

1.2kW 고분자 전해질형 연료전지 특성 분석

김성준, 최광주, 권순걸, 서기영, M.Nakaoka, 이현우
경남대학교 전기에너지 절약연구센터

Character Analysis of 1.2kW Proton Exchange Membrane Fuel cell

Sung-Jun Kim* · Kwang-Ju Choi · Soon-Kurl Kwon · Ki-Young Suh ·
M. Nakaoka · Hyun-Woo Lee

The Electrical Energy saving Research center Kyungnam University,
449 Wolyoung-Dong, Masan, 631-701, Korea

ABSTRACT

This paper is aimed at presenting a proton exchange membrane (PEM) fuel cell stack. The fuel cell electrical output voltage and current (V-I) characteristic is described for the first time by a simplified closed form suitable. The characteristics obtained from the simulation are compared with the experimental results on a Ballard commercial fuel cell stack as well as to the manufacturer given data.

1. 서론

최근 유가의 불안정, 기후변화협약의 규제 대응 등 신·재생에너지의 중요성이 재인식되면서 과다한 초기투자의 장애요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안으로 신·재생에너지에 대한 과감한 연구개발과 보급정책을 추진하고 있으며 이러한 여러 가지 문제점을 효율적으로 해결하기 위하여 공해요인이 적으며, 에너지 변환효율이 높은 새로운 발전 방식의 개발 필요성이 요구되고 있다.

연료전지(Fuel cell)는 연료(수소, 메탄올 등) 및 공기의 화학 에너지를 전기화학적 반응에 의해 전기 및 열로 직접 변환시키는 장치로 기존의 발전기술과는 달리 연소과정이나 구동장치가 없으므로 효율이 높을 뿐만 아니라 환경문제를 유발하지 않는 새로운 개념의 발전기술이다. 연료전지를 이용한 발전시스템을 고찰하며 그중에서 Ballard사의 고분자 전해질형 연료전지 (Proton Exchange Membrane Fuel cell) 발전시스템에 대한 동작원리에 대한 구체적인 설명, Ballard 사의 1.2kW의 PEMFC 모듈에 대한 동작설명 및 시스템의 출력전압과 전류의 분극(Polarization) 특성과 무부하시 순수 출력 전

력에 대한 실험값 과 그래프를 통해 비교를 분석 확인 하고 고전류 저전압의 PEM 연료전지의 특성을 파악하고 일상생활에서 사용하는 상용전원으로의 변환할 수는 있는 전력변환장치에 대한 시뮬레이션을 보인다.

2. 연료 전지 시스템의 특성 분석

2.1 구성 및 동작특성

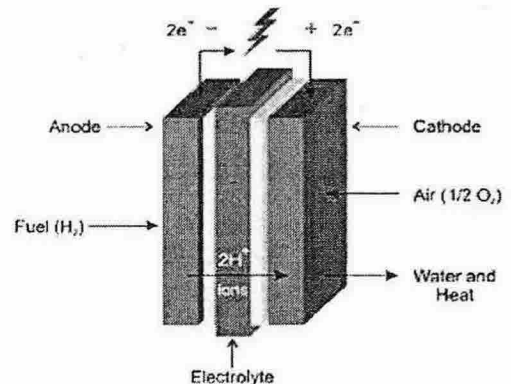


그림 1 수소연료 전지의 동작원리
Fig. 1 Operation principle of Hydrogen Fuel cell

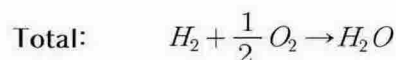
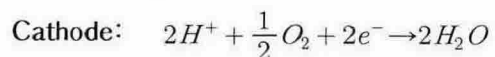
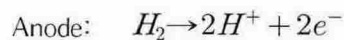


그림 1은 단위 연료전지 내부 구조의 간단한 구성을 보여준다. 연료 전지 셀로부터 전류를 얻기위

해 수소와 산소가 가지고 있는 화학 에너지를 전기화학 반응에 의하여 직접 전기 에너지로 변환시키는 고효율의 무공해 발전장치로서 공기극(cathode)에는 산소가,

연료극(anode)에는 수소가 공급되어 물의 전기분해 역반응의 원리이다. 연료극에서 수소가 수소이온과 전자로 분해되고 수소이온은 전해질을 거쳐 공기극으로 이동한다. 전자는 외부회로를 거쳐 전류를 발생하며 공기극에서 수소이온과 전자 그리고 산소가 결합하여 물이 발생한다.

