

# 전류 센서없이 독립적으로 동작하는 모듈 통합형 컨버터에서의 최대 전력점 추종 기법

문 솔, 김도현, 김찬인, 트란탕, 박종후  
 숭실대학교

## Photovoltaic Maximum Power Point Tracking method without Current Sensor for Module Integrated Converter operating independently

Sol Moon, Do-Hyun Kim, Chan-In Kim, Tran-Viet Thang, Jung-Hu Park  
 Soongsil University

### ABSTRACT

기존의 직렬 연결된 부스트 컨버터 타입의 태양광 전력 조절기는 MPPT 동작을 하기에 있어서 반드시 하나의 모듈만 동작했어야 하기 때문에 각 모듈이 MPPT 지점에 도달했다는 것을 알리기 위하여 양방향 통신 기술을 필요로 했다. 하지만 제안하는 MPPT 방법은 통신 기능을 사용하지 않음으로서 가격적인 측면에서 합리적이다. 본 논문에서는 제안하는 MPPT 방법의 동작원리를 설명하고 시뮬레이션으로 확인하였다.

센싱하여 MPPT 동작을 하는 방법으로 출력전압의 변동에 따라 최대 전력점을 추종하는 방법이었다. 이 방법은 전류센서에 비하여 상대적으로 가격이 저렴한 전압센서를 사용한다는 장점이 있으나 각 모듈의 MPP 도달 여부를 파악하기 위하여 통신 모듈을 사용해야 한다는 단점이 있었다. 본 논문에서는 최대 전력점 추종에 있어서 통신 모듈을 사용하지 않는 방법에 대하여 서술 하였다.

### 1. 서론

태양광 발전은 공간적인 제약이나 가격측면에서 볼 때 다른 신재생 에너지에 비하여 합리적이며 다음 세대에 대체 에너지원으로 각광 받고 있다. 태양광 발전은 기본적으로 일사량이 지속적으로 변화하기 때문에 최대 출력을 내기위하여 최대 전력점 추종을 하며 최대 전력점 추종방법으로는 Perturbation and Observation (P&O) 방법을 통상적으로 많이 쓰고 있다. 특히 도심에서는 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)을 사용함으로써 공간적인 문제점까지도 해결하고 있다. 하지만 BIPV 경우 장애물 또는 그 외의 요인에 따라서 부분적인 음영이 생기고 이는 기존의 그림 1처럼 중앙 전력 조절 시스템으로 MPPT 추종 실패를 야기 할 수 있다. 따라서 이런 경우에 있어서는 하나의 PV 모듈에 각각의 DC/DC 컨버터를 연결하는 module integrated converter(MIC)를 사용하여 MPPT 동작 성능을 높여 효율을 극대화한다.[1]

### 2. 직렬 연결된 부스트 컨버터에서 전압 센싱만을 이용한 최대 전력점 추종 방법

그림 2는 출력단이 직렬 연결된 부스트 컨버터의 모습이다.

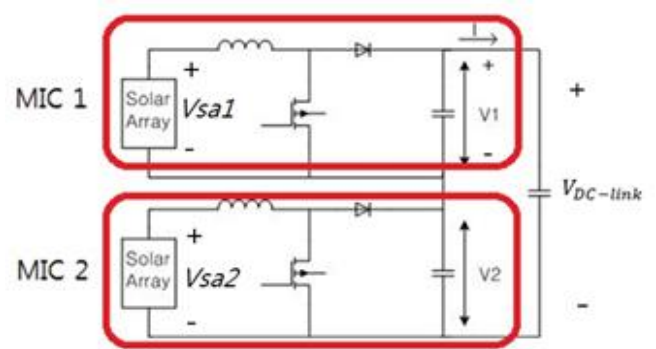


그림 2 출력단이 직렬 연결된 부스트 타입의 모듈 집약형 컨버터[2]

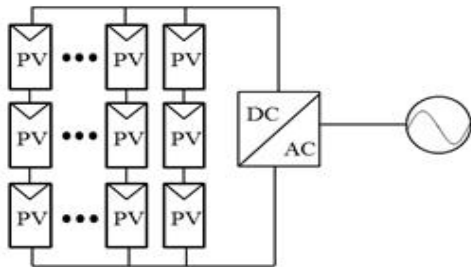


그림 1 중앙 집권형 태양광 전력 조절기[2]

