

다중 반송파 정현 펄스폭 변조방식으로 제어되는 Cascaded H-bridge 멀티레벨 PWM 인버터의 스위칭 손실 저감을 위한 스위칭 패턴

최진성, 김기두, 정보창, 강필순
한밭대학교

Switching pattern for decreasing switching loss in cascaded H-bridge multilevel PWM inverter controlled by sinusoidal pulse width modulation with multi-carrier waves

Jin sung Choi, Ki du Kim, Bo chang Jung, Feel soon Kang
Hanbat National University

ABSTRACT

본 논문에서는 다중 반송파 정현 펄스폭 변조방식으로 제어되는 Cascaded H bridge 멀티레벨 PWM 인버터의 스위칭 손실 저감을 위한 스위칭 패턴을 제안한다. 부하 담당 전력이 상대적으로 큰 H bridge 모듈의 스위치는 저주파의 기본 출력 전압 레벨을 형성하도록 동작시키며, 부하 담당 전력이 상대적으로 작은 H bridge 모듈의 스위치는 고주파의 PWM 파형을 기본파에 가감하여 출력전압 파형이 사인파에 가까워지도록 스위칭 패턴을 형성한다. 본 논문에서는 제안된 스위칭 패턴을 PD, APOD 방식의 다중 반송파 정현 펄스폭 변조방식으로 구현하여 Cascaded H bridge 멀티레벨 PWM 인버터에 적용시키고 실험을 통해 기존의 스위칭 패턴에 비해 스위칭 손실이 개선됨을 증명한다.

1. 서론

Cascaded H bridge 멀티레벨인버터는 다수의 H bridge 인버터를 직렬로 연결한 구조로서 각각의 H bridge 인버터의 입력 단에 독립된 DC 전압원을 가진다. Cascaded 방식은 동일한 수의 출력 전압 레벨을 형성하는데 있어, 다른 방식들에 비해 회로의 구성에 추가적인 다이오드나 커패시터가 필요치 않다. 또한 H bridge 인버터가 모듈화 되어 있으므로 전압 레벨을 쉽게 증가시킬 수 있고 제어 및 유지보수가 용이하다는 장점을 가진다.^[1] 하지만 전압레벨이 증가 할수록 스위치 소자의 개수가 증가하고 다수의 독립된 DC 전압원이 필요하다는 단점을 가진다. 이를 해결하기 위해 일반적으로 5레벨 정도의 출력 전압 레벨에 고주파 PWM 스위칭 패턴을 적용하여 출력전압의 THD(Total Harmonic Distortion)를 개선하고 있다. 하지만 스위칭 주파수가 증가할수록 스위칭 과정에서 발생하는 스위칭 손실 또한 증가하고 그로인해 시스템의 효율성이 떨어지는 단점이 발생한다.

본 논문에서는 상기 언급된 문제를 해결하기 위해 Cascaded H bridge 멀티레벨 PWM 인버터의 스위칭 손실 저감을 위한 스위칭 패턴을 제안한다. 두 대의 H bridge 인버터 모듈을 사용하여 5레벨의 출력전압 레벨을 형성한다는 전제로, 부하 담당 전력이 상대적으로 큰 H bridge 모듈의 스위치는 저주파의

기본 출력전압 레벨을 형성하도록 동작시키며, 부하 담당 전력이 상대적으로 작은 H bridge 모듈의 스위치는 고주파의 PWM 파형을 기본파에 가감하여 출력전압 파형이 사인파에 가까워지도록 스위칭 패턴을 형성한다. 제안된 스위칭 패턴을 PD(Phase disposition), APOD(Alternative phase opposition disposition) 방식에 적용시키고 실험을 통해 기존의 스위칭 패턴에 비해 스위칭 손실이 개선됨을 증명한다.

2. 제안하는 스위칭 패턴

2.1 다중 반송파 정현 펄스폭 변조

다중 반송파 정현 펄스폭 변조기법은 다수의 반송파와 하나의 정현파를 지속적으로 비교하여 정현파보다 반송파가 작을 경우 스위치를 ON 시키는 방식으로 다수의 반송파의 위상 변화에 따라 PD, POD, APOD 방식으로 분류 할 수 있다.

