

휴대용 직접 메탄올 연료전지 시스템 개발 Development of Portable Direct Methanol Fuel Cell System

최경환, 여주용*, 김태수*, 장혁
삼성종합기술원, *삼성전자

1. 서론

직접 메탄올 연료전지는 에너지 밀도가 높고 연료의 취급이 용이하여 휴대용 전원으로서 적합한 것으로 여겨져 왔다. 특히 전해질 막의 가습을 위한 가습기와 연료 개질을 위한 개질장치가 필요 없어 시스템을 단순화 시킬 수 있고 무게와 부피를 줄일 수 있는 장점이 있다.

그러나 전해질 막을 통한 메탄올의 crossover 현상은 연료전지 성능에 치명적일 뿐 아니라 시스템의 에너지효율을 크게 감소시키는 효과를 가져 온다. 이러한 문제로 인하여 저농도의 메탄올 용액이 연료로 사용되고 있지만 에너지밀도가 매우 낮아 실용화에 걸림돌이 되고 있다.

DMFC의 실용화를 위해서는 우수한 성능의 연료전지 본체 개발 뿐만 아니라 시스템의 원활한 구동과 효율을 높이기 위한 전자회로의 개발이 병행되어야 한다. 연료전지 시스템에 적합한 Quick start-up, 연료공급, DC-DC converting, operating logic 등이 개발되어야 하며 이에 필요한 부품들의 개발이 필요하다. 특히 연료전지 시스템을 소형화, 경량화 시키기 위해서는 관련부품의 소형화, 저전력화, 저가격화 등이 밀반침이 되어야 한다.

본 연구에서는 100W 급 휴대용 연료전지 시스템의 구축을 위한 각 components의 요소기술과 system integration에 대하여 연구되었다. 또한 시스템의 효율을 높이기 위한 연료공급방식개선, battery와의 hybrid, 시스템 control을 위한 알고리즘이 개발되었다.

2. 실험방법

연료전지스택에 사용된 바이폴라판은 두께 2mm의 composite graphite로서 연료공급을 위한 channel이 양면에 형성되어 있으며 둘레는 스택의 온도조절을 위한 냉각판으로 디자인되었다. 각 바이폴라판의 측면에는 셀의 전압과 온도를 측정하기 위한 hole이 가공되어 있으며 DAS(Data Acquisition System)에 연결되어 실시간으로 각 셀의 전압 및 온도분포가 측정되었다.

MEA에 사용된 전극은 anode와 cathode에 각각 PtRu, Pt 촉매가 사용되었으며 전극의 유효반응면적은 셀 당 38 cm^2 이었다. 전해질 막은 Dupont사의 Nafion 115와 SAIT에서 만든 hybrid membrane을 사용하여 성능을 비교하였다.

스택은 40장의 셀로 구성되어 있으며(Fig.1) 전체부피는 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 12.6 \text{ cm}$ 이고 무게는 1.6 kg 이었다. 연료로 사용되는 메탄올 용액과 공기는 소형 펌프에 의해 공급되며 유량은 이론적 양론비의 2~3배로 공급되도록 하였고 미반응 연료는 recycling 하였다.

연료전지시스템은 연료전지스택, 연료공급부, 시스템 control 부, 보조전원장치 및 직-교류 변환부로 구성되어 있으며 자동으로 운전되도록 설계하였다(Fig. 2). 초기의 start-up시 구동은 소형 2차전지에서 전원을 공급하고 스택의 출력이 안정화되면 시스템의 모든 전원은 연료전지의 출력으로 대체된다. 스택에서 발생된 전기는 DC-DC converter와 DC-AC inverter를 통해 AC 220V 전원으로 출력되어 일반 전자제품에 직접 연결하여 사용할 수 있다. 연료전지 스택 및 케이스 외벽에 설치된 냉각팬은 반응열과 시스템 내부의 열을 외부로 방출함으로써 시스템의 운전온도를 60°C 이하로 유지하였다.

