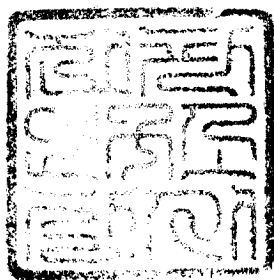


452  
33-05

# 전자파 장애 방지 기술 연구(Ⅳ)

(표준 전자계 형성 및 활용기술)

1993. 1



주관연구기관명 : 전 파 연 구 소  
한국전자파기술학회

701534



## 제 출 문

전 파 연 구 소 장 귀하

본 보고서를 “전자파 장애 방지 기술 연구(IV)”에 관한 최종  
연구보고서로 제출합니다.

1993. 1. 30.

연구책임자 : 이 중 근  
선임연구원 : 이 정 규  
                  위 규 진  
연구 원 : 정 재 우  
                  : 양 윤 석  
                  : 정 삼 영  
연구보조원 : 정 문 황  
                  : 조 규 표  
                  : 이 진 영



## 요 약 문

### 1. 제목 :

전자파 장애 방지 기술 연구(IV) (표준 전자계 형성 및 활용기술)

### 2. 연구의 목적 및 필요성

- (1) 전자기술의 발달과 더불어 각종 분야에서의 전자화의 증가는 전자기기의 사용밀도의 조밀화를 가져왔고, 이에따라 전자계 환경의 악화를 초래하였다. 이를 극복하기 위해서, 불요 전자파의 복사 방지 기술에 대한 신뢰성뿐만 아니라 전자파 환경하에서 신뢰할 수 있는 필수 기능 발휘에 요구되는 전자파 내성의 중요성이 부각되고 있다.
- (2) 선진 각국에서는, 이미 오래전부터 각종 전자기기에 의한 전자파 환경의 악화방지 및 악화된 전자파 환경하에서의 신뢰성 보장을 위하여, 자국산 및 수입품에 대하여 국가차원의 엄격한 시험절차를 통한 전자파 복사 규제를 적용, 시행하여 왔으며, 점차 증가하는 전자화에 대처하기 위해 규제 수준을 강화하여 전자파 내성에 대한 규제에까지 확대하려는 추세에 있다.
- (3) 과거 1, 2차 년도 사업을 통해 EMI/EMC 분야에 대한 관련자료 수집 및 분석을 수행한 바 있으며, 3차 년도 사업에서는 통일된 관련 용어 정립등을 통해 국내 EMI/EMC 분야의 독자적 대응을 위한 초석을 마련한 바 있다. 그러나 상기 국제 추세로 미루어 볼때, 향후 사업을 통해 국내 전자파 내성에 대한 대응능력 확보가 시급하다고 판단된다.



- (4) 본 연구에서는 소형 전자기기의 전자파 내성을 측정할 수 있는 TEM Cell을 제작하여 각종 전자기기의 신뢰성있는 전자파 내성 평가방법을 제시 하였다.

### 3. 연구의 내용 및 범위

- (1) 전자파 내성(EMS) 관련 법규 및 규격 조사
  - ① 국내외 EMC 관련 규정 및 규격 조사(SAE, IEC 등)
  - ② 국내외 EMC 관련 기술자료 조사(각종 논문 분석)
- (2) 전자파 내성 시험 장치(TEM Cell)의 이론적 배경
  - ① EMS 측정 시스템의 구조적 특성
  - ② EMS 측정 시스템의 전자기적 특성
  - ③ EMS 측정 시스템의 필수 성능 요건
- (3) 전자파 내성 측정 시스템 구축
  - ① 전자파 내성 측정 시스템의 종류별 특징 및 장단점 검토
  - ② 최적 전자파 내성 측정 시스템 구축안 제시  
(일반 전기, 전자기기의 사용밀도가 높은 주파수 범위인  
10 kHz - 200 MHz 에서 효율적 시험이 가능한 시스템 구현)
  - ③ 스펙트럼 분석기 및 전계강도 측정기 비교 분석
- (4) 소형 전자기기 시험용 TEM Cell 설계
  - ① 구조적 필수 사양 제안(규모에 따른 형상계수의 영향등)
  - ② 전자기적 필수 사양 제안(VSWR, Insertion Loss,  
Field Uniformity 등)
  - ③ 설계 제작시 중점 고려사항
- (5) 소형 TEM Cell제작
  - ① 소형 TEM Cell 시제 제작





(6) EMS 관련 설비 사양 조사 및 분석

- ① 필수 설비 List
- ② 설비별 필수 사양 조사
- ③ 설비 Maker별 사양 비교 분석

(7) TEM Cell의 성능 평가 기준 및 절차

- ① 삽입 손실(Insertion Loss)
- ② 전압 정재파비(VSWR)
- ③ 전자계 분포 특성

(8) 각종 전자기기별 EMS 신뢰성 평가방법 제안

- ① EMS 시험 절차 제안
- ② EMS 시험 평가 기준 제안
- ③ EMS 시험 결과 데이터 분석

#### 4. 연구 결과

(1) 전자파 내성 관련 법규 및 규격 조사

IEC 801 Part1 - Part6, SAE J1113, VDE 0872 Part1 - Part5등의 규정 및 법규에 근거하여 TV수상기, 라디오, 비디오기기, 의료용 장치(ME), 자동차, 기타에 대한 기기별 EMS 요건 및 측정법에 대해 조사하였으며, TEM Cell에 관련한 기술 자료를 수집 분석하여 전자파 내성 측정 시스템의 이론적 배경 전개의 기틀로 삼았다.

(2) 전자파 내성 시험 장치(TEM Cell)의 이론적 배경

TEM Cell의 구조적 및 전자기적 특성에 대해 고찰하고, 적정 설계를 위한 지침을 마련했다.



(3) 전자파 내성 측정 시스템 구축

표준, 균일 전자장을 구축을 위해 National Bureau of Standard(NBS)에서 제안된 TEM 셀을 이용한 측정기술이 설명된다. 이 기술은  $50\Omega$  임피던스로 정합된 시스템으로 운용되는 Transverse Electromagnetic(TEM)전송셀이다. DC에서 200MHz에 이르는 주파수에서 TEM 셀의 내부에 1.0 - 2.0 dB의 오차를 가지고  $10\ \mu\text{V/m}$  -  $500\ \text{V/m}$ 의 전계강도 레벨을 형성시키는 것이 목적 사양이다. 또한 스펙트럼 분석기 및 전계 강도 측정기의 비교 분석을 통해 측정기의 구비조건을 고찰했다.

(4) 소형 전자기기 시험용 TEM 셀 설계

소요 사양을 만족하는 TEM 셀의 설계 기준을 정립했다.

(5) 소형 TEM Cell 제작

NBS, SAE등에서 권장하는 사양들을 연구 검토하고, 개발 목적에 부합되는 사양을 참고하여 대칭형 TEM Cell( $1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ )을 제작하였다.

(6) EMS 관련 설비 사양 조사 및 분석

제작된 TEM Cell의 성능평가 및 신뢰성 있는 내성 측정을 위한 필수 주변 설비로는 Signal Generator, Power Amplifier, Dummy Load, Spectrum Analyzer, Field Probe Sensor 등이 있다.

(7) TEM Cell의 성능 평가 기준 및 절차

자체 제작된 TEM Cell에 대한 성능 평가를 통해서, 신뢰성 있는 사용 주파수 범위를 제시하였다.

(8) 각종 전자기기별 EMS 신뢰성 평가방법 제안

자체 제작된 TEM Cell을 이용해서, 실제적으로 전자기기의 EMS 시험을 통한 평가방법을 제시하였다.



## 5. 연구의 기대 성과 및 활용 방안

- (1) EMS 국제기술 동향에 능동적 대처
- (2) 전자, 전기 통신기자재에 대한 국제 경쟁력 확보
- (3) 불요 전자파로부터 국민생활 보호
- (4) 관련 업체의 기술 촉진



# 6. 계획과 실적의 대진표

구 분 연구내용	연 구 기 간										진 도 율 (%)
	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1. 전자파 내성 관련 법규 및 규격 조사											100
2. 전자파 내성 시험장치(TEM Cell)의 이론적 배경											100
3. 전자파 내성 측정 시스템 구축											100
4. 소형전자기기 시험용 TEM - Cell 설계											100
5. 소형 TEM Cell 제작											100
6. EMS 관련설비 사양 조사 및 분석											100
7. TEM Cell의 성능 평가 기준 및 절차											100
8. 각종 전자 기기별 EMS 신뢰성 평가 방법 제안											100
9. 최종 보고서											100
총진도율											100

----- 당초계획  
——— 진 도





## - 목 차 -

제 1장. 전자파 내성 관련 법규 및 규격 .....	1
1. 국제동향 .....	1
가. 국제 전기 기술위원회 산하 기구의 내성규격 제정 동향 ...	4
나. 국제 전신 전화 자문 위원회(CCITT) 동향 .....	7
2. 국가별 규제 현황 .....	8
가. 유럽 지역 규격 .....	8
나. 독일 규격 .....	8
다. 북미 규격 .....	10
라. 일본 규격 .....	13
3. 각종 기기별 전자파 내성 관련 규격 .....	15
가. TV수상기, 라디오, 비디오 관련기기 전자파 내성 측정 ....	15
나. 의료용 장비의 전자파 내성 측정 .....	16
다. 자동차의 전자파 내성 측정 .....	17
4. '92 바르샤바 CISPR 합동 분과위원회의 토의내용 요약 .....	19
가. 소위원회-A(SC-A) .....	19
나. 소위원회-B(SC-B) .....	20



다. 소위원회-C(SC-C) .....	21
라. 소위원회-D(SC-D) .....	23
마 소위원회-E(SC-E) .....	23
바. 소위원회-F(SC-F) .....	25
사. 소위원회-G(SC-G) .....	25
5. IEC 801-3 .....	30
가. 범위(Scope) .....	30
나. 목적(Object) .....	30
다. 일반 사항 .....	31
라. 정의/전문용어 .....	31
마. 강도 레벨 .....	35
바. 시험 장비 .....	36
사. 시험 설비 .....	40
아. 시험 절차 .....	42
자. 시험 결과 및 시험 보고서 .....	45
6. IEC 801-6 .....	54
가. 범위(Scope) .....	54
나. 목적(Object) .....	54



다. 일반 사항 .....	55
라. 정의 .....	57
마. 강도 레벨의 범위 .....	60
바. 시험 계측기 .....	62
사. 시험 장치의 구성 .....	68
아. 시험 절차 .....	75
7. SAE J1448 JNN84 .....	103
가. 목적 .....	103
나. 측정 원리 .....	103
다. 기구 .....	104
라. 시험 구성 .....	107
마. 측정 절차 .....	111
바. 주의(Notes) .....	117



제 2장. 전자파 내성 시험장치(TEM Cell)의 이론적 배경 .....	125
1. 복사 전자파 내성 시스템 .....	125
가. 안테나 복사 이론 .....	126
나. 평행판 복사기 .....	128
2. TEM Cell	
가. 개요 .....	130
나. TEM Cell의 사양, 설계, 평가 .....	130
다. 셀 내부의 장 맵핑 .....	136
라. 셀 내부 장의 표준화 .....	139
마. 장 강도 결정에 있어서의 오차 .....	139





제 3장. 전자파 내성 측정 시스템 구축 .....	142
1. 전자파 내성 측정 시스템의 종류별 특징 및 장단점 비교 .....	142
가. 개요 .....	142
나. 각 시설의 장단점 .....	143
2. 전자파 내성 측정 시스템 구축 .....	145
가. 복사 전자파 내성 측정 .....	145
나. 전도 전자파 내성 측정 .....	148
다. 시스템 제어 .....	148
라. 전자파 내성 측정 시스템 구축 .....	150
3. 스펙트럼 분석기 및 전계 강도 측정기의 비교 분석 .....	151
가. 방해파 측정기의 기본특성 .....	152
나. 펄스에 대한 측정기구의 정상응답 .....	153
다. 선택도 .....	157
라. 상호변조 효과의 제한 .....	160
마. 주변 잡음과 내부 발생 스퓨리어스 신호의 제한 .....	162
바. 차폐 .....	162
사. 측정기구의 정확도 .....	163
아. 스펙트럼 아날라이저의 특성 .....	164
자. 전계 강도 수신기와 스펙트럼 아날라이저 .....	167



제 4장. 소형 전자기기 시험용 TEM 셀 설계 ..... 173

1. 설계상 고려사항 ..... 173

2. EUT의 부하효과에 의한 TEM 셀의 특성 임피던스 ..... 176

가. TEM 셀 내부의 전기장 분포 ..... 176

나. TEM 셀의 특성 임피던스 ..... 182

다. EUT 삽입에 따른 Field 레벨의 보정 ..... 183

라. 결론 ..... 185

3. TEM Cell의 설계 ..... 186

제 5장. EMS 관련 설비 사양 조사 및 분석 ..... 192

1. 관련 설비 고려사항 ..... 192

가. 시험장 ..... 192

나. 신호원 ..... 195

다. 기타 악세사리 ..... 196

2. 필수 설비 사양 제안 ..... 199

가. 시스템 사양 ..... 199

나. 각 장비별 사양 제안 ..... 201



제 6장. TEM Cell의 성능 평가 기준 및 절차 .....	203
1. 성능 평가 항목 .....	203
가. 특성 임피던스 .....	203
나. 장 균일성 .....	205
다. 상한 주파수 .....	206
라. 삽입 손실 .....	207
마. 전압 정재파비 .....	208
2. 성능 평가 기준 및 절차 .....	211
가. 전압 정재파비 .....	211
나. 삽입 손실 .....	214
다. 전계 분포 균일성 .....	217
제 7장. 각종 전자기기별 EMS 신뢰성 평가방법 제안 .....	220
1. EMS 시험 절차 제안 .....	220
가. 측정 절차 .....	221
나. 시험 신호 요구 조건 .....	229
다. 측정시 고려 사항 .....	230
2. EMS 시험 평가 기준 제안 .....	231
가. 평가 기준 .....	231
나. 인가 전자계 강도 .....	232



# 제 1장. 전자파 내성 관련 법규 및 규격

본 보고서의 제 1장에서는 전자파 양립성(EMC)에 관한 규격을 검토하고 있는 국제 전기 기술 위원회(IEC) 산하의 많은 기술 위원회(표1-1) 중에서 대표적인 국제 전파 장애 특별 위원회(CISPR), TC 65(Technical Committee 65) 및 TC 77의 내성 관련 규격 제정 현황과 진행 방향, 그리고 국제 전신 전화자문위원회(CCITT)의 연구 과제에 대하여 먼저 검토하였고, 이어서 지역 규격인 유럽 규격의 동향과 독일, 미국, 캐나다 및 일본의 내성 관련 규격에 대하여 조사하였으며, 전자파 내성에 관심이 커져가고 있는 기종에 따른 기기별 내성 적용 규격 현황을 알아본다. 한편 본 연구의 외부 공동 연구원이 참석한 1992년 9월 7일 부터 12일 까지 폴란드 바르샤바에서 개최되었던 CISPR 합동 분과위원회의 토의 내용을 요약하였다.

또한 전자파 내성 측정 지침으로 자주 활용되는 IEC 801-3 및 IEC 801-6과 TEM Cell에 관련한 SAE의 기술 보고서, SAE J1448의 전 내용이 소개된다.

## 1. 국제동향

전자파로부터의 보호 기준인 전자파 내성 규격은 전자파 장애 방지 기준과는 달리 장애를 주는 기기와 장애를 받는 기기사이의 결합관계, 장애를 받는 기기의 주파수 응답 특성과 장애 주파수와와의 관계 및 장애파의 파형등에 따라서 장애의 형태가 달라지고, 더욱이 관련 평가 변수들을 획일적으로 정하기에는 곤란하므로 현재까지는 일부 기기에 대한 규격서가 국제적으로 작성되었을 뿐이다.

국제적으로 규격은 4단계로 분류하고 있으며 이는 기본 규격(Basic Standard), 일반 규격(General Standard), 제품 군 규격(Product Family Standard), 그리고 제품 규격(Product Standard)으로 되어 있다. 제품 규격이란 특정 제품에 대하여 측정 방법, 사용 환경에 따른 허용치 등을 규정한 것으로 이와 같은 제품 규격이 아직 제정되지 않은 경우 다음 단계인 제품 군 규격을 적용하게 된다. 국제 전기 기술 위원회(IEC) 산하의 많은 기술 위원회(표 1-1)중의 하나인 CISPR에서 현재 발행한 문서 중 방송용 수신 기기에 대한 내성 규격(Pub. 20)이 대표적인 예이다. 이와 같은 제품 군 규격 조차도 제정되지 않은 경우, 일반 규격을 적용하게 되며 이는 유럽 통합을 앞두고 각국의 기술적 차이와 법령 정비 등을 이유로 과도적으로 사용하고 있는 유럽 일반 규격(EN 50082-1)이 여기에 해당 된다. 기본 규격이란 시험, 측정 방법 등을 규정한 것으로(IEC 801 시리즈) 이를 토대로 일반 규격이나 제품 규격이 결정되며 역시 일반 규격에서도 지정 되지 않은 품목의 시험에 적용하게 된다. 따라서 국제적으로는 기본 규격의 제정을 먼저 하고 있으나 아직 완성 되지 않은 상태이다.



표 1-1. EMC 자문위원회(ACEC)를 구성하는 기술 위원회

위원회 번호	위원회 명칭 또는 대상품목
TC 12	전파통신, SC 12A, 전파수신기
TC 17	스위치 기어 및 콘트롤 기어
TC 40	전자기기용 콘덴서 및 저항기
TC 41	계전기, SC 41B 보호 계전기
TC 42	초고압 시험방법
TC 45	원자력 계측, SC45A 원자로 계측
TC 57	전력선 반송 시스템
TC 62	의료용 전기기기
TC 65	공업용 프로세서 계측제어
TC 77	회로망을 포함한 전기기기간의 전자파 양립성
TC 81	피뢰설비
TC 83	정보기술장치
CISPR	국제 전파 장애 특별위원회

## 가. 국제 전기 기술위원회(IEC) 산하 기구의 내성 규격 제정 동향

### (1) 국제 전파 장해 특별위원회(CISPR)

국제 전파 장해 특별위원회(이하 CISPR)에는 2가지 제품군에 대한 내성 관련 제품 규격이 있으며, 그중 하나는 라디오, TV등 방송 수신기에 대한 내성 시험에 관한 것(Pub. 20)으로 1990년에 개정 되었으며 다른 하나는 정보 기술장치에 대한 내성 시험에 관한 것(Pub. 24, '92년 현재 발행 준비중)으로 일부분(Part 1)은 초안을 작성 중이고 일부분(Part 2, 3)은 현재 각국에서 투표 진행 중이므로 최종 발행은 '93년 말이나 '94년 초로 예상되고 있다. 특히 이 규격 준비 과정은 유럽의 지역 규격을 제정하는 유럽 전기 기술위원회(CENELEC)와 공동으로 진행되고 있으므로 국제 권고 규격으로의 채택과 함께 유럽 규격으로도 채택될 것이다. 이는 규격의 일치라는 점에서 바람직한 것이지만 유럽 규격은 강제 규격이므로 우리 나라의 상품이 유럽 지역으로 수출될 때 고려해야 할 것이다.

한편 CISPR는 독자적인 총회와 7개 분과위원회로 구성되어 있으며 1982년부터는 3년마다 총회를 개최하며 분과위원회는 매년 개최되고 있다. 또한 분과 위원회에는 1개 또는 3개의 작업반이 구성되어 1년에 2번정도 모임을 갖고 연구 과제 및 개정안에 대한 기술적 심의를 하고 있다.

지난 9월 7일부터 12일까지 1주일동안 폴란드 바르샤바에서 개최되었던 합동 분과 위원회에서는 현재 발행되어 있는 규격서의 개정안들이 검토 되었으며 특히 위성 방송 수신기에 대한 전자파 장해 복사 전계 허용치 및 내성 허용치에 관한 유럽 규격(CLC/TC110A (SEC)32,33)을 근거로 CISPR 규격(Pub.20)의 개정이 제안되어 심의 과제로 채택 되었다. CISPR 규격 개정의 진행 과정을 미루어 볼때, 약 2년 후에는 위성 방송 수신기에 대한 규격이 추가 될 것으로 예상되므로 이 분야에 관계되는 산업체 또는 연구기관의 많은 관심이 요망 된다. 관련된 요약 내용은 본 장의 4절에서 다루게 될 것이다.

## (2) TC 65 및 TC 77

1984년에 공업용 프로세서 계측 및 제어에 관한 전자파 양립성에 관한 규격 (IEC 801-1)을 제정한 TC 65(공업용 프로세서 계측 제어 기술위원회)에서는 이후 정전기 방전 시험 요구등을 비롯한 기본 규격을 작성 하였으며, 이러한 규격들을 모든 전기, 전자 기기의 측정 시험 기술로 적용할 수 있으므로 TC 77(회로망을 포함한 전기 기기의 전자파 양립성 기술위원회) 및 CISPR의 협력으로 이 규격들에게 새로운 번호를 부여하여 (IEC 1000-4-X) 내성 관련 국제 기본규격으로 인정 하고 있다. 이러한 규격들은 일부만 공식 발행되어 있고, 현재 각 국가에서 투표 심의중에 있다(표 1-2).

표 1-2. IEC TC 77에서 발행하고 있는 IEC 1000 시리즈 기술 문서의 구성

문서번호	내 용
1000-1	일반 (일반적 고려사항, 정의, 용어)
1000-2	환경
1000-2-1	공공전원 시스템에서의 저주파 전도외란 및 신호에 대한 전자환경
1000-2-2	공공 저전압 전원 시스템에서의 " "
1000-2-3	양립성레벨
1000-2-X	복사 및 고주파전용 전자환경
1000-2-X	전자환경의 분류
1000-2-X	공공 중전압 전원시스템에서의 저주파 전도방해 및 신호에 대한 양립성 레벨
1000-2-X	공장에서의 양립성 레벨
1000-2-X	고조파 전압성분의 평가 및 고조파전달 계산을 위한 회로 임피던스
1000-3	제한치
1000-3-X	일반 내성 규격
1000-4	시험 및 측정기술
1000-4-1	전자파 내성 시험에 관한 개요
1000-4-2	정전기 및 측정기술
1000-4-3	복사 무선 주파 전자계
1000-4-4	빠른 천이
1000-4-5	써지
1000-4-6	전도 고주파 외란
1000-4-7	전도 저주파 외란
1000-4-8	전원 주파자계
1000-4-9	펄스 자계 내성 시험
1000-4-10	제동 진동하는 필드에 대한 내성시험
1000-5	설치 및 완화 지침
1000-5-1	전자파 양립성과 관련된 설치 및 완화 지침에 대한 일반소개
1000-5-2	방 및 캐비넷에 대한 차폐
1000-5-3	케이블링 및 배선 규칙
1000-5-4	접지
1000-5-5	필터링
1000-5-6	과전압 보호소자
1000-5-7	정전기

#### 나. 국제 전신 전화 자문 위원회 (CCITT) 동향

국제 전신 전화 자문 위원회(이하 CCITT) 산하의 제 5연구 그룹은 전자기적 방해로부터의 통신 시설 보호에 관한 연구를 하여 권고안을 제출하고 있으며, 1989년 이후에는 종래의 통신 시설 보호 차원에서 전자파 양립성의 차원으로 연구 내용을 강화하여 과전압 과전류 규격, 서지 내력시험, 유전 잡음 규격(K20, 21, 22, 23, 24) 이외에 '92년 말까지 다음 과제에 대한 규격 작성을 진행하고 있다.

- (1) 정전기에 대한 통신망 기기의 전자파 내성 검토
- (2) 복사 전자계에 대한 통신 기기의 전자기 내성 검토
- (3) 통신기기, 시스템에 대한 전도성 무선주파 방해

## 2. 국가별 규제 현황

### 가. 유럽 지역 규격

유럽 전기 기술 표준위원회(CENELEC), 유럽 전기통신 주관청 회의(CEPT) 및 유럽 전자계산기 제조자 협회(ECMA)에서 유럽 지역의 EMC 문제를 취급하고 있으며 특히 유럽 규격(European Norms, EN)은 유럽 전기 기술 표준 위원회에서 제정하고 있다.

현재 유럽 지역의 내성관련 제품 규격으로는 CISPR 규격서 20(오디오 및 TV에 대한 내성규격)과 동일한 EN 55020, 그리고 준비중인 CISPR 규격서 24(정보 기술 장치에 대한 내성규격)와 유사한 EN 55101 규격이 있다. 이러한 규격은 유럽 통합이 정식으로 이루어지면 당연히 강제 규격으로 작용 할 것이지만 '95년 12월 까지는 각국의 규격 정비등을 이유로 과도 기간으로 설정되어 있다.

또한 앞에서도 언급한 바와같이 위의 2가지 제품군을 제외한 나머지 품목에 대하여는 국제적으로 작성된 제품 규격이 없고 국가별 기술 수준 차이등을 이유로 일반규격 (EN 50082-1)을 채택하여 적용토록 하고 있다.

### 나. 독일규격

유럽에서 가장 기술이 앞서있는 독일의 경우에는 1935년에 독일 전자파 장해 억제에 대한 전기기술자협회(VDE) 규격을 만들어 자체적으로 적용하여 왔으며 이제는 전기 전자 분야의 VDE 규격을 독일산업표준(DIN)과 일치시켜 하나의 규격으로 적용하고 있다. 이와같이 오랜 역사와 발전된 기술에 의해 작성된 독일 VDE 규격은 국제 전파 장해 특별위원회(CISPR) 규격의 제정과 유럽 규격(EN) 제정에 많이 참고되고 있으므로 독일의 규격 동향은 매우 중요하다고 할수 있다.

전자파 내성에 관하여서도 독일은 국제 규격이나 지역 규격등이 완성되기 전에 자체 규격을 제정하여 현재 TV, 라디오, 비디오 및 공중 전기통신망에 접속되는 통신용 단말기, 교환기등에 대하여 전도내성과 복사 내성 시험을 요구하고 있고(표 1-3), 현재는 가정용 전기기기에 대한 제품 규격을 만들고 있는 유럽 전기기술표준위원회(CENELEC) 활동에 참여하고 있으며, 이는 '94년 7월 까지는 유럽규격(EN)으로 최종 확정 될 것으로 보인다.

표 1-3. 독일의 내성 관련 규격

	DIN VDE 규격	제정일자	내 용	관련 규격
1	0839 Teil 1	'86. 11	상용 전압의 전자파 양립성	IEC 801-1 IEC 801-2 IEC 801-3 IEC65(CO)39 IEC 868
2	0839 Teil 10	'91. 12	전도성 외란에 대한 내성 판정 기준	
3	0843 Teil 1	'87. 9	공업용 제어기기의 전자파 양립성	
4	0843 Teil 2	'91. 2	정전 방전에 대한 내성 요구	
5	0843 Teil 3	'88. 2	복사 전자계에 대한 내성요구	
6	0843 Teil 4	'87. 9	빠른 과도 현상에 대한 내성요구	
7	0846 Teil 1	'89. 8	전자파 양립성 측정용 계측기	
8	0846 Teil 11	'90. 1	전자파 양립성 측정용 신호발생기	
9	0846 Teil 12	'90. 1	" 결합장치	
10	0846 Teil 13	'90. 1	" 부속설비	
11	0846 Teil 14	'90. 1	" 전력중폭기	
12	0847 Teil 2	'87. 10	전도성 외란에 대한 내성	EN 55020
13	0847 Teil 4	'87. 1	복사성 외란에 대한 내성	
14	0872 Teil 4	'87. 1	비디오기기에 대한 내성 요구	
15	0872 Teil 5	'87. 1	비디오 기기 내성 측정방법	
16	0872 Teil 6	'89. 11	음성방송 수신기에 대한 내성요구	
17	0872 Teil 20	'89. 8	방송수신기 및 관련기기에 대한 내성	
18	0878 Teil 200	'87. 5	통신용 소비자 기기에 대한 내성	

#### 다. 북미 규격

많은 국가들이 지역적으로 근접해 있는 유럽의 경우와 달리 미국의 경우, 전자파 내성에 관한 규격은 강제 규정의 성격이 배재되어 있다. 이는 내성이 충분치 못한 제품은 스스로 도태된다는 시장 경제의 원리에 따르기 때문이기도 하나 실제로 합리적인 내성 규제 규격을 작성한다는 것이 이미 언급한 바와 같이 매우 곤란하다는 것을 의미한다.

미국 전자산업협회(EIA)에서는 일부 품목에 대한 자체 규격을 작성하여 준수하고 있으며, 우리나라의 제품이 많이 수출되는 TV, 오디오 등에 대한 내성 규격은 표 1-4와 같다.

표 1-4. 미국 EIA 규격

규격번호	내 용
EIA IS-10	TV 튜너 내성 측정
EIA IS-16	TV, VTR의 내성 측정 ('85.10)
EIA IS-16A	" ('87. 5)
EIA IS-23	CATV 간섭 표준
EIA IS-31	TV CH6에서의 교육 FM 방송 내성 측정

자동차의 경우, 잘 알려져 있는 미국 자동차기술자협회(SAE)에서 자동차 및 그 전장품에 대한 전자파 환경에 관련하는 표준 시험법 및 제한치등을 제정하고 이의 준수를 권고하고 있다. 미국은 차량제어 장치의 초기단계를 기술적으로 선도하고 있었던 관계로, 시험법에 있어서도 독자적 규정을 준비해 왔으나, 최근은 국제 규격화의 동향에 따라 SAE 규격도 통일화가 진행되고 있다. SAE 규격명 및 그 내용을 표 1-5에 나타냈다.

이외에도 군사 목적으로 작성된 규격(MIL-Std.)이 있다(표 1-6 참조.).



표 1-5. SAE 발행 규격 및 내용

규격	내 용
J1338	10 kHz ~ 1000 MHz 전계내에서의 실차 전자파 감수성 평가 시험.
J1407	대형 TEM Cell에 의한 차량의 전자파 감수성 시험법
J1448	TEM Cell을 이용한 전장품의 전자파 감수성 시험법
J1507	20 MHz ~ 18 GHz의 전계에서의 복사 전자파 감수성의 전자파무반사실 시험법
J1547	1 ~ 400 MHz의 공통 모드 전류 주입에 의한 전자파 감수성 시험법
J1113	차량용 전자부품의 전자파 감수성 시험법(전원선의 과도 전압, TEM Cell, 스트립 라인에 의한 복사 방해, 정전기 시험 포함.)

표 5. MIL-Std. 462

항목	번호	내 용
전도 내성	CS01	전도내성 30MHz - 50KHz 전형적 시험장치
	CS01-2	Isolation Transformer에서의 Data 설정
	CS02-1	전도내성 50KHz - 400MHz
	CS03-1	전도내성 30Hz - 10GHz 상호변조, 시험장치
	CS04-1	전도내성 30Hz - 10GHz 입력단에서 불요파의 제거, 2개의 신호 발생 방법
	CS05-1	전도내성 30Hz - 10GHz, Cross 변조
	CS06-1	전도내성, 스파크, Power Leads : 직렬주입
	CS06-2	전도내성, 스파크, Power Leads : 병렬주입
	CS06-3	스파크 특성의 교정
	CS07-1	전도내성, Squelch 회로
	CS08-1	전도내성, 30Hz - 10GHz, 입력단에서 불요파의 제거 (One-Signal-Generator 방식)
복사 내성	RS01-1	복사내성, 30Hz - 30KHz, 자기장
	RS02-1	" , 자기유도장, 케이블 테스트
	RS02-2	" , " , 케이스 테스트
	RS04-1	복사내성 테스트를 위한 병렬 스트립 라인
	RS04-2	복사내성 테스트를 위한 병렬 스트립 라인 (평면도, 측면도)
	RS04-3	병렬, Plat Line을 사용한 내성 테스트의 구조
	RS04-4	Line Calibration Chart

한편, 캐나다에서도 개인 전파 통신을 위한 스펙트럼의 이용 증가와 낮은 신호 레벨을 이용하는 디지털 기기들이 확대됨에 따라 고 레벨 전자계 환경 하에서 오동작이 빈번해짐에 따라, 캐나다 정부는 1989년 10월 전파통신법에 내성 규제를 가할수 있는 규칙을 만들게 되었으며 캐나다로 수입판매 및

이용에 대한 사전 조건으로서, 수신기등에 대한 내성 허용치를 정할 수 있도록 하였다.

그러나 현재 내성규격은 완비되어 있지 않으며, 자율 규제를 목적으로한 방송/수신용 기기의 규격화가 진행되고 있고, 방송수신기 이외의 기기에 대해서도 같은 작업이 진행되고 있다.

#### 라. 일본 규격

기술 선진국인 일본의 경우에 국제 규격과의 일치를 위하여 독자 규격을 제정하는 것보다는 대표적인 제품 몇가지에 대한 지침서를 1988년 부터 작성하기 시작하여 현재는 작성된 지침을 근거로 규격 적용 가능성과 적용상의 문제점등에 대한 검토를 하고 있다. 또한 기기가 사용되는 장소에 따른 내성 허용치를 결정하기 위해 1988년 부터 공장지대에 대한 전자파환경 조사를 실시하였으며, 이어서 사무실, 가정 및 특정 지역에 관한 환경 조사가 계속 진행되고 있다.

이외에도 항공기, 차량, 전기철도등에 사용되는 전자 기기들에 대한 자율적인 규제 들이 행해지고 있으며, 산업체에서는 기본 및 품목 규격들의 국제적인 권고안이 작성 완료될 때를 대비하여 대상 품목을 분류하고 있다 (표 1-7 참조.).

표 1-7. 내성 규제에 대응한 기기분류 (일본)

대분류	소분류	기 기 명
VCCI 관련기기	컴퓨터 관계	노트형 퍼스날컴퓨터, FA 퍼스날컴퓨터, 계측제어용 퍼스날 컴퓨터, 퍼스날컴퓨터시스템, 핸드터미날, 컴퓨터 주변기기(HDD, FDD), 워드프로세서(주변 기기), 프린터, 도트 매트릭스 프린터, CRI, FA-OA 컴퓨터간 전송장치, POP단달기, UPS
	통신기기 관계	전화기, 보턴전화장치, FAX, 모뎀, 광 LAN, 무선 통신기, 무선장치, 전화교환기(PBX), 다중전송장치, PBX직류전원장치
ISM 관련기기	공업용 기기	원격제어기, 마이크로파발전기, 통보장치, 인쇄 기계용 제어장치, 직물용 제어장치, 교통신호 제어기, 제어용BOX, 반도체 프로세서장치, 자동 용접기, 산업용로봇트, ITV감시장치, 환경시험기, 압축기제어장치, 전기로제어장치, 보호릴레이, 진공제어장치, NC제어기, 위치결정장치, 전자 디바이스 검사장치, 자동판매기, 변전소구내 ITV 감시장치, 중앙조작실용CRT장치, 배전선 원거리감시 제어장치, 가스히트펌프, 세큐리티 경비단말기기, 시퀀스I/O용 링케이블, 경품투출기
	과학용 기기	광측정시스템, 방사온도계, 센서신호입력회로, 디지털홀드메터, 수온계, 화재검지기
	의료용 기기	의료용 전자장치, 감균기
전기통신 취체법 관련기기	가전용 기기	CD 플레이어, 스테레오레시버, 스테레오기기, 가정용 VTR, 비디오무비, TV수상기, TV, 비디오 데이타터미날, 전자렌지제어부, 룸에어콘, 공기 제어회로, 방전동용전자안정기, 가전용품 스위칭 전원
기타기기	자동차 관련기기	차량탑재전기장치품의 제어장치, 오일저하검지회로, 엔진수온제어회로, 배기제어회로, 스피드메터구동 회로, 자동차용 센서, 차량탑재용 VTR, 차제용 TV, 카스테레오, 카에어콘, 자동차용컴퓨터, 자동차 전화, 차제용 액정 디스플레이
	항공기 관련기기	항공기용 브레이크 제어시스템, 기체엔진간 인터-페이스장치, 항공기용 프로펠러 전자제어장치, 항공 전자기기, 항공기용 환경제어장치, 항법장치
	기타기기	모터변속용인버터, 변환기, DCS, SLC, 전차용 반송장치, 과부하 보호장치

### 3. 각종 기기별 전자파 내성 관련 규격

#### 가. TV수상기, 라디오, 비디오 관련기기 전자파 내성 측정

EMI 측정이 일반화되어, 전자파 내성 시험의 표준화가 계속 검토중인 최근, 방송 수신기(TV, 라디오, 비디오등)에 관한 전자파 내성 시험에 대해서는 각종의 전자파로부터 공공의 방송업무를 지킨다는 목적으로, 빠른 시기에 검토가 행해져, 이미 독일·미국에 있어서는 규제가 실시되고 있다. 특히, 전자파 내성 시험을 법규제로 제정되어 발효된 예로는 독일의 VDE 0872 규정이 있다. VDE 0872에 TV, 라디오, 비디오 및 그 관련기기에 대해 능동 방해 내성능력 및 전자파 내성에 관한 규칙을 정의하고 있다. 최근 매우 주목되고 있는 유럽 통일 규격(EN규격)에 있어서도 EN - 55020에 같은 내용의 전자파 내성 시험이 기술되어 있고, 이들 규격에 준한 방송 수신기의 전자파 내성 측정이 행해지고 있다.

VDE 0872 규격의 내용에 대해 간단히 살펴보면, 표 1-8.과 같다.

표 1-8. VDE 0872 규격의 구성

Part No.	내 용
Part 1	라디오 및 TV방송 수신기의 능동 방해 능력에 대한 고찰
Part 2	라디오 및 TV방송 수신기의 전자파 내성의 요구사항
Part 3	라디오 및 TV방송 수신기의 전자파 내성의 측정방법
Part 4	비디오기기의 전자파 내성 요구사항
Part 5	비디오기기의 전자파 내성 측정법
Part 20	라디오·TV방송 수신기 및 관련기기의 방해 내성의 제한치 및 측정법

이 규격에서 규정하고 있는 전자파 내성 측정 방법은 전도성 잡음에 대한 내성에 대해서는 전류 주입법이 이용되고, 복사성 잡음에 관해서는 스트립 라인을 사용한 작키법이 이용되고 있다.

#### 나. 의료용 장비(Medical Equipment: ME)의 전자파 내성 측정

의료용 장비의 EMC에 대해서는 IEC SC62A WG13의 (S)109 문서가 이미 발행되어 있으며, 그 내용중에는 전자파 내성에 대해서도 일부 언급이 되고 있다. 전자파 내성의 시험법은 IEC의 ACEC (EMC에 관한 자문위원회)의 권고에 근거하여, IEC Pub. 801 시리즈(IEC SC65A WG4 전기전자장비 (구 산업용 프로세스 계측 및 제어 장비)의 EMC)를 기본 기준으로서 채용하고 있다.

전자파 내성 시험법을 적용하는데 있어서는 국제 기준과의 통일화를 최우선으로서 하지만, 환자에 직접 접속되는 기기에 대해서는, 환자에 접속되는 것을 전제로 한 특수한 조건 아래에서의 전자파 내성 시험이 필요할 것이다. 따라서 범용 기준인 상기의 Pub. 801 시리즈를 도입하는것 만으로는 불충분하다. 이것은 의료용 장비가 일반 기종 부문과는 다른 동작 원리를 갖고, 또한 사용장소에서는 환자의 인체가 개재하기 때문에, 기종마다 상이한 모의 시험 측정법, 오동작의 판정 기준등이 필요하기 때문이다.

일본에 소재하는 (주)일본 전자기계공업회 의료용 장비 기술위원회 내에 설치된 ME EMC조사 연구소 위원회에서는 의료용 장비의 전자파 내성 시험법에 관한 지침을 작성하기 위한 활동의 성과로써 의료용 장비가 의료환경내에서 각종의 전자방해를 받았을 때, 성능의 악화없이 동작하는 능력, 즉 전자파 내성을 측정할때의 문제점을 분석하였다.

의료용 장비의 전자파 내성 시험법에 관한 지침의 작성은 시험법과 운용 매뉴얼의 2단계로 나뉘어, 시험법부터 착수했다. 시험법의 검토를 시작한것은 1987년 4월부터 였었다. (주)일본 기계공업연합회의 조성금을 얻어 (사단법인)일본 전자기계공업회의 의료용 장비 기술 위원회 내에 구성된 의료용 장비 전파장해 대책 위원회 및 동 전문위원회를 설치해, 2년간에 걸쳐, 각종 의료용 장비의 전자파 내성의 실태 파악과 기기 단체 레벨에서의 측정법의 실용시험등을 수행하여, 기초 데이터를 중심으로 보고서를 작성했다.

1989년부터는 활동의 장을 ME EMC조사 연구 소위원회로 옮겨, 전자파 내성 시험법에 관한 지침안의 작성에 착수했으며, 1990년도까지 다음과 같은 전자파 내성 시험법의 지침을 작성했다.

- (1) 전원선 전도잡음(임펄스성 전도잡음)
- (2) 정전기 방전
- (3) 복사 전자장
- (4) 과도전압 저하

그러나 이러한 시험법의 지침은 일본내에서도 강제성이 없으며, 아직 일본 통상산업성 전파장해 문제 조사검토회 등에서 자국내 업계와의 정보교환의 기회를 마련하는 등 다 방면 검토가 이루어 지고 있다.

#### 다. 자동차의 전자파 내성 측정

자동차는 원래 기능적으로, 모든 환경의 장소를 자유로이 이동하는 특징을 가지고 있으며, 최근 차량에 많이 적용되고 있는 제어용 전자 장치는 공급되는 전원이 모두 공통의 배터리(직류전원)이라고 하는, 다른 전자 장치에 없는 특징들을 가지고 있다.

자동차에 장착된 전자 장치에 대한 전자파 방해는, 전자 장치가 차량의 주행, 제동, 조향등의 안전에 관계하는 기능을 직접 제어하는 것에 많이 이용되기 때문에, 전자파 내성에 대한 규정, 시험법이 여러 방면에서 검토되어 왔으며, 그 중요성이 부각되어 가고 있는 실정이다.

선진 각국들이 자동차의 전자파 환경 신뢰성이 운전자의 안전에 큰 영향을 줄 수 있다는 관점에서, 자동차 및 전장품에 대해 전자파 내성 관련 규격을 가장 먼저 적용하였음을 고려 할 때, 국내 상황에서도 매우 검토가치가 높다고 볼 수 있으며, 또한 현재 선진 각국들의 EMC 측정 기술의 측면에서도 관련 분야가 상당히 진보되어 있으므로 그 동향을 주시할 필요가 있다.

## (1) 국제 규격화 동향

차량 및 전장품에 대한 전자파 감수성 시험법의 국제규격화의 동향으로는, 전원선 및 신호선에 혼입되어 발생하는 과도 전압과, 광대역의 방해파 스펙트럼을 신호선에 혼입되는 경우에 대한 시험법으로 ISO 7637 (10) -1, -2, -3이 규격화 되어 있다.

ISO 7637 -3은 승용차, 상업용차의 전원선 이외의 도선에 대한 유도 또는 용량 결합에 의해 발생하는 과도 전자파 방해의 평가를 행하는 시험으로, 결합기는 규정에 제시된 것을 이용하지만, 방해파형은 ISO 7637 -1, -2에 규정된 것을 준용한다.

단일(좁은대역) 주파수의 시험에 대한 규정 ISO 10600과, 정전기 방해에 대한 ISO 10605가 검토되고 있다.

## (2) 각국의 시험법 제정 현황

일본에서는 이 종류의 규정은 제조업자의 내부 규격류의 외에는 단체 규격의 단계에 있고, 대상의 성격에서 아직 국가규격은 없다. 한편, 기타 국가에서도 당초는 각 제조업자의 사내규정을 참고로 해, 단체 규격화되고 더 나아가 국가 규격화가 검토되고 있는 실정이다.

자동차에 관한 규정은 일본에서는 JIS, JASO(자동차 규격)등이 있고, 미국에는 SAE(자동차기술자협회) 규격, 독일에는 VDE(전기시험소 규정), DIN(독일 규격)등이 이에 해당한다. 이외에도 MIL-Standard로 불리워지는 군 규격도 있으나, 품질 보증을 위한 검토에 참고가 될 뿐, 자동차등과 같은 민수품에는 그대로 적용하기 어려운 경우가 많다고 판단된다.

이밖에 ISO·IEC등의 기관에서도 국제 규격화를 진행하고 있다.



#### 4. '92 바르샤바 CISPR 합동 분과위원회의 토의 내용 요약

##### 가. 소위원회-A(SC-A)

(1) 의장 : Mr. O. Larsson(스웨덴 주파수과장).

간사 : Mr. L. A. Wall(미국, FCC).

(2) Pub. 16 개정 진행 사항

(가) Part 1 : 발행을 위해 중앙 사무국으로 이관.

(나) Part 1의 일부 개정안 : 8개의 상정안 중 T-Network 및 Artificial Hand에 관한 건은 투표가 끝났으며 야외 시험장 및 광대역 안테나에 관한 건은 투표중이고 루프 안테나 건은 DIS 문서화 하기로 함.

(다) Part 2 : DIS 문서화 하기로 함.

(라) Part 2의 일부 개정안 : 투표 결과를 10월 30일까지 중앙 사무국에 통보하기로 함.

(마) Part 3 : DIS 문서화 하기로 하며 또한 Rec.46/1(80%)을 Part 3에 포함시키기로 결정하였음.

(바) 기타 A(sec) 116(수직방향 복사 패턴 예측) 및 A(sec) 128 (AM 방송에 의한 전화기에 유도된 외란)에 대해서는 별도의 문서로 발행 하기로 함.

(3) 복사전계 시험장의 이론적 고찰 및 측정(A(sec) 130)에 대해서는 특별작업반을 구성하여 한시적으로 운영키로 함.

- (4) 작업반(WG 1, 2, 3) 회의 내용은 전문적이고 또한 비공식 검토 내용  
이므로 생략함. 단 위성방송 수신기에 대한 전자파 장애 및 내성에  
대한 유럽의 규제안에 대한 심의를 하여 국제 규격화가 곧 이루어질 것  
으로 생각됨.

나. 소위원회-B(SC-B)

- (1) 의장 : Mr. M. C. Vrolijk(네덜란드, 필립스사).  
간사 : Mr. M. Okamura(일본, EMC 시험실).
- (2) '전원 공급기'에 대한 CD 문서가 지연되고 있음(B(sec)62).
- (3) '전파 주파수를 사용하는 용접, 절단용 전원 사용 규칙'에 관한 CD  
문서가 곧 작성될 것임(B(sec)97 발행 예정).
- (4) 'Class B 유도 가열 주방기기의 한계치 및 측정 조건'에 관한 CD 문서  
토론 결과, 국가위원회 의견의 전부 수집된 후에 논의하기로 함  
(B(sec)90).
- (5) '1-18GHz 에서의 한계치'에 대해서는 WG1에서 더욱 논의 하기로 함  
(B(sec)84).
- (6) 'ISM 장치의 분류' 개정은 현재 Pub 11의 4.1절에 다음과 같은 내용을  
추가 하는 것에 대한 각국의 의견을 수집 중 임(B(sec)93).  
“이 규격에서 요구하는 시험을 받지 않아도 되는 장비는 그 자체로 ISM  
기능을 발휘하도록 되어 있지 않는 부품 또는 부속 설비이다.”
- (7) 'Class A, Group 2 ISM 장비의 설치(사용)장소에서 9 kHz - 30 MHz  
밴드의 전압 변동 허용치' 결정에 대한 CD 문서(B(sec)92)는 현재 각국  
의 의견을 수집 중 임.

- (8) '53.91 - 54.56 MHz 대역의 허용치 완화' (B(sec)82)는 각국의 의견이 대체로 찬성을 하나 프랑스와 스웨덴은 자국의 TV ch2와 중복 된다고 하여 반대 함. 예외 규정을 두고 완화될 것으로 사료 됨.
- (9) '0.15 - 30 MHz 대역에서 Group 2, Class B 기기의 허용치' (B(sec)95)는 CD상태로 현재 각국 의견을 수집 중 임.
- (10) 작업반(WG1)회의 내용은 비공식, 전문적이므로 생략함.

다. 소위원회-C(SC-C)

- (1) 의장 : Dr. R. Cortina(이태리, 국립 중앙 연구소).  
간사 : Dr. A. Porrino(이태리, 국립 중앙 연구소).
- (2) 폴란드 국가 위원회의 Mrs. Wroblewska의 환영 인사, 의사 일정의 승인 그리고 작년 베를린 회의 회의록 승인을 한 후 안건 토의에 들어감.
- (3) 전기 철도와 고압선을 다루고 있으므로 역사가 오래 된 탓에 많은 국가에서 참석 하지는 않았음. 그러나 국제철도연맹(UIC)와 (CCIR)에서 참석 하였고 특히 고속 전기 철도와 전철이 발달한 일본에서는 4명이 참석 하였음.
- (4) '절연체(애자)에 의해 발생하는 전파 잡음의 허용치를 결정하기 위한 방법' (C(co)38)은 일본을 제외한 13개 국가에서 찬성하여 국제 규격으로 채택 되었음.
- (5) '철도에 의한 전파장해' (C(sec)60)에 대한 의견은 일본에서만 있었음. 다른 국가의 의견을 듣기 위한 질문서를 작업반 2에서 작성하여 각국에 회람할 것임.
- (6) '대형 구조물 (전기 철도, 변전 시설 등)에 의한 수동 EMI의 특성' (C(sec)61)은 다른 국제 표준화 기구와의 협력 관계를 조사 한 후, 작업반에서 심의기로 함.

(7) '0.15 - 30 MHz 대역에서 가공 전력선에 의한 전파 잡음 허용치 설정'의 건은 스웨덴 국가 규격, 캐나다 규격, 폴란드 규격 등을 참고로 Mr. Garrett가 제안한 허용치가 타당하다고 결론을 내리고 이에 대한 검토를 작업반 1에서 더욱 심의키로 함.

(8) '대형 송전선 다발과 관형 송전선에 의한 전파 잡음의 예측 공식' 규격서 18-3의 일부 수정을 위해 작업반에서 준비한 문서(C(Warsaw/sec)4)를 간사 문서(sec)로 각국에 회람한 후 내년도 회의에서 의논키로 함.

(9) '고전압 DC 변환소에 의한 무선 잡음'에 대한 작업반 문서(C(Warsaw/sec)5)를 간사 문서(sec)로 각국에 회람한 후, 내년도 회의에서 의논키로 함.

(10) 작업반 1의 활동 보고-

\* 전력선 잡음의 원거리 감쇄:

Mr. Olsen과 Mr. Chartier로부터 기초 자료가 제공되지 않아 다시 요청 함.

\* 30 MHz 이상의 가공선에 의한 장애:

Mr. Maruvada 및 Mr. Chartier로부터의 자료가 제공되지 않아 다시 요청 함.

(11) 작업반 2의 활동 보고-

\* 세계 철도 연맹(UIC)의 Mr. Deparis는 UIC내에 전기 철도 작업반이 편성 되었으나 각국의 철도 회사로부터 기초 자료 수집에 어려움을 겪고 있다고 함. 한편 전기 철도에서는 EMI 뿐만 아니라 EMS도 중요한 과제라고 설명.

\* 작업반 2에서 설문지를 작성하여 간사 문서(sec)로 각국에 배포키로 함

(12) 내년도 회의는 9월 20일 부터 10월3일 까지 네덜란드 로테르담에서 개최키로 함.

라. 소위원회-D(SC-D)

(1) 의장 H. D. Herde(독일, Bosch).  
간사 F. Ackermann(독일, Bosch).

(2) 의사 일정의 승인, 폴란드측의 환영인사 및 지난 베를린 회의록 승인을 한 후 본회의 개시.

(3) 'Wet/Dry 조건에서의 측정법'(D(sec)87,95) 차량 보트의 기후 조건에 따른 측정법은 DIS로 승인이 되었음.

(4) 규격서 12 에서는 시내 전차에 관한 것은 취급하지 않기로 함.

(5) 'Sub-Band의 개념'을 도입하여 30 MHz에서 1 GHz까지를 13개의 Sub-Band로 구분하여 측정 하도록 결정 됨.

마. 소위원회-E(SC-E)

(1) 의장 E. Nano(이태리, 토리노 대학 교수).  
간사 M. Borsero(이태리, IENGF).

(2) 의사 일정 승인, 폴란드 측 환영 인사 및 베를린 회의록 승인 후, 본회의 개시.

(3) 규격서 13의 부록이 92년 4월자로 발행 되었음을 공표.

(4) DIS로서 현재 투표 중인 문서 소개.

- E(co)58, 5.7 차폐 효과의 측정 (Pub. 20)
- E(co)59, 4.1.1. 0.15-150MHz에서의 내성 허용값 (Pub. 20)
- E(co)60, 5.1.3. 일반 (Pub. 13)
  - 5.1.3. 표준 인력과 잡음 신호 (Pub. 20)
- E(CO)61, 5. 측정 방법 (Pub. 13)
- E(co)62, 4.5 RF 출력단의 요구 신호 및 외란 (Pub. 13)
  - 5.5 RF 출력단의 요구 신호 및 외란의 측정 (Pub. 13)

(5) 규격서 20의 일부 수정으로 4.2.1 TV수상기의 표 12를 중국의 경우만 예외로 (D-PAL,K-PAL) N-5, N+5에 N-4, N+4와 동일한 허용값을 적용키로 함. DIS 문서화될 예정임.

(6) 비디오 레코더 이외에도 방송 수신 관련 기기를 포함 시키고 흡수 클램프를 사용하여 측정하자는 독일의 제안은 CD 문서화까지 진행되었으나 소련, 미국, 호주 등에서 CISPR 규격을 유럽 규격에 일치시키기 위해 개정하는것은 곤란하다고 반론을 제시. 결국 다음 사항의 기술 검토를 작업반 1에서 다시 한 후 CD 문서를 각국에 투표 회람 시키기로 함(E(sec)84.9).

\* 방송 수신 관련 기기의 외란 측정을 위한 방법

\* 방송 수신 관련 기기의 정의

\* 방송 수신 관련 기기의 복사 전자계 측정의 문제점

(7) 다음 회의는 역시 93년 9월20일 부터 10월 3일 까지, 네덜란드 로테르담에서 개최키로 함.

바. 소위원회-F(SC-F)

올해는 본과 위원회 개최 없이 작업반 회의만 개최 되었으며 작업반 회의 목록만 부록으로 제시함.

사. 소위원회-G(SC-G)

(1) 의장 : Mr. R. J. Trigg (영국).  
Mr. K. P. Bretz (독일).

(2) 개회사, 의사 일정 승인 및 베를린 회의록 승인 후 본회의 개시.

(3) ITE (정보처리 장치 : 컴퓨터 기기)는 현재 세계 각국의 관심이 집중되어 있는 품목인 관계로 20개국에서 61명이 참석하는 열의를 보이고 있음.

(4) 작업반 1의 경과 보고:

작업반 1의 의장 Mr. Calcavecchio에 보고가 있었음.

92년 4월 9일 영국 허슬리에서 개최 되었으며 주요 의제로는 30 - 230 MHz 대역에서 Class B 장비의 전계 허용치를 30에서 34 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )로 증가시키는 것과 침투치 디텍터 사용에 대해 논의.  
또한 전계 복사 측정에 흡수 클램프를 사용하는 것에 대해서는 본 분과 위원회의 검토를 거친 후에 각국으로 회람 시킬 예정임.

(5) 규격서 22의 개정에 관한 건

(가) G(co) 2.5.9.11-14 문서는 각국 투표에 의해 승인이 되었으므로 Pub.22의 2판 개정시 포함 시키게 됨. 또한 이 개정판은 93년 3월에 발행될 것임.

특히 무선규칙 (Radio Regulation)의 적용을 받는 기기는 ITU 장비일지라도 각국의 RR규정을 따라야 한다는 구절이 삽입될 것임.

또한 ITU 장비에 사용되는 부속 Board의 시험에 관한 각국 의견을 수집하고 있음. 이는 현재 체신부에서 시행 중인 품목들과 깊은 관련이 있으며 현재 CD 문서로서 각국의 의견을 수집 중 임.

또한 30-230 MHz 대역에서 Class B 장비의 전계 허용치를 30에서 34 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )로 증가 시키는 것에 대해 각국 의견을 수집 중 임.

한편 WG1에서 다음 사항에 관한 각국의 의견을 묻는 질문서 작성 을 하도록 하였음.

- ITE에 관한 현재의 불만
- 30-230 MHz 대역에서 무선 서비스를 위한 규격
- 미래에 사용 될 주파수 및 제한치

(나) 장해파 전력의 측정:

흡수 클램프를 사용하여 30 - 300 MHz 대역에서 장해파 전력을 측정하는 것이 경제적이므로 이에 관하여 논의 하였으며 흡수 클램프의 특성상 측정의 문제가 있을 수 있다는 지적도 되었음. 결국 간사 문서(sec)로 하여 각국에 회람, 의견을 수집키로 함.

(다) 측정 방법등의 개정, G(sec)36:

(sec)36 문서의 몇가지 문제점이 지적되었으며 결국 작업반 1에서 좀 더 검토를 한 후 새로운 CD를 만들어 각 국에 투표 회람키로 함.

(라) Peak 검출기의 사용에 관한 간사 문서가 각국에 회람 중 임.



(6) 작업반 2의 경과 보고:

- (가) 작업반 2의 간사인 Mr. Macfarlane이 현재 진행 중인 작업들이 G(sec)34로 각 국에 배포 되어 의견을 기다리고 있다고 보고함. 한편, 차폐 케이블과 차폐되지 않은 케이블과의 차이에 대한 검토가 진행되고 있음.
- (나) 단자 전압의 허용치에 대한 개정안 G(sec)34의 일부 수정을 G(sec)34 A로 하여 각국에 회람키도 함. 또한 G(sec)34와 G(sec)36을 함께 고려해야 한다는 의장의 제안이 있었음.
- (다) ITE의 접지 조건에 관한 문서 G(sec)23은 작업반2에서 다시 검토 하여 새로운 문서로 대체되어야 한다고 결정되었음.

(7) 작업반 3의 경과 보고:

영국 허슬리에서 92년 4월 7일에 개최 되었음.

자세한 사항은 내성 규격서 Pub. 24 발행 준비에서 언급됨.

(8) ITE 내성 규격서 Pub 24 발행 준비:

바르샤바 회의가 끝난 후에야 각국의 의견이 접수 되도록 문서가 늦게 배포 되었기 때문에 내년 초에 네덜란드에서 다시 처리를 할 수 있도록 네덜란드 국가 위원회에 초청장 발송을 요청하였음.

- (가) 내성 규격 일반 (Part 1, Pub. 24)의 발행:  
초안으로서 G(sec)33이 배포되었음. 남아프리카는 이 초안에 찬성 하였으며 일본은 시험 항목별로 대상 기기를 지정하는 안을 제출 (G(Warsaw/Japan)17). 그러나 작업반 1의 의장이자 전 IBM 기술자였던 Mr. Calcavecchio는 ESD, 복사 전계 및 빠른 과도 현상에 대해서는 ITE의 모든 기능에 대해서, 번개에 의한

건물 외부의 전력선 영향, 그리고 전력선 주파수에 의한 전도  
장해 및 모니터 기능 장해를 고려 해야 한다고 지적하였음.  
결국 다른 Part들이 완료 된 후에 Part 1을 발행 하는 것이 타당  
하며, 그때까지는 DIS 상태에 이를 수 있도록 준비할 것으로 함.

(나) ESD 요구 (Part 2):

Part2를 구성하는 ESD 시험에 관한 문서 G(co)10는 ACEC(co)20  
합의 사항과 달리 시험 세부 사항이 기록되어 있으며 IEC 801-2  
와의 일치에도 문제가 있어 새로운 문서 G(co)20을 발행 함.  
이는 DIS 상태로서 각국의 G(co)10에 대한 반대 의견이 주로 기술  
적인 내용 보다는 형식적인 문제에 대한 것이었으므로 CD 상태로  
돌아갈 필요가 없음. 한편 이 문서는 유럽 규격 제정을 위해서  
공통으로 사용될 것임.

(다) 복사 전자계의 내성 요구 (Part 3):

복사 전자계 내성 시험에 관한 문서 G(co)15는 IEC 801-3과  
기술적으로 다르다는 반대 의견에 의해 부결 되었음(G(co)25).  
따라서 새로운 DIS 문서가 준비 중에 있으며 여기서 전계 발생의  
교정 항목은 제외되어 CD문서로 준비될 것임.

(라) 전계 발생의 교정 (Part 3. cl/6):

Part 3의 일부로서 전계 발생의 교정은 기술적으로 매우 중요  
하므로 IEC 65A/WG4 및 77B/WG3과 협조하여 진행해야 함. 그러나  
아직 국제적인 표준이 없음. 따라서 Pub.24-3의 부록으로 발행 한  
후, IEC에 의한 표준이 결정된 후 폐기 하면 된다고 하여  
G(sec)40의 투표가 끝난후에 추천 문서 (RM)로 만들어 각국에  
회람키로 함.

(마) 빠른 과도 현상에 대한 내성 시험 (Part 4):

Mr. Trigg는 유럽 규격 초안 PrEN 55024-4에 기초 한 문서  
G(Warsaw/sec)15를 준비 하였으나 유럽 규격이 최종 승인될 때  
같이 DIS로 회람 시키기로 하였으며 또한 이 내용을 각국에 미리  
기술 정보로 회람 시키기로 하였음.

(바) Surge 내성 요구 (Part 5):

작업반 3에서 새로운 제안 문서 (NWIP)를 만들도록 결정하였음.

(사) 연속적인 전도 장애의 내성 요구 (Part 6):

현재 이 문서는 G(sec)37로서 NWIP 상태이나 유럽 규격 제정을 하는 CLC SC 110A에서는 CD 상태이므로 간사가 회의에 참석한 각국의 의견을 들은 후, CD상태의 문서로 바꾸기로 함.

(아) 상용 주파수 (50또는 60 Hz)에 의한 자계에 대한 내성 요구 (Part 7):

G(sec)39의 문서로서 (NWIP상태) 각국에 회람 중임.

(9) 작업반 1, 2, 3 회의의 회원 명단이 각국에 곧 회람될 것임. 아울러 한국에서도 작업반 회원으로 참가 하는 것이 절대적으로 필요함.

(10) 네덜란드 국가 위원회는 93년 4월 7일 부터 9일 까지 각국의 위원을 IEC 규정에 의한 인원 수 만큼만 초청할 것이며 이는 곧 통지될 것임.

