

가전 디스플레이용 초슬림 전원장치에 관한 연구

길용만*, 진기석*, 안태영*, 장진행**
 청주대학교 전자공학과*, LG전자**

A study on ultra-slim power supply of display for domestic use

Yong-Man Gil*, Gi-Seok Jin*, Tae-Young Ahn*, Jin-Haeng Jang**
 The Department of Electronic Engineering, Cheong-Ju University*, LG Electronics**

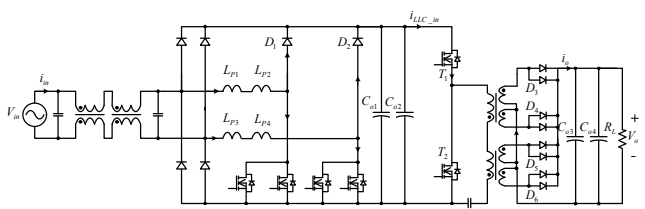
Abstract - 본 논문은 브릿지리스 인터리브 PFC의 높은 역률 개선과 LLC 공진형 하프브릿지 정류기 회로를 채택하여 풀부하 상태에서 90% 이상의 높은 효율로 내부손실과 내부상승 온도를 최소화 시키고, 메탈 PCB와 표면 실장형 부품, 스위칭 주파수를 높은 직렬구조 변압기 등을 적용하여 높이를 12.9mm이하로 제한해 기존의 가전 디스플레이용 전원 장치와 비교해 높은 효율과 박형화 하는 기술적 방법을 제시하였다.

1. 서 론

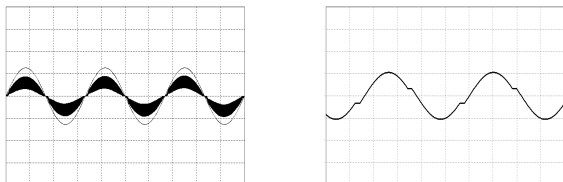
최근 가전용 디지털 디스플레이는 고화질과 대면적, 슬림화가 빠르게 진행되고 있다. 특히 TV의 상품성을 높이기 위해서 기술적 차별화가 필요하였고, 대량생산과 대재 수요가 증가함에 따라 TV의 각종 구성요소들의 박형화가 요구되고 있지만 부품의 크기와 방열판의 크기 때문에 기술적 한계에 도달해 있다. 본 논문에서는 박형화가 가능하면서도 충분한 방열방법을 제시하고, 시제품용 초슬림형 전원장치를 제작하여 그 방열효과와 선정한 목표효율에 대한 실험을 수행하여 그 결과를 보고하였다.

2. 초슬림 전원장치 구성

그림 1에는 초슬림형 전원장치의 회로도도 AC/DC 전력변환 장치이다. 한 개의 제어기가 180도 위상차로 2개의 스위치를 각각 구동시키면서 적정시비율과 주파수로 출력전압과 입력전류 파형을 제어하게 되며 실효치 및 접두치가 작아 효율 및 발열이 우수하다. 시스템 효율 및 소자 발열 측면에서 유리한 전류 연속모드 제어 브릿지리스 인터리브 PFC (Power Factor Corrector) 정류기 채택하고 인덕터의 크기를 줄이기 위하여 스위칭 주파수를 150KHz로 설계하였다^[1]. DC/DC컨버터로는 출력 인덕터가 없고 리액티브 소자로서 변압기를 1개만을 가지므로 구조가 간단하며 시스템 효율이 우수하고, 슬림형 전원장치의 적합한 LLC 공진형 하프브릿지 컨버터를 채택하였다. 그림 2에서는 설계된 회로도 대한 PFC 정류기와 LLC 공진형 하프브릿지 정류기의 시뮬레이션상의 이론 파형을 제시하였다.



