

EMC/EMI 기본 측정량과 측정시설



김기제
영남대학교 전기전자공학부
조교수. 현재 한국전자파학회
평의원.



이광식
영남대학교 전기전자공학부 교수
현재 한국조명·전기설비학회
이사 겸 대구·경북지회장



박원주
영남대학교 전기전자공학부
부교수. 현재 한국조명·전기설비
학회 대구·경북지회 재무이사



이동인
영남대학교 전기전자공학부 교수

1. 머리말

전기전자기기 및 정보처리장치의 이용분야가 확대되고 기능이 디지털화되고 고속화됨에 따라서

불필요한 전자파 잡음으로 인한 전자파 장애(EMI)문제는 필연적으로 발생하게 된다. 전자파 장애는 불요전자파가 통신장해를 일으켜 중요한 정보의 유실을 가져오기도 하며, 산업로봇 제어 등에서와 같이 낮은 소모전력에서 고속으로 동작하는 디지털장치에 오동작을 일으키게 하여 산업재해를

발생하게 하기도 한다. 이러한 전자파 장애 문제에 대처하기 위한 EMC 관련 연구에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 EMC/EMI에 관계되는 정량적인 측정기술과 평가기술의 확립이다[1],[2].

EMC/EMI 관련 측정기술 및 평가기술을 확립하기 위해서는 무엇보다도 우선하여 전자파의 특성을 명확히 파악해야 하고 또한 평가해야 할 파라미터를 결정해야 한다. 따라서, 전자파의 특성 파악의 기초연구와 전자파에 관계되는 전자파 기본량의 정밀측정기술이 궁극적으로 EMC/EMI 관련 측정 및 평가기술 확립의 기본이 된다는 것을 알 수 있다.

이러한 고주파 대역의 기본량은 편의상 3가지로 분류 할 수 있다. 즉, (1) 전력, 전압, 전류, 잡음온도, 전자기장의 세기에 관계되는 에너지량, (2) 임피던스, 반사계수, 감쇠량, 위상량에 관계되는 회로량, 그리고 (3) 주파수에 관련된 시간량이 바로 그것이다[3].

EMC/EMI의 측정은 기본적으로 각종 관련규격에 정해진 규격에 의하여 수행되는데, EMC/EMI 측정에서 사용할 측정시설(야외시험장, 전자파무향실)도 측정치의 상호연관성을 위해서는 규격에 정해진 적합성이 확인되어 있어야 한다. 또한 EMC/EMI 측정에서 사용하는 각종 측정기들은 EMC/EMI 측정에서 사용되는 측정기의 모든 기능 - 감쇠량, 전압, 임펄스 대역폭, 주파수, 각 검출방법에 대한 응답특성, 임피던스 - 등에 있

어 이에 관계되는 전자파 기본 측정 표준에 의하여 교정이 되어 있어야 한다. 여기서 말하는 측정기 기라함은 실제 측정기에 연결하여 사용되는 증폭기, 감쇠기, 동축선 등을 포함한다.

본 해설에서는 먼저 EMC/EMI에 관련된 기본적인 측정량을 언급하고, EMC/EMI의 측정에 사용하는 측정시설에 대하여 간략히 설명한다.

2. EMC/EMI의 구성요소와 측정

EMI(전자파방해)가 성립하기 위해서는 잡음원(source), 매개경로(coupling path), 감용체(susceptor)가 필요하다. 잡음원은 전자파 잡음, 송전선로, 각종의 방전원 및 시스템에서 이용하고 있는 모든 형태의 전자기 에너지의 근원체이다. 이들이 여러 종류의 매개경로를 통하여 모든 감용체(전기전자기기, 정보처리장치, 생물체, 사회 등)에 방해를 주고 있는 상태가 바로 기본적인 전자파방해가 성립한 상태이다. 그림 1은 전자파장해를 성립시키는 구성요소를 나타낸다. 현대적 개념의 EMC(전자기 적합성)는 동작시키려는 전기전자기기의 입장에서 보는 것으로서, 전기전자기기가 설치될 위치의 전자파환경에서 의도된 성능을 제대로 발휘하며 동작할 수 있는 능력을 뜻한다. 이뿐만 아니라 이 기기가 어떠한 전자파 환경에 새로이 추가되어 기존의 전자파 환경에 변화를 가져오더라도 거기에 이미 있었던 다른 기기에 영향을 주지 않아야 한다는 뜻도 포함하는 것이다.

