3-레벨 모듈을 이용하여 커뮤테이션 문제를 해결한 교류 쵸퍼

조용원, 권봉환
포항공과대학교 전자전기공학과

AC Chopper solving Commutation Problem using 3-Level Modules

Yong Won Cho, Bong Hwan Kwon
Depart. of Electronic and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 3 레벨 모듈을 이용하여 커뮤테이션 문제를 해결한 교류 쵸퍼를 제안한다. 제안된 컨버터는 두 개의 스위치 및 두 개의 다이오드를 내장한 3 레벨 전력 스위치 모듈과 직류 스너버 회로로 구성됨으로써 커뮤테이션 문제를 해결한다. 또한, 3 레벨 모듈을 이용함으로써 스위치의 전압 스트레스를 감소 시킨다. 제안된 컨버터는 회로 구현이 용이하며, 입력 전압의 극성에 따라 스위치를 제어함으로써 간단한 스위칭 제어 알고리즘을 가진다. 본 논문에서는 제안된 회로의 이론적 해석을 시뮬레이션을 통해 검증한다.

1. 서 론

최근 다양한 산업에서 ac ac 컨버터가 널리 사용 되고 있다. 특히 저압의 입력뿐만 아니라 고압의 입력을 요구하는 분야에서도 사용 된다. 그러나 고압의 입력을 요구하는 시스템에서 기존의 ac ac 컨버터는 높은 전압 스트레스를 가진다. 높은 전압 스트레스는 스위칭 손실을 증가 시킨다. 또한 회로 구현 시 스위치의 높은 전압 스트레스 때문에 스위치의 선택이 제한적이며, 구현 시 높은 비용이 요구된다. 이러한 문제점은 스위치의 전압 스트레스를 줄임으로써 해결할 수 있다. 앞에서 언급한 단점들을 해결하기 위해 멀티레벨 기술을 적용 시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 멀티레벨 기술은 스위치의 전압 스트레스와 스위칭 손실을 줄여 효율을 향상시킨다. 또한, 전압 스트레스를 감소 시킴으로써 스위치 선택의 폭이 넓어지고, 시스템의 제작 비용을 절감시킨다. 그러나 기존의 ac dc ac 타입의 ac ac 컨버터는 많은 전력 변환단을 가지기 때문에 복잡한 회로구성을 가지며, 낮은 역률과 다양한 부하에서 사용하기가 어려워 낮은 호환성을 가진다. 따라서, 최근 3 레벨 기술을 접목시킨 교류 쵸퍼가 일부 연구 중이다. 기존의 3 레벨 기술을 접목시킨 교류 쵸퍼는 양방향 스위치를 사용하고 있다. 양방향 스위치를 사용한 기존의 교류 쵸퍼는 커뮤테이션 문제가 있다. 이 커뮤테이션 문제를 해결하기 위해 복잡한 스위치 제어 알고리즘과 별도의 스너버 회로가 요구된다. 따라서, 실제 회로구현 시 회로가 복잡해지고 전력 손실이 증가한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 3 레벨 모듈을 이용하여 커뮤테이션 문제를 해결한 교류 쵸퍼를 제안한다. 제안한 컨버터는 3 레벨 모듈을 이용함으로써 회로 구현이 용이하며, 3 레벨 모듈과 직류 스너버 회로를 사용함으로써 커뮤테이션 문제를 해결한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 회로의 이론적 해석을 검증한다.

2. 제안된 교류 쵸퍼

2.1 제안된 컨버터의 구성 및 동작원리

그림 1은 제안된 3 레벨 모듈을 이용한 교류 쵸퍼의 회로도이다. 제안된 교류 쵸퍼는 2개의 3 레벨 전력 스위치 모듈로 구성된 강압형 교류 쵸퍼이다.

