

고압 멀티레벨인버터용 파워스택 개발

현병조, 박준성, 김진홍, 최준혁
전자부품연구원

Development of Power Stack for MV Multilevel Inverter

Byongjo Hyon, Joon Sung Park, Jin Hong Kim, Jun Hyuk Choi
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

최근 산업 및 에너지 관련 분야에서의 전력변환기술 및 제어 기술의 중요성이 계속 화두가 되어 왔다. 전통적인 전력변환 토폴로지는 2레벨 시스템이 일반적이었다. 하지만 고압 시스템 분야에서는 2레벨, 3레벨 혹은 그 이상의 멀티레벨 토폴로지가 적용되고 있다. 이런 멀티레벨 토폴로지를 사용함으로써 출력 전류의 고조파 저감등의 이점들을 가질 수 있다. 특히, 양방향 캐스캐이드 NPC 토폴로지는 캐스캐이드 하프브리지 토폴로지에 비해 몇가지 이점들을 가지는데 파워 셀 혹은 서브모듈의 개수를 줄일 수 있고 트랜스포머의 사이즈를 줄일 수 있다. 이 논문에서는 이러한 모듈러 타입의 고압 캐스캐이드 NPC 토폴로지 인버터의 파워스택 개발에 대한 내용을 담고 있다.

1. 서론

최근 산업 및 에너지 분야에서 전력변환장치에 대한 중요성이 계속 증가해왔다. 전력변환시스템은 기존의 2레벨 토폴로지를 가지고 있으며 고출력 분야에서는 그 이상의 멀티레벨 토폴로지가 적용되는 것이 일반적이다. 이는 출력전류에 대한 고조파 저감과 같은 이점들이 있기 때문이며 이러한 이유들로 멀티레벨 인버터는 고출력 시스템에서 더욱 보편화되고 있다. 멀티레벨 전력변환시스템은 많은 셀 또는 서브모듈로 구성되어 있다. 또한 단방향 캐스캐이드 하프 브리지 토폴로지, 양방향 캐스캐이드 하프 브리지 토폴로지, 캐스캐이드 NPC 토폴로지 등과 같은 다중 레벨 전력 변환 시스템에는 다양한 토폴로지가 있다. 단방향 캐스캐이드 하프 브리지 토폴로지는 입력 3상 다이오드 정류기, DC 링크 커패시터 및 하프 브리지 레그로 구성된다.^{[1][2]} 이 토폴로지에는 특정 변압기와 18개의 전원 서브 모듈이 있다. 변압기는 위상천이 변압기로 고출력 시스템에서 매우 고가의 부품으로 구성된다. 그러나 양방향 캐스캐이드 하프 브리지 및 양방향 캐스캐이드 NPC 토폴로지는 다이오드 정류기 대신 3상 펄스 폭 변조 (PWM) 입력을 갖기 때문에 위상 변환 변압기가 아닌 일반 변압기의 사용이 가능하다. 이러한 이유로 지난 두 개의 토폴로지는 중간 및 고전력 응용 프로그램에 광범위하게 사용된다. 양방향 캐스캐이드 하프 브리지 토폴로지는 단방향 토폴로지와 동일한 서브 모듈을 가진다. 그러나 양방향 캐스캐이드 NPC 토폴로지를 사용하는 전력 변환 시스템은 캐스캐이드 하프 브리지 토폴로지에 비해 몇 가지 장점이 있다. 파워셀의 수가 다른 토폴로지보다 절반

정도 적다. 그리고 변압기의 부피와 시스템 크기 역시 더 작은 장점이 있다. 이 시스템에서는 DC 커패시터의 불균형 전압의 영향을 제거하기 위해 새로운 PWM 스위칭 알고리즘이 필요하며 계속 연구되어 왔다. 이 논문에서는 모듈러 타입의 고압 캐스캐이드 NPC 토폴로지 인버터의 파워스택에 대한 개발 내용을 서술하고 있다.

2. 시스템 구성 및 제어기 설계

2.1 시스템 구성

그림 1은 캐스캐이드 NPC 인버터 시스템의 구성도이다.

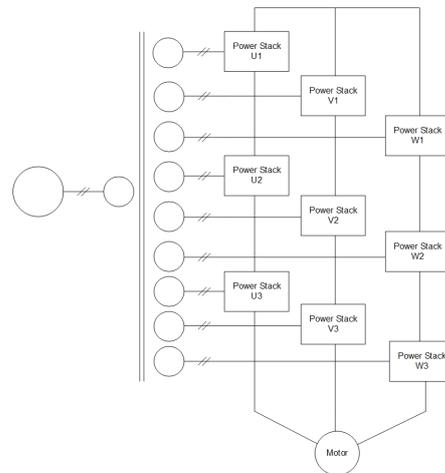


그림 1. 캐스캐이드 NPC 멀티레벨 인버터 구성도

2.2 고압용 파워스택 개발

고압용 인버터 파워스택의 구성도를 나타내면 그림 2와 같다.

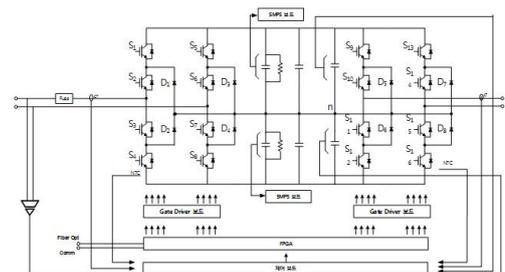


그림 2. 캐스케이드 NPC 멀티레벨인버터 셀 파워스택 구성도

계통과 연결된 NPC PWM 컨버터와 DC link를 공유하는 NPC 멀티레벨 인버터의 기본 토폴로지를 구성하고 있다. 이를 제어하기 위한 제어보드와 컨버터와 인버터의 스위치를 제어하는 게이트 드라이브 보드 및 각 보드에 전원을 공급하는 SMPS보드로 크게 나눌수 있으며 입력단의 전압, 출력단의 전류를 센싱하는 부분과 통신을 위한 부분도 포함되어 있다. 컨버터 유닛은 계통과 연결되어 DC 전압을 일정하게 유지하도록 제어하며 회생시 파워를 계통으로 넘겨주는 역할을 수행하며 인버터 유닛은 3개의 스택을 1상으로 묶어서 9개 스택을 이용하여 3상 모터를 구동시키는 동작을 수행한다.

3. 실험 및 결과

표1은 고압 파워스택 셀의 주요사양을 나타낸다. 용량은 133kVA급이며 출력 전류는 105A, DC link전압은 1800V로 제어하도록 설계하였다.

표 1. 고압 파워스택 주요 사양

항목	단위	설계 사양
출력용량	kVA	133
Cell 출력전압	V	1270
Cell 출력전류	A	105
DC link 전압	V	1800

그림 3은 고압 파워스택의 실험 셋업이다.



그림 3. 고압 파워스택 시작품 및 실험 셋업

부하 연계시험을 위해서 그림 4와 같이 단상 전원장치를 구성하여 인덕터 부하를 통해 출력 성능을 시험하도록 구성하였다.

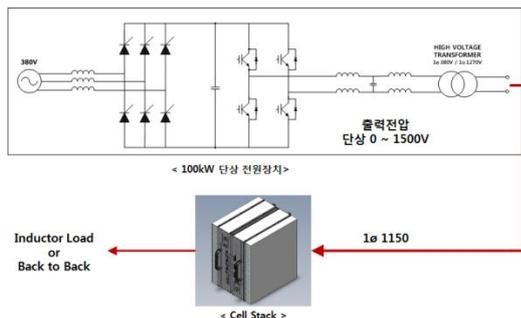


그림 4. 파워스택 부하시험용 전원장치 구성도

파워스택의 출력 전류 및 주요 성능 지표들을 측정하기 위해 Teclary社의 Waverunner 104Xi A 오실로스코프와 differential probe, 전류 Probe 등의 계측 장비들을 이용하였다. 단상 전원장치를 이용해 파워스택에 전원을 공급하고 파워스택을 제어하여 inductor load로 인가되는 출력전류를 측정하는 방식으로 실험을 진행하였다.

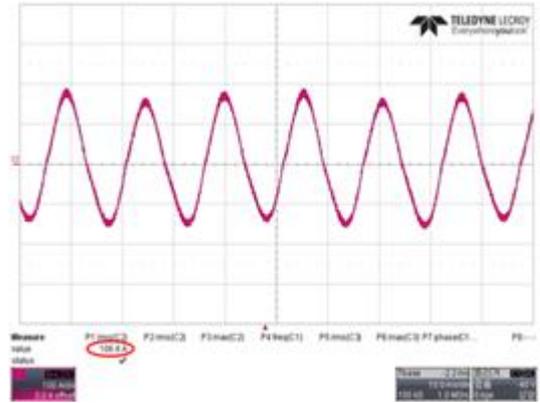


그림 4. NPC 파워스택 출력전류 실험 결과

그림 4는 파워스택의 출력전류 시험 결과를 나타낸다. 출력전류가 설계사양대로 출력됨을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 모듈러 타입의 고압 캐스케이드 NPC 토폴로지 인버터의 파워스택에 대한 개발 내용을 서술하였다. 출력용량 133kVA급의 NPC 파워스택을 개발하였다. 캐스케이드 NPC 타입의 토폴로지를 구성하였으며 DC link 전압은 1800V로 구성하였다. 설계 사양의 검증을 위해서 시작품의 출력전류 시험을 수행하였으며 이를 위해서 단상 전원장치 및 인덕터 부하장치를 활용하였다. 시작품의 실험을 통해서 설계사양 및 동작성을 검증하였으며 향후 양방향 제어 및 모터 부하 구동을 통해 인버터 시스템을 구성하여 검증할 예정이다.

이 논문은 에너지기술평가원(KETEP)의 과제“에너지절감 20%이상 절감이 가능한 산업용 MV(Medium Voltage)수 MW급 고효율 인버터 기술개발”의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Keith Corzine and Yakov Familiant, "A New Cascaded Multilevel H Bridge Drive", IEEE Transactions on power electronics, pp.125~131, 2002
- [2] Fang Zheng Peng and Jih Sheng Lai, "Dynamic Performance and Control of a Static Var Generator Using Cascade Multilevel Inverters", IEEE Transactions on industry applications, pp 748~755, 1997