

## LIBROS Y MONOGRAFÍAS

En este número traemos a nuestra sección la recensión de la nueva edición de un prestigioso libro de gran interés para el área de Control de Procesos. Se trata de la cuarta edición de “*Instrument Engineers’ Handbook: Process Control and Optimization*”, editado por Béla Lipták, que constituye un referente en esta área, no sólo por su extensa cobertura sobre los temas más relevantes, sino también por su enfoque práctico de los temas. La recensión de este libro ha sido realizada por Darine Zambrano, de la Universidad de Los Andes, Venezuela.

En el apartado de novedades presentamos una tesis doctoral titulada “*Control Predictivo de sistemas lineales con restricciones para seguimientos de referencias*” presentada por Ignacio Alvarado Aldea en la Universidad de Sevilla, y en ella se propone una nueva formulación de control predictivo para sistemas lineales con restricciones, capaz de seguir cualquier valor de referencia constante satisfaciendo las restricciones. El resumen ha sido enviado por su autor.

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 que figura a continuación.

Carlos Bordóns Alba  
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática  
Universidad de Sevilla  
[bordons@esi.us.es](mailto:bordons@esi.us.es)

## RECENSIÓN

### ***Instrument Engineers’ Handbook: Process Control and Optimization***

*Volumen II. Cuarta Edición*

**Béla G. Lipták, Editor-in-Chief.**

Taylor & Francis (2006). 2387 páginas.

ISBN 0-8493-1081-4.

Este manual constituye un clásico en la literatura de la ingeniería en automática. Su primera publicación fue en 1969, y desde entonces ha venido evolucionando a la par de los avances de las tecnologías en instrumentación y control, publicándose una nueva edición cada década. El segundo volumen de la cuarta edición del “*Instrument Engineers Handbook*” titulado “*Process Control and Optimization*” constituye un referente en esta área, no sólo por su extensa cobertura sobre los temas más relevantes, sino también por su enfoque práctico de los temas tratados. Esta visión práctica lo hace apetecible tanto a lectores del ámbito académico como industrial, especialmente para los ingenieros en automática, instrumentación y control. Constituye también una herramienta muy valiosa en la fase de transición del ámbito virtual, más extendido en la academia, al ámbito real, con la que la gran mayoría nos hemos topado. El desarrollo de esta obra se basa en los aportes de expertos y usuarios de sus ediciones anteriores, lo que hace que contenga información realmente útil para el lector. Proporciona un rápido y fácil acceso a información práctica, gracias a que gran parte de sus autores son ingenieros con experiencia industrial, y no solamente teórica. En múltiples oportunidades incluye características de productos comerciales así como de sus fabricantes.

El libro está estructurado en nueve secciones, que pueden clasificarse a grandes rasgos, como secciones de control, instrumentación, aplicaciones y un conjunto de apéndices oportunos. A continuación se describe cada una de estas secciones:

1. *General*: Los capítulos de esta primera sección dan una visión general de temas como de instrumentación básica, procesamiento y acondicionamiento de señales, estructura e instrumentación de sistemas de control, entre otros.
2. *Teoría de control*: Los capítulos del área de control de procesos incluyen las técnicas más utilizadas. Se presentan las técnicas desde el control básico, se estudian los populares controladores PID, incluyendo su sintonización, también estructuras básicas de lazos de control y sus respuestas. Se presentan diversas estrategias de control avanzado como control basado en modelo, redes neuronales, control adaptativo y no lineal, algoritmos genéticos y de optimización. Cabe resaltar que se presentan un conjunto de técnicas, que tienen un carácter más práctico y que no son comúnmente presentadas en libros de control de procesos. En muchos casos además de definir estas técnicas se presentan los datos comerciales de algunos controladores.
3. *Transmisores y controladores locales*: Estos capítulos están dedicados al hardware de control. Por la propia historia de este libro, el cual en sus orígenes estaba orientado principalmente a la instrumentación, constituye un referente en esta área. Cubren en detalle diversos dispositivos como controladores y transmisores, y de tipo analógico, electrónico y neumático entre otros.
4. *Equipamiento de la sala de control*: Los capítulos se centran en aspectos de instrumentación de una sala de control, también en dispositivos de visualización de un lazo de control. Estos capítulos están dedicados a la automatización de procesos. Trata ampliamente los componentes e implementación de los Sistemas de Control Distribuido.
5. *PLC y otros dispositivos lógicos*: Los capítulos están enfocados a los dispositivos de programación lógica, e incluye técnicas como el control por lógica difusa. Resalta aspectos prácticos de la implementación de estos dispositivos. También se incluye la normativa relacionada con los símbolos y lenguajes de programación.
6. *Dimensionamiento y selección de válvulas de control*: Este conjunto de capítulos se centra en las válvulas: características, accesorios, tipos, aplicación, selección, diagnóstico y mantenimiento.
7. *Reguladores y elementos finales de control*: Estos capítulos también están orientados a la instrumentación. Principalmente en los reguladores de las variables básicas: flujo, nivel, presión y temperatura, entre otras.
8. *Sistemas de control de procesos*: Esta sección es sumamente enriquecedora para el ingeniero de control de procesos puesto que presenta un amplio abanico de aplicaciones de esquemas de control a una diversidad de procesos industriales, desde el punto de vista teórico y práctico, en procesos como la destilación, plantas de tratamiento de agua, compresores, acondicionamiento de edificaciones, entre otros.
9. *Apéndices*: Finalmente la sección de apéndices presenta un conjunto de informaciones prácticas que va desde el uso adecuado del Sistema Internacional de Unidades, tablas de conversión, características de materiales, relaciones de equipos, hasta un amplio listado de proveedores de instrumentación y control.

