

가정용 고분자 전해질 연료전지 시스템 실증실험

유상필, 엄석기, 박구곤, 김민진, 임성대, 이원용, 김창수
한국에너지기술연구원

The Corroborative Experiments for Residential PEMFC System

S.P.Yu, S. Um, G. G. Park, M. J. Kim, S.D.Lim, W.Y.Lee and C.S.Kim

Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Research Dept. Korea Institute of Energy Research

1. 서론

수소 연료전지는 부산물로써 물과 열만을 발생시키는 친환경 전기화학적 발전장치이다. 차세대 에너지원으로 주목받는 수소에너지의 핵심인 연료전지는 환경문제와 석유고갈, 에너지밀도와 효율성 등의 문제를 해결할 수는 열쇠로 기대되고 있다.[1] 특히 고분자 전해질 연료전지는 수소 연료전지중 탁월한 전력 변환 효율을 보이며, 다양한 분야에의 적용이 시도되고 있다. 각 가정마다 필요 전력량을 생산할 수 있는 고분자 전해질 연료전지 시스템을 설치하여, 발생 전기와 열을 사용하는 아이디어가 활발히 연구되고 있다. 이 때 필요한 수소는 기존 공급망을 통한 LNG를 개질해 공급된다. 이 경우, 대규모 인프라 투자가 추가될 필요가 없다는 점에서 실현 가능성이 매우 높다. 현재 국내의 연구 개발자들은 1~5kW급의 가정용 고분자 전해질 연료전지 시스템 실증 연구를 활발히 수행 중에 있으며, 실용화 및 보급에 점점 다가서고 있는 상황이다. 국내의 경우, 정부의 지원 하에 한국에너지기술연구원, (주)GS Fuel Cell 등이 도시가스를 연료로 하는 주택용 연료전지 시스템을 개발, 운전하고 있다. 일본의 경우, 21세기 전략사업으로 지정, 일본 가스협회의 밀레니엄 프로젝트로 Ebara Ballard, 후지전기, 마쓰시다, 미쓰비시, 산요, 미쓰이, 도요타 등이 2004년부터 실증실험을 시작했다. 미국은 Plug Power사가 소형 분산전원용 연료전지를 100기 이상 설치해 운전 중이다. 또한 미국 DOE의 실증 사업으로 미국 전역 28개 사이트에 52개 유닛이 실증 운전되고 있다. [1]

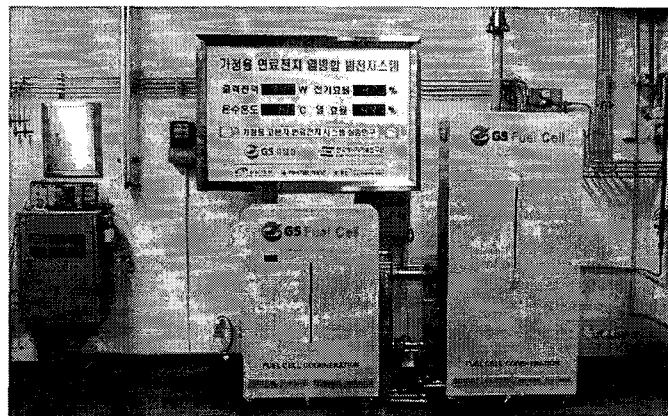


Fig. 1 Residential polymer electrolyte fuel cell system

가정용 고분자 전해질 연료전지 시스템 실증실험의 필요성은 다음과 같다.[2]

- (1) 시스템 장기운전 데이터 확보
- (2) 시스템 표준화
- (3) 시스템 가격 및 수명의 문제점 해결

(4) 안정성 확보

(5) 홍보를 통한 사회적 수용성 고취

본 연구에서는 가정용 고분자 전해질 연료전지 시스템의 실증 실험에 관련된 실제적 문제들에 대해 언급하려 한다.

2. 실증실험 장치

2.1 가정용 고분자 전해질 연료전지 실증 장치

가정용 고분자 전해질 연료전지 시스템의 실증 실험을 위한 시스템 구성도는 다음과 같다.(Figure 2)

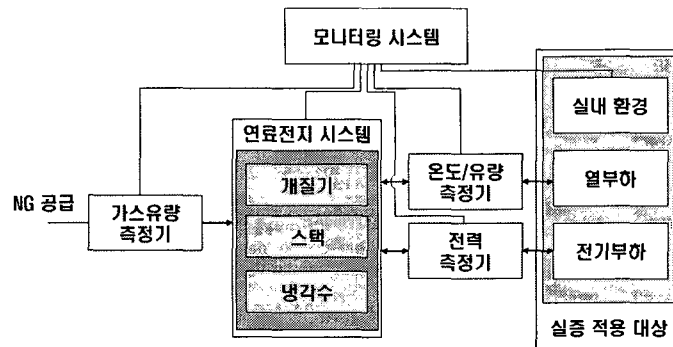


Fig. 2 Schematic diagram of residential polymer electrolyte membrane fuel cell system

천연가스와 물의 시스템 입출 온도와 유량, 시스템 입출 전력량, 실내 기압과 온/습도를 실시간으로 모니터링하고 저장하여, 각각의 요소들에 대한 연료전지 시스템 응답을 분석했다. 실시간 모니터링을 위해 YOKOGAWA DARWIN DAQ32 모델을 사용했다.

