

제 출 문

본 보고서를 「Fully Anechoic Chamber에서의 전자파장해 측정기술 표준화 에 관한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002 . 1. 21.

연구책임자 : 전파환경연구과 이 황 재
연 구 원 : 전파환경연구과 정 삼 영
주 은 정
안 형 배

요약문

1. 과제명 : Fully Anechoic Chamber에서의 전자파장해
측정기술 표준화에 관한 연구
2. 연구 기간 : 2001. 1 ~ 2001. 12
3. 연구책임자 : 공업연구원 이황재
4. 계획 대 진도
가. 월별 추진내용

[illegible]

[illegible]

나. 세부 과제별 추진사항

(1) 완전 무반사실(FAR)의 시험장 평가 및 적합성 연구

- 3 m FAR와 OATS(Open Area Test Site) 시험장 상관성 추출
 - 측정 일시 : 2001년 4월 9일 ~ 4월 10일
2001년 11월 15일 ~ 11월 17일
 - 측정내용 : 수직, 수평 편파에서 두 개의 송신안테나 높이를 고정 시킨 후 37개 주파수에 대해 수신안테나는 1 ~ 4 m 높이로 스캔하여 최대값 측정
 - 측정분석 : 분석을 통한 3 m FAR와 OATS 시험장간의 상관성 추출
- NSA(Normalised Site Attenuation) 방법을 이용한 시험장 평가
 - 3 m SAR 시험장 적합성 평가 : 5월 21일 ~ 22일
 - 3 m FAR 시험장 적합성 평가 : 5월 28일 ~ 29일
 - 측정내용 : 수직, 수평 편파에서 두 개의 송신안테나 높이를 고정 시킨 후 27개 주파수에 대해 수신안테나는 1 ~ 4 m 높이로 스캔하여 최대값 측정
 - 측정분석 : 측정값이 NSA 이론값과 비교하여 ± 4 dB 이내에 들어와야 하며 분석 완료

(2) FAR에서의 측정표준분야 기술동향자료 D/B 구축

- 2001년도 신규격 측정표준 동향자료 수집 및 자료 검토
 - Fully Anechoic Chamber 내에서의 전자파 방사 측정
: CISPR/A/262/CD, CISPR/A/280/CC, CISPR/A/301/CD
CISPR/319/CC, CISPR/332/CD
 - Ground plane이 없는 대용시험장의 적정성
: CISPR/A/261/CD, CISPR/A/283/CC, CISPR/A/300/CD
CISPR/320/CC

5. 연구 결과

- 가. 야외시험장(OATS)과 전자파완전무반사실(FAR)의 30 MHz ~ 1000 MHz에서의 상관성 추출하였으며, 수평 및 수직편파 공통으로 주파수 1000 MHz에서 약 6dB, 수평 편파 30 MHz ~ 900 MHz 에서 3dB, 수직편파는 60 MHz 에서 5 dB 및 그외 주파수에서는 3 dB 정도 이론 치와 측정치 차이가 발생하였다.
- 나. FAR에서의 시험장 적합성 평가를 위하여 CISPR에서 검토하고 있는 방법을 적용하여 정규화 시험장 감쇄량을 측정하였다. 위 측정결과를 기존에 시험장 적합성 평가를 위해 사용하던 정규화 시험장 감쇄량 방법의 측정 결과와 비교한 결과, 수신안테나를 높이에 따라 스캔한 경우와 한 높이로 고정시킨 경우의 정규화 시험장 감쇄량 분포에 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 따라서 FAR에서 시험장 적합성 측정을 할 때는 CISPR에서 제안한 방법을 이용하는 것도 평가의 유효성을 보장받을 수 있으며 측정과정이 간단하여 시험의 편의성도 확인할 수 있었다.
- 다. 불요전자파의 크기를 측정하기 위해서 전송선로의 부하에 나타나는 전압을 측정하며 측정한 전압으로 부터 전계 강도를 산출해 낼 때 필요한 것이 안테나 인자이며, 주파수가 150 kHz 에서 30 MHz까지 주로 사용하는 모노폴(rod)안테나 대신에 더미안테나를 사용하여 안테나 인자 대체 가능성을 제시하였고 현재 CISPR A에서 제안하고 있는 방식을 검증하였다.

6. 기대효과

- 기존의 FAR 시설을 전자파 장해시험시설 활용시 시험장성능평가 및 절차방법 등에 활용
- 표준으로 확정되는 신규격은 국내 관련기관이 신속히 도입·적용하도록 국내기준 및 시험방법의 제·개정에 반영
- FAR의 시험장 적합성 평가와 표준시험장의 상관관계에 대한 연구결과, 국내 학술지 발표
- 국제기준(CISPR) 변화동향을 국내 산·학·연에 전달

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
ESS	Rohde	1	Test Receiver	이천연구소		
SMT03	"	1	신호발생기	안양연구소		
HP8566B	HP	1	스펙트럼분석	안양 "		
EMI Test	Rohde	1	"	용산 "		
Biconical		2	안테나	이천, 안양		
Log-Periodic		2	"	"		
CNE	York	1	노이즈발생기	안양연구소		
FAR, SAR,		2	EMC 시험장	안양,이천		
OATS시험장		1	"	이천연구소		

SUMMARY

This study is based on the recent reserach which is focused on correlation of OATS, normalized Site Attenuation and a method of measurement EMI.

First, we measured the field strengths at the OATS for 3 m distances and in the FAR for a 3 m distance to obtain the experimental correlation factors. The Results showed the measured correlation factor 6 dB in 1000 MHz and 5 dB in 30 MHz ~ 900 MHz.

Second, It was required the validation of chamber in order to measure EMI in FAR, and it was necessary to verify the NSA(Normalized Site Attenuation) method suggested by CISPR. The result showed good agreement with theoretical expectation within ± 4 dB limit expet a part frequency.

It was also studied EMI test method about monopole antenna factor within 150 kHz ~ 30 MHz in which the equivalent capacitance substution method used a dummy antenna in place of the actual rod element. The analysis showd that the dummy antenna factor agreed with monopole antenna factor from 150 kHz to 20 MHz but not particulary good 30 MHz

목 차

표 목 차

그림목차

제 1 장 서 론

제 2 장 본 론

제 1 절 전자파 무반사실에서의 상관성

1. 연구배경 및 목적
2. 연구내용 및 분석

제 2 절 FAR 시험장 적합성 평가

1. 연구배경 및 목적
2. FAR 적합성 평가 관련 국제 동향
3. 연구내용 및 방법
4. 측정 결과 및 분석
5. 결론

제 3 절 제 3 절 모노폴 안테나 보정계수 추출

1. 연구배경 및 목적
2. 모노폴 안테나 인자추출 및 제작
3. 실험결과 및 고찰
4. 실험결과 및 분석

제 3 장 결 론

표 목 차

표 1 자유공간에서 주파수에 따른 이론적인 NSA 값

그 립 목 차

- 그림 2-1 직접파 및 반사파에 의한 OATS의 복사전계 측정
- 그림 2-2 수평편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의
상관관계
- 그림 2-3 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m OTAS사이의
상관관계
- 그림 2-4 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의
상관관계
- 그림 2-5 수평편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의
상관관계
- 그림 2-6 수평편파에 대한 3 m FAR와 3 m SAR사이의
상관관계
- 그림 2-7 수직편파에 대한 3 m FAR와 SAR 사이의
상관관계
- 그림 2-8 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m SAR 사이의
상관관계
- 그림 2-9 시험장 평가를 위한 송신안테나 위치
- 그림 2-10 송신안테나 위치에 따른 NSA 분포(수평편파)
- 그림 2-11 송신안테나 위치에 따른 NSA 분포(수직편파)
- 그림 2-12 송신안테나 높이에 따른 NSA 분포(수평편파)
- 그림 2-13 송신안테나 높이에 따른 NSA 분포(수직편파)
- 그림 2-14 수신안테나 스캔 유무에 따른 NSA 분포(수평편파)
- 그림 2-15 수신안테나 스캔 유무에 따른 NSA 분포(수직편파)
- 그림 2-16 케이블 배치를 고려하여 측정한 NSA 분포(수평편파)
- 그림 2-17 케이블 배치를 고려하여 측정한 NSA 분포(수직편파)

그림 2-18 측정 전압에 대한 필드의 세기

그림 2-19 CISPR A에서 제안한 Dummy Antenna 구성형태

그림 2-20 signal generator에 의한 측정구성도

그림 2-21 RF 수신단에서 측정한 측정치

그림 2-22 바이코니칼과 로그피리오덕 안테나의 주파수에 따른
안테나 인자

그림 2-23 주파수 100 kHz ~ 30 MHz 대역의 모노폴
안테나 인자 추출

제 1 장 서 론

국제 전자파장해 규제는 유럽, 미국을 중심으로 시작되어 점차 전세계적으로 파급되고 있으며, 현재는 전세계적으로 공통된 규격을 적용시키기 위하여 국제전자파장해특별위원회(CISPR: International Special Committee on Radio Interference)를 중심으로 전자파 적합성(EMC: Electro Magnetic Compatibility) 연구가 진행되고 있다.

전기·전자 기기에 대한 전자파 장해 측정을 하기 위한 시험장으로는 야외시험장(OATS: Open Area Test Sites), 과 전자파무반사실(SAR: Semi Anechoic Room) 등이 있다. 그러나 전자파 환경의 악화로 환경이 좋은 야외 시험장을 확보하기 어려워지고 시험장 건설에 많은 예산이 소요되고 있는 실정이다. 전자파 분야의 국제표준을 관리하는 국제전기기술위원회(IEC: International Electrotechnical Commission)의 CISPR에서는 기존에 복사내성 측정을 위해 사용되고 있는 FAR를 전자파장해 측정용 대용 시험장으로서 유용성을 검증하기 위한 표준화연구가 CISPR를 중심으로 각나라에서 진행되고 있다.

FAR는 10m 야외시험장과 비교하여 외부노이즈가 없으며 시험실 구축에 드는 비용도 저렴하다, 또한 모든 면에 흡수체를 장착, 자유공간을 확보하여 직접파만 고려하므로 수신안테나를 높이에 따라 스캔하지 않아도 되어 측정시간이 단축되는 장점을 가지고 있다.

이러한 장점으로 인해 현재 IEC/CISPR에서는 기존에 복사내성 측정을 위해 사용되고 있는 FAR(Fully Anechoic Chamber)인 완전무반사실을 전자파장해측정용 대용시험시설로 사용하기 위한 표준화 연구로 지정하여 CISPR A의 1)WG2 에서 표준화 연구로 수행중이다. 따라서 OATS와 FAR의 상관성을 전파연구소 시험장을 이용하여 측정하였다.

그리고 상관성 측정을 위해서는 FAR의 복사내성 측정에 대한 균일장 평가가 필요하며, 전자파 장해 측정을 위해서는 시험장 감쇄량(Site Attenuation)을 이용한 시험장 적합성 평가가 요구된다.

시험장 적합성 평가는 정규화 시험장 감쇄량 방법을 사용하여 측정하되

1) Working Group : 분과위원회 작업반

FAR가 자유공간과 같은 역할을 한다는 것에 중점을 두어 CISPR에서 검토 중인 새로운 정규화 시험장 감쇄량 방법을 이용하여 측정하였다.

또한 30 MHz이하에서 발생하는 최대 전계강도를 측정하고자 하는 ²⁾EMC 측정용 안테나에 대한 안테나 인자에 대해서 CISPR 에서 연구중에 있어 이를 제작하여 측정 실험하였다.

2) Electromagnetic compatibility

제 2 장 본 론

제 1 절 전자파 무반사실에서의 상관성

1. 연구배경 및 목적

전자파에 의한 가정·상업용 전기·전자기기의 오동작을 예방하고 전자파 장해 현상에 의한 산업분야의 피해를 줄이며 최소화하기 위하여 장해방지 및 보호기준의 일환으로 생산제품에 대한 불요전자파 측정을 OATS(Open Area Test Site) 야외시험장에서 실험하고 있다.

그러나 오늘날 전파 사용이 급증하고 전자파 환경이 급격히 악화 되면서 야외시험장에서의 복사방출 시험은 외부잡음의 영향을 받고 있어, 이것을 해결하기 위해서 복사방출 시험을 위한 대체 시설인 전자파 반무반사실 SAR(Semi-Anechoic Room)에서 시험하고 있다.

또한 현재 IEC/CISPR에서는 기존에 전자파 방사내성 시험을 위해 사용되고 있는 FAR(Fully Anechoic Room)인 완전무반사실을 전자파장해측정용 대응시험시설로 사용하기 위해서 표준화 연구로 지정하였고, CISPR A의 WG2 에서 표준화 연구로 수행중이다.

