

9. 정전기방전(ESD) 및 서어지 (SURGE) 내성시험 연구

연구책임자 이천분소 석 재 호

연 구 원 " 최 정 립
석 재 호
손 병 윤
조 성 돈
최 중 현
이 중 원

요 약 문

전기, 전자 산업의 발달로 일상생활 속에서 광범위하게 보급되고 사용되어 온 전기, 전자기기들로부터 방출되는 불필요한 전자파로 인한 전파환경이 급속히 악화일로에 있으며 이로 인한 피해가 증가하고 있다. 이러한 전자파장해 문제는 정보통신기기를 비롯해서 전기, 전자기기의 사용이 급격히 증가함에 따라 앞으로 더욱 심각한 양상을 보이게 될 것으로 예상되고 있으며, 1996년 1월 1일부터 EU의 부분적인 CE 마크 인증제도의 시행 및 이외의 선진국들의 이에 대한 대응책의 시행이 예상되어 많은 국내 우수 기업들의 해외수출에 있어서의 애로사항이 급격히 증가할 것으로 생각된다.

이러한 실정을 고려할 때 국내기업들의 적절한 대응을 위한 기초연구의 수행 및 각종 해외규제에 대한 기준규격안을 작성하는 등의 대책마련이 어느때 보다 시급하다. 따라서 본 연구를 통해 가장 먼저 규제될 내용으로서 정전기방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성에 대한 각종 규정에 관한 조사 및 체계적인 분석을 수행하여 국제적인 규제기준과 호환성 있고, 국내실정과 맞는 내성시험 기준(안)을 제시하였다.

Abstract

The electromagnetic environment is getting to deteriorate abruptly and a frequency of damage due to this situations is increasing, because of the unnecessary electromagnetic waves, which are emitting from electric and electronic products that have been supplied and used widely in everyday life due to advancement of the electric and electronic industry. This problem of the electromagnetic interference is expected to getting more serious as use of electric and electronic goods increase precipitously, as well as information technology equipments. EU will enforces CE Mark certification system partially as from January 1, 1996. And then the other advanced nations are anticipate that they will carry out the coutermove, but then a number of domestic leading enterprises will suffer from the bottlenecks in export.

Considering this actual circumstances, we are placed in a urgent state that we have to execute the fundamental research which can help domestic enterprises to cope with the situation and draw up the reference standard, and so on. Accordingly, we surveyed and analyzed schematically the various standards about the immunity of ESD and Surge which will be regulated first of all, and then we presented a immunity test reference which is mutually interchangeable with International Standards and appropriate for actual domestic cicumstances.

목 차

제 1 장 서 론	587
1. 개요	587
2. EMC 국제 규격 동향	588
3. 국내 EMC 현황	590
제 2 장 내성시험 관련 규격	591
1. 규격의 주요 규정	591
2. 지역적 분류	591
가. 국제규격	591
나. 지역규격	591
다. 국가규격	591
라. 단체규격	591
3. 내용적 분류	591
가. 기본규격(Basic Standards)	591
나. 일반규격(Generic Standards)	592
다. 제품군규격(Product Family Standards)	592
라. 제품규격(Product Standards)	592
제 3 장 정전기 방전(Electrostatic Discharge)	596
1. 정전기의 정의	596
2. 정전기의 발생 방법	596
가. 접촉대전	597
나. 유도대전(Inductive Charging)	600
다. 습도가 정전기에 미치는 영향	601
3. 정전기에 의한 방전현상	601
가. 코로나 방전(Corona discharge)과 스파크 방전(Spark discharge)	602
나. 기중방전 및 연면방전의 발생	602

4. 정전기 방전 모델	603
가. 인체모델(HBM : Human Body Model)	603
나. 대전소자 모델(CDM : Charged Device Model)	605
다. 정전계 유도 모델(FIM : Field Induced Model)	606
5. 정전기 방전에 의한 고장형태	607
가. 비파괴 고장(Soft Failure)	608
나. 파괴 고장(Hardware Failure)	608
다. 잠재 고장(Latent Failure)	609
6. 정전기 시뮬레이터의 형태	609
가. 용량성 날개 방식	609
나. 콘덴서 방식	610
7. 정전기 방전 내성시험 방법	610
가. 구비조건	611
나. 시험레벨	613
다. 시험방법	614
라. 시험결과의 평가	614

제 4 장 서어지(Surge)616

1. 서어지의 정의	616
가. 스위칭시의 서어지	616
나. 낙뢰시의 과도현상에 의한 서어지	619
2. 전송선의 전자과감응 해석	623
3. 서어지 내성시험 방법	625
가. 구비조건	625
나. 시험구성	626
다. 시험레벨	627
라. 시험순서	627
마. 시험결과의 평가	628

제 5 장 결 론629

참고문헌	630
------------	-----

부 록 A	632
부 록 B	635
부 록 B-1	639
부 록 C	644
부 록 C-1	647
부 록 C-2	655
부 록 D	659
부 록 D-1	667
부 록 D-2 인가 주파수 범위에 대한 선정 기준	675
부 록 D-3 시험등급 선정에 대한 지침	676
부 록 D-4 결합/감결합 회로망에 관한 부가정보	677
부 록 D-5 시험발생기 사양에 관한 부가정보	680
부 록 D-6 전자파 클램프를 사용할 경우 클램프 주입방법에 관한 부가정보	680

제 1 장 서 론

1. 개 요

전기, 전자기기는 비약적인 발전과 함께 정보화 사회로 급변하는 현재 점점 고속, 광대역, 소형 및 디지털화되어 국민생활의 편리를 위해 광범위하게 사용되고 있다(명노훈 외, 1992). 이로 인하여 전자파 발생원의 밀도가 급격히 증가되고 있으며, 전자파 환경은 더욱 악화되어 이로 인한 피해가 증가되고 있다. 예를 들면, 1960년대 초 이후로 후막 및 박막필름 반도체(Thick and Thin Film Solid State)장치, 금속-산화물 반도체(Metal-Oxide Semi-conductor), 필름저항(Film Resistor), 캐패시터, 크리스탈과 바이폴라 집적회로 등과 같은 디지털 전자기기 및 부품들이 ESD로 인해 파괴되는 것으로 알려져 있다. 또한 미국의 우주선 연료탱크폭발(1970), 독일의 퍼싱 미사일의 조립중 폭발(1985) 및 일본의 1960~1975년 사이 제조업체 폭발사고중 15%에 달하는 정전기 사고들은 정전기가 가연성 재료를 폭발시킨다는 것을 알려준다(김세운 외, 1994).

기술력의 발전으로 소자가 점차 작아지고 스위칭 동작속도가 빨라질수록, 반도체 소자들의 ESD에 대한 내성은 더욱 약해지게 된다. 또한 스위칭이나 낙뢰시 과도현상에서 발생하는 과도전압으로 인해 Surge가 발생하게 되고 소자나 시스템 전체에 손상을 입히게 된다.

그러므로 사람들의 생활에 밀접하게 관련된 이러한 여러 종류의 전기, 전자 시스템의 안전성과 신뢰성은 매우 중요한 요소가 되며, 이들 장비들이 악화된 전자파 환경 속에서 원활한 정상 동작을 할 수 있는 능력을 확보하는 것이 필수적이다. 따라서 각국들은 전자파 장애 방지의 일환으로 논의되고 있는 EMC에 대한 국제적 규제 움직임에 대비하고, 제품들에 대한 국제 경쟁력 증강을 위한 대책 마련에 부심하고 있는 실정이다. 국내에서도 이러한 EMC 요구조건을 만족시키기 위하여 원하는 환경에서 적합하게 동작하도록 회로, 시스템 및 각종 부가장치들을 계획하고 설계하기 위한 연구가 각 관련 산업계 및 학계를 중심으로 수행되고 있다. 그러나 일부 대기업이나 중소기업체 이외에 여러 수출 산업체들이 '96년도 1월부터 규제에 들어가는 ESD 및 Surge 내성 등에 대한 체계적인 연구나 시설마련 및 운영에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서 본 연구 보고서에는 '96년부터 규제가 예상되는 ESD와 Surge 내성시험에 관하여, 국제규정 분석과 이에 기초한 시험 및 평가방법을 연구하였으며, 수집기기에 대한

여러 시험 결과를 분석하고 내성시험 기술 기준을 제시하였다.

2. EMC 국제 규격동향

1993년 무선장해에 대한 국제간의 문제를 논의하기 위한 특별회의가 프랑스 파리에 서 개최되었다. 이 회합에서 가장 중요한 결과는 국제간의 교역의 편의를 위하여 한계치 및 측정방법을 통일한다는 합의에의 도달이었으며 이듬해인 1994년 IEC, UIR, CCITT 등 관련 기관의 대표자들이 파리에서 모여 최초의 공식회의를 개최하여, 이들 관련기관들의 협력기구로서 국제무선장해특별위원회(CISPR, Comite International Special des Perturbations Radioelectriques : International Special Committee of Radio Interference)를 발족시켰다.

CISPR의 최초의 업무로서는 도전잡음 전압측정을 위해 전원선 임피던스 안정화회로 망을 포함한 측정기기의 개발이었으나 2차 세계대전으로 업무가 일시 중단되었다가 1958년 네덜란드의 헤이그 회의에서 오늘날과 같은 국제전기기술위원회(IEC, International Electrotechnical Commitee) 산하의 특별대책위원회로서의 조직이 출현하게 되었다. 규격은 150kHz~30MHz의 주파수 대역을 포함했으며 준첨두치 검파기가 규정되었고 이러한 규정은 1965년에 ISM(산업, 과학 및 의료용)기기에까지 적용되어지게 되었다. 무선주파수 복사측정을 위한 측정기기의 개발은 그후에 이루어졌으며 오늘날의 기기와 같은 규정은 1965년이나 되어서야 결정되었다.

측정절차와 측정기기에 대한 개발에 반하여 한계치에 대해서는 회원국가들간의 거듭된 고려와 논쟁으로 1950년까지 합의를 보지 못했으며, 오직 1MHz 이하에서 두개의 좁은 주파수범위에서 도전잡음에 대해 합의를 보게 되었다. 1964년이 되어서야 150kHz~30MHz 범위에서 한계치가 결정되었다.

오늘날 CISPR은 여러 분야에 있어 기술위원회를 갖고 있으며, 무선장해에 대한 측정기기 개발, 측정방법 및 한계치등에 대해 국제적인 합의를 촉진하고 있으며, 이에 따라 EU국가들을 중심으로한 많은 국가들이 CISPR의 권고사항을 자국의 EMI(Electromagnetic Interference)/ EMC(Electromagnetic Compatibility) 규정의 기본요구 사항으로 채택하고 있다(박상서 외,1994).

오늘날 CISPR은 여러 분야에 있어 기술위원회를 갖고 있으며, 무선장해에 대한 측

정기기 개발, 측정방법 및 한계치등에 대해 국제적인 합의를 촉진하고 있으며, 이에 따라 EC 국가들을 중심으로한 많은 국가들이 CISPR의 권고사항을 자국의 EMI/ EMC 규정의 기본요구 사항으로 채택하고 있다.

더욱이 1996년 부터 EC를 중심으로 전자파 내성(Electromagnetic Immunity ,군사규격에서는 흔히 EMS, Electromagnetic Susceptibility, 라고 함)규제가 본격적으로 시작될 전망이다. 이러한 전자파내성 규제는 우리가 과거 '80년대 초에 경험했던 EMI규제에 비해 규제주파수가 9kHz~1GHz에서 50/60Hz~40GHz로 대폭 확장됨은 물론, 규제항목도 2개 항목에서 11개 항목으로 크게 늘어나기 때문에 본격 규제가 시작되면 우리 산업체에 큰 피해를 초래할 것으로 우려된다. 이러한 전자파내성 규제를 위해 IEC, CISPR, 그리고 유럽 전기기술위원회(CENELEC, Comite European de Normalisation Electrotechnique)등을 중심으로 전자파내성 규격 작업이 현재 활발히 진행되고 있으며, 특히 유럽전기기술위원회에서는 '96년 1월부터 시작할 전자파내성 규제를 위해 '94년 말까지 기본규격 및 일반규격의 작업을 완료하고, '95년에는 규제품목의 전자파내성 관련규격을 마무리할 예정인 것으로 알려졌다(박동철 외,1994). 현재까지의 전자파내성 관련규격은 국제규격으로서 IEC 1000시리즈와 CISPR이 있으며 지역규격으로는 EN(European Norm), 국가규격으로는 독일의 VDE와 미국의 FCC, 단체규격으로는 일본의 VCCI 및 미국 EIA 등이 있다.

1995년 11월 현재, IEC에서 전자파내성 표준화 업무를 분담해온 CISPR와 전문위원회(TC, Technical Committee) 77이 통합될 움직임을 보이고 있어 전자파내성의 국제표준 제정이 한층 가속화될 전망이다. 그 동안 CISPR과 TC77은 전자파내성시험장비 기준이 각기 달라 적지않은 혼선을 빚어왔는데 양 기구가 통합될 경우 전자파내성 국제표준 제정작업이 가속화된 것은 물론, 내년부터 본격시행되는 EU의 「CE 마크제」와 비슷한 수준의 전자파내성에 대한 규제도 세계적으로 확산될 것으로 전망된다. 특히 과거 EMI에 대한 국제규격을 제정해 온 CISPR와 EMS 표준제정에 주력해온 TC77의 통합으로 향후 EMI와 EMS가 EMC라는 하나의 틀 속에서 체계적으로 표준화돼 강력한 국제규격으로 떠오를 것으로 관측된다.

그리고 앞으로의 국제 규격의 표준화는 당분간 유럽규격(EN)의 주도로 이루어 질 전망이므로 유럽규격의 동향을 주의 깊게 살펴 이에 대한 대응을 적절히 해 나가야 할 것이다.

3. 국내 EMC 현황

국내동향으로는 대표적으로 정보통신부의 경우, 1989년 12월 30일(법률 제 4993호)에 「전파법에 전자파 장해 검정」에 관한 법적근거를 마련하였고, 1990년 9월(체신부령 825호)에는 「전자파 장해 검정규칙」을 제정공포하고 세부시험 방법(체신부 고시 100호)을 고시하였다. 또한 1991년 2월에는 지정시험기관을 선정하기 시작해 1994년 8월 까지 38개소에 이르고 있으며 1993년 8월에는 전자파 장해 검정건 개정령(체신부 고시 862호)을 고시하였다(김남,1995).

지금까지의 전자파 장해 방지 기준은 전자파 장해 장치 기준, 대상기기, 검정신청 절차, 지정 시험기관, 시험방법 등의 고시, 성능유지 활동 등을 그 내용으로 하고 있다. 다음의 표 1.1과 같이 현재 시행중인 국내 EMI/ EMC 관련 법과 소관부처 및 시험기관등을 구분할 수 있다.

정보통신부는 앞으로 1996년 3월중에 관계 요로의 의견을 대폭수렴, 「전자파 장해 검정 규칙」 개정 작업을 거쳐 개정안을 확정하고 세부사항을 정비하는 등의 전면적인 전자파 장해와 관련된 여러 가지 행정규제를 완화 또는 철폐하고, 또한 현 제도의 미비점을 개선 및 보완할 예정이다. 개선방안의 일부로서 국제화·개방화에 부응하여 전자파 장해 검정대상 기기와 기술기준 등을 국제 전기위원회(IEC)산하 국제무선장해위원회(CISPR)의 규정에 의거 국제 기준으로 맞추어 나가고, 유럽연합(EU)의 CE마크제를 시작으로 세계적인 규제가 본격화되고 있는 전자파 내성(EMS)에 대한 법적인 근거를 마련할 계획이다.

제 2 장 내성시험 관련 규격

1. 규격의 주요 규정

규격의 주요 규정으로서 대상기기의 선정문제, 기기 설치장소의 전자파환경에서 정상적인 동작을 확인하기 위한 실험방법, 불요전자파에 대한 실험파형과 레벨, 인가방법, 기기배치에 대한 규정들을 고찰하면 다음의 1.2절의 지역적 분류와 다음 1.3절의 내용적 분류로 나눌 수 있다. 표 2.4는 내용적 분류를 지역적 분류와 관계로 도식화한 것이다.

2. 지역적 분류

가. 국제규격

- IEC, CISPR

나. 지역규격

- EN(European Norm) : 부록 A 참조

다. 국가규격

- 독일 VDE, 미국 FCC

라. 단체규격

- 일본 VCCI, 미국 EIA

3. 내용적 분류

가. 기본규격(Basic Standards)

- IEC 1000 시리즈

나. 일반규격(Generic Standards)

- EN 50082-1

다. 제품군규격(Product Family Standards)

- CISPR Pub. 20

라. 제품규격(Product Standards)

- CISPR Pub. 24

표 2.1 전자파 장애 검정관련 법, 시행기관 및 세부사항(김남,1995)

구 분	내 용			
관 제 법 령	전 기 용 품 안전 관리법	산업표준화법	전파법	전기통신기본법
소 관 부 처	상 공 부	상 공 부	정보통신부	정보통신부
시 행 기 관	공업진흥청	공업진흥청	전파연구소	전파연구소
시 험 기 관	국립공업시험원 생산기술연구원 전기전자검사소	국립공업시험원 생산기술연구원	전파연구소 생산기술연구원 및 38개 지정 시험기관	전파연구소
인 증 구 분	형식승인	KS표시허가	장해검정	형식승인
인 증 방 법	형식구분별인증 (소그룹별인증)	KS구분별 인증 (대그룹별인증)	모델 인증	모델인증
법적 강제성	강제	비강제	강제	강제
기 술 기 준	전기용품기술기준	KSC0262	전자파장해검정 규칙 및 시험 방법 등 고시	전기통신 기자재의 형식승인 세칙
기술기준상의 특 징	CISPR 및 FCC에 준합	좌동	구전기용품기술 기준 및 FCC에 준합	좌동
대 상 제 품	소비자용 전기, 전자제품	좌동	정보기술기기,가 정용전기기기(일 부)	유선통신기기

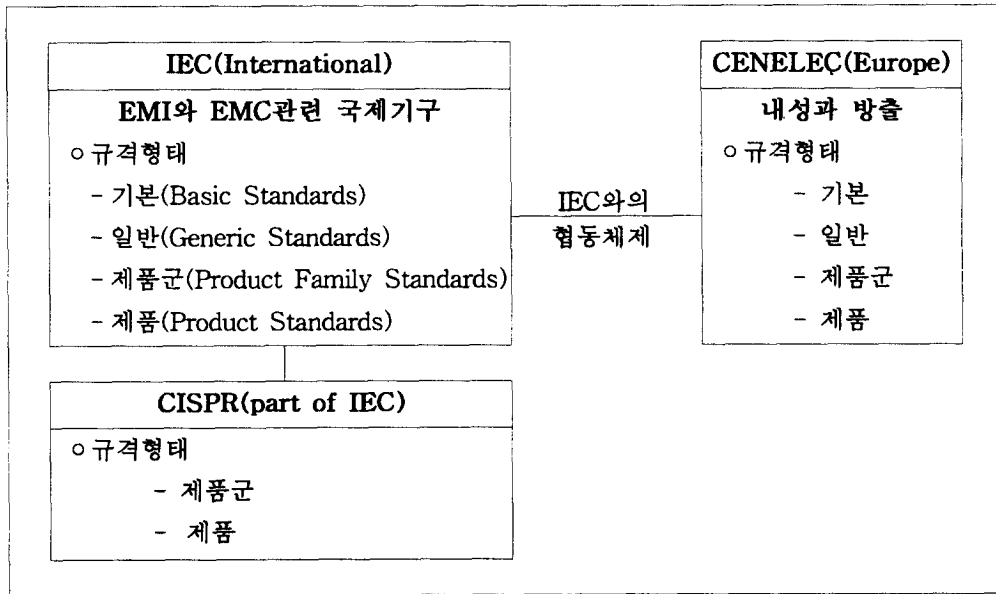
표 2.2 전자파 내성에 대한 IEC 규격과 유럽규격(김남,1995)

I E C		CENELEC	Type	Covers
Was	Becoming			
801-2	1000-4-2	60801-2	Basic	ESD
801-3	1000-4-3		Basic	RF Radiated
801-4	1000-4-4	50140	Basic	EFT
801-5	1000-4-5	—	Basic	Surge
801-6	1000-4-6	50142	Basic	RF Conducted
—	1000-4-7	50141	Basic	How to measure harmonics, not test standard Pwr Freq Fields
—	1000-4-8	61000-4-8	Basic	Pulse Magnetic Fields,
—	1000-4-9	61000-4-9	Basic	Substation and Industrial sites Oscillating Magnetic Fields,
—	1000-4-10	61000-4-10	Basic	Substation Dips & Interrupts
—	1000-4-11	61000-4-11	Basic	100KHz ringwave
—	1000-4-12	—	Basic	surge, 1MHz osc. wave only for substations
—	TC77WG13	50082-1	Generic	Immunity levels for Residential, Commercial, Light Industrial
—	TC77WG13	50082-2	Generic	Immunity levels for Industrial
—	CISPR24-2	50082-2	Product Family	ESD for Information Technology Equip.
—	CISPR24-3	50082-3	Product Family	RF Radiated for Information Technology Equip.
—	CISPR24-4	50082-4	Product Family	EFT for Information Technology Equip.
—	CISPR24-5	50082-5	Product Family	Surge for Information Technology Equip
—	CISPR24-6	50082-6	Product Family	RF Conducted for Information Technology Equip
—	601-1-2	60601-1-2	Product Family	EMC & Safety for Medical Equipment

표 2.3 IEC TC 77에서 발행하고 있는 IEC 1000 시리즈 기술 문서의 구성(김남,1995)

문서번호	내 용
1000-1	일반 (일반적 고려사항, 정의, 용어)
1000-2	환경
1000-2-1	공공 전원시스템에서의 저주파 전도외란 및 신호에 대한 전자환경
1000-2-2	공공 저전압 전원시스템에서의 전도외란 및 신호에 대한 양립성레벨
1000-2-3	방사 및 고주파 전용 전자환경
1000-2-X	전자환경의 분류
1000-2-X	공공 중전압 전원시스템에서의 저주파 전도외란 및 신호에 대한 양립성레벨
1000-2-X	공장에서의 양립성 레벨
1000-2-X	고조파 전압성분의 평가 및 고조파 전달 계산을 위한 회로 임피던스
100-3	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	방사 무선 주파 전자계
1000-4-4	빠른 천이
1000-4-5	제동 진동하는 필드에 대한 내성시험
1000-4-6	전원 전압 변동
1000-4-7	Flicker 시험
1000-4-8	서어지
1000-4-9	전도 고주파 외란
1000-4-10	전도 저주파 외란
1000-4-11	전원 주파자계
1000-4-12	펄스 자계 내성 시험
1000-5	설치 및 완화 지침
1000-5-1	전자파 양립성과 관련된 설치 및 완화 지침에 대한 일반소개
1000-5-2	방 및 캐비닛에 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
1000-9	기타

표 2.4 전자파 내성 규격의 지역적 분류 및 내용적 분류(김남,1995)



제 3 장 정전기 방전(Electrostatic Discharge)

1. 정전기의 정의

정전기란 “서로 다른 전위의 두 물체 사이에서 직접적인 접촉이나 전자기장에 의한 유도으로써 정전하가 교환되는 현상”이라고 미국방성 규격 DOD-HANDBOOK-263은 정의하고 있으며, 이 현상은 전기, 전자소자 등의 동작에 피해를 주고 있는데 경우에 따라서 소자자체를 파괴하고 서론에서 언급하였듯이 가연성 재료를 폭발시키기도 한다. 보통 정전기를 신선하고, 건조한 날씨에 문 손잡이나 다른 금속체를 접촉하였을 때, 스파크 또는 의복이 달라붙는 현상을 말하기도 한다(박동철 외,1994).

정전기는 우리의 생활주위에 항상 존재하고 있다. 우리 몸에 몇만V의 전압이 걸려 있다면 놀라지 않는 사람은 없을 것이다. 그러나 우리는 이런 상황을 자주 경험하고 있다. 예를 들면 아주 건조한 날, 카펫트 위를 걸으면 인체에 3만V의 전압이 걸린다. 그러나 이것은 3만V의 고압선이라 할 때의 상상되는 것과는 현저한 차이가 있다. 가장 중요한 것은 전기(전하)가 고정되어 있는지, 이동하는지의 차이이다. 일반적으로 전기현상은 대부분 전하의 흐름에 의해 이해되지만 전하가 고정되어 있다는 것은 전하가 어느 한 위치에서 움직이지 않고 계속 머물러 있는 상태를 말한다. 이러한 전기현상을 정전기라 말한다. 역으로 전하의 이동이 있는 전기현상을 동전기라 부르지만 자주 사용하는 용어는 아니다. 정전기와 동전기의 큰 차이점은 전하의 총량, 즉, 전하량의 크기에 있다. 정전기는 전하를 띤 물체, 즉, 대전체가 품고 있는 전하량만으로 그 크기가 결정되지만 동전기는 일반적으로 통전되는 시간에 비례하여 커질 수 있기 때문에 잠재적인 전하량은 무한대라고 말할 수 있다. 4000V미만의 정전기는 색깔이나 냄새가 없어 아무런 영향을 주지 못한다. 4000V이상의 전압은 방전시 스파크를 발생시키며 오존이 형성되어 특별한 냄새가 난다. 4000V 정도로 대전된 작업자가 도체(예를 들면 문 손잡이)를 만지면 스파크 형태로 방전하며 약간의 전기적 쇼크를 느끼게 한다. 다음의 표 3.1은 일반적인 정전기원을 보여주고 있다(이중근 외,1994).

2. 정전기의 발생 방법

정전기는 일반적으로 두 물체를 마찰(접촉과 격리)시킬 때와 같이 상이한 두 물질이

서로 상대적인 운동을 할 때 발생한다. 즉, 반복되는 접촉과 격리 등의 과정을 통해서 한 쪽의 물질은 전자를 잃고, 다른쪽은 이를 받아들이는 전하이동(charge transfer)에 의해 각각 양(+)과 음(-)으로 대전된다. 이 대전된 상태는 접촉면의 양쪽에 양전하와 음전하의 층, 즉, 전기 이중층(electric double layer)가 생길 뿐이며 전체적으로 바라보면 효과는 서로 상쇄해서 나타나지 않는 것이 보통이다. 다음에 양쪽의 물체 A, B가 상대운동을 하여 그 접촉면이 그림 3.1 (b)와 같이 떨어지면 각 전하는 쌍방의 면에 잔류하고 여기에 양과 음인 한 쌍의 정전기가 발생한다. 이 현상을 전하분리(charge separation)라 부르며 이러한 과정에서 비로소 정전기 발생이 일어난다. 그런데 전하분리가 일어나면 양과 음 전하 사이의 전위가 상승하므로 만약 A, B 물체 사이에 그림 3.1 (C)와 같이 전기가 통하는 길, 즉 통전로가 있으면 분리된 전하는 이것을 통하여 서로 중화하며, 시간의 경과와 함께 점차 소실해 간다. 이 현상을 전하완화(charge relaxation)라 부른다. 그 속도는 물체 자체 또는 도중에 있는 통전로의 전기 저항이 높을수록 완만하게 된다. 물체 A, B 사이에 매질이 도전성을 가질 때는 전하완화는 그림 3.1 (d)와 같이 매질 자체를 통해서도 이루어진다. 또한 전하분리의 과정에서 방전이 일어나면 도전성이 높은 방전로를 통해서 매우 신속하게 전하가 중화한다. 이처럼 정전기의 발생은 항상 전하이동, 전하분리, 전하완화 세가지 요소과정(elementary process)으로 이루어지며 우리가 관측하는 것은 전하완화 도중 임의의 부분에 있는 전하에 지나지 않는다. 따라서 만약 전하의 완화 속도가 두드러지게 빠르면 정전현상은 우리의 관측시야 속에서 들어오지 않게 된다. 접촉에 의한 전하이동이 매우 보편적으로 일어남에도 불구하고, 일상생활에서 우리가 정전현상을 관찰하기 힘든 것은 바로 이 때문이다. 반대로 플라스틱 등과 같이 물질 자체의 전기저항이 매우 높은 경우에는 전하완화의 속도가 두드러지게 늦어지므로 각종 정전현상이 나타나는 것이다(이덕출 외, 1994). 이 외에도 유도, 냉각, 이온과 전자 빔 및 스프레이 등에 의해서도 발생하는데 여기서는 접촉성 대전과 유도성 대전에 대해 소개한다.

가. 접촉대전

일반적으로 두 물체를 서로 문지르거나(마찰) 접촉시켰다가 분리시키면(박리) 한쪽 물체의 일부 전하(전자)가 다른쪽 물체로 이동하고 절연체내에 전하의 움직임이 활발하지 못하므로 전하들이 원래 물질로 되돌아 갈 수 없게 되어, 두 물질의 성질에 따라 한 쪽은 양(+)으로 다른쪽은 음(-)으로 대전되어 두 물체가 맞닿는 표면에서 마찰전기 효과

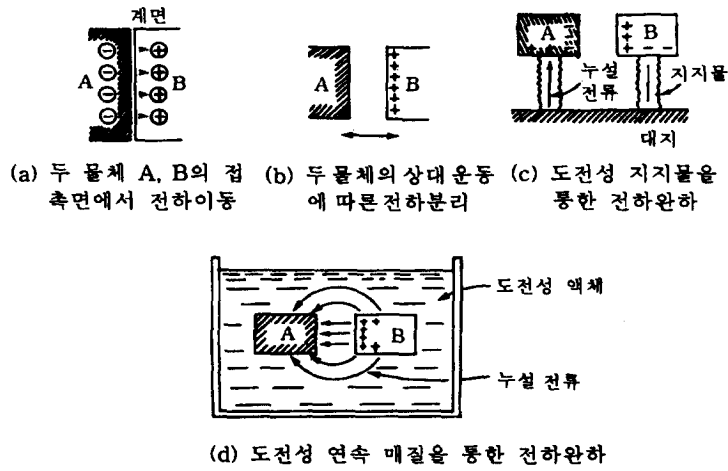


그림 3.1 복합과정으로서의 고체의 대전현상(이덕출 외,1994)

표 3.1 일반적인 정전(김세운 외,1994)

정전기원	정전기를 발생시키는 물질이나 작업동작
작업자	<ul style="list-style-type: none"> - 걷는 행위 - 의자를 밀거나, 의자에서 일어나는 동작 - 의복을 입거나 벗는 동작 - 그 이외의 반복적인 동작 등
의복	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 의복 - 합성섬유로 된 모든 의복 등
작업의자	<ul style="list-style-type: none"> - 비닐을 씌우거나, fiber glass, 그 외 니스나 락카 폴리우레탄 코팅을 하거나 락스처리한 의자 등
작업대	<ul style="list-style-type: none"> - 플라스틱 비닐로 씌우거나 니스, 락카 등으로 처리한 것, 왁스처리하는 것 등
바닥	<ul style="list-style-type: none"> - 비닐처리한 것, 니스 등으로 표면처리한 것 - 콘크리트 바닥, 왁스처리한 것 등
부품함	<ul style="list-style-type: none"> - 플라스틱 용재로 표면처리한 나무, 금속상자 등
포장재	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 플라스틱(bag, wrap 등) - 일반적인 bubble bag 등
용구	<ul style="list-style-type: none"> - 접지되지 않은 tip의 납땀인두 - 손잡이가 플라스틱 코팅된 일반공구 등
제조기 및 제조공정	<ul style="list-style-type: none"> - 건조기, 사출기, 항온조, 납땀기기 - 전자복사기 - 냉각요 spray 등

표 3.2 인체의 동작종류에 따라 발생하는 정전기 크기(김세운 외,1994)

동 작 종 류	저습도(10~20%)	고습도(65~90%)
카펫트위를 걷기	35,000	1,500
비닐바닥위를 걷기	12,000	250
작업대위에서의 작업	6,000	100
비닐 씌우기	7,000	600
비닐백을 들어 올리기	20,000	1,200
의자에서 일어서기	18,000	1,500

에 의한 정전기가 발생한다. 마찰시 발생하는 전하량의 크기는 접촉압력, 격리속도, 접촉면적, 표면의 매끄러운 정도 및 습도와 같은 주위조건 및 물질의 종류에 따라 달라질 수 있다는 점을 유의할 필요가 있다. 여기서는 대표적인 몇가지만 간추려 보았다.