2.1.1 연료전지 시스템

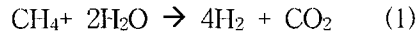
1kW급 천연가스 개질기와 고분자 전해질 연료전지 스택을 장착했다. 스택 냉각을 위해 사용되는 냉각수를 열교환기를 통해 열량을 전달하여 가정에서 필요한 온수를 공급한다. 스택에 공급되는 순수(pure water)는 Deionizer를 통해 공급되며 일정시간 사용 후 불순물에 의한 전기전도성을 띄게 되면 교환해 주어야 한다.

2.1.2 Balance of Plant

스택을 유지하기 위한 반응공기 펌프, 냉각수 펌프, DC-DC 컨버터, DC-AC 인버터, 제어기 등의 주변장치를 포함한다. 장시간 운전시 내구성이 문제가 되는 부분은 컴프레서를 포함한 펌프이다. 또한, 고전류에 비해 저전압 특성을 갖는 스택의 특성상 고효율 DC-DC 컨버터의 개발이 중요하다.

2.1.3 천연가스 공급

메탄이 주성분인 천연가스의 주개질반응은 다음 식(1)과 같다.



천연가스 공급총량 중에 부피기준으로 20%가 수소로 전환될 수 있다. 초기 시동시 소모되는 전력의 대부분이 개질반응을 위한 초기화에 할당된다. 그러나 정상상태에서는 천연가스를 연소시켜 발생한 열량을 이용해 개질반응을 유지한다.

2.1.4 부하

실제 가정에서 사용할 수 있는 60℃ 가량의 온수와 220V/ 60Hz 전기를 발생시켰다. 한국 에너지기술연구원 제로에너지 타운 내에 위치한 솔라에너지 하우스에 실제 주거용으로 온수와 전기를 공급하였다.



Fig. 3 Residential house supplied by fuel cell system in KIER, Deajeon.

3. 실증실험 결과 및 토의

3.1 Fuel Cell Input Metering

연료전지 시스템으로 입력되는 계측값들(천연가스 유량/압력/온도, 온수 유량/온도(냉각수 열교환용), 입력 전력량)을 실시간으로 측정, 저장하였다.

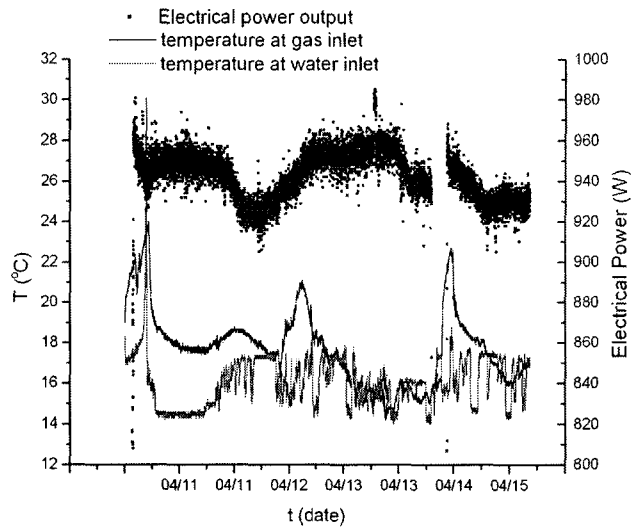


Fig. 4 The comparison between temperature of input flux and electrical power output according to time

Figure 4는 시간에 따른 입력 유동의 온도와 그에 따른 발생전력을 나타낸 것이다. 발생전력이 시간에 따라 총 발생전력의 약 10%(910~980W) 변화범위를 갖으며, 2일 주기의 사이클을 보인다. 시간에 따라 물 입력온도는 14~18°C로 거의 일정한 범위를 갖지만, 가스 입력온도는 상대적으로 더 큰 변화 폭(14~22°C)을 갖는다.

3.2 Fuel Cell Power Input/Output

Figure 5에서는 시간에 따른 연료전지로의 전력 입출력을 나타내었다. 초기 시동시 천연가스 개질반응을 위해 약 900W까지 전력이 소모되지만, 정상상태에 이르면 제로로 떨어진다. 그러나, 정상상태 운전시에도 개질기의 온도가 떨어지게 되면 내장히터로 전력이 공급되어 순간적인 전력량이 200W까지 소모되게 된다. 이 부분은 추후 개질기의 안정적인 성능개선이 요구되는 부분이다.

