

전도성 노이즈의 모드 분리 기법을 이용한 스위칭 컨버터의 필터 설계

김진성*, 이응주, 권준혁, 김철수**, 김양모***

* 국방과학연구소, ** (주)동일기연, ***충남대학교

The Filter Design for the Switched Converter using the Separation Technique of Conducted Noise Mode

Jin Sung Kim*, Eung Joo Lee, Joon Hyuk Kwon, Chul Soo Kim**, Yang Mo Kim***

* Agency for Defense Development, ** Dongil Technology LTD., *** Chungnam Nat. Univ.

Abstract

In this paper, the study on noise-seperator, which can separate the modes of conducted noise, was conducted. The principle and analysis procedure of noise-seperator were studied. We presented the experiment, in which the noise problem was easily solved by seperating the modes from generated conducted noise of equipment using the fabricated noise-seperator.

1. 서 론

각종 전기 및 전자장비의 용도가 넓어지고 기능이 정교하게 됨에 따라 노이즈에 의한 영향 및 피해를 줄이기 위하여 상용규격(CISPR, FCC, VDE) 및 군사규격(MIL-STD-461) 등을 통하여 전기 및 전자 장비에 대한 EMI 규제가 나날이 강화되고 있다.[1]

최근들어 수요가 급증하고 있는 스위칭 방식의 전원장치의 경우 고속 스위칭 동작에 의해 발생하는 노이즈는 타장비에 전자파 장애를 발생시키는 주범이 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 노이즈 발생원을 억제하기 위해서 소프트 스위칭(Soft Switching), 스너버 회로(Snubber Circuit), 전자파 차폐, 전원선을 통하여 방사되는 전도 노이즈(Conducted Noise)의 필터링, 적절한 접지 및 부품 배치 등의 기법 등이 스위칭 전원장치에 적용되고 있다. 특히 전도 노이즈의 경우, 외부로 방출되는 전도 노이즈를 감소시키기 위해서는 노이즈원(Noise Source)를 억제함과 아울러 발생된 노이즈를 적절하게 감쇄하기 위한 필터(Filter)의 사용은 필수적이다.

전도 노이즈는 노이즈 특성에 따라 코먼모드(CM : Common Mode)와 디퍼렌셜모우드(Differential Mode or Normal Mode) 노이즈로 구분된다. 전도

노이즈의 모드에 따라 노이즈 발생원과 전달 경로가 다르기 때문에 노이즈 모드 종류에 따라 노이즈 발생원의 억제 방법과 및 필터의 설계 또한 달라져야 한다. 그러나, 일반적인 측정기법으로는 전도노이즈 모드 분석이 어렵기 때문에 시행착오법으로 노이즈에 대응할 수 밖에 없어 최적의 노이즈 대응을 위해서는 많은 노력과 경비가 필요로 된다. 따라서 노이즈 판별을 통하여 적절하고도 경제적인 노이즈 대응책을 수립하기 위해서는 DM/CM 노이즈 판별을 위한 측정기법이 필요로 된다. [2][3][4][5]

본 연구에서는 전도노이즈 판별을 위한 노이즈 모드 분리장치(Seperator)에 대한 연구와 응용에 대한 연구를 수행하였다. 이 분리장치 연구에는 모드 특성을 이용한 분리기능과 아울러 LISN(Line Impeadance Stabilization Network)와의 임피던스 매칭(Impeadance Matching), 10KHz~50MHz 주파수 영역의 특성, 정확도, 경제성 등을 고려하여 분리를 설계, 제작하였다. 본 논문에서는 노이즈의 발생 원인 및 전달 경로, 노이즈 모드의 분리원리, 제작된 분리기의 특성분석, 필터설계 및 노이즈 발생원 억제를 위한 응용사례를 제시하였다.

2. 본 론

2.1 노이즈의 발생원 및 경로

전도 노이즈는 DM/CM 모드에 따라 다음 그림과 같이 발생원과 전달경로가 다르다.

DM의 경우 스위치 전류의 급격한 변화와 인덕턴스에 의해 발생되며, 전달경로는 핫선(Hot Line)-다이오드-트랜스 1차권선-스위치-다이오드-리턴선(Return Line)-LISN 저항-핫선을통한 폐회로를 형성하면서 순환된다. DM 노이즈는 핫선과 리턴선에서 서로 180°의 위상차를 갖는다. DM 노이즈는

스위치와 병렬로 설치된 커패시터의 기생인덕턴스와 주파수 특성에 크게 좌우된다.