1) 마찰대전 (Triboelectric Charging)

종류가 다른 물체가 접촉으로 인하여 정전기가 발생하는 현상을 접촉대전이라 하지만 고체끼리 접촉하는 접촉대전에 의한 발생 전하량은 서로 강하게 마찰시키면 상당히 크게 되는데 이러한 연속적인 접촉분리에 의해 정전기가 발생하는 것을 마찰대전이라 한다.

2) 박리대전

박리대전은 밀착하고 있는 물체를 잡아챌 때 일어나는 대전현상이며, 접촉분리에 의해 정전기가 발생한다. 이를테면 필름, 시트, 포 등 얇은 것은 밀착하기 쉽기 때문에 박리 대전을 일으키기 쉽다. 특히 접착제가 발라진 종이, 필름 등의 박리, 플라스틱 성형 후의 성형테를 제거할 때 박리대전이 발생한다. 겨울철 나일론 제품의 의복을 벗을 때 경험한 부착현상이나 스파크 발생은 박리대전이 원인이 되어 생긴 것이다.

3) 유동대전

고체와 액체 사이의 접촉면에 있어서도 이미 설명한 바와 같이 전하이동이 일어나

며, 고체와 액체는 각각 다른 종류인 동일한 양의 전하로 대전된다. 그 상태에서 액체가 그림 과 같이 유동하면, 전하분리가 발생하며 액체의 전기저항이 충분히 높은 경우에는 강력히 대전된 액체가 관내로 흘러나간다. 이 현상을 유동대전이라 부르고 석유계 탄화수소의 파이프 수송등에 종종 발생하며, 도전율이 낮은 액체를 파이프 수송할 때 일어나는 대전현상이다.

4) 혼합 및 교반대전

혼합 및 교반대전은 액체 상호 또는 액체와 분체 등을 혼합, 교반할 때 일어나는 대전현상이다. 이 대전은 교반액체와 용기벽 및 교반 날개와의 유동에 의해 또는 액체와 이것에 용해하지 않는 다른 액적, 액체입자, 기포 등과의 상대운동에 의해 정전기가 발생한다. 일반적으로 동종 액체 또는 서로 용해하는 액체의 교반 혼합에서는 대전량은 작지만 이종 액적, 분체, 기포 등이 존재하는 경우의 혼합, 교반에서는 미세입자가 다수 형성되어 액체 중에 분산하여 있기 때문에 이들의 경계면에서 전하분리가 일어나 대전량이 커진다.

5) 분출대전

이 대전은 가압된 액체, 기체 등이 노즐, 균열된 틈 등 단면적이 작은 개구부로부터 분출할 때에 일어나는 대전현상으로, 분출물과 개구부의 마찰이나 유동에 의해 또는 분출하는 입자 상호의 충돌, 분출 물체의 분열에 의한 미스트의 생성에 의해 정전기가 발생하는 현상이다. 이중 미스트의 생성에 의한 대전은 파괴에 의한 대전현상의 일종이어서 대전한 미스트는 공기 속에 널리 분포하여, 이른바 공간 전하운을 형성하는 일이다. 공기 속에 부유한 입자는 공기 중에 의해 절연되기 때문에 물, 유극성 용제, 도전성이 큰 물질이어도 분출대전이 문제가 된다.

이 외에 침강대전, 부상대전, 적하대전, 충돌대전, 분쇄대전, 비말대전 및 동결대전이 있으나 여기서는 언급하지 않았다.

나. 유도대전(Inductive Charging)

대전물체의 가까이에 절연된 도체가 있을 때 이것은 정전유도를 받아 전하의 분포가

균일해져 대전된 물체와 똑같은 현상을 보이는 것으로 유도대전이라 한다. 중성의 물체에 대전체를 가까이 하였을 때 중성물체의 내부에 있던 전하들이 인력과 반발력에 의해 재배치를 일으켜서 생기는 현상을 말한다. 어떤 물체가 대전되면 그 물체주위로 전자기장이 형성되는데 이 전자기장 속으로 대전되지 않은 물체를 인입시키면 그 물체는 전기적으로 분극화된다. 즉, 대전된 물체와 전하량이 같고 극성이 반대인 전하는 대전체 가까이로 이동하고 극성이 같은 전하는 먼 쪽으로 이동하게 된다. 이때 이 분극화된 물체는 외부적으로 아무런 극성을 띄지 않지만 접지가 된다든지 어떠한 원인으로 한 극성의 전하가 물체 밖으로 빠져나가면 그 물체는 대전되어 극성을 띄게 되는데 이를 유도대전이라 한다.

대전되지 않은 물체가 도체인 경우는 이렇게 유도대전이 일어나지만 부도체인 경우는 분극화로 인하여 쌍극자(Dipole)들이 재배치되어 표면전하를 형성할 뿐 대전은 일어나지 않는다.

다. 습도가 정전기에 미치는 영향

정전기는 여러 요인에 의해서 크기가 달라지는데 그 중에서 가장 밀접한 영향을 미치는 것이 상대습도이다. 특히 여름철보다 겨울철이 심한 것은 상대습도가 낮아 공기의 도전성이 떨어져 전하가 누설되지 않고 그대로 축적되기 때문이다.

상대습도는 절연물질, 정전기 방전보호재 등의 도전율에 큰 영향을 미친다. 대개 상대습도가 60% 이상이 되면 물체가 습기를 흡수하여 도전성이 좋아지지만 상대습도가 20~30% 이하가 되면 물체가 습기를 잃어 정전기가 소멸되지 않고 그대로 축적된다(박동철 외, 1994). 마찰대전에 의한 정전하의 축적은 무한히 계속되지 않고 어느 전압이상이 되면 코로나방전을 일으켜 더 이상의 전하축적을 막는다. 이 전압상승 한계치는 습도가 높아지면 더 낮은 값으로 되는데 표 3.2는 여러 가지 인체동작에서 발생할 수 있는 정전압의 크기를 상대습도의 고저에 따라 분류하여 정리한 것이다(김세윤 외, 1994).

3. 정전기에 의한 방전현상

전하분리에 의해 정전기가 발생하면 그 주위의 매질 속에는 전기장이 형성된다. 전

기장의 크기는 전하의 축적에 비례하여 상승하며 결국 어느 한계값을 넘으면 매질은 전기에 대한 절연성을 잃게 되고 도전성을 갖게 되어 전하가 중화가 행해진다. 이 현상을 방전현상(electric discharge)이라 부르며 빛이나 소리의 발생이 뒤따르는 것이 보통이다. 여기서 한계값이란 절연파괴 전기장세기(dielectric breakdown strength)를 말하며 매질 속에서는 일반적으로 기체가 가장 낮은 값을 갖는다. 따라서 정전기의 발생, 축적에 의해 발생하는 방전은 대부분의 경우 기체 내에서 혹은 고체나 액체가 접하는 기체에서 생긴다. 전자를 기중방전(gaseous discharge), 후자를 연면방전(surface discharge)이라 부른다 (이덕출 외, 1994).

가. 코로나 방전(Corona Discharge)과 스파크 방전(Spark Discharge)

대전물체 형상에 뾰족한 부분이 있으면, 그 앞끝 부분에 불평등 전기장이 생겨서 이 부분만이 높은 전기장으로 된 부분적인 절연파괴가 일어나게 된다. 이로 인하여 대전물체 중의 전하는 끝부분에서 서서히 중화된다. 이러한 절연파괴 현상을 코로나 방전이라 하며, 스파크 방전에 비하면 방전전류 방전량도 작은 미약한 방전이라 할 수 있다. 스파크 방전은 대전물체, 접지체 등의 형상이 비교적 평탄하여 이들 사이에 평등 전기장이 형성됐을 때 발생하는 경우가 많다. 그리고 대전 물체의 전하량이 매우 큰 경우 초기에 코로나 방전이 발생하고 이 방전이 진전해서 스파크 방전이 된다.

나. 기중방전 및 연면방전의 발생

우선 마찰대전이나 박리대전에서 전하가 분리할 때 그림 3.2 (a), (b)에 나타낸 것과 같이 박리점의 공극에 스파크 방전이 발생한다. 이 때 절연물 표면의 양과 음은 그림 (c)와 같이 도전성의 방전주로 교락되어 A, B 두 점은 거의 동전위가 되므로 방전은 주위의 표면전하 쪽으로 방사상으로 뻗어 그림 3.2 (d)와 같이 A, B를 중심으로 하는 연면 방전이 일어나는 것이 보통이다. 마찰대전이나 박리대전에서 정전기를 띤 절연물에 뾰족한 접지도체를 가까이 하면 그 앞끝이 발광하고 이로부터 절연물의 표면을 향하여 표면에 유도된 전하와 역극성의 이온이 흘러가서 표면전하를 중화시킨다. 이와 같이 바늘모양 도체의 앞끝 부분에 발생하는 기체의 국부적인 절연파괴를 코로나 방전이라 부른다. 대전절연물에 손가락과 같이 둥근형인 접지도체를 가까이 하면 이것과 표면전하 사이에

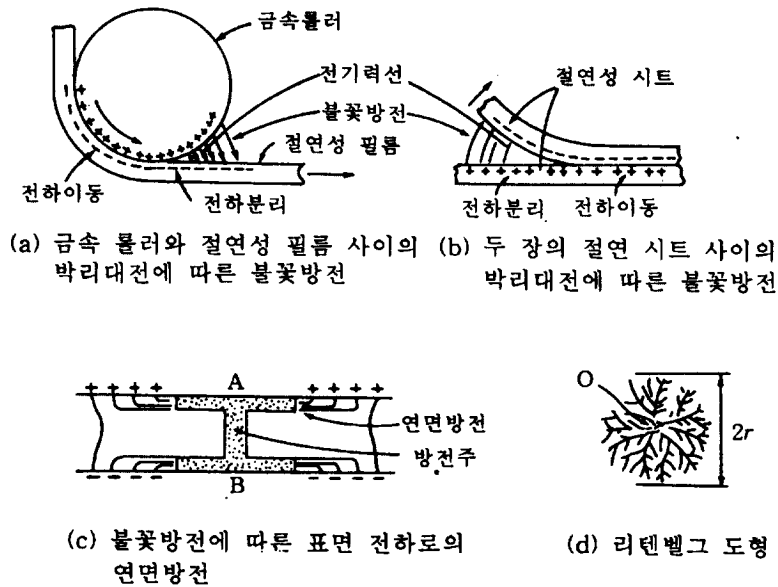


그림 3.2 절연물 표면전하에 의한 코로나 방전 및 스파크 방전(이덕출 외,1994)

스파크 방전이 발생하는 일도 있다. 이 경우도 그림 3.2 (c), (d)에서 본 바와 같이 연면 방전이 발생해서 어느 범위에 걸쳐 전하의 중화가 일어난다.

4. 정전기 방전 모델

대전되는 과정을 살펴보면 부품에 손상을 주거나 고장을 일으킬 수 있는 부분을 알 수 있는데, 이것으로 우리는 정전기 방전을 모델화 할 수 있고, 그렇게 하므로써 정전기 방전이 어떻게 발생하는지를 체계적으로 이해할 수 있으며 그에 따른 적절한 보호대책을 마련할 수 있다. 따라서 여기서는 일반화되어있는 여러 정전기 방전 모델들을 알아보고 적용분야 및 특징들을 살펴보고자 한다.

가. 인체모델(HBM : Human Body Model)

인체를 전기적으로 모델화할 경우 가장 중요하게 취급되어야 할 사항은 인체의 정전

용량과 저항이다. 인체의 정전용량은 체구와 착용하고 있는 옷, 신발, 바닥의 재질에 따라 달라지며 그 범위는 대략 50pF에서 250pF이다. 인체의 저항도 피부에 습기, 염분, 기름기 등의 양이나 피부에 접촉하는 면적 그리고 압력 등에 따라 변화하는데 대략 1kΩ에서 5kΩ 정도로 나타난다.

만약 저항이 1.5kΩ, 용량이 100pF이라 하고 이때 대전된 정전기 전압이 2kV로 대전되었다고 가정하면 이때 인체에 축적된 에너지는 다음과 같다.

$$E = 1/2 CV^2 = 1/2 \times 100 \times 10^{-12} (2,000)^2 = 0.2 \text{ mJ}$$

이 에너지가 마이크로 초 이하의 짧은 시간동안 부품에 가해지면 평균전력은 수 kW가 되므로 실리콘 body를 녹이거나 Die 표면에 구멍이 생길 정도가 된다. 아래 표 3.3은 전형적인 인체모델 구성요소들의 값들을 잘 보여주고 있다(박동철 외,1994).

표 3.3 전형적인 인체 모델 구성요소의 값(이중근 외,1994)

규 격	C(pF)	R(Ω)	V(volts)	에너지(mJ)
IEC 801-2	150	150	15000	16.9
SAE	200	250	15000	22.5
DOD-HDBK-263	100	1500	15000	11.3
회사 A*	250	1000	20000	50
회사 B*	150	500	20000	30
회사 C*	50	10000	20000	10

* : 규격이 아닌 외국 기업체에서 적용하고 있는 수치들임.

이 모델에서는 주로 작업자가 간단한 동작으로도 수천~수만V 까지 대전되는 것을 주요하게 취급한다. 즉, 걸거나 의자에서 일어나는 동작, 포장, 운반 기타 모든 동작으로 인하여 수천~수만V 까지 대전된 작업자가 소자나 가연성재료를 접촉하는 경우, 피해를 일으켜 파과나 오동작을 일으키고 화약 등에 폭발을 일으키는 것이다(표 3.2 참조). 따라서 이러한 경우에는 도전성 바닥재, 작업대의 처리, 의자의 처리, 도전성 의복, wrist strap, heel grounder등이 필요하다(김세윤 외,1994).

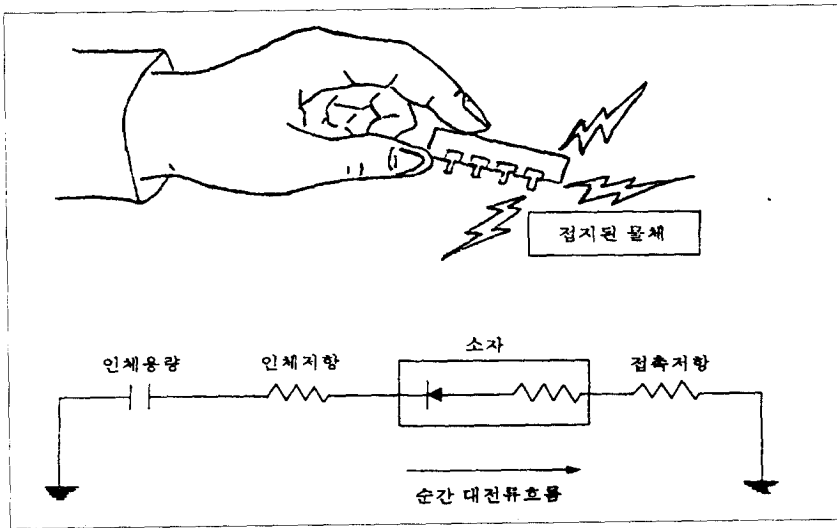


그림 3.3 인체모델 (김세윤 외,1994)

나. 대전소자 모델(CDM : Charged Device Model)

이 모델은 소자의 리드 프레임과 다른 도전로 위에 대전되어 있던 전하가 짧은 시간 내에 한 pin을 통하여 접지로 방전될 때를 가정한 것으로, DIP 형태의 부품류에서 부품을 shipping 튜브 속에서 꺼낼 때, 운반도중 튜브 속에서 마찰 등의 이유로 대전되었다

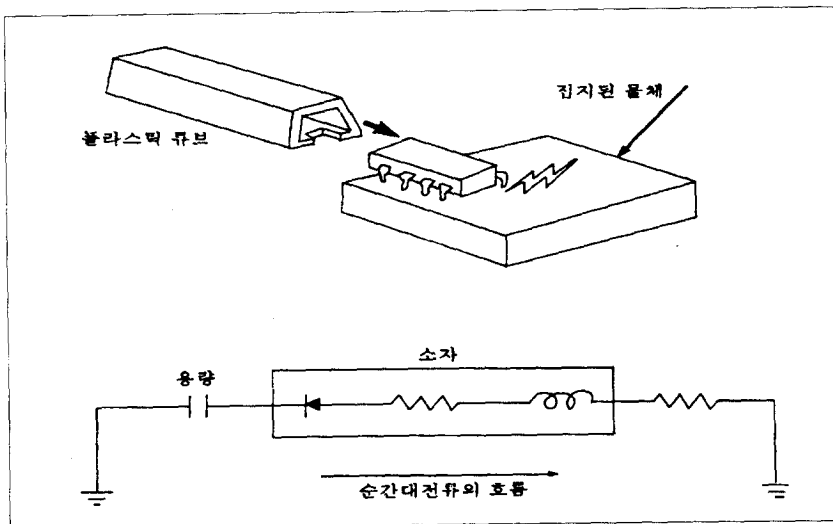


그림 3.4 대전소자 모델(김세윤 외,1994)

가 밖으로 나올 때 사람의 손이나 기타 다른 전위의 물체와 접촉하여 피해가 발생하는 경우와 부품 튜브에서 부품이 미끄러진다는지, 또는 조립공정에서 소자가 작업대 표면위를 이동하는 경우가 이에 해당한다. 대전된 소자는 PWB에 삽입한다는지 또는 다른 행위에 의해 금속부분에 있던 전하가 접지를 통하여 방전되면 접합부, 유전층 및 방전로상의 소자가 파괴된다. 따라서 이 경우에는 운반, 선적시의 정전압 발생을 억제할 수 있는 운반재, 포장재의 선택이 중요하다.

다. 정전계 유도 모델(FIM : Field Induced Model)

대전된 모든 물체는 그 주위에 정전계가 형성되는데 이 정전계내에 게이트 구조의 MOS 소자가 들어가면 유도전위가 발생한다. 정전계의 강도가 매우 큰 상태에서 소자를 정전계에 접근시키면 소자의 유전층이 견딜 수 있는 전위보다 큰 전위가 걸려 유전층이 파괴되고 소자가 손상된다. 그러나 이러한 경우는 드물고 소자가 정전계 속에 들어가면 유도에 의해 전하가 정전계 방향으로 재배치되고 그 상태에서 접지되면 소자의 금속부분에 있던 유동 전하들이 접지로 흐르면서 정전기 방전이 일어난다. 이때 정전기방전이 일어난 소자의 비금속 부분을 잡고 정전계 밖으로 꺼내면 이 소자는 대전소자 모델과 같은 방법으로 재차 방전을 일으킨다. 즉, 소자외부의 전자기장은 소자에 두가지 양상으로 영

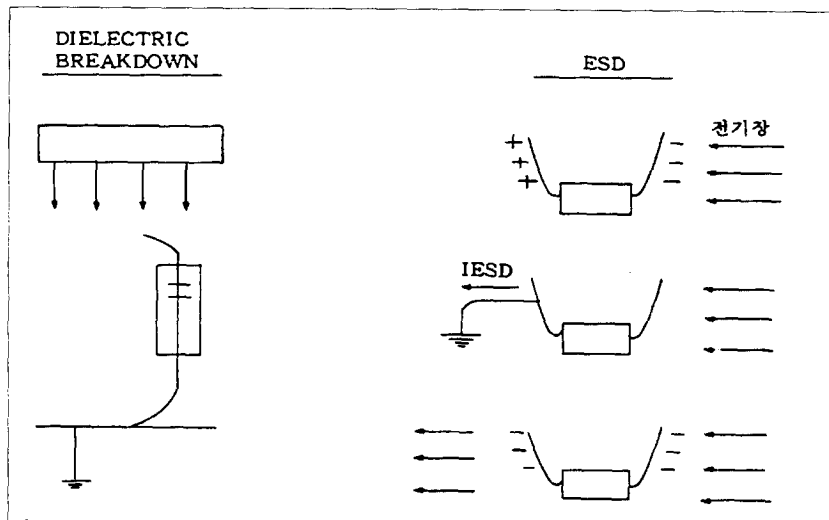


그림 3.5 정전계 유도 모델(김세운 외,1994)

향을 미친다. 첫째, 우선 MOS TR과 같이 산화막 게이트구조를 가진 소자의 경우, 외부 전기장에 의하여 Dielectric Break Down이 일어날 수 있다. 둘째, 첫번째 경우보다 더 빈번한 두번째 피해는 전기장에 노출된 소자내의 Mobile Charge가 이동하여 분극이 되고, 어떤 경로로 접지된 후 소자가 대전상태로 되어 대전소자모델과 같은 피해가 일어난다(필름회로, PWB 기판위의 조립품 등에서 피해가 발생한다.). 따라서 이러한 경우에는 보관, 운반, 설치시에 전기적 차폐 및 기타 운반용 bag 등의 적절한 조치가 필요하다(박동철 외,1994). 이 모델은 대전되어 있는 플라스틱 BIN이나 트레이에 소자를 넣거나 PWB 조립공장에서 부품을 다룰 때 주로 사용한다.

5. 정전기 방전에 의한 고장형태

정전기 방전을 요인으로 한 고장형태를 살펴보면 크게 비파괴고장, 파괴고장, 잠재고장이 있으며 특히 미국방성 규격 DOD-STD-1686 중에는 소자의 감용정도에 따라 다음과 같이 1, 2, 3 등급으로 소자를 분류하면서 민감성 부품의 특별취급을 요구하고 있다. 여기서 민감성 부품은 15,000V 이하의 정전압에서 취약성이 보이는 부품을 말한다(김세운 외,1994).

- 1 등급 : $0V < \text{민감도} < 1,000V$
- 2 등급 : $1,000V < \text{민감도} < 4,000V$
- 3 등급 : $4,000V < \text{민감도} < 15,000V$

참고로 예를 들면 1 등급의 대표적인 부품으로는 SAW(Surface Acoustic Wave)부품, JFET, 10Hz 이상의 초고주파 반도체 및 마이크로회로 등이 있으며, CLASS 2등급의 경우는 Schottky Diode, TTL 마이크로회로 등이 있다. 그리고 CLASS 3등급의 경우는 저항칩, 제너를 제외한 1W이하의 소신호 다이오드, 압전 크리스탈 등이 있다.

정전기방전을 원인으로 한 장애건수가 증가하는 이유로는 다른 요인도 있겠지만 제품에 경량화, 소형화, 디자인화를 쉽게 하기 위한 플라스틱 사용 및 진공관에서 점차 트랜지스터, IC 소자로 발달하는 과정에 있어서 현재는 CPU등의 점점 내성이 약한 고감도 소자사용의 급증으로 집적화, 소형화하여 제품의 성능개선에는 유리하지만 그만큼 외래

잡음에는 약해지는 등, 이외의 가정 실내 장식 등으로 인한 생활환경이 정전기 대전에 용이한 조건으로 발전되어 가고 있기 때문이다.

가. 비파괴 고장(Soft Failure)

시스템 운용 중에 가지고 있던 정보를 잃어버리거나 순간적으로 원래의 기능을 발휘하지 못하는 상태로 나타난다. 기계적으로는 아무런 손상도 없고 시스템을 reset시키거나 정전기 방전이 사라지면 정상으로 복귀한다. 이러한 고장은 시스템 근처에서의 정전기 방전으로 인한 스파크에 의해 EMI가 발생하여 펄스가 유도성 또는 용량성으로 결합되어 정전기 방전이 신호계통을 통해 일어나는 경우로서 결국 error signal을 시스템이 검출해 넘으로써 순간적인 고장이 발생한다.

여기에서 정전기 방전 스파크로 인하여 복사되는 파형은 전계성분과 자계성분을 모두 포함하고 있는데 전계성분은 고입력 임피던스회로에 유도를 일으키며 자계성분은 저입력 임피던스회로에 유도를 일으킨다. 특히 아날로그회로보다는 디지털회로에 큰 영향을 주는데 디지털회로에 false pulse를 검출하게 하는 주요인은 전계보다는 자계인것으로 밝혀져 있다.

나. 파괴 고장(Hard Failure)

1) 열파괴(Thermal Breakdown)

큰 에너지의 정전기 방전 펄스가 소자에 가해져 접합부를 녹이면서 단락시키는 현상을 말하며 개별 반도체 소자와 Bipolar IC 등에서 발생한다.

2) 절연파괴(Dielectric Breakdown)

주로 MOS에 많이 발생하며 절연층에 전위차가 생기면 절연층의 고유파괴 특성으로 인하여 산화막에 구멍이 생기게 되고 항복전압이 낮아 지거나 누설전류가 증가하여 아주 작은 에너지만 가해져도 단락이 되어 버린다.

3) 배선막융용(Metallization Melt)

주로 Bipolar 와 MOS IC에서 발생하며 정전기 방전 펄스로 인하여 소자의 온도가 배선막이나 본딩와이어를 녹일 만큼 올라가는 경우에 일어나는 고장인데 이와 같이 배선막이 녹는 이유는 전류가 흐르는 접합부가 균일하지 않아 전류가 한 곳으로 모이게 되고 그에 따라 과열부분이 생기기 때문이다.

다. 잠재 고장(Latent Failure)

정전기 방전에 의한 고장중 전체의 90% 를 차지하면서 시스템 동작상 고장판이 불가능한 고장형태이다. 예를 들면, MOS 의 산화층이 완전히 깨지지 않고 일부분이 파인 형태라면 동작특성에 약간의 변화가 있을 뿐, 동작은 하고 있게 되는데 차후의 약한 자극으로 tap이 발생한다. 이 잠재고장이 발생하면 소자내부에 부분적인 흠이나 구멍이 생기는 데 각종 전기적인 파라미터들도 정상적인 소자와 같은 값을 가지면서 정상 동작을 하기 때문에 고장으로 보기 힘들다. 지속적인 정전기 방전을 받게 되면 소자의 민감도 전압이 점차 낮아져 어느 순간에는 소자가 파괴되어 버린다. 이 고장이 파괴고장보다 더 치명적인 이유는 현재의 소자 또는 시스템이 언제 고장날지 예측할 수 없을 뿐만 아니라 제품의 신뢰성이 떨어진다는 측면에서 막대한 피해를 줄 수 있다. 따라서 ESD 피해를 정의할 때는 완전한 hard failure적인 피해이외에도 ESD에 의하여 정상상태에서 10%이상 이탈하여 동작하는 모든 소자를 포함해야한다(박동철 외,1994).

최근 사용되는 여러 전자소자 그 자체에 ESD에 대한 보호회로가 내장되어 있는 경우가 많이 있지만 그럼에도 불구하고 ESD는 전자소자의 가장 큰 위협이 되고 있다.

6. 정전기 시뮬레이터의 형태

가. 용량성 날개 방식

용량성 날개 방식은 전기적인 특성은 물론 구조적인 특성까지 인체에 유사하게 알루미늄 4장으로 구성된 용량체를 대전인체로 가상하여 IBM에서 최초로 제작한 것이다. 이것은 인체와 같은 정도의 정전용량을 가진 날개를 설계하여 거기에 고전압을 충전, 방전 저항을 통하여 시험기에 방전한다(그림 3.6 참조).

나. 콘덴서 방식

이 방식은 단순히 인체의 정전용량과 저항치에 가깝게 실제 소자를 달아 제작한 것이다(그림 3.7 참조). 인체의 정전용량과 같은 정도의 고전압을 충전, 방전저항을 통하여 수검기기에 방전한다. 두 형태의 시뮬레이터 중 어느 것을 이용해도 무방하나 제작의 편의상 콘덴서 방식을 권하고 있다.

7. 정전기 방전 내성시험 방법

정전기 방전 내성시험 방법은 일반적으로 콘덴서 방식이 적용되고 있으며 정전기 방전의 인가는 일반적으로 gun type의 시뮬레이터를 사용하여 시험하고 있다. 여기서는 이미 국제 기준으로 가장 일반적인 IEC 801-2에 의한 시험방법에 대해 간략하게 알아보고자 한다(김세윤 외,1994).

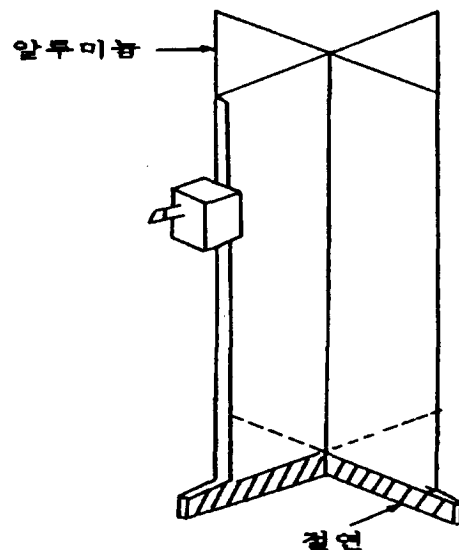


그림 3.6 용량성 날개 방식

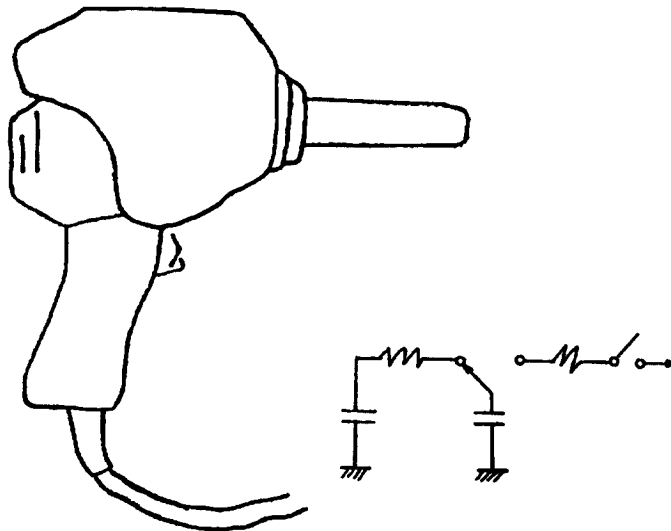


그림 3.7 콘덴서 방식

가. 구비조건

1) 시험실

- 대기온도 : $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ → ANSI : $15\sim 27^{\circ}\text{C}$
- 상대습도 : $30\sim 60\%$
- 대기압 : $680\sim 1060\text{mbar}$
- 전자파 환경 조건 : 시험결과에 영향이 없도록 차폐실 등이 권장됨.

