

PEMFC 단위 셀의 제작 및 저전압 · 저전력 시스템 설계에 관한 연구

류윤심, 안호균, 서정량, 김성훈, 이창호
창원대학교 전기공학과

A Study on Manufacture and Design of Low Voltage · Low Electric Power System by PEMFC Single cell

Yun-Sim Ryu, Ho Gyun Ho, Jung Rang Seo, Sung Hoon Kim, Chang Ho Lee
Department of Electrical Engineering School, Changwon National University

ABSTRACT

These days, to change the new & renewable energy change the subject because environmental pollution and exhausted fossil power.

The most notable Fuel cells by one of the new & renewable energies are one of very useful power conversion sources. Their advantages are low environmental pollution, highly efficient power generation, diversity of fuels (natural gas, LPG, methanol and naphtha), and reusability of exhaust heat, modularity, and faster installation. PEMFC by one of the Fuel Cells is the energy of new technology which is produced by the electric chemical reaction directly. The essential composition elements of PEMFC stack are membrane electrode assembly (MEA), catalyst, Bipolar Plate.

Under the this study, know-how is manufacturing single cell of PEMFC and Study design of Low Voltage, Low Electric Power System by PEMFC Single Cell.

1. 서론

현재의 에너지 공급은 화석연료에 기초를 두고 있다. 세계 에너지 소비의 90%정도는 석유, 천연가스, 석탄 등에 의해 공급된다. 화석연료는 에너지 밀도가 높고, 장기간의 보관이 가능하며, 수송의 편리성 등의 장점이 있지만 매장량에 한계가 있어 에너지 고갈과 그에 따른 가격의 폭등, 산업의 붕괴현상이 발생할 것이다.

화석연료가 고갈됨에 따른 고유가 시대의 도래로 인해 대체 에너지의 보급의 중요성이 부각되었으며 최근 에너지 시장에서의 주요한 관심사는 환경오염의 문제에 초점이 맞추어져 있다.

따라서 미래의 에너지원은 환경에 영향을 미치지 않고, 고갈의 문제가 없는 에너지원이어야 한다.

수소는 태양에너지나, 풍력 수력 등의 청정에너지원으로부터 생산된 전기 에너지를 이용하여 물의 분해를 통하여 얻게 된다. 수소가 연소되거나 전기로 변환되어도 직접적인 산출물은 물이다. 이것은 환경에 완전 무해하고 다시 사용될 수 있다.^[1] 이러한 수소의 특성을 에너지원으로 이용한 연료전지가 미래의 중요한 에너지원이 될 것으로 판단된다.^[2]

2. PEMFC 저전압 · 저전력 시스템 설계

2.1 연료전지

연료전지는 물의 전기 분해 역반응 즉, 외부에서 공급되는 연료와 산소에 촉매를 이용한 산화, 환원반응에 의해 발생한 화학적 에너지를 직접적으로 전기에너지로 변환시켜 동시에 전기에너지와 열에너지를 얻어내는 정지형 에너지 변환장치이다.

수소와 산소가 가지고 있는 화학 에너지를 전기화학반응에 의하여 직접 전기 에너지로 변환시키는 고효율의 무공해 발전 장치로서 공기극(cathode)에는 산소가, 연료극(anode)에는 수소가 공급된다. 그림 1.1은 연료전지 셀의 동작도 이고, 다음의 수식은 연료극과 공기극에서 일어나는 반응식이다.

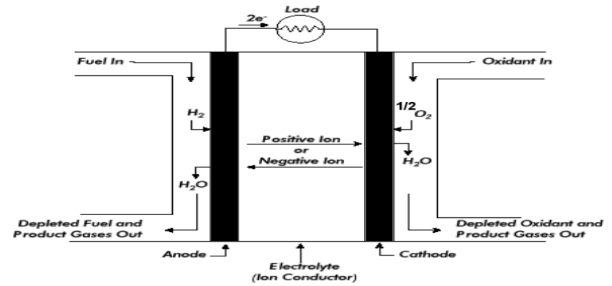
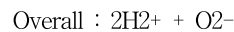
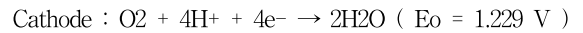


