

# 가정용 연료전지 성능시험 평가장치

이정운, 서원석, 김영규

한국가스안전공사 가스안전연구원

## A Study on the Performance Test Equipment for Residential Fuel Cell System

Jung-Woon Lee, Won-Seok Seo, Young-Gyu Kim

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety corporation

### 1. 서론

1997년 12월에 채택된 교토의정서의 발효에 따라 2008~2012년까지 CO<sub>2</sub>를 1990년 대비 EU회원국은 8%, 미국은 7%, 일본은 6%를 의무적으로 삭감해야하며, 우리나라도 2011년까지 총 에너지의 5%를 대체에너지를 통해 생산하는 것을 목표로 삼고 있다. 각국 정부는 이러한 기후방지 협약에 따라 고효율 에너지 변환장치 개발, 청정에너지원 개발을 통한 CO<sub>2</sub> 저감 및 대체에너지 발전 기술개발에 매진하고 있는 실정이다.

연료전지 시스템은 높은 에너지 전환효율과 환경 친화성에 의해 미래의 에너지 환경 분야의 핵심기술로 인식되고 있고, 화석연료를 대체할 미래의 전력으로 사용될 주된 기술중의 하나로 여겨지고 있다. 하지만 많은 장점에도 불구하고 현재 연료전지 사용은 경제적인 측면에서 아직까지는 제한적인 실정이다. 특히, 가정용 연료전지 시스템은 상업화가 가장 먼저 이루어질 것으로 전망되지만, 아직 효율, 내구성 및 시간에 따른 성능저하 문제는 경제적인 측면에서 화석연료를 대체할수 있도록 개선되어야 할 것이다[1].

본 연구의 대상인 고분자 연료전지는 다른 연료전지에 비하여 낮은 온도에서 운전이 가능하고 높은 전하밀도에서도 안정성을 가지며, 낮은 가격과 부피, 스택의 내구성 및 빠른 기동시간 등 외에 DSS(Daily Start-up & Shut-down)와 같은 비연속 운전이 가능한 장점을 가지고 있다[2-3]. 21세기는 환경의 세기라고 불리어질 정도로, 환경에 관련된 기술력의 차이가 기업의 경쟁력 우열에 큰 영향을 줄 것이기 때문에 연료전지의 기술개발 및 실용화는 장래 국가 산업 경쟁력에 직접 영향을 미칠 것이다.

본 연구에서는 이러한 연료전지의 성능, 내구성 및 안전성 평가를 위한 평가장치를 소개하고 시험방법을 기술 하고자 한다.

## 2. 시험 장치 구성

일반적으로 연료전지 성능 평가장치는 막(membrane), 촉매(catalyst), 가스확산층(GDL) 등과 같은 스택 구성요소의 성능을 평가하거나, 연료전지 시스템중의 개질기, 인버터 등의 성능을 단편적으로 평가하는 장치가 주를 이룬다[4-5].

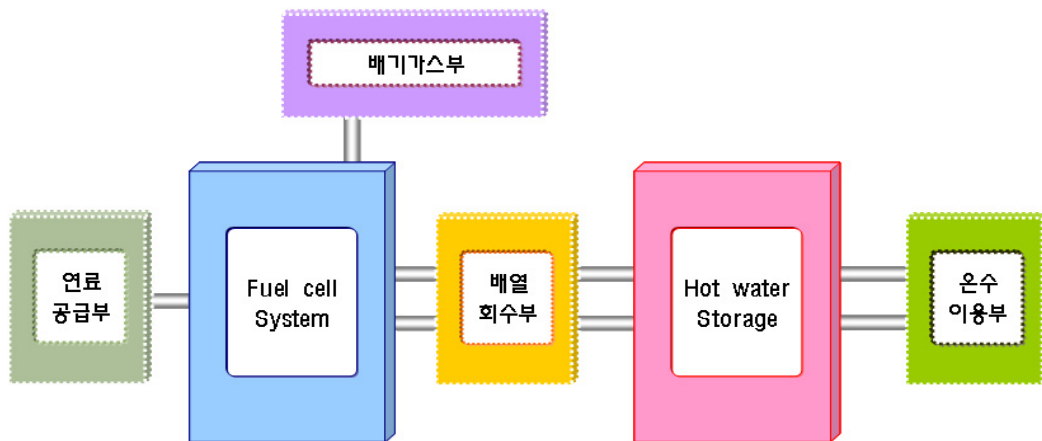


Fig. 1. Schematic of performance test equipment for Fuel Cell.