2) 정전기 방전 시험기

- 방전저항 : $330\Omega \pm 10\%$
- 콘덴서 : $150\text{pF} \pm 10\%$
- 충전저항 : $50\sim 100\text{M}\Omega$
- 출력전압 : 접촉방전 최소 8kV

기중방전 최소 15kV

- 출력전압표시 허용오차 : $\pm 5\%$
- 출력전압극성 : + 및 -
- 유지시간 : 5초이상
- 방전동작모드 : 단발(연속적인 방전간의 시간 : 1초 이상)
- 방전전류 파형 : 부록 B-1, 그림 B-1 참조
- EMI 검증품이어야 함

3) 접지기준면(GRP, Ground Reference Plane)

- 접지기준면으로 시험실의 바닥에 설치하고 보호접지 시스템에 접지한다.
- 크기는 시험품의 크기와 제품의 종류에 따라 다르다.
- 두께 : 구리, 알루미늄의 경우는 0.25mm이상, 그 이외의 금속은 0.65mm이상
- 넓이 : 최소 1m × 1m, 결합판의 모든 측면에서 0.5m 이상 여유가 있어야 한다.

4) 수평결합판(HCP, Horizontal Coupling Plane)

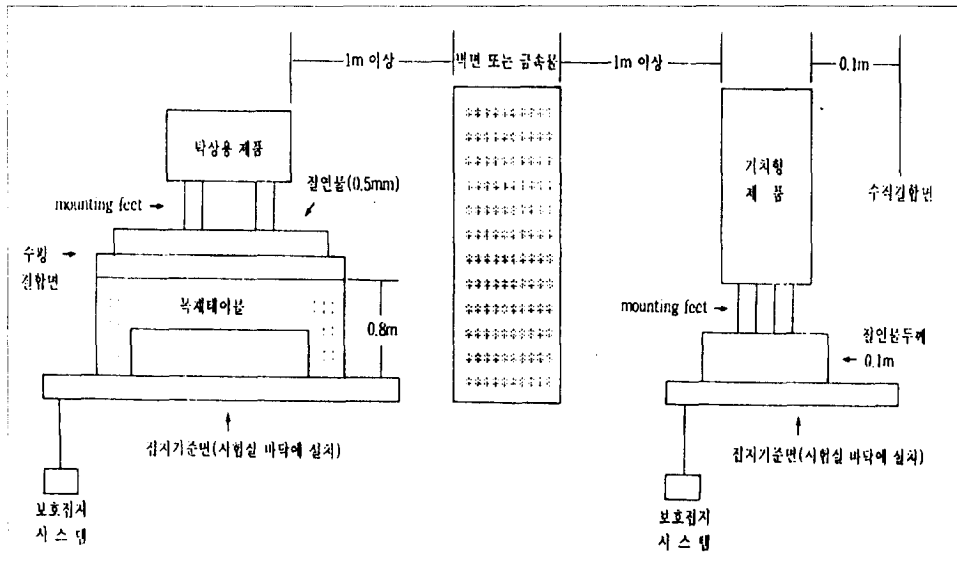
- 목재 시험대 위에 설치한다.
- 크기: 1.6m × 0.8m
- 두께는 접지기준면과 동일하다.

5) 수직결합판(VCP, Vertical Coupling Plane)

- 수검기기의 옆면(0.1m)에 설치한다.
- 크기 : 0.5m × 0.5m
- 두께는 접지기준면과 동일하다.

6) 시험대

- 탁상용 제품에 대한 시험대로서 0.8m 높이의 목재이다.
- 접지기준면 위에 설치한다.



※ 탁상용 제품의 경우 위의 그림에 표시되어 있지 않으나 수직결합면을 절연물 위에 설치하여 시험한다.

※ 바닥형 제품의 경우는 수평결합면을 사용할 수 없다.

그림 3.8 시험기기와 수점기기의 배치관계(김세운 외,1994)

7) 대전방지용 저항($470k\Omega \times 2$)

- 접지기준면과 수평결합면의 사이에 접속한다.
- 접지기준면과 수직결합면의 사이에 접속한다.

나. 시험레벨

레벨	접촉방전(kV)	기중방전(kV)
1	2	2
2	4	4
3	6	8
4	8	15
X	Special	Special

여기서 X레벨은 개방레벨로서 IEC 801-2에서는 사용자와 제조업자의 합의에 의해 결정되도록 되어 있는 반면 IEC 1000-4-2에서는 제품사양에 규정되어 있어야 한다고 되어있다.

다. 시험방법

1) 직접방전

- 접촉방전

- 접촉방전용 팁(끝이 뾰족함)을 사용한다.
- 인가부위 : 수검기기의 금속부분(제품의 캐비넷 등)

- 기중방전

- 기중방전용 팁(끝이 둥글)을 사용한다.
- 인가부위 : 수검기기의 절연물

2) 간접방전

- HCP에 인가하는 방법

정전기 방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성시험 연구

- 적어도 10회 단일 방전한다.
- 사방에서 수평결합면에 수직하게 접촉시켜 인가한다.

- VCP에 인가하는 방법

- 수검기기의 각 측면에 대하여 적어도 10회 단일 방전한다.
- 수직결합면 가장자리 중앙부에 접촉시켜 방전한다.

라. 시험결과와 평가

수검기기 정전기 방전시험 후 그 결과에 대한 합부 판정은 다음의 4가지 상태중에서

선택하여 평가할 수 있으며 이는 제조업자와 사용자간의 합의가 필요하다.

- 사용한도내의 정상동작
- 자체 회복성이 있는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작
- 운용자의 개입, 시스템의 재작동을 요하는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작
- 기기(소자)나 소프트웨어의 손상 또는 자료의 손실에 의한 회복이 불가능한 기능의 성능저하나 오동작

또한 시험보고서에는 시험조건(온도, 습도, 장소 등) 및 특히 다음의 특기사항을 기입한다.

- 수검기기의 접지관계
- 사용한 소프트웨어
- Interface용 케이블의 위치
- 시험하지 않은 곳을 명시
- 수검기기 표면의 코팅관계
- 특별히 인가한 부위(필요시 사진 준비) 등

제 4 장 서어지(Surge)

1. 서어지의 정의

일반적으로 서어지라 함은 임의의 선로나 회로를 따라 전달되는 전압, 전류 또는 전력의 과도적인 파형으로서 급격히 증가했다가 서서히 감소하는 특징을 지니고 있다. 서어지는 크게 전기적인 스위칭시의 과도현상에 의한 것과 낙뢰에 의하여 선로 및 전자기기에 유기되는 것의 두가지로 나눈다(박동철 외, 1994).

가. 스위칭시의 서어지

먼저 스위칭의 과도현상으로는 다음과 같은 네가지 경우를 들 수 있다(박동철 외, 1994).

- 송전시의 스위칭에 의한 과도현상
- 배전시의 스위칭에 의한 과도현상
- thyristor와 같은 스위칭 소자에 의한 과도현상
- 회로가 단락되거나 접지사고시의 과도현상

이러한 전기적인 스위칭에서 발생하는 서어지에 대한 구체적인 예를 살펴보면 그림 4.1은 길이 s 인 동축선의 한쪽에는 직류 전압원이 유도성 부하에 전원을 공급하고, 동축선의 다른 쪽에는 스위치를 구성하는 두 금속면의 접촉을 일정속도 c 로 분리시킬 때 두 금속면간에 걸리는 전압 V_j 를 측정한 결과를 보여준다. 최초로 두 접촉면이 분리되기 시작하면 전류가 이곳을 흐르지 못하여 V_j 가 증가한다. 이러한 충전전압 V_j 가 방전개시 전압을 초과하면 아크가 발생하고, 여기서 발생한 입사파가 전송선을 지나 부하에서 반사되고 바뀌어 스위치 쪽으로 되돌아오는 반사파는 극성이 반대가 되기 때문에 V_j 를 방전개시전압 이하로 감소시켜 아크는 소멸된다. 다시 시간이 지나면 충전에 의해 V_j 가 증가하지만 스위치의 접촉면의 간격은 더 멀어지기 때문에 방전개시전압은 더욱 커져 더 높은 충전전압 V_j 에서 아크가 발생하게 된다. 그림 4.1에 의하면 이러한 충전 및 방전이 9회 정도 반복함을 볼 수 있다. 그리고 약 $100\mu\text{sec}$ 후에는 다시 충전이 시작되지만 이때는 이미 스위치의 두 접촉면이 충분히 멀리 떨어졌기 때문에 V_j 가 이때의 방전개시전압까지 커지지 못하여 약간의 과도상태를 지나 결국 일정한 정상상태의 전압으로 도달하게

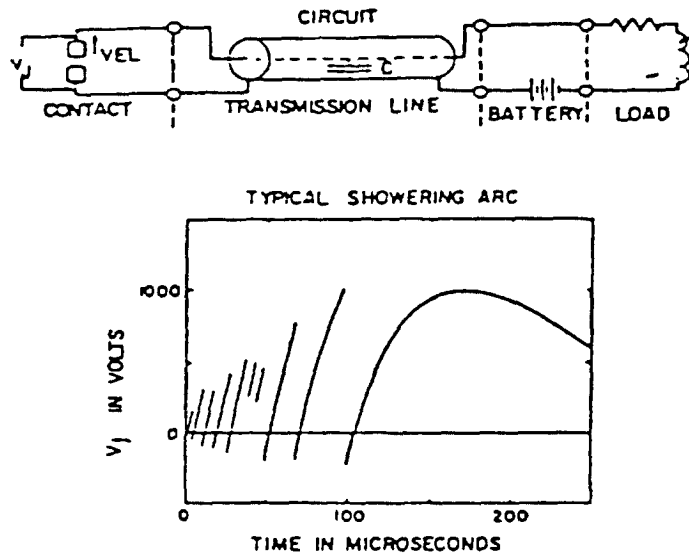


그림 4.1 대표적인 showering 아크의 발생회로 및 전압패턴(박동철 외,1994)

됨을 보여준다. 그림 4.1에서의 9회 방전시의 아크를 특별히 showering 아크라고 부르는데, 스위칭시의 서어지는 대부분 스위치를 꺼진 상태에서 발생하는 showering 아크 때문에 생긴다고 알려져 있다(박동철 외,1994).

그림 4.2는 스위치가 두 접촉면을 16.8, 42.1, 66.7cm/sec의 세가지 다른 속도로 분리시킬 경우 각각의 showering 아크를 보여준다. 스위칭을 빨리 하면 V_j 가 증가하지만 짧은 시간내에 아크방전이 끝남을 보여준다. 따라서 스위칭이 빠를수록 고주파성분이 많은 서어지가 발생하여 이러한 스위칭이 발생하는 전기 및 전자기기에 많은 피해를 많이 준다고 볼 수 있다.

그림 4.3은 전송선로로 사용되는 동축선의 길이를 60ft에서 100과 300ft로 늘였을 경우 showering 아크의 변화를 보여준다. 동축선의 길이가 늘어나면 동축선의 캐패시턴스가 커져 충전시간이 늘어나 방전회수가 줄어들게 된다. 따라서 동축선의 길이가 충분히 길다면 일정시간 동안 충전전압이 점차 증가하겠지만, 그 동안 스위치의 두 접촉면이 충분히 떨어져 요구되는 방전개시전압이 충전전압보다 항상 커서 방전이 전혀 일어나지 않을 수도 있음을 알 수 있다.

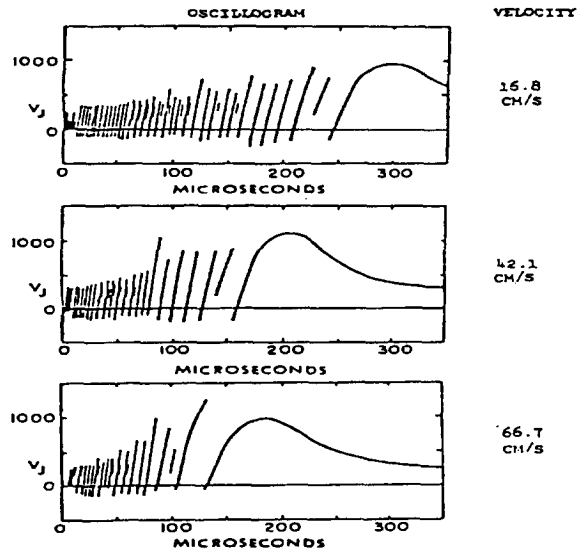


그림 4.2 스위칭 속도에 대한 showering 아크의 변화(박동철 외,1994)

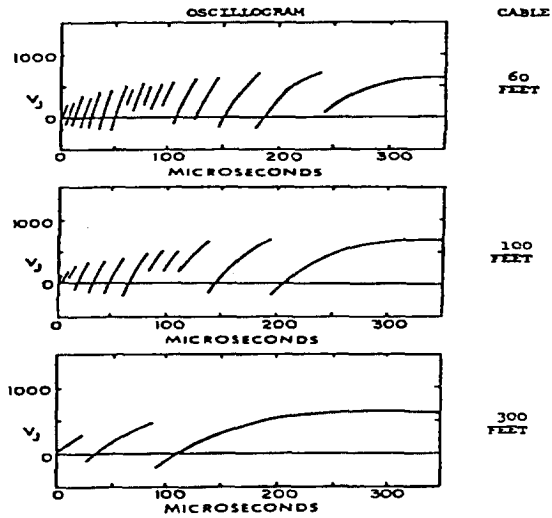


그림 4.3 동축선 길이에 대한 showering 아크의 변화(박동철 외,1994)

나. 낙뢰시의 과도현상에 의한 서어지

낙뢰나 외부의 전기적인 신호원에 의한 통신선로 및 통신장비의 오동작 또는 파손에 관해서는 많은 연구가 행하여 졌다. 이미 140여년 전 최초의 전신망이 구축되었던 당시부터 낙뢰에 의해 전신전달 장애나 심하면 전신선로 및 전신단말장치의 손상이 발생하였으며, 현재까지도 낙뢰에 의한 통신장애나 통신선로 및 통신단말장치가 오동작 및 파손되는 경우가 있다(김세윤,1994). 이렇게 낙뢰의 전기적인 과도현상으로 인하여 인근의 전기 및 전자기기에 서어지가 발생하기도 하는데 일반적으로 서어지의 발생원은 다음과 같은 네가지로 나누어 볼 수 있다(박동철,1994).

- 직격뢰로 인한 옥외 가공선이나 지중선의 과전압
- 유도뢰로 인해 옥내 또는 옥외 선로에 유기되는 과전압
- 직격뢰를 맞은 물체에서 방사되는 전자파에 의해 인접 선로에 유기되는 과전압
- 직격뢰를 맞은 지표면에 흐르는 과전류가 시스템접지에 인입시의 과전압

여러 가지 낙뢰현상 중에서 구름과 지상간의 방전으로 생기는 낙뢰가 지상의 통신선로 및 장비에 가장 극심한 피해를 준다. 이러한 낙뢰가 생성되고 진행되는 과정에 관한 대표적인 설명이 다음의 그림 4.4이다.

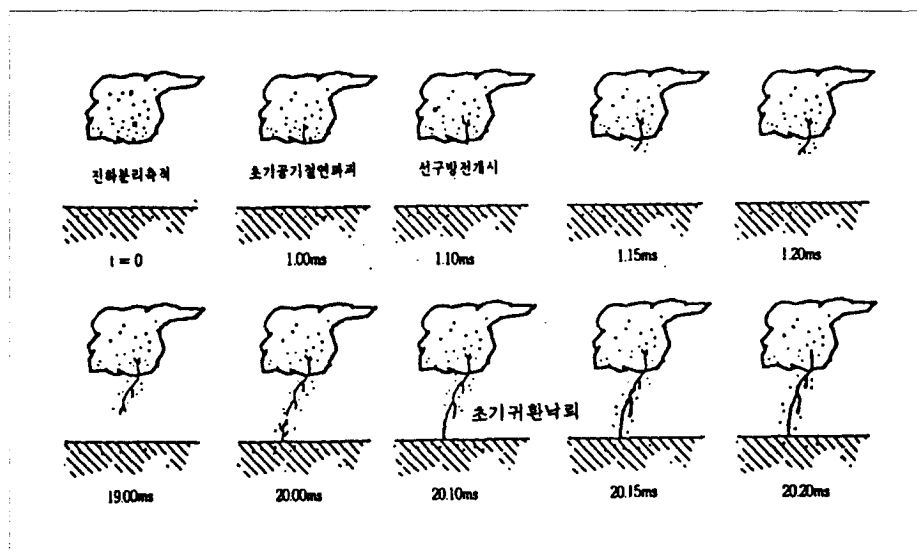


그림 4.4 낙뢰의 형성 및 진행과정(김세윤,1994)

먼저 매우 습한 공기가 상승기류를 따라 급격히 올라가 구름으로 변하며, 이것이 더욱 발달함에 따라 수 km이상의 두께를 갖는 적란운(cumulo-mimbus)이 되어 점차 전하가 구름의 각 부분에 분리되어 축적된다. 이때 음전하가 점차 구름하부에 집중됨에 따라 구름내부에 강한 전계가 걸리게 되는데, 수 kV/cm이상의 전계가 형성되면 그 주변공기의 예비절연 파괴(preliminary breakdown)가 시작되어 streamer가 생긴다. 이러한 streamer 전방의 전계강도가 더욱 커져서 계단형태로 점차 지상으로 내려가는데 이를 계단형 선구낙뢰(steped leader stroke)라 하며, 평균 전류가 약 100내지 1000A정도 된다. 이러한 선구낙뢰가 지상에 가까이 접근함에 따라 음전하를 가진 선구낙뢰의 앞부분과 양전하를 가진 지상간의 전위가 10MV까지 올라간다. 이때 지상에 있는 물체중 방출압과 같이 높은 위치에 날카로운 끝을 가진 금속체의 근방에서의 전계강도는 증가하여 이 부근의 공기를 절연파괴시켜 이러한 물체 끝에서부터 선구낙뢰쪽으로 양전하를 올려보내는 streamer가 생긴다. 이러한 streamer를 귀환낙뢰(return stroke)라고 부르는데 상승되는 속도는 광속의 1/3정도로 빠르며 약 $100\mu\text{sec}$ 정도 지속하고, 이때 흐르는 전류는 최고 수십 kA이다. 이러한 귀환낙뢰는 곧 위에서 내려오는 계단상 선구낙뢰와 만나 선구낙뢰의 경로를 따라 상승하여 구름과 지상간의 방전이 완성된다. 그림 4.4에서와 같은 낙뢰진행과정에서 지상에 미치는 영향은 주로 귀환낙뢰로 부터 생긴다. 이러한 귀환낙뢰의 상승현상을 설명하는 이론적인 모형이 그림 4.5이다(김세윤,1994).

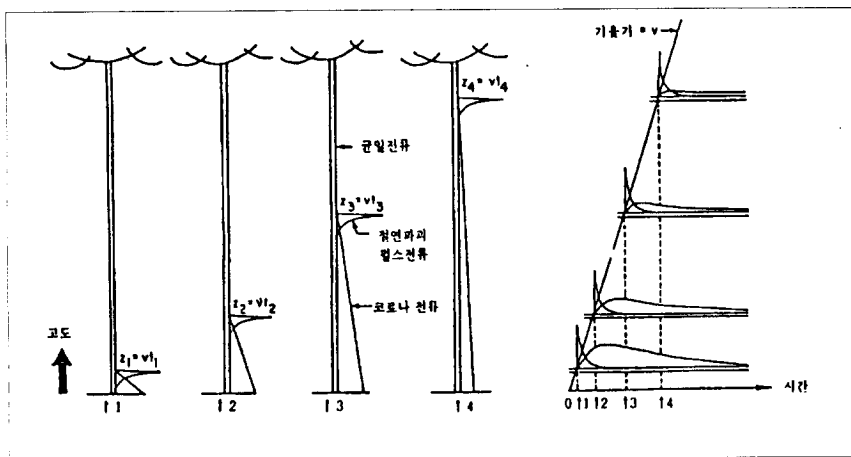


그림 4.5 귀환낙뢰의 성분 및 진행모형(김세윤,1994)

귀환낙뢰의 전류는 다음과 같은 세 성분의 합으로 표시된다. 균일전류는 선구낙뢰에 의해 생긴 일정한 크기의 전류성분이며, 절연파괴 펄스전류는 귀환낙뢰가 상승하면서 전면의 공기를 절연시켜 순간적인 방전으로 발생하는 전류성분으로 일정한 크기와 파형을 가지며 최대전류치가 매우 큰 펄스형태로 시간에 따라 상부로 진행한다. 코로나 전류는 귀환낙뢰의 선두부분이 통과한 배후경로에서 절연파괴가 된 상태에서 낮은 전압에서 발생하는 코로나 방전으로 생기는 전류성분으로 초기의 전류는 작으나 시간이 지날수록 전류량은 증가하는 특성이 있다. 실제 각종 귀환낙뢰로부터 복사된 전자파의 측정자료를 이용하여 귀환낙뢰가 시작되는 지상에서의 전류파형을 재구성한 대표적인 결과가 그림 4.6이다. 귀환낙뢰시 지상에서 구름쪽으로 상승하기 때문에 초기에는 절연파괴전류가 주로 흐르고 그 이후에는 균일전류와 코로나 전류가 주 성분이 된다. 대체로 $1\sim 2\mu\text{sec}$ 이내에 최대전류에 도달하며, 그 크기는 약 18A정도나 된다(박동철,1994).

그림 4.6과 같은 파형을 갖는 귀환전류로부터 복사되는 전자파를 지상에서의 거리와 고도별로 계산한 결과는 그림 4.7과 4.8에서 점선은 그림 4.5와 4.6의 모형을 쓰지 않고 수정된 모형으로부터 계산된 결과이다. 따라서 낙뢰가 생기는 지점에서부터 1km정도 떨어진 지상에서의 전계강도는 약 500V/m정도이고, 자속밀도는 약 10^6T(tesla) 정도 볼 수 있다(김세윤,1994)

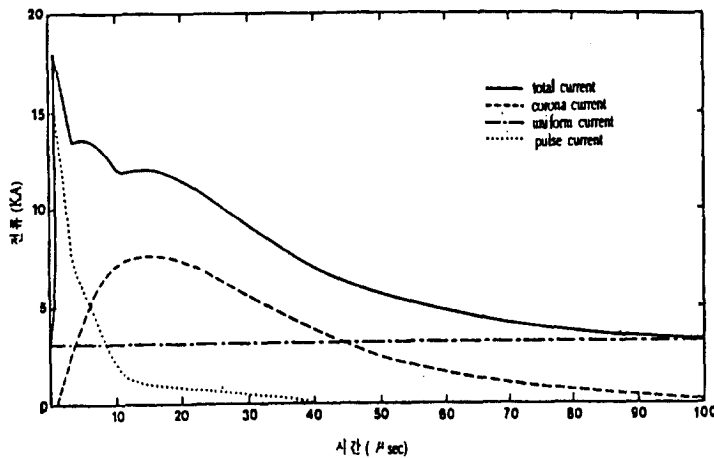


그림 4.6 귀환 낙뢰에 대한 지상에서의 등가전류파형(김세윤,1994)

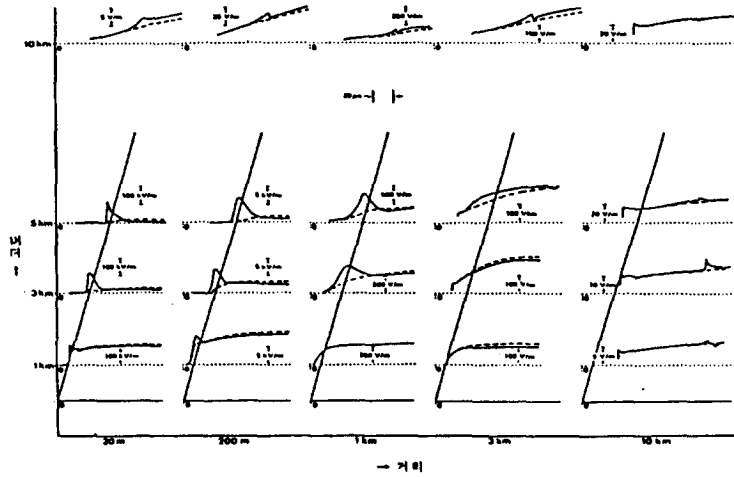


그림 4.7 귀환낙뢰에 의해 방사된 전계의 거리 및 고도별 변화(김세윤,1994)

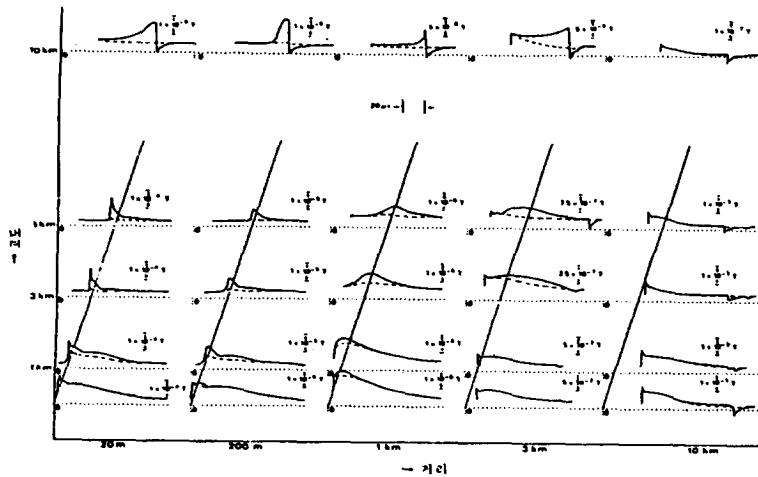


그림 4.8 귀환낙뢰에 의해 방사된 자계의 거리 및 고도별 변화(김세윤,1994)

2. 전송선의 전자파감응 해석

낙뢰나 핵폭발시 여기서 방사되는 강력한 전자파 펄스는 주변의 전기 및 통신선로에 입사하여 선로에 강한 서어지가 유기되어 흐르게 한다. 이러한 유도 전류들이 선로에 연결된 단말기에 인입되면, 단말기의 오동작 및 손상까지도 일으킬 수도 있다. 이러한 전자파 펄스의 유도장해의 해석 및 대책에 관한 연구를 통칭하여 EMP(Electromagnetic Pulse)라고 부른다. 통신선로에서의 이러한 문제는 그림 4.9와 같은 전송선 구조로 나타내어 해석한다. 이때 $e'(t)$ 가 낙뢰로부터 방사되는 전계를 의미한다(김세운 외, 1994).

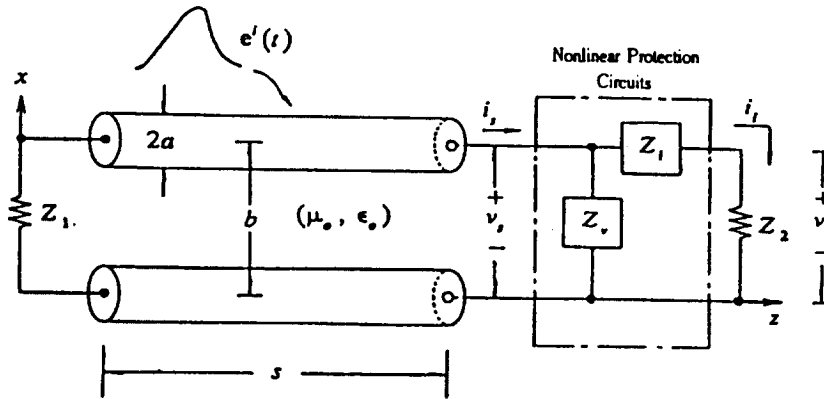


그림 4.9 두 도선으로 구성된 통신선로에 의한 유도 서어지 계산시의 등가모형

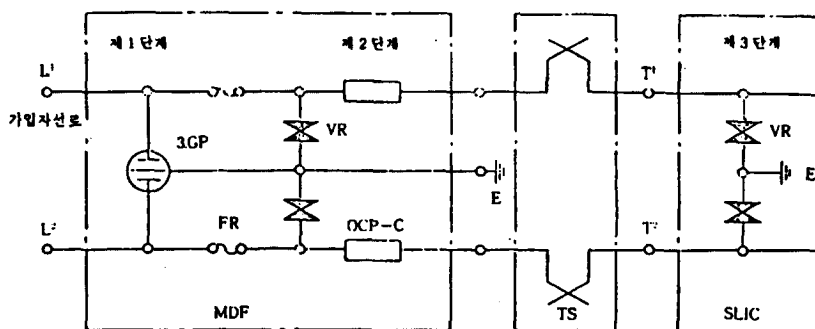
실제 낙뢰 및 각종 전기설비의 결함으로부터 야기되는 전송선로 및 교환기등의 오동작 및 손상으로부터 이들을 보호하기 위한 여러 가지 방안에 대해 국제기구인 ITU산하 CCITT의 연구위원회 SG V에서 다루고 있으며, 연구된 결과를 CCITT K계열의 권고안을 발표하고 있다. 우리나라에서도 이 권고안을 많이 받아들이고 있다. 그림 4.10은 전자교환기 보호회로의 구성 예이다. 여기서 Z_v 와 Z_i 가 낙뢰서어지로부터 교환기 단말부하 Z_2 를 보호하기 위한 비선형소자이다. 그러나 낙뢰로부터 전송단말기를 보호하기 위한 방안을 연구하는 데에는 다음과 같은 근본적인 어려움이 있다.

