

연재/전자파장해

전기용품의 EMI 측정방법 및 대책(I)

김 관 중
(국립공업기술원 전자과장)

I. EMI측정방법

1. 전자파 개요

우리들이 생활하는 공간에는 번개에 의한 방전(放電)과 같이 자연현상이 근원이 되는 전자계(電磁界)가 있는 반면에 텔레비전, 라디오, 트랜시버 등과 같이 전파를 수신·방사하는 것을 목적으로 하는 장치에서, 자동차의 플러그나 전기 용접기와 같이 방전을 함으로써 기능을 유지하게 되는 인공시스템에서 발생하는 인공 전자계가 존재한다(〈그림1〉).

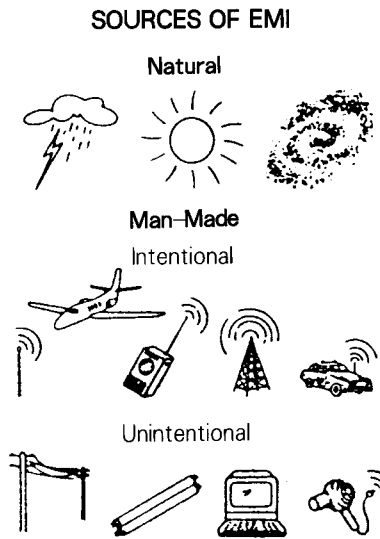
이와같이 전자계가 존재하는 환경을 전자파(電磁波) 환경이라 하는데 전자파 환경내에는 라디오·텔레비전 수상기와 같이 의도적으로 전자파를 발생하는 장치에 이용되는 필요 전자파가 있는 반면, 비의도적으로 발생하는 잔자파가 다른 기기에 오동작 등의 영향을 주거나 방해할 하는 신호원이 되는 경우가 있는데 이러한 전자파를 노이즈(noise)라 한다.

이러한 노이즈는 '신호에 간섭하여 정보의 전달을 저해하거나, 전기·전자 기기 등에서 그 목적으로 하는 기능을 방해(파괴, 고장, 오동작 등)하게 되는 불필요한 전기적 에너지' 라고 정의된다.

모든 전기·전자 기기에는 전류가 흐르는 주위에 전계와 자계가 유도되는데, 전위차에 의해 공간에 생긴 전계(電界)는 이들이 시간적으로 변화하면 그 주위에 전자계가 발생된다. 즉, 기기가 의도하는 목적

과 관계없이 전류가 흘러 불필요한 에너지, 즉 전자파 노이즈가 발생하게 된다.

이러한 전자파 노이즈는 기체내의 회로를 통하여 공간으로 방사되는 방사노이즈(Radiated Emission)와 신호선 또는 전원선을 통하여 다른 제품에 영향을 미치는 전도노이즈(Conducted Emission)로 구별한다.



〈그림 1〉 EMI발생원

최근의 반도체기술과 디지털기술의 급속한 발전은 부품의 초소형, 고밀도 및 고속화를 이룩하였으며, 또한 기기를 경박단소화 하여 극히 적은 구동에너지로도 필요한 동작을 실현하게 하였지만 짧은 시간에 전류나 전압이 변화할 때, 즉 di/dt나 dv/dt의 변화분에서 노이즈가 대단히 커지게 됨과 동시에 외부에서

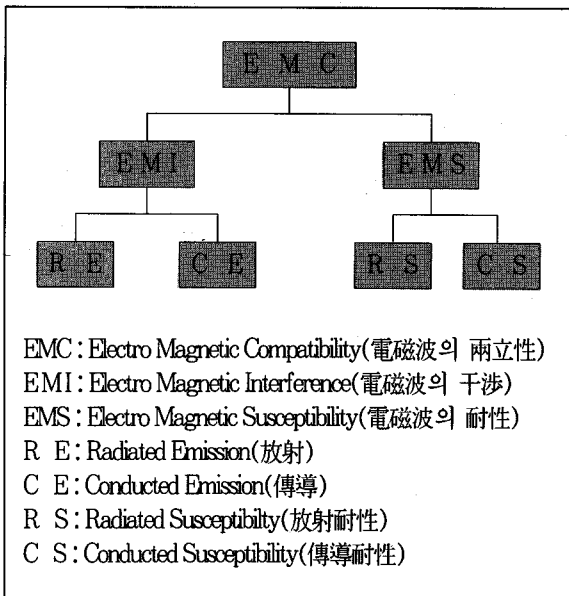
방사되는 불필요한 에너지에도 민감한 반응을 나타내는 등 노이즈에 아주 약한 장치가 되었다.

