

소프트 스위칭 기법을 이용한 승압형 출력-직렬 포워드-플라이백 컨버터

김도현, 김찬인, 박종후
숭실대학교

Soft-switching Type output-series forward-flyback converter

Do Hyun Kim, Chan In Kim, Joung Hu Park
Soongsil University

ABSTRACT

본 논문은 저전압 대전류의 신재생 에너지원을 고전압 저전류 계통에 연계하기 위하여 제안되었던 기존의 출력 직렬형 고승압 직류 직류 포워드 플라이백 컨버터에 소프트 스위칭 기법을 적용하여 효율을 향상시킨 전력변환기 회로를 제안한다. 제안된 컨버터는 기존의 하드 스위칭 방식에 비하여 고승압, 고주파 스위칭 동작에도 불구하고 효율이 우수한 장점을 지니고 있다. 소프트 스위칭을 유지하기 위하여 스위칭 주파수는 가변되는 특징이 있다. 제안된 회로의 동작원리를 설명하고 시뮬레이션으로 확인한 후 50[W]급 하드웨어 프로토타입을 이용하여 검증하였다.

1. 서론

기존에 제시된 승압형 출력 직렬 포워드 플라이백 컨버터는 비 절연형 컨버터에 비해 사고에 대한 신뢰도가 높고, 포워드의 리플전압을 플라이백으로 대체함으로써 변압기 이용률을 높인다는 장점이 있었다. 하지만 기존에 제시된 컨버터는 주스위치의 하드 스위칭에 의한 손실을 고려하지 않았기 때문에 본 논문에서는 기존의 회로에 추가로 주스위치와 병렬 연결된 커패시터를 구성하여 소프트 스위칭을 이용한 보다 높은 효율의 전력변환 특성을 가지는 소프트 스위칭 타입 직렬형 포워드 플라이백 컨버터(SFFB: Series Connected Forward Flyback Converter)를 제안하였다. 제안된 회로의 동작특성을 분석하였고 실제 하드웨어 실험을 통하여 분석한 동작특성을 확인하였으며, 기존의 컨버터와 실험을 통한 효율비교를 하였다.^[1]

2. 직렬형 포워드 플라이백 컨버터

2.1 제안된 컨버터의 구조

소프트 스위칭 기법을 이용한 승압형 출력 직렬 포워드 플라이백 컨버터는 그림 1과 같이 기존의 직렬형 포워드 플라이백 컨버터의 주스위치에 존재하는 기생커패시턴스와 L_m 의 공진을 이용하여 소프트 스위칭을 구현하였기 때문에 기존의 하드 스위칭 기법보다 높은 효율의 전력변환을 할 수 있다.^{[2][3]}

2.2 제안된 컨버터의 동작특성

제안된 컨버터는 스위치의 on, off 동작 상태에 따라서 그림

2와 같이 5가지 Mode로 나누어 분석할 수 있다.

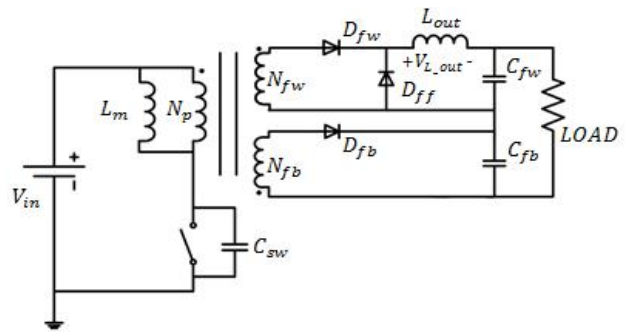


그림 1 제안된 소프트 스위칭 기법을 이용한 승압형 직렬-출력 포워드-플라이백 컨버터

Mode 1에서는 주스위치가 Turn on 되어 포워드 컨버터로 에너지가 전달된다.

Mode 2에서는 주스위치가 Turn off 되고 주스위치와 병렬 연결된 C_{sw} 에 전압이 충전된다.

Mode 3에서는 C_{sw} 전압이 포화되어 자화 인덕턴스(L_m)에 저장되어 있는 에너지가 플라이백 컨버터 쪽으로 전달되며 출력 인덕터(L_{out})에 남아있는 에너지는 D_{ff} 를 통해 출력으로 전달된다.

Mode 4에서는 L_{out} 의 에너지가 모두 방전되어 플라이백 컨버터에 의해서만 에너지가 전달되는 구간이다.

Mode 5에서는 L_m 에 저장되어 있는 에너지가 모두 방전되고 출력 커패시터 C_{fb} , C_{fw} 에 의하여 출력전압이 유지되며 C_{sw} 와 L_m 이 공진하여 영전압 스위칭(ZVS)을 준비한다.

Mode 1으로 돌아가서 주스위치가 영전압에서 Turn on 되므로 소프트 스위칭을 수행한다.

3. 실험결과

3.1 전력변환 효율

50[w]급 프로토타입을 통하여 포워드 컨버터와 플라이백 컨버터의 각 소자의 손실을 분석하여 전체 손실을 구한 후 기존의 하드 스위칭 방식의 효율과 비교를 하였다. 표 1은 시뮬레이션 및 실험에 사용한 제안된 컨버터의 설계 사양이다. C_{sw} 는 MOSFET의 기생 커패시턴스를 이용하였다.