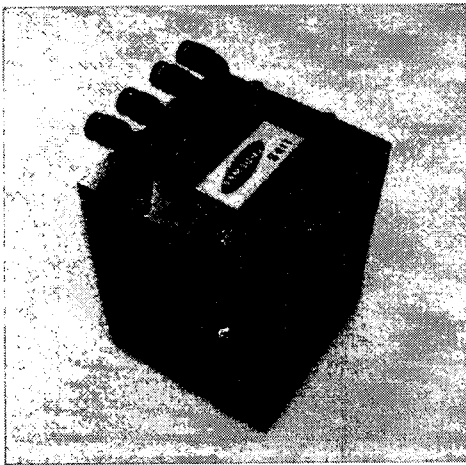


Fig. 1. 100 W Stack.

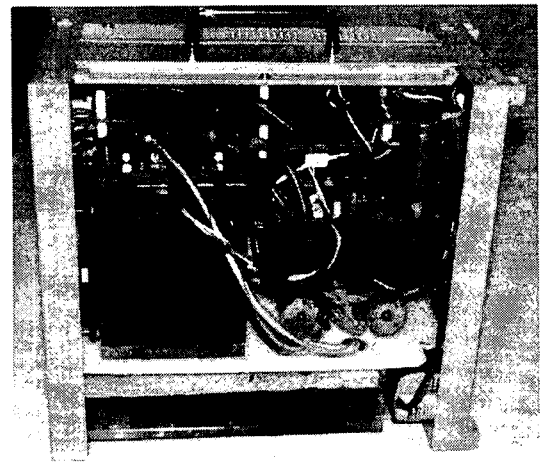


Fig. 2. 100 W DMFC System.

3. 결과 및 고찰

Fig.3 은 Nafion 115를 전해질로 사용한 Single Cell (10 cm²)의 온도에 따른 성능을 나타낸 것이다. 연료공급량이 양론비의 3배일 경우 셀의 성능은 0.3 V에서 120 mW/cm² (50°C), 75 mW/cm² (30°C) 이었고 0.4V에서는 92mW/cm² (50°C), 50 mW/cm² (30°C)였다. SAIT에서 개발한 hybrid membrane을 사용하여 MEA를 제조했을 경우에는 메탄올 crossover를 크게 줄일 수 있었고 성능 또한 Nafion 115와 비교하여 동등한 수준임을 확인할 수 있었다. SAIT의 hybrid membrane의 적용은 메탄올 crossover를 줄여 주어 에너지 밀도의 향상 효과가 있는 것으로 생각할 수 있는데 이는 hybrid membrane을 이용한 에너지밀도 실험에서 확인할 수 있었다.

스택에 사용된 바이폴라판의 재질은 composite graphite로서 밀도가 2.2로 가볍고 강도가 우수하며 두께를 줄일 수 있다는 장점이 있지만 기존의 graphite 재질에 비해 전기전도성이 떨어진다는 단점이 있다. 또한 두께가 얇아 연료공급을 위한 유로의 단면적이 좁으므로 스택의 성능이 바이폴라판의 유로형상에 크게 영향을 받았다. 따라서 시스템의 제약조건상 저유량에서의 pressure drop을 낮추는 디자인을 통해 30%이상의 성능향상 효과를 얻었다.

스택은 1차로 30W급을 제작 후 수정하여 100W급을 제작하였다. 40장의 MEA를 적용해서

만들어진 스택은 공기의 유량을 양론비의 1.5배 공급하였을 때 최대 110W의 성능을 보였다.

100 W급 DMFC 시스템은 제작된 스택과 control board, DC-DC converter, DC-AC inverter, fuel storage 및 펌프들을 cabinet에 넣어 완성하였다. 시스템내의 fuel storage부피는 약 1.5L로 1200 Wh의 에너지량을 가지며 최대출력으로 작동할 경우 12시간을 사용할 수 있는 용량이다. 또한 이 시스템은 battery를 보조출력으로 사용할 수 있는 hybrid 시스템으로서 스택의 출력이 모자를 경우 battery에서 출력을 보충할 수 있도록 설계하였다.

