[별표 1-4]

KN 16-1-4

전자파장해 및 내성 측정기구와 방법에 대한 규정
1-4 : 전자파장해 및 내성 측정기구 - 방사성 방해 측정용 안테나와 시험장 -

KN 16-1-4 : 2011-12

목 차

1. 적용범위 ····· 3

2. 참조규격 ····· 3

3. 용어 정의 및 약어 ····· 4

4. 방사성 방해 측정용 안테나 ····· 8

5. 주파수 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 무선방해 세기 측정용 시험장 ····· 17

6. 총 방사전력 측정용 잔향실 ····· 44

7. 방사성 방해 측정에 대한 내성용 TEM 셀 ····· 46

8. 주파수 1 GHz ~ 18 GHz 범위의 무선방해 세기 측정용 시험장 ····· 46

9. 공통 모드 흡수 장치 ····· 63

부록 A(규격) 안테나의 파라미터 ····· 70

부록 B(규격) 모노폴 안테나(1 m 로드 안테나)의 성능 방정식 및 안테나와 결합된 정합회로의 특성 ···· 79

부록 C(규격) 주파수 9 kHz ~ 30 MHz 범위의 자기장 유도전류 측정용 루프 안테나 시스템 ····· 85

부록 D(규격) 주파수 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 야외시험장에 대한 설치 세부 구조 ···· 95

부록 E(규격) 주파수 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 야외시험장의 유효성 검증 절차 ····· 99

부록 F(정보) 시험장의 4 dB 적합성 판정기준에 대한 근거 ····· 107

1. 적용 범위

KN 16-1-4는 9 kHz ~ 18 GHz의 주파수 범위에서 방사성 방해를 측정할 수 있는 장비의 특성과 성능을 규정한다. 안테나와 시험장에 대한 사양이 포함되어 있다.

이 시험방법의 사양은 측정기기의 CISPR 지시 범위 내에 있는 모든 주파수 및 방사성 방해의 모든 레벨에 적용한다.

측정 방법은 KN 16-2-3에서 언급하고 있으며, 이 외의 무선 방해에 대한 정보는 CISPR 16-3에서 다룬다. 불확도, 통계 및 허용기준에 대한 모델링은 CISPR 16-4에서 취급한다.

2. 참조 규격

다음의 참고 문헌은 이 시험방법의 적용에 필수적이다. 날짜가 표기된 참조규격은 인용된 발행판만을 적용한다. 날짜가 표기되지 않은 참고규격은 해당 참조규격의 최신발행판을 적용한다.

KN 16-1-1 : 전자파 장해 및 내성 측정기구와 방법에 대한 규정 1-1: 전자파 장해 및 내성 측정기구- 측정기구

KN 16-1-5 : 무선 장해 및 내성 측정 장치 및 방법에 대한 규정 1-5: 무선 장해 및 내성 측정 장치 - 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 안테나 교정 시험장

KN 16-2-3 : 전자파 장해 및 내성 측정기구와 방법에 대한 규정 2-3 : 내성 및 장해 측정 방법- 방사성 장해 측정

CISPR/TR 16-3 : 2003, 무선 장해 및 내성 측정 장치 및 방법에 대한 규정 - 제3부: CISPR 기술 보고서
개정 1판(2005)
개정 2판(2006)

CISPR 16-4-2 : 전자파 장해 및 내성 측정기구와 방법에 대한 규정 4-2 : 불확도, 통계 및 허용기준 모델링- 측정기기 계측의 불확도

KS C IEC 60050-161:2009, 국제전기기술용어 - 제161장: 전자파적합성

KS C IEC 61000-4-20, 전자파 적합성(EMC) - 제4-20부: 시험 및 측정기술 - 횡 전자기(TEM) 도파관에서 전기자기 장해 및 내성 시험방법

3. 용어 정의 및 약어

이 시험방법의 용어정의는 다음과 같다. 이 시험방법에서 규정하는 것 외의 용어는 전파법, 전파법 시행령, 전자파 장해방지 기준 및 전자파 보호 기준, 전자파적합성 관련 국제표준 및 국가표준에서 정하는 바에 따른다.

3.1 용어 및 정의

3.1.1 안테나(antenna)

특정한 방향에서 전자파를 송신하거나 수신하도록 설계된 송신시스템 또는 수신시스템의 부분

주1) 이 규격의 경우 발룬은 안테나의 일부분이다.

주2) 이 용어는 도선 안테나, 자유공간 공진 다이폴 안테나, 하이브리드 안테나, 혼 안테나와 같은 다양한 장치가 포함된다.

3.1.2 발룬(balun)

평형 전송선로부터 불평형 전송선로나 장치로, 또는 그 반대로 변환하기 위한 수동 전기 회로망

3.1.3 교정 시험장 (CALTS)

교정 시험장은 수평 및 수직 전기장 편파에서 금속성 접지면과 정확하게 규정된 시험장 감쇠량을 갖는 야외 시험장을 말한다.

주1) 교정시험장은 안테나의 자유공간 안테나 인자를 측정하는데 사용된다.

주2) CALTS의 시험장 감쇠량 측정은 적합 시험장의 성능을 평가하기 위하여 적합 시험장을 이에 해당하는 시험장 감쇠량 측정과 비교하는데 사용된다.

3.1.4 공통 모드 흡수 장치(CMAD)

측정결과의 불확도를 줄이기 위해 방사성 방출 측정시 시험 체적을 벗어나는 케이블에 적용할 수 있는 장치

3.1.5 적합 시험장 (COMTS)

적합 허용기준을 비교하기 위해서 시험 중에 장비에서 발생되는 전기장의 세기 측정결과에 대한 유효성 및 재현성을 보증하는 환경

3.1.6 교차편파 응답(cross-polar response)

안테나가 시험 대상 안테나의 개구부에서 위상과 진폭이 일정한 선형 편파 전자기장에서 회전할 때 교차편파 전기장에 의한 제거의 척도

3.1.7 완전 무반사실(fully-anechoic room, FAR)

내측면이 해당 주파수 범위에서 전자파 에너지를 흡수하는 고주파 에너지 흡수체(즉, RF 흡수체)로 채워진 차폐실

3.1.8 자유공간 공진 다이폴 안테나

두 개의 직선도체가 대칭형으로 약간의 간극을 유지하도록 만들어진 와이어 안테나이다. 각 도체는 그 다이폴 안테나를 자유공간에 두었을 때 두 도체사이의 간극에서 측정한 입력 임피던스가 순수저항성분이 되도록 하기 위해 그 길이를 규정된 주파수의 1/4 파장이 되도록 하였다.

주1) 이 시험방법에서는 발룬에 연결된 이 와이어 안테나를 "시험 안테나"라고도 한다.
주2) 이 와이어 안테나를 "동조 다이폴 안테나"이라고도 한다.

3.1.9 하이브리드 안테나(hybrid antenna)

대수 주기 다이폴 배열(LPDA)의 무한 발룬(붐)이 광대역 다이폴 안테나의 전압원으로 사용될 수 있도록 하나의 광대역 다이폴 안테나(예: 바이코니컬 또는 보타이)를 추가하기 위하여 붐이 개방회로 단에서 연장된 종래의 도선 소자 LPDA 안테나

일반적으로 동축 케이블의 외부 도체에 있는 기생(의도하지 않은) RF 전류가 수신기로 흐르는 것을 최소화하기 위하여 이 붐의 끝에는 공통 모드 초크가 사용된다.

3.1.10 삽입 손실(insertion loss)

어떤 장치를 송신선에 삽입하여 생긴 손실로 삽입 전과 후, 시험 대상 장치의 삽입점 바로 앞 전압과 뒤 전압의 비로 표현된다.

송신 S-파라미터의 역수와 같다. 즉 $|1/S_{21}|$

3.1.11 저 불확도 안테나(low-uncertainty antenna)

정의된 공간점에서 전기장의 세기를 측정하는데 사용되는 것으로, 이 표준의 평형 및 교차편차 성능 요구규격을 충족하며 그 안테나 계수의 불확도가 ±0.5 dB 미만인 특이값의 영향을 받지 않는 바이코니컬 안테나 또는 LPDA 안테나

주) A.2.3에서 더 자세히 설명하고 있다.

3.1.12 준자유공간 시험장(quasi-free space test-site)

자유공간 조건을 얻기 위해 만들어진 것으로, 복사성 방출 측정 또는 안테나 교정을 위한 시설

복사성 방출 측정이나 검토 중인 안테나 교정 절차에 적용할 수 있는 시험장 합격 기준을 만족하기 위해 주위환경으로부터의 불요 반사는 최소로 유지한다.

3.1.13 반사 계수(reflection coefficient)

입사된 진행파에 대한 반사파의 비

따라서 전압 반사 계수는 반사파의 복소 전압과 입사파의 복소 전압의 비로 정의된다. 전압 반사 계수는 산란 파라미터 S11과 동일하다.

3.1.14 산란 파라미터(S-파라미터)[scattering parameters(*S*-parameters)]

전송선에 삽입된 2포트 회로망의 성질을 기술하는데 사용된 4개 파라미터의 집합

3.1.15 반무반사실(semi-anechoic chamber, SAC)

내부 6개 면 중 5개 면에 관심 주파수 범위에서 전자파 에너지를 흡수하는 고주파 에너지 흡수체(즉, RF 흡수체)로 설치되어 있으며 바닥면이 OATS 시험 장치 구성에 사용되는 도전성 접지면으로 되어 있는 차폐된 외함

3.1.16 단락-개방-부하-관통 교정법(short-open-load-through calibration method, SOLT)

관통-개방-단락-정합 교정법(through-open-short-match calibration method, TOSM)
알려진 3개의 임피던스 기준(단락, 개방, 정합/부하)과 단일 송신 기준(관통)을 이용하여 벡터 회로망 분석기에 적용되는 교정 방법

SOLT 방법은 널리 사용되는 방법으로 50 Ω 특성 임피던스 성분이 있는 교정 키트를 흔히 사용할 수 있다. 전체 2포트 오류 모델에는 순방향과 역방향 각각 6개씩 총 12개의 개별 오류 항이 포함되며, 교정을 수행하기 위해서는 12개의 기준 측정값이 필요하다.

3.1.17 시험장 감쇠(량) (site attenuation)

한 개의 안테나는 일정 높이로 고정하고 다른 쪽의 안테나는 지정된 높이 범위에서 수직방향으로 높이를 변화시키면서 편파가 일치된 두 안테나 사이에서 측정된 최소 시험장 삽입 손실

3.1.18 시험장 삽입 손실(site insertion loss)

발생기 출력단과 수신기 입력단 사이의 직접 전기적 접속이 지정된 위치에 놓인 송신 안테나와 수신 안테나로 대체될 때 시험장의 지정된 위치에 놓인 한 쌍의 안테나 사이의 손실

3.1.19 시험 체적

시험 체적은 FAR에서 피시험기기가 놓여 있는 체적을 말한다.

주) 시험 체적은 준자유공간 조건을 충족하며, 대개 FAR의 흡수체로부터 0.5 m 이상 떨어져 있다.

3.1.20 관통-반사-선로(TRL) 교정(through-reflect-line calibration)

VNA의 내부 교정이나 외부 교정을 할 때 세 개의 알려진 임피던스 기준(관통, 반사, 선로)을 사용하여 실시하는 벡터 회로망 분석기의 교정 방법

이 교정방법에는 4개의 기준 측정값이 필요하다.

3.1.21 벡터 회로망 분석기(vector network analyzer, VNA)

4개의 S-파라미터(S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{22})의 복소값을 측정할 수 있는 회로망 분석기

3.2 약어

EUT 피시험기기
FSOATS 자유공간 야외 시험장
LAS 루프 안테나 시스템
LLA 대형 루프 안테나
LPDA 대수 주기 다이폴 배열
NSA 정규화된 시험장 감쇠량
OATS 야외 시험장
SA 시험장 감쇠량
SAC 반무반사실
S_{VSWR} 시험장 전압 정재파비
VSWR 전압 정재파비

4. 방사성 방해 측정용 안테나

4.1 일반사항

방사 패턴과 주위환경과의 상호 결합을 고려해 전기장의 세기를 측정할 때는 방사성 방출 측정에 사용되는 유형의 것으로 교정된 안테나를 사용하여야 한다. 그 안테나와 더불어 안테나와 측정 수신기 사이에 삽입된 회로는 측정 수신기의 전반적인 특성에 심각한 영향을 미쳐서는 안 된다. 안테나를 측정 수신기에 연결할 때 그 측정 시스템은 해당 주파수 대역폭에 적합한 KN 16-1-1의 대역폭 요구규격을 만족하여야 한다.

안테나는 선형 편파된 것이어야 한다. 또한 입사 방사선의 모든 편파를 측정할 수 있는 방향을 가져야 한다. FAR에서 접지바닥면 위나 흡수체 위에 있는 안테나의 중심 높이는 특정 시험 절차에 따라 조절할 수 있어야 할 것이다.

이 항의 요구규격을 충족하는 안테나를 KN 16-1-1의 요구규격을 만족하는 측정 수신기와 함께 사용할 때 정현파 신호로 이루어진 균일 전기장 세기의 측정 정확도는 ±3 dB 보다 높아야 한다.

주) 이 요구규격에는 시험장에 기인한 영향은 포함되지 않는다.

광대역 안테나 파라미터에 관한 자세한 내용은 부록 A를 참조한다.

4.2 방사성 방출 측정에 사용되는 물리적 파라미터

방출 허용기준(V/m)에 대하여 실시된 방사성 방출 측정에 사용되는 물리적 파라미터는 피시험기기(EUT)의 위치에 대하여 정의된 공간의 한 점에서 측정된 전기장이다. 더 구체적으로 말해 OATS에서 또는 SAC에서 30 MHz ~ 1 000 MHz 의 주파수 범위에서 측정하는 경우 그 측정량은 피시험기기가 방위각 평면에 있는 모든 각도에 걸쳐 회전하는 동안 1 m ~ 4 m 높이에서 또한 피시험기기로부터 수평하게 10 m 떨어진 거리에서 수평 편파 및 수직 편파의 함수가 되는 최대 전기장의 세기이다.

4.3 주파수 9 kHz - 150 kHz 범위

4.3.1 일반사항

이 주파수 범위에서 관측되는 간섭은 경험상 자기장 성분에 의한 것이다.

4.3.2 자기장 세기 측정용 안테나

방사되는 자기장 세기 측정을 위해서 한 변의 길이가 60 cm 인 정사각형으로 안테나를 완전히 둘러쌀 정도 크기의 루프 안테나 또는 적절한 페라이트 로드 안테나를 사용한다. 이 루프안테나는 전기적으로 차폐되어야 한다.

자기장의 세기 단위는 μA/m 이다. 대수 단위로는 dB(μA/m), 또는 측정된 장의 세기 레벨의 대수의 20배이다. 관련 방사 허용기준은 같은 단위로 표현해야 한다.

주) 모든 조건 즉 근거리장 및 원거리장에서 다 같이 방사장의 dB(μA/m) 단위로 나타내는 자기성분의 세기로 직접 측정을 할 수 있다. 그러나 장의 세기를 측정하는 수신기는 dB(μV/m) 단위로 표시되는 등가 평면파 전기장 세기의 항으로 교정되며, E와 H 성분의 비가 120 π나 377 Ω인 것으로 가정한다. H에 대한 계산은 다음과 같다.

$$H = \frac{E}{377\ \Omega} \quad (1)$$

여기서, H의 단위는 대개 μA/m 이고 E의 단위는 μV/m 이다.
dB 단위로 측정하는 경우,

$$H = E - 51.5 \quad (2)$$

여기서, H의 단위는 dB(μA/m)이고 E의 단위는 dB(μV/m) 이다.

상기 변환에 사용된 임피던스 Z = 377 Ω (20 log Z = 51.5 dB(Ω))는 μV/m [또는 dB(μV/m)] 단위의 자계를 표시하는 전기장의 세기 측정기기의 교정에서 비롯된 상수이다.

4.3.3 루프 안테나의 차폐

루프 안테나가 부적절하게 차폐되면 전계 응답을 초래할 수 있다. 안테나의 전계 판별은 루프 안테나의 평면이 전계 벡터와 평행을 유지하도록 하여 이 안테나를 균일장에서 회전시켜 평가하여야 한다. 루프 안테나의 평면이 자속과 수직하고 그 평면이 자속과 평행하도록 안테나를 회전한다면 측정된 응답은 적어도 20 dB 감소하여야 한다.

4.4 주파수 150 kHz - 30 MHz 범위

4.4.1 전계 안테나

전계성분의 방사를 측정하기 위해서 불평형 안테나 또는 평형 안테나를 사용할 수 있다. 만약 불평형 안테나가 사용된다면 측정값은 수직 로드 안테나의 전기장의 효과만을 참고한다. 측정결과와 함께 사용된 안테나의 형태가 지정되어야 한다.

모노폴(로드) 안테나의 성능 특성과 정합망을 계산하기 위한 관련 정보는 부록 B에 규정되어 있다. 부록 B에서는 등가 정전용량 치환법(ECSM)으로 유도된 안테나 계수는 모노폴 안테나 길이가 한 파장의 1/8보다 큰 경우 불확도가 더 크다고 명시하고 있다.

전기장 세기의 단위는 μV/m 이어야 한다. 대수 단위에서 E는 dB(μV/m), 또는 측정된 장의 세기 레벨의 대수의 20배로 표현하여야 한다. 관련 방사 허용기준도 같은 단위들로 표현해야 한다.

4.4.2 자계 안테나

방사의 자계성분 측정을 위해서는 4.3.2에 기술된 전기적으로 차폐된 루프가 사용되어야 한다.

주) 주파수 범위 1.6 MHz ~ 30 MHz 에서 QP 검출을 이용해 -1,5 dB(μA/m) 정도로 낮은, 즉, 잡음 레벨이 약 25 dB 더 높은 비동조 전기적 차폐 루프 안테나의 것보다 낮은 자기장의 세기를 측정할 때는 동조된 전기적 평형 루프 안테나를 사용하여도 무방하다.

4.4.3 안테나의 평형/교차편파 성능

평형 전계 안테나를 사용하는 경우 그 안테나는 4.5.4의 요구규격을 충족하여야 한다. 평형 자계 안테나를 사용하는 경우 그 안테나는 4.3.3의 요구규격을 충족하여야 한다.

4.5 30 MHz ~ 1 000 MHz 의 주파수 범위

4.5.1 일반사항

이 주파수 범위에서의 측정은 전계에 대한 것이므로 자계 안테나는 포함되지 않는다. 이 안테나는 전계를 측정하도록 설계된 다이폴형 안테나이어야 하며, 자유공간 안테나 계수를 사용하여야 한다. 포함되는 안테나 유형은 다음과 같다.

a) 소자 쌍의 형상이 직선봉 또는 원뿔형인 동조 다이폴 안테나
b) 일련의 간격을 둔 직선봉 소자로 구성된, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나 같은 다이폴 배열
c) 하이브리드 안테나

4.5.2 전계 허용기준을 준수하지 못하는 것으로 추정되는 경우에 사용하는 저불확도 안테나

측정 불확도를 낮추기 위하여 특히 하이브리드 안테나에서는 보편적인 바이코니컬 안테나 또는 LPDA 안테나로 측정된 전계의 값을 선호한다. 대표적인 바이코니컬 안테나와 LPDA 안테나는 부록 A에 정의되어 있으며, 교정된 안테나만을 사용하여야 한다.

주1) 30 MHz ~ 250 MHz 의 주파수 범위에서 바이코니컬 안테나를 사용하고 250 MHz ~ 1 GHz 의 주파수 범위에서 LPDA 안테나를 사용하면 불확도가 개선된다. 다른 방법으로 200 MHz 의 전환 주파수를 사용할 수 있지만, LPDA의 위상 중심 변동으로 인한 불확도가 더 높아지므로, 이를 보고된

방사성 방출 측정 불확도 총괄표에 포함시켜야 할 것이다.

주2) 피시험기기에서 발생한 방사성 방출의 측정 불확도는 시험장 품질, 안테나 계수 불확도, 안테나 유형, 측정 수신기 특성 등 여러 영향 인자에 따라 달라진다. 저불확도 안테나를 정의하는 이유는 접지면과의 상호 결합 영향, 높이 주사에 대한 방사 패턴, 가변 위상 중심 위치 등 측정 불확도에 미치는 그 밖의 안테나 영향을 제한하는 것이다. 이러한 영향의 효과를 검증하려면 선택된 전환 주파수에서 두 안테나의 판독값을 비교하는 것이다. 이것은 ±1 dB 의 여유도 내에 동일한 전계 값을 제공하여야 할 것이다.

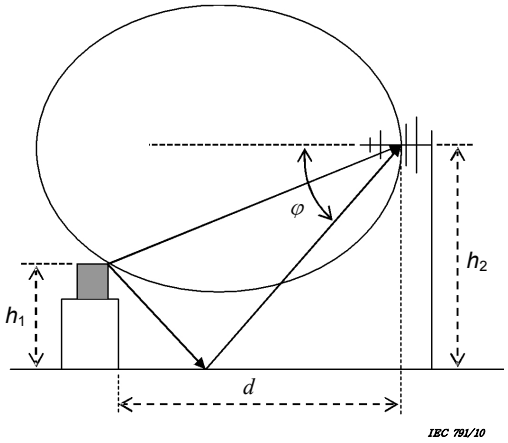
4.5.3 안테나 특성

300 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 주파수에서 단순 다이폴 안테나의 감도가 낮다고 가정하면 더 복잡한 안테나를 사용하여도 된다. 이러한 안테나는 다음과 같은 특성을 갖는 것이어야 한다.

a) 안테나는 선형 편파된 것이어야 하며, 이 선형 편파는 4.5.5의 교차편파 시험 절차를 적용하여 평가하여야 한다.
b) 동조 다이폴 안테나, 바이코니컬 안테나 같은 평형 다이폴 안테나는 발룬 성능을 검증한 것이어야 한다. 이 발룬 성능은 4.5.4의 평형 시험 절차를 적용하여 평가하여야 한다. 이것은 또한 200 MHz 미만 하이브리드 안테나에도 적용한다.
c) 도전성 접지면이 있는 시험장을 가정한다. 피시험기기에서부터 안테나까지 직접 반사 신호와 접지 반사 신호 중 하나 혹은 이 둘이 그 첨두값에서 안테나 방사 패턴의 주 로브로 들어가지 않는다면 수신 신호의 크기는 감소될 것이다.
그 첨두값은 대개 안테나의 기준방향에 있다. 이러한 진폭의 감소는 방사성 방출에서의 오차로 간주된다. 이로 인한 불확도 허용차는 빔폭, 2φ 에 근거한다(그림 1 참조).

이 오차가 +1 dB 보다 크지 않도록 하는 조건은 10 m 시험장에 대해서는 항목 1), 3 m 시험장에 대해서는 항목 2)와 같다. 다른 방법으로, 번거로운 방사 패턴 조건을 회피하기 위해 사용하는 안테나 이득에 기반한 조건은 항목 3)과 같다.

방출 측정은 안테나가 수평 편파 및 수직 편파된 상태에서 실시한다. 한 면에서만 방사 패턴을 측정하기로 정하였다면 다음과 같이 더 좁은 패턴을 사용하여야 한다. 안테나의 패턴은 안테나가 수평 편파하도록 향하게 하여 수평면에서 검증되어야 한다.



주) 양은 식 (4)에 정의되어 있다.

그림 1 - 3 m 시험장에서 피시험기기에서부터 직접 반사 및 접지 반사를 통해 LPDA 안테나에 도달하는 방사의 구성도. 반사파에서 반 빔폭(φ)를 나타냄

1) 10 m OATS 또는 SAC에서, 안테나의 기준방향주빔이 접지면과 평행하도록 정렬되어 있을 때 직접 광선 방향에서의 안테나 응답은 기준방향 진폭과 무시할 수 있을 정도의 차이가 있다. 방출 측정에서 불확도의 지향성 성분은 반사 광선 방향에서의 안테나 응답이 안테나 기준방향 응답보다 2 dB 이하로 더 낮다면 +1 dB 미만으로 유지할 수 있다. 이 조건을 보장하기 위해서 측정 안테나의 총 수직 빔폭 2φ(안테나 이득이 그 최대값의 2 dB 이내에 있음)은 다음과 같이 되어야 한다.

$$\varphi > \tan^{-1}\frac{h_1 + h_2}{d} \qquad (3)$$

2) 이격거리가 10 m 미만(대개 3 m)인 시험장의 경우, 측정 안테나의 총 수직 빔폭 2φ (안테나 이득이 그 최대값의 1 dB 이내에 있음)은 다음과 같이 되어야 한다.

$$2\varphi > \left(\tan^{-1}\frac{h_1 + h_2}{d}\right) - \left(\tan^{-1}\frac{h_1 - h_2}{d}\right) \qquad (4)$$

여기서,

h_1 = 피시험기기의 높이
h_2 = 측정 안테나 높이
d = 측정 안테나의 위상 중심과 피시험기기 간의 수평 거리

연관 불확도를 감소시키는 안테나 하향 기울임 장치가 없다면, 수신 신호의 감소는 방사 패턴으로부터 계산하여야 하며, 보정하거나 지향성 불확도를 적용하여야 한다. 불확도 총괄표의 예는 CISPR 16-4-2에 주어져 있다.

주1) 전계 방사 패턴이 기준방향(= 주로브의 첨두)에서 1로 정규화되어 있다고 가정하면, 직접 광선과 반사 광선에 대한 안테나의 경사각에서 전계를 읽는다. 직접 광선과 반사 광선 각각에 대해 크기가 1인 전계와 비교했을 때의 오차는 20 log [2/E_D + E_R](dB) 로 주어진다.

주2) 안테나 기준방향을 벗어난 각도에서 감소된 지향성으로 인한 신호 세기의 감소는 계통오차이므로 보정할 수 있다. 보정을 적용할 경우, 각각의 주파수와 편파에서 방사 패턴을 알면 방출된 신호 세기의 불확도도 이에 따라 감소될 수 있다.

3) 방사성 방출 시험에 사용한 것으로 빔폭이 넓은 안테나의 경우, 그 빔폭은 안테나 지향성과 반비례한다. 항목 1)과 2)에서 빔폭에 기반한 기준의 대안은 안테나의 최대 이득을 규정하고, 방출 시험에 대한 불확도 총괄표에서 지향성 성분에 대한 일반 불확도 허용차를 참조하는 것이다. 특정 안테나에 사용된 주파수 범위에서 가장 좁은 빔폭을 기준으로 한 일반 불확도는 CISPR 16-4-2에 주어져 있다. 바이코니컬 안테나의 최대 등방성 이득은 2 dB 이어야 하며, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나와 하이브리드 안테나의 경우는 8 dB 이어야 한다. 자기장 빔폭과 전기장 빔폭이 동등한 V자형 LPDA 안테나의 최대 허용 등방성 이득은 9 dB 이어야 한다.

주3) CISPR 16-4-2에 주어진 지향성 불확도는 이격거리가 10 m 일 때 사용할 수 있지만, 이격거리가 3 m 일 때는 불확도를 개정할 필요가 있다.

d) 안테나 급전선이 연결된 상태에서 안테나의 반사 감쇠량은 10 dB 이상이어야 한다. 이 요구규격을 충족할 필요가 있는 경우에는 정합 감쇠기를 안테나의 급전선 케이블의 일부로 할 수도 있다.

e) 4.1의 요구규격을 충족시키는 교정 계수가 주어져야 한다.

4.5.4 안테나의 평형

4.5.4.1 일반사항

방사 측정에서 공통모드(CM) 전류가 수신 안테나에 장착된 케이블(안테나 케이블)에 나타날 수도 있다. 그리고 이들 공통모드 전류는 수신 안테나에 의해 수신될 수 있는 전자기장(electromagnetic field)을 형성하게 된다. 그리하여 결과적으로 방사 측정 결과에 영향을 미치게 된다.

안테나 케이블에 기여하는 공통모드 전류의 주요한 요인은 다음과 같다.

a) 전계가 안테나 케이블에 평행한 성분을 포함하는 경우에는 피시험기기에 의해 발생된 전계장
b) 수신 안테나 발룬의 불완전성에 의해, 차동모드(DM) 안테나 신호(원하는 신호)의 공통모드 신호로의 변환

일반적으로 대수 주기 다이폴 배열(log-periodic dipole array) 안테나는 의미있는 정도의 차동모드/공통모드 변환을 나타내지 않으며, 다이폴 안테나, 바이코니컬 안테나, 바이코니컬/대수 주기 하이브리드 안테나에 대하여 다음과 같은 점검을 한다.

4.5.4.2 발룬 차동모드/공통모드 변환 점검

다음의 방법은 수신 안테나가 사용되는 주파수 영역에서 두 전압 U_1과 U_2의 측정방법을 기술한 것이다. 양쪽 모두 같은 단위(예를 들어, dBμV)로 표시된 이들 전압비는 차동모드/공통모드 변환에 대한 측정값이다.

a) 접지면 위 1.5 m 높이에 안테나의 중심이 놓이게 하고 시험 중인 수신 안테나가 수직편파가 되도록 설정한다. 안테나 케이블 중 길이 1.5 m ± 0.1 m 를 접지면보다 1.5 m 높은 곳에 있는 수신 안테나의 뒷면 능동 소자 뒤로 뺀 후, 이를 접지면에 수직하게 늘어뜨린다.
b) 시험 중인 안테나의 중심으로부터 수평으로 10 m 거리에 끝부분이 위치하도록 안테나(송신)를 수직편파로 위치시킨다. 송신 안테나는 가장 큰 능동 소자의 끝이 접지면보다 0.10 m 높은 곳에 있도록 배치하여야 한다. 만약 방사시험에 사용된 시험장의 범위가 3 m 이면, 3 m의 거리를 이용하여 이 점검을 한다.(만약 변환점검이 이미 10 m 거리에서 이루어져 U_1과 U_2간의 차이가 ±0.5 dB 이하이면, 3 m 거리에서 측정을 새롭게 할 필요는 없다) 송신 안테나에 대한 규격은 시험중인 안테나의 주파수 영역을 포함하여야 한다.
c) 송신 안테나를 트래킹 발생기 같은 신호원에 연결한다. 희망하는 주파수 영역에 대해 수신기에서 신호 대 주위 잡음비가 10 dB 보다 크도록 발생기의 레벨값을 조정한다.
d) 관심 주파수 영역 전체에 걸쳐 수신기 전압 U_1을 기록한다.
e) 장치 내의 다른 것, 특히 수신 안테나 케이블을 변화시키지 않고 신호원의 설정도 변경시키지 않은 채로 수신 안테나를 뒤집는다.(안테나를 180° 회전).
f) 주파수 전체 영역에 걸쳐 수신기 전압 U_2를 기록한다.
g) 만일 20 log(U_1/U_2) < 1 dB 이라면 차동모드/공통모드 변환은 충분히 낮은 것이다.

주1) 차동모드/공통모드가 변환 기준에 맞지 않는다면, 안테나 주위의 페라이트링이 차동모드/공통모드 변환을 줄여줄 것이다. 안테나 케이블에 페라이트를 붙이는 것은 4.5.4.1의 a)가 무시할 수 없는 효과를 갖는지 입증하는 데 이용될 수도 있다. 약 20 cm 떨어진 4개의 페라이트를 이용해서 시험을 반복한다. 이 링들을 사용하여 기준을 충족시키면, 실제 방사 측정에서도 이들을 나타내야 한다. 마찬가지로 케이블과의 상호작용은 케이블을 안테나 뒤로 수 미터를 뻗게 하고 접지면으로 떨어뜨려서 이를 줄일 수 있다.
주2) 수신 안테나가 전자파무향실에서 사용된다면, 차동모드/공통모드 점검은 수신 안테나가 보통 사용되는 지점에 있고 송신 안테나가 무반사실의 시험 체적 중심에 있는 그런 무반사실에서 행해

져야 한다. 무반사실은 ± 4 dB 기준에 적합해야 한다.

주3) 접지면이 일부를 형성하거나 또는 전자파무향실 같은 측정 시험장은 각각 감쇠량 요구규격에 적합해야 한다.

주4) 안테나 중심 뒤 수평으로 뻗은 안테나 케이블의 거리 1.5 m는 실제 수직 편파로 방사 측정을 하는 동안 최소한으로 유지되어야 한다.

주5) 시험 배치의 효과는 안테나 소자들과 평행하게 놓인 안테나 케이블과 안테나와의 상호작용으로 인한 것이기 때문에 시험 배치를 엄격하게 정의할 필요는 없다. 전자파무향실에서 또는 야외시험장의 정상적인 EMC 시험 배치에서 수신 안테나로 입사되는 전기장 세기의 균일성에 의존하는 훨씬 더 작은 효과가 존재한다.

주6) 수신 케이블 커넥터가 측면(안테나 붐에 대해 90 °인)에 장착된 발룬의 경우, 케이블의 움직임을 줄이기 위해서 직각 커넥터가 사용되어야 한다.

4.5.5 안테나의 교차편파 응답

안테나가 평면 편파 전자기장 내에 있을 경우, 안테나와 장이 교차편파가 되었을 때의 종단 전압은 이들이 같은 편파일 때의 종단전압보다 최소 20 dB 낮아야 한다.
이 시험은 각각의 다이폴 안테나의 두 개의 절반이 사다리꼴 대형을 이루는 대수 주기(LPDA) 안테나에 적용하기 위한 것이다. LPDA 안테나에 대한 이 요구규격을 설정하기 위한 시험 방법은 제시되었다. 그런 안테나 시험의 대부분은 200 MHz 이상에서 이루어지지만 30 MHz 에서 1 000 MHz 의 전체 주파수 범위 걸쳐 적용된다. 이 시험은 직렬 다이폴 안테나 및 바이코니컬 안테나에 대해서는 적용되지 않는다. 왜냐하면 20 dB 를 초과하는 교차편파 제거비는 그 안테나의 대칭 설계에 대해 고유한 것이기 때문이다. 이와같은 안테나와 혼 안테나는 20 dB 이상의 교차편파 제거 기능을 지녀야 하며, 이는 제조자에 의한 형태시험으로 검증되어야 한다.