측정은 3 m FAR 시험장에서는 수신 안테나를 고정하고 측정하였으며, 10 m OATS 시험장에서는 수신 안테나 높이를 1 ~ 4 m 범위에서 가변하여 공간을 통해 전달되는 최대 신호를 측정하여 상관성을 규명하였다.[1]

2. 연구내용 및 분석

가. Near field에서의 전자파 측정 이론

short dipole을 사용하였으며, 저주파영역에서 동작하는 chamber 구조 특성상 near field 전파원 모델링을 하였고 $L \ll \lambda$ 이다. 길이 L인 short dipole과 전기장 방향에 일정한 전류 I_0 가 길이 L인 안테나에 흐른다고 가정

하였다.

short dipole로부터 거리 $r \gg L$ 떨어진 자유공간상의 전기장은 [2]

$$E_{\theta} = -\frac{K \sin \theta}{r} \left(1 - \frac{j}{\beta r} - \frac{1}{\beta^2 r^2}\right) e^{j(\omega t - \beta r)} \quad (1)$$

$$E_r = -\frac{2K \cos \theta}{r} \left(\frac{j}{\beta r} + \frac{1}{\beta^2 r^2}\right) e^{j(\omega t - \beta r)} \quad (2)$$

이다.

송신기와 수신안테나를 평행한 방향으로 하고 측정시 전자장은 [3][4]

$$E_{\parallel} = E_r \cos \theta - E_{\theta} \sin \theta : (\text{OATS})$$

$$= \frac{K}{r} \left[\sin^2 \theta + (3 \cos^2 \theta - 1) \left(-\frac{j}{\beta r} + \frac{1}{\beta^2 r^2} \right) \right] e^{j(\omega t - \beta r)} \quad (3)$$

이며, $\theta = 90^\circ$ 일 경우

$$E^{FS} = -\frac{K}{R} \left(1 - \frac{j}{\beta R} - \frac{1}{\beta^2 R^2}\right) : (\text{FS}) \quad (4)$$

위 첨자 FS는 직접파의 영향만이 고려되는 자유공간 형태를 나타낸다.
여기서,

$K = -\frac{j\omega I L}{4\pi\epsilon_0 c^2}$, $\beta = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda_0}$, ω = 각주파수, r = 미소 다이폴로부터의 거리,
 ϵ_0 = 자유공간의 유전율, c = 광속 이다.

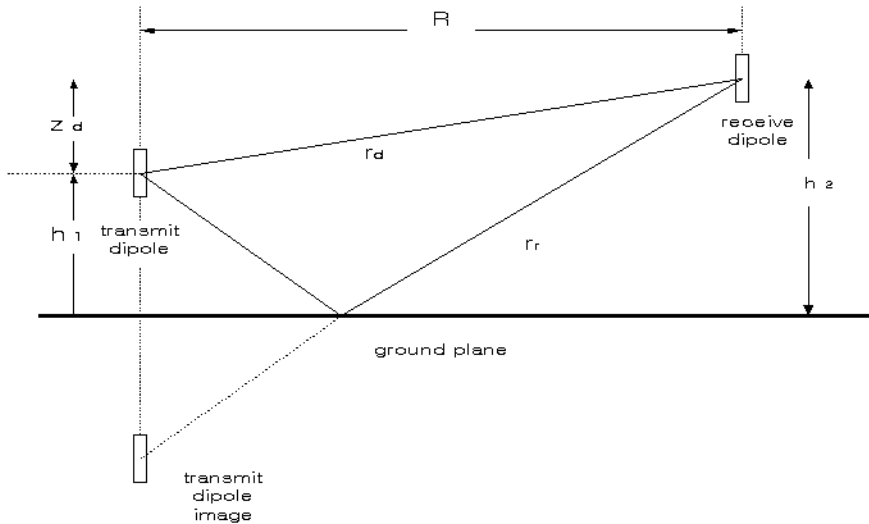


그림 2-1. 직접파 및 반사파에 의한 OATS의 복사전계 측정

그림 2-1 은 ground plane이 놓여진 근방계에서 h_1 높이에 송신 안테나를 놓고 수직 및 수평 편파에 대한 E_{\max} 값을 측정하기 위해서 거리 R 떨어진

곳의 수신 안테나를 두고 수신 높이 h_2 에서의 측정값을 나타내고 있다. 수신 위치에서 전기장은 직접파와 ground plane에서 반사된 형태로 나타낼 수 있다. 즉

$E = E_d \pm E_r$ 이며, 합은 수직편파의 경우, 차는 수평편파의 경우이다.

공간과 시간상에서 직접파와 반사파를 실수와 허수성분으로 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$E_d = [Re(\widehat{E}_d) + jIm(\widehat{E}_d)]e^{j(\omega t - \beta r_d)} \quad (5)$$

$$E_r = [Re(\widehat{E}_r) + jIm(\widehat{E}_r)]e^{j(\omega t - \beta r_r)} \quad (6)$$

직접파와 반사파 r_d 와 r_r 을 전파경로 길이로 표현하면

$$r_d = \sqrt{(R^2 + z_d^2)}, \quad r_r = \sqrt{(R^2 + z_d^2)} \quad \text{이며}$$

총 전기장 크기의 제곱은

$$\begin{aligned} E^2 = & Re^2(\widehat{E}_d) + Im^2(\widehat{E}_d) + Re^2(\widehat{E}_r) + Im^2(\widehat{E}_r) \\ & \pm 2[[Re(\widehat{E}_d)Re(\widehat{E}_r) + Im(\widehat{E}_d)Im(\widehat{E}_r)] \cos \beta(r_r - r_d) \\ & + [Re(\widehat{E}_d)Im(\widehat{E}_r) - Re(\widehat{E}_r)Im(\widehat{E}_d)] \sin \beta(r_r - r_d)] \quad \text{이다.} \end{aligned} \quad (7)$$

송신 다이폴의 축과 수직인 선상에 수신안테나가 놓일 경우 수평편파가 되며 이때 $\theta = 90^\circ$ 가 되고

$$\widehat{E}^{hor} = \frac{1}{r} \left(1 - \frac{j}{\beta r} - \frac{1}{\beta^2 r^2} \right) \quad \text{이다.} \quad (8)$$

직접파와 반사파 r_d 와 r_r 을 대입하여 \widehat{E}_d^{hor} 과 \widehat{E}_r^{hor} 을 다음과 같이 직접파와 반사파의 실수와 허수로 나타낼 수 있다.

$$Re(\widehat{E}_d^{hor}) = \frac{1}{r_d} \left(1 - \frac{1}{\beta^2 r_d^2} \right) \quad (9)$$

$$Im(\widehat{E}_d^{hor}) = -\frac{1}{\beta r_d^2} \quad (10)$$

$$Re(\widehat{E}_r^{hor}) = \frac{1}{r_r} \left(1 - \frac{1}{\beta^2 r_r^2} \right) \quad (11)$$

$$Im(\widehat{E}_r^{hor}) = -\frac{1}{\beta r_r^2} \quad \text{이다.} \quad (12)$$

수직편파인 경우 $\sin \theta = \frac{R}{r}$, $\cos \theta = \frac{z}{r}$ 이므로

$$\widehat{E}^{ver} = \frac{1}{r} \left[\left(\frac{R}{r} \right)^2 + \left(3 \frac{z^2}{r^2} - 1 \right) \left(\frac{j}{\beta r} + \frac{1}{\beta^2 r^2} \right) \right] \quad \text{이 되고} \quad (13)$$

실수부와 허수부는

$$Re(\hat{E}_d^{ver}) = \frac{1}{r_d} \left[\left(\frac{R}{r_d} \right)^2 + \left(\frac{3z_d^2}{r_d^2} - 1 \right) \frac{1}{\beta^2 r_d^2} \right] \quad (14)$$

$$Im(\hat{E}_d^{ver}) = -\frac{1}{\beta r_d^2} \left(\frac{3z_d^2}{r_d^2} - 1 \right) \quad (15)$$

$$Re(\hat{E}_r^{ver}) = \frac{1}{r_r} \left[\left(\frac{R}{r_d} \right)^2 + \left(\frac{3z_r^2}{r_d^2} - 1 \right) \frac{1}{\beta^2 r_d^2} \right] \quad (16)$$

$$Im(\hat{E}_r^{ver}) = -\frac{1}{\beta r_r^2} \left(\frac{3z_r^2}{r_r^2} - 1 \right) \text{ 이다.} \quad (17)$$

far field 조건에서는 $\frac{1}{\beta r}$, $\frac{1}{\beta^2 r^2}$ 이 없는 상태 이므로

$$Re(\hat{E}_d^{hor}) = \frac{1}{r_d}, \quad Im(\hat{E}_d^{hor}) = 0 \quad (18)$$

$$Re(\hat{E}_r^{hor}) = \frac{1}{r_r}, \quad Im(\hat{E}_r^{hor}) = 0 \quad (19)$$

$$Re(\hat{E}_d^{ver}) = \frac{R^2}{r_d^3}, \quad Im(\hat{E}_d^{ver}) = 0 \quad (20)$$

$$Re(\hat{E}_r^{ver}) = \frac{R^2}{r_r^3}, \quad Im(\hat{E}_r^{ver}) = 0 \quad (21)$$

(18), (19), (20), (21)을 수식 (7)에 대입하면,

$$|E_{hor}|^2 = 1/r^2 + 1/r_r^2 - (2/r_d r_r) \cos \beta(r_r - r_d) \quad (22)$$

$$|E_{ver}|^2 = R^4/r_d^6 + R^4/r_r^6 + (2R^4/r_d^3 r_r^3) \cos \beta(r_r - r_d) \text{ 된다.} \quad (23)$$

거리 M meter 자유공간(FS) 데이터를 거리 N meter 야외시험장의 데이터로 변환하는 C_{of}^{N-M} 은

$$C_{of}^{N-M}(\nu_{meric}) = \frac{|E^{OATS}|_{\max} N_{meter}}{|E^{FS}|_{M_{meter}}} \text{ 이다.}$$

데시벨로 표현하면

$$C_{of}^{N-M}(dB) = 20 \log |E^{OATS}|_{\max N_{meter}} - 20 \log |E^{FS}|_{M_{meter}}$$

이며 완전전자파무반사실(FAR)에서 측정한 데이터에 더해 주면 야외시험장(OATS)에서의 측정값이 된다. [5]

나. 측정 결과 및 분석

1) 측정조건

- 측정거리 3 m
- 송신안테나 높이 및 위치(그림 1)
 - 높이 : 1 m, 1.5m, 2 m
- 수신안테나는 수평 및 수직편파에 대해서 측정
- 측정주파수 대역 : 30 MHz ~ 1 GHz

2) 측정 안테나 및 장비

- 측정안테나
 - 30 MHz ~ 300 MHz : 바이코니칼 안테나
 - 300 MHz ~ 1 GHz : 로그파리오딕 안테나
- 측정장비
 - Rohde Schwarz EMI Test Receiver(ESS)
 - CNE (Comparison Noise Emitter) : Broadband noise source

3) 측정결과 분석

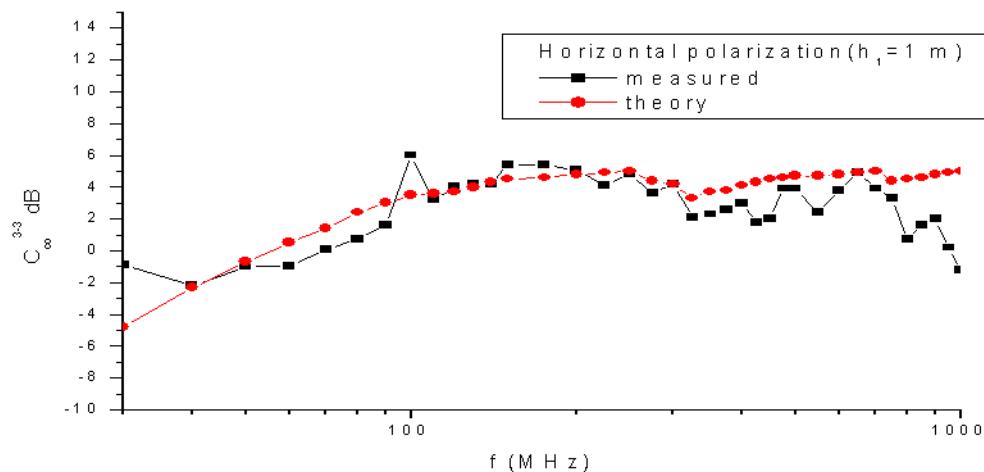


그림 2-2. 수평편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의 상관관계
(송신안테나 높이 : 1 m)

