

LC 직렬 공진을 이용한 양방향 DC/DC 컨버터

박건욱*, 정두용*, 송인범*, 이수원**, 정용채***, 원충연*
 성균관대학교*, 이엔테크놀로지**, 남서울대학교***

A LC series resonant bidirectional DC/DC converter

Kun-wook Park*, Doo-yong Jung*, In-beom Song*, Su-won Lee**, Yong-chaе Jung***,
 Chung-yuen Won*
 Sungkyunkwan University*, EN technology**, Namseoul university***

ABSTRACT

In this paper, bi-directional DC/DC converter using a LC series resonant converter is proposed. A proposed converter is consisted by adding LC series resonant tank into a conventional bi-directional DC/DC converter and performs soft-switching at both boost and buck mode. A LC series resonance occurs in whole operation mode and switching point is determined by specific condition. Through the theoretical analysis and simulation results, operation modes and characteristics of the proposed topology is verified.

1. 서론

낙도와 같이 외부에서 전력공급이 되지 않는 곳에서는 신재생 에너지원과 배터리를 이용한 독립형 발전 시스템들을 이용하여 전력을 충당하는 경우가 많다. 이러한 독립형 발전 시스템들은 양방향 DC/DC 컨버터를 이용하여 배터리를 충방전하는데, 배터리의 충방전 효율을 높이기 위하여 양방향 DC/DC 컨버터의 효율을 높이는 것이 중요하다^[1].

본 논문에서는 LC직렬 공진형 양방향 DC/DC 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 기존의 LC직렬 공진형 부스트 컨버터의 출력단 다이오드를 스위치로 교체하여 양방향 동작이 가능하게 꾸밈으로써, 기존 토폴로지의 활용범위를 확장하였다^[2].

2. 제안된 LC 직렬 공진형 양방향 컨버터

2.1 회로 구성

그림 1은 본 논문에서 제안한 LC 직렬 공진형 양방향 DC/DC 컨버터의 회로이다. 일반 양방향 컨버터 토폴로지에 공진 인덕터 L_r , 공진 커패시터 C_r , 스너버 커패시터 C_s 를 추가하여 회로를 구성하였다.

2.2 모드 분석

본 논문에서는 제안한 토폴로지를 주 인덕터와 공진 인덕터, 스너버 커패시터의 전류와 스위치의 전압, 전류 파형을 기준으로 7개의 모드로 구분하였다^[2].

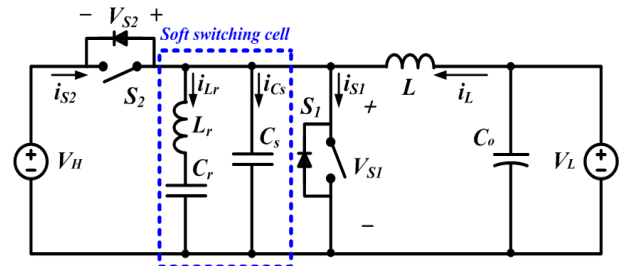


그림 1. 제안된 컨버터의 회로도

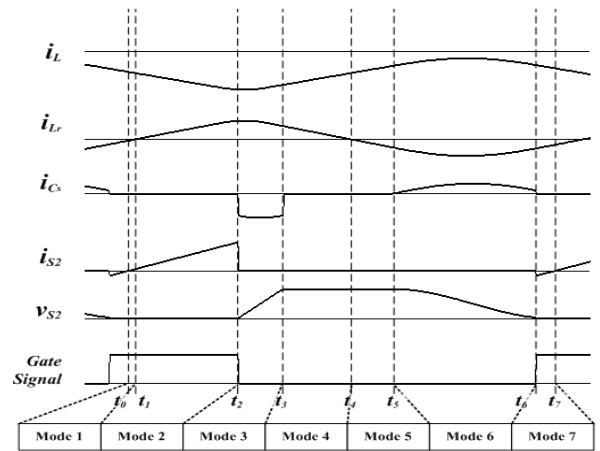


그림 2. 제안된 컨버터의 벡 동작 시 각 파형

그림 2는 제안하는 컨버터의 벡 동작 시 각 파형에 따른 모드 구분을 나타낸다.

그림 3은 제안하는 컨버터의 벡 동작 시 각 동작 모드에 따른 전류 경로를 나타 낸 것이다.

MODE 1 ($t_0 \leq t < t_1$)

스위치가 턴-온 되어 있는 상태에서 공진회로에서 전류가 음으로 흐른다. 주 인덕터의 전류와 공진회로의 전류가 합쳐져서 출력측으로 전달된다.

MODE 2 ($t_1 \leq t < t_2$)

스위치가 턴-온 되어 있는 상태에서 공진회로에 흐르는 전류의 방향이 바뀌면 MODE 2가 시작된다. 주 인덕터 전류와 공진회로 전류의 차이 분이 출력측으로 전달된다.

