

Título de la Tesis: "Diseño de controladores de complejidad reducida bajo especificaciones conjuntas de estabilidad y performance robusta"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Figueroa, José Luis

Directores: Dr. José Romagnoli – Ing. Alfredo Desages

Resumen

En las últimas décadas, el desarrollo de técnicas de diseño de controladores basadas en modelos lineales e invariantes en el tiempo de los procesos a controlar, han traído como una consecuencia inmediata la necesidad de trabajar con compensadores de orden muy elevados. Por ejemplo, los ya clásicos controladores LQG tienen el mismo orden que la planta para la cual son diseñados, y los más recientes controladores óptimos con criterio H_{∞} llevan a compensadores con un orden que puede ser cinco o seis veces el orden de la planta.

Este hecho trajo aparejado, la necesidad de estudiar el problema de implementación de dichos controladores, pues todos los sistemas de control existentes en el campo industrial están diseñados para albergar los coeficientes, en el mejor de los casos, de un controlador de segundo grado. Además, nuestra experiencia en relación con la industria, especialmente la petroquímica, nos permitió comprobar la preferencia que existe en estos ambientes por los filtros sencillos.

La primera respuesta a este problema, surgió como la aplicación directa a estos compensadores de las técnicas de

Título de la Tesis: "Diseño de controladores de complejidad reducida bajo especificaciones conjuntas de estabilidad y performance robusta"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Figueroa, José Luis

Directores: Dr. José Romagnoli – Ing. Alfredo Desages

reducción de orden hasta ese momento desarrolladas. Esta solución mostró su utilidad solo en algunos casos, pues como veremos a lo largo de la presente tesis estas técnicas de reducción adolecen del problema de ser definidas como criterios de lazo abierto.

Recién en el último lustro, se comenzó a atacar en forma independiente el problema de reducción de orden de controladores, enfatizando, no solo la obtención de un compensador de orden bajo, sino fundamentalmente que dicha reducción de complejidad, no introduzca trastornos en la performance (o al menos en la estabilidad) del sistema a lazo cerrado. Sin embargo hasta el momento solo se han obtenido resultados parciales, por lo que podemos afirmar que este problema está totalmente abierto.

Es por ello que la presente tesis apunta a brindar una contribución en este campo a la luz de las herramientas desarrolladas por el llamado control robusto, el cual a nuestro juicio brinda un contexto natural para el estudio de este problema. El objetivo fundamental será definir una nueva técnica para la reducción del orden de controladores multivariables, de forma tal que podamos asegurar que el controlador de orden reducido satisfaga tanto requerimientos de estabilidad como de performance robusta, donde estas especificaciones serán introducidas por medio de adecuadas funciones de peso, en el campo de la variable compleja.

Partiremos de suponer la existencia de un controlador de orden elevado que verifica los requerimientos que deseamos del controlador de baja complejidad. La técnica que proponemos prevé la aplicación de una metodología de dos pasos.

En el primero, en base a las técnicas de control robusto y a los requerimientos pretendidos, construiremos una función de peso,

Título de la Tesis: "Diseño de controladores de complejidad reducida bajo especificaciones conjuntas de estabilidad y performance robusta"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Figueroa, José Luis

Directores: Dr. José Romagnoli – Ing. Alfredo Desages

que nos permitirá determinar una banda centrada en el controlador de alto orden, dentro de la cual cualquier controlador verificará las especificaciones deseadas.

En el segundo paso presentaremos un algoritmo, de ajuste de los parámetros de un controlador de orden reducido de forma tal que la respuesta en frecuencia de cada uno de los elementos de su matriz de transferencia esté dentro de la región determinada en el paso previo. Para realizar este algoritmo de ajuste nos hemos basado en técnicas de programación semi-infinita.

Además, en esta tesis desarrollaremos una metodología sencilla, que permitirá, la evaluación de las distintas alternativas que se presentan en el problema de reducción de orden, el análisis de la compatibilidad de las distintas especificaciones e inclusive permitirá la comparación de distintas estrategias de control.

Para presentar este objetivo, hemos organizado la tesis de la siguiente forma. Luego del presente capítulo, meramente introductorio, en el capítulo 2 haremos un repaso de la definición formal del valor singular estructurado y del μ -sesgado. En el caso del μ -sesgado, la descripción será más detallada, debido a que es un concepto mucho más reciente.

En el capítulo 3, estudiaremos la aplicación de los conceptos anteriores al análisis de estabilidad y performance robusta de sistemas de control multivariables.

El capítulo 4 se utilizará para introducir un concepto más amplio, y en algunos casos menos conservativo, de robustez. Para ello definiremos formal y conceptualmente el margen de estabilidad altamente estructurado, para luego detallar su

Título de la Tesis: "Diseño de controladores de complejidad reducida bajo especificaciones conjuntas de estabilidad y performance robusta"

Doctorado en Control de Sistemas

Autor: Figueroa, José Luis

Directores: Dr. José Romagnoli – Ing. Alfredo Desages

importancia en el análisis del control de procesos de destilación.

En el capítulo 5, profundizaremos el problema de reducción de orden desde un punto de vista histórico. Describiremos algunas de las características generales de los métodos basados en aproximaciones a lazo abierto y fundamentalmente analizaremos el compromiso que se presenta en la aplicación de estas técnicas a la reducción de orden de controladores: *reducir el orden de la planta* y luego calcular el controlador, o *calcular el controlador en base a la planta completa* y luego *reducir el controlador*. Para una sistematización de este análisis, definiremos un método simple para determinar qué alternativa es la mejor. En un ejemplo de aplicación, utilizaremos este método para estudiar las distintas alternativas de control dual de composición en columnas de destilación.

El método de reducción de orden es propuesto en el capítulo 6. Para ello primero estudiaremos la forma de construir una cota sobre la diferencia entre los controladores de orden completo y de orden reducido, de forma de poder asegurar que si el controlador permanece dentro de la banda determinada por esa cota, el controlador de orden reducido retenga alguna propiedad deseada de estabilidad o de performance robusta. En un segundo paso, veremos una alternativa para ajustar los coeficientes del controlador de orden reducido a fin de que su respuesta en frecuencia permanezca dentro del error admisible.

En el capítulo 7, aplicaremos esta técnica de reducción de orden a dos ejemplos típicos de la ingeniería de procesos. Tratando de abarcar con ellos el espectro más amplio de posibilidades de aplicación. Por último la tesis culmina en el capítulo 8 donde incluiremos algunas conclusiones y líneas para futuras investigaciones.