

# 200kW급 인산형연료전지 (PC25)의 구성시스템과 상업화 전망 (The Subsystems of 200kW PAFC-PC25 and its Commercialization Prospects)

오영삼\*, 전진석, 최동수, 방효선  
한국가스공사 연구개발원  
경기도 안산시 일동 277-1

## 1. 서론

에너지이용/발전시스템의 개발은 미래의 급격한 전력수요증가 패턴과 에너지소비에 수반되는 환경문제들의 해소 그리고 에너지절약 측면에서의 이용효율 향상 및 열병합(CHP)시스템 구축 등으로 막대한 투자가 요구되고 있는 분야이다. 이 중 에너지의 효율적인 이용과 환경문제와 연계되어 주목을 받고 있는 연료전지는 연료의 cold burning을 통하여 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 electrochemical devices로서 부수적으로 발생하는 배열을 효과적으로 이용할 수 있는 고효율, 저공해 발전 시스템이라고 할 수 있다.

연료전지의 분류는 전지내에 사용되고 있는 전해질 재료에 따라 구분하는 것이 일반적이며, 저온형으로 인산형(phosphoric acid), 알칼리형(alkali), 고분자(polymer membrane) 그리고 고온형으로는 용융탄산염(molten carbonate)과 고체산화물(solid oxide) 타입으로 구분해 볼 수 있다. 이러한 연료전지 종류 중에서 인산형 타입(PAFC)이 다른 형태의 연료전지들 보다 가장 먼저 상용화 단계에 와 있다.

본 발표에서는 현재 상용화를 목표로 운용되고 있는 인산형 type(PC25) 연료전지 시스템의 운전특성 및 기동정지에 대한 원인파악, 운용중 전력안정성 등을 그 동안 축적된 운전데이터를 이용해 분석해 봄으로써 앞으로 연료전지 상업화에 대한 경쟁력, 연료전지의 보급확대 및 개발방향 등을 예측해 보고자 한다.

## 2. 본론

미 IFC(International Fuel Cells) 산하 ONSI사는 80년대 중반에 이미 40kW급 prototype PAFC 시스템을 구성하여 전지스택을 비롯한 연료전

지 시스템기술관련 실험을 마치고 90년대에 들어서면서 상용화를 목표로 200kW급 PAFC인 PC25를 제작 전 세계적으로 실증운전 중에 있으며 당 공사도 93년도 8월에 PC25 1기를 ONSI사로 부터 도입/설치하여 부하추종형 (grid-independent) 및 계통연계(grid-connect)의 운전모드로 약 6500시간의 운전을 통하여 '93년도 9월부터 지금까지 가스공사연구개발원에 전력을 공급해 왔다.

## 2.1. PC25의 특징

상업화가 가능한 가장 큰 특징 중의 하나는 현재 PC25에 적용되고 있는 무인운전방식이다. PC25의 운전은 본체의 control 장치에서 가능할 뿐만 아니라 remote control & monitoring이 가능하며 trouble이 발생되면 모뎀을 통하여 이상이 발생되었음을 통보하는 기능을 가지고 있으며 trouble의 원인에 대한 데이터를 저장하여 troubleshooting시 바로 trouble에 대한 조치가 이루어 지도록 되어있다. 또한 정해진 시간의 운전데이터를 자동기록하여 운전상황을 파악할 수 있을 뿐 아니라 원하는 시간에 메뉴얼로 운전데이터를 확인 할 수 있도록 되어있다. 무인운전개념의 도입으로 인하여 조작이 용이하며 독립운전, 연계운전 등 다양한 운전모드가 있어 응답속도가 빠르고 보수, 유지에 대한 비용이 작은 특징이 있다.

연료전지의 기본적인 특징으로서 environmental advantages를 들 수 있는데 이는 소음과 진동이 없으며 공해물질을 배출하지 않음으로서 on-site 설치가 가능하며 부지선정에 큰 어려움이 없을 뿐 아니라 PC25는 modular type이기 때문에 compact construction이 가능하여 건설기간이 짧으며 용량변환이 용이한 것을 들 수 있다.

## 2.2. PC25시스템의 구성

PC25는 다음과 같은 9개의 subsystem으로 구성되어 있으며 각 구성시스템은 시스템 전체 제어구조와 유기적으로 연결되어 효율적인 운전이 이루어 질 수 있도록 되어 있다.

- fuel processing system
- air processing system
- nitrogen purge system
- power section system

- water treatment system  
(stack cooling water / ancillary coolant system)
- cabinet ventilation system
- microprocessor control system
- power conditioning system
- power distribution system

운전제어관점에서의 시스템을 재 구성해 보면 다음과 같다.

- power plant supervisory control(P)
- fuel and air processing system(R)
- stack cooling water subsystem(S)
- water treatment system(W)
- ancillary coolant subsystem(A)
- nitrogen purge system(N)
- cabinet ventilation subsystem(C)
- low temperature assembly heater(L)
- power conditioning system(I)

### 2.3. 운전

PC25의 운전모드는 Fig. 1과 같이 유기적으로 연결되어 제어할 수 있도록 되어 있다.

