

부품배치에 따른 DC/DC 컨버터의 Emission 특성분석

박진홍
해전대학교 전자캐드과

Analysis of Emission Characteristics of DC/DC Converter by Component Placement

Jin-Hong Park

Department of Electronic CAD, Hyejeon College

요약 전자 시스템이 소형화, 이동성의 요구에 따라 전력 변환의 필요성이 계속 증가하고 있다. 또한 전력 변환에는 전력 효율과 함께 전력 변환시스템의 소형화를 위해 적용하는 스위칭에 의한 잡음으로부터 시스템 안정성이 보장되어야 한다. 따라서 전력 변환시 스위칭 잡음을 감소시킬 수 있는 대책이 필수적이다. 본 논문에서는 DC/DC Buck Converter 회로를 구성 하였고, reference plane을 갖는 4층 PCB 회로 구조에서 부품의 배치를 변경할 경우 발생하는 스위칭 잡음특성을 비교 분석하였다. 또한, Reference Plane을 제거한 양면 PCB 회로 구조에서 부품 배치를 달리하였을 경우 스위칭 잡음 특성을 각각 시뮬레이션으로 비교 분석하였다. 그 결과 4층 PCB 회로 구조에서는 Current return path에 따라 Radiated Emission 특성이 12dB, Conducted Emission 특성이 7~8dB 감소됨을 확인하였다. 또한 양면 PCB 회로 구조에서는 Conducted Emission이 20~25dB 감소됨을 확인하였다. 이로써 전력 변환 회로를 설계할 경우 Current return path의 구성에 따라 잡음 특성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

Abstract As electronic systems become smaller and more portable, the need for power conversion continues to increase. In addition, system stability must be ensured from switching noise due to power conversion efficiency and power conversion system miniaturization. Therefore, countermeasures to reduce switching noise during power conversion are essential. In this paper, a DC/DC buck converter circuit is constructed, and the characteristics of switching noise generated when changing the parts layout in a four-layer printed circuit board (PCB) structure with a reference plane are compared and analyzed. In addition, switching noise characteristics were compared and analyzed through simulations when the parts layout was different in a two-layer PCB structure from which the reference planes were removed. As a result, it was confirmed that the radiated emissions characteristic is reduced by 12dB and the conducted emissions characteristic decreased by 7dB to 8dB, according to the current return path in the four-layer PCB structure. Thus, it was confirmed that the noise characteristics can be improved according to the configuration of the current return path when the power conversion circuit is designed.

Keywords : Buck Converter, Current Return, DC/DC Converter, Emission, Switching noise

1. 서론

최근의 전자 시스템은 높은 주파수에서 빠른 기능의 요구에 따라 저전압 고효율 에너지 운용의 추세이다. 이를 위해서는 안정적인 전력의 공급이 필요하다. 또한 이

동 시스템의 확대로 인하여 배터리등 직류전원을 활용하는 시스템이 일반화되고 있다. 배터리등과 같은 직류전원을 적용하는 시스템에는 다양한 직류전원을 생성하기 위하여 DC-DC 전력변환이 필요하며, 이와 함께 효율적인 에너지의 활용 및 시스템의 소형화가 필수적 요소이

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

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

Received January 12, 2018

Revised February 1, 2018

Accepted February 2, 2018

Published February 28, 2018

다. 따라서 스위칭 방식을 적용하여 전력을 변환하는 DC-DC Converter의 활용이 불가피하다[1].

DC-DC Converter의 종류는 비절연형과 절연형으로 구분되며, 비절연형에는 Buck, Boost, Buck-Boost형 및 절연형은 Flyback, Forward, Push-pull형 등으로 구분되고 있다[2].

시스템의 소형화는 전력변환 시스템의 소형화와 함께 스위칭에 따른 잡음특성에 대한 대책이 필수적이다.

