

대용량 PV 시스템용 멀티센트럴 인버터 제어

고광수, 박종형, 김흥근, 전태원*, 노의철**
 경북대학교, 울산대학교*, 부경대학교**

Control of Multi-Central Inverter for Large Power Grid-Connected PV System

Kwang-Soo Ko, Joung-Hyoung Park, Heung-Geun Kim, Tae-Won Chun*, Eui-Chel Nho**
 KyungPook National University, University of Ulsan*, PuKyong National University**

ABSTRACT

최근 국내·외의 태양광 발전 시스템은 산업화·대용량화 되어 가는 추세이다. 태양광 시스템의 인버터에는 태양전지 모듈의 조합에 따라 MIC(Module-Integrated Converter), 스트링, 멀티 스트링, 센트럴, 멀티 센트럴 인버터로 분류된다. 제한하는 멀티 센트럴 방식의 인버터는 상황에 따른 특정 인버터만 구동하거나, 인버터를 개별적으로 운전하여 태양광 발전설비에 대한 시스템의 효율을 높일 수 있다. 또한 인버터의 가동 시간을 동일하게 운전하여 인버터의 사용 수명을 연장하고, 하나의 인버터 고장이나 유지·보수 시 다른 인버터를 높은 에너지로 발전할 수 있어 에너지 손실을 줄일 수 있다는 장점을 갖는다. 본 논문은 PV 어레이와 인버터를 모델링하였고, 제안하는 멀티 센트럴 인버터의 상황별 동작 모드에 따른 시퀀스 제어 기법을 적용하여 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

1. 서론

최근 화석 에너지의 고갈과 이산화탄소 감축 의무화, 환경문제가 대두되면서 저탄소 녹색성장을 위한 신재생 에너지 연구 개발과 확산 보급 정책들이 추진되어 오고 있다. 미국, 유럽, 일본 등의 선진국은 신재생 에너지를 일자리 창출과 지속가능한 성장의 기회로 삼고 범 정부차원에서 총력을 기울이고 있다. 우리나라도 태양광이나 연료전지 같은 신재생에너지 주택(Green Home)을 2020년까지 100만호 보급을 목표로 하는 “그린홈 100만호 보급사업”을 추진하고 있다.

최근 들어 국내·외적으로 태양광 발전 시스템은 가정용뿐만 아니라 산업 및 발전용으로 사용하기 위하여 대용량화 되어가고 있는 추세며 연구개발이 되고 있다. 대용량 인버터 시스템에서는 고효율화, 고신뢰성 및 고성능화가 요구된다. 대용량 인버터에서 효율과 신뢰도를 높이기 위해서 각각의 전원장치를 병렬로 운전하는 멀티센트럴 방법이 연구되고 있다.^[1] 태양광 발전 시스템은 설치조건 및 용량에 따라 MIC(Module-Integrated Converter), String, Multi-String, Central, Multi-Central 인버터로 분류되며 각각의 특징 및 장·단점은 표1 과 같다.^[2] 본 논문에서는 동일한 특성을 갖는 태양광 어레이를 모델링하고, 두 대의 계통연계형 태양광 PCS(Power Conditioning System)를 병렬로 구성하였다. 대용량 태양광 발전 시스템에서

표 1. 태양광 발전 시스템별 인버터 토폴로지의 분류

Table 1 Classification of the PV system inverter topology

	MIC (50~400W)	String (0.7~4kW)	Multi-String (4~100kW)	Central (50~500kW)	Multi-Central (500kW이상)
용도	가정용		산업용		발전용
구조	각각의 PV 모듈이 계통과 직접 연계	PV모듈이 직렬로 연결	String모듈이 직/병렬로 연결	String으로 된 PV모듈이 직/병렬로 연결	Central 인버터를 병렬로 연결
특징	· 모듈별 MPPT · 모듈별 DC/AC인버터 제어	· 모듈군별 MPPT · 모듈군별 DC/AC인버터 제어	· 모듈군별 DC/DC 컨버터 사용 및 단일DC/AC인버터 제어	· 전체 모듈을 하나의 군으로 취합하여 단일DC/AC인버터 제어	· Central 구조를 보완한 형태로 시스템 효율 및 성능 개선
장점	· 소자 정격이 작다 · DC 배선 불필요	· 부분적 그늘에 대해 우수	· 부분적 그늘 시 String보다 우수	· 유지 보수 용이	· 시스템 종합 효율 높다. · 대규모 발전에 유리
단점	· 효율 낮다 · 단위전력당 발전비용이 높다	· 정격 전력이 낮다	· 2중 전력 변환 방식으로 효율 낮다.	· 유지·보수 시 발전 불가능	· 건설비 고가