$$\text{부품의 고집적·고밀도화} \left[\begin{array}{l} \text{다기능화}(di: \text{大}) \\ \text{고속동작}(dt: \text{小}) \end{array} \right] > \frac{di}{dt}: \text{大}$$

그리고 이러한 기기의 특성은 인위적 제어가 어려운 자연현상의 미소한 전자파 장해에도 민감하게 반응되어 오동작을 일으키게 되었다. 또한 사회 각 분야에 많은 전기·전자 기기가 보급됨에 따라 전자파의 밀집도 역시 증가하게 되어 그 설치 장소도 다양해져 전자파 환경적으로 좋지 않은 곳에 기기가 설치되는 경우, 기기가 원래의 목표대로 동작치 않아 다른 기기에 오동작, 파괴 등을 일으키게 함으로써 많은 문제점이 발생하게 되었다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 두가지 방법으로 접근할 수 있는데, 하나는 불요 전자파의 방출을 억제하는 방법이고, 다른 하나는 어느 정도의 전자파 환경내에서는 장해를 견디며 정상적으로 동작할 수 있도록 내성(耐性)을 강화시키는 방법이다.

이와같이 기기들이 서로 조화를 이루어 공조할 수 있는 능력을 전자파환경의 양립(적합)성이라 한다. 최근에 와서는 이를 세계적으로 EMC, EMI, EMS로 규정하여 <그림 2>와 같이 구분, 관리하고 있다.



<그림 2> EMC구성도

가. EMC, EMI, EMS

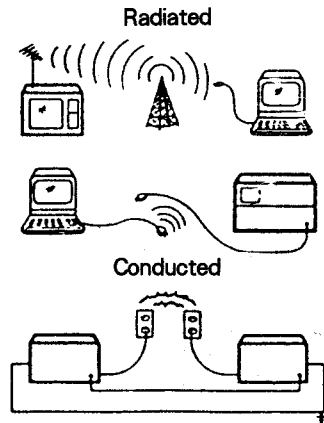
전자파는 무선통신이나 레이저 등에서의 같이 전자파를 유효하게 이용하는 경우도 있으나, 전기·전자 기기 등에서는 부차적으로 발생하는 전자파가 그 자체의 기기 또는 다른 기기에 영향을 줄 수도 있다.

이러한 불필요한 전자파에 의한 잡음(무선주파 잡음)은 필요신호에 중첩되어 장해를 발생하는 전자파 에너지로써 FCC에서는 주파수범위를 10KHz~3,000GHz로 제한하고 있다.

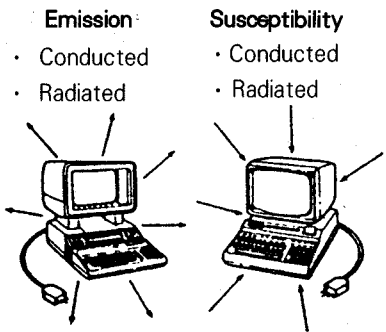
대부분의 전자기기는 정도의 차이는 있지만 전자파 잡음을 발생하며 이 전자파 잡음은 여러 매질의 경로를 통해 다른 기기에 장해를 주게 된다.

이와 같이 다른 기기에 전자파 장해를 끼치는 것을 EMI(Electro Magnetic Interference)라 하며 능동적 장해라 한다.