전자파 간섭을 주지 않고 또한 전자파 간섭을 받지 않는 전자파 환경을 확립하기 위해서는 우선 기기로부터 방출되는 전자파 잡음을 줄여 주위에 있는 기기에 전자파 간섭을 주지 않도록 하여야 하며, 주어진 전자파환경 내에 전기전자기기가 놓여지더라도 기기가

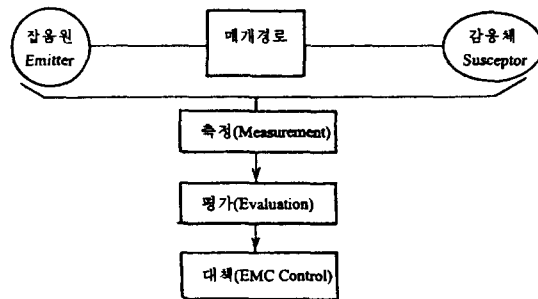


그림 1 EMC 구성요소와 측정, 평가 및 대책

의도된 동작을 할 수 있도록 내성(immunity)을 크게해야 한다. 이러한 전자파적합성의 확립을 위해서는 법적 규제뿐만 아니라, 전자파간섭 구성요소의 각각에 대해 명확히 그 특성을 평가하고 대책을 수립하여야 한다.

구성요소 각각에 대한 특성의 평가는 측정으로부터 시작된다. 즉 측정의 중요성은 EMC/EMI의 구성요소 전반에 관계된다는 것을 그림 1로부터 알 수 있다. EMC/EMI의 제어를 위해서는 무엇보다도 먼저 EMC/EMI에 관련된 측정을 해야하고 측정된 결과를 바탕으로 평가를 해야하며 평가의 결과로서 EMC대책이 세워지기 때문이다.

3. EMC/EMI와 관련된 측정량

EMC/EMI 측정에서 무엇보다도 중요한 사항은 측정해야 할 대상 즉, 측정량을 알아야 하는 것이다. 이러한 측정량의 결정은 기기의 내부에서 발생한 방해파가 어떠한 전파경로를 거쳐서 기기의 외부로 전파하느냐를 관찰함으로써 결정할 수 있다. 전파경로에 대한 CISPR(국제무선장해 특별위원회)의 기본적인 생각방법에 따르면 전파경로는 3가지로 분류되고 각 전파경로에 대한 방해파의 측정량은 다음과 같다. (1) 방해파를 발생하는 기기로부터 주위에

방사되는 방사성 방해파의 크기는 전자기장의 세기를 측정량으로 하여 평가하고, (2) 방해파를 발생하는 기기에 접속되어 있는 전원선을 매개체로 하여 전파하는 전도성 방해파는 전압 또는 전류를 측정량으로 하며, 그리고 (3) 전원선에서 방사되는 방사성의 방해파는 전력을 측정량으로 하여 평가하는 것이 일반적이다. 따라서 방해파의 전파경로에 따른 측정량은 전자기장의 세기, 전압, 전류 및 전력으로 구분할 수 있고 이들 4가지의 측정량이 EMC/EMI에 직접 관계되는 기본량이라 할 수 있다 [3].

그리고, EMC/EMI의 측정에서는 측정장소도 표준화된 기준에서의 적합성이 확인되어 있어야 한다. 따라서, 위에서 살펴본 4가지의 기본적인 측정량에 직접적으로 관련되는 야외시험장의 시험장감쇠량과 앞에서 언급한 측정하고자 하는 양 (어떤 주어진 조건하에서)과 실제 측정기에서 측정되는 양과의 관계를 지어주는 각종 센서의 특징 - 안테나 인자, 전달 임피던스, 각종 변환계수 - 등도 대단히 중요하다. 물론 이 특성들은 전자파 기본 측정표준에 의해 정확히 교정된 값이어야 한다. 이상에서 살펴본 EMC/EMI에 관련된 기본 측정량을 표 1에 정리하였다.

