

SKW급 인산형 연료전지 발전설비의 전력특성연구

유 상진\* 최수현  
한국동력자원연구소

김영택  
한전기술연구원

Electrical Characteristics of the SKW PAFC Experimental System

S.J.Yoo\* S.H.Choi  
KIER

Y.T.Kim  
KEPCO

Abstract

A phosphoric acid fuel cell ( PAFC ) power plant with a capacity of 5KW a.c has been constructed for R & D purposes at KIER under a sponsorship of KEPCO. The PAFC power plant has successfully generated an electricity for the first time in Korea. In the paper, the plant configuration and the experimental results are reported.

1. 서 론

연료전지(Fuel Cell) 발전은 매탄, 도시가스 와 같은 연료의 수소(H<sub>2</sub>)와 공기중의 산소(O<sub>2</sub>)의 지속적 공급에 따라 전기화학반응으로 전기를 발생시키는 직접발전방식으로서 에너지변환효율이 높고 공해요인이 없으며 부하중심지에 설치할 경우 송배전손실 및 설비부자가 경감되는 등 많은 장점을 갖고 있는 다음세대의 발전방식으로 주목되고 있는 새로운 기술이다. (1,2)

미국, 일본과 같은 선진국에서는 관련기술의 독자적 개발을 위하여 적극노력하고 있으며, 특히 인산형의 경우는 열과 전기를 동시에 공급할 목적으로 40KW급 중소형 발전설비가 개발되어 시험된 바 있으며 (3) 대형 전력사업용의 경우는 미국에서 교류출력 4,500KW발전소가 개발되어 미국과 일본에서 실증실험된 바 있다.(4) 이와같은 기술 개발 결과를 토대로 현재는 200KW급 현지설치용의 개발과 7,500KW급 전력사업용 발전소가 설계되어 건설이 추진되면서 연료전지발전기술의 실용화가 추진되고 있다.

국내에서의 관련 기술의 연구는 아주 초기단계이며 연구소 및 대학에서 1980년 초기부터 일부의 기초연구가 수행된 바 있고(5) 현재 한국동력자원연구소를 주관으로 정부예산에 의한 핵심기술 개발연구가 진행되고 있다. 이와 별도로 연료전지발전시스템의 전력특성 실험에 관한 연구가 '85년부터 한국전력공사와 동력자원연구소가 공동으로 수행하여 1988년에 국내 최초로 SKW급 연료전지 발전에 성공한 바 있다.

본 연구는 동자연-한전 공동수행된 SKW인산형 연료전지발전시스템의 전력특성연구에 관한 시스템 구성 및 실험결과에 대한 보고이다.

2. 5 KW 연료전지발전 설비 구성

전력특성에 관한 기초실험을 위하여 한국동력자원연구소에 건설된 5 KW급 인산형 연료전지 발전설비의 구성 및 특성은 그림 1. 및 표1 과 같으며 각 주요 요소별 기능을 요약하면 아래와 같다.

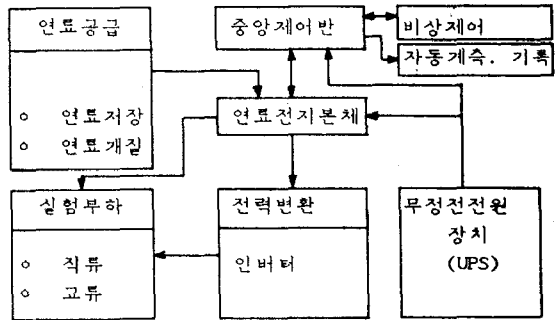


그림 1. SKW 연료전지 발전설비 구성도

(표1) 연료전지발전설비 특성

○ 정격출력	
직류출력	5.9KW, 30~60V
교류출력	5.0KW, 단상 110/220V, 60HZ.
○ 운전조건	
전해질	인산(Phosphoric acid)
작동온도	180°C(상압)
냉각방식	공냉식
○ 연료	
종류	메탄올과 물의 혼합
소비량	시간당 5.5ℓ

○ 연료공급

발전연료인 시간당 5.5ℓ의 메탄올(CH<sub>3</sub>OH)과 물의 혼합연료를 수소가스로 변환시켜 연료전지본체로 공급하도록 설계 제작되었으며 이와 병행하여 연료전지의 각종 특성실험을 위한 순수 수소와 설비운전 전후의 계통보호를 위한 질소공급선이 구성되어 있다.

○ 연료전지본체(Fuel Cell Stack)

연료전지발전설비에서 가장 핵심기기로써 일본 Fuji전기 제품의 직류출력 5.9KW발전기으로서 공급된 수소가스와 공기중의 산소를 이용하여 발전한다. 발전과정에서 수소이온(H<sup>+</sup>)전달매체로서 인산(Phosphoric acid)을 사용하기때문에 인산형 연료전지로 분류되며, 정격 36.9V, 160A의 직류출력을 발생한다.

○ 전력변환기

연료전지의 직류출력을 교류로 변환시켜 각 실험용 부하에 공급하는 기능을 갖는다. 사용된 직류/교류전력변환용 인버터는 PWM 형이며 연료전지의 특성인 저전압 고전류의 직류출력을 단상 110/220 V의 60 Hz 상용 교류전력으로 변환시키도록 설계되었으며 금성계전(주)에서 제작되었다.

○ 부하구성

설비의 운전조건 즉, 부하변동에 따른 연료및 공기공급량 도출을 위한 직류부하는 최소, 최대 각각 100W, 400W 용량의 저항부하로 구성되었으며 실부하 공급실험용 교류부하는 형광등, 전동기, 전열기등 R,L,C 부하로 구성하였다.

