

# 40kW 인산형 연료전지 발전시스템 개발현황

## The Status of the Development of 40kW PAFC System

전진석\*, 오영삼, 김창구, 최동수, 방호선  
한국가스공사 연구개발원 가스이용연구실

### 1. 서론

연료전지는 최근에 들어서 고효율, 저공해 에너지기기로써 각광을 받으면서 국내에서는 범국가적 연구개발사업으로 한국형 제1세대 연료전지가 될 40kW급 인산형 연료전지 발전시스템 개발이 '90년 8월에 착수하여 '95년 7월까지 진행되며, 그 연료전지 시스템의 주요 구성요소인 연료개질기, 전지스택 그리고 전력변환기는 (주)유공, (주)호남정유 및 (주)금성산전이 각각 개발하였으며, 가스공사는 종합적으로 연료전지 시스템 연계, 제어 및 운용을 담당하여 연료전지 개발사업에 체계적이고 종합적인 협동연구를 시도하여왔다.

본 발표에서는 현재까지 각 참여기관에서 진행된 연구내용과 전체 시스템의 구성 및 향후 추진계획에 대하여 소개하고자 한다.

### 2. 본론

현재 가스공사는 연료전지 시스템 종합 연계기술과 시스템의 제어 기술개발 및 시스템 요소 성능평가를 담당하여 수행하고 있으며, 참여 기관의 기술개발 현황으로는 유공은 연료개질기 시스템의 개발을 완료, '92년 8월에 가스공사 연구개발원에 설치하였고, 호남정유는 '94년 2월 3일에 여천기술연구소에서 약 20여 시간동안 운전을 실시한 15kW급 스택 운전을 공개하였고 목표치인 40kW급 스택인 20kW 스택의 2개를 10월6일 가스공사 연구개발원에 운반하여 독립 시험운전을 하였으며, 금성산전은 전력변환장치(인버터)를 제작하여 '93년 3월 8일에 검증시험을 실시, 가스공사 연구개발원에 운반 설치하였다. 또한 가스공사에서는 이들을 연계, 제어시스템을 구축하여 '94. 11월중 전체 시스템 연계운전을 할 예정이다.

40kW 연료전지는 Fig. 1.과 같이 구성되어 있으며, 주요 서브시스템(subsystem)은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ▶ 연료 계통 시스템 (FUEL PROCESSING SYSTEM)
- ▶ 발전 시스템 (POWER SECTION)

- ▶ 전력변환 및 처리 시스템 (INVERTER & ELECTRICITY TREATMENT SYSTEM)
- ▶ 공기처리 시스템 (AIR TREATMENT SYSTEM)
- ▶ 제어 및 모니터링 시스템 (CONTROL & MONITORING SYSTEM)
- ▶ 질소 퍼징 시스템 (NITROGEN PURGING SYSTEM)
- ▶ 열관리 시스템 및 열회수 (THERMAL MANAGEMENT SYSTEM & HEAT RECOVERY)

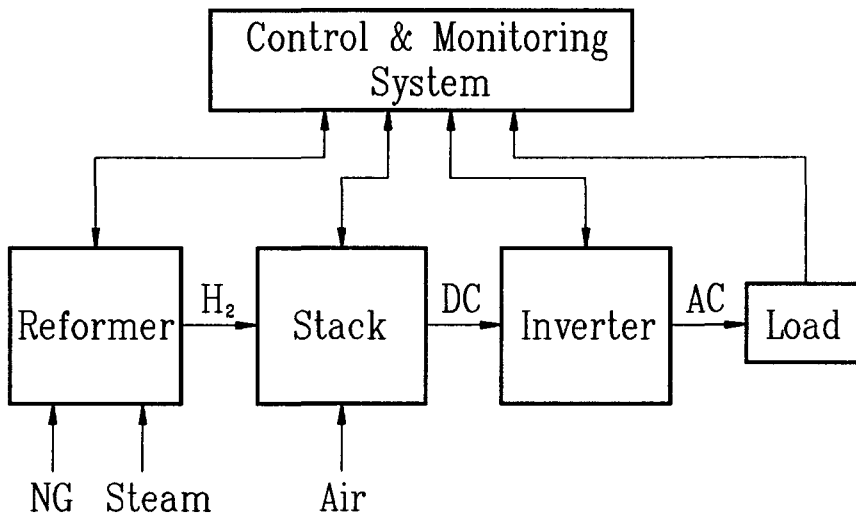


Fig. 1. The Block Diagram of 40kW PAFC System

위 서브시스템에 대하여 알아보면 다음과 같다.

## 2.1 연료 계통 시스템

연료개질기는 메탄(CH<sub>4</sub>)이 주성분인 천연가스(NG)를 원료로하여 개질(Reforming)과정을 거쳐 수소(H<sub>2</sub>)를 생산하는 장치로서, 탈황반응기, 고온 및 저온반응기, 개질기 본체등으로 구성되어있다.

천연가스를 부취제로서 미량 포함되어있는 황(S) 성분을 제거해주기 위해 탈황반응기를 통과한 후 증기와 함께 개질기 본체에 보내면 여기서 수소(H<sub>2</sub>), 물(H<sub>2</sub>O) 그리고 일산화탄소(CO) 등이 생성되며, 스택에 피해를 줄 수 있는 일산화탄소를 제거하기 위해 고온 및 저온 반응기를 거치면 최종적으로 수소가 주성분인 합성가스(Synthetic Gas)가 생산되어 전지스택으로 보내진다.