첫째, 낙뢰발생이 다양한 물리적인 상황하에서 일어나므로 일정한 모델을 취하기 어

렵다. 특히 낙뢰의 빈도, 세기, 지속시간 등은 지역과 시간에 따라 다른데, 국내에서는 낙뢰에 대한 장기간 정밀 측정된 자료가 축적되어 있지 않아서 우리나라에 맞는 적절한 낙뢰모형을 취하기 어렵다.

둘째, 낙뢰가 직접 또는 간접적으로 전송선로로 인입 또는 유도될 경우 주변 구조물 등에 따라 그 영향이 매우 크게 변한다. 따라서 이러한 주변환경을 충분하게 고려한 전송선 모델을 취하기가 어렵다.

셋째, 비선형 임피던스 특성을 갖는 보호소자를 주배전반에 장치하였을 때 낙뢰로부터 전송선로에 유기되는 낙뢰서어지를 계산할 수 있는 해석방법이 없다는 점이다. 즉, 기존의 해석방법은 보호소자가 없을 겨우 부하측에 걸리는 낙뢰서어지를 계산하는 전자기적인 문제와 이때 구한 낙뢰서어지를 전원으로 두고 비선형 임피던스 특성을 갖는 보호소자를 거쳐 실제 전송단말측 부하에 걸리는 과전압과 과전류를 계산하는 비선형 회로 문제로 나누어서 푼다. 그러나 실제로는 전송선로의 전자파유도 문제와 낙뢰서어지를 억제하기 위한 보호회로 문제는 서로 분리해서 다룰 수 없다. 왜냐하면 전송선이론에 의하면 전송선로에 유기되는 낙뢰서어지는 선로구조 뿐만 아니라 부하인 전송단말측 입력 임피던스에 따라 달라지게 되는데, 보호소자가 달려 있을 경우 단말측 입력 임피던스는 인입되는 낙뢰서어지의 크기에 따라 비선형으로 변하기 때문이다(김세운 외, 1994).



(E: 접지, 3GP: 3극 가스튜브방전관, VR: 가변저항, OCP-C: 과전류보호소자, TS: 접사 스트링)

그림 4.10 전자교환기 보호회로의 구성예

3. 서어지 내성시험 방법

국제적으로 가장 대표적인 서어지 내성시험에 관한 규격이 IEC가 작성한 국제규격 IEC 801-5(최근 IEC 1000-4-5로 통합)이며, 더구나 CCITT등의 다른 국제규격들도 새로 통합제정되고 있는 IEC 1000-4-5에 포함시키고 있는 실정이다. 따라서 본 절에서는 IEC 1000-4-5를 중심으로 서어지 내성시험 방법에 대해서 간략히 소개한다.

가. 구비조건

1) 시험실

- 대기온도 : 15~35℃
- 상대습도 : 10~75%
- 대기압 : 86~106kPa(860~1060mbar)
- 전자파 환경 조건 : 시험결과에 영향을 미쳐서는 안된다.

2) 복합과 발생기

먼저 그림 4.11은 복합과 발생기의 간략화된 회로도이다. 여기서 R_{s1} , R_{s2} , R_m , L_r , C_c 는 개방회로시 1.2/50 μ s 전압서어지와 단락회로시 8/20 μ s 전류서어지를 발생토록 선정해야 한다. 서어지전원의 유효출력 임피던스는 2 Ω 으로, 편의상 개방회로시 최대 출력전압과 단락회로시 최대 출력전류의 비로 정의한다.

- 개방회로 출력전압 : 최저 0.5kV 이하, 최고 4.0kV 이상
- 단락회로 출력전류 : 최저 0.25kA 이하, 최고 2.0kA 이상
- 극성 : + 또는 -
- 위상변이 : 교류선로의 위상각에 대해 0° ~ 360°
- 펄스 반복율 : 분당 1회 이상
- 펄스 파형 : 부록 참조

3) 결합 및 감결합 회로망

- 복합과 발생기의 규정된 개방회로 전압과 단락회로 전류의 특성과 오차허용 범위에 영향을 끼쳐서는 안된다(피뢰기에 의한 결합시는 예외).

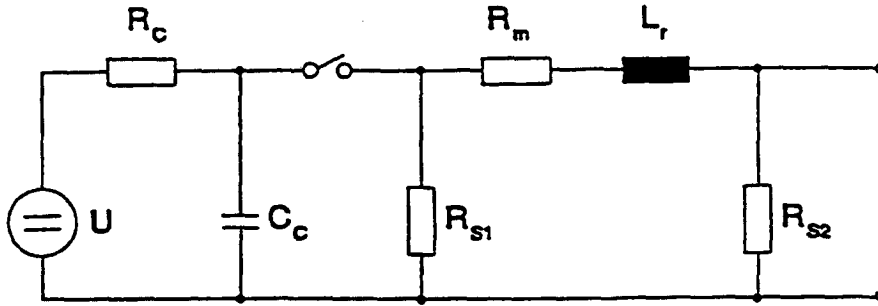


그림 4.11 복합과 발생기의 간략화된 회로도

- AC/DC 전력선에 대한 결합/ 감결합 회로망(1.2/50 μ s 펄스 인가용으로만 사용)으로는 복합과 발생기 출력 또는 그것의 결합회로망의 적절한 측정점들에서 개방회로 전압파형을 감시할 수 있는 충분한 주파수대역과 전압능력을 갖춘 측정 시스템을 연결해야 한다.
- 전원에 대한 용량성 결합은 수검기기 전원의 감결합 회로망이 연결되어 있을 경우 선간 또는 선과 접지간에 시험전압이 인가되도록 한다.
- 접속선에 대한 결합/ 감결합 회로망은 회로의 기능과 구동조건에 의해 선정되어야 하는데, 이는 기기의 물품규격에 규정되어져야 한다.
- 결합방법에는 용량성 결합과 피뢰기를 이용한 결합이 있다. 통신기능에 영향이 없을 시 비대칭이고 차폐안된 I/O 회로에 대해서는 용량성 결합이 좋다. 피뢰기를 이용한 결합은 차폐안된 대칭회로(원거리 통신)에 좋은 방법이다(부록 참조).

나. 시험구성

1) 시험장비

- 수검기기
- 선로(규정된 형식 및 길이, 부록 참조)
- 결합장치(용량성, 유도성 또는 피뢰기)
- 서어지 발생기
- 감결합 회로망/ 보호소자
- 추가저항, 10과 40 Ω (부록 참조)

2) 전원선 시험구성

- 서어지는 용량성 결합 회로망을 통해 수검기기 전원선에 가해야 한다.
- 감결합 회로망은 동일한 전원선에 연결된 수검기기를 제외한 기타 장치 또는 기기에 어떠한 영향도 주지 않도록 하며, 시험중인 수검기기 선로상에 규정된 임펄스를 형성하기 위해 필요하다.
- 별도 규정이 없으면 수검기기와 결합/ 감결합 회로망간 전원선의 길이는 2m 이 내이어야 한다.
- 결합/ 감결합 회로망은 용량성 결합으로 선로에 서어지를 인가하며, 동작조건에 영향을 주어서는 안된다.
- 차폐된 선로의 경우 결합/ 감결합 회로망이 사용되지 않는다.
- 시험구성으로 규정된 결합방법들 중 어느 하나가 기기 구동사의 이유로 적용할 수 없으면 대체방법을 해당 물품규격에 명시하여야 한다. 작동되는 시험조건과 설치조건은 물품규격과 일치해야 하고, 시험구성 구조와 시험순서를 포함해야 한다.

다. 시험레벨

레벨	개방회로전압 ± 30 (kV)
1	0.5
2	1.0
3	2.0
4	4.0
X	특수값

여기서 X 레벨은 개방레벨로서 사용자와 제조업자의 합의에 의해 결정될 수 있으며 제품사양에 규정되어 있어야 한다.

라. 시험순서

- 발생기 및 기타 이용 장비의 설치

- 시험레벨(전압/ 전류) 선택 : 부록 참조
- 발생기 전원 임피던스 선택
- 서어지 극성 선택
- 시험 횟수 선택(선택 지점에서 최소 + 5회, - 5회)
- 반복율 선택(최고 1회/분)
- 입력 및 출력 관계
- 수검기기의 대표적 동작조건
- 회로에 대한 서어지 인가 절차
- 교류 전원의 위상각 선택
- 실제 접지 조건을 시험하기 위한 실제 설치

마. 시험결과와 평가

수검기기 정전기 방전시험 후 그 결과에 대한 합부 판정은 다음의 4가지 상태중에서 선택하여 평가할 수 있으며 이는 제조업자와 사용자간의 합의가 필요하다.

- 사용한도내의 정상동작
- 자체 회복성이 있는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작
- 운용자의 개입, 시스템의 재작동을 요하는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작
- 기기(소자)나 소프트웨어의 손상 또는 자료의 손실에 의한 회복이 불가능한 기능의 성능저하나 오동작

또한 승인시험인 경우 시험프로그램과 시험결과와 해석은 규정된 물품규격에 명시되어야만 하고, 시험보고서에는 시험조건(온도, 습도, 장소 등) 및 특히 다음의 특기사항을 기입한다. 세부사항은 정전기 방전 시험과 동일하다.

제 5 장 결 론

본 연구는 앞서 기술하였듯이 현재 확정되었거나 회람을 통해 투표중인 국제규격들을 내용과 지역 및 영향력을 토대로 조사, 분석하고 나름대로의 정전기 방전 및 서어지 내성시험에 관한 기술 기준(안)을 마련한 것이다.

큰 범위 내에서는 규격의 적용한계 및 등급내용이 국제규격인 IEC 및 CISPR과 EN 등의 지역규격이 커다란 차이점을 가지고 있지는 않으나 좀더 세부적으로 VDE(독일) 및 FCC(미국) 등의 국가규격이나 VCCI(일본), EIA(미국) 및 MIL-std(미국) 등의 단체규격들은 그 적용범위 및 한계가 아주 세분화되어 있으며 해당분야의 규정을 찾아 분석하는데도 상당한 시간을 요하는 분량이다. 국내로 눈을 돌려보면 현 시점에서 국내 기업체들의 국제규격의 요구사항에 대한 대응책을 볼 때 대기업의 경우 거의 모든 분야에 관한 시험장비 및 기준마련이 끝나 제품에 실제 응용하여 생산하고 있으나, 많은 중소기업들의 경우 이에 대한 이해의 부족이나 내수에 의존하는 경향으로 인해 수출지향 기업으로 변화시 상당한 애로점들이 발생할 것으로 예측되는 바, 이러한 국내기업의 보호차원에서 차후 발생할 기업들의 중복투자를 막고 제품들에 대한 예비시험을 시행할 수 있도록 국가가 전 내성시험분야에 대한 기초적인 내성시험 기술의 연구로 기술 기준을 마련하는 것이 시급하다고 여겨진다. 따라서 본 연구는 부분적이거나 1996년 1월부터 EU의 CE 마크제도의 적용에 들어가는 부분인 ESD와 SURGE에 대한 부분만을 집중조사, 분석하여 국내실정에 맞고 국제규격과 호환성 있는 내성시험 기준(안)의 마련에 역점을 두었으며, 이미 많은 경험을 축적한 대기업들과 학계와의 긴밀한 협조로 실제 적용 가능한 기준(안)을 마련하여 부록으로 첨부하였다. 참고로 본 연구와 더불어 수행되었던 고주파 전도잡음 내성시험 기준(안)도 부록으로 함께 첨부하였다.

지금까지의 내성관련 국제규격의 제정이 IEC 및 CISPR을 중심으로 이루어져 왔으나 최근 이에 비해 EU의 규격제정에 관한 의사일정이 더 빠르게 진행되어 실제 IEC와 CISPR의 규격제정에 있어서 EN규격의 내용이 수용되어 거의 모든 부분이 수정되지 않고 있는 것으로 알려지고 있다. 따라서 국제규격에 있어서는 대부분의 기업들이 EN규격에 주목하고 있으며 향후 마련될 국내 내성시험 기준도 이와 호환성을 갖추기 위해 지속적인 모니터링을 통해 변경부분에 대한 개정안이나 추가 및 변경사항을 고시하여 적절히 대응해 나가야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 김남 1995, **전자파 내성에 대한 국제 규격동향과 대책**, 전파환경 분과 위원회 제 2 차 연구발표자료
- 김세윤 외 5명 1994, **전자파내성 기술강좌**, 한국전자파기술학회
- 김승현 1994, **정전기 방전에 대한 내성규격**, 학연산연구교류회 세미나 발표자료
- 김태원 외 3명 1995, **전자파장해 방지기술 연구**, 전파연구소, 한국전자파기술학회
- 명노훈 1992, **전자파 장해 기술**, 한국전자파기술학회
- 박동철 외 16명 1994, **국의 EMS 규제 동향 연구**, 한국전자통신연구소
- 박상서 외 3 명 1994, **EMC 기술세미나**, 한국전파진흥협회
- 시스템 제안서 1995, **EMS Test System(IEC 1000 series)**, (주)하나지역
- 이덕출 외 5명 1994, **정전기의 기초와 장재해 방지**, 웅보출판사
- 이중근 외 5명 1994, **전자파장해 방지기술 연구(V)**, 전파연구소, 한국전자파기술학회
- 이중근 외 7명 1994, **전자파기술 학술강연회**, 한국전자파기술학회
- American National Standard 1990, **Guide for electrostatic discharge test methodologies and criteria for electronic equipment**, M-C Corporation
- CISPR 24-Part 1: General 1993, **Immunity of Information Technology Equipment(ITE)**, IEC
- CISPR 24-Part 2: Electrostatic Discharge Requirements 1994, **Immunity of Information Technology Equipment(ITE)**, IEC
- CISPR 24-Part 5: Surge Immunity of ITE 1993, **Immunity of Information Technology Equipment(ITE)**, IEC
- IEC 801-2 1991, **Electromagnetic compatibility for industrial process measurement and control equipment Part 2 : Electrostatic discharge requirements**, IEC
- IEC 1000-4-1 1992, **Electromagnetic compatibility(EMC) Part 4 Section 1**, IEC
- IEC 1000-4-2 1993, **Electromagnetic compatibility(EMC) Part 4 Section 2**, IEC
- IEC 1000-4-5 1993, **Electromagnetic compatibility(EMC) Part 4 Section 5**, IEC

International Standard 1992, *Electromagnetic compatibility(EMC)*, IEC

Workshop Notes 1994, *IEEE International Symposium on EMC*, IEEE, EMC Society

Leo Makowski 1995, *Basic, Generic, and Products Standards*, HAEFELY TRENCH Ltd.

Michael Hopkins 1995, *EMC Seminar-Immunity Test Standards*, KeyTek Instrument Corp.

Otto Frey 1995, *Declaration of conformity and ways to obtain CE Mark*, HAEFELY TRENCH Ltd.

prEN 50082-1 Final Draft 1994, *Electromagnetic compatibility Generic Immunity Standard Part 2 : Residential, commercial and light industry*, CENELEC

prEN 50082-2 Final Draft 1994, *Electromagnetic compatibility Generic Immunity Standard Part 1 : Industrial Environment*, CENELEC

Simon Young 1995, *EMC Seminar-How to meet the immunity requirements of the European EMC directives and get your CE Mark*, KeyTek Instrument Corp.

The technical staff of KeyTek Instrument Corporation 1995, *The Pulsed EMI Handbook*, KeyTek Instrument Corp.

부 록 A

Doc. assembling ref.	Reference to Basic EMC Publication IEC 1000-4-1 (+ NWI of IEC SC77A and SC77B)	Updated activity in: IEC 77AWG6 IEC 77BWG3 CLC110WG2	COMMITTEE DRAFT or reference document (target) date		Cenelec Common Modific. (approved)	RATIFICATION (target) date		IEC STD CENELEC STD
			IEC	CENELEC		IEC	CENELEC	
1	Overview on EMC immunity tests	0.0	.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-1 EN 61000-4-1
			.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-11 EN 61000-4-11
2	Voltage dips, short interruptions and voltage variations	1.5	.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-11 EN 61000-4-11
			.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-11 EN 61000-4-11
3	Harmonics, interharmonics	1.1 1.2	77A(Sec)99 93000	.	.	(97/04)	(97/05)	Int. IEC 1000-4-13
		
4	Signalling voltage	1.3	.	.	.	.	.	.
		
5	Voltage fluctuations	1.4	.	.	.	.	.	.
		
6	Unbalance	1.6	.	.	.	.	.	.
		
7	Variations of the power frequency	1.7	.	.	.	.	.	.
		
8	DC in AC networks	1.8	.	.	.	.	.	.
		
9	Ripple on DC power supply	1.9	.	.	.	.	.	.
		

표 A-1. IEC와 CENELEC에서 작업중인 기본 내성 규격(BASIC Immunity Standards)

Doc. assembling ref.	Reference to Basic EMC Publication IEC 1000-4-1 (+ HWI of IEC SC77A and SC77B)	Updated activity in: IEC 77AWG6 IEC 77BWG3 CLC110WG2	COMMITTEE DRAFT or reference document (target)date		VOTING / PUBLIC ENQUIRY (target) date		Cenelec Common Modific. (approved)	RATIFICATION (target) date		IEC STD CENELEC STD
			IEC	CENELEC	IEC: DIS	CENELEC: prEN / prENV		IEC	CENELEC	
8	1000/1300 μ s surges	2.1								
9	Surge immunity (1,2/50-8/20 and 10/700 μ s)	2.8 2.2	.	.	.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-5 EN 61000-4-5
10	Fast transient bursts	2.3	.	.	.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-4 EN 61000-4-4
	Revision of 1000-4-4		(95/001)	.	(97/03)	(97/03)	.	(97/07)	(97/001)	.
11	Oscillatory waves	2.4 2.5	.	.	.	.	.	Done	Done	IEC 1000-4-12 EN 61000-4-12
12	Conducted disturbances in the range DC to 150 kHz	6.1 6.2	.	77/0120CD	(96/11)	(96/11)	.	(97/03)	(97/04)	Incl. IEC 1000-4-16
13	Conducted disturbances induced by RF fields	2.7	.	.	77/0144DIS 95/03	.	.	(95/10)	(95/11)	Incl. IEC 1000-4-6 ENV 501-1
14	HF current injection impulse	+	.	Not known	.	.	.	.	.	.
15	HF induced voltages	2.6	see test 13							.

표 A-1. (계 속)

Electr. EMI factors	Doc. assembling ref.	Reference to Basic EMC Publication IEC 1000-4-1 (+ NWI of IEC SC77A and SC77B)	Updated activity in: IEC 77A/WG6 IEC 77B/WG3 CLC110/WG2	COMMITTEE DRAFT or reference document (target) date		VOTING / PUBLIC ENQUIRY (target) date		Cenelec Common Modific. (approved)	RATIFICATION (target) date		IEC STD CENELEC STD
				IEC	CENELEC	IEC: DIS	CENELEC: prEN / prENV		IEC	CENELEC	
Electrostatic	16	IMMUNITY TESTS	8								
		Electrostatic discharge									
	3.1	ESD - Furniture discharges (Addendum to 1000-4-2)									
		future NWI									
Magnetic disturbances	17	Power frequency magnetic field	4.1								
		Radiated magnetic fields 0 - 150 kHz (Addendum to 1000-4-8)									
	18	0 - 150 kHz (Addendum to 1000-4-8)									
		Pulse magnetic field	4.2								
Electromagnetic	20	Damped oscillatory magnetic field	4.3								
		Radiated, radio-frequency electromagnetic fields	5.1								
	22	Radiated, radio-frequency fields from digital radio telephones									

표 A-1. (계 속)

부록 B

정전기 방전 내성시험 기술 기준(안)

구분	내용	비고
대상 기기 의 종류	1. 컴퓨터 및 주변 기기 2. 가정용 전기, 전자 기기 3. 산업, 과학 및 의료용 기기 4. 유선통신 관련 기기 5. 기타 기기 *각종 기기는 의도하는 사용환경 및 설치운영 상태로 수검을 받아야 함.	기타 기기 및 세부분류는 고시에 따름.
시험 기기의 특성 및 능	1. 정전기 발생기 가. 에너지 축적용량 : $150\text{pF} \pm 10\%$ 나. 방전저항 : $330\Omega \pm 10\%$ 다. 충전저항 : $50 \sim 100M\Omega$ 라. 출력전압(주1) : 접촉방전 최소 8kV 기중방전 최소 15kV 마. 출력전압표시 허용오차 : $\pm 5\%$ 바. 출력전압 극성 : + 및 - 사. 유지시간 : 5초 이상 아. 방전동작모드(주2) : 단발(연속적인 방전간의 시간 : 1초 이상) 자. 방전전류 파형 : 부록 B-1, 그림 B-1 참조 차. EMI검증을 필한 시스템이어야 함. *주1 : 방전에너지 충전 캐패시터에서 측정된 개방회로 전압 주2 : 정전기 방전 발생기는 초당 20회 이상의 반복비율로 방전을 시킬 수 있을 것. 2. 표준 접지판(부록 B-1, 그림 B-2, B-3, B-5 참조) 가. 재질 : 금속 나. 두께 : 동 또는 알루미늄은 최소 0.25mm, 다른 금속은 최소 0.65mm 다. 넓이 : 최소 1m × 1m, 단 실제 크기는 수검기기 크기에 의존하며, 수검기기 또는 결합판의 모든 측면에서 0.5m 이상 여유가 있어야 한다. 라. 절연 지지대 두께 : 0.1m(바닥형 수검기기에 적용) 3. 시험대(탁상형 수검기기에 적용) 가. 재질 : 목재 또는 절연체 나. 높이 : 0.8m 4. 수평 결합판(탁상형 수검기기에 적용) 가. 재질 : 금속(알루미늄 등) 나. 넓이 : 1.6m × 0.8m 5. 수직 결합판 가. 재질 : 금속(알루미늄 등) 나. 넓이 : 0.5m × 0.5m	

정전기 방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성시험 연구

구분	내 용	비 고
시험기의 특성 및 성능	6. 절연막 가. 재질 : 절연재료 나. 두께 : 0.5mm	
시험조건	1. 시험환경(시험보고서에 기록하여야 함) 가. 주위온도 : 15 ~ 35℃ 나. 상대습도 : 30 ~ 60% 다. 기압 : 86 ~ 106kPa (860 ~ 1060mbar) 2. 시험전 다음의 항목이 기술되어 있어야 한다. 가. 수검기기의 대표적인 동작조건 나. 시험구성의 종류(탁상형, 바닥형) 다. 시험등급 라. 방전위치 마. 각 방전위치마다 방전방식(직접방전, 간접방전) 선택 및 방전인가 횟수	
시험구성	1. 표준 접지판 - 시험실내의 바닥에 설치하고 보호용 접지 시스템에 접속한다. 2. 수검기기 - 탁상형과 바닥형으로 나누어 구성한다(정상기능을 할 수 있도록 설치). - 시험실의 벽 또는 금속 구조물에서 1m 이상 거리를 둔다. - 설치 사양에 따라 접지 시스템에 접속한다. - 전원 케이블이나 신호 케이블의 배치는 실제 설치 상태로 한다. • 탁상형 수검기기인 경우 : 시험대위에 수평결합판을 설치하고, 그 위에 절연막을 놓고 수검기기와 케이블류를 설치한다. • 바닥형 수검기기인 경우 : 표준 접지판위에 두께 0.1m의 절연 지지대를 설치하고 그 위에 수검기기를 설치한다. 3. 시험기 - 시험기 본체는 바닥 위에 놓고 사용하며, 방전귀환로 케이블은 표준 접지판에 접속한다. 4. 방전귀환용 케이블이 길이 - 통상 2m 정도	
시험방식	1. 직접방전시험 - 정전기 방전은 수검기기의 표면등 통상의 사용상태에서 사람이 접근이 가능한 부위에 대해서만 행한다. - 시험전압은 오동작의 초기값을 결정하기 위해 가장 낮은 등급의 전압부터 점차 높은 전압으로 증가시킨다. - 시험은 단일방전으로 미리 선택한 부위에서 가장 영향을 받기 쉬운 극성(+ 혹은 -)에서 10회 이상 실시한다. - 단일방전의 간격은 1초로 하되 시스템이 오동작하는지 확인하기 위하여 필요한 경우 더 긴 방전간격을 취할 수 있다. - 시험의 재현성을 위하여 방전총의 틱은 정전기를 인가하는 수검기기의 표면과 직각을 유지하도록 한다.	

구분	내용	비고																		
시험방식	<p>- 방전 귀환로 케이블은 수검기기에서 0.2m 이상 거리를 둔다.</p> <p>가. 접촉방전의 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> • 접촉방전용 전극의 팁을 수검기기에 접촉시키고 난 후, 방전 스위치를 조작하여 정해진 회수만큼 방전을 반복한다. • 수검기기의 표면이 코팅되어 있을지라도 확실히 명시되어 있지 않으면 이 도장재를 관통시켜, 접촉방전을 실시하되 확실하게 절연용 코팅이라 판명되면 기중방전만 실시한다. <p>나. 기중방전의 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> • 방전 스위치를 켜 상태에서 기중방전용 전극의 팁을 가능한 한 빨리 수검기기에 접근시키면서 아크방전에 의해 방전을 시킨다. • 방전 전극(등근 기중방전용 전극의 팁)을 수검기기에 접근시켜 방전시킬 때, 수검기기가 손상되지 않도록 조심한다. <p>2. 간접방전시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수검기기의 주변에 있는 물체들(의자, 탁자 등과 같은 물체)로 야기되는 방전영향을 시험하기 위하여 대용 결합판(수평 결합판 또는 수직 결합판)을 이용한다. - 결합판(수평 결합판 또는 수직 결합판)과 표준접지판과의 사이에 대전방지용 저항(470kΩ 2개를 직렬로)을 접속하며 대전방지용 저항의 정격용량은 방전전압에 견뎌야 하며, 이 저항은 표준접지판에 접촉이 되지 않도록 절연되어 있어야 한다. - 탁상형 제품은 수평 및 수직결합판을 이용하여 시험하며 바닥형 제품은 수직결합판만 사용하여 시험한다. <p>가. 수평 결합판을 이용하여 인가하는 방법(부록 B-1, 그림 B-6 참조)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 탁상형 수검기기만의 각 측면에 수평결합판을 이용하여 가장 영향을 받기 쉬운 극성에서 10회 이상 단일 방전한다. • 방전방법은 수검기기에 0.1m 거리를 둔 지점에서 수평결합판에 방전 전극의 팁을 수직으로 접촉시켜 인가 한다. <p>나. 수직 결합판을 이용하여 인가하는 방법(부록 B-1, 그림 B-7 참조)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수검기기(탁상형 및 바닥형 모두 적용됨)의 각 측면에 대하여 수직 결합판을 이용해서 가장 영향을 받기 쉬운 극성에서 10회 이상 단일 방전한다. • 시험기의 방전전극은 수직결합판의 가장자리 중앙부에 접촉시킨다. • 수직결합판의 크기는 0.5m×0.5m이며, 설치는 수검기기에서 0.1m 거리로 평행하도록 한다. • 수검기기의 네 측면에 수직결합판으로 부터의 방사가 충분히 조사 가능하도록 수직결합판의 위치를 정해서 인가한다. 																			
시험등급	<table border="1"> <thead> <tr> <th>등급</th><th>접촉방전시험전압(kV)</th><th>기중방전시험전압(kV)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr> <td>2</td><td>4</td><td>4</td></tr> <tr> <td>3</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr> <td>4</td><td>8</td><td>15</td></tr> <tr> <td>X</td><td>특수값</td><td>특수값</td></tr> </tbody> </table> <p>- X 등급은 사용자와 제조업자의 합의에 의해 결정될 수 있으며 제품 사양에 규정되어 있어야 한다.</p>	등급	접촉방전시험전압(kV)	기중방전시험전압(kV)	1	2	2	2	4	4	3	6	8	4	8	15	X	특수값	특수값	
등급	접촉방전시험전압(kV)	기중방전시험전압(kV)																		
1	2	2																		
2	4	4																		
3	6	8																		
4	8	15																		
X	특수값	특수값																		

정전기 방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성시험 연구

구분	내용	비고
시험 평가서 및 보고서 작성	<p>- 수검기기에 정전기 방전시험 후 그 결과에 대한 평가서는 다음의 4가지 상태중에서 선택하여 평가할 수 있으며 이는 제조업자와 사용자간의 합의가 필요하다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 사용한도내의 정상동작 • 자체 회복성이 있는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작 • 운용자의 개입, 시스템의 재작동을 요하는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작 • 기기(소자)나 소프트웨어의 손상 또는 자료의 손실에 의한 회복이 불가능한 기능의 성능저하나 오동작 <p>- 시험보고서에는 시험조건 및 특히 다음의 특기사항을 기입한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수검기기의 접지관계 • 사용한 소프트 웨어 • 인터페이스용 케이블의 위치 • 시험하지 않은 곳의 명시 • 피시험체 표면의 코팅관계 • 특별히 인가한 부위(필요시 사진 준비)등 • 시험환경(주위온도, 상대습도, 기압) 	

