

100kW급 대용량 PV-SPE 시스템의 운전방법에 관한 연구

이석주*, 이동한*, 김종현*, 박민원*, 유인근*
 창원대학교*

A study on the various operating methods of 100kW class PV-SPE system

Seok-Ju Lee*, Dong-Han Lee*, Jong-Hyun Kim*, Minwon Park*, In-Keun Yu*
 Changwon National University*

Abstract - Recently, the concern for environmental issue has been rising in the world such as global warming and breaking of ozone barrier by exhausting carbon dioxide(CO2) and Freon. In this situation, Photovoltaic(PV) and hydrogen energy system for utilizing clean and renewable energy was highlighted to contribute very much against the global warming prevention. Until now, authors have studied EMTDC model Development of Solar-powered Hydrogen production system and manufactured the 600W class actual PV-SPE system. Which was established in 2004 to produce highly pure hydrogen energized by PV power generation system. Sooner, authors will establish 100kW class PV-SPE system. Economically, this system produce large amount of hydrogen. In this paper, all data of 100kW class PV-SPE system will be simulated by using PSCAD/EMTDC.

1. 서 론

현재 이산화탄소 방출에 의한 지구온난화와 오존층의 파괴로 환경적인 문제가 급격히 대두되고 있다. 이런 상황들로 미루어 볼 때, 태양광 발전을 이용한 수소 생산 시스템은 청정에너지와 신 재생 에너지로써 각광을 받고 있는 것이 사실이다. 현존하는 수소 생산 기술은 원유정제 등을 통해 대량의 수소를 생산해 낼 수 있지만 그에 못지않게 다량의 이산화탄소를 방출하는 것 또한 사실이다. 태양광 발전을 통한 물의 전기분해로 수소를 생산한다면 지구온난화에 영향을 미치는 온실가스의 배출을 줄일 수 있고 친환경적인 에너지를 생산할 수 있다. 100kW급 PV-SPE 시스템은 창원시의 연간 일사량을 기준으로 약 142.1MWh 전기에너지를 생산하고 이론적으로 수소 8865.3Nm³/year을 얻을 수 있다. 물의 전기분해로 얻는 수소생산 시스템의 규모가 커짐에 따라 현재의 수소산업의 발전에 많은 기여를 할 것이며 이렇게 해서 얻어진 수소는 여러 가지 분야에 널리 활용될 것이다(발전, 연료전지, 센서, 전기자동차, 산업공장 등). 본 논문에서는 설치된 100kW급 PV-SPE 시스템을 소개한다[1-4].

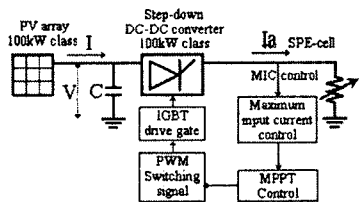
2. 실제 기상 조건(일사량)을 적용한 시뮬레이션

2.1 각 모드에 따른 제어 블록 다이어그램

100kW급 PV-SPE 시스템의 적당한 운전방법을 확인하기 위해서 표 1과 같이 4가지의 운전 방법으로 시뮬레이션 하였다.

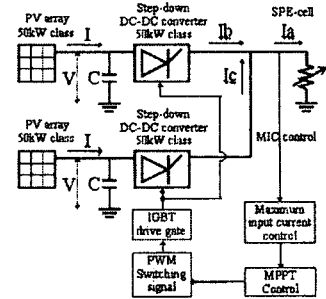
<표 1> PV-SPE system의 동작 모드

Mode	DC-DC Converter	Control Method
A	100kW class 1 EA	Feedback control with SPE input current
B	50kW class 2 EA connected in shunt	Feedback control with SPE input current only
C	50kW class 2 EA connected in shunt	Coincident control of each output current of two converters
D	50kW class 2 EA connected in shunt	Only one output current feedbacked and same PWM signal to two converters



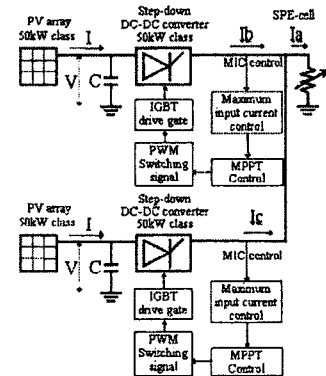
<그림 1> Mode A의 제어 블록 다이어그램

그림 1은 100kW급 PV-SPE 시스템에서 100kW급 컨버터 하나에 MPPT 제어를 하기 위해서 최대 입력전류 I_a만 피드백 받아서 IGBT drive gate로 PWM 스위칭 신호를 보내는 블록 다이어그램을 보여준다.



