

야외시험장의 구성 및 평가

전자파장해 측정에 사용되는 대표적인 측정시설에는 접지면(ground plane)을 갖춘 야외시험장(open area test site), 전자파반무향실(semi-anechoic chamber), TEM(Transverse Electromagnetic) cell, 평행판선로(parallel plate line), 헬름홀츠코일(Helmholtz coil), 전자파잔향실(reverberating chamber) 등이 있으며, 이러한 시설은 시험대상기기의 크기, 주파수대역, 적용규격의 규제치, 측정하고자 하는 전자기장의 형태 및 편파면, 그리고 시험신호의 전기적 특성(주파수영역 또는 시간영역) 등을 고려하여 선택되고 구성되어야 한다. (1) 실제로 시험장소를 건설하는데 막대한 비용이 소요되고, 큰 측정오차를 유발시킬 수 있기 때문에 매우 신중하게 설계, 구성하여야 한다.

야외시험장은 전자파장해 측정 및 안테나 성능 평가에 사용되는 시설로서 전자파 연구분야에 있어서 반드시 필요한 기본 시설 중의 하나이다. 대부분의 외국의 전자파장해 관련 규격(CISPR, ANSI C63, FCC, VDE, VCCI 등)에는 방사성 장해전자파 측정에 있어서 다른 측정시설(전자파무반사실 등)보다 우선되는 시설(preferred site)로서 야외시험장을 규정하고 있으며, 여기에서 야외시험장이란 주위에 전파장애물이 없는, 넓고 평탄한 지역으로서 주위 지면과 같은 높이를 가지는 장소를 말한다. 이러한 장소는 유효하고 반복적인 결과를 얻을 수 있는 환경을 갖추고 있다고 볼 수 있는데, 시험장소로서의 적합성은 30~1000 MHz 주파수대역에서 수평 및 수직편파 시험장감쇠량의 측정값과 이론값을 비교함으로써만 그 유효성이 판단된다. 야외시험장의 대용 시험장(alternative site)으로서 건물 옥상위에 설치된 시험장, 지면보다 높은 위치에 설치된 시험장, 매우 큰 공장의 바닥과 같은 실내의 개방된 지역에 설치된 시험장, 그리고 전자파무반사실(semi-anechoic chamber) 등이 있으며, 이들 측정시설은 야외 시험장과의 상관관계를 제시할 수 있을 때 비로소 대용시험장으로서 사용이 가능하다.

본 고에서는 전자파장해 측정시설 중에서 가장 기본이 되는 야외시험장을 어떻게 구성하며, 나아가서 어떻게 시험장으로서의 적합성을 판단하는가를 소개함으로써 우리 산업체 스스로가 값싼 간단한 야외 시험장을 구성할 수 있도록 하고, 또는 고가로 수입되는 시험장의 정확한 검수를 할 수 있는 능력을 배



鄭 然 春

한국표준과학연구원 전자파연구실 선임연구원

양하는 데 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

II. 야외시험장의 구성

야외시험장은 시험대상기기의 사용 동작상태에 가장 근접한 설치환경을 구성하기 때문에 다른 어떤 측정시설보다 우선하며, 국제적으로도 방사성 방출 잡음(Radiated Emission, RE) 평가에 대한 기준시설로서 인식되고 있다. 이러한 시설은 다른 측정시설에 비해 큰 시험대상기기에 대한 매우 넓은 주파수대역에서의 전자파장해 특성평가가 가능한 장점이 있는 반면에, 매우 넓은 부지가 요구되고, 기후 환경에 의존하며, 외부 전자파환경과 고립되어 있지 않기 때문에 주변잡음의 크기에 의해 방사성잡음 방출시험이 제한되고, 전파관리법 등에 의해 방사성잡음 감응시험(Radiated Susceptibility, RS)이 제한되는 단점이 있다. 따라서 유효한 측정결과를 반복적으로 얻을 수 있는 야외시험장의 건설을 위해서는 다음과 같은 과정을 따르게 된다 :

- 1) 시험장의 적절한 위치를 선정한다.
- 2) 선택된 시험장에서 나타날 수 있는 시험장감쇠량의 이론값과의 차이를 예측하고, 분석한다.
- 3) 시험장을 설계한다.
- 4) 시험장의 건설을 감독한다.
- 5) 시험장의 시험장감쇠량을 측정하여 시험장으로서의 적합성을 판단한다.

1. 야외시험장의 설치환경

이상적인 야외시험장은 외부 전파잡음의 크기가 작고, 주위 전파장애물이 없으며, 쉽게 접근할 수 있고, 그리고 기후환경에 영향을 받지 않는 설치환경을 가져야 한다. 그러나 쉽게 접근할 수 있는 지역 내에서 외부 전파잡음의 크기가 작은 곳을 찾기로 결코 쉬운 문제가 아니다. 대부분의 전자파장해 관련 규격은 시험장 주위의 전자파환경이 시험대상기기에 전원을 공급하지 않는 상태에서 주변잡음의 크기가 적용규격의 허용값보다 적어도 6 dB 이하인 지역을 규정하고 있다. 그러나 이러한 규정을 만족하는 야외시험장은 흔치 않는 경우로서 이러한 조건이 만족되지 않을 때, 규정된 측정거리보다 가까운 거리에서 측정하고 거리에 따라 줄어드는 감쇠량[20log(시험거리/규정거리)]을 고려하여 규정된 측정거리에서의 값으로 외삽, 보정하거나, 실제 주변잡음

