

차지펌프를 적용한 부스트 플라이백 컨버터 전하 균등화 회로

이춘구, 박종후
 숭실대학교

Charge-pumped flyback-boost converter for charge balancing

Chun Gu Lee, Joung Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문에서는 차지펌프를 적용한 부스트 플라이백 컨버터를 사용하여 연속 모드로 동작하는 전하 균등화 방법을 제안한다. 이 컨버터는 전압균형 상태일 때 부스트만 동작하므로 높은 효율을 가지며 전압불균형 상태일 때 플라이백이 동작하여 전압을 균등화시키는 특징을 지닌다. 이 때 차지 펌프를 적용한 플라이백을 사용하기 때문에 도통율에 따른 전압의 이득이 부스트와 동일하므로, 부스트 입출력 전압 변화에 자동으로 대응하며 가격과 효율 측면에서 우수하다. 제안된 회로의 동작 원리를 설명하고 400W급 하드웨어로 설계를 하여 검증하였다.

1. 서론

주 에너지원으로 사용되는 화석연료의 매장량 부족과 화석연료를 사용함으로써 발생하는 대기오염 등 각종 환경 문제로 인해서 세계 각국에서는 화석연료를 대체할 새로운 에너지원을 개발하는데 힘쓰고 있다. 그 중 신재생에너지는 무한한 자원의 양과 친환경적이라는 장점을 갖고 있기 때문에 화석연료의 뒤를 이을 가장 유력한 에너지원으로써 활발히 개발되고 있다.

신재생에너지의 특징상 사용가능한 전원으로 변경하기 위해서는 DC DC 컨버터가 필요하다. 하지만 이 컨버터에 하나의 부하만 연결되어 있을 경우가 아닌 두 개 이상의 값이 다른 부하가 직렬로 연결되어 있게 되면 두 전압의 균형이 깨지는 상태가 되는 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하기 위해 차지펌프를 적용한 플라이백 컨버터를 부스트 컨버터에 추가함으로써 기존의 부스트 컨버터의 전압불균형 상태를 보완해주고 또한 차지펌프를 적용함으로써 기존의 플라이백 보다 더 높은 효율을 갖는 방식을 제안하고, 실험을 통해서 검증하였다.^{[1][2]}

2. 차지펌프를 적용한 부스트 플라이백

2.1 제안하는 컨버터

그림 1은 제안하는 차지펌프를 적용한 부스트 플라이백 컨버터 회로이다. 그림 1에서 스위치가 열려있을 때 D_1 이 도통되면서 커패시터 C_1 에 전하가 충전되고 이후 D_3 가 도통되며 R_1 에 차지펌프를 적용한 플라이백 컨버터의 전압강하가 발생한다.

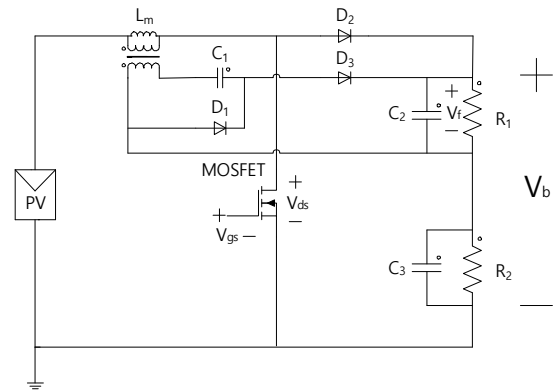


그림 1 단일인덕터 부스트 플라이백

2.1.1 전압균형 동작특성

전압균형 상태일 때는 부스트만 동작하므로 전압이득은 다음과 같다.

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \quad (1)$$

2.1.2 전압불균형시 동작특성

$R_1 < R_2$ 라고 가정하면 V_{R_1} 은 부스트의 출력 전압이 차지펌프를 적용한 플라이백의 출력 전압보다 낮으므로 차지펌프를 적용한 플라이백의 출력이 된다. 전압이득은 식 (2)와 같다. 식 (2)에서 V_{R_2} 는 식(3)과 같다.^[3]

$$\frac{V_{R_1}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \times \left(\frac{N_s}{N_p}\right) (N \text{은 권선 수}) \quad (2)$$

$$V_{R_2} = V_{out} - V_{R_1} \quad (3)$$

전압불균형 상태 일 때의 효율을 예측하면 평균 플라이백 컨버터의 전류가 I_f , 플라이백 컨버터의 전력이 P_f , 평균 부스트 컨버터의 전류가 I_b , 부스트 컨버터의 전력이 P_b 일 때 다음과 같다.

$$P_f = I_f \times V_{R_1}, P_b = I_b \times (V_{R_1} + V_{R_2}) \quad (4)$$

$$I_b = \frac{V_{R_2}}{R_2}, I_f = \frac{V_{R_1}}{R_1} - \frac{V_{R_2}}{R_2} \quad (5)$$

식(5)에서 $V_{R_1} = V_{R_2}$ 라고 가정한다면 I_f 는 식 (6)과 같다.

$$I_f = \frac{V_{R_1}(k-1)}{R_2} \left(\frac{R_2}{R_1} = k\right) \quad (6)$$

식 (4)와 (5), (6)을 정리하면 식(7)과 같이 나타 낼 수 있다.

$$\frac{P_b}{P_f} = \frac{2}{k-1}, \eta = \frac{(k-1) \times \eta_{P_f} + 2 \times \eta_{P_b}}{k+1} \quad (\eta \text{은 효율}) \quad (7)$$

즉 저항의 비인 k 가 증가 할수록 전체 효율은 차지펄프를 적용한 부스트의 효율에 더 영향을 받음으로 부스트 컨버터만 동작했을 때 보다 효율이 낮아질 것을 예측 할 수 있다.

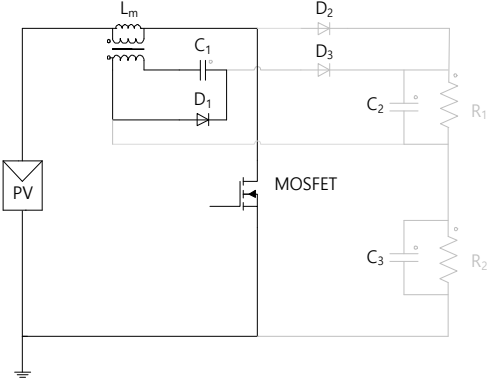


그림 2 스위치 온 일 때 동작특성

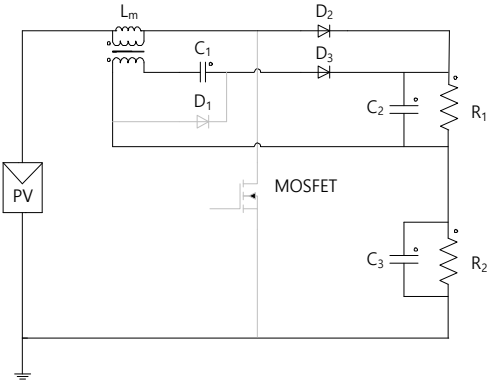


그림 3 스위치 오프 일 때 동작특성

2. 실험결과

효율 측정은 2802 TWO CHANNEL POWER ANALYZER를 사용하여 측정 하였다 하드웨어의 사양은 표 1과 같고 실험 결과 파형은 그림 (4),(5)와 같다

- $R_1 = 120\Omega, R_2 = 250\Omega$ 일 때

V_b, V_f, V_{ds}, V_{gs} 의 파형이며 효율은 95.88% 이다. V_b 는 부하 R_1, R_2 에 강하되는 부스트 전압이고 V_f 는 부하 R_1 에서 강하되는 차지펄프가 적용된 플라이백 전압이다.

- $R_1 = 100\Omega, R_2 = 426\Omega$ 일 때

V_b, V_f, V_{ds}, V_{gs} 의 파형이며 효율은 94.18% 이다

3. 결 론

본 논문에서는 기존의 컨버터에서 두 개 이상의 다른 부하가 연결 될 때 나타나는 전압불균형 상태를 보완해주는 컨버터를 제안하였다. 전압균형 상태가 유지되는 상황에서는 부스트 컨버터로만 작동하기 때문에 부스트의 높은 효율을 갖으며 전압불균형 상태에서도 효율 측정을 통해서 94%이상으로 동작하는 것을 확인하였으므로 전압불균형 상태에서도 높은 효율로 동작하는 컨버터임을 증명하였다.

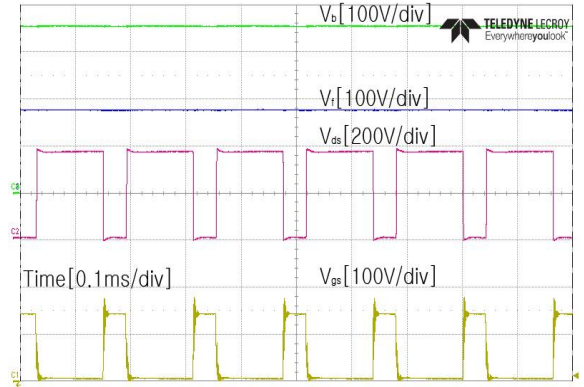


그림 4 $R_1 = 120\Omega, R_2 = 250\Omega$ 일 때 결과파형

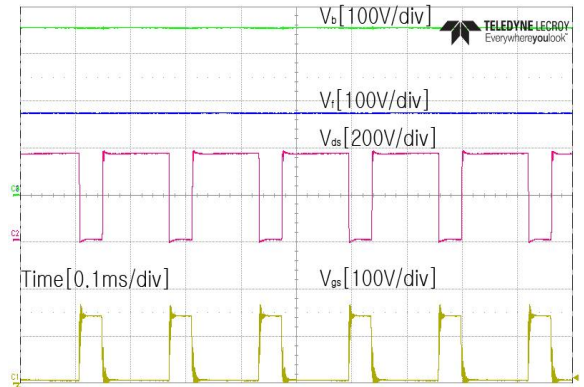


그림 5 $R_1 = 100\Omega, R_2 = 426\Omega$ 일 때 결과파형

표 1 전하 균등화 컨버터 설계 사양

V_i	입력전압	270V _{DC}	D_2	다이오드	R1560PF2
V_o	출력전압	360V _{DC}	D_1, D_3	다이오드	b40250
f_{sw}	스위칭 주파수	61KHz	L_m	자화 인덕턴스	555 8uH
D	듀티 비	0.25	Q	주스위치	21N60LPBF
C_1	차지펄프 커패시터	100uF	C_2, C_3	출력 커패시터	100uF
P_o	출력전력	400W	$N_p : N_s$	턴 비	2:1

본 논문은 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임
(No. NRF 2014R1A1A1003964)

참 고 문 헌

- [1] 김도현, 장중호, 박중후 "탭 추가형 절연형 차지펄프 스위치 커패시터 플라이백 컨버터", 전력전자학회, 2012년도 추계학술대회 논문집, 71 72p, 2012
- [2] 이현준, 신중현, 박중후, "태양광 전력조절기와 배터리 전하 밸런스 회로를 통합시킨 직렬형 전력변환 시스템", 전력전자학회, 2014년도 하계학술대회 논문집, 470 471p, 2014
- [3] Woo Young Choi and Jae Yeon Choi "High Efficiency Power Conditioning System for Grid Connected Photovoltaic Modules", JOURNAL OF POWER ELECTRONICS, Vol 11, No 4, 561 567p, 2011