## 5. IEC 801-3

전기, 전자 장비 내성 요구조건에 대한 전자파 양립성  
(Electromagnetic Compatibility for Electric and  
Electronic Equipment Immunity Requirements)

3 부 : 복사, 무선주파수, 전자기장에 대한 내성  
(Immunity to Radiated, Radio Frequency,  
Electromagnetic Fields)

### 가. 범위(Scope)

이 규격서는 복사 전자기 에너지에 대한 전기, 전자 장비의 내성에 적용될 수 있으며, 강도 레벨 및 필요한 시험 절차를 구축한다.

이 문서는 IEC 지침 107에 부합하는 기본 EMC 출판물로 구별되도록 의도되었다.

### 나. 목적(Object)

이 규격서의 목적은 무선 주파수 전자기장에 지배될 때, 전기 및 전자 장비의 성능을 평가하기 위한 공통된 기준을 마련하는데 있다.

주: 관련된 장비상의 전자파 복사 효과를 측정하기 위한 시험 방법이 이 규격서에서 정의된다. 전자기 복사의 모의시험과 측정은 효과의 정량적 판정에 적당할 만큼 정확하지는 않다. 효과의 정량 분석을

위한 다양한 시험시설에서 결과의 적절한 재현성을 구축하는 일차적인 목적을 위해 규정 시험 방법이 구성된다.

#### 다. 일반 사항

대부분의 전자 장비는 몇가지 수단을 통해 전자기 복사의 영향을 받는다. 이러한 복사는 운용, 유지 보수 및 안전 요원에 의해 사용되는 소형 휴대용 송수신기, 고정 고출력 무선국과 텔레비전 송신기, 차량용 무선 송신기, 기타 다양한 산업용 전자기원(Electromagnetic Source) 등과 같은 원천으로부터 빈번히 발생된다.

신중히 발생된 전자파 에너지뿐만 아니라, 용접기, 사이리스터, 형광등, 유도성 부하 스위치 동작 등과 같은 장치에 의해 유발되는 스퓨리어스 복사도 존재한다. 전체를 위해서, 이러한 간섭(Interference)의 전도선 전기 간섭은 이 표준의 다른 부분에서 다루어진다. 전자장으로부터의 영향을 방지하기 위해 수행되는 방법은 통상 이들 발생원으로부터의 영향을 감소시키는 것이다.

전자파 환경은 전자장(미터당 볼트 단위의 전기 강도)의 강도에 의해 결정된다. 전기 강도는 정교한 계측기 없이 측정이 용이하지 않으며, 주변 구조물의 영향이나 전자파를 왜곡, 반사시키는 다른 장비의 근접효과(Proximity) 때문에 고전적인 방정식이나 수식으로는 쉽게 계산되지 않는다.

#### 라. 정의/전문용어(Definitions/Terminology)

(이 절에 없는 정의는 I.E.V. 참조)

(1) 진폭 변조(Amplitude Modulation): 반송파의 진폭을 특정 법칙에 따라 변화 시키는 과정.

(2) 전자파 무반사실(Anechoic Chamber): 모든 내부 표면으로부터의 반사를 감소시키기 위해 전자파 흡수 물질을 내부에 부착한 전자파 차폐실. 전자파 전 무반사실은 모든 내부 표면(벽, 천정, 마루)에 그러한 물질을 부착한다. 전자파 반 무반사실 (Semi-Anechoic Chamber)은 바닥을 제외한 전 내부 표면에 흡수 물질을 부착한다.

(3) 안테나(Antenna): 무선 주파수 전력을 공간으로 방출하거나, 도달 전자장을 검출하여 전기 신호로 변환하는 변환기.

(4) 광대역 방출(Broad-Band Emission): 충분히 넓고, 균일하며 사용되는 측정 수신기의 응답에 대해 연속적인 주파수별 에너지 분포를 가지며 수신기 임펄스 대역폭의 규정된 수치를 넘게 동조될 시에도 그다지 변화하지 않는 방출.

(5) 전도성 방출(Conducted Emission): 도체를 따라 전파되는 의도성 또는 비의도성 전자파 에너지. 비의도성일 경우의 그러한 방출을 전도성 간섭(Conducted Interference)이라 부른다.

(6) 연속파(Continuous Waves; CW): 정보를 실기 위해 단속되거나 변조될 수 있으며 정상 조건 하에서 판별되는 연속으로 발진하는 전자파.

(7) 성능저하(Degradation): 성능저하는 시험 시료의 기능적 성능의 원하지 않는 변화이다. 이는 반드시 오동작이나 파국적인 결함을 나타내는 것은 아니다. EMC 시험 규정은 일반적으로 성능저하의 판단기준에 대한 언급을 요구한다.

(8) 다이폴(Dipole): 전송선로에 연결하기 위해 안테나의 전기적 중심에서 양분된 직선 도체로 구성되는 안테나 (통상 반파장 길이보다 짧다.).

(9) 전자파 양립성(Electromagnetic Compatibility; EMC): 전자기 환경에서 주위 환경이나 다른 장비의 치명적인 장애없이 만족스럽게 동작할 수 있는 장비의 능력.

(10) 전자파 장애(Electromagnetic Interference; EMI): 전기 및 전자 장비의 성능 저하, 오동작 및 고장을 유발하는 전자파 방해.

(11) 전자파(Electromagnetic Wave): 전기 및 전자장의 발진에 의해서 특성화된 전하의 진동에 의해서 생성된 복사 에너지.

(12) 방출(Emission): 전자기 에너지가 복사나 전도에 의해서 발생원으로부터 전파되는 것.

(13) 원방계(Far Field): 안테나로부터 거리의 역제곱 법칙을 근사적으로 만족하는 전력선 밀도 내의 영역. 다이폴 안테나의 경우, 반파장보다 먼 거리가 된다.

(14) 전계 강도(Field Strength): 전계 강도란 용어는 단지 원방계 내의 측정에만 적용된다. 측정은 전기, 자기 성분에 대한 측정이 될 것이며,  $V/m$ ,  $A/m$ ,  $W/m^2$ 으로 표현된다. 이들은 서로 변환 될 수 있다.

주: “근방계(Near Field)”에서 수행되는 측정에 있어서 “전기장 강도 또는 자기장 강도”라는 용어는 상대적으로 측정된 결과가 전기장인지 또는 자기장인지에 따라 사용된다.

이러한 장 영역에서 전기 및 전자장 강도와 거리 사이의 관계는 복잡하며 예측이 어려우며, 포함된 이러한 특정 배치에 의존한다. 복소 장(Complex Field)의 다양한 요소의 시간 및 공간 위상 관계를 판정하는 것은 일반적으로 타당하지 않으며, 장의 전력장 밀도도 판정할 수 없다.

(15) 주파수 밴드(Frequency Band): 두 한계(Limits) 사이에 포함된 주파수의 연속적인 영역.

(16) 내성(Immunity): 불필요한 응답 발생 없이 복사 전자기장에 견딜 수 있는 전자 장비의 능력.

(17) 유도장(Induction Field):  $d < \lambda$  (여기서,  $\lambda$ 는 파장)인 거리에서 존재하는 지배적인 전자장 또는 전기장, 혹은 양자 모두.

(18) 등방성(Isotropic): 모든 방향에서 동일한 값의 특성을 가지는 것.

(19) 모노폴(Monopole): 영상(접지)면 상에 바로 수직으로 설치된 직선 도체(통상 1/4 파장 길이)로 구성된 안테나. 전송선로가 안테나의 바닥에 접속되며, 그 영상에 의해 다이폴과 같이 동작한다.

(20) 편파(Polarization): 복사장의 전기장 벡터의 방위를 기술하기 위해 사용되는 용어.

(21) 복사 방출(Radiated Emission): 공간에서의 복사 및 유도장 성분.

(22) 복사(Radiation): 전도에 의한 것을 제외한, 발생원으로부터의 신호나 간섭의 전파.

(23) 차폐실(Shielded Enclosure): 외부 전자기 환경으로부터 내부를 격리시키기 위한 목적으로 특별히 고안된 스크린 또는 금속 틀.

그 목적은 성능 저하를 유발하는 외부 주변 전자기장을 배제하고, 또한 외부에 간섭을 주는 것을 막는 것이다.

(24) 스트립 라인(Stripline): 시험 목적을 위해, 전자기장을 발생시키는 평행판 전송선로.

(25) 스퓨리어스 복사(Spurious Radiation): 전기 장치로부터의 어떤 의도되지 않은 전자파 방출.

(26) 소인(Sweep): 전 주파수 범위에 걸쳐 연속적 또는 점증적인 진행을 수행하는 것.



(27) 송수신기(Transceiver): 동일 틀(Housing)내의 무선 송신 장비와 수신 장비의 조합.

마. 강도 레벨(Severity Level)

주파수 대역: 26 MHz에서 1000 MHz까지.

표 1-9. 강도 레벨

레벨	장 강도 V/m
1	1
2	3
3	10
X	특수

주: "X"는 개방레벨.

표 1-9는 무 변조 반송파의 전계 강도의 사항을 나타낸다. 장비의 시험에 있어서, 이 반송파는 실제 강도를 모의 시험하기 위해 변조 된다. 어떻게 시험이 수행되는가의 자세한 사항은 8절에 주어져 있다.

주: IEC 801-6의 주파수 범위는 26 MHz 이상의 주파수를 포함할 것이다. 케이블 및 캐비넷의 상이한 기여를 나타내는 상이한 장비의 감수성 때문에, 내성을 구축하기 위해 양 시험을 수행하는 것이 제안 되었다.

장비는 복사 전자파 에너지에 지배될 때, 규정된 한계 내에서 기능하여야 한다. 복사는 정현 반송파, 1kHz 톤에 의한 80% 진폭 변조에 의한 26 MHz에서 1000 MHz까지의 소인으로 구성된다.

#### 바. 시험 장비

다음의 시험 장비의 형태가 권장된다.

- 전자파 무반사실: EUT크기와 관련하여 균일한 장을 유지할 수 있는 적절한 크기.
- 신호원: 주파수 범위를 포괄할 수 있어야 하고,  $0.005 \text{ octave/s}$  ( $1.5 \times 10^{-3} \text{ decades/s}$  또는 좀더 느린 (아절 참조)) 또는 전 주파수 범위에서 10 kHz의 단계 크기 자동 소인 능력과 수동 동작 능력이 있어야 하며, 80 % 진폭 변조 출력 능력을 가져야 한다.
- 전력 증폭기: 신호를 증폭시키고 소요 장 레벨로 안테나를 구동하는데 기여 한다.
- 장 발생 안테나:  
Biconical: 26 MHz - 300 MHz  
Log Periodic: 200 MHz - 1000 MHz  
또는 기타 다른 주파수 요구조건을 만족할 수 있는 선형 안테나.
- 결합 방지 필터 또는 흡수 페라이트(30 MHz - 1000 MHz): 규정된 주파수 범위에서 최소 20 dB.
- 장 강도 감시 안테나.

교정 과정에서 장 강도를 측정하는데 사용하는 장비는 다음의 특징을 가져야 한다.

- 10 cm 전장의 장 강도 감시 안테나, 또는 광대역 등방성 프로브 시스템(Broad Band Isotronic Probe System).
- 측정될 장 강도에 대한 초단 증폭기(Head Amplifier)의 적절한 내성.

안테나는 신호 발생기보다 큰 대역폭을 가진 고정된 시험 수신기와 조합하여 사용된다.

- 장의 측정을 위한 시험 수신기.
- 요구된 장 강도에 대한 전력 레벨을 기록하고 강도 레벨의 발생을 제어할 수 있는 부속 장비

다음의 선택적인 시험 계측기가 사용될 수 있다.

- 시험 전자기장 발생을 위한 TEM Cell과 Strip-Line.
- 흡수체가 장착되지 않은 차폐실 또는 부분적으로 장착된 차폐실과 개방 안테나 지역

이러한 방법들은 장비의 크기와 설치장소에 연결하는 케이블의 길이, 균일장 체적, 주파수 범위, 또는 지방법규의 위반등의 제약이 따른다.

시험 조건이 전자파 무반사실에서와 동등하다는 것의 확인에 주의를 요한다. 이러한 선택적인 방법은 EUT의 오동작을 판정하는데 재현성이 다소 부족하다고 볼 수 있다.

다른 결과를 얻었을 경우, 전자파 무반사실에서 얻은 결과가 우선한다.

## (1) 시험 시설에 대한 사항

생성된 장 강도의 크기 때문에, 시험은 무선통신에 간섭을 금지하는 다양한 국내 및 국제법을 준수하기 위해 차폐실 안에서 실시되어야 한다. 더불어, 대부분의 데이터를 수집하는 시험 장비들은 내성 시험 중에 발생하는 주변의 전자기장에 민감하기 때문에, 차폐실은 EUT와 소요 시험 계측기 사이에 필요한 "장벽"을 제공해 준다. 차폐실을 관통하여 케이블을 상호 연결하는 것은 전도 및 복사 방출을 적절하게 감쇠시켜야 하며, EUT신호와 전력 응답의 무결(Integrity)상태를 보존하는 것에 주의하여야 한다.

차폐실의 크기는 전체 장 강도에 대하여 적절한 제어가 이루어질 수 있도록 EUT크기에 비례한다.

그림 1-2에 나타낸 바와 같은 전무향실이 시험 시설로써 선호된다. 이는 장 생성과 감시 및 EUT를 조작하기 위한 스크린실이 부속된 흡수체를 부착한 차폐실로 구성된다.

생성 장의 균일성 확인에 특별한 주의를 요한다.

이밖의 자세한 지침은 부록 A.3에 나타낸다.

## (2) 장의 교정

장 교정의 목적은 시험 시료 전체에서 장의 균일성이 시험결과의 정당성을 보장하기에 충분하다는 것을 확인하는데 있다. 실재적인 방법으로 장의 적절한 재현성을 보장하는 수단에 대해 상당한 논의가 있어 왔다.

이 규격은 변화가 충분히 적은 장의 가상적 수직 전계면인 "균일 지역"의 개념을 사용한다. 시험중, EUT는 그 전면이 이러한 면과 일치하도록 한다.

장 교정을 위한 설비를 그림 1-1에 나타냈다.

대지 기준면의 가까이에서는 균일 장을 생성시키는 것이 불가능하기 때문에, 교정 지역은 대지 기준면에서 0.8m보다 높게 형성시키며, 가능하다면 EUT를 이 높이에 위치시킨다.

대지 기준면 가까이에서 시험되어야 하는 EUT에 대해 시험 장 레벨을 형성하기 위해서는, 0.8 m 높이 미만에서도 장 강도를 기록하고 이를 시험 성적서에 기재한다.

복사 안테나는 시험 시료 전체가 안테나 주사폭 내에 들어 올 수 있도록 충분한 거리를 두고 위치시켜야 한다. 만약 시험 시료면에 의한 대상지역이 장의 균일 지역보다 클 경우에는, EUT가 일련의 시험을 통해 조사되어질 수 있도록 다른 복사 안테나 위치에서의 교정이 필요하다.

장 강도는 실 시험 전에 복사 안테나에 대해서 장 검출 안테나(Field Sensing Antenna)를 동일한 거리(1-3m), 동일한 상대 위치에 EUT처럼 위치시키고, 소요 장 강도가 얻어질 때까지 복사 안테나의 신호 레벨을 조정하여 점검되어야 한다. 규정 장을 형성하는 복사 안테나의 입력 단자에 필요한 전압이나 전력은 감시, 기록된다.

이러한 절차는 발생된 장의 균일성을 보장하기 위해, EUT의 전면이 놓여질 지역내에 다른 센서를 위치시켜 반복된다.

만약 전체 정의 지역에서 공칭값에서  $\pm 3\text{dB}$ 를 벗어나지 않을 경우, 그 장은 균일하다고 간주한다.  $\pm 3\text{ dB}$ 의 허용오차는 실제적인 시험 설비에서 얻을 수 있는 공칭값의 최소 편차로 간주된다.

교정과 시험은 동일한 주파수와 변조도의 변조로 이루어 진다. 교정은 장의 균일성에 관련해 같거나 작은 모든 EUT에 있어서 정당하며, 정기적으로 점검되어야 한다.

균일성을 증명하기 위해서 시험되어질 지점의 수는 고려중이다.

교정 장을 형성하는데 사용되는 것과 같은 복사 안테나가 시험에 사용된다. 똑같은 안테나를 사용하기 때문에 안테나 계수는 무시한다.

복사 안테나의 정확한 위치가 기록된다. 비록 조금의 위치 차이가 있을지라도 장애 커다란 영향을 미치기 때문에, 동일한 위치에서 시험을 해야 한다.

#### 사. 시험 설비

모든 장비의 시험은 가능한한 실제 제품 설치 상태에 가깝도록 실시한다. 배선은 제작사에서 권장하는 절차에 따르며, 달리 언급이 없는 한 덮개와 전면 판넬을 하우징 안에 그대로 유지한다.

만약 장비가 판넬에 고정되도록 설계되었다면(예를 들어 Rack이나 Cabinet), 이러한 배치 그대로 시험한다.

바닥과 테이블 위의 부품들은 적절한 상호위치를 그대로 유지한다.

만약 EUT배선에 대한 언급이 없다면, 비 차폐선을 사용한다. EUT 연결 지점(측면부)으로부터 케이블은 1m 수평으로 연장되어 수직으로 내린다(그림 1-2, 3, 4 참조). 시험 설비는 복사 방출 측정에서와 같다. 이것이 완료되면, 배선은 차폐실 외부에서 장비를 조작하기 위해 연결되는 가능한 EMI 필터와 차폐 배선에 연결된다. 이러한 기술은 과도한 시험을 방지하는데 도움을 준다.

수직/수평 배치는 실제 설치 조건을 모의시험하는데 도움을 준다.

EUT의 개별 유니트간의 케이블 연결은 다음과 같이 처리한다.

- 제작사에서 지정한 케이블 형태와 콘넥터가 사용되어 진다.
- 제작사 사양이 요구하는 케이블의 길이가 3 m 이하일 경우, 지정된 길이대로 사용한다.
- 지정된 케이블 길이가 3 m를 초과 하거나 지정되지 않았다면, 내 유도성 구조물을 사용해 3 m로 길이를 줄인다.

- 케이블은 내성을 최소화하기 위해서 장의 균일 공간 내에 배치되도록 한다. 이는 다소 연구를 필요하지만, 일반적으로 가능한한 입사장의 축방향으로 케이블을 배치하는 것으로 성취될 수 있으며, 수직과 수평으로 분리해서 실시한다.

모든 결과는 재현될 수 있도록 케이블과 장비의 위치와 방향에 대한 완벽한 설명이 수반되어야 한다.

비전도성 지지대의 사용은 EUT의 우연한 접지와 장의 왜곡을 방지해 준다. 이를 보장하기 위해서, 지지대는 금속구조에 절연 코팅을 한 것보다는 통체로 비전도성 재료를 사용하는 것이 좋다.

시험 시료는 정확한 위치에 있는 고정용 안테나에서 1 m 이하로 가깝게 위치시키면 안된다. 안테나와 EUT사이의 거리는 3 m가 좋으며, 논쟁의 소지가 있을 경우, 이 거리가 사용된다.

만약 3 m보다 가까운 거리를 이용했을 경우, 이는 시험 성적서에 명시되어야 한다.

길이는 쌍뿔형 안테나(Biconical Antenna)중심이나 대수 주기형 안테나(Log Periodic Antenna)끝에서 취해진다.

장비 캐비넷이나 케이스의 몸체 접지는 제작사의 설치 권고에 따른다.

탁상용 장비는 0.8 m 높이의 비전도성 테이블 위에 놓는다. 0.8 m 높이의 받침대 위에 놓을 수 있는 스탠드형 장비는 동일한 방법으로 배치한다.

만약 바닥 직립형 장비가 너무 크거나 무거울 경우, 또는 0.8 m 높이의 받침대 위에 위치 시키는 것이 안전상의 위험을 초래할 경우, 0.1 m 높이의 비 전도성 지지대 위에 설치한다. 이러한 설비는 시험성적서에 기재되어야 한다.

설치 안내서에 따라 장비에 전원을 연결한다. 전형적인 EUT 설비가 그림 1-2, 3, 4에 나타나 있다.

## 아. 시험 절차

### (1) 시험실 기준 조건

환경 변수가 시험 결과에 주는 영향을 최소화하기 위하여, 시험은 부항 가) 및 나)에 규정된 기후 및 전자기적 기준 조건하에서 수행되어야 한다.

#### 가) 기후적 조건

IEC 출판물 721에 따라, 기후 조건은 다음의 범위내에 들어야 한다.

- 주위 온도:  $15^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C}$
- 상대 습도:  $10\% - 75\%$
- 대기 압력:  $86\text{ kPa}(860\text{mbar}) - 106\text{ kPa}(1060\text{mbar})$

이밖의 다른값들이 제품 사양에 명시될 수 있다.

EUT는 의도된 기후 조건에서 동작되어야 한다.

온도와 상대 습도는 시험 성적서에 기록되어야 한다.

#### 나) 전자기 조건

실험실의 전자기 환경은 시험 결과에 영향을 주어서는 안된다.



## (2) EUT 예비 시험(Exercising)

시험 프로그램과 소프트웨어가 EUT의 모든 정상 모드들을 예비 시험하기 위해 선택된다. 특수한 예비 시험 소프트웨어의 이용은 인가되기는 하지만 EUT가 포괄적으로 시험될 수 있는 경우에만 허용된다.

적합성 시험을 위해, EUT는 예비 시험에 의해 결정되는 가장 민감한 모드(프로그램 사이클)에서 연속 동작 시켜야 한다.

만일 감시 장비가 필요한 경우, 오차를 나타낼 가능성을 줄이기 위해 반결합(Decoupled)되어야 한다.

## (3) 전자기장 시험의 응용

시험 계획에 따라 시험을 수행하는 것이 권장된다. 여기에는 다음과 같은 내용이 포함된다.

- EUT의 크기.
- EUT의 대표적인 동작조건.
- EUT가 탁상용으로 또는 스탠드형으로 시험될 것인지, 혹은 두가지의 조합으로 시험될 것인지의 여부.
- 사용될 시험 시설의 형태, 복사 안테나의 위치.
- 사용될 안테나의 형태.
- 주파수의 소인율.
- 인가 레벨.
- 사용될 상호 연결 케이블의 형태.

- 제품 사양 또는 제품 규격에 따른 납득할 수 있는 성능 판단 기준.

시험 계획의 관점을 설정하기 위해 몇가지 연구 시험을 실시하는 것이 필요하다.

시험 문서에는 시험 조건, 교정에 대한 언급, 시험 결과등이 포함된다.

#### (4) 주파수 소인 절차

교정 과정 동안에 설정된 전력 레벨의 1 kHz 정현파로 80 % 변조된 신호를 가지고, 26 MHz에서 1000 MHz까지의 주파수가 소인되며, 고주파 신호 레벨을 조절하거나 발진기와 안테나를 전환하기 위해 일시 정지될 수 있다. 소인율은  $1.5 \times 10^{-3}$  decades / s 를 초과할 수 없다. 주파수 범위는 점증적으로 소인되고,  $f_{(n-1)}$ 에서  $f_n$ 로 천이 하는데 있어서 주파수 단계 크기 (Step Size)는  $f_n$ 의 2%를 초과할 수 없다. 즉, 단계 크기는 10 kHz에서 26 MHz까지에서 10 kHz를 초과할 수 없으며, 200 MHz 와 1000 MHz 사이에서는 20 kHz를 초과할 수 없다. 지속 시간(Dwell Time)은 0.1 초 이상이어야 한다. EUT가 각 주파수에서 완전히 시험되었음을 확인하기 위해서는 더 느린 소인율의 이용이 필요하다. 민감한 주파수나 관심있는 주파수 영역은 개별적으로 분석된다.

시험은 안테나를 수직 및 수평으로 하여 EUT의 전/후방을 향해 단계적으로 실시한다.

정상 동작 조건하의 장비가 상이한 방위에서 사용될 수 있을 때에는, 대상면에 대해, 또는 필요하다면 여섯면 전체에 대해 제품사양에 명시되어야 한다.

이 절에서 기술된 시험 절차는 전자파 무반사실에서 쌍뿔형 안테나와 대수주기형 안테나의 사용을 위한 것이다.

## 자. 시험 결과 및 시험 보고서

다양한 장비와 시스템의 시험은 인가되는 무선 주파수 전자기장의 효과를 평가하는 일반적인 기준을 설정해야하는 과제를 남겼다. 시험 결과는 제품 위원회 또는 제품 사양에 다른 사항이 주어지지 않았다면, 다음과 같은 피 시험 장비의 기능사양에 근거하여 분류한다.

- 사양 제한치 이내의 정상 성능.
- 자기 복원력이 있는 순간적인 성능 저하나 기능/성능의 손상.
- 운용자의 간섭이나 시스템 재시동(Reset)이 필요한 순간적인 성능 저하나 기능/성능의 손상.
- 장비나 소프트웨어에 손상을 입었거나 데이터가 손실되어 회복될 수 없는 성능 저하나 기능의 손상.

승인 시험의 경우, 시험 프로그램과 결과의 해석이 특정 제품 규격에 명시 되어야 한다.

일반적으로, 장비가 시험장에 적용되는 전 기간에 걸쳐 내성을 나타내고 기술 사양에 명시된 기능적 요건을 만족하게 시험이 종료되었다면, 측정 결과는 양성이다.

기술 사양이 정의한 EUT에 나타나는 효과는 무시될 수 있기 때문에 허용된다. 다만 시험 장 적용이 종료된 후에는, 장비가 자체적으로 기능적인 능력을 회복할 수 있다는 것을 증명하여야 한다. 따라서 장비가 전체 기능적 능력들을 상실하는 시간이 기록되어야 한다. 이러한 증거들은 시험 결과의 명확한 평가를 위해서 같은 화일로 처리 되어야 한다. 시험 성적서는 시험 조건과 시험 결과를 포함해야 한다.

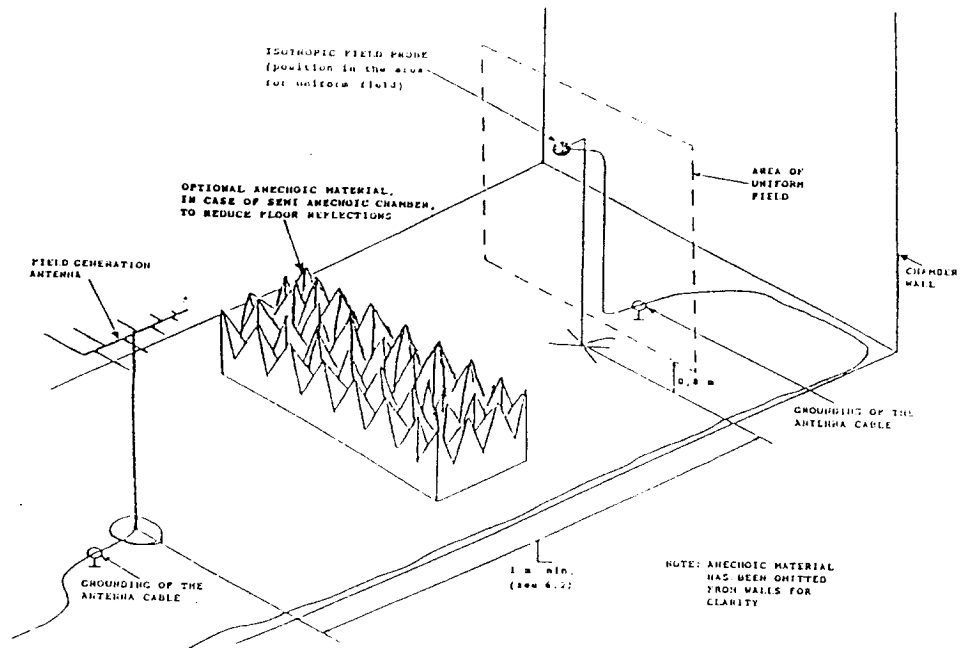


그림 1-1. 장의 교정

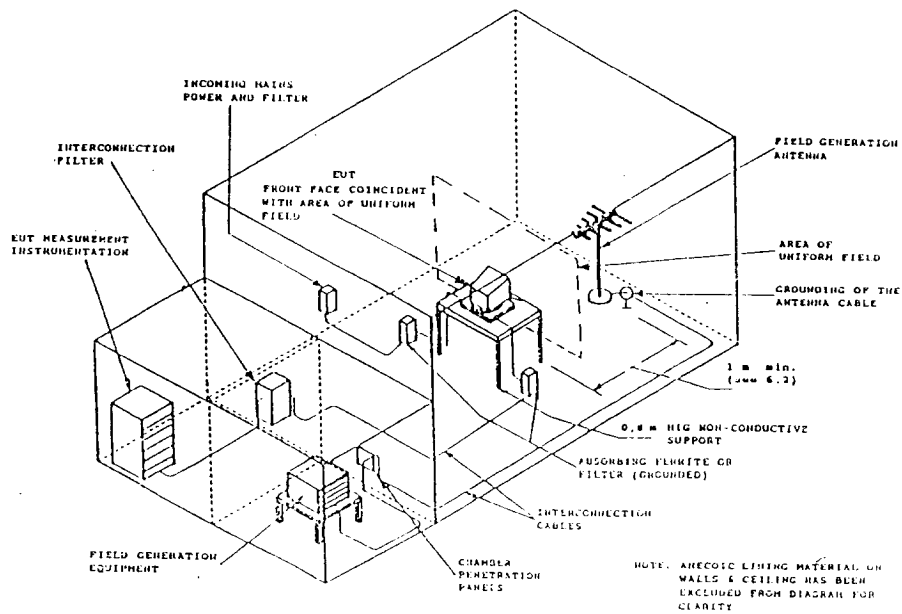


그림 1-2. 탁상용 장비에 대한 설비

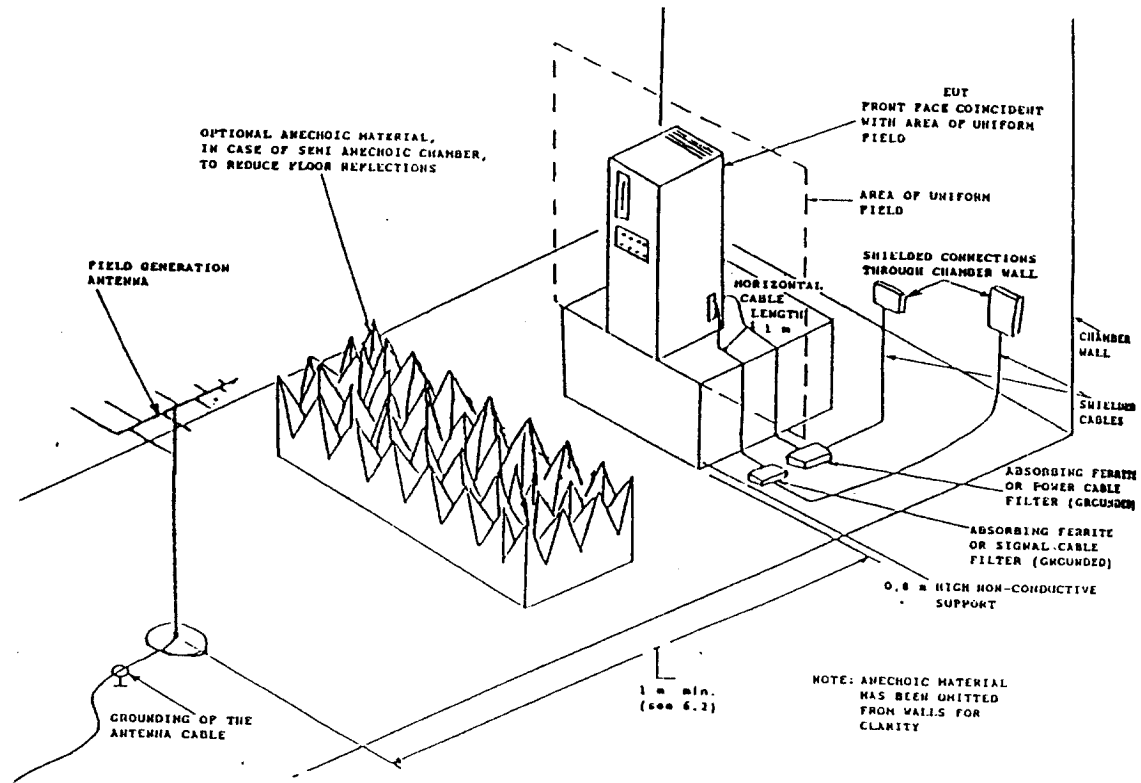


그림 1-3. 접지면 위 0.8m에 위치시킬 수 있는 스탠드형 장비를 위한 설비

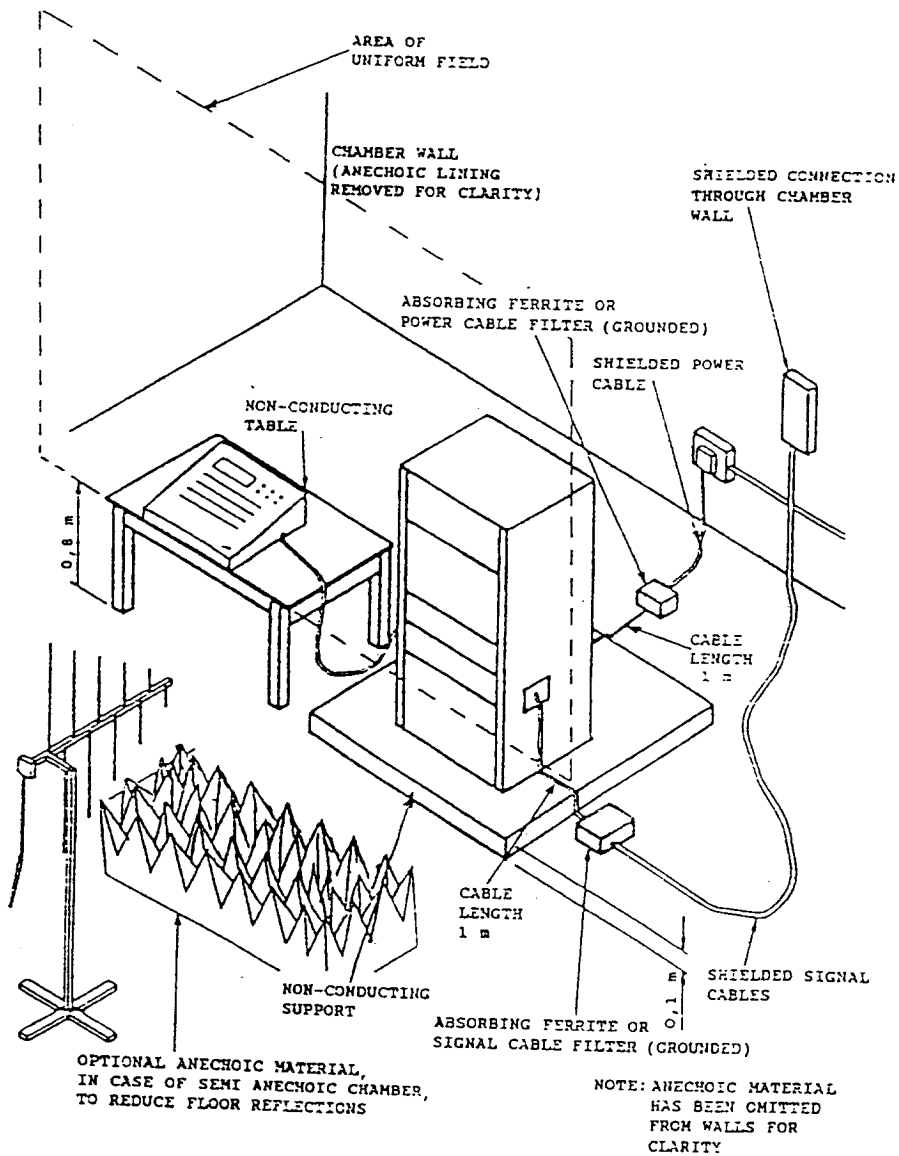


그림 1-4. 접지면 위 0.8m에 위치시킬 수 없는 스탠드형 장비를 위한 설비

## 부록 A

### A.1 (정보적 성격) 휴대용 송수신기 (Walkie-Talkies)

상업적 휴대용 송수신기에서 예상되는 전계 강도에 대한 의문이 종종 일어난다. 이 의문의 중요한 바탕은 이 통신 장비가 전자 장비에 영향을 미치는 중요 복사 방해원이기 때문이다. 출력 범위는 0.5 - 12 W 이고 VHF/UHF 주파수대에서의 파장길이와 관련된 안테나 길이에 따라 전파 계수 범위는  $K = 0.45$ 에서  $K = 3.35$  까지이다. 전형적인 안테나 길이는  $K = 3.0$ 에서  $\lambda/4$ 이다. 통계적 평균은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(d) = \frac{3.0}{d} \sqrt{p}$$

$E$  = 전계 강도 (V/m)

$p$  = 제작사의 송수신기 출력비 (W)

$d$  = 거리 (m)

실험은 적절한 평탄한 지면이 있다는 가정하에 차폐실에서 행해진다. 실제로 휴대용 송수신기는 개인적으로 중요한 만큼 부가적인 손실이 예상된다.

### A.2 (정보적 성격) 전계 발생 안테나

#### a) 쌍뿔형 안테나(Biconical Antenna): 26 - 300 MHz

이 안테나는 넓은 주파수 대역을 제공하는 동축 권선 바룬(balun)과 3차원 소자로 구성되어 있으며, 송수신 모드로 사용될 수 있다. 안테나 계수 곡선은 완만하고 전형적으로 주파수에 따라 증가한다.

이 안테나의 콤팩트한 크기는 근접효과를 최소화하여 무반사실 같은 제한된 지역에서 사용할 수 있게 이상적으로 제작되었다. 전형적인 크기는 폭 1.43 m, 깊이 0.81 m, 지름 0.53 m이다.

b) LP 안테나(Log Periodic Antenna): 100 - 1000 MHz

이 광대역 안테나는 상대적으로 높은 이득과 낮은 전압 정재파비(VSWR)를 가진다.

주: 전계 발생을 위해 안테나를 선택할 때, 내장 바론은 필요한 전력을 취급할 수 있어야 한다.

### A.3 (정보적 성격) 전자파 무반사실의 이용

무반사실은 벽과 천장에 전파 흡수체가 붙어 있는 차폐실이다. 어떤 무반사실에는 바닥에도 흡수체를 부착한다.

이러한 흡수체 부착의 목적은 고주파 에너지를 흡수하고 챔버로 되돌아오는 반사를 방지하는 것이다. 그러한 반사는 직접 복사계에 복잡한 경로의 간섭에 의해, 위치 및 시간에 따라 변하는 생성 장의 세기에서 정점과 골을 생성할 수 있다.

흡수체의 반사 손실은 일반적으로 입사파의 주파수와 수직에 대한 각도에 영향을 받는다. 통상 손실은 수직 입사에서 최대이며 입사각이 증가함에 따라 감소한다.

반사를 줄이고 흡수성을 높이기 위해서 흔히 흡수체를 책기형이나 원뿔 형태로 제작한다.

일반적으로 수직 입사에 대해 100 MHz 이상에서 10 dB의 반사 손실이면 인정 된다. 300 MHz이상의 주파수에서는 균일 전계를 형성하는데 주의해야 한다. 특히 반사 바닥을 가진 차폐실에서는 충분한 균일 수직 전계를 발생시



키는데 어렵다. 이는 수평, 수직 편파에 동일하게 적용된다. 두개의 반파장 다이폴 안테나 사이의 감쇠는 지면 위 수신 안테나의 높이에 의존한다.

- 안테나 거리: 3 m.
- 송신 안테나 높이: 1 m.
- 수신 안테나 높이: 1 - 4 m.
- 수평 편파.

전자파 흡수체를 가장 반사가 큰 지점에 추가하여 저 주파수에서 균일성이 좋게 한다. 벽이 제거된 부분이나 기존 흡수체에 위치시키면 효율이 가장 좋을 것이다. 실험을 통하여 가장 좋은 위치를 찾을 수 있다. 추가 흡수체는 안테나에서 EUT로 가는 경로에는 놓지 말아야 한다. 그리고 시험 중이나 교정 중에는 동일 위치와 방향에 두어야 한다. 균일성은 반사가 대칭되지 않도록 무반사실의 축(axis)이 아닌 곳에 위치시킴으로써 향상시킬 수 있다.

#### A.4 (정보적 성격) 기타 시험법

##### a) TEM Cells 및 Strip-Lines

스트립 라인(Strip-line)은 작은 EUT( $0.3 \times 0.3 \times 0.3$  m)의 시험을 위한 선형 전계의 효과적인 발생을 위해서 사용된다. 측면 복사가 생기므로 EUT는 수평, 수직 편파를 시험할 수 있도록 회전시켜야 한다. 균일성은 전자파 흡수체의 사용으로 향상시킬 수 있고, 반사체로부터 적어도 2 m 이내의 거리를 유지해야 한다.

TEM Cell은 발생된 전계의 차폐는 용이하지만 단지 DC에서 200 MHz 주파수 범위의 작은 EUT를 커버할 뿐이다. 일부 설계는 DC에서 5 GHz 주파수 범위

와 1 x 1 x 0.5 m 의 EUT를 시험 가능한 것도 있다. 이러한 조건 하의 EUT 의 최대 크기는 EUT와 TEM Cell 벽의 접지 기준점의 연결 배선을 포함하여 3 m를 초과하지 않는다고 가정한다.

양 장비의 제한점은 EUT와 연결할 케이블의 공간 부족에 있다.

#### b) 부분적으로 흡수체가 부착된 차폐실(Partially Lined Screened Rooms)

전파 흡수체가 장착되지 않은 부분에서 발생하는 감쇠 공진을 위해서 전파 흡수체의 양을 조절하며, 설비 비용이 싸게 든다. 흡수체는 벽과 천장의 주요 반사 지점에 위치시킨다. 이와 같은 차폐실도 균일 전계를 형성하는데 사용될 수 있다.

#### c) 개방 안테나 범위(Open Antenna Range)

이 방법은 일부 국가에서 사용하고는 있으나 법적인 규제가 있다.

### A.5 (정보적 성격) 강도 레벨의 선택

강도 레벨은 최종 장비 설치 상태로 EUT가 노출 될 때의 전자기 복사 환경에 따라서 선택된다. 불합격 판정은 적용될 강도 레벨에 달려 있음을 유념한다. 불합격을 가져오는 결과가 큰 경우, 더 높은 레벨이 고려된다.

만약 EUT가 단지 조그만 지역에 설치된다면, 지역 고주파 원을 조사하여 전계 강도를 계산할 수 있다. 만약 출력원을 알지 못한다면, 위치와 관계된 실질적 전계 강도를 측정할 수 있을 것이다.

다양한 위치에서 운용되도록 의도된 장비의 경우, 다음의 지침이 적용 강도 레벨을 선정하는데 이용된다.

- 등급 1: 저레벨 전자기 복사 환경(1 V/m).  
1 km 이상 떨어진 전형적인 지역 라디오/ TV 레벨 및 저출력 송신기 레벨이다.
- 등급 2: 미약한 전자기 복사 환경(3 V/m).  
10 dB정도의 감쇠기와 30 MHz 방송 송신기가 있는 최대 복사 출력이 100 kW이고 500 m 이상 떨어진 빌딩, 최대 복사 출력이 100 W이고 10 m 이상 떨어진 아마추어 송수신기, 최대 복사 출력이 6 W이고 2 m 이상 떨어진 위키토키, 최대 복사 출력이 2 W이고 1 m 이상 떨어진 위키토키.
- 등급 3: 심각한 전자기 복사 환경(10 V/m).  
감쇠기 없이 30MHz 방송 송신기가 있는 최대 복사 출력이 100 kW이고 500 m 이상 떨어진 빌딩, 최대 복사 출력이 100 W이고 5m 이상 떨어진 아마추어 송수신기, 최대 복사 출력이 6 W이고 1 m 이상 떨어진 위키토키, 최대 복사 출력이 2 W이고 0.5 m 이상 떨어진 위키토키.
- 등급 X: 개방 등급. 사용자와 생산자의 타협에 따른 레벨 또는 생산자에 의해 정의된 레벨.

## 6. IEC 801-6

### 산업용 공정 계측 및 제어 장비를 위한 전자파 양립성 (Electromagnetic Compatibility for Industrial- Process Measurement and Control Equipment)

#### 6부: 9 kHz 이상의 전도 전파 방해에 대한 내성 (Immunity to Conducted Radio Frequency Disturbances above 9 kHz)

##### 가. 범위(Scope)

표준의 6부는 주전원, 신호선, 접지선 등에 연결되는 모든 케이블을 통해 장비로 결합되는 방해 전파(Radio Frequency; RF) 신호에 대한 내성 시험 방법 및 강도 레벨(Severity Level)을 규정한다.

이러한 요구 조건들은 전기, 전자 장비를 위해 발안되었으며, 각 장비에 적용된다.

##### 나. 목적(Object)

이 표준에서의 시험 방법은 복사 고주파장에 대한 내성을 모의 시험하는 9 kHz 에서 26 MHz의 주파수 범위에서 전도 RF의 방해에 의해 영향을 받는 전기, 전자 기기의 내성을 기술한다.

이러한 시험 방법은 피시험장치(EUT) 및 부속된 케이블들이 부록 A.2의 요구조건을 만족할 경우, 230 MHz까지의 복사 고주파 장에 대한 내성(IEC 801-3) 시험을 위해 선택적으로 사용될 수 있다.

## 다. 일반 사항(General)

이 표준에서 방해원은 기본적으로 설치된 장비에 연결된 케이블의 전체 길이에 작용할 수 있는 전자파 복사체(Electromagnetic Radiator)이다. 대개 큰 시스템의 일부분인 피 방해 장비의 크기는 해당 파장에 비해 작은 것으로 간주한다.

따라서, 출/입 도선 즉, 전원선, 통신선, 인터페이스 케이블 등은 그들의 길이가 파장의 몇 배일 수 있으므로, 수신 안테나로 작용할 수 있다. 그러한 안테나 사이에서, 취약한 또는 감수성 있는 장비는 장비를 통해 흐르는 전류 흐름에 노출된다(그림 1-6 참조).

### (1) 기본 개념(Basic Concept)

여기서 제시한 전도 전파 방해에 대한 내성 시험 방법은 규정된 방법으로 케이블을 거쳐 피시험 장비에 연결되는 결합/반결합 회로망(Coupling/Decoupling Networks: CDNs)을 통한 결합에 의한 영향들을 모의 시험한다(그림 1-6, 7 참조).

주 1: 이 시험 방법은 방해원과 결합된 피시험 장치에 전자기장을 재생성시킨다(그림 1-7에서 전계와 자계 참조).

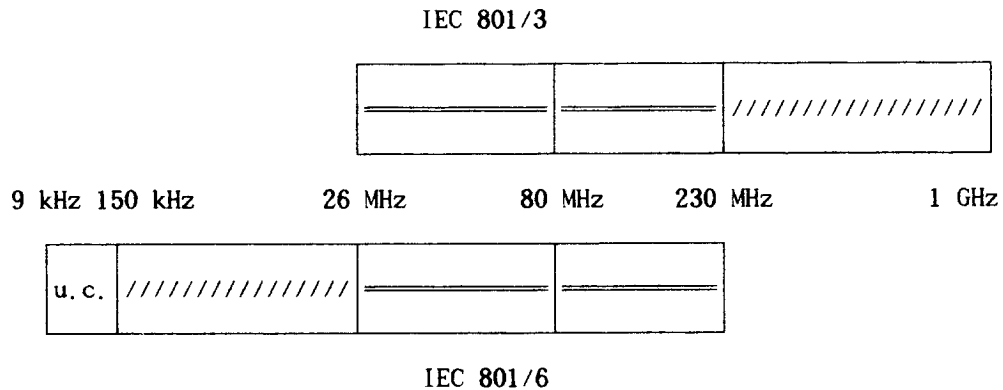
주 2: 이 문서의 내성 시험법은 이상적인 전류 또는 전압원으로부터의 전류 주입(Injection)을 다루지 않는다. 오히려 내부 임피던스를 갖는 즉, 전류 및 전압이 제한되는 실제적인 발생원으로부터의 방해 신호 결합을 다룬다. 보다 자세한 기본 정보는 부록 A1에 주어져 있다.

CDNs는 바 절, (2)항의 특징으로 정의된다. 이러한 특성을 만족하는 모든 CDN을 사용할 수 있다. 부록 C에서의 CDNs는 주어진 주파수 범위에서 이러한 특성들을 만족시키기 위해 확인된 CDNs의 일례이다.

(2) 26 MHz에서 230 MHz의 주파수 범위에서의 시험 방법 선택

이러한 선택의 이론적 근거는 부록 A2에 주어져 있다. 시험에 사용된 주파수들의 파장과, RF복사장에 대한 내성 시험(IEC 801-3)에 따라 장(Field)에 노출된 케이블의 길이 및 피시험 장비의 치수를 비교하는 것에 기초를 둔다.

두가지 시험 방법이 겹쳐지는 주파수대에서 내성 시험 방법을 적용시키는 것은 제품 위원회(Product Committee)에 달려 있다(그림1-5 참조).



//////// - 의무적(Compulsory).

===== - 부록 A.2의 선택기준에 의해 주어지는 한쪽 또는 양자

그림 1-5. 전파 방해에 대한 내성 시험법 간의 관계

## 라. 정의

여기서 정의하지 않은 모든 정의는 IEV 161장을 참조한다.

(1) 진폭변조(Amplitude Modulation): 반송파(Carrier Wave)의 진폭을 규정된 법칙에 따라 변화시키는 과정

(2) 보조 장치(Auxiliary Equipment)

피시험 장치가 방해에 노출되어 있는 동안 올바른 동작을 하게하고 모든 기능을 설정 하는데 요구되는 필수 불가결한 장비면서 피시험 장비 아닌 장비

(3) CDN의 피시험 장비 포트의 공통-모드 포인트(Common-mode point): 이 포인트는 다음과 같이 정의되어 진다.

- 스크린 처리되지 않은 케이블(Unscreened Cable) CND의 경우: 모든 피시험 장비 포트 단자의 단락 회로를 형성하는 상호 연결.
- 스크린 처리된 케이블(Screened Cable) CND의 경우: 피시험 장비 포트의 스크린 단자.

(4) 결합/반결합 회로망(Coupling/Decoupling Network; CDN): 한 회로에서 임피던스를 알고 있는 다른 회로로 에너지를 전달하기 위한 전기 회로.

(5) 결합/반결합 회로망 포트(Coupling/Decoupling Network Ports)(그림 5 참조):

- 피시험 장비 포트(EUT-Port)는 피시험 장비로 입력 포트(In-port)를 거치는 것 대신에, 케이블을 통해 방해 시험 신호를 운송한다. 이 포트의 중요한 변수(Parameter)는 EUT 포트의 공통 모드 지점과 접지 기준면 사이의 임피던스,  $Z_{ce}$ 에 의해 주어진다.

- 보조 장치 포트(AE-Port)는 의도하는 모든 신호에 대해서 피시험 장치 포트에 가는 통과 포트(Transparent Port)로서 동작한다.
- 결합/반결합 회로망의 입력포트(IN-Port)는 방해 시험원(Disturbing Test Source)로부터 피시험 장치 포트에 방해 신호를 운송한다.

#### (6) 저하(Degradation)

감수성 규정 시험에서, 저하라는 것은 시료의 동작성능에 있어서의 원하지 않는 변화를 말한다. 이는 오동작이나 파국적인 고장을 반드시 의미하는 것은 아니다. 일반적으로 EMC 시험 규정은 성능의 저하에 대한 판단 기준의 언급을 필요로 한다.

(7) 방해 시험원(Disturbing Test Source; DTS): 충분한 전력으로 요구되는 변조 신호를 발생시키고, 출력 임피던스 요건을 충족시킬 수 있는 전파 발생기 세트(RF-Generator Set), 즉 변조원(Modulation Source), 감쇠기, 광대역 전력 증폭기 등을 말한다.

(8) 고 평형 라인(High Balanced Lines): 길이 방향의 변환 손실(Longitudinal Conversion Loss, LCL)이 20 dB이상인 페어 선.

(9) 잡음원 기전력(Source Electromotive Force; EMF):

- 정합 출력 전압의 2배. (IEEE)
- 능동 소자 개념에서, 이상적인 전압원(Ideal Voltage Source) 단자에서의 전압. (IEV)

방해 및 간섭의 정의는 IEV 161장에 정의된 바와 같이 사용된다.

(10) 전자파 방해(Electromagnetic Disturbance): 장치, 장비 또는 시스템의 성능 저하를 가져오거나 활성 또는 비활성 물질에 악영향을 끼치는 전자파적 현상.

(11) 전자파 간섭(Electromagnetic Interference): 전자파 방해에 의한



(11) 전자파 간섭(Electromagnetic Interference): 전자파 방해에 의한 장치, 장비 또는 시스템의 성능 저하

(12) 내성(Immunity): 전자기 방해의 여건 속에서도 어떤 장치, 장비 또는 시스템이 성능의 저하 없이 동작할 수 있는 능력

(13) 주파수 밴드(Frequency Band): 두 한계(Limit) 사이에 포함된 주파수의 연속적인 범위.

(14) 소인(Sweep): 전 주파수 범위에 걸쳐 연속적 또는 점증적인 진행을 수행하는 것

마. 강도 레벨의 범위

복사 전자장 요구조건에 관련한 강도 레벨의 선택을 위한 지침은 부록 B에 주어져 있다.

$U_0$ : 공통 모드로 제공되는 EUT-Port에서의 CDN의 개방회로 전압(EMF)이다 (그림 1-8 참조). 레벨은 진폭 변조된 방해 신호의 반송파로 간주한다. 전용 제품 요구 조건에 규정된 경우를 제외하고는 80 % 변조도로 1 kHz 진폭 변조된다.

(1) 9 kHz - 150 kHz의 주파수에서 강도 레벨의 범위  
심의 중에 있다.

(2) 150 kHz - 26 MHz 의 주파수에서 강도 레벨의 범위

표 1-10. 150kHz - 26 MHz 주파수대 강도 레벨

주파수 범위	150 kHz	-	26 MHz
레벨	전 압      레 벨 (EMF)		
	$U_0$		$U_0$
	[dBuV]		[V]
1	120		1
2	130		3
3	140		10
X 1)	X		X

주 1: "X"는 개방 레벨이다. 이 레벨은 타협하기 나쁨이며, 전용 제품 표준에서 규정된다.

(3) 26 MHz - 230 MHz의 주파수에서 강도 레벨의 범위

표 1-11. 26 MHz - 230 MHz 주파수대 강도 레벨

주파수 범위	26 kHz - 230 MHz	
레벨	전압 레벨 (EMF) U <sub>0</sub> U <sub>0</sub> [dBuV] [V]	
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X 1)	X	X

주 1: "X"는 개방 레벨이다. 이 레벨은 타협하기 나쁨이며, 전용 제품 표준에서 규정된다.

주 2: ISM 및 CB-Band(27.125 MHz ± 1.5 MHz)에서는 6 dB 높은 레벨을 적용한다.

## 바. 시험 계측기(Test Instrumentation)

전형적인 방해 시험원의 장비 구성은 그림 1-9와 같다. 응용의 원칙 및 예는 그림 1-6, 7, 11 및 12에 주어져 있다.

### (1) 방해 시험원(Dsturbing Test Source, DTS)

방해 시험원은 결합/반결합 회로망의 피시험원 포트 공통 모드 포인트에서 표 1-10, 표 1-11과 같은 허용레벨을 얻기 위해 요구되는 전력 수준에서의 신호를 결합/반결합 회로망의 입력 포트에 공급하는데 필요한 모든 장치와 소자들을 포함한다.

- 내부적으로 1 kHz 정현파 80 % 변조도로 진폭 변조될 수 있는 관심 주파수대역을 커버할 수 있는 고주파 신호 발생기(RF-Signal Generator).  $1.5 \times 10^{-3}$  decade/s 이하의 자동 소인 능력 또는 수동 제어, 혹은 양자 모두를 가지고 있거나 또는 단계 크기(Step Size) 및 지속 시간(Dwell Time)에 의존하는 주파수로 프로그램될 수 있는 고주파 신세사이저를 내장하여야 한다.
- 방해 시험원 출력 레벨 제어를 위한 적절한 주파수 정격의 감쇠기, T1(통상 0 - 40 dB). T1은 고주파 발생기 내에 포함된다.
- EUT의 내성을 측정할 때, 방해 시험 신호를 단속할 수 있는 고주파 스위치(RF Switch: S1). S1은 고주파 발생기에 포함되며, 선택적이다.
- 고주파 발생기의 출력 세기가 불충분할 경우, 신호를 증폭하기 위한 광대역 전력 증폭기(Broadband Power Amplifier).
- 충분한 전력 정격을 가진 감쇠기, T2(고정 6 dB,  $Z_0=50$  옴). T2는 CDN에 가능한 한 가깝게 사용되며, 발생기로부터 CDN으로의 부정합(Mismatch)을 줄인다.

주: T2는 CDN에 포함된다.

가) 9kHz - 150 kHz의 주파수에서의 DTS특성

심외 증에 있다.

나) 150kHz -230 MHz의 주파수에서의 DTS특성

- 출력 임피던스:  $50\Omega$  (공칭)
- 출력 레벨 평평도:  $\pm 1$  dB
- 고조파 및 왜곡(Harmonics and Distortion): 반송파 레벨보다 -20 dB 이하.
- 진폭 변조: 내부 또는 외부, 1 kHz 정현파에 의해 80% 변조도.
- 출력 전력: 요구되는 강도 레벨과, AM 선형성 + 6 dB에 대해 + 5.1 dB 인 CDN의 결합 계수 k에 의해 결정된다.

예:  $U_0 = 10$  V,  $k = 0$  dB  $\Rightarrow U_{gen} = 36$  V  $\Rightarrow P_{av}(50\ \Omega) = 6.5$  Watts

## (2) 결합/반결합 회로망(Coupling/Decoupling Networks, CDN)

결합/반결합 회로망은 피시험 장치에 연결된 여러가지 케이블에 대해 방해 신호를 적절히 결합시키는 데 필요하다. 응용을 위해서는 바 절, (2) 가)항을, CDN 선택을 위해서는 사 절, (3)항을 참고한다. 부록 C 에는 CDN의 상세한 설명이 있다. 사 절, (3)항에 일치하는 CDN이 없을 때는 부록 F 에서 기술된 결합/반결합 기기를 선택한다.

## 가) 결합/반결합 회로망 변수 리스트

CDN 변수에 대한 정의와 측정 절차가 부록 D 에 상세히 주어져 있다. 주요 변수에 대해서는 아래에 간략하게 기술되어 있다.

- $Z_{ce}$ : EUT 포트의 공통 모드 포인트에서의 공통 모드 임피던스.
- $k$ : 입력 포트와 EUT 포트의 공통 모드 포인트 사이의 기전력의 CDN 결합 계수.  
주: 주어진 값은 발생기 전력을 절약하고 소인 주파수 시험을 용이하게 하기 위해서만 권장된다. 등가 회로에  $100\ \Omega$  직렬 저항만 가지고 있는 CDN은  $k = 0\ \text{dB}$ 를 가지며, 감쇠기 T2가 같이 쓰이는 CDN은  $k \leq -6\ \text{dB}$ 를 갖는다.
- $|ak|$ : 무시될 수 있는 결합 계수로부터의 편차.  
설명:  $k$  계수를 규정하거나 적용할 때,  $\pm ak$ 의 편차는 무시된다.  
즉,  $k = 6\ \text{dB} \pm 1.5\ \text{dB}$ 는  $k = 6\ \text{dB}$ 로 간주한다. 더 큰 레벨은 DTS 레벨을 조정하여 보상되어야만 한다.
- $K_a$ : 입력포트와 보조 장치 포트사이의 결합 계수. 주: 주어진 이러한 값들은 간섭으로부터 AE를 보호하고  $Z_{ce}$ 에 대한 AE 단자의 영향을 줄이기 위해서만 권장된다.  
  
주: EUT 포트와 AE 포트 사이의 반결합(Decoupling) 계수는 개별적으로 규정되지 않는다. 이러한 사항은 접지에 대해 개방 또는 단락된 AE 포트(스크린되지 않은 케이블 CDN의 경우)에 만족되어야만 하는  $Z_{ce}$ 의 허용 오차 요구조건에 포함되어 있다.
- $U_{\text{imax}}$ :  $150\ \Omega$  부하 조건하에서 피시험 장치 포트에서의 최대 허용 전압. 이 값은  $U_0$ 의 관계로 표현된 CDN에 대한 최대 전력 취급 용량을 나타낸다.  
이러한 조건하에서, DTS의 출력 전압은 규정된 EMF 레벨의 적어도 2배(+6.. +10 dB)이다.

나) 결합/반결합 회로망의 특성

표 1-12. 결합/반결합 회로망의 변수

변 수	주 파 수 밴 드		
	9 - 150 KHz	.15 - 26 MHz	26 - 230 MHz
$Z_{CE}$		$150 \pm 20 \Omega$	$150 + 60/45 \Omega$
$\arg Z_{ce}$	심	$\leq 30^\circ$	$\leq 45^\circ$
k		$\geq -10 \text{ dB}$	$\geq -10 \text{ dB}$
$ \partial k $	의	$\leq 1.5 \text{ dB}$	$\leq 1.5 \text{ dB}$
ka		$\geq k-15 \text{ dB}$	$\leq K-15 \text{ dB}$
$U_{lmax}$	중	$U_0 + 0 \dots 4 \text{ dB}$	

CDN은 측정할 라인의 의도하는 신호의 정상적 동작에 악영향을 끼치지 않아야 한다. 즉, 전원선에서는 취급 전력 용량, 신호선에서는 주파수 응답, 감쇠 및 위상, 의도 신호 주파수 범위에서의 대칭과 임피던스에 영향을 주어서는 않된다. 부록 C.2 를 참조한다.

(3) 측정 부속물(Measurement Accessory)과 기타 장비

- 접지 기준면:

- 탁상형 장비의 경우: 통상, 적어도 사방 0.2 m 만큼 피시험 장치와 결합/반결합 회로망의 돌출부분을 커버하기에 충분하도록 IEC 801-2에 따라 적절한 크기 즉, 1.6 x 0.8 m의 금속면을 위에 설치한 테이블 .

