

# 박형 자기소자를 이용한 AC-PDP 전원회로의 설계 및 제작

김명수, 최병조  
경북대학교 전자공학과

## Design and Implementation of AC-PDP Power Supply using Planar Magnetic Components

Myoungsoo Kim and Byungcho Choi  
Kyungpook National University

### ABSTRACT

This paper presents the design and implementation of a low-profile power supply developed for AC-PDP application systems. In the proposed power supply, planar magnetics and SMD devices are integrated into advanced power conversion techniques to implement a low-profile power supply applicable to most AC-PDP application systems. Engineering details on the design and fabrication of planar magnetic components are presented. The performance of the prototype power supply is also demonstrated to validate the application potentials of the proposed power supply.

### 1. 서 론

AC-PDP 전원회로는 역률보상회로, 서스테인 전원회로, 그리고 여러개의 컨버터로 구성되어있다. 이 중에서 역률보상회로와 서스테인 전원회로가 AC-PDP 전원회로에서 전체소비전력의 70% 이상을 차지하므로 전체 전력 시스템의 부피, 무게, 가격을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 PDP TV 시스템의 고효율·저소비전력화를 위해서는 고효율의 역률보상회로와 서스테인 전원회로가 필요하다. 또한 벽걸이형 PDP TV 시스템에 적용하기 위해서는 전원회로가 박형으로 제작되어야 한다.

본 논문에서는 전원회로의 박형화에 걸림돌이 되는 자기소자(인덕터·변압기)를 박형 자기코어와 PCB권선을 이용하여 박형으로 설계·제작하고 이를 전원회로에 적용한다. 역률보상회로에는 입력전류의 필터링에 유리하고 평균전류제어기법을 이용하여 입력전류의 제어가 용이한 부스트형 역률보상

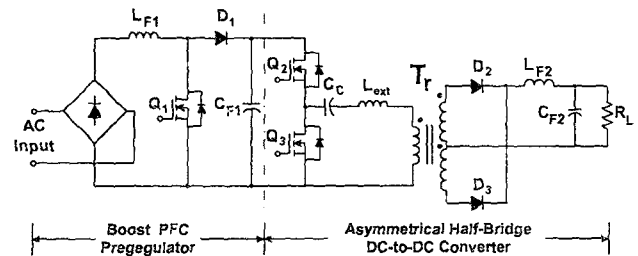


그림 1 AC-PDP 전원회로  
Fig. 1 AC-PDP power supply

회로를 이용한다. 서스테인 전원회로에는 도통손실이 적고 영전압 스위칭에 의한 스위칭 손실이 적은 비대칭 하프 브릿지 컨버터를 이용한다. 이러한 역률보상회로와 서스테인 전원회로를 하나의 PCB기판에 제작하여 입력전압 90~260Vrms에서 역률개선 여부와 전원회로의 효율을 검증한다. 또한 박형의 소자들을 이용하여 전원회로를 두께 30mm이하로 제작하여 PDP TV 시스템의 박형화 가능성을 제시한다.

### 2. AC-PDP 전원회로의 설계

그림 1은 제어단을 제외한 역률보상회로와 서스테인 전원회로로 구성된 AC-PDP 전원회로도이다. 역률보상회로는 상용교류전원을 전파정류하기 위한 브릿지 정류기(Bridge rectifier), 일반적인 부스트 컨버터(Boost converter), 그리고 교류전압을 직류전압으로 변환시키는 커패시터로 구성된다. 부스트형 역률보상회로는 출력전압이 높아서 전원단 반도체 소자의 정격이 높아진다는 단점이 있다. 하지만 스위치 구동이 간단하고, 인덕터가 입력측에 위치하고 있어서 입력전류의 제어와 필터링이 용이하다. 또한 평균전류제어기법을 이용하여 높은 역률을 얻

표 1. AC-PDP 전원회로의 동작조건 및 회로변수  
Table 1. Operational conditions and circuit parameters of AC-PDP power supply

Operational Conditions	
Input voltage = 90~260Vrms	
Output voltage = 180Vdc	
Output current = 1.7~3.0A	
Switching frequency: 100kHz (PFC Circuit) 200kHz (DC-to-DC Converter)	
Circuit Parameters	
Power stage	Controller
Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> : FQA28N50 D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub> : HFA30PA60C L <sub>F1</sub> : 414 $\mu$ H C <sub>F1</sub> : 450 $\mu$ F C <sub>C</sub> : 2.2 $\mu$ F L <sub>ext</sub> : 5.63 $\mu$ H L <sub>F2</sub> : 131 $\mu$ H C <sub>F2</sub> : 330 $\mu$ F	Control IC : UC3823 PFC Control IC: UC3854

