

5kW 고분자 연료전지 스택 개발 및 5kW 상용 연료전지
시스템 운전 연구
Development of 5kW PEFC Stack & Field Test of 5kW CPG
(Commercial Power Generator)

강무성, 양재춘, 정지훈, 신현길, 정광섭
GS 칼텍스 주식회사, Value Creation Center

1. 서론

국제적으로 에너지 수요가 증가하고 원유 가격이 급등함에 따라 국제간 에너지 자원 확보 경쟁이 더욱 격화되고 있으며, 보다 안정적이고 환경 친화적인 에너지 구조로의 정착이 요구되고 있다. 이러한 요구에 따라 대체 에너지 가운데 가장 현실성 있는 대안으로 주목 받고 있는 수소 에너지 이용 기술인 연료전지 기술에 대한 관심이 증가되고 있는 상황이다. 연료전지 가운데에서도 고분자 전해질 연료전지(PEFC) 발전 시스템은 도시가스(LNG), LPG, 등유등의 연료를 사용하여 수소를 생산하는 개질기와 생산된 수소를 이용하여 전기와 열을 생산하는 스택, 그리고 직류 전류를 교류 전류로 변환하는 인버터 등으로 이루어져있다. 고분자 전해질 연료전지 시스템은 전기와 열을 공급할 수 있는 시스템으로서, 기존의 화력이나 내연기관을 이용한 발전 시스템보다 높은 발전 효율을 지녔으며, 시스템 운전시 발생하는 폐열을 회수하여 급탕 및 난방용 온수로 사용할 수 있다는 장점으로 인하여 최근 전세계적으로 많은 기술 개발 및 연구가 진행되고 있다.

5kW급의 상업용 연료전지 발전 시스템 (Commercial Power Generator)은 소음 및 공해 물질을 배출하지 않기 때문에 가정뿐만 아니라 업소, 편의점, 공공기관 등의 상업적 용도로도 폭넓게 적용 가능한 시스템이다. 이와 관련하여 선진국인 일본, 미국등지에서는 CPG의 개발이 본격적으로 진행되고 있으며, CPG의 Field Test 및 장기운전을 통한 신뢰성 검토와 경제성 분석이 행하여지고 있는 상황이다. 그러나 국내의 경우 아직까지 5kW급 고분자 연료전지 시스템의 개발 및 실증과 관련한 연구는 미진하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 5kW급 고분자 전해질 연료전지 스택의 제작 및 운전을 진행하였으며, 상용 5kW급 고분자 전해질 연료전지 시스템의 운전 평가를 통하여 전기 효율 및 열효율, 계통 연계 운전에 따른 부하 변화와 시스템 안정성 평가를 진행하였다. 또한 상용 5kW급 고분자 전해질 연료전지 시스템의 DSS 운전 및 장기 운전을 통하여 상용화 보급을 위한 기초 자료 습득 및 시스템의 신뢰성 테스트를 진행하였다.

2. 실험 결과 및 고찰

2-1) 5kW 고분자 전해질 연료전지 스택 제작 및 운전

표 1에 본 연구에서 제작한 5kW급 스택의 제작 Specification을 나타내었다. 5kW스택의 유효 면적은 300cm²로 설계하였으며 약 5.4kW의 전기를 생산할 수 있도록 설계에 반영하였다. 그림 1은 제작된 5kW PEFC 스택의 외형을 보여주고 있다.

표 1. 5kW PEFC 스택 사양

Description	Specifications
Stack Power	5.6kW
Stack Voltage	56V
Stack Current	100A
Cell Voltage	0.65V
Active Area	300cm ²
Cell Temperature	60°C
Stack Length	38cm
Power Density	135W/Liter
Fuel	Reformed Gas (Util. 75%)
Oxidant	Air (Util. 33%)

