

소프트 스위칭 Dual TTFC Pre-regulator를 사용한 전원장치에 관한 연구

이동현*, 김 옹**, 엄태민*, 이규훈***, 백수현**
 티엠에스아이엔씨*, 동국대학교**, 스마트비전텍***

A Study on the Power Supply using Soft-switching Dual TTFC Pre-regulator

Dong-Hyun Lee*, Yong Kim**, Tae-Min Eom*, Kyu-Hoon Lee***, Soo-Hyun Baek**
 TMS INC*, Dongguk University**, Smartvision Tech***

Abstract - This paper presents a power supply system with pre-regulator using zero voltage switching (ZVS) interleaving two-transistor forward converter for high input voltage and high power application. A SMPS has a advantage that a good efficiency, small size and light weight but has a noise problem. A linear power supply system has a advantage that a good stability, low ripple and noise but has a disadvantage that a big size, low efficiency and heat problem. To alleviate these problems, we propose an power supply system using dual ZVS interleaving two-transistor forward pre-regulator. The proposed converter is verified on a 1kW, 50kHz experimental prototype.

2.2 위상이동 방식을 적용한 ZVS Dual TTFC

그림 2는 제안된 위상이동 방식을 적용한 ZVS Dual TTFC의 회로 및 각부파형을 나타낸다. TTFC의 한 단(stage)은 스위치 S1, S2, 환류 다이오드 D_{e1}, D_{e2}, 정류 다이오드 D_{r1}로 구성되어 있으며, 또 다른 한 단은 스위치 S3, S4, 환류 다이오드 D_{e3}, D_{e4}, 정류 다이오드 D_{r2}로 구성된다. 여기서 L_{lk1}과 L_{lk2}는 변압기의 누설 인덕턴스이다. 2차측은 정류다이오드 D_{r1}, D_{r2} 그리고, 출력필터 L_o와 C_o를 이용한 센터 탭(center tap) 정류 방식을 사용한다 [1-2].

1. 서 론

최근 전자 통신 산업의 발전과 함께 전원 장치에 대한 다양한 기능과 특성이 요구되고 있다. SMPS의 경우 고밀도 고효율의 전원장치로 산업계 전반에 걸쳐 많은 사용이 이루어지고 있으나 리플과 노이즈의 문제로 인해 저 잡음 특성이 필요한 경우 기존의 선형전원장치 또한 같이 운영되고 있다. 그러나 선형전원장치의 경우 우수한 리플 및 노이즈 성능에 비해 낮은 효율과 크기 및 중량이 문제가 되고 있다. 따라서 선형전원장치 및 SMPS의 장점을 모두 가지고 있는 전원시스템에 관한 연구가 필요하다.

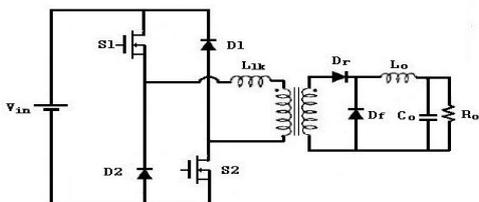
ZVS Dual TTFC는 1차측 회로에 두 개의 TTFC를 직렬 연결하여 풀브리지 컨버터처럼 동작하기 때문에 대전력 응용에 적합하다. 또한, 각 스위치에 인가되는 전압을 1/2로 감소시키며, 2차측 전류가 interleaving 됨으로써 리플이 1/2로 저감되는 특성을 지니고 있다[1-5].

따라서 본 논문에서는 효율 특성이 높고, 신뢰성이 높으며, 각 부품에 인가되는 전압 스트레스 및 노이즈 저감 특성을 갖는 ZVS Dual TTFC를 pre-regulator로 사용한 전원장치의 동작원리 및 특성에 대하여 논하였으며, MOSFET를 사용하여 1kW급 시작품을 제작, 50kHz에서 실험하였다.