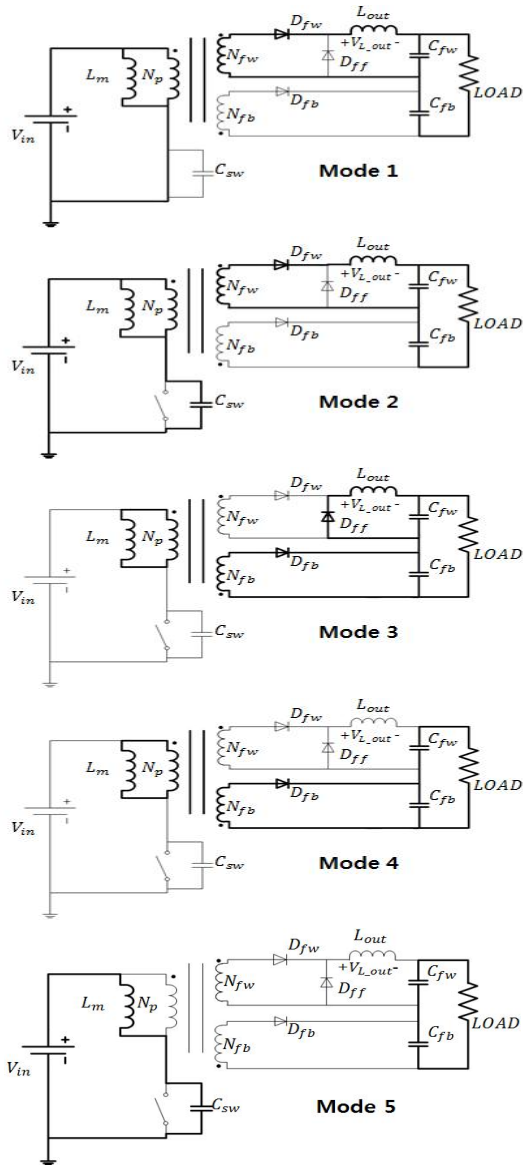


그림 2 제안된 컨버터의 동작모드

표 1 실험에 사용한 컨버터의 설계사양

입력전압	20~40[VDC]	출력전력	50[W]
출력전압	340[VDC]	스위칭 주파수	20[KHz]
L_m	106[uH]	L_{out}	1.7[mH]
C_{fb}, C_{fw}	200[uF]	N_p	20[Turn]
N_{fw}	150[Turn]	N_{fb}	60[Turn]

그림 3은 입력전압의 변화에 따른 소프트 스위칭과 하드 스위칭의 효율차이를 측정된 결과를 나타낸다. 소프트 스위칭은 전 영역에서 하드 스위칭보다 높은 효율을 보이며 50[W] 최대 92.1 [%]이상 것을 알 수 있다.

3.2 제안된 컨버터의 동작파형

그림 4는 제안된 컨버터의 각 부분의 동작 파형이다. 주스위치에 걸리는 전압·전류, 출력 측 포워드회로의 인덕터에 흐르는 전류, 그리고 출력 측 플라이백회로의 다이오드에 흐르는 전류를 나타내고 있다. 제안된 컨버터의 실험 결과, 동작파형이

그림 2에서 설명한 동작특성과 일치함을 확인하였다.

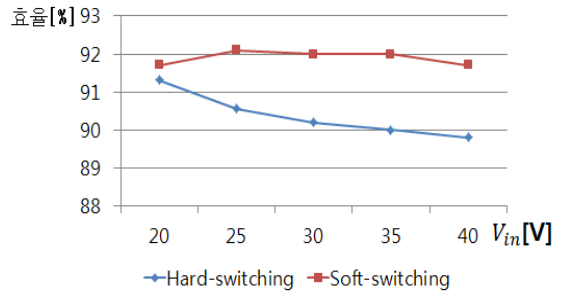


그림 3 기존의 하드 스위칭과 소프트 스위칭 방식의 효율비교

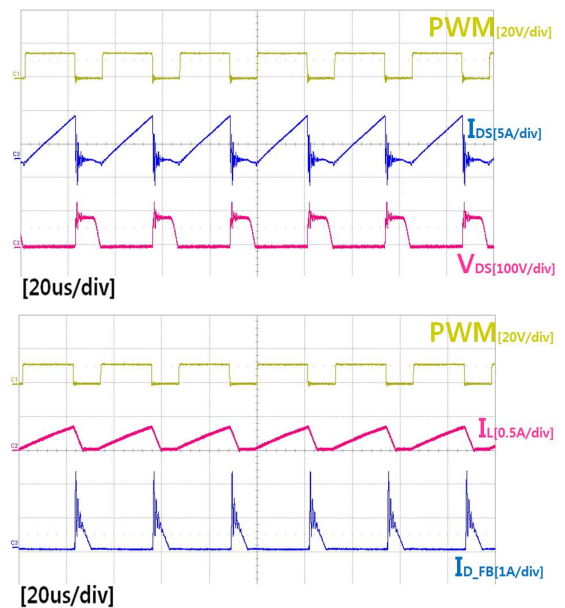


그림 4 제안된 컨버터의 동작파형

4. 결론

본 논문에서는 소프트 스위칭 방식을 이용한 직렬형 포워드 플라이백 컨버터의 동작특성과 효율에 대한 내용을 실험을 통하여 알아보았다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업지원을 받아 수행된 것임 (N0.2010 0025674).

참고 문헌

- [1] Joungh Hyun Lee, "Series Connected Forward Flyback Converter for High Step up and High Efficiency Power Conversion", ICPE 2011 ECCE Asia, 2011
- [2] Hernán Emilio Tacca, "Single Switch Two Output Flyback Forward Converter Operation", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 13, NO. 5, Sep 1998, pp.903~911
- [3] H. Tacca, "Conversión estática de la energía eléctrica : Convertidores asimétricos con doble transferencia directa e indirecta," Doctoral dissertation, Faculty Eng., Univ. Buenos Aires, Argentina, Apr. 1998