

PEMFC형 연료전지 시스템 구축과 운전특성에 관한연구

*최홍준, *차인수, **임중열,
*동신대학교 수소에너지학과. **남부대학교

A study an design and Driving Characteristics of PEM-type Fuel Cell system

h.j,Choi, i.s.Cha, j.y.Im

*dongshin university Dept Hydrogen energy, **nambu university Dept computer electrical&information

ABSTRACT

화석연료의 고갈과 에너지 공급의 불안정성을 극복하기 위하여 화석연료를 대체할 수 있는 신·재생에너지의 개발이 시급하다. 특히 우리나라는 화석에너지의 수입 의존도가 97% 이상을 상회하고 선진국 대비 4배 이상의 에너지소비증가율을 보이는 우리나라에서는 장기적인 에너지 수급정책의 수립과 신·재생에너지 개발이 절실히 필요하다. 본 연구에서는 신·재생에너지중 세계에서 가장 각광받고 있는 연료전지 시스템 중 PEMFC 즉 고분자 연료전지의 직접 설치 구동과 구동특성을 파악하는데 목적을 두고 연구를 진행하였다.

1. 서 론

석유로 대표되는 화석연료는 산업의 큰 발전요소가 되었다. 하지만 지구 온난화, 환경 오염의 주범이 되는 양면성을 지니 심각한 문제로 대두되었다. 그리하여 인간들은 새로운 에너지를 갈망하게 되었으며 그에 대한 연구가 진행되어왔다.

바로 자연 그대로의 에너지를 활용하기 위한 에너지 자원 즉 태양광, 풍력, 해양, 수소, 바이오 에너지 등이다. 그중에서도 태양광 발전, 풍력 발전, 수소연료전지 분야는 여러 신·재생에너지 중에서 미래 에너지원으로 각광받고 있다.^[1]

위의 재생 가능한 에너지 중 연료전지는 물의 전기분해 반응을 역으로 이용하여 수소와 산소의 화학적 반응을 통해 전기 에너지를 만들어내고 부산물로 물을 만들어내는 것으로 수소, 석유, 천연가스, 메탄 등의 연료기체가 가지고 있는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 일종의 발전기이다. 기존 발전방식과 달리 오염물질의 배출이 없고 발전시 발생하는 소음이 없으며 열 역학적 제한을 받지 않기 때문에 기존 발전효율보다 높은 효율을 낼 수 있는 발전방식이다. 또한, 용량조절이 쉽고 연속적인 전기 공급이 가능하며 단위면적 및 무게당 높은 출력을 낼 수 있는 장점이 있다.

연료전지는 보통 작동 온도와 전해질의 형태에 따라 구분되어 지며 고분자전해질 형 연료전지(PEMFC), 고체산화물형(SOFC), 용융탄산염형(MCFC), 인산형(PAFC), 알칼리형(AFC), 직접메탄올형(DMFC) 등으로 구분되어 진다. 그 중에서도 고분자전해질 연료전지는 수소가이온교환 특성을 갖는 고분자막을 전해질로 사용하는 연료전지로서 다른 형태의 연료전지에 비해 작동온도가 낮고 효율이 높으며 전류밀도 및 출력밀도가 크고, 시동시간이 짧은 동시에 부하변화에 대한 빠른 응답

특성이 있다.^{[2][3]} 본 논문에서는 수소연료전지 분야 중 가장 응용 발전에 적합한 PEMFC에 관하여 연구를 진행하였다.

2. 본론

2.2 PEMFC의 원리

PEMFC는 전해질 막을 중심으로 양쪽에 다공성 기체확산층인 Carbon Paper 또는 Carbon cloth에 백금 촉매 층이 입혀진 Anode와 Cathode가 부착되어 있는 형태로 되어 있다. PEMFC의 기본구조와 전기화학반응의 기본 흐름은 그림 1과 같다.

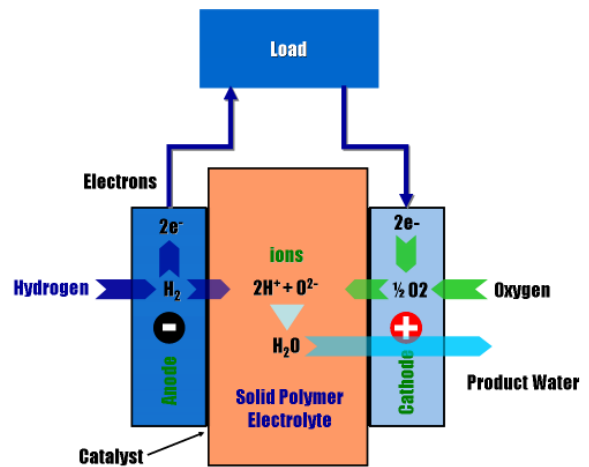


그림 1 PEMFC의 기본구조와 전기화학 반응

Anode에서는 수소의 전기 화학적 산화가 일어나고, Cathode에서는 산소의 전기화학적 환원이 일어나며 이때 생성되는 전자의 이동으로 인해 전기에너지가 발생하게 된다.^[4]

