

PLECS를 이용한 태양광 발전시스템 설계

최규영, 김중수, 강현수, 이병국
 성균관대학교 정보통신공학부

Design of Photovoltaic Generation System Using PLECS

Gyu-Yeong Choe, Jong-Soo Kim, Hyun-Soo Kang, Byoung-Kuk Lee
 School of Information & Communication Engineering Sungkyunkwan University

Abstract - 본 논문은 수학적 모델링이 간편하고 제어기법의 적용이 쉬운 MATLAB 기반으로 태양광 셀과 모듈을 모델링하고 기존의 P&O MPPT 제어 알고리즘을 분석하고 구현하였으며 전력전자 회로의 구현이 간단한 PLECS를 사용하여 부스트 컨버터 구현하였다. 이로써 일사량 변화와 온도변화의 영향이 고려되고, MATLAB 기반이므로 시뮬레이션 시간이 단축되며, 다양한 제어기법을 쉽게 적용할 수 있는 PV 발전시스템을 구축 하였으며 시뮬레이션을 통해 태양광 모듈의 성능과 MPPT 제어 성능을 검증하였다.

항에 흐르는 전류는 태양전지 손실로써 (4)와 같고, 역포화 전류는 다시 온도의 함수로써 (5)와 같다 [2].

$$I_{ph} = I_{scr} \frac{S}{S_{ref}} + K_i (T - T_{ref}) \quad (2)$$

$$I_D = I_{sat} \left(e^{\left(\frac{q(V_O + I_D R_s)}{AkT} \right)} - 1 \right) \quad (3)$$

$$I_{sh} = \frac{V_O + I_O R_s}{R_{sh}} \quad (4)$$

$$I_{sat} = I_{sotr} \left[\frac{T}{T_{ref}} \right]^3 \exp \left[\frac{qE_{bg}}{Bk} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (5)$$

1. 서 론

현재 여러 신 재생에너지 중 태양광 발전은 반도체 기술과 셀 제조 기술의 발달로 인하여 분산전원 발전시스템으로 널리 이용되고 있으며 고효율 PV 발전시스템을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다. 고효율 PV 발전시스템을 개발하기 위해서는 실제 시스템을 정확하고 쉽게 모델링 할 수 있고, 빠른 시간 내에 시뮬레이션 되는 시뮬레이션 툴이 필수적이다. PV 발전시스템의 시뮬레이션이 가능한 툴로는 PSIM, PSPICS, PSCAD, CASPOC, MATLAB 등이 있다. 이 중 PV 모델링을 정확하고 간편하게 수행할 수 있으며, 컨트롤 알고리즘의 구현이 쉬운 MATLAB이 가장 많이 쓰이고 있지만 전력전자 회로의 구현이 복잡하다는 단점이 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 PLECS를 이용하여 전력전자 회로를 시뮬레이션 하는 연구도 진행 되어지고 있다 [1]-[2].

본 논문은 모델링과 제어회로 구현이 매우 간편한 MATLAB을 이용하여 PV 셀 모델링과 P&O(Perturbation and Observation) MPPT 제어기를 구현하였으며 MATLAB 기반으로 전력회로 구현이 간편하고 시뮬레이션 시간을 단축할 수 있는 PLECS를 이용하여 부스트 컨버터를 구현하였다. 이로써 MATLAB 기반의 PV 발전시스템 시뮬레이터를 구축하였고, 일사량과 온도변화에 따른 출력특성, MPPT제어 성능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

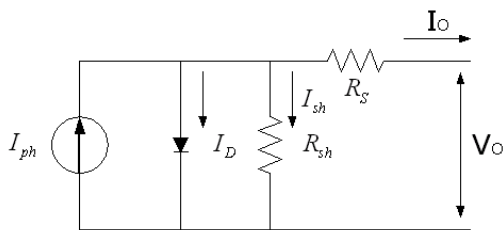
위에서 사용된 전체 변수는 다음과 같다.

