

특집 : 전원환경과 전력품질

전력품질과 관련된 EMI 규제 내용과 대책방법

정 용 채

(남서울대 전자정보통신공학부 부교수)

1. 서론

전력전자기기가 EMI(Electro-Magnetic Interference) 발생의 큰 원인이라는 것은 잘 알려진 사실이다⁽¹⁻³⁾. EMC(Electro-Magnetic Compatibility)는 전자파 양립성이라 정의되는데, 이는 전자파를 발생시키는 기기로부터 나오는 전자파가 다른 기기의 성능에 장애를 주지 아니함과 동시에 다른 기기에서 나오는 전자파의 영향으로부터도 정상 동작을 할 수 있는 능력을 말한다. 이 중 전자에 해당되는 부분을 EMI라고 부른다.

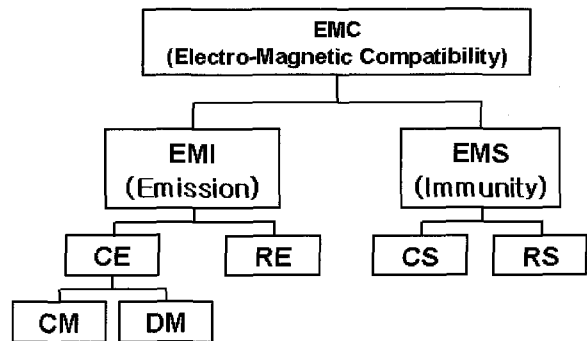
전원선 입장에서 보면 EMI는 전기기기에서 발생하는 전원 노이즈이다. 하나의 전원선에 여러 개의 전기기기가 연결된다면 많은 양의 EMI 노이즈가 발생할 것이다. 이러한 많은 노이즈에도 전기를 사용하는 모든 기기는 안정하게 동작하여야 한다. 따라서 하나의 전기기기에서 발생하는 EMI 노이즈를 어떤 값 이하로 제한해야 할 필요가 있다. 이를 위해서 국제전기기술위원회(IEC: International Electrotechnical Commission) 산하의 국제 무선장해 특별위원회(CISPR: International Special Committee on Radio Interference)에서 제품별 허용 가능한 EMI 노이즈의 규제치를 제시하는 규격들을 제정하였다. 이를 EU나 NAFTA와 같은 지역이나 또는 각 나라에서 채택하면 강제 규격이 되어서 그 지역이나 각 나라에서 이 규격을 만족하지 못하면 제품을 거래하지 못하도록 되어있다^(4,5).

본 고에서는 이러한 규격의 내용에 대해서 알아보고 이를 위한 적절한 대책방법에 대해서 알아보려고 한다. 특히 전원선에 직접적인 영향을 미치는 전도 EMI에 대해서 자세히 알

아보려고 한다.

2. EMI의 개요

EMI 규격을 알아보기에 앞서서 여기서는 EMI의 개요에 대해서 알아보겠다. 먼저 그림 1은 앞에서 언급한 EMC의 분류로 EMI는 전기기기에서 외부로 나오는 노이즈(이러한 의미에서 Emission이라고 부름)를 의미하며 그 중 전원선을 따라서 나오는 EMI 노이즈를 전도 EMI 노이즈(Conducted EMI Noise) 또는 전도 방출 노이즈(Conducted Emission Noise)라고 한다⁽²⁾. EMS는 면역성이라는 의미의 Immunity



EMI : Electromagnetic Interference
 EMS : Electromagnetic Susceptibility
 CE(RE) : Conducted(Radiated) Emission
 CS(RS) : Conducted(Radiated) Susceptibility
 CM : Common-Mode component
 DM : Differential-Mode component