이에 반하여 외부로부터 침입되는 전자파 잡음에 의한 장해를 수동적 장해라 할 수 있으며, 이 수



<그림 3> EMI경로



<그림 4> EM 및 EMS

동적 장애에 대한 내성을 EMS(Electro Magnetic Susceptibility)라 하고 EMI와 EMS를 포괄적인 용어로 EMC(Electro Magnetic Compatibility)라 한다.

전자파 장애를 문제에 있어서는 잡음을 발생하는 잡음원, 잡음이 전파해 나가는 매질 및 장애를 받는 피장해기기 등을 고려할 수 있는데, 이들 세가지 요소를 전달경로에 따른 방해파의 3요소라 한다. 이들 세가지 요소 중 한가지만 제거해도 전자파에 대한 양립(적합성, EMC)을 이룰 수 있다.

즉, 전자파의 양립성(적합성)이란 전자파 환경 또는 그곳의 기기에 오동작의 원인인 전자적 교란을 초래하지 않고 또 잡음이 존재하는 전자파 환경내에서도 만족스러운 기능을 발휘할 수 있는 기기의 능력을 의미한다.

전자파 잡음원인은 그 형태에 따라 광대역 잡음, 협대역 잡음 및 펄스등으로 구분되며, 이러한 전자파의 잡음을 측정함에 있어 측정기의 검파기(檢波器) 선택(준점두치, 첨두치, 평균치 등)은 매우 중요하다.

전파경로를 공간으로 방사되는 전자파(잡음 전계 강도)와 전원선을 통과하는 전도전자파 잡음(잡음 단자전압)으로 구분되며, 이러한 경로에 따라 잡음의 세기를 측정하는 파라미터가 다르게 된다. 피장해 기기도 방사 또는 전도되는 외부 침입 잡음에 대한 배제능력(Immunity), 즉 EMS(전자파 내성: Electro Magnetic Susceptibility)에 의해 평가되어질 수 있다.

장애의 규제를 실시하고 있는대표적인 규제기구로는 국제전기표준협의회(IEC: International Electrotechnical Commission) 산하기구인 무선장애특별위원회(CISPR: International Special Committee on Radio Interference)가 있다.

〈표 1〉 CISPR의 각 분과회의 분담내용

	내 용
A	무선장애 측정 및 통계적 수법
B	산업, 과학, 의료장비 및 고주파 이용설비
C	가공선, 고전압 기기 및 전기철도에서의 방해
D	자동차 및 내연기관으로부터의 방해
E	무선수신기의 방해에 관한 특성
F	전동기, 가전기기, 조명기구로부터의 방해
G	정보처리장치

선진국에서는 미국의 미연방통신위원회(FCC: Federal Communications Commission), 일본의 정보처리장치 등 전자파장해자율규제협의회(VCCI: Voluntary Control Council for Interference by Data Processing Equipment and Electronic Office Machines) 등이 있다.

1) 국외현황

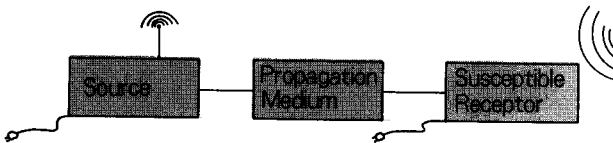
여기에서 CISPR, 미국, 유럽, 일본 등의 기술동향을 살펴보면 다음과 같다.

• CISPR

CISPR는 6개의 소위원회로 구성되어 주로 전 기기로 인하여 발생하는 수신장애에 관한 연구와 이러한 수신장애를 효과적·실용적이 면서 또한 통일된 방법으로 측정할 수 있는 방법에 관한 연구 및 관련 규제를 제정하는 일을 하고 있으며, 무선수신기(TV, Radio 등)의 전자파 장애에 관한 규격은 CISPR Publication 1~22에서 그 기술기준 및 측정방법을 규정하고 있다.

