que se va a controlar (consultar manuales necesarios sobre la variable, el controlador, el transmisor, el elemento final de control, etc.), también haber realizado análisis completo del lazo de control (haber obtenido la función de transferencia y realizar cálculos para determinar cómo responderá el sistema una vez implementado, de tal manera que lo calculado corresponda a lo real).

Una vez habiendo obtenido la información necesaria (mencionada en la parte superior) proceder a la implementación del sistema básico de control de lazo cerrado utilizando el modo de control proporcional-Integral.

En este sistema empezaremos a realizar un análisis teórico práctico desde un punto de referencia cualquiera (esto es, inicialmente seleccione el valor de $K_p = 1$, con un valor en el modo de acción integral K_i mínimo (si el ajuste es en minutos por repetición este debe estar al máximo, si es repeticiones por minuto, debe estar a un valor mínimo) y un valor del modo de control derivado K_d mínimo (valor mínimo en tiempo)) y set point igual al 50%, verifique que sus cálculos corresponden al sistema real.

Verifique la respuesta del sistema con el valor ajustado en K_p

Determine gráficamente cual es el valor del off-set

Calcule nuevamente cual será el valor óptimo del K_i para eliminar ese error estable.

Determine gráficamente el valor del error dinámico y en función de este calcule cual debe ser el valor asignado a K_d (valor de la ganancia derivativa).

Verifique que el valor calculado es el suficiente para eliminar dicho error, en caso contrario reajuste de manera manual ese valor, determine cuales son las causas que nos pueden ocasionar desvíos en el cálculo de dicho parámetro.

Posteriormente realice un incremento del set point y vuelva a recalcular los datos necesarios para ese movimiento. Realice este procedimiento para varios cambios de set point.

Ahora mueva el valor de k_p , K_i y K_d (ajustando un valor más grande y posteriormente más pequeño) y calcule nuevamente los parámetros como tiempo transitorio, máximo

sobre impulso, error en el estado estable y estabilidad.

Realice cambios en la carga para verificar que efecto tiene este sobre la respuesta del sistema.

Es necesario obtener gráficamente la respuesta del sistema en todo momento.

Anote observaciones y saque conclusiones.

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la práctica será conveniente llevar anotaciones de todas aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta bibliográfica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

¿De qué manera compensa este modo de control todas las desventajas que se presentaban con los modos de control anteriormente implementados (modo P, PI, PD)?

¿Cuál será la forma más adecuada para ajustar de manera precisa los parámetros de P, Kd y Ki?

¿En cuánto considera que mejora la eficiencia de este tipo de control con relación a los otros modos de control?

¿Para qué tipo de variables es más adecuado la aplicación de este modo de control?

Fuentes de Información

Título: Ingeniería de Control Moderna

Autor: Katsuhiko Ogata

Editorial: Prentice may

Título: Introducción al Estudio de lo Instrumentación Industrial

Autor: Daniel Ramírez / Nered Vargas Velásquez

Editorial: Instituto Politécnico Nacional

Título: Instrumentación Industrial

Autor: Antonio Creus

Editorial: Marcombo

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio

Cumplimiento con las herramientas de calidad 5's

Formato de Prácticas de la Materia de Control de Procesos

Datos de la Práctica

Nombre de la Práctica : Control en Cascada

Práctica No 6

Fecha: junio 2013

Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Analizar y diseñar sistemas de control de lazo cerrado multivariable del tipo cascada, utilizando el modo de control proporcional, para su aplicación en sistemas de producción industrial (control de temperatura, nivel, presión o flujo), realizar un análisis comparativo entre este modo de control y el de tipo proporcional.

Introducción

El control en cascada es una estrategia que mejora significativamente, en algunas aplicaciones, el desempeño que muestra un control por retroalimentación y que ha sido conocida desde hace algún tiempo. Este tipo de control se define como la configuración donde la salida de un controlador de realimentación es el punto de ajuste para otro controlador de realimentación, por lo menos. Más exactamente, el control de cascada involucra sistemas de control de realimentación o circuitos que estén ordenados uno dentro del otro.

