KC 61000-4-2

(개정 : 2015-09-23)

IEC Ed 2.0 2008-12-09

전기용품안전기준

Technical Regulations for Electrical and Telecommunication Products and Components

전기자기적합성(EMC)
제4부 : 시험 및 측정방법 - 제2절 : 정전기방전 내성시험

Electromagnetic compatibility (EMC)
Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test

KATS 국가기술표준원

http://www.kats.go.kr

목 차

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황 ····· 1
서문 ····· 2
1 적용 범위 (Scope) ····· 3
2 인용 표준 (Normative references) ····· 3
3 용어와 정의 (Terms and definitions) ····· 3
4 일반 사항 (General) ····· 5
5 시험 레벨 (Test levels) ····· 6
6 시험 발생기 (Test generator) ····· 6
6.1 일반 사항 (General) ····· 6
6.2 정전기 방전 발생기의 특성과 성능 (Characteristics and performance of the ESD generator) ····· 7
6.3 정전기 방전 시험배치 검증 (Verification of the ESD setup) ····· 9
7 시험배치 (Test setup) ····· 10
7.1 시험 기기 (Test equipment) ····· 10
7.2 시험실에서 시험 수행을 위한 시험배치 (Test setup for tests performed in laboratories) ····· 10
7.3 설치 후 시험을 위한 시험배치 (Test setup for post-installation tests) ····· 17
8 시험 절차 (Test procedure) ····· 18
8.1 시험실 기준 조건 (Laboratory reference conditions) ····· 18
8.2 시험품 작동 (EUT exercising) ····· 19
8.3 시험의 수행 (Execution of the test) ····· 19
9 시험 결과 평가 (Evaluation of test results) ····· 21
10 시험 성적서 (Test report) ····· 22

부속서 A (Annex A) ····· 23
부속서 B (Annex B) ····· 28
부속서 C (Annex C) ····· 34
부속서 D (Annex D) ····· 39
부속서 E (Annex E) ····· 49
부속서 F (Annex F) ····· 56
참고문헌 (References) ····· 57
KS C IEC 61000-4-2 : 2010 해설 ····· 58
해 설 1 ····· 61
해 설 2 ····· 62

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황

제정 기술표준원 고시 제2000 - 463호(2001. 01. 05)
개정 기술표준원 고시 제2003 - 1443호(2003. 11.15)
개정 국가기술표준원 고시 제2014-0421호(2014. 9. 3)
개정 국가기술표준원 고시 제2015-383호(2015. 9. 23)

부 칙(고시 제2015-383호, 2015.9.23)

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

전기용품안전기준

전기자기적합성(EMC)
제4부 : 시험 및 측정방법 - 제2절 : 정전기방전 내성시험

Electromagnetic compatibility (EMC)
Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test

이 안전기준은 2005년 제2판으로 발행된 IEC 61000-4-2, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test를 기초로, 기술적 내용 및 대응 국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 KS C IEC 61000-4-2(2010.12)을 인용 채택한다.

전기자기적합성(EMC) - 제4부: 시험 및 측정방법 - 제2절 : 정전기 방전 내성시험

Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 2 : Electrostatic discharge immunity test

1 적용 범위

이 표준은 사용자로부터 직접 또는 인체로부터 주위 물체로 방전되는 정전기의 대상이 되는 전기전자기기의 내성 요구조건 및 시험방법과 관련된다. 추가로 다른 환경 및 설치 조건과 관련된 시험레벨 범위를 정의하고 시험 절차를 수립한다.

이 표준의 목적은 정전기 방전에 영향을 받는 전기전자기기의 성능을 평가하기 위한 일반적이고 재현 가능한 기본 사항을 제정하는 것이다.
또한 인체로부터 주요 기기와 인접한 물체로 발생하는 정전기 방전을 포함한다.

본 표준은 다음 사항들을 정의한다.

- 전류의 대표적 파형
- 레벨의 범위
- 시험 기기
- 시험 배치
- 시험 절차
- 교정 절차
- 불확도

이 표준은 “시험실”에서 수행되는 시험과 최종 설치된 기기에 대해 수행되는 “설치 후 시험”에 대해 규정한다.

이 표준은 특정 기구나 시스템에만 적용되는 시험을 설명하기 위한 것은 아니며, 주된 목적은 관련된 IEC의 모든 제품 위원회에 일반적 기본 기준을 제공하는 것이다. 제품 위원회(또는 사용자와 기기의 제조자)는 시험의 적절한 선택과 그들 기기에 적용되는 엄격한 기준 선택에 대해 책임이 있다.

조정 작업과 표준화 작업에 방해하지 않도록 제품 위원회나 사용자와 제조자에게 이 표준에 규정된 적절한 내성 시험의(앞으로의 작업이나 오래된 표준안 개정을 고려하여) 채택에 대한 고려를 강력히 권고한다.

2 인용 표준

다음에 나타내는 표준은 본 표준에 인용됨으로써 이 표준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용 표준은 그 최신판을 적용한다.

KS C IEC 60050-161 국제전기기술용어-제161장 : 전기자기적합성
KS C IEC 60068-1 환경 시험-제1부 : 일반사항 및 지침

3 용어와 정의

이 표준의 목적을 위해 다음 정의들과 용어들이 적용되고 또한 정전기 방전의 제한된 영역에 적용할 수 있다. 그 모든 것이 KS C IEC 60050-161에 포함된 것은 아니다.

3.1
기중방전 시험법 (air discharge method)
시험 발생기의 충전된 전극을 시험품에 접근시켜 시험하는 방식

3.2
정전기 방지 물질 (antistatic material)
동일 혹은 그와 유사한 물질로부터 분리시키거나 문지를 때 전하의 발생을 최소화하는 성질을 나타내는 물질

3.3
교정 (calibration)
측정 표시와 결과 간에 존재하는 관계를 특정 조건 하에서 표준을 기준으로 설정하는 일련의 활동

비고 1 이 용어는 "불확도" 접근방식에 기초한다.
비고 2 측정 표시와 결과 간의 관계는 원칙적으로 교정 다이어그램으로 표현될 수 있다.

[IEV 311-01-09]

3.4
적합성 시험 (conformance test)
설계 및 제조 된 기기가 본 표준의 요구사항을 만족할 수 있는 지 결정할 목적으로 기기의 대표 시료에 대한 시험

3.5
접촉 방전방식 (contact discharge method)
시험 발생기의 전극을 시험품 또는 결합 면에 접촉한 상태에서 발생기 내 방전 스위치로 방전 시키며 실시하는 시험 방식

3.6
결합면 (coupling plane)
시험품에 인접한 물체에 대한 모의 정전기 방전을 위한 금속판이나 면. HCP 결합 면, VCP 결합 면

3.7
(성능) 저하 (degradation of performance)
장치, 기기 또는 시스템의 동작 성능이 의도된 성능에서 벗어난 상태

비고 "성능저하"라는 용어는 임시적 또는 영구적 오동작에 적용할 수 있다.

[IEV 161-01-19]

3.8
직접 적용 (direct application)
시험품에 대한 직접적인 방전 적용

3.9
전기자기적합성(EMC)
어떤 전기자기 환경 내에서 다른 어떤 것에도 전기자기 방해를 일으키지 않고 만족스럽게 동작하는 기기나 시스템의 능력

[IEV 161-01-07]

3.10
정전기 방전(ESD)
직접 접촉이나 근접한 다른 정전 전위 물체 사이에서 발생하는 전하의 전이
[IEV 161-01-22]

3.11
에너지 축적 커패시터 (energy storage capacitor)
시험 전압 값으로 인체에 축적되는 양을 나타내는 정전기 방전 발생기의 용량. 집중 성분 또는 분포 커패시터로 나타내질 수 있다.

비고 이 성분은 이산 혹은 분포 커패시턴스로 제공할 수 있다.

3.12
시험품 (EUT: equipment under test)
시험품

3.13
접지 기준면 (GRP : ground reference plane)
공통 기준으로 사용되는 전위를 가지는 평평한 도체면

[IEV 161-04-36]

3.14
유지 시간 (holding time)
방전에 앞서 누설에 기인하는 시험 전압의 감소 시간 간격으로 10 %를 초과하지 않는다.

3.15
(방해에 대한) 내성 (immunity (to a disturbance))
전기자기 방해가 존재 시 성능저하 없이 동작하는 장치, 기기, 시스템의 능력

[IEV 161-01-20]

3.16
간접 적용 (indirect application)
시험품에 인접한 결합 면에 대한 방전 및 시험품 부근 물체에 대한 인체 방전의 모의 적용

3.17
상승시간 (rise time)
일시적인 펄스 값이 맨 처음 특정 하한 값 및 상한 값에 도달할 때 그 두 순간 사이의 시간 간격

비고 별도 기제가 없는 한, 하한 값과 상한 값은 펄스 크기의 10 %와 90 %로 정한다.

[IEV 161-02-05, 수정]

3.18
검증 (verification)
시험기기 시스템(보기: 시험 발생기와 연결 케이블)을 확인하고 그 시험 시스템이 주어진 기능을 하고 있음을 입증하는 일련의 활동.

비고 3 검증방식은 교정방식과 다를 수 있다.
비고 4 이 기본 EMC의 목적 상 이 정의는 **IEV 311-01-13**에서 제시한 정의와 다르다.

4 일반 사항

본 표준은 낮은 상대 습도, 낮은 도전성(인공 섬유) 카펫의 사용, 비닐 옷의 사용 등과 같은 주변 환경과 설치 조건에 의해 정전기 방전에 영향을 받을 수 있는 기기, 시스템, 부속 시스템과 주변 기기들에 관한 것이다. 카펫과 비닐 등과 같은 것은 전기 전자 기기에 대한 표준 안에서 구분된 부류에 속할 수 있다. (좀더 상세한 정보에 대해서는 **A.1**을 참조).

비고 기술적 관점에서 현상에 대한 정확한 용어는 “static electricity discharge”이다. 그러나, 기술계와 기술용어에서 “electrostatic discharge(ESD)”로 널리 사용되고 있다. 따라서 본 표준의 제목은 “electrostatic discharge”이라는 용어를 사용하도록 결정하였다.

5 시험 레벨

정전기 방전 시험에 대한 시험 레벨의 범위는 **표 1**에 있다.

접촉 방전이 우선되며, 기중 방전은 접촉 방전이 적용될 수 없을 곳에서 사용되어야 한다. 각 시험 방법에 대한 전압은 **표1**의 1a와 1b에 있다. 시험 방법이 다르기 때문에 시험 전압은 다르게 적용된다. 이는 시험 방법 간 시험 난이도가 같다는 의미는 아니다.

A.2는 인체에 축적될 수 있는 전압 레벨에 영향을 주는 다양한 변수들을 기술하였다. 또한 A.4는 주변 환경(설치) 분류에 따른 시험 레벨의 적용 예를 포함한다.

기중 방전 시험의 경우, 시험은 특정 시험 레벨을 포함하여 **표 1**에 나와 있는 모든 레벨에 적용하여야 한다. 접촉 방전의 경우, 시험은 제품 위원회가 별도로 규정하지 않는 한 특정 시험 레벨에만 적용한다.

더 많은 정보는 A.3, A.4, A.5에 주어져 있다.

표 1 – 시험 레벨

1a – 접촉 방전		1b – 기중 방전	
레벨	시험 전압(kV)	레벨	시험 전압(kV)
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X[a]	특별	X[a]	특별
"X[a]"는 다른 레벨 보다 위 또는 아래 또는 그 중간의 레벨 등 어떠한 레벨도 될 수 있다. 이 레벨은 관련 기기사양서에 명시해야 한다. 만약 규정된 것보다 전압이 높을 경우에는 특수 시험 기기가 필요하다.			

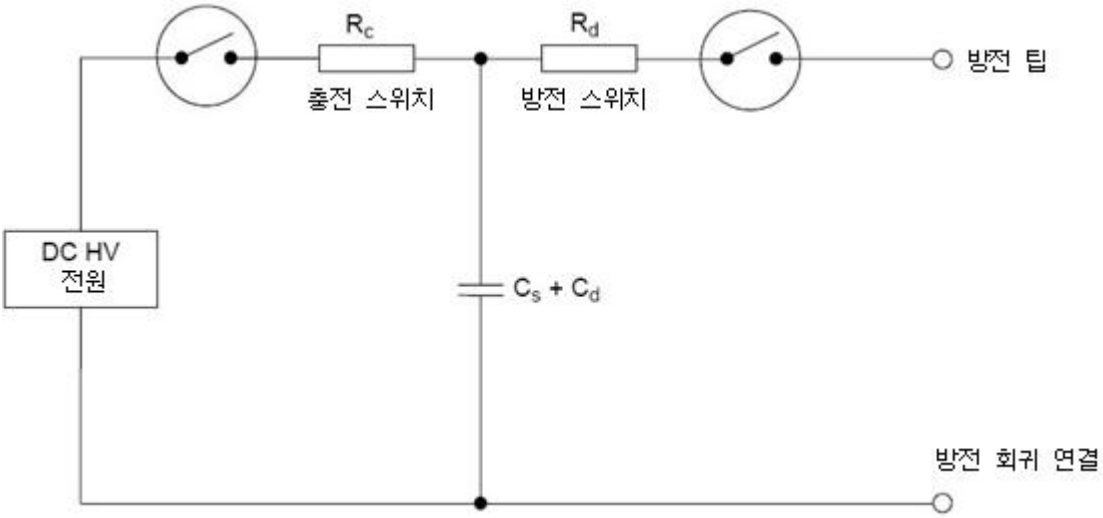
6 시험 발생기

6.1 일반 사항

시험 발생기는 다음의 주요 부분으로 구성된다.

- 저항 R_c
- 에너지 축적 커패시터 C_s
- 커패시터 C_d
- 저항 R_d
- 지시기
- 방전 스위치
- 방전 전극의 상호 교환 팁(**그림 4** 참조)
- 방전 회귀선
- 전력 공급기

그림 1은 정전기 발생기의 간단한 그림이다. 상세한 구조는 제공되지 않는다.
발생기는 6.1과 6.2에 주어진 조건을 만족해야 한다.



비고 1 C_d은 발생기와 그 주변간에 존재하는 분포 커패시턴스다.
비고 2 C_d+C_s은 전형적으로 150 pF이다.
비고 3 R_d은 전형적으로 330 Ω 이다.

그림 1 – 단순화한 정전기 방전 발생기 다이어그램

발생기는 **부속서 B**의 절차에 의거한 평가 시 **6.2**에서 제시한 요구사항을 만족해야 한다. 그러므로 **그림 1**의 다이어그램과 요소 값을 세부적으로 명시하지 않았다.

6.2 정전기 방전 발생기의 특성과 성능

발생기는 **표 2**와 3에서 제시한 요구사항을 만족해야 한다. **그림 2**는 이상적인 전류 파형과 **표 2**와 3에서 지칭하는 측정 지점을 보여준다. 이러한 사양을 만족하고 있음을 **부속서 B**에서 설명한 방식에 따라 입증하여야 한다.

표 2 – 일반 사양

파라미터	값
출력전압, 접촉 방전 모드 (**비고 1** 참조)	최소1 kV ~ 8 kV, 통상
출력 전압, 기중 방전 모드 (**비고 1** 참조)	최소 2 kV~ 15 kV, 통상 (**비고 3** 참조)
출력 전압의 허용오차	± 5 %
출력 전압의 극성	양극과 음극
유지시간	≥ 5 s
방전 운영 모드	단일 방전(**비고 2** 참조)
비고 1 정전기 방전 발생기의 방전 전극에서 측정한 개방 회로 전압. **비고 2** 발생기는 사전검증 목적 상 최소 초당 20 회의 방전 반복률로 발생할 수 있어야 한다. **비고 3** 사용하는 최대 시험 전압이 15 kV보다 낮은 경우 이 보다 높은 기중 방전 용량을 지닌 발생기를 사용할 필요는 없다.	

표 3 – 접촉 방전 전류 파형 파라미터

레벨	지시된 전압 kV	방전 전류의 첫 첨두 ±15 % A	상승 시간 t_r (±25 %) ns	30 ns에서 전류(±30 %) A	60 ns에서 전류(±30 %) A
1	2	7.5	0.8	4	2
2	4	15	0.8	8	4
3	6	22.5	0.8	12	6
4	8	30	0.8	16	8

30 ns와 60 ns에 대한 전류의 측정 시간 기준은 방전 전류의 최고점의 첫 10 %에 이른 순간이다.

비고 상승 시간 t_r 은 첫 번째 정점의 10 %와 90 % 사이의 시간 간격이다.

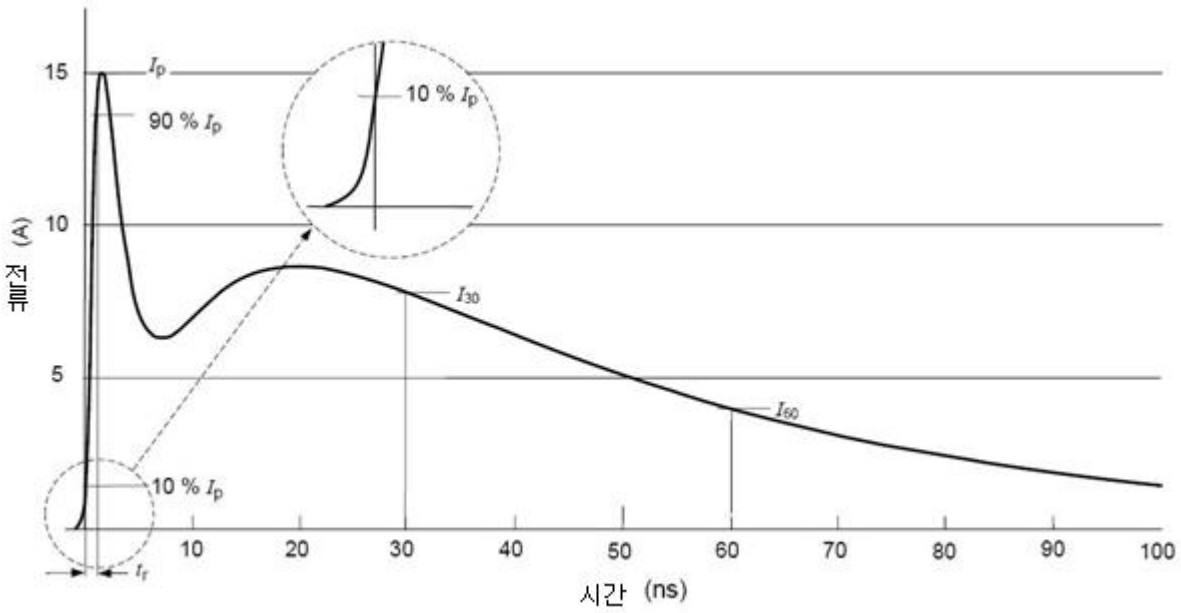


그림 2 – 4 kV에서 이상적인 접촉 방전 전류 파형

그림 2의 이상 파형 $I(t)$을 위한 식은 다음과 같다.

$$I(t) = \frac{I_1}{k_1} \times \frac{(\frac{t}{\tau_1})^n}{1+(\frac{t}{\tau_1})^n} \times \exp(\frac{-t}{\tau_2}) + \frac{I_2}{k_2} \times \frac{(\frac{t}{\tau_3})^n}{1+(\frac{t}{\tau_3})^n} \times \exp(\frac{-t}{\tau_4})$$

여기서

$$k_1 = \exp\left(-\frac{\tau_1}{\tau_2} \left(\frac{n\tau_2}{\tau_1} \right)^{1/n} \right)$$

$$k_2 = \exp\left(-\frac{\tau_3}{\tau_4} \left(\frac{n\tau_4}{\tau_3} \right)^{1/n} \right)$$

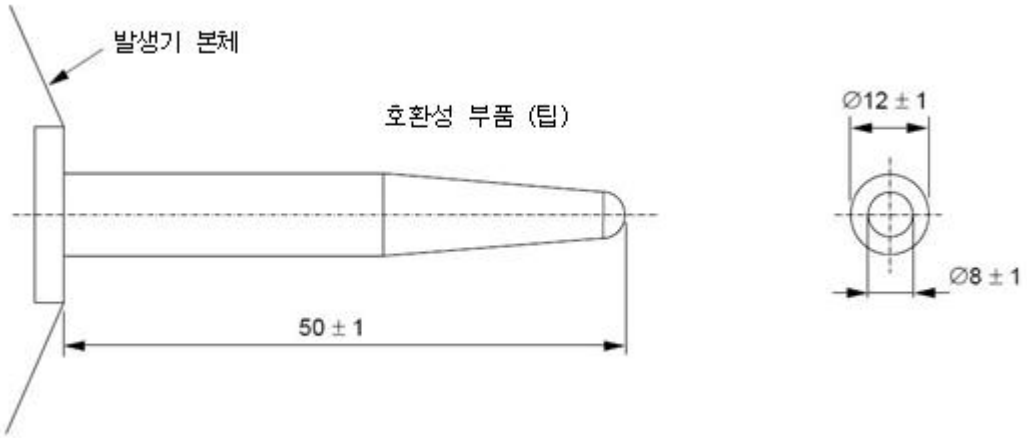
그리고

τ_1 =1.1ns; τ_2 =2ns; τ_3 = 12 ns; τ_4 =37ns;

I_1 = 16.6 A (4 kV에서); I_2 = 9.3 A (4 kV에서);
n = 1.8.

발생기는 기생 효과(**부속서 D** 참조)에 의해 시험품 또는 보조 시험 기기에 장해를 일으키지 않기 위해서, 펄스나 연속적 형태의 의도되지 않은 방사나 전도성 방출을 막을 수 있는 수단을 갖추어야 한다.

방전 전극은 **그림 3**에서 나타낸 형태와 크기를 따라야 한다. 방사 전류 파형 사양을 만족하는 경우, 전극은 절연 코팅할 수 있다.



3a) – 기중 방전용 방전 전극

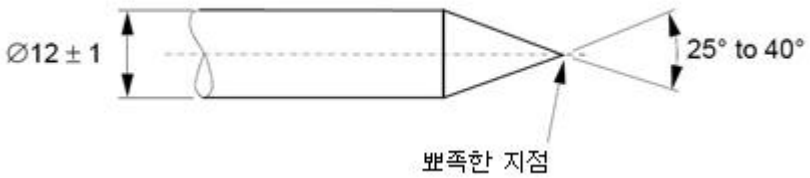


그림 3 – 정전기 방전 발생기의 방전 전극

기중 방전 시험 방식의 경우, 동일한 발생기를 사용하고 방전 스위치는 닫혀 있어야 한다. 발생기는 **그림 3a)**에서 나타낸 둥근 팁으로 설치되어야 한다. 동일한 정전기 방전 발생기를 사용하기 때문에 기중 방전 방식에 대해 더 이상의 세부사양은 없다.

시험 발생기의 방전 회귀선의 길이는 (2±0.05) m 이고 발생기가 파형 사양을 만족할 수 있도록 제작하여야 한다. 방전 회귀선 길이는 정전기 방전 발생기 본체에서 연결점 끝까지를 측정한다. 정전기 방전 시험 중에 단자를 통하여 인체 또는 도체 면에 방전 전류가 흐르는 것을 막기 위해 충분히 절연시켜야 한다.

시험에 사용하는 방전 회귀선은 교정 중 사용하는 선과 동일 또는 유사한 것이어야 한다.

2 m 길이의 방전 회귀선이 충분하지 않은 경우(보기: 큰 키의 시험품), 최대 3 m까지 사용할 수 있다. 시험 중 사용한 회귀선은 파형 사양을 만족하여야 한다.

6.3 정전기 방전 시험배치 검증

검증 목적은 정전기 방전 시험배치가 제대로 운영하는 지 확인하기 위한 것이다. 정전기 방전 시험배치에는 다음과 같은 기기가 포함된다.

- 정전기 방전 발생기

- 방전 회귀선
- 470 kΩ 블리더 저항
  접지 기준면
- 방사 경로를 형성하는 모든 연결부

시험배치의 예는 탁상형 기기의 경우 **그림 4**, 바닥 거치형 기기는 **그림 5**에서 볼 수 있다.