컴퓨터 단말장치에 대한 전자파 장애의 규격은 CISPR Publication 22의 정보 처리장치(ITE: Information Technology Equipment)의 규

COMPONENTS OF EMI SITUATION



〈그림 5〉 EM전달 3요소

나. 전자파 장애 규제 현황

전자파 환경의 규제는 어떤 기기가 방출하는 불요 전자파를 제한하는 EMI에 관한 규제와 방해잡음이 존재하는 전자파 환경내에서도 정상동작을 할 수 있도록 요구하는 EMS규제가 있는데, 이러한 전자파

격이 적용되며 다음과 같이 구분된다.

- 데이터 입력선을 통하거나 또는 키보드 등을 거쳐 데이터를 수신·입력하는 장치.
- 수신된 입력 데이터에 대해 연산, 데이터 변환, 기억, 정리, 분류, 저장, 전송 등의 처리 장치.
- 처리 데이터를 출력선을 통해 다른 장치로 제공할 목적으로 설계된 장치.

또한, CISPR에서는 단말장치를 용도에 따라 등급(Class)으로 구분하여 <표 2>, <표 3>과 같이 주파수별로 규격을 규정하였다.

<표 2> 방사전자파 잡음

구분	주파수 (MHz)	측정거리 (m)	전계강도 (dB μ)
Class A 단말장치	20~230	30	30
	230~1,000	30	37
Class B 단말장치	30~230	10	30
	230~1,000	10	37

<표 3> 전도 전자파 잡음

구분	주파수 (MHz)	단자전압 (dB μ)
Class A 단말장치	0.15~0.5	79
	0.5~30	73
Class B 단말장치	0.15~0.5	66~56
	0.5~5	56
	5~30	60

• 미 국(FCC)

미국의 무선주파 장애에 대해서는 FCC에서 관장하고 있으며, FCC는 정부관계의 제 기관 내 통신 및 군통신을 제외한 일반통신을 관장하고 있다.

1946년에 설립된 FCC는 EMI에 대한 규제제도, 기준규격 설치 등을 정하고, 국내 제조·판매 제품에 대한 수입규제 등을 실시하고 있다.

FCC규정 중 Part 15는 30MHz에서 890MHz 주파수대역의 모든 무선 수신기(방송수신기, TV수신기, TV게임기, 컴퓨터 및 주변기기 등)로부터 발생하는 무선주파 잡음에 대하여 규제하고 있다.

또한, Part 18에서는 ISM(Industrial Scientific & Medical)용 기기(전자레인지, 초음파기기, 아크용접기 등)를, Part 68에서는 전화기를 비롯한 모뎀, FAX 등 전화선에 연결 사용하는 기기를 규제한다.

FCC에서 규제하는 제품은 제품에 따라 그 승인절차를 다르게 구분하고 있으며, FCC의 과학기술국(Office of Science and Technology) 산하의 인가 및 표준부(Authorization and Standard Division)에서 취급하고 있다.

그리고 최근에 와서 FCC는 EMI규제에 치중하던 종전의 경향에서 탈피하여 미국의 EIA(Electronic Industrial Association)에서 제안한 EMS를 포함시키는 TEM CELL시험(IS-16A)까지도 요구하고 있으며, 미국의 일부 바이어들도 무조건 IS-16A의 Spec만족을 요구하는 실정이다.

• 독 일(FTZ/VDE)

독일의 전자파 장애에 대한 규격은 매우 엄격하여 유럽지역에서는 독일의 규정에 부합하는 제품이라면 대부분의 유럽국가 규격에 부합될 수 있다. 독일의 전자파 장애에 대한 규제는 체신성의 중앙전기기술국(FTZ)에서 관할하여 무선장애에 관련된 모든 규정사항을 다루고 있으며, 이에 대한 인·허가 절차는 무선설비허가국(ZZF)에서 취급하고 있다.

또한 독일전기기술자협회인 VDE는 FTZ를 대신하여 전자파 장애에 대한 시험을 실시하고 있으나, 정부기관은 아니다. 무선주파 장애에 관한 규격은 VDE 및 독일표준협회(DIN)가 관여하여 독일전기기술위원회(DKE)에서 제정되며 대부분 FTZ규정에 근거를 두고 있다.