표 1 EMC/EMI 관련 측정 기본량

Propagation Path	Power Line Conducted Emission	Power Line Emission	Radiated Emission	
Measurement Parameter	Voltage (Current)	Power	Electromagnetic Field Strength	
Sensors (Measurement Parameter)	LISN Current Probe	Absorbing Clamp	Open Area Test Site (Site Attenuation)	EMC Antenna (Antenna Factor)

3-1 시험장감쇠량

시험장감쇠량(Site Attenuation)은 방사성 방해파를 측정하는 측정시설의 하나인 야외시험장(Open Area Test Site, OATS)의 적합성을 평가하는 파라미터이며 야외시험장에서 두 지점간의 전송손실을 나타낸다. 구체적으로는 야외시험장 위에 놓여진 두 개의 반파장(공진)다이폴 안테나 사이의 전송손실을 이론적으로 계산하고, 이 값과 실제로 건설된 야외시험장에서의 전송손실 측정치를 비교하여 야외시험장이 측정시설로서 적합한가 아닌가를 판단한다 [1],[6],[7].

3-2 안테나 인자

안테나 인자(Antenna Factor)는 안테나의 단자에 부하 임피던스(일반적으로 50Ω)를 연결했을 때 나타나는 전압과 입사 전자파의 전계의 세기와의 관계를 나타내는 양이다. 즉 안테나 인자는 전압을 전계의 세기(또는 자계의 세기)로 변환하는 변환계수이며 안테나의 형상과 치수에 의해 결정된다 [8],[9],[10]. 안테나 인자를 잘못 적용하면 측정되는 전자계의 세기에 큰 오차를 일으키게 되므로 안테나 인자는 방사성 방출잡음의 측정에서 결정적인 역할을 한다. 이러한 EMC 안테나의 안테나 인자를 측정하기 위해서는 전자기장의 세기에 관한 측정표준이 필요하다[11],[12].

3-3 센서 보정계수[3],[5]

전원선을 따라서 전파하는 전도성 방해파 및 전원선에서 방사되는 방사성 방해파의 크기를 측정하는 센서로 사용하는 의사전원회로망(LISN) 및 흡수 클램프(전류 프로우브)는 센서의 전달임피던스(transter impedance), 변환계수를 정확히 교정한 후 사용해야 한다.

상용규격에 의한 전도성 방해파 전압 측정용의 의사전원회로망은 전기기에 전원을 공급하기 위한 전원측을 부하측에서 본 경우의 전원 임피던스를 시뮬레이터한 회로이며, 피 측정기에서 발생한 일정한 전원 임피던스(50Ω)를 시뮬레이션 해주기 위한 장치로서 전원과 피 측정기를 RF대역에서 격리시키는 역할도 한다.

의사전원회로망을 사용할 경우에는 임피던스 특성이 허용편차 이내에 들어가는지를 확인할 필요가 있으며, 이것은 전자파 기본량의 하나인 임피던스 측정표준과 관계된다.

전원선에서 방사되는 방해파 전력측정용의 흡수클램프는 방해파의 유효전력을 측정하기 위해 개발된 것이며, 흡수 클램프는 페라이트 코아로된 흡수기와 전류변성기로 구성되어 피측정기에서 전원선을 둘러싸도록 배치시킨다. 흡수기는 전원선을 따라 전도되는 방해파 전류에 대하여 부하저항으로 작용하며 방해파 전류는 전류변성기에 의해서 전류에 비례한 전압으로 변환되고 방해파측정기

로 측정된다. 이러한 흡수 클램프는 방해원에서 방출되는 전력과 흡수 클램프에 접속된 CISPR 측정용 수신기의 지시치와의 관계를 명확히 해둘 필요가 있다. 따라서, 실제로 흡수 클램프의 삽입손실을 측정하여 흡수 클램프의 보정계수를 결정할 수 있는데, 이 보정계수는 방해파전력을 측정할 경우 방해파 측정기의 지시치로부터 방해파 특정전력을 구하기 위해서 가산하는 계수로서 사용한다.

