

TOP 스위칭 소자 적용 절연된 다 출력 플라이백 컨버터

김은수, 조기연, 윤정원, 조용현*, 홍영근*, 김윤호**
 한국전기연구소, 세빛(주), 중앙대학교

The Isolated Multi-Output Flyback Converter Using Top-Switch

E.S Kim, J.Y Joe, J.W Yun, Y.H Cho*, Y.G Hong*, Y.H Kim**
 KERI, Sebit Co.*, Chung-Ang Univ.**

1. 서론

전력변환기인 DC/DC 컨버터 및 인버터 등은 정상적인 동작을 위해서는 안정된 제어전원 및 스위칭소자를 구동할 수 있는 구동전원이 필수적이다. 따라서, 전력변환 기기를 제작 생산하고 있는 제조업체에서는 제어전원 및 스위칭소자 구동전원을 간단히 구성하여 사용할 수 있는 SMPS를 많이 요구하고 있고, 이러한 전원을 이루기 위해 상용 60Hz 강압변압기와 Linear Voltage regulator를 이용하기도 하고, 소형 경량화를 위해 고주파 RCC방식을 적용한 제어 및 구동전원을 사용하고 있다. 하지만, 상용 60Hz 강압변압기와 Linear Voltage regulator(LM317)을 이용한 방식의 전원은 구성이 간단하고, 저가이며, 스위칭 노이즈를 발생하지 않는 등 장점을 많이 가지고 있지만, 중량과 부피가 크고, 출력전압 적응성이 좋지 않다. 반면에 RCC방식 고주파 스위칭 레귤레이터는 소형, 경량화 할 수 있지만, 자기발진회로와 출력전압 제어회로가 내장되지 않아 전체 구성회로가 복잡하고 가격이 비싸지는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 저가이면서 쓰기 쉬운 스위칭소자 및 방식을 적용하기 위해, 제어회로와 발진회로가 내장되어 있고, 과 전류·과열 차단기능을 내장하고 있으며 부가적인 외부회로가 필요하지 않을 뿐만 아니라 Free Voltage에서 동작되는 Power integration社의 Top-Switch를 사용하여 제어전원과 전력변환장치의 IGBT 또는 IPM 구동용 전원으로서 다수의 절연된 출력을 갖는 플라이백 컨버터(35W)를 제작하였다.

2. TOP-Switch 적용 플라이백 컨버터

2.1. Top-Switch의 개요 및 특징

플라이백(Flyback) 컨버터의 구현에 있어서 Discrete 소자나 전용소자를 사용하는 방법들이 사용될 수

있으며 본 논문에서는 그림 1과 같이 기존의 회로로 구성되어야 할 많은 기능들을 내장한 스마트(Smart) 스위칭 소자인 Power integration(社)의 TOP-Switch를 사용하였다. TOP-Switch에는 Power Mosfet과 PWM Controller가 내장되어 있어 기존의 Mosfet를 이용한 Boost 컨버터 및 RCC 회로 등에 비해 사용이 매우 간단하며 적은 부품수로 인해 전체 시스템 코스트를 저감시킬 뿐만 아니라 출력을 150W까지 확장할 수 있는 장점을 가지고 있다. TOP-Switch의 대략적인 특징은 다음과 같다.

- 자체 발진회로와 보상기가 내장되어있음.
- Buck, Boost, Flyback, Forward 컨버터의 각종 Topology를 지원.
- 과전류, 과열등 보호기능을 내장.
- Self-Start 기능 및 Fault시 Auto-Restart 기능
- 적은 부품수로 인하여 소형화 및 고효율.
- Free Voltage 입력전압이 가능.
- 입력220V_{AC}에서 75W ~ 150W까지 적용가능

