

Del hidrógeno al agua: aplicaciones de las pilas de combustible

El desarrollo de las tecnologías del hidrógeno guarda un cierto paralelismo con lo ocurrido con la electricidad a finales del siglo XIX, ni uno ni otro constituyen una fuente de energía primaria. Como simple intermediario en el sistema energético su incorporación requiere transformaciones que reducen la eficiencia global del sistema si la fuente original se aplicase directamente a la aplicación. Puede complicar notablemente el proceso, haciéndolo más caro y delicado en su funcionamiento. A pesar de ello, no se puede concebir el desarrollo tecnológico del siglo XX sin la intervención de la electricidad como vector para el transporte y manipulación de la energía, como probablemente sucederá con el hidrógeno en las próximas décadas.

Si la potencia media recibida del sol, motor de casi todos los procesos que se desarrollan en la superficie terrestre, es muy superior a las necesidades de la humanidad, también es cierto que es de difícil aprovechamiento en la forma que adopta la mayor parte de dicha energía al ser capturada, calor a temperatura algo superior al ambiente. Es preciso adquirir la energía incidente con la mayor eficiencia y “calidad” posible, como electricidad o combustible químico. Por otro lado se ha de disponer de una tecnología capaz de acumular, transportar y utilizar posteriormente la energía recibida de unos momentos o lugares a otros.

El almacenamiento de energía bajo la forma de hidrógeno es una opción prometedora, siendo las células de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC) el método más prometedor para la recuperación como energía eléctrica a partir del combustible químico. Estos dispositivos pueden ser útiles en una gran variedad campos (automoción, residencial, aeroespacial, elementos portátiles, etc.). Cada uso plantea diferentes desafíos para la tecnología de la célula de combustible (densidad de energía, coste, confiabilidad y durabilidad etc.) que es preciso solucionar en el inmediato futuro.

Las células de combustible son dispositivos de dinámica lenta y aún de precio muy alto por unidad de potencia para la mayor parte de aplicaciones. En muchos usos parece adecuado

utilizarlas en arquitecturas híbridas, unidas a otros componentes como son las baterías, los supercondensadores o los condensadores [1]. En estos esquemas, la célula de combustible proporciona energía de baja potencia a largo plazo, mientras que los otros dispositivos ayudan a proporcionar los picos de potencia requeridos por el sistema, por ejemplo en los momentos de aceleración de un sistema o de emisión de un repetidos de radio. [2].

Sector aeroespacial

Las aplicaciones aeroespaciales han sido el uso más común de la célula de combustible por muchos años. Desde 1960, las células de combustible se han estudiado y se han utilizado para los satélites artificiales con la misión de recuperar como energía eléctrica la almacenada como hidrógeno tras su captura por los paneles fotovoltaicos [3]. La célula de combustible usada típicamente en los primeros diseños del espacio era una célula de combustible alcalina (AFC) que utilizaba un electrolito líquido y que funcionaba en 100-250°C.

Las células de combustible todavía se están utilizando en programas de la NASA y del ESA (Agencia Espacial Europea). En aeronaves se prevé su uso como unidades auxiliares de potencia (APU's) durante los próximos años, tanto en la aviación civil como militar, por su eficacia en la conversión de energía. Sin embargo, no se espera su uso en propulsión sino en prototipos de vuelo no tripulado como el HELIOS de NASA.

Sector de automoción

Desde los años 80 se han hecho grandes esfuerzos de desarrollar las células de combustible para los vehículos automóviles [3]; funcionando en 1993 el primer autobús eléctrico accionado por hidrógeno mediante una PEMFC. Hoy en día, se han ensayado vehículos de transporte urbano con célula de combustible en diversas ciudades como prototipos para pasajeros. La célula de combustible más empleada en automoción hasta la fecha ha sido de membrana con electrolito de polímero (PEMFC), que utiliza un electrolito sólido y funciona en las temperaturas en la gama de 60-150°C.

Las células de combustible también se están desarrollando extensivamente para los coches, en paralelo con los avances recientes en las nuevas tecnologías de arquitecturas híbridas.