피측정기에 따라서는 전류 프로우브를 사용하여 전원선등에 흐르는 방해파 전류를 측정하는 경우가 있다. 전류 프로우브는 프로우브가 설치된 도선에 흐르는 전류량과 프로우브의 출력단자에 기준부하(50Ω)를 연결했을 때 기준부하에 걸리는 전압과의 관계-전달임피던스-를 정확히 교정하여야 한다.

4. 측정의 일반조건과 측정시설

4-1. 측정조건

측정의 재현성을 얻기 위해서는 시험(EMC test)의 종류에 관계없이 다음과 같은 일반적인 측정조건을 반드시 고려해야 한다. 즉, (1) 시험장소, (2) 측정기기, (3) 측정주파수 대역, (4) 시험대상기기(EUT)의 배열, (5) 시험환경, (6) 시험대 및 (7)접지면 등이다 [4],[5].

대부분의 상용규격은 방사성 방해파의 시험장소로서 야외시험장의 사용을 원칙으로 하고 있다. 전자파 반무향실(semi-anechoic chamber)은 야외시험장과의 상관관계를 명확히 제시할 수 있어야만 측정시설로 사용할 수 있다. 단, 전자파차폐실(shielded enclosure)에서의 측정은 시험대상기기의 주파수 프로파일을 얻기 위해서만 사용되며 방사성 방출잡음의 크기를 결정하는 데는 사용하지 않는다.

방해전자파의 측정에 사용되는 주요 측정기에는 수신기와 안테나, LISN, 전류 프로브, 흡수 클램프 등이 있다. 측정 수신기로는 방해 전자파 수신기와 스펙트럼분석기가 대표적이다. 방해전자파 수신기는 다양한 검파방식(첨두치검파, 준첨두치검파 방식, 평균치검파, 실효치검파 등)을 이용하고 있으나, 대부분의 상용규격을 CISPR에서 권고하는 준첨두치검파 방식을 채택하고 있다. 방해전자파 측정에 널리 사용되는 센서로는 전류프로브, LISN, 흡수클램프 및 안테나 등이 있다. 이들 기기는 정확히 교정된 변환계수를 알고 있어야 한다. 특히, 안테나는 전자기장의 세기를 측정하기 위해 사용되며, 측정용 안테나는 큰 측정오차를 유발시킬 수 있으므로 안테나 인자를 정확히 교정하여 사용되어야 한다.

4-2. 측정시설

대표적인 측정시설로는 야외시험장, 전자파반무향실, TEM cell, 평행판선로, 헬름홀츠코일 및 전자파간향실 등이 있다. 이러한 측정시설은 시험대상기기의 크기와 주파수대역, 적용규격의 규제치, 측정하고자 하는 전자기장의 형태 및 편파면, 시험신호의 전기적 특성 등을 고려하여 선택되고 구성되어야 한다.

야외시험장은 방사성 방출잡음의 측정에 사용되는 시설이며 관련규격에서는 최소한의 범위내에서 전자파 산란체가 없는 장소를 규정하고 있다. 이러한 시험장은 3-1에서 설명한 것과 같이 시험장 감쇠량을 측정함으로써 시험장소로서의 적합성을 평가할 수 있다 [1],[6],[7].

전자파무향실은 자유공간과 같은 상태를 실내에서 실현하는 시설이다. 특히 방사성의 방출잡음을 측정할 때에는 전자파무향실의 바닥에 부착된 전파흡수체를 제거한 전자파반무향실을 사용한다.

전자파반무향실에서 측정된 결과는 야외시험장에서의 측정결과와 비교하여 두 측정시설 간의 상관관계를 구함으로써 전자파반무향실에서 측정된 방출잡음의 크기를 야외시험장의 값으로 소급시킬 수 있다.

TEM Cell은 매우 강한 전자기장이 요구되는 잡음내성의 특성시험뿐만 아니라, 임펄스 및 과도현상에 관한 시험이 가능하다. 이러한 시설은 사용 주파수대역의 상한이 최소 고차모우드가 발생하는 주파수로 제한되며, 시험 가능한 체적이 상한 주파수 한계에 반비례하기 때문에 시험대상기기의 크기가 제한되는 단점이 있다[1].

