2006년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006. 7. 12 - 14

DLP 프로젝터용 공진형 플라이백 컨버터

박우철*†, 유병선*†, 김창선*
†(주)단암 전자통신, *목포대학교 전기공학과

The Resonant Flyback Converter for DLP Projector

Park Woochol*†, Yoo Byoungseon*†, Kim Changsun*
†DANAM Communicatons Inc., *Dept. of Electrical Eng., Mokpo National Univ.

Abstract - 준공진형 플라이백 컨버터를 사용하여 Full HD급 DLP 프로젝터용 컨버터 설계에 대해 고찰하였다. 소형 경량화 시키기 위한 방법으로 Full Mode Packaging 형태로 절연설계에 유리하게 하였고, Shidegn사의 MR4040을 사용하여 부분공진 스위칭 동작에 의해 고효율 저노이즈를 실현하였다. 중부하 시 스위칭 주파수는 35KHz, 경부하시 스위칭 주파수는 최대 200KHz이고 입력전압 AC 90~264[v], 출력전력 66W급의 컨버터을 제작하였으며 측정된 효율은 최고 93% 이다

1. 서 론

현재 전원 공급 장치는 고효율, 고전력 밀도화 되어가고 있지만 전력용 반도체 소자와 자성 소자로 인한 발열 문제와 크기 때문에 소형화로 설계하는데 한계가 있다. 따라서 전력용 반도체 소자와 자성 소자의 크기를 줄이기 위한 컨버터 가운데 하나인 공진형 컨버터는 기존 컨버터의 누설 인덕턴스와 커패시터의 공진 동작에 의해 고효율, 저 노이즈화 할 수 있다. 본 논문에서는 제어회로에 의해 영전류 스위칭을 시켜 스위칭 손실을 최소화한 공진형 컨버터를 제작하여 고찰 하였다.[1]~[5]

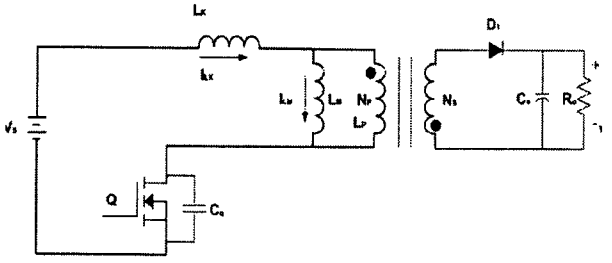
<표 1> 컨버터의 사양
<Table 1> Specification

구 분	내 용
정격 입력 전압	90~264[AC]
정격 출력 전압	12 [V_{DC}]
정격 출력 전류	5.5 [A]
정격 출력 전력	66 [W]

2. 스위칭 제어 공진형 컨버터

2.1 스위칭 제어 공진형 컨버터의 특성

스위칭 제어 공진형 컨버터는 그림 1과 같고 2차측 전류가 영전류가 되었을때 부분 공진 동작을 이용 주 스위치를 턴-온 시키며, 가변주파수 제어로 중부하에서 f_s는 최소가 된다. 변압기의 1차측 누설 인덕턴스와 공진 커패시터에 의한 공진 현상을 이용하여 동적 스위칭 손실을 줄일 수 있어 고효율을 얻을 수 있고 노이즈를 최소화 할 수 있다. 그리고 2차측 다이오드 전류의 도통 손실 및 실효 시비율이 저감되는 현상을 개선할 수 있다.



<그림 1> 스위칭 제어 공진형 플라이백 컨버터
<Fig 1> Switching controlled resonant flyback converter

2.2 모드별 동작

(1)모드 1 (T_{on})

주 스위치가 턴-온 되면 입력전압은 1차측 전류가 인덕터스를 통하여 전류는 증가하게 되며 피크치에 도달하면 주 스위치는 턴-오프 된다

(2) 모드2(T_l)

주 스위치가 턴-오프 되면 전압은 순간적으로 증가하지 못하고 누설 인덕턴스에 의해 1차측 전류가 지연되어 2차측으로 전달된다.

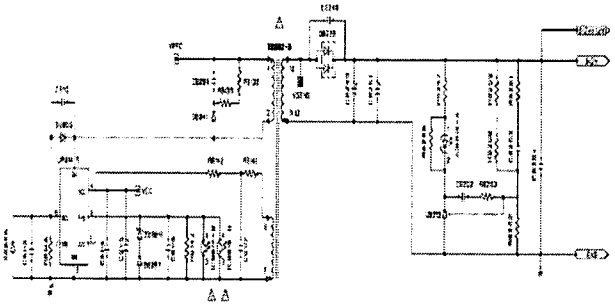
(3) 모드3(T_{off})

턴-오프 타임(T_{off})은 1차측 인덕턴스(L_P)걸리는 전압에 의해 피크 전류가 영으로 떨어지는 구간으로 나타낼 수 있다.