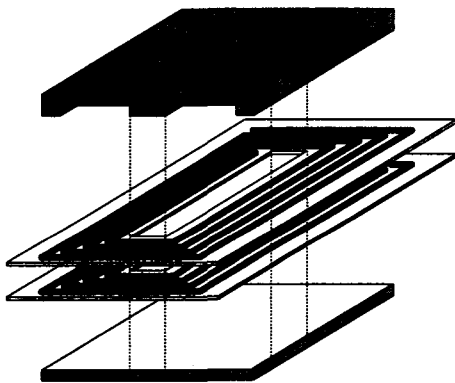


그림 2 박형자기소자의 구조도  
Fig 2 Structure of planar magnetic components

을 수 있으며, 잡음내성이 우수하다. 역률보상회로의 설계에 대한 상세한 내용은 참고문헌[1]~[4]에 잘 나타나 있다.

서스테인 전원회로의 1차측은 두개의 MOSFET의 시비율이 상보적으로 동작하는 하프 브릿지 구조와 클램프 커패시터(C<sub>C</sub>)로 구성되어 있으며, 2차측은 센터탭 전파 정류기와 필터로 이루어져 있다. 비대칭 하프 브릿지 직류-직류 컨버터는 쉽게 영전압 스위칭을 할 수 있기 때문에 입력전압과 출력전압이 높은 서스테인 전원회로에 특히 유리하다. Opto-coupler와 PWM IC를 사용한 일반적인 전압제어

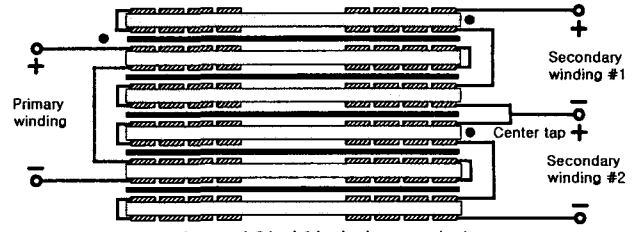
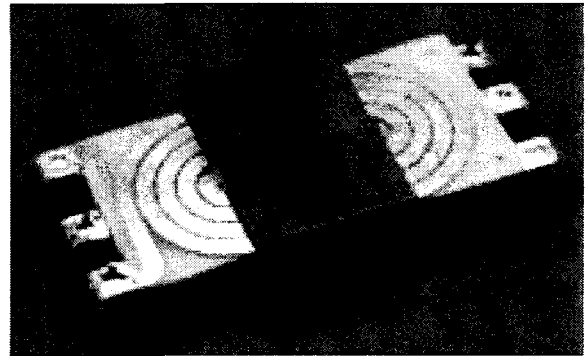


그림 3 박형변압기의 PCB권선 구조

Fig 3 Structure of PCB winding of planar transformer



(a)



(b)

그림 4 PCB권선과 박형 자기코어로 제작한 박형변압기  
(a)박형변압기의 전체모습 (b)박형변압기의 측면모습

Fig 4 Planar transformer fabricated by PCB winding and planar magnetic cores

(a)Overall view of planar transformer  
(b)Side view of planar transformer

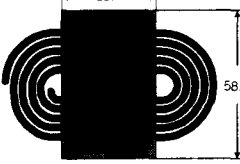
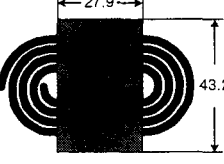
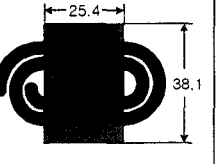
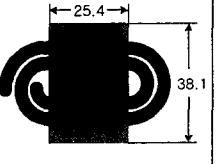






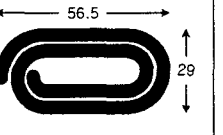
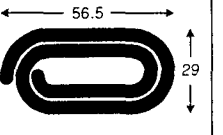
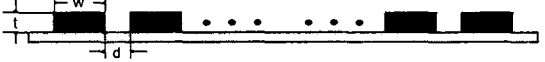
로써 출력 전압을 레귤레이션 한다. 데드타임(dead time)동안 일어나는 영전압 스위칭 및 컨버터의 세부적인 동작은 [5]~[6]에 잘 나타나 있다.

