

분산전원용 태양광/연료전지 복합발전시스템의 설계 및 운전특성에 관한 연구

박세준<sup>\*</sup>, 하민호<sup>\*</sup>, 차인수<sup>\*</sup>, 윤정필<sup>\*\*</sup>, 이정일<sup>\*\*\*</sup>, 임종열<sup>\*\*\*\*</sup>,  
<sup>\*</sup>동신대 수소에너지학과, <sup>\*\*</sup>한국에텍, <sup>\*\*\*</sup>송원대 디지털전기정보과, <sup>\*\*\*\*</sup>남부대 컴퓨터전기정보학과

A Study of Design and Operational Features of Micro-Grid PV/PEMFC Hybrid System

Se-Joon Park<sup>\*</sup>, Min-Ho Ha<sup>\*</sup>, In-Su Cha<sup>\*</sup>, Jeong-Phil Yoon<sup>\*\*</sup>, Jeong-Il Lee<sup>\*\*\*</sup>, Jung-Yeol Lim<sup>\*\*\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>Dongshin University, <sup>\*\*</sup>HKETECH, <sup>\*\*\*</sup>Songwon Community College, <sup>\*\*\*\*</sup>Nambu University

**Abstract** - 본 논문에서는 신·재생에너지원 중 큰 축을 이루고 있는 태양광과 연료전지 발전시스템을 연계하여 하이브리드 발전시스템에 대하여 제안하였다. 태양광으로부터 발생하는 전력을 이용하여 부하에 공급함과 동시에 수전해장치를 구동시키고, 수전해장치는 전기분해시 필요한 전력을 태양광으로부터 공급받아 수소를 생산하게 된다. 본 시스템은 앞으로 가정에 적용될 수 있는 분산전원용 발전시스템의 기초 연구로써, 신·재생에너지의 보급확대에 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

1. 서 론

우리나라는 2007년 말을 기준으로 총수입의 20%에 달하는 865억불이라는 막대한 자금을 원유 등의 에너지를 수입하는데 사용하고 있으며 꾸준히 증가추세에 있다. 또한 2011년까지 총 1차 에너지 중 신재생에너지 공급비율을 5%까지 늘리려는 신·재생에너지 개발 보급 추진 계획을 발표하고 있다. 따라서 21세기 새로운 산업으로 부각된 신·재생에너지에 대한 기술개발과 보급 확대를 위한 하드웨어 및 소프트웨어의 기술개발이 요구되고 있는 상황이다.

이러한 배경으로 본 논문에서는 1kW급 PV/PEMFC 하이브리드 발전시스템의 설계와 각 시스템별 연계방안을 모색하였다. 태양광으로부터 발생하는 전력을 이용하여 부하에 공급함과 동시에 수전해장치를 구동시키고, 수전해장치는 전기분해시 필요한 전력을 태양광으로부터 공급받아 수소를 생산하게 된다. 생산된 수소는 다시 연료전지로 공급되어 전력을 생산함으로써 안정되고 지속 가능한 에너지원으로써 앞으로 일반 가정에 적용 가능한 분산전원용 발전시스템이라 하겠다. 시스템 구성을 위하여 먼저 각 태양광 및 연료전지 시스템별 시뮬레이션 수행하였으며, 실험을 통한 결과값인 전압, 전류 파형을 측정하여 시스템 운전특성을 분석하였다.

2. 시스템 구성

본 시스템은 500W 태양광발전시스템과 500W 고분자 연료전지시스템을 연계한 하이브리드 발전시스템이며 그 구성도는 그림 1과 같다.

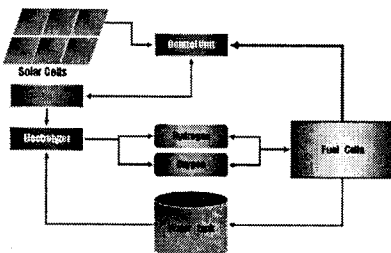
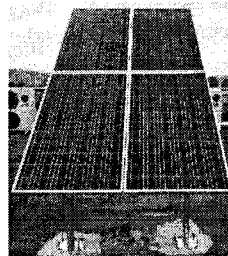


그림 1. 시스템 구성도

2.1 태양광발전시스템



Model	Symphony Si-140
Maximum Power	140 [W]
Maximum Voltage	31.9 [V]
Maximum Current	4.39 [A]
Open Voltage	42 [V]
Short Current	4.8 [A]
Type	Crystal Silicone

그림 2. 500W 태양전지 어레이와 모듈의 제품 Spec.