그림 1 EMC의 분류

표 1 전자파적합등록 대상기기¹⁵⁾

| 구분 | 대 상 기 기 | 적용규격 | 시행부처 |
|--------------------------|---|--------|----------------|
| 산업·과학·의료용 등 고주파 이용 설비 | 산업·과학·의료 및 가정용으로 고주파를 발생하거나 이를 부분적으로 이용하도록 설계된 장치 및 기기 | KN11 | 산업자원부 보건복지부 |
| 자동차 및 불꽃점화 엔진 구동기기 류 | 전파통신이나 방송수신 등에 방해가 되는 기기로서 자동차관리법의 규정에 의하여 형식승인을 얻어야 하는 자동차 | KN41 | 건설교통부 |
| 방송수신기기류 | 9kHz부터 1GHz까지의 주파수범위내의 방송 또는 유사정보를 수신하기 위한 음성 및 텔레비전 수신기와 이에 직접 연결되어 음성 또는 시각정보를 생성하거나 재생하기 위한 기기 | KN13 | 산업자원부 |
| 가정용 전기기기 및 전동기기류 | 가정용 전기기기, 휴대용 전동공구, 전기 가열장치 및 기타 유사 전기기기 | KN14-1 | 산업자원부 |
| 형광등 등 조명기기류 | 9kHz부터 400GHz까지의 주파수 대에서의 형광등 및 조명기능을 가지는 기구 또는 장치 | KN15 | 산업자원부 |
| 정보기기류 | 정보통신기기 인증규칙 제3조 제4항의 규정에 의한 기기로서 컴퓨터와 그 주변기기, 터미널포트가 있는 컴퓨터 내장 구성품 및 유선통신 단말기 류 | KN22 | 정보통신부 |
| 전자레인지 | 2.45GHz로 동작하는 전자레인지 | KN19 | 산업자원부 |
| 고속철도기기류 | 고속철도차량, 전원장치·제어장치 등 고속철도차량 내 기기, 주행제어를 위한 신호기기 및 전기통신기기 그 밖의 고정전원시설 | KN50 | |

라고 불리며 이는 외부에서 들어오는 노이즈에 전기기기가 정상적으로 동작하는지를 알아보는 규격이다. 여기에는 ESD, Surge, EFT/Burst 등의 검사가 있다.

전도 EMI 노이즈가 전원선에 직접적인 영향을 미치는 것으로 대부분의 제품은 150(kHz)에서 30(MHz) 사이의 노이즈 성분을 지칭한다. 그러나 유도가열조리기와 같은 일부 제품은 9(kHz)에서 30(MHz) 사이의 노이즈를 전도 EMI 노이즈라고 말한다.

이 전도 EMI는 다시 두 가지로 나뉘는데 하나는 공통모드(CM) 성분이고 다른 하나는 차동모드(DM) 성분이다. 공통모드 성분은 접지선과 두 전원선 사이의 EMI를 말하고, 차동모드 성분은 두 전원선 사이의 EMI를 말한다.

3. 적용규격

EMI에 대한 규격은 전도성분과 방사성분을 모두 포함한 것이다. 즉, 각 규격은 그림 1의 CE와 RE를 포함한 성분에 대해서 각각에 대한 규제치를 제시한다. 앞서서도 언급하였듯이 이러한 규격은 CISPR에서 제정하고 각 나라에서 적용하기 위해서 국내 규격으로 만들면 비로소 적용되는 것이다. 그래서 이 장에서는 현재 국내에 적용되고 있는 규격에 대해서 자세히 알아본다. 참고로 국내 전자파장해방지기준은

2004년 9월 22일 고시된 정보통신부 산하 전파연구소고시 제2004-69호에 의거해 적용되고 있으며, 전자파대성기준은 같은 날 고시된 전파연구소고시 제2004-70호에 의거해 적용된다.

먼저 표 1은 전자파적합등록 대상기기의 구분과 적용규격을 나타낸다. 이 표와 같이 대상기기에 따라서 적용하는 규격과 측정방법들이 차이가 있다. 각 적용규격들은 CISPR 규격을 국내 실정에 맞도록 약간 수정을 한 후 국내규격으로 만든 것들이다. 그래서 내용이 CISPR 규격과 거의 같기 때문에 같은 번호를 쓰고 있다. 즉, CISPR 11 규격을 인용하여 국내에서 적용하는 규격은 KN11로 명명했다. 여기서 KN은 Korean Norm의 약자이다.

위 규격의 내용 중 KN11과 KN22를 보면 같은 규격 내에서도 대상기기를 다시 분류하는데 다음과 같다.

- 1) "1종 기기 또는 그룹 1 기기" : 산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기로서 당해기기 또는 장치의 내부기능 수행에 필요한 고주파에너지를 의도적으로 발생시켜 전도적인 결합에 의하여 사용되는 기기.
- 2) "2종 기기 또는 그룹 2 기기" : 산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기로서 재료의 처리를 위하여 고주파에너지를 의도적으로 발생시켜 전자파방사의 형태로 사용되는 기기와 불꽃 부식기기.

- 3) "A급 기기" : 산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기류 및 정보기기류에 적용하며, 가정외의 지역에서 사용하는 것을 목적으로 하는 업무용 기기.
- 4) "B급 기기" : 산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기류 및 정보기기류에 적용하며, 주로 가정에서 사용하는 것을 목적으로 하는 가정용 기기.

