

10kW급 태양광발전용 전력변환기 개발

정상민, 김왕문, 서인영
(주)효성 중공업연구소

Development of a 10kW Photovoltaic Inverter

SangMin Jung, WangMoon Kim, InYoung Suh
Power & Industrial Systems R&D Center of Hyosung Corporation

ABSTRACT

본 논문은 10kW급 태양광발전용 전력변환기 개발에 관한 것이다. 개발 중인 10kW급 태양광발전용 전력변환기는 3레벨 토폴로지를 적용하였으며 무변압기형으로 설계되었다. 2개의 MPP(Maximum Power Point) trackers를 가지고 있으며 실외형으로 설계되어 설치 장소에 제약을 받지 않는다.

1. 서 론

환경문제에 대한 인식 증대와 온실가스 배출기준 준수, 화석 에너지의 유한성과 불안정으로 세계 각국은 안정적인 친환경 미래에너지원을 확보하기 위한 노력을 지속하고 있으며 이와 더불어 태양광발전, 풍력발전 등의 신·재생에너지 산업은 꾸준한 성장세를 유지하고 있다. 신·재생에너지 중 태양광발전 시장은 각국의 FIT(Feed In Tariffs), RPS(Renewable Portfolio Standard), PTC(Production Tax Credit), REC(Renewable Energy Credit)와 같은 다양한 지원 정책에 의해 성장해왔으며 장기적인 성장성이 가장 높을 것으로 예상되고 있다.

실제 전체 태양광 발전시장은 누계설치 기준 2008년도 12GW에서 2012년 44GW로 CAGR(Compound Annual Growth Rate) 40% 성장이 예상되며 ARC Advisory Group 자료에 의하면 2008년 31억 달러였던 태양광발전용 전력변환기 시장은 2014년 120억 달러를 상회할 것으로 전망되었으며 당해연도는 35억 달러를 초과할 것으로 예상되었다. 태양광발전용 전력변환기는 시장의 확대와 더불어 수 kW급 이하의 소용량 가정용, 수십 kW급의 산업 및 건물용, 수백 kW급 이상의 대규모 발전용 등 다양한 용량의 제품 개발이 이루어지고 있다.^[1]

본 논문에서 산업 및 건물에 적용되는 10kW급 전력변환기 개발에 관하여 기술하였다.

2. 본 론

2.1 태양광발전용 전력변환기의 구성

그림 1은 10kW급 태양광발전용 전력변환기의 회로도를 나타낸다. 태양광발전용 전력변환기는 2개의 MPP(Maximum Power Point) Trackers를 가지고 있으며 이는 독립적인 2개의 부스트 컨버터로 구성되어 있다. 부스트 컨버터 각각의 출력은 DC링크에 연결되며 승압된 직류전원은 3레벨 인버터를

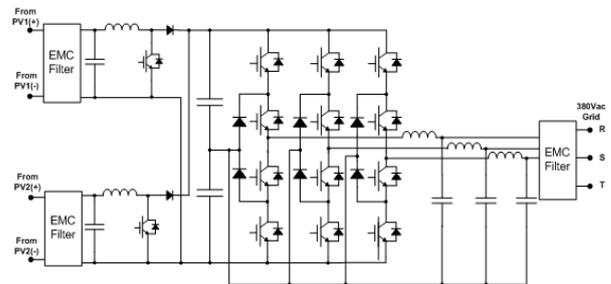


그림 1 10kW급 태양광발전용 전력변환기 회로도

Fig. 1 Circuit of a 10kW Photovoltaic Inverter

표 1 10kW급 태양광발전용 전력변환기 설계사양

Table 1 Design Parameters of 10kW Photovoltaic Inverter

항 목	사 양
용 량	10kW
입력전압범위	300~900Vdc
계통전압	3상 380Vac(60Hz)
전류 THD	<3%
역률	>0.99
효율(Euro)	97%이상
주변온도	-20~50℃
MPP trackers	2개
크기	4600×580×215(mm)
설치장소	실외(IP65)

통해 교류전원으로 변환된다.

10kW급 태양광발전용 전력변환기에 적용된 멀티레벨 인버터 방식은 각 스위칭 소자가 직렬연결 구조를 이루고 턴 오프 시 균등한 차단전압분배가 되며 출력전압의 고조파를 2레벨 인버터와 비교할 때 2배 이상 줄일 수 있다. 멀티레벨 인버터 구조는 크게 H-bridge 인버터, 플라잉 커패시터 인버터, NPC(Neutral Point clamped) 인버터 등이 있으며 NPC 3레벨 인버터 구조를 태양광발전용 전력변환기에 적용하였다. NPC 3레벨 인버터는 구조적으로 N레벨의 상 전압을 얻기 위해 클램핑 다이오드를 필요로 하며 DC링크 전압을 단일 전원으로 사용한다.^[2] DC링크는 두 개의 커패시터가 직렬 연결된 구조로 되어 있어 두 커패시터 간의 전압 불균형 문제가 발생할 수 있다. 커패시터간의 전압불균형은 중성점의 변동을 가져오게 되며 NPC 3레벨 인버터의 스위치 소자와 DC링크 커패시터에 전압 스트레스를 가중시키고 출력전압의 왜곡을 발생시킨다. 따라서

이러한 전압불균형을 해결하기 위한 연구가 지속되어 왔다.^{[3][5]} NPC 3레벨 인버터는 2레벨 인버터와 비교하여 보다 많은 소자와 복잡한 제어로 가격적인 면에서 약 1.2~1.3배 높은 것으로 분석되며 낮은 전압스트레스와 스위칭주파수의 이점으로 효율적인 면에선 약 30%~40% 손실저감이 될 것으로 분석되었다.