표1은 제안된 AC-PDP 전원회로의 동작조건 및 회로변수이다.

### 3. PCB 권선을 이용한 박형 자기소자의 설계 및 제작

제안된 AC-PDP 전원회로의 가장 구분되는 특징은 기존의 권선과 일반 자성체 대신 PCB 권선과 박형 자성체를 사용하여 자기소자들을 박형으로 구현한 점이다. 그림 2 (a)는 박형 자기소자의 개념을 보여주는 구조도이다. PCB 권선은 동판을 나선형으로 에칭시켜서 만든다. 여기에 박형 자성체를 결합하여 박형 자기소자를 만든다. 일반적으로 동판 두께는 표면효과(Skin Effect)를 고려하여 4ounce/ft<sup>2</sup>.

표 2 박형 자기소자들의 세부사항  
Table 2 Details of planar magnetic components

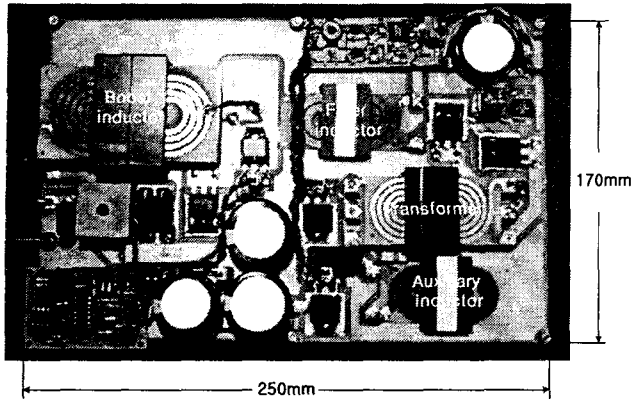
		Boost inductor	Power transformer	Auxiliary inductor	Filter inductor
Symbol in Fig. 1		$L_{F1}$	$T_r$	$L_{ext}$	$L_{F2}$
Overall shape and dimensions in mm					
					
Cores		E58/11/38-3F3 E58/11/38-3F3	E43/10/28-3F3 E43/10/28-3F3	E38/8/25-3F3 PLT38/25/4-3F3	E38/8/25-3F3 PLT38/25/4-3F3
PCB winding	Shape and dimension of copper layer				
	Numbers of layers	12 layers	12 layers	2 layers	2 layers
	Cross sectional view				
		Dimensions of copper trace			
		W = 3 mm	W = 2.5 mm	W = 4.3 mm	W = 4.3 mm
d = 0.8 mm	d = 0.8 mm	d = 0.8 mm	d = 0.8 mm		
t = 140 μm	t = 140 μm	t = 140 μm	t = 140 μm		
Measured inductive parameters		$L_{F1} : 414 \mu\text{H}$	$L_m : 380 \mu\text{H}$ $L_k : 0.68 \mu\text{H}$	$L_{ext} : 5.68 \mu\text{H}$	$L_{F2} : 131 \mu\text{H}$

내외로 제한한다. 이용할 동판의 두께가 결정되면 권선에 흐르는 전류를 고려하여 PCB 권선의 폭을 결정한다. 권선을 감을 횟수가 결정되면 결정된 폭으로 동판을 나선형으로 에칭하여 PCB 권선을 제작한다. 실제 코어에서 PCB 권선이 들어가는 부분의 크기가 제한되므로 원하는 횟수만큼 에칭할 수 없는 경우에는 다층의 동판을 직렬로 연결한다. 또 다른 경우 PCB 권선의 폭을 줄이고 권선수(number of turns)를 늘여 여러층을 병렬로 연결할 수 있다.

그림 3은 본 논문의 서스테인 전원회로에 사용된 박형변압기의 PCB 권선의 구조이다. PCB 권선은 도통손실을 최소화하기 위하여 4ounce/ft<sup>2</sup> 두께의 동판을 사용하였고, 샌드위치 권선구조(sandwiched winding structure)를 이용하여 교류 저항성분을 감소시켰다. 박형변압기의 PCB 권선은 1차측 권선 4층과 센터탭구조(Center-tapped structure)를 가지는 2차측 권선 8층으로 전체 12층이다.

