



**KC 61000-4-4**

(개정 : 2015-09-23)

IEC Ed 3.0 2012-04

# 전기용품안전기준

## Technical Regulations for Electrical and Telecommunication Products and Components

전기자기적합성(EMC)

제4-4부 : 시험 및 측정기술 - 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성시험

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test

**KATS** 국가기술표준원

<http://www.kats.go.kr>

# 목 차

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황 .....	1
서 문 .....	2
1 적용범위 (Scope) .....	3
2 인용 표준 (Normative references) .....	3
3 용어 정의 (Definitions) .....	3
4 일반 사항 (General) .....	6
5 시험 레벨 (Test levels) .....	6
6 시험 기기 (Test equipment) .....	6
6.1 개요 (Overview) .....	6
6.2 버스트 발생기 (Burst generator) .....	6
6.3 교류/직류 전원 공급 단자에 대한 결합/감결합 회로망 (Characteristics of the fast transient/burst generator) .....	10
6.4 용량성 결합 클램프 (Calibration of the characteristics of the fast transient/burst generator) .....	12
7 시험 배치 (Test setup) .....	14
7.1 일반사항 (General) .....	14
7.2 시험 기기 (Test equipment) .....	14
7.3 시험실에서 시험 배치 (Test setup for type tests performed in laboratories) .....	16
7.4 현장 시험을 위한 시험 배치 (Test setup for in situ tests) .....	19
8 시험 절차 (Test procedure) .....	21
9 시험 결과의 평가 (Evaluation of test results) .....	22
10 시험 보고서 (Test report) .....	23
부속서 A (Annex A) .....	24
부속서 B (Annex B) .....	26
부속서 C (Annex C) .....	28
참고문헌 (Bibliography) .....	36
KS C IEC 61000-4-4 : 2012 해설 .....	37
해 설 1 .....	38
해 설 2 .....	39

## 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 제2014-0422호(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)

#### 제4-4부 : 시험 및 측정기술 - 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성시험

##### Electromagnetic compatibility (EMC)

##### Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test

이 안전기준은 2012년 4월 제3.0판으로 발행된 IEC 61000-4-4 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test를 기초로, 기술적 내용 및 대응 국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 KS C IEC 61000-4-4(2013.01)을 인용 채택한다.

# (EMC) — 제4-4부: 시험 및 측정기술 —

## 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성시험

### Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test

#### 1 적용범위

이 표준은 반복적인 전기적 빠른 과도현상에 대한 전기·전자 기기의 내성을 규정한다. 또 전기적 빠른 과도현상/버스트에 관련된 내성 요구사항과 시험 절차를 규정한다. 아울러 시험 레벨의 범위를 정의하고 시험 절차를 확립한다.

이 표준의 목적은 전원포트나 신호포트, 제어포트, 접지 포트에 전기적 빠른 과도현상/버스트가 발생할 때 전기·전자 기기의 내성을 평가할 수 있도록 재현 가능한 공통 기준을 확립하는 것이다. 이 표준에 규정된 시험 방법은 정의된 현상에 대하여 기기나 시스템의 내성을 평가하는 일관된 방법을 기술한다.

**비고** IEC 가이드 107에서 설명한 바와 같이 이 표준은 IEC 제품 위원회가 사용하는 기본 EMC 표준이다. 또한, IEC 가이드 107에 기술된 바와 같이, IEC 제품위원회는 이 내성 시험 표준을 적용해야 하는지의 여부를 결정할 책임이 있으며, 적용하는 경우 적절한 시험 레벨과 성능 기준을 결정할 책임이 있다.

이 표준은 다음을 정의한다.

- 시험 전압 파형
- 시험 레벨 범위
- 시험 기기
- 시험 기기의 교정 및 검증 절차
- 시험 장치 구성
- 시험 절차

이 표준은 EMC 시험실 및 현장 시험을 위한 사양을 제공한다.

#### 2 인용 표준

다음의 인용 표준들은 본 표준의 적용을 위해 필수 불가결한 것이다. 날짜가 명기된 표준에 대해서는 인용된 것만 적용하고, 날짜가 명시되지 않은 표준에 대해서는 기준 문서의 (개정안을 포함하여) 최신판을 적용한다.

KS C IEC 6005-161 : 2002, 국제 전기 용어-제161장: 전기 자기 적합성

#### 3 용어 정의

##### 3.1 용어 정의

이 표준의 목적을 위하여 KS C IEC 60050-161의 용어의 정의 외에도 다음을 적용한다.

