

[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 -

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
<u>부록 E(공백)</u>	99
부록 F(정보) 시험장의 4 dB 적합성 판정기준에 대한 근거	107
<u>부록 G(정보) 교정된 안테나 쌍을 갖춘 RSM을 이용하는 COMTS의 시험장 유효성 확인에 대한 불확도 총괄표의 예</u>	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 : 무선 장해 및 내성 측정 장치 및 방법에 대한 규정 - 제3부: CISPR 기술 보고서

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 : 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 야외시험장을 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 발생하는 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 완전무반사실(fully-anechoic room, FAR)

내측면이 해당 주파수 범위에서 전자파 에너지를 흡수하는 고주파 에너지 흡수체(즉, [전자파](#) 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)

대수주기 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 S_{11} 과 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)

금속 바닥을 제외하고 모든 표면이 관심 주파수 범위의 전자파 에너지를 흡수하는 재질(즉, 전자파 흡수체)로 덮인 차폐실

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)

벡터 회로망 분석기의 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

3.1.22 안테나 인자(AF, F_a)

입사 평면파의 전기장의 세기와 안테나에 연결된 규정 부하(일반적으로 50 Ω)를 거쳐 유도된 전압의 비

주1) F_a 는 안테나 방사 요소에 연결된 부하 임피던스에 영향을 받으며, 주파수 의존적이다. 바이코니컬 안테나의 경우, 이 임피던스가 200 Ω에 달할 수 있다. 발룬이 없는 안테나의 경우, 임피던스

는 부하 임피던스와 동일하며, 일반적으로 50 Ω이다.

주2) 대체로, AF는 지정된 안테나 지점에서 안테나의 최대 이득에 해당하는 방향에서의 평면파 입사에 대하여 규정된다.

주3) AF는 미터 역함수(m^{-1})의 물리적 치수를 가지며 측정 데이터는 일반적으로 $dB(m^{-1})$ 단위로 표시된다. 복사성 방출 측정에서 F_a 를 알고 있는 경우, 입사장의 세기 E 를 다음과 같이 안테나에 연결된 측정 수신기의 관독값 V 를 통해 추정할 수 있다.

$$E = V + F_a$$

여기서, E 의 단위는 $dB(\mu V/m)$, V 는 $dB(\mu V)$, F_a 는 $dB(m^{-1})$.

3.1.23 자유공간 안테나 인자($F_{a_{fs}}$)

자유공간 환경에 위치한 안테나의 AF

주) $F_{a_{fs}}$ 는 안테나 교정용 불확도 산출을 위한 측정량이다. NSA 측정의 경우, $F_{a_{fs}}$ 는 불확도 산출을 위한 입력 수량이다.

3.1.24 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량(A_{APR})

이상적인 야외시험장에서 규정된 거리의 간격을 두고, 한 안테나는 접지면에서 규정된 높이에 고정하고 다른 안테나는 규정된 높이 범위에 대하여 스캔하면서 최저 삽입손실을 기록하는, 한 쌍의 안테나를 이용하여 수직 및 수평 편파에 대한 일련의 시험장 감쇠량 측정 결과

주1) A_{APR} 은 불확도 산출을 위한 측정량이다.

주2) A_{APR} 측정은 적합 시험장(COMTS)의 해당 시험장 감쇠량 측정과 비교하여, 적합 시험장의 성능을 평가하는데 쓰인다.

3.1.25 안테나 기준점

피시험기기 또는 두 번째 안테나까지의 거리를 측정할 때 안테나의 중간 지점

주) 안테나 기준점은 LPDA 안테나의 표식을 이용하여 제조업체 또는 교정 시험기관이 규정한다.

3.1.26 이상적인 야외시험장

완전한 평면 및 무한대의 완전한 도전 접지면을 갖으며, 접지면 이외에 반사 물체가 없는 야외시험장

주) 이상적인 야외시험장은 측정량 A_{APR} 의 정의와 접지면 시험장에 대하여 이론적으로 정규화된 시험장 감쇠량 A_N 의 산출에 쓰이는 이론적인 구성 개념이다.

3.1.27 기준시험장(REFTS)

급속 접지면이 있으며 수직 및 수평 전기장 편파의 시험장 감쇠량 성능이 엄격하게 규정되어 있는 야외시험장

3.2 약어

RSM 기준시험장법

EUT 피시험기기

FSOATS	자유공간 야외시험장
LAS	루프 안테나 시스템
LLA	대형 루프 안테나
LPDA	대수주기 다이폴 배열
NSA	정규화 시험장 감쇠량
OATS	야외시험장
SA	시험장 감쇠량
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 합수가 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 $\mu\text{A/m}$ 이다. 대수 단위로는 $\text{dB}(\mu\text{A/m})$, 또는 측정된 장의 세기 레벨의 대수의 20배이다. 관련 방사 허용기준은 같은 단위로 표현해야 한다.

주) 모든 조건 즉 근거리장 및 원거리장에서 다 같이 방사장의 $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ 단위로 나타내는 자기성분의 세기로 직접 측정을 할 수 있다. 그러나 장의 세기를 측정하는 수신기는 $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ 단위로 표시되는 등가 평면파 전기장 세기의 향으로 교정되며, E와 H 성분의 비가 120π 나 377Ω 인 것으로 가정한다. H에 대한 계산은 다음과 같다.

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

여기서, H의 단위는 대개 $\mu\text{A/m}$ 이고 E의 단위는 $\mu\text{V/m}$ 이다.

dB 단위로 측정하는 경우,

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

여기서, H의 단위는 $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ 이고 E의 단위는 $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ 이다.

상기 변환에 사용된 임피던스 $Z = 377\Omega$ ($20 \log Z = 51.5 \text{ dB}(\Omega)$)는 $\mu\text{V/m}$ [또는 $\text{dB}(\mu\text{V/m})$] 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 $\mu V/m$ 이어야 한다. 대수 단위에서 E 는 $dB(\mu V/m)$, 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 $-1.5 dB(\mu A/m)$ 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, 대수주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나 같은 다이폴 배열
- c) 하이브리드 안테나

4.5.2 전계 허용기준을 준수하지 못하는 것으로 추정되는 경우에 사용하는 저불확도 안테나

측정불확도를 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 측정불확도 총괄표에 포함시켜야 할 것이다.

주2) 피시험기에서 발생한 방사성 방출의 측정불확도는 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 측정불확도에 미치는 그 밖의 안테나 영향을 제한하는 것이다. 이러한 영향의 효과를 검증하려면 선택된

전환 주파수에서 두 안테나의 편도값을 비교하는 것이다. 이것은 ± 1 dB 의 여유도 내에 동일한 전계 값을 제공하여야 할 것이다.

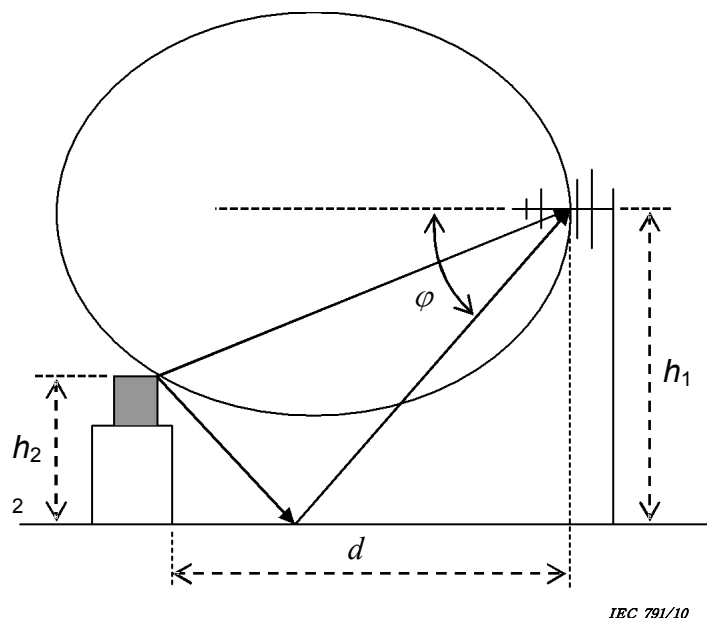
4.5.3 안테나 특성

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.

- 안테나는 선형 편파된 것이어야 하며, 이 선형 편파는 4.5.5의 교차편파 시험 절차를 적용하여 평가하여야 한다.
- 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.
- 도전성 접지면이 있는 시험장을 가정한다. 피시험기에서부터 안테나까지 직접 반사 신호와 접지 반사 신호 중 하나 또는 이 둘이 그 침투값에서 안테나 방사 패턴의 주 로브로 들어가지 않는다면 수신 신호의 크기는 감소될 것이다.
그 침투값은 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) 기호는 식 (4)에 정의되어 있다.

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

- 1) 10 m OATS 또는 SAC에서, 안테나의 기준방향 주빔이 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.

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

- 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.

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

여기서,

h_2 = 피시험기기의 높이

h_1 = 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, 지향성 불확도를 [보정해](#) 적용하여야 한다. 불확도 총괄표의 예는 CISPR 16-4-2에 주어져 있다.

- 주1) [전기장](#) 방사 패턴이 기준방향(= [주빔](#)의 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 계통 오차이므로 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, 대수주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나와 하이브리드 안테나의 경우는 8 dB 이어야 한다. 자기장 빔폭과 전기장 빔폭이 동등한 V 자형 LPDA 안테나의 최대 허용 등방성 이득은 9 dB 이어야 한다.

- 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 주요 요인은 다음과 같다.

- a) 안테나 케이블에 평행한 성분을 포함하는 피시험기기에 의해 발생된 [전기장](#)
- b) 수신 안테나 발룬의 불완전성에 의한 차동모드(DM) 안테나 신호(원하는 신호)의 공통모드 신호로의 변환

일반적으로 대수주기 다이폴 배열(log-periodic dipole array) 안테나는 의미있는 정도의 차동모드/공통모드 변환을 나타내지 않으며, 다이폴 안테나, 바이코니컬 안테나, 바이코니컬/대수주기 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_1 과 U_2 의 측정방법을 기술한 것이다. 양쪽 모두 같은 단위(예를 들어, dB(μV))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 \pm 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_1 과 U_2 간의 차이가 ± 0.5 dB 이하이면, 3 m 거리에서 측정을 새롭게 할 필요는 없다) 송신 안테나에 대한 규격은 시험 중인 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_1 을 기록한다.
- e) 셋업 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_2 를 기록한다.
- g) 만일 $20 \log(U_1/U_2) < 1 \text{ dB}$ 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 뺀 채 하고 접지면으로 떨어뜨려서 이를 줄일 수 있다.
- 주2) 수신 안테나가 [완전무반사실](#)에서 사용된다면, 차동모드/공통모드 점검은 수신 안테나가 보통 사용되는 지점에 있고 송신 안테나가 [완전무반사실](#)의 시험 체적 중심에 있는 [완전무반사실](#)에서 행해져야 한다. [완전무반사실](#)은 $\pm 4 \text{ dB}$ [시험장 유효성 확인 기준](#)에 적합해야 한다.
- 주3) 접지면이 일부를 형성하거나 또는 [완전무반사실](#) 같은 측정 시험장은 각각 [시험장 유효성 확인](#)에 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 셋업의 효과는 안테나 소자들과 평행하게 놓인 안테나 케이블과 안테나와의 상호작용으로 인한 것이기 때문에 시험 셋업을 엄격하게 정의할 필요는 없다. 전자파무향실에서 또는 야외시험장의 정상적인 EMC 셋업에서 수신 안테나로 입사되는 전기장 세기의 균일성에 의존하는 훨씬 더 작은 효과가 존재한다.
- 주6) 수신 케이블 커넥터가 측면(안테나 몸체에 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 중단 전압은 이들이 같은 편파일 때의 중단전압보다 최소 20 dB 낮아야 한다.

이 시험은 각각의 다이폴 안테나의 두 개의 절반이 사다리꼴 대형을 이루는 대수주기(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 [완전무반사실](#)이나 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 반복되 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.

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

여기서,

d 는 측정거리(m 단위),

D 는 안테나의 가장 큰 개구 치수(m 단위),

λ 는 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 피시험

기기의 자체 성분에 의해 유도된 전류를 측정한다. 루프안테나시스템은 실내의 측정을 가능하게 한다.

루프안테나시스템은 3개의 형으로 구성된 지름 2m의 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 안 된다.

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

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

주) 직경 $D \leq 4 \text{ m}$ 이며 피시험기기와 LLA의 거리가 $0.1 \times D$ 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

피시험기에서 발생된 방해 전자기장의 세기 측정결과와 유효성과 재현성을 보증할 환경이 요구된다. [사용 장소](#)에서만 시험될 수 있는 피시험기기에 대해서는 다른 규정들을 이용해야 한다([즉, KN 16-2-3의 현장 측정에 관한 세부사항 참조](#)).

5.2 야외시험장

5.2.1 일반사항

야외시험장은 평평한 지형과 접지면의 존재 특성을 갖는 공간이다. 이 시험방법의 검증 요구규격을 충족하려면 금속 접지면이 권고된다. 그러한 시험장은 건물, 전력선, 울타리, 나무 등이 없어야 하며 피시험기기의 전력 공급과 운용에 필요한 경우를 제외하고 매설 케이블과 배관 등을 피해야 한다. 30 MHz ~ 1 000 MHz 주파수 범위에서 방해 전자기장 세기의 측정을 위한 야외시험장의 특정 설치 권장사항은 부록 D를 참조한다. 야외시험장에 대한 시험장 유효성 확인 절차는 5.4.4 및 5.4.5에 제시되어 있다. 부록 F에는 합격판정 기준에 대한 근거가 설명되어 있다.

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 형태이어야 한다. 더 자세한 내용은 부록 D를 참조한다.

5.2.3 장애물 없는 영역

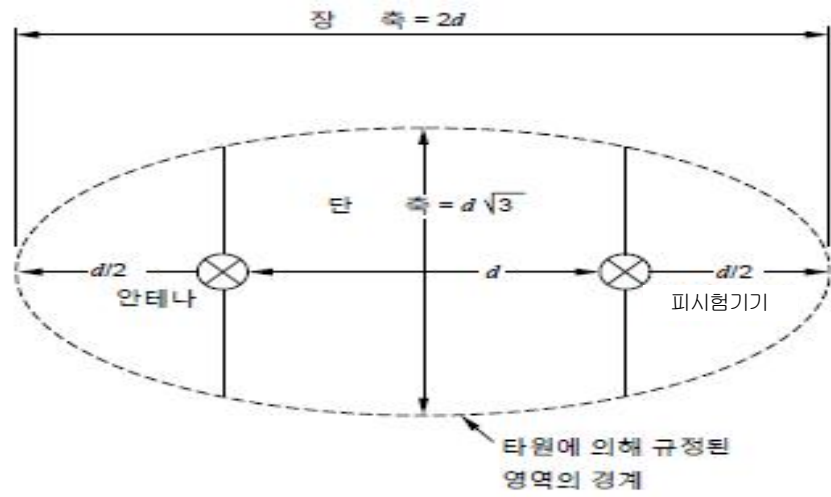
야외시험장으로서 피시험기기 및 전기장의 세기 측정용 안테나를 둘러싸고 있는 장애물 없는 영역이 필요하다. 장애물이 없는 영역은 전자기장의 큰 산란이 없어야 하며, 시험장이 충분히 커서 장애물 없는 영역 밖의 산란체가 전기장의 세기 측정용 안테나에 의해 측정되는 전계에 거의 영향을 주지 않아야 한다. 이러한 영역이 타당한지를 결정하기 위해, 시험장 유효성 확인 시험이 수행되어야 한다.

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 턴테이블이 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 반사된 원하지 않는 반사와 경로의 길이는 두 초점 사이의 직접과 경로 길이의 2배이다. 만일 대형 피시험기기가 턴테이블 위에 설치되어 있다면, 피시험기기의 경계로부터 장애물 배제거리가 확보되도록 장애물 없는 영역을 확장하여야 한다.

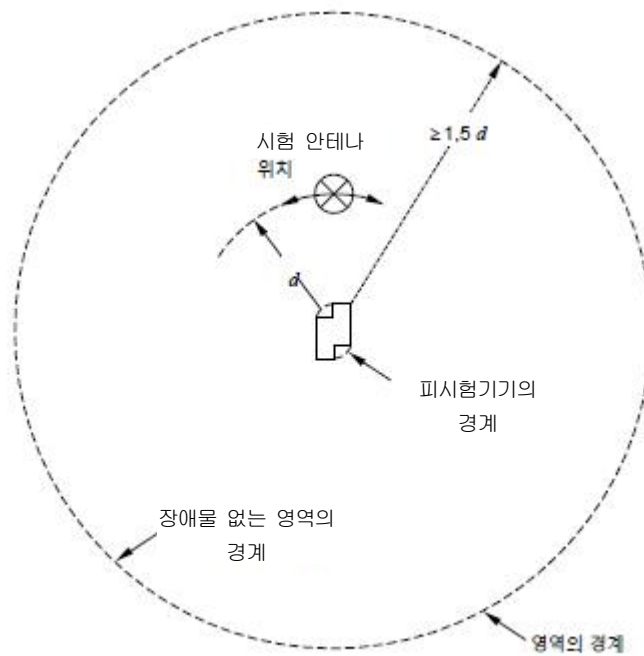
만약 시험장에 턴테이블이 없이 피시험기기가 고정되어 있다면, 피시험기기의 경계로부터 그 지역 경계까지의 반지름 거리가 측정거리의 1.5배인 형의 장애물 없는 영역이 권장된다. (그림 3참조). 이 경우에 안테나는 피시험기기 주위에서 측정 거리만큼 떨어져 움직인다.

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.



IEC 1073/12

그림 2. 턴테이블이 있는 시험장의 장애물 없는 영역 (5.2.3 참조)



IEC 1074/12

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

5.2.4 시험장 주변의 무선주파수 환경

야외시험장 주변의 무선주파수 레벨은 수행할 측정 레벨에 비해서 충분히 낮아야 한다. 이러한 점에서 시험장의 품질은 아래에 장점 순으로 기재되어 있는 4가지 범주에 의거하여 평가할 수 있다.

a) 주변 방사 측정 레벨보다 6 dB 이하이다.

- 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.

시험장 선택은 측정 정밀도를 확보하기 위하여 주어진 환경과 가용한 기술력 수준으로 유지되어야 한다.

주) 측정된 주변 잡음의 레벨이 방출 허용기준보다 20 dB 낮은 것이 적절하다.

5.2.5 접지면

야외시험장 접지면은 지면 위에 있거나 적절한 크기의 단이나 수평 옥상에 올려져 위치할 수 있다. 금속성 접지면이 선호되지만, 특정 장비 및 응용의 경우 제품 출시 시 다른 위치 유형을 권장할 수 있다. 금속성 접지면의 적정성은 시험장이 5.4의 시험장 유효성 확인 요구 규격을 충족하는지의 여부에 따라 좌우될 것이다. 금속 재질이 사용되지 않는다면 시간, 기후 조건 또는 배관, 도관 및 비균질 토양과 같은 매설된 금속 재질로 인한 영향으로 그 반사 특성이 변하지 않는 시험장을 선택하는 주의가 요구된다. 일반적으로 이러한 시험장은 금속성 표면으로 된 시험장에 비해서 시험장감쇠 특성이 다르다.

5.3 대용 시험장의 적합성

5.3.1 기타 접지면 시험장

복사성 방출 측정을 위해 구축된 여러 가지 시험장과 시설이 있다. 대부분은 날씨와 주변 무선주파수의 영향으로부터 보호된다. 반무반사실의 경우, 모든 벽면과 천장에 적절한 흡수체가 설치되어 있다. 바닥은 야외시험장을 모방하기 위해 금속 접지면으로 구성되어 있다. 반무반사실은 수신안테나로 유입되는 주변 환경의 전파신호를 차단하며, 기후 조건과 무관하게 피시험기기 시험이 이루어질 수 있게 한다.

구조물이 접지면 시험장을 둘러싸는 경우, 5.4.5에 규정된 것처럼 단일 위치에서의 검증 측정 결과는 대용 시험장으로서의 적합성을 보여주기에 충분치 않을 수 있다.

대용 접지면 시험장의 적합성 평가를 위하여, 5.4.6의 절차를 사용해야 한다. 이 절차는 피시험기기가 차지하는 체적 전반에 걸쳐 수행되는 다수의 검증 측정에 기초하고 있다. 이러한 검증 측정 결과는 야외시험장과 동등하다고 판단하기에 적합한 시험장에 대하여 모두 ± 4 dB의 허용오차 내에 들어야 한다.

주) SAC는 일반적으로 5.2.4에 기재되어 있는 시험장 품질 범주를 충족한다.

5.3.2 접지면이 없는 시험장 (FAR)

완전무반사실(FAR)로 알려진 전면 흡수체 부착 차폐실은 복사성 방출 측정에 사용할 수 있다. FAR 시험장을 사용할 때는 관련 규격(일반, 제품 또는 제품군 규격)에 적합한 복사성

방출 허용기준을 규정하여야 한다. 무선 서비스 보호를 위한 요구조건(허용기준)에 대한 피시험기기의 적합성은 야외시험장에서 실시되는 시험과 유사한 방법으로 FAR 시험장에서 평가되어야 한다.

FAR는 송신 안테나 또는 피시험기로부터 발생한 직접파만 수신 안테나에 도달하는 자유 공간 환경을 시뮬레이션 하기 위한 것이다. FAR의 모든 벽면, 천장 및 바닥에 흡수체를 적절히 배치하여, 모든 간접파 및 반사파를 최소화해야 한다. SAC와 마찬가지로, FAR는 수신안테나로 유입되는 주변 환경의 전파신호를 차단하며, 기후 조건과 무관하게 피시험 기기 시험이 이루어질 수 있게 한다.

주) FAR는 일반적으로 5.2.4에 기재되어 있는 시험장 품질 범주를 충족한다.

5.4 시험장 유효성 확인

5.4.1 일반사항

이 시험방법에는 세 가지 시험장 유효성 확인 방법이 규정되어 있다.

- 동조 다이폴 안테나를 이용하는 NSA법
- 광대역 안테나를 이용하는 NSA법
- 광대역 안테나를 이용하는 기준시험장법(RSM)

접지면이 있는 시험장(즉, OATS 및 SAC)의 검증은 5.4.2 및 5.4.3에 제시되어 있으며, RSM에 대한 세부 절차는 5.4.4에 그리고 NSA법에 대한 절차는 5.4.5에 자세히 제시되어 있다. SAC와 전천후 OATS의 검증에는 5.4.6에 기술되어 있는 추가 측정이 필요하다.

표 7에는 이러한 특정 시험장 유형에 적용할 수 있는 시험장 유효성 확인 방법이 요약되어 있다. 이 표에서 보는 바와 같이, 각 시험장 유형에 대하여 두세 가지 시험장 유효성 확인 방법이 설명되어 있다. 이 방법들은 이 시험방법의 목적에 부합하는 것으로 간주되며, 이는 단 한 가지 방법을 이용하여 검증 기준에 대한 적합성을 평가할 수 있음을 의미한다. 아울러, 이 방법들 중의 어느 것도 기준 방법으로 규정되어 있지 않다.

표 7. 시험장 유형별 적용할 수 있는 시험장 유효성 확인 방법

시험장 유형	시험장 유효성 확인 방법의 적용가능성		
	동조 다이폴 NSA	광대역 안테나 NSA	광대역 안테나 RSM
OATS	예	예	예
전천후 OATS	아니오 ^{주1)}	예	예
SAC	아니오	예	예
FAR	아니오	예	예
주1) 전천후 OATS에 대한 동조 다이폴 사용은 부칙의 시행일 규정에 따른다.			

5.4.2 시험장 유효성 확인의 개요

시험장의 검증은 두 개의 동일 편파 안테나를 이용하여 수행된다. 검증은 수평 및 수직 편파에 대하여 별개로 수행되어야 한다.

시험장 감쇠량은 다음의 차를 통해 구한다.

- 송신 안테나에 가해지는 신호 전압 레벨: V_i
- 규정된 안테나 높이 스캔을 통해 수신 안테나 단자에서 측정된 최대 수신 전압 레벨: V_R .

전압 측정은 50 Ω 시스템에서 실시된다.

OATS(5.2) 및 기타 접지면 시험장(5.3.1)에서 측정된 SA를 이상적인 OATS에서 얻은 SA 특성과 비교한다. 이는 시험장 유효성 확인을 위한 측정량의 정의이다. 이 비교의 결과가 dB 단위의 SA 편차인 ΔA_s 이다. 식 (26) 및 (27) 참조. SA 편차 결과가 ± 4 dB 이내일 경우 시험장은 적합한 것으로 간주된다.

