

태양광발전용 인버터의 시리즈화 개발

민병권, 이봉우, 최현돈, 김남해
현대중공업(주)

Development of the Serialization of Photovoltaic Inverters

B. G. Min, B. W. Lee, H. D. Choi, N. H. Kim
Hyundai Heavy Industries Co. Ltd.

ABSTRACT

환경오염과 화석에너지의 고갈 및 가격 급등에 따라 신재생 에너지에 대한 관심이 고조되고 있고 특히 태양광발전시스템은 전 세계적으로 그 수요가 폭발적으로 급증하고 있다. 본 논문에서는 태양광발전시스템의 최종단에서 가장 중요한 역할을 하는 태양광 인버터의 특별 사양에 대해 약술하고 당사에서 개발한 중소용량 인버터와 발전소용과 해외시장 진출을 목표로 개발 중인 250kW급 태양광 인버터에 대한 개발사례에 대하여 기술한다.

1. 서론

화석에너지의 소비는 산성비, 대기오염, 지구온난화 등 심각한 공해문제를 유발시키고 있을 뿐만 아니라 화석에너지의 유한성과 고가화 등으로 인하여 세계 각국은 무공해 신·재생에너지 개발 및 보급에 박차를 가하고 있으며 신·재생에너지 중에서 태양광발전은 환경오염, 소음, 진동 등과 같은 공해가 전혀 발생하지 않고 무효이면서 무한정한 에너지원이며, 설치비용이 낮기 때문에 가장 유용한 신·재생에너지 분야로 평가 받고 있어 유럽을 중심으로 하여 세계적으로 보급이 확산되고 있다.

실리콘 원재료로부터 발전시스템에 이르기까지 태양광의 가치사슬(Value Chain) 측면에서 볼 때 각 사업분야가 모두 중요하지만 특히 최종 단에서 안정적인 발전전력을 공급하는 역할을 하는 태양광 인버터 분야가 가장 중요하다고 할 수 있다. 아무리 태양전지 어레이(Array)에서 발전이 많이 되더라도 인버터에서 정상적으로 출력을 내지 못하면 아무 소용이 없기 때문이다. 태양광 인버터는 태양광 어레이로부터 발전된 직류전력을 교류로 변환하여 부하나 계통에 전력을 공급하는 역할을 하며 분산발전 시스템의 일종이기 때문에 각종 보호 기능을 내장하고 있어야 한다. 본 고찰에서는 계통연계형 태양광발전용 인버터에서 특별히 요구되는 사양에 대하여 기술하고 당사에서 개발한 주택용 3kW와 일반 보급용 10kW, 12.5kW, 50kW, 100kW 등 중소용량 태양광 인버터와 발전소용으로 개발 중인 250kW급 태양광 인버터에 대한 개발사양과 사업화 방안에 대하여 약술하고자 한다.

2. 태양광인버터의 사양과 보호 기능

2.1 태양광 인버터와 범용 인버터의 차이점

범용 산업용 인버터에 비교해 태양광 인버터는 일사량, 태양

전지의 표면 온도, 그림자 발생 등의 영향에 의해 시시각각으로 변화하는 환경조건 하에서 태양전지 어레이의 최적 동작점을 항상 추적하여 최대발전량을 얻을 수 있도록 운전하여야 하기 때문에 최대전력점추종(MPPT : Maximum Power Point Tracking)제어 기능이 내장되어 있어야 하고, 계통전압과 항상 동기운전이 필요하기 때문에 제어용 기준 신호는 계통에서 받아야 하며, 계통 사고로부터 인버터를 보호하고, 태양광발전시스템 고장으로부터 계통을 보호하여야 하기 때문에 각종 보호 기능을 내장하여야 하는 등의 차이점이 있다. 그리고 계통연계 시에는 고조파, 주파수변동, 상불평형, 역률 등 전력품질과 작업자의 안전 확보, 전력공급설비 또는 타 수용가의 설비보전 등 계통과의 협조운전이 필수적이다. 따라서 태양광발전 시스템의 경우에는 특히 보호동작 기능이 매우 중요하다.

