

# 전기용품안전기준

## K 00016-1-4

[CISPR16-1-4 E.d.2.1 : 2008.01]

### 전기자기 적합성(EMC)

전기자기 장애·내성 측정장비 및 측정방법

제1부 : 전기자기 장애 및 내성 측정장비

제4절 : 보조장비 - 방사방해

## 목 차

서문 .....	4
1. 적용범위 .....	4
2. 인용규격 .....	4
3. 용어정의 .....	5
4. 방사방해 측정을 위한 안테나 .....	8
4.1. 방사방해 측정을 위한 물리적 인자 .....	8
4.2. 9 kHz - 150 kHz 주파수 대역 .....	9
4.3. 150 kHz - 30 MHz 주파수 대역 .....	9
4.4. 30 MHz - 1 000 MHz 주파수 대역 .....	10
4.5. 1 GHz - 18 GHz 주파수 대역 .....	15
4.6. 특수한 안테나 배치 .....	16
5. 30 MHz - 1 000 MHz 주파수 대역의 무선방해 전계강도 측정을 위한 시험장 .....	16
5.1. 야외시험장 .....	16
5.2. 기상보호구조물 .....	17
5.3. 장애물이 없는 지역 .....	17
5.4. 시험장의 주위 무선 주파수 환경 .....	18
5.5. 접지면 .....	20
5.6. 야외시험장 확인절차 .....	20
5.7. 접지면을 갖는 시험장 적합성 .....	24
5.8. 접지면을 갖지 않는 시험장 적합성 .....	30
5.9. 시험품 배치 테이블과 안테나 타워의 평가 .....	39
6. 방사 전력 측정을 위한 반사 시험실 .....	41
6.1. 시험실 .....	41
7. 무선방해 내성 측정을 위한 TEM 셀 .....	44
8. 1 GHz - 18 GHz 주파수 대역의 무선방해 전계강도 측정을 위한 시험장 .....	44
8.1. 기준시험장 .....	44
8.2. 시험장 평가 .....	44
8.3. 대체시험장 .....	57
9. 공통모드 흡수장치 .....	57
9.1. 일반사항 .....	57
9.2. 공통모드 흡수장치 S-파라미터 측정 .....	57
9.3. 공통모드 흡수장치 시험 지그 .....	57
9.4. TRL 교정을 사용한 측정방법 .....	58
9.5. 스펙트럼 분석기와 트래킹발생기를 사용한 공통모드 흡수장치 성능(저하) 검사 .....	60
부록 A(규격) 안테나 인자 .....	65
부록 B(규격) 모노폴 안테나(1m 로드 안테나)의 성능 방정식과 안테나 정합 회로망의 특성 ..	73
부록 C(규격) 9 kHz - 30 MHz 주파수 대역에서 자계 유도전류 측정을 위한 루프 안테나 시스템 .....	78
부록 D(정보) 주파수 대역 30 MHz - 1 000 MHz 사이의 야외 시험장의 세부 구조(5절) .....	89

부록 E(규격) 30 MHz - 1 000 MHz 주파수 대역에 대한 야외 시험장의 확인절차(5절)	93
부록 F(정보) 4 dB 시험장 허용 판단기준의 기초(5절)	101
참고문헌	102
그림 20 - 3m 시험장의 시험품에서 LPDA 안테나까지의 직접 입사파와 반각도 $\Phi$ 인 접지반사 파에 대한 방사 개략도	11
그림 2 - 회전시험대가 있는 시험장의 무방해 자유공간 영역(5.3 참고)	19
그림 3 - 고정형 시험품을 갖는 방해물이 없는 영역(5.3 참고)	19
그림 4 - 시험장 감쇠의 수평 편파 측정을 위한 장비의 배치(5.6과 부록 E 참고)	21
그림 5 - 동조 다이폴을 사용한 수직 편파의 시험장 감쇠측정을 위한 장비의 배치 (5.6과 부록 E 참고)	21
그림 6a - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-수직방향 NSA 측정	26
그림 6b - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-수평방향 NSA 측정	26
그림 6c - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-크기가 1 m 길이, 1.5 m 폭, 1.5 m 높이를 초과하지 않고 주변이 의도되지 않은 반사를 일으키는 가장 가까운 물질로부터 1 m 이상 떨어진 시험품에 대한 수직방향 NSA 측정	27
그림 6d - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-크기가 1 m 길이, 1.5 m 폭, 1.5 m 높이를 초과하지 않고 주변이 의도되지 않은 반사를 일으키는 가장 가까운 물질로부터 1 m 이상 떨어진 시험품에 대한 수평방향 NSA 측정	27
그림 6 - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치	28
그림 7 - 다른 측정 거리에 대한 기능으로서의 이론적인 자유공간 NSA의 그래프	30
그림 8 - 시험장 유효성 절차에 대한 측정 위치	34
그림 9 - 시험장 유효성 절차에 대한 측정 위치와 안테나 경사의 예	35
그림 10 - 일반적인 자유공간에서 시험장 기준 측정 구성도	38
그림 11 - 직사각형 시험배치 테이블위의 끝면과 연관된 안테나의 위치(윗면)	41
그림 12 - 시험배치 테이블위의 안테나 위치(측면)	41
그림 13 - 대표적인 회전판(paddle stirrer)의 예	42
그림 14 - 그림 13의 회전판을 사용한 차폐실에 대한 결합 감쇠의 범위를 주파수 함수로 나타낸 그림	43
그림 15 - 전송 안테나의 E-평면 방사 패턴 예(정보제공 목적)	47
그림 16 - 전송 안테나의 H-평면 방사 패턴 예(정보제공 목적)	48
그림 17 - 수평면에서의 $S_{VSWR}$ 위치 - 8.2.2.2.1 참고	49
그림 18 - $S_{VSWR}$ 위치 (높이 요구사항)	51
그림 19 - 조건적 시험 위치 요구사항	56
그림 21 - 시험지그 내부의 기준면 정의	61
그림 22 - 지그의 수직 플랜지에서 $50\Omega$ 어댑터 구조의 예	61
그림 23 - 발룬이나 변환기를 가지는 매칭 어댑터의 예	62
그림 24 - 저항성의 매칭 회로망을 가지는 매칭 어댑터의 예	62
그림 25 - TRL 교정을 위한 4가지 구성	63

그림 A.1 - $R_L=50\Omega$ 에 대한 단축 다이폴 안테나 인자(A.3.2.d 참조) .....	67
그림 B.1 - 회로망분석기를 사용한 방법 .....	74
그림 B.2 - 무선 잡음 측정기와 신호 발생기를 사용한 방법 .....	75
그림 B.3 - 더미 안테나의 설치 커패시터 .....	76
그림 C.1 - 3개의 상호수직 대형-루프 안테나로 구성된 루프 안테나 시스템 .....	78
그림 C.2 - 전류 프로브 C에 대해서 대칭적으로 놓여진 두 개의 마주보는 슬릿을 포함한 대형 루프 안테나 .....	79
그림 C.3 - 안테나 슬릿의 구성 .....	80
그림 C.4 - 견고한 구조를 얻기 위한 인쇄회로기판의 스트랩(strap)을 사용한 안테나 슬릿 구성의 예 .....	80
그림 C.5 - 전류 프로브를 포함한 금속상자의 구조 .....	81
그림 C.6 - 리드에서 루프로 용량성 결합이 확실히 없는 시험품의 케이블들의 부하의 예 .....	82
그림 C.7 - 대형 루프 안테나(LLA) 확인 시 발룬-다이폴의 8 개 지점들 .....	83
그림 C.8 - 직경이 2 m 인 대형 루프 안테나(LLA)의 유효성인자 .....	83
그림 C.9 - 발룬-다이폴의 구조 .....	85
그림 C.10 - 2개의 표준 측정 거리 d 에 대한 변환 인자 $C_{dA}$ (dB( $\mu$ A/m)변환 인자)와 $C_{dV}$ (dB( $\mu$ V/m)변환 인자) .....	85
그림 C.11 - 직경이 2 m인 대형 루프 안테나(LLA)와 임의 직경(D)를 갖는 대형 루프 안테나(LLA)에 대한 민감도( $S_D$ ) .....	86
그림 D.1 - 거친 접지면에 대한 레일리(Rayleigh) 기준 .....	89
표 1 - 정규화된 시험장 감쇠(수평편파를 가지는 동조 반파장 다이폴에 대한 기하학적 권고) .....	28
표 2 - 정규화된 시험장 감쇠(광대역 안테나의 ) .....	29
표 3 - 시험 거리에 대한 시험 체적의 최대 크기 .....	32
표 4 - 주파수 대역과 스텝 사이즈 .....	35
표 5 - $S_{VSWR}$ 시험 위치 .....	52
표 6 - $S_{VSWR}$ 보고서 요구사항 .....	56
표 E.1 - 정규화된 시험장 감쇠(광대역 안테나의 권장되는 기하학 구조) .....	96
표 E.2 - 정규화된 시험장 감쇠(반파장 동조 다이폴의 권장되는 수치 - 수평편파) .....	97
표 E.3 - 정규화된 시험장 감쇠(반파장 동조 다이폴의 권장되는 수치 - 수직편파) .....	98
표 E.4 - 3 m 간격으로 떨어진 공진점 조정가능 다이폴을 사용한 기하학 구조에 대한 상호 결합 보정 인자 .....	99
표 F.1 - 오차 산정 .....	100

## 전기용품안전기준(K 00016-1-4)

전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법

-제1부 : 전기자기 장해 및 내성 측정장비

-제4절 : 보조장비 - 방사방해

### SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS

#### Part 1-4 : Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Radiated disturbances

서문 본 기준은 2008년 1월에 발행된 CISPR16-1-4:Ed 2.1 : Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Radiated disturbances를 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 작성한 전기용품안전기준이다.

#### 1. 적용범위

K 00016의 이 기준은 9 kHz - 18 GHz의 주파수 대역에서 방사방해의 측정을 위한 장비의 특성과 성능을 규정하는 기본 규격이다.

안테나와 시험장, TEM 셀, 잔향실에 대한 보조기기의 규정이 포함되어 있다.

이 규격의 요건은 측정 장비의 CISPR 지시 범위 내의 모든 주파수와 방사방해의 모든 레벨에 적용된다.

K 00016-2-3의 측정방법과 K 00016-3에서 주어진 방사방해에 대한 정보가 포함되어 있다. 불확도, 통계, 제한치 모델링은 K 00016-4에서 다룬다.

#### 2. 인용규격

**K 00014-1**, 전기자기 적합성(EMC) - 가정용 전기기기, 전동공구 및 유사 기기류의 요구조건  
제1부 - 전기자기장해

**K 00016-1-1**, 전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법 - 제1부 : 전기자기장해·내성측정 장비  
- 제1절 : 측정장비

**K 00016-1-5**, 전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법 - 제1부 : 전자기장해·내성측정 장비 -  
제5절 : 30 MHz ~ 1 000 MHz의 안테나 교정 시험장

**K 00016-2-1**, 전기자기 장해·내성측정장비 및 측정방법 - 제2부 : 전자기장해·내성측정 방법 -  
제1절 : 전도장해 측정

**K 00016-2-3**, 전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법 - 제2부 : 전자기장해·내성측정 방법 -

제3절 : 방사장해 측정

- KS C CISPR 16-3, 전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법 - 제3부 : CISPR 기술 리포트
- KS C CISPR 16-4-1, 전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법 - 제4부 : 측정 불확도, 통계 및 한계값 모델링 - 제1절 : 표준화된 전기자기 적합성 시험의 불확도
- KS C CISPR 16-4-2, 전기자기 장해·내성 측정장비 및 측정방법 - 제4부 : 측정 불확도, 통계 및 한계값 모델링 - 제2절 : 시험장비의 불확도 측정
- KS C IEC 60050-161, 국제전기기술용어 - 제161장: 전기자기 적합성, Amd 1, 2

### 3. 용어정의

이 기준의 목적을 위해, 다음의 정의를 적용한다. 또한 KS C IEC 60050(161)을 참조.

#### 3.1 대역폭 ( $B_n$ )

수신기의 전체 선택도 곡선중 미리 정해진 감쇠를 갖는 두점 사이의 폭으로 정의되며 중역대역 응답의 아래 부분에 존재한다. 대역폭은  $B_n$ 으로 나타내고, 여기서 n은 미리 정해진 감쇠량의 데시벨 값이다.

#### 3.2 CISPR 지시범위

K 00016-1에서 요구사항을 만족하는 수신기가 지시하는 최대 최소의 계기범위를 제조자가 명시한 범위

#### 3.3 교정시험장 (CALTS)

금속 그라운드 면을 가지고 수평 및 수직 전계극성에서 정확히 명시화된 시험장 감쇠를 가지는 야외시험장.

주 1) 교정시험장 (CALTS)은 안테나의 자유공간 안테나 인자를 결정하는데 사용된다.

주 2) 교정시험장의 시험장 감쇠 측정은 성능평가 시험장의 성능 평가를 하기 위하여 적합성평가 시험장의 상용하는 감쇠 측정을 비교하는데 사용된다.

#### 3.4 적합성평가 시험장 (COMTS)

적합성 한계값 비교를 위해 시험품 으로부터 방해 전계강도의 반복적인 측정결과를 유효하게 할 수 있는 환경

#### 3.5 안테나

정해진 용도 내에서 전기자기파를 수신하거나 방사 하도록 설계된 수신 혹은 전송시스템의 일부

주1) 이 규격에서 발문은 안테나의 한 부분이다.

주2) 이 용어는 선 안테나, 자유공간 공진 다이폴과 하이브리드 안테나와 같은 여러 장치를 포함한다.

#### 3.6 발문

평형에서 불평형 전송선 또는 장치로 또는 역으로의 변환을 위한 수동 전기 회로망

### 3.7 자유공간 공진 다이폴

다이폴이 자유공간에 위치할 때 간극 양단에서 측정된 선 안테나의 규정된 주파수에서 입력 임피던스가 실제값이 되도록 각 도체가 1/4 파장 길이를 가진 동일한 길이, 끝과 끝이 붙어져 있고, 작은 간극으로 분리된 2개의 직선 공동선형도체로 구성된 안테나

- 주1) 이 규격에서 발룬에 연결된 선 안테나는 소위 “시험 안테나”라고 부른다.
- 주2) 선 안테나는 “동조 다이폴”이라 언급된다.

### 3.8 시험장 감쇠

시험장 감쇠는 하나의 안테나가 수직으로 특정높이의 범위로 이동되고, 나머지 하나가 고정된 높이로 설치될 때, 시험장에 위치한 두 극이 일치된 안테나 사이에서 측정된 최소 삽입손실로서 정의된다.

### 3.9 시험장 삽입손실

발생기 출력과 수신기 입력 사이의 직접적인 전기적 접속이 규정된 위치에 위치한 송신 및 수신 안테나에 의해 대체될 때, 시험장에서 특정 위치에 배치된 한 쌍의 안테나 사이의 손실

### 3.10 선 안테나

전자파의 방사 또는 수신을 위해 하나 또는 그 이상의 금속 선 또는 막대로 구성되도록 규정된 구조

- 주) 선 안테나는 발룬을 포함하지 않는다.

### 3.11 전무향실 (FAR)

관심주파수 대역 내에서 전기자기 에너지를 흡수하는 무선주파수 흡수 물질(즉, 압소비)로 정렬된 내부 표면을 가지는 차폐실

### 3.12 준 자유공간 시험장

자유공간 조건들을 갖출 의도로 된 방사 측정 또는 안테나 교정을 위한 시설이며, 방사 측정 또는 고려 중인 안테나 교정절차를 위한 시험장 수용평가를 만족할 수 있도록 주변 환경으로부터의 원하지 않는 반사가 최소가 되도록 유지된다.

### 3.13 시험 체적

시험품이 놓이는 전무향실 내에서의 체적

- 주) 이 체적 내에서 준 자유공간 조건을 만족하고 이 체적은 일반적으로 0.5 m 혹은 전무향실의 흡수물질로부터 그 이상 떨어져 있다.

### 3.14 교차극 응답

안테나가 일정한 전자장에서 회전될 때, 교차극성 필드의 안테나에 의한 상쇄 측정

### 3.15 하이브리드 안테나

하나의 광대역 다이폴(예를 들면, 바이코니칼 또는 보-타이)을 추가하기 위해 개방회로 종단에 연

장된 boom을 가지고 있는 전통적인 전선형의 LPDA(Log-periodic dipole array)안테나로서, LPDA의 무한 벌륜은 광대역 다이폴에 대한 전압원으로서의 역할을 한다. 전형적으로 수신기로 연결된 동축케이블의 바깥 도체에 의도되지 않은 기생 RF 전류를 최소화하기 위해 boom의 끝단에 공통모드 초크가 사용된다.

### 3.16 저 불확도 안테나

안테나 인자가  $\pm 0.5$  dB 보다 좋게 재현할 수 있는 고품질 로버스트 바이코니칼 또는 LPDA 안테나가 공간상에 지정된 위치에서 전계강도의 측정을 위해 사용된다.

비고 A.2.2에 설명

### 3.17 반무반사실(SAC)

6개의 내부표면 중 5개가 해당 주파수의 전기자기 에너지를 흡수하는 RF에너지 흡수체(RF 압소버)에 연결된 실드 외관과 바닥 수평 표면은 OATS 시험설치로 사용하기 위한 도전 접지면이다.

### 3.18 공통모드 흡수장치(CMAD)

방사 측정에 있어서 적합 불확도를 감소하기 위해 시험체적으로부터 나오는 케이블에 적용될 수 있는 장치

### 3.19 삽입손실

장치를 전송선에 삽입함으로써 발생하는 손실로, 시험장치의 삽입위치 전후의 전압비로서 표현된다. 이것은 전송 S인자의 역인  $|1/S_{21}|$  과 같다.

### 3.20 반사계수

반사파와 입사파 모두에 대한 양의 비이다. 그러므로, 전압반사계수는 입사파의 합성전압에 대한 반사파의 합성전압의 비로서 정의된다. 이 전압반사계수는 분산인자  $S_{11}$ 과 같다.

### 3.21 SOLT(short-open-load-through) 또는 TOSM(through-open-short-match) 교정방법

세 가지의 임피던스 기준들-단락, 개방, 매칭/부하 및 단일 전송 기준-관통방법을 사용한 벡터망 분석기에 대한 교정방법. SOLT 방법이 널리 사용되어지고,  $50 \Omega$  임피던스 성분을 가지는 필수 교정 키트가 일반적으로 이용된다. 2 포트 에러 모델은 교정을 하기 위해 12번의 기준 측정에서 발생하는 12번의 에러에 대해 정방향과 역방향 각각에 대한 6번의 에러를 포함한다.

### 3.22 분산인자(S 인자)

전송선에 삽입되는 2 포트망의 특성을 설명하기 위해 사용되는 일련의 4가지 인자들

### 3.23 TRL(through-reflect-line) 교정

VNA의 내부 및 외부 교정을 위해 3 가지의 임피던스 기준“관통” “반사” “라인”을 사용한 벡터망 분석기에 대한 교정방법으로, 4 가지의 기준 측정이 이 교정을 위해 필요하다.

### 3.24 벡터망 분석기(VNA)

4개의 S 인자인  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ 의 합성 값을 측정할 수 있는 회로망 분석기

## 4. 방사방해 측정을 위한 안테나

방사 방출측정을 위해 사용되어 지는 교정된 안테나는 방사 형태와 주변 환경과의 상호 커플링을 고려하여 전계 강도를 측정하기 위해 사용된다. 안테나와 수신기 사이에 들어있는 회로는 측정수신기의 전체 특성에 영향을 미쳐서는 안 된다. 안테나가 측정수신기에 접속되었을 때 측정시스템은 관련된 주파수 대역에 적절하게 K 00016-1-1의 주파수 대역폭에 대한 요구조건을 만족시켜야한다.

안테나는 선형적으로 편파 되어야 한다. 또한, 입사파의 모든 편파에 대해서 측정이 가능하도록 되어야 한다. FAR에 있어서 흡수체 또는 지상으로부터 안테나 중심의 높이는 특정 시험 절차에 따라서 조정될 수 있어야 한다.

광대역 안테나의 변수에 관한 추가적인 정보는 부록 A 참조

#### 4.1 방사 측정을 위한 물리적 인자

V/m로 표현되어지는 방사한계로부터 만들어지는 방사측정을 위한 물리적 변수는 시험품의 위치에 관계된 공간에 있어서의 지정된 점에서 측정된 전계강도이다. 특히, OATS 또는 SAC에서 30 MHz ~ 1 000 MHz 주파수 범위의 측정에 있어서 그 측정값은 수평 및 수직편파, 1 m ~ 4 m 사이의 높이, 그리고 방위면의 모든 각도로 회전되는 시험품으로부터의 10 m 수평거리의 함수로서 최대 전계 강도이다.

정현파의 균일장의 전계강도 측정의 정확도는 이 부속항의 요구조건을 만족시키는 안테나가 K 00016-1-1의 요구조건을 만족시키는 측정 수신기와 함께 사용되는 조건에서  $\pm 3$  dB보다 좋아야 한다.

주) 여기에서의 요구사항들은 시험장에 의한 영향은 포함되지 않았다.

#### 4.2 9 kHz - 150 kHz 사이의 주파수 대역

이 주파수 대역에서는 자계성분이 관찰된 방해의 실체에 주로 영향을 준다는 사실이 경험에 의하여 밝혀졌다.

##### 4.2.1 자계 안테나

방사자계성분의 측정은 길이 60 cm의 정방형으로 완전히 차폐될 수 있는 크기의 전계차단 루프안테나나 적절한 페라이트 로드 안테나를 이용할 수 있다.

자계 강도의 단위는  $\mu A/m$ , 또는 대수단위로  $20\log(\mu A/m) = dB(\mu A/m)$ 이다. 관련된 방사 한계값도 동일 단위로 표시되어야 한다.

주) 직접측정은 모든 조건 즉, 근거리 또는 원거리장과 모든 조건하의 방사장의  $dB(\mu A/m)$ ,  $\mu A/m$  단위로 표현되는 자계성분 세기로 이루어진다. 그러나 많은 전계 강도 측정수신기는  $dB(\mu V/m)$ 단위의 등가평면파 전계 강도로 교정된다. 즉  $E$ 와  $H$ 성분의 비가  $120 \pi$  또는  $377 \Omega$ 으로 가정되는 필드이다.

$H$  ( $\mu A/m$ )는  $E$  ( $\mu V/m$ )를  $377 \Omega$ 으로 나누어서 구한다.

$$H (\mu A/m) = E (\mu V/m) / 377 \Omega \quad (1)$$

$H$  dB( $\mu A/m$ )는  $E$  dB( $\mu V/m$ )에서 51.5 dB( $\Omega$ )를 빼서 구한다.

$$H \text{ dB}(\mu A/m) = E \text{ dB}(\mu V/m) - 51.5 \text{ dB}(\Omega) \quad (2)$$

위의 변환에서 사용되는 임피던스  $Z = 377 \Omega$ ,  $20 \log Z = 51.5 \text{ dB}(\Omega)$ 는  $\mu V/m$ (또는 dB( $\mu V/m$ ))단위로 자계를 나타내는 전계강도 측정기의 교정으로부터 비롯된 상수이다.

#### 4.2.2 루프 안테나의 실드

루프 안테나의 불충분한 실드가 전계 반응의 결과로 나타날 수 있다. 안테나의 전계 감지는 균일장에서 안테나를 회전시킴으로써 이루어지며, 그 결과 루프면은 전계 벡터에 평행한 상태로 된다. 루프 안테나의 면이 자속에 수직인 상태에서 수평인 상태로 안테나가 회전할 때 그 측정값은 적어도 20 dB 감소된다.

### 4.3 150 kHz - 30 MHz 의 주파수 대역

#### 4.3.1 전계 안테나

방사 전계성분의 측정을 위해서는 평형 안테나나 불평형 안테나가 사용된다. 불평형 안테나를 사용하게 되면 측정은 오로지 수직로드안테나에서의 전계 효과에 대해서만 이루어진다. 사용되는 안테나의 종류는 측정결과에 명시해야 한다.

모노폴(로드) 안테나의 성능 특성을 계산하는 정보와 매칭망의 특성이 부록 B에 명시되어 있다. 등가 커패시터 대입 방법(ECSM)에 의해 산출된 안테나 인자는 파장의 1/8보다 큰 모노폴 길이에 있어서 더 큰 불확도를 가진다고 부록 B에 명시되어 있다.

전계강도의 단위는  $\mu V/m$ , 또는 대수단위로  $20 \log(\mu V/m) = \text{dB}(\mu V/m)$ 이다. 관련된 방사 한계값도 동일 단위로 표시되어야 한다.

#### 4.3.2 자계 안테나

방사 자계성분의 측정을 위해서는 4.2.1에서 설명된 전계차폐 루프 안테나가 사용되어야 한다.

전계적으로 평형하게 동조된 루프 안테나는 동조되지 않은 전계 차폐 루프 안테나 보다 더 낮은 전계강도에서 측정을 할 수 있어야만 한다.

#### 4.3.3 안테나의 교차 편파 성능

평형을 이룬 전계 안테나가 사용된다면 이는 4.4.3의 요구사항을 따라야한다. 평형을 이룬 자계안테나가 사용된다면 이는 4.2.2의 요구사항을 따라야한다.

#### 4.4 30 MHz - 1 000 MHz 의 주파수 대역

이 주파수 대역에서의 측정은 전계이므로 자체 안테나는 포함되지 않는다. 안테나는 전계를 측정하기 위해 설계된 다이폴과 같은 안테나이어야 한다. 이것은 엘리먼트 쌍이 선형 로드나 코니칼 모양인 동조 다이폴 안테나, 일련의 선형 로드 엘리먼트로 지그재그형으로 구성된 LP(log-periodic) 다이폴 배열 (LPDA) 안테나와 같은 다이폴 배열, 그리고, 하이브리드 안테나를 포함한다.

##### 4.4.1 전계 한계값에 부적합하다고 판단될 때 사용할 수 있는 저 불확도 안테나

더 낮은 측정 불확도를 위해서 전형적인 바이코니칼 안테나나 LPDA 안테나로 측정된 전계 강도값이 추천된다. 전형적인 바이코니칼과 LPDA 안테나는 부록 A에 정의되어 있으며, 교정된 안테나만이 사용되어야 한다.

주1) 불확도는 30 MHz - 250 MHz의 주파수 대역에서는 바이코니칼 안테나, 250 MHz - 1 GHz의 대역에서는 LPDA 안테나를 사용함으로써 개선될 수 있다. 주파수 200 MHz에서 나누어 질 수도 있지만, LPDA의 위상중심 변화 때문에 불확도가 더 높아질 것이며, 그 불확도는 방사측정 보고서에 포함되어야 한다.

주2) 시험품의 방사 측정 불확도는 시험장의 상태, 안테나 인자 불확도, 측정 수신기의 특성과 같은 많은 다른 영향인자들에 의존한다. 낮은 불확도 안테나를 말하는 이유는 접지면과의 상호 커플링 효과, 수직 스캐닝에 관한 방사 형태, 그리고 다양한 위상 중심위치와 같은 측정 불확도에 관한 다른 안테나 영향을 제한하기 위해서이다. 이러한 영향들은 선정된 경계주파수에서 두 안테나의 측정값을 비교함으로써 알 수 있으며, 이 값은  $\pm 1$  dB 마진 내에 동일한 전계강도값을 나타내어야 한다.

##### 4.4.2 안테나 특성

300 MHz - 1 000 MHz의 주파수에서 단순한 다이폴 안테나의 감도는 낮기 때문에 더 복잡한 안테나가 사용될 수 있다. 그러한 안테나는 다음과 같다.

- a) 안테나는 선형적으로 편파 되어야 하며, 그것은 4.4.4의 교차편파 시험절차를 적용함으로써 평가되어야 한다.
- b) 동조 다이폴과 바이코니칼 안테나와 같은 평형을 이룬 다이폴 안테나는 4.4.3의 평형시험 절차를 적용함으로써 평가되어지는 발룬 성능을 입증하여야한다. 이것은 또한 200 MHz 이하의 하이브리드 안테나에도 적용된다.
- c) 도전 접지면을 가진 시험장이라고 가정할 때, 시험품으로부터 안테나까지의 직접 입사 신호와 접지 반사 신호 둘 중 하나 혹은 둘 모두가 그것의 피크에서 안테나 방사형태의 주엽(mainlobe)에 들어가지 않는다면 수신신호의 진폭은 감소될 것이다. 보통 그 피크는 안테나의 정방향에 있다. 이 진폭 감소는 방사에 있어서 예러가 되고, 그 결과로 불확도 공차는 그림 20에서 볼 수 있는 방사각  $2\phi$ 에 근거한다.

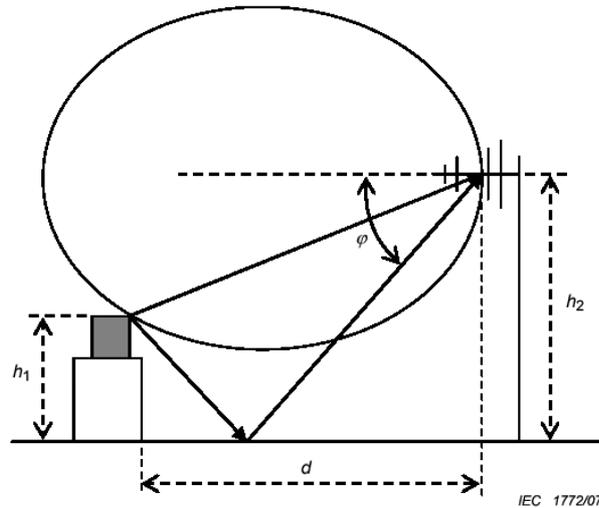


그림 20 - 3m 시험장의 시험품에서 LPDA 안테나까지의 직접 입사파와 반각도  $\phi$ 인 접지 반사파에 대한 방사 개략도

이러한 에러가 +1 dB보다 크지 않기 위한 조건이 10 m 시험장에서는 아래 1)에, 3 m 시험장에서는 아래 2)에 주어져 있다. 안테나 이득에 근거한 조건은 어려운 방사형태 조건들을 회피할 수 있도록 3)에 주어져 있다.

방사 측정은 수평과 수직으로 편파된 안테나로 행하여진다. 만약 단 한 평면에서 방사 형태를 측정하게 된다면, 더 좁은 형태가 다음과 같이 사용되어야 한다. 그 안테나 형태는 수평편파 동안 수평면에서 입증되어야 한다.

1) 10 m OATS나 SAC에서 직접 입사파의 안테나 응답은 안테나의 정방향에 평행하게 배치될 때 그 진폭과 약간 다르다. 만약 반사파에 대한 안테나 응답이 안테나 정응답보다 2 dB 이하로 더 낮다면 방사 측정에서 불확도의 방향 성분은 + 1 dB 이하로 유지된다. 이러한 조건을 확인하기 위해 안테나 이득이 그 최대 값의 2 dB 이내에 있을 때, 측정안테나의 총 수직각  $2\phi$ 는 다음과 같다.

$$\phi > \tan^{-1}[(h_1 + h_2)/d]$$

2) 10 m 이하, 즉 일반적으로 3 m의 시험장에서 안테나 이득이 그 최대값의 1 dB 이내에 있을 때, 측정안테나의 총 수직각  $2\phi$ 는

$$2\phi > \tan^{-1}[(h_1 + h_2)/d] - \tan^{-1}[(h_1 - h_2)/d]$$

로 되어야 한다.

여기에서

$h_1$ 는 시험품의 높이이다.

$h_2$ 는 측정안테나의 높이이다.

$d$ 는 시험품과 측정안테나의 수평방향 거리이다.

만약 관련된 불확도를 줄이는 안테나 다운틸팅(down tilting)이 사용되지 않는다면, 수신신호에 있어서의 감소는 주)에서처럼 방사 형태로부터 계산되어야 하며, 보정 또는 방향 불확도가 적용되어야 한다. 불확도 예제가 CISPR 16-4-2에 주어져 있다.

주1) 전계방사 패턴은 안테나로부터 직접파  $E_D$ 와 반사파  $E_R$ 에 대한 편차각에서 보어사이트(주엽의 침투) 전계값을 기본으로 정규화 됐다고 가정한다. 같은 크기의 전계로 직접파와 반사파 각각에 대해서 비교된 에러는  $20\log(2/(E_D+E_R))$  dB로 주어진다.

주2) 안테나 보어사이트(boresight) 각도에서 감소된 방향성에 의해 야기된 신호 강도에서의 감소는 계통적인 에러이므로 보정될 수 있다. 만약 각각의 주파수와 편파에서의 방사 형태로부터 보정이 적용되면 발생된 신호강도에서의 불확도는 감소되어질 수 있다.

3) 바이코니칼, LPDA, 하이브리드 안테나와 같이 방사 시험에서 사용되는 넓은 방사폭의 안테나 타입에서는 그 방사폭이 역으로 안테나 방향성에 관계된다. 위 1)과 2)의 방사폭에 근거한 기준의 선택은 안테나의 최대이득을 규정하고, 방사시험에서의 불확도에서 방향성분에 대한 일반적인 불확도 공차를 언급하는 것이다. 주어진 안테나에서 사용되는 주파수 대역에서 가장 좁은 방사폭에 근거한 일반적인 불확도가 CISPR 16-4-2에 주어져 있다. 바이코니칼 안테나에 대한 최대 등방성 안테나 이득은 2 dB이며, LPDA와 하이브리드 안테나에 대해서는 8 dB이다. 자계면 방사폭과 전계면 방사폭이 동일한 V-타입 LPDA 안테나에 있어서는 최대 허용가능한 등방성 이득은 9 dB이다.

주3) CISPR 16-4-2에 주어지는 방향성 불확도는 10 m 이격에서 사용될 수 있지만, 교정 불확도는 3 m 이격에서 필요로 되어진다.

d) 안테나 급전선(feeder)이 연결된 상태에서 안테나의 회귀손실은 적어도 10 dB이어야 한다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 필요하다면 매칭 감쇄기가 안테나 급전 케이블에 사용될 수도 있다.

e) 교정인자는 4.1의 요구사항을 만족하는 것이 가능하도록 주어져야 한다.

#### 4.4.3 안테나 평형

##### 4.4.3.1 서론

방사성 방출 측정에 있어서 공통모드(CM) 전류는 연결된 수신 안테나(안테나 케이블)에서 발생한다. 또한, 이러한 공통모드 전류는 수신 안테나에 의해 잡히는 전기자기장을 만든다. 결과적으로 방사방출 측정결과에 영향을 받는다.

안테나 케이블 CM 전류에 끼치는 주된 영향들은 다음과 같다.

a) 만일 필드가 안테나 케이블과 병렬로 구성되어 있다면 시험품에 의해 발생하는 전기장

b) 수신안테나 발룬의 불완전함에 의해, 차동 모드(DM) 안테나 신호(요구되는 신호)가 CM 신호로 전환

일반적으로 LP(Log-periodic) 다이폴 배열안테나는 중요한 DM/CM 변환을 보이지 않는다. 그리고 다이폴, 바이코니컬 안테나와 하이브리드 안테나는 다음 사항을 확인해야 한다.

#### 4.4.3.2 발룬 DM/CM 변환 확인

다음의 방법은 수신안테나가 사용되어지는 주파수 영역에서 두 전압,  $U_1$ 과  $U_2$ 의 측정에 대하여 설명하고 있다. 동일한 단위(e.g., dB $\mu$ V)로 표현되는 이 전압의 비는 DM/CM 변환을 위해 측정한다.

- 1) 접지면 으로부터 1.5 m 높이에서 수직편파가 수신되도록 수신안테나를 위치시킨다. 안테나의 후면 능동인자의 뒤로 1.5 m  $\pm$  0.1 m 에 수평으로 케이블을 설치하고, 접지 면에서 최소한 1.5 m 위치의 높이에서 수직으로 놓는다.
- 2) 그것의 끝부분이 접지면 으로부터 0.1 m 된 안테나의 중앙으로부터 10 m의 수평거리에 수직으로 편파 되도록 두 번째 안테나(송신)를 위치시킨다. 만약 방출 테스트에 사용하는 사이트의 범위가 3 m 라면, 다음의 3 m 거리를 사용한다(변환 검토가 이미 10 m 거리에서 행해졌으며 최소 0.5 dB보다 적게 변화되면, 이러한 경우에는 분리된 3 m 측정이 불필요하다). 송신 안테나의 명세는 테스트 상에서 안테나의 주파수 대역을 포함할 것이다.
- 3) 예를 들어, 트래킹 발생기, 송신 안테나를 신호에 연결하여 이와 같은 방법으로 발생기의 레벨을 정하면, 본래 주파수 대역보다 높은 범위에서 수신기에서 신호 대 주변잡음은 10 dB보다 클 것이다.
- 4) 본래 주파수 대역보다 높은 주파수에서 수신기의 전압  $U_1$ 을 측정한다.
- 5) 설비를 바꾸지 않고 특히 신호의 세팅을 바꾸지 않고 수신 안테나의 케이블과 수신하는 안테나 (180° 회전)를 돌린다.
- 6) 주파수 대역에서 수신되는 전압  $U_2$ 를 기록한다.
- 7)  $|20\log(U_1/U_2)| < 1$  dB라면 DM/CM 변환은 충분히 낮다.

주 1) 만일 DM/CM 변환 판정기준이 만족되지 않는다면, 안테나 케이블 주변에 페라이트 링들이 DM/CM 변환을 줄여줄 것이다. 안테나 케이블 주변의 페라이트를 설치하는 것은 영향 a)가 무시할 수 없는 효과인지를 확실시하는데 사용된다. 약 20 cm 떨어지도록 하여 4개의 페라이트를 설치하고 테스트를 반복한다. 만일 페라이트 링을 설치하고 표준에 적합하게 된다면 그것들은 실제 방출 측정에 사용될 것이다. 마찬가지로 케이블간의 상호작용은 케이블이 대지에 놓이기 전에 안테나의 뒤로 수 미터 늘어지게 되는 것에 의해 줄일 수 있을 것이다.

주 2) 만일 수신 안테나가 전 무반사실에서 사용되어 진다면, DM/CM 확인은 평상시 위치의 수신안테나와 전 무반사실의 중앙에 위치하는 송신 안테나로 수행한다. 전 무반사실은  $\pm 4$  dB 판정기준을 만족해야 한다.

주 3) 대지 접지면을 가진 측정 사이트 혹은 전무향실은 각각의 NSA 요구사항을 만족해야 한다.

주 4) 안테나의 중앙 뒤쪽에 안테나 케이블들이 수평으로 놓인 1.5 m의 수평 거리에서 수직으로 편파되는 방출 측정은 최소가 된다.

주 5) 이 효과는 안테나의 상호작용 때문에 크며, 안테나 소자들에 병렬로 놓여있는 입력 케이블 부분 때문에 테스트 셋업을 엄격하게 하는 것은 필요하지 않다. 그것은 더욱 적은 영향을 주는데, OATS 또는 전 무 반사실에서 보통의 EMC 배치에서 안테나에 발생하는 필드의 동일함에 의존한다.

주 6) 측면(안테나에서 90°)에 위치한 수신 케이블 커넥터를 가진 발문을 위해 오른각 커넥터는 케이블의 움직임 줄이는데 사용된다.