과 중첩되어 보이는 신호는 수신기의 대역폭을 좁혀서 측정함으로써 방출잡음을 주변잡음과 구별할 수 있다. 이러한 방법으로도 구별이 불가능한 경우에는 외부잡음이 없는 야간에 측정할 수 밖에 없다. 그러나 대개 방송주파수 밀집지역일 지라도 방송 스펙트럼 1% 미만이 지역방송국에 의해 사용되고 있고, 일반적으로 대부분의 전기·전자장치가 매우 많은 주파수에서 잡음을 방출하기 때문에 어느 한 주파수의 방출잡음을 놓친다 하더라도 시험대상기기가 규정에 벗어난다면 아마도 적용규격의 허용값을 넘는 다른 주파수의 신호를 찾을 수 있을 것이다. 따라서 야외시험장 주위의 방송주파수에 의한 영향은 결코 극복할 수 없는 어려운 문제는 아닌 것으로 생각된다.⁽²⁾ 그러나 비반복적인 임펄스 잡음은 매우 넓은 주파수대역에 걸쳐 잡음이 분포하기 때문에 위에서 언급한 방법을 모든 주파수에 대해 적용하기가 어렵다. 따라서 가급적이면 임펄스 잡음이 자주 침입해 들어오는 지역에 야외시험장을 설치하지 않는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 야외시험장의 크기와 모양

전파장애물이 없는 지역(obstruction free area)의 크기와 모양은 측정거리와 시험대상기기의 회전여부에 의존한다. 만약 시험장에 회전시험대를 설치한다면 권고되는 면적은 그림 1(a)에서 볼 수 있는 것 처럼 수신안테나와 시험대상기기가 두 초점이 되고 장축이 측정거리의 2배, 단축이 측정거리의 $\sqrt{3}$ 배인 타원면적이다. 이러한 타원에 대하여 경계선에 있는 어떤 장애물로 부터 반사되는 요구되지 않는 전파의 경로는 초점사이의 직접경로 길이의 2배이다. 따라서 이러한 경로에 의한 신호는 직접경로의 신호보다 최소한 6 dB 작으며, 직접경로에 의한 측정에 최소 영향을 가지는 것으로 볼 수 있다. 만약 시험장에 회전시험대가 설치되지 않는다면, 권고되는 면적은 그림 1(b)에서 볼 수 있는 것처럼 시험대상기기의 경계면으로 부터 변경이 측정거리의 1.5배가 되는 원면적이다. 이 경우 수신안테나는 고정되어 있는 시험대상기기의 둘레를 움직이며, 이러한 측정거리는 그림 1(a)과 같이 시험대상기기로 부터 수신안테나 뒤쪽으로 장애물이 없는 지역을 제공하게 된다.

이러한 규정은 시험대상기기로 부터 방출되는 방사잡음이 측정용 안테나에 직접 전달되는 경우와 접지면을 통해서 전달되는 경우의 두 경로만에 의해서

측정이 이루어지도록 하기 위함이다. 따라서 이러한 두 경로 이외의 다른 경로에 의해 방출잡음이 측정 안테나에 전달되는 경우 측정결과에 영향을 미칠 수 있다는 것을 염두에 두고 야외시험장을 구성하여야 하며, 그림 1과 같은 최소한의 필요면적 뿐만 아니라 측정거리의 3배 내지 8배정도의 넓은 거리내에 큰 전파반사체가 없는 지역을 선택하는 것이 바람직하다.

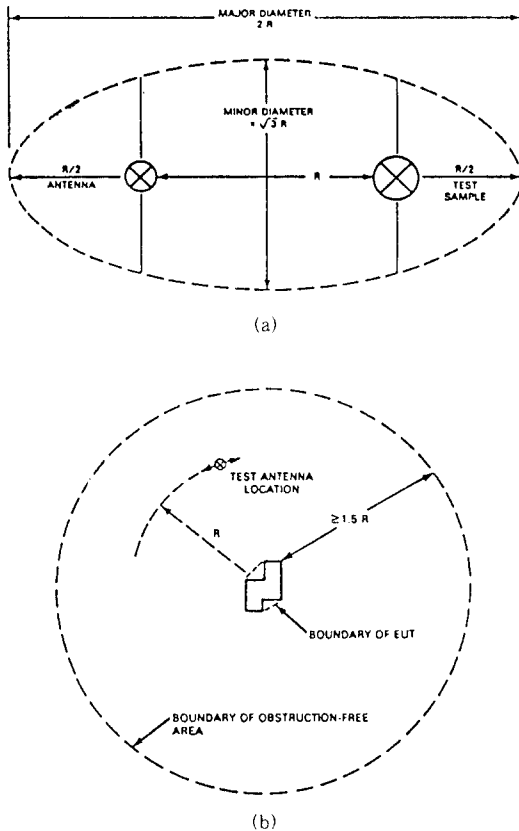


Fig. 1 Obstruction-free area for OATS; (a) with a turn table; (b) with stationary EUT

3. 접지면(ground plane)

시험장의 바닥에 접지면(ground plane)의 설치 는 시험장의 지표면의 특성(전도도, 유전율, 투자율 등)이 지역 및 기후환경에 따라 다르기 때문에 이러한 지표면에 의한 불확도를 줄이기 위해서 적극 권장되고 있다. 반사면이나 접지면의 크기와 모양은 측정계의 기하학적 구조와 시험대상기기의 회전여

부에 의존한다. 일반적으로 반사면이 장애물이 없는 면적 내에 전부 포함되지만, 필요하다면 접지면이 모든 방향으로 확장될 수 있도록 구성하는 것이 바람직하다. 회전시험대가 설치되는 야외시험장에서 요구되는 접지면의 최소 크기와 모양은 이론적으로 1차 Fresnel 타원이다.⁽³⁾ 이러한 타원은 그림 2와 같이 같은 위상차를 가지는 모든 가능한 반사점 들의 궤적을 정의하며, 몇가지의 대표적인 측정조건에 대한 1차 Fresnel 타원의 치수는 표 1과 같다.