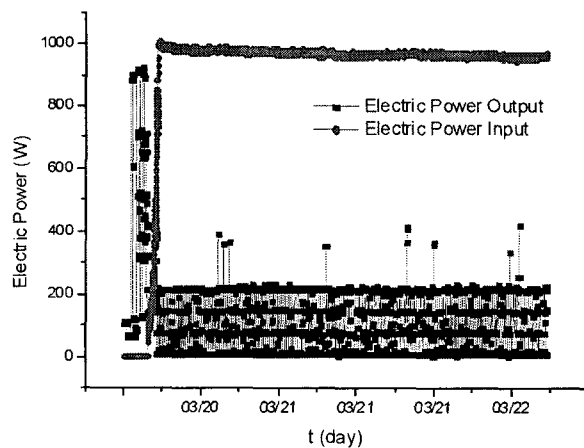


Fig. 5 Electric power input/output according to time

3.3 Fuel Cell Water/Gas Metering

연료전지 시스템을 출입하는 물과 가스의 유량과 온도를 관찰했다. 물과 가스의 입력온도가 일정한 조건에서 시간이 경과할수록 연료전지 출력이 약간 감소하는 것을 관찰할 수 있다. (Figure 6)

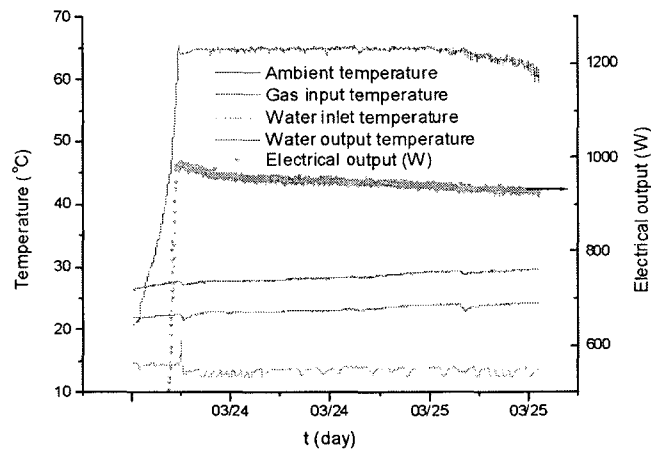


Fig. 6 The comparison between temperature of input/output flux and electrical power output according to time

그 이유는 장시간이 경과함에 따라 연료전지 스택 내의 물발생으로 출력이 서서히 감소하는 것으로 보인다. 이후 급작스런 출력감소를 나타내는 경우가 관찰되기도 하였다.

3.4 Failures

가정용 연료전지 시스템이 급작스런 운전 정지가 발생하는 경우는 다음과 같다.

- (1) 제어상의 실패
- (2) 가스공급의 실패
- (3) 전원공급의 실패

안정적인 운전을 위해서는 시스템 내의 개질기의 온도, 물 공급유량 제어가 가장 민감한 부분으로 보인다. 이 부분은 경험적으로 습득된 제어치를 이용하여 피드백 제어를 해야 된다. 겨울철에는 가스공급의 양의 변화가 상대적으로 큰 것으로 관찰되며 이에 따른 시스템 응답특성을 조사해야 할 것으로 보인다. 또한 갑작스런 정전사태에 대비해서 시스템에 미치는 영향과 UPS와의 연계방안도 향후 보완되어야 할 부분이다.

4. 결론

가정용 고분자 전해질 연료전지 시스템에 대한 실증실험을 수행하였다. 현재 2,000시간을 목표로 운전하고 있으며, 장시간 운전을 위한 원격 데이터 수집과 분석을 진행 중이다. 장시

간 실증실험을 통해 안정적인 운전을 위해서는 시스템 내의 제어치들의 보정이 요구되며, 외부 환경변수들에 대한 응답특성이 조사되어야 한다. 추후 데이터의 분석을 통한 시스템 설계 및 운전 최적화 조건을 도출이 필요하다.

후기

본 연구는 산업자원부 대체에너지개발보급센터와 (주) GS Fuel Cell의 지원으로 수행하고 있는 “가정용 고분자 연료전지 시스템 실증 운전을 통한 성능분석” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

1. Wintergreen Research, Inc., “stationary fuel cell market opportunities, market forecasts, and market strategies, 2005-2009,” market survey, 2005.
2. W. Y. Lee, S. P. Yu, S. K. Um, C. S. Kim and K. S. Jeong, “Operational Performance of a Polymer Electrolyte Fuel Cell Cogeneration System for Residential Applications,” The Korean Hydrogen and New Energy Society, (16), 2005.
3. R. O'Hayre, S. Cha, W. Colcllla, F. B. Prinz, “ Fuel Cell Fundamentals , “John Wiley & Sons. Inc.. 2006.