

저소비전력 PDP 구동을 위한 고효율 박형 전원회로 개발

이상원, 최병조, 이기조
경북대학교 전자공학과

A Low-Profile DC-To-DC Converter for Sustain Driving Circuits of AC PDP Application Systems

S.W. Lee, B.C. Choi, and K.J Lee
Kyungpook National University

ABSTRACT

The current paper presents the design and implementation of a low-profile dc-to-dc converter developed as a power supply for the sustain driving circuit inside large-area wall-mount ac PDP application systems. Details on the design and implementation of a 500 W prototype dc-to-dc converter, miniaturized within a 230 mm×130 mm area with a thickness of 25 mm while still achieving a 95 % conversion efficiency, are presented to demonstrate the feasibility and application potentials of the proposed low-profile dc-to-dc converters.

1. 서 론

대면적 벽걸이형 ac PDP 응용 시스템 내부에 있는 서스테인 구동회로에 전원을 공급하기 위한 직류-직류 컨버터는 전력을 효율적으로 처리해야 할 뿐 아니라 박형으로 제작되어야 한다. 전원회로가 이와 같은 조건을 만족해야 전체 PDP 응용 시스템을 기존의 것에 비해 얇은 두께로 제작할 수 있다.

본 논문은 ac PDP 응용 시스템내의 서스테인 구동회로에 전원을 공급하기 위한 박형 직류-직류 컨버터의 설계와 제작을 기술한다. 제안된 컨버터는 영전압 스위칭 동작을 위해서 시비율이 상보적으로 동작하는 PWM 하프 브릿지 회로를 이용하며, 박형 설계를 위해서 PCB 권선과 박형 자기 소자를 사용한다. 입력 380 V, 출력 180 V 에서 95 % 이상의 변환 효율을 유지하면서 230mm×130mm×25 mm 크기로 소형화된 500 W급 직류-직류 컨버터를 제작하고, 제작된 컨버터의 성능과 응용에 대하여 논한다.

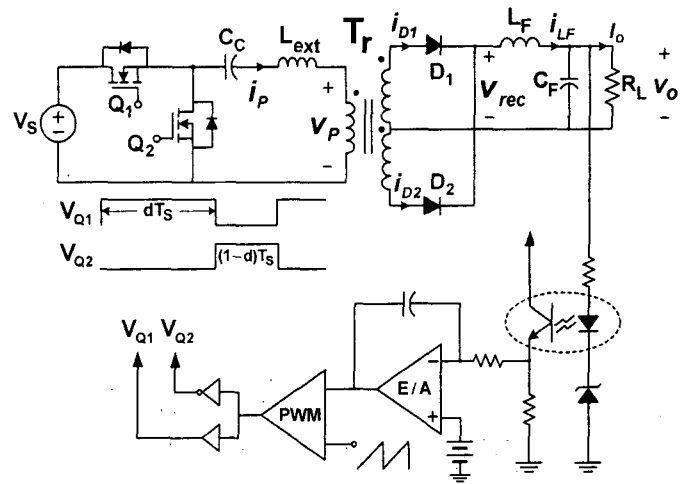


그림 1 서스테인 전원회로에 적용된 하프 브릿지 직류-직류 컨버터

Fig. 1 Half-Bridge DC-to-DC converter employed as sustain power supply

2. 서스테인 전원회로용 비대칭 PWM 하프 브릿지 직류-직류 컨버터

그림 1은 서스테인 구동회로에 전원을 공급하기 위한 직류-직류 컨버터의 간략화 된 회로도이다. 컨버터의 1차측은 두개의 MOSFET의 시비율이 상보적으로 동작하는 하프 브릿지 구조와 클램프 커패시터(Cc)로 구성되어 있으며, 2차측은 센터 탭 전파 정류기와 필터로 이루어져 있다.

비대칭 PWM 하프 브릿지 직류-직류 컨버터는 쉽게 영전압 스위칭을 할 수 있기 때문에 입력전압과 출력전압이 높은 서스테인 전원회로에 특히 유리하다.

표 1 직류-직류 컨버터의 동작조건 및 회로 변수

Table I Operational Conditions and Circuit Parameters of DC-to-DC Converter

Operational Conditions	
$V_S = 360 \sim 380 \text{ V}$, $V_O = 180 \text{ V}$	
$I_O = 1.7 \sim 3.0 \text{ A}$ ($R_L = 60 \sim 110 \Omega$)	
$f_S = 200 \text{ kHz}$	
Circuit Parameters	
Power stage	Feedback controller
Q_1, Q_2 : IRFP460	Opto-coupler : PC817 PWM IC : UC3823
L_{ext} : 6.32 μH	
C_C : 2.2 μF	
D_1, D_2 : HFA30PA60C	
L_F : 151 μH	
C_F : 450 μF	