- 스탠드형 기기인 경우: 적어도 사방 0.5 m에 사용 CDN과 함께 피시험 장비의 돌출 부분을 초과하는 접지 기준면.
- 원하지 않는 공진과 국가적 전자파 방출 요구조건을 위반하지 않기 위해서는 차폐실이나 부분적으로 흡수체가 부착된 전자파 무반사실을 필요로 한다.
- 인공수(Artificial Hand): 접지 기준면에 대해 220 pF의 콘덴서로 510  $\Omega$  저항에 직렬로 연결된 60 x 100 mm<sup>2</sup>의 구리 박판이 휴대용 (Hand Held) 부속물을 싸거나 연구 대상의 키보드 위에 위치시킨다. IEC CISPR 출판물 16을 참조한다.
- 보조 장치(Auxiliary Equipment): 피시험 장치가 정상 동작을 하기 위해 필요한 신호를 공급하는 장치 그리고 피시험 장치의 성능을 확인하는 장치.
- 검증 장치(Verification Equipment): 방해 신호의 변조도를 점검하고 시험 벤치를 확인하기 위한 RF오실로스코프, 스펙트럼 분석기, 선택적인 전압계 및 변조 분석기.
- DTS 출력 임피던스를 점검하고 CDN의 성능을 확인하기 위한 100  $\Omega$  교정 유닛을 가진 임피던스 미터 또는 회로망 분석기.
- 저역 통과 여파기
  - 피시험 장비가 규정된 내성을 덜 갖게 되는 주파수 대역에서의 고조파를 억제하기 위한 스위치 가능형 저역 통과 여파기.
  - IEC CISPR Pub. 20에 따라, 아날로그 시스템의 출력단 복조 신호량을 측정하는데 사용되는 1 kHz 통과 여과기



#### (4) DTS의 설치와 시험 벤치의 검증

오차가 없는 측정을 하기 위해 테스트 벤치가 시험 전에 검증되어야 한다. DTS와 CDN의 교정(Calibration)이 부절 바.(1).가)와 나)에 따라 먼저 수행되어진 것으로 간주한다.

- 설치와 검증은 적어도 10배수(Decade)당 2개의 여러 주파수대에서 실시되어야 한다.
- DTS는 피시험 장비에 적절히 선택된 강도 레벨에 따른 필요한 신호(AM 포함)를 인가하기 위해 조정된다. DTS는 CDN에 연결되어야 한다.
- 보조 장비는 CDN의 AE 포트 형태를 가지며, AE 포트의 단자는 그들의 공통 임피던스가 걸려야 한다.
- CDN의 피시험 장비 포트의 공통 모드 포인트는 피시험 장치 대신 접지 기준면에  $150\ \Omega (= 100\ \Omega$  교정 유니트, 부록 D 에 따라,  $50\ \Omega$  측정 시스템의 출력에 직렬로)의 부하로 종단한다.
- 두 번째 단계로, DTS는 CDN으로부터 분리되고  $50\ \Omega$ 의 부하로 종단한다. 측정된 전압( 이  $50\ \Omega$  부하 양단의)은  $U_0/2 - k \pm 1.5$  dB와 같다.
- 상기의 요구조건들이 만족되지 않는 모든 경우, EUT 임피던스  $Z_{ce}$ , CDN 또는 DTS 신호의 결합 계수  $k$  또는 임피던스는 바.(2).가) 및 나)에 따라 규정에 준하지 못하다.

## 사. 시험 장치의 구성

시험 장치 구성의 일반적인 설명은 그림 1-10에 주어져 있다. 더 상세한 정보는 다음 절에서 다룬다.

### (1) 탁상형 장비에 대한 시험 장치의 구성

#### 가) 단일 장치(Signle Unit)를 포함하는 EUT

EUT는 접지 기준면으로부터 약 10 cm 정도 위의 절연 지지대 위에 놓인다. 접지 기준면은 EUT와 CDN보다 사방이 적어도 약 0.2 m 더 넓어야 된다.

시험해야 할 모든 케이블 상에 CDN이 삽입된다. CDN은 EUT로부터 최고 30 cm 떨어진 곳에서 적절한 접촉이 형성되도록 접지 기준면 위에 직접 놓는다. CDN 과 EUT 사이의 케이블은 가능한 한 짧아야 한다. 접지 기준면으로부터의 거리는 3 - 5 cm 정도(가능한 길게)로 유지해야 한다.

만일 EUT가 전용 접지 단자가 제공된다면, 그것은 CDN 801-M1을 통해 접지 기준면으로 연결하며, 부절 7.9를 참조한다. 즉, CDN의 AE 포트를 대지 기준면에 직접 연결한다.

만일 EUT가 키보드나 휴대용 부속물들로 제공된다면, 인공수는 이 키보드 위에 놓거나 부속물 주위를 싸서 접지 기준면 위에 연결한다.

제품 위원회의 규정에 따른 EUT 의 정의된 동작에 요구되는 모든 AE 는 어떠한 데이터의 전달과 모든 기능들을 확인하는데 필요한 모든 AE뿐만 아니라 통신, 모뎀, 프린터, 센서 등의 EUT로 CDN을 통해 연결된다.

CDN은 바.(2).나) 절에 일치하는 것을 사용하고, 예는 부록 C에 나타나 있다.

결합 장치가 의도하는 신호에 악영향을 주는 곳의 다중 와이어 케이블이나 비차폐 케이블에 사용가능한 CDN이 없는 경우, 부록 F 의 다른 절차 사용된다.

#### 나) 여러 장치들을 포함하는 EUT

만일 시험해야 할 장비가 여러 가지 장치들을 포함하고 있다면 다음과 같은 규칙을 적용한다.

- 각각의 부 유니트를 EUT로 취급하고 분리해서 시험하며 기타 다른 장비는 AE로 간주한다. CDN은 사.(3) 절에 따라 EUT로 간주되는 부장치의 케이블상에 위치시킨다. 다른 모든 부 유니트들은 교대로 시험된다.
- 예 외 : 모든 부 유니트들은 항상 1 m 이하의 짧은 케이블로 연결시켜 시험해야 할 장비의 부분이며, 하나의 EUT로 간주한다. 상호 연결 케이블에 대한 전도 내성 시험은 없고, 이러한 케이블은 시스템의 내부 케이블로 가정한다. 그러한 정의의 EUT의 일부인 유니트들은 접지 기준면 10 cm 위의 절연 지지대 위에 서로 가능한 한 가깝게 위치시켜야 한다. 이러한 장치들의 상호 연결 케이블 또한 절연 지지대 위에 위치시킨다. CDN은 EUT의 다른 케이블 위에 위치시킨다. 부절 사.(3)을 참조한다.

#### (2) 스탠드형 장비에 대한 시험 장치의 구성

시험될 장비는 접지 기준면 위로 10cm떨어진 절연 지지대 위에 놓인다. 이 접지 기준면은 시스템의 돌출부보다 약 50 cm 더 넓어야 한다.

CDN은 부절 사.(1)에 따라 위치시킨다.

만일 EUT가 전용 접지 단자가 제공된다면, 그것은 CDN 801-M1을 통해 접지 기준면으로 연결하며, 부절 사.(9)를 참조한다.

여러 유니트들을 포함하는 스탠드형 장비에 대해서는 다음과 같은 규칙이 적용된다.

- 각각의 부 유니트를 EUT로 취급하고 분리해서 시험하며 기타 다른 장비는 AE로 간주한다. CDN은 사. (3) 절에 따라 EUT로 간주되는 부장치의 케이블상에 위치시킨다. 다른 모든 부 유니트들은 교대로 시험된다.
- 예 외: 나란히 설치할 수 있는 장비는 단지 3 대 이상일 수 없고, 그들간의 상호 연결 케이블은 1 m를 초과할 수 없으며, 단일 EUT로 간주된다. 상호 연결 케이블에 적용되는 전도 내성 시험은 없다.

### (3) 시험 포인트의 선택 규칙

CDN에 제공하기 위한 케이블의 유형과 수를 선택하는데 있어서, 실제 설비의 물리적 배치를 고려해야 한다.

주: 이 선택이 RF 에너지(IEC 801-3)나 복사 방출 측정에도 적용될 수 있다.

현재 유용한 CDN들에서는 공통 모드 주입이 8개의 도전체까지 가능하다. 이 수가 불충분한 상황에서 적용할 절차는 부록 F 에 주어져 있다.

시험해야 할 케이블 또는 와이어의 수를 줄이는 것은 다음과 같은 상황에서 인정된다.

- 개별적으로 AE 와 EUT사이에 연결된 케이블 상에서
  - 인정된 간소화: 만일 여러개의 AE가 연결될 경우, 시험을 위해서는 각 형태의 단 1개의 AE가 연결된다.
- 통신 또는 유사한 회로망에 대한 EUT에 연결되는 스크린되지 않은 다중 와이어 케이블상에서

- 인정된 간소화 : 만일 EUT가 많은 수의 동일한 스크린되지 않은 페어선 또는 8개의 선으로 연결될 경우와 이 페어선들이나 선들이 차폐물이 없는 하나의 케이블 안에 넣어진다면, 단지 4개의 페어선 또는 8개의 와이어들이 선택되어 적절한 CDN으로 연결된다.
- 통신 또는 유사한 회로망에 대한 EUT에 연결되는 스크린된 다중 와이어 케이블상에서
  - 인정된 간소화 : 만일 8개 이하의 모든 와이어상의 모든 신호가 EUT의 규정된 동작을 허용하는데 필요한 것이 아니라면, 단지 적절한 CDN으로 연결하기만 한다.

#### (4) 전력선에 대한 결합/반결합

공급 라인에 공급되는 신호의 결합/반결합의 경우, 801-M2 또는 801-M3 형의 CDN이 사용된다(부록 C의 그림 C1a 참조). 이 CDN의 와이어는 포화를 방지하기 위해 공통 모드 코아에 감는다.

두가지의 CDN 중의 선택은 EUT가 안전 표준 IEC 536에 따른 Class 1 (Neutral, Phase, Earth) 또는 Class 2 (Neutral, Phase only) 장비인지의 여부에 달려 있다.

만약 공급 와이어가 실제 적용에서 다른 경로를 지날 경우에는, 사.(9)절 따른 CDN이 사용된다.

#### (5) 비차폐 평형 라인에 대한 결합/반결합

평형 라인을 갖는 비차폐 케이블에 대한 방해 신호 결합/반결합의 경우, T회로망(TN) 또는 T회로망의 조합이 CDN으로써 쓰인다. 부록 C의 그림 C1b 는 실제 가능한 많은 경우를 나타낸다.

- 1개의 대칭 페어선을 가진 케이블의 경우, 1 TN (2 와이어).
- 2개의 대칭 페어선을 가진 케이블의 경우, 2 TN (4 와이어).
- 3개의 대칭 페어선을 가진 케이블의 경우, 3 TN (6 와이어).
- 4개의 대칭 페어선을 가진 케이블의 경우, 4 TN (8 와이어).

사용된 TN은 동일하고, 라인과 접지 간에 150 오옴 임피던스를 나타낸다. TN의 IN-포트와 합성 CDN의 IN-포트 사이에 외부 저항을 추가함으로써, 라인과 접지 사이의 전체 임피던스를 150 오옴으로 교정할 수 있다.

#### (6) 비차폐 불평형 라인에 대한 결합/반결합

불평형 라인을 가진 비차폐 케이블에 대한 신호의 결합/반결합의 경우, 부록 C의 그림 C1c에 기술된 CDN을 사용할 수 있다.

- 2와이어를 가진 케이블의 경우, 801-AF2.
- 4와이어를 가진 케이블의 경우, 801-AF4.
- 8와이어를 가진 케이블의 경우, 801-AF8.

원칙에 따라, 다른 갯수의 와이어에 대해 CDN이 설치된다. 즉,  $n = 3, 5, 6, 7$ 의 경우,  $R = n \times 100 \Omega$ .

단일 와이어에 대해서는 부절 사.(9)에 기술된 회로망을 사용한다.

#### (7) 차폐선에 대한 결합/반결합

평형/불평형 차폐 케이블에 대한 방해 신호의 결합/반결합의 경우, 부록 C와 그림 C1d에 기술된 CDN을 사용할 수 있다.

- 1와이어 동축 케이블의 경우, 801-C.
- 2와이어 차폐 케이블의 경우, 801-S2.
- 4와이어 차폐 케이블의 경우, 801-S4.
- 8와이어 차폐 케이블의 경우, 801-S8.

3, 5, 6, 7 와이어의 경우, 상기의 CDN이 사용되며, 사용되지 않는 단자는 연결하지 않는다. 차폐 다중 와이어 케이블( $n > 8$ )에 대한 부록 F에 주어진 절차에 따른다.

주:

- 이러한 CDN의 경우, 방해 신호는 100  $\Omega$  저항을 통해 스크린에만 결합된다. 스크린 케이블 내부의 절연 와이어와 스크린은 모두 인덕턴스 L에 의해 유도 결합된다. 와이어들간이나 와이어와 스크린 간에 유기되는 라인간 전압은 없다. 의도된 신호는 CDN에서 어떤 임피던스로든 부하를 걸지 않으며, 따라서 의도된 신호는 영향을 받지 않는다.

#### (8) 부하 임피던스로 중단된 케이블에 대한 결합/반결합

신호 통과에 대한 요구 조건이 없는 경우에는 부록 C, 그림 C7e과 C7f에 기술된 아래의 CDN을 사용한다.

- 비차폐 케이블의 경우, 801-Rn.
- 차폐 케이블의 경우, 801-SRn.

상기의 CDN은 다중 와이어 케이블에 대해 적용되며, 전 주파수 대역에서 사용될 수 있다.

#### (9) 단선(Single Wire)에 대한 결합/반결합

만일 피시험 장치가 전용 접지 단자 또는 하나의 공급 단자를 갖추고 있다면, 그것은 부록 C 와 그림 C1g 에 기술된 접지 기준면 또는 CDN 801-M1을 통해 공급원에 연결해야 한다.

주:

- 만약 전용 접지 단자기 직접 접지면에 연결 되었을 경우, 3선 전원 CDN 또는 차폐 케이블 CDN(동축 또는 다중 와이어)이 저 주파수 대역을 위해 단락 화로가 된다.
- 안전 문제 때문에, 전용 접지 단자에 직렬인  $150\ \Omega$  저항은 그 값이 시험을 위한 주파수에 의존하는 쇼크로 브릿지된다.
- 공급 단자의 경우, 코아가 공급 전류에 의해 포화되지 않도록 주의하여야 한다.



## 아. 시험 절차

### (1) 실험실 기준 조건

시험 결과에 대한 환경적 변수의 영향을 최소화하기 위하여 시험은 부절  
아.(1).가) 및 나)의 기후 및 전자파적 기준 조건 내에서 수행되어야 한다.

#### 가) 기후적 조건

- 주위 온도 : 15 °C - 35 °C
- 상대 습도 : 45 % - 75 %
- 기      압 : 86 kPa - 106 kPa

#### 나) 전자기 조건

실험실 또는 시험이 실행될 장소의 전자파 환경은 시험 결과에 아무런  
영향을 끼쳐서는 안된다.

일반적으로 전도 내성 시험은 차폐실을 사용하지 않고 수행할 수 있다.  
이는 적용되는 신호 레벨 및 설치 형태에서 특히 150 MHz 이하에서는 많은  
양의 에너지가 복사되지 않기 때문이다. 만약 어떤 환경에서 복사 에너지가  
매우 높을 때\*)는 차폐실이 사용된다.

\* ) 시험 설치의 복사에 관해 지역 간섭 규정을 지켜야 한다.

## (2) 전도 RF 방해에 대한 내성 시험의 응용

부록 C 에 기술된 CDN은 바.(4)절에 따라 검증되고, 부록 D에 기술된 방법에 따라 교정된 것으로 간주한다.

시험을 개시하기 전에 DTS와 CDN의 주요 변수를 부절 바.(4)에 따라 검증한다.

시험은 다음과 같이 규정된 시험 계획에 따라 수행되어 진다.

- 시험 전압 레벨,  $U_0$ (EMF).
- 사용된 CDN과 그 결합 계수.
- 시험할 회로, 라인, 기타.
- 피시험 장비의 대표적 동작 조건.
- 접지 기준면과의 연결을 포함한 보조 장치(AE)의 성능.
- 회로 상의 시험 전압 적용의 순서.
- 방해 시험원의 소인율(Sweep rate)과 변조.

7절에 따라 시험 장치의 설치가 준비된 후, 다음과 같은 절차를 적용한다.

방해 신호가 피시험 장비의 시험될 각 케이블마다 차례로 적용된다. 이러한 목적으로 감쇠기 T2의 출력이 CDN과 가능한 한 근접되게 각 CDN의 입력 포트에 연속적으로 연결된다. 신호 주입에 사용되지 않는 모든 결합/반결합 회로망의 입력 포트는 50Ω의 부하로 종단한다. 시험할 각 케이블에 대해 80 % 변조도로 규정된 내성 레벨에 따른  $U_0$ (EMF)가 적용된다. 피시험 장치의 동작을 관찰하며 규정된 주파수를 천천히 소인한다. 소인율은 피시험 장치의 성능 저하의 판별을 충분히 할 수 있을 정도로 느리게 한다. 일반적으로 소인율은  $1.5 \times 10^{-3}$  decade/sec 이하로 한다.

주파수를 점진적으로 소인시킬 때, 그 간격은 150 kHz -200 MHz에서는 10 kHz 또는 200 MHz - 230 MHz에서는 20 kHz를 초과해서는 안된다. 각 주파수마다 지속 시간(Dwell Time)은 적어도 0.1 초보다 작아서는 안된다. 민감한 주파수 또는 관심 주파수에 대해서는 개별적으로 분석되어질 수 있다.

최대 감응성을 나타내는 주파수 범위와 피시험 장비의 저하된 성능들을 판정하기 위해, 규정된 것보다 확실히 더 높은 강도 레벨(+ 6.. 10 dB)을 가지고 시험을 시작하는 것이 권고된다. 이런 예비 시험은 증가된 소인율로 실시될 수 있다. 그 다음에, 규정된 내성 판단 기준이 이미 결정된 주파수 범위 내에서 만족되는지가 점검된다.

만일 피시험 장치가 다른 대역보다 더 낮은 내성 한계를 갖는 대역을 선택했다면, 다음과 같은 방법들이 적용된다.

- 방해 시험원으로부터의 원하지 않는 고조파의 영향을 피하기 위해, 저역 통과 여파기, T를 전력 증폭기와 T2의 출력 사이에 놓는다. 이 여파기는 감수성 대역 아래의 주파수 범위 내에서 시험을 수행할 때 쓰인다. 이 여파기의 대역 차단 특성은 그 밴드 내에서 요구된 내성 레벨 아래로 고조파를 억제하기에 충분해야 한다.

이러한 경우, 각 주파수 대역을 따로 시험하면서 차례 차례의 순서로 수행되어야 한다.

### (3) 시험 중의 피시험 장비 운용

피시험 장치는 정상적인 동작, 설치 조건 하에서 시험되어야 한다. 필수적인 신호는 피시험 장비의 입, 출력 단자에 CDN을 통해 공급된다.

시험 프로그램과 소프트웨어는 동작의 모든 모드를 실행하도록 선택된다. 특수한 소프트웨어의 이용은 고무적이거나, 피시험 장치가 포괄적으로 실행될 수 있음을 보여주었을 경우에만 허용된다.

#### (4) 시험 결과의 평가

먼저 관찰된 성능 저하가 피시험 장비에 의한 것이고 피시험 장비에 연결된 보조 장치에 의한 것이 아닌가를 확인해 볼 필요가 있다.

시험 결과는 다음과 같은 판단 기준에 따라 피시험 장치의 동작 조건과 기능 사양에 근거하여 분류될 수 있다.

- 규정된 허용값 내에서의 정상적인 성능.
- 방해 신호가 제거되었을 때, 자체적으로 회복할 수 있는 동작 기능의 저하 및 손실.
- 방해 요소가 제거 되었을 때, 동작자의 간섭 또는 시스템 리셋을 요구하는 기능 또는 성능의 저하.
- 장비(소자)의 손상에 의해, 회복할 수 없는 기능의 저하 및 손실.

아날로그 신호 및 데이터 전송의 경우, 성능 저하는 제품 요구 조건에 주어진 신호 대 간섭의 비, 전송률 또는 허용 비트 에러로 규정된다.

인증 시험의 경우, 시험 프로그램과 결과의 해석은 규정된 제품 표준에 기술되어야 한다.

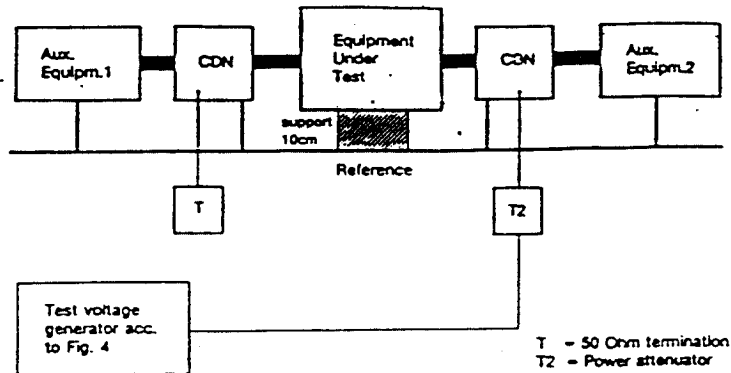
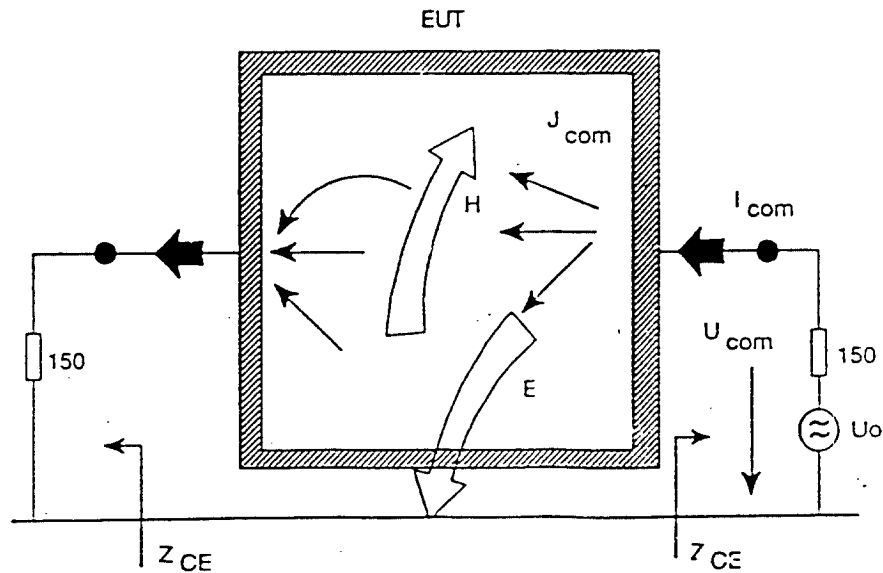


그림 1-6. RF-전도 방해에 대한 내성 측정법을 위한 구성도



$Z_{ce}$ : Common-mode EUT-point impedance of the CDN.  $Z_{ce} = 150 \Omega$ . The  $150 \Omega$  is most simply realized by  $100 \Omega$  in series with a  $50 \Omega$  generator or a load.

$U_{com}$ : Common-mode voltage between EUT and reference plane

$I_{com}$ : Common-mode current through the EUT

$J_{com}$ : Common-mode current density in the EUT

E, H: Electric and magnetic fields

그림 1-7. CDN의 등가회로 및 전도 방해에 대한 내성 측정법의 전자장

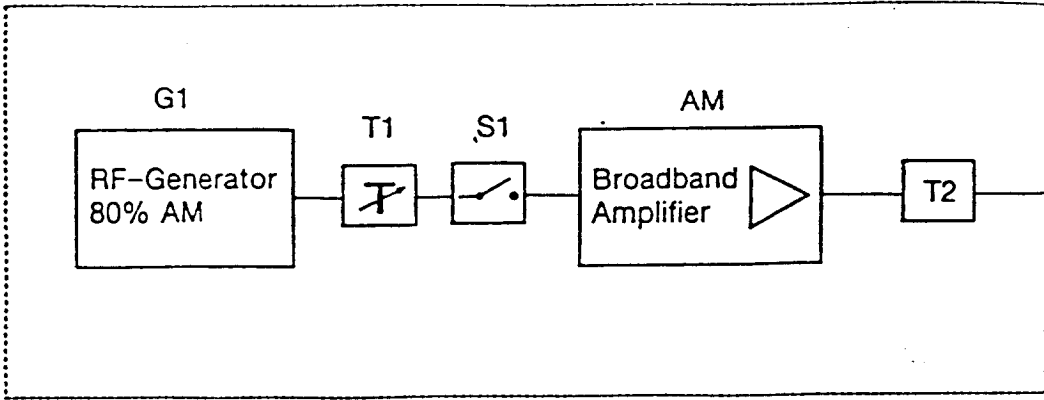


그림 1-8. RF-전도 방해에 대한 내성 측정법에 요구되는 구성 및 DTS

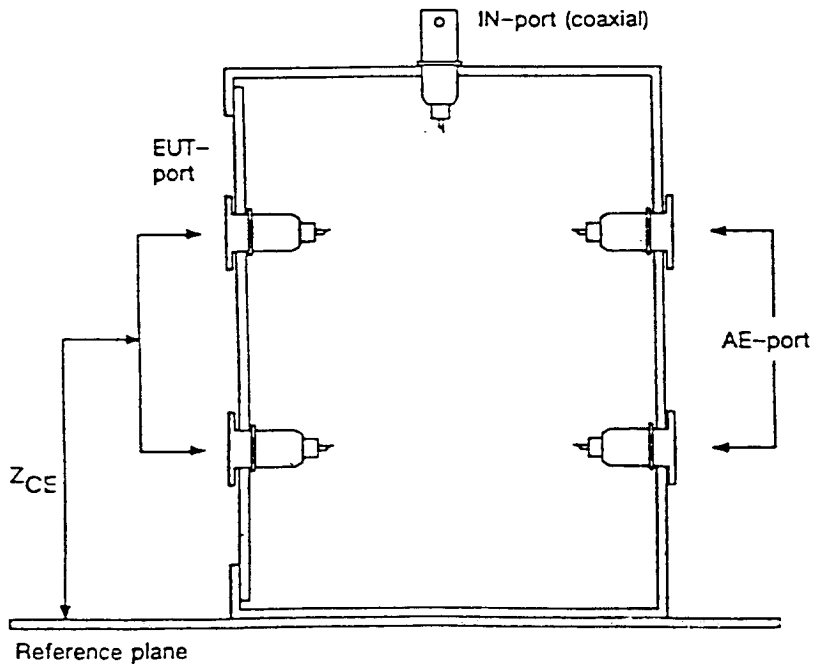


그림 1-9. CDN 포트의 정의. 예: CDN 801-AF2

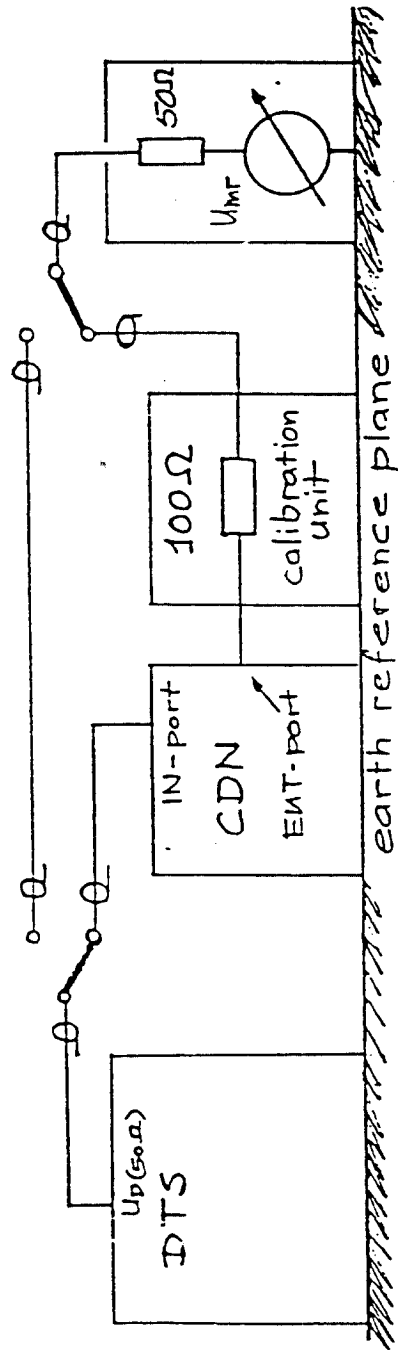


그림 1-10. 시험 벤치상의 DTS 설정 및 CDN 검증을 위한 설치도

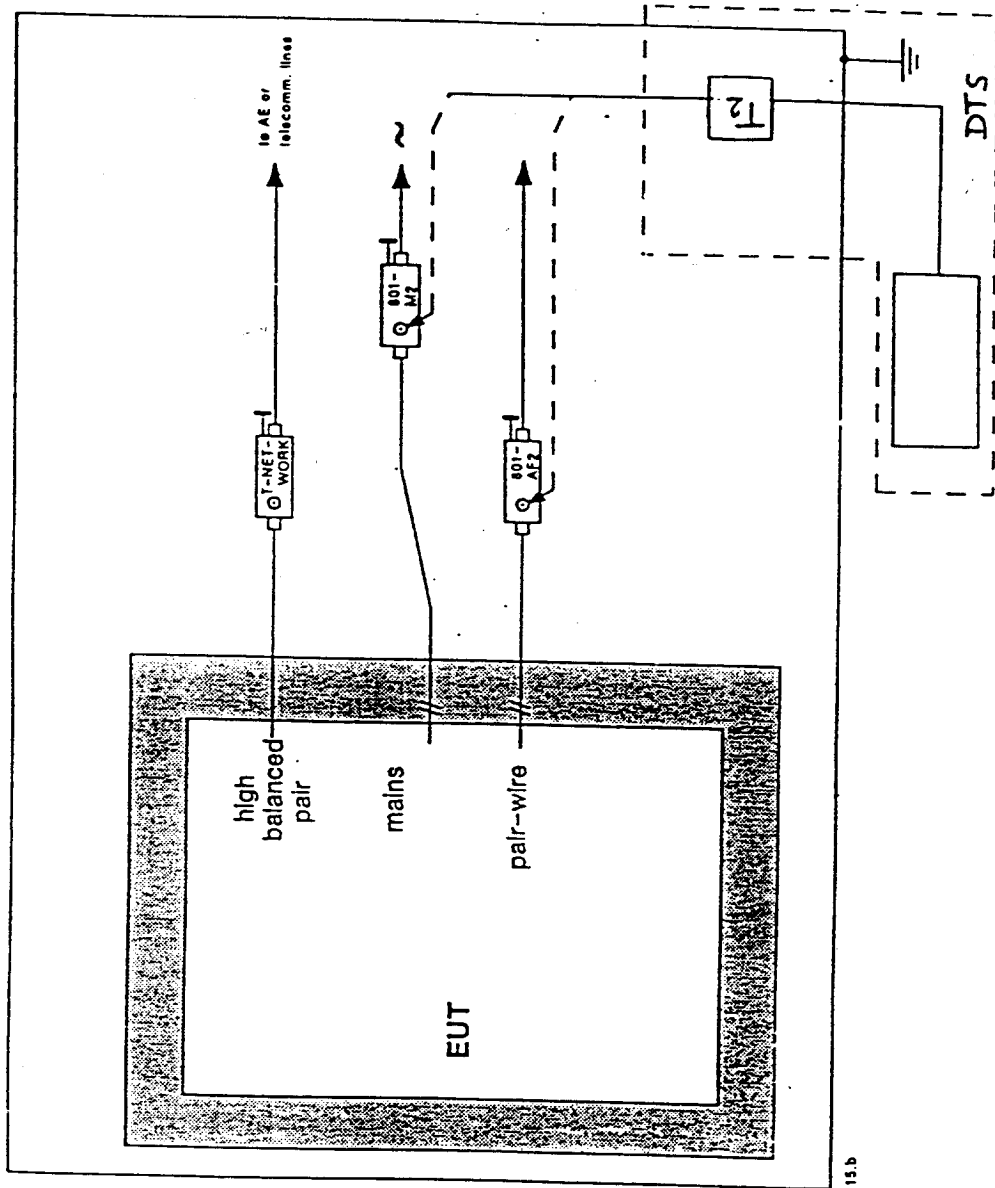


그림 1-11. RF-전도 방해에 대한 내성 측정법에서 선호되는  
단일 유닛 시스템의 설치도



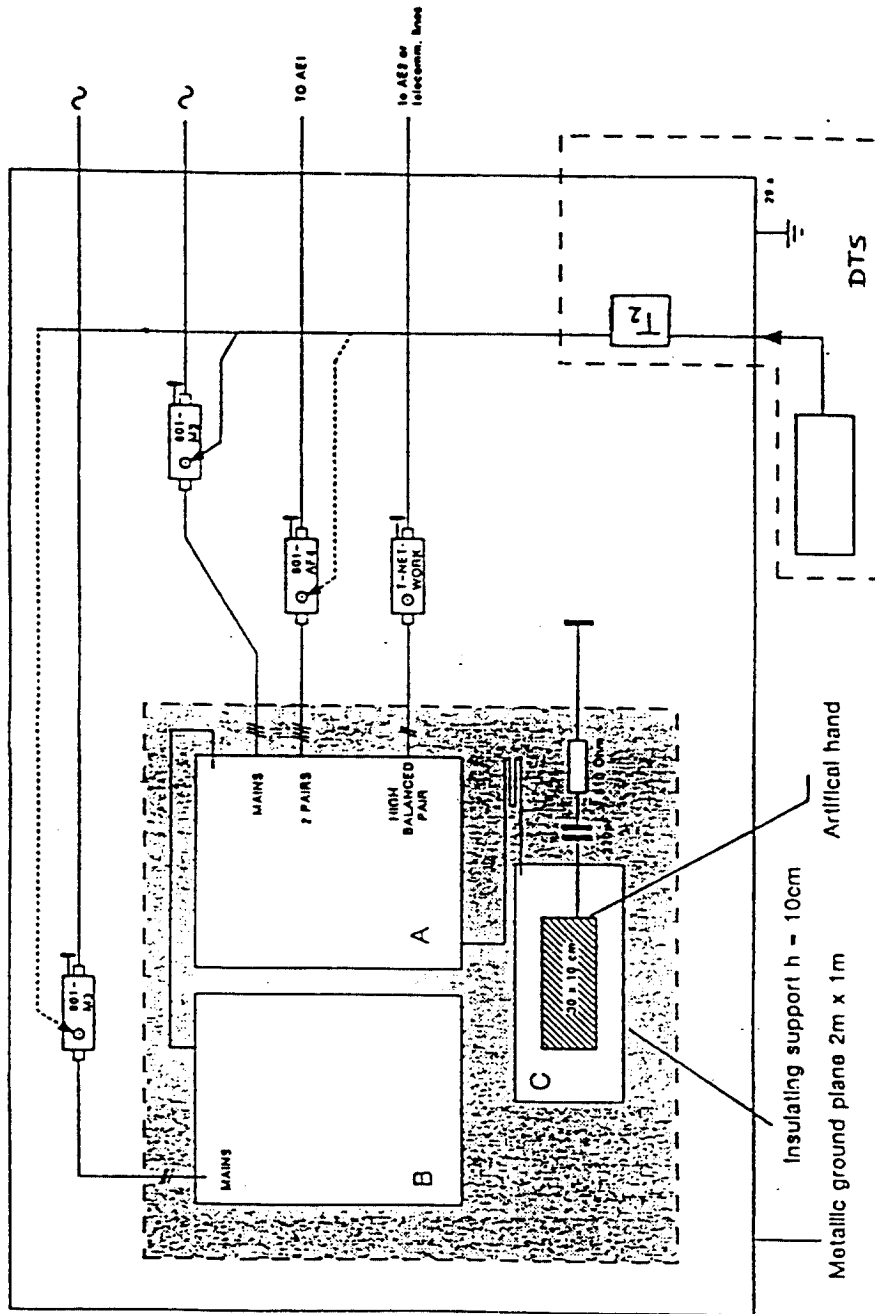


그림 1-12. RF-전도 방해에 대한 내성 측정법에서 선호되는  
다중 유닛 시스템의 설치도

## 부록 A1. 전도 RF 방해에 대한 내성 시험 원리

전도 RF 방해에 대한 내성 시험법은 장비에 연결된 케이블의 안테나 효과를 모의 시험한다. 결합/반결합 회로망을 이용하여, 실제 설치되었을 때, EUT로부터 나타나는 연결 케이블의 공통모드 평형 회로가 모의 시험 된다.

다음과 같은 사실에 대한 많은 실험 및 이론적 증거가 많은 출판물에 주어져 왔다.

- 실제 설치에서의 공통 모드 전류 효과는 방해 신호의 반파장보다 작은 장비의 크기 L1 만큼 장비 회로에 장의 직접적 상호 작용을 주도한다. (그림 A2.2a 참조)
- 이 출판물에 규정된 전도 방해에 대한 내성 시험법은 장비의 크기가 방해 신호의 파장과 비교할 만한 주파수까지는 복사장 내성 시험법으로 적절하게 대체할 수 있다.

위에서 발견된 것들은 다음 사실에 의해서 간단히 설명된다.

- 감수성 측면은 대부분 장비를 통해서 흐르는 전류에 보통이 있다.
- EUT 크기가 파장보다 아주 작을 때, 연결 케이블은 장비 자체보다 큰 안테나로 볼 수 있다. 즉, 장비를 통과하는 RF에너지의 지배적인 부분이 장비가 아닌 케이블에 의해 받아들여 진다.
- 지배적인 공통 모드 전류가 전도 방해에 대한 내성 시험법에 의해서 적절하게 재발생된다. 그림 A2.2b에서의 이 시험법으로부터 얻은 전계와 자계의 장(Field)은 실제 설치에서 발생하는 전류와 장비의 하전(입사파 + 산란 잔자파)에 밀접하게 관련되어 있다.
- 결합/반결합 회로망에 대해 규정된 150  $\Omega$  공통모드 임피던스는 넓은 주파수 대역에 걸쳐서 모노폴 안테나( $R_t = 35 \Omega$ ), 장 진행파

모노폴( $R_t = 150 - 400 \Omega$ ), 금속 접지상의 와이어 안테나( $R_t = 50 - 150 - 600 \Omega$ )처럼 다양한 기하학적 설계로부터 얻어진 공진 안테나 저항의 계산된 평균치이다.

개방회로 전압( $U_0$ )의 기전력원(EMF)은 실제 설치 케이블에서 유도된 악조건(Bad Case: 통상 최악조건을 의미하지 않음) 전압을 나타내는 내성 시험에 사용된다. 장비의 내성은 이  $U_0$  값에 의해서 표현된다.

전도 방해에 대한 내성 시험의 원리는 방해 시험과 동일하고 상호적 방법이라는 것을 유념한다.

## 부록 A2. 내성 시험법의 선택 기준

IEC 801-3과 IEC 801-6의 두 시험법의 선택은 다음 사항들을 고려해야 한다.

- EUT 자체의 기계적 크기(L1)와 비교한 주파수의 파장.
- IEC 801-3에 따른 전자기장에 노출된 케이블의 길이(L2)를 포함한 시험 배열의 크기와 비교한 주파수의 파장.
- 통제되지 않는 영향들(설치 형태), 재현성, 시험의 비용, 시험 시간 등의 비의존성 같은 기타 고려 사항.

전도 RF 방해에 대한 내성 시험의 주파수 한계는 외부 케이블의 길이를 포함하지 않는 장치의 크기, L1과 관련 있다(그림 A2.1a).

만약 EUT의 크기가 가장 높은 시험 주파수의  $\lambda/2$ 보다 작다면, 전도 방법에 의해서 EUT 내부에 유도된 전류와 장이 케이블이 안테나 역할을 하는 실제 적용에서의 송신기에서 유도되는 전류와 장과 같다는 것을 기대할 수 있다. 이 주파수까지, 전도 RF 방해에 대한 내성 시험법은 실제 경우를 커버하고 추가적인 측정을 필요로 하지 않는다. 그림 A2.1b에서와 같이 CI-법이 권장된다.

실제 실험에서 이러한 주파수대의 간섭은 내부 회로의 장의 직접적 영향이 아니라 케이블 상의 전류에 의해서 발생한다는 것을 확인할 수 있다.

주: 전도 RF 방해가 아닌 단지 RF-장에 대한 내성 방법은, 외부 케이블을 가지고 케이블이 0.6 m 보다 짧은 бат데리로 동작되는 작은 장비에 적용된다.

만약 EUT의 크기가 가장 높은 시험 주파수의  $\lambda/2$ 보다 길다면, 외부 케이블에 의한 전도 방법에 의해서 유도된 전류가 실제 설치에서 장애 의해서 유도된 전류와 여전히 일치한다.

그러나, 장애 의해서 EUT 내부에 유도된 전류와 장애 전도 방법에 의해서는 재현되지 않는 다른 영향을 나타낸다. 그러므로 전도 방법은 불충분하며, 가능하다면 높은 주파수들(IEC 801-3)에서는 다른 방법으로 대신하거나 보상해야 한다. 그림 A2.1b 에서 이들 영역은 권장되지 않는 것으로 나타내고 있다.

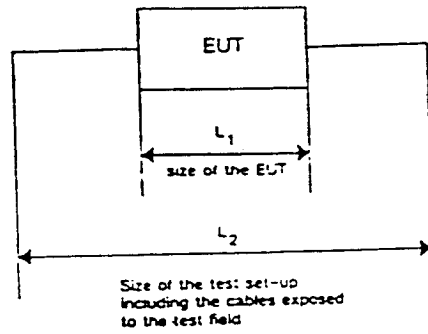
유사하게, RF-장애 대한 모든 기존 내성 시험의 주파수 제한은 사용된 시험 설치의 크기와 관계된다(그림 A2.1a 참조).

만약 균일한 RF-장애 노출된 케이블을 포함한 시험 설치의 치수가 시험에 사용된 가장 낮은 주파수의  $\lambda/2$ 보다 길다면, 외부 케이블에서 유도된 전류 뿐만 아니라 EUT 내부에서 유도된 전류는 원방계 모델의 실제 적용 송신기로부터 유도된 전류 및 장애 동일할 것이다. 따라서 RF-장애 대한 내성 시험법은 그림 A2.1c에서 권장되는 지역에서는 실제 경우를 커버하고 추가적인 측정을 필요로 하지 않는다.

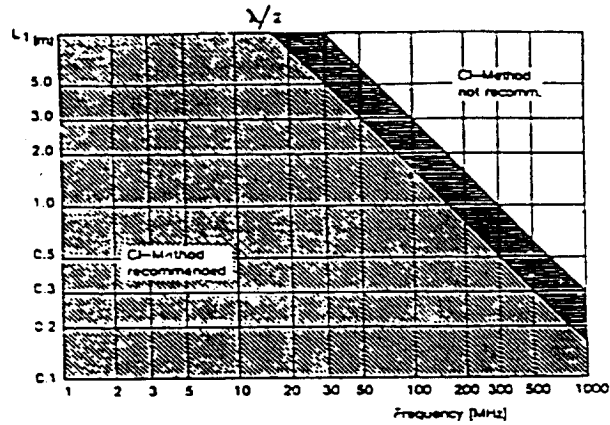
만약 EUT/시험 설치의 주어진 치수에 대한 요구 시험 주파수 대역이 그림 A2.1b, A2.1c에서 권장된 영역내에 완전히 들어오는 경우, 방법의 선택은 확고하다.

그림 A2.1b,c 에서 적은 에러로 권장되지 않는 영역까지 양 방법을 연장할 수 있는,  $\lambda/2$  선 너머에 회색 영역이 있다. 이러한 회색 영역에 대해서는 결정은 다른 고려 사항의 영향을 받는다.

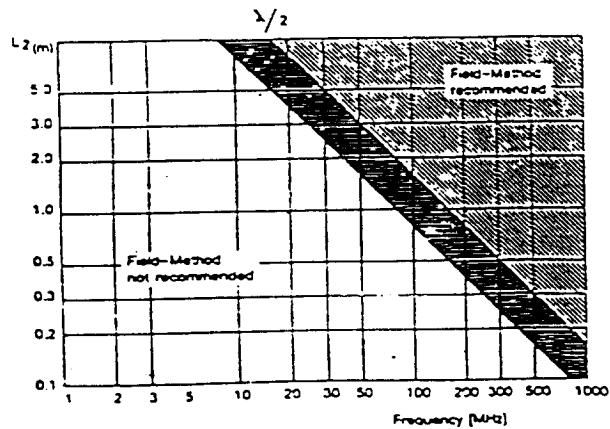
- 한 시험법이 시험 적용 범위를 그림 A2.1b 및 A2.1c의 회색지역 내로 연장하여 실시할 수 있다면, 이는 시험을 간소화하기 위하여 고려되어야 한다.
- 복사, 전도 방해간의 내성 측정법의 선택이 중복되었을 경우, 통제 불능 변수가 적고 더 재현성의 경향이 있는 후자가 좋다.



a) 길이 L1 및 L2의 정의



b) EUT의 크기 L1에 의존하는 RF-전도 방해에 대한  
내성 측정법을 위한 주파수 한계



c) 시험장에 지배되는 케이블을 포함한 EUT의 크기 L2에 의존하는  
RF-전도 방해에 대한 내성 측정법을 위한 주파수 한계

그림 A2.1 시험법의 선택

## 부록 B. 강도 레벨(Severity Level) 선택 지침

시험 강도 레벨은 장치가 최종적으로 설치되어 EUT가 노출되는 전자파 복사 환경에 따라서 선택된다. 결함(Failure)은 적용된 허용 레벨의 선택에 있다는 것을 명심하여야 한다. 결함이 심할 때는 높은 레벨을 고려해보아야 한다.

만약 EUT가 몇 군데의 장소에만 설치된다면, 부근 RF 발생원의 조사는 전계강도 계산을가능하게 한다. 발생원의 전력 알지 못해도, 관심 위치에서의 전계강도를 측정하는 것은 가능하다.

여러 곳에서 동작하기 위한 장치의 경우, 다음의 지침이 적용할 강도 레벨의 선택을 하는데 사용된다.

아래의 등급들은 5절에 리스트된 레벨과 관련이 있다. 그 내용은 적용 강도 레벨 선택의 일반 지침으로 간주된다.

레벨 1: 저 레벨 전자기 방사 환경. 1 km 이상에 위치한 지방 라디오/텔레비전 통신소와 저 출력 송신기에 대한 전형적인 레벨.

레벨 2: 보통 전자기 복사 환경. 저 출력 휴대용 송신기(통상 정격 1 W 미만)가 사용되지만, 장비와 아주 근접하여 사용하는데는 제한을 받는다. 전형적인 상용 환경이다.

레벨 3: 심각한 전자기 복사 환경. 휴대용 송신기(2 W 이상)가 장치와 상대적으로 근접하여 사용되지만, 1 m 미만은 안된다. 고 전력 방송 송신기가 장비와 인접하고 ISM 장치가 근접하여 위치한다. 전형적인 산업 환경이다.

레벨 X: X 는 개방 레벨이다. 이 레벨은 협정하기 나쁨이며, 전용 장비 사양에 규정된다.

강도 레벨은 1 m의 수신 안테나 망에 대한 능동 안테나 높이 가정에 의하여 IEC 801-3 시험에서의 복사장 강도 레벨과 관련된다. 이것은 시험 결과와 일치한다.

표 B1. 26 - 1000 MHz 주파수대에서의 강도 레벨(IEC 801-3)

레 벨	전 계	강 도
	V/m	dBV/m
1	1	120
2	3	130
3	10	140
X	X	X



## 부록 C. 결합/반결합 회로망에 대한 추가적인 정보

### 부록 C1. CDN의 기본 형태

CDN은 다음을 제공한다.

- EUT에 대한 방해 신호의 결합.
- EUT 측에서 본 안정된 임피던스, AE 공통모드 임피던스의 독립성.
- AE의 간섭을 방지하기 위한 방해 신호로부터 AE의 반결합.
- 의도하는 신호의 투과성.

9 - 150 kHz 주파수 범위의 전형적인 형태: 심의 중.

150 kHz - 230 MHz 주파수 범위에서의 CDN의 전형적인 변수는 6.2 부절에 주어져 있고, 그림 4에 그 예가 나타나 있다.

공통모드 임피던스( $Z_{ce}$ )는 DTS 내부 임피던스와 CDN의  $n \times 100 \Omega$  직렬 저항에 의해서 얻어진다. 적절한 쇼크,  $L(\omega L \gg 150 \Omega)$ 을 및 반결합 소자 C2의 사용은  $Z_{ce}$ 에 영향을 주지 않아야 한다. CDN 상의 EUT 포트의 물리적 위치는 접지 기준면에서 3 cm 정도 위여야 한다. 이와 같은 방법으로 CDN과 EUT사이의 케이블이 접지 기준면위로 3 cm (EUT 까지) 에 위치 했을 때, 약 150  $\Omega$ 의 특성 임피던스를 가진 전송선의 역할을 할 수 있다.

커패시터(C1)는 DTS과 CDN 각 와이어의 DC-분리를 보증한다. C1은 관심 주파수 범위에서 150  $\Omega$ 에 비하여 아주 작은 임피던스이다.

주: C1은 주 CDN의 경우 활성부(Live Part)에 대해 브릿지되므로 적절한 Y 커패시터가 적용된다.

AE의 결합은 피차폐 및 차폐 케이블을 가진 CDN의 부록 C4 예에서 주어진, 공통 모드 쇼크(L), 그리고 커패시터(C2)나 기준면에 대한 차폐의 결합에 의해서 이루어 진다. C2 의 값은 비차폐 케이블의 경우, 의도하는 신호에 부당하게 영향을 끼치지 않도록 선택되어 진다.

주: C2는 주 CDN의 경우 활성부(Live Part)에 대해 브릿지되므로 적절한 Y 커패시터가 적용된다.

부록 C4에 주어진 예들에 대한 결합 계수(k)는 0 dB와 같다. 결합 계수는 전력 감쇠를 표시하는 것이 아니라 DTS의 EMF와 CDN의 EUT 포트에서 얻어질 수 있는 EMF 사이의 비를 나타낸다. IN-포트와 EUT-포트 사이에 직렬로 100옴 저항을 가진 모든 CDN은  $k = 0$  dB를 갖는다.

## 부록 C2. 의도하는 신호에 관한 CDN의 요구 사항

CDN은 의도하는 신호에 악영향을 주지 않아야 하고, 의도하는 신호도 CDN의 성능에 악영향을 주지 않아야 한다.

### C2.1 전력 공급선에 대한 CDN

CDN의 정당한 동작은 EUT의 공급 전류에 의해서 영향을 받지 않아야 한다. 페라이트의 코어의 포화나 소자 온도 상승에 특별한 관심을 갖는다. 상업적으로 이용가능한 CDN은 1 등급 장비(IEC 536)의 경우, 최대 전류 정격 및 허용 누설 전류를 표시하여야 한다.

### C2.2 평형 페어에 대한 CDN

고 대칭 평형 라인의 경우, 특수한 측정이 취해질 필요가 있다. 보통 이러한 전용 회로망은 제품 위원회에 의해서 규정된다.

참 고 : CISPR/G (secr)20, dec 89, 부록 A

부록 C3. CDN의 리스트

이용 가능한 모든 EUT와 그들의 상호 연결 라인 신호에 대한 6.2 부절에 따른 모든 요구 조건을 한 CDN으로 커버할 수 없기 때문에 많은 사용 가능한 CDN들이 주어져 있다(표 C1 참조).

CD-networks	Frequency range of application					
	10 kHz	150 kHz	1.5 MHz	30 MHz	150 MHz	230 MHz
CDN-801-M2		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-M3		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-AF2		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-AF4		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-AF8		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-C1		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-S2		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-S4		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-S8		xxxxxxxxxxxxxxxxxx	1)			2)
CDN-801-Rn		xxxxxxxxxxxxxxxxxx				
CDN-801-SRn		xxxxxxxxxxxxxxxxxx				
T-network	xxxxxxxxxxxxxxxxxx			xxxxxxx		

표 C1. CDN과 적용 주파수 범위

1) 150 kHz에서  $L = 280\mu H$

2) 1.5 MHz에서  $L = 30\mu H$

표 C1에 따른 회로망은 단지 제한된 주파수대에 대한 기계적 지침을 따라서 구성될 수 있다. 한 회로망으로 전 주파수대를 커버할 수 있는 CDN의 개발이 연구 중에 있다.

부록 C4. CDN의 예와 세부 구조의 예

\* 그림 생략. IEC 801-6 원본 참조.

## 부록 D. CDN의 교정 방법

### D1. 일반사항

주 변수는 라인들 또는 스크린 대 접지 사이의 EUT-포트에서의 공통 모드 임피던스( $Z_{ce}$ )이다. 적절한 공통 모드 임피던스는 시험의 재현성을 보장해 준다.

결합계수( $k$ )는 DTS 레벨의 올바른 설정을 위해서 요구된다.

제안된 결합계수 값( $k_a$ )은  $Z_{ce}$ 에 대한 AE와 AE 공통 모드 임피던스의 독립성의 보호를 보장해 준다.

CDN의 특성은 D2 - 5의 절차에 따른 6.2 절의 요구조건에 따라 검증되고 교정되어야 한다.

설치 원칙에 따른 심벌 은 그림 D1에 주어져 있다.

D1.1 50 오옴 발생기, 수신기 그리고 회로 분석기는 그림 D6의 100  $\Omega$  교정 유니트를 통하여 CDN의 EUT-포트 및 AE-포트에 연결된다. 이 교정 유니트의 삽입 손실은 부절 D5에 따라서 점검된다.

D1.2 CDN이나 100  $\Omega$  교정 유니트는 크기가 설치된 제안된 구조를 적어도 0.2 m 초과하는 접지 기준면에 설치된다.

### D2. EUT-포트에서의 CDN의 공통모드 임피던스 검증 : $Z_{ce}$

50  $\Omega$  또는 가능하다면 150  $\Omega$  기준 임피던스를 가진 회로 분석기를 사용한다(적절한 하드웨어 및 소프트웨어가 공급되었을 경우).

회로 분석기는 임피던스 기준면 과 EUT-포트 단자 사이를 짧게 연결하는데 필요한 인터페이스로 교정된다. 그림 D3의 원리와 D2의 구조가  $Z_{ce}$ 를 검증하는데 사용된다.

CDN은 IN-포트 50  $\Omega$  부하로 종단시키고, AE-포트는 공통모드의 단락 및 개방 회로를 연속해서 부착하였을 때, 부절 6.2 의 임피던스 요구 조건을 만족시켜야 한다.

예외: 항상 접지 기준면에 연결되는 AE 포트에서의 스크린과 같은 차폐 케이블 CDN에 대해 허용되는 공통 모드 개방 회로는 없다.

#### D3. 결합계수 $k$ 및 $k_a$ 의 검증

EUT-포트에 대한 IN-포트의 CDN(EMF) 결합 계수:  $k$

$k$ 는 그림 D4의 원리와 세부 내용에 따라 정의되고 측정된다.

주파수 응답의 변동( $\Delta k$ ) 및 결합 계수( $k$ )의 규정된 값은 무시된다.

AE-포트에 대한 IN-포트의 CDN 결합 계수:  $k_a$

$k_a$ 는 그림 D4의 원리에 따라 정의 되고 측정된다. 그러나 EUT와 AE-포트는 상호 변화할 것이다. 이 검증은 단지 비차폐 케이블 CND의 경우 수행된다. EUT-포트에는 150  $\Omega$ 의 부하를 부착한다.

#### D4. 100 $\Omega$ 교정 유니트의 삽입 손실

동일한 구조의 두 유니트가 필요하다. 그림 D6 에 제안된 구조가 주어져 있다. 삽입 손실은 그림 D5의 원칙에 따라서 측정된다. 이 값의 범위는 9.6  $\pm$  0.5 dB 이다(이론적 값은 9.6 dB). 만일 필요하다면, 시험 설치의

케이블 감쇠를 보상해 주어야 한다. 수신기 및 발생기 입/출력에 정밀한 감쇠기가 권장된다.

#### D5. CDN을 통하는 의도된 신호

부록 C2에 따른 EUT와 AE-포트간의 함수적 전달 특성을 검증된다. 적절한 제품 사양을 참조한다.

\* 그림 생략. IEC 801-6 원본 참조.

## 부록 E. 권장되는 상황 시험

시험 될 시스템은 통상 몇 개의 랙(Rack) 또는 케이블 밀집 회로망에 연결된 일련의 랙을 포함한다. 케이블은 랙 위어나 랙 아래 바닥 위에 격자(Grid), 트레이(Tray) 또는 접지망(Ground Mesh)을 사용하여 설치된다.

설치 규모가 큰 경우, 내성 시험은 특정 유니트의 특정 케이블에만 적용될 수 있다.

이러한 상황에서 CDN의 삽입은 가능하지 않으므로 다른 결합/반결합 기기(부록 F)가 필요하다.

결합/반결합 장치는 적절한 방향으로 시험되는 부 유니트와 가능한한 근접시켜 선정된 케이블 위에 위치시킨다. 결합/반결합 장치를 가능하다면 랙이나 케이블 트레이스에 가장 짧은 경로를 통하여 접지시킨다. 실제 설치 상태의 시험에서 결합/반결합 장치의 후면 케이블에 대한 특별한 측정은 없다.



부록 F. CDN이 사용될수 없는 곳 경우의 권고안

비록 부절 7.3의 간소화를 따르더라도 CDN이 케이블에 삽입될 수 없는 경우, 표 F1의 결합/반결합 기법중의 하나를 사용할 수 있다.

표 F1. 결합/반결합 장치의 적용 범위

Coupling/ decoupling devices	Frequency rang. of application				
	150 kHz	1.5 MHz	30 MHz	150 MHz	230 MHz
Parallel injection	*****	*****	*****	*****	*****
Current inj	.....	.....	.....	.....	.....
EM-clamp	.....	.....	*****	*****	*****
Cable split	*****	*****	*****	*****	*****

\*\*\*\* : 일반적인 적용.

.... : 측정 결과의 재현성을 해치지 않고  $Z_{ce} = 150 \Omega$ 이 형성될 때에만 적용.

F1. 병렬 주입(Parallel Injection)

병렬 주입 또는 전압/전류 감시는 차폐 케이블에서만 이용될 수 있다. 이 예는 그림 F1에 주어져 있다. 부절 6.2의 공통모드 임피던스 요구 조건이 충족될 때(케이블 상에 적당한 페라이트 코어를 사용하여), 부록 C에 주어진 이 기법이 CDN의 라인에 사용될 수 있다. DTS 설정과  $Z_{ce}$ 의 검증은 부절 6.4에서와 같이 이루어진다. 여기서 EUT를 분리하고 주입 지점과 검증 지점의 케이블 길이는 가능한 한 가깝게 한다.

만약  $Z_{ce}$ 의 임피던스 요구사항이 만족되지 않는다면, 그림 F1의 적절한 프로브를 사용하여 적용된 전류( $I_{max}$ )와 전압( $V_{max}$ )이 감시되며, 표 F2의 값을 초과하지 말아야 한다. CDN을 사용한 내성 시험과 전압/전류 감시간의 이론적 차이는  $\pm 3$  dB이다.

## F2. 직렬 주입(Series Injection)

직렬 주입은 EUT 간의 상호 연결이 기능적 동작 조건을 위해 4 쌍 이상의 비차폐 와이어를 필요로 하는 경우에 사용된다.

전류 주입 프로브나 EM-클램프를 사용할 경우, 다음이 고려된다.

- 전도 RF 방해에 대한 내성 시험은 150  $\Omega$ 의 소스 임피던스를 가정한다. AE(여기서는 CDN의 일부가 된다.)는 접지 기준면 위 10 cm 높이의 절연 지지물 위에 위치시킨다. 임피던스는 CDN 801-M3 를 사용하여 접지 기준면에 대한 AE 의 신호 기준점 사이에 연결된다. 안전 등급 1의 보조 장치의 경우에는 AE의 전원 공급원에 CDN 801-M3 을 사용하여 이를 실시한다. CDN의 일부가 된 케이블은 150  $\Omega$  임피던스를 유지하기 위하여 접지 기준면 위 3 - 5 cm 높이로 유지한다. 그림 F2a 를 참조한다.
- 전류 주입 프로브가 지향성이 없기 때문에, AE도 EUT와 동일하게 스트레스를 가한다.

EM-클램프는 다른 전류 주입 기기와 같이 10 MHz까지의 저 주파수 범위에서는 EUT-포트와 AE-포트 사이에 무시할 수 없는 결합이 존재한다. 그러므로 위에서 언급한 측정이 재현성을 향상시킬 수 있도록 취해진다. 통상적인 전류 주입 장치와는 달리, 26 MHz 이상에서 EM-클램프는 10 dB 이상의 지향성을 갖는다. 이것은  $k_a$  가 - 10 dB 이하이고 AE 신호 기준면과 접지 기준면 사이에 요구되는 전용 임피던스가 없다는 것을 의미한다. 그러므로 EM-클램프 (그림 F3)는 이러한 주파수 이상에서 선호된다.

## F2.1 교정 및 시험

DTS에서부터 전류 프로브로 적용된 전압은 단락 루프를 적용, 150  $\Omega$ 으로 부하가 걸린 전류 주입 프로브를 통하여 교정된다. 전류는 150  $\Omega$  부하 저항 양단에 그 루프로 유기된 전압은 결합 계수(k)로 사용된다(그림 F2b 참조).

이 직렬 주입 방법이 적용되었을 경우, 케이블 상에 유도되는 전압 레벨은  $Z_{ce}$ 의 임피던스 요구 조건을 만족한다는 가정하에서 5절의 표 1, 2에서 규정된 제한값을 초과하지 않아야 한다.

## F3. 케이블 분리

만약 EUT와 AE 사이의 인터페이스가 4페어나 8개 이상의 선이 필요하거나 상기 주어진 방법이 적절하지 않을 경우, 그림 F4의 분리된 케이블을 사용한다.

EUT와 AE 사이의 비차폐 인터페이스 케이블은 4페어선이나 8선으로 분리하고, 나머지는 함께 그냥 남겨 놓는다. 4페어선이나 8선은 적당한 CDN을 통해서 공급받고, 나머지 선이나 페어선들은 RF-블록으로 제공받는다. RF-블록은 이러한 선에 페라이트 코어를 사용함으로써 얻을 수 있고, 이것은 AE로 가는 이러한 선들 상에 흐르는 방해 신호를 방지한다.