#### 4.4.4 안테나의 교차 편파 반응

안테나가 평면파 전자기 필드에 위치할 때, 안테나와 필드가 교차편파 될 때 터미널 전압은 등편파될 때의 터미널 전압보다 최소 20 dB보다 적을 것이다. 이 테스트는 각 다이폴의 반이 위치하는 LPDA(log-periodic dipole array) 안테나에 적용하도록 의도된 것이다. 몇몇 안테나 테스트의 대부분이 200 MHz 이상이지만, 요구되는 것은 200 MHz 이하이다. 이 테스트는 20 dB 보다 큰 교차편파 반사가 대칭적인 디자인에서 고유한 것이기 때문에 선상 다이폴과 바이코니칼 안테나에 대해 의도하지 않은 것이 된다. 이러한 안테나들과 혼 안테나는 20 dB보다 큰 교차편파 반사를 가지고 있으며 제조업자에 의한 형태 테스트는 여기서 확인한다.

준 자유공간 상태를 맞추기 위해 높은 성능의 무반사실이나 실외의 대지에서 명확한 높이의 탑이 사용되어질 수 있다. 수직편파 하는 안테나에 최하의 대지 반사가 되도록 한다. 테스트 안테나를 평면파로 설치한다. 테스트상의 안테나 중심과 원천 안테나 사이는 한파장보다 크게 한다.

주 ) 신뢰할 만한 사이트는 테스트상의 안테나 평면파를 필요로 한다. 평면파에 의한 교차편파 식별이 가능한 것은 혼 안테나 쌍의 송신, 또는 끝이 개방된 도파관과 시험장 오차의 확인, 30 dB보다 큰 수평 컴포넌트에 의해 하나의 혼 안테나의 고유의 교차편파 작용이 수평 컴포넌트의 억제가 생기게 하는 작용에 의해 증명될 수 있다. 만일 시험장 오차가 매우 낮고 혼 안테나가 고유의 작용을 한다면 혼의 교차편파 작용은 혼 쌍의 결합된 교차편파 커플링보다 약 6 dB 낮다.

$\pm 0.9$  dB의 요구되는 신호에서 주어지는 최대 오차보다 간섭신호는 20 dB 낮다. 최대 오차는 교차편파 신호가 등편파 신호와 같아질 때 발생한다. 만일 LPDA(log-periodic dipole array) 안테나의 교차편파 응답이 20 dB보다 나쁘다면, 불확실한 것을 계산하고 결과를 표시해야 한다. 예를 들어, 14 dB의 교차편파 레벨은 1.6 dB에서 -1.9 dB의 최대 불확실을 의미한다. 큰 값을 선택하고 표준 불확실을 계산할 때 U 형태 분배를 가정한다.

0 dB에서 -14 dB의 신호를 더한다. 20으로 나눈 관련 전압으로의 첫 번째 변환과 비 로그(anti-log) 그리고 단일 신호에 가장 작은 신호를 더한다. 로그를 취하고 20을 곱한다. 결과는 양의 십진수 오차이다. 반복해서, 음의 십진수 오차를 주기위해 단일 신호에서 가장 작은 신호를 뺀다.

관련된 방출 결과의 불확실을 계산하기 위해, 만일 측정 되어진 단일 편파 신호 레벨이 6 dB,

또는 그 이상의 수직 편파에서 측정된 값을 초과한다면 교차편파 판별의 LPDA(log-periodic dipole array)는 14 dB 일 것이다. 이것은 20 dB의 요구사항에 적합한 것으로 간주 될 것이다. 만일 수직과 수평 신호 레벨 사이의 차이가 6 dB보다 작고 이러한 차이의 합과 교차편파화가 20 dB보다 작다면 추가적인 불확실성을 계산해야 한다.

#### 4.5 1 GHz - 18 GHz 의 주파수 대역

1 GHz 이상의 방사방해 측정은 교정되고 선형적으로 편파된 안테나를 사용하여야 한다. 이 안테나는 LPDA 안테나, 더블리지 가이드 혼, 그리고 표준이득 혼을 포함한다. “빔” 또는 사용된 어떤 안테나의 주 로브 형태는 측정거리에 위치할 때 시험품을 둘러쌀 수 있도록 충분히 커야 하고 또 방사 방해원 또는 방향의 위치를 정하도록 시험품의 “스캐닝”을 위한 규정이 만들어져야 한다. 주 로브의 폭은 안테나 빔 폭의 3 dB로 규정하고 이들 인자의 결정을 위한 정보가 안테나의 문서에 주어져야 한다. 이들 혼 안테나의 혼의 치수는 m로 표시 되는 측정거리( $R_m$ )가 다음의 최소 거리와 동일하거나 크도록 충분히 작아야 한다.

$$R_m \geq D^2/2\lambda$$

여기에서

D는 m 표시의 안테나의 개구면의 최대 치수이다.

$\lambda$ 는 측정 주파수에서 m로 표시되는 자유공간 파장이다.

논쟁이 있을 경우, 측정은 표준이득 혼 안테나 또는 유사한 정밀 교정된 혼 안테나를 우선적으로 사용한다.

#### 4.6 특수한 안테나 배치

##### 4.6.1 루프 안테나 시스템

9 kHz - 30 MHz의 주파수 대역에서 단일 시험품의 방사 자계성분의 방해 적응능력은 특수 루프 안테나 시스템(LAS)을 사용하여 결정할 수 있다. LAS에서 이러한 능력은 LAS의 루프안테나의 자계에 의해 유도되는 전류로 측정할 수 있다. LAS는 실내 측정도 가능하다.

LAS는 3개의 원형이고 상호 직각인 대형 루프안테나(LLAs)로 구성된다. 그리고 루프안테나의 지름은 2 m이고 비금속 받침대로 지지된다. LAS에 대한 상세한 설명은 부록 C를 참조.

시험품은 LAS의 중앙에 위치한다. 시험품과 LLA사이의 거리가 최소한 0.20 m가 되기 위해 시험품의 최대크기는 제한된다. 신호선의 경로를 위한 지침은 P.3절, 주2, 그림 P.6에 나타나 있다. 케이블은 함께 설치되어야 하고 루프의 체적은 셀의 8분의 1로 한다. 그리고 LAS 어떠한 루프와도 0.4m보다 가까워서는 안 된다.

3개의 상호 직각인 LLAs는 규정된 정확도를 가지고 시험품의 회전 및 LLAs 원점의 변화가 없는 방사장에 대한 모든 편파의 방해 적응능력을 측정할 수 있다

각 3개의 LLAs는 P.5절에 있는 유효성 요구조건에 따라야 한다.

주) 시험품과 LA의 거리가 최소한  $0.10(D)$  m.이고 지름  $D \leq 4$  m라면, 2 m의 표준 지름과 다른 지름을 가진 원형 LLAs도 사용할 수 있다. 비 표준화된 지름의 수정인자는 P.6절에 나와 있다.

## 5. 30 MHz - 1 000 MHz 주파수 대역의 무선방해 전계강도의 측정을 위한 시험장

기기로부터의 방해전계강도의 유효하고 반복적인 측정결과를 보증하는 환경이 필요하다. 사용 장소에서만 측정 가능한 기기에 대하여는 다른 규정이 적용되어야 한다.

### 5.1 야외시험장

방해 전계강도측정은 일반적으로 야외시험장에서 행해진다. 야외시험장은 평평한 수평면을 이루고 있는 지역이다. 즉 건물, 전력선, 울타리, 나무 등이 없어야하고, 시험품을 동작시키고, 급전하는데 필요한 것 이외의 지중 전력선, 지중 수송관로 등이 없어야 한다. 부록 D의 30 MHz- 1 000 MHz의 주파수 대역의 전자파 측정을 위한 야외시험장에 관한 권고사항을 참조. 야외 시험장의 적합성을 결정하는 절차가 5.6절에 주어지고, 부록 E에 더 상세히 수록되어 있다. 부록 F에는 수용 판단기준이 실려 있다.

### 5.2 기상보호 구조물

만약 시험장을 연중으로 운용하고자 한다면 기상 보호가 필요하다. 기상보호 구조물은 시험품과 전계 측정용 안테나를 포함하는 전체 시험장 또는 시험품만을 보호할 수 있는 것이 될 수 있다. 구조물은 시험품으로부터 방사파가 원하지 않는 감쇠나 반사가 되지 않도록 전파의 손실투과 물질이어야 한다.

기상보호 구조물은 눈이나 얼음 또는 물의 제거가 쉬워야 한다. 더 자세한 것은 부록 D 참조.

### 5.3 장애물이 없는 지역

야외시험장에 대해 시험품과 측정안테나 주변에 장애물이 없는 장소가 필요하고, 이러한 장소는 뚜렷한 전파 산란체가 있어서는 안되고, 지역 밖에서의 산란체가 전계강도 측정 안테나로 측정되는 파의 강도에 거의 영향을 미치지 않도록 충분히 넓어야한다. 이러한 지역의 적합성을 결정하기 위해서 시험장 유효성 시험이 수행되어야 한다.

산란체로부터 산란되는 산란파의 크기는 많은 요인들에(산란체의 크기, 시험품 으로부터 산란체까지의 거리, 시험품에 대한 방향, 산란체의 유전율과 투자율, 주파수 등등)의해 결정되기 때문에 필요한 모든 적용에 대하여 적합한 장애물이 없는 지역을 규정하기란 불가능하다. 장애물이 없는 지역의 크기와 모양은 측정거리와 시험품의 회전 가능여부에 따라 결정된다. 만약 시험장에 회전 시험대가 있으면 권장되는 장애물이 없는 지역은 타원이 되며, 이 타원의 두 초점에 수신 안테나와 시험품이 있고 장축은 측정거리의 두 배, 단축은 측정거리의  $\sqrt{3}$  배이다(그림 2 참조).

이러한 타원형 지형에서는 경계상의 물체로부터 반사되는 산란파의 도달 경로가 두 초점사이의 직접파의 도달경로의 두 배가 된다. 만약 큰 시험품이 회전시험대에 장착되면 장애물이 없는 지형은 시험품의 경계로부터 장애물의 배제 거리가 존재하도록 확장되어야 한다.

만약 시험장에 회전시험대가 갖추어져 있지 않다면, 즉, 시험품이 고정되어 있으면 권장되는 장애물이 없는 지형의 모양은 시험품과 원형지형의 경계사이의 길이, 즉, 반지름이 측정거리의 1.5배가 되는 원형 지형이다(그림 3 참조). 이 경우 안테나는 이격거리를 유지하며 시험품 주변을 이동한다.

장애물이 없는 지형내의 영역은 평평해야 한다. 그러나 배수를 위한 약간의 경사는 있어도 된다. 금속 접지판의 평탄함에 관해서는 D.2절에 설명되어 있다. 시험장비와 시험인원은 장애물이 없는 지역의 밖에 있어야 한다.

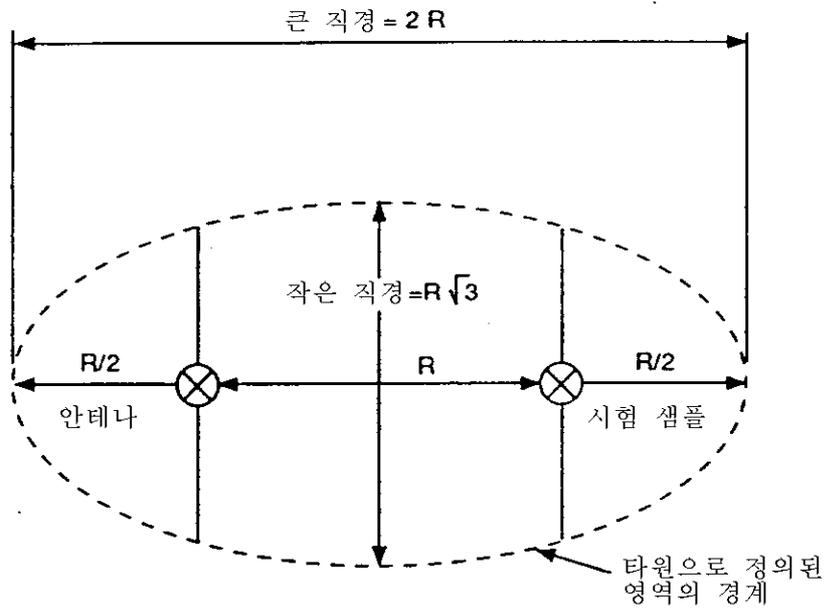
#### 5.4 시험장의 주위 무선주파수 환경

시험장 주변의 무선주파 레벨은 측정 레벨에 비해서 충분히 낮아야 한다. 이러한 점에서 시험장의 품질은 4가지로 평가되고, 아래는 장점 순으로 정리되어 있다.

- a) 주변의 방사 레벨이 측정 레벨보다 6 dB이하인 경우.
- b) 주변의 몇몇 방사 레벨이 측정 레벨의 6 dB내에 있는 경우.
- c) 주변의 몇몇 방사 레벨이 측정 레벨보다 높지만 제한된 주파수 대역 내에서 비주기적(즉, 측정이 수행될 수 있도록 전송시간이 상당히 긴)이거나 연속적이고, 또는 확인 가능한 주파수로 제한되는 경우
- d) 주변의 레벨이 넓은 측정 주파수 대역에 걸쳐 측정 레벨 이상이며 연속적으로 발생할 경우.

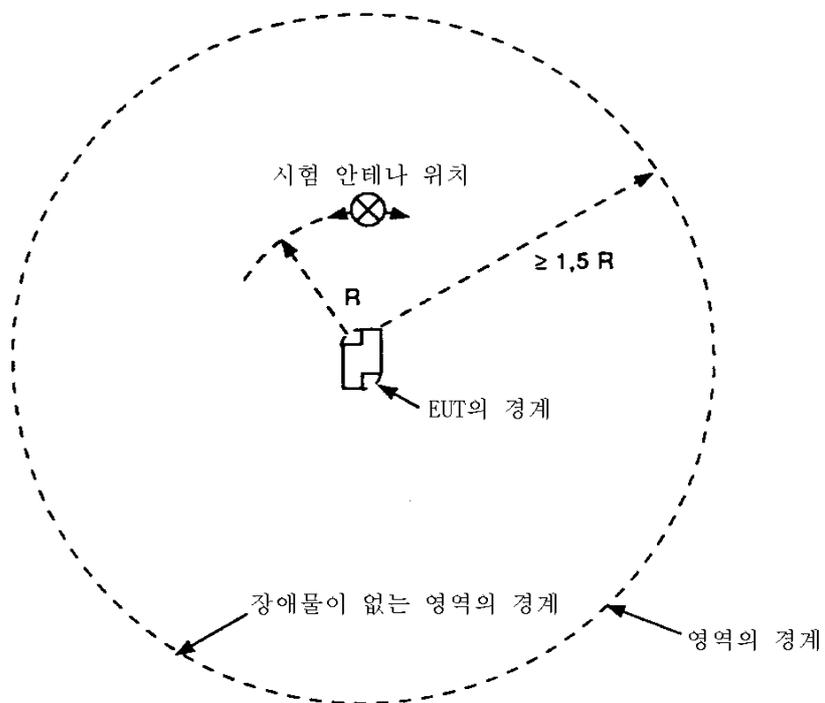
주어진 환경에서 공학적 기술이 이용가능하고 측정 정확도를 보증할 수 있는 시험장을 선택해야 한다.

주) 완벽한 결과를 얻기 위해서는 측정레벨보다 주변 레벨이 20 dB 만큼 낮아야 한다.



IEC 90993

그림 2 - 회전시험대가 있는 시험장의 무방해 자유공간 영역(5.3 참조)



IEC 91093

그림 3 - 고정형 시험품을 갖는 방해물이 없는 영역(5.3 참조)

## 5.5 접지면

접지면은 대지로부터 높은 유도성을 가지는 금속물질에 이르기까지 다양한 물질로 구성될 수 있다. 기준면은 지표면과 같은 높이일 수도 있고 적당한 크기의 단이 될 수도 있고 지붕위일 수도 있다. 금속 접지면을 선택하는 것이 완벽하다. 그러나 어떤 장비 및 적용에 대해서는 제품의 설명서에 의해 권고되지 않을 수도 있다. 금속 접지면이 적당한가에 대한 결정은 시험장이 5.6의 시험장 유효성의 요구 조건을 만족하느냐에 달려 있다. 만약 금속 물질이 접지면으로 사용되지 않으면 시험장을 선택하는데 있어서 여러 가지 주의가 필요하다. 즉 시간이나 날씨 상태에 대해 반사특성이 변하지 않고, 땅속에 묻혀있는 금속물질, 즉 파이프나 관 또는 비균일 토양에 의해 반사 특성이 변하지 않는 시험장을 선택해야 한다. 그러한 시험장은 일반적으로 금속면과는 다른 감쇠 특성을 갖는다.

## 5.6 야외시험장의 확인절차

금속접지 면이 지정되어졌을 때 여기서 주어진 정규화시험장 감쇠량을 위한 확인절차와 요구 조건은 시험장을 결정하는 데 사용된다. 다른 시험장에 대해서는 확인 절차가 정보를 제공하고 일반적으로 조사해야만 하는 가능 지역의 불규칙성을 확인해야 한다. 흡수체가 있는 시험실에 적용 가능한 확인절차는 5.8 절에 있다.

야외시험장의 확인 절차는 그림 4와 5에 보인 것처럼 지면에 대해 수직방향과 수평방향으로 배치된 두 개의 안테나에 의해 이루어진다. 야외시험장의 감쇠는 전송 안테나에 연결된 신호원 전압 ( $V_r$ )과 수신 안테나 단자에서 측정된 수신 전압 ( $V_r$ )의 비로 구한다. 전압 측정은 50 Ω 시스템에서 행해진다.  $V_r$  과  $V_r$ 가 송신과 수신 안테나의 입력과 출력에서 측정되지 않았다면 케이블 손실에 대한 적절한 보정이 필요하다. 다음에 이런 시험장 감쇠비를 두 안테나 인자의 곱으로 나눈다. 결과적으로, 이 값은 정규화 시험장 감쇠(NSA)가 되고 dB로 표현된다. 측정된 수직, 수평의 NSA가 표 E.1, E.2 E.3에 주어진 값에 비해 ± 4 dB내의 차이를 나타내면 그 장소는 적당한 장소로 본다. ± 4 dB 범위를 초과한다면 E.4절에 따라 규명되어야 한다.

주) 4 dB의 시험장 기준에 대한 근거는 부록 F에 있다.

측정한 NSA값과 이론값 사이의 차이는 측정된 시험품 전계강도의 보정할 때 사용하지 않는다. 이 절차는 오직 시험장을 확인하는 데만 사용한다.

표 E.1은 지면에 대해 수직이나 수평으로 정렬된 바이코니컬이나 대수주기 배열 안테나처럼 광대역 안테나를 위해 사용된다. 표 E.2는 접지면에 대해 수평적으로 정렬된 동조 반파장 다이폴을 위한 것이다. 표 E.3은 접지면에 대해 수직으로 정렬된 동조 반파장 다이폴을 위한 것이다. 표 E.3에는 높이  $h_2$ 에 제한이 있음을 주의해야 한다. 즉, 수신 다이폴 안테나의 아래쪽 끝이 접지면에 비해 25 cm 이상의 높이에 있어야 한다.

주) 표 E.1과 표 E.2/E.3이 다른 이유는 뒤에서 필요한 제한 때문에 광대역 안테나와 동조 반파장 다이폴 안테나에 대한 기하학적 변수가 다르기 때문이다.

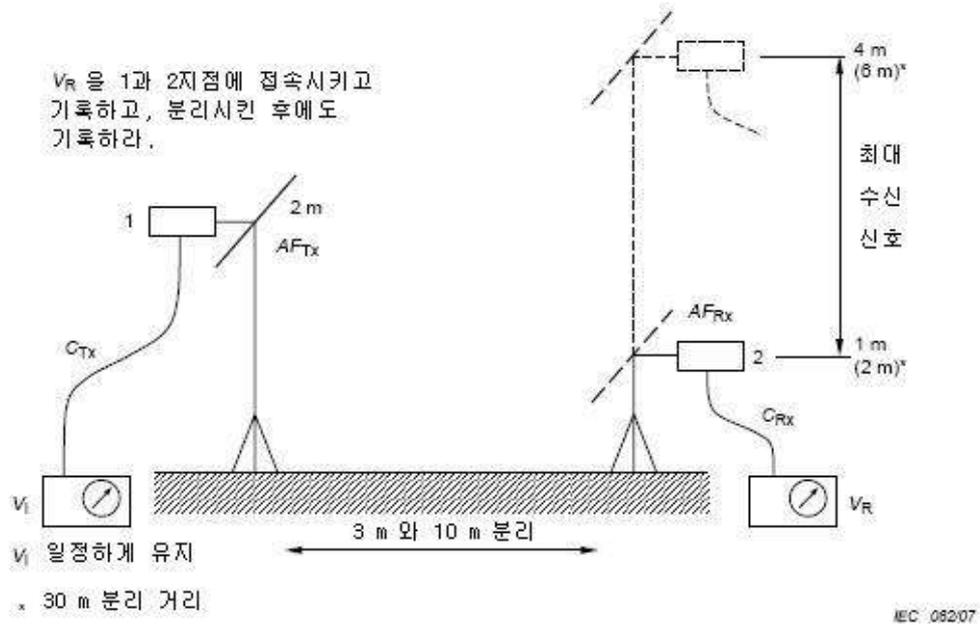


그림 4 - 시험장 감쇠의 수평 편파 측정을 위한 장비의 배치 (5.6과 부록 E 참조)

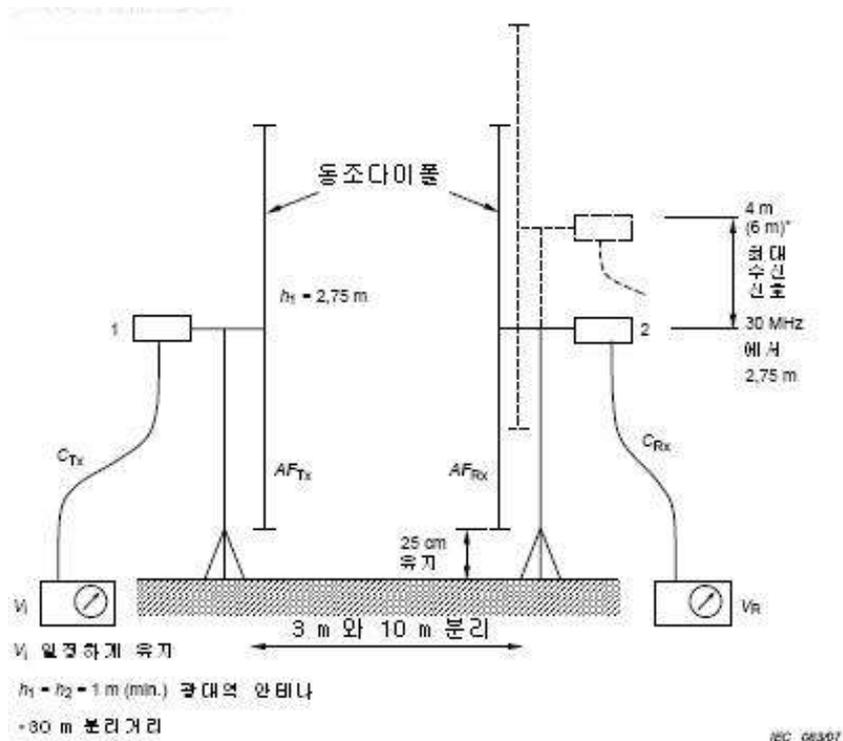


그림 5 - 동조 다이폴을 사용한 수직 편파의 시험장 감쇠 측정을 위한 장비의 배치 (5.6과 부록 E 참조)

표에 나타난 범위 이외의 주파수에 대한 NSA는 표에 나타난 값들을 이용한 직선 보간법을 이용하여 알아낼 수 있다.

각 표에 관한 범례는 다음과 같다:

R 송신 안테나와 수신 안테나를 지면에 정사영 시켰을 때 두 안테나 사이의 수평거리(m 표시)

$h_1$  접지면에서 송신 안테나 중심까지의 높이(m 표시)

$h_2$  접지면에서 수신 안테나의 중심까지의 높이의 제한 범위(m 표시). 이 높이의 제한 범위에서 최대 수신되는 신호가 NSA 측정에 사용된다.

$f_m$  MHz 단위의 주파수

$A_N$  NSA(아래 식(1) 참고)

주) 대수주기 배열 안테나 사이의 거리 R은 조사하는 지점에서부터 각 안테나 수직축의 중심점의 접지면에 정사영 되는 지점까지의 거리로 측정한다.

수평 NSA를 먼저 측정하는 것이 좋다. 이유는 측정에서 발생하는 오류를 발견하기가 수직 편파보다 쉽기 때문이며, 측정된 NSA는 표 E.1, E.2, E.3에 있는 값으로부터  $\pm 4$  dB 범위 내의 오차 내에 있어야 한다. 그렇지 않으면 측정 기술, 설비 기계의 오류, 안테나 인자의 값을 재확인해야 한다. 여전히  $\pm 4$  dB 한계를 넘어선다면, 시험장 오류가 있으므로 수직 편파 NSA 측정을 하기 전에 조치를 취해야 한다.

### 5.6.1 일반적인 NSA 측정

각 편파 측정에 있어서 NSA 과정은 두 개의 다른 수신 전압,  $V_R$ 을 측정해야 한다. 먼저 측정해야 하는  $V_R$ 은 안테나와 연결되어 있지 않고, 어댑터를 거쳐 서로 연결되어 있는 두 개의 동축 케이블 사이의 전압이다. 다음으로 측정해야 할  $V_R$ 은 각 안테나에 재 연결된 동축 케이블에서 측정되고 최대 신호는 수신 안테나가 다음의 높이에서 스캐닝 될 때 측정된다(3 m와 10 m 떨어진 거리에서는 1 - 4 m, 30 m 떨어져 있는 거리에서는 1 - 4 m 또는 2 - 6 m). 이 두 개의 측정에 있어서 신호원 전압  $V_i$ 는 고정되어 있다. 먼저 측정한  $V_R$ 은  $V_{DIRECT}$ 라 하고 나중 측정한  $V_R$ 은  $V_{SITE}$ 라고 한다. 이러한 값은 측정된 NSA ( $A_N$ )를 표현하는 식 (1)에 이용된다; 아래의 모든 값은 dB값이다.

$$A_N = V_{DIRECT} - V_{SITE} - AF_T - AF_R - \Delta AF_{TOT} \quad (1)$$

여기에서

$AF_T$ 는 송신 안테나 인자.

$AF_R$ 는 수신 안테나 인자.

$\Delta AF_{TOT}$ 는 상호 임피던스 보정 인자.

처음 두 용어는 실제 시험장 감쇠를 표현하고 있다.  $V_{DIRECT} - V_{SITE}$ 는 시험장 감쇠의 전형적 관점과 일치하며 이는 사용된 두 안테나의 특성이 고려된 전송경로의 삽입 감쇠에 의해 특징 지워진다.  $\Delta AF_{TOT}$ 의 이론값은 표 E.4에 주어지며,  $AF_T$ 와  $AF_R$ 의 값은 측정해야 한다.

주)  $V_{DIRECT} = V_i - C_T - C_R$

여기에서  $C_T$ 와  $C_R$ 은 분리해서 측정할 필요가 없는 케이블 감쇠 값이다. 표 E.4에 주어진 상호 임피던스 보정인자를 적용할 때는 제한 조건이 있다. 즉, 3 m 이상 떨어진 시험장에서 수평 편파 반파장 동조 다이폴 안테나에서만 적용 가능하다.

NSA 측정에는 두 가지 기술이 사용될 수 있다. 그 방법은 사용 가능한 장비와 광대역 또는 동조 다이폴 사용 유무에 따라 결정된다. 부록 E에 나타난 것처럼 바르게만 사용하면 두 방법은 동일한 결과를 나타낼 것이다. 두 가지 방법을 간단하게 설명하면 아래와 같다.

a) 이산 주파수법

이 방법을 위해 표 E.1, E.2, E.3에 명시된 주파수는 차례로 측정되어진다. 각 주파수에서 수신 안테나는 수신 신호를 최대화하기 위한 적절한 표에서 주어진 높이까지 스캔된다. 이렇게 측정된 값은 측정값 NSA를 구하기 위해 식(1)에 적용된다. 부록 E는 데이터를 기록하고, 측정 NSA를 계산하고 나서 그것을 이론값과 비교하는 과정을 설명하고 있다.

b) 소인 주파수법

이 방법을 위해 광대역 안테나를 사용하는 측정은 최대값 지시기(최대 유지), 저장 용량, 추적용 신호발생기를 포함한 자동 측정 장비를 이용할 수 있다. 이 방법에서 안테나의 높이와 주파수는 정해진 범위 밖에서 대략적으로 측정하거나 생략된다. 주파수 소인속도는 안테나 높이 스캔 속도보다 훨씬 크다. 그렇지 않으면 측정 과정은 a)와 동일하다. 상세한 과정은 부록 E에 나타나 있다.

### 5.6.2 안테나 인자 결정

NSA 측정을 할 때는 정확한 안테나 인자가 필요하다. 일반적으로 안테나에 제공되는 안테나 인자가 개별적으로 확실하게 측정되지 않으면 정확한 값이 되지 않는다. 선형 편파 안테나가 필요하다. 유용한 안테나 교정법은 부록 E에 있다. 제조자의 안테나 인자는 다른 장치들 사이에서 발룬에 의한 손실로 간주될 수도 있다. 특별한 발룬이나 연결된 부속 케이블이 사용된다면 그 효과도 고려되어야 한다. 동조 반파장 다이폴에 사용되는 공식은 부록 E에 나타나 있다.

### 5.6.3 시험장 감쇠 오차

NSA 측정이  $\pm 4$  dB이상 차이가 나면 몇몇 인자가 재확인되어야 한다.

a) 측정 절차

b) 안테나 인자의 정확도

c) 신호원에서의 표류 또는 수신기 또는 스펙트럼 분석기 입력 감쇠기의 정확도 및 지시치의 정확성

a), b), c)에서 오차가 발견되지 않으면 그 시험장은 결점이 있으므로 시험장에 대한 더 상세한 조사가 이루어져야 한다. 부록 F에는 NSA 측정에서 발생할 수 있는 오차가 나타나 있다.

일반적으로 수직 편파가 더 정밀한 측정이므로 수평 편파를 측정할 때보다는 더 민감하게 측정

해야 한다. 조사해야 할 주요 항목은 다음과 같다.

- a) 접지면의 크기와 구조의 부정확함
- b) 원하지 않는 산란을 일으키는 시험장 주변에 있는 물체
- c) 날씨에 대한 영향
- d) 회전시험대가 전도성이고 접지면과 같은 높이에 있을 때 회전시험대에서의 접지면 불연속
- e) 두꺼운 유전체 접지면 차폐물
- f) 층이지는 부분에서 접지면 틈새

## 5.7 접지면을 갖는 시험장 적합성

방사방해 측정을 할 수 있도록 건설된 여러 가지 형태의 시험장과 시설들이 있다. 대부분의 시험장과 시설들은 날씨와 무선주파 환경의 불리한 영향으로부터 보호된다. 이러한 시험장과 시설들에는 모든 날씨로부터 보호되는 개방된 시험장과 흡수체로 보호되는 차폐공간이 포함된다.

시험장이 건축자재로 둘러싸일 때마다 5.6절에 나타난 것처럼 하나의 정규화 시험장 감쇠(NSA) 측정이 대체 시험장의 적합성에 대해 적당하지 않는 결과가 될 수도 있는 가능성이 있다.

대체 시험장의 적합성을 평가하기 위해 다음 절차가 권고된다. 이 절차는 시험품에 의해 점유된 체적을 통한 다중 NSA 측정법에 근거를 둔다. 야외시험장과 동일하다고 판단되려면 NSA 측정이  $\pm 4$  dB의 오차 범위에 있어야 한다.

본 절의 이러한 논의는 도체 접지면을 가진 대체 시험장과 관련된다.

### 5.7.1 대체 시험장에 대한 정규화 시험장 감쇠

대체 시험장에서 단일 NSA 측정은 시설의 벽과 천장에 포함된 무선주파 흡수체와 구조물 양쪽 어느 하나로부터의 가능한 반사를 파악하기에는 불충분하다. 이러한 시험장에서 “시험체적”은 다음과 같이 정의된다. 이러한 시험장에서 시험체적이란 회전판에 의한 것처럼 그 중심이 360°회전함으로써 측정되는 최대크기의 기기 또는 시스템의 윤곽으로 나타나는 체적이다. 그림 6a, 6b에 묘사된 것처럼 수평 및 수직편파를 평가하는 데는 최소한 20개의 분리된 시험장 감쇠 측정이 요구된다. 즉, 두 개의 편파(수평 및 수직)와 두 개의 높이(수평 1 m 및 2 m, 수직 1 m 및 1.5 m)에 대한 수평면에서의 5개 위치(중앙 및 중앙으로부터 측정안테나까지 그려진 선에 대해 측정되는 중앙, 전, 후, 좌, 우)이다.

이러한 측정은 광대역 안테나로 수행되고 거리는 안테나의 중앙에 대해 측정된다. 송, 수신안테나는 서로에 대해 평행하고 측정 축에 대해 직각인 안테나 소자와 일렬로 정렬되어야 한다.

수직편파에서 송신 안테나의 중앙을 벗어난 위치는 시험체적의 둘레이다. 더구나 안테나의 밑쪽

끝단은 바닥으로부터 25 cm 이상 떨어져야 한다. 또한 안테나의 중앙은 최소 측정높이인 1 m보다 약간 높아야 된다.

좌, 우 위치에서의 수평편과 측정에서 옆벽의 흡수체와 구조물 및 시험품 둘레사이의 거리가 적어도 1 m라면 안테나의 중앙은 안테나의 위쪽 끝단이 둘레 또는 시험체적 직경의 10 %보다 큰 둘레로부터의 거리에 있기 위해서 중앙 위치를 향하여 이동한다. 정면 및 후면 위치는 시험체적의 둘레에 있다.

요구되는 측정 횟수는 다음 조건하에서 감소될 수 있다.

a) 구조물과/또는 흡수체에 근접한 위치가 시험체적의 후면경계로부터 1 m보다 먼 거리에 있다면 후면 위치에서의 수직 및 수평편과 측정은 생략될 수 있다.

주) 가까운 절연체의 경계에 위치한 방사방해원은 그 위치에서의 신호원의 방사특성에 영향을 미칠 수 있는 전류분배에서 다양함을 보여준다. 시험품이 그 경계에 근접하게 위치할 수 있다면 추가적으로 시험장 감쇠측정이 요구된다.

b) 좌, 우 위치에 접합되는 시험체적의 지름에 따르는 수평편과 측정의 총 횟수는 지름의 90 %를 덮을 수 있는 안테나 자취의 필요성에 따라 최소수로 감소될 수 있다.

c) 임의의 테이블지대대를 포함한 시험품의 위쪽 끝단 높이가 1.5 m보다 낮다면 1.5 m 높이에서의 수직편과 측정은 생략될 수 있다.

d) 시험체적이 사용되고 있는 테이블을 포함하여 길이 1 m, 폭 1.5 m, 높이 1.5 m 보다 크지 않다면 수평편과 측정은 1 m, 2 m의 높이를 제외하고 중앙, 정면, 후면 위치에서만 이루어질 필요가 있다. 위의 a)항목이 적용되어 진다면 후면 위치에서의 측정은 생략될 수 있다. 이러한 측정은 최소한 8개의 측정이 요구된다. 즉 하나의 높이에 대한 수직편과 4개 위치(좌, 중앙, 우, 정면)와 두 개의 높이에 대한 수평편과의 4개 위치(중앙, 정면)이다. 그림 6c, 6d 참조

NSA 측정은 송수신 안테나의 분리가 표 1, 2에 따라 일정하게 분리되어 수행되어야 한다. 이러한 NSA 측정에 적합하도록 추가적인 송신높이에 대한 값을 추가하고 30 m의 조사높이를 1 m에서 4 m 사이로 제한하기 위해 이들 표는 수정되어져 왔다. 수신 안테나는 회전시험대 중간(그림 6a, 6b, 6c, 6d 참조)으로 향한 선에 따른 적절한 분리를 유지하기 위해 이동되어야 한다. 위에서 서술한 모든 NSA 측정이 5.7.2의 요구사항과 아래 5.7.3의 접지면에 대한 요구사항을 만족한다면 대체시험장은 방사방해 측정의 수행에 적합한 것으로 생각된다.

주) 어떤 추가의 측정이 대체시험장의 적합성을 위해 요구된다면 그 결정을 위한 연구가 진행될 것이다.

## 5.7.2 시험장 감쇠

측정된 수평 및 수직 NSA 측정이 이상적인 시험장에서 이론적인 정규화 시험장 감쇠의  $\pm 4$  dB 이 내이면 시험장은 방사 전자계 측정을 수행할 수 있는 것으로 고려되어야 한다.

### 5.7.3 전도 접지면

전도 접지면은 방사방해 시험장에서 요구된다. 전도 접지면은 시험품의 경계와 최대크기의 측정 안테나를 넘어서 최소한 1 m 이상 커야 하며 시험품과 안테나 사이의 전 영역을 덮을 수 있어야 한다. 전도 접지면은 시험장 최대 주파수 파장의 1/10 보다 큰 세로크기의 구멍이나 틈이 없는 금속으로 되어야한다. NSA 측정이  $\pm 4$  dB 기준에 만족하지 않는다면 보다 큰 전도 접지면이 요구된다.

주) 진행 중인 연구는 최소 전도 접지면에 대한 크기 지정의 필요성을 알려준다.