2.2 태양광 인버터에 요구되는 사양 및 기능

2.2.1 직류전압 범위

태양광 인버터의 경우에 발전시스템을 구성할 때에 태양광 모듈의 직렬 연결 조합을 다양하게 구성할 수 있도록 하기 위하여 직류 입력전압 범위가 250Vdc~900Vdc로 매우 넓다. 실리콘 태양광 모듈의 경우 구성에 따라 다르지만 54셀로 구성된 다결정 모듈(약 200W급)의 경우 동작 직류 전압이 26Vdc ~ 27Vdc 이므로 용량 증대를 위해 직렬 연결이 필요하다.

2.2.2 보호등급

3kW 소용량 인버터의 경우는 단독으로 실외에 설치되는 경우가 대부분이므로 먼지나 수분의 침투를 방지하기 위하여 IP54이상의 보호등급이 필요하다.

2.2.3 직류분 전류검출

무변압기형 인버터의 경우 교류 출력에 직류성분이 혼입되어 계통에 유입되면 주상 변압기의 편자현상 등에 의해 계통이나 다른 수용가 설비에 고장을 유발시킬 수 있으므로 직류분 유입 억제 기능이 필요하다. 유입량은 정격전류의 1% 이내, 검출 시간은 0.5초 이내가 일반적인 규제 값이다.

2.2.4 계통연계 보호동작

인버터의 고장 또는 계통에 사고가 발생할 경우에 사고의 제거, 사고범위의 극소화를 위하여 인버터를 정지시키고 계통과 분리할 필요가 있다. 일반적으로 과전압, 저전압, 과주파수, 저주파수 등 4가지 요소를 검출한다.

2.2.5 소음 저감

주택용의 경우 주택 내에 설치하는 경우가 있으므로 인버터의 소음을 최소화시킬 필요가 있다. 스위칭 주파수를 가청주파수 이상으로 높여 스위칭 소음을 제거하고 냉각 팬의 회전 소음을 방지하기 위하여 자연냉각방식을 채용할 필요가 있다.

2.2.6 Euro 효율

각각 5%, 10%, 20%, 30%, 50%, 100% 부하에서 효율을 측정하고 각각 다른 가중치를 부여하여 계산한다. 특히 낮은 부하에서부터 전 부하영역까지 운전하는 것을 가정하여 산정하는 방식으로 50% 부하에서 가중치가 가장 높다. 보통 최대효율보다 낮은 값을 갖는다.

2.2.7 최대전력점추종(MPPT)제어 기능

태양전지는 일사량 및 온도에 의해 출력특성이 시시각각으로 변화하여 최대전력을 얻을 수 있는 최대전력점도 그에 따라 변화하게 된다. 태양전지는 일사량이 증가하면 전류가 증가하여 출력 전력이 증가하게 되고 온도가 상승하면 전압이 감소하여 출력 전력이 저하되는 특성을 가지고 있다. 따라서 최대전력점에서 인버터가 운전될 수 있도록 최대전력점을 항상 감시하여 추종하도록 설계하여야 한다.

2.2.8 단독운전방지(Anti-Islanding) 기능

상용전원 정전과 같은 계통 사고 시에 인버터가 부하용량과 평형을 유지하여 이상 현상을 검출하지 못하고 운전을 계속하는 상태를 단독운전이라고 한다. 단독운전이 발생하면 계통이 상위에서 차단되어 있어도 저압 측으로부터 전압이 유지되기 때문에 감전 사고의 위험이 있다. 그리고 단독운전 시간이 길어지면 인버터의 출력이 불안정하게 되고 이때 복전이 되면 계통과 인버터의 출력이 동기가 되어있지 않을 경우 사고를 유발시킬 수 있다. 따라서 상용전원이 정전이 되면 신속히 이를 검출하여 인버터 자신이 정지되어야 한다.

3. 개발 및 개발 중인 인버터 소개

3.1 주택용 단상 3kW

표 1에는 당사에서 개발한 주택용 무변압기형 3kW 태양광 인버터의 사양을 나타내었고, 그림 1에는 인버터의 전력회로도를 그림 2에는 외형 사진을 나타내었다. 본 개발품은 전장 2.2에서 언급한 항목들에 대해 우수한 특성을 보여주고 있고 무게가 15.5kg으로 소형, 경량화를 달성하여 A/S나 점검시 한 사람이 용이하게 착탈할 수 있도록 개발하였다.