본 연구에서는 동일한 전력변환 회로를 가지고 PCB 설계 방법에 따라 발생하는 잡음 특성을 시뮬레이션을 통하여 비교 분석하기 위하여 DC-DC Converter중 비절연형의 기본적인 형태 Buck Converter를 MPS사에서 드라이버 IC로 제공하는 MPQ4432를 활용하여 회로를 구성하였고, 부품배치에 따른 Buck Converter 스위칭 잡음 특성을 시뮬레이션을 위하여 Reference plane을 포함하여 4 Layer로 구성하고 Current return path가 서로 다른 회로와 Reference plane이 없는 Current return path가 서로 다른 양면회로로 각각의 경우를 분류하여 PCB를 설계하였다.

2. 본론

2.1 Buck Converter회로구성

본 논문에서 확인하기 위해 시행한 회로는 그림 1과 같이 MPS사의 MPQ4432 드라이버 IC를 이용하여 Converter회로를 구성하였다. Converter의 부품 배치에 따른 스위칭에 특성변화를 확인하기 위하여 동일한 회로를 기반으로 배치가 서로 다르게 PCB를 설계하였다. 부하는 Converter의 스위칭 잡음의 영향을 확인하기 위하여 5W저항 부하를 사용하였다.

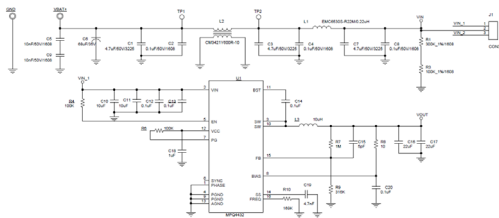


Fig. 1. Circuit of Buck Converter

2.2 Buck Converter PCB설계

2.2.1 부품 배치

Buck Converter를 구성하고 있는 회로부중 Filter회로와 Load는 두 가지 설계 방식모두 윗면에 동일한 위치에 배치하고 MPQ4432를 포함하는 스위칭 부를 윗면에 배치한 경우와 후면에 윗면의 Filter부와 평행하게 배치하는 PCB설계를 각각 진행하였다.

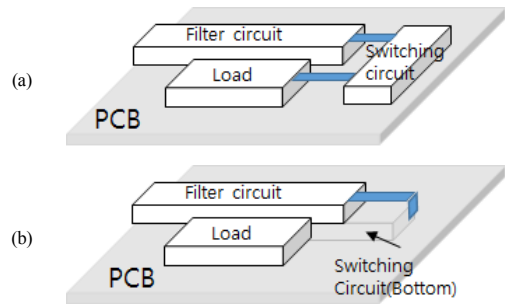


Fig. 2. Parts Placement

(a) Top layer of switching parts(worst case)

(b) Bottom layer of switching parts(best case)

2.2.2 시뮬레이션을 위한 설계 환경

Buck Converter를 위한 PCB설계는 내층 2,3층에 Reference Plane 적용하고 외층 1,4층을 활용하여 회로 배선을 적용하는 4층 PCB 방식과 Reference Plane을 제거하고 1,2층에 회로배선을 적용한 양면 PCB방식에 대하여 각각 설계를 진행하였다.