2.1.1 기존 PD 스위칭 패턴

그림 1은 기존 PD 방식의 스위칭 패턴을 보여준다. 그림 1에서 알 수 있듯이 두 개의 H bridge 인버터 모듈에서 총 4개의 스위치가 고주파 PWM 스위칭 동작을 한다.

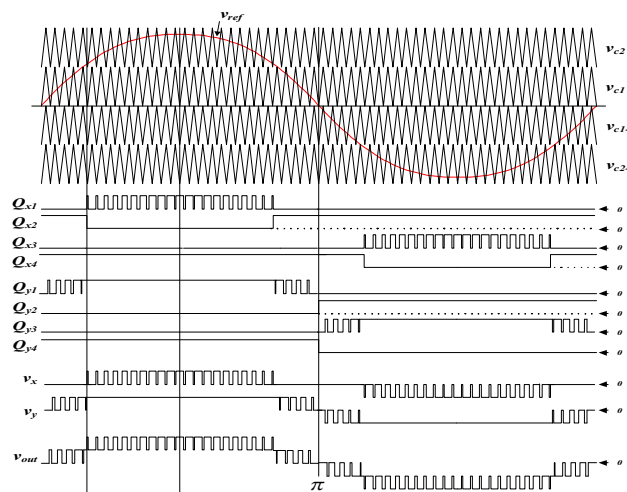


그림 1 기존 PD 스위칭 패턴
Fig. 1 Conventional PD switching pattern

2.1.2 제안된 PD 스위칭 패턴

그림 2는 제안된 PD 스위칭 패턴을 보여준다. 기존 PD 스위칭 패턴과는 달리 하나의 H bridge 인버터 모듈에서 2개의 스위치만 고주파 PWM 스위칭을 통해 기본파에 가감하여 결과적으로는 기존 PD 방식과 동일한 출력전압 파형을 생성한다. 그렇기 때문에 다른 하나의 H bridge 인버터 모듈은 스위칭에 의한 손실이 기존 PD 방식에 비해 개선됨을 알 수 있으며 같은 방법으로 POD, APOD 방식도 제안된 스위칭 패턴으로 구현가능하다.

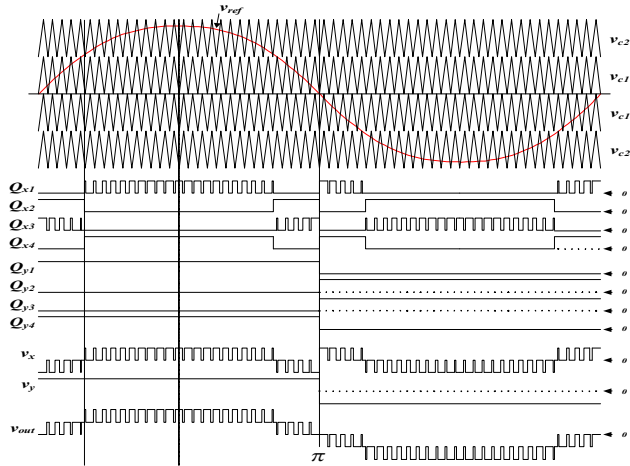


그림 2 제안된 PD 스위칭 패턴
Fig. 2 Proposed switching pattern

3. 실험결과 및 고찰

PD, APOD 방식에 대해 기존과 제안된 패턴을 적용하여 다양한 부하조건에서 실험을 수행하였다. 각각의 H bridge 인버터 모듈의 전압원은 DC 75[V], 반송파는 20[kHz]로 설정하였다. 그림 3(a)와 그림 3(c)는 각각 기존 PD, APOD 방식의 파형을 보여준다. 두 개의 H bridge 인버터 모듈에서 고주파 PWM 스위칭을 하는 것을 확인 할 수 있다. 그림 3 (b)와 그림 3(d)는 각각 제안된 PD, APOD 방식의 파형을 보여준다. 한 대의 H bridge 인버터 모듈에서 고주파 PWM 스위칭 동작을 수행하고, 다른 한 대의 H bridge 인버터 모듈에서는 기본 주파수로 작동하는 것을 확인 할 수 있다.