○ 설비보호

설비보호를 위한 장치구성은 크게 나누어 무정전전원장치(UPS) 1 대와 P/C 를 이용한 비상제어장치로 되어있다. 무정전전원장치는 운전정지상태에서 연료전지본체내의 전해질의 결정화현상을 방지하기 위하여 60°C이상의 보온을 유지하는 가열기용 전원으로 사용된다. 계통비상제어는 그림2 와 같이 프로그래밍된 비상정지조건에서 발전설비가 자동정지되도록 하는 기능을가지며 16 bit 개인용 컴퓨터로 구성되었다.

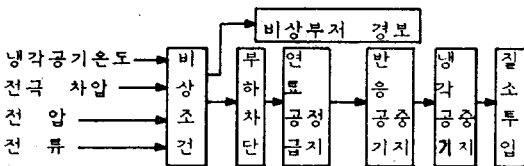


그림 2. 비상정지제어흐름도

3. 계측 및 자료분석시스템

5 KW연료전지발전설비의 운전상태감시와 각종 자료의 자동계측, 해석 및 출력을 위하여 구성된 계측 및 분석시스템구성의 개략도는 그림 3.과 같다.

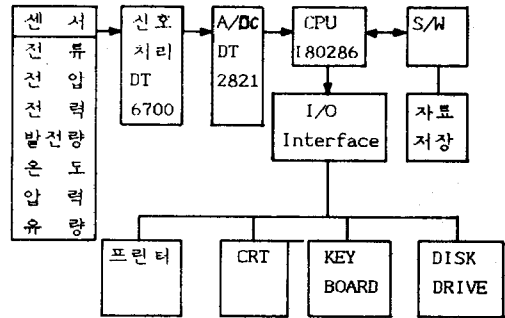


그림 3. 자동계측 및 분석시스템 구성도

냉각공기 입구 및 출구온도, 반응공기출구온도, 연료출구온도, 반응공기 및 연료공급량, 전류 및 전압, 발전량의 계측자료들은 매 10 초단위로 40 MB 용량의 HDD 에 저장되며 운전상태 감시를 위하여 아래의 출력자료들이 CRT 에 표시된다.

- 발전일자 및 시각
- 냉각공기입구 및 출구온도
- 반응공기 및 연료공급량
- 출력전압 및 전류
- 단위전지 전압
- 출력발전량 및 증발전시간

4. 운전실험결과

발전설비는 1988 년 6월 13 일 국내최초의 시운전에 성공한 이래 1989 년 1월 28 일까지 총 119시간 15 분간 발전하였으며 증발전량은 359.8 Kwh 를 기록하고 있다.

초기에 냉각공기 예열온도에 다소 문제가 발생하였으나 가열기등의 공급계통 보수로 해결되었으며 특성실험을 위하여 약 15 시간 ( 51Kwh ) 발전을 하여 냉각공기온도, 공기이용율, 연료이용율등에 대한 최적운전조건을 도출하였으며 최장 51 시간 52분의 연속운전을 계획대로 수행하였다.

그림 4. 은 시간당 연료 및 공기공급량이 각각 10Nm<sup>3</sup>, 22Nm<sup>3</sup> 에서 운전온도변화에 따른 I-V 특성곡선으로서 180°C 운전에서 정격출력으로 발전됨을 보여주고 있다.

5. 결 론

직류출력 5.9KW의 소규모 발전설비이지만 새로운

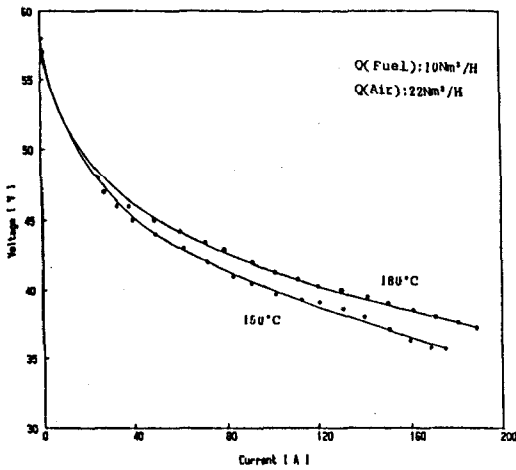


그림 4. 운전온도에 따른 I-V 특성

발전기술을 이용한 국내최초의 설비구성과 운전실험으로서 커다란 의미가 있었다고 할 수 있다.

연료전지본체를 제외한 모든 설비는 자체 설계 개발된 것으로서 아직은 최적화되지 못한 상태이다. 따라서 연료개질기, 전력변환장치등에서의 효율개선에 관한 지속적 연구수행이 필요한 것으로

판단되며, 발전시에 부수적으로 발생하는 반응열의 회수이용을 포함하여 전체에너지 이용효율의 향상을 위한 연구가 한전기술연구원과 동자연 공동으로 계속될 계획이며, 추후 연구결과를 보고할 계획이다.

참 고 문 헌

- (1) M.A. Kettani, "Direct Energy Conversion" Addison-Wesley, Reading, 1970
- (2) 최수현 "연료전지발전기술의 개발과 응용", 전기학회지 33 권 11 호, 1984
- (3) J.M.King et al., "On-site 40KW Fuel Cell Field Test", '86 Fuel Cell Seminar, Tucson, Arizona, Oct. 26-29, 1986
- (4) "4.8MW Demonstrator Power Plant Operation manual, Vol.1. FCR-1699", UTC, Sept.1980
- (5) 변중홍외 "연료전지용 산소전극의 개발" 과학기술처 보고서 N208-2925-6, 1987.