CM 노이즈는 급격한 전압변동과 스위칭간에 발생하는 링잉(Ringing) 현상에 의해 발생되며 스위치/다이오드의 방열판 및 선로와 접지 사이의 기생 커패시턴스, 트랜스포머의 기생 커패시턴스가 전달 통로가 되어, 핫선 및 /리턴선에서 접지로 전달되는 경로를 갖는다. 따라서, 핫선과 리턴선에서 CM노이즈는 동상으로 위상차가 0°이다. 이러한 기생 커패시턴스는 약 10~100[pF]의 크기로서 스위칭 주파수가 증가함에 따라 그 영향이 증가된다.

일반적으로 DM 노이즈의 주파수 영역은 150KHz 이하, CM 노이즈의 경우 1MHz 이상, 150K~1MHz에서는 DM과 CM이 공존한다.

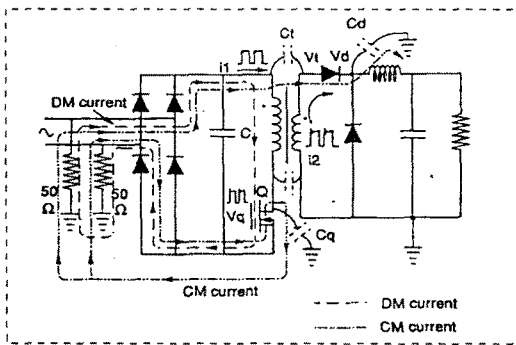


그림 1. 노이즈 발생원 및 노이즈 전달경로

2.2 노이즈 분리기

2.2.1 노이즈 분리기의 구성 및 동작원리

본 연구에서 설계, 제작된 노이즈 분리기의 구성은 그림 2와 같이 CM 노이즈 제거회로(CMRN; Common Mode Rejection Network), DM 노이즈 제거회로(DMRN; Differential Mode Rejection Network), 제어부, 전원부로 구성되어 있다. 제어부는 CMRN 및 DMRN중 한가지 기능을 선택한다.

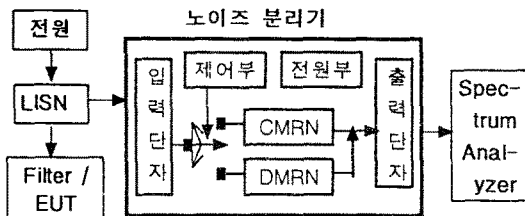
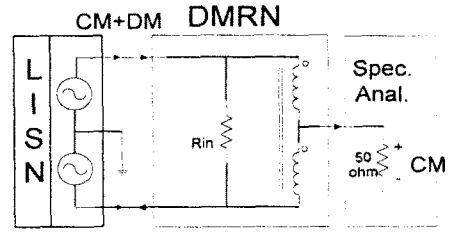


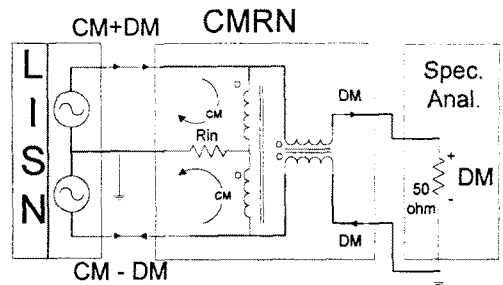
그림 2. 노이즈 분리기의 구성 및 장비 배치도

DMRN의 원리는 그림 3(a)와 같이 입력단자(핫/리턴선)를 통하여 인가되는 2개의 신호를 합하므로써 위상차가 180°인 DM 노이즈는 상쇄시키고 위상차가 0°인 CM 노이즈만을 통과시킨다. 반대로

CMRN의 원리는 그림 3(b)와 같이 입력단자(핫/리턴선)를 통하여 인가되는 동상의 CM 노이즈는 상쇄시키면서 위상차가 180°인 DM 노이즈만을 통과시킨다.



(a) DMRN의 원리도



(b) CMRN의 원리도

그림 3. 노이즈 분리의 원리도

2.2.2 노이즈 분리기의 특성

본 연구에서의 노이즈 분리는 MIL-STD-461 규격을 만족하는 10K~50MHz 대역 노이즈의 평가를 위하여 트랜스포머의 주파수 특성과 LISN 및 스펙트럼 어댑타이저와의 임피던스 매칭이 고려되어 그림 4와 같이 제작되었다.