준자유공간 조건을 얻기 위해서 높은 품질의 무향실이나 또는 야외시험장 지면 위 충분한 높이를 가진 탑이 사용될 수 있다. 지면의 반사를 최소화하기 위해 수직으로 편파된 안테나를 설치한다. 시험중인 안테나에서는 평면파가 나와야 한다. 시험중인 안테나의 중심과 원 안테나 사이의 거리는 한 파장보다 커야 한다.

주) 시험중인 안테나에 평면파가 위치하도록 하기 위해 고품질의 시험장이 필요하다. 한 쌍의 혼 안테나나 개방된 도파관들 사이에 전송에 의하여 평면파로 인해 생기는 교차편파 판별기능을 입증할 수도 있고, 하나의 혼 안테나의 고유 교차편파 성능과 시험장 오차의 결합이 30 dB 이상으로 수평 성분을 억제하는지 검증하여 입증할 수도 있다. 시험장 오차가 매우 작고 혼 안테나의 성능이 동일하다면 하나의 혼 안테나 교차편파 성능은 한 쌍의 혼 안테나 교차편파 결합보다 약 6 dB 가 낮게 될 것이다.

희망하는 신호 레벨보다 20 dB 가 낮은 간섭신호는 희망하는 신호에 최대 ± 0.9 dB 의 오차를 준다. 최대 오차는 교차편파 신호가 동일 편파 신호와 동일 위상일 때 발생한다. LPDA의 교차편파 응답이 20 dB 보다 더 나쁘다면, 시험자는 불확도를 계산하고 그것을 결과와 함께 밝혀야 한다. 예를 들면, 14 dB 의 교차편파는 최대 불확도 + 1.6 dB ~ - 1.9 dB 를 수반한다. 표준 불확도를 계산할 때는 U형 분포를 가정하고 큰 값을 취하여야 한다.

0 dB 의 신호를 다른 -14 dB 의 신호에 추가하기 위해서 먼저 20으로 나누고 역로그를 취함으로써 상대 전압으로 변환한다. 그런 다음, 단일신호(unity signal)에 더 작은 신호를 더한다. 로그를 취하고 20을 곱한다. 결과가 양의 데시벨 오차이다. 음의 데시벨 오차를 얻기 위해서 반복화되 이번에는 단일신호에서 더 작은 신호를 뺀다.

방사 측정의 불확도를 계산할 때 하나의 편파에서 측정된 신호가 직교하는 편파에서 측정된 신호보다 6 dB 이상 초과할 경우 교차편파 판별능력이 14 dB 뿐인 LPDA는 20 dB 의 규격을 충족시킨 것으로 간주한다. 만약 수직편파와 수평편파 신호 사이의 차이가 6 dB 보다 작다면 이 차이와 교차편파의 합이 20 dB 미만인지 추가 불확도 계산이 있어야 한다.

4.6 주파수 1 GHz ~ 18 GHz 범위

1 GHz 이상의 방사 측정인 경우는 보정된 선형 편파 안테나를 사용하여야 한다. 예로는 LPDA 안테나, 이중 리지 가이드 혼 안테나, 표준 이득 혼 안테나가 있다. 사용되는 안테나 패턴의 주 로브나 "빔"은 측정거리에 놓았을 때 피시험기기를 둘러쌀 만큼 충분히 커야 한다. 그렇지 않으면 방사원이나 방향을 지정하기 위해서 피시험기기를 스캔 할 수 있는 설비가 마련되어야 한다. 주 로브의 폭은 3 dB의 안테나 빔 폭으로써 정해진다. 이 요소를 결정할 수 있게 해주는 정보는 안테나관련 문서자료에 의해야 한다. 혼 안테나는 다음 조건을 만족하여야 한다.

$$d \geq \frac{D^2}{2\lambda} \qquad (5)$$

여기서
d는 측정거리(m 단위)이다.
D는 안테나의 가장 큰 개구 치수(m 단위)이다.
λ는 측정 주파수에서 자유공간 파장(m 단위)이다.

4.7 특수 안테나 배치 - Loop antenna system (루프 안테나 시스템)

9 kHz ~ 30 MHz 주파수 영역에서 단일 (피시험기기) 방사의 자기장 성분의 전파장해 능력은 특수 루프안테나시스템(LAS)을 사용하여 측정한다. 루프안테나시스템에서 이 능력은 루프안테나시스템의 루프안테나에서 자기장이 유도된 전류로 측정한다. LAS는 단일 피시험기기의 자계 성분에 의해 유도된 전류를 측정한다. 루프안테나시스템은 실내의 측정을 가능하게 한다.

루프안테나시스템은 3개의 형으로 구성된 지름 2 m의 비금속 지지대로 지지되고, 상호 수직인 큰 루프안테나(LLA)로 되어 있다. 루프안테나시스템에 대한 자세한 설명은 부록 C에 나와 있다.

피시험기기는 루프안테나시스템의 중심에 위치하도록 한다. 피시험기기의 최대 치수는 피시험기기와 LLA 사이의 거리가 최소 0.2 m 이상이 되도록 제한되어야 한다. 신호 케이블의 송신을 위한 지침은 조항 C.3의 주 2와 그림 C.6에 나와 있다. 케이블들은 동일한 경로를 함께 지나고 셀의 동일한 8분 내에 루프를 남겨야 하며 어떤 루프안테나시스템 루프에서든 0.4 m보다 더 근접해서는 안된다.

3개의 서로 수직인 LLA는 방사 장의 모든 편파에서 피시험기기의 회전이나 LLA의 방향 전환 없이 지정된 정밀도로 전자파 장해 능력의 측정이 가능하게 해준다.

3개의 LLA 각각은 C.4에 주어진 유효성 검증 요구규격에 적합해야 한다.

주) 직경 D ≤ 4 m 이며 피시험기기와 LLA의 거리가 0.1 × D 이상이라면, 표준지름 2 m 와 다른 지름을 가진 형의 LLA가 사용될 수도 있다. 비표준 지름에 대한 보정인자는 C.6에 나와 있다.

5. 주파수 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 무선방해 세기 측정용 시험장

5.1 일반사항

피시험기기에서 발생된 방해 전기장의 세기 측정결과의 유효성과 재현성을 보증할 환경이 요구된다. 사용된 시험장에서만 시험될 수 있는 피시험기기에 대해서는 다른 조항들을 이용해야 한다.

5.2 야외 시험장

5.2.1 일반사항

통상적으로 야외 시험장에서 방해 전기장의 세기 측정을 한다. 야외 시험장은 지형적으로 막힘이 없는 특징을 갖고 있다. 그런 시험장은 시험중인 피시험기기의 전력 공급과 운용에 필요한 것을 제외한 건물, 전력선, 울타리, 나무 등, 그리고 지중 케이블과 배관 등을 피해야 한다. 주파수 영역 30 MHz ~ 1 GHz 에서 전자기장 시험에 대한 야외 시험장의 특정 구성 권장사항을 알고자 한다면 부록 D를 참조한다. 야외 시험장에 대한 검증 절차는 부록 E에 추가적인 세부 정보와 함께 주어져 있다. 부록 F에는 합격판정 가능 기준이 포함된다.

5.2.2 기후 보호 구조물

시험장을 연중 사용하는 경우에는 기후에 대한 보호가 있어야 한다. 기후 보호 구조물은 피시험기기 및 전기장의 세기 측정 안테나를 포함하여 전체 시험장을 보호할 수도 있고, 피시험기기만을 보호할 수도 있다. 사용되는 재료는 피시험기기로부터 방사되는 전자기장의 감쇠나 불필요한 반사가 발생하지 않도록 하기 위해 RF 투과성이어야 한다. (5.3.1참조)

구조물은 눈이나 얼음, 물 등을 쉽게 제거할 수 있는 되는 형태이어야 한다. 더 자세한 내용은 부록 D를 참조한다.

5.2.3 장애물 없는 영역

야외 시험장으로서 피시험기기 및 전기장의 세기 측정용 안테나를 둘러싸고 있는 장애물이 없는 영역이 필요하다. 장애물이 없는 영역은 전자기장의 큰 산란이 없어야 하며, 시험장이 충분히 커서 장애물 없는 영역 밖의 산란체가 전기장의 세기 측정용 안테나에 의해 측정되는 전계에 거의 영향을 주지 않아야 한다. 이러한 영역이 타당한지를 결정하기 위해, 시험장 검증 시험이 수행되어야 한다.

어떤 물체로부터 산란하는 전기장 세기의 크기는 많은 인자(물체의 크기, 피시험기기로부터의 거리, 피시험기기에 대한 방위, 사물의 도전성과 유전율, 주파수 등등)에 의존하기 때문에, 모든 지역에 필요하고 맞는 합리적인 장애물 없는 영역을 규정하는 것은 비현실적이다. 측정거리와 피시험기기의 회전 여부에 따라 장애물 없는 영역의 크기와 형태는 달라진다. 만약 시험장에 턴 테이블이 구비되어 있다면, 두개의 초점에 수신 안테나 및 피시험기기가 있고 측정거리의 두 배에 달하는 장축과 측정거리와 3의 제곱근의 곱과 같은 단축을 가진 타형의 장애물 없는 영역이 권장된다.(그림 2 참조).

이 타원형에서 주변의 물체로부터 반사되는 희망하지 않는 파의 경로는 두 초점 사이의 직접파 경로의 두 배 길이이다. 만약 큰 피시험기기가 턴 테이블 위에 설치되어 있다면, 피시험기기의 주변으로부터 장애물이 없는 영역을 확장하여 장애물이 없도록 해야 한다.

만약 시험장에 턴 테이블이 없이 피시험기기가 고정되어 있다면, 피시험기기의 경계로부터 그 지역 경계까지의 반지름 거리가 측정거리의 1.5배인 형의 장애물 없는 영역이 권장된다.(그림 3참조). 이 경우에 안테나는 약간 떨어져서 피시험기기 주위에서 움직인다.

장애물 없는 영역 내의 지형은 평탄해야 한다. 적절한 배수(로)가 필요하므로 약간의 경사가 있어야 한다. 금속성 지면이 사용될 때의 평평함은 D.2에서 논의한다. 측정 장비와 시험자는 장애물 없는 영역 밖에 위치해야 한다.

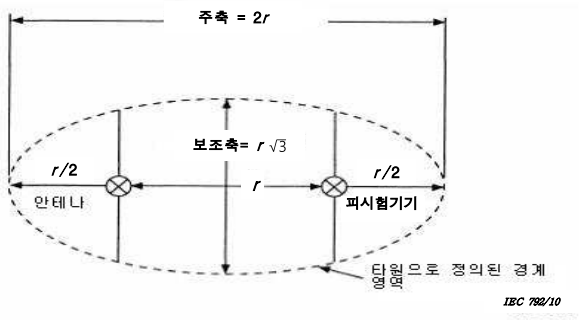


그림.2 턴 테이블이 있는 시험장의 장애물 없는 지역 (5.2.3절 참조)

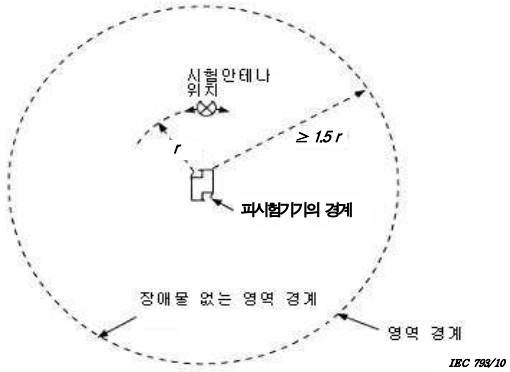


그림.3 고정된 피시험기기를 가진 장애물 없는 지역 (5.2.3절 참조)

5.2.4 시험장 주변의 무선주파수 환경

시험장 주변의 무선주파수 레벨은 수행된 측정 레벨에 비해서 충분히 낮아야 한다. 이러한 점에서 시험장의 품질은 약술되는 4개 카테고리로 평가된다. 아래는 이점의 순서에 따른 목록이다.

a) 주변 방사 측정 레벨보다 6 dB이하이다.
b) 일부 주변 방사는 측정 레벨의 6 dB 이내에 있다.

c) 일부 주변 방사는 측정값보다 크지만 비주기적(즉, 측정을 허용하는 전송 사이의 충분히 긴 시간)이거나 한정된 식별 가능한 주파수에서만 연속적이다.
d) 주변 레벨은 측정 주파수 영역의 대부분에 걸쳐 측정값보다 크며 연속적으로 발생한다.

시험장은 측정 정밀도를 확보하기 위한 환경이어야 하고, 가용한 엔지니어링 레벨이 유지되어야 한다.

주) 주변 잡음의 레벨이 측정된 방사 레벨 보다 20 dB 낮은 것이 적절하다.

5.2.5 접지면

접지면은 지면에서부터 도전성이 큰 금속물질에 이르기까지의 넓은 영역의 물질로 구성되어 있다. 접지면은 지면의 높이일 수도 있으며, 적절한 크기의 단이나 지붕에 위치할 수도 있다. 금속성 접지면이 더 선호되지만, 어떤 장비 및 적용에 대해서는 제품 간행물들에 의해서 금속성 접지면을 권장하지 않을 수도 있다. 금속성 접지면의 적절성은 시험장이 5.2.6의 시험장 적합성에 대한 요구규격을 충족시키는가 않는가에 달려 있다. 금속물질이 사용되지 않는다면 시간대별 반사특성, 기후조건 또는 바닥에 묻힌 금속 배관이나 도관, 비균질 토양으로 인해 변화하지 않는 시험장을 선택하는데 주의가 요구된다. 일반적으로 이러한 시험장은 금속성 표면으로 된 시험장과 비교해서 감쇠 특성이 다르다.

5.2.6 야외 시험장의 검증 절차

5.2.6.1 일반사항

금속성 접지면이 지정될 경우 여기에서 주어지는 정규화 시험장 감쇠량에 대한 검증 절차 및 요구규격을 시험장의 품질 평가에 이용한다. 다른 시험장들의 경우 이러한 검증 절차는 정보 제공적 성격을 지니며, 일반적으로 이를 이용하여 조사되어야 할 시험장의 불규칙성을 식별할 수도 있다. 흡수체를 부착한 측정실에는 검증 절차를 적용하지 못한다. 흡수체가 내장된 공간에 적용할 수 있는 유효성 확인 절차는 5.4항에서 다루고 있다.

그림 4와 5에서 보는 것처럼 접지면에 대해 수평과 수직인 두개의 안테나로 야외 시험장 검증을 한다. 그림 5는 동조 다이폴 안테나를 사용하는 수직 편파 구성을 나타낸 것이다. 광대역 안테나의 안테나 높이는 $h_1 = h_{2min} = 1$ m이어야 한다.

야외 시험장 감쇠량은 전송 안테나와 연결된 전압(V_i)과 수신 안테나 종단 부분에서 측정된 수신 전압(V_r)의 비로 구해진다. 50 Ω의 시스템에서 전압 측정을 한다. V_r과 V_i가 각기 송수신 안테나의 입출력 부분에서 측정되지 않으면 케이블 손실에 대한 적절한 수정이 필요하다. 이러한 시험장 감쇠량비는 사용된 두 안테나에 대한 안테나 인자들의 곱으로 나눈다. 결과 값은 정규화 시험장 감쇠량이며 dB로 표현한다. 측정된 수직 수평 감쇠량의 값이 표 E.1, E.2, E.3에서 주어지는 값의 ± 4 dB 이내에 있으면 그 시험장은 적합하다고 본다.

만약 ± 4 dB의 기준을 초과한다면 시험장은 조항 E.4에 대한 조사가 이루어져야 한다.

주1) 부록 F에 4 dB 시험장 적합성 기준에 대한 기준이 있다.

측정된 피시험기기의 전기장의 세기에 대한 보정값으로 측정된 감쇠량 값과 이론적 값 사이의 편차를 이용해서는 안된다. 이 절차는 단지 시험장의 유효성에 대해서만 이용되어야 한다.

표 E.1은 바이코니컬 및 대수 주기와 같은 광대역 안테나가 접지면에 수평과 수직으로 배열되도록 하기 위해 사용된다. 표 E.2는 접지면에 수평으로 정렬된 반파장 동조 다이폴 안테나에 관한 것이다. 표 E.3은 접지면에 대해 수직으로 정렬된 반파장 동조 다이폴 안테나에 관한 것이다. 표 E.3에서 스캔 높이 h_2에 제한이 있다는 것에 유의한다. 이것은 수신 다이폴안테나의 가장 아래 끝부분이 접지면에서 25 cm 이상 유지되어야 한다는 것을 고려한 것이다.

주2) 표 E.1, E.2, E.3의 파라미터가 서로 다른 이유는 다른 기하학상의 인자가 광대역 안테나와 반파장 동조 다이폴 안테나에 대해 선택되기 때문이며 실질적으로는 후자에 대한 제한 때문이다.

E.1, E.2, E.3 표에 나오지 않는 주파수에 대한 감쇠량은 표에 나온 값 사이의 직선 보간법을 사용하여 나타냈다.

각 표의 범례는 다음을 따른다.

d 접지면의 송수신 안테나가 투영된 사이의 수평 거리(단위 m)

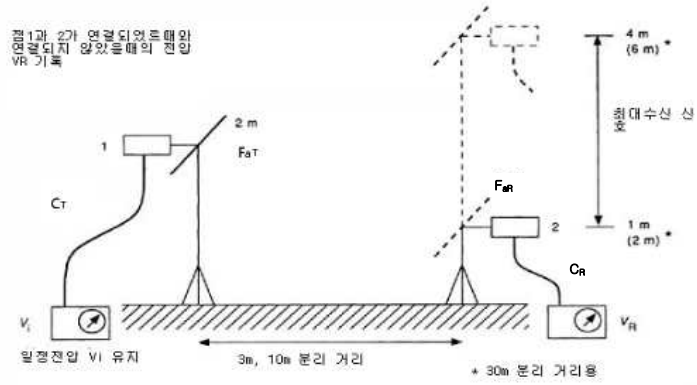
h_1 접지면에서 송신 안테나의 중심까지의 거리(m)

h_2 접지면에서 수신 안테나의 중심까지의 거리 영역(m). 이 높이의 스캔 범위에서 최대 수신신호가 감쇠량 측정에 사용된다.

f_M MHz 단위의 주파수

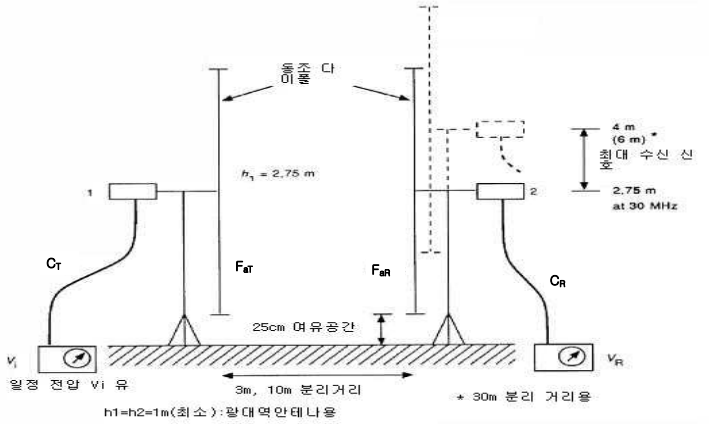
A_N 감쇠량 (아래 식 6 참조)

주3) 대수 주기 안테나 사이의 거리 R은 각 안테나의 세로축의 중간 지점에 있는 접지면의 투영에서 측정된다.



주) 기호는 5.2.6.1과 5.2.6.2에 정의되어 있다.

그림.4 시험장 감쇠량의 수평 편파 측정 장비의 구성 (5.2.6과 부록 E 참조)



주) 기호는 5.2.6.1과 5.2.6.2에 정의되어 있다.

그림.5 동조 다이폴안테나를 이용한 수직편파의 시험장 감쇠량 측정 장비의 구성 (5.2.6과 부록 E 참조)

우선 먼저 수평 감쇠량 측정을 수행하는 것이 좋다. 수평 측정은 시험시 오차가 수직 편파에 비하여 덜 민감하기 때문에, 측정된 감쇠량은 표 E.1, E.2, E.3에서 보이는 것과 같이 쉽게 ± 4 dB이내에서 구해진다. 만약 그렇지 않다면, 측정 기술, 기기의 특성변화, 안테나 인자 보정을 다시 검증한다. 그래도 ± 4 dB의 기준이 초과된다면, 시험장의 중대한 이상이 명백히 존재하는 것이며 수직 편파 감쇠량 측정을 시행하기 전에 보정을 해야 한다.

5.2.6.2 일반적인 감쇠량 측정

편파측정을 할 때마다 감쇠량 절차에서는 두 번의 다른 수신 전압 측정값 V_R을 필요로 한다. 두 개의 동축 케이블을 두 안테나와 연결하지 않고 어댑터를 통해 서로 연결한 채로 첫 번째 V_R (V_{DIRECT}) 값을 읽는다. 두 번째 V_R (V_{SITE})은 동축 케이블을 각각의 안테나와 다시 연결한 후, 수신 안테나가 높은 곳(3 m와 10 m 거리에서는 (1 - 4) m, 30 m 거리에서는 (1 - 4) m나 (2 - 6) m)에서 스캔될 때 측정된 최대 신호를 읽는다. 이 두 번의 측정에서 신호의 전압 V_i는 상수이다. 이들은 측정 감쇠량과 $A_{N\,meas}$에 대한 다음의 식(6)에 사용된다. 모든 항은 dB로 표현된다.

$$A_{N\,meas} = V_{DIRECT} - V_{SITE} - F_{aT} - F_{aR} - \Delta F_{a\,TOT} \quad (6)$$

여기서,
F_{aT}는 송신 안테나 인자
F_{aR}는 수신 안테나 인자이다
$\Delta F_{a\,TOT}$는 상호 임피던스 보정 인자이다.

첫 두 항은 시험장 감쇠량의 실제 측정값을 나타낸다. 즉 V_{DIRECT}와 V_{SITE}는 사용된 두개의 안테나의 성질을 포함하는 전달 경로의 삽입 손실에 의하여 구성된, 고전적 관점의 시험장 감쇠량과 같다. ΔF_{aTOT}에 대한 이론적 값은 표 E.4에 주어져 있다. F_{aT}와 F_{aR}은 측정해야만 한다.

유의:

$$V_{DIRECT} = V_I - C_T - C_R \quad (7)$$

여기서,
C_T와 C_R은 따로 측정할 필요가 없는 케이블 손실이다. 표 E.4에 나와 있는 상호 임피던스 보정인자는 3 m 이격거리와 반파장 동조 다이폴 안테나를 이용하는 권장 시험장에서만 적용 가능하다.

정규화 시험장 감쇠량을 측정하기 위해, 사용 계측장치에 따라 광대역이 사용되느냐 동조 다이폴 안테나가 사용되느냐에 따라서 두 가지 기법이 사용될 수 있다. 두 방법이 부록 E에 나온 대로 정확하게 사용된다면 본질적으로 같은 결과를 보일 것이다. 요약해서 각각 방법은 아래와 같다.

a) 불연속 주파수 측정 방법
이 방법에 대해 표 E.1, E.2, E.3에 주어진 특정한 주파수가 차례로 측정되어야 한다. 각각의 주파수에서 수신 안테나는 수신 신호를 최대화하기 위하여 해당 표에서 주어지는 높이 범위에 걸쳐 스캔된다. 이들 측정 변수값을 식(6)에 대입하여 측정 감쇠량을 구한다. 부록 E는 데이터 기록과 감쇠량 계산 및 그것의 이론적 감쇠량과 비교하는 권장 절차를 포함한다.

b) 스위프 주파수 방법
이 방법에 대해 광대역 안테나를 사용하여 피크홀드(최대값 홀드), 저장능력, 트래킹 발생 기능을 갖는 자동측정 장비를 사용하여 측정할 수 있다. 이 방법에서 안테나의 높이와 주파수는 모두 요구되는 범위 전체에 걸쳐 스캔 또는 스위프 되어야한다. 주파수 스위프 속도는 안테나 높이에 따른 스캔속도보다 훨씬 커야 한다. 그렇지 않으면 절차는 a)와 같다. 세부 절차는 부록 E에 주어져 있다.

5.2.6.3 안테나 인자 결정

정확한 안테나 인자가 측정하려는 감쇠량에 필수적이다. 일반적으로 안테나와 함께 제공되는 안테나 인자들은 명확하게 또는 개별적으로 측정되지 않는다면 부적절하다. 선형적으로 편파된 안테나가 필요하다. 유용한 안테나 보정 방법이 부록 E에 포함되어 있다. 제조자의 안테나 인자는 다른 특징들 중에서도 발룬에 기인하는 손실을 고려해야 한다. 만약 별도의 발룬이나 완전히 결합된 케이블이 사용된다면, 그 영향이 반드시 고려되어야 한다. 반파장의 동조 다이폴 안테나에 대한 사용 공식은 부록 E에 포함되어 있다.

5.2.6.4 시험장의 감쇠 편차

감쇠량의 측정값이 ± 4 dB이상의 오차를 보인다면 먼저 몇몇 항목들을 재검증해야한다.

a) 측정 절차
b) 안테나 인자의 정확성
c) 신호원의 표류(Drift)나 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 입력감쇠기의 정확성
d) 판독값

만약 a), b), c), d)에서 어떤 오류도 발견되지 않는다면 그때는 시험장에 문제가 있으며, 시험장의 변화에 대해 발생 가능한 원인을 자세히 조사해야 한다. 부록 F에는 감쇠량에서 발생할 수 있는 오류가 포함되어 있다.

수직편파 측정이 일반적으로 더 민감하므로, 수평편파 결과보다는 더욱 민감한 측정을 하여 시험장의 이상을 조사해야 한다. 조사할 주된 항목은 아래와 같다.

1) 접지면의 크기와 구조의 부적절함
2) 불필요한 산란을 일으키는 시험장 주변의 물체
3) 전천후 덮개

4) 턴테이블 표면이 도전성이며 접지면과 같은 높이일 때 턴 테이블 원주에서의 접지면 불연속성
5) 두꺼운 유전체 접지면 덮개
6) 층계를 위한 접지면 개구부

5.3 대용 시험장의 적합성

5.3.1 일반사항

방사 측정을 위한 여러 가지 시험장과 설비가 있다. 대부분은 날씨와 주변 무선주파수의 영향으로부터 보호된다. 이들 설비로는 전천후 보호 야외 시험장과 흡수체가 부착된 차폐실도 포함된다.

구조 물체가 시험장을 감싸고 있으면 5.2.6에 규정된 것처럼 단일 정규화 시험장 감쇠량측정 결과가 대용 시험장의 적합성에 맞지 않을 수도 있다.

대용 시험장의 적합성 평가를 위해서 다음 절차를 권장한다. 이것은 피시험기기가 차지하는 체적 전체에 걸쳐 수행되는 다수 감쇠량 측정에 기초한다. 이들 감쇠량 측정값은 모두 야외 시험장과 동등하게 적합하다고 판단되려면 모두 ±4 dB의 오차범위 이내에 있어야 한다.

이 장에서 논의한 것은 도전성 접지면을 가지는 대용 시험장에 관한 것이다.

5.3.2 대용 시험장의 정규화 시험장 감쇠량

단일 감쇠량측정으로서는 구조체로부터 일어날 수 있는 반사나, 시설의 벽이나 천정에 부착된 RF 흡수물질에서 일어날 수 있는 반사를 충분히 잡아내지 못한다. 이런 시험장에서 "시험 체적"은 시험할 가장 큰 장치 또는 시스템이 턴테이블 같은 것에 의해서 중심위치 주위로 360°에 걸쳐 회전될 때 그것에 의해서 윤곽이 그리는 부피로 정의한다. 그림6과 그림7에서처럼 수평 및 수직 편파를 평가할 때 최대 20개 즉, 두 편파(수평과 수직)와 두 높이(1 m와 2 m의 수평과 1 m와 1.5 m의 수직)에 대해서 수평 접지면의 5개 지점(중심과 중심에서 측정 안테나의 위치까지 그려진 한 선분에 관해서 측정되는 중심, 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽, 뒤쪽)의 별도 시험장 감쇠량 측정값이 요구된다.

이러한 측정들은 광대역 안테나로 수행되며, 거리는 안테나의 중심에 관하여 측정한다. 송수신 안테나는 서로 평행하며 측정축과 직교하는 안테나 요소들과 일렬을 이루어야 한다.

수직 편파에 대해서, 송신 안테나의 중심이탈(off-center) 위치는 시험 체적의 주변에 위치하도록 한다. 게다가 낮은 쪽의 안테나 끝부분은 바닥에서 25 cm 이상 높아야 하는데, 그렇게 되려면 가장 낮은 높이 측정을 위해서 안테나의 중심이 1 m보다 약간 더 높아야 할 수도 있다.

왼쪽과 오른쪽의 수평 편파 측정에서 구조물 또는 벽의 흡수제와 피시험기기의 외면 사이의 거리가 적어도 1 m라면, 안테나의 중심은 중심 위치로 옮겨져서 안테나의 최단 끝부분이 외면에 있거나, 외면에서 시험 체적 반지름의 10 % 이하의 거리에 있어야 한다. 앞과 뒤는 시험 체적의 주변에 위치한다.
요구되는 측정 횟수는 다음의 상황에 따라 줄일 수 있다.

a) 구조물이나 흡수 재료의 가장 가까운 지점이 시험 체적의 뒤쪽 경계에서 1 m이상의 거리에 있다면 뒤쪽에서의 수직과 수평의 편파 측정은 생략 가능하다.

주1) 유전체 접촉면 근처에 위치한 방사원은 그 위치에 있는 원의 방사 특성에 영향을 미칠 수 있는 전류분포 변화를 주는 것으로 입증되었다. 그러므로 피시험기기가 접촉면 근처에 놓일 경우 추가적인 시험장 감쇠 측정이 필요하다.

b) 왼쪽과 오른쪽 지점을 연결하는 시험 체적 지름을 따르는 수평편파 측정의 총수는 지름의 90%를 덮는 안테나 풋 프린트(footprint)에 필요한 최소한의 수까지 줄일 수 있다.

c) 테이블 설치대를 포함하는 피시험기기 최상부까지의 높이가 1.5 m가 되지 않는다면 1.5 m 높이에서의 수직편파 측정은 생략해도 된다.

d) 시험 체적이 테이블이 사용될 경우 그것도 포함하여, 깊이 1 m, 넓이 1.5 m, 높이 1.5 m 미만일 경우 수평편파는 중심, 앞, 뒤 위치에서만 측정하되, 1 m와 2 m의 높이에서 할 필요가 있다. 만약 위의 항목 a)가 적용된다면 뒤의 위치는 생략해도 된다. 그 결과 최소한 8번(한 높이에 대해 수직 편파(왼쪽, 중심, 오른쪽, 앞쪽) 4위치와 두 높이에 대해 수평 편파(중심과 앞쪽) 4 위치)의 측정이 요구된다 (그림 8과 그림 9 참조).

표1과 2에 따라 송수신 안테나의 이격거리를 일정하게 유지한 상태에서 감쇠량 측정을 해야 한다. 이들 표는 추가 송신 높이에 대한 값을 더함으로써 감쇠량 값을 조정하며 30 m 스캔 높이를 1 m ~ 4 m 범위로 제한하기 위해서 수정되었다는 점에 유의한다. 수신 안테나를 옮겨서 턴테이블 중심쪽의 선에 따라 적절한 이격을 유지해야 한다.(그림 6, 7, 8, 9 참조)

대용 시험장은 위에서 지정한 감쇠량 측정이 5.3.3의 요구규격과 아래의 5.3.4의 접지면 요구규격을 충족시킬 때 방사 시험의 수행에 적합한 것으로 간주한다.

주2) 대용 시험장의 적합성 입증에 추가 시험이 필요한지 결정하기 위한 국제규격이 제정된 후 검토를 거쳐 적용한다.

