

스위칭 셀을 이용하여 커뮤테이션 문제를 해결한 단상 PWM AC-AC 컨버터

신현학, 차헌녕, 김흥근
경북대학교

Solving the commutation problem of single-phase PWM AC-AC converter using basic switching cell

Hyunhak Shin, Honnyong Cha, Heung Geun Kim
Kyungpook National University

ABSTRACT

This paper presents novel single phase PWM AC AC converters that can solve commutation problem in single phase direct AC AC converter without sensing input voltage polarity. By using the basic switching cell concept and coupled inductor, the proposed converter can be short and open circuit without damping switching devices. A 120 W prototype is built and tested to verify performance of the proposed converter.

1. 서론

최근 크기만 가변하고 주파수 가변이 필요 없는 응용의 경우 직접식의 단상 PWM AC AC 컨버터가 많이 사용되어지고 있다. 이를 위해 $q(Z)$ 소스 PWM AC AC 컨버터와 같이 많은 직접식의 PWM AC AC 컨버터가 소개 되었다.^[1] 하지만 기존의 단상 PWM AC AC 컨버터와 $(q)Z$ 소스 PWM AC AC 컨버터는 스위치 커뮤테이션 문제를 가지고 있어 만약 스위치에 암 단락, 암 개방 있는 경우나 주변의 EMI(Electromagnetic interference) 또는 다른 왜란으로 인해 스위치에 노이즈가 생길 경우 스위치가 모두 턴 온 되는 암 단락 구간에는 과전류로 인해 스위치가 손상을 입을 수 있고, 또 모두 턴 오프 되는 암 개방 구간에는 인덕터에 저장되어진 에너지가 갈 경로가 없어서 과전압으로 스위치에 손상을 줄 수 있다. 이러한 스위치 커뮤테이션 문제를 해결하기 위한 기존의 방법은 입력전압의 극성을 검출하여 스위치를 제어함으로써 커뮤테이션 문제를 해결하는 방법이 소개 되었다.^[2] 하지만 입력전압에 노이즈가 있거나 왜곡이 생길 경우 영 전압 부분에서 전압극성의 검출이 어려워져 여전히 커뮤테이션 문제를 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 스위치 커뮤테이션 문제를 해결하기 위하여 스위칭 셀 구조를 이용한 단상 PWM AC AC 컨버터를 제안한다.

2. 제안된 단상 PWM AC-AC 컨버터

그림 1의 (a)는 제안한 컨버터의 벡 타입의 컨버터를 나타내며 (b)는 부스트 타입의 컨버터를 나타낸다. 제안한 컨버터는 기본 스위칭 셀 구조를 사용 하였다.

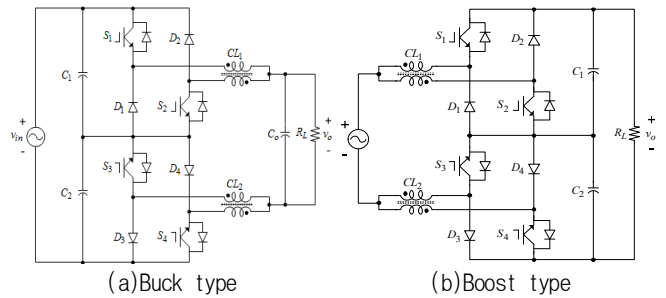


Fig. 1 Proposed PWM AC-AC converter using switching cell

스위치 S_1, S_2 와 S_3, S_4 사이에 결합 인덕터 CL_1, CL_2 가 들어가며 커패시터 C_1, C_2 는 스위치 S_1, S_2 또는 S_3, S_4 가 턴 오프 될 때 전류 경로를 만들어 준다. 또한 두 커패시터는 회로의 기생 인덕턴스에 의한 전압 스파이크를 제한하는 스누버 커패시터로 동작하게 된다. 그림 2는 제안한 컨버터의 게이트 신호생성을 나타낸다. 두 캐리어 신호 v_{Ca1}, v_{Ca2} 는 180° 위상차를 가지며 v_{ref} 와 비교하여 게이트 신호를 생성한다.

