

태양광발전 시스템용 DC Optimizer 회로 비교 분석

이영달*, 이희서*, 이은주*, 신승민*, 이병국*, 이태원**

*성균관대학교 **삼성전기

A Comparative Analysis on the Circuits of different type of Photovoltaic DC Optimizer

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

*School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

**SAMSUNG Electro-Mechanics

ABSTRACT

본 논문은 태양광발전의 주변 환경 변화에 종속적인 태양광 모듈 출력을 개선하기 위해 사용되는 두 개의 다른 형태의 태양광발전 시스템용 DC Optimizer에 대해 기술한다. 일사량 가변 및 외부 음영 조건 발생 시 서로 다른 두 유형의 DC Optimizer 동작 특성을 비교 분석하고 이를 시뮬레이션을 통해 검증한다.

1. 서론

지구 온난화와 화석연료의 고갈 등 환경 문제의 대안으로 신재생에너지에 대한 연구가 화두로 떠오르고 있다. 이에 발맞추어 태양광을 이용한 발전 시스템은 친환경에너지로 무연료, 무공해와 더불어 유지비용이 거의 들지 않는 장점을 지니고 있어 그 이용이 점차 늘어나고 있는 추세이다. 그러나 태양광 발전 시스템은 단일 모듈의 발전전력이 크지 않기 때문에 여러 개의 모듈을 직·병렬로 연결하여 가정용 및 산업용과 같은 특정한 개별 수요에 적절한 전압과 전류 레벨을 얻는 구조가 필수적이게 된다. 이러한 구조는 환경적 요인인 주변 건물이나 먼지 등으로 인한 부분적 차광이 몇몇의 단일 모듈에 발생할 경우 한 스트링 내의 직렬연결로 전체 전류의 감소로 이어지고 이는 전체 시스템 효율이 저하로 나타난다. 이러한 문제를 해결하기 위해 개별 모듈 간 DC Optimizer를 부착함으로써 전체 시스템의 효율 극대화가 가능하다. 본 논문에서는 서로 다른 형태의 DC Optimizer 시스템에 대해 기술하고 부분적 차광이 발생할 경우 각각의 DC Optimizer의 동작원리를 비교 분석하고 이를 시뮬레이션을 통해 검증한다.

2. 태양광발전 시스템용 DC Optimizer

2.1 DC Optimizer 부착 태양광발전 시스템

부분적 차광 및 음영 등 환경적 제약요인으로 인해 야기되는 전체 출력 저하를 최소화하기 위해 그림 1과 같은 형태로 각 개별 모듈의 뒷단에 DC Optimizer를 부착해 분산형 MPPT와 집중형 MPPT를 동시에 수행하여 최대 전력점을 추종하게 된다. 여기서 블로킹 다이오드와 바이패스 다이오드의 역할은 평소 역전위가 인가되어 도통하지 않다가 부분적 차광이나 기타 음영조건으로 인해 각각 하나의 스트링 혹은 개별 모듈의 출력

이 떨어지면 순방향으로 다이오드가 도통하여 바이패스시킴으로써 다른 스트링 혹은 음영 조건이 없는 정상 모듈의 출력에 악영향을 미치는 것을 최소화하기 위한 구조이다.

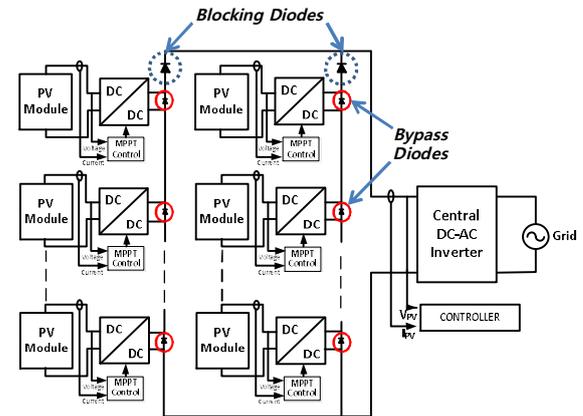
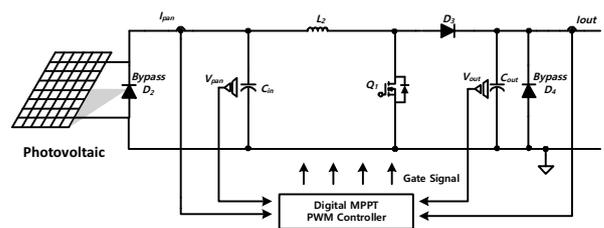


