

차지펌프가 적용된 플라이백 셀 밸런싱 회로의 권선비에 따른 효율 변화

이춘구, 박중후
 송실대학교

Efficiency comparison of charge-pumped flyback converter among the various turn ratios

Chun Gu Lee, Jung Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문에서는 연속모드로 동작하는 차지펌프가 적용된 부스트 플라이백 셀 밸런싱 회로의 권선비에 따른 효율을 다룬다. 기존의 플라이백 보다 승압 시 적은 권선비를 사용하기 때문에 효율이 좋은 차지펌프가 적용된 부스트 플라이백 셀 밸런싱 회로에서 권선비에 따른 전력 손실을 예상함으로써 전력 효율을 가장 높게 하는 권선비를 선택 할 수 있다. 제안된 회로의 동작원리를 설명하고 82W 하드웨어로 설계를 하여서 검증하였다.

1. 서론

문명의 발달과 함께 삶의 질에 대한 욕구도 같이 상승하였고 이는 자원의 사용으로 귀결 되어 왔다 해마다 1인 전기사용량은 늘고 있지만 화석연료의 고갈과 화석연료를 사용함으로써 발생하는 환경 문제들, 원자력에너지의 사고에 대한 위험, 주민의 반대 등에 의해서 발전소 건설은 더욱 힘들어 지고 있다 전력 사용량의 증가가 전력 생산량이 증가보다 커지는 문제를 해결하기 위해서 현재 가장 주목하는 것은 신재생 에너지의 개발이다

신재생 에너지는 자원의 무한함과 친환경적이라는 장점을 갖고 있지만 사용가능한 전력으로 변환하기 위해서는 고승압 DC DC 컨버터를 사용해야만 한다 하지만 기존의 플라이백 컨버터는 고승압을 위해서 권선의 수를 늘려야하기 때문에 그로 인해서 발생하는 누설 인덕턴스에 의한 스위치 및 다이오드의 전압 스트레스가 크게 증가하는 문제가 있다

따라서 본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하기 위해 권선비에 따른 차지펌프가 적용된 플라이백 셀 밸런싱 회로를 사용함으로써 절연형 컨버터의 장점과 높은 효율을 갖는 방식을 제안하고 실험을 통해서 검증하였다 [1]

2. 차지펌프가 적용된 플라이백 컨버터

2.1 제안된 컨버터

그림 1은 차지펌프가 적용된 셀 밸런싱 플라이백 컨버터이다. 스위치가 닫혔을 때 다이오드 D_2, D_4 가 도통 되면서 커패시터 C_1, C_3 에 전하를 충전하고 스위치가 열릴 때 다이오드 D_1, D_3 가 도통되면서 커패시터 C_2, C_4 에 전하가 쌓인다.

2.2 제안된 동작특성

PWM 주기를 T , 듀티 비를 D , 입력전압을 V_i , 변압기의

1차 측 전압을 V_1 2차 측 전압을 V_2 , 권선비를 $N_p : N_s : N_t$ (라고 정의한다 이때 스위치의 온, 오프 타임을 기준으로 해석하면 다음과 같다 [2][3])

