

태양광 DC-DC 모듈 집적형 전력변환장치 제어 알고리즘 연구

이희서*, 신승민*, 이영달*, 이은주*, 이병국*, 이태원**

*성균관대학교 **삼성전기

Study of Photovoltaic DC-DC Module Integrated Converter Control Algorithm

Hee-Seo Lee*, Seung-Min Shin*, Young-Dal Lee*, Eun-Ju Lee*, Byoung-Kuk Lee*
and Tae-Won Lee**

*School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

**SAMSUNG Electro-Mechanics

ABSTRACT

본 논문에서는 태양광 발전 시스템의 일사량 불균형 환경에서 출력 전력을 최대화 하기위한 DC-DC 모듈 집적형 전력변환장치에 요구되는 동작에 대하여 알아보고 이를 제어하기 위한 알고리즘을 제안한다. 토폴로지는 구조가 간단하고 제어가 용이한 Cascaded Buck-Boost 컨버터를 대상으로 한다. 제안한 알고리즘을 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 검증한다.

1. 서 론

태양광은 청정 에너지원으로써 발전 과정에서의 부산물이 없으므로 환경오염에 대한 걱정이 없고 자원이 무한하다는 장점이 있다. 또한 태양광 발전은 일사량이 있다면 어느 곳에서나 발전이 가능하므로 일반 가정에서도 발전이 가능하다. 그런데 일반 가정 지붕은 나무 등에 의한 부분음영 혹은 모듈 배치에 따른 일사각의 차이에 의한 일사량 불균형이 있을 수 있다. 이는 전체 시스템 효율을 저하시키는 요인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 다양한 해결책이 제시되었다^{[1]-[2]}. 그 중 전력변환장치를 각 모듈에 설치하여 최대 전력 추종을 개별적으로 수행하는 방식이 제안되었는데 이를 MIC (Module Integrated Converter)라 한다. MIC는 각 모듈의 일사량이 불균형 할 때 출력 전력을 최대화 할 수 있는 해결책이다. MIC는 보통 인버터의 유무에 따라 AC 또는 DC MIC로 구별된다. DC MIC는 인버터가 없이 DC-DC 컨버터만으로 구성되므로 AC MIC에 비해 제어가 간단하며 가격 및 효율 측면에서 장점을 갖는다.

본 논문에서는 태양광 발전 시스템의 일사량 불균형 문제에 대한 해결책이 되는 DC MIC의 동작에 대하여 알아본 후 이를 구현하기 위한 제어 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성 및 동작

그림 1은 DC MIC가 적용된 태양광 발전 시스템의 구성도이다. 중앙 PCS (Power Conditioning System)는 DC-DC 컨버터와 인버터로 구성되며 전체 MPPT 및 계통 연계를 수행한다. 그리고 개별 태양광 모듈의 출력에 DC MIC를 설치하고 이를

직렬 연결하여 DC String을 구성한다. DC MIC는 개별 모듈의 MPPT 및 중앙 MPPT에 의한 String 전압을 유지한다.

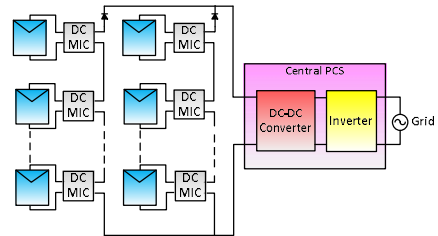


그림 1 DC MIC를 포함한 계통 연계형 태양광 발전 시스템
Fig. 1 Grid Connected PV generation system with DC MIC

String에 연결된 태양광 모듈의 일사량이 불균형해지면 최대 출력 전압이 서로 달라진다. 이로 인해 기존의 시스템은 가장 적은 출력을 내는 모듈의 전류로 String 전류가 고정되어 전체 출력이 저하된다. 개별 모듈이 최대 출력으로 동작하기 위해서는 String의 전압이 고정 되었을 때 각각의 모듈이 최대 출력 전압에서 동작 하면서 모든 모듈이 최대 출력을 낼 수 있는 전류로 출력 전류를 맞춰주어야 한다. DC MIC는 모듈의 출력 전압을 승압 혹은 강압하여 이를 해결한다. 그림 2는 String의 일부 모듈에 일사량 불균형이 있을 때 DC MIC의 동작 예를 보여준다. String 전압이 중앙 PCS의 MPPT 제어에 의해 100V로 제어될 때 DC MIC 개별 모듈의 MPPT를 수행한다. 이 때 String 전류(I_{str})는 String에 연결된 모듈의 전체 출력 전력(P_{str})을 100V로 나눈 값으로 결정된다.

