

NPC 3-레벨 인버터를 이용한 태양광 발전 시스템 설계

신성수*, 장승용*, 최재호*
충북대학교*

The design for grid-connected 3-level inverter based on photovoltaic

Seongsu Shin*, Seungyong Jang*, Jaeho Choi*
Chungbuk National University*

ABSTRACT

화석연료의 고갈이 진행됨에 따라 그 대안으로 신재생 에너지에 초점이 맞춰지고 있다. 신재생 에너지 발전의 중요성이 대두됨에 따라 계통연계형 인버터의 중요성 역시 부각되고 있으며 이에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 여러 연구 중의 하나로 멀티레벨 인버터를 들 수 있는데, 이는 2 레벨 인버터와 비교했을 때, 동일한 스위칭 주파수에서 출력전압 및 전류의 고조파 성분을 크게 줄일 수 있다는 장점을 갖는다. 본 논문에서는 NPC 3 레벨 인버터를 이용하여 태양광 발전 시스템을 구성하고, 결과를 확인하였다.

1. 서론

현재 전 지구적인 화석연료의 유한성과 더불어 에너지 수요의 폭등 및 고유가, 그리고 지구 온난화 등의 환경적 문제에 봉착하여 신재생 에너지 기술, CO2 감축 기술 등에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있으며 그린 산업과 차세대 동력 산업으로 태양광 발전을 지정하고 정책적으로 지원함으로써 급속한 성장을 이루고 있다.^[1] 본 논문의 계통 연계형 인버터의 경우 DC link단의 전압이 계통의 전압보다 항상 높은 전압을 유지해야 하므로 태양전지 어레이와 계통 연계형 인버터 사이에 승압컨버터를 사용하여 전압을 승압시키는 동시에 MPPT 알고리즘을 수행하였다. 하지만 승압컨버터에서 DC link단의 전압을 일정하게 가져가는 역할을 동시에 수행할 수 없으므로 계통 연계형 인버터에서 DC link단의 전압을 일정하게 유지하는 제어와 출력전류를 위한 제어를 수행하였다. 그림 1은 본 시스템의 전체 회로도이다.

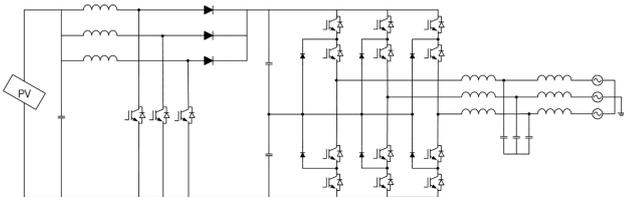


그림 1 전체 시스템 회로도.

Fig. 1 Total system circuit.

2. 인터리브 방식의 승압컨버터에서의 MPPT

태양전지의 경우 일사량과 온도에 따라 출력되는 전압과 전

류가 바뀌게 되므로 최대의 전력으로 동작시키기 위한 MPPT를 고려해야 한다. 그림 2에서는 PSIM을 이용하여 PV array를 모델링하고 I-V 특성 곡선과 P-V 특성 곡선을 나타낸 것이다. 일사량의 변화에 따라 특성 곡선이 변하므로 승압컨버터에서는 듀티비를 조절하여 PV array에서 항상 최대의 전력을 출력할 수 있게 해야 한다. 따라서 그림 3의 IncCond 방식을 이용하여 승압 컨버터의 듀티비를 조절하였다.

