

플라이백 컨버터의 EMI 잡음 최소화

이치환
위덕대학교 전자공학과

Minimizing EMI Noise on Flyback Converters

Chi Hwan Lee
Uiduk Univ., Electronic Eng.

ABSTRACT

플라이백 컨버터에서 발생하는 EMI 공통모드 잡음은, 스위치 turn-off에서 1차 측 누설 인덕턴스로 인한 기생 진동과 turn-on에서 발생하는 2차 측 출력회로의 기생 진동으로 구성된다. 차동모드 잡음은 직류전원의 스위칭 전류로 인한 전압 강하 성분으로 나타나며 직류전원 임피던스에 비례하여 증가한다. 1차 측 기생진동은 느린 속도의 일반 다이오드와 직렬저항 삽입으로, 2차 측 기생진동은 정류 다이오드의 RC 스너버로 감소 시킨다. 누설 인덕턴스가 큰 UU코어 EMI 필터가 잡음 감소에 유효함을 보인다.

1. 서론

스위칭 전원의 EMI 필터 설계에 대한 많은 연구가 이루어 졌으며 필터의 실용적 해석이 가능하다. 전도성 EMI 잡음은 필터 사용으로 줄일 수 있으며 대부분 1단 또는 2단 필터를 채용한다. EMI 잡음 주파수가 RF 영역에서 분포하므로 EMI 필터 인덕터와 캐패시터의 기생 성분과 공간적 배치가 많은 영향을 미친다. 그러나, 발생된 EMI 잡음은 근본적으로 낮아지는 것이 아니므로 스위칭 회로에서 발생하는 기생진동을 제거하는 것이 기본적인 해결책이다.

플라이백 컨버터는 SMPS의 대표적 구성으로 스위칭 동작 특성이 잘 알려져 있다. EMI 발생은 스위칭에 따른 회로소자의 기생진동에 기인하며 전통적인 스너버의 채용으로 기생 진동량을 줄인다. 본 연구는 적절한 스너버의 설계를 통하여 공통모드 잡음을 최소화하고, 1차 측 스위칭 전류에 의한 차동모드 잡음을 최적으로 감쇄시키는 EMI 필터를 설계한다.

2. EMI 신호

플라이백 컨버터의 전도성 EMI 측정 시스템은 그림 1과 같다. 전도성 EMI 잡음은 LISN에서 RF 신호 만을 추출하여 측정 수신기로 입력된다. 컨버터에서 생성되는 스위칭에 의한 EMI 잡음은 전원 다이오드 브리지를 통과하여 전원으로 흐르게 된다. 수 MHz 이상의 기생진동 성분은 컨버터와 접지와 의 정전용량을 통과하여 공통모드 성분으로 관측되며, 컨버터 1차 스위칭 전류는 직류전원 임피던스에 미소 전압변화를 발생시키고 EMI 차동모드 잡음으로 나타난다. 비교 측정에 사용된 컨버터는 220[V] 12[V] 60[W]이다.