Anode의 수소가 백금 촉매에 의해 H^+ 이온과 전자로 분리된 후 H^+ 이온은 전해질막 내 sulfonic acid(술폰산기)에 의해, 전자는 외부 회로를 통해 Cathode로 이동하게 된다.

Cathode에서는 전해질막을 통해 이동한 H^+ 이온과 산소가 반응하여 물을 생성하고, 외부회로를 통해 이동한 전자의 흐름이 전류가 된다. 전체적으로 수소와 산소가 결합하여 전기화학 반응에 의해 물을 생성하게 된다. 식 (1) - (3)은 각 전극에서의 반응식과 최종 반응식을 나타낸 것이다.

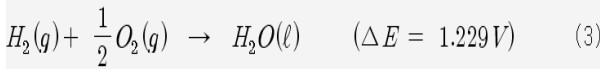
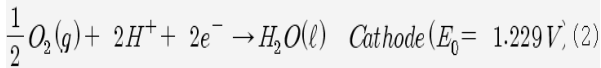


그림 2 화학 반응식

PEMFC의 전기화학반응은 일반적으로 60[°C]~ 80[°C]의 저온에서 느리게 반응하기 때문에 반응속도를 증가시키기 위해 백금과 같은 촉매를 사용하며, 수소와 산소 같은 반응물을 촉매와 빠르게 반응시키기 위해 확산층(Gas Diffusion Layer, GDL)이 사용된다. 촉매층에서 분리된 수소이온들은 MEA를 통해 Cathode로 이동하며 외부회로를 통해 이동한 전자와 Anode로 공급된 산소와 반응을 하게된다.

MEA는 H^+ 이온만을 전달할 수 있는 고분자막을 사용하며 술폰산기를 포함하고 있는 고분자구조로 되어 있으며, sulfonic acid 기인 $-SO_3H$ 는 물에 의해 수화되고 이때 이동성이 있는 H^+ 와 비이동성인 $-SO_3^-$ 로 분리된다. 고분자 전해질막을 개발하고 있는 회사(제품명)는 미국의 DuPont(Nafion), Dow chemical (XUS), W. L. Gore & Associate (Gore-Select), 캐나다의 Ballard Advanced Material (BAM3G), 일본의 Asahi Chemical (Aciplex), Asahi Glass (Flemion), Chlorine Engineer (Product "C"), Tokuyama Soda, (Meosepta-F), 독일의. Hoechst 등이 있다.⁵⁾

2.2 시스템의 구성

본 논문의 실험을 위하여 500W PEMFC 시스템을 구성하였다. 그림 3과 그림 4은 각각 본 논문의 실험을 위하여 구성된 500W PEMFC 시스템의 구성도와 하위 세부 제어 흐름선도이다. 시스템의 구성은 Stack의 연료인 수소탱크와 산소탱크의 압력조절을 위한 각각의 레귤레이터와 밸브, 가스유량컨트롤러인 MFC, 체크밸브, Stack, 배출 압력 조절을 위한 Back pressurer 레귤레이터 등으로 구성하였다.

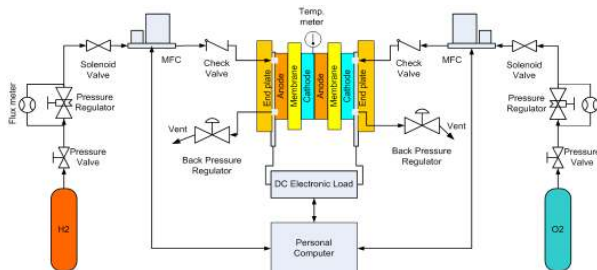


그림 3 PEMFC 시스템 구성도

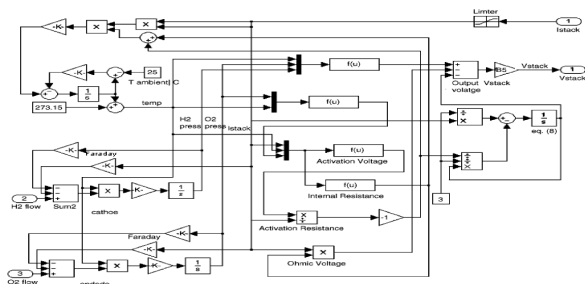


그림 4 연료전지 시스템 구성

그림 5는 제작된 바이폴라 플레이트와 3M MEA, End plate, 실리콘 개스킷 등을 적용하여 제작한 500 W PEMFC stack을 나타낸 그림이다. stack 양단의 전극을 통하여 각 단위셀에서 발생한 전력이 복합되어 부하에 전달되게 된다.