2.2 태양광발전용 전력변환기의 제어

그림 2는 10kW급 태양광발전용 전력변환기의 제어 구성도를 나타낸다. 전력변환기는 독립적인 2개의 부스트컨버터를 가지고 있기 때문에 각각의 부스트컨버터는 독립적으로 연결된 태양전지 모듈에 대해 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어를 수행하며 사용자의 요구에 따라 결선 및 설정 변경을 통해 하나의 MPP Tracker로 2개의 부스트컨버터가 병렬운전이 가능하게 설계되었다. 병렬운전 시 2개의 부스트 컨버터는 정격용량 및 효율관계에 따라 기본적으로 50%미만의 출력에서는 하나의 부스트컨버터만이 운전을 하며 50%이상에서는 효율이 높은 조합으로 출력전력을 분배한다.

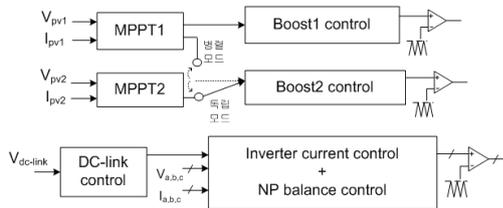


그림 2 제어 구성도
Fig. 2 Control block diagram

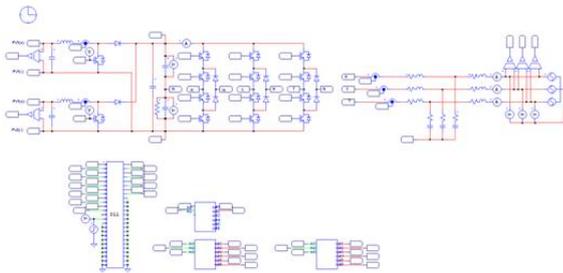


그림 3 시뮬레이션 회로도
Fig. 3 Simulation circuit

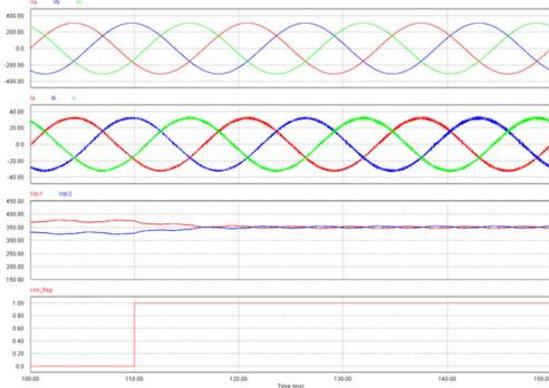


그림 4 시뮬레이션 파형
Fig. 4 Simulation result waveform

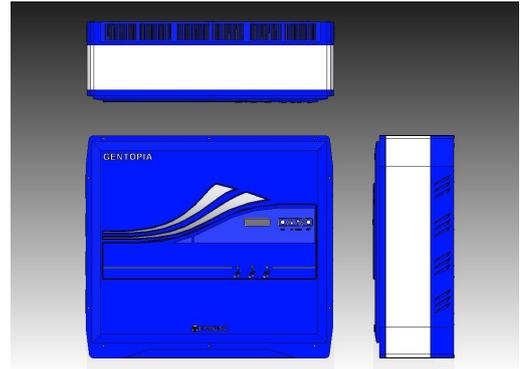


그림 5 10kW급 태양광발전용 전력변환기
Fig. 5 10kW Photovoltaic Inverter

2.3 시뮬레이션

그림 3은 10kW급 태양광발전용 전력변환기의 시뮬레이션 회로도이다. 시뮬레이션 프로그램은 PSIM을 사용하였으며 DLL(Dynamic Link Library) 블록으로 통해 디지털 제어를 구현하였다. 그림 4는 시뮬레이션 파형으로 계통전압, AC출력전류, 직렬로 연결된 DC링크 커패시터 각각의 전압을 나타낸다. AC출력전류는 계통전압과 동일한 위상의 사인파형으로 제어되는 것을 볼 수 있으며 DC링크 커패시터 전압은 중성점 전압제어기 투입 시 불균형 없이 제어되는 것을 볼 수 있다. 그림 5는 10kW급 태양광발전용 전력변환기 외함도면으로 설치가 용이하고 IP65등급을 만족하도록 설계되었다.

3. 결론

본 논문에서는 10kW급 태양광발전용 전력변환기 개발에 관한 내용을 서술하였다. 개발 중인 태양광용 전력변환기는 넓은 입력전압범위(300~900Vdc)를 갖고 고효율 달성을 위해 3레벨 토폴로지를 적용하였으며 실외형으로 설계되었다.

참고 문헌

- [1] 박성준, 송성근, 김용구, "태양광 발전용 PCS의 연구동향", 전력전자학회지, 2010. 6
- [2] A. Nabae, I. Takahashi, H. Akagi, "A new neutral point clamped PWM inverter", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-17, No. 5, pp. 518-523, 1981
- [3] N. Celanovic, D. Boroyevich, "A comprehensive study of neutral point voltage balancing problem in three-level neutral-point-clamped voltage source inverter," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 15, pp. 242-249, 2000.
- [4] Zhiguo Pan, F.Z Peng, Keith A. C "Voltage balancing control of diode clamped multilevel rectifier/inverter system" IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 41, no 6, pp. 1698-1706, 2005
- [5] Huibin Zhang, John Finney S. Massond A. Williams B.W. "An SVM Algorithm to Balance the Capacitor Voltages of the Three-Level NPC Active power filter " IEEE Trans. Power Electron., Vol. 23, pp. 2694-2702, 2008.