그림 1의 수소연료전지의 동작으로 애노드와 캐소드에는 두 가지 전기화학 반응이 일어나는걸 볼 수 있다.

양극(Anode)에서 수소가스는 이온화하여 자유전자와 수소이온 또는 프로톤이 생성된다. 양자가 양극으로부터 얇은 막을 통하여 음극까지 수송될 동안에 전자는 그들의 에너지를 사용할 전기회로를 통하여 흐르게 됨으로 전기가 흐르게 된다. 이 반응은 방출에너지이다.

음극(cathode)에서 산소가 공급되어 양극에서 이동되어 온 전자는 수소이온 그리고 산소가 촉매 상에서 반응하여 물과 열을 발생한다.

2.2. 분극(Polarization) 특성

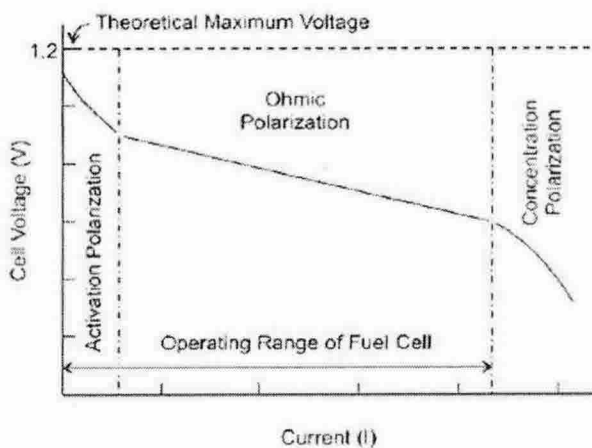


그림 2 대표적인 PEM연료전지의 분극(Polarization)곡선
Fig. 2 Typical PEM Fuel Cell Polarization Curve

그림 2는 PEM 연료의 일반적인 분극특성을 보인다. 연료전지는 개방회로와 무 부하 상태에서 강장 높은 출력 전압에 도달하고 전압이 떨어지면서 증가하는 전류를 확인할 수 있다.

분극(Polarization) 곡선 특성은 전류의 함수에 의한 전압이다. 요구하는 전기적인 전력을 획득하기 위해 각각의 연료전지를 연료전지 스택의 형태로 결합한다. 셀의 전류증가는 셀의 표면 범위의 증가이고 스택의 전압의 증가는 셀 수의 증가이다.

3. 측정결과

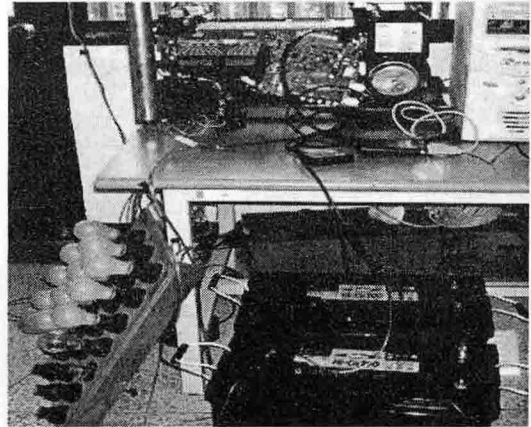


그림 3 Ballard 사의 Nexa PEM 연료전지 파워모듈
Fig. 3 Nexa PEM FC Power module of Ballard™

그림 3는 ballard 사에서 디자인한 제어보드와 연료공급 장치를 내장하고 있는 1.2kW PEMFC 스택 및 주변 회로 및 부하를 보여주고 있다.