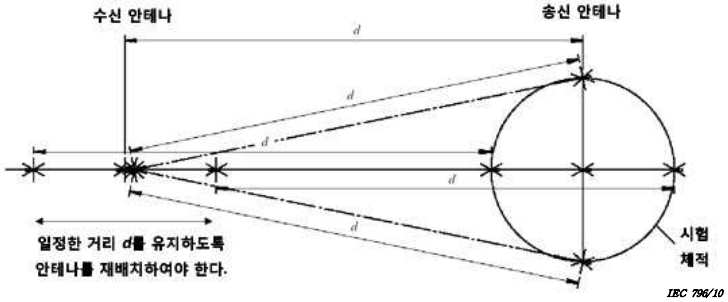


그림.6 대용 시험장의 전형적인 안테나 위치 - 수직편파 감쇠량 측정

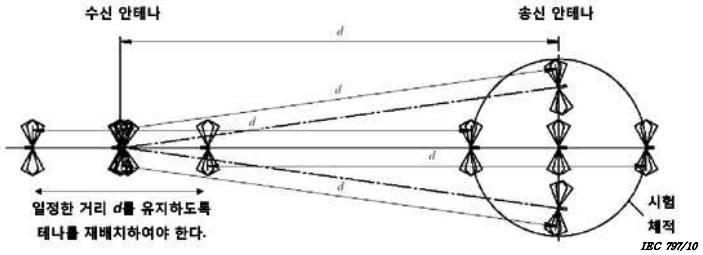
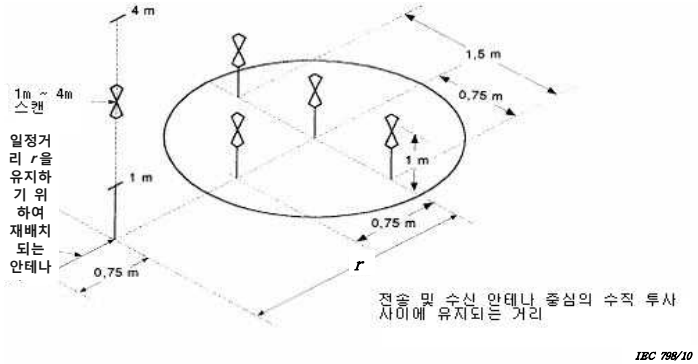
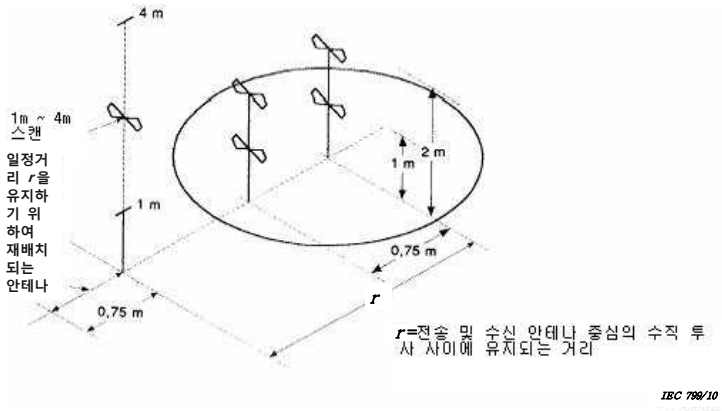


그림.7 대용 시험장의 전형적인 안테나 위치 - 수평편파 감쇠량 측정



주) 바람직하지 않은 반사를 야기할 수도 있는 가장 가까운 재료로부터 주변이 1 m 이상 떨어져 있다면 피시험기기는 깊이 1 m x 폭 1.5 m x 높이 1.5 m의 체적을 초과하지 않는다.

그림.8 - 대용 시험장의 전형적인 안테나 위치
- 더 작은 피시험기기에 대한 수직 편파 NSA 측정



주) 바람직하지 않은 반사를 야기할 수도 있는 가장 가까운 재료로부터 주변이 1 m 이상 떨어져 있다면 피시험기기는 깊이 1 m x 폭 1.5 m x 높이 1.5 m의 체적을 초과하지 않는다.

그림.9 - 대용 시험장의 전형적인 안테나 위치
- 더 작은 피시험기기에 대한 수평 편파 NSA 측정

5.3.3 시험장 감쇠

측정된 수평 및 수직 NSA 측정값이 이상적인 시험장에 대한 이론적 정규화 시험장 감쇠량의 ±4 dB 이내에 있다면 측정 시험장은 방사성 전자계 측정값에 허용되는 것으로 간주하여야 한다.

5.3.4 도전성 접지면

방사성 방출 시험장에는 도전성 접지면이 필요하다. 이 도전성 접지면은 EUT와 가장 큰 측정 안테나의 주변에서 적어도 1 m 이상 뻗어 있어야 하며, EUT와 안테나 사이 전체 면적을 포함하여야 한다. 또 구멍이나 간극의 종방향 치수가 가장 높은 측정 주파수 파장의 1/10보다 크지 않은 금속성의 것이어야 한다. NSA 측정값이 ±4 dB 기준을 만족하지 않으면 크기가 더 큰 도전성 접지면이 필요할 수도 있다.

주) 연구가 좀 더 이루어지면 최소 도전성 접지면의 크기를 규정할 필요가 있을 수도 있다.

표.1 정규화 시험장 감쇠량
(수평편파의 반파장 동조 다이폴 안테나에 대한 권장 기하학적 구조)

편파 d h_1 h_2	수평 3 m 2 m 1 m ~ 4 m	수평 10 m 2 m 1 m ~ 4 m	수평 30 m 2 m 1 m ~ 4 m
f_M MHz	A_N 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
1 000	-22.7	-13.8	-4.5

표.2 정규화 시험장 감쇠량
(광대역 안테나에 대해 권장되는 기하학적 구조)

편파 d h_1 h_2	수평 3 m 1 m 1 m ~ 4 m	수평 10 m 1 m 1 m ~ 4 m	수평 30 m 1 m 1 m ~ 4 m	수직 3 m 1 m 1 m ~ 4 m	수직 3 m 1.5 m 1 m ~ 4 m	수직 10 m 1 m 1 m ~ 4 m	수직 30 m 1 m 1 m ~ 4 m
f_M MHz	A_N 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
1 000	-23.5	-13.8	-4.4	-22.4	-21.4	-13.6	-3.5
이 데이터는 안테나의 중심이 접지면으로부터 1 m 일때 접지면으로부터 이격거리가 최소 25 cm 인 안테나에 적용된다.							

5.4 접지면이 없는 시험장 적합성

5.4.1 완전 흡수체 부착 차폐실로 구현한 자유공간 시험장 측정시 고려사항

복사성 방출 측정에는 완전무반사실(FAC 또는 FAR)이라 알려진 완전 흡수체 부착 차폐실을 사용할 수 있다. FAR 방법을 사용할 때는 관련 표준(품목표준, 제품표준, 제품군 표준)에 적합한 복사성 방출 허용기준을 정의하여야 한다. 무선 서비스 보호 요구조건(허용기준)의 적합성은 OATS에 관한 시험과 유사한 방법으로 FAR에서 확립하여야 한다.

FAR은 송신 안테나 또는 피시험기기로부터 발생한 직접파만이 수신 안테나에 도달하도록 자유공간 환경을 모의실험하기 위한 공간이다. FAR의 모든 벽면, 천장, 바닥에 적절한 흡수 재료를 사용하여 간접파와 반사파를 모두 최소화해야 한다.

5.4.2 시험장 성능

5.4.2.1 일반사항

시험장 성능은 아래에서 설명한 바와 같이 시험장 기준법과 NSA법의 두 가지 방법으로 확인할 수 있다.

5.4.2.2 이론적 정규화 시험장 감쇠량

다음은 미소(infinitely small) 안테나에 대하여 NSA 이론을 설명한다.

시험장 감쇠량(SA, As)은 개별 시험장에 있는 두 안테나의 커넥터 사이에서 측정한 송신 손실이다. 자유 공간 환경에서 As(dB)는 식(8) [1]로 근사화할 수 있다.

$$A_S = 20\log\left(\frac{5Z_0}{2\pi}\times\frac{d}{\sqrt{1-\frac{1}{(\beta d)^2}+\frac{1}{(\beta d)^4}}}\right) - 20\log(f_M) + F_{aR} + F_{aT} \qquad (8)$$

Fa_R, Fa_T = 수신 안테나의 안테나 인자(dB/m), AF_T = 송신 안테나의 안테나 인자(dB/m)
d = 송수신안테나 위상 중심 간의 거리(m)
Z_0 = 기준 임피던스(50 Ω)
β = 2π/λ
f_M = 주파수(MHz)

이론적인 정규화 시험장 감쇠량($A_{N\,theo}$)(dB)은 각 안테나 인자를 뺀 상태에서의 시험장 감쇠량으로 정의된다. 따라서

$$A_{N\,theo} = 20\log\left(\frac{5Z_0}{2\pi}\times\frac{d}{\sqrt{1-\frac{1}{(\beta d)^2}+\frac{1}{(\beta d)^4}}}\right) - 20\log(f_M) \qquad (9)$$

1) ~~참고문헌: GARBE, H., New EMC Test Facilities for Radiation Measurements. Review of Radio Science 1999-2002. John Wiley & Sons, New York, 2002.~~

5 m 거리에서 60 MHz 미만, 3 m 거리에서 110 MHz 미만에서, 그림 10과 식(8)의 이론적 NSA와 비교하였을 때, 표 3의 시험 위치 각각에 대한 근거리장 보정 계수를 적용해야 한다. 근거리장 보정 계수는 사용한 안테나, 시험 거리, 시험 체적에 고유한 것이므로, NEC와 같은 수치 모델링 코드를 사용하여 얻어야 한다. 다른 방법으로, 5.4.2.3.2의 시험장 기준 방법은 시험장 기준을 측정하고 FAR 유효성을 확인하는데 동일한 안테나와 주파수를 사용할 경우에 근거리장 항을 무효로 한다.

측정 거리가 10 m와 30 m일 때 식(9)의 근거리장 항은 생략할 수 있으므로, 이 식은 다음과 같이 간단해진다.

$$A_{N\,theo} = 20\log\left(\frac{5Z_0 d}{2\pi}\right) - 20\log(f_M) \qquad (10)$$

식(8) 대신에 단순화한 식(10)를 적용할 때, 거리가 5 m이고 주파수가 60 MHz를 초과하는 경우와 거리가 3 m이고 주파수가 110 MHz를 초과하는 경우에는 오차는 0.1 dB 미만이다. 근거리장의 영향으로 인하여 앞에 제시된 주파수 미만인 경우 오차는 0.1 dB를 초과한다. 거리가 3 m인 경우, 최대 오차는 30 MHz에서 1 dB이다. 이 오차를 줄이려면 식(8)를 사용하는 것을 권장한다.

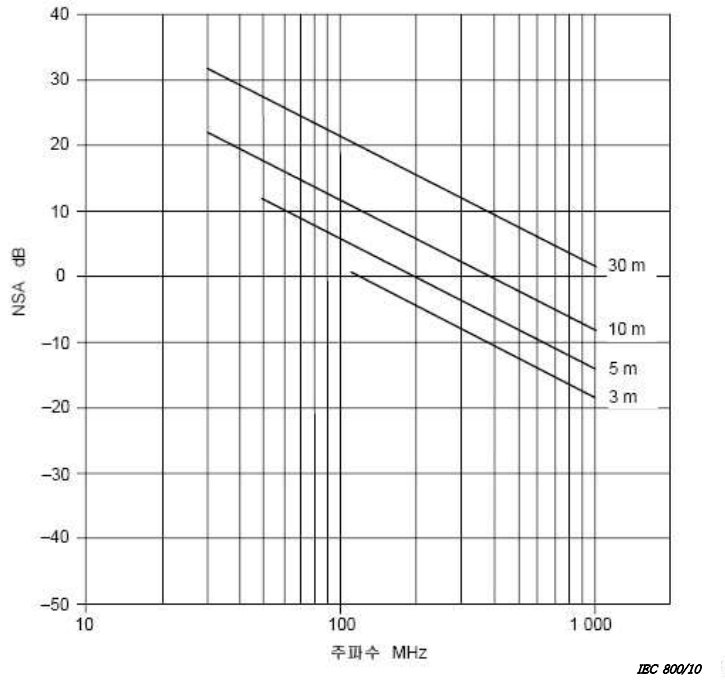


그림.10 각기 다른 측정거리에 대하여 주파수의 함수로 표현한 자유공간 NSA 이론값 그래프(식 10 참조)

주) 3 m 측정 거리에서는 110 MHz 미만의 주파수가, 5 m 측정 거리에서는 60 MHz 미만의 주파수가 근거리장 효과에 포함된다. 이 주파수는 각 개별 시험장에 대하여 산출되어야 한다.

5.4.2.3 시험장 유효성 확인 절차

5.4.2.3.1 일반사항

NSA는 턴테이블에 있는 피시험기기가 회전하여 생긴 원통형 시험 체적 상에서 5.4.3의 요구조건을 충족해야 한다. 여기에서 "피시험기기"에는 다중장치 피시험기기의 모든 구성요소와 상호접속 케이블을 포함한다. 표 3는 시험 체적의 최대 높이와 최대 지름(h_{max} = d_{max})를 시험 거리 함수로 정의한 것이다. 지름과 시험 거리의 비는 피시험기기 방사 시험에서 허용 불확도를 보장한다.

표.3 시험 체적 대 시험 거리의 최대 치수

시험 체적의 최대 지름 d_{max}와 최대 높이 h_{max} m	시험 거리 $d_{nominal}$ m
1.5	3.0
2.5	5.0
5.0	10.0

단일 위치 SA를 측정하더라도 공간 구조물에서나 흡수 재료를 부착한 FAR의 벽면, 바닥, 천장, 턴테이블에서 가능한 반사를 포착하기에는 충분하지 않을 수도 있다.

따라서 완전 무반사실의 SA 측정과 유효성 확인은 시험 체적에 있는 송신 안테나의 수평 및 수직 안테나 편파에 대하여 15개 측정 위치에서 실시하여야 한다(그림 11 참조).

- 시험 체적의 3개 높이: 하단, 중간, 상단
- 세 수평면에서 5개 위치: 각 수평면에서의 중앙, 왼쪽, 오른쪽, 앞면, 뒷면 위치이다. 뒷면 위치와 흡수체 간의 거리가 0.5 m를 초과하는 경우에는 뒷면 위치를 생략할 수 있다. 피시험기기 시험 중에 턴테이블의 뒷면 위치를 앞면으로 바꾸면 뒷면 반사 기여는 최대 신호에 영향을 미치지 않는다.

SA 측정에서는 2개의 광대역 안테나를 사용하여야 한다. 하나는 그 기준점이 시험 체적 측정 위치에 있는 송신 안테나이고, 다른 하나는 규정된 방향과 위치에 놓인 시험 체적 외부에 있는 수신 안테나이다. 송신 안테나는 거의 전방향 H평면 패턴을 가져야 한다.

주1) 최대 치수는 시험 거리 3 m의 경우 40 cm를 초과하지 않아야 하며, 더 먼 거리에서는 안테나 크기를 이에 따라 늘일 수 있다.

전형적인 수신 안테나는 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위에서 하이브리드 안테나 (바이코니컬/LPDA 조합), 또는 개별 안테나(바이코니컬 안테나(30 MHz ~ 200 MHz)와 LPDA 안테나(200 MHz ~ 1 000 MHz))이다.

주2) 3 m 거리에서 방사 시험이나 시험장 유효성 확인 시험에는 하이브리드 (바이코니컬/LPDA 조합) 안테나를 사용하는 것은 바람직하지 않다. 이 안테나의 물리적 크기가 크기 때문이다.

준자유공간시험장(5.4.2.3.3)에서 기준 SA를 측정할 때는 FAR의 SA를 측정하는데 사용한 것과 동일한 안테나, 케이블, 페라이트, 감쇠기, 증폭기, 신호발생기, 수신기를 사용하여야 한다. 시험장 유효성 확인 중에 사용한 수신 안테나는 피시험기기의 복사성 방출 시험 중에 사용한 것과 같은 유형이어야 한다.

수평 편파와 수직 편파에서 시험 체적의 유효성을 확인할 때 FAR에 있는 수신 안테나의 높이 위치는 시험 체적에 있는 모든 송신 안테나 위치에 대하여 설정하여야 하며, 그림 11과 그림 12에 나타낸 바와 같이 시험 체적의 고정된 중앙에 있어야 한다. 안테나를 기울이

면 양 안테나의 기준방향 축을 하나의 측정 축에 정렬시켜야 한다. 안테나 기준점(안테나 교정에서 정의한 것)과 시험 체적의 앞면 위치 간의 거리는 $d_{nominal}$이다. 송신 안테나를 시험 체적의 다른 위치로 옮길 때는 $d_{nominal}$을 유지할 수 있도록 시험 안테나를 측정 축을 따라 옮겨야 한다. 측정 축은 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 선이며 이 선을 따라 $d_{nominal}$이 정의된다. 모든 위치와 편파에서 수신 안테나와 송신 안테나는 양 안테나 소자가 평행한 상태에서 서로 마주보아야 한다(기울임(tilting), 그림 12 참조). 모든 안테나 기둥과 이를 지지하는 바닥은 유효성을 확인하는 동안 제자리에 위치해야한다.

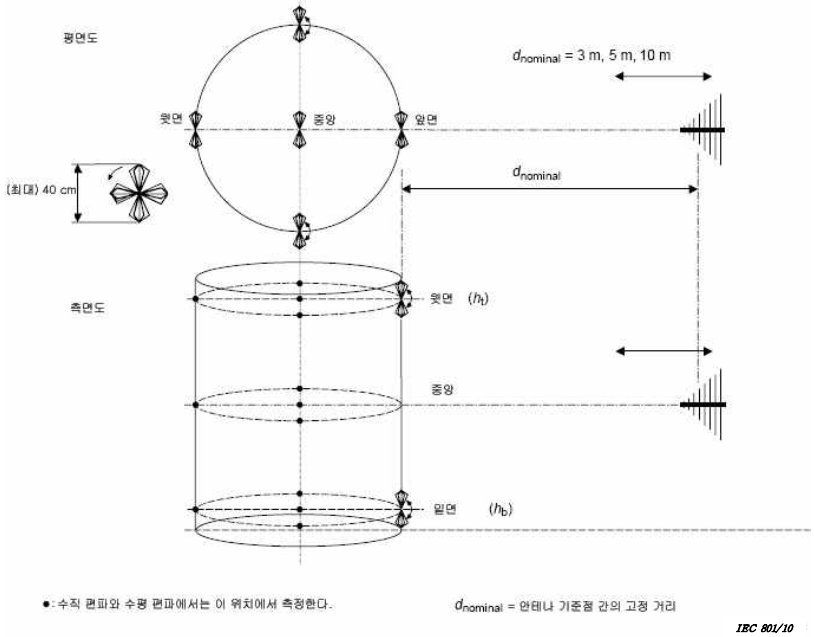


그림.11 시험장 유효성 확인 절차에 필요한 측정위치

수평 편파와 수직 편파에서 시험 체적에 있는 송신 안테나의 모든 위치에서 송신 안테나와 수신 안테나는 측정 축에 정렬하여야 한다.

안테나를 기울이려면 특정 위치에서의 이 요구조건을 충족해야 한다(그림 12 참조).

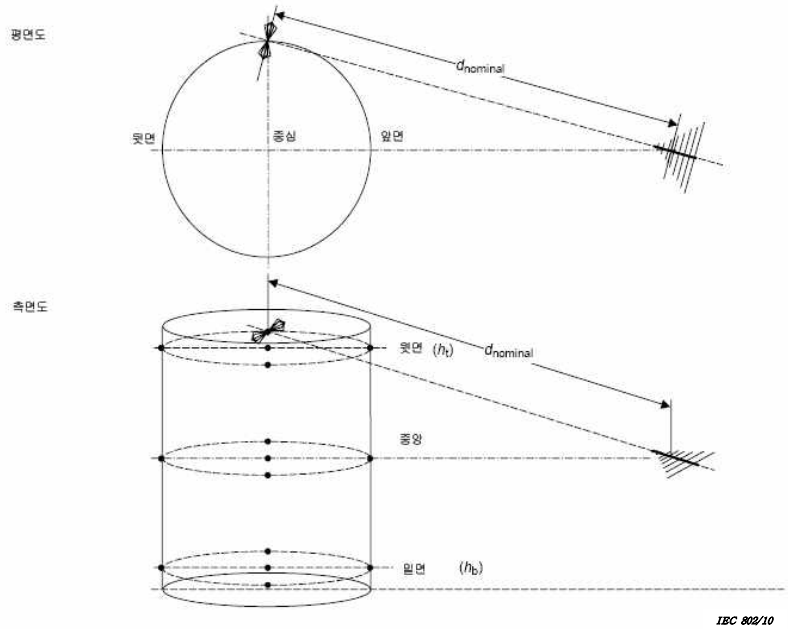
$d_{nominal}$은 허용기준과 관련된 시험 거리이며, 유효성 확인 절차에서는 고정된 안테나 거리이며, 안테나 교정 절차에서는 안테나 간격이다.

시험 체적에서 송신 안테나 높이 위치는 다음과 같이 결정하여야 한다.

- 가능한 FAR의 중간높이와 중간폭에 놓여 있는 수직축의 “중앙”에 위치한다.

- h_{max}(표 3 참조)의 절반에서 송신 안테나 치수(가령, 소형 바이코니컬 안테나의 경우는 20 cm)의 절반을 빼면 “윗면(h_t)”과 “밑면(h_b)”위치가 나온다.

이와 같이 조정된 위치는 수직 편파와 수평 편파에 모두 사용되어야 한다. 윗면과 밑면 평면과 천장과 바닥 흡수체 간의 거리는 체적 NSA 시험으로 결정된 흡수체 성능으로 정해지지만, 피시험기기가 흡수체와 결합하지 않도록 적어도 0.5 m이상이어야 한다.



주) 안테나 편파는 수평이고, 위치는 뒷면 오른쪽이다.

그림.12 시험장 유효성 확인절차에서 측정위치와 안테나 기울임의 예

불연속 주파수 측정에 대한 최대 스텝(step) 크기는 표 4의 것이어야 한다.

표.4 주파수 범위와 스텝(step) 크기

주파수 범위 MHz	최대 주파수 step MHz
30 ~ 100	1
100 ~ 500	5
500 ~ 1 000	10

시험장 유효성 확인에는 두 가지 방법을 허용한다.

a) 5 m 미만의 시험 거리가 필요한 경우에는 시험장 기준법
b) 5 m 이상의 시험 거리가 필요한 경우에는 NSA법

SA 측정법은 이상적인 시험장에서 실시할 때 편차가 0 dB다. 정의된 시험 장치와 절차에 위배되거나 시험장 결함(가령, 평활한 공진)을 숨기지 않는 한 측정 불확도를 감소시키기 위해 모든 방법을 적용할 수 있다.

시험장 유효성 확인 측정 불확도는 다음과 같은 조치를 취하여 감소시킬 수 있다.

- 수직편파 안테나의 경우, 케이블을 지면에 떨어뜨리기 전에 차폐 케이블을 각 안테나 뒤로 적어도 2 m 연장 시킨다. 가능하다면, 케이블은 공간 벽면에 있는 격벽 커넥터 뒤로 곧게 연장시켜야 한다. 또 케이블에 클립고정식 페라이트를 사용하거나 광회선을 사용할 수 있다.

- 안테나 커넥터(예: 6 dB 또는 10 dB)에 있는 감쇠기는 안테나에서 큰 임피던스 부정합 영향을 감소시킨다.

- 발룬 평형이 양호한 안테나를 사용하여야 한다(안테나를 기준방향 축에 대하여 180도 회전시킬 때 수신기 측정값은 ±0.5 dB 미만으로 변화된다. 안테나 평형 검증법은 4.5.3을 참조한다)

- 챔버를 평가할 때 개별 바이코니컬 안테나와 LPDA 안테나를 피시험기기 시험에 사용할 경우에는 이 안테나들을 사용할 수 있다(안테나 유형은 200 MHz에서 변경된다). 하이브리드(바이코니컬/LPDA 조합) 안테나는 두 가지 유형을 조합한 것으로, 측정 거리에 비해 기계적 치수가 충분히 작은 경우에도 사용할 수 있다.

시험장 특성의 장기간 변화를 검출할 때와 완전무반사실에서 전자파 전송 특성에 영향을 미칠 수 있는 변경이 발생할 때는 FAR 시험장 유효성 확인 절차를 정기적으로 실시해야 한다.

5.4.2.3.2 기준시험장법

안테나쌍(송신 안테나와 수신 안테나)이 준자유공간시험장에 있을 때는 SA 측정값을 기준으로 한다. 이 기준 시험장 감쇠량($A\mathrm{s}_{\mathrm{ref}}$)을 측정하는 절차는 5.4.2.3.3에서 설명한다. 이 방법은 안테나와 근거리장 영향의 상호 결합을 설명하는데, 근거리장 영향은 시험 거리 3 m에서 상당한 영향을 미칠 수 있다. 기준 시험장 감쇠량 $A\mathrm{s}_{\mathrm{ref}}(d)$은 송신 안테나와 수신 안테나 간의 공칭 거리 d_{nominal}에서 측정한다.

각 시험 체적 위치에 대한 시험장 유효성 확인 절차는 3단계로 실시한다.

1) M_0는 케이블을 함께 접속한 상태에서 수신기로 측정한 기준 레벨(dBμV)이며, 주로 일련의 체적 시험을 하기 전에 한 번 실시한다.

2) M_1은 안테나가 설치된 상태에서 수신기로 측정한 레벨(dBμV)이다. 유효성이 확인된 $A\mathrm{s}_{\mathrm{val}}$의 시험장 감쇠량은 다음으로 산출할 수 있다.

$$A\mathrm{s}_{\mathrm{val}} = M_0 - M_1 \ (\mathrm{dB}) \qquad (11)$$

3) 기준 시험장 감쇠량 $\mathrm{SA}_{\mathrm{ref}}(\mathrm{d})$로 측정한 시험장 감쇠량($\Delta A\mathrm{s}$)의 편차는 식(6)을 이용하여 산출한다.

$$\Delta A\mathrm{s} = A\mathrm{s}_{\mathrm{ref}}(d) - A\mathrm{s}_{\mathrm{val}} \ (\mathrm{dB}) \qquad (12)$$

5.4.2.3.3 시험장 기준 결정

5 m 미만 거리에서 시험장 유효성을 정확하게 확인하기 위해서는 전용 안테나쌍(송신 안테나와 수신 안테나)을 이용하여 시험장 기준을 측정하는 것이 권장되며 준자유공간 시험장이 필요하다. 이 시험장은 비금속성 안테나 기둥(ε_r이 2.5 이하이고 손실이 적으며 기계적 세기가 가능한 한 작은 나무 또는 플라스틱) 2개로 구성되며, 지면 위 일정한 높이에 안테나를 놓을 수 있다(그림 13). 기준 시험장의 ±1 dB 성능을 실현하는 한 가지 가능한 방법은 안테나 높이(h)를 다음과 같이 선택하는 것이다.

$$h \geq d \times 8/3 \qquad (13)$$

여기에서 d는 안테나 간격이다.

높이 $h = d \times 8/3$은 대지의 영향을 억제하는데 효과적이며, 30 MHz 이하로 감소시키는 실질적인 흡수체를 지면 위에 시설해야 한다.

주) 30 MHz, 3 m 간격에서는 5/3 높이에 대한 0.8 dB 오차에만 기여하는 중요한 근거리장 항 ($1/d^2$)이 있다. 불확도가 ±0.5 dB 미만인 시험장 기준의 경우 지면에 흡수체를 놓지 않는다면 8/3 높이가 권고된다.

거리는 FAR에 사용한 안테나 간의 실제 거리 d_{nominal}과 동일해야 한다. 안테나는 수직으로 편파된다(수평 편파는 지면 반사 신호를 크게 방해하므로 이를 사용해서는 안된다). 이것은 자유공간 근사화에 유리하다. 건물, 나무 등으로부터의 이격거리는 d×8/3보다 커야 하는데, 이는 수직편파 안테나에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

안테나 급전 케이블이 시험 결과에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다. 이렇게 영향을

미치지 않도록 하는 최적의 방법은 그림 13과 같이 케이블을 배치하거나 RF 광케이블회선을 사용하는 것이다.

기준 구성의 품질은 FAR 평가 결과에 직접 영향을 미친다.

시험장 기준($A_{S_{ref}}$)은 다음과 같이 3단계로 결정한다.

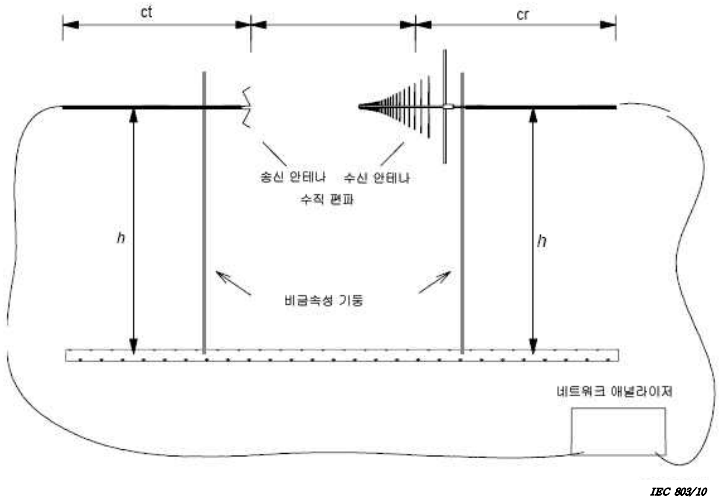
1) $M0_{RS}$는 케이블을 함께 접속한 상태에서 수신기로 측정한 기준 레벨(dBμV)이다.

2) $M1_{RS}(d)$은 안테나가 거리 $d_{nominal}$에 설치된 상태에서 수신기로 측정한 레벨(dBμV)이다.

3) $A_{S_{ref}}(d)$는 식(14)에 따라 산출한다.

$$A_{S_{ref}}(d) = M_{0RS} - M_{1RS}(d) \text{ (dB)} \qquad (14)$$

d가 3 m인 시험장의 유효성을 확인할 때에는 시험장 지면 위 최소 4 m의 높이를 사용해야 하는데, 이 높이는 방사 측정에 사용되는 원격 제어식 안테나 기둥에서는 일반적이다. 이 경우에 전자파 흡수체를 두 안테나 사이 지면에 위치시키며, 이때 흡수체 패치는 모든 방향에서 안테나가 설치된 최소 영역까지 확장되어야 하고, 5.4.1에서 정의한 준자유공간 조건을 충족한다는 것이 입증되어야 한다. d가 3 m를 초과하는 시험장의 유효성을 확인할 때에는 $h > d \times 8/3$을 사용하거나, ±1 dB 기준 시험장 감쇠량을 충족시키기 위해 입증된 대체 시험 구성을 사용한다.



$d_{nominal}$ = 유효성 확인 거리
h = 접지면 위 또는 지면 위 안테나 높이
ct, cr = 물리적으로 가능한 한 2 m 거리에서 안테나 뒤에 수평하게 놓인 송신 안테나와 수신 안테나의 동축 급전 케이블. FAR에서는 케이블을 가능한 한 멀리 수평으로, 무반사실 벽면 구멍을 통해 곧게 케이블을 부설하거나, 또는 안테나 출구에서 RF 광회선에 연결된 광케이블을 사용한다.

주) 기준 시험장 감쇠는 그림13의 모든 기하구조에 대하여 개별적으로 얻는다.

그림.13 자유공간 기준 시험장 감쇠 측정장치의 전형적인 구성

5.4.2.3.4 NSA법

이 절차에서는 송신 안테나와 수신 안테나의 자유공간 안테나 인자가 필요하다. 각 측정 위치에 대한 시험장 유효성 확인은 다음과 같이 4단계로 실시한다.

1) M0는 케이블을 함께 접속한 상태에서 수신기로 측정한 기준 레벨이다.

2) M1은 안테나가 설치된 상태에서 수신기로 측정한 레벨이다.

3) 측정된 NSA($A_{N\,meas}$)는 식(9)에 따라 dB 단위로 산출한다.

$$A_{N\,meas} = M_0 - M_1 - Fa_T - Fa_R \text{ (dB)} \qquad (15)$$

여기에서 Fa_T와 Fa_R은 자유공간 안테나 인자(dB/m)이다.

4) 편차 ΔA_N는 식(16)에 따라 dB 단위로 산출한다.

$$\Delta A_N = A_{N\,meas} - A_{N\,theo} \qquad (16)$$

여기에서 $A_{N\,theo}$는 식(10)를 이용하여 산출하고, ΔA_N는 5.4.3에서 규정한 바와 같이 적용 가능한 NSA 기준(예: ±4 dB)과 비교한다.

주) 송신 안테나와 수신 안테나(안테나 교정에서 정의된 것) 기준점간의 거리 d는 $d_{nominal}$로 사용되어야 한다. 안테나 간의 유효 거리는 그 위상 중심 위치 때문에 주파수에 따라 변한다. 전송 손실은 유효 거리 대 $d_{nominal}$의 비에 의해 보상되어야 한다.

5.4.3 시험장 유효성 확인 기준

측정 시험장은 다음의 요구조건을 준수하여야 한다.

- SA 또는 NSA 편차(식 12 또는 식 16)는 수평 편파와 수직 편파는 물론 각 측정 위치와 측정 주파수에 대해 모두 ±4 dB 미만이어야 한다.

- CISPR 16-4-2 권고안에 따라 시험장 평가 불확도 총괄표를 보고해야 하며, 이 총괄표에는 접지면을 포함한 대용 시험장에 관하여 전기장 세기 측정에서 요구한 것과 동일한 구성 요소가 있어야 한다.

5.5 셋업(set-up) 테이블과 안테나 탑(tower 또는 mast)의 평가

5.5.1 일반사항

전기장 세기 측정을 위한 피시험기기는 D.5항에서 규정한 셋업 테이블에 놓는다. 셋업 테이블의 모양, 구조, 재료 유전율은 전기장 세기 측정 결과에 영향을 미칠 수 있다. 다음 의 5.5.2에서는 주파수 30 MHz~18 GHz 범위에서 셋업 테이블의 영향을 측정하고, 전기장 세기 측정에 관련된 불확도 기여를 추정하는 절차를 설명한다. 평가는 높이가 0.15 m 이상인 셋업 테이블에서 수행하여야 한다.

주) 이 평가에서는 셋업 테이블 위에 있는 송신 안테나의 수평 편파만을 사용한다. 이 수직, 수평 편파는 테이블에서 발생하는 최악의 영향을 설명한다.