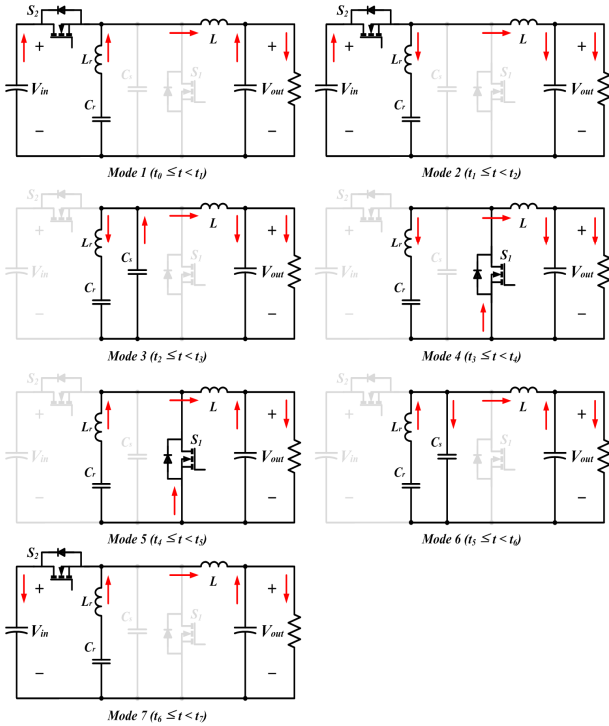


그림 3. 벡 동작 시 동작 모드에 따른 전류 경로

MODE 3 ($t_2 \leq t < t_3$)

스위치가 턴 오프되면 공진회로에 흐르는 전류와 주 인덕터 전류에 의해 스너버 커패시터가 방전하게 된다. 이 때 스너버 커패시터 전압이 슬로프를 가지고 감소함으로 영전압 스위칭 조건을 만족한다.

MODE 4 ($t_3 \leq t < t_4$)

스너버 커패시터 전압이 모두 방전되면 공진회로에 흐르는 전류와 주 인덕터 전류가 스위치 S_1 의 역병렬 다이오드를 통해 Free Wheeling 하게 된다.

MODE 5 ($t_4 \leq t < t_5$)

공진 회로에 흐르는 전류의 방향이 바뀌어 주 인덕터 전류가 출력 전류보다 작아지게 된다.

MODE 6 ($t_5 \leq t < t_6$)

공진 회로에 흐르는 전류가 주 인덕터 전류보다 커지게 되면 차이분의 전류가 스너버 커패시터를 충전시킨다. 이 때 스너버 커패시터의 전압이 상승하면서 스위치 S_2 양단 전압은 감소하여 영전압이 된다.

MODE 7 ($t_6 \leq t < t_7$)

공진 회로에 흐르는 전류와 주 인덕터 전류의 차이분이 스위치 S_2 의 역병렬 다이오드를 통해 흐른다. 이 구간에 스위치를 턴-온 함으로써 영전압 스위칭 조건을 만족한다.

3. 시뮬레이션

제한한 컨버터의 동작을 확인하기 위해 Powersim사의 PSIM 6.0을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 4는 부스트 동작 시뮬레이션 결과 파형이다. 제한한 컨버터의 부스트 동작에서 스위치 턴-온, 턴-오프 시 ZVS를 수행하고 시비율 약 0.3의 조건에서 입력전압 200 [V]에 출력전압 400 [V]로 강압이 정상적으로 이루어지는 것을 볼 수 있다.

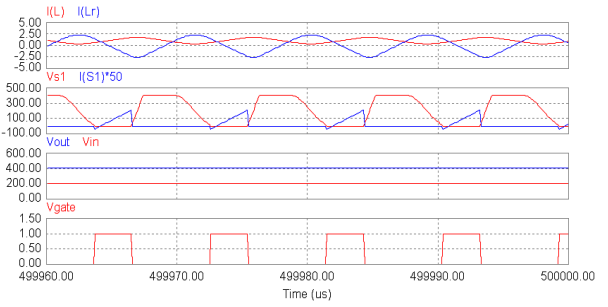


그림 4. 부스트 동작 시뮬레이션 결과 파형

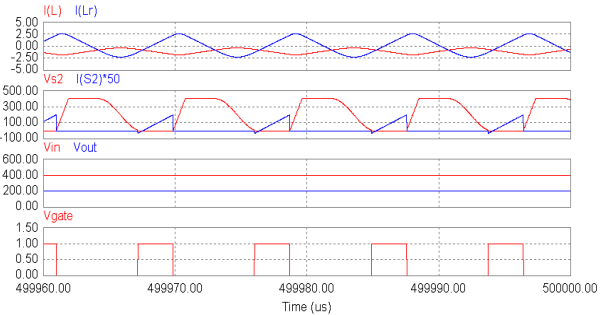


그림 5. 벡 동작 시뮬레이션 결과 파형

그림 5는 벡 동작 시뮬레이션 결과 파형이다. 벡 모드 동작에서 역시 스위치 턴-온, 턴-오프 시 ZVS를 수행하고 시비율 0.3의 조건에서 입력전압 400 [V]에 출력전압 200 [V]로 강압이 정상적으로 이루어지는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 LC 직렬 공진형 양방향 DC/DC 컨버터를 제안하였다. 제안된 컨버터의 이론적 분석과 시뮬레이션을 통해 토폴로지의 타당성을 검증하였다. 시뮬레이션 결과 제안한 토폴로지는 부스트, 벡 동작 모드에서 모두 스위치 턴-온, 턴-오프 시 영전압 스위칭 조건을 만족함을 확인하였다.

이 토폴로지는 신재생 에너지를 이용한 독립형 발전 시스템 등에서 배터리 충방전을 위한 양방향 컨버터 등으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 과제(결과물)는 지식경제부의 출연금으로 수행한 특성화 대학원 사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] Huafeng Xiao, Shaojun Xie, "A ZVS Bidirectional DC - DC Converter With Phase-Shift Plus PWM Control Scheme," Power Electronics, IEEE Transactions on Vol. 23 , Issue 2, pp. 813~823, 2008.
- [2] 박건욱, 정두용, 이수원, 정용채, 원충연, 서광덕, "높은 승압비를 가진 공진형 소프트 스위칭 부스트 컨버터", 전력전자학회, 2009년도 추계학술대회 논문집, pp. 173~175, 2009. 11.