여기에서 주목할 만한 것을 3m 측정법 시험장의 경우 Fresnel 타원의 치수는 가이드로서만 사용되어야 하고 실제 접지면의 적합성은 규격에 정해진 시험장평가절차 및 기준에 의해서만 결정되는 것으로 여겨진다. 실제 3m 측정법 시험장에 있어서, 6m x 9m 크기의 접지면이 시험장 조건을 만족하는 것으로 알려져 있으며, 국제 전기기술위원회 출판물 106호에 의해서도 같은 크기의 접지면이 가능한 것으로 기술되고 있다. 그러나 지표면보다 높은 위치에 시험장을 설치할 경우, 1차 Fresnel 타원을 포함하는 치수까지 확장시킬 수 있도록 설계하는 것이 바람직하다. 만약 시험장에 회전시험대가 없다면 원형 접지면이 권고되며, 원형 접지면의 반경은 시험대상기기의 위치를 기준으로 1차 Fresnel 타원을 회전시켜 얻을 수 있는데, 표 1의 X_0 와 X_1 의 합이 된다.

전파장애물이 없는 면적 내가 반드시 평탄해야 하고, 수평해야 할 필요는 없다. 적당한 배수에 필요한 경사는 실제 필요할 것으로 판단되며, 그림 3에서 볼 수 있는 최대 허용 가능한 접지면의 평탄도는 Rayleigh 기준으로서 몇가지의 대표적인 측정계에 대한 치수는 표 2와 같다.

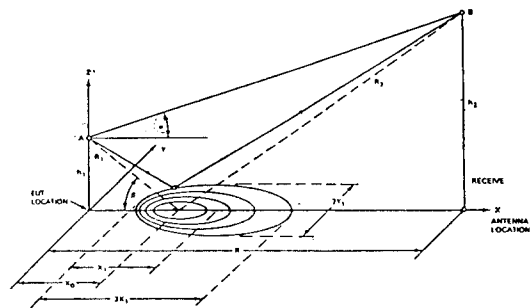


Fig. 2 The Fresnel Ellipses on Reflecting Surface

Table 1. Dimensions for Several Representative Measurement Conditions

Measurement Distance (m)	Frequency (MHz)	Antenna Heights (m)		Ellipse Axes (m)		Ellipse Center (m) (Note 2)
				Major	Minor	
R		h_1	h_2	$2X_1$	$2Y_1$	X_0
3 (Note 1)	30	1	4	9.9	9.5	1.4
	100			5.9	5.3	1.2
	1000			4.0	3.4	1.0
10	30	2	4	16.3	13.0	4.9
	100			12.4	8.0	4.7
	1000			10.6	5.6	4.5
30	30	2	6	34.6	19.1	14.4
	100			29.2	11.4	13.5
	1000			24.6	6.6	11.8

NOTES : (1) The dimensions of the first Fresnel ellipse calculated for the 3-m measurement distance at 30 MHz are larger than the recommended obstruction-free area ellipse dimensions in Fig 2.

(2) X_0 is the distance from the position of the EUT to the center of the first Fresnel ellipse. (See Fig 2.)

Table 2. Typical Values of Maximum rms Terrain Roughness.

Measurement Distance, R (m)	Source Height, h_1 (m)	Maximum Receiving Antenna Height, h_2 (m)	Maximum rms Terrain Roughness, b	
			In Wavelengths	At 1000 MHz (cm) (in)
3	1	4	0.15λ	4.5 (1.8)
10	1	4	0.28λ	8.4 (3.3)
30	2	6	0.49λ	14.7 (5.8)

NOTES : (1) The rms roughness b is determined from a profile section of the surface. For a random rough surface the rms value is equal to the standard deviation

(2) The Rayleigh criterion for a smooth surface is

$$b \leq \frac{\lambda}{8} \left[1 + \left(\frac{R}{h_1 + h_2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

where

λ = wavelength in meters

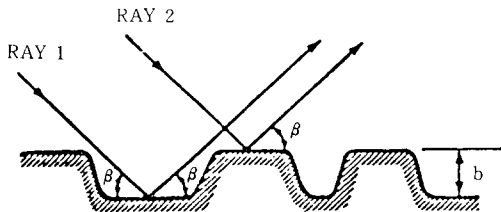


Fig. 3 The Rayleigh Criterion

위의 표를 살펴보면 대부분의 시험장에 있어서 4.5 cm 이하의 굴곡은 별문제가 되지 않음을 알 수 있으며, 따라서 어느 정도 경사가 완만한 시험장은 대개 이러한 기준을 만족시킬 것으로 판단된다. 그러나 4.5 cm 이상의 굴곡을 가진 접지면은 문제가 될 수 있으며, 그 영향의 판단을 위해서는 반드시 시험장감쇠량을 측정해야 할 필요가 있다.

접지면으로 흔히 사용하는 물질로는 냉연강판, 아연도 강판, 아연도 와이어메쉬, 구리 등을 도금한 섬유망 등이 있다. 강판의 경우, 구조적 안정성 및 배수처리의 편리함 등이 장점이 될 수 있지만 여름철에 접지면으로부터 반사되는 열로 인해 온도조절은 물론 작업조차 어렵게 만들 수도 있다. 그러나 와이

어메쉬는 강판의 단점을 보완해주는 특성이 있으며, 강판에 비해 기계적 특성이 떨어지나, 눈금이 측정 주파수 파장의 1/10 이하이면 전기적으로 강판과 같은 특성을 가진다고 볼 수 있고, 값이 싼 장점이 있다. 따라서 지표면 위에 설치하는 야외시험장의 경우, 무거운 하중이 걸리는 부분을 제외한 지역의 와이어메쉬의 사용이 많은 장점을 가진다고 할 수 있다.