Existen dos propósitos para usar control cascada:

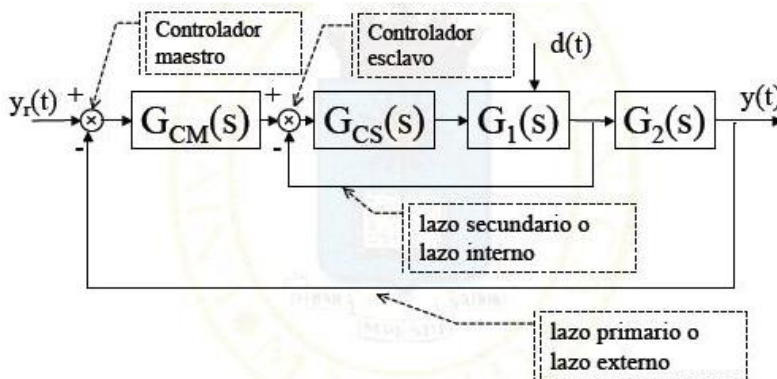
1. Eliminar el efecto de algunas perturbaciones haciendo la respuesta de regulación del sistema más estable y más rápida.

2. Mejorar la dinámica del lazo de control.

La estructura de control en cascada tiene dos lazos un lazo primario con un controlador primario también llamado “maestro” $K_1(s)$ y un lazo secundario con un controlador secundario también denominado “esclavo” $K_2(s)$, siendo la salida del primario el punto de consigna del

controlador secundario La salida del controlador secundario es la que actúa sobre el proceso.

La siguiente figura muestra el esquema básico de un sistema de control en cascada.



Materiales y Equipos

Conectores

Estación de trabajo (variable a controlar puede ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuente de alimentación

Controlador del tipo analógico o digital

Transmisor de presión o de temperatura o de flujo o de nivel o de cualquier otra variable que se vaya a controlar

Válvula de control

Graficador del tipo digital

Conector macho para mangueras

Saca mangueras

Corta mangueras

Amperímetro

Convertidor de corriente a presión

Metodología

La idea básica de esta práctica es la implementación de un sistema de control en cascada utilizando únicamente el modo de control proporcional en ambos controladores (tanto en el controlador maestro como en el controlador esclavo).

Y como a través de todas estas prácticas es importante que el estudiante lleve previamente un análisis de su sistema (cálculo de la función de transferencia, parámetros básicos necesarios, etc.).

Empezaremos determinando la necesidad de implementar este tipo de control en un sistema que tenga las características apropiadas para la aplicación del mismo (esto

implica un análisis detallado de los sistemas que hemos estado implementando en las practicas anteriores, en ellas nos daremos cuenta de los factores que de alguna manera tienen influencia en nuestro sistema, pero que no hemos podido controlar (hasta ahora), esto es, si nos detenemos un momento, por mencionar algún ejemplo, en el control de nivel el estado de la variable a controlar (nivel obviamente) depende de la demanda que se tenga a la salida, también depende del flujo de entrada (en el caso en que la válvula de control nos regule el flujo de entrada, este puede cambiar independientemente que la válvula de control se mantenga en una abertura especifica, ya que ese flujo pudiera estar dependiendo de una motobomba o por caída libre), esto nos traerá como consecuencia que la variable que estamos controlador puede moverse del punto de ajuste debido a esa variación en el flujo de entrada, por lo que pudiéramos incluir esta variable al lazo de control, ¿De qué manera?, utilizando el control en cascada.

Una vez establecida la variable que se va a controlar y cuál de las otras variables tienen efectos más marcados sobre el sistema se procede al diseño del sistema mediante estas reglas sencillas:

Regla 1.- Diseñar el lazo secundario de manera que contenga las perturbaciones más serias.

Regla 2.- Hacer el lazo secundario tan rápido como sea posible incluyendo solamente los menores retrasos del sistema completo de control.

Regla 3.- Seleccionar una variable secundaria cuyos valores estén definidamente y fácilmente relacionados a los valores de la variable primaria.

Regla 4.- Incluir en el lazo secundario tantas perturbaciones como sea posible, manteniéndolo al mismo tiempo, relativamente rápido.

Regla 5.- Escoger una variable secundaria de control que permita al controlador secundario operar a la ganancia más alta posible (la más baja banda proporcional). Esto es difícil de predecir.

Sintonización de controladores

En la práctica industrial los reguladores de un sistema de control en cascada son normalmente reguladores realimentados estándares tipo P, PI, o PID.

La sintonía de los dos reguladores se efectúa, igual que en controladores en configuración simple pero en dos etapas:

Sintonía del bucle secundario

Obtener un modelo de la parte del proceso incluida en el secundario (modelo de conocimiento o modelo experimental).