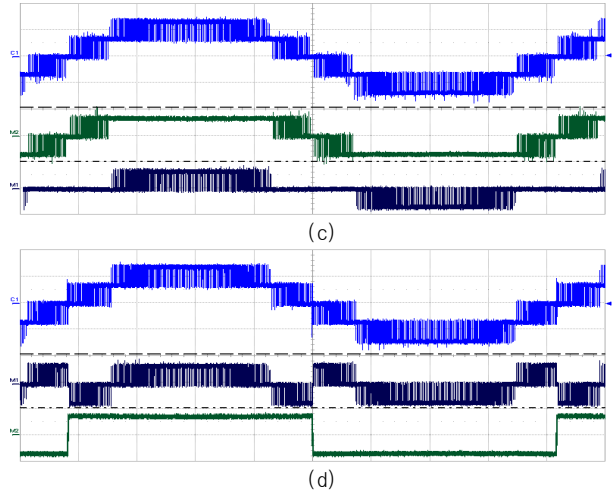
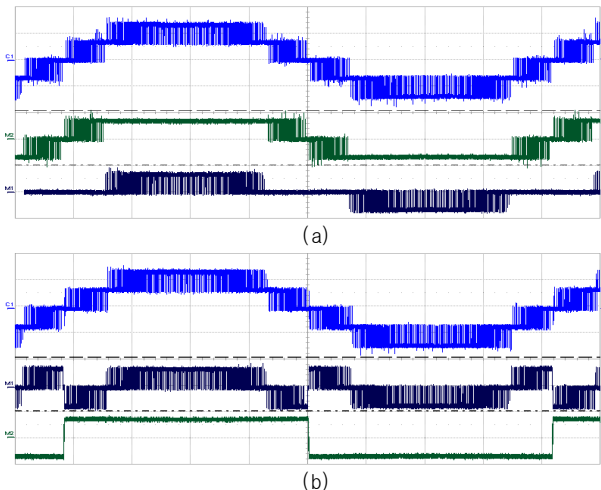


그림 3 스위칭 패턴, (a)기존 PD 방식, (b)제안된 PD 방식, (c)기존 APOD 방식, (d)제안된 APOD 방식
Fig. 3 Switching pattern, (a)Conventional PD method, (b)Proposed PD method, (c)Conventional APOD method, (d)Proposed APOD method

표 1은 다양한 부하조건에 대한 효율 비교 결과를 보여준다. PD 방식의 경우 기존의 방식보다 제안된 방식에서 평균 1.24[%]의 효율 개선 효과가 나타나며, APOD 방식에서도 평균 4.65[%]의 효율 개선 효과가 나타남을 알 수 있다.

표 1 스위칭 패턴의 효율 비교

Table 1 Comparison of efficiency of the switching pattern

	600W	700W	900W	1000W
기존 PD	86.81%	93.62%	93.86%	88.30%
제안된 PD	89.04%	95.35%	94.00%	89.16%
기존 APOD	86.20%	84.66%	86.59%	92.12%
제안된 APOD	88.02%	95.40%	91.42%	93.33%

4. 결론

본 논문에서는 다중 반송파 정현 펄스폭 변조방식으로 제어되는 Cascaded H bridge 멀티레벨 PWM 인버터의 스위칭 손실 저감을 위한 스위칭 패턴을 제안하였다. 실험을 통해 기존 스위칭 패턴에 비해 제안된 스위칭 패턴이 PD의 경우 평균 1.24[%], APOD의 경우 4.65[%]의 스위칭 손실 개선 효과가 있음을 확인하였다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2010 0009504)

참고 문헌

[1] H. Abu Rub, J. Holtz, J. Rodriguez, and Ge Baoming, "Medium Voltage Multilevel Converter State of the Art, Challenger, and Requirements in Industrial Applications," Proc. of IEEE, vol. 57, no. 8, pp. 2581-2596, Aug. 2011.