NSA 측정(5.2.5 참조)과 S_{VSWR}에는 섭동(perturbation) 영향이 포함되므로 안테나 탑에 대해서는 별도의 평가가 수행되지 않는다. (8.3 참조)

5.5.2 셋업 테이블 영향의 평가 절차

셋업 테이블의 영향을 평가하기 위해 다음과 같은 두 가지 송신 측정을 수행한다. 측정 하나는 셋업 테이블이 있는 상태에서 하고, 다른 하나는 셋업 테이블이 없는 상태에서 수행한다. 이 두 측정 중에 송신 안테나는 특정한 배열을 유지한다. 셋업 테이블의 유무에 상관

없이 측정 결과의 차가 셋업 테이블로 인해 발생한 영향의 추정값이다. 측정 절차는 다음과 같다.

최대 치수(즉, 윗면이 직사각형인 셋업 테이블에서는 대각선, 윗면이 원형인 테이블에서는 반경)가 수신 안테나 방향(그림 14 참조)과 지향하여 셋업 테이블을 시험장의 일반적인 위치에 놓는다. 1 GHz 이하 주파수 범위에서는 전체 길이가 0.40 m 미만인 소형 바이코니컬 안테나를 사용하여야 한다. 셋업 테이블 표면과 발룬 중심 사이 거리는 0.1 m이다(그림 12 참조).

안테나는 기준점이 수신 안테나 방향으로 셋업 테이블 상단 중심과 가장자리 사이 중간이 되도록 배치하여야 한다. 안테나 급전은 신호 발생기로 하여야 한다. 송수신 안테나는 안테나 소자가 서로 평행하고 측정 축에 수직하도록 정렬하여야 한다. 측정 중 주파수 계단은 사용한 최고 주파수의 0.5 % 이하이어야 한다. 수신 안테나 전압은 측정장비 잡음 레벨보다 적어도 20 dB 높아야 한다. 케이블의 영향은 긴 케이블을 사용하거나 페라이트 튜브를 사용하면 최소화할 수 있다. 대개 케이블을 수평하게 뒷면까지 최소 2 m로 포설하는 것으로도 충분하다. 어떤 방식이든지, 케이블 포설이 그 원 위치에서 0.5 m 이상 변할 때 수신 전압이 0.3 dB 이상 변하지 않으면 그 영향은 무시할 수 있는 것으로 정의하여야 한다.

보기) 페라이트 튜브가 있는 케이블이 1.6 m 거리로 수평하게 포설되어 있다. 케이블 영향을 검사하기 위해서는 케이블을 안테나 연결점에서 2.1 m 떨어진 지점에서 수직으로 늘어뜨려 재포설한다. 그 다음 전기장의 세기를 다시 측정해서 그 영향이 0.3 dB 이하인지를 결정한다.

그 목적은 테이블에서 멀리 떨어진 측정 셋업에 변화가 있는지의 여부를 파악하는 것이다. 송신 안테나, 그리고 신호 발생기에 연결한 그 케이블은 이들이 테이블의 유무에 관계없이 동일한 공간 위치를 유지하도록 지탱하여야 한다. NSA 측정 또는 S_{VSWR} 중에 사용한 전주, 삼각대 또는 탑을 사용하여 송신 안테나와 케이블을 지탱하여야 한다.

안테나 높이와 거리는 다음과 같은 것이어야 한다.

- 모든 주파수에서, 수신 안테나와 송신 안테나의 거리는 방사성 방해 측정에 요구된 것이어야 한다.

- 1 GHz 이하에서, 측정은 적어도 200 MHz ~ 1 GHz 범위에서 실시하여야 한다. OATS 또는 SAC에서 수신 안테나 높이는 방사성 방해 측정에 요구된 것(대개 1 m ~ 4 m)으로 주사되어야 한다. FAR에서 수신 안테나는 방사성 방해 측정에 요구된 높이에 고정되어야 한다.

  주) 200 MHz 미만에서 이 검증 절차를 적용하면 셋업 테이블의 영향은 무시할 수 있다.

- 1 GHz 초과 주파수에서 측정은 동일한 주파수 범위(예:1 GHz ~ 18 GHz)에서 수행하여야 하며, 안테나 높이는 방사성 방해 측정에 요구된 것으로 설정하여야 한다(예: 1 m ~ 4 m).

T각각의 주파수에서 두 측정 결과의 차의 크기(Δ(f), 단위 dB)는 식 (17)에 따라 계산하여야 한다.

$$\Delta(f) = V_{R,with}(f) - V_{R,without}(f) \quad (17)$$

여기서,

$V_{R,with}(f)$ = 셋업 테이블이 있을 때 측정한, 특정 주파수에서 수신 안테나의 최대 전압 [dB(μV)]

$V_{R,without}(f)$ = 셋업 테이블이 없을 때 측정한, 특정 주파수에서 수신 안테나의 최대 전압 [dB(μV)]

주파수 범위 양단에서 기록된 두 측정 결과의 차의 최대 크기(Δmax, 단위: dB)는 추정된 최대 편차로 사용되어야 한다. 이것은 식 (18)에 따라 계산하여야 한다.

$$\Delta max = max \left| V_{R,with}(f) - V_{R,without}(f) \right| \quad (18)$$

셋업 테이블이 야기한 표준 불확도 u_{table}는 측정된 최대 차 Δmax가 직사각형 분포를 한다고 가정하여 추정한다. 따라서 u_{table}(dB)는 식 (19)를 이용해 계산할 수 있다.

$$u_{table} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Delta_{max} \quad (19)$$

u_{table} 값은 다음 주파수 범위에서의 불확도 총괄표(CISPR 16-4-2 참조)를 고려하여 측정하여야 한다.

- 200 MHz ~ 1 GHz
- 1 GHz ~ 6 GHz
- 6 GHz ~ 18 GHz

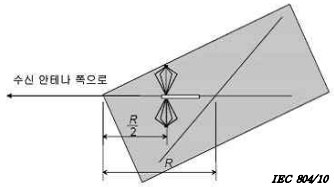


그림.14 직사각형 셋업테이블위 가장자리에 대한 안테나의 위치(평면도)

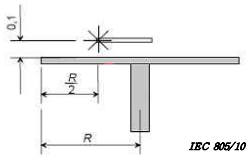


그림.15 셋업테이블위 안테나 위치(측면도)

주) 셋업 테이블 구조와 재료 유형은 시험소마다 다를 것이다. u_{table}를 결정할 때 최악의 Δ (또는 $V_{R,with}$) 값을 결정하는 것만으로도 충분하다.

6. 총 방사전력 측정용 잔향실

6.1 일반사항

마이크로파 주파수 영역에서 작동되는 일부 제품은 동작조건과 환경에 민감한 3차원 복합 방사 패턴의 존재 때문에 총방사 전력의 측정값의 방해 억제가 매우 중요하다. 이 값은 금속벽으로 된 적합한 무반사실에 장비를 두고 측정할 수 있다. 방의 위치에 따라 에너지 밀도 분포를 불균일하게 만들 수 있는 정재파의 영향을 방지하기 위해서 회전 교반기를 설치한다. 적당한 크기, 모양, 그리고 위치에서 무반사실 내부의 에너지 밀도는 위상, 진폭 및 편파에 따라 일정한 통계분포법칙에 의하여 임의로 변한다.

6.2 챔버(Chamber)

6.2.1 챔버 크기와 모양

챔버의 치수에 대해서는 관련된 최저 주파수의 파장에 비해 상대적으로 커야 한다. 그 길이는 피시험기기, 교반기 및 측정 안테나를 수용할 만큼 충분히 커야 한다. 마이크로파 장비는 부피가 대략 0.2 m^3인 작은 탁상용 오븐 치수에서부터 760 mm 베이스와 1.7 m 높이의 큰 장치에 이르기까지 크기가 다양하다. 챔버가 3차원의 동일한 차수라면 어떤 형상이든 관계없다. 가능한 3차원은 각각 달라야 한다. 최저주파수 1 GHz에서 내부 용적이 8 m^3 이상이라야 한다. 실제 치수는 챔버의 물질적 특성에 따라 달라진다. 챔버의 적합성 시험방법에 관해서는 6.2.4를 참조하도록 한다.

벽과 교반기는 금속성이어야 한다. 금속 부재간의 연결부분은 기계적으로 견고하고 전체 길이에 걸쳐 전기저항이 낮으며, 표면 부식이 없어야 한다. 챔버 내부에는 나무와 같은 흡수체질도 없어야 한다.

6.2.2 출입문, 벽의 개구부 및 설치 브래킷

밀폐실 출입문은 측정자와 장비가 출입하기에 충분히 커야 한다. 출입문은 바깥쪽으로 열려야 하며 에너지 손실을 최소화하기 위하여 기밀이 유지되도록 꼭 맞아야 한다. 설치를 편하게 하기 위해서 방 안쪽의 송수신 안테나 설치 브래킷을 벽에 고정시킬 수도 있다.

6.2.3 회전판(교반기)

6.2.3.1 일반사항

다음은 회전판에 관한 2가지 사례를 기술한다. 교반효율이 6.2.4의 기준을 충족시킨다면 다른 모양도 허용된다.

6.2.3.2 회전 날개판

회전 날개판이 사용될 경우, 두 날개판은 벽에서부터 파장의 1/4 이상 간격으로 방의 인접한 벽에 설치되며, 단단히 고정시킬 만큼 두께가 충분해야 한다. 날개판은 벽 치수가 허용하는 한 최대길이가 되어야 하며 폭은 길이의 약 1/5이 되어야 한다.

6.2.3.3 회전 패들

회전패들이 필요할 경우 2개 또는 3개의 패들을 방의 벽에 설치한다. 패들은 상호 직각이어야 한다. 패들은 그림 16에 보이는 모양이며, 이들의 길이에 평행한 축 주위로 회전할 수 있도록 한다. 회전 관형 공간의 직경은 최대 파장 이상이어야 하며, 길이는 벽 크기에 의해 허용된 최대값이어야 한다. 구조는 고정형이어야 한다.

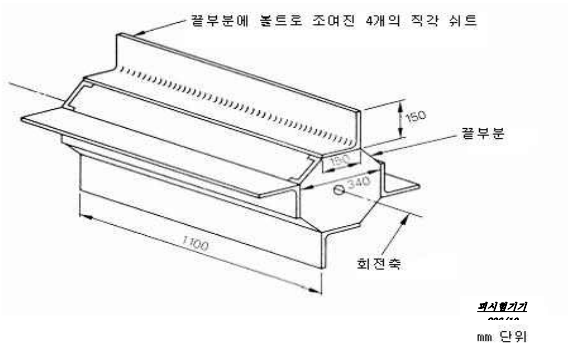


그림.16 전형적인 패들 회전판의 예

6.2.3.4 회전 속도

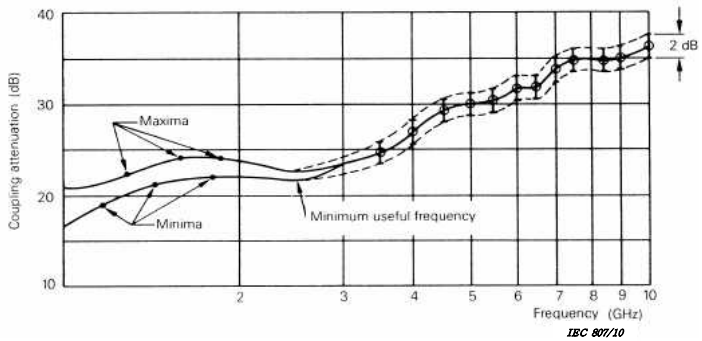
각 회전판의 회전 속도는 서로 달라야 한다. 회전판의 한 회전의 최장시간은 측정계기 적산 시간의 1/5 미만이어야 한다. 6.2.5에 기술하는 측정 장치의 경우, 적당한 속도는 50에서 200 rpm 사이이다. 회전판 회전에 사용되는 모터와 감속장치는 무반사실의 벽 외부에 있는 것이 바람직하다.

6.2.4 회전판의 효율 시험

챔버 내부 에너지 분포의 균일성은 결합감쇠(6.2.5 참조) 주파수 변화가 얼마나 원활한가

하는 것으로 표현한다. 주파수가 낮으면 파장이 더 길기 때문에 이 균일성을 얻기가 더 어려워 최소값과 최대값이 뚜렷이 존재한다. 회전판의 효율이 좋을수록 이들 최대값과 최소값이 더 작아져서 이용 가능한 주파수는 더 낮다.

방의 가능 주파수 영역에 걸쳐 결합감쇠를 측정된다. 최대 및 관측 가능한 최저 주파수에서 대략 100 MHz 간격으로 이 값을 측정해야 한다. 이때 수신 안테나는 고정 상태로 유지하고 송신 안테나는 45° 간격으로 회전시킨다. 각 위치와 각 주파수에 대해서 시험을 반복한다. 수신 안테나를 90° 회전시킨 상태에서 전체 시험을 반복해야 한다. 회전판은 다음과 같을 경우 요구규격을 충족시키는 것으로 간주한다. (1) 송신 안테나의 어떤 위치에서도 그래프의 포락선이 최대 및 최소 2 dB을 초과하지 않으며, (2) 4개 그래프의 평균은 2 dB 이하의 포락선 이내에 있다. 그림 17은 전형적인 결과를 보인다.



주) 모든 측정 점은 점선으로 표시되는 2 dB 포락선 이내에 놓여야 한다.

그림.17 그림 16에서 회전판을 사용하는 챔버에 대한 주파수 함수로서의 결합감쇠 영역

6.2.5 결합감쇠 (Coupling attenuation)

무반사실의 결합감쇠는 챔버 내의 송수신 안테나 단자 사이에서 측정되는 삽입손실이다. 챔버의 벽이나 챔버 내부에 위치하는 저손실 송신안테나(예를 들어, 혼안테나)로 급전되는 전력을 정밀하게 측정하기 위해서 출력 전력을 정확히 측정할 수 있는 보정된 신호발생기를 사용한다. 수신 안테나는 벽으로부터 1/4 파장 이상이며, 송신안테나가 아닌 가장 가까운챔버의 벽을 향하거나, 챔버의 어떠한 축과 일직선이 되는 조건으로 챔버내에 어떤 지점에 설치될 수 있다.

저잡음 RF증폭기는 고역통과필터를 통해서 수신 안테나와 연결한다. 이의 출력은 대역통과필터를 통해서 다이오드 검파기로 연결한다. 대역통과필터는 관련 주파수와 동조상태가 되어야 하며, 지정된 대역폭이 되어야 한다. 검파기의 출력은 지정된 피크 홀드 시간(홀드 시간은 측정 장비에 따라 달라짐)이 있는 피크 지시 전압계와 연결한다. 이때 스펙트럼 분석

기를 이용할 수도 있다. 송신안테나로 흡수되는 전력 P를 기록한다. 이때 신호발생기는 저잡음 증폭기의 입력과 연결되고, 이 출력전력 p는 동일한 전압계 지시값을 얻을 수 있게 조정한다. 저잡음 증폭기에 의해 흡수되는 전력을 기록한다. 결합감쇠는 10 lg (P/p)dB 이다.

7. 방사성 방해 측정에 대한 내성용 TEM 셀

방사성 내성 측정은 KS C IEC61000-4-20의 규정 방법을 사용하여 TEM Waveguide에서 수행될 수 있다.

8. 주파수 1 GHz ~ 18 GHz 범위의 무선방해 세기 측정용 시험장

8.1 일반사항

시험장은 무반사 조건을 갖추어야 한다. 자유공간 조건을 만들기 위해 전파흡수체를 사용하거나 피시험기기 높이를 올려야 한다.

주) 바닥 설치형 장비를 시험하는 경우에는 지면에 가까이에서는 무반사 조건을 얻지 못할 수도 있다.

8.2 기준 시험장

기준 시험장은 자유공간 야외시험장(FSOATS)이어야 한다. 이때 반사가 측정에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.

주) FSOATS는 시험장에 대한 개념이다. 실용적인 근사로는 아래 주어진 유효성 확인 요구규격을 충족하는 FAR이 있다.

8.3 시험장의 검증

8.3.1 일반사항

시험장이 8.3.2에 명시한 기준을 충족한다면 이 시험장은 1~18 GHz에서 방사성 전자기장 측정에 적합한 것으로 간주한다. 8.3.3에서는 시험장 유효성 확인 절차를 설명한다. KN 규격에 따라 시험하기 위하여 1 GHz에서부터 시험 설비에서 사용 중인 최대 주파수까지의 범위에서 시험장 유효성 측정을 실시하여야 한다. 최대 주파수는 적어도 2 GHz이어야 한다.

주파수 1 GHz ~ 18 GHz 범위에서 측정에 사용하는 시험장(가령, 무반사실)은 반사가 수신 신호에 미치는 영향을 최소화하도록 설계하여야 한다. 시험장(가령, 반무반사실)이 완전 무반사 조건을 갖도록 설계하지 않는다면, 아래에서 설명한 바와 같이 금속성 접지면의 일

부를 덮는 흡수 재료를 사용해야 한다.

시험 체적의 범위가 설비의 도전성 바닥에서부터 피시험기기 위까지인 경우에는 주로 바닥 설치형 피시험기기의 설비사용이 일반적일 수 있으며, 필요에 따라서는 유효성 확인을 위해 시험 체적에 흡수체를 놓을 수도 있다. 접지면 위에 놓을 수 없는 바닥 설치형 장비의 시험을 실시하기 위해, 아래 30 cm 이하 시험 체적은 접지면에 놓은 흡수체에 의해 가려질 수 있다.

바닥 설치형 피시험기기의 방사 시험 중에는 피시험기기 인접 영역(밑면적)에서, 그리고 피시험기기 밑면적을 10 cm 이하 둘러싼 영역에서 시험장 유효성 확인에 사용한 바닥 흡수체를 제거할 수도 있다.

시험 체적이 흡수체 높이 위에 있는 설비에서는 탁상용 기기를 시험하는데 사용하는 설비에서처럼, 유효성 확인 및 장비 시험을 위하여 시험 체적 밑에 흡수체를 놓을 수 있다. 이때는 시험장 흡수체 구성과 송신/수신 안테나 위치를 나타낸 사진을 시험장 유효성 확인 보고서에 포함시켜야 한다.

시험장 유효성은 이른바 시험장 전압 정재파비(S_{VSWR})를 측정하여 확인한다. 시험장 유효성 확인은 시험장, 수신 안테나, 시험 거리(KN 16-2-3에서 설명), 접지면에 놓인 흡수 재료의 특정한 조합에 대하여 주어진 시험 체적을 평가하는 것이며, 필요한 경우에는 8.3.2의 기준을 충족해야 한다. 시험장 유효성 확인 시험에 사용된 수신 안테나 마스트와 시험 체적에 영구 고정된 물체(영구 설치된 턴테이블 등)의 영향은 시험장 유효성 확인 절차로 평가하며, 이 절차에 포함되어 있다. 착탈식 시험 테이블 등과 같은 제거 가능한 물체는 그 영향을 이 규격의 추가절차를 이용하여 개별적으로 평가할 수 있다면, 시험장 유효성 확인 시험 중에 놓을 필요는 없다.

KN 16-2-3은 주파수 1 GHz ~ 18 GHz 범위에서 시험할 때 적용하는 피시험기기 측정 방법을 설명한다. S_{VSWR} 절차의 목적은 이 절차에 따라 평가할 때 시험 체적 내에 놓이는 임의 크기와 모양을 가진 피시험기기에서 일어날 수 있는 반사의 영향을 확인하는 것이다.

S_{VSWR}은 직접(의도된) 신호와 반사 신호 간의 장해로 인해 발생된 최대 수신 신호 대 최소 수신 신호의 비로서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$S_{VSWR} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{V_{max}}{V_{min}} \qquad (20)$$

여기에서

E_{max}와 E_{min}은 최대 수신 신호와 최소 수신 신호이며,

V_{max}와 V_{min}은 수신을 위해 수신기나 스펙트럼 분석기를 사용할 때 측정된 해당 전압이다.

이 절차에서 측정과 산출에는 데시벨(dB)을 사용한다. 이 경우에 S_{VSWR}은 다음과 같이 주어진다.

$$S_{VSWR,dB} = 20\log\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right) = 20\log\left(\frac{E_{max}}{E_{min}}\right) = V_{max,dB} - V_{min,dB} = E_{max,dB} - E_{min,dB} \quad (21)$$

주1) 데시벨을 사용할 때, $S_{VSWR,dB}$는 최대 수신 신호와 최소 수신 신호의 차로 간주할 수 있으며, 계측장비나 사용한 신호 검파기에 적합하다. 단위는 dBm, dBμV, dBμV/m이다.

주2) S_{VSWR}또는 $S_{VSWR,dB}$ 값은 8.3.3에서 설명한 일련의 6개 측정에 대하여 각 주파수와 편파에서 얻은 최대 신호와 최소 신호로 개별적으로 산출된다.

8.3.2 시험장 유효성에 대한 허용 기준

S_{VSWR}은 불요 반사의 영향과 직접 관련이 있으며, 1 GHz ~ 18 GHz 범위에서의 허용 기준은 다음과 같다.

$S_{VSWR} \leq 2{:}1$, 또는 $S_{VSWR,dB} \leq 6$ dB

여기에서 S_{VSWR}은 8.3.3의 절차에 따라 측정한 것이다.

8.3.3 시험장 유효성 확인 절차 - S_{VSWR} 평가

8.3.3.1 안테나 요구규격

8.3.3.1.1 일반사항

시험장 유효성 시험 중에 있는 안테나가 모든 반사 표면을 조명하도록 하면서, 실제 피시험기기에서 나오는 저지향성 안테나 이득을 시뮬레이션하기 위해 이 항에서는 S_{VSWR} 시험에 사용하는 장비의 특성을 규정한다. 제조자가 제공한 데이터를 사용하여 시험 장비 요구규격이 충족되는지를 평가할 수도 있다.

8.3.3.1.2 S_{VSWR} 표준 시험절차에 필요한 시험 장비(8.3.3.3)

8.3.3.1.2.1 일반사항

수신 안테나는 선형 편파된 것이어야 하며, 피시험기기 방사 측정에 사용한 것과 유형이 동일해야 한다. 송신 안테나의 패턴 사양에 대한 0도 기준각은 안테나가 수신 안테나와 마주보는 각(개구부 평면 평행)이다. “기준방향”, ΘB라고도 한다.

송신원으로 사용한 안테나는 선형 편파된 것이어야 하며, 다음의 상세 특성을 지니며 다이폴과 유사한 방사 패턴을 가져야 한다. 주파수 스텝(step) 크기가 1 GHz 이하일 때의 방사 패턴 데이터를 이용할 수 있어야 한다.

주) 안테나는 S_{VSWR} 시험에 사용되는 다른 주파수에서의 요구규격도 충족하는 것으로 간주한다.

8.3.3.1.2.2 송신 안테나 E평면 방사 패턴

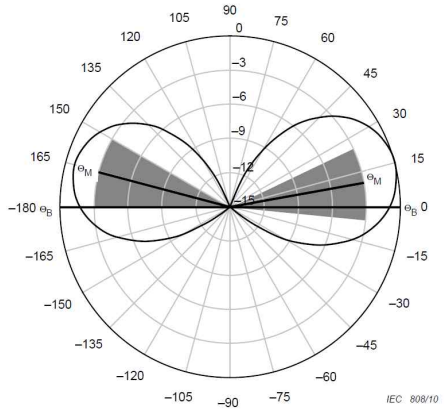
간단한 선형 편파를 갖는 E평면 방사 패턴은 가능한 많은 절단면(방위각 일정) 중 하나에서 측정할 수 있다. 패턴 측정에 필요한 절단면은 안테나 제조자가 선정하여 안테나 특성 보고서에 기재해야 한다. 대체적으로 커넥터와 케이블 부설을 포함한 평면을 선정한다.

a) 각 패턴의 오른쪽과 왼쪽에 대하여 주 로브 방향을 선정한다. 이를 Θ_M이라 한다. Θ_M은 각각 0° ± 15° ~ 180° ± 15° 사이에 있어야 한다.

b) 진폭이 ±15°에 대하여 -3 dB 이하인 패턴[2]의 양쪽에서 주 로브 방향과 대칭인 “금지 영역”을 그린다.
주) 이 허용기준은 기준방향 영역에서 평활한 패턴 및 허용 가능한 전방향 거동을 보장한다.

c) E평면 패턴이 금지 영역에 들어가서는 안된다.

그림 18는 E 평면 방사패턴 요구규격을 충족하는 방사 패턴의 예이다.



주) 예로 든 이 도표는 이 소항의 E-평면 요구규격을 만족하는 안테나에 대한 것이다. 각 패턴의 오른쪽과 왼쪽에 대한 주 로브 방향 ΘM은 각각 0° ± 15° ~ 180° ± 15° 범위에 있다. 음영 부분은 “금

2) 이 허용기준은 기준방향 영역에서 평활한 패턴과 허용 가능한 전방향성 작동을 보장한다.

지 영역"으로 이 영역에서 진폭은 각 주 로브의 ± 15°에 대하여 - 3 dB 이하가 된다. 이 안테나 패턴은 금지 영역에 들어가지 않는다.

그림.18 송신안테나 E평면 방사패턴 예

8.3.3.1.2.3 송신 안테나 H평면 방사 패턴

다이폴 안테나의 H평면 패턴을 측정하는 평면은 다이폴 중심을 가로지르는 다이폴 축과 직각을 이루는 평면이다. 이 평면에는 금속이나 광섬유 사용 여부에 따라 발룬, 입력 커넥터, 입력 케이블을 포함할 수 있다. 안테나 제조자는 안테나 시험 보고서에 급전 케이블과 커넥터 위치 등 방사 패턴을 측정하는데 사용한 시험 장치를 기재해야 한다.

a) ±135° 범위에서 방사 패턴 데이터(dB)의 평균을 구한다(0°는 기준방향각 Θ_B이다). 이 패턴 데이터의 최대 step 크기는 주파수 1 GHz~6 GHz 범위에서는 5°이고, 6 GHz~18 GHz 범위에서는 1°이다.

b) 이 패턴은 ±135°의 평균값에서 다음의 편차를 초과하지 않아야 한다.

각 범위	1 GHz ~ 6 GHz	6 GHz ~ 18 GHz
-60° ~ 60°	±2 dB	±3 dB
-60° ~ -135°, 60° ~ 135°	±3 dB	±4 dB
-135° ~ -180°, 135° ~ 180°	+3 dB 미만	+4 dB 미만

주 - H평면 패턴에 대한 하위 한계가 ±135° 밖에서 규정되지 않았지만, H평면 패턴은 ±180°에서 0을 보이지 않고 전방향성을 보이는 것을 권고한다. ±135° 밖에서 H평면 패턴에 미치는 영향을 최소화하려면 급전 케이블과 안테나 기둥의 포설에 대하여 안테나 제조자가 제공한 지침을 따른다.

그림 19은 H평면 방사패턴 요구규격을 충족하는 패턴의 예이다.

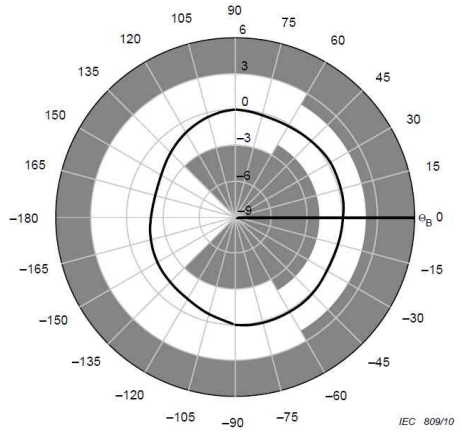


그림 19a - 송신 안테나 H-평면 방사 패턴(1 GHz ~ 6 GHz)

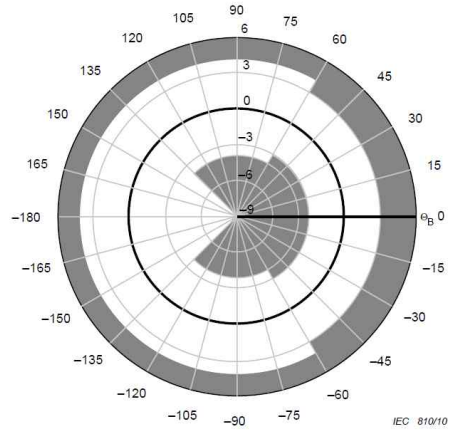


그림 19b - 송신 안테나 H-평면 방사 패턴(6 GHz ~ 18 GHz)

주) 예로 든 이 도표는 H-평면 요구규격을 만족하는 안테나에 대한 것이다. 음영 부분은 이 소항에서 언급한 최대 허용 편차를 나타낸다. 이 예의 안테나는 이 패턴이 음영 부분에 들어가지 않으므로 요구규격을 충족한다.

그림.19 송신안테나 H평면 방사패턴 예

8.3.3.1.3 S_{VSWR} 역방향 시험절차에 필요한 시험 장비(8.3.3.4)

시험 체적으로 송신하는데 사용되는 안테나는 방사 측정에 사용한 것과 유형이 동일해야 한다. 사용한 등방성장 프로브는 등방성이 3 dB 이상인 전방향성이어야 한다.

8.3.3.2 시험장 유효성 확인 시험에 필요한 위치

8.3.3.2.1 일반사항

시험장 유효성 확인 시험은 실린더 모양의 체적에서 실시하여야 한다. 실린더의 밑면은 피시험기기를 지지하는데 사용한 표면으로 정한다. 실린더의 윗면은 피시험기기와 그 수직 가공 케이블이 점유할 최대 높이로 정한다. 실린더 지름은 케이블을 포함하여 피시험기기를 수용하는데 필요한 최대 지름이다. 시험 체적을 벗어난 케이블의 경우 이 케이블의 30 cm 구간은 체적의 치수를 설정해야 한다. 지지 표면 위에 세울 수 없는 바닥 설치형 장비 시험이 가능하기 위해서, 시험 체적 밑면에서 30 cm 이하 높이의 시험 체적 조명은 접지면 위에 놓인 흡수체에 의해 방해받을 수 있다. 8.2.2.3의 절차에 따라 S_{VSWR}은 수신 안테나의 기준점 선을 따라 6개 연속 측정에 의해 필요한 각각의 위치와 편파에 대해 평가된다. 8.3.3.3의 절차에 따라 S_{VSWR}은 시험 체적의 유효성을 확인해야 할 위치에 수신 안테나를 놓거나, 정의된 위치 양단에 송신원 위치를 변화시켜 평가한다. 다른 방법으로, 8.3.3.4의 역방향 S_{VSWR} 절차를 이용하여, 이 항에서 설명한 위치는 시험 체적에서 전계 프로브를 배치하는데 사용된다.

S_{VSWR} 측정에 필요한 위치는 시험 체적의 치수에 따라 달라진다. 조건부 시험 위치 요구규격에 관한 세부사항을 8.3.3.5에 명시한다. S_{VSWR}은 수신 안테나의 기준점 선을 따라 6회 연속 측정으로 필요한 각각의 위치와 편파를 평가한다. 8.3.3.5의 조건부 위치를 포함하여 가능한 위치는 그림 20과 그림 21를 참고한다. 수신 안테나 선을 따라 놓인 6회 연속 측정은 이 그림에서는 점으로 표시된다.

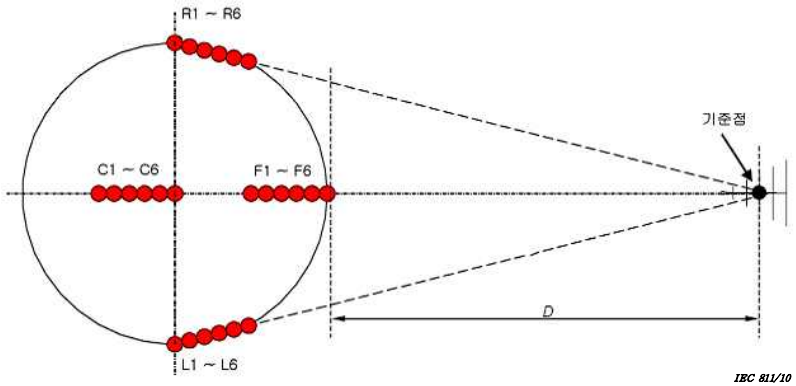


그림.20 수평면에 있는 S_{VSWR} 측정위치 - 8.3.3.2.2 참조

8.3.3.2.2 수평면에 있는 S_{VSWR} 측정 위치의 설명(그림 20)

a) 앞면 위치 1-6(F1 ~ F6): 앞면 위치는 시험 체적 중심에서부터 수신 안테나 기준점까지를 잇는 선 위에 있다. 이 위치를 지정하기 위해서는 먼저 시험 체적 앞면 범위 중에서, 수신 안테나의 기준점에서부터 시험 거리 D에 떨어져 놓인 측정 축 위에 F6의 위치를 정한다.

F5 ~ F1은 다음과 같이 F6를 중심으로 수신 안테나로부터 멀어진다.

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

b) 오른쪽 위치 1-6(R1 ~ R6): 이 위치는 위치 R6을 중심으로 정해진다. R6는 시험 체적의 오른쪽 범위(위치 R1)를 정하여 결정하는데, 수신 안테나 기준점 40 cm를 향하는 선 위에서 움직인다(그림 20 참조).

위치 R5 ~ R1은 다음과 같이 R6을 중심으로 수신 안테나로부터 멀어진다.

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

c) 왼쪽 위치 1-6(L1 ~ L6): 이 위치는 위치 L6를 중심으로 정해진다. L6는 시험 체적의 왼쪽 범위(L1)를 정하여 결정하는데, 수신 안테나 기준점 40 cm를 향하는 선 위에서 움직인다(그림 20 참조).

위치 L5 ~ L1은 다음과 같이 L6를 중심으로 수신 안테나로부터 멀어진다.

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

d) 중심 위치 1-6(C1 ~ C6): 이 위치는 위치 C6를 중심으로 정해진다. C6는 시험 체적의 중심에 있다. 위치 C1 ~ C6는 시험 체적 지름이 1.5 m를 초과할 때 시험해야 한다 (8.3.3.5참조).

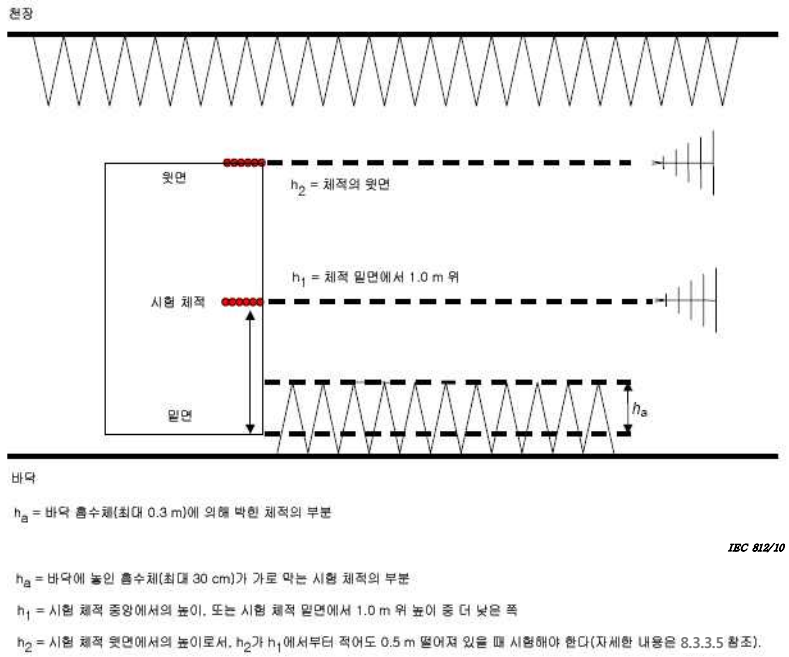
C5 ~ C1은 다음과 같이 C6를 중심으로 수신 안테나로부터 멀어진다.

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

8.3.3.2.3 S_{VSWR} 추가 측정 위치의 설명(그림 21)

그림 20에 표시한 위치 외에, 시험 체적 윗면에 별도의 S_{VSWR} 시험 평면이 시험 체적 높이에 따라 필요할 수 있다. 그림 21은 S_{VSWR} 측정에 대한 추가 높이 요구규격을 나타낸 것이다. 두 번째 높이에서의 시험은 앞면 위치에서만 실시하여야 한다.

표 5는 시험 위치를 요약한 것이다. 표 5에 열거한 위치는 높이(h_1, h_2)와 위치(앞면, 왼쪽, 오른쪽, 중심)에 따라서 분류한 것이다. 각 위치에 대한 기준점은 식 (22)에서 요구하는 산출에 사용하기 위하여 나타낸 것이다. 이 위치는 P_{mnopq}로 지정된다. 여기서 아래첨자는 표 5의 제1열에 열거한 위치 이름에 해당한다.



h_a = 바닥에 놓인 흡수체(최대 30 cm)가 가로 막는 시험 체적의 부분

h_1 = 시험 체적 중앙에서의 높이, 또는 시험 체적 밑면에서 1.0 m 위 높이 중 더 낮은 쪽

h_2 = 시험 체적 윗면에서의 높이로서, h_2가 h_1에서부터 적어도 0.5 m 떨어져 있을 때 시험해야 한다(자세한 내용은 8.3.3.5 참조).

그림.21 S_{VSWR} 위치(높이 요구 규격)

표.5 S_{VSWR} 시험 위치

위치명	위치	높이	편파	Dref에 대한 기준점 [식 (22) 참조]	기준 위치에 대한 위값
첫 번째 높이에서의 앞면 위치(앞면, h_1)					
F1h1H	앞면	h_1	수평	F6h1	수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
F1h1V	앞면	h_1	수직	F6h1	수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
F2h1H	앞면	h_1	수평	F6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
F2h1V	앞면	h_1	수직	F6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
F3h1H	앞면	h_1	수평	F6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
F3h1V	앞면	h_1	수직	F6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
F4h1H	앞면	h_1	수평	F6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
F4h1V	앞면	h_1	수직	F6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
F5h1H	앞면	h_1	수평	F6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
F5h1V	앞면	h_1	수직	F6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
F6h1H	앞면	h_1	수평	F6h1	= 기준 위치 (앞면, h_1)
F6h1V	앞면	h_1	수직	F6h1	= 기준 위치 (앞면, h_1)
첫 번째 높이에서의 중심 위치(중심, h_1) (필요한 경우 8.3.3.5참조)					
C1h1H	중심	h_1	수평	C6h1	수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
C1h1V	중심	h_1	수직	C6h1	수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
C2h1H	중심	h_1	수평	C6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
C2h1V	중심	h_1	수직	C6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
C3h1H	중심	h_1	수평	C6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
C3h1V	중심	h_1	수직	C6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
C4h1H	중심	h_1	수평	C6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
C4h1V	중심	h_1	수직	C6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
C5h1H	중심	h_1	수평	C6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
C5h1V	중심	h_1	수직	C6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
C6h1H	중심	h_1	수평	C6h1	= 기준 위치 (중심, h_1)
C6h1V	중심	h_1	수직	C6h1	= 기준 위치 (중심, h_1)

표.5 (계속)

위치명	위치	높이	편파	Dref에 대한 기준점 [식 (22) 참조]	기준 위치에 대한 위치
첫 번째 높이에서의 앞면 위치(앞면, h_1)					
R1h1H	오른쪽	h_1	수평	R6h1	시험 체적 오른쪽 범위 중에서 수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
R1h1V	오른쪽	h_1	수직	R6h1	시험 체적 오른쪽 범위 중에서 수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
R2h1H	오른쪽	h_1	수평	R6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
R2h1V	오른쪽	h_1	수직	R6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
R3h1H	오른쪽	h_1	수평	R6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
R3h1V	오른쪽	h_1	수직	R6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
R4h1H	오른쪽	h_1	수평	R6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
R4h1V	오른쪽	h_1	수직	R6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
R5h1H	오른쪽	h_1	수평	R6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
R5h1V	오른쪽	h_1	수직	R6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
R6h1H	오른쪽	h_1	수평	R6h1	= 기준 위치 (오른쪽, h_1)
R6h1V	오른쪽	h_1	수직	R6h1	= 기준 위치 (오른쪽, h_1)
첫 번째 높이에서의 왼쪽 위치					
L1h1H	왼쪽	h_1	수평	L6h1	시험 체적 왼쪽 범위 중에서 수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
L1h1V	왼쪽	h_1	수직	L6h1	시험 체적 왼쪽 범위 중에서 수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
L2h1H	왼쪽	h_1	수평	L6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
L2h1V	왼쪽	h_1	수직	L6h1	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
L3h1H	왼쪽	h_1	수평	L6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
L3h1V	왼쪽	h_1	수직	L6h1	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
L4h1H	왼쪽	h_1	수평	L6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
L4h1V	왼쪽	h_1	수직	L6h1	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
L5h1H	왼쪽	h_1	수평	L6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
L5h1V	왼쪽	h_1	수직	L6h1	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
L6h1H	왼쪽	h_1	수평	L6h1	= 기준 위치 (왼쪽, h_1)
L6h1V	왼쪽	h_1	수직	L6h1	= 기준 위치 (왼쪽, h_1)

표.5 (계속)

위치명	위치	높이	편파	Dref에 대한 기준점[식 (22) 참조)]	기준 위치에 대한 위치
두 번째 높이에서의 앞면 위치 (필요한 경우 8.3.3.5 참조)					
F1h2H	앞면	h_2	수평	F6h2	수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
F1h2V	앞면	h_2	수직	F6h2	수신 안테나로부터 +40 cm 떨어진 곳
F2h2H	앞면	h_2	수평	F6h2	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
F2h2V	앞면	h_2	수직	F6h2	수신 안테나로부터 +30 cm 떨어진 곳
F3h2H	앞면	h_2	수평	F6h2	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
F3h2V	앞면	h_2	수직	F6h2	수신 안테나로부터 +18 cm 떨어진 곳
F4h2H	앞면	h_2	수평	F6h2	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
F4h2V	앞면	h_2	수직	F6h2	수신 안테나로부터 +10 cm 떨어진 곳
F5h2H	앞면	h_2	수평	F6h2	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
F5h2V	앞면	h_2	수직	F6h2	수신 안테나로부터 +2 cm 떨어진 곳
F6h2H	앞면	h_2	수평	F6h2	= 기준 위치 (앞면, h_2)
F6h2V	앞면	h_2	수직	F6h2	= 기준 위치 (앞면, h_2)
주 - 이 S_{VSWR}은 임의 순서로 측정할 수 있다.					

8.3.3.3 S_{VSWR} 시험장 유효성 확인 - 표준 시험 절차

아래 절차에서는 위치를 P_{mnopq}로 지정한다. 여기에서 아래첨자는 표 5의 첫 번째 열에 열거된 위치명에 해당한다. 측정된 신호 M은 각 위치에서 수신된 전기장 또는 전압 측정값이며, 위치와 비슷하게 아래첨자 M_{mnopq}로 나타낸다. 가령, P_{F1h1H}는 높이 1, 수평 위치에서의 위치 F1이며, 그 측정 신호(dB)는 M_{F1h1H}로 나타낸다.

a) 기준점이 수평 편파에서 앞면 위치 6, 높이 1(P_{F6h1H})에 있을 때 송신원의 위치를 정한다. 수평 편파에서 송신원에서부터 수신 안테나의 기준점까지 측정한 시험 거리 D에서 수신 안테나의 위치를 정한다. 수신 안테나 높이는 모든 측정에서 송신원과 동일한 높이에 놓여야 한다는 것에 주의한다.

b) 표시된 수신 신호가 주변보다 적어도 20 dB 높으며, 측정하고자 하는 전체 주파수 범위에서 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기에 표시된 잡음보다 위에 있다는 것을 검증한다. 그렇지 않은 경우에는 각기 다른 장비(안테나, 케이블, 신호 발생기, 전치증폭기)를 사용하거나 표시된 잡음 바닥보다 20 dB 높은 레벨을 유지하기에 적합한 부분 주파수 범위를 사용해야 한다.

c) 각 주파수에서 측정 신호 레벨 M_{F6h1H}를 기록한다. 소인 측정 또는 계단식 주파수 증감을 사용할 수 있다. 계단식 증감을 사용한다면 주파수 증감은 50 MHz 이하이어야 한다.

d) 송신원이 앞면, 높이 1, 수평 편파에 대하여 표 6(8.3.3.6)에 나타낸 다른 다섯 위치에 있을 때 단계 a)와 b)를 반복한다. 표 5에 나타낸 증감에 의해 수신 안테나로부터의 이격

거리를 변화시키면 앞면, 높이 1, 수평 편파(M_{F1h1H}에서 M_{F6h1h}까지)에 대하여 통틀어 여섯 개의 측정값이 생긴다.

e) 송신원과 수신 안테나의 편파를 수직으로 바꾸고, 위치 P_{F1h1V}에서 P_{F1h6V}까지 위의 절차를 반복하여 M_{F1h1V}에서 M_{F6h1V}까지 얻는다.

f) 모든 측정에 대하여 측정된 전기장이나 전압 데이터를 식(22)을 이용하여 표 5에 열거된 기준점 거리에 대해 정규화한다.

$$M'_{mnopq} = M_{mnopq} + 20\log\left(\frac{D_{mnopq}}{D_{ref}}\right)(dB) \qquad (22)$$

여기에서

D_{mnopq}는 측정 위치에 대한 실제 이격거리이며,

D_{ref}는 기준점에 대하여 측정된 이격거리이고,

M_{mnopq}는 측정된 신호(전기장 또는 수신기 전압)(dB)이다. 각 측정 위치는 P_{mnopq}에 대하여 표 5에 나타낸 바와 같이 위치 6에 해당하는 각기 다른 기준 위치를 갖는다.

M'_{mnopq}는 표 5에 나타낸 기준 위치 거리에 대하여 정규화된 측정 전계 또는 전압 데이터이다.

g) 식 (20) 또는 식 (21)를 이용하여 수평 편파에 대한 S_{VSWR}을 산출한다. 식 (21)을 이용하여, 여섯 위치에 대하여 거리 보정을 적용한 후[단계 f)], 최대 수신 신호 $M_{max,dB}$에서 최소 수신 신호 $M_{min,dB}$를 빼서 $S_{VSWR,dB}$를 얻는다. 수직 편파를 이용하여 얻은 판독값에 이 산출을 반복한다.

h) 각 편파에 대한 S_{VSWR}은 8.3.2의 허용 기준을 충족해야 한다.

i) 시험 체적의 왼쪽 위치와 오른쪽 위치에 대하여 단계 a) - h)를 반복한다. 송신원 안테나를 왼쪽이나 오른쪽으로 옮길 경우에는 그 기준방향이 수신 안테나 쪽을 향해야 한다는 것에 주의한다. 그러나 수신 안테나는 중심을 향하여야 한다(측면 위치를 향하는 것이 아님). 이 방향은 나중에 피시험기기에 대하여 실시한 측정 중에 향하게 될 방향과 동일하다.

j) 8.3.3.5에서 요구한 경우, 중심 위치에서의 측정 절차, 그리고 두 번째 높이에서 요구한 측정 절차를 반복한다. 두 번째 높이에서 측정을 실시할 때 수신 안테나 높이는 송신 안테나 높이와 동일하여야 한다.

8.3.3.4 S_{VSWR} 시험장 유효성 확인 - 등방성장 프로브를 이용한 역방향 시험 절차

차폐된 설비(즉, 완전 무반사실 또는 반무반사실)의 경우에는 표 5의 위치에 놓인 등방성장 프로브를 사용하여, 그리고 방사성 장해 시험에 대하여 수신 안테나와 동일한 안테나로 시험 체적을 조명하여 S_{VSWR}를 평가할 수 있다. 이 규격의 목적상 이 방법을 S_{VSWR} 측정의 "역방향" 방법이라 지칭한다. 이 S_{VSWR} 역방향 절차에서, 피시험기기 방사성 장해 시험에서 나중에 수신 안테나로 사용할 안테나는 "송신" 안테나라 하는데, 이는 시험 체적에 놓인 프로브에 송신하는데 사용되기 때문이다. 등방성장 프로브는 8.3.3.1의 방사 패턴 사양을 충족하여야 한다. 이 프로브는 송신 안테나의 편파와 중심을 맞출 수 있어야 한다. 즉, 프로브 내에서 감지(sensing) 소자의 위치와 방향이 알려져 있어야 한다.

등방성장 프로브를 사용하는 역방향 S_{VSWR} 시험장 유효성 확인 절차는 다음과 같다.

a) 등방성장 프로브를 수평 편파에서 앞면 위치 6, 높이 1(P_{F6h1H})에 놓는다. 시험 체적의 원주에서부터 안테나의 기준점까지 측정하였을 때 시험 거리 D에 송신 안테나를 놓는다. 송신 안테나 높이는 모든 위치에서 프로브와 동일한 높이에 있어야 한다.

b) 프로브가 올바르게 기능할 수 있을 정도로 전기장 세기의 크기가 충분한지 확인한다. 적절한 전기장 세기를 정하는데 필요한 장비와 절차에 대한 지침(적절한 감도와 측정 불확도)은 프로브 제조자의 조작 설명서를 참조한다. 아울러 송신 계통과 프로브 계통에 대한 선형성을 검사하는 것을 권장하며, 고조파는 원래 신호보다 적어도 15 dB 아래 레벨까지 억제해야 한다. 시험 중에 순방향 전력을 감시하려면 방향성 결합기를 사용하는 것이 권장된다. 출력 전력 레벨의 변화율이 시험 결과를 변동시킬 것이기 때문이다. 안정적인 출력 신호를 공급하는 것도 중요한데, 신호원의 불안전성(예: 케이블 연결 불량, 전치증폭기의 예열 시간 변동 등)으로 인해 신호가 변하면 시험 결과(즉, 인위적으로 높은 S_{VSWR} 결과)도 변하기 때문이다.

c) 각 주파수에서 측정 신호 레벨 M_{F6h1H}를 기록한다. 소인 측정 또는 계단식 주파수 증감을 사용할 수 있다. 계단식 증감을 사용한다면 주파수 증감은 50 MHz 이하여야 한다.

d) 프로브가 앞면(front), 높이 1, 수평 편파에 대하여 표 6(8.3.3.6)에 나타낸 다른 다섯 위치에 있을 때 단계 c)를 반복한다. 표 5에 나타낸 증감에 의해 수신 안테나로부터의 이격거리를 변화시키면 앞면, 높이 1, 수평 편파(M_{F1h1H}에서 M_{F6h1h}까지)에 대하여 모두 여섯 개의 측정값을 구한다.

e) 프로브와 수신 안테나의 편파를 수직으로 바꾸고, 위치 P_{F1h1V}에서 P_{F1h6V}까지 위의 절차를 반복하여 M_{F1h1V}에서 M_{F6h1V}까지 얻는다.

f) 모든 측정에 대하여 식 (22)을 이용하여 얻은 데이터를 정규화한다.

g) 식 (20) 또는 식 (21)를 이용하여 수평 편파에 대한 S_{VSWR}을 산출한다. 식 (21)를 이용하여, 여섯 위치에 대하여 거리 보정을 적용[단계 f)]한 후 최대 수신 신호 $M_{max,dB}$에서 최소 수신 신호 $M_{min,dB}$를 빼서 $S_{VSWR,dB}$를 얻는다. 수직 편파를 이용하여 구한 값에 이 산출을 반복한다.

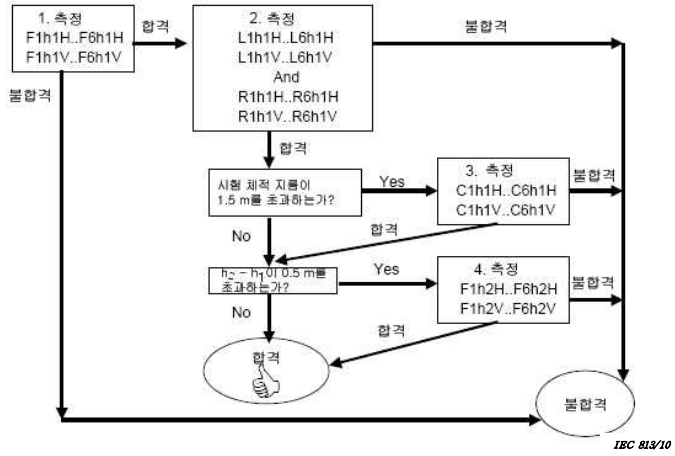
h) 각 편파에 대한 S_{VSWR}은 8.3.2의 허용 기준을 충족해야 한다.

i) 시험 체적의 왼쪽 위치와 오른쪽 위치에 대하여 위의 절차를 반복한다. 이 역방향 S_{VSWR} 절차에서 프로브는 송신 안테나의 기준점을 향하면서 일정한 방향을 유지하도록 주의한다. 그러나 송신 안테나는 시험 체적의 중심을 향하여야 한다(측면 위치를 향하는 것이 아님). 이 방향은 나중에 피시험기기 측정 중에 향하게 될 방향과 동일하다.

j) 8.3.3.5에서 요구한 경우, 중심(center) 위치에서의 측정 절차 그리고 두 번째 높이(h_2)에서 요구한 측정 절차를 반복한다. 두 번째 높이에서 측정을 실시할 때 프로브 높이는 송신 안테나 높이와 동일하여야 한다.

8.3.3.5 조건부 시험 위치 요구규격

그림 20, 그림 21, 표 5에 나타낸 바와 같이 시험 체적의 크기에 따라서 추가 시험 절차를 시험하여야 한다. 그림 22는 이러한 추가 측정이 필요한 경우를 지정한 흐름도이다.



주) 이 측정은 나타낸 순서대로 실시할 필요는 없으며, 필요한 모든 데이터를 얻을 수 있다면 임의 순서대로 진행할 수 있다.

그림.22 조건부 시험 위치 요구규격

추가 시험 위치가 필요한 경우에는 8.3.3.3 또는 8.3.3.4의 절차에 따라, 수직 편파와 수평 편파에 대해 각 여섯 측정 그룹(표5 참조)으로부터 각 시험 주파수에서 S_{VSWR}을 측정하여야 한다.

8.3.3.6 S_{VSWR} 시험장 유효성 확인 시험 보고서

표 6은 필요한 위치에서 얻은 결과 및 8.3.3.5의 조건부 위치를 포함하여, 필요한 모든 S_{VSWR} 측정 및 산출을 요약한 목록이다.

표.6 S_{VSWR} 요구규격 보고내용

위치	높이	편파	유형	S_{VSWR} dB
앞면	h1	수평	필수	= Max (S′ F1h1H…S′ F6h1H) – Min (S′ F1h1H…S′ F6h1H)
앞면	h1	수직	필수	= Max (S′ F1h1V…S′ F6h1V) – Min (S′ F1h1V…S′ F6h1V)
오른쪽	h1	수평	필수	= Max (S′ R1h1H…S′ R6h1H) – Min (S′ R1h1H…S′ R6h1H)
오른쪽	h1	수직	필수	= Max (S′ R1h1V…S′ R6h1V) – Min (S′ R1h1V…S′ R6h1V)
왼쪽	h1	수평	필수	= Max (S′ L1h1H…S′ L6h1H) – Min (S′ L1h1H…S′ L6h1H)
왼쪽	h1	수직	필수	= Max (S′ L1h1V…S′ L6h1V) – Min (S′ R1h1V…S′ L6h1V)
중심	h1	수평	조건부	= Max (S′ C1h1H…S′ C6h1H) – Min (S′ C1h1H…S′ C6h1H)
중심	h1	수직	조건부	= Max (S′ C1h1V…S′ C6h1V) – Min (S′ C1h1V…S′ C6h1V)
앞면	h2	수평	조건부	= Max (S′ F1h2H…S′ F6h2H) – Min (S′ F1h2H…S′ F6h2H)
앞면	h2	수직	조건부	= Max (S′ F1h2V…S′ F6h2V) – Min (S′ F1h2V…S′ F6h2V)

앞의 S_{VSWR} 산출 및 보고 요구규격은 각 시험 주파수에 적용한다.

8.3.3.7 S_{VSWR} 시험장 유효성 확인 방법의 제한사항

8.3.3.2에서 선택된 측정점은 주파수 1 GHz ~ 18 GHz 범위에서 시험장의 S_{VSWR} 종합적인 성능을 제공한다. 그러나 첨두값 S_{VSWR}은 어떤 특정 주파수 f에서 8.3.3.3 또는 8.3.3.4 절차를 이용하여 항상 포착될 수는 없다. 따라서 어떤 단일 주파수에서의 측정을 토대로 S_{VSWR} 적합성을 표현하는 것 적합하지 않다. 그러나 인접한 옥타브(0.5f ~ 2f) 내에서 위의 절차로 찾은 첨두값은 대개 이 대역에 포함된 모든 주파수에 대하여 최악의 S_{VSWR}를 나타낸다.

단일 주파수에서 더 정확한 S_{VSWR} 결과를 원하는 경우 그림 20과 그림 21에 나타낸 선을 따라서 6개 이상의 위치를 측정하면 위 방법을 개선할 수 있다. 추가 데이터 수집점은 불균일하게 분포하는 것이 좋으며, 해당 주파수에서 1/4 파장 단계를 이용하여 신호원 송신 안테나의 거리 변화(또는 역방향 S_{VSWR} 방법에서의 등방성장 프로브)를 토대로 선택하는 것이 바람직하다. 기준 시험장은 반사가 측정에 영향을 미치지 않을 것을 보장할 대비책이 마련된 자유공간 야외시험장이어야 한다.

8.4 대용 시험장

자유공간 조건을 달성하면 어떤 측정 시험장이든 대용 시험장으로 가능하다.

9 공통 모드 흡수 장치

9.1 일반사항

공통 모드 흡수 장치(CMAD)는 방사성 방출 측정 중에 시험 체적을 벗어나는 케이블에 적용된다. CMAD는 케이블이 시험장을 벗어나는 지점(예: 턴테이블 중심)에서 공통모드 임피던스 값과 대칭성이 달라질 수 있기 때문에 생기는 각 시험장 간 측정 결과의 변동을 줄이기 위해 방사성 방출 측정에 사용된다. CMAD의 기본 특성은 S-파라미터라는 항으로 표현할 수 있다. 삽입 손실이나 반사 계수 같은 유도된 성능량은 이러한 S-파라미터로부터 결정할 수 있다. 이 항에서는 CMAD의 S-파라미터를 검증하기 위한 측정 방법을 규정한다.

9.2 CMAD S-파라미터 측정

9.3에서 설명한 바와 같이 시험 지그에서 측정된 S-파라미터는 CMAD의 성질을 기술하는 데 사용된다. 복소 S-파라미터의 값은 그림 23에 나타낸 기준면에서 평가한다. 가장 높은 정확도로 S-파라미터를 측정하는 기준 방법은 벡터 회로망 분석기(품)와 9.4에서 설명한 TRL 교정법을 사용하는 것이다.

9.3 CMAD 시험 지그

시험 대상 CMAD의 S-파라미터를 측정하는데 사용한 시험 지그에는 그림 23과 같이 금속 접지면 위에 원통형 금속봉이 있어야 한다. 시험 지그의 수직 플랜지 사이에 있는 금속봉은 세 개의 구간으로 이루어진다. 한 개의 구간은 두 기준면 사이에서 시험 지그의 송신선을 이루며, 다른 두 구간은 기준면과 어댑터 포트 사이에서 어댑터 구간을 형성한다.
어댑터 구간과 어댑터 포트가 CMAD의 측정에 미치는 영향은 9.4에서 설명한 TRL 교정법으로 제거할 수 있다. 그러면 최종 측정의 불확도가 낮아진다. 9.4의 측정에는 모든 유형의 어댑터를 사용할 수 있다. 어댑터의 예를 그림 26 ~ 28에 나타내었다.(9.6 참조)

원통형 막대의 지름 d는 4 mm이어야 한다. 접지면 위의 높이 h는 CMAD의 치수로 정의된다. 대표적인 값은 30 mm, 65 mm, 90 mm이다. 측정은 CMAD의 구조에 의해 정의된 높이에서 실시하여야 한다. 기준면과 지그의 수직 플랜지(어댑터 구간) 사이의 거리, LA는 적어도 2 h이어야 한다(그림 23 참조). 기준면과 CMAD 종단 사이의 거리, D_A와 D_B는 가능한 한 작아야 하지만, h보다 크지 않은 것이 좋다. 시험 지그의 금속 접지면은 길이가 (Ljig + 4 h)보다 커야 하고 폭은 4 h보다 커야 한다.
특성 임피던스 Zref는 선로의 내부 지름 d(4 mm로 정의됨), 그리고 접지면 위 막대 중심의

높이, h로 주어진다.

$$Z_{ref} = \frac{Z_0}{2\pi} \cosh^{-1}\left(\frac{2h}{d}\right) \text{ in } \Omega \qquad (23)$$

여기서,

Z_0 = 자유 공간 임피던스(120 π)(Ω)

d = 시험 도체 지름, 4 mm로 정의됨

h = 접지면 위 시험 도체 중심의 높이

보기) 각종 높이 h에 대한 Zref의 대표적인 값은 다음과 같다.

h = 30 mm >> $Zref$ = 204 Ω

h = 65 mm >> $Zref$ = 248 Ω

h = 90 mm >> $Zref$ = 270 Ω

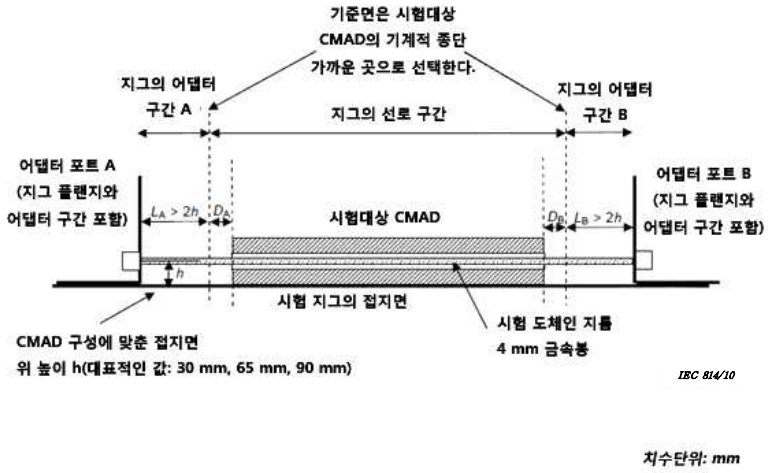


그림 23 - 시험 지그 안쪽 기준면의 정의

9.4 TRL 교정을 이용한 측정 방법

관통-반사-선로(TRL) 교정법은 CMAD의 S-파라미터를 측정하는데 권장되는 방법이다. 이 교정법을 사용하면 시험대상 CMAD가 놓이게 될 위치와 매우 근접하도록 시험 지그 안쪽 기준면을 선택할 수 있으므로 거리 D_A와 D_B를 최소화할 수 있다(그림 23 참조). 이 교정에는 금속봉이 필요하다. 용어 "선로"는 지그의 송신선 구간과 동일한 지름과 높이를 갖는다는 것을 말한다. 선로 구간의 특성 임피던스와 길이는 정확하게 알고 있어야 하며, 이는 VNA의 펌웨어 또는 외부 보정 계산에 사용된 교정 데이터에 삽입된다.

TRL 교정 절차에 사용된 선로 구간의 길이는 TRL 교정을 수행할 수 있는 주파수 범위를 결정한다. 이 주파수 한계는 TRL 교정법에 사용된 수학적 절차에 기인한 것으로, 일부 주

파수에서는 영으로 나눔(divide-by-zero)(또는 매우 작은 값) 조건이 가능하므로 이를 피해야 한다.

"선로" 기준의 길이가 L이면, 주파수 범위는 다음과 같이 저주파수(fL)와 고주파수(fH) 사이로 제한되어야 한다.

$$f_L = 0{,}05\frac{c}{L} \qquad (24)$$

$$f_H = 0{,}45\frac{c}{L} \qquad (25)$$

여기서, c = 3×10^8 m/s. 주파수 범위 30 MHz ~ 200 MHz에서 교정할 때는 0.6 m의 "선로" 길이가 적합하다. 측정을 더 높은 주파수로 확대해야 한다면 두 번째 "선로" 교정이 필요하다. "선로" 길이가 0.12 m인 2차 교정은 주파수 범위 150 MHz ~ 1 000 MHz에서 적합할 것이다.

TRL 교정법에는 4개의 교정 구성이 필요하다.

a) "반사"(포트 A): 어떤 다른 연결이 없는 상태에서(개회로 조건을 모의한 것)(그림 24 a) 참조) 어댑터 구간과 어댑터의 복소값 S11을 측정한다.
b) "반사"(포트 B): 어떤 다른 연결이 없는 상태에서(개회로 조건을 모의한 것)(그림 24 b) 참조) 어댑터 구간과 어댑터의 복소값 S22를 측정한다.
c) "관통": 두 개의 어댑터 구간이 서로 직접 연결된 상태에서(사이에 선로 구간이 없음)(그림 24 c) 참조) 복소값 S11, S12, S21, S22를 측정한다.
d) "선로": 선로 구간이 삽입된 상태에서(그림 24 d) 참조) 복소값 S11, S12, S21, S22를 측정한다.

이러한 교정 측정은 각 주파수점마다 10개의 복소 값을 산출한다. VNA에 TRL 교정용 펌웨어가 포함되어 있다면 이러한 기준 측정값을 사용해 TRL 측정에 적절한 보정값을 계산한다. VNA가 TRL 교정을 지원하지 않으면 CISPR/TR 16-3에 기술된 절차에 따라 VNA와 무관하게 필요한 보정을 할 수도 있다.

교정면 밖에 있는 어댑터 구간과 어댑터 포트의 성질은 TRL 교정시 알 필요가 없다. 이들은 교정 절차시 측정되며, TRL 교정으로 정확하게 보상된다. 유형이 다른 어댑터를 사용하여도 무방하다. 시험 지그의 양쪽 종단에는 유형이 동일한 어댑터와 길이가 동일한 어댑터 구간을 사용할 것을 권장한다. 또한, 두 어댑터 구간은 길이가 같게(즉 $L_A = L_B$) 할 것을 권장한다.

교정 후 시험대상 CMAD을 시험 지그의 선로 구간에 삽입한다. 어댑터 구간과 어댑터는 교정에 사용한 것과 정확하게 같아야 한다. 금속봉의 길이는 교정에 사용된 "선로"와 다를 수 있지만, 지름(4 mm)와 접지면 위 높이는 교정에 사용한 것과 동일하여야 한다. CMAD 안쪽의 금속봉은 CMAD 개구부 중심에 가능한 한 정확하게 배치하는 것이 좋다. 이 금속봉의 길이는 기준면이 CMAD의 물리적 종단과 일치하도록 선택할 수 있다(즉, D_A가 가능

한 한 작도록). 대표적인 CMAD는 길이가 0.6 m이다. 이 경우 30 MHz ~ 200 MHz의 주파수 범위를 포함하는 교정에, 아울러 CMAD의 측정(더 짧은 선로 구간에 의해 교정된, 200 MHz 초과 주파수 범위를 포함)에는 4 mm 선로 구간을 사용할 수 있다. TRL 교정에 의해 보정된 VNA 측정값을 사용해 얻은 시험대상 CMAD에 대한 측정 결과는 송신선 구간(빈 지그)의 특성 임피던스, Z_0_jig를 기준으로 한 일련의 S-파라미터이다.