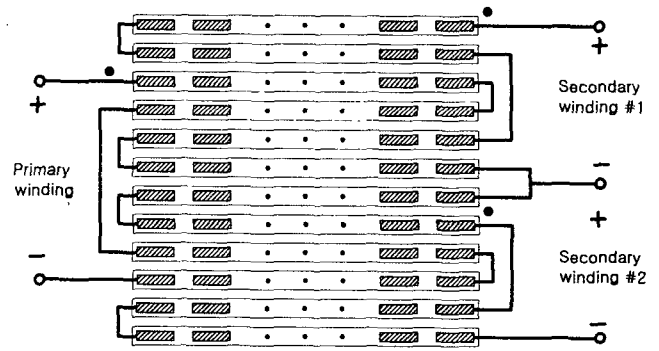


그림 3 변압기의 PCB 권선 구조

Fig. 3 Structure of PCB winding of power transformer

3. PCB 권선을 이용한 평면의 자기소자

제안된 서스테인 전원회로에서 가장 구별되는 특징은 모든 자기 소자에 PCB 권선을 이용한 박형의 자성체를 사용했다는 것이다.^[3] 그림 2는 제안된 컨버터에 사용되는 변압기의 내부구조와 외형이다. 그림 2(a)는 변압기를 분해한 모습을 나타낸다. 각 층마다 나선형으로 동판을 에칭시켜서 만든 다층 PCB는 E-I 코어로 둘러싸여 있다. 그림 2(b)는 각 층이 4ounce/ft²의 동 박판으로 된 12층 PCB를 사용하여 제작한 PCB 권선의 절단면이다. 그림 2(c)는 PCB 권선을 이용한 박형 변압기의 전체적인 모습을 나타낸다. 그림 1에서 나타낸 L_{ext} 과 L_F 도 단지 크기와 PCB 권선 층수만 다를 뿐 구조와 외형은 변압기의 경우와 동일하다.

표 2는 제안된 컨버터에 사용되는 박형 자기 소자에 관한 세부사항이다. 자기 소자의 크기는 스위칭 주파수와 컨버터의 출력 전력을 고려하여 선택하였다. 제안된 컨버터에서 사용한 박형의 자기 코어는 Ferroxcube사의 페라이트 코어이다. 동 패턴은 코어의 윈도우를 최대한 사용할 수 있도록 직사각형의 나선형으로 설계되었고, 적합한 인덕턴스 값을 고려하여 동 패턴의 크기와 모양을 실험적으로 결정하였다. 도통 손실을 줄이기 위해서 동 패턴 간 간격은 PCB 제조공정상에서 최소화 하였다. 표 2에서 자기 소자들의 측정된 인덕턴스 값을 나열하였다. 변압기에서 L_m 은 자화 인덕턴스이고 L_k 는 누설 인덕턴스이다.

그림 3은 변압기의 PCB 권선 구조이다. 4개의 중간층은 1차측 권선으로 되어있으며, 나머지 8개 층은 센터 탭 구조의 2차 권선으로 되어있다. 모든 층이 동일한 구조로 되어있기 때문에 변압기의 턴

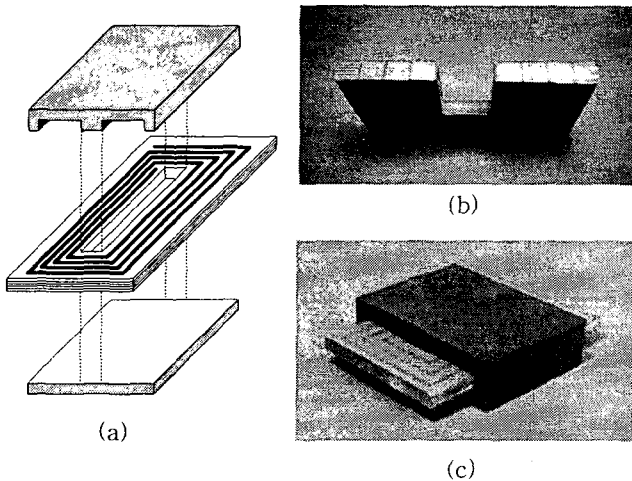


그림 2 PCB 권선과 박형 코어를 사용한 박형 변압기 제조

(a) 변압기의 분해도 (b) PCB 권선의 절단면
(c) 박형 변압기의 전체적인 모습

Fig. 2 Planar power transformer fabricated using the PCB winding and planar cores

(a) Exploded view of transformer (b) Cross-sectional view of PCB winding (c) Overall view of transformer

Opto-coupler와 PWM IC를 사용한 일반적인 전압 제어으로써 출력 전압을 레귤레이션 한다. 데드타임(dead time) 동안 일어나는 영전압 스위칭 및 컨버터의 세부적인 동작은 [1]-[2]에 잘 나타나 있다.