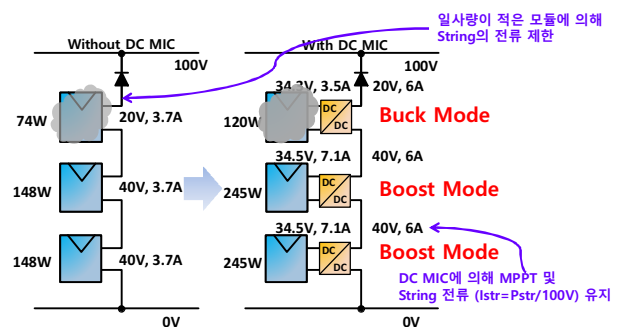


그림 2 일사량 불균형에서 DC MIC 동작
Fig. 2 DC MIC operation in irradiation imbalance

2.2 토폴로지 및 제어 알고리즘

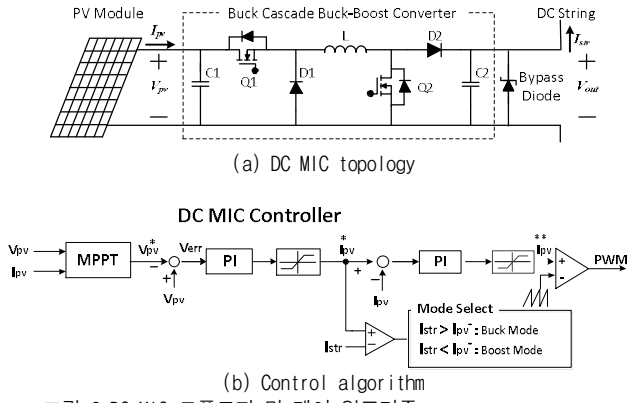


그림 3 DC MIC 토폴로지 및 제어 알고리즘
Fig. 3 DC MIC topology and control algorithm

토폴로지는 효율이 좋고 제어가 쉬운 Buck-Cascaded Buck-Boost (BuCBB)^[3] 컨버터를 선정하였다. BuCBB 컨버터는 Q2를 Off하고 Q1을 On/Off 하면 Buck 모드로, Q1을 On하고 Q2를 On/Off 하면 Boost모드로 동작한다. 혹은 Q1, Q2에 동일한 Gating 신호를 인가하여 일반적인 Buck-Boost 컨버터로 동작할 수도 있다. 둘 중 소자의 스트레스 및 손실을 줄이기 위해서는 Buck, Boost의 개별 모드로 동작시키는 것이 좋다^[3]. 하지만 이 방식을 적용하기 위해서는 모드 선택을 해야 하며 일사량 변동에 의해 출력 전압이 다른 모드로 바뀔 때의 과도구간에서 모드 전환에 대한 대책이 필요하다. 본 논문에서는 그림 3-(b)의 방법을 제안한다. 즉 복잡한 제어가 필요 없이 MPPT를 통한 전류 지령을 String 전류와 비교하여 모드를 결정하고 PWM 신호를 인가한다. 이 방법은 개별 모듈의 MPPT를 수행할 때 올바른 모드를 선택할 수 있으며 전류를 비교하기 때문에 전압 비교보다 제어 속도가 빠르다. 입력 전압과 출력 전압이 일정치 이상 벌어질 때는 단일 모드로 동작하며 과도 상태에서는 두 모드가 교번되며 동작하여 안정적으로 제어 할 수 있다.