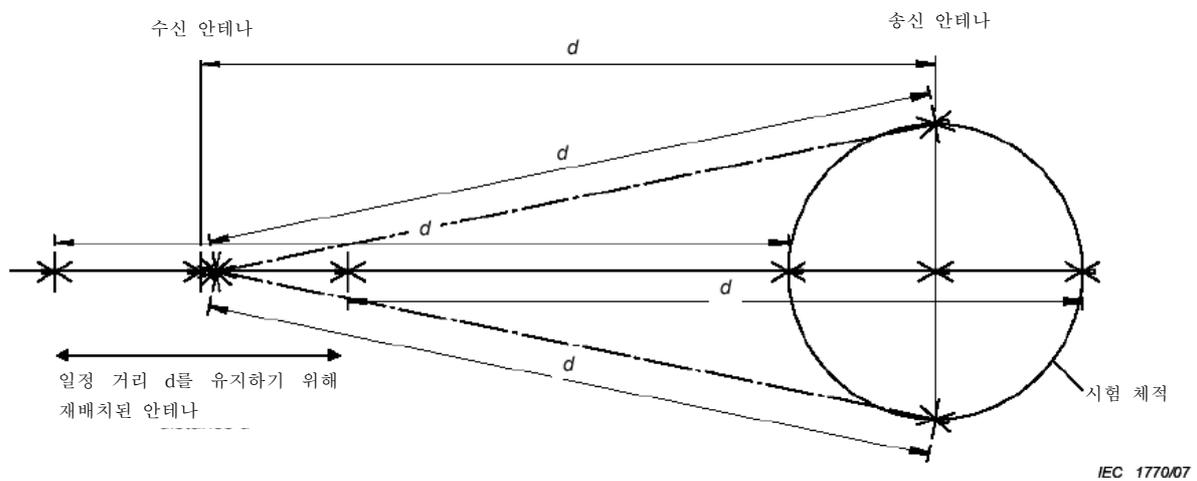


그림 6a - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-수직방향 NSA 측정

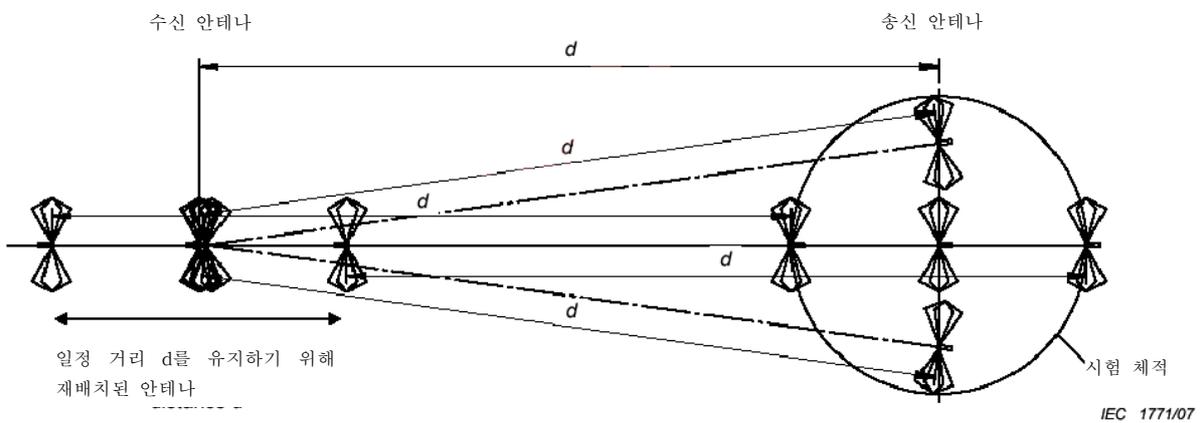
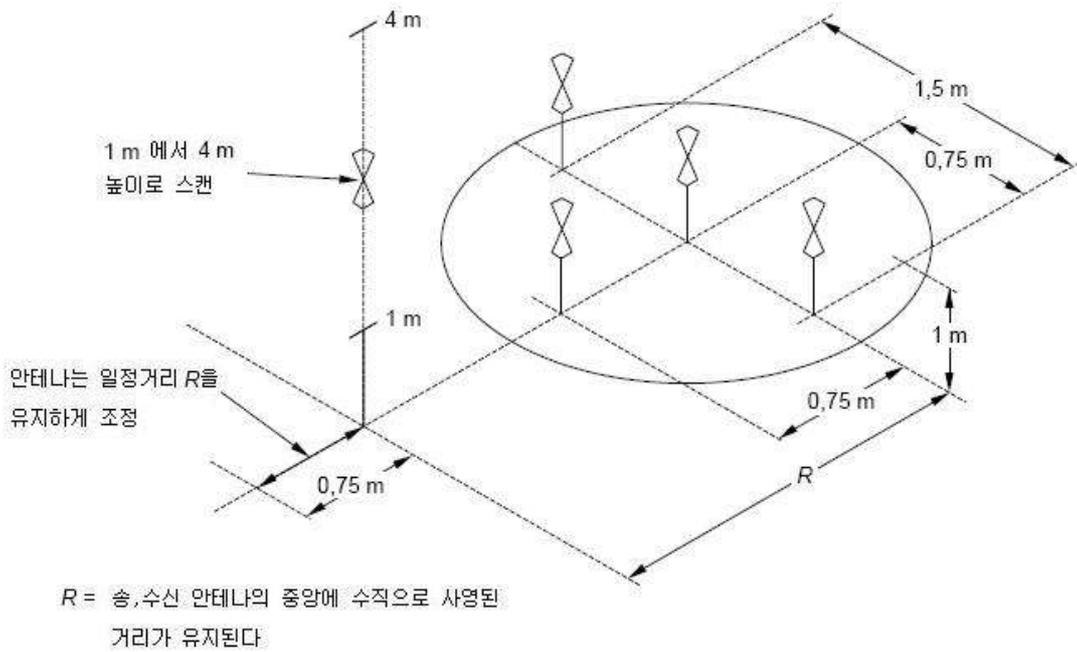
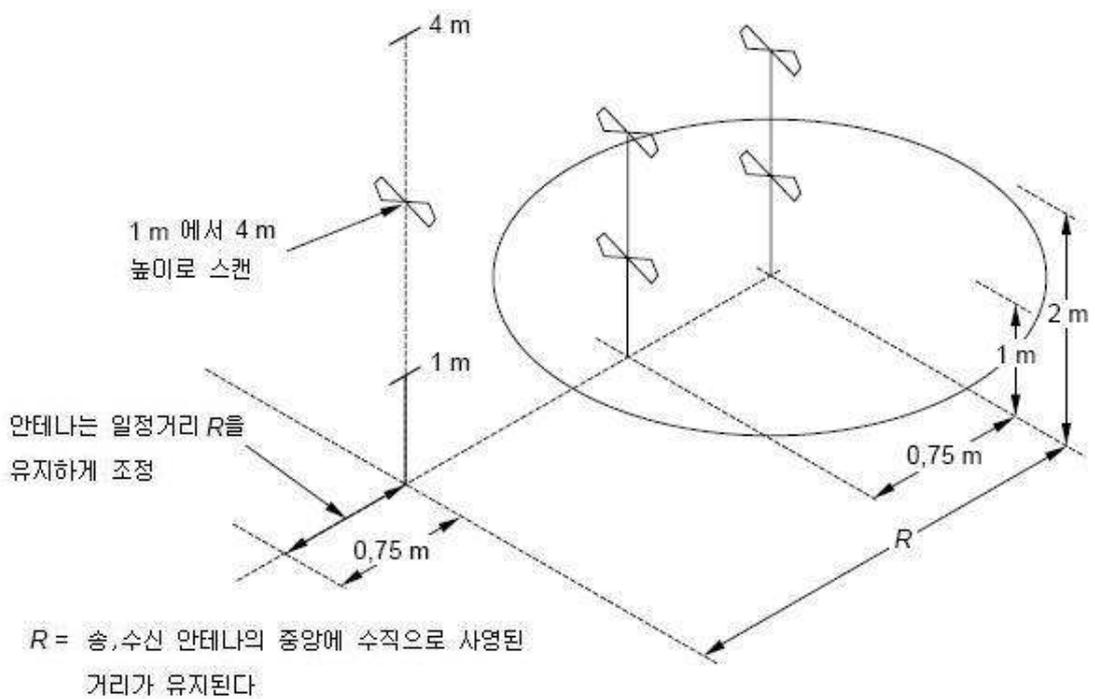


그림 6b - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-수평방향 NSA 측정



IEC 086/07

그림 6c - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-크기가 1 m 깊이, 1.5 m 폭, 1.5 m 높이를 초과하지 않고 주변이 의도되지 않은 반사를 일으키며 가장 가까운 물질로부터 1 m 이상 떨어진 시험품에 대한 수직방향 NSA 측정



IEC 087/07

그림 6d - 대체시험장의 대표적인 안테나 위치-크기가 1 m 깊이, 1.5 m 폭, 1.5 m 높이를 초과하지 않고 주변이 의도되지 않은 반사를 일으키며 가장 가까운 물질로부터 1 m 이상 떨어진 시험품에 대한 수평방향 NSA 측정

그림 6 - 대체 시험장의 대표적인 안테나 위치

표 1 - 정규화된 시험장 감쇠

(수평편파를 가지는 동조 반파장 다이폴에 대한 기하학적 권고)

편 파	수 평	수 평	수 평
$R$	3 m	10 m	30 m
$h_1$	2 m	2 m	2 m
$h_2$	1 m - 4 m	1 m - 4 m	1 m - 4 m
$f_m$	$A_N$		
MHz	dB		
30	11.0	24.1	41.7
35	8.8	21.6	39.1
40	7.0	19.4	36.8
45	5.5	17.5	34.7
50	4.2	15.9	32.9
60	2.2	13.1	29.8
70	0.6	10.9	27.2
80	-0.7	9.2	24.9
90	-1.8	7.8	23.0
100	-2.8	6.7	21.2
120	-4.4	5.0	18.2
140	-5.8	3.5	15.8
160	-6.7	2.3	13.8
180	-7.2	1.2	12.0
200	-8.4	0.3	10.6
250	-10.6	-1.7	7.8
300	-12.3	-3.3	6.1
400	-14.9	-5.8	3.5
500	-16.7	-7.6	1.6
600	-18.3	-9.3	0
700	-19.7	-10.6	-1.4
800	-20.8	-11.8	-2.5
900	-21.8	-12.9	-3.5
1000	-22.7	-13.8	-4.5

**표 2 - 정규화 시험장 감쇠\***  
(광대역 안테나에 대한 기하학적 권고)

편파	수 평	수 평	수 평	수 직	수 직	수직	수 직
$R$	3 m	10 m	30 m	3 m	3 m	10 m	30 m
$h_1$	1 m	1 m	1 m	1 m	1.5 m	1 m	1 m
$h_2$	1 m - 4 m	1 m - 4 m	1 m - 4 m	1 m - 4 m	1 m - 4 m	1 m - 4 m	1 m - 4 m
$f_m$	$A_N$						
MHz	dB						
30	15.8	29.8	47.8	8.2	9.3	16.7	26.0
35	13.4	27.1	45.1	6.9	8.0	15.4	24.7
40	11.3	24.9	42.8	5.8	7.0	14.2	23.5
45	9.4	22.9	40.8	4.9	6.1	13.2	22.5
50	7.8	21.1	38.9	4.0	5.4	12.3	21.6
60	5.0	18.0	35.8	2.6	4.1	10.7	20
70	2.8	15.5	33.1	1.5	3.2	9.4	18.7
80	0.9	13.3	30.8	0.6	2.6	8.3	17.5
90	-0.7	11.4	28.8	-0.1	2.1	7.3	16.5
100	-2.0	9.7	27	-0.7	1.9	6.4	15.6
120	-4.2	7.0	23.9	-1.5	1.3	4.9	14.0
140	-6.0	4.8	21.2	-1.8	-1.5	3.7	12.7
160	-7.4	3.1	19	-1.7	-3.7	2.6	11.5
180	-8.6	1.7	17	-1.3	-5.3	1.8	10.5
200	-9.6	0.6	15.3	-3.6	-6.7	1.0	9.6
250	-11.7	-1.6	11.6	-7.7	-9.1	-0.5	7.7
300	-12.8	-3.3	8.8	-10.5	-10.9	-1.5	6.2
400	-14.8	-5.9	4.6	-14.0	-12.6	-4.1	3.9
500	-17.3	-7.9	1.8	-16.4	-15.1	-6.7	2.1
600	-19.1	-9.5	0	-16.3	-16.9	-8.7	0.8
700	-20.6	-10.8	-1.3	-18.4	-18.4	-10.2	-0.3
800	-21.3	-12.0	-2.5	-20.0	-19.3	-11.5	-1.1
900	-22.5	-12.8	-3.5	-21.3	-20.4	-12.6	-1.7
1000	-23.5	-13.8	-4.4	-22.4	-21.4	-13.6	-3.5
* 본 자료는 수직 편파에서 안테나의 중앙이 접지면 위로 1 m 일 때 최소한 25 cm 의 접지면과의 거리를 갖는 안테나에 적용한다.							

## 5.8 접지면을 갖지 않는 시험장 적합성

주파수 30 MHz - 1 000 MHz까지의 접지면 없는 시험장 적합성 시험은 다음과 같다.

### 5.8.1 완전 흡수체 차폐실로 이루어진 자유공간 시험장에 대한 측정 고려사항들

FAC(Fully anechoic chamber) 또는 FAR(Fully anechoic room)으로 잘 알려진 완전 흡수체 차폐실은 방사성 방출을 측정할 때 사용된다. FAR 방법이 사용될 때, 고유한 방사성 방출 제한 값은 관련된 표준(일반적인, 제품이나 제품 표준)에 규정되어 있다. 무선국 보호 요구(제한)에 부합성은 OATS에서의 시험에 대해서와 유사한 방법으로 FAR에 대해 성립되어야 한다.

FAR은 송신 안테나나 시험품 으로부터 직접 전파만이 수신 안테나에 도달하도록 자유공간 환경을 모의 할 의도로 사용한다. 모든 간접파와 반사파는 FAR의 모든 벽이나, 천장 그리고 바닥에 적절한 흡수물질을 이용하여 최소화되어야 한다.

### 5.8.2 시험장 성능

시험장성능은 시험장 기준 방법 그리고 NSA방법에 의해서 정당화되어질 수 있다.

#### 5.8.2.1 이론적인 시험장 정규화

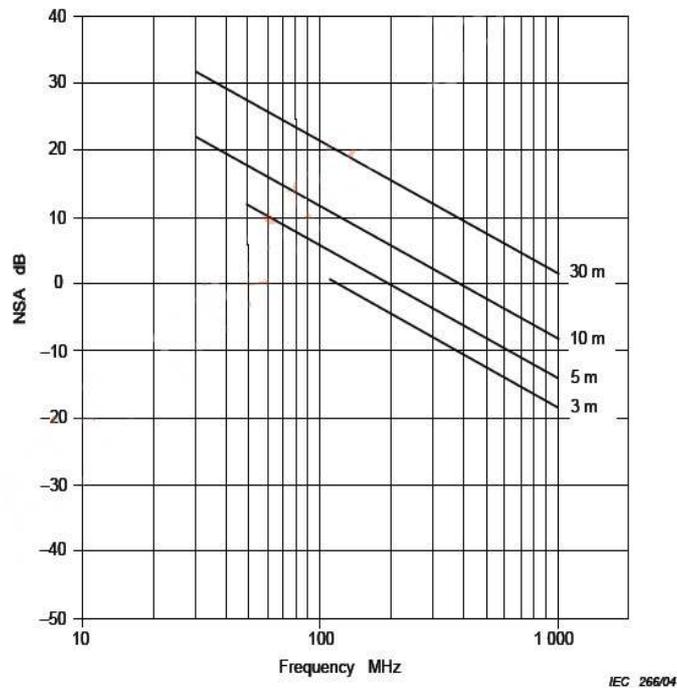


그림 7 - 다른 측정 거리에 따른 주파수 함수로써 이론상의 자유공간 NSA 그래프(식 4 참조)

주1) 3 m 측정에 대한 110 MHz이내 주파수와 5 m 측정에 대한 60 MHz 주파수는 근거리장 효과를 포함한다. 3 m 측정에 대한 110 MHz이내 주파수와 5 m 측정에 대한 60 MHz 주파수는 각 개별적인 시험 위치에서 계산된다.

다음은 아주 작은 안테나에 대한 NSA 이론을 설명한다.

시험장 감쇠(SA)는 특별한 한 위치에서 두 안테나의 커넥터 간에 측정된 전파 손실이다. 자유 공간에서 dB로 나타낸 시험장 감쇠는 방정식(2)에 의해서 근사화 할 수 있다.

$$SA = 20 \log_{10} \left[ \left( \frac{5Z_0}{2\pi} \right) \left( \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) \right] - 20 \log_{10} f_m + AF_R + AF_T \quad (2)$$

$AF_R, AF_T$  dB/m으로 나타나는 송·수신 안테나 factor이다.

$d$  미터로 나타내는 두 안테나 위상 중심간 거리이다.

$Z_0$  관련 임피던스이다. (예,  $50\Omega$ )

$\beta$   $2\pi / \lambda$  로 정의된다.

$f_m$  MHz로 나타나는 주파수이다.

dB로 나타내는 이론적인 정규화된 시험장 감쇠는 각각의 안테나 인자를 제외한 것으로 시험장 감쇠로서 규정한다. 그러므로

$$NSA_{calc} = 20 \log_{10} \left[ \left( \frac{5Z_0}{2\pi} \right) \left( \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}} \right) \right] - 20 \log_{10} f_m \quad (3)$$

으로 나타낸다.

측정거리 5 m에서 60 MHz이내 주파수 또는 측정거리 3 m에서 110 MHz이내 주파수는 방정식 (2)와 그림 7의 이론적인 NSA 비교에 대한 표 3의 요구된 시험 시험장의 각각에 대해서 근거리장 관련 인자를 적용해야한다.

근거리장 관련 인자는 안테나, 시험거리, 시험 체적(부피)에 따라 다르고 NEC와 같은 숫자로 나타낸 모델링 코드를 이용함으로써 알 수 있다. 대체하여, 만일 동일한 안테나와 주파수가 시험장 기준 측정과 FAR 평가에 사용된다면, 5.8.2.2.1의 시험장 기준법은 근거리장 항목을 삭제할 수 있다.

10 m와 30 m 측정거리에 대해서, 방정식 (3)에서의 근거리장 항목은 생략할 수 있고, 방정식은

다음과 같이 간략해진다.

$$NSA_{clac} = 20 \log_{10} \left[ \frac{5Z_0 d}{2\pi} \right] + 20 \log_{10} f_m$$

(4)

식(4)는 간략해지면 식(2) 대신에 사용되고, 생산된 오차는 측정거리 5 m에서 60 MHz 이상의 주파수와 측정거리 3 m에서 110 MHz 이상의 주파수는 0.1 dB보다 작다. 오차는 근거리장 효과로 인해 이들 주파수보다 작다면 0.1 dB 이상이 된다. 측정거리 3 m에 대해서 최대 오차가 30 MHz에서 1 dB로 나타난다. 이런 오차를 감소시키기 위해 식(2)가 사용된다.

### 5.8.2.2 시험장 평가 절차

NSA는 턴테이블 위에 위치한 시험품의 회전에 의해 발생된 5.8.3절의 원통체적 시험 요구사항을 만족한다. 위 문맥에서 시험품은 복합체 시험품과 케이블을 연결시키는 모든 컴포넌트들을 포함한다. 표 3은 시험거리의 함수로서 시험 체적의 직경( $h_{max} = d_{max}$ )와 최대 높이를 나타낸다. 직경과 시험거리 간 비율은 시험품 방출 시험에서 수용할 수 있는 불확실성을 확보한다.

표 3 - 시험 거리에 대한 시험 체적의 최대 크기

최대 직경 $d_{max}$ , 시험 체적의 최대 높이 $h_{max}$ m	시험 거리 $D_{nominal}$ m
1.5	3.0
2.5	5.0
5.0	10.0

한 시험장 SA 측정은 방 구조나 FAR 턴테이블, 천장, 벽에 정렬시킨 흡수물질로부터 일어날 수 있는 반사를 수집하는데 충분하지 않을 수 있다.

무반사실 SA 측정과 평가는 시험 체적 내에서 송신 안테나의 수평·수직 편파에 대한 15개의 측정 위치에서 수행되어야 한다(그림 8 참조).

- 시험 체적의 3가지 높이에서 : 밑바닥, 중간, 최상위
- 모든 3가지 수평의 평면에서 5개의 위치 : 각 수평면의 중앙, 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤. 뒷면 위치와 흡수체 거리가 0,5 m 이상이라면 뒤쪽 위치는 생략될 수 있다. 시험품 시험기간에 회전시험대의 뒤쪽 위치는 앞으로 향하게 하고, 후반사로 인한 기여는 최대 신호에 영향을 미치지 않을 수도 있다.

SA 측정에 대해 두 광대역 안테나가 사용된다. : 시험 체적 측정 위치에서 관련 포인트를 가지는 송신 안테나와 규정된 방위와 위치에서 체적의 바깥쪽의 수신 안테나 송신 안테나는 전방위 H

편파 패턴을 갖는다(최대크기는 3 m 측정거리에 대해 40 cm를 초과하지 않는다.; 따라서 먼 거리에 있어서 안테나의 크기는 일정한 비율로 된다).

대표적인 수신 안테나는 30 MHz - 1 000 MHz에 대한 하이브리드(바이코니칼/ LPD결합)안테나 또는 30 MHz - 200 MHz는 바이코니칼 안테나, 200 MHz - 1 000 MHz 대역은 LPD 안테나 사용으로 구분할 수 있다.

주) 하이브리드 안테나 사용은 안테나의 물리적인 큰 크기로 인해, 방출 시험이나 측정거리 3 m에서의 챔버 평가에서는 권장되지 않는다.

동일한 안테나, 케이블, 페라이트, 감쇠기, 증폭기, 신호발생기와 수신기는 FAR에 대한 SA측정시 사용되고 또한 준 자유공간 시험장(5.8.2.2.2)에서 기준 SA를 측정하는데 사용되어야한다. 수신 안테나는 시험품의 방사성 방출 측정시 사용한 것과 같은 종류가 사용된다.

수평 편파와 수직 편파 둘 다 모든 송신 안테나 위치에서 유효한 측정 부피에서 FAR에서의 수신 안테나의 길이 내에서의 위치는 그림 8과 그림 9에서 보듯이 측정 부피의 중간단계에 고정되어 있다. 안테나를 기울이는 것은 하나의 측정 축에서 안테나들의 양쪽의 구멍으로 보이는 축으로 일렬로 중심을 맞추는 것이 필수적이다. 안테나 기준점(안테나 교정에 규정된)과 측정 부피의 앞쪽 위치사이의 거리는  $d_{nominal}$  이다. 측정 부피 내에 송신안테나가 다른 위치로 이동할 때 측정 안테나는  $d_{nominal}$ 을 유지하며 측정 축을 따라 변형되어진다. 측정 축은 규정된  $d_{nominal}$ 을 따라 송신안테나와 수신안테나 사이의 라인이다. 모든 위치와 편파에 대한 수신안테나와 송신 안테나는 두 안테나 모두 병렬(기울기, 그림9)로 마주해야 한다. 안테나 기둥들과 지지하는 바닥은 확인절차 순서 내내 쓰인다.

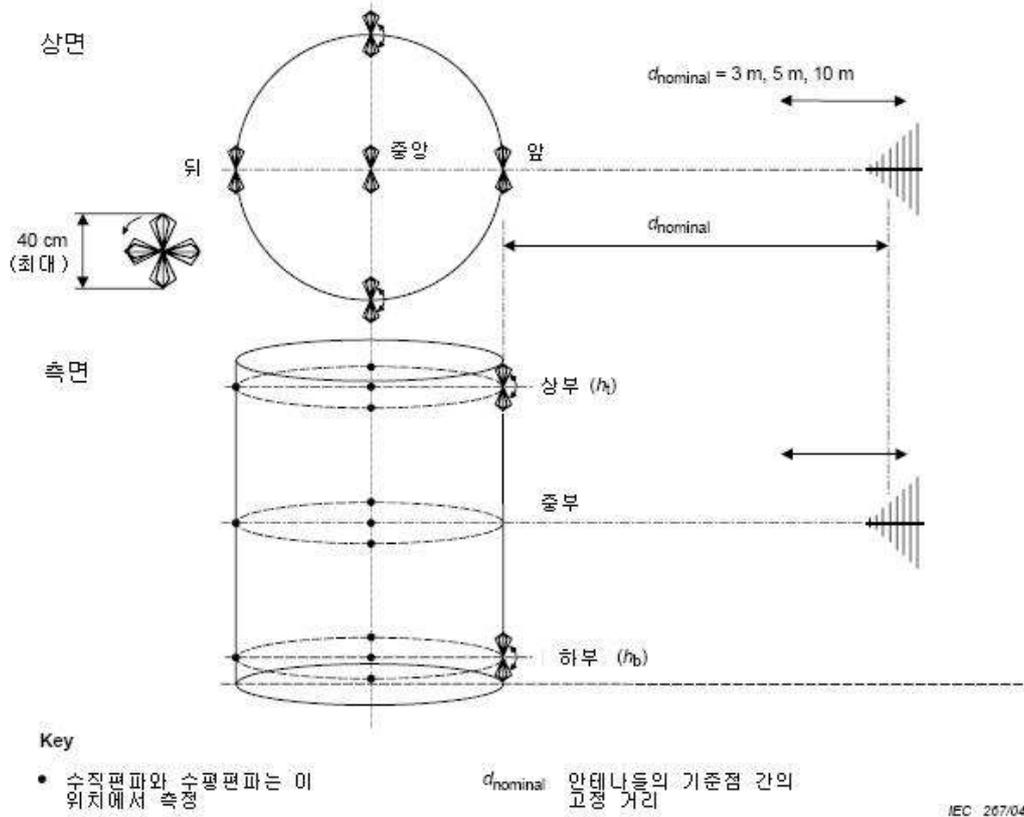


그림 8 - 시험장의 유효성 절차에 대한 측정 위치

시험 부피에서의 송신 안테나의 모든 위치와, 수직편파와 수평편파 모두에 대해 송신 안테나와 수신 안테나는 측정 축에 정렬되어야 한다.

안테나의 기울기는 확실한 위치에서(그림 9) 다음의 요구가 필수적이다.

$d_{nominal}$ 의 실험거리는 제한 값을 따라야 한다.

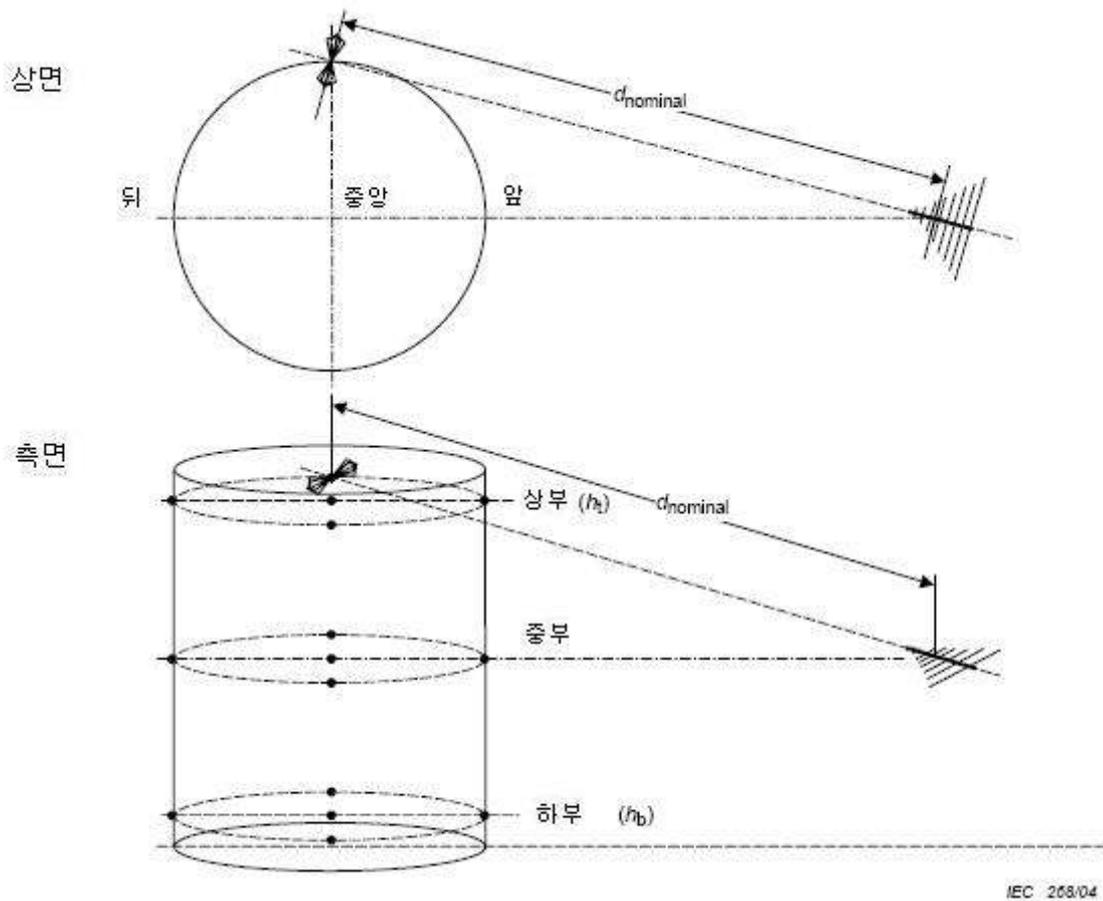
$d_{nominal}$ 는 확인절차 순서에 따른 고정된 안테나 거리이다

$d_{nominal}$ 는 안테나 고정 순서에 따라 안테나 이격거리를 말한다.

실험부피내의 송신안테나 높이 위치는 다음을 따라 확정될 것이다:

- "중간"은 가능한한 FAR의 중간높이와 중간폭에 위치한 가상축을 따른다.
- "상측( $h_s$ )"과 "하측( $h_b$ )"  $h_{max}$ (표 3)의 절반 - 송신안테나길이(소형 마이크로칼 안테나는 20 cm)의 절반

이러한 조정된 위치는 수직 편파와 수평 편파 둘 다 사용할 수 있다. 상측 편파 하측 편 사이, 천정 흡수체와 바닥흡수체사이의 거리는 각각 흡수체 성능에 따라 주어진다. 하지만 시험품의 흡수체와 결합작용을 피하기 위해 적어도 0.5 m는 이격시켜야 한다.



주 ) 안테나편파는 상측방향을 향하게 한다.

그림 9 - 시험장 유효성 테스트 절차에 대한 측정 위치와 안테나 경사의 예

구분된 주파수 측정에서의 최대 단위 크기는 표 4에 지시되어있다.

표 4 - 주파수 대역과 스텝사이즈

주파수 대역 MHz	최대 주파수 스텝 MHz
30 - 100	1
100 - 500	5
500 - 1 000	10

허용되는 시험장 확인절차 두 가지 방법:

- a) 시험장 기준 방법은, 시험 거리보다 5 m 적게 요구된다.
- b) NSA 방법은 우선적으로 시험거리보다 크거나 5 m와 같다.

SA측정방법은 이상적인 시험장에서 수행되었을 때 0 dB 벗어나 공급한다. 어떤 방법은 규정된 장비와 순서 또는 숨겨진 어떤 시험장의 결함, 예를 들어 매끄러운 공진에 모순하지 않으며 측정의 불

확실성을 줄이는 수단이 될 것이다.

시험장 확인절차 측정 불확실성은 측정 뒤에 감소된다.

- 수직편파 안테나, 차폐선은 지면에 있는 선에 각각 떨어진 다른 안테나 뒤에 최소 2 m연장 되어 있다. 가능하다면, 선은 장소의 벽의 칸막이 커넥터 뒤쪽에 수직으로 연장될 것이다. 다른 하나의 가능한 것은 선에 클립으로 고정된 페라이트의 사용이다. 선의 영향을 줄이기 위한 또 다른 가능한 것은 광학식 연결의 사용이다.
- 안테나 커넥터(예로 6 dB 또는 10 dB)에서의 감쇠기는 안테나에서의 어떤 큰 임피던스 불일치의 영향을 감소시킬 것이다.
- 안테나는 불평형-평형 진압변성기와 좋은 균형을 이룰 것이다(안테나가 구멍으로 보이는 축을 중심으로 180도 돌려질 때  $\pm 0.5$  dB 보다 낮은 변화를 수신기가 읽어 들임).
- 반사실에서 피시험장비의 시험에 사용되어질 분리된 바이코니칼 안테나와 LPD 안테나의 평가를 할 수 있다(안테나 종류는 200 MHz 에서 바뀐다). 혼성안테나는 이러한 두 가지 종류의 안테나가 결합될 것이며, 측정 거리에 있어 기계적 크기는 사용하는데 좋을 만큼 충분히 작다.

FAR 시험장 확인절차 순서는 장소 특성에서의 장기적 변화와 전무향실에서 발생하는 전자기파 송신 특성의 영향으로 인한 변화의 감지가 규칙적인 간격으로 시행될 것이다.

#### 5.8.2.2.1 시험장기준법

준 자유공간 시험에서 송수신 안테나를 이용한 SA 측정은 기준으로써 요구된다. 기준 시험장 감쇠( $SA_{ref}$ )를 정하기 위한 과정은 5.8.2.2.2에 나타나 있다. 이 방법은 상호결합과 3 m 시험 거리에서 확인한 영향을 줄 수 있는 근거리장 효과를 설명한다. 기준 시험장 감쇠  $SA_{ref}(d)$  는 송수신 안테나의 이격거리인  $d_{nominal}$  에서 측정해야 한다.

각각의 시험 공간 위치에서 시험장 유효성 과정은 3단계로 수행된다.

- 1)  $M_0$  은 케이블로 상호 연결된 수신기에서 측정된 기준 레벨(dB $\mu$ V 단위)이다. 보통 체적시험(volumetric tests)들 전에 한번 수행한다.
- 2)  $M_1$  은 안테나가 설치된 수신기에서 측정된 기준 레벨(dB $\mu$ V 단위)이다. 유효시험장(validated site)의 시험장 감쇠는 아래 식으로 계산된다.

$$SA_{val} = M_0 - M_1 \quad (\text{dB}) \quad (5)$$

- 3) 기준 시험장 감쇠  $SA_{ref}(d)$  에 대한 측정된 시험장 감쇠의 편차는 공식 (6)으로 계산된다.

$$\Delta SA = SA_{ref}(d) - SA_{val} \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

### 5.8.2.2.2 시험장 기준의 결정

5 m 이하에서 유효시험장의 정확성을 위해 시험장 기준을 결정하는데 사용되는 전용송수신 안테나 쌍의 사용이 권고된다. 준 자유공간 시험장이 필요하다. 이것은 2 개의 비금속 안테나 마스트 (비유전율이 2.5 이하, 저 손실, 기계적인 강도에 영향을 미치지 않을 만큼 직경이 작은 나무 혹은 플라스틱)로 구성되고 그림 10에 나와 있는 것처럼 접지면 위에 일정높이에 안테나를 위치시키게 한다. 기준시험장의  $\pm 1$  dB 구현을 위한 한 방법으로 안테나의 높이 ( $h$ )는 아래 식에 의해 결정된다.

$$h \geq d \times 8/3 \quad (7)$$

(d) 는 안테나의 이격거리이다.

$h = d \times 8/3$ 는 접지면의 영향을 억제하기 위해 필요하다. 또한 30 MHz 아래서 동작하는 실질적인 흡수체들이 접지면 위에 있어야 한다.

주 ) 30 MHz에서 3 m 이격거리는 확연한 근거리장 영역 ( $1/d^2$ )이며 5/3의 높이당 0.8 dB의 오차를 준다. 이것은 영국과 오스트리아의 국립연구실에 의해서 증명되었다. 접지면에 흡수체가 없을 경우에는 시험장 기준에 대해 높이 8/3당  $\pm 0.5$  dB의 오차가 존재한다.

FAR에서 사용된 안테나 이격거리는  $d_{nominal}$ 과 같아야 한다. 안테나들은 수직편향 되어야 한다 (수평편향은 접지면 반사로부터 강한 영향을 받기 때문에 사용되지 말아야한다). 또한 자유공간과 비슷한 적절한 공간 확보되어야 한다. 수직 편향된 안테나에 영향을 줄 수 있는 건물이나 숲 등으로부터 이격거리는  $d \times 8/3$  보다 커야 한다. 왜냐하면 수직 편향 안테나에 많은 영향을 주기 때문이다.

안테나피드가 시험결과에 영향을 주지 않도록 주의해야한다. 시험결과에 영향을 미치지 않기 위해서는 그림 10에 있는 케이블 정렬을 해주는 것이 가장 최선의 방법이고 또는 RF-광 연결을 사용하는 것이다.

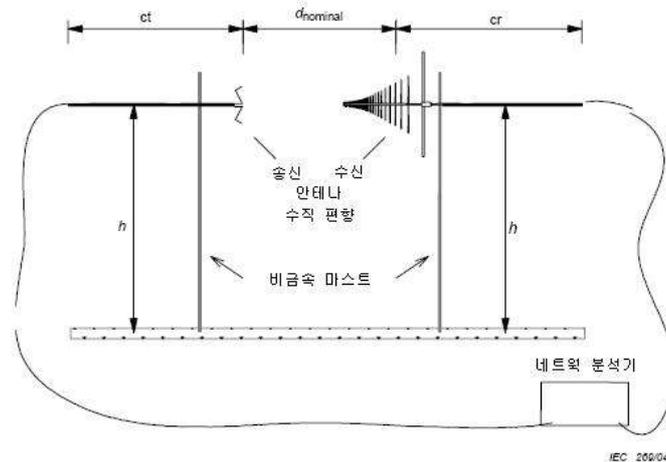
기준 시험배치의 정도는 FAR 평가 결과에 직접적으로 영향을 준다. 시험장 기준 ( $SA_{ref}$ )은 다음 3단계로 결정된다.

- 1)  $MO_{RS}$  는  $\text{dB}\mu\text{V}$  단위로 케이블이 연결된 수신단 에서 측정된다.
- 2)  $MI_{RS}(d)$ 는  $\text{dB}\mu\text{V}$  단위로 요구된 거리  $d_{nominal}$ 에 설치된 안테나의 수신단 에서 측정된다.
- 3)  $SA_{ref}(d)$ 는 식(8)에 따라 계산된다.

$$SA_{ref}(d) = MO_{RS} - MI_{RS}(d) \quad \text{dB} \quad (8)$$

3 m 유효시험장에 대해 접지면으로부터 적어도 4 m 높이에서 사용해야한다. 일반적으로 방사 측정 시 사용되는 안테나마스트는 원거리에서 조작할 수 있어야한다. 이러한 경우 전기자기 흡수체가 접지면 위의 안테나 사이에 있어야한다. 또한 흡수체 패치는 모든 방향에서 안테나상의 최소 면적을 차지해야하고 이는 5.8.1에서 정의된 준 자유공간 조건에서 증명할 수 있어야한다.

$d > 3$  m인 유효시험장에 대해 식  $h > d \times 8/3$ 이 사용되고 또는 대체 측정설비는 유효시험장 기준인  $\pm 1$  dB에 맞게 수행해야한다.



$d_{nominal}$  유효 거리

$h$  접지레벨 위 혹은 접지면 위에서의 안테나 높이

$ct, cr$  송신과 수신안테나에 대해 동축 급전 케이블은 물리적으로 가능한 2 m에 가까운 거리로 안테나 뒤에 수직하게 서있다. FAR에서 케이블은 가능한 한 멀리 수직하게, 챔버 벽의 구멍을 통해서 가능한 한 직선으로 또는 안테나 출력의 RF-광 연결에 연결된 광섬유를 사용해야한다.

주) 시험장 기준점은 그림 10에 대해 각각 얻을 수 있다.

그림 10 - 일반적인 자유공간에서 시험장 기준 측정 구성도

### 5.8.2.2.3 NSA 방식

송수신 안테나에 대한 자유공간상의 안테나 인자(KS C CISPR 16 문건들의 안테나 교정 항목들에 의해 정의된)는 NSA 방식의 절차에 대해 필요하다. 각각 측정 위치에 대한 유효시험 장소는 다음 아래와 같은 4 단계에 의해 수행된다.

- 1)  $M_0$ 는 함께 연결된 케이블의 수신측에 의해 측정된 기준레벨이다.
- 2)  $M_1$ 은 안테나에 설치된 수신측에 의해 측정된 레벨이다.
- 3) 측정된 NSA ( $NSA_m$ )는 다음 식(9)에 따라 dB값으로 구할 수 있다.

$$NSA_m = M_0 - M_1 - AF_T - AF_R \quad \text{dB} \quad (9)$$

여기에서  $AF_T$ 와  $AF_R$ 은 dB/m로 나타내며 자유공간상 안테나 인자들을 말한다.

4)  $\Delta NSA$ 는 다음 식(10)에 따라 dB값으로 구할 수 있다.

$$\Delta NSA = NSA_m - NSA_{calc} \quad (10)$$

여기에서  $NSA_{calc}$ 는 식(4)를 이용해 계산할 수 있고,  $\Delta NSA$ 는  $NSA$  허용가능치인 5.8.3.에 정의 되어있는  $\pm 4$  dB와 비교된다.

