Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 1 pp. 179-183, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.1.179
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

부품배치가 다르게 제작된 DC/DC컨버터의 Emission 특성분석

박진홍
혜전대학교 전자캐드과

Analysis of Emission Characteristics of DC/DC Converter with different Parts Layout

Jin-Hong Park
Department of Electronic CAD, Hyejeon College

요 약 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. 따라서 이전 논문에는 MPS사의 MPQ4432 드라이버를 이용하여 DC/DC Buck Converter회로를 구성한 후 이를 reference plane을 갖는 4층 PCB 회로 구조에서 부품의 배치가 서로 다른 경우 발생하는 스위칭 잡음특성을 시뮬레이션 하였다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 진행한 서로 다른 두 회로를 제작하여, 시뮬레이션과 동일하게 Conducted Emission특성과 Radiated Emission 특성을 분석하였다. 또한 측정결과와 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 그 결과 Current Return Path의 구성에 따라 Conducted Emission특성이 저주파대역에서는 2~9dB, 고주파대역에서는 6~7dB 감소됨을 확인하였다. 그리고 Radiated Emission특성은 9dB 감소됨을 확인하였다. Conducted Emission 시뮬레이션 결과 저주파대역에서 6~7dB이고, 측정 결과는 2~9dB로 다소차이가 있음을 확인하였고, 고주파대역에서는 실험과 시뮬레이션에서 모두 7dB정도임을 확인하였다. 그리고 Radiated Emission은 시뮬레이션에서 12dB 감소를 확인하였지만, 측정결과 9dB의 감소를 확인하였다. 이로써 다소 감소량에는 차이가 확인되었지만 전력변환 회로를 설계할 경우 Current return path의 구성에 따라 잡음 특성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

Abstract The system stability must be ensured from the switching noise due to the power conversion efficiency and power conversion system miniaturization. Therefore, countermeasures to reduce switching noise during power conversion are essential. Thus, in the previous paper, we constructed the DC / DC Buck Converter circuit using MPQ4432 driver of MPS, and simulated the switching noise characteristics which occurs when the components are arranged differently in the 4 - layer PCB circuit structure with reference plane. In this paper, two different simulated circuits are fabricated and the characteristics of the conducted emission and the radiated emission are analyzed in the same way as the simulation. As a result, it was confirmed that the Conducted Emission characteristic was reduced by 2 ~ 9dB in the low frequency band and 6 ~ 7dB in the high frequency band depending on the configuration of the current return path. And the radiated emission characteristic is reduced by 9 dB. Conducted emission simulation results show that 6 ~ 7dB in the low frequency range and 2 ~ 9dB in the measurement result are somewhat different. In the high frequency band, it is confirmed that the experimental and simulation results are about 7dB. And Radiated Emission confirmed 12dB decrease in simulation, but confirmed decrease of 9dB in measurement result. It is confirmed that there is a slight difference in the amount of reduction, but the design of the power conversion circuit improves the noise characteristics according to the configuration of the current return path.

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

*Corresponding Author : Jin-Hong Park(Hyejeon College)
Tel: +82-41-630-5157 email: jhpark@hj.ac.kr
Received October 29, 2018 Revised December 31, 2018
Accepted January 4, 2019 Published January 31, 2019

1. 서론

최근의 전자 시스템은 높은 주파수에서 빠른 기능의 요구에 따라 저전압 고효율 에너지 운용의 추세이다. 이를 위해서는 안정적인 전력의 공급이 필요하다. 또한 이동 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 요소이다. 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, Forword, Push-pull형 등으로 구분되고 있다[2].