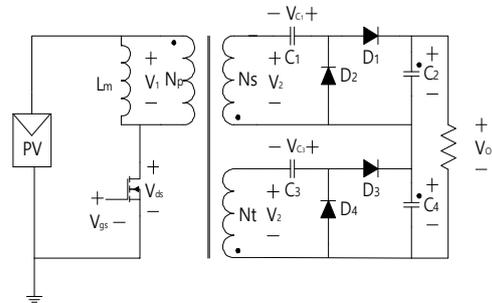


그림 1 제안된 컨버터

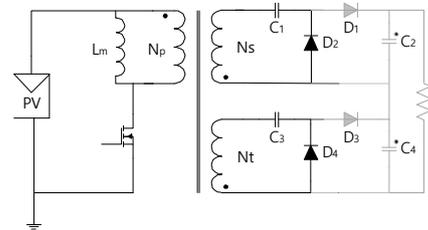


그림 2 스위치 온 타임 동작특성

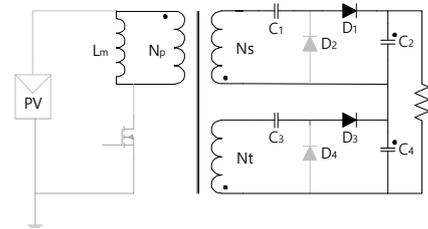


그림 3 스위치 오프 타임 동작특성

2.2.1 스위치 온 타임일 때

$$V_i = V_1 = V_{c1} \left(\frac{N_p}{N_s} \right) = V_{c3} \times \left(\frac{N_p}{N_t} \right) \quad (1)$$

$$V_i = L_m \frac{di_{L_m}}{dt} = L_m \frac{\Delta i_{L_m}}{\Delta t} = L_m \frac{\Delta i_{L_m}}{DT} \quad (2)$$

$$\Delta i_{L_m} = \frac{N_p V_{c_1} D T}{N_s L_m} = \frac{N_p V_{c_3} D T}{N_t L_m} \quad (3)$$

2.2.2 스위치 오프 타임일 때

$$V_i = V_1 = -(V_{c_2} - V_{c_1}) \left(\frac{N_p}{N_s} \right) \quad (4)$$

$$= -(V_{c_4} - V_{c_3}) \left(\frac{N_p}{N_t} \right)$$

$$V_i = L_m \frac{di_{L_m}}{dt} = L_m \frac{\Delta i_{L_m}}{\Delta t} = L_m \frac{\Delta i_{L_m}}{(1-D)T} \quad (5)$$

$$\Delta i_{L_m} = - \frac{N_p \times (V_{c_2} - V_{c_1}) \times (1-D) \times T}{N_s \times L_m} \quad (6)$$

$$= - \frac{N_p \times (V_{c_4} - V_{c_3}) \times (1-D) \times T}{N_t \times L_m}$$

$\Delta i_{L_m(SWon)} + \Delta i_{L_m(SWoff)} = 0$ 이기 때문에

$$V_{c_1} \times D = (V_{c_2} - V_{c_1}) \times (1-D), \quad (7)$$

$$V_{c_3} \times D = (V_{c_4} - V_{c_3}) \times (1-D)$$

$$\frac{V_{c_2}}{V_{c_1}} = \frac{V_{c_4}}{V_{c_3}} = \frac{1}{1-D} \quad (8)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{n}{1-D} \times \left(\frac{N_s}{N_p} \right) = \frac{n}{1-D} \times \left(\frac{N_t}{N_p} \right) \quad (9)$$

2.3 제안된 컨버터 손실

변압기 1차측 실효치 전류를 I_p , 2차측 실효치 전류를 $I_{s,t}$ 라고 하고 다이오드에 흐르는 평균 전류를 I_d 라고 하면 다음과 같다.^[4]

주 스위치 도통 손실

$$P_{C.loss} = I_p^2 R_{DSon} \quad (10)$$

주 스위치 스위칭 손실

$$P_{Q.loss} = V_{ds} \left\{ \left(I_{L_m} - \frac{\Delta i_{L_m}}{2} \right) \frac{t_r}{2} + \left(I_{L_m} + \frac{\Delta i_{L_m}}{2} \right) \frac{t_f}{2} \right\} f_{sw} \quad (11)$$

변압기 권선 손실

$$P_{wp.loss} = I_p^2 R_{wp}, P_{ws,wt.loss} = I_{s,t}^2 R_{ws,wt} \quad (12)$$

다이오드 도통 손실

$$P_{d.loss} = V_F I_d \quad (13)$$

총 손실

$$P_{C.loss} + P_{Q.loss} + P_{\phi.loss} + P_{ws,wt.loss} + P_{d.loss} \quad (14)$$

3. 실험결과

변압기 권선은 동축 케이블로써 제작하였고 효율 측정은 2802 TWO CHANNEL POWER ANALYZER (Xitron Technologies)를 사용하여 측정 하였다 하드웨어의 사양은 표 1과 같다 파형은 V_{ds} , V_{gs} , V_o 이다

권선비가 $N_p : N_s : N_t = 1 : 2 : 2$ 일 때

예상 손실은 4W이고 실제 측정 손실은 5.8W이다.

