

플라이백 컨버터가 통합된 다중 출력 풀브리지 컨버터를 이용한 새로운 스탠바이 컨버터

김재국*, 김정은*, 박진식*, 류동균*, 최홍균*, 오동성* 문건우**

* Samsung Electro-Mechanics 파워 개발팀

**대전시 유성구 구성동 373-1, KAIST

Abstract

본 논문은 새로운 스탠바이 컨버터를 제안한다. 제안하는 스탠바이 컨버터는 영전압 스위칭 다중출력 풀브리지 컨버터에 통합된 구조로서, 스탠바이 시에는 스탠바이 파워를 기존의 플라이백 컨버터로 공급하고, 노멀 모드시에는 다중 출력 풀브리지의 보조 출력이 스탠바이 출력으로 사용된다. 이로써 노멀 모드시 스탠바이 출력에서 발생하는 손실을 줄임으로써 전체적인 효율, 특히 낮은 부하에서의 효율 개선을 할 수 있게 된다. 제안하는 회로는 12V/58A 의 DC/DC 출력과 5V/3.2A의 스탠바이 출력 스펙을 통해 검증한다.

1. Introduction

통신용 장치의 에너지 사용량 급증에 따라 이러한 장치에서 사용되는 통신용 전원 장치의 에너지 변환 효율에 대한 관심이 급증하게 되었다. 이에 따라 전세계 효율 규제 단체에서는 CSCI 효율 규제를 제시하였고 이는 20% ~ 100% 부하에 걸쳐 88% 이상 (Gold level 기준)의 높은 전원 장치 효율을 요구하고 있다. 즉, 풀 부하 조건 뿐 아니라 낮은 부하에서의 효율도 중요시 되고 있다 [1]–[3].

일반적으로 통신용 및 서버용 전원 장치에서는 분산전력 시스템이 주로 이용되고 있다. 분산 전력 시스템은 일반적으로 크게 고조파 규제를 만족시키기 위한 역률 개선회로와 DC/DC 컨버터 및 스탠바이 컨버터로 이루어져있다. DC/DC 컨버터는 400V 입력 으로부터 낮은 출력 전압/높은 출력 전류 및 중, 대용량에 적합한 Phase-Shift Full-Bridge (PSFB) 컨버터가 많이 사용된다. 이는 낮은 전압/전류 스트레스 및 부가적인 소자 없이 영전압 스위칭이 가능하기 때문이다. 한 편, 스탠바이 컨버터로는 넓은 입력 전압 범위에 적합하며, 간단한 구조를 가진 플라이백 컨버터가 널리 사용된다. 하지만, 1차 측 스위치의 전압 스트레스 및 하드 스위칭 문제 그리고, 400V 입력에서의 작은 duty로 인한 전류 스트레스 문제로 전체 시스템의 효율을 떨어뜨리며, 특히 낮은 부하에서의 전체 시스템 효율을 떨어뜨리는 주요 원인이 된다.

본 논문에서는 이러한 스탠바이 플라이백 컨버터로 인해 발생하는 효율 저감을 개선하기 위해서 플라이백 컨버터를 다중출력 PSFB 컨버터에 통합시키는 방식을 제안한다.

2. Proposed converter

2.1 Operation principle and features of circuit

그림 1은 기존의 회로로서 DC/DC PSFB 컨버터와 스탠바이 플라이백로 구성된다. 그림 2는 제안하는

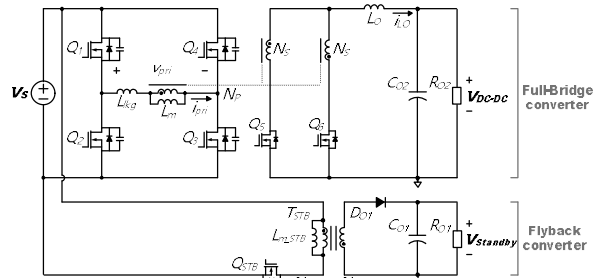


그림 1 기존의 DC/DC 및 스탠바이 회로.

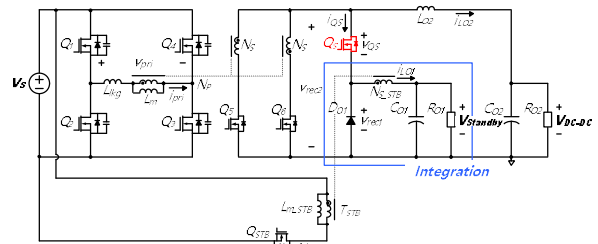


그림 2 제안하는 회로.