하지만 이러한 경우에는 최대 전력을 측정하기 위한 전류센서가 각 모듈마다 필요하게 됨으로서 모듈의 생산단가의 상승을 피할 수 없게 된다. 이전의 전압 센서만 이용한 최대 전력점 추종 방식은 전류 센싱을 하지 않고 각 모듈의 출력 전압을

여기서  $V_{sa1}$ 과  $V_{sa2}$ 는 PV array의 전압이고  $V_1$ ,  $V_2$ 는 각 MIC의 출력 전압, 그리고  $V_{dc-link}$ 는 DC-link 전압이다. 전압 센싱으로만 MPP를 추종하는 원리는 한 모듈이 정지하고 다른 쪽 모듈이 MPPT동작 중일 때 동작 중인 모듈의 출력 전력의 증감이 곧 출력 전압의 증감이라는 수식적인 관계를 바탕으로 한다.[2] 최초 MIC1이 MPPT 동작을 하면 출력 전력이 증가하고  $V_1$ 과  $I$ (출력 전류)가 증가하며 출력단이 직렬 연결되어 있으므로 MIC2의 출력 전류 또한 증가한다. 하지만 MIC2의 출력 전력이 고정되어 있으므로  $V_2$ 는 상대적으로 감소하게 된다. 이 상태가 되면 MIC1은 MPPT동작을 하지 않고 최대 전력점을 유지하고 MIC2로 MPPT 우선권을 넘긴다. 반대로 MPPT가 모듈이 최대 전력점에 도달하면 다시 MPPT 우선권을 MIC1에게 넘기고 이 과정이 반복된다. 즉, 출력전압의 증감이 곧 PV array의 출력 전력의 증감을 나타내기 때문에 ( $\Delta P > 0$  이면  $\Delta V > 0$ ,  $\Delta P < 0$  이면  $\Delta V < 0$ ) 전압 센싱 만으로도 P&O algorithm을 통한 MPPT 동작이 가능하다.

### 3. 제안하는 최대 전력점 추종 기법

제안하는 P&O 알고리즘을 이용한 MPPT 방법은 각 MIC의 MPPT를 동시에 실행하는 방법으로서 이는 그림3의 PSIM을 이용한 회로를 통해 구성되었다. 그림4와 그림5는 최대 전력점에 도달 했을 때에 최대 전력, PV array 및 출력 전압 값 결과이며 PV array와 제안하는 P&O algorithm은 DLL block을 이용하여 구현하였다. V-I curve를 결정짓기 위한 개방전압 및 단락전류는 최대 출력 약 60W급의 패널을 기준으로  $V_{oc}=22.1V$ ,  $I_{sc}=3.8A$  에서 시뮬레이션 하였다.

