

MNPC IGBT 모듈을 적용한 3상 25kW급 태양광 인버터 개발

김명기, 한석규, 노용수, 김진홍, 최준혁
전자부품연구원 지능메카트로닉스 연구센터

Development of 3-Phase 25kW PV Inverter using MNPC IGBT Module

Myeong-Gi Kim, Seok-Gyu Han, Yong-Su Noh, Jin-Hong Kim, Jun-Hyuk Choi
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

본 논문은 기존 2레벨 인버터와 비교하여 고전압에서 고효율과 절반의 전류리플을 가지는 MNPC 모듈을 적용한 태양광 인버터 개발 내용에 대해 서술한다. 개발한 MNPC 모듈을 적용한 태양광 인버터의 입력 전압 사양은 600~1000V이며, 출력은 3상 380V, 25kW로 설계하였다. 설계된 인버터의 성능은 PSIM 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서 론

신재생 에너지 중에서도 태양광 에너지는 친환경적이고 안전하게 에너지를 확보할 수 있다는 장점이 있다.^[1] 그로 인해 태양광 발전 사업은 빠르게 성장하였으며, 태양광 인버터는 상용화 단계를 거쳐 인버터의 성능을 개선하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

태양광 발전을 통해 생성된 전류는 직류이기 때문에 이를 계통에 사용하기 위해서는 스위치 소자를 이용하여 교류로 변환해주는 인버터를 필요로 한다. 개발한 태양광 인버터에는 기존 2레벨 인버터와 비교하여 고전압에서 고효율과 절반의 전류리플을 가지는 3레벨 MNPC(Mixed Voltage Neutral Point Clamped) 인버터를 사용하였으며 개발한 MNPC IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) 모듈을 적용하였다.

태양광 인버터와 같은 전력변환장치는 고조파 특성을 향상시키기 위해 계통에 연계하기 전에 인덕터를 사용한 필터를 거치게 되는데^[2], 3레벨 MNPC 인버터는 기존 2레벨 인버터와 비교하여 중성점이 있어 출력전압이 정현파에 가깝기 때문에 필터에 사용되는 인덕터의 용량을 작게 설계할 수 있다는 장점이 있다. 인덕터의 용량이 작아짐으로 인해서 인덕터의 크기를 줄일 수 있게 되고, 결과적으로 시스템의 총 크기를 줄일 수 있게 된다.

본 논문에서는 MNPC 모듈을 적용한 태양광 인버터 개발 내용에 대해 서술하고, 개발에 사용된 3레벨 MNPC 인버터의 성능을 PSIM 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

표 1 태양광 인버터의 주요 사양

P_o	25kW	L	400uH
$V_{ac,rms}$	380V	C_f	15uF
V_{dc}	600~1000V	C_{dc}	825uF

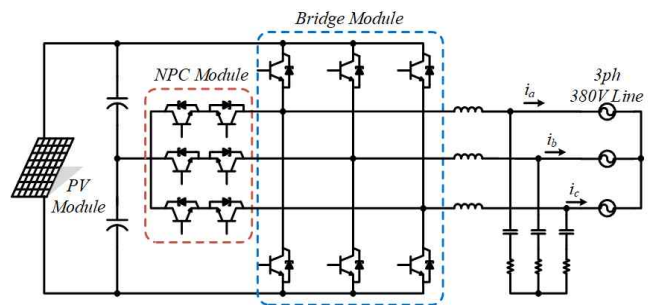


그림 1. 3레벨 MNPC 인버터의 회로 구성

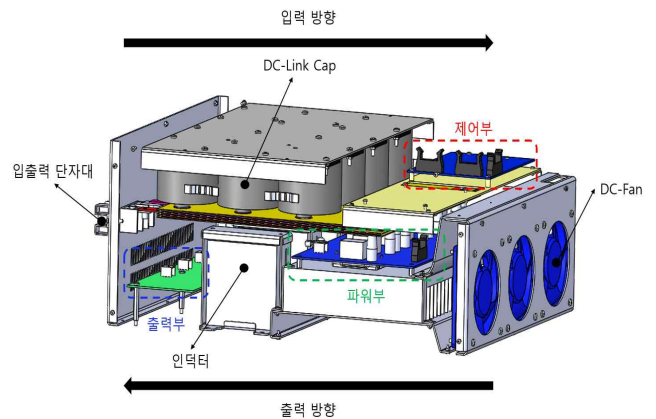


그림 2. 태양광 인버터 내부 3D 모델링

2. 태양광 인버터 설계

개발한 태양광 인버터는 3레벨 MNPC 인버터를 적용하였으며 그림 1은 3레벨 MNPC 인버터의 회로 구성, 그림 2는 태양광 인버터의 내부 3D 모델링을 나타내고 있다. 인버터에 사용된 모듈은 Half Bridge IGBT는 1200V 69A, Neutral Point IGBT는 그 절반인 600V 52A의 정격 사양을 가진 Vincotech社의 PZ12NMA080SH01-M260FY 모듈을 사용하였으며 같은 모듈 3개를 사용하여 인버터를 구성하였다. 고조파 특성을 향상시키기 위해 LC필터를 추가하였으며 인버터의 주요 사양은 표 1과 같다. 인버터의 총 크기를 줄이기 위해 주요 회로를 제어부, 파워부, 출력부로 나누었으며 하부에는 파워부와 인덕터, 출력부가 위치하고 상부에는 아래를 바라보게 장착된 DC-Link

캡 및 제어부, SMPS(Switching Mode Power Supply)로 이루어져있는 2층 구조로 설계하였다.

장착된 DC-Fan에서 방열판으로 이어지는 통로를 만들어 MNPC 모듈과 인덕터의 방열을 원활하게 하도록 구성하였으며, 출력부 위쪽에 DC-Link 캡을 설치하여 위 측에서는 입력을 받고, 아래 측에서는 출력을 내보낼 수 있도록 하였다. 태양광 인버터 정면에 DC-Link 캡과 연결될 단자대와 출력부와 연결될 단자대를 각각 설치하여 사용하기 편리한 구조로 설계하였다.

그림 3은 인버터의 파워부 아트웍이다. 파워부는 MNPC 모듈이 보드와 Press-Fit 방식으로 결합되며 제어부로부터 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 받는 게이트 드라이버 회로를 모듈 양쪽에 배치하고 DC-Link 캡이 파워부 보드에 연결될 수 있도록 BusBar가 보드와 BusPlate 양쪽에 조립될 수 있게 설계하였다.

그림 4는 인버터의 출력부 아트웍이다. 출력부에는 LC필터와 맴핑저항, 출력을 ON, OFF하기 위한 릴레이가 연결되어 있으며 저항분배를 통해 출력 전압을, 전류형 CT(Current Transducer)를 이용해 출력 전류를 각각 센싱하여 커넥터를 통해 제어부로 신호를 보내게 설계하였다.

