

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA LƯU LƯỢNG KHÍ NHIÊN LIỆU VÀ NHIỆT ĐỘ LÊN ĐẶC TÍNH CỦA PIN NHIÊN LIỆU EXAMINING THE EFFECTS OF FUEL GAS FLOW AND TEMPERATURE ON CHARACTERISTICS OF FUEL CELLS

TS. Nguyễn Thị Lương¹, Ths. Phan Vĩnh Lộc²

1. Trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. HCM

2. Trường ĐH Bách Khoa Tp. HCM

Tóm tắt:

Pin nhiên liệu là thiết bị chuyển đổi trực tiếp hóa năng sang điện năng thông qua các phản ứng hóa học. Trong bài báo này, tác giả khảo sát ảnh hưởng của lưu lượng khí nhiên liệu và nhiệt độ lên đặc tính của pin nhiên liệu màng trao đổi proton nhằm xác định lưu lượng khí nhiên liệu phù hợp để pin nhiên liệu hoạt động với hiệu suất cao nhất.

Abstract:

A fuel cell is a device that converts chemical energy into electrical energy by chemical reactions. In this paper, authors examined the effects of fuel gas flow and temperature on characteristics of proton exchange membrane fuel cells in order to determine suitable fuel gas flow for fuel cells operating with the highest effectiveness.

I. GIỚI THIỆU

Năng lượng tái tạo là nguồn năng lượng rất quan trọng trong tương lai, pin nhiên liệu khí hydro là một trong những nguồn năng lượng mới được đặc biệt chú ý [1]. Có nhiều loại pin nhiên liệu khác nhau được sử dụng để phát năng lượng, trong những năm gần đây pin nhiên liệu màng trao đổi proton (Proton Exchange Membrane -PEM) là loại pin được quan tâm nghiên cứu, cải tiến nhiều nhất [2].

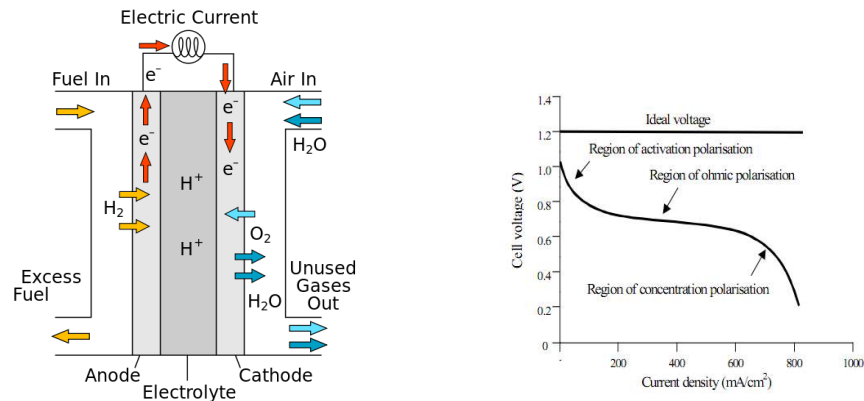
Năm 2006, Muzamir Isa đã tiến hành thí nghiệm và vẽ đường đặc tính của pin nhiên liệu thực tế từ đó tính được hiệu suất cực đại của pin vào khoảng 78,05% [3]. Năm 2009, Er. B. B. Ale cùng các cộng sự đã khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ lên công suất ngõ ra của pin nhiên liệu, theo kết quả khảo sát thì công suất của pin hoạt động ở 70⁰ C cao hơn 80% so với khi hoạt động ở 40⁰ C [4]. Các kết quả nghiên cứu trên cho thấy pin nhiên liệu có hiệu suất phát điện tương đối cao, nên có thể được xem là một trong những nguồn năng lượng mới thay thế cho các năng lượng hóa thạch hiện nay. Tuy nhiên, để xác định được khả năng cung cấp năng lượng của pin nhiên liệu cần có thêm một số khảo sát đặc tính hoạt động theo các thông số khác như: phạm vi thay đổi nhiệt độ hay sự thay đổi của lưu lượng khí đối với hiệu suất của pin.