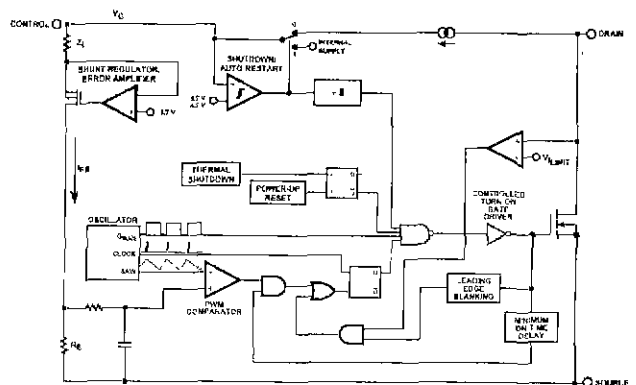


그림 1. TOP-Switch 내부 블록다이아그램

2.2. 다 출력 플라이백(Flyback) 컨버터

절연형 파워서플라이의 종류에는 여러 가지가 있

으며 그 중에서 플라이백 컨버터는 적은 부품 수, 넓은 입력전압 범위, 여러 개의 절연된 출력, Free wheeling용 다이오드가 필요 없는 장점을 가지므로 해서 소 용량의 파워서플라이(SMPS)에 널리 사용된다. 또한 출력전압의 검출 또한 2차 측에 출력전압 검지용 보조 권선을 추가함으로써 부가적인 센서 없이 간단히 이를 수 있으며, 변압기를 절연용도뿐 아니라 에너지저장을 위한 인덕터로 사용하므로 부품 수를 줄일 수 있는 있다. 하지만 변압기 누설인덕턴스로 인한 전압 서지로 소자에 대한 전압스트레스와 효율저하 그리고 출력에 전류리플을 갖는 단점을 가지게 된다.

2.2.1. TOP-Switch 적용 플라이백 컨버터의 동작

본 논문에서 적용된 TOP-Switch 적용 플라이백(Flyback) 컨버터는 부하에 따라 연속모드와 불연속모드로 동작할 수 있게 구성하였다. 불연속모드인 경우의 동작모드와 파형은 그림 2와 같고 각 모드에 따른 동작은 다음과 같다.

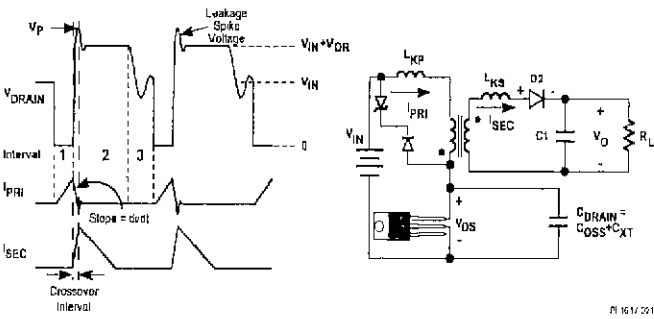


그림 2. 불연속 모드에서의 TOP-Switch 적용 Flyback 컨버터의 회로 및 동작 파형

MODE 1 : TOP-Switch는 턴-온 하게되고 그 이 전구간에 CDRAIN에 저장되었던 에너지가 방전하며 TOP-Switch를 순환하며 소비된다. 또한 1차 측 전류 Ipri는 1차 측 변압기의 누설인덕터 Lkp를 충전하며 서서히 증가하며 1차 측 변압기를 통하여 흐른다. 변압기 2차 측은 출력다이오드 D2에 의해 Blocking 되어 전류를 흐리지 못하고 출력 커패시터 C1에 의해 출력전류를 부담하게 된다. CDRAIN은 TOP-Switch의 출력 커패시턴스 Coss와 변압기 권선의 커패시턴스 Cxt의 합으로 입력전압이 높아질수록 파워서플라이 전체 효율을 떨어뜨리는 원인이 된다.

MODE 2 : TOP-Switch가 턴-오프 되면 변압기에 저장된 에너지가 2차 측 출력 다이오드를 통해 출력 커패시터를 충전하며 부하에 에너지를 공급한

다. 이때에 변압기 1차 측 누설인덕턴스 Lkp에 축적된 에너지가 CDRAIN을 VP만큼 충전하며 전압 서지가 발생하게된다. 또한 변압기가 에너지를 2차 측으로 전달하는 구간동안 변압기 2차 측으로부터 Reflected 전압 VOR이 입력전압 VIN과 더해져 TOP-Switch에 인가된다.

MODE 3 : 변압기에 축적된 에너지가 Reset됨에 따라 변압기 2차 측으로부터 Reflected된 전압 VOR은 0V로 떨어져 입력전압 VIN만이 TOP-Switch에 인가되며 변압기 1차 측 누설인덕턴스 Lkp와 CDRAIN을 통해 공진하며 CDRAIN을 충전한다.