주 1: 이러한 종류의 결합/반결합은 인터페이스 케이블의 주입/비주입 선들 간에 방해 신호를 유도할 수 있다.

주 2: 만약 이러한 분리가 의도하는 신호의 주파수 때문에 비차폐 케이블에 허용되지 않을 경우, 가장 방출 조건의 실패를 가져오기 쉽다.

주 3: 부록 C 에 따른 CDN을 사용하였을 경우, AE의 배치에 관한 다른 요구 조건은 없다.

표 F2. 150kHz - 230 MHz 주파수 범위에서의 강도 레벨

주파수 범위	150 khz - 26 Mhz		26 MHz - 230 MHz	
레벨	조 정 전압 / 전류 U <sub>max</sub> [V] I <sub>max</sub> [mA]		조 정 전압 / 전류 U <sub>max</sub> [V] I <sub>max</sub> [mA]	
1	0.7	4.7	0.7	4.7
2	2.1	14.0	2.1	14.0
3	7.1	47.0	7.1	47.0
X	X		X	

주: "X"는 개방 레벨이다. 이 레벨은 협정하기 나름이며, 전용 장비 사양에서 규정된다.

TEM CELL(14 kHz - 200 MHz)를 이용한 차량부품의  
전자파 감수성 측정

SAE J1448 JAN84

SAE 기술 보고서

가. 목적

이 보고서는 주파수 범위 14 kHz - 200 MHz에서 TEM Cell을 이용하여 장비, 부속시스템과 시스템(최장길이가 15 cm 보다 작은)의 전기장 감수성의 판정을 하기 위한 요구조건을 포함한다.

이 보고서는 전자 장비의 전자기(EM) 복사 감수성을 평가하기 위해 TEM Cell을 이용하는, 계통적인 접근의 윤곽을 제공한다. 보고서의 목적은 TEM Cell을 이용하여 재현성과 그 측정 결과치가 개선되도록, EM 감수성 측정을 수행하는데 있어서의 지침을 제공하는데 있다. 보고서는 시험장치 구성, 감수성 측정을 하는데 사용되는 각 단계별 과정 설명, 그리고 TEM Cell을 사용함으로써 수반되는 적용범위 및 한계와 관련되는 적절한 정보 논의등을 기술한다.

나. 측정 원리

Transverse Electromagnetic(TEM) Transmission Cell은 본질적으로 자유공간 임피던스의 진행파(Traveling Wave)에서 균일한 전자기장의 영역을 구현하는, 동축 케이블의 직육면체 접속기구이다.

피시험체(EUT)는 이러한 전자파 발생원에 노출되지만, 전기장 성분만 모니터링할 수 있다. 또한 이러한 기술은 시험대상 외의 장비가 고주파 전자장 발생원의 방해를 받지않도록 하며, 피시험체는 전자기적 차폐실 안에 완전히

격납된다. 예를들어 EUT 감수성의 주파수, 전자파 간섭이 어떻게 EUT에 결합되는지, 그리고 EUT의 감수성 감소를 위한 노력으로 나타나는 상대적 인내성의 개선(즉, A - B 측정)등을 결정하는 진단 시험에 이용하는 것이 이 기술의 기본적인 의도이다. 예를들어, 시험 장에 편파 정합되어 노출되어야 하는 기다란 전선다발을 포함한 EUT와 같이 시험 장 절대치 레벨에 대한 EUT의 감수성을 판정하는데는 사용되지 않는다.

#### 다. 기구

시험 기구는 다음을 포함한다.

(1) 신호원: 사용될 시험계획에 지정된 감수성 레벨까지 높일수 있고 변조, 무변조의 100 W 이상의 전력을 공급할 수 있는 상업적으로 유용되는 신호원, 전력 증폭기, 그리고 일반용 증폭기이며, 다음의 조건을 만족하여야 한다.

주파수 정확도는  $\pm 2\%$  이내 이어야 하고, 고조파와 스퓨리어스 출력은 기본파에 비해 - 30 dB 이상이 되어서는 않된다.

(2) 고주파 전압계: 주파수범위 14 kHz - 200 MHz의 범위에 걸쳐서 100 V를 측정할수 있는 상용 고주파 전압계.

(3) 종단기: 100W, 50 $\Omega$ 부하.

(4) 주파수 계수기: 200MHz 이상을 측정할수 있는 성능의 주파수 계수기.

(5) TEM 송신 Cell: 그림 1-13과 14에 나타낸 TEM Cell, 전형적인 치수는 표 1-13에 나타낸다. 14 kHz - 200 MHz 주파수 범위에서 사용되도록 제안된 Cell의 치수는 표에서 밑줄이 쳐져있다.

(6) 저역 통과 필터: 200 MHz 차단주파수, 300 MHz 초과 주파수에서 신호강하 60 dB.

- (7) 신호 채취기 또는 모니터 Tee: 주파수와 고주파 전압 모니터 장비.
- (8) 모니터: 시료의 동작을 모니터할때 필요한 시험장비.
- (9) 양방향성 결합기 (Dual Directional Coupler): 10에서 200 MHz까지에서 - 30 dB 또는 그 이상의 결합비(Coupling Ratio).
- (10) 센서가 포함된 고주파 전력계: 10 - 200 MHz 까지의 주파수에서 100 mW 이상의 고주파 전력 레벨을 측정할 수 있을것.
- (11) 2채널 XY 기록기.

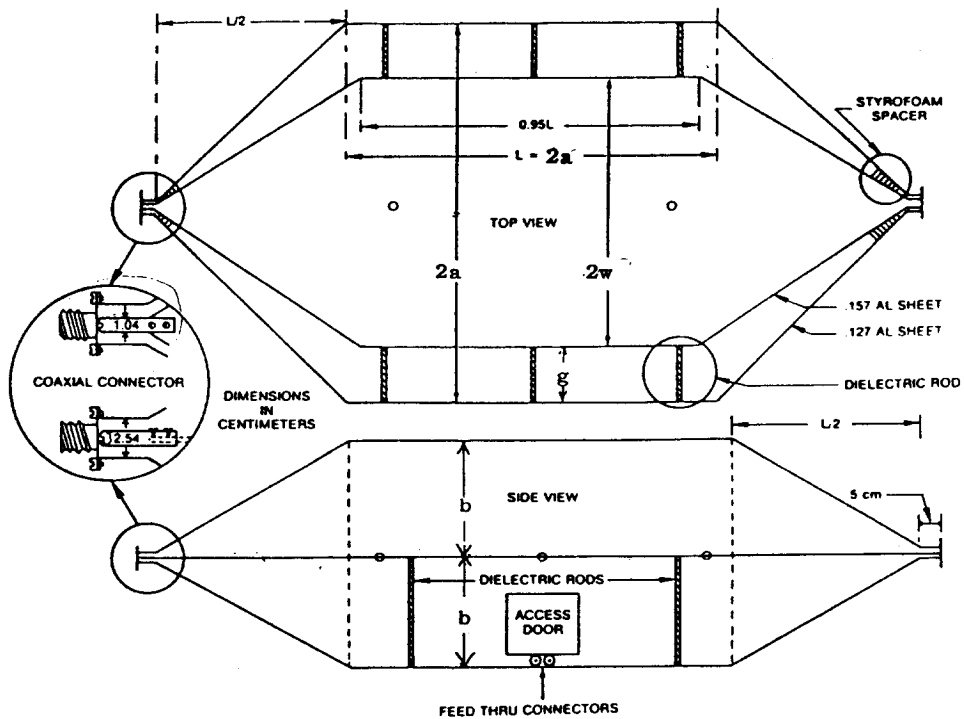


그림 1-13. Rectangular TEM cell의 설계

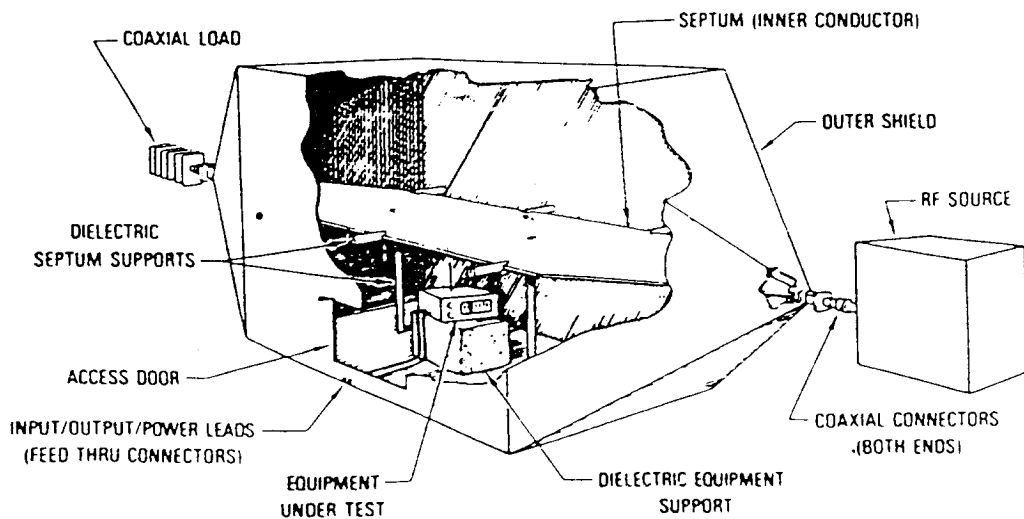


그림 1-14. EM 내성 시험에 사용되는 TEM cell의 단면도



## 라. 시험 구성

TEM Cell을 사용한 감수성 측정 시스템의 블록도를 그림 1-15A와 15B에 나타낸다. 그림 1-15A는 10 MHz 하단의 주파수에서 사용되며, 그림 1-15B는 10 MHz 상단의 주파수에서 사용된다. 두 시스템은 모두 소인 주파수 시험으로 구성된다. 그러나 두 시스템 모두 XY 기록기나 소인 발생기를 사용하지 않고 개별주파수에 대해서도 사용될 수 있다.

고출력 발생기는 일반적으로 주파수 가변 발생기와 고출력 선형 증폭기로 구성된다. 최근의 선형증폭기는 Cell 시스템이 임피던스 부정합되는 사태를 방지하기 위해 보호회로를 내장한다.

저역 통과 여파기는 Cell로 주입되는 불요 고차 주파수 요소(2차, 3차, 기타 고조파들)를 제거한다. 만일 고조파나 스퓨리어스 주파수가 Cell의 다중 모드(Multimode) 또는 공진주파수 한계보다 높을때, 이는 특히 중요시된다.

주파수 계수기는 오동작이 발생하는 정확한 주파수를 알아내는데 사용된다. 만일 EUT 감수성이 매우 날카로운 주파수 응답을 나타내는 High Q - 공진으로 특성화되곤 하기 때문에 신호발생기 주파수의 교정이 충분히 정확하지 않을 때, 이는 특히 중요시된다.

양방향성 결합기와 전력계는 Cell의 입력에서 나타나는 입사전력과 반사전력을 측정하는데 사용된다. 시험 모니터는 EUT의 모습을 보여주며, EUT의 오동작을 판정하는데 사용된다. 50Ω 고전력 부하는 시스템을 종단하는데 사용한다.

그림 1-15A와 15B의 주된 차이점은 방향 결합기와 전력계의 자리에 고주파 전압계와 모니터 Tee가 사용되는 점이다. 10 MHz 하단의 주파수에서, Cell은 전기적으로 단락(파장보다 매우 짧으므로)이며, EUT의 위치가 Cell의 중앙에 있다고 간주하고 정밀 전압계 측정을 실시한다.

자동화된 상호 감수성 측정은 그림 1-16에서 나타낸 컴퓨터 제어 시스템을 사용하여 수행된다. 이 시스템은 EUT 주변의 시험 장(Test Field) 레벨과 EUT의 성능을 감시하는 동안, 선택된 주파수에서 Cell 내부의 시험 장 레벨을 점차 증가 시키는 컴퓨터의 제어 하에 시험 동작을 시킨다. 만약 미리 하여져 프로그램된 대로 결정된 성능저하가 발생하면, 컴퓨터는 EUT에 손상을 가하지 않도록 시험 장 레벨을 제한한다. 컴퓨터는 또한 소프트웨어 지시와 형식에 따라 감수성 정보를 프린트 출력한다.

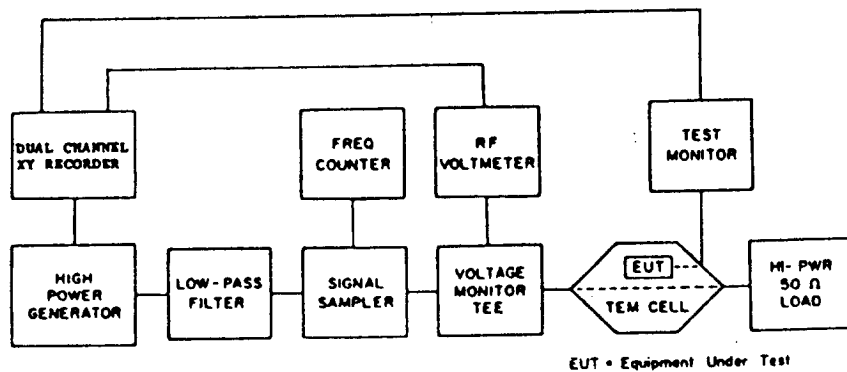


그림 1-15A. 장비 (통상 10MHz 이하에서 사용되는)의  
내성시험을 위한 시스템 구성도

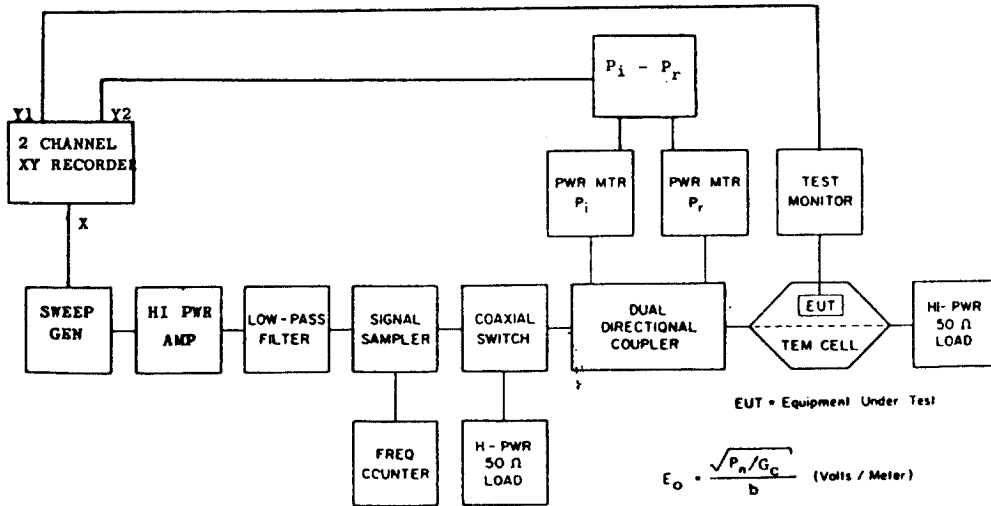


그림 1-15B. 장비 (10 - 200MHz)의 내성시험을 위한 시스템 구성도

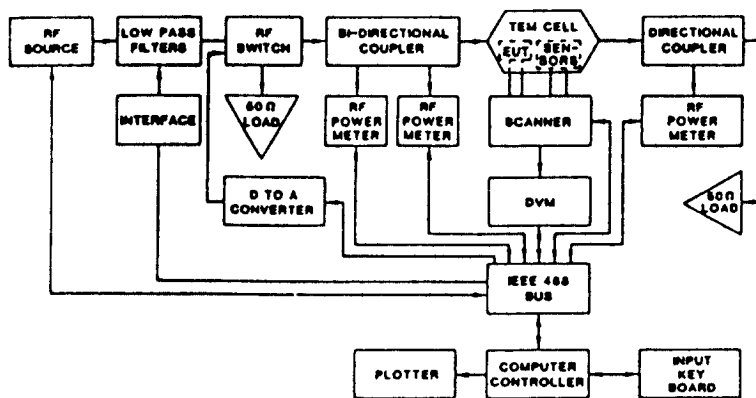


그림 1-16. 자동 TEM Cell 감수성 측정 시스템의 구성도

표 1-13. TEM Cell 치수

Cell No.	Recommended Upper Frequency (MHz)	Cell Form Factor a/b	Plate Seperation b (cm)	Center Septum W (cm)	TE01 Cutoff/Multimode Frequency	
					Propagation MHz	Resonance MHz
1	46	1.0	150	124.5	29	54
2	70	1.0	100	83	43	81
3	85	1.5	60	68	66	101
4	120	1.0	60	50	72	135
5	130	1.5	40	45.6	100	150
6	160	1.67	30	36.0	128	187
7	170	1.5	30	34.2	134	200
8	230	1.0	30	24.9	143	268
9	260	1.5	20	22.8	204	300
10	320	1.67	15	18.0	256	374
11	350	1.50	14	16.0	272	410
12	460	1.0	15	12.5	287	538

## 마. 측정 절차

TEM Cell을 사용한 장비의 EM 복사 감수성을 평가하기 위한 계통적인 접근으로서 제안된 측정절차는 다음과 같다.

(1) 1단계: EUT를 Cell안에 위치킨다. 일반적으로 EUT는 Cell의 중앙 하단 반쪽 공간에 두 위치중 한곳에 위치한다. EUT가 놓여질 첫번째 위치 (위치 A)는 Cell의 바닥위(그림 1-17)이지만, 바닥과 절연 되어야 한다(EUT케이스를 Cell에 접지시켜야 하는 경우는 제외). 이 위치는 2단계에서 설명되어질 EUT의 입/출력선과 시험 장에 대한 모니터선의 노출을 최소화하여, 전자장 - EUT간의 결합을 평가하는데 사용된다.

EUT가 Cell의 바닥에 가까울 경우, 시험 장은 시험 영역 중앙(Septum과 바닥의 중간)에서의 장에 비해 상대적으로 낮다. 여기서 시험 영역은 Cell의 형상계수(Form Factor: 폭과 높이의 비율)에 따라 5에서 15 % 정도가 된다. 예를들어 a/b가 1.0 일때 보정인자는 0.85, a/b가 1.67일때는 보정인자가 0.95가 된다. 두 번째 위치(위치 B, 그림 1-17)은 Septum과 바닥 사이의 중간이다. EUT는 가능한한 유전상수가 낮은 유전체로 지지된다.

예를 들면, 전기적으로거의 무시되고 양호한 지지 재료이며, 유전 상수가 근사적으로 1.04-1.08인 플라스틱 폼(Plastic Foam)과 같은 것이 있다.

이 위치는 EUT에 포함된 선의 노출이 증가하며, 따라서 두위치에서 EUT로부터 얻어진 측정 결과를 비교 하였을때, 어떤 에너지가 EUT에 결합되는지 (즉 전자장-EUT도선간 결합의 현상)의 현상을 나타내어 준다.

EUT를 양위치 A 또는 B에 위치 시킨 후, Cell의 TEM 장에 관련해 요구되는 EUT의 방위를 잡는다. 보통, 처음 방위는 평평하고, 똑바로 세우며, 정상 동작 위치로 잡는다.

(2) 2단계: 동작 상태와 성능을 감시할수 있도록 요구된대로, EUT를 접속한다. EUT 입/출력선은 예상 용도와 거의 같도록 한다. 도선은 가능한 한 실

제와 같은 길이로 하고, 동등 동작 임피던스로 종단하여, 동작시 구성과 같은 상태의 EUT를 모의 시험한다. 최선의 의미있고 재현가능한 결과를 위해, Cell 내부에 모니터선이 포함된 도선들(고주파장이 투과하지 못하는 경우)이 지나는 길은 주의를 기울여야 한다(즉 장(Field) 교란/상호작용 등을 최소화 하도록 도선들을 노출 시킨다.). 시험 장에 대한 도선의 노출을 최소화하기 위해, EUT는 되도록 Cell의 바닥에 가깝도록 하고, 그림 1-18과 같이 적절한 고정물<sup>1</sup>로 바닥을 따라 길을 잡아 칸막이 판넬과 AC 리셉터클로 연결한다.

5 cm 폭의 도전성 테이프로 바닥에 붙이거나 편조선으로 도선을 둘러 싸서 도선을 차폐 시킨다. 도선은 분리된 상태를 유지하고, 입/출력, 모니터, 그리고 전원선을 함께 묶으면 안된다.

만약 분리된 상태로 유지할수 없을 경우에는 도선을 끈다. 편조선을 사용할 경우, Cell바닥에 편조선이 전기적으로 접촉되는지를 확인하여야 한다.

그러나, EUT와 Cell이 동일 접지되어야 하는 경우를 제외하고는 EUT의 케이스에 편조차폐나 테이프가 접촉되지 않도록 주의하여야 한다. 둘을 같이 접지했을 경우, 감수성 측정에 현저한 영향을 끼칠 수 있다.

EUT 입/출력과 모니터선은 EUT를 접속하고 동작시키기위한 관통 필터 콘넥터에 연결한다.

입출력선은 차폐 기밀성(Shielding Integrity)를 감소시키는 모니터선 또한 측정요구조건에 적합하도록 격판(Bulkhead)에 관통하여 접속되어야 한다. 시험 장에 노출된 EUT의 성능을 감지하고 원격 출력하는데 사용되는 이들 도선은 시험환경과의 교란이나 상호작용을 방지하는 카본이 함량된 고저항선이나 광섬유(Fiber Optic Line)와 같이 특히 “무시 (Invisible)” 되어야 한다. DC신호나 1 kHz보다 아래의 주파수 성분을 가진 신호는 고저항선을 통해 감시된다. 고주파 신호는 광섬유를 통해 감시된다.

한 주파수 또는 감수성 시험 주파수에서 충분히 떨어진 주파수에서의 감시 신호(Monitored Signal)의 경우, 격판에서 도선(Hard Wire)에 적절한 여파(고역 통과, 저역 통과, 대역 통과, 등)가 수반되어야 한다. 그러나 그러한 도선들도 시험 장에 교란을 야기시킬 수 있으므로, 그 설치 위치는 다음에 언급되는 바와같이 신중히 결정되어야 한다. 분리 되어지고, 차폐된 여파기 격납실은 그림 1-17과 18에 나타난 바와같이 Cell의 외부에 설치된다. 신호의 주파수와 진폭 응답특성을 보장하는 여파기를 선택하는데 신중을 기하여야 한다.

(3) 3단계: 그림 1-15A 또는 15B, 또는 그림 1-16에 나타난 측정 시스템을 연결한다.

(4) 4단계: Cell의 고주파 입력원의 전원을 끄고 EUT를 원하는 동작 모드에서 전원을 켜 상태로 EUT 감시 응답을 기록하고 시험 장 측정계측기를 초기(Zero)화 한다.

(5) 5단계: 처음의 시험 주파수 변조율, 시험 파형, 기타 등을 선택하고, Cell의 고주파 발생 장치의 전원을 켜다. 그리고 (a) EUT 응답모니터가 감수성을 나타냈을 경우나 (b) 필요한 시험 레벨의 최대치가 얻어졌을 경우까지 Cell 내부의 전계강도를 상승 시킨다.

주 : 시험 레벨을 지나치게 빨리 증가시키지 말것. EUT가 반응할수 있도록, 각 시험주파수에서 충분한 시간이 소비되어야 한다. 또한 사용 장(Field)의 변화율은 감시되는 EUT의 특별한 기능의 응답 시간에 관련해서 규정 되어야 한다. 모니터의 응답을 기록한다. 만약 그림 1-15A의 블록도 대로 사용되었을 경우, Cell 내부의 E-Field 강도,  $E_v$ 는 다음식에 의해 결정된다.

$$E_v = \frac{V_{rf}}{b} \quad (\text{volts/meter}) \quad (1.1)$$

여기서,  $V_{rf}$ 는 볼트단위의 Cell 입력전압이며,  $b$ 는 바닥과 Septum 사이의 미터 단위 간격이다. 만약 시험주파수가 충분히 높다면 파장  $\lambda$ 는 Cell의 길이보다 꽤 크므로 ( $\lambda \leq 10L$ ), 그림 1-15.에 나타낸 시스템이 사용된다.

$$E_v = \frac{\sqrt{P_n/G_c}}{b}, \text{ 또는 } E_v' = \frac{\sqrt{P_n/G_c'}}{b} \quad (1.2)$$

여기서,  $G_c$  와  $G_c'$  는 각각 Cell내부에 EUT<sup>2</sup>를 삽입 했을 때 또는 삽입했을 때의 Cell 중앙을 기준으로 한 Cell의 특성 어드미턴스이다.  $P_n$ 은 다음식을 이용하여 교정된 양방향성 결합기의 한쪽 단자에서 얻어진 전력계 표시치로부터 결정된다.

$$P_n = CR_f \cdot P_i - CR_R - P_r \quad (1.3)$$

여기서,  $CR_f$ 와  $CR_R$ 은 양방향성 결합기의 순방향과 역방향의 결합 비율이며,  $P_i$ 와  $P_r$ 은 입사와 반사된 결합기 한쪽단의 전압계 표시치를 나타낸다.

(6) 6단계: 다음에 시험될 주파수, 변조율(Modulation Rate), 또는 시험 파형 등을 선택하고, 모든 주파수, 변조 레벨과 변조율, 시험 계획에 따라 요구되는 파형등이 완결 될 때까지 상기 5단계의 절차를 반복한다.

주: 특정 시험 레벨을 선택하고, EUT의 응답을 감시하면서 관심있는 주파수 범위를 소인한다. 만약 이러한 과정을 이용한다면, 다음의 예방책들이 수행되어야 한다 :

(a) 소인율(Sweep Rate)은 EUT가 응답 할 수 있도록, 충분히 느려야



한다(EUT 회로, 도선, 또는 케이스내의 기구물 등에서의 공진 때문에 감수성이 빈번히 나타난다는 것을 명심해야 한다);

(b) 선택된 시험 레벨은 너무 높거나, EUT에 손상이 발생되지 않도록 한다.

(7) 7단계: 실제 사용시에 EUT 입/출력과 교류 전력선들이 간섭장에 노출되는 경우에, 이들 도선들은 Cell의 바닥으로부터 위로 올려져야 하며, 허용되는 한 편파를 일치시켜 주어야 한다. 유전체 지지물을 사용해 도선들을 물려 놓아 EUT의 출입시에도 이들이 같은 위치(노출된)에 있을 수 있도록 주의를 기울여야 한다.

EUT의 놓여진 위치, 방향과 입출력 교류 전력선들이 놓여진 위치, 방향은 모두 EUT의 감수성 특성을 재평가할때 재현성(Repeatability)를 확보하기 위해, 주의 깊게 기록되어야 한다. EUT 감수성은 명확히 어떻게 장해파가 EUT에 결합되는지(예를 들어 EUT의 장해 편차 특성에 대한 노출의 각도 양상 등.)에 대한 함수이기 때문에 시험 환경(예를 들어, 차폐실, TEM Cell, 전자파 무반사실 등.)은 별 문제가 되지 않는다. 시험 장(Test Field)에 EUT의 도선들을 노출시켜, 4단계에서 6단계 까지를 반복한다.

(8) 8단계: EUT를 위치 1(평탄한, 정상 동작위치)에서 한쪽면이나 끝으로 세워 놓는다. EUT의 세 직교 방위 모두가 Cell안에서 시험되어야 한다. EUT의 각 평면을 노출 시키고, Cell의 TEM장에 편파를 정합 시켜주어야 한다. EUT의 방위를 변경한 후, 2, 4, 5, 6, 단계와 7단계를 반복한다.

주: 만약 소형 교정 전장/자장 프루브 등에 의해 감시되는 EUT가 장에 가까울 때는, 측정 데이터는 주의 깊게 해석 되어야 한다.

이는 그러한 측정이 EUT와 부속된 도선들로부터 산란장(Scattered Field)의 근방계에서 이루어지지 때문이다. 이러한 장은 Cell의 내부에 형성된 시험장(TEM Field)보다 더 강할 수 있다. 가능하다면, 장 감시 프로브는 반대(EUT가 위치한)의 반쪽 공간 내의 대칭 위치에 설치하는 것이 좋다. EUT의 임계(Critical) 주파수(국부발진 주파수, 중간 주파수, 기타등)에 특히 강조하여, 시험 계획에 명시

된대로 관심 있는 전 주파수 범위를 검사한다 (단, Cell의 주파수 상한은 넘지 않도록 한다). 감수성 시험을 수행한 경험은, 어떤 EUT에서는 높은 Q의 공진이 일어날수 있다는 것을 가르쳐 준다. 따라서, 개별 주파수 시험은 EUT응답을 완벽히 특성화 하는데는 적절하지 않다. 이 측정절차에서 개략된 전시험이 필수적인 것은 아니며, 수행해야 될 시험 계획에 의해 필요한 측정만 실시하게 된다.

예를들어, 만약 측정 프로그램의 대상이 EUT의 취약성(감수성)을 감소시킨다면, 하나의 입/출력 선배열을 가진 하나의 EUT 방위가, 감수성 시험 장 파형 및 증폭도를 미리 선택하기 위한 하나의 특정 동작 모드에서 시험되어질 수 있다. 그 다음, 만약 EUT의 위치에 대해 정당한 시험이 실시되었다면, 이들의 도선들을 조심스럽게 포개어(Duplicate), 반복 측정이 수행될 수 있다. 이들 측정으로 향상 정도를 결정하기 위한 비교를 할 수 있다.

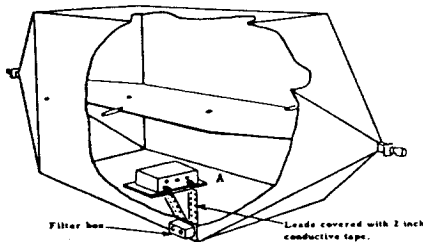


그림 1-17. Cell내의 EUT 위치

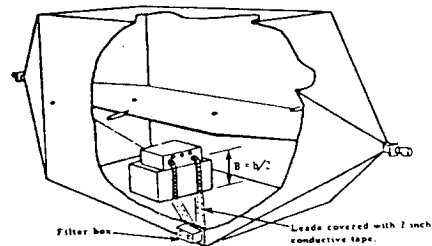


그림 1-18. TEM 장에 도선을 최소로 노출시키기 위한 Cell내의 EUT 위치

## 바. 주의(Notes)

(1) Cell은 기본 TEM 모드로 동작하기 때문에, 진폭 또는 주파수 변조(AM, FM)와 더불어 광대역 CW시험이 가능하다. 또한, Cell은 입력포트에 연결된 적절한 파형 발생기(Wave-Form Generator)를 이용해 시험을 위한 임펄스성 파형을 생성하는데 사용될 수 있으며, 파형에 포함된 주파수는 Cell의 다중 모드 차단 주파수(Multimode Cutoff Frequency)를 넘지 않는다고 가정한다.

(2) 이 과정은 자장에도 EUT를 노출 시키므로, Cell은 자기장 감수성을 결정 하는데 사용하기 위해 교정될 수 있다.

(3) 크기에 관계없이 시료는  $L/3 \times W/3 \times b/3$ 보다 작은 EUT의 크기(이러한 규격은 Cell에 EUT를 삽입할때, 임피던스 과다 부하와 시험 장 교란을 방지하는 최대치로 고려한다.)에 대한 조건에 일치하는 표 1-13에 나타낸 TEM Cell을 사용해 시험될 수 있다. 따라서, 작은 EUT는 작은 Cell내에서 높은 주파수로 시험될 수 있으며, 커다란 EUT는 커다란 Cell에서 낮은 주파수로 시험될 수 있다. 커다란 Cell에서 시험하는 절차는 작은 Cell에서와 같지만, 큰 신호원(보다 높은 전력)과 적당한 고전력 종단(50옴)이 필요하다.

(4) Cell의 실용 상한 주파수는 Cell내부에서 표1.에 나타낸 주파수에서의 다중모드와 공진에 의해 유발되는 시험 신호의 왜곡(Distortion)에 의해 제한된다. 첫번째 몇몇 모드에 대한 주파수  $F_{cmn}$ 은 그림 1-19.에 의해 결정된다. 공진 주파수  $F_{resmn}$ 은 다음 식으로 결정되는 모드에 포함된다.

$$F_{resmn} = \sqrt{F_{cmn}^2 + \left(\frac{C}{29}\right)^2} \quad (\text{MHz}) \quad (1.4)$$

여기서,  $C$ 는 파의 전파 속도 ( $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ )이고,  $l$ 은 Cell의 공진길이이며,  $m$ 과  $n$ 은 특정 도파관 모드에 따른 정수이다.

Cell의 첫번째 공진에서의 공진 길이는 주 몸체 길이보다 단지 약간 길다는 것을 명심해야 한다. 또한

i) 1차 TE모드의 영향은 공진 주파수에 근접할 때 까지 별로 중요치 않다는 것과

ii) Cell Septum(중앙도체)이 대칭의 중심이기 때문에, Cell안에 EUT가 있는 경우를 제외하면, 홀수차 TE모드는 Cell안에서 생성되지 않는다는 것을 명심하는 것이 중요하다.

따라서 권장되는 상한주파수는 첫번째 고차 모드( $TE_{01}$ )의 다중 모드 차단 주파수를 초과 하지만 이 모드들은 공진 주파수 보다는 낮다.

(5) Cell의 실용 상한주파수는 EUT의 적재 영향을 고려하기 위해 표 1-13에 주어진 차단/다중 모드 공진 주파수로부터 (10-20 %)를 뺀다.

(6) Cell 규격의 직선 치수가 1/3를 초과하는 시료는 시험 장을 판정하는데 있어서 정확도를 감소시키는 Cell의 과다 적재를 고려에 가만하고 시험될 수 있다. 이러한 영향은 시료가 판 사이의 영역에서 시험 장을 차단하는 경향 때문이며, 수직 편파 시험 장을 증대시킨다. 그러나 이러한 오류는 미니 어쳐 E-Field 프로브등을 사용해 EUT 상하영역의 장을 측정함으로써 부분적으로 보정될 수 있다.

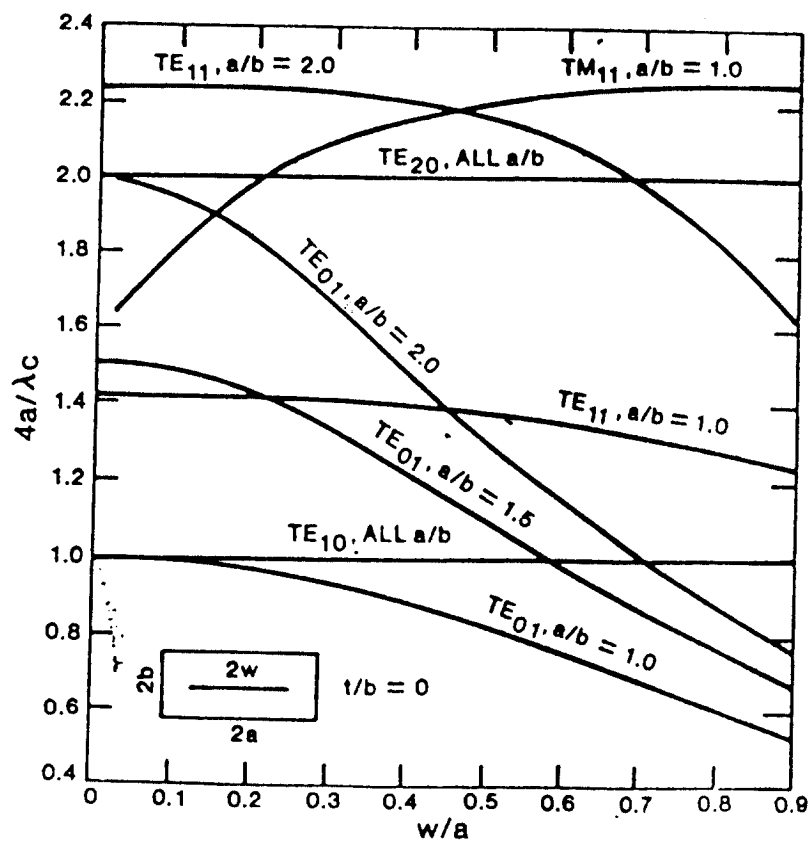


그림 1-19. Rectangular 전송 선로내의 차동 모드에 대한  $w/a$  대 차단 주파수

부록 A - 감수성 시험을 위한 b'와 Ev'의 계산 예  
( EUT의 적재 효과에 대한 시험 장 레벨의 보정)

다음은 EUT를 TEM Cell내부에 적재한 후의, 보정된 유효 이격 거리 b'와 전기장 Ev'의 결정을 위한 계산 예를 나타낸다.

NBS 기술노트 1013의 식(1)로부터, 속이 비어 있는 Cell의 임피던스는 다음과 같이 주어진다.

$$Z_0 \cong \frac{376.7}{4 \left[ \frac{a}{b} - \frac{2}{\pi} \ln \left( \sinh \frac{\pi g}{2b} \right) \right] - \frac{\Delta c}{\epsilon_0}} \quad (A-1)$$

식의 매개 변수 a, b, 및 g는 그림 1에 정의 되어 있다. 예를 들어, 그림 A-1에서 나타낸 Cell의 반대 반쪽 간에 영상(Image)을 가진 EUT를 삽입한 후, Cell의 임피던스는 다음과 같다.

$$Z_0' \cong \frac{376.7}{4 \left[ \frac{a}{b} - \frac{2}{\pi} \ln \left( \sinh \frac{\pi g}{2b'} \right) \right] - \frac{\Delta c}{\epsilon_0}} \quad (A-2)$$

매개변수 b'는 Cell의 중앙 도체(Septum)과 외벽까지의 유효 이격 거리이며, 이 매개변수는 결정되어야 한다.  $Z_0/Z_0'$ 의 비를 취해서  $c/\epsilon_0$ 를 무시한다고 가정하면, 식은 다음과 같다.

$$\frac{Z_0}{Z_0'} = \frac{\frac{a}{b'} - \frac{2}{\pi} \ln\left(\sinh \frac{\pi g}{2b'}\right)}{\frac{a}{b} - \frac{2}{\pi} \ln\left(\sinh \frac{\pi g}{2b}\right)} \quad (A-3)$$

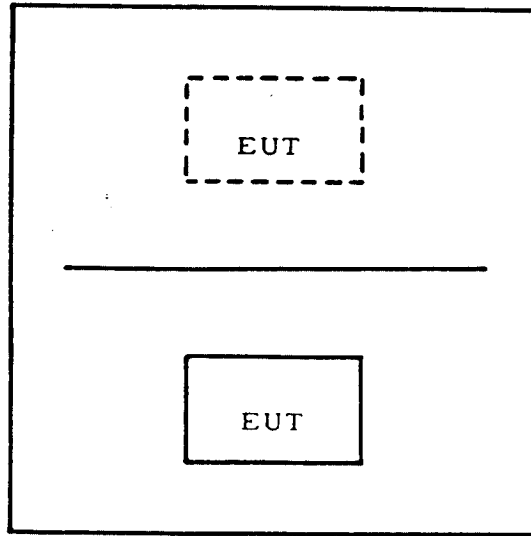


그림 A-1.  $Z_0'$ 인 부하 임피던스 측정시 Cell내부 EUT의 배치와 모양  
(제 2의 동일 EUT)

$b'$ 를 알기 위해, Time Domain Reflectometer(TDR)을 사용하여 빈 Cell, EUT가 적재된 Cell과 그 영상(Image)의 분포 임피던스를 측정한다. 이 예에서는 표 1의 #4 Cell에서 감수성 시험이 이루어 지는 것으로 가정한다.

EUT가 점유하는 Cell의 부분에서 TDR로 측정된 Cell의 임피던스는, 빈 Cell의 경우  $50.5\Omega$ , EUT와 그 영상(Image)이 Cell안에 있는 경우  $48.3\Omega$ 으로 가정한다.

유효 이격 거리  $b'$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다.

이 Cell의 경우,  $a=0.6\text{m}$ ,  $b=0.6\text{ m}$ ,  $g=0.104\text{ m}$ .

$Z_0$ 와  $Z_0'$ 의 측정치에 따라 식(A-3)에 이들 값을 대신하면 다음을 얻는다.

$$\frac{50.5}{48.3} = \frac{\frac{0.6}{b'} - \frac{2}{n} \ln\left(\sinh \frac{0.104\pi}{2b'}\right)}{1 - \frac{2}{n} \ln\left(\sinh \frac{0.104\pi}{2.2}\right)}$$

또는

$$1.902 = \frac{0.6}{b'} - 0.637 \ln\left(\sinh \frac{0.163}{b'}\right) \quad (\text{A-4})$$

식(A-4)은  $b'$ 의 값을 얻기 위해, 수학적으로 풀이될 수 있으며, 이 값은 근사적으로 0.50이 된다.

$Z_0'$ 를 측정할 때, 본체 EUT에 대한 영상(Image)로써, 두번째 등가 EUT를 Cell 내부에 위치 시키는 것이 불편하다면, 다음의 근사식이 사용될 수 있다. Cell내부의 EUT(영상이 아닌)만으로 분포 임피던스를 측정한다.

$$Z_0 = 2\Delta Z_0 \cong Z_0' \quad (\text{A-5})$$

여기서,  $\Delta Z_0 = Z_0 - Z_0''$

또는  $Z_0' \cong 2Z_0'' - Z_0$



대칭적 적재 임피던스 근사치  $Z_0'$ 는 계산되어 보정된 등가 이격 거리  $b'$ 를 얻는 데 사용될 수 있다.

예를 들어 상기  $b'$ 의 샘플 계산에서  $49.4\Omega$ 으로 측정된  $Z_0''$ , 또는  $Z_0$ 의 근사치에서 계산된 값을 식에 대입한다.

$$Z_0' \cong 2(49.4) - 50.5 = 48.3 \Omega$$

만약 EUT가 중심도체와 Cell의 시험 지역 중심에(위치 A(그림 1-17 참조))에 놓여 진다면, 식(1.2)로부터  $E_v'$ 의 값을 얻을 수 있다.

$$E_v' = \frac{\sqrt{P_n/G_c}}{b} \sim E_{x,y} = \frac{\sqrt{48.3 P_n}}{0.6} = 13.9 \sqrt{P_n} \text{ (V/m)} \quad (\text{A-6})$$

여기서,  $1/G_c = Z_0' = 48.3\Omega$ ,  $E_{x,y}$ 는 EUT의 위치에서의 E-Field의 상대적인 크기이다. 이러한 위치에서는 1이 된다. 속이 빈 셀에서  $E_v$ 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$E_v' = \frac{\sqrt{P_n/G_c}}{b} \sim E_{x,y} = \frac{\sqrt{50.5 P_n}}{0.6} = 11.8 \sqrt{P_n} \text{ (V/m)} \quad (\text{A-7})$$

그 비율은

$$\frac{E_v'}{E_v} = 1.18$$

이는 특정 Cell 내부 시험 영역의 중심에 위치한 특정 EUT에 대하여 Cell의 입력 포트에서 측정된 E-Field  $E_v$ 에 대한 1.44dB 보정을 다시 한 번 나타내 준다. 만약 Cell 중간이지만, 바닥에 가깝도록 (위치 B, 그림 1-18 참조) EUT를 위치시켰을 경우, 또 상기 예에서와 같이 Cell 내부에 EUT에 의해 임피던스 부하가 유발 되었을 경우, 보정된 전기장 강도  $E_v'$ 는 다음과 같다.

$$E_v' = 13.9 \sqrt{P_n} (0.853) = 11.86 \sqrt{P_n} (V/m) \quad (A-8)$$

여기서  $E_{x,y}$  는 0.853과 같다.

$E_{x,y}$  의 값은 NBS Technical Note 1013으로부터 얻어진 것이며, 사각형 TEM

Cell내부에서 횡방향의 위치 함수로써 정상 전계의 크기를 나타낸다.

속이 텅 빈 TEM Cell의 B위치에서의 전계의 세기  $E_v$ 는 다음과 같다.

$$E_{x,y} = 11.8 \sqrt{P_n} (0.853) = 10.07 \sqrt{P_n} (V/m) \quad (A-9)$$

이 때,  $E_{x,y}'/E_{x,y}$ 는  $11.86 \sqrt{P_n} / 10.07 \sqrt{P_n} = 1.18$  이다.

EUT의 부하 효과에 대한 보정 인자(Correction Factor)는 양쪽의 시험 위치에 있어서 똑같다.

## 제 2장. 전자파 내성 시험장치(TEM Cell)의 이론적 배경

본 보고서의 제 2장에서는 원방계에서의 “일반용” 안테나 운용에 적용되는 복사 이론과 평행판 복사기와 같은 낮은 주파수에서 원방계나 근방계에 관계없이 사용되는 시스템에 대한 이론적 접근을 제시하며, 특히 2절에서 전송 셀 내부의 TEM 장 생성에 관한 Crawford, M.W.의 “Generation of Standard EM Field Using TEM Transmission Cells”를 요약 분석하였다.

### 1. 복사 전자파 내성 시스템

EMS 시스템은 시험 셀 내부 공간에 전력 증폭기의 출력을 결합시키기 위한 다양한 복사 장치로 규정할 수 있다. 비록 이론적으로, 안테나는 원방계(Far Field)로 해석될 수 있는 장(Field)의 생성 장치로 보지만, 일반적으로 공간에 RF 에너지를 결합시키기 위한 모든 장치를 안테나로 간주한다.

일반적으로, 원방계에서의 성능을 기술하는데 사용하는 기본적인 안테나 관계들은 20 MHz 아래에서는 적용하지 않으며, 약 150 MHz 아래에서도 적용에 어려움이 있다. 그러나 이러한 일반적인 안테나 관계들은 시스템의 성능 분석을 위한 기초를 제공한다.

다음의 논의는 원방계에서의 “일반용” 안테나 운용에 적용되는 복사 이론과 평행판 복사기와 같은 낮은 주파수에서 원방계나 근방계에 관계없이 사용되는 시스템에 대한 이론적 접근을 포함한다.

## 가. 안테나 복사 이론

안테나는 발생원으로 부터 공간으로 전력을 전달하는데 사용되는 수동형 (Passive)장치이다. 이는 안테나가 구의 중심에 위치하고, 구의 표면을 향해 방사상으로 전력의 흐름을 생성하는 것으로 볼 수 있다.

만약, 안테나가 모든 방향에 동등하게 전력을 복사한다면(등방성: Isotropic), 주어진 표면적(A)에서의 전력은

$$P(a) = [P(t) \times A^2] / [4\pi r^2] \quad (2.1)$$

여기서,  $P(a)$  : A영역에서의 전력 (Watt /  $m^2$ )

$P(t)$  : A영역에서의 송신 전력 (Watt)

A : 표면적 ( $m^2$ )

r : 구의 반지름 (m)

만약 안테나가 방향성을 가진다면, 다른 방향에서의 전력 흐름을 희생하고 구방향으로 전력선을 집중함으로써 얻어진 결과일 것이다. 또한, 만약 모든 복사 전력이 입체각( $\Omega$ )에 걸쳐 균일하게 송신 된다면, 그 입체각의 방향에서의 이득은

$$G(\text{num}) = [4\pi] / \Omega \quad (2.2)$$

여기서,  $G(\text{num})$ 은 무차원의 이득이고  $\Omega$ 은 입체복사각[Steradian(sr)]이다.

협 로브(Narrow Lobe)를 가지고 고이득인 안테나의 경우, 양호한 이득의 근사식은

$$G(\text{num}) = 41.253 / [\theta_h \times \theta_v] \quad (2.3)$$

여기서,  $\theta_h$ 와  $\theta_v$ 는 수평과 수직빔폭의 각도(Degree)이다.

그러나, 전력이 절반이되는 지점에서의 각도내에 드는 빔폭을 가진 전형적인 안테나의 경우, 보다 근사한 수치이득의 식은

$$G(\text{num}) = 3 \times 10^4 / [\theta_h \times \theta_v] \quad (2.4)$$

송신파의 원방계에서 임피던스는  $120 \Omega$ 이다. 평방 미터당 와트를 미터당 볼트로 변환하고 안테나 이득을 고려하여 식 (2.1)을 재배열하면

$$P(t) = [E^2 \times D^2] / [30 \times G] \quad (2.5)$$

여기서, E : 전기장 (Volts / Meter)

D : 거리 (Meter)

G : 안테나 수치 이득

조사 영역(Illumination Area)의 크기, 또는 Spot Size는 안테나 패턴과 안테나, DUT간 거리에 의존한다. 일반적으로 Spot Size는 중심으로 부터 가장 자리를 향해 최대 3 dB 변화하는 장에 의해 조사되는 영역으로 정의된다.

Spot Size는 안테나의 3 dB 대역폭과 직접 관련을 맺고 있다. 3 dB 대역폭은 식(2.4)로써, 수치이득과 직접적으로 관련된다. Spot Size, 안테나 빔폭, 그리고 DUT 거리 관계는 간단한 삼각법에 따른다. 따라서, 만약 DUT의 거리의 정의를 하지 않았다고 할지라도, 장 조사를 위한 최적위치에 DUT를

위치 시킬수 있다. 이는 주어진 주파수에서 전력 요구량이 실질적으로 요구되는 조사 영역과 전계 강도에 의존 한다는것을 의미한다. 아주 작은 Spot Size에 대한 정의는 DUT를 향해 인치 이내로 안테나를 이동시키는 것을 정당화할 수 없기 때문에, 이들 관계에는 한계가 있다. 또한 많은 경우에 있어서, 시험 규격은 DUT 거리에 대해 복사기를 규정 할 것이다.

#### 나. 평행판 복사기(Parallel Plate Radiator)

상기의 원방계 또는 근방계와 같은 관계의 제한은 평행판 복사기(Parallel Plate Radiator)나 E-Field 발생기와 같은 장치에는 적용되지 않는다.

이상적인 EMS시스템 에서는, 모든 복사가 원방계(즉, 복사기와 EUT간 거리가  $2D^2/L$ 보다 클때,  $D$ =안테나의 최대 직선 치수,  $L$ =파장) 내에서 동작되어야 하지만, 실제적으로는 시험셀의 크기와 전력 증폭기 출력의 제한 때문에 대부분의 시스템의 경우, 일부 주파수에 대해 실현 불가능하다. 따라서 일반적으로 20 MHz 이하의 주파수에서, 복사 장치는 평행판 복사기의 일부 형태를 가진다.

20에서 150 MHz의 주파수에서는 복사기가 전형적인 안테나이지만, 근방계(Near Field)에서 동작하게 된다. 평행판 복사기의 이론과 설계는 단순하다. 판들에 가해지는 전압에 비례하여 판간 전기장을 생성하는 물리적으로 커다란 용량기(Capacitor)로 볼수 있다. 그 기본 형태 때문에 높은 입력 임피던스를 가지므로, 증폭기 출력에 임피던스 정합을 위해 병렬로 50 Ω 부하를 연결해야 한다.

판들 사이에서 생성되는 장은 이론적으로 판들 사이의 거리에 걸쳐 분포된 가해진 전압과 동등하다. 예를 들어, 소자 사이의 간격이 1 mm이고 가해진 RMS 전압이 100 V라면, 장은 미터당 100볼트가 될 것이다. 대부분의 평행판 장치들은 판들이 보통 평형 부하(Balanced Load)이고, 증폭기는 불평형 부하이기 때문에 내부에 발룬(Balun)을 가지고 있다. 발룬은 또한, 더 큰 장 강도를 공급하기 위한 승압 장치(Step-up Device)가 될 수도 있다. 이론적

정합된  $50\Omega$  종단이 셀의 출력 포트에 연결된다. 셀 내부의 형성되는 장은 NBS에 의해서 설계 제작된 특수한 전자장 프로브를 이용해 모니터 된다. 시험 대상에 의해 셀로부터 흡수된 에너지를 측정하기 위해 NBS에서 고안된 차동 전력 측정 시스템(Differential Power Measuring System)은 셀의 임피던스를 알 수 있다면 전계강도를 알아내는데에도 사용될 수 있다.

경험적으로, 셀을 거쳐 주파수(TEM Mode)로만 전파되는 주파수에서는 상당히 균일한 전기장을 발생 시킬 수 있다. 셀의 주된 제약은 사용 범위를 제한하는 커다란 크기에 있다. NBS에서 개발된 일련의 소형 셀들은 이러한 범위를 500 MHz까지 확장시켰다.

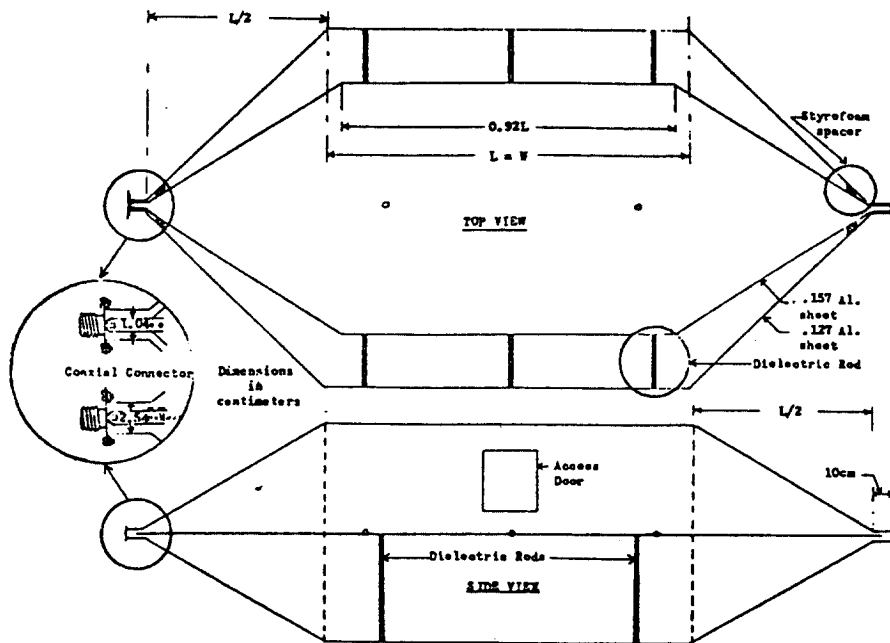


그림 2-1. Rectangular TEM 셀의 설계 예

TEM 셀을 설계하는데 있어서, 주요한 설계상의 고려사항은 다음과 같다.

- 1) 사용가능한 단면적을 최대화 할 것.
- 2) 사용 상한 주파수를 최대화 할 것.
- 3) 임피던스 부정합 또는 전압 정재파를 최소화 할 것.
- 4) 셀의 EM Field Pattern의 균일성을 최대화 할 것.

셀은 실험적인 모델링과 차폐된 스트립 라인의 특성 임피던스 근사식을 사용하여 설계되었다.

$$Z_0 \cong \frac{94.15}{(\epsilon_r)^{1/2} \left[ \frac{w}{b(1 - t/b)} + \frac{C_f'}{0.0885\epsilon_r} \right]} (\Omega) \quad (2.6)$$

여기서,  $\epsilon_r$ 은 도체 사이의 중간물질의 상대 유전상수이고,  $C_f'$ 는 pF/cm 단위의 Fringing Capacitance 이며,  $w$ ,  $b$  및  $t$ 는 그림 2-2에 나타낸 바와 같다.

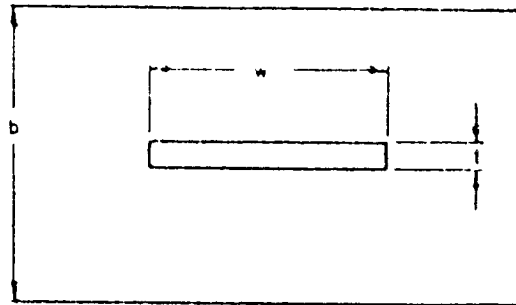


그림 2-2. Shielded 스트립 라인



차폐된 스트립 라인에서 직사각형 동축 라인으로 개조하는 문제에서는 실험적으로 결정되는 값의 하나인  $Cf'$ 의 값이 중요하다. 이 값은 그림 2-3 및 4에서 나타낸 단면 배치에서 셀의 소규모 모델을 평가하기 위한 Time Domain Reflectometer (TDR)을 이용하여 구할 수 있다. 각각의  $Cf'$ 의 값은 근사적으로 0.087 pF, 0.053 pF임이 여러 문헌을 통해 확인되었다.

b의 치수는 설계상 고려사항 1, 3 및 4를 만족하기 위해 피시험 장비(EUT)에 의해 점유될 수 있는 Septum과 외벽 사이의 체적의 1/3이 되도록 하는 설계 조건으로부터 결정된다. 일단 b가 결정되면,  $Cf'$ 의 실험적인 값이 결정되며, 채움 금속 두께가 선정되면, 라인 특성 임피던스를 공칭  $52\Omega$ 으로 가정하여 식 (2.6)으로 w를 계산할 수 있다(여기서,  $52\Omega$ 은 셀 내부에 EUT를 삽입 했을 때의 임피던스 부하 효과를 고려하여 선택된다.).

표 2-1은 특정 상한 주파수에 따른 두가지 셀 형태의 제작 치수를 나타낸다. 그리고 최적의 특성 임피던스가 얻어질 때까지 w를 미세조정(trimming)하여 개선이 이루어 지도록 또다시 TDR이 사용된다.

표 2-1. TEM Cell Dimensions

Cutoff/ Multimode Frequency (MHz)	Square Cell (그림 2-3)				Rectangular Cell (그림 2-4)			
	Plate Separation				Plate Separation			
	b (cm)	w (cm)	t (cm)	$Cf'$ (pF/cm)	b (cm)	w (cm)	t (cm)	$Cf'$ (pF/cm)
100	150	123.83	.157	.087	90	108.15	.157	.053
300	50	41.28	.157	.087	30	36.05	.157	.053
500	30	24.77	.157	.087	18	21.83	.157	.053

그림 2-3의 단면부는 높은 주파수에서 사용되나, 최대 셀 크기가 제한되며 전기장 균일성에 있어서 다소 타협이 필요하다. 그림 2-4의 단면부의 경우, 수직 시험 공간이 제한되는 반면 보다 향상된 전기장 균일성을 성취할 수 있다.

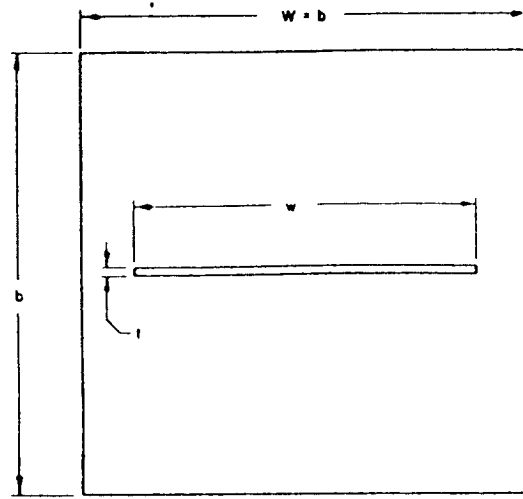


그림 2-3. 최대 시험 영역 및 주파수를 위한  
Rectangular 전송선로의 최적 단면

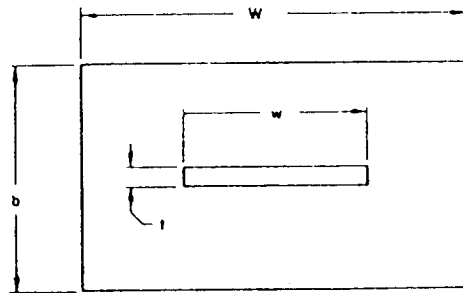


그림 2-4. 개선된 E-Field 균일성을 가진  
Rectangular 전송선로의 단면

그림 2-5에는 그림 2-3의 단면부를 가진 셀의 길이에 따른 분포 임피던스의 전형적인 TDR 곡선을 나타내며, 그림 2-6은 셀의 입출력에서 나타나는 VSWR을 나타낸다.

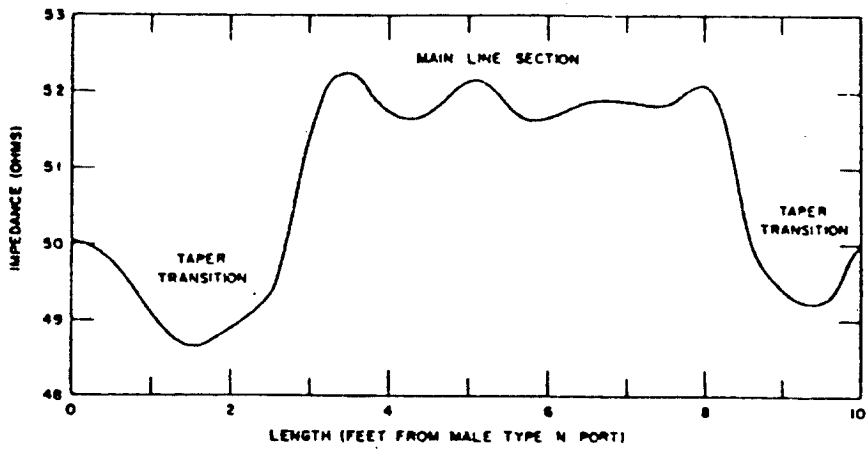


그림 2-5. Empty 셀의 분포 임피던스의 TDR 곡선

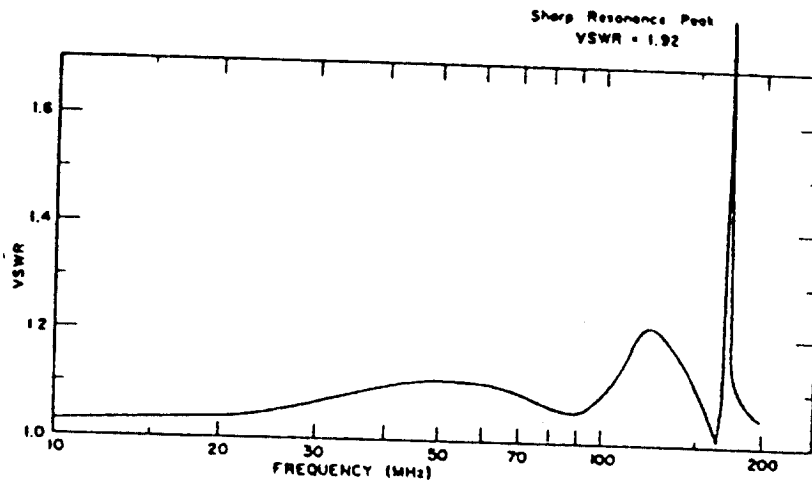


그림 2-6. Empty 셀의 입력 포트 VSWR

#### 다. 셀 내부의 장 맵핑

측정은 EUT가 적재되지 않은 셀 내부의 전기장을 검출하기 위한 소형 다이폴을 사용한다. 위치에 대한 상대 전계강도의 변화는 셀 내부의 길이방향, 진행방향 및 수직방향에서 판정된다. 전기장 E는 셀의 중심 부근의 영역에서는 본질적으로 수직편파 특성을 가지며 측면의 간격(Gap)을 향해 수평으로 이동함에 따라 점차 수평편파 특성이 된다. E의 수직, 수평 양 성분이 (2.7)식에 따른 총 전기장을 구하기 위해 각 지점에서 측정된다.

$$E = (E_v^2 + E_H^2)^{1/2} \quad (2.7)$$

여기서,  $E_v$  및  $E_H$ 는 E의 각 편파 성분을 나타낸다.