공기는 대기에서 공급 받고 용량 47ℓ, 순도 99.99%의 탱크에서 청정하고 건조한 수소를 공급받는다. 연료전지의 특성은 47개의 셀이 직렬로 연결되고 활성화 셀 범위에서는 제조자의 데이터로부터 이용할수 없지만 50cm² 인 것으로 추정된다. 연료전지 상층에서 50A까지 일정한 전류를 발생시킬 수 있다.

그림 4는 무부하 45A의 정격 전류에서의 Nexa 연료전지 시스템의 출력 전압과 전류의 분극(polarization) 특성을 설명하는 그래프이다.

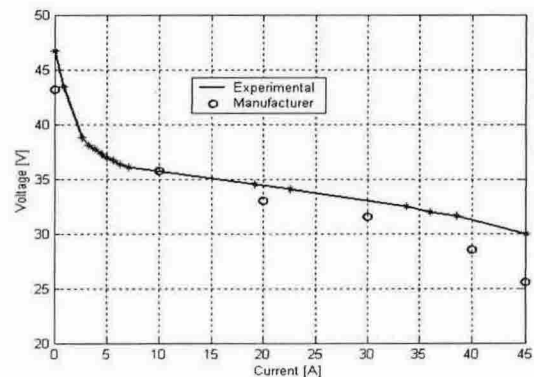


그림 4 PEM 연료전지의 V-I 특성
Fig. 4 V-I characteristics of the PEM fuel cell

그림 5는 스택 출력전류의 함수로서 순수 출력 전력을 설명하였다. 순수 출력 전력은 사용하지 않는 무부하 또는 사용하지 않는 시스템의 제로에서 정격 전력은 약 1200W까지 변화한다. Net 출력전류는 전력 장치의 동작 범위를 0~45A까지 변화한다.

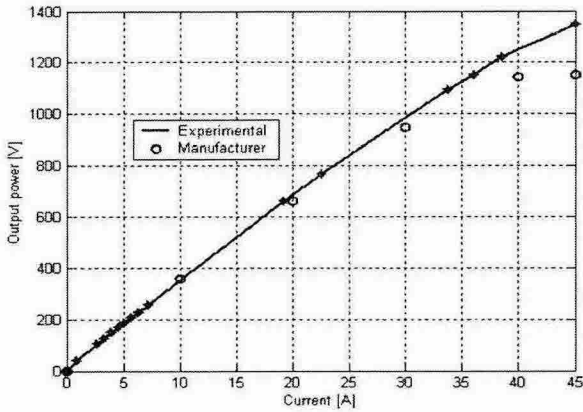


그림 5 정격전력에서 무부하시 순수 출력 전력
Fig. 5 Net output power from no load to rated power

실험결과와 제조사의 유용한 데이터는 제안하는 PEMFC 모델의 정당성과 유용성을 확인할 수 있다.

표 1. Ballard 사의 연료전지 파워 모듈 사양
Table 1. Specifications of Ballard™ fuel cell Power module

정격 출력	1200W
전류	46A
DC전압	26V
동작수명	1500시간
순도	99.99% 건조 수소가스
공급압력	10~250 PSIG
외부온도	3~30℃
상대습도	0~95%

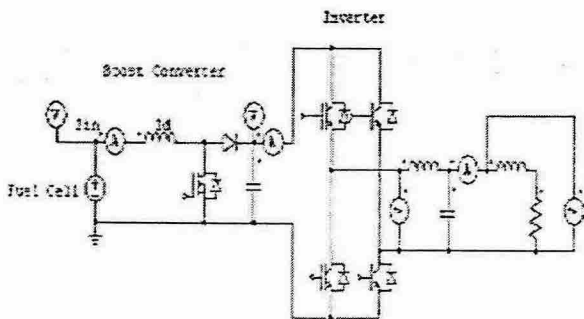


그림 6 PEM 연료전지를 이용한 전력변환장치의 회로도
Fig. 6 PEM Fuel Cell using Power conversion system

