

단일 전류센서를 이용한 다중 모듈 컨버터에서의 출력전력 MPPT제어

전영태, 최병민, 박종후
숭실대학교

MPPT controller using a single current sensor for multiple module-integrated PV converters

Young Tae Jeon, Byung Min Choi, Joung Hu Park
Soongsil University

ABSTRACT

본 논문은 다중 모듈 통합형 태양광 발전 시스템의 발전 단가를 낮추기 위한 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 방법에 관한 것이다. 기존의 다중 모듈 통합형 태양광 발전 시스템에서는 각 모듈마다 MPPT 동작을 필요로 하기 때문에 전류센서와 전압센서를 모두 사용하며, 이는 발전 단가를 상승시키는 원인 중 하나가 된다. 본 논문에서는 시스템의 제작비용을 낮추기 위하여 다중 모듈 통합형 태양광 발전 시스템에서 상대적으로 가격이 비싼 전류센서의 사용을 줄여, 여러 개의 모듈에서도 하나의 전류센서만을 사용하는 MPPT 방법을 제안하고 PSIM 시뮬레이션과 실험을 통해 입증하고자 한다.

1. 서론

태양광 발전 시스템은 구성과 비용 문제 등이 다른 신재생 에너지원에 비해 자유롭기 때문에 자원 고갈과 환경문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 주목 받고 있다. 태양광 발전 시스템은 태양전지의 전압, 전류의 비선형적인 특성으로 인해 최대 전력 점이 존재한다. 또한 일사량이나 온도에도 영향을 받기 때문에 변화하는 변수에 따라 최대 전력 점을 추종할 수 있는 시스템이 필요하다. 기존에 사용하던 모듈 통합형 태양광 컨버터는 각각의 모듈이 최대전력을 추종해야 하기 때문에, 그에 따라서 각 모듈을 제어하기 위한 구성이 필요하다. 이를 위해서는 모듈마다 제어를 위한 전압센서와 전류센서가 필요한데, 이는 부분음영과 같은 일사량 변화 시에도 태양광 모듈마다의 MPPT 동작을 할 수 있다는 장점이 있지만, 시스템의 단가를 상승시키는 원인이 된다.^{[1][2]}

본 논문에서는 이러한 시스템 비용을 줄이기 위하여 다중 모듈 통합형 태양광 컨버터에서 하나의 전류 센서만을 사용하여 MPPT 동작을 하는 방식을 제안한다. 이를 위해서 PSIM 시뮬레이션을 통해 제안한 방법에 대한 가능성을 확인하고 DSP(Digital Signal Processor)를 통해 제어시스템을 구성하고, P&O 기법을 적용하여 실험을 통해 MPPT 동작을 확인 하였다.

2. 다중 모듈 통합형 태양광 컨버터

2.1 기존의 모듈 통합형 태양광 컨버터와 비교

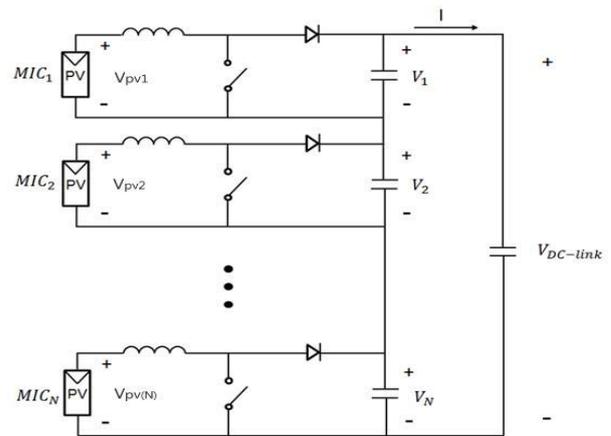


그림 1 기존의 전류센서 없는 다중 모듈 통합형 컨버터

기존의 모듈 통합형 컨버터에서의 MPPT 방법은 전압, 전류센서를 모두 사용하는 방법과, 전류센서가 없이 각 모듈의 $V_{DC-link}$ 전압의 변화를 이용하여 최대 전력 점을 추종하는 방법 등이 있다. 그림 1은 기존의 전류센서가 없는 출력 직렬형 태양광 컨버터 모듈의 회로를 나타낸다. 그림 1의 회로에서 출력단의 출력전력 P_1 과 출력전압 V_1 의 변화의 관계는 수식 (1)과 같이 나타 낼 수 있다.^[1]

$$\therefore \Delta P_1 = -K_1 + K_1 \left(\frac{K_2}{K_2 - \Delta V_1} \right) \quad (1)$$