각 형태 계수(Form Factor)에 따른 전기장 분포를 그림 2-7 및 8에 나타낸다. 나타낸 시험 영역에서의 전기장은 기본적으로 수직편파 특성 또는  $E_v \gg E_H$  이라고 볼 수 있다. 상대 전기장 분포는 사용 시험장의 크기와 다음의 (2.8)식으로 표현되는 1차 TE Mode( $TE_{10}$ ) 차단 주파수보다 낮은 주파수에 한해서 독립적이다.

$$(f_c)_{10} = c / 2W \quad (2.8)$$

통상, 고차 모드에 대한 차단 주파수를 결정하기 위한 공식은 식 (2.9)와 같다.

$$(f_c)_{m,n} = \frac{c (b^2 m^2 + W^2 n^2)^{1/2}}{2bW} \quad (2.9)$$

식 (2.8), (2.9)에 있어서,  $c$ 는 빛의 전파 속도인  $3.0 \times 10^8$  m/s 이고,  $b$ 와  $W$ 는 그림 2-3 및 4에 나타냈으며,  $m$ 과  $n$ 은 수직 및 진행방향에 대한 장의 반 정현 변화에 관련된 정수이다. 만약 고차 모드가 전파 인가될 경우, 각 기어 모드들의 벡터합인 장의 배치는 더이상 그림 2-7 및 8에 나타낸 간단한 양상을 나타내지 않게된다. 따라서 고차모드는 셀의 측정 결과를 해석하는 것을 매우 어렵게 한다.

EUT를 적재하지 않은 셀의 전계강도 변화는 통상 EUT가 점유하는 전 영역에서 그림 2-3의 단면에서는 2 dB, 그림 2-4의 단면에서는 1 dB 이하이다. EUT의 삽입은 케이스의 금속 재질 때문에 전기장의 일부를 차단하며, 점유 단면적

비율에 비례하여 전계강도가 증가한다. 그림 2-9는 그림 2-3에 나타낸 형태 계수를 가진 셀 내부에 금속 케이스를 삽입하여 얻은 결과의 일례를 나타낸다. 이 케이스는 상판과 Septum 또는 중심 도체 사이 수직 간격의  $1/3$ 을 점유하며, 케이스 상하의 영역에서 각각 3 dB와 6 dB만큼 전계강도가 증가한다. 셀 내부의 주요 단면이 EUT에 의해 점유 될 때, 일정 시험 입력 전력에 대한 전계강도의 증가는 절대 시험 장의 결정시 계산에 취해져야만 한

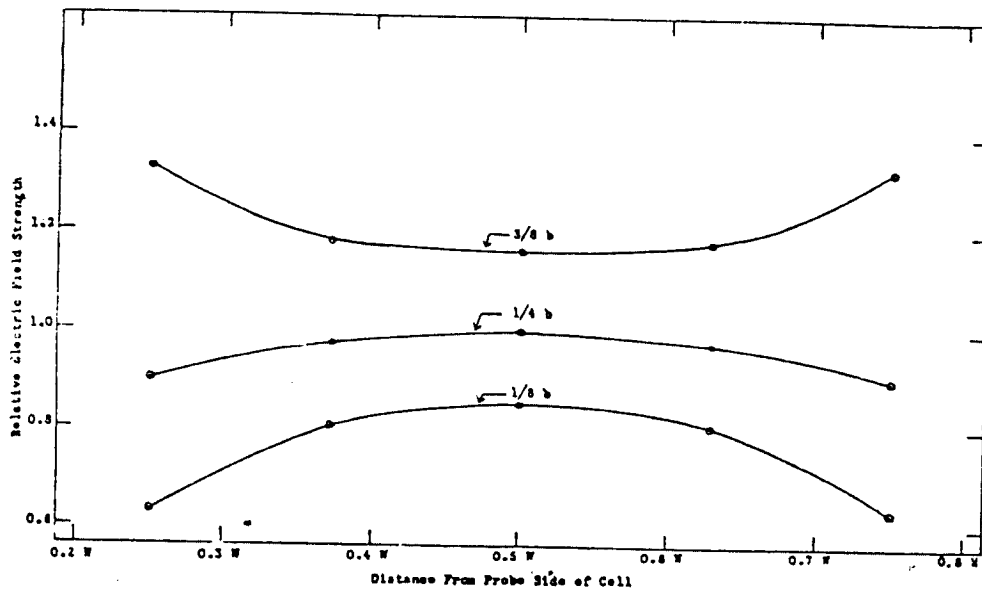


그림 2-7. 셀의 중앙에서의 상반부 단면에 대한 상대 전기장 분포  
(그림 2-3의 형태 계수)

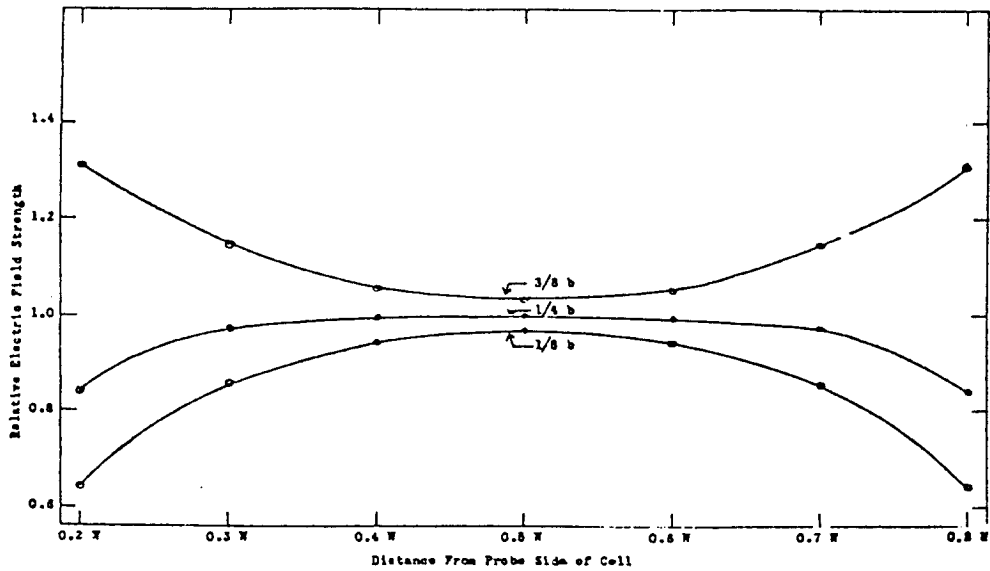


그림 2-8. 셀의 중앙에서의 상반부 단면에 대한 상대 전기장 분포  
(그림 2-4의 형태 계수)

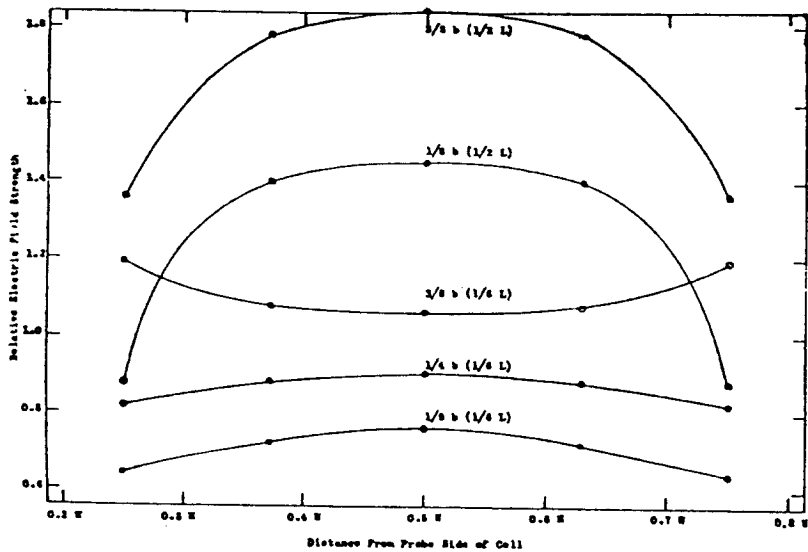


그림 2-9. 상반부 중심에 금속 케이스를 삽입한 셀의 상대 전기장 분포

#### 라. 셀 내부 장의 표준화

셀의 상판과 중심도체 사이의 공간에서 절대 전기장 강도  $E_v$ 는 다음 식 (2.10)에 의해서 결정된다.

$$E_v = (P_n R_c)^{1/2} / d \quad (2.10)$$

여기서,  $P_n$ 은 셀을 통해 흐르는 순수 전력이고,  $R_c$ 는 셀의 복소 특성 임피던스의 실수부이며,  $d$ 는 셀의 상판과 중심도체 또는 Septum간의 분리 거리이다.

#### 마. 장 강도 결정에 있어서의 오차

오차의 원인들을 살펴보면 다음과 같은 것들이 있다. 셀 내부의 절대 장 강도  $E_v$ 의 결정에서 총 우수리 오차  $\Delta E_v$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$\Delta E_v \simeq \left| 1/2(\epsilon_R + \epsilon_P) + \epsilon_d + \epsilon_E \right| \quad (2.11)$$

여기서,  $\epsilon_P = \Delta P_n / P_n$ ,  $\epsilon_R = \Delta R_c / R_c$ ,  $\epsilon_d = \Delta d / d$ 이며,  $\epsilon_E$ 는 셀의 시험 영역에서 장 분포 맵핑에 의해 실험적으로 결정된  $E_v$ 의 불균일성에 기인한 오차이다. 식 (2.11)은  $P_n' = |P_n + \Delta P_n|$ ,  $R_c' = |R_c + \Delta R_c|$  및  $d' = |d + \Delta d|$ 를 식 (2.10)에 대입하고  $\epsilon_E$ (E Field Mapping에 의해 구해짐)를 더함으로써 구해진다. 작은 오차에 기여하는 고차항들은 식 (2.11)에 도달하는 편차에서 빠진다.

$P_n$ 의 결정에 있어서  $\epsilon_P$ 는 결합기(Coupler) 교정, 결합기의 Side Arm상의 RF 전력의 절대 측정 및 셀, 결합기, RF Source와 셀 종단 등 간의 임피던스 부정합에서 나타나는 불확실성에 기인한다. 만약 정밀하게 교정된 결합기와 전력계를 사용하고 셀과 그의 종단이 임피던스 정합(VSWR  $\leq 1.05$ ) 되었을 경우,  $\epsilon_P$ 는  $\pm 5\%$  미만일 것이다.

$R_c$ 의 결정에 있어서의 오차  $\epsilon_R$ 은 TDR의 측정 정확도와 셀 내부 EUT의 임피던스 부하의 함수이다. 만약 EUT가 셀 단면부의 작은 부분( $\leq 1/5$ )을 점유할 경우,  $\epsilon_R$ 은 작으며( $\leq 3\%$ ), 통상  $E_v$ 의 계산에서 무시된다.

크기가 큰 EUT(셀의 단면을  $1/3$ 까지 점유)의 경우, 임피던스 부하 효과는 TDR을 이용해 결정하여  $E_v$  계산을 위한  $R_c$ 의 보정에 사용되어야 한다. 이 경우의  $\epsilon_R$ 은 매우 클 수도 있지만 EUT가 셀의 중앙에 위치한다면 통상  $10\%$  미만이 된다.  $1/3$ 을 초과하는 부하계수는 권장되지 않는다.

$\epsilon_E$ 의 결정은 보다 어렵다고 할 수 있다. 장 맵핑 부분에서 기술항바와 같이 셀 내부의 EUT 적재는 전기장 분포를 교란시킨다. 이러한 부하계수(E를 증가시킴)는 앞에서 언급한 교정된 소형 프로브를 사용하여 결정한다. 만약 EUT의 크기가 계수가  $1/5$  미만이고 EUT의 상호 연결선들이 적절히 배치되고 제한되도록 주의를 기울인다면,  $\epsilon_E$ 는 그림 2-3의 형태계수를 가진 셀에 대해서  $6\%$  미만이 된다. 크기가 큰 EUT는 EUT 주변의 장 분포의 측정을 필요로 하고, 결과적으로 보다 높은  $\epsilon_E$  값이 설정된다.

두가지 형태계수에 따른 오차의 원인을 표 2-2에 종합하였다.



표 2-2. 측정 오차(Measurement Errors)

Source of Error	Percent Uncertainty(%)	
	Form Factor 그림 2-4	Form Factor 그림 2-3
a) Absolute measurement of incident RF power on the side arm of coupler	$\pm 3.0$	$\pm 3.0$
b) Coupler calibration	$\pm 2.0$	$\pm 2.0$
$\epsilon_p$ , total error in determination of RF power passing through cell	$\pm 5.0$	$\pm 5.0$
c) Real part of cell complex impedance $\epsilon_R$	$\pm 3.0$	$\pm 3.0$
d) Cell plate separation $\epsilon_d$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$
e) Nonuniformity of electric field inside cell $\epsilon_E$	$\pm 6.0$	$\pm 20.0$
maximum field strength error	$\pm 11.0$ $\pm 1.0 \text{ dB}$	$\pm 25.0$ $\pm 2.0 \text{ dB}$
$\Delta E_v \simeq \left  \frac{1}{2}(0.03 + 0.05) + 0.01 + 0.06 \right  \times 100$ $(0.20)$		

## 제 3장. 전자파 내성 측정 시스템 구축

본 보고서의 제 3장에서는 전자파 내성 측정 시스템의 종류별 특징을 알아보고 효과적 시스템 구성에 대해 논의한다. 또한 국내 관련 분야 일각에서 논란이 있어온 전계 강도 수신기와 스펙트럼 아날라이저 시스템의 규정 만족 여부를 알아보기 위해 CISPR Pub. 16에 제시된 권고 기준을 검토하고, 대표적 장비들의 특성 비교를 통해 적합 측정 시스템 기준의 참고자료로 제시한다.

### 1. 전자파 내성 측정 시스템의 종류별 특징 및 장단점 비교

#### 가. 개요

NBS에서는 임의의 주파수, 전계 강도, 편파의 고주파 전자장을 발생시키는 데 세가지 방법을 사용한다. 그 시설들과 대략적인 사용 주파수 대역은 다음과 같다.

- (1) TEM Cell: 10 kHz - 150 MHz
- (2) 30 m x 60 m 야외 접지 스크린(Open-Site Ground Screen): 25 MHz - 1000 MHz
- (3) 5 m x 6.7 m x 8.5 m 전자파 무반사실(Anechoic Chamber): 500 MHz - 40 GHz

## 나. 각 시설의 장단점

앞서 언급한 세가지 시설중에 두가지는 사방이 차폐 재료로 둘러싸인 컨테이너의 형태이고 나머지 한가지는 일정한 개방된 공간의 형태를 가진다. 이들은 각기 어떤 고주파 에너지 발생원이 일정 공간내에 전자장을 형성시키는 환경을 제공한다.

야외 시험장 및 전자파 무반사실의 경우에는 고주파 에너지 발생원이 안테나이며, 따라서 전자파 환경으로서의 이들 두 시설의 성능은 안테나 자체의 한계에 지배를 받는다. 안테나의 대역폭이 제한되기 때문에, 주어진 주파수 대역 전체에 걸친 전자장 측정은 한개 이상의 안테나가 필요하며, 과도(Transient), 임펄스성 시험 등에는 부적당하다. 또한 야외시험장 또는 전자파 무반사실의 규모에 대한 제한 때문에, 측정 지점이 근방계(Near Field) 내에 들어가 평면파를 이루지 못하게 되며, 측정치의 불확실성은 증대된다.

야외 시험장 및 전자파 무반사실 측정에서는, 전송선로상의 전자파와 복사 전자장 간의 변환기는 안테나이다. 그러나 TEM Cell은 단지 전송선로의 일부가 확대된 형태를 가지며, 따라서 별도의 변환기가 필요치 않다. TEM Cell은 고주파 전자장 차폐실의 형태를 가지므로, dc에서 전파(propagation)의 고차 모드가 발생하는 주파수까지 사용된다. 이 주파수 대역내 전체에 걸쳐 오로지 TEM 평면파만이 형성된다.

따라서, 앞에서 언급한 안테나의 사용이 제한되는 경우에서, TEM Cell은 근방계 문제를 피할 수 있으며, 단지 상한 주파수만을 가진다.

Cell의 외관은 외부의 전자계 환경으로부터 내부로의 전자기장을 차폐시키는 접지된 금속 상자이며, 반대로 주변으로 복사되는 전자장을 차폐시켜 주변장비로의 간섭을 방지한다. TEM Cell의 가장 큰 단점은 상한 주파수와 야외시험장, 전자파 무반사실에 비해 상대적으로 제한되는 내부의 작업 공간이다. 후자의 문제는 소형, 높은 상한 주파수의 Cell에 있어서 특히 심각하다.

다음 표 3-1은 유사한 TEM 복사기들의 장단점 비교를 나타낸다.

표 3-1. TEM Cell, GTEM Cell, Strip Line 의 장단점 비교

종 류	장 점	단 점
TEM Cell	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주위에 방해전계가 누설되지 않는다.</li> <li>· TEM Cell 내부에 강한 방해 전계를 만든다.</li> <li>· 측정순서가 비교적 용이</li> <li>· 실내에서도 측정이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대형기기는 측정할 수 없다.</li> <li>· 사용주파수대에 제한이 있다. (대형일수록 상한주파수가 낮아진다.)</li> <li>· 대형 Cell 의 설비비가 큼</li> </ul>
GTEM Cell	<ul style="list-style-type: none"> <li>· TEM Cell 에 있어서의 상한 주파수의 제한을 어느정도 극복이 가능</li> <li>· 같은 성능의 갖는 전자파 무반사실에 비해 크기가 작다.</li> <li>· 측정순서가 비교적 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 피시험체가 대형인 경우 이동 시의 난점</li> <li>· 크기의 제한이 있다. (대형일수록 전자파 내성측정에 있어서 큰 RF 구동 파워를 필요)</li> </ul>
Strip Line	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 강한 방해전계를 만든다. (기기내)</li> <li>· 측정설비비가 작다.</li> <li>· 측정순서가 비교적 용이</li> <li>· 실내에서 측정가능하다.</li> <li>· 시험하는 중에 피시험체를 눈으로 보면서 제어가 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주위에 방해전계를 만든다. (차폐실등에서 사용할 필요가 있다.)</li> <li>· 사용주파수대에 제한이 있다. (대형일수록 상한주파수가 낮아진다.)</li> </ul>

## 2. 전자파 내성 측정 시스템 구축

전자파 내성 측정 시스템 구축을 위한 구성 요건은 다음과 같다.

### 가. 복사 전자파 내성 측정

가장 간단한 형태의, 복사 전자파 내성 측정 시스템은 단지 전력원과 복사기로 구성된다고 할 수 있다. 실제로 있어서는, EMS 시험을 위해 요구되는 광대역 시스템은 다수의 신호 발생기, 전력 증폭기, 복사 안테나, 그리고 장 탐측장치(Field Sensing Device) 등이 필요하다.

이러한 장치들은 정확한 신호 경로를 위한 RF 스위칭의 형태를 요구한다. 더불어, 전도 감수성 시험은 음성 범위(Audio Range)의 구성품을 필요로 하며, 이들 장치들을 모두 제어할 수 있는 확장 여유를 가져야 한다.

각종 규격을 만족하는 시험을 위해서는, 통상 10 kHz에서 18 GHz까지의 주파수 범위를 포괄하는 세가지의 고주파 신호 발생기가 고주파 신호의 발생원으로써 필요하다. 신호 발생기에서 주파수 범위를 셋으로 분리하는 두 점은 시스템마다 다르지만, 통상 1MHz와 2GHz에서 있다. 예를 들면, 첫번째 발생기의 출력은 1.0MHz 까지의 주파수 범위를 가지고, 1 MHz에서 2 GHz의 주파수 대역을 두번째 발생기가 담당하며, 2에서 18 GHz대의 주파수대를 세번째 발생기가 담당한다.

신호발생기의 출력은 주파수 범위에 적절한 복사 안테나나 기타 다양한 복사 장치에 직접 연결된다. 통상 30 MHz까지에서는 E-Field 발생기가 사용되며, 30에서 200 MHz 까지는 바이코니컬(Biconnical) 안테나가 사용되고, 또한 200에서 1000 MHz까지에서 로그 피리오딕(Log Periodic) 안테나, 1에서 18 GHz 까지의 주파수에서는 Double - Ridged Guide 안테나가 사용된다.

마찬가지로, 고주파 센서 구성 또한 다양하다. 통상 시스템은 두가지 형태의 고주파 센서를 허용하도록 설계 된다. 예를 들면, 센서로써 사용되는 일반적인 안테나와 독립적인 등방성 전기장 프로브(Self-Contained Isotropic Electric Field Probes) 등이 있다.

만약 전형적인 안테나가 사용되었을 경우, 100 MHz 미만의 주파수는 50  $\Omega$  부하를 거쳐 디지털 멀티미터에 연결된다(AC 볼트 모드로 동작). 100 MHz 에서 1 GHz의 주파수는 고주파 전력계 센서에 연결된다. 전압계와 전력계는 IEEE-488bus를 거쳐 시스템 컴퓨터에 의해 제어된다. 컴퓨터는 검출된 고주파 레벨과 안테나 계수에 기초하여 장 강도를 결정한다. 검출 안테나는 일반적으로 1 GHz보다 높은 주파수에서 주로 사용된다.

만약 등방성 프로브(Isotropic Probe)를 사용할 경우, 장 강도는 장 감시 시스템(Field Monitoring System)으로 부터 직접 판독된다. 등방성 전장 프로브는 광케이블(Fiber-Optic Cable)을 거쳐 시험 Cell 외부로 연결된다. 장 감시 제어기는 Volts/Meter로 직접 장 강도 데이터를 나타내며, 또한 IEEE-488 bus로 직접 연결되어 제어기(controller)에 장에 대한 데이터가 이용되도록 한다. 각 등방성 전기장 프로브들은 NBS가 권장하는 규격에 따라 교정된다. 전형적인 시스템의 응용에 있어서, 등방성 프로브는 10 KHz에서 1 GHz의 주파수 범위에서 사용된다.

변조 능력은 1 Hz 에서 12 MHz 이내의 출력 주파수 범위를 가진 함수 발생기(Function Generator)에 의해 제공된다. 이 유니트의 출력은 신호발생기의 변조 입력에 연결 된다. 또한 발생기들도 내부 변조원을 가지고 있으나, 통상 이들은 사용하지 않는다. 함수 발생기는 AM, FM 그리고 펄스 변조를 제공한다. 그러나 시스템 내의 장 검출 장치(Field Sensing Device)는 RMS 판독장치 이기 때문에, 어떤 변조 형태(특히 펄스)는 변조가 가해졌을때 정확한 판독치 측정에 악영향을 끼칠 수 있다는 것을 명심해야 한다. 소프트웨어의 제어하에서, 이러한 제한치는 어느 정도 보정될 수 있다. 복사 전자파 내성 측정 설비의 일례를 그림 3-1에 나타낸다.

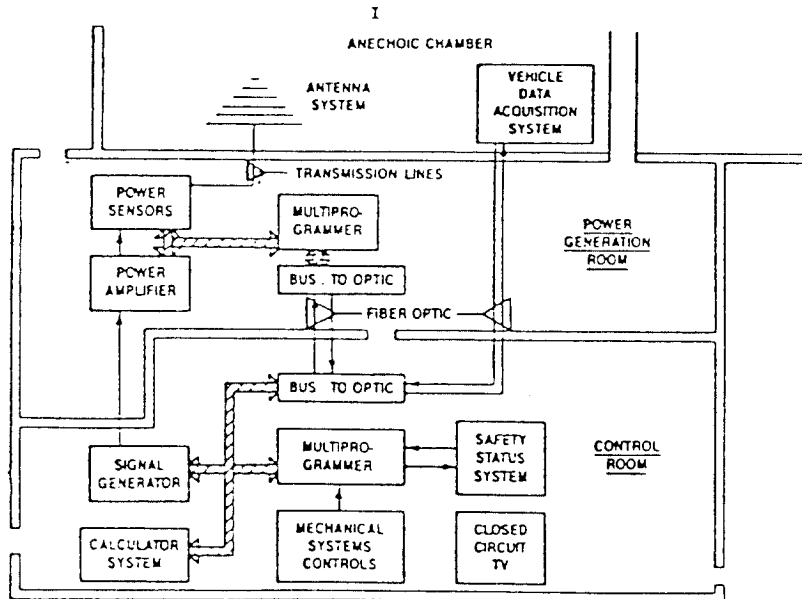
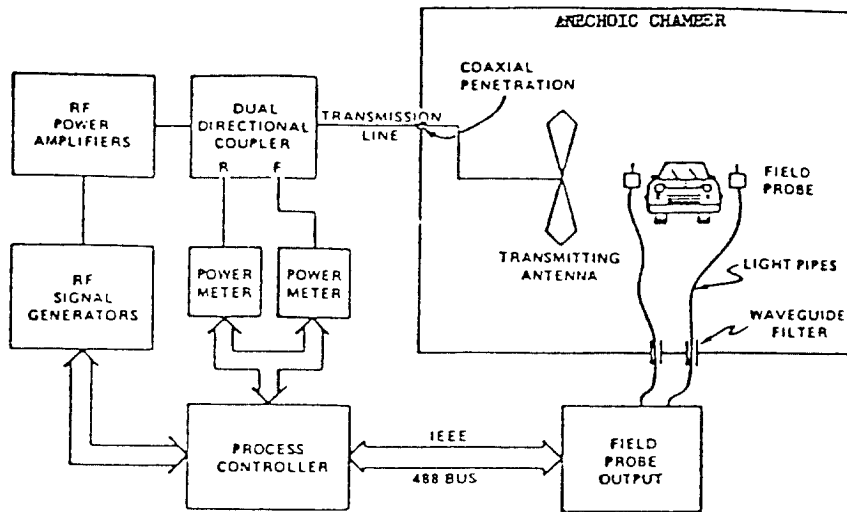


그림 3-1. 복사 전자파 내성 측정 설비 구성도

## 나. 전도 전자파 내성 측정

복사 내성 시험에 사용되는 다수의 장비가 전도 내성 시험에 대해서도 사용된다. 주된 차이점은 전도 감수성에서 요구되는 낮은 주파수 한계에 있다. 이는 추가적인 증폭기와 경우에 따라서는, 추가적인 신호 발생기를 요구한다.

20 Hz에서 400 MHz의 주파수 범위(CS01과 CS02시험에서 요구됨)를 위한 신호 발생기가 필요하다. 1 Hz에서 50 MHz이내의 주파수 범위를 가진 첫번째 발생기가 20 Hz에서 1 MHz 까지에서 사용된다.

주파수 범위 200 kHz 에서 2 GHz 이내인 두번째 발생기는 1 MHz부터 400 MHz까지에서 사용된다. 적절한 증폭기에 연결된다.

## 다. 시스템 제어

시스템 내의 다양한 스위치 제어는 IEEE-488bus 제어 가능한 스위치 구동 장치(Switch Driver)를 이용하여 이루어진다. 이러한 장치는 수동 시험중에 스위치 매트릭스 계전기를 제어하고, 소프트웨어 제어하에 IEEE-488bus를 통해 제어되어지는 전면부 누름 스위치들을 가지고 있다. 스위치 매트릭스는 스위치 구동기로부터 모든 전력을 얻는다. 시스템의 컴퓨터 제어는 스위치 구동기들, 신호 발생기들, 고주파 전력계, 디지털 전압계, 장 프로브 제어기, 그리고 함수 발생기(Function Generator)를 직접 제어하는 IEEE-488 bus를 거쳐 이루어진다.

시스템 컴퓨터는 운용자에게 화면과 키보드, 자료 저장, 그리고 그래픽 프린터를 사용한 하드카피를 위한 인터페이스를 제공한다.

상기 구성은 종합 EMS 시험을 위한 구성요건이며, 제한된 개별 시험을 위해서는 구성이 간략화될 수 있다 그러나 간략화된 구성이라 할 지라도 측정 주파수 범위의 확장이나 출력 레벨의 상향 변경에 따른 여유를 고려하기 위해 종합 EMS 측정 시스템에 대한 고려가 요구된다. 그림 3-2에 간략화된 EMS 시험 시스템의 일례를 나타낸다.



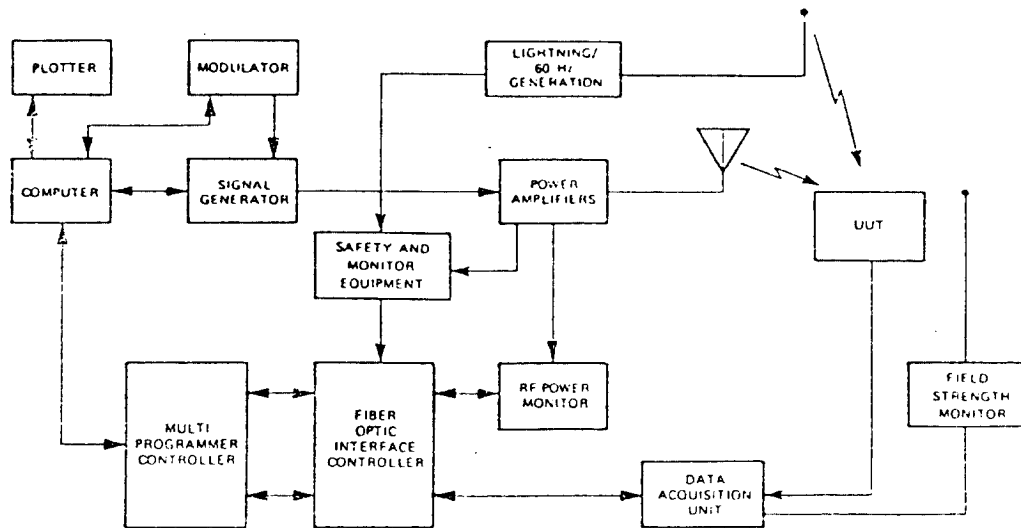


그림 3-2. 간략화된 EMS 시설 설비 구성도

## 라. 전자파 내성 측정 시스템 구축

검토를 통해 얻은 결과를 종합하면, TEM Cell은

- ① 고주파 평면파 전자장을 생성하기 위한 차폐된 상자이다.
- ② 간단한 구조를 가지며, 규모가 작기 때문에 이동 가능하다.
- ③ 발생된 전자장은 잘 특성화되어 있으며, 전자장 프로브의 교정과 EMS시험에 이용하는데 아무 지장이 없도록 충분히 균일하다.
- ④ 보다 높은 주파수에서 사용하기 위해서는 Cell의 크기를 줄일 필요가 있으나, Cell의 작업 공간의 희생이 따른다.
- ⑤ 제작 경비는 타 시설보다는 저렴하며 발생하는 TEM 장은 자유공간에서의 평면 원방계에 가깝고 Constant Amplitude, Linear Phase 특성을 지닌다.

상기 사항을 고려하여, TEM 셀의 사용 주파수 대역(10 kHz - 200 MHz)에서 앞서 검토한 장 발생장치와의 결합을 통해 소요 시험을 수행할 수 있는 시스템을 구성한다.

### 3. 스펙트럼 분석기 및 전계 강도 측정기의 비교 분석

현재 복사 전자계의 측정 주파수 범위는 30 MHz - 1 GHz로써, 이를 측정하는 방식에는 크게 나누어 전계강도 측정기에 의한 방법과 스펙트럼 아날라이저를 이용하는 두가지 방식이 있다.

국제 무선 장애 특별위원회인 CISPR(International Special Committee on Radio Perturbation)에서는 EMI 측정기가 갖추어야 하는 조건을 Pub 16 Section 1에 명시하고 있으며, 미국의 연방통신 위원회인 FCC(Federal Communication Committee)에서는 공보 OST-55를 통해 ANSI C 63.2 - 1980(American National Standard Institute)에 일치하는 측정기에 대해서 언급하고 있다.

서독 전기 기술자 협회인 VDE(Verband Deutscher Elektrotechniker)도 0876에서 CISPR Pub 16 및 ANSI C 63.2 - 1980에서 정한 조건과 똑같은 것을 요구하고 있으며, 일본의 전파장애 자율규제 협의회인 VCCI(Voluntary Control Council for Interference)도 CISPR 요구조건을 만족하는 장비를 요구하고 있다.

CISPR가 국제적인 기구이기 때문에 유럽통합 규격인 EN(European Norm : 93년 1월 1일 부터 시행)도 대부분이 이를 근거로해서 만들어진 관계로 CISPR Pub 16 Section 1을 만족해야 한다고 규정하고 있다.

본 절에서는 방해파 측정기의 사양에 대해 규정한 CISPR Pub.16의 관련 내용과 각 기기별 특성 비교 분석 내용을 제시한다. 기기별 특성 비교 분석은 국내 보급이 많이된 H사와 R사의 스펙트럼 아날라이저 시스템 및 전계강도 수신기 시스템을 대상으로 하였으며, 스펙트럼 아날라이저 시스템의 경우 준첨두치 어댑터 및 프리셀렉터가 구비된 경우의 특성을 준용하였다.

가. 방해파 측정기의 기본특성

다음의 규정에서:

대역 A는 주파수 범위 10 kHz - 150 kHz

대역 B는 주파수 범위 0.15 MHz - 30 MHz

대역 C는 주파수 범위 30 MHz - 300 MHz

대역 D는 주파수 범위 300 MHz - 1000 MHz를 나타낸다.

나 항에서의 준첨두치(Quasi-Peak) 계측기의 펄스에 대한 정상응답은 다음의 기본 특성을 가진 측정 기구에 근거하여 계산된다(원문 부록 A 참조). 다른 형태의 검파기를 가진 계측기들에 대한 특별한 특성은 본절의 마 항에서 다룬다. 주파수 범위 0.3 GHz - 18 GHz에서의 스펙트럼 아날라이저의 사용은 아 항(원문의 부록 B)에서 논의된다.

	주 파 수 Band		
	A	B	C와 D
가. 6dB 대역폭	200Hz	9kHz	120kHz
나. Q. P Voltmeter의 충전시간	45ms	1ms	1ms
다. Q. P Voltmeter의 방전시간	500ms	160ms	550ms
라. 지시계의 임계 Damping 시정수	160ms	160ms	100ms
마. Detector 앞단에서의 Overload Factor	24dB	30dB	45.5dB
바. Detector와 지시계 사이의 Dc Amp의 Overload Factor	6dB	12dB	6dB

주: 1. 기계적 시상수는 지시계기가 선형적, 즉 같은 전류의 증분은 같은 편향의 증분을 가져온다고 가정한다. 전류와 편향에 관련해 다른 법칙을 가진 지시계기가 이 규정의 요건을 만족하는 기구에서 배제되지는 않는다.

2. 대역 A에서는 불평형형(unbalanced) 입력을 연결하는 것이 요구되며, 50  $\Omega$ 의 입력 임피던스가 적절하다. 대칭형(symmetrical) 측정에는 평형형(balanced) 입력 변환기가 필요하며, 600  $\Omega$ 의 입력 임피던스가 적당하다.
3. 모든 대역에 있어서, 간섭 측정기구는 클릭의 지속 시간을 측정하기 위한 중간 주파수 출력을 구비해야 한다. 이 출력의 부하는 장해 측정기구의 지시치에는 아무런 영향을 끼쳐서는 않된다.

#### 나. 펄스에 대한 측정기구의 정상응답

##### (1) 진폭(amplitude) 관계

적어도 b MHz이상에서 균일한 스펙트럼을 가지며, c Hz의 주파수로 반복되는 a  $\mu\text{Vs}$ (microvolt second)의 펄스에 대한 측정기구의 응답은, 모든 동조 주파수에 대해서, 펄스발생기와 같은 소스 임피던스를 가진 신호발생기로부터 동조 주파수에서 r.m.s. 값 2 mV(66 dB( $\mu\text{V}$ ))의 전자기장(e.m.f.)을 갖는 무변조 정현파에 대한 응답과 동일하다.

이 소스 임피던스가 측정기구의 임피던스와 같다면, 측정기구로 가는 입력에서의 신호의 r.m.s. 값은 1 mV(60 dB( $\mu\text{V}$ ))가 된다 (다음 표 참조).

각 대역에 대해, 상수는 다음과 같다.

대역	a( $\mu\text{Vs}$ )	b(MHz)	c(Hz)	Notes
A	13.5	0.15	25	1 및 2
B	0.316	30	100	2
C	0.044	300	100	2
D	0.044	1000	100	2

주: 1.  $13.5 \mu\text{Vs}$  값은 허용오차  $\pm 1.5 \text{ dB}$ 의 실험치이다.

2. 허용오차  $\pm 1.5 \text{ dB}$ 는 상기 규정된 정현파 전압레벨에 허용된다.

## (2) 반복 주파수에 따른 변동

반복 펄스에 대한 측정기구의 응답은 측정기구상에 일정한 지시치처럼 나타나며, 진폭과 반복 주파수간의 관계는 그림 3-3a, 3b, 또는 3c에 따라야 한다.

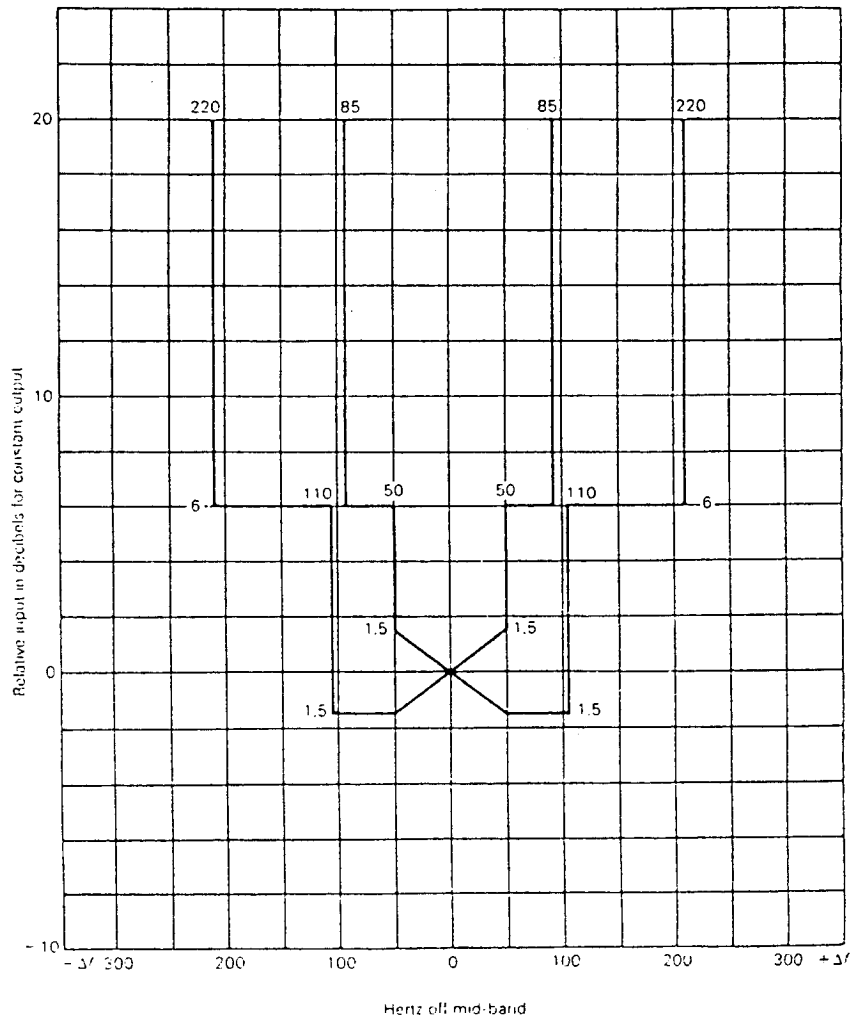


그림 3-3a. A대역에서의 펄스응답곡선

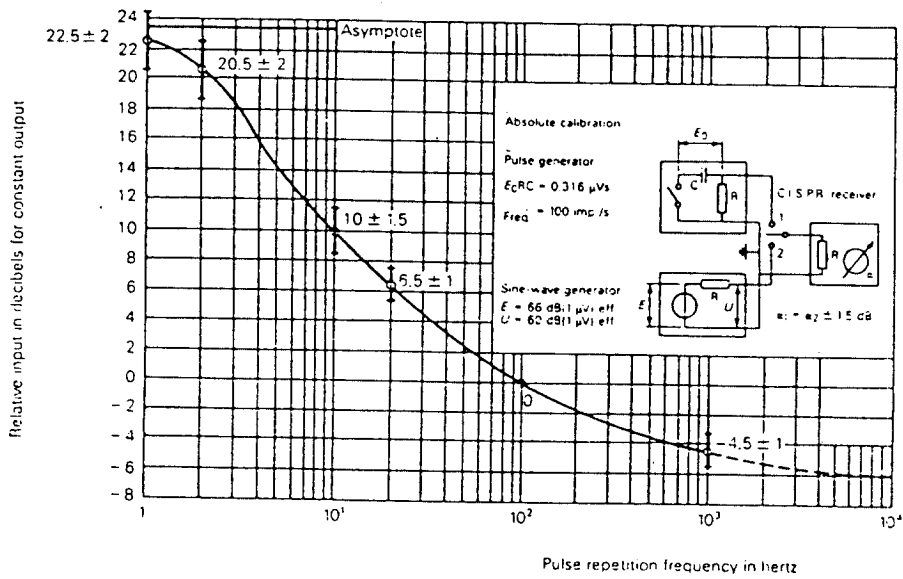


그림 3-3b. B대역에서의 펄스응답곡선

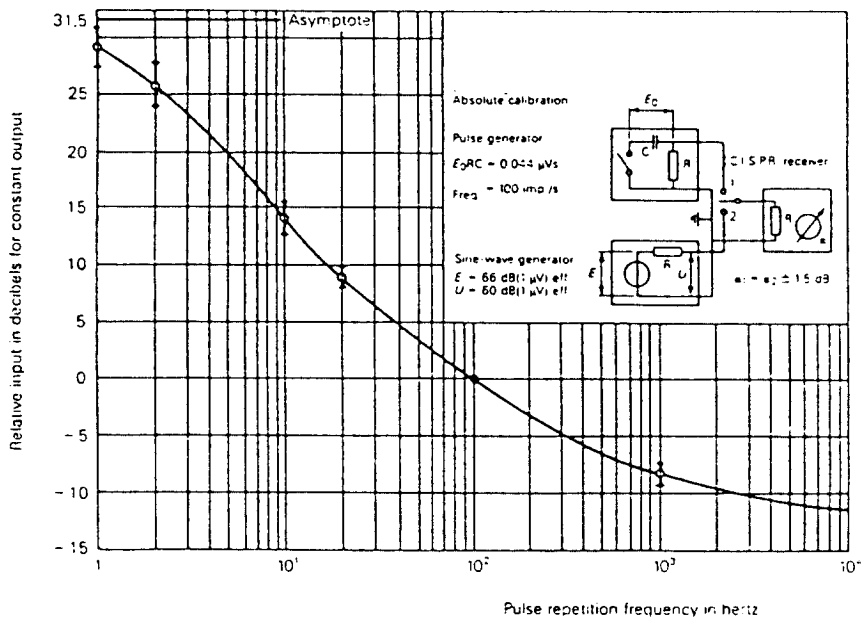


그림 3-3c. C, D대역에서의 펄스응답곡선

특정 측정기구에 대한 응답 곡선은 동일 그림에 명시되고 다음 표에 나타난 제한치 내에 있어야 한다.

반복주파수 (Hz)	펄스의 상대등가레벨 (dB)		
	대역 A	대역 B	대역 C 및 D
1000	-	$-4.5 \pm 1.0$	$-8.0 \pm 1.0$
100	$-4.0 \pm 1.0$	0(기준)	0(기준)
60	$-3.0 \pm 1.0$	-	-
25	0(기준)	-	-
20	-	$+6.5 \pm 1.0$	$+9.0 \pm 1.0$
10	$+4.0 \pm 1.0$	$+10.0 \pm 1.5$	$+14.0 \pm 1.5$
5	$+7.5 \pm 1.5$	-	-
2	$+13.0 \pm 2.0$	$+20.5 \pm 2.0$	$+26.0 \pm 2.0$
1	$+17.0 \pm 2.0$	$+22.5 \pm 2.0$	$+28.5 \pm 2.0$
Isolated pulse	$+19.0 \pm 2.0$	$+23.5 \pm 2.0$	$+31.5 \pm 2.0$

주: 1. 중간주파수 증폭기에서 펄스의 겹침으로 인해, 대역 A에서는 100 Hz 이상의 명확한 응답 규정은 불가능하다.

2. 원문 부록 C는 반복 임펄스들에 대한 응답 곡선의 결정과 나. (1)항에 부합하는 진폭에 관련되는 문제를 다룬다.

시험에 필요한 펄스 발생기와 펄스 스펙트럼의 결정에 대한 주의 사항은 원문 부록 D에 주어진다.



## 다. 선택도(Selectivity)

### (1) 전체 선택도(통과 대역)

측정기구의 전체 선택도를 나타내는 곡선은 그림 3-4a, 4b, 또는 4c에 나타난 제한치 이내에 있어야 한다.

선택도는 측정 기구상에 일정한 지시치를 유발하는 입력 정현파 전압의 진폭의 주파수에 따른 변화로 기술된다.

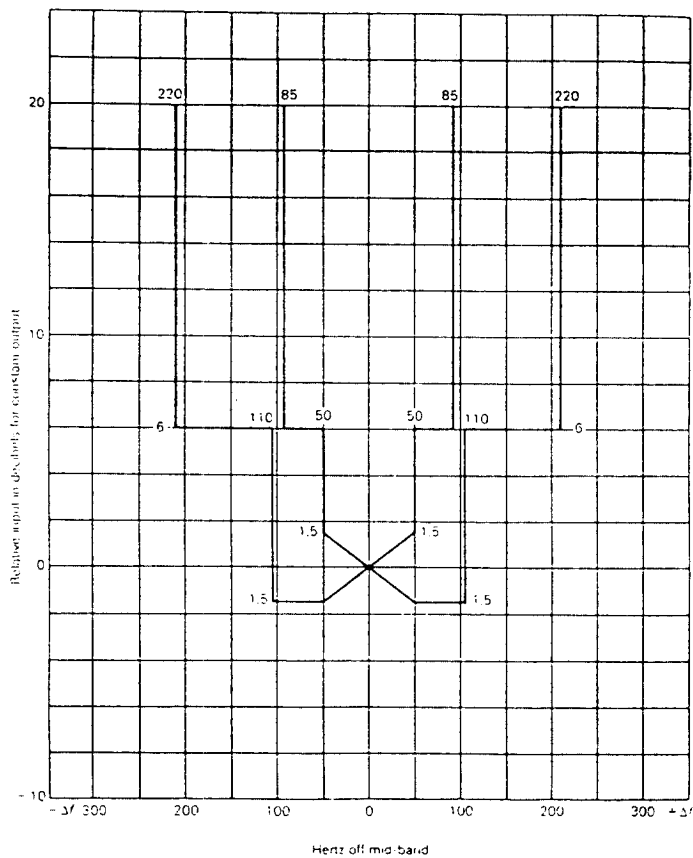


그림 3-4a. 대역 A에서의 전체선택도

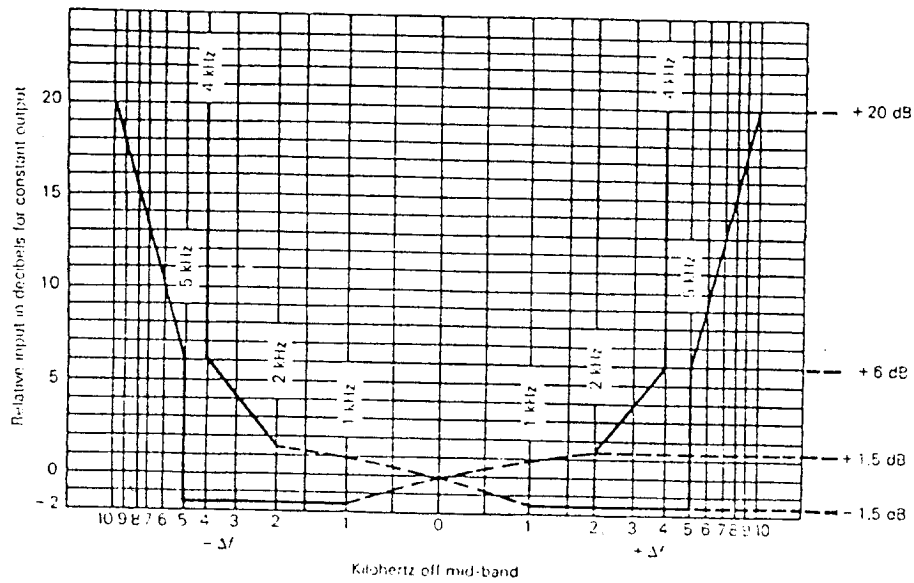


그림 3-4b. 대역 B에서의 전체선택도

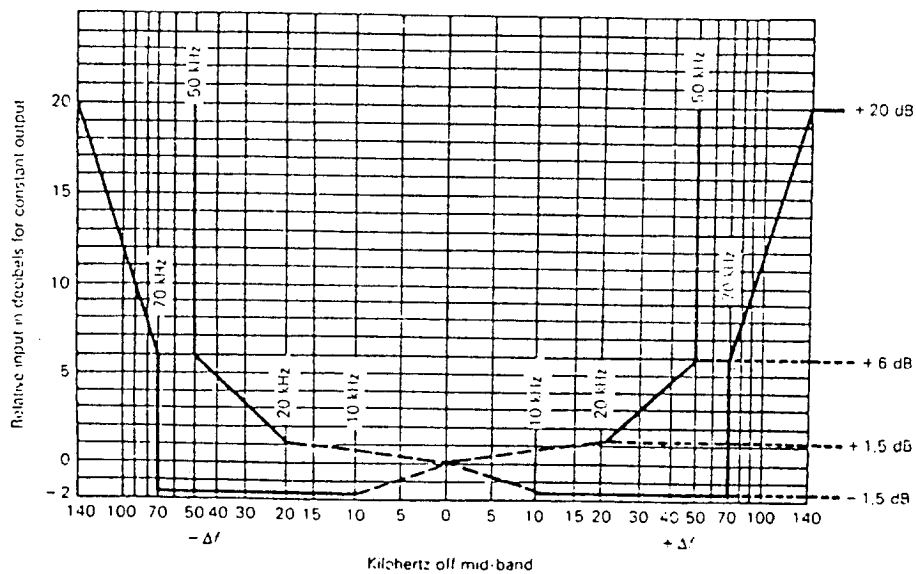


그림 3-4c. 대역 C 및 D에서의 전체선택도

## (2) 중간 주파수 제거비

측정기구상에 일정한 지시치를 유발하는 동조 주파수에서의 전압에 대한 중간 주파수에서의 입력 정현파 전압의 비율은 40dB 이상이어야 한다.

주: (대역 D) 둘 이상의 중간 주파수가 사용될 경우, 각 중간 주파수에서 요건을 만족하여야 한다.

## (3) 영상 주파수 제거비

측정기구상에 일정한 지시치를 유발하는 동조 주파수에서의 전압에 대한 영상 주파수에서의 입력 정현파 전압의 비율은 40dB 이상이어야 한다.

주: (대역 D) 둘 이상의 중간 주파수가 사용될 경우, 각 중간 주파수에서 요건을 만족하여야 한다.

## (4) 기타 스퓨리어스 응답

측정기구상에 일정한 지시치를 유발하는 동조 주파수에서의 전압에 대한 부항 다.(2) 및 다.(3)에 언급한 것 이외의 주파수에서 나타나는 입력 정현파 전압의 비율은 40dB 이상이어야 한다. 그러한 스퓨리어스 응답이 발생할 수 있는 주파수의 예는 다음과 같다.

$$\frac{1}{m} (n f_L \pm f_I), \quad \frac{1}{k} f_0 \quad (3.1)$$

여기서,  $n$ ,  $m$  및  $k$ 는 정수이고,

$f_L$ 은 국부 발진 주파수

$f_I$ 는 중간 주파수

$f_0$ 는 동조 주파수를 나타낸다.

주: (대역 D) 둘 이상의 중간 주파수가 사용될 경우, 주파수  $f_L$ 과  $f_I$ 는 각 국부 발진 주파수 및 중간 주파수에 대해 언급되어야 한다. 뿐만 아니라 측정기구에 입력 신호를 가하지 않는 경우에도 스퓨리어스 응답이 발생할 수 있다.

예를 들어, 중간 주파수들 중의 한 주파수와 상이한 국부 발진기의 고조파의 경우이다. 따라서 이 표제하의 요구조건들은 이러한 후자의 경우들에는 적용할 수 없다. 이러한 스퓨리어스 응답들에 대한 영향은 부절 마.(2)에서 다룬다.

#### 라. 상호변조 효과의 제한

측정기구의 응답은 상호변조 효과의 영향을 받아서는 않된다. 이 조건은 기구가 적합한지 아닌지 다음 시험을 완수하는 것으로써 고려된다.

시험 기구는 그림 3-5에 나타나 있다. 어떤 주파수에 동조된 측정기구는 전단에 같은 주파수로 동조된 필터가 있으며, 이 주파수에서 40 dB 이상의 감쇠치를 제공한다. 그 필터의 6 dB 대역폭은 다음 표의 a와 b사이 내에 있어야 한다.

c MHz까지는 대체로 일정한 스펙트럼을 가지지만 b MHz에서 10 dB이상 떨어지는 펄스를 발생하는 펄스 발생기가 정현파 발생기를 대신할 경우, 필터가 제공하는 감쇠치는 36 dB이상 이어야 한다.

앞에서 언급한 상수는 다음과 같다.

대역	a	b	c	d
A	400 Hz	4000 Hz	0.15 MHz	0.3 MHz
B	20 kHz	200 kHz	30 MHz	60 MHz
C	500 kHz	2000 kHz	300 MHz	600 MHz
D	500 kHz	6000 kHz	1000 MHz	2000 MHz

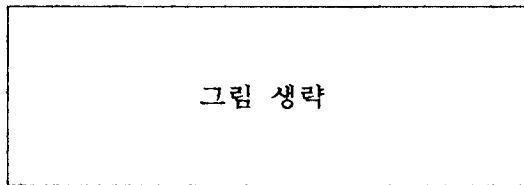


그림 3-5. 시험 기구

마. 주변 잡음과 내부 발생 스퓨리어스 신호의 제한

(1) 불규칙성 잡음

주변 잡음은 1 dB를 초과하는 오차를 초래해서는 안된다.

주: 중간 주파수 증폭기에 감쇠가 포함된 측정기구의 경우에는, 기구가 다음 시험에 부합한다면 이 조건을 만족하는 것으로 간주한다.

출력 미터가 기준 편향  $\theta$ 를 나타내도록 측정기구의 입력에 정현파 신호를 가하고 유효값  $S$ 로 조정한다. 중간 주파수단에 10 dB 감쇠치를 준다. 출력 미터가 편향  $\theta$ 를 회복하도록 입력 신호의 레벨을 증가시킨다. 입력 신호의 레벨 증가는 10 dB와 11 dB 사이이어야 한다.

(2) 연속파 (대역 D만)

둘 이상의 중간 주파수가 사용될 경우, 부절 다.(4)의 주에서 기술한 바와 같은 스퓨리어스 응답의 존재는 측정기구의 어떤 신호 입력에 있어서도 1 dB를 초과하는 오차를 초래해서는 안된다. 시험은 부절 마.(1)에 나타낸 바와 같이 수행하지만, 중간 주파수단에서 제공되는 감쇠는 마지막 혼합단 이후에서 일어나야 한다.

바. 차폐(Screening)

주: 매우 높은 주변 전자장이 존재하는 곳에서의 운용에 있어서는, 추가적인 차폐가 요구될 수 있다.

(1) 대역 A

안테나를 제거하고 측정기구의 안테나 입력은 올바르게 종단된(차폐된) 1 m 이상의 길이인 급전선에 연결되었을때, 측정기구가 10 mA/m의 주변 전자장에서 아무런 지시치를 나타내지 않도록 차폐되어야 한다.

(2) 대역 B, C 및 D

안테나가 제거되었을때, 측정기구는 전자계 강도의 지시치가 측정될 값보다 60 dB 아래로 떨어지거나 측정이 불가능할 정도가 되도록 차폐되어야 한다.

또한 모든 이용 조건들에 있어서 초기 교정치의  $\pm 1$  dB 이내로 수신기 이득 조정이 가능해야 한다.

안테나가 제거되었을때, 측정기구의 안테나 입력은 차폐되어야 한다.

사. 측정기구의 정확도

(1) 전압 측정

정현파 측정의 오차는  $\pm 2$  dB 이하이어야 한다.

주: 규칙적으로 반복되는 펄스의 정확도에 대한 요구조건은 부항 나.(1) 및 나.(2)에 설명 되었다. 펄스 응답에 대한 측정기구 특성의 영향은 원문 부록 A의 A6항에서 논의된다.

## (2) 전자계 강도 측정

적합한 안테나가 연결되었을때, 균일한 정현파 장의 강도 측정의 오차는  $\pm 3$  dB 이하이어야 한다(사용되는 안테나에 대한 세부사항은 원문 내용 13항에 명기되어 있다.).

아. 주파수 범위 0.3 - 18 GHz에서 사용되는 스펙트럼 아날라이저의 특성  
(원문 부록 B)

0.3 - 18 GHz의 범위에 해당하는 간섭 복사 측정에 있어서, 스펙트럼 아날라이저는 매우 유용하다. 시험은 다음의 조건하에서 실시된다.

(1) 스펙트럼 아날라이저는 다음 특성을 가져야 한다.

(가) 스퓨리어스 응답은 순간 동조 주파수에서의 응답보다 40 dB이상 낮을 것.

(나)  $125 \pm 25$  kHz의 대역폭.

(다) 수신기의 고주파 및 중간주파 양단에서의 가변 감쇠.

(라) 60 dB 이상의 차폐 효율.

(마) 0.1 - 10 초 이상 가변할 수 있는 소인(Sweep) 시간.

(바) 느린 소인 시간을 사용할 때도 육안으로 관찰할 수 있도록, 저장형(Storage Type) 표시관과 같은 저장 기능을 가질 것.



(2) 강한 기본파가 존재하는 곳에서 미약한 스퓨리어스 신호를 측정할 때 아날라이저의 입력 회로를 손상으로부터 보호하기 위해, 피 시험 장비의 동작 주파수에서 필터는 스펙트럼 아날라이저의 입력에 30dB 이상의 감쇠를 제공하여야 한다.

(3) 다음 논의에 따른 주의가 요한다.

대부분의 스펙트럼 아날라이저는 고주파(R.F.) 선택도가 없다. 즉 입력 신호는 적절한 중간 주파수로 헤테로다인 처리되는 광대역 혼합기로 바로 공급된다. 최근, 마이크로웨이브 스펙트럼 아날라이저들은 수신기로 탐색되는 주파수를 자동적으로 추종하는 트래킹 프리-셀렉터를 구비할 수 있게 되었다. 이러한 시스템은 입력 회로에 그러한 구성요소를 생성할 수 있는 아날라이저의 사용으로 고조파 및 스퓨리어스의 진폭을 측정하는데 따른 단점을 상당 부분 극복했다.

다수의 마이크로웨이브 스펙트럼 아날라이저들은 동조 범위의 여러 부분을 포괄하기 위해 국부 발진기의 고조파를 이용한다. 전치-선택(Pre-Selection)이 없다면, 그러한 아날라이저는 흔히 매우 많은 스퓨리어스 및 고조파 신호를 나타냄으로써 표시된 신호가 표시 주파수에서의 실제 신호인지 확인하는 것이 어렵게 되며, 측정 계기에 신호가 잘못 발생되기도 한다.

다수의 오븐, 의료용 투열 장치 및 기타 마이크로웨이브 ISM 기구는 입력 전력을 비정류 교류 또는 정류는 되었으나 여과되지(Filterd) 않은 직류 에너지원으로부터 받는다. 결과적으로, 기기의 방출은 진폭 및 주파수로 동시에 변조된다. 추가적인 진폭 및 주파수 변조가 오븐에서 사용되는 조향 장치의 운동에 의해서도 발생된다.

이러한 방출은 1 Hz(오븐 조향 장치에 의한 변조에 기인) 및 50 Hz, 60 Hz(주 전원 주파수에서의 변조에 기인)만큼 서로 밀접한 주파수선(Spectral Line) 성분을 갖는다. 반송 주파수가 일반적으로 오히려 불안정하다는 것을

고려할 때, 이들 주파수선 성분의 표시는 타당하다고는 볼 수 없다. 오히려, 선 성분 주파수 간격(원칙상 주파수 포락선(Spectral Envelope)보다 작은)보다 큰 아날라이저 대역폭을 적용하여 참(True) 스펙트럼의 포락선(Envelope)를 표시하는 것이 실제적이다. 아날라이저 대역폭은 다수의 인접한 주파수선을 포함할 만큼 충분히 넓으므로, 신호의 스펙트럼 폭에 상당하는 아날라이저 대역폭까지 대역폭을 증가시킴에 따라 표시되는 침투치도 증가한다. 따라서, 현재의 열 및 치료용 장비의 방출 측정시에 따른 아날라이저들에 표시된 진폭을 비교하기 위해서는 특정 대역폭을 사용하도록 하는 합의를 얻어내는 것이 필수적이다.

다수의 오븐 방출이 1 Hz만큼 낮은 비율로 변조된다는 것은 알려져 있다. 초당 탐색되는 수가 변조의 하위 주파수 성분보다 낮지 않으면, 그러한 방출의 표시 주파수 포락선은 불규칙하고, 탐색(Scan)하는 동안 변화하는 것이 관찰된다.