주) 송수신 안테나의 기준점들 사이의 거리  $d$ 는 반드시  $d_{dominal}$ 으로 표현되어야한다(안테나 교정에 정의됨). 안테나 사이의 유효거리는 위상중심위치 때문에 변화하게 된다.  $d_{dominal}$ 에 대한 유효거리의 비에 의해 전송손실은 보상 되어야 한다.

### 5.8.3 시험장 허용한계치

측정 시험장은 다음 유의사항을 준수해야한다.

- SA 혹은 NSA(식 6 혹은 식 10)의 이격은 수평편파, 수직편파 각 측정위치와 측정 주파수에 대해에 대해  $\pm 4$  dB보다 작아야한다.
- KS C CISPR 16-4-2의 조항들에 따른 시험장 평가의 불확정성도가 보고되었고 접지면에 대한 시험장의 전기자기장의 세기측정에 대해 요구되는 값으로써 어떤 구성들을 갖고 있어야 한다.

## 5.9 시험품 배치테이블과 안테나 타워의 평가

### 5.9.1 서론

D.5 항에서 정의된 시험 배치 테이블은 전계 강도 측정을 위해 일반적으로 시험품을 배치한다. 시험배치 테이블의 모양, 구성, 유전율은 전계 강도 측정 결과에 영향을 줄 수 있다 (참고문헌 참조). 다음의 항(5.9.2)은 30 MHz - 1 000 MHz 주파수 대역에 대한 시험 배치 테이블의 영향을 결정하는 절차 이고, 전계 강도 측정에 대한 관련 불확도 구성을 산출 한다.

주) 시험 배치 테이블 위의 송신 안테나의 수평 편향만 평가에 사용된다. 이 편향은 테이블로부터의 가장 나쁜 경우의 효과를 산출한다.

안테나 타워는 어떤 불안 요소가 NSA 측정에 포함되어 있기 때문에 부가적인 평가를 요구하지는 않는다.

### 5.9.2 시험배치 테이블 영향의 평가절차 (탁상형 장비)

시험배치 테이블의 형태, 모양, 성분 물질은 전계강도 측정 결과에 영향을 끼칠 수 있다. 평가절차

는 세 가지 효과를 결정하고, 테이블에 의한 표준 불확도를 산출 한다. 시험배치 테이블 영향을 산출하기 위해 시험배치 테이블이 있을 경우와 없을 경우의 특별한 배열을 통한 특정 송신안테나로 수행된다.

시험배치 테이블이 있는 경우와 없는 경우의 측정결과의 차로 시험배치 테이블에 의한 영향을 산출 한다. 측정절차는 다음과 같다.

시험배치 테이블을 수신 안테나 방향으로 위치하게 가장 큰 면적을 가진 시험장에 일반적으로 놓는다(즉, 직사각형 상부의 시험배치 테이블에 대한 대각선 또는 원형 상부의 테이블의 직경). (그림 11 참고). 1 000 MHz 이상의 주파수에 대해서는 0.4 m 보다 작은 전체 길이를 가진 작은 바이코니칼 안테나는 수평 편향으로 시험배치 테이블위에 놓는다. 시험배치 테이블 표면과 발룬 중심사이의 거리는 0.1 m 이다(그림 12 참고). 작은 바이코니칼 안테나는 수신안테나 방향의 시험배치 테이블의 모서리와 중심 사이의 기준 점(발룬)중간에 놓는다. 신호 발생기는 시험배치 테이블위의 송신안테나를 급전한다. 주파수 스텝은 사용된 가장 높은 주파수의 0.5 % 와 같거나 작게 한다. 수신안테나 전압은 측정 장비의 잡음 수치보다 적어도 20 dB 이상 이어야 한다. 급전 케이블은 안테나와 같은 약 2 m 높이로 수평으로 후방에 놓는다. 페라이트 튜브는 급전 케이블이 측정에 영향을 끼치는 것을 막기 위한 적절한 간격에서 수신안테나 급전 케이블에 적용한다.

두 가지의 송신 측정은 시험배치 테이블이 있는 경우와 없는 경우로, 송신안테나의 위치가 변하지 않게 해서 수신안테나의 최대 전압  $V_r$  을 조사한다. 1 GHz 이하의 주파수 대역에서 측정은 적어도 200 MHz\* - 1 GHz 의 주파수 대역 내에서 수행한다. 수신안테나는 OATS 혹은 SAC에서 1 m - 4 m 높이에서 스캔하고 FAR 에서는 수신안테나의 높이는 고정한다.

두 가지의 측정결과의 차  $\Delta(f)$  는 식 (11)을 사용하여 계산하고, 측정전압은 dB( $\mu$ V) 이다.

$$\Delta(f) = |V_{r/with} - V_{r/without}| \quad (11)$$

여기에서,  $V_{r/without}$  은 시험배치 테이블이 없을 때의 특정 주파수에서의 전압 측정  
 $V_{r/with}$  은 시험배치 테이블이 있을 때 특정 주파수에서의 전압 측정.

200 MHz\*\* - 1 000 MHz 의 주파수 대역 내에서 최대 차이  $\Delta_{max}$  의 크기는 최대 편차를 산출하는데 사용한다.  $\Delta_{max}$  의 단위는 dB.

$$\Delta_{max} = \max |V_{r/with} - V_{r/without}|_{200MHz - 1000MHz} \quad (12)$$

시험배치 테이블에 의한 표준 불확도  $u_{table}$  은 측정된 최대 차  $\Delta_{max}$  에 대한 직사각형 분포를 추측하여 산출한다.  $u_{table}$  (dB 단위)은 식 (13)을 사용해 계산한다.

\* 200 MHz 이하에서, 이 평가절차를 수용할 때 시험배치 테이블은 무시한다.

\*\* 200 MHz 이하에서, 이 평가절차를 수용할 때 시험배치 테이블은 무시한다.

$$u_{table} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \Delta_{max} \quad (13)$$

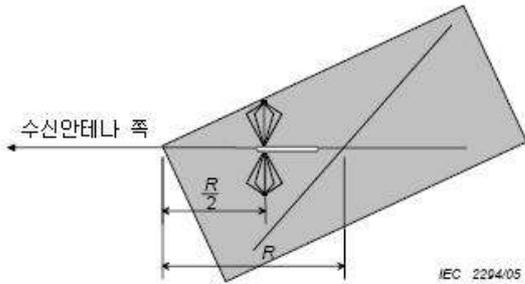


그림 11 - 직사각형 시험배치 테이블위의 끝면의 안테나 위치 (윗면)

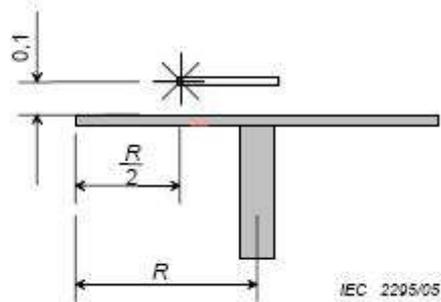


그림 12 - 시험배치 테이블위의 안테나 위치 (측면)

주) 시험실 별로 다른 재질의 형태와 구성의 테이블을 사용할 수 있다.  $u_{table}$  을 결정하는데 있어서 가장 나쁜  $\Delta$ (또는  $V_{rl\ with}$ )값을 결정하는데 충분하다.

### 5.9.3 시험배치 테이블 영향(바닥 거치형 장비)의 산출 절차

바닥 거치형 시험품에 대한 시험배치 테이블은 비 전도, 저-유전율 재질을 사용한다. 만일 시험배치 테이블 경계선이 시험품 영역(범위)과 같거나 작다면 테이블의 평가는 요구되지 않는다.

## 6. 방사 전력 측정을 위한 반사 시험실

마이크로파 주파수 대역에서 동작하는 여러 형태의 기기는 동작 조건과 주변 여건에 대해 삼차원 방사 패턴에 민감하게 반응하기 때문에 전체 방사전력을 측정할 때는 방해제어에 대한 충분한 변수가 고려되어야 한다. 금속 벽으로 둘러싸인 반사실에 시험 장비를 설치하여 측정할 수 있다. 반사실에서의 위치에 따라 비 균일한 에너지 밀도 분포를 야기하는 정재파의 영향을 줄이기 위해 회전판이 장착되어 있다. 반사실의 모양과 크기와 위치를 적절히 택하면 반사실의 어떤 위치에서 에너지 밀도의 위상과 크기와 편파는 통계적 분포 법칙에 따라 임의로 변한다.

### 6.1 시험실

#### 6.1.1 크기와 모양

반사실의 각 변의 길이는 측정하려는 가장 낮은 주파수의 파장보다 더 커야 한다. 또 그것은 시험품과 회전판 및 측정 안테나를 충분히 수용할 만큼 커야 된다. 마이크로파 기기는 0.2 m 크기의 작은 테이블에 두는 오븐으로부터 760 mm 기초에 높이 1.7 m 큰 유닛에 이르기까지 다양한 크기를 가진다. 반사실은 같은 차수로서 제공된 삼차원의 어떤 모양도 될 수 있다. 삼차원 치수는 가급적 달라야 한다. 가장 낮은 주파수가 1 GHz인 경우, 반사실은 적어도 8 m 정도는 되어야 한다. 실제 크기는 반사실의 물리적 특징에 달려 있다. 반사실의 적합성에 대한 시험 방법은 6.1.4에 나타나

있다.

벽과 회전판은 금속이어야 한다. 금속 물질을 연결하는 부분은 기계적으로 견고하고 전기저항이 낮아야 하고, 표면저항이 없어야 한다. 나무같은 비흡수 물질은 반사실 안에 놓을 수 있다.

### 6.1.2 문, 벽에 붙은 통로, 설치 선반

문은 조작자나 장비가 통과할 만큼 충분히 커야 한다. 그것은 밖으로 열려야 하고, 에너지 손실을 최소화할 수 있도록 견고하게 고정해야 한다. 설치를 쉽게 하기 위해서 반사실 내의 송수신 안테나와 설치 선반은 벽에 고정될 수도 있다.

### 6.1.3 회전판

아래에서 두 종류의 회전판을 소개한다. 다른 모양도 회전 효율이 6.1.4에 나타난 기준을 만족하면 가능하다.

#### 6.1.3.1 회전 날개

회전 날개가 사용되면, 두 회전날개는 주변 벽으로부터 적어도 최대과장의 1/4만큼 떨어지도록 장치해야 하고 단단히 고정될 만큼 충분히 두꺼워야 한다. 날개의 최대길이는 벽 크기에 따라 결정되고 폭은 길이의 약 1/5정도 되어야 한다.

#### 6.1.3.2 회전 패들

회전 패들이 사용되면 2 - 3개의 패들이 반사실 벽에 설치된다. 패들은 서로 직각으로 존재해야 한다. 패들은 그림 13과 같은 모양을 할 수도 있고 패들 길이에 평행한 축에 대해 회전할 수도 있다. 관 모양의 공간의 직경은 적어도 사용된 최대 과장과 같아야 하고, 길이는 벽 크기에 맞는 최댓값을 가진다. 구조는 견고해야 한다.

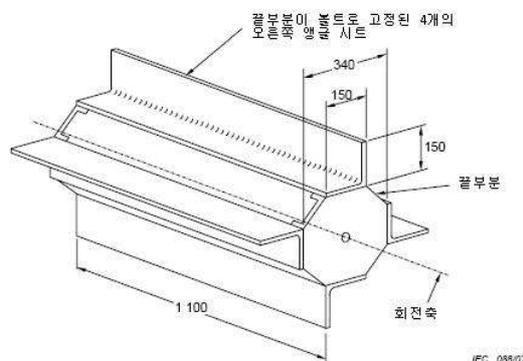


그림 13 - 대표적인 회전판 (paddle stirrer) 의 예

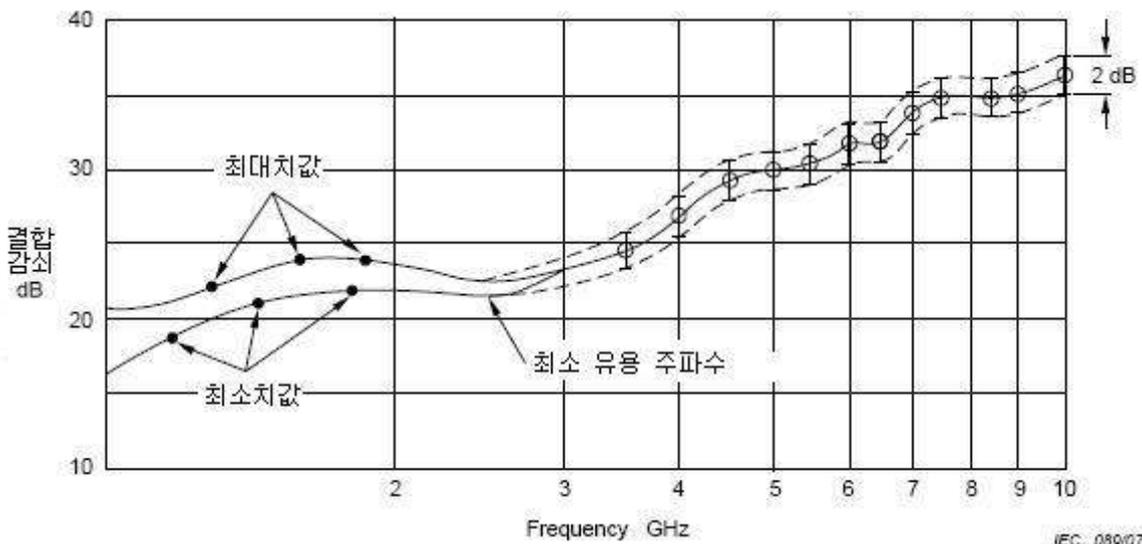
#### 6.1.3.3 회전 속도

회전판의 회전 속도는 다르다. 회전판이 한번 회전하는데 걸리는 시간은 모든 측정 장비에서 걸리는 시간을 합한 값의 1/5보다 적게 걸려야 한다. 6.1.5 에 나타난 측정 장비에 해당되는 회전 속도는 50회전/분과 200회전/분 사이의 값을 가진다. 감속 기어와 회전판을 돌리는 데 쓰이는 모터는 가급적 반사실 밖에 있어야 한다.

### 6.1.4 회전판 효율 시험

반사실의 에너지 균일한 분포는 커플링 감쇠주파수에 대해서 천천히 변화하는 것이 바람직하다 (6.1.5에서 설명). 낮은 주파수에서는 긴 파장에 의해 이러한 균일성을 유지하기가 더 어렵고 최대값과 최소값이 두드러지게 나타난다. 회전판 효율이 크면 클수록 에너지 분포의 최대값과 최소값은 더 작아진다. 그래서 회전판 효율이 큰 경우는 더 낮은 주파수도 이용할 수 있게 된다.

결합 감쇠는 반사실 에서 이용할 수 있는 주파수 대역 이상에서 측정된다. 에너지 분포의 최대값과 최대값이 측정될 수 있는 낮은 주파수에서, 결합 감쇠 값을 약 100 MHz 간격으로 측정한다. 수신 안테나는 고정되어 있고, 송신 안테나는 45도 간격으로 회전한다. 시험은 각 위치에 대해, 또 각 주파수에 대해 반복적으로 실행되어야 한다. 전체 시험은 수신 안테나를 90도 씩 회전시킨 후에 다시 반복적으로 실행한다. 회전판이 다음과 같은 조건을 가질 때 만족스럽다. (1)최대값과 최소값의 그래프 포락선이 안테나의 임의의 위치에서 2 dB이상 초과하지 않는다. (2) 4 개의 그래프의 평균값이 2 dB이하의 포락선내에 있다. 그림 14는 대표적인 결과이다.



주) 모든 측정점은 점선으로 표기된 2 dB 포락선 내에 있어야 한다.

그림 14 - 그림 13의 회전판을 사용한 차폐실에 대한 결합 감쇠의 범위를 주파수 함수로 나타낸 그림

### 6.1.5 결합 감쇠

반사실의 결합 감쇠는 반사실 내의 송신 안테나와 수신 안테나 사이에서 측정되는 삽입 손실이다. 출력전압을 정확하게 측정할 수 있는 교정된 신호 발생기가 저 손실 송신 안테나(혼 안테나)에 전

력을 공급하는데 사용되며 이것은 반사실 안이나 반사실 벽에 붙어 있다. 수신 안테나는 반사실 벽으로부터 적어도 1/4 파장 만큼 떨어져 있고 송신 안테나를 향하지 않으며 가장 가까운 반사실 벽쪽으로 향하며 반사실 축의 어느 것보다도 평행하지 않는다면 반사실의 어디든지 놓을 수 있다. 저 잡음신호 RF증폭기는 고역 통과 필터를 거쳐 수신 안테나에 연결된다. 그 출력은 대역 통과 필터를 거쳐 검파기에 연결된다. 대역 통과 필터는 필요한 주파수에 동조되며 명시된 대역폭을 가져야 한다. 검파기의 출력은 최댓값 발생 시간을 나타내는 최댓값 전압측정기에 연결되어 있다.(발생시간은 시험장비에 의해 좌우된다.) 이것을 측정하기 위해 스펙트럼 분석기를 사용할 수 있다. 송신 안테나에 흡수된 전력,P를 기록한다. 신호발생기는 저주파 증폭기의 입력 측에 연결시키고 그의 출력전압, P는 같은 전압계 눈금을 갖도록 조정한다. 저 잡음신호 증폭기에 흡수된 전력을 기록한다. 결합 감쇠는  $10\log(P/p)$ dB이다.

## 7. 무선방해 내성의 측정을 위한 TEM 셀

(심의중)

### 8. 1 GHz - 18 GHz 주파수 대역의 무선방해 전계강도의 측정을 위한 시험장

시험장은 무반사 조건에 의지해야 한다. 시험장은 흡수체를 사용할 수 있고/또는 자유공간조건을 만족하기 위하여 시험품의 높이를 올릴 필요도 있다.

주) 바닥 거치형 기기의 경우, 무반사 조건은 접지에 근접시켜 만족하지 않을 수도 있다.

#### 8.1 기준 시험장

기준 시험장은 반사가 측정에 영향을 미치지 않는다는 것을 보증할 수 있는 자유공간 야외시험장(FSOATS)이 되어야 한다.

#### 8.2 시험장 평가

시험장은 만일 8.2.1의 기준과 8.2.2 에 있는 시험장 평가 절차를 만족한다면, 1 GHz - 18 GHz 내의 방사 전계강도 측정에 적합한 것으로 간주한다. KS C CISPR 규격간의 시험을 목적으로 시험장 평가 측정은 1 GHz에서 시험 설비에서 사용되는 최대 주파수 까지 수행한다. 최대 주파수는 적어도 2 GHz 이다.

1 GHz - 18 GHz에서 측정에 사용되는 시험장은 수신 신호에 대한 반사 영향을 최소화 하게 설계해야 한다. 예를 들면 무반사실, 만일 시험장이 반-무반사실과 같은 완전 무반사 조건을 제공하지 않게 설계되었다면, 아래에 설명된 것처럼 금속 접지면을 덮는 흡수 물질을 사용한다.

시험 제적이 시험품 위로 설비의 전도 바닥으로부터 확장되는 경우(바닥 거치형 시험품을 시험하는데 주로 사용되는 설비가 일반적) 흡수재는 필요한 평가를 위해 시험 체적내에 놓아야 한다. 접지면 위에 놓을 수 없는 바닥 거치형 장비에 대한 시험의 편의를 도모하기 위해, 30 cm 이상의 높이에 대한 시험체적의 조광이 접지면 위에 둔 흡수재에 의해 방해를 받을 수 있다.

바닥 거치형 시험품의 방사 시험단에 시험장 평가에 사용된 바닥 흡수재는 시험품의 가까운 곳으로 옮길 수 있고, 시험품 공간 주위에 10 cm까지 이다.

시험 체적이 흡수재의 높이 위에 있는 설비(일반적으로 테이블 위에서 시험하는 장비)에서 흡수재는 시험장 평가와 장비 시험을 위해서 시험 체적 아래에 둔다. 시험장 흡수재 구성과 송/수신 안테나 위치가 보이는 사진들이 시험장 평가에 포함되어야 한다.

시험장 평가는 소위 시험장 전압 정재파비( $S_{VSWR}$ )의 측정으로 수행된다. 시험장 평가 방법은 시험장, 수신 안테나, 시험 거리 (KS C CISPR 16-2-3 의 7.3.6.1 항에 기술)와 접지면 위에 둔 흡수재에 대한 구체적 조합에 대한 주어진 시험 체적을 평가한다. 만일 8.2.1 의 기준을 만족하는 것이 필요하다면 시험장 평가 시험에 사용된 수신 안테나 마스터의 위치의 영향과 시험 체적 내에 영구적으로 고정된 물체(영구 설치된 회전 테이블과 같은 것)들이 이 시험장 평가 절차에 포함된다. 움직일 수 있는 시험 테이블과 같은 움직일 수 있는 물체들이 이 규격의 5.8의 부가적인 절차를 사용하여 각각 평가 되었다면 시험장 평가 시험 시에 요구되지는 않는다.

K 00016-2-3 은 1 GHz - 18 GHz 내에서 시험하는 시험품의 측정 방법을 제공한다.  $S_{VSWR}$  절차의 목적은 이 절차를 사용하여 산출하는 시험체적 내 놓여진 임의의 크기와 모양의 시험품에 대해 부수적인 반사의 영향을 확인하기 위함이다.

$S_{VSWR}$  은 직접(의도된)신호와 반사 신호간의 간섭에 의한 최대 수신신호와 최소 수신신호의 비율이다.

$$S_{VSWR} = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (14)$$

여기서,  $E_{\max}$  와  $E_{\min}$  은 최대 수신신호 최소 수신신호 이고,  $V_{\max}$  와  $V_{\min}$  은 수신 목적적으로 스펙트럼 분석기나 수신기를 사용할 때, 상응한 측정 전압 이다.

다음 절차에서 데시벨(dB)은 일반적으로 측정과 계산에서 사용된다. 이 경우  $S_{VSWR}$  은 다음과 같다.

$$S_{VSWR, dB} = 20 \log \left( \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \right) = 20 \log \left( \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right) = V_{\max, dB} - V_{\min, dB} = E_{\max, dB} - E_{\min, dB} \quad (15)$$

주1) 데시벨이 사용될 때,  $S_{VSWR}$  은 사용된 적절한 기기나 신호 감지기의 dBm, dB $\mu$ V, dB $\mu$ V/m 의 단위로 수신된 최대 신호와 최소 신호의 차로 적용된다.

주2)  $S_{VSWR}$  또는  $S_{VSWR, dB}$  의 값은 8.2.2에서 기술된 주파수와 편향의 6번 측정으로 얻어지는 최대 신호와 최소 신호로부터 각각 계산된다.

### 8.2.1 시험장 평가에 대한 수용 기준

$S_{VSWR}$  은 의도되지 않은 반사의 영향과 직접적으로 관련이 있다. 1 GHz - 18 GHz 에 대한 시험장 평가에 대한 수용 기준은 다음과 같다.

$$S_{VSWR} \leq 2:1 \text{ 또는 } S_{VSWR, dB} \leq 6.0 \text{ dB}$$

$S_{VSWR}$  은 8.2.2 에 따라서 측정한다.

## 8.2.2 시험장 평가 절차

이 부절은  $S_{VSWR}$  을 산출하는데 요구되는 절차를 기술한다.

### 8.2.2.1 안테나 요구사항

이 시험을 하는 동안 모든 반사면의 조광을 제공하기 위하고, 많은 실제 시험품 들을 통해 보여지는 가능한 작은 지향성 안테나 이득을 모의 실험하기 위해 이 부절은  $S_{VSWR}$  을 시험하는데 사용된 장비의 특징을 명기한다. 제조자가 공급한 데이터는 실험 장비가 요구조건을 만족하는지 평가하기 위해 사용된다.

#### 8.2.2.1.1 표준 $S_{VSWR}$ 절차 (8.2.2.3) 에 대한 시험 장비

수신 안테나는 선형적으로 편향되어 있어야 하고 시험품 방사 측정에 사용된 것과 동일해야 한다. 송신안테나 패턴에 대한 0도 기준각은 수신 안테나에 마주한 안테나에 대한 각이다(개구부는 평행) 즉, 이는 “보어 사이트” 방향 B 로 간주한다.

송신원 으로 사용되는 안테나는 선형으로 편향되고 다음의 상세한 특징에 따른 다이폴과 같은 방사 패턴을 갖는다. 방사 패턴 데이터는 1 GHz\* 이하인 주파수 스텝사이즈에서 사용 가능하다.

##### 8.2.2.1.1.1 송신 안테나 E-평면 방사 패턴

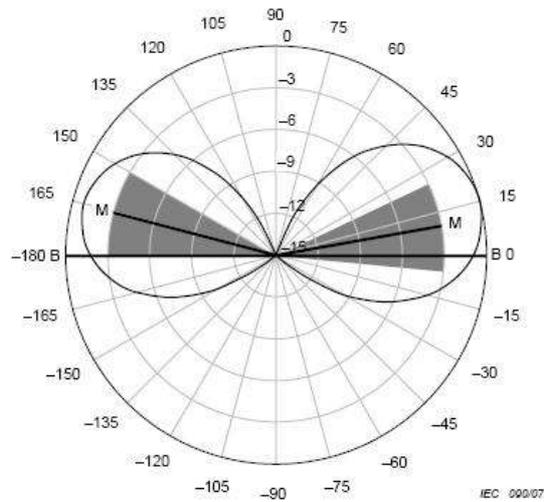
단순한 선형 편각을 가진 안테나에 대한 E-평면 방사 패턴은 방사구 주위에 많은 가능한 지름면(일정 방위각)중의 하나로 측정할 수 있다. 패턴 측정을 위한 자름면은 안테나 특성 보고서 내에 기술되고 안테나 제조자에 의해 선택된다. 하나의 편리한 선택은 평면이 커넥터와 케이블 배치를 담고 있는 것이다.

- 주엽(main robe)방향을 선택하고 각 패턴의 오른쪽 왼쪽면을 M 으로 지정한다. M은 각각  $0^\circ \pm 15^\circ$ ,  $180^\circ \pm 15^\circ$  이다.
- 패턴\*\*의 양면의 주엽과 대칭적인 소위 숨겨진 영역을 그린다. 여기서 진폭은  $\pm 15^\circ$ 이고  $\leq -3$  dB이다.
- E-평면 패턴은 숨겨진 영역으로 들어올 수 없다.

그림 15는 앞서서의 E-평면 요구사항을 만족하는 방사패턴의 예시 이다.

\* 안테나는  $S_{VSWR}$  시험에서 사용되는 다른 주파수에서 요구조건을 만족한다고 가정한다.

\*\* 제한치는 보어사이트(bore-sight)영역내의 스무드(smooth) 패턴을 보장하고 전 방향을 수확한다.



주) 안테나의 좌표의 예가 8.2.2.1.1.1의 E-평면 요구사항을 만족한다. 주엽(main robe)방향 각 패턴의 오른쪽 왼쪽면인 M 은 각각  $0^\circ \pm 15^\circ$ 와  $180^\circ \pm 15^\circ$  사이에 있다. 그림자 부분은 “숨겨진 영역”을 나타내고 여기서 진폭은 각 주엽의  $\pm 15^\circ$ 이고  $\leq -3$  dB이다. 안테나 패턴은 숨겨진 영역 으로 들어오지 않는다.

그림 15 - 송신안테나의 E-평면 방사 패턴의 예(정보제공 목적)

#### 8.2.2.1.1.2 송신안테나의 H-평면 방사 패턴

다이폴 안테나의 H-평면 패턴을 측정하는 단 한가지의 가능한 평면이 있다. 여기서 평면은 다이폴의 중심축에 직교한 면이다. 이 평면은 발룬, 입력 단자, 입력 케이블이 금속 또는 광섬유를 사용하는 것에 의존된다. 안테나 제조자는 안테나의 시험 보고서에 공급 케이블, 단자 위치를 포함한 방사패턴을 측정하는데 사용된 시험배치를 기술한다.

a)  $\pm 135^\circ$ (0는 보어 사이트 각) 범위 이상의 방사패턴 데이터의 평균(dB)을 구한다. 이 패턴 데이터에 대한 최대 스텝사이즈는 1 GHz - 6 GHz 주파수 대역에서는  $5^\circ$ 이고, 6 GHz - 18 GHz 대역에서는  $1^\circ$  이다.

b) 패턴은  $\pm 135^\circ$ -평균값의 다음 편차를 초과해서는 안된다.

평균각	1 GHz - 6 GHz	6 GHz - 18 GHz
- $60^\circ - 60^\circ$	$\pm 2$ dB	$\pm 3$ dB
- $60^\circ - -135^\circ, 60^\circ - 135^\circ$	$\pm 3$ dB	$\pm 4$ dB
- $135^\circ - -180^\circ, 135^\circ - 180^\circ$	$< + 3$ dB	$< + 4$ dB

주) H-평면 패턴에 대한 작은 쪽 범위가  $\pm 135^\circ$ 의 바깥쪽에서 정의되지 않았지만, H-평면 패턴은  $\pm 180^\circ$ 에서 비어 있음을 보이지는 않고, 가능한 최대 전방향성이 된다.  $\pm 135^\circ$ 의 바깥쪽에서 H-평면 패턴에 대한 가능한 영향을 최소화하기 위하여, 가능하다면 공급 케이블과 안테나 마스터의 위치에 대한 안내가 안테나 제조자에 의해 제공되어야 한다.

그림 16은 H-평면 요구사항을 만족하는 패턴의 예를 보여준다.

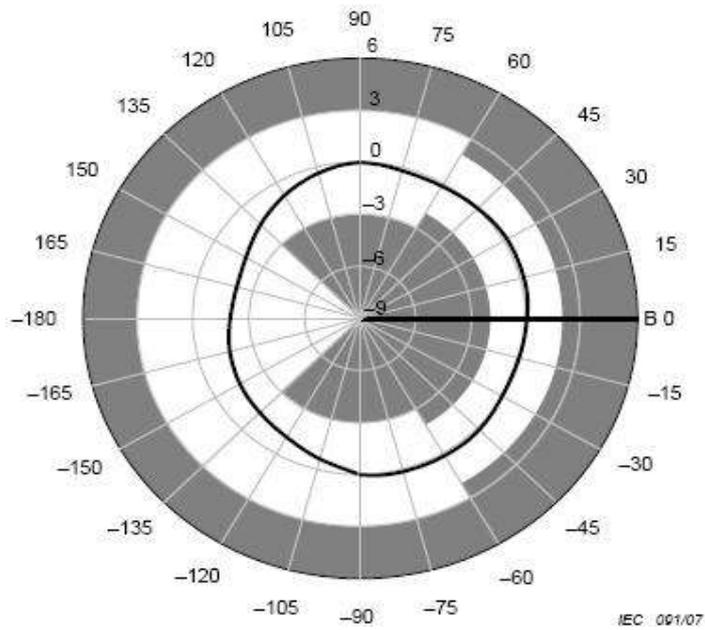


그림 16a - 1 GHz - 6 GHz

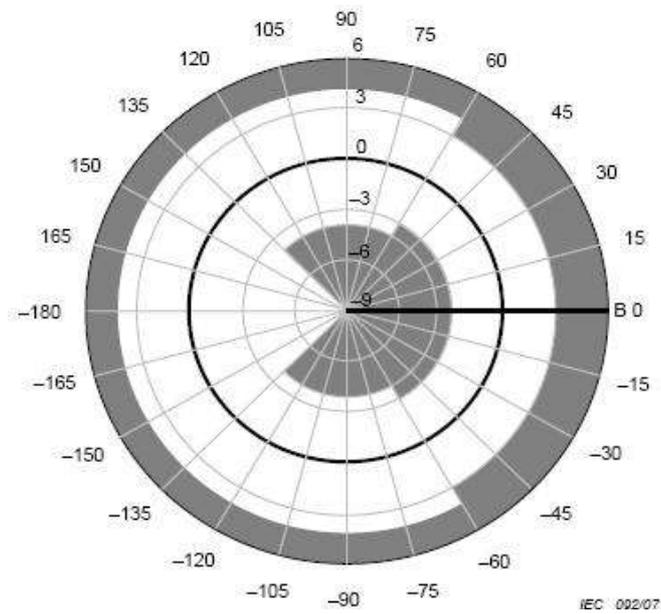


그림 16b - 6 GHz - 18 GHz

주) H-평면 요구사항을 만족하는 안테나 좌표의 예이다. 그림자 부분은 8.2.2.2.1.1.2에서 언급한 최대 허용 가능 편차를 표현한다. 이 예시의 안테나는 패턴이 그림자 부분에 들어오지 않으므로 요구사항을 만족한다.

그림 16 - 송신안테나의 H-평면 방사 패턴(정보제공 목적)

### 8.2.2.1.2 상호 $S_{VSWR}$ 절차에 대한 시험 장비(8.2.2.4)

시험체적에 대한 송신으로 사용되는 안테나는 나중에 방사 측정으로 사용되는 것과 같은 종류의 것이다. 등방성 필드 프로브는 3 dB 또는 그 이상의 등방성을 가진 전-방향성이다.

### 8.2.2.2 시험장 평가 시험에 대한 요구되는 위치

시험장 평가 시험은 실린더 모양의 체적에 대해 수행된다. 실린더의 바닥은 시험품을 지지하기 위해 사용되는 면으로 구성된다. 실린더의 꼭대기는 시험품과 시험품 수직의 케이블이 가지고 있는 최대 높이로서 결정된다. 실린더의 직경은 케이블을 포함하는 시험품의 편의를 도모하기 위해 요구 되는 최대 직경이다. 시험 체적에 두는 케이블에 대한 30 cm 영역은 체적의 부피결정을 확실시 한다. 지지대 위로 올릴 수 없는 바닥 거치형 장비의 편의를 도모하기 위해, 시험체적의 바닥으로부터 30 cm 높이에 대한 시험 체적 해석은 대지면에 둔 흡수체에 의해 방해 받을 수도 있다. 8.2.2.3 의 절차에 따르면,  $S_{VSWR}$  은 시험 체적 위치에서의 수신 안테나의 위치와 정해진 위치를 가로지르는 송신원의 위치를 다양하게 함으로 산출된다. 8.2.2.4 의 상호  $S_{VSWR}$  절차의 대체 사용은 이 항목에 기술되어 있는 위치가 시험 체적내의 필드 프로브의 위치에 사용된다.

$S_{VSWR}$  측정을 수행하기 위한 요구되는 위치는 시험 체적의 면적에 의존된다. 조건적인 시험 위치 요구사항의 세부사항은 8.2.2.5 에 주어진다.  $S_{VSWR}$  은 수신 안테나의 기준점선을 따라 6 번의 측정절차에 의한 각각의 요구되는 위치와 편향에 의해 산출된다. 그림 17, 18 에 그려져 있는 모든 가능한 위치는 8.2.2.5 내에 기술되어 있는 조건적인 위치를 포함한다. 수신 안테나 선을 따른 6개의 측정 순서는 이 그림에 점으로 표시되어 있다.

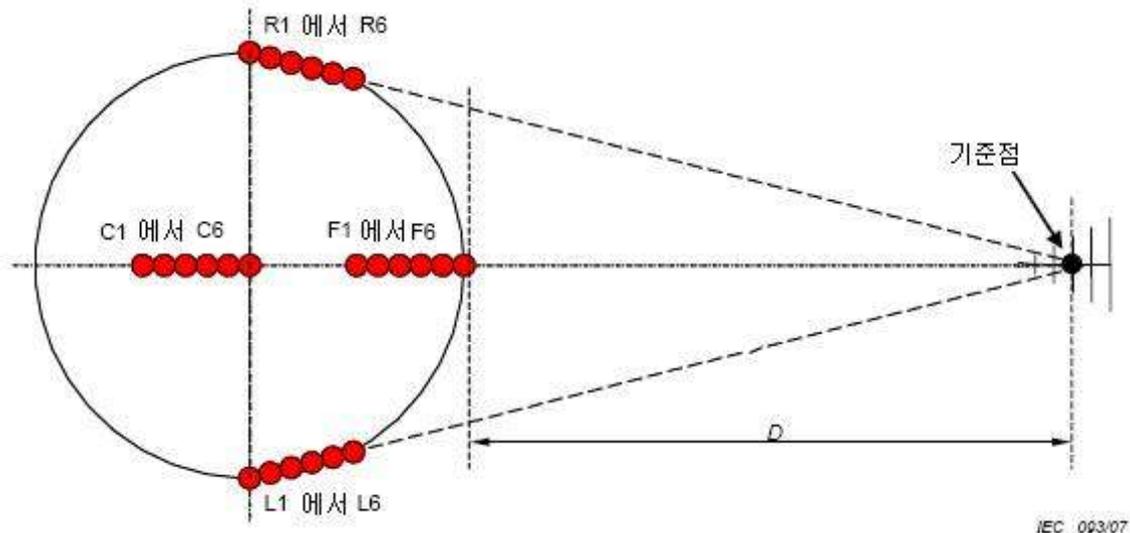


그림 17 - 수평면 내에서의  $S_{VSWR}$  측정 - 8.2.2.2.1 참고

### 8.2.2.2.1 수평면 내에서의 $S_{VSWR}$ 측정 설명(그림 10)

a) 전방 1-6 (F1-F6): 전방 위치는 시험 체적의 중앙으로부터 수신안테나 기준점까지의 선에 위치해 있다. 이곳에 위치하기 위해서, 처음에 시험 체적의 전방에서 F6 에 위치시키고, 수신 안테나의 기준점에서 시험거리 D 만큼 떨어진 곳에서 측정축이 위치한다.

F5 - F1 은 다음과 같이 수신 안테나를 움직이면서 F6 과 연관하여 측정된다.

- 1) F5 = F6 + 2 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 2) F4 = F6 + 10 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 3) F3 = F6 + 18 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 4) F2 = F6 + 30 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 5) F1 = F6 + 40 cm (수신 안테나로부터 이격)

b) 오른쪽 1 - 6 (R1 - R6) : 이 위치는 R6 지점과 관련하여 위치해 있다. R6 은 시험 체적(R1 지점)의 오른쪽 확장선에 의해 결정되고, 수신 안테나의 기준점 40 cm 쪽으로 움직인다(그림 17 참조).

R5 - R1 은 다음과 같이 수신 안테나를 움직이면서 R6 과 연관하여 측정된다.

- 1) R5 = R6 + 2 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 2) R4 = R6 + 10 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 3) R3 = R6 + 18 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 4) R2 = R6 + 30 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 5) R1 = R6 + 40 cm (수신 안테나로부터 이격)

c) 왼쪽 1 - 6 (L1 - L6) : 이 위치들은 L6 지점과 관련하여 위치해 있다. L6 은 시험 체적(L1 지점)의 왼쪽 확장선에 의해 결정되고, 수신 안테나의 기준점 40 cm 쪽으로 움직인다(그림 17 참조).

L5 - L1 은 다음과 같이 수신 안테나를 움직이면서 L6 과 연관하여 측정된다.