Với mục tiêu khảo sát đặc tính của pin nhiên liệu màng trao đổi proton khi thay đổi các thông số nhiệt độ và lưu lượng khí nhiên liệu để xác định vùng nhiệt độ và lưu lượng khí tối ưu theo công suất đầu ra, bài báo này trình bày kết quả khảo sát đặc tính của pin nhiên liệu trong vùng nhiệt độ từ 25⁰C đến 75⁰C và đặc tính của pin khi thay đổi lưu lượng khí H₂ và khí O₂.

II. CẤU TRÚC PIN NHIÊN LIỆU VÀ MÔ HÌNH KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH

2.1. Cấu trúc của pin

Pin nhiên liệu màng trao đổi proton (PEMFC - Proton Exchange Membrane Fuel Cell) có cấu trúc một màng điện phân bằng Nafion mỏng cho phép các proton H^+ xuyên qua. Hiệu suất pin từ 40% đến 60% và vận hành ở nhiệt độ thấp khoảng $80^{\circ}C$. Công suất phát của pin khá linh hoạt có thể chỉ là vài Watt cho các ứng dụng cầm tay, cho đến khoảng vài chục kW cho các ứng dụng công suất lớn. Vận hành ở nhiệt độ thấp nên PEMFC cũng rất thích hợp cho các ứng dụng trong gia đình và phương tiện giao thông vận tải [5].



Hình 1. Cấu trúc và đặc tính lý thuyết của pin nhiên liệu màng trao đổi proton [5]

Pin nhiên liệu màng trao đổi proton (PEMFC) hoạt động dựa trên 2 loại khí chính đó là Oxi và Hydro. Pin nhiên liệu tạo ra điện bằng cách biến đổi trực tiếp năng lượng hóa học thành năng lượng điện. Sự Oxy hoá của Hydro tiến hành tại Anode (là một vật liệu dẫn điện có xúc tác) cấu thành điện cực âm của pin. Còn phản ứng khử điện hoá của Oxy tiến hành tại Cathode (cũng làm bằng vật liệu giống Anode) cấu thành điện cực dương của pin [5].

Điện áp lý tưởng của pin nhiên liệu được xác định là $U_{ideal} = 1.23$ (V) [1], [3].

Hiệu suất của pin được tính theo công thức:

$$\eta_{FC} = 0.83 \frac{U_{cell}}{U_{ideal}} \quad (1)$$

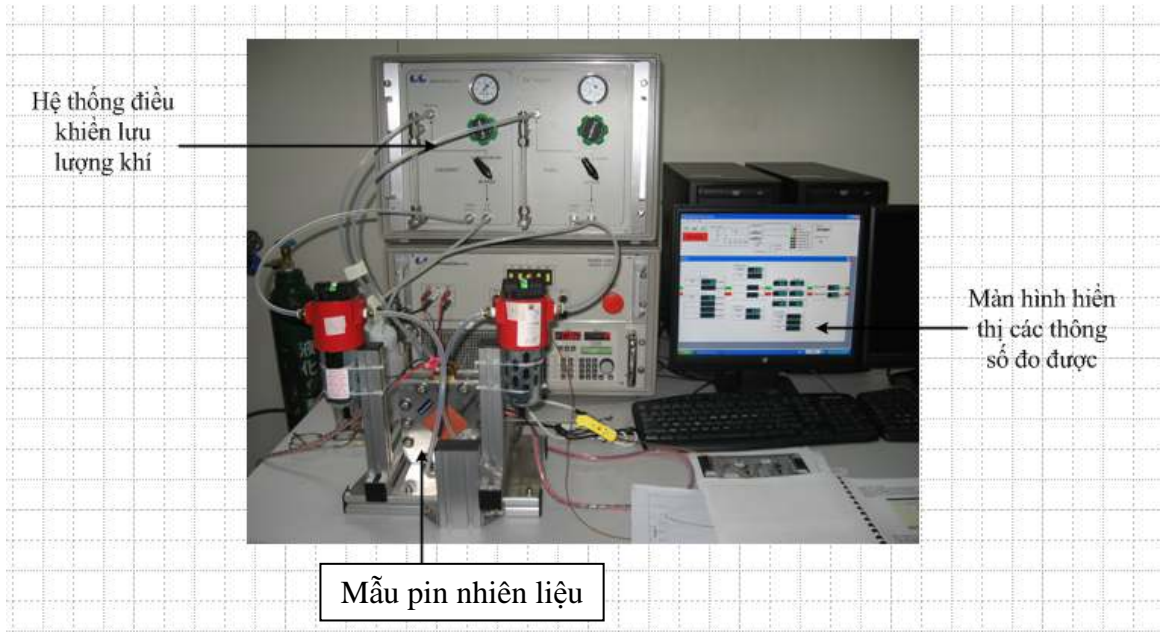
Hiệu suất cực đại của pin được tính theo công thức:

$$\eta_{max} = 0.83 \frac{U_{max}}{U_{ideal}} \quad (2)$$

Nhằm xác định các thông số tối ưu về lưu lượng khí và nhiệt độ làm việc để pin đạt hiệu suất cao nhất nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát trên hệ thống máy đo và kiểm tra pin COMPUCELL của hãng ElectroChem.

2.2. Mô hình và phương pháp khảo sát

Dựa trên mục đích đề ra nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát trên mẫu pin của hãng ElectroChem. Sơ đồ kết nối để thực hiện khảo sát các thông số được cho ở hình 2.



Hình 2 . Sơ đồ kết nối các thiết bị để khảo sát đặc tính của pin nhiên liệu

Đặc tính của pin được khảo sát lần lượt theo các thông số như sau:

- Pin hoạt động ở nhiệt độ 25°C , vẽ các đường đặc tuyến công suất, điện áp, dòng điện theo lưu lượng khí H_2 và khí O_2 và đặc tuyến I-V của pin nhiên liệu.
- Pin hoạt động ở nhiệt độ ở 50°C , vẽ các đường đặc tuyến công suất, điện áp, dòng điện theo lưu lượng khí H_2 và khí O_2 và đặc tuyến I-V của pin nhiên liệu.
- Pin hoạt động ở nhiệt độ ở 75°C , vẽ các đường đặc tuyến công suất, điện áp, dòng điện theo lưu lượng khí H_2 và khí O_2 và đặc tuyến I-V của pin nhiên liệu.

2.3. Kết quả khảo sát

Khảo sát các thông số nhiệt độ, lưu lượng khí O_2 và H_2 để tìm ra công suất lớn nhất.

Thay đổi nhiệt độ từ thấp đến cao tương ứng với lưu lượng khí O_2 và H_2 khác nhau.

Vẽ các đường đặc tuyến của P, V, I theo nhiệt độ và lưu lượng khí O_2 và H_2 .

Compucell fuel cell test system là thiết bị đa chức năng có khả năng tự điều chỉnh lưu lượng khí O_2 và H_2 tương ứng với từng mức công suất khác nhau. Vì vậy trong quá trình làm thí nghiệm cần thay đổi nhiệt độ từ thấp đến cao theo thứ tự như sau: 25°C , 30°C , 35°C , 40°C , 45°C , 50°C , 55°C , 60°C , 65°C , 70°C , 75°C .

Tương ứng với từng nhiệt độ khác nhau ta sẽ thu được các kết quả tương ứng như minh họa ở bảng 1 và được lưu lại để lấy số liệu khảo sát các đặc tính.

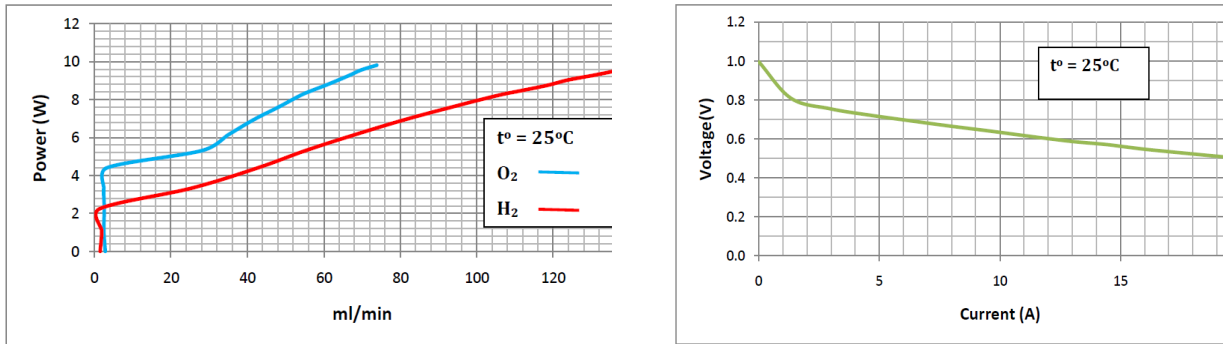
Bảng 1. Bảng thông số thông kê hoạt động của pin nhiên liệu