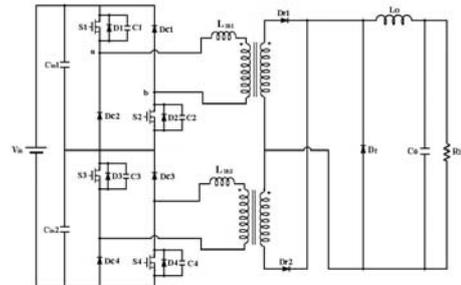
2. 본 론

2.1 기존의 하드 스위칭 TTFC

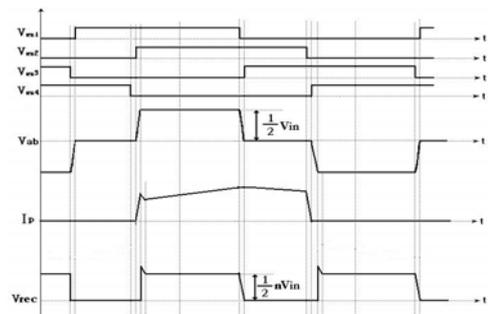
그림 1은 TTFC의 회로를 나타낸다. 기존의 하드 스위칭 방식은 회로가 간단한 반면에, 주 스위치의 턴 오프시, 소자내 기생 커패시터와 변압기 누설 인덕터에 의해 심각한 기생진동과 서지(Surge)전압이 발생하게 되어 높은 스위칭 손실을 발생시킨다. 그 결과 TTFC의 스위칭 손실을 감소시키기 위한 많은 소프트 스위칭 기술들이 발표되고 있다[6-7].



<그림 1> 기존의 Two-Transistor Forward Converter



(a) 컨버터 회로



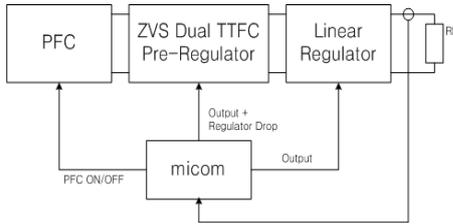
(b) 컨버터 각부파형

<그림 2> 위상이동 방식을 적용한 ZVS Dual TTFC

2.3 ZVS Dual TTFC Pre-regulator를 사용한 전원장치

그림 3은 제안된 ZVS Dual TTFC를 Pre-regulator로 사용한 전원장치 시스템의 간단한 블록도이다. 마이콤을 이용하여 Linear Regulator에는 출력전압을 지시하고 Pre-Regulator에는 출력전압에 Linear Regulator의 Drop 전압을 더한 값을 지시한다. 최종 출력값에 Regulator의 Drop Voltage 만큼 더해진 값을 입력으로 하기 때문에 Linear Regulator에서 발생하는 열손실을 최소화 하며, ZVS Dual TTFC에서 발생한 리플과 노이즈는 Linear Regulator에서 제거된다. 또한 기존의 선형전원장치의 크

기 및 중량에 큰 비중을 차지하고 있는 AC 변압기를 PFC와 Pre-regulator가 대신하게 됨으로써 전체 시스템 크기와 무게가 저감된다.



〈그림 3〉 ZVS Dual TTFC Pre-regulator를 사용한 전원장치의 블록도

2.4 실험 결과

제안된 방식의 타당성을 입증하기 위해 1kW급 시작품을 제작, 50kHz에서 실험하였다. 표1은 하드웨어 제작에 사용된 소자와 회로 파라미터를 나타낸다.

〈표 1〉 하드웨어 제작에 사용된 소자와 회로 파라미터

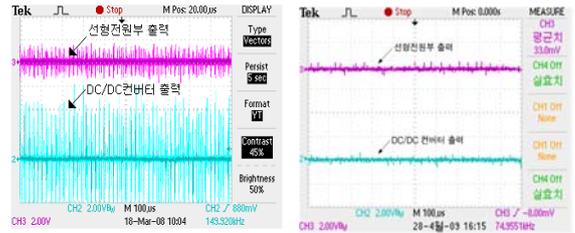
입력 전압	DC 380 - 400 [V]
출력 전압	DC 0 - 50 [V]
출력 전류	20 [A]
분압 커패시터	100 [uF]
주 스위치	2SK1522 HITACHI
1차측 환류 다이오드(D1, D3)	SF20L60U. SHINDENGEN
1차측 환류 다이오드(D3, D4)	KSF30A40B NI
2차측 정류·환류 다이오드(D _{r1} , D _{r2} , D _r)	DSEI 2×60-06A. IXYS
2차측 출력 인덕터(L _{dn1})	94 [uH]
출력단 커패시터	6000 [uF]
스위칭 주파수	50 [kHz]

그림 4는 위상이동방식을 이용한 ZVS Dual TTFC의 스위치 전압과 전류 파형을 나타낸다. 제안된 컨버터에서 스위치 S1과 S3는 영전압 스위칭(ZVS) 동작을 하게 된다.