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| I_{scr} : 기준온도 단락전류 | S : 일사량 |
| S_{ref} : 기준 일사량 | K_i : 단락전류 온도계수 |
| T : 셀 온도 | T_{ref} : 셀 기준온도 |
| I_{sat} : 역포화 전류 | q : 전하량 |
| A, B : 태양전지 상수 | k : 볼츠만 상수 |
| R_s : 직렬저항 | R_{sh} : 병렬저항 |
| I_{sotr} : 기준온도 역포화 전류 | E_{bg} : 셀 밴드갭 |

2. 본 론

2.1 태양전지 모델링

태양전지 모델링을 하기 위해선 태양전지의 등가모델을 필요로 한다. 본 논문에서는 여러 등가모델 중 주로 사용되는 단일 다이오드와 직렬 저항, 병렬저항으로 구성된 등가모델을 이용하였다. 등가모델은 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 태양전지 등가모델

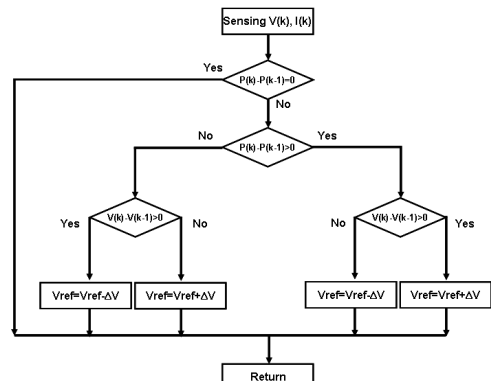
그림 1로부터 부하로 전달되는 전류는 (1)과 같다.

$$I_O = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

여기서, I_O 는 출력전류, I_{ph} 는 광전류, I_D 는 다이오드 전류, I_{sh} 는 병렬저항에 흐르는 전류이다. 광전류는 다시 일사량과 온도의 함수로써 (2)와 같고, 다이오드 전류는 역포화 전류함수로써 (3)과 같다. 또한 병렬저

2.2 MPPT 제어 알고리즘

태양전지는 다른 발전 전원과 달리 일사량과 온도와 같은 환경적인 요인에 발전량이 결정된다. 그렇기 때문에 효율적인 태양광 발전을 위해서는 일사량과 온도에 따라 변하는 출력전력량의 최대치를 추종하 제어 알고리즘이 필요하다. 이런 MPPT 알고리즘 중 제어가 간단하고 DSP로 구현시 수행시간이 짧아 많이 사용되고 있는 것이 P&O 알고리즘이다. P&O 알고리즘의 순서도는 그림 2와 같다 [3].

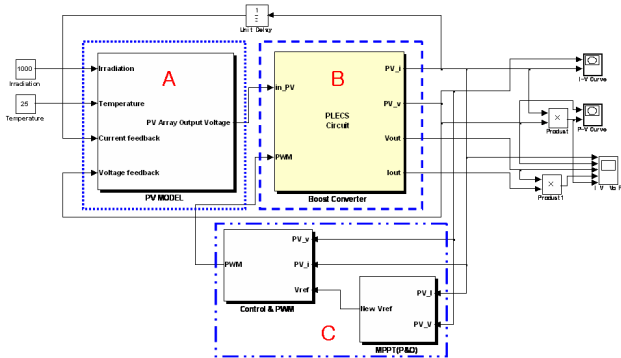


〈그림 2〉 P&O 알고리즘 순서도

P&O 알고리즘은 일정한 크기의 전압을 증가 또는 감소시키면서 레퍼런스 전압을 변동시켜 이전 전력과 현재 전력을 비교하면서 최대 전력전달점을 찾는 방법이다. 본 논문에서는 최대 전력전달점에서 일사량 변화가 적을시에 발생하는 자려진동을 감소시키기 위해 ΔV 를 0.8V로 하여 시뮬레이션 하였다 [4].

