

PV-SPE 시스템의 제어 및 운전 시뮬레이션기법

김봉태*, 이재득*, 박민원**, 성기철***, 유인근*
 *창원대학교, **오사카대학, ***한국전기연구원

A Simulation Technique for Operation and Control of PV-SPE System

Bong-Tae Kim*, Jae-Deuk Lee*, Minwon Park**, Ki-Chul Seong***, In-Keun Yu*
 *Changwon National University, **Osaka University, ***KERI

Abstract -Photovoltaic(PV) and hydrogen are the high quality, clean-burning fuel, which could replace oil and natural gas for transportation, heating and power generation. If hydrogen is made via PV-powered water electrolysis, it would be possible, in principle, to provide energy on global scale, with essentially no greenhouse gas emission and very low level of local pollution. In this paper, the operation control of PV-SPE system is briefly discussed and the simulation scheme of the system is also proposed.

1. 서 론

선진각국에서는 21세기 중반에 다가올 화석연료에서 무공해 자연에너지로의 에너지 시프트(Energy shift)시기를 맞이하기 위해 중장기적인 관점에서 계획을 수립하고 차츰 가시적인 성과를 도출시키고 있다. 그 중에서도 특히 태양전지와 SPE(Solid Polymer Electrolyte)를 이용한 수소제조방식이 선진각국에서 새로운 관심을 불러일으키고 있고 필요성이 절실히 요구되고 있다. 본 논문에서는 태양전지와 SPE를 이용한 환경친화성 수소제조시스템의 다양한 운전제어법을 소개한다. 운전기법의 소개와 함께 PV-SPE시스템의 시뮬레이션기법도 소개된다. 시뮬레이션 기법은 전압전류특성방정식을 가진 태양전지와 태양전지로부터 안정적인 출력을 SPE에 공급하기 위한 전력변환장치, 그리고 전압의존성부하로 분류되는 SPE의 통괄적인 과도현상 시뮬레이션기법을 말한다. 시뮬레이션 툴로서는 EMTP타입 시뮬레이터를 사용하는 방법을 소개한다.

2. PV-SPE 시스템

2.1 PV-SPE 시스템 개념

SPE를 이용한 태양광발전 수소제조시스템[1-4]의 연구는 선진각국을 중심으로 진행되어 실용화단계에 눈앞에 두고 있는 실정에 있다. 태양광 전원은 청정한 에너지원, 무한계성, 그리고 환경 친화적인 에너지원으로서의 장점을 가지고 있다. 반면, 수소에너지는 에너지의 저장과 수송이 용이하며 최근 집중적인 주목을 받고 있는 연료전지의 에너지원으로서 중요성을 더하고 있다. PV-SPE시스템의 개념도는 그림 1과 같이 표현할 수 있다. 수소에너지제조에 있어서 태양전지로부터의 전기 에너지를 이용한 전기분해를 통해서 수소를 생산하는 방식은 태양전지와 SPE를 집적 연결하는 방식과 DC-DC 컨버터를 통한 간접연결방식이 있다.

2.2 태양전지의 모델링

태양전지의 모델링은 저자들이 다양한 각도에서 소개[5-6]하였다. EMTP타입 시뮬레이션 및 일반적인 과도현상 시뮬레이터는 전원으로서는 전압원과 전류원을 가지

고 있다. 그러나, 태양전지는 전압원도 전류원도 아닌, 전압전류특성방정식을 가지는 전원으로서는 새로운 모델링이 필요하다. 이해를 돕기 위해 간단하게 소개하면, 그림 2에서 나타난 것과 같이 식(1)을 통해 표시된 전압전류특성방정식에서 식(2)에 나타난 이상태양전지특성방정식을 적용하고 기생저항은 회로요소로 표현한 방식을 시뮬레이터 내에 응용시켰다. 본 모델링 방법을 통하여 태양전지의 종류를 다양하게 변경하여 시뮬레이션 할 수 있을 뿐만 아니라, 직렬병렬연결계수를 변경함을 통해서 태양전지의 정격을 사용자의 자유로운 의도에 따라 변경 가능하게 하였다.