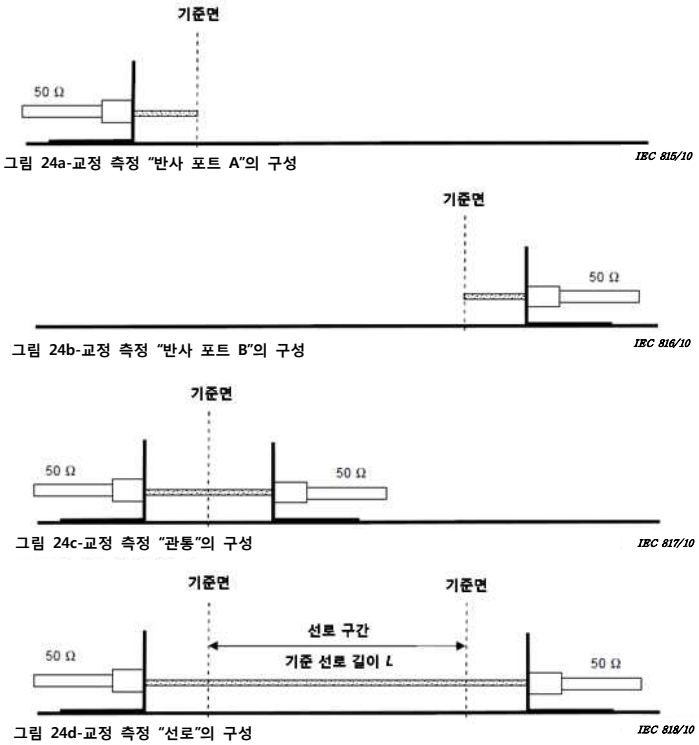


그림 24 - TRL 교정을 위한 4개의 구성

9.5 페라이트 클램프형 CMAD 요구규격

페라이트 클램프형 CMAD는 적합성 불확도를 줄이기 위해 1 GHz 이하에서 방사 측정을

할 때 사용된다. CMAD의 특성은 9.1과 9.3 조항에 따라 측정되며 빈 지그 Z_{0jig}의 특성 임피던스에 참조된다.

페라이트 클램프형 CMAD들을 비교해보면 충분한 감결합을 제공하기 위해 $S21$의 크기가 0.25보다 낮아야 함을 알 수 있다. 이는 그림 25의 $S11$ 크기를 갖는 CMAD로 달성할 수 있다.

페라이트 클램프 CMAD는 다음의 요구규격들을 충족해야 한다.

a) $S21$의 크기는 30 MHz ~ 200 MHz 주파수 범위에서 0.25보다 작아야 한다.
b) $S11$의 크기는 30 MHz ~ 200 MHz에서 다음의 허용기준 범위 내에 있어야 한다.
   - 상위 허용기준은 30 MHz에서 0.75, 200 MHz에서 0.55 (주파수의 로그 값에 따라 선형으로 감소)
   - 하위 허용기준은 30 MHz에서 0.6, 200 MHz에서 0.4 (주파수의 로그 값에 따라 선형으로 감소)

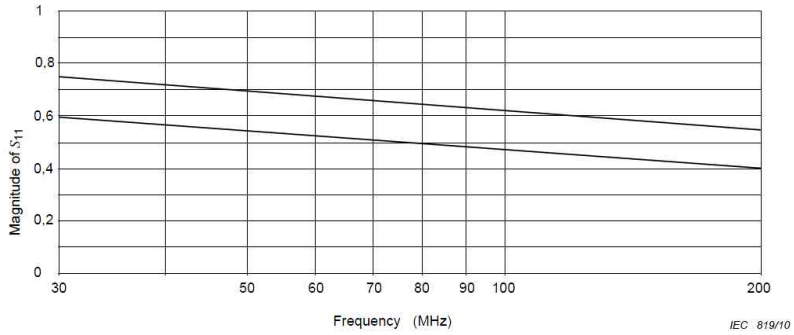


그림 25 - 9.1과 9.3의 조항에 따라 측정된 $S11$ 크기에 대한 허용기준

200 MHz ~ 1 000 MHz 주파수 범위에서는 방사성 방사 측정이 케이블 종료 조건에 의해 크게 영향을 받지 않기 때문에 요구규격이 필요하지 않다.

페라이트형 CMAD의 요구규격을 위해 S-parameters를 사용하는 이유는 CISPR/TR 16-3, Amendment 2의 4.9에 제시되어 있다.

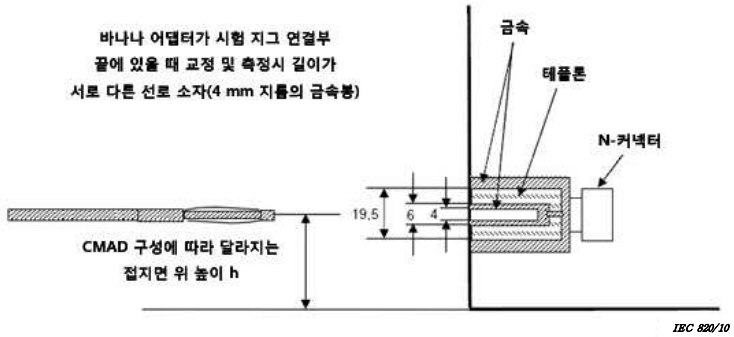
9.6 스펙트럼 분석기(SA)와 트래킹 발생기(TG)를 이용한 CMAD 성능(저하) 검사

CMAD의 복소 S-파라미터는 VNA를 사용하지 않고는 측정할 수가 없다. 그러나 VNA 계기는 모든 EMC 시험소에서 사용할 수 없을지도 모른다. VNA 계기를 사용할 수 없는 시

험소를 위해 이 항에서는 트래킹 발생기가 있는 스펙트럼 분석기를 사용해 CMAD의 기능을 검사하는 더 간단한 방법을 정의한다. 이 계기 구성에서는 삽입 손실의 크기만을 측정하지만 이 측정된 값은 그림 23에 나타낸 기준면에서 측정된 S-파라미터와 직접 관련이 없을 것이다. 그럼에도 불구하고 EMC 시험소에서는 정확히 동일한 조건(시험 장치 구성의 임피던스와 기하구조)을 사용해 자신의 소내 시험 장치구성을 사용해 동일한 삽입 손실 측정을 주기적으로 반복할 수 있으며, 결과의 이력을 기록하고 비교해 CMAD가 여전히 허용 가능한 조건에 있는지를 결정할 수 있다. CMAD의 성능 저하는 이와 같은 방식으로 검출할 수 있다. 어느 정도의 성능 저하가 명백해지면 9.4의 TRL 교정법으로 VNA를 사용해 기준 측정을 실시하여야 한다.

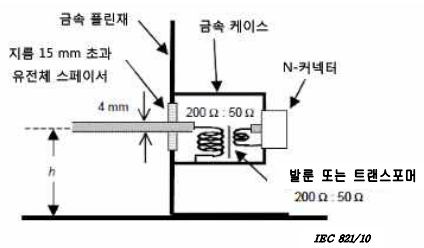
이 성능/저하 검사에는 어떤 어댑터 구조(그림 23과 24, 그림 26 ~ 28)도 사용할 수 있다. 시험 지그와 측정 계기 사이에 있는 케이블의 공진 영향을 피하기 위해서는 이 성능 검사 중에 시험 지그 연결부와 가까운 곳에 10 dB 감쇠기를 2개 포함시킬 필요가 있다.

a) 50 Ω 어댑터를 사용하는 경우(그림 26), 성능/저하 검사에 대한 삽입 손실 측정값은 다음 두 구성에서의 감쇠 측정값 간의 차(dB)이다.
   1) 구성 1: 시험 지그 없이 두 감쇠기를 직접 연결한 것
   2) 구성 2: CMAD가 포함된 상태에서 시험 지그에 2개의 감쇠기를 연결한 것
b) 정합 어댑터(그림 27 또는 그림 28)를 사용하는 경우, 성능저하 검사에 대한 삽입 손실 측정값은 다음 두 구성에 대해 측정된 감쇠 간의 차이다.
   1) 구성 1: CMAD 없이 시험 지그에 두 개의 감쇠기를 연결한 것(빈 지그)
   2) 구성 2: CMAD가 포함된 상태에서 시험 지그에 2개의 감쇠기를 연결한 것



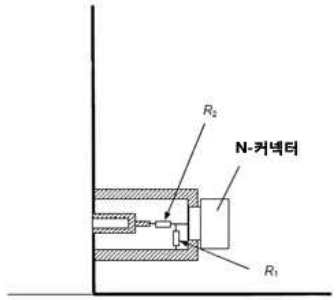
수직 플랜지의 밀면은 금속성 접지면에 전기적으로 접합되어 있어야 한다.

그림 26 - 지그의 수직 플랜지에서 50 Ω 어댑터 구성의 예



주) 평형 포트의 중심 탭이 발룬 케이스에 연결되어 있으면 이를 단절해야 한다.

그림 27 - 발룬이나 트랜스포머가 있는 정합 어댑터의 예



$$R_1 = 50\sqrt{\frac{Z_{0_jig}}{Z_{0_jig}-50}}\ \Omega$$

$$R_2 = \sqrt{Z_{0_jig}(Z_{0_jig}-50)}\ \Omega$$

h mm	Z_{0_jig} Ω	R_1 Ω	R_2 Ω
30	204	57,6	177,3
65	248	56,0	221,6
90	270	55,4	243,7

IEC 822/10

그림 28 - 저항성 정합 회로망이 있는 정합 어댑터의 예

부록 A
(규격)
안테나의 파라미터

A.1 일반사항

각종 KN규격은 측정시에 사용될 특정 안테나를 지정한다. 지정 안테나로 얻은 결과에 상응하는 결과를 얻을 수 있다면 다른 유형의 안테나를 사용하여도 무방하다. 이러한 안테나를 지정 안테나와 비교하게 되면 적합한 파라미터를 열거하는데 도움이 될 것이다. 이러한 파라미터들은 KN규격에서 새 안테나 유형을 허락하는 것의 일부로 규정되어야 한다. 안테나 제조자들은 또한 방사성 방출 측정에 사용한 안테나의 가장 중요한 측면을 규정할 때 이 정보를 지침으로 사용하여야 한다. 제조자들은 다음의 파라미터를 포함해 각 안테나 모델에 관한 일반 정보를 제공하는 것이 바람직하다. : 50 Ω 시스템에서의 자유공간 안테나 계수, 반사 손실, 유의한 변화를 나타내기에 충분한 주파수 간격에서의 방사 패턴(빔폭 정보 포함), 안테나가 1 m ~ 4 m 높이에서 주사될 때 접지면에 상호 결합되어 생긴 자유공간 안테나 계수와의 편차를 설명하는 주파수 의존성 불확도 값.

A.2 선호하는 안테나

A.2.1 일반사항

전계 허용기준이 부적합하다는 주장이 제기된 경우, 저불확도 안테나로 측정된 값이 우선한다. 저불확도 안테나는 KN 시험 장치구성에서의 전기장 세기를 4.2의 전기장 세기 정확도 기준을 만족하는 다른 안테나에 요구된 것보다 더 낮은 불확도로 측정할 수 있는 안테나이다. 저불확도 안테나는 A.2.3에서 설명한다.

A.2.2 계산 가능한 안테나

계산 가능한 표준 다이폴 안테나는 전계 측정의 최저 불확도를 기록한다. 안테나 계수는 정의가 명확한 접지면 위 임의의 높이와 편파에서 자유공간에 대해 계산할 수 있다. 계산 가능한 표준 다이폴 안테나의 원리는 KN 16-1-5에서 설명하고 있는데, 여기에는 공진 조건만이 기술되어 있다. 그러나 널리 이용되는 수치 전자기 모델링을 사용하면 단일 다이폴 안테나 길이에 대한 안테나 계수를 넓은 주파수 대역에서 ±0.3 dB 미만의 불확도로 계산할 수 있다. 예를 들어 30 MHz에서 측정하는 경우에는 80 MHz에서 공진되는 다이폴 안테나를 사용할 수 있다.
이 원리는 더 넓은 광대역도 포함하는 다선 안테나에도 확장할 수 있다.

A.2.3 저불확도 안테나

저불확도 안테나는 바이코니컬 안테나와 LPDA 안테나이며, 그 기본 파라미터를 다음 단락

에서 설명한다. 이들은 광대역이며 적당한 민감도를 갖는다. 즉 그 안테나 계수는 상당히 높지 않다. 계산 가능한 다이폴 안테나를 사용할 수 있으며 이 안테나는 최저 불확도를 갖는다. 교차 편파 응답은 4.5.5의 요구규격을 만족하여야 하며, 모든 발룬은 4.5.4의 요구규격을 만족하여야 한다. 안테나 계수는 국가 표준으로 소급이 가능한 교정소에서 결정하여야 하며, 안테나 계수 결정 불확도를 최소화하는 것으로 선택한다.

인증된 유형은 30 MHz ~ 250 MHz 주파수 범위에서 사용하는 바이코니컬 안테나와 250 MHz ~ 1 GHz 범위에서 사용하는 LPDA 안테나이다. 이 절점 주파수를 사용하는 이유는 LPDA 안테나는 그 길이에 기인한 위상 중심 오차를 갖고(250 MHz에서 시작해 감소된다), 대부분의 바이코니컬 안테나가 290 MHz 이상에서 공진에 의해 영향을 받으며, 개방된 구조의 소자(휴대형 또는 조립식)를 사용하지 않으면 260 MHz 이상에서 방사 패턴 왜곡을 보이기 때문이다. 바이코니컬 안테나와 LPDA 안테나 간의 절점 주파수는 200 MHz ~ 250 MHz가 될 수 있는데, 250 MHz 미만 LPDA 안테나와 연관된 위상 중심 불확도는 약간 증가한다. 전체 주파수 대역 30 MHz ~ 1 000 MHz를 포함하는 하이브리드 안테나는 그 불확도가 바이코니컬 및 LPDA 안테나에 대한 것보다 높기 때문에 선호하는 유형은 아니다. 그 주된 이유는 특히 발생원에서부터 3 m 떨어진 거리에서 사용될 때 안테나의 길이가 더 커지기 때문이다(10 m와 반대로).

저불확도 바이코니컬 안테나는 소자 끝간 길이가 약 1.35 m ± 0.03 m(발룬 폭에 따라 달라짐)이며, 원뿔 형태로 발산하는 6선 소자는 가장 큰 지름이 약 0.52 m이다. 발룬은 환경과의 30 MHz 이하 상호 결합에서 더 좋은 민감도를 보장하는 200 Ω 설계 (200 Ω ~ 50 Ω 트랜스포머 비)로 된 것이어야 한다.

주) 바이코니컬 안테나는 MIL STD 461A [8] 표준에 근거한 것으로 20 MHz ~ 200 MHz에서 작동하도록 설계된다. 조립식 소자 버전은 250 MHz 초과 폐쇄식 "케이지" 소자 버전보다 더 뛰어난 성능을 보인다.

저불확도 LPDA는 최저 주파수가 200 MHz가 되도록 설계되며(즉, 가장 긴 소자는 200 MHz에서, 약 0.75 m에서 공진된다), 가장 긴 소자와 가장 짧은 소자 간의 길이는 0.75 ± 0.12 m가 되도록(이 경우 1 GHz 초과 주파수에서 공진됨) 설계된다. 250 MHz에서 가장 긴 소자를 갖지 않는 이유는 어떤 배열에 의해 제한되지 않으며 방사 패턴이 왜곡되기 때문이다. 0.75 m의 안테나 길이는 더 높은 이득을 갖지만 위상 중심 오차가 더 커지는 길이의 2배인 안테나, 그리고 주파수에 따라 평활하고 단조롭게 증가하는(전체 주파수 범위 양단에서 회귀선으로부터 1.5 dB 이하 벗어나 안테나 계수가 급격히 상승하는) 안테나 계수를 가질 가능성이 없는 길이 0.6 m 미만 안테나와 구별된다.

A.3 단순 다이폴 안테나

A.3.1 일반사항

시험소에서 교정된 안테나를 구할 수 없는 경우의 대안은 그 형태가 계산 가능한 다이폴

안테나인지 동조 안테나인지에 상관없이 다이폴 안테나를 사용하는 것이다. 동조 안테나는 A.2에서 기술한 안테나에 비해 전기장 세기 측정을 구성하기가 비교적 간단하며 불확도가 낮다. 동조 다이폴 안테나의 안테나 계수는 국가 표준까지 소급할 수 있어 안테나 계수 결정의 불확도를 최소화 할 수 있는 시험소에서, 또는 접지면 위에 있는 한 쌍의 유사한 다이폴 안테나 간의 시험장 삽입 손실을 (부록 D에 따라) 측정해 이를 계산된 결합과 비교해 발룬의 손실을 감안하여 검증하여야 한다. KN 16-1-5의 부록 C를 참조한다. 동조 다이폴 안테나의 단점은 주파수 범위 하단에서 그 길이가 길다는 것이다. 예를 들어 30 MHz에서 길이가 4.8 m인데, 3 m의 측정 거리에서는 진폭 및 위상 기울기에 의해 오차가 발생할 것이다. 또한 다이폴 안테나는 그것이 동조된 주위환경에 가장 민감하므로, 그 영상이 접지면에 있을 때의 상호 임피던스는 접지면으로부터 1 m ~ 4 m 높은 곳에서 주사된 수평 편파 30 MHz 다이폴 안테나의 경우 안테나 계수를 최고 6 dB 정도까지 변경할 수 있다. 이러한 이유로 80 MHz 미만에서는 80 MHz로 동조된 짧은 다이폴 안테나를 사용할 것을 권장한다.

A.3.2 동조 다이폴 안테나

동조 다이폴 안테나의 실용적인 단순 설계는 직병렬 동축 스터브 발룬이 있는 반파장 공진 다이폴 안테나로 구성된다. 다이폴 안테나의 끝간 거리는 약 0.48 파장인데 이는 다이폴 안테나 소자의 반경에 따라 달라진다. 자유공간 안테나 계수는 다음 식으로부터 계산할 수 있으며, 이 식은 안테나 계수를 dB 단위로 나타낸 것이다. 여기에는 발룬 손실은 포함되지 않는다. 이 경우 0.5 dB의 평균값을 안테나 계수에 추가할 수 있다. 이 손실 계수는 다음과 같이 검증하여야 한다.

$$F\mathrm{a}\ (\mathrm{dB}) = 20\ \log(f_{\mathrm{M}})\ -31.4$$

여기서, f_{M} = 주파수(MHz)
동조 다이폴 안테나는 광대역 안테나보다 주위환경에 더 민감하기 때문에(LPDA 제외, 그 공진 주파수에서의 것 제외), 동조 다이폴 안테나를 사용할 때 총괄 불확도는 4.5.2의 저불확도 안테나의 것보다 낮게 될 가능성은 없다.

A.3.3 단축 다이폴 안테나

다음의 경우에는 반파장보다 짧은 다이폴 안테나를 사용하여도 무방하다.

a) 총 길이가 측정 주파수 파장의 1/10보다 큰 경우

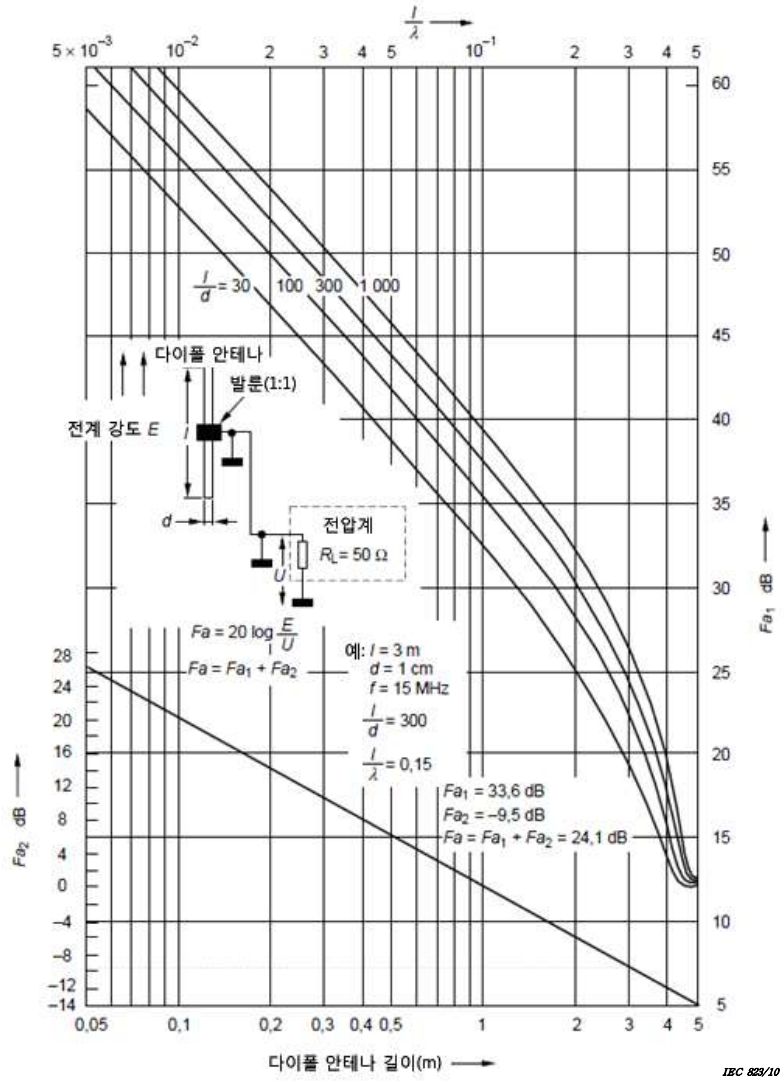
b) 케이블 입력단에서의 반사 손실이 10 dB보다 클 정도로 수신기 종단에서 충분히 잘 정합된 케이블에 연결된 경우. 교정시에는 반사 손실을 고려하여야 한다.

c) 동조 다이폴(4.5.3 참조)과 대등한 편파 판별도를 갖는 경우. 이를 얻기 위해서는 발룬이 필요할 수도 있다.

d) 측정된 전기장의 세기를 결정할 때는 교정 곡선(안테나 계수)를 결정하고 이를 측정 거리에(즉, 다이폴 안테나 길이의 적어도 3배 거리에) 사용한다.

주) 이렇게 얻은 안테나 계수는 ±3 dB보다 나쁘지 않은 정확도로 균일한 정현파 전자계의 측정에 관한 요구규격을 이행할 수 있어야 한다. 교정 곡선의 예를 그림 A.1에 나타내었다. 이 예는 입력 임피던스가 50 Ω인 수신기에 대하여, 그리고 각종 I/D 비율에 대하여 전기장의 세기와 수신기 입력 전압 간의 이론적 관계를 나타낸 것이다. 이 그림에서 발룬은 이상적인 1:1 트랜스포머로 간주된다. 그러나 이 곡선들은 발룬의 손실, 케이블, 그리고 케이블과 수신기 간의 부정합에 대해서는 설명하지 않는다는 점에 주의하여야 할 것이다.

e) 다이폴 안테나의 길이가 짧아져서 안테나 계수가 높아진 것 때문에 전기장의 세기 측정기의 민감도가 손실되었음에도 불구하고, 전기장의 세기 측정기의 측정 허용기준(예를 들어 다이폴 안테나의 수신기 잡음과 송신 계수로 결정한 것)은 측정된 신호 레벨보다 적어도 10 dB 낮게 유지되어야 한다.



주) A.3.3.d), 주) 참조

그림 A.1 - RL = 50 Ω일 때 짧은 다이폴 안테나 계수

A.4 광대역 안테나 파라미터

A.4.1 일반사항

측정에서 사용되는 광대역 안테나는 선형 편파이며 넓은 주파수영역에 걸쳐 사용하기 위한 안테나이다. 그렇다고 하여 길이 조정이 제한되는 안테나의 이용이나 안테나 소자 부분들의 추가를 금하는 것은 아니다. 이러한 안테나의 입력 임피던스는 대개 복소량이다. 지정할 수 있는 다른 파라미터들은 아래에 설명된다.

A.4.2 안테나 형태

A.4.2.1 일반사항

아래의 항들은 광대역 안테나의 물리적 파리미터들을 기술해준다. 어떤 파라미터들은 모든 안테나에 적용되지 않을 수도 있음에 유의한다.

A.4.2.2 고정 또는 가변 길이 또는 직경의 안테나 형태

안테나의 길이가 가변일 경우, 기본 고정 길이를 가감하는 섹션의 수가 규정되어야 한다.

주) 완전한 동조형 안테나는 광대역으로 간주하지 않으므로 여기서는 구체적으로 언급하지 않는다. 루프 안테나의 직경은 일반적으로 가변형이 아니다.

A.4.2.3 폭 대 깊이 비율 또는 루프 직경

치수는 미터로 한다. 대수 주기에 대해서, 예를 들어, 측정축을 따르는 붐(Boom)의 길이와 가장 큰 요소의 폭이 주어져야 한다.

A.4.2.4 능동 또는 수동 안테나

광대역 안테나가 증폭기, 전치 증폭기, 그리고 신호를 증폭하거나 주파수 응답을 하는 기타 비선형 능동 장치를 포함할 경우, 그 광대역 안테나는 능동 안테나로 간주한다.

A.4.2.5 장착 배치

전형적인 삼각대 또는 안테나 위치 조정기에 의해 수용될 수 있는 특수 설치 요구규격을 제공한다.

A.4.2.6 커넥터 타입

BNC, N, SMA 등 필요시 적절하게 규정해야 한다. 핀 깊이 허용차를 규정하고, 핀-깊이

게이지로 이를 검증하여야 할 것이다.

A.4.2.7 발룬 형태

발룬이 불연속, 분포, 동조, 기타 등등의 것인지 규정되어야 한다. 발룬 트랜스포머 비를 규정한다.

A.4.3 안테나 사양

A.4.3.1 주파수 영역

안테나가 그의 특성 이내에서 동작하는 경우 MHz나 kHz 단위의 주파수 영역을 지정한다. 영역의 어느 쪽 끝에서든 옥타브당 데시벨 단위의 정의된 감소(fall-off)특성이 있을 경우 그것을 명기한다.

A.4.3.2 이득 및 안테나 인자

A.4.3.2.1 이득

등방성 방사체(dB_i)에 상대적인 데시벨 단위의 전형적인 또는 실제적인 이득이 규정되어야 한다.

A.4.3.2.2 안테나 인자

전형적 또는 실제적 안테나 인자는 미터당 데시벨 단위로 규정되어야 한다.

안테나 교정 절차는 현재 논의 중이며(A.4.4 참조) KN 16-1-5로 작성되고 있다.
이득과 안테나 계수는 모두 A.4.4의 교정 절차에 따라 측정하여야 할 것이다.

A.4.3.3 선형 편파에 대한 지향성 및 패턴

충분한 개수의 주파수에서 주파수에 따라 상당한 변화를 보이는 E-평면과 H-평면에서 모두 극선도로 안테나 패턴과 지향성(°)를 규정한다. 지향성이 비교적 낮은(예: 6 dBi 미만) 안테나에 대해서는 전후방비(dB)를 규정한다. 전방향인 경우, 예를 들어 헤르쯔(Hertzian) 다이폴 패턴을 갖는다면 이를 명시한다.

A.4.3.4 VSWR과 임피던스

최소 반사손실과 ohm 단위의 공칭 입력 임피던스를 표시한다. 또한 최소 반사 손실은 최소 VSWR로 나타낼 수 있다.

A.4.3.5 능동안테나 성능

능동 증폭률을 가진 안테나의 경우 상호변조 제품(intermodulation product)레벨, 외부 방해에 대한 전기장 및 자기장 세기 내성 레벨, 그리고 과부하 또는 부적절한 동작을 측정하기 위한 관련 점검을 지정한다.

A.4.3.6 전력 처리

내성 시험에 대한 최대 및 과도 전력 처리 용량(W)을 규정한다.

A.4.3.7 기타 조건들

만약 기후에 노출된 비보호 구역에서 사용한다면, 안테나가 작동해야 하는 온도 및 습도 범위 그리고 예방책이 규정되어야 한다.

A.4.4 안테나 보정

A.4.4.1 방사 측정을 위한 보정법

아래와 같이 보정에 사용된 방법을 식별한다.
a) 계산 (사용된 공식을 표시한다)
b) 측정 (사용된 방법 또는 표준, 또는 국가교정시험소에 대한 소급성 그리고 안테나의 개별적 보정 여부를 명기한다)

주) 내성 시험의 경우 전기장의 세기는 대개 교정된 수신 안테나 또는 방사를 받고 있는 피시험기기의 위치에 놓인 전계 프로브를 사용해 측정한다. 따라서, 송신안테나는 보정이 필요 없다.

A.4.4.2 주파수 간격

보정 진행 중에 사용되는 주파수는 MHz나 kHz 단위로 나타낸다. 만약 스위프 주파수 절차가 사용될 경우 그 사실을 기술한다.

A.4.4.3 교정의 정밀도

교정의 불확도는 ± 데시벨 단위로 규정되어 있다. 최악 사례의 불확도와 그것이 발생하는 주파수 대역 부분을 나타낸다.

A.4.4.4 선호 또는 규정된 안테나의 상관관계

안테나가 KN 규격에 인용된 선호 또는 지정된 안테나로 대용할 경우, 광대역 안테나의 결과를 선호 또는 지정된 안테나로 대신할 모든 상관인자를 데시벨 단위로 나타낸다. 또한,

자기장 밀도에서 변환하거나, 그 반대로 변환하기 위해서 사용되거나, 장의 세기가 아닌 측정단위로 어떤 다른 변환을 위해서 사용되는 변환인자들도 나타낸다.

A.4.4.5 단위

방사 전기장의 세기 측정에 필요한 교정단위가 규정되어야 한다.

A.4.5 안테나 사용자 정보

A.4.5.1 안테나 사용법

안테나의 사용에 관하여 설명한다. 어떠한 특별 주의사항이나 제한사항을 두어 안테나를 잘못 사용하지 않도록 인용되었는지를 확인한다.

A.4.5.2 물리적인 제한

다음과 같은 안테나 사용에 있어서 어떤 물리적인 제약이 있는지를 표시한다.

a) 접지면 위의 최소 높이
b) 접지면에 관한 선호되는 편파
c) 특수한 사용, 즉, 수신 안테나 또는 송신 안테나 단일 용도 사용. 대개 이것은 수동안테나 발룬의 전력처리 능력이나 능동안테나의 양방향이 아닌 특성으로 제한된다. 전력처리가 용접되지 않은 안테나 소자 커넥터 양단의 아크에 의해 제한되는지를 명시한다.
d) 안테나의 연속성의 완전함을 결정하기 위한 단순한 저항 점검
e) 측정되는 피시험기기와 가장 가까운 안테나 요소의 최소 이격거리

부록 B
(규격)
모노폴 안테나(1 m 로드안테나)의 성능 방정식 및 안테나와 결합된 정합회로의 특성

B.1 설명

B.1.1 모노폴(1 m 로드) 안테나 시스템 개요

모노폴(로드)안테나는 대개 30 MHz 이하의 주파수에서 사용되나 가끔씩 더 높은 주파수에서 사용되기도 한다. 낮은 주파수 영역이기 때문에 높은 주파수로 안테나를 보정하거나 특징짓는 방법들은 적용하지 않는다. 이 부록에서 정의된 기법은 30 MHz 이하의 주파수에 적용될 수 있다. 이 방법은 작은 오류(1 dB 미만)를 나타내며 그동안 상업적으로 사용되어 왔다.

주) 이 부록은 IEEE 291-1991. p. 28-29. 에 근거한 것이다.

안테나 인자를 국가표준으로 추적하기 위한 일차적인 방법은 모든 안테나를 평면파에 의해 조명하는 것이다. 모노폴 소자의 캐패시터 대치라는 대용 방법이 이 부록에 있다. 캐패시터 대치 방법으로 안테나 인자를 결정할 수 있지만, 실제 보정 과정에서 안테나 인자를 ±1 dB 범위 안으로 얻으려면 전문적인 지식이 필요하다. 모노폴 소자가 동축 커넥터에 부착될 수 없는 여러 종류의 안테나의 지그를 설계할 때는 특별히 그러하다. 마지막으로 10 MHz 이상의 주파수에서 능동안테나에 캐패시터 대용 방법을 사용할 때는 특별한 주의가 필요하다.

B.1.2 모노폴(로드)안테나 성능 방정식

다음의 공식은 유효높이, 자체 정전용량, 그리고 흔히 쓰이지 않는 치수의 로드 또는 모노폴 안테나의 높이 보정인자 결정에 사용된다.

이 공식들은 λ/8 [3] 보다 짧은 원통형 로드 안테나에서만 유효하다.

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi}\tan\left(\frac{\pi h}{\lambda}\right) \quad \text{(B.1)}$$

$$C_a = \frac{55{,}6h}{\ln(h/a)-1}\times\frac{\tan(2\pi h/\lambda)}{(2\pi h/\lambda)} \quad \text{(B.2)}$$

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

3) ROCKWAY, J. W., LOGAN, J. C., TAM, D. W. S., LI, S. T., The MININEC System : Microcomputer Analysis of Wire Antennas, Artech House, Boston, 1988.

여기서,

h_e는 안테나의 미터단위의 실효높이 (m);
h는 미터단위의 로드 소자의 실제 높이 (m);
λ는 미터단위의 파장 (m);
C_a는 피코패럿 단위의 로드안테나 자체 정전용량 (pF);
a 는 미터단위의 로드안테나의 반경 (m);
C_h 는 높이 보정인자 (dBm).

식 (B.1)에 관한 자세한 내용은 [1] [4], [2] [5]에서 얻을 수 있으며, 식 (B.2)에 대한 것은 [2] [5], [3] [6]에서 얻을 수 있다.

