

50kW 인산형 연료전지 발전 시스템 개발 Development of 50kW PAFC Power Generation System

양재춘, 서성현, 박영수, 서형석, 라한수, 이희종, 노중석
LG-Caltex 정유 Value Creation Center

1. 서론

연료전지 발전 시스템은 기존의 에너지 전환 방식에 비하여 고효율, 무공해 무소음의 열병합 발전 시스템으로서 연료로 천연가스, 나프타, 메탄올 등의 다양한 연료를 사용할 수 있으며 전기화학적 반응에 의하여 전기를 생산하는 방법이므로 공해물질의 배출이 낮다는 점에서 그 중요성이 커지고 있다. 이러한 연료전지 가운데에서 인산형 연료전지(PAFC)는 다른 연료전지에 비해 기술적으로 가장 성숙되어 미국, 일본과 같은 선진국에서는 상용화를 앞두고 있는 시스템이다.

LG-Caltex 정유는 1989년부터 인산형 연료전지 개발에 참여하여 공냉식 40kW 스택개발 (1994), 수냉식 50kW 스택개발 (1999)을 성공적으로 수행하였으며, 2000년부터 2002년까지 50kW 인산형 연료전지 시스템 개발 사업을 추진중이다.

본고에서는 현재 수행중인 50kW 인산형 연료전지 시스템 개발 사업의 주요 연구 개발 status 및 연구결과, 연구개발의 활용도를 제시하고 향후 개발 전략을 제시하고자 한다.

2. 주요 연구결과

2.1. 10kW Pilot System 구성

인산형 연료전지 발전 시스템은 연료전지 본체인 스택(Stack)과 스택에 연료인 수소를 공급하는 개질기(Reformer), 스택에서 발생한 열을 회수하는 열회수장치(heat recovery system) 및 발생한 직류를 교류로 전환하는 인버터(inverter)등으로 구성할 수 있다. 인산형 연료전지 발전 시스템 제작에 있어서 중요한 점은 최적의 발전 및 열회수 효율을 얻기 위하여 각각의 구성 요소들을 최적으로 integration 하며 안정적으로 운전할 수 있는 시스템 구성과 운전기술을 확보하는 것이라 할 수 있겠다. 이를 위하여 50kW 인산형 연료전지 발전 시스템 제작 이전에 10kW 급의 Pilot System 을 제작하여 인산형 연료전지 발전 시스템의 구성 기술과 운전 기술을 습득하고자 한다.

10kW 인산형 연료전지 Pilot System 은 그림 1 의 Process flow diagram 에
 서와 같이 개질기, 스택 및 열회수 장치로 구성되어 있다. 10kW Pilot System 의
 개질기는 연료인 도시가스의 황 성분인 THT 와 TBM 을 제거하는 탈황기, 개질
 반응이 일어나는 리포머, 개질가스중의 CO 를 제거하는 high temperature shift
 reactor 와 low temperature shift reactor 로 구성되어 있다. 개질기에서 steam
 reforming reaction 에 의해 발생된 개질 가스는 high temperature 및 low temperature
 CO shift reactor 를 거치게 되면서 CO 농도는 0.6%이하로 낮춰지게 된다. 개질
 기를 통해 발생한 수소는 스택의 anode 로 공급되며 anode off gas 는 recycle 되어
 개질기의 버너의 연료로 사용되게 시스템을 구성하였다.

