

계통연계형 태양광 인버터의 유형에 따른 최적 토폴로지 비교 분석

배영상

카코 뉴에너지(dennis.bae@kaco-newenergy.kr)

Comparative Analysis of Optimal Topology for Grid-connected PV Inverter Concepts

Youngsang Bae

Dept. of R&D Center, KACO new energy Inc.(dennis.bae@kaco-newenergy.kr)

ABSTRACT

본 논문에서는 태양전지 모듈의 조합에 따른 계통연계형 태양광 인버터(PV PCS : Photovoltaic Power Conditioning System)의 다양한 유형을 살펴보고 그에 따른 최적 토폴로지에 대한 비교 분석을 기술하기로 한다. 이를 위해 기존의 유형별 계통연계형 태양광 인버터 시스템의 다양한 토폴로지를 분석하였고, 향후 각 유형에 따른 태양광 인버터 개발의 최적 토폴로지를 선정하는데 대한 방향성을 제시 하였다.

1. 서 론

오늘날 태양광 발전시장은 환경적인 중요성과 더불어 국가의 다양한 지원 정책 아래 비약한 발전을 계속해 나가고 있다. 여기에 계통연계 태양광 인버터는 안정성 및 신뢰성뿐만 아니라 효율 및 가격적인 경쟁력도 우수해야 국내 업체는 물론 세계적인 업체들과의 경쟁에서 우위를 점하고 시장점유율 또한 확대할 수 있다. 따라서 이를 위해서는 태양전지 모듈의 조합과 토폴로지에 따라 달리 요구되는 계통연계형 태양광 인버터의 특성을 정확히 인지할 필요가 있으며 기존의 인버터에 대한 비교 및 분석을 통하여 경쟁력이 있는 새로운 토폴로지를 제안하는 것은 매우 중요하다.

계통연계형 태양광 인버터는 태양전지 모듈의 조합을 어떠한 유형의 입력으로 가져가느냐에 따라 다양하게 분류를 할 수 있다. 본 논문에서는 총 4가지의 유형으로 분류하여 각각의 토폴로지에 대한 기존 인버터들의 특징을 요약하였고 비교 분석을 통하여 선행 되어야 할 요구사항들에 대해 기술 하였다. 첫 번째는 유럽의 PV-MIPS(Photovoltaic Module with Integrated Power Conversion and Interconnection System.)프로젝트 및 건물 통합형 태양광 발전(BIPV : Building Integrated Photovoltaic)시스템 등으로 그 영역을 넓히며 발전하고 있는 모듈 통합형 인버터(Module Integrated Inverter)이고, 두 번째는 높은 전압과 낮은 전류에서 동작하며 각 스트링 별 최대 전력 점 추종(MPPT : Maximum Power Point Tracking)이 가능한 스트링 인버터(String Inverter)이다. 그리고 세 번째는 DC-DC 컨버터를 이용하여 각 스트링 별 최대 전력 점 추종이 가능하고 낮고 넓은 최대 출력 점 (MPP : Maximum Power Point)영역을 가지고 있는 멀티 스트링 인버터(Multi-string Inverter)이며 마지막은 높은 전압과 높은 전류의 대용량에서 주로 사용되고 있는 센트럴 인버터(Central

Inverter)이다.