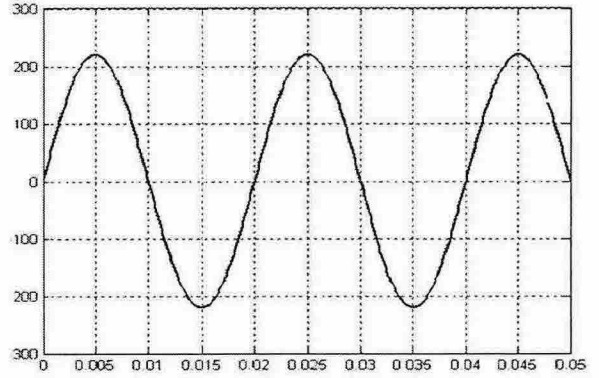


그림 7 인버터 출력 전압
Fig. 7 Inverter Output Voltage

그림 6은 무부하 및 개방회로 상태의 0V에서 최고 출력전압 49V를 받아 부스트 회로와 인버터를 통해 상용 전압 AC 220V 출력되는 것을 그림 7의 시뮬레이션 파형에 의해 알 수 있다.

표 2에서는 연료전지 시스템의 전력변환장치의 파라미터를 제시하고 있다.

표 2. PEM 연료전지를 이용한 전력변환장치의 회로 파라미터
Table 2. Circuit Parameters of PEM Fuel Cell using Power conversion system

parameter	Value
E	40v
Ld	1mH
fs(chopper)	10kHz
C	1mF
Cf	22uF
Lf	1mH
Ro	10Ω
Lo	21mH
fs(inverter)	60Hz
IGBTs	50A,600A

4. 결론

본 논문에서는 고분자 전해질형 연료전지의 원리 및 구성에 대해서 설명하고 특성을 기술하였고 대표적인 모듈인 1.2kW Ballard사의 Nexa 파워 모듈에 대한 운전으로 제조사와 비교 분석하여 유효함을 알 수 있었다.

시스템의 고전류 저전압 특성을 전력변환 장치인 부스트와 인버터를 통해 상용전원으로 사용할 수 있음을 시뮬레이션으로 볼 수 있다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업
인프라구축 지원사업으로 수행된 논문입니다.

참 고 문 헌

- [1] James Larminie and Andrew Dicks, "Fuel Cell Systems, Explained, 2nd Edition, John Wiley & Sons Inc., May 2003
- [2] Ballard Power Systems, "Nexa Power Module User's Manual", MAN5101584, June 16,2003
- [3] M.H. Todorovic. L. Palma and P. Enjeti, " Design of a wide input range DC-DC converter with a robust power control scheme suitable for fuel cell power conversion", APEC, 2004.
- [4] Randall S. Gemmen, " Analysis for the effect of inverter ripple current on fuel cell operation condition," ASME 2001 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Nov.11-16 ,NY
- [5]S. K. Mazumder, K. Acharya, C. L. Haynes, R. Williams, M. R. Spakovsky, D. J. Nelson, D. F. Rancruel, J. Hartvigsen and R. S. Gemmen, "Solid-Oxide-Fuel-Cell Performance and Durability: Resolution of the Effects of Power Conditioning Systems and Application Loads," IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 19, No. 5, September 2004.
- [6] Kim J., Lee S-M Srinivasan S. and Chamberlin C. E. , "Modeling of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Performance with an Emperical Equation", Journal of the Electromechanical Society, Vol. 142, No. 8, pp. 2747-2751, 1995.
- [7] S.J. Kim , C. S. Kim , K.T Choi, S.D Kim, H.W. Lee "Character Analysis of 1.2kW Fuel cell", The Korea Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 41-44, 2005