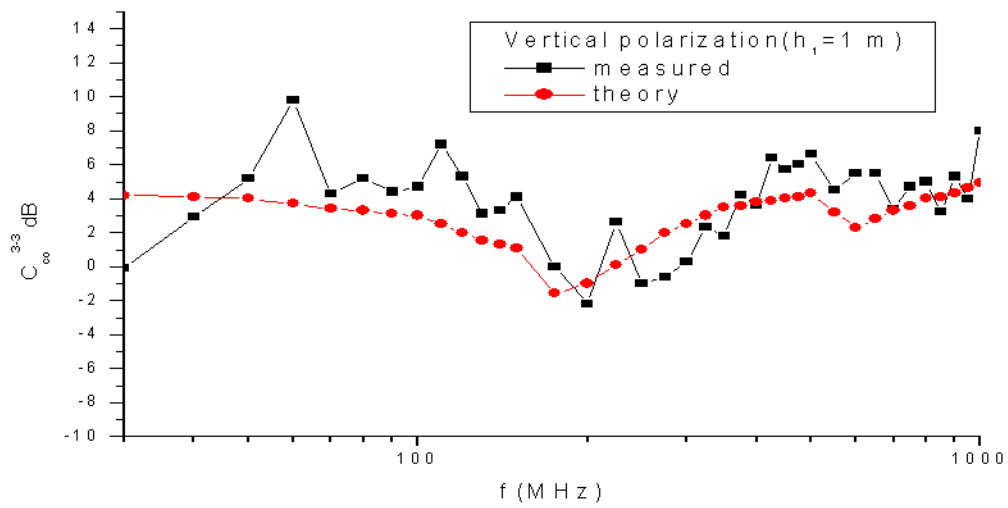


그림 2-3. 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의 상관관계
(송신안테나 높이 1 m)

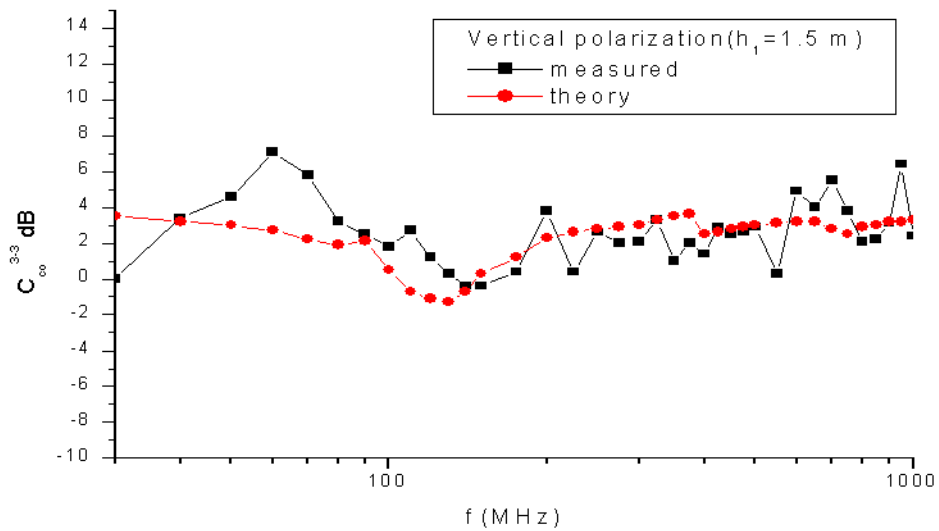


그림 2-4. 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의 상관관계
(송신안테나 높이 1.5 m)

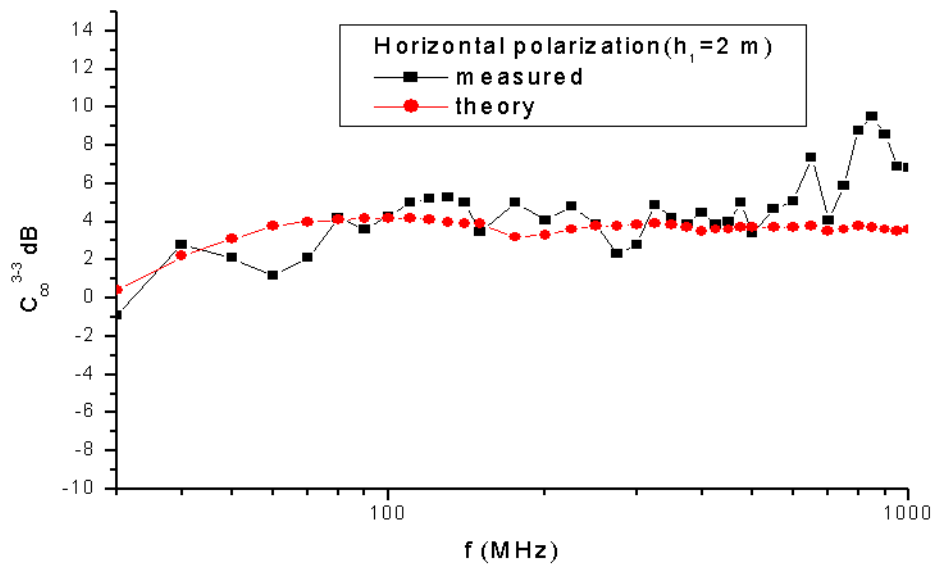


그림 2-5. 수평편파에 대한 3 m FAR와 3 m OATS사이의 상관관계
(송신안테나 높이 2 m)

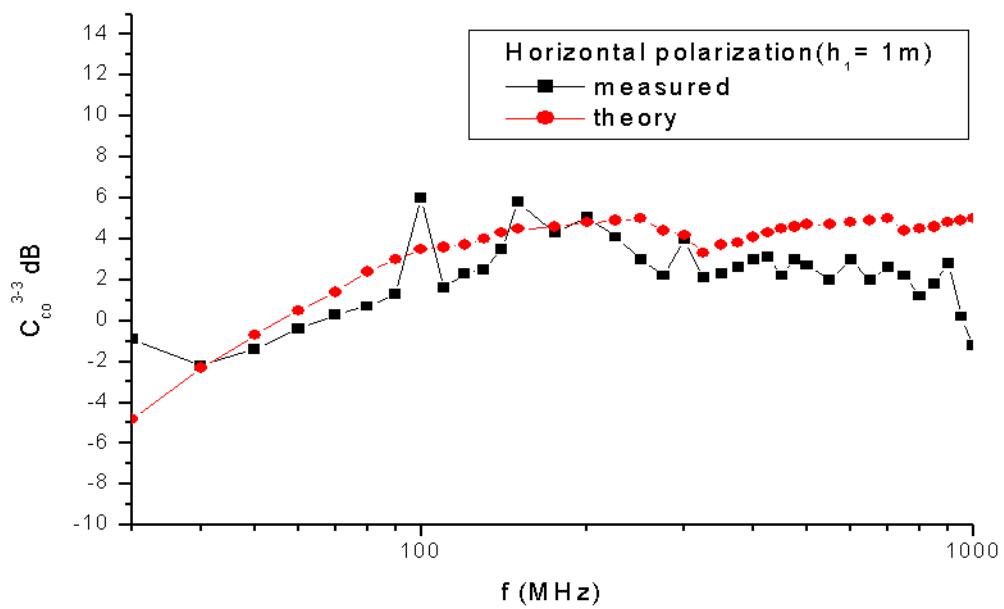


그림 2-6. 수평편파에 대한 3 m FAR와 3 m SAR 사이의 상관관계
(송신안테나 높이 1 m)

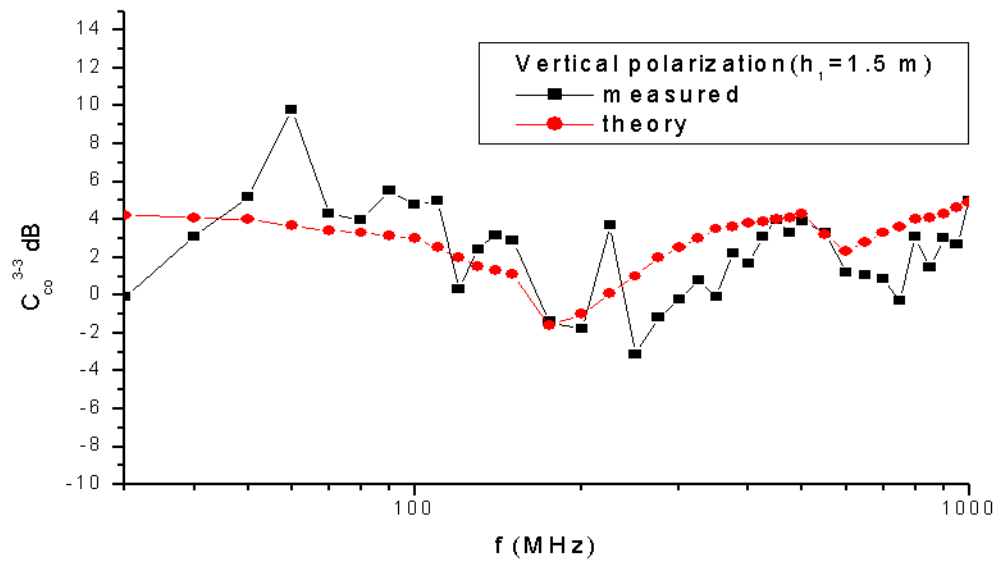


그림 2-7. 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m SAR 사이의 상관관계
(송신안테나 높이 1 m)

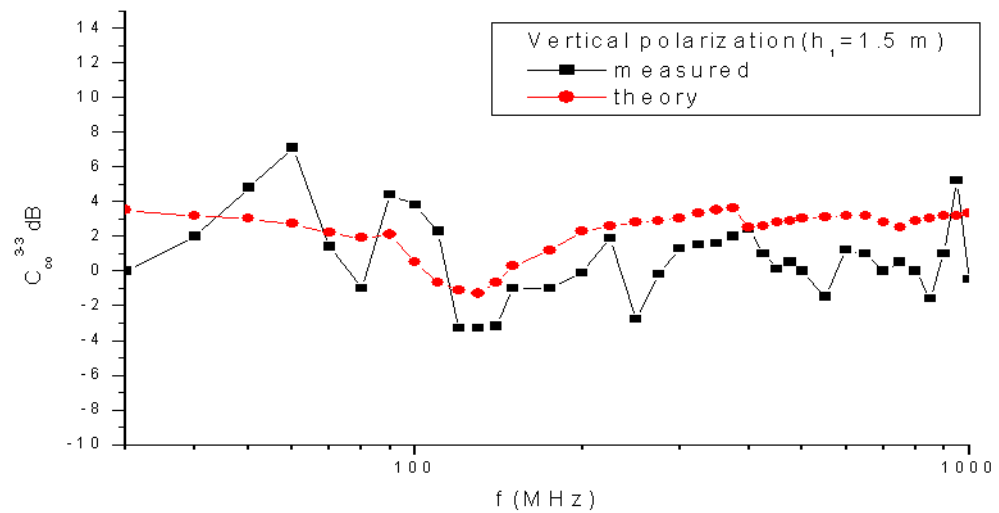


그림 2-8. 수직편파에 대한 3 m FAR와 3 m ³⁾SAR 사이의 상관관계
(송신안테나 높이 1.5 m)

3) semi anechoic room

그림 2-2와 2-3에서 이론치와 측정치에 대한 상관계수 C_{∞}^{3-3} 을 비교해 보면 수평편파에 대해서는 +4.1/-5.8 dB 이고, 수직편파에 대해서는 +6.0/-4.1 dB 이다

그림 2-4과 2-5에서 이론치와 측정치에 대한 상관계수 C_{∞}^{3-3} 을 비교해 보면 수직편파에 대해서는 +4.5/-3.5 dB 이고, 수평편파에 대해서는 +5.0/-3.0 dB 이다.

OATS와 FAR간의 수평 및 수직편파에서 주파수 1000 MHz에서 가장 많은 약 6dB 정도 이론치와 측정치 간의 차이가 발생했으며, 수평 편파는 30 MHz ~ 900 MHz 에서 3dB 정도 이론치와 측정치의 차이가 발생하였으며, 수직편파는 60 MHz 에서 5 dB, 100 MHz에서 4 dB, 그 외 주파수에서는 3 dB정도의 차이가 발생하였다.

OATS와 SAR간의 상관성 측정을 그림 2-6 ~ 2-8까지 나타내고 있다. OATS와 FAR를 비교한 경우와 유사한 결과 값을 나타내고 있으나, 일부 주파수에서 차이가 더 발생하는 것을 볼 수 있었으며, 차후에 원인 분석을 해 볼 예정이다.

다. 결 론

야외시험장(OATS)과 전자파완전무반사실(FAR)의 30 MHz ~ 1000 MHz 에서의 상관성 추출값을 near field에 의한 전자파 방사 이론을 적용하여 실측을 통하여 구하였다. 이론값의 ± 6 dB내에 포함되는 측정값을 얻을 수 있었으며, 연구 결과는 앞으로 EMC 상관성 실험에 대한 기본적인 연구자료로 활용되리라 사료된다.

