

Prácticas de Control e Instrumentación de procesos químicos

4º Curso de Ingeniería Química

Práctica 4: Reguladores PID y Estructuras de control

En esta práctica se trata en primer lugar de experimentar con algunas características de los reguladores PID y de sintonizarlos adecuadamente. Después deberán experimentarse las ventajas del uso de estructuras de control en cascada, feedforward y ratio sobre los lazos simples y los problemas de control de sistemas multivariables.

1. Funcionalidades y tipos de reguladores PID

En este apartado se trata de ver algunas características de un regulador industrial, en concreto el efecto de los sistemas anti-windup, de las conmutaciones suaves auto-manual y de las distintas implementaciones del término derivativo en los reguladores PID.

Para ello puede utilizarse el programa CStation. En Cstation, debe activarse la opción “Advanced” en el tipo de PID de la correspondiente ventana del regulador en cada proceso para tener acceso a las funcionalidades que se quieren experimentar.

En primer lugar se debe estudiar el efecto del sistema anti-windup, el cual se puede poner de manifiesto dando, por ejemplo, un cambio grande a la referencia de modo que la variable manipulada llegue al 0 o 100% antes de que la variable controlada llegue a la referencia. Por ejemplo, en el sistema de dos depósitos, con una sintonía del regulador de $K_p = 10$, $T_i = 2$ y $T_d = 0$, un cambio de la referencia de 4 a 8 m es adecuado. Para ver el efecto del sistema anti-windup debe repetirse el mismo experimento activando y desactivando el sistema anti-windup en el término integral.

Respecto a las conmutaciones suaves auto/manual, Cstation las implementa y pueden comprobarse cambiando entre modo PID y manual y viendo como no hay saltos bruscos en la variable manipulada. Nótese que no pueden verse cambios bruscos debido a que no es posible desactivar el sistema “bumpless” del regulador implementado en CStation.

Finalmente, pueden probarse también distintas implementaciones del término derivativo, con derivada en la medida o el error, o con filtro o sin él, y ver su distinto comportamiento ante los mismos experimentos. Hay que señalar, que, como puede verse en la ayuda de CStation, la implementación del filtro es algo diferente de lo visto en clase. Un valor adecuado del filtro puede ser 0.1.

2. Sintonía de un regulador PID

En este apartado de la práctica 4 se trata de sintonizar un regulador para el control de un proceso simulado en CStation. En concreto utilizaremos los sistemas de dos depósitos y el intercambiador de calor de CStation.

En primer lugar se dibujará un esquema del sistema de control con sus elementos.

Después, el alumno deberá fijarse unos objetivos de comportamiento en lazo cerrado en términos de estabilidad, error estacionario, respuesta ante cambios de consigna o perturbaciones, etc. y cambios de la señal de control. En base a ellos, deberá:

1. Seleccionar el tipo de regulador adecuado, P, PI, PD o PID. En particular utilizar la teoría sobre errores estacionarios para determinar el tipo de controlador adecuado (termino I) y el tipo de proceso para decidir sobre el uso del término D.
2. Calcular sus parámetros de sintonía utilizando un procedimiento de diseño acorde a las especificaciones.
3. Llevar los resultados obtenidos al regulador implementado en CStation, comprobando su funcionamiento con el modelo no lineal de CStation.

Para la tarea de sintonizar un regulador PID, pueden ser necesarias funciones de transferencia. Para alguno de estos sistemas el alumno ha calculado ya funciones de transferencia entre la variable controlada y manipulada o bien puede obtener un modelo de primer orden con un retardo mediante los correspondientes ensayos. Es posible usar para este fin bien los procedimientos de curvas de respuesta o las funciones de identificación de CStation.

El alumno deberá escoger el método de sintonía más adecuado. En unos casos será posible usar los modelos de primer orden con retardo y utilizar alguna de las tablas de sintonía descritas en clase (por ejemplo, las de Ziegler-Nichols, las del criterio ITAE, etc., de las cuales hay versiones para sintonía frente a cambios en la referencia y frente a perturbaciones) para elegir unos parámetros adecuados del regulador.

Llevar posteriormente estos parámetros a los correspondientes reguladores en CStation en el proceso elegido y comprobar la bondad de la sintonía cuando se dan cambios en la referencia o en las perturbaciones de dichos procesos.

Un diseño correcto es esencial para la valoración de las prácticas.