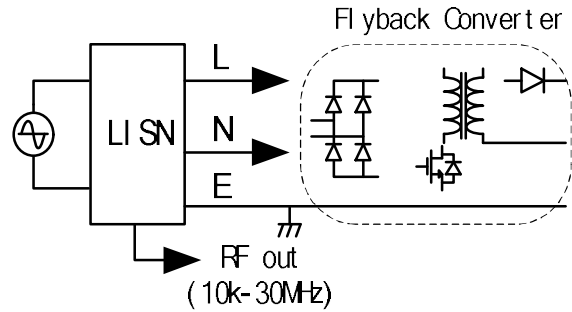


그림 1. EMI 측정 시스템

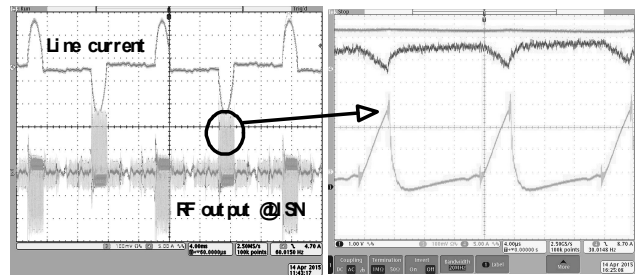


그림 2. 라인 전류와 EMI RF 신호

그림 2는 LISN RF 출력을 라인전류와 비교한 것이다. 그림 3 은 EMI 대책이 없는 컨버터의 EMI 스펙트럼이다. EMI 잡음은 입력 정류 다이오드가 on되는 구간에서 큰 값이며, 정류 다이오드 off 시점에서는 다이오드의 접합부 정전용량에 의해 감소 될 수 있다. 정류 다이오드 on 구간에서는 큰 차동모드 EMI 전류가 흐른다. 스위칭 주파수보다 높은 공통모드 잡음은 회로의 기생진동에 기인하며, 플라이백 변압기 1차 누설 인덕턴스에 의 한 진동은 RCD 클램프로 제어한다.

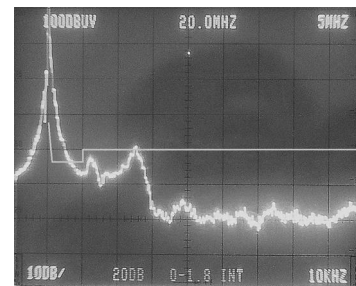


그림 3. 컨버터 발생 EMI 스펙트럼

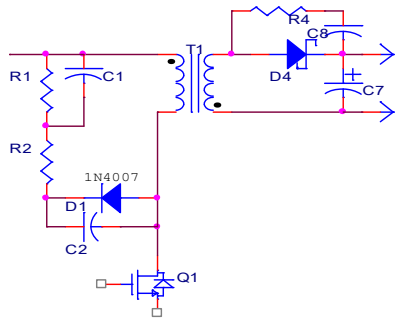


그림 4. 개선된 RCD 클램프 및 RC 스너버

RCD 클램프는 스위치 Q1 turn-off에서 작동하며 순시적 클램핑 동작은 큰 기생 진동을 발생 시킨다. 다이오드 D1은 일반 정류 다이오드 1N4007(t_{on} 50ns)을 사용하며 직렬저항 R2 및 병렬 C2를 적용한다. 고속 다이오드 UF4007 보다 낮은 수준의 EMI 잡음을 볼 수 있다. 출력 정류 다이오드 D4에 연결된 R4-C8은 스위치 Q1 turn-on시 발생하는 기생진동을 감쇄시킨다.

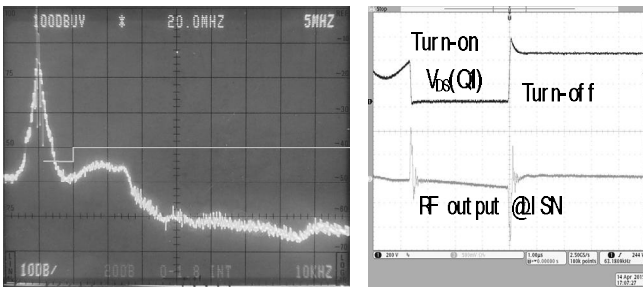


그림 5. 개선된 RCD 클램프 및 RC 스너버의 효과

그림 5에서 5~15 [MHz] 영역의 잡음 수준이 약 6 [dBuV] 이상 감소되고 20 [MHz] 이상에서 잡음은 사라지고 있다. Q1 스위칭에 의한 기생진동의 잡음은 EMI 필터 없이 허용 범위 아래 존재한다. 그러나 차동성분 잡음은 0.1~2 [MHz]에서 큰 값으로 나타나므로 입력에 EMI 필터를 추가해야 한다.

낮은 주파수 대역은 차동성분과 공통성분이 혼재하는 영역이며 두 성분의 감쇄는 누설 인덕턴스가 큰 공통모드 필터 구조가 유리하다. 일반적인 EMI 필터는 트로이달, UU 및 EE 코어를 사용하며 누설 인덕턴스의 측면에서 UU형태 코어가 최적이다.