Éstas también son aplicables a los vehículos con pilas PEM al tiempo que eliminan de forma drástica las emisiones contaminantes, cumpliendo las exigencias más rigurosas en entornos tanto exteriores como interiores. Las expectativas estimadas para la producción en masa de los automóviles con célula de combustible establecen la generalización de su industrialización y comercialización para el año 2020 [4].

Sector residencial

Aunque una buena parte del esfuerzo en las aplicaciones de las pilas de combustible se ha centrado en la industria del automóvil, podrían también ser de gran utilidad en el sector residencial [5], donde pueden proporcionar tanto el calor para la calefacción y al agua caliente sanitaria como la energía eléctrica [6]. La total ausencia de ruido y de contaminación en su funcionamiento, junto a su elevada eficacia, hacen de las células de combustible uno de los sistemas más atractivos para proporcionar calor y energía eléctrica en los hogares y otros edificios, tales como servicios públicos (escuelas, hospitales, bibliotecas, etc.) así como en los de carácter industrial [7].

La utilización de las pilas de combustible en la vivienda ofrece posibilidades de especial interés frente a otros campos tales como el del automóvil. La potencia eléctrica requerida para una vivienda es notablemente más reducida, del orden de algunos kilowatios frente a varias decenas que exige un automóvil, algunos cientos de un autobús o varios MW para un buque, tren o submarino. El calor residual es fácilmente reutilizable para calefacción o agua caliente sanitaria e incluso puede almacenarse en el subsuelo u otros depósitos como los materiales de cambio de fase.

El almacenamiento de hidrógeno, aspecto crítico de difícil solución en la automoción con la tecnología actual, es viable técnica y económicamente en la vivienda en los tanques de hidruros metálicos, excesivamente pesados para los vehículos. El consumo residencial es causa de los máximos de consumo de la red eléctrica en los países desarrollados durante los periodos de climatología extrema por las necesidades de calefacción o refrigeración de las viviendas. La acumulación local en hidrógeno por su mayor eficiencia y recuperación del calor residual disminuiría las exigencias de infraestructuras estabilizando notablemente el consumo. A pesar de ello, las perspectivas e inversiones orientadas al mercado residencial

de las células de combustible es mucho menor que para otros sectores como la automoción [8].

Podemos considerar numerosas aplicaciones potenciales para las células de combustible en usos residenciales. En primer lugar, pueden sustituir los generadores eléctricos convencionales empleados en lugares alejados sin acceso a la red, donde resulta más rentable instalar una fuente local que trazar una nueva acometida. Otro aspecto es su uso a corto plazo en las fuentes de alimentación ininterrumpida [9] en sistemas que exigen alta fiabilidad en el suministro; tales como hospitales, nodos de comunicaciones, sistemas de emergencia, etc.) [10].

A gran escala, las células de combustible se pueden utilizar, junto con la generación del hidrógeno, para almacenar energía durante los plazos de demanda baja y para suministrar esa energía cuando la demanda es más alta, como se realiza actualmente con las estaciones de bombeo hidroeléctricas reversibles. El precio actual es el obstáculo principal para estas aplicaciones, tanto de los dispositivos electrolizadores para obtener hidrógeno a partir de agua y energía eléctrica como la celda de combustible para el proceso inverso [11].

Los dos tipos de células de combustible que suscitan mayor interés en la actualidad para este sector son los PEMFC con membrana de intercambio protónico y las células de combustible de óxido sólido (SOFC) [8]. Las celdas tipo SOFCs funcionan a temperaturas más altas (400°C-1000°C) que las PEMFCs lo cual facilita la recuperación del calor residual. Las exigencias de energía en cada aplicación o uso específico determinan qué tecnología de fabricación ofrece ventajas. Las SOFCs parecen deseables en aplicaciones de elevada potencia mientras que las PEMFC parecen más adecuadas en las de potencia media o baja.

Otros sectores

Dos sectores que muestran un significativo potencial de oportunidades a corto plazo para la introducción y comercialización de las células de combustible son electrónica portátil y los vehículos industriales de interiores tales como las carretillas elevadoras.