± 4 dB 허용오차를 초과하는 경우, 5.4.5.3에 기술된 것처럼 시험장 구성을 조사하여야 한다.

주) 4 dB 시험장 적합성 평가기준에 대한 근거가 부록 F에 제시되어 있다.

또한, SA 편차를 사용하여 피시험기기에 대한 전기장의 세기 측정 데이터를 보정하지 않아야 한다. 5.4의 절차는 시험장 유효성 확인에만 사용하여야 한다.

5.4.3 OATS 및 SAC에 대한 NSA법의 원리 및 값

특정 주파수에서 산출된 NSA 값은 동조 다이폴 안테나의 경우 표 8 및 9에, 광대역 안테나의 경우 표 10에 제공되어 있다. 이 표에 쓰인 변수 d , h_1 , h_2 , f_M 및 A_N 은 표 8의 끝에 식별되어 있다.

주1) 표 8, 9 및 10에 나와 있지 않은 주파수에 대한 NSA 값은 도표화된 값 간에 선형 내삽법을 이용하여 구할 수 있다.

주2) 대수주기 다이폴 배열 안테나 쌍 사이의 간격 d 는 각 안테나의 세로축 중간 지점에 대한 접지면의 투영점에서 측정된다.

주3) 바이코니컬 안테나 사이의 간격은 급전점인 소자 축 중심선에서 측정된다.

각 편파의 측정에 대하여, NSA법은 두 가지 다른 수신 전압 V_R 의 측정값을 필요로 한다. 이 측정을 위한 셋업은 그림 29 및 30의 도해와 같다.

표 8. 이론적 정규화 시험장 감쇠량 A_N
(수평 편파, 동조 반파장 다이폴 안테나에 대한 권장 배치에서)

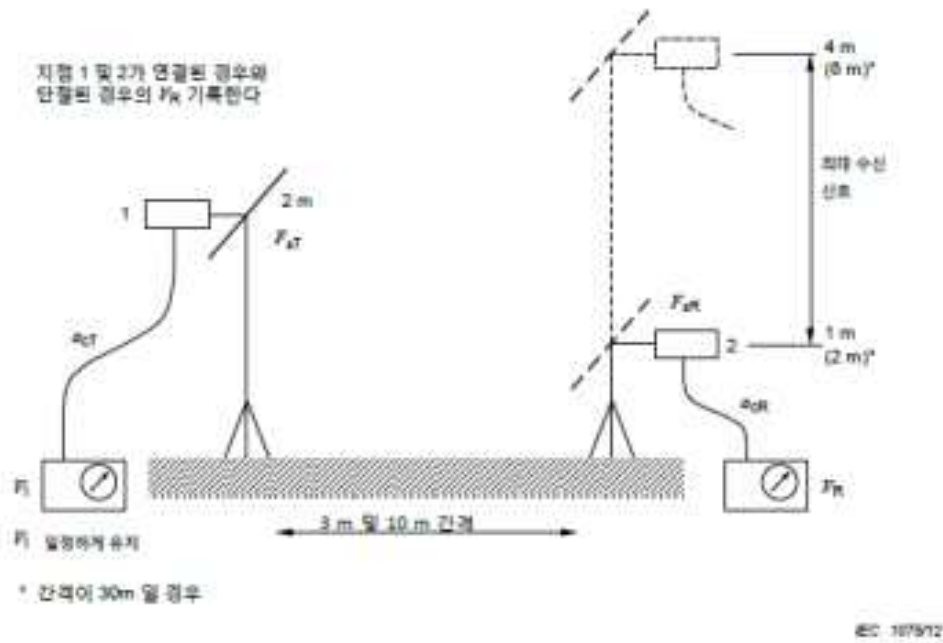
편파 d h_1 h_2	수평 3 m ^{주)} 2 m 1 m ~ 4 m	수평 10 m 2 m 1 m ~ 4 m	수평 30 m 2 m 1 m ~ 4 m	수평 30 m 2 m 2 m ~ 6 m
f_M (MHz)	A_N (dB(m ²))			
30	11.0	24.1	41.7	<u>38.4</u>
35	8.8	21.6	39.1	<u>35.8</u>
40	7.0	19.4	36.8	<u>33.5</u>
45	5.5	17.5	34.7	<u>31.5</u>
50	4.2	15.9	32.9	<u>29.7</u>
60	2.2	13.1	29.8	<u>26.7</u>
70	0.6	10.9	27.2	<u>24.1</u>
80	- 0.7	9.2	24.9	<u>21.9</u>
90	- 1.8	7.8	23.0	<u>20.1</u>
100	- 2.8	6.7	21.2	<u>18.4</u>
120	- 4.4	5.0	18.2	<u>15.7</u>
140	- 5.8	3.5	15.8	<u>13.6</u>
160	- 6.7	2.3	13.8	<u>11.9</u>
180	- 7.2	1.2	12.0	<u>10.6</u>
200	- 8.4	0.3	10.6	<u>9.7</u>
250	- 10.6	- 1.7	7.8	<u>7.7</u>
300	- 12.3	- 3.3	6.1	<u>6.1</u>
400	- 14.9	- 5.8	3.5	<u>3.5</u>
500	- 16.7	- 7.6	1.6	<u>1.6</u>
600	- 18.3	- 9.3	0	<u>0</u>
700	- 19.7	- 10.6	- 1.4	<u>- 1.3</u>
800	- 20.8	- 11.8	- 2.5	<u>- 2.4</u>
900	- 21.8	- 12.9	- 3.5	<u>- 3.5</u>
1 000	- 22.7	- 13.8	- 4.5	<u>- 4.4</u>
d 접지면 상의 송신 및 수신 안테나 간 수평 간격 h_1 접지면 위 송신 안테나의 중심 높이 h_2 접지면 위 수신 안테나의 중심 높이의 범위(단위: m). 이 높이 스캔 범위에서 최대 수신신호를 NSA 결과에 사용한다. f_M 주파수 A_N NSA 주) 3 m 이격된 수평 편파 동조 반파장 다이폴 안테나에 대한 상호 임피던스 보정계수(표 11 참조)를 식 (26)에 사용하여야 한다.				

표 9. 이론적 정규화 시험장 감쇠량, A_N
(수직 편파, 동조 반파장 다이폴 안테나에 대한 권장 배치에서)

f_M MHz	$d = 3 \text{ m}$ ^{주)} $h_1 = 2.75 \text{ m}$		$d = 10 \text{ m}$ $h_1 = 2.75 \text{ m}$		$d = 30 \text{ m}$ $h_1 = 2.75 \text{ m}$	
	h_2 m	A_N dB(m ²)	h_2 m	A_N dB(m ²)	h_2 m	A_N dB(m ²)
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
주) 3 m 이격된 수평 편파 동조 반파장 다이폴 안테나에 대한 상호 임피던스 보정계수(표 11 참조)를 식 (26)에 사용해야 한다.						

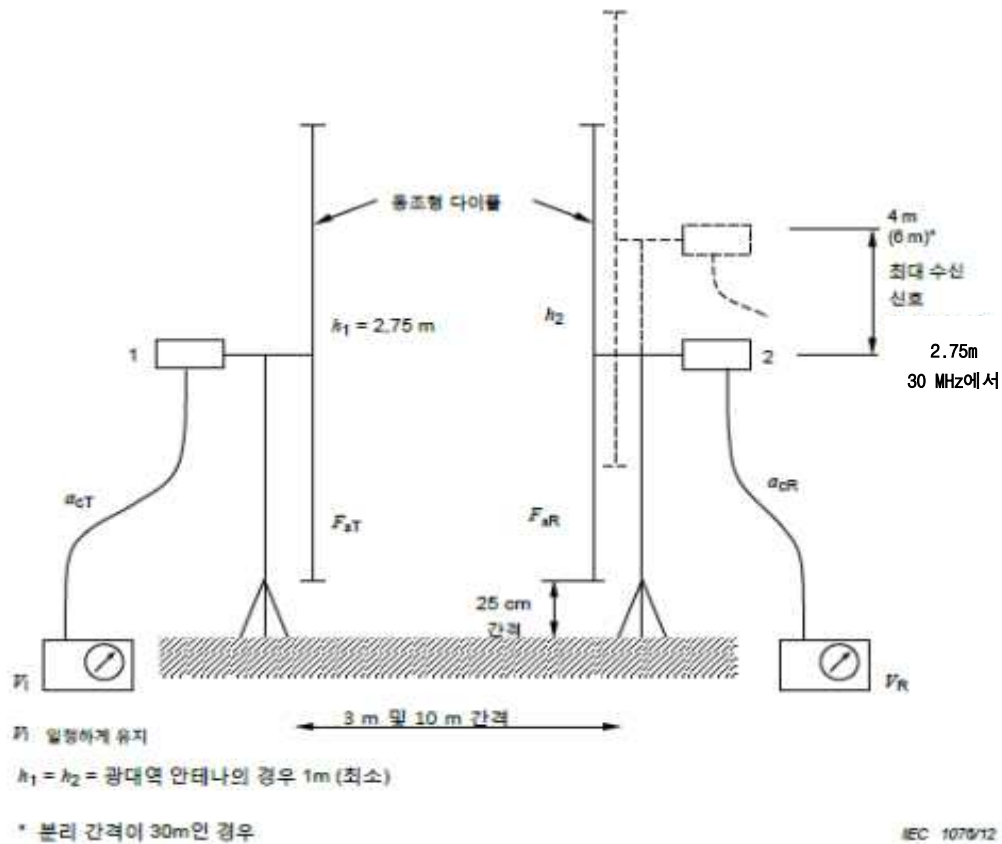
표 10. 이론적 정규화 시험장 감쇠량^{주)}, A_N
(광대역 안테나에 대한 권장 배치에서)

편파	수평						수직					
d (m)	3	<u>3</u>	10	<u>10</u>	30	<u>30</u>	3	3	10	<u>10</u>	30	<u>30</u>
h_1 (m)	1	<u>2</u>	1	<u>2</u>	1	<u>2</u>	1	1.5	1	<u>1.5</u>	1	<u>1.5</u>
$h_{l, \min}$ (m)	1	<u>1</u>	1	<u>1</u>	1	<u>1</u>	1	1	1	<u>1</u>	1	<u>1</u>
$h_{l, \max}$ (m)	4	<u>4</u>	4	<u>4</u>	4	<u>4</u>	4	4	4	<u>4</u>	4	<u>4</u>
f_M (MHz)	A_N dB(m ²)											
30	15.8	<u>11.0</u>	29.8	<u>24.1</u>	47.8	<u>41.7</u>	8.2	9.3	16.7	<u>16.9</u>	26.0	<u>26.0</u>
35	13.4	<u>8.8</u>	27.1	<u>21.6</u>	45.1	<u>39.1</u>	6.9	8.0	15.4	<u>15.6</u>	24.7	<u>24.7</u>
40	11.3	<u>7.0</u>	24.9	<u>19.4</u>	42.8	<u>36.8</u>	5.8	7.0	14.2	<u>14.4</u>	23.5	<u>23.5</u>
45	9.4	<u>5.5</u>	22.9	<u>17.5</u>	40.8	<u>34.7</u>	4.9	6.1	13.2	<u>13.4</u>	22.5	<u>22.5</u>
50	7.8	<u>4.2</u>	21.1	<u>15.9</u>	38.9	<u>32.9</u>	4.0	5.4	12.3	<u>12.5</u>	21.6	<u>21.6</u>
60	5.0	<u>2.2</u>	18.0	<u>13.1</u>	35.8	<u>29.8</u>	2.6	4.1	10.7	<u>11.0</u>	20	<u>20</u>
70	2.8	<u>0.6</u>	15.5	<u>10.9</u>	33.1	<u>27.2</u>	1.5	3.2	9.4	<u>9.7</u>	18.7	<u>18.7</u>
80	0.9	<u>-0.7</u>	13.3	<u>9.2</u>	30.8	<u>24.9</u>	0.6	2.6	8.3	<u>8.6</u>	17.5	<u>17.5</u>
90	-0.7	<u>-1.8</u>	11.4	<u>7.8</u>	28.8	<u>23.0</u>	-0.1	2.1	7.3	<u>7.6</u>	16.5	<u>16.5</u>
100	-2.0	<u>-2.8</u>	9.7	<u>6.7</u>	27	<u>21.2</u>	-0.7	1.9	6.4	<u>6.8</u>	15.6	<u>15.6</u>
120	-4.2	<u>-4.4</u>	7.0	<u>5.0</u>	23.9	<u>18.2</u>	-1.5	1.3	4.9	<u>5.4</u>	14.0	<u>14.0</u>
140	-6.0	<u>-5.8</u>	4.8	<u>3.5</u>	21.2	<u>15.8</u>	-1.8	-1.5	3.7	<u>4.3</u>	12.7	<u>12.7</u>
160	-7.4	<u>-6.7</u>	3.1	<u>2.3</u>	19	<u>13.8</u>	-1.7	-3.7	2.6	<u>3.4</u>	11.5	<u>11.6</u>
180	-8.6	<u>-7.2</u>	1.7	<u>1.2</u>	17	<u>12.0</u>	-1.3	-5.3	1.8	<u>2.7</u>	10.5	<u>10.6</u>
200	-9.6	<u>-8.4</u>	0.6	<u>0.3</u>	15.3	<u>10.6</u>	-3.6	-6.7	1.0	<u>2.1</u>	9.6	<u>9.7</u>
250	-11.7	<u>-10.6</u>	-1.6	<u>-1.7</u>	11.6	<u>7.8</u>	-7.7	-9.1	-0.5	<u>0.3</u>	7.7	<u>7.9</u>
300	-12.8	<u>-12.3</u>	-3.3	<u>-3.3</u>	8.8	<u>6.1</u>	-10.5	-10.9	-1.5	<u>-1.9</u>	6.2	<u>6.5</u>
400	-14.8	<u>-14.9</u>	-5.9	<u>-5.8</u>	4.6	<u>3.5</u>	-14.0	-12.6	-4.1	<u>-5.0</u>	3.9	<u>4.3</u>
500	-17.3	<u>-16.7</u>	-7.9	<u>-7.6</u>	1.8	<u>1.6</u>	-16.4	-15.1	-6.7	<u>-7.2</u>	2.1	<u>2.8</u>
600	-19.1	<u>-18.3</u>	-9.5	<u>-9.3</u>	0.0	<u>0.0</u>	-16.3	-16.9	-8.7	<u>-9.0</u>	0.8	<u>1.8</u>
700	-20.6	<u>-19.7</u>	-10.8	<u>-10.6</u>	-1.3	<u>-1.4</u>	-18.4	-18.4	-10.2	<u>-10.4</u>	-0.3	<u>-0.9</u>
800	-21.3	<u>-20.8</u>	-12.0	<u>-11.8</u>	-2.5	<u>-2.5</u>	-20.0	-19.3	-11.5	<u>-11.6</u>	-1.1	<u>-2.3</u>
900	-22.5	<u>-21.8</u>	-12.8	<u>-12.9</u>	-3.5	<u>-3.5</u>	-21.3	-20.4	-12.6	<u>-12.7</u>	-1.7	<u>-3.4</u>
1 000	-23.5	<u>-22.7</u>	-13.8	<u>-13.8</u>	-4.4	<u>-4.5</u>	-22.4	-21.4	-13.6	<u>-13.6</u>	-3.5	<u>-4.3</u>
주) 이 테이터는 수직 편파에서 안테나의 중심이 접지면에서 1 m 위에 있을 때, 접지면과의 간격이 최소 25 cm인 안테나에 적용된다. 다른 값들은 선형 보간법을 이용하여 구할 수 있다.												



a_{aR}	수신 안테나 케이블 손실
a_{cT}	송신 안테나 케이블 손실
F_{aR}	수신 안테나 인자
F_{aT}	송신 안테나 인자
V_i	신호 전압
V_R	수신 전압

그림 29. 수평 편파의 시험장 감쇠량을 측정하기 위한 장비 구성



a_{cR}	수신 안테나 케이블 손실
a_{cT}	송신 안테나 케이블 손실
F_{aR}	수신 안테나 인자
F_{aT}	송신 안테나 인자
h_1, h_2	표 9 참조
V_i	신호 전압
V_R	수신 전압

그림 30. 동조 다이폴을 이용한 수직 편파의 시험장 감쇠량을 측정하기 위한 장비 구성

두개의 동축 케이블을 두 안테나와 연결하지 않고 어댑터를 통해 서로 연결한 채로 첫 번째 V_R (V_{DIRECT}) 값을 측정한다. 두 번째 V_R (V_{SITE}) 값은 동축 케이블을 각각의 안테나에 다시 연결한 후, 수신 안테나가 높이 범위(3 m와 10 m 이격거리에서 1 m ~ 4 m, 30 m 이격거리에서 1 m ~ 4 m나 2 m ~ 6 m)에서 스캔할 때 최대 신호를 측정한다. 두 측정 모두에서 신호 전압 V_i 를 일정하게 유지한다. NSA(A_N)와 더불어 측정 결과는 식 (26)을 이용하여 SA 편차 결과를 구한다. 모든 항의 단위는 dB이다.

$$\Delta A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - F_{aT} - F_{aR} - A_N - \Delta A_{\text{TOT}} \quad (26)$$

여기서,

ΔA_s	SA 편차,
F_{aT}	송신 안테나 인자,

F_{aR}	수신 안테나 인자,
A_N	표 8, 9, 10에 의거한 NSA,
$4A_{TOT}$	상호 임피던스 보정 계수이다.

F_{aT} 및 F_{aR} 은 자유공간 안테나 인자로 교정해야한다; 5.4.5.4 참조.

첫 번째 두 항은 시험장 감쇠량의 실제 측정값을 나타낸다. 즉 전통적 관점에서 SA는 $V_{DIRECT} - V_{SITE}$ 와 동일하며, 이는 사용된 두 안테나의 특성을 포함하는 전파 경로의 삽입 손실이다.

동조 반파장 다이폴 안테나에 대한 상호 임피던스 보정계수 $4A_{TOT}$ 의 이론적인 값이 이격거리 3 m, 수평 및 수직 편파의 권장 시험장 배치에 대하여 표 11에 제시되어 있다. 10 m 또는 30 m와 같은 다른 측정 셋업이나 광대역 안테나를 사용하는 경우에는 상호 임피던스의 보정이 필요하지 않다.

표 11. 3 m 이격된 공진 동조 다이폴 안테나를 사용하는 NSA 시험에 대한 상호 임피던스 보정계수

f_M MHz	$4A_{TOT}$, 총 보정 계수 (dB)	
	수평 편파 $d = 3\text{ m}$ $h_1 = 2\text{ m}$ $h_2 = 1\text{ m} \sim 4\text{ m}$	수직 편파 $d = 3\text{ m}$ $h_1 = 2.75\text{ m}$ $h_2 = (\text{표 8 참조})$
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) 공진형 다이폴 안테나에 대한 값은 모멘트 법과 수치적 전자파 코드(NEC) 또는 MININEC 컴퓨터 시스템[3], [4], [9]을 이용하여 산출되었다.

주2) 이 보정 계수는 3 m 또는 4 m와 같은 접지면 위에서 측정된 안테나 인자를 완전히 설명하지 못한다. 그 이유는 이 안테나 인자들이 저주파수에서의 자유공간 안테나 인자와 다르기 때문이다. 그러나 이 값들은 시험장 부적합을 나타내기에 충분하다.

주3) 일부 반파장 다이폴 안테나나 비전형적인 발륜을 포함한 안테나는 5.4.5.4에 기술되어 있는 안테나와 다른 특성을 보일 수 있다는 점에 유의해야 한다.

사용된 각각의 방법에 대하여, 다음 주파수에서 검증 기준을 충족하여야한다.

- 동조 다이폴 안테나를 사용하는 경우, 표 8에 제시되어 있는 주파수
- 광대역 안테나를 사용하는 경우, 원하는 주파수 대역의 모든 주파수(소인 주파수 NSA 법, 5.4.5.2 참조)

측정기기나 케이블의 온도 변화로 인한 전압 변동이 없다는 것을 확인하려면, 적절한 시간이 경과한 후에 V_{DIRECT} 를 재측정하여 결과의 안정성을 확인한다.

표 10에는 접지면에 수평 및 수직인 바이코니컬 및 대수주기 다이폴 배열과 같은 광대역 안테나의 NSA 값이 제시되어 있다. 표 8에는 접지면에 수평인 동조 반파장 다이폴 안테나의 NSA 값이 제시되어 있다. 표 9에는 접지면에 수직인 동조 반파장 다이폴 안테나의 NSA 값이 제시되어 있다. 표 9에는 수신 다이폴 안테나의 최하단을 접지면에서 25 cm 이상으로 유지하기 위해 스캔 높이 h_2 에 대한 제한이 있음에 유의해야 한다.

주4) 표 8, 9, 10이 서로 다른 이유는 광대역 안테나와 동조 반파장 다이폴 안테나에 대하여 서로 다른 기하학적 인자가 선정되었기 때문이며, 이는 주로 후자에 필요한 공간상 제약에 원인이 있다.

NSA 측정에는 정확한 안테나 인자가 필요하다. 선형적으로 편파된 안테나가 요구된다. 제조업체의 안테나 인자는 다른 특징들 중에서도 발룬으로 인한 손실을 고려할 수 있다. 별개의 발룬이나 완전하게 결합된 케이블을 사용하는 경우, 그 영향이 반드시 고려되어야 한다. 동조 반파장 다이폴 안테나에 사용하는 식은 5.4.5.4에 제시되어 있다.

$4A_s$ 가 ± 4 dB 이상인 경우, 다음 사항을 재점검해야한다.

- a) 측정 절차
- b) 안테나 인자의 정확도
- c) 신호원의 변동 또는 수신기나 스펙트럼 분석기 입력 감쇠기의 정확도
- d) 측정기의 판독값

만약 a), b), c), d)에서 어떤 오류도 발견되지 않는다면 그때는 시험장에 결함이 있다고 간주하고 시험장 변화성에 대해 가능한 원인을 자세히 조사해야 한다. 부록 F에는 NSA 측정에서 나타날 수 있는 오류가 기술되어 있다.

수직 편파가 일반적으로 더 엄격한 측정 조건을 가지고 있기 때문에, 일반적으로 수평 편파 NSA 결과보다 민감하게 측정을 하여 시험장 결함을 조사해야 한다. 조사해야 할 주요 항목은 다음과 같다.

- 1) 접지면의 크기 및 구조 부적합성
- 2) 불필요한 반사를 일으킬 수 있는 시험장 주변의 물체
- 3) 전천후 덮개로부터의 반사

- 4) 턴테이블 표면이 도전성이며 시험장 접지면과 동일한 높이에 있는 구성의 경우, 턴테이블 원주 상의 접지면 불연속성
- 5) 접지면을 덮고 있는 절연체의 두께
- 6) 접지면의 개구부 (예: 지하 제어실로 연결되는 계단)

5.4.4 OATS 및 SAC에 대한 기준시험방법

5.4.4.1 일반사항

RSM은 광대역 안테나를 사용하여 시험장의 적합성을 검증하는 또 다른 방법이다. NSA 법에서와 같이 V_{DIRECT} 및 V_{SITE} 의 평가가 요구된다. NSA 법에 대하여 규정된 것과 동일한 기하학적 배치와 편파를 사용하여 이러한 결과를 구한다. 전천후 기능을 갖춘 OATS 또는 SAC의 경우에 구성은 다음과 같다.

- 3 m 또는 10 m 시험 거리

주1) RSM을 30 m 시험장에 적용할 수 있다 할지라도 적절한 기준시험장의 수가 제한적이기 때문에 비현실적이다.

- 수평 편파에 대하여 1 m와 2 m, 수직 편파에 대하여 1 m와 1.5 m의 송신 안테나 높이
- 1 m ~ 4 m의 수신 안테나 높이 스캔 범위

RSM과 NSA법 사이의 주요 차이점은 다음 식을 사용하는 SA 편차 계산에 있다.

$$\Delta A_s = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - A_{\text{APR}} \quad (27)$$

송신 및 수신 안테나 인자와 산출된 NSA(A_N)값을 사용하기보다 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량(A_{APR})에 대한 측정 결과를 사용한다.

주2) A_{APR} 은 안테나 인자를 포함하지 않지만 각 안테나의 접지에 대한 결합 효과를 포함하여 안테나 간의 결합으로 구성되어 있다. 아울러 안테나의 방사 패턴이 포함되어 있으며, 방사 패턴이 헤르츠 다이폴 안테나에 가까운 NSA법과는 차이가 있다.

