

## HILS(Hardware In the Loop System)를 이용한 RTDS내 계통 연계형 태양광발전시스템 모델링기법

이호근, 김상용, 박상수, 장성재, 김경훈, 서효룡, 박민원, 유인근  
 창원대학교

### RTDS based modeling technique of grid-connected photovoltaic generation system using HILS (Hardware In the Loop System)

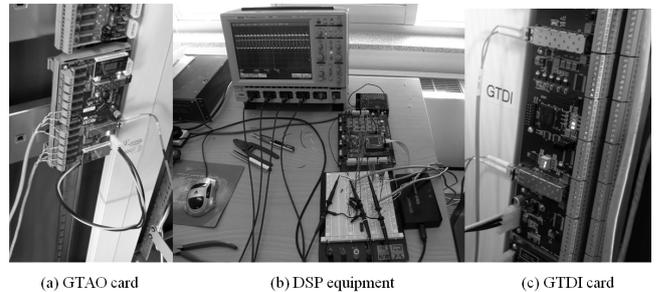
Hyo-Geun Lee, Sang-Yong Kim, Sangsoo Park, Seong-Jae Jang, Gyeong-Hun Kim, Hyo-Ryong Seo, Minwon Park, In-Keun Yu  
 Changwon National University

**Abstract** - 최근 분산전원 시스템들이 가정이나 공공기관 등에 많이 설치되면서 계통에 많은 문제점을 일으키고 있다. 이러한 문제점을 연구하기 위해서는 계통 등의 실제 시스템을 설치하여 실험을 하여야 하는데 학교 연구실 입장에서는 실제 시스템을 설치하여 실험하는데 한계가 있다. 그러나 실시간 전력 계통 모의장치 (Real Time Digital Simulator)를 이용하여 실시간으로 시스템을 시뮬레이션 할 경우 다양한 알고리즘의 적용이 가능하고, 고장, 전력계통 과도현상 등 계통에 일어날 수 있는 여러 가지 상황을 손쉽게 고려해 보는 것이 가능하다. 본 논문에서는 RTDS 내 계통 연계형 태양광 발전시스템을 실제 시스템과 유사하게 모델링하고, 실제 DSP (Digital Signal Processor) 를 이용하여 시스템을 실시간으로 운전하는 HILS (Hardware In the Loop System) 시스템을 구성하였다.

그림 1과 같이 계통연계형 태양광 발전시스템을 RSCAD에 실제 시스템과 유사하게 모델링하고, 실시간으로 계산되어진 태양광 어레이 전압, 전류, Inverter 전류, 계통의 상 전압 등의 아날로그 값을 GTAO (Giga Transceiver Analog Output) 카드를 통하여 출력한다. DSP는 출력된 아날로그 값을 입력으로 받아 DSP 내에 설계된 전류제어기, 전압제어기, MPPT 제어기를 통해 계산된 PWM 파형을 다시 RTDS의 입력으로 넣어준다. 이러한 과정을 통해 계통 연계형 태양광 발전시스템을 실제로 제작하면 계통에서 운전하지 않아도 다양한 알고리즘의 적용이 가능하고, 운전 시 계통에 일어날 수 있는 여러 가지 상황을 손쉽게 고려해 보는 것이 가능하다.

#### 1. 서 론

최근 지구환경의 오염과 화석연료 고갈염려에 따라 환경 친화적이고 무한한 에너지인 태양광 에너지를 이용한 태양광 발전시스템이 각광을 받고 있다. 특히 계통 연계형 태양광 발전시스템은 기존 전력공급 라인을 통해 발전 및 전력송전이 가능하여 별도의 전력수송 인프라 구축이 필요 없기 때문에 각광을 받고 있다. 그러나 한편으로는 배전선의 전력품질, 안정성 등에 큰 영향을 미칠 것으로 우려된다. 이와 같은 우려를 막기 위해 전력 시스템의 연구가 필요하지만 학교 연구실 입장에서는 실제 시스템을 설치하여 실험하는데 한계가 있다. 때문에 본 논문에서 HILS를 이용하여 이와 같은 문제에 대한을 제시한다.