2. 유형 별 계통연계형 태양광 인버터 시스템

2.1 태양전지 모듈 조합에 따른 인버터의 특징

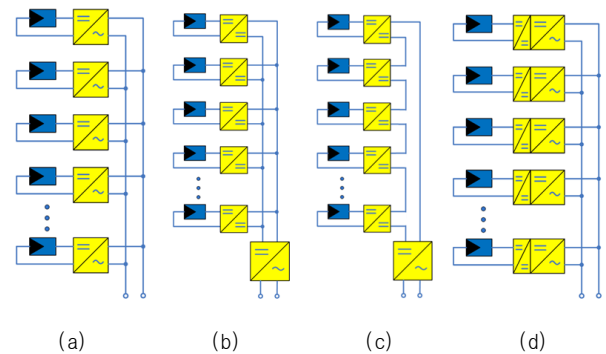


그림 1 모듈 통합형 인버터의 유형들
Fig. 1 Types of Module Integrated Inverter

그림 1은 모듈 통합형 인버터의 유형들을 각각 나타낸다. 모듈 통합형 인버터란 말 그대로 모듈 각각에 전력변환장치를 설치하여 모듈단위의 최대 전력 점 추종(MPPT)과 모니터링을 가능하게 하는 시스템을 일컫는다. 이는 각 모듈의 온도변화, 그림자, 고르지 않은 설치 위치 등의 환경적인 요인들로 인한 손실을 최소화하여 모듈로부터 전력변환 장치에 이르기까지의 변환 효율을 극대화하고자함에 그 목적이 있다. 각각의 토폴로지를 살펴보면 먼저 그림 1의 (a)는 유럽 연합의 6차 Framework Program으로 채택이 된 PV-MIPS(Photovoltaic Module with Integrated Power Conversion and Interconnection System.)프로젝트의 유형이며 대표적인 토폴로지는 그림 2와 같다. 무 변압기(Transformerless)형 전류원 인버터의 구조이며 간단한 제어와 높은 효율(97%)이 장점이다. 하지만, 박막형(Thin Film) 모듈과 같이 모듈의 출력전압이 높아야지만 적용이 가능하다는 제약이 있다. 그림 1의 (b)~(d)는 결정질 실리콘(Crystalline Silicon)모듈같이 모듈의 출력전압이 낮은 전압에서 이용이 가능한 유형이며 DC-DC 컨버터와 인버터의 결합 방법에 따라 토폴로지와 효율, 모니터링 방법과 설치 방법 등 많은 부분이 달라진다. 대표적인 업체로는 미국 실리콘 벨리에 위치하고 있는 Tigo Energy와 Enphase사가 있는데 대부분의 회사들은 AC출력이 가능하고 비용과 효율 면에서 우수한 (d)와 같은 구

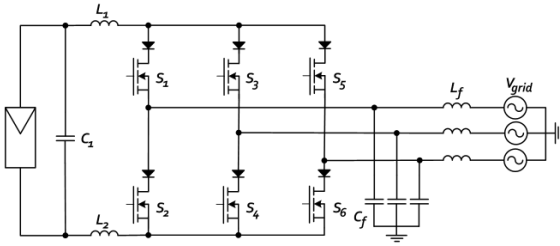
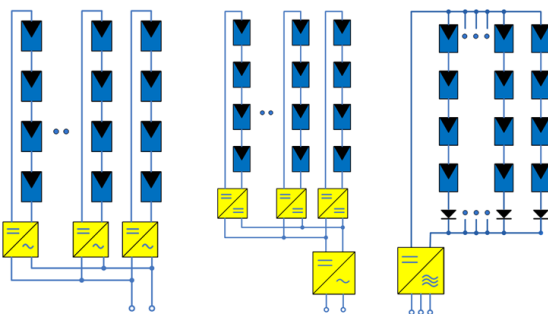


그림 2 PV-MIPS의 토폴로지
Fig. 2 Topology of PV-MIPS

조를 가지고 있다. 그 대표적인 토폴로지는 Enphase사의 활성 클램프 플라이백(Active Clamp Flyback) DC-DC 컨버터와 사이리스터(Thyristor) 인버터^[1]를 사용하여 효율을 최대로 높인 제품이 있다.

그림 3의 (a)와 (b)는 각각 스트링 인버터와 멀티 스트링 인버터를 나타낸다. 이 유형들은 각 스트링 별 최대 전력 점 추종(MPPT : Maximum Power Point Tracking)을 하여 변환효율을 높이는 것은 동일하나 DC-DC 컨버터의 사용 유·무에 따라 모듈과 인버터의 출력 정격 및 설치비용 그리고 최대 출력 점(MPP : Maximum Power Point)영역 등의 많은 부분이 달라진다. 그림 3 (C)의 센트럴 인버터는 최대 전력 점 추종의 효율은 가장 좋지 못하지만 높은 출력 정격과 유지보수, 신뢰성 개선에 있어 접근하기가 용이하다.