전천후 기능을 갖춘 OATS 및 SAC의 경우, 두 편파에 대한 두 안테나 높이의 4가지 데이터 집합이 필요하다. 각각의 추가 거리, 편파 및 안테나 높이에 대하여, 표 12의 예제에 나와 있는 바와 같이 서로 다른 A_{APR} 이 필요하다.

표 12. A_{APR} 데이터 집합에 대한 예제

주파수 MHz	안테나 쌍 기준시험장 감쇠량, A_{APR} dB			
	수평		수직	
	$h_t = 1 \text{ m}$	$h_t = 2 \text{ m}$	$h_t = 1 \text{ m}$	$h_t = 1.5 \text{ m}$
30
31
32
...

네트워크 분석기나 스텝 주파수 수신기를 사용하여 RSM 측정을 하는 경우, 표 13의 주파수 스텝을 사용하여야 한다.

주3) RSM은 소인 주파수 법이다. 표 13에는 최대 스텝 크기가 규정되어 있다.

주4) RSM 측정에 연속 동조 수신기나 스펙트럼 분석기를 사용하는 경우, 표 13의 주파수 스텝 크기에 대한 정의를 적용하지 않는다.

표 13. RSM 주파수 스텝

주파수 범위 (MHz)	최대 주파수 스텝 크기 (MHz)
30 ~ 100	1
100 ~ 500	5
500 ~ 1 000	10

RSM 측정을 위한 주파수는 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 교정 주파수와 동일하여야 한다.

표 13에 제시되어 있는 주파수에서 ΔA_s 평가기준(식 (27) 참조)을 충족하여야 한다.

5.4.4.2 RSM 측정에 허용되지 않는 안테나

이 시험방법의 목적에 따라 하이브리드 안테나는 RSM 시험장 유효성 확인 측정에 사용할 수 없다.

주1) 바이코니컬 및 하이브리드 안테나를 이용하여 특정 SAC 시험장을 검증하는 경우, 결과에서 큰 편차가 확인되었다. 편차의 주된 이유는 바이코니컬 안테나의 경우 10 m 그리고 일반적인 하이브리드 안테나의 경우 약 11.2 m 등과 같이, 안테나 위상 중심 간의 거리가 서로 다르기 때문이다. 그러한 재현성 문제를 방지하려면 하이브리드 안테나를 사용하지 않아야 한다.

주2) 하이브리드 안테나는 특히 3 m 시험장의 경우 두 하이브리드 안테나를 합친 전체 길이가 약 3 m에 달할 수 있는 등 크고 부피가 큰 안테나의 위치 선정 불확도가 크기 때문에 일반적으로 시험장 유효성 확인에 쓰이지 않는다.

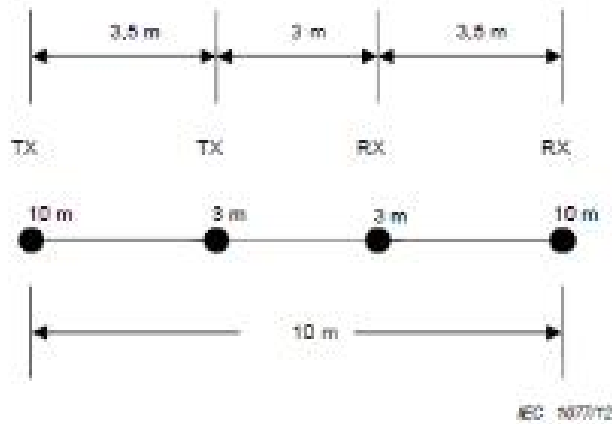
주3) ΔA_s 가 작은 경우 표준 안테나(바이코니컬 또는 LPDA)를 이용하면 일반적으로 더 좋은 SAC 성능을 얻을 수 있다. 시험장 적합성을 달성하기 위해 하이브리드 안테나를 이용하여 SAC 설계 인자를 조정하는 것은 엄격하게 지양하여야 한다. 표준이 요구하는 성능 이상의 SAC를 구입하려면, 예를 들어 $\Delta A_s = 3.5$ dB를 충족할 것을 제조업체에 요구해야 한다.

5.4.4.3 기준시험장에서 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량의 측정

A_{APR} 을 측정하는 한 가지 방법은 KN 16-1-5에 기술된 절차에 의거하여 성능이 규정된 기준시험장(REFTS)을 사용하는 것이다. 두 번째 방법은 5.4.4.4에 제시되어 있다.

시험 거리가 10 m인 경우, KN 16-1-5 절차에 따른 REFTS 검증에 쓰인 것과 마찬가지로 REFTS 상의 동일한 위치를 사용하여 A_{APR} 을 측정해야 한다.

시험 거리가 3 m인 경우, KN 16-1-5 절차에 따른 REFTS 검증에 쓰인 것과 마찬가지로 송신 및 수신 지점 사이에 그어진 축 상에서 측정을 실시하여야 한다(그림 31 참조).



TX = 송신 안테나

RX = 수신 안테나

그림 31. 3 m 시험 거리에 대한 측정점 위치

다음 절차를 사용하여 A_{APR} 을 측정하여야 한다.

- V_{DIRECT} 를 측정한다.
- 1 m 높이에 수평 편파의 송신 안테나를 위치시킨다.
- d만큼 이격시켜 동일한 편파의 수신 안테나를 위치시킨다.
- 수신 안테나를 1 m ~ 4 m 높이에서 스캔하는 동안 V_{SITE} 를 측정한다.
- 다음과 같이 A_{APR} 을 계산한다.

$$A_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE} \quad (28)$$

- 송신 안테나 높이 2 m의 수평 편파에 대하여, 그 다음에 1 m, 1.5 m 송신 높이의 수직 편파에 대하여 단계 b) ~ e)를 반복한다.

5.4.4.4 대규모 OATS에서 평균법을 이용한 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량의 측정

A_{APR} 을 측정하는 또 다른 방법은 대규모 야외시험장에서 측정을 실시하는 것이다(대규모의 기준에 대해서는 다음 단락 참조). 이상적인 동작상황에서 시험장 감쇠량의 편차는 한정된 영역과 접지면의 편평도, 건물 및 나무와 같은 주변의 물체로 인한 반사에 의해 유발된다. 또한 접지면 모서리의 반사는 주로 수직 편파 측정에 대하여 측정된 시험장 감쇠량에 정현파 리플을 유발할 수 있다. 접지면 위의 안테나 위치를 바꾸면, 리플의 크기와 위상도 변하게 된다.

이러한 영향을 최소화하기 위하여, 여러 안테나 쌍 위치에서 시험장 감쇠량을 측정하고 평균값을 산출한다. 이 평균값은 이상적인 시험장의 시험장 감쇠량으로 수렴될 것이다.

주1) 유사한 기법이 참조문헌 [28]에 제시되어 있다.

야외시험장은 다음 요구사항을 충족하여야 한다.

- 30 m x 20 m의 최소 접지면 크기
- ± 10 mm 미만의 편평도 편차
- 금속 접지면 상에 보호 층(절연체)이 없을 것.

다음 절차를 사용하여 A_{APR} 을 측정하여야 한다.

a) 그림 32의 구성에 따라, 야외시험장 위의 시험 지점 쌍을 확인한다. 각 안테나에 대한 모든 9개 지점을 접지면에 위치시켜야 한다. OATS에 전천후성 덮개가 있는 경우, 시험 지점과 덮개 간의 최소 거리는 3 m 이상이어야 한다. 덮개 안쪽에 측정 위치를 배치해서는 안된다.

주2) 접지면의 (직선) 모서리에 관하여 일부 0이 아닌 각도에, 마찬가지로 접합 선에 관하여 일부 0이 아닌 각도에 국부 그리드(좌표계)를 위치시키는 것이 바람직하다. 그러한 배치의 예가 그림 33에 제시되어 있다.

다음 조건 하에서, 9개미만의 시험 지점(18개 지점)의 사용이 허용된다.

1) 과거에 적합성이 검증된 경우

지난 24개월 내에 각각의 주파수 하위 범위에 대하여 최소 한 쌍의 안테나가 표준 편차 $s \leq 0.3$ dB인 기준[식 (30) 참조]에 대한 적합성이 검증된 경우, 다음의 최소 안테나 쌍 시험 지점 수를 사용할 수 있다.

- 수평 편파에서, 바이코니컬 안테나의 경우 1개 지점 (중앙)
- 수직 편파에서, 바이코니컬 안테나의 경우 3개 지점 (중앙과 2개의 다른 지점)
- 수직 및 수평 편파에서, 대수주기 안테나의 경우 1개 지점 (중앙)

2) 더 적은 지점으로 적합성을 만족할 경우

- 9개미만의 지점에서 적합성 기준을 충족하는 경우, 그 수만큼의 지점을 사용할 수 있다.

주3) 가장 정확한 A_{APR} 을 측정하려면, 9개 안테나 쌍 지점을 모두 사용하는 것이 바람직하다.

b) 선정된 시험 지점에 1 ~ N(N은 9 이하)의 번호를 부여한다.

c) 지점 1에 안테나를 위치시킨다.

d) 표 13에 기재되어 있는 모든 주파수에서 모든 요구 높이 및 편파에 대하여 $A_{APR,i}$ 을 측정한다.

e) 모든 다른 위치에 대하여 단계 d)를 반복한다.

f) dB 단위의 측정된 $A_{APR,i}$ 의 평균을 산출한다.

$$A_{APR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_{APR,i} \quad (29)$$

g) dB 단위의 A_{APR} 의 표준 편차를 산출한다.

$$s(A_{APR}) = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (A_{APR,i} - A_{APR})^2} \quad (30)$$

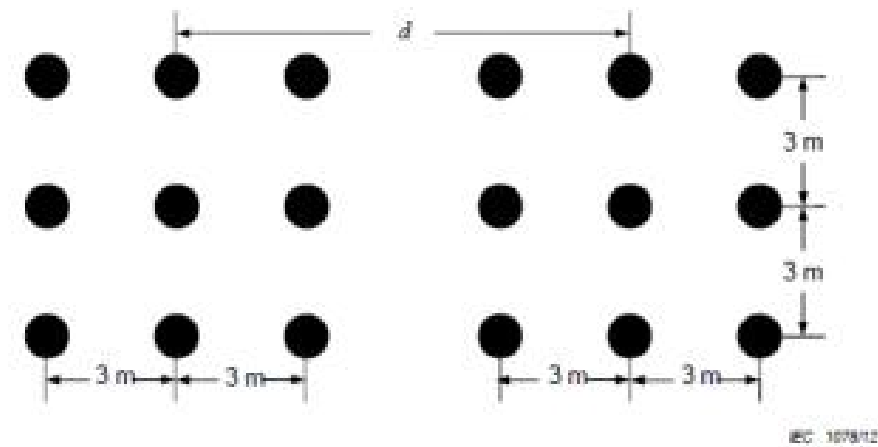
측정된 모든 주파수에서 $s \leq 0.6$ dB일 경우, 교정된 A_{APR} 값은 후속의 COMTS 검증에 사용할 수 있는 것으로 간주된다.

$N \geq 2$ 일 경우, 식 (30)을 사용하여 불확도 산출에 필요한 $s(A_{APR})$ 의 정확도를 산출해야 한다. $N = 1$ 일 경우에는, $s = 0.6$ dB로 가정해야 한다.

모든 선정된 지점에 대한 데이터의 공통 오프셋(계통 효과)이 유발되지 않도록 각별한 주의를 기울여야 한다. 그러한 효과는 안테나 마스트(Mast)의 영향으로 발생할 수 있다. 일부 안테나 마스트의 경우, 모터 상자의 금속 커버와 안테나 간에 현저한 결합이 발생할 수 있다.

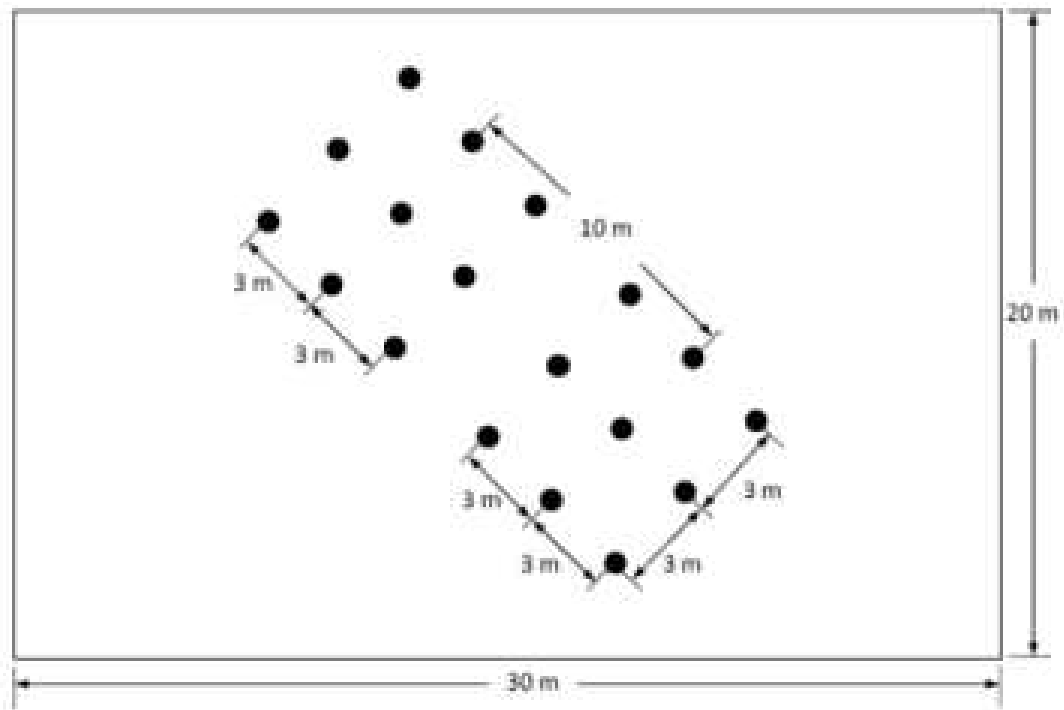
안테나와 모터 커버 간의 거리 d_{Ant} (그림 34 참조)를 변경하고, 이러한 새로운 구성으로 A_{APR} 측정을 반복하여 이 영향의 규모를 조사해야 하며, 이 영향을 불확도 산출에 포함시켜야 한다.

안테나 케이블의 반사가 공통 오프셋의 또 다른 원인이 될 수 있다. 이 영향을 최소화하려면, 접지로 내리기 전에 케이블을 안테나 뒤로 최소 2 m 이상 수평으로 연장해야 한다. 케이블에 클램프온 페라이트를 사용하여 표면 전류를 줄여야 한다. 이 영향도 불확도 산출에 포함시켜야 한다.



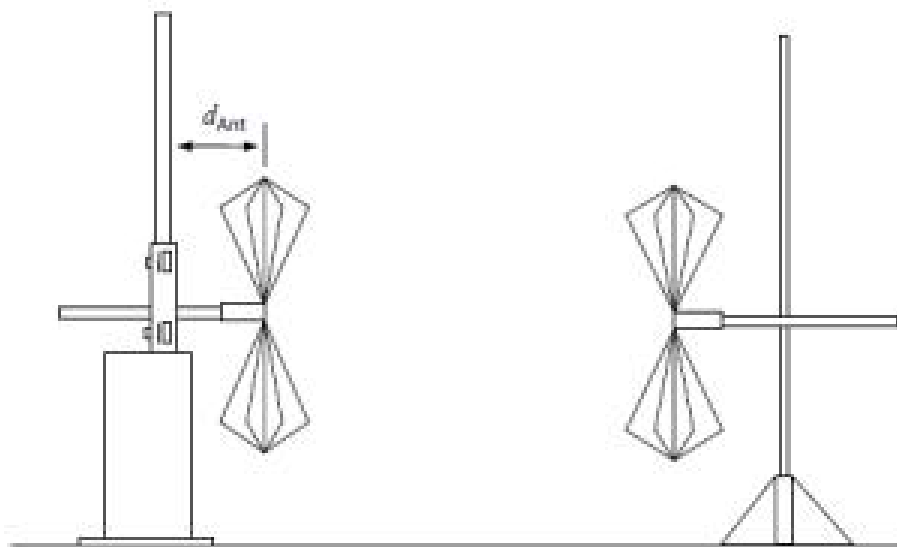
d 는 두 안테나 기준점의 투영 간의 거리.

그림 32. 모든 시험 거리에 대하여 쌍을 이룬 시험 지점의 위치



IEC 108912

그림 33. 10 m의 시험 거리에 대하여 쌍을 이룬 시험 지점 선정의 예



IEC 108912

그림 34. 안테나 기둥이 A_{APR}에 미치는 영향 조사에 대한 도해

5.4.5 NSA법을 이용한 야외시험장의 검증

5.4.5.1 구분된 주파수 측정법

5.4.5.1.1 측정 셋업

특정 시험 셋업의 세부사항은 5.4.3의 그림 29 및 30을 참조한다. 신호 발생기는 적절한 길이의 전송선으로 송신 안테나에 연결한다. 원하는 위치에 송신 안테나를 위치시킨다. 송신 안테나 높이를 h_1 (h_1 의 값은 표 8, 9, 10 참조)으로 정하고 원하는 편파를 선택한다. 동조 다이폴 안테나를 사용하는 경우, 길이를 요구 주파수에 맞게 조정한다. 광대역 안테나의 경우, 안테나 높이는 $h_1 = h_{2,\min} = 1$ m여야 한다.

수신 안테나는 높이 영역이 $h_{2,\min} \sim h_{2,\max}$ 에 걸쳐 스캔을 가능하게 하는 마스트에 설치하며, 송신 안테나에서 거리 d 를 두고, 적절한 길이의 케이블을 이용하여 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기에 연결한다. 송신 안테나의 경우와 동일한 편파를 선택한다. 동조 다이폴 안테나를 사용하는 경우, 안테나를 요구 주파수에 맞게 조정한다. 수직 방향 동조 다이폴에 대하여 25 cm 접지 이격거리를 유지한다(표 9 참조).

동조 다이폴 안테나를 사용하는 모든 NSA 측정에 있어서, 30 MHz ~ 80 MHz 범위의 각 주파수에 이 안테나를 동조시켜야 한다.

5.4.5.1.2 측정 절차

표 8, 9, 10에 명시되어 있는 각 주파수에 대하여 다음 단계를 밟아야 한다. 송신안테나 높이를 h_1 에 맞춘 상태에서 수평으로 정렬된 안테나에 대해 먼저 측정하고, 그 다음 수직으로 정렬된 안테나에 대한 측정을 실시한다.

- 1) 환경잡음 및 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 잡음보다 훨씬 높은 수신 전압이 나타나도록 신호 발생기의 출력 수준을 조정한다.
- 2) 적절하게 표 8, 9, 10에 명시된 h_2 스캔 범위까지 마스트의 수신 안테나를 올린다.
- 3) 최대 신호레벨을 기록한다. 이 값은 식 (26)의 V_{SITE} 이다(5.4.3 참조).
- 4) 안테나에서 송신 및 수신 케이블을 분리한다. 직결 어댑터를 이용하여 이 케이블을 서로 직접 연결한다.
- 5) 송신 및 수신 케이블이 연결된 상태의 신호레벨을 기록한다. 이 값은 식 (26)에 대한 V_{DIRECT} 이다.
- 6) 각 주파수와 각 편파에 대하여 단계 3)과 5)의 값을 식 (26)에 대입한다.
- 7) 측정 주파수에서의 송신 및 수신 안테나 인자를 식 (26)에 대입한다.
- 8) 3 m 이격거리의 동조 다이폴 안테나를 사용하여 특정 기하학적 배열의 수직 및 수평 편파에만 적용되는, 표 11의 상호 임피던스 보정인자인 ΔA_{TOT} 를 대입한다. 모든 나머지 기하학적 배열의 경우, $\Delta A_{\text{TOT}} = 0$ 이다.
- 9) 사용된 측정 주파수와 편파에 대한 NSA인 A_N 에 대하여 식 (38)을 푼다.
- 10) 적절하게 표 8, 9, 10에 수록되어 있는 해당 NSA에서 단계 9)의 값을 빼서 ΔA_S 를 구

한다.

11) 단계 10)의 ΔA_S 결과가 ± 4 dB 미만일 경우, 시험장은 그 주파수와 편파에서 적합한 것으로 간주된다.

12) 다음 주파수 및 편파 조합에 대하여 단계 1) ~ 11)을 반복한다.

주) 이산 및 소인 주파수 NSA 측정 방법 모두의 경우, 신호원의 출력에서나 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 입력에서의 임피던스 부정합은 반사에 기인할 수 있으며 이는 오류를 유발할 수 있다. 각각의 송신 및 수신 안테나 케이블 출력단에 각각 10 dB의 부가 감쇠기를 사용하여 이를 방지해야 한다. 이 감쇠기는 NSA 측정 과정 내내 케이블에 연결되어 있어야 한다.

5.4.5.2 소인 주파수 측정법

5.4.5.2.1 측정 셋업

측정 셋업은 광대역 안테나를 사용하는 것만을 제외하고, 5.4.5.1의 배치와 유사하다. 광대역 안테나는 물리적으로 크기가 작기 때문에 수직 편파 안테나의 높이 스캔에 제한이 없다. 안테나 높이는 $h_1 = h_{\min} = 1$ m이어야 한다.

5.4.5.2.2 측정 절차

피크 홀드('최대값 홀드'), 저장 기능 및 트래킹 발생기가 있는 자동측정기를 이용하여 다음 단계를 거쳐야 한다. 이 방법에서 수신 안테나 높이 h_2 와 주파수는 요구된 높이와 주파수 범위에 대하여 스캔하거나 소인시킨다. 주파수 범위는 일반적으로 사용된 광대역 안테나의 유형에 따라 결정된다. 주파수 소인 속도는 안테나 높이 스캔 속도보다 훨씬 더 빨라야 한다. 송신 안테나 높이를 h_2 로 설정한다.

- 1) 환경잡음 및 스캐닝 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 잡음보다 훨씬 높은 수신 전압이 나타나도록 트래킹 발생기의 출력 레벨을 조정한다.
- 2) 표 10에 명시된 최대 높이의 스캔 범위까지 마스트의 수신 안테나를 올린다.
- 3) 원하는 주파수 범위를 소인하도록 스펙트럼 분석기를 설정한다. 최대 60 dB 이상의 유사한 신호가 동일한 진폭 스케일 상에 표시되도록 스펙트럼 분석기를 조정해야 한다. 이는 단계 5)에서 기록될 레벨을 수용하게 할 것이다.
- 4) 해당 시험장 기하학적 배열에 대하여 표 10에 규정된 바와 같이 스캔 범위의 최저 높이로 수신 안테나를 서서히 내린다. dB(μ V)단위의 최대 수신전압 V_{SITE} 를 저장하거나 기록한다. (안테나를 내리는 소요 시간은 주파수 소인 시간보다 훨씬 더 길어야 한다.)
- 5) 송신 및 수신 케이블을 분리하고 직결 어댑터를 이용하여 이 케이블을 서로 직접 연결한다. 그 결과에 따른 dB(μ V) 단위의 전압 V_{DIRECT} 를 저장하거나 기록한다.
- 6) 각 주파수에서, 단계 5)에서 측정된 전압에서 단계 4)에서 측정된 전압을 뺀다. 또한, 각각 dB(m^{-1}) 단위의 F_{aT} 와 dB(m^{-1}) 단위의 F_{aR} 인 송신 및 수신 안테나의 안테나 인자를 뺀다(일련의 이산 안테나 인자 값에 간단한 선형 커브 피팅법을 사용하면 주파수의 연속 함수로 안테나 인자를 구할 수 있다). 그 결과는 사용된 주파수 범위에 대하여 측정된 A_N 이며, 이는 도표에 표시되어야 한다. 또한 표 10에 나타난 이상적인 시험장에 대한 이론적인 NSA도 도표에 표시한다.
- 7) 확인된 차이 ΔA_S 가 ± 4 dB 기준 이내에 들어야 한다.

주) NSA 측정 방법의 경우, 신호원의 출력에서나 측정 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 입력에서의 임피던스 부정합은 반사에 기인할 수 있으며 이는 오류를 유발할 수 있다. 각각의 송신 및 수신 안테나 케이블 출력단에 각각 10 dB의 부가 감쇠기를 사용하여 이를 방지해야 한다. 이 감쇠기는 NSA 측정 과정 내내 케이블에 연결되어 있어야 한다.

5.4.5.3 시험장 적합성 허용기준을 초과하게 하는 가능 요인

식 (26)(또는 RSM을 사용하는 경우 식 (27))을 사용하는 편차 ΔA_s 가 ± 4 dB 기준을 초과하는 경우, 다음과 같이 조사한다.