IncCond(Incremental Conductance) 알고리즘은 그림 3에서와 같이 (현재 전력에서 바로 전 과거 전력 값을 뺀 차)/(현재 전압에서 바로 전 과거 전압 값을 뺀 차)를 가지고 기울기가 0이 되게 제어함으로써 최대의 전력 점을 추종한다는 알고리즘이다. 만약 dP/dV 값이 양의 값이면 최대 전력 점으로부터 좌측에 존재하므로 기준 전압 값을 증가시키게 되고 양의 값이면 최대 전력 점으로부터 우측에 존재하므로 기준 전압 값을 감소시키게 되고 0일 경우에는 그대로 유지하게 된다.^[2]

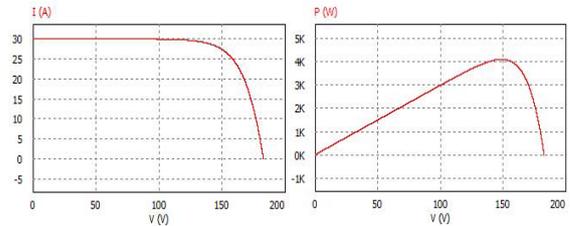


그림 2 PV array의 특성곡선.

Fig. 2 Characteristic function of PV array.

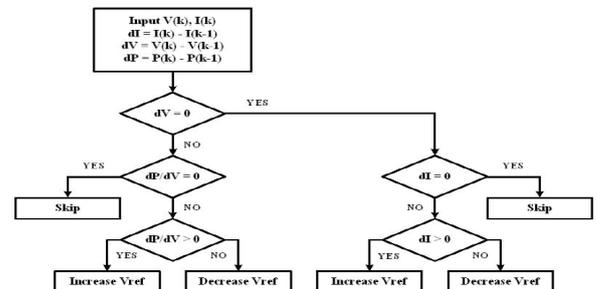


그림 3 IncCond의 알고리즘 순서도.

Fig. 3 Algorithm flow chart of IncCond.

3. 계통 연계형 인버터

NPC(Neutral Point Clamped) 3레벨 인버터는 각 상마다 4

개의 전력변환 스위칭 소자와 2개의 다이오드로 구성된다. DC link단의 커패시터는 2개로 구성하여 가운데에 중성점이 형성되게 된다. 각 상의 스위칭 동작은 2레벨과는 달리 P, O, N의 세 단계로 나뉘게 되어 출력 극전압이 총 세 가지(+Vdc/2, 0, Vdc/2)로 출력된다. 따라서 동일한 스위칭 주파수에서 2레벨 인버터보다 출력전압, 전류의 고조파 성분을 반 이상 줄일 수 있는 장점이 있다.

그림 4는 계통 연계형 NPC 인버터의 제어 블록도이다. 인버터에서 DC link단 전압을 일정하게 유지하기 위한 전압 제어와 인버터 출력전류를 정현적이고 계통과 동일한 위상을 갖도록 하기 위한 전류 제어를 수행하고 있다. NPC 인버터에서는 인버터 입력단에 커패시터 2개를 직렬로 사용하므로 각각의 커패시터의 전압을 동일하게 유지시키기 위한 커패시터 전압 제어를 수행하였다.

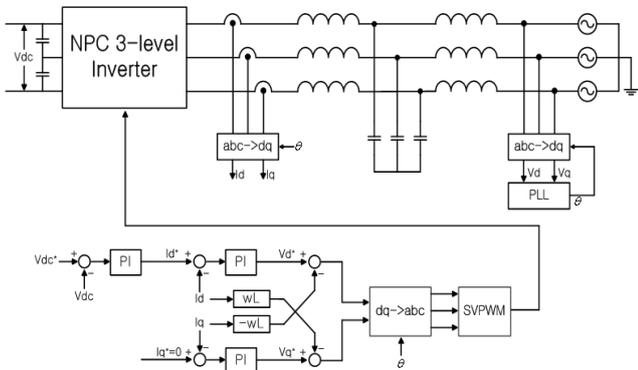


그림 4 계통 연계형 인버터의 제어기.
Fig. 4 Controller of grid-connected inverter.