실제 접지면을 설치할 때 중요한 것은 지표면과의 접촉, 접지면 사용물질간의 접촉, 회전시험대와와의 접촉, 그리고 전기적 기준면으로서의 역할 등이다. 지표면과의 접촉은 접지물질을 지표면 아래에 묻는 경우는 부식이 큰 문제가 되며, 주기적으로 시험장 감쇠량을 평가하여 시험장으로서의 적합성을 확인해야 한다. 그리고 접지면 사용물질 간에는 용접이나 납땜을 사용하여 항상 전기적 연속성을 유지할 수 있도록 해야 하며, 접지면과 같은 높이로 설치된 회전시험대는 3지점 이상에서 전기적 접촉을 유지하도록 함으로써 회전시험대의 아래 윗판 사이에서 생길 수 있는 공진현상을 피할 수 있다. 또한 접지면은 기기의 접지, 안테나 케이블의 접지, 어스 접지, 그리고 보호접지(safety ground) 등과 전기적 접촉을 유지하여 항상 기준면으로서의 역할을 수행토록 해야한다. 특히 접지면의 모서리 부분을 효과적으로 종단시키지 못할 경우, 접지면에 흐르는 표면파(surface wave)의 접지면의 모서리 부분에서의 반사등으로 생길 수 있는 정재파 현상 등의 영향으로 특히 수직편파 시험장감쇠량에서 이론값과 큰 편차를 발생시킬 수 있으므로 접지면의 종단은 매우 중요하다.

4. 전천후 보호설비(weather protection enclosure)

야외시험장의 전천후 사용과 접지면 및 기타 설비 등의 부식방지, 그리고 시험대상기기의 기밀유지 등이 요구될 때, 야외시험장에 FRP 또는 염화비닐수지 돔 등을 설치할 수 있다. 이때 주의해야 할 것은 사용하는 재료가 라디오 파에 대해 반드시 투명해야 하며, 특히 눈이나 비가 많은 지역에서는 눈이나 비, 얼음 등이 자연스럽게 제거될 수 있도록 돔의 구조를 설치해야 하는 것이다. 전천후 보호설비에 사용되는 대표적인 재료와 그 반사계수를 표 3에 보였다.⁽⁴⁾

Table 3. Reflection coefficients of a number of materials

Material	Reflection coefficient
Yellow Pine Plywood	.45
Fir plywood	.27
Wafer board	.25
Dry wall or sheet rock	.23
Acoustic ceiling material	.09
Composite wall w/ fir plywood, sheet rock, fiberglass insulation, and cedar clapboard siding	.3
Composite wall as above, but with asbestos roof shingles.	.27
“Composite Technology” plastic and glass fiber wall foam insulation.	.03

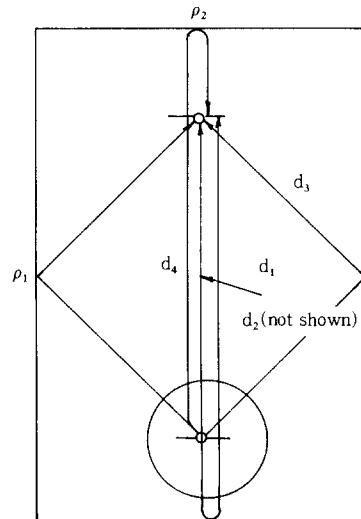


Fig. 4 Wall reflections at an OATS

그림 4는 시험장의 전천후 보호설비의 4면 벽으로부터 생길 수 있는 1차 반사를 보여준다. 이러한 1차 반사를 고려할 때 생길 수 있는 최대 오차는

$$\text{Max. Error} = 20 \log \left| \frac{(1 + \frac{d_1}{d_2}) \pm (2 \frac{d_1}{d_3} \rho_1 + 2 \frac{d_1}{d_4} \rho_2)}{(1 + \frac{d_1}{d_2})} \right|$$

여기에서, ρ = 전천후 보호설비에 사용된 재료의 반사계수 이 성립한다. 이 식은 두 안테나 간의 전송선 축을

기준으로 상, 하, 좌, 우 대칭을 가정하고, 상·하의 벽의 반사계수와 좌·우의 벽의 반사계수가 같다고 가정하여 신호 전달경로의 길이와 위상에 의한 감쇠만을 고려한 것으로서 직접경로와 접지면 반사에 의한 경로가 수신안테나에 같은 위상으로 도달하는 것으로 가정하고, 4면으로 부터 반사되어 도달하는 모든 신호가 앞에서 가정한 경로와 위상차가 없는 경우(+부호)와 180°위상차를 갖는 경우(-부호)를 생각하여 계산한 것이다. 이 식을 사용하여 시험장의 전천후 보호설비로부터의 반사에 의한 측정 상의 오차를 예측할 수 있으며, 나아가서 전천후 보호 설비를 대신하여 시험장 주위의 장애물을 생각하면 이러한 전파장애물에 의한 시험장의 오차 등을 간단히 예측할 수 있을 것이다.

III. 야외시험장의 평가

앞에서 기술한 내용 등을 고려하여 적용 규격에 적합한 야외시험장을 설계·구성하고 나면, 최종적으로 해야 할 일은 시험장으로서의 적합성을 판단하는 일이다. 시험장으로서의 적합성은 시험감쇠량의 측정만으로 판단되는 것이며, 앞에서 기술한 고려사항 등의 효과적인 시공여부에 대해서도 시험장감쇠량의 측정만으로 확인될 수 있다. 따라서 비교적 완전한 야외시험장을 얻기 위해서는 반복해서 시험장감쇠량을 측정하고, 그 결과를 검토, 분석함으로써 개선방향을 찾아나가야 할 것이다.