표 1은 제안된 컨버터의 동작 조건 및 회로 변수이다.

표 2 PCB 권선을 이용한 박형 자기 소자
Table II PCB Winding-Based Planar Magnetic Components

		Power transformer	Auxiliary inductor	Filter inductor
Symbol in Fig. 1		T_r	L_{ext}	L_f
Overall shape and dimensions in mm				
Cores		E64/10/50-3F3 PLT64/50/5-3F3	E38/8/25-3F3 PLT38/25/4-3F3	E43/10/28-3F3 PLT43/28/4-3F3
PCB winding	Shape and dimension of copper layer			
	Numbers of layers	12 layers	2 layers	6 layers
	Cross sectional view			
		Dimensions of copper trace		
$W = 4.2 \text{ mm}$		$W = 4.2 \text{ mm}$	$W = 4.2 \text{ mm}$	
$d = 0.8 \text{ mm}$	$d = 0.8 \text{ mm}$	$d = 0.8 \text{ mm}$		
$t = 140 \mu\text{m}$	$t = 140 \mu\text{m}$	$t = 140 \mu\text{m}$		
Measured inductive parameters		$L_m : 330 \mu\text{H}$ $L_k : 0.68 \mu\text{H}$	$L_{ext} : 6.32 \mu\text{H}$	$L_f : 151 \mu\text{H}$

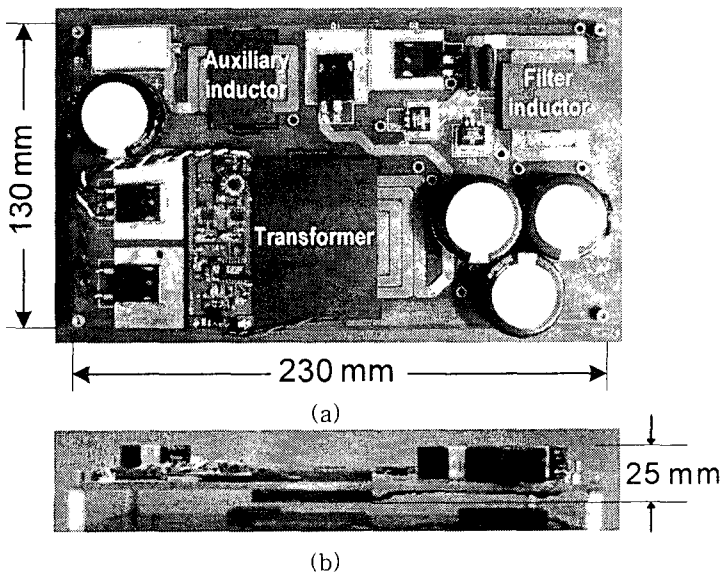


그림 4 제안된 박형 전원회로 사진
(a) 윗면 (b) 측면

Fig. 4 Photography of proposed low-profile sustain power supply (a) Top view (b) Side view

수비는 1:1이다. 그림 3과 같이 샌드위치 권선 기법을 사용하여 PCB 권선의 교류 저항성분을 감소시켰다. 영전압 스위칭에 필요한 인덕턴스 값보다 PCB 권선의 누설 인덕턴스 값이 작기 때문에 6.32 μH 의 보조 인덕터를 추가하였다.

4. 제안된 컨버터의 성능

그림 4는 제안된 서스테인 전원회로의 사진이다. 컨버터에 사용된 자기 소자들은 12층 PCB 기판을 이용하여 제작하였다. 이 기법을 통해 제조공정을 간단히 할 수 있고 전원회로의 가격을 낮출 수 있다. 제안된 컨버터의 두께는 25 mm 이다. 컨버터의 두께는 자기소자의 높이에 의해서가 아니라 필터 커패시터에 의해서 결정된다. 본 논문에서 제안된 컨버터는 필터 커패시터로 Rubycon사의 150 $\mu\text{F}/400\text{V}$ 용 커패시터를 사용하고 있으며 컨버터를 230mm \times 130mm \times 25mm 크기로 소형화하였다.