$$I = I_{sc} - I_{os} \left\{ \exp \left[\frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{n \cdot k \cdot T} \right] - 1 \right\} - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

$$I_d = I_{sc} - I_{os} \left\{ \exp \left[\frac{q}{n \cdot k \cdot T} \cdot E_d \right] - 1 \right\} \quad (2)$$

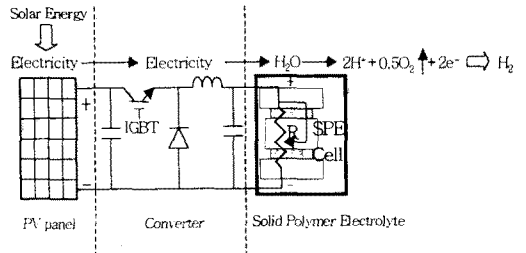


그림 1 태양전지와 SPE를 이용한 수소제조시스템의 개념도

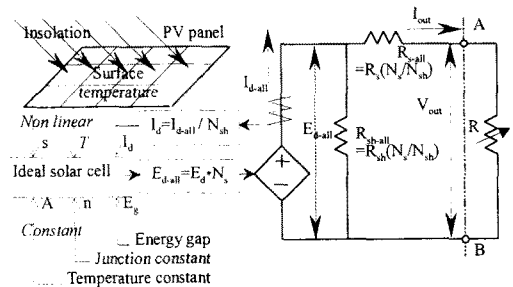


그림 2 태양전지의 시뮬레이션 개념도

3. SPE의 모델링

3.1 SPE의 구조

1975년 PEO-alkaline 금속 이온이 발명된 이후,

SPE는 우수한 전력밀도성으로 인해, 새로운 전기분해 시스템으로서 꾸준한 주목을 받아오고 있다. 그림 3은 SPE 셀을 이용한 수소제조시스템의 개념도이다. SPE는 멤브레인(membrane), 캐소드(cathode), 그리고 애노드(anode)로 구성되어 있다. 캐소드, 애노드의 내부전기변환은 식 (3)과 식 (4)로서 표현 가능하다.

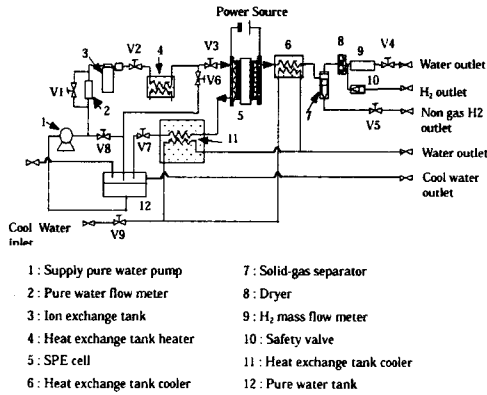
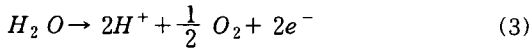