1. 시험장감쇠량(site attenuation)

야외시험장은 시험장감쇠량(site attenuation)을 측정함으로써 시험장소로서의 적합성을 평가할 수 있는데, 이는 무한한 크기의 전도성 평면을 가지는 이상적인 야외시험장에 대한 이론적인 시험장감쇠량을 기준으로 실제의 시험장에서 측정된 시험장감쇠량을 비교함으로써 시험장내에 존재하는 전파장애물의 존재, 전송선 및 측정시스템의 이상 유무, 부적절한 접지면 등을 알 수 있기 때문이다. 여기에서 시험장감쇠량은 수신안테나 종단에서의 최대 출력전압에 대한 송신안테나 입력전압의 입력전압의 비로 정의되는 양이며, 수동소자의 삽입손실(insertion loss)을 측정하는데 사용되는 방법을 이용하여 쉽게 측정할 수 있다.

흔히 비교기준으로 사용되는 이론치는 미국의

FCC(Federal Communications Commission, 연방통신위원회)에서 제안한 것인데 다음과 같다⁽⁵⁾ :

$$S.A. (dB) = 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} F_m - G_T - G_R - 27.6 - R,$$

여기에서

- D=송·수신 안테나 간의 거리(m),
- F_m=송신되는 신호의 주파수(MHz),
- G_T, G_R=송, 수신안테나의 이득(dB),
- R=반사되어 수신되는 경로에 의한 기여.

이 이론치는 무한한 크기의 전도성 평면과 그리고 원역장 조건을 만족하는 자유공간에서의 안테나 임피던스 등을 가정하고, 인접한 안테나 상호간의 상호결합(mutual coupling)을 무시한 모델을 적용한 것이다. 이러한 모델은 Friis의 자유공간에서의 전력 전달에 관한 관계식에서 지표반사에 의한 기여만을 더해준 것에 불과한 것으로서 80 MHz 아래의 주파수에서는 실험치와 잘 일치하지 않는다.

앞에서 소개한 방법은 기본적으로 이극안테나를 사용하여 불연속적인 주파수에서의 시험장감쇠량 평가에 흔히 적용되는 경우이며, 연속적인 주파수에 대해서 짧은 시간내에 측정을 완료시키기 위해서는 바이코니컬 안테나(biconical antenna)와 대수주기형 안테나(periodic antenna)와 같은 광대역안테나를 사용해야 한다. A. A. Smith등에 의해 제안된 송·수신 안테나의 안테나 인자를 이용한 시험장감쇠량의 이론은 다음과 같다⁽⁶⁾ :

$$S.A. (dB) = -20 \log F_m + 48.92 + AF_R (dB/m) + AF_T (dB/m) - E_D^{max} (dB\mu W/m)$$

여기에서, F_m=송신되는 신호의 주파수(MHz),

AF_R, AF_T=송, 수신안테나의 안테나 인자(dB/m),

E_D^{max}=송신안테나로부터 1 pW가 방사될 때 수신되는 최대전자기장의 세기.

이 이론식은 광대역 안테나를 사용하므로 이들 안테나의 임피던스 특성에 관한 이론해석이 어렵기 때문에 정확하지는 않지만 여러가지 종류의 안테나에도 적용할 수 있고, 넓은 주파수대역에 걸쳐 주파수 주사방법에 의한 연속적인 시험장감쇠량을 파악할 수 있으므로 불연속적인 방법에 의해 시험장감쇠량

을 평가할 때 쉽게 간과해 버릴 수 있는 특정주파수의 외부잡음신호나 전자파반무향실 등에서 생길 수 있는 여러 형태의 공진특성을 파악할 수 있는 장점이 있다.

보다 정확한 시험장감쇠량의 이론식을 구하기 위해 많은 연구가 수행되어 송·수신안테나 사이 및 안테나와 접지면 사이의 상호결합을 고려한 모델, 고정된 높이의 송·수신안테나를 사용하여 평가하는 방법, 송·수신안테나의 안테나인자로 표현된 모델 등이 제시되었으며, 안테나의 상호임피던스로부터 계산된 안테나인자 보정계수를 사용하여 인접안테나간의 상호결합효과를 보정하는 방식이 최근에 규격으로 인정되었다. 시험장감쇠량 이론식에 대한 보다 상세한 내용은 본 특집의 “시험장감쇠량의 이론과 실제”에 소개될 것으로 생각되므로 여기에서는 생략하겠다.

특히 수직편파 시험장감쇠량의 측정에 있어서 측정용 안테나가 접지면과 수직방향으로 설치되기 때문에 수신 안테나로부터 바닥으로 떨어뜨려지는 케이블을 비롯한 많은 전파장애물(대개, 지면과 수직방향으로 설치된다)과 측정용 안테나와의 상호결합 현상이 수평편파의 경우보다 현저하게 일어나므로 수평편파에 비해 측정이 어렵고 이론값과 큰 편차가 발생한다.⁽⁷⁾ 실제시험에 있어서도 이러한 현상을 확인할 수 있으며, 따라서 시험장으로서의 적합성을 평가하는 기준으로서 수평편파에 비해 수직편파 시험장감쇠량이 보다 적합한 것으로 판단된다. 또한 실제 전자파장해 특성평가에 있어서도 수평편파 뿐만 아니라 수직편파에 대해서도 측정하게 되어 있으므로 현재 수평편파 시험장감쇠량만 규정되어 있는 FCC와 전자파장해검정규칙의 시험장 평가기준에 수직편파 시험장감쇠량이 추가되는 것이 당연한 것으로 생각된다.

