

탭 추가형 절연형 차지펌프-스위치드-커패시터-플라이백 컨버터

김도현, 장종호, 박종후
 숭실대학교

Tapped-isolated charge pump switched capacitor flyback converter

Do Hyun Kim, Jong Ho Jang, Joung Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문은 승압형 플라이백 컨버터에 탭을 내어 절연형 스위치드 커패시터셀과 차지펌프를 추가한 새로운 토폴로지의 컨버터를 제안한다. 제안하는 회로는 차지펌프를 추가한 스위치드 커패시터 셀의 출력과 플라이백의 출력을 직렬 연결하여 기존의 스위치드 커패시터 플라이백 컨버터보다 고승압에 유리하다. 또한 3차권선이 아닌 탭을내어 사용함에 있어 결합계수의 손실이 적어 고효율의 전력전달이 가능하다. 제안된 회로의 동작원리를 설명하였고 80W급 하드웨어 프로토타입을 이용하여 검증하였다.

1. 서론

저전압 특성을 가지는 태양광 발전과 같은 신재생에너지원을 사용 가능한 상용 전원으로 변환하기 위해서는 고 승압의 DC DC 컨버터가 요구된다.

변압기를 사용하는 컨버터는 변압기의 턴 비가 클 경우 누설 인덕턴스에 의한 스위치 및 다이오드의 전압 스트레스가 증가하기 때문에 고승압 응용에 한계가 있다. 기존에는 변압기의 턴비를 줄이기 위하여 multi output의 출력을 직렬 연결하는 방식의 포워드 플라이백, 스위치드 커패시터 플라이백 등이 많이 연구되어 왔다.

본 논문에서는 기존의 방식에 차지펌프와 탭 추가형 변압기를 응용하여 고승압 고효율에 더욱 유리한 토폴로지를 제안한다. 제안하는 컨버터는 단일 스위치를 사용하여 가격 및 신뢰성에서 유리하고 낮은 턴비로 고 승압이 가능하여 태양광 발전 등의 고 승압 응용에 유리하다.^{[1],[2]}

2. 절연형 차지펌프-스위치드-커패시터-플라이백 컨버터

2.1 절연형 차지펌프-스위치드-커패시터

절연형 차지펌프 스위치드 커패시터의 회로도를 그림 1에 나타내었다. 동작특성은 스위치 on time 에 (D_{sc})를 통하여 스위치드 커패시터 동작을 하고, 스위치 off time 에 (D_{cp})를 통하여 차지펌프 동작으로 변압기의 자화전류를 리셋한다. 변압기의 2차측 권선에 기생저항이 존재하므로 스위치 on time 에 펄스전류가 흐르는 것을 방지한다. 다이오드(D_{sc})에 흐르는 피크전류(I_{pk})는 식 (1)과 같다.

$$I_{pk} = \frac{I_o T}{R_{esr} C_{cp} (1 - e^{-DT/\tau})} \quad (1)$$

I_o 는 출력전류, D 는 시비율, T 는 스위칭 주기, R_{esr} 은 기생저항, C_{cp} 는 커패시턴스, τ 는 $R_{esr} C_{cp}$ 이다.

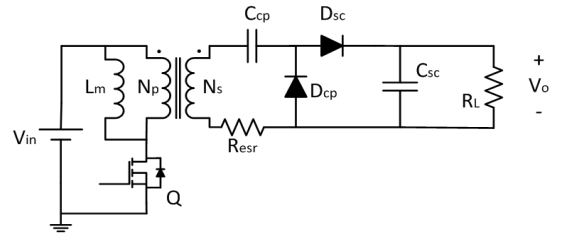


그림 1 절연형 차지펌프-스위치드-커패시터

2.2 제안된 컨버터의 구조

제안하는 절연형 차지펌프 스위치드 커패시터 플라이백 컨버터(CSFB)를 그림 2에 나타내었다. 고 승압을 위해 변압기에 탭을 내어 차지펌프 스위치드 커패시터와 플라이백의 출력을 직렬 연결하는 방식이다.

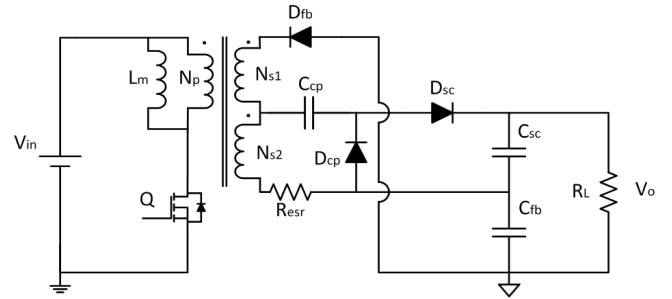


그림 2 절연형 차지펌프-스위치드-커패시터 플라이백 컨버터 (CSFB)

2.3 동작특성

제안하는 컨버터의 승압비는 Power Balance를 이용하여 구할 수 있다. 기생저항(R_{esr})의 power loss를 무시하면 주 스위치에 흐르는 평균전류(I_s)는 식 (2)와 같다.

$$I_s = \frac{V_s D^2 T}{2L_m} + N_{s2} I_o \quad (2)$$

입력파워와 출력파워의 관계식은 식 (3)과 같다.

$$V_s I_s = \frac{V_o^2}{R_L} \quad (3)$$

식 (3)에 식 (2)를 대입하면 승압비는 식 (4)와 같다.

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{N_{s2} + \sqrt{N_{s2}^2 + \frac{2R_L D^2}{L_m f_{sw}}}}{2} \quad (4)$$

N_{s2} 는 차지펄프 스위치드 커패시터 단의 권선비, R_L 은 부하 저항, f_{sw} 는 스위칭 주파수이다.

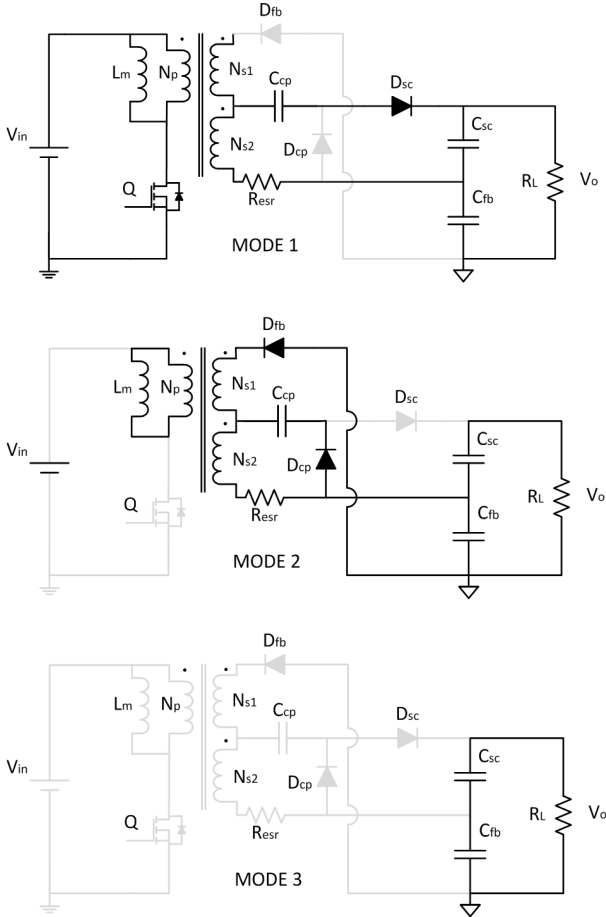


그림 3 제안된 컨버터의 동작모드

제안된 컨버터는 DCM으로 동작하며 주 스위치의 on, off 동작 상황에 따라 3가지 MODE로 나누어 분석할 수 있다. 제안된 컨버터의 동작모드를 그림 3에 나타내었다.

MODE 1에서는 주 스위치가 Turn on 되어 D_{sc} 를 통하여 에너지가 전달된다.

MODE 2에서는 주 스위치가 turn off 되어 D_{cp} 와 D_{fb} 를 통하여 L_m 에 저장된 에너지가 리셋 된다.

MODE 3에서는 L_m 에 저장된 에너지가 모두 리셋 되어 모든 다이오드가 off된다.

3. 실험결과

3.1 실험의 구성

효율 측정은 2802 two chnnal Power Analyzer(Xitron Technologies)를 사용하였으며, 표 1에 실험조건인 파라미터 값을 표시하였다.

표 1 실험조건 파라미터

입력전압	25V ~ 40V	출력전압	340V
출력파워	80W	f_{sw}	30kHz
D_{fb}	SF18	D_{cp}, D_{sc}	MBR10200
C_{cp}	$2\mu F$	C_{sc}, C_{fb}	$100\mu F$
N_p	14turns	N_{s1}, N_{s2}	42turns
core	PC40 TDK	Q	IRFP4468PBF

3.2 동작파형 및 효율

그림 4에 제안하는 컨버터의 실험과형을 나타내었다.

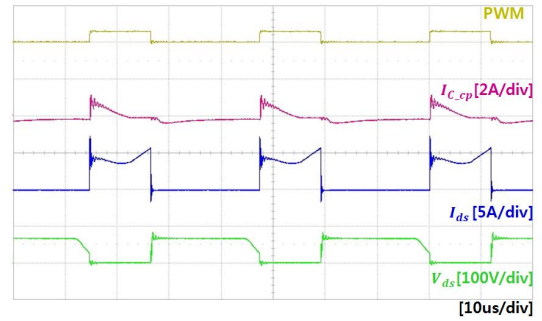


그림 3 제안된 컨버터의 동작파형

입력전압과 출력파워의 변화에 따른 효율 변화를 그림 5에 나타내었다.

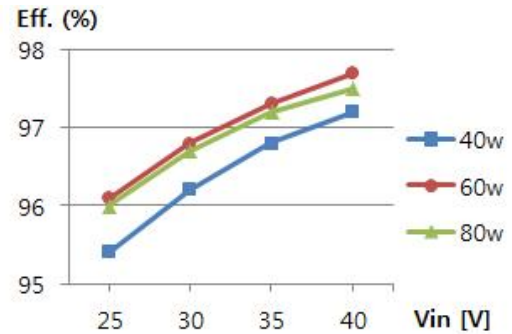


그림 3 입력전압과 출력파워의 변화에 따른 효율

4. 결론

본 논문에서는 탭 추가형 절연형 차지펄프 스위치드 커패시터 플라이백 컨버터를 제안하고, 컨버터의 동작특성에 대한 내용과 입력전압, 출력파워의 변화에 따른 효율변화에 대한 내용을 80W급 하드웨어 프로토타입을 이용한 실험을 통하여 검증하였다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 연구재단의 기초연구사업지원을 받아 수행된 것임 (No.2011-0026498)

참고 문헌

- [1] Joung Hyun Lee, "Series Connected Forward Flyback Converter for High step and High efficiency Power Conversion", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol 26, 2011, pp.3629~3641
- [2] 김도현, 장종호, 박종후 "동축권선 변압기를 이용한 절연형 스위치드 커패시터 플라이백 컨버터", 전력전자학회 2012년도 학술대회 논문집 2012.7, pp.353~354