멀티 센트럴 방식의 제어를 위해 MCS(Multi-Central Switch)용 사이리스터를 사용하여 인버터 제어 시퀀스 알고리즘을 구현하였다. 제어 방법은 태양광 모듈의 일사량을 조절하여 일출이나 일몰, 기상상태가 나쁜 상황에서는 전력을 모아 하나의 인버터만 동작시키고, 일사량이 충분한 시간에는 각각의 인버터가 병렬 동작하도록 하였다. 제한한 멀티 센트럴 인버터의 상황별 동작 모드에 따른 시퀀스 제어 기법을 적용하여 모의실험을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 본론

2.1 멀티 센트럴 인버터의 구성

그림 1은 제안한 태양광 시스템의 멀티 센트럴 PCS 구조이다. 태양광 어레이가 직류전압링크에서 병렬로 연결되어 있고 MCS에서 동작모드를 연결시켜 준다. 직류링크(DC-Link) 전압은 계통전압보다 높기 때문에 DC-DC 부스트 컨버터가 없는 일단 구조이다. 계통 연계형 태양광 발전시스템에는 최대 전력점 추종제어, 직류링크 전압제어, 인버터 출력 전류제어, PLL(Phase Locked Loop)제어, 독립운전 방지기술, 보호기술과

같은 제어 기법들이 사용된다. 논문에서는 멀티 센트럴 운전을 위한 인버터 제어 시퀀스에 대해 연구가 목적이므로 독립운전 방지기술과 보호기술은 고려하지 않았다.

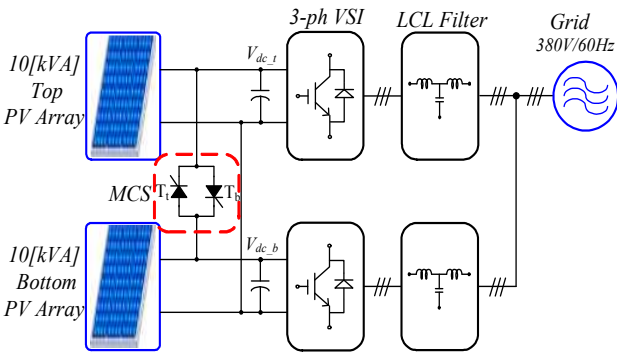


그림 1 멀티센트럴 방식의 인버터 시스템 토폴로지
Fig. 1 Inverter system topology of multi-central method

2.2. 멀티 센트럴 인버터 제어 시퀀스

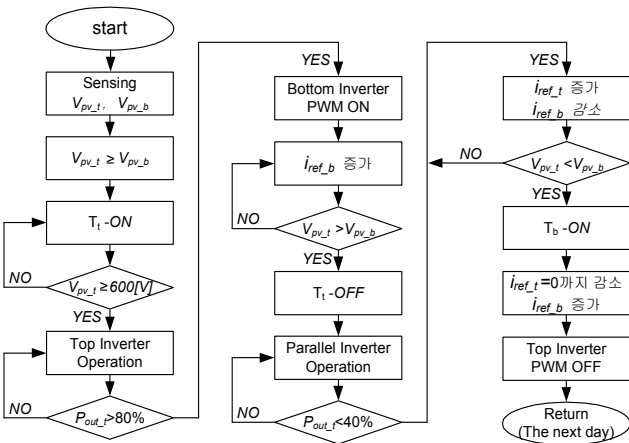


그림 2 $V_{pv,t} \geq V_{pv,b}$ 인 경우 인버터 제어 순서도
Fig. 2 Flowchart for control of inverter in case of $V_{pv,t} \geq V_{pv,b}$