B.2 정합망 특성화 방법

B.2.1 일반사항

등가 정전용량 대용 방법의 경우, 실제 로드안테나 소자를 대신해서 더미(dummy) 안테나가 사용된다. 더미(dummy) 안테나의 주된 성분은 로드나 모노폴의 자체 정전용량과 동일한 캐패시터이다. 이 더미 안테나는 신호원에서 공급되며 정합회로나 안테나 기본장치는 그림 B.1과 같은 시험 구성을 이용하여 측정된다. 데시벨 단위의 안테나 인자는 공식(B.4)로 주어진다.

$$Fa = V_D - V_L - C_h \qquad \text{(B.4)}$$

여기서,

4) [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.
- GREENE, FM., NBS Field-Strength Standards and Measurements (30 Hz to 1000 MHz). Proceedings of the IEEE, June 1967, No. 6, vol. 55, p. 974-981.

5) [2] SCHELKUNOFF, SA. and FRIIS, HT., Antennas: Theory and Practice. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952, p. 302-331.

6) [3] - SCHELKUNOFF, SA. Theory of Antennas of Arbitrary Size and Shape. Proceedings of the IRE, September 1941, vol. 29, p. 493-592.
- WOLFF, EA. Antenna Analysis. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1966, p. 61.
- HALLÉN, E. Theoretical Investigation into the Transmitting and Receiving Qualities of Antennas. Nova Acta Soc. Sci. Upsaliensis, Ser. IV, 11, No. 4, 1938, p. 1-44.
- KING, R.W.P., Theory of Linear Antennas, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1956, p.16-17, 71, 184 and 487.
- The Radio Frequency Interference Meter NAVSHIPS 94810, by The Staff of the Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, 1962, p. 36-38.

V_D는 신호발생기의 측정 출력, dB(μV) 단위.
V_L은 정합회로의 측정 출력, dB(μV) 단위.
C_h는 (실효높이에 대한) 높이 보정인자, dB(m) 단위.

EMC 측정에 널리 이용되는 모노폴(1m 로드) 안테나의 경우, 실효높이(h_e)는 0.5 m, 높이 보정인자 (C_h)는 -6dBm, 자체 정전용량 (C_a)는 10 pF이다.

주) 보통과 다른 치수의 로드안테나의 실효높이, 높이 보정인자 및 자체 정전용량을 계산하려면 B.1.2를 참고한다.

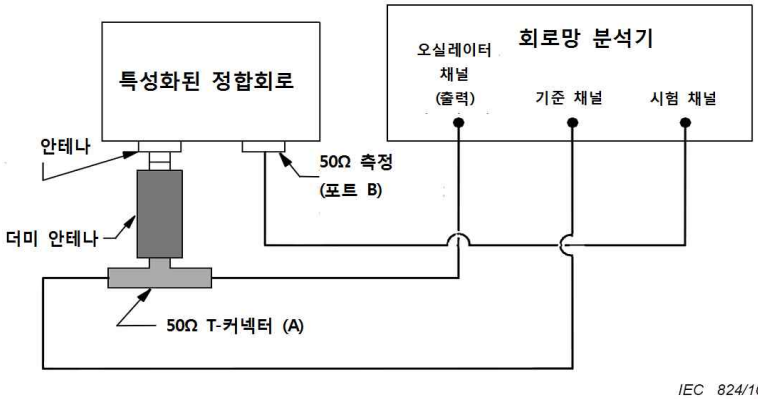
두 절차 즉, B2.2의 회로망 분석기 방법 또는 B.2.3의 신호발생기와 전파잡음 측정기 방법을 사용해야 한다. 같은 더미 안테나를 두 절차 모두에 적용한다. 더미 안테나의 제조에 대한 지침은 B.3을 참조한다. 안테나의 작동범위 또는 9 kHz ~ 30 MHz 영역 중에서 어느 것이든 더 작은 영역에 걸쳐 안테나 인자 대 주파수의 원만한 곡선을 얻기 위해서는 여러 주파수에서 측정을 해야 한다.

B.2.2 회로망 분석기 절차

이 항에서는 안테나 정합 회로망의 특성을 기술하는 회로망 분석기 방법에 대해 설명한다.

a) 측정에 사용될 케이블과 함께 회로망 분석기를 보정한다.
b) 그림 B.1에 나타난 것과 같은 측정장비와 정합회로를 구성한다.
c) 기준채널의 신호 레벨(dBμV)에서 시험 채널의 신호 레벨(dBμV)을 뺀 다음에 안테나의 인자(dB(1/m)를 얻기 위하여 C_h (1 m 로드에 대해서 6 dB)를 뺀다.

주) 회로망 분석기에서 감쇠기 패드는 필요하지 않다. 왜냐하면 회로망 분석기의 채널 임피던스가 50 Ω에 거의 가까우며 오차가 회로망 분석기 보정 중에 보정되기 때문이다. 필요하다면 감쇠기 패드가 사용될 수도 있다. 그러나, 그것들을 포함하면 회로망 분석기 보정이 복잡해진다.



주1) 더미 안테나를 피시험기기 포트에 가능한 가깝게 둔다. T-커넥터를 더미 안테나에 최대한 가까이 놓는다. T-커넥터와 50 Ω 측정 포트의 시험 채널 사이와 T-커넥터와 기준채널 입력 사이에 같은 길이와 같은 형태의 케이블을 사용한다.

주2) 감쇠기 패드는 회로망 분석기에 필요하지 않으므로 권장하지 않는다.

그림.B.1 회로망 분석기를 이용하는 방법

B.2.3 측정 수신기와 신호발생기 절차

이 항에서는 측정 수신기와 신호 발생기를 사용해 정합 회로망의 특성을 기술하는 방법에 대해 설명한다.

a) 그림 B.2에 나타낸 측정장치와 정합회로를 구성한다.
b) T-커넥터(A)의 50 Ω 종단에, 보이는 바와 같이 장비를 연결하고 RF 포트 (B)의 수신 신호 전압 V_L (dBμV)을 측정한다.
c) 신호발생기의 RF 출력을 고정한 상태에서, 50 Ω 종단을 RF 포트(B)로 전환하고, 수신기 입력 케이블을 T-커넥터(A)로 전환한다. 구동신호전압 V_D (dBμV)을 측정한다.
d) V_D에서 V_L 을 뺀 후 안테나의 안테나 인자(dB(1/m))를 얻기 위하여 C_h (1 m 로드의 6 dB)를 뺀다.

50 Ω 종단은 정재파비가 아주 낮아야 한다(1.05 : 1 미만). 전자파 잡음 측정기는 보정되어야 하며, 정재파비(SWR)는 매우 낮아야 한다(2 : 1 미만). 신호발생기의 출력의 주파수와 진폭이 안정되어야 한다.

주) 신호발생기는 보정이 필요하지 않다. 전달 표준기(transfer standard)로서 사용되기 때문이다.

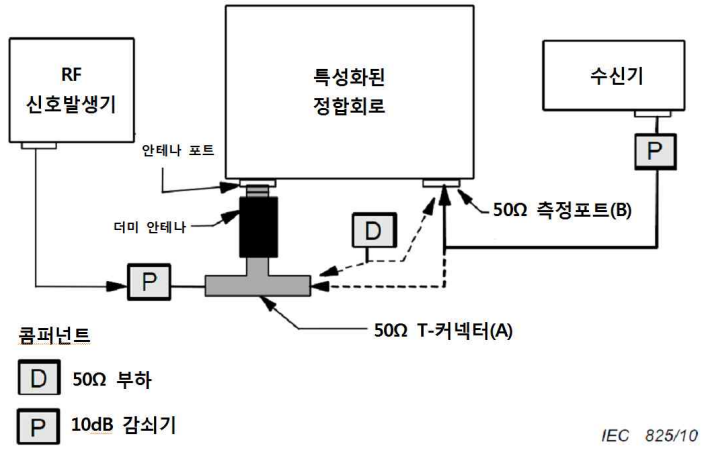


그림.B.2 측정 수신기와 신호발생기를 사용하는 방법

주1) 더미 안테나를 피시험기기 포트와 가능한 한 가깝게 놓는다. T-커넥터를 더미 안테나와 가능한 한 가깝게 놓는다.

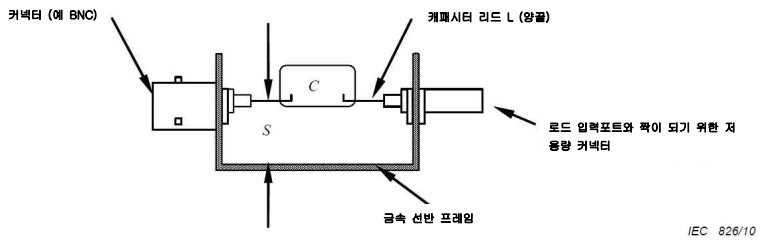
주2) 수신기와 신호 발생기의 VSWR이 낮으면 패드가 필요하지 않거나 6 dB 또는 3 dB로 감소될 수 있다.

주3) 더미 안테나에는 측정 포트에 입력 및 신호 발생기 레벨의 VSWR을 제어하는 그 밖의 정합 구성요소가 포함되어 있을 수도 있다.

B.3 더미(Dummy) 안테나 고려사항

더미 안테나로 사용되는 캐패시터는 작은 금속 박스나 작은 금속 프레임에 장착되어야 한다. 리드는 가능한 짧게 유지되어야 하나, 8 mm보다는 길지 않으며, 금속 박스나 프레임의 표면으로부터 5 mm ~ 10 mm 간격으로 배치되어야 한다(그림B.3 참조).

안테나 인자 측정 장치에 사용되는 T-커넥터는 더미 안테나 박스에 내장할 수도 있다. 발생기와의 임피던스 정합을 제공하기 위한 저항패드도 더미 안테나 박스 안에 내장할 수 있다.



구성품
C : 5% 허용오차, 마이카 은(silver mica), 식(B.2)에 의해 계산된 안테나 정전용량(Ca)
S : 5 mm ~ 10 mm 리드간격(박스내부에 밀봉 되었을 경우 모든 표면으로부터 10 mm)
L : 리드 길이. 8 mm보다는 길지 않고 가능한 짧게 한다(캐패시터 리드와 로드 포트 커넥터의 길이를 포함하여 총 리드길이는 40 mm를 초과하지 않는다).

그림.B.3 더미 안테나 캐패시터 설치 예

B.4 모노폴(로드) 안테나의 적용

모노폴 로드 안테나는 대개 카운터포이즈(Counterpoise)와 함께 사용되거나 접지면 위에 설치하도록 설계한다. 정확한 전기장의 세기 값을 얻기 위하여 카운터포이즈나 접지면의 이용에 관한 제조자의 지침이나 권장을 따라야 한다.

안테나가 끼워 넣어지는 로드 소자를 사용할 경우 그의 소자는 제조자의 지침에 명기된 길이까지 연장되어야 한다.

일반적인 표준규격에서는 모노폴(로드) 안테나의 카운터포이즈를 접지면이나 시험대 접지면에 결합할 것을 명기하고 있다. 측정 표준규격의 요구규격을 충족시켜야 한다.

부록 C
(규격)
주파수 9 kHz ~ 30 MHz 범위의
자기장 유도전류 측정용 루프 안테나 시스템

C.1 일반사항

이 부록은 9 kHz ~ 30 MHz 주파수 영역에서 루프 안테나 시스템에 관한 정보와 자료를 설명한다. 이는 루프안테나 시스템의 중앙에 놓인 단일 피시험기기가 방사하는 자기장에 의해 루프안테나시스템에 유도되는 전류를 측정하기 위한 것이다. 이 간행물의 부속조항 4.7과 CISPR 16-2-3은 이 루프안테나시스템에 관한 내용을 언급한다. [7)]

루프안테나시스템 안테나의 검증 방법과 함께, 루프안테나시스템에 관한 설명을 한다. 변환인자는 같은 피시험기기가 그 피시험기기로부터 특정한 거리에 위치한 단일 루프 자기장 안테나를 사용하여 측정할 때에 얻어진 자기장 데이터에 자기장 유도전류 데이터를 합친다.

C.2 루프 안테나 시스템의 구조

그림 C.1의 루프안테나시스템은 절 C.3에 소개된 세 개의 상호수직 대형 루프 안테나(LLA)로 이루어진다. 전체 루프안테나시스템은 비금속 지지대에 의해 지지한다.

LLA의 전류 프로브와 동축 스위치 사이, 그리고 이 스위치와 측정장비 사이의 50 Ω 동축 케이블은 표면전달 임피던스가 100 kHz에서의 10 mΩ/m와 10 MHz에서의 1 mΩ/m보다 작아야 한다. 예를 들어, 이중 편복선 차폐 RG 223/U 동축 케이블을 사용하면 이 요구규격이 충족된다.

모든 커넥터의 표면전달 임피던스는 동축케이블의 표면전달 임피던스와 비교될 만큼 되어야 한다. 예를 들어, 양질의 BNC 콜릿-락(Collet-lock) 타입의 커넥터를 사용하면 이 요구규격이 충족된다. [8)]

모든 케이블은 10 MHz에서 $R_s > 100$ Ω의 공통모드 직렬저항을 제공하는 그림 C.1의 F에 나타낸 페라이트 흡수체를 갖추어야 한다. 예를 들어, 페록스큐브(Ferroxcube) (밀리미터 단위의 최소크기: 29 O.D. × 19 I.D. × 7,5 Ht)에서 나온 3E1형의 12 링으로 페라이트 토로

7) BERGERVOET J.R. and VAN VEEN, H. A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on Electromagnetic Compatibility, March 1989, ETH Zentrum - IKT, 8092 Zürich, Switzerland, p. 29-34.

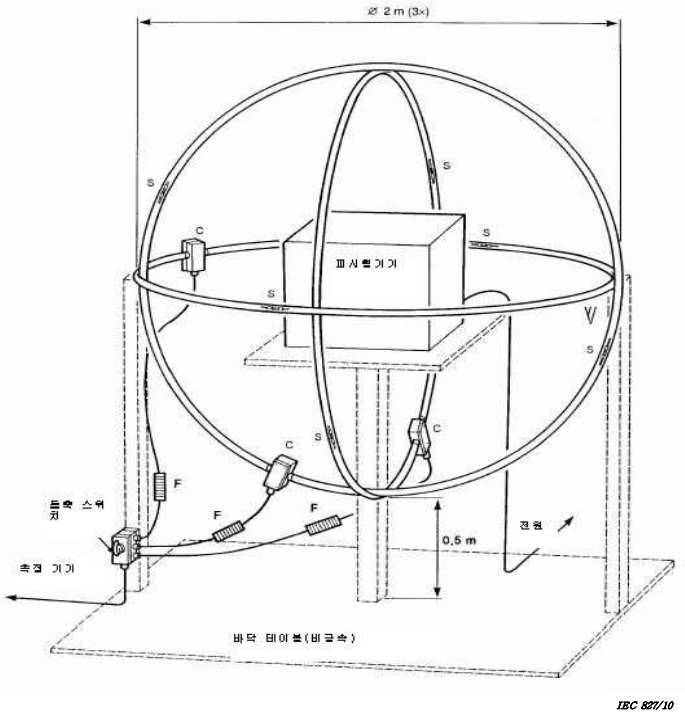
8) IEC 61169-8, Radio-frequency connectors - Part 8: Sectional specification - RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with bayonet lock - m Characteristic impedance 50 Ω (type BNC) (previously published as IEC 60169-8).

이드를 만들면 이 요구규격이 충족된다.

C.3 대형 루프 안테나(LLA)의 설치

루프안테나시스템의 대형 루프 안테나(LLA)는 C.2에서 명기된 표면전달 임피던스를 가지는 동축케이블로부터 만들어진다. 추가적으로, LLA의 내부 도체의 저항은 충분히 낮다(주1 참조). 예를 들어, 이중 편복선 실드 RG 223/U 동축 케이블을 사용하면 두 가지 요구규격이 충족된다.

이 루프를 원형 형태로 유지하고 슬릿 구성을 보호하기 위해서는 그림 C.2의 예와 같이 케이블을 벽이 얇고 안지름이 약 25 mm인 비금속성 튜브에 삽입한다. 동일한 목적으로 사용되는 그 밖의 비금속성 구성을 사용하여도 무방하다.



S = 안테나 슬릿
C = 전류 프로브
F = 페라이트 흡수체

그림.C.1 상호 직교하는 세 개의 큰 루프 안테나로 구성되는 루프 안테나 시스템

지름이 25mm인 비금속 튜브(얇은 벽)

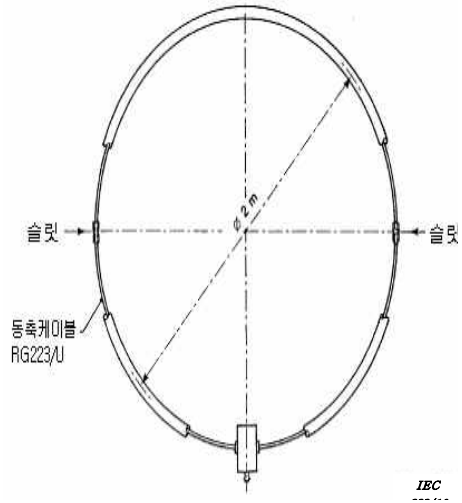


그림.C.2 전류 프로브 C에 대해 위치적 대칭이며 두 슬릿이 마주보는 구조의 대형 루프 안테나

루프 지름은 D = 2 m로 표준화 되었다. 필요시 큰 피시험기기의 경우 D를 증가시킬 수도 있다. 그러나 30 MHz까지의 주파수 영역에서 최대허용 지름은 4 m이다. 지름을 더 증가시키면 측정범위의 고주파수단에서 루프안테나시스템 응답의 비재현성 공명이 발생할 수도 있다.

지름을 증가시키면, 주위 잡음에 대한 감도가 직경에 비례해서 증가하며, 구하고자 하는 신호에 대한 감도는 직경의 제곱에 반비례한다는 점에 유의해야 한다.

LLA에는 그의 전류 프로브(그림 C.2 참조)에 대하여 두 개의 대칭인 슬릿이 있다. 그림 C.3에서 보듯 동축 안테나 케이블의 외부 도체에 만들어진 슬릿은 폭이 7 mm미만이어야 한다. 슬릿은 직렬로 연결된 평행 100 Ω 저항 세트에 의해 연결된다. 각 직렬 회로의 중앙은 동축 안테나 케이블의 내부 도체에 연결한다.

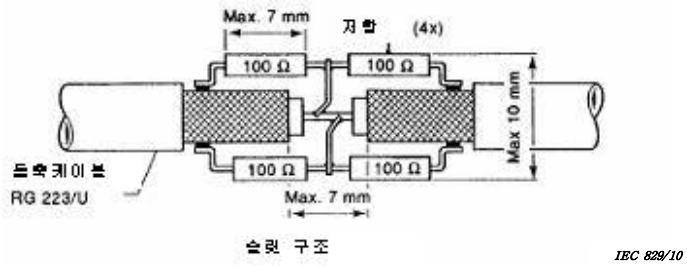


그림.C.3 안테나 슬릿의 구조

견고한 슬릿 구조를 얻기 위하여 슬릿의 각 측면에 동축 안테나 케이블의 외부 도체를 5 mm이상 이격된 두 개의 직사각형 구리로 된 인쇄 회로판의 띠에 결합시킬 수도 있다(그림 C.4 참조).

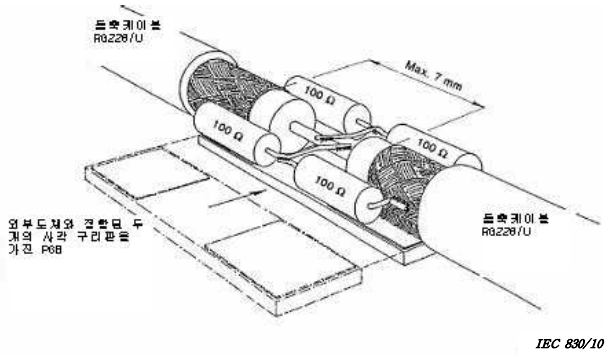


그림.C.4 견고한 구조를 얻기 위해 인쇄회로판의 띠를 사용한 안테나-슬릿 구조의 예

동축 안테나 케이블 내부 도체 주위의 전류 프로브는 주파수 9 kHz ~ 30 MHz 영역에 걸쳐 감도가 1 V/A이어야 한다. 전류 프로브의 삽입 손실은 충분히 낮아야 한다.(주1 참조)

케이블의 외부 도체는 전류 프로브를 담고 있는 금속박스에 결합해야 한다(그림 C.5참조). 이 박스의 최대 치수는 다음과 같다: 폭 80 mm, 길이 120 mm, 높이 80 mm

주1) 주파수 9 kHz ~ 30 MHz 영역의 낮은 끝쪽에서 균일한 LLA 주파수 응답을 얻기 위하여 전류 프로브의 삽입 손실 R_c가 f = 9 kHz일 때 $2\pi fL_c$보다 훨씬 작아야 한다. 여기서, L_c는 전류 프로브

의 인덕턴스를 의미한다. 또 9 kHz는 $(R_c + R_i) << X_i = 2\pi fL$ 이다. 여기서, R_i는 루프의 내부 도체의 인덕턴스를 의미하고, L은 루프의 인덕턴스이다. 이 인덕턴스는 약 1.5 μH/m의 원주를 가지고 있다. 따라서, f = 9 kHz에서 표준화된 LLA에 대한 X_i = 0.5 Ω 이다.

주2) 피시험기기와 루프안테나시스템 사이의 불필요한 캐패시터의 결합을 피하기 위해서 피시험기기와 LLA의 구성품 사이에는 최소한 루프 지름의 0.1배의 거리가 필요하다. 피시험기기의 리드에는 특별한 주의가 필요하다. 케이블은 같은 경로를 따라서 셀의 동일한 팔분원 안의 루프 부피를 벗어나야 한다. 루프안테나시스템 루프의 어느 것에도 0.4 m 이상 가까워서는 안된다(그림 C.6참조).[그림설명]

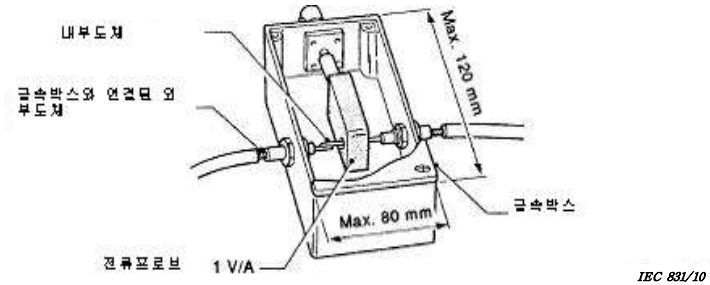


그림.C.5 전류 프로브를 포함하는 금속박스의 구조

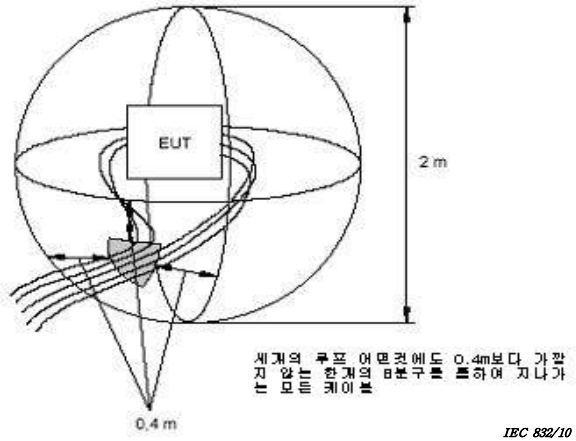


그림.C.6 리드에서 루프까지 정전결합이 존재하지 않는다는 것을 확인하기 위해 피시험기기 케이블들의 경로를 보여주는 예

C.4 대형 루프 안테나(LLA)의 유효성 검증

루프 안테나 시스템에서 C.5 절에 기술된 50 Ω RF 발생기에 연결되는 발룬 다이폴 안테나에 의해 LLA로 유입되는 전류를 측정하면 대형 루프 안테나의 검증 및 보정을 할 수 있다. 다이폴 안테나에 의해서 방출되는 자기장에 의해 LLA의 자기장 감도의 검증이 가능하게 된다. 발룬 다이폴 안테나에 의해서 방출되는 전기장은 LLA의 전기장 감도가 충분히 낮음을 나타낸다.

유도전류는 그림 C.7의 발룬 다이폴 안테나의 8개 위치에서 9 kHz ~ 30 MHz 영역의 주파수 함수로서 측정된다. 이 측정 동안에 발룬 다이폴 안테나는 시험중인 LLA 평면 내에 존재한다.

8개 각각의 위치에서 RF 발생기의 개방회로 전압과 측정된 전류의 비[dB(Ω)=20 log (R_1/R_2)로 표현]는 그림 C.8에 주어진 검증 인자에서 ± 2 dB 이상 편차가 없어야 한다.

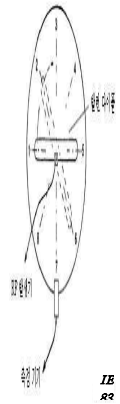


그림.C.7 대형 루프 안테나의 유효성 검증 중 발룬 다이폴 안테나의 8개 위치

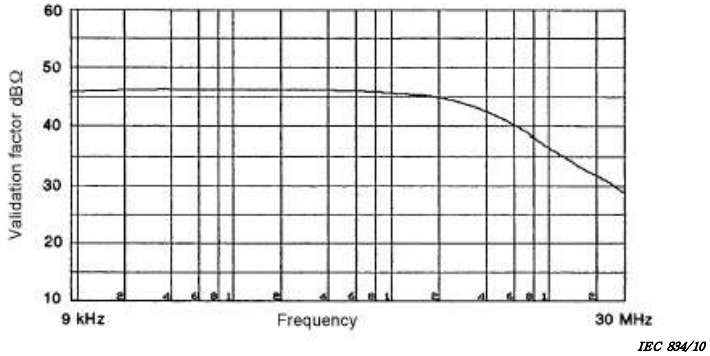


그림.C.8 2 m 직경의 대형 루프 안테나 유효성검증 인자

그림 C.8에 주어진 검증인자는 표준화된 직경 D = 2 m인 원형 LLA에서 유효하다. 원형 LLA의 직경이 D = 2 m가 아니면 그림 C.8과 C.11에 주어진 데이터로부터 비표준 LLA 유효성검증 인자를 유도할 수 있다(C.6절 참조).

C.5 발룬 다이폴 안테나의 구조

그림 C.9의 발룬 다이폴 안테나는 LLA에 의해서 측정되어야 하는 자기장과 LLA에 의해서 거부되어야 하는 전기장을 동시에 방출하도록 설계되었다.

발룬 다이폴 안테나는 RG 223/U 동축케이블로 만들어진다. 이 안테나는 그림 C.9에서 보이는 것처럼 두께 W = 150 cm이고 높이 H = 10 cm(케이블 중심간 거리)이다.

동축케이블 외부의 도체의 슬릿은 다이폴 안테나를 반으로 나눈다. 이 다이폴 안테나의 한쪽 반은 그림 C.9에 나온 것처럼 오른쪽 반인데, 이것은 커넥터에 가까운 것처럼 슬릿에도 가까운 짧은 회로이다. 짧은 회로라는 말은 동축케이블의 내부 및 외부 도체가 전기적으로 결합되어 있다는 말이다. 이 반은 BNC 커넥터의 기준 접지면에 연결되어 있다. 그림 C.9의 다이폴 안테나의 왼쪽 반을 이루는 동축케이블의 내부 도체는 BNC 커넥터의 중앙 핀에 연결되고, 외부 도체는 BNC 커넥터의 기준 접지면의 중앙 핀에 연결된다.

작은 금속박스는 다이폴 안테나 커넥터 근처의 연결부를 차폐하기 위해 사용된다. 동축케이블의 두 반쪽 중 외부 도체는 BNC 커넥터의 기준 접지면이 되는 이 박스에 붙어 있다.

견고한 구조를 얻기 위해서 다이폴 안테나는 부도체 지지대에 의해 지지되어야 한다.

내부 도체와 연결된 오른쪽 외부 도체

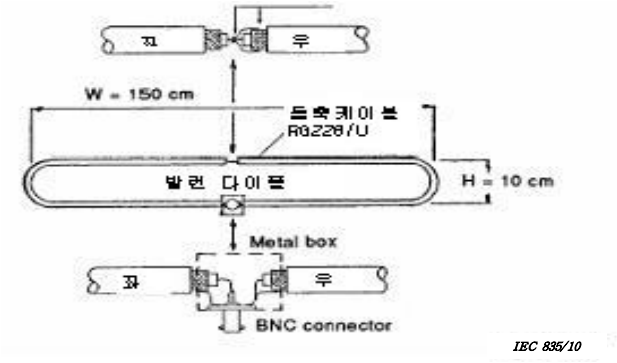


그림.C.9 발룬 다이폴 안테나의 구조

C.6 변환인자

이 절은 피시험기기에 의해 LLA에서 유도된 전류(I)를 피시험기기로부터 지정 거리에 있는 자기장 세기 H로 변환하는 인자를 다룬다(그림 C.10 참조). 또한, 비표준 직경의 LLA에서 측정된 전류를 D = 2 m로 표준화된 LLA를 사용하여 측정된 전류로 변환하는 인자에 대하여도 다룬다(그림 C.11 참조).

그림 C.10의 변환인자는 다이폴 안테나 모멘트가 LLA의 평면에 직각으로 작용하는 LLA의 중심에 위치한 자기장원에 적용된다. 4.2에 기술된 루프 안테나를 포함하여, 루프 안테나는 언제나 수직면에 위치하며, 피시험기기는 그 수직축 주위로만 회전한다. 그러므로, 그 경우에는 예를 들어 평면 다이폴 안테나 모멘트만이 측정된다. 그러므로, 수직 다이폴 안테나 모멘트의 경우 변환인자는 두 측정법의 결과 비교에는 사용될 수 없다. 그러나 이 변환인자로, 자기장 측정방법에서 루프안테나를 수평면에 놓을 때나 그 방법에서 피시험기기를 90° 만큼 기울일 때에 사용되어 관련 수직 다이폴 안테나 모멘트를 수평 다이폴 안테나 모멘트로 변환할 수는 있다.

피시험기기 안의 장해원의 실제 위치가 표준 루프안테나시스템의 중심으로부터 0.5 m보다 작은 거리에 있다면, 측정 결과는 중심에 원이 있는 경우의 결과와는 3 dB 미만의 차이가 난다.

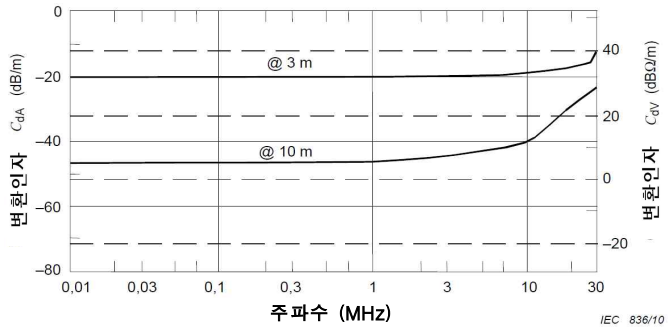


그림.C.10 두 표준 측정거리 d의 변환인자 C_{dA} (dBμA/m로 변환)와 C_{dV} (dBμV/m)로 변환)

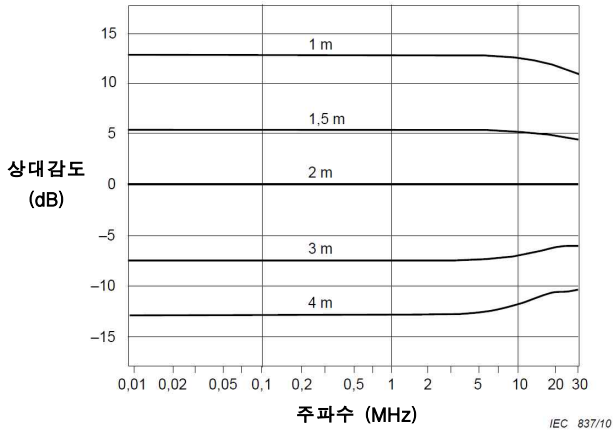


그림.C.11 직경 2 m인 대형 루프 안테나에 관한 직경 D인 대형 루프 안테나의 감도 S_D

거리 d 에서 측정된 자기장 세기 H [dBμA/m 단위]와 전류 I [dBμA 단위] 사이의 관계는 아래 식으로 표현된다.

$$H = I + C_{dA}$$

여기서, C_{dA}는 H를 dBμA/m 단위로 나타낼 때의 일정한 거리 d 에서의 전류를 장의 세기로 변환하는 변환인자이다. ~~아래 방정식 주를 참조.~~

일반적으로 변환인자는 주파수에 독립적이다. 그림 C.10은 3 m와 10 m 표준 거리에 대한 C_{dA}를 나타낸다. 표준 거리 d = 30 m에서 변환인자는 국제규격이 제정된 후 검토를 거쳐 적용한다.

직경(m 단위)이 D인 LLA에서 측정된 전류와 D = 2 m 표준 직경의 LLA에서 데시벨 단위로 측정된 전류의 비 S_D가, 여러 D 값에 대해서, 그림 C.11에 주어진다. 이 비를 사용하여, 위에 주어진 공식은 다음과 같이 표현된다.

$$H = I - S_D + C_{dA}$$

여기서, H는 단위가 dB(μA/m)이고, I는 dB(μA), S_D는 dB, C_{dA}는 dB/m이다.

