

Design, manufacture and evaluation of a 250W PEM Fuel Cell Stack.

A. Rodríguez-Castellanos, O. Solorza-Feria

Depto. Química, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,
A. Postal 07360, México D.F., México.
Tel: 57473800, ext. 4473, mail: acastella@cinvestav.mx

ABSTRACT

The interest of this work is to design, build and develop an ecological friendly PEM fuel cell device considered as a renewable energy source. In order to achieve our goal, a 250W PEM fuel cell stack feeding with hydrogen-oxygen (air) was manufactured. The stack was designed and constructed on high density carbon plate with the aid of Auto CAD software and CNC router. The stack was evaluated following a potentiostatic polarization perturbation with a fuel cell tests station. The operation conditions of the fuel cell stack was maintained by feeding the fuel (H₂) and oxidant (air) at room temperature and a pressure of 0.1 atm (1.5psi). Operating temperature was varied from 20 °C to 70 °C with gases at 100%RH. Experimental results reveal a constant power generation of 250 W. Also in this work the auxiliary systems for the operation of the fuel cell stack is presented.

Keywords: Design; Manufacture; PEM; System; Stack.



1.- Introducción

El uso de los combustibles derivados del petróleo produce emisiones contaminantes, por lo tanto, afecta el cambio climático, provocando el calentamiento global y deterioro en la salud de los seres vivos. Muchos laboratorios e instituciones en el mundo han desarrollado prototipos basados en la tecnología de las celdas de combustible, esto ayudará a satisfacer parte de la necesidad de la energía eléctrica y disminuir la dependencia energética de los hidrocarburos.

Las celdas de combustible con membrana polimérica de conducción protónica son dispositivos que producen energía eléctrica C.D., mediante una reacción electroquímica que ocurre en los electrodos que se encuentran en su interior cuando se les alimenta hidrógeno (combustible) y oxígeno (oxidante), para producir una densidad de corriente, agua y calor, este proceso no produce contaminantes [1].

La versatilidad que presentan las celdas de combustible como son el tamaño, alta eficiencia, cero emisiones contaminantes y mantenimiento mínimo por no tener piezas que se muevan en el sistema, se les ha encontrado un gran número de aplicaciones en sistemas tales como el transporte, estacionarios y portátiles.

2. Sección Experimental

2.1.-Celda de combustible.

El diseño de la celda de combustible se realizó utilizando el software AutoCAD, tomando en cuenta los diferentes diseños que se proponen en la literatura [2-3-4-5] y la construcción de los platos monopolares, bipolares y finales de aluminio se maquinaron mediante una fresadora de control numérico CNC, los empaques, membranas y piezas de acrílico se cortaron por medio de una cortadora láser.

La celda de combustible, está constituida por platos de carbón de alta densidad con un espesor de 5mm, 150mm de ancho y 150mm de largo, el diseño de campo de flujo del gas para el ánodo y cátodo es en forma de canales rectos transversales, láminas de latón para colectar la corriente, platos de acrílico para canalizar la entrada y salida del hidrógeno y aire, platos finales de aluminio, empaques de silicón y espárragos de acero inoxidable, como se muestra en la figura 1.

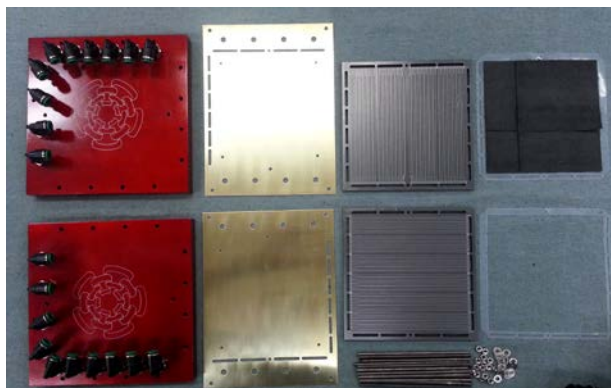


Figura 1. Componentes de la celda de combustible.

Entre cada plato colector de corriente existe un ensamble membrana-electrodo, MEA, los cuales están formados por membrana Nafion® NRE-212, difusores de tela de carbón con carga de catalizador de Pt (20% peso/C) con cargas de 0.5 mg/cm^2 , tanto en el ánodo como cátodo. El desempeño de la celda de combustible se determinó mediante polarización galvanostática en un módulo de pruebas.

En la figura 2 se muestra la celda de combustible que se armó con un solo ensamble (MEA), con el propósito de obtener información del desempeño y poder escalar la potencia para el stack con 19 ensambles.



Figura 2. Celdas de combustible con un ensamble y el stack.

2.2.- Sistema auxiliar de alimentación del hidrógeno, aire y agua a la celda.

Se diseñó y construyó el sistema auxiliar de alimentación de aire y recirculación del hidrógeno con humidificación para la celda de combustible [6]. Todas las bombas utilizadas son de diafragma, las bombas para el hidrógeno y agua son de C.D. y para el aire C.A. En la figura 3 se muestra una fotografía de los sistemas auxiliares de alimentación de los combustibles.

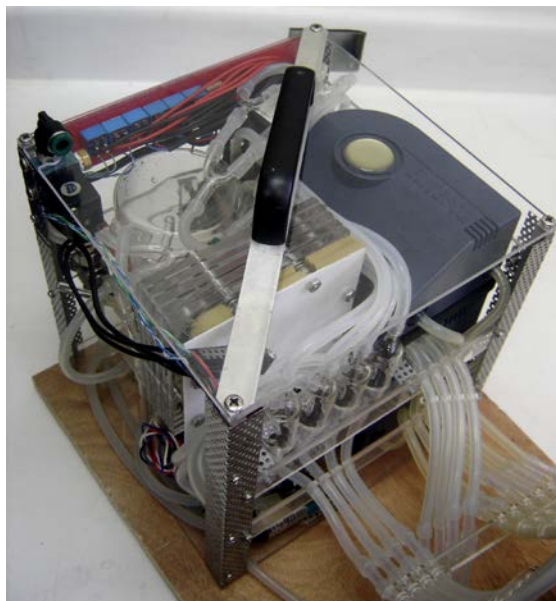


Figura 3. Sistema auxiliar de alimentación de los combustibles a la celda.

3.- Resultados y discusión

3.1.-Caracterización del sistema auxiliar de alimentación

Las bombas de recirculación del hidrógeno alimentan un flujo de 14 l/min., las del aire un flujo de 15 l/min y las de agua 50ml/min a través de la celda, todas operan a una presión de 0.1 atm y consumen 18.5 watts de potencia. El sistema auxiliar tiene un peso de 6 kg. En la figura 4 se muestra una foto del sistema acoplado a la celda de combustible PEM.

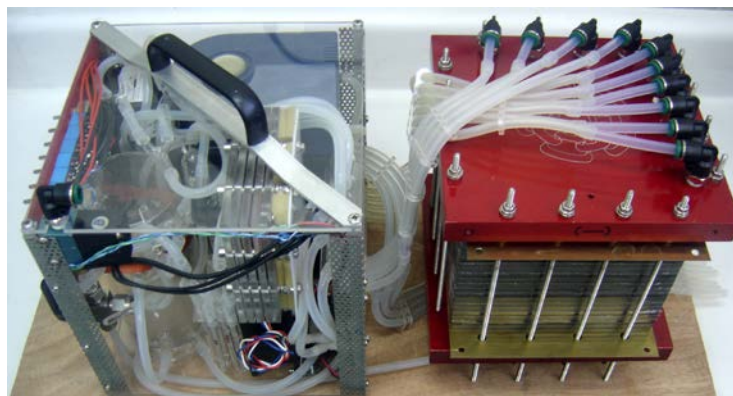


Figura 4. Sistema auxiliar acoplado a al celda.

3.2.-Caracterización de la celda de combustible.

La figura 5 muestra la respuesta voltaje-corriente-potencia de la celda de combustible que contiene 1 ensambles membrana electrodo con una área de 169 cm^2 .

Las condiciones de operación con las que se caracterizó la mono celda fueron: alimentación del hidrogeno húmedo (Grado UPC 99.9993%) con recirculación a un flujo de 10 l/min a temperatura ambiente y una presión de 0.1bar, alimentación del oxidante (aire) con un flujo de 12 l/min. La temperatura de operación de la celda 30°C .

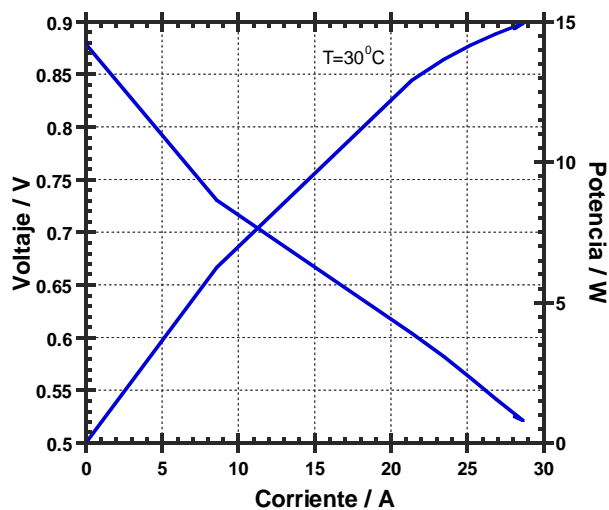


Figura 5. Desempeño de la mono celda de combustible.

Se observa un voltaje a circuito abierto de 0.9 V y un incremento de la corriente al disminuir el voltaje, alcanzando una potencia máxima de 14.6 W @ 0.54 V y 27 A

La figura 6 muestra la respuesta voltaje-corriente-potencia de la celda de combustible que contiene 19 ensambles membrana electrocatalizadores con una área de 169 cm².

Las condiciones de operación con las que se caracterizó la celda fueron: alimentación del combustible húmedo (H₂ Grado UPC 99.9993%) con recirculación a un flujo de 14.0 l/min a temperatura ambiente y una presión de 0.1bar, alimentación del oxidante (aire) con un flujo de 15 l/min. La temperatura de operación de la celda 60 °C.