방출의 검사를 위한 적합한 비율은 한번 탐색하는데 10 초 이상이 필요하다. 저장형 음극선관(Storage-Type Cathod-Ray Tube), 사진 또는 도표기록 장치 등과 같은 적절한 저장 장치가 없다면, 그러한 낮은 탐색율(Scan Rate)은 육안 관찰에 적합하지 않다.

오븐에서 조향장치를 제거하거나 멈추게 하여 유용한 탐색 주파수를 증가시키려는 시도가 있어왔다. 그러나 스펙트럼의 진폭, 주파수, 파형 등은 조향기의 위치에 따라 변한다는 것이 판명되었기 때문에, 이는 만족스럽지 못하다고 여겨진다. 아날라이저를 승인 시험(Approval Test)을 위해 사용할 경우, 높은 탐색율이 보다 유용하다는 것을 알 수 있다.

## 자. 전계 강도 수신기와 스펙트럼 아날라이저의 비교분석

### (1) 비교 대상

국내 보급이 많이된 H사와 R사의 스펙트럼 아날라이저 시스템 및 전계강도 수신기 시스템을 대상으로 하였으며, 스펙트럼 아날라이저 시스템의 경우 준첨두치 어댑터 및 프리셀렉터가 구비된 경우의 특성을 준용하였다.

기기별 분석은 주로 스펙트럼 아날라이저 시스템이 CISPR의 Pub. 16 등에서 요구하는 전계강도 측정기의 조건을 만족하는지의 여부로 압축될 수 있다. 따라서 국내에서 일반적으로 많이 도입된 H사의 스펙트럼 아날라이저 시스템에 중점을 두어 요건 만족 여부를 검토한다.

### (2) 특성 비교

H사의 EMI System은 QPA를 이용, 규정을 충족시키며 사양에 명시된 내용은 다음과 같다(85650A 사양 참고). 표에 명시된 바와 같이 일반적인 Quasi-Peak 특성은 CISPR 규정을 만족한다.

Frequency Band (MHz)	Band-Width at 6dB (kHz)	Charge Time Constant (ms)	Discharge Time Constant (ms)	Display Time Constant (ms)
0.01-0.15	0.2	45	500	160
0.15-30	9	1	160	160
30-1000	120	1	550	100

CISPR 기본 특성에서는 중간 주파수 대역폭 및 과부하에 대해서 언급하고 있다. 중간 주파수 대역폭은 H사와 R사 모두가 만족한다고 볼 수 있다.

과부하 정도는 프리셀렉터에서 사용되는 저역 통과 여파거나 대역 통과 여파기가 측정하고자하는 주파수의 신호를 얼마나 우수하게 선별적으로 통과 시키느냐에 좌우되므로 여파기의 대역폭이 적을수록 우수하다고 볼 수 있으며, 측정기의 과부하에 대한 대책이 수립되지 않은 경우, 원하는 펄스 응답 특성을 구할수 없을 뿐만아니라 상호변조 영향 제한 규정을 만족할 수 없다.

이러한 특성에 영향을 주는 대역폭은 R사의 경우 측정주파수의 10 %로 조정되며, H사의 경우도 55 MHz까지는 동일하게 만족하고 55 MHz - 500 MHz에서는 5 %, 500 MHz이상에서는 20 MHz로 조정되므로 55 MHz 이상에서는 H사의 스펙트럼 시스템의 프리셀렉터 대역폭이 작게 나타났다. 200 MHz에서 그림 3-6과 같이 상호 변조 효과를 측정한 결과, R사의 전계강도 수신기의 경우 37 dB, H사의 스펙트럼 시스템의 경우 39 dB를 나타냈다.

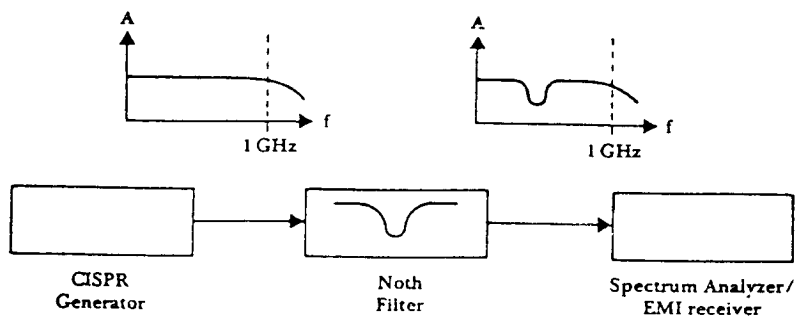


그림 3-6. 상호 변조 효과의 측정

그림 3-7과 같은 특성의 노치 필터를 통과한 펄스 발생기의 출력이 수신기에 입력되는 경우, 최소한 36 dB 이상의 노치 특성이 재현되어야 한다.

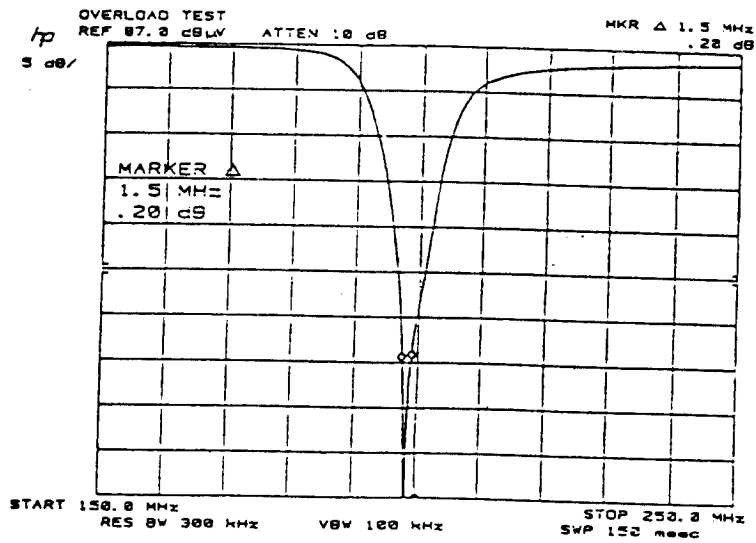


그림 3-7. 노치 특성

그림 3-8은 CISPR 펄스 발생기의 출력 파형을 나타낸다.

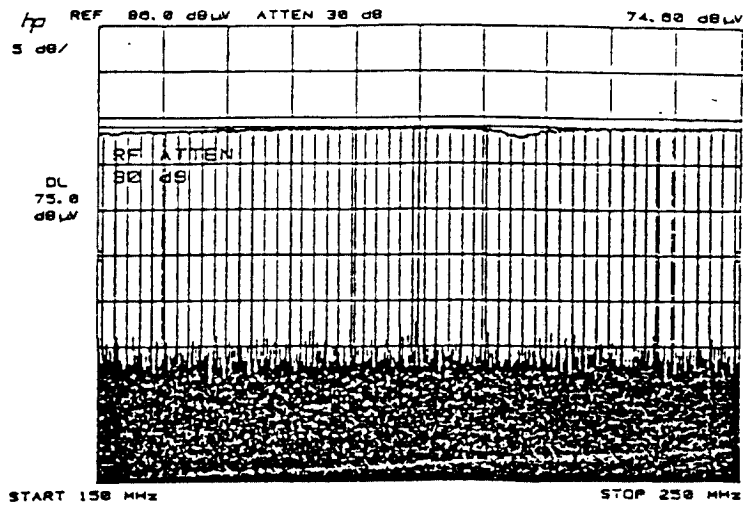


그림 3-8. 펄스 발생기 출력

측정 신호가 Preselector 기능이 없는 스펙트럼 아날라이저에 직접 인가될 경우를 그림 3-9, 10, 11 및 12에서 보여주고 있으며, 최악의 경우를 구하기 위해 분석기의 MAX HOLD 기능을 사용하여 측정한 결과이다.

40 dB 감쇠기를 사용한 경우(그림 3-9), 노치 특성은 분석기의 노이즈에 의해서 제한을 받으며, 30 dB 감쇠기를 사용한 경우(그림 3-10), 분석기의 감도가 10 dB 증가하므로 노치의 깊이도 10 dB 증가한다. 그러나 추가의 감소(그림 3-11)는 상호 변조 효과에 의해 노치가 채워져 깊이가 감소하는 결과를 가져온다.

최종적으로 10 dB 감쇠기를 사용하는 경우(그림 3-12), 노치는 상호 변조 효과에 채워져 펄스 응답 특성은 이득 억제(Gain Compress)되며 약 7 dB 감소되어 측정된다.

따라서 노치가 36 dB 이상 측정되지 않으므로 분석기 자체만으로는 요구된 특성을 만족할 수 없음을 알 수 있다.

동일한 측정 신호를 H사 스펙트럼 시스템에 입력 시켜 출력된 결과와 R사의 측정 결과와의 비교를 그림 3-13에 나타냈다. RF Preselector를 추가하여 펄스 형태의 신호에 대한 선형 동작 범위를 증가시키며, 규정의 상호 변조 효과 규정을 만족시킨다.

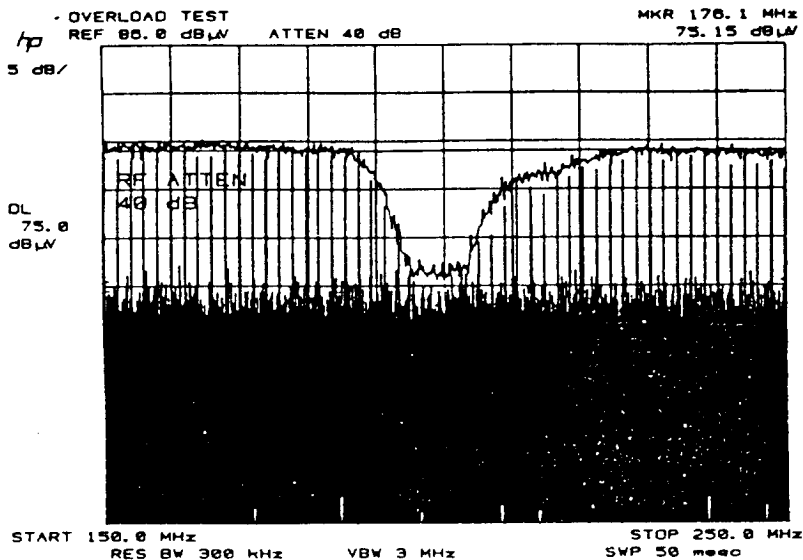


그림 3-9. 40 dB 사용시, 상호 변조 특성

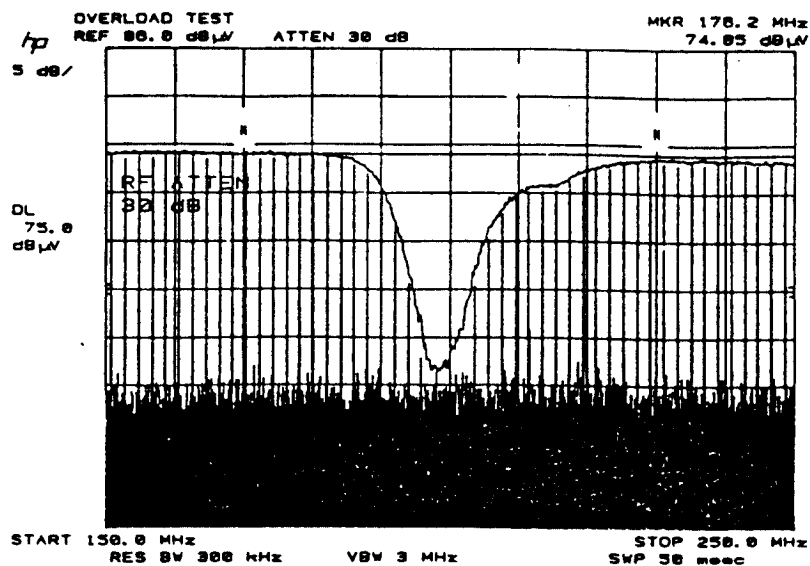


그림 3-10. 30 dB 사용시, 상호 변조 특성

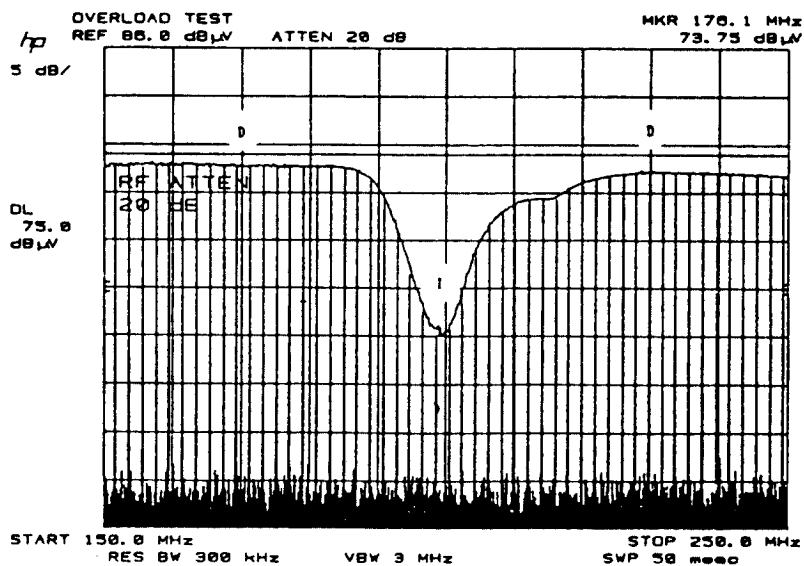


그림 3-11. 20 dB 사용시, 상호 변조 특성

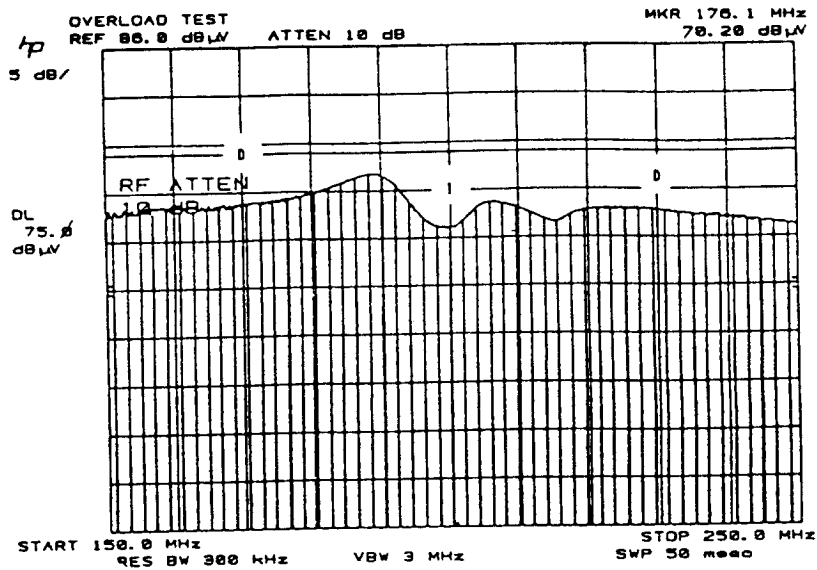


그림 3-12. 10 dB 사용시, 상호 변조 특성

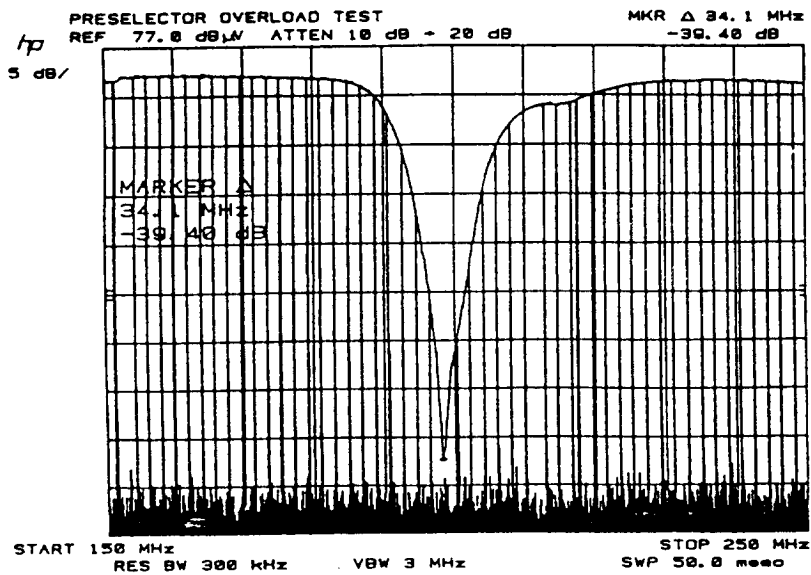


그림 3-13. H사와 R사의 시험 결과 비교



## 제 4장. 소형 전자기기 시험용 TEM셀 설계

본 장에서는 NBS TECHNICAL NOTE 1319에서 논의한 고주파 전자계 프로브의 교정을 위한 NBS 셀에 대해 검토를 하고, 제작될 RRL TEM 셀의 적정 설계를 위한 지침으로 이용한다. 통상, 셀 내부에는 전계 균일성을 가지는 시험 영역이 존재하게 되는데, 이 영역에 EUT가 삽입될 경우, 그 형태와 크기에 따라 내부 전자계의 왜곡이 생기게 되며, 이는 측정 오차를 발생시켜 측정의 재현성을 악화시키는 요인으로 작용하게 된다. 이러한 EUT 삽입에 따른 영향을 규명하고 TEM 셀의 설계 및 측정 결과 분석에 활용한다. 한편 앞서의 연구 결과를 토대로 제작되는 RRL TEM 셀의 설계 도면을 제시한다.

### 1. 설계상 고려사항

전자파 양립성 (Electromagnetic Compatibility)의 연구는 정확한 전자장 특성의 규명을 필요로 한다. 다양한 측정 시스템이 이를 위해 전기/전자기기의 전자파 방출 및 감수성 판정을 위해 제안, 평가되어 왔다.

그러한 시스템 중의 하나인 TEM 셀은 미국 국가 표준국 (NBS: National Bureau of Standard, 현 NIST)에서 설계되어, 사용의 편리성, 측정의 재현성 및 정확성이 부과된 EMI/EMC 측정을 수행할 수 있는 큰 잠재력을 인정받아, 이 시스템의 활용을 위한 많은 연구가 진행된 바 있다[11]-[12].

TEM 셀은 단면이 사각 동축 전송선로 (RCTL: Rectangular Coaxial Transmission line)의 구조를 가지며, 양단은 점진적으로 좁아져 표준 동축 커넥터에 연결될 수 있다. 단자가 특성 임피던스로 정합될 경우, 이들 좁아진 부분이 고주파 발생원과 셀 사이에 양호한 전자기적 정합을 제공하며, 최소의 전압 정재파비 (VSWR: Voltage Standing Wave Ratio)를 갖게한다.

전형적인 셀의 구성을 그림 4-1에 나타냈다.

셀의 시험 부위는 얇은 금속판으로 만들어진 중심도체(Septum)가 셀의 마주 보는 두 벽에 의해 지지되는 확대된 직육면체 전송선로(RCTL)의 중앙부이다.

피 교정 프로브들은 통상 크기가 작으며 그 교정은 매우 잘 규정화된 평면파 전자장을 필요로 하기 때문에, NBS는 시험 공간에서 단면의 축비가 2 : 1인 대칭형 직육면체 셀을 사용하였다(그림 4-1에서 a/b). 본 연구를 통해 제작되는 셀도 NBS의 사양을 준용하였다.

Septum은 셀의 넓은쪽 벽에 평행하며 유전체 봉으로 지지되며, 기계적인 안정성을 보장하도록 3.2 mm 알루미늄 판재를 사용해서 제작된다. 셀의 중앙부(양쪽 테이퍼부 사이의 공간)은 1.2 m x 0.6 m 의 단면과 1.2 m의 길이를 가지고 있다.

셀 양쪽 끝의 테이퍼는 중앙부를 50Ω 입력 전송선로와 출력단의 50Ω 종단에 정합시킨다. 각 테이퍼부의 끝은 중심도체가 Septum에 부착된 N형 동축 콘넥터로 처리된다. 시험 영역의 출입은 두개의 문을 통하여, 각각 시험 영역에 있는 두 인접 벽에 위치한다.

셀이 TEM 모드를 유지하기 위해서는 안쪽 및 바깥쪽 도체 사이에 시험 영역이 존재하는 Two-Conductor 시스템이 되어야 한다. 안쪽 도체는 상하 도체 사이에 놓이게 되지만 시험 영역을 넓이기 위해 상하로 위치가 조정될 수도 있다.

형성되는 전자장의 왜곡을 줄이기 위해서는 피시험체의 크기는 시험 영역에 비해 상대적으로 작아야 한다.

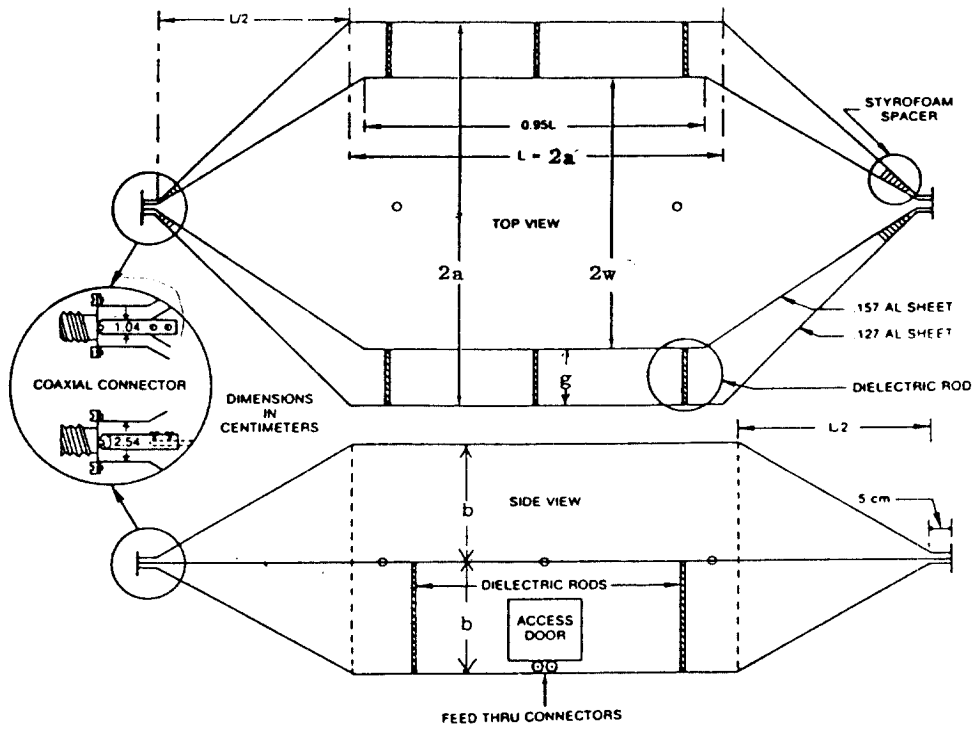


그림 4-1. 전형적인 TEM 셀의 구조

## 2. EUT의 부하효과에 의한 TEM 셀의 특성 임피던스

통상, 셀 내부에는 전계 균일성을 가지는 시험 영역이 존재하게 되는데, 이 영역에 EUT가 삽입될 경우, 그 형태와 크기에 따라 내부 전자계의 왜곡이 생기게 되며, 이는 측정 오차를 발생시켜 측정의 재현성을 악화시키는 요인으로 작용하게 된다. 이러한 EUT 삽입에 따른 관련 연구는 Motohisa Kanda<sup>[3]</sup>, S. Kashyap<sup>[4]</sup>, T. K. Seshadri<sup>[5]</sup> 등에 의해 연구된 바 있다.

### 가. TEM 셀 내부의 전기장 분포

분석을 위한 모델로써 설정한 TEM 셀의 횡단면과 각 매개변수들 (Parameters)은 다음 그림 4-2와 같다.

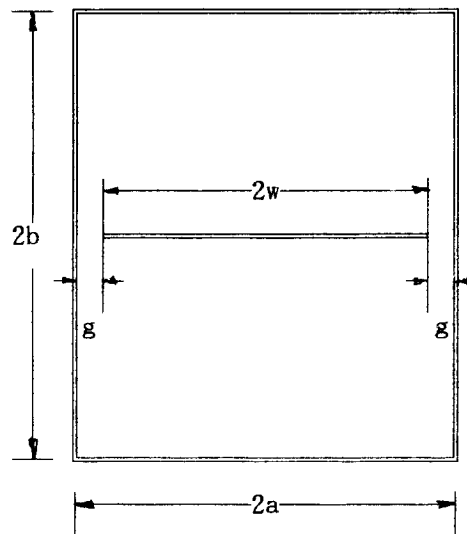


그림 4-2. TEM 셀의 횡단면

TEM 셀 내부의 전자장에 대한 준-정적 (Quasi-Static) 근사 해석은 Green 함수를 이용한 변수 분리 (Sepertion of Variables)<sup>[10]</sup>와 도체 표면의 선전하 (Line Charge)에 대한 수치 해석<sup>[11]</sup>등이 있으며, 전자의 경우, 경계면의 형태변화에 따라 수치로 적합한 Green 함수를 구해야 하지만, 후자의 경우, 무한 선전하에 대한 2차원 Green 함수만을 이용하여 수식 전개를 통해 2차원 문제를 1차원 문제로 단순화 시키는 수치 해석상 유리한 조건을 가진다. 기본적으로 준-정적 근사식은 셀 전류 분포에 의해 생성되는 Field의 파장보다 셀의 크기가 매우 작다는 전제에 근거하고 있다. 또한 전류분포의 원천점으로부터 대상체가 있는 관측점까지의 거리가 파장에 비해 매우 작다는 가정을 바탕으로 해석된다. 이러한 조건하에 스칼라 및 벡터 포텐셜은 다음 식(1)로 근사화 될 수 있다<sup>[11]</sup>.

$$\phi(r) \cong \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho(r') G(r, r') dv \quad (4.1)$$

또한,

$$A(r) \cong \mu_0 \int J(r') G(r, r') dv \quad (4.2)$$

여기서 각각,

$J$  : 전류 분포

$\rho$  : 전하 분포

$G$  : Green 함수

$r$  : 원천점

$r'$  : 관측점

$\epsilon_0$ :  $8.85 \times 10^{-12}$  (F/m)

$\mu_0$ :  $4\pi \times 10^{-7}$  (H/m)

상기 전제에 따라 E-Field 및 H-Field는 정적으로 해석될 수 있으며, 시변인자  $\exp(j\omega t)$ 는 생략된다. 따라서 E-Field 및 H-field는 각각 다음 식(4.3), 식(4.4)로 주어질 수 있다.

$$E = - \nabla \phi \quad (4.3)$$

$$H = \frac{1}{\mu_0} \nabla \times A \quad (4.4)$$

고주파 발생원과 셀, 셀과 의사 부하 사이는 임피던스가 양호하게 정합되었기 때문에 셀을 따라(전자파 전파방향) Field의 축 변동이 매우 적으며, E-Field 및 H-Field는 본질적으로 전자파의 진행방향에 수직인 면에서만 변화한다. 따라서 셀 내의 도전성 사각 실린더가 존재하는 경우를 해석하는데 있어서 Green 함수를 이용한 2차원 해석이 가능하게 된다[1][3].

$$\nabla^2 G(r, r') + k^2 G(r, r') = -\delta(x-x') \delta(y-y') \quad (4.5)$$

여기서, 좌표(x, y)는 관측점을, 좌표(x', y')는 진행면내의 원천점에 위치한다.

Green 함수는 식(4.5)의 해이다. 적절한 경계조건을 설정하여 Kanda<sup>[3]</sup>에 의해 유도된 Green 함수는 다음과 같다.

$$\frac{\partial G}{\partial x} = 0 \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned}
G(x, y; x', y') = & \frac{j}{2kb} [e^{jk(y+y')} + e^{jk(y-y')}] \\
& + \frac{j}{b} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos \frac{n\pi x}{b} \cos \frac{n\pi x'}{b}}{\Gamma_n} \\
& \cdot [e^{j\Gamma_n(y-y')} + e^{j\Gamma_n(y+y')}] \quad (4.7)
\end{aligned}$$

여기서,

$$\Gamma_n = \sqrt{k^2 - (n\pi/b)^2} \quad (4.8)$$

먼저 E-field의 분포를 고려하면 표면 전하 분포  $\rho$ 에 의한 포텐셜의 일반해는 모든 전하요소  $\rho dx' dy'$ 에 기인하는  $\phi$ 의 중첩 (Superposition)이다.

$$\phi(x, y) = \frac{1}{\epsilon_0} \iint \rho(x', y') G(x, y; x', y') dx' dy' \quad (4.9)$$

여기서, 적분은 셀의 단면 전역에 대해 적용되며, 경계조건은 셀 벽 전체와 실린더 표면에서  $\phi(x, y) = 0$ , 중앙도체 (Septum) 표면에서  $\phi(x, y) = V$ 로 한다. 셀 벽과 중앙도체를 제외하고는 전 영역에서 전하밀도는 0이므로, 식 (4.9)의 면적분은 선적분으로 변환할 수 있으며, 식(4.9)에 경계조건을 대입하면 다음의 적분식이 얻어진다.

$$V = \frac{1}{\epsilon_0} \int_C \rho(\mathbf{x}', \mathbf{y}') G(\mathbf{x}, \mathbf{y}; \mathbf{x}', \mathbf{y}') d\mathbf{c}' \quad (4.10)$$

여기서, 적분이 셀의 벽에 대해 실시되었을 때는  $V=0$ 이고,  $\rho$ 는 선 전하 밀도 (Line Charge Density) 이다.

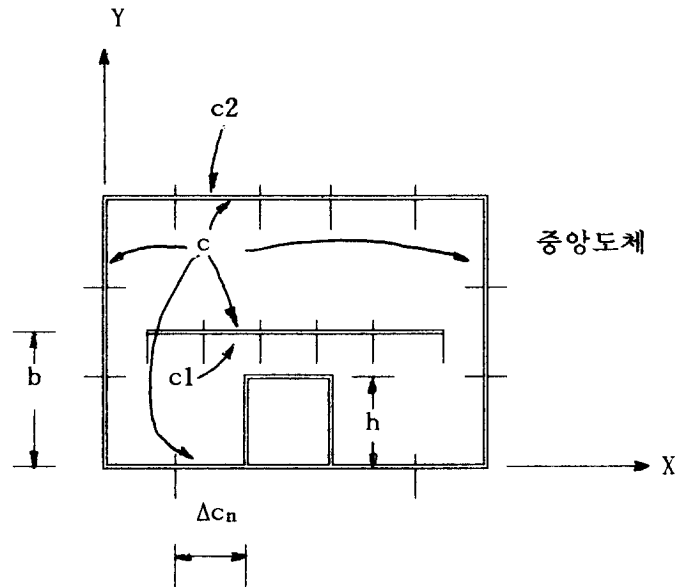


그림 4-3. TEM 셀의 윤곽선

식(4.10)은 모멘트법을 이용하여  $\rho$ 에 대해 해석이 가능하게 되는데, 수치적 과정은 그림 4-3과 같이 윤곽선  $c$ 를 미소길이  $\Delta c_n$ 으로 나누고,  $\rho$ 는 각 미소길이에서는 동일하다고 가정하여 성립된다. 식(4.10)의 해는 기저함수(Basis Function)에 이용되는 펄스함수와 시험에 이용되는 델타함수가 포함된 모멘트법에 의해 구해진다[11]. 기본적인 절차는 그림 4-3의 윤곽선을  $N$ 개의 미소길이를로 구획하는 것과 각 미소길이에서  $\rho$ 는 일정하다는 가정으로



구성된다. N번째 미소길이를  $\Delta c_n$  으로 표시하며, 각 미소길이의 가운데 지점을  $(x_n, y_n)$ 으로 정한다. 각 좌표  $(x_n, y_n)$ 에서 식(4.10)이 만족되어야 하는 요건에 의해, 적분 방정식은 다음의 행렬식으로 표현될 수 있는 일단의 선형 대수 방정식으로 근사화될 수 있다.

$$[V_m] = [G_{mn}] [\rho_n] \quad (4.11)$$

여기서,  $G_{mn}$ 은 다음 식(4.12)로 주어진다.

$$G_{mn} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_{\Delta c_n} G(x, y; x', y') dc' \quad (4.12)$$

미지항  $[\rho_n]$ 는 행렬식의 역변환을 통해 구해진다. 그러나 통상,  $[G_{mn}]$ 의 역행렬을 계산하지 않고 Gause-Jordan 소거법을 적용하여 수식의 시스템을 해석하는 것이 보다 효율적이다.

포텐셜이 결정되어지면 포텐셜의 Gradient로 전계 분포를 계산할 수 있다.

#### 나. TEM 셀의 특성 임피던스

셀의 특성 임피던스,  $Z_0$ 는 전송선로의 단위길이당 분포 용량  $C_0$ 에 의해 다음과 같이 표현될 수 있다<sup>[9]</sup>.

$$Z_0 = \frac{1}{vC_0} \quad (4.13)$$

여기서,  $v = 1 / \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$  로 위상속도 (Phase Velocity)를 나타낸다.

한편, TEM 셀의 분포 용량은 상사 변환법 (Conformal Transformation)에 의해 분석적으로 얻어질 수 있다<sup>[7][9]</sup>. 상사 변환법에서는 1종 완전 타원 적분 (Complete Elliptic Integrals)과 Jacobian 타원 함수가 이용되며, 이들의 인자는 테이블화 되어 있다<sup>[14]</sup>. 또한, 수치적 평가를 위한 효율적인 알고리즘도 제시되어 있다<sup>[9][14]</sup>.

분석에 적합한 전기장에 대한 적분 방정식은 임피던스 정합이 이상적으로 이루어져 반사파가 없을 경우, 다음 식 (4.14)와 같게 된다<sup>[9]</sup>.

$$Z_0 = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_m}{\oint_{l'} \frac{a_z \times E}{\eta_0} dl} \quad (4.14)$$

식(4.14)를 이용해 적절한 적분 경로를 잡아 계산하면, 위치에 따른 특성 임피던스 변화를 알 수 있다.

다. EUT 삽입에 따른 Field 레벨의 보정

EUT를 TEM 셀 내부에 삽입한 후의 특성 임피던스를 알면, 보정된 유효 이격 거리 (Effective Separation Distance)  $b'$ 와 전기장  $E_v'$ 를 결정 할 수 있다 [7][13].

EUT가 삽입되지 않은 셀의 특성 임피던스는 근사적으로 다음 식(4.15)와 같이 주어진다.

$$Z_0 \cong \frac{376.7}{4 \left[ \frac{a}{b} - \frac{2}{\pi} \ln \left( \sinh \frac{\pi g}{2b} \right) \right] - \frac{\Delta c}{\epsilon_0}} \quad (4.15)$$

식의 매개 변수  $a$ ,  $b$ , 및  $g$ 는 앞의 그림 4-2에 정의 되어 있다.

EUT를 삽입했을 경우, 셀의 특성 임피던스,  $Z_0'$ 는 다음식(4.16)과 같다.

$$Z_0' \cong \frac{376.7}{4 \left[ \frac{a}{b'} - \frac{2}{\pi} \ln \left( \sinh \frac{\pi g}{2b'} \right) \right] - \frac{\Delta c}{\epsilon_0}} \quad (4.16)$$

매개변수  $b'$ 는 셀의 중앙 도체와 외벽까지의 유효 이격 거리이며, 다음 식 (4.17)에 의해 결정된다.  $\Delta c/\epsilon_0$ 를 무시한다고 가정하면,  $Z_0/Z_0'$ 의 비는 다음 식(4.17)과 같다.

$$\frac{Z_0}{Z_0'} = \frac{\frac{a}{b'} - \frac{2}{\pi} \ln\left(\sinh \frac{\pi g}{2b'}\right)}{\frac{a}{b} - \frac{2}{\pi} \ln\left(\sinh \frac{\pi g}{2b}\right)} \quad (4.17)$$

실험적으로  $b'$ 를 알기 위해서는, TDR (Time Domain Reflectometer)를 사용하여, EUT가 적재되지 않은 셀과 그 영상(Image)이 포함된 EUT가 삽입된 셀의 분포 임피던스를 측정한다[7][13].  $Z_0'$ 를 측정할 때, 본체 EUT에 대한 영상(Image)로써 두번째 등가 EUT를 셀 내부에 위치 시키는 것이 불편하다면, 다음의 근사식 (4.18)이 사용될 수 있다. 셀 내부의 EUT (영상이 아닌)만으로 분포 임피던스를 측정한다.

$$Z_0 = 2\Delta Z_0 \cong Z_0' \quad (4.18)$$

여기서,  $\Delta Z_0 = Z_0 - Z_0''$ , 또는  $Z_0' \cong 2Z_0'' - Z_0$  이다.

측정치로부터 EUT의 대칭적 삽입에 의한 임피던스 근사치  $Z_0'$ 를 계산하여, 보정된 유효 이격 거리  $b'$ 를 얻는 데 사용할 수 있다.

만약, EUT가 중앙도체와 셀의 시험 지역 중심에 놓여 진다면, 다음 식 (4.19)로부터  $E_v'$ ,  $E_v$ 의 값을 얻을 수 있다[13].

$$E_v' = \frac{\sqrt{P_n/G_c}}{b'} \sim E_{x,y}, \quad E_v = \frac{\sqrt{P_n/G_c}}{b} \sim E_{x,y} \quad (\text{V/m}) \quad (4.19)$$

여기서,  $1/G_c = Z_0'$ ,  $E_{x,y}$ 는 EUT의 위치에서의 E-Field의 상대적인 크기이다. 이러한 위치에서는 1이 된다. 따라서 보정계수  $F_c$ 는 그 비율인 식 (4.20)과 같다.

$$F_c = 20 \log \frac{E_v'}{E_v} \quad (\text{dB}) \quad (4.20)$$

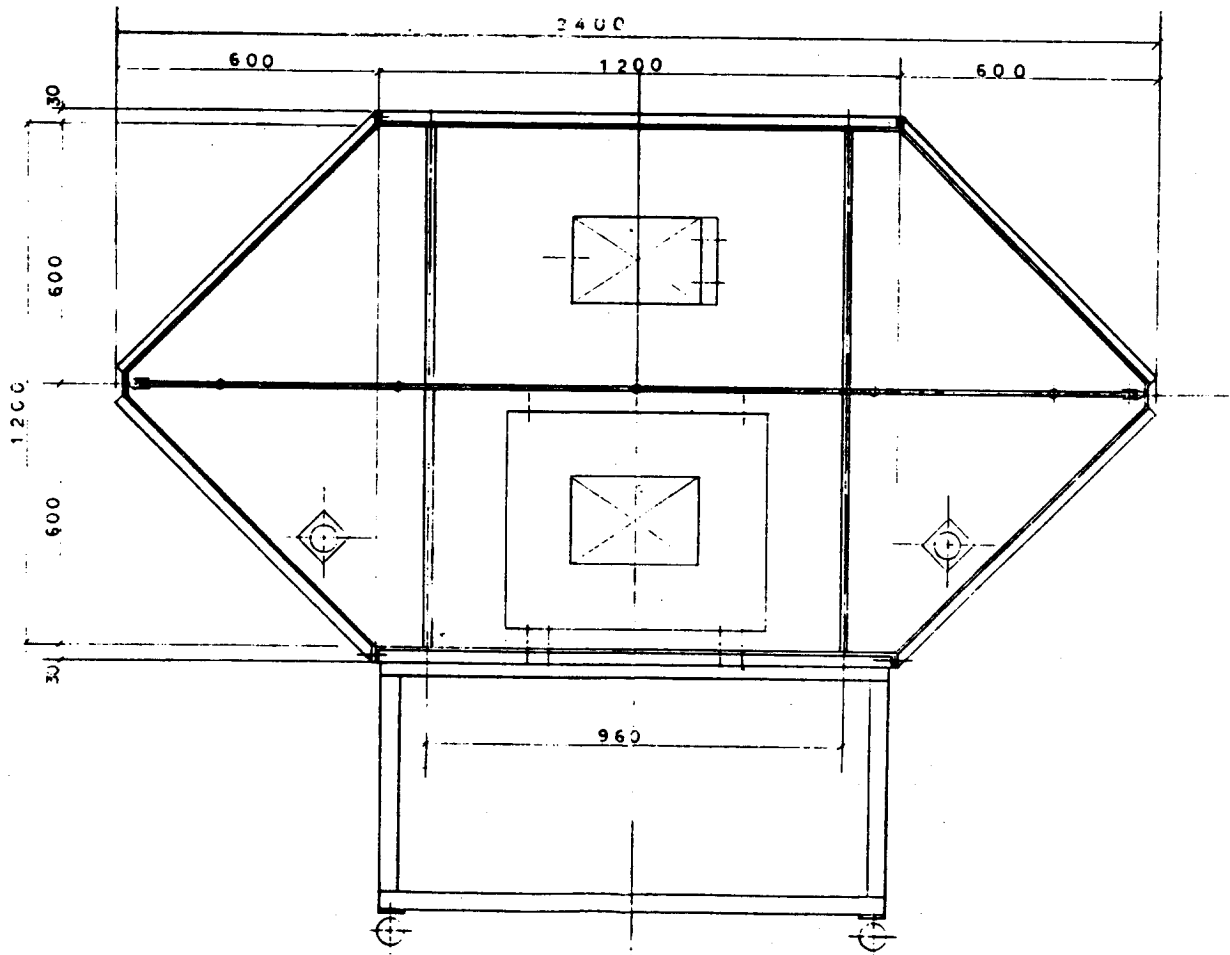
만약, 셀의 시험영역 내에 보다 바닥에 가깝도록 EUT를 위치시켰을 경우에도 EUT의 부하 효과에 대한 보정 인자 (Correction Factor)는 양쪽의 시험 위치에 있어서 동일하다[7][13].

#### 라. 결론

TEM 셀 내부의 EUT 삽입으로 인한 임피던스 부하 효과를 수치적으로 해석하기 위해, Spiegel 등에 의해 제시된 모멘트법을 도전성 사각 실린더를 셀에 삽입한 경우로 확장하여 이론적 해석 방안을 구축하였다. NBS Technical Note 및 SAE 규격 등에 제시된 바 있는 TDR (Time Domain Reflectometer)에 의한 셀의 임피던스 측정을 계산식으로 대체함으로써, 보다 보편적인 보정 계수 설정이 가능해졌다. 향후 컴퓨터를 이용한 수치적 해석 결과와 자체 제작한 TEM 셀에 의한 실험적 측정치 간의 비교 검토를 통해 상관관계 분석 및 이론 보강이 이루어질 예정이며, 실험적 검증을 거쳐 임의의 EUT에 대한 전계 보정치의 계산이 가능해짐으로써 전자파 감수성 측정의 재현성 개선에 도움이 될 것으로 판단된다.

### 3. TEM Cell의 설계

앞서의 고려 사항들을 참고하여 설계된 RRL TEM 셀은 다음의 그림 4-4 ~ 그림 4-9와 같다.



TEM CELL ASSY 1/10

그림 4-4. TEM Cell 의 설계 도면(1)

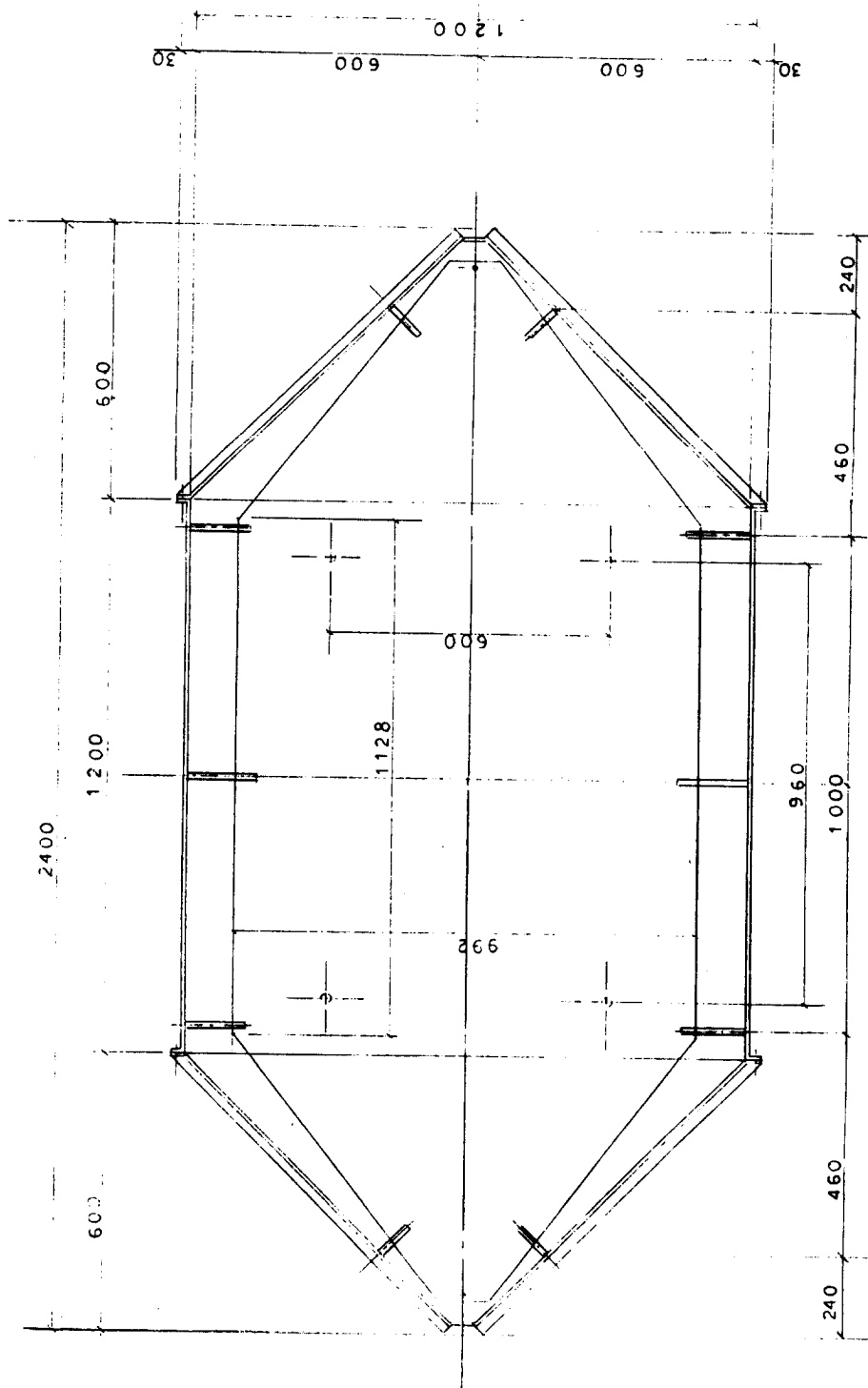
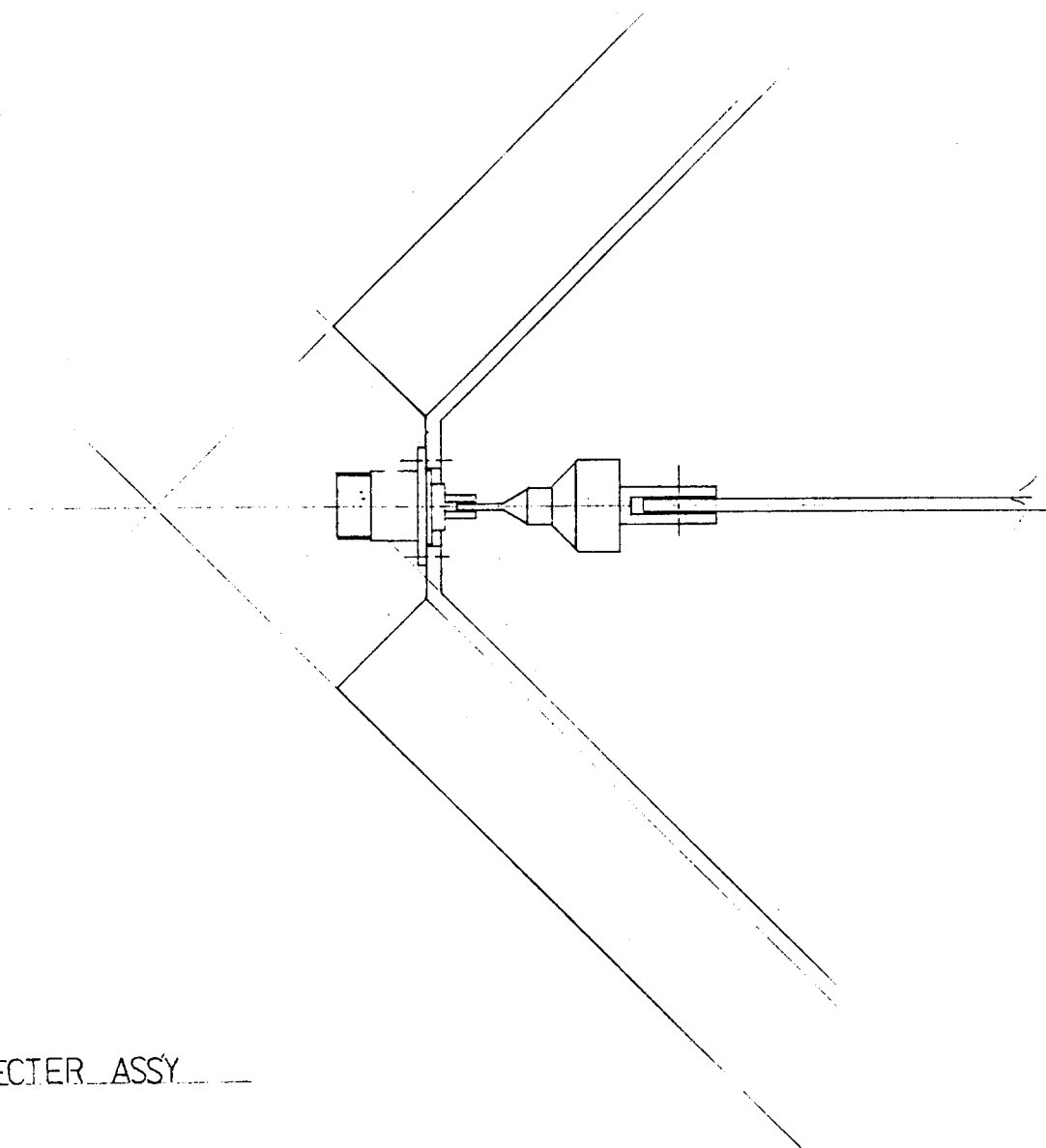


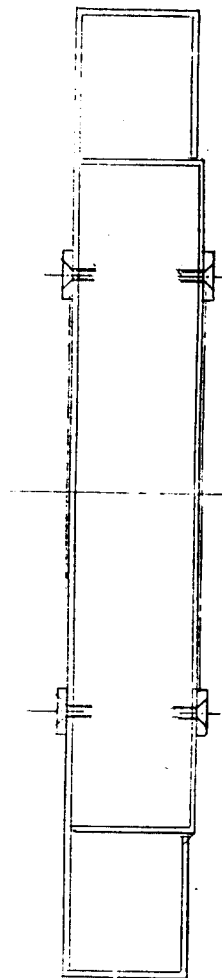
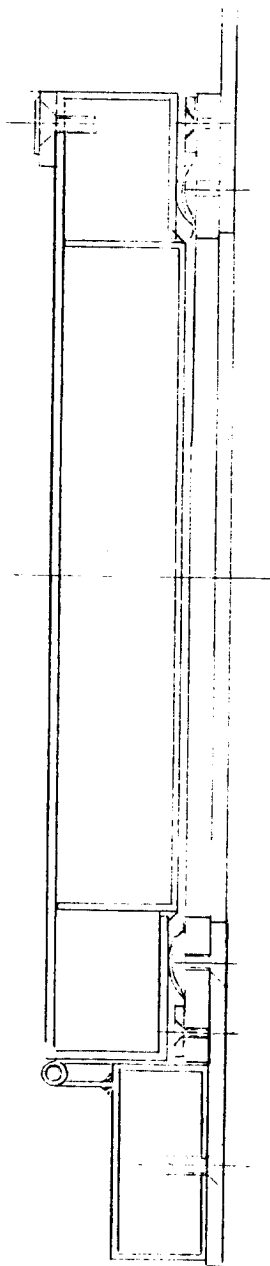
그림 4-5. TEM Cell 의 설계 도면(2)



CONNECTER\_ASSY\_\_\_\_\_

그림 4-6. TEM Cell 의 설계 도면(3)





DOOR ASSY

그림 4-7. TEM Cell 의 설계 도면(4)

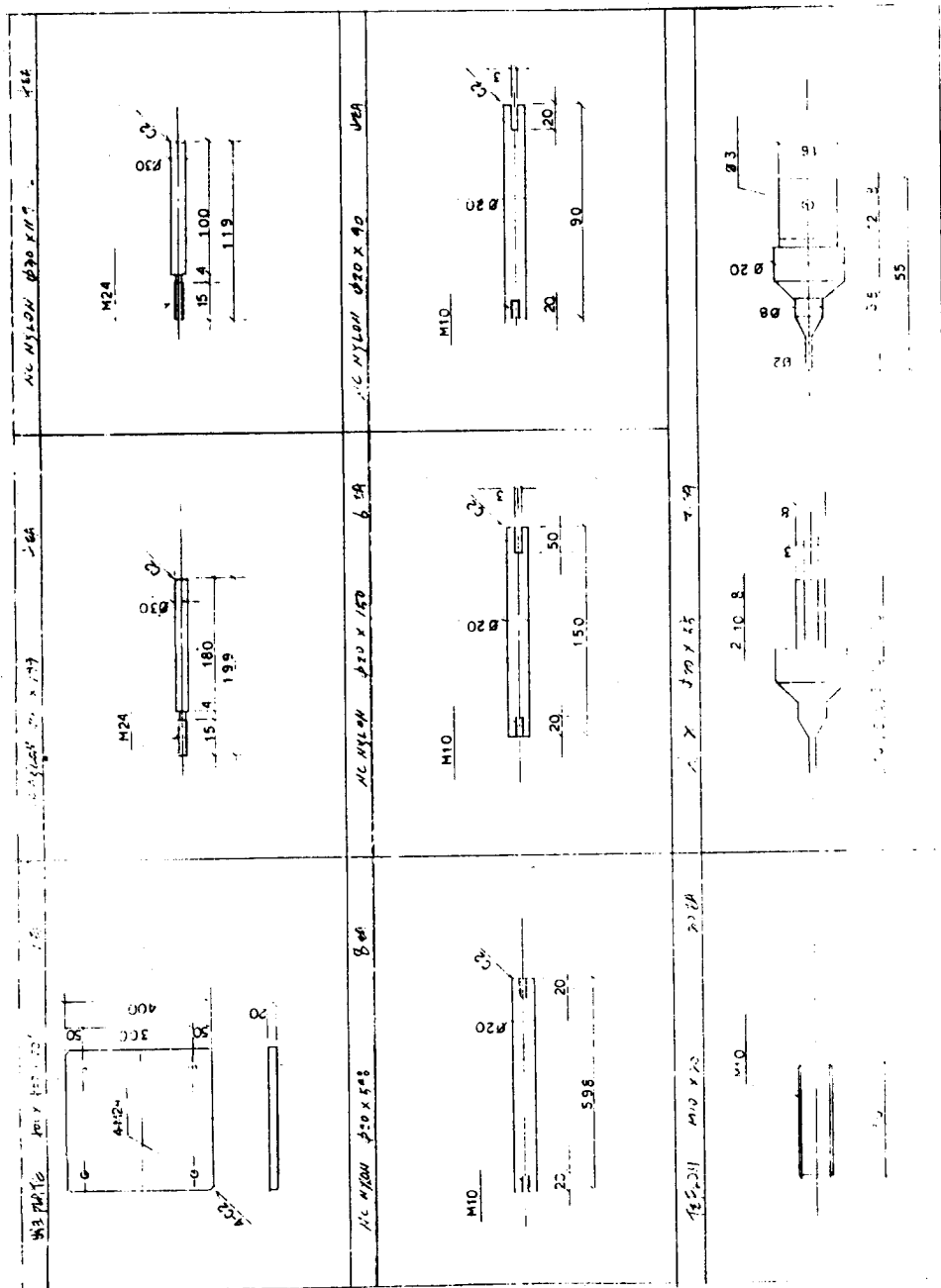


그림 4-8. TEM Cell 의 설계 도면(5)

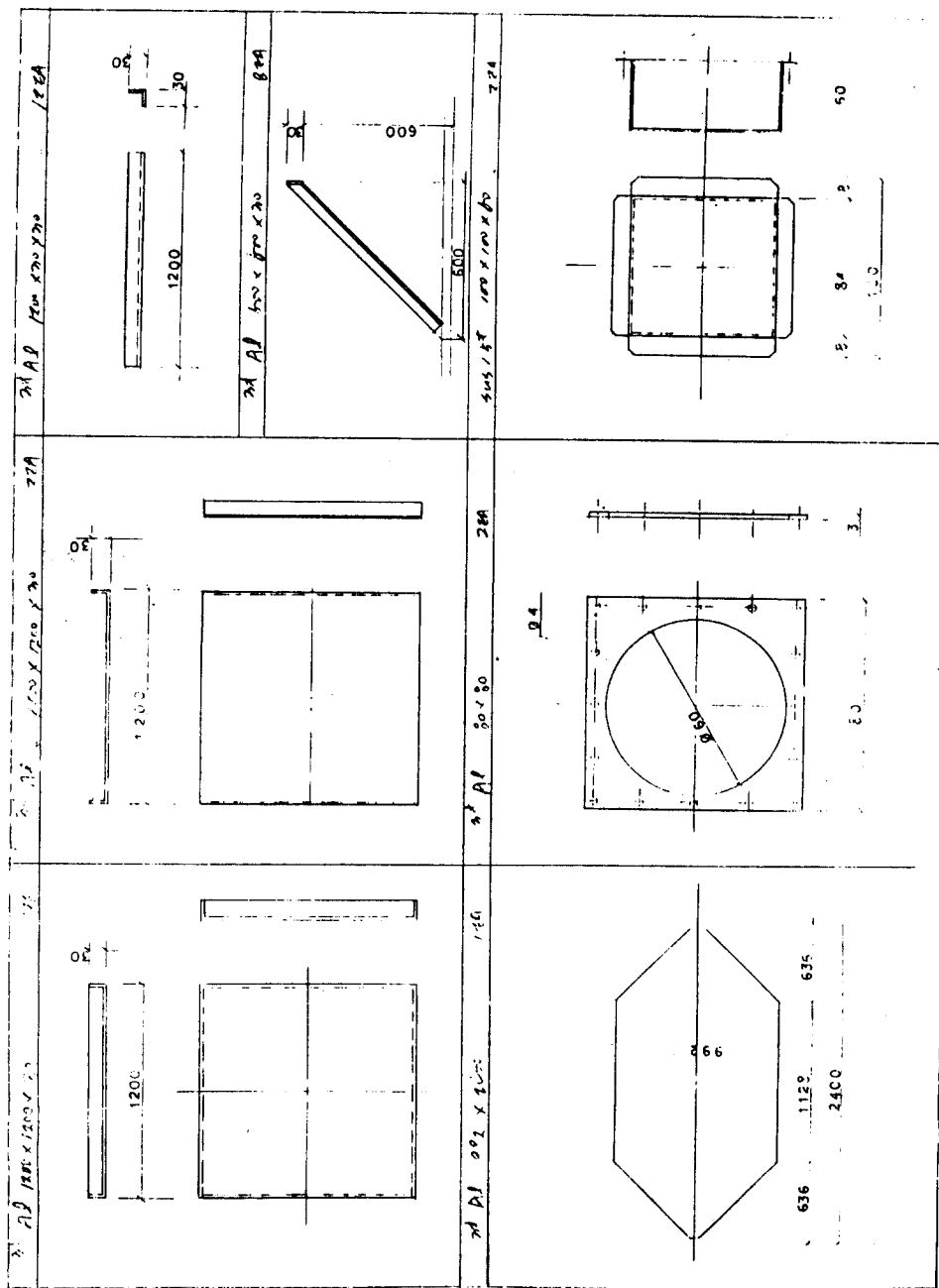


그림 4-9. TEM Cell 의 설계 도면(6)

## 제 5장. EMS 관련 설비 사양 조사 및 분석

본 장에서는 효과적인 시험을 위한 측정 설비의 사양을 검토하고 효과적인 측정 시스템의 구성안을 제안한다.

### 1. 관련 설비 고려사항

전자파 내성 측정을 위한 설비에는 시험장, 신호원(RF Source), 복사장치(Radiator), 기타 악세사리 등이 포함된다.

#### 가. 시험장(Test Site)

측정을 위한 시험장은 야외 시험장, 전자파 무반사실, 전자파 차폐실 등으로 분류된다.

##### (1) 야외시험장

전자파를 반사시킬 수 있는 반사물체가 시험장 주변에 없고, 주변전자파잡음 수준이 낮은 야외에서 행하는 시험으로, 피시험체의 크기에 제한을 받지 않으며, 실제 기기의 동작조건에 상당히 일치시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 야외환경은 차폐된 실내 시험장의 기준으로 이용되기도 한다. 그러나 야외시험장소에서 강한 전자파를 방출할 경우, 일정한 허가를 얻어야 하며, 주파수도 제한(예 : 방송 및 무선통신 주파수)되고, 여러조건(예: 주변 전자파 잡음이 낮은 야외, 고른 대지면, 주변 반사물질 배제)들을 두루 갖춘 장소를 찾기 어렵다는 단점을 갖고 있다.

야외시험장에서의 시험 정확도를 높이려면, 큰 금속망이나 금속판을 대지면으로 사용하여야 하며, 기타 CISPR, 또는 OET의 권고를 따라야하는데, 이러한 시험장 조건을 갖춘 장소를 찾기가 쉽지 않다. SAE J1338 JUN81은 전체 차량의 복사 감수성 측정에 대한 정보를 제공한다. 단, 주파수는 개별 주파수에 한정된다.