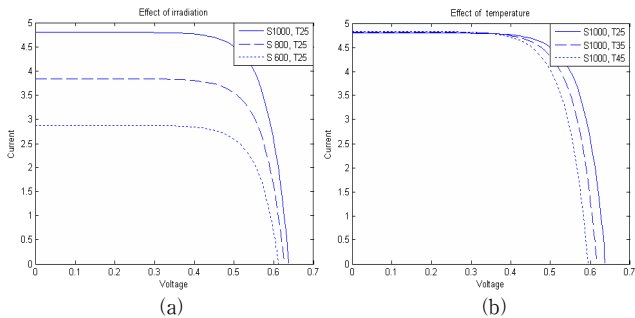
2.3 시뮬레이션 결과

본 절에서는 태양전지와 전력변환기 그리고 제어기를 MATLAB과 PLECS를 통해 구현하였다. 전력변환기는 부스트컨버터로 구성되어 있으며 제어기는 MPPT제어기와 PI제어기로 나누어 구성하였다.

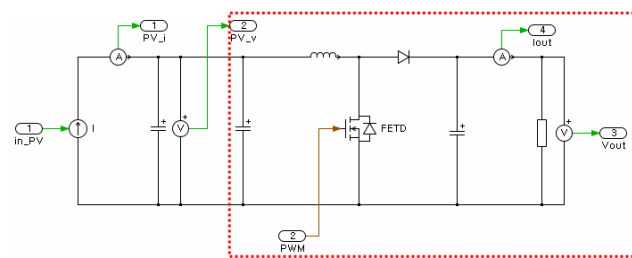


〈그림 3〉 태양광 발전시스템

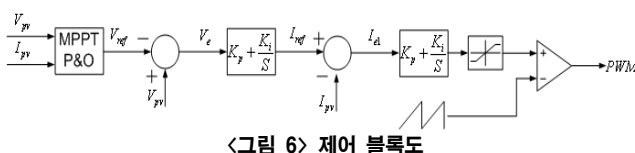
그림 3은 태양광 발전시스템의 시뮬레이션 회로도이다. A 부분은 태양전지 모델링 부분으로써 일사량 변화와 온도변화에 따라 비선형적인 태양전지 출력특성이 모델링 되었다. 그림 4는 일사량과 온도변화에 따른 태양전지 모델링 출력 I-V커브이다. 일사량이 감소함에 따라 태양전지 전류, 전압이 줄어들고, 온도가 감소할수록 전류는 증가하고 전압은 감소한다. B 부분은 전력변환장치 블록으로 토폴로지는 낮은 입력전압을 승압하는 부스트 컨버터를 사용하였다. 그림 5는 PLECS라는 툴로 구현된 부스트 컨버터이며 매우 간단히 구현된다. 회로의 게이팅 신호는 블록 외부에서 입력되며 여러 알고리즘의 적용이 쉬운 MATLAB Simulink에서 생성된다. 각 소자의 전압, 전류, 컨버터 출력전압은 MATLAB Simulink의 Scope 기능을 통해 확인된다. C 부분은 태양전지의 전류, 전압을 센싱 받아 MPPT제어와 PWM을 생성하는 제어 블록도이고 그림 6과 같이 구성 되었다. 제어 블록도의 동작은 태양전지에서 전압과 전류를 센싱받아 P&O 알고리즘을 통해 MPPT전압 레퍼런스를 생성한다. 이렇게 생성된 레퍼런스는 태양전지 전압과 비교되고 PI 제어기를 거친 후 전류 레퍼런스를 생성하고 다시금 PI제어기를 거친 후 PWM 생성하게 된다. 시뮬레이션에 적용된 태양전지 전기적 파라미터는 표 1과 같다.