〈그림 2〉 시스템 구성

그림 2는 실험을 위해 구성된 전체 하드웨어사진이다. 위에서 설명한 것과 같이 RTDS내에 모든 시스템이 구성되어 있고 DSP에 의해서 제어가 이루어진다. 그리고 GTA0, GTDI카드를 이용해 데이터들의 입출력이 이루어진다.

HILS란 제어 시스템을 개발하는 단계 중에서 기 개발된 부 시스템들을 하드웨어적으로 인터페이스하고 운용환경 및 제어 알고리즘 등을 실시간으로 모의하여 전체 시스템의 성능을 시험 및 평가하는 것이다. 실제 운용환경을 실험실 내에서 모의함으로써 위험성 및 실험비용을 줄이고 환경 및 시스템 변수들을 변경하면서 반복 실험할 수 있으므로 대상 시스템의 설계 최적화 및 신뢰성 있는 시스템 개발이 가능하다 [1].

#### 2.2. MPPT (Maximum Power Point Tracking)

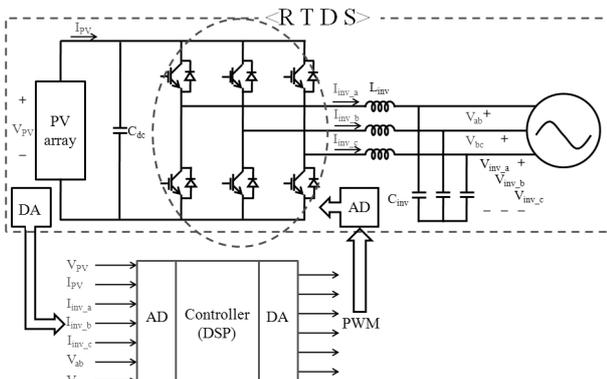
태양광 어레이는 일사량과 온도에 의하여 출력특성이 변화되기 때문에 항상 그 일사량과 온도에서의 최대출력점을 추종하여 출력을 내어줄 필요가 있다. 이에 태양광 발전시스템의 최대전력추종(MPPT)을 위한 많은 연구가 진행되어 왔고, 대표적인 최대전력 추종 제어법에는 전력비교법, 일정전압제어법, IncCond 법 등이 있다 [3].

RTDS를 이용하면 실시간으로 외부 시스템과 연계하여 전자적 과도현상을 모의 할 수 있다. RTDS는 실시간 계산이 가능한 고속의 프로세서들이 들어있는 하드웨어와 시뮬레이션을 모의하고 동작시키는 소프트웨어(RSCAD)가 결합된 형태이며, 실시간으로 지속적인 시뮬레이션 결과를 도출할 수 있다 [2].

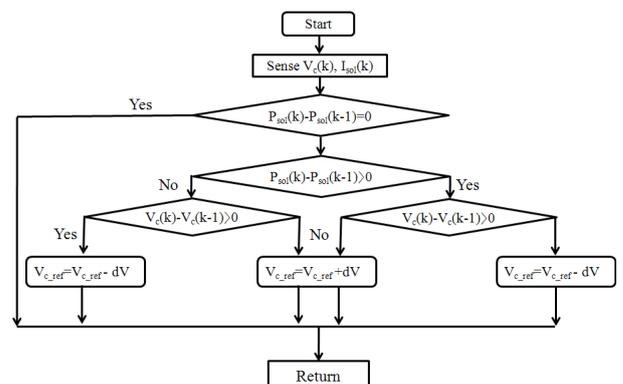
본 논문에서는 HILS를 이용하여 가장 대표적인 MPPT법 중의 하나인 전력비교법을 적용해 보았다. 전력비교법은 태양광 셀의 출력전압과 전류를 모두 피드백 받아 전력의 최대점을 추종하여 항상 최대의 출력을 추종하는 방식이다 [4-6].