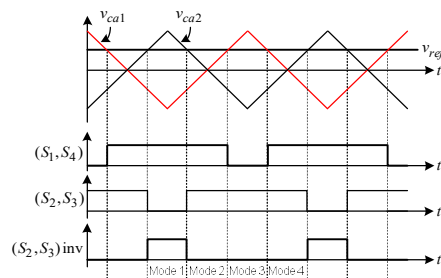


Fig. 2 Gate signal generation of the proposed AC-AC converter

그림 3은 제안한 컨버터의 부스트 타입 동작 모드를 나타낸다. 그림 3의 (a) 모드 1은 스위치 S_1, S_2 와 S_3, S_4 가 모두 턴 온 되고, (c)의 모드 3은 스위치 S_1, S_2 와 S_3, S_4 가 모두 턴 오프 된다. 이때 모드 1에서는 두 결합인덕터로 인하여 전류가 제한 받게 되며 (b)의 모드 2와 (c)의 모드 3에서는 전류가 프리휠링하며 전류가 갈 수 있는 경로를 만들어 줌으로써 모든 스위치가 암 단락, 개방이 되어도 스위치에 과전류와 과전압으로 인한 스파이크가 생기지 않는다. 게다가 동기 되어 동작하

는 스위치 S_1, S_4 의 게이트 신호가 조금의 차이가 생기더라도 커뮤테이션 문제가 생기지 않음을 실험을 통하여 검증 하였다.

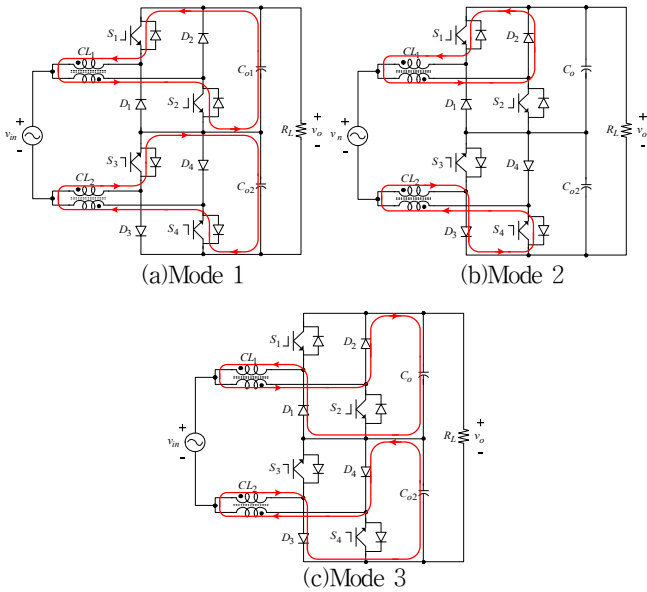


Fig. 3 Operation of the proposed AC-AC converter

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 회로의 성능을 검증하기 위해 120 W의 시제품을 제작하여 실험 검증 하였다. 입력전압 $v_{in}=55$ vrms, 출력전압 $v_o=110$ vrms, 출력파워 $P_o=120$ W 저항 부하에서 실험 수행하였다. 그림 4 (a)는 입력전압, 출력전압, 입력전류 그리고 스위치 S_1 전압파형이고 (b)는 (a)를 확대한 파형이다. 그림 5 (a)는 커패시터, 스위치 전압파형을 나타내며 (b)는 결합인덕터, 입력 전류파형을 나타낸다.

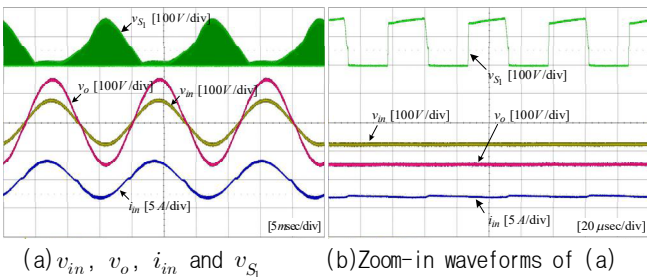


Fig. 4 Experimental waveforms of input, output voltage, input current and switch voltage