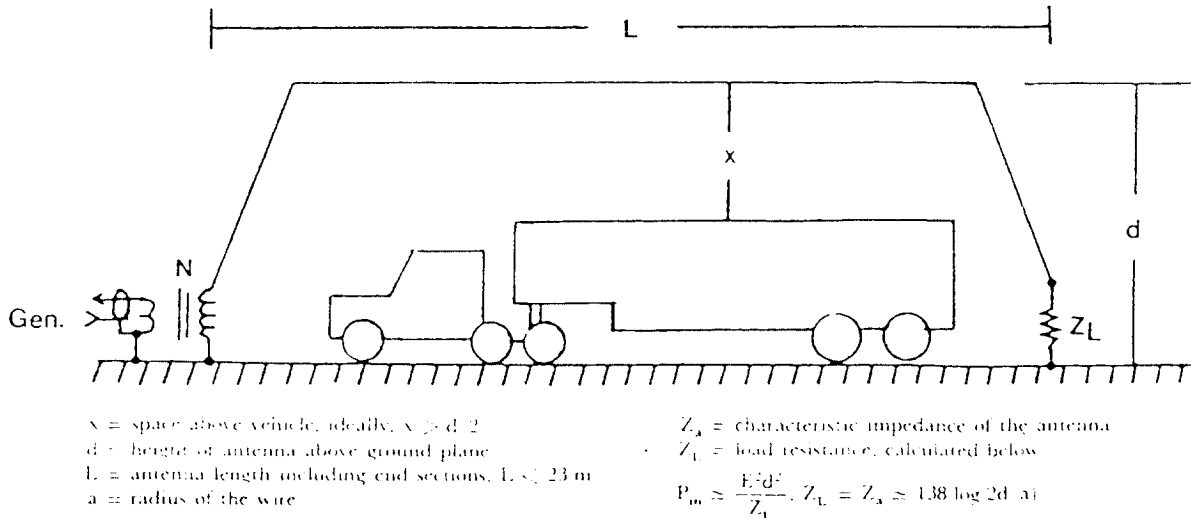


그림 5-1. SAE J1338에 제시된 야외 시험의 일례

## (2) 전자파 무반사실

반사파를 최소화 시키거나 야외시험장을 모방한것으로, 시험환경이 전기적으로 분리되며, 날씨 등으로부터 구애를 받지않는다. 전자파 무반사실은 전자파흡수체를 효과적으로 사용했을때, 야외시험장과 유사한 특성을 갖으나, 통상 획득 가격이 비싸다.

전자파 흡수체의 크기는 전자파 에너지를 효과적으로 흡수하기 위하여  $1/4 \lambda$  이상이어야 한다. 파장은 주파수에 반비례하므로, 주파수가 낮아질수록 전자파 흡수체의 길이는 증가하게 되어, 전자파무반사실은 가격, 크기, 또는, 큰 전자파 흡수체부착의 난이점 등의 조건들로 인해 저주파수 대역 측정의 경우, 제한을 받는다.

안테나를 사용하여 측정하는 방법 등은 경우에 따라서는 안테나 사용 그 자체 때문에 측정에 제한을 받는다. 대부분의 안테나는 사용 주파수 대역이 제한되어 있으며, 주파수에 따른 위상특성이 선형적이 못되는 경우가 많다. 이러한 안테나는 과도기적 현상 즉, 임펄스의 측정 등에는 파형의 찌그러짐 때문에 적합하지 못하다.

또한, 10 kHz - 30 MHz의 주파수 범위에서 장해내성을 측정하기 위한 전자계 ( $1 \text{ V/m} - 10 \text{ V/m}$ )를 얻기 위해서는 로드 안테나(Rod Antenna)의 경우, 입력이 수 와트(Watt)가 필요한데, 이때 통상 로드 안테나의 동조 인덕터는 포화되어 타버리기 쉬우며, 용량이 큰 RF동조기는 고가이다.

더구나 측정을 정확히 하기 위해서는 피시험체와 안테나 사이의 거리가 충분히 떨어져 Far Field 조건을 만들어 주어야 하는데, 전자파 무반사실의 경우, 실의 크기 또는 장해 내성 측정을 위한 강한 전자계의 요구 조건등 때문에, 항상 평면파를 만들 수 없어, 통상 Near Field 개념을 사용하게 된다.

이러한 Near Field 에서의 측정은 시험구역내의 전자계가 균일하지 못하며, 피시험체와의 상호작용 때문에 측정상 여러가지 문제를 야기시킬 수 있다.

### (3) 전자파 차폐실

외부의 전자파로부터 시험이 영향을 받지 않도록 하고, 또한 시험중에 발생하는 전자파가 외부에 장애를 주지 않도록 전자파 차폐되어 있는 장소로서 이곳에서는 전도성 내성 측정은 가능하나, 반사파의 영향 때문에 안테나를 이용한 복사성 내성 측정에는 적합하지 않다.

## 나. 신호원

사용될 시험 계획에 지정된 내성 레벨까지 출력을 높일 수 있고 변조, 무변조의 100 W 이상을 공급할 수 있는 상업적으로 유용되는 신호원, 전력 증폭기 또는 일반용 증폭기가 사용된다. 전형적인 신호원의 일례를 그림 5-2에 나타냈다.

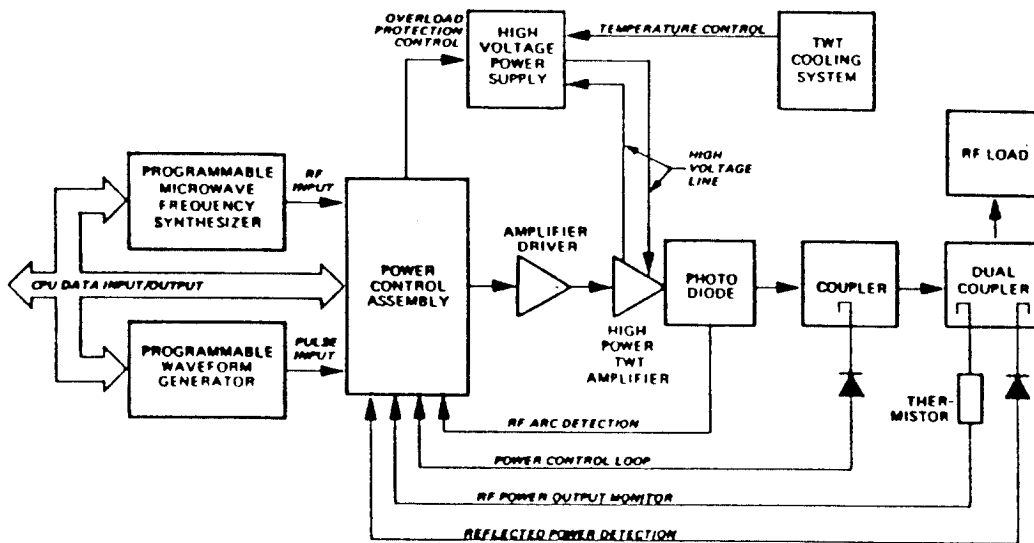


그림 5-2. 전형적인 신호원

다. 기타 악세사리

#### (1) 의사 부하 (Dummy Load)

TEM Cell은 전송 선로의 개념이므로 종단을 반드시 전송 선로의 특성 임피던스로 종단해 주어야 한다. 그렇지 않을 경우, 임피던스 부정합(Mismatch)에 의한 VSWR 값이 크게 되어, TEM Cell 내의 균일한 전자파 발생에 나쁜 영향을 줄 뿐만 아니라 전력 증폭기 등의 손상을 줄 우려가 있다.

TEM Cell의 특성 Impedance는  $50\Omega$  이므로  $50\Omega$  의 순수 저항 성분을 갖는 의사 부하(Dummy Load)를 종단에 연결한다.

Dummy Load의 대표적인 제조 회사로는 미국의 Bird 사를 들 수 있다.

#### (2) 전자파 흡수체(Absorber)

발생된 전자파가 외벽에 반사되어 균일한 전자파 발생에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 TEM Cell 내 상기위치(그림 5-3의 A,B,C)에 통상 전자파 흡수체를 부착하여 반사파 영향을 극소화 시킨다.



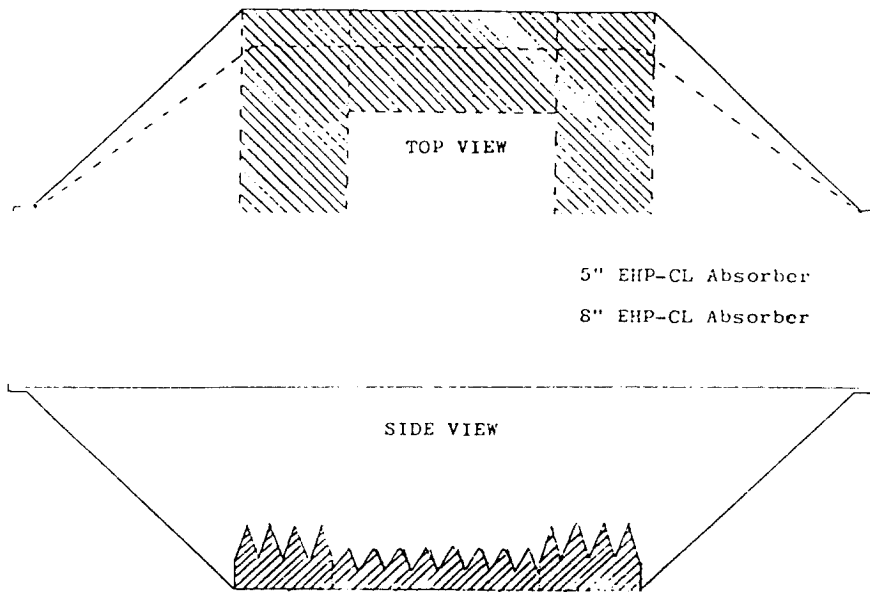


그림 5-3. TEM Cell 내의 전자파 흡수체의 부착 위치

- (3) RF 전압계: 주파수 범위 14 kHz - 200 MHz에 걸쳐 100 V를 측정할 수 있는 상용 RF 전압계.
- (4) 종단: 200 W, 50Ω 부하.
- (5) 주파수 계수기: 200 MHz 이상의 주파수를 측정할 수 있는 주파수 계수기.
- (6) TEM Cell.
- (7) 저역-통과 필터: 200 MHz 차단 주파수, 300 MHz 초과 주파수에서 60 dB 신호 강하를 가져야 한다.
- (8) 모니터: EUT의 동작을 감시하기 위해 필요한 시험 장비.
- (9) 양방향성 결합기: - 30 dB 이상의 결합비, 10 - 200 MHz.

- (10) 센서를 포함한 RF 전력계: 10 - 200 MHz의 주파수에서 100 mW 까지 RF 전력 레벨을 측정할 수 있어야 한다.
- (11) 2채널 XY 기록기.
- (12) Dual Directional Coupler: 10 - 200 MHz의 주파수 범위에서 Coupling 비가 -30dB 이상이어야 한다. VSWR Meter를 사용할경우 Dual Directional Coupler는 없어도된다.
- (9) RF Power Meters with Sensors: 10 - 200 MHz 범위에서 Power Level을 100 mW 까지 측정할 수 있어야한다.

## 2. 필수 설비 사양 제안

### 가. 시스템 사양

#### (1) 복사 내성 측정 시스템 사양

가) 주파수 범위(Frequency Range): 10 kHz to 1 GHz(최소).

나) 최대 전계 강도(Maximum Field Strength): 1 m 거리에서 10 V/m(최소).

다) 최소 전계 강도(Minimum Controllable Field): 1 V/m 이하.

라) 레벨 분해능(Leveling Resolution): +/-0.1 dB.

마) 주파수 분해능(Frequency Resolution): 1Hz(10 kHz - 1 MHz)  
10Hz(1 - 1000 MHz).

바) 주파수 정확도(Frequency Accuracy): +/-0.001 %(10 kHz - 1000 MHz).

사) 변조 능력(Modulation Capability): AM, FM, Pulse(10 kHz to 1 GHz).

아) 전압정재파비 허용 편차(VSWR Tolerance): Fully VSWR Protected.

#### (2) 전도 내성 측정 시스템 사양

가) 결합 방법(Coupling Method): Audio Transformer(20 Hz - 50 kHz)  
RF Coupler (50 kHz - 400 MHz).

나) 주파수 범위(Frequency Range): 20 Hz - 400 MHz.

다) 주입 전압(Injected Voltage Capability):

0.5 ohm Load, 최소 100 Watts(20 Hz - 50 kHz)

50 ohms Load, 최소 2 Watts(50 kHz - 400 MHz).

라) 인가 전압(Applied Voltage Capability):

Across 0.5 ohms, 최소 10 Volts(20 Hz - 50 kHz)

Across 50 ohms, 최소 10 Volts (50 kHz - 400 MHz).

마) 레벨 분해능(Leveling Resolution): +/-0.5dB

바) 주파수 분해능(Frequency Resolution): 1 Hz(10 kHz - 1 MHz)

10 Hz(1 - 400 MHz).

사) 주파수 정확도(Frequency Accuracy): +/-0.001 %.

아) 변조 능력(Modulation Capability): AM, FM, Pulse(10 kHz - 400 MHz).

자) 부정합 보호 기능(Mismatch Protection): Fully Protected

나. 각 장비별 사양제안

Item Description	Manufacturer	Model
Amplifier, RF 10 kHz to 220 MHz	Amplifier Research	AR250L
E-Field Generator 10 kHz to 30 MHz	Amplifier Research	AT3000
Field Monitor System	Amplifier Research	FM1000
Field Probe 10 kHz to 1 GHz	Amplifier Research	FP1000
Fiber Optic Cable	Amplifier Research	PC1015
Amplifier, RF 100 to 512 MHz	Eaton	1052B
Amplifier, RF 500 to 1000 MHz	Eaton	15100B
Swith Matrix	Eaton	96078-1
Antenna, Biconical 20 to 200 MHz	Eaton	96002
Antenna, DRG Horn 200 to 2000 MHz	Eaton	96000

Item Description	Manufacturer	Model
Swith Driver	Hewlett-Packard	11713A
Digital Multimeter	Hewlett-Packard	3478A
RF Power Meter	Hewlett-Packard	438A
RF Power Sensor 100 kHz to 4.2 GHz	Hewlett-Packard	8482A
RF Power Sensor Cable	Hewlett-Packard	11730B
Termination, 50 ohm	ITT-Pomona	4119-50
Amplifier, Audio	Mcintosh	MC 2500
Audio Transformer	Solar	6220-1A
RF Coupler	Solar	7415-3
Coupling Capacitor	Solar	7525-1
Phase Shift Network	Solar	7021-1
Audio Function Generator	Wavetek	271
Signal Generator	Wavetek	2520A
Attenuator, DC-18 GHz, 10dB(20dB), 10Watt..	Weinschel	23-10-34

## 제 6장. TEM Cell의 성능 평가 기준 및 절차

본 장에서는 TEM Cell의 성능 평가 항목으로서 전압 정재파비(VSWR), 삽입손실(Insertion Loss), 장 균일성(Field Uniformity) 등을 고려한다. 복사 장치로서의 TEM Cell은 입력 전송선로와 출력측 부하 종단에 대한 임피던스 부정합을 최소화하여 VSWR을 낮추어야 하며, 내부 형성 전자장이 시험 영역 전반에 걸쳐 균일하여야 한다. 또한 주파수에 따른 삽입손실의 변화, 다중 모드에 의한 공진, 상한 주파수 등도 상기의 성능에 영향을 미치는 요소이다. 한편, 자체 제작한 TEM Cell의 사용 주파수 범위를 확장하기 위해 셀 내부에 전자파 흡수체를 부착하여 별개로 성능 측정 및 비교 분석을 실시하였다.

### 1. 성능 평가 항목

#### 가. 특성 임피던스

RCTL 특성 임피던스는 전송선로 단위 길이당 분포용량(Distributed Capacitance)  $C_0$ 로 나타낼 수 있다.

$$Z_0 = \frac{1}{V C_0} = \frac{1}{\frac{1}{(\mu_0 \epsilon_0)^{-1/2}} C_0} = \frac{\eta_0 \epsilon_0}{C_0} \quad (6.1)$$

여기서,  $\eta_0$ 는  $120 \pi \Omega$ 으로서 자유 공간에서의 고유 임피던스(Intrinsic Impedance)이고,  $\epsilon_0 \approx 10^{-9} / 36\pi$  로서 대기의 Permittivity 이며,  $v = (\mu_0 \epsilon_0)^{-1/2} \approx 3 \times 10^8$  m/s 이다.

$$\frac{C_0}{\epsilon_0} \approx 4 \left[ \frac{a}{b} - \frac{2}{\pi} \ln \left( \sin \frac{\pi g}{2b} \right) \right] - \frac{\Delta C}{\epsilon_0} \quad (6.2)$$

여기서,  $a$ ,  $b$  및  $g$ 는 그림 6-1에 나타냈으며,  $\Delta C$ 는 Septum의 두 끝(Edge)의 상호 작용을 계산에 포함 시킨 것이다.

$$a/b \geq 1, w/b \geq 1/2 \quad (6.3)$$

인 경우, (6.2)식의  $\Delta C$ 는 무시될 수 있다.

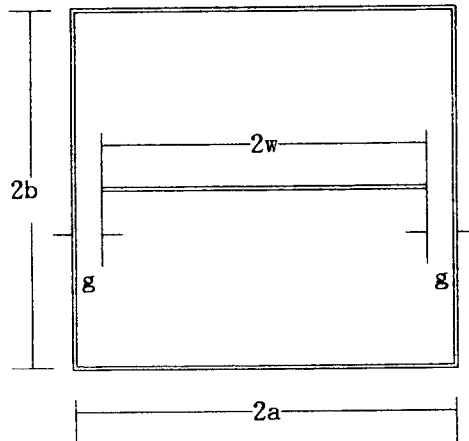


그림 6-1. TEM Cell의 단면



## 나. 장 균일성(Field Uniformity)

고주파 전력  $P$  watts가 셀을 통해 송신되었을 때, 시험 영역의 중앙에서 나타나는  $V/m$  단위의 절대 전기장은 다음 식에서 계산된다.

$$E = \frac{(P R)^{1/2}}{d} \quad (6.4)$$

여기서,  $R$ 은  $\Omega$  단위의 셀 특성 임피던스의 실수부이고,  $d$ 는 시험 영역을 둘러 싸는 측벽과 Septum 사이의  $m$ 단위 거리이다(그림 6-1.에서는  $d = b$ ).

실제 측정된 전기장 측정 결과 예를 그림 6-2에 나타냈다. 이 예를 통해 시험 영역에서 균일한 평면파가 형성됨을 알 수 있다.

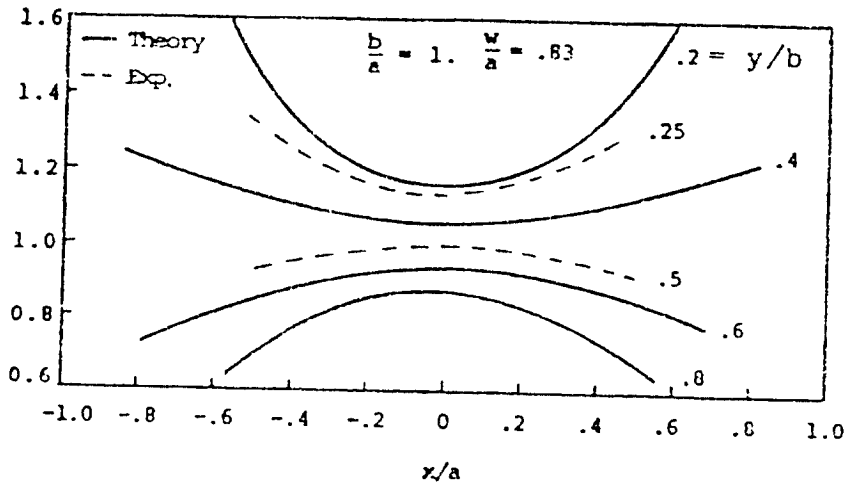


그림 6-2. 전기장 분포 측정 결과의 예

#### 다. 상한 주파수

상한 가용 주파수는 첫번째 고차모드의 다중모드 차단 주파수를 넘을 수는 있으나 공진 주파수에 이르면 요구되는 TEM-Mode Field Distribution이 파괴된다.

예를 들면  $a = b = 1 \text{ m}$ ,  $w/a = 0.8$ (또는  $g/a = 0.2$ ),  $d = 4 \text{ mm}$ 인 셀의 차단 및 공진 주파수는 각각 43 MHz, 66 MHz이며, 이 셀은 60 MHz까지 사용될 수 있다.

그러나 일반적으로 TEM 셀의 공진은 각 주파수에서 날카롭게 나타나며 공진 주파수 사이에 TEM 셀이 사용 가능한 스펙트럼 창(Window)이 존재한다.

일부에서는 셀 내부에 전파 흡수체를 부착하여 TEM 셀의 가용 주파수 상한을 증가시키려는 시도가 있으며, 이러한 효과로 셀의 Q Factor를 낮추고 다중 모드 효과를 줄일 수는 있으나 기본 TEM 모드에도 영향을 미치게 된다. 따라서 TEM 셀 내에 전파 흡수체를 부착할 경우에는, 상당한 주의를 요한다.

라. 삽입 손실(Insertion Loss)

전송 선로에 TEM 셀을 삽입하였을 때의 Power손실을 삽입 손실이라 하는데, 이 측정을 통해 고차 모드의 차단 주파수 및 공진 주파수를 알 수 있다.

TEM 셀의 경우, 통상 문헌에는 3 dB이하이어야 가용성이 있다고 한다.

그 한 예로, 삽입손실을 측정한 결과가 그림 6-3과 같은 경우 가용주파수는 220 MHz 이다.

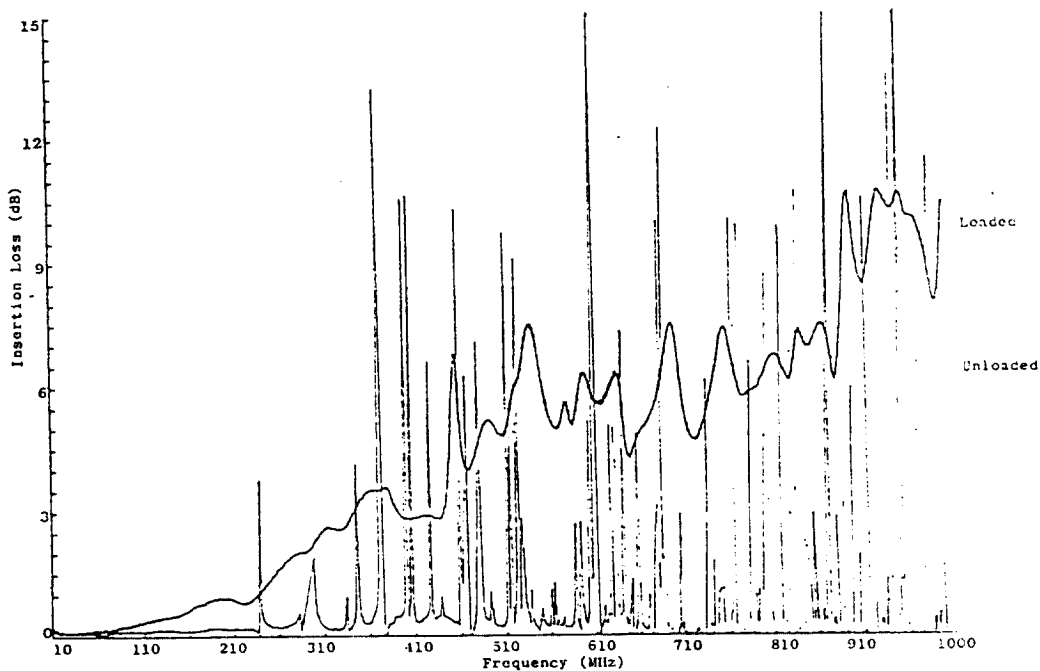


그림 6-3. Insertion Loss의 측정 결과의 예

마. 전압정재파비(VSWR : Voltage Standing Wave Ratio)

선로의 특성 임피던스가 같지 않을 경우 반사파가 생기는데, 이것이 입사파와 간섭하여 합성파가 생긴다. 이 합성파는 일정한 위치에 파동의 산과 골짜기가 있어서 그 사이에서 전압 또는 전류가 Sine 곡선으로 분포하여 그 위치에서 시간적으로 변화할 뿐이고 전혀 진행하지 않으며, 이것을 정재파(Standing Wave)라고 한다.

전압 또는 전류 정재파의 크기와 위상은 반사계수에 의해서 정해진다. 선로 상에서 전압파의 최소치( $V_{min}$ )와 전류파의 최대치( $I_{max}$ )가 겹쳐지는 점이면 임피던스가 최소가 되고, 그와 반대가 되면 최대가 된다. 전압 정재파에서 최대치와 최소치와의 비를 전압 정재파비(VSWR: Voltage Standing Wave Reflection)라고 하여 선로의 측정이나 조정시에 대단히 유용하게 자주 이용된다.

선로상에 정재파가 생긴다는 것은 반사파가 존재한다는 것을 의미하며, 선로의 전력이 전부 전하로 전달되지 않는 것이 된다. 따라서 전압 정재파비가 크면 클수록 반사 손실이 커지고 기기의 조정이 불안정하여지며, 때에 따라서는 정재파 때문에 선로의 일부에 과대한 전압이 가해져서 선로의 절연을 파괴하는 경우도 발생할 수 있다.

즉, 전압 정재파비는 곧 선로의 정합 상태를 의미하는 것이 되므로, 항상 이 VSWR이 최소가 되도록 선로를 조정한다.

VSWR과 Reflection Coefficient와의 관계를 나타내면 다음 식 6.5와 같다.

$$VSWR = \frac{1 + |K_L|}{1 - |K_L|}, \quad K_L : \text{Reflection Coefficient} \quad (6.5)$$

전송 선로상에서 정재파 양상을 고려하는 중요한 이유중에 하나는, 부하 임피던스와 합성 정재파 양상의 값이 밀접한 관계에 있으므로, 해결책의 일부가 되는 지식으로부터 임피던스가 계산될 수 있다는 것이다.

전압 정재파비의 몇가지 중요한 특징으로는 다음과 같은 것들이 있다.

첫째로,  $S$ 의 최소값은 1이며, 이것은 부하가  $R_0$ 인 경우이다.

둘째로, 저항성 부하에 대한  $S$ 의 값은  $R_L/R_0$  혹은  $R_0/R_L$ 보다 크다.

셋째로, 순수 reactive 부하에 대한  $S$ 의 값은 무한대이다.

여러 경우에 있어서, 시스템에서의 VSWR값은 선로에서 부하의 정합 여부와 밀접한 관계가 있는 값이다. 이와 유사하게 반사계수의 크기는, 비록 다른 형태로 표현될 지는 모르나 위와 같은 정보를 주며, 측정하기에 보다 편리하다.

그림 6-4는 VSWR의 측정 결과의 예를 나타낸다.

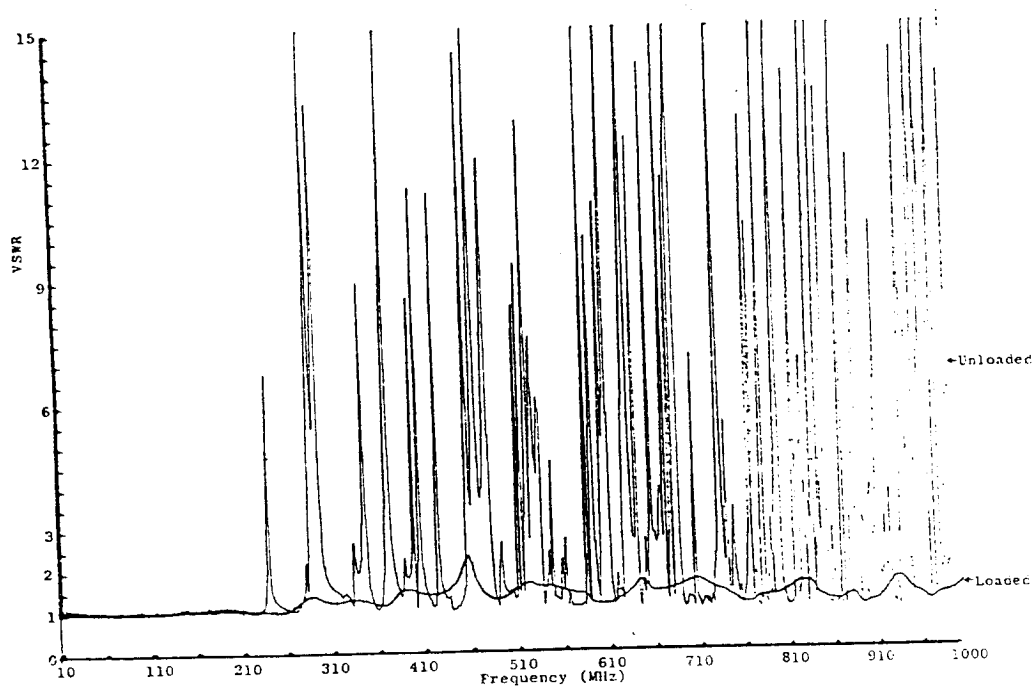


그림 6-4. VSWR의 측정 결과의 예

## 2. 성능 평가 기준 및 절차

### 가. 전압 정재파비(VSWR : Voltage Standing Wave Ratio)

(1) 장비 구성도 : 다음 그림 6-5 참조

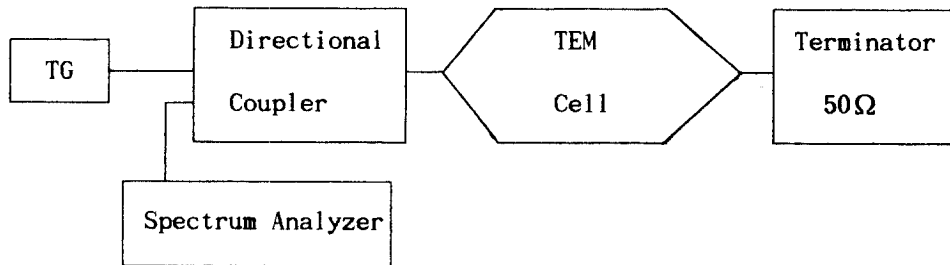


그림 6-5. VSWR 측정 시스템 구성도

### (2) 개별장비 사양

(가) Tracking Generator

(나) Directional Coupler: HP 778D, Dual-Directional Coupler

(다) Spectrum Analyzer: HP 8568B, Spectrum Analyzer

(라) Terminator: 50Ω

### (3) 평가 절차

(가) 그림 6-5와 같이 측정 장비를 설치한다.

(나) Spectrum Analyzer에 소인 주파수 범위를 설정한다.

(다) 데이터 분석의 편의를 위해서 Marker의 위치를 적절하게 설정한다.

(라) 첫번째 피크나 VSWR이 2 이상되기 시작하는 지점으로 커서를 이동시켜, 이때 주파수와 Return Loss 또는 VSWR 값을 기록한다.

(마) 측정 결과를 Plot out 한다.

(바) 자체 제작한 흡수체의 효과를 확인하기 위해 흡수체를 제거했을때와 적재되어 있을 경우에는 각각 상기 절차를 반복한다.

#### (4) 측정 결과

VSWR 측정 결과를 다음 그림 6-6(전자파 흡수체 부착전) 및 그림 6-7(전자파 흡수체 부착후)에 나타냈다.

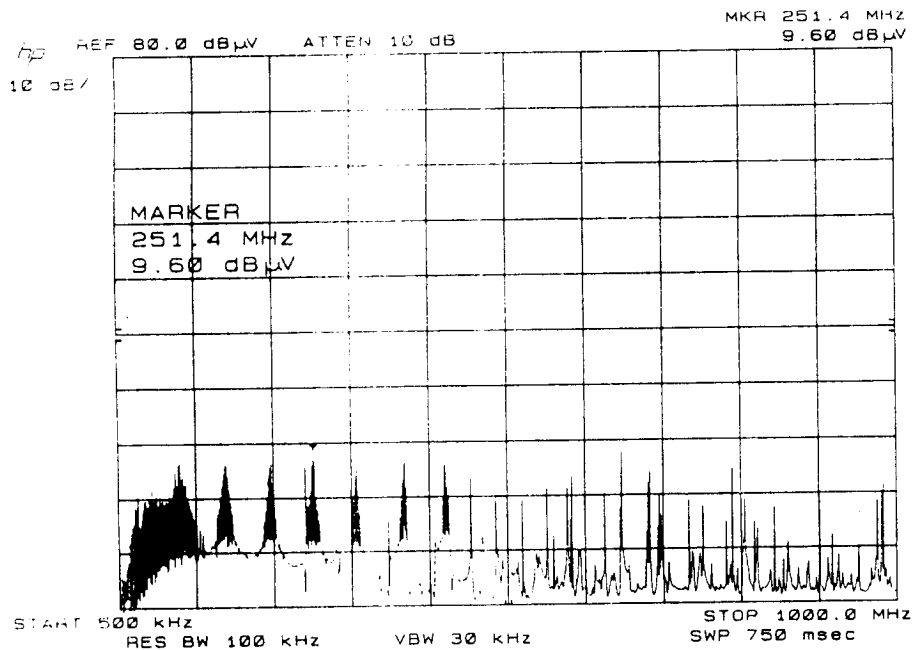


그림 6-6. VSWR 측정 결과 (전자파 흡수체 부착전)



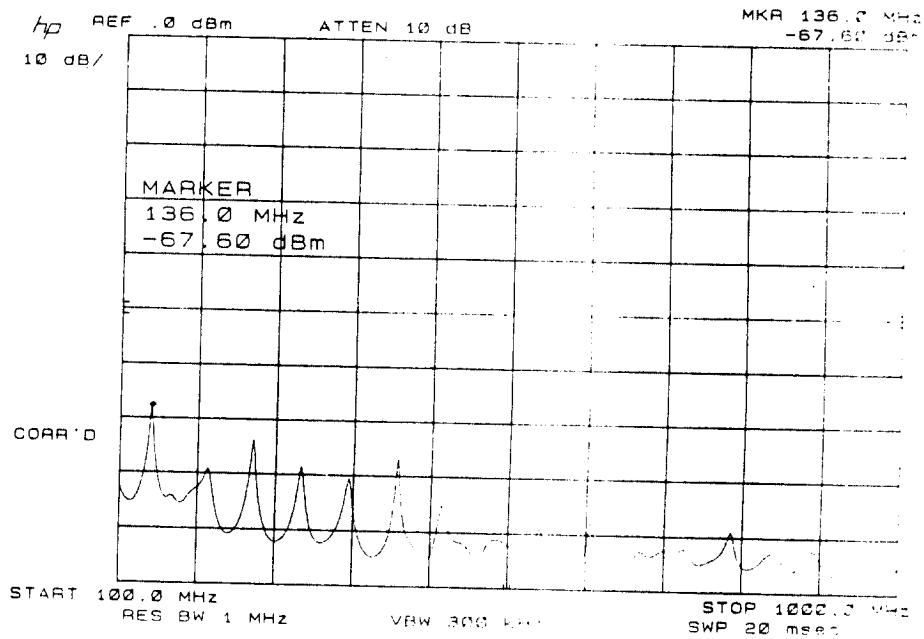


그림 6-7. VSWR 측정 결과(전자파 흡수체 부착후)

##### (5) 평가 기준

평가를 위한 기준 (Reference) 모델로써 NBS Technical Note 1013 (Using a TEM Cell for EMC Measurements of Electronic Equipment)에 제시된 Input VSWR 데이터를 이용한다. (그림 6-4 참조)  
요구 성능 목표는 본 TEM Cell의 사용 주파수 범위에서 정재파비가 1.5:1 이하가 되는 것이다.

나. 삽입손실(Insertion Loss)

(1) 장비 구성도 : 삽입 손실 측정을 위한 구성도는 그림 6-8와 같다.

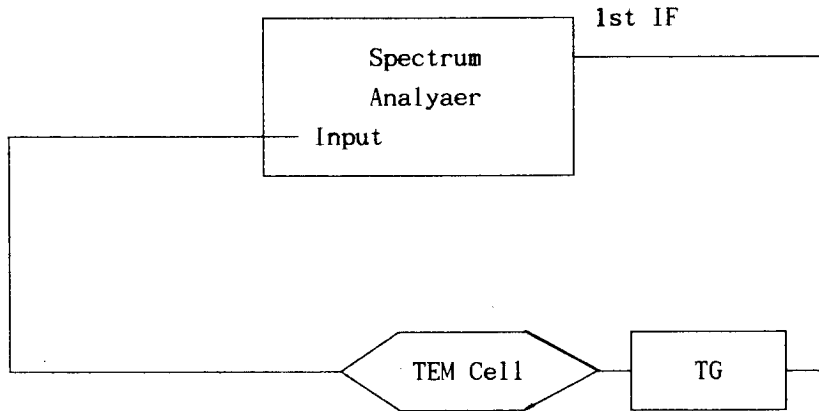


그림 6-8. 삽입손실 측정 장비 구성

(2) 개별 장비 사양

(가) Tracking Generator

(나) Spectrum Analyzer : VSWR 측정과 동일

(3) 평가 절차

(가) 그림 6-9와 같이 측정 장비를 설치한다.

(나) 주파수 범위를 설정한 후 연결 케이블을 직결하여 측정 결과를 0dB 기준(Reference)로 잡는다.

(다) 그림 6-8과 같이 직결된 케이블을 TEM Cell를 경유하도록 재배치한다.

(라) Spectrum Analyzer에 소인 주파수 범위를 설정한다.

(마) 첫번째 피크가 나타나는 주파수를 기록한다.

(바) 측정 결과를 Plot out 한다.

(사) 흡수체의 효과를 확인하기 위해 흡수체를 부착하여 상기절차를 반복 수행한다.

#### (4) 측정 결과

삽입손실 측정 결과를 다음 그림 6-9(전자파 흡수체 부착전) 및 그림 6-10(전자파 흡수체 부착후)에 나타냈다.

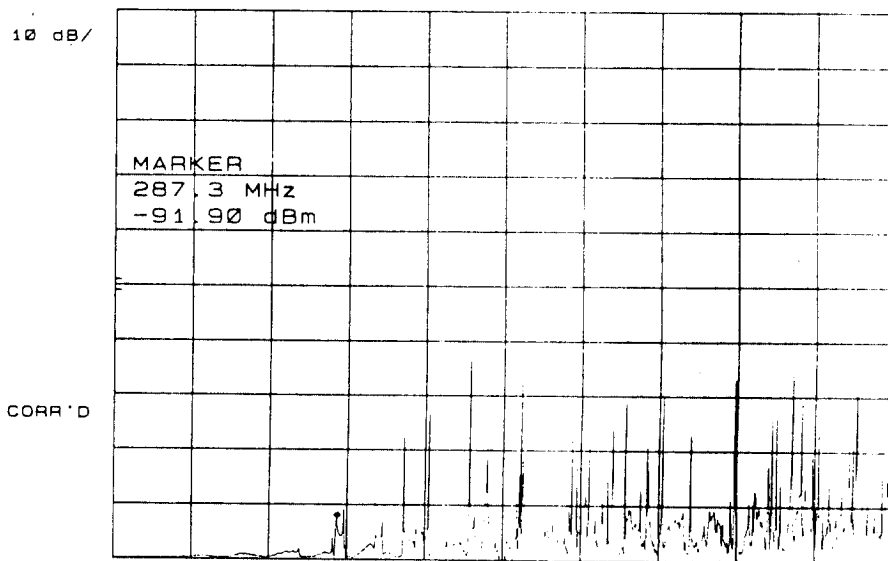


그림 6-9. 삽입손실 측정 결과(전자파 흡수체 부착전)

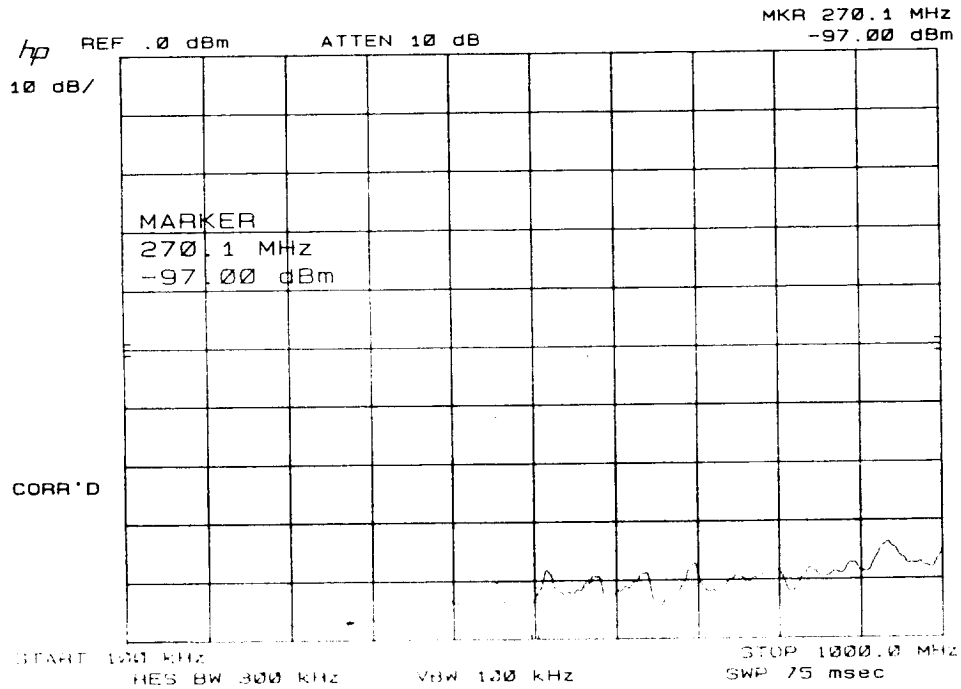


그림 6-10. 삽입손실 측정 결과(전자파 흡수체 부착후)

##### (5) 평가 기준

평가를 위한 기준 모델로 NBS Technical Note 1013에 제시된 Insertion Loss 측정 데이터를 이용한다 (그림 6-3 참조). 그림 6-3에서 첫번째 공진이 일어나는 주파수는 대략 220Mhz 부근이며, 본 연구를 통해 제작된 TEM Cell도 첫번째 공진 주파수가 220MHz 이상에서 발생되어야 하는 조건을 만족한다.

### 3. 전계 분포 균일성(Field Uniformity) :

(1) 장비 구성도 : 장비 구성은 다음 그림 6-11과 같다.

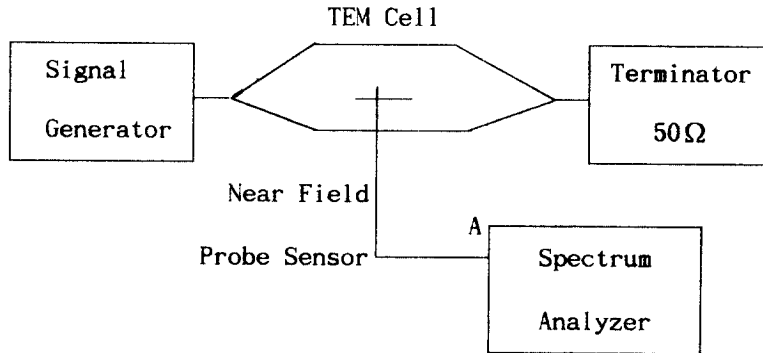


그림 6-11. 전계 분포 균일성 측정 장비 구성

#### (2) 개별 장비 사양

- (a) Tracking Generator
- (b) Spectrum Analyzer : VSWR 측정과 동일
- (c) Terminator 50Ω : VSWR 측정과 동일
- (d) Near Field Probe Sensor : Electro-Metrics,  
Model EHFP-30, Near Field  
Probe Set

#### (3) 평가 절차

- (a) 그림 6-11과 같이 측정 장비를 설치한다.
- (b) Signal Generator와 Spectrum Analyzer에 소인 주파수 범위를 설정한다. 설정 주파수 범위는 10 MHz-400 MHz 이다.

- (e) 그림 6-12와 같이 각 Layer 측정 위치를 정하고, 그 중 그 Layer의 중앙 위치에 센서를 위치시켜, 0 dB 기준 (Reference)를 잡는다.
- (f) 각 위치별로 기준에 대한 차이(dB)를 측정한다.
- (g) 측정 결과를 Plot-out 한다.

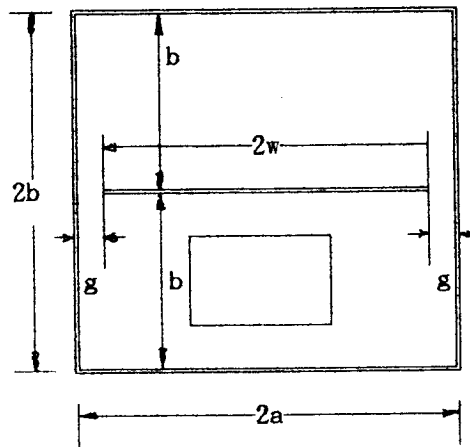


그림 6-12. 장 균일성 측정 위치

#### (4) 측정 결과

위에서 설명된 평가 절차에 따라서 장 균일성을 측정한 결과를 그림 6-13에 나타냈다.

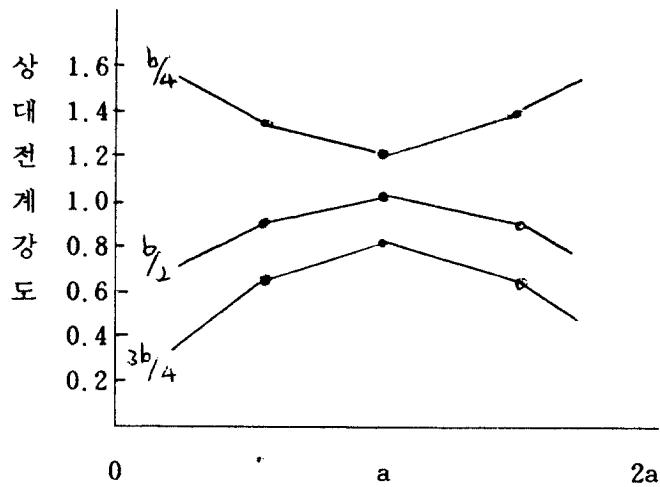


그림 6-13. 장 균일성 측정 결과

#### (5) 평가 기준

EUT 영역에서 중심 도체와 바닥 사이 중간 위치에 대한 편차가  $\pm 2\text{dB}$  이내에 들것이 요구된다.

## 제 7장. 각종 전자기기별 EMS 신뢰성 평가방법 제안

이 장에서는 TEM Cell을 이용한 주파수 범위 14 kHz - 200 MHz에서의 장비, 부 시스템 및 시스템의 전기장 내성의 평가 방안을 제시한다. 비록 전기장 및 자기장의 양 성분이 TEM Cell 내부에 형성되기 때문에, 전기 및 자기장 내성 시험 모두에 대해 이 기술이 사용될 수 있으나, 모니터 가능한 것은 전기장에 한정되므로 실제로는 전기장에 대해서만 측정을 실시한다. TEM Cell을 이용한 복사 내성 시험 절차는 SAE J1113 및 SAE J1448의 내용을 참고 하였으며, 판정 기준은 IEC 801-3의 권고안을 준용한다. 한편, 피시험 장비 중에서 그 비중이 크다고 볼 수 있는 정보처리 장치에 대한 전자파 내성 평가 방법에 대해 제안된 일본 EMC지 논문집 기고 내용을 소개하였으며, 제안된 시험 절차에 따라 가전용 14" TV에 대한 내성 시험을 실시하고 그 결과를 제시한다.

### 1. EMS 시험 절차 제안

TEM Cell은 EUT가 시험 영역을 초과하여 점유하지 않을 때는 정확하게 절대 시험 레벨을 발생 시키는데 사용할 수 있다. 예를 들어, EUT 감수성의 주파수, 어떻게 간섭이 EUT에 결합되는지, EUT 감수성을 감소시켜 얻어진 EUT 내성의 상대적인 개선 등에 대한 진단 시험에 특히 유용하다.

EUT가 시험장에 노출되는 긴 도선다발을 포함하고 있다면, 절대적인 시험장 레벨로 EUT 감수성을 판정에는 이 기술을 사용할 수 없다. 이러한 상황에서는 단지 상대적인 시험만이 실시될 수 있다. TEM Cell은 셀의 단순 TEM 모드 운용이 가능한 전 주파수 범위에 걸쳐서 광대역 자동 측정 및 연속, 소



인 주파수 시험에 적합 하다. EUT 크기와 셀 다중 모드화에 따른 TEM Cell의 제한은 SAE J1448 JAN 84에서 논의되고 있다. 기타 다른 측정에 관련된 접근은 SAE J1338 JUN 81에서 논의된 바와 같은 야외 시험장의 이용이다. 그러나 이러한 접근은 전파 관련법의 제한 등으로 특정 개별 주파수에 한정된다.

EUT의 전자파 복사 내성 평가를 위한 계통적 접근으로서 논의된 단계별 측정 절차에 관련된 상세한 사항이 SAE J1448 JAN84에 포함되어 있으며, 시험 신호의 요구조건 및 측정시 고려사항 등이 SAE J1113에서 제시되고 있다.

내용을 요약하면 다음과 같다.

#### 가. 측정 절차

- (1) EUT를 Cell 안에 위치 시킨다. 일반적으로 EUT는 Cell의 중앙 하단 반쪽 공간에 두 위치 중 한곳에 위치한다. EUT가 놓여질 수 있는 첫번째 위치는 Cell의 바닥판 상이며, EUT는 Cell 바닥과는 절연되어야 한다 (EUT 케이스를 Cell에 접지 시켜야 하는 경우에는 제외). 이 위치는 (2)항에서 설명되어질 시험 전자장에 대한 EUT의 입/출력선 및 모니터선의 노출을 최소화하여, 전자장-EUT 간의 결합을 평가하는데 사용된다.

EUT가 Cell의 바닥에 가까울 경우, 시험 전자장은 시험 영역 중간 (Septum과 Cell 바닥의 중간)에서의 전자장에 비해 상대적으로 낮다. 여기서, 시험 영역은 Cell의 형상계수(Form Factor : 폭과 높이의 비율)에 따라 5 - 15 % 정도가 된다. 예를들어  $a/b$  가 1.67일 때는 보정 인자는 0.95가 된다.

EUT가 놓여질 수 있는 두번째 위치는 Septum과 바닥사이의 공간이다. EUT는 가능한 한 유전상수가 낮은 유전체로 지지된다. 예를 들면, 전기적으로 거의 무시되고 유전 상수가 약 1.04 - 1.08인 플라스틱 폼 (Plastic Foam)과 같은 재질이 이용된다. 이 위치는 EUT에 포함된 선의

노출이 증가하며, 따라서 두 위치에서 EUT로부터 얻어진 측정 결과를 비교 하였을때, 어떤 에너지가 EUT에 결합되는지(즉, 전자장-EUT 도선 간 결합 등)의 현상을 나타내어 준다.

EUT를 상기 언급한 양위치에 놓은 후, Cell의 TEM 장에 대해 시험이 필요한 EUT의 방위를 잡는다. 통상, 처음 방위는 평평하게 똑바로 세운 평상 동작 위치로 한다.

- (2) 동작 상태와 성능을 감시할 수 있도록 EUT를 접속한다. EUT 입/출력선은 사용 용도와 유사 하도록 한다. 도선은 가능한 한 실제와 같은 길이로 하고, 동일 동작 임피던스로 종단하여, 실제 동작시와 같은 상태의 EUT를 모의 시험한다.

재현성이 보장되는 측정을 위해, Cell 내부의 모니터선이 포함된 도선들(고주파장이 투과하지 못하는 경우)이 지나는 경로는 주의를 기울여야 한다(즉, 장 교란/상호작용 등을 최소화 하도록 도선들을 노출 시킴).

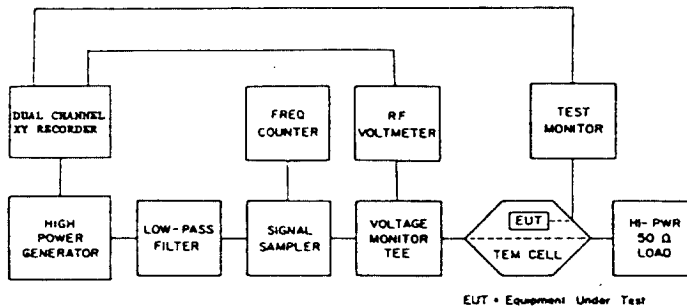
시험 전자장에 대한 도선의 노출을 최소화하기 위해, EUT는 되도록 Cell 바닥에 가깝도록 하고, 적절한 고정물로 바닥을 따라 관통 판넬과 AC 리셉터클로 연결한다. 각종 전원선 및 신호선들은 5 mm 폭의 도전성 테이프로 바닥에 붙이거나 편조선으로 도선을 둘러 싸서 도선을 차폐 시킨다.

도선은 분리된 상태를 유지하고, 입/출력, 모니터, 그리고 전원선을 함께 묶으면 안된다. 만약 분리된 상태로 유지할 수 없을 경우에는 도선을 끈다. 편조선을 사용할 경우, Cell 바닥에 편조선이 전기적으로 접촉되는지를 확인하여야 한다. 그러나 EUT와 Cell이 동일 접지되어야 하는 경우를 제외하고는 EUT의 케이스에 편조 차폐나 테이프가 접촉되지 않도록 주의 하여야 한다. 둘을 같이 접지했을 경우 전자파 내성 측정에 현저한 영향을 끼칠 수 있다.

EUT 입/출력과 모니터선은 EUT를 접속하고 동작시키기 위한 관통 필터 콘넥터에 연결한다. 차폐 기밀성(Shielding Integrity)를 감소시키는 Cell 내부로 들어오는 또는 외부로 나가는 고주파 누설을 방지하기 위해 입/출력선은 필터를 거친다. 또한 모니터선은 측정 조건에 적합하도록 격판(Bulk Head)를 관통하여 접속되어야 한다.

시험 전자장에 노출된 EUT의 성능을 감지하고 원격 출력하는데 사용되는 이들 도선은 시험 환경과의 교란이나 상호작용을 방지하기 위해, 카본이 함유된 고 저항선이나 광섬유 선로(Fiber Optic Line)등을 사용하여 주변 전자계의 상호 영향을 최소화 하여야 한다. DC 신호나 1 kHz 보다 낮은 주파수 성분을 가진 신호는 고 저항선을 통해 모니터하며, 고주파 신호는 광섬유를 통해 모니터 된다.

- (3) 그림 7-1A., 7-1B., 또는 그림 7-2.에 나타낸 측정 시스템을 접속 한다.



$$E_v = \frac{V_{rf}}{d} \text{ (Volts / Meter)}$$

그림 7-1A. 장비(통상 10 MHz 이하에서 사용되는)의  
내성시험을 위한 시스템 구성도

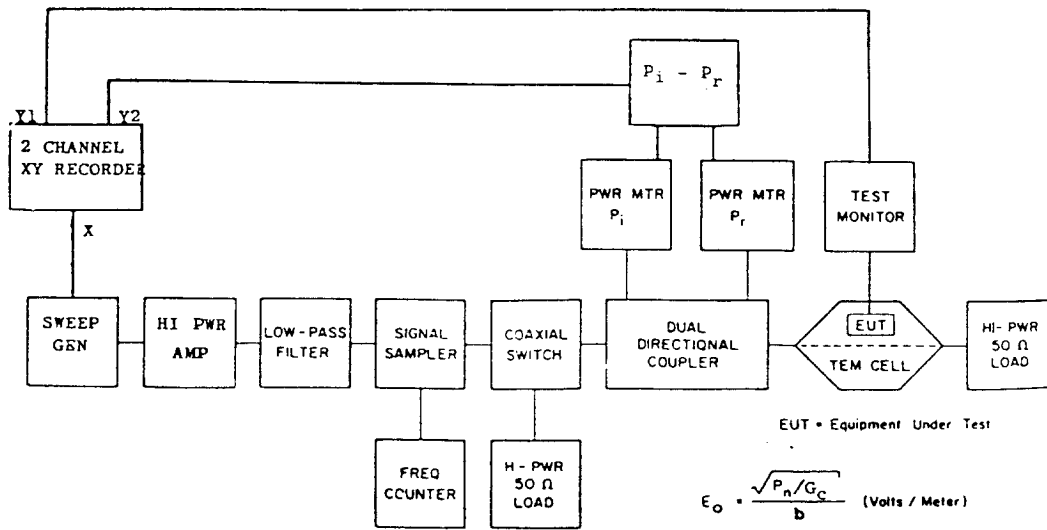


그림 7-1B. 장비(10 - 200 MHz)의 내성시험을 위한  
시스템 구성도

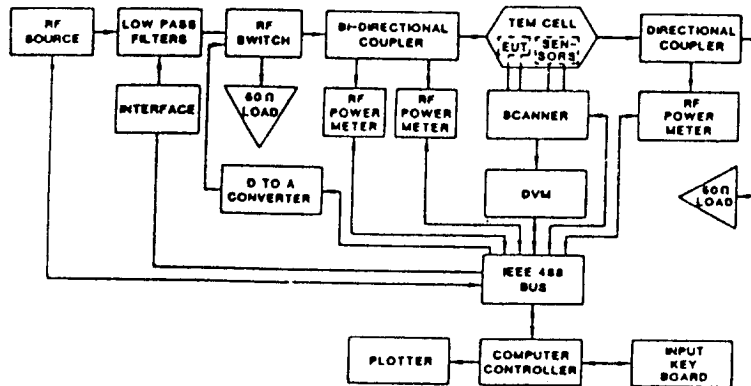


그림 7-2. 자동 TEM Cell 내성 측정 시스템의 구성도

(4) 셀의 고주파 입력원의 전원을 끄고 EUT를 원하는 동작 모드에서 전원을 켜 상태로 EUT 감시 응답을 기록하고 시험 장 측정 계측기를 초기 (Zero)화 한다.

(5) 처음의 시험 주파수 변조율, 시험파형, 기타를 선택하고, 셀의 고주파 발생 장치의 전원을 켜다. 그리고 다음과 같이 될 때까지 셀 내부의 전계강도를 상승 시킨다 : ㉔ EUT 응답모니터가 감수성을 나타냈을 경우나 ㉕ 필요한 시험 레벨의 최대치가 얻어졌을 경우.

주 : 시험 레벨을 지나치게 빨리 증가시키지 말것. EUT가 반응할수 있도록, 각 시험주파수에서 충분한 시간이 소비되어야 한다. 또한 사용장(Field Used)의 변화율은 감시되는 EUT의 특별한 기능의 응답시간에 관련해서 규정되어야 한다.

모니터의 응답을 기록한다. 만약 그림 7-1A.의 블록도 대로 사용 되었을 경우, 셀내부의 E-Field 강도,  $E_v$ 는 다음식에 의해 결정된다.

$$E_v = \frac{V_{rf}}{b} \text{ (volts/meter)} \quad (7.1)$$

여기서,  $V_{rf}$ 는 볼트단위의 셀 입력전압이며,  $b$ 는 바닥과 Septun 사이의 미터 단위 간격이다. 만약 시험주파수가 충분히 높다면 파장  $\lambda$ 는 셀의 길이보다 꽤 크므로 ( $\lambda \leq 10L$ ), 그림 7-1B.에 나타낸 시스템이 사용된다.

$$E_v = \frac{\sqrt{P_n/G_c}}{b}, \text{ 또는 } E_v' = \frac{\sqrt{P_n/G_c'}}{b} \quad (7.2)$$

여기서,  $G_c$  와  $G_c'$  는 각각 셀내부에 EUT<sup>2</sup>를 삽입 했을 때 또는 없었을 때의 셀 중앙을 기준으로 한 셀의 특성 어드미턴스 이다.  $P_n$ 은 다음식을 이용하여 교정된 양방향성 결합기의 한쪽 단자에서 얻어진 전력계 표시치로 부터 결정된다.

$$P_n = CR_f \cdot P_i - CR_R - P_r \quad (7.3)$$

여기서,  $CR_f$ 와  $CR_R$ 은 양방향성 결합기의 순방향과 역방향의 결합 비율이며,  $P_i$ 와  $P_r$ 은 입사와 반사된 결합기 한쪽단의 전압계 표시치를 나타낸다.

- (6) 다음에 시험될 주파수, 변조율(Modulation Rate), 또는 시험 파형등을 선택하고, 모든 주파수, 변조 레벨과 변조율, 시험 계획에 따라 요구되는 파형등이 완결 될때까지 앞서 5단계의 절차를 반복한다.

주 : 특정 시험 레벨을 선택하고, EUT의 응답을 감시하면서 관심있는 주파수 범위를 소인한다. 만약 이러한 과정을 이용한다면, 다음의 예방책들이 수행되어야 한다 :

- ② 소인율(Sweep Rate)은 EUT가 응답 할 수 있도록, 충분히 느려야 한다(EUT 회로, 도선, 또는케이스내의 기구물등에서의 공진 때문에 감수성이 번번히 나타난다는 것을 명심해야 한다);
- ⑥ 선택된 시험 레벨은 너무 높거나, EUT에 손상이 발생되지 않도록 한다.

- (7) 실제 사용시에 EUT 입/출력과 교류 전력선들이 간섭장에 노출되는 경우에, 이들 도선들은 셀의 바닥으로부터 분리되어 노출되어야 하며, 가능한 한 편파를 일치시켜 주어야 한다. 유전체 지지물을 사용해 도선들을 물려놓아 EUT의 출입시에도 이들이 같은 위치(노출된)에 있을 수 있도록 배려가 필요하다.

EUT의 놓여진 위치, 방향과 입출력 교류 전력선들이 놓여진 위치, 방향은 모두 EUT의 감수성 특성을 재평가 할때 재현성(Repeatability)를 확보하기 위해, 주의 깊게 기록되어야 한다. EUT 감수성은 명확히 어떻게 장해파가 EUT에 결합되는지(예를 들어 EUT의 장해 편차 특성에 대한 노출의 각도 양상 등.)에 대한 함수이기 때문에 시험 환경(예를 들어, 차폐실, TEM 셀, 전자파 무향실등.)은 별 문제가 되지 않는다. 시험장(Test Field)에 EUT의 도선들을 노출시켜, (4)에서 (6)까지를 반복한다.

- (8) EUT를 위치 1(평평한, 정상 동작위치)에서 한쪽면이나 끝으로 세워 놓는다. EUT의 세 직교 방위 모두가 셀안에서 시험되어야 한다. EUT의 각 평면을 노출 시키고, 셀의 TEM장에 편파를 정합 시켜주어야 한다. EUT의 방위를 변경한 후 (2), (4), (5), (6)단계 및 (7)단계를 반복한다.

주 : 만약 소형 교정 전장/자장 프루브 등에 의해 감시되는 EUT가 장에 가까울 때는, 측정 데이터는 주의 깊게 해석 되어야 한다.