#### 2. RTDS내 계통연계형 태양광 발전시스템 모델링과 제어 알고리즘

##### 2.1 HILS

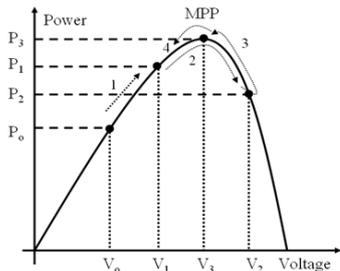


〈그림 1〉 HILS를 이용한 계통연계형 태양광발전 시스템 개념도



〈그림 3〉 전력비교법(P&O)의 알고리즘 순서도

그림 3은 전력비교법의 알고리즘 순서도이다. 먼저 전압과 전류를 측정하여 전압과 전력의 증감을 판단한 후 전압의 변동 방향을 결정하는 제어 방식이다.



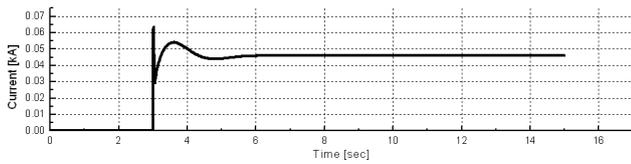
〈그림 4〉 전력비교법(P&O)의 제어방법

〈표 1〉 전력비교법(P&O)의 제어방법

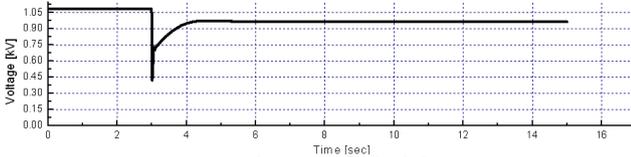
Track	V	P	V
1( $V_0 \rightarrow V_1$ )	(+)	(+)	(+)
2( $V_1 \rightarrow V_2$ )	(+)	(-)	(-)
3( $V_2 \rightarrow V_3$ )	(-)	(+)	(-)
4( $V_3 \rightarrow V_1$ )	(-)	(-)	(+)

그림 4와 표 1은 전력비교법의 제어 방법을 나타낸 것이다. 위에서 말한 것과 같이 전압과 전력의 증감을 관찰한 후 전압을 변동시켜 최대점을 찾아가는 것을 보여준다.

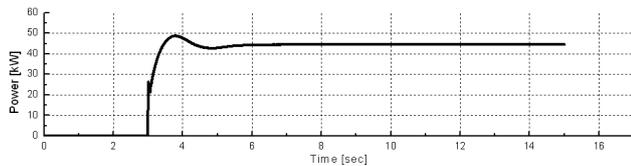
### 3. 시뮬레이션 결과



〈그림 5〉 PV 출력 전류

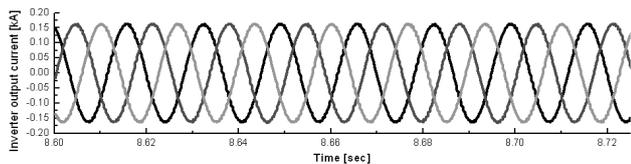


〈그림 6〉 PV 출력 전압



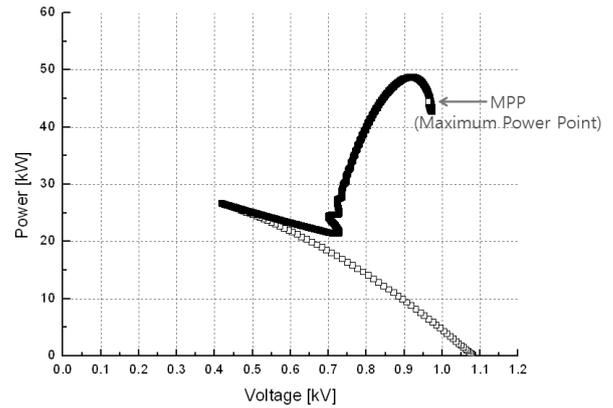
〈그림 7〉 PV 출력 전력

그림 5, 6, 7은 시간에 따른 태양광 어레이의 전류, 전압, 전력 값이다. MPPT 제어는 3초부터 시작하였고 갑작스런 빠른 제어에 의해 과도현상이 발생하였다. 3초 후 시스템은 안정되어 최대전력점에서 운전되는 것을 볼 수 있다.