연속모드 동작 시에는 그림 3과 같이 2차 측 변압기로부터 Reflected된 전압 VOR이 오프기간 동안 소자에 계속 인가된다. 또한 턴온 시 2차 측 출력 다이오드의 Reverse Recovery 특성으로 인해 순간적인 피크전류가 흐르게 되어 소자에 전류스트레스 및 전력손실(Power loss)를 가져오는 단점을 가지고 있다. 따라서 2차 측 출력다이오드에 있어서 역회복시간(Recovery time)이 빠른 Ultra Fast나 Shorttky type 다이오드의 선택이 요구되며 그 선택이 컨버터의 전체 효율에 있어 중요한 영향을 미친다.

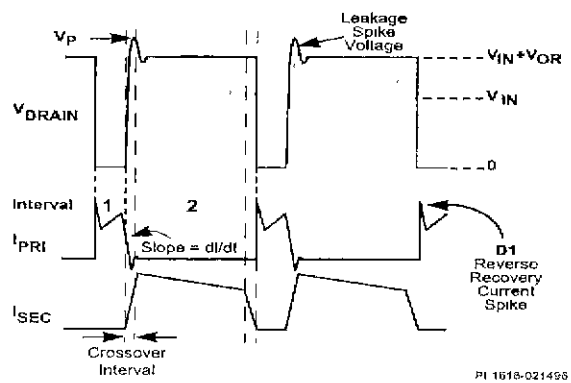


그림 3. 연속모드에 있어서 TOP-Switch 적용 플라이백 컨버터의 동작 파형

2.2.2 Top-Switch 적용 플라이백 컨버터의 설계

인버터나 DC/DC 컨버터 등 전력변환장치는 다수의 절연된 출력과 제어전원용의 전원을 필요로 하므로 본 논문에 있어서는 다양하게 사용될 수 있도록 하기 위해 출력전압 범위가 조절 가능한 시리즈 레귤레이터를 출력 단에 채용하였으며 다수의 출력을 갖는 SMPS를 설계하였다. 적용된 TOP-Switch적용 플라이백(Flyback) 컨버터의 전체 사양은 표1과 같고 각 출력에 대한 세부사양 및 용도는 표2와 같다.

표 1. 전체 전원 사양

입 력 전 압	AC 220V ±10%
총 출 력	35W
스 위 칭 주 파 수	100KHz
출 력 전 압 변 동 율	±1%
효 율	80% 이상

표 2. 출력 세부사양 및 용도

전압	전류	회로수	용도
+5V	2A	1	디지털제어보드 전원용
±15V	0.4A	2	아날로그제어보드 전원 및 전압, 전류 센서용
+15V	0.1A	3	전력용 스위치 상단 ON/OFF용
+15V	0.3A	1	전력용 스위치 하단 ON/OFF용

위의 전체 사양을 바탕으로 35W급의 TOP-Switch 224Y를 적용한 플라이백(Flyback) 컨버터를 그림4의 흐름 도(Flow chart)와 같이 단계적으로 설계할 수 있으며 세부적인 수순은 아래와 같다.