3. Estructuras de control

En esta práctica se trata de diseñar y ver las ventajas del uso de estructuras de control en cascada, feedforward y ratio sobre los lazos simples. Para ello puede utilizarse el programa CStation o bien la librería Process de EcosimPro..

Para estos fines se trabajará con los procesos:

- 1 Reactor químico agitado para el control en cascada
- 2 Intercambiador de calor, para el control feedforward

3 El control aire/fuel de un horno para el control ratio

En todos ellos se comenzará trabajando con una estructura de lazo simple introduciendo la correspondiente perturbación. Después se incluirá la estructura de control correspondiente y se observará la mejora que proporciona.

El primer proceso sirve para los ensayos de rechazo de perturbaciones de tipo no medible en una parte secundaria y más rápida que la principal de un proceso. Se comenzará por una estructura de lazo simple y se observará el comportamiento frente a cambios (moderados) en la temperatura de entrada del refrigerante. Después se diseñará y pondrá en funcionamiento una estructura en cascada, repitiéndose los experimentos y se observará la mejora correspondiente. Nótese que para ello, deberán de sintonizarse los lazos previa y adecuadamente. Puede tomarse como ejemplo lo visto en la teoría.

El caso del intercambiador está orientado al rechazo de perturbaciones medibles. Se comenzará por una estructura de lazo simple y se observará el comportamiento frente a cambios en el caudal de líquido templado al intercambiador. Después se diseñará y pondrá en funcionamiento una compensación feedforward y se observará la mejora correspondiente. Nótese que para ello, deberá de escogerse el compensador adecuadamente

El horno está orientado a ilustrar el control de relación (ratio). El alumno deberá comprobar su funcionamiento frente a cambios en las consignas de temperatura, valor de la relación y rechazo de perturbaciones.

Dibujar los esquemas y diagramas de bloques correspondientes a cada caso y hacer los ensayos precisos para el diseño de los reguladores y compensadores necesarios.

4. Interacción

En este apartado se trata de ver los problemas que presentan los sistemas multivariables en cuanto a interacción entre lazos. Para este fin pueden escogerse los procesos de columna de destilación y tanques múltiples acoplados de Cstation. Un buen funcionamiento de estos sistemas puede requerir de controladores multivariables que no se han visto en la asignatura (DMC, GPC,...).

Para cada caso se deberán dibujar los diagramas de bloques correspondientes, calcular su RGA interpretándola y experimentar el efecto de cambios en la referencia o auto/man en un lazo sobre otro, justificando la respuesta obtenida. Igualmente puede diseñarse un compensador de desacoplo para mitigar la interacción.

5. Mini-proyecto de control de una planta piloto de laboratorio

Como resumen de lo aprendido en la asignatura, el alumno deberá realizar un pequeño proyecto consistente en realizar el análisis y control de la planta de laboratorio que ha manejado a lo largo del curso.

El proyecto constará de tres partes:

a) Estudio del proceso, modelado y diagramas de control

En este punto el alumno describirá la planta de laboratorio, especificando sus objetivos de control y los modelos en lazo abierto, dibujando el correspondiente diagrama de bloques. Para ello puede utilizar los resultados obtenidos en las prácticas anteriores.

b) Diseño del sistema de control

En este apartado el alumno deberá diseñar el sistema de control de la planta de laboratorio y sintonizar los reguladores del mismo. Para ello puede seguir los pasos del apartado 2 (o del 3 si lo considera necesario).

Con los modelos usados para la sintonía y el regulador calculado, dibujar los diagramas de bloques en lazo cerrado y analizar su estabilidad, dinámica esperada y robustez utilizando las herramientas de análisis que el alumno conoce.

c) Configuración y operación del sistema de control

En este apartado, se trata de realizar la configuración del sistema de control Java-Regula para el control de la planta real con la que se ha estado trabajando.

Para ello deberá editarse el correspondiente fichero de configuración, estableciendo las variables a incluir, sus conexiones externas, los lazos y las estructuras de control, y los parámetros de los elementos de medida control, presentación, alarmas, etc.

Después se procederá a comprobar que el sistema funciona adecuadamente en el control del proceso con dicho fichero de configuración y la sintonía escogida para los reguladores.

d) Si lo desea, puede proponer cambios y mejoras al proceso y al sistema de control que ha estado utilizando.