

# Two-String 계통연계형 태양광 발전 시스템의 MPPT 성능개선을 위한 직류단 제어 알고리즘

이준석, 이교범  
아주대학교

## Performance Improvement of a Two-String Grid-Connected Photovoltaic Power Conditioning System

June Seok Lee, Kyo Beum Lee  
Ajou University

### ABSTRACT

본 논문은 Two String 계통연계형 태양광 발전 시스템에서 MPPT 범위 확장과 성능 향상을 위한 직류단 지령전압을 가변하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 각각의 부스트컨버터에서 MPPT 제어가 수행되고 인버터에서 직류단 제어와 계통연계를 수행하는 구조에서 히스테리시스를 가지는 지령전압 범위를 설정함으로 운전 시작과 운전 중에 입력전압에 따라서 지령전압을 변경한다. 제안하는 알고리즘의 검증은 위하여 시뮬레이션을 수행하여 제안하는 알고리즘의 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

계통연계형 태양광 발전 시스템의 구조는 크게 2가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로 DC/AC인버터로만 구성된 경우 계통연계를 위한 전압 600V(3상), 350V(단상)이상의 입력 전압이 필요하므로, 태양광 판넬을 계통연계 조건에 맞게 연결해야 하는 한계가 있다 [1]. 또한 PV의 경우 온도와 일사량에 따라서 최대출력점이 변하기 때문에 계통연계 조건의 전압보다 낮은 전압이 발생하게 될 경우 MPPT알고리즘이 수행되지 못한다. 두 번째는 DC/DC컨버터와 DC/AC인버터의 결합 구조이다. 부스트컨버터가 DC/DC컨버터로 설계되고 MPPT알고리즘을 수행하는 경우, 인버터의 직류단 전압제어의 직류단 지령전압 이상에서 MPPT동작은 수행 될 수 없다. MPPT범위를 확대하기 위해서는 직류단 지령전압을 미리 크게 설정 할 수 있지만, 크게 설정된 직류단 전압에 의해 출력전류리플이 증가하게 된다.

본 논문에서는 초기에 설정된 직류단 지령전압보다 큰 범위에서의 MPPT동작을 위한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 직류단의 지령전압을 입력전압에 따라 가변함으로써 넓은 MPPT 추정 범위를 가지며 전류 맥동을 줄일 수 있다.

## 2. Two-String 태양광 발전 시스템

### 2.1 Two-String 태양광 발전 시스템 구조

Two String 태양광 발전 시스템은 그림 1과 같이 각 입력측의 부스트 컨버터, 직류단 캐패시터, 계통연결된 인버터, LC 필터로 구성된다. 직류단 캐패시터의 입력전류의 리플 저감을 위해서 위상차를 가지고 스위칭을 수행하는 인터리브드 스위칭 방식이 부스트 컨버터 동작에 적용된다.

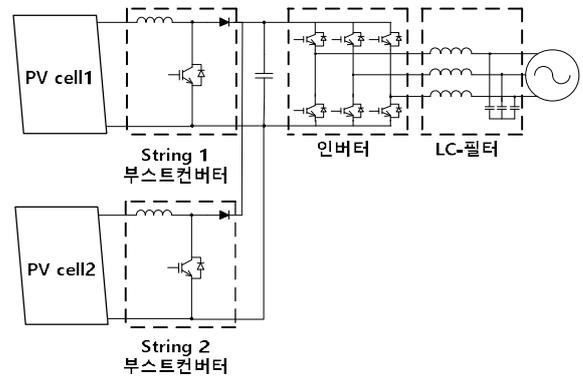


그림 1 Two-String 태양광 발전 시스템 구성도  
Fig. 1 The Configuration of a Two-String PV system

### 2.2 부스트 컨버터 제어

부스트 컨버터는 입력전압과 입력전류를 이용하여 각각의 입력에 연결된 PV의 MPPT제어를 수행한다. 본 논문에서는 P&O알고리즘이 적용되었으며, 그림 2과 같다.

### 2.3 인버터 제어

인버터는 계통연계를 위해 PLL알고리즘과 PV로부터 전달된 전력을 계통으로 전달하기 위한 직류단 전압제어와 전류제어가 수행 한다 [2][3].

## 3. 직류단 제어 알고리즘

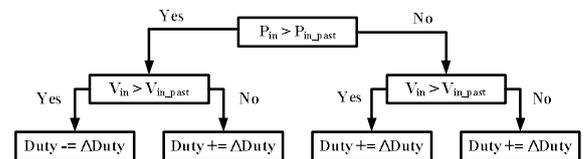


그림 2 P&O 알고리즘  
Fig. 2 P&O algorithm for MPPT

제안하는 알고리즘의 적용을 위해 직류단 지령전압을 일반적인 3상 인버터에서 사용되는 600V를 사용하였다.

인버터의 직류단 전압제어에서 지령전압보다 큰 전압의 최대출력점이 존재할 경우, 부스트컨버터에서 수행되는 MPPT알고리즘은 수행될 수 없다. 최대출력점을 추종하기 위해서는 더 큰 직류단 지령전압이 필요하다. 이를위해 직류단 지령전압을

식 (1)과 같이 변경한다.

$$V_{ref} = V_{in} + \Delta V \quad (1)$$

하지만, 식 (1)을 이용하여 직류단 전압을 변경할 경우, 출력 전류에 리플이 발생하게 된다. 그래서 본 논문에서는 그림 3와 같이 입력전압을 구간별로 나누어 그에 적합한 직류단 지령전압을 설정 하였다.