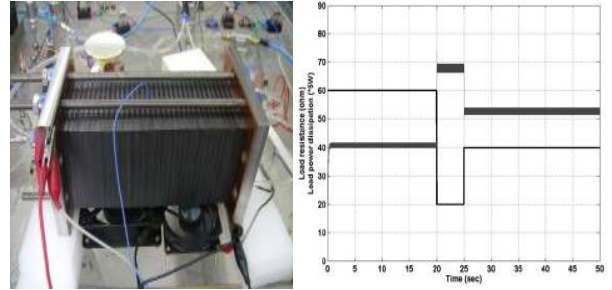


그림 5 500W 고분자 전해질 연료전지와 부하특성

PEMFC에서 부하 저항의 변화에 따라 200W에서 320W(t=20S), 320W에서 260W(t=25S)로 변하는 power demand 변화를 보여주고 있다.

2.3 실험 결과 및 시뮬레이션

그림 6 그림 7은 각각 PEMFC의 특성 모니터링을 위한 블록도, 모니터링을 위한 하드웨어를 보여 주고 있는 사진으로 모니터링 설계를 위하여 NI사의 LabVIEW 8.0을 이용하였으며 데이터 수집을 위하여 CFP 1800 back plate와 AI-110 module, RTD module, CB-3 module, pt-100센서, 전압/전류 트랜스듀서를 사용하였다.

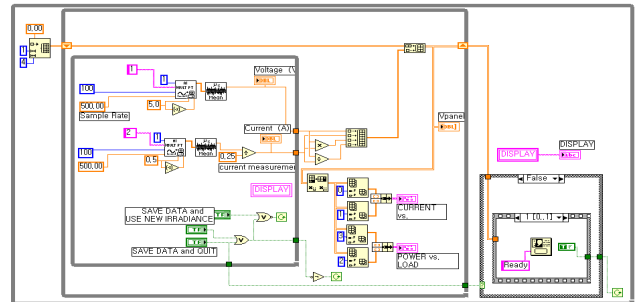


그림 6 PV-PEMFC 시스템 모니터링 블록도



그림 7 PV-PEMFC 시스템 모니터링시스템

그림 8은 PEMFC 시스템의 초기 출력파형을 나타낸 것으로 최적화 전의 파형을 나타낸 것이다.