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

따라서 이전 연구에서는 PCB설계 방법에 따라 발생하는 잡음특성을 시뮬레이션하였다[3]. 본 연구에서는 앞서 진행한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 부품을 장착하여 완성한 회로의 동작 상태에서 발생하는 잡음특성을 비교 분석하기 위하여 DC-DC Converter중 비절연형의 기본적인 형태 Buck Converter를 MPS사에서 드라이버 IC로 제공하는 MPQ4432를 활용하여 스위칭 회로를 완성하였다. 제작한 4층 PCB 회로에 모두 동일한 부품의 용량 값을 적용한 상태에서 부품의 배치와 배선만을 달리할 경우 발생하는 회로의 스위칭에 의한 Emission특성을 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 Buck Converter회로구성

본 논문에서는 실험을 위하여 Fig 1.과 같이 MPS사의 MPQ4432 드라이버 IC를 이용하여 Converter회로를 구성하였다. Converter의 부품 배치에 따른 스위칭에 특성을 확인하기 위하여 동일한 회로를 기반으로 배치가 서로 다르게 PCB를 설계, 제작하였다. 두 결과를 비교하기 위하여 스위칭 주파수를 1MHz로 설정하였고, 부하는 Converter의 스위칭 잡음의 영향을 확인하기 위하여 10Ω저항 부하를 사용하였다.

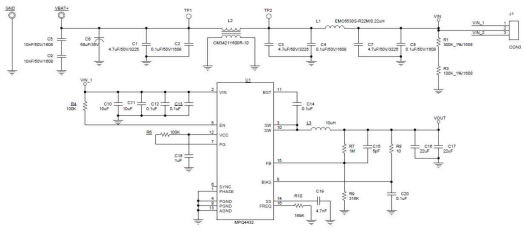


Fig. 1. Circuit of Buck Converter

2.2 Buck Converter PCB설계와 제작

Buck Converter는 Fig 2.와 같이 회로부 중 Filter회로와 Load는 두 가지 설계 방식 모두 윗면에 동일한 위치에 배치하고 MPQ4432를 포함하는 스위칭 부를 윗면에 배치한 경우(case-A)와 후면에 윗면의 Filter부와 평형하도록 배치(case-B)한 회로를 제작하여 측정하였다.

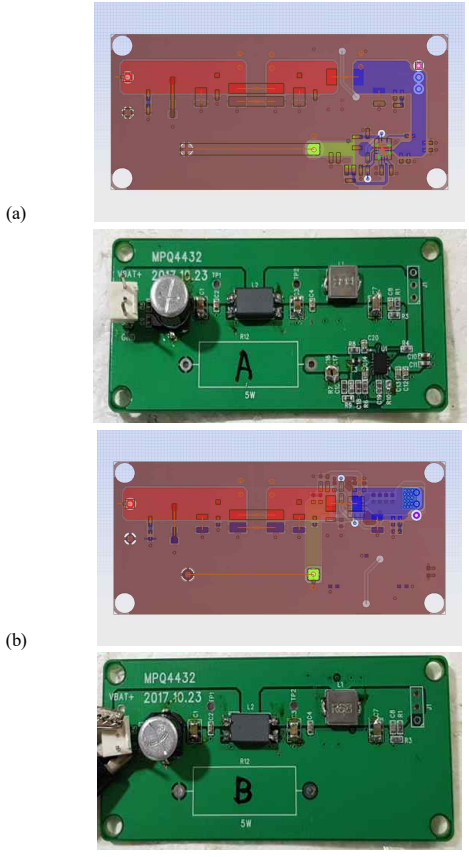


Fig. 2. Parts Placement
(a) Top layer of switching parts(case-A)
(b) Top layer of switching parts(case-B)

2.3 Buck Converter 측정

2.3.1 입출력 전압

제작한 두 Converter의 입력 DC 전압은 12V, 출력은 Table 1.의 출력조건에서 측정한 Conducted Emission(CE) 및 Radiated Emission(RE)결과를 시뮬레이션 결과와 비교 분석하였다.