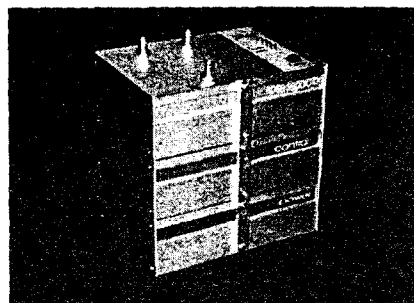
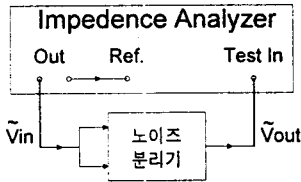


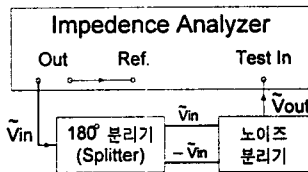
그림 4. 노이즈 분리기

제작된 노이즈 분리기는 Impedance/Gain Analyzer를 이용하여 그림 5와 같은 방법으로 특성을 분석하였다. 그림 5(a)는 CM 노이즈, 그림 5(b)는 DM 노이즈에 대한 노이즈 분리기의 특성

분석을 위한 각각의 장비 구성도이다. 그림 5(a)에서는 동상의 신호(CM 노이즈)를 CMRN 및 DMRN 각각에 입력하므로써 CMRN의 CM 노이즈 제거 특성 및 DMRN의 CM 노이즈 통과 특성을 그림 6과 같이 얻을 수 있었다. 그림 5(b)에서는 180° 신호분리기를 이용하여 180° 위상차가 있는 신호(DM 노이즈)를 CMRN 및 DMRN 각각에 입력하므로써 CMRN의 DM 노이즈 통과 특성 및 DMRN의 DM 노이즈 제거 특성을 그림 7과 같이 얻을 수 있었다.

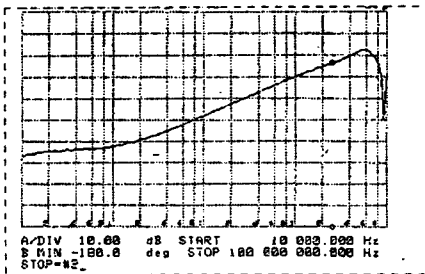


(a) CM 노이즈 특성 분석 장비 구성

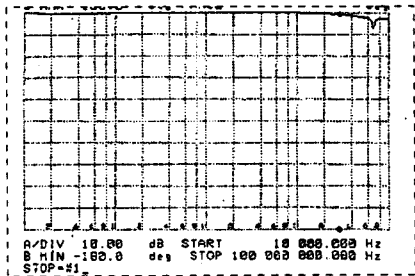


(b) DM 노이즈 특성 분석 장비 구성

그림 5. 노이즈 분리기의 특성분석용 장비 구성도

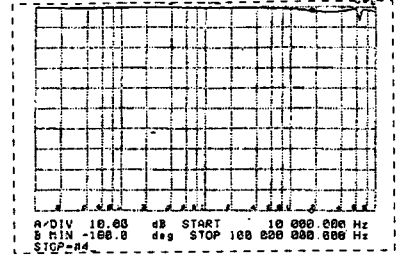


(a) CMRN의 CM 노이즈 제거 특성

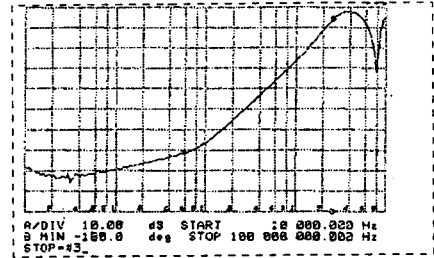


(b) DMRN의 CM 노이즈 통과 특성

그림 6. CM 노이즈에 대한 노이즈 분리기 특성 (X축:10K~100MHz, Y축 : 10dB/div)



(a) CMRN의 DM 노이즈 통과 특성



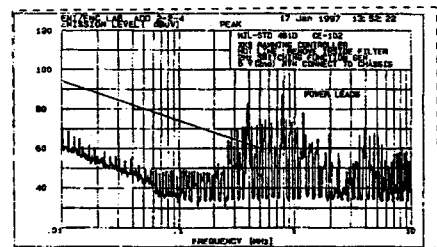
(b) DMRN의 DM 노이즈 제거 특성

그림 7. DM 노이즈에 대한 노이즈 분리기 특성 (X축:10K~100MHz, Y축 : 10dB/div)

