

차지펌프회로를 이용한 소프트 스위칭 포워드 플라이백 컨버터

김찬인, 문솔, 김도현, 응웬민타오, 박종후
 숭실대학교

Soft-switching Type series connected forward-flyback converter With charge Pump

Chan-In Kim, Moon Sol, Do-Hyun Kim, Minh_Thao Nguyen, Joung-Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문은 소용량 태양광 발전에 사용하기 위한 전력조절기인 직렬형 포워드 플라이백 컨버터에서 차지펌프회로를 통해 향상된 회로를 제안하고자 한다. 제안한 회로는 플라이백 측에 차지펌프 회로를 부착하여 고승압을 좀 더 용이하게 만든다. 또한 이를 통하여 효율 상승과 입력전압의 범위를 넓힐 수 있다. 제안된 회로의 동작원리를 설명하고 50[W]급 하드웨어 프로토타입을 이용하여 검증하였다

1. 서론

기존에 제시된 소프트 스위칭 기법을 이용한 승압형 출력-직렬 포워드-플라이백 컨버터는 기존의 하드스위칭 방법에서 소프트 스위칭 기법을 적용함으로써 스위치의 기생 커패시턴스를 이용하여 하드스위칭에서 발생하던 스위칭 손실을 개선시킬 수 있었다. 하지만 낮은 입력전압에서 효율의 감소를 볼 수 있었다. 이는 소프트 스위칭 상태에서 승압이 어렵기 때문에 본 논문에서는 기존의 컨버터에 비하여 승압을 용이하게 하기 위하여 컨버터에 차지펌프회로를 추가하여 보다 높은 효율과 낮은 전압에서도 승압이 용이한 차지펌프회로를 이용한 소프트 스위칭 컨버터를 제안하였다. 제안된 회로의 동작특성을 분석하고 실제 하드웨어 실험을 통하여 분석한 동작특성을 확인하였으며, 기존의 컨버터와 실험을 통한 효율비교를 하였다.^{[1][2]}

2. 직렬형 포워드 플라이백 컨버터

2.1 제안된 컨버터의 구조

차지펌프회로를 이용한 소프트스위칭 포워드 플라이백 컨버터는 그림 1과 같이 기존의 소프트 스위칭 기법을 이용한 출력-직렬 포워드-플라이백 컨버터에 플라이백 측에 차지펌프 회로를 추가하여 기존의 컨버터에 비하여 낮은 전압에서 보다 높은 효율의 전력변환을 할 수 있다.^{[1][2]}

2.2 제안된 컨버터의 동작특성

제안된 컨버터는 스위치의 온 오프 동작상태에 따라서 그림 2와 같이 5가지 mode로 나누어 분석할 수 있다.

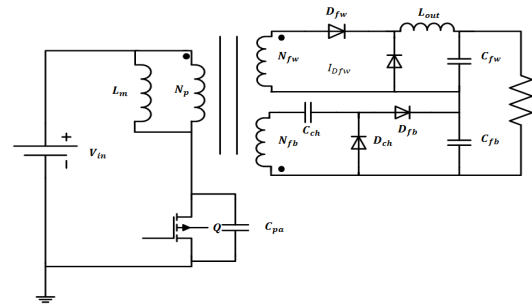
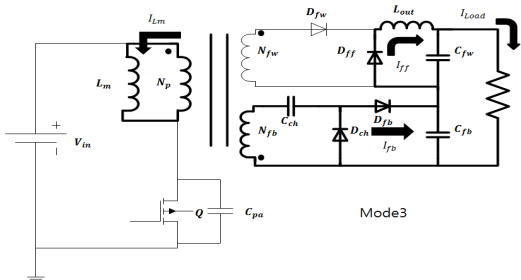
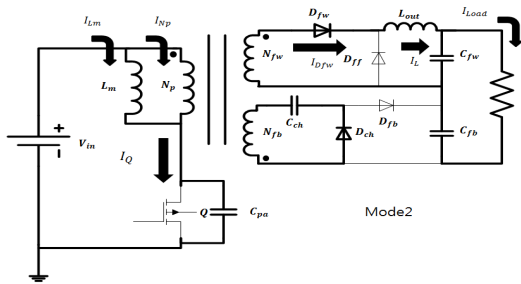
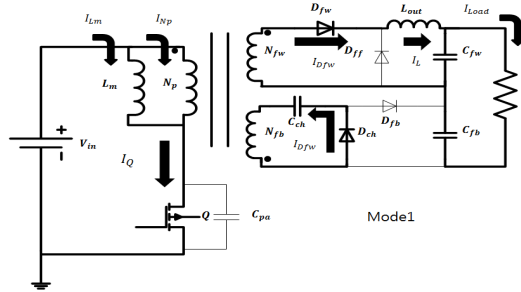


그림 1 제안된 차지펌프회로를 이용한 소프트 스위칭 포워드-플라이백 컨버터



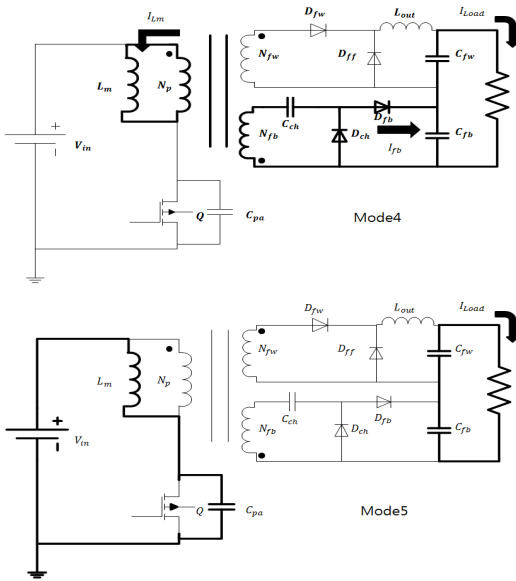


그림 2 차지펌프회로를 이용한 소프트 스위칭 포워드-플라이백 컨버터의 동작모드

Mode 1은 스위치가 Turn on 되어 포워드 컨버터와 플라이백 측의 차지펌프회로로 에너지가 전달된다. Mode 2는 스위치가 Turn off 되고 스위치와 병렬로 연결된 기생커패시턴스 (C_{pa})에 전압이 충전된다. Mode 3는 C_{pa} 전압이 포화되어 자화 인덕턴스(L_m)에 저장되어 있는 에너지가 플라이백 컨버터 쪽으로 전달되며 출력 인덕턴스(L_{out})에 남아있는 에너지는 프리휠링 다이오드(D_{ff})를 통해 출력으로 전달된다. Mode 4는 L_{out} 의 에너지가 모두 방전되어 플라이백 컨버터에 의해서만 에너지가 전달되며 이때 차지펌프 커패시터(C_{ch})에 에너지가 방전된다. Mode 5는 L_m 에 저장되어 있는 에너지가 모두 방전되고 출력 커패시터(C_{fw}, C_{fb})dp 의하여 출력전압이 유지되며 C_{pa} 와 L_m 이 공진하여 영전압 스위칭(ZVS)을 준비한다. Mode 1으로 돌아가서 스위치가 영전압에서 Turn on 되므로 소프트 스위칭으로 동작한다.

3. 시뮬레이션 및 실험결과

3.1 전력변환 효율

50[W]급 프로토타입 하드웨어를 통하여 기존의 소프트 스위칭 기법을 이용한 승압형 출력-직렬 포워드 플라이백-컨버터와 제안된 컨버터의 효율을 비교하였다. 표 1은 실험에 사용한 제안된 컨버터의 설계사양이다. C_{pa} 는 MOSFET의 기생 커패시턴스를 이용하였다.

표 1 제안된 컨버터의 설계사양

입력전압	17~25[VDC]	출력전력	50[W]
출력전압	340[VDC]	스위칭 주파수	16.7~35[KHz]
L_m	106[μ H]	L_{out}	1.7[mH]
C_{ch}	200[μ F]	N_p	20[Turn]
N_{fw}	150[Turn]	N_{fb}	60[Turn]
C_{fw}	200[μ F]	C_{fb}	200[μ F]

그림 3은 입력전압에 따른 시뮬레이션과 하드웨어 효율변화를 나타낸다. 제안된 회로는 전 영역에서 기존의 회로보다 더 높은 효율을 보였으며 50[W] 최대 효율은 92.7%임을 확인 했다.

3.2 제안된 컨버터의 동작파형

그림 4는 제안된 컨버터의 각 부분의 동작 파형이다. 컨버터의 동작파형을 제안된 컨버터의 동작특성이 그림 2에서 설명한 동작특성에 따라서 동작함을 확인하였다.

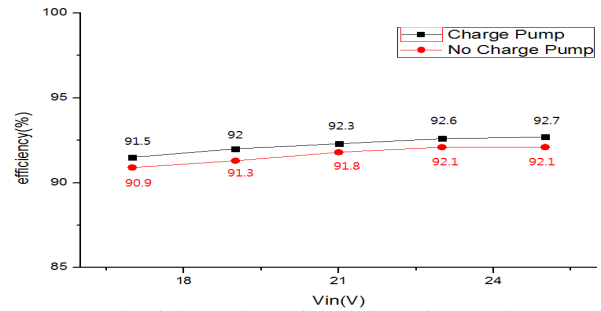


그림 3 시뮬레이션과 하드웨어의 입력전압에 따른 시스템 효율변화

4. 결론

본 논문은 차지펌프회로를 응용하여 직렬형 포워드-플라이백 컨버터의 동작특성과 효율에 대하여 실험을 통하여 알아보았다.

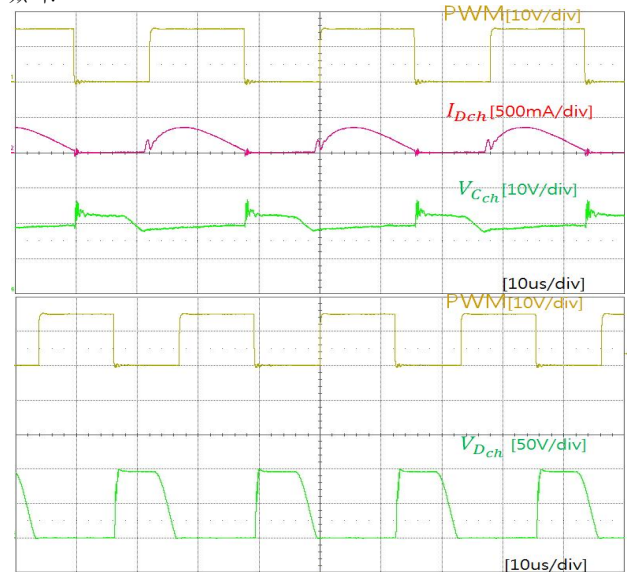


그림 4 제안된 컨버터의 동작파형

This work was supported by the Human Resources Development Project of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) funded by the Ministry of Knowledge Economy, Republic of Korea (Grant No. 20104010100610).

참고 문헌

- [1] Jung-Hyun Lee, "Series Connected Forward-Flyback Converter for High Step-up and High Efficiency Power Conversion", ICPE 2011-ECCE Asia, 2011.
- [2] Do-Hyun Kim, "Soft-switching Type output-series forward-flyback converter" Power Electronics Annual Conference 2011 pp3~4.