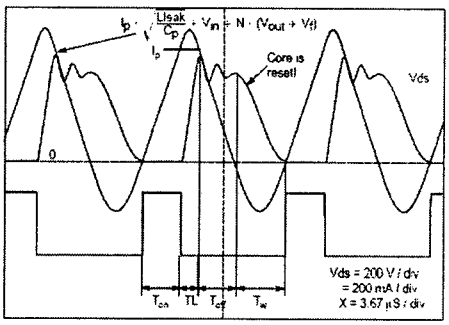
(4) 모드4(T_W)

코어는 리셋 되어지고 공진이 시작되는 주기의 반주기에 스위치 양단에 걸리는 전압(V_{DS})이 가장 작은 지점에서 주 스위치는 턴-온 하게 된다. 공진 시간(T_W)는 식 1과 같다.

$$F_{SW}=\frac{1}{I_P\circ\frac{L_P}{V_{IN}}+\frac{I_P\circ\left[\sqrt{\frac{Lleak}{Cp}}+V_{IN}+N\circ(V_{out}+V_f)\right]\circ C_P}{I_P}+\frac{1}{I_P\frac{L_P}{N\circ(V_{out}+V_f)}}+\frac{1}{\phi\circ\sqrt{L_P\circ C_P}}} \quad (1)$$



(a) 실험 회로



(b) 이론 파형

<그림 2> 스위칭 제어 공진형 플라이백 컨버터의 회로도와 이론 파형
<Fig 2> Circuit of the switching controlled resonant flyback converter and theoretical waveforms

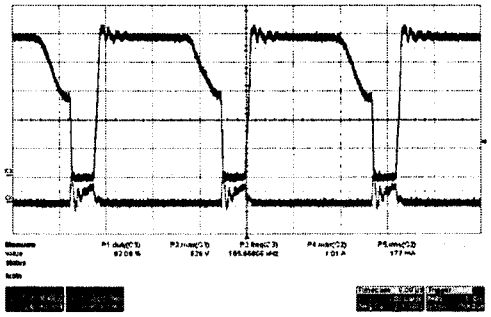
2.3 제로 전류 검출 및 출력 전압 제어 방식

주 스위치와 병렬로 콘덴서를 추가해서 변압기 2차측 전류가 영전류가 됐을 때 부분 공진 동작을 하여 주 스위치를 턴-온 시키며, 영전류 검출은 에너지 방출 시간을 제어하는 권선의 Negative Edge를 검출하고, On Trigger 검출전압 (약 0.3V)에 대해서 50mV의 Hysteresis를 부여함으로써 내 Noise성을 높이고 있다. 출력전압 제어 방식은 온-듀티에 의해 출력전압을 제어하는 방식으로 피드백 단자전압이 1.5V에서 온-듀티가 최소로 되고 4.5V에서 최대가 되도록 동작한다. 피드백 단자-그라운드 사이에 접속되는 포토 커플러의

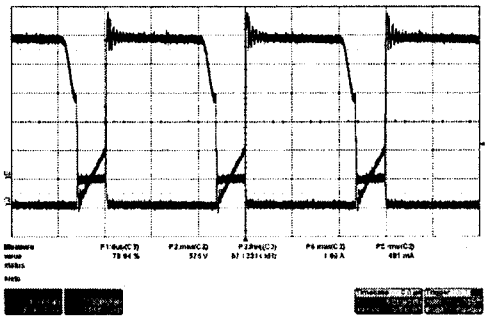
임피던스가 2차측 출력 검출 회로로부터의 제어신호 변화에 의해 IGBT의 온-듀티를 제어해 출력전압을 유지 시키며, 피드백 단자-그라운드 사이에 저항을 접속해 단자전압의 최대치를 설정 함으로써 최대 온-듀티를 제한해 최대전류점(OCP)을 결정한다.

2.3 최고 효율이 측정된 컨버터의 파형

그림 3은 경부하시 컨버터의 메인 스위칭 소자의 전압, 전류 파형이며, 그림 4는 중부하시메인 스위치 전압, 전류 파형이다.



<그림 3> 스위칭 양단 전압(100V/div)(AC110[V],I_o:1.5[A])
출력 인덕터 전류(1A/div)
<Fig 3> Switch voltage waveform and current waveform

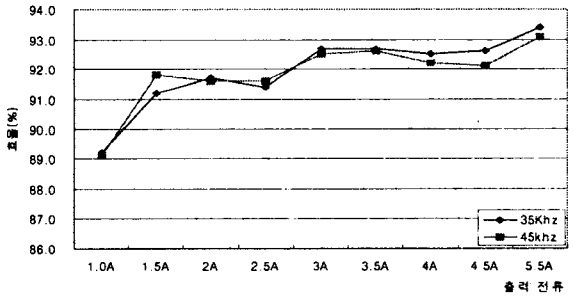


<그림 4> 스위칭 양단 전압(100V/div)(AC110[V],I_o:5.5[A])
출력 인덕터 전류(1A/div)
<Fig 4> Switch voltage waveform and current waveform