Table 1. Input-Output Measurement

Circuit	Voltage	Min.	Max.	Ripple
case-A	IN	12.84V	13.04V	67.4mV
	OUT	3.42V	3.53V	
case-B	IN	12.89V	13.04V	61.7mV
	OUT	3.40V	3.50V	

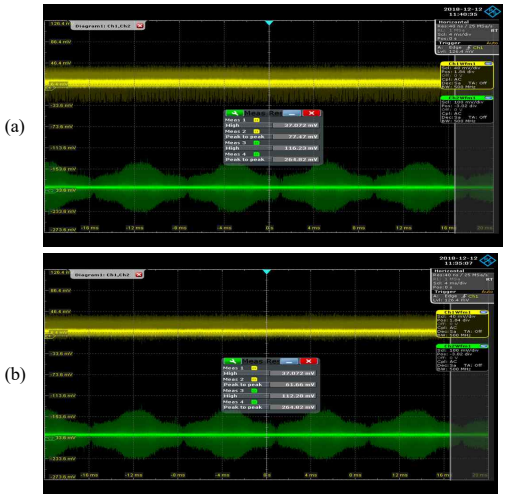


Fig. 3. I/O Measurement
(a) case-A (b) case-B

2.3.2 Emission 특성 분석

1) Conducted Emission(CE) 특성 분석

4층으로 설계한 Converter 설계에 대해 시뮬레이션으로 분석한 CE특성에서는 Fig 4(a)에서와 Broadband 영역인 10MHz이내에서 case-A가 case-B의 7~8dB 저감됨을 확인하였다.

그러나 부품배치가 서로 다른 설계와 제작을 통하여 인입전압 Plus Voltage를 측정한 결과 Fig 4(b)와 같이 case-A는 1MHz에서 20.18dB, Fig 4(c)의 case-B에서 11.05dB가 측정되었고, 6MHz대역에서는 각각 13.6, 10.7dB가 측정되었다. 따라서 case-B배치방식이 case-A 배치방식보다 10MHz이하 영역에서 CE특성은 9~2dB 저감 특성을 갖음 확인하였다. 또한 Return Voltage의 CE특성은 Table 2.와 같이 6~7dB의 저감됨을 확인하였다.

Table 2. Results of CE characteristic for plus and return voltage

units : dB

direction	Freq.	Case-A	Case-B	차이
PLUS	1MHz	20.18	11.05	-9.13
	6MHz	13.64	10.71	-2.93
Return	1MHz	21.83	15.48	-6.35
	5MHz	15.46	7.62	-7.84
1)측정 : CE Voltage, 2)측정범위 : Broadband (150kHz~30MHz)				

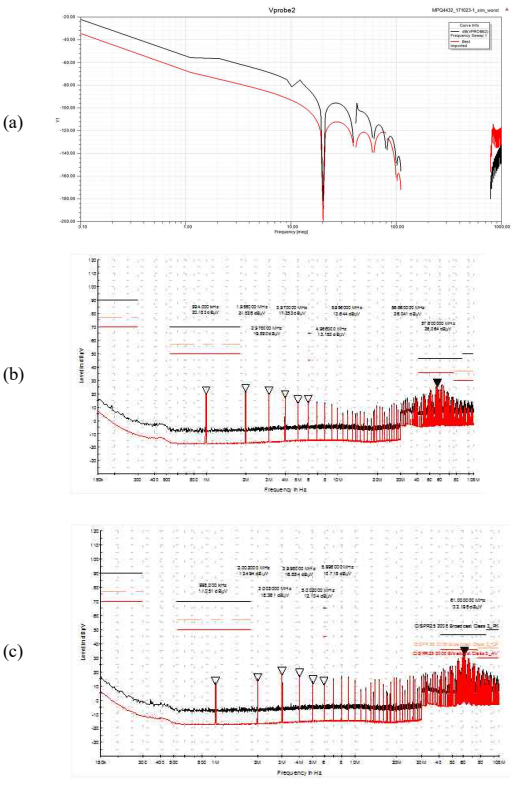


Fig. 4. CE characteristics in Broadband
(a) CE Results in Simulation, (b)CE Results of Case-A, (c)CE Results of Case-B

그러나 plus voltage를 Mobile band(28MHz ~108MHz)에서 측정한 결과 Fig 5.와 같이 case-A회로

의 CE는 59MHz에서 최대29.4dB, case-B회로에서는 23.3dB가 확인되었다. 또한 return voltage의 경우 59MHz에서 Table 3.과 같이 28.9dB, 21.4dB가 측정되었다.