그림 3 SPE 셀을 이용한 수소제조시스템의 개념도

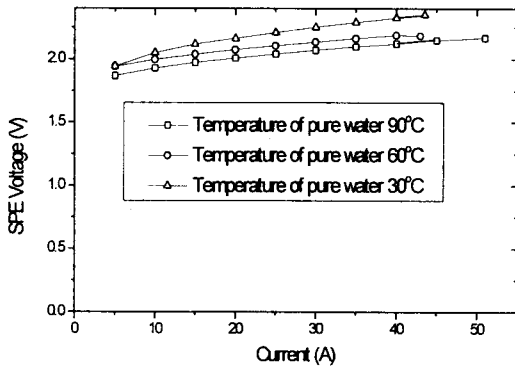


그림 4 SPE의 전압전류 특성

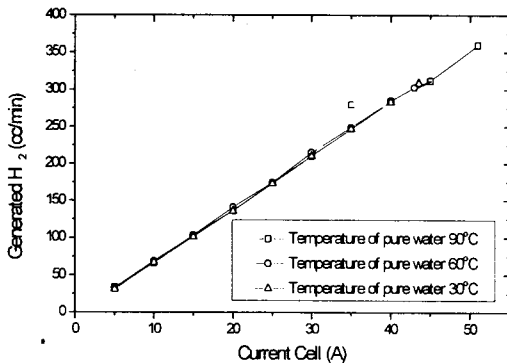


그림 5 SPE의 전류에 의한 수소발생 곡선

3.2 SPE의 전기적 특성

실험을 통해 얻어진 SPE의 전압전류 특성은 그림 4

와 같이 표현된다. 출력은 전기분해를 위한 물 온도에 비례함을 알 수 있다.

그림 5는 SPE의 유입전류와 SPE의 수소 발생량을 비교한 그래프이다. 그림 5에서와 같이 SPE는 유입 전류량과 수소 발생량이 비례함을 알 수 있다. 전력과 수소 발생량의 관계도 SPE는 일정전압특성을 가짐으로 인해 전류량과 수소 발생량의 비례와 같이 전력량과 수소 발생량도 비례함을 알 수 있다.

3.3 SPE의 특성도출

실험을 통해서 얻어진 그림 4 그리고 그림 5의 결과 SPE는 전기적인 관점에서 비주어 볼 때, 전압의 크기에 따라 내부 저항 값이 바뀌는 전압의존성 부하임을 알 수 있다. SPE의 시뮬레이션을 시뮬레이션 툴 상에서 실현시키기 위해서는 전압의존성 부하를 시뮬레이션에서 구현하지 않으면 되지 않는다. 전압의존성 부하인 SPE의 전기적인 내부 값을 실험을 통해서 수식으로 표현하였다. 입력으로는 SPE에 공급되는 물의 온도와 SPE에 입력되는 전압의 크기이다. 입력 값을 통하여 전압의존성 내부저항 값을 구해내고, 내부저항에 의한 SPE의 소비전력을 유출하여 소비전력 값과 공급되는 물의 온도를 이용하여 수소 발생량을 유출할 수 있다.

4. 시뮬레이션

제안된 시뮬레이션 방법을 통한 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 6은 실시한 시뮬레이션의 EMTDC상에서의 실질적인 다이어그램이다. 표 1은 회로정수 및 시뮬레이션 조건이다.

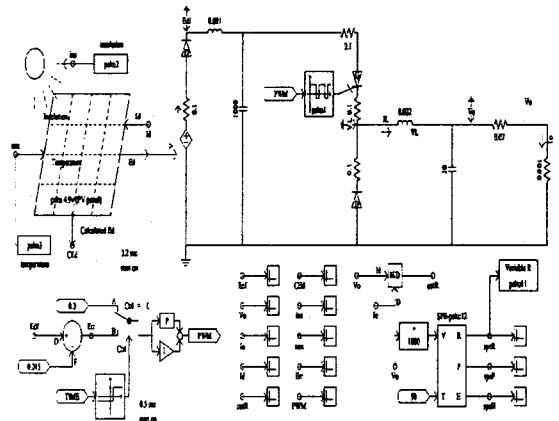


그림 6 시뮬레이션 다이어그램

표 1 회로정수 및 시뮬레이션 조건

일사량	0.7kW/m ²	DC filter	1mH, 1mF
태양전지 표면온도	45 °C	스위칭 주파수	10kHz
태양전지 정격	600W	시뮬레이션 기간	1초
시뮬레이션 sampling step	5 μs		
DC-DC converter 제어	태양전지출력전압 일정전압제어		
태양전지 출력시작	시뮬레이션 시작 0.2초 후		
SPE 전압의존성부하 시작	시뮬레이션 시작 0.4초 후		
DC-DC converter 제어 시작	시뮬레이션 시작 0.5초 후		

5. 결 론

본 논문을 통해 PV-SPE의 시뮬레이션 방법을 소개하였다. 제안된 방법을 통해 시뮬레이션을 수행하였고, 그에 따른 출력값을 확인할 수 있었다. 본 방식을 이용하여 PV-SPE 시스템의 연구가 보다 많이 활발하게 수행되길 기원한다.