그림 1. 5kW PEFC 스택 사진

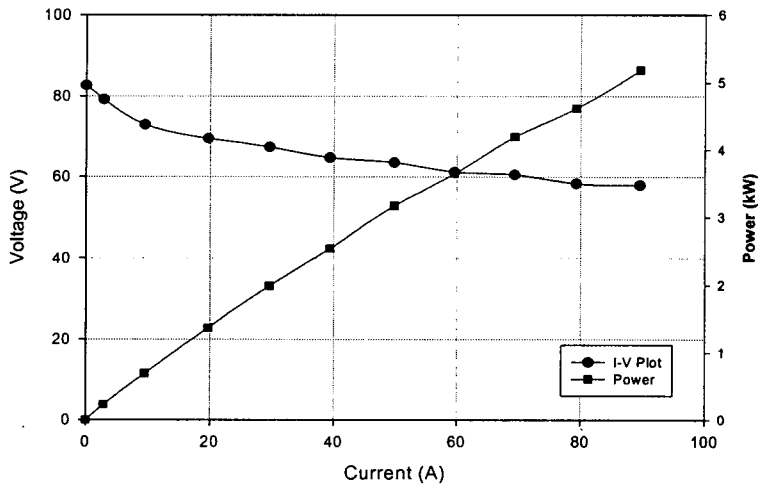
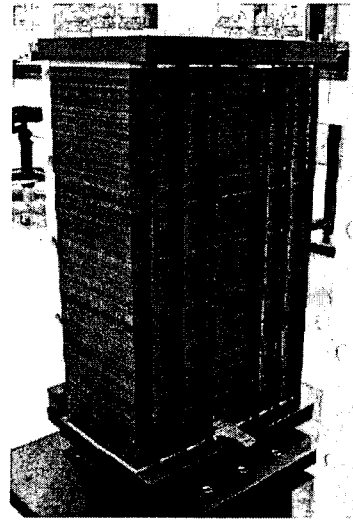


그림 2. 5kW PEFC 스택의 I-V Plot

그림 2에는 5kW PEFC 스택의 I-V Plot을 나타내었다. 5kW PEFC 스택의 운전은 약 60℃에서 진행하였으며, 스택의 반응가스로 수소와 Air를 사용하였다. 스택에 공급된 가스는 충분히 가습될 수 있도록 (R.H = 100%) 가습기에서 가습되어 공급되었다. 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 스택을 운전하였을 경우 5kW의 DC를 발전하는 것을 알 수 있다.

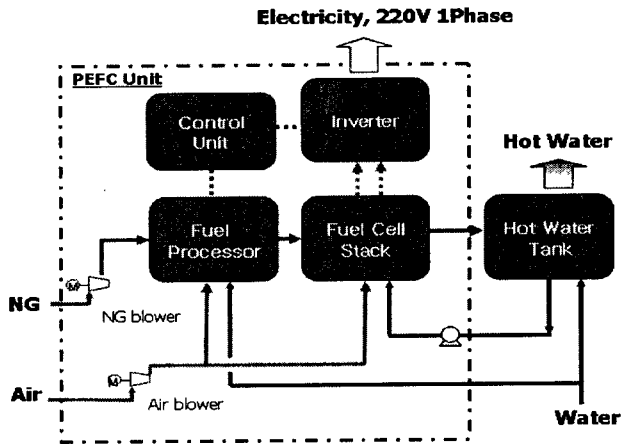


그림 3. 5kW급 상용 PEFC 시스템의 개략도

2-2) 5kW PEFC 시스템 운전 연구

5kW급 상용 PEFC 시스템은 그림 3과 같이 연료인 도시가스를 reforming 하여 수소를 생산하는 개질기와, 연료전지 본체인 스택, 그리고 발생한 DC를 AC로 변환하는 Inverter로 구성되어 있다. 이러한 주요 구성 요소 이외에도 도시가스 중의 황을 제거하는 탈황기, 스택에서 발생하는 열을 회수하는 열회수 장치 및 기타 부품이 설치되어 있으며 시스템에 공급되는 물의 정수를 위한 이온 교환 수지도 설치되어 있다. 5kW급 PEFC 시스템은 계통 연계 운전이 가능할 수 있도록 인버터가 제작되어 설치되어 있으며, 발생하는 온수를 난방등에 활용할 수 있도록 Hot water storage tank가 있다.