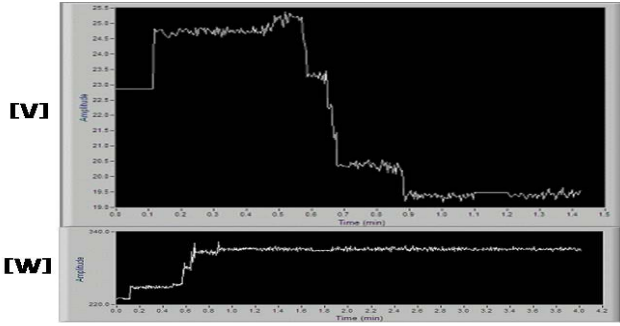


그림 8 PEMFC 시스템 출력파형

그림 9는 출력전압과 출력전류를 측정된 결과이다

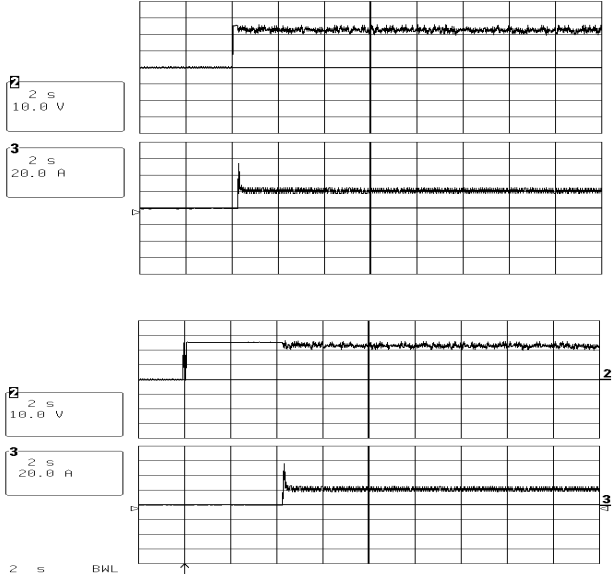


그림 9 연료전지 전압 전류 출력

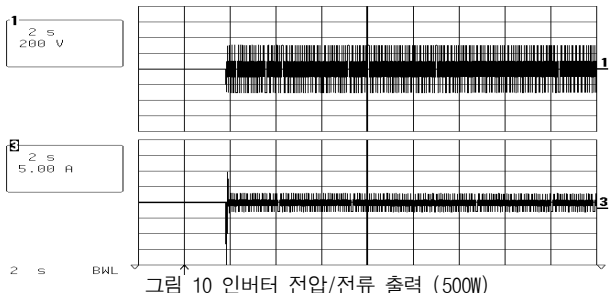
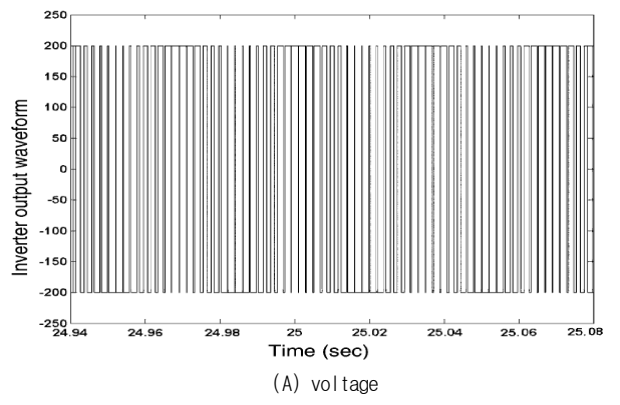
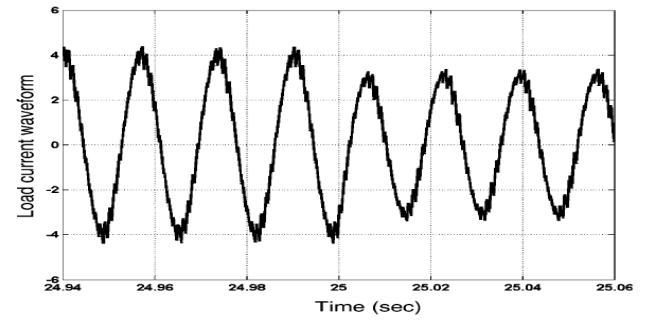


그림 10 인버터 전압/전류 출력 (500W)



(A) voltage



(b) current
그림 11 인버터 출력 파형 (t=25s)

3. 결론

PEMFC는 연료전지 중 가정용 연료전지라고도 부르며 가장 상용화에 가깝게 연구되어진 신재생에너지이다. 본 연구에서는 500W 시스템을 구현해 보았다. 실험 결과로서는 제어기법을 적용한 컨버터와 인버터의 출력은 실험결과를 통해 정상적으로 작동하는 것을 알 수 있었고, 출력 전압과 출력전류를 얻어낼 수 있었다. 하지만 연료전지는 단독으로 운전을 할 수는 없다. 즉 연료전지 시스템을 구동함에 있어서 기존의 상용 전원을 쓸 수 밖에 없다는 것을 알았다. 이것은 신재생에너지로서의 의미는 있지만 진정한 대체에너지로는 부족하다.

그래서 다음 연구는 연료전지가 2차 전지라고 한다면 1차적인 전원을 공급할수 있는 태양광과 복합 발전운전을 시도하여 진정한 대체에너지 시스템을 구현해 보도록 하겠다.

이 논문은 산업자원부의 기초전력연구원의 연구비 지원에 의하여 연구되었음 과제번호 R-2005-B-117

참고 문헌

- [1] 차인수의, "The MPPT of Photovoltaic Solar System by Controlled Boost Converter with Neural Network", IEEE Korea Council, Vol. 2, No. 2.
- [2] S. H. Ge and B. L. Yi, A mathematical model for PEMFC in different flow modes, J. Power Sources, 101, 289, 2003
- [3] N. Djilali and D. Lu, Influence of heat transfer on gas and water transport in fuel cells, Inc. J. Therm. Sci. 41, 29, 2002
- [4] E. Hontanon, M. J. Escudero, and C. Bautista, Optimisation of flow-field in polymer electrolyte membrane fuel cells using computational fluid dynamics techniques, J. Power Sources, 86, 363, 2002
- [5] G. Gaggio, V. Recupero and L. Pino, Modeling polymer electrolyte fuel cells: an innovative approach, J. Power Sources, 101, 275, 2001