부 록 B-1

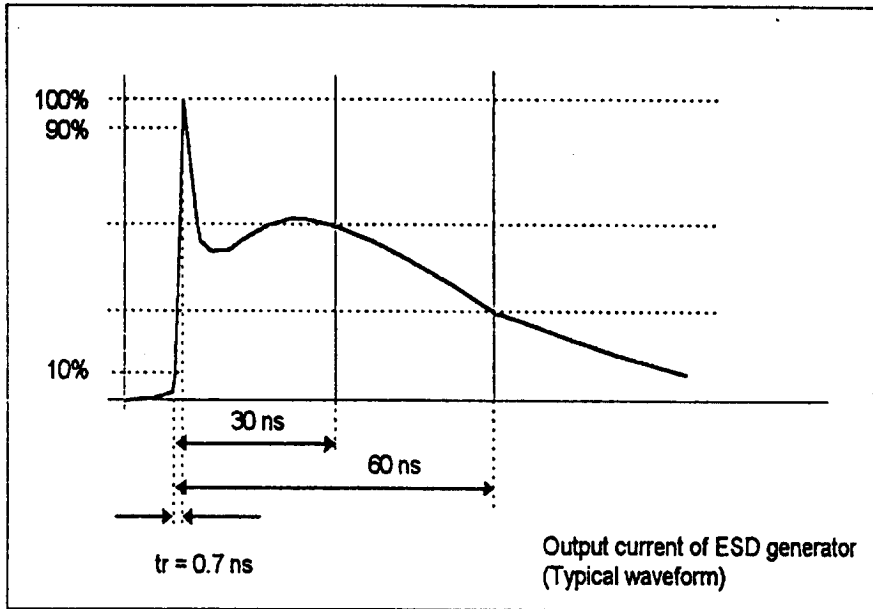
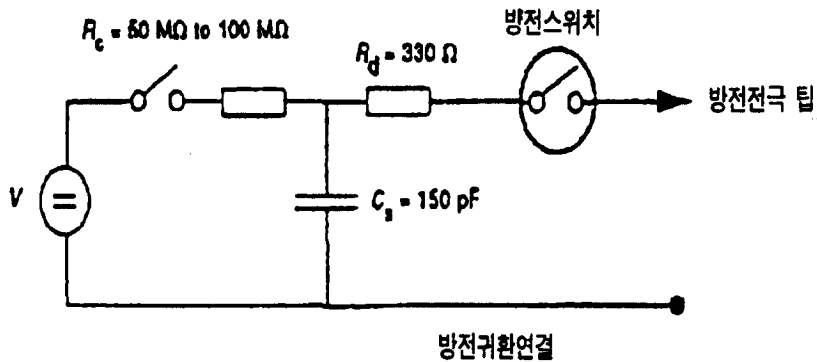
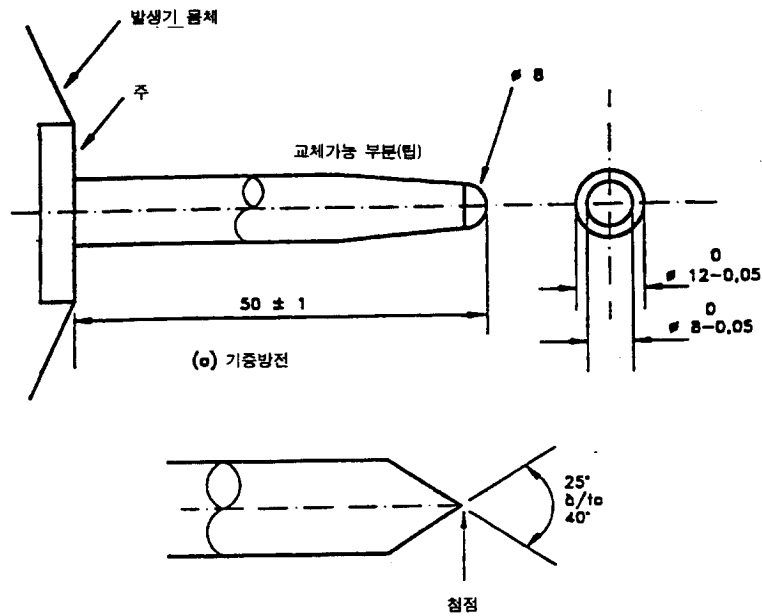


그림 B-1. 방전전류의 파형(tr : 상승시간)



V : 고전압원(18.5kV) R_c : 충전저항(50~100MΩ)
C_s : 에너지 축적 캐패시터(150pF) R_d : 방전저항 (330Ω)

그림 B-2. 정전기 방전 발생기의 간략도



주 : 방전스위치는 가능한 한 방전전극의 팁에 가까이 설치되어야 한다.
그림 B-3. 정전기 발생기의 방전 전극 팁의 종류

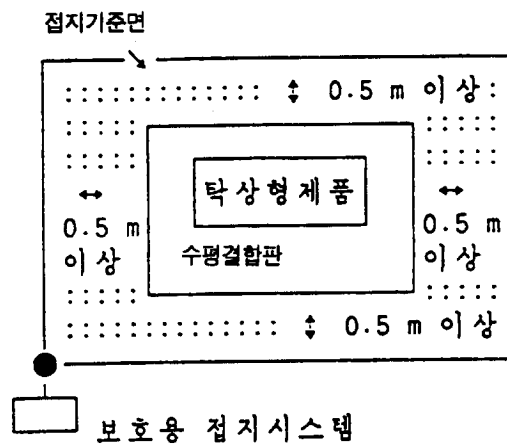


그림 B-4. 표준 접지판위의 타상형 제품

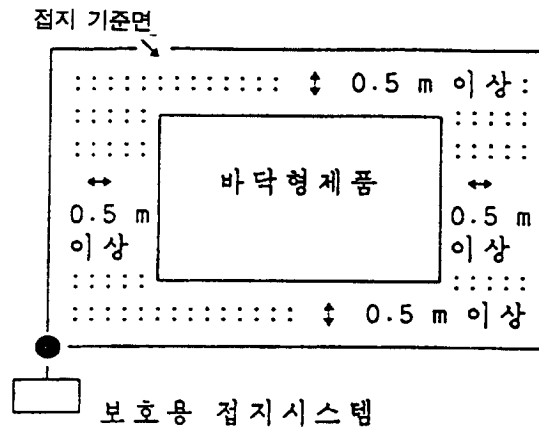


그림 B-5. 표준접지판 위의 바닥형 제품

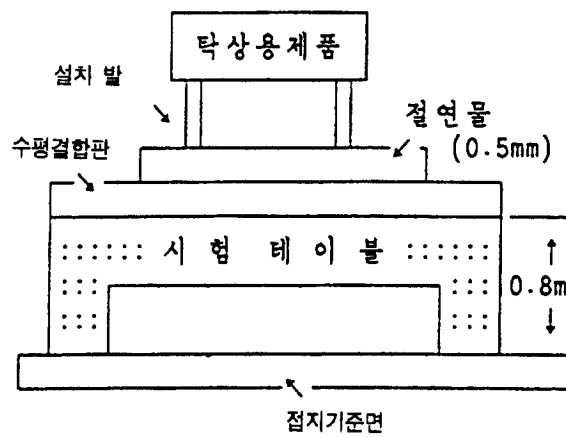


그림 B-6. 시험대 위의 탁상형 제품

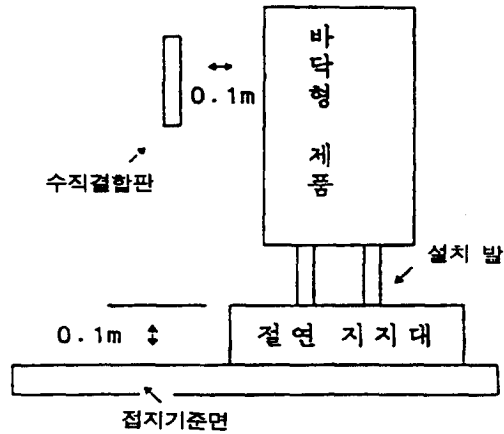
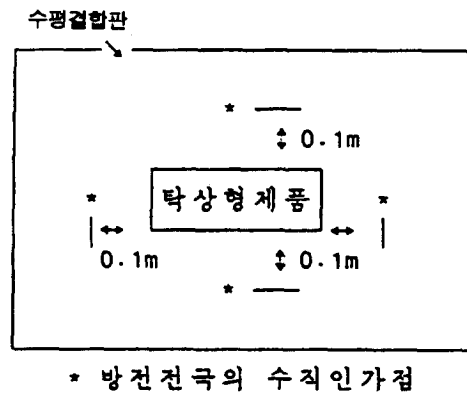


그림 B-7. 절연 지지대 위의 바닥형 제품



* 방전전극의 수직인가점

그림 B-8. 방전전극의 수직 인가점(수평 결합판)

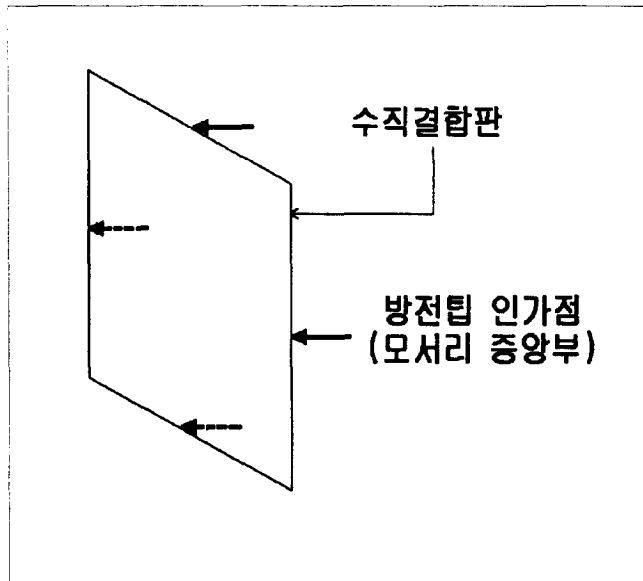


그림 B-9. 방전전극의 수직 인가점(수직 결합판)

부 록 C

서어지 내성 기술 기준(안)

구분	내용	용	비 고																
대 상 기 기 의 종 류	1. 컴퓨터 및 주변 기기 2. 가정용 전자, 전기 기기 3. 산업, 과학 및 의료용 기기 4. 유선통신 관련 기기 5. 기타 기기 ※각종기기는 의도하는 사용환경 및 설치운용 상태로 수검을 받아야 함.		기타 기기 및 세부 고시에 따름.																
시 험 기 기 의 특 성 및 성 능	1. 서어지 발생기 가. 개방회로 출력 : 최저 0.5kV 이하, 최고 4.0kV 이상 ($\pm 10\%$) 나. 단락회로 출력 : 최저 0.25kV 이하, 최고 2.0kV 이상 ($\pm 10\%$) 다. 극성 : + 및 - 라. 위상편이 : 교류선로의 위상각에 대해 $0^\circ \sim 360^\circ$ 마. 펄스 반복율 : 분당 1회 이상 바. 펄스파형 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>구분</th><th>정 의</th><th>전방시간(μs)</th><th>1/2 시간(μs)</th></tr> <tr> <td>적용선</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>전원선 및 단거리 신호선</td><td>개방회로 전압파형 단락회로 전류파형</td><td>$1.2 \pm 30\%$ $8 \pm 20\%$</td><td>$50 \pm 20\%$ $20 \pm 20\%$</td></tr> <tr> <td>원거리 신호선 및 통신선</td><td>개방회로 전압파형 단락회로 전류파형</td><td>$10 \pm 30\%$.</td><td>$700 \pm 20\%$.</td></tr> </table> 2. 결합 및 감결합 회로망 <ul style="list-style-type: none"> - 발생기의 규정된 개방회로 전압과 단락회로 전류의 특성 및 오차허용범위에 영향을 끼쳐서는 안된다(피뢰기에 의한 결합시는 예외). - 교류 및 직류 전력선에 대한 결합/감결합 회로망(1.2/50μs 펄스 인가용으로만 사용)은 회로망의 측정점에서 출력전압 및 전류 변환기를 사용 출력 전류를 측정할 수 있어야 한다. - 단락회로 전류파형은 전류 변환기를 써서 측정하는데, 그의 단면은 동일한 측정점들간의 단락회로 연결경로를 통과해야 한다. - 시험배치상의 필요에 따라 발생기의 임피던스를 2Ω에서 12 또는 42Ω으로 증가시킬 경우 결합회로망의 출력단에서 시험펄스의 지속기간은 현저하게 달라질 수도 있다. - 전원에 대한 용량성 결합은 수검기기 전원의 감결합회로망이 연결되어 있을 경우 선간 또는 선과 접지간에 시험전압이 인가되도록 한다. <ul style="list-style-type: none"> • 결 합 캐패시터 : 9μF 또는 18μF • 감결합 인덕턴스 : 220~240V 전원일 때 2.5mH(공칭), 110~120V 전원일 때 1.5mH(공칭) - 수검기기가 떨어져 있을때 서어지가 가해지지 않는 선로상의 잔류 시험펄스 전압은 인가 가능한 시험전압의 최대값에 15%를 넘지 않아야 한다(단상 및 3상 시스템에 모두 적용됨). - 수검기기와 전원 공급 회로가 연결 되지 않았을 때 감결합 회로망의 입력단에서의 잔류시험 펄스전압은 인가시험전압의 15%와 전원선의 최대전압의 2배 중 큰 값을 넘지 않아야 한다. 	구분	정 의	전방시간(μs)	1/2 시간(μs)	적용선				전원선 및 단거리 신호선	개방회로 전압파형 단락회로 전류파형	$1.2 \pm 30\%$ $8 \pm 20\%$	$50 \pm 20\%$ $20 \pm 20\%$	원거리 신호선 및 통신선	개방회로 전압파형 단락회로 전류파형	$10 \pm 30\%$.	$700 \pm 20\%$.		
구분	정 의	전방시간(μs)	1/2 시간(μs)																
적용선																			
전원선 및 단거리 신호선	개방회로 전압파형 단락회로 전류파형	$1.2 \pm 30\%$ $8 \pm 20\%$	$50 \pm 20\%$ $20 \pm 20\%$																
원거리 신호선 및 통신선	개방회로 전압파형 단락회로 전류파형	$10 \pm 30\%$.	$700 \pm 20\%$.																

정전기 방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성시험 연구

구분	내 용	비 고
시험 기 기 의 특 성 및 성 능	<ul style="list-style-type: none"> - 접속선에 대한 결합/ 감결합 회로망은 회로의 기능과 구동조건에 의해 선정되어야 하며, 이는 기기의 물품규격에 규정되어야 한다. 선간 결합은 그림 C-1-4, 선과 접지간의 결합은 그림 C-1-5과 같이 적용한다. - 결합방법에는 용량성 결합과 피뢰기를 이용한 결합을 사용한다. 통신 기능에 영향이 없을 시 비대칭이고 차폐안된 입출력 회로에 대해서는 용량성 결합을 사용한다. <ul style="list-style-type: none"> • 결 합 캐패시터 : $0.5\mu\text{F}$ • 감결합 인덕턴스 : 20mH(전류보상안함) • 신호전류능력(정격) : 1A - 피뢰기를 이용한 결합은 차폐안된 대칭회로(원거리 통신)에 사용한다. <ul style="list-style-type: none"> • 결합저항 : $N \times 25\Omega$ ($N > 2$, N: 선의 수) • 피뢰기(가스충전) : 90V 또는 230V • 감결합 인덕턴스 : 20mH(환형코아, 전류보상 안됨) 	
시험 조 건	<ol style="list-style-type: none"> 1. 시험환경(시험보고서에 기록하여야 함) <ol style="list-style-type: none"> 가. 주위온도 : $15 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 나. 상대습도 : $10 \sim 75\%$ 다. 기압 : $86 \sim 106\text{kPa}$ ($860 \sim 1060\text{mbar}$) <ul style="list-style-type: none"> ※ 이 외의 수치는 물품규격에 명시해야 하며, 수검기기는 본래 의도한 기후조건 내에서 구동시킨다. ※ 시험실의 전자기적 환경은 시험결과에 영향을 미쳐서는 안된다. 	
시험 구 성	<ol style="list-style-type: none"> 1. 시험구성 장비 <ul style="list-style-type: none"> - 수검기기 및 선로 - 결합장치(용량성, 유도성 또는 피뢰기) - 시험발생기(복합과 발생기) - 감결합 회로망/ 보호소자 - 추가 저항(10Ω 과 40Ω) 2. 전원선 시험구성 <ul style="list-style-type: none"> - 서어지는 용량성 결합회로망을 통해 수검기기 전원선에 가해야 한다. - 감결합 회로망은 동일한 전원선에 연결된 수검기기를 제외한 기타 장치 또는 기기에 어떠한 영향도 주지않도록 하며, 시험중인 수검기기 선로상에 규정된 임펄스를 형성하기 위해 필요하다. - 별도 규정이 없으면 수검기기와 결합/ 감결합 회로망간 전원선의 길이는 2m 이내이어야 한다. - 결합/ 감결합 회로망은 용량성 결합으로 선로에 서어지를 인가하며, 동작조건에 영향을 주어서는 안된다. - 피뢰기를 통한 결합은 그림 C-1-7과 같이 신호전송이 고속인 회로에 사용된다. - 차폐된 선로의 경우 결합/ 감결합 회로망이 사용되지 않는다. <ul style="list-style-type: none"> • 그림 C-1-8과 같이 수검기기 외부 및 선로의 차폐물에 시험 전압 및 전류를 직접 인가한다. • 선로의 차폐물의 한쪽끝만이 수검기기 외부에 접속된 경우는 그림 C-1-9와 같이 구성한다. • 규정된 차폐선은 최대길이를 사용해야하며, 시험펄스 주파수 범위에서 규정된 차폐선의 길이는 20m로 유도성을 띠지 않는 구조에서 사용해야 한다. • 시스템 내에 전압차가 있는 상황에서 시험할 필요가 있는 경우에는 차폐선으로 연결되어 서로 떨어진 기기들의 외부간의 전압차는 그림 C-1-8과 같이 시험하고, 차폐안된 선로 또는 한쪽 끝만 접지된 차폐선의 경우는 그림 C-1-9와 같이 시험한다. - 시험구성으로 규정된 결합방법들 중 어느 하나가 기기 구동상의 이유로 적용할 수 없으면 대체방법을 해당 물품규격에 명시하여야 한다. 작동되는 시험조건과 설치조건은 물품규격과 일치해야 하고, 시험구성 구조와 시험순서를 포함해야 한다. 	

정전기 방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성시험 연구

구분	내 용	비 고												
시험 등급	<table border="1"> <tr> <th>등 급</th><th>개방 회로 시험 전압 $\pm 30\%$ (kV)</th></tr> <tr> <td>1</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>2</td><td>1.0</td></tr> <tr> <td>3</td><td>2.0</td></tr> <tr> <td>4</td><td>4.0</td></tr> <tr> <td>X</td><td>특수값</td></tr> </table> <p>- X등급은 사용자와 제조업자의 합의에 의해 결정될 수 있으며 제품사양에 규정되어 있어야 한다.</p>	등 급	개방 회로 시험 전압 $\pm 30\%$ (kV)	1	0.5	2	1.0	3	2.0	4	4.0	X	특수값	
등 급	개방 회로 시험 전압 $\pm 30\%$ (kV)													
1	0.5													
2	1.0													
3	2.0													
4	4.0													
X	특수값													
시험 순서	<p>- 시험은 아래와 같이 시험구성을 규정(부록 C-3 참조)한 시험계획표에 따라 시행한다</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 발생기 및 기타 이용 장비의 설치 ② 시험등급(전압/전류)선택 : 부록 C-2 참조 ③ 발생기 전원 임피던스 선택 ④ 서어지 극성 선택 ⑤ 시험 횟수 선택(선택 지점에서 최소 +5회, -5회) ⑥ 반복을 선택 <p>※주 : 일반적으로 사용되는 거의 모든 보호기는, 그들이 갖는 최고 전력 혹은 최고 에너지 취급이 높은 전류를 다룰 수 있는 것일 지라도, 낮은 평균 전력 성능을 갖는다. 따라서 최고 반복율(각각 두 서어지 간의 시간, 회복시간)은 수검기에 내장된 보호소자에 의존한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> ⑦ 입력 및 출력 관계 ⑧ 수검기기의 대표적 동작조건 ⑨ 회로에 대한 서어지 인가 절차 ⑩ 교류 전원의 위상각 선택 ⑪ 실제 접지 조건을 시험하기 위한 실제 설치, 예를 들어 AC : 중성접지 DC : (+) 혹은 (-) 접지 													
시험 평가서 및 보고서 작성	<p>- 수검기기에 대한 시험후 그 결과에 대한 평가서는 다음의 4가지 상태 중에서 선택하여 평가할 수 있으며 이는 제조업자와 사용자간의 합의가 필요하다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 등급 1 : 규격제한 범위내에서 정상적인 동작 • 등급 2 : 자체 회복성이 있는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작 • 등급 3 : 운용자의 개입, 시스템의 재작동을 요하는 기능 또는 동작의 일시적인 성능저하나 오동작 • 등급 4 : 기기(소자)나 소프트웨어의 손상 또는 자료의 손실에 의해 회복이 불가능한 성능저하 또는 오동작 <p>- 승인시험인 경우 시험프로그램과 시험결과의 해석은 규정된 물품규격에 명시되어야만 한다.</p> <p>- 시험보고서에는 시험조건 및 시험결과를 포함해야 한다.</p>													

부 록 C-1

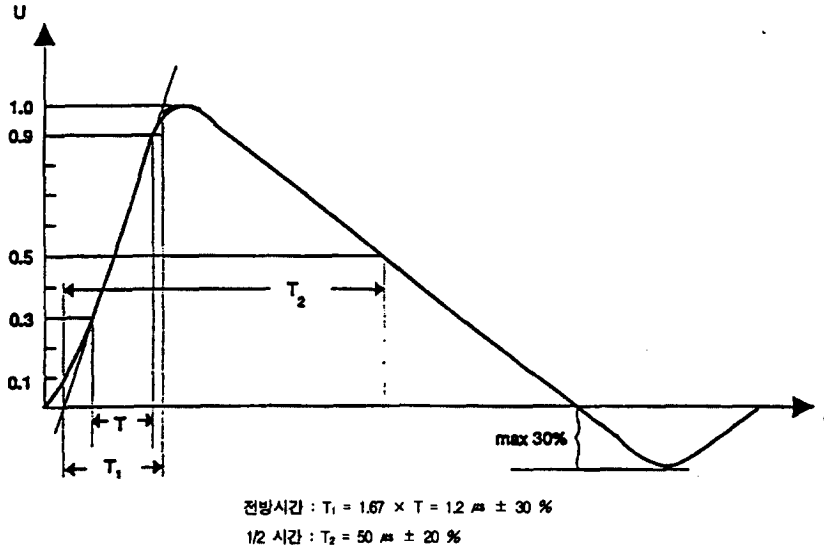


그림 C-1-1. 개방회로 전압파형(1.2/50 μs)

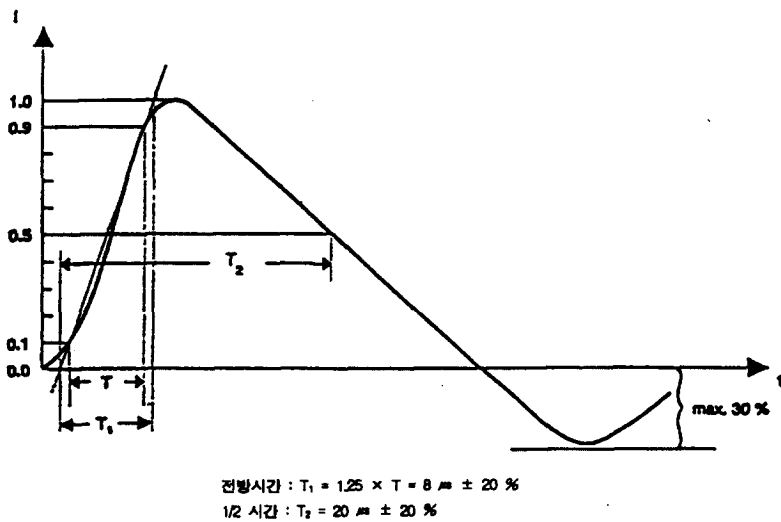


그림 C-1-2. 단락회로 전류파형(8/20 μs)

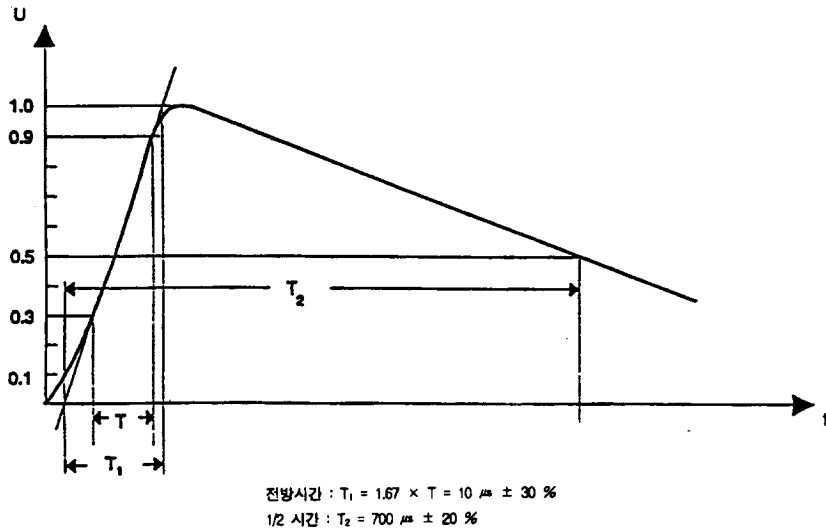
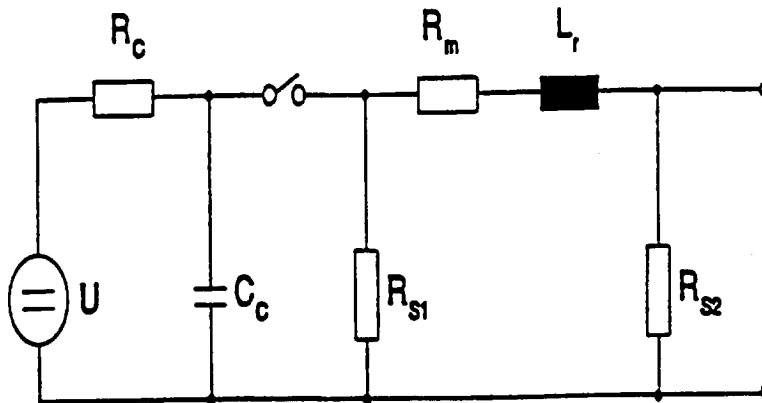


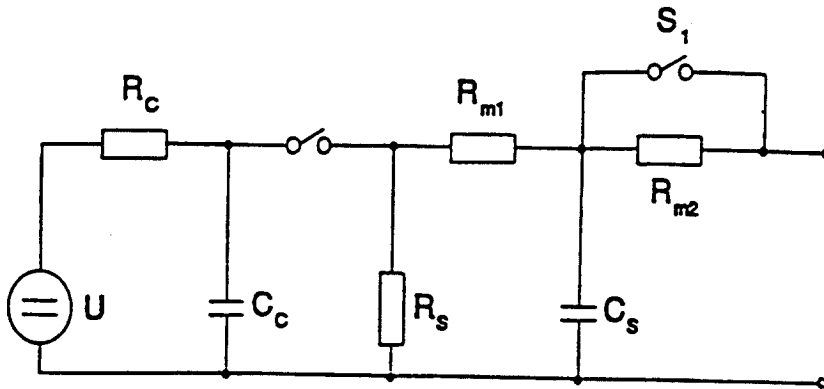
그림 C-1-3. 개방회로 전압파형(10/700 μs)



U : 고전압원
 R_c : 충전저항
 C_c : 에너지 축적 캐패시터
 R_s : 펄스의 정체시간 조정 저항
 R_m : 임피던스 저항
 L_t : 상승시간 조정 인덕터

그림 C-1-4. 복합파 발생기의 간략화된 회로도

정전기 방전(ESD) 및 서지(SURGE) 내성시험 연구



- | | |
|----------------------------------|---|
| U : 고전압원 | R_s : 펄스의 지속시간 형성 저항(50 Ω) |
| R_c : 충전저항 | R_m : 임피던스 정합 저항($R_{m1}=15\Omega$, $R_{m2}=25\Omega$) |
| C_c : 에너지 축적 캐패시터(20 μF) | C_s : 상승시간 형성 캐패시터 (0.2 μF) |
| S_1 : 외부 정합 저항을 사용시 스위치 닫힘 | |