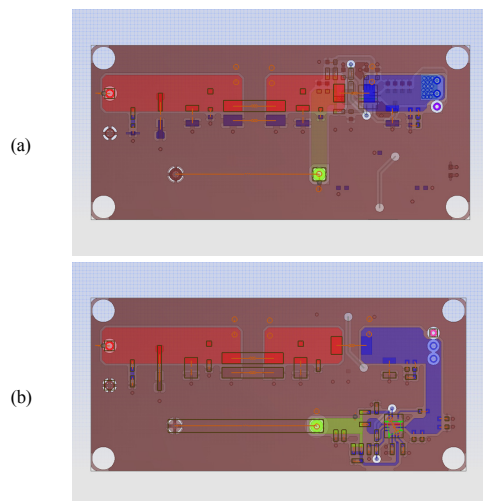


Fig. 3. Circuits designed differently

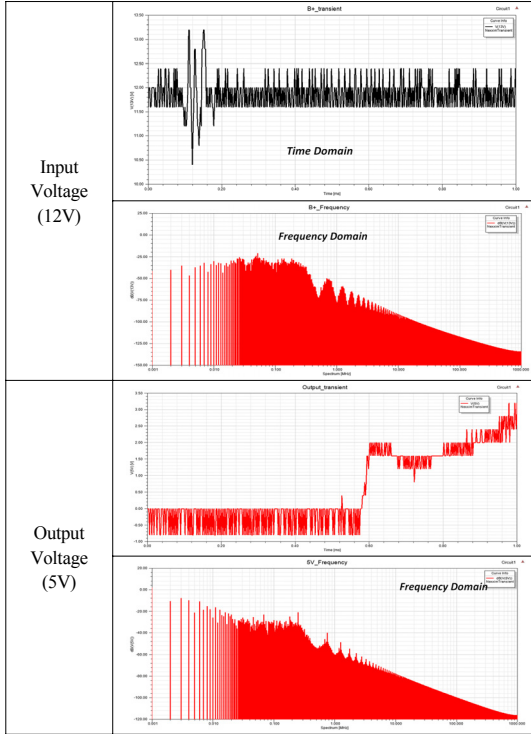
(a) Best Case, (b) Worst Case

2.3 Buck Converter 시뮬레이션

2.3.1 시뮬레이션 입출력환경

시뮬레이션을 진행하기 위하여 입력 DC 전압은 12V, 최대 리플 전압 $\pm 1.5V$, 출력 DC 전압을 5V, $\pm 0.75V$ 로 설정하여 분석하였다.

Table 1. Input-Output voltage environment



2.3.2 내층 Reference Plane 적용결과

1) Emission 특성 분석

설계한 Converter의 Conducted Emission 특성을 측정하기 위하여 그림 3(a),(b)와 같이 Reference plane을 가지고 4층으로 설계한 각각의 PCB에 그림4(a)와 같이 측정 점을 동일하게 설정하였다.

그 결과 부품의 배치에 따라 전류의 Return path를 다르게 구성한 PCB의 전자파를 100KHz~ 100MHz 범위에서 Far-Field특성을 분석한 결과 그림4(b)와 같으며, 이는 그림3(a)Best case 구성방식으로 설계한 회로의 Radiated Emission 특성이 Differential Noise 저감으로 인하여 그림3(b)Worst case 방식의 설계 특성보다 12bB 낮게 나타내고 있다.

그림4(c)는 그림4(a)Probe2, 그림4(d)는 그림4(a)Probe3 측정 점에서 각각의 회로의 Conducted Emission을 측정한 결과이다. 이들 결과는 Far-Field 측정과 동일한 100KHz~100MHz범위에서 시행하였다.

그 결과 그림3(a)Best Case 방식으로 설계한 회로의 Conducted Emission특성이 그림3(b)Worst Case방식으로 설계한 회로보다 7~8dB Conduction Noise가 저감됨을 확인할 수 있다.