그림 1.1 연료전지 셀의 동작도

2.2 PEMFC

고분자 전해질 연료전지라 일컫는 PEMFC의 전해질은 액체가 아닌 고체 고분자 전해질 막(membrane)으로 상온, 상압에서 작동이 가능하며 기동시간이 짧으며 스택의 출력밀도가 높아 수송 및 휴대용 전력 원으로 각광받고 있다. 인산형 및 알칼리형 연료전지 시스템과 비슷하게 membrane을 이용하는 연료전지는 촉매로 백금을 사용한다. 고분자 전해질 연료전지의 경우 일반적인 PEMFC와 메탄올을 연료로 직접 주입하여 동작시키는 DMFC(Direct Methanol Fuel Cell)로 구분된다. 표 2.1에는 PEMFC의 장 · 단점을 정리하였다.

고분자 전해질형 연료전지의 성능은 전극, 전해질, 집전체(current collector) 등 전지 각 요소를 구성하는 소재들의 특성과 전지의 온도, 반응기체의 유량, 압력 등의 운전조건, 그리고

발생하는 열과 물의 처리방법 등 여러 가지 요인에 의해 복잡한 영향을 받게 된다.

표 2.1 PEMFC의 장단점

	장점	단점
PEMFC 의 장·단점	작동온도가 낮고, 전류밀도와 출력밀도가 높음.	낮은 온도에서 작동되어 폐열활용도가 떨어짐.
	시동시간이 짧고 부하추종성이 빠름.	고온에서 작동되어 폐열 활용도가 떨어짐.
	부식 및 전해질 조절이 필요 없음.	백금을 전극촉매로 사용하기 때문에 CO 허용치가 낮음.
	디자인이 간단하고 제작이 용이함.	백금전극과 고분자전해질 가격이 비쌈.
	다양한 범위의 출력을 낼 수 있어 응용분야가 다양함.	운전 중 고분자전해질 막의 수분조절이 필요함.
	높은 차입에 견딜 수 있고 수명이 김.	

2.3 PEMFC 단위 셀의 제작

PEMFC의 성능을 결정하는 연료전지제조에 있어서 고분자막/전극집합체(MEA: membrane electrode assembly)제조 기술, 고분자막 제조 기술은, 셸팩(cell pack) 또는 스택(stack) 및 주변 시스템 제조 기술과 아울러 연료전지의 3대 요소 기술이다. 본 논문에서 제작할 PEMFC 단위 셀의 구성품은 전극, 촉매, 분리판, 패키징 플레이트로 나눌 수 있다.

2.3.1 전극 제조

본 논문에서 제작 할 PEMFC에 사용되는 전극은 전형적인 기체확산전극(gas-diffusion electrode)이다. 전극 형성의 제법은 Thin Film Methods법으로 GDL에 촉매 잉크를 도포하는 방식으로 박막 촉매 전극을 제조할 것이다. 전극의 지지체는 PTFE(Poly Tetrafluoro Ethylene)로 발수 처리된 다공성의 carbon paper를 사용하게 된다. 이러한 다공성 전극은 반응 기체의 접근과 생성물의 제거에 대한 물질 전달 저항을 최소화시킬 수 있는 넓은 반응 영역을 제공한다.

- 전극에 사용하는 촉매로는 미세한 탄소입자(20% Pt Vulcan XC-72)에 백금이 분산된 Pt/C를 사용하였다.
- 촉매를 고정시키기 위한 잉크를 제조 : 소수성 (Hydrophobic)을 지닌 5% Nafion Solution 용액, 잉크의 점성을 증가시키기 위한 글리세롤(Glycerol), GDL(Gas Diffusion Layer)의 다공성이 좋게 하기위해 Pore former로 Ammonium Carbonate를 사용하였다.
- 촉매 지지체로 PTFE 처리된 Carbon Paper를 사용하였다.
- 탄소 입자들의 균일한 분포를 위하여 위 재료들을 Ultra Sonic agitation을 이용하여 교반하였다.
- 제조한 잉크를 Carbon Paper에 프린팅.
- Drying

2.3.2 전해질막 전처리

고분자 전해질막은 당량 무게가 1100이고 두께가 51 μm인 DuPont사의 Nafion 112를 사용하였다. 전처리 과정을 통해 막의 표면 및 내부에 함유되어 있는 유기물질과 불순물을 제거하였다.