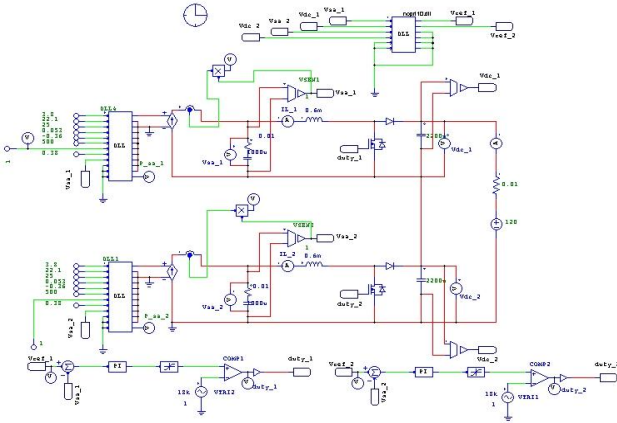


그림 3 PSIM으로 구현된 회로도

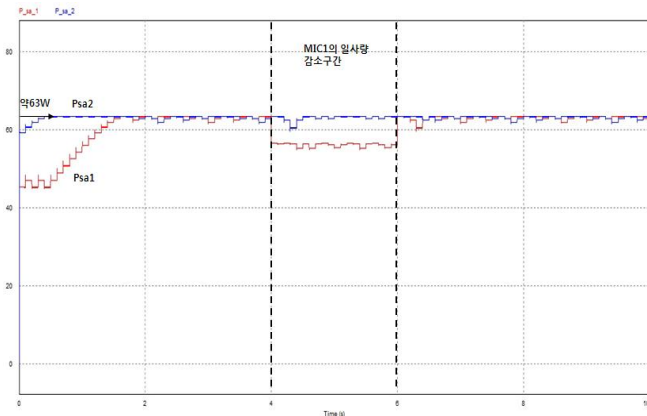


그림 4 일사량을 스텝 변화 시 각 PV array의 출력 전력

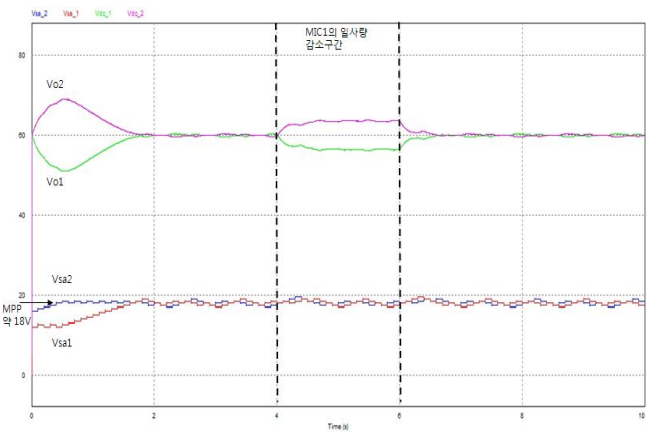


그림 5 일사량을 스텝 변화 시 각 PV array 및 출력 전압

최초 동작 시 각 MIC의 PV array 전압은 MIC1이 12V, 2가 16V로 잡혀 있다. MPPT 동작을 시작하면 MIC2가 먼저 최대 전력점에 도달하고 MIC1은 이 구간에서 전력의 증감을 반복하고 있는데 실제로 두 모듈의 전력이 모두 증가하였다 하더라도 DC-link 전압이 일정함으로 한 모듈의 전압이 상승하면 다른 모듈은 전력이 증가했다라도 전압이 감소하는 결과를 가지게 된다. 따라서 MIC1은 MIC2가 최대 전력점에 도달하기 전까지 주기적으로 시작점부근에서 흔들리고 있다. MIC2가 최대점에 도달하면 최대 전력점에서 조금씩 값이 흔들리면서 출력전력의 증가와 감소를 반복한다. 이 때 MIC1의 출력 전력이 증가하면서 출력 전압이 증가함으로 MIC2의 출력 전압은 무조건 감소하게 된다. 그러므로 전력이 증가하는 구간이 발생 하더라도 전압이 감소하는 스텝 구간이 생기고 이것이 한 스텝을 쉬고 다시 주기적으로 다시 발생되기 때문에 MIC2는 MIC1이 최대 전력점에 도달하기 전까지 MPP점을 유지 할 수 있게 된다. 두 MIC가 최대 전력점에 도달하면 전력이 증가할 때 전압이 감소하는 구간이 주기적으로 발생하기 때문에 MPP 지점을 유지 할 수가 있게 된다. 동작 중 하나의 MIC에 부분 음영이 발생하면 부분 음영이 발생한 MIC의 출력전압은 감소하고 정상 동작하는 MIC는 출력전압이 증가함으로 레퍼런스 전압이 급격히 변해야 하는 것처럼 보인다. 하지만 시뮬레이션 결과를 보면 출력 전압이 PV array 전압은 부분 음영에 관계없이 두 MIC 모두 MPP 를 잡고 있다. 그것은 이전에 언급한 이유와 마찬가지로 DC-link단이 고정된 값이기 때문에 전력에 증감에 따라 출력 전압의 증감의 방향성이 반드시 비례하지 않는 부분이 생기기 때문에 최대 전력점을 추종 할 수 있게 된다.

### 4. 결론

본 논문은 출력단이 직렬 연결된 모듈 통합형 태양광 부스트 컨버터에서 최대 전력점 추종 기법에 대하여 기술되었다. 기존의 방식은 통신을 이용하여 MPPT 우선권을 넘겨주어야 하였지만 제안하는 방식은 통신 기법을 사용하지 않음으로서 가격적인 측면에서 효율적이라 볼 수 있다.

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업지원을 받아 수행된 것임 (N0.2011-0026498).

### 참고 문헌

- [1] Linares, L. Erickson, R. W. MacApline, S. Brandemuehl, M "Improved Energy Capture in Series String Photovoltaics via Smart Distributed Power Electronics" Power Electronics Conference and Exposition APEC 2009 24th IEEE, pp. 904-910.
- [2] Seong-Jin Kim, Sol Moon, Do-Hyun Kim, Joung-Hu Park, Chan-Su Chung "Photovoltaic Maximum Power Point Tracking without current sensor for Module Integrated Converter" International Conference on Electrical Machines and Systems(ICEMS2011)