헬름홀츠 코일은 코일의 수와 인가 전류에 비례하는 강한 자기장을 코일의 중심에 발생시키는 시설이다. 주로 자동차의 전장설비에 대한 저주파방사 내성시험에 사용된다.

전자파간향실은 비교적 높은 주파수에서 시험대상기기의 방사성 잡음특성 및 잡음내성 특성을 평가하는데 사용되는 시설이다. 이 시설은 전자파차폐실내에 위치하는 스테러를 이용하여 내부의 경계조건을 시간적으로 변화시켜 평균적으로 균일한 전자기장의 분포를 확보하기 위한 것으로서 시험대상기기의 방향을 바꾸어가면서 측정해야 할 필요가 없는 측정시설이다[1].

5. 맺는말

EMC/EMI에 관련된 기본적인 측정량을 방해파의 전파경로를 통하여 알아보았고, EMC/EMI 측정의 일반조건 및 측정시설에 관하여 간략히 설명하였다. 방사성 방해파의 측정에서 중요한 역할을 하는 측정용 안테나의 안테나 인자 및 전도성 방해파의 측정에 사용하는 의사전원회로망과 전원선에서 방사되는 방해파의 전력을 측정하는 흡수클램프(전류 프로우

브) 등의 센서는 EMC/EMI의 측정에서 대단히 중요한 부분을 차지하므로 이들에 대해서도 언급하였다. EMC/EMI에 관련된 모든 측정량의 측정능력을 결정하는 것은 전압, 임피던스, 전력 및 전자기장의 세기 등과 같은 전자파 기본량에 대한 측정표준이며, 전자파 기본량 측정표준의 뒷받침이 없이는 정밀정확한 측정은 불가능하다는 것을 밝혀둔다. 측정표준에 관한 자세한 사항은 한국표준과학연구원으로 문의하기 바란다.

참고 문헌

- [1] M.T.Ma, M.Kanda, "Electromagnetic Compatibility and Interference Metrology", NBS Tech. Note 1099, July 1986.
- [2] 정낙삼, 김기채, 정연춘, "EMI/EMC 현황과 전망", 전자공학회지, 제16권, 제5호, pp. 58-65, 1989.
- [3] 김정환, 김기채, "EMI/EMC 측정표준", 측정표준, No.3, pp. 8-21, 1991.
- [4] FCC/OET TP-5, "FCC Procedure for Measuring Electromagnetic Emissions from Digital Devices", Mar. 1989.
- [5] 정연춘, 김정환, 정낙삼, "EMI/EMC 측정기술 개요", 전기학회지, Vol.38, No.9, pp.18-27, 1989.
- [6] 김기채, 정연춘, 정낙삼, "야외시험장의 시험장감쇠량", 전자공학회논문지, 제27권, 제9호, pp.26 ~ 33, 1990.
- [7] 김기채, "시험장감쇠량 이론곡선의 모멘트 법 해석", 전자공학회논문지, 제29권, A편, 제7호, pp.39-47, 1992.
- [8] 김기채, 정연춘, 정낙삼, "모멘트법을 적용한 다이폴안테나의 안테나 인자", 전자파기술학회지, 창간호, pp.28 ~ 34, 1990.

- [9] K.C.Kim and S. Tokumaru, "Antenna Factors of Half-wavelength Dipole Antennas with Roberts Balun", Trans. of IEICE Japan, Vol.J78-B-II, No.11, pp.717-724, Nov. 1995.
- [10] K.C.Kim and S. Tokumaru, "Antenna Factors of Short Dipole Antennas with Roberts Balun", Trans. of IEICE Japan, Vol.J81-B-II, No.1, pp.119-122, Jan. 1998.
- [11] 정낙삼, 김정환, 신준, "전계 강도표준의 개발연구", KSRI-IR-51, 한국표준연구소, 1983.
- [12] 정낙삼 외 5인, "전자기장의 세기 정밀측정기술개발", KSRI-88-86-IR(첨단산업용 기반측정기술 개발), 한국표준연구소, 1988.

< 이 동 회 위 원 >