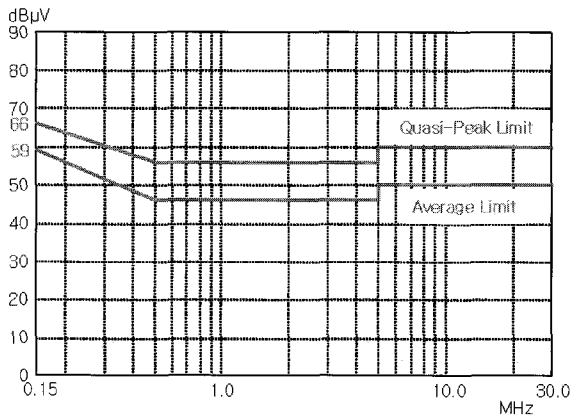
전도 EMI의 관점에서 보면 각 규격별로 다소 차이는 있지만 대부분 그림 2와 같은 잡음단자전압의 한계값을 갖는다. 여기서 그림 2는 KN14-1과 다른 규격의 전도 EMI 규격간의 차이를 보여주는데 평균값에서 다소 차이가 있을 뿐이다. 또한 그림 2는 B급 기기에 대한 내용만을 보여주는데 A급 기기는 좀 더 여유 있는 한계값을 갖는다. 이 외에도 방사기준을 포함하여 각 규격별로 여러 가지 측정기준을 갖는데 이는 정확한 적용 규격을 보고 판단해야 한다.

표 2는 측정해야 할 전자파내성에 대한 7가지 항목들이다⁽⁵⁾. 이 항목들을 모두 만족해야 해당기기가 외부의 노이즈에

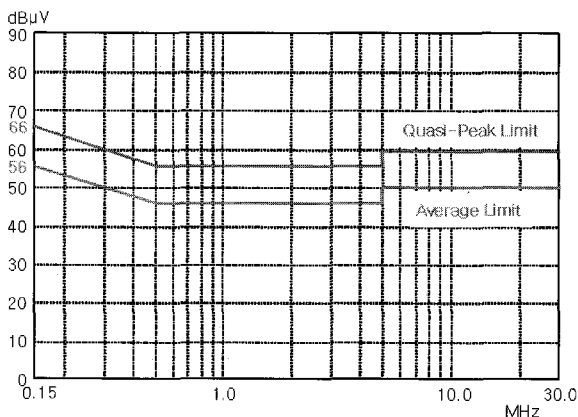
도 안정되게 동작할 수 있다. 이는 그림 1의 EMS에 해당하는 항목으로 제품의 신뢰성과도 밀접한 관련이 있는 규격이라고 할 수 있다. 본 고에서는 전도 EMI에 초점을 맞추고 있기 때문에 여기서는 전자파내성에 대해서 자세히 언급하지는 않고 단지 측정해야 할 항목만 소개한다.

4. EMI 대책

EMI의 대책은 표 3과 같이 크게 세 부분으로 나뉜다. 가장 먼저 해야 할 부분은 발생원에 대한 대책이다. 이는 회로설계시 적용해야 할 부분으로 이 부분을 충실히 고려해서 설계하면 필터에 의한 대책을 줄일 수 있다. 두 번째 해야 할 대책은 경로대책으로 각 회로부품들을 최적의 위치로 배치하면 기생 인덕턴스나 기생 커패시터를 최소화 할 수 있어서 발생한 노이즈의 전달을 최소로 할 수 있다. 이 단계는 회로측면에서는 PCB 위의 부품배치를 어떻게 해야 하는지 고려하는 부분이



(a) KN14-1 한계값



(b) 다른 규격의 한계값

그림 2 규격별 잡음단자전압의 한계값

표 2 시험해야 할 전자파내성 항목들

| 적용규격 | 항 목 |
|---------------|------------------|
| KN 61000-4-2 | 정전기방전 내성시험 |
| KN 61000-4-3 | 전자파방사 내성시험 |
| KN 61000-4-4 | 전기적 빠른 과도현상 내성시험 |
| KN 61000-4-5 | 서지 내성시험 |
| KN 61000-4-6 | 전자파전도 내성시험 |
| KN 61000-4-8 | 전원주파수사계 내성시험 |
| KN 61000-4-11 | 전압강하 및 순시정전 내성시험 |

