비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터를 이용한 다출력 컨버터

김호성*, 백주원**, 김종현**, 류명효**, 김희제*
*부산대학교, **한국전기연구원

A muti-output converter using asymmetrical half bridge flyback converter

Ho-Sung Kim*, Ju-Won Baek**, Jong-Hyun Kim**, Myung-Hyo Ryu**, Hee-Je Kim*
*Pusan National University, **Korea Electro-technology Research Institute

ABSTRACT

전자전기 제품의 수요가 증가하면서 다양한 전원회로들이 개발되고 있다. 특히 높은 전력밀도와 제작 단가 절감을 위해서 다 출력 컨버터의 개발 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 3.3V와 5V 두 가지 출력을 가지는 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터를 제안한다. 제어기 하나를 통해 추가적인 제이기술 없이 간단한 방법으로 출력 전압을 제어하였으며, 다 출력 컨버터에서 문제가 되는 cross regulation 성능을 향상 시켰다. 제안된 다 출력 컨버터는 3.3V/16A, 5V/12A 출력 용량의 시제품 제작을 통해 성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 들어, IT 산업 전반에 통신용 및 컴퓨터 서버용 전원의 수요가 증가하면서 다 출력 전원장치의 수요가 증가되고 있다. 특히 전기전자 재품에 적합한 중형 용량의 파워서플라이에서는 전력밀도 증가와 가격 저감을 위해서 다 출력 구조의 컨버터를 요구하고 있다.

비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터는 간단한 구조의 펄스 폭변조방식(Pulse width modulation; PWM)의 컨버터로 입력 전압이 높고 중형 용량에 적용하기 쉽다. 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터[1]는 양 스위치에서 공진 인덕턴스와 스위치 기생커패시터의 공진을 이용해 영전압 스위칭 동작을 쉽게 달성할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 포워드 컨버터 구조와 달리 단순한 2차측 정류단 구조로 인하여 추가적인 회로 구성이 없이는 다 출력 컨버터의 정밀 출력 제어가 쉽지 않다. 특히 한 쪽 부하를 무 부하 상태로 두고 출력전압 변화를 측정하는 cross regulation 만족은 단순한 접근으로는 해결이 쉽지 않다.

다 출력 컨버터의 정밀한 출력 제어와 cross regulation 문제를 해결하기 위해서 magnetic amplifier(Magamp)[2] 및 secondary side post regulator(SSPR)[3] 방식을 적용한 컨버터들이 많이 연구되었다. 기존 방식은 다 출력 제어를 위해서 메인 제어회로와 더불어 추가적인 제어회로가 필요했다. 그러나 본 논문에서는 비대칭 하프브리지 컨버터를 이용해서 제어기 하나를 통해 추가적인 제이회로 없이 간단한 방법으로 다 출력 전압을 제어하였다. 또한 다 출력 컨버터에서 문제가 되는 cross regulation 성능을 이차측 권선의 최소화를 통해 향상 시켰다. 제안된 다 출력 컨버터는 3.3V/16A, 5V/12A 시제품 제작을 통해 성능을 검증하였다.

2. 제안하는 다 출력 회로의 기술

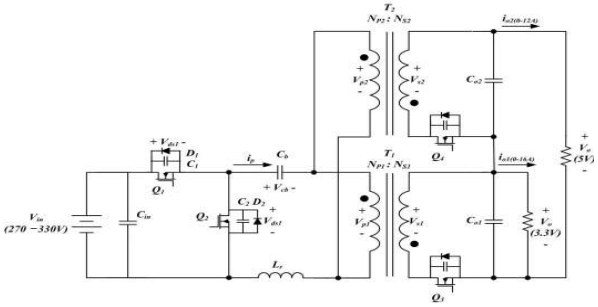

그림 1 제안하는 다출력 컨버터의 구조
Fig. 1 The diagram of proposed multi-output converter

일반적으로 다 출력 컨버터에서 하나의 출력만 제어할 경우, 제어하는 출력 전압의 변화에 비해서 제어를 하지 않는 쪽의 출력 변화는 부하의 증가 및 감소에 따라 매우 큰 폭으로 변한다. 하지만 제어하는 전압의 시비율 변화가 전부하 범위에 대해 최소화되고 이차측 전류에 의한 전압 강하가 최소화 된다면 제어되지 않는 쪽의 전압 변화를 최소화할 수 있다. 그림 1에서는 제안하는 회로를 나타내었으며 제어되지 않는 전압을 최소화하도록 변압기 이차측을 직렬로 두어 구성하였다.