1차측과 2차측의 권선비는 1: 1: 1이다. 박형인덕터의 PCB 권선의 패턴은 박형변압기의 경우와 동일하고, 각각 인덕터의 인덕턴스값에 따라 권선수(number of turns)와 층수가 달라진다. 그림 4는 실제 제작한 박형변압기의 전체모습과 측면모습이다.

표 2는 본 논문에서 제안된 박형 자기소자에 관한 세부사항이다. 박형자성체는 Ferroxcube사의 페라이트 코어(Ferrite core)이다. 자성체의 크기는 스위칭 주파수와 출력전력을 고려하여 결정하였다. 동패턴사이의 간격은 전기적 절연을 최대한 고려하여 결정하였다. 표에서 자기소자의 인덕턴스값을 나열하였다.  $L_m$ 은 변압기의 자화 인덕턴스이고  $L_k$ 는 누설 인덕턴스이다. 박형변압기는 영전압 스위칭에 필요한 인덕턴스 값보다 PCB 권선의 누설 인덕턴스 값이 작기 때문에 5.68 μH의 보조 인덕터  $L_{ext}$ 를 추가하였다.



(a)



(b)

그림 5 제작된 박형 AC-PDP 전원회로 사진  
Fig 5 Photograph of prototype low-profile AC-PDP power supply

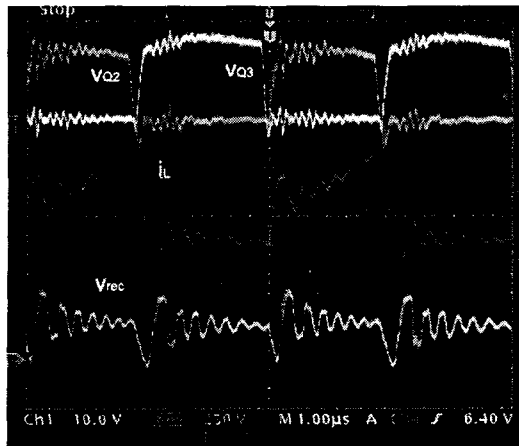
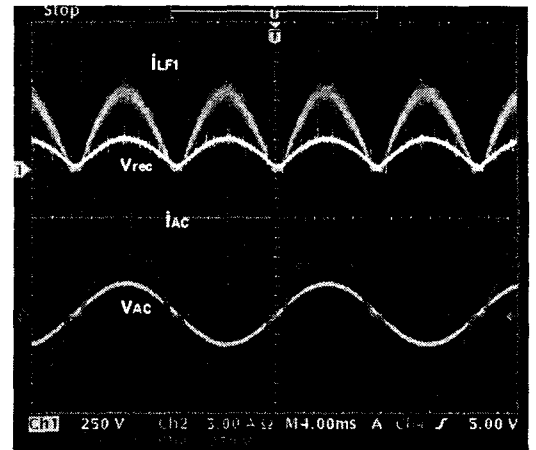


그림 6 비대칭 하프 브릿지 직류-직류 컨버터의 실험파형

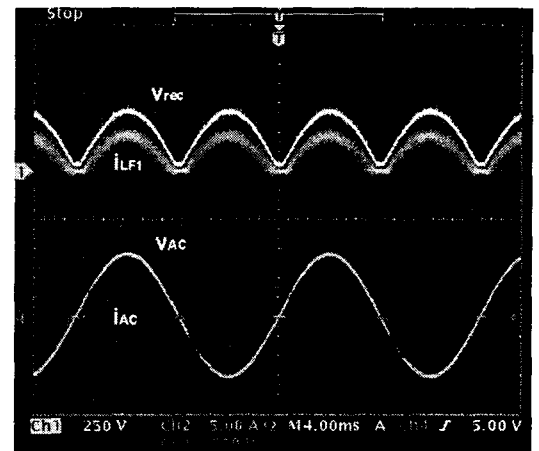
Fig 6 Experimental waveform of asymmetrical half bridge dc-to-dc converter

#### 4. AC-PDP 전원회로의 성능

그림 5는 제작된 AC-PDP 전원회로의 실제모습이다. 박형 자기소자들은 별도로 설계·제작하여 PCB기판위에 실장하는 형태를 가진다. PCB 권선을 PCB기판에 함께 에칭할 수 있지만 그럴 경우 12층 기판을 이용하여 회로를 제작하여야 하므로 비용이 많이 든다. MOSFET과 정류 다이오드는 표면실장하였다. 실제 회로의 두께는 자기소자의 두께에 의해서가 아니라 필터 커패시터의 두께에 의해서 결정된다.