먼저 측정시스템 교정을 점검한다. 신호발생기와 측정기기가 측정 중에 변하지(drift) 않는 경우, 가장 의심스러운 것은 안테나 인자다. 안테나가 불량일 수도 있다. 이 모든 것들에 문제가 없을 경우, 측정을 반복한다. 편차가 여전히 ± 4 dB 이상인 경우, 시험장 및 주변 지역을 의심한다. 수직 SA는 일반적으로 시험장 이상에 가장 민감하다. 만약 그렇다면, 그 측정을 문제 추적의 근거로 사용한다. 가능한 문제로는 부적절한 접지면 구조 및 크기, 너무 인접한 반사 물체 (담, 건물, 조명탑 등), 부적절한 구조 및 유지보수 기술로 인한 전천후 시설의 성능 저하, 공기 중의 도전성 오염 잔류물의 침투와 같은 장기적 영향 등이 있다.

5.4.5.4 안테나 교정

SA 측정에 사용되는 광대역 안테나의 안테나 인자는 국가 기준으로 소급되어야 한다. 제조업체의 안테나 인자는 측정된 NSA값과 계산된 값 사이에 잘 일치될 만큼 충분히 정확하지 않을 수 있다.

주1) 안테나 교정에 관한 별도의 새로운 표준(즉, CISPR 16-1-6 안)이 CISPR/A/WG1에서 개발 중에 있다.

안테나 인자는 일반적으로 발룬에 기인한 손실을 설명한다. 별도의 발룬을 사용하는 경우, 그 영향이 밝혀져야 한다. 경험에 따르면, 송신 안테나가 접지면에서 최소한 1 m 이상일 경우, 기하학적 배열 및 편파에 따른 안테나 인자의 변화는 일반적으로 1 GHz 미만의 EMC 측정에 보편적으로 쓰이는 광대역 안테나(예: 바이코니컬, 두꺼운 다이폴 및 대수주기)에 대하여 무시될 수 있다. 일반적이지 않은 안테나나 기하학적 측정 배열의 사용 때문에, 또는 상호 결합과 같은 영향이나 특히 3 m 측정 거리에서 수직편파 안테나에 대한 전송선로 산란 때문에, 안테나 인자 변화가 의심스럽다면 먼저 이 기하학적 배열을 이용하여 안테나 인자를 측정해야 한다.

일반적으로 SA는 50 Ω 시스템을 사용하여 측정한다. 다시 말해서, 신호발생기와 측정수신기의 임피던스는 50 Ω 이며, 송신 및 수신 안테나의 방사 임피던스는 발룬을 통해 평형을 이루고 정합되어야 한다.

또한 제조업체의 안테나 인자는 일반적으로 50 Ω 의 임피던스에 대하여 규정되어 있다. 즉 안테나의 방사 임피던스를 50 Ω 임피던스에 무손실로 정합시키기 위한 변환 계수이다. 적용 가능한 경우 사용된 발룬의 손실도 주어진 안테나 인자에 포함한다.

동조 반파장 다이폴 안테나를 사용하는 경우, 다음 식을 이용하여 자유공간 안테나 인자를 계산할 수 있다.

$$F_a = 20\lg\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) + 10\lg\left(\frac{73}{50}\right) = 20\lg(f) - 31.9 [dB(m^{-1})] \quad (31)$$

여기서, f 는 MHz 단위.

주2) 실제로, 안테나 인자는 다이폴과 접지 이미지의 상호 임피던스 때문에 접지면으로부터 다이폴 안테나까지의 높이에 영향을 받게 된다.

잘 설계된 동조 반파장 다이폴 안테나의 평균 발룬 손실은 약 0.5 dB이다. 따라서 식 (31)은 다음과 같이 된다.

$$F_a = 20\lg(f) - 31.4 [dB(m^{-1})] \quad (32)$$

이 발룬 손실은 송신 및 수신 다이폴 발룬 부분을 맞대도록 연결하여 이들의 합체를 설치하기 전에 측정되어야 한다. 두 발룬이 동등하다고 가정하면, 발룬 당 손실은 측정된 총 손실의 1/2이다.

산출된 F_a 값이 NSA 측정에 쓰인 특정 동조 다이폴 안테나에 대한 대표 값인지를 확인하는 것이 중요하다. 가장 간단한 확인 방법은 조립된 안테나와 공진되게 조정된 다이폴 소자를 이용하여 VSWR을 측정하는 것이다. 안테나를 접지로부터 최소 4 m 이상 최대한 높게 위치시켜 안테나 대 접지 결합을 최소화하고, 표 9에 제시된 측정을 이용하여 소자를 공진되도록 조정하여야 한다. 그 주파수 범위의 아래, 중간, 위쪽의 스폿 주파수에서 안테나의 VSWR을 확인하는 것으로 충분하다.

100 MHz 미만에서 발룬의 기능은 소자를 제거한 후 소자 장착 블록의 단자 간에 70 Ω 저항을 설치하여, 중단시킨 발룬의 VSWR을 측정하여 점검할 수도 있다. VSWR은 1.5 대 1 미만이어야 한다.

5.4.6 전천후 기능을 갖춘 OATS 또는 SAC의 검증

전천후 기능을 갖춘 OATS 또는 SAC의 경우, 단 하나의 시험장 감쇠량 측정만으로는 시설의 벽면 및 천장을 이루는 설치 자재/전자파 흡수체로 부터의 반사를 가려내기에는 불충분하다. 이러한 시험장의 경우 “시험 체적”은 피시험기기 또는 시험할 시스템을 마치 턴테이블처럼 그 중심 위치에서 360° 돌려 그려지는 최대 윤곽으로 규정되어 있다. 그림 35 및 36에 설명되어 있는 바와 같이, 수평 및 수직 편파의 평가에는 두 가지 편파(수평 및 수직)와 두 가지 높이(수평의 경우 1 m 및 2 m, 수직의 경우 1 m 및 1.5 m)에 대한 수평면의 5개 지점(중심과 중심에서 측정 안테나의 위치까지 그어진 직선에 관하여 측정되는 중앙, 좌, 우, 전면 및 후면)과 같이 최대 20개의 별도 SA 측정이 요구될 수 있다.

이 측정은 광대역 안테나를 이용하여 실시하며, 안테나의 중심에 대하여 거리를 측정한다. 송신 및 수신 안테나는 안테나 요소가 서로 평행하게, 그리고 측정 축에 대하여 직각으로 정렬되어야 한다.

수직 편파의 경우, 송신 안테나의 중심에서 벗어난 위치는 시험의 체적의 주변부에 있다. 더욱이, 안테나의 하단은 바닥에서 25 cm 이상이어야 하며, 그러기 위해서는 안테나의 중심이 최저 높이 측정에 대하여 1 m 보다 약간 더 높아야 할 수도 있다.

좌측 및 우측 지점에서 수평 편파를 측정하는 경우, 벽면 및 피시험기기 주변부의 설치 자재/흡수체 간의 거리가 1 m 미만이라면 안테나의 제일 끝단이 주변부에 위치하거나 주변부로부터 시험 체적 직경의 10 % 이상 떨어지지 않도록 안테나의 중심을 중앙 위치로 이동시킨다. 전면 및 후면 지점은 시험 체적의 주변부에 있다.

다음 조건 하에서는 요구 측정의 수를 줄일 수 있다.

a) 설치 자재 또는/및 흡수체의 최근접 지점이 시험 체적의 후면 경계로부터 1 m 이상의 거리에 있는 경우, 후면 지점의 수직 및 수평 편파 측정을 생략할 수 있다.

주) 유전체 인터페이스 근처에 위치한 복사성 방출원은 그 위치의 방출원의 방사 특성에 영향을 미칠 수 있는 전류 분포의 변화가 있는 것으로 나타났다. 피시험기기를 이 인터페이스 근처에 위치시킬 수 있는 경우, 추가 SA 측정이 필요하다.

b) 좌측 및 우측 지점을 잇는 시험 체적 직경을 따르는 수평 편파 측정의 총 수는 직경의 90 %를 포함하는 안테나 풋프린트에 필요한 최소의 수로 줄일 수 있다.

c) 모든 테이블 장착을 포함하여 피시험기기의 상단이 높이 1.5 m 미만일 경우, 1.5 m 높이에서의 수직 편파 측정을 생략할 수 있다.

d) 사용 시 구성 테이블을 포함하여 시험 체적이 깊이 1 m x 폭 1.5 m x 높이 1.5 m 이하일 경우, 수평 편파 측정은 각각 1 m 및 2 m 높이에서 중앙, 전면 및 후면 지점에서만 실시하면 된다. a) 항의 조건이 적용되는 경우, 후면 지점을 생략할 수 있다. 이는 최소 8개의 측정을 요하게 된다. 1가지 높이의 수직 편파에 대한 4개 지점(좌, 중앙, 우, 전면)과 2가지 높이의 수평 편파에 대한 4개 지점(중앙 및 전면)이다. 그림 37 및 38 참조.

수신 안테나의 위치를 조정하여 턴테이블의 중심을 향한 선을 따라 적절히 분리를 유지해야 한다(그림 35, 36, 37, 38 참조). 위에 규정되어 있는 모든 측정값이 5.4.2의 요구사항을 충족하는 경우, 그 시험장은 복사성 방출 시험을 실시하기에 적합한 것으로 간주된다.

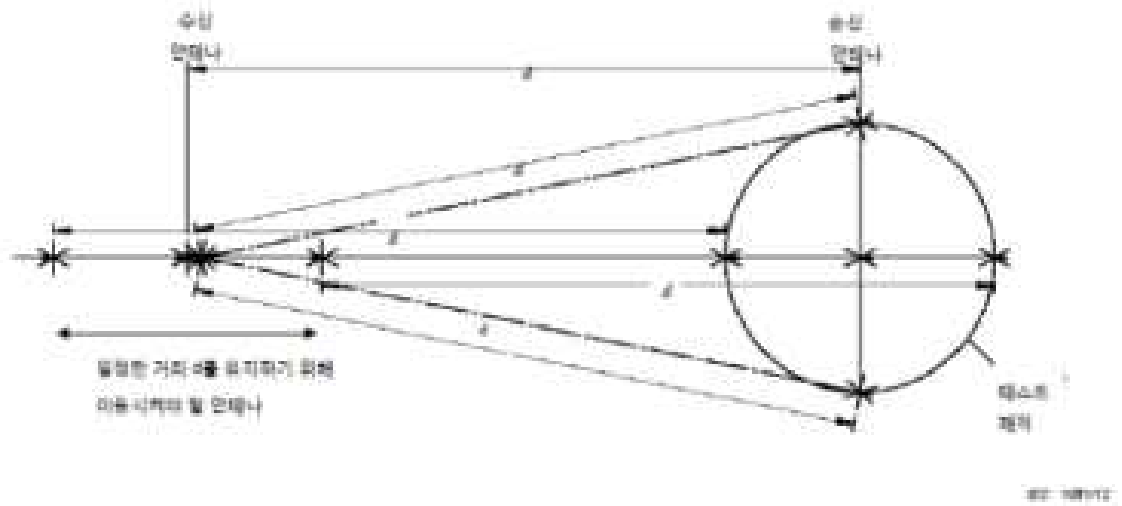


그림 35. 전천후 OATS 또는 SAC에 대한 일반적인 안테나 위치 - 수직 편파 검증 측정

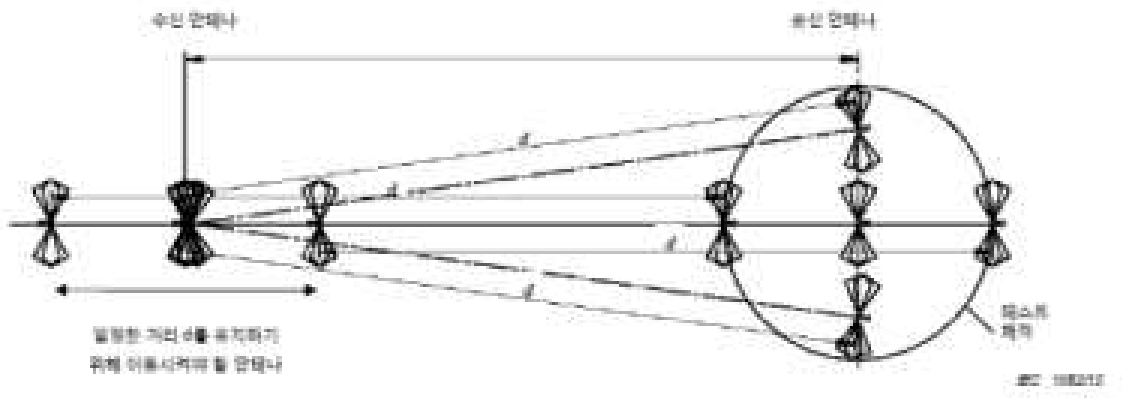


그림 36. 전천후 OATS 또는 SAC에 대한 일반적인 안테나 위치 - 수평 편파 검증 측정

는 흡수체로 부터의 반사를 파악하기에 충분치 않을 수 있다.

따라서 FAR 시험장 유효성 확인 측정은 시험 체적에서 송신 안테나의 수평 및 수직 편파 모두에 대하여 15개 지점에서 실시되어야 한다(그림 39 참조).

- 시험 체적의 3가지 높이에서: 하단, 중간 및 상단
- 모든 3개 수평면의 5개 지점에서: 각 수평면의 중앙, 좌, 우, 전면 및 후면 지점. 후면 지점과 흡수체 간의 거리가 0.5 m 이상일 경우, 후면 지점을 생략할 수 있다. 피시험기 시험 중에는, 턴테이블의 후면 지점도 전면으로 돌려야 하며, 그러면 후면 반사가 최대 신호에 영향을 미치지 않게 된다.

SA 측정의 경우, 시험 체적의 측정 지점에 기준점이 있는 송신 안테나와 규정된 방향과 지점에 있는 이 시험 체적을 벗어난 수신 안테나 등 2개의 광대역 안테나를 사용해야 한다. 송신 안테나는 대체로 무지향성 H면 패턴을 갖추어야 하며, 일반적으로 작은 바이코니컬 안테나이다.

주1) 송신 안테나의 최대 치수는 3 m 시험 거리에 대하여 40 cm를 초과하지 않아야 한다. 거리가 더 클 경우, 바이코니컬 안테나의 정점에서 정점까지의 길이가 케이지 디자인의 경우 최대 44 cm, 또는 접이식이나 회전 원뿔의 경우 50 cm가 될 수 있다.

일반적인 수신 안테나는 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 하이브리드(바이코니컬/LPDA 조합) 안테나, 또는 별개의 안테나(30 MHz ~ 200 MHz 범위의 바이코니컬과 200 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 LPDA)이다.

주2) 일반적으로 하이브리드 안테나의 물리적인 치수가 비교적 크기 때문에, 피시험기기 방출 시험이나 거리가 3 m인 FAR 시험장 유효성 확인에는 하이브리드(바이코니컬/ LPDA 조합) 안테나의 사용이 바람직하지 않다.

FAR의 SA 측정에 사용된 동일한 안테나를 사용하여 준 자유공간 시험장의 기준 SA를 측정해야 한다(5.4.7.2). FAR 검증 중에 쓰이는 수신 안테나는 피시험기기의 복사성 방출 시험 중에 쓰인 것과 동일한 종류여야 한다.

시험 체적 검증의 경우, 수평 및 수직 편파에서 그리고 시험 체적의 모든 송신 안테나 위치에 대하여, FAR의 수신 안테나의 높이 위치는 그림 39 및 40과 같이 시험 체적의 중간 수준에 고정되어 있어야 한다. 안테나를 기울여, 시험 지점 간의 선을 따르는 한 측정 축에 있는 두 안테나의 조정 축을 정렬할 필요가 있다. 안테나 기준점(안테나 교정으로 규정)과 시험 체적의 전방 지점 간의 거리는 d_{nominal} 이다.

송신 안테나를 시험 체적의 다른 위치로 이동시키면, d_{nominal} 을 일정하게 유지하도록 수신 안테나가 측정 축을 따라 이동되어야 한다. 측정 축은 송신 안테나 및 수신 안테나 간의 직선이며, 이에 따라 d_{nominal} 이 규정된다. 모든 지점 및 편파에 대하여, 수신 안테나와 송신 안테나는 서로 마주 보아야 하며 두 안테나의 소자가 평행해야 한다 (기울기 사용 - 그림 40

참조) 모든 안테나 마스트와 지지 바닥은 시험장 유효성 확인 측정 중에 제 자리에 있어야 한다.

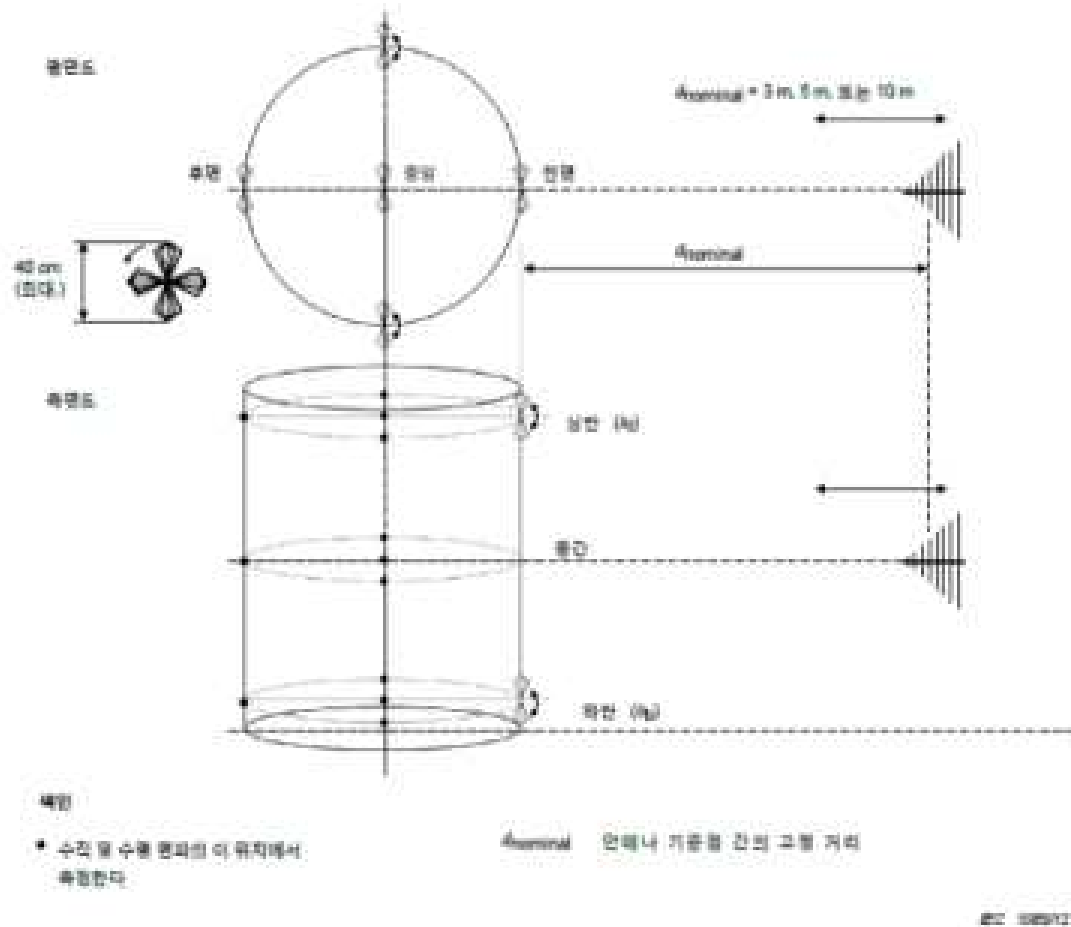


그림 39. FAR 시험장 유효성 확인을 위한 측정 지점

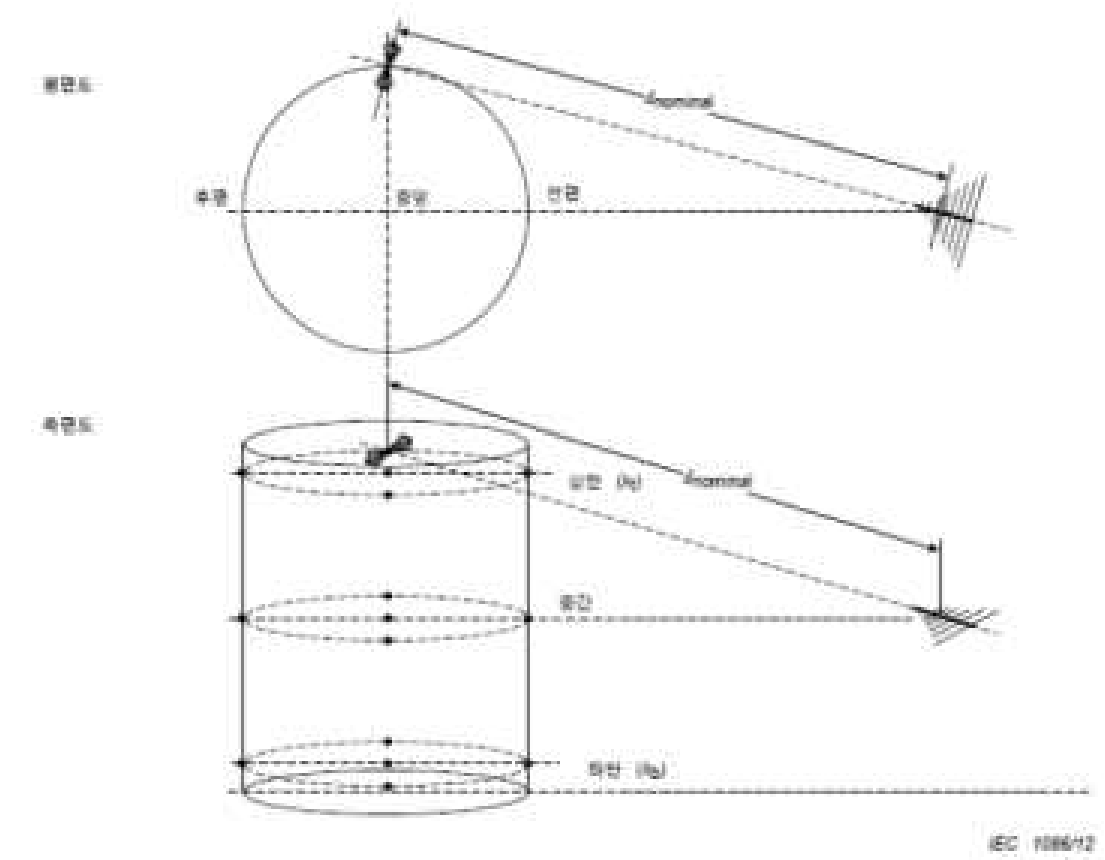
시험 체적의 송신 안테나의 모든 지점에 대하여, 수평 및 수직 편파에서, 송신 및 수신 안테나는 측정 축을 따라 정렬되어야 한다.

$d_{nominal}$	<div> 허용기준과 관련된 피시험기기 시험 거리 시험장 유효성 확인 측정의 고정된 안테나 거리 RSM을 사용하는 경우, 기준 SA의 측정 중에 쓰이는 안테나 간격 </div>
---------------	--

시험 체적의 송신 안테나 높이 위치는 다음과 같이 결정해야 한다.

- “중간”(h_m) 지점: 가능하다면, FAR의 중간 높이 및 중간 넓이에 위치한 가상 축을 따라
- “상단”(h_t) 및 “하단”(h_b) 지점: h_{max} (표 14 참조)의 1/2 - 송신 안테나 치수의 1/2 (예: 작은 바이코니컬 안테나의 경우 20 cm).

이 조정된 지점을 수직 및 수평 편파에 사용해야 한다. 상부면 및 하부면과 천장 및 바닥 흡수체 간의 거리는 각각 체적 NSA 시험으로 측정되는 흡수체 성능에 따라 결정된다. 이 거리는 피시험기 대 흡수체 결합을 방지하기 위해 최소 0.5 m여야 한다.



주) 수평 안테나 편파. 우측 상단 지점

그림 40. 1개 측정 지점 및 안테나 기울기의 예

이산 주파수 측정의 최대 스텝 크기는 표 15에 기재된 바와 같아야 한다.

표 15. FAR 시험장 유효성 확인을 위한 주파수 범위 및 스텝 크기

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

FAR 시험장 유효성 확인에는 두 가지 방법이 허용된다.

a) RSM 법(5.4.7.2). 이 경우 시험 거리가 5 m 미만이어야 함. 또는

b) NSA 법(5.4.7.3). 시험 거리가 5 m 이상일 경우에 적합.