일반적으로 저전압 대전류 출력의 컨버터의 경우 2차측 정류부에 동기정류기를 사용하고, 토통 손실을 고려해서 2차측 권선을 최소화 한다. 하나의 변압기를 사용할 경우 다출력 전압을 얻도록 턴 비 조절을 하기가 어렵기 때문에 변압기를 두 개 사용하고 변압기 1차측을 직렬로 연결할 하면 Lm의 비가 다르기 때문에 역시 출력 전압을 조절하기 힘들어진다. 따라서 제안하는 회로 방식에서는 2차측 권선을 정해두고 1차측 변압기 턴 수를 조절해서 출력 전압을 맞추는 변압기의 병렬연결 방식으로 구성하였다.

비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터의 경우 1차측의 Low side 스위치가 턴온 되면 2차측으로 에너지를 전달하게 된다. 즉, Low side 스위치의 턴온 시간과 2차측 동기정류기의 턴온 시간은 이론적으로 동일하다. 1차측 Low side gate 파형과 동일한 신호를 2차측 동기정류기에 인가하면 턴온 시간이 전류와 무관하게 일정해지므로 출력 변동 폭을 줄일 수 있다. 또한 제어되지 않는 2차측 동기정류기의 듀티 변화를 최소화하기 위해서, 1차측 공진회로 값을 조절하여 출력 범위 안에 듀티 변화를 최소한 설계했으며 이를 통해 출력 전압 변화를 줄였다.

이런 특징들을 이용해서 3.3V 와 5V 두 개의 출력 전압을

얻기 위해서 그림 1과 같은 방식으로 출력 측을 구성하였다. 정밀하게 제어가 되는 3.3V 전압을 만들고, 그 출력 전압위에 제어가 되지 않는 1.7V전압을 직렬로 쌓아서 5V를 만들어 다 출력 컨버터를 구성하였다.

3. 실험 결과

표 1 다 출력 컨버터 시제품의 주요 사양
Table 1 Specifications of the prototype multi-output converter

입력전압	270 ~ 330[V]
출력사양	3.3[V]/16[A], 5[V]/12[A]
스위칭 주파수	200kHz
사용 IC	UC3843
주 스위칭 소자	12NM50
2차측 스위치	FDS8672S
변압기 턴비	N_{P1}:N_{S1} = 12:1, N_{P2}:N_{S2} = 22:1

표 1은 제안하는 다 출력 비대칭 하프브리지 컨버터의 성능을 검증하기위해서 실제로 제작한 시제품의 주요 사양표이다. 설계된 시제품은 입력전압 270 ~ 330V, 출력사양은 3.3[V]/16[A], 5[V]/12[A] 이다. 출력 제어를 위해 PWM IC로 UC3843 칩을 이용하였으며, 3.3V 전원의 정밀한 제어를 위해서 3.3V 출력 전압을 피드백 받아서 출력을 제어하였다. 2차측 정류소자는 MOSFET(FDS8672)을 사용하였다. 1차측 Low side gate 구동 파형을 이용하여 2차측 MOSFET 구동 신호를 만들었으며, 이를 이용해 두 출력 전압을 제어하였다. 도통 손실을 고려하여 2차측 권선은 두 변압기 모두 1턴으로 하였으며, 서브출력 전압은 1차측 권선비로 조절하였다.

그림 2는 양쪽 출력 전원에 동일한 부하를 걸었을 때 출력 전압의 변동률을 실험한 결과이다. 각 전원의 load regulation은 메인 제어 전원인 3.3V 출력의 경우 0.15%, 5V 출력의 경우 0.5%의 변동률을 보였다.