권선비가 $N_p : N_s : N_t = 1 : 3 : 3$ 일 때

예상 손실은 7.65W이고 실제 측정 손실은 8W이다.

3. 결론

본 논문에서는 권선비에 따른 손실 값을 예측함으로써 전력효율이 가장 높은 권선비를 선택 하는 것을 제안하였다. 손

실 예상 값이 권선비가 1:2:2 일 때가 권선비가 1:3:3 일 때 보다 작게 나왔는데 82W급 실험을 통해 실제 손실 값이 권선비가 1:2:2 일 때가 권선비가 1:3:3 일 때 보다 작게 나온 것을 증명하였다.

표 1 차지펄프가 적용된 플라이백 컨버터 설계 사양

V_i	입력전압	45V _{DC}	D_1, D_3	다이오드	b40250
V_o	출력전압	360V _{DC}	D_2, D_4	다이오드	b40250
f_{sw}	스위칭 주파수	60KHz	L_m	자화 인덕턴스	120uH 65uH
D	듀티 비	0.5 0.25	C_1, C_3	차지펄프 커패시터	4.4uF
Q	주스위치	IRFP4568	C_2, C_3	출력 커패시터	100uF
P_o	출력전력	82W	$N_p : N_s : N_t$	권선비	1:2:2 1:3:3

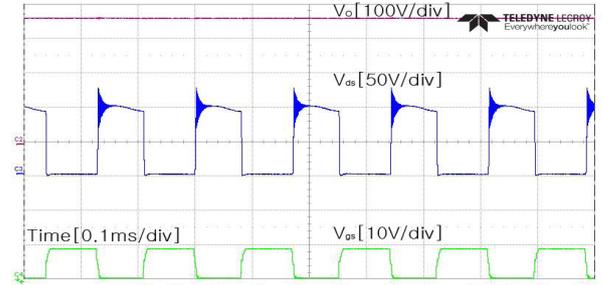


그림 4 권선비가 $N_p : N_s : N_t = 1 : 2 : 2$ 일 때

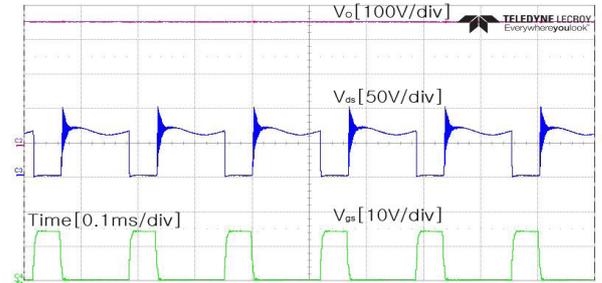


그림 5 권선비가 $N_p : N_s : N_t = 1 : 3 : 3$ 일 때

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

참고 문헌

- [1] 김도현, 장중호, 박종후 “탭 추가형 절연형 차지펄프 스위치드 커패시터 플라이백 컨버터”, 전력전자학회, 2012년도 추계학술대회 논문집, 71 72p, 2012
- [2] 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
- [3] 이춘구, 김현우, 박종후 “차지펄프를 적용한 셀 밸런싱 다출력 플라이백 컨버터”, 대한전기학회, 2015년도 춘계학술대회 논문집, 213 215p, 2015
- [4] 박정현, 김정탁, 박종후 “전하 균등화를 위한 연속모드 결합 인덕터 벅 플라이백 컨버터”, 대한전기학회, 2015년도 춘계학술대회 논문집, 228 230p, 2015