주3) 간격이 5 m 미만일 경우, 안테나 상호 결합을 무시할 수 없다. 또한 5 m 이상인 거리에서는 A_{APR} 을 측정하는 것이 불가능하다.

시험장 유효성 확인 측정 방법은 SA에서 0 dB 편차를 제공하기 위한 것으로, 이 경우 이상적인 시험장이 된다. 시험장 유효성 확인 기준은 5.4.7.4에 규정되어 있다. 규정된 셋업 및 절차에 모순되지 않거나 일례로 결과의 공진 응답을 부적절하게 은폐하지 않는 등 공진 시험장 결합을 가리지 않는 한, 측정불확도를 낮추기 위한 모든 수단을 활용할 수 있다.

다음과 같은 조치로 시험장 유효성 확인의 측정불확도를 낮출 수 있다.

- 수직 편파 안테나의 경우, 케이블을 접지로 내리기 전에 차폐 케이블을 최소 2 m 이상 각 안테나의 뒤까지 연장해야 한다. 가능하다면, FAR 벽면의 격벽 커넥터까지 케이블을 곧게 연장해야 한다. 또 다른 방법은 케이블에 클립온 페라이트를 사용하는 것이다. 광 링크를 대신 사용하는 것도 RF 케이블의 영향을 줄이는 또 다른 대안이다.
- 안테나 커넥터에 연결된 감쇠기(예: 6 dB 또는 10 dB)는 안테나에서 발생할 수 있는 큰 임피던스 부정합의 영향을 감소시킨다.
- 발룬의 평형이 우수한 안테나를 사용해야 한다 (즉, 안테나를 그 조준 축에 대하여 180° 회전시킬 때 수신기 판독값이 ± 0.5 dB미만으로 변하도록. 안테나 평형 검증 방법은 4.5.4에 기술되어 있다).
- 별도의 바이코니컬 및 LPDA 안테나가 피시험기기 시험에 사용할 경우, 이 둘을 FAR 검증에 사용할 수 있다 (200 MHz 미만과 200 MHz 이상의 다른 안테나 종류). 하이브리드(바이코니컬/LPDA 조합) 안테나는 이 두 가지 종류의 조합이며, 기계적 치수가 시험 거리에 비해 충분히 작을 경우 대신 사용할 수 있다.

FAR 시험장 유효성 확인 측정은 규칙적인 주기로 실시하여, FAR 특성의 장기적인 변화와 FAR에서 전자파 전송 특성에 영향을 미칠 수 있는 변화가 발생하는 경우를 검출해야 한다.

5.4.7.2 RSM

RSM은 안테나 근거리장 효과와 거리에 따른 전자기장의 점진적 감소(field taper)를 해결하지만, 바이코니컬 수신 안테나가 포함된 3 m 시험 거리에서의 결과에 중대한 영향을 미칠 수 있다. NSA 법에도 이러한 영향이 존재하지만, 이는 대부분 정정될 수 있다. 기준 SA A_{APR} 은 송신 안테나 및 수신 안테나 간의 정규 거리 $d_{nominal}$ 에서 측정된다.

각 시험 체적 지점에 대한 FAR 시험장 유효성 확인 절차는 3 단계로 이루어진다.

- a) V_{DIRECT} 는 서로 직접 연결된 케이블을 이용해 수신기로 측정되는 dB(μV) 단위의 기준 레벨이며, 일반적으로 일련의 체적 시험 전에 한번 실시된다.
- b) V_{SITE} 는 측정지점에 위치한 안테나를 이용해 수신기로 측정되는 dB(μV) 단위의 레벨이다.
- c) 안테나 쌍 기준 SA(A_{APR})에 대한 dB 단위의 SA 편차(ΔA_s)는 식 (33)을 이용하여 산출된다.

$$\Delta A_s = V_{DIRECT} - V_{SITE} - A_{APR} \quad (33)$$

5 m 미만의 거리에서 정확한 시험장 유효성 확인을 위해, 전용 안테나 쌍(송신 및 수신 안테나)을 사용하여 기준 SA를 측정하는 것이 바람직하다. 3.1.12에 규정되어 있는 준 자유공간 시험장이 요구된다. 준 자유공간 시험장에는 2개의 비금속 안테나 마스트($\epsilon_r \leq 2.5$ 이고, 저손실이며, 직경이 최소이면서도 기계적 강도를 유지하는 목재 또는 플라스틱으로 제작)가 포함되며, 이 기둥은 지면에서 충분한 높이에 안테나를 위치시킬 수 있다(그림 41). 기준시험장의 ± 1 dB SA 성능을 실현하는 한 가지 방법은 다음과 같이 안테나의 높이 (h)를 선정하는 것이다.

$$h \geq d \times \frac{8}{3} \quad (34)$$

여기서, d 는 m 단위의 안테나 간격.

접지면의 영향을 억제하기 위해 $h = d \times 8/3$ 의 높이가 권장된다. 아니면, 최저 30 MHz까지의 주파수에 효과적인 적절한 전자파 흡수체 커버리지 영역을 접지면 위에 만들어야 한다.

주) 3 m 간격 및 30 MHz에서는, 영국 NPL(National Physical Laboratory)이 확인한 바와 같이 $d \times 5/3$ 의 높이에 대하여 0.8 dB의 오류를 일으키는 근거리장 구성요소($1/d^2$)로 부터 큰 영향이 있다. 불확도가 ± 0.5 dB 미만인 기준 SA의 경우, 흡수체를 접지에 배치하지 않을 때 $d \times 8/3$ 의 높이가 바람직하다.

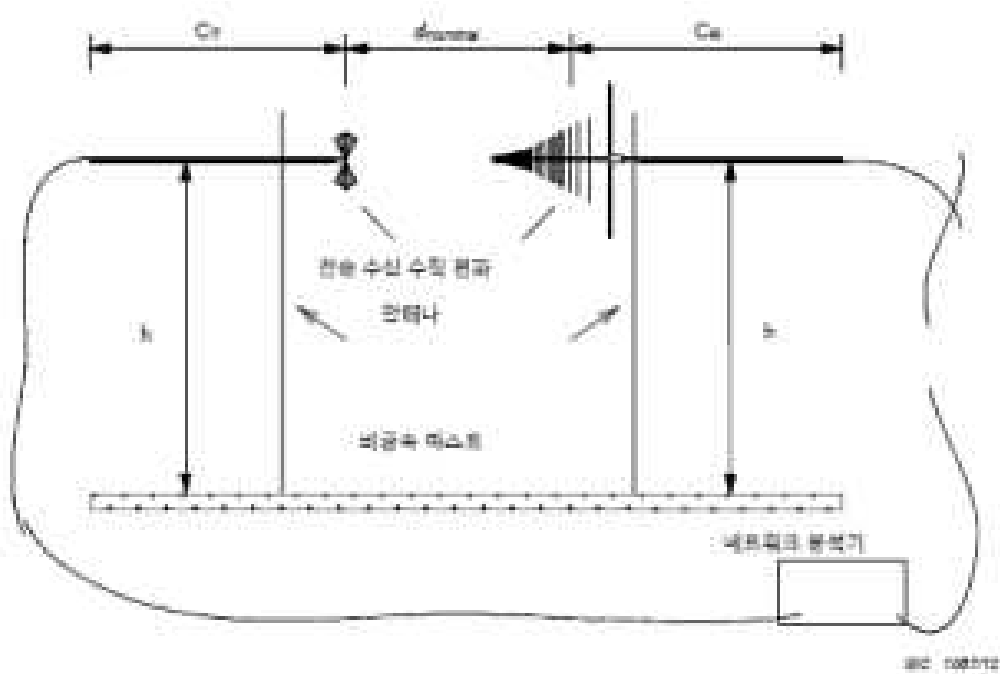
기준시험장의 시험 거리는 FAR에서 이어서 사용할 안테나 간의 실제 거리 $d_{nominal}$ 과 동일해야 한다. 안테나는 자유공간 조건과 근사한 조건을 제공하도록 수직으로 편파되어 있다(접지-반사 신호의 간섭이 더 뚜렷하기 때문에 수평 편파를 사용하지 않아야 한다), 수직 편파 안테나 측정에 영향을 미치기 때문에, 건물, 나무 등과의 간격은 $d \times 8/3$ 이상이어야 한다.

안테나 급전 케이블이 시험 결과에 영향을 미치지 않도록 주의를 기울여야 한다. 그림 41과 같이 케이블을 배치하거나, RF 광 링크를 대신 사용하면 이를 가장 잘 방지할 수 있다. 기준 셋업의 품질은 후속 FAR 평가 결과에 직접 영향을 미친다. 안테나 쌍 기준 SA(A_{APR})는 다음과 같이 3 단계로 측정된다.

- $V_{DIRECT\ RS}$ 는 서로 연결된 케이블을 이용해 수신기로 측정되는 dB(μ V) 단위의 기준 레벨이다.
- $V_{SITE\ RS}$ 는 요구 거리 $d_{nominal}$ 에 설치된 안테나를 이용해 수신기로 측정되는 dB(μ V) 단위의 레벨이다.
- dB(μ V) 단위의 A_{APR} 은 식 (35)에 의거하여 산출된다.

$$A_{APR} = V_{DIRECT\ RS} - V_{SITE\ RS} \quad (35)$$

3 m 시험장 유효성 확인의 경우, 안테나 쌍에 대하여 접지에서 최소 4 m 이상의 높이를 사용해야 하며, 이는 피시험기기 방출 측정에 쓰이는 원격 제어 안테나 마스트의 일반적인 기능이다. 이 경우, 전자파 흡수체를 안테나 사이의 접지면에 배치하고, 모든 방향으로 안테나를 지나 최소 면적에 흡수체 패치를 확장해야 하며, 준 자유공간 조건(즉, 모든 주파수에서 이상적인 응답의 ± 1 dB 이내의 SA 측정 결과)을 충족함을 입증해야 한다. $d > 3$ m인 시험장 유효성 확인의 경우, 식 $h > d \times 8/3$ 을 사용하여 셋업을 구성하거나, ± 1 dB 기준 SA를 충족되는 것으로 입증된 대체 셋업이 사용될 수 있다.



색인

d_{nominal} 검증 거리

h 지면으로부터의 안테나 높이

C_T, C_R 안테나 뒤쪽 수평으로 물리적으로 가능한 한 2 m에 가깝게 연장된 송신 및 수신 안테나용 동축 급전 케이블. FAR의 경우, 최대한 수평으로, 가급적 챔버 벽의 구멍을 관통하여 케이블을 포설하거나, 안테나 출력의 RF 광 링크에 연결된 광섬유를 사용한다.

주) 그림 41의 모든 기하학적 배열에 대하여 별도로 기준 SA를 구한다.

그림 41. 일반적인 준자유공간 기준 SA 측정 셋업

5.4.7.3 NSA 법

이 절에는 FAR에 적용되는 NSA법이 설명되어 있다. 안테나의 기하학적 배열은 5.4.7.1에 제공되어 있다. 시험장 감쇠량(SA: dB 단위의 양인 A_s)은 특정 시험장의 두 안테나의 커넥터 사이에서 측정된 전송 손실이다. 자유공간 시험장의 경우, 안테나 높이 스캔이 적용되지 않으며, 이는 “시험장 삽입 손실”(3.1.18 참조)로 표시된다.

자유공간 환경의 경우, A_s (단위: dB)를 식 (36)으로 어림잡을 수 있다[22].

$$A_s = 20\lg\left(\frac{5Z_0}{2\pi} \times \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}}\right) - 20\lg(f_M) + F_{aR} + F_{aT} \quad (36)$$

여기서,

F_{aR}, F_{aT} 수신 및 송신 안테나의 dB(m⁻¹) 단위의 안테나 인자,

d 두 안테나의 위상 중심 간의 거리 (단위: m),

Z_0 시스템 임피던스 (즉 50 Ω),

β $2\pi/\lambda$ 로 규정됨,

f_M 주파수 (단위: MHz).

dB(m²) 단위의 이론적 NSA ($A_{N\ theo}$)는 각각의 안테나 인자를 뺀 SA로 규정되며, 따라서

$$A_{N\ theo} = 20\lg\left(\frac{5Z_0}{2\pi} \times \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{1}{(\beta d)^2} + \frac{1}{(\beta d)^4}}}\right) - 20\lg(f_M) \quad (37)$$

5 m 거리에서 60 MHz 미만 또는 3 m 거리에서 110 MHz 미만일 경우, 그림 42 및 식 (37)의 이론적 NSA 값과의 비교를 위해 표 14의 각 요구 시험 지점에 대하여 근거리장 보정 계수를 적용해야 한다. 근거리장 보정 계수는 사용된 안테나, 시험 거리 및 시험 체적에 대하여 고유하다. NEC[4]와 같은 수치 모델링 코드를 이용하여 이 계수를 구할 수 있지만, 식 (37)을 이용하면 충분히 낮은 불확도를 얻을 수 있다. 또는 두 기준 SA 측정 및 후속 FAR 검증에 동일한 안테나와 주파수를 사용하는 경우 5.4.7.2의 RSM에서 근거리장 항을 삭제할 수 있다.

10 m 및 30 m인 측정 거리의 경우, 식 (37)의 근거리장 항을 생략할 수 있으며, 식은 다음과 같이 간소화된다.

$$A_{N\ theo} = 20\lg\left(\frac{5Z_0 d}{2\pi}\right) - 20\lg(f_M) \quad (38)$$

간소화된 식 (38)을 식 (37) 대신에 사용하면, 유발되는 오류는 5 m 거리에 대하여 60 MHz 이상의 주파수에서 그리고 3 m 거리에 대하여 110 MHz 이상의 주파수에서 0.1 dB 미만이다. 이 주파수 아래에서는 근거리장 효과 때문에 오류가 0.1 dB 이상으로 커지게 된다. 3 m 거리의 경우, 최대 오류는 30 MHz에서 1 dB이다. 이 오차를 ±0.3 dB 미만으로 줄이려면, 식 (37)을 사용해야 한다.

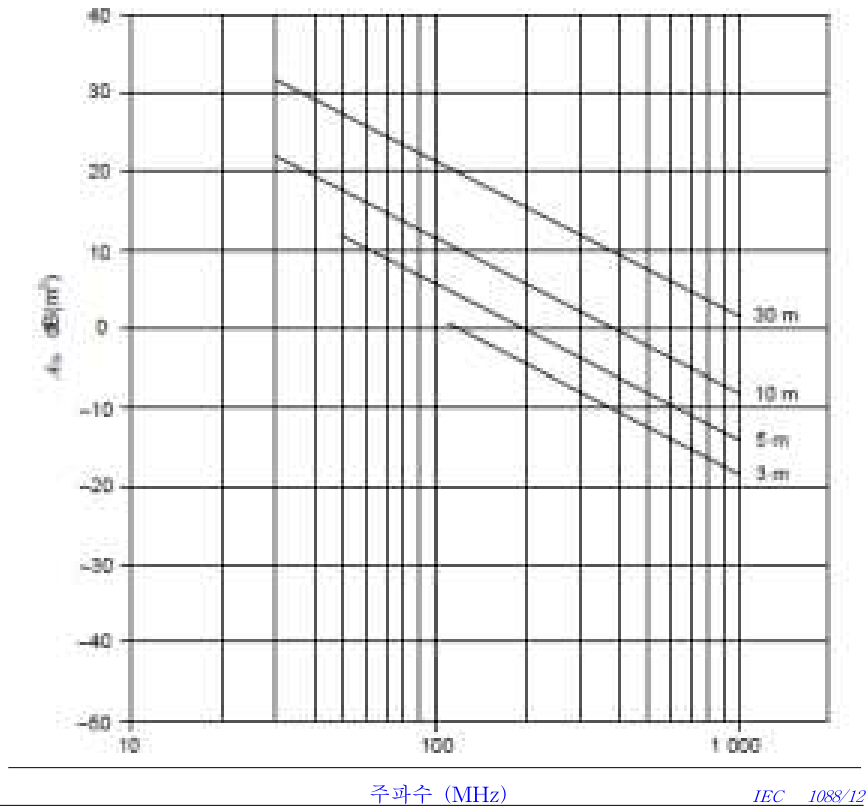


그림 42. 여러 측정 거리에 대한 주파수의 함수인 이론적으로 자유공간 NSA
[식 (38) 참조]

주1) 3 m 측정 거리의 경우 110 MHz 미만이며 5 m 측정 거리의 경우 60 MHz 미만인 주파수에는 근거리장 효과가 있다. 이는 각각의 개별 시험장에 대하여 산출된다.

송신 및 수신 안테나의 자유공간 안테나 인자가 이 절차에 요구된다. 각 측정 지점에 대한 시험장 유효성 확인은 다음과 같이 3 단계로 실시되어야 한다.

- a) V_{DIRECT} 는 케이블이 서로 직접 연결된 수신기로 측정된 기준 레벨이다.
- b) V_{SITE} 는 안테나를 설치한 수신기로 측정된 레벨이다.
- c) dB 단위의 SA 편차(ΔA_s)는 다음과 같이 산출한다.

$$\Delta A_s = V_{DIRECT} - V_{SITE} - A_{N_{theo}} - F_{aT} - F_{aR} \quad (39)$$

여기서, $A_{N_{theo}}$ 는 식 (38)을 사용하여 산출하며, 그 결과를 5.4.7.4에 명시되어 있는 바와 같이 해당 기준에 비교한다.

주2) 송신 및 수신 안테나의 기준점 간의 거리 d (안테나 교정 중에 정의됨)를 $d_{nominal}$ 로 사용한다. 안테나 간의 유효 거리는 그 위상 중심 지점으로 인해 주파수에 따라 달라진다. 유효 거리 대 $d_{nominal}$ 의 비로 전송 손실을 보상해야 한다. 안테나 교정이 정규 시험 거리에 대하여 규정되어 있지 않기 때문에, LPDA 안테나를 사용하는 경우 위상 중심 위치의 변화로 인한 유효 측정 거리

의 변화를 적용하여 정정해야 한다. RSM을 사용하면 이 정정과 모든 안테나의 상호 결합으로 인한 추가 불확도를 방지할 수 있다.

5.4.7.4 FAR 시험장에 대한 시험장 유효성 확인 기준

SA 편차 ΔA_s 는 수평 및 수직 편파와 각각의 측정 지점 및 측정 주파수 범위에 대하여 ± 4 dB 미만이어야 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.

시험장 유효성 확인 측정(5.4 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 상관없이 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/RSM 측정\(5.4 참조\)](#) 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($\Delta(f)$, 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(μ V)]

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

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

$$\Delta_{\max} = \max |V_{R,\text{with}}(f) - V_{R,\text{without}}(f)| \quad (18)$$

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

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

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

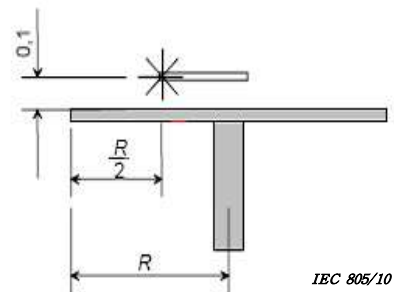
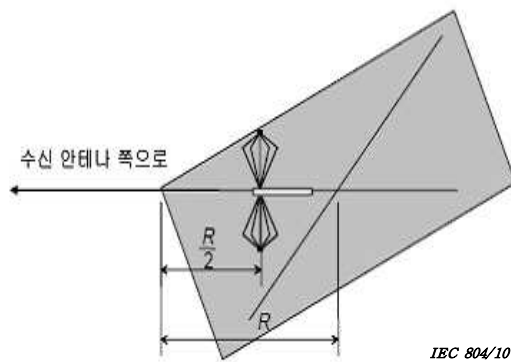


그림 14. 직사각형 셋업 테이블위 가장자리에 대한 안테나의 위치(평면도) 그림 15. 셋업 테이블위 안테나 위치(측면도)

주) 셋업 테이블 구조와 재료 유형은 시험소마다 다를 것이다. u_{table} 를 결정할 때 최악의 Δ (또는 $V_{R,\text{with}}$) 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^3 인 작은 탁상용 오븐 치수에서부터 760 mm 베이스와 1.7 m 높이의 큰 장치에 이르기까지 크기가 다양하다. 챔버가 3차원의 동일한 차수라면 어떤 형상이든 관계 없다. 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 흡수체 질도 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 $1/5$ 이 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.

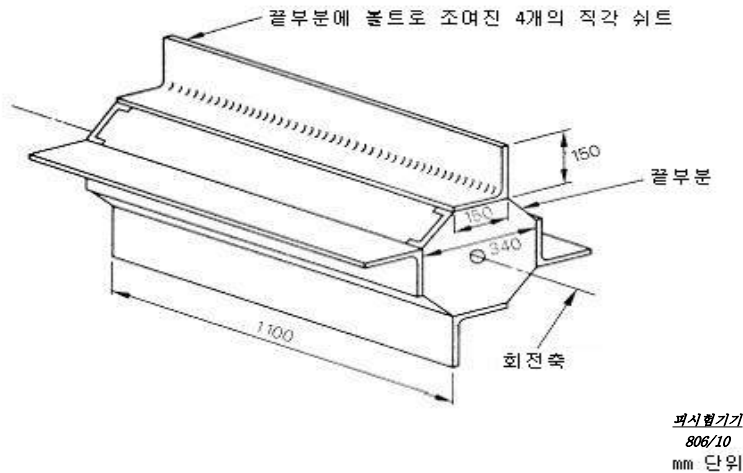


그림 16. 전형적인 패들 회전판의 예

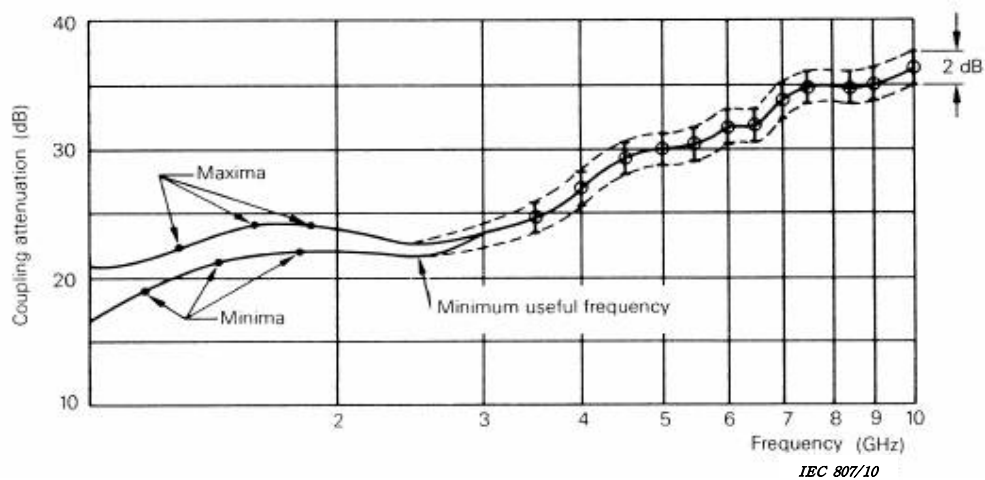
6.2.3.4 회전 속도

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 같은 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 가까운 챔버의 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 분석기를 이용할 수도 있다. 송신안테나로 흡수되는 전력 P 를 기록한다. 이때 신호발생기는 저잡음 증폭기의 입력과 연결되고, 이 출력전력 p 는 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 기준시험장

기준시험장은 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 완전무반사 조건을 갖도록 설계하지 않는다면, 아래에서 설명한 바와 같이 금속성 접지면의 일부를 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(밀면적)에서, 그리고 피시험기기 밀면적을 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 설비에 서처럼, 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 임의의 크기와 모양을 가진 피시험기기에서 일어날 수 있는 반사의 영향을 확인하는 것이다.

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

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

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.

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

여기에서 S_{VSWR} 은 8.3.3의 절차에 따라 측정된 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 피시험 기기에서 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 마주 보는 각(개구부 평면 평행)이다. “기준방향”, Θ_B 라고도 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_M 이라 한다. Θ_M 은 각각 $0^\circ \pm 15^\circ \sim 180^\circ \pm 15^\circ$ 사이에 있어야 한다.