P(W)	6		7		8		9	
T($^{\circ}\text{C}$)	$\text{O}_2(\text{ml}/\text{min})$	$\text{H}_2(\text{ml}/\text{min})$	O_2	H_2	O_2	H_2	O_2	H_2
25	34	64	40	84	52	100	60	120
50	34	64	40	82	50	96	59	116
75	34	64	40	80	48	92	56	112

2.3.1. Pin hoạt động ở nhiệt độ 25⁰C

Khảo sát công suất pin tại 25⁰C, khi cố định công suất ngõ ra bằng 8W ta xác định được lưu lượng khí cần cung cấp cho pin như sau: khí O₂ = 52ml/phút và khí H₂ = 100ml/phút, kết quả được mô tả ở hình 3.

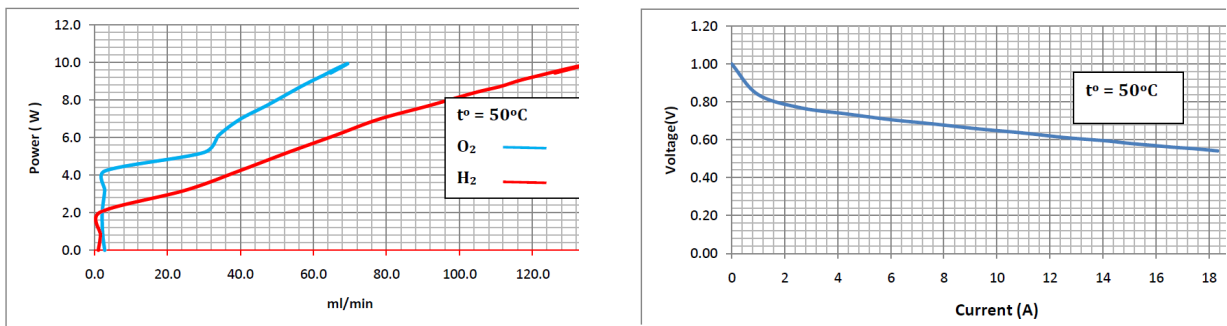
Đường đặc trưng V-I tại 25⁰C có điểm bắt đầu của điện áp là U_{max}= 1V, nên hiệu suất cực đại đạt được là: $\eta_{\max} = 0.83.1.0/1.23.100 = 67,4\%$



Hình 3. Đặc tính công suất và đặc trưng V-I của pin nhiên liệu khảo sát ở 25⁰ C

2.3.2. Pin hoạt động ở nhiệt độ 50⁰C

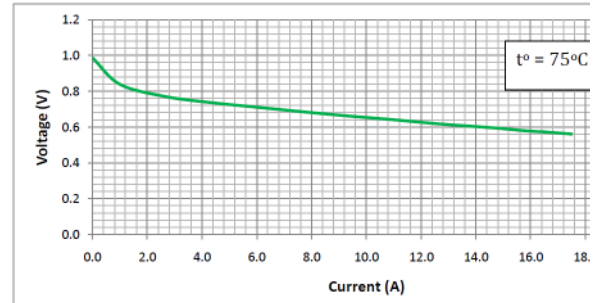
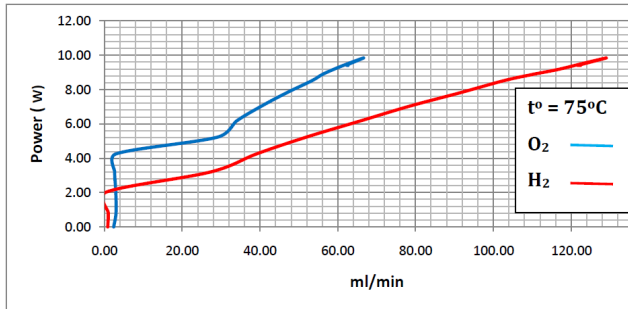
Khảo sát công suất pin tại 50⁰C, khi cố định công suất ngõ ra bằng 8W ta xác định được lưu lượng khí cần cung cấp cho pin như sau: khí O₂ = 50ml/phút và khí H₂ = 96ml/phút, kết quả được mô tả ở hình 4.