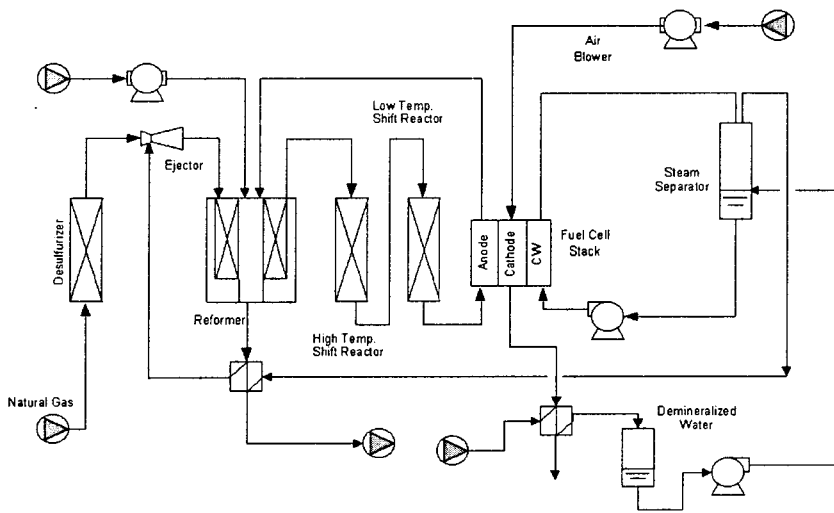


그림 1. Process Flow Diagram of 10kW Pilot System

10kW 스택의 운전시 스택 온도 조절을 위하여 수냉식 Cooling 방식을 이용
 하였으며 스택의 온도조절과정에서 발생한 스팀을 개질반응의 스팀으로 사용할
 수 있게 연계하였다. 이렇게 발생한 스팀은 ejector 를 통하여 LNG 와 같이 개
 질반응기로 도입된다.

표 1. 10kW Pilot System 개요

연료	LNG(0.9kg)
개질 반응	Steam Reforming
개질수소량	12NM ³
스택단수	18 단
전극면적	650mmX650mm
쿨링단수	4 단
스택최대출력	12kW

10kW 스택은 전극면적이 650mmX650mm (유효면적 3600cm²)로서 Anode 에는 10% Pt 촉매를 사용하였으며 Cathode 에는 20% alloy 촉매를 사용하였다 (그림 2). 10kW 스택의 적층 단수는 18 단이며 수냉식 냉각방식(Serpentine type)과 4 단의 cooling plate 를 설치하여 스택의 온도 조절과 열회수를 하였다.

10kW Pilot System 의 Reformer, 열회수장치, electric load 및 gas supply unit 의 control 을 위하여 PLC 를 사용하여 각 component 들을 제어하였으며, 운전과정중의 자료수집 및 제어를 위하여 화학 공정 제어에 사용되는 FIX 7.0 (Intellution 사) 프로그램을 사용하였다.

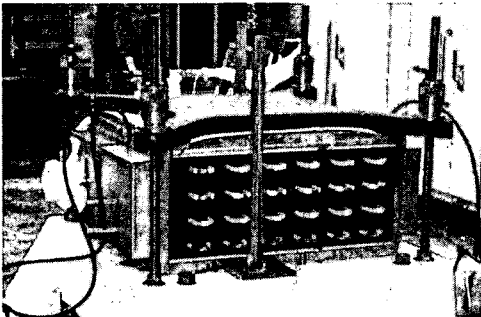


그림 2. Photograph of 10kW Stack

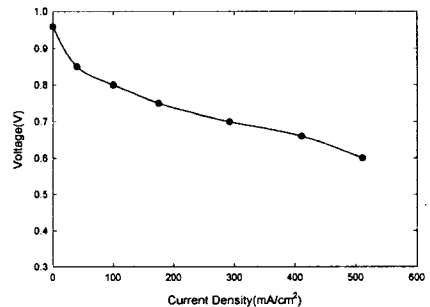


그림 3. 단위전지의 성능 곡선

그림 3 은 10kW PAFC 발전시스템에 사용된 전극의 단위전지 데이터를 나타내고 있다. 단위전지 결과에서 볼 수 있듯이 0.66V 에 410mA/cm², 0.6V 에

511mA/cm²의 성능을 보여주고 있다.

2.2. 50kW 인산형 연료전지 발전 시스템

50kW 급 PAFC 발전 시스템은 2001 년말 제작 완료를 목표로 현재 각 구성 요소들의 설계 및 제작을 진행중이다. 50kW 인산형 연료전지 발전 시스템은 10kW Pilot 시스템 제작 과정에서의 제작/운전 경험을 바탕으로 연료전지 발전 시스템이 갖추어야 하는 신뢰성 및 내구성 향상, 시스템 콤팩트화를 목표로 추진중이다.

50kW 인산형 연료전지 발전시스템은 기본적으로는 그림 1 의 PFD 와 같은 구조로 시스템을 설계하였으며 시스템의 개요는 표 2 와 같다.