그림 C-1-5. 10/700 μs 임펄스 발생기의 간략화된 회로도

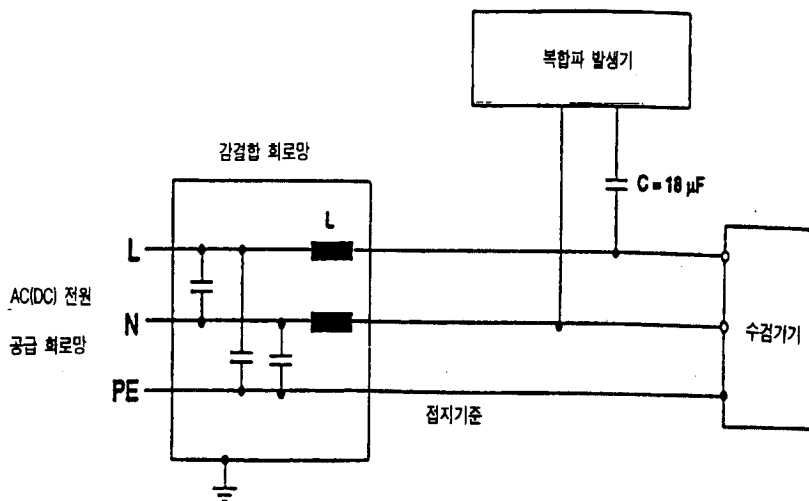


그림 C-1-6. AC/DC 선로상(단상)의 용량성 결합의 시험구성 예($C=18\mu F$)
: 시험발생기 출력은 접속 않됨

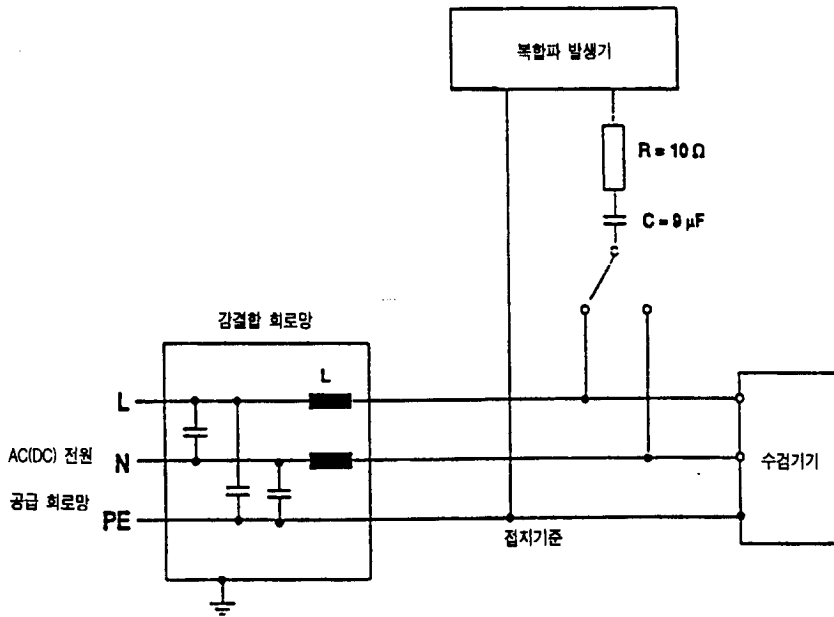


그림 C-1-7. AC/DC 선로상(단상)의 용량성 결합의 시험구성 예($C=9\ \mu\text{F}$)
: 시험발생기 출력은 접지

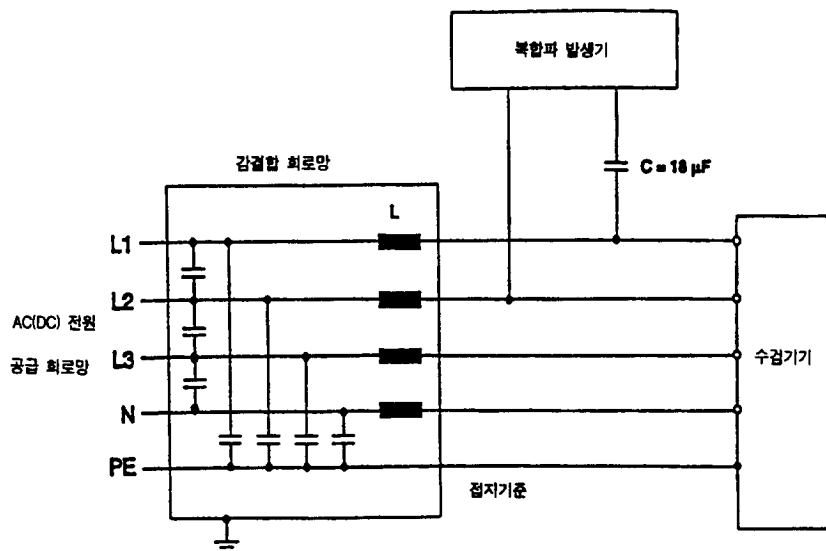


그림 C-1-8. AC/DC 선로상(3상)의 용량성 결합의 시험구성 예($C=18\ \mu\text{F}$)
: 시험발생기 출력은 접속 않됨

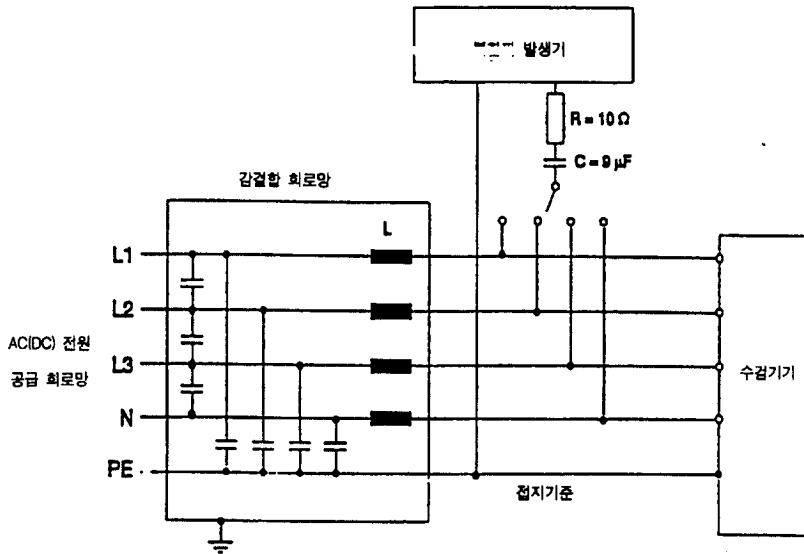


그림 C-1-9. AC/DC 선로상(3상)의 용량성 결합의 시험구성 예($C=18\mu F$)
: 시험발생기 출력은 접지

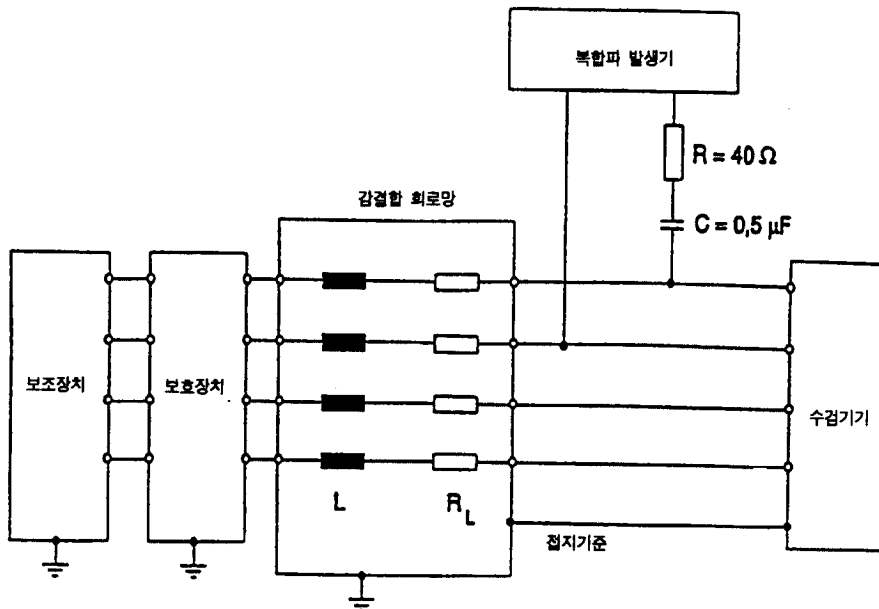


그림 C-1-10. 비차폐 접속간의 시험구성 예(선간 결합)

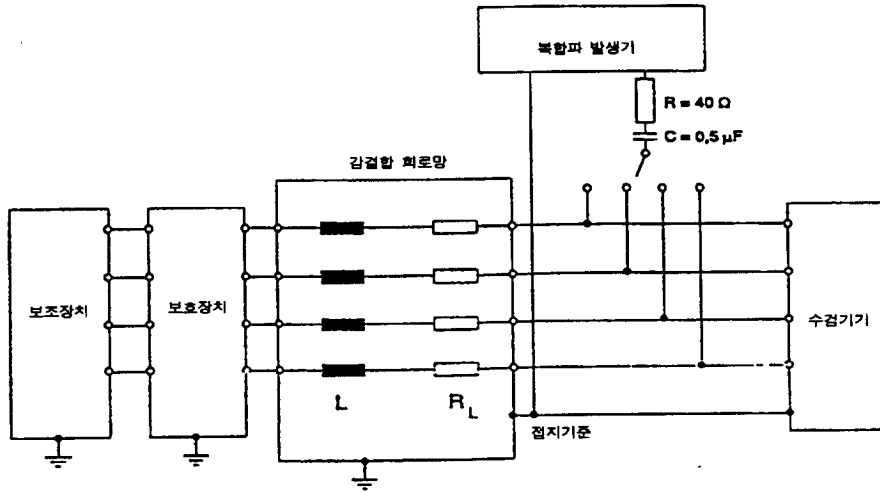
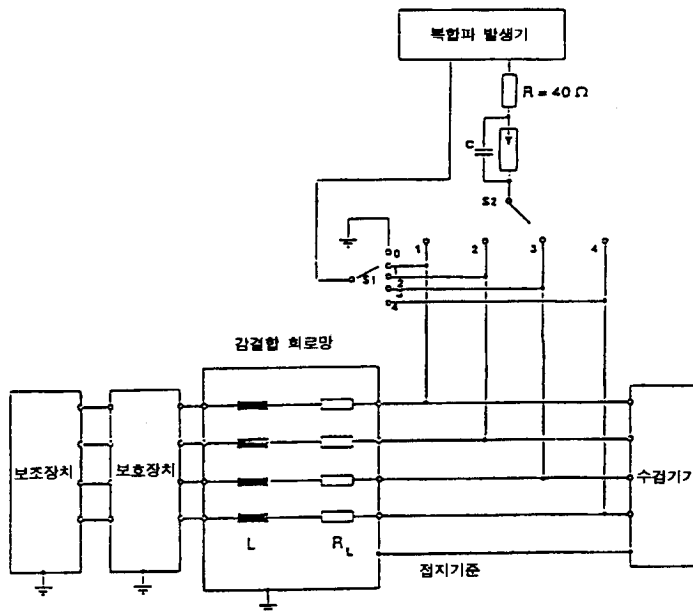
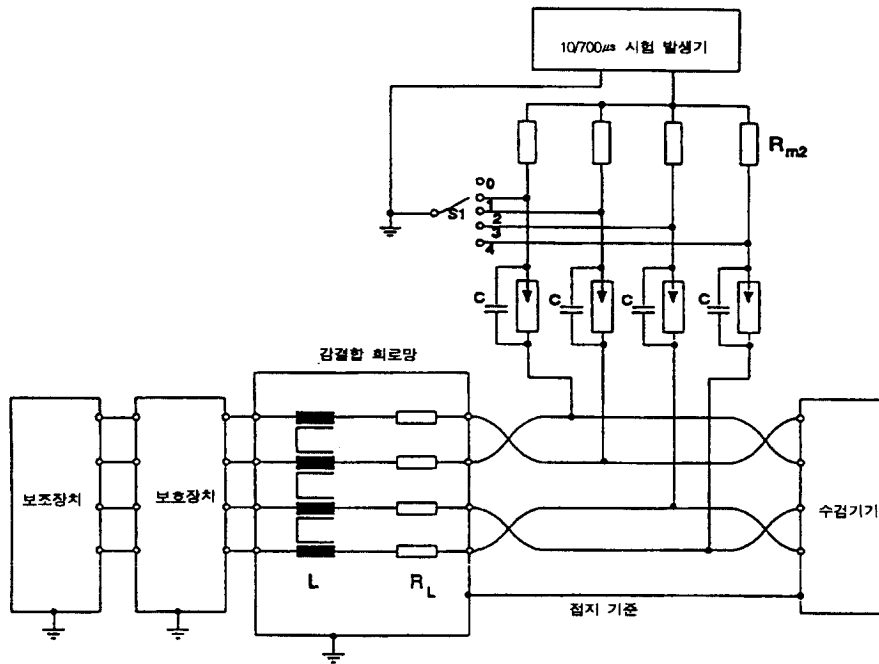


그림 C-1-11. 비차폐 접속선의 시험구성 예(선과 접지간 결합)
: 캐패시터를 통한 결합, 시험발생기 출력은 접지



1. 스위치 S1 : 선과 접지간(위치 0), 선간(위치 1~4)
2. 스위치 S2 : 시험위치가 1~4에 있을 때, 스위치 S1과는 다른 위치.
3. 5Hz 이하의 전송신호 주파수에 대해 $C=0.1\mu F$, 더 높은 주파수에서는 캐패시터가 사용되지 않음.
4. $L=20mH$, R_L : 전송신호의 무시할 수 있는 감쇄에 의존하는 값

그림 C-1-12. 비차폐되어 비대칭적으로 구동되는 선로의 시험구성 예
: 피뢰기를 통한 결합, 시험발생기 출력은 접속되지 않음



1. 스위치 S1 : 선과 접지간(위치 0), 선간(위치 1~4, 한 선씩 차례로 접지)
2. 내부정합저항 $R_{m2}(25\Omega)$ 는 외부의 $R_{m2}=n \times 25\Omega/\text{conductor}(n\text{은 } 20\text{이상})$ 으로 대체
3. 5kHz 이하의 전송신호 주파수에 대해 $C=0.1\mu\text{F}$, 더 높은 주파수에서는 캐패시터가 사용되지 않음.
4. $L=20\text{mH}$, R_L : 전송신호의 무시할 수 있는 감쇄에 의존하는 값

그림 C-1-13. 비차폐 접속간의 시험구성 예(원격 통신선)
: 피뢰기를 통한 결합, 시험발생기 출력은 접지

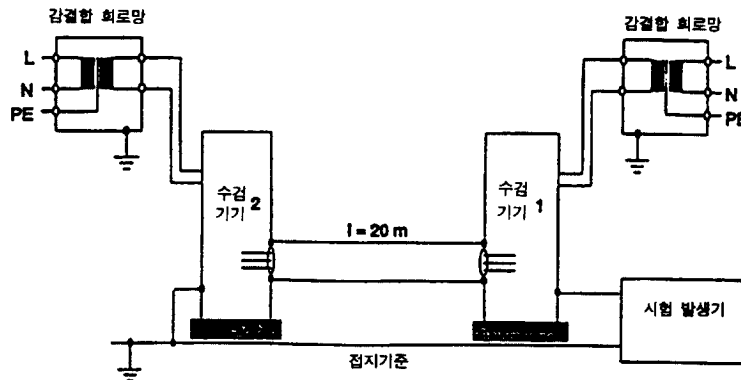


그림 C-1-14. 차폐선의 시험구성 예(전압차 인가를 위한 Galvanic 결합)
: 시험발생기 출력은 접지

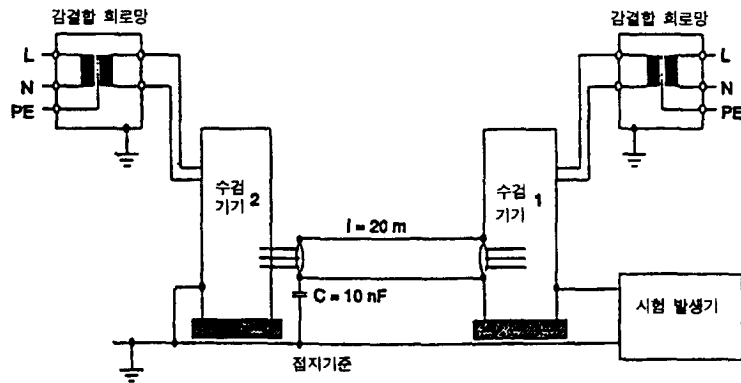


그림 C-1-15. 한쪽 끝만 접지된 차폐선 및 비차폐선에 대한 시험구성 예
(전압차 인가를 위한 Galvanic 결합) : 시험발생기 출력은 접지

부 록 C-2

시험등급의 선정은 시험대상기기의 설치조건에 따른다. 이를 위하여 표 C-2를 부록 C-3에 있는 내용 및 사례들과 함께 사용해야 한다.

등급 0 : 특수처리된 실내처럼 보호가 잘 된 전기환경

등급 1 : 부분적으로 보호된 전기환경

등급 2 : 짧은 거리일지라도 케이블들이 잘 격리되어 있는 전기환경

등급 3 : 평행으로 케이블이 놓여진 전기환경

등급 4 : 기기간의 접속이 옥외케이블로 전력선과 나란하며 전기 및 전자회로 모두를 위해 사용되는 전기환경

등급 5 : 인구의 밀도가 낮은 지역의 원거리 통신케이블과 가공전력선이 전자기기에 접속된 전기환경

등급 X : 물품규격에 규정된 특수한 조건

그리고 시스템 수준의 내성을 확인하기 위하여 1차보호와 같은 첨가물이 있을 경우 실제 설치상황에서 시험하여야 한다.

서로 다른 등급에서 서어지는 다음과 같이 인가한다.

등급 1~4 : $1.2/50\mu\text{s}$ ($8/20\mu\text{s}$)

등급 5 : 전원선과 단거리 신호선인 경우 $1.2/50\mu\text{s}$ ($8/20\mu\text{s}$)
원거리 신호선인 경우 $10/700\mu\text{s}$

차폐선의 서어지 시험에 적용하기 위한 규칙으로 양단에 접지되어진 차폐시 서어지의 인가는 그림 2-8과 같이한다. 한쪽 끝만이 접지되어진 차폐 시 시험은 그림 2-9와 같이 한다. 이때 캐패시터 C는 접지에 대한 선로의 정전용량으로 계산 100pF/m 나 10nF 를 대표값으로 사용한다. 차폐물체 위에 인가하는 시험등급은 선로와 접지간의 값으로 한다(2Ω 임피던스).

표 C-2. 시험등급선정(설치조건에 따름)

설 치 등 급	시 험 등 급 (결 합 형 태)							
	전 원 선		비대칭 구동회로 및 장거리 버스		대칭 구동회로 및 선로		단거리 버스, 데이터 버스 ①	
	선간전압 (kV)	선전압 (kV)	선간전압 (kV)	선전압 (kV)	선간전압 (kV)	선전압 (kV)	선간전압 (kV)	선전압 (kV)
0								
1		0.5		0.5		0.5		
2	0.5	1.0	0.5	1.0		1.0		0.5
3	1.0	2.0	1.0	2.0③		2.0③		
4	2.0	4.0③	2.0	4.0③		2.0③		
5	②	②	2.0	4.0③		4.0③		
X								

(X : 시험 없음)

① 제한거리, 특수한 구조, 특수한 구성, 10m부터 최대 30m
(10m 이내의 접속선에는 시험하지 않 것)

② 국부 전원 시스템의 등급에 따름

③ 1차 보호와 함께 시험

부 록 C-3

발생기의 전원임피던스는 다음 사항에 따라 선정한다.

- 케이블/ 도선/ 선로의 종류(전원공급 AC, 전원공급 DC, 접속선 등)
 - 케이블/ 선로의 길이
 - 옥외/ 옥내 조건
 - 시험전압의 인가방법(선간 또는 선과 접지간)
- 저전압 전원공급 회로망의 전원임피던스는 2Ω 이다. 2Ω 의 실효출력 임피던스를 갖는 발생기를 사용한다.
 - 저전압 전원공급 회로망과 접지의 임피던스는 $(10+2\Omega)$ 이다. 추가로 10Ω 저항이 직렬된 발생기를 사용한다.
 - 모든 다른 선과 접지간의 전원 임피던스는 $(40+2\Omega)$ 이다. 추가로 40Ω 저항이 직렬된 발생기를 사용한다.
 - 통신선(N개)에 연결된 수검기기에는 $15 \pm (25 \times N)\Omega$ 의 source 임피던스를 갖는 통신파를 사용한다.

시험은 기기수준과 시스템수준의 두가지가 있다.

- 기기수준의 내성은 한개의 수검기기에 대해 측정실에서 시험을 행한다.
- 수검기기의 내성은 기기수준의 내성이라고 한다. 시험전압은 고전압 충격을 견디는 절연에 대한 명시된 한계를 넘어서는 안된다. 그러나 기기수준의 내성은 모든 경우에 시스템의 내성을 보장하지 못한다.
- 따라서 시스템수준의 시험은 실제 설치와 동일한 모의상황에서 행해야 한다. 모의상황의 설치 보호소자(피뢰기, 배리스터, 차폐선 등)과 실제 길이와 형식의 접속선을 포함한다. 이러한 시험은 수검기기의 기능이 향후 의도한 대로 작동되는 설치조건과 가능한 한 유사하도록 꾸며서 수행하는데 있다.
- 실제 설치조건하의 내성인 경우 좀 더 높은 전압등급을 인가시킨다. 그러나 이때의 에너지는 전류제한 특성을 갖는 보호소자들에 의해 제한받을 수 있다. 이때 시험은 보호소자에 의해 발생되는 2차적인 영향(파형, 모우드, 전압 또는 전류 크기들의 변화)이 수검기기가 수용할 수 없는 효과를 주지 못함을 보여 주고자 하는데 있다.

등급 0 : 특수처리된 실내처럼 보호가 잘된 전기환경

- 모든 인입 케이블은 과전압(1차와 2차)보호를 받는다.
- 전자기기의 단위 부분들은 전원설비나 낙뢰에 의한 영향을 본질적으로 받지 않도록 잘 설계된 접지 시스템에 접속된다.
- 전자기기는 별도의 자체 전원공급 장치를 갖는다.
- 서어지 전압은 25V를 넘지 않도록 한다.

등급 1 : 부분적으로 보호된 전기환경

- 모든 옥내 인입 케이블은 과전압 (1차)보호를 받는다.
- 전자기기의 단위 부분들은 전원설비나 낙뢰에 의한 영향을 본질적으로 받지 않도록 잘 설계된 접지시스템에 접속된다.
- 전자기기는 다른기기와 완전히 격리된 자체 전원공급장치를 갖는다.
- 서어지 전압은 500V를 넘지 않도록 한다.

등급 2 : 짧은 거리일지라도 케이블들이 잘 격리되어 있는 전기환경

- 기기설치는 설치 자체 또는 낙뢰로부터 발생하는 전압에 본질적으로 간섭받기 쉬운 전원설치의 접지시스템에 별도의 접지선으로 접지된다.
- 전자기기의 전원공급장치는 대부분 특수 변압기로서 다른 회로들과 분리한다.
- 비보호된 회로들이 설치되지만 일부는 잘 격리시킨다.
- 서어지 전압은 1kV를 넘지 않도록 한다.

등급 3 : 전력케이블과 신호케이블이 나란히 놓여진 전기환경

- 설치 자체 또는 낙뢰로부터 발생하는 전압에 본질적으로 간섭받기 쉬운 전원설치의 공통접지시스템에 기기설치가 접지된다.
- 전원설치 내에서의 접지결함에 의한 전류, 스위칭 작동과 낙뢰는 접지시스템에 상대적으로 높은 크기의 간섭 전압을 발생시킨다.
- 보호가 된 전자기기와 민감하지 않은 전기기기가 동일한 전원공급 회로망에 연결된다.
- 접속케이블은 부분적으로 옥외에 있을 수 있지만, 접지 시스템의 근방에 있다.
- 억제안된 유도성 부하가 설치내에 있으며, 통상 서로 다른 케이블들이 격리되지 않는다.
- 서어지 전압은 2kV를 넘지 않도록 한다.

등급 4 : 기기간 접속이 옥외 케이블로 전력선과 나란하며 전기 및 전자회로 모두를 위해 사용되는 전기환경

- 설비 자체 또는 낙뢰로부터 발생하는 전압에 간섭받기 쉬운 전원설치의 접지시스템에 기기설치가 접지된다.
- 전원설치 내에서 접지결함에 의한 kA대의 전류, 스위칭 작동과 낙뢰는 접지시스템에 상대적으로 높은 크기의 간섭전압을 발생시킨다.
- 전원공급 회로망은 전기 및 전자기기 모두에게 동일하다.
- 접속케이블은 고전압기기에 대해서도 옥외선으로 한다.
- 이러한 환경의 특수한 경우로는 전자기기가 인구밀집내의 원거리 통신망에 연결된 경우가 있다.
- 접지시스템은 단지 배관, 케이블 등으로 구성될 뿐 전자기기 외부에 체계적으로 제작된 어떠한 접지시스템도 없다.
- 서어지 전압은 4kV를 넘지 않도록 한다.

등급 5 : 인구밀도가 낮은 지역의 원거리 통신 케이블과 가공전력선이 전자기기에 접속된 전기환경

- 이러한 모든 케이블과 선로들은 과전압 (1차)보호를 갖추고 있다.
- 전자기기 외부에는 넓게 펼쳐진 접지 시스템이 없다.
- 접지결함(최대전류 10kA)과 낙뢰(최대전류 100kA)에 의한 간섭전압은 극도로 높을 수 있다.
- 이 등급에 관한 요건은 시험등급 4(부록 C-2 참조)로 보완한다.

등급 X : 물품규격에 규정된 특수한 조건

- 다른 장소에 전기장비를 설치할 경우의 예는 그림 C-3-1, C-3-2, C-3-3과 같다.
- 공공 전원공급 회로망에 접속시 최소한의 내성 수준은 선간결합시 0.5kV(그림 C-1-6 및 C-1-8), 선과 접지간 결합시 1kV(그림 C-1-7 및 C-1-9)로 한다.
- 접속회로망에 대한 서어지 전압시험은 (캐비닛/ 외장 박)외부 접속에 한하여 요구된다.
- 시스템 수준의 시험이 가능하면, 특히 접속케이블 차폐물 보호수단의 일부인 경우에는 기기수준의 내성시험은 필요하지 않다.
- 제작자가 아닌 타인에 의해 설비가 설치된다면 수검기기 입출력(특히 공정접속)의 허용전압이

부 록 D

고주파 전도잡음 내성시험 기준(안)

구분	내 용	비 고
대 상 기 기 의 종 류	1. 컴퓨터 및 주변 기기 2. 가정용 전자, 전기 기기 3. 산업, 과학 및 의료용 기기 4. 유선통신 관련 기기 5. 기타 기기 ※각종 기기는 의도하는 사용환경 및 설치운용 상태로 수검을 받아야 함.	※기타 기기 및 세부분류는 정부 고시에 따름.
시 험 기 기 의 특 성 및 설 정	1. 시험발생기 가. 구성 <ul style="list-style-type: none"> - RF 신호발생기(G1) - 감쇄기(T1) - RF 스위치(S1) - 광대역 전력증폭기(PA) - 저역/고역 통과필터(LPF, HPF) - 감쇄기(T2) 나. 구성품 세부기능 <ul style="list-style-type: none"> - RF 신호발생기 <ul style="list-style-type: none"> • 1.5×10^{-3} DECADES/S 이하의 자동소인 능력 또는 수동조절 가능 • RF 합성장치의 경우는 반드시 주파수 스텝 사이즈 및 정제시간이 프로그램되어 질 수 있어야 한다. - 감쇄기(T1) <ul style="list-style-type: none"> • 전형적으로 0~40dB이며 방해시험원의 출력레벨을 조절하기 위해 사용하며, RF 신호발생기에 포함된다. - RF 스위치(S1) <ul style="list-style-type: none"> • 수검기기 내성을 측정시 방해시험신호를 절체 할 수 있어야 한다. - 광대역 전력 증폭기(PA) <ul style="list-style-type: none"> • RF 신호발생기의 출력 전압이 불충분할 때 증폭시키기 위해 사용한다. - 감쇄기(T2, 고정 : 6dB, Z_0 : 50Ω) <ul style="list-style-type: none"> • 충분한 정격전력을 가져야한다. • 반드시 전력증폭기로부터 회로망에 부정합을 감소시켜야 하며 가능한한 결합회로망에 가까이 위치되어야 한다. • 감쇄기는 결합/ 감결합 회로망에 포함되며 광대역 전력증폭기의 출력 임피던스가 어떤 부하 상태에서도 규격내에 들 경우는 삭제할 수 있다. - 저역통과(LPF)필터, 고역통과필터(HPF) <ul style="list-style-type: none"> • 수검기기가 수신기 종류일 때 고조파에 의한 영향을 피하기 위해 필요하며, 광대역 전력증폭기와 감쇄기 사이에 삽입된다. 다. 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 출력 임피던스 : 50Ω, VSWR ≤ 1.2 - 고조파 및 왜곡 : 반송파 레벨 -15dB 이하 - 진폭변조 : 내부 또는 외부 변조도 : $80 \pm 5\%$ 변조신호 : 1kHz ± 10% 정현파 	

구분	내 용	비 고									
시험 기 의 특 성 및 설 정	<p>- 출력레벨 : 시험레벨을 만족할 수 있도록 충분히 클 것</p> <p>2. 결합/ 감결합 장치</p> <p>- 주요인자인 수검기기 포트에서의 공통모드 임피던스(Z_{ce})는 다음의 표 1과 같다.</p> <p style="text-align: center;">표 1. 공통모드 임피던스</p> <table border="1"> <tr> <th>주파수 범위</th><th>150kHz ~ 26MHz</th><th>26 ~ 80MHz</th></tr> <tr> <td>인자</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Z_{ce}</td><td>$150 \pm 20 \Omega$</td><td>$150 + 60 / - 45 \Omega$</td></tr> </table> <p>가. 직접주입장치</p> <p>- 시험발생기로부터 발생된 방해신호는 100Ω 저항을 통해 차폐 및 동축 케이블에 동전기적으로 인가된다. 보조장치와 주입점 사이의 감결합 회로망은 가능한한 주입점 가까이에 삽입되어야 한다(부록 D-4의 그림 D-4-1 참조).</p> <p>나. 결합/ 감결합 회로망</p> <p>- 부록 D-4의 언급한 바와 같이 M1, M2, M3, T2, T4, AF-2등과 같이 특정 차폐되지 않은 케이블에 사용되어질 수 있다. 그 회로망은 신호의 기능에 심한 영향을 주지 않아야 한다. 결합/ 감결합 회로망의 전형적인 개념은 그림 D-1-5-A와 D-1-5-B에 나타나 있다.</p> <p>① 결합/ 감결합 전원 공급회로망</p> <p>- 모든 전원 공급 접속은 결합/ 감결합 회로망이 반드시 갖추어야 한다. 방해신호는 부록 D-4의 그림 D-4-2와 같은 801-M1(단선), -M2(복선) 또한 -M3(3선)형 또는 이와 동등한 회로망을 사용하여 전원선에 결합되어진다.</p> <p>- 결합회로는 그림 D-1-5-A에 나타나 있다. 수검기기로 부터 보조장치회로로 연결되는 모든 선은 포화를 방지하기 위하여 공통모드 코어에 코일을 감아야 한다. 감결합회로는 라.항에서 기술되는 내용과 동일하다.</p> <p>- 실제의 설치상태에서 전원선들이 각각 연결되어 진다면 각각 다른 801-M1 결합/ 감결합 회로망이 사용되어야 하며 모든 입력포트는 각각으로 취급되어야 한다. 만일 수검기기에 접지단자가 있는 경우에는 접지단자는 접지기준면에 연결되어야 한다.</p> <p>② 비차폐 평형선으로의 결합 및 감결합</p> <p>- 평형선을 갖는 비차폐 케이블에 대한 결합/ 감결합 방해신호를 위해서는 T2 회로망 또는 T4 회로망이 결합/ 감결합 회로망으로 사용되어진다.</p> <p>- 부록 D-4의 그림 D-4-4, D-4-5-A, D-4-5-B에 나타나 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • T2 : 한개의 대칭쌍을 가진 케이블(2선)에 사용 • T4 : 두개의 대칭쌍을 가진 케이블(4선)에 사용 <p>- 여러쌍의 평형선인 경우에는 클램프 주입을 사용할 수 있다.</p> <p>③ 비차폐 비평형 라인으로의 결합 및 감결합</p> <p>- 비평형 라인을 갖는 비차폐 케이블에 대한 결합/ 감결합 방해신호를 위해서는 부록 D-4의 그림 D-4-3에 묘사되어진 결합/ 감결합 회로망이 사용되어진다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 801-AF2 : 2선을 가진 케이블에 사용 <p>- 비평형 복합선 케이블인 경우에는 클램프 주입이 적절하다.</p> <p>다. 클램프 주입장치</p> <p>- 클램프 주입장치에 있어서 결합/ 감결합 기능들은 분리되어진다.</p> <p>- 결합은 공통모드 임피던스하에서 클램프 온 장치에 의해서 이루어지며 분리기능은 보조장치에서 이루어진다. 이와같이 보조장치가</p>	주파수 범위	150kHz ~ 26MHz	26 ~ 80MHz	인자			$ Z_{ce} $	$150 \pm 20 \Omega$	$150 + 60 / - 45 \Omega$	
주파수 범위	150kHz ~ 26MHz	26 ~ 80MHz									
인자											
$ Z_{ce} $	$150 \pm 20 \Omega$	$150 + 60 / - 45 \Omega$									

구분	내 용	비 고
시험 기 의 특 성 및 설 정	<p>감결합장치의 일부분이 된다.</p> <p>① 전류 클램프</p> <ul style="list-style-type: none"> 이 장치는 수검기기에 연결되는 케이블에 유도성 결합을 만든다. 용량성 결합을 최소화하기 위해서 케이블을 클램프 중앙에 위치시키는 것이 일반적으로 필요하다. <p>② 전자기 클램프</p> <ul style="list-style-type: none"> 전자기 클램프는 수검기기에 연결되는 케이블에 용량성 및 유도성 결합을 모두 확립하며 이에 대해서는 부록 D-6에 기술되어 있다. 10MHz 이하 주파수에서 수검기기 포트에서의 공통 모드 임피던스는 보조장치 설치에 의해 결정되어진다. 10MHz 이상에서 공통모드 임피던스는 전자기 클램프 자체에 의해서 주로 결정되어진다. <p>③ 감결합회로망을 가진 전자기 클램프</p> <ul style="list-style-type: none"> 보조장치에 대한 시험설치 상태가 '시험구성'항의 표 2를 만족할 수 없는 경우 감결합 회로망을 가진 전자기 클램프가 사용된다. 부록 D-6에 기술된 감결합 회로망이 전자기 클램프와 보조장치 사이에 삽입되어진다. <p>라. 감결합 회로망</p> <ul style="list-style-type: none"> 감결합 회로망은 주파수 범위에 걸쳐서 높은 임피던스를 만들기 위하여 여러개의 인덕터로 구성한다. 이것은 사용된 페라이트 재질에 의해 결정되고 150kHz 주파수에서 적어도 280μH의 인덕터가 요구된다. 리액턴스는 26MHz 주파수까지는 260Ω 이상이어야 하고 26MHz를 초과하는 주파수에서는 150Ω 이상이어야 한다. 인덕턴스는 페라이트 링코어에 선을 여러번 감거나 케이블에 여러개의 링코어를 사용함으로써 만들 수 있다. 직접접입시 또는 수검기기 및 보조장치에 연결된 시험하지 않는 케이블에 사용된다. 전자기 클램프와 복합으로 감결합 회로망이 사용되어질 때에는 부록 D-6에 제시된 것과 같은 감결합 회로망이 선택된다. <p>3. 결합/ 감결합 장치의 수검기기 포트에서 공통모드 임피던스 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> 결합/ 감결합 장치는 수검기기 포트에서의 공통모드 임피던스에 의해서 그 특성이 결정된다. 그림 D-1-7-B에서와 같이 결합/ 감결합 회로장치와 임피던스 기준면은 장치의 투영된 평면의 모든 축에서 적어도 0.2m 이상 넘는 크기의 접지 기준면위에 놓아야 한다. 회로망 분석기 또는 임피던스 메타는 50Ω 기준 임피던스와 같이 사용된다. 회로망 분석기는 임피던스 기준면에서 개방회로, 단락회로 그리고 50Ω 부하상태에서 교정되어야 한다. 수검기기 포트단자와 임피던스 기준 연결부를 서로 짧게 연결(≤3cm)할 필요가 있다. 그림 D-1-7-B의 기하학적 도형과 그림 D-1-7-C의 원리가 공통모드 임피던스를 입증하는 데 사용된다. 결합/ 감결합 회로망은 입력포트를 50Ω부하로 종지하고 보조장치 포트를 순차적으로 단락회로 상태와 개방회로 상태로 한 경우 위 2항의 표 1에 나타나 있는 임피던스 요구사항을 만족해야 한다. 150Ω TO 50Ω 변환기에 대한 결합계수 <ul style="list-style-type: none"> 동일한 구조의 150Ω TO 50Ω 변환기 2개가 필요하다. 구조는 그림 D-1-7-F에 나타나 있다. 변환기는 모든 면에서 이 장치의 투영된 평면을 적어도 0.2m 초과하는 크기의 접지기준면 위에 놓여져야 한다. 결합계수는 그림 D-1-7-D의 원리에 따라 측정된다. 이 값은 50Ω 시스템에서 측정하였을 때 9.5 ± 0.5 dB 범위 내에 있어야 한다. 	

