

Libros y Monografías

En este número traemos a nuestra sección dos obras relacionadas con un tema que ha despertado mucho interés recientemente en la comunidad del Control Automático: se trata de las pilas de combustible. Presentamos por un lado la recensión de un libro que trata sobre el modelado y control de sistemas basados en pilas de combustible y, por otro lado, el resumen de una tesis doctoral sobre modelado de estos dispositivos en el entorno del control automático.

El libro, que ya se considera imprescindible para quien quiera abordar el control de pilas de combustible (principalmente las de electrolito de membrana polimérica o PEM), se titula “Control of Fuel Cell Power Systems. Principles, modeling, analysis and feedback design” y está escrito por Jay T. Pukrushpan, Anna G. Stefanopoulou y Huei Peng, recogiendo las investigaciones realizadas por los autores en la Universidad Ann Arbor de Michigan (E.E.U.U.). La recensión de este libro ha sido realizada por Jordi Riera Colomer, de la Universidad Politécnica de Cataluña, España.

La tesis doctoral, titulada “Modelado Dinámico de Pilas de Combustible en el Contexto del Control Automático” ha sido presentada en la UNED (Madrid, España), realizada por Miguel Ángel Rubio González, dirigida por los profesores Alfonso Urquía y Sebastián Dormido y versa sobre el modelado de pilas tipo PEM así como la identificación experimental de sus parámetros. El resumen de la tesis 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

RECENSIÓN

Control of Fuel Cell Power Systems. Principles, modeling, analysis and feedback design

Jay T. Pukrushpan, Anna G. Stefanopoulou y Huei Peng
Springer- Advances in Industrial Control (2004). ISBN: 1852338164.

El paso del actual sistema energético, basado en hidrocarburos, a un nuevo sistema con una fuerte participación del H₂ como fuente de energía supone, sin lugar a dudas, la introducción de pilas de combustible. Éstas son dispositivos que permiten la conversión directa de la energía química procedente de la reacción catalítica de oxidación del H₂ en energía eléctrica pudiendo alcanzar altas eficiencias (40-70%) en la conversión. La investigación en pilas de combustible está recibiendo una gran atención y a su desarrollo están dedicando enormes inversiones las grandes corporaciones automovilísticas que lo reconocen como un tema estratégico.

Los autores pertenecen a los departamentos de Mecánica de las universidades de Bangkok y de Michigan y se han constituido en referentes en el control de sistemas de generación de energía eléctrica mediante pilas de combustible con electrolito de membrana polimérica (PEM). Los autores son muy activos en la aplicación de este tipo de pilas a la industria del automóvil, una de las áreas con más posibilidades de utilizarlas.

Este libro está explícitamente orientado a dar un enfoque de control al modelado, análisis y diseño de los sistemas basados en pilas PEM. El libro, por tanto, no sólo es de mucha utilidad para los ingenieros que se dedican al control de sistemas basados en pilas sino que lo es, por su valor formativo, para cualquier ingeniero de control.

El libro, después del capítulo introductorio, está estructurado en dos partes: la primera que comprende los capítulos 2 a 5 está dedicada a las pilas de combustible PEM mientras que la segunda, que comprende los capítulos 6 y 7, trata los reformadores de gas natural para la obtención del hidrogeno requerido para alimentar una pila PEM. El libro contiene, también, un anexo con los datos completos utilizados en el libro para el control de la pila y del reformador.

Así, en el capítulo 2 se proponen modelos para los sistemas auxiliares de la pila: el de alimentación de oxígeno a partir de aire suministrado por un compresor, este subsistema dinámico es sin duda el más relevante en el control de la pila; el sistema de refrigeración y el de humidificación de los gases. A diferencia del primero los otros dos se modelan como estáticos.

El tercer capítulo propone un modelo estático para el sistema pila propiamente. Este modelo permite obtener el valor del voltaje de salida de la pila en función de las condiciones de operación. Es de destacar la atención que se dedica a la hidratación de la membrana por la gran influencia de ésta en la eficiencia energética.

El capítulo 4 está dedicado a analizar los resultados de simulación de los modelos propuestos anteriormente. Destaca la necesidad de controlar la estequiometría del oxígeno para mantener una elevada eficiencia eléctrica. Con este resultado básico, en el capítulo 5 se proponen dos tipos de controladores simples basados en modelos linealizados.