사용된 태양전지 모듈은 심포니에너지(주)에서 제작한 140W 단결정 Si 모듈로써 야간에 전류가 모듈로 역류방지를 위하여 블로킹 다이오드를 어레이와 시스템 입력단 사이에 설치하였다. 태양전지 어레이는 1직렬×4병렬로 구성하였고, 최대 전압은 약 32V 그리고 최대 전류는 약 17A, 최대 전력은 500W급의 특성을 가진다. 사용된 각각의 태양전지 모듈은 그림 2와 같은 사양을 가지고 있으며, 전압, 전류 특성은 그림 3과 같다(표준 실험 조건 :1000W/㎡, 25℃).

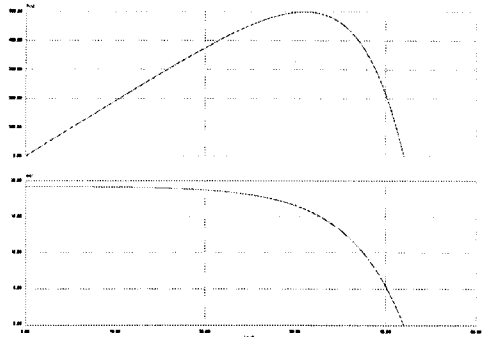


그림 3. 태양광 어레이의 특성 (전압, 전류, 전력)

2.2 연료전지(PEMFC)시스템

그림 4와 그림 5는 연료전지 계측을 위하여 구성한 PEMFC 시스템의 구성도와 하위 세부 제어 흐름선도이다. 시스템의 구성은 Stack의 연료인 수소탱크와 산소탱크의 압력조절을 위한 각각의 레귤레이터와 밸브, 가스 유량컨트롤러인 MFC, 체크밸브, Stack, 배출 압력 조절을 위한 Back pressuer 레귤레이터 등으로 구성하였다. 그림 6과 그림 7은 각각 태양광 발전, PEMFC의 특성 모니터링을 위한 블록도와 모니터링 화면을 보여주고 있다. 블록도는 입력채널 모니터링 블록도로서 AI 모듈을 통해 입력받은 데이터의 처리과정과 모니터링 그래프화,

데이터의 저장과정을 나타낸 것이다. 저장된 데이터는 텍스트 파일로 저장되어 전체 평균 또는 출력 파일로 불러와 재사용과 보관이 용이하다. 모니터링 화면의 왼쪽은 stack의 온도를 측정하기 위한 패널이고 오른쪽은 각각 태양광 발전과 PEMFC의 출력을 측정하기 위한 패널이다. 모니터링시스템의 설계를 위한 프로그램으로는 NI사의 LabVIEW 8.0을 이용하였으며, 데이터 수집을 위한 하드웨어는 그림 8과 같이 CFP 1800 back plate와 AI-110 module, RTD module, CB-3 module, pt-100센서, 전압/전류 트랜듀서 등으로 구성하였으며, DC전압공급을 위한 LG GP-4303DU DC 전원공급장치와 KIKUSUI PLZ1004W DC electronic LOAD, DAQ 장치인 NI CFP-1800, AI 110 모듈, RTD 모듈 등을 나타낸 것이다.