주) 방해파 계산을 위해서, KN 은 자기장 세기 H의 단위를 dBμV/m 대신에 dBμA/m를 사용한다. 이와 관련해서, dBμA/m로 표현되는 H와 dBμV/m로 표현되는 E의 관계가 아래에 주어진다.

$$E = H + 51.5$$

여기서, E는 단위가 dB(μV/m)이고 H는 단위가 dB(μA/m)이다. 상수 51.5[dB(Ω)]에 대해서는 4.3.2의 주)에서 설명하였다.

편의를 위해서 그림 C.10에 용이한 변환을 위하여 I[dBμA]를 E[dBμV/m]로 변환하는 변환인자 C_{dV}가 주어진다.

다음 예는 위의 세 공식과 그림 C.10 및 C.11의 이용방법을 설명하기 위한 것이다.

a) 측정 주파수 f =100 kHz, 루프 직경 D = 2 m, 루프의 전류 I = X dBμA일 경우, 첫 방정식과 그림 C.10을 이용하면, 다음과 같이 된다.

d = 3 m에서, H[dBμA/m] = X [dBμA] + C_{3A}[dB(m^{-1})] = (X - 19.5) dBμA/m

d = 3 m에서, E[dBμV/m] = X [dBμA] + C_{3V}[dB(Ω)] = [X+(51.5-19.5)] dBμA/m

b) 측정 주파수 f = 100 kHz, 루프 직경 D = 4 m, 루프의 전류 I = X dBμA일 경우, 그림 C.11을 이용하면, 동일한 피시험기기가 어떤 전류를 유도한 것으로 추정된다.

표준 직경 D = 2 m인 LLA에서,

I[dBμA] = X - S_3(dB) = (X + 13) dBμA

c) 직경 D = 3 m인 LLA의 유효성을 검증할 경우, 유효성검증 인자는 그림 C.11에 주어진 각 주파수 S_3에서 그림 C.8에 주어진 유효성검증 인자에 더하여 구할 수 있다. 그러므로 측정한 주파수가 100 kHz이면, D = 3 m인 LLA의 유효성검증 인자는 (86 - 7) = 79 dBΩ이다.

부록 D
(규격)
주파수 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 야외시험장에 대한 설치 세부 구조

(제5절 참조)

D.1 일반사항

야외 시험장용 부속조항 5.1 내지 5.5까지에 대한 설치를 검토한다. 이 부록에서는 시험장을 잘 설치할 수 있도록 하고, 울타리를 전천후로 하기 위한 세부사항을 수록한다. 이러한 기준들의 적합성을 검증하는 적극적인 방법은 5.6에 기술되어 있는 감쇠량 측정을 수행하는 것이다.

D.2 접지면 구조

D.2.1 재료

전기장의 세기 시험장용 접지면 재료로서 금속을 권장한다. 그러나, 현실적인 이유로 모든 장비의 계측에 금속 접지면이 규정될 수는 없다. 몇몇 금속 접지면의 예로서 금속박판, 금속호일, 다공금속판, 인장철망판, 와이어 클로스, 철망, 금속격자 등이 있다. 접지면은 최대 측정주파수에서 파장의 분율에 영향을 미칠 정도의 치수를 갖는 공백이나 간격이 있어서는 안된다. 권장되는 철망, 다공금속판, 금속격자, 또는 인장철망판형의 접지면 최대 개방크기는 최고 측정주파수에서 파장의 1/10이다.(1 000 MHz에서 약 3 cm) 개별 시트, 롤, 또는 나사로 이루어지는 재료는 이음부분이 가급적이면 연속적이며, 어떠한 경우라도 파장의 1/10을 초과하는 간격이 없게 납땜이나 용접이 되어야 한다. 금속 접지면의 위에 모래, 아스팔트 또는 나무와 같은 두꺼운 유전체 코팅을 할 수 없다. 이것이 시험장 감쇠량을 야기시킬 수 있기 때문이다.

D.2.2. 시험장면 회전교반기

레일레이(Rayleigh)의 표면 회전교반기 기준에서 최대 허용 r.m.s 접지면 회전교반기에 대한 최적의 평가 방법을 제공한다(그림 D.1참고). 대부분의 실질적인 시험장에서는 특히 3 m 이격거리 적용의 경우, 4.5 cm까지의 회전교반기는 측정 목적에 큰 영향을 미치지 않는다. 10 m와 30 m 시험장에서는 더 큰 회전교반기도 허용된다. 5.6의 시험장 검증 절차에서는 회전교반기가 합격판정 여부를 결정하는 데에 사용되어야 한다.

D.3 피시험기기의 서비스

피시험기기로의 전력공급이나 주전원 배선은 최대한도로 접지면 아래에서 가설되어야 하며

측정축과 직각을 이루는 것이 좋다. 모든 와이어, 케이블, 턴테이블의 가설 또는 피시험기기에 장착 하는 것 역시 접지면 밑에서 이루어져야 한다. 접지면 밑으로 경로를 잡기가 불가능하다면, 피시험기기로의 공급을 접지면 위로 하되 접지면과 높이가 같게 하여 접지면에 붙어야 한다.

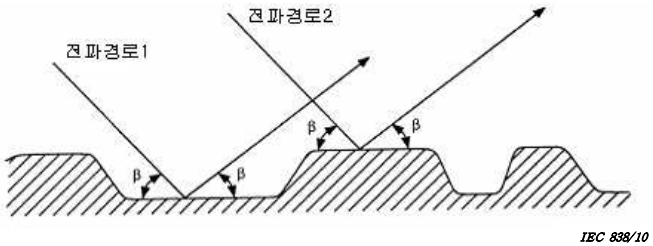


그림.D.1 접지면의 레일레이 표면 회전교반기 기준

측정거리 R m	소스 높이 h_1 m	수신안테나 최대높이 h_2 m	최대 실효값(rms) 회전교반기 b	
			파장	1 000 MHz에서 cm
3 10 30	1 1 2	4 4 6	0.15	4.5

b 값은 다음과 같은 공식에 의해 계산된다:

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

D.4 기후가 잘 보호되는 엔클로져 설치

D.4.1 재료 및 조임쇠

1 000 MHz까지는 얇은 단면의 유리섬유, 대부분 플라스틱, 특히 가공된 나무와 직물 재료는 피시험기기 방사 감쇠를 크게 유발하지 않는다. 하지만, 몇몇 재료(나무나 나일론과 같은)에 수분이 흡수된 상태로 이들을 통해 피시험기기의 방사를 측정할 경우, 치명적인 전송손실을 야기할 수 있다. 공기중의 도전성 물질과 물 그리고 얼음이 설치물을 구성하거나 설치물내의 재료에 들어가지 않도록 유의해야 한다. 설치물에 머무르면서 측정 오차를 일으킬 만한 외부 물질에 대한 주기적인 조사가 행해져야 한다.

접지면 위에서의 금속 사용은 최소한으로 해야 한다. 플라스틱이나 섬유질 조임쇠를 사용할 것이 적극 권장된다. 측정에 영향을 주지 않도록 고정 장치나 파일링, 또는 유사한 기반

시설은 시험지역으로부터 충분히 떨어져 있어야 한다.

D.4.2 내부 배열

모든 구조 재료는 비반사체 성질이어야 한다. 가열, 냉각 또는 공기주입을 위한 송풍기나 덕트는 시험지역 밖이나 구조물 밖에 있어야 한다. 송풍기나 덕트가 비전도 물질로 이루어져 있거나, 금속 접지면 밑으로 가설되거나, 또는 비금속 접지면 밑에 있지 않는 한 위의 조건을 유지해야 한다. 장비의 작동을 위해서 온도와 습도의 제어는 필요할 수도 있다. 창문이나 절연체는 금속을 뒤에 대거나 구조물로 사용해서는 안된다. 접지면에 놓일 경우, 안전 레일이나 계단 역시 비도전성이어야 한다.

D.4.3 치수

기후 보호용 시설의 치수는 피시험기기의 치수에 따라서 달라지며, 또 수직편파 측정을 할 때 전체 안테나 영역이 밀폐되는가, 또는 피시험기기를 덮는 부분까지나 측정세트를 덮는 부분까지, 또는 수신안테나 포지셔너와 수신안테나의 가장 높은 부분까지만 밀폐되는가에 따라서 달라진다.

D.4.4 시간과 기상변화에 따른 균일성

기상 조건(예를 들어 수분흡수)에 기인하는 전천후 보호기능의 성능저하 또는 밀폐실 재료의 오염 때문에 생기는 이상을 검출하기 위해 주기적인 정규화 시험장 감쇠량 측정을 실시할 것이 권장된다. 이 측정은 RF 케이블과 시험기구의 보정상태도 검사한다. 예를 들어, 공기오염에 기인한 재료의 색깔변화 같은 물리적인 징후로 보아 재료의 열화가 더 빨리 진행될 것으로 보이지 않는다면, 일반적으로 6개월 주기가 적당하다.

D.5 턴테이블과 셋업 테이블

피시험기기의 모든 면에서 방출되는 전자파를 측정할 때는 편의상 턴테이블과 피시험기기를 지지하는 테이블을 사용하는 것을 권장한다. 턴테이블에는 회전 조립체가 포함되어 있으며, 셋업 테이블은 시험장에 피시험기기의 위치를 정하는데 사용된다. 이 항에서는 다음과 같이 세 가지의 셋업와 턴테이블 구성을 검토한다.

- 회전 조립체가 지면 밑에 있는 턴테이블의 경우, 회전 표면(상단)은 지면과 높이가 같아야 하며 전기적으로 접속되어 있어야 한다. 회전 상단은 실제 셋업 테이블을 운반한다.

▪ 탁상형 장비의 경우 셋업 테이블의 높이는 0.8 m ± 0.01 m이어야 하며, 셋업 테이블은 수평면의 중심이 회전을 일으키는 장치인 턴테이블 중심에 있도록 배치한다. NSA를 측정할 때는 셋업 테이블을 제거해야 한다.

▪ 바닥 설치형 장비의 경우 피시험기기는 턴테이블(접지면과 동일 높이)의 도전성 표면으로부터 절연되어야 한다. 절연 지지물의 높이는 0.15 m 이하이거나, 각 EMC 기기 시험방법에서 요구한 것을 따른다. 제품이 비금속성 롤러캐스터(운반대)가 제공된 경우에는 절연 지지물은 필요하지 않다. NSA를 측정할 때는 절연 지지물을 제거해야 한다.

- 회전 조립체가 셋업 테이블에 내장되어 있고 턴테이블(접지면과 동일 높이) 위에 또는 턴테이블 없이 접지면 위에 있는 턴테이블의 경우, 셋업 테이블의 높이는 탁상형 장비의 경우 0.8 ± 0.01 m이며, 바닥 설치형 장비의 경우에는 0.15 m를 초과하지 않아야 한다. NSA를 측정할 때는 셋업 테이블을 제거해야 한다.

- FAR에서는 피시험기기 셋업 테이블의 높이를 정의하지 않으며, 그 높이는 FAR의 흡수재료와 시험 체적의 성능에 따라 달라진다. NSA를 측정할 때는 셋업 테이블을 제거해야 한다.

주) 피시험 장비의 일부로 지지 테이블이 포함되어 있는 피시험기기/계통은 해당 계통과 함께 공급된 지지 테이블을 사용하는 것이 좋으며, 시험장에서 사용한 셋업 테이블을 사용하는 것은 권고되지 않는다.

D.6 수신 안테나 마스트 설치

수신안테나는 반드시 10 m 미만의 측정거리에서 안테나가 1 m와 4 m 사이에 그리고, 10 m 이상의 거리일 경우 1 m와 4 m 사이 또는 2 m와 6 m 사이에서 올릴 수 있는 부도체 지지대 위에 설치되어야 한다. 수평편파 안테나의 경우 케이블은 지면에 관해서 평형을 유지하기 위해 모든 안테나 높이에서 안테나 소자의 축과 직교하도록 안테나 발룬에 연결해야 한다. 케이블은 수신안테나의 발룬으로부터 1 m 이상 수신안테나의 뒤까지 접지면에 수직하게 떨어져야 한다. 그 지점에서 측정을 방해하지 않도록 하는 방법으로 접지면 바로 위나 아래를 유지하면서 포설되게 해야 한다. 안테나와 방해 분석기와의 거리는 실질적으로 1 000 MHz에서 허용 수신 신호레벨을 보증하기 위해 가급적 짧아야 한다.

수직편파 다이폴 안테나의 경우, 측정 수신기까지의 케이블은 수평으로 유지되어야 한다. 즉, 예를 들어, 접지면에 떨어지기 전에 수신안테나의 뒤쪽으로(피시험기기로부터 멀리) 약 1 m 또는 그 이상의 거리에서 접지면에 평행하게 유지되어야 한다. 안테나 붐은 약 1 m 길이이면 충분하다. 분석기까지의 나머지 케이블의 경로는 수평편파의 경우와 같이 한다.

두 가지 경우 모두 안테나 인자 보정은 안테나 포지셔너의 존재와 안테나에 붙어있는 동축 케이블의 배치에 영향을 받아서는 안 된다.

부록 E
(규격)
주파수 30 MHz - 1 000 MHz 범위의 야외시험장의 유효성 검증 절차
(제 5절)

E.1 일반사항

부속조항 5.2.6은 정규화 시험장 감쇠량 측정으로 시험장 검증을 하는 일반 요구규격과 절차를 포함한다. 이 부록은 감쇠량 측정을 실행하기 위한 단계적인 절차를 제공한다.

E.2 구분된 주파수 측정법

E.2.1 측정 배치

특정 시험장치의 세부사항에 관해서는 그림 4와 5를 참조한다. 신호발생기는 적절한 길이의 전송선과 함께 송신 안테나에 연결한다. 송신안테나는 적절한 위치에 둔다. 송신 안테나의 높이는 h_1에 설정하고 (h_1 값은 표 E.1, E.2 및 E.3에서 참조) 원하는 편파를 선정한다. 동조형 다이폴 안테나가 사용될 경우의 길이는 요구 주파수에 맞게 조정한다.

수신 안테나는 높이 영역이 최소 h_2에서 최대 h_2에 걸쳐 스캔을 가능하게 하는 마스트에 설치하며, 송신 안테나에서 거리 R을 두고 적절한 케이블 길이를 경유하여 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기와 연결한다. 송신 안테나의 경우와 동일한 편파를 선정하며, 동조형 다이폴 안테나가 사용될 경우, 안테나는 요구 주파수에 따라 조정한다. 수직으로 향하는 동조 다이폴 안테나의 경우 25 cm 지면 이격거리를 유지한다 (표 E.3 참조).

동조형 다이폴 안테나를 사용하는 모든 감쇠량 측정에서, 이들 안테나는 30 MHz ~ 80 MHz 영역의 각 주파수에 동조하는 것으로 추정한다.

E.2.2 측정 절차

다음 순서는 표 E.1, E.2, E.3에 나타낸 각 주파수에 적용한다. 송신안테나 높이를 h_1에 맞춘 상태에서 수평으로 정렬된 안테나를 먼저 측정하고, 그 다음 수직으로 정렬된 안테나를 측정한다.

1) 수신되는 전압 디스플레이가 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기 잡음보다 훨씬 높게 나오도록 신호발생기의 출력레벨을 조정한다.
2) 해당되는 대로, 표 E.1, E.2, E.3에 나타낸 바와 같이 스캔이 h_2 전체에 걸치도록 마스트에 수신안테나를 올린다.
3) 최대 신호레벨을 기록한다. 이 값은 5.2.6.2의 방정식(6)의 V_{site}이다.
4) 안테나에서 송수신 케이블들을 분리한다. 이 케이블들을 어댑터를 통해 직선으로 바로

연결한다.

5) 송수신 케이블들이 연결된 채로 신호레벨을 기록한다. 이 값은 5.2.6.2의 방정식 (6)의 V_{direct}이다.

6) 각 주파수와 각 편파에서 5.6.2.2에 있는 방정식(6)의 순서 3과 5의 값을 입력한다.

7) 방정식(6)에서처럼 측정 주파수에서 송수신 안테나 인자를 삽입한다.

8) 3 m 이격거리의 동조형 다이폴 안테나를 사용하여 수평 편파의 지정된 형상에만 적용되는 표 E.4의 상호 임피던스 보정인자인 ΔAF_{TOT}를 삽입한다. 다른 모든 형상의 경우 $\Delta F_{aTOT} = 0$ 이다.

9) 사용되는 측정 주파수와 편파에 맞는 감쇠량인 A_N을 위해 방정식 (6)을 푼다.

10) 표 E.1, E.2, E.3에 포함된 해당 감쇠량에서 순서 9에서 얻은 값을 뺀다.

11) 순서 10의 값이 ± 4 dB 적다면, 그 시험장은 그 주파수와 편파에서 유효성검증이 된 것으로 여겨진다.

12) 다음 주파수 및 편파 조합을 위해 순서 1에서 11까지를 반복한다.

E.3 스위프 주파수 방법

E.3.1 측정 설치

측정설치는 E.2.1에 포함되는 것과 유사하지만 광대역 안테나가 사용된다. 수직 편파 안테나 이동이 제한되어서는 안 되는데, 그러한 광대역 안테나는 물리적 치수가 작기 때문이다.

E.3.2 측정 절차

아래의 순서는 피크 홀드, 저장용량 및 트래킹 발생기를 가지고 있는 자동측정장치를 사용해서 이루어져야 한다. 이 방법에서, 수신안테나 높이 h_2와 주파수는 요구된 주파수 영역 전체에 걸쳐 스캔 또는 스위프된다. 주파수 영역은 대개 이용하는 광대역 안테나의 유형에 의해서 결정된다. 주파수 스위프 속도는 안테나 높이 스캔 속도에 비해 훨씬 커야 한다. 송신안테나 높이를 h_1에 설정한다.

1) 수신되는 전압 디스플레이가 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기 잡음보다 훨씬 높게 나오도록 트래킹 발생기의 출력레벨을 조정한다.

2) 해당 표 E.1에 나타낸 것과 같이 스캔범위의 최대 높이까지 수신안테나를 마스트에 수신안테나를 올린다.

3) 원하는 주파수영역의 스위프를 위하여 스펙트럼 분석기를 설정한다. 동일한 진폭눈금에 60 dB까지 더 높은 유사한 신호가 표시될 수 있을 만큼 스펙트럼 분석기가 확실히 조정될 수 있게 한다. 이것으로 순서 5에서 기록될 레벨들을 조정하게 될 것이다.

4) 적절한 시험장 기하구조를 위해서 표에 나타낸 바와 같이 스캔 범위의 최소 높이까지 수신안테나를 천천히 낮춘다. dB(μV) 단위의 최대 수신전압 V_R을 기록한다. (안테나를 낮추는 데 걸리는 시간은 스펙트럼 분석기 스위프 시간보다 훨씬 더 길어야 한다)

5) 송수신케이블들을 분리하여 이들을 어댑터를 통해서 직선으로 직접 연결한다. 그 결과

로 나타난 전압을 기록한다.

6) 각 주파수에서, 순서 4에서 측정된 전압을 순서 5에서 측정된 전압에서 뺀다. 또한 송수신 안테나의 안테나 인자 F_{aTOT}(dB/m) 및 F_{aR}(dB/m)을 각각 뺀다. (주파수의 연속함수로서의 안테나 인자는 이산 안테나 인자 값들의 집합에 적합한 단순한 선형도표를 이용하여 구해진다) 결과는 사용되는 주파수 영역에 걸쳐 측정되는 감쇠량이며, 이는 도표에 표시되어야 한다. 또 표 E.1에 나타낸 이상적인 시험장을 위한 이론적 정규화 시험장 감쇠량도 도표에 표시한다.

7) 이론 감쇠량과 측정 감쇠량 사이에서 얻어지는 차이들은 ± 4 dB 기준 이내에 들어야 한다.

주) 두 감쇠량 측정방법의 경우, 신호원의 출력이나 측정수신기 또는 스펙트럼 분석기의 입력에서의 임피던스 부정합은 오차 원인이 될 수 있는 반사를 초래할 수도 있다. 이는 10 dB의 감쇠기를 이용하여 방지할 수 있다. 감쇠기는 각 송수신 안테나 케이블의 출력단에 하나씩 설치한다. 이들 감쇠기는 감쇠량의 전체 측정 중에 케이블 안에 남아 있어야 한다.

E.4 시험장 적합성 허용기준을 초과하게 하는 가능 요인

편차가 ± 4 dB 기준을 초과할 경우 아래와 같이 조사한다.

첫째로 측정시스템 보정상태를 검사한다. 신호발생기 및 측정 장치가 측정동안에 표류(drift)하지 않을 경우, 안테나 인자에 주된 문제가 있다. 안테나 또한 결함이 있을지 모른다. 이 모두가 검사되었으면, 측정을 반복한다. 편차가 아직도 ± 4 dB보다 크다면, 시험장과 주변지역을 의심해볼 필요가 있다. 수직 시험장 감쇠량은 일반적으로 시험장 이상에 가장 민감하다. 만약 그렇다면, 문제의 추적을 위해 그 측정값을 근거로 이용한다. 가능한 문제로는 부적절한 접지면 구조와 치수, 너무 인접한 반사 물체(담, 건물, 등대, 등등), 부적절한 시공과 유지기술에 기인하는 전천후 시설의 성능저하, 그리고 공기 도전성 오염물질의 잔류물 침투와 같은 장기적인 영향 등이 있다.

E.5 안테나 교정

시험장 감쇠량 측정에 사용되는 광대역 안테나의 안테나 인자는 국가 기준으로 소급되어야 한다. 제작자의 안테나 인자는 측정된 정규화 시험장 감쇠량값과 계산된 값 사이에 잘 일치될 만큼 충분히 정확하지 않을 수도 있다.

안테나 인자는 대개 발룬에 기인하는 손실을 설명한다. 별도의 발룬이 이용될 경우, 그것의 영향이 밝혀져야 한다. 송신안테나가 접지면보다 1 m 이상 높은 위치에 있는 한, 기하학적 형상과 편파에 따른 안테나 인자의 변화는 일반적으로 1 GHz 미만의 EMC 측정에 널리 사용되는 각종 광대역 안테나(예를 들어, 바이코니컬, 두꺼운 다이폴 안테나 및 대수 주기 안테나)에 대해서는 무시될 수 있다. 특이한 안테나의 이용이나 또는 측정상의 기하구조 때

문에, 또는 상호결합과 같은 영향이나 수직편파 안테나(특히 3 m 측정거리에서)의 전송선 산란 때문에, 안테나 인자 변화가 의심스럽다면, 안테나 인자는 이들 기하구조에서 우선 측정되어져야 한다.
정상적으로 시험장 감쇠량은 50 Ω 시스템에서 측정한다. 다시 말해서, 신호발생기와 측정 수신기의 임피던스는 50 Ω이며 송수신 안테나의 방사 임피던스는 발룬을 통해서 평형이 이루어지고 정합이 되어야 한다.

* 교정절차는 국제규격이 제정된 후 검토를 거쳐 적용한다.

제작자의 안테나 인자는 보통 50 Ω의 임피던스, 즉, 50 Ω 임피던스에서 안테나 방사 임피던스로의 정합 손실이 없는 변환인자로 지정한다. 그리고, 해당될 경우, 사용되는 발룬의 손실은 주어진 안테나 인자에 포함한다.

동조 반파 다이폴 안테나가 이용될 경우, 아래 방정식을 이용하여 이들의 자유공간 안테나 인자를 사용할 수 있다.

$$F\mathrm{a} = 20 \log (2\pi/\lambda) + 10 \log (73/50) = 20 \log(f) - 31.9(\mathrm{dB}) \qquad (E.1)$$

여기서,
f 는 MHz 단위이다.

주) 실제로, 안테나 인자는 다이폴 안테나의 상호 임피던스와 접지면에 대한 이미지 때문에 접지면 위 다이폴 안테나의 높이에 의해 영향을 받게 된다.

잘 설계된 동조 반파 다이폴 안테나에 대한 평균 발룬 손실은 대략 0.5 dB이다. 그러므로, 방정식 (E.1)는 다음과 같이 된다.

$$F\mathrm{a} = 20 \log f - 31.4 \ \ (\mathrm{dB}) \qquad (E2)$$

이 발룬 손실은 송신 및 수신 다이폴 안테나의 등을 맞대서(back to back)* 연결하여 이들의 하우징을 설치하기 전에 측정되어야 한다. 양쪽 발룬이 똑같다고 가정하면 발룬당 손실은 측정되는 총 손실의 1/2이다.

이들 계산 값은 감쇠량 측정에 사용하는 특정한 동조 다이폴 안테나의 값들을 대표하는지 검증하는 일이 중요하다. 가장 간단한 점검 방법은 안테나를 조립하여 이들의 요소들을 공명과 동조하게 한 상태에서 VSWR을 측정하는 것이다. 안테나는 안테나와 접지면과의 결합을 최소로 하기 위해서 지반 위 4 m 이상으로, 가급적이면 더 높게, 그리고 표E.3에 나타낸 측정값을 이용하여 이들 요소들을 공명과 동조하게 하여 설치되어야 한다. 이들 주파수영역의 하단, 중간 및 상단 주파수에서 안테나의 VSWR을 검사하는 것으로 충분하다.

100 MHz 미만에서, 발룬의 기능은 소자들을 제거한 후에 소자 설치블록의 단말 양단에

하나의 70 Ω 저항을 설치하며 종단시킨 발룬의 VSWR을 측정하여 검사될 수도 있다. VSWR은 1.5대 1 미만이어야 한다.

표.E.1 정규화 시험장 감쇠량주)(광대역 안테나용 권장 기하 구조)

편파	수평	수평	수평	수평	수직	수직	수직	수직
d	3 m	10 m	30 m	30 m	3 m	10 m	30 m	30 m
h_1	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
h_2	1 ~ 4 m	1 ~ 4 m	2 ~ 6 m	1 ~ 4 m	1 ~ 4 m	1 ~ 4 m	2 ~ 6 m	1 ~ 4 m
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	−11.7	−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
1 000	−23.5	−13.8	−4.5	−4.4	−22.4	−13.6	−4.2	−3.5

기호설명
d는 송신 안테나와 수신 안테나의 접지면 위 돌출부 간의 수평 이격거리(m)이다. 광대역 안테나에서 d는 두 안테나 기준점의 돌출부 간의 거리이다.
h_1은 접지면 위 송신 안테나 중심의 높이(m)이다.
h_2은 접지면 위 수신 안테나 중심의 높이 범위(m)이다. NSA 측정에는 이 높이 주사 범위에서 수신된 최대 신호를 사용한다.
f_M은 주파수(MHz)이다.
A_N은 NSA이다.

주) 이 데이터는 안테나의 중심이 접지면으로부터 1 m 일때 접지면으로부터 이격거리가 최소 25 cm 인 안테나에 적용된다.

표.E.2 정규화 시험장 감쇠량(수평편파 반파장 동조 다이폴 안테나의 권장 기하구조)

편파 d h_1 h_2	수평 3 m[주)] 2 m 1 m ~ 4 m	수평 10 m 2 m 1 m ~ 4 m	수평 30 m 2 m 2 m ~ 6 m
f_i (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
1 000	-22.7	-13.8	-4.4

주) 이 표에 주어진 이상적인 시험장을 위해 이론 정규화 시험장 감쇠량 값을 비교하기 위해서 측정된 정규화 시험장 감쇠량 데이터에서 3 m 간격으로 떨어진 수평편파 동조 반파 다이폴 안테나를 위한 상호 임피던스 보정인자 (표 E.4 참조)를 빼 주어야 한다

표.E.3 정규화 시험장 감쇠량
(수직편파 반파장 동조 다이폴 안테나의 권장 기하구조)

f_i MHz	d = 3 m h_1 = 2.75 m		d = 10 m h_1 = 2.75 m		d = 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
1 000	1~4	-19.4	1~4	-13.0	2~6	-4.2

표.E.4 3 m 간격의 공명 다이폴 안테나 사용시 상호결합보정인자

ΔFa_{TOT} - 데시벨 단위의 총 보정인자		
f_i MHz	수평 편파 d = 3 m h_1 = 2 m h_2 = 1 m ~ 4 m	수직 편파 d = 3 m h_1 = 2.75 m h_2 = (표 E.3 참조)
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

주1) 공명 다이폴 안테나에 관한 값은 모멘트와 수치해석 전자기 코드(NEC) 또는 MININEC 컴퓨터 시스템을 이용한 방법으로 계산되었다.

- BERRY, J., PATE, B., KNIGHT, J., ""Variations in Mutual Coupling Correction Factors for Rsonant Dipoles Used In Site Attenuation Measurements"", Proceeding of the IEEE Symposium on EMC, Washington, DC, 1990.
- BURKE, G. J. and POGGIO, A.J., Numerical Electromagnetic Code -- Method of Moments, Lawrence Livermore Laboratory, California, January, 1981.
- ROCKWAY, J. W., LOGAN, J. C., TAM, D. W. S., LI, S. T., The MININEC System : Microcomputer Analysis of Wire Antennas, Artech House, Boston, 1988.

주2) 0.5 dB 발룬 손실이 일어나는(각각의 안테나에서) 이상적인 공명 다이폴 안테나를 위한 이론적 자유공간 안테나 인자가 가정되었다.

주3) 이 보정인자들은, 예를 들어, 3 또는 4 m 높이의 접지면 위에서 측정한 안테나 인자를 완벽하게 설명하지는 못한다. 왜냐하면 이 안테나 인자들은 낮은 주파수에서 자유공간 안테나 인자와는 다르기 때문이다. 그러나, 표 M에 나온 오차범위 내에서 시험장 이상을 나타내기에는 적절한 값이다.

주4) 일부 반파장 다이폴 안테나들이나 특이한 발룬을 가진 안테나는 E.5에 설명된 안테나들과는 다른 특성을 보일 수 있다는 점에 유의해야 한다.

주5) 10 m와 30 m의 상호결합 보정인자는 현재 고려 중이다. 임시 절차로서, 시험장 적합성은 이러한 보정인자들이 0 이 되는지 검토하여 평가될 수 있다

부록 F
(정보)
시험장의 4 dB 적합성 판정기준에 대한 근거
(제 5절)

F.1 개요

이 부록은 5.6에서 요구되는 정규화 시험장 감쇠량 측정에 대한 ± 4 dB 적합성 기준의 근거를 제시한다.

F.2 오차 분석

표 F.1에 나타낸 오차 분석은 5.2.6에 주어진 정규화 시험장 감쇠량 측정방법에 적용한다. 총 평가오차는 약 3 dB 측정 불확도 및 시험장의 결함에 의한 추가 허용값 1 dB로 구성되며 ± 4 dB 시험장 적합성 기준의 근거가 된다.

표 F.1에 나타난 오차는 신호발생기, 트래킹 발생기 또는 사용될 경우도 있는 증폭기의 진폭 안정성에 대한 불확도는 포함하지 않으며, 측정기법의 잠재적인 오류도 포함하지 않는다. 대부분의 신호발생기와 트래킹 발생기의 출력 레벨은 시간과 온도에 따라서 서서히 변동하며, 증폭기의 이득도 온도변화에 따라서 변동하는 경우가 많다. 측정할 때는 이들 오차의 근원을 무시할 정도의 양으로 억제하거나 보정되어 하며, 그렇지 않으면 시험장은 계측장치 문제만으로도 적합성 기준을 충족시키지 못할 수도 있다.

표.F.1 오차표

오차 항목	측정방법	
	이산 주파수법 dB	스위프 주파수법 dB
안테나 인자(Tx)[주1]	± 1	± 1
안테나 인자(Rx)[주1]	± 1	± 1
전압계	0	± 1.6[주2]
감쇠기	± 1	0
시험장 결함	± 1	± 1
총계	± 4	± 4.6

주1) 800 MHz 이상의 주파수에서, Fa의 오차는 1.5 dB에 근접할 수도 있다.
주2) 운용지침에 따름

어떤 자동 스펙트럼 분석기의 운용 지침에서 모든 불완전함이 제거되고 모든 잠재적인 오차를 가능한 최대한으로 보정한다면, 나머지 진폭 오차는 아래와 같다.

1) ± 0.2 dB 교정기의 불확도
2) ± 1.0 dB 주파수 반응 평탄도
3) ± 1.0 dB 입력 감쇠기 스위칭
4) ± 0.4 dB RF와 IF 이득 불확도

이것이 ± 2.6 dB의 총 잠재오차가 된다. 이는 ± 0.05 dB/K의 온도 표류를 포함하지 않는다. 실제로 대용 형태측정을 수행할 때에는 주파수 응답 평탄도와 입력 감쇠기 스위칭에 관계되는 오차들은 보통 1 dB 미만이다. 그래서 표 F.1에 사용되는 두 단자 전압계와 같이 스펙트럼 분석기의 총 오차대역은 ± 1.6 dB 이하이다.

감쇠기는 절대적인 정밀도가 크게 떨어지는 것이 많지만, 일부는 좋은 것도 있다. 그러므로 이산측정 방식에서는 총 오차가 증가하거나 감소될 수 있다. 스위프 주파수 측정시에 외부 감쇠기가 자동 스펙트럼분석기와 함께 사용될 경우 이 오차도 증가된다.

여기에 시험장비의 이득, 출력레벨, 또는 진폭응답의 시간 및 온도에 따른 표류에서 발생되는 오차는 포함하지 않는다. 그러한 오차들은 존재할 수 있으며, 가능한 빨리 측정함으로써 이들을 피하기 위한 조치들이 취해져야 한다.

실질적으로, 위에서 설명된 오차들이 모두 같은 방향에서 존재하는 경우는 좀처럼 없다. 잘 제작되어 제 위치에 설치된 시험장의 ± 4 dB 기준을 충족시키면 이상적인 값으로부터 실제로 ± 1 dB 이상의 시험장 이상 편차를 허용할 수도 있다.