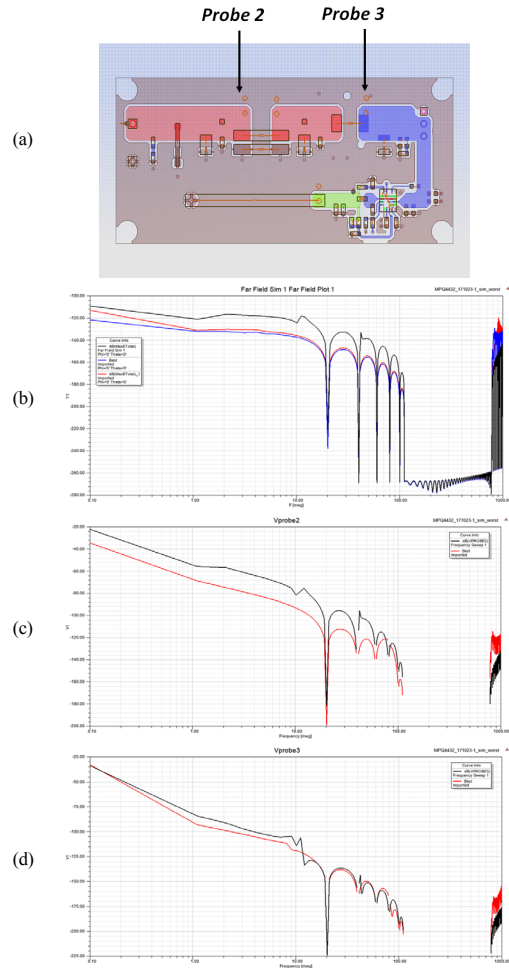


Fig. 4. Emission characteristic in 4-layer PCB
 (a) Measuring Point
 (b) Far-Field Result
 (c) Conduction Emission Result@Probe2
 (d) Conduction Emission Result@Probe3

2) E-H Field 특성

또한 4층으로 설계한 Converter의 E-Field와 H-Field가 각각 방사되는 분포를 시뮬레이션 하였다.

그림5는 그림3(a)Best case 구성방식과 같이 설계한 회로의 E-H Field 방사분포이고, 그림6은 그림3(b)Worst case 방식의 E-H Field 방사분포이다.

그림5(a)와 그림6(a)는 두 회로의 Near H-field의 시뮬레이션 결과로 그림3(a)Best case 방식 회로의 분포가 그림3(b)Worst case 방식 회로보다 낮게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

또한 그림5(b)와 그림6(b)는 H-field를 측정된 것으로 그림3(a)Best case방식 회로가 그림3(b)Worst case방식 회로보다 낮게 방사됨을 확인할 수 있으며, E-Field 또한 그림5(c)와 그림6(c)에서 확인할 수 있듯이 그림3(a)Best case방식 회로의 E-Field에서도 양호한 결과를 확인하였다.

① Best Case PCB 설계 특성

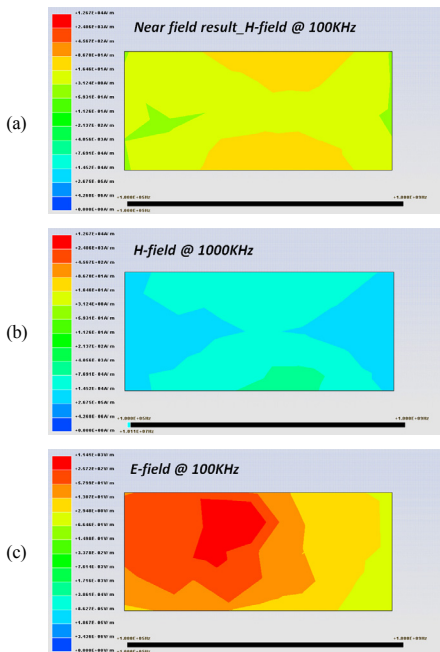


Fig. 5. E-H Field characteristic of Best Case
 (a) Near H-Field Result
 (b) H-Field Result
 (c) E-field Result

② Worst Case PCB 설계 특성

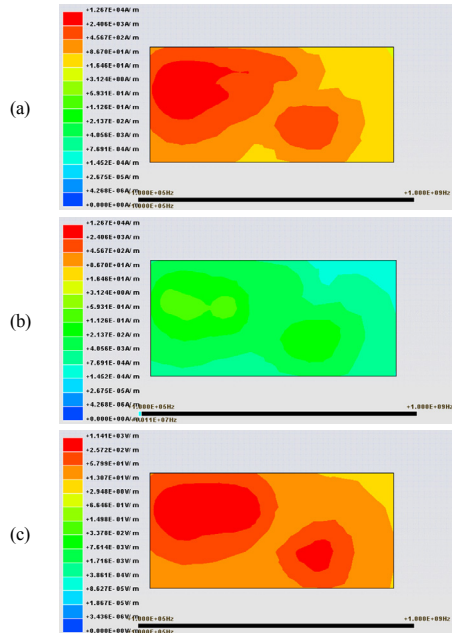


Fig. 6. E-H Field characteristic of Worst Case
 (a) Near H-Field Result
 (b) H-Field Result
 (c) E-field Result

2.3.3 양면 설계 적용결과

본 시뮬레이션은 그림3에서 내층 Reference Plane을 제거하고, Current return path 구성에 따른 영향을 확인하기 위해 양면만을 이용하여 회로를 구성한 이후 Emission 특성을 분석한 결과이다.

