

$$V_{Ls} = L_s \frac{di}{dt} \quad (1)$$

di/dt가 고정인 조건에서 L_s 가 증가 할수록 스파이크 전압이 비례한다. 따라서 faulty 턴 온을 방지하기 위해서 L_s 를 최소화 하는 것이 중요한 설계 고려사항이다.

2.3 PCB inductance^[3]

PCB의 스트레이 인덕턴스는 PCB 두께, 길이, 홀의 크기 등 여러가지 요소들에 의해서 결정된다. 식 (2)는 이러한 요소들의 고려된 PCB Track의 스트레이 인덕턴스가 발생하는 실험식을 나타낸다.

$$L_{line} = 2x \cdot \ln\left(\frac{5.98h}{0.8w+t}\right) \quad (2)$$

x는 패턴의 길이, w는 패턴의 폭, h는 PCB 두께, t는 패턴의 두께를 나타낸다. 실험식에서 알 수 있듯이 PCB 패턴의 폭 및 두께는 스트레이 인덕턴스에 반비례 하지만 그 영향이 크지 않고, PCB 패턴의 길이는 스트레이 인덕턴스에 비례하며 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 또한 식(3)은 PCB Via의 인덕턴스를 나타낸다.

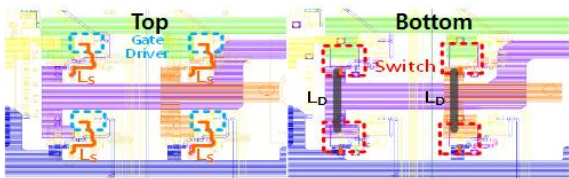
$$L_{via} = \frac{h}{5} \left[1 + \ln\left(\frac{4h}{d}\right) \right] \quad (3)$$

d는 Via 홀의 지름을 의미하며, Via 홀의 지름은 스트레이 인덕턴스에 반비례 하지만 그 영향이 크지 않고 PCB의 두께가 스트레이 인덕턴스에 비례하며 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

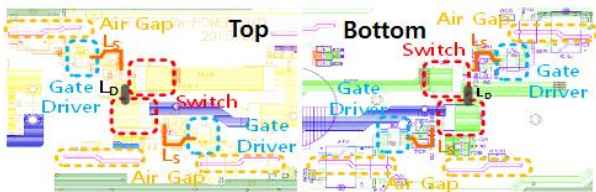
3. 실험 결과

3.1 PCB Layout

그림 2는 PCB 트랙의 L_s , L_D 길이를 Ver.2.0과 같이 줄였으며, 표 2은 PCB 패턴의 주요 성분을 나타낸다. Ver.2.0은 PCB 패턴을 최대한 짧게 설계 했으며, 게이트 드라이버 턴 오프 패스에 BJT를 추가하여 L_s 를 최소화 하였다.



(a) PCB Ver.1.0



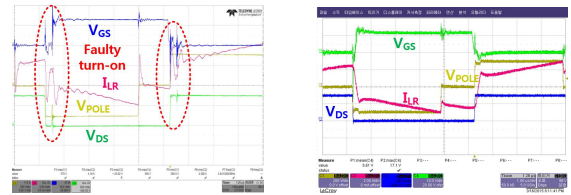
(b) PCB Ver.2.0

그림 2 PCB 트랙
Fig. 2 PCB Layout of track

표 2 위상천이 폴 브릿지 DC-DC 컨버터의 설계 사양
Table 2 Design Specification for PSFB DC-DC Converter

| Parameter | ver1.0 | ver2.0 |
|-------------------|-------------|-------------|
| x | 59mm | 18.4mm |
| h | 1.5mm | 1.5mm |
| w | 1mm | 1mm |
| L_s (계산값 / 측정값) | 54nH / 47nH | 17nH / 29nH |

3.2 Waveform



(a) Ver. 1.0 Waveform (b) Ver. 2.0 Waveform

그림 3 PSFB dc-dc 컨버터의 주요 파형

Fig. 3 PSFB dc-dc converter key waveform

그림 3은 PCB 스트레이 인덕턴스를 표 3과 같이 적용할 때의 파형이다. Ver. 1.0은 스파이크 전압 및 전류 왜곡 현상이 발생한다 하지만 Ver. 2.0은 스트레이 인덕턴스가 감소하여 스파이크 전압과 전류 왜곡 현상이 줄어들었다.

4. 결론

본 논문에서는 GaN HEMT를 적용한 PSFB dc dc 컨버터의 PCB 스트레이 인덕턴스에 대해서 분석 하였다. 스트레이 인덕턴스에 따른 영향을 비교하기 위해 PCB Ver.1.0과 Ver.2.0을 비교 분석 하였다. PCB 패턴의 길이가 줄어들수록 L_s 가 감소했으며, 이로 인해 스파이크 전압 및 전류 왜곡 현상이 감소 하였다. 따라서 Faulty 턴 온을 제거하면 시스템의 효율 및 안정도가 높아질 것으로 예상된다.

Acknowledgment

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No. NRF-2013R1A1A1076109)

참고 문헌

- [1] Jung Hoon Ahn, Comparative Loss Analysis of Si MOSFET and GaN FET Power System, 전력전자학회 2013년도 추계학술대회 논문집, 2013.11, 190 191 (2 pages)
- [2] Luo, Fang, Design Considerations for GaN HEMT Multichip Half bridge Module for High Frequency Power Converters, CPES Conference 2014, Blacksburg, VA (April 6 8, 2014)
- [3] AN 1229, Simple Switcher PCB Layout Guide, Texas Instruments, SNVA054C June 2002 Revised April 2013