제 2 절 FAR 시험장 적합성 평가

1. 연구배경 및 목적

전기·전자 기기에 대한 전자파 장해 측정을 하기 위한 시험장으로는 야외시험장(OATS: Open Area Test Sites), 전자파반무반사실(SAC/SAR: Semi Anechoic Chamber/ Room) 등이 있다. 그러나 전자파 환경의 악화로 환경이 좋은 야외시험장을 확보하기 어려워지고 시험장 건설에 많은 예산이 소요되고 있는 실정이다. 전자파 분야의 국제 표준을 관리하는 국제전기기술위원회(IEC: International Electrotechnical Commission)의 CISPR에서는 기존에 복사내성 측정을 위해 사용되고 있는 FAR를 전자파장해 측정용 대용 시험시설로 사용하기 위한 필요성을 제시하였으며 대용시험장으로서 유용성을 검증하기 위한 표준화연구가 CISPR를 중심으로 각 나라에서 진행되고 있다.

FAR는 10 m 야외시험장과 비교하여 외부 노이즈가 없으며 시험실 구축에 드는 비용도 저렴하다. 또한 모든 면에 흡수체를 장착, 자유공간을 확보하여 직접파만 고려하므로 수신안테나를 높이에 따라 스캔하지 않아도 되어 측정시간이 단축되는 장점을 가지고 있다[6].

FAR는 복사내성 측정을 위해서 균일장 평가가 필요하며 전자파장해 측정을 위해서는 시험장 감쇄량(Site Attenuation)을 이용한 시험장 적합성 평가가 요구된다. 시험장 적합성 평가는 정규화 시험장 감쇄량 방법을 사용하여 측정하되 FAR가 자유공간과 같은 역할을 한다는 것에 중점을 두어 CISPR에서 검토중인 새로운 정규화 시험장 감쇄량 방법을 이용하여 측정하였다[7].

2. FAR 적합성 평가 관련 국제 동향

가. CISPR 프로젝트명

○ 접지면이 없는 대체 시험장의 적합성 평가

(CISPR 16-1 A1 f1 Ed.2.0 - Alternative test site suitability without ground-plane)

나. 관련 문서

○ 관련문서 List

: CISPR/A/261/4)CD, CISPR/A/283/CC, CISPR/A/300/CD,
CISPR/A/319/CC, CISPR/A/332/CD

○ 문서 진행 상황에 따른 Project 추진현황

- CISPR/A/261/CD

- 2000년 3월에 발간된 첫 번째 CD 문서
- 과제 책임자는 독일의 E. Ristig

- CISPR/A/283/CC

- 2000년 6월에 러시아 피터스버그에서 개최된 CISPR 회의에서 첫 번째 CD 문서에 대한 각국의 의견 정리
- 2000년 11월에 발간된 첫 번째 CC 문서

- CISPR/A/300/CD

- 2001년 1월에 발간된 두 번째 CD 문서

- CISPR/A/319/CC

- 두 번째 CD 문서에 대한 각 국의 의견 정리
- 2001년 6월에 발간된 두 번째 CC 문서

- CISPR/A/332/CD

- 2001년 6월에 영국 브리스톨에서 개최된 CISPR 회의에서 CISPR/A/319/CC 문서를 기초로 하여 논의된 내용을 통해 수정
- 2001년 10월에 발간된 세 번째 CD 문서

다. CISPR/A/261/CD 문서 내용 요약

(1) 개요

- CISPR에서는 내성시험장으로 사용하고있는 접지면을 가지고 있지 않은 전자파완전무반사실에서 전자파장해를 측정하기 위한 연구를 하고 있으며 그에 따라 전자파완전무반사실의 시험장 적합성 평가가 필요하므로 그 내용을 CISPR 16-1에 5.6.8로 추가하고자 함

(2) 완전흡수체로 둘러싸인 시험장에서의 측정

- FAC(Fully Anechoic Chamber) 또는 FAR(Fully Anechoic Room)
: 차폐체의 내부는 대상 주파수에서 전자파에너지를 흡수하는 RF 흡수물질로 되어있으며 송신안테나에서 수신안테나로 직접 전달하는 직접파만을 고려하는 자유공간과 같은 경향을 보이고 있다. 시험장 모든 면에 흡수체를 사용하여 간접파와 반사파를 최소한으로 줄일 수 있음

(3) 시험장 적합성 평가

- 이론적인 정규화시험장감쇄량(normalized site attenuation)
 - 자유공간에서의 시험장감쇄량 (Eq. 1)

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

AF_R: 수신안테나인자, AF_T: 송신안테나인자 (단위: dB/m)

d: 송수신 안테나 사이의 거리 (단위: m)

Z₀: 기준저항,

β: 2π/λ,

f_m: 주파수 (단위: MHz)

- 이론적인 정규화시험장감쇄량 : 안테나인자 삭제

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

- 원역장 조건에서의 정규화시험장감쇄량 : 근역장 항 삭제

$$NSA_{calc} = 20 \log_{10} \left[\frac{5Z_0 d}{2\pi} \right] - 20 \log_{10} f_m \quad [dB]$$

○ 시험장 적합성 평가 과정

- 시험공간은 피시험체의 회전을 고려하여 원통모양이며 시험공간의 최소높이와 지름은 같아야 함
- 적합성 평가를 위한 시험장감쇄량 측정 위치(15개)
 - 시험공간의 바닥면, 중앙면, 위쪽면
 - 각 수평면에서 중심, 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤
- 수신안테나는 시험공간의 중간레벨 측정 포인트에 고정되고 수평과 수직방향이 잘 조정되어야 함

- 시험거리에 따른 두 가지 시험장적합성 평가방법
 - Site-Reference 방법 : 시험거리 $d < 5 \text{ m}$
 - 정규화시험장감쇄량 방법(NSA method) : 시험거리 $d \geq 5 \text{ m}$
- Site-Reference 방법
 - 송·수신용 케이블끼리 연결하여 삽입손실(M0) 측정
 - 케이블에 안테나를 연결하여 전송손실(M1) 측정
 - 다음 식을 이용 시험장감쇄량 계산

$$Dev = SR(d) - (M0 - M1) \quad [\text{dB}]$$

- 정규화시험장감쇄량 방법
 - 송·수신용 케이블끼리 연결하여 삽입손실(M0) 측정
 - 케이블에 안테나를 연결하여 전송손실(M1) 측정
 - 다음 식을 이용 정규화시험장감쇄량(NSA_m) 계산

$$NSA_m = M0 - M1 - AF_T - AF_R$$

(AF_T, AF_R : 자유공간에서 송·수신 안테나인자[dB/m])

- 이론적인 정규화 시험장 감쇄량과 측정된 정규화 시험장 감쇄량의 차이로 시험장 적합성 평가.
- 시험장에 적합하기 위한 요구사항
 - 시험장에 적합하기 위해서는 수평, 수직 방향에 대해 15개 측정위치 모두에서 시험장감쇄량의 이론값과 측정값이 $\pm 4\text{dB}$ 이내의 표준편차를 가져야 함
 - 피시험체의 최대 지름은 시험거리를 2.5로 나눈 값과 같던지 더 작아야 함

피시험체의 최대지름 (m)	시험 거리 (m)
1.2	3.0
2.0	5.0
4.0	10.0

- 부록 X : Site Reference 값 결정
 - 5m 이하 거리에서 시험장 적합성 평가의 정확성을 위해서는 송·수

신안테나의 Site Reference 결정이 권고되어지므로 준자유공간 시험장이 요구되어짐

- 두 개의 비금속 안테나 마스트는 비금속 접지면 위의 어떤 높이에 안테나가 배치되도록 놓여지며 높이는 다음 식으로 주어짐

$$h \geq \frac{5}{3} d, \quad d \text{는 안테나 간격이다.}$$

- Site reference(SR) 결정 단계
 - 송 · 수신용 케이블끼리 연결하여 삽입손실(M0) 측정
 - 케이블에 안테나를 연결하여 전송손실(M_{RS})를 측정하며 이때 안테나간의 거리 d가 요구되어짐
 - 다음 식을 이용 SR 값을 구함

$$SR(d) = M0 - M_{RS}(d) \quad [\text{dB}]$$

- 전형적인 구조에서 주어지는 송 · 수신안테나 사이의 거리

측정면에서의 위치	중앙 면	위/아래 면
앞	3.00 m	3.09 m
중심	3.60 m	3.68 m
오른쪽/왼쪽	3.65 m	3.73 m
뒤	4.20 m	4.27 m

라. CISPR/A/283/CC 문서 내용 요약

(1) 개요

- 14개국에서 77개의 의견 제출
- 주요 내용은 ‘측정축’, ‘피시험체’, ‘시험거리’ 등의 용어에 대한 정확한 정의를 요구하고 있었으며 문서 구성 방법이나 표현, 오타 등의 수정에 대한 제안과 기술적인 의견들이 대부분임

마. CISPR/A/300/CD 문서 내용 요약

(1) CISPR/A/261/CD 문서와 비교하여 수정된 사항

- 소제목이 ‘완전흡수체로 둘러싸인 시험장에서의 측정’에서 ‘자유공간 시험장에서의 측정’으로 바뀜

- 이론적인 정규화시험장감쇄량 서술에서 기존에는 자유공간에서의 시험장감쇄량, 이론적인 정규화시험장감쇄량, 원역장 조건에서의 정규화 시험장감쇄량에 대한 이론식이 서술되고 있으나 바뀐 문서에서는 원역장 조건에서의 정규화시험장감쇄량에 대한 식만 본문에 서술되어 있으며 나머지 공식은 각주로 처리됨
- Test volume의 최소 높이 및 지름의 대한 관계를 나타내는 표를 앞에 실었으며 EUT의 정의 안에 케이블까지 고려되어 있음
- 시험 시 같은 안테나 쌍을 사용하도록 권고함
- 시험거리 d_{nominal} 은 송신안테나가 위치를 변경할 때 수신안테나 위치를 변화시키면서 유지해야하며 두 안테나는 측정축에서 마주보아야 한다. 송신안테나가 아래나 위쪽에 있을 때 수신안테나는 중간 레벨에 고정시키며 마주보도록 tilt 시켜서 시험함
- 시험장 적합성 평가방법은 시험거리가 5m 이하일 경우에는 site-reference 방법을 이용하며, 5m보다 클 경우에는 NSA 방법을 이용함
- 적합성 평가의 정확성을 위해 케이블 주위에 ferrite ring을 설치함
- 복사시험에 bilog 안테나를 사용하는 것이 일반적이며 biconical 안테나와 log 안테나로 분리하여 사용할 수 있음

바. CISPR/A/319/CC 문서 내용 요약

(1) 개요

- 19개국에서 102개의 의견 제출
- 주요내용은 안테나의 선택이나 작동방법, 시험방법에 대한 의견 등 측정을 통한 문제점을 제시하면서 세부적으로 의견들을 제안하였으며 오타나 구성, 표현방법에 대한 수정 의견들도 많았음

사. CISPR/A/332/CD 문서 내용 요약

(1) CISPR/A/300/CD 문서와 비교하여 수정된 사항

- Fully Anechoic Chamber(FAC)의 명칭을 Fully Anechoic Room (FAR)으로 통일
- Quasi free-space는 수직편파일 때 계산된 감쇄량과 ± 1 dB 이내로 변화되어지는 조절 다이폴로 감쇄량을 측정할 수 있는 곳임

- NSA 계산식에서 near field term을 삭제한 공식은 5 m 시험거리에서는 60 MHz 이하, 3 m 시험거리에서는 110 MHz 이하에서 0.1 dB 이상의 오차가 발생할 것임
- 측정 불확도를 고려하여 test volume의 높이와 최대지름을 시험거리의 2/5로 한 것을 1/2로 바꿈
- 송신안테나의 경우 수평면에 전방향성을 가지며 Biconical antenna와 Log antenna가 합쳐져 있는 Hybrid antenna를 사용하며 나누어서 사용할 경우 biconical antenna는 30 MHz에서 200/300 MHz 영역, log antenna는 200/300 MHz에서 1000 MHz 영역에서 사용함
- Annex X에 있던 Site Reference 양의 결정 부분을 본문의 5.6.8.2.2.2로 옮김
- 전형적인 피라미드 형태의 흡수체에(0.9 m) 대해 주파수에 따른 반사손실을 표로 나타냄

아. 향 후 진행방향

- 2002년 1월 11일까지 각 국의 의견들을 수합하여 세 번째 CC문서가 나온 후 투표를 하기 위한 ⁵⁾CDV문서가 발간될 예정임

3. 연구내용 및 방법

CISPR 제안에 따른 FAR에서의 정규화 시험장 감쇄량 측정방법은 기존에 시험장 적합성 평가로 사용되고 있는 정규화 시험장 감쇄량 방법과 이론은 동일하다. 그러나 정규화 시험장 감쇄량을 측정하는 방법에 차이가 있으며 그 측정방법은 다음과 같다. FAR는 모든 면에 흡수체가 설치되어 있으므로 야외시험장이나 전자파반무반사실과는 달리 바닥면에 의한 반사파를 고려하지 않아도 된다. 따라서 수신안테나를 1~4 m 까지 스캔하며 최대값을 찾지 않고 한 위치에 고정시켜서 측정한다. 또한 안테나의 편파에 따라 두 높이에 측정하는 대신 전자파 장애 시험 시 가능한 시험공간(Test Volume)을 그림 2-9와 같이 가정하여 세 높이에서 전, 후, 좌, 우, 중심의 다섯 지점을 고

5) Committee Draft for Voting : 위원회 안 투표단계

려, 한 편파에 대해 15 지점에서 측정을 실시하게 된다. 이론적인 정규화 시험장 감쇄량과 측정한 값의 차가 ± 4 dB 안에 들어오면 시험장에 적합한 것으로 평가한다[7],[8].