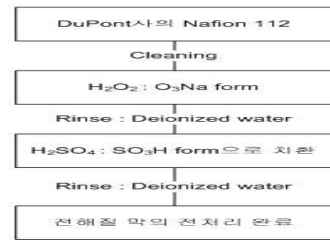


그림 2.1 Nafion Membrane과 전처리 과정

2.3.3 막/전극 어셈블리(MEA)제조

전처리된 전해질막을 중심으로 Anode와 Cathode로 2개의 형성된 촉매 전극을 양쪽으로 배치하여 Heating Press로 가열 압연하여 MEA가 접합되도록 한다. 그림 2.2은 완성된 MEA다

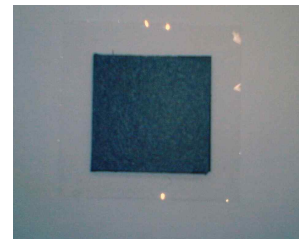


그림 2.2 접합된 MEA

2.3.4 아크릴 플레이트 가공

연료전지의 연료극은 순수한 수소를 연료로 사용하기 때문에 외부 공기에 대해 MEA의 연료극이 반드시 기밀을 유지해야 한다. 따라서 연료전지 MEA의 고정과 기밀을 유지하기 위해 수소와 산소의 유입 유로와 전극, 고정 볼트가 장착 가능한 구멍 등을 포함한 패키징 지지플레이트가 필요로 하게 된다.

본 논문에서는 투명 아크릴을 연료극 1종과 산소극 1종, 공기극 1종으로 CAD/CAM을 이용하여 가공하였다.

2.4 저전압·저전력 시스템 설계

2.4.1 저전압·저전력 시스템

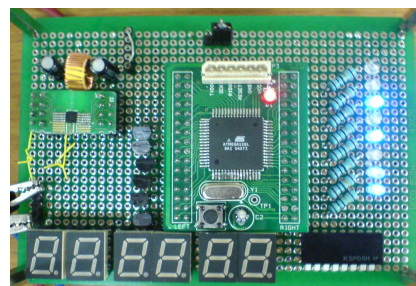


그림 2.3 저전압·저전력 시스템

본 논문에서는 PEMFC를 제조하고 그 단위 셀을 이용한 마이크로프로세서 시스템의 구동 가능성 관한 연구를 하였다.

PEMFC의 단위 셀에서 발생하는 전압이 매우 낮고 외란에 크게 영향을 받기 때문에 정전원으로 사용되기 위해서는 부가

적으로 저전압·저전력, 정출력의 Boost-up 회로를 구성하고, 용량에 부합하는 마이크로프로세서에 의해 구동되는 어플리케이션 시스템을 설계하였다.

2.4.2 MAX1678 및 ATmega 128

본 논문에서 설계·제작한 PEMFC 단위 셀에서 발생하는 0.7V 정도의 전압을 MAXIM社의 MAX1678을 이용하여 3.3V로 승압시키고, 이 승압된 전압을 전원으로 저전압으로 구동이 가능한 AVR ATmega128L을 구동시켜 PEMFC 단위 셀을 이용한 마이크로프로세서 시스템의 구동 가능성에 대하여 연구해 보았다.

2.4.4 결과 및 고찰

본 논문에서 선정한 PEMFC는 외경은 가로 50mm, 세로 50mm, 높이 170mm로 이상적인 동작을 할 경우 최대 출력 0.15W, 무부하 전압 1.15V, 표준전압 0.7V의 특성을 갖는다. 이 단위 셀은 분당 3cc(3mL)의 수소연료를 사용하며 무부하시 1.121V가 발생되었다. 그림 2.4는 본 논문에서 제작한 PEMFC의 단위 셀의 사진, 그리고 그림 2.5은 PEMFC 단위 셀의 전류와 전압을 측정하여 그래프로 나타냈다.