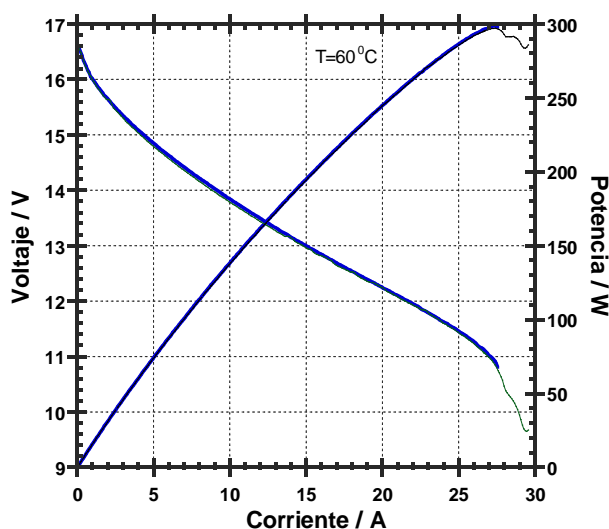


Figura 6. Desempeño de la celda de combustible stack.

Se observa un voltaje a circuito abierto de 17 V y un incremento de la corriente al disminuir el voltaje, alcanzando una potencia máxima de 300 W @ 11.1 V y 27 A.

La figura 7 corresponde al gráfico de estabilidad de la celda, se polarizó galvanostáticamente a 10A por una hora.

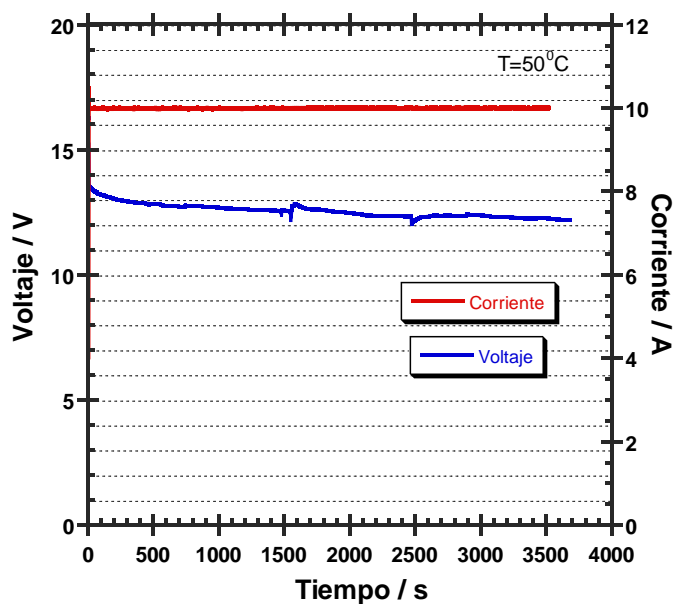


Figura 7. Grafica de estabilidad de la celda de combustible.

El consumo de hidrógeno es variable ya que en todo momento la carga que se le demanda a la celda oscila, considerando que funcionen a su máxima potencia el consumo de hidrógeno total es de aproximadamente de 6 l/min.

4.- Conclusiones

La mono celda de combustible alcanzo una potencia máxima de 14.6 W @ 0.54 V y 27 A. y la celda de combustible stack una potencia máxima de 300 W @ 11.1 V y 27 A.

Se logró escalar la potencia que se obtuvo en la mono celda al stack, confirmando el correcto diseño en el campo de flujos y la alimentación de los combustibles.

En la grafica del desempeño del stack se presenta una caída del potencial a altas corrientes, en la zona de transporte de masa, debido a que es insuficiente la alimentación del oxígeno del aire.

La celda presenta una estabilidad aceptable, las fluctuaciones del voltaje en la figura se atribuye a la deshidratación de los primeros ensambles y humidificación de los mismos por el sistema auxiliar.

**XIII Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana del Hidrógeno
Aguascalientes, México, 2013**

5.- Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el CONACYT (FOINS 75/2012).

A la empresa INFRA S.A. de C.V. por el hidrógeno proporcionado para la realización de este proyecto.

6.- Referencias

- [1] Barriers, and R&D Needs, *The Hydrogen Economy: Opportunities, Cost*, The National Academies Press, Washington DC, 2004.
- [2] A. Rodríguez Castellanos, E. López Torres, O. Solorza Feria, *J. Mex. Chem. Soc.*, 50(4), 97, (2007).
- [3] F. Urbani, G. Squadrito, O. Barbera, G. Giacoppo, E. Passalacqua, O. Zerbinati, *Journal of Power Sources*, 169, 334, (2007).
- [4] Xianguo Li, Imran Sabir, *International Journal of Hydrogen Energy*, 30, 359, (2005).
- [5] Frano Barbir, *PEM Fuel Cells: Theory and Practice*, 147, Ed. Elsevier Academic Press, USA, (2005).
- [6] Frano Barbir, Haluk Görgün, *Journal of Applied Electrochemistry*, 360, (2007).