2.3 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 모드 선택 방법을 시뮬레이션을 통해 검증해 본다. 그림 4의 시뮬레이션 플랫폼은 DC MIC가 연결된 3개 모듈이 직렬 연결되어 String을 구성하고 이를 계통 연계하는 중앙 PCS 그리고 제어부로 구성되어있다. 실험 조건은 각 모듈의 일사량이 같은 상태에서 정상 동작 하다가 0.3초에 1번 모듈의 일사량이 줄어들었을 때 각 DC MIC와 중앙 PCS가 그림 2의 예시와 같이 정상 동작하는지를 확인한다.

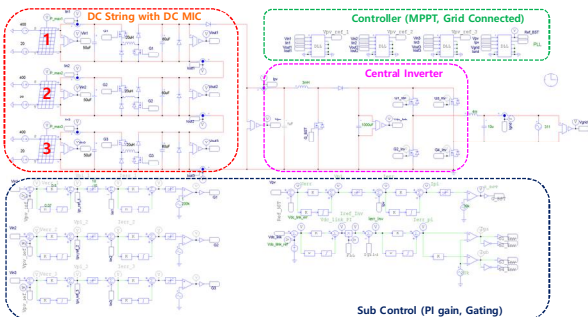
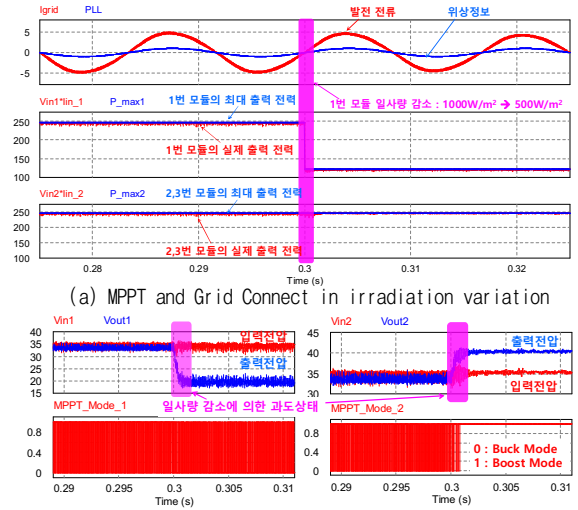


그림 4 태양광 발전 시스템 시뮬레이션 플랫폼
Fig. 4 PV Generation system simulation platform



(b) Voltage Ripple and Mode select (1, 2 Module)
그림 5 일사량 변동이 발생했을 때의 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation result in irradiation variation

그림 5는 전체 시스템의 동작 및 DC MIC의 출력 전압 리플과 어느 모드로써 동작하는지에 대한 결과이다. 일사량 변화에도 중앙 PCS의 계통 연계 동작에는 이상이 없으며 DC MIC 또한 MPPT를 정확히 추정 하였다. 과도 상태에서도 Buck, Boost 모드가 교번되며 새로운 출력 전압을 안정적으로 찾아갔다. 다만 1번 모듈의 출력 전압이 과도 상태가 지났을 때에도 Buck 단일 모드로 동작하지 않는 것을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 태양광 발전 시스템에서 String의 일사량 불균형 시 개별 모듈의 최대 전력 추종을 수행하는 DC MIC의 제어 알고리즘을 제안하였다. 토폴로지는 BuCBB 컨버터를 선정하였다. 또한 선정된 토폴로지의 모드 선택 방법을 제안하였으며 PSIM으로 구현하여 동작 및 출력 특성을 확인하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 방법으로 DC MIC에 요구되는 동작을 제대로 수행하였다. 차후 실험 세트를 구성하여 실험할 예정이며 이를 통해 효율 및 소자 스트레스까지 고려하여 제안된 제어 방법을 보완 및 최적화 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문은 (주)삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] Patel, H., Agarwal, V., "Maximum Power Point Tracking Scheme for PV Systems Operating Under Partially Shaded Conditions", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 55, No. 4, pp. 1689-1698, 2008, April.
- [2] Tsao, P., Sarhan, S., Jorio, I., "Distributed max power point tracking for photovoltaic arrays", Photovoltaic Specialists Conference IEEE, pp. 2293-2298, 2009, June.
- [3] Jingquan Chen, Maksimovic D., Erickson R.W., "Analysis and design of a low-stress buck-boost converter in universal-input PFC applications", Power Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 22, No. 2, pp. 320-329, 2006, March.