Adicionalmente a la revisión de temas avanzados de control e instrumentación, este manual hace especial énfasis en reforzar en el lector el sentido común, lo que constituye la herramienta más útil del ingeniero.

En definitiva el libro ha incorporado, de una manera intuitiva, los nuevos avances en el área de instrumentación y control de los últimos años haciendo que este libro continúe siendo un referente para el ingeniero en automática. Según la opinión de quien escribe, su mayor valor está en el sentido práctico y la selección de temas que son comunes en la actividad industrial.

**Dra. Darine Zambrano M.**

Universidad de Los Andes, Venezuela

e-mail: darine@ula.ve

## NOVEDAD

### *Tesis doctoral: Control Predictivo de sistemas lineales con restricciones para seguimientos de referencias*

Autor: Ignacio Alvarado Aldea

Directores: Daniel Limón y Eduardo F. Camacho

Universidad de Sevilla (España), diciembre de 2007

En esta tesis se propone una nueva formulación de control predictivo para sistemas lineales con restricciones, capaz de seguir cualquier valor de referencia constante satisfaciendo las restricciones. También se propone una formulación robusta de dicho controlador cuando existen incertidumbres aditivas acotadas y otra cuando el estado no es accesible.

En todos los casos se asegura la estabilidad, la convergencia y la satisfacción de restricciones.

Las principales características del controlador propuesto son:

1. Considera, como variable de decisión, un valor de los estados y entradas de equilibrio que juegan el papel de referencia artificial.
2. Se modifica la función de coste de forma que penalice el error con la referencia artificial.
3. Se añade un término adicional a la función de coste, que penaliza la desviación entre la referencia y la referencia artificial.
4. Se considera como restricción terminal en el estado y referencia artificial un invariante para “tracking”.

La formulación robusta de dicho controlador se basa en el concepto de tubo de trayectorias, cuyo centro es la trayectoria nominal (entiéndase por sistema nominal el real sin perturbaciones) y su sección es un conjunto invariante robusto. En el caso de que el estado no sea accesible se definirá un tubo de estimación y este error será considerado como perturbación adicional del sistema.

Este controlador presenta las siguientes ventajas:

- Es capaz de alcanzar cualquier valor de referencia admisible para cualquier valor de horizonte de predicción.
- El cálculo de la acción de control requiere la solución de un único problema de optimización QP.
- La estructura del problema de optimización permite determinar de forma explícita la ley de control por medio de herramientas de programación multiparamétrica siendo apropiado este controlador para sistemas rápidos.
- La región de atracción es potencialmente mayor que la del MPC estándar.

Se han desarrollado herramientas de diseño de los controladores basada en la solución de LMIs (*Linear Matrix Inequalities*) y procedimientos para el cálculo de los conjuntos invariantes cuando las perturbaciones se puedan expresar como “zonotopes”.

La aplicabilidad de estos controladores ha sido probada con éxito a tres plantas reales:

1. Un motor lineal, caracterizado por tener un tiempo de muestreo de 30 ms.
2. La planta solar ACUREX de la PSA, que es un proceso industrial para la producción de energía eléctrica.
3. El proceso de los cuatro tanques, proceso que posee ceros de transmisión de fase no mínima.