

Ground Plane레이어를 적용한 SMPS 특성분석

박진홍^{1*}

¹해전대학교 전자캐드과

Analysis of SMPS Characteristics applying Ground Plane Layer

Jin-Hong Park^{1*}

¹Dept. of Electronic CAD, Hyejeon College

요 약 본 논문에서는 PCB Plane 레이어가 SMPS에 미치는 영향을 확인하기 위하여 일반적인 단면 PCB와 Plane을 갖는 양면 PCB를 이용한 SMPS의 출력특성을 각각 분석하였다. 그 이후 동일한 레이아웃을 갖는 PCB의 반대 면에 Ground Plane을 설치한 양면PCB를 이용하여 SMPS 기판을 작성하여 단면 PCB SMPS에 적용해서 분석한 모든 부품을 이동 실장한 후 두 SMPS의 출력특성을 전압, 전류, 고주파잡음 측면에서 비교 분석하였다. 그 결과 단면PCB의 SMPS는 100MHz대역의 고주파 잡음이 150mV인 반면, Ground Plane을 설치한 SMPS에서는 50mV로 1/3 저감되는 현상을 확인하였다. 그리고 고주파 잡음 성분 또한 감소됨을 확인하였다.

Abstract To verify the effect of PCB plane layer to the output characteristics of the Switched Mode Power Supply (SMPS), this paper compared with a generic one-layer PCB and a double-side PCB. This paper specially focused on the voltage, the current and the high frequency noise of the output characteristic of the SMPS, using a double-side PCB which has same layout and was installed a ground plane on the opposite side. This double-side PCB was assembled by all same components which used on the SMPS using the single-side PCB. The experiment results show the SMPS using the ground plan PCB can efficiently reduce the high frequency noise to 50mV at 100MHz from 150mV in the single-side PCB. And the results also show the high harmonics frequency was reduced as well.

Key Words : No-plane, PCB, Plane, SMPS

1. 서론

SMPS는 소형화, 경량화, 대용량이 요구되는 산업용 기기에서 많이 사용되고 있다. 일반적인 전원방식에 비해 용량의 한계를 높였으며 부피나 무게는 줄었다. 따라서 SMPS의 사용은 일반적인 기기에서부터 중대형의 기기 까지 다양한 분야에서 광범위하게 사용되고 있다[1].

SMPS를 이용한 전력변환 기술은 AC/DC, DC/DC, DC/AC, AC/AC변환에서 널리 사용되고 있는데 일반 가전제품에 가장 많이 적용하고 있는 변환이 AC/DC이다. 이들 스위칭을 이용한 전력변환 장치인 SMPS에서 발생하는 문제는 주로 불안정한 스위칭 파형에 기인한다. 경

우에 따라서는 파형 지터가 너무나도 확연하여 마그네틱 부품에서 가청잡음이 발생할 때도 있다. 때문에 PCB레이아웃과 관련된 경우에 원인을 파악하는 것이 쉽지 않은 편이다.

그럼에도 불구하고 일반적인 SMPS제작은 비용적인 측면을 고려하여 단면PCB를 이용한다.

본 논문에서는 일반적으로 활용하는 단면PCB와 의 설계결과와 후면에 Ground Copper pour(Ground Plane층)를 적용하여 완성한 PCB의 스위칭 전원 특성을 비교 분석하기 위해 단면 PCB로 제작한 SMPS의 출력특성을 분석하는 한편 동일PCB레이아웃에 Ground Copper pour(Ground Plane층)를 적용한 양면 PCB로 완성된 PCB

본 논문은 해전대학교 교내 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jin-Hong Park(Hyejeon College)

Tel: +82-41-630-5157 email: jhpark@hj.ac.kr

Received December 20, 2013 Revised January 8, 2014

Accepted January 9, 2014

에 단면PCB SMPS에 활용한 모든 수동-능동소자를 이동한 후 스위칭에 따른 잡음 현상을 비교 분석하였다.

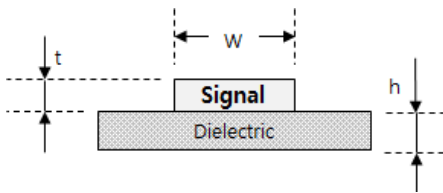
2. 본론

2.1 PCB 모델

스위칭 전원회로에 사용되는 스위칭소자와 같은 능동소자는 잡음의 주요한 원인을 제공한다. 특히 스위칭소자가 턴온 또는 턴 오프 동작을 하는 시점에서 발생하는 신호 반사 또는 고주파 잡음을 생성시키는 주요한 원인이라 할 수 있다. 이러한 현상은 EMI방사 외에 스위칭소자에 대한 스트레스로 작용하여 전원의 불안정성을 초래한다[2].