<그림 1> 전원장치 기본회로 구성



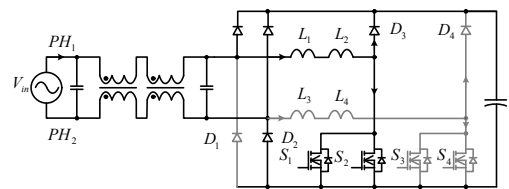
(a) PFC 입력 전압 및 전류 파형 (b) LLC 1차측 공진 전류 파형

<그림 2> 정상상태 동작 시뮬레이션 파형

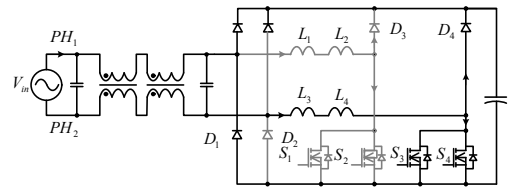
그림 3에서는 Semi-Bridgeless PFC정류기에 대한 동작 회로도도 가 있다. 그림 3 (a)는 입력 PH1의 양 전압 일 때의 동작 상태를 나타내며 D_1 이 개방 상태가 되고 D_2 가 리턴패스를 제공하며 이 때 PH1의

PFC단에 대한 입력전압은 접지를 기준으로 정현파를 정류한다. 그림 4(b)는 PH2의 양 전압 일 때의 동작 상태를 나타내며 D_1 이 리턴패스를 제공하고 D_2 는 개방되며 이 때 PH2의 PFC단에 대한 입력전압은 접지를 기준으로 정현파를 정류한다^[2].

그림 4 (a)에서는 Q_1 이 ON 상태가 되고, 입력전압은 스위치를 통해서 두 개의 스위치 중앙의 노드전압으로 인가된다. 또한 공진 커패시터 평균전압은 50% 시비율의 입력전압이 펄스 상태로 인가되기 때문에 입력 전압의 반이 평균값이 되며 공진형상에 의해 전압이 공진하게 된다. 그림 4 (b)는 스위치 Q_2 가 ON 상태가 되면서 입력전압이 전달되지 않으며 공진 전류와 자화 전류가 감소하게 되며 음의 상태 값을 가지게 되며 스위치 Q_2 의 바디를 통해 전류들이 흐르게 된다^[3].

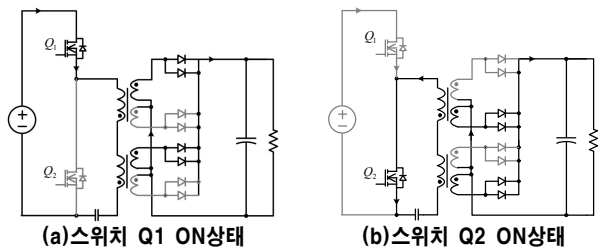


(a) 양 전압 인가 등가 회로



(b) 음 전압 인가 등가 회로

<그림 3> Bridgeless PFC 정류기 동작 등가 회로도



(a)스위치 Q1 ON상태

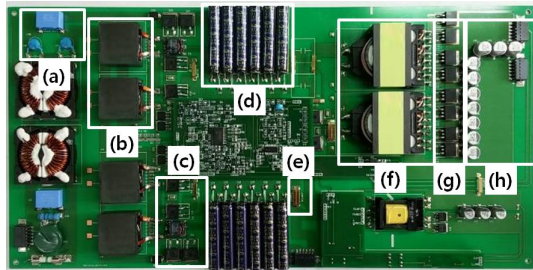
(b)스위치 Q2 ON상태

<그림 4> LLC 정류기 동작 등가 회로도

그림 5 과 같은 메탈 PCB는 방열판을 대신하여 발열하는 소자들의 온도를 감소시키는 역할을 한다. 그림 5은 시제품 사진으로 각 사용된 부품과 전원장치의 높이 사진을 보여준다. 표 1에는 초슬림형 전원장치의 사용된 메탈 PCB의 특성이 나와 있다. 하지만 메탈 PCB를 사용할 경우 PCB의 단면만 사용이 가능하여 패턴의 연결과 부품선정에 어려움이 있다.