가. 측정 조건

- FAR 시험장 크기 : 9 m \times 7 m \times 6.4 m(전파연구소, 차폐율 120 dB)
- 측정 거리 : 3 m
- 송신안테나 높이 및 위치(그림 1)
 - 높이 : 1 m, 1.6 m, 2.2 m
 - 위치 : 각 높이에서 전, 후, 좌, 우, 중심의 5 지점
- 수신안테나 높이: 1.6 m로 고정
- 측정 주파수 대역: 30 MHz \sim 1 GHz

나. 측정 안테나 및 장비

- 측정 안테나
 - 30 MHz \sim 300 MHz: 바이코니칼 안테나
 - 300 MHz \sim 1 GHz: 대수주기 안테나
- 측정 장비
 - Rohde Schwarz SMT03 신호 발생기
 - HP 8566B 스펙트럼 분석기

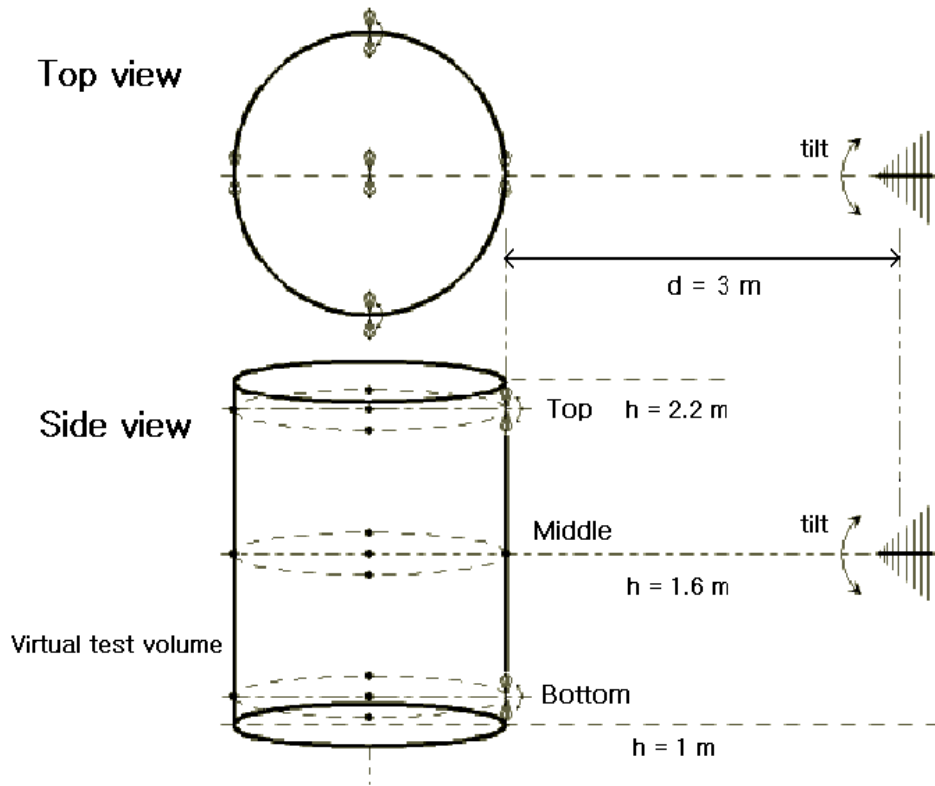


그림 2-9. 시험장 평가를 위한 송신안테나 위치

다. 정규화 시험장 감쇄량 이론값

정규화 시험장 감쇄량이란 기존에 측정된 시험장 감쇄량으로부터 송·수신안테나의 안테나 인자값을 뺀 것으로서 시험장에서 발생하는 전자파의 전파손실만을 고려한 것이다.

자유공간에서의 이론적인 정규화 시험장 감쇄량은 식(1)과 같다.

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

여기에서 Z_0 는 기준 저항값으로 50Ω 이며 d 는 시험 거리로서 3 m , f_m 은 측정 주파수이다[2]~[6]. 식(1)에 따라 구한 정규화 시험장 감쇄량은 표 1과 같다.

표 1. 자유공간에서 주파수에 따른 이론적인 NSA 값

주파수(MHz)	NSA _{calc}	주파수(MHz)	NSA _{calc}
30	11.99	160	-2.55
35	10.65	175	-3.33
40	9.49	180	-3.58
45	8.47	200	-4.49
50	7.55	250	-6.43
60	5.97	300	-8.01
70	4.63	400	-10.51
80	3.47	500	-12.45
90	2.45	600	-14.03
100	1.53	700	-15.37
120	-0.05	800	-16.53
125	-0.41	900	-17.55
140	-1.39	1000	-18.47
150	-1.99		

라. 정규화 시험장 감쇄량 측정

CISPR 제안에 따르면 송신안테나가 그림 1의 시험공간 하단이나 상단에 위치할 경우 송·수신 안테나를 서로 기울여서 마주보게 하여 측정하게 되어있으나 그것이 가능하지 않은 경우 방향만 마주보고 시험할 수 있는 방법도 검토되고 있다. 따라서 본 시험은 안테나 높이가 같은 경우 안테나를 마주보게 하였고 안테나 높이가 서로 다른 경우는 방향만 일치시켰으며 그 과정은 다음과 같다.

- 송·수신용 케이블끼리 연결하여 삽입손실(M0) 측정
- 케이블에 안테나를 연결하여 전송손실(M1) 측정
- 식 (2)를 이용 정규화 시험장 감쇄량(NSA_m) 계산

$$NSA_m = M0 - M1 - AF_T - AF_R \quad (2)$$

(AF_T, AF_R : 자유공간에서 송·수신 안테나인자[dB/m])

- 이론적인 정규화 시험장 감쇄량과 측정된 정규화 시험장 감쇄량의 차이로 시험장 적합성 평가[7].

4. 측정 결과 및 분석

가. 정규화 시험장 감쇄량 분포 특성

FAR가 전자파장해 시험장으로 적합하기 위해서는 EUT(Equipment Under Test)를 포함한 시험공간의 어느 위치에서든지 수신안테나까지 도달하는 전자파 감쇄량이 같아야 한다. 따라서 송신안테나의 위치에 따른 정규화 시험장 감쇄량과 높이에 따른 정규화 시험장 감쇄량의 분포를 비교하여 그 값의 분포가 유사한지 확인해 보고자 한다.

송신안테나와 수신안테나가 동일한 높이인 1.6 m에 위치할 경우 송신안테나의 다섯 측정지점에 대한 정규화 시험장 감쇄량 측정 결과를 그림 2-10과 그림 2-11에서 비교하여 보았다.

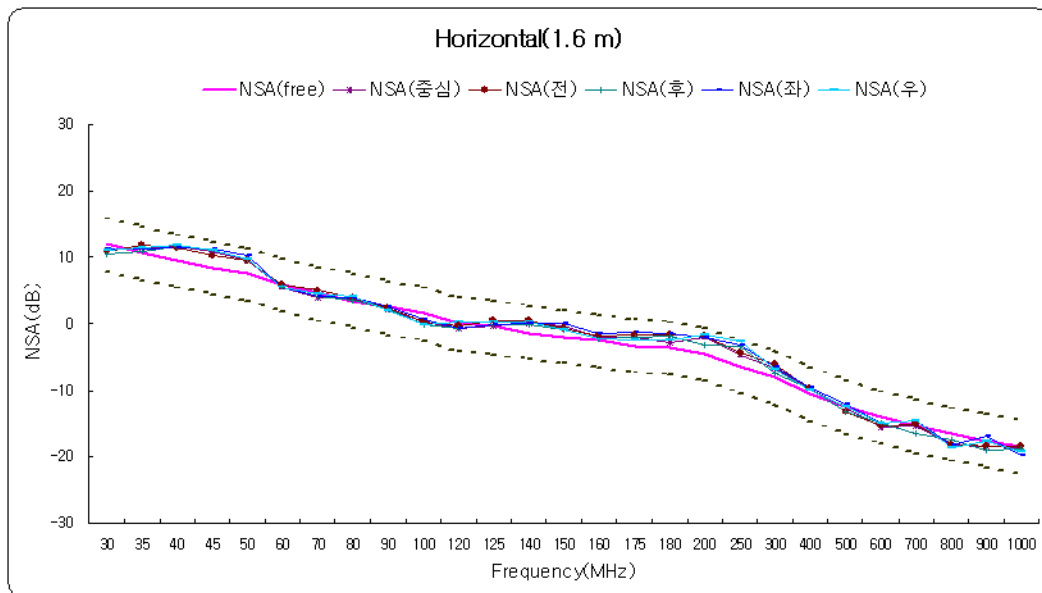


그림 2-10. 송신안테나 위치에 따른 NSA 분포(수평편파)

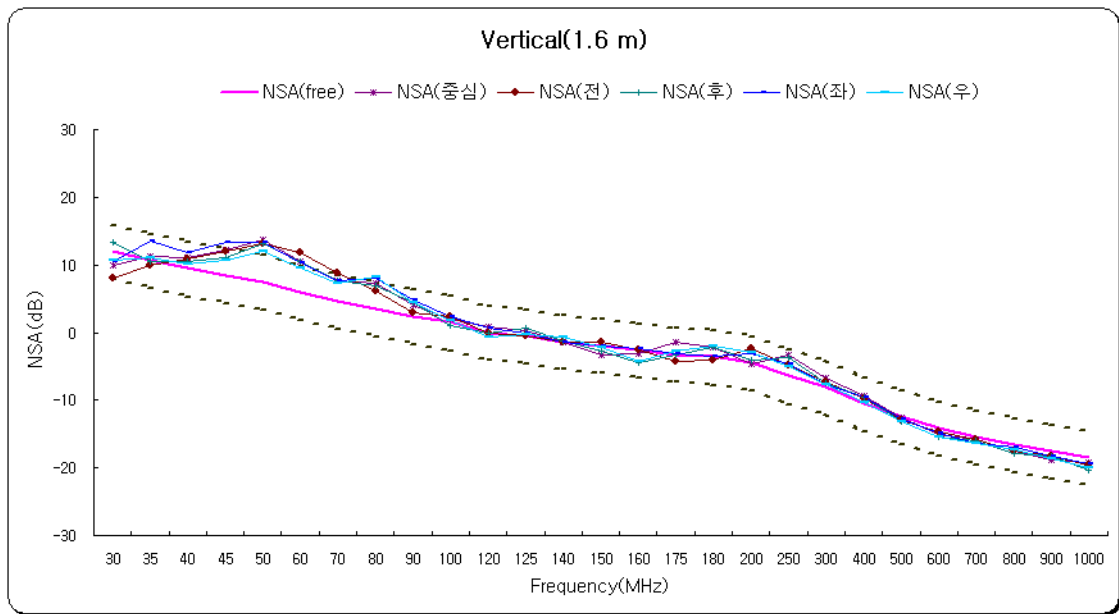


그림 2-11. 송신안테나 위치에 따른 NSA 분포(수직편파)

안테나 편파가 수평인 경우는 전 주파수대역에 걸쳐서 ± 4 dB 이내로 들어와 시험장 사용에 적합한 결과를 보여주고 있으나 수직편파인 경우 45 MHz ~ 80 MHz 대역에서는 이론값과의 차이가 3~6 dB가 되어 시험장에 적합한 오차범위를 일부 벗어나고 있다. 한편 송신안테나의 위치가 전, 후, 좌, 우, 중심으로 변할 경우 수신안테나 이동을 통하여 시험거리 3 m를 유지시켰으며 그 결과 수신안테나에서 측정된 정규화 시험장 감쇄량은 그림 2-10와 2-11에서 볼 수 있듯이 송신안테나의 위치에 상관없이 유사한 값을 갖는 것을 알 수 있다.