**비고** KS C IEC 60050-161에서 발췌한 용어의 정의 중 관련성이 높은 몇 가지 용어를 아래에 명시하였다.

### 3.1.1

#### **보조 기기(auxiliary equipment)**

정상 동작에 필요한 신호를 시험품(EUT)에 제공하는데 필요한 기기와 시험품의 성능을 검증하는 기기

### 3.1.2

#### **버스트(burst)**

**한정된 개별 펄스들의 연속적인 동작이나 한정된 주기에서의 펄스의 변화**

[출처: KS C IEC 6005-161 : 2002, 161-02-07]

### 3.1.3

#### **교정(calibration)**

규정된 조건하에서 지시값과 측정 결과 간의 관계를 표준을 참조하여 확정하는 일련의 작업

비고 1: 이 용어는 "불확도" 접근방식에 기초한다.

비고 2: 지시값과 측정 결과의 관계는 교정 도표의 원리로 표현할 수 있다.

[출처: IEC 60050-311:2001, 311-01-09]

### 3.1.4

#### **결합(coupling)**

한 회로에서 다른 회로로 에너지를 전달하는 회로 간의 상호 작용

### 3.1.5

#### **공통모드(결합)[common mode (coupling)]**

접기 기준면에 대하여 모든 선로를 동시 결합하는 것

### 3.1.6

#### **결합 클램프(coupling clamp)**

어떠한 전기적 접촉 없이 방해 신호를 피시험기기의 회로에 공통모드로 결합하기 위한 장치(치수와 특성이 명시됨)

### 3.1.7

#### **결합 회로망(coupling network)**

한 회로에서 다른 회로로 에너지 전달을 목적으로 하는 전기적인 회로

### 3.1.8

#### **감결합 회로망(decoupling network)**

EFT 전압이 시험품 외의 다른 기기 또는 시스템에 영향을 끼치지 않도록 하기 위한 전기적인 회로

### 3.1.9

#### **성능 저하(degradation of performance)**

어떤 장치, 기기 또는 시스템의 성능이 의도된 성능의 범위로부터 벗어나는 것

비고 1: 용어 "성능 저하"는 일시적 또는 영구적 고장을 의미할 수 있다.

[출처: IEC 60050-161:1990, 161-01-19]

### 3.1.10

#### **EFT/B**

전기적 빠른 과도현상/버스트

### 3.1.11

#### 전기·자기 적합성(electromagnetic compatibility, EMC)

어떤 기기나 시스템이 과도한 전자기 방해가 발생되지 않는 전자기 환경에서 본래의 기능을 할 수 있는 능력

[출처: KS C IEC 60050-161, 161-01-07]

### 3.1.12

#### 시험품(EUT)

시험 대상 기기

### 3.1.13

#### 접지 기준면(ground reference plane)

전위가 공통적인 기준이 되는 평평한 도전성 표면

[출처: IEC 60050-161:1990, 161-04-36]

### 3.1.14

#### (방해에 대한) 내성[immunity (to a disturbance)]

어떤 장치, 기기 또는 시스템이 전자기 방해가 존재하여도 성능저하 없이 기능할 수 있는 능력

[출처: KS C IEC 60050-161, 161-01-20]

### 3.1.15

#### 포트(port)

외부 전자기 환경과 시험품의 접속면

### 3.1.16

#### 펄스 폭(pulse width)

펄스의 상승곡선과 하강곡선의 레벨이 50%에 도달하는 점의 시간축 간격

[출처: IEC 60050-702:1992, 702-03-04, 수정]

### 3.1.17

#### 상승 시간(rise time)

펄스의 상승곡선 레벨이 10 %에 도달하는 순간과 90 %에 도달하는 순간의 시간축 간격

[출처: KS C IEC 60050-161, 161-02-05, 수정]

### 3.1.18

#### 과도 현상(transient)

회로 내에서 2종류의 안정된 상태(정지상태→동작상태, 동작상태→정지상태)가 급격히 변하는 현상

[KS C IEC 60050-161, 161-02-01]

### 3.1.19

#### 비대칭 모드(결합)[unsymmetric mode (coupling)]

접지 기준면에 대한 단선 결합

### 3.1.20

#### 검증(verification)

검사하는 시험 기기 시스템(예: 시험 발생기와 상호접속 케이블)이 본 표준 6절의 규정에 부합하는지 확인하는 작업

비고 1: 검증에 사용되는 방법은 교정에 사용되는 방법과 다를 수 있다.

비고 2: 이 기본 EMC 표준의 목적을 위하여 이 정의는 IEC 60050-311:2001, 311-01-13의 정의와 다르다.

## 3.2 약어

AE Auxiliary Equipment

CDN	Coupling/Decoupling Network
EFT/B	Electrical Fast Transient/Burst
EMC	ElectroMagnetic Compatibility
ESD	ElectroStatic Discharge
EUT	Equipment Under Test
GRP	Ground Reference Plane
MU	Measurement Uncertainty
PE	Protective Earth
TnL	Terminator non Linearity

#### 4 일반 사항

빠른 과도현상 시험은 전기·전자 기기의 전력 포트, 제어 포트, 신호 포트, 접지 포트에 결합되는 버스트 시험이다. 이 시험에서 주목할 만한 점은 과도현상의 높은 진폭, 짧은 상승시간, 높은 반복률, 낮은 에너지이다.