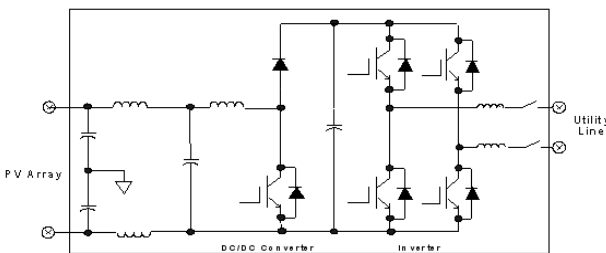


그림 1 무변압기형 3kW의 전력회로도
Fig. 1 Power Circuit Diagram of a Transformerless PV Inverter with Capacity of 3kW

표 1 계통연계형 3kW 태양광 인버터의 사양

Table 1 Specification of 3kW Grid-Tied PV Inverters

구분	항목	사양
입력 사양	정격 용량	3kW
	입력전압 범위	250Vdc ~ 600Vdc
	MPPT 효율	98.8%
출력 사양	정격 출력전압	220 ± 10%
	출력전류 THD	5% 이내
	주파수 및 변동률	60 ± 0.5Hz
시스템	최대 효율	95.3%
	Euro 효율	92.5%
	역률	0.99
	단독운전방지 검출	0.2초 이내
	직류분 전류 검출	정격전류의 1% 이내
	보호등급	IP 54
기타 항목	냉각 방식	자연냉각
	통신	RS 232/485
	보호동작	과/저전압, 과/저주파수
	중량	15.5 kg
	외형 사이즈(mm)	312(W)×159(D)×424(H)



그림 2 3kW 인버터
Fig. 2 3kW PV Inverter



그림 3 12.5kW. 변압기형 인버터
Fig. 3 12.5kW PV Inverter

3.2 변압기형 12.5kW

표 2에 변압기형 12.5kW 인버터의 사양을 나타내었고 그림 3은 12.5kW 인버터의 외형 사진, 그림 4는 전력회로도이다. 절연을 위하여 저주파 변압기가 출력측에 내장되어 있으므로 부피가 무변압기형에 비해 크고 중량이 무겁다.

3.3 무변압기형 10kW

국책과제로 개발하였으며 사양은 12.5kW 변압기형과 용량, (10kW), 효율(95%), 중량(40kg), 외형 사이즈(460×260×460)만 다르고 나머지는 동일하다. 그림 5는 무변압기형 10kW 인버터의 외형 사진이며 가볍고 컴팩트한 것이 특징이다.

3.4 변압기형 50kW & 100kW

50kW, 100kW 인버터는 일반 보급용 및 소형 태양광발전소 수요에 대응하기 위해 개발되었다. 표 3은 50kW, 100kW 인버터의 사양이고 그림 6은 전력 회로도이다. 50kW와 100kW는 전력 토폴로지, 제어회로가 동일하고 사양에서 용량, 중량, 외형 사이즈만 다르고 나머지 항목의 사양은 동일하다.

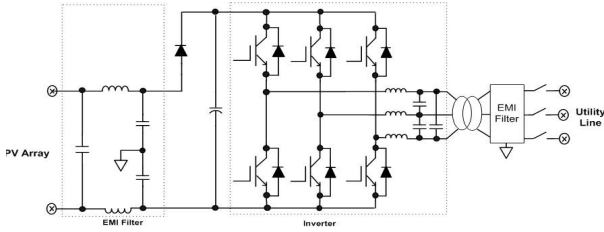


그림 4 변압기형 12.5kW 태양광 인버터의 전력회로도
Fig. 4 Power Circuit Diagram of 12.5kW PV Inverter with an AC Output Transformer

표 2. 변압기형 12.5kW 인버터의 사양
Table 2 Specification of 12.5kW PV Inverters with an AC Output Transformer