다음으로 안테나가 같은 편파일 때 송신안테나의 높이에 따른 정규화 시험장 감쇄량 분포를 알아보았다. 그림 2-12와 2-13은 송신안테나를 시험공간의 중심에 위치시키되 3개의 다른 높이에 두고 측정한 정규화 시험장 감쇄량 분포이다.

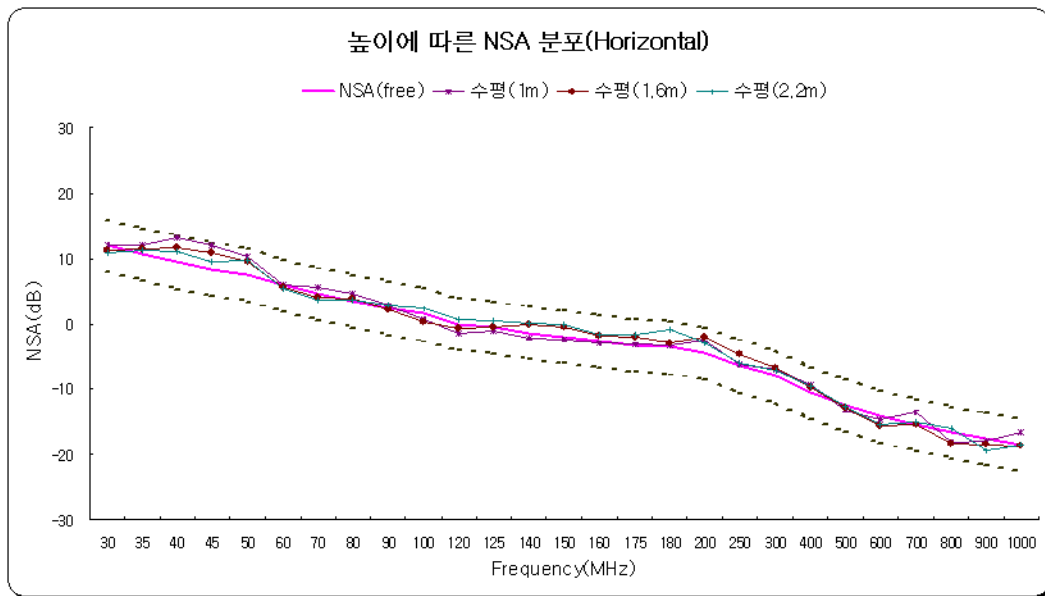


그림 2-12. 송신안테나 높이에 따른 NSA 분포(수평편파)

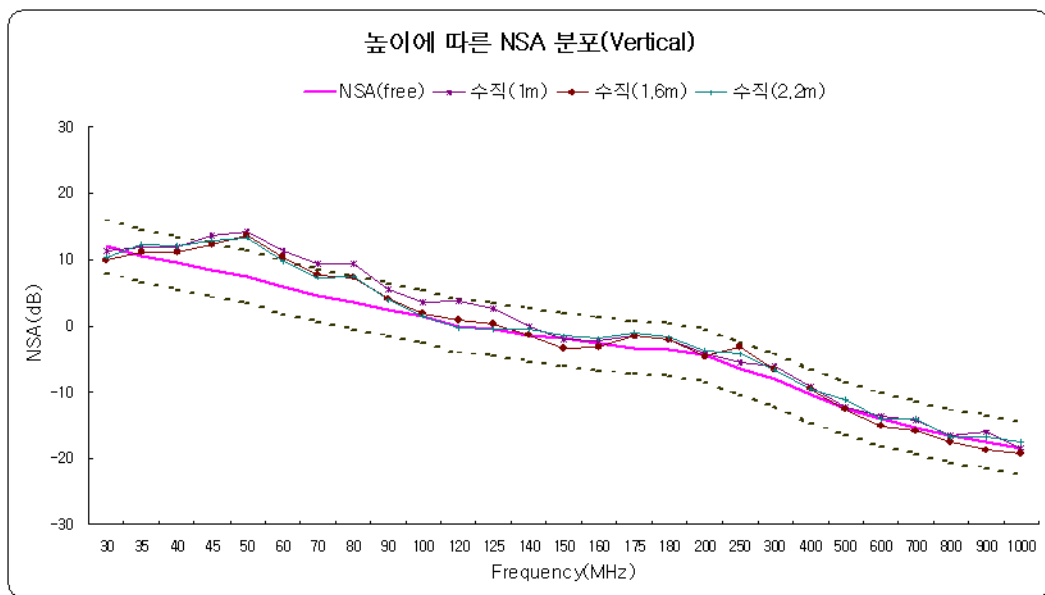


그림 2-13. 송신안테나 높이에 따른 NSA 분포(수직편파)

수평 편파인 경우 전 주파수대역에 걸쳐서 높이에 따른 정규화 시험장 감쇄량이 모두 ± 4 dB 이내로 분포함을 알 수 있다. 따라서 그림 2의 경우와 같이 시험장 사용에 적합한 결과를 보여주고 있다. 수직편파의 경우도 그림 3의 경우와 같이 45 MHz ~ 80 MHz 대역에서 정규화 시험장 감쇄량 이론값과 3~6 dB의 차이를 보여 시험장에 적합한 오차범위를 일부 벗어나고 있다.

한편 수평 및 수직편파 각각의 경우 송신안테나 높이에 따른 정규화 시험장 감쇄량의 분포를 비교하기 위하여 송신안테나 높이에 대해 1 m와 1.6 m, 1.6 m와 2.2 m, 1 m와 2.2 m 각각에 대한 평균편차를 구하였다. 송신안테나가 1 m와 1.6 m에 위치했을 때 정규화 시험장 감쇄량을 비교할 경우 전 주파수 대역에 걸쳐 약 1.1 dB의 편차가 나타나며, 1.6 m와 2.2 m의 경우 약 0.8 dB, 1 m와 2.2 m의 경우 약 1.2 dB의 편차를 보인다. 따라서 송신안테나 높이에 따른 정규화 시험장 감쇄량의 오차는 1 dB 내외에서 유사한 분포를 보여 시험장에 적합한 오차범위를 만족하고 있다.

나. 정규화 시험장 감쇄량 비교

기존의 정규화 시험장 감쇄량 측정 방법에 따라 수신안테나를 1~4 m 까지 스캔하여 최대값을 찾은 후, 정규화 시험장 감쇄량을 계산한 결과와 CISPR 제안에 따라 수신안테나를 고정시킨 후 측정값을 이용하여 정규화 시험장 감쇄량을 계산한 결과를 비교하여 보았다.

수신안테나를 높이에 따라 스캔했을 경우 최대값이 검출되는 수신안테나의 높이는 대부분 1~2 m 사이로 나타났다. 그림 2-14에서 알 수 있듯이 수평방향에서 안테나를 스캔한 데이터와 고정시킨 데이터는 모두 시험장에 적합한 오차범위인 ± 4 dB 이내에 안정적으로 분포한다. 두 데이터간 편차의 평균은 0.8 dB로 나타나 두 방법에 의한 정규화 시험장 감쇄량이 유사하게 분포함을 알 수 있다. 50 MHz 이하에서는 수신안테나를 스캔한 데이터가 이론값에 더 근접하고 700 MHz 이상에서는 수신안테나를 고정시켰을 때의 데이터가 이론값에 더 근접함을 보여 저주파 대역에서 수신안테나의 높이에 따른 전자파 수신강도의 변화가 있음을 알 수 있다.

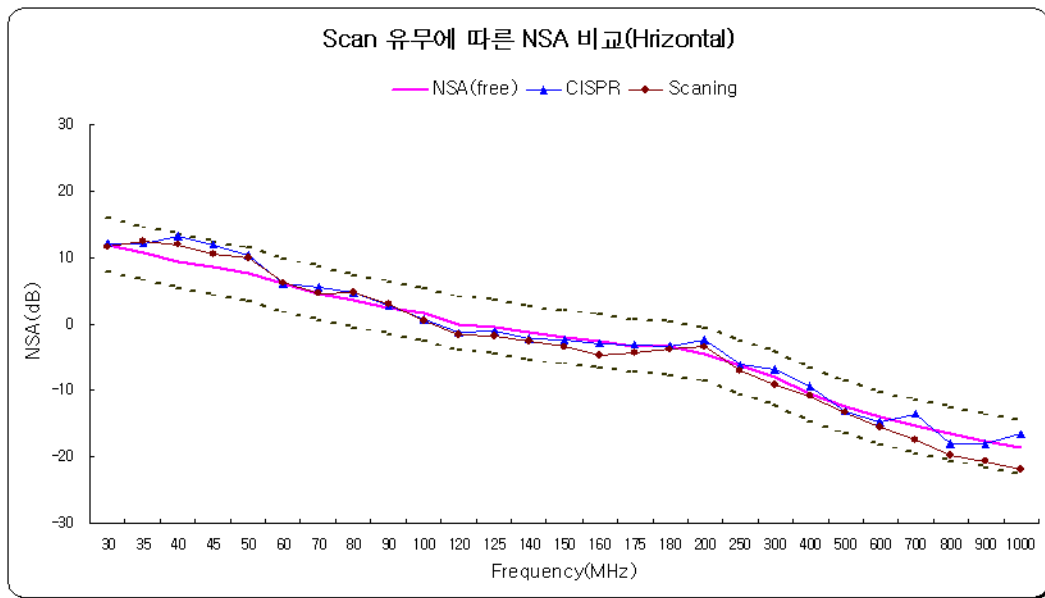


그림 2-14. 수신안테나 스캔 유무에 따른 NSA 분포(수평편파)

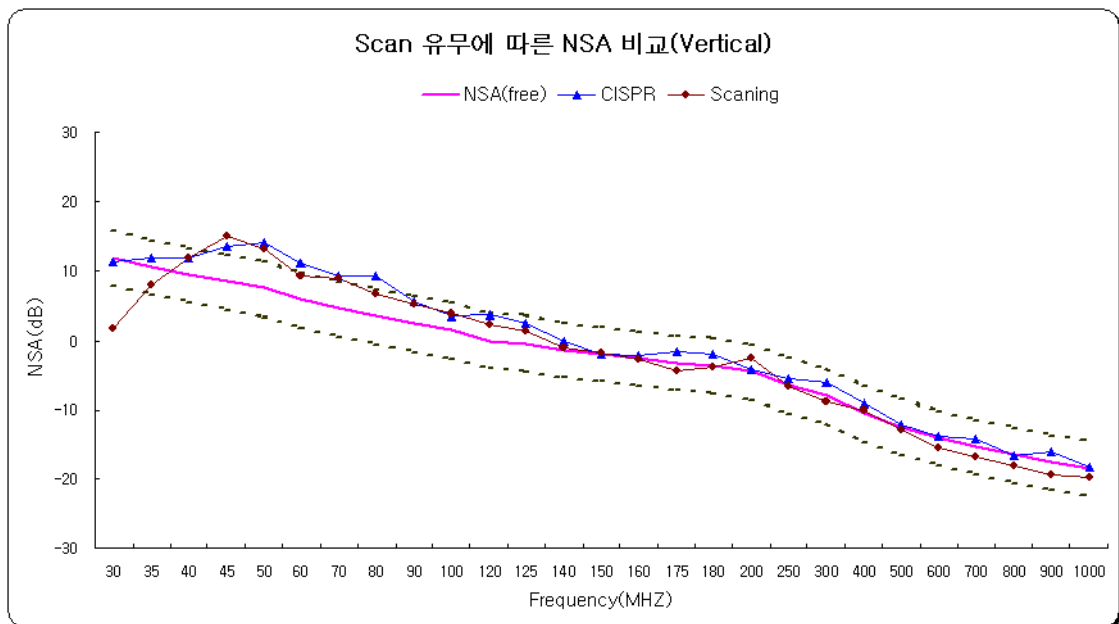


그림 2-15. 수신안테나 스캔 유무에 따른 NSA 분포(수직편파)

그림 2-15의 안테나가 수직편파일 경우 스캔한 데이터는 30 MHz에서 이론값과 크게 벗어나 불안정한 상태를 보이거나 안테나를 고정시켰을 때의 데이터는 이론값과 거의 일치하고 있다. 수신안테나의 높이를 고정시킨 경우와 높이를 1~4 m까지 스캔한 경우 전 주파수 대역에서 정규화 시험장 감쇄량간의 평균 편차가 1 dB 정도 발생하였다. 따라서 수신안테나의 높이를 고정

시키고 측정하는 CISPR의 새로운 평가방법과 수신안테나의 높이를 스캔하며 측정하는 기존의 평가방법간에는 수평편파와 수직편파에서 모두 유사한 정규화 시험장 감쇄량 분포를 구할 수 있다. 이와 같은 결과는 새로운 제안방법의 타당성과 편리성을 입증할 수 있는 근거로 제시될 수 있다.