- 1) L5 = L6 + 2 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 2) L4 = L6 + 10 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 3) L3 = L6 + 18 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 4) L2 = L6 + 30 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 5) L1 = L6 + 40 cm (수신 안테나로부터 이격)

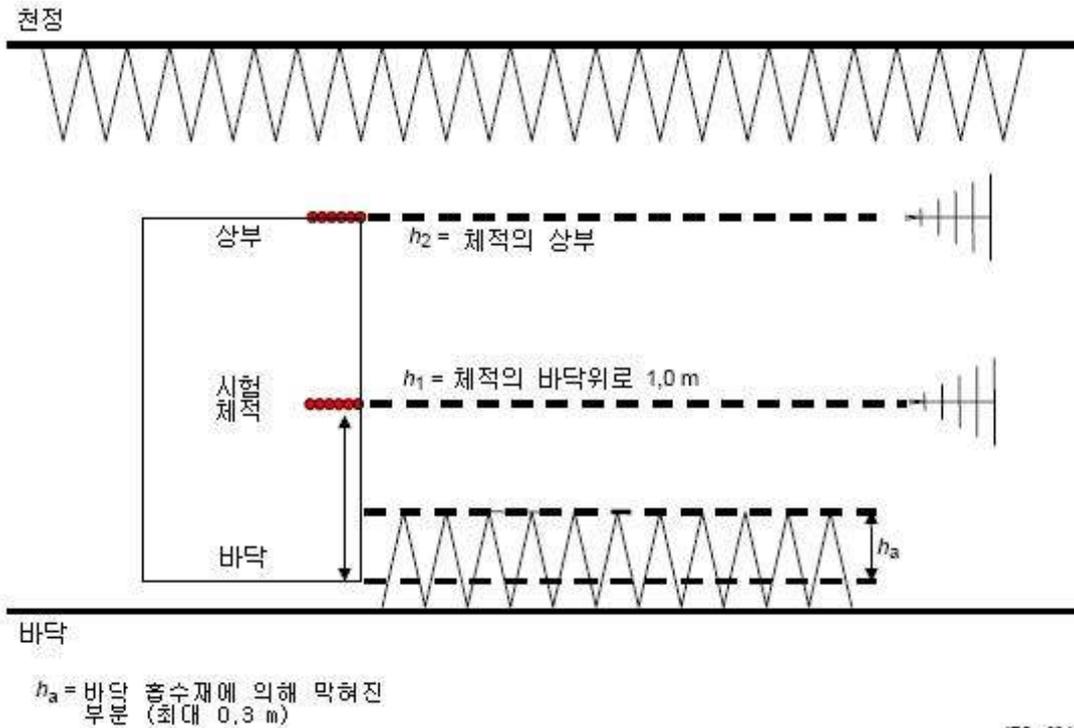
d) 중심 1 - 6 (C1 - C6) : 이 위치들은 C6 지점과 관련하여 위치해 있다. C6 은 시험 체적의 중앙에 있다. C1 - C6 지점은 시험 체적 직경이 1.5 m 보다 클 때의 시험시에 요구된다(8.2.2.5 참조).

C5 - C1 은 다음과 같이 수신 안테나를 움직이면서 C6 과 연관하여 측정된다.

- 1) C5 = C6 + 2 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 2) C4 = C6 + 10 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 3) C3 = C6 + 18 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 4) C2 = C6 + 30 cm (수신 안테나로부터 이격)
- 5) C1 = C6 + 40 cm (수신 안테나로부터 이격)

### 8.2.2.2.2 부가적인 $S_{VSWR}$ 측정 위치의 기술(그림 18)

그림 17에 표기되어 있는 위치에 부가하여, 시험체적의 꼭대기에서의 부가적인  $S_{VSWR}$  시험 평면이 시험 체적 높이에 의존해서 요구된다. 그림 18은  $S_{VSWR}$  측정에 대한 부가적인 높이의 측정을 보여준다. 두 번째 높이에서의 시험은 전방에서만 수행한다.



주)

- $h_a$  바닥에 설치된 흡수재에 의해 방해 받는 시험 체적 부분(최대 30 cm)
- $h_1$  시험 체적의 중앙에 위치한 높이 또는 시험 체적의 바닥으로부터 1 m 위의 높이 간에 낮은 높이
- $h_2$  시험 체적의 꼭대기에서의 높이와  $h_2$  가 적어도  $h_1$  으로부터 0.5 m 떨어졌을 때 시험하기가 요구되어 지는 높이( 8.2.2.5 상세사항 참조)

그림 18 -  $S_{VSWR}$  위치 (높이 요구사항)

표 5는 시험 위치의 요약표이다. 표 5에 위치가 높이( $h_1$ ,  $h_2$ )와 위치(전, 좌, 우, 중앙)에 따라 그룹화 되어 있다. 각각의 위치에서 기준점은 방정식(16)에 의한 계산에 따라 지정되어 있다.

표 5 -  $S_{VSWR}$  시험 위치

위치명	위치	높이	편향	$D_{ref}$ 에 대한 기준 점 [식 (13) 참고]	기준점과 관련된 위치
처음 높이에서 전방 위치(Front, $h_1$ )					
F1h1H	전	$h_1$	수평	F6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
F1h1V	전	$h_1$	수직	F6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
F2h1H	전	$h_1$	수평	F6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
F2h1V	전	$h_1$	수직	F6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
F3h1H	전	$h_1$	수평	F6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
F3h1V	전	$h_1$	수직	F6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
F4h1H	전	$h_1$	수평	F6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
F4h1V	전	$h_1$	수직	F6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
F5h1H	전	$h_1$	수평	F6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
F5h1V	전	$h_1$	수직	F6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
F6h1H	전	$h_1$	수평	F6h1	= 기준점 (Front, $h_1$ )
F6h1V	전	$h_1$	수직	F6h1	= 기준점 (Front, $h_1$ )
처음 높이에서 중앙 위치(Center, $h_1$ ) (필요하다면 8.2.2.5 참조)					
C1h1H	중앙	$h_1$	수평	C6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
C1h1V	중앙	$h_1$	수직	C6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
C1h2H	중앙	$h_1$	수평	C6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
C1h2V	중앙	$h_1$	수직	C6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
C1h3H	중앙	$h_1$	수평	C6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
C1h3V	중앙	$h_1$	수직	C6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
C1h4H	중앙	$h_1$	수평	C6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
C1h4V	중앙	$h_1$	수직	C6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
C1h5H	중앙	$h_1$	수평	C6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
C1h5V	중앙	$h_1$	수직	C6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
C1h6H	중앙	$h_1$	수평	C6h1	= 기준점 (Center, $h_1$ )
C1h6V	중앙	$h_1$	수직	C6h1	= 기준점 (Center, $h_1$ )
처음 높이에서 오른쪽 위치					
R1h1H	오른쪽	$h_1$	수평	R6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
R1h1V	오른쪽	$h_1$	수직	R6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
R2h1H	오른쪽	$h_1$	수평	R6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
R2h1V	오른쪽	$h_1$	수직	R6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
R3h1H	오른쪽	$h_1$	수평	R6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
R3h1V	오른쪽	$h_1$	수직	R6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
R4h1H	오른쪽	$h_1$	수평	R6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격

R4h1V	오른쪽	$h_1$	수직	R6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
R5h1H	오른쪽	$h_1$	수평	R6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
R5h1V	오른쪽	$h_1$	수직	R6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
R6h1H	오른쪽	$h_1$	수평	R6h1	= 기준점 (Right, $h_1$ )
R6h1V	오른쪽	$h_1$	수직	R6h1	= 기준점 (Right, $h_1$ )
처음 높이에서 왼쪽 위치					
L1h1H	왼쪽	$h_1$	수평	L6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
L1h1V	왼쪽	$h_1$	수직	L6h1	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
L2h1H	왼쪽	$h_1$	수평	L6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
L2h1V	왼쪽	$h_1$	수직	L6h1	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
L3h1H	왼쪽	$h_1$	수평	L6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
L3h1V	왼쪽	$h_1$	수직	L6h1	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
L4h1H	왼쪽	$h_1$	수평	L6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
L4h1V	왼쪽	$h_1$	수직	L6h1	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
L5h1H	왼쪽	$h_1$	수평	L6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
L5h1V	왼쪽	$h_1$	수직	L6h1	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
L6h1H	왼쪽	$h_1$	수평	L6h1	= 기준점 (Left, $h_1$ )
L6h1V	왼쪽	$h_1$	수직	L6h1	= 기준점 (Left, $h_1$ )
두 번째 높이에서 전방(필요하다면 8.2.2.5 참조)					
F1h2H	전방	$h_2$	수평	F6h2	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
F1h2V	전방	$h_2$	수직	F6h2	수신안테나로부터 + 40 cm 이격
F2h2H	전방	$h_2$	수평	F6h2	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
F2h2V	전방	$h_2$	수직	F6h2	수신안테나로부터 + 30 cm 이격
F3h2H	전방	$h_2$	수평	F6h2	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
F3h2V	전방	$h_2$	수직	F6h2	수신안테나로부터 + 18 cm 이격
F4h2H	전방	$h_2$	수평	F6h2	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
F4h2V	전방	$h_2$	수직	F6h2	수신안테나로부터 + 10 cm 이격
F5h2H	전방	$h_2$	수평	F6h2	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
F5h2V	전방	$h_2$	수직	F6h2	수신안테나로부터 + 2 cm 이격
F6h2H	전방	$h_2$	수평	F6h2	= 기준점 (Front, $h_2$ )
F6h2V	전방	$h_2$	수직	F6h2	= 기준점 (Front, $h_2$ )
주) 이 $S_{VSWR}$ 측정은 어느 순서부터 해도 무방하다.					

### 8.2.2.3 $S_{VSWR}$ 시험장 평가 - 표준 시험 절차

다음 절차에서 위치는  $P_{mnopq}$  로 지정되고 첨자는 표 5 의 첫째 열에 명기된 위치와 관련이 있다. 측정된 신호 M 은 수신된 E-영역 또는 각 위치에서의 전압 측정이고,  $M_{mnopq}$  로서 유사하게 첨자에 의해 표기된다. 예를 들어,  $P_{F1h1H}$  는 F1 위치, 높이 1, 수평편향 이고 측정된 신호 (dB)는  $M_{F1h1H}$  로서 언급된다.

- a) 전방 위치 6의 기준점에서 높이 1, 수평편향( $P_{F6h1H}$ )를 가진 송신원을 위치시킨다. 역시 수평 편향으로 송신원 으로부터 수신 안테나의 기준점, 시험 거리 D 에 수신 안테나를 위치시킨다. 수신 안테나 높이는 모든 측정에서 송신원과 같은 높이에 위치함을 주의한다.
- b) 수신 신호는 주변 환경과 적어도 20 dB 이상 그리고 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기가 측정하고자 하는 전체 주파수를 표시하는지 확인한다.
- c) 각 주파수에서  $M_{F6h1H}$  의 측정 신호 레벨을 기록한다. 소인 측정 또는 단계 주파수 증가가 사용된다. 만일 단계 증가가 사용된다면 주파수 증가는 50 MHz 이거나 낮다.
- d) 전방, 높이 1, 수평 편향에 대해서 표 6(8.2.2.6)에 있는 다른 5개의 위치에서 송신 원을 가지 고 단계 a)와 b)를 반복한다. 전체적으로, 표 5에서 보인 증가에 의한 수신 안테나로부터 별개 의 거리 내에서 전방, 높이 1, 수평 편향( $M_{F1h1H}$  에서  $M_{F6h1H}$  까지)에 대한 측정이 6번 이루 어진다.
- e) 송신 안테나와 수신 안테나를 수직으로 바꾸고  $M_{F1h1V}$  에서  $M_{F6h1V}$  를 얻기 위하여  $P_{F1h1V}$  에서  $P_{F6h1V}$  위치에서의 위의 절차를 반복한다.
- f) 모든 측정에서 식(16)을 사용하여 표 5에 있는 기준점의 거리에 대한 측정된 E-영역 또는 전 압 데이터를 정규화 한다.

$$M'_{mnop} = M_{mnop} + 20 \log \left( \frac{D_{mnop}}{D_{ref}} \right) \quad (dB) \quad (16)$$

여기에서  $D_{mnop}$  는 측정 위치에서 실제 떨어진 거리이고,  $D_{ref}$  는 기준점에서 측정된 떨어진 거리,  $M_{mnop}$  는 데시벨 단위의 측정된 신호(E-영역 또는 수신전압)이다. 각각의 측정 위치는  $P_{mnop}$  에 대해서 표 5에 표기 되어 있는 것처럼 위치 6과 연관된 다른 기준점을 가진다는 것을 주의한다.

- g) 식 (14) 또는 (15)를 사용하여 수평편향에서의  $S_{VSWR}$  를 계산한다. 식 (15)를 사용하여,  $S_{VSWR, dB}$  은 6 개의 위치에 대한 거리 수정을 한 후[(f) 단계], 최대 수신 신호  $M_{max, dB}$  로 부터 최소 수신 신호  $M_{min, dB}$  의차로서 얻을 수 있다.
- h) 각 편향에 대한  $S_{VSWR}$  은 8.2.1 의 허용기준을 만족한다.
- i) 시험 체적의 왼쪽과 오른쪽에서 a)-h)단계를 반복한다. 송신원 안테나가 왼쪽 또는 오른쪽으로 움직일 때 보어 사이트 방향은 수신 안테나를 향해야 한다. 그러나 수신 안테나는 중앙(측면을 향하지 않음)쪽으로 위치해야 하고 후에 시험품에 대해 측정될 때 같은 방향이어야 한다.
- j) 8.2.2.5 에 의해 요구되어 질 때, 중앙 위치에서의 측정과 두 번째 높이에서 요구되는 측정을 위 의 절차에 의해 반복한다. 측정이 두 번째 높이에 의해서 수행될 때, 수신 안테나는 송신 안 테나와 같은 높이에 있어야 한다.

#### 8.2.2.4 $S_{VSWR}$ 시험장 평가 - 등방성 필드 프로브를 사용한 상호 시험 절차

차폐된 설비(즉, 전무향실 또는 반무향실)에서 표 5에서 요구되는 위치에서 등방성 필드 프로브를 사용한  $S_{VSWR}$  산출과 나중에 방사 시험에 대한 수신 안테나로서 사용되는 것과 같은 안테나를 가진 시험 체적을 해석하는 것이 가능하다. 이 규격의 목적으로, 이 방법은  $S_{VSWR}$  결정 방법의

“상호” 범주이다. 이  $S_{VSWR}$  상호 절차에서 시험품 방사 시험에서 사용하는 수신 안테나는 “송신” 안테나로 사용된다. 왜냐하면, 이 시험 체적 내에 위치한 프로브에 대한 전송으로 사용될 것이기 때문이다. 등방성 필드 프로브는 8.2.2.1 에서의 방사 패턴 명세를 만족해야 한다. 프로브는 송신 안테나의 편향과 일치해야 한다. 즉, 프로브 내 감지 소자의 위치와 방위를 알아야만 한다.

상호  $S_{VSWR}$  시험장 평가 시험 절차에서 사용하는 등방성 필드 프로브는 다음과 같다.

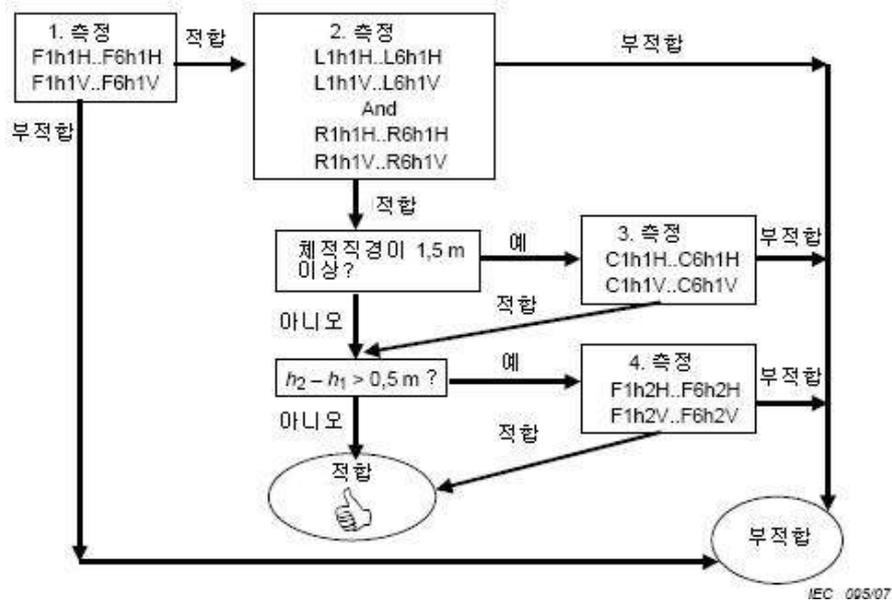
- a) 필드 프로브를 전면 위치 6, 높이1, 수평 편향( $P_{F6h1H}$ )에 위치시킨다. 송신 안테나를 안테나의 기준점에 대한 시험 체적의 둘레로부터 측정된 시험 거리 D 에 위치시킨다. 송신 안테나 높이는 모든 위치에 대하여 프로브와 같은 높이 이어야 한다.
- b) 전계강도 크기가 프로브의 적절한 기능을 충분히 허용함을 확인한다. 장비와 적절한 전계 강도를 설정하기 위해 필요한 절차에 대한 안내는 프로브의 제조자 운영 명세서(적합한 감도와 측정 불확도)에 언급된다. 부가하여, 송신 체계와 프로브 체계는 선형이고, 고조파가 주 신호에 적어도 15 dB 이하의 레벨에서 감소되어야 함을 확인해야 한다. 시험 시에 방향성 커플러의 사용은 전방 전력의 관찰에서 사용된다. 왜냐하면 출력 전력 레벨의 변화는 시험결과와의 변동을 야기하기 때문이다. 안정적인 출력 신호를 제공하는 것이 중요하다. 왜냐하면 신호원의 불안으로 인한 신호 변동(즉, 나쁜 케이블 연결, 프리앰프의 워밍업 시간으로 인한 변동 등)은 결과의 부가적인 변동을 초래한다(즉, 인공적인 높은  $S_{VSWR}$  결과).
- c) 각각의 주파수에서  $M_{F6h1H}$  의 측정된 신호 레벨을 기록한다. 소인 측정 혹은 단계 주파수 증가가 사용된다. 만일 단계적 증가가 사용된다면, 주파수 증가는 50 MHz 이거나 작다.
- d) 전방, 높이 1, 수평 편향에 대해서 표 6(8.2.2.6)에 있는 다른 5개의 위치에서 송신 원을 가지고 단계 c)를 반복한다. 전체적으로, 표 5에서 보인 증가에 의한 수신 안테나로부터 별개의 거리 내에서 전방, 높이 1, 수평 편향( $M_{F1h1H}$  에서  $M_{F6h1H}$  까지)에 대한 측정이 6번 이루어진다.
- e) 송신 안테나와 수신 안테나를 수직으로 바꾸고  $M_{F1h1V}$  에서  $M_{F6h1V}$  를 얻기 위하여  $P_{F1h1V}$  에서  $P_{F6h1V}$  위치에서의 위의 절차를 반복한다.
- f) 모든 측정에서 식(16)을 사용하여 획득된 데이터를 정규화 한다.
- g) 식 (14) 또는 (15)를 사용하여 수평편향에서의  $S_{VSWR}$  을 계산한다. 식 (15)를 사용하여,  $S_{VSWR, dB}$  은 6 개의 위치에 대한 거리 수정을 한 후[(f) 단계], 최대 수신 신호  $M_{max, dB}$  로부터 최소 수신 신호  $M_{min, dB}$  의차로서 얻을 수 있다.
- h) 각 편향에 대한  $S_{VSWR}$  은 8.2.1 의 허용기준을 만족한다.
- i) 시험 체적의 왼쪽과 오른쪽에서 위의 단계를 반복한다. 이 상호  $S_{VSWR}$  절차에서 프로브는

송신 안테나의 기준점에서 일정한 방향을 유지 하도록 조정해야 한다. 그러나 송신 안테나는 같은 위치에서 체적의 중앙 쪽으로 위치하도록 해야 하고(측면으로 위치하지 않음), 나중에 시험품의 측정 시에도 위치해야 한다.

j) 8.2.2.5 에 의해 요구되어 질 때, 중앙 위치에서의 측정과 두 번째 높이에서 요구되는 측정을 위의 절차에 의해 반복한다. 측정이 두 번째 높이에 의해서 수행될 때, 수신 안테나는 송신 안테나와 같은 높이에 있어야 한다.

### 8.2.2.5 조건적인 시험 위치 요구사항

표 5, 그림 17, 18에서 지시되어 있듯이, 부가적인 시험 위치는 시험 체적의 크기에 의존해서 시험됨이 요구된다. 그림 19는 이 부가적인 측정이 요구될 때의 구체적인 순서도를 보여준다.



주) 순서도에서 수행할 필요가 없는 측정은 모든 요구되는 데이터를 얻기 위한 어떠한 순서로서 수행할 수 있다.

그림 19 - 조건적인 시험 위치 요구사항

부가적인 시험 위치가 요구될 때,  $S_{VSWR}$  은 8.2.2.3 또는 8.2.2.4 의 절차를 사용한 수평과 수직 편향에 대해 독립적인 6개의 측정 그룹으로부터 각 시험 주파수를 결정해야 한다.

### 8.2.2.6 $S_{VSWR}$ 시험장 평가 시험 보고서

표 6은 8.2.2.5의 조건적인 위치와 요구되는 위치에서의 결과를 포함한 모든 가능한 요구되는  $S_{VSWR}$  측정과 계산의 요약을 나열한다.

표 6 -  $S_{VSWR}$  보고서 요구사항

위치	높이	편향	형태	$S_{VSWR}$ dB
전	$h_1$	수평	요구됨	= 최대( $S'_{F1h1H} \cdots S'_{F6h1H}$ ) - 최소( $S'_{F1h1H} \cdots S'_{F6h1H}$ )
전	$h_1$	수직	요구됨	= 최대( $S'_{F1h1V} \cdots S'_{F6h1V}$ ) - 최소( $S'_{F1h1V} \cdots S'_{F6h1V}$ )
오른쪽	$h_1$	수평	요구됨	= 최대( $S'_{R1h1H} \cdots S'_{R6h1H}$ ) - 최소( $S'_{R1h1H} \cdots S'_{R6h1H}$ )
오른쪽	$h_1$	수직	요구됨	= 최대( $S'_{R1h1V} \cdots S'_{R6h1V}$ ) - 최소( $S'_{R1h1V} \cdots S'_{R6h1V}$ )
왼쪽	$h_1$	수평	요구됨	= 최대( $S'_{L1h1H} \cdots S'_{L6h1H}$ ) - 최소( $S'_{L1h1H} \cdots S'_{L6h1H}$ )
왼쪽	$h_1$	수직	요구됨	= 최대( $S'_{L1h1V} \cdots S'_{L6h1V}$ ) - 최소( $S'_{L1h1V} \cdots S'_{L6h1V}$ )
중앙	$h_1$	수평	조건적	= 최대( $S'_{C1h1H} \cdots S'_{C6h1H}$ ) - 최소( $S'_{C1h1H} \cdots S'_{C6h1H}$ )
중앙	$h_1$	수직	조건적	= 최대( $S'_{C1h1V} \cdots S'_{C6h1V}$ ) - 최소( $S'_{C1h1V} \cdots S'_{C6h1V}$ )
전	$h_2$	수평	조건적	= 최대( $S'_{F1h2H} \cdots S'_{F6h2H}$ ) - 최소( $S'_{F1h2H} \cdots S'_{F6h2H}$ )
전	$h_2$	수직	조건적	= 최대( $S'_{F1h2V} \cdots S'_{F6h2V}$ ) - 최소( $S'_{F1h2V} \cdots S'_{F6h2V}$ )

앞에서의  $S_{VSWR}$  계산과 보고서 요구사항은 각각의 시험주파수에 적용된다.

### 8.2.2.7 $S_{VSWR}$ 시험장 평가 방법의 제한치

8.2.2.2에 대한 측정점 선택과 앞선 절차에서 담겨있는 측정점 선택은 1 GHz - 18 GHz 주파수 대역에 대한 시험장의  $S_{VSWR}$  의 전체적인 측정을 제공하도록 의도한다. 그러나  $S_{VSWR}$  은 어떤 특정한 주파수 f에서 8.2.2.3 또는 8.2.2.4 의 절차를 사용하여 항상 측정될 수 없음을 주의한다. 그러므로 어떤 단일 주파수에서 기초한  $S_{VSWR}$  적합에 대한 언급을 피해야만 한다. 그러나 인접한 옥타브 (0.5f - 2f)내의 위의 절차에 의해 찾을 수 있는 피크는 일반적으로 대역 내 모든 주파수를 포함한 가장 나쁜 경우의  $S_{VSWR}$  를 일반적으로 대표한다.

단일 주파수에서 더욱 정확한  $S_{VSWR}$  결과를 얻는 경우에, 위의 방법은 그림 17과 그림 18에서 보인 선을 따라서 6개의 위치를 더 측정해서 개선될 수 있다. 부가적인 데이터 수집점은 불균일하게 위치해야 하고, 관심 주파수에서 4-파장 단계를 사용한 소스 안테나(또는 상호  $S_{VSWR}$  방법의 필드 프로브)의 거리 변환에 기초해서 선택해야 한다.

## 8.3 대체 시험장

자유공간 조건을 만족하는 어떤 측정장은 대체 시험장으로 가능하다.

## 9. 공통모드 흡수장치

### 9.1 일반사항

공통모드 흡수장치(CMADs)는 방사측정동안 시험체적으로부터 나오는 케이블에 적용된다. CMADs는 방사측정에서 다른 시험장들 간의 측정결과의 변동을 줄이기 위해 사용된다. 이것은 시험장(예를 들어 턴테이블 중심)에서 나오는 케이블의 지점에서 공통접지 임피던스와 평형값이 다를 수 있기 때문이다. CMADs의 기본 특성은 S-인자로 표현될 수 있다. 삽입손실이나 반사계수와 같은 유도된 값은 3개의 S-인자로 결정될 수 있다. 이절은 CMAD의 S-인자를 확인하기 위한 측정방법을 서술한다.

## 9.2 CMAD S-인자 측정

9.3에 서술된 것처럼, 시험지그에서 측정된 S-인자는 CMAD의 특성을 특징짓기 위해 사용된다. 복합 S-인자의 값은 그림 21에 나타낸 기준면에서 평가된다. 가능한 가장 높은 정확도로 S-인자를 측정하는 기준 방법은 9.4에 설명된 것처럼 벡터망 분석기(VNA)와 TRL 교정방법을 사용한다.

## 9.3 CMAD 시험지그

CMAD의 S-인자를 측정하기 위해 사용되는 지그는 그림 21에 보이는 것처럼 금속접지면 위에 원통형의 금속로드를 가져야 한다. 시험지그의 수직 플랜지들 사이에서의 금속로드는 3개의 섹션으로 구성된다. 두 기준면들 사이에서 지그 내의 전송선을 형성하기 위한 한 섹션과 기준면들과 어댑터 포트들 사이에서 2개의 어댑터 섹션들로 나누어진다. 어댑터 섹션들과 어댑터 포트들로부터 CMAD의 측정에 관한 영향은 9.4에서 서술된 TRL 교정방법을 사용함으로써 제거될 수 있다. 9.4의 측정을 위해 어떤 형태의 어댑터라도 사용될 수 있다. 어댑터의 예는 그림 22에서 24에 보여진다. 원통 로드와 직경  $d$ 는 4 mm이어야 한다. 접지면 위의 높이  $h$ 는 CMAD의 치수로 정의된다. 통상 그 값은 30 mm, 65 mm, 90 mm이다. 그 측정은 CMAD 구조물에 의해 정의된 높이에서 행하여 진다. 기준면과 지그의 수직 플랜지(어댑터 섹션) 사이의 거리  $L_A$ 는 적어도  $2h$ 이어야 한다.(그림 21). 기준면과 CMAD 끝단 사이의 거리  $D_A, D_B$ 는 가능한 한 작아야 하지만  $h$ 보다 크지는 말아야 한다. 시험지그의 금속접지면은 길이는  $(L_{JIG}+4h)$ 보다 커야하며, 폭은  $4h$ 보다 커야한다.

특성 임피던스  $Z_{ref}$ 는 선의 내부직경  $d$ (4 mm로 정의됨), 접지면 위의 로드 중심의 높이  $h$ 에 의해 주어진다.

$$Z_{ref} = \frac{Z_0}{2\pi} \cosh^{-1} \left[ \frac{Z_0}{2\pi} \right] \Omega \quad (17)$$

여기서,

$Z_0$ 는 자유공간 임피던스( $120\pi$ )  $\Omega$

$d$ 는 시험 도체 직경(4 mm로 정의)

$h$ 는 접지면 위의 시험도체 중심의 높이

예) 여러 높이에 대한  $Z_{ref}$ 의 전형적인 값은

$h = 30 \text{ mm} \gg Z_{ref} = 204 \Omega$

$h = 65 \text{ mm} \gg Z_{ref} = 248 \Omega$

$h = 90 \text{ mm} \gg Z_{ref} = 270 \Omega$

#### 9.4 TRL 교정을 사용한 측정방법

TRL 교정방법은 CMADs의 S-인자를 측정하는데 추천된다. 이 교정절차를 사용함으로써 시험지그 내부의 접지면을 선택할 수 있다. 그 결과 CMAD가 놓여질 위치에 근접하게 되고, 따라서 거리 DA와 DB는 최소화될 수 있다(그림 21). 교정은 지그의 전송선 섹션과 같은 직경과 높이를 가지는 금속로드("라인"으로 명기)가 필요로 된다. 라인 섹션의 특성임피던스와 길이는 정확히 알려져야 하며, VNA의 펌웨어나 외부 보정계산에 사용되는 교정 데이터에 기록되어야 한다.

TRL 교정 절차를 위해 사용될 라인 섹션의 길이는 TRL 교정이 수행될 수 있는 주파수 대역을 결정한다. 이 주파수 한계는 TRL 교정방법에 사용된 수학적 계산으로부터 나온다. 여기서 특정 주파수들에서 0(혹은 아주 작은 값)으로 나누어지는 조건은 피해야 한다.

만약 "라인" 기준의 길이가 L이라면, 주파수 대역은 다음에 나타난 낮은 및 높은 주파수  $f_L$ 과  $f_H$  사이로 제한된다.

$$f_L = 0.05 \frac{c}{L} \quad (18)$$

$$f_H = 0.45 \frac{c}{L} \quad (19)$$

여기서  $c$ 는  $3 \times 10^8$  m/s 이다. 0.6 m의 "라인" 길이는 주파수 대역 30 MHz에서 200 MHz까지의 교정에 적당하다. 만약 측정이 더 높은 주파수로 확장되어야 한다면, 두 번째 "라인" 교정이 필요하다. 0.12 m의 "라인" 길이를 가지는 두 번째 교정은 150 MHz에서 1 000MHz까지의 주파수 대역에 적당하다.

TRL 교정방법을 위해서 4가지의 구성이 필요하다.

- a) "반사(Reflect)"(포트 A) : 어떤 다른 연결 없이 포트 1에서의 어댑터 섹션과 어댑터의 합성 값  $S_{11}$ 을 측정(개방회로 조건)[그림 25a]
- b) "반사(Reflect)"(포트 B) : 어떤 다른 연결 없이 포트 2에서의 어댑터 섹션과 어댑터의 합성 값  $S_{22}$ 을 측정(개방회로 조건)[그림 25b]
- c) "통과(Through)" : 두 개의 어댑터 섹션이 직접 연결된 상태에서 합성값  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ 을 측정(사이에 라인 섹션 없이)[그림 25c]
- d) "라인(Line)" : 라인 섹션이 있는 상태에서 합성값  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ 을 측정[그림 25d]

이 교정 측정들은 각각의 주파수 지점에 대해 10개의 복소수를 산출한다. 만약 VNA가 TRL 교정을 위한 펌웨어를 포함한다면, TRL 측정을 위한 적당한 보정을 계산할 수 있도록 이러한 기준 측정들을 사용할 것이다. 만약 VNA가 TRL 교정을 지원하지 않는다면, 필요한 보정이 CISPR 16-3에 서술된 절차에 따라 VNA에 의존하지 않고 만들어 질 수 있다.

교정면 외부의 어댑터 섹션과 어댑터 포트의 특성은 TRL 교정을 위해 알려질 필요가 없다. 이것들은 교정절차에서 측정되어 지고, TRL 교정에 의해 맞게 보상되어진다. 다른 형태의 어댑터가 사용되어 질 수도 있다. 시험지그의 양 끝단에 같은 형태의 어댑터와 같은 길이의 어댑터 섹션이 사용되기를 추천한다. 또한 2개의 어댑터 섹션들이 같은 길이가 되도록 추천된다. 즉,  $L_A = L_B$

교정 후 CMAD가 시험지그의 라인 섹션에 도입된다. 어댑터 섹션과 어댑터는 교정 때 사용되어진 것과 정확히 동일하게 되어야 한다. 금속로드의 길이는 교정에 사용된 “라인”의 길이와 다를 수 있다. 그러나, 그 직경(4 mm)과 접지면 위의 높이는 교정 때와 같아야 한다. CMAD 내부의 금속 로드는 CMAD 개구의 중앙에 가능한 정확하게 위치해야 한다. 금속로드의 길이는 기준면이 CMAD의 물리적인 끝단에 일치하기 위해 설정될 수 있다(예,  $D_A$ 가 가능한 작음). 전형적인 CMADs의 길이는 0.6 m이다. 이 경우에, 4 mm 라인섹션이 CMAD의 측정 뿐만 아니라 30 MHz에서 200 MHz까지의 주파수 대역에 걸쳐 교정을 위해 사용될 수 있다(더 짧은 라인섹션으로 교정할 때 200 MHz 이상의 주파수 대역도 가능). TRL 교정에 의해 보정된 VNA 측정을 사용할 때의 CMAD에 대한 측정결과가 전송라인 섹션(빈 지그)의 특성임피던스( $Z_{0,jig}$ )에 기준한 4가지의 S-인자들이다.

### 9.5 스펙트럼 분석기(SA)와 트래킹 발생기(TG)를 사용한 CMAD 성능(저하) 검사

CMAD의 복합 S-인자들은 VNA없이 측정될 수 없다. 그러나, VNA가 모든 EMC 시험실에서 이용하지 못 할 수도 있다. VNA를 사용할 수 없는 시험실에서 스펙트럼 분석기와 트래킹 발생기를 사용하여 CMAD의 기능을 검사하는 더 간단한 방법이 다음에 정의되어 있다. 이 방법은 단지 삽입손실의 크기만을 측정하는 것이지 이 측정값이 그림 21에서와 같이 기준면에서 측정된 S-인자와 직접적으로 연관된 것은 아니다. 그래도, EMC 시험실은 정확히 같은 조건(시험설치의 임피던스와 조합)을 사용하여 실내 시험설치로 같은 삽입손실 측정을 주기적으로 반복할 수 있고, CMAD가 사용가능한 조건 하에 있는지에 대한 결과의 이력을 기록하고 비교할 수 있다. CMAD 성능의 저하는 이런 방법으로 알 수 있다. 만약 어떤 저하가 분명히 있다면 9.4의 TRL 교정 방법으로 VNA를 사용하여 기준 측정을 해야 한다.

어떠한 어댑터의 구조(그림 22에서 24)라도 이런 성능/저하 검사를 위해 사용될 수 있다. 시험지그와 측정도구 사이의 케이블에서 공진효과를 피하기 위해 이러한 성능 검사를 하는 동안 시험지그에 가까이 2개의 10 dB 감쇄기를 추가할 필요가 있다.

50Ω 어댑터가 사용될 때(그림 22), 성능/저하 검사를 위한 삽입손실 측정은 다음 2가지의 구성에 있어서 감쇄측정들 간에 dB로 차이가 있다.

- a) 구성 1 : 시험지그 없이 직접 연결된 2개의 감쇄기
- b) 구성 2 : CMAD가 있는 시험지그에 연결된 2개의 감쇄기

만약 매칭 어댑터(그림 23 또는 그림 24)가 사용된다면, 저하 검사를 위한 삽입손실 측정은 다음 2가지의 구성에 있어서 측정된 감쇄값 간에 차이가 있다.

- a) 구성 1 : CMAD 없이(빈 지그) 시험지그에 연결된 2개의 감쇄기
- b) 구성 2 : CMAD가 있는 시험지그에 연결된 2개의 감쇄기

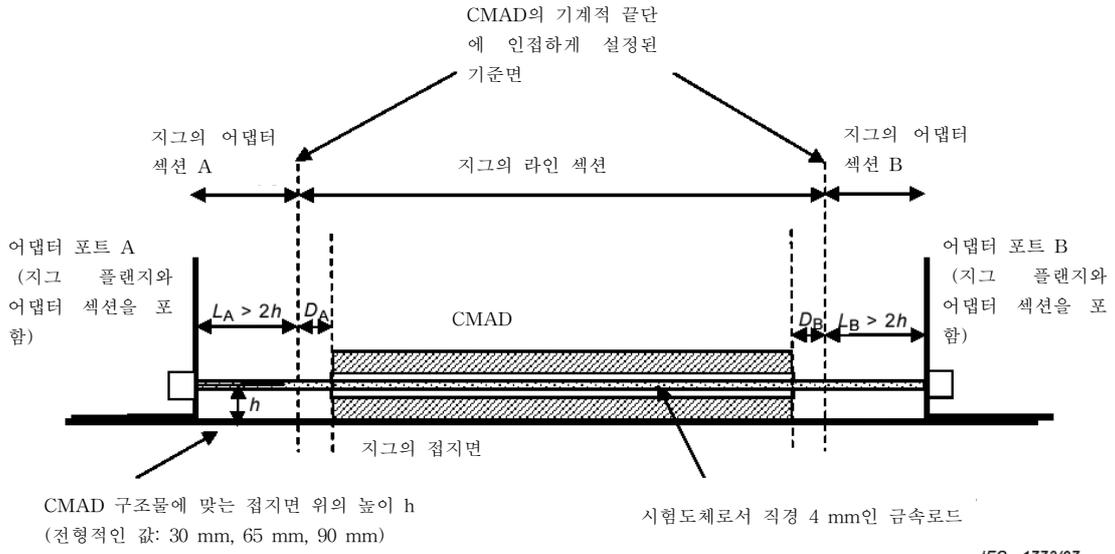
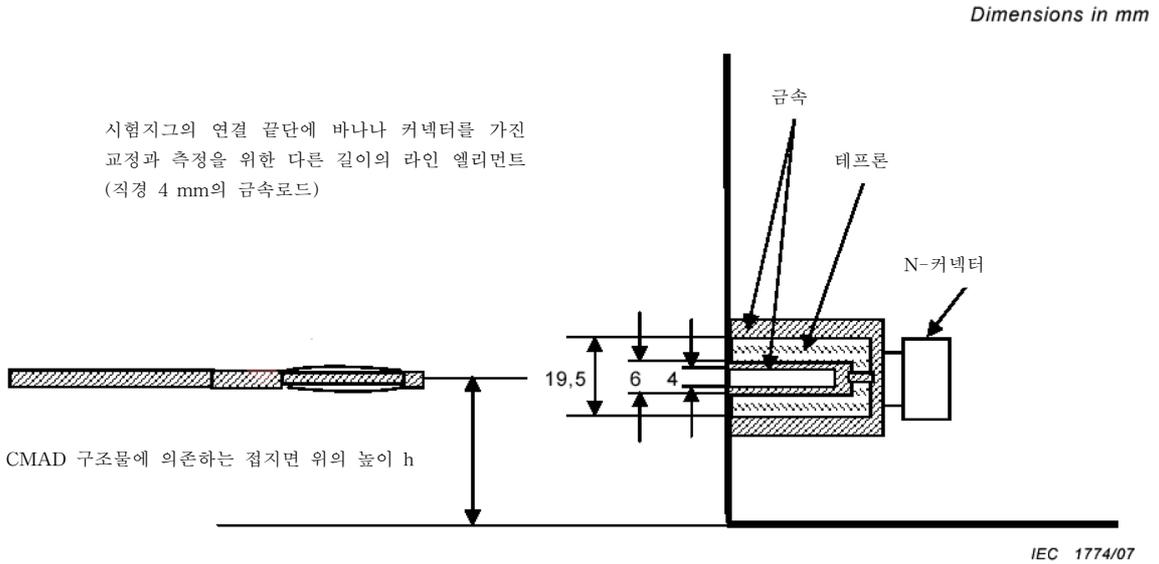
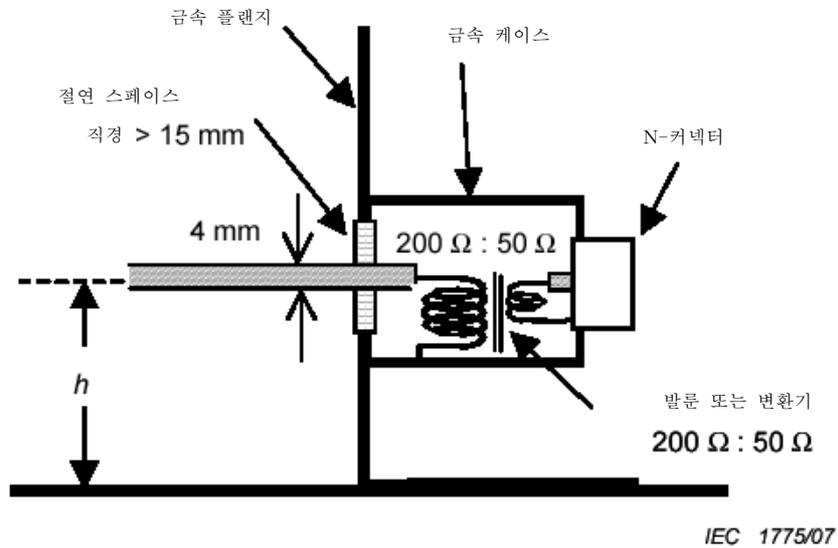


그림 21 - 시험지그 내부의 기준면 정의



수직 플랜지의 바나나면은 전기적으로 금속 접지면과 연결되어야 한다.