이러한 시험장감쇠량 평가기준은 실제 측정값과 비교함으로써 시험장으로서의 사용가능여부를 결정하게 되는데, 이론값과 측정값의 편차가 ±3dB(단일 주파수 측정시) 또는 ±4dB(주파수 주사시)내에 들어야 비로소 시험장으로서 인정되는 것이다.

2. 측정시스템

주어진 주파수에 대해 측정되는 시험장감쇠량은 그림 5에서처럼 수신안테나를 정해진 범위 내에서 높이를 조정하여 얻을 수 있는 최대 수신전압 V_s 와 송·수신안테나를 떼어 내고 동축케이블을 서로 연결하였을 때 측정되는 전압 V_{ref} 의 차이다.

$$S.A.(dB) = V_{ref} - V_s$$

여기에서,

$$V_s = V_g - AF_T - AF_R - C - LOSS,$$

$$V_{ref} = V_g - C - R,$$

그리고

$$V_g = \text{신호원의 출력전압},$$

$$AF_T, AF_R = \text{송, 수신안테나의 안테나인자 (antenna factor)},$$

$$C = \text{동축선의 손실},$$

$$R = \text{수신기의 감쇠량},$$

따라서

$$S.A.(dB) = AF_T + AF_R + LOSS$$

이 성립한다. 여기에서 위의 시험장감쇠량에 송·수신안테나의 안테나인자를 빼주면 시험장에서 발생하는 전파 전파손실만으로 구성됨을 알 수 있다. 따라서 이러한 시험장감쇠량을 규격화 시험장감쇠량(normalized site attenuation)이라 하고, 지표반사면 위에 놓인 송·수신 안테나의 상호임피던스 보정인자(mutual impedance correction factor)를 고려하면

$$N.S.A.(dB) = S.A.(dB) - AF_T - AF_R - \Delta AF_{TOT}$$

이 성립한다. 이 개념은 미 규격협회(American National Standards Institute, ANSI)에서 채택하여 규격(ANSI C63.4-1991 등)에 적용함으로써 새로운 개념의 시험장 적합성 판단기준으로 활용되고 있다.⁽⁸⁾ 이 개념은 시험장감쇠량이 실제 전자파장해 측정상황을 모사(simulation)하고 있다고 볼 때 가장 큰 측정오차를 일으키는 부분인 안테나의 안테나인자를 계산에 포함시켰다는 측면에서 매우 효과적인 개념이라 생각되나, 아직 국제적으로 안테나인자 교정법이 명확히 확립되어 있지 않은 상태이므로 규격에 적용하기는 시기상조가 아닌가 하는 생각도 있다.

우리는 앞에서 두가지의 기본적인 시험장감쇠량 측정법(단일주파수 측정법, 주파수 주사방법)에 대해 살펴보았다. 단일 주파수 측정법은 공진 이극안테나나 광대역 안테나를 사용하고, 신호발생기와 수신기(전자기장의 세기 측정기 혹은 스펙트럼분석기 등)만 갖추고 있으면 가능하다. 그러나 주파수주사

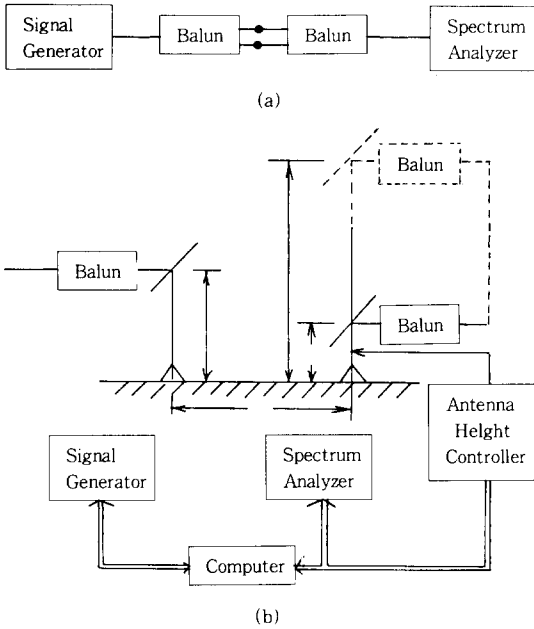


Fig. 5 Test procedures for site attenuation measurements

방법은 광대역안테나와 트래킹신호발생기를 갖춘 자동 스펙트럼분석기가 요구된다. 실제 측정은 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 매우 간단하며, 안테나로부터 밸런을 분리시킬 수 없는 경우는 안테나 밸런에 의한 손실을 계산에 고려해야 한다.

그림 5는 시험장감쇠량 측정에 사용되는 절차를 보여준다. 그림 5(a)에서 볼 수 있는 것처럼 신호원과 수신기를 직접 연결하였을 때 수신기에 나타나는 전압은 신호원의 출력, 밸런과 전송선로의 손실에 의존함을 알 수 있다. 신호원의 출력은 측정이 수행되는 동안 일정해야 하며, 수신되는 전자기장의 세기가 외부 주위 잡음에 비해 충분히 커야 한다.