구분	항목	사양
입력 사양	정격 용량	12.5kW
	입력전압 범위	250Vdc ~ 600Vdc
	MPPT 효율	99.0%
출력 사양	정격 출력전압	3상 380Vac (+10%, -12%)
	출력전류 THD	5% 이내
	주파수 및 변동률	60 ±0.5Hz
시스템	최대 효율	92%
	역률	0.99
	단독운전방지 검출	0.2초 이내
	직류분 전류 검출	정격전류의 1% 이내
기타 항목	냉각 방식	강제공냉식
	통신	RS 232/485
	보호동작	과/저전압, 과/저주파수
	중량	170 kg
	외형 사이즈(mm)	607(W)×372(D)×1,017(H)



그림 5 무변압기형 10kW 인버터의 외형
Fig. 5 Transformerless 10kW PV Inverter

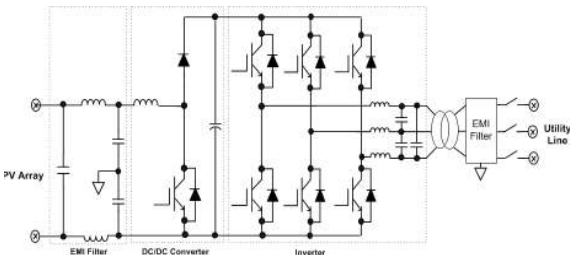


그림 6 50kW, 100kW 인버터의 전력회로도
Fig. 6 Power Circuit Diagram of 50 & 100kW PV Inverters

표 3 50kW와 100kW 태양광 인버터 사양
Table 3 Specification of 50kW & 100kW PV Inverters

구분	항목	사양	
		50kW	100kW
입력 사양	정격 용량	50kW	100kW
	입력전압 범위	300Vdc ~ 600Vdc	
	MPPT 효율	99.0%	
출력 사양	정격 출력전압	3상 380Vac (+10%, -12%)	
	출력전류 THD	5% 이내	
	주파수 및 변동률	60 ±0.5Hz	
시스템	최대 효율	95%	
	역률	0.99	
	단독운전방지 검출	0.2초 이내	
	직류분 전류 검출	정격전류의 1% 이내	
기타 항목	냉각 방식	강제공냉식	
	통신	RS 232/485	
	보호동작	과/저전압, 과/저주파수	
	중량	500 kg	900kg
	외형 사이즈(cm)	70×80×144	90×88×170

3.5 발전소용 250kW PV 인버터

주로 MW급 발전소 수요에 대응하기 위해 250kW 인버터를 금년 내 상용화를 목표로 개발 중에 있다. 현재 당사의 헝가리 기술센터와 공동개발 중에 있으며 설계가 완료되었고 10월말까지 개발 완료 예정이다. 당사는 태양광 셀과 모듈을 대량으로 생산하여 유럽 각국에 수출하고 있으므로 모듈 수출과 연계하여 MW급 발전소 건설에 250kW 인버터 공급을 추진 중에 있고 추후 미국시장에도 진출할 예정이다.

4. 결론

당사는 태양광사업을 신 수증사업으로 선정하고 웨이퍼 원료인 폴리실리콘으로부터 발전시스템에 이르기까지 전 영역에 걸쳐 사업을 추진하고 있다. 현재 생산, 판매 중인 셀, 모듈 사업과 병행하여 확보되어 있는 전력변환 기술을 활용하여 태양광 인버터 개발 및 사업화에 역량을 집중하고 있다. 그리고 소용량 인버터에서 대용량까지 전 제품을 계열화하여 자체 시스템 사업에 적용하는 한편 해외 시장에 적극 진출할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Hyun-Su Bae et al, "New MPPT Control Strategy for Two-Stage Grid-Connected Photovoltaic Power Conditioning System", Journal of Power Electronics by The Korean Institute of Power Electronics, 2007. 4
- [2] 김일송 외 "계통연계형 태양광발전시스템의 태양전지 전류 추정을 위한 슬라이딩모드 관측기 설계", 전력전자학회 논문지 2005. 8
- [3] Chuttchaval Jeraputra et al., "Development of a Robust Anti-Islanding Algorithm for Utility Interconnection of Distributed Fuel Cell Powered Generation", IEEE, 2004. 1 Electrical Engineering Dept. Texas A&M University.