Debido a la escasa densidad de energía de las baterías, las células de combustible se sitúan

como potencial sustituto en muchos dispositivos comerciales de electrónica portátil. Aunque existen con este objetivo desarrollos concretos de PEMFC's alimentadas por hidrógeno, la célula de combustible directa del metanol (DMFC's), que utiliza el metanol directamente como combustible, parece más apropiada en este sector. Numerosas compañías de productos electrónicos de consumo mundial están desarrollando la tecnología de DMFC [12] para alimentación de ordenadores portátiles, reproductores de sonido, juegos, etc.

Las PEMFCs también son capaces de competir con ventaja como fuentes de potencia en vehículos para interiores tales como las carretillas elevadoras, la sillas de ruedas motorizadas u otros vehículos para hospitales o centros comerciales. Su aporte constante de potencia eléctrica, la posibilidad de operación prolongada o de rápido aprovisionamiento de hacen esta tecnología muy competitiva en todos los sistemas de generación eléctricos de carácter autónomo [13].

Conclusiones

La captura directa de energía solar, su almacenamiento en hidrógeno como combustible y la utilización en dispositivos eléctricos constituye una base razonable para un esquema energético sostenible de la humanidad en el inmediato futuro. Su aplicación a la vivienda resulta especialmente adecuada en el camino hacia la construcción de edificios de consumo casi cero de energía.

Referencias

- 1: R. Kötz, S. Müller, M. Bäertschi, B. Schnyder, P. Dietrich, F. N. Büchi, A. Tsukada, G. G. Scherer, P. Rodatz, O. Garcia, P. Barrade, V. Hermann and R. Gallay. *Supercapacitors for peak-power demand in fuel-cell-driven cars*. Electrochemical Society Proceedings. Volume 2001-21. Pages 564-575.
- 2: R. Kötz and M. Carlen. *Principles and applications of electrochemical capacitors*. Electrochimica Acta. 45. 2000. Pages 2483-2498.
- 3: A. Boudghene Stambouli and E. Traversa. *Fuel cells, an alternative to standard sources of energy*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 6, issue 3. Pages 295-304. September 2002.

- 4: *GM moves fuel cell staff from lab to production*. Associated Press, 15 June 2007.
- 5: X. Yuan, J. C. Sun, M. Blanco, H. Wang, J. Zhang and D. P. Wilkinson. *AC impedance diagnosis of a 500W PEM fuel cell stack*. Journal of Power Sources. Volume 161, issue 2. Pages 920-928. 27 October 2006.
- 6: B. C. H. Steele and A. Heinzl. *Materials for fuel-cell technologies*. Nature. Volume 414. Pages 345-352. 15 November 2001.
- 7: M. B. Gunes. Master's thesis in Mechanical Engineering: *Investigation of a Fuel Cell Based Total Energy System for Residential Applications*. Defended on 30 April 2001. Blacksburg, Virginia. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- 8: M. A. J. Cropper, S. Geiger and D. M. Jollie. *Fuel cells: a survey of current developments*. Journal of Power Sources. Volume 131. Issues 1-2. Pages 57-61. 14 May 2004.
- 9: Th. F. El-Shatter, M. N. Eskandar and M. T. El-Hagry. *Hybrid PV/fuel cell system design and simulation*. Renewable Energy. Volume 27, issue 3. Pages 479-485. November 2002.
- 10: E. Santi, D. Franzoni, A. Monti, D. Patterson, F. Ponci and N. Barry. *A fuel cell based domestic uninterruptible power supply*. Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition. 10 March 2002 – 14 March 2002. Dallas, Texas, USA. Volume 1. Pages 605-613.
- 11: S. R. Vosen and J. O. Keller. *Hybrid energy storage systems for stand-alone electric power systems: optimization of system performance and cost through control strategies*. International Journal of Hydrogen Energy. Volume 24, number 12. Pages 1139-1156. December 1999.
- 12: STIX Market Research. *Direct Methanol Fuel Cells*. STIX Market Research, August 2006.
- 13: *Cellex Fuel Cells Deliver the Goods at Wal-Mart: Hydrogen-powered electric lift trucks complete beta trials*. www.cellexpower.com.

Domingo Miguel Guinea, Jonathan Martin, Haijiang Wang*

Institute for Fuel Cell Innovation,

National Research Council Canada, Vancouver,

British Columbia V6T 1W5, Canada.

Expo Zaragoza 2008, ISBN: 84-95490-88-9.