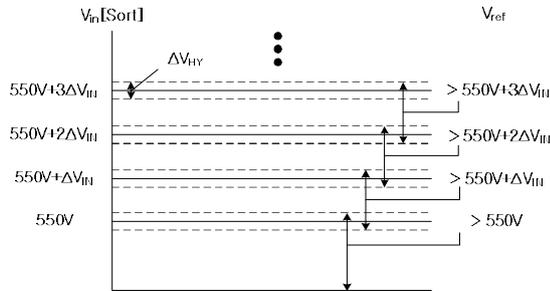


그림 3 직류단 지령전압 변경 범위  
Fig. 3 The Range of the variable DC-link algorithm

Two String 태양광 발전 시스템에서는 두 입력전압 중 큰 전압( $V_{in[Sort]}$ )을 기준으로 직류단 지령전압( $V_{ref}$ )을 변경하였다. 입력전압이 구간의 경계에 위치할 경우 발생하는 문제를 방지하기 위해서 구간사이에 간격을 두어 변경하였다.

#### 4. 시뮬레이션

제안된 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 환경을 정리하면 표 1과 같다.

표 1 Two-String 태양광 발전 시스템 파라미터  
Table 1 Simulation parameters of the Two-String PV System

계통전압/주파수	3상 380 [V]/ 60 [Hz]
$\Delta V_{IN}$	100 [V]
$\Delta V_{HY}$	50 [V]

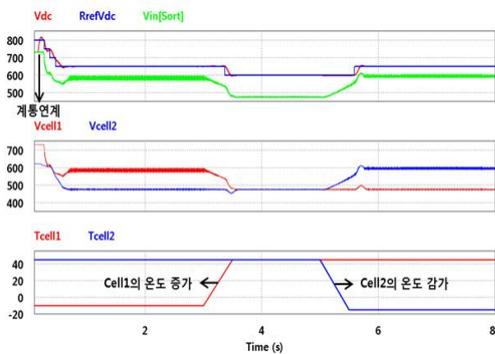


그림 4 입력전압 변화에 따른 직류단 제어 알고리즘  
(a) 직류단전압/지령전압/큰입력전압  
(b) 태양광 패널 1 전압/태양광 패널 2 전압  
(c) 태양광 패널 1 온도/태양광 패널 2 온도  
Fig. 4 DC-link control algorithm according to input Voltage

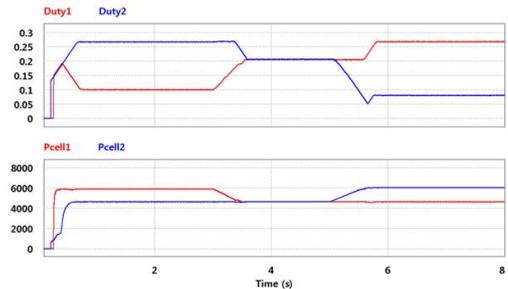


그림 5 입력전압 변화에 따른 직류단 제어 알고리즘  
(a) 부스트컨버터 1 듀티비/부스트컨버터 2 듀티비  
(b) 태양광 패널 1 전력/태양광 패널 2 전력  
Fig. 4 DC-link control algorithm according to input voltages

제안하는 알고리즘의 타당성을 검증하기 위해 계통연계 전에 PV 개방 전압이 600 V 이상으로 설정하였으며, 온도를 변경함으로써 알고리즘의 동작을 확인하였다.

그림 4에서는 계통연계 후 MPPT동작에 의해 입력전압이 낮아지고 그에 따라 직류단 지령전압이 낮아지는 것을 확인 할 수 있다. 태양광 패널 1의 온도 증가로 최대출력점의 전압이 낮아져 그에 따라 직류단 지령전압이 낮아지는 것을 확인 할 수 있으며, 태양광 패널 2의 온도가 감소 할 때도 직류단 지령전압이 증가함을 확인 할 수 있다.

그림 5는 그림 4와 같은 상황에서 각 부스트컨버터의 듀티비와 전력을 나타내며, 온도의 변화에도 상관없이 MPPT 알고리즘에 의해 최대출력점이 추정되는 것을 나타낸다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 Two String 태양광 발전 시스템에서 직류단 지령전압을 입력전압에 따라 변경함으로써 MPPT범위를 확장하고 전류 리플을 최소화 하는 알고리즘을 제안하였으며, 그 타당성을 시뮬레이션을 통해서 확인하였다

본 논문은 2012년도 한국에너지기술평가원(지식경제부)의 재원으로 에너지지원기술개발사업 지원을 받아 수행된 것임(20111020400030 11 1 000)

#### 참고 문헌

[1] S. B. Kjaer, J. K. Pedersen, and F. Blaabjerg, "A Review of Single Phase Grid Connected Inverters for Photovoltaic Modules," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 41, no. 5, Sep/Oct. 2005, pp. 1292-1306

[2] S. J. Lee, J. K. Kang, and S. K. Sul, "A New Phase Detecting Method for Power Conversion Systems Considering Distorted Conditions in Power System," in Proc. of IAS'99 Conf, pp. 2167-2172.

[3] D. Salomonsson, and A. Sannino, "Comparative Design and Analysis of dc Link Voltage Controllers for Grid Connected Voltage Source Converter," in Proc. of IAS'07 Conf, pp. 1593-1600.