(참 고 문 헌)

- [1] T. Tani et. Al. "Optimization of Solar Hydrogen Systems Based on Hydrogen Production Cost", Solar Energy Vol. 68, No. 2 pp. 143-149, 2000.
- [2] PA Lehman, et. Al. "Design of A Photovoltaic-hydrogen-Fuel Cell Energy System", Int. J. Hydrogen Energy, Vol 16, No. 5, pp. 349-352, 1991.
- [3] OE Soltermann et. Al. "Comparative Study between the hysolar Project and A Hypothetical International Project in Brazil For Hydrogen Production and Exportation (BHP) From Photovoltaic Energy and Secondary Hydroelectricity Combined Supply", Int. J. Hydrogen Energy, Vol 23 No. 9, pp. 735-739, 1998.
- [4] M Bonner, et. Al. "Status of Advance Electrolytic Hydrogen Production in the United State and Abroad", Int. J. Hydrogen Energy, Vol 9, No. 4, pp. 269-275, 1984
- [5] J.Chou, Y.Makino, Y.Hukuda, A.Danaka, E.Taniguchi, "A Study on the Constant Voltage Control of Photo-voltaic Generation", National Convention Record IEEJ, 588, pp.5(161-162), 1993
- [6] H.Dong, H.Sugimoto, N.Nishio, "A Maximum Power Tracking Control Method for Photovoltaic Power Generation System Based on Derivation of Output Power with Respect to Output Voltage", T. IEEJ, Vol.118-D, No.12, pp.1435-1442, 1998

그림 7은 시뮬레이션을 통해 얻어진 태양전지 출력값 및 DC-DC converter의 제어값을 나타낸 것이다. 0.2초후의 태양전지출력시작, 0.4초 후의 SPE의 전압의존성부하 시작, 그리고, 0.5초 후의 DC-DC converter 제어가 시작되고 난 후의 변화를 순차적으로 나타내고 있다.

그림 8은 시뮬레이션을 통해 얻어진 SPE의 내부저항값의 변화 및 그에 따른 수소 발생량을 나타낸 값이다. 0.4초 후의 SPE의 전압의존성부하 시작 후, 수소의 발생을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있다.

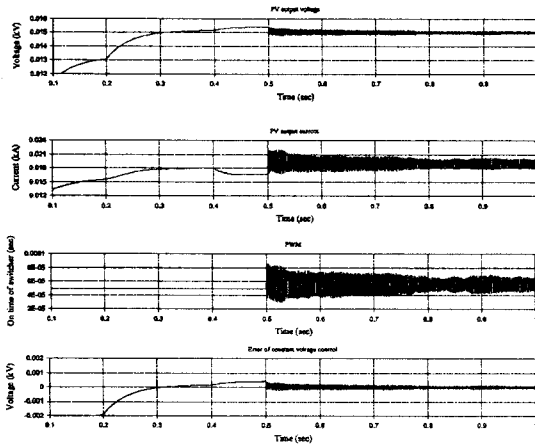


그림 7 태양전지의 출력값 및 DC-DC converter의 제어값

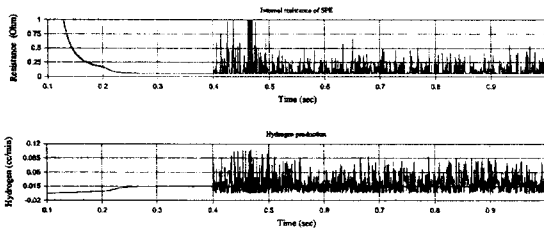


그림 8 SPE의 내부저항 변화 및 수소발생량