VDE규격은 다만 자문용이지만, 이 규격이 독일법과 관련될 때 합법적인 문서로 사용된다. 무선주파 장해에 관한 VDE규격은 CISPR의 권장규격에 근거하고 있으며, FCC규격과도 유사하다.

VDE규격은 정보처리장치(공업·과학·의료용 기기 포함)에 계산기를 포함하고 있으나, 미국 FCC에서는 계산용 기기(Part 15 Subpart) J와 ISM기기(Part 18)를 구분하여 규정하고 있다.

• 일 본(VCCI)

1985년 12월 일본전자공업진흥협회, 일본사무기기공업회, 일본전자기계공업회, 일본통신기계공업회 등 4개 단체가 중심이 되어 정보처리장치 등 전자파장해자율규제협회(VCCI)를 설립하였다.

VCCI의 기준기준은 일본내에 출하되는 ITE(정보처리장치 및 전자 사무용기기)를 제1종 정보장치와 제2종 정보장치로 구분하고, CISPR의 측정주파수 범위를 준용하여 방사전자파 잡음의 측정거리는 제1종 장치에 대해서는 3m, 10m, 30m기준을, 제2종 장치에 대해서는 3m, 10m를 각각 측정거리로 정하고 있다.

VCCI의 기술기준은 자율규정이며, 어떠한 강제성을 띄지는 않고 있으나 일본내의 통신시장에 상품을 출하하고자 할 때는 이 규정을 따르도록 유도하고 있으며, 현재는 범국가적으로 전자파 장해문제에 대한 종합대책위원회를 결성하여 운영하고 있다(우정성 전담)

- * 구성
 - 정부: 우정성, 통상성, 후생성, 운수성, 노동성, 환경성, 경찰성
 - 학계: 7인
 - 업체·단체: 45개

이상에서 살펴본 바와 같이 일본 및 구미 선진 각국에서는 전자파 장해문제를 전산업의 제1차적인 관심사로 두고 규제하고 있으며,

최근에 들어서는 EMI만 추구해 오던 것에서 탈피하여 EMS를 포함시키는 즉, EMC개념을 도입하고 있는 추세이다.

2) 국내현황

현재 공업진흥청에서는 KS 및 전기용품 안전관리법에 의거, 부차적으로 불요파를 방사하는 제품에 대하여 잡음 전계강도 및 잡음단자 전압 기준을 정하여 실시하고 있으며, 국제적으로 EMI에 대한 규제가 강화되고 있는 현상에 부응하여 지난 '92년 7월 6일부터 전기용품기술규칙에 전자파 장해 규정을 강화 실시하고 있다.

또한 KS규격도 전자파 장해를 취급 KSC0262를 제정하였다. 규격내용은 기술규칙과 동일하다.

가. 전자파 장해 측정

1) 대상품목

일반적으로 EMI 대상품목은 표 4와 같이 분류할 수 있다.

〈표 4〉 전자파 장해 대상품목

구 분	대 상 품 목
전자응용기기류	• TV, Radio, VTR, 전자레인지, 초음파 가습기 등
정보기기류	• Computer, FDD, HDD등
통신기기류	• 무선전화기, FAX, 무선 송·수신기 등
의료기기류	• 가정용 저주파 치료기, 초음파 치료기 등
전동력응용기기류	• 진공소제기, 전기믹서, 에어컨, 냉장고 등
안정기기류	• 전자식 안정기, 메탈할라이드 안정기 등
광원응용기기류	• 형광등, 복사기, 조광기 등
전기응용기기류	• 전기장판, 고주파 웰더 등
자동제어기기류	• 로봇 등 FA기기
수공기기	• 내연기관, 자동장치 등

2) 측정장소

측정장소로는 옥외측정(Open Field Site)과 전자파 무반사실(Anechoic Chamber) 측정이 있다

((그림 6)참조).