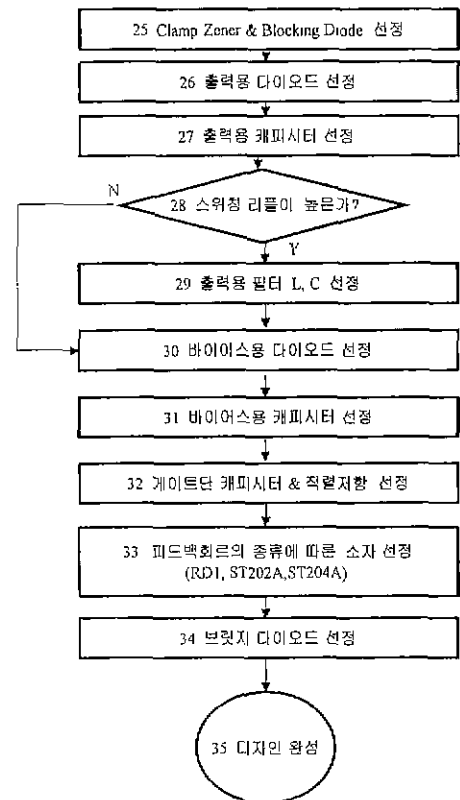
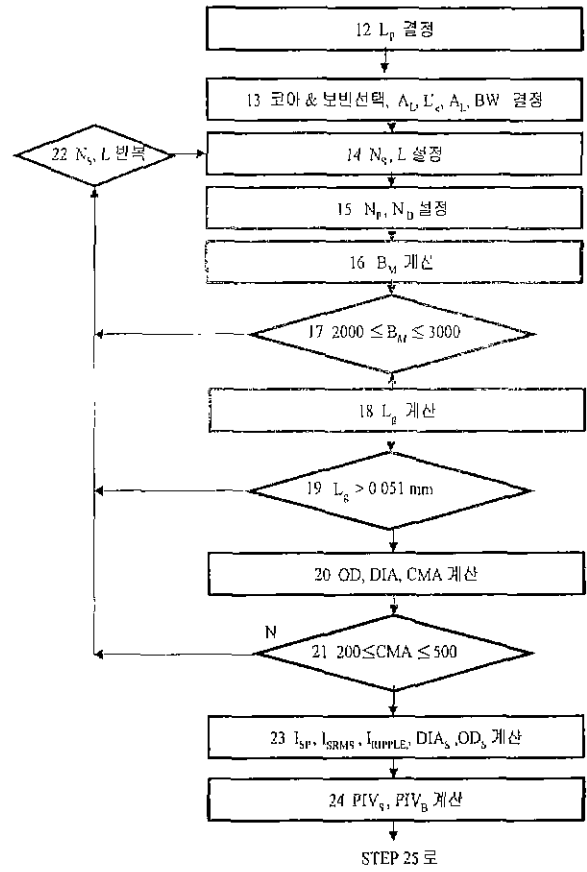
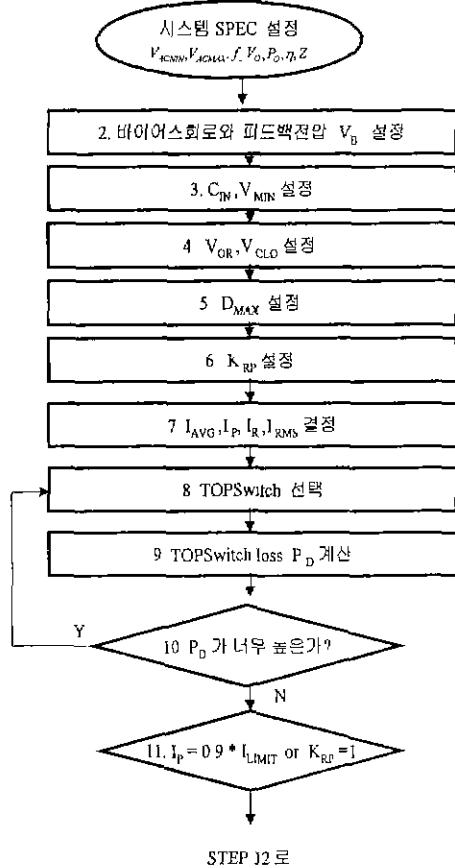


그림 4. TOP-Switch 적용 Flyback 컨버터의 설계 Flow Chart

3 실험 결과

본 논문에서 제작된 Top-Switch 적용 플라이백 컨버터 스위칭전원은 표 1, 2에 나타낸 사양을 참조로 주 회로를 제작하여 실험된 내용이다. TOP-Switch 소자적용 플라이백 컨버터는 변압기 전류가 연속모드와 불연속모드로도 동작이 가능하고 부하변동 시 출력캐패시터 ESR에 의한 Voltage Drop이 발생되지만 부하 변동율은 1%미만의 동작특성을 보여주고 있다.