〈그림 4〉 (a)일사량 변화, (b)온도변화에 따른 특성곡선



〈그림 5〉 부스트 컨버터 (PLECS)

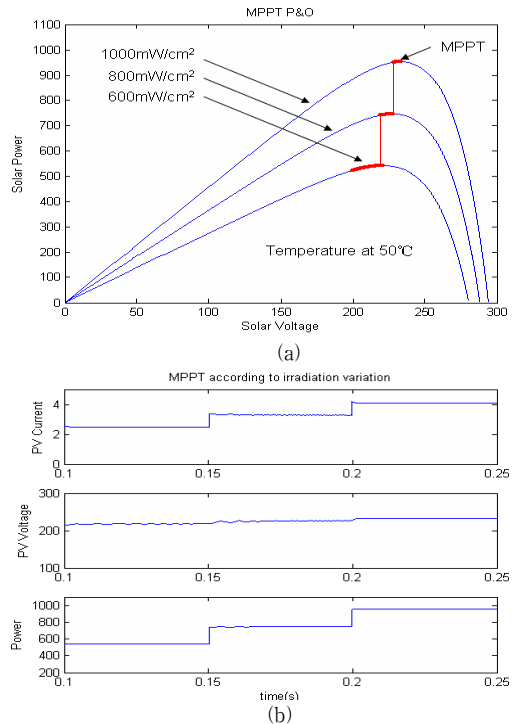


〈그림 6〉 제어 블록도

〈표 1〉 태양전지 전기적 파라미터

모듈 정격	150 [W]
개방 전압	43.4 [V]
개방 전류	4.8 [A]
MPPT 전압	34.1 [V]
MPPT 전압	4.4 [A]

본 논문에서는 150W 모듈 7개를 직렬로 연결하여 1kW급 시뮬레이터를 구성하여 시뮬레이션을 실행하였다. 그림 7(a)는 셀 온도 50℃에서 일사량이 600mW/cm² ~ 1000mW/cm² 변동시 최대전력점을 추종성을 표시한 것이다. 일사량 변동시 각 일사량의 I-V커브의 최대전력점을 정확히 추종하는 것을 알 수 있다. 7(b)는 일사량 변화시 태양전지 전류, 전압, 전력의 변화를 나타낸 것이다. 일사량 증가 시 PV 전력, 전류가 증가하는 것을 확인할 수 있으며 그에 따라 전압 또한 증가 하는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 7〉 일사량 변화에 따른 MPPT 추종성

3. 결 론

본 논문은 고 효율 PV PCS를 개발하기 위해 필수적인 PV PCS 시뮬레이터를 태양전지 모델링이 간편하고 여러 종류의 제어기를 적용하기 쉬운 MATLAB 기반으로 구성하였다. PV PCS 시뮬레이터는 태양전지 모델링과 MATLAB 회로에서 구현이 까다로운 전력전자회로를 PLECS를 이용하여 구현하였으며 MPPT알고리즘을 적용하고 시뮬레이션을 통해 태양광 PCS 시뮬레이터의 성능을 확인 하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. Ciobotaru, T. Kerekes, R. Teodorescu, A. Bouscayrol, "PV inverter simulation using MATLAB/Simulink graphical environment and PLECS blockset," IEEE IECON 2006, pp. 5313-5318, Nov, 2006.
- [2] B. K. Bose, P. M. Szczesny, R. L. Steigerwald, "Microcomputer Control of a Residential Photovoltaic Power Conditioning System," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 1A-21, No. 5, pp. 1182-1191, Sept. 1985.
- [3] 이경수, 정영석, 소정훈, 유권중, 최재호 "태양광 시스템에서의 새로운 MPPT 알고리즘 제안," 전력전자학회 논문지, 10권, 1호, pp. 21-28, 2005.
- [4] 유권중, 김기현, 정영석, 김영석 "MPPT제어 알고리즘 고찰 및 효율 시험 평가법," 전력전자학회, 6권, 2호, pp. 164-172, 2000.