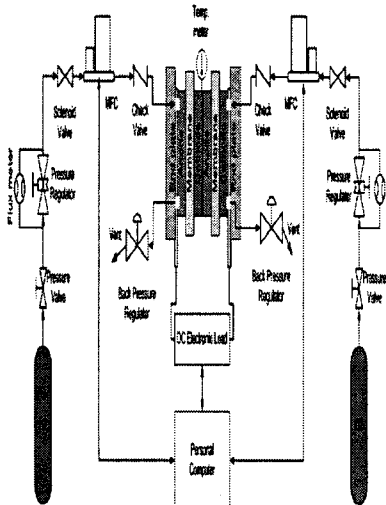


그림 4. 연료전지시스템 구성도

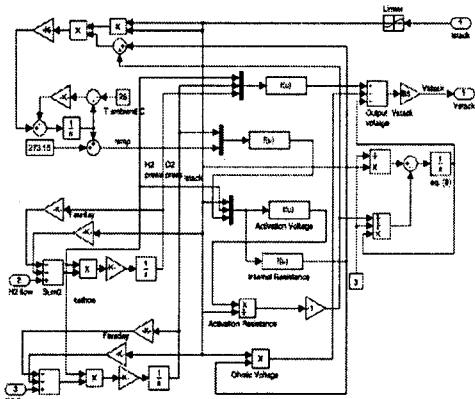


그림 5. 연료전지 시스템 제어 흐름선도

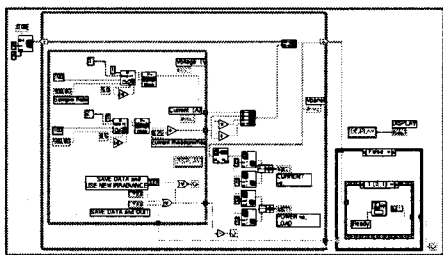


그림 6. 시스템 계측 블록도

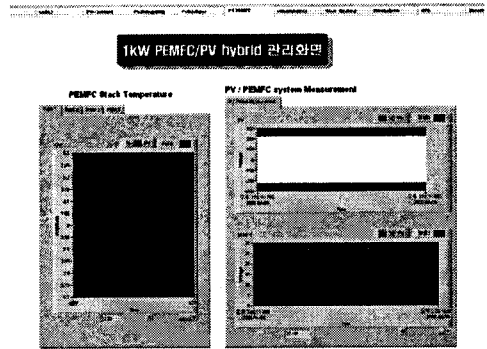


그림 7. PVPEMFC 시스템 모니터링 메인화면

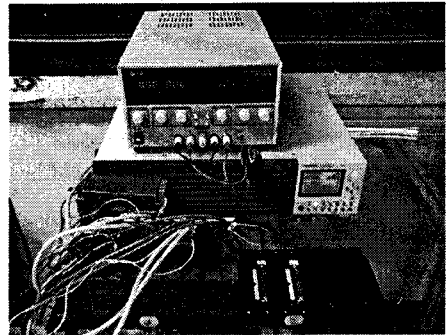


그림 8. 계측 하드웨어

그림 9는 연료전지 시스템에 부하를 걸선하였을 때 연료전지에서 발전되는 출력전압과 출력전류를 측정된 결과로서, 출력은 약 DC 24[V] 전압과 약 20[A]의 전류를 나타내고 있으며 이에 따른 전력은 약 480[W]이다.

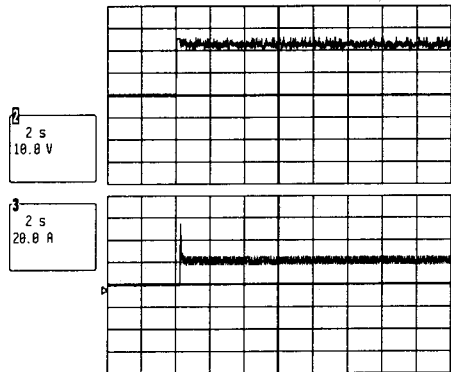


그림 9. 연료전지 전압 전류 출력 특성

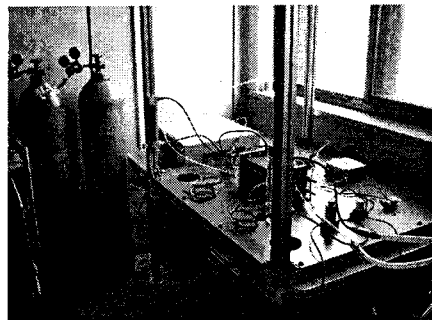


그림 10. 500W 연료전지시스템

### 2.3 수전해장치

아직까지 태양광이나 풍력 등의 대체 전원으로 얻어지는 전력은 고가이므로 이들에 의한 전기분해로 수소를 생산하는 것은 경제성이 없는 것으로 판단되고 있다. 물의 전기분해로 제조되는 수소는 현재 가장 경제적인 제조방법으로 평가되는 천연가스 수증기 개질 방법에 비해 3배 정도 고가이다. 따라서 물의 전기분해에 의한 수소의 제조방법은 전기를 얻는 방법에 따라 제조가격의 차이가 크게 나타나고 있지만, 장차 화석연료가 아닌 것으로부터 전기를 생산하여야만 하는 미래에서는 전력을 저장하여 이를 이용할 수단으로 전기분해에 의한 수소생산의 중요성이 크게 부각되고 있다. 이는 연료전지의 상용화 기술개발이 함께 이루어져야 하며, 최근 널리 검토되고 있는 분산형 전원시스템의 도입은 태양광발전과 풍력발전 등을 함께 이용할 수 있는 차세대 전력공급기술이 될 수 있을 것이다. 이러한 수소생산의 중요성을 인식하고 본 연구에서도 수소를 생산하는 시스템을 시험 가동 중이다. 모니터링시스템에 수집되는 데이터는 산소압력, 수소압력, 산소측 수위, 수소측 수위 등이며 수집된 데이터는 표 1과 같다.