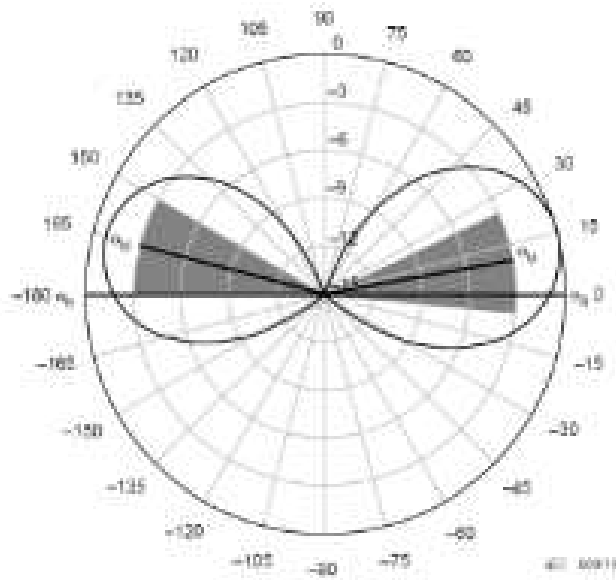
b) 진폭이 $\pm 15^\circ$ 에 대하여 -3 dB 이하인 패턴⁴⁾의 양쪽에서 주 로브 방향과 대칭인 “금지 영역”을 그린다.

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.

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



주) 예로 든 이 도표는 이 소항의 E-평면 요구규격을 만족하는 안테나에 대한 것이다. 각 패턴의 오른쪽과 왼쪽에 대한 주 로브 방향 Θ_M 은 각각 $0^\circ \pm 15^\circ \sim 180^\circ \pm 15^\circ$ 범위에 있다. 음영 부분은 “금지 영역”으로 이 영역에서 진폭은 각 주 로브의 $\pm 15^\circ$ 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 셋업을 기재해야 한다.

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

b) 이 패턴은 $\pm 135^\circ$ 의 평균값에서 다음의 편차를 초과하지 않아야 한다.

각 범위	1 GHz ~ 6 GHz	6 GHz ~ 18 GHz
$-60^\circ \sim 60^\circ$	± 2 dB	± 3 dB
$-60^\circ \sim -135^\circ, 60^\circ \sim 135^\circ$	± 3 dB	± 4 dB
$-135^\circ \sim -180^\circ, 135^\circ \sim 180^\circ$	+ 3 dB 미만	+ 4 dB 미만

주) H평면 패턴에 대한 하위 한계가 $\pm 135^\circ$ 밖에서 규정되지 않았지만, H평면 패턴은 $\pm 180^\circ$ 에서 0을 보이지 않고 전방향성을 보이는 것을 권고한다. $\pm 135^\circ$ 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.

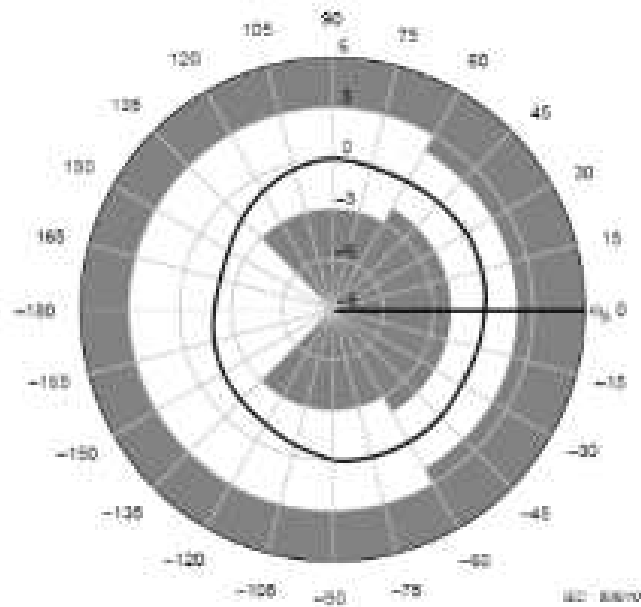


그림 19a. 송신 안테나 H-평면 방사 패턴(1 GHz ~ 6 GHz)

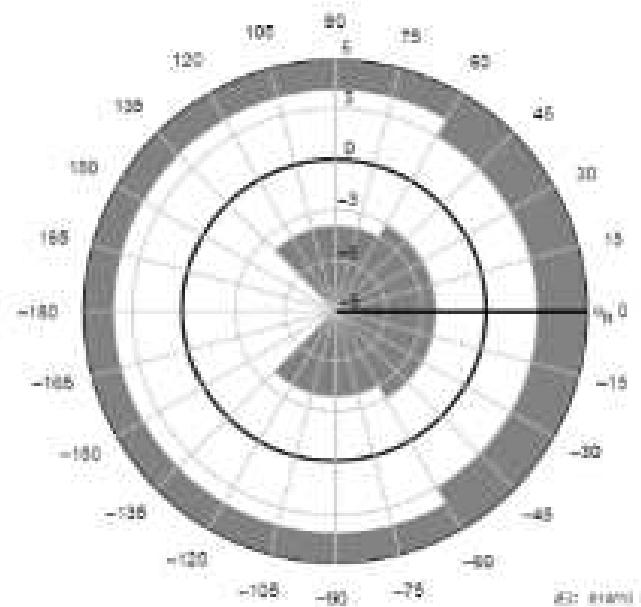


그림 19b. 송신 안테나 H-평면 방사 패턴(6 GHz ~ 18 GHz)

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 피시험기와 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 전개 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 21을 참고한다. 수신 안테나 선을 따라 놓인 6회 연속 측정은 이 그림에서는 점으로 표시된다.

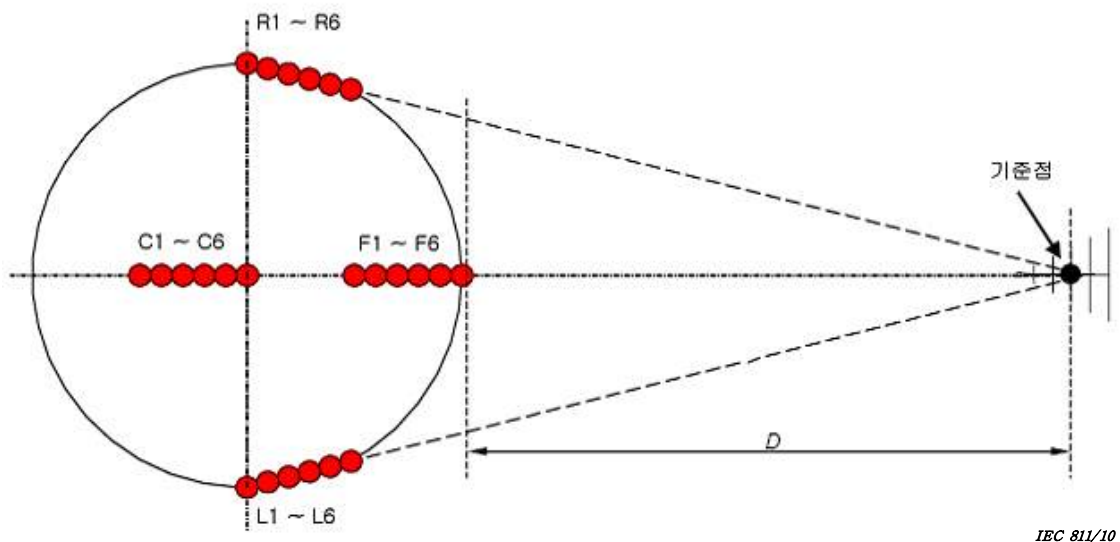


그림 20. 수평면에 있는 S_{VSWR} 측정위치 - 8.3.3.2.2 참조

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 R6를 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).

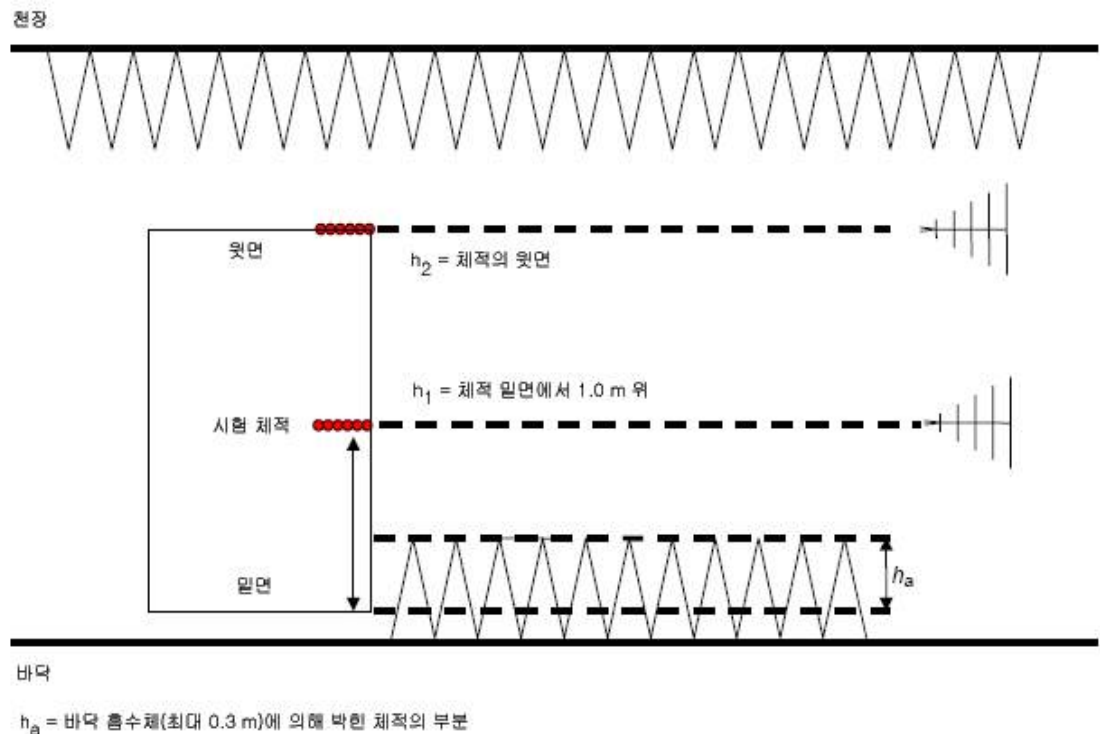
C5 ~ C1은 다음과 같이 C6를 중심으로 수신 안테나로부터 멀어진다.

- 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.



IEC 812/10

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_2 가 h_1 에서부터 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 M 은 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.

- 기준점이 수평 편파에서 앞면 위치 6, 높이 1(P_{F6h1H})에 있을 때 송신원의 위치를 정한다. 수평 편파에서 송신원으로부터 수신 안테나의 기준점까지 측정한 시험 거리 D 에서 수신 안테나의 위치를 정한다. 수신 안테나 높이는 모든 측정에서 송신원과 동일한 높이에 놓여야 한다는 것에 주의한다.
- 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.
- 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.
- 송신원이 앞면, 높이 1, 수평 편파에 대하여 표 6(8.3.3.6)에 나타난 다른 다섯 위치에 있을 때 단계 a)와 b)를 반복한다. 표 5에 나타난 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.
- 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.

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

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 관독값에 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, 완전무반사실 또는 반무반사실)의 경우에는 표 5의 위치에 놓인 등방성장 프로브를 사용하여, 그리고 방사성 장애 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 장애 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.

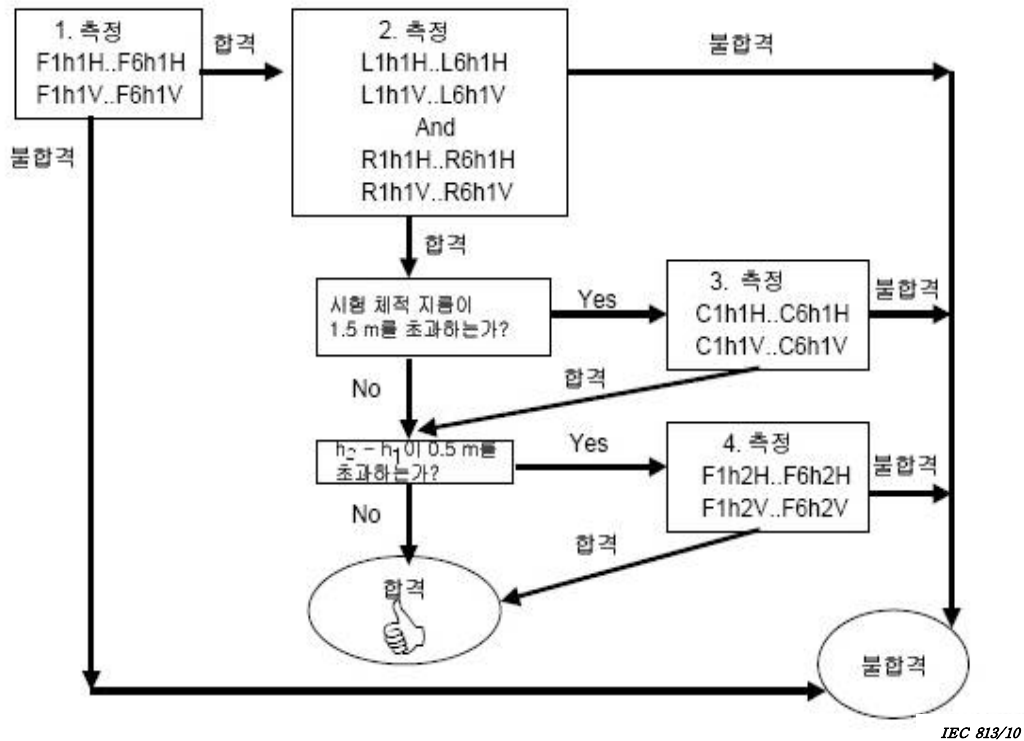
등방성장 프로브를 사용하는 역방향 S_{VSWR} 시험장 유효성 확인 절차는 다음과 같다.

- a) 등방성장 프로브를 수평 편파에서 앞면 위치 6, 높이 1(P_{F6H1H})에 놓는다. 시험 체적의 원주에서부터 안테나의 기준점까지 측정하였을 때 시험 거리 D 에 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 측정불확도)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, 전치 증폭기의 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 이격 거리를 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 나타난 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(표 5 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' L1h1V...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 침투값 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 절차를 찾은 침투값은 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 나타난 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. 기준시험장은 반사가 측정에 영향을 미치지 않을 것을 보장할 대책이 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 기술하는데 사용된다. 복소 S-파라미터의 값은 그림 23에 나타낸 기준면에서 평가한다. 가장 높은 정확도로 S-파라미터를 측정하는 기준 방법은 벡터 회로망 분석기(폼)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 d 는 4 mm이어야 한다. 접지면 위의 높이 h 는 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, L_A 는 적어도 2 h 이어야 한다(그림 23 참조). 기준면과 CMAD 종단 사이의 거리, D_A 와 D_B 는 가능한 작아야 하지만, h 보다 크지 않은 것이 좋다. 시험 지그의 금속 접지면은 길이가 $(L_{jig} + 4 h)$ 보다 커야 하고 폭은 4 h 보다 커야 한다.

특성 임피던스 Z_{ref} 는 선로의 내부 지름 d (4 mm로 정의됨), 그리고 접지면 위 막대 중심의 높이, h 로 주어진다.

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

여기서,

Z_0 = 자유 공간 임피던스(120π)(Ω)

d = 시험 도체 지름, 4 mm로 정의됨

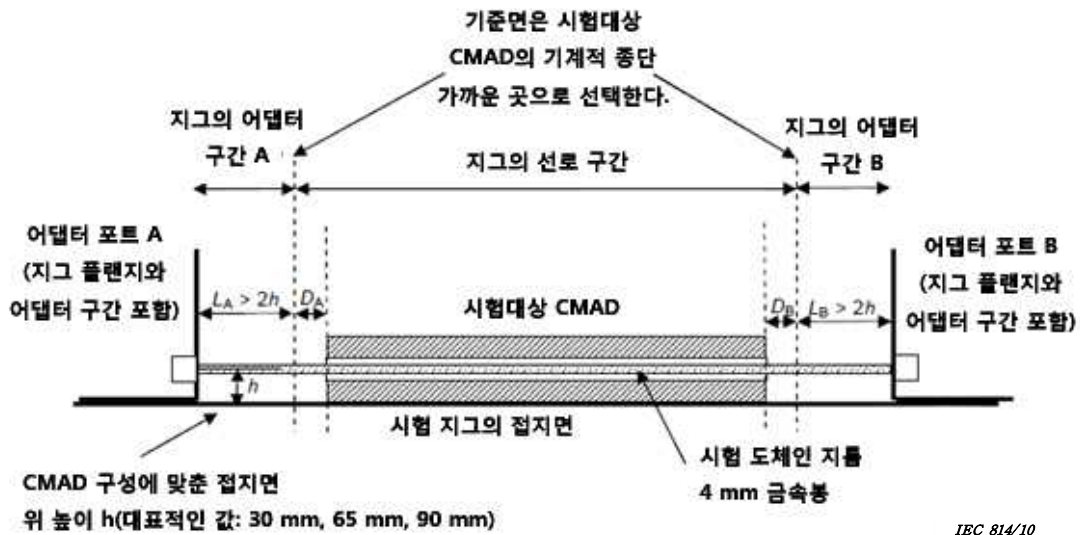
h = 접지면 위 시험 도체 중심의 높이

보기) 각종 높이 h 에 대한 Z_{ref} 의 대표적인 값은 다음과 같다.

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

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

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



치수단위: mm

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_A 와 D_B 를 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 주파수에서는 영으로 나눔(divide-by-zero)(또는 매우 작은 값) 조건이 가능하므로 이를 피해야 한다.

“선로” 기준의 길이가 L 이면, 주파수 범위는 다음과 같이 저주파수(f_L)와 고주파수(f_H) 사이로 제한되어야 한다.

$$f_L = 0.05 \frac{c}{L} \quad (24)$$

$$f_H = 0.45 \frac{c}{L} \quad (25)$$

여기서, $c = 3 \times 10^8$ 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 S_{11} 을 측정한다.
- b) “반사”(포트 B): 어떤 다른 연결이 없는 상태에서(개회로 조건을 모의한 것)(그림 24 b) 참조) 어댑터 구간과 어댑터의 복소값 S_{22} 를 측정한다.
- c) “관통”: 두 개의 어댑터 구간이 서로 직접 연결된 상태에서(사이에 선로 구간이 없음)(그림 24 c) 참조) 복소값 S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} 를 측정한다.
- d) “선로”: 선로 구간이 삽입된 상태에서(그림 24 d) 참조) 복소값 S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} 를 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_A 가 가능한 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_jig} 를 기준으로 한 일련의 S-파라미터이다.



그림 24a-교정 측정 “반사 포트 A”의 구성

IEC 815/10



그림 24b-교정 측정 “반사 포트 B”의 구성

IEC 816/10

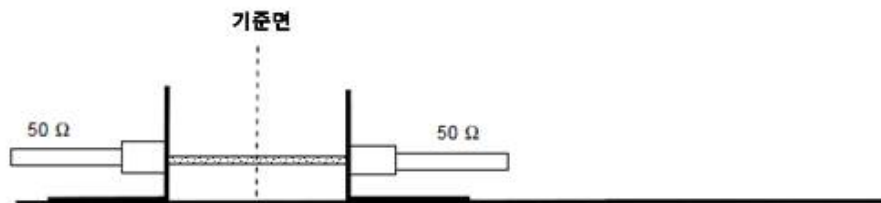


그림 24c-교정 측정 “관통”의 구성

IEC 817/10



그림 24d-교정 측정 “선로”의 구성

IEC 818/10

주 교정용 기준 선로의 길이 L은 CMAD 측정에 사용된 것과 길이가 같을 필요는 없다. 교정 절차용 기준 선로의 길이는 필요한 주파수 범위에 따라 선택해야 한다.

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 $Z_{0,jig}$ 의 특성 임피던스에 참조된다.

페라이트 클램프형 CMAD들을 비교해보면 충분한 감결합을 제공하기 위해 S_{21} 의 크기가 0.25보다 낮아야 함을 알 수 있다. 이는 그림 25의 S_{11} 크기를 갖는 CMAD로 달성할 수 있다.

페라이트 클램프 CMAD는 다음의 요구규격들을 충족해야 한다.

- a) S_{21} 의 크기는 30 MHz ~ 200 MHz 주파수 범위에서 0.25보다 작아야 한다.
- b) S_{11} 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)

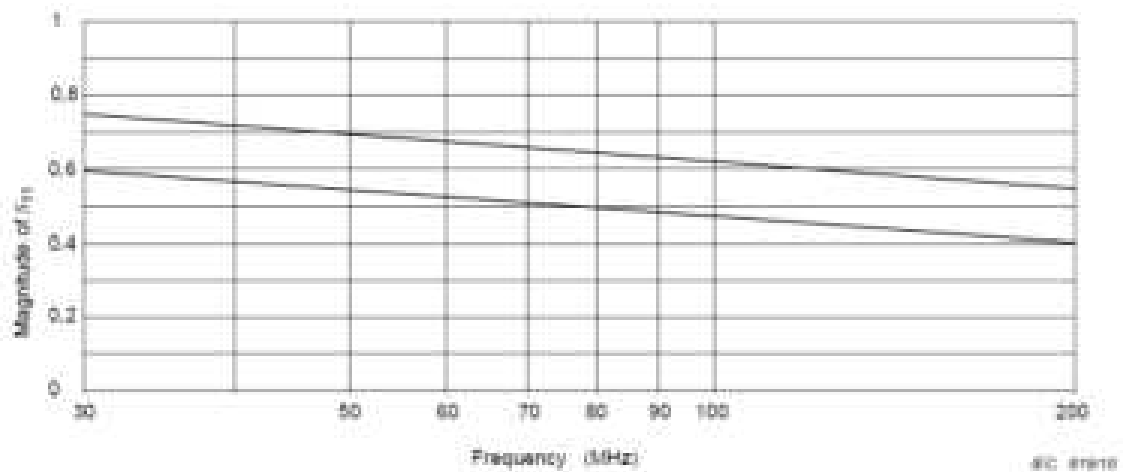


그림 25. 9.1과 9.3의 조항에 따라 측정된 S_{11} 크기에 대한 허용기준

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 이론적 근거는 CISPR/TR 16-3에 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 시험소를 위해 이 항에서는 트래킹 발생기가 있는 스펙트럼 분석기를 사용해 CMAD의 기능을 검사하는 더 간단한 방법을 정의한다. 이 계기 셋업에서는 삽입 손실의 크기만을 측정하지만 이 측정된 값은 그림 23에 나타난 기준면에서 측정된 S -파라미터와 직접 관련이 없을 것이다. 그럼에도 불구하고 EMC 시험소에서는 정확히 동일한 조건(시험 셋업의 임피던스와 기하구조)을 사용해 자신의 소내 시험 셋업을 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.

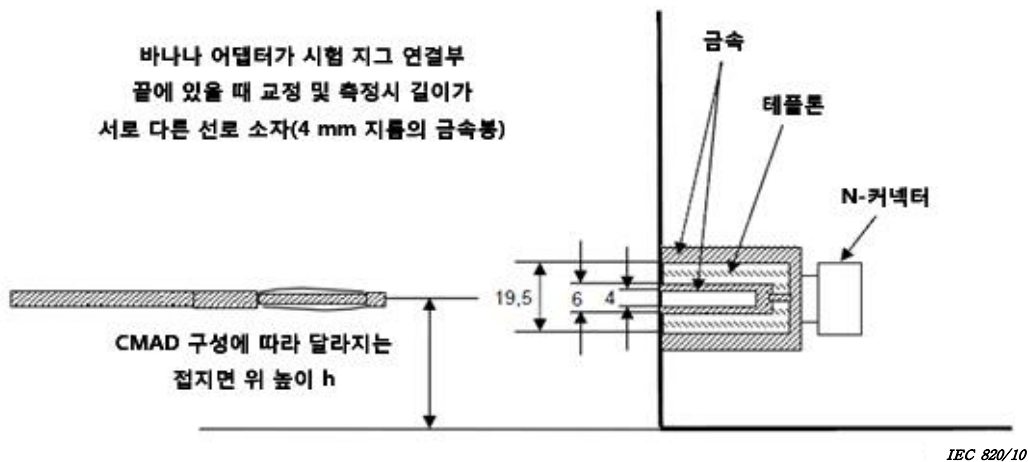
이 성능/저하 검사에는 어떤 어댑터 구조(그림 23과 24, 그림 26 ~ 28)도 사용할 수 있다. 시험 지그와 측정 계기 사이에 있는 케이블의 공진 영향을 피하기 위해서는 이 성능 검사 중에 시험 지그 연결부와 가까운 곳에 10 dB 감쇠기를 2개 포함시킬 필요가 있다.