따라서 $\Delta V_1 > 0$ 이면 $\Delta P_1 > 0$, $\Delta V_1 < 0$ 이면 $\Delta P_1 < 0$ 이다. 즉, ΔV_1 과 ΔP_1 가 서로 필요충분조건을 만족하므로 P_1 의 변화를 V_1 의 변화에 따라 알 수가 있지만, 첫 번째 모듈이 Perturbation 하는 동안 나머지 모듈은 Perturbation을 하지 않는다는 조건일 때 식(1)이 만족하므로, 여러 모듈에서 동시에 최대전력 추종이 불가능하다는 단점이 있다. 제안하는 방법은 전압, 전류센서를 모두 사용하는 MPPT 방식에 비해 전류센서를 하나만 사용하여 비용을 낮출 뿐 아니라 여러 모듈에서 동시에 MPPT 동작을 하여 가격과 효율 모두 유리할 것으로 여겨진다.

2.2 제안하는 모듈 통합형 태양광 컨버터

그림2는 논문에서 제안하는 다중 모듈 통합형 태양광 컨버

터 시스템을 나타낸다. DC link 의 전압은 인버터 제어를 통해 일정하다고 가정한다. 각 모듈의 출력전압은 일정하고 DC link 를 통해 부스트 컨버터의 출력 커패시터가 직렬로 연결 되어 있으므로 두 모듈의 출력 전류는 같다. 따라서, I_o 와 출력전압 V_1, V_2 를 곱하면 각각의 출력전력 P_1, P_2 를 알 수 있다. 만약 효율이 일정하다면 이 값은 PV1, PV2의 발전전력과 비례한다. 따라서 출력전력 P_1, P_2 를 실시간으로 받아서 P&O 알고리즘에 적용할 수 있다.

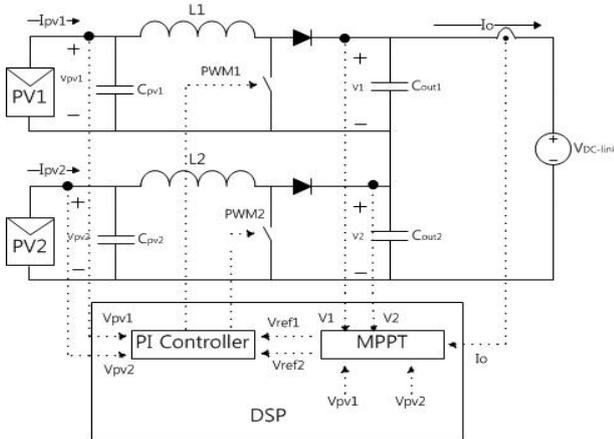


그림 2 제안하는 다중 모듈 통합형 컨버터 시스템

각 모듈의 출력 전압과 전류의 센싱값이 전력 계산을 위해 MPPT 코드에 입력되고, 센싱한 PV 전압값이 P&O 방식을 통해 비교되어 V_{ref1} 과 V_{ref2} 를 출력하여 PV 전압루프의 레퍼런스로 주어지고, PI 보상기에 의해서 V_{pv} 가 V_{ref} 를 추종함으로써 최대 전력 점을 추적 하게 된다.

3. PSIM 시뮬레이션

제안 하는 방식은 그림 2 회로와 같이 $V_{DC-link}$ 단에 전류센서를 하나 사용함으로써, 출력 커패시터 전압 V_1 과 전류 I_o 를 센싱 받아 PSIM DLL과 PI 제어기를 사용하여 MPPT 동작을 수행하는 방식이다. 부스트 컨버터는 연속 전류 도통 모드로 설계 하였고, 각 PV 모듈은 $V_{pv}=30V$, $I_{pv}=1.5A$ 일 때, 45W의 최대전력이 출력되며 그림 3과 같이 전력조절기가 $V_{pv}=30V$ 를 P&O 기법으로 추종 하고 45W의 최대 출력을 내는 것을 확인하였다.