Sintonizar el controlador secundario por cualquiera de los métodos conocidos (normalmente se utiliza un PI ya que el secundario debe ser un bucle rápido).

Sintonía del bucle primario

Obtener un modelo de la variable controlada a cambios en el punto de consigna del controlador secundario (con el bucle secundario cerrado o en automático).

Se diseña el regulador maestro sobre este sistema equivalente.

Sintonizar el controlador primario por alguno de los métodos conocidos.

Estudio analítico de estabilidad.

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la práctica será conveniente llevar anotaciones de todas aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta bibliográfica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

- ¿Por qué el lazo interno debe ser más rápido que el externo?
- ¿Cuál sería la respuesta del sistema si el lazo interno fuese más lento que el lazo externo?
- ¿A qué se refiere cuando hablamos de ser más lentos?
- ¿Específicamente para que circunstancias son aplicados estos tipos de control?
- ¿Es posible obtener de manera analítica la respuesta de este tipo de sistemas?

Fuentes de Información

Kuschewiski John G., Hui Stefen, Zark
Stanislaw H., Application of Feedforward
Neural Networks to Dynamical System
Identification and Control, IEEE
Transactions on Control Systems
Technology, Vol. 1 No. 1 March 1993

Título: Manuales de fabricantes de equipo
Autor: National Instrument. Logic Bus, Newark,

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio
Cumplimiento con las herramientas de calidad 5's

Nombre de la Práctica : Sintonización de Lazos

Práctica No 7

Fecha: junio 2013

Lugar: Cd. Guzmán Jalisco

Participantes:

Profesor:

Competencias a desarrollar

Determinar de manera experimental el método más adecuado para la sintonización de lazos de control, auxiliándose de las fórmulas de Ziegler y Nichols según el caso que se presente con un o unos sistemas de control de lazo cerrado.

Introducción

Se entiende por sintonización el cálculo de los parámetros del regulador, es decir los valores de las constantes K , T_i y T_d o sus equivalentes K_i y K_d . En el ambiente industrial esta tarea se puede hacer por tanteo, prueba y error. Sin embargo el método puede ser tedioso y se requieren muchas pruebas y puede también ser peligroso, pues por desconocimiento se puede llevar el proceso a inestabilidades o a sobre oscilaciones no aceptables.

Además, un proceso sintonizado sólo por prueba y error no garantiza que tenga el funcionamiento adecuado y respuesta a cambios bruscos en el disturbio o en las referencias. Por ello es siempre oportuno tener un background en base al cual realizar y evaluar la sintonización de un lazo cerrado, sobre todo si el proceso tiene cierta repercusión e importancia dentro de toda la planta industrial. Un lazo mal sintonizado puede tener comportamientos imprevisibles y presentar fallas de diseño, también puede dar lugar a elevar los costos de producción por el consumo de energía que puede aumentar, De esto último se da sobre todo para sistemas térmicos, intercambiadores de calor, sistemas intercambio de energía, columnas de destilación entre otros.

Las clásicas reglas de Ziegler Nichols enunciadas hace más de 50 años siguen siendo un primer punto de referencia y tienen resultados aceptables para un buen porcentaje de procesos, estas reglas son empíricas pero requieren de cierta información del proceso. Dichas reglas no constituyen sin embargo el mejor set de parámetros que se puede implementar para un PID también para algunos tipos de proceso sobre todo con retardos marcados dan comportamientos no buenos. Hay otros métodos de sintonización basados en la minimización de un error que compensan bien los defectos de las reglas de Ziegler Nichols, pues tienen resultados buenos para sistemas con retardos en ciertos márgenes de tolerancia.

Material y equipo

Conectores

Estación de trabajo (variable a controlar puede ser cualquiera de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación y control)

Multímetro

Fuente de alimentación

Controlador del tipo analógico o digital

Transmisor de presión o de temperatura o de flujo o de nivel o de cualquier otra variable que se vaya a controlar

Válvula de control

Graficador del tipo digital

Conector macho para mangueras

Saca mangueras

Corta mangueras

Amperímetro

Convertidor de corriente a presión

Metodología

La teoría de control nos dice que para cada sistema se tiene una única función de transferencia y que esa nos permite conocer la respuesta de dicho sistema en todas las situaciones posibles, al mismo tiempo podemos determinar de manera exacta que valores debemos asignar para cada parámetro ajustable (sea K_p , K_i y K_d), de tal suerte que permita que el sistema a controlar tenga la respuesta que nosotros deseamos de dicho sistema.