이것들 들 다 2π Steradian의 반무한공간으로 지상에서 사용되는 기기들에 적용되며, 송신과 수신점간의 직접파외에 대지의 반사파가 더해 지는데, (그림 7)은 이것을 나타낸 것이다.

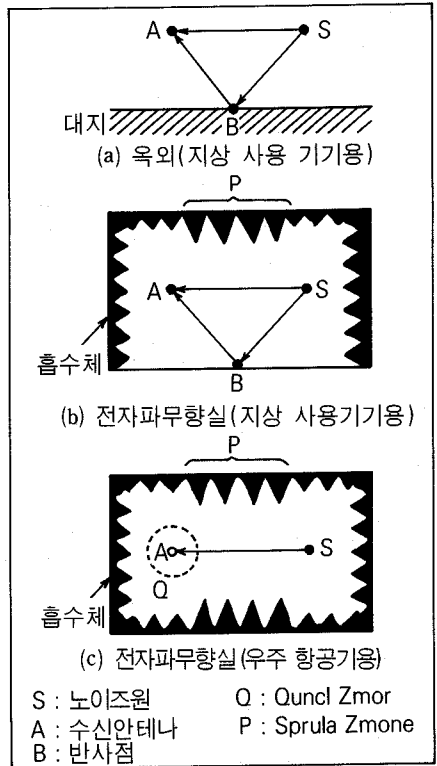
옥외측정장소(Open Field Site)는 주변에 전자파를 반사할 수 있는 구조물 등이 없는 넓고 균 일하게 평평한 대지로서 입사파에 대한 반사파 가 전혀없고 주의 잡음이 없는 곳이 가장 이상 적이나 어디에서나 이와 같은 장소를 찾기란 쉽 지 않다.

(그림 8)은 옥외측정장소에 대한 CISPR의 국제규격이다.

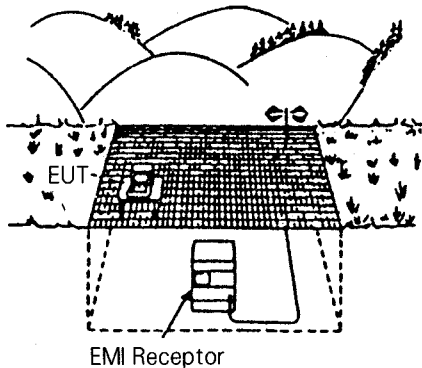
또한 옥내측정장소인 전자파 무반사실은 전자 계의 교란에서 벗어나기 위하여 차폐(Shield)를 시키는 것이 보통이며, MIL-STD-285에 따라 120dB 감쇠량이 요구된다.

차폐실의 차폐효과와 전원선 필터의 삽입손실 규정은 피측정장치에 따라 다르겠지만, 대체적

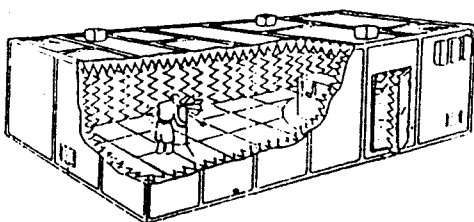
으로 MIL-STD 220-A에서 정한 80dB 이상을 만족하여야 한다.



(a) 옥외측정법

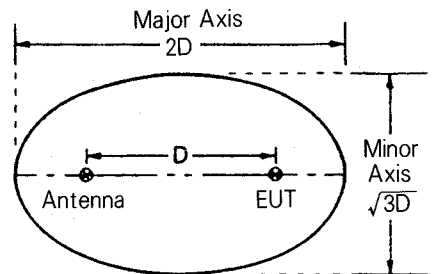


(b) 전자파 차폐실 측정법



(그림 6) 측정장소 종류

OPEN FIELD TEST SITE



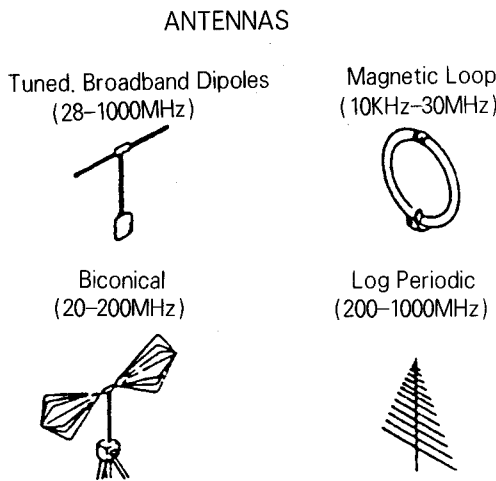
- No Reflecting Objects Within Ellipse
- A Metallic Ground Plane is Usually Required To Meet Site Attenuation Specifications