구분	내용	비고
시험기이특성 및 설정	<p>4. 시험발생기의 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 무변조된 시험레벨의 정확한 설정을 위해 다음의 절차가 적용되며 시험중에 변조는 켜진 상태로 유지되어야 한다. - 결합장치의 수검기기 포트에서 출력레벨 설정 <ul style="list-style-type: none"> • 시험발생기는 결합장치의 RF 입력포트에 연결된다. 결합장치의 수검기기 포트는 공통모드로써 150Ω TO 50Ω 변환기를 통하여 50Ω 입력 임피던스를 가진 측정기기에 연결된다. 보조장치 포트는 공통모드로 50Ω로 종단된 150Ω TO 50Ω 변환기를 사용하여 부하된다. • 전자기 클램프가 감결합 회로망과 함께 사용될 때 출력 레벨 설정은 수검기기 포트에서 수행되어야 하며 감결합 회로망은 전자기 클램프의 보조장비 포트측에 설치된다. • 모든 결합/ 감결합 장치에 대한 설치가 그림 3-8에 나타나 있다. • 이상에서 언급된 설치를 사용하여 시험발생기는 측정장비상에 다음의 값이 얻어지도록 조절되어야 한다. $U_{mr} = U_o / 6 \pm 25\%, \text{ 선형값 또는}$ $U_{mr} = U_o - 15.6\text{dB} \pm 2\text{dB}, \text{ 대수값}$ (U_{mr} : 측정장비의 전압 U_o : 시험 발생기 전압) ※ 인수 6(15.6dB)은 시험레벨로 설정된 실효값으로 부터 발생한다. 정합된 부하값이 실효값의 1/2이고 1/3 전압분배는 50Ω 측정장비로 종단되어진 150Ω TO 50Ω 변환기에 의해 발생된다. 그 설정은 각각의 결합 및 감결합상태에 대해 실시되어야 한다. 시험발생기 설정의 조정인자는 기록되어야 하고 시험시 사용된다. 	
시험조건	<ul style="list-style-type: none"> - 수검기기는 사용목적에 맞는 기후조건 내에서 동작되어야 한다. 온도와 상대습도 및 기압은 시험보고서에 기록되어야 한다. - 방사 에너지가 너무 높으면 차폐된 방이 사용되어야 한다. - 시험은 결합장치의 쓰이지 않는 RF 입력포트를 50Ω 부하저항으로 종단한 상태에서 각각의 결합/ 감결합 장치에 차례로 시험발생기를 연결하여 실시된다. - 필터는 고조파로부터 수검기기 방해를 방지하기 위하여 사용된다. <ul style="list-style-type: none"> • 100kHz 고역 통과 필터(HPF)는 시험발생기와 함께 요구된다. • 저역 통과필터(LPF)의 대역저지 특성은 고조파를 그 대역내에서 요구되는 내성수준으로 억제하기에 충분해야 한다. • 이러한 필터들은 시험등급을 설정하기 전에 시험발생기와 함께 삽입되어야 한다. - 주파수 범위는 150kHz부터 80MHz까지 소인되는데, 시험설치과정 동안 설정되고 1kHz 정현파로 80% 진폭변조된 방해신호를 갖는 신호레벨을 사용하며, 필요에 따라 RF 신호레벨의 조정이나 결합장치의 변환은 금지한다. <ul style="list-style-type: none"> • 소인률은 1.5×10^{-3} DECADES/S를 초과할 수 없다. • 주파수를 점진적으로 증가시킬 때 그 간격은 시작 주파수의 1%를 초과하여서는 안되며 그 이후는 앞의 간격 주파수의 1%를 초과해서는 안된다. • 각 주파수에서 정체시간은 시험을 받는 수검기기가 응답할 수 있는 시간보다 적어서는 안된다. • 클락 주파수나 고조파 또는 주요하게 관심있는 주파수에 대해서는 개별적으로 분석되어야 한다. - 예비시험은 주파수 범위에서 시작주파수의 4%를 초과하지 않은 간격을 (그이후는 앞의 간격주파수의 4%를 초과 하지 않은 간격) 가지고 점진적으로 소인하여 행할 수 있다. - 시험레벨은 설정된 시험레벨값보다 적어도 2배 이상이어야 한다. - 논쟁이 생겼을 경우 시작주파수의 1%의 간격을 초과하지 않는 시험절차가 우선된다. 	
시험구성	<p>1. 탁상형 및 바닥형기기에 대한 시험장치 구성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수검기기는 접지 기준면으로부터 약 10cm정도 높은 절연 지지대 위 	

구분	내 용	비 고
시험 구성	<p>에 놓여진다. 관련된 모든 케이블은 적절한 결합/ 감결합 장치가 준비되어야 하며 접지기준면 위의 수검기기의 투영된 평면으로 부터 10cm에서 30cm 거리에 있어야 한다.</p> <p>가. 하나의 장치로 구성된 수검기기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수검기기는 접지기준면에서 10cm 위의 절연지지대 위에 놓는다. 탁상형기기에 대해서는 접지기준면을 탁상위에 놓는다. - 시험해야할 모든 케이블에는 결합/ 감결합 장치가 삽입된다. <ul style="list-style-type: none"> • 결합/ 감결합 장치는 수검기기로 부터 약 10cm~30cm 떨어진 곳에서 직접 접촉을 통해 접지기준면 위에 놓여진다. • 결합/ 감결합 장치와 수검기기 사이의 케이블은 가능한 한 짧아야 하며 묶거나 접을 수 없다. • 접지기준면 위의 케이블의 높이는 가능한 곳에서 3cm 내지 5cm이어야 한다. - 수검기기가 다른 접지단자들을 가지고 있다면 결합/ 감결합 회로망 801-M1을 통하여 접지기준면으로 연결하고, 키보드나 손으로 쥐는 부속물들이 갖추어져 있다면 의사손을 키보드 위에 놓거나 부속물 주위를싼 후 접지기준면에 연결되어야 한다. - 모든 보조장치는 결합/ 감결합 장치를 통하여 수검기기에 연결되어진다. <p>나. 여러 장치로 구성된 수검기기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수검기기가 여러 장치로 구성되어 있다면 다음의 방법이 사용된다. <ul style="list-style-type: none"> • 대표적 방법 <p>각각의 보조기기를 수검기기로 취급하고 따로 시험한다. 이때 다른 것 들은 보조장치로 간주한다. 결합/ 감결합 장치는 수검기기로 취급된 보조기기들의 케이블에 사용한다. 모든 보조기기는 차례로 시험되어야 한다.</p> • 선택적 방법 <p>보조기기들이 항상 약 1m이하의 짧은 케이블로 함께 연결되어 있고 시험되어야 할 장치의 일부분일 경우는 하나의 수검기기로 간주될 수 있다. 그림 D-1-10과 같이 이들 케이블은 시스템의 내부 케이블로 간주하여 전도 내성시험이 실시되지 않는다. 수검기기의 부분을 이루는 장비들은 접촉하지 않은 채로 모두 접지 기준면 위로 10cm 떨어진 절연 지지대 상에서 서로 가능한 한 근접하게 설치되어야 한다. 이들 기기의 상호 연결 케이블도 역시 절연지지대 위에 놓는다. 결합/ 감결합 장치는 수검기기의 전원 및 보조 장치 등으로 연결되는 다른 케이블에 사용한다.</p> <p>다. 시험 포인트 및 주입방법 선택에 대한 규칙</p> <ul style="list-style-type: none"> - 결합/ 감결합 장치를 갖추기 위한 케이블의 유형과 수를 선택하는 데 있어서 실제 설비의 물리적 구조를 고려해야 한다. 표 2는 전원케이블 이외의 모든 케이블의 주입방법 선택에 대한 지침을 나타내고 있다. 전원선에 대한 결합일 경우 결합/ 감결합 회로망이 강제적이다. - 모든 케이블은 실제 설치 상태와 가깝도록 기능적으로 종단되어야 한다 - 임의의 조사를 위한 시험을 수행하는데 있어서는 가장 민감한 케이블의 구성요소가 선택되어야 한다. 수검기기에 연결된 다른 모든 케이블들은 기능적으로 허용될 경우 접촉되지 않아야 하고 감결합 회로망만 제공되어야 한다. - 수검기기로 연결되는 여러 케이블의 길이가 10cm 이상이거나 이것이 케이블 트레이나 도관으로 수검기기에서 다른 장비로 연결한 경우는 한개의 케이블로 취급될 수 있으며 클램프 주입이 적용된다. 	

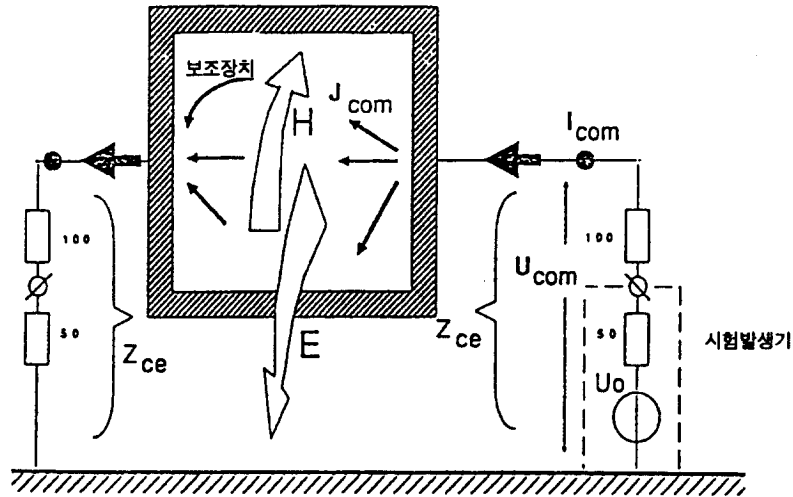
구분	내용	비고
시험구성	<p>표 2. 주입방법 선정에 대한 흐름도</p> <p>주입 방법 선택</p> <pre> graph TD A[주입 방법 선택] --> B{케이블 차폐여부} B -- NO --> C{결합/ 감결합 회로망 의 적절성} B -- YES --> D[직접 주입 방법 사용] C -- YES --> E[결합/ 감결합 회로망 사용] C -- NO --> F[클램프 주입방법 사용] F --> G[요구사항에 대한 점검 1. 보조장비의 임피던스 150Ω 존재여부 2. 케이블 은 접지기준면상 30 ~ 50mm 이격 여부 3. 보조장비의 충분한 내성 4. 수검기기와 보조장비사이의 케이블 길이의 짧음 여부] G --> H{요구사항들의 만족 여부} H -- NO --> I[전자파 클램프와 감결합 회로망 사용] H -- YES --> J[전류 클램프 또는 전자파 클램프 사용] </pre> <p>라. 적절한 클램프 주입 적용에 대한 지침</p> <ul style="list-style-type: none"> - 클램프 주입을 사용할 때 보조장치 설치에 표 1의 공통모드 임피던스에 가깝도록 되어야 한다. 클램프 주입을 사용하는 각 보조장치는 기능적 설치상태를 가능한 가깝게 나타내어야 한다. - 요구되는 공통모드 임피던스에 근접하기 위하여 다음 수단들이 이루어지는 것이 필요하다. <ul style="list-style-type: none"> • 클램프 주입 사용이 필요한 각 보조장치는 반드시 접지기준면으로부터 10cm 위의 절연지지대에 놓아야 한다. • 수검기기에 연결되는 케이블 외에 각 보조장치에 연결되는 모든 케이블들은 감결합 회로망이 준비되어야 한다. • 이들 감결합 회로망들은 보조장치로부터 30cm 이내에서 설치되어야 한다. • 보조장치와 감결합 회로망 또는 보조장치와 주입클램프 사이의 케이블은 절대 묶거나 감아서는 안되며 그림 D-1-6과 같이 접지기준면 위에서 3cm 에서 5cm 간격을 유지하여야 한다. • 보조장치와 클램프 주입장치 사이의 케이블 길이는 가능한 한 짧아야 하지만(30cm 이하), 전자기 클램프를 사용할 때 10MHz 이상의 주파수에서 공통모드 임피던스는 전자기 클램프에 의해 주로 결정되므로 덜 중요하다. • 수검기기에 전기적으로 접속된 케이블에 설치되어지는 감결합 회로망은 입력포트가 50Ω로 종단된 결합/ 감결합 회로망으로 대체될 수 있으며 이것은 접지기준면에 대해 보조장치의 150Ω 부하를 나타내어야 한다. 	

구분	내용	비 고																				
시험구 성	<ul style="list-style-type: none"> • 보조장치가 별도의 접지단자를 가지고 있는 경우는 이 접지단자는 다른 모든 케이블에 감결합 회로망을 사용한 상태에서 입력포트가 50Ω로 종단된 801-M1 회로망을 통하여 접지기준면에 연결되어야 한다. • 보조장치가 2선 전원시스템만으로 부터 전원을 공급받는 경우는 801-M2 결합/ 감결합 회로망이 사용된다. 이러한 경우는 보조장치로 부터 수검기기로 가는 케이블 보조장치 내에 내부적으로 광결합기나 절연 변압기에 의해 절연되어있는 경우와 같으므로 주파수 대역에서 공통으로 임피던스 요구사항을 만족시킬 수 없다. 이러한 상태는 시험보고서에 기술되어야 한다. <p>※주 : 전류 클램프를 사용할 때, 기준신호보다 더 낮은 주파수에서는 주의의를 해야 하는데 광대역 전력증폭기(PA)에 의해 발생되는 더 높은 고조파는 결합장치의 수검기기 포트에서 기준신호보다 더 높은 레벨에서는 나타나지 않는다.</p>																					
시험등 급	<p>- 9kHz에서 150kHz 주파수 범위의 의도적인 RF 송신기로부터 발생하는 전자계에 의해 야기되는 방해에 대해서는 시험이 요구되지 않는다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>주파수 범위</th><th colspan="2">150kHz~80MHz</th></tr> <tr> <th rowspan="2">등급</th><th colspan="2">전압등급(emf)</th></tr> <tr> <th>U_o(dBμV)</th><th>U_o(V)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>120</td><td>1</td></tr> <tr> <td>2</td><td>130</td><td>3</td></tr> <tr> <td>3</td><td>140</td><td>10</td></tr> <tr> <td>X</td><td>특수값</td><td>특수값</td></tr> </tbody> </table> <p>※주 : X는 개방등급 임.</p> <p>- 실험치로 표시된 무변조 방해신호의 개방회로 시험등급은 아래 표와 같다. 제품의 시험을 위하여 이 신호는 1kHz의 정현파로 80% 진폭변조 된다. 진폭변조의 효과는 그림 D-1-4에 나타나 있다.</p> <p>- 시험등급의 선정에 대한 지침은 부록 C-3에 나타나 있다.</p>	주파수 범위	150kHz~80MHz		등급	전압등급(emf)		U _o (dBμV)	U _o (V)	1	120	1	2	130	3	3	140	10	X	특수값	특수값	
주파수 범위	150kHz~80MHz																					
등급	전압등급(emf)																					
	U _o (dBμV)	U _o (V)																				
1	120	1																				
2	130	3																				
3	140	10																				
X	특수값	특수값																				
시험평가서 및 보고서 작성	<p>- 시험결과는 동작조건 및 수검기기의 성능사항의 기초하에서 다음과 같이 분류되어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 규정된 제한범위 내에서의 정상동작 • 자체적으로 회복가능한 성능의 일시적인 성능저하나 손실 • 운용자의 개입 또는 시스템 재동작을 필요로 하는 일시적인 성능저하나 오동작 • 장비(부품)나 소프트웨어의 손상 또는 데이터의 손실에 의해 회복 불가능한 성능저하나 오동작 <p>- 승인시험인 경우, 시험 프로그램 및 결과의 해석은 제품 표준내에 설명되어져야 한다. 일반적인 규칙으로써 제품이 방해신호 인가 전기간 동안 내성을 보이고 시험 후에 기술적 사양에 나타난 기능적 요구사항을 전부 만족한다면 시험결과는 이상이 없다.</p> <p>- 시험보고서에는 다음사항이 포함되어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수검기기의 크기 • 수검기기의 대표적인 동작조건 • 수검기기가 단독 또는 조합기기로써 시험되어지는지의 여부 • 사용된 시험설비의 종류 및 수검기기, 보조장치 그리고 결합/ 감결합 장치의 위치 • 사용된 결합/ 감결합 장치 및 결합계수 • 주파수의 소인률, 지속시간 및 주파수 간격 																					

정전기 방전(ESD) 및 서어지(SURGE) 내성시험 연구

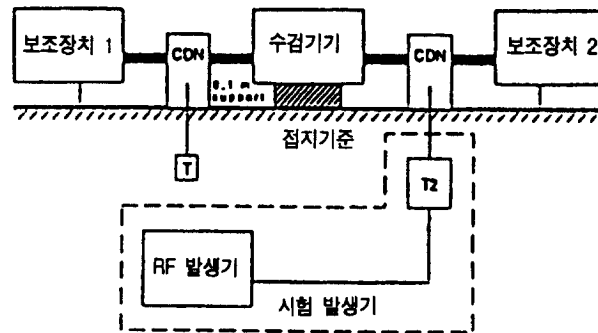
구분	내 용	비 고
시 험 평가서 및 보고서 작 성	<ul style="list-style-type: none"> • 인가되어진 신호의 등급 • 사용된 상호 연결 케이블의 종류 및 이들이 연결되어지는 수검기기의 연결포트 종류 • 방해신호가 인가되었을 때 성능기준 • 수검기기 시험방법에 대한 기술 • 시험환경(주위온도, 상대습도, 기압) 	

부 록 D-1



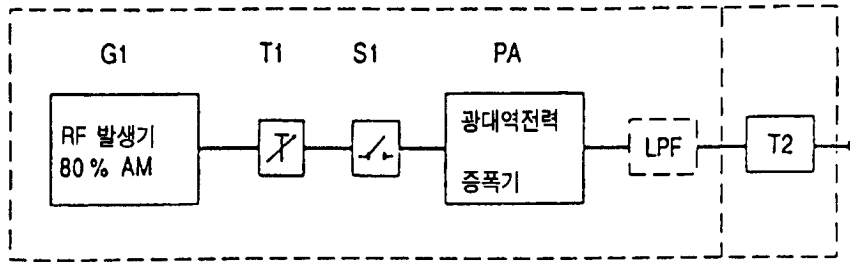
Z_{ce} : 결합 및 감결합 회로망의 수검기기 포트와 공통모드 임피던스(150Ω)
 ※ 주 : 100Ω저항은 결합 및 분리 회로망에 포함되어 있음, 좌측 입력은 50Ω저항으로 종단되어 있으며 우측 입력은 시험발생기에 의해 부가된다.
 U_0 : 시험발생기 출력전압(emf)
 U_{com} : 수검기기와 기준면 사이의 공통모드 전압
 I_{com} : 수검기기를 통과하는 공통모드 전류
 J_{com} : 수검기기 내에서의 공통모드 전류 밀도
 E, H : 전계, 자계

그림 D-1-1. 전도된 RF방해 내성방법에 따라 RF신호에 의해 발생된 공통모드 전류 및 전압에 의해 생성된 전자파 근거리장을 설명하기 위한 그림 D-1-2의 등가회로



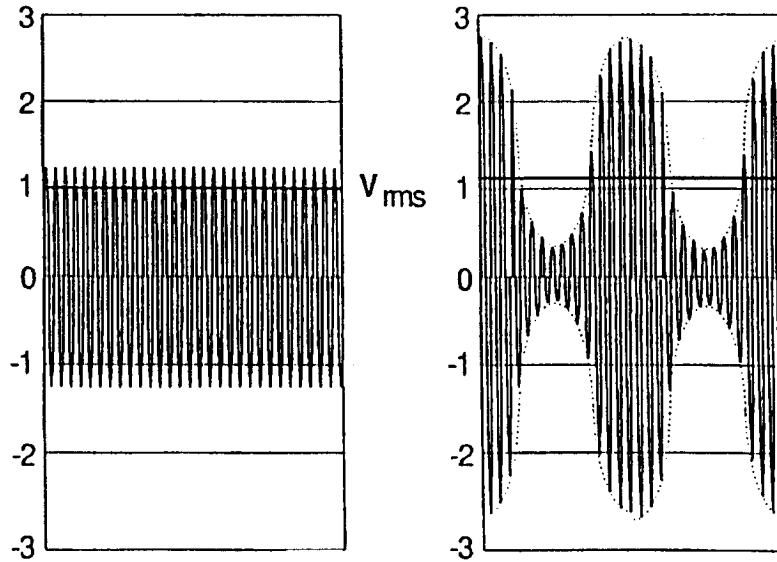
T= 50Ω종단기, T2=전력감쇄기(≥ 60 dB)
 CDN=결합/ 감결합 회로망

그림 D-1-2. RF 전도방해 내성시험을 위한 장치



G1 : RF 발생기
PA : 광대역 전력증폭기
LPF : 저역통과필터,
T1 : 가변감쇄기
T2 : 고정감쇄기(6dB, 요구시 사용)
S1 : RF 스위치

그림 D-1-3. 전도된 RF방해 내성방법에서 요구되는 시험발생기에 대한 장치



(a) 비변조 RF 신호

$V_{pp}=2.8V$, $V_{rms}=1.0V$

(B) 80% 진폭변조 RF 신호

$V_{pp}=5.1V$, $V_{rms}=1.12V$

그림 D-1-4. 결합장치 수검기기 포트의 출력에서 발생되는 파형 및 시험등급 1의 정의

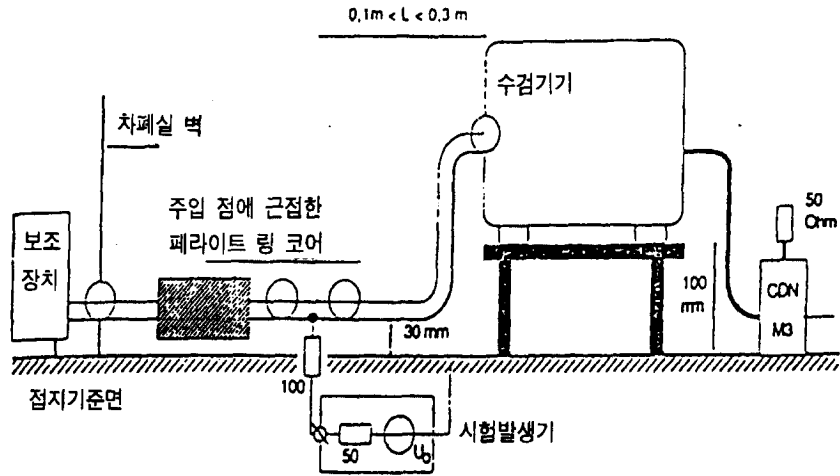


그림 D-1-5-A. 차폐된 케이블에 직접 결합시 원칙

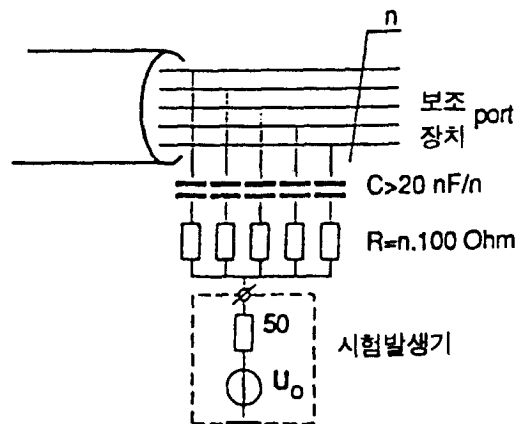
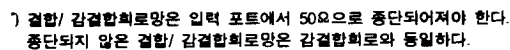
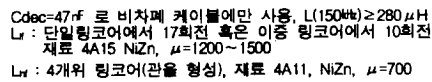


그림 D-1-5-B. 비차폐 전원 케이블에 직접 결합시 원칙



670

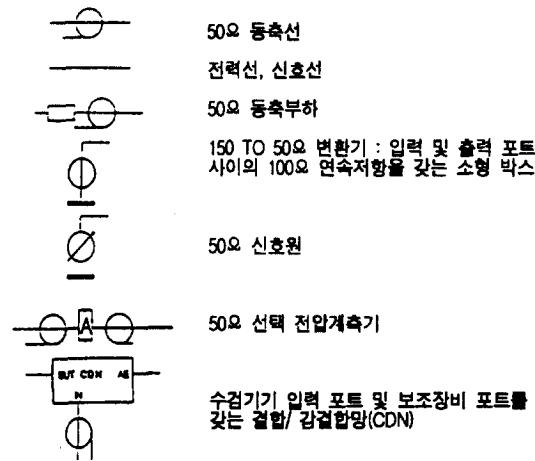
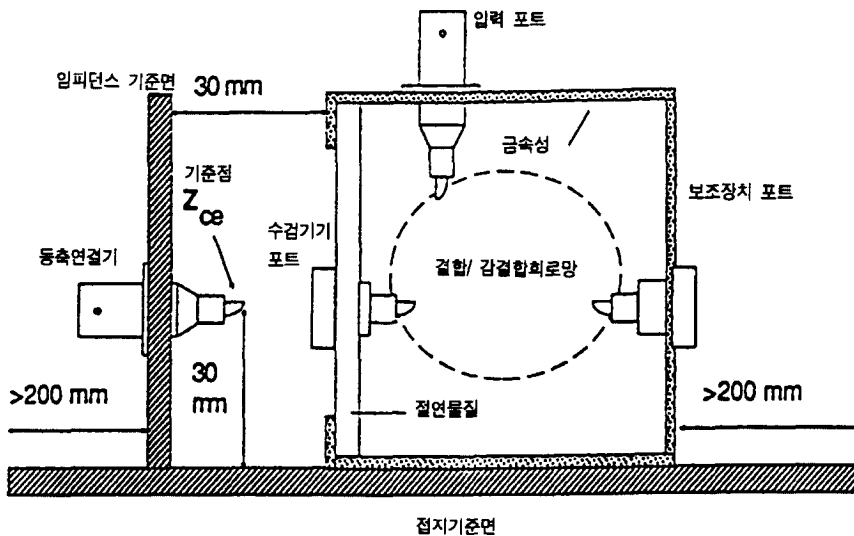
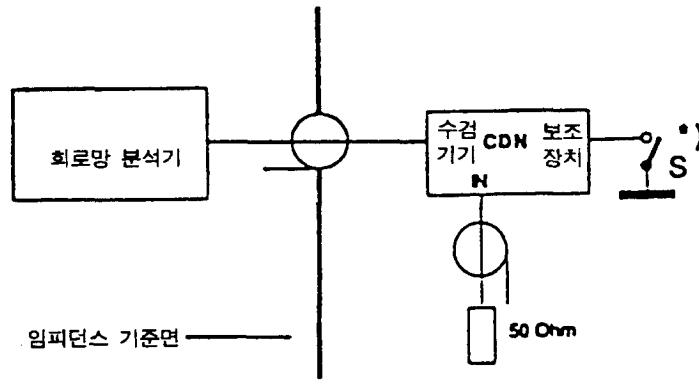


그림 D-1-7-A. 장치 원칙에 사용되는 심볼 목록



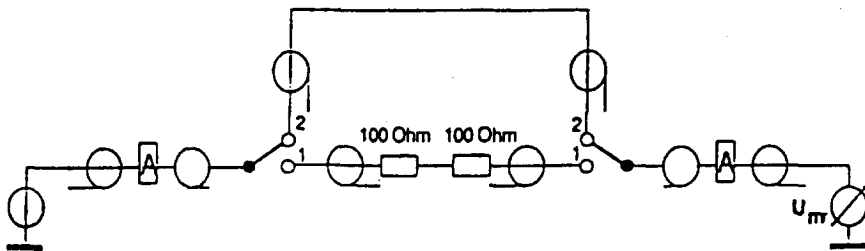
접지기준면 : 결합/ 감결합 장치 및 다른 장치의 투영된 평면보다 적어도 0.2m이상이어야 함.
 임피던스 기준면(BNC 접속기 있음) : 0.1×0.1m
 접지기준면 및 임피던스 기준면은 구리, 납석 또는 알루미늄으로 제작되어야 하며 반드시 좋은 RF 접속을 가져야 한다.

그림 D-1-7-B. 결합/ 감결합 회로망의 임피던스 특성을 확인하기 위한 장치의 기하학적 세부도



임피던스 요구사항은 S 스위치가 단선과 단락시 모두 만족하여야 함.

그림 D-1-7-C. 결합/ 감결합 장치의 Z_{CE} 를 확인하기 위한 장치 원칙



$$\text{결합인수} = U_m(\text{스위치 2 지점}) - U_m(\text{스위치 1지점})$$

dB dB(μV) dB(μV)

그림 D-1-7-D. 2개의 150 TO 50 Ω 변환기의 결합인수 측정을 위한 장치 원칙

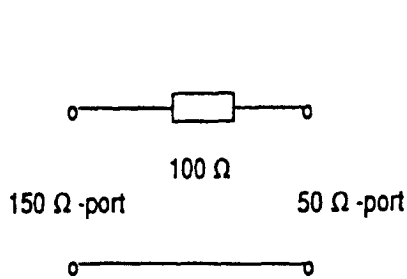


그림 D-1-7-E. 150 TO 50 아답터
저항 : 금속막 $P \geq 2.5\text{Watt}$

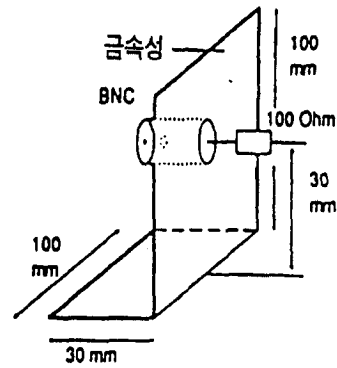
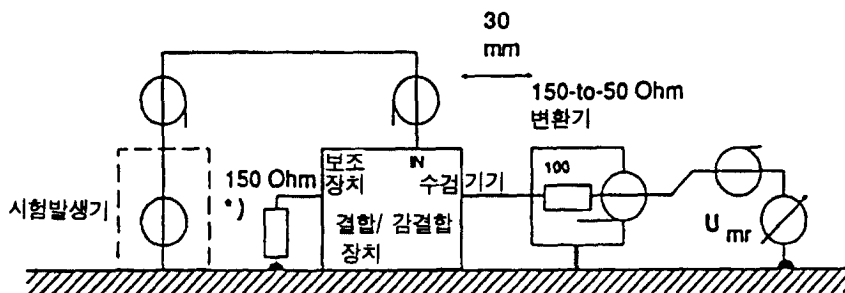
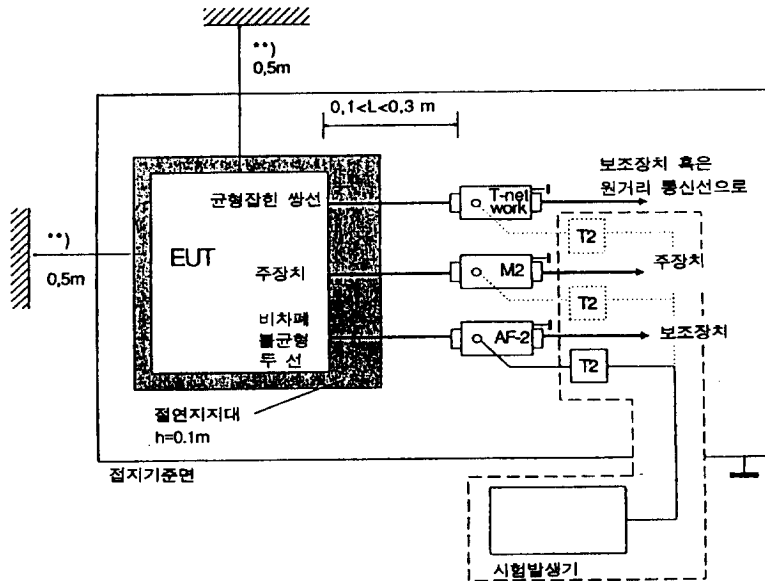


그림 D-1-7-F. 구조도
그림 3-7-8와 동일하지만
100 Ω 저항이 추가됨



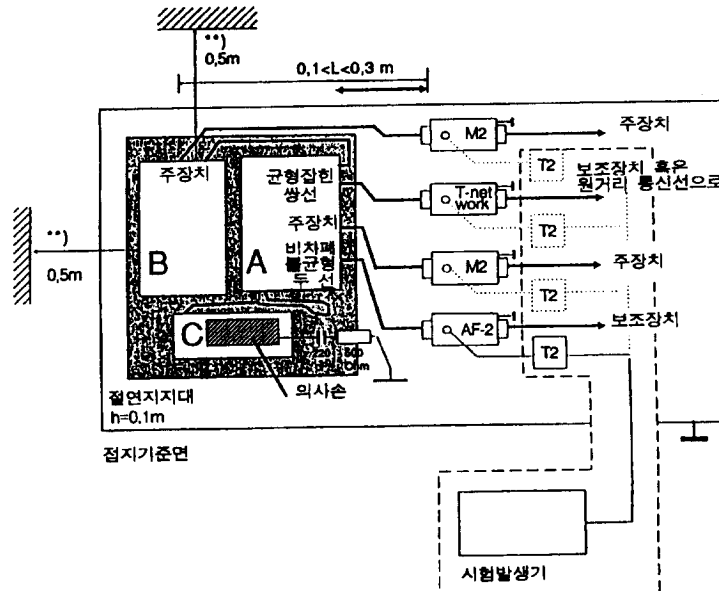
*) 보조장치 포트에서의 150 Ω 부하(예 : 50 Ω 부하로 종단된 150 Ω TO 50 Ω 변환기)는 단지 비차폐 케이블에만 적용된다. (차폐케이블은 차폐가 보조장치측에서 접지 기판면에 연결되어진다.)

그림 D-1-8. 결합/ 감결합 장치의 수검기기 포트에서 레벨 설정을 위한 장치



*) 어떤 금속 장애물로부터의 수집기가 간격은 적어도 0.5m가 되어야 한다.

그림 D-1-9. 전도된 RF 방해내성에 대한 단일장치의 시험 장치의 예



*) 어떤 금속 장애물로부터의 수집기가 간격은 적어도 0.5m가 되어야 한다.

그림 D-1-10. 단일 수집기기로써 고려되어지는 복합장치 시스템의 시험 장치의 예

부 록 D-2 인가 주파수 범위에 대한 선정 기준

이 시험표준에는 150kHz 부터 80MHz의 주파수 범위만 시험토록 되어 있으나 인가 주파수 범위는 수검 기기의 동작 및 설치조건에 의해 결정된다. 예로써 전체 크기가 0.4m 이하이고 어떠한 금속체의 케이블도 연결되지 않는 배터리로 동작하는 기기는 80MHz 이하 주파수는 시험이 필요치 않다.

일반적으로 멈춤 주파수는 80MHz 이다. 경우에 따라서는 작은 크기의 제품이거나, 제품 사양에 멈춤 주파수가 언급되어 있는 경우는 멈춤 주파수가 최대 230MHz 까지 확대될 수 있다. 시작 주파수는 연결된 케이블을 포함한 수검기기가 방해전자계로 부터 많은 양의 고주파 에너지를 받을 수 있는가에 따라 결정되며, 다음의 3가지 경우가 고려된다.

1. 접지 및 다른 기기와 연결되지 않으며 배터리로 전원이 공급되는 기기는 이 규격에 의한 시험이 필요치 않다.
2. 신호 및 입, 출력 케이블을 통해 절연(접지로부터)된 타 기기에 연결되며 전원 공급망에 연결되는 기기
3. 신호 및 입, 출력 케이블을 통해 비절연된 타 기기에 연결되며 전원 공급망에 연결되는 기기

또한 다음의 규칙이 적용된다.

1. 통신망 또는 국부망 등과 같은 확장망에 연결의도를 가진 전원 공급 케이블 및 다른 모든 케이블은 시작주파수가 150kHz이다.
2. 배터리로 동작하는 기기의 경우는 연결되는 케이블을 포함한 크기에 의해 그림 D-2-1과 같이 시작 주파수가 결정된다.
3. 키보드, 마우스등과 같이 다른 절연기기에 연결되는 케이블의 경우는 이들 케이블과 기기의 크기를 포함한 길이에 의해 그림 D-2-1과 같이 시작 주파수가 결정된다.
4. 다른 비절연기기 및 접지 또는 확장망에 연결되는 절연기기에 연결된 케이블의 경우는 시작 주파수가 150kHz이다.

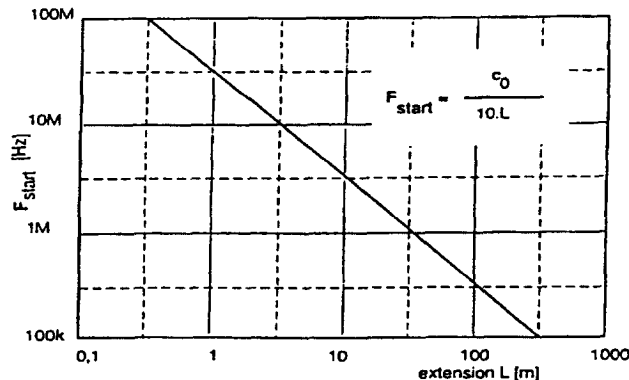


그림 D-2-1. 케이블 길이 및 제품 크기의 함수에 의한 시작 주파수

$$C_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s, } L = \text{케이블 길이} + \text{제품 크기}$$

부 록 D-3 시험등급 선정에 대한 지침

시험등급의 강도는 최종설치 되었을 때 수검기기 및 케이블에 인가되어지는 전자파 방사환경에 따라서 선정된다.

다음의 분류는 적절한 등급의 선정을 위한 일반 지침으로 쓰인다.

분류 1 : 저등급 전자파 방사 환경.

1km 이상의 거리에 위치한 지역 라디오/텔레비전 방송국으로부터의 등급 및 저전력 송신기에 의한 등급.

분류 2 : 중간정도의 전자파 방사 환경.

기기에 근접하여 사용이 제한되는 조건하에서의 저전력 포터블 송신기(일반적으로 1W 출력이하)사용 환경. 일반적인 상업지역 환경.

분류 3 : 강도가 센 전자파 방사 환경

최저 1m 이상의 거리에서 비교적 기기에 가깝게 사용되는 휴대용 송신기(2W 또는 그 이상)사용 환경. 고출력 방송용 송신기 및 산업, 과학, 의료용 장비가 기기에 근접되어 있는 환경. 일반적인 산업지역 환경.

분류 X : X는 미결정된 등급으로서 기기의 표준이나 사양에 언급되거나 상호 협의에 의해 결정되는 등급.

부 록 D-4 결합/ 감결합 회로망에 관한 부가정보

1. 결합/ 감결합 회로망의 기본 특징

- 결합/ 감결합 회로망은 다음사항이 구비되어야 한다.

- ① 수검기기에 방해신호를 결합할 수 있을 것.
- ② 수검기 측에서 보조장치 공통모드 임피던스에 영향을 받지않는 안정된 임피던스를 가질 것.
- ③ 보조장치에 간섭을 방지하기 위하여 방해신호로 부터 보조장치를 분리시킬 수 있을 것.
- ④ 원하는 신호가 명확할 것.

2. 결합/ 감결합 회로망 목록

- 하나의 결합/ 감결합 장치로는 모든 수검기기와 여기에 연결된 신호선에 대한 모든 규격을 시험할 수 없으므로 여러 가지의 결합/ 감결합 회로망이 필요하다.

표 D-4-1. 결합/ 감결합 회로망 및 적용 주파수 범위

결합/ 감결합 회로망	적 용 주 파 수 범 위		
	150kHz	80MHz	230MHz
801-M1/M2/M3			
801-S1			
801-AF2			
T2/T4			

—— 적용 주파수 범위

—— 확장 가능 주파수 범위(부록 3-A 참조)

3. 결합/ 감결합 회로망의 상세 구조 및 예

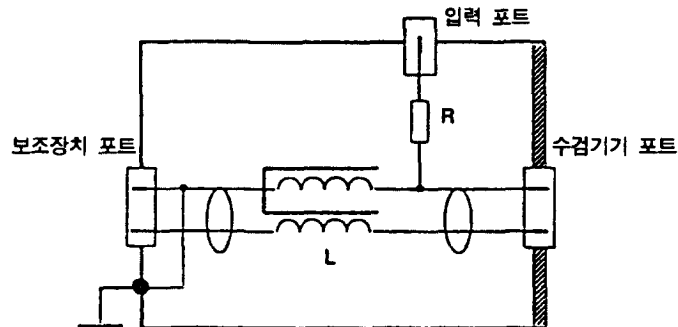


그림 D-4-1. 차폐 케이블에 사용되는 결합/ 감결합 회로망 801-S1에 대한 예

(150kHz에서 R=100Ω, L≥280μH)

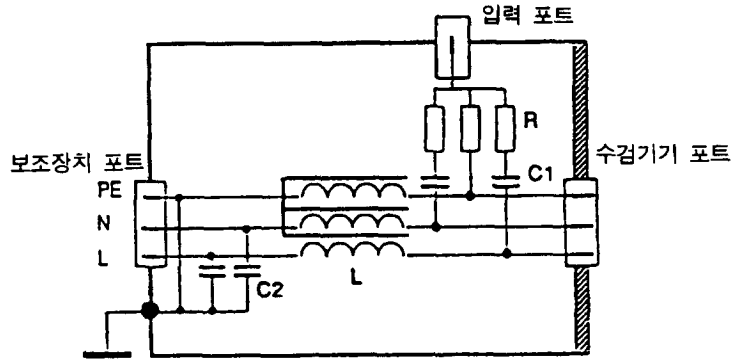


그림 D-4-2. 비차폐 전원 공급라인에 사용되는 결합/ 감결합 회로망 801-M1/M2/M3에 대한 예

(그림 D-4-1 참조, 150kHz에서 $C1(\text{typ})=22\text{ nF}$, $C2(\text{typ})=47\text{ nF}$, $R=300\Omega$, $L\geq 280\mu\text{H}$, M2의 경우 : $R=200\Omega$, M1의 경우 : $R=100\Omega$)

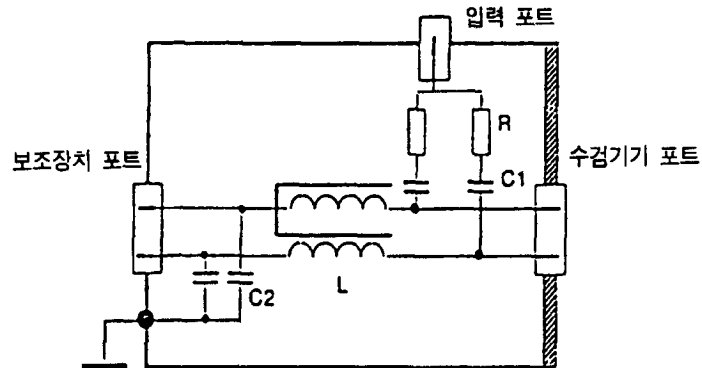


그림 D-4-3. 비차폐 비평형 라인에 사용되는 결합/ 감결합 회로망 801-AF2에 대한 예

($C1(\text{typ})=10\text{ nF}$, $C2(\text{typ})=47\text{ nF}$, 150kHz에서, $R=200\Omega$, $L\geq 280\mu\text{H}$)

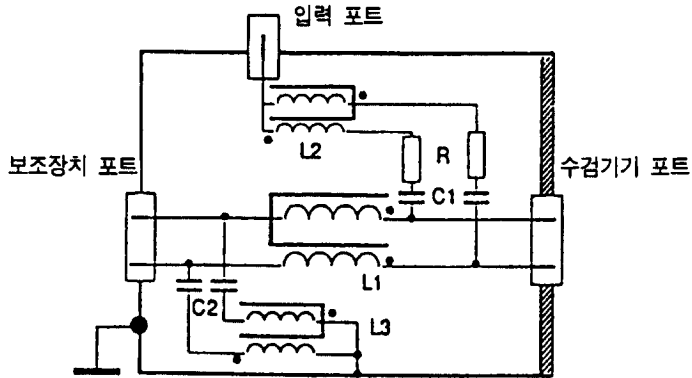


그림 D-4-4. 비차폐 평형쌍에 사용되는 T2-회로망에 대한 예
 (C1(typ)=10 μ F, C2(typ)=47 μ F, 150kHz에서 R=200 Ω , L1 \geq 280 μ H,
 L2=L3=6mH : C2와 L3가 사용되지 않을 때 L3 \geq 30mH)

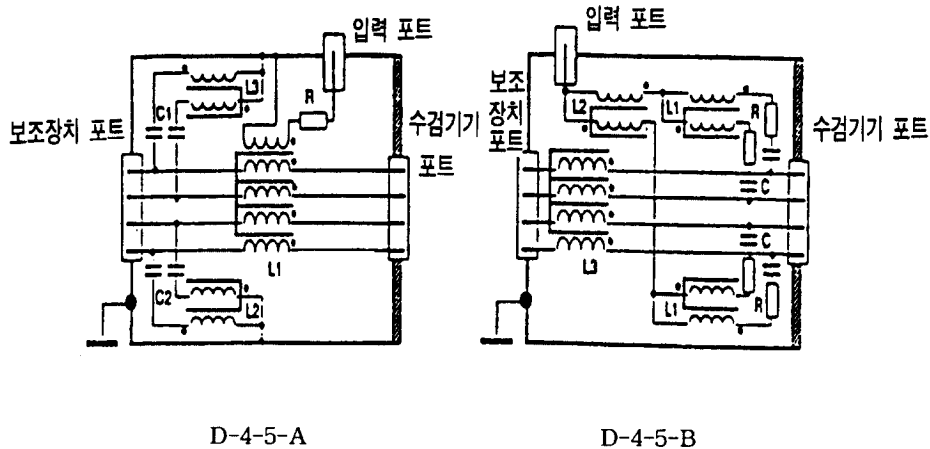


그림 D-4-5-A 및 D-4-5-B. T4-회로망 적용의 예

A : 150kHz에서 R=200 Ω , L2=L3=6mH, C1=C2=6.8 μ F, L=280 μ H,
 B : R=400 Ω , C=6.8 μ F, L1=5mH, L2=5mH, L3=30mH)

부 록 D-5 시험발생기 사양에 관한 부가정보

표 D-5. 10V 시험등급을 얻기 위한 전력증폭기 출력전력

주 입 장 치	최 소 결 합 계 수 ±1.5dB	전력증폭기 출력에서 요구되는 전력 {Watt}
결합/ 감결합 회로망	0	7
전류클램프 권선비 5:1	≤ -14	176
전자파 클램프	-6	28
분리회로망을 가진 전자파 클램프	1.5MHz에서 -12	112
	6MHz 이상에서 -2	11

부 록 D-6 전자파 클램프를 사용할 경우 클램프 주입방법에 관한 부가정보

주입방법에 대안으로 감결합회로망을 가진 전자파 클램프가 모든 케이블 및 기기에 사용된다. 10MHz 이하의 주파수에서 전자파 클램프는 수검기기 포트와 보조장치 포트 사이의 분리가 불충분하다. 그러므로 전자파 클램프를 사용할 때 1.5MHz 주파수 이하에서의 재현성을 개선하기 위하여 다음의 측정이 제안되어진다.

- ① 전자파 클램프의 보조장치측의 케이블은 그림 D-6-2와 같이 감결합 회로망을 통과한다.
- ② 그 후 케이블은 그림 D-6-5와 같이 용량성으로 접지기준면에 결합되며 보조장치에 의해 중단된다.
- ③ 보조장치는 접지기준면 위에서 절연보조대 위에 놓여져야 한다.

전자파 클램프에 감결합 회로망을 추가하여 공통모드 임피던스는 증가하고 이에 의해 결합계수가 감소된다.

전자기 클램프 0.15-230MHz

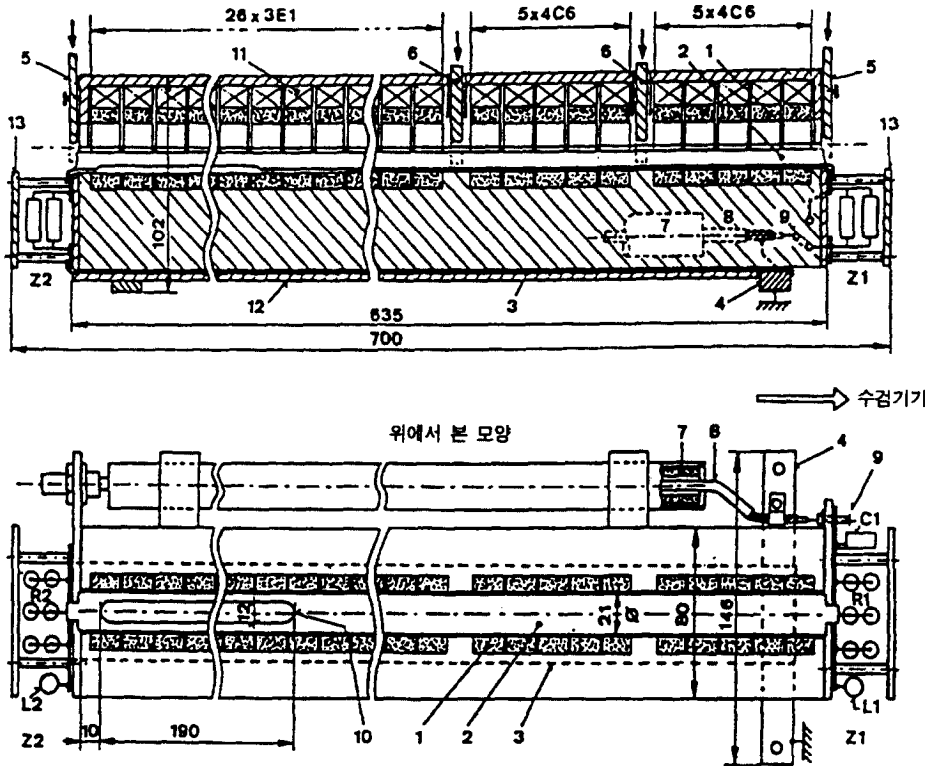


그림 D-6-1. 전자기 클램프의 구조

1. 페라이트 링 코어 $\phi 36 \times \phi 23 \times 15\text{mm}$
10개의 링, 형식 4C65, NiZn, $\mu=100$
26개의 링, 형식 3C11, MnZn, $\mu=4300$
2. 홀에 장착된 구리박막의 세미 실린더
3. 하부 전도체판
4. 접지막대
- 5/6. 홀속으로 시험중인 케이블을 눌러 넣기 위한 장치,
입력 스프링(보이지 않음)을 가지고 절연 물질로 부터 나온 부분을
7. 페라이트 튜브, 4C65
8. BNC 연결기를 갖는 동축케이블, 50 Ω
9. Z1의 단절을 위한 스위치
10. No. 2 부분을 위한 슬롯
11. 페라이트로 된 탄성 고정물(상부 세미 링)
12. 하부 절연판
13. Z1, Z2를 위한 보호판

EUT: 수검기기

Z1: 연속 임피던스 : C1=20~100pF, L1=0.15 μ H, R1=50 Ω / 12Watt

Z2: 연속 임피던스 : L2=0.8 μ H, R2=50 Ω / 12Watt

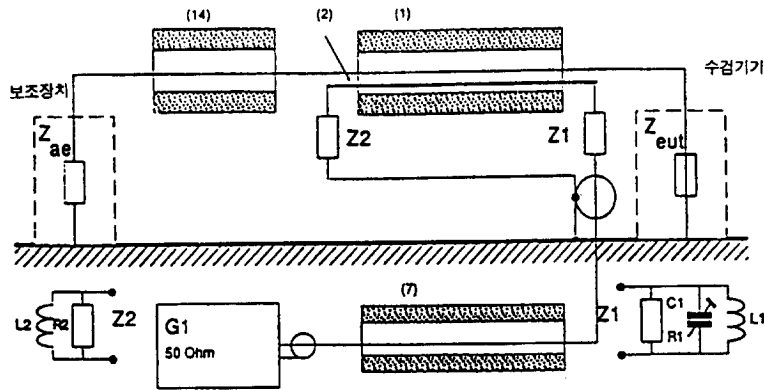


그림 D-6-2. 전자기 클램프의 개념

1. 페라이트 튜브(클램프) : 길이 0.6m, ϕ 20mm, 수검기기 측에서 10개의 4C65($\mu=100$) 링 코어, 보조장비측에서 26개의 3C11($\mu=4300$) 링 코어로 각각 구성
2. 구리박막으로 된 세미 실린더
7. 전자기 클램프 구조에 포함된 페라이트 튜브($\mu=100$)
- Z1, Z2 : 주파수 응답 및 지향성을 최적화하기 위해 설치
- G1 : 시험 발생기
14. 보조장비 측에서 시험의 재현성을 개선하기 위해 전자기 클램프 가까이 놓여야 될 감결합 회로망, 이 최적화된 감결합 회로망은 15개의 4C65 링 코어 및 25개의 3C11 링 코어로 구성된다.

전자기 클램프의 원리

- 페라이트 튜브에 의한 자기적 결합(1)
- 수검기기와 구리박막 사이의 근접에 의한 전기적 결합(2)

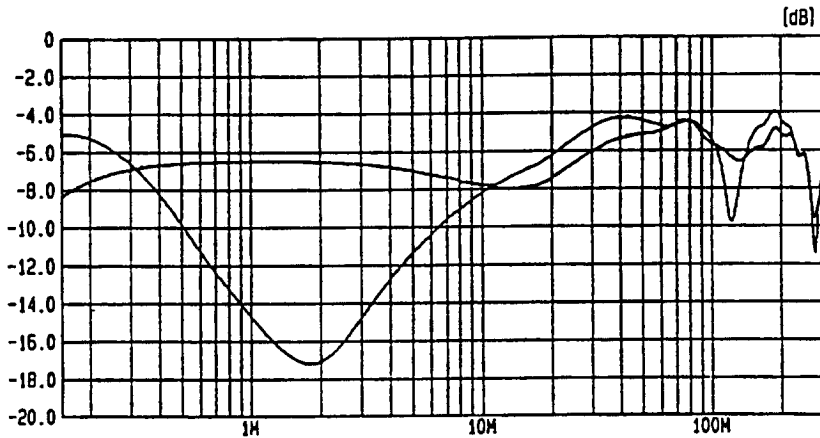


그림 D-6-3. 전자기 클램프가 감결합 회로망(그림 D-6-2의 14)와 함께(dip이 큰 곡선)

또는 단독(평탄한 곡선)으로 사용될 시의 결합계수

부가적 감결합 회로망 있거나 없는 전자기 클램프의 상업적으로 이용될 수 있는 구조의 전형적 특성

- 동작 주파수 영역 : 0.15~230MHz
- 시험발생기로 부터의 최고 기전력 전압 비 : 0.15~100MHz : 최고 140V, 15분
100~230MHz : 최고 140V, 5분
- 지향성 및 감결합 수검기기/ 보조장비 $\geq 10\text{dB}(10\text{MHz 이상에서})$

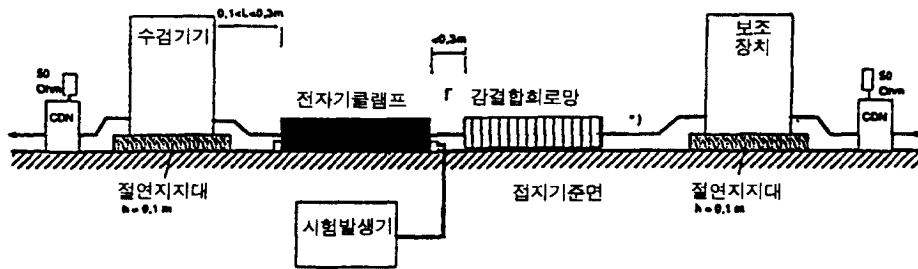


그림 D-6-4. 감결합 회로망을 가진 전자기 클램프를 사용할 시 시험설치의 일반원리

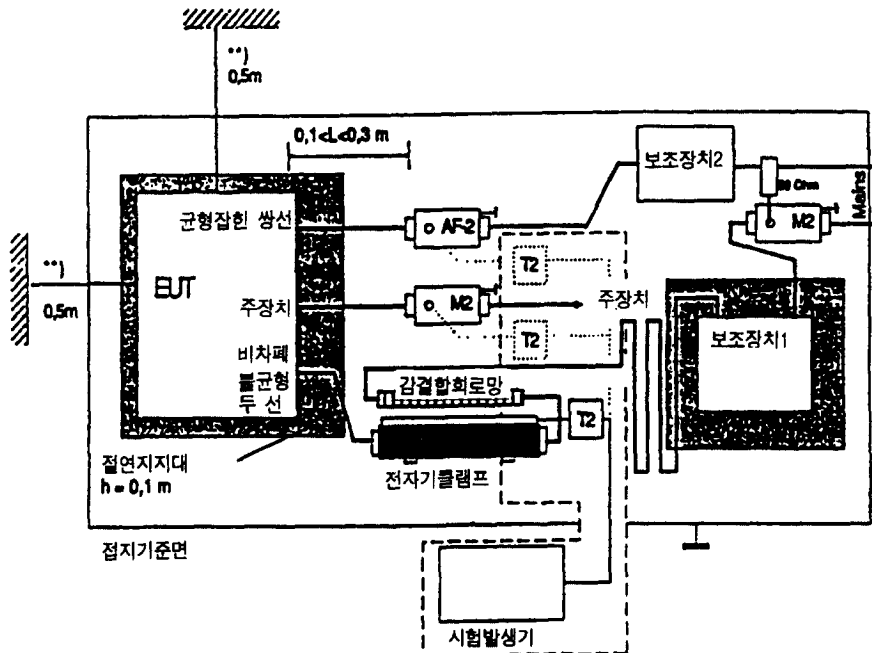


그림 D-6-5. 감결합 회로망을 가진 전자과 클램프를 사용할 시 접지면 위의 시험체 위치의 예