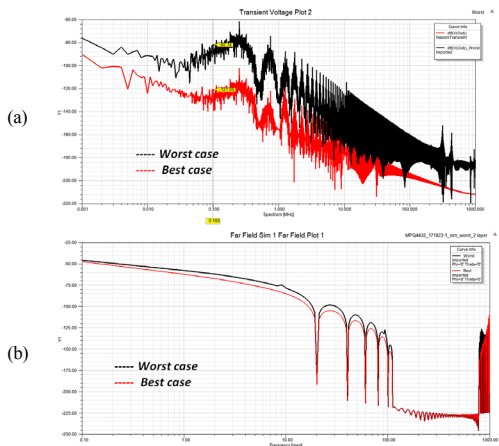


Fig. 7. Emission characteristic in 2-layer PCB
 (a) Conducted Emission (b) Radiated Emission

그림 4(a)의 Probe3의 위치에서 Conducted Emission을 비교 측정된 결과 그림7(a)와 같이 1MHz 부근의 저주파대역에서 Best case회로의 측정결과 Worst case회로 보다 약25dB 낮게 나타났으며, FM대역에서는 20dB 저감하는 결과를 확인하였다.

그러나 Radiated Emission특성을 측정한 결과 양면을 이용하여 설계한 회로에서는 두 회로에서 저감되는 현상이 없이 거의 유사한 결과를 얻었다.

3. 결론

Buck DC/DC Converter의 부품배치에 따른 Emission 특성을 분석하기 위하여 Reference plane을 갖는 4층 회로와 Reference plane이 없는 양면 회로를 각각 설계하여 시뮬레이션을 진행하였다.

4층 회로구성에 대한 Emission 특성을 비교 분석한 결과 Best case 방식으로 설계한 회로구성이 Worst case 방식보다 Radiated Emission 특성에서 12bB 저감되는 한편 Conducted Emission은 7~8dB 저감되는 결과를 얻었다. 또한 양면 회로구성에 대한 Emission 특성을 비교 분석한 결과 Conducted Emission 특성에서 저주파대역에서 25dB, 고주파대역에서 20dB의 잡음 감소를 확인하였다.

향후 본 논문에서 검증한 시뮬레이션을 진행한 회로 완성하여 실험을 통한 실측 결과를 비교함으로써 스위칭을 이용한 전력변환기의 회로를 구성할 경우 Current return path의 구성방식에 따라 잡음특성을 향상시킬 수 있음을 확인하도록 진행할 계획이다.

References

- [1] Soo-sul Hwang, Jae-Deuk Lee, "Investigation and Circuit Analysis for DC-DC Converter", Korea aerospace Research institute, Vol. 5, no. 2, pp. 166-173, Nov. 2006.
- [2] Young-jin Choi, Sang-june Kim, Tae-Kyung Kim, "DC/DC Switching Converter Characteristics", The institute of Electronics Engineers of Korea, pp. 743-746, Nov. 1999.
- [3] Lho, Young Hwan, Lee, Sang Yong, Kim Yoon Ho, "A study on design of PWM DC/DC Power Converter", Korean Society for Railway, pp. 209-214, Nov. 2009.
- [4] P.C.Adell, et al, "Total-Dose and Single-Event Effect in

DC/DC Converter Control Circuitry", IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 50, no. 6, Dec. 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TNS.2003.820757>

- [5] "MPQ4432 Low Quiescent Current Synchronous Step-Down Converter", Monolithic Power System, Datasheet.

박진홍(Jin-Hong Park)

[정회원]



- 1993년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 해전대학교 전자캐드과 교수

<관심분야>

전력전자, 전자캐드