제안된 컨버터는 입력 전압 v_i의 극성에 따라 2개의 스위칭 제어 알고리즘을 가진다. 양의 입력 전압을 가진 경우, 스위치 S_5와 S_6, S_7, S_8 모두 턴 온 한다. 이 스위치들은 입력전압의 양의 반주기 $T_{line}/2$동안 계속 온 상태를 유지한다. 그리고 스위치 S_1과 S_2는 20 kHz의 스위칭 주파수로 동시에 스위칭 한다. 스위치 S_3와 S_4는 스위치 S_1, S_2와 상보적으로 스위칭한다. 그리고 스위치 S_1과 S_2는 듀티비 D에 의해 제어된다. 이 때 스위치 S_1과 S_2, S_3, S_4의 전압 스트레스 V_{s1}과, V_{s2}, V_{s3}, V_{s4} 는 다음과 같다.

$$V_{S1} = V_{S2} = V_{S3} = V_{S4} = \frac{v_i}{2} \quad (1)$$

반대로 음의 입력 전압을 가진 경우, 스위치 S_1과 S_2, S_3, S_4 모두 턴 온 한다. 이 스위치들 역시 입력전압의 음의 반주기 동안 계속 온 상태를 유지한다. 그리고 스위치 S_5와 S_6은 20

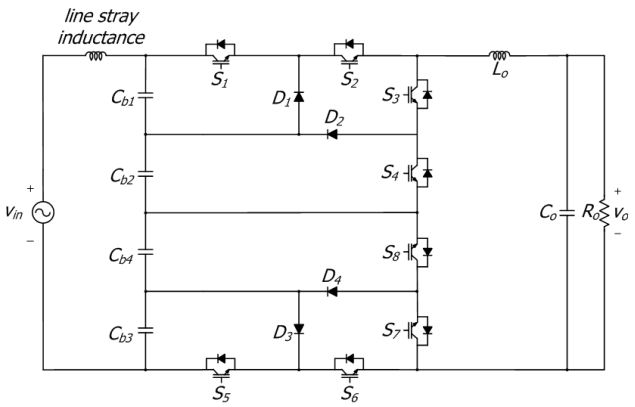


그림 1 제안된 교류 쵸퍼

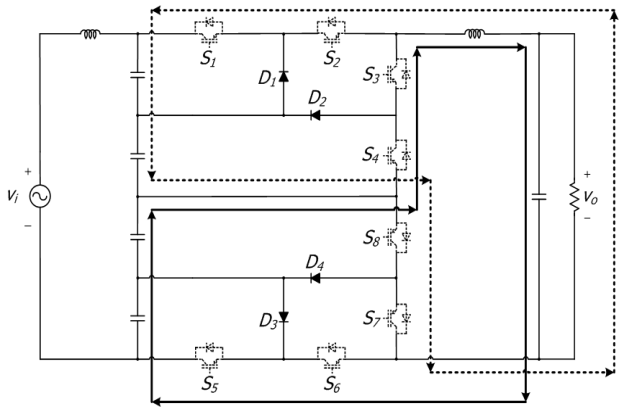
Fig. 1 Proposed ac chopper

kHz의 스위칭 주파수로 동시에 스위칭 한다. 스위치 S_7과 S_8은 스위치 S_5, S_6와 상보적으로 스위칭한다. 그리고 스위치 S_5와 S_6는 듀티비 D에 의해 제어된다. 이 때 스위치 S_5와 S_6, S_7, S_8의 전압 스트레스 V_{S5}와 V_{S6}, V_{S7}, V_{S8} 역시 식 (2)와 같다.

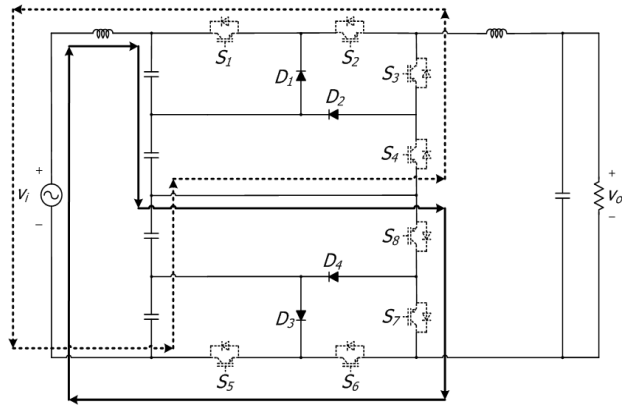
$$V_{S5} = V_{S6} = V_{S7} = V_{S8} = \frac{v_i}{2} \quad (2)$$