Hình 4. Đặc tính công suất và đặc trưng V-I của pin nhiên liệu khảo sát ở 50⁰ C

2.3.3. Pin hoạt động ở nhiệt độ 75⁰C

Khảo sát công suất pin tại 75°C , khi cố định công suất ngõ ra bằng 8W ta xác định được lưu lượng khí cần cung cấp cho pin như sau: khí $\text{O}_2 = 48\text{ml/phút}$ và khí $\text{H}_2 = 92\text{ml/phút}$, kết quả được mô tả ở hình 5.



Hình 5. Đặc tính công suất và đặc trưng V-I của pin nhiên liệu khảo sát ở 75°C

Nhận xét

- Các đường đặc tính V-I của pin nhiên liệu khảo sát tại 25°C , 50°C , 75°C có dạng phù hợp với đặc tính ngoài của các loại máy phát điện thông thường và có độ cứng ổn định trong phạm vi thay đổi nhiệt độ rộng. Kết quả này cho thấy, pin nhiên liệu có khả năng đáp ứng tốt dòng tải khi hoạt động.

- Các đường đặc tính công suất cho thấy, khi tăng lưu lượng khí nhiên liệu thì công suất ngõ ra của pin tăng nhanh. Cố định công suất ngõ ra thì khi tăng nhiệt độ làm việc thì nhu cầu cung cấp khí nhiên liệu giảm xuống điều này cho thấy hiệu suất hoạt động của pin tăng khi tăng nhiệt độ làm việc. Như vậy tùy theo nhu cầu công suất ngõ ra và nhiệt độ làm việc mà ta có thể điều chỉnh nguồn cung cấp khí nhiên liệu cho pin sao cho phù hợp và tiết kiệm được chi phí cho nhiên liệu sản xuất năng lượng.

- Nhiệt độ tăng thì nhu cầu cung cấp khí nhiên liệu cho pin với cùng công suất giảm, khi tiêu thụ công suất lớn thì cần tăng lưu lượng khí nhiên liệu nhưng phải đảm bảo tỷ lệ khí H_2 luôn gấp đôi khí O_2 .

3. KẾT LUẬN

Pin nhiên liệu là nguồn năng lượng tái tạo có hiệu suất rất cao, hoạt động ở nhiệt độ thấp, không gây ra tiếng ồn do hoạt động không có bộ phận chuyển động. Trong bài báo này, tác giả đã khảo sát và vẽ được các đường đặc tuyến về mối quan hệ giữa công suất phát ra của pin nhiên liệu theo nhiệt độ làm việc và lưu lượng khí nhiên liệu bằng phương pháp thực nghiệm. Kết quả khảo sát cho thấy đặc tính làm việc của pin nhiên liệu phù hợp với các máy phát điện thông thường, làm việc ổn định với dải nhiệt độ môi trường từ 25°C đến 75°C . Khi tăng nhiệt độ làm việc thì nhu cầu khí nhiên liệu giảm xuống vì vậy ta có thể điều chỉnh lưu lượng khí cho phù hợp với công suất cần dùng để tiết kiệm tối đa chi phí nhiên liệu.

Với những tính chất và ưu điểm của mình, pin nhiên liệu hứa hẹn sẽ là một trong những nguồn năng lượng cung cấp điện năng trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C. Rayment, S. Sherwin, “Introduction to Fuel Cell Technology”, University of Notre Dame, USA, 2003.
- [2]. B. Holland, J. Zhm, L. Jamef, “Fuel Cell Technology and Application”, France, 2007.
- [3] M. Isa, E. Ismail, I. Daut, “Characteristics and the Efficiently of Fuel Cell”, American Journal of Applied Sciences, 2006.
- [4]. Er. B. B. Ale, Ph.D. at al, “Experimental study on performance characteristics of a pem fuel cell” Journal of the Institute of Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 1-9, 2009.
- [5]. www.en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell.