

PV-SPE 시스템 최적 운전 기법에 관한 연구

이동한, 김종현, 박민원, 유인근
 창원대학교

EMDTC model Development of Solar-Powered Hydrogen Production system

Donghan Lee, Jonghyun Kim, Minwon park, In-keun Yu
 Changwon National University

Abstract - This paper present an effective modeling scheme of SPE cell system for hydrogen production. As oxygen and hydrogen produced by water electrolysis using SPE are high purity, we can use oxygen in biomedical and hydrogen could be used in many ways. Recently, it is under the eye as a surplus power storage system. PSCAD/EMTDC model of SPE cell system for hydrogen production to efficiently utilize solar cell 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 우리나라는 신·재생에너지 개발이 무엇보다 시급한 실정이다. 다행히 우리나라도 정부의 10대 차기주력 산업 선정에 수소연료전지 개발사업이 선정되어 내년부터 이 분야의 대대적인 연구개발지원이 예상된다. 신·재생 에너지는 석유나 석탄, 천연가스 등 화석연료 수준의 효율성을 발휘하면서도 질산화합물, 황산화합물, 분진 같은 대기 오염물질을 배출하지 않는 청정에너지라야 한다는 난제까지 떠 안고 있으며, 이런 면을 고려할 때 차세대 대체에너지로 가장 유력한 것은 바로 수소이다.

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

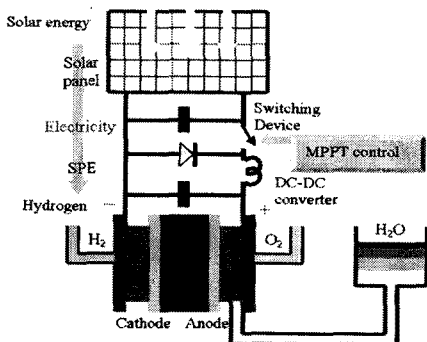


그림 1. 수소제조 원리

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

본 논문에서는 최근 신·재생에너지원으로 주목을 받고 있는 수소에너지의 생산에 태양광에너지를 효율적으로 활용하기 위한 고효율·고안정성 수소제조용 태양광발전시스템의 모델을 제시하기 위해 우선적으로 SPE cell의 PSCAD/EMTDC[5] 모델을 제시한다.

2. SPE(Solid Polymer Electrolyte)

SPE를 이용한 물 전기분해로 생산한 산소와 수소는 고순도이므로 산소는 의료용으로, 수소도 여러 가지 용도로 사용할 수 있다. 최근에는 잉여 전력 저장 시스템으로 주목받고 있다.

25℃, 1기압에서 이론적인 물 전기분해 전압은 1.23V이나 실제 전기분해 반응이 일어날 때에는 이보다 높은 전압을 가하여야 하는데, 그 이유는 전극에서의 반응저항 및 전해 장치의 내부저항 등으로 인한 전압손실(과전압)이 발생되기 때문이다. 이 과전압의 크기는 물 전기분해 장치의 운전비용에 큰 영향을 미치며 작동 전류밀도는 장치비와 관련이 있다. 따라서, 물 전기분해는 과전압이 낮으면서 높은 전류밀도로 운전 가능하고 고효율을 기대할 수 있어야 한다.

SPE를 이용한 물 전기분해는 SPE의 양면에 전극촉매를 접합시켜 전해셀에 걸어 물을 전기분해시키는 공정이며, 높은 전류밀도에서도 고효율의 전기분해가 가능하다. PV-SPE 시스템에서 전기적인 요구사항은 얼마만큼 다량의 전류를 SPE에 흘려 보내느냐 하는 것이며, 그림2는 단일 SPE셀의 전압전류 특성곡선을 나타낸 것이다[6].

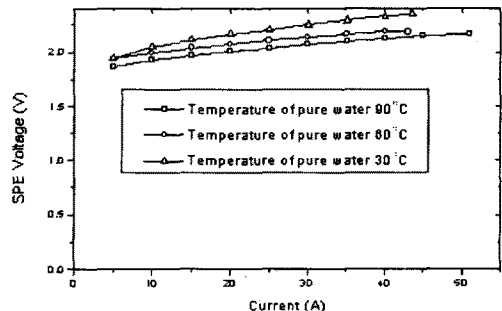


그림 2. SPE의 전압-전류 특성곡선

그림 2와 같이 SPE 셀은 전압 의존성 부하로서 소비 전력은 셀내의 순시전류밀도와 비례하므로, DC/DC 컨버터부가 제안된 기상조건하에서 얼마만큼 많은 양의 전력을 SPE 셀에 공급해 주느냐가 관건이다.