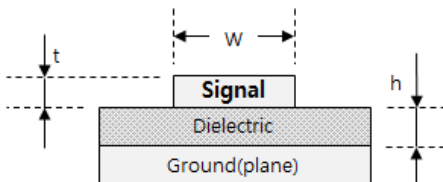
FR-4를 활용한 PCB의 상층부와 하층부(plane)에 각각의 전원패턴을 넓게 적용하여 방사 성분(RE)의 노이즈 성분을 줄이는데 이때 적용하는 것이 무한대 캐패시터이다. 일반적으로 수십~수백(MHz) 대역의 고주파 노이즈는 무한대 캐패시터의 정전용량에 의해 전계강도가 감소되는 것으로 알려져 있다[3].

본 논문에서 SMPS의 동작을 확인하기 위해 구성한 PCB의 구성모델 중 Non-plane 모델은 다음과 같다.



[Fig. 1] Structure of single-layer PCB

또한 두 번째로 적용하여 구성한 SMPS의 PCB모델은 마이크로스트립구조를 갖는 구조로 다음과 같다.



[Fig. 2] Structure of Microstrip

Fig. 2와 같은 마이크로스트립구조를 적용할 경우 PCB의 특성임피던스는 식(1)과 같이 얻어지며 패턴단면적에 따른 전류허용치는 식(2)와 같다.

$$Z_0 = \frac{87.0}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln\left(\frac{5.89h}{0.8W + t}\right) \quad (1)$$

$$I = kT^{0.44} A^{0.725} \quad (2)$$

또한 마이크로스트립 구조의 PCB패턴의 L,C성분은 각각 식(3)-(5)를 통하여 얻을 수 있다.

$$TD = l \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{c} \quad (3)$$

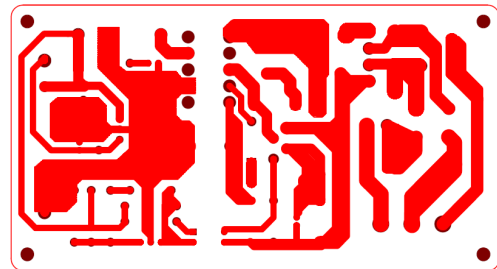
$$L_{total} = TD \times Z_0 \quad (4)$$

$$C_{total} = \frac{TD}{Z_0} \quad (5)$$

TD : 트랜스미션라인길이에 따른 신호전파시간

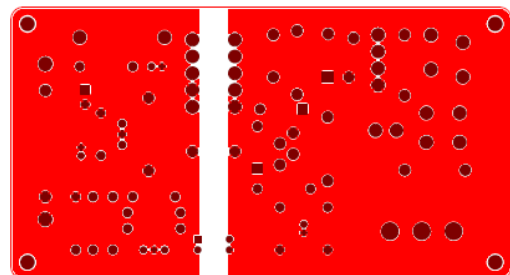
l : 트랜스미션라인 길이

이상에서 언급한 단면구조의 PCB를 이용한 SMPS의 레이아웃은 Fig. 3과 같이 구성하여 Solder(Bottom)면에 배선하였고, Component(Top)면에 부품을 실장하였다.



[Fig. 3] Routing layer of SMPS PCB

또한 Fig. 3의 배선 층 레이아웃 데이터를 전혀 변화없이 Component(Top)면으로 이동하고 Solder (Bottom)면에는 1차 측 Ground와 2차 측 Ground를 분리한 Plane 레이어를 설정하여 구성하였다.



[Fig. 4] Plane layer fo SMPS

본 실험은 단면 PCB와 양면PCB에 실장하여 실험한 부품이 서로 다를 경우 각 소자의 파라미터성분 차이에 따른 특성변화를 고려하여 단면 PCB SMPS특성 측정 후 모든 부품을 마이크로스트립 구조를 갖는 양면PCB에 재 실장하여 동일한 조건에서 측정을 진행하였고 본 실험을 위하여 활용한 측정기기는 다음과 같다.

[Table 1] Measuring Equipment

Equipment	Model	Manufacturers
Oscilloscope	TDS3034	Tektronix
Current Probe	A621	Tektronix
RLC Meter	DU-6021	Delta-united INS.

RLC미터를 이용하여 Ground Plane을 적용하지 않은 단면PCB(No-Plane)의 입출력 파라미터와 마이크로스트립구조로 제작한 양면PCB(Plane) SMPS의 입출력 파라미터를 비교한 결과는 다음과 같다.