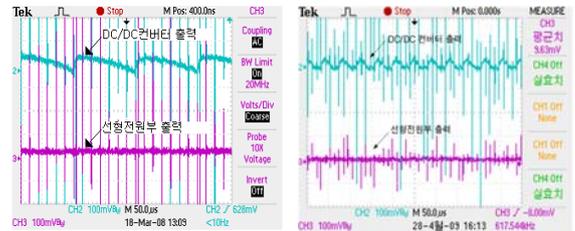
〈그림 4〉 스위치 S1의 영전압 스위칭(ZVS) 파형

그림 5는 Pre-regulator와 선형 전원 출력단의 노이즈 및 리플 파형을 나타낸다. (a)와 (c)는 기존의 하드 스위칭 TTFC와 Linear Regulator 출력단의 노이즈 및 리플 파형을 나타내며 (b)와 (d)는 제안된 ZVS Dual TTFC와 Linear Regulator 출력단의 노이즈 및 리플 파형을 나타낸다. Linear Regulator를 통과하면서 리플과 노이즈 모두 현저하게 저감된 것을 알 수 있으며, 그림5의 (b)와 (d)에서 알 수 있듯이 제안된 ZVS Dual TTFC Pre-regulator가 기존의 TTFC Pre-regulator에 비해 보다 향상된 리플 및 저 잡음 특성을 나타냄을 알 수 있다.



(a) 기존의 TTFC 노이즈

(b) ZVS Dual TTFC 노이즈



(c) 기존의 TTFC 리플

(d) ZVS Dual TTFC 리플

〈그림 5〉 출력단 노이즈 및 리플 파형

3. 결 론

본 논문에서는 ZVS Dual TTFC를 Pre-regulator로 사용한 전원장치 시스템을 제안하였다. 제안된 ZVS Dual TTFC는 기존의 TTFC에 비해 노이즈 성분이 월등히 저감되었을 뿐만 아니라 2차측 전류의 인터리빙으로 인하여 출력 리플 또한 1/2로 저감되었음을 알 수 있다. 또한 ZVS Dual TTFC를 Pre-regulator로 사용함으로써 최종 출력단에서의 리플 및 노이즈를 효과적으로 저감하였고, 전체 시스템의 크기 및 중량을 최소화 할 수 있었다. 제안된 시스템은 고효율 저 잡음 전원장치가 필요한 민감한 플라즈마 예칭, EUV, PECVD 등과 같은 반도체 설비, 통신 및 전자부품 테스트 등의 응용에 적합하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ivo Barbi, R. Gules, R. Redl, N. O. Sokal, " DC/DC Converter For High Input Voltage: Four Switch With Peak Voltage of $V_{in}/2$ Capacitive Turn-Off Snubbing, and Zero-Voltage Turn-on ", IEEE PESC Conference, pp.1~7, 1998.
- [2] Eduardo Deschamps and Ivo Barbi, " A New DC-DC ZVS PWM Converter for High Input Voltage Application ", IEEE PESC Conference, pp.967~972, 1998.
- [3] Jung-Won Kim, Jung-sik You and B. H. Cho, " Modeling, Control, and Design of Input-Series-Output -Parallel-Connected Converter for High-Speed-Train Power System ", IEEE Transactions on industrial electronics, VOL. 48 No.3, pp.536~544, 2001.
- [4] Kenneth Dierberger, Richard Redl and Leo Saro, " High Voltage MOSFET Behavior in Soft-Switching Converters Analysis and Reliability Improvements ", Advanced Power Technology, Application Note No.-APT9804, Web:-<http://www.advancedpower.com>.
- [5] Alexander Fiel and Thomas Wu, " MOSFET Failure Modes in the Zero-Voltage Switched Full Bridge Switching Mode Power Supply Applications ", International Rectifier, Tedhcnical Paper No.-PCIM2000, Web:-<http://www.irf.com>.
- [6] C. H. G. Treviso, A. A. Pereira, V. J. Farias and L. C. de Freitas, " A 1.5kW Operation with 90% Efficiency of a Two Transistor Forward Converter with Non-dissipative Snubber ", IEEE PESC Conference, pp.696~700, 1998.
- [7] Basile Margaritas Et al, " turn-off Relief Network for a Direct Voltage Converter ", U.S. Patent, Patent No-5,438,501.