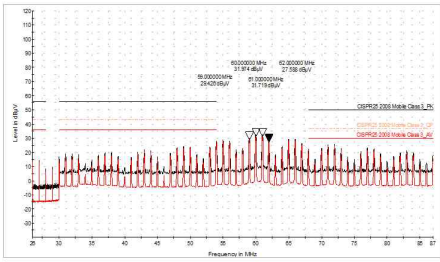
Table 3. Results of CE characteristic for plus and return voltage

단위 : dB

direction	Freq.	Case-A	Case-B	차이
PLUS	59MHz	29.4	23.3	-6.1
Return	59MHz	28.9	21.4	-7.5

1) Me측정 : CE Voltage
2) 측정범위 : Mobile-band (28MHz~108MHz)

(a)



(b)

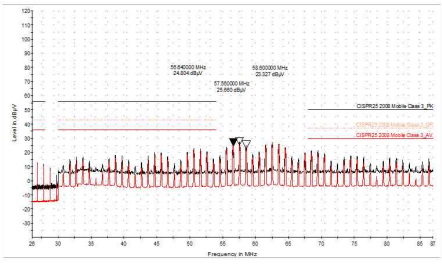


Fig. 5. CE characteristic in Mobile-band
(a) CE Results of Case-A, (b) CE Results of Case-B

따라서 case-B방식으로 설계한 Converter가 case-A방식으로 설계한 방식보다 Broadband와 Mobile-band영역에서 3~9dB 낮음을 확인하였다.

2) Radiated Emission(RE) 특성 분석

CE특성과 함께 동일한 두 회로에 대해 Radiated Emission(RE)특성을 측정을 위하여 Fig 6.과 같이 RE측정을 실시하였다.

두 회로에 대하여 RE특성을 측정한 결과 Fig 7.과 같이 28MHz에서 case-A와 case-B에서 각각 16.7dB, 11.7dB됨에 따라 case-B방식으로 설계한 Converter의 RE특성이 4dB 낮게 측정되었다.

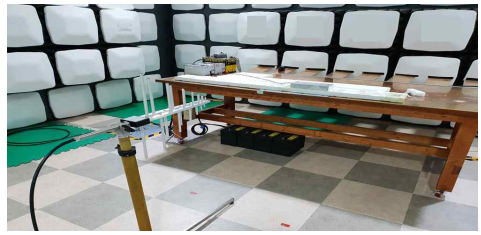
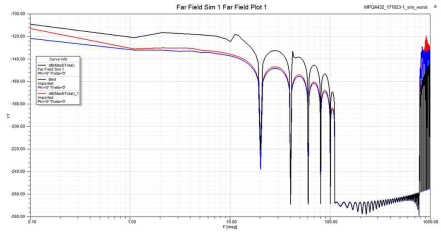
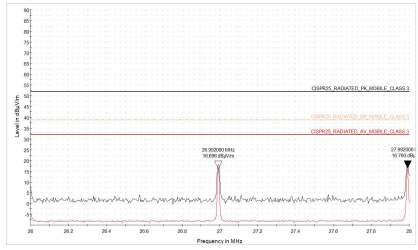


Fig 6. Radiated Emission Measurement setup

(a)



(b)



(c)