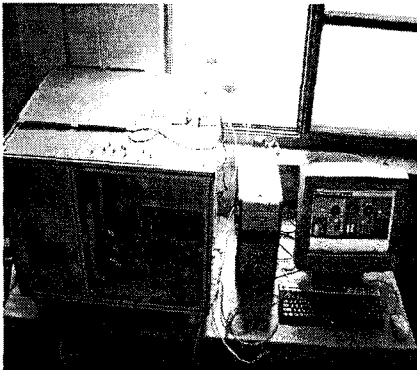


그림 11. 수전해장치 및 실시간 모니터링시스템

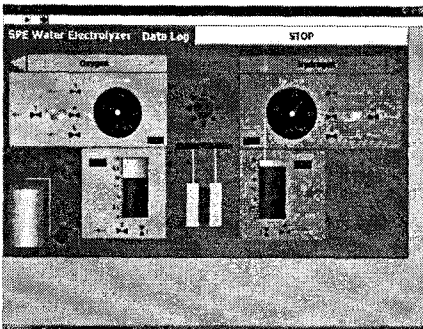


그림 12. 수전해장치 모니터링시스템의 메인화면

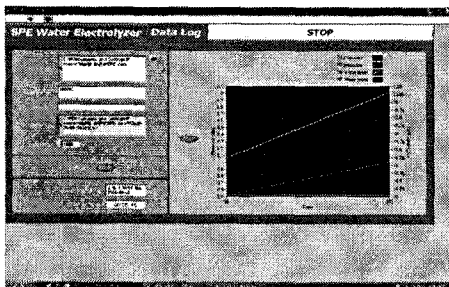


그림 13. 수전해장치 모니터링시스템의 데이터 수집 현황

표 1. 수집된 개질시스템의 항목별 데이터

시간	원속	O <sub>2</sub> 압력	H <sub>2</sub> 압력	O <sub>2</sub> 측수위	H <sub>2</sub> 측수위	O <sub>2</sub> 수압	H <sub>2</sub> 수압
오전 10:00:23	1.000682	0.954596	0.01917	0.003833	11.66326	12.77268	
오전 10:00:24	1.000682	0.954867	0.003834	0.007666	11.66326	12.77268	
오전 10:00:25	1.000786	0.956139	0.005751	0.011499	11.66326	12.77268	
오전 10:00:26	1.000684	0.955478	0.007668	0.015332	11.66326	12.77268	
오전 10:00:27	1.000718	0.95575	0.008685	0.019165	11.66326	12.77268	
오전 10:00:28	1.000684	0.95609	0.011502	0.022998	11.66326	12.77268	
오전 10:00:29	1.000684	0.956429	0.013419	0.026831	11.66326	12.77268	
오전 10:00:30	1.000684	0.956701	0.015336	0.030664	11.66326	12.77268	
오전 10:00:34	1.000684	0.956973	0.017253	0.034497	11.66326	12.77268	
오전 10:00:34	1.000684	0.956973	0.01917	0.003833	11.66326	12.77268	
오전 10:00:35	1.001125	0.958467	0.003834	0.007666	11.66326	12.77268	
오전 10:00:36	1.001058	0.958739	0.005751	0.011499	11.66326	12.77268	
오전 10:00:37	1.001125	0.959078	0.007668	0.015332	11.66326	12.77268	
오전 10:00:38	1.001261	0.959418	0.008685	0.019165	11.66326	12.77268	
오전 10:00:39	1.001397	0.95969	0.011502	0.022998	11.66288	12.77268	
오전 10:00:40	1.001329	0.960097	0.013419	0.026831	11.66288	12.77268	
오전 10:00:41	1.001261	0.960301	0.015336	0.030664	11.66288	12.77268	
오전 10:00:42	1.001329	0.960573	0.017253	0.034497	11.66288	12.77268	
오전 10:00:43	1.001397	0.960913	0.01917	0.03833	11.66288	12.77268	
오전 10:00:44	1.001465	0.961184	0.021067	0.042163	11.66288	12.77268	
오전 10:00:45	1.001397	0.961524	0.023004	0.045996	11.66288	12.77268	
오전 10:00:46	1.001533	0.962067	0.024921	0.049829	11.66288	12.77268	
오전 10:00:47	1.001699	0.962407	0.026838	0.053662	11.66288	12.77268	
오전 10:00:48	1.001699	0.962407	0.028755	0.057495	11.66288	12.77268	
오전 10:00:49	1.001699	0.962543	0.030672	0.061328	11.66288	12.77268	
오전 10:00:50	1.001699	0.963222	0.032589	0.065161	11.66265	12.77213	

### 3. 결 론

본 논문에서는 500W 태양광발전시스템과 500W 연료전지시스템 그리고 수전해장치를 연계하여 1kW급의 하이브리드 발전시스템을 설계를 제안하였고, 각 시스템별 운전특성을 분석하였다. 현재는 별개의 발전시스템으로 각각 운전중에 있으며 최적의 연계방안을 위해 실증연구 중에 있다.

기본적인 연계방안을 살펴보면, 태양광으로부터 발생되는 전력을 이용하여 부하에 공급함과 동시에 수전해장치를 구동시키고, 수전해장치는 전기분해시 필요한 전력을 태양광으로부터 공급받아 수소를 생산하게 된다. 생산된 수소는 다시 연료전지로 공급되어 전력을 생산함으로써 안정되고 지속가능한 에너지원으로써 역할을 하게 된다는 메커니즘을 가지고 있다. 추가적으로 발생된 수소를 저장할 수 있는 장치를 적용한다면 태양광발전이 태양의 부조로 인해 전력을 생산하지 못하는 밤이나 흐린 날에는 저장된 수소를 연료전지로 공급하여 전력을 생산함으로써 축전지를 대신하여 더욱 안정적인 전력을 생산할 수 있을 것이다.

마지막으로 각 에너지원별로 발생되는 전력과 수전해장치를 통한 수소생산 및 연료전지시스템 구동에 필요한 전력 등을 비교하여 그 경제성을 검토할 예정이다.

본 논문은 산업자원부 전력선행기술과제 “지역별 신재생에너지 통합관리 운영시스템 개발” (과제번호:R-2005-B-117)에 의해 연구되었음.

### [참 고 문 헌]

- [1] Dreyon Chu, Rongzhong Jiang, Comparative studies of polymer membrane fuel cell stack and single cell. Journal of Power Sources 80, 1999.
- [2] A. J. Appleby and F. R. Foulkes, Fuel Cell Handbook, 1999.
- [3] D. Staschewskia, Z. Q. Mao, Hydrogen air PEMFC operation with extraordinarily low gas pressures and internal humidification conception and experimental prototype stack, International Journal of Hydrogen Energy 24, p 543-548, 1999
- [4] Joshua M. Cunningham, Myron A. Hoffman and David J. Friedman, A comparison of high pressure and low-pressure operation of PEM fuel cell systems, Fuel Cell Power for Transportation 2001.