(a)  $v_{in} = 110V_{rms}$



(b)  $v_{in} = 220V_{rms}$

그림 7 역률보상회로의 실험파형  
Fig 7 Experimental waveform of PFC Circuit

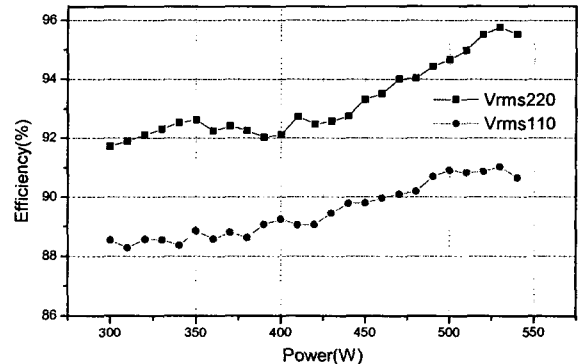


그림 8 제작된 AC-PDP 전원회로의 효율  
Fig 8 Overall efficiency of prototype AC-PDP power supply

필터 커패시터는 Rubycon사의  $150\mu F/400V$ (PFC Circuit)와  $330\mu F/200V$ (DC-to-DC converter) 박형 커패시터를 이용하였다. 결국 전체회로는 두께 30mm의 박형으로 제작되었다. 그림 6은 비대칭 하프 브릿지 직류-직류 컨버터의 실험파형이다. 그림

7은 역률보상회로의 실험과형이다. 그림 8은 제작된 AC-PDP 전원회로의 효율을 측정한 그래프이다. 전부하시 입력전압  $V_{in} = 110V_{rms}$ 에서 약 91%와 입력전압  $V_{in} = 220V_{rms}$ 에서 약 96%로 높은 효율을 나타냄을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 박형 자기소자를 이용하여 AC-PDP 전원회로를 설계·제작하였다. 제안된 전원회로는 PFC 회로와 서스테인 전원회로로 구성되었다. PFC 회로에는 부스트형 PFC회로를 적용하고, 서스테인 전원회로에는 비대칭 하프 브릿지 직류-직류 컨버터를 적용하였다. 박형 자기소자는 PCB 권선과 박형 자기코어를 이용하여 설계하였다. 박형 자기소자 이외에도 박형 커패시터와 SMD 소자들을 이용하여 AC-PDP 전원회로를 30mm의 박형으로 구현하였다. 제작된 박형 AC-PDP 전원회로의 성능을 실험을 통하여 검증하였다. 전체 회로의 변환효율은 전부하, 입력전압  $90V_{rms} \sim 260V_{rms}$ 에서 90%이상을 유지하였다.

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

## 참고 문헌

- [1] L. H. Dixon, "High power factor preregulator for off-line supplies," *Unitrode Power Supply Design Seminar Manual SEM600*, 1988.
- [2] L. H. Dixon, "High power factor preregulator design optimization," *Unitrode Power Supply Design Seminar Manual SEM700*, 1990.
- [3] P. C. Todd, "UC3854 Controlled power factor correction circuit design," *Unitrode Application Note, U-134*.
- [4] L. H. Dixon, "Average current mode control of switching power supplies," *Unitrode Power Supply Design Seminar Manual SEM700*, 1990.
- [5] P. Imbertson, and N. Mohan, "Asymmetrical Duty Cycle Permits Zero Switching in PWM Circuits With no Conduction Loss Penalty," *IEEE Trans. Ind. Applic.*, vol 29, no. 1, pp. 121-125, 1993.
- [6] 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.
- [7] I. W. Hofsaajar, 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.
- [8] Ali I. Maswood, Kim Keng Song, "Design Aspects of Planar and Conventional SMPS Transformer: A Cost Benefit Analysis" *IEEE Trans. Ind. Electron.* vol. 50, no. 3, June 2003.
- [9] "Design of Planar Power Transformer," *Application Note, Ferroxcube*, May, 1997.
- [10] "Planar E cores", *Application Note, Ferroxcube*, May, 1997.