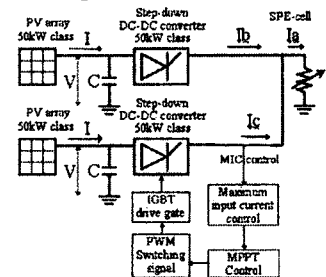
<그림 2> Mode B의 제어 블록 다이어그램

그림 2는 Mode B의 개념적인 블록 다이어그램이다. 이 시스템은 하나의 SPE 시스템과 각 각의 DC-DC 컨버터와 연결되어 있는 50kW급 PV 시스템 두 개가 병렬로 이루어져 있다. 그림 2에 나타난 것처럼 피드백은 SPE 입력전류 I_a 하나이고, 동일한 PWM 스위칭 신호가 각 각의 IGBT drive gate로 들어간다.



<그림 3> Mode C의 제어 블록 다이어그램

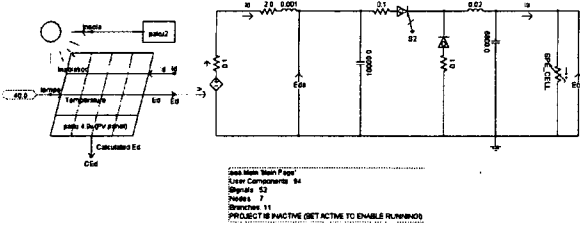
그림 3은 Mode C의 개념적인 블록 다이어그램이다. 이 시스템은 하나의 SPE 시스템과 각 각의 DC-DC 컨버터와 연결되어 있는 50kW급 PV 시스템 두 개가 병렬로 이루어져 있다. 하드웨어적으로는 Mode B와 동일하다. 그러나 그림 3에 나타난 것처럼 피드백 전류가 I_b, I_c 두 개이고 이 두 전류는 각 각의 IGBT drive gate에 다른 PWM 스위칭 신호를 보낸다.



<그림 4> Mode D의 제어 블록 다이어그램

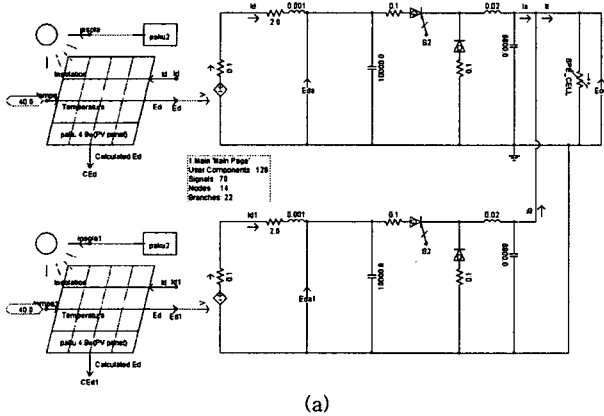
그림 4는 Mode D의 개념적인 블록 다이어그램이다. 이 시스템은 하나의 SPE 시스템과 각 각의 DC-DC 컨버터와 연결되어 있는 50kW급 PV 시스템 두 개가 병렬로 이루어져 있다. 하드웨어적으로는 Mode B, C와 같다. 그러나 그림 4에 나타난 것처럼 피드백 전류가 I_b, I_c 두 개 중 하나이고, 이 전류는 오직 하나의 PWM 스위칭 신호를 보내지만 각 각 다른 DC-DC 컨버터에 설치된 IGBT drive gate 두 곳에 보낸다[5-6].

2.2 PSCAD/EMTDC를 이용한 각 모드별 시뮬레이션



〈그림 5〉 100kW class system의 EMTDC 회로도

그림 5는 PSCAD/EMTDC상의 100kW급 시스템의 회로도를 보여준다. Mode A를 제외한 나머지 모든 동작 모드는 그림 6의 (a)를 사용하고 제어부는 그림 6의 (b)를 사용한다.

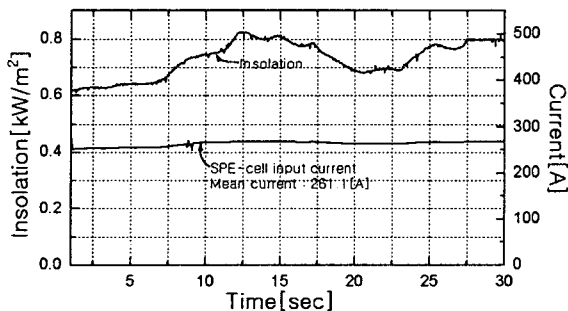


(a)

(b)