본 장치는 5kW급 이하의 소형 고체고분자형 연료전지의 평가에 적용할 수 있도록 구성하였고, 패키지에 들어있는 정차용 및 이동용의 연료전지 시스템(단, 마이크로 연료전지는 제외)에 대한 운전 특성 및 안전성 확인을 위한 성능시험 평가장치이다. 완제품 상태의 연료전지 시스템에 적용함으로써 연료전지의 운전상

태를 실시간으로 측정하여 데이터를 얻는 방식이다. 본 연구에서는 연료전지의 성능평가 및 운전특성에 따른 다양한 위험요소를 분석하기 위하여 연료전지 평가장치를 Fig. 1과 같이 구성하였다[6-7].

장치구성은 연료공급, 배열회수, 배가스 및 온수이용부에 유량계, 온도센서, 압력계 등을 설치하고, 연료전지 입출력 부분에 전력품질(왜형율, 역률 등)을 분석하는 전력분석기를 설치하여, 측정된 데이터를 데이터수집장치(DAQ)와 LabVIEW 프로그램으로 실시간의 온도, 압력, 가스량, 물량 및 전기량 등의 기본 물성을 이용하여 전기 및 열효율과 전력품질을 측정하고자 하였다.

Table 1은 연료전지에서 발생하는 전기 및 열에너지와 소모된 연료에너지를 측정하는 장치에 연계된 계기들과 각 측정값들의 측정 불확도를 나타내고 있다. 모든 계기는 적합성 평가를 위하여 국가공인기관의 교정을 필요하였다. 연료에너지 소비는 건식 천연가스 미터를 사용하여 저위발열량(Lower heating value) 값을 적용하였고, 온도와 압력을 측정하여 보정하였다. 출력 전기에너지는 전력 분석기를 통하여 전류, 전압, 전력 이외에 전력품질까지 측정되고, 배열회수부의 온도차는 스택의 입·출구에 한 쌍의 백금열전대를 이용하여 측정된다.

**Table 1. Measured uncertainties**

Measurement	Expanded Uncertainty(k=2)
Fuel Energy	
Natural gas flow meter	0.3%
Fuel temperature	Class A
Fuel Pressure	0.5% F.S.
Electrical Energy	
Power analyzer	0.1%
Thermal Energy	
Magnetic flow meter	3%
Electrical efficiency	0.3%
Thermal efficiency	3%

일반적으로 각 측정값을 이용한 연료전지의 기본 효율계산식은 아래와 같이 적용된다.

$$\eta_{\text{electrical}} = \frac{\eta_{\text{electrical}}}{\eta_{\text{fuel}}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{thermal}} = \frac{\eta_{\text{thermal}}}{\eta_{\text{fuel}}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{overall}} = \eta_{\text{electrical}} + \eta_{\text{thermal}}$$

### 3. 시험 평가 항목

본 평가장치는 기본적인 효율 및 전력분석 이외에도 연료전지 시스템 기동중 실시간 데이터를 수집할 수 있는 점을 이용하여 연료전지의 성능시험을 수행하고자 한다. 다음은 연료전지 시스템의 운전중에 시험 가능한 대표적인 평가항목을 Table 2에 나타내고 있다. 연료전지 기동시점부터 정상상태에 이르기까지, 정상상태에서의 운전 및 정지시점에서 시스템이 안전하게 shut-down될 수 있는 시점 등을 구간별로 나누어서 각 항목에 대한 적합한 실험을 수행할 것이다.