(그림 8) 옥외 측정장소의 규격

3) 측정 안테나 및 측정거리

옥외측정장소에서 방사전자파 잡음을 측정하기 위하여 사용되는 측정 안테나는 동조형 반파장 (半波長) 다이폴(Dipole) 안테나를 원칙으로 하

나, 측정장소의 사정에 따라 다이폴 안테나가 여의치 않을 경우에는 Biconical 안테나, Log Periodic 안테나 등과 같은 선형(線型) 편파(偏波) 안테나를 사용할 수도 있으며, 이 때의 측정결과는 동조형 반파장 다이폴 안테나를 사용했을 때와 동일한 결과이어야 한다(〈그림 9〉). CISPR에서는 방사 안테나와 측정 안테나간의 측정거리를 3m, 10m, 30m 등으로 규정하고 있으며, 측정거리별 안테나 높이의 조정범위는 3m일 때는 1m~4m, 측정거리가 10m~30m일 때는 2m~6m가 되도록 규정하고 있다. FCC에서는 측정거리가 3m~10m일 때는 1m~4m, 측정거리가 30m일때는 2m~6m로 측정 안테나 높이를 가변조정하도록 규정하고 있다.



〈그림 9〉 안테나 종류

4) 측정환경

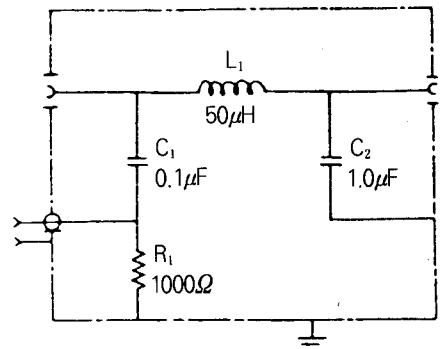
측정장소의 주의잡음 레벨은 측정하고자 하는 전자파의 잡음보다 적어도 6dB는 낮아야 한다. 그러나 주의잡음 레벨이 6dB 이상되는 경우에는 다음과 같이 측정한다.

- 가능한 근접거리에서 측정하며
 - 옥내측정장소인 전자파 무반사실에서 측정하며
 - 측정 안테나의 배치방향을 고려하여 측정한다.
- 또한 측정시 주위온도는 20℃~30℃, 기압은

78cmHg, 그리고 상대습도는 포화상태의 70% 정도가 되어야 한다.

5) 측정장비

전자파 장해측정에 사용되는 주요측정기기는 수신기(Test Receiver)와 안테나, LISN(Line Impedance Stabilization Network: 전원 임피던스 안정화 회로망), 전류 프로브(Current Probe), 흡수 클램프(Absorbing Clamp) 등이 있다. 수신기는 방사전자파 잡음은 물론 전도전자파 잡음측정에 필수적으로 사용되는 기기이며, 안테나와 LISN 전류 프로브는 일종의 변화기로서 잡음신호를 감지하여 분석하기 위한 신호로 바꾸어 주는 역할을 한다.



〈그림 10〉 전원선 임피던스 안정화 회로망

6) 방사전자파 잡음(잡음 전계강도) 측정

• 측정기의 구성

방사전자파 잡음을 측정하기 위해서는 피측정장치에서 방사되는 전자파 잡음의 신호가 최대가 되도록 구성하여야 하며, 그 구성방법은 〈그림 11〉과 같다.