[Table 2] Input Parameters of Plane and No-Plane

Input	No-Plane	Plane
Z	511.21Ω	511.67Ω
R	3.5Ω	3.69Ω
C	311.33nF	311.06nF
L	81.3mH	81.4mH
Q	145.1	139.8

[Table 3] Output Parameters of Plane and No-Plane

Output	No-Plane	Plane
Z	1.780Ω	1.765Ω
R	0.312Ω	0.305Ω
C	90uF	91.40uF
L	279uH	277uH
Q	5.61	5.71

3. 실험결과

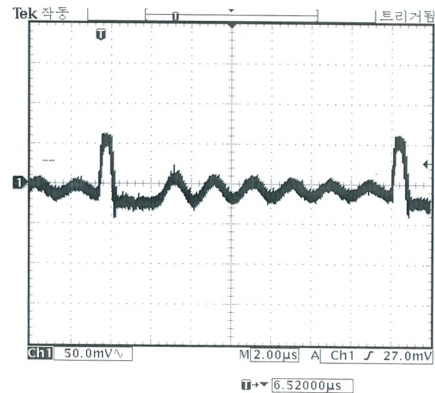
Fig. 5는 Plane을 적용한 SMPS의 무부하시 출력의 리플전압을 측정한 결과로 스위칭 잡음이 발생하지 않고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 6과 Fig. 7은 No-Plane과 Plane SMPS의 부하에 15Ω의 저항부하를 장착하고 출력 리플 전압을 측정한 결과로 양측 모두 수동소자에 의한 리플엔 변화가 없지만

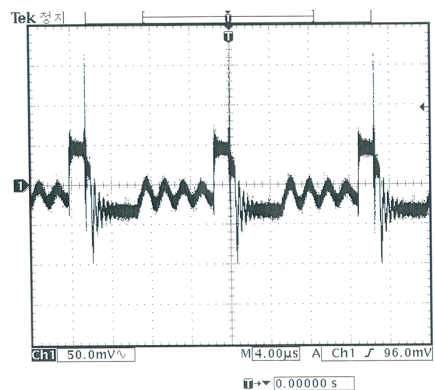
No-Plane SMPS의 경우 최대 150mV의 고주파 잡음이 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 Plane을 적용한 SMPS의 경우 리플 최대전압인 50mV를 넘지 않고 있음을 확인할 수 있다.

Fig.8과 Fig. 9는 No-plane과 Plane 적용 SMPS에 15Ω 저항 부하를 적용한 상태에서 Tektronix A621 전류 프로브를 이용하여 출력전류를 측정하는 동시에 TDS3034 오실로스코프의 FFT기능을 이용하여 주파수 특성을 확인한 결과로 두 경우 모두 250kHz 대역에서 유사한 결과가 얻어지고 있음을 확인할 수 있으나 No-plane의 전류 고주파 성분이 Plane 고주파성분보다 2배 이상 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

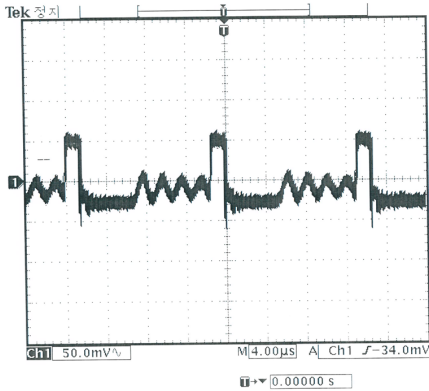
Fig. 10과 Fig. 11은 Fig.8과 Fig. 9의 고주파 스위칭 잡음을 확대하여 측정한 결과로 83.5MHz~233.5MHz대역에서 발생하는 고주파잡음을 측정한 결과이다. Fig. 10에서 확인할 수 있듯이 No-plane SMPS의 경우 85MHz, 120MHz, 200MHz에서 잡음이 발생하고 있지만 Plane 적용 SMPS의 경우 110MHz대역에서만 고주파 잡음이 발생하고 있음을 확인할 수 있다.



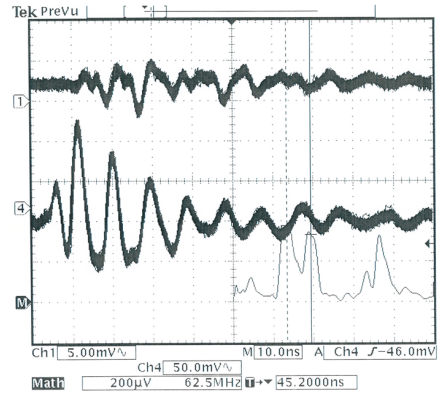
[Fig. 5] Output Voltage on no-load [Plane]