실제 시험장감쇠량 측정에서는 3m범 야외시험장에서 송신이극안테나의 높이는 2m, 송·수신안테나간의 거리는 3m로 고정되어 있다. 수신 이극안테나의 높이는 안테나 제어시스템에 의해 1~4m의 범위에서 10.16cm/s의 속도로 상승 또는 하강하게 되며, 수신기로 사용한 스펙트럼 분석기의 주사시간(sweep time)을 30ms로 단축시켜 첨두치를 측정하고 그때의 수신안테나의 높이를 읽어 수신안테나의 높이에 따라 변화하는 전자기장의 세기, 즉 하이트 패턴을 측정하게 된다. 시험장감쇠량은 그림 5(a)에서 측정되는 기준전압과 그림 5(b)에서 측정되는 최대 수신전압과의 차로써 결정되기 때문에 하

이트 패턴에서 나타나는 최소 상대 삽입손실(relative insertion loss)이 바로 시험장감쇠량이 되며, 그림 6에 시험장감쇠량 측정의 흐름도를 보였다. 이러한 방법은 수신기를 첨두치 홀드(maximum hold) 상태에 고정시켜 규정된 수신안테나의 높이변화에 따른 최대 전자기장의 세기만을 측정하는 종래의 방법과는 달리, 그림 7에서처럼 측정된 하이트 패턴을 이론적으로 정확히 계산된 하이트 패턴과 비교함으로써 제2, 제3 등의 크기를 갖는 전자기장의 세기

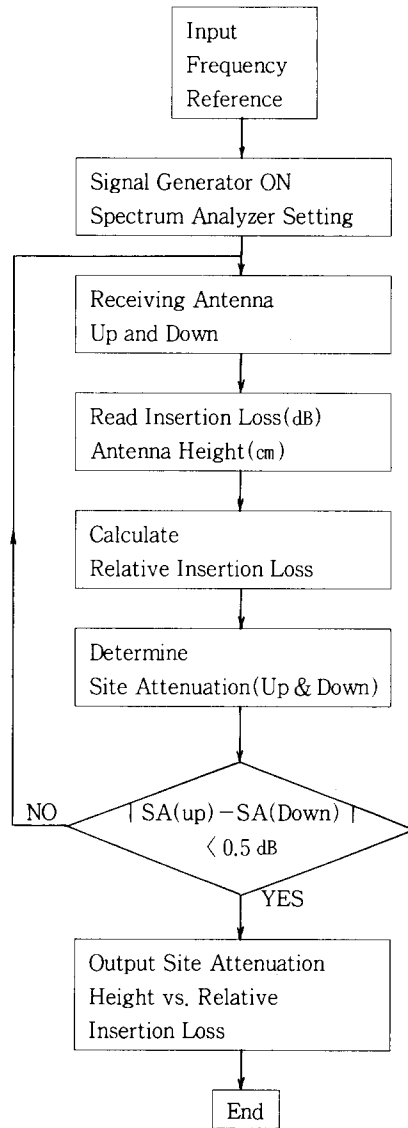


Fig. 6 Flow chart of site attenuation measurements

수신점에서 측정을 하게 되는 측정상의 실수를 비롯한 안테나 지지대에서의 오동작, 스펙트럼분석기의 GP-IB 에러, 안테나 및 케이블 연결상태의 부적 절함 등과 같은 측정시스템의 오차를 사전에 방지할 수 있을뿐만 아니라, 야외시험장의 결함 판정에도 유용하게 사용할 수 있는 장점이 있다. 특히 전자파 반무향실의 경우, 흔히 실제 하이트패턴이 이론값과 크게 다른 경우가 생길 수 있는데(특히, 수직편파인 경우) 이 경우는 전자파반무향실 내부의 전파장애 물이나 전파흡수체의 특성 때문에 전자파반무향실 내의 전파 전파현상이 야외시험장에서와 동일하지 않은 것에 기인하며, 따라서 엄격하게 야외시험장의 대용시험장으로서의 전자파반무향실의 특성이 성립 하지 않는 경우라고 이야기할 수 있다.

표준연구소에서 사용하고 있는 하이트패턴으로부터 시험장감쇠량을 결정하는 측정시스템의 오차요 인은 아래와 같다. 안테나의 높이와 간격은 접지면 이 편평하다고 가정할 때 $\pm 1\text{cm}$ 이내에서 설치되며, 안테나의 높이는 안테나 급전부에서 측정한다. 60 MHz 아래의 주파수에서 이극안테나의 끝부분이 아래 에 처짐에 따른 영향은 무시될 수 있고, 따라서 측정 안테나의 배치에 따라 발생 가능한 오차는 $\pm 0.09\text{dB}$ 이다. 수신기, 신호발생기, 안테나 밸런, 전송선로 등의 안정성(stability)은 측정 주파수대역에 따라 안테나 밸런을 교체하는 전후에 반복적으로 측정된 기준 전압에 의해 결정되는데, 측정값들의 차이는 최대 $\pm 0.12\text{dB}$ 이며 대개 $\pm 0.08\text{dB}$ 이내로 일치한다. 이러한 측정값의 변화는 신호발생기의 출력에서의 변화, 전송선로의 배치, 그리고 연결기의 결합상태, 안테나 밸런의 연결상태 등에 기인한다. 시험장감쇠 량은 삽입손실의 상대적인 값을 측정하는 것이기 때 문에 주된 오차요인은 수신기로 사용된 스펙트럼분 석기의 누적 충실도(cumulative fidelity)에 기인 한다고 볼 수 있으며, 사용된 HP 8566스펙트럼분석 기의 경우 0~80dB의 영역, 20~30°C의 조건에서 1.0dB 이하의 불확도를 가지고 있다. 따라서 최악의 경우, 측정시스템의 오차는 $\pm 1.21(= \pm 0.09 \pm 0.12 \pm 1.0)\text{dB}$ 이다.

특히 실험에서 주의해야 할 것(특히 수직편파의 경우)은 수신쪽 안테나 케이블을 수신안테나 뒤쪽 으로 2m 이상 떨어뜨려 수신 이극안테나와의 상호 결합을 가능한 한 줄여야 하며, 송신안테나 또는 시 험대상기로부터 방사되는 전자기장을 안테나 케 이블이 포착함으로써 생기는 문제는 중심동축을 통

해 의도된 신호를 전달하고 외파가 Faraday 차폐로 동작하는 삼축(triaxial) 케이블을 사용하여 크게 개 선할 수 있다.