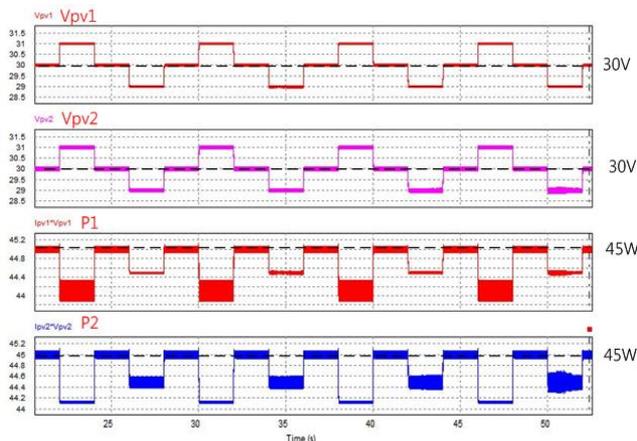


그림 3 PSIM 시뮬레이션 PV 전압, 출력전력 파형

4. 실험 결과

실험은 2개의 PV 모듈에서 출력단의 전압과 전류를 센싱하여 DSP를 이용하여 디지털 제어를 통해 최대 전력 점 추종 능력에 대해 알아보는 것으로 진행하였는데, DSP 제어는 한 개의 TMS320F28335 모듈을 사용하였다. 각각의 전압, 전류 파형을 센싱하여 PI제어기와 MPPT제어를 거쳐 추종하도록 실험하였다. 그림 4에서 보는 것과 같이 2개의 모듈을 가진 모듈 통합형 태양광 컨버터에서 출력단의 하나의 전류 센서만으로 각각의 태양광 패널의 최대 출력전압 지점인 30V를 P&O 기법을 통해 추종하는 것을 확인 할 수 있었다.

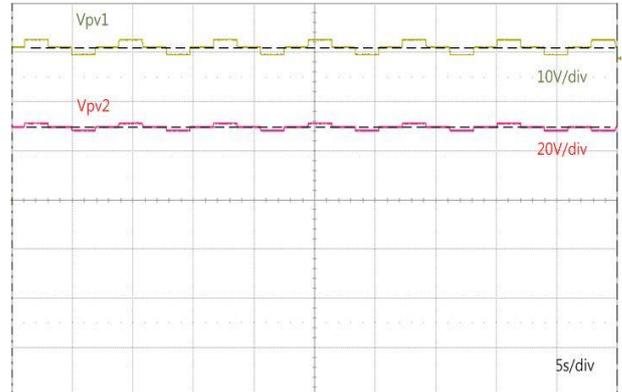


그림 4 단일 전류센서를 사용한 모듈 통합형 컨버터에서의 MPPT 동작 파형

5. 결론

본 논문에서는 출력단이 직렬로 연결된 다중 모듈 태양광 컨버터에서의 MPPT 동작에 대해 알아보았다. 기존의 전류센서를 사용 하지 않는 MPPT 방식은 다중 모듈에서 하나의 모듈이 MPPT 동작을 하는 동안 나머지는 Perturbation을 하지 않고 있어야 하므로 동시에 최대 전력 점 추종이 불가능했지만, 제안하는 방식에서는 단일 전류 센서로 여러 개의 모듈에서 동시에 최대 전력 점 추종제어를 할 수 있어서 태양광 모듈의 발전 효율이 높아지고, 모듈마다 전류센서를 사용하는 방식이 비해서 상대적으로 가격이 높은 전류센서의 사용이 적기 때문에 발전 비용에서도 효율적임을 확인하였다.

본 연구는 2012년도 산업통산부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제 (No.20124010203160)입니다.

참고 문헌

- [1] 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)
- [2] 문 솔, 김도현, 김찬인, 트란탕, 박종후, "전류 센서없이 독립적으로 동작하는 모듈 통합형 컨버터에서의 최대 전력 점 추종기법", 전력전자학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 2011.11, 61-62