연료전지 시스템의 기동 시간 및 기동에 대한 특성을 알아보는 기동특성시험의 경우 가스소비량시험, 발전효율시험, 배열회수효율시험 등이 조합되어 결과를 만들어 내기 때문에 기동특성시험에 사용되는 측정값이 위의 3가지 시험에도 공히 사용된다. Table 2의 16가지의 시험방법엔 가스, 열, 전기 관련 성능시험 외에 연료전지시스템의 안전에 관한 시험들이 포함된다. 이와 같이 연료전지 평가장치 시스템의 사양 및 시험방법 등을 표준화함으로써 국내외 다양한 연료전지 시스템의 성능평가 시 신뢰성 높은 평가가 가능하고, 연료전지의 안전에도 기여할 수 있을 것이다.

**Table 2. Evaluation items for Fuel Cell under operation**

	시험명	시험목적
1	기동특성시험	기동시간 및 기동에 필요한 에너지를 측정
2	정지특성시험	정지시간 및 정지에 필요한 에너지를 측정
3	발전효율시험	발전효율을 측정
4	배열회수효율시험	배열회수 효율을 측정
5	가스소비량시험	개질기에서 소모되는 가스의 소비량을 측정
6	온도상승시험	연료전지 각부 온도 및 주위 온도를 측정
7	절연저항시험	절연저항 측정
8	절연내력시험	절연내력 측정
9	기밀시험	가연성가스에 대한 기밀 성능 측정
10	전기출력시험	정격 송전단 출력 확인
11	점화성능시험	점화성능 확인
12	연소상태시험	연소상태 확인
13	안전장치시험	10가지 안전장치의 작동상태 측정
14	정전시험	정전상태에서 연료전지의 안전한 정지 확인
15	유풀시험	유풀상태에서의 연소상태 확인
16	부하변동특성시험	부하의 변동에 따른 연료전지 추종상태 확인

#### 4. 결론

연료전지의 성능평가 및 운전특성에 따른 다양한 위험요소를 분석하고, 완제품 상태의 연료전지 시스템에 적용함으로써 연료전지의 운전상태를 실시간으로 측정하여 데이터를 얻을 수 있는 가정용 연료전지 성능평가 장치를 구성하였다.

본 연구에서 얻어지는 데이터를 제작업체와 같이 공유하여 feedback이 잘 이루어지면, 연료전지의 신뢰성 있는 평가 및 안전성 확보 외에도 제품의 성능 및 내구성의 향상에 도움이 될 것이다. 또한 여러 연구자들에 의해 실험 인자들의 비교 및 분석이 이루어진다면, 연료전지 기술개발 향상 및 안전성 확보에 이바지 할 것이다.

## 5. 참고문헌

1. Jagur-Grodzinski, J., “*Polymeric materials for fuel cells: concise review of recent studies*”, *Polymers for Advanced Technologies*, **18**, 785–799, (2007)
2. Mehta, V. and Cooper, J. S., “*Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing*”, *J. of Power Sources*, **114**, 32–53, (2003)
3. Costamagna, P. and Srinivasan, S., “*Quantum jumps in the PEMFC science and technology from the 1960s to the year 2000: Part I. Fundamental scientific aspects*”, *J. of Power Sources*, **102**, 242–252, (2001)
4. Borup, R., Meyers, J., Pivovar, B., Kim, Y. S. et al, “*Science Aspects of Polymer Electrolyte Fuel Cell Durability and Degradation*”, *Chemical Reviews*, **107**(10), 3904–3951, (2007)
5. Stumper, J. and Stone, C., “*Recent advances in fuel cell technology at Ballard*”, *J. of Power Sources*, **176**, 468–476, (2008)
6. 조근용, 은희춘, 안병갑, “*가정용 연료전지 성능 평가 장치*”, KOR. Patent 10-0798699, (2007)
7. Massie, D. D., Boettner, D. D., Massie, C. A., “*Residential experience with proton exchange membrane fuel cell systems for combined heat and power*”, *J. of Fuel Cell Science and Technology*, **2**, 263–267, (2005)