이는 그러한 측정이 EUT와 부속된 도선들로부터 산란장(Scattered Field)의 근방계에서 이루어지지 때문이다. 이러한 장은 셀의 내부에 형성된 시험장(TEM Field)보다 더 강할 수 있다. 가능하다면, 장 감시 프루브는 반대(EUT가 위치한)의 반쪽 공간 내의 대칭 위치에 설치하는 것이 좋다.

EUT의 임계(Critical) 주파수(국부발진 주파수, 중간 주파수, 기타등)에는 특히 주의하여, 시험 계획에 명시된대로 관심 전 주파수 범위를 탐색한다 (단, 셀의 주파수 상한은 넘지 않도록 한다). 감수성 시험에 있어서 종종 어떤 EUT에서는 높은 Q의 공진이 발생하곤 한다. 따라서, 개별 주파수 시험은 EUT응답을 완벽히 특성화 하는대는 적절하지 않다.

이 측정절차에서 개략된 전 시험이 필수적인 것은 아니며, 수행해야 될 시험 계획에 의해 필요한 측정만 실시하게 된다. 예를들어, 만약 측정 프로그램의 대상이 EUT의 취약성(감수성)을 감소시킨다면, 하나의 입/출력선 배열을 가진 하나의 EUT 방위가, 감수성 시험 장 파형 및 중폭도를 미리 선택하기 위한 하나의 특정 동작 모드에서 시험되어질 수 있다.

그 다음, 만약 EUT의 위치에 대해 정당한 시험이 실시되었다면, 이들의 도선들을 조심스럽게 포개어(Duplicate), 반복 측정이 수행될 수 있다. 이들 측정으로 향상 정도를 결정하기 위한 비교를 할 수 있다.



## 나. 시험 신호 요구 조건

달리 장비 사양 또는 승인된 시험 계획에서 요구하는 경우를 제외하고는, 시험 신호는 다음의 법칙에 따라 변조 된다.

### (1) 오디오 채널이 있는 EUT/수신기.

AM 수신기: 1000 Hz 톤으로 30 % 변조.

FM 수신기: 신호대 잡음비를 감시할때는, 1000 Hz로 30 % 변조율을 사용하여 변조된다. 수신기의 정적을 감시할때는, 무변조를 이용.

기타 장비: AM 수신기와 동일.

### (2) 수신기 이외의 비디오 채널이 있는 EUT-2/B내의 펄스 지속시간과 BW/1000와 같은 반복율로 10 - 100 % 변조 된다. 여기서 BW는 비디오 대역폭이다.

### (3) 디지털 장비: EUT에서 사용하는 것과 같은 펄스 지속시간과 반복율로 펄스 변조 된다.

### (4) 비-동조 장비: 1000 Hz 톤으로 30 % 진폭 변조 하거나, 또는 시험 계획에 별도로 요구된 대로 실시한다.

다. 측정시 고려 사항

- (1) EUT 크기, 주파수 한계, 및 구조 사양에 관련된 상세한 고려사항들은 SAE J1448 JAN 84에 나타나 있다. 일반적으로 장치는 길이(L), 폭 (2a), 셀의 중심 도체와 바닥간의 분리 거리(b)의 1/3보다 작아야 한다. 동일 시험장 레벨을 얻기위해 큰 셀을 사용할 때, 높은 전력 신호원과 적당한 고 전력 종단( $50\Omega$ )이 필요한 것을 제외하고는, 모든 크기의 셀에 동일한 이론이 적용될 수 있다.
- (2) 셀의 실용 상한 주파수는 셀 내에 발생하는 다중 모드 및 공진 때문에 일어나는 시험 신호의 왜곡에 의해 제한된다.
- (3) 셀의 실용 상한 주파수는 EUT의 부하 효과에 대해 고려하기 위해, 표 7-1.에 주어진 차단-다중모드 공진 주파수로 부터 10-20% 감소된다.
- (4) 셀은 기본파 TEM 모드로 동작되기 때문에, 진폭 또는 주파수 변조와 더불어 광대역 CW시험도 가능하다. 또한 셀은 적절한 파형 발생기를 셀의 입력 포트에 연결하여 임펄스성 파형을 형성하는데 사용될 수 있으며, 주파수는 셀의 다중 모드 차단 주파수를 초과하지 않는 파형으로 구성되었다고 가정한다.

## 2. EMS 시험 평가 기준 제안

### 가. 평가 기준

다양한 장비와 시스템은 다음과 같은 피 시험 장비의 기능사양에 근거하여 분류한다.

- 사양 제한치 이내의 정상 성능
- 자기 복원력이 있는 순간적인 성능 저하나 기능/성능의 손상
- 운용자의 간섭이나 시스템 재시동(Reset)이 필요한 순간적인 성능 저하나 기능/성능의 손상
- 장비나 소프트웨어에 손상을 입었거나 데이터가 손실되어 회복될 수 없는 성능 저하나 기능의 손상

승인 시험의 경우, 시험 프로그램과 결과의 해석이 특정 제품 규격에 명시되어야 한다.

일반적으로 장비가 시험장에 적용되는 전 과정에 걸쳐 내성을 나타내고, 기술 사양에 명시된 기능적 요건을 만족하게 시험이 종료되었다면, 측정결과는 적합하다고 본다.

기술 사양이 정의한 EUT에 나타나는 효과는 무시될 수 있기 때문에 허용된다. 다만 시험장 적용이 종료된 후에는, 장비가 자체적으로 기능적인 능력을 회복할 수 있다는 것을 증명하여야 한다. 따라서 장비가 전체 기능적 능력들을 상실하는 시간이 기록되어야 한다. 이러한 증거들은 시험 결과의 명확한 평가를 위해서 같이 처리되어야 한다. 시험 성적서는 시험 조건과 시험 결과를 포함해야 할 것이다.

## 나. 인가 전자계 강도

각 장비별 인가 전자계 강도는 제품에 따라 제품 사양서등에 명시되며, 최종 장비 설치 상태로 EUT가 노출 될 때의 전자기 복사 환경에 따라서 선택된다. 불합격 판정은 적용될 강도 레벨에 달려 있음을 유념한다. 불합격을 가져오는 결과가 큰 경우, 더 높은 레벨이 고려된다.

만약 EUT가 단지 조그만 지역에 설치된다면, 지역 고주파 원을 조사하여 전계 강도를 계산할 수 있다. 만약 출력원을 알지 못한다면, 위치와 관계된 실질적 전계 강도를 측정할 수 있을 것이다.

다양한 위치에서 운용되도록 의도된 장비의 경우, 다음의 지침이 적용 강도 레벨을 선정하는데 이용된다.

- 등급 1: 저레벨 전자기 복사 환경(1 V/m).

1 km 이상 떨어진 전형적인 지역 라디오/ TV 레벨 및 저출력 송신기 레벨이다.

- 등급 2: 미약한 전자기 복사 환경(3 V/m).

10 dB정도의 감쇠기와 30 MHz 방송 송신기가 있는 최대 복사 출력이 100 kW이고 500 m 이상 떨어진 빌딩, 최대 복사 출력이 100 W이고 10 m 이상 떨어진 아마추어 송수신기, 최대 복사 출력이 6 W이고 2 m 이상 떨어진 위키토키, 최대 복사 출력이 2 W이고 1 m 이상 떨어진 위키토키.

- 등급 3: 심각한 전자기 복사 환경(10 V/m).

감쇠기 없이 30MHz 방송 송신기가 있는 최대 복사 출력이 100 kW이고 500 m 이상 떨어진 빌딩, 최대 복사 출력이 100 W이고 5m 이상 떨어진 아마추어 송수신기, 최대 복사 출력이 6 W이고 1 m 이상 떨어진 위키토키, 최대 복사 출력이 2 W이고 0.5 m 이상 떨어진 위키토키.

- 등급 X: 개방 등급. 사용자와 생산자의 타협에 따른 레벨 또는 생산자에 의해 정의된 레벨.

### 3. EMS 시험 결과 분석 기술

#### 가. 주파수 소인에 따른 TEM Cell 내부 전계의 균일성 측정 (EMS 자동화 측정 시스템 이용)

전파 연구소에 있는 EMS 자동화 측정 시스템을 이용하여 TEM Cell 내부의 전계의 세기를 1 V/m, 3 V/m, 5 V/m, 10 V/m, 50 V/m, 100 V/m, 200 V/m 일 때, TEM Cell 내부의 주파수(10 kHz - 200 MHz) 소인에 따른 전계의 균일성을 측정하면 아래와 같은 그림의 곡선을 얻는다.

측정 시간을 단축하기 위해서 전계 분포 허용 오차(Tolerance) 최대치인 25 % 를 주었으며, 로그(Log) 스케일로 측정을 하였다.

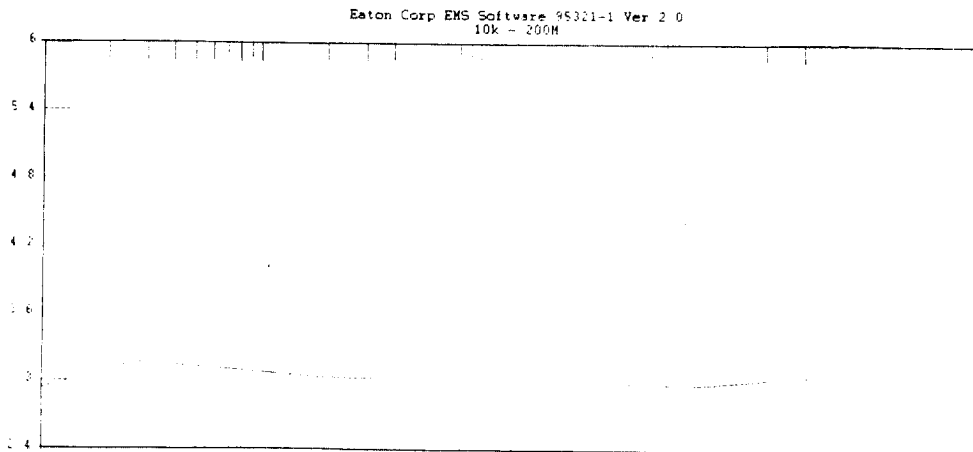


그림 7-3. TEM Cell 내부의 전계의 세기가 3 V/m 일때, 전계의 균일성

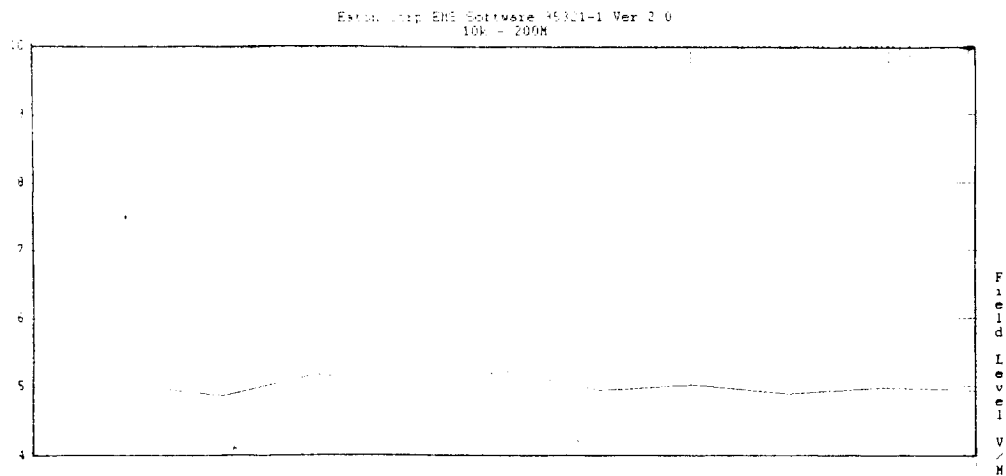


그림 7-4. TEM Cell 내부의 전계의 세기가 5 V/m 일때, 전계의 균일성

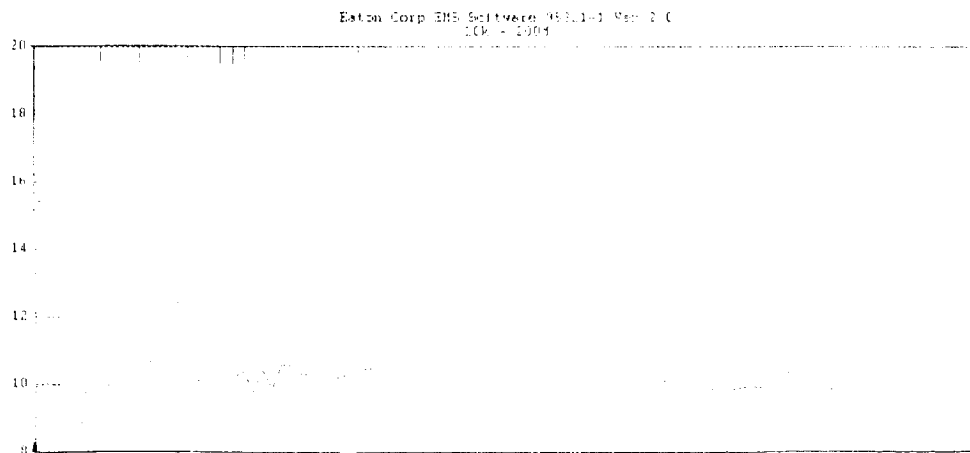


그림 7-5. TEM Cell 내부의 전계의 세기가 10 V/m 일때, 전계의 균일성

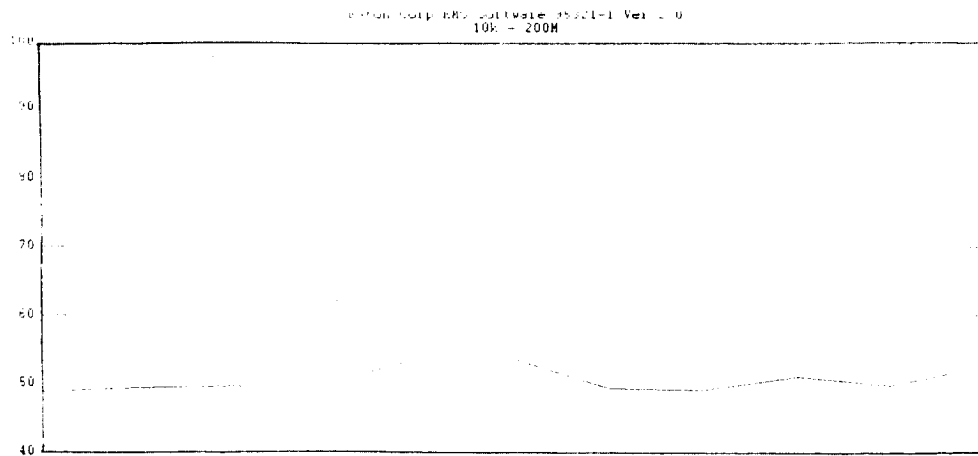


그림 7-6. TEM Cell 내부의 전기장의 세기가 50 V/m 일때, 전기장의 균일성

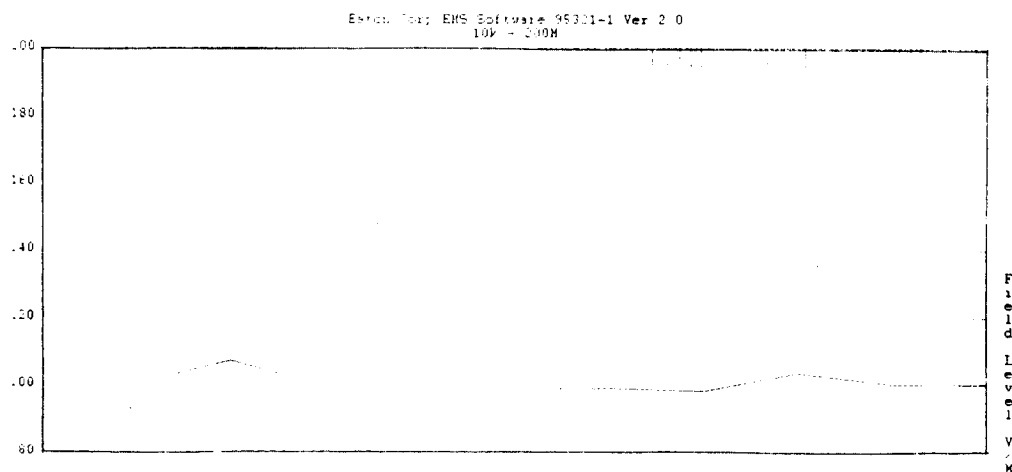


그림 7-7. TEM Cell 내부의 전기장의 세기가 100 V/m 일때, 전기장의 균일성

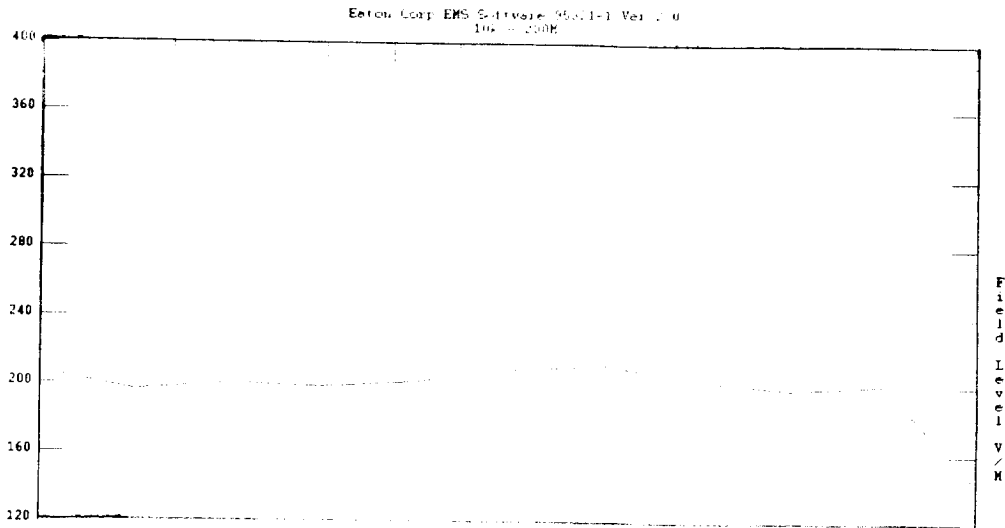


그림 7-8. TEM Cell 내부의 전계의 세기가 200 V/m 일때, 전계의 균일성

위의 그림들에서 보는 바와 같이 각 레벨에 대한 전계의 세기는 거의 균일하였으며, TEM Cell 내부의 전계의 세기가 200 V/m 일때, 200 MHz 부근에서 전계의 세기가 급격히 감소함을 보였다. 이는 시험에 사용되었던 전파 전력 증폭기(RF Power Amplifier)의 이득 특성이 200 MHz 부근에서 낮음에 있었다고 생각되며, 균일한 장의 획득을 위해서는 증폭기의 이득을 올림으로써 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

전계의 세기가 1 V/m 일 때, EUT(본 시험에서는 TV를 의미)를 넣었을 때와 넣지 않았을 때의 전계의 균일성 곡선은 다음 그림과 같다.



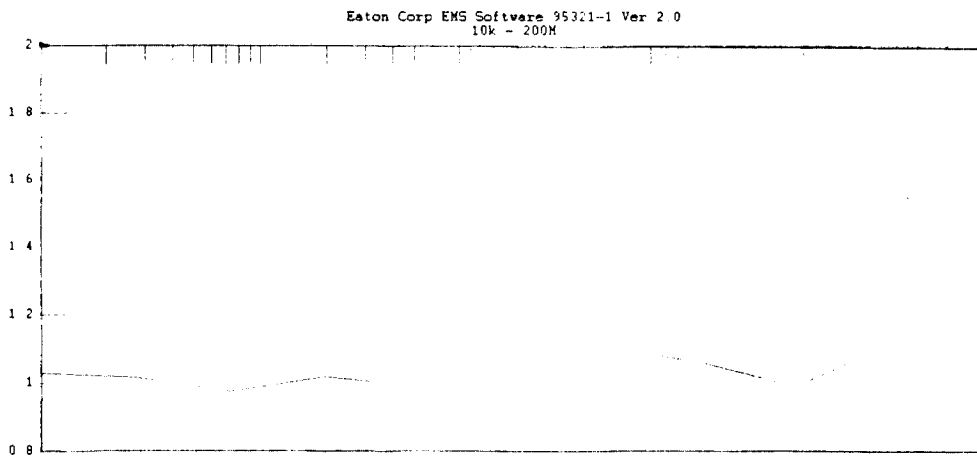


그림 7-9. TEM Cell 내부의 전계의 세기가 1 V/m 일때, 전계의 균일성  
(EUT를 넣었을 때)

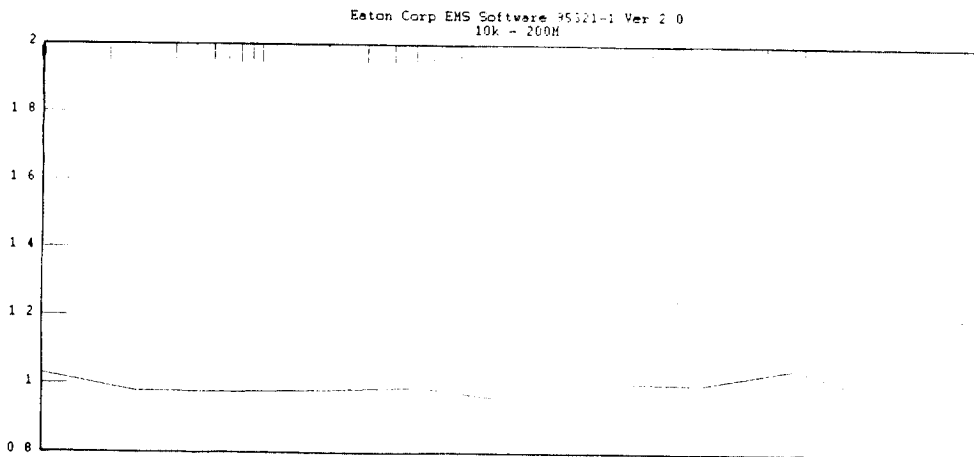


그림 7-10. TEM Cell 내부의 전계의 세기가 1 V/m 일때, 전계의 균일성  
(EUT를 넣지 않았을 때)

## 나. TEM Cell을 이용한 EMS 시험

### (1) 시험 개요

전자파 환경이 날로 악화되고 있는 현 상황에서 전자기기의 EMS 시험이 중요한 문제가 되었고, 특히 가정에서 널리 사용하고 있는 전자제품에 대한 전자파 내성 시험은 제품의 신뢰성 확보에 필수적인 고려사항이다.

본 연구에서는 가정에서 사용하는 전자제품 가운데서 컬러 TV(14")에 대한 전자파 내성 시험을 실시하고, 그 결과를 분석하였다.

### (2) 시험 일시 및 장소

1993. 1. 11. - 1993. 1. 16., 경기도 안양 소재 전파연구소.

### (3) 시험 내용

본 시험에서는 TV 에 대한 전자파 내성(EMS) 시험을 위해, TEM Cell 내부의 전계의 세기를 10 V/m, 3 V/m, 1 V/m 로 가변 시켰을 때, 10 V/m, 3 V/m 의 경우에는 화면의 영상을 거의 알아볼 수 없는 정도 였으며, 1 V/m 에 대해서는 그 정도가 적었다. 또한 1 V/m 의 전계에 대한 구형 TV 와 신형 TV 의 시험 결과, 신형 TV가 전자파 내성에 보다 강함이 입증 되었다.

본 시험에서 사용한 전계 프로브 센서는 1 V/m 이상에서 사용할 수 있는데 0.8 V/m, 0.5 V/m, 0.3 V/m 의 전계의 세기에 대해서 10 kHz 에서는 균일한 전계의 세기를 얻지 못하여 주파수 범위를 10 MHz 에서 200 MHz 까지로 하여 시험을 하였으나, 역시 전자파에 영향을 받는다는 사실을 확인 하였다.

표 7-1. TV에 대한 EMS 시험

	10 V/m	3 V/m	1V/m	0.8 V/m	0.5 V/m	0.3 V/m
구형 TV	×	×	×	시험하지 않았음		
신형 TV	×	×	△	△	△	△

○ 정상 상태

△ 약간의 영향을 받음

×

#### 4. TEM Cell을 이용한 PC의 내성 측정 및 평가

##### 가. 서론

무선기기, 고주파 이용설비, 각종 전자 전기기기의 이용증대와 더불어 전자 환경이 악화되고 더불어 이들 기기와 근접하여 PC가 사용되는 기회가 증대되고 있기 때문에, PC가 외부 전자계에 의해 각종 장애를 받는 사례가 나타나고 있다.

현재 PC에 요구되는 내성의 허용치, 측정법에 관해서는 정보처리 장치(ITE)를 담당하고 있는 CISPR Sub-Committee G 에서 검토중 이다. 동 위원회에서 는 전자파 장애를 받는 원인을 복사성 전자계, 전도성 전자계 및 정전기 방전으로 분류하고 각각의 내성 측정법을 제안하고 있다.

본 보고서에서는 복사성 내성 측정법 중에서도 특히 TEM Cell을 이용한 방법에 중점을 두어, 최신의 Desk-Top, Lap-Top형 PC (각 메이커별 3대, 계 6대)를 대상으로 CISPR의 시험법에 준한 측정방법에 따라 내성 실태를 조사한 일본의 전자정보통신학회(EIC) 기술 연구 보고서 EMC J 91-12에 개재된 내용이다. 제시된 방법의 특징은 실용상의 관점을 중시하여 내성지수를 정의해서 기종간의 내성 비교를 시도했다는 점이다.

##### 나. 내성측정, 평가방법

###### (1) 내성측정 방법

측정 시스템을 그림 7-11에 나타냈다. TEM Cell은 높이 2 m, 횡폭 2 m, 길이 4 m, 중앙 도체 전극판과 외부벽을 만드는 도체판의 간격은 1 m 이고, TEM Mode 발생이 보증되는 상한 주파수의 이론치는 145 MHz 이지만, 내부 벽면에 전자파 흡수체가 부착되어 있기 때문에, 메이커의 상한 공시 주파수는 약 230 MHz 이다. 측정은 다음 요령으로 행한다.

(가) CISPR에서 권고하는 바와 같이 1 kHz, 80 % AM 신호를 채용해 표준신호 발생기의 출력을 가변 감쇠기를 거쳐 고주파 증폭기에 가하며, 1 MHz 및 5-230 MHz 대의 5 MHz 마다의 주파수에서 TEM Cell 입력단에 Net Power 1, 10, 20 W 및 증폭기의 최대 출력(약 50 W)을 가한다.

이 입력전압과 TEM Cell 내에 삽입되어진 PC에 발생하는 장애의 종별과 그 정도를 조사한다. Net Power는 고주파 전력계의 진행파와 반사파 전력의 차로써 구해진다.

(나) 발생하는 장애의 종별과 그 정도의 판별은 TEM Cell 내의 PC를 동작시험 프로그램에 따라 가동시켜, 그 동작상황의 관측함으로써 수행되어진다.

시험 프로그램의 내용은

- ① 플로피 디스크의 문자 데이터의 써넣음, 읽어냄
- ② 내장 시계의 시각을 읽어 알수 있는가.
- ③ 문자 데이터의 화면표시
- ④ ① - ③ 의 beep음 발생

으로 구성한다.

(다) 동작상황의 판별은 CCTV를 통한 화면관찰, Beep음의 청취에 의해 수행된다.

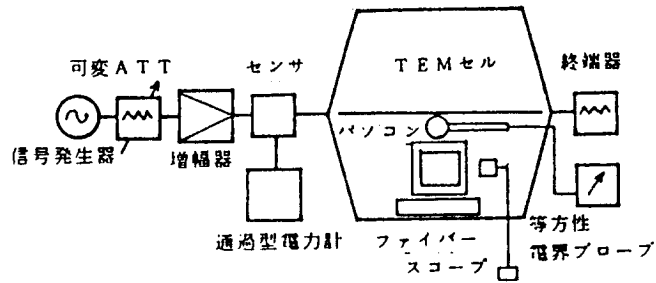


그림 7-11. 측정 시스템

(라) (가)항의 순서는 형식별(Desk-Top, Lap-Top형), 메이커별(A, B, C 사) PC의 TEM Cell 내 배치별, 방향별로 실시한다.

(마) TEM Cell 내의 EUT는 그림 7-12에 나타난 바와같이, 전계방향은 X축, 자계방향은 Y축, 전파의 진행방향을 Z축으로 할때, 두개의 축이 각각 PC의 Key-Board 면과 화면을 관통하는 6개의 관통방향 X-Y(Key-Board 면을 관통하는 축이 X축, 화면을 관통하는 축이 Y축), X-Z, Y-X, Y-Z, Z-Y, Z-X 합계 6개의 관통방향으로 설정해, 각각에 대해 내성측정을 실시한다.

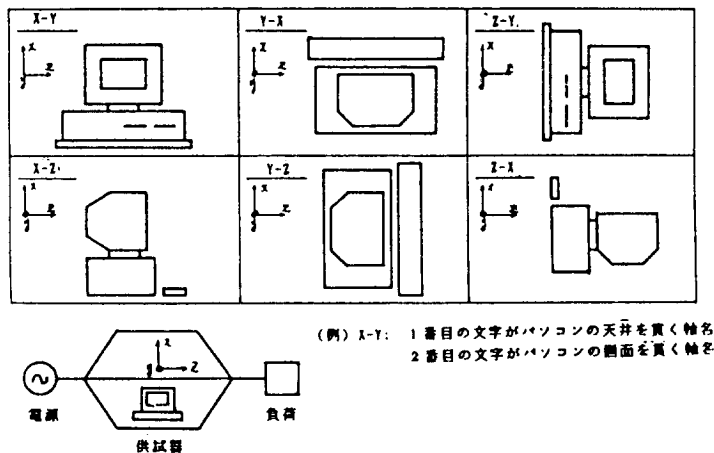


그림 7-12. 피시험체의 방향

Desk-Top형에 대해서는, 통상 사용 상태인 포개놓은 상태(CPU 본체 상부에 CRT Display를 놓는 방법)의 배치를 원칙으로 한다. 이 경우 EUT의 높이가 TEM Cell 전극간격의 1/3 이하로 규정하는 CISPR의 측정조건을 만족하지 않는다. 이러한 높이에 대한 조건의 만족 여부에 따라 전계분포, 내성측정 결과에 어느정도 영향을 미치는가를 조사하기 위하여, TEM Cell 내에 CPU 부와 CRT를 횡으로 배치하는 것이 가능한 방향 (X-Z)의 측정을 추가한다.

(바) 장애의 종별은 조사 단계에서 발생하는 현상을 기초로 분류한다. 실용상의 관점때문에 장애 종별이 다른 경우에서도 장애의 정도에 따라 장애가

- ① 견디지 못하는 것
- ② 약간 견디는 것
- ③ 견디지만 참을수 있는 한계(표시화면의 열화 및 읽고 쓰는 동작의 완만 등)
- ④ 실제적으로 견디지 못하는 것
- ⑤ 동작불능(단 전원의 재공급에 의해 회복가능)

의 5단계로 분류되며, ①에는 0점 ②에는 1점 ③에는 2점 ④에는 3점 ⑤에는 4점을 준다. 또한 동작 프로그램의 파괴, PC 기기 자체의 고장등을 평점으로 해서 별도의 평가를 한다.

(사) TEM Cell 내에 PC를 설치함에 따라 전자계가 산란되고, 동일 입력전력을 인가한 경우에도 Cell 내의 전계강도는 PC 방향에 따라 변한다. 따라서 장애의 종별 정도와 관계를 지우기 위한 전계강도로써 TEM Cell에 PC를 넣지 않았을때 점유되어질 것으로 상정(예상)되어지는 공간내의 평균치로 대표시키기 위하여, 내부도체와 외부도체 전극간의 중간점 내의 전장, 횡폭의 중간점 Co와 이 점으로 부터 길이방향, 횡방향  $\pm 30$  Cm의 점들의 합계 5지점에 대한 전계강도 측정치 평균(이하 평균 전계치라 한다)을 채용한다. 전계측정에는 등방성 전계강도계 프로브 및 전송선 일부만을 Cell 내에 넣어 전자계를 산란시키는 정도를 최소화 한다.

(아) TEM Cell 내의 PC 삽입에 따른 전계 산란 정도를 알기위해 설치하는 전계 프로브의 위치는 이것이 PC에 지나치게 접근되지 않도록 Lap-Top형에서는 중층면의 중심점 Co, Desk- Top형에서는 이 점보다 20 Cm 위의 상층면의 중심점 Uo로 한다.

Desk-Top형의 경우 CRT Display의 고압회로로부터 복사되는 전계에 의한 프로브 지시 영향 유무를 확인한다.

(자) PC Chassis의 방향에 의한 장애 정도가 다름을 조사하는데 있어, 방향을 바꿈에 따른 전원선의 분포상황 변화에 기초한 장애 영향을 피하기 위하여 전원선에는 페라이트 비드를 끼운다. 또 Desk-Top형의 경우, CPU 본체부와 CRT부와의 신호선은 필요 길이의 남는 부분을 20 Cm 정도의 길이로 묶어 CPU부 Chassis 후부에 고정시켜, 방향을 변화시켜도 Chassis와의 상대위치는 변화되지 않도록한다. PC 방향의 고정은 전자계에 영향을 주지않는 베이 크라이트 소재를 이용한다.

## (2) 내성 평가방법

(가) 내성평가는 가.(1).(가)항의 주파수마다에서 나.(1).(바)항에서 얻어진 평점을 각각 Net 입력전력 (1 W, 10 W, 20 W 및 최대출력의 4단계)에 대응한 나.(1).(사)항의 평균 전계치로 정규화 시킨 값의 합(이하 내성지수 (단위:  $1/(V/m)$ ))라 한다)에 따라 실시한다.

(나) 방향별 내성평가는 방향마다 주파수마다의 내성지수의 누적치로 행한다. 겹쳐놓은 상태와 횡으로 놓는 배치별 내성평가도, 동일 방향에 대해 (가)항과 같은 방법으로 주파수마다의 누적치로 행한다. 메이커의 내성평가는 각 방향의 주파수 마다의 내성지수 총합의 누적치로 행한다.



## 다. 조사결과 및 고찰

### (1) TEM Cell 내의 전계강도 분포

내성측정에 앞서 TEM Cell 내 공간의 전계분포 균일성을 조사하기 위하여 TEM Cell의 전극간격 1 m를 내부도체 전극판으로부터 아래쪽으로 20, 50, 80 Cm 의 각면(상층, 중층, 하층)으로 분할해 각각의 면에 대한 전장, 횡폭의 중심점 및 이 점의 전후, 좌우  $\pm 30$  Cm의 5개 지점의 총 15 지점을 등방성 프로브를 이용하여 전계강도를 측정했다. 3개의 각 면에서도 전파의 진행방향 (Z축)에 수직인 좌우(Y축)  $\pm 30$  Cm 위치의 전계치가 중심점( $U_0$ ,  $C_0$ ,  $L_0$ )의 값에 거의 가까운 것에 비해, 진행방향의 전후  $\pm 30$  Cm 위치의 전계치는 70 MHz를 넘으면 정재파가 설정 주파수에 따라서는 최대 최소비가 1.5-2 배 정도 다른것도 있었다.

Net 입력전력 P가 20 W(13[dBW])시의 평균 전계강도를 그림 7-13에 0 표 곡선으로 나타냈다. 또한 같은 그림의 + 표의 곡선은 TEM Cell의 삽입손실 측정치 a[dB]에 기초한 Cell의 중심점에서의 전계강도  $E_t[V/m]$ 를 다음식에 따라 구한것 이다.

$$E_t = R^{10} (P-a/2)$$

여기서, P : TEM Cell Net 입력 Power[dBW]

R : TEM Cell의 특성 임피던스( $50[\Omega]$ 으로 가정)

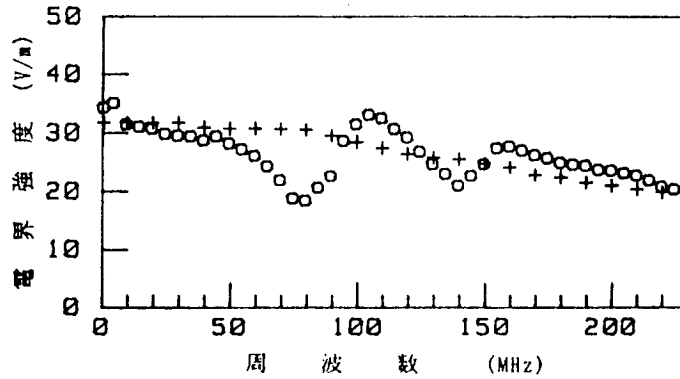


그림 7-13. TEM Cell 내부의 평균 전기장

일반적으로는 TEM Cell 내의 임피던스는 Cell 내부가 비어있을때, 전장방향에서  $50 \pm 2\Omega$  정도의 변화가 있으며  $E_t$ 는 근사적인 값이다. 또 중충면의 평균전기장  $E_c$ 에 대한 각층의 중심점  $C_o$ ,  $U_o$ ,  $L_o$ 의 전기장도  $E_{c_o}$ ,  $E_{u_o}$ ,  $E_{l_o}$ 의 비,  $K_{1c}$ ,  $K_{1u}$ ,  $K_{1L}$  (이들을 위치계수라 한다)를 그림 7-14에 각각 0, +, \* 표로 나타냈다.  $K_{1u}$ ,  $K_{1L}$ 이 100 MHz 이하에서 1로부터 벗어나는 것은 내부 및 외부전극판과 전기 프로브와의 거리의 파장비가 작게 되고 프로브가 전극의 상호작용을 받고있는 것에 따른 것으로 생각된다.

다음에 TEM Cell 내에 PC를 집어넣는 것에 따라 발생하는 전기의 산란이 방향에 따라 어느 정도 변하는가의 표준을 얻기 위하여 Desk-Top형의 경우는 점  $U_o$ (Lap-Top형 경우는 점  $C_o$ )에 대한 비  $K_{2u}$ ,  $K_{2c}$ (이하 산란계수라 한다)를 취했다. Desk-Top형, Lap Top형에 대해서 구한 예를 그림 7-15(a), (b)에 나타냈다. Desk-Top형에서는, 전 주파수에서 1 이상이 되는 방향(Y-Z, Z-Y)이 있었다. 모든 방향에 있어서 0.5~2.7배 정도 분산되어 있다.

Lap-Top형에서는 전 주파수에서 1을 넘는 방향(X-Y, X-Z)과 1 이하 (0.38-0.68)로 되는 방향(Z-Y)이 있었다. 점유하는 공간이 작기때문에 전기의 산란은 Desk-Top형에 비해 작지만 같은 모양으로 Chassis가 전계를 산란시키고 있는것을 알았다. Lap-Top형에서 현저한 Peak가 보이는 것은 Fiber Scope를 우연히 특정 위치에 놓음에 의한 것이므로 동일한 현상은 Desk-Top형에서도 나타났다. 페라이트 비드를 장착하면 이 현상은 생기지 않게된다.

Fiber를 묶기위하여 나선상으로 감겨져 있는 금속선이 특정위치에 있을때 공진이 생기기 때문에 기인되는 것으로 생각된다.

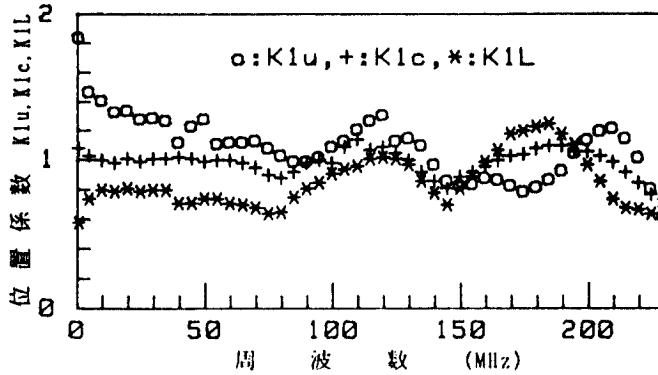


그림 7-14. 위치 계수 K1u, K1c, K1L

또 Desk-Top 형의 겹쳐놓아 횡으로 나란히 놓은 것의 배치에 의한 전계의 산란방향이 다름(방향 X-Z)을 나타내는 각각의 산란계수 K2u를 그림 7-16에 나타냈다. 높이가 낮은 횡으로 나란히 놓은 것에서는 산란계수가 거의 1인 것에 비해 전반적으로 겹쳐놓음에서는 산란이 1.5배 정도 크다. 90 MHz 에서 Peak가 나타나는 것은 Fiber Scope에 의한 것임이 판명되었다.

Desk-Top형은 CRT 고압발전 펄스에 의해 Fly-Back Transformer를 중심으로 반경 30 Cm 범위에서는 10-50 V/m 정도의 전계강도가 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 전계 프로브의 시정수가 크기 때문에 펄스의 Peak에 응답할 수 없는 지시치는 어느것도 1 V/m 이하였다. 이 때문에 PC를 TEM Cell 내에 집어넣은 경우 점 Uo에서의 전계강도는

$$Edsr = K1u K2u Ec \quad (7.4)$$

이므로, lap-top 형을 집어넣은 경우, 마찬가지로 점 Co 에서의 전계강도 Elap 는

$$Elap = K1c K2c Ec \quad (7.5)$$

으로 얻어진다. 여기서 Ec는 Cell 내의 중충면의 평균전계강도 이다.

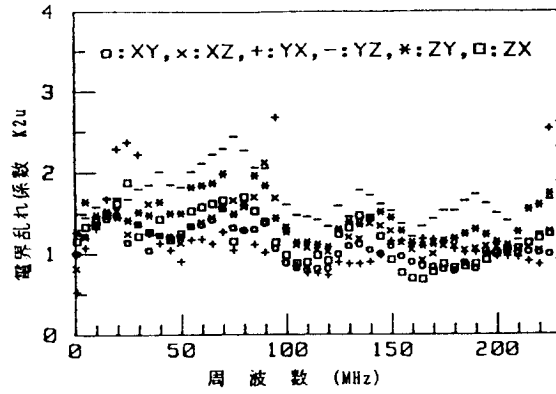


그림 7-15(a). 전계 산란 계수 K2u (A사 Desk-Top형)

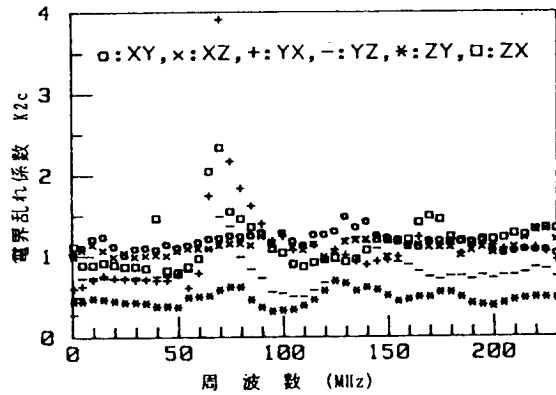


그림 7-15(b). 전계 산란 계수 K2c (A사 Lap-Top형)

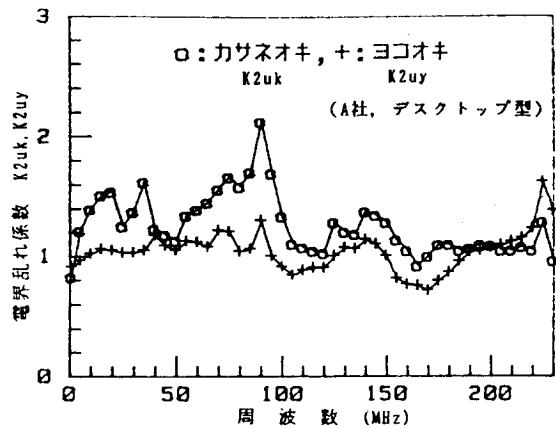


그림 7-16. 겹쳐놓아 횡으로 나란히 놓은 배치에 의한 전계의 산란 계수

## (2) 장애의 종별 및 정도

Lap-Top 형의 경우는 3 기종 (3사)모두 전방향, 전 주파수에 대해 TEM Cell 입력전력 20 W 및 최대 입력시의 인가전계에서 장애를 발생시키지 않았다. beep음의 간격이 불규칙적으로 변하는 현상이 1 기종 있었지만, 전계 인가와는 직접 관계하지 않는 것이어서 장애 대상외로 했다.

Desk-Top형은 1 기종에 있어서는 인가전계 20-30 V/m에서 화면이 없어지는 현상이 생겼고, CRT 부의 전원 스위치를 재투입해도 회복되지 않아 측정을 계속할 수가 없었다. 동일 기종을 새로 준비해 재 측정을 시도했지만 이것도 완전히 동일한 조건에서 동일한 현상을 보였다.

다른 2 기종의 장애종별은

- ① CRT Display의 화면 흔들림(중, 횡, 종횡).
- ② CRT 고압회로의 동작정지에 의한 화면소거(단 CRT 부 전원 재투입 후 동작회복).
- ③ 인가전계의 1 kHz 변조음의 혼입.
- ④ Disk Drive의 읽고 쓸 때의 기계음의 주기성 혼란.

이었다.

어느것의 장애도 재현성은 크고 발생빈도는 ①이 최다였다.  
상기 장애종별에 대해 실용상의 관점에서 다음 평점을 주었다.

CRT Display의 화면 흔들림에 대해서는

- ① 흔들림이 작고 표시문자가 번지는 정도 - 평점 1
- ② 흔들림이 약간 크지만 문자를 읽고 이해하는 것이 참을수 있는 정도 - 평점 2
- ③ 흔들림이 크고 문자를 읽어 이해하지 못하는(알수 없는) 단계부터 중, 횡의 흔들림이 혼합되 행과 열을 판단할 수 없는 정도 - 평점 2
- ④ 변조음의 혼입 - 평점 1
- ⑤ 화면소거 (단 CRT 부 전원 재투입으로 회복하는 경우) - 평점 4

- ⑥ 읽고 쓸때의 주기성의 혼란 - 읽고 쓸때 생기는 미약한 오동작을 포함하는 것으로 추정되지만 그중에서도 특히 주기가 길어지는 것을 평점 0으로 했다.

상기 ①-③의 화면 흔들림의 실례를 사진으로 그림 7-17(a)-(d)에 나타냈다.

본 보고서의 조사대상 기종에서는 화면 흔들림에 의한 장애가 거의 대부분이었다. CRT 화면의 외부 교류자계에 의한 흔들림은 CRT의 종류, 화면의 크기에도 관계되지만 10-4 Tesla = 1 Gauss 의 자속밀도일때, 폭이 5 mm 정도로 나타난다. Cell 내의 전기장강도가 30 V/m 일때의 자속밀도는 1 mGauss 이어서 화면의 흔들림은 직접 자계에 의한 것은 아니고 CRT 부에 있는 수평, 수직 평향 회로를 동작시키는 구동신호를 만드는 제어회로에 전계가 결합해 생기도록 방해전압원이 작용했기 때문으로 판단된다.

또 화면소거도 마찬가지로 전계결합에 의해 생긴 방해원이 수평, 수직 평향 회로 또는 고압회로의 보호회로가 동작한 것으로 판단된다.

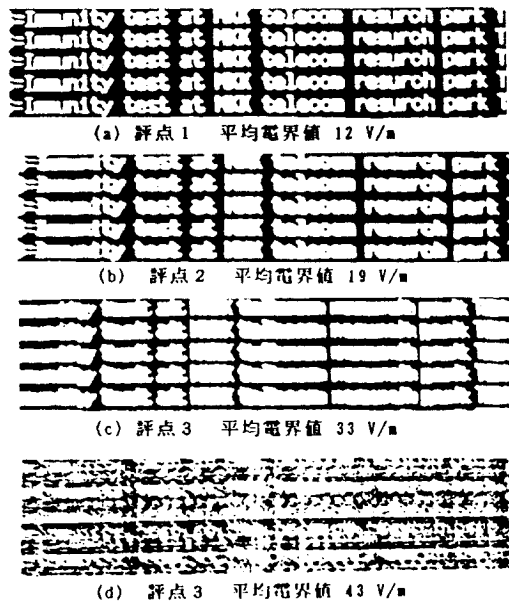


그림 7-17. 화면 흔들림의 예

참고로 수 년전의 기종에 대해 실험했을때 어떤 특정 주파수대에서

- ① 표시문자의 휘도저하
- ② 쓰고 읽을때 속도 저하
- ③ Disk Driver의 동작정지
- ④ 화면에 특정 문자가 찍혀나옴
- ⑤ 극 채색(대단히 화려하고 정밀한 채색)의 바둑판 눈금모양의 출현
- ⑥ 동작시험 프로그램의 파괴

등의 장애가 발생했다.

이들 장애종별도 실용상의 관점에서 평점을 주는것이 가능하다. CRT 부와 CRT 부를 연결하는 신호선을 차폐포로 덮고 CPU 부, CPU 부 Chassis의 한 쪽만 TEM Cell 내의 전계에 노출됨에 따른 상기 각종장애가 CPU, CRT 부의 어디에서 발생하는가의 구별, 각 부의 장애발생 주파수, 각 부의 방향에 의한 장애정도의 다름등을 어느정도 판별하는 것이 가능했다. 최신의 기종에서는 수 년전의 기종과 같은 장애가 나타나지 않았기 때문에 내성이 개선되어 지고 있는것으로 생각된다.

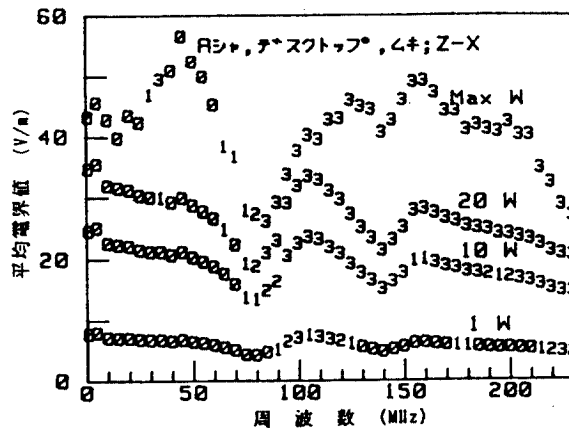
### (3) 내성측정 결과

Desk-Top 형에 있어 장애의 종별, 정도와 TEM Cell 내가 비어있을때의 중앙면의 평균 전계치  $E_c$  와의 관계측정 결과중, 가장 낮은 전계에서 장애가 나타난 겹쳐놓은 상태 Z-X 방향의 경우예를 각 사에 대해 그림 7-18(a), (b)에 나타냈다. 그림 중의 수치는 장애의 평점이다. 2개 회사 모두 CISPR 내성 허용치 내에 드는 2 또는 3 V/m 에서는 장애가 감지되지 않았지만, A사에서는 90-130 MHz 대에 있어 수 V/m 에서 평점 3의 화면 흔들림이 보였다. B사의 200 MHz 부근의 평점 4는 전원 재투입으로 회복가능한 하면소거였다. 또한 \* 표는 이 때문에 높은 전계에서 측정이 가능하지 않았던 것을 나타내고 있다.

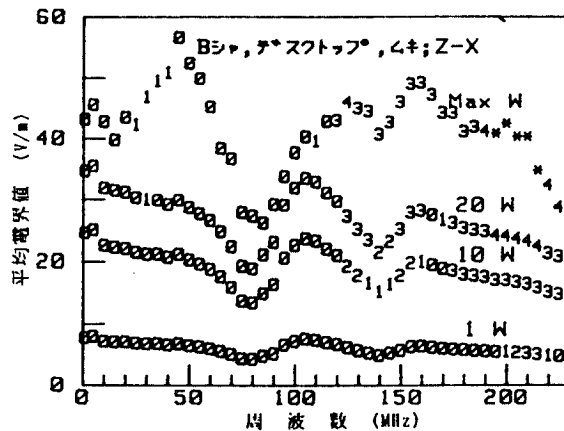
#### (4) 내성평가 결과

그림 7-18에 보인 방향 Z-X의 내성측정으로 부터 내성지수를 구한 결과를 그림 7-19에 나타냈다. A사는 90-130 MHz에 있어 B사 보다도 내성지수가 크다(다시 말하면 내성이 낮다). 방향마다 내성지수의 누적치를 취해 6개 방향에 대해 비교하면 2사 모두 Z-X 방향이 다른 방향에 비해 누적치 평균이 1.6배 정도이고, 따라서 내성이 가장 낮다. 또 지수의 누적치가 가장 낮은 방향은 A 사에 있어서는 Z-Y, B사는 X-Y 였다. 이들 방향의 누적치 크기는 어느것도 6개방향 내성지수의 누적치 평균의 0.6배 정도였다. 방향에 의한 지수의 상이함의 요인으로, CRT Chassis 내부의 Print 기판중 가장 장애를 받기쉬운 기판의 방향, 차폐역할을 다하는 금속성 Frame 배치의 비대칭성, CPU부를 연결하는 신호선의 방향등에 의해 전계와의 결합에 상이함이 나타나기 때문으로 추정된다.





(a) A사 Desk-Top형, 방향 Z-X



(b) B사 Lap-Top형, 방향 Z-X

그림 7-18. 내성 평가 측정 결과

기종 마다의 내성평가는 6개방향의 내성지수를 주파수마다 총합을 취한 전체 내성지수로 행한다. 이 결과를 그림 7-20에 보였다. 또 기종간의 내성비교를 그림으로부터 기종마다 전 주파수의 지수의 누적치로 행하면, A사의 지수와 B사는 각각 70.2, 42.6 으로 되고, A사가 1.6배 크다. 그러나 지수가 어느만큼 누적되면 양자에 내성치의 다름이 있는것으로 말할수 있는가는 금후의 검토과제이다.

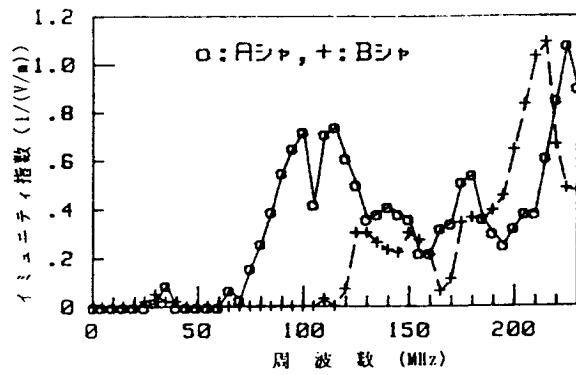


그림 7-19. 내성 평가 지수(A, B사 방향 Z-X)

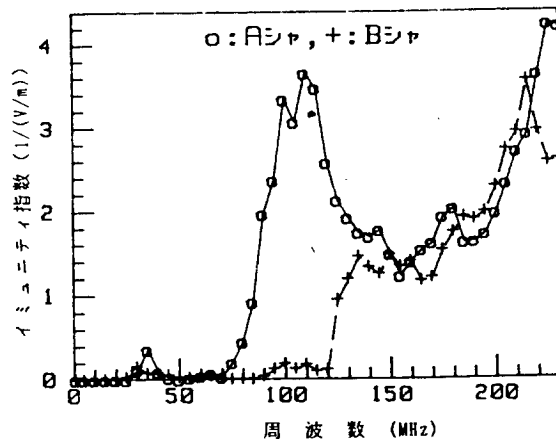


그림 7-20. 종합 내성 평가 지수

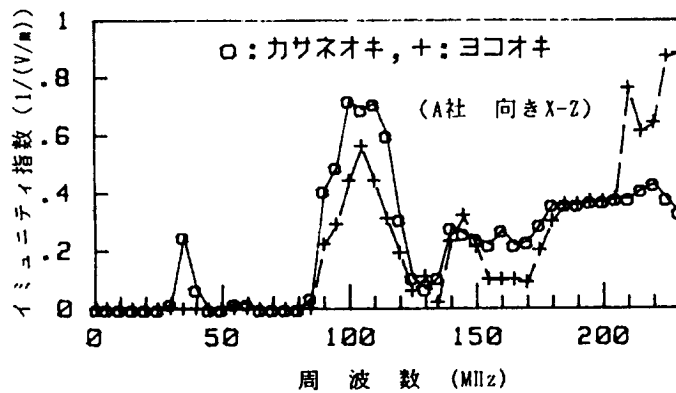


그림 7-21. 겹쳐놓아 횡으로 나란히 놓은 배치에 의한 내성평가지수 비교

Desk-Top 형의 경우에 겹쳐놓고 한 경우와 PC의 높이가 전극간격의 1/3을 넘지않는 횡 배치한 경우와의 내성지수 비교결과를 (A사, X-Z방향) 그림 7-21에 보였다. 횡 배치가 200 MHz 이상의 주파수에 있어 지수가 크게되는 경향이 보이지만, 양자의 전 주파수에 대한 지수 누적치비는 1.08 이다. 양자의 현저한 차이는 없는 것으로 생각된다.

#### 라. 결론

TEM Cell을 이용해 최신 PC의 복사성 내성의 실태 조사를 행했다. 또한 내성평가의 한방안을 검토했다. 이 결과 Lap-Top 형은 내성이 극히 높음을 알았다. Desk-Top 형은 CISPR 허용치안인 2 또는 3 V/m 에서 장애는 생기지 않았지만 5~6 V/m 에서 실용에 문제되지 않을 정도의 화면 흔들림이 생기는 주파수대가 있고, 대개 주파수가 80 MHz를 넘으면 내성지수가 증가하는 것과 같은 주파수 응답특성이 얻어진다. 이 원인이 PC의 특성에 의한 것인지, TEM Cell 내의 전달축 특히 Z축 방향의 정재파비에 의한 것인지등의 검토할 여지가 있다.

문자 데이터를 Disk에 써 넣을때 읽을때의 속도저하, 오동작, 동작정지, 화면표시 내용의 파괴, 폭주, 동작시험 프로그램의 파괴등 수 년전의 Desk-Top 형 기종에서 보여지는 장애는 생기지 않았지만, 1 기종에 있어서는 20 V/m 정도의 전계에 의한 CRT 화면소거 고장이 있었다. 이와같은 고장, 경미한 파괴를 포함한 내성 인가전계 상한 결정방법, 평가분류, 수량화 방법, 내성지수에 의한 평가 의미치의 결정방법등도 검토를 요하는 문제점이다.

## 참 고 문 헌

1. R. J. Spiegel, W. T. Joines, C. F. Blackman, A. W. Wood, "A method for calculating electric and magnetic field in TEM cells at ELF", IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. EMC-29(4), pp. 265-272, 1987.
2. M. L. Crawford, "Generation of standard EM fields using TEM transmission cells", IEEE Trans. Electromag. Compat., vol. EMC-16(4) pp. 189-195, 1974.
3. Motohisa Kanda, "Electromagnetic-field distortion due to a conducting rectangular cylinder in a transverse electromagnetic cell", IEEE Trans. Electromag. Compat., vol. EMC-24(3), pp. 294-301, 1982.
4. S. Kashyap, "Field distortions in a TEM cell", Sixth European Symposium and Exhibition on EMC, Zurich, Switzerland, March 1985.
5. T. K. Seshadri, S. K. Das, B. K. Sinha, "Study on field and impedance variations with object height inside TEM cell", IEEE International Symposium on EMC pp. 525-529.
6. Tanaka, Y., Honma, T., "A three-dimensional analysis of a TEM cell model by a mixed boundary element method", 1984 International Symposium on EMC, vol. 1, pp. 24-29, 1984.
7. M. L. Crawford, J. C. Workman, "Using a TEM cell for EMC measurements of electric equipment", N.B.S.(U.S.), Tech. Note 1013, 1979.
8. Motohisa Kanda, R. David Orr, "Generation of standard electromagnetic fields in TEM cell", N.B.S.(U.S.), Tech. Note 1319, 1988.
9. J. C. Tippet, D. C. Chang, "Radiation characteristics of dipole sources located a rectangular coaxial transmission line", N.B.S.(U.S.), NBSIR 75-829, 1976.

10. Thenan Chang, "Qusi-static analysis of electric and magnetic fields in TEM cell", J. Chin. Inst. Eng.(Taiwan) vol. 12(1), 1989.
11. 이중근, "전자파 내성 평가 기술 연구", 결과보고서, Kia 자동차, 1992.
12. 이중근, "전자파 장애 방지기술 연구(IV), (표준 전자계 형성 및 활용 기술)", 중간보고서, 체신부, 1992.
13. SAE J1448 JAN84, "Electromagnetic susceptibility measurements of vehicle components using TEM cell (14 kHz-200 MHz)" SAE Information Report, 1984.
14. Amramowitz and Stegun, Eds., "Handbook of Mathematical Functions, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series.55, 1982.
15. CISPR 16, "CISPR Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Method", 1987.
16. IEC 801-3, "Electromagnetic Compatibility for Electrical and Electronic Equipment, Part 3: Immunity to Radiated, Radio Frequency, Electromagnetic Fields", 1990.
17. IEC 801-6, "Electromagnetic Compatibility for Industrial-Process Measurement and Control Equipment, Part 6: Immunity to Conducted Radio Frequency Disturbances above 9 kHz", 1990.
18. SAE J1113, "Electromagnetic Susceptibility Measurement Procedures for Vehicle Components(Except aircraft)", 1987.
19. SAE J1338 JUN81, "Open Field Whole-Vehicle Radiated Susceptibility, 10 kHz - 18 GHz, Electric Field", 1981.
20. SAE J1507 JAN 87, "Anechoic Test Facility Radiated Susceptibility, 20 MHz - 18 GHz, Electric Field", 1987.
21. JASO 자동차 규격, 자동차용 전자기기의 환경시험 방법 통칙(D001), 1987.

22. Henry W. Ott, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems", 1989.
23. Chari & Silvester, Finite Elements in Electric and Magnetic Field Problems, Wiley, 1984.
24. Robert E. Collin, Field Theory of Guided Waves, McGraw-Hill, 1960, pp. 119 - 132.
25. David K. Cheng. Field and Wave Electromagbetics, 2nd ed., Addison-Wesley, 1989, pp. 72-77.
26. Donald R. J. White, EMC Handbook Vol. 4, Don White Consultants, Inc., Gainesville, Virginia, 1971, pp. 4.27-4.28.
27. Wheeler, H. A., "Transmission Line Properties of Parallel Wide Strips by Conformal Mapping Approximation", IEEE Trans., Vol. Mtt-13, 1965, pp. 172-185.
28. K.C. Gupta, Ramesh Grag,, I.J. Bahl, Microstrip Lines and Slotlines, Artech, 1979, pp. 12 - 13.
29. Van Valkenburg, Network Analysis, 3rd ed., Prentice-Hall, 1974, pp. 434-437.