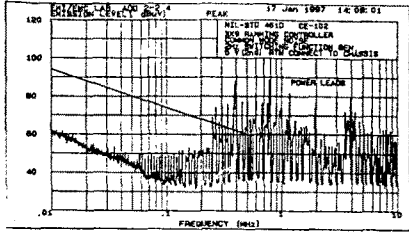
2.3 노이즈 분리기를 이용한 필터설계 사례

반도체 스위치를 이용한 솔레노이드 구동장비에서 발생하는 노이즈를 감쇄시키기 위한 필터설계에 노이즈 분리기를 활용하였다.(MIL-STD-461, CE102 전도방출 규격적용)

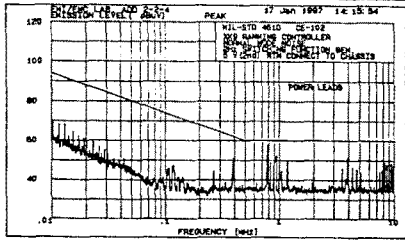
우선 그림 2와 같이 장비를 설치한후 전원필터없이 피시험체에서 발생하는 전체 노이즈를 그림 8(a)와 같이 측정하였다. 이어서 노이즈 분리기의 DMRN 기능을 이용하여 CM 노이즈를, CMRN 기능을 이용하여 DM 노이즈를 그림 8(b), 8(c)와 같이 측정하였다. 계측된 DM 및 CM 노이즈 결과를 이용하여 서로 다른 노이즈 발생원과 전달경로를 최대한 억제하였다. 이후 DM 및 CM 노이즈에 적합한 각각의 필터 토폴로지와 소자값을 변경하면서 DM 및 CM 노이즈 각각의 개선상태를 계속 확인하여 그림 8(d)와 같이 규격을 만족시켰다. 이때 확정된 필터는 회로는 그림 9와 같다.



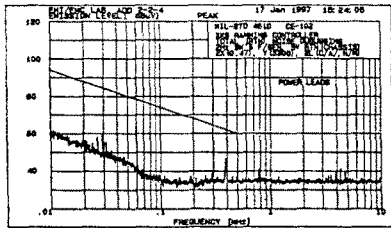
(a) 피시험체의 전체 발생 노이즈(필터 없음)



(b) 피시험체의 발생 CM 노이즈(필터 없음)



(c) 피시험체의 발생 DM 노이즈(필터 없음)



(d) 필터가 설치된 피시험체의 전체 발생 노이즈
그림 8. 피시험체의 발생 노이즈

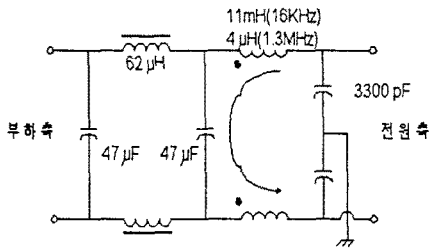


그림 9. 피시험체의 확정된 필터 회로

3. 결 론

본 연구를 통하여 전도노이즈의 CM/DM 성분을 분리할 수 있는 노이즈분리기의 동작원리와 특성분석 절차를 정립하였다.

설계, 제작된 노이즈분리기를 활용하여 스위칭 구동기에서 발생하는 전도노이즈의 모드를 분석하므로써, 전도노이즈의 특성에 따라 체계적으로 노이즈의 발생원을 억제하고 전달경로를 차단하였으며, 손쉽게 최적의 필터설계가 가능함을 보였다.

현재 제작된 노이즈 분리기의 경우 고주파 대역에서의 특성개선을 위한 인덕터 및 트랜스포머의 코어 재선정 등을 포함한 연구가 필요로 된다.

[참 고 문 헌]

- [1] L.M. Schneider, "Noise Source Equivalent Circuit Model For Off-Line Converters And Its Use in Input Filter Design", IEEE Symposium on Electro-Magnetic Compatibility, Arlington VA, pp.167-175, August, 1983.
- [2] C. R. Paul, K. B. Hardin, "Diagnosis and Reduction of Conducted Noise Emissions", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 30, No 4, pp.553-560, Nov. 1988.
- [3] T Guo, D.Y. Chen, F.C. Lee, "Diagnosis of Power Supply Conducted EMI Using a Noise Separator", Virginia Power Electronic Center, pp.259-266, 1995.
- [4] T. Guo, D.Y. Chen, and F.C. Lee, "Separation of the Common-Mode and the Differential-Mode Conducted EMI Noise", Proceedings of the High-Frequency Power Conversion Conference, pp.179-187, Apr. 1994.
- [5] David Tarnowski, Schaffner, "Filter Selection and Performance", ITEM 1988, pp154 - 172