El capítulo 6 está dedicado a la propuesta y simulación de un modelo de reformador de gas natural compuesto por los reactores usuales, CPOX, WGS y PROX previo paso por un hidro-desulfurador. Finalmente, en el capítulo 7, se propone un control multivariable de la temperatura del CPOX y la concentración de hidrógeno en el ánodo de la pila.

El tratamiento dado a las diferentes temáticas tratadas en el libro es muy didáctico pero profundiza en los modelos propuestos y sabe mantener un buen equilibrio entre complejidad y precisión en los modelos y controladores. En resumen, es un libro que consideramos de gran interés tanto para el ingeniero de sistemas de generación basados en pilas PEM como para el ingeniero de control en general.

Jordi Riera Colomer

Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales

Universidad Politécnica de Cataluña

riera@iri.upc.edu

NOVEDADES

Tesis doctoral: Diseño Modelado Dinámico de Pilas de Combustible en el Contexto del Control Automático

Autor: Miguel Ángel Rubio González

Directores: Alfonso Urquía Moraleda y Sebastián Dormido Bencomo

Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid (España), julio de 2008

Uno de los objetivos de este trabajo ha sido plantear modelos matemáticos, basados en principios físico-químicos básicos, para la descripción del comportamiento de las pilas de combustible PEM. Estos modelos permiten describir los fenómenos más relevantes, tales como el encharcamiento de la celda, el secado de la membrana, la difusión de líquidos y gases en medios porosos, entre otros, buscado alcanzar un compromiso entre la precisión necesaria y el coste computacional, optándose por la realización de modelos de una dimensión (1D). Entre las hipótesis simplificadoras adoptadas cabe destacar que no se considera el flujo de calor en las capas y que la descripción 1D no permite analizar problemas fluido-dinámicos complejos.

Los modelos matemáticos propuestos han sido estructurados, aplicando la metodología del modelado orientado a objetos, en una librería en lenguaje Modelica llamada FuelCellLib, la cual ha sido aplicada con éxito al modelado de pilas de dos y tres capas, así como al modelado de diferentes configuraciones experimentales usando dichos modelos de pilas. Los modelos de PEMFC desarrollados como parte de la librería FuelCellLib han sido aplicados al estudio de fenómenos que habitualmente ocurren en celdas de combustible PEM reales, analizando el efecto de diferentes parámetros de diseño y de operación sobre dichos fenómenos. Estos fenómenos son: la evolución de la tensión de la celda durante el proceso de encharcamiento, la característica I-V de la celda, la concentración de oxígeno en la capa catalítica para diferentes densidades de corriente y la respuesta dinámica de la tensión de la celda debida a escalones de carga.

Con el fin de realizar la estimación de los parámetros de los modelos de las pilas de combustible, se ha diseñado y programado en lenguaje Modelica una librería, denominada GAPILib, que permite realizar la estimación de un número arbitrario de parámetros de cualquier modelo escrito en Modelica, empleando para ello algoritmos genéticos. Una ventaja de la librería GAPILib es que no requiere realizar ninguna modificación en el modelo a ajustar. La librería GAPILib ha sido aplicada con éxito a la estimación de los parámetros electroquímicos de modelos de celdas de combustible construidos empleando FuelCellLib. Se ha realizado la adquisición de los datos experimentales y el ajuste de la evolución de la tensión a lo largo del proceso de encharcamiento. También, se ha realizado el ajuste de un modelo empírico estacionario de curva de polarización I-V. Finalmente, se ha ajustado la respuesta dinámica de la tensión de una celda ante una secuencia de saltos escalón en el valor de la carga.

Otro de los objetivos de este trabajo ha sido proponer métodos para la estimación del valor de los siguientes parámetros electroquímicos de la PEMFC: la capacidad de doble capa, la resistencia de difusión, la resistencia de polarización, la constante de tiempo de difusión, y la resistencia de membrana. Para ello, se han propuesto modelos de circuito equivalente de la pila de combustible PEM con muy bajo coste computacional, así como dos procedimientos para la adquisición de datos experimentales, la realización del ajuste de los modelos de circuito equivalente a estos datos y la estimación de los parámetros electroquímicos a partir de los modelos ajustados. Una de las principales ventajas de estos procedimientos de diagnosis es que precisan del empleo de equipos baratos y portátiles, con lo cual puede ser empleados en sistemas de control portátiles comerciales. Uno de los dos procedimientos propuestos presenta la ventaja adicional de que el proceso de adquisición de los datos experimentales no interfiere con el funcionamiento de la celda. Los métodos propuestos han sido aplicados con éxito a la diagnosis del proceso de encharcamiento de una celda de combustible PEM.