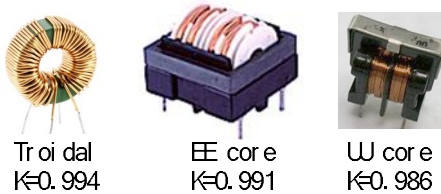


그림 6. EMI 필터

공통모드 EMI 필터는 하나의 코어에 분리된 두 개의 권선으로 구성되며 누설 인덕턴스가 존재한다. EMI 잡음의 효과적

인 감쇄를 위해 누설 인덕턴스가 클수록 유리하다. 일반적으로 공통모드 잡음은 0.5 [MHz] 이상의 영역에 존재하며 적절한 스너버 및 Y-cap으로 처리 될 수 있다. 누설 인덕턴스는 차동모드 잡음에 유효한 성분이다. 트로이달은 높은 결합계수로 인해 누설 인덕턴스는 최소화 된다. EE 코어로 조립되는 필터는 트로이달 보다는 큰 누설 인덕턴스를 가진다. 가장 큰 누설 인덕턴스는 UU 코어이다. 실험 장치에 UU EMI 필터를 설치하고 측정된 결과는 그림 7에 보인다.

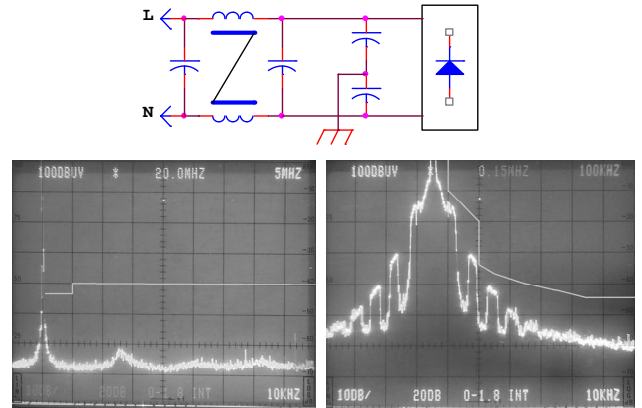


그림 7. UU EMI 필터가 적용된 전원의 스펙트럼

다만 EMI 필터가 적용된 경우, 상호간의 간섭으로 인해 예측 감쇄량을 얻을 수 없다. 하나의 필터에서 적절한 누설 인덕턴스를 발생시켜 전도성 EMI 잡음을 감쇄시키는 것이 유리하다. UU EMI 필터가 적용된 플라이백 컨버터의 EMI 잡음은 허용치 아래 있음을 볼 수 있다. 삽입된 필터의 누설 인덕턴스는 180 [uH]이며 150 [kHz] 부근에서 규격을 만족시키고 있다. 컨버터는 66 [kHz] 스위칭 주파수 확산법으로 동작하고 2차 고조파에서 150 [kHz]를 초과하지 않는 범위로 확산시킨다.

3. 결론

본 연구는 플라이백 컨버터의 전도성 EMI 잡음을 감소시키는 효과적 방법을 제시한다. 1차측 누설 인덕턴스로 인한 기생 진동을 줄이기 위해 개선된 RCD 클램프 회로를 사용하고 출력 정류 다이오드에 RC 스너버를 설치한다. 누설 인덕턴스가 큰 UU 코어 공통모드 EMI 필터를 사용하여 차동모드 잡음을 감쇄시킨다. 1단 EMI 필터로 EMI 규격을 만족하는 컨버터를 구성하였다.

참고 문헌

- [1] J. L. Kotny, T. Duquesne, N. Idir, "Modeling and Design of the EMI filter for DC-DC SiC-converter", International symposium on PEEDAM, pp. 1195-1200, 2014
- [2] W. Shen, F. Wang, D. Boroyevich, V. Stefanovic, and M. Arpilliere, "Optimizing EMI filter design for motor drives considering filter component high-frequency characteristics and noise source impedance", APEC 2004, pp. 669-674, 2004