4. 결론

직접메탄올연료전지와 전자회로를 결합하여 자동으로 control 되는 휴대용 연료전지 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 최대 100W의 출력특성을 가지며 특히 AC전원의 사용이 가능해 사용의 편의성을 높였다. 그러나 DMFC가 상용화되기까지는 아직도 해결되어야 할 기술적 어려움들이 많이 존재하는 것이 사실이며 기존의 2차전지와 비교하여 가격경쟁력을 갖추는 것이 무엇보다 중요하다.

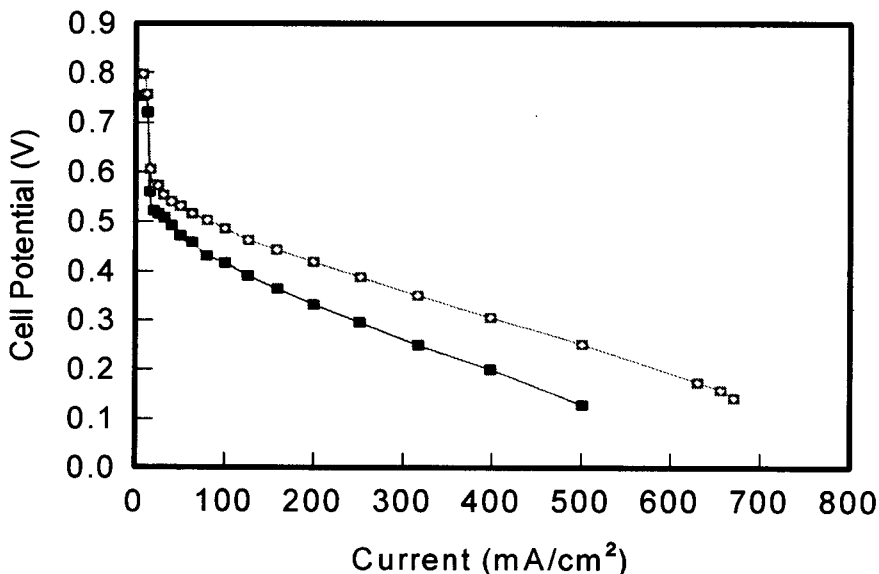


Fig. 3. Single cell performance with temperature.

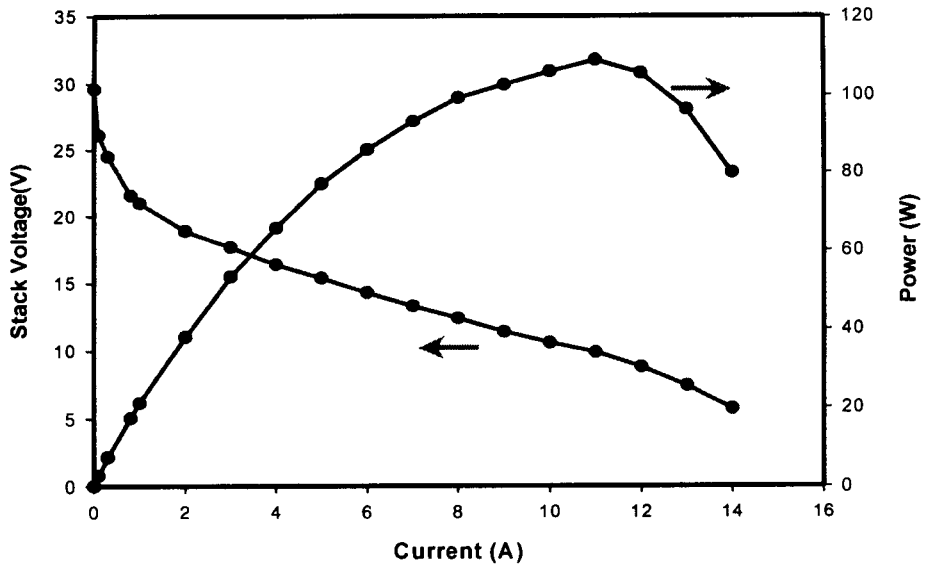


Fig. 4. Stack Performance.