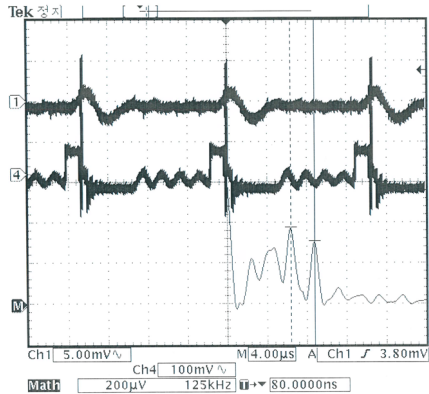
[Fig. 6] Output Voltage on 15Ω load [No-plane]



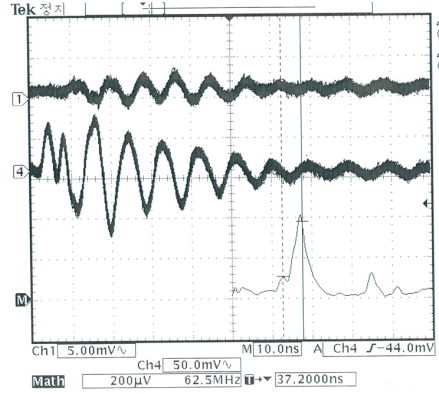
[Fig. 7] Output Voltage on 15Ω load [Plane]



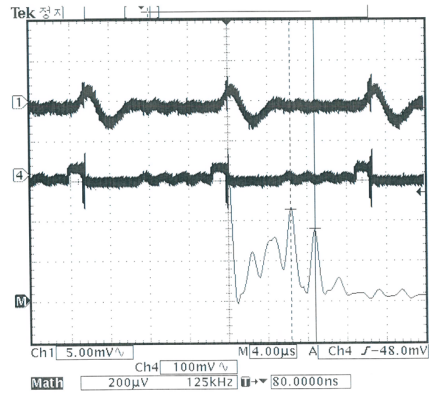
[Fig. 10] High-Freq. Noise on 15Ω load [No-plane]



[Fig. 8] Output Current/Voltage on 15Ω load[No-plane]



[Fig. 11] High-Freq. Noise on 15Ω load[plane]



[Fig. 9] Output Current/Voltage on 15Ω load[Plane]

4. 결론

본 논문에서는 일반적으로 단면으로 설계하여 제작하는 SMPS의 출력신호 특성을 확인하였고, 단면PCB설계에 사용한 동일한 PCB 레이아웃을 적용한 상태에서 PCB의 반대 면에 Ground Plane을 설치하여 PCB를 제작한 후 단면 SMPS에서 사용한 모든 부품을 이동 실장한 후 동일한 조건에서 SMPS의 출력특성을 분석하여 비교하는 실험을 실시하였다.

그 결과 No-Plane을 적용한 PCB를 이용한 SMPS의 출력특성 중 100MHz 대역의 고주파 리플이 150mV이상 발생하는 반면 Plane을 적용한 SMPS의 경우 50mV이하의 리플 특성이 발생함을 확인하였다. 또한 FFT를 통하여 80MHz ~ 200MHz까지의 출력특성을 확인한 결과 No-Plane SMPS에서는 85MHz, 120MHz, 200MHz등 다양한 주파수에서 고주파잡음이 발생하고 있지만 Plane 적용 SMPS의 경우 110MHz에서만 고주파잡음이 발생하

고 있음을 확인하였다.

본 연구는 단면 PCB 구조의 SMPS와 Plane을 갖는 Micro-Strip구조의 SMPS의 출력특성을 측정하였으나 향후 부분적 Plane 및 Strip-line구조와 같은 다양한 구성을 통한 실험이 필요할 것이다.

References

- [1] S.C. Baik, Y.H. Lee, "Study on the Healthy diagnosis using the PWM and Output Corrugation of SMPS", Conference on Korean Institute of Information Technology, pp26-29, 2006
- [2] J.H. Park, "Analysis of Power Transfer and Noise Characteristics for PCB Design of DC/DC Converter" Juournal of KAIS, Vol.10, No.2,pp.264-268, 2009
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.2.264>
- [3] T.G.Kim, G.B. Chung, W.Y. Lee, "A utilization of PCB capacitor to reduce the output voltage ripple in Flyback SMPS", Conference on Power Electronics, pp.102-105, July, 2003
- [4] "Layout Guidelines fr Switching Power Supplies" Texas Instruments, Application Report, AN-1149, Oct. 1999
- [5] "EMC Specifications and PCB Guidelines for SMPS Devices",On Semiconductor, AND8301/D, May. 2009

박진홍(Jin-Hong Park)

[정회원]



- 1993년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 (전자공학석사)
- 1997년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 (전자공학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 해전대학교 전자캐드과 부교수

<관심분야>

전력전자, 전자회로