그림 5 (a)는 펄스 캐패시터와 고압 커패시터를 놓쳐 제작한 모습이다. 그림 5 (b)는 PFC 정류기의 인덕터로 보빈이 없으며 권선을 얇은 선으로 감아 인덕터의 높이를 낮추었으며 코어가 메탈 PCB의 직접 닿아 방열에 용이하다. 또한 스위칭 주파수를 높이고 직렬구조를 통해 인덕터의 크기를 줄일 수 있다. 그림 5 (c)의 PFC는 소자들을 표면 실장형을 사

용하여 높이가 낮고 방열에 용이하다. 그림 5 (d)는 PFC의 출력 커패시터로 슬림형 커패시터를 높혀 높이를 낮추었다. 그림 5 (e)는 구리 점퍼로 메탈 PCB에서의 어려운 단면 패턴의 연결을 위해 사용되었다. 그림 5 (f)는 LLC 컨버터의 변압기이다. 스위칭 주파수를 높이고 직렬구조로 제작하여 변압기의 크기를 줄였다. 그림 5 (g)는 LLC 컨버터의 출력 다이오드이다. 그림 5 (h)는 LLC 컨버터의 출력 커패시터이다.



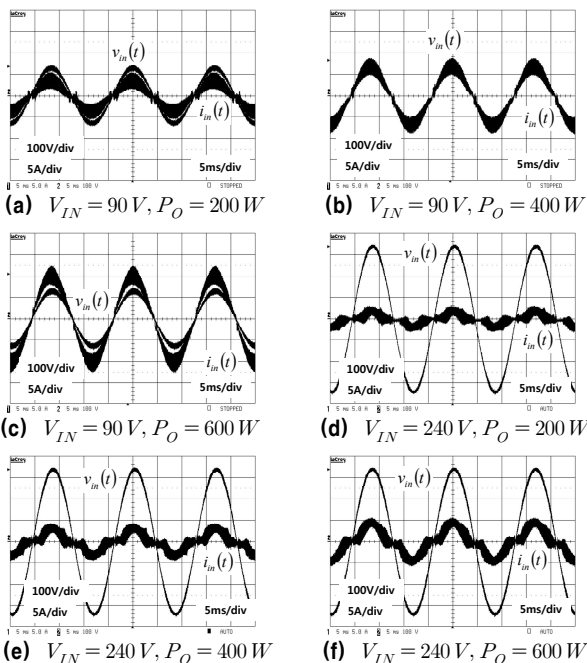
〈그림 5〉 가전 디스플레이용 초슬림 전원장치 시제품 사진

〈표 1〉 메탈 PCB 특성

Parameter	Value	Unit
내열	288	°C
내전압	3.0	KV
절연체 두께	90	μm
Peel 강도	1.0	kgf/cm

3. 초슬림 전원장치 특성 실험

본 논문에서 제안된 회로의 동작이 메탈 PCB상에서도 정상동작을 하는지 입증하기 위해 표 2에 명시된 사양을 이용하여 실험을 수행 하였다. 그림 6에는 PFC의 입력전압과 입력전류의 파형이 나타나있다. 그림 6 (a)~(c)는 입력전압을 90V에 출력전력을 200W 씩 600W까지 측정된 파형이고 (d)~(f)는 입력전압을 240V에 출력전력을 200W 씩 600W까지 측정된 파형이다. 입력전류가 입력전압을 추종하는 파형으로 PFC의 목적인 역률개선이 이루어진 것을 확인할 수 있다.