그림 22 - 지그의 수직 플랜지에서 50Ω 어댑터 구조의 예



만약 밸런스 포트의 중앙탭이 발룬 케이스에 연결되어 있다면 분리해야 한다.

그림 23 - 발룬이나 변환기를 가지는 매칭 어댑터의 예

	$R_1 = 50 \sqrt{\frac{Z_{0\_jig}}{Z_{0\_jig} - 50}} \Omega$ $R_2 = \sqrt{Z_{0\_jig} (Z_{0\_jig} - 50)} \Omega$																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>h</math> mm</th> <th><math>Z_{0\_jig}</math> <math>\Omega</math></th> <th><math>R_1</math> <math>\Omega</math></th> <th><math>R_2</math> <math>\Omega</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>204</td> <td>57,6</td> <td>177,3</td> </tr> <tr> <td>65</td> <td>248</td> <td>56,0</td> <td>221,6</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>270</td> <td>55,4</td> <td>243,7</td> </tr> </tbody> </table>	$h$ mm	$Z_{0\_jig}$ $\Omega$	$R_1$ $\Omega$	$R_2$ $\Omega$	30	204	57,6	177,3	65	248	56,0	221,6	90	270	55,4	243,7		
$h$ mm	$Z_{0\_jig}$ $\Omega$	$R_1$ $\Omega$	$R_2$ $\Omega$																
30	204	57,6	177,3																
65	248	56,0	221,6																
90	270	55,4	243,7																

IEC 1776/07

그림 24 - 저항성의 매칭 네트워크를 가지는 매칭 어댑터의 예



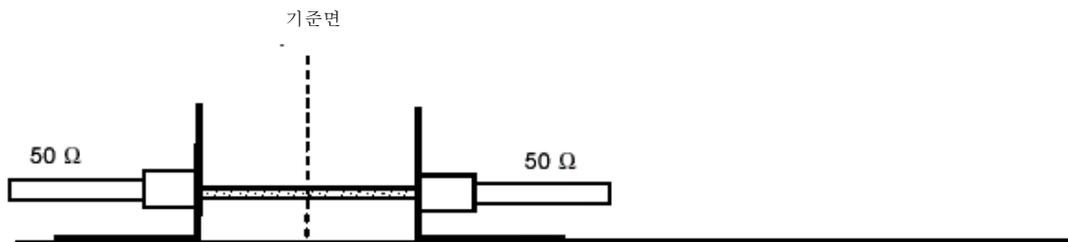
a) “반사(Reflect) 포트 A” 교정측정을 위한 구성

IEC 1777/07



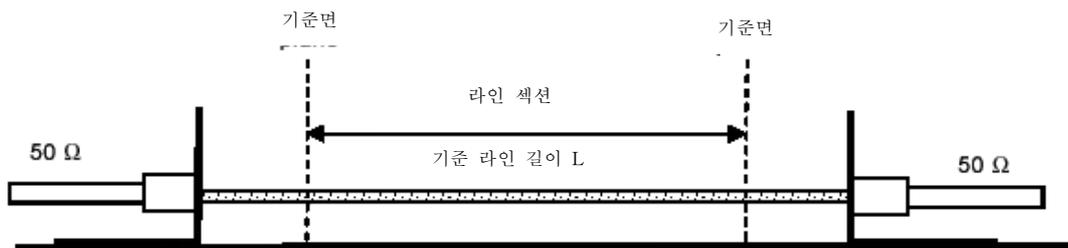
b) “반사(Reflect) 포트 B” 교정측정을 위한 구성

IEC 1778/07



c) “관통(Through)” 교정측정을 위한 구성

IEC 1779/07



d) “라인(Line)” 교정측정을 위한 구성

IEC 1780/07

주) 교정을 위한 기준선의 길이 L은 CMAD의 측정을 위해 사용되는 길이와 같을 필요는 없다. 교정절차를 위한 기준선의 길이는 필요한 주파수 범위에 따라 선정되어야 한다.

그림 25 - TRL 교정을 위한 4가지 구성

## 부록 A (규격)

### 안테나 인자

#### A.1 서론

여러 CISPR 규격들이 측정에 사용할 수 있는 특정 안테나들을 명시하고 있다. 만약 그 결과가 특정 안테나에서 얻은 결과와 같다면 다른 종류의 안테나를 사용할 수 있다. 특정 안테나와 이러한 안테나는 적당한 인자들에 의해 비교될 수 있다. 이러한 인자들은 새로운 안테나의 사용을 권장하는 어떠한 CISPR 기고의 일부분으로서 명시되어야 한다. 안테나 제조자들은 방해 측정을 하는데 사용되는 광대역 안테나들의 가장 유용한 면을 명시함에 있어서 길잡이로써 이러한 정보들을 사용해야 한다. 제조자들은 다음 인자들을 포함하여 각각의 안테나 모델에 관한 일반적인 정보를 제공해야 한다. : 50  $\Omega$  시스템에 자유공간 안테나 인자, 회귀손실, 중요한 변화(방사각 정보를 포함)를 나타내기 위한 충분한 주파수 간격에서의 방사 형태, 그리고 안테나가 1 m와 4 m 사이의 높이를 스캔할 때 접지면과의 상호 커플링에 의해 야기되는 자유공간 안테나 인자로부터의 편차를 설명하기 위한 주파수에 따른 불확도 값

#### A.2 선호 안테나

만약 전계 한계값에 적합하지 않다면 낮은 불확도 안테나로 측정하는 것이 더 좋다. 낮은 불확도 안테나는 CISPR 시험 셋업에 있어 다른 안테나에 대해 필요로 되는 것보다 더 낮은 불확도로 장의 세기가 측정될 수 있으며, 이것은 4.1의 장의 세기에 대한 정확도 기준을 만족해야 한다. 낮은 불확도 안테나들은 A2.2에 서술된다.

##### A.2.1 계산 가능 안테나

계산 가능 기준 다이폴 안테나는 전계강도에 있어서 가장 낮은 불확도를 가능하게 한다. 안테나 인자는 자유공간에 대해 접지면 위의 어떤 높이와 편파에서 계산될 수 있다. 계산할 수 있는 기준 다이폴의 원리는 CISPR 16-1-5에 서술되어 있는데, 오직 공명조건만이 서술된다. 그러나 수학적 전자기 모델링을 이용하여 널리 사용되는 싱글 다이폴 길이에 대한 안테나 인자는  $\pm 0.3$  dB 이하의 불확도로 넓은 주파수 영역에 대해 계산될 수 있다. 예를 들어, 30 MHz에서의 측정에 있어서 80 MHz에 공명하는 다이폴이 사용될 수 있다. 그 원리는 더 넓은 대역폭에 사용되는 다선 (multi-wire) 안테나까지 확장될 수 있다.

##### A.2.2 낮은 불확도 안테나

낮은 불확도 안테나는 바이코니칼과 LPDA 안테나이며, 이들의 기본 인자는 다음절에 서술된다. 이 안테나들은 광대역이며 안테나 인자들이 너무 높지 않은 적당한 민감도를 가지고 있다. 계산할 수 있는 다이폴이 사용될 수 있고, 잠재적으로 가장 낮은 불확도를 가지고 있다. 교차편파 응답은 4.4.4의 요구사항을 만족해야 하며, 어떠한 별론이라도 4.4.3에 서술된 요구사항을 만족해야 한다. 안테나 인자는 국가기준에 대한 소급성을 제공하는 교정 시험실에 의해 결정되어지며, 안테나 인

자의 불확도가 최소화되도록 한다.

승인된 타입은 30 MHz에서 250 MHz까지의 주파수 대역에 사용되는 바이코니칼 안테나와 250 MHz에서 1 GHz 주파수의 LPDA 안테나이다. 이렇게 주파수 경계의 이유는 LPDA 안테나는 그 길이 때문에 위상중심 에러가 발생하며, 따라서 250 MHz에서 시작함으로써 그 에러는 감소될 수 있다. 그리고, 대부분의 바이코니칼 안테나는 290 MHz 이상에서 공진에 의해 영향을 받으며, 개방 구조 소자(이동가능하거나 접을 수 있는)가 사용되지 않는다면 260 MHz 이상에서 방사패턴의 왜곡이 나타난다. 바이코니칼과 LPDA 안테나 사이의 주파수 경계는 200 MHz와 250 MHz 사이에 있을 수 있으며, 250 MHz 아래로 LPDA 안테나와 연관된 위상 중심 불확도에서 약간 증가한다. 30 MHz에서 1 000 MHz까지 전 주파수 대역에 사용되는 하이브리드 안테나는 선호되지 않는다. 왜냐하면 주로 더 큰 안테나 길이에 의해, 특히 발생원으로부터 3 m의 거리에서 사용될 때(10 m와 대조적으로) 바이코니칼과 LPDA 안테나 보다 불확도가 더 높기 때문이다.

낮은 불확도 바이코니칼 안테나는 끝과 끝의 길이가 대략  $1.35 \text{ m} \pm 0.03 \text{ m}$ (발륜폭에 의존)인 하나의 소자와 가장 넓은 직경이 대략 0.52 m인 원뿔모양의 6개의 소자를 가지고 있다. 그 별륜은 30 MHz에서 더 좋은 감도와 환경과의 더 낮은 상호 커플링을 갖도록  $200 \Omega$ ( $200 \Omega$ 대  $50 \Omega$ 의 변환비)으로 설계되어야 한다.

주) 바이코니칼 안테나는 MIL STD 461A<sup>5)</sup>에 근거하며, 20 MHz에서 200 MHz까지 동작할 수 있도록 설계되었다. 접을 수 있는 소자 설계는 250 MHz 이상의 “케이지(cage)” 소자 설계보다 더 좋은 성능을 가진다.

낮음 불확도의 LPDA는 200 MHz의 가장 낮은 주파수를 가지며(가장 긴 소자는 200 MHz에서 공진한다, 대략 0.75 m), 가장 긴 소자와 가장 짧은 소자 사이의 길이가  $0.75 \text{ m} \pm 0.12 \text{ m}$ 이다. 이 이상은 1 GHz에서 공진한다. 250 MHz에서 가장 긴 소자를 가지지 않는 이유는 배열에 의해 바운딩되지 않고, 방사 패턴이 왜곡되기 때문이다. 0.75 m 길이의 안테나는 더 높은 이득을 가지지만 더 큰 위상 중심 에러를 가지는 두 배 길이의 안테나, 그리고 주파수와 함께 단조롭게 증가하는 안테나 인자를 가질 가능성 없는 길이가 0.6 m보다 작은 안테나와 구별된다(전 주파수 대역에 걸쳐 회귀선으로부터 겨우 1.5 dB 벗어나는 안테나 인자에 있어서의 가파른 상승에 의해).

### A.3 단순 다이폴 안테나

만약 시험실이 안테나가 교정될 수 없다면, 계산할 수 있는 다이폴 혹은 동조 다이폴 형태의 다이폴 안테나로 대체하여 사용할 수 있다. 동조 다이폴은 상대적으로 구조가 간단하며, A.2에 서술된 안테나와 비교하여 장의 강도 측정에 있어 낮은 불확도를 제공한다. 동조 다이폴의 안테나 인자는 국가기준의 소급성을 제공하고, 안테나 인자의 불확도를 최소화하는 시험실에 의하거나 접지면 위에 한 쌍의 유사한 다이폴 사이에서의 시험장 삽입손실을 측정하여(부록 D에 따름) 발륜의 손실을 포함하여 계산된 커플링과 비교함으로써 입증되어야 한다. CISPR 16-1-5의 부록 C 참조. 동조 다이폴의 결점은 낮은 주파수 대역에서의 긴 길이이다. 예를 들면, 30 MHz에서 길이가 4.8 m이다. 이것은 3 m의 측정 거리에서 진폭과 위상의 변화에 의한 에러가 나타난다. 또한, 다이폴은 동조되어질 때 주변 환경에 가장 민감하다. 그 결과 접지면에 있는 그 상과의 상호 임피던스는 수평으로 편파되고 접지면 위 1 m에서 4 m까지의 높이를 스캔하는 30 MHz 다이폴에 대해 6 dB가

지 안테나 인자를 변화시킬 수 있다. 이러한 이유로 80 MHz까지 동조되는 짧은 다이폴이 80 MHz 아래로 사용할 때 추천되어진다.

### A.3.1 동조된 다이폴

실제적이고 간단한 동조 다이폴 설계는 평행한 동축 스템(stub) 발룬을 가진 반파장 공진 다이폴을 의미한다. 끝과 끝 다이폴의 길이는 대략 0.48 파장이고, 다이폴 소자의 반경에 의존한다. 자유공간 안테나 인자는 다음 방정식으로부터 dB로 산출된다. 이것은 평균값 0.5 dB가 안테나 인자에 더해질 수 있기 때문에 발룬 손실을 포함하지 않는다. 그리고 이 손실 인자는 확인되어야 한다.

$$AF \text{ (dB)} = 20 \log f_m - 31.4$$

여기서,  $f_m$ 은 MHz 단위의 주파수이다.

동조 다이폴이 광대역 안테나보다 주위 환경에 더 민감하기 때문에(공진주파수에서는 제외, LPDAs 제외) 동조 다이폴의 사용에 있어서 전체적인 불확도가 4.4.1의 낮은 불확도 안테나보다 적을 가능성은 없다.

### A.3.2 단축 다이폴

만약 다음과 같다면 반파장보다 더 단축 다이폴이 사용될 수 있다.

- a) 측정 주파수에서 총 길이가 파장의 1/10보다 크다.
- b) 케이블 입력에서 회귀손실이 10 dB 이상이 되도록 수신기 끝단에 충분히 잘 맞춰진 케이블에 연결된다.
- c) 동조 다이폴과 같은 편파 탐지력을 가진다(4.4.2에 서술됨). 이를 위해 발룬이 도움이 된다.
- d) 측정장 세기의 결정에 있어서 측정거리(예, 적어도 다이폴의 3배 길이의 거리에서)에서 교정곡선(안테나 인자)이 결정되어 사용된다.

주) 이렇게 얻어진 안테나 인자들은  $\pm 3$  dB 이하의 정확도로 균일한 싸인파 장을 측정하기 위한 요구사항을 만족시킬 수 있게 한다. 교정곡선의 예는 장의 세기와 입력 임피던스가  $50 \Omega$ 인 수신기, 다양한 I/d비에 대한 수신기 입력전압 사이의 이론적인 관계를 보여주는 그림 A.1에 주어진다. 이 그림에서 발룬은 이상적인 1 : 1 변환기로서 고려되어 진다. 그러나, 이러한 곡선들은 발룬과 케이블의 손실, 그리고 케이블과 수신기 사이의 어떤 부조화를 설명하지 못한다는 것이 명기되어야 한다.

- e) 짧은 길이의 다이폴에 기인한 높은 안테나 인자 때문에 장의 세기계의 민감도 손실에도 불구하고, 장의 세기계의 측정 한계값(수신기의 노이즈와 다이폴의 전송인자에 의해 결정됨)은 적어도 측정신호 레벨의 10 dB 밑으로 되어야 한다.

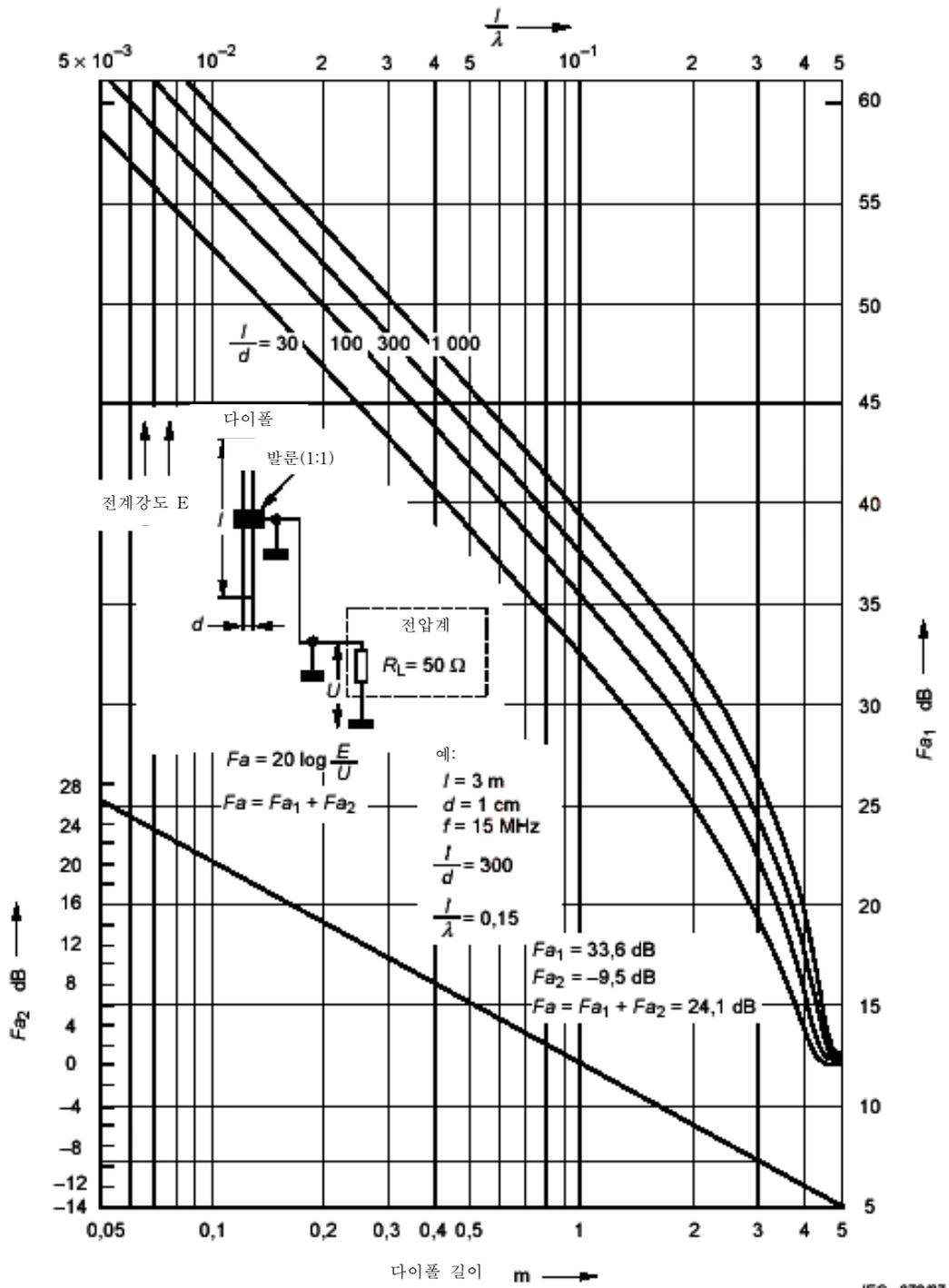


그림 A.1 -  $R_L=50\Omega$ 에 대한 단축 다이폴 안테나 인자(A.3.2.d 참조)

## A.4 광대역 안테나 인자

CISPR 측정을 위해 쓰이는 광대역 안테나는 선형 편향되고 넓은 주파수 대역에서 사용되는 안테나들이다. 이것은 제한된 길이 조절을 가진 안테나의 사용이나 안테나 소자 부분의 추가를 막지는 못한다. 그러한 안테나들의 입력 임피던스는 전형적으로 복소수의 양이다. 명시된 다른 인자들은 아래에 포함되어 있다.

### A.4.1 안테나 형태

다음 사항들은 제공되어야 하는 광대역 안테나들의 물리적 인자를 설명한다. 몇몇의 인자들은 모든 안테나에 적용할 수 없음을 주의하라.

#### A.4.1.1 고정 또는 길이 및 직경이 가변이 가능한 안테나 유형

안테나가 가변 길이를 가지고 있다면, 기본 고정길이를 변화시키기 위해 가감된 섹션의 수를 명시하라.

주) 완전한 동조 안테나들은 광대역으로 간주되는 것은 아니므로 여기에 명시되지 않는다. 루프 안테나들의 직경은 일반적으로 가변적이 아니다.

#### A.4.1.2 깊이 대 폭의 비, 루프 직경

제공된 치수는  $m$  이다. 예를 들면, 대수주기 배열에 대하여, 측정 축을 따른 성분의 길이와 가장 큰 성분의 폭이 주어진다.

#### A.4.1.3 능동 또는 수동 안테나

신호를 증폭하고 또는 주파수 응답을 실현하는 다른 비선형 능동소자, 전치증폭기, 증폭기를 포함하고 있는 광대역 안테나는 능동안테나로 간주된다.

#### A.4.1.4 장비 설비 배치

전형적인 삼각대 (tripod)나 안테나 포지셔너(positioner)에 의해 설치될 수 있는 것들 이상의 요구되는 설비를 제공한다.

#### A.4.1.5 커넥터 유형

BNC, N, SMA등을 적절히 명시한다. 핀 깊이 공차를 명시하고, 그것이 핀 깊이 계량기로 확인되어졌음을 명기해야 한다.

#### A.4.1.6 발룬 유형

발룬이 분리형인지, 분배형인지, 조정 가능한 형인지 명시한다. 발룬 변환기 비를 명시한다.

## A.4.2 안테나 규격

### A.4.2.1 주파수 대역

안테나가 정상적으로 작동할 때 주파수 대역을 MHz나 kHz로 명시한다. 이 주파수 대역의 어느쪽 끝에서든 옥타브당 데시벨로 정의된 감쇠 특성이 있다면 명시한다.

### A.4.2.2 이득과 안테나 인자

#### A.4.2.2.1 이득

등방성 안테나에 대해 대표적 또는 실제 이득을 데시벨로 명시한다.(dBi)

#### A.4.2.2.2 안테나 인자

대표적 또는 실제 안테나 인자를 미터 당 데시벨로 명시한다. 안테나 교정 절차는 고려중에 있으며 CISPR 16-1-5에 준비되고 있다.

A.2.3.1에 있는 교정 절차를 사용하여 이득과 안테나 인자를 측정한다.

### A.4.2.3 선형 편파에 대한 패턴과 지향성

주파수에 따른 주요한 변화를 보기 위해 충분한 수의 주파수로서 E와 H 평면에서 극좌표로 각도에 따른 안테나 패턴과 지향성을 명시하라. 낮은 지향성 안테나에 대해서는 전방 대 후방 비를 데시벨로 명시한다. 만약 헤르츠 다이폴 패턴과 같은 전방향성 안테나라면 그렇게 설명한다.

### A.4.2.4 정재파비와 임피던스

최소 회귀손실과 공칭 입력 임피던스를  $\Omega$ 으로 표시하라. 추가적으로 최소 회귀손실은 최대 정재파비로 표현될 수 있다.

### A.4.2.5 능동 안테나 동작

능동 증폭이득을 가진 안테나에 대해서, 상호변조 산출 레벨과 외부 방해파에 대한 전자계 강도 내성레벨을 명시한다. 과부하나 오동작을 결정하기 위한 어떤 적절한 확인법을 명시한다.

### A.4.2.6 전력 조절

내성 사용을 위해, 최대 및 과도 전력조절 용량(와트로 표시)을 명기한다.

### A.4.2.7 그 밖의 조건

안테나가 작동해야 하는 기온과 습도 범위를 명시한다. 날씨에 노출된 무방비 지역에서 사용된다면

어떠한 주의를 명시한다.

### **A.4.3 안테나 교정**

#### **A.4.3.1 방사 측정을 위한 교정법**

교정에 사용되는 방법을 확인한다. 즉,

a) 계산에 의한 방법(사용된 공식을 나타낸다).

b) 측정에 의한 방법(사용된 방법과 규격 또는 국가교정시험실에 대한 소급성 및 개별적으로 교정하였는지에 대해 명시).

주) 내성 측정에 대해서, 전자계 강도의 교정은 일반적으로 방사의 영향을 받는 장치의 위치에 있는 교정된 수신 안테나나 필드 프로브를 사용한다. 따라서 전송 안테나에 대해서는 어떠한 교정도 필요치 않다.

#### **A.4.3.2 주파수 간격**

교정이 이루어지는 동안 사용되는 주파수를 MHz나 kHz로 나타낸다. 소인 주파수 절차가 사용된다면 그렇게 설명한다.

#### **A.4.3.3 교정의 정확도**

교정의 불확도를  $\pm$  데시벨로 명시한다. 가장 낮은 불확도와 그 때의 주파수 대역 부분을 나타낸다.

#### **A.4.3.4 선호되거나 명시된 안테나와의 상관관계**

CISPR 출판물에서 인용된 선호되거나 명시된 안테나로 대체된다면 그 안테나에 의한 결과와 광대역 안테나의 결과가 같도록 모든 상관인자를 데시벨로 표시한다. 자계의 세기로부터 또는 역으로 전자계 강도의 측정 단위가 아닌 값으로 변환이나 또는 다른 어떤 변환에 이용되는 변환인자를 표시하라.

#### **A.4.3.5 단위**

전자계의 방사강도 측정을 하는 데 필요한 교정 단위들을 명시한다.

### **A.4.4 안테나 사용자 정보**

#### **A.4.4.1 안테나 사용**

안테나 사용 설명서를 제공한다. 오용의 가능성을 줄이기 위한 특별한 주의나 한계가 언급되어 있는지 확인한다.

#### A.4.4.2 물리적 한계

안테나를 사용하는데 어떠한 물리적 한계가 있다면 아래와 같이 표시한다.

- a) 접지면 위로의 최소 높이
- b) 접지면에 대하여 선호되는 편향
- c) 특별한 사용 즉, 수신안테나 또는 송신 안테나로서만 사용. 일반적으로 이것은 능동안테나에서는 비양방향성 특성 또는 수동안테나에서는 발룬의 전력 조절 용량에 제한된다. 전력 조절이 비용접 안테나 소자에 가로질러 호를 그림으로써 제한되는지를 명기하라.
- d) 안테나의 연속성 보전을 결정하기 위한 간단한 저항의 확인,
- e) 측정되는 장치에 가장 가까운 안테나 소자의 최소 간격

## 부록 B (규격)

### 모노폴 안테나(1 m 로드 안테나)의 성능 방정식과 안테나 정합 회로망의 특성

#### B.1 설명

##### B.1.1 모노폴 안테나(1 m 로드 안테나) 시스템의 소개

모노폴(로드) 안테나는 일반적으로 30 MHz 이하의 주파수에서 사용하지만, 때로는 그 이상의 주파수에서 사용하기도 한다. 낮은 주파수 대역에서는 파장이 길기 때문에, 안테나의 교정이나 분류 방법을 높은 주파수 대역에서 그대로 적용할 수 없다. 여기에 30 MHz 이상의 주파수에 적용할 수 있는 기술들을 정의하였다. 사용상 주의 점은, 이 방법은 오차가 작으므로 (1 dB 이하) 상업적으로 사용된다.

안테나 인자가 국제 표준에 적합하게 할 수 있는 첫 번째 방법은 평면파로서 안테나 전체를 해석(설명)하는 것이다. 다른 방법으로는 모노폴을 커패시터로 대체하는 것으로서 본 부록에서 언급한다. 비록 커패시터 대체 방법이 안테나 인자를 결정하는 것이 가능하지만, 실제 교정 과정 동안에 안테나 인자를  $\pm 1$  dB 유지하는 전문적인 지식이 요구된다. 이것은 특히 모노폴 소자가 동축 커넥터로 부착할 수 없는 종류의 안테나일 경우에 사용된다. 마지막으로, 커패시터 대체 방법의 사용상 주의할 점은 10 MHz 이상의 주파수와 능동 안테나이어야 한다.

##### B.1.2 모노폴 안테나 성능 방정식

아래의 식은 생소한 크기의 로드 또는 모노폴 안테나의 유효 높이, 자가 커패시턴스 용량, 그리고 높이 조정 인자를 결정하는데 사용된다.

$\lambda/8$  보다 짧은 원통형 로드 안테나일 경우에만 유효하다 [8]\*.

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad [1], [2], [3] \quad (B.1)$$

$$C_a = \frac{55.6h}{\left(\ln \frac{h}{a}\right) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \quad [3], [4], [5], [6], [7], [8] \quad (B.2)$$

$$C_h = 20 \log h_e \quad (B.3)$$

여기에서

\* 모난 괄호는 B.5 절의 참조 문헌을 언급한다.

$h_e$  는 안테나의 유효 높이이며, 단위는 m ;

$h$  는 로드 소자의 실제 높이이며, 단위는 m ;

$\lambda$  는 파장이며, 단위는 미터(m) ;

$C_a$  는 로드 안테나의 자가 커패시턴스로, 단위는 pF ;

$a$  는 로드 소자의 반경이며, 단위는 m ;

$C_h$  는 높이 조정계수로, 단위는 dB(m)이다.

## B.2 정합 회로망 특성화 방법

동등한 커패시턴스 대체 방법은 실제 로드 소자를 대체한 더미 안테나에 사용된다. 더미 안테나의 첫 번째 인자는 로드 또는 모노폴의 자가 커패시턴스와 같은 커패시터이다. 더미 안테나는 신호원을 공급받고, 정합 회로망 또는 안테나의 기본 장치로부터의 출력은 아래 그림 B.1.과 같은 시험 장치에서 측정된다. 안테나 계수 (AF)는 단위가 dB(1/m)이며, 식 (B.4)에 주어진다.

$$AF = V_D - V_L - C_h \quad (B.4)$$

여기에서

$V_D$  는 신호 발생기의 출력을 측정한 것으로, 단위는 dB( $\mu$ W) ;

$V_L$  은 정합 회로망의 출력을 측정한 것으로, 단위는 dB( $\mu$ W) ;

$C_h$  는 (유효 높이에 대한) 높이 보정 계수로, 단위는 dB(m) 이다.

일반적으로 전기자기적합성 측정에 사용되는 (1 m 로드) 모노폴 안테나의 유효높이( $h_e$ )는 0.5 m, 높이 보정 계수( $C_h$ )는 - 6 dB, 자가 커패시턴스( $C_a$ )는 10 pF의 값을 가진다.

주) 생소한 크기의 로드 안테나의 유효높이, 높이 보정계수, 자가 커패시턴스를 계산하기 위해서는 B.1.2를 참조.

두 가지 절차가 사용된다. B.2.1의 회로망 분석기, B.2.2의 신호 발생기와 radio-noise 측정기를 사용하는 방법이다. 두 가지 방법 모두 같은 더미 안테나를 사용한다. B.3에 더미 안테나를 만드는 방법을 설명하였다. 측정은 안테나의 동작 범위, 또는 9 kHz에서 30 MHz사이에서, 주파수에 대한 안테나 계수를 부드러운 곡선으로 나타낼 수 있도록 충분히 이루어져야 하고 그 값은 점점 작아진다.

### B.2.1 회로망 분석기 절차

a) 측정에 사용될 케이블을 회로망 분석기로 보정한다.

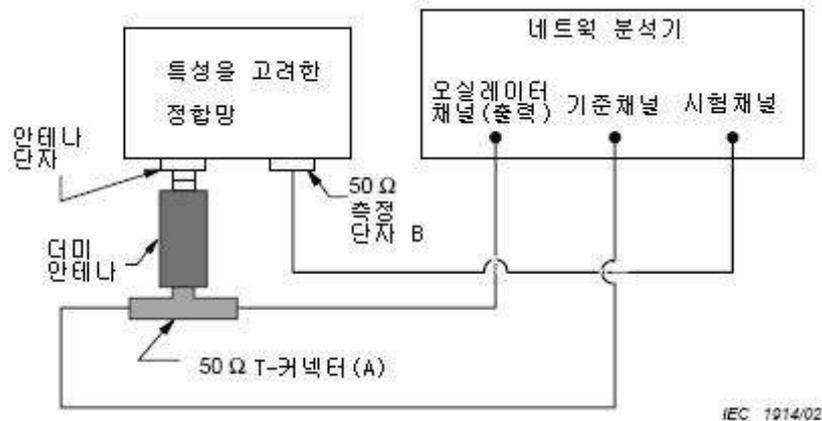
b) 그림 B.1.과 같이 특성화 된 정합 회로망과 측정 장치를 설치한다.

c) 테스트 채널에서의 신호 레벨( $\text{dB}(\mu\text{V})$ )을 기준 채널의 신호 레벨( $\text{dB}(\mu\text{V})$ )에서 빼고, 안테나의 안테나 계수( $\text{dB}(1/\text{m})$ )에서  $C_h$ (1 m 로드 일때 - 6 dB)를 뺀다.

주) 회로망 분석기는 감쇄 패드가 필요하지 않다. 회로망 분석기의 채널 임피던스가 50  $\Omega$ 에 매우 근사하고, 약간의 오차는 회로망 분석기의 보정과정에서 정확하게 만들어준다. 만약 원한다면, 감쇄 패드를 사용할 수도 있지만 회로망 분석기의 보정과정을 복잡하게 할 뿐이다.

### B.2.2 Radio-Noise 계측기와 신호 발생기의 사용 절차

- 그림 B.2와 같이 특성화 된 정합 회로망과 측정 장비를 설치한다.
- 장비는 그림과 같이 연결되어 있으며, T-커넥터(A)의 끝단은 50  $\Omega$ 이고, RF 포트(B)에서 수신된 신호 전압( $V_L$ )을 측정한다.
- 신호 발생기의 RF 출력을 그대로 남겨두고, 50  $\Omega$  끝단을 RF 포트(B)로 바꾸고 수신기의 입력 케이블을 T-커넥터로 교체한다. 신호전압  $V_D$  ( $\text{dB}(\mu\text{V})$ )를 측정한다.
- $V_D$ 에서  $V_L$ 을 빼고, 안테나의 안테나 계수에서  $C_h$ (1 m 로드 일때 -6 dB)를 뺀다.



주1) 더미(부하) 안테나를 최대한 시험품 가까이 설치한다. T-커넥터를 최대한 더미 안테나 가까이 설치한다. T-커넥터와 기준 입력 채널사이, T-커넥터와 테스트 채널의 50  $\Omega$  포트 사이의 케이블은 같은 길이와 종류의 것을 사용하여야 한다.

주 2) 회로망 분석기에 감쇄 패드는 필요하지 않으며, 권하지도 않는다.

그림 B.1 - 회로망 분석기를 사용한 방법

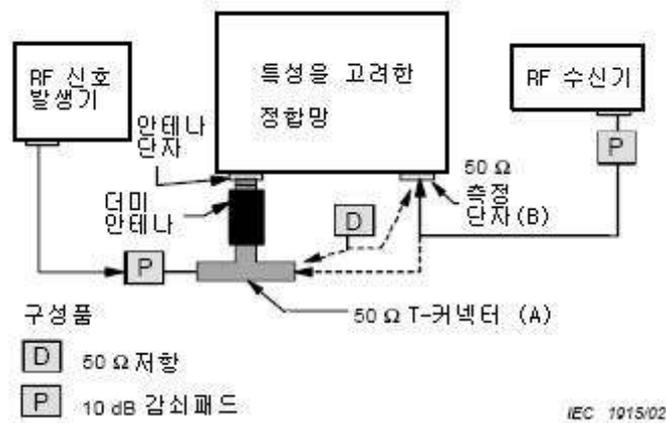


그림 B.2 - 무선잡음 측정기와 신호 발생기의 사용 방법

- 주1) 더미 안테나는 최대한 시험품 가까이 설치한다. T-커넥터는 최대한 더미 안테나 가까이 설치한다.
- 주2) 수신기와 신호 발생기의 VSWR 값이 낮으면, 패드는 필요하지 않거나 3 dB나 6 dB 감소시켜준다.
- 주3) 더미 안테나는 VSWR 값을 조절하기 위하여 입력이나 측정 포트의 신호 발생기 레벨이 다른 정합 부분에 연결될 수도 있다.

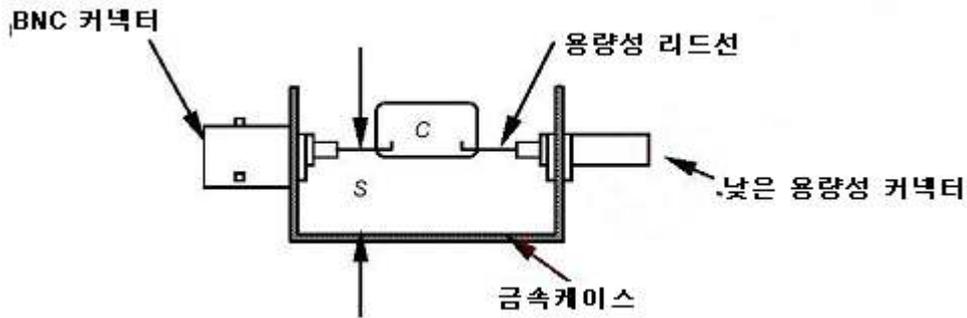
50 Ω의 끝단은 매우 낮은 정재파비(SWR)(1.05:1 이하)를 가져야 한다. radio-noise 계측기는 보정되어야 하고 낮은 SWR (2:1 이하) 값을 갖는다. 신호 발생기의 출력은 주파수와 진폭이 일정해야 한다.