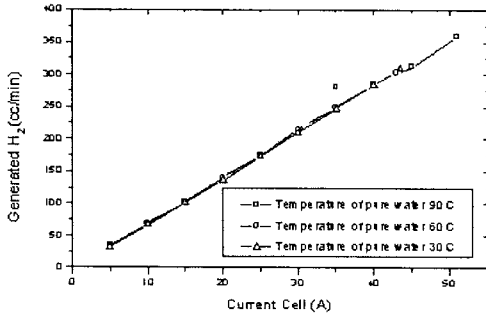


그림 3. SPE의 전류에 의한 수소발생 곡선

그림 3에서 나타난 바와 같이 수소의 생산량은 셀내에 흐르는 전류량과 정비례하므로 DC/DC 컨버터에 의한 MPPT 변환효율이 수소생산량과 비례적인 상관관계를 유지함을 알 수 있으며, 또한, SPE 셀은 그림 2에서 나타난 것과 같이 공급 물의 온도를 높여주면 셀의 동작전압이 낮아지고 그로인해, 같은 전력하에서는 보다 높은 전류를 흘릴 수 있으므로 인해 물의 온도가 낮을 때 보다 많은 양의 수소를 발생시킨다. 그러나 자연적인 상태에서 물의 온도를 40°C로 올리거나 적사광선을 이용한 태양온수 시스템 이외에는 불가능하므로 높은 온도의 물을 공급하는 것 또한 해결되어야 할 문제이다.

3. SPE Model component 개발

그림 4는 EMTDC를 이용해 모델링한 SPE cell 이다. 각각 두개의 입력과 출력이 있는데, 입력값은 물의 온도와 인가전류이다. 이 두 입력신호를 분석, 그림 5의 SPE 특성방정식을 구할 수 있었다.

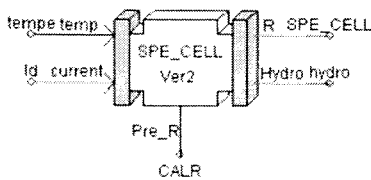


그림 4. SPE cell in EMTDC

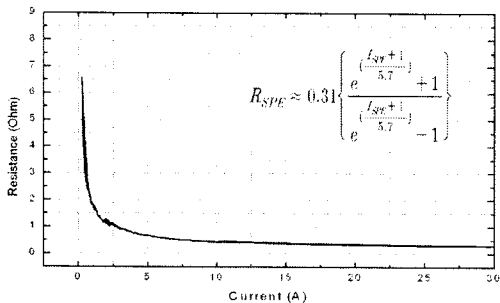


그림 5. SPE cell 특성방정식과 인가전류에 의한 내부저항의 변화

4. PV-SPE 시스템의 동작결과

그림 6은 EMTDC를 이용한 PV-SPE 시스템의 개념도이다.

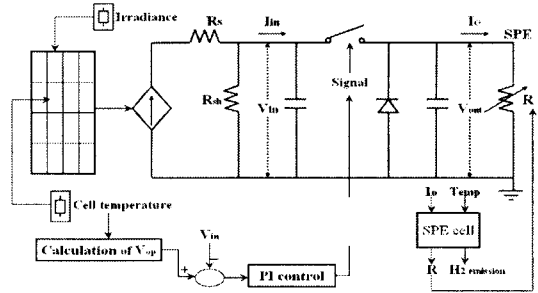


그림 6. EMTDC를 이용한 PV-SPE 시스템의 개념도

과도현상을 분석하기 위해서 실제 PV-SPE 시스템과 DC/DC 컨버터를 그림 7과 같이 제작하였다.