〈그림 8〉 인버터 출력 전류

그림 8은 인버터 출력 전류이다. DSP로 제어 되는 인버터가 깨끗한 사인파 전류를 출력하는 것으로 보아 제어가 제대로 이루어지고 있음을 알 수 있다.



〈그림 9〉 V-P curve

그림 9는 RSCAD에 모델링 된 계통 연계형 태양광 발전시스템이 최대전력점을 추종하는 것을 보여주는 그래프이다. 모의된 태양광 어레이의 용량은 44kW이다. 이 결과를 통해 RTDS내의 계통 연계형 태양광 발전시스템이 DSP에 의해서 잘 제어되는 것을 볼 수 있다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 계통 연계형 태양광 발전시스템이 실시간 전력 계통 모의장치 내에 모델링되었고 실제 제어기인 DSP와 연계 운전한 모델링 기법과 그 결과를 보여준다. 가장 일반적인 MPPT 제어 방법인 전력비교법이 적용되었고, 하위 제어기로는 전압제어기와 전류제어기가 사용되었다.

실제 시스템과 유사한 계통 연계형 태양광 발전시스템이 RSCAD에 모의되었고, 모든 제어는 DSP 내에서 이루어졌다. 이를 통해 실제 시스템들을 사용하지 않고도 실시간으로 태양광 발전 시스템을 테스트해 볼 수 있다. 이와 같이 실시간 전력 계통 모의 장치를 이용하여 실시간으로 시스템을 시뮬레이션을 할 경우 다양한 알고리즘의 적용이 가능하고, 고장, 전력계통 과도현상 등 계통에 일어날 수 있는 여러 가지 상황을 손쉽게 고려해 보는 것이 가능하다.

향후 계획으로는 RSCAD 내 계통 연계형 태양광 발전시스템에 고장이 일어났을 경우 등의 계통에 일어날 수 있는 여러 가지 상황들을 고려해 볼 것이다.

### Acknowledgements

This work is financially supported by the Ministry of Education and Human Resources Development (MOE), the Ministry of Commerce, Industry and Energy (MOCIE) and the Ministry of Labor (MOLAB) through the fostering project of the Industrial-Academic Cooperation Centered University.

### [참 고 문 헌]

- [1] H, J-Woon, K, Y-Joo, K, B-Cheol "Characteristics Monitoring Technique of HILS System Loop" 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B, pp.566-568, 1999.
- [2] J.-H Kim, M. Park, D.-J, Park, J.-J. Kang, J. Cho, K.-D. Sim, and I.-K. Yu, "Development of a Real-Time Simulation Method for the utility Application of Superconducting Power Devices(PART 1; HTS Power cable), Journal of the Korean Institute of Electronic Material Engineers, Vol. 19, No.11, p. 1055, November 2006.
- [3] 이경수, 정영석, 소정훈, 유권종, 최재호, "태양광 시스템에서의 새로운 MPPT 알고리즘 제안", 전력전자학회 논문지 제 10권 제 1호, pp.22-28 2005.
- [4] T.kawamura et al. "Analysis of MPPT Characteristics in Photovoltaic Power System", Journal, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.45, pp.155-165, 1993.
- [5] J.Chou, Y.Makino, Y.Hukuda, A.Danaka, E.Taniguchi, "A Study on the Constant Voltage Control of Photovoltaic Generation", National Conversion Record IEEJ, 588, Vol.5, pp.161-162, 1993.
- [6] M.J.Case, J.J. schoeman, "A minimum component photovoltaic array maximum power point tracker", Vector on Automation Products and systems, pp.8-11, June, 1999.