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

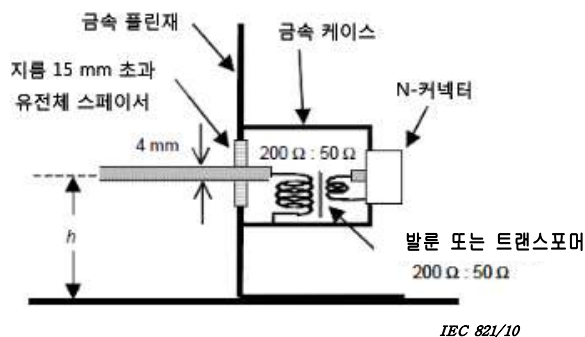
b) 정합 어댑터(그림 27 또는 그림 28)를 사용하는 경우, 성능/저하 검사에 대한 삽입 손실 측정값은 다음 두 구성에 대해 측정된 감쇠 간의 차이이다.

- 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



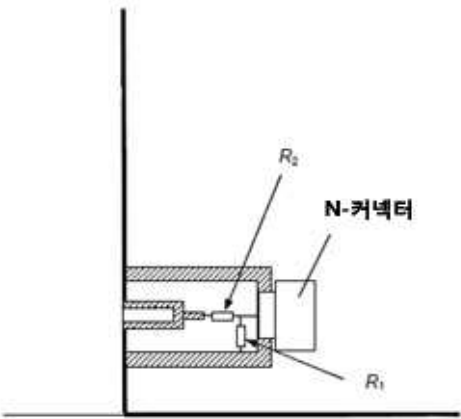
수직 플랜지의 밑면은 금속성 접지면에 전기적으로 접합되어 있어야 한다.

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



$$R_1 = 50 \sqrt{\frac{Z_{0_jig}}{Z_{0_jig} - 50}} \quad \Omega$$
$$R_2 = \sqrt{Z_{0_jig} (Z_{0_jig} - 50)} \quad \Omega$$

<i>h</i> mm	<i>Z</i> _{0_jig} Ω	<i>R</i> ₁ Ω	<i>R</i> 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 나타내기엔 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 셋업에서의 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 단락에서 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 발문은 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 $1.35 \text{ m} \pm 0.03 \text{ m}$ (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 $0.75 \pm 0.12 \text{ m}$ 가 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 다이

폴 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 스테브 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.

$$Fa \text{ (dB)} = 20 \log(f_M) - 31.4$$

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

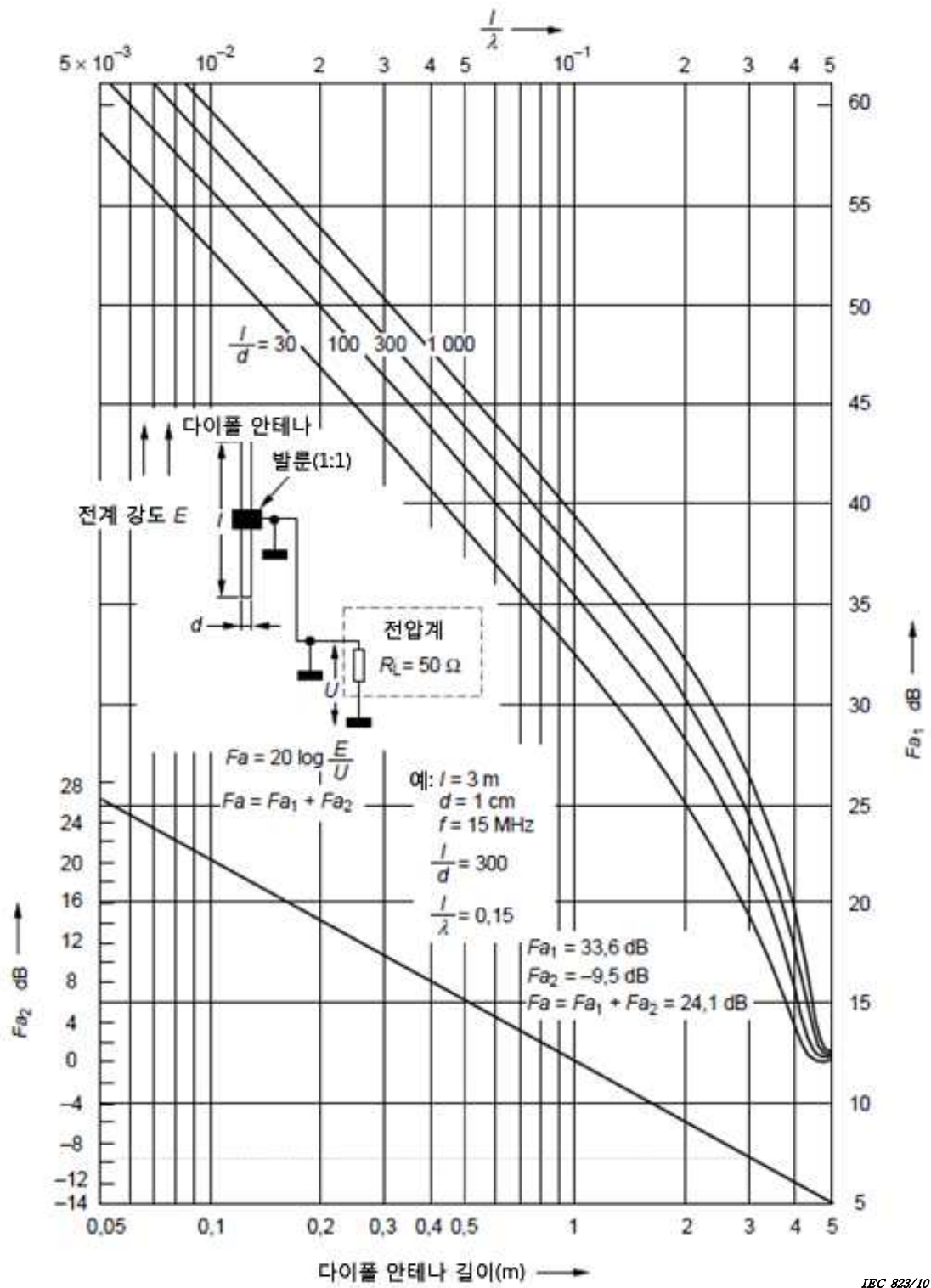
다음의 경우에는 반파장보다 짧은 다이폴 안테나를 사용하여도 무방하다.

- 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 옴인 수신기에 대하여, 그리고 각종 I/D 비율에 대하여 전기장의 세기와 수신기 입력 전

압 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. $R_L = 50 \Omega$ 일 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 파라미터들을 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 동조 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. **대수주기**에 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(dBi)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(°)을 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 정규 입력 임피던스를 표시한다. 또한 최소 반사 손실은 최소 VSWR로 나타낼 수 있다.

A.4.3.5 능동안테나 성능

능동 증폭물을 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 소인 주파수 절차가 사용될 경우 그 사실을 기술한다.

A.4.4.3 교정의 정밀도

교정의 불확도는 \pm 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 대응할 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 측정 단위로 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 수동 안테나 발룬의 전력처리 능력이나 능동안테나의 양방향성이 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 사용되거나 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 대응 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 대응 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 $\lambda/8$ ²⁾ 보다 짧은 원통형 로드 안테나에서만 유효하다.

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

$$C_a = \frac{55.6h}{\ln(h/a) - 1} \times \frac{\tan(2\pi h/\lambda)}{(2\pi h/\lambda)} \quad (\text{B.2})$$

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

여기서,

2) 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.

h_e 는 안테나의 미터단위의 실효높이 (m);
 h 는 미터단위의 로드 소자의 실제 높이 (m);
 λ 는 미터단위의 파장 (m);
 C_a 는 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] 3), [2] 4)에서 얻을 수 있으며, 식 (B.2)에 대한 것은 [2] 5), [3] 5)에서 얻을 수 있다.

B.2 정합망 특성화 방법

B.2.1 일반사항

등가 정전용량 대응 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.

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

여기서,

V_D 는 신호발생기의 측정 출력, dB(μ V) 단위.

V_L 은 정합회로의 측정 출력, dB(μ V) 단위.

C_h 는 (실효높이에 대한) 높이 보정인자, dB(m) 단위.

3) [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 1 000 MHz). Proceedings of the IEEE, June 1967, No. 6, vol. 55, p. 974-981.

4) [2] SCHELKUNOFF, SA. and FRIIS, HT., Antennas: Theory and Practice. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1952, p. 302-331.

5) [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.

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.

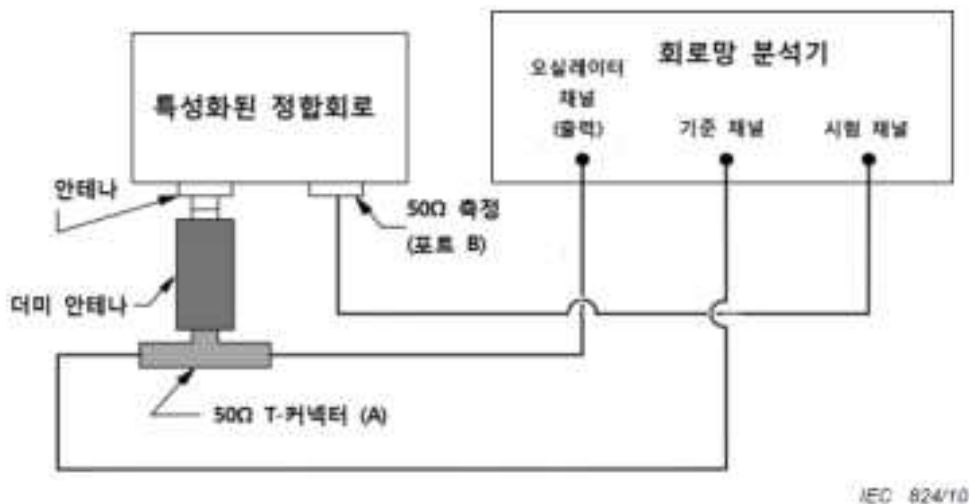
두 절차 즉, B.2.2의 회로망 분석기 방법 또는 B.2.3의 신호발생기와 전파잡음 측정기 방법을 사용해야 한다. 같은 더미 안테나를 두 절차 모두에 적용한다. 더미 안테나의 제조에 대한 지침은 B.3을 참조한다. 안테나의 작동범위 또는 9 kHz ~ 30 MHz 영역 중에서 어느 것이든 더 작은 영역에 걸쳐 안테나 인자 대 주파수의 원만한 곡선을 얻기 위해서는 여러 주파수에서 측정을 해야 한다.

B.2.2 회로망 분석기 절차

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

- 측정에 사용될 케이블과 함께 회로망 분석기를 보정한다.
- 그림 B.1에 나타난 것과 같은 측정장비와 정합회로를 구성한다.
- 기준채널의 신호 레벨(dB μ V)에서 시험 채널의 신호 레벨(dB μ V)을 뺀 다음에 안테나 인자(dB(1/m))를 얻기 위하여 C_h (1 m 로드)에 대해서 6 dB)를 뺀다.

주) 회로망 분석기에서 감쇠기 패드는 필요하지 않다. 왜냐하면 회로망 분석기의 채널 임피던스가 50 Ω 에 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 사이와 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.

- 그림 B.2에 나타난 측정장치와 정합회로를 구성한다.
- T-커넥터(A)의 50 Ω 종단에, 보이는 바와 같이 장비를 연결하고 RF 포트 (B)의 수신 신호 전압 V_L (dB μ V)을 측정한다.
- 신호발생기의 RF 출력을 고정된 상태에서, 50 Ω 종단을 RF 포트(B)로 전환하고, 수신기 입력 케이블을 T-커넥터(A)로 전환한다. 구동신호전압 V_D (dB μ V)을 측정한다.
- V_D 에서 V_L 을 뺀 후 안테나의 안테나 인자(dB(1/m))를 얻기 위하여 C_h (1 m 로드)의 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.

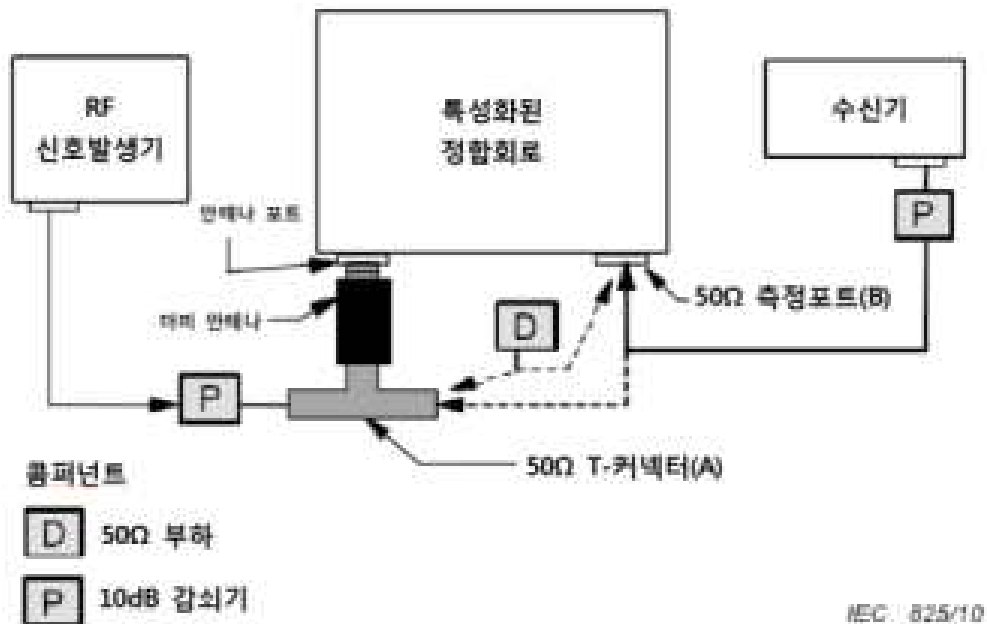


그림 B.2. 측정 수신기와 신호발생기를 사용하는 방법

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.

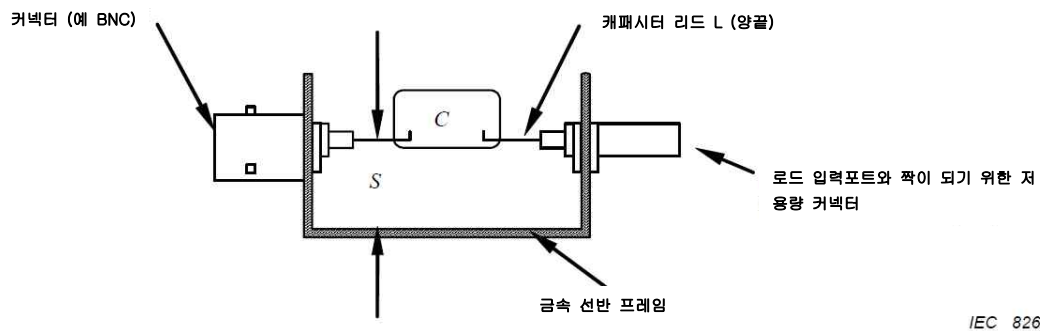
주3) 더미 안테나에는 측정 포트에 입력 및 신호 발생기 레벨의 VSWR을 제어하는 그 밖의 정합 구

성요소가 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 셋업에 사용되는 T-커넥터는 더미 안테나 박스에 내장할 수도 있다. 발생기와 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 명시된 길이까지 연장되어야 한다.

일반적인 표준규격에서는 모노폴(로드) 안테나의 카운터포이즈를 접지면이나 시험대 접지면에 결합할 것을 명시하고 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. 6)

루프안테나시스템 안테나의 검증 방법과 함께, 루프안테나시스템에 관한 설명을 한다. 변환 인자는 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. 7)

모든 케이블은 10 MHz에서 $R_s > 100 \Omega$ 의 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 토로이드를 만들면 이 요구규격이 충족된다.

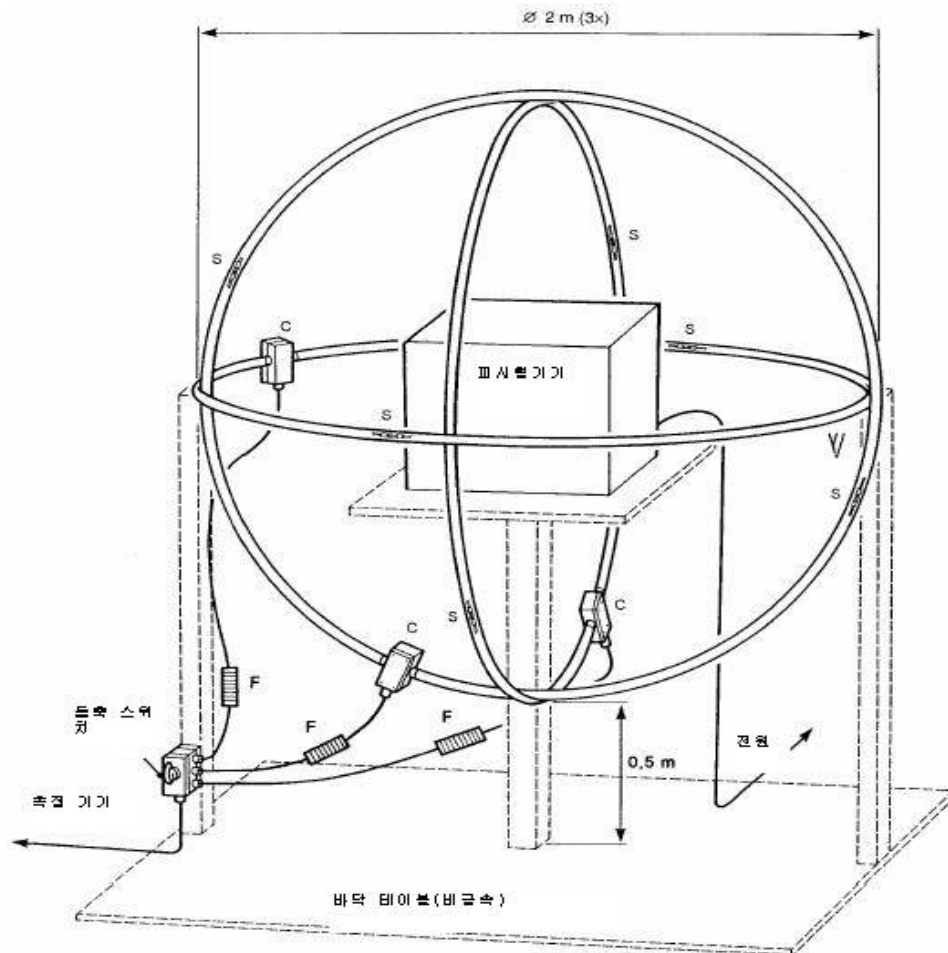
6) BERGERVOET J.R. and VAN VEEN, H. A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on Electromagnetic Compatibility, March 1989, ETH Zentrum - IKT, 8092 Zürich, Switzerland, p. 29-34.

7) 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).

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.



IEC 827/10

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)

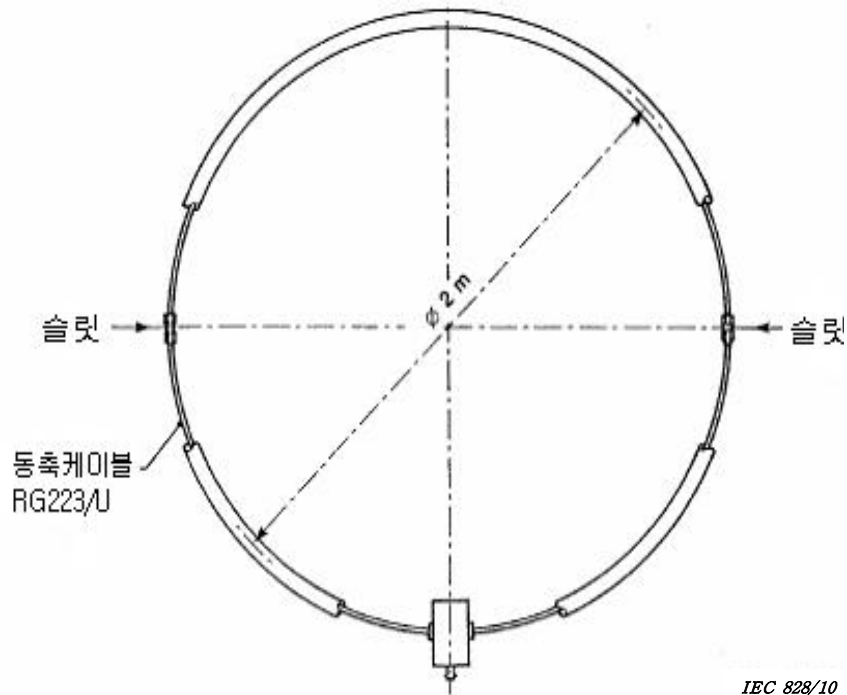
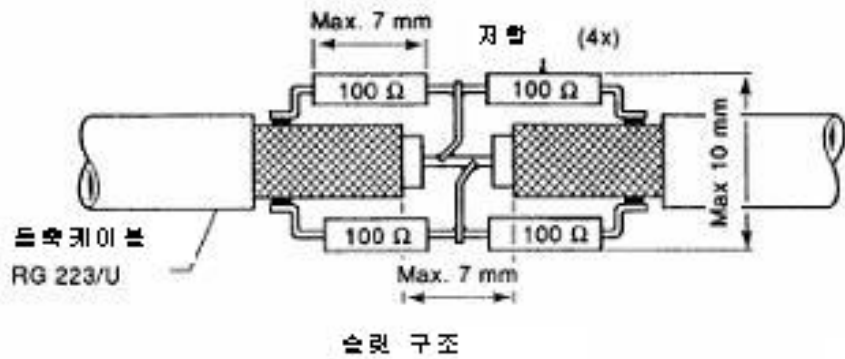


그림 C.2. 전류 프로브 C에 대해 위치적 대칭이며 두 슬릿이 마주보는 구조의 대형 루프 안테나

루프 지름은 $D = 2 \text{ m}$ 로 표준화 되었다. 필요시 큰 피시험기기의 경우 D 를 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.

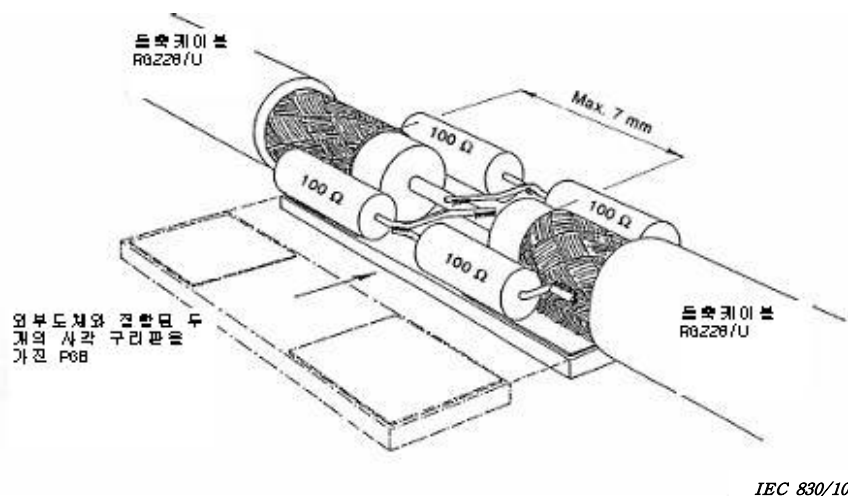
LLA에는 그의 전류 프로브(그림 C.2 참조)에 대하여 두 개의 대칭인 슬릿이 있다. 그림 C.3에서 보듯 동축 안테나 케이블의 외부 도체에 만들어진 슬릿은 폭이 7 mm미만이어야 한다. 슬릿은 직렬로 연결된 평행 100 Ω 저항 세트에 의해 연결된다. 각 직렬 회로의 중앙은 동축 안테나 케이블의 내부 도체에 연결한다.



IEC 829/10

그림 C.3. 안테나 슬릿의 구조

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



IEC 830/10

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_c 가 $f = 9 \text{ kHz}$ 일 때 $2\pi f L_c$ 보다 훨씬 작아야 한다. 여기서, L_c 는 전류 프로브의 인덕턴스를 의미한다. 또 9 kHz는 $(R_c + R_i) \ll X_i = 2\pi f L$ 이다. 여기서, R_i 는 루프의 내부 도체의 인

덕턴스를 의미하고, L 은 루프의 인덕턴스이다. 이 인덕턴스는 약 $1.5 \mu\text{H}/\text{m}$ 의 원주를 가지고 있다. 따라서, $f = 9 \text{ kHz}$ 에서 표준화된 LLA에 대한 $X_i = 0.5 \Omega$ 이다.