2.4 스위칭 제어 공진형 플라이백 컨버터의 특성

2.4.1 공진 주파수 변화에 대한 효율 변화

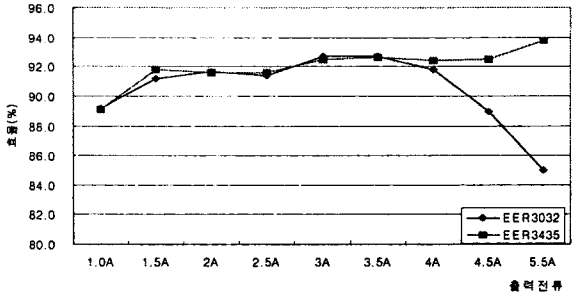
그림 5는 주파수 변화에 따른 효율 곡선을 나타낸다. 형태와 크기, 재질이 동일한 코어를 사용하고 최소 공진 주파수를 35kHz와 45kHz로 구분하여 측정한 효율 곡선이다. 스위칭 주파수가 45kHz인 경우보다 스위칭 주파수가 35KHz인 경우에 효율이 높게 측정되었고 스위칭 주파수가 35kHz인 경우 부하전류가 5.5A일 때 최고 효율이 93%로 측정되었다.



<그림 5> 공진 주파수 변화에 따른 효율 특성
<Fig 5> Efficiency according to frequency

2.4.2 변압기 코어 크기의 변화에 대한 효율 변화

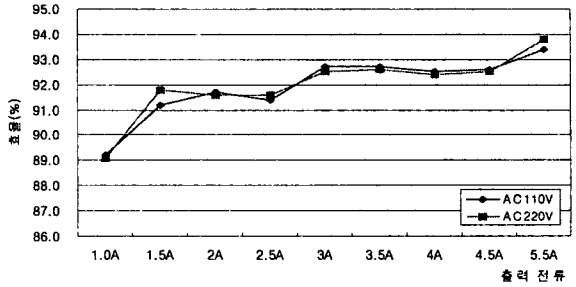
그림 6은 변압기 코어 크기 변화에 따른 효율 곡선이다. 삼화전자의 EER3435를 사용한 컨버터가 효율이 높게 측정되었으며 EER3032를 사용한 컨버터는 부하 전류가 4A를 넘어가면 포화되었다. EER3032 코어에서 최대 출력 전력 밀도가 출력 전력에 비해 낮기 때문에 부하 전류의 증가에 따라 코어가 포화되고 EER3435의 코어에서는 풀 부하(5.5A)시 포화되는 현상이 없었으며, 효율 또한 더 높게 측정되었다.



<그림 6> 변압기 코어의 크기 변화에 대한 효율곡선
<Fig 6> Efficiency according to transformer cores

3.3 입력 전압 변화에 대한 효율 변화

그림 7은 입력전압 변화에 따른 효율 곡선을 보여주고 있다. 입력전압은 AC90~264까지 가변 하였으며. 전반적으로 입력전압이 높을 때 효율이 높게 측정 되었다.



<그림 7> 입력 전압 변화에 대한 효율 곡선
<Fig 7> Efficiency according to input voltage

4. 결 론

본 논문은 넓은 입력범위에서 저 전압 대 전류 특성도 좋으며 소형화 할 수 있는 플라이백 컨버터를 사용하여 기생 커패시턴스와 누설 인덕턴스를 공진시켜 스위치 양단 전류가 영전류로 될 때 스위치를 도통 시킴으로써 스위칭 손실을 줄여 효율을 높일 수 있다. 회로의 타당성을 입증하기 위해 100W급 플라이백 컨버터를 제작하여 스위칭 주파수는 중부하 시 35KHz까지 감소하는 것을 확인하였고, 측정한 최대 효율은 93%이며 기존 플라이백 컨버터 보다 약 6%상승하였다.,

[참 고 문 헌]

[1] R. Oruganti and F. C. Lee, ""Resonant power processors, Part I-stateplane analysis,"" IEEE Trans Ind. Applicat., vol. IA-21, pp. 1453--1960, Nov./Dec. 1985.

[2] A. K. S. Bhat and M. M. Swami, ""Analysis of parallel resonant converter operating above resonance,"" IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol.25, pp. 449--458, July 1989.

[3] M. H. Kheraluwala, D.W. Novotny, and D. M. Divan, ""Coaxially wound transformers for high-power high-frequency applications,"" IEEE Trans .Power Electron., vol. 7, pp. 54--62, Jan. 1992.

[4]I. Batarseh, ""Resonant converter topologies with three and four energy storage elements,"" IEEE Trans. Power Electron., vol. 9, pp. 64--73, Jan.1994.

[5] C. Chakraborty, ""Studies on small size high performance resonant power conversion systems,"" Ph.D. dissertation, Mie University, Tsu, Japan, 2000.