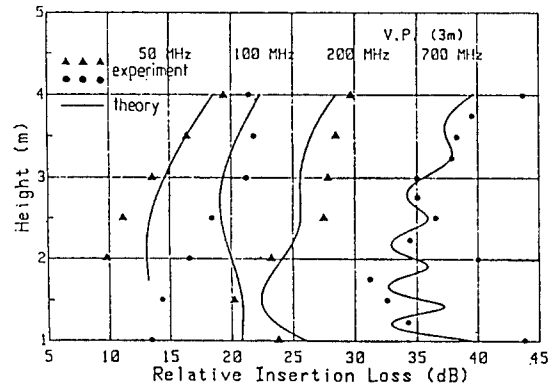


Fig. 7 Height patterns of a semi-anechoic chamber

IV. 결 론

우리나라의 전자파장해 측정기술은 외국의 관련 규격에 의한 전기·전자제품 및 자동차 등의 품질보증(Quality Assurance, QA)업무로부터 시작되었다 해도 과언이 아니다. 그러나 근년에 들어 외국의 전자파장해 규제가 보다 엄격해져 “비관세 무역장벽”으로 대두되고, 이러한 규제를 극복하기 위해 제품의 변형을 통한 개선이 요구됨에 따라 결과적으로 생산단가를 상승시키고, 대책부품 및 소재, 잡음억 제회로 설계기술의 외국 의존도가 심화되고 있어, 우리 산업체의 국제경쟁력을 약화시키는 요인 중의 하나로 작용하고 있다.

이러한 전자파장해의 대책기술은 측정기술과 서로 불가분의 관계에 있는데, 정밀정확한 측정기술을 통해 대책수립 후의 전자파장해특성 개선 정도를 정확히 평가함으로써 고가의 대책부품이나 소재의 과도한 투입에 따라 생산단가의 상승을 막을 수 있고, 다양한 대책이 수립되었는지를 확인할 수 있기 때문이다.

지난해 9월 3일에 우리나라에서도 전자파장해 검정규칙이 제정되어 전자파장해 방지에 관한 법적근거를 가지게 되었으며, 관련 규제를 유선통신산업기

기에의 적용을 시작으로 현재 정보기기에도 적용하고 있으며, 전기·전자기기, 고주파 이용설비등에 대해서 적용을 확대해 나갈 방침에 따라 이제 전자파장해 문제는 대기업만의 문제가 아니라 중소기업의 생존과 직결한 문제가 되었다. 바로 여기에 우리나라의 전자파장해 관련 기술의 중요성과 시급함이 놓여 있다 하겠다.

이러한 전자파장해 문제의 해결을 위해 초기에 투자되는 측정시스템 및 측정시설은 막대한 비용이 소요되고, 큰 오차를 유발시킬 수 있기 때문에 매우 신중하게 설계, 구성되어야 한다. 특히 야외시험장은 다른 어떤 측정시설보다 우선하며, 국제적으로도 방사성 방출잡음 평가에 대한 기준으로 인식되고 있다. 이러한 시설은 매우 넓은 부지가 요구되고, 기후 환경에 의존하며, 외부 전자파환경과 고립되어 있지 않기 때문에 주변잡음의 크기에 의해 방사성 잡음 방출잡음이 제한되고, 전파관리법 등에 의해 방사성 잡음 감응시험이 제한되는 단점이 있으나, 다른 측정시설에 비해 큰 시험대상기기의 매우 넓은 주파수 대역에서의 전자파장해 특성평가가 가능하며, 건물 옥상 등을 이용하여 간단하게 구성할 수 있으며, 투자 비용이 크게 소요되지 않으며, 쉽게 시험장 평가 기준을 만족시킬 수 있는 장점이 있으므로 굳이 고가로 수입하거나 제작을 의뢰할 필요가 없이 산업체 스스로가 제작할 수 있을 것으로 생각된다.

아 물론 본 고가 측정시설을 준비하고 있는 산업체에 야외시험장을 이용한 저가형 측정시스템을 구성하는데 도움을 줄 수 있었으면 하고, 나아가서 중소기업에 이르기까지 자사 시험시설을 갖추고 전자파장해 문제에 보다 적극적인이며 능동적인 대처가 가능할 수 있으면 하는 바램을 가져본다.

참 고 문 헌

- (1) M. T. Ma, M. Kanda, "Electromagnetic Compatibility and Interference Metrology", NBS Tech. Note 1099, Jul. 1986.
- (2) 정연춘, "EMI/EMC 측정시설 및 측정기기", 측정표준, vol. 14, No. 1, pp. 38-48, 한국표준연구소, 1991. 3.
- (3) ANSI C63.7-1988, "American National Standard guide for construction of open area test sites for performing radiated emission measurements"
- (4) Joseph DeMarinis, "Studies relating to the design of open field EMI test sites", 1987 IEEE CH 2487-7/87/000-0115.
- (5) FCC Bulletin OET-55, "Characteristics of open area test sites", Aug. 1982. (Formerly OST-55)
- (6) A. Smith, Jr., R. German, and J. Pate, "Calculation of site attenuation from antenna factors", IEEE Trans. Electromagnetic compat., vol. EMC-24, pp. 301-316, Aug. 1982.
- (7) Donald N. Heirman, "Vertical Site Attenuation-A Necessity", 1986 IEEE CH 2294-7/86/000-0342.
- (8) ANSI C63.4-1991, "American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz".