

Cascaded 멀티레벨 인버터의 PWM 방법에 관한 연구

이헌수, 박영민, 조성준
현대중공업

A Study on PWM Method for Cascaded Multilevel Inverter

Heon-Su Lee, Young-Min Park, Sung-Joon Cho
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

ABSTRACT

멀티레벨 인버터에 널리 사용되는 Phase Shifted PWM은 셀 간의 동일한 전력 분배가 가능하나 각 셀 carrier의 위상차이로 인해 무부하 운전시 특정 셀에 회생이 발생하고, 지령 전압과 실제 전압의 위상차가 발생하는 단점이 있다. Level Shifted PWM을 통해 이와 같은 단점을 보완할 수 있으나, 각 셀의 스위칭 패턴이 모두 달라 전력 분배가 동일하게 이루어 지지 않는 문제가 있다. 본 논문에서는 기존의 Level Shifted PWM 방법을 개선하여 각 셀의 스위칭 패턴을 순환시켜 셀 간 동일한 전력분배가 이루어지도록 하였고, 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

1. 서론

Cascaded 멀티레벨 인버터는 고압 전동기 드라이브 가장 많이 쓰이는 토폴로지 중 하나로 그림1과 같이 H-브릿지 셀이 각 상마다 직렬로 연결되어 있는 구조로 되어있다. 다권선 변압기를 통해 각각 독립된 전원을 공급받고, 2차측 권선의 위상천이를 통하여 1차측 입력 전류의 고조파를 저감 시킨다.

멀티레벨 인버터에는 일반적으로 Phase Shifted PWM과 Level Shifted PWM 많이 적용된다. Phase Shifted PWM은 각 셀의 carrier가 같은 주파수와 같은 크기를 가지고 일정한 위상 차를 두고 있으며, 각 상의 모든 셀이 같은 지령전압을 사용하여 PWM을 수행한다. 따라서 모든 셀에 동일한 전력 분배가 가능하며, 각 다이오드 정류기에서 같은 전력을 전달하므로 다권선 변압기의 1차측 전류의 저차 고조파 성분이 상쇄되어 입력 전류의 THD를 낮출 수 있다. 그러나 각 셀 carrier 신호의 위상차가 존재하여 무부하 운전시에 특정 셀에 회생이 발생되고, 지령전압과 실제 전압의 위상차가 발생하는 문제가 있다. 반면 Level Shifted PWM은 각 셀마다 같은 주파수와 크기, 위상의 carrier 신호를 사용하여 Phase Shifted PWM과 같이 무부하 운전시에 특정 셀에 회생이 발생하지 않고, 지령 전압과 실제 전압의 위상차가 발생하지 않는다. 그러나 각 셀의 carrier 신호가 수직으로 위치 차이를 두고 배열 되어

있어서 셀간 스위칭 패턴이 모두 다르다. 이로 인해 각 셀의 동일한 전력 분배가 이루어 지지 않는 문제가 발생하게 된다.^[1] 이 같은 전력 분배 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Level Shifted PWM의 각 carrier 신호를 순환시켜 각 셀간 전력 분배가 동일하게 이루어 지도록 하였고,^[2] 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

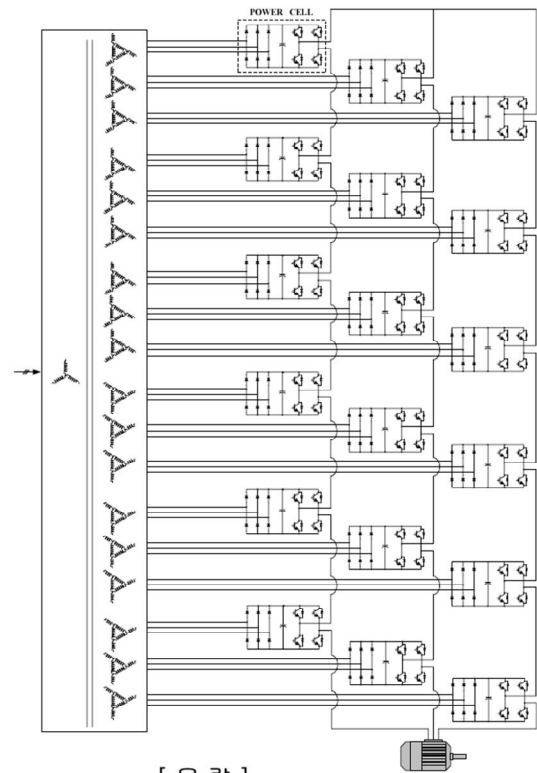


그림1. Cascaded 멀티레벨 인버터의 구성

2. 본론

2.1 Carrier 순환 Level Shifted PWM

동일한 전력 분배를 위한 Level Shifted PWM 방법은 그림 2와 같다. 설명의 편의를 위해 상당 셀의 수가 2개인 경우를 나타내었다. 기존의 일반적인 Level Shifted

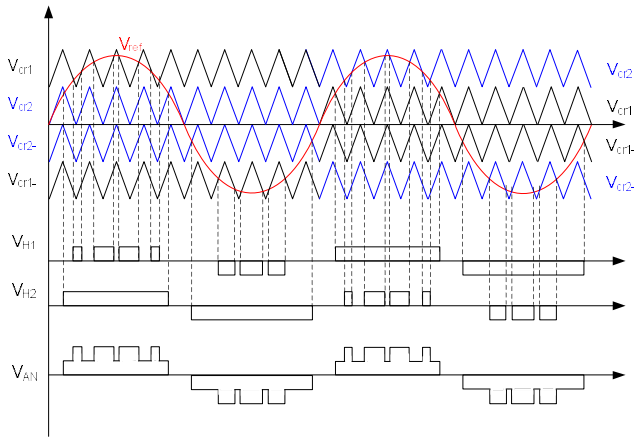
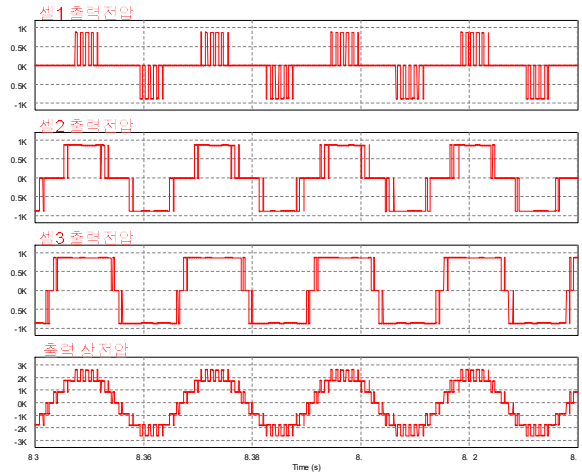


그림2. Carrier 순환 Level Shifted PWM

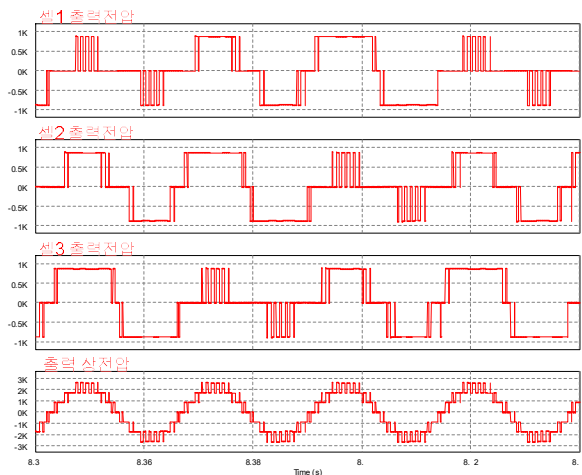
PWM에서 carrier 신호를 지령 전압의 매 주기마다 다른 셀의 carrier 신호와 순환 시킨다. 이 때, +측 carrier 신호들과 -측 carrier 신호들은 서로 순환시키지 않고 각각 순환 시킨다. 이와 같이 carrier의 레벨을 순환시키게 되면 그림2 에서 확인할 수 있듯이 두 개 셀의 출력 전압이 지령 전압의 매 주기마다 변화하고, 변화된 출력 전압은 앞 한 주기의 다른 셀의 출력 전압의 파형과 같다. 두 전압의 합인 상 출력 전압은 기존의 Level Shifted PWM과 같이 매 주기 변화 하지 않고 같은 파형을 나타낸다. 각 셀에서 매 주기 마다 서로 번갈아 가며 같은 형태의 전압이 출력되고, 출력 전류가 서로 같으므로 각 셀에 평균적으로 동일한 전력 분배가 가능하다.

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 상당 3개의 셀로 구성된 Cascaded 멀티레벨 인버터 시스템으로, 스위칭 주파수는 1kHz, 정격 출력은 1430kW의 조건으로 수행하였다. 시뮬레이션 결과 파형은 그림3 과 같다. 그림 3(a)는 기존의 Level Shifted PWM을 이용하여 스위칭을 수행한 출력 전압 파형이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 각 셀의 전압 파형이 모두 상이하며, 셀1에 비해 셀2,3 스위치의 도통 시간이 더 길다. 각 셀의 전력 측정 결과 셀1, 셀2, 셀3 각각 118kW, 164kW, 185kW로 측정되어 동일한 전력 분배가 되지 않음을 확인할 수 있었다. 출력 상전압의 THD는 15.5%로 측정 되었다. 그림 3(b)는 carrier 신호를 순환시킨 Level Shifted PWM을 이용하여 스위칭을 수행한 출력 전압 파형이다. 기존의 Level Shifted PWM 방식과는 달리 각 셀의 출력 전압이 매 주기마다 변화하고 3가지 서로 다른 패턴이 반복 되어 매 3주기마다 같은 패턴이 반복 되는 것을 확인할 수 있다. 이 3주기의 전력 측정 결과 셀1, 셀2, 셀3 각각 156kW, 155kW, 157kW로 거의 같아 동일한 전력 분배가 이루어 지고 있음을 확인할 수 있었다. 출력 상전압의 THD는 15.5%로 기존의 Level Shifted PWM 의 출력 상전압 THD와 동일하여 최종 출력 전압에는 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있다.



(a) 기존 Level Shifted PWM 출력 전압



(b) Carrier 순환 Level Shifted PWM 출력 전압

그림3. 시뮬레이션 파형

3. 결론

본 논문에서는 carrier 신호를 순환시켜 전력 분배가 동일하게 이루어 지지 않는 기존의 Level Shifted PWM을 개선하였다. 시뮬레이션을 통하여 각 셀마다 동일하게 전력이 분배 되는 것을 확인 하였고, 인버터의 출력 전압은 기존의 Level Shifted PWM과 동일함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Bin Wu, "High-Power Converters and AC Drives", John Wiley & Sons, 2006.
- [2] C.Govindaraju, Dr.K.Baskaran, "Optimized Hybrid Phase Disposition PWM Control Method for Multilevel Inverter", International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol. 1, No. 3, May 2009.