주) 신호 발생기는 전송 표준으로 사용되기 때문에 교정이 필요 없다.

### B.3 부하 안테나의 고려사항

부하 안테나에 사용되는 커패시터는 작은 금속상자 안이나 작은 금속 프레임 위에 설치된다. 리드선은 8 mm가 넘지 않도록 최대한 짧게 설치하고 금속 상자나 프레임으로부터 5 mm에서 10 mm 사이의 공간을 둔다. 그림 B.3을 보라.

안테나 인자측정 시험배치에 사용된 T-커넥터는 부하 안테나 상자 내에 구성된다. 저항 패드는 발생기의 임피던스 정합을 시켜주고 역시 더미 안테나 상자에 구성된다.



구성인자

C 방정식 (B.2)로부터 구해진 안테나 커패시턴스 ( $C_a$ ), 허용오차 5%, silver mica

S 리드 공간, 5 mm에서 10 mm (밀폐된 상자일 경우 모든 면으로부터 10 mm)

L 리드의 길이, 8 mm를 넘지 않게 최대한 짧게 한다. (커패시터 리드와 로드 포트 커넥터의 길이를 포함하여, 로드의 총 길이가 40 mm 이하여야 한다).

그림 B.3 - 부하 안테나의 설치 커패시터

#### B.4 모노폴(로드) 안테나의 적용

모노폴 로드 안테나는 일반적으로 평형추를 사용하고 또는 접지면에 설치하도록 설계된다. 정확한 필드의 세기를 얻기 위해, 평형추나 접지면 사용에 관해서는 제조자의 사용설명서나 추천서를 따라야 한다.

만약 로드 소자가 겹치게 사용된다면, 각 소자는 제조자의 사용설명서에 기재된 길이만큼 펼쳐 주어야 한다.

많은 측정규격은 모노폴 안테나의 평형추가 접지면 또는 시험 작업대의 접지면에 닿아 있어야 함을 명확히 한다. 측정 기준의 요구사항이 충족되어야 한다.

#### B.5 참조문헌

- [1] IEEE 291-1991, IEEE Standard Methods for Measuring Electromagnetic Field Strength of Sinusoidal Continuous Waves, 30 Hz to 30 Ghz. IEEE, Inc., 445 Hoes Lane, PO Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331 USA, p. 28-29.
- [2] GREENE, FM. NBS Field-Strength Standards and Measurements (30 Hz to 1000 MHz). Proc. IEEE, No. 6, June 1967, b vol. 55, p. 974-981.
- [3] SCHELKUNOFF, SA. and FRIIS, HT. Antennas: Theory and Practice. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952, p. 302-331.
- [4] SCHELKUNOFF, SA. Theory of Antennas of Arbitrary Size and Shape. Proc of the IRE, Sept. 1941, vol. 29, p. 492 -592.

## 부록 C (규격)

### 9 kHz - 30 MHz 주파수 대역에서 자계 유도전류 측정을 위한 루프 안테나 시스템

#### C.1 서론

본 부록에서는 9 kHz - 30 MHz 주파수 대역에서 루프 안테나 시스템(LAS)의 중앙에 위치한 단일 시험품에 의해서 방출되는 자계로 인해 LAS에 유기된 전류를 측정하기 위한 루프 안테나 시스템에 관련된 정보와 데이터들을 설명한다. 이 기준의 4.7절과 KS C CISPR 16-2의 부속항 2.6.5는 이러한 LAS를 기술한다.

LAS에 대한 상세한 설명과 LAS의 안테나에 대한 확인법이 주어진다. 시험품으로부터 지정 거리만큼 이격시킨 단일 루프 자계 안테나를 가지고 동일한 시험품이 측정될 때 얻어지는 자계 데이터와 자계 유기전류 데이터를 관련짓는 변환인자(Conversion factor)도 설명된다. 후자의 측정방법은 이 기준의 5절에 주어져 있다.

#### C.2 루프 안테나 시스템(LAS)의 구조

LAS(그림 C.1)는 C.3 절에서 설명된 상호수직 대형 루프안테나(LLAs) 3개로 구성된다. 전체 LAS는 비금속 기초부에 의해 지지된다.

LLA의 전류 프로브와 동축 스위치 사이, 그리고 이 스위치와 측정장비 사이의 50 Ω 동축선의 표면전달 임피던스는 100 kHz에서는 10 mΩ/m 그리고, 10 MHz에서는 1 mΩ/m 이하의 값을 유지해야 한다. 예를 들어, 이중편조 차폐 RG223/U 동축케이블을 사용함으로써 이러한 요구조건이 충족될 수 있다.

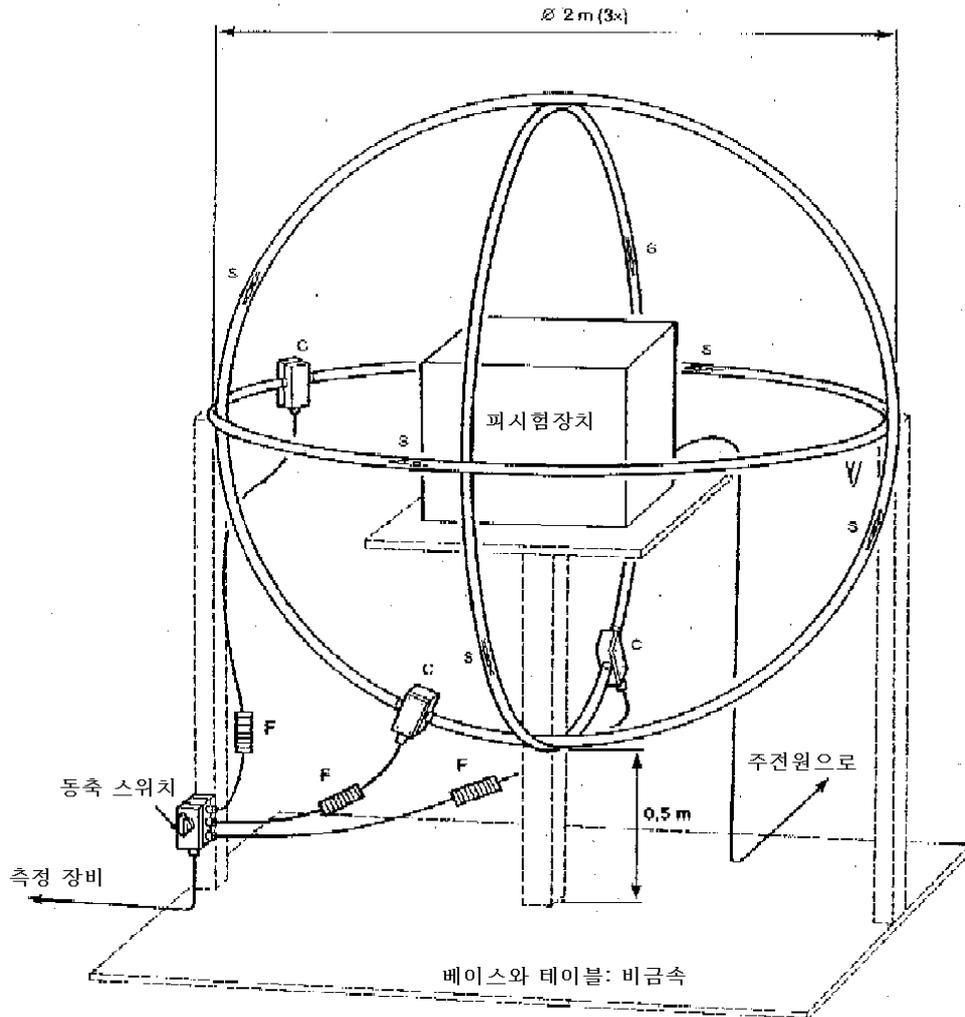
모든 연결선들의 표면 전달 임피던스는 동축선의 표면전달 임피던스값과 동일해야 한다. 예를 들어, 양질의 BNC collet-lock 유형의 연결선(IEC 60169-8 \* 참조)을 사용함으로써 이러한 요구조건이 충족될 수 있다.

모든 케이블에서 만약 공통모드 직렬저항( $R_s$ )이 10 MHz에서 100보다 크다면, 페라이트 흡수 장치(그림 C.1의 F)를 장착해야 한다. 예를 들면, 유형 3E1 페록스큐브(Ferrocube)(최소크기 (mm):29 O.D.× 19 I.D. × 7.5 Ht) 12개의 고리로 구성된 페라이트 트로이드를 사용함으로써 이러한 요구조건이 충족될 수 있다.

\* IEC 60169-8:1978, *Radio-frequency connectors - Part 8: RF Coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6.5mm(0.256in) with bayonet - Characteristic impedance 50 ohms(Type BNC)*

### C.3 대형 루프 안테나(LLA)의 구조

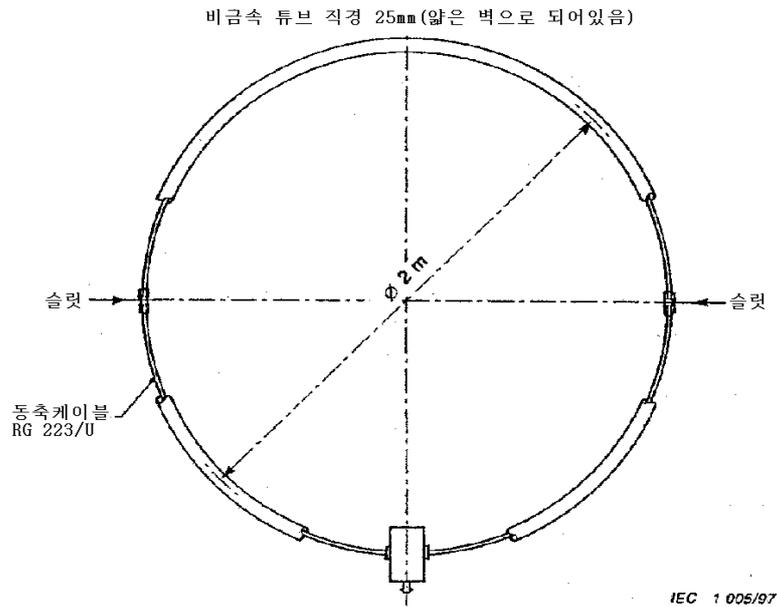
루프 안테나 시스템(LAS)의 대형 루프 안테나(LLA)는 표면전달 임피던스가 C.2절의 지정값을 갖는 동축케이블로 구성된다. 부가적으로, LLA의 내부도체의 저항값은 매우 낮아야 한다. (주.1 참조) 이러한 요구조건은 예를 들어, 이중편조 차폐 RG 223/U 동축선을 사용하면 충족될 수 있다.



S = 안테나 슬릿  
 C = 전류 프로브  
 F = 페라이트 흡수체

그림 C.1 - 3개의 상호수직 대형-루프 안테나로 구성된 루프-안테나 시스템

그림 C.2의 예에서와 같이 루프를 원형으로 유지하고 슬릿형성을 막기 위해 케이블은 내부직경이 25 mm 인 얇은 벽 비도체관에 삽입되어야 한다. 똑같은 목적을 달성할 수 있는 다른 형태의 비금속구성이 사용가능하다.

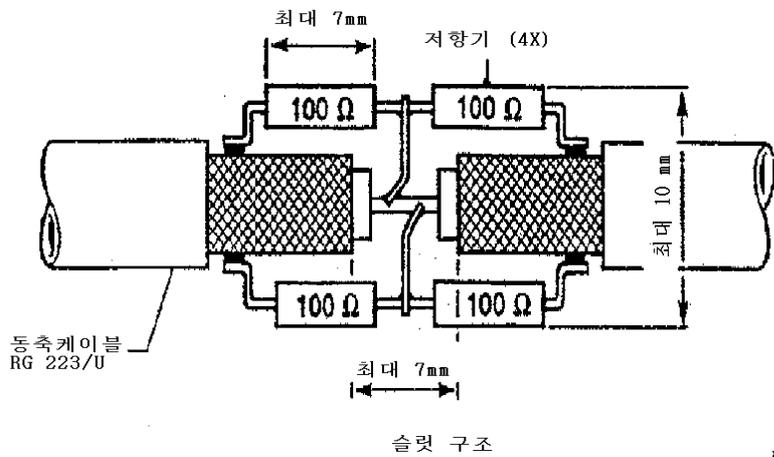


**그림 C.2 - 전류 프로브 C에 대해서 대칭적으로 놓여진 두 개의  
마주보는 슬릿을 포함한 대형 루프 안테나**

루프직경(D)는 2 m가 기준이며, 필요에 따라 예를 들면 대형 시험품의 경우에는 좀 더 커질 수 있다. 그러나 30 MHz이상의 주파수 대역에서 허용 가능한 최대 직경은 4 m이다. 직경을 더 늘린다면, 측정범위 최고 주파수에서의 LAS 응답에서 재생불능의 공진이 발생할 가능성이 있다.

직경이 증가할수록 주변잡음에 대한 민감성은 직경에 비례해서 증가되며, 원하는 신호에 대한 민감성은 직경의 제곱에 반비례하게 된다.

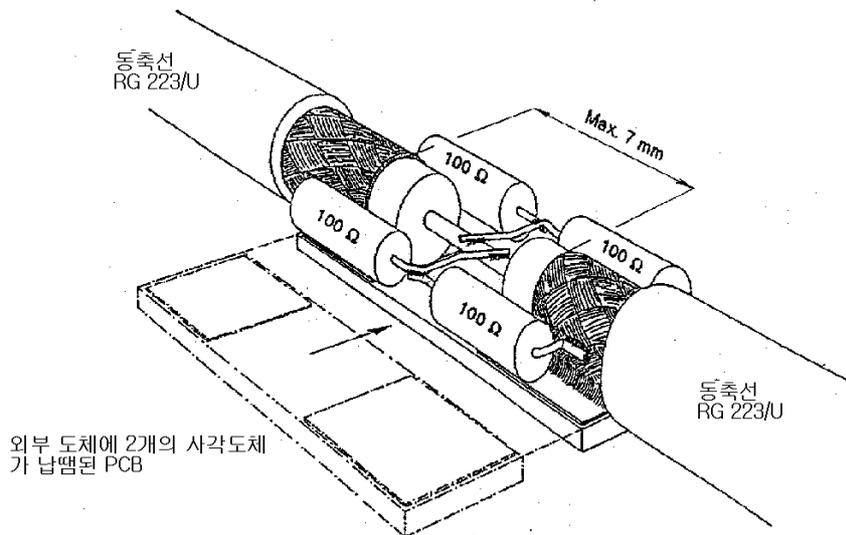
LLA는 두 개의 정반대방향의 슬릿을 포함하는데 이 슬릿을 LLA(그림 C.2 참조)의 전류 프로브에 대해 대칭적으로 위치하고 있다. 그림 C.3과 같은 동축 안테나 케이블의 외부도체로 제작된 슬릿의 폭은 7 mm이하의 값을 가져야 한다. 이러한 슬릿은 100 Ω 저항을 직렬 연결해서 만든 두 개의 조합을 병렬 연결해서 브리지 한다. 각각의 직렬회로의 중심부는 동축 안테나 케이블의 내부도체에 연결한다.



IEC 1006/97

그림 C.3 - 안테나 슬릿의 구조

슬릿의 각각의 면에 동축 안테나 케이블의 외부도체는 단단한 슬릿제작을 위해 최소 5 mm 이상 이격된 두 개의 직사각형모양의 구리판으로 구성된 PCB의 스트랩에 부착되어야 된다.(그림 C.4 참조)



IEC 1007/97

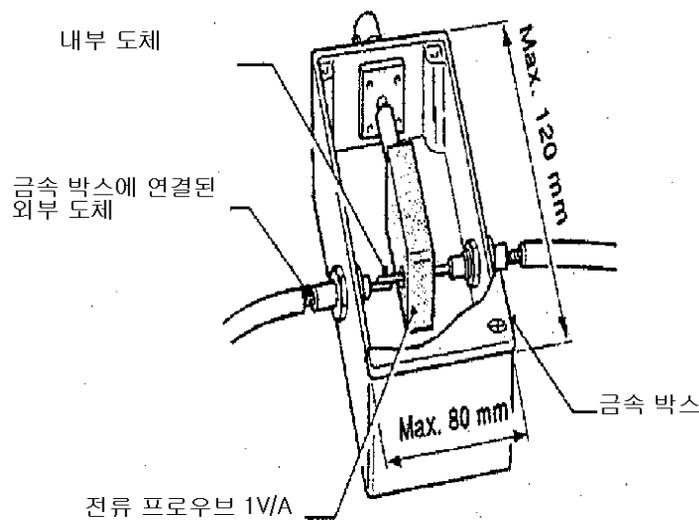
그림 C.4 - 견고한 구조를 얻기 위한 인쇄회로기판의 스트랩(strap)을 사용한 안테나 슬릿 구성의 예

동축 안테나 케이블의 내부도체 주위의 전류 프로브는 9 kHz - 30 MHz의 주파수 대역내에서 1 V/A의 민감도를 가져야 하며 전류프로브의 삽입손실 또한 낮은 값을 가져야 한다.(주.1 참조)

케이블의 외부도체는 전류프로브를 포함하는 금속상자에 부착되어야 한다.(그림 C.5 참조) 이 상자의 최대수치는 다음과 같다: 폭 80 mm, 길이 120 mm, 높이 80 mm

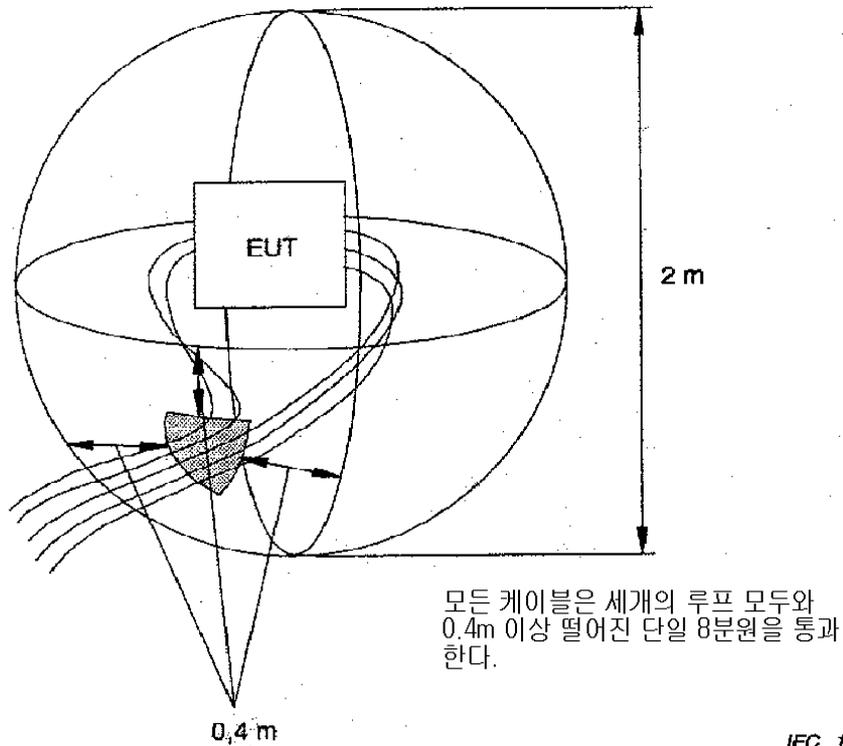
주1) 9 kHz - 30 MHz의 주파수 대역보다 낮은 주파수에서 LLA가 평탄한 주파수 응답을 얻기 위해 전류프로브의 삽입손실  $R_c$  는  $f$ 가 9 kHz에서  $2 \pi f L_c$  보다 작아야만 하고 여기서  $L_c$  는 전류프로브의 인덕턴스를 나타낸다. 또, 9 kHz에서는  $(R_c + R_i) \ll X_i = 2 \pi f L$  , 여기서  $R_i$  는 루프의 내부도체의 저항성분이고,  $L$ 은 루프 인덕턴스이다. 이 인덕턴스는 원주상에서 대략  $1.5 \mu\text{H/m}$ 이다. 그러므로 표준 LLA에 대해서  $f$ 가 9 kHz에서  $X_i \approx 0.5 \Omega$  이다.

주2) 시험품과 LAS 사이의 원치 않은 용량성 결합을 피하기 위해서 시험품과 LLA의 구성성분 사이의 이격거리는 적어도 루프직경의 0.1배로 유지되어야 한다. 시험품의 리드선들에 대한 특별한 주의를 요한다. 케이블들은 일정한 통로로 모아져야 하고 루프체적은 셀의 동일한 8분원에 위치해야 하며, 모든 LAS 루프와는 0.4 m이내의 거리를 유지해야 한다.(그림 C.6 참조)



IEC 1008/97

그림 C.5 - 전류 프로브를 포함한 금속상자의 구조



그림C.6 - 리드에서 루프로 용량성 결합이 확실히 없는 시험품의 케이블들의 노드의 예

#### C.4 대형 루프 안테나 (LLA)의 확인

루프 안테나 시스템의 LLA에 대한 확인과 교정은 C.5절에서 설명된 50 Ω RF발생기에 연결된 발룬-다이폴에 의해 LLA에 유기되는 전류를 측정함으로써 수행될 수 있다. 그러한 다이폴로 인해 방사된 자계는 LLA의 자계민감도에 대한 확증을 가능케 한다. 발룬-다이폴에 의해 방사된 전계는 LLA의 전계민감도가 상당히 작음을 보여준다.

유기된 전류는 9 kHz - 30 MHz의 대역 내에서 주파수의 함수로 측정되고 그림 C.7과 같이 발룬-다이폴의 8개 지점에서 수행되어야 한다. 이러한 측정이 수행되는 동안에 발룬-다이폴은 측정 중에 있는 LLA의 평면상에 위치시켜야 한다.

각각의 8개 지점에서, RF 발생기의 개방회로 전압( $V_{go}$ )과 측정된 전류( $I_I$ )의 비( $\text{dB}(\Omega) = 20\log(V_{go}/I_I)$ )는 그림 C.8에 주어진 확인인자로부터  $\pm 2$  dB 이상 벗어나지 말아야 한다.

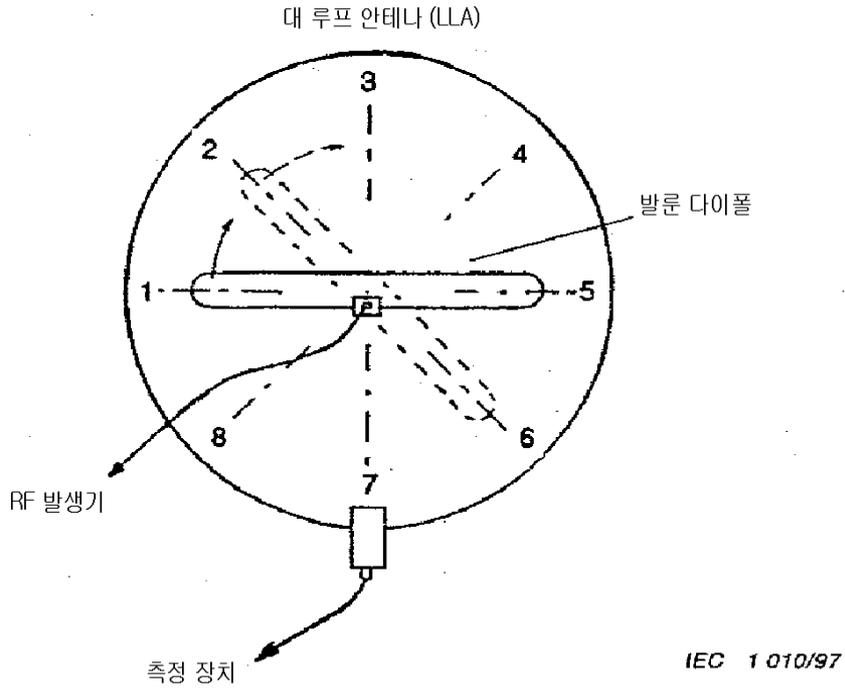


그림 C.7 - 대형 루프 안테나(LLA) 확인 시 발룬-다이폴의 8 개 지점들

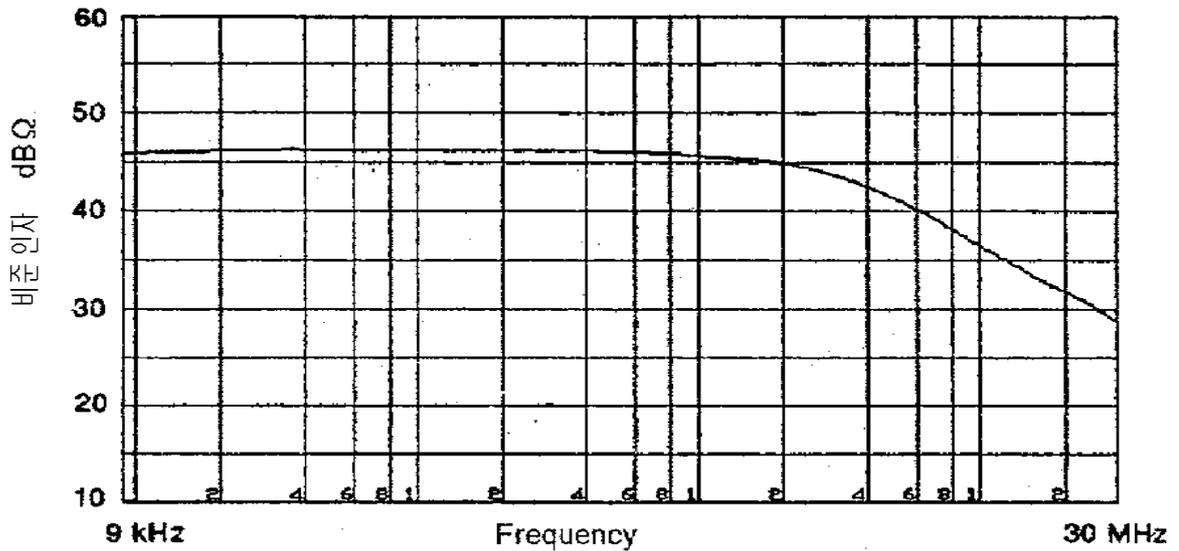


그림 C.8 - 직경이 2 m 인 대형 루프 안테나(LLA)의 유효성인자

표준 직경  $D = 2$  m를 갖는 원형 LLA에 대해 그림 C.8에 주어진 유효성 인자는 유효하다. 만일 원형 LLA의 직경이  $D = 2$  m가 아니라면, 비표준 LLA에 대한 확인인자는 그림 C.8과 C.11에 주어진 데이터로부터 유도가능하다.(C.6절)

## C.5 발룬-다이폴의 구조

발룬-다이폴(그림C.9)는 LLA에 의해 측정되어야 하는 자계와 LLA에 의해 제거되어야 하는 전계를 동시에 방사하도록 설계된다.

발룬-다이폴은 RG223/U 동축케이블을 사용해 제작된다. 그것은 그림 C.9처럼 폭  $W = 150 \text{ cm}$  이고 높이  $H = 10 \text{ cm}$ (케이블 중심과 중심의 거리)이다.

동축케이블 외부도체의 슬릿은 다이폴을 두 부분으로 나누게 된다. 그중 하나(그림 C.9의 오른쪽 부분)는 도체부근에서와 마찬가지로 슬릿부근과 커넥터에서 단락회로로 구성된다. 단락회로의 의미는 동축케이블의 내부도체와 외부도체가 전기적으로 함께 접촉되었음을 의미한다. 이 부분은 BNC 커넥터의 기준 접지면에 연결된다. 그림 C.9의 다이폴의 왼쪽부분을 형성하는 동축케이블의 내부도체는 BNC 커넥터의 중앙핀에 연결되며, 외부도체는 BNC 커넥터의 기준 접지면에 연결된다.

작은 금속상자가 다이폴 커넥터 부근의 연결부분들을 외부로부터 차폐하기 위해 사용된다. 동축 다이폴 케이블의 두 부분의 외부도체는 BNC 연결선의 기준 접지면에 연결된 것과 마찬가지로 이 상자에 연결되게 된다.

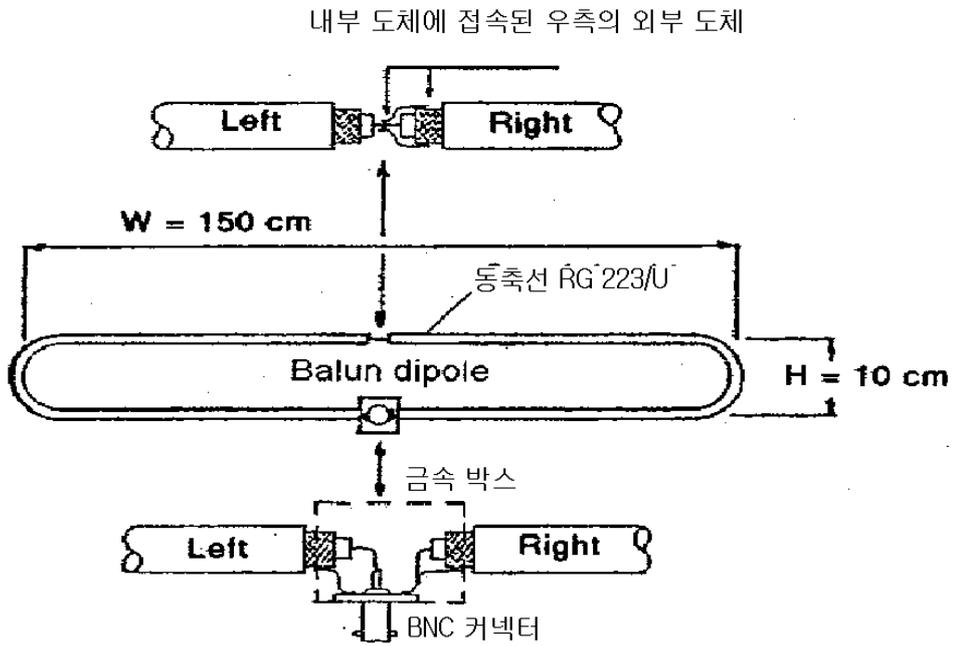
다이폴의 좀 더 견고한 설계를 위해서 부도체 지지대를 사용한다.

## C.6 변환인자

이 절에서는 시험품에 의해 LLA에 유기된 전류(I)를 시험품 으로부터 특정거리 만큼 떨어진 지점에서의 자계강도 H 로 변환할 때의 인자에 대해 다룬다.(그림 C.10 참조) 또한 비표준화된 직경을 갖는 LLA에서 측정된 전류를 표준화된 직경( $D = 2 \text{ m}$ )을 갖는 LLA를 사용하여 측정된 전류로 변환할 때의 인자에 대해서도 다루게 된다.(그림 C.11 참조)

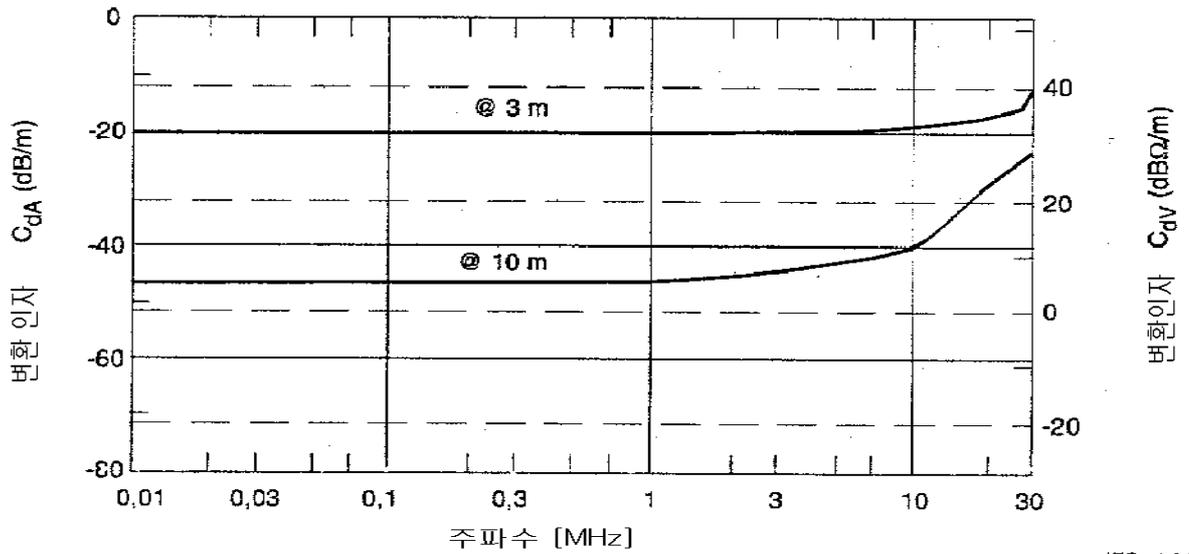
그림 C.10의 변환인자는 LLA의 평면과 수직을 이루는 다이폴 모멘트를 갖는, LLA의 중앙에 위치한 자계의 전원에 적용된다. 4.2에서 설명된 루프안테나에 대해서, 루프안테나는 항상 수직평면에 위치해야 하고 시험품은 수직축에 대해서만 회전 가능해야 한다는 것을 주목해야 한다. 그러므로 그런 경우에는 단지 수평다이폴 모멘트 (다이폴 모멘트가 접지면에 수평한 경우)가 측정된다. 결론적으로, 수직 다이폴의 경우에 변환인자는 두 가지 측정방식의 결과치를 비교하는데 사용할 수가 없다. 그러나 변환인자는 자계측정방법에서 루프안테나가 수평평면에 위치해 있거나 시험품이 수직 다이폴 모멘트가 수평으로 변환되도록 90도 기울어졌을 경우에는 사용가능하다.

만약 시험품 안쪽의 방해소스의 실제위치가 표준화된 LAS의 중심으로부터 0.5 m 이내의 거리에 있다면 측정결과는 소스의 중심에 있을 때와 3 dB이내의 값의 차이를 보인다.



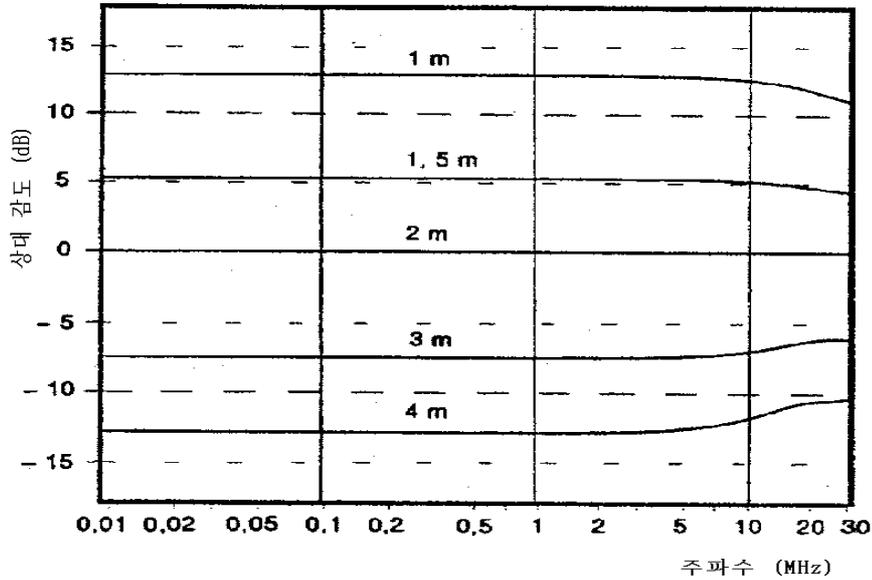
IEC 1 012/97

그림 C.9 - 발룬-다이폴의 구조



IEC 1 013/97

그림 C.10 - 2개의 표준 측정 거리  $d$  에 대한 변환 인자  $C_{dA}$  (dB( $\mu$ A/m) 변환 인자)와  $C_{dV}$  (dB( $\mu$ V/m) 변환 인자)



IEC 1 014/97

그림 C.11 - 직경이 2 m인 대형 루프 안테나(LLA)와 임의 직경(D)를 갖는 대형 루프 안테나(LLA)에 대한 민감도( $S_D$ )

거리 d에서 측정된 자기장도 H (dB( $\mu$ A/m))와 전류 I (dB( $\mu$ A))사이의 관계식은 다음과 같다:

$$H[dB(\mu A/m)] = I[dB(\mu A)] + C_{dA} (dBm^{-1})$$

여기에서,  $C_{dA}$ 는 특정거리 d에서의 전류대 전계 변환인자로서 여기서 표현된 H(dB( $\mu$ A/m))에 대해서는 다음 공식을 참고하라.

일반적으로, 변환인자는 주파수 의존성을 갖는다; 그림 C.10에서는 표준화거리 3 m와 10 m에 대한  $C_{dA}$ 를 표현한다. 표준화거리 d = 30 m에 대한 변환인자는 심의중이다.

직경D(m)를 가진 LLA에서 측정된 전류와 표준화된 직경 D = 2 m를 갖는 LLA에서 측정되어진 전류의 비  $S_D$  (dB)가 몇몇의 D값에 대해서 그림 C.11에 주어져 있다. 이 비를 가지고 위에 주어진 식을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H[dB(\mu A/m)] = I[dB(\mu A)] - S_D (dB) + C_{dA} (dBm^{-1})$$

주) 방해 계산을 위해 CISPR는 자기장도 H의 단위를 dB( $\mu$ V/m)대신 dB( $\mu$ A/m)를 사용한다.

dB( $\mu$ A/m)로 표현된 H와 dB( $\mu$ V/m)로 표현된 H 사이의 관계식은 다음과 같다.

$$H[dB(\mu V/m)] = H[dB(\mu A/m)] + 51.5 [dB(\Omega)]$$

편의를 위해,  $I[dB(\mu A)]$ 를  $H[dB(\mu V/m)]$ 로 변환하는 변환인자  $C_{dV}$  가 그림 C.10에 주어져 있다. 다음 예제는 위의 3개의 식에 대한, 그리고 그림 C.10과 C.11에 대한 응용에 대해 설명한다.

a) 주어진 값 : 측정주파수  $f = 100$  kHz, 루프직경  $D = 2$  m, 루프전류  $I = X$  dB( $\mu A$ )  
위의 첫 번째 식과 그림 C.10을 사용하면, 다음과 같다.

$$d = 3 \text{ m에서 : } H[dB(\mu A/m)] = X[dB(\mu A)] + C_{3A}(dBm^{-1}) = (X - 19.5)dB(\mu A/m)$$

$$d = 3 \text{ m에서 : } H[dB(\mu V/m)] = X[dB(\mu A)] + C_{3V}[dB(\Omega/m)] = [X + (51.5 - 19.5)]dB(\mu A/m)$$

b) 주어진 값 : 측정주파수  $f = 100$  kHz, 루프직경  $D = 4m$ , 루프전류  $I = X$  dB( $\mu A$ )

그림 C.11을 사용하면, 똑같은 시험품이 다음과 같은 전류를 표준직경(D) = 2 m을 가진 LLA에서 유기함을 볼 수 있다.

$$I[dB(\mu A)] = X - S_3(dB) = (X + 13)dB(\mu A)$$

c) 주어진 값 : LLA 가 직경  $D = 3$  m에 확인된다.

그러면, 확인인자는 그림 C.11에서 주어진 각각의 주파수  $S_3$ 에서 그림 C.8에서 주어진 비준 인자를 더함으로써 얻을 수 있다. 그러므로 만약 측정주파수가 100 kHz라면  $D = 3$  m의 LLA에 대한 확인인자는  $(86 - 7) = 79$  dB( $\Omega$ ) 이 된다.