● 회로정수

- 입력전압 : 110/220VAC,
- 출력전압 : 5V 2A/±15V,
- 출력전류 : 0.4A, 15~20V, 0.1A×4
- 스위칭 주파수 : 100kHz,
- 변압기 L_1, L_{lk} : 1.5mH, 32uH

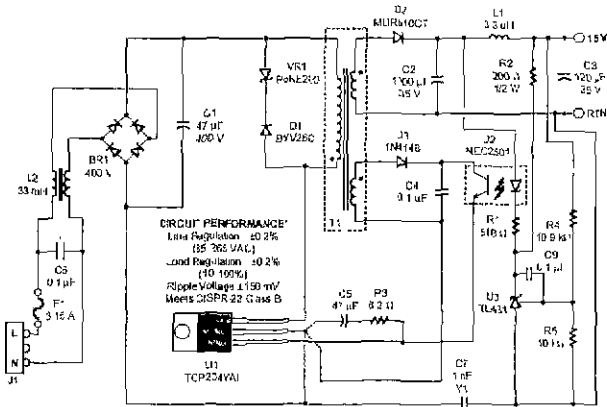
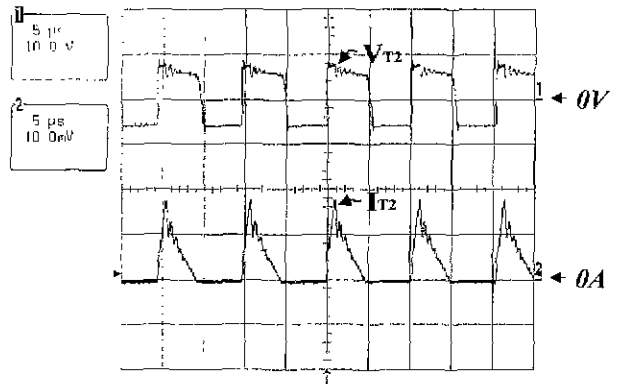
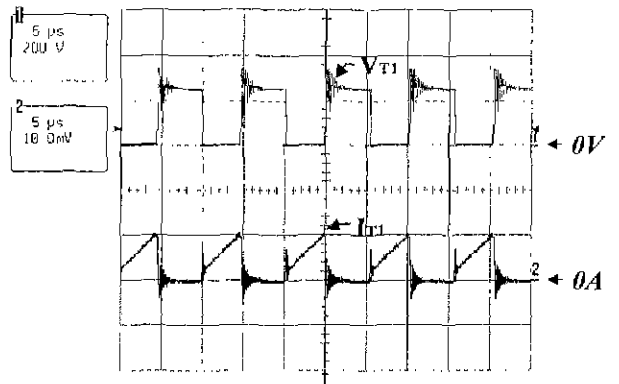


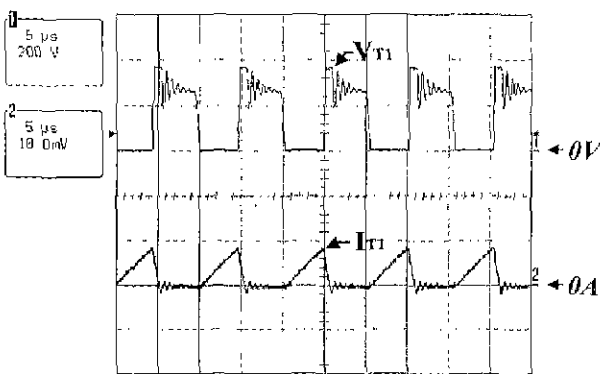
그림 5. 플라이백 컨버터적용 스위칭전원



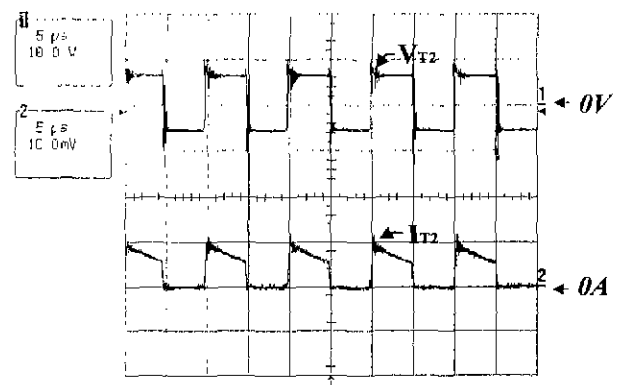
(b) 불연속 모드 시 변압기 2차 전압 전류 파형
(10V/div, 5A/div, 5us/div)