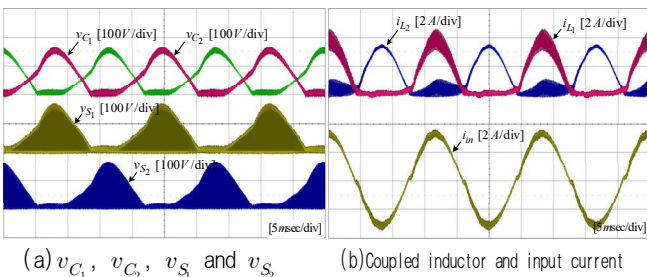


Fig. 5 Experimental waveforms of switch, capacitor voltage, coupled inductor and input current

그림 6은 듀티비가 0.5일 경우 모든 게이트 신호가 동일 하지만 제안한 컨버터를 검증하기 위하여 게이트 신호를 $2\mu s$ 정도 차이를 주고 실험한 파형이다. (b)는 그림 (a)를 확대한 파형이고 (c)는 이때 스위치 v_{S1}, i_{S1} 그리고 출력전압파형과 v_o 파형이다. 게이트 신호가 조금씩 차이가 나더라도 스위치에 전압, 전류 스파이크가 생기지 않으며 출력전압이 110 vrms로 승압이 됨을 확인 할 수 있다.

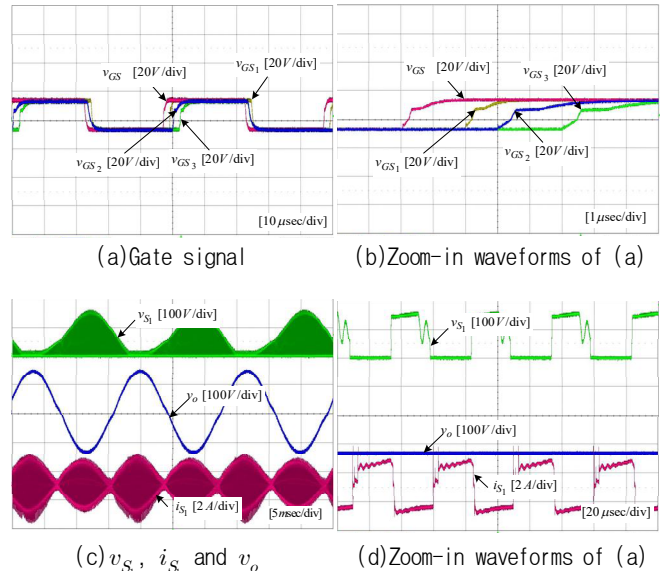


Fig. 6 Experimental waveforms of gate signal, v_{S1}, i_{S1} and v_o when a little mismatch gate signal

4. 결론

본 논문에서는 기존의 단상 PWM AC AC 컨버터가 가지고 있는 커뮤테이션 문제를 해결하기 위하여 스위칭 셀 구조를 이용한 PWM AC AC 컨버터를 제안하였다. 커뮤테이션 문제를 해결하기 위한 기존의 방법은 입력전압을 검출 하여 스위치를 제어 하거나 별도의 스너버 회로가 필요하지만 제안한 컨버터는 입력전압 검출이나 스너버 회로 없이 스위칭 셀 구조를 이용하여 커뮤테이션 문제를 해결 할 수 있다. 120 W 시제품을 제작하여 실험 검증하였다.

제안한 컨버터는 노이즈가 심한 입력 전압원이 들어오는 응용이나 많은 PWM AC AC 컨버터에 응용할 수 있을 것이다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA 2013 H0401 13 1005)

참고 문헌

- [1] F. Z. Peng, L. Chen, and F. Zhang, "Simple topologies of PWM AC AC converters," IEEE on Power Electron. Lett., Vol. 1, No. 1, pp. 10-13, Mar. 2003.
- [2] Y. Tang, S. Xie, and C. Zhang, "Z source ac ac converters solving commutation problem," IEEE Trans. on Power Electron., Vol. 22, No. 6, pp. 2146-2154, Nov. 2007.