그림 4와 5에서 보듯이 이 유형들에 토폴로지는 모듈의 직류(DC) 전압 승압 유무에 따른 변압기의 사용 여부에 따라 분리를 할 수가 있다. 멀티 스트링 인버터는 일반적으로 직류를 승압하는 토폴로지를 일컫는데 승압용 컨버터는 고주파 변압기를 사용하지 않는다면 흔히 효율적 접근이 용이한 부스트(Boost) 컨버터가 사용이 되고 있다. 또한 인버터는 효율 감소 및 가격, 부피와 무게 등의 증가를 해결하는 그림 5의 (b)와 같은 무 변압기형 시장의 요구가 강해지고 있다. 따라서 무 변압기형 토폴로지에서도 반드시 수반해야 할 누설전류를 없애기 위한 토폴로지들이 제안이 되고 있다. 이 누설 전류는 계통과 모듈사이의 전기적 분리가 이루어지지 않기 때문에 태양광 모듈과 접지 사이에 있는 기생 커패시터에 걸리는 고조파 전압으로 인해 발생 한다. 그래서 이 누설 전류에 대해 NPC(Neutral Point Clamped)토폴로지를 사용하여 근본적으로 해결하기도 하며 그림 6의 SMA사와 같이 새로운 토폴로지(H5)에 따른 펄스 폭 변조(PWM) 방법으로 해결하기도 한다.



(a) 스트링 인버터 (b) 멀티 스트링 인버터 (c) 센트럴 인버터
그림 3 스트링·멀티 스트링·센트럴 인버터의 유형들
Fig. 3 Types of String·Multi-string·Central Inverter

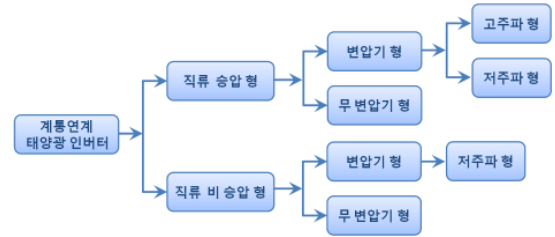
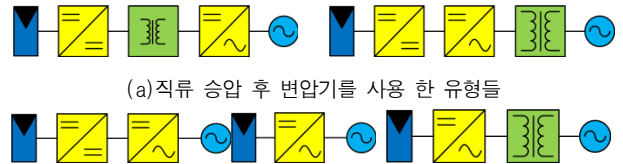


그림 4 계통연계형 태양광 인버터 토폴로지의 유형들
Fig. 4 Types of Grid-connected PV Inverter Topology



(a) 직류 승압 후 변압기를 사용한 유형들
(b) 무 변압기 형 유형들과 직류 비(非)승압 저주파 변압기 유형
그림 5 태양광 인버터 토폴로지의 등가 회로
Fig. 5 Equivalent Circuit of PV Inverter Topology

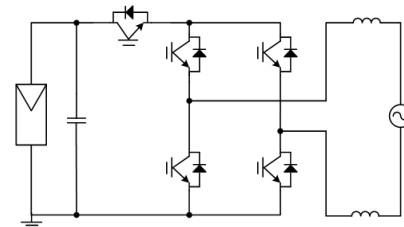


그림 5 SMA의 H5 토폴로지^[2]
Fig. 5 H5 Topology of SMA^[2]

표 1 계통연계형 태양광 인버터의 유형 비교
Table 1 Type Comparison of Grid-connected PV Inverter

인버터 유형	출력 정격 (kW)	설치비용 (원/W) 및 유지보수	환경적 에너지 감소	변환 효율
모듈 통합형	0.05~0.4	×	◎	△
스트링	1.5~5	△	○	○
멀티 스트링	>3	○	○	△
센트럴	10~1000	◎	×	◎

3. 결론

본 논문에서는 태양전지 모듈의 조합에 따른 계통연계형 태양광 인버터의 유형 별 토폴로지에 대해 비교, 분석 해 보았다. 결과적으로 태양광 인버터의 토폴로지는 표 1과 같이 모듈의 조합 유형 및 시장의 요구, 각 나라의 지역 별 특성도 고려하여 최적으로 선정, 개발 되어야 한다.

참고 문헌

[1] M. Fornage, "Method and Apparatus for a leakage energy recovery circuit," U.S. Patent, 2009.
[2] German Patent H5-Topology: DE 10 2004 030 912 B3, issued 19.01.2006.