표 2. 50kW PAFC 발전 시스템 개요

발전용량	50kW
연료	도시가스
개질방식	수증기 개질
개질기 Type	Plate Type
스택 단수	108 단
목표발전효율	40%(LHV)

50kW PAFC 시스템에서도 연료로서는 LNG 를 사용할 예정이다. 50kW PAFC 발전 시스템에 사용될 개질기의 형태는 10kW Pilot system 에서 사용한 Tubular 형태의 반응기 대신에 Plate Type 의 반응기를 사용할 예정이다. Plate Type 의 개질 반응기를 사용하였을 경우 수증기 개질 반응기와 CO 를 제거하는 high 및 low temperature shift 반응기를 평판 형태로 제작이 가능하여 콤팩트한 개질기를 제작할 수 있으며 간단한 구조의 개질기 제작이 이루어 질 수 있다는 장점이 있다. 또한 개질기의 heat source 로서는 기존 방식의 Burner 대신에 촉매 연소 방식을 채택하였다. 촉매 연소 반응기를 사용할 경우 anode off gas 의 재활용 뿐만 아니라, 기존 burner 를 사용할때 발생하는 개질 반응기에서의 불균일한 온도 분포를 없앨 수 있는 방식이 된다.

50kW 인산형 연료전지 스택은 적층 단수는 108 단이며, graphite plate size 는 650mmX650mm 로 제작할 예정이다. 50kW PAFC 스택의 냉각방식은 수냉식이며 스택에 사용된 냉각단수는 19 단이다.

각 냉각단 사이에 6 개의 단위 셀이 위치하게 되며 냉각단의 각 온도와 108 단의 셀간의 전압은 PLC 로 data acquisition 되게 설계하였다.

그림 4 는 50kW PAFC 발전 시스템의 예상 dimension 과 lay-out 을 나타내었다. 50kW PAFC 시스템 설계에 있어서 각 component 들의 연계를 위하여 최적의 lay-out 을 고려 하였으며 설치 이후의 maintenance 의 편이를 위한 설계도 고려 하였다.

50kW PAFC 시스템의 전체 사이즈는 가로 4.3m 세로 2.2m 높이 2.5m 정도의 dimension 으로 설계하였다.

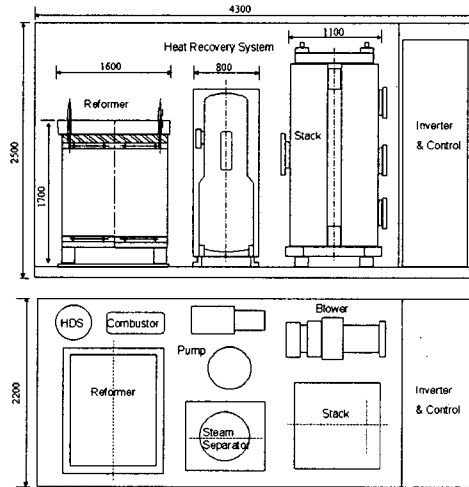


그림 4. 50kW PAFC 발전 시스템 Lay-out

3. 연구개발의 활용도

LG-Caltex 정유에서 추진중인 50kW PAFC 발전 시스템은 국내 기술로는 최초로 50kW 급의 on-site 형의 연료전지 발전시스템을 제작하였다는 점에서 큰 의의를 가지며 당 사업을 통해 50kW 급 스택 제작 기술 뿐만 아니라, 개질기 제작 및 시스템 구성 기술까지도 확보 할 수 있다는 점에서 의미를 부여할 수 있으리라 사료된다. 또한 10kW 급의 pilot 시스템의 제작 및 운전을 통하여 시스템 연계 운전 및 시스템 구성에 대한 know-how 도 습득할 수 있었다.

앞으로의 활용방안은 50kW 시스템의 field test 및 reliability test 를 통하여 호텔, 병원 아파트등의 on-site 전원 및 cogeneration 용으로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 기타 응용분야인 UPS 및 high quality power 에도 적용될 수 있으리라 사료된다(1-2).

4. 참고문헌

- (1) Hiroshi Asai, 인산형 연료전지의 고효율 이용사례, 제 8 회 연료전지 심포지움 논문집 (2001) 133p, Tokyo.
- (2) Noriko Kawakami, Yozo Ito, Masanori Yabuki, 연료전지를 활용한 고품질 전원의 응용 기술의 개발, 제 8 회 연료전지 심포지움 논문집 (2001) 165p, Tokyo.