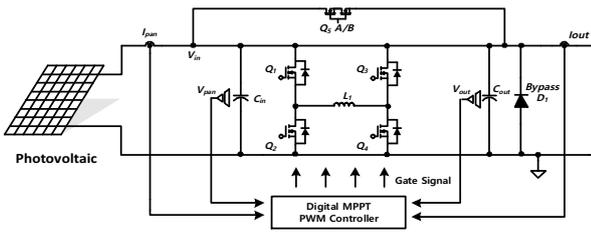
그림 1 분산형 MPPT의 계통 연계형 시스템
Fig. 1 Grid-Connected System of Distributed MPPT

2.2 DC Optimizer 내부 구조와 동작^{[1]-[2]}

그림 2 (a)와 같은 구조는 개별 모듈의 MPPT를 수행하는 Boost구조로 입력전압 대비 출력전압을 승압하고 MPPT 제어 알고리즘은 P&O (Perturb & Observation) 제어기법으로 최대 전력점을 추종하는 방식으로 구동된다. 이 구조는 개별 모듈에서 부분적 차광이 발생할 경우 전체 출력 손실을 최소화하기 위해 바이패스 다이오드로 경로를 만들어 줄 수 있다. 바이패스 동작을 다이오드 외에 도통 전압보다 작은 $R_{ds(on)}$ 을 갖는 스위치를 사용하면 바이패스 동작 시 전력 손실을 줄일 수 있어 방열 및 시스템 수명에 이득을 얻을 수 있는 특징이 있다.



(a) Boost 형태의 DC Optimizer



(b) Buck/Boost 형태의 DC Optimizer

그림 2 두 유형의 DC Optimizer
Fig. 2 Different Type of Photovoltaic DC Optimizer

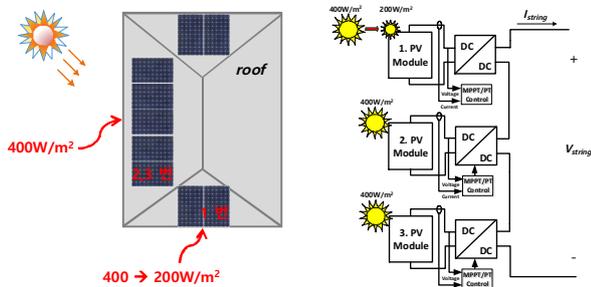
또한 태양광 모듈이 부분적 차광이나 주변 환경조건에 의해 저감된 출력을 최소화하기 위해 전체 개별 모듈에 Boost 동작을 수행하여 최대 전력점 추종이 가능하도록 한다.

그림 2 (b)의 토폴로지는 승·강압이 가능한 구조로 MPPT 알고리즘을 사용한 토폴로지이다. 부분적 차광이 발생할 경우 차광된 영역의 단일 혹은 개별 모듈들은 강압동작을 하고 이때 Q1과 Q2가 스위칭 동작을 하고 Q3는 턴오프 상태를 Q4는 온 상태를 유지하고, 차광 조건이 없는 개별 모듈들은 승압동작을 Q3과 Q4가 스위칭 동작을 하고 Q2는 턴오프 상태를 Q1는 온 상태를 유지함으로써 중앙 MPPT에 의해 전체 String에 흐르는 전류를 최대 전력으로 추종하도록 동작한다. 또한 정상적인 조건에서 입력전압 대비 출력전압의 비가 2% 이내로 거의 동일할 경우와 과전류, 과전압, 정상동작 임계온도 값 (스위치 정상 동작 온도 : 125 °C) 을 초과할 때의 전체 시스템의 보호 기능을 위해 그림 상단의 스위치를 거쳐 입력 전압을 아무런 전력변환없이 출력 측으로 그대로 내보내는 동작을 수행한다.