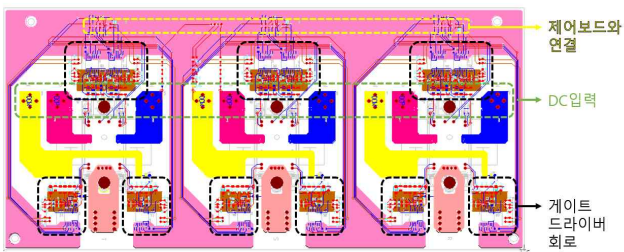


그림 3. 태양광 인버터 파워부 아트웍

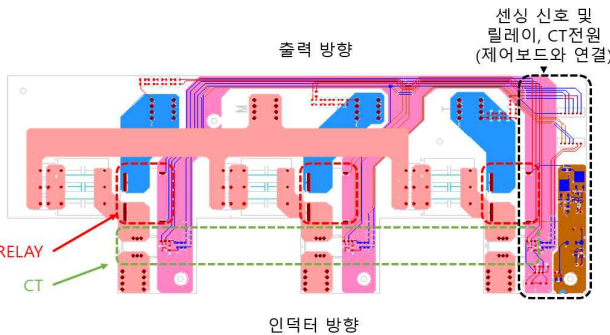


그림 4. 태양광 인버터 출력부 아트웍

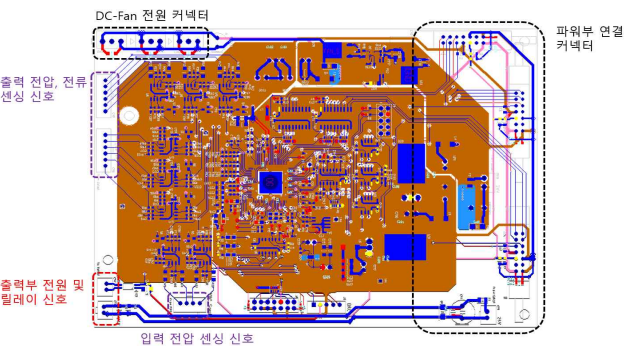


그림 5. 태양광 인버터 제어부 아트웍

그림 5는 인버터의 제어부 아트웍을 나타내고 있다. 제어부의 DSP는 TI社의 TMS320F28377SPZPQ를 사용하였으며 제어부는 파워부와 출력부로부터 피드백 신호를 받고, SMPS로부터 받은 DC 24V 전압과 릴레이, PWM신호 등의 제어 신호를 파워부와 출력부, DC-Fan 등에 전달한다.

3. 시뮬레이션

개발한 태양광 인버터의 제작에 앞서 PSIM을 이용하여 성능을 검증하기 위해 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 6은 시뮬레이션에서의 출력 상전류와 선간 전압을 나타내고 있다. 시뮬레이션을 통해 출력 24kW, 출력전압 380V, 상전류 35.4A임을 확인하였다.

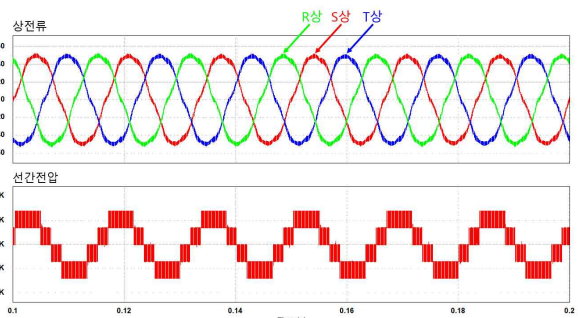


그림 6. 시뮬레이션 출력파형

4. 결 론

본 논문에서는 MNPC 모듈을 적용한 태양광 인버터 개발 내용에 대해 서술하였다. 개발된 태양광 인버터는 입력전압 600~1000V, 출력 3상 380V, 25kW로 설계하였다. 인버터의 총 크기를 줄이기 위해 인버터 회로를 제어부, 출력부, 파워부로 나누어 2층 구조로 설계하였고 설계 사양 검증을 위해 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 출력전압 380V, 상전류 35.4A, 출력 24kW임을 확인하였다. 향후 시작품 제작과 실험을 진행할 예정이다.

본 연구는 2019년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S2683912]

참 고 문 헌

[1] 박정은, 임동건, “태양광 시장 및 기술 동향”, 대한전기학회, 전기의세계, 제 66권, 제 3호, pp. 8-12, 2017

[2] J. Y Park, S. M Kim, S. G Seo, S. S Park, K. B Lee, “Design of an LCL-Filter for Grid-Connected Three-Level Inverter System” The Transactions of the Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers, Vol. 21, No. 2, pp. 105-114, Jun. 2017