방사전자파 잡음을 측정하기 위한 시험제품과 그 부속장치의 구성은 그 제품이 실제 사용되는 상태로 배열하고 또한 연결되는 케이블 등은 제작자가 판매시 지정된 것을 사용하도록 한다. 시험제품이 놓이는 회전대 위의

테이블 면은 비전도성이어야 하며 크기는 1.0 m×1.5m이어야 한다.

회전대의 높이는 접지면으로부터 0.5m 이하로 위치하며 측정대(회전대+테이블)의 총높이는 CISPR에서는 1m로, FCC에서는 0.8m로 각각 규정하고 있다.

• 측정방법

방사전자파 잡음의 전계강도를 측정하기 위한 측정 안테나는 동조형 반파장 다이폴 안테나를 사용한다.

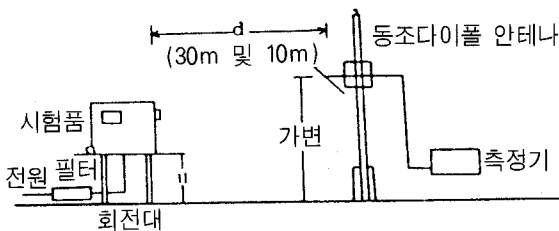
또한 측정장치와 함께 사용되는 피측정장치는 상호간을 접속시킨 상태에서 각각 상황에 따라 형태변경을 시켜가며 측정한다.

전자파 잡음의 측정결과는 첨두치(Peak Value), 준첨두치(Quasi Peak Value), 평균치(Average Value) 등으로 나타낼 수 있으나 주로 준첨두치로 기록한다.

만약에 측정거리를 규정거리 이외에서 측정할 경우에는 다음 식으로 환산하여 그 전계강도치를 구하여 참고할 수 있다.

$$E_1 = D_2/D_1 \times E_2$$

여기서 E_1 은 규정거리에서 방사 전자파 잡음 전계강도($\mu v/m$), D_1 은 규정거리(m), E_2 는 임의의 측정거리에서 방사전자파 전계강도($\mu v/m$), D_2 는 임의의 측정거리(m)를 나타낸다.



〈그림 11〉 잡음전계 강도측정

원 임피던스 안정화 회로망)은 피측정장치의 전원선·제어선 등에 연결하여 도선으로 유입되는 전도전자파 잡음전압을 측정할 때 RF (Radio Frequency) 공칭 임피던스인 50옴 (ohm)을 종단하기 위한 회로망으로 각국의 LISN규정 특성은 〈그림 10〉과 같다.

• 측정방법

전도전자파 잡음측정은 MIL-STD285에서 규정한 120dB 옥내측정 장소에서 측정하며, 모든 전원선은 필터를 통하여 LISN에 연결시켜 측정한다.

피측정장치는 1.0m×1.5m 크기의 비전동성 테이블 위에 놓으면 바닥의 콘센트에 연결되는 모든 전원선의 여분은 바닥에 늘어뜨리며, 케이블 높이는 접지면에서 50cm되게 하고, 그 이상 여분 케이블은 중앙에서 30cm~40cm되게 접는다.

그러나 1m 이하의 케이블은 접지 않으며, 유연성 코드는 ∞자 형태로 감아서 LISN에 직접 연결한다.

또한 비유연성 코드 및 코일형 코드는 감지 않고 직접 LISN에 연결하며, 부속기기의 전원 코드는 LISN에서 떨어진 바닥에 늘어뜨린 후 전도전자파 잡음의 전압을 측정한다.

또한 피측정장치가 별도의 장비로부터 전원을 공급받을 경우에는 그 장비와 연결시켜 전도전자파 잡음을 측정하며, 내장 건전지를 사용할 경우에는 측정하지 않는다.

각 측정주파수별 측정결과는 전도전자파 잡음 전압을 측정하여 그 중에서 제일 큰 값을 결과치로 기록한다.

7) 전도전자파 잡음(잡음 단자전압)측정

• LISN의 조건

LISN(Line Impedance Stabilization Network : 전