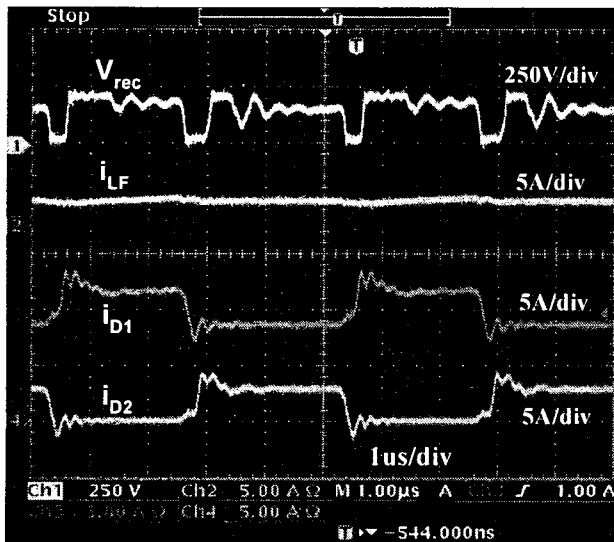
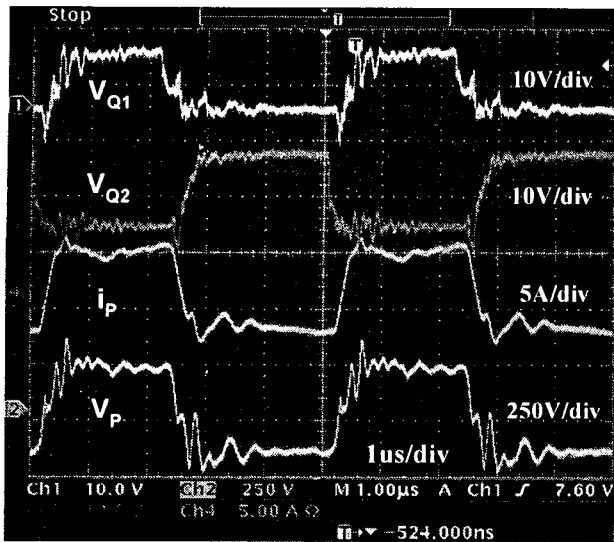


그림 5 제안된 서스테인 전원회로의 실험 파형

Fig. 5 Experimental waveforms of prototype sustain power supply

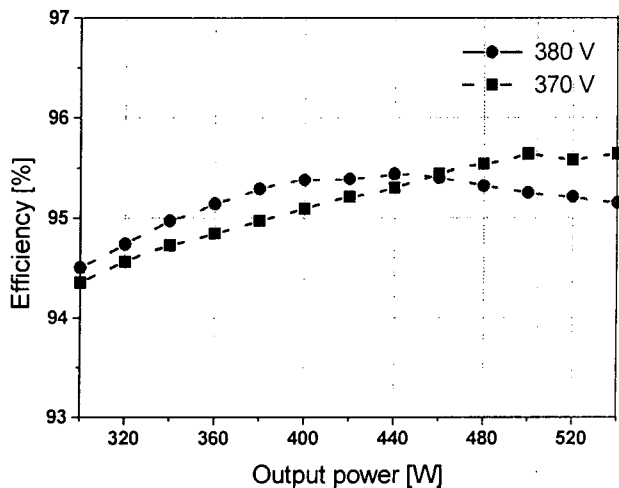


그림 6 제안된 서스테인 전원회로의 효율

Fig. 6 Efficiency of prototype sustain power supply

그림 5는 제안된 컨버터를 $V_s=380$ V, $I_o=3$ A의 동작조건에서 측정된 실험 파형이다. 측정된 파형은 [1]-[2]의 이론적인 파형과 유사함을 알 수 있다.

그림 6은 제안된 컨버터의 효율이다. 효율은 넓은 동작범위에서 95 % 이상 측정되었으며, 이는 제안된 컨버터의 성능과 적용 가능성을 보여주고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 ac PDP 응용 시스템 내부에 있는 서스테인 구동회로에 전원을 공급하기 위한 박형 직류-직류 컨버터를 제안하였다. 이 컨버터는 PCB 권선과 박형 자기 소자를 이용하였다. 제안된 박형 컨버터를 설계 제작하여 실험으로 성능을 확인하였다. 제안된 컨버터의 변환 효율을 95 % 이상 유지하면서 $230\text{mm} \times 130\text{mm} \times 25\text{mm}$ 크기로 소형화 시키는데 필요한 세부적인 사항을 기술하였다.

이 논문은 한국과학재단 기초연구지원으로 수행되었음. (R12-2002-055-02001-0)

참 고 문 헌

- [1] P. Imbertson, and N. Mohan, "Asymmetrical Duty Cycle Permits Zero Switching in PWM Circuits With no Conduction Loss Penalty," IEEE Trans. Ind. Applica., vol 29, no. 1, pp. 121-125, 1993.
- [2] R. Oruganti, P. C. Heng, J. T. K. Guan, L. A. Choy, "Soft-Switched DC/DC Converter With PWM control," IEEE Trans. Power Electron., vol. 13, no. 1, pp. 102-114, Jan. 1998.
- [3] I. W. Hofsajar, J. A. Ferreria and J. D. Wyk, "Design and Analysis of Planar Integrated L-C-T Components for Converters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 15, no. 6, pp. 1221-1227, Nov. 2000.