한편, 그림 2-11, 2-13, 2-15과 같이 기존의 측정방법에 따른 정규화 시험장 감쇄량의 분포가 100 MHz 이하 대역에서 시험장 적합성을 위한 오차범위에 접근하거나 초과하는 경우가 나타나며 또한, 같은 주파수 대역에서 수신안테나의 높이를 고정시킨 새로운 제안방법도 유사한 분포를 보이고 있다. 따라서 100 MHz 이하 대역에서의 오차발생은 새로운 측정방법의 채용에 따른 문제점 이라기 보다는 시험장 고유 특성의 변화나 시험방법의 오류 등과 같은 외적인 요인으로 예상된다.

따라서 100 MHz 이하 대역에서 오차 발생에 영향을 미치는 송·수신 안테나의 케이블 배치를 주의하여 케이블에서 방사되는 전자파가 측정결과에 영향을 주지 않도록 수평으로 하여 뒤로 길게 배치하여 다른 시험장에서 다시 실험을 해 보았다. 수직, 수평편파에 대하여 중심의 위치에서 1, 1.6, 2.2 m 높이에 대한 정규화시험장감쇄량 값을 측정한 후 자유공간에서의 시험장감쇄량 값과 비교하였으며 그 측정결과는 다음과 같다.

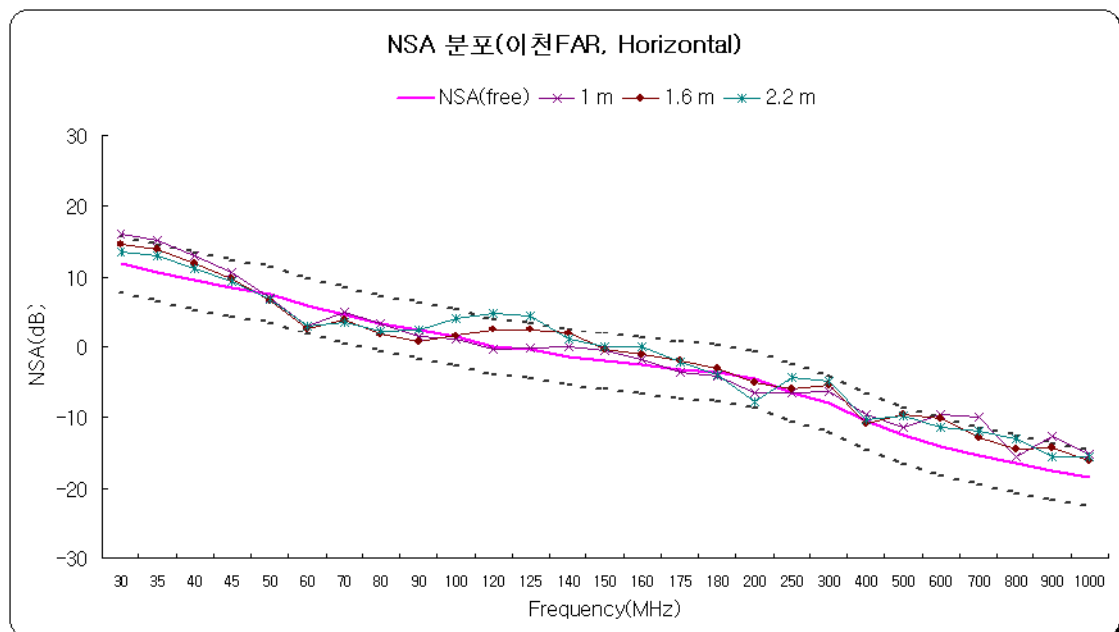


그림 2-16 . 케이블 배치를 고려하여 측정한 NSA 분포(수평편파)

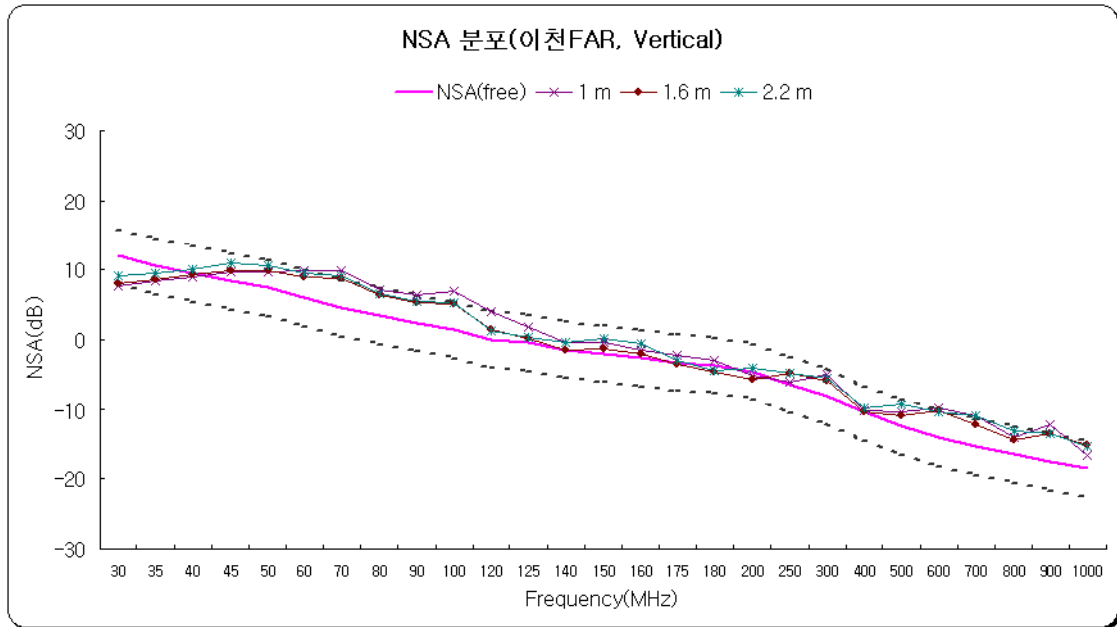


그림 2-17. 케이블 배치를 고려하여 측정한 NSA 분포(수직편파)

그림 2-16의 수평편파의 경우 높이가 2.2 m 에서 ± 4 dB를 벗어나는 주파수가 몇 지점 있으나 대부분의 주파수 대역에서 오차범위 이내에 들어오는 것을 볼 수 있으며 그림 2-17의 수직편파의 경우에서도 대부분의 주파수 대역에서 오차범위 이내에 들어오는 것을 볼 수 있었다. 또한 100 MHz 이하 대역에서 값은 자유공간에서의 시험장 감쇄량 값과 차이가 있긴 하였으나 앞에서 측정한 결과처럼 오차범위를 벗어날 수준까지는 가지 않았으며 ± 4 dB 이내에 들어와서 앞에 측정한 결과의 오차 원인을 어느 정도 밝힐 수 있었다. 향후 연구에서는 오차발생에 대한 또 다른 원인 규명이 필요하며 일부 주파수에서 두 시험방법에 따른 정규화 시험장 감쇄량의 차이가 평균 이상으로 발생하는 것에 대한 조사도 추가로 연구되어야 한다.

5. 결 론

FAR에서의 시험장 적합성 평가를 위하여 CISPR에서 검토하고 있는 방법을 적용하여 정규화 시험장 감쇄량을 측정하였다. 위 측정결과를 기존에 시험장 적합성 평가를 위해 사용하던 정규화 시험장 감쇄량 방법의 측정 결과와 비교한 결과, 수신안테나를 높이에 따라 스캔한 경우와 한 높이로 고정시

킨 경우의 정규화 시험장 감쇄량 분포에 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 따라서 FAR에서 시험장 적합성 측정을 할 때는 CISPR에서 제안한 방법을 이용하는 것도 평가의 유효성을 보장받을 수 있으며 측정과정이 간단하여 시험의 편의성도 확인할 수 있었다.

한편, 100 MHz 이하의 주파수 대역에서 수신안테나를 스캔했을 경우와 고정시켰을 경우 사이에 편차발생에 대한 오차요인 분석이 요구되어지며 정확한 측정을 위해서는 케이블 배치 등 시험실 환경과 시험방법에 유의하여 시험이 이루어져야 할 것이다.

앞으로 FAR에서 전자파 내성뿐만 아니라 전자파 장애 측정이 가능할 것이며 이를 대비하여 시험장 적합성 평가를 포함한 시험방법 등 FAR에서의 시험에 대한 심도 깊은 연구가 필요하다.

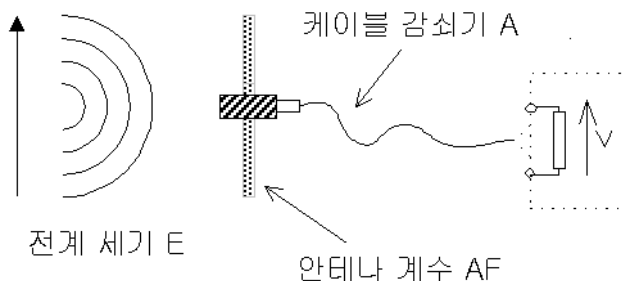
제 3 절 모노폴 안테나 보정계수 추출

1. 연구배경 및 목적

국제 전자과장해 규제는 유럽, 미국을 중심으로 시작되어 점차 전세계적으로 파급되고 있으며 현재는 전세계적으로 공통된 규격을 적용시키기 위하여 국제전자과장해특별위원회(CISPR: International Special Committee on Radio Interference)를 중심으로 전자과 적합성(EMC: Electro Magnetic Compatibility) 연구가 진행되고 있다. [12]

불요 전자과의 크기를 측정하는데 사용하는 EMC 측정용 안테나는 정보의 전달을 목적으로하는 통신용 안테나와 다르게 안테나 인수가 중요한 파라미터로서 작용한다. 안테나를 방해파 측정기(EMI receiver) 또는 스펙트럼 분석기의 입력측에 연결된 전송선로(동축 케이블)에 접속하여 사용한다. EMI 측정에 사용하는 방해파 측정기 또는 스펙트럼분석기는 전송선로 부하에 나타나는 전압을 측정하게 되는데, 필요로 하는 양은 피측정기로 부터 방출되는 전계강도의 크기이므로 방해파 측정기로 측정한 전압으로 부터 전계강도를 산출해야한다. 따라서 안테나계의 특성을 나타내는 전계강도와 부하전압과의 비를 결정해 두어야 한다. 이 비를 EMC 안테나의 안테나 인자라고 하며 일반적으로 특별한 언급이 없으면 최대 전계강도를 수신 할 때, 방해파 측정기에 나타나는 전압과 전계강도의 비를 안테나 인자로 정의 한다.[13]

그림 1과 같이 최대 전계강도를 측정하고자 할 때 측정 과정을 나타내고 있다. 측정기에 수신되는 최대 수신 전압을 측정하고 케이블에 의한 케이블 감쇠를 더하며 기준 안테나에서 제공하는 안테나 인자를 추가한다.[14]



$$E(\text{dBuV/m}) = V(\text{dBuV}) + AF(\text{dB/m}) + A(\text{dB})$$

그림 2-18. 측정 전압에 대한 필드의 세기

전기 및 정보통신 기기로 부터 방출되는 불요 전자파 크기를 측정하기 위하여 현재 CISPR A에서 제안한 주파수 범위가 150 kHz 에서 30 MHz인 EMC 측정용 모노폴(rod) 안테나의 특성을 파악 하고 이를 대체할 수 있는 더미(dummy) 안테나를 구현해 보고자 한다.

2. 모노폴 안테나 인자추출 및 제작

가. 모노폴 안테나 인자추출

$\lambda/8$ 보다 짧은 실린더형태의 모노폴(rod) 안테나의 주요는 아래와 같다. [11]

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad (1)$$

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

$$C_h = 20 \lg h_e \quad (3)$$

위의 식을 통해서 모노폴 안테나(1 m rod)의 실효고(h_e)는 0.5m 임을 알 수 있고 높이 보정계수(C_h)는 -6dB(m)이며, 캐패시턴스(C_a)는 10pF를 구할 수 있다. EMC 측정용 안테나의 안테나 인자는 적용방법에 따라 측정된 전계강도가 달라 지므로 전계강도의 측정에서 정확한 안테나 인자를 적용할 수 있는 평가 방법이 확립되어야 하며, 안테나 보정인자(AF) dB(1/m)의 방정식을 아래와 같이 적용할 수 있다.

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

이때 V_D 는 dB(μ V)단위로 발생된 신호의 출력, V_L 은 dB(μ V)단위로 Matching Network의 출력으로 측정할 수 있고, C_h 는 dB(m)단위로 실효고(effective height에 대한) 높이 보정 계수이다.

나. Dummy antenna 제작 및 실험

그림 2 -19.는 CISPR A에서 제안한 모노폴 안테나 인자를 추출하기 위해 제작한 더미 안테나를 보여준다. 안테나 캐패시턴스 값은 방정식 (2)로 부터

구할 수 있고 5%의 허용오차를 갖는 마이카(Silver Mica) 콘덴서를 사용하였으며, 캐패시턴스를 포함한 컨넥터 양단 길이는 40 mm를 초과하지 않게 설계를 한다.

