

## LIBROS Y MONOGRAFÍAS

En este número traemos a nuestra sección la recensión de un libro de reciente aparición, que trata un tema tan actual como es el control de procesos híbridos, entendidos como aquéllos en los que interactúan elementos de naturaleza continua y discreta. El estudio de este tipo de sistemas ha despertado gran interés en los últimos años, ya que existen muchos temas abiertos en el campo de modelado, análisis y diseño de controladores. El libro presenta un marco para el diseño de leyes de control para procesos no lineales con incertidumbres y una metodología de control no lineal para procesos híbridos. La recensión de este libro ha sido realizada por Juan Albino Méndez Pérez, de la Universidad de La Laguna.

Animamos de nuevo a los lectores a enviar resúmenes de novedades, tanto de libros como de tesis doctorales recientes, y a solicitar recensiones de libros que consideren de interés para el área a través de la dirección de correo electrónico: [bordons@esi.us.es](mailto:bordons@esi.us.es).

## RECENSIÓN

### *Control of nonlinear and Hybrid Process Systems. Designs for Uncertainty and Time-delays.*

**Panagiotis D. Christofides, Nael H. El-Farra**

Springer, Lecture Notes In Control and Information Sciences, 2005, 324 páginas.

ISBN: 3-540-28456-7

El libro gira en torno al control de sistemas no lineales híbridos. Además de las dificultades inherentes al diseño de controladores para plantas no lineales con dinámica híbrida (definida por la interacción de componentes continuos y discretos), en el texto se tienen en cuenta explícitamente problemas de ligaduras en actuadores, incertidumbres en el modelo y presencia de tiempos muertos en el proceso. En líneas generales los objetivos que se plantean en esta obra son, por un lado, el desarrollo de un marco unificado para el diseño de leyes de control para procesos no lineales con incertidumbres en sus variables y ligaduras en las entradas y, por otro lado, el desarrollo de una metodología de control no lineal híbrido para procesos híbridos con dinámicas conmutadas, con ligaduras e incertidumbres.

Es indudable el grandísimo interés de los temas abordados en el texto debido a las limitaciones que ofrecen las técnicas de control lineal tradicionales para tratar procesos no lineales e híbridos. Esto es especialmente notable cuando los procesos químicos bajo control evolucionan en zonas amplias del espacio de estados con especificaciones exigentes y con controladores a los que se les exige mayores niveles de tolerancia a fallos. Además con la disponibilidad de mayor capacidad computacional se posibilita la implementación de estas estrategias avanzadas de control.

Tras un capítulo introductorio, el libro comienza con una revisión de conceptos básicos de la teoría de control no lineal (capítulo 2). Se revisan tópicos como estabilidad, linealización por realimentación o el análisis de sistemas con perturbaciones singulares. El siguiente bloque consta de dos capítulos dedicados al control de sistemas no lineales considerando sólo incertidumbre en sus variables (capítulo 3) e incertidumbre y ligaduras (capítulo 4). En el capítulo 3 las técnicas que se presentan para abordar el control de sistemas no lineales con incertidumbre se basan en el control óptimo inverso robusto. Primero se plantea control por realimentación de estado y posteriormente se combina el controlador por realimentación de estado con un observador de alta ganancia para resolver el problema de control por realimentación de la salida. Además se usa la formulación de perturbaciones singulares para establecer robustez con respecto a dinámicas no modeladas. El capítulo 4 se centra en control por realimentación de estado y salida de procesos MIMO no lineales con incertidumbre en el modelo y ligaduras en la entrada. Se propone un diseño basado en los métodos de Lyapunov para obtener un controlador que satisfaga todas las especificaciones. Los controladores propuestos garantizan estabilidad y seguimiento asintótico de la consigna con un grado arbitrario de atenuación del efecto de la incertidumbre en la salida. Además, el método

propuesto da una caracterización de la región de estabilidad en función del tamaño de las incertidumbres y ligaduras.

Los capítulos 5 y 6 se dedican al diseño de controladores predictivos basados en modelos (MPC) con estructura híbrida. En el capítulo 5 se aborda el control de sistemas lineales con ligaduras en la entrada. Para ello se presenta una estrategia basada en un sistema supervisor que conmuta entre un controlador MPC y un controlador acotado basada en los métodos de Lyapunov. Con esta idea se pretende alcanzar un compromiso entre rendimiento (MPC) y estabilidad (control acotado). En el capítulo 6 esta estrategia se extiende para sistemas no lineales con incertidumbre.

El capítulo 7 se dedica al diseño de técnicas de control no lineales híbridas para procesos no lineales híbridos. Por un lado se aborda el control de sistemas con múltiples dinámicas que son activadas por un supervisor que conmuta entre ellas. La solución que se aporta en el libro es el diseño de una familia de controladores para cada modo de operación de la planta y un sistema supervisor que se encarga de definir las transiciones entre estos controladores. En el capítulo también se aborda el control de procesos con múltiples dinámicas que son activadas en base a una planificación temporal.

Los dos últimos capítulos del libro se dedican al diseño de un sistema de control tolerante para procesos químicos (capítulo 8) y al control de sistemas no lineales con tiempo muerto descritos por ecuaciones en diferencia diferenciales (capítulo 9).

En cuanto a la redacción cabe decir que la lectura del libro es relativamente cómoda y eso a pesar de la complejidad formal que conllevan los tópicos que se abordan. Un factor que ayuda a esto es que los autores hayan dispuesto la mayoría de las pruebas de los teoremas en forma de apéndices con lo que se mejora la fluidez en la lectura.

En el libro se hace un esfuerzo en tratar de ilustrar todas las metodologías que se introducen con ejemplos prácticos de la industria de procesos. Así, tras la descripción de las técnicas de diseño en cada capítulo, se presentan ejemplos para su aplicación. En este sentido resulta particularmente interesante el capítulo 9 dedicado por completo a una aplicación de control tolerante a fallos. Como es bien sabido, la arquitectura supervisor/controlador de un esquema tolerante a fallos es uno de los ejemplos claros de combinación de variables discretas y continuas.

Un aspecto destacable de esta obra es el que concierne a las referencias. Todas las metodologías presentadas son debidamente acompañadas de una revisión bibliográfica donde se citan las aportaciones más destacables en esa materia. Así, el libro cuenta con más de 300 referencias que resultan de gran ayuda para revisar el estado del arte sobre los tópicos abordados.

En conclusión, se trata de una obra de gran utilidad para aquellos ingenieros interesados en la teoría de control no lineal y su aplicación el control de procesos. Se presenta como una obra ambiciosa pues aporta soluciones a problemas de gran complejidad como es el control de procesos no lineales e híbridos con incertidumbres en sus variables y con ligaduras. Desde un punto de vista práctico el libro incluye discusiones sobre detalles de implementación que permiten acercar los métodos a la implementación real. Y desde un punto de vista académico es un buen libro para usar como referencia en cursos avanzados de control de procesos.

**Juan Albino Méndez Pérez**

Dep. Ing. de Sistemas y Automática y Arquitectura y Tecnología de Computadores  
Universidad de La Laguna, Tenerife, España.  
jamendez@ull.es, <http://www.isaatc.ull.es>