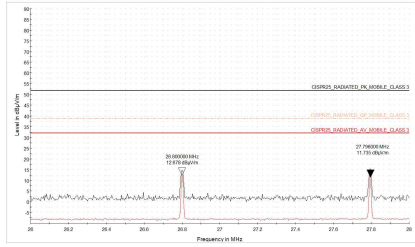
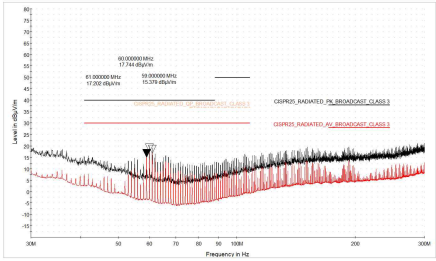


Fig. 7. RE measurement result
(a) Simulation result, (b) Results of case-A, (c) Results of case-B

또한 EMI-Bicon antenna를 이용한 Broadband 측정결과 Fig 8.과 같이 case-A방식으로 설계한 회로에서는 최대 17.9dB, case-B방식에서는 최대 9dB감소하는 특성을 확인하였다.

(a)



(b)

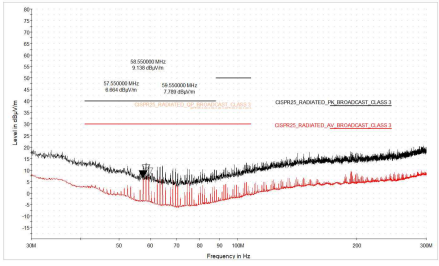


Fig. 8. EMI-bicon Antenna measurement
(a) Results of case-A, (b) Results of case-B

따라서 case-B방식의 설계 방식의 회로가 약9dB 낮은 radiated noise특성을 보였다. 그러나 이 결과는 Far-Field 시뮬레이션을 통하여 case-B방식이 case-A방식보다 12dB 낮은 특성보다 3dB 높은 9dB로 측정되었다.

3. 결론

Buck DC/DC Converter 부품의 배치와 Emission 특성의 관계를 분석하기 위하여 Reference plane을 갖는 4층 회로를 시뮬레이션하였고, 이를 제작한 후 그 특성을 비교분석하였다.

동일한 회로를 case-A방식과 case-B방식으로 설계하고 제작하여 전원공급 단자에서 발생하는 Conducted Emission(CE)특성을 확인하였다. 그 결과 Table 4.에서와 같이 20MHz 범위 내에서 두 회로의 CE특성이 case-B에서 최대 9dB 감소하는 개선되었고, Mobile-band에서는 시뮬레이션 결과와 동일한 7dB의 감소한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 Radiated Emission(RE)특성은 case-B방식을 적용할 경우, 시뮬레이션에서는 12dB의 감소됨을 확인하였지만 실험을 통한 측정결과에서는 9dB의 감소를 확인하였다.

따라서 부품을 동일면에 배치하는 case-A방식의 회로설계와 스위칭부품을 후면에 배치하는 case-B방식의 회로설계 방식에서 얻어지는 CE와 RE특성을 분석한 결과 시뮬레이션과 실험을 통하여 case-B방식의 회로구성이 잡음특성에서 2~9dB의 개선됨을 확인하였다.

Table 4. Simulations and experimental results decrease value

Units : dB

Antenna	Frequency	Simulation	Measurement
CE	0.1~20MHz	7~8dB	2~9dB
	20~108MHz	7~8dB	6~7dB
RE vertical	100k~30MHz	-	4dB
Bicon	30MHz~300MHz	12dB	9dB

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] Jin-Hong Park, “Analysis of Emission characteristics of DC/DC Converter by Component Placement”,Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 19, No. 2, pp. 639-653, 2018.

[4] Lho, Young Hwan, Lee, Sang Yong, Kim Yoon Ho, “A study on design of PWM DC/DC Power Converter”, Korean Society for Railwav, pp. 209 -214, Nov. 2009.

[5] 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: http://dx.doi.org/10.1109/TNS.2003.820757

[6] “MPQ4432 Low Quiescent Current Synchronous Step-Down Converter”, Monolithic Power System, Datasheet.

박 진 홍(Jin-Hong Park) [정회원]

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

<관심분야>
전력전자, 전자캐드