#### 1) De-Energized off

운반시의 시스템 모드이며 cell stack의 응고방지를 위해 최소한 2kW의 전력이 필요하게 된다. 기동시 특별한 운전절차가 요구된다.

#### 2) Energized off

MCS(Microprocessor Control System), TM(Thermal Management), WTS(Water Treatment System)이 작동되며 site maintenance power가 필요하다.

#### 3) Start

TM, FPS(Fuel Processing System)이 가열(TM, FPS의 초기온도에 따라 start과정에 소요되는 시간이 다름)되며 약 5시간이 소요된다.

냉각수의 온도 set-point가 130F에서 350F으로 변화되며 reformer의 온

도가 1400F까지 올라가며 내부적으로 보조부하가 대략 55kW까지 걸리게 된다.

#### 4) Idle

보조부하로 약 50-55kW가 걸린 상태로서 Load Operating Modes (grid-connect, grid-independent)로 이동할 준비가 된 상태이다. Inverter의 3개의 MCB(Motorized Circuit Braker)을 이용하여 Load Operating Modes를 조절할 수 있게 되어있다.

#### 5) Hothold

사실상 Shutdown모드로 가는 단계로서FPS에  $N_2$ purging이 이루어짐 Cell Stack이 inactive하게 된다.

#### 6) Cool-down

Cell Stack이 냉각되는 단계이다.

#### 7) Load

Grid Connect와 Grid Independent형태로 운전되며, 모드변환시 순간적인 정전 또는 무정전의 선택이 있다.

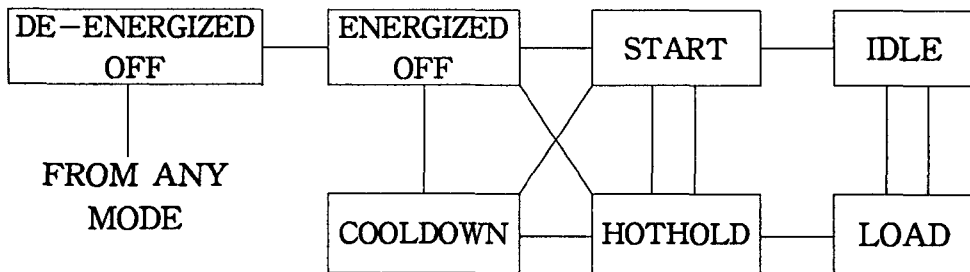


Fig 1. PC25 Operation Modes

장기적인 운전으로 말미암아 일어나는 전지스택의 열화현상은 여러가지 데이터를 분석하여 예측할 수 있는데 그중 average cell voltage와 half stack voltage monitor 등이 주로 판단기준으로 사용된다.

### 3. 결 론

PC25에서 당면하고 있는 개선점으로는 현재 5시간이나 되는 start up 시간을 단축과 개질기 버너 점화 어려움의 해소이다. 또한 시스템이 장기간 안정된 전력을 생산할 수 있도록 각 구성 시스템 및 부품의 내구성이 유지되어야 하는데 이러한 부분에서도 개선점들이 발견되고 있다.

그러나 여러 종류의 연료전지 중에서 이러한 여러 가지 단점이 있음에도 불구하고 PAFC의 실용화에 가장 가까이 와 있다고 판단된다. 최근의 연료전지의 연구개발은 관련기술의 상업성을 뒷받침 해 줄 수 있는 신뢰성 확보에 초점이 맞추어지고 있으며 전체 발전시스템의 가격을 기존 발전시스템과 경쟁할 수 있는 수준으로 낮추는 방향으로 이루어지고 있다.

앞으로 전력수요의 급격한 증가와 국내 에너지의 안정적 공급을 위한 에너지원 다변화 정책, 원자력발전소건설에 대한 부지확보, 건설기간 및 국민의 부정적인 의식, 석탄화력의 환경적 제약조건, 국제 석유가 앙등에 대한 불안 등을 고려하여 볼때 연료전지 발전시스템의 상업화 전망은 어둡지만은 않다. 최근 부각되고 있는 환경문제, 전국 각지의 땅값상승, 기존 선로의 노후화 및 원거리 송전으로 인한 송전손실, 전력수요 증가에 못미치는 발전능력 부족 등으로 인해 빠른 건설기간과 고효율인 연료전지 발전시스템의 필요성은 앞으로 더욱 커 질 것이며 이러한 장점들로 말미암아 인산형 연료전지 발전시스템의 상용화는 어렵지 않다고 사료된다. 그러나 가장 진보된 인산형 연료전지 시스템인 PC25도 완전한 상업화를 위해서는 여러 부분들이 개선되어야 하며 이러한 개선점들은 기술의 난이도 관점에서 보면 가까운 미래에 해결되리라 사료되므로 연료전지의 상용화는 곧 실현될 것이다.