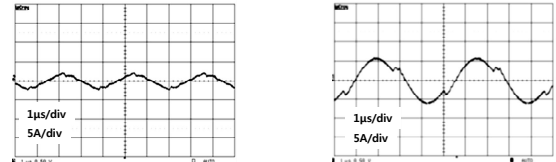


〈그림 6〉 시제품 입력전압 및 전류파형

그림 7에는 LLC 공진형 하프브릿지 정류기의 공진 전류파형이 나와 있다. 그림 7 (a)는 무부하 상태에서의 공진 전류파형이며 (b)는 최대부하 상태인 출력 522W에서의 공진 전류파형을 보여준다. 무부하에서는 피드백이 걸리기 시작한 시점으로 포토커플러의 컬렉터-이미터가 동동

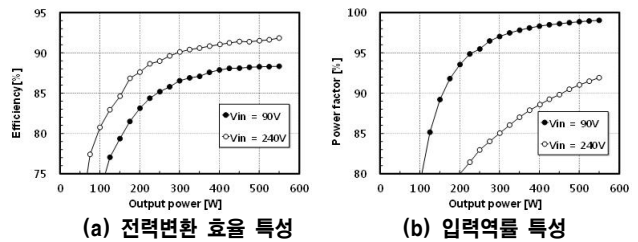
이 되어 컬렉터에 연결되어 있는 저항은 그라운드로 접지가 된다. 따라서 최소 주파수 결정 저항과 병렬이 되어 최대 주파수로 동작이 된다. 이 때 더 높은 부하를 줄수록 스위칭 주파수는 점점 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 최초의 최대 주파수는 312.5kHz로 동작하다가 최대 전류에서의 주파수는 217.4kHz로 동작을 하고 있다.

그림 8에는 가전 디스플레이용 초슬림 전원장치의 정상상태 특성 그래프가 나와 있다. 그림 8 (a)는 전력변환 효율특성, 그림 8 (b)는 입력역률의 특성 그래프를 나타낸다.



(a) $I_{OUT} = 0A, f_{sw} = 312.5kHz$ (b) $I_{OUT} = 23A, f_{sw} = 217.4kHz$

〈그림 7〉 LLC 1차측 공진 전류 파형



(a) 전력변환 효율 특성 (b) 입력역률 특성

〈그림 8〉 입력전압에 따른 시제품 정상상태 특성 그래프

〈표 2〉 시제품용 전원장치 사양

Parameter	Unit	Value	Remarks
Dimension	mm	350×200×12.9	W×L×H
Input voltage range	V	90-264	RMS
maximum output power	W	522	580W Input
standby PWR	W	3.5V/1.5A	5.25W
Main PWR	W	12V/8.5A	102W
Audio PWR	W	24V/1A	24W
Module PWR	W	24V/16.3A	391.2W
Target efficiency	%	90	90V, full load
방열 형태		Al Metal PCB	

4. 결 론

본 논문은 초박형의 가전용 디스플레이용 전원장치를 구성하기 위한 기술적 한계와 해결방법에 대해 보고하였다. 우선 브릿지리스 스위칭 정류기를 채택하여 정류기의 효율과 내부 전력손실을 저감하였고, 인덕터와 브릿지 다이오드의 소형화때문에 시스템이 박화되었다. 또한 직류-직류 변환부분에서는 LLC 공진형 하프브릿지 회로방식을 적용하여 스위칭 손실과 변압기 손실을 최소화 시켰고 특히 두 개의 병렬구조의 변압기를 사용하여 높이를 낮출 수 있었다. 스위칭 전원장치의 반도체 스위치에서 발생하는 내부열을 효과적으로 발산시키기 위해서 메탈 PCB를 적용하였으며, 그 결과 히트싱크를 사용하지 않게 되었고, 내부 발생 열을 낮출 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] B. Su, J. Zhang and Z. Lu, "Totem-Pole Boost Bridgeless PFC Rectifier with Simple Zero-Current Detection and Full-Range ZVS Operating at the Boundary of DCM/CCM," IEEE Trans. on Power Electronics, vol.26, no. 2, pp. 427-436, Feb. 2011.
 [2] Younghoon Cho; Jih-Sheng Lai "Digital Plug-In Repetitive Controller for Single-Phase Bridgeless PFC Converters", IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 28, no. 1, pp. 165-175, Jan. 2013.
 [3] Zhiyuan Hu ; Yajie Qiu ; "An Interleaved LLC Resonant Converter Operating at Constant Switching Frequency", IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 29, no. 6, pp. 2931-2943, June 2014.