그림 7. 제작된 PV-SPE 시스템과 DC/DC converter

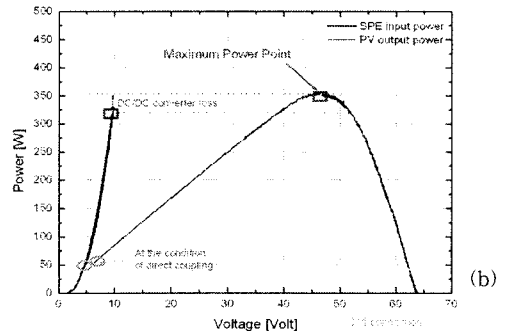
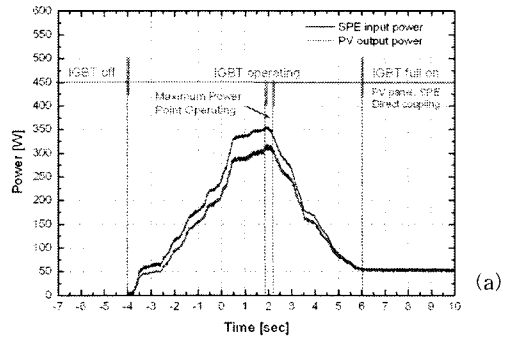


그림 8. (a) DC/DC converter의 운전특성 곡선 (b) PV-SPE 시스템의 PV특성곡선

그림 8에서 알수있듯이 DC/DC converter는 좋은 동작특성을 보여준다.(최대 출력시 효율 92%) 그리고 PV array가 최대 출력을 낼때 SPE셀 역시 최대의 입력전류값을 가진다. 직접연결 운전은 효율이 낮음을 확인했다.

5. 결 론

본 논문에서는 과도현상 분석용 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 PV-SPE 시스템을 모델링 하였다. 실험을 통해 SPE 셀과 PV 셀 컴포넌트를 구성하였다. 시뮬레이션과 실험결과를 비교하기위해 실제 과도현상 분석용 PV-SPE 시스템을 제작하였으며 실험결과 만족 할만한 동작특성을 보여주었다.

더욱이 새로운 컴포넌트들로 구성된 PV-SPE 시뮬레이션은 실험에 의한 PV-SPE 시스템의 동작 특성과 일치 되는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 개발된 SPE 셀과 PV 셀 컴포넌트의 전력 시스템 응용 시뮬레이션 분석에 대한 적용 가능성을 확인하였다.

본 연구는 산업자문부 지원, 기초전력연구소의 연구비 지원과, 창원대학교 지역협력클러스터 사업단의 일부지원에 의해 수행되었음.

[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.Taama, "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 IKEEE, 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

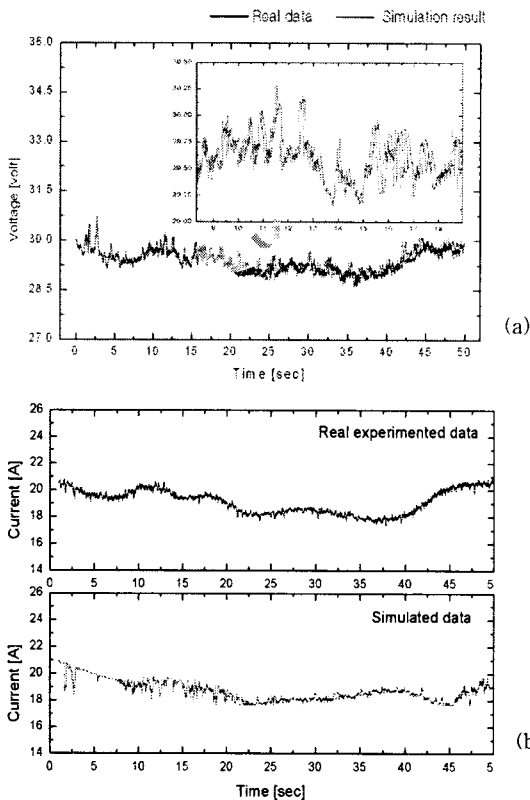


그림 9. (a) PV-array의 출력전압값 비교
(b) SPE셀에 인가되는 전류값의 비교

그림 9에 (a)는 PV-array의 실제 출력 전압값과 시뮬레이션값을 비교한 그래프이며, (b)는 SPE셀에 인가되는 전류의 실험값과 시뮬레이션을 비교한 그래프이다. PV array의 출력전압값의 경우는 실제 실험결과와 시뮬레이션 결과가 거의 일치하는 것을 볼수 있었다. SPE셀에 인가되는 전류값의 경우 실험값과 모의결과가 시간함수적 차이를 가지나, 이는 일사량계(Actinometer)의 시정수에 의한 오차이다.