제안된 컨버터의 전압 이득은 기존의 강압형 dc dc 컨버터와 같은 식(3)과 같다.

$$\frac{v_o}{v_i} = D \quad (3)$$



(a)



(b)

그림 2 전원 장애 발생 시 전류 경로
(a) L_o에 대한 전류 경로
(b) 기생 인덕턴스에 대한 전류경로

Fig. 2 Current paths at power fail
(a) current path of L_o
(b) current path of line stray inductance

2.2 커뮤테이션 문제

제안된 컨버터는 갑작스럽게 전원 장애가 발생하여 모든 스위치가 오프 상태가 되었을 때 그림 2와 같이 회로 내부 인덕턴스 성분에 대한 전류 경로를 형성함으로써 간단한 직류 스너버 회로로 커뮤테이션 문제를 해결한다. 그림 2(a)는 L_o에 대한 전류 경로이며, 그림 2(b)는 기생 인덕턴스에 대한 전류 경로이다.

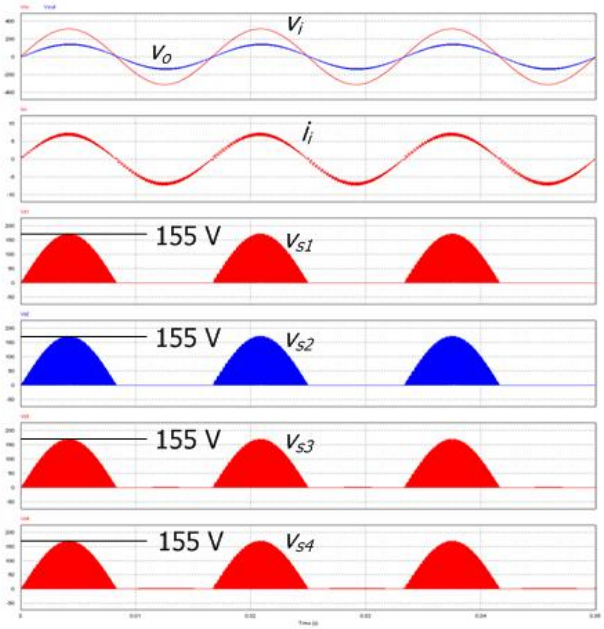


그림 3 제안된 교류 쵸퍼의 시뮬레이션 파형

Fig. 3 Simulation Waveforms of the proposed ac chopper

3. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 교류 쵸퍼의 특성을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 시뮬레이션 프로그램은 PSIM을 사용하였다. 시뮬레이션에 사용된 입력전압은 220 V_{rms}, 60 Hz이며, 스위칭 주파수는 20 kHz, 정격 전력은 1 kW에서 시뮬레이션 하였다. 그림 3은 입력 전압이 양의 반주기를 가질 때 제안된 교류 쵸퍼의 v_i와 출력 전압 v_o, 입력 전류 i_i, V_{s1}, V_{s2}, V_{s3}, V_{s4}의 시뮬레이션 결과이다. 그림 3을 통하여 제안된 컨버터의 전압 스트레스가 식 (1)과 같음을 알 수 있다. 입력 전류는 5 A이며, 출력 전압은 99 V이다. 이 때의 듀티비는 0.45이다.

4. 결 론

본 논문에서는 3 레벨 모듈을 이용하여 커뮤테이션 문제를 해결한 교류 쵸퍼를 제안하였다. 제안된 컨버터는 두 개의 3 레벨 전력 스위치 모듈과 직류 스너버 회로로 구성됨으로써 커뮤테이션 문제를 해결한다. 또한 스위치의 전압 스트레스를 감소 시킨다.

참 고 문 헌

[1] B. H. Kwon, B. D. Min, and J. H. Kim, "Novel commutation technique of AC AC converters", Proc. IEE Elect. Power Appl., Vol. 145, No. 4, pp. 295 300, 1998, Jul.

[2] J. P. Rodrigues, A. J. Perin, S. A. Mussa, M. L. Heldwein, "Three level ZVS active clamping PWM for the DC DC buck converter", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 24, No. 10, pp. 2249 2258, 2009, Oct.