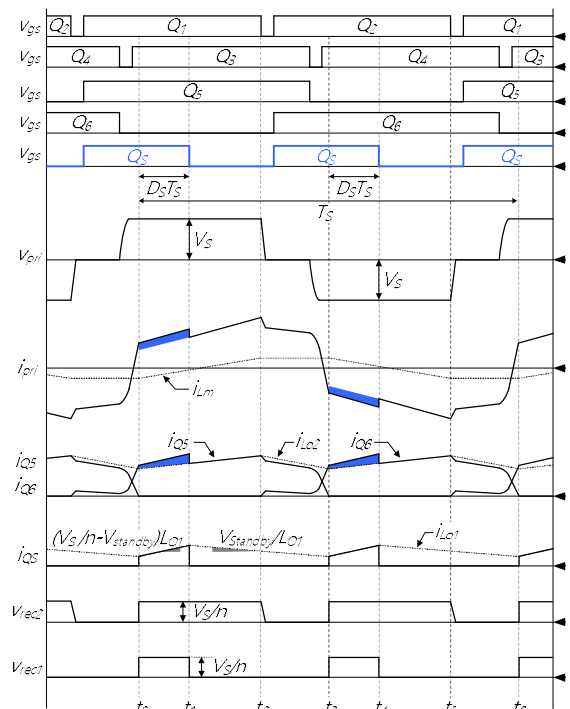


그림 3 노멀 모드에서의 제안회로의 주요 파형.

회로로서 스탠바이 플라이백 컨버터의 2차 측이 다중 출력 PSFB 컨버터의 보조 출력에 통합된 구조를 가지고

있다. 스탠바이 출력으로 사용되는 보조 출력은 PSFB의 출력 인덕터 앞 단의 전압을 입력 전압으로 Buck 컨버터가 사용되고 이를 위해 Qs 스위치가 추가된다. 또한, Buck 컨버터의 freewheeling diode 와 출력 인덕터를 기존의 플라이백 컨버터의 2차 측과 통합시킴으로써 간단한 회로를 구성한다. 스탠바이 시에는 DC/DC 단은 off 상태이고, 기존의 플라이백 동작으로 스탠바이 파워를 공급하고, 노멀 모드시에는 플라이백 컨버터의 1차 측 스위치를 off 시키게 되고, 그림 3과 같이 PSFB 컨버터의 동작과 연계하여 Qs 스위치를 구동시킴으로써 스탠바이 출력을 공급한다. 이로써 Qs 스위치의 영전압 스위칭이 가능하며, DC/DC 컨버터 주파수의 2배로 동작됨으로써, 트랜스포머에서 발생하는 conduction loss를 줄일 수 있어, 전체적인 효율을 올릴 수 있게 된다.

스탠바이 모드 시, 스탠바이 출력의 DC conversion ratio는 기존의 플라이백 컨버터와 동일하다. 한 편, 노멀 모드 시에는 buck 컨버터처럼 동작함으로써 DC conversion ratio 는 다음과 같다.

$$V_{Standby} / V_S = 2D_S / n \quad (1)$$

여기서, DS는 QS의 effective duty ratio 이고, $n=N_P/N_S$ 은 DC/DC 트랜스포머의 턴 비이다. 노멀 모드 동작 시 buck converter의 출력 인덕턴스는 다음과 같다.

$$L_{O1} = L_{m_STB} / n_{STB}^2 \quad (2)$$

여기서, $n_{STB}=N_P_{STB}/N_S_{STB}$ 은 스탠바이 트랜스포머의 턴 비이다.

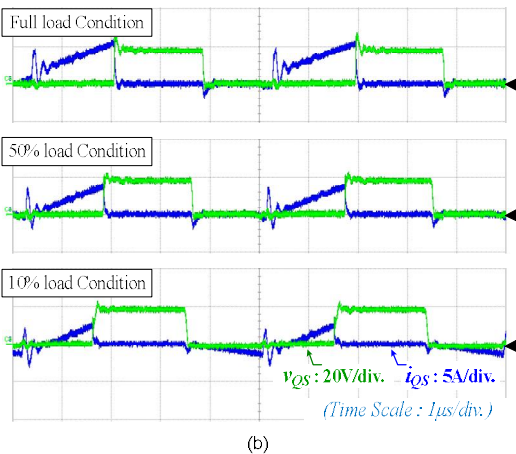
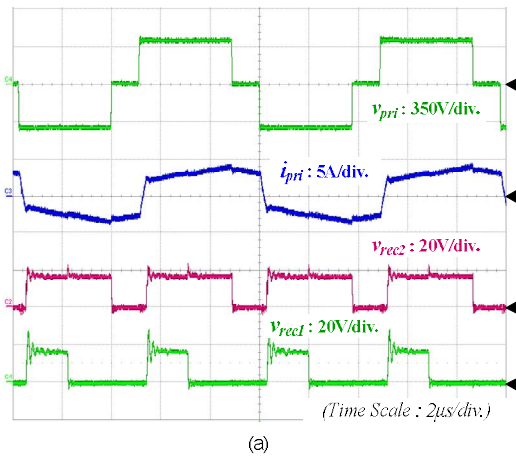


그림 4 주요 실험 파형.

(a) 풀 부하 조건. (b) 로드 별 Qs 전압, 전류 파형

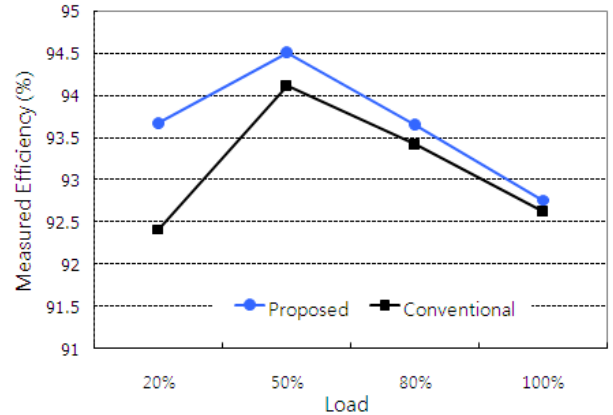


그림 5 부하에 따른 효율 비교 결과

3. Experimental results

제안하는 회로의 실험 조건은 다음과 같다. DC/DC 컨버터는 $V_S=320V\sim 400V$, $V_{DC-DC}=12V/58A$, $f_S=95kHz$, $L_m=1.2mH$, $L_{lkg}=10\mu H$, $N_P=25$, $N_S=1$, $Q_1\sim Q_4=SPP11N60$, Q_5 and $Q_6=IRFB3206$ 이고, 스탠바이 컨버터는 $V_S=106V\sim 400V$, $V_{Standby}=5V/3.2A$, $T_{STB}=PQ1716$, $L_{m_STB}=1.22mH$, $L_{lkg_STB}=23\mu H$, $N_{P_STB}=48$, $N_{S_STB}=4$, $Q_{STB}=FSDM0565R$, $Q_S=FQP13N06L$, and $D_{O1}=STPS30H60$ 이다. 그림 4는 제안하는 회로의 노멀 모드에서의 주요 실험 파형(a)과 로드별 QS 스위치의 전압, 전류 파형이다. 실험 파형에서 알 수 있듯이, 스탠바이 출력은 DC/DC 주파수의 2배로 동작이 되며, 전 부하 조건에서 영전압 스위칭이 가능함을 알 수 있다. 그림 5는 부하에 따른 기존의 회로와 제안하는 회로의 효율 비교이다. 전체적으로 제안하는 회로가 더 높은 효율을 나타냄을 알 수 있고, 특히 낮은 부하에서의 효율 개선이 두드러짐을 알 수 있다. 이는 스탠바이 컨버터의 영전압 스위칭과 도통 손실 저감을 통한 손실 감소 때문이다.

4. Conclusion

본 논문은 새로운 스탠바이 회로를 제안한다. 기존의 스탠바이 출력으로 사용되는 플라이백 컨버터를 DC/DC 컨버터인 PSFB 컨버터에 통합시킴으로써 모든 스위치의 영전압 스위칭을 가능하게 하고, 도통 손실을 줄임으로써 전체적으로 효율을 개선할 수 있었고, 특히 낮은 부하에서의 효율이 많이 개선할 수 있었다. 제안하는 회로는 12V/58A 의 DC/DC 출력과 5V/3.2A의 스탠바이 출력 스펙을 통해 검증하였다.

Reference

- [1] 80Plus Program, <http://www.80plus.org/index.htm>.
- [2] Climate Savers Computing Initiative (CSCI) Web Site, Home page <http://www.climatesaverscomputing.org/>. Efficiency Specification page <http://www.climatesaverscomputing.org/about/faq/#4>.
- [3] Y. Jang and M. M. Jovanovic, "Light-Load Efficiency Optimization Method," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 25, no. 1, pp. 67-74, Jan. 2010.