주2) 피시험기와 루프안테나시스템 사이의 불필요한 캐패시터의 결합을 피하기 위해서 피시험기와 LLA의 구성품 사이에는 최소한 루프 지름의 0.1배의 거리가 필요하다. 피시험기의 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]

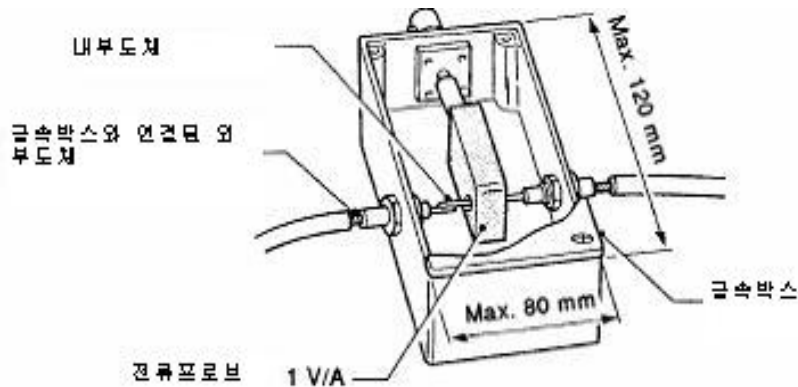


그림 C.5. 전류 프로브를 포함하는 금속박스의 구조

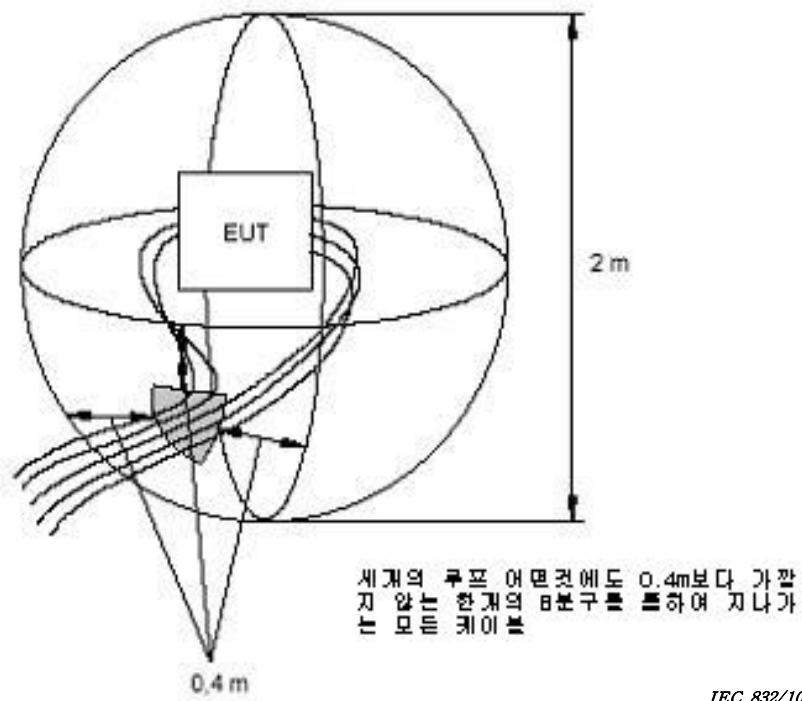


그림 C.6. 리드에서 루프까지 정전결합이 존재하지 않는다는 것을 확인하기 위해 피시험기 케이블들의 경로를 보여주는 예

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 $[dB(\Omega)=20 \log (R_1/R_2)]$ 로 표현]는 그림 C.8에 주어진 검증 인자에서 ± 2 dB 이상 편차가 없어야 한다.

대형 루프 안테나 (LLA)

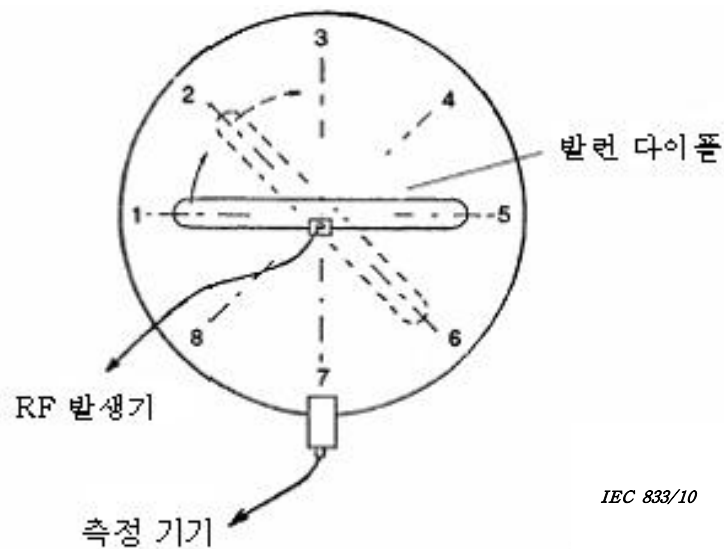


그림 C.7. 대형 루프 안테나의 유효성 검증 중 발룬 다이폴 안테나의 8개 위치

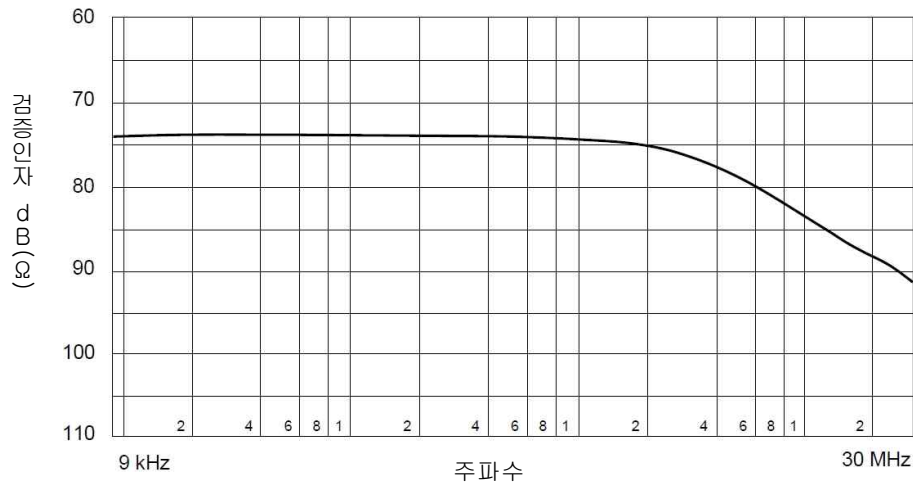


그림 C.8. 2 m 직경의 대형 루프 안테나 유효성검증 인자

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 한 쪽 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

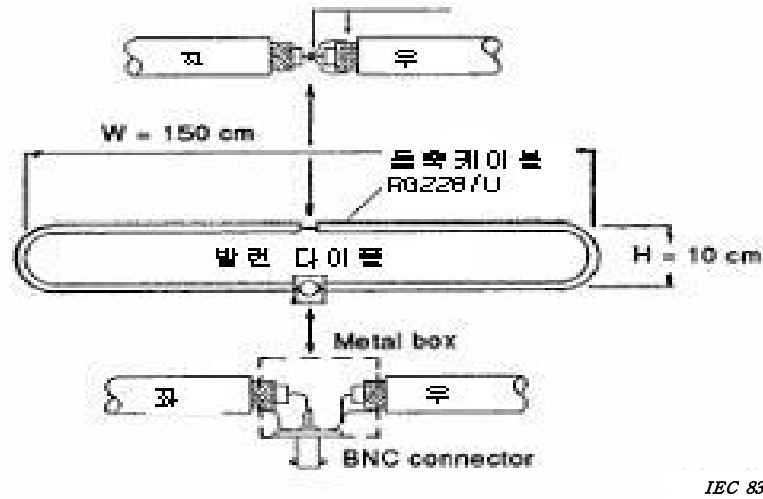


그림 C.9. 발런 다이폴 안테나의 구조

C.6 변환인자

이 절은 피시험기기에 의해 LLA에서 유도된 전류(I)를 피시험기로부터 지정 거리에 있는 자기장 세기 H로 변환하는 인자를 다룬다(그림 C.10 참조). 또한, 비표준 직경의 LLA에서 측정된 전류를 $D = 2 \text{ m}$ 로 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 장애원의 실제 위치가 표준 루프안테나시스템의 중심으로부터 0.5 m 보다 작은 거리에 있다면, 측정 결과는 중심에 원이 있는 경우의 결과와는 3 dB 미만의 차이가 난다.

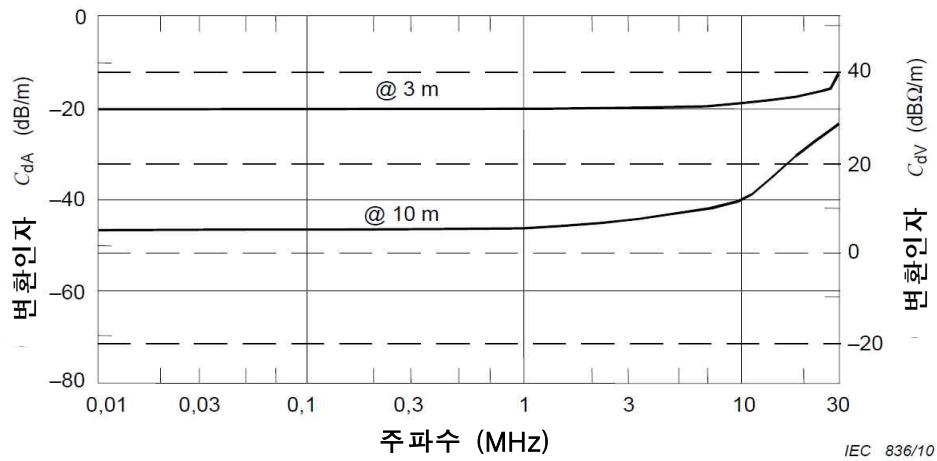


그림 C.10. 두 표준 측정거리 d 의 변환인자 C_{dA} ($\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 로 변환)와 C_{dV} ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 로 변환)

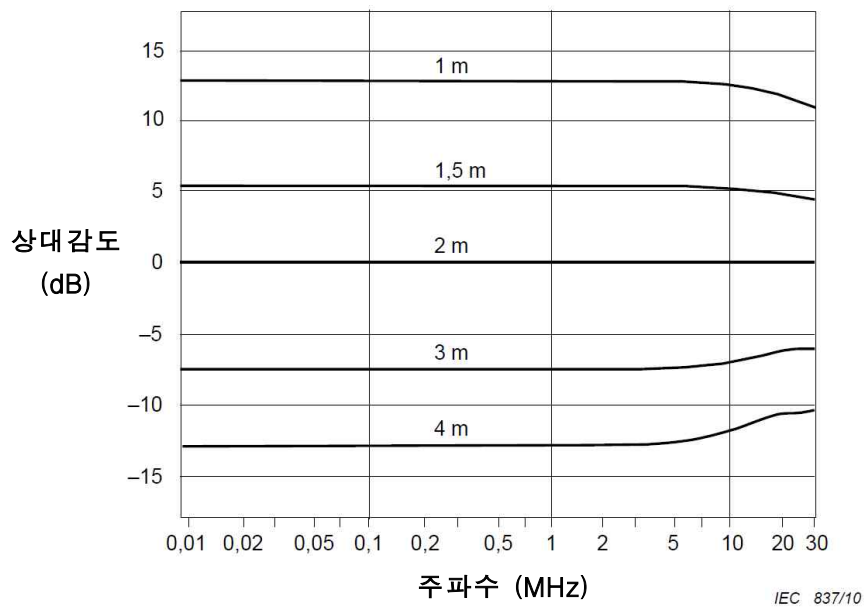


그림 C.11. 직경 2 m인 대형 루프 안테나에 관한 직경 D 인 대형 루프 안테나의 감도 S_D

거리 d 에서 측정된 자기장 세기 H [$\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 단위]와 전류 I [$\text{dB}\mu\text{A}$ 단위] 사이의 관계는 아래 식으로 표현된다.

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

여기서, C_{dA} 는 H 를 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 단위로 나타낼 때의 일정한 거리 d 에서의 전류를 장의 세기로 변환하는 변환인자이다.

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 D 인 LLA에서 측정된 전류와 $D = 2$ m 표준 직경의 LLA에서 데시벨 단위로 측정된 전류의 비 S_D 가, 여러 D 값에 대해서, 그림 C.11에 주어진다. 이 비를 사용하여, 위에 주어진 공식은 다음과 같이 표현된다.

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

여기서, H 는 단위가 $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ 이고, I 는 $\text{dB}(\mu\text{A})$, S_D 는 dB , C_{dA} 는 dB/m 이다.

주) 방해파 계산을 위해서, KN 은 자기장 세기 H 의 단위를 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 대신에 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 를 사용한다. 이와 관련해서, $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 로 표현되는 H 와 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 로 표현되는 E 의 관계가 아래에 주어진다.

$$E = H + 51.5$$

여기서, E 는 단위가 $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 이고 H 는 단위가 $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ 이다. 상수 $51.5[\text{dB}(\Omega)]$ 에 대해서는 4.3.2의 주)에서 설명하였다.

편의를 위해서 그림 C.10에 용이한 변환을 위하여 $I[\text{dB}\mu\text{A}]$ 를 $E[\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}]$ 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 $I = X$ $\text{dB}\mu\text{A}$ 일 경우, 첫 방정식과 그림 C.10을 이용하면, 다음과 같이 된다.
 $d = 3$ m에서, $H[\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}] = X [\text{dB}\mu\text{A}] + C_{3A}[\text{dB}(\text{m}^{-1})] = (X - 19.5) \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$
 $d = 3$ m에서, $E[\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}] = X [\text{dB}\mu\text{A}] + C_{3V}[\text{dB}(\Omega)] = [X + (51.5 - 19.5)] \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$
- b) 측정 주파수 $f = 100$ kHz, 루프 직경 $D = 4$ m, 루프의 전류 $I = X$ $\text{dB}\mu\text{A}$ 일 경우, 그림 C.11을 이용하면, 동일한 피시험기기가 어떤 전류를 유도한 것으로 추정된다.
 표준 직경 $D = 2$ m인 LLA에서,
 $I[\text{dB}\mu\text{A}] = X - S_3(\text{dB}) = (X + 13) \text{ dB}\mu\text{A}$
- c) 직경 $D = 3$ m인 LLA의 유효성을 검증할 경우, 유효성검증 인자는 그림 C.11에 주어진 각 주파수 S_3 에서 그림 C.8에 주어진 유효성검증 인자에 더하여 구할 수 있다. 그러므로 측정된 주파수가 100 kHz이면, $D = 3$ m인 LLA의 유효성검증 인자는 $(86 - 7) = 79 \text{ dB}\Omega$ 이다.

부록 D

(규격)

주파수 30 MHz ~ 1 000 MHz 범위의 야외시험장에 대한 설치 세부 구조

(제5절 참조)

D.1 일반사항

본문 5.2.1 ~ 5.2.5에는 야외시험장에 대한 주요 설치 고려사항이 제시되어 있다. 이 부록에는 잘 구축된 시험장과 전천후 차폐실을 보증하는데 유용한 추가 세부사항이 기술되어 있다. 이 설치 관례의 적합성을 보증하는 최상의 방법은 5.4에 기술되어 있는 시험장 유효성 확인 측정을 실시하는 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, 금속 호일, 다공금속판, 인장철망판, 와이어 클로스, 철망, 금속격자 등이 있다. 접지면은 최대 측정주파수에서 파장의 분율에 영향을 미칠 정도의 치수를 갖는 공백이나 간격이 있어서는 안 된다. 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

레이leigh(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. 5.4의 시험장 유효성 확인 절차에서는 회전교반기가 합격판정 여부를 결정하는 데에 사용되어야 한다.

D.3 피시험기기의 서비스

피시험기기로의 전력공급이나 주전원 배선은 최대한도로 접지면 아래에서 가설되어야 하며 측정측과 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.

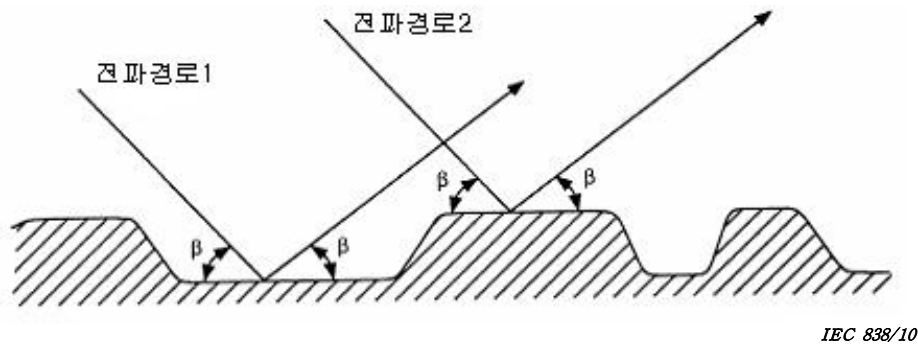


그림 D.1. 접지면의 레일리 표면 회전교반기 기준

표 D.1. 3 m, 10 m, 30 m 측정 거리에 대한 최대 거칠기

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

b 값은 다음과 같은 공식에 의해 계산된다.

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

D.4 전천후 인클로저 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 전송 손실을 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 기반시설은 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 조건

을 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 수직편과 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 셋업과 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 $0.8 \text{ m} \pm 0.01 \text{ m}$ 이어야 하며, 셋업 테이블은 수평면의 중심이 회전을 일으키는 장치인 턴테이블 중심에 있도록 배치한다. [시험장 유효성확인](#)을 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 시험 방법에서 요구한 것을 따른다. 제품이 비금속성 롤러캐스터(운반대)가 제공된 경우에는 절연 지지물은 필요하지 않다. [시험장 유효성확인](#)을 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 $0.8 \pm 0.01 \text{ m}$ 이며, 바닥 설치형 장비의 경우에는 0.15 m 를 초과하지 않아야 한다. [시험장 유효성확인](#)을 측정할 때는 셋업 테이블을 제거해야 한다.

- FAR에서는 피시험기기 셋업 테이블의 높이를 정의하지 않으며, 그 높이는 FAR의 흡수 재료와 시험 체적의 성능에 따라 달라진다. 시험장 유효성확인을 측정할 때는 셋업 테이블을 제거해야 한다.

주) 시험 구성의 일부로 지지 테이블을 포함하는 피시험기기와 시스템은 시험장의 범용 셋업 테이블이 아닌 시스템과 함께 제공되는 지지 테이블을 사용해야 한다.

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 묶은 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
(공백)

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

F.1 개요

이 부록은 5.4에서 요구되는 정규화 시험장 감쇠량 측정에 대한 ± 4 dB 적합성 기준의 근거를 제시한다.

F.2 오차 분석

표 F.1에 나타난 오차 분석은 5.4에 주어진 정규화 시험장 감쇠량 측정방법에 적용한다. 총 평가오차는 약 3 dB 측정불확도 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	소인 주파수법 dB
안테나 인자(Tx) ^{주1)}	± 1	± 1
안테나 인자(Rx) ^{주1)}	± 1	± 1
전압계	0	$\pm 1.6^{\text{주2)}$
감쇠기	± 1	0
시험장 결함	± 1	± 1
총계	± 4	± 4.6
주1) 800 MHz 이상의 주파수에서, F_a 의 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. [소인](#) 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.

부록 G

(정보)

교정된 안테나 쌍을 갖춘 RSM을 이용하는 COMTS의 시험장 유효성 확인에 대한
불확도 총괄표의 예

G.1 평균법을 이용하여 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 교정 시에 고려해야 할 수량

측정량 A_{APR} 은 다음과 같이 산출한다.

$$A_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_{SDAPR} + \delta V_{NL} + \delta V_{NF} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} + \delta V_{AM} \quad (G.1)$$

표 G.1. 평균법을 이용한 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 교정

입력 수량	X_i	x_i 의 불확도		$u(x_i)$	c_i	$c_i u(x_i)$
		dB	확률 분포 함수	dB		dB
수신기 판독치	V_{DIRECT}	± 0.5	직사각형	0.29	1	0.29
수신기 판독치	V_{SITE}	± 0.5	직사각형	0.29	1	0.29
부정합:						
발생기-수신기	δV_{M1}	± 0.1	U형	0.07	1	0.07
발생기-안테나	δV_{M2}	± 0.2	U형	0.14	1	0.14
안테나-수신기	δV_{M2}	± 0.2	U형	0.14	1	0.14
평균 A_{APR} 의 표준 편차	δV_{SDAPR}	± 0.6	정상 ($k=1$)	0.6	1	0.6
수신기 정정:						
비선형성	δV_{NL}	± 0.1	정상 ($k=2$)	0.05	1	0.05
잡음 플로어 근접성	δV_{NF}	± 0	정상 ($k=2$)	0	1	0
안테나 케이블의 이차 방사:						
송신 안테나	δV_{SRTX}	± 0.3	직사각형	0.17	1	0.17
수신 안테나	δV_{SRRX}	± 0.3	직사각형	0.17	1	0.17
안테나 마스트	δV_{AM}	± 0.15	직사각형	0.09	1	0.09

확장 불확도는 $U = 2 u_c(A_{APR}) = 1.37$ dB

G.2 REFTS를 이용하여 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 교정 시에 고려해야 할 수량

측정량 A_{APR} 은 다음과 같이 산출한다.

$$A_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_{REFTS} + \delta V_{NL} + \delta V_{NF} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} + \delta V_{AM} \quad (G.2)$$

표 G.2. REFTS를 이용한 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 교정

입력 수량 X_i	X_i 의 불확도		$u(X_i)$	c_i	$c_i u(X_i)$
	dB	확률 분포 함수	dB		dB
수신기 판독치 V_{DIRECT}	± 0.5	직사각형	0.29	1	0.29
수신기 판독치 V_{SITE}	± 0.5	직사각형	0.29	1	0.29
부정합:					
발생기-수신기 δV_{M1}	± 0.1	U형	0.07	1	0.07
발생기-안테나 δV_{M2}	± 0.2	U형	0.14	1	0.14
안테나-수신기 δV_{M2}	± 0.2	U형	0.14	1	0.14
REFTS 영향 δV_{REFTS}	± 1	직사각형	0.58	1	0.58
수신기 정정:					
비선형성 δV_{NL}	± 0.1	정상 ($k=2$)	0.05	1	0.05
잡음 플로어 근접성 δV_{NF}	± 0	정상 ($k=2$)	0	1	0
안테나 케이블의 이차 방사:					
송신 안테나 δV_{SRTX}	± 0.3	직사각형	0.17	1	0.17
수신 안테나 δV_{SRRX}	± 0.3	직사각형	0.17	1	0.17
안테나 마스트 δV_{AM}	± 0.15	직사각형	0.09	1	0.09

확장 불확도는: $U = 2 u_c(A_{APR}) = 1.34 \text{ dB}$

G.3 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량을 이용한 COMTS 검정 시에 고려해야 할 수량

측정량 ΔA_S 는 다음과 같이 산출한다.

$$\Delta A_S = V_{DIRECT} - V_{SITE} - A_{APR} + \delta V_{M1} + \delta V_{M2} + \delta V_{M3} + \delta V_{NL} + \delta V_{NF} + \delta V_{SRTX} + \delta V_{SRRX} \quad (G.3)$$

표 G.3. 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량을 이용한 COMTS 검증

입력 수량 X_i	X_i 의 불확도		$u(X_i)$	c_i	$c_i u(X_i)$
	dB	확률 분포 함수	dB		dB
수신기 판독치 V_{DIRECT}	± 0.5	직사각형	0.29	1	0.29
수신기 판독치 V_{SITE}	± 0.5	직사각형	0.29	1	0.29
안테나 쌍 기준 SA A_{APR}	± 1.4	정상 ($k=2$)	0.7	1	0.7
부정합:					
발생기-수신기 δV_{M1}	± 0.1	U형	0.07	1	0.07
발생기-안테나 δV_{M2}	± 0.2	U형	0.14	1	0.14
안테나-수신기 δV_{M2}	± 0.2	U형	0.14	1	0.14
수신기 정정:					
비선형성 δV_{NL}	± 0.1	정상 ($k=2$)	0.05	1	0.05
잡음 플로어 근접성 δV_{NF}	± 0	정상 ($k=2$)	0	1	0
안테나 케이블의 이차 방사:					
송신 안테나 δV_{SRTX}	± 0.3	직사각형	0.17	1	0.17
수신 안테나 δV_{SRRX}	± 0.3	직사각형	0.17	1	0.17

확장 불확도는 $U = 2 u_c(\Delta A_s) = 1.54 \text{ dB}$