그림 4에는 상용 5kW PEFC 시스템의 운전 결과를 나타내었다. 5kW PEFC 시스템의 운전은, 개질기가 수소를 생산할 수 있는 온도(450℃)근처까지 burner에 의하여 온도가 상승되면 개질 반응을 시작하여 수소가 발생되고 발생된 수소는 스택에 공급되어 DC 발전이 이루어지게 된다. 발전을 시작하여 대략 2시간 정도의 시간을 두고 발생하는 전력을 증가시켜 최고 6kW의 DC power를 발전할 수 있다. 시스템 자체의 BOP에서 소모되는 기생 전력이 약 0.9 - 1.0kW 이므로 Net로 5kW의 AC 전력을 발전할 수 있다. 정상 상태에서 개질기의 온도는 약 700 - 800℃를 유지하도록 조절되며 그림 4에서 볼 수 있는 바

와 같이 LTS(Low temperature shift reactor), SOX(Selective Oxidation Reactor)등은 안정적으로 온도가 유지되는 것을 볼 수 있다.

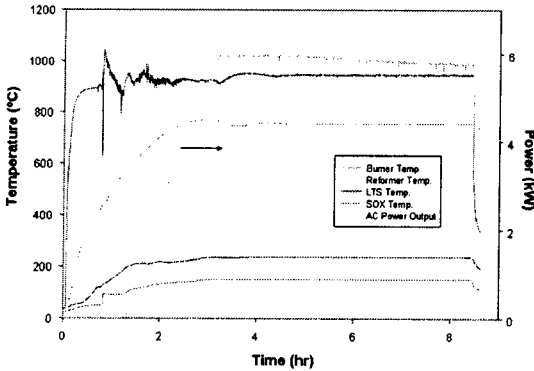


그림 4. 5kW PEFC 시스템 운전 결과

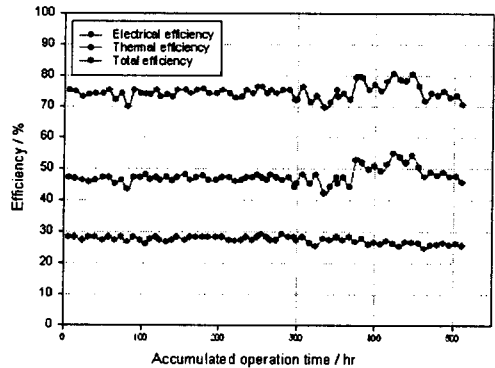


그림 5. 장기운전에 따른 효율 변화

5kW PEFC 시스템의 효율은 전기적 효율이 HHV 기준으로 약 28% 정도이고 평균 열 효율이 약 46 - 48% (HHV 기준)를 얻을 수 있었다. (그림 5) 따라서 5kW PEFC 시스템의 총효율은 74 - 76%이다.

현재 5kW PEFC 시스템의 장기운전에 따른 성능 변화와 신뢰성 테스트를 위하여 장기 운전 및 DSS 운전을 병행하여 운전을 진행중에 있으며 그림 5에 누적 운전 시간에 따른 시스템의 효율 변화를 나타내었다. 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 전기적 효율은 현재 500시간 이상 누적 운전을 하여도 28% 근방을 유지하는 것을 알 수 있으며, 열 효율은 공급되는 공급수의 온도에 따라 영향을 받는 것을 알 수 있다. 즉 계절에 따라 공급되는 공급수의 온도에 따라 효율이 약 5% 범위 내에서 변화하는 것을 알 수 있었다. 현재 560시간 이상의 누적 운전을 통하여 시스템의 운전 시간에 따른 평가와 경제성 분석을 동시에 진행중이다.

3. 결론

본 연구에서는 5kW PEFC 스택 제작 및 5kW PEFC 시스템의 장기운전/DSS 운전을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 유효면적이 300cm²의 5kW급 스택을 제작하여 운전을 하였으며 스택의 운전 시간 및 운전 변수에 따른 영향을 고찰할 수 있었다.

- 5kW급 PEFC 시스템의 설치 및 운전을 통하여, 전기적 효율은 28%, 열효율은 46-48%를 얻을 수 있었다.