표 3 EMI 대책의 분류⁽²⁾

| EMI 대책 | 대책의 종류 |
|------------|---|
| 노이즈 발생원 대책 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ snubber circuit ▶ gate driver 개선 ▶ 스위칭 주파수의 개선 ▶ soft switching 적용 |
| 경로 대책 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ stray inductance의 최소화 ▶ stray capacitance의 최소화 - Faraday shield - 스위치의 재배치 - 트랜스포머의 권선방법 개선 ▶ 충분한 접지의 확보 |
| 필터 대책 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 모드별 분석 ▶ 각 모드별 대책필터 설계 ▶ 적절한 부품의 선택 |


고, 기구적인 측면에서는 입력 전원선에서부터 전원의 경로를 어떻게 배치하는 것이 최적인지를 고려하는 부분이다. 마지막으로 앞서의 두 절차를 거쳤는데도 불구하고 남는 노이즈는 EMI 필터를 삽입하여 감쇠시켜야 한다. 이 단계는 직접적으로 재료가 추가되는 단계이기 때문에 앞의 두 단계를 충실히 행하면 최소비용으로 EMI 대책을 할 수 있다. 즉, 제품의 초기 설계단계에서부터 EMI를 고려한 설계가 되도록 하는 것이 EMI 대책에 있어서 최선책이다. 게다가 전도 EMI 노이즈를 충분히 감쇠시켜야 방사 EMI도 쉽게 줄일 수 있다. 특히 10~30MHz 사이의 EMI 노이즈를 충분히 줄여주어야 방사 EMI에 대한 대책이 쉬워진다.

각 대책에 있어서 참고문헌 [3]에서와 같이 전도 EMI를 공통모드 성분과 차동모드 성분으로 나누어서 측정하면 각 대책에 의한 영향들을 쉽게 파악할 수 있다. 이를 통해서 각 대책을 하는데 빠르고 쉽게 접근해 갈 수 있을 것이다.

노이즈 발생원에 대한 구체적인 예는 많은 논문들에서 다루었다, 특히, 소프트 스위칭에 대한 연구가 많이 이루어졌는데 여기서는 더 이상 언급하지 않겠다. 두 번째 경로대책은 참고문헌 [2]에서 자세히 다루었다. 특히 사시의 유·무에 따라서 대책방법들을 제시하였다. 물론 저전력 SMPS에 대해서 EMI 대책을 다루었지만 다른 전력전자기기에도 같은 방식의 EMI 대책방법이 적용될 수 있다. 마지막으로 필터대책은 참고문헌 [3]에서 설계방법에 대해서 자세히 설명하였기 때문에 본 고에서는 이러한 문헌을 소개하는 것으로 대신하였다.

5. 맺음말

본 고에서는 전력품질에 영향을 미치는 EMI에 대한 규제 내용과 대책방법에 대해서 알아보았다. 물론 좀 더 자세히 내용을 언급하고 싶었지만 지면이 부족하여 EMI 규격들을 소개하는 것으로 마감하였다. 또한, 대책방법도 기존의 자료를 소개하는 선에서 마무리를 하였다. 하지만 이러한 내용을 바탕으로 EMI 대책을 시작하시는 분들께는 하나의 가이드로서 충분하리라고 판단된다. EMI에 대한 내용이 상당히 방대하지만 본 고의 내용을 기초로 해서 참고문헌의 자료들과 각 규

격의 내용을 공부한다면 EMI에 대한 지식과 대책방법에 대해서 어느 정도 쉽게 습득하리라고 예상된다. 

본 원고를 위해서 많은 자료를 아낌없이 빌려주신 테미스알앤디의 이동균 사장님께 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] Laszlo Tihanyi, Electromagnetic Compatibility in Power Electronics, The IEEE Press, 1995.
- [2] 정용채, "저전력 스위칭 전원회로에서의 EMI 분석 및 대책", 전력전자학회 논문지, 제6권, 제2호, pp. 141-148, 2001년.
- [3] 정용채, "노이즈 분리 기법을 이용한 전도EMI 필터의 모델링 및 설계 알고리즘", 전력전자학회 논문지, 제9권, 제3호, pp. 260-266, 2004년.
- [4] 안광희, "IEC & CISPR 및 KS규격 제정현황", EMC 기술 및 국제표준동향 세미나 자료집, pp. 5-48, 2005년 11월.
- [5] 전자과적합등록 시험업무 편람, 정보통신부 전자연구소 이전분소, 2004년 10월.

〈저 자 소 개〉



정용채(鄭龍采)

1966년 2월 28일생. 1989년 한양대 전자공학과 졸업. 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 1995년~1999년 LG전자 홈어플라이언스연구소 선임연구원. 1999년~현재 남서울대 전자정보통신공학부 부교수. 당 학회 편집위원.