

역조 방지 제어를 포함한 Multi-String MPPT 태양광 PCS 개발

이은철, 안강순, 오용승, 유원호
(주)윌링스

Multi-String MPPT PV PCS with Power Flow Controller

E.C.Lee, K.S.Ahn, Y.S.Oh, W.H.You
WILLINGS CO. LTD

ABSTRACT

본 논문은 MPPT가 가능한 세 개의 단상 인버터를 삼상(3상 4선) 인버터로 구성하고, 부하 중단의 역조 방지 검출 장치와 연동 운전하여 전체 시스템의 역조 및 역률 제어가 가능한 태양광 발전 시스템 개발에 대한 것이다.

1. 서론

기존의 발전 사업용 태양광 발전 시스템의 경우 대부분 Central Type(집중형)방식으로 여러 개의 태양광 모듈의 직병렬 조합이 하나의 입력으로 구성되고 있으며, 이럴 경우, 모듈의 설치 면적이 넓어 직병렬로 조합된 어느 하나의 한쪽 모듈군에 그림자로 인해 발전량이 저하될 경우 전체 시스템의 발전량이 저하되는 문제가 있다.^[1]

한편, 국내에 설치되고 있는 중, 대용량 태양광 시스템의 경우 발전 사업용과 일반 보급 사업으로 설치되고 있는데, 일반 보급 사업의 경우 역조가 발생하게 되면 역률이 최대 0.3이하로 떨어지게 되는데 이는 오히려 역률 환산에 따른 추가 요금으로 인해 태양광 발전 설비를 설치하기 이전 보다 더 많은 요금을 지불하는 문제가 발생할 수 있다.^[2]

이에 본 논문에서는 하나의 12kW급 H bridge 단상 Inverter를 3상 4선으로 구성하여 34kW급 시스템으로 구성하고 부하 최종 단에 역률 계측 장비를 통해 계측된 데이터를 이용하여 시스템의 역률을 제어하는 태양광 PCS를 제안 한다.

2. Multi-String MPPT PV PCS

1.1 시스템 구성도

기존 Central Type의 태양광 PCS는 6개의 bridge로 이루어진 인버터 부와 inverting된 전압을 승압하기 위한 승압 트랜스포머로 구성되어 있다.

전력 변환 회로가 2단으로 구성되어 있어 일반적인 전력 변환 효율은 최대 94%로 알려져 있다.

그림 1는 본 논문에서 제안한 시스템의 구성도를 나타낸 것으로 H bridge로 이루어진 인버터 3개를 조합하여 3상 4선으로 구성하였으며, 단상 인버터이기 때문에 삼상 단일로 구성된 인버터 시스템(650Vdc) 비해 DC Link 전압을 낮게(350Vdc) 설계 할 수 있다.

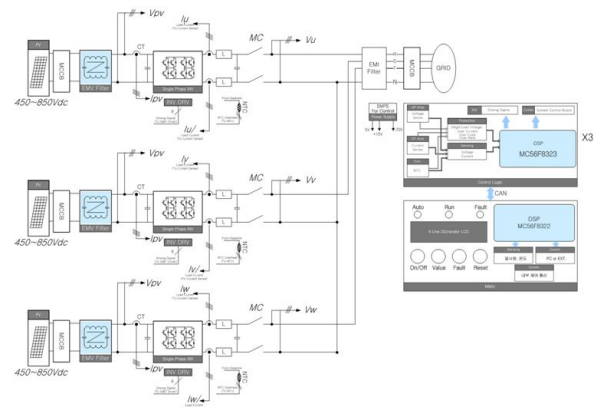


그림 1 제안된 Multi-string 삼상 태양광 PCS의 구성도

1.1.1 상 평형 및 역조 방지 제어기

본 논문에서 제안한 H bridge 인버터를 삼상 구성할 경우, 스위칭 손실을 줄일 수 있고, 낮은 입력(최소 350Vdc)에서 동작할 수 있는 장점이 있지만, 각 상을 개별로 제어하기 때문에 각 스트링의 발전량 차이가 크면, 출력 상의 불 평형이 발생할 수 있는 문제가 있다.

한편, 태양광 발전 시스템의 보급이 많아지면서, 에너지 보존용으로 상업용 빌딩에 설치되는 사례가 늘고 있다. 그러나 태양광 발전 시스템은 인버터 단에서 역률을 측정하면, 역률이 1로 나타나지만, 역조가 발생하여 수전단에서 측정할 경우 역률은 최대 0.3이하로 매우 나빠질 수 있다. 역률이 나빠질 경우 전기 공급 약관, 전기 공급 및 사양의 제4절 제42조에 따르면 기준 역률에 60%까지 미달 할 경우 기본 요금의 1%씩 추가 요금을 부과하고 역률이 기준 역률을 초과하여 95%까지 요금을 감면해 주는 조항이 있다.