## 2.2 발전 시스템

공냉식 Z type, bipolar plate의 전지스택은 인산( $H_3PO_4$ )을 전해질로 사용하며, 이 스택 양측의 전극 gas channel 에 연료극(Anode)쪽에는 개질기로부터 생산된 수소를, 그리고 산소극(Cathode)쪽에는 공기를 넣음으로써 산소를 각각 공급하게 된다. 그리고 스택의 운전온도 및 보온을 위한 냉각공기는 공기처리시스템에서 수소와 공기흐름의 직각방향으로 온도와 유량이 제어된 상태로 공급되고 있다.

## 2.3 전력변환 및 처리 시스템

전력변환 시스템은 스택에서 발생하는 직류전력을 220V 3상 교류전력으로 Inverting해 주는 장치로서 전지스택에서 생산된 직류전력을 공급받아 교류전력으로 변환한 뒤 부하(Load)로 보내진다.

## 2.4 공기처리 시스템

공기는 연료전지에 있어서 연료 못지않게 중요한 요소로 전지스택의 주 반응원료 일뿐만 아니라 스택의 Heat Balance를 유지하기 위한 냉각용, 개질기 본체의 버너용 그리고 각종 밸브등을 여닫기 위한 계장용으로도 중요한 역할을 한다. 더우기 향후 개선된 시스템을 설계하고자 할 때, 나아가서는 연료전지의 상업화를 겨냥한다면 전체 시스템을 하나의 Package 형태로 구성하게 되는데, 이 경우 전체 시스템의 효율적인 Heat Treatment를 위해서는, 공기의 처리 즉, 배관 설계, 열교환 계통 설계에 있어서 매우 심각하게 고려해야 할 부분이다.

## 2.5 제어 및 모니터링 시스템

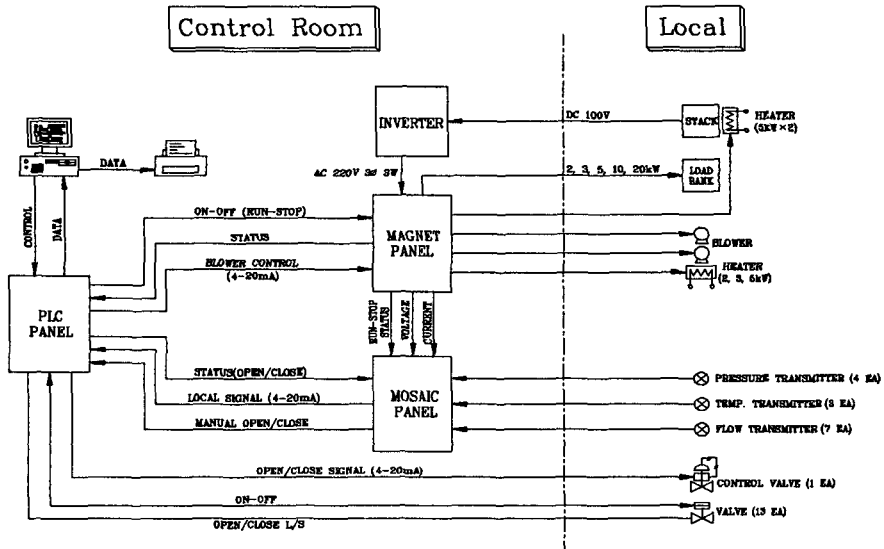


Fig. 2. The Block Diagram of 40kW PAFC Control & Monitoring System

본 시스템을 연계운전 및 상황감시하기 위한 시스템으로 원료 및 생산된 가스류의 공급라인 제어와 압력, 온도, 유량 및 전력 등을 표시해주는 부분으로 PLC(Programable Logic Controller), Mosaic Panel, Magnetic Panel 및 Computer로 구성되어 있으며, 공정제어 Software 인 FIXDMACS를 사용하였다. 구성은 Fig. 2와 같다.

## 2.6 질소 퍼징 시스템

불활성 가스인 질소는 촉매의 열화방지 및 잔류 반응가스를 제거하는데 사용된다. 개질기나 스택을 운전하지 않을 때 개질기의 각종 반응기와 스택의 양 전극을 질소 분위기로 유지시키며, 운전후 정지시 또는 비상정지시 신속히 질소를 공급하여 시스템에 잔류 가스에 의한 악영향을 없애도록 한다. 본 시스템에서는 비상시 경고신호에 의한 자동제어 Logic에 따라, 혹은 필요시 수동조작에 의해 질소 Purging line의 밸브가 작동되어 즉시 공급하도록 되어있다.

## 2.7 열관리 시스템 및 열회수

개질기 본체는 반응온도가 약 750℃가량 되며 스택내부는 180℃가량의 고온이 유지되어야 하기때문에 버너 및 전기히터를 가동하게 되는데, 연료, 공기 및 증기의 적당한 온도로 예열하기 위해서는 이들로부터 버려지는 폐열을 적절히 열교환시켜 이용하는 것이 시스템 효율면에서 중요하다.

본 시스템중 스택은 냉각시스템이 공냉식으로 되어 있는데, 향후 Scale-up 및 열병합 발전을 위해서는 수냉식을 채택하게 될 전망이며, 이 때 열회수를 보다 효율적으로 할 수 있도록 전체 시스템의 열관리 설계에 대한 연구가 필수적이다.

## 3. 결 론

본 연구발표에서는 40kW급 인산형연료전지 발전시스템 종합기술개발과 관련 각 주요 구성시스템의 특징과 시스템 제어알고리즘의 구성 그리고 전체 시스템의 cold start, 단순운전을 비롯하여 시스템 보호장치 등에 대해서 설명하고 있다.

앞으로 연계운전을 하면서 연속운전시 시스템의 효율과 각 구성요소의 성능 파악을 위한 기술적 연구가 진행될 예정이며, 장기운전을 통해 운전모드의 변경과 각 요소들의 특성변화 및 개선되어야 할 부분들에 대한 연구와 효율적인 열관리 설계에 대해 지속적인 연구를 추진할 계획이다.