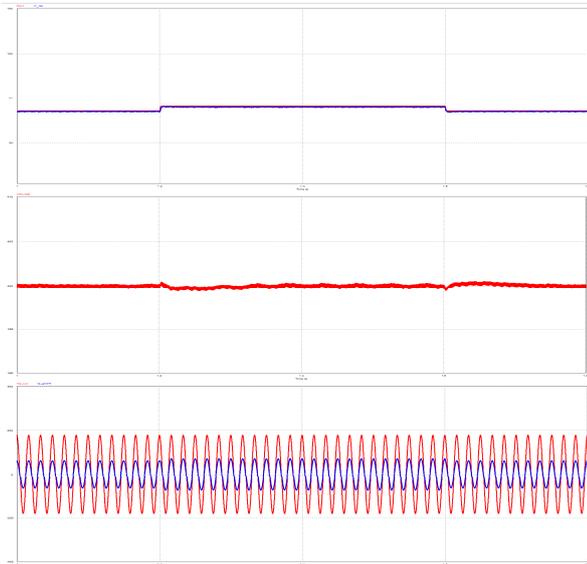


그림 5 시뮬레이션 결과, (a)전력, (b)DC link단의 전압, (c)계통 측 전압과 전류.
Fig. 5 Simulation result, (a)Power, (b)DC link voltage, (c)Grid side voltage and current.

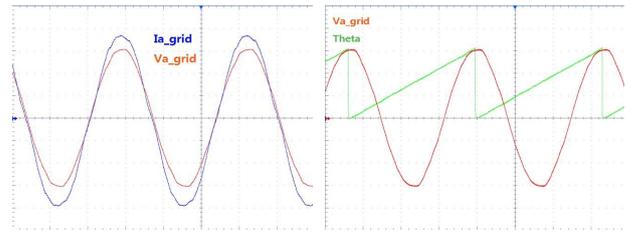


그림 6 실험 결과, (a) 계통 전압과 출력 전류, (b) 계통 전압과 위상.
Fig. 6 Experiment result, (a) Grid voltage and current, (b) Grid voltage and theta.

4. 시뮬레이션

그림 5는 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 한 결과이고 태양광 인버터는 4kW급으로 디자인되었다. 그림 5의 (a)는 PV array에서의 일사량의 변화에 따라 출력되는 전력이고 최대의 전력을 추종하고 있음을 확인할 수 있다. (b)는 DC link단의 전압으로 DC link단의 전압이 400V로 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. (c)는 계통 측의 전압과 전류이며 전류의 THD는 1.4%로 5%미만의 규정에 만족하고 역률은 99.928%로 나왔다.

5. 실험결과

제어보드로 TMS320VC33을 사용하였고, 스위칭 주파수는 5[kHz]로 설정하였다. 측정된 계통전압과 전류의 파형이 그림 6에 나타나 있다. 이 때 전류의 실효치는 9.88[A]이고 power profiler를 통해 THD 확인한 결과, 약 2.9%로 측정되었다.

6. 결론

본 논문에서는 계통 연계형 태양광 인버터의 시뮬레이션 및 실험을 통해 동작을 확인하고 규정에 적합함을 검증하였다. 최대의 전력을 전달하기 위해 승압인버터에 MPPT 알고리즘을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였고 최대전력을 전달하는 지를 검증하였으며 계통 연계를 위한 인버터에서는 DC link단 전압을 일정하게 유지하면서 계통 측으로 전달하는 출력 전류의 THD가 5%미만으로 측정되는 것을 확인하였다.

이 논문은 “충청지역사업평가원”의 “고신뢰성 대용량 태양광 전력변환시스템 개발”로 수행된 연구결과임.

참고 문헌

[1] 김기선, 박성준, “계통 연계형 태양광 인버터 기반 과포화 리액터 전류 보상기법과 DFT가 적용된 강인한 D Q변환 기법”, 전남대학교 박사학위논문, 2011.02
 [2] 심재희, 양승대, 정승환, 최주엽, 최익, 안진웅, 이동하, “태양광 발전시스템의 MPPT 알고리즘 분석”, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 31, 2011.02
 [3] 권경민, 최재호, 정교범, “NPC형 3레벨 인버터의 출력전압 고조파 분석”, 전력전자학회 논문지, 제 14권, 2009.12