3. 시뮬레이션 및 실험

3.1 두 유형의 DC Optimizer 시뮬레이션

상기 두 형태의 DC Optimizer가 부착된 태양광발전 시스템의 동작 특성을 분석한 결과를 토대로 본 논문의 타당성을 검증하기 위해 가상의 태양광 모듈을 제공하는 PSIM V9.0을 활용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 태양광 모듈의 파라미터 경우 KPE社의 KPEM-S150A72 제품의 파라미터를 시뮬레이션에 적용하였고, Powersim社에서 제공하는 Tutorial을 통해 상세한 사용 방법을 확인할 수 있다. 그림 3은 시뮬레이션 구성도와 적용한 조건을 나타낸다.



(a) 일사량 불평형 조건 (b) 시뮬레이션 구성도
그림 3 시뮬레이션 구성도와 조건
Fig. 3 Schematic Configuration & Condition for Simulation

그림 3 (a)와 같이 태양의 방향과 위치에 따라 일사량 불평형 조건이 발생한다. 이를 시뮬레이션에 활용할 구성도로 표현하면 3개의 태양광 모듈을 직렬연결하고 1번 모듈의 위치가 2,3

번 모듈과 다를 때 나타나는 출력 현상을 살펴보기 위해 다음과 같이 구성하였다. 즉, 직렬 3개 전체 모듈의 경우 동일한 일사량이 비추다가 어느 시점에서 1번 모듈에 일사량이 바뀔 때 태양광 모듈 출력 뒷단에 DC Optimizer가 없는 유형과 Buck 유형의 DC Optimizer가 부착된 경우와 Buck/Boost 유형의 DC Optimizer가 부착된 경우에 대해 시뮬레이션한 결과는 그림 4와 같다.

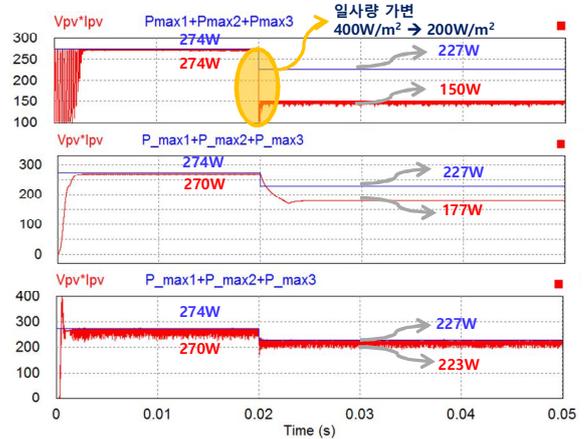


그림 4 DC Optimizer 성능 비교 분석 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Different Type of Photovoltaic DC Optimizer Simulation

그림 4의 첫 번째 파형은 Optimizer가 없는 경우로 1번 모듈의 일사량 변화에 따라 저감된 출력 전류가 직렬연결로 인해 String 전류가 감소되어 전체 출력이 원래 가용 출력보다 저하되는 악영향을 보여주고 있다. 두 번째 파형은 Boost 유형의 Optimizer가 부착된 형태로 출력이 저감된 모듈의 경우 바이패스시키고 나머지 2,3번 모듈은 Boost동작을 통해 첫 번째 파형과 비교해볼 때 어느 정도 출력의 개선이 있음을 확인할 수 있다. 마지막 파형은 Buck/Boost 유형의 Optimizer가 부착된 형태로 1번 모듈 역시 최대 출력 점을 추종하여 첫 번째, 두 번째 파형과 비교해 볼 때 전체 출력이 상당히 개선된 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 태양광발전 시스템에서 주변 건물이나 먼지 등의 외부 환경 요인으로 인해 발생하는 부분적 차광에 따라 전체 시스템 효율이 저하되는 문제를 개선하기 위해 사용되는 서로 다른 두 형태의 DC Optimizer 회로에 대해 분석하였다. 시뮬레이션을 통해 가정용이나 산업용의 경우 Buck/Boost 유형의 DC Optimizer를 부착했을 경우 음영 조건 발생 시 더 좋은 출력 특성을 보임을 확인하였다.

본 논문은 (주)삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] Tsao, P., Sarhan, S., Jorio, I., "Distributed max power point tracking for photovoltaic arrays", Photovoltaic Specialists Conference IEEE, pp. 2293-2298, 2009, June.
- [2] 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.