(c) 연속 모드 시 변압기 1차 전압 전류 파형
(200V/div, 0.5A/div, 5us/div)



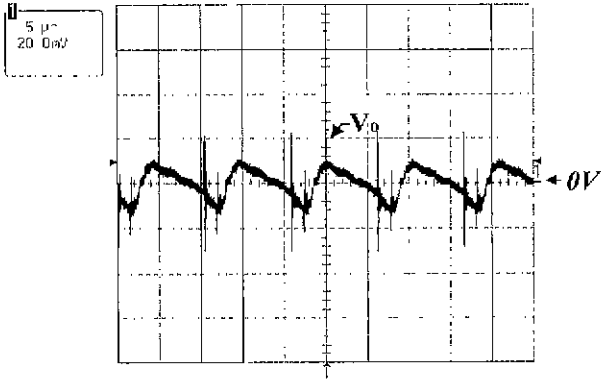
(a) 불연속 모드 시 변압기 1차 전압 전류 파형
(200V/div, 0.5A/div, 5us/div)



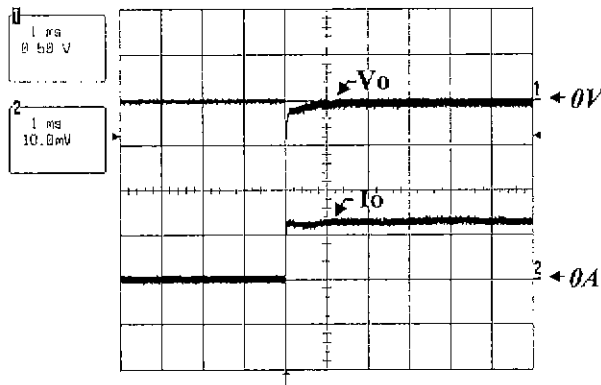
(d) 연속 모드 시 변압기 2차 전압 전류 파형
(10V/div, 5A/div, 5us/div)

4. 결론

이상의 결과로부터 주 스위칭소자 및 제어회로가 내장된 스마트 소자인 TOP-Switch를 적용하여 전력변환기기의 제어전원 및 구동전원으로 활용할 수 있도록 스위칭전원을 구성, 제작하여 보았다. 본 제작된 스위칭전원을 필요로 하신 기업 또는 학교에서 자료를 요청하면 언제든지 제작된 스위칭전원의 자료 드리겠습니다.



(e) 출력전압 리플 및 노이즈 특성 (20mV/div, 5µs/div)



(f) 부하 변동실험 파형
(0.5V/div, 1A/div, 1ms/div)

그림 6. 플라이백 컨버터의 각부 실험 파형

참고 문헌

- [1] Power Integrations, Power Integrated Circuit Data Book.
- [2] Power Integrations, Supplemental Data Book and Design Guide.
- [3] Unitrode Switching Regulated Power Supply Design Seminar Manual, 1990
- [4] K.K Tse, H S.H Chung, Hui, "Spectral Characteristics of Random Carrier Frequency Switching in Off-Line Switched Mode Power Supply", IEEE APEC, 1998, pp.139~145

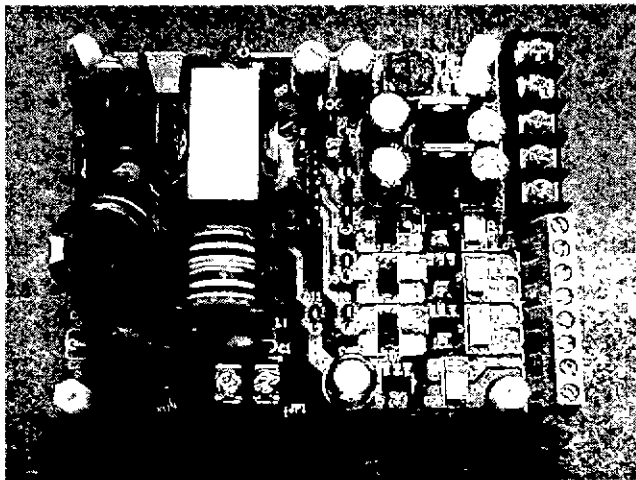


그림 7. TOP-Switch적용 플라이백(Flyback) 컨버터 시제품사진