〈그림 6〉 Mode B, C, D의 PSCAD/EMTDC회로도

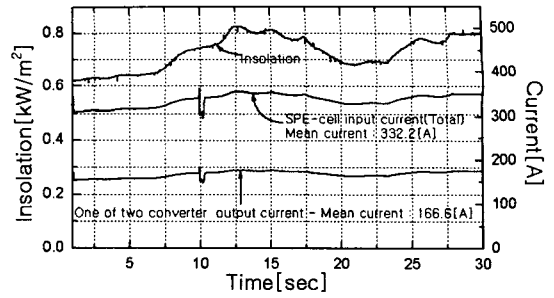
그림 6은 PSCAD/EMTDC를 이용한 Mode B, C, D의 회로도이다. 그림 6의 (b)는 각 회로에 들어가는 PSCAD/EMTDC의 제어 회로도이다. 이 회로는 그림 5와 그림 6의 회로도에 모두 포함되는 제어 회로로써 각 모드마다 파드백 받은 성분의 숫자만큼 각 회로에 입력해서 운전, 제어한다.



〈그림 7〉 실제 기상상태를 적용한 Mode A의 SPE 입력전류

그림 7은 실제 기상조건(일사량)하의 PV 시스템 출력 전류를 보여준다. 시스템의 출력 전류는 다양한 일사량의 변화값에 매우 비례적으로 출력된다. 여기서 SPE의 입력전류의 평균값은 약 261.6[A]이다.

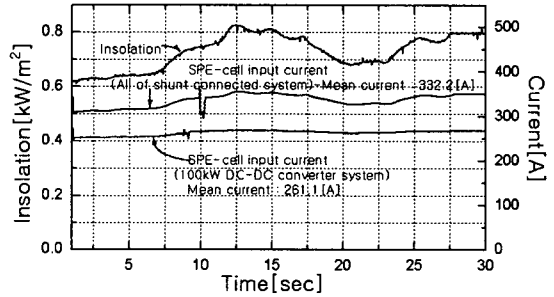
그림 8은 실제 기상조건(일사량)하에서 Mode B, C, D의 PV 시스템 출력 전류를 나타낸 그래프이다. 시스템의 출력 전류는 Mode A와 같이 다양한 일사량에 비례하여 나타나고 이 경우에는 SPE 입력 전류의 평균값은 332.2[A]로 Mode A 보다 더 크다.



〈그림 8〉 실제 기상상태를 적용한 Mode B, C, D의 SPE 입력전류

2.3 각 모드의 시뮬레이션 결과 분석

그림 9에서 모든 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 앞의 결과에서 보았듯이 Mode B, C, D의 입력 전류값이 거의 일치한다. 표 2는 Mode A, B, C, D의 시뮬레이션으로부터 다양한 결과를 표현하였다.



〈그림 9〉 Comparison results of each Modes

〈표 2〉 시뮬레이션에 의한 다양한 주요 결과

Mode	Power loss	Feedback components	PWM	Remarks
A	comparatively big	Only one	One	-
B	comparatively small	Only one	One	Better
C	comparatively small	Two	Two	-
D	comparatively small	Only one	One	Better

3. 결 론

본 논문에서 PSCAD/EMTDC를 이용하여 100kW급 PV-SPE 시스템을 시뮬레이션하고 비교, 분석하였다. 전력손실이나 피드백 성분의 숫자를 볼 때 Mode B와 D가 A와 C의 운전 방법보다 더 효율적이다. 그리고 아주 큰 용량의 시스템 같은 경우에는 DC-DC 컨버터의 가격이 용량의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 것이 아니라 예상 가격보다 급격한 상승 곡선을 그리기 때문에 50kW급 두 대를 병렬로 연결해서 운전하는 것이 100kW급 한 대를 직렬로 연결해서 운전하는 것보다 경제적인 측면에서도 큰 장점을 가진다는 것을 알 수 있었다. 다가오는 미래에 대체에너지 수요의 증가와 기술의 발달 그리고 규모의 확대에 따라 설비의 용량 또한 빠르게 증가할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI 04-01-03)의 지원에 의하여 수행된 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Tani, et al., "Optimization of solar hydrogen systems based on hydrogen production cost", Sol. Energy 68(2) (2000) 143-149.
- [2] K. Torigoe, Thermoelectric-hydrogen production system for CO2 recycle, Master Thesis, Osaka University, 1999.
- [3] P. A. Lehman, et al., "Design of a photovoltaic-hydrogen-fuel cell energy system", Int. J. Hydrogen Energy 16 (5) 349-352.
- [4] [PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual], Manitoba HVDC Research Centre
- [5] Min-Won Park, In-Keun Yu, "Photovoltaic Generation System Simulation using Real Field Weather Conditions", Journal of IKEEE, Vol. 5, No. 2, 2001.
- [6] Dong-han Lee, Seok- Ju Lee, Minwon Park, In-Keun Yu, "Development of a novel maximum input current control for PV-SPE system", KIEE annual autumn conference 2005.