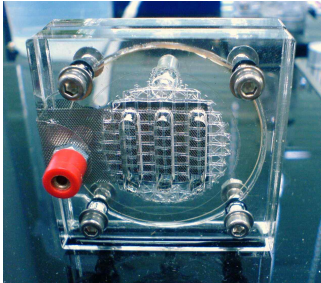


그림 2.4 본 논문에서 제작한 PEMFC 단위 셀의 사진

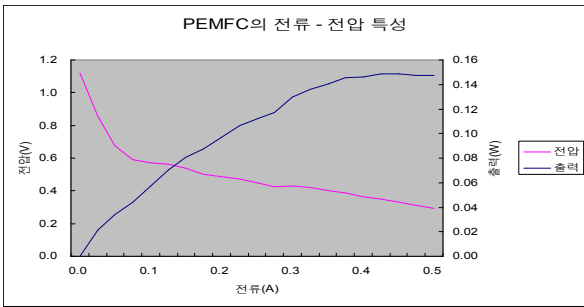


그림 2.5 PEMFC 단위 셀의 전류 - 전압 특성

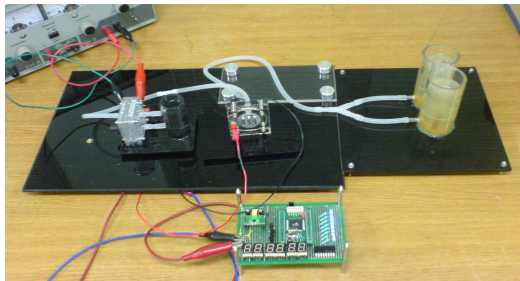


그림 5.6 PEMFC 단위 셀을 이용한 마이크로프로세서 구동 시스템

3. 결론

본 논문에서는 연료전지 단위 셀을 이용한 교육용 소형

연료전지 시스템의 가능성에 관한 연구로서 PEMFC 단위 셀을 설계·제작하고, 연료전지에서 발생된 전체 시스템의 저전압·저전력을 DC-DC 컨버터를 이용하여 승압시켜 마이크로프로세서 시스템의 구동이 가능하도록 저전압·저전력 구동 시스템을 설계, 운전 및 성능을 평가하였다.

● PEMFC 단위 셀의 제작

전류가 증가하면 이상적인 PEMFC 단위 셀의 출력은 무부하시 약 1.15Vdc정도이고 전류가 증가하면 약 0.7Vdc 정도를 유지하는데 비해 본 논문에서 제작한 PEMFC 단위 셀은 무부하시 1.121Vdc이고 표준출력이 전압 0.56V로 낮아져 본 논문에서 선정한 이상적인 단위 셀의 성능보다 낮은 성능을 나타냈다. 따라서 셀 제조 시 촉매 잉크의 구성 물질과 구성비, 제조 공정, MEA 구성 재료와 제조공정 등을 변화시켜보면서 MEA의 cm²당 발생하는 전류의 양이 증가 될 수 있도록 PEMFC 단위 셀의 성능 향상을 위한 지속적인 연구가 필요하다.

● 저전압·저전력 시스템 설계

이상의 실험에서 본 바와 같이 연료전지 단위 셀을 전원으로 하는 저전압·저전력 시스템은 마이크로프로세서 구동이 가능 하였으나 구성이 복잡하고, 소비 전력이 큰 어플리케이션의 경우는 2개 이상의 PEMFC 단위 셀을 직렬 스택(stack)으로 구성하여야 구동이 가능하였다.

본 실험에서 제작한 하나의 단위 셀로 전류를 많이 소비하는 시스템을 구동 시키는 것은 승압 컨버터와 마이크로프로세서만을 저전압·저전력 시스템으로 설계하고 구동시키는데 한계가 있었다. 따라서 PEMFC 단위 셀의 성능을 향상시키고 동시에 어플리케이션 시스템 전체의 저전압·저전력화 역시 이루어져야 할 것이다.

개선방안 : 단위 셀의 성능을 향상과 시스템 설계 시 시스템 전체에서 효율을 떨어뜨리는 저항 성분을 줄이고, 어플리케이션 시스템 전체의 저전압·저전력화가 이루어져야 할 것이다.

이 논문은 창원대학교 교내 공모과제 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참 고 문 헌

- [1] 김재운, 에너지 혁명 : 연료전지 산업의 현황과 발전전망 (이슈페이퍼), 삼성경제연구소, 2004.
- [2] 전자부품연구원, 소형 연료전지 산업동향, 2003.
- [3] G.S. Kumar, M. Raja and S. Parthasarathy, High performance electrodes with very low platinum loading for polymer electrolyte fuel cells. *Electrochim. Acta* 40 (1995), pp. 285 - 290.
- [4] Sergei Gamburgzev and A. John Appleby., "Recent progress in performance improvement of the proton exchange membrane fuel cell (PEMFC)", *Journal of Power Sources*, Volume 107, Issue 1, Pages 5-12, 20 April 2002.