En esta práctica no precisamente será necesario realizar cálculos para determinar esos parámetros, en esta ocasión utilizaremos un método de sintonización que resulta mucho más sencillo de aplicar.

Con previa anticipación debemos de tener muy en claro cuál será nuestra variable a controlar, cuáles serán los elementos necesarios para conformar el lazo de control y finalmente armar el lazo de control.

Una vez habiendo armado el lazo de control procederemos a la sintonización en línea, la cual consiste en colocar el controlador en automático, es decir en lazo cerrado, anular las acciones integral y derivativa y ensayar con diferentes valores de ganancia proporcional hasta encontrar un valor de ganancia en que se observe una respuesta en oscilación sostenida correspondiente a la ganancia última, K_{cu} . A partir del registro de la variable controlada en su estado último, se mide el período correspondiente, es decir, el período último, T_u , para esta respuesta deseada del lazo cerrado, Ziegler y Nichols especificaron como parámetros de sintonización para un controlador aquellos con los cuales se obtenga una respuesta con un perfil oscilatorio con una razón de decaimiento de un cuarto, es decir, con una relación de un cuarto entre las amplitudes de dos oscilaciones sucesivas para perturbaciones en una variable de entrada o en el valor deseado de la variable controlada. La razón de decaimiento debería ser independiente de la entrada al sistema y debería depender solamente de las raíces de la ecuación característica del lazo de control.

Una vez que han sido determinados la ganancia última y el período último, T_u , y de acuerdo a Ziegler y Nichols los parámetros de sintonización del controlador se calculan mediante las fórmulas de la Tabla 1 para obtener respuestas sinusoidales exponenciales decrecientes con una razón de decaimiento de un cuarto entre sus amplitudes.

Tabla 1 Tablas de sintonización de Ziegler y Nichols

Tipo de Controlador	Ganancia Proporcional	Tiempo Integral	Tiempo Derivativo
Proporcional	$\frac{K_{cu}}{2}$		
Proporcional-integral	$\frac{K_{cu}}{2.2}$	$\frac{T_u}{1.2}$	
Proporcional-integral-derivativo	$\frac{K_{cu}}{1.7}$	$\frac{T_u}{2}$	$\frac{T_u}{8}$

Para nuestro caso es importante realizar las pruebas experimentales iniciales que nos determinaran el valor inicial de T_u , posterior a esto dependiendo del tipo de modo de control a utilizar en la practica sera el calculo a realizarse según tabla 1.

Es necesario tener en claro que dado que este es una practica en la cual muchos de los valores obtenidos será de manera experimental, la verificación de la calibración y la calibración en sí, de cada uno de los elementos (transmisores, convertidores, valvula de control, etc.) nos daran el margen de error obtenido, (nos separará mucho de la realidad si el sistema en su totalidad se encuentra mal calibrado).

Recomendaciones

Durante todo el desarrollo de la practica será conveniente llevar anotaciones de todas aquellas situaciones que parezcan importantes o que en primera instancia provoquen una inquietud o que resulten tema de consulta externa, ya sea mediante consulta bibliografica o directamente con el docente encargado de la materia.

Observaciones

Cuestionario de reflexión

- ¿Qué tan preciso es este método de sintonización?
- ¿En qué casos no será posible utilizar este método?
- ¿Cuál ser el problema que se nos presente cuando el transmisor se encuentre mal calibrado?
- ¿Qué tratamiento se le tiene que dar a sistemas de control cuando la variable a controlar sea muy rápida?

Fuentes de Información

Schiffmann Wolfram, Geffers H. Willi,
Adaptive Control of Dynamic Systems by
Backpropagation Networks, Neural
Networks Vol. 6 1993

Ogata Katsuhiko, Ingeniería de Control
Moderno, Editorial Prentice Hall

Título: Automatic Tuning of Simple Regulators w/Spec.Phase and
Amplitude Margins
Autor: Aström, K.J. y T. Hägglund
Editorial: Automática Vol. 20, N° 5, pág 645 -651, 1984

Normas de seguridad

Reglamento interno de laboratorio
Cumplimiento con las herramientas de calidad 5^{és}