멀티 센트럴 인버터 제어의 중점은 상황에 맞게 MCS를 적절히 동작시켜 인버터가 정격에 가깝게 운전하도록 하여 효율과 수명을 연장하는 것이다. 그림 2는 윗단의 직류링크전압이 아랫단보다 클 때의 순서도이다. 아침에 일출이 시작되면 일사량이 증가하게 되고 센싱한 직류링크 전압을 비교하여 큰 쪽의 MCS를 ON시킨다. 태양전지 전압이 시작 전압인 600[V] 이상이 되면 인버터가 동작하게 되고 직류링크 전압이 큰 인버터 출력전력의 80%가 될 때까지 계속 동작하게 된다. 출력이 80% 이상이 되면 직류링크 전압이 작은 쪽 인버터를 동작시킨 후 전류 지령을 증가시켜 MCS가 OFF하게 되어 병렬로 운전하게 된다. 일몰이나 기상 여건이 나빠져 일사량이 감소하여 출력이 40% 이하가 되면 직류링크 전압이 큰 쪽의 전류지령을 증가시키고 직류링크 전압이 작은 쪽의 지령은 감소시켜 동작시키고자 하는 쪽의 직류링크 전압을 높여준다. 그런 후 MCS를 ON시키고 처음에 동작시킨 인버터의 스위치를 OFF시킨다.

2.3 시뮬레이션 결과

표 2는 모의실험 조건을 나타낸 것이다.

표 2 실험 파라미터
Table 2 Parameters of experiment

정격 출력	10[kVA]	직류링크 전압	600 [V]
계통 전압	380[V]	직류링크 커패시터	5000[uF]
계통 주파수	60 [Hz]	인덕터	300[uH]
스위칭 주파수	10[kHz]	계통 커패시터	20[uF]

그림 3은 PSIM을 이용한 모의실험 결과 파형이다. 병렬운전하는 경우 정상상태에서 계통 측 윗단과 아랫단 인버터 출력 전류가 잘 제어됨을 확인 할 수 있다.

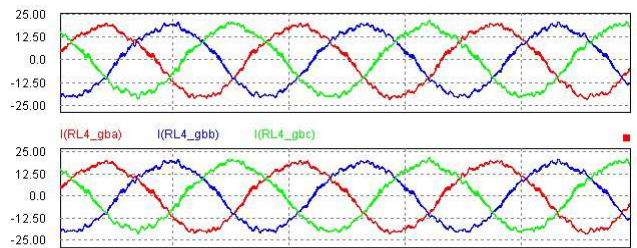


그림 3 병렬운전 시 그리드 측 인버터 출력 전류
Fig. 3 Output grid current of inverter on parallel operation

3. 결론

본 논문에서는 10[kVA]급 PV 시스템 인버터를 PCC(Point of Common Coupling)에서 병렬로 접속시키고, 직류링크 전압단에 MCS를 이용하여 멀티센트럴 시퀀스 제어 기법을 제안하였다. 이 방식은 첫째, 일사량 변동에 따라서 인버터가 정격에 가깝게 운전하도록 하여 전력 변환 효율을 높이고 인버터의 수명을 연장시킬 수 있다. 둘째, 유지·보수나 하나의 인버터 시스템에서 고장 발생 시 정상 작동하는 인버터는 높은 에너지 레벨에서 작동을 지속할 수 있어 에너지 손실이 낮다. 멀티센트럴 제어 기법은 향후 대용량 인버터에 널리 활용 될 것으로 기대되며 실제 실험을 통한 안정성과 신뢰성을 검증해야 할 것이다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2009T100200094)

참고 문헌

- [1] G. Velasco, F. Guinjoan, "Sizing Factor Considerations for Grid-Connected PV Systems Based on a Central Inverter Configuration" IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on, pp. 2718 - 2722, June. 2006.
- [2] T. Takashima, J. Yamaguchi, K. Otani, K. Kato, M. Ishida, "String and module integrated inverters for single-phase grid connected photovoltaic systems - a review ", Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, Vol. 2, June. 2003.