

EMTDC를 이용한 수소제조용 태양광 발전 시스템의 모델

이동한*, 박민원*, 유인근*

국립창원대학교*

EMTDC model Development of Solar Powered Hydrogen Production System

Dong-han Lee*, Min-won Park*, In-Keun Yu*

Changwon National University*

Abstract - This paper presents an effective modeling scheme of SPE cell system for hydrogen production. PSCAD/EMTDC model of SPE cell system for hydrogen production to efficiently utilize Solar cell energy which produces effectively hydrogen energy is showed in this paper. The simulated results are then verified by comparing them with the actual values obtained from the data acquisition system. Authors are sure that it is a useful method to the researchers who study SPE cell system for hydrogen production.

1. 서 론

세계 10위의 에너지 소비국인 동시에 석유 수입 4위국인 우리 나라는 신·재생에너지 개발이 무엇보다 시급한 실정이다. 다행히 우리 나라도 정부의 10대 차기주력 산업 선정에 수소연료전지 개발사업이 선정되어 내년부터 이 분야의 대대적인 연구개발지원이 예상된다. 신·재생 에너지는 여러 종류가 있으나 에너지효율, 청정 이런 면을 고려할 때 차세대 대체에너지로 가장 유력한 것은 바로 수소이다.

연구의 기본적인 배경이 되는 에너지의 흐름도 및 태양 광 발전시스템과 SPE를 이용한 수소제조시스템(이하, PV-SPE 시스템)의 원리는 그림 1과 같다[1, 2].

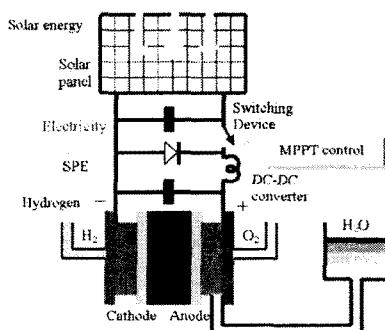


그림 1. 수소제조 원리

깨끗한 무공해 에너지, 무한계성의 에너지원, 그리고 환경친화적인 에너지로 여러 가지 장점을 가진 태양광 발전시스템[3]을 이용하여, 저장과 수송이 용이하며 충방 속성이 적은 새로운 에너지원으로서 각광을 받고 있는 수소에너지를 생성하는 메카니즘이다[4].

본 논문에서는 최근 신·재생에너지원으로 주목을 모으고 있는 수소에너지의 생산에 태양광에너지를 효율적으로 활용하기 위한 고효율·고안정성 수소제조용 태양광

발전시스템의 EMTDC를 이용한 시뮬레이션 해석 모델을 제시하려고 한다.

2. SPE(Solid Polymer Electrolyte)

SPE를 이용한 물 전기분해로 생산한 산소와 수소는 고순도 이므로 산소는 의료용으로, 수소는 최근 잉여 전력 저장 시스템으로 주목받고 있는 등 여러 가지 용도로 사용할 수 있다. 이러한 SPE를 이용한 물 전기분해는 SPE의 양극에 전극촉매를 접합시켜 전해액에 걸어서 물을 전기분해 시키는 공정이며, 높은 전류밀도에서도 고효율의 전기분해가 가능하다. 또 PV-SPE 시스템에서 전기적인 요구사항은 얼마만큼 다량의 전류를 SPE에 흘러 보내느냐 하는 것이며, 그림 2는 단일 SPE 셀의 전압-전류 특성곡선을 나타낸 것이다[6]. 그림과 같이 SPE 셀은 전류 의존성 부하로서 소비전력은 순시전류 밀도와 비례하므로, DC/DC 컨버터부가 제안된 기상조건 하에서 얼마만큼 많은 양의 전력을 SPE 셀에 공급해 주느냐가 관건이다.

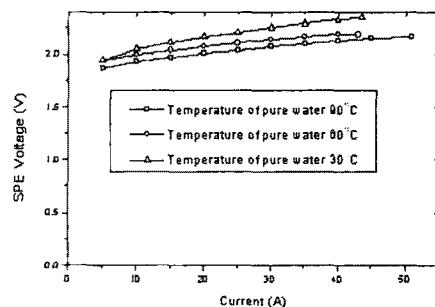


그림 2 SPE의 전압-전류 특성곡선

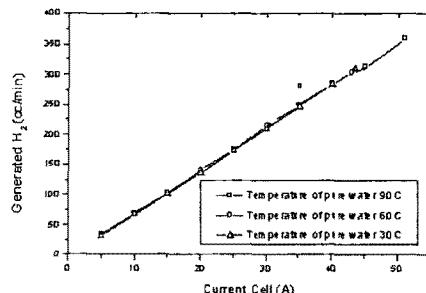


그림 3. SPE의 전류에 의한 수소발생 곡선

그림 3에서 나타난 바와 같이 수소의 생산량은 셀내에 흐르는 전류량과 정비례함으로 DC/DC 컨버터에 의한 MPPT 변환효율이 수소생산량과 비례적인 상관관계를 유지함을 알 수 있으며, 또한, SPE 셀은 그림 2에서 나

타난 것과 같이 공급 물의 온도를 높여주면 셀의 단자동작전압이 낮아지고 그로인해, 같은 전력하에서는 보다 높은 전류를 흘릴 수 있음으로 인해 물의 온도가 높을 때 보다 많은 양의 수소를 발생시킨다.

3. EMTDC를 이용한 PV-SPE 시스템의 모델링

그림 4는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링한 PV-SPE 시스템의 회로도이다.

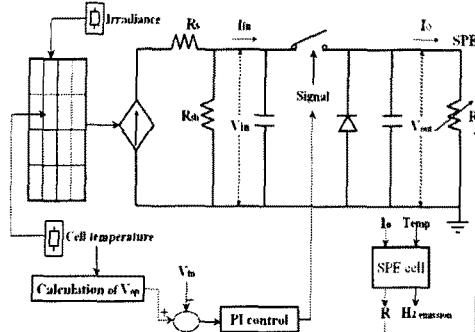


그림 4. EMTDC를 이용한 SPE 셀 회로도

태양광 셀은 논문[4]을 통해서 제안된 방식을 이용하여 일사량과 태양전지 표면온도를 임의대로 조절할 수 있도록 하였고 표면온도로부터 계산된 최적전압이 피드백되어 제어에 사용되도록 설계하였다. SPE 셀에서 공급되는 물의 온도는 SPE 셀의 전압을 변화시키고, 변화된 SPE 셀의 전압은 전력이 일정하다면 전류에 영향을 미친다. 그러므로 전류와 저항의 관계를 알기위해, 물의 온도와 SPE 셀의 전압, 전류에 따른 SPE 셀의 저항식이 필요하였다.

$$R \approx 0.31 \left\{ \frac{e^{\left(\frac{I_{SPE} + 1}{5.7} \right)} + 1}{e^{\left(\frac{I_{SPE} + 1}{5.7} \right)} - 1} \right\} \quad (1)$$

식 (1)은 실험을 통해서 구한 SPE 셀의 내부저항 특성방정식이다. 이 식을 이용 그림 5의 SPE에서의 저항-전류 특성곡선을 구할수 있었다.

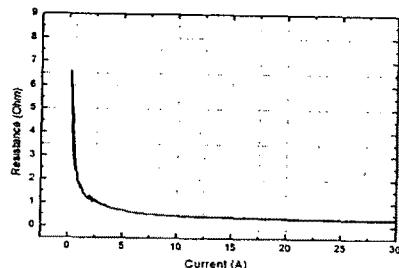


그림 5. 실험적으로 구한 SPE에서의 R-I 특성곡선

그림6은 온도에 따른 전압-전류 특성곡선을 보여주는데, 온도가 높을수록 같은 전압이 동일값일때 많은 전류를 생산하는 것을 보여준다.

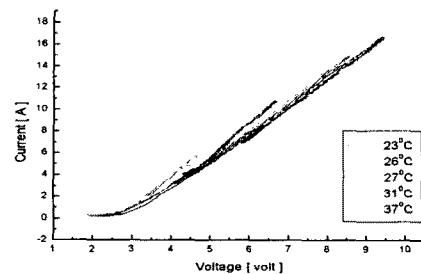


그림 6. SPE에서의 온도에 따른 V-I 특성곡선

4. 실제 PV-SPE 시스템 제작과 시뮬레이션

실제 시스템과 시뮬레이션에 의한 결과를 비교 분석하기 위해서 실제 PV-SPE 시스템을 그림 7과 같이 제작하였다.

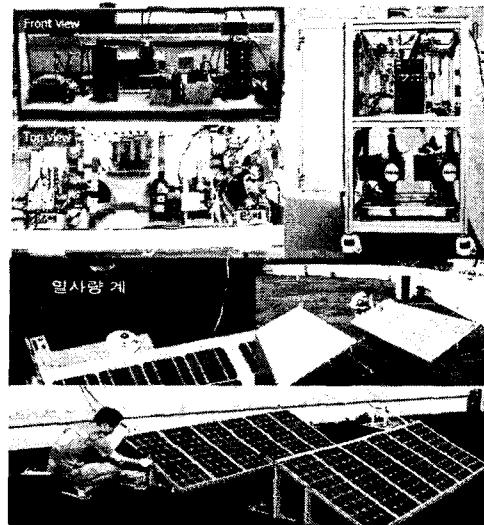


그림 7. DC/DC컨버터와 실제 제작된 PV-SPE 시스템

그림 8와 9에서 보는 것과 같이 실제 제작된 PV-SPE 시스템은 우수한 동작특성을 보여준다. PV-array의 출력이 최고 일때, SPE 역시 최고 출력 값을 가지는 것을 볼 수 있다.

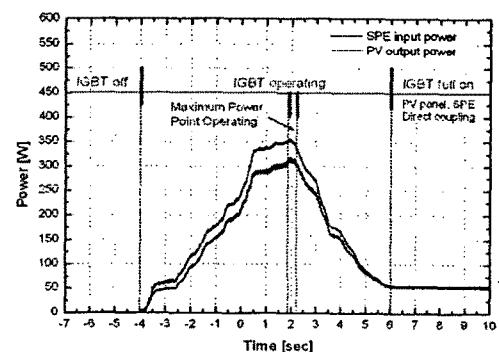


그림 8. DC/DC 컨버터를 이용한 PV-SPE 시스템의 전력특성곡선

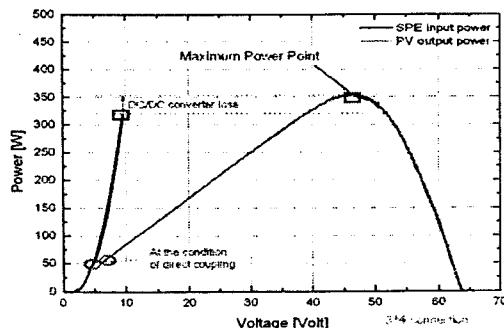


그림 9. PV와 SPE 시스템의 P-V특성곡선

그림 10은 실험 시 적용된 실제 기상조건, 즉 태양전지의 표면온도와 일사량을 나타낸 것이다.

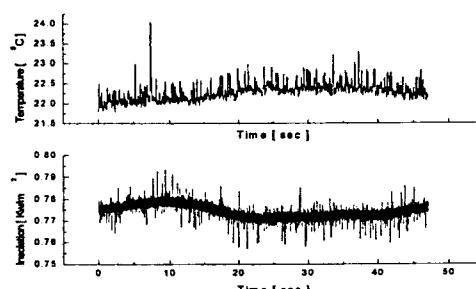


그림 10. 데이터에 적용된 실제기상조건

그림 11과 그림 12는 태양전지 출력 전압 값과 SPE 유입전류의 실제 데이터와 시뮬레이션 결과 값을 각각 나타낸 것이다.

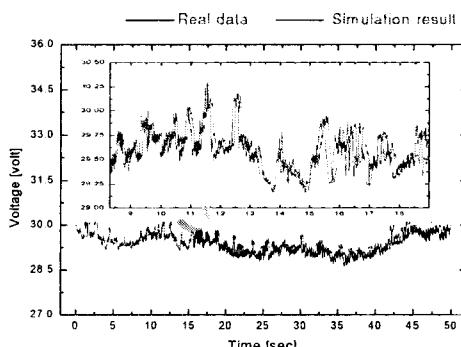


그림 11. 태양전지의 출력전압 비교 곡선

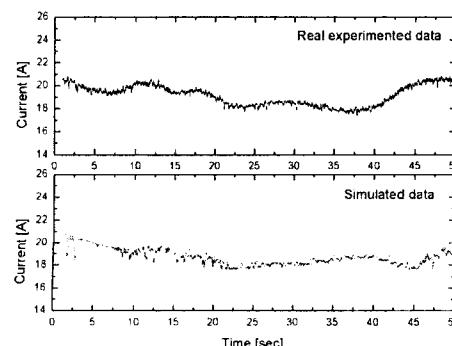


그림 12. SPE 셀의 유입전류 비교

그림 11과 12에서와 같이 전압의 경우는 실제 값과 시뮬레이션 값이 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 그런데 전류의 비교 값을 보면 약간의 불일치가 보인다. 이는 일사량계의 시정수 때문인데 이 시정수 때문에 일사량계의 출력신호가 일사량에 즉각 반응하지 못하고 그에 따른 차이가 발생하는 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 과도현상 분석용 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 PV-SPE 시스템을 모의 분석하였다. 이 과정중 SPE 셀과 태양광 셀 콤포넌트를 새로이 개발하였다. 또한 과도현상 분석을 위해 DC/DC 컨버터를 이용한 PV-SPE 시스템을 실제 제작 하였으며, 실제 작동된 시스템은 우수한 동작 특성을 보여주었다. 그리고 EMTDC를 이용한 모의분석 결과와 실제 시스템의 데이터 값이 거의 일치함을 알 수 있었다.

앞으로는 좀더 정확한 데이터 분석을 위해 변수 및 시정수 등의 보정을 실행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03)의 일부지원과, 산업자원부의 지원에 의하여 기초진력연구원(02340-17, R-2003-B-342)주관으로 수행된 것임.

참 고 문 헌

- [1] P. Millet, H. Andolfatto, "Design and Performance of a Solid Polymer Electrolyte Water Electrolyzer", Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 21, No. 2, pp. 87-93, 1996
- [2] K. Scott, W.Taarna, "Performance and Modelling of a Direct Methanol Solid Polymer Electrolyte Fuel Cell", Journal of Power Sources 65, pp. 159-171, 1997
- [3] [PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual], Manitoba HVDC Research Centre
- [4] Min-Won Park, In-Keun Yu, "Photovoltaic Generation System Simulation using Real Field Weather Conditions", Journal of IEEEEE, Vol. 5, No. 2, 2001
- [5] Signe Kjelstrup Ratkje, Magnar Ottoy, "Thermoelectric Power Relevant for The Solid-Polymer Electrolyte Fuel Cell", Journal of Membrane Science 107, pp. 219-228, 1995
- [6] Kazuo Murata, Shuichi Izuchi, "An Overview of The Research and Development of Solid Polymer Electrolyte Batteries", Electrochimica Acta 45, pp. 1501-1508, 2000
- [7] P. A. Lehman, C. E. Chamberlin, "Operating Experience with a Photovoltaic-Hydrogen Energy System", Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 22, No. 5, pp. 465-470, 1997