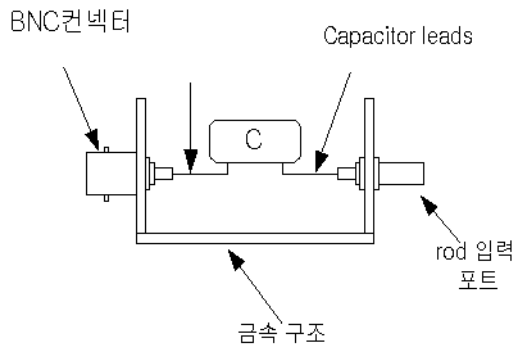


그림 2-19. CISPR A에서 제안한 Dummy Antenna 구성형태

그림 2-20.은 신호발생기(signal generator)와 RF receiver를 사용하여 더미 안테나를 측정하기 위한 구성도이다. 매칭네트워크를 통과한 수신 신호 전압 V_L dB(uV)을 RF receiver로 측정하며, 케이블 손실등을 제외한 기준 신호 전압 V_D dB(uV)를 측정한다.

측정장비는 Rohde & Schwarz 의 signal generator를 사용하였고 수신기는 Rohde & Schwarz의 EMI test receiver display를 사용하여 측정하였다.

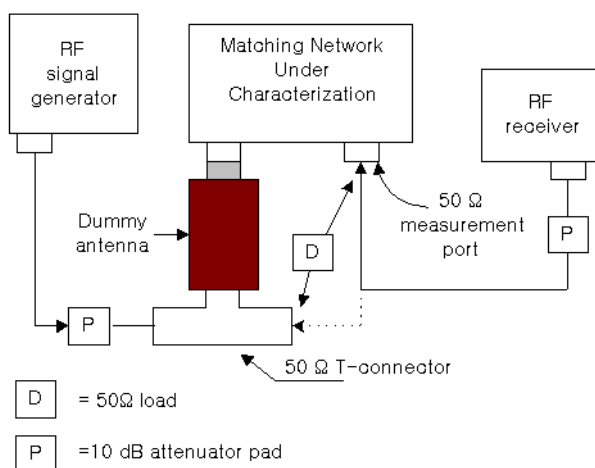


그림 2-20. signal generator 에 의한 측정구성도

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3-4은 그림 3-3과 같이 구성 하여 매칭네트워크를 통과한 수신 신호 전압 V_L 을 30 MHz에서 측정한 값을 나타내고 있다. 신호 발생기의 OdBm 의 신호에 대한 -14.49dBm 수신신호는 손실치 -1.14dBm 과 보상치 -5.73dBm을 가산했을 때 안테나 인자는 19.08dBm을 나타내었다.

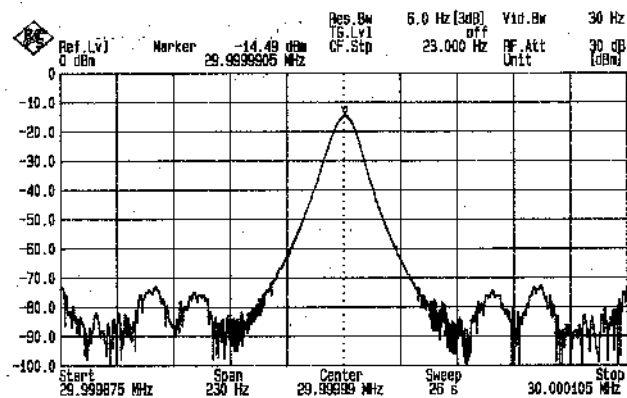


그림 2-21. RF수신단에서 측정한 측정치

그림 2-22는 EMC 측정용으로 많이 사용되는 바이코니칼 안테나와 로그피리오딕 안테나를 주파수에 따른 안테나 인자값을 나타내었다. 30 MHz에서 300 MHz까지는 바이코니칼 안테나를 측정용으로 많이 사용하며, 300 MHz에서 1GHz 까지는 로그피리오딕 안테나를 EMC 측정용으로 주로 사용하고 있다. [14]

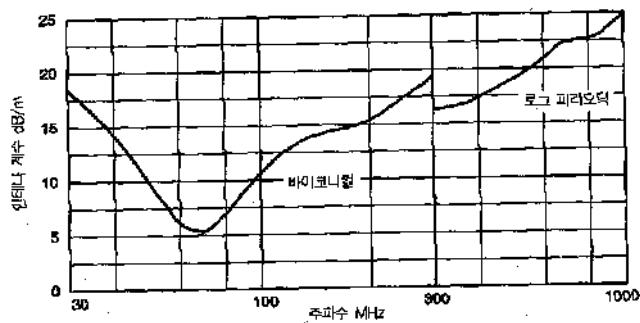


그림 2-22. 바이코니칼과 로그피리오딕 안테나의 주파수에 따른 안테나 인자

그림 2-23.은 주파수 범위가 150 kHz 에서 30 MHz 인 EMC 측정용 모노폴(rod) 안테나의 안테나 인자를 그림3.에 의해서 측정한 결과값을 나타내고 있다.

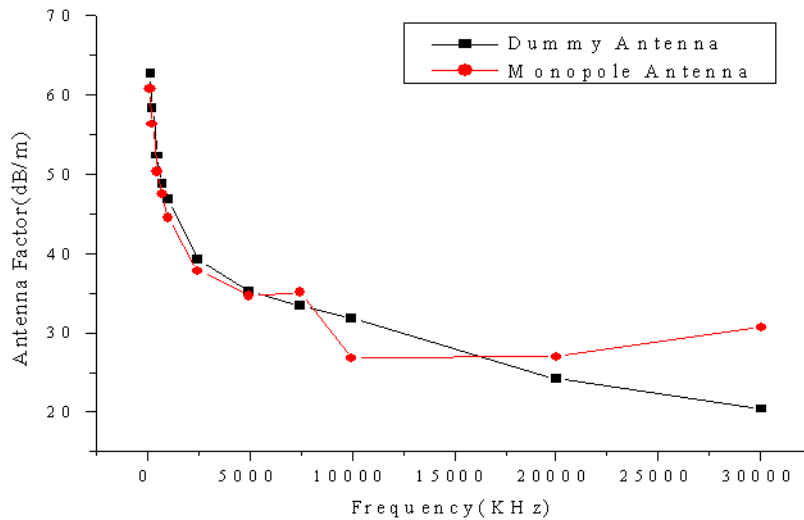


그림 2-23. 주파수 100 KHz ~ 30 MHz 대역의 모노폴 안테나 인자 추출

4. 실험 결과 및 분석

불요전자파의 크기를 측정하기 위해서 전송선로의 부하에 나타나는 전압을 측정하며 측정한 전압으로 부터 전계 강도를 산출해 낼 수 있다. 이때 필요한 것이 안테나 인자이며, 이번 논문은 주파수가 150 kHz 에서 30 MHz 까지 주로 사용하는 모노폴(rod)안테나 대신에 더미안테나를 사용하여 안테나 인자 대체 가능성을 제시하였고 현재 CISPR A에서 제안하고 있는 방식을 검증하였으며, 150 KHz 에서 30 MHz의 측정용 1 m 모노폴 안테나 설계의 기초 자료로 활용될 것으로 사료된다. 앞으로의 계획은 매칭네트워크를 구사하여 좀 더 정확한 안테나 인자를 추출하고자 한다.

제 3 장. 결론

본 연구에서는 CISPR에서 연구수행중인 FAR에서의 상관성 추출, 적합성 평가, Monopole 안테나 인자에 대해서 연구해 보았다.

야외시험장(OATS)과 전자파완전무반사실(FAR)의 30 MHz ~ 1000 MHz에서의 상관성 추출값을 near field에 의한 전자파 방사 이론을 적용하여 실측을 통하여 구하였다. 이론값의 ± 6 dB내에 포함되는 측정값을 얻을 수 있었으며, 연구 결과는 앞으로 EMC 상관성 실험에 대한 기본적인 연구자료로 활용되리라 사료된다.

FAR에서의 시험장 적합성 평가를 위하여 CISPR에서 검토하고 있는 방법을 적용하여 정규화 시험장 감쇄량을 측정하였다. 위 측정결과를 기존에 시험장 적합성 평가를 위해 사용하던 정규화 시험장 감쇄량 방법의 측정 결과와 비교한 결과, 수신안테나를 높이에 따라 스캔한 경우와 한 높이로 고정시킨 경우의 정규화 시험장 감쇄량 분포에 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 따라서 FAR에서 시험장 적합성 측정을 할 때는 CISPR에서 제안한 방법을 이용하는 것도 평가의 유효성을 보장받을 수 있으며 측정과정이 간단하여 시험의 편의성도 확인할 수 있었다.

한편, 100 MHz 이하의 주파수 대역에서 수신안테나를 스캔했을 경우와 고정시켰을 경우 사이에 편차발생에 대한 오차요인 분석이 요구되어지며 정확한 측정을 위해서는 케이블 배치 등 시험실 환경과 시험방법에 유의하여 시험이 이루어져야 할 것이다.

앞으로 FAR에서 전자파 내성뿐만 아니라 전자파 장애 측정이 가능할 것이며 이를 대비하여 시험장 적합성 평가를 포함한 시험방법 등 FAR에서의 시험에 대한 심도 깊은 연구가 필요하다.

불요전자파의 크기를 측정하기 위해서 전송선로의 부하에 나타나는 전압을 측정하며 측정한 전압으로 부터 전계 강도를 산출해 낼 수 있다. 이때 필요한 것이 안테나 인자이며, 이번 논문은 주파수가 150 kHz 에서 30 MHz 까지 주로 사용하는 모노폴(rod)안테나 대신에 더미안테나를 사용하여 안테나 인자 대체 가능성을 제시하였고 현재 CISPR A에서 제안하고 있는 방식을 검증하였으며, 150 KHz 에서 30 MHz의 측정용 1 m 모노폴 안테나 설계의 기초 자료로 활용될 것으로 사료된다. 앞으로의 계획은 매칭네트워크를 구사하여 좀 더 정확한 안테나 인자를 추출하고자 한다.

참고문헌

- [1] Franz Gisin, Dr. Zorica Pantic-Tanner, "Analysis of the Measurement Uncertainty Associated with 1/R Extrapolation of Radiated Emission Measurements on an Open-Area Test Site(OATS)", p. 139, IEEE 1998.
- [2] Frank B.J. Leferink, Dick J. Groot-Boerle, Ben R.M. Puylaert "OATS EMISSION DATA COMPARED WITH FREE SPACE EMISSION DATA", IEEE. 1995
- [3] J. David Gavenda, "Near-Field Correction to Site Attenuation" IEEE, 1994.
- [4] Roger A. McConnell & Clark Vitek "Calibration of Fully Anechoic Rooms and correlation with OATS measurements", IEEE, 1996
- [5] 강태원 , "전자파복사방출 측정을 위한 시험시설의 상관성", pp.115 ~ 126, EMC KOREA 2001(EMC/SPECTRUM 기술워크샵 및 전시회).
- [6] M. J. Alexander, "Development of new measurement methods of the EMC characteristics in smaller relatively inexpensive fully anechoic rooms," Draft FAR Project final report SMT4-CT96-2133, 2000.
- [7] CISPR/A/300/CD, "Amendment to CISPR 16-1, New Clause 5.6.8: Alternate test site suitability without ground plane," 2001.
- [8] CISPR/A/301/CD, "Amendment to CISPR 16-2, Clause 2.6.2.9: Measurements in absorber-lined shielded enclosures-Emission measurement in Fully Anechoic Chambers(FAC) and fully anechoic rooms(FARs)," 2001.
- [9] W. Scott Bennett, "Normalized site attenuation newly characterized," IEEE Symposium on EMC, pp.141-146, 1998.
- [10] Roger A. McConnell and Clark Vitek, "Calibration of fully anechoic rooms and correlation with OATS measurements," IEEE Symposium on EMC, pp.134-139, 1996.
- [11] Tae-Weon Kang, Byung-Wook Kim et.,al, "Correlating Fully Anechoic Chamber to OATS measurements by the nomalized site

attenuation,” 마이크로 및 전파학술대회 논문집 vol.24 No.1, pp. 277-280, 2001.

[12] CISPR 16-1 Amd.1 f10 Ed.2.0

CISPR/A/296CDV, CISPR/A/270/CD

[13] 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, pp. 28-29

[14] 이건용, “전자방해의 원인과 대책”, 기전연구사, pp.95 ~ 96, 2001.

[15] 김기채, “마이크로파 및 전파 학술대회 논문집”, pp.185 ~ 186, 1999.