적절한 정전기 방전 시험배치 검증을 위한 한 방법은 저전압 환경에서는 결합면으로 방전되는 기중 방전 동안 소형 스파크가 만들어 지고 더 높은 전압 환경에서는 더 큰 스파크가 만들어지는 것을 관찰하는 것이다. 검증에 앞서 필히 접지 스트립 연결부와 위치를 검증하여야 한다.

이론적 해석: 정전기 방전 발생기에서 나온 파형이 일반적으로 변하지 않기 때문에(예를 들어, 파형의 상승 시간과 지속 시간에서 편차가 나지 않는다), 정전기 방전 발생기 장애는 전압이 방전 전극에 전달되지 않거나 전압 조정이 되지 않는 형태로 나타날 가능성이 크다. 방전 경로를 따라 선, 저항, 연결부 중 어느 하나가 손상 또는 느슨해 지거나 또는 손실되어 그 결과 방전이 이루어 지지 않을 수 있다.

시험 전 정전기 방전 시험배치를 검증할 것을 권고한다.

7 시험배치

7.1 시험 기기

시험 기기는 다음 방법에 따라 시험품에 직접, 간접 방전 적용을 수행하기 위해 필요한 시험 발생기, 시험품과 보조 기구로 구성된다.

a) 도체면과 결합면에 대한 접촉 방전
b) 절연면에서의 기중 방전

시험은 서로 다른 두 가지 형식으로 구분될 수 있다.

- 시험실에서 수행되는 형식(적합성)의 시험
- 기기가 최종 설치된 조건에서 수행되는 설치 후 시험

선호되는 측정 방법은 시험실에서 수행되는 형식 시험이다.

시험품은 설치에 대한 제조자의 지시에 따라 배치하여야 한다(있을 경우).

7.2 시험실에서 시험 수행을 위한 시험배치

7.2.1 시험 요구사항

다음 요구 조건은 **8.1**에 기술된 환경 기준 조건하에서 시험실에서 시험을 수행할 때 적용한다.

접지 기준면(GRP)은 시험실 바닥에 설치되어야 한다. 최소한 두께가 0.25 mm 인 금속판(구리 또는 알루미늄)이어야 한다. 다른 금속 물질이 사용될 수 있으나 그것은 최소한 0.65 mm 두께이어야 한다.

접지 기준면(GRP)은 시험품 또는 수평 결합면보다 사방으로 최소 0.5 m 이상 돌출해야 하고, 보호 접지 구조에 연결하여야 한다.

해당 안전 규정들은 항상 만족해야 한다.

시험품은 동작 요구 조건에 따라서 배열하고 연결하여야 한다.

시험품과 실험실 벽 및 그 밖의 금속 구조물 간에 최소 0.8 m의 거리를 두어야 한다.

시험품과 정전기 방전 발생기(외부 전원 포함)는 설치 사양에 따라 접지하여야 한다. 부가적인 접지 연결은 허용되지 않는다.

전원과 신호선의 위치 지정은 실제 설치의 대표적인 위치여야 한다.

정전기 방전 발생기의 방전 회귀선은 접지 기준면에 연결하여야 한다. 이 선의 길이가 선택한 지점에 방전을 적용할 때 필요로 하는 길이를 초과하는 경우에서만 초과 길이를 가능한 한 접지면에서 떨어진 유도성이 없는 곳에 놓아야 한다. 방전 회귀선은 접지 기준면을 제외하고 시험배치에서 다른 도체부와 0.2 m 이내로 가까이 두지 말아야 한다.

비고 1 실험실 금속벽이 전기적으로 접지기준면에 접합한 경우, 방전 회귀선과 그 벽의 연결을 허용한다.

고주파 적용을 위해 클램핑 장치를 사용하는 것과 같이 접지선의 접지 기준면과의 연결 및 모든 접합은 임피던스가 낮아야 한다.

예를 들어 방전의 간접 적용을 허용하기 위해 결합면을 명시한 경우, 결합면은 최소 0.25 mm 두께의 금속판(구리 또는 알루미늄)으로 제작하여야 하고(다른 금속재료 역시 사용할 수 있지만 최소 두께가 0.65 mm이어야 한다) 각 끝 단에 470 kΩ 저항이 있는 선을 경유하여 접지 기준면에 접속하여야 한다. 이러한 저항은 방전 전압을 견딜 수 있어야 한다. 저항과 선들은 접지 기준면 위에 놓였을 때 접지 기준면과의 단락을 피하기 위해 절연되도록 한다.

비고 2 HCP와 VCP(**그림 4~8** 참조)의 접지선에 있는 470 kΩ 블리더 저항은 정전기 방전 발생기가 이 면으로 방전한 후 접지 기준면에 적용된 축적된 전하가 즉시 사라지는 현상을 방지하기 위해 사용한다. 이는 시험품에 대한 정전기 방전의 충격을 증가시킨다. 저항은 시험 중 시험품면에 적용하는 최대 방전전압을 견딜 수 있어야 한다. 저항 위치는 장해 저항을 만들기 위해 접지선 양단에 근접해야 한다.

다른 형태의 기기에 대한 추가 규정은 다음에 주어져 있다.

7.2.2 탁상형 기기

시험배치는 접지면에서 (0.8±0.08) m 높이에 있는 나무 탁자로 구성된다.

(1.6±0.02) m x (0.8±0.02) m의 수평 결합면(HCP)을 탁자 위에 놓아야 한다. 시험품과 선들은 (0.5±0.05) mm 두께를 지닌 절연 지지대로 결합면과 격리되어야 한다.

비고 절연 성질을 계속 유지시킬 것을 권고한다.

만약 시험품이 너무 커서 수평 결합면(HCP)의 네면에서 최소 0.1 m 추가된 영역 밖으로 벗어나면, 동일한 수평 결합면(HCP)에서 (0.3±0.02) m 추가된 영역 안에 설치하여야 한다. 더 큰 탁자를 사용하거나 탁자를 붙여 사용 한다. 수평 결합면(HCP)을 서로 연결해야 하는 경우, 반드시 접지 기준면에 저항성이 있는 선을 경유해야 한다.

시험품과 관계된 주변기기는 모두 적절한 위치에 있어야 한다.

탁상형 기기에 대한 시험 기기의 예는 **그림 4**에서 보는 바와 같다.

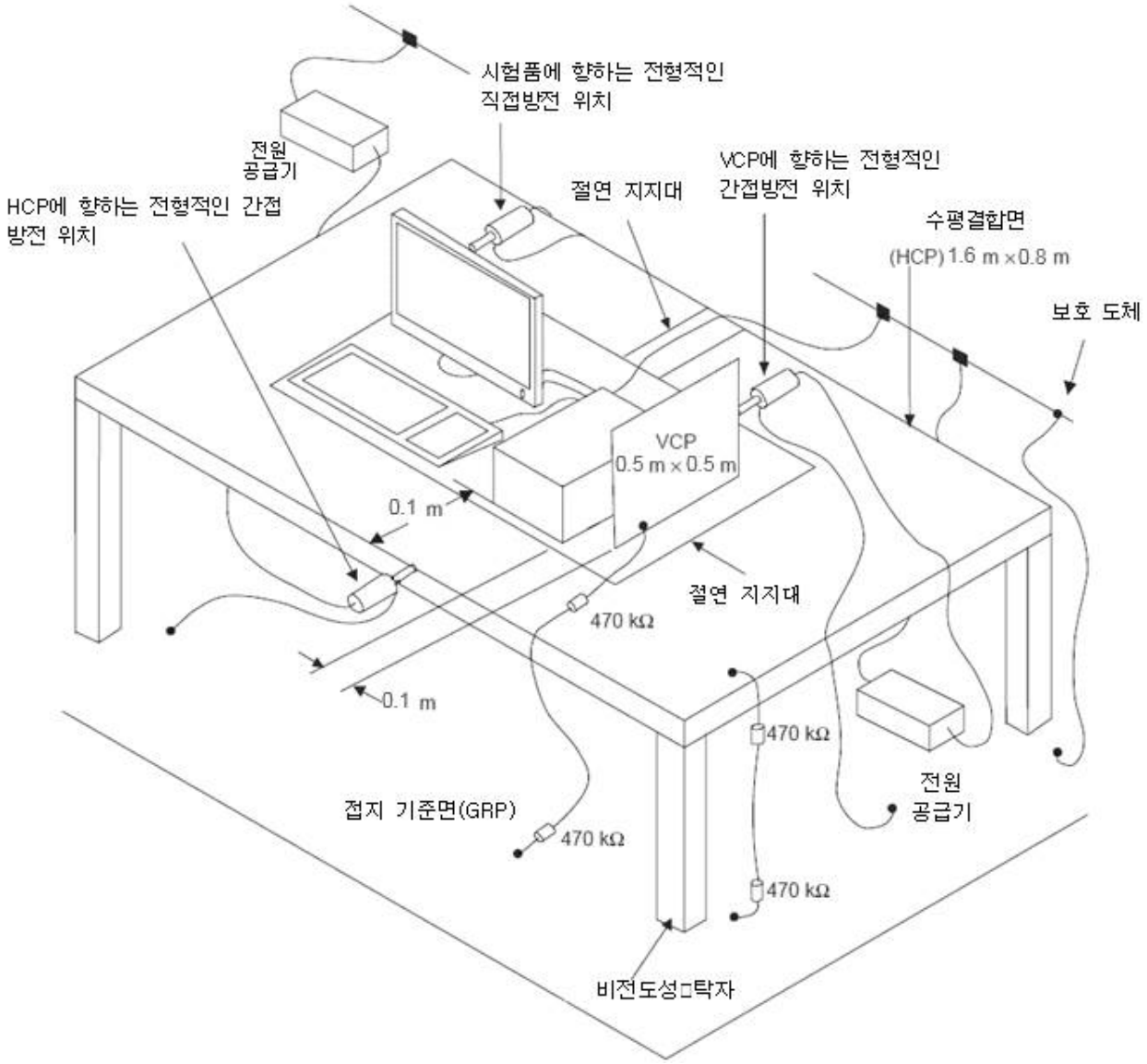


그림 4 – 탁자형 기기 시험배치의 예, 실험실 시험

7.2.3 바닥 거치형 기기

시험품은 0.05 m ~ 0.15 m 두께의 절연 지지대로 접지 기준면과 절연시켜야 한다. 시험품 선은 (0.5±0.05) mm의 절연 지지대로 접지 기준면과 격리시켜야 한다. 선의 격리는 시험품의 격리로 연장되어야 한다.

바닥 거치형 기기에 대한 시험배치의 예는 **그림 5**에서 보는 바와 같다.

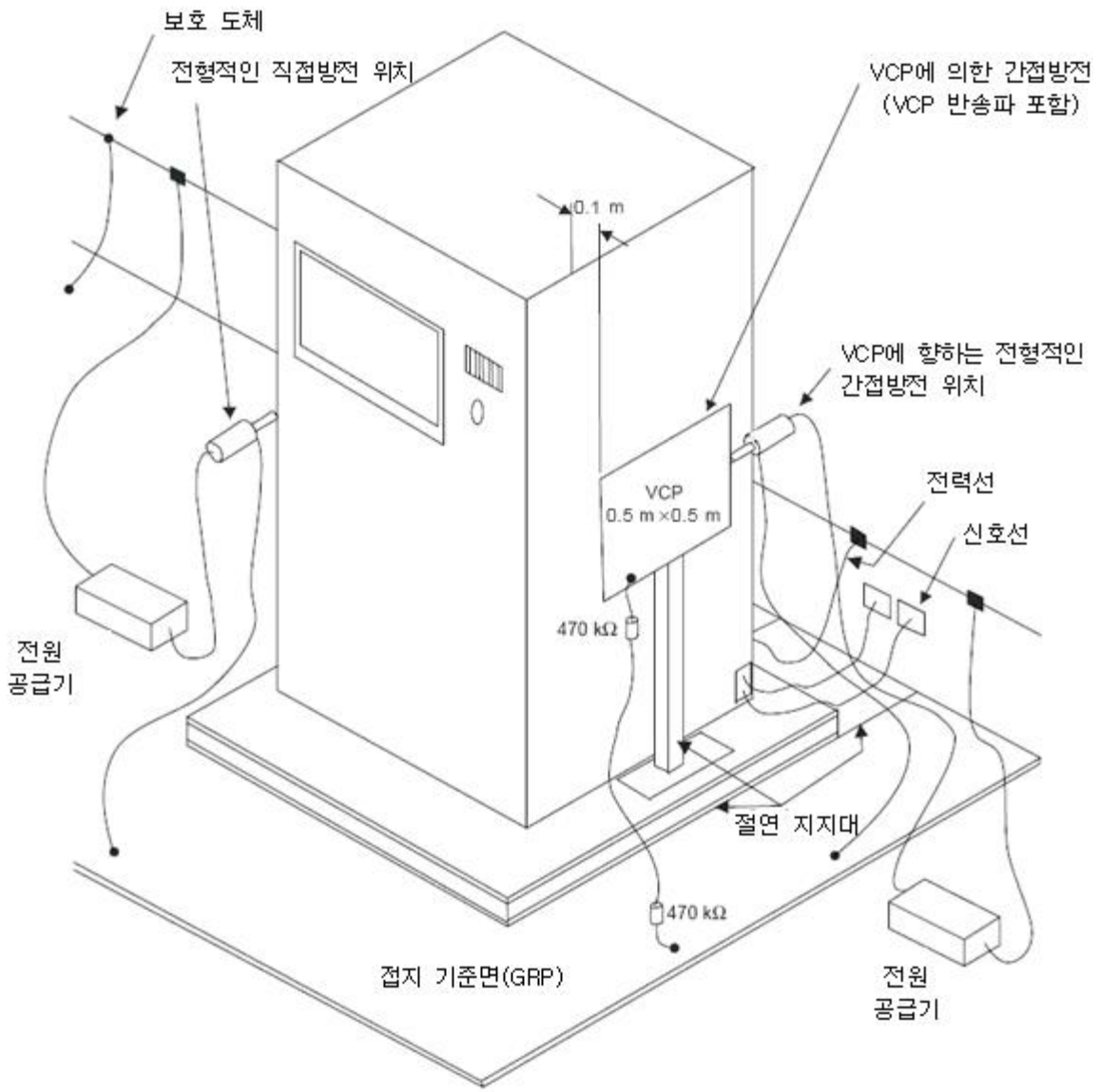


그림 5 – 바닥 거치형 시험배치의 예, 실험실 시험

시험품과 관계된 부착지지대는 모두 갖추어져 있어야 한다.

7.2.4 비접지 기기

7.2.4.1 일반사항

여기서 설명하는 시험배치는 설치사양 또는 설계상 다른 접지 시스템과 연결하지 않는 기기 또는 기기 부품에 적용한다. 이에는 휴대용 기기, 충전기 유무와 상관없이 건전지로 작동하는 기기(비접지 전원선), 이중절연 기기가 포함된다. (등급 II 기기).

이론적 해석: 비접지 기기 또는 비접지 기기 부품은 주전원으로 동력을 공급받는 등급 I 기기와 마찬가지로 스스로 방전할 수 없다. 다음 정전기 방전 펄스를 적용하기 전 축적된 전하를 제거하지 않으면, 시험품 또는 시험품 부품이 의도했던 시험 전압보다 최대 두 배까지 스트레스를 받을 가능성이 있다. 그러므로 이 같은 종류의 기기 또는 기기의 부품들은 등급 II 절연체 커패시터에 수 차례 누적되는 정전기방전으로 인해 비현실적으로 높게 충전되고 그 이후 항복전압보다 훨씬 더 높은 에너지로 절연체에 방전할 수 있다.

일반 시험배치는 **7.2.2**와 **7.2.3**에서 설명한 배치와 동일해야 한다. 단일 정전기 방전을 모의 시험하기 위해(기중 또는 접촉 방전), 정전기 방전 펄스 적용 시 마다 매번 시험품 상의 축적된 전하를 사전에 제거해야 한다.

정전기 방전 펄스를 적용해야 하는 커넥터 쉘, 건전지 충전 핀, 금속 안테나 등과 같은 금속부 또는 일부분의 축적된 전하는 정전기 방전 시험 펄스 적용 전에 제거하여야 한다.

단일 혹은 복수의 금속 부들이 정전기 방전의 시험 대상인 경우, 정전기 방전 펄스가 적용되는 지점과 다른 인접부 사이 저항이 없다고 할 수 없기 때문에 이 지점에서 축적된 전하가 제거되어야 한다.

470 kΩ 블리더 저항이 있는 케이블은 HCP와 VCP를 사용하는 케이블과 마찬가지로 선호되는 축적된 전하 제거 장치이다. **7.2** 참조

시험품과 HCP(탁상형)사이와 시험품과 접지기준면(바닥 거치형) 사이에 있는 커패시턴스는 시험품의 크기에 의해 결정되기 때문에, 블리더 저항이 있는 케이블이 기능적으로 허용되는 한 정전기 방전 시험 중 설치상태 그대로 유지될 것이다. 블리더 저항이 있는 케이블에서 저항 1대는 가능한 한 시험품 시험 지점에서 20 mm 이내로 근접하게 연결하여야 한다. 두 번째 저항은 탁자형 기기의 경우 HCP(**그림 6** 참조) 또는 거치형 기기의 경우 접지기준면에 부착해 있는 케이블 끝 부근에 연결한다. (**그림 7** 참조)

블리더 저항이 있는 케이블의 유무는 일부 기기의 시험 결과에 영향을 줄 수 있다. 만약 축적된 전하가 연속 방전 사이에 충분히 소멸되면, 정전기 방전 펄스 동안 케이블을 연결하지 않고 실시하는 시험이 시험 중 케이블을 설치하고 실시하는 시험에 우선한다.

그러므로, 하나의 대안의 다음과 같은 옵션을 사용할 수 있다.

- 연속 방전 사이의 시간 간격을 시험품에서 자연스럽게 충전된 전하가 소멸하는데 필요한 시간만큼 연장한다.
- 접지 케이블 안에 블리더 저항(예를 들어, 2 x 470 kΩ)이 있는 접지 탄소 섬유 브러시로 시험품을 쓸어 준다.

비고 충전된 전하의 소멸 여부로 논쟁이 있는 경우, 시험품 상의 충전된 전하를 비접촉 전기장 계기로 모니터 할 수 있다. 충전된 전하가 초기값의 10 % 이하로 소멸되면 시험품이 방전된 것으로 간주한다.

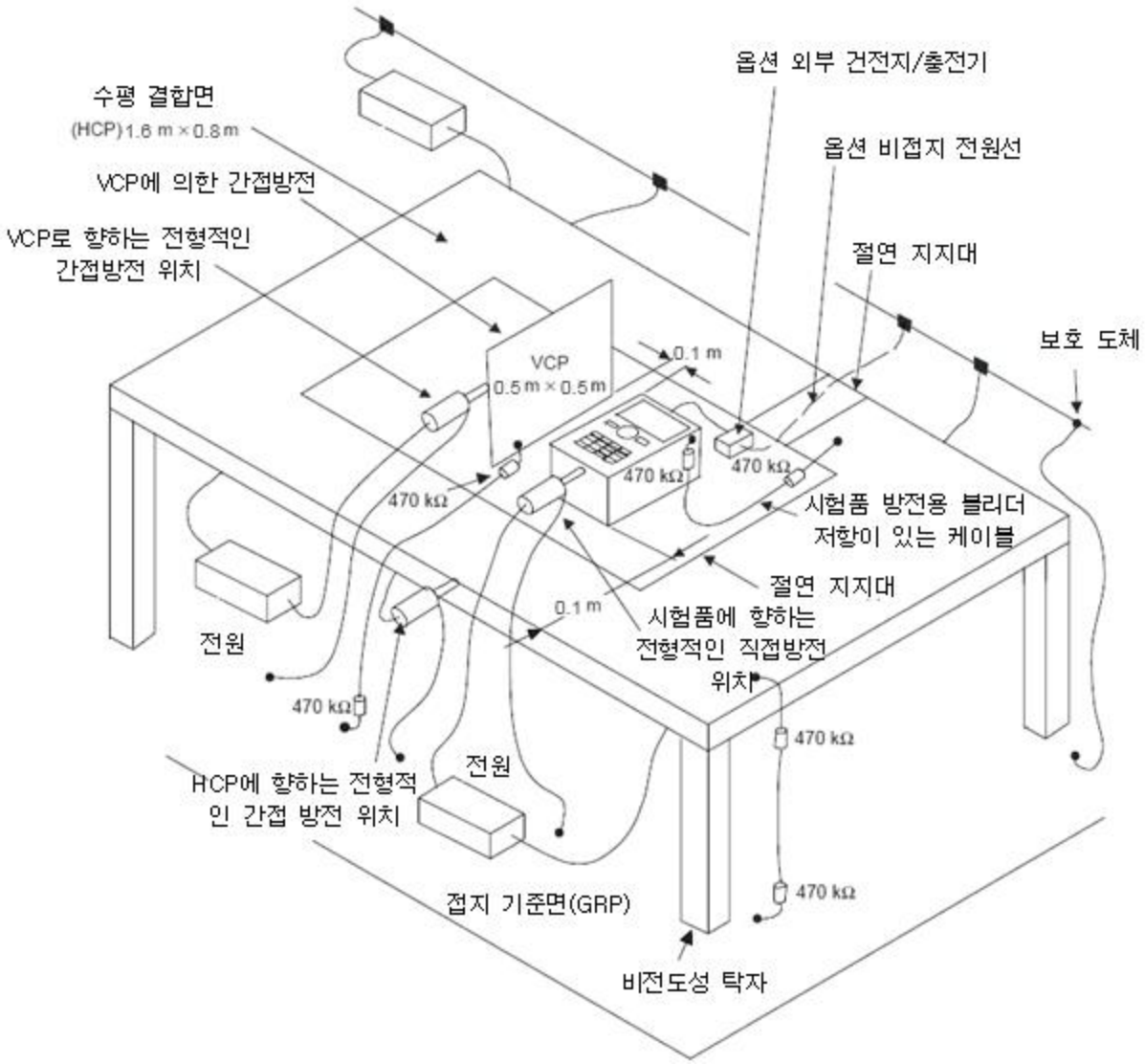


그림 6 – 비접지 탁상용 기기 시험배치의 예

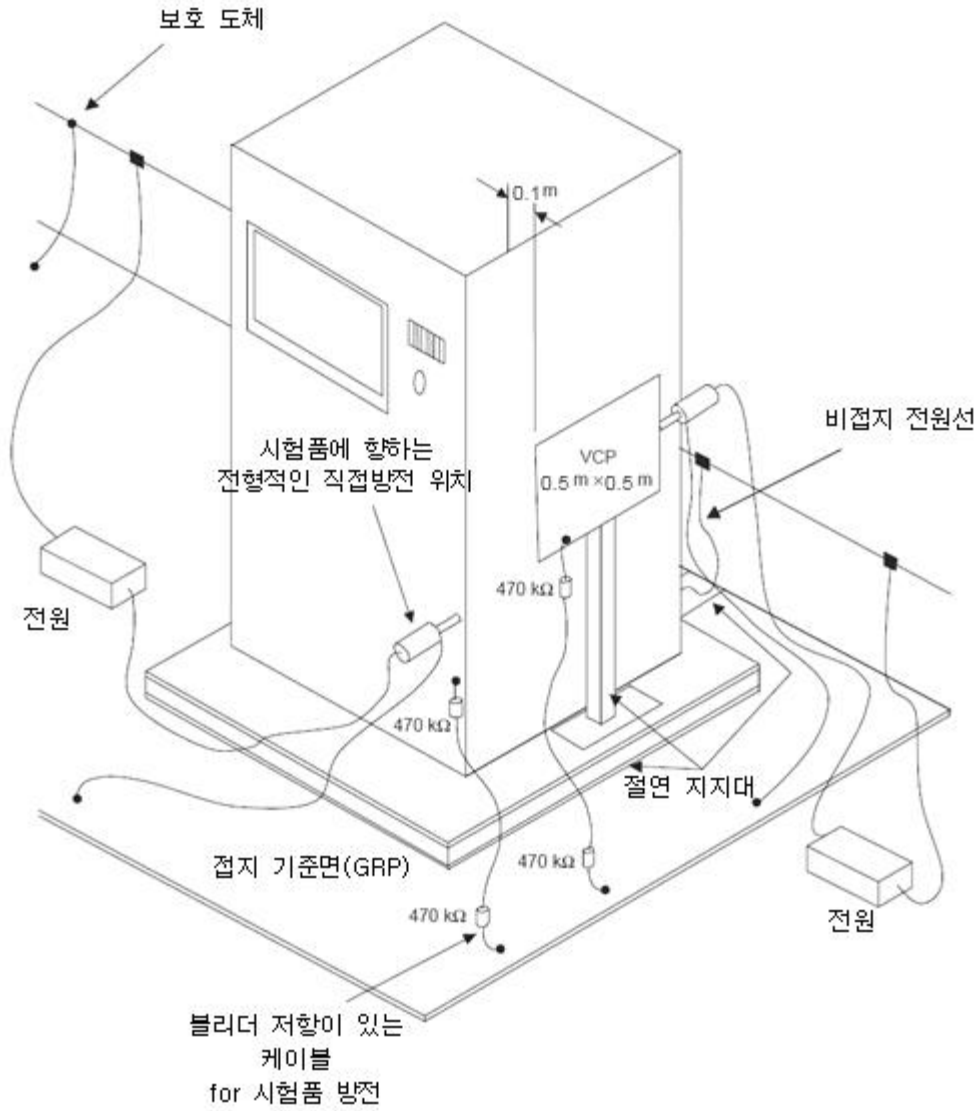


그림 7 – 비접지 바닥 거치형 기기의 시험배치의 예

7.2.4.2 탁상형 기기

접지 기준면에 연결하는 금속 연결부가 없는 탁상형 기기는 **7.2.2**와 **그림 4**와 유사하게 설치하여야 한다.

정전기 방전 펄스가 접할 수 있는 금속 부품이 시험품에 있을 때 이 부품은 블리더 저항이 있는 케이블을 거쳐 HCP에 연결한다. **그림 6** 참조.

7.2.4.3 바닥 거치형 기기

접지 기준면에 연결하는 금속 연결부가 없는 바닥 거치형 기기는 **7.2.3**과 **그림 5**와 유사하게 설치하여야 한다.

블리더 저항이 있는 케이블은 접근 가능한 금속부품과 그 부품에 적용하는 정전기 방전 펄스, 접지 기준면(GRP)을 서로 연결할 때 사용한다; **그림 7** 참조.

7.3 설치 후 시험을 위한 시험배치

이와 같은 설치 후 정 위치에서 실시하는 시험은 제조자와 소비자 간의 합의로 적용할 수 있다. 동일 위치에 있는 다른 기기에 수용 불가한 영향을 주는지 고려하여야 한다.

비고 또한, 시험품 자체도 정위치 정전기 방전 시험으로 상당히 큰 스트레스를 겪어야만 한다. 현대식 전자회로가 일단 정전기 방전을 견딜 수 있으면 많은 회로의 평균고장수명(MTTF : mean time to failure)이 크게 감소한다. 정전기 방전 시험 중 오동작이 즉시 발생하지는 않지만 이러한 장치가 정전기 방전 시험을 실시한 적이 없는 장치에 비해 훨씬 빠르게 고장이 날 가능성이 크다. 모든 시험을 정위치 정전기 방전 시험으로 실시하지 않는 것이 현명한 결정일 수 있음을 고려한다.

설치 후 정전기 방전 시험을 실시하기로 결정하면, 시험품을 최종 설치 조건에서 시험한다.

방전 회귀 케이블의 용이한 연결을 위해 접지 기준면(ground reference plane)은 설치할 바닥 위에 대략 0.1 m 거리로 가깝게 놓여 있어야 한다. 이 면은 적어도 두께가 0.25 mm 이상인 구리나 알루미늄이어야 한다. 두께가 최소한 0.65 mm 정도라면, 다른 금속이 사용되어도 된다. 설치가 허용되는 면은 대략 폭이 0.3 m, 길이가 2 m 정도이어야 한다.

이 접지 기준면은 보호 접지 시스템에 연결되어야 한다. 이것이 불가능한 장소에서는 시험품의 접지 단자에 가능한 연결되어야 한다.

정전기 방전 발생기의 방전 회귀 케이블은 시험품과 가까운 지점에서 접지면과 연결되어야 한다. 시험품이 금속 테이블 위에 설치될 경우, 테이블은 전하가 축적되는 것을 막기 위해 각각의 끝에 470 kΩ 저항을 가지는 케이블을 통해 접지 기준면과 연결되어야 한다.

비접지 금속부는 **7.2.4**에 따라 시험한다. 블리더 저항이 있는 케이블은 시험품에 근접한 접지기준면에 연결한다.

설치 후 시험배치의 예는 **그림 8**에서 볼 수 있다.

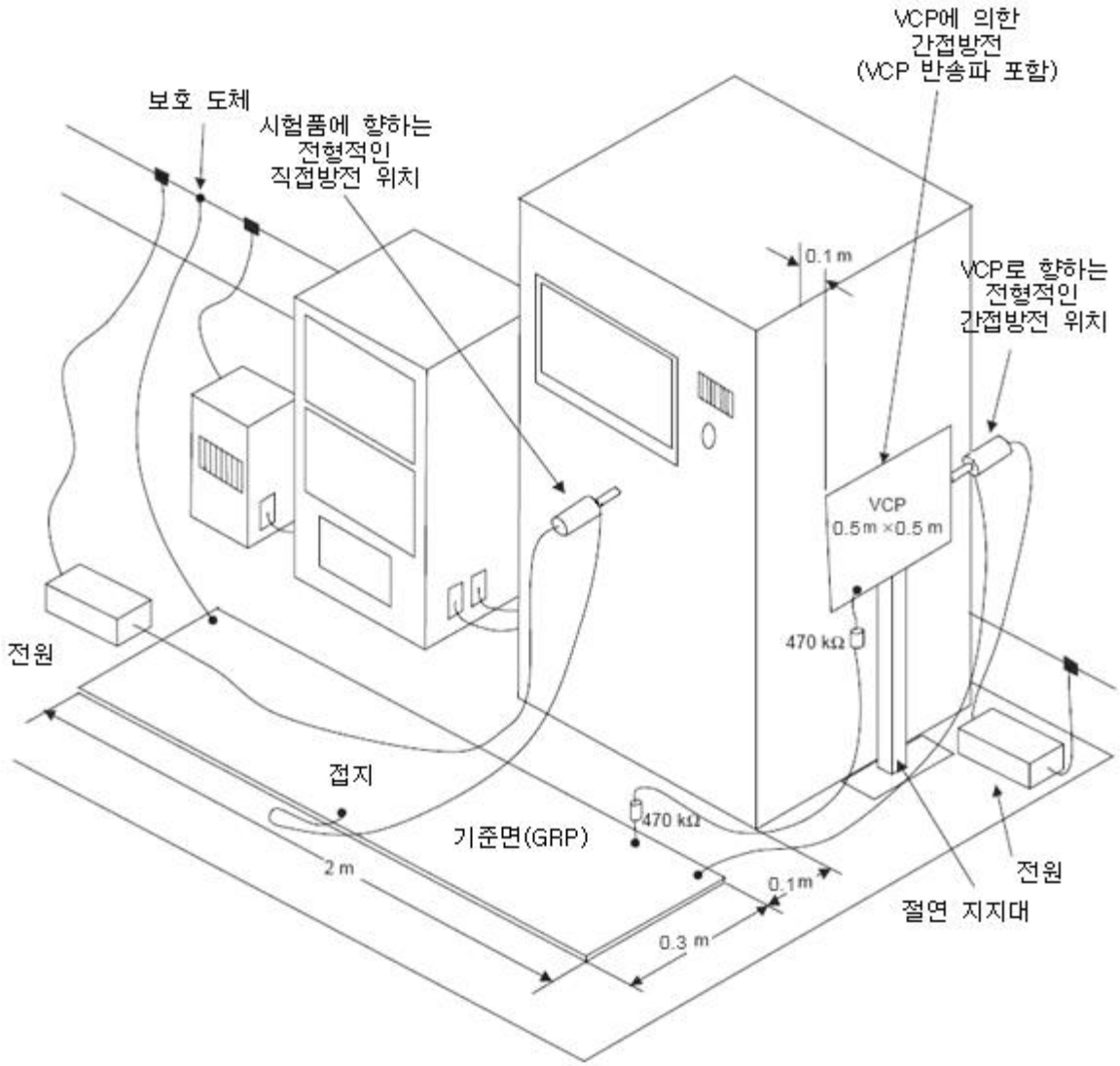


그림 8 – 바닥 거치형 기기 시험배치의 예, 설치 후 시험

8 시험 절차

8.1 시험실 기준 조건

8.1.1 환경 파라미터

시험 결과에서 환경 요인의 영향을 최소화하기 위해 시험은 8.1.2와 8.1.3에 명시한 바와 같이 기후, 전기자기 기준 조건에서 시험과 교정을 실시하여야 한다.

8.1.2 기후 조건

시험품을 의도된 기후 조건 내에서 작동시킨다.

기중방전 시험의 경우, 기후조건은 다음과 같은 범위에 있어야 한다.

- 주위 온도 : 15 ℃ ~ 35 ℃
- 상대 습도 : 30 % ~ 60 %
- 대기 압력 : 86 kPa (860 mbar)~106 kPa(1 060 mbar)

비고 다른 값은 특정 기후 조건에서 사용하는 기기에만 적용할 수 있다.

8.1.3 전기자기 조건

실험실의 전기자기 조건들은 시험 결과에 영향을 미치지 않기 위해 시험품의 정상 작동을 보장해야 한다.

8.2 시험품 작동

시험 프로그램과 소프트웨어는 시험품의 모든 동작 모드를 수행할 수 있도록 설정되어야 한다. 특별한 동작 소프트웨어의 사용도 가능하나 시험품이 충분히 동작됨을 보일 때만 허용된다.

적합성 시험을 위해 시험품은 예비 시험에 의해서 검토된 가장 민감한 모드(프로그램 주기)에서 연속적으로 동작되어야 한다.

만약 관찰 기기가 필요하다면, 오시의 가능성을 줄이기 위해 관찰 기기는 시험품에서 분리하여야 한다.

8.3 시험의 수행

8.3.1 시험품에 대한 방전

시험은 계획에 따라 시험품에 직접, 간접 방전으로 적용하며 수행된다. 시험은 다음사항이 포함되어야 한다.

- 대표적인 동작 조건
- 탁자 위에서 시험되어야 하는가 또는 바닥에서 시험되어야 하는가
- 적용되는 지점
- 지점에서 접촉 방전이 적용될지 또는 기중 방전이 적용될지에 대하여
- 시험 레벨
- 시험을 위해 각 지점에서 적용될 방전의 수
- 설치 후 시험이 적용되어야 할지에 대한 내용

여러 가지 측면의 시험 계획을 세우기 위해 몇 가지 조사 시험을 수행하는 것이 필요할 수 있다.

비고 1 측정 불확도를 제공해야 할 필요가 있는 경우, 불확도 산출표(Budget)의 예는 **부속서 E**를 참조한다.

비고 2 시험 결과 변동 시, **부속서 F**는 편차 출처를 결정하기 위해 **부속서 F**에서 설명한 정전기 방전의 단계적 평가방법(Escalation Strategy)을 제안한다.

8.3.2 시험품에 대한 직접 방전의 적용

일반 표준 또는 제품 관련표준, 제품군 관련표준에서 다르게 기술하지 않는 한, 정전기 방전은 정상 사용시 인체가 닿을 수 있는 시험품 지점 및 표면에만 적용한다. 다음과 같은 예외는 있다. (즉, 방전은 다음과 같은 항목에는 적용하지 않는다.)

a) 유지보수 시에만 접근할 수 있는 지점과 표면. 이 경우, 특수 정전기 방전 이동절차를 관련 문서와 함께 제출하여야 한다.

b) 서비스 동안 (최종) 사용자가 접근할 수 있는 지점과 표면.
이러한 잘 접근하지 않는 지점의 예는 다음과 같다. 건전지 교체 중 건전지 접촉부, 전화 자동응답기 속 카세트 등.

c) 예를 들어 기기 아래/벽 또는 고정 커넥터 뒤 공간 등, 기기의 이와 같은 지점과 표면은 고정 설치 후 또는 사용 지침을 따른 후에는 더 이상 접근할 수 없다.

d) 금속 커넥터 쉘과 함께 제공되는 동축 및 멀티 핀 커넥터의 접촉. 이 경우, 접촉 방전은 이러한 커넥터의 금속 쉘에만 적용한다.

접근 가능한 비 전도성(보기: 플라스틱) 커넥터 내 접촉은 기중 방전 시험만으로 시험한다. 이 시험은 정전기 방전 발생기에 둥근 팁을 사용하여 실시한다.

일반적으로 6개의 경우를 고려할 수 있다.

표 4 – 정전기 방전의 커넥터 적용 경우

경우	커넥터 쉘	커버 재료	기중방전 타깃	접촉방전 타깃:
1	금속	없음	–	쉘
2	금속	절연	커버	접근 가능한 경우, 쉘
3	금속	금속	–	쉘과 커버
4	절연	없음	a	–
5	절연	절연	커버	–
6	절연	금속	–	커버
비고 커넥터 핀 보호용 커버가 제공되면(ESD), 커버 또는 커버가 적용되는 커넥터 주변의 기기에 ESD 경고 라벨을 붙여야 한다.				
a 제품(군) 표준이 절연 커넥터의 개별 핀 시험을 요구하면, 기중 방전을 적용한다.				

e) 커넥터 또는 다른 접근 가능한 기능 상의 이유로 정전기 방전에 민감한 부품의 접촉은 정전기 방전 경고 라벨을 제공해야 한다. 예를 들어, r.f. 측정, 수신, 기타 통신 기능에서의 입력.

이론적 해석: 많은 커넥터 포트가 아날로그 또는 디지털 고주파수 정보를 처리하기 위해 설계되었으며 그러므로 충분한 과전압 보호 장치에는 제공할 수 없다. 아날로그 신호의 경우, 밴드패스 필터가 솔루션이 될 수 있다. 과전압 보호 다이오드는 기생 정전용량이 너무 많아 시험품이 운영될 주파수에 사용하기에는 부적합하다.

모든 경우에서 특별히 정전기 방전 완화 절차서를 첨부 문서로 제출하여야 한다.

기기 손상을 방지하기 위해 최종 시험레벨은 제품 사양서의 값을 초과하지 말아야 한다.

시험은 단일 방전으로 실시하여야 한다. 미리 선택한 지점 당 최소 10회의 단일 방전(가장 민감한 극성에)을 적용한다.

비고 1 적용된 최소 방전 횟수는 더 많은 방전 횟수를 가져야 하는 동기화 회로가 있는 제품의 경우가 있음으로 시험품에 의해 결정된다.

연속적인 단일 방전과 단일 방전 사이의 시간 간격으로 초기값 1초를 권고한다. 시스템 오류 여부를 판단하기 위해서는 더 긴 시간 간격이 필요할 수도 있다

비고 2 방전 인가 지점은 1초당 20회 이상의 반복 방전률의 시험으로 선택한다.

정전기 방전(ESD) 발생기는 가능한 한 방전을 적용하는 표면과 수직이 되게 놓아야 한다. 이는 시험 결과의 반복성을 개선한다. 정전기 방전(ESD) 발생기를 표면에 수직으로 놓지 못하는 경우, 방전 실시 시험 조건을 시험 성적서에 기록하여야 한다.

발생기의 방전 회귀 케이블은 방전이 되는 동안 시험품에서 최소 0.2m 정도 거리를 두고 놓아야 하고 운영자가 잡고 있지 않아야 한다.

접촉 방전의 경우, 방전 스위치를 작동하기 전 방전 전극 끝이 시험품에 접촉해 있어야 한다.

전도 물질을 덮은 도장 표면의 경우, 다음 절차를 채택한다.

제조자가 신고한 코팅이 절연 코팅이 아니면, 발생기의 뾰족한 끝을 코팅 속으로 들어가게 꽂아 전도성 물질과 접촉시킨다. 제조자가 절연으로 신고한 코팅만을 기중 방전으로 제출한다. 접촉 방전 시험은 그러한 표면에는 적용하지 않는다.

기중 방전의 경우, 정전기 방전 발생기의 전극은 가능한 한 빨리 시험품에 접근해야 한다. 각각의 방전 후에 정전기 방전 발생기(방전 전극)는 시험품으로부터 제거되어야 한다. 그러고 나서 발생기는 새로운 단일 방전을 위해 재충전되어야 한다. 이런 과정이 방전이 끝날 때까지 계속되어야 한다. 기중 방전 시험의 경우, 접촉 방전에 대해 사용되는 방전 스위치는 꺼야 한다.

8.3.3 간접 방전의 적용

8.3.3.1 시험품 근처 물체로 방전

시험품 근처에 위치하거나 설치된 물체로의 방전은 접촉 방전 모드로 결합면에 전기 방전 발생기의 방전을 적용함으로써 모의시험 할 수 있다.

8.3.2에서 기술된 시험 절차와 더불어 8.3.3.2과 8.3.3.3에 주어진 요구 사항을 만족하여야 한다.

8.3.3.2 시험품 아래 수평 결합면(HCP)

수평 결합면으로의 방전은 수평 결합면의 가장자리에 수평으로 방전한다.

적어도 10회의 단일 방전(가장 민감한 극성으로)이 시험품의 각 유닛(적용 가능할 경우)의 중심점의 반대편 및 시험품 전면으로부터 0.1m 떨어진 각 HCP의 전면 가장자리에 적용하여야 한다. 방전 동안 방전 전극의 장축은 HCP에 수평이고 전면 가장자리에 수직으로 되어야 한다.

방전 전극은 방전 스위치가 동작하기 전 HCP의 가장자리에 접촉해야 한다(**그림 4** 참조).

제품 표준은 시험품의 모든 면을 이 시험에 노출시킬 것을 요구할 수 있다.

8.3.3.3 수직 결합면(VCP)

적어도 10회의 단일 방전(가장 민감한 극성으로)이 결합면 중 하나의 수직 모서리의 중앙에 적용하여야 한다(**그림 4**와 **그림 5**). 크기가 0.5m×0.5m인 결합면은 시험품과 평행하게 시험품에서 0.1m 떨어진 위치에 놓는다.

방전은 시험품의 네 면이 충분하게 전달 받을 수 있도록 적절히 다른 위치에서 결합면에 적용하여야 한다. 하나의 VCP는 시험품 표면의 0.5 m x 0.5 m 면적에만 해당된다.

9 시험 결과 평가

시험 결과는 제조자 또는 시험 의뢰자가 정의한 또는 제조자와 제품 구매자 간에 합의한 성능 수준과 비교하여 시험품의 기능 손실 또는 성능 저하 측면에서 분류하여야 한다. 다음과 같은 분류방식을 권고한다.

a) 제조자, 의뢰자, 구매자가 지정한 한계 값 내에서의 정상적인 작동

b) 운영자의 개입 없이 자동 복구가 가능한, 장해 종료 후 멈추는 임시적 기능 손실 또는 성능 저하.

c) 운영자의 개입으로 시정되는 임시적 기능 손실 또는 성능 저하

d) 하드웨어 또는 소프트웨어의 손상 또는 데이터 손실로 인해 회복 불가능한 기능의 저하 또는 손실

제조자 사양서에 시험품에 미치는 영향 중 중요하지 않거나 허용 가능하다라고 기재될 수 있다.

이 분류는 일반, 제품, 제품군 표준 담당 위원회가 성능기준 수립 시 지침으로 사용될 수 있으며, 또는 적절한 일반, 제품, 제품군이 없는 경우 제조자와 구매자간 성능 기준 합의를 위한 근간으로 사용할 수 있다.

10 시험 성적서

시험 성적서에는 시험 재현에 필요한 모든 정보를 수록해야 한다. 특히, 다음과 같은 사항을 기록해야 한다.

- 이 표준의 8절에서 요구하는 시험 계획서에 명시된 항목.
- 시험품 및 관련기기 식별, 예를 들어, 브랜드명, 제품종류, 일련번호
- 시험기기 식별, 예를 들어, 브랜드명, 제품종류, 일련번호
- 차폐실과 같은 시험 실시 장소의 특수 환경조건
- 시험 시행이 가능하도록 한 특수 조건
- 제조자, 요구자, 구매자가 정의한 성능수준
- 일반, 제품, 제품군 표준에 명시된 성능기준
- 시험 방전 적용 중이나 이후 시험품에 어떠한 효과가 있는지 그리고 효과가 지속되는 시간이 관찰 되야 한다.
- 합격/불합격 판정 이유 (일반, 제품, 제품군 표준에 명시하거나, 또는 제조자와 구매자가 합의한 성능기준에 기초함);
- 특정 이용조건 예를 들어 케이블 길이 또는 종류, 차폐 또는 접지 또는 적합성 달성에 요구되는 시험품 운영조건
- 기후조건
- 시험배치 및 시험품 배열 도면 및 사진

부속서 A
(참고)
주석

A.1 일반 고려사항

정전기의 방전으로부터 기기를 보호하는 문제는 제조자와 사용자에게 상당히 중요하다.

마이크로 전자 기기의 광범위한 사용이 제품과 시스템의 신뢰성을 높이기 위해 문제 양상을 규정하고 그 해결책을 찾기 위한 필요성을 부각시켜 왔다.

정전기 축적과 연이은 방전에 대한 문제는 기기와 시스템의 광범위한 사용과 조절이 불가한 환경에서 더 밀접한 관계를 갖게 된다.

인체로부터 주변 물체로 방전이 일어날 때마다 기기는 전기자기 에너지에 의해 영향을 받을 수 있다. 또한 방전은 기기 주변의 의자와 탁자와 같은 금속 물체 사이에서 일어날 수 있다. 본 표준에서 기술한 시험은 후자의 현상에 대한 영향을 적절히 모의시험 한 것으로 고려된다.

사용자 방전의 영향은 전자 기기의 오동작이나 손상이 될 수도 있다. 주요 영향은 방전 전류의 변수(상승 시간, 지속 시간 등)로 기인할 수 있다.

기기에 대해 발생하는 정전기 방전에 의한 의도하지 않은 영향으로부터의 예방을 지원 수단의 필요성과 그러한 문제의 인식이 이 기준에서 서술된 표준 시험 절차의 제정을 가져왔다.

A.2 충전된 전하 레벨에서의 환경 조건의 영향

정전기 충전된 전하는 특히 합성 섬유와 건조한 대기의 조합에서 많이 발생한다. 전하 축적과정에는 많은 다양한 변수가 존재한다. 일반적인 상황은 사용자가 양탄자 위를 걷고 각 발걸음마다 몸으로부터 섬유로 전자를 잃거나 얻는다. 사용자의 옷과 의자 사이의 마찰 또한 전하의 상호이동을 일으킨다. 사용자의 몸은 직접적으로 또는 정전기 유도에 의해 전하가 축척 될 수 있다. 후자의 경우에 사용자가 알맞게 접지되지 않는 한 전도 양탄자는 어떠한 보호도 해주지 못한다.

그림 A.1은 대기의 상대적 습도에 따라 섬유 종류 별 축적되어지는 전압 값을 보여준다.

기기는 합성 섬유 직물의 형태와 환경의 상대 습도에 따라 수 킬로볼트에 이르는 전압의 방전에 영향을 받을 수도 있다.

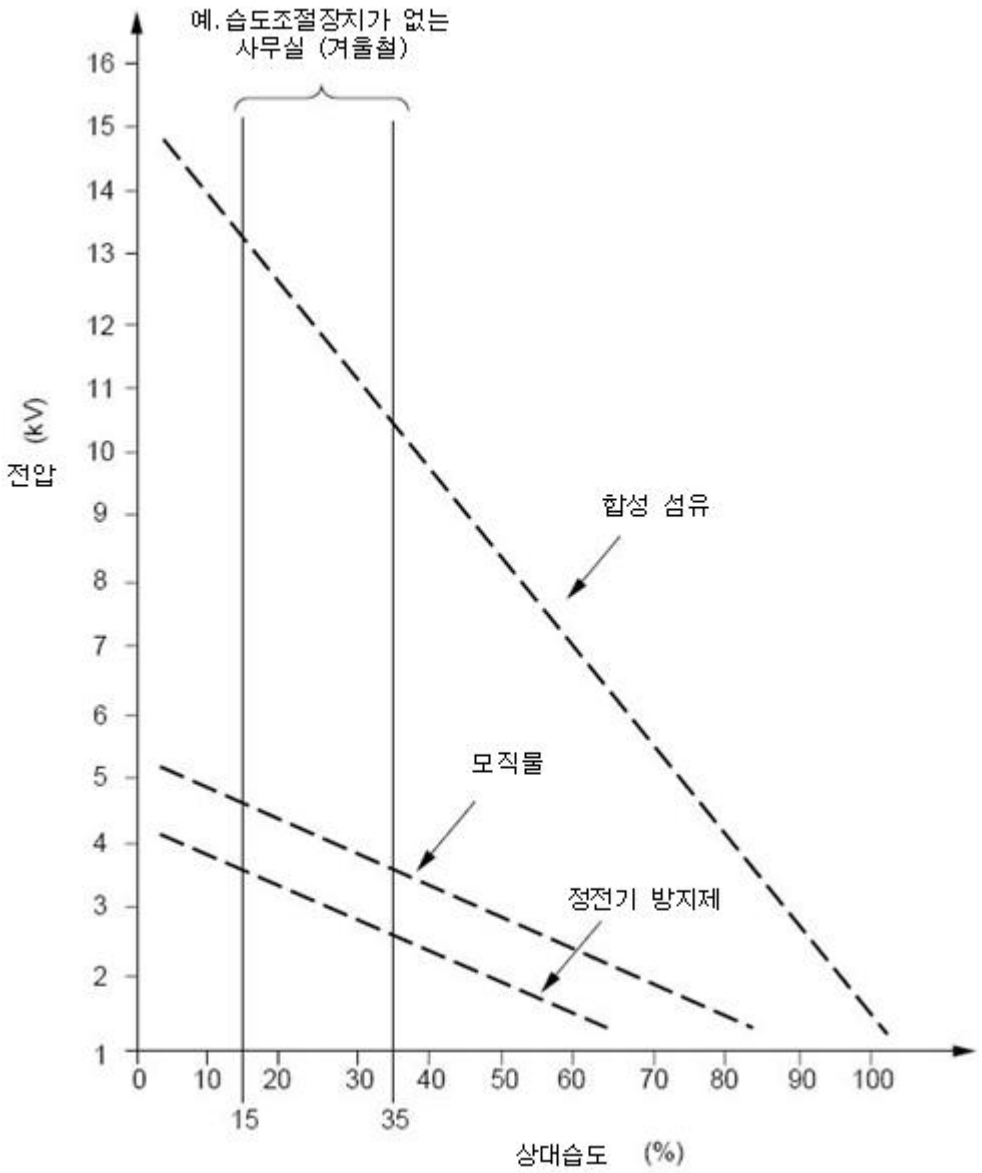


그림 A.1 — A.2에서 언급된 물질에 접촉해 있는 동안 대전된 사용자의 최대 정전기 전압

A.3 전류 방전 환경조건 간의 관계

사용자의 환경에서 구해진 정전압 레벨은 측정 가능한 양으로 요구되는 내성을 정의하기 위해 사용된다. 그러나 에너지 전달은 이전 방전으로 인해 존재하는 정전압의 함수라기 보다는 현 방전으로 인해 발생되는 방전 전류의 함수라는 것이 알려져 있다. 게다가 방전 전류는 일반적으로 높은 레벨 영역에서 기존 방전(pre-discharge) 전압에 비례한 값보다 작다고 알려져 있다.

비례하지 않는 기존 방전 전압과 방전 전류 사이의 관계에 대한 가능한 이유들은 다음과 같다.

- 높은 전압의 방전은 일반적으로 긴 호의 경로를 따라 발생함으로 상승 시간을 증가시킨다. 그러한 이유로 기존 방전 전압에 비례하기 보다는 방전 전류에 대한 높은 스팩트럼의 요소들이 유지되게 된다.
- 일반적인 축적된 전하의 생성 과정에서 축적된 전하의 양이 일정하다고 가정하면, 높은 충전 전압 레벨은 작은 기생 정전용량을 거쳐 더 발전될 것이다. 반대로 큰 기생 정전용량을 거쳐 높은 충전 전압 레벨은 거의 발생하지 않겠지만 수 많은 연속적인 생성 과정이 필요하다. 이는 사용자 환경하에서 충전 에너지는 높은 충전 전압 사이에서 일정해지는 경향이 있다는 것을

의미한다.

위를 통해 얻어진 결과로 주어진 사용자의 환경에 대한 필요 내성은 방전 전류 크기의 형태로 정의될 필요가 있다.

이 개념을 인식하면 시험 기기의 설계는 쉬워진다. 사용자는 충전 전압과 방전 임피던스의 트레이드 오프 관계를 통해 의도 방전 전류의 크기를 선택 적용 할 수 있다.

A.4 시험 레벨의 선택

시험 레벨은 가장 현실적인 설치와 환경 조건에 따라 선택되어야 한다. 이에 대한 지침은 **표 A.1**에 주어져 있다.

표 A.1 – 시험레벨 선정 지침

분류	상대 습도 %	정전기 방지제 재료	합성 섬유 재료	최대전압 kV
1	35	X		2
2	10	X		4
3	50		X	8
4	10		X	15

요구되는 설비와 환경 등급은 본 표준의 **5.**에서 기술된 시험 레벨과 관련이 있다.

예를 들어 나무, 콘크리트, 세라믹과 같은 몇몇 물질에 대해서 가능한 레벨은 레벨 2보다 크지 않다

특정 환경에서 적절한 시험 레벨 선택을 고려할 때 정전기 방전 효과의 주요 파라미터들에 대한 이해가 중요하다.

가장 주요한 매개 변수는 충전할 전압, 최대 방전 전류, 상승 시간의 다양한 조합으로 얻어질 수도 있는 방전 전류의 변화율이 될 것이다.

예를 들면, 15 kV 합성 섬유 물질에 대해 요구되는 정전기 방전의 세기는 본 표준에서 정의된 정전기 발생기의 접촉 방전에 사용되는 등급 4 시험에서 적정 범위인 8 kV/30 A 보다 더 강하다.

그리고 매우 건조한 환경에서는 합성 물질이 존재하는 경우 15 kV 보다 더 높은 전압이 발생한다.

절연 표면을 가지는 시험 기기의 경우에는 15 kV 전압까지 기중 방전법이 사용될 수 있다.

A.5 시험 지점의 선택

고려할 만한 시험부들은 다음과 같은 위치들이 해당될 수 있다.

- 접지면으로부터 전기적으로 격리된 함의 금속 부분;
- 스위치, 손잡이, 버튼, 표시기, 발광다이오드, 구멍, 삽입부, 그릴, 커넥터 후드와 같은 조종 또는 키보드 영역의 모든 지점과 기타 운영자 접근가능 지역 등과 같은 다른 인체-기계간 커뮤니케이션 지점.

A.6 접촉 방전법 사용 기술에 대한 이론적 해석

일반적으로 기중 방전법의 재현성은 방전 전류의 펄스 상승 시간과 크기가 변화에 따라 영향을 받는다. 이러한 영향 요소들은 방전 팁의 접근 속도, 습도 및 시험 기기의 구성들이다.

기중 방전 정전기 방전 시험에서 정전기 방전 시험은 충전된 커패시터를 방전 팁을 통해 시험품 표면과 방전 팁 사이 공간에 스파크를 형성하며 해당 시험품으로 방전함으로써 모의실험이 이루어진다.

전기 스파크는 매우 복잡한 물리 현상이다. 접근 속도 변화에 의한 전기 스파크 공간 이동으로 방전 전류의 상승 시간 (혹은 상승 기울기)이 1 ns 이전과 20 ns 이후가 다를 수 있다.

접근 속도 상수를 일정하게 유지하는 것이 상승 시간을 일정하게 하지는 않는다. 어떤 전압과 속도의 조합에 대해 상승 시간은 여전히 최대 30까지 변동한다.

비고 고전압 시 기중 방전은 복수의 연속적인 방전에서 발생할 수 있다.

트리거 장치는 일반적으로 알려진 바와 같이 반복적이고 빠르게 방전 전류 상승을 일으키는 릴레이이다. 릴레이는 충분한 전압용량과 단일 접촉이 있어야 한다. (상승부에서 이중 방전을 예방하기 위해) 더 높은 전압에서는 진공 릴레이가 유용한 것으로 알려져 있다. 트리거 장치로 릴레이를 사용하면 측정된 방전 펄스 형태가 상승부에서 훨씬 더 반복성이 좋을 뿐 아니라 실제 시험품을 가지고 시험한 결과에서도 재현성이 더욱 좋은 것으로 밝혀졌다.

결과적으로 릴레이로 구동되는 정전기 방전 발생기는 특정 전류 펄스(크기와 상승 시간)를 만들어 내는 장치이다.

이 전류는 A.3에 기술된 것과 같이 실제 정전기 방전 전압에 관련되어 있다.

A.7 정전기 방전 발생기 요소 선택

축적 커패시터는 인체의 정전 용량을 대체하여 적용된다. 이러한 목적으로 150 pF가 공칭값으로 사용되어 왔다.

330 Ω의 저항 값은 열쇠나 도구와 같은 금속 물체를 잡고 있는 인체의 저항을 나타내기 위해 선정되어 왔다. 이런 금속 방전 상황은 실생활에서 일어날 수 있는 모든 인체 방전들을 대표하기는 매우 어렵다.

A.8 발생기 사양에 관련된 이론적 해석

실제 시험품에 정전기 방전 시험을 적용 시 재현성의 차이에 대한 원인으로 많은 이유들이 주장되어 왔다. 본 표준에서는 시험배치, 교정 사항 등을 고려하여 그 원인을 제안한다.

정전기 방전 발생기 사양 변경 역시 고려되어 왔지만, 여기서는 변경사항을 제안하지 않는다. 다음은 이러한 결정의 이론적 해석 요약이다.

발생기 사양과 관련하여 재현성 문제의 원인으로 두 가지 잠재적인 이유는

- 첫 번째 피크 후 발생기의 2 ns와 60 ns 사이 방전 전류 파형
- 시험품에 인가되는 정전기 방전 시 발생기에 의해 방사되는 전기장

첫 번째 이유는 유지 관리부와 **그림 2**에서 보는 바와 같이 2 ns와 60 ns 사이에서 규정한 이상적 형태의 허용오차 35 %와 관련이 있다. 본 표준의 재정 과정 동안, 방전 전류 사양의 이러한 잠재적 변경사항이 초기 피크의 60 %에서 첫 번째 피크의 (2.5±1) ns로 하락 시간을 제안하기 위해 추가 수정되었다.

비교시험(Round robin test)을 두 가지 종류의 발생기로 실험실 세 곳에서 다른 시험품에 대해 실시하였다. 첫 번째 종류의 발생기는 IEC 61000-4-2 Edition 1을 만족하고 두 번째 종류의 발생기는 상기에 나타낸 바와 같은 추가 사양을 갖는다. 각각의 종류에 대해 다섯 가지 다른 발생기는 이러한 관점에서 다른 제조자의 다섯 가지 다른 발생기가 제공되었다.

변경된 정전기 방전 발생기에 대한 비교시험 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 다른 정전기 방전 발생기 간에 고려된 시험품들이 영향을 받는 시험 레벨 차이가 존재하였다.
- 방전 파형의 형태를 수정하는 것은 시간과 주파수 영역 모두에서 방전 전류 형태의 변형으로 나타난다.
- 하지만, 새로운 파형은 실제 시험품에서 시험결과의 재현성에 대한 개선을 가져오지는 않았다.

두 번째 이유로, 비교 시험을 실시하는데 요구되는 요소들이 상당히 많으며, 게다가 이 변수들이 재현성 문제의 원인이라고 보장할 수 없으므로 복사장이 실제 시험품에 미치는 영향을 정량화하고 실험 결과의 재현성에 영향을 주는 관련 파라미터의 제어방식을 이해하기 위해 실질적인 기술연구가 필요하다.

본 표준에 수록된 변경사항은 시험 재현성을 향상할 것으로 여겨진다. 이후 연구는 이 표준의 향후 개정판에서 재현성에 관한 전기장 복사 영향 평가에 대해 제안될 것이다.

부속서 B
(규정)

전류 측정 시스템 교정 및 방전 전류 측정

B.1 타깃 전류 사양 – 입력 임피던스

정전기 발생기의 타깃 전류를 측정하기 위한 동축선의 타깃 전류는 내부전극과 접지간 측정된 직류에서 2.1 Ω 이하의 입력 임피던스를 가진다.

비고 1 타깃전류는 완벽한 접지면으로 흐르는 정전기 방전 전류를 측정해야 한다. 완벽하게 전도되는 면과 대상의 입력 임피던스 간의 차이로 발생하는 오류를 최소화하기 위해, 입력 임피던스에 2.1 Ω 한계값을 설정한다. 하지만, 대상 입력 임피던스가 너무 낮으면, 출력 신호가 매우 적을 것이고, 이는 케이블과 오실로스코프로의 연결로 인해 오차를 일으킬 수 있다. 또한 너무 낮은 저항값을 사용하면, 기생 인덕턴스는 더 심각해진다.

비고 2 입력 임피던스와 전달 임피던스(Z_{sys},**B.3**)를 직류 또는 저 주파수에서 높은 정확도로 측정하기도 한다.

B.2 타깃 전류 사양 – 삽입손실

B.2.1 측정 체인

동축선 타깃 전류에 대한 삽입손실을 명시하는 대신 목표 대상, 감쇠기, 케이블을 구성하는 측정 체인의 삽입손실을 명시한다. 이는 측정 시스템의 특성을 간소화시킨다. 측정 시스템의 특징화 작업을 단순화하여 각 성분을 개별적으로 특성화할 필요없이 이 체인과 오실로스코프만을 특성화 한다.

타깃–감쇠기–케이블 체인의 삽입손실 변화는 다음 수치를 초과하지 않아야 한다.

□±0.5 dB, 1 GHz까지
□±1.2 dB, 1 GHz ~ 4 GHz.

삽입손실의 표준값 S_{21}측면으로 보면;
S_{21} = 20log [$2Z_{sys}/(R_{in}$+50 Ω)] dB, 이때 50 Ω의 부하를 가질 때 타깃–감쇠기–케이블 연결의 직류입력 임피던스이다.

비고 3 다른 교정 시간 주기는 직류 전송 임피던스와 더 많이 관련된 삽입손실 측정에 사용할 수 있다. 직류 전달 임피던스의 반복 측정이 원래 측정과 1 % 이하로 다른 결과를 나타내면, 사용자는 동일 케이블과 감쇠기를 사용하고 다르게 나타내는 지표가 없는 한(보기: 느슨해진 또는 손상된 커넥터) 타깃–감쇠기–케이블 체인의 삽입손실이 변하지 않았다고 가정할 수 있다.

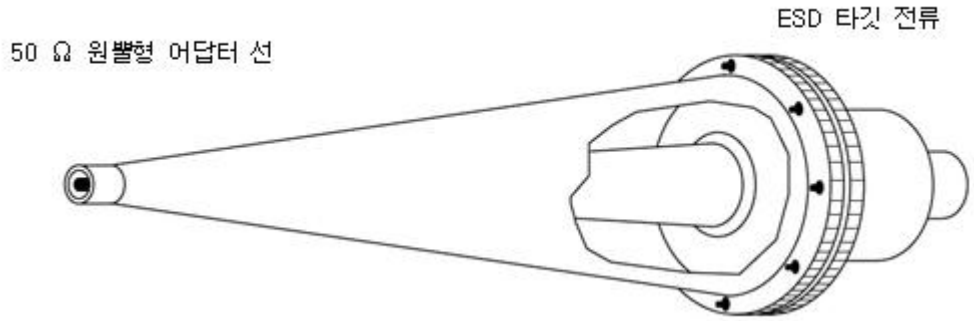
비고 4 타깃–감쇠기–케이블 체인은 항상 하나 형태로 간주해야 한다. 한 부분의 교환 후 즉시 또는 분해 및 재조립 할 때도 역시 사양 적합성 확보를 위해 전체 체인을 재교정해야 한다.

B.2.2 타깃 어덥터 선

그림 B.1에서 보여지는 타깃 어덥터 선은 50 Ω 동축 케이블과 정전기 방전 타깃 전류 입력부를 연결한다. 기구적으로 동축 케이블 직경에서 타깃 직경으로 점차적으로 확장되어 있다. 만약 타깃이 직경비율 d에 대한 D(**그림 B.2** 참조)로부터 계산된 임피던스가 50 Ω과 같지 않는 경우, 타깃 전류 어답터 선은 목표 전류 내부 전극의 직경과 내부 도체의 외측 직경에 의해 얻어져야 한다.

임피던스는 원뿔형 접속 소켓 선에 채워진 재료(전형적으로 공기)의 유전체 상수를 사용하여 계산된다. 목표 접속 소켓 선은 4 GHz 대역 내에서(50±1) Ω을 유지해야 한다. 서로 마주보고 있는 두 타깃 전류 어답터의 회귀 손실은 1 GHz까지는 30 dB, 4 GHz까지는 20 dB 보다 좋아야 하고, 총

삽입손실이 4 GHz까지 0.3 dB 이하이어야 한다.



비고 원뿔형 외 다른 형태 역시 허용.

그림 B.1 – 타깃 전류에 속한 타깃 어답터 선의 예

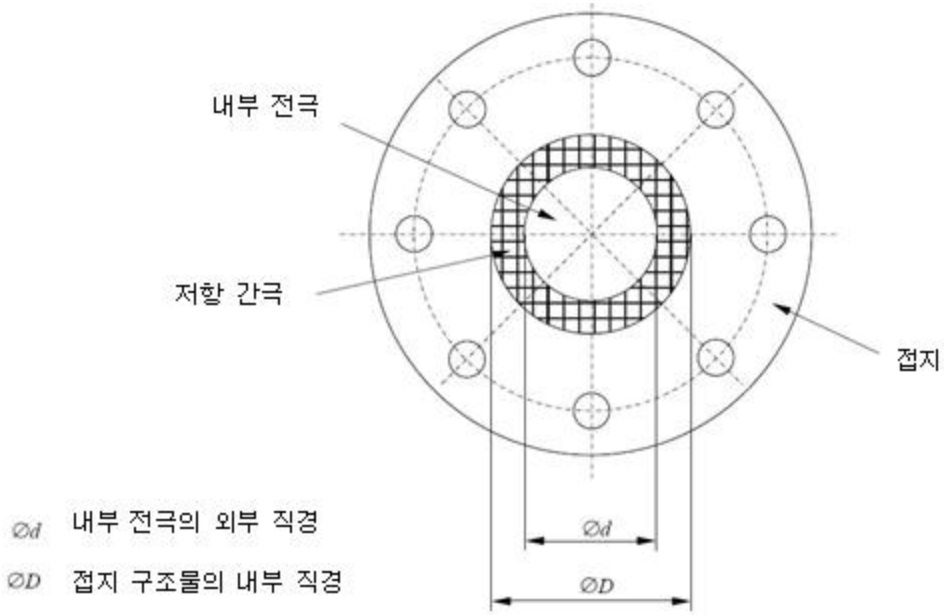


그림 B.2 – 전류 타깃 정면의 예

B.2.3 전류 타깃-감쇠기-케이블 체인의 삽입손실 결정

이 구간의 삽입손실은 벡터 망 분석기(VNA)로 얻어진다. 또한, 충분한 정확도를 가지는 다른 측정 시스템도 삽입손실 크기를 측정하는데 사용할 수 있다.

삽입손실 측정절차는 다음과 같다.

- **그림 B.3**의 교정 지점(감쇠기와 타깃 사이, 감쇠기와 타깃 어답터 선 사이)에서 네트워크 분석기를 교정한다

비고 1 만약 네트워크 분석기를 사용하지 않는 경우, 절차를 수정하여야 한다.
비고 2 직류 대신 네트워크 분석기가 가지는 최저 주파수를 사용하여야 한다. 직류에 대한 특성은 별도로 측정한다.
비고 3 두 어답터 선 사이 또는 어답터 선과 타깃 사이 중앙 접촉부의 안정도는 다른 중앙 선상을 사용하는 장치들의 연결을 풀고 다시 연결하며 반복측정하여 검증해야 한다.

- 타깃 어답터 선을 타깃-감쇠기(≥ 20 dB)-케이블 연결부에 연결하고 **그림 B.3**처럼 삽입한다.
- 삽입손실 측정.

삽입손실 변화는 **B.2**에서 제시한 요구사항을 만족해야 한다.

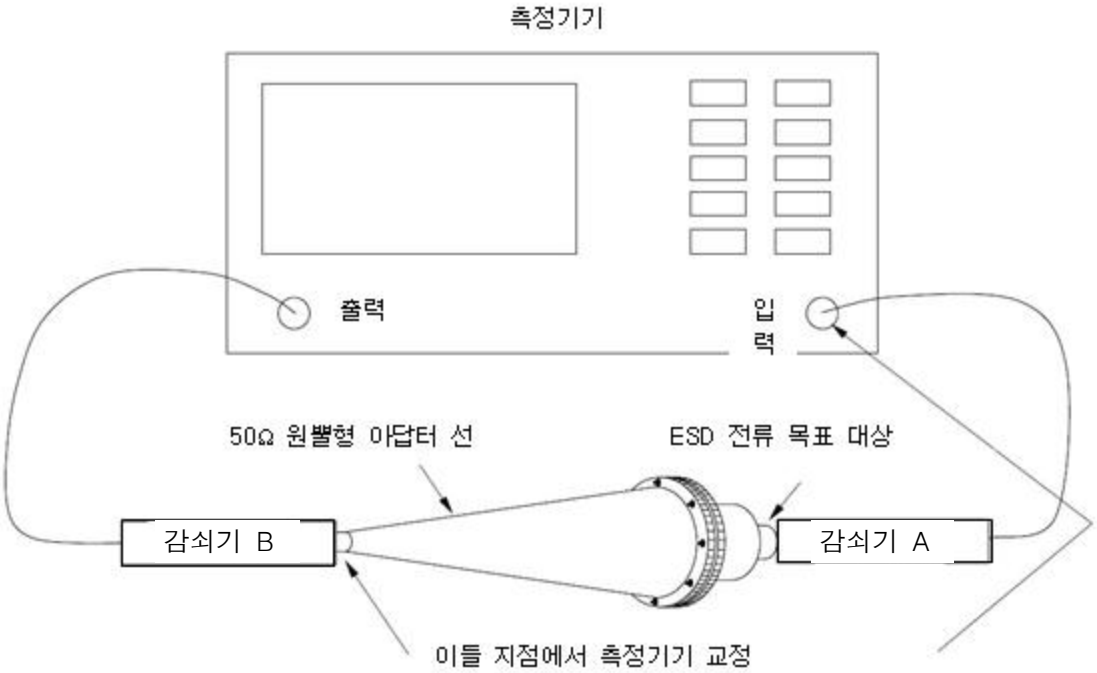


그림 B.3 – 전류 타깃-감쇠기-케이블 체인의 삽입손실 측정의 예

B.3 타깃-감쇠기- 케이블 체인의 저주파 전달 임피던스 결정

타깃-감쇠기-케이블 연결부의 저주파 전송 임피던스는 타깃의 입력에 주입된 전류와 케이블 출력부의 정밀한 50 Ω 부하 양단 전압(즉, 오실로스코프 대신 케이블 종단에 위치하는)간의 비율로 정의된다.

정전기 방전 측정에서 오실로스코프는 전류 I_{sys}가 타깃에 주입되면 전압 V_{osc}를 나타낸다. 표시되는 전압으로 미상의 전류를 계산하기 위해 전압을 저주파 시스템 전송 임피던스 Z_{sys}로 나눈다.

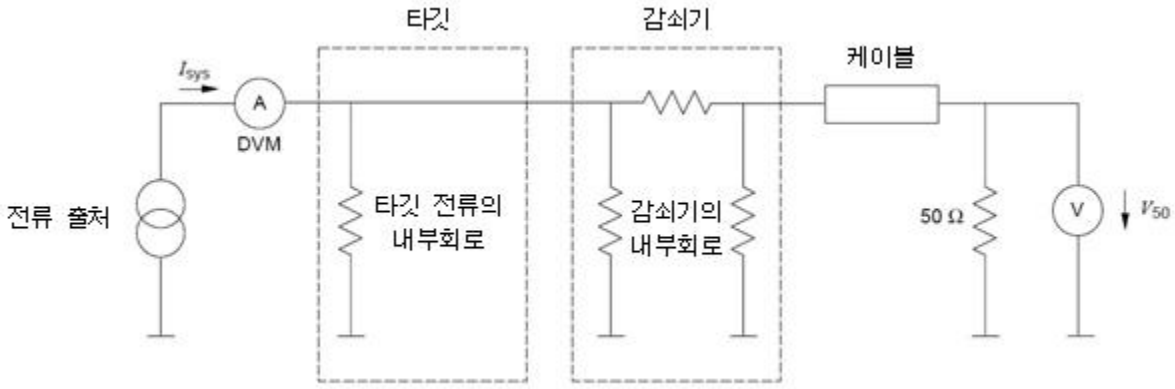


그림 B.4 – 저주파 시스템 전송 임피던스 결정을 위한 회로 다이어그램

비고 1 제시된 타깃의 내부회로는 하나의 예에 불과하다. 다른 내부회로 역시 가능하다.

타깃-감쇠기-케이블 체인의 저주파 시스템 전송 임피던스는 다음에 의해 결정한다.

- 약 1 A의 전류 I_{sys}를 전류 타깃 전면부로 주입. 전면부는 방전이 이루어 지는 부분이다.
- Z_{sys}은 발생기 교정에서 핵심적인 수치이다. 50 Ω 부하의 허용치는 최대 1 %이어야 한다.
- 정밀한 50 Ω 부하 양단의 V_{50} 전압을 측정.
- 전송 임피던스를 다음의 식으로 계산

$$Z_{sys} = \frac{V_{50}}{I_{sys}}$$

비고 2 열전압이 결과에 영향을 주지 않음을 검증하기 위해 양전류과 음전류로 측정을 한다. 두 결과는 서로의 값의 0.5 % 이하이어야 한다..

물론 전체 타깃-감쇠기-케이블 연결부의 전달 특성을 얻기 위해 다른 방식을 사용할 수 있다.

B.4 정전기 방전 발생기 교정

B.4.1 교정 결과

정전기 방전 평가의 비교 검교정 결과는 매우 중요하다. 특히 다른 제조자들이 제작한 여러 정전기 방전 발생기를 사용하는 시험 시 또는 장기화될 것으로 예상되는 시험의 경우, 더욱 그렇다. 평가 시 반복성이 필수 구동요소가 되어야 한다. 정전기 방전 발생기는 일정 시간 간격으로 인정되는 품질 보증시스템과 관련하여 교정하여야 한다.

비고 이 부속서에서 기술하는 과정은 교정을 목적으로 사용한다. 시험 전 발생기 검증을 위한 다른 절차는 **6.3**에서 언급하였다.

정전기 방전 발생기 교정은 **8.1.2**에서 명시한 기후 조건 범위 내에서 실시하여야 한다.

B.4.2 정전기 방전 발생기 교정을 위한 시험 기기

다음의 기기가 정전기 방전 발생기 교정 시 필요하다.

- 충분한 대역폭(≥2 GHz 아날로그 대역폭)을 가진 오실로스코프
- 동축 케이블 전류 타깃-감쇠기-케이블 체인;
- 최소 15 kV의 전압을 측정할 수 있는 고압 계량기. 출력 전압의 부하를 막기 위해 정전기 전압기를 사용할 필요가 있을 수 있다.
- 동축 전류 타깃에 부착된 수직 교정면. 이 교정면은 타깃과 이 면의 모서리 사이에 최소 0.6 m를 간격을 두고 부착한다.
- 충분한 필요한 전력용량을 갖는 감쇠기

비고 적절한 동축 전류 타깃의 예는 **부속서 C**에서 제시한다.

B.4.3 접촉 모드 발생기 교정 절차

전류 타깃은 **B.4.2**의 요구조건을 만족하며 수직 교정면의 중앙에 부착되어 있어야 한다. 정전기 방전 발생기 회귀 전류 케이블(접지 스트랩)은 타깃보다 0.5 m 아래에 있는 이 교정면의 바닥 중심에 연결하여야 한다. 접지 스트랩을 케이블 중간에서 뒤로 잡아당겨 이등변 삼각형을 만들어야 한다. 교정 동안 접지 스트랩이 바닥에 놓여 있어서는 안 된다.

정전기 방전 발생기의 전류파형이 사양을 만족하는지 검증하기 위해 다음의 단계를 따른다. 파형태를 기록하고 다음의 변수들을 측정한다.

I_p 방전 전류 [A]의 피크 값

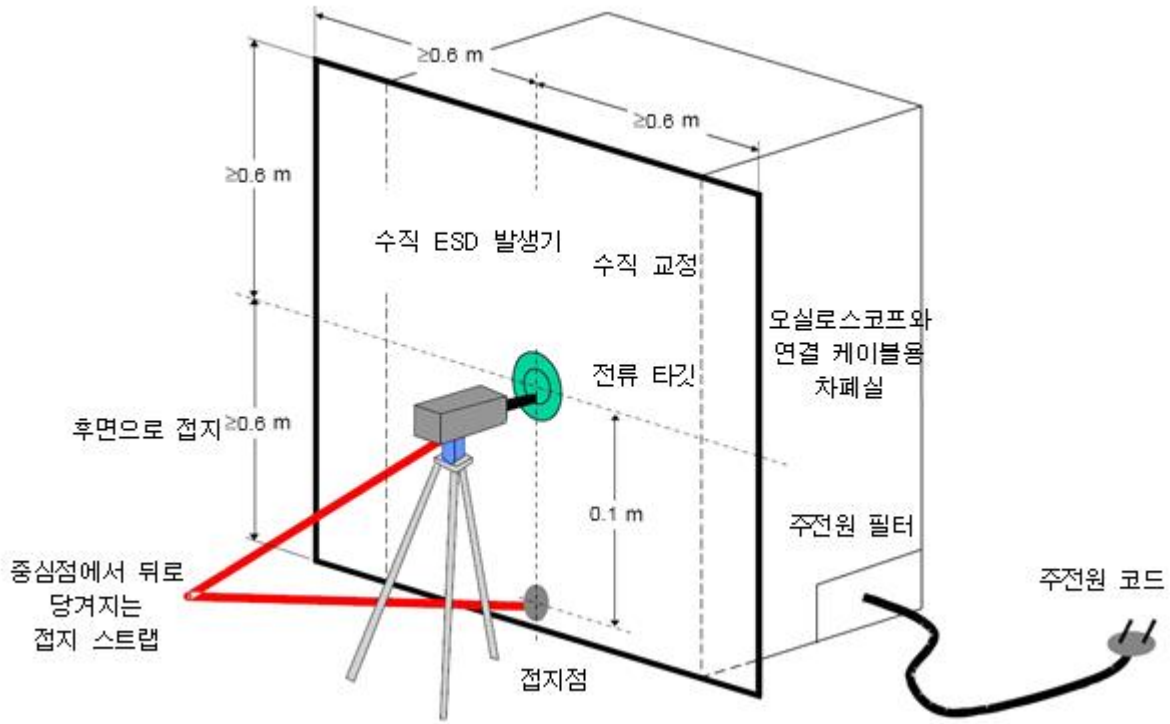
I_{30} 피크 전류가 I_p [A]의 0.1배에 도달한 후 30 ns에서의 전류 값

I_{60} 피크 전류가 I_p [A]의 0.1배에 도달한 후 60 ns에서의 전류 값

t_r 전류의 상승시간 [ns].

표 B.1 – 접촉 방전 교정 절차

단계	설명
표 1에서 정의한 각 시험 레벨에서 양극으로 정전기 방전 발생기를 5회 방전하고 결과를 저장	5회의 방전 모두에서 사양을 만족해야 한다.
각 파형에서 I_h, I_{30}, I_{60}, t_r을 측정	파라미터들은 각 시험 레벨 별로 확인한다.
30 ns에서의 전류 I_{30}이 2 A ±30 %인지 확인	파라미터들은 각 시험 레벨 별로 확인한다.[a]
60 ns에서의 전류 I_{60}이 1 A ±30 %인지 확인	파라미터들은 각 시험 레벨 별로 확인한다.[a]
피크 전류 I_h이 3.75 A ±15 %인지 확인	파라미터들은 각 시험 레벨 별로 확인한다.[a]
상승시간 t_r이 0.8 ns ±25 %인지 확인	파라미터들은 각 시험 레벨 별로 확인한다.
a 이 표의 전류 값은 1 kV 전압에 대한 것이다. 이 측정값은 발생기 전압에 비례하여 변한다.	



비고 1 발생기는 삼각대 또는 동급 비금속 저 손실 지지대 위에 설치하여야 한다.
비고 2 발생기에는 시험 동안 향후 실제 사용할 동일한 방식으로 전기를 공급해야 한다.
비고 3 그림 B.5의 배치와 반대 배치 역시 사용할 수 있다.

그림 B.5 – 정전기 방전 발생기 성능 교정을 위한 전형적인 배열

측정 시스템으로의 간접 결합경로가 교정 결과에 영향을 주지 않음을 측정으로 증명할 수 있으면 오실로스코프는 차폐할 필요는 없다.

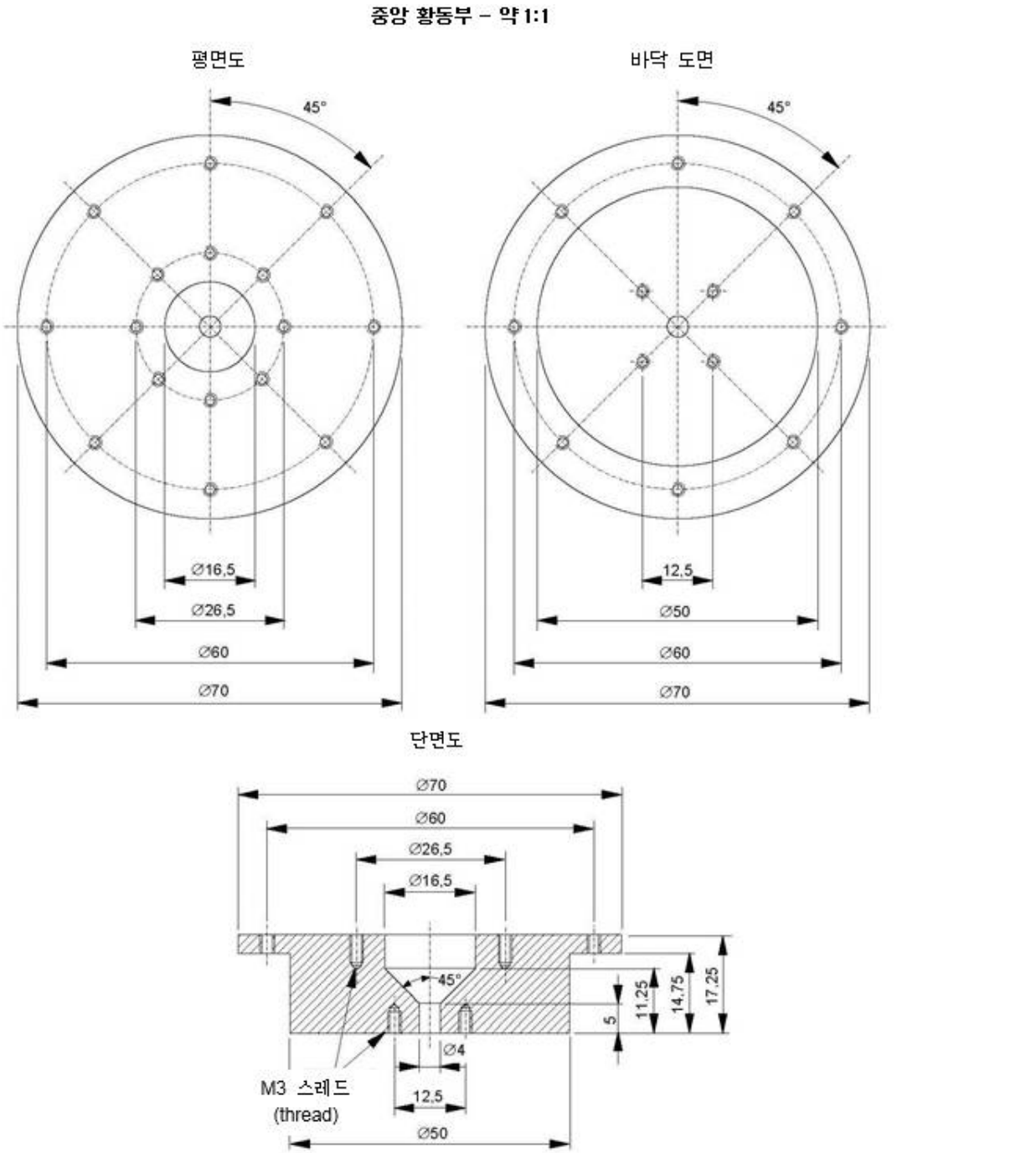
교정 시스템은 다음과 같이 오실로스코프 결과값이 트리거하지 않으면 충분히 내성이 있다고 할 수 있다. (즉, 패러데이 케이지가 필요 없다)

- 오실로스코프 트리거 레벨을 최저 시험레벨의 10 % 이하가 되게 설정되고,.
- 정전기 방전 발생기를 최고 시험레벨로 타깃의 외부 고리로 방전한다. (내부 고리 대신).

부속서 C
(참고)

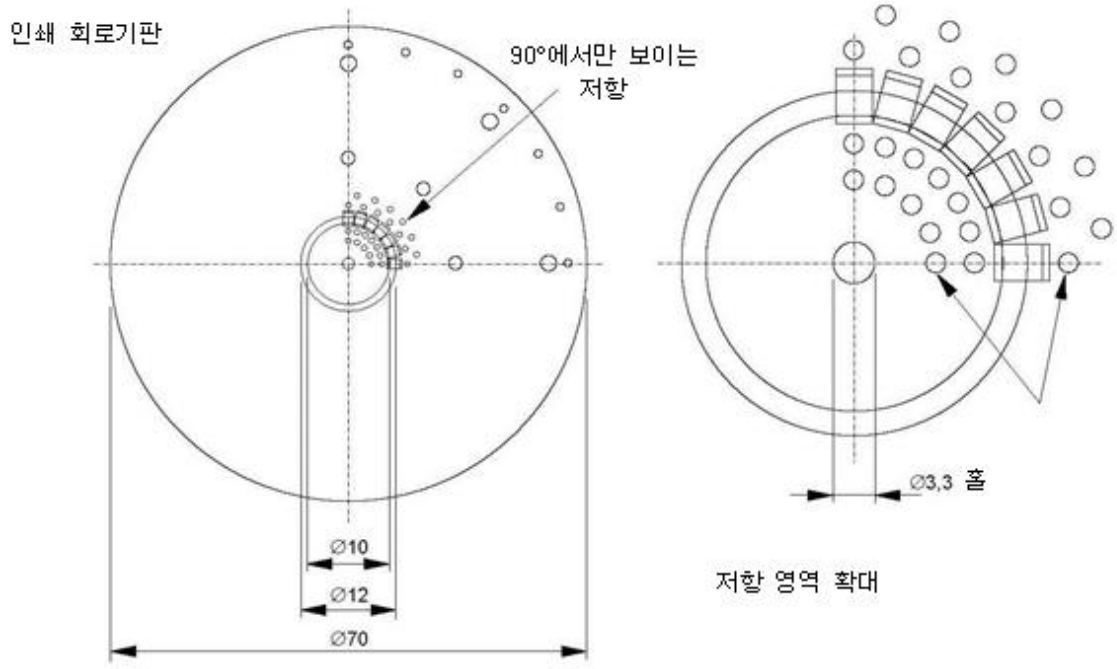
부속서 B의 요구조건을 만족하는 교정 타깃의 예

그림 C.1부터 **그림 C.5**는 **부속서 B**의 요구조건을 만족하는 타깃의 제작 상세도를 보여준다. 이 타깃은 RG 400 케이블 1 m를 사용할 때 균일한 삽입손실을 제공하도록 설계되었다. 다중반사를 피하기 위해 20 dB이상의 감쇠기를 타깃의 출력 포트에 직접 연결할 것을 제안한다.
비고 그림 C.1 ~ C.5은 예이므로 허용오차는 명시하지 않았다.



단위: 밀리미터

그림 C.1 – 동축 타깃 기구 도면 (도면 5-1)



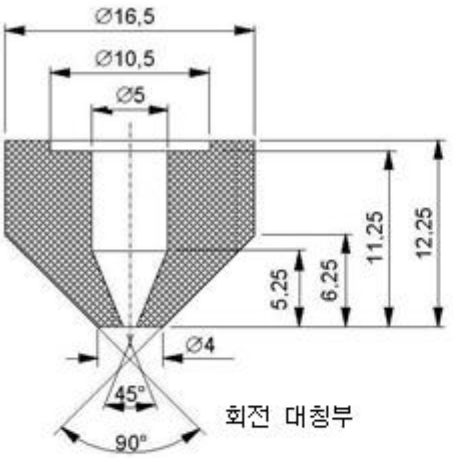
단위: 밀리미터

범례

저항 크기	0805
값	51 Ω
배치	접촉, 정확하게 대칭 (템플릿 사용)
재료	0.5 mm FR-4, 금도금
바이어스(Vias)	저항 양 측면에 있는 두 개 고리의 바이어스와 인쇄회로기판의 바깥 모서리에 근접해 있는 한 개의 고리. 약 25개의 저항이 필요

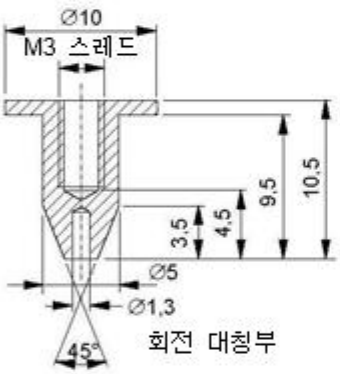
그림 C.2 – 동축 타깃 기구 도면 (도면 5-2)

PTFE-부분I – 약 2:1

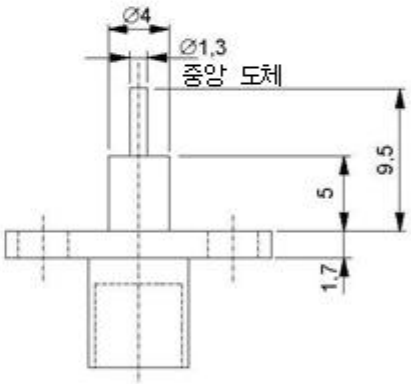


PTFE-부분 II – 약 2:1

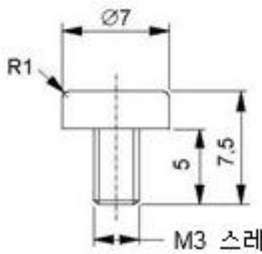
중앙 도체 활동 – 약 2:1

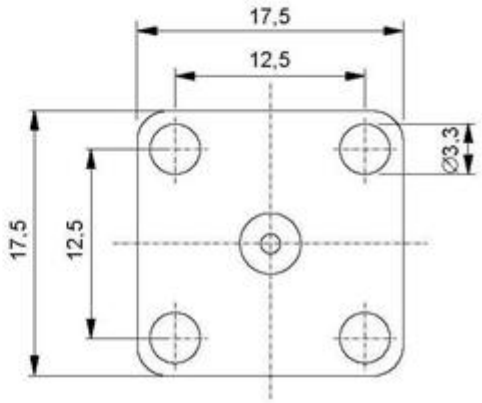


SMA-커넥터 – 약 2:1



중앙 도체 상부
스테인리스 스틸 2:1





대신 사용 가능한 유사 N-형 커넥터

단위 밀리미터

그림 C.3 – 동축 타깃 기구 도면 (도면 5-3)

덮개: 스테인리스 스틸– 약 1:1

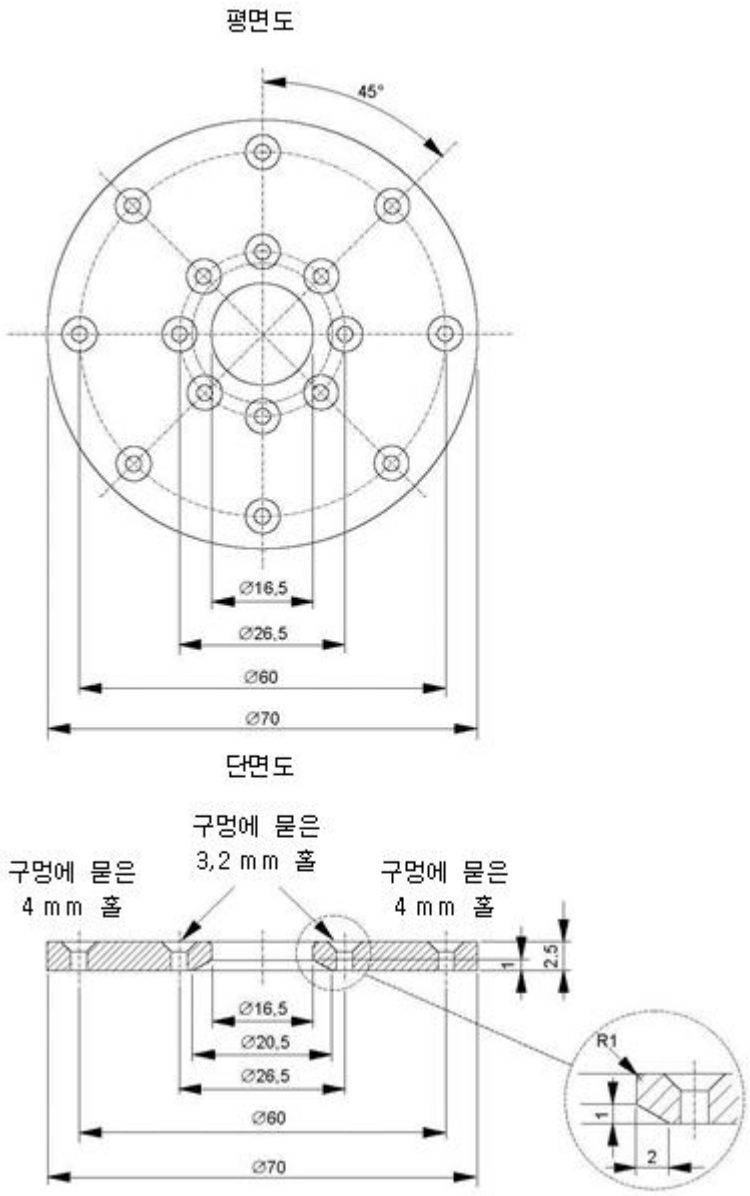


그림 C.4 – 동축 타깃 기구 도면 (도면 5-4)

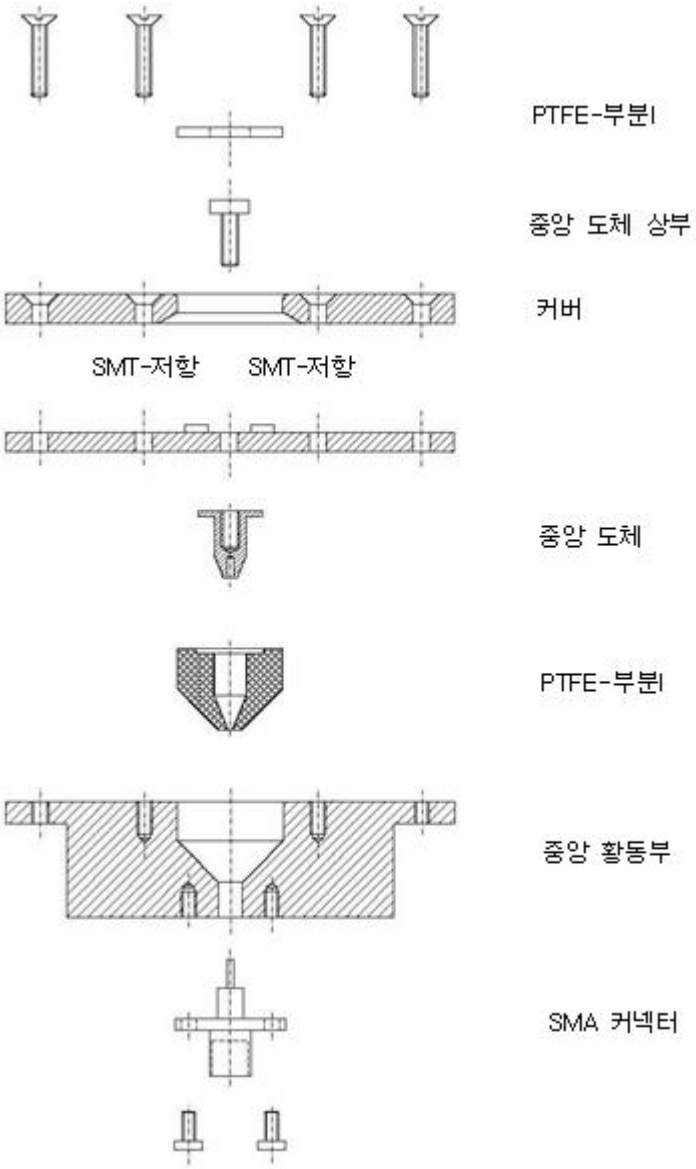


그림 C.5 – 동축 타깃의 기구 도면 (도면 5-5)

부속서 D
(참고)

인체 금속 방전과 발생기에서 나오는 복사장

D.1 의도 및 비의도 장을 일으키는 과정에 대한 개요

D.1.1 일반 사항

인체로부터 나오는 정전기 방전(손에 쥔 소형 금속 부품을 거쳐)은 본 표준에서 명시한 전류 파형과 그 프로세서에 기본이 된다. 인체는 물론 정전기 방전 발생기에서 나오는 방전은 그와 관련된 강력한 전기자기장을 발생시킨다.

아래에서는 먼저 인체에 의한 방전 과정, 그 다음은 정전기 방전 발생기로 인한 방전 과정을 검토한다.

D.1.2 인체에 의한 정전기 방전

인체로부터 시험품으로 정전기 방전 시, 다음과 같은 순서로 정전기 방전이 발생한다.

a) 전류 방전이 아직 일어나기 전 손에 쥔 금속부가 시험품 금속표면에 접근함에 따라 정전기장이 존재한다. 전류 흐름이 없고(또는 매우 적다) 관련 자기장이 존재하지 않는다.

b) 일단 손에 쥔 금속부와 시험품 사이에서 방전이 시작되면, 정전기장이 둘 사이 간극 내에서 붕괴된다. 이 초기값에서 시작하여, 50 ps ~ 5 ns 내로 약 25 V ~ 40 V의 간극 전체에서 어느 한 전압으로 붕괴된다. 붕괴 시간은 아크 파라미터, 전압 등에 따라 결정된다. 초기 전기장 붕괴는 강력한 과도 전기자기장을 일으키는 일련의 과정 중 첫 번째 단계이다.

c) 사람이 쥔 금속부와 시험품에 전류가 흐르기 시작한다. 맨 앞 전류 첨두가 약 0.8 ns 내에 광속으로 뻗어가 인체의 팔에 도달한다. 전류가 계속해서 시험품과 팔로 더 확장되며 전류는 복사와 저항으로 인한 반사와 손실을 겪으며 그 결과 시험품과 인체 모두에서 복잡한 전류 밀도 패턴을 만들어 낸다.

d) 방전과정이 계속되면서, 전류의 최고 주파수 성분이 주로 복사로 인해 감쇠될 것이다. 그 다음 시간이 증가하고 마침내 신체가 시험품과 새로운 정전기 평형에 도달함에 따라 전류는 더 평활해 진다. (즉, 고주파수 함유량이 더 적어진다.) 하지만 신체에서 전부 방전되기 전 아크가 소멸될 수 있으므로 신체에 남아있는 축적된 전하량은 0이 되지 않을 수도 있다. 손과 금속 물체가 계속해서 시험품에 접근하면 두 번째 방전이 더 낮은 전압에서 발생하여 정전기 방전 시퀀스를 일으키고 각 방전이 더 낮은 전압에서 더 빠른 상승시간으로 일어나게 한다(부분적으로 더 낮은 전압으로 감쇠).

e) 각 방전 시퀀스 동안 손, 신체 또는 시험품에서 방전 전 전하밀도, 방전 중 빠른 전류 변화, 방전 후에는 소량의 잔류 전하가 발견될 것이다.

f) 안테나 이론으로부터 변동하는 전하 밀도와 변동하는 전류가 복사장을 일으키는 것으로 알려져 있다. 근접 거리에서 장은 전류와 전하의 직접적인 영향을 받으며 원거리에서는 전류와 전하 시간 유도함수가 장을 결정할 것이다. 근접 장(근거리 장)과 더 먼 거리에서 볼 수 있는 장(원거리장) 사이의 과도영역이 더 복잡하다. 측정과 시뮬레이션은 최소 가장 크게 장해가 되는 처음의 10억 분의 1초 동안 정전기 방전의 과도 전자기장이 아크로부터 10 cm 거리에 있는 원거리 장 조건에 도달함을 보여준다.

g) 상기 내용에 의해 전류와 전하 시간유도함수는 전자 시스템의 오동작과 관련하여 매우 중요하다는 점은 분명하다.

h) 인체 방전에서 전류와 전하 유도함수는 아크 내 전압의 붕괴시간에 의해 결정된다는 점을 주지해야 한다. 그래서 방전 시 전류 상승시간은 높은 주파수 성분을 결정한다.

상기 내용에 의해 인체-금속 정전기 방전의 과도 장이 정전기 방전 과정의 중요한 부분임이 분명해

졌다. 이상적인 정전기 방전 발생기는 정량적 방식으로 이를 재현할 것이다. 인체-금속 정전기 방전의 장 강도 등은 잘 알려져 있다.

D.1.3 정전기 방전 발생기

다음 단계는 현재의 정전기 방전 발생기에서 발생하는 과정을 분석, 비교한다. 대부분의 정전기 방전 시험이 접촉 모드에서 실시되므로, 다음의 내용은 재현성의 이유로 접촉 모드 정전기 방전 발생기로 제한한다.

a) 정전기 방전 발생기의 방전 팁으로 시험품의 접지부에 접촉한다(대부분의 경우).

b) 방전 전, 정전기 방전 발생기 내에서 커패시터를 충전한다. 많은 설계에서 충전과정에서 생긴 대부분의 정전기장은 정전기 방전 발생기 안에 모여있게 된다. 그 결과 방전 전 주변 정전기장은 동일 전압으로 동일 지점에서 측정한 인체에서 나오는 충전된 정전기장보다 훨씬 적다.

c) 정전기 방전 발생기 내부 릴레이의 동작으로 방전이 시작된다. 이러한 특수 릴레이의 설계는 방전 전류의 매우 우수한 재현성을 허용하지만 릴레이가 정전기 방전 발생기의 시험품 접촉 지점이 아닌 내부에 있기 때문에 방전 전류 흐름의 시작은 인체 방전 때와 크게 다르다.

d) 전압 붕괴 시간은 릴레이 내에서 매우 빨라 확실히 100 ps 미만이며 릴레이에서 나온 전류가 사방으로 모든 접촉 금속부와 주변에 있는 다른 금속부로 흐른다. 전류파는 광속으로 전파될 것이다(유전체에는 둔화된 속도). 이 전류파의 상승시간은 전압 붕괴시간과 같다.

e) 전압 붕괴 시간은 100 ps 미만이지만, 본 표준은 타깃 어답터에서 측정하는 (0.8±0.2) ns의 전류 상승시간을 요구한다. 이 요구사항을 만족하기 위해서는 릴레이 내의 매우 낮은 값에서 방전 팁의 표준화된 값으로 상승시간을 증가시키는 정전기 방전 발생기로 측정들이 이루어져야 한다.

f) 과도 장은 모든 전류시간 유도함수와 전하 밀도시간 유도함수가 원인이 된다. 발생기에서 발생한 방전과 인체에서 금속으로 발생한 방전 간의 중요한 차이를 반드시 인지해야 한다. 인체로부터의 방전의 경우, 전류 상승시간은 아크에서 가장 빠르며, 과도 장의 스펙트럼을 결정한다. 하지만 접촉 모드의 정전기 방전 발생기로 할 때는 고주파 스펙트럼은 방전 팁에서의 전류 상승시간이 아닌 릴레이의 전압 붕괴로 결정한다.

g) 발생기에서 모든 변동하는 전류가 과도 장을 일으키므로, 방전지점에서의 (0.8±0.2) ns 상승 전류 뿐만 아니라, 정전기 방전 발생기 내 릴레이의 100 ps 상승 전류도 과도 장에 기여한다. 발생기 내 더 빠른 정전기 방전으로 야기되는 과도 장은 일반적으로 원치 않았던 장으로 이러한 복사 장의 고주파수 함유량을 방전 지점에서 동일한 전류 상승시간과 피크 값을 갖는 동급 인체-금속 방전 이상으로 증가시킨다.

상기의 내용으로 과도 장으로 빠르게 상승하는 전류의 기여요소의 세기는 정전기 방전 발생기 설계에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다. 이 장 기여요소는 쉽게 억제 될 수 있거나 주어진 발생기 내에서 과도 장을 지배할 수 있다. 불행히도 이러한 기여요소는 본 표준에서 규제하지 않아 그 결과 정전기 방전 시험 중 시험품 오동작이 사용 중인 특정 발생기에 크게 의존 할 가능성이 있다.

D.2 정전기 방전 시험에 대한 시험품의 반응

정전기 방전 시험 중, 광범위한 전기적 장해에 대한 시험품의 반응을 시험한다. 본 범위에는 유전체 항복 전압, 전압 주입 점에서 떨어진 어느 한 간극에서 일어나는 2차 항복 전압, RI 강하 전류, $L\mathrm{d}i/\mathrm{d}t$ 강하 자기장, 유도 전압에 대한 자기장, 유도 전압에 대한 전기장(장은 원거리 장 또는 근거리 장이 될 수 있다) 등이 포함된다. 이와 관련하여 정전기 방전 시험은 복수의 시험을 하나로 결합하는 EMI 시험과 다르다.

정전기 방전 시험의 여러 다른 방해로 인한 시험품 고장의 예는 다음과 같다.

- IC을 손상시키는 커넥터 핀으로의 방전

  본 예에서 IC 내 흩어진 에너지 또는 IC를 통해 전달된 최대 전류 또는 전하가 손상 임계치를 결정할 가능성이 가장 크다.

- 스파크의 IC 도달을 허용하는 플라스틱 외함 내 간극을 통한 방전;

  이 경우 정전기 방전 시험은 플라스틱 틈세를 통한 간극의 유전체 항복현상 세기를 결정한다.

- 샤시 내 포함된 시스템을 오동작시키는 샤시로 향하는 방전

  본 예에서 트레이스, 선 또는 직접적으로 시스템의 IC로 결합하는 정전기 방전의 과도 장이 시스템의 논리적 기능이 오동작하도록 하는 전압 또는 전류를 발생시킬 가능성이 상당히 많다.

정전기 방전 발생기 내 전류에서 장으로 결합 메커니즘은 상대적으로 알맞은 거리 즉, 20 cm에서도 전류 시간 유도함수로 결정된다. 또한 장과 선, 트레이스 또는 시험품 내 IC 간의 결합은 전기 자기장의 변화율 함수이다. 요약하면, 장 발생과 유도 과정 모두에 개입하는 시간 유도함수는 주입 전류에 기여하여 장으로 인해 방전 팁에서 전류 펄스 모양을 다르게 하고 트레이스에서 유도 전압을 다르게 만든다. 트레이스 내 유도 전압은 표준에서 정의한 전형적인 초기 정전기 방전 전류보다 훨씬 더 좁은 폭을 가지며 울림(Ringing)을 나타내기도 한다.

과도 장이 특정 정전기 방전 발생기의 설계에 의존하기 때문에 (특히 300 MHz이상의 주파수에서 에너지가 있는 장 성분) 트레이스, 선 위 또는 IC 내 유도 전류가 특정 정전기 방전 발생기의 설계로 크게 영향을 받는다는 점을 예상해야 한다. 동일 시험품을 다른 정전기 방전 발생기로 시험하고 정전기 방전 발생기의 제조자가 릴레이 내 빠른 전압 붕괴를 일으키는 전기자기장의 원치 않은 부분을 최소화하기 위한 예방조치를 취하지 않으면, 이는 시험 결과 내 큰 차이를 만들어 낼 수 있다(대부분의 경우 파괴가 아닌 시스템 오동작 정도). 이러한 시험 결과 차이는 시험품이 주로 1 GHz보다 큰 높은 주파수 장에 민감할 때만 발생한다는 점에 유의한다.

D.3 정전기 기준 방전의 과도 장

5 kV 충전 전압에서 약 850 ps의 상승 시간을 갖는 인체-금속 정전기 방전의 과도 장을 측정하였다. 이상적인 정전기 방전 발생기는 5 kV 접촉 모드 시험에서 이러한 장을 재현하여야 한다. 데이터를 얻기 위해 광대역(±1 dB, 1.5 MHz~1.5 GHz) 장 센서를 방전 지점 즉, 타깃 위치에서 0.1 m 떨어진 수직 기준면 위에 놓았다.

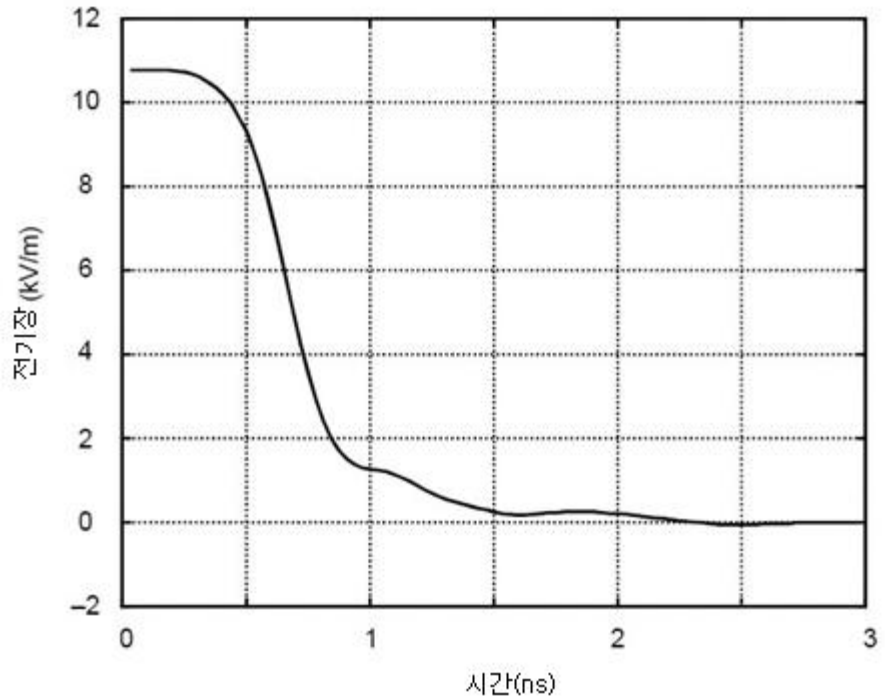


그림 D.1 – 아크 길이 0.7 mm, 0.1 m 지점에서 측정한 5 kV로 충전한 금속을 들고 있는 실제 인체의 전기장

정전기 장은 전기장를 지배한다. 전기장은 전류 상승시간과 유사한 하락 시간에 정전기 값에서 초기값의 20 %로 줄어든다.

500 ps 상승시간을 갖는 방전 전류에 기초하여 자기장의 예를 **그림 D.2**에서 제시한다.

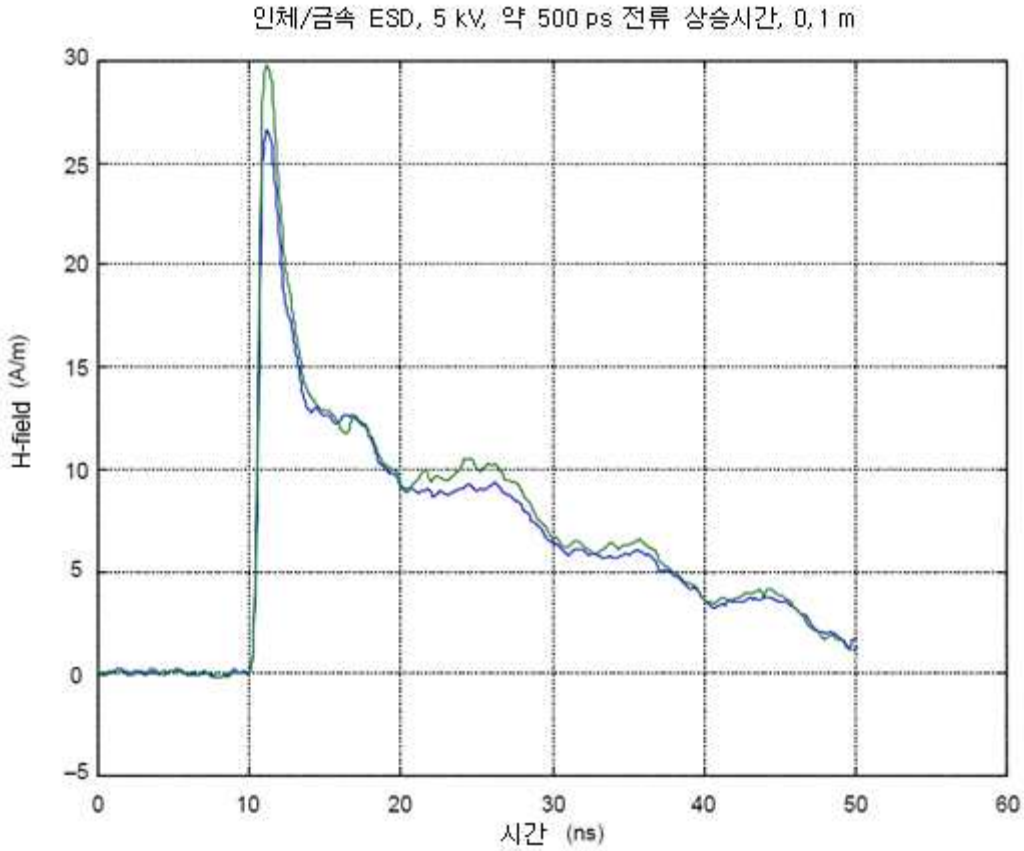


그림 D.2 – 아크 길이 약 0.5 mm, 0.1 m 지점에서 측정한 5 kV 로 충전한 금속을 들고 있는 실제 인체의 자기장

자기장 파형은 전류 파형을 따른다.

정전기 방전 발생기가 장 파형에 일으킬 수 있는 문제는 울림(Ringing)이다. 정전기 방전 발생기에서 나오는 장 값은 정전기 방전 발생기와 접지 스트랩의 장 센서 방향 각도에 따라 인체/금속 장 파형 보다 훨씬 적거나 또는 클 수 있다.

D.4 소형 루프 내 유도 전압

정전기 방전의 과도 장은 PC 보드 위 트레이스 내 전압을 유도할 것이다. 소형 루프가 접지면 위에 있으면, 과도 장의 고주파수 함유량은 교정된 광대역 장 센서 없이 장 측정보다 더 직접적으로 트레이스로의 유도과정을 반영하는 방식으로 측정할 수 있다. 시험배치는 **그림 D.3**에서 보는 바와 같다.

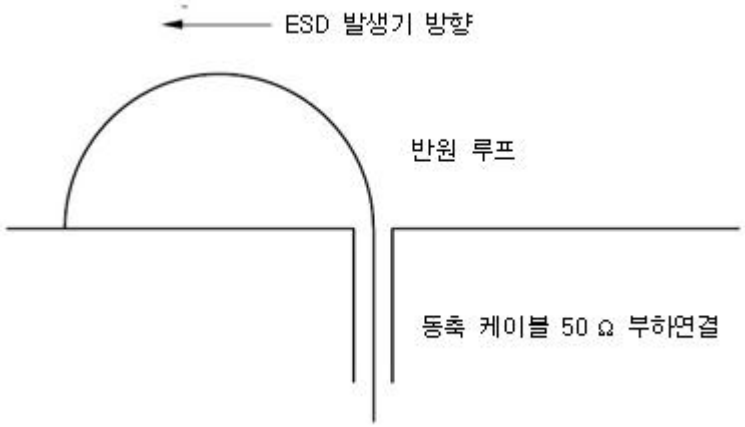


그림 D.3 – 접지면 위 반원 루프

그림 D.3에서 루프 반지름은 14 mm이다. 전선 직경은 0.7 mm이다. 루프는 정전기 방전 발생기에서 0.1 m 떨어진 지점에 놓는다.

5 kV에서 상승시간 약 850 ps인 인체-금속 정전기 방전의 전형적인 유도 전압은 **그림 D.4**에서 보는 바와 같다.

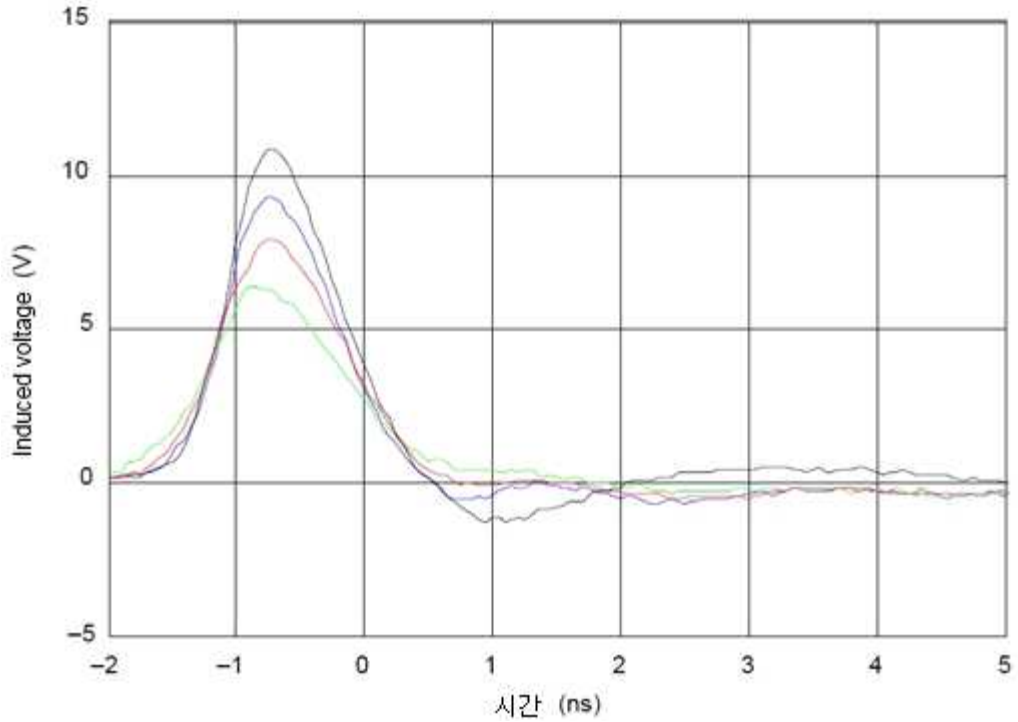


그림 D.4 – 반원 내 전압 유도

그림 D.4에서, 반지름 14 mm인 루프를 인체-금속 정전기 방전 (5 kV, 상승시간 약 850 ps, 아크 길이 약 800 μm)에서0.1 m 떨어진 지점에 놓는다. 반원의 부하는 50 Ω 이다.

D.5 상용 장 프로브와 정전기 방전 발생기를 사용하여 정전기 방전으로 발생한 복사 장 측정

그림 D.5는 복사 정전기 방전 장 측정 시험배치의 예를 보여준다.

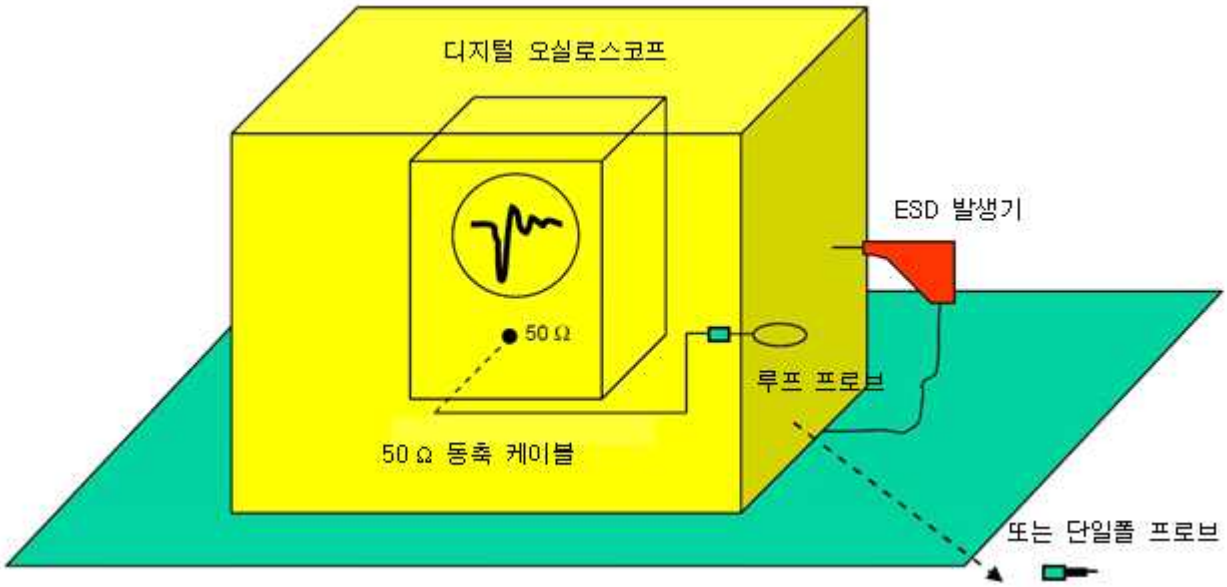


그림 D.5 – 복사 정전기 방전 장 측정 시험배치의 예

*E*와 *H*장 측정을 위해 다음의 계기를 사용한다.

- 최소 대역폭 2 GHz의 메모리 디지털 오실로스코프,
- *H*장(E 배제를 위한 차폐를 가진 소형 루프)과 *E*장(소형 단일 폴) 프로브의 상용 세트
- 50 Ω 동축 케이블
- 정전기 방전 발생기

측정배치 (**그림 D.5** 참조):

- 차폐실 안에서 측정을 실시 한다 (특별한 간섭이 없는 환경에서는 필요하지 않음).
- 정전기 방전 발생기를 5 kV로 설정한다.
- 정전기 방전 전류는 정전기 방전의 기준 수학적 기준파형과 비교하기 위해 표준에서 언급한 방식에 따라 측정되어야 한다.
- 디지털 오실로스코프는 차폐된 영역 하에 있어야 한다.
- 장 프루브는 50 Ω 동축 케이블로 오실로스코프와 연결되어야 하고, **그림 D.5**와 같이 차폐상자의 모서리에 놓는다.
- 동축 케이블은 복사 장 영향력 범위 내에 들어가지 않게 놓는다. (즉, 동축 케이블은 상자에 매우 가까이 있어야 하며 쉴드 케이블은 상자와 연결되어야 한다.)
- 오실로스코프 50 Ω 임피던스에서 전압 강하를 측정한다. 정전기 방전은 차폐실의 넓은 표면 상에서 접촉 모드로 실시한다.
- 정전기 방전 발생기는 프로브에서 떨어진 한 군데 이상의 지점에서 복사 장을 측정 하도록 위치를 변경한다.

프로브 부하로의 유도된 전압 측정으로 *E*와 *H* 계산:

- 정전기 방전 발생기로 생성된 복사 장에 의한 50 Ω 부하에서의 전압강하 $v(t)$를 디지털 오실로스코프로 측정.
- $v(t)$의 푸리에 변환(FT)으로서 $V(\omega)$ 계산
- 사용한 전자기장 프로브에 대한 전달 함수 $T(\omega)$ 계산 또는 측정
- $V(\omega)/T(\omega)$의 역 푸리에 변환(IFT) 으로서 $E(t)$와 $H(t)$ 전자기장 계산

그림 D.6과 **그림 D.7**은 일부 결과값을 보여준다. 수치 시뮬레이션 데이터는 검증에 사용하고 또한 반대로 루프에서 측정된 전압 강하 데이터로 *H*장을 계산하는 절차에 사용한다.

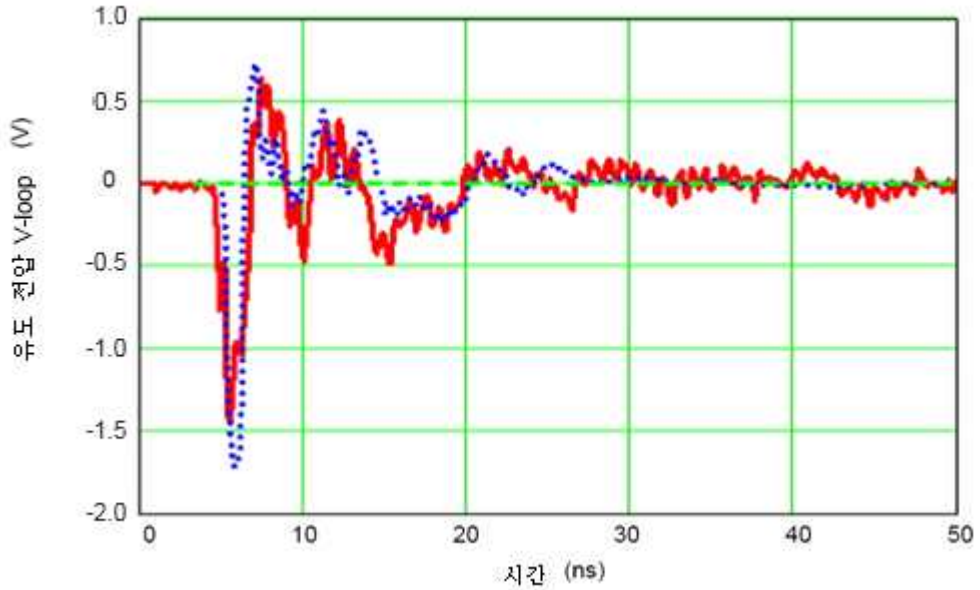


그림 D.6 – 45 cm 거리에서 루프 상의 측정된 전압 강하(실선)와 수치 계산된 전압 강하(점선) 비교

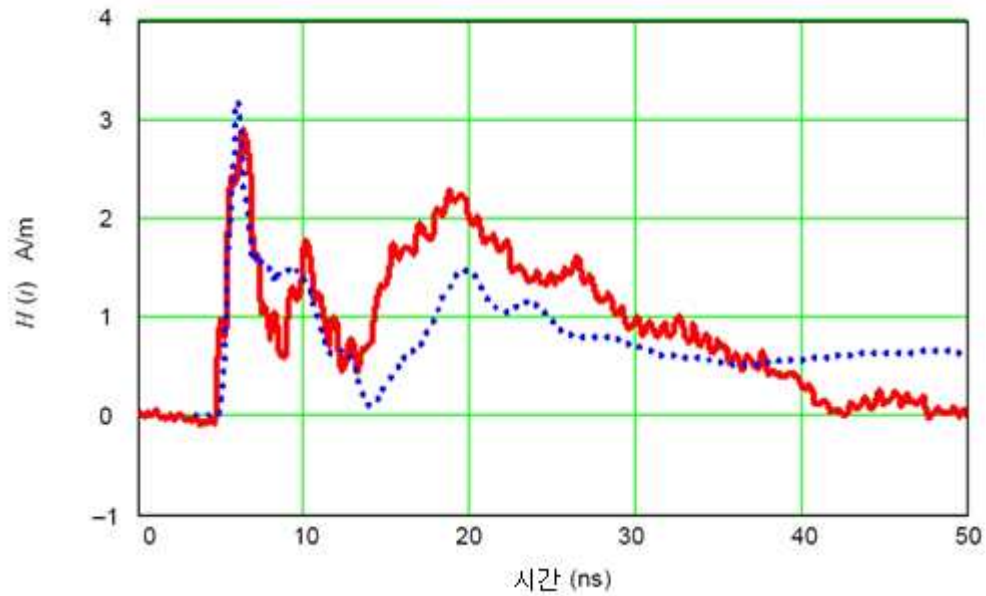


그림 D.7 – 45 cm 거리에서 측정 데이터로 계산한 H장(실선)과 수치 시뮬레이션으로 계산한 H장(점선) 비교

D.6 복사장 및 정전기 방전 발생기로 유도된 전압 추정을 위한 간단한 절차

다음의 절차는 측정한 정전기 방전 전류를 사용하여 정전기 방전 발생기에서 복사된 장을 추정하는 데 사용할 수 있다.

- 규정화되거나 측정된 정전기 전류는 팁 레벨에서 사용된다.
- 일차적으로 피해 회로는 전기적으로 단락된 것으로 간주하고 단위 선로 당 파라미터는 무시될 수 있다.
- 일단 간섭장을 시간영역으로 알게 되면 유도전압을 **그림 D.8**의 등가 회로로 계산할 수 있다.
- *E*장의 기여요소는 최소 한 개의 저 부하 임피던스를 갖는 회로에 대해서 무시할 수 있다(예. 고속 디지털 장치).
- *H*장은 간단한 식: $H = I / (2 \pi r)$으로 계산한다. 이때, *r*은 팁 전류와 피해 회로 사이의 거리이다. 정전기 방전 릴레이 내 전류, 변위 전류, 접지선 등과 같은 다른 기여요소는 무시한다.
- 예측 결과(최악의 경우)와 실제 실험구성으로부터 얻어진 결과 간의 비교가 그 차이를 정량화하기 위해 제공된다.(보기: *H*장 에 대해 **그림 D.9** 참조)

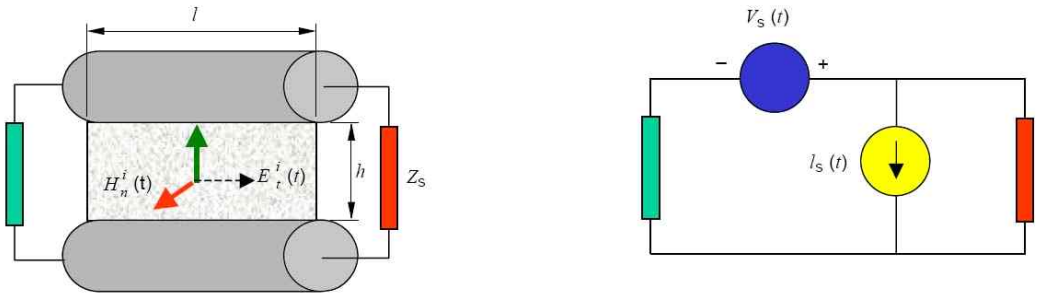
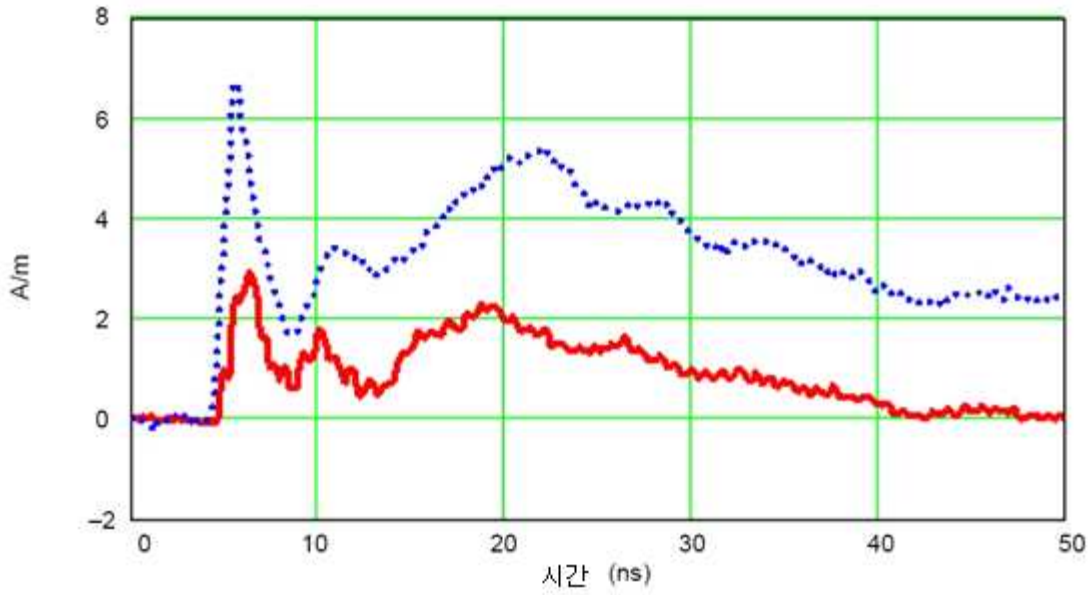


그림 D.8 – 복사장과 등가회로로 표현한 구조

$$V_s(t) = \mu A \frac{\partial}{\partial t} H_n^i(t) \qquad Is(t) = C \times l \times h \frac{\partial}{\partial t} E_t^i(t)$$

이때

$A = l \times h$ 루프 영역 *C*= 라인 커패시턴스 / m



범례

거리 r = 45 cm 에서의 복사 H 장
실선 측정된 값
점선 $I/(2\pi r)$ 을 사용하여 계산된 값
I 는 측정된 정전기 방전 전류이다.

그림 D.9 – 복사 H장

D.7 참고 문헌

S. Caniggia, F. Maradei, *Numetical Prediction and Measurement of ESD Radiated Fields by Free-Space Field Sensors*, IEEE Trans. on EMC, Vol.49, August 2007.

부속서 E
(참고)

측정 불확도(MU) 고려사항

E.1 일반 사항

전기자기적합성(EMC) 시험의 반복성은 시험 결과에 영향을 주는 많은 요소 또는 영향인자에 달려있다. 이러한 영향들은 우연 또는 시스템 영향으로 분류될 수 있는 오동작을 만들어 낸다. 본 표준에서 정의한 방해량으로 그 적합성은 일반적으로 일련의 측정으로 확인된다(예. 감쇠기를 사용하여 오실로스코프로 상승시간 측정). 각 측정결과는 단지 측정량의 근사값이며 측정한 수량은 측정 불확도로 인해 일정량만큼 실제 값과 차이가 날 수 있다. 측정 불확도 결정에서 중요한 요소는 시험기기 교정에 수반된 불확도이다.

높은 신뢰도를 지닌 교정결과를 얻기 위해, 측정기기 관련 불확도의 출처를 식별하고 측정 불확도 산출표를 작성하는 작업이 필요하다.

E.2 불확도 분류

측정 상의 오류는 일반적으로 두 가지 성분을 갖는다.;우연 성분(이후 A형으로 지칭)과 시스템 성분(이후 B형으로 지칭). 우연 불확도는 예측 불가능한 영향과 관련이 있다. 시스템 불확도는 일반적으로 측정 시 사용한 기기와 연관된다. 시스템 성분은 종종 시정 또는 감소되지만 우연 성분은 정의상 그럴 수 없다. 주어진 측정 시스템 내에서 이러한 성분에 영향을 주는 많은 영향인자들이 존재 할 수 있다.

한 실험 방식에서 우연 불확도가 다른 곳에서 결과로 적용할 때 시스템 불확도가 되기도 한다. 혼동을 피하기 위해 시스템 및 우연 불확도 대신 불확도 기여요소 종류를 다음의 두 가지 분류로 묶는다.

- A형: 일련의 시험을 위해 표준 편차를 추정하는 통계적 방식으로 평가하는 요소. 일반적으로 정규 분포 또는 가우시안 분포를 따른다.

분포	합성 불확도	비고
정규 또는 가우시안	$U_c(y) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{j=1}^{n}(u_j - \bar{u})^2}$	전형적으로 검증기록에서 수집

- B형: 다른 방법으로 평가하는 요소. 일반적으로 부정합, 케이블 손실, 기기의 비선형 특징 등과 같은 영향과 관련이 있다. 분석 시, B형 불확도의 크기와 분포를 교정 데이터, 기기 제조자의 사양 또는 간단히 지식과 경험으로 추정할 수 있다.

A형과 B형으로의 분류는 성분의 성질 상 차이가 있음을 뜻하는 것이 아니며, 성질의 평가에 기초한 분류이다. 두 종류 모두 확률 분포를 가질 수 있으며 어느 종류에 의한 것이든 그에 의한 불확도 성분은 표준 편차로 정량화 할 수 있다.

E.3 제한 사항

다음의 제한사항과 조건을 본 표준의 고려사항에 적용한다.

- 불확도 산출표는 측정기기(B형 불확도)로 인한 불확도로 제한한다. 하지만 이는 실험실이 A형 불확도의 영향을 무시해야 한다는 의미는 아니며 더 완전한 측정 불확도에 대한 그림을 얻기 위해 개별 시험소에서 별개로 분리하여 평가해야 한다는 의미이다.

- 모든 기여요소는 상호 연관성이 없는 것으로 가정한다.
- 신뢰 수준 95 %를 승인 가능한 것으로 간주한다.

비고 B형 불확도 산출표의 예는 **표 E.1, E.2, E.3**에서 제시한다.

E.4 B형 불확도 계산

표준 불확도는 각자의 확률 분포에 배정된 제수를 적용하여 결정된 값으로 계산한다. .

이 문서에서 고려하는 개별 확률 분포에 대한 제수는 다음과 같다.

분포	제수	비고
정규	포함인자, k	95 % 신뢰성을 위한 k는 2이다. 실제적으로 교정성적서로부터 제공된다.
직사각형	$\sqrt{3}$	전형적인 출처는 기기 제조자의 데이터이다.
U자형	$\sqrt{2}$	부정합 불확도 한계값에 있을 가능성이 가장 큰 불확도 기여요소

모든 경우에서 불확도 분포를 모르면, 직사각형 분포를 기본 분포로 한다.

모든 시험에서 합성표준불확도 계산은 각각의 표준불확도 합으로 이루어진다. 모든 수량이 동일 단위에 있고 상호 상관성이 없으며 대수 눈금(일반적으로 dB) 합산으로 조합하는 경우 유효하다. 하지만 측정 뿐만 아니라 정전기 방전 교정의 단위는 %를 사용하여 다음과 같이 계산하여야 한다.

$$10^{\frac{(\text{dB단위})}{20}} \times 100$$

이 계산 결과는 합성표준불확도 $u_c(y)$이다. 이때,

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} u_i^2(y)}$$

$u_i(y)$는 개별 표준 불확도.

t-분포는 불확도에 대한 포함인자(즉, 승수)를 제공하며, 출력 변수 y가 정규 분포를 따른다고 가정한다.

$u_c(y)$를 포함인자(k)로 곱하여 더 큰 신뢰 수준을 제공하는 확장 불확도 U_c를 얻을 수 있다. 포함인자는 A 형과 B형 불확도 관계로 계산되는 자유도로 구한다.

E.5 불확도 산출표 작성

불확도 산출표는 측정 시 발생할 수 있는 오류 출처와 그 확률 분포 추정값 목록이다.

불확도 산출표 계산을 위해 다음과 같은 단계가 요구된다.

a) 방해량 특징 명시(즉, 기기에 의해 발생하는 것)
b) 불확도와 그 값에서의 기여요소 확인

c) 각 기여요소의 확률 분포 정의
d) 각 기여요소의 표준 불확도 u(xi) 계산
e) 합성표준불확도 uc(y), 포함인자 k, 확장 불확도 Uc = uc(y) x k 계산
f) 확장 불확도 적용
g) 필요 시, 품질서에 확장 불확도 기재(요청되지 않는 한 시험소는 이러한 수치를 시험 성적서에 기록할 필요가 없다).

E.6은 확인된 기여요소와 관련 값으로 구성된 불확도 산출표의 예를 보여준다. 이러한 산출표는 지침의 목적으로 의도되었으며, 교정 또는 시험소는 각자의 특정 시험배치에 대한 실제 기여요소와 관련 값을 확인해야 한다는 점을 명심해야 한다(즉, 최종 산출표는 고려해야 할 최소 기여요소 목록을 확인할 수 있다. 그 다음 시험소는 추가 기여요소를 확인할 필요가 있다. 이는 시험소 간 불확도를 더 잘 비교할 수 있게 할 것이다).

E.6 정전기 방전의 불확도 기여요소

정전기 방전 시험은 숫자로 표시하는 결과 없이 단순히 합격 또는 불합격으로 시험결과가 나오기 때문에 정전기 방전 교정 및 정전기 방전 시험의 불확도는 방출 및 다른 측정과 동일한 방식으로 취급할 수 없다. 정전기 방전 시험 동안, 여러 파라미터로 특징지어지는 방해량이 시험품에 적용된다. 관찰 가능한 한 개 이상의 시험품 신호를 감시, 관찰하여 합의한 기준에 대비하여 시험결과(합격/불합격)를 얻는다.

비고 1 교정에서는 시험품이란 말은 교정 중인 정전기 방전 발생기를 지칭한다.
비고 2 위상 측정기기는 여기서 교정을 위해 사용하는 기기를 의미한다.

고전적 측정 불확도는 원칙 상 시험품에서 나온 신호 측정에 적용할 수 있다. 모니터링을 위한 측정과정은 시험품의 특수성을 반영하므로, 기본표준은 모니터링 시스템(관측)의 측정 불확도를 다룰 수 없으며 다뤄서도 안 된다. 하지만 여기서는 수행하였다.

또한 불확도들은 방해량 파라미터에 대해 명시될 수 있다. 이들이 기본표준의 사양들을 가지는 특정 기기의 합의 정도를 나타내게 된다.

특정 측정기기를 위해 계산된 이러한 불확도는 기본표준에서 정의한 바와 같은 모의 시험된 전기자기적 현상과 실험실 밖 실생활에서의 실제 전기자기적 현상 간의 일치 정도를 기술하지 않는다. 그러므로, 방해량 정의와 관련된 질문(즉, 타깃 면을 향하는 정전기 방전 방생기 위치)은 측정기기 불확도와 관계가 없다.

방해량 파라미터가 시험품에 미치는 영향은 선험적으로 미상이고 대부분의 경우 시험품은 비선형 시스템 행태를 보이기 때문에, 단일 불확도 수치가 방해량에 대한 전체 불확도로 정의될 수 없다. 방해량 파라미터들 각각은 특정 불확도를 수반해야 하며 이는 시험에서 한 개 이상의 불확도 산출표을 만들어 낼 수 있다.

비고 1 이 부속서는 교정에 대한 불확도를 중심으로 살펴본다.

다음의 목록은 측정기기와 시험배치 영향 평가 시 사용하는 기여요소를 보여준다.

- 피크 값 검침
- 10 % 레벨 검침
- 90 % 레벨 검침
- 30 ns와 60 ns에서의 검침시간
- 저주파 전달 임피던스 Z_{sys};
- 정전압
- 체인-오실로스코프 부정합
- 타깃-감쇠기-케이블 체인
- 오실로스코프 수평측정 기여요소

- 오실로스코프 수직측정 기여요소
- 측정 시스템 반복성 (A형)
- 정전기 방전 발생기 방향 (A형)
- 정전기 방전 발생기 위치 (A형)
- 시험배치 변화(A형)
- 타깃, 오실로스코프, 감쇠기의 교정

교정과 시험에 적용하는 기여요소가 같지 않을 수 있음을 인식해야 한다. 이는 두 과정에서 서로 (약간) 다른 불확도 산출표를 만들어 낸다.

정전기 방전 발생기 방향 등의 측면은 A형 불확도로 간주하고 그 같은 불확도는 일반적으로 이 기본 표준에서는 다루지 않는다. 이 같은 규칙의 예외는 교정뿐만 아니라 측정에서의 측정 시스템 반복성을 고려하기 위해 적용된다.

E.7 교정결과의 불확도

각 교정항목 즉, I_p, I_{30}, I_{60}, t_r마다 독립적인 불확도 산출표를 작성할 것을 권고한다. 정전기 방전 시험의 경우, 방해량은 정전기 방전 발생기로부터 시험품에 적용되는 방전 전류이다. 이러한 방해량의 교정항목은 I_p, I_{30}, I_{60}, t_r이다. **E.6**에서 기술한 바와 같이, 독립적인 불확도 산출표를 각 파라미터별로 계산해야 한다.

표 E.1, E.2, E.3은 이들 파라미터별로 계산한 불확도 산출표의 예를 보여준다. 표에는 불확도 산출표 기여요소, 각 기여요소의 세부내용(수치 값, 분포 종류 등), 각 불확도 산출표 결정에 필요한 계산 결과가 포함된다.

표 E.1 – 정전기 방전 상승시간 교정을 위한 불확도 산출표의 예

기여요소	분포	값 ps	$u_i(y)$ ps	$u_i(y)^2$ ps^2	비고
피크 값 검침	정규 $k = 2$	50	25	625	상승시간 800 ps에서 측정한 피크 값 6.3 % (**표 E.2**)배의 불확도
90 % 피크 전류에 이를 때까지의 시간 검침	직사각형 제수 = $\sqrt{3}$	25	14	196	20 GS/s 오실로스코프 샘플링 비율
10 % 피크 전류에 이를 때까지의 시간 검침	직사각형 제수 = $\sqrt{2}$	25	14	196	20 GS/s 오실로스코프 샘플링 비율
총 오실로스코프 수평측정 기여요소 (**비고 1**)	정규 $k = 2$	36	18	324	오실로스코프 교정 시험소
타깃-감쇠기-케이블 체인	정규 $k = 2$	30	15	225	오실로스코프 교정 시험소 (**비고 2**)
반복성	정규 제수 = 1	45	45	2 025	A형 평가에서 수집 (**비고 3**)
			합계	3 591	
상승시간에서의 합성표준불확도 u_c			거듭제곱근	60 ps	
상승시간에서의 확장불확도 U	정규 $k = 2$	120 ps (15 %)			신뢰 수준 95 %

비고 1 총 오실로스코프 수평 측정 기여요소에는 오실로스코프 수평 해상도, 보간법 해상도, 시간 기초 해상도, 주파수 측정, 상승시간 시정 등의 불확도 기여요소가 포함된다.

비고 2 체인 교정 인증서에는 종종 주파수의 감쇠반응만을 포함한다. 여기서는 상승시간 측정 불확도 기여요소 역시 교정 시험소에서 제공된다고 가정한다. 그러므로 $k = 2$.

비고 3 반복성은 일반적으로 최소 5회의 연속 측정에서 구한다. 이는 A형 평가이고 n회 반복 측정을 위한 표준편차 $s(\bar{q})$식은 다음과 같다.

$$s(\bar{q}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n} (q_j - \bar{q})^2}$$

q_j: j번째 측정 결과이고, $\bar{q}$: 그 결과의 산술 평균.

표 E.2 – 정전기 방전 피크 전류 교정을 위한 불확도 산출표의 예

기여요소	분포	값 %	$u_i(y)$ %	$u_i(y)^2$ $\%^2$	비고
총 오실로스코프 수직 측정 기여 (**비고 1**)	정규 $k = 2$	3.2	1.6	2.56	교정 시험소
타깃-감쇠기-케이블 체인	정규 $k = 2$	3.6	1.8	3.24	교정 시험소
체인과 오실로스코프의 부정합	U자형 제수 = 2	2	1.4	2	교정 또는 사양 (**비고 2**)
저주파 전달 임피던스	정규 $k = 2$	6×10^{-6}	3×10^{-6}	9×10^{-12}	내부 교정 (**비고 3**)
반복성	제수 = 1	1.5	1.5	2.25	A형 평가에서 수집 (**비고 4**)
			총계	10.05	
피크 전류에서 표준 불확도 u_c 조합			거듭제곱근	3.17	
피크 전류 확장불확도 U	$k = 2$	6.3 %			신뢰 수준 95 %

비고 1 총 오실로스코프 수직 측정 기여요소에는 오실로스코프 수직 해상도, LF 선형, HF 선형, 오프셋 해상도 등의 기여요소가 포함된다. 교정은 전체 주파수 범위 즉, $f \le 2$ GHz을 포괄해야 한다. 하지만, 평평성은 $f_c = 2$ GHz 컷오프(cut off)를 지닌 첫 번째 차수 필터 즉, $A(f) \sim \left|1+(f/f_c)^2\right|^{-1/2}$ 보다 더 좋지 않아야 한다.

비고 2 타깃-감쇠기-케이블 체인의 출력 반사계수 Γ_C와 오실로스코프의 입력 반사계수 Γ_O로 인해 부정합 기여요소가 생긴다. 그 값은 교정 인증서 또는 사양서를 참고해야 한다. Γ에서 두 번째 차수의 오류 기여요소로 인해 신뢰할 수 있는 사양이면 충분하다. 하지만 사양 역시 전체 주파수 범위를 포괄해야 하고 이는 종종 오실로스코프를 사용하는 경우에는 해당하지 않아 추가 측정이 필요할 수도 있음에 유의한다.

부정합 기여요소는 다음과 같다.

$\Gamma_C \times \Gamma_O$ U자형 분포, 제수 $\sqrt{2}$.

이 부정합 불확도 식은 오실로스코프의 진폭 반응이 무선 주파수 교정개념에 의거한 계산, 즉, 전압 오류가 입력부에서의 실제 전압이 아닌 50 Ω 출처에서 나온 우발 전압을 참고한 계산이라고 가정한다. 이는 인증서 내에서 검증되어야 하고, 그 밖의 다른 공식이 적용되어야 한다.

비고 3 시험소가 별도의 교정기기를 가지고 이 교정의 확장 불확도 U를 산출하는 불확도 평가를 실시한다고 가정한다.

비고 4 반복성은 일반적으로 최소 5회의 연속 측정에서 구한다. 이는 A형 평가이고 n회 반복 측정을 위한 표준편차 $s(\bar{q})$식은 다음과 같다.

$$s(\bar{q}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n} (q_j - \bar{q})^2}$$

q_j: j번째측정 결과이고, $\bar{q}$: 그 결과의 산술 평균.

표 E.3 – 정전기 방전 I_{30}, I_{60}교정을 위한 불확도 산출표의 예

기여요소	분포	값 %	$u_i(y)$ %	$u_i(y)^2$ $\%^2$	코멘트
표 E.2의 불확도	정규 $k = 2$	6.3	3.15	9.92	피크 전류 불확도 (표 E.2)
30 ns 또는 60 ns에서의 시간 검침	직사각형 $k = \sqrt{3}$	0.17	0.098	0.009 6	30 ns 또는 60 ns에서 전류 검침의 민감성, 10 % 피크 전류 값과 30 ns 또는 60 ns 사이 시간 간격에서 측정. 20 GS/s 오실로스코프 샘플링 비율 (50 ps 불확도로 각각 두 개의 검침)
			총계	9.93	
u_c			거듭제곱근	3.15	
I_{30}와 I_{60}에서의 확장 불확도 U	정규 $k = 2$	6.3			신뢰 수준 95 %

제품 위원회 또는 인증기관이 다르게 해석할 수 있다.

E.8 정전기 방전 발생기 적합성 기준에서 불확도 적용

일반적으로, 발생기의 사양 만족을 보장하기 위해, 교정 결과는 본 표준에서 명시한 한계값 내에 있어야 한다(허용오차는 측정 불확도로 줄어들지 않는다).
시험소에서 교정 실시 시 다음의 측정 불확도(MU)를 추천한다.

상승시간 t_r	MU ≤ 15 %
피크 전류 I_p	MU ≤ 7 %
30 ns에서의 전류	MU ≤ 7 %
60 ns에서의 전류	MU ≤ 7 %

부속서 F
(참고)

시험결과 차이 및 단계적 평가방법

F.1 시험 결과 차이

정전기 방전의 복잡한 특성과 시험 기기에서의 허용오차 필요성으로 인해 정전기 방전 시험 결과에서 차이점 발생을 예상할 수 있다. 종종 이러한 차이는 오류가 발생하는 시험 레벨 또는 시험 중 시험품에 나타나는 오류 종류에서의 차이이다. 오류가 발생하는 시험 레벨에 따라, 그 같은 시험결과의 차이는 시험품의 합격/불합격 결정에 영향을 미칠 수 있다.

시험 결과가 차이 나는 경우, 차이의 출처를 결정하기 위해 일반적으로 다음과 같은 단계를 취한다.

- 시험배치 검증; 케이블 위치 및 시험품 조건(보기: 덮개, 문) 등 모든 세부사항 점검.
- 시험 절차 검증; 시험품 작동모드, 보조기기의 위치 및 장소, 운영자 위치, 소프트웨어 상태, 시험품에 방전 적용 등 포함.
- 시험 발생기 검증; 작동상태가 양호한가? 마지막 교정 시기는? 사양 내에서 작동시키는가? 시험결과 차이가 다른 발생기를 사용했기 때문인가?

시험 결과 차이가 다른 정전기 방전 발생기를 사용했기 때문이면, **6.2**의 요구조건을 만족하는 발생기를 사용하여 얻은 결과를 본 표준에 대한 적합성 결정 시 사용할 수 있다.

F.2 단계적 평가 방법 (Escalation Strategy)

정전기 방전 발생기를 포함하여 모든 시험 조건이 동일할 때, 시험 결과 차이가 나면, 다음의 단계적 평가방법을 적용하여 본 표준에 대한 적합성을 결정한다. 이 전략은 시험결과가 다르게 나타나는 각 시험지점에 개별적으로 적용한다.

a) 첫 번째 시험은 의도한 시험레벨로 **8.3**에서 설명한 시험 지점에 지정횟수의 방전을 적용한다. (예, 50회 방전) 이 첫 일련의 방전에서 수용 불가한 영향이 발생하지 않으면, 해당 시험품은 이 시험지점에서 시험에 통과한다. 만약, 하나의 수용 불가한 영향이 발생하면, 다음의 b)에 따라 계속 시험을 진행하여야 한다. 두 가지 이상의 영향이 발생하면, 해당 시험품은 그 시험지점에서 불합격 판정을 받는다.

b) 두 번째 시험은 의도한 시험레벨로 상기 시험 지점에 상기 횟수의 두 배로 방전을 적용한다. 수용 불가한 영향이 발생하지 않으면, 해당 시험품은 이 시험레벨과 이 시험지점에서 시험에 통과한다. 한 가지 수용 불가한 영향이 발생하면, 다음의 c)에 따라 계속 시험을 진행하여야 한다. 두 가지 이상의 영향이 발생하면, 해당 시험품은 그 시험지점에서 불합격 판정을 받는다.

c) 세 번째 시험에서는 새로운 세트에 의도한 시험레벨로 b)의 시험 지점에 b)의 동일 횟수의 방전을 적용한다. 수용 불가한 영향이 발생하지 않으면, 해당 시험품은 이 시험지점에서 시험에 통과한다. 한 가지 이상의 영향이 발생하면, 해당 시험품은 그 시험지점에서 불합격 판정을 받는다.

참고문헌

KS C IEC 61000-6-1 전기자기적합성(EMC) - 제6-1부: 일반기준 - 주거용, 상업용 및 경공업 환경에서 사용하는 기기의 전기자기내성 기준

IEC 60050-311, International electrotechnical vocabulary - Part 311: General terms relating to electrical measurement

IEC Guide 107, Electromagnetic compatibility - Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications

KS C IEC 61000-4-2 : 2010
해 설

이 해설은 본체 및 부속서에 규정/기재한 사항 및 이것에 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다.

1 개요

1.1 개정의 취지

본 표준은 2008년에 제2.0판으로 발행된 IEC 61000－4－2, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test를 근간으로 국제표준과 부합화할 목적으로 개정하게 되었다.

1.2 개정의 경위

본 표준은 2010년도 기술표준원 국가표준개발과제 전기자기적합성 분야 KS 부합화 원안 작성을 위한 표준개발협력기관 사업의 일환으로 한국화학융합시험연구원에서 개정초안을 작성하였다.

1.3 개정의 기본방향

시험조건 및 시험에 사용된 기기에 따라 합격 혹은 불합격으로 나타나곤 했다. 또한, 고속 기술로 인해 측정기기가 GHz 범위까지 인식함으로써 본 표준에 수식적 해석 및 이론적 배경을 기반으로 일부 사항에 대한 수정과 추가 작업이 이루어지게 되었다. 또한, 측정불확도에 대한 적용, 시험기기의 교정과 결과 검증 방법에 대한 추가 내용을 제공한다.

2 현안 사항

기존 표준에 제공되지 않았던 사항 및 보완을 하기 위해 하기 내용을 추가 및 수정하였다.
측정기기에 대한 교정과 검증에 대한 명확한 정의, 표준 전류 파형에 대한 수학적 방정식을 제공, 다른 파라미터들에 대한 불확도 정의 등의 사항이 추가 변경되었으며, 상세 내역은 하기 신구비교표를 참조하기 바란다.

3 신구 비교표

구분	기존 KS 표준 (KS C IEC 61000-4-2:2005)	IEC 부합화 내용(개정 내용) (KS C IEC 61000-4-2:2010)
1 적용범위		- 범위 추가 - 교정절차 측정 불확도
3 용어와 정의		정의 추가 교정 상승시간 검증
5 시험레벨	시험레벨은 주어진 전압 이하의 레벨에서도 만족 해야 함	삭제
6.2 정전기 방전 발생기의 특성과 성능	출력 전압 방전모드에 따른 특성 확인 전압 8 kV / 15 kV 접촉 방전 전류 파형 파라미터 방전 전류의 첫 첨두 ±10 % 상승 시간 tr ns	출력 전압 방전모드에 따른 특성 확인 전압 1 kV~8 kV / 2 kV~15 kV 접촉 방전 전류 파형 파라미터 방전 전류의 첫 첨두 ±15 % 상승 시간 tr (±25 %) ns 방전 전류에 대한 수식해석 추가

6.3 정전기 방전 시험배치 검증		정전기 방전 시험배치 검증 내용 추가
7.2.1 시험 요구 사항	시험품과 실험실 벽 및 그 밖의 금속 구조물 간에 최소 거리 1.0 m	시험품과 실험실 벽 및 그 밖의 금속 구조물 간에 최소 거리 0.8 m
7.2.2 탁상형 기기	시험 배치 시 해당 치수에 대한 허용범위 없음	시험 배치 시 해당 치수에 대한 허용범위 추가 예) 나무 탁자 높이 (0.8±0.08) m
7.2.3 바닥 거치형 기기		바닥 거치형 기기에 대한 시험실에서 수행하는 시험 수행을 위한 시험 배치 항목 추가
7.2.4 비접지 기기		비접지 기기에 대한 시험실에서 수행하는 시험 수행을 위한 시험 배치 항목 추가
8.3 시험의 수행		시험 수행 시 측정불확도에 대한 요구 시 적용방법, 결과 검증에 대한 단계적 평가방법 수립 제안
8.3.2 시험품에 대한 직접 방전의 적용		시험품에 대한 직접방전 시 예외 사항에 대한 상세 설명과 경우
10 시험 성적서		시험 성적서 기재 사항 명시
A.3 전류 방전 환경조건 간의 관계		전류 방전 환경 조건간의 관계 추가
A.5 시험 지점의 선택		시험 지점의 선택 세부사항 기재
A.6 접촉 방전법 사용 기술에 대한 이론적 해석		접촉 방전법 사용 기술에 대한 이론적 해석으로 트리거 장치와 릴레이 구동 설명 추가
A.8 발생기 사양 관련 이론적 해석		발생기 사양 관련 이론적 해석 추가
부속서 B (규정) 전류 측정 시스템 교정 및 방전 전류 측정		부속서 B 추가 전류 측정 시스템 교정 및 방전 전류 측정 관련 내용
부속서 C (참고) 부속서 B의 요구조건을 만족하는 교정 타깃의 예		부속서 C 추가 부속서 B의 요구조건을 만족하는 교정 타깃의 예
부속서 D (참고) 인체 금속 방전과 발생기에서 나오는 복사장		부속서 D 추가 인체-금속 방전과 발생기에서 나오는 복사장
부속서 E (참고)		부속서 E 추가

측정 불확도(MU) 고려사항		측정 불확도 고려사항
부속서 F(참고) 시험결과 차이 및 단계적 평가방법		부속서 F 추가 시험결과 차이 및 단계적 평가방법
참고문헌		참고 문헌 추가

*** 원안작성 협력자**
: 김기영(LG전자)

*** 원안작성 실무작업반**
: 김용성(한국기계전기전자시험연구원), 김영식(한국기계전기전자시험연구원),
윤상욱(한국산업기술시험원), 남재우(LG전자), 손광무(LG전자), 김기영(LG전자),
류정기(LS산전), 안중선(LS산전), 서봉수(삼성전자), 지성원(한국화학융합시험연구원),
강종식(한국화학융합시험연구원)

해설 1 전기용품안전기준의 한국산업표준과 단일화의 취지

1. 개요

이 기준은 전기용품안전관리법에 따른 안전관리대상 전기제품의 안전관리를 수행함에 있어 국가표준인 한국산업표준(KS)을 최대한 인용하여 단일화한 전기용품안전기준이다.

2. 배경 및 목적

전기용품안전관리법에 따른 안전관리대상 전기제품의 인증을 위한 시험의 기준은 2000년부터 국제표준을 기반으로 안전성 규격을 도입·인용하여 운영해 왔으며 또한 한국산업표준도 2000년부터 국제표준에 바탕을 두고 있으므로 규격의 내용은 양자가 거의 동일하다.

따라서 전기용품안전관리법에 따른 안전기준과 한국산업표준의 중복인증이 발생하였으며, 기준의 단일화가 필요하게 되었다.

전기용품 안전인증기준의 단일화는 기업의 인증대상제품의 인증시 시간과 비용을 줄이기 위한 목적이며, 국가표준인 한국산업표준과 IEC 국제표준을 기반으로 단일화를 추진이 필요하다.

또한 전기용품 안전인증기준을 한국산업표준을 기반으로 단일화 함으로써 한국산업표준의 위상을 강화하고, 우리나라 각 부처별로 시행하는 법률에 근거한 각 인증의 기준을 국제표준에 근거한 한국산업표준으로 일원화할 수 있도록 범부처 모범사례가 되도록 하였다.

3. 단일화 방향

전기용품안전관리법에서 적용하기 위한 안전기준을 동일한 한국산업표준으로 간단히 전기용품안전기준으로 채택하면 되겠지만, 전기용품안전기준은 그간의 전기용품 안전관리제도를 운용해 오면서 국내기업의 여건에 맞추어 시험항목, 시험방법 및 기준을 여러번의 개정을 통해 변경함으로써 한국산업표준과의 차이를 보이게 되었다.

한국산업표준과 전기용품안전기준의 단일화 방향을 두 기준 모두 국제표준에 바탕을 두고 있으므로 전기용품안전기준에서 한국산업표준과 중복되는 부분은 그 내용을 그대로 인용하는 방식으로 구성하고자 한다.

안전기준에서 그간의 전기용품 안전관리제도를 운용해 오면서 개정된 시험항목과 시험방법, 변경된 기준은 별도의 항을 추가하도록 하였다.

한국산업표준과 전기용품안전기준을 비교하여 한국산업표준의 최신판일 경우는 한국산업표준의 내용을 기준으로 전기용품안전기준의 내용을 개정키로 하며, 이 경우 전기용품안전기준의 구판은 병행적용함으로서 그간의 인증받은 제품들이 개정기준에 맞추어 개선할 시간적 여유를 줌으로서 기업의 혼란을 방지하고자 한다.

그리고 국제표준이 개정되어 판번이 변경되었을 경우는 그 최신판을 한국산업표준으로 개정 요청을 하고 그리고 전기용품안전기준으로 그 내용을 채택함으로써 전기용품안전기준을 국제표준에 신속하게 대응하고자 한다.

그리고 전기용품안전기준에서만 규정되어 있는 고유기준은 한국산업표준에도 제정요청하고, 아울러 필요시 국제표준에도 제안하여 우리기술을 국제표준에 반영하고자 한다.

4. 향후

한국산업표준과 전기용품안전기준의 중복시험 항목을 없애고 단일화 함으로써 표준과 기준의 이원화에 따른 중복인증의 기업부담을 경감시키고, KS표준의 위상을 강화하고자 한다.

아울러 우리나라 각 부처별로 시행하는 법률에 근거한 각 인증의 기준을 국제표준에 근거한 한국산업표준으로 일원화할 수 있도록 범부처 모범사례가 되도록 한다.

또한 국제인증기구는 국제표준 인증체계를 확대하는 추세에 있으며, 표준을 활용하여 자국 기업의 경쟁력을 강화하는 추세에 있다. 이에 대응하여 국가표준과 안전기준이 국제표준에 신속히 대응함으로서 우리나라의 수출기업이 인증에 애로사항을 감소하도록 한다.

해설 2 전기용품안전기준의 추가·대체항목 해설

이 해설은 전기용품안전기준으로 한국산업표준을 채택함에 있어 추가·대체하는 항목을 적용하는 데 이해를 돕고자 주요사항을 기술한 것으로 규격의 일부가 아니며, 참고자료 또는 보충자료로만 사용된다.

심 의 :

구 분	성 명	근 무 처	직 위
(위 원 장)			
(위 원)			
(간 사)			

원안작성협력 :

구 분	성 명	근 무 처	직 위
(연구책임자)			
(참여연구원)			

전기용품안전기준의 열람은 국가기술표준원 홈페이지(http://www.kats.go.kr), 및 제품안전정보센터(http://www.safety.korea.kr)를 이용하여 주시고, 이 전기용품안전기준에 대한 의견 또는 질문은 산업통상자원부 국가기술표준원 제품안전정책국 전기통신제품안전과(☎ 043-870-5441~9)으로 연락하여 주십시오.

이 안전기준은 전기용품안전관리법 제3조의 규정에 따라 매 5년마다 안전기준전문위원회에서 심의되어 제정, 개정 또는 폐지됩니다.

KC 61000-4-2 : 2015-09-23

Electromagnetic compatibility (EMC)

- Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test

ICS 29.240.20

Korean Agency for Technology and Standards
http://www.kats.go.kr

산업통상자원부 국가기술표준원
Korean Agency for Technology and Standards
Ministry of Trade, Industry & Energy
주소 : (우) 369-811 충북 음성군 맹동면 이수로 93
TEL : 043-870-5441~9 http://www.kats.go.kr