본 논문에서는 이런 문제를 개선하기 위하여 상 평형 제어기와 역조 방지 제어를 고안하여 시스템에 적용하였으며, 그림2의 순서도와 같이 동작 된다.

시스템은 CAN통신을 통해 발전량, 전류, 시스템 상태등을 공유하고, 공유한 데이터를 기반으로 PCS 용량의 10%이상 상 불평이 발생 할 경우 MPPT를 포기하고 출력을 제한하며, 역조 계측 장비로부터 계측된 데이터를 RS422통신으로 받아 역조가 발생할 경우 MPPT를 포기하고 출력을 제한한다. 제한된 상태로 10분 이상 유지되면, 시스템은 발전을 멈추고 6분간 대기한 후에 다시 발전을 시작한다.

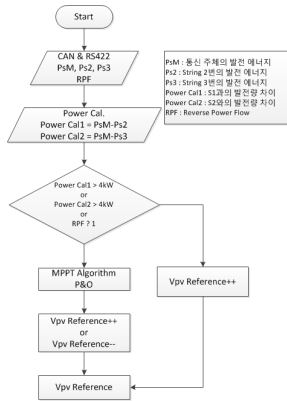


그림 2 제안된 시스템 제어 순서도

2. 개발된 시스템

2.1 개발 제품

그림 3은 본 논문에서 제안 한 34kW급 Multi String PV PCS이다.



그림 3 34kW급 Multi-String PV PCS



그림 4 역조 방지 장치

2.2 실험 결과

2.2.1 상 평형 제어

그림 5는 각각의 스트링 입력을 11kw, 5kw, 0w로 설정하여 Phase un balancing 상태를 만들고 인버터를 구동하였을 경우 11kw입력의 스트링이 발전 전력을 줄이는 파형이다.

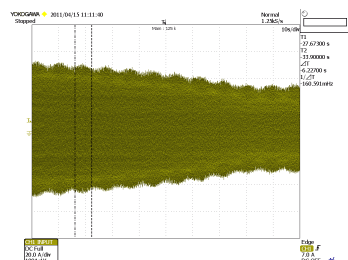


그림 5 상 평형 제어기의 동작 파형(11kw -> 4kw)

2.2.2 역조 방지 제어

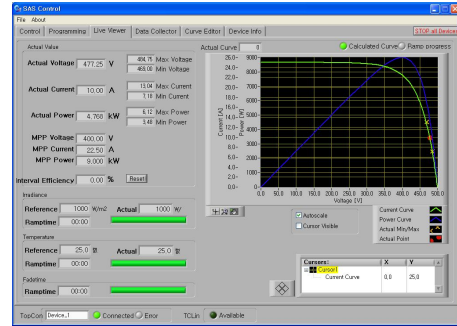


그림 6 역조 방지 제어기의 동작 파형

그림 6은 AC simulator(Kikusi 4000CL) 부하(R Load)를 5kw로, PV simulator(Regatron Topcon Quadro 34kW)를 8kw로 설정하여 인버터를 구동하였을 경우 PVsimulator가 MPPT로 동작되지 않고 출력을 줄여 5kw로 동작되는 파형이다.

2.3 정량적 특성

표1은 개발된 시스템 사양과 해외 및 국내 업체와 비교한 항목이다. H bridge 1단으로 구성되어 있어 최대 97.4%, 유로 96.4%의 효율이 보인다. 실외형으로 개발되어 IP55등급을 만족하며, 동작범위도 350Vpv에서 1000Vpv로 타사에 비하여 높다.

표 1 정량적 특성

항목	국의 K사	국내 D사	개발 제품
입력 전압 범위	350 800	200 820	350-1000
MPP Tracker	3	1	3
최대 효율	97.4%	94%	97.4%
보호 등급	IP54	IP20	IP55

3. 결론

본 논문에서 제안한 상 평형 및 역조 방지 제어를 포함한 Multi String PV PCS를 개발하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 실험 결과 최대 97.4%, 유로 96.4%의 높은 효율을 얻어 에너지 변환 효율을 극대화 하였다.
- 2) H bridge 인버터의 3상4선 구성의 단점을 보완한 상평형 제어기를 제안하고 실험을 통하여 검증하였다.
- 3) 역조 방지 장치를 개발하고 인버터에 역조 방지 관련 제어를 추가하였으며, 실험을 통해 검증하였다.

이 논문은 전력산업연구과제의 연구비 지원에 의하여 연구 되었음

참고 문헌

- [1] N. Chaintreuil, F. Barruel, X. Le Pivert, H. Buttin, J. Merten, "Effects of Shadow on a Grid Connected PV System," 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, p. 3417, 2008.
- [2] 한국 전력 전기 공급 약관, 전기의 공급 및 사양, 제4절, 제42조.