### C.7 참고문헌

*A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements*, J.R. Bergervoet and H. Van Veen, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on EMC, pp 29-34, March 1989, ETH Zentrum --IKT, 8092 Zürich, Switzerland.

## 부록 D (정보)

### 주파수 대역 30 MHz - 1 000 MHz 사이의 야외 시험장의 세부 구조(5절)

#### D.1 일반조항

세부조항 5.1부터 5.5에 야외 시험장에 관한 구조상의 중요한 고려사항이 기록되어 있다. 이번 부록에서는 시험장의 올바른 구조와 기상 보호를 보장하는데 도움이 되는 추가적인 세부사항 기록되어 있다. 이러한 사항들에 대해 적절한지 확인하는 가장 좋은 방법은 5.6에 기술된 NSA 측정법을 수행하는 것이다.

#### D.2 접지면의 구조

##### D.2.1 물질

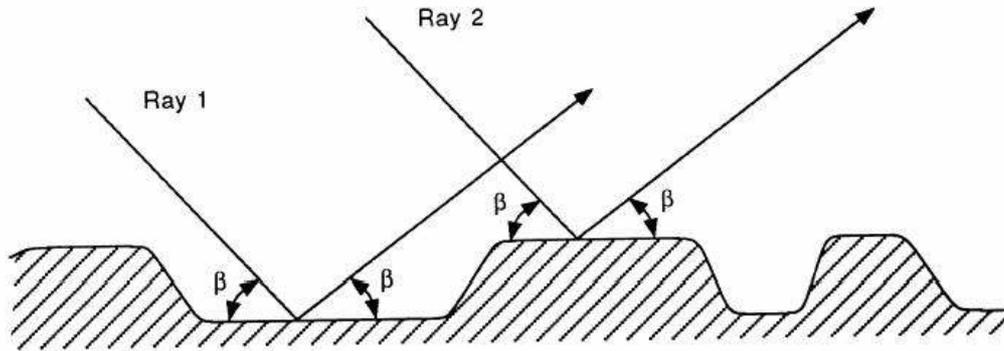
금속은 시험장의 필드의 세기 때문에 접지면의 물질로 요구된다. 그러나 실제적으로는 금속 접지면이 모든 측정에서 요구되는 것은 아니다. 금속 접지면의 예들로 고체 판금, 금속 포일, 구멍 뚫린 금속, 확장 금속, 전선망, 전선 스크린 그리고 격자 금속이 있다. 접지면은 반드시 측정 최고 주파수의 파장에 대해서 영향을 주는 공극이나 근접한 면 사이의 틈이 없어야 한다. 스크린, 구멍 뚫린 금속, 격자 또는 확장 금속 종류의 접지면의 최대 크기는 측정 최고주파수 파장(1 000 MHz 일 경우 3 cm)의 1/10이다. 금속이 들어있는 면이나, 롤 부분들은 반드시 최대 파장의 1/10 보다 작은 틈을 가지도록 가능한 한 연속적으로 이어질 수 있게 납땜이나 용접을 하여야 한다. 금속 접지면 윗면에 모래, 아스팔트, 나무 등의 유전체를 덮는 것은 뜻하지 않는 감쇠 특성을 가져오게 된다.

##### D.2.2 러프(울퉁불퉁한 면)

레일리 러프 표준은 접지면의 울퉁불퉁한 면의 허용 가능한 최대값을 결정하는데 유용하다(그림 D.1을 보라). 대부분의 실제 시험장에서, 특히 3 m 거리에서 적용할 경우, 4 - 5 cm의 러프는 측정 용도에 무관하다. 더욱이 측정거리가 10 m와 30 m인 경우에는 조금 더한 러프도 허용된다. 5.6의 시험장 유효성 절차는 러프의 허용 정도를 결정한 이후에 실행되어야 한다.

#### D.3 시험품의 점검(설치)

전기적 점검이나 시험품에 연결하는 중요한 전선은 반드시 최대한 큰 접지면에 연결한 상태에서 이루어져야 하며, 되도록 측정하는 축과 같은 각도를 가져야 한다. 시험품의 턴 테이블 또는 외장에 연결되는 모든 전선, 케이블, 연결관 역시 접지면에 연결한 상태에서 이루어져야 한다. 케이블들을 바닥의 접지면을 통해 시험품에 연결하는 것이 불가능할 경우, 시험품을 높은 접지면과 같은 높이에 위치시켜 케이블과 연결시킨다.



IEC 1329/99

그림 D.1 - 거친 접지면에 대한 레일리(Rayleigh) 기준

측정거리 R[m]	입력원의 높이 $h_1$ [m]	수신안테나의 최대높이 $h_2$ [m]	최대 RMS 러프 b	
			파장	1 000 MHz [cm]
3	1	4	0,15	4,5
10	1	4	0,28	8,4
30	2	6	0,49	14,7

$b$ 의 값은 다음의 식에서 계산된다.

$$b = \frac{\lambda}{8 \sin \beta}$$

#### D.4 기상보호구조물

##### D.4.1 물질과 잠금장치

1 000 MHz 이상에서는 유리 섬유질의 얇은 부분, 대부분의 플라스틱, 특별 가공된 나무, 그리고 섬유 물질은 시험품으로부터의 방출량을 거의 감쇄시키지 않는다. 그러나 수분을 흡수하는 물질 (즉, 나무나 나일론)을 통하여 시험품 방출이 일어난다면, 전송 손실의 매우 중요한 원인이 될 수 있다. 확실하게 하기 위하여 공기로 침전된 도체 분자나 피어있는 물과 얼음이 구조물 표면이나 구조물을 이루는 물질 내부에 쌓이지 않게 하는 주의가 필요하다. 측정 오차를 발생시키는 구조물에 남아 있는 낫선 물체에 대해 검사가 주기적으로 시행되어야 한다.

접지면 위의 금속은 최소한으로 사용한다. 좋은 권고사항은 플라스틱이나 섬유질의 잠금장치를 사용하는 것이다. 앵커(닻), 말뚝, 또는 이와 비슷한 기초 지지대는 측정에 영향이 없도록 시험장에서 가능한 먼 곳에 설치한다.

#### D.4.2 내부 조정(배치)

모든 구성요소는 반사가 없어야 한다. 송풍기나 냉·난방 시설이 비전도성 물질이 아니거나, 금속 접지면 아래에서는 동작하지 않거나, 비금속접지면 아래에서는 동작한다면, 이러한 구조물은 반드시 구조물 밖이나 시험장 밖에 두어야 한다. 온도와 습도는 장비의 동작에 따라 조절이 요구된다. 어떤 절연체나 창문들은 금속 지지대나 프레임이 없어야 한다. 어떤 계단이나 안전 지지대가 접지면 위에 위치한다면 반드시 비 전도성이어야 한다.

#### D.4.3 크기

기상보호구조물의 크기는 시험품의 크기에 의존될 것이고, 전체 안테나 범위가 포함될 것인지 또는 시험품에 대한 범위만 포함되는지가 고려된다. 측정 셋을 포함하는 영역 또는 수신 안테나 위치와 수직 편향측정을 할 때 수신 안테나의 최대높이가 고려된다.

#### D.4.4 시간과 날씨의 균등

구조물질의 오염 또는 기상 조건(예를 들면, 습도흡수)에 기인한 모든 기상보호의 부식으로 인한 이상을 감지하기 위한 주기적인 정규 시험장 감쇠 특성이 권고된다. 이 측정은 RF 케이블링과 시험 장비의 교정을 역시 점검한다. 물리적인 정후가 재질의 침식을 알려주지 않는다면,(즉, 바람 침식으로 인한 재질 색상의 변화) 6 개월의 간격이 일반적으로 적합하다.

#### D.5 회전 테이블과 시험배치 테이블

회전 테이블과 시험품을 지지하는 테이블은 시험품의 모든 면으로 부터의 전기자기 방사를 측정하는데 편리하게 사용할 수 있어서 추천된다. 회전테이블은 회전 구성품이 포함되고, 시험배치 테이블은 시험장에서 시험품의 위치를 잡는데 사용된다. 다음 세 가지의 시험배치와 회전테이블의 구성은 다음 항에서 고려된다.

- 회전 구성품을 가지는 회전테이블은 접지면 아래에 있고, 회전면(상부)는 접지면에 전기적으로 연결된다. 회전 상판은 실제 시험배치 테이블을 움직인다.
  - 테이블상부에 두는 장비에 대한 시험배치 테이블의 높이는  $0.8\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$  이고, 시험배치 테이블은 유닛이 회전을 수행하는 회전테이블의 중앙의 수평면에 둔다. 시험배치 테이블은 NSA 측정 시에는 치운다.
  - 바닥 거치형 시험품은 회전테이블의 전도면(접지면과 연결되는)과는 절연되어야 한다. 절연 지지대의 높이는  $0.15\text{ m}$  혹은 제품 위원회에서 요구되는 높이이다. 절연 지지대는 제품에 비금속 롤러 캐스터가 제공된다면 필요치 않다. 절연 지지대는 NSA 측정 시에는 치운다.
- 회전 구성품을 갖는 회전테이블은 시험배치 테이블에 통합되고 회전테이블(접지면과 연결되는) 또는 회전테이블이 없는 접지면에 있어야 하고, 시험배치 테이블은 테이블에 두는 장비에 대해  $0.8\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$ 의 높이를 가져야 하고, 바닥 거치형 장비는  $0.15\text{ m}$  를 초과해서는 안된다. 시험배치 테이블은 NSA 측정 시에는 치운다.
- FAR에서 시험 배치 테이블의 높이는 정의되지 않고, FAR의 시험 체적과 흡수 물질의 성능에 의존된다. 시험배치 테이블은 NSA 측정 시에는 치운다.

주) 시험품의 구성품으로서 지지 테이블을 포함한 시험품/시스템은 시스템에 공급되는 테이블을 사용하고 시험 배치 테이블은 사용하지 않는다.

#### D.6 수신 안테나 마스트 설치

수신 안테나는 비전도 지지대에 부착되어야 하고 10 m 거리 이내 측정시는 1 m - 4 m 높이로 올려야 하고 10 m 보다 큰 거리에서는 1 m - 4 m 또는 2 m - 6 m 이어야 한다. 케이블은 수평으로 편향된 안테나의 발룬에 연결되고 케이블은 접지면과 관련하여 평형하게 유지되도록 모든 안테나 높이에서 안테나 요소의 축에 직교해야 한다.

수신 안테나 발룬으로부터의 케이블 링은 접지 면으로부터 수직으로, 후방으로 약 1 m 이상 늘어뜨려야 한다. 그 점에서 측정을 방해하지 않는 방법으로 접지면 내 또는 그 위치에 있어야 한다. 안테나와 방해분석기 간의 케이블은 1 000 MHz에서 수용가능한 수신된 신호 레벨을 확실시킬 수 있게 실제적으로 가능한 짧아야 한다.

수직 편향 다이폴 형태의 안테나는 측정 수신기에 대한 케이블링이 수평으로 유지되어야 한다. 즉, 접지면에 수평이어야 하고 접지면에 내려뜨리기 전 수신 안테나 (시험품 으로부터 떨어진)의 후방에 1 m 이상의 거리이어야 한다. 안테나 활대는 1 m 내외면 충분하다. 분석기에 대한 남은 케이블 배치는 수평 편향의 경우와 동일하다.

둘의 경우에서 안테나 인자 교정은 안테나 위치기나, 안테나에 붙여진 동축 케이블의 배열에 의해 영향 받아서는 안된다.

## 부록 E (규격)

### 30 MHz - 1 000 MHz 주파수 대역에 대한 야외 시험장의 확인 절차(5절)

#### E.1 총론

부속항 5.6은 정규화된 시험장 감쇠 측정을 이용한 시험장 유효성 결정을 위한 일반적 요구조건과 절차를 포함한다. 이 부록은 NSA 측정을 수행하기 위한 단계적 절차를 제공한다.

#### E.2 이산 주파수 방법(Discrete frequency method)

##### E.2.1 시험배치

특정 시험배치의 세부사항은 그림 4과 그림 5을 참조하라. 신호발생기는 적당한 길이의 전송선로를 갖는 송신 안테나에 연결된다. 송신 안테나는 원하는 위치에 놓여진다. 송신 안테나 높이는  $h_1$  ( $h_1$  값에 대한 것은 표 E.1, E.2, E.3을 참조)이고, 원하는 편파가 선택된다. 만일 동조 다이폴이 사용된다면 길이는 요구되는 주파수에 맞춰진다.

수신 안테나는 송신 안테나로부터 거리 R만큼 떨어진 곳에 위치한, 최대높이  $h_{2max}$ , 최소높이  $h_{2min}$  까지 스캐닝할 수 있는 안테나 마스터 위에 설치되고, 적당한 길이의 케이블을 거쳐 측정 수신기나 스펙트럼 분석기에 연결된다. 송신 안테나와 동일한 편파가 선택되고, 만일 동조 다이폴이 사용된다면 안테나는 요구되는 주파수에 맞춰진다. 25 cm의 지면 여유가 수직 지향성 동조 다이폴을 위하여 필요하다(표 E.3을 참조).

동조 다이폴을 사용한 모든 NSA 측정에 대하여 이들 안테나는 30 MHz - 80 MHz 사이의 주파수를 포함한 각각의 주파수에 동조되어 있다고 가정한다.

##### E.2.2 측정 절차

다음 단계들은 표 E.1, E.2, E.3에 지시된 각 주파수에서 이용되어야 한다. 측정은 먼저 높이  $h_1$  으로 고정된 송신 안테나와 수평으로 설치하여 실시하고, 다음에 수직으로 맞추어 실시한다.

- 1) 수신된 전압 표시가 주위 잡음 신호와 측정 수신기나 스펙트럼 분석기의 잡음 신호 이상으로 잘 나타나도록 신호발생기의 출력 레벨을 조정.
- 2) 마스터 위의 수신 안테나를 표 E.1, E.2, E.3에 지시된  $h_2$ 를 전부 스캔하도록 상승시킨다.
- 3) 최대 신호 레벨을 기록할 것. 이 값은 5.6.1항에 있는 식 (1)의  $V_{SITE}$  값이다.
- 4) 안테나로부터 송·수신 케이블을 분리할 것. 바로 이 케이블을 어댑터를 통하여 일직선으로 연결할 것.

- 5) 송·수신 케이블을 접속한 상태에서 신호 레벨을 기록할 것. 이 값은 5.6.1절에 있는 식 (1)의  $V_{DIRECT}$  값이다.
- 6) 각 주파수와 편파에 대하여, 3과 5단계에서 얻은 값들을 5.6.1항에 있는 식 (1)에 대입할 것.
- 7) 식 (1)에 보여진 바와 같이 측정 주파수에서 송·수신 안테나 인자를 대입할 것.
- 8) 표 E.4에서 얻은 상호 임피던스 보정인자  $\Delta AF_{TOT}$ 를 대입할 것. 보정인자는 3 m 떨어진 동조 다이폴을 이용하여 수평편파의 지정된 기하학적 배치에만 적용한다. 다른 기하학적 배치에 대해서는  $\Delta AF_{TOT} = 0$ 로 할 것.
- 9) 사용된 측정 주파수와 편파에 대한 NSA인  $A_N$ 에 대하여 식 (1)을 풀 것.
- 10) 표 E.1, E.2, E.3에 포함된 적당한 NSA로부터 단계 9에서 구한 값을 뺄 것.
- 11) 단계 10에서 구한 결과가  $\pm 4$  dB 이하이면 그 시험장은 그 주파수와 편파에서 유효하다고 간주된다.
- 12) 다음 주파수와 편파 조합에 대하여 단계 1-11을 반복할 것.

### E.3 소인(sweep) 주파수 방법

#### E.3.1 시험배치

이 배치는 광대역 안테나를 사용하고 있는 점 외에는 E.2.1에 제시된 시설과 비슷하다. 이러한 광대역 안테나는 물리적 크기가 작아서 수직 편파 안테나 이동에 관한 제한은 필요하지 않다.

#### E.3.2 측정절차

다음 단계들은 최대값 고정, 저장능력, 트래킹 발생기를 갖추고 있는 자동 측정 장비를 사용해야 한다. 이 방법에서, 수신안테나 높이  $h_s$ 와 주파수는 요구되는 주파수 대역에 걸쳐 스캔 혹은 소인된다. 주파수 대역은 사용된 광대역 안테나의 형태에 의해 결정된다. 주파수 소인(sweep) 속도는 안테나 높이의 스캔을 보다 커야 한다. 송신 안테나의 높이를  $h_t$ 에 고정시킨다.

- 1) 트래킹 발생기의 출력 레벨은 수신된 전압 표시가 주변 스캐닝 수신기 잡음 또는 스펙트럼 분석기 잡음 이상으로 잘 나타나도록 조정할 것.
- 2) 수신 안테나를 표 E.1에 지시된 스캔 범위의 최대 높이에 안테나 마스터 위에 올려놓을 것.
- 3) 스펙트럼 분석기가 원하는 주파수 대역을 소인하도록 조정할 것. 스펙트럼 분석기를 조정하여 60 dB까지 올라간 유사 신호가 동일한 진폭 스케일로 표시될 수 있도록 확인할 것. 이것이 단계 5에서 기록되는 레벨을 조절할 것이다.
- 4) 적당한 시험장 구조에 해당하는 표에 지시된 스캔 범위의 최소 높이까지 수신 안테나를 천천히 낮춘다. dB( $\mu$ V)로 표시된 최대 수신 전압  $V_R$ 을 기록할 것(안테나를 낮추는데 걸리는 시간은 스

펙트럼 분석기의 소인 시간보다 훨씬 커야 한다).

- 5) 송·수신 케이블을 떼어내고 바로 이 케이블을 어댑터를 통하여 일직선으로 연결할 것. 최종적으로 얻은 전압을 기록할 것.
- 6) 각각의 주파수에 대하여, 단계 5에서 측정된 전압에서 단계 4에서 측정된 전압을 뺄 것. 또한, 송·수신 안테나의 안테나 인자  $AF_T$ (dB/m)와  $AF_R$ (dB/m)을 뺄 것(주파수의 연속함수인 안테나 인자는 이산 안테나 인자에 달려있는 간단한 선형 곡선을 사용하면 얻을 수 있다.). 이 결과 값은 사용된 주파수 대역에 대한 NSA 측정값이며 그림으로 나타내야 한다. 표 E.1에 나타나 있는 이상적인 시험장에 대한 이론적 정규화된 시험장 감쇠도 역시 그림으로 표시할 것.
- 7) 이론적 NSA 값과 측정된 NSA 값의 차는  $\pm 4$  dB 기준 이내에 있어야 한다.

주) 두 가지 NSA 측정방법에서, 신호원의 출력이나 측정하는 수신기 또는 스펙트럼분석기의 입력에서의 임피던스 부정합은 오류를 야기하는 반사를 일으키게 한다. 이것은 각 송·수신 안테나 케이블의 출력 끝에 10 dB 감쇠기를 끼워 넣음으로써 피할 수 있다. 이 감쇠기는 NSA 측정의 전 과정에 걸쳐 케이블에 사용되어야 한다.

#### E.4 시험장 승인 허용기준 초과에 대한 가능한 원인

만일 편차가  $\pm 4$  dB 기준을 초과하면 다음과 같이 조사한다:

먼저 측정 시스템의 교정을 확인할 것. 만일 신호발생기와 측정기기가 측정하는 동안 파장이 흐트러지지 않는다면 첫째 의문은 안테나 인자이다. 안테나에 어떤 결함이 있을 수 있다. 이러한 것들을 모두 검사했다면 측정을 반복한다. 여전히 차이가  $\pm 4$  dB 보다 크면, 그 시험장 부지와 주위 환경이 의심스럽다. 일반적으로 수직 시험장 감쇠가 시험장 변화에 가장 민감하다. 그렇다면 문제점들을 찾아내기 위한 원칙에 따라 측정을 계속한다. 가능한 문제점들은 부적절한 접지면 구조나 크기, 목표물이 너무 가까이 있어서 울타리, 건물, 전등탑에 의한 반사, 부적당한 구조와 유지 보수 기술에 기인한 전천후 환경의 저하된 성능, 공기중으로 전달되는 전도성 오염 물질에서 나오는 찌꺼기의 침투처럼 장기간에 걸친 영향을 포함한다.

#### E.5 안테나 교정

시험장 감쇠 측정을 수행하기 위하여 사용되는 광대역 안테나의 안테나 인자는 국제 표준\*을 따라야 한다. 제조업자의 안테나 인자는 정규화된 시험장 감쇠의 측정값이나 계산값 사이에 바람직한 일치를 이를 만큼 충분히 정확하지 않다. 안테나 인자는 발룬에 기인한 손실을 설명하고 있다.

만일 분리된 발룬이 사용된다면, 그 영향을 고려해야 한다. 다음 사실이 경험을 통하여 밝혀졌다. 실험에서 기하학적 형태와 편파에 대한 안테나 인자의 변화는 송신 안테나가 최소한 접지면으로부터 1 m 위에 있는한 1 GHz 미만의 전기자기적합성 측정에 공통적으로 사용되는 여러가지 광대역 안테나(예; 바이코니컬, 두꺼운 다이폴, 대수-주기)에 대하여 무시할만하다는 사실이다. 만일 안테나 인자 변화가 유별난 안테나의 사용 및 기하학적 배치 때문에, 또는 수직 편파 안테나에 대한 상호 결합이나 전송선로 산란과 같은 효과 때문에 의심스럽다면, 특별히 3 m 측정거리에서는 안테나 인자들을 먼저 이런 기하학적 배치를 이용하여 측정해야 한다.

\* 교정절차는 고려중이다.

보통 시험장 감쇠는 50 Ω 시스템에서 측정된다. 다시 말하면, 신호발생기와 측정하는 수신기가 50 Ω의 임피던스를 가지고, 송·수신 안테나의 방사 임피던스는 평형을 유지하면서 발륜을 통하여 정합된다.

제조자의 안테나 인자는 보통 50 Ω 임피던스에 대하여 지정되어있다. 다시 말하면, 안테나 방사 임피던스와 50 Ω 임피던스와의 무 손실 정합에 대한 변환인자와 사용된 발륜의 손실이 주어진 안테나 인자에 포함된다.

만일 반파장 동조 다이폴이 사용되었다면, 그 자유공간 안테나 인자는 다음 식을 이용하여 계산할 수 있다:

$$AF = 20\log(2\pi/\lambda) + 10\log(73/50) \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.1})$$

$$= 20\log f - 31.9 \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.2})$$

여기서 f는 MHz

주) 실제로 안테나 인자는 다이폴의 상호 임피던스와 접지에서의 영상 때문에 접지위의 다이폴 안테나 높이에 의해 영향을 받는다.

잘 설계된 동조 반파장 다이폴에 대한 평균 발륜의 손실은 대략 0.5 dB이다. 따라서 식 (E.2)는 다음과 같이 된다.

$$AF = 20\log f - 31.4 \quad (\text{dB}) \quad (\text{E.3})$$

이 발륜 손실은 그 덮개 안에 설치되기 전, 송·수신 다이폴을 맞대어 놓고 측정해야한다. 발륜당 손실은 양쪽 발륜이 동일하다고 가정했을 때 측정된 전체 발륜 손실의 1/2이다.

이들 계산된 값은 NSA 측정을 위하여 사용된 특별한 동조 다이폴에 대한 대표적인 값이라는 사실을 확인하는 것이 중요하다. 가장 간단한 확인은 조립된 안테나와 공진상태로 동조 안테나 소자들을 가지고 VSWR을 측정하는 것이다. 안테나는 접지 결합을 최소화하기 위하여 접지면으로부터 최소한 4 m 높이에 설치되어야 한다. 그 소자들은 표 E.3에 제시된 측정을 통하여 공진되도록 해야 한다. 그 주파수 대역의 가장 낮은 주파수, 중앙, 가장 높은 주파수에서 안테나의 VSWR을 확인하면 충분하다.

100 MHz 미만에서 발륜의 기능은 소자를 제거하고 설치블록의 단자에 70 Ω 저항을 달고 중단된 발륜의 VSWR을 측정함으로써 확인된다. VSWR은 1.5:1 이하로 되어야 한다.

**표 E.1 - 정규화된 시험장 감쇠\***  
(광대역 안테나의 권장되는 기하학 구조)

편향	수평	수평	수평	수평	수직	수직	수직	수직
R (m)	3	10	30	30	3	10	30	30
h <sub>1</sub> (m)	1	1	1	1	1	1	1	1
h <sub>2</sub> (m)	1 - 4	1 - 4	2 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 4	2 - 6	1 - 4
$f_m$ (MHz)	$A_N$ (dB)							
30	15.8	29.8	44.4	47.8	8.2	16.7	26.1	26.0
35	13.4	27.1	41.7	45.1	6.9	15.4	24.7	24.7
40	11.3	24.9	39.4	42.8	5.8	14.2	23.6	23.5
45	9.4	22.9	37.3	40.8	4.9	13.2	22.5	22.5
50	7.8	21.1	35.5	38.9	4.0	12.3	21.6	21.6
60	5.0	18.0	32.4	35.8	2.6	10.7	20.1	20
70	2.8	15.5	29.7	33.1	1.5	9.4	18.7	18.7
80	0.9	13.3	27.5	30.8	0.6	8.3	17.6	17.5
90	-0.7	11.4	25.5	28.8	-0.1	7.3	16.6	16.5
100	-2.0	9.7	23.7	27	-0.7	6.4	15.7	15.6
120	-4.2	7.0	20.6	23.9	-1.5	4.9	14.1	14.0
140	-6.0	4.8	18.1	21.2	-1.8	3.7	12.8	12.7
160	-7.4	3.1	15.9	19	-1.7	2.6	11.7	11.5
180	-8.6	1.7	14.0	17	-1.3	1.8	10.8	10.5
200	-9.6	0.6	12.4	15.3	-3.6	1.0	9.9	9.6
250	-11.9	-1.6	9.1	11.6	-7.7	-0.5	8.2	7.7
300	-12.8	-3.3	6.7	8.8	-10.5	-1.5	6.8	6.2
400	-14.8	-5.9	3.6	4.6	-14.0	-4.1	5.0	3.9
500	-17.3	-7.9	1.7	1.8	-16.4	-6.7	3.9	2.1
600	-19.1	-9.5	0	0	-16.3	-8.7	2.7	0.8
700	-20.6	-10.8	-1.3	-1.3	-18.4	-10.2	-0.5	-0.3
800	-21.3	-12.0	-2.5	-2.5	-20.0	-11.5	-2.1	-1.1
900	-22.5	-12.8	-3.5	-3.5	-21.3	-12.6	-3.2	-1.7
1000	-23.5	-13.8	-4.5	-4.4	-22.4	-13.6	-4.2	-3.5

\* 이 데이터는 수직 편파에서 안테나 중심이 접지면 보다 1 m 위에 있을 때 접지면 여유가 적어도 25 cm인 안테나에 적용된다.

**표 E.2 - 정규화된 시험장 감쇠**  
(반파장 동조 다이폴에 권장되는 수치 - 수평편파)

편파	수평	수평	수평
R (m)	3**	10	30
h <sub>1</sub> (m)	2	2	2
h <sub>2</sub> (m)	1 to 4	1 to 4	2 to 6
$f_m$ (MHz)	$A_N$ (dB)		
30	11.0	24.1	38.4
35	8.8	21.6	35.8
40	7.0	19.4	33.5
45	5.5	17.5	31.5
50	4.2	15.9	29.7
60	2.2	13.1	26.7
70	0.6	10.9	24.1
80	-0.7	9.2	21.9
90	-1.8	7.8	20.1
100	-2.8	6.7	18.4
120	-4.4	5.0	15.7
140	-5.8	3.5	13.6
160	-6.7	2.3	11.9
180	-7.2	1.2	10.6
200	-8.4	0.3	9.7
250	-10.6	-1.7	7.7
300	-12.3	-3.3	6.1
400	-14.9	-5.8	3.5
500	-16.7	-7.6	1.6
600	-18.3	-9.3	0
700	-19.7	-10.6	-1.3
800	-20.8	-11.8	-2.4
900	-21.8	-12.9	-3.5
1000	-22.7	-13.8	-4.4

\*\* 3 m 떨어진 수평 편파 반파장 동조 다이폴에 대한 상호 임피던스 정정인자(표 E.4를 참조)는 측정하여 표준화된 시험장 부지 감쇠 값으로부터 빼야 한다. 이것은 표에 주어진 이상적 시험장 부지에 대한 표준화된 시험장 부지 감쇠값의 이론치와 비교하기 위한 것이다.

**표 E.3 - 정규화된 시험장 감쇠**  
(반파장 등조 다이폴의 권장되는 수치 - 수직편파)

$f_m$ (MHz)	R = 3 m $h_1 = 2.75$ m		R = 30 m $h_1 = 2.75$ m		R = 30 m $h_1 = 2.75$ m	
	$h_2$ (m)	$A_N$ (dB)	$h_2$ (m)	$A_N$ (dB)	$h_2$ (m)	$A_N$ (dB)
30	2.75 - 4	12.4	2.75 - 4	18.8	2.75 - 6	26.3
35	2.39 - 4	11.3	2.39 - 4	17.4	2.39 - 6	24.9
40	2.13 - 4	10.4	2.13 - 4	16.2	2.13 - 6	23.8
45	1.92 - 4	9.5	1.92 - 4	15.1	2 - 6	22.8
50	1.75 - 4	8.4	1.75 - 4	14.2	2 - 6	21.9
60	1.50 - 4	6.3	1.50 - 4	12.6	2 - 6	20.4
70	1.32 - 4	4.4	1.32 - 4	11.3	2 - 6	19.1
80	1.19 - 4	2.8	1.19 - 4	10.2	2 - 6	18.0
90	1.08 - 4	1.5	1.08 - 4	9.2	2 - 6	17.1
100	1 - 4	0.6	1 - 4	8.4	2 - 6	16.3
120	1 - 4	-0.7	1 - 4	7.5	2 - 6	15.0
140	1 - 4	-1.5	1 - 4	5.5	2 - 6	14.1
160	1 - 4	-3.1	1 - 4	3.9	2 - 6	13.3
180	1 - 4	-4.5	1 - 4	2.7	2 - 6	12.8
200	1 - 4	-5.4	1 - 4	1.6	2 - 6	12.5
250	1 - 4	-7.0	1 - 4	-0.6	2 - 6	8.6
300	1 - 4	-8.9	1 - 4	-2.3	2 - 6	6.5
400	1 - 4	-11.4	1 - 4	-4.9	2 - 6	3.8
500	1 - 4	-13.4	1 - 4	-6.9	2 - 6	1.8
600	1 - 4	-14.9	1 - 4	-8.4	2 - 6	0.2
700	1 - 4	-16.3	1 - 4	-9.7	2 - 6	-1.0
800	1 - 4	-17.4	1 - 4	-10.9	2 - 6	-2.4
900	1 - 4	-18.5	1 - 4	-12.0	2 - 6	-3.3
1000	1 - 4	-19.4	1 - 4	-13.0	2 - 6	-4.2

표 E.4 - 3 m 거리에 대한 공진 조정 가능 다이폴의 상호 결합 보정 인자

▽AF <sub>TOT</sub> - 전체 보정 인자(dB)		
f <sub>m</sub> MHz	수평편파 R = 3 m h <sub>1</sub> = 2 m h <sub>2</sub> = 1 m에서 4 m	수직편파 R = 3 m h <sub>1</sub> = 2.75 m h <sub>2</sub> = 표E.3참조
30	3.1	2.9
35	4.0	2.6
40	4.1	2.1
45	3.3	1.6
50	2.8	1.5
60	1.0	2.0
70	-0.4	1.5
80	-1.0	0.9
90	-1.0	0.7
100	-1.2	0.1
120	-0.4	-0.2
125	-0.2	-0.2
140	-0.1	0.2
150	-0.9	0.4
160	-1.5	0.5
175	-1.8	-0.2
180	-1.0	-0.4

주 1) 공진 다이폴을 위한 값은 모멘트, 수치 전기자기 코드(NEC), 혹은 MININEC 컴퓨터 시스템법을 이용하여 계산되었다.

G.J.Burke and A.J.Poggio, Numerical Electromagnetic Code-Method of Moments, Lawrence Livermore Laboratory, California, January, 1981

J.W.Rockway, J.C.Logan, D.W.S.Tam, S.T.Li, The MININEC System: Microcomputer Analysis of Wire Antennas, Artech House, Boston, 1988

Berry, J;Pate, B;Knight:"Variation in Mutual Coupling Correction Factors for Resonant Dipoles Used In Site Attenuation Measurements", Proc IEEE Sym on EMC, Washington, DC, 1990

주 2) 각각의 안테나에 대해 0.5dB의 발룬 손실을 가진 이상적 공진 다이폴에 대한 이론적 자유공간 안테나 인자가 가정되었다.

주 3) 이러한 보정인자들은 접지면 위에서 측정된 안테나 인자들을 완전히 설명하지는 않는다. 예를 들면 3 또는 4 m 높이에서의 안테나 인자는 자유공간에서의 저주파 안테나 인자와 다르다. 그러나 표 M에서 묘사된 오차한계 내에서 값들은 부지 근점거리를 나타내기에 충분하다.

주 4) 특별한 발룬을 가진 몇몇 반파장 다이폴이나 안테나들은 E.5에 있는 안테나와 다른 특성을 보일 수 있다는 것을 사용자는 주의해야 한다.

주 5) 10 m와 30 m에 대한 상호 결합 보정인자는 심의중이다. 잠정적으로 보정인자를 0으로 생각함으로써 시험장의 적절성이 평가될 수 있다.

## 부록 F (정보)

### 4 dB 시험장 허용 판단기준의 기초(5절)

#### F.1 총론

이 부록은 5.6에서 필요로 하는 정규화 시험장 감쇠에 대한  $\pm 4$  dB의 허용 판단기준에 대한 기초를 나타낸다.

#### F.2 오차 분석

표 F.1에 있는 오차 분석은 5.6에서 주어진 정규화 시험장 감쇠에 적용되어 진다. 전체 추정 오차는 대략 3 dB 측정 불확도와 추가적인 시험장의 불완전에 대한 허용 가능치 1 dB로 구성되는  $\pm 4$  dB의 허용 판단기준에 대한 기초이다.

표 F.1에서의 오차 산정은 신호 발생기, 트래킹 발생기 또는 사용할 수 있는 증폭기의 진폭 안정성에서의 불확도를 포함하지는 않는다. 측정 기술에서의 잠재적인 오차 역시 포함되지 않는다. 대부분 신호와 트래킹 발생기의 출력 레벨은 시간과 온도에 따라 달라지고 많은 증폭기의 이득도 온도가 변함에 따라 변하게 된다. 이러한 오차의 원천들은 무시할 수 있는 수준을 유지하거나 측정 시에 수정되도록 해야 한다. 그렇지 않으면 측정 장비는 측정 문제에만 관련된 수용 조건을 충족시키지 못하게 될 것이다.

**표 F.1 - 오차 산정**

오차 요인	측정 방법	
	이산 방법 dB	소인 주파수 방법 dB
안테나 인자(송신)*	$\pm 1$	$\pm 1$
안테나 인자(수신)*	$\pm 1$	$\pm 1$
전압계	0	$\pm 1.6^{**}$
감쇠기	$\pm 1$	0
시험장 불완전성	$\pm 1$	$\pm 1$
전체	$\pm 4$	$\pm 4.6$

\* 800 MHz 위의 주파수에서 AF오차는  $\pm 1.5$  dB에 이른다.  
 \*\* 작동 설명서로부터

몇 가지의 스펙트럼 분석기의 자동 작동 설명서로부터 가능한 모든 잠재적 오차 요인들을 제거하면 나머지 오차 크기는 다음과 같게 된다.

- 1)  $\pm 0.2$  dB 교정 불확도
- 2)  $\pm 1.0$  dB 주파수 응답 평형도
- 3)  $\pm 1.0$  dB 입력 감쇠기 스위칭

#### 4) $\pm 0.4$ dB RF 와 IF 이득 불확도

이는  $\pm 2.6$  dB 의 전체적인 잠재 오차를 뜻한다. 온도 변화에 의한  $\pm 0.05$  dB/K가 포함되지는 않는다. 실제로 대체 형태의 측정을 행할 시에 주파수 응답 변화와 입력 감쇠기와 관련된 오차는 보통 1 dB이하이다. 그 결과 2 단자 전압계로서의 스펙트럼 분석기의 전체 오차 영역은 표 F.1 에서 보이는 것처럼  $\pm 1.6$  dB이하 이다.

많은 감쇠기는 정확성에 있어서 훨씬 더 나쁘게 된다. 전체 오차 산정은 이로 인해 이산 측정 시에 증가되거나 감쇠된다. 만약 외부 감쇠기가 편파 주파수 측정 시에 자동 스펙트럼 분석기와 같이 사용되면 이 오차 산정은 더 증가한다.

시간과 온도로 인한 오차를 포함하지 않는 이러한 오차 산정은 시험 장비의 출력 레벨 또는 크기 응답의 편차를 일으킨다. 그러한 오차가 존재할 수 있으므로 가능한 한 빨리 측정을 행함으로써 그 오차를 피할 수 있는 조치를 취하게 된다.

실제로 위에서 고려된 오차는 모두 불리한 방향으로 중첩되지 않는다. 제대로 설치하고 적당한 위치를 잡아  $\pm 4$  dB 조건을 만족시키면 이상적인 조건에서 측정지점에 대한  $\pm 1$  dB이상 비정상 편차를 허용한다.

## 참고문헌

- [1] ZOMBOLAS, C. The effects of table material on radiated field strength measurement reproducibility at open area test sites. *IEEE Intl. Symp. Electromag. Compat., Montreal, Quebec, Canada, 2001, pp. 260-264.*
- [2] BEECKMAN, P. A. *The influence of positioning tables on the results of radiated EMC measurements. IEEE Intl. Symp. Electromag. Compat., Montreal, Quebec, Canada, 2001, pp. 280-285.*
- [3] MOSSHAMMER, P. *Untersuchung der Einflüsse des Messzubehörs und der Umgebung auf die Messunsicherheit bei der Messung der Störfeldstärke auf Freifeldmessplätzen (Investigation of the influences of the measuring accessories and the environment on the measurement uncertainty with the measurement of the perturbative field strength on free field measuring positions), Diplomarbeit an Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin*  
([http://www.regtp.de/tech\\_reg\\_tele/start/fs\\_06.html](http://www.regtp.de/tech_reg_tele/start/fs_06.html)),  
([http://www.regtp.de/imperia/md/content/tech\\_reg\\_t/emv/studien/diplomarbeit.pdf](http://www.regtp.de/imperia/md/content/tech_reg_t/emv/studien/diplomarbeit.pdf))  
([http://www.regtp.de/tech\\_reg\\_tele/in\\_06-03-02-03-00\\_m/01/index.html](http://www.regtp.de/tech_reg_tele/in_06-03-02-03-00_m/01/index.html))
- [4] ETR 273-1-1:199x *Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (ERM); Improvement of radiated methods of measurement (using test sites) and evaluation of the corresponding measurement uncertainties – Part 1: Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics – Section 1: Introduction; Subclause 8.3.4.3: Antenna mast, turntable and mounting fixture, ETSI Technical Report, European Telecommunications Standards Institute, Sophia Antipolis, France.*