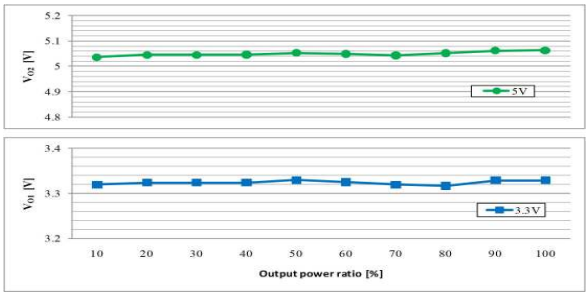

그림 2 동일 부하 조건에서의 출력 전압 변화
Fig. 2 The Load regulation of same load condition

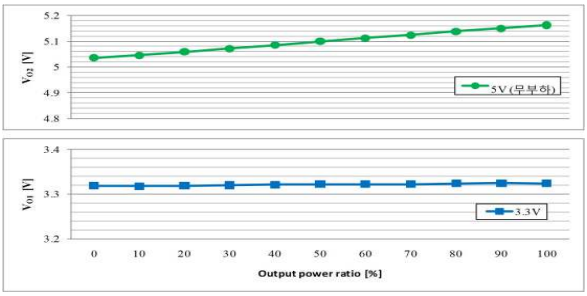

그림 3 서브전원 무부하 조건의 Cross regulation
Fig. 3 Cross regulation of sub output at no load condition

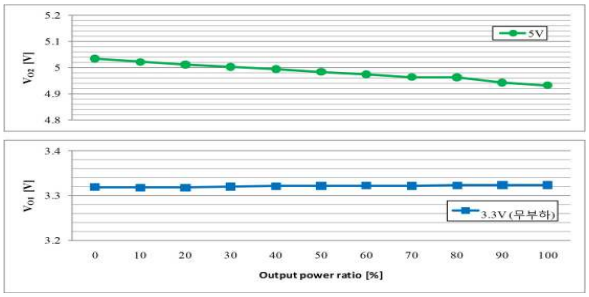

그림 4 메인전원 무부하 조건의 Cross regulation
Fig. 4 Cross regulation of main output at no load condition

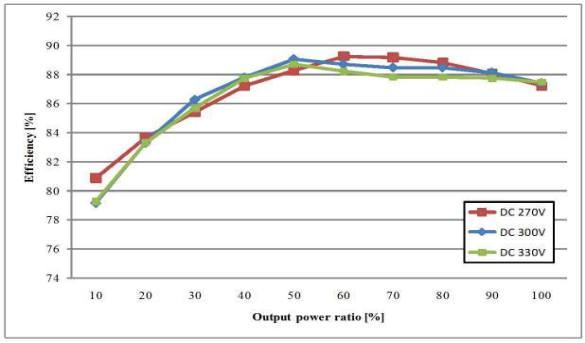

그림 5 제안하는 다출력 컨버터의 효율 특성
Fig. 5 Efficiency characteristics of the proposed multi-output converter

그림 3과 4는 한쪽 부하를 무 부하 상태로 두고 반대쪽 부하를 증가시키는 실험인 Cross regulation 실험 결과이다. 메인 제어 전원이 아닌 5V 출력 전압은 5V 무 부하 조건에서는 2.5%, 3.3V 무 부하 조건에서는 2%의 변동을 보였다.

그림 5는 부하가변에 따른 시스템 전체 효율을 나타낸다. 시제품은 50% 부하조건에서 최대 효율 89%, 풀 부하 조건에서 약 87.5%의 효율을 보였다.

4. 결론

본 논문은 3.3V와 5V 두 가지 출력을 가지는 다출력 구조의 비대칭 하프브리지 플라이백 컨버터를 제안했다. 제어기 하나를 통해 추가적인 제이기술 없이 간단한 방법으로 출력 전압을 제어하였으며, 다출력 컨버터에서 문제가 되는 Cross regulation 개선 시켰다. 제안된 다출력 컨버터는 3.3V/16A, 5V/12A 출력 용량의 시제품 제작을 통해 성능을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] T.-M. Chen and C.-L. Chen, "Analysis and design of asymmetrical half bridge flyback converter", IEE Proc.-Electr Power Vol 1. 149. NO. 6 November 2002

[2] Chau-Chun Wen, Chern-Lin Chen, Wei Chen, and Jian Jiang, "Magamp post regulation for flyback converter" , IEE PESC. Vol 1. 333-338. August. 2001

[3] Huiming Chen, Wenhui Dong, Yingyan He, and Zhaoming Qian, "Secondary side post regulation application in multiple output flyback converter", IEEE PESD. Vol 2. 1273-1277. Nov. 2005