이 시험의 목적은 개폐 과도현상(유도성 부하의 정전, 계전기 접점 변동 등) 등 과도한 방해로부터 전기·전자 기기의 내성을 입증하는 것이다.

#### 5 시험 레벨

기기의 전력 포트, 제어 포트, 신호 포트, 접지 포트에 적용할 수 있는 전기적 빠른 과도현상에 대한 표준 시험 레벨은 표 1과 같다.

표 1 - 시험 레벨

개방 회로 출력 시험 전압과 임펄스의 반복률				
레벨	전력 포트, 접지 포트(PE)		신호 및 제어 포트	
	전압 첨두 kV	반복 주파수 kHz	전압 첨두 kV	반복 주파수 kHz
1	0.5	5 또는 100	0.25	5 또는 100
2	1	5 또는 100	0.5	5 또는 100
3	2	5 또는 100	1	5 또는 100
4	4	5 또는 100	2	5 또는 100
x <sup>a</sup>	특별(Special)	특별(Special)	특별(Special)	특별(Special)

5 kHz 반복 주파수를 사용하는 것이 통례이지만 100 kHz가 실제에 가깝다. 제품위원회는 특정 제품이나 제품 유형에 어떤 주파수가 더 적절한지 결정하여야 할 것이다.

일부 제품의 경우, 전력 포트와 신호 포트의 구별이 명확하지 않을 수 있는데, 이런 경우에는 제품 위원회가 어떤 것이 시험 목적에 적합한지를 결정하여야 한다.

<sup>a</sup> "x"는 다른 것들보다 높거나, 낮은 또는 그 사이에 있는 레벨이 될 수 있다. 그 레벨은 전문 기기 사양에 명시하여야 한다.

시험 레벨의 선택에 대해서는 부속서 B를 참조한다.

#### 6 시험 기기

##### 6.1 개요

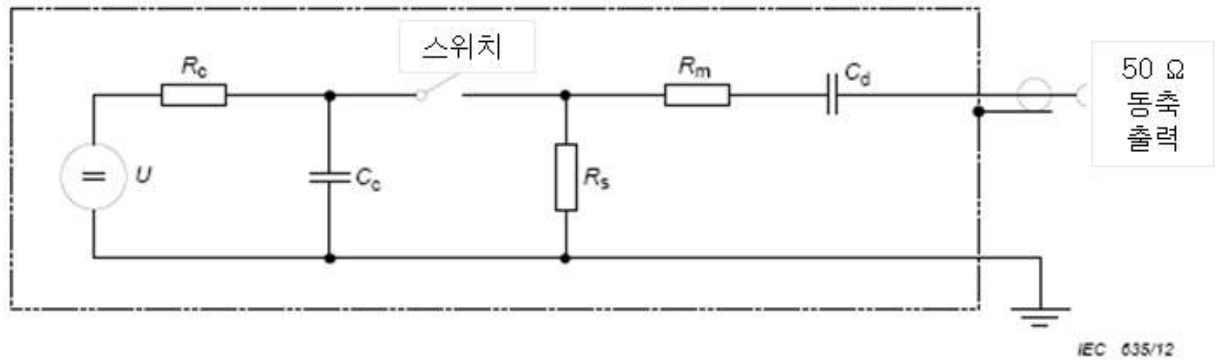
6.2.3, 6.3.2, 6.4.2의 교정 절차는 시험 발생기, 결합/감결합 회로망, 그리고 시험 구성에 필요한 그 밖의 측정 장비들이 정확하게 동작하여 의도된 파형이 시험품으로 정확히 전달되도록 하기 위한 것이다.

##### 6.2 버스트 발생기

###### 6.2.1 일반사항



시험 발생기의 간략 회로도를 그림 1에 나타내었다. 회로 소자  $C_c, R_s, R_m, C_d$ 는 50 Ω 저항성 부하를 가지는 개방회로 조건에서 시험 발생기가 빠른 과도현상을 전달하도록 선택된다. 시험 발생기의 유효 출력 임피던스는 50 Ω이어야 한다.



**구성 요소**

- U 고전압원
- $R_c$  충전 저항
- $C_c$  에너지 저장 커패시터
- $R_s$  임펄스 지속시간을 결정하는 저항
- $R_m$  임피던스 정합 저항
- $C_d$  직류 차단 커패시터
- 스위치 고전압 스위치

**비고** 인덕턴스와 정전용량(inductance and capacitance)을 가지는 스위치의 특성은 규정된 상승 곡선의 파형을 만든다.

그림 1 - 빠른 과도현상/버스트 발생기의 주요 요소들을 나타낸 간략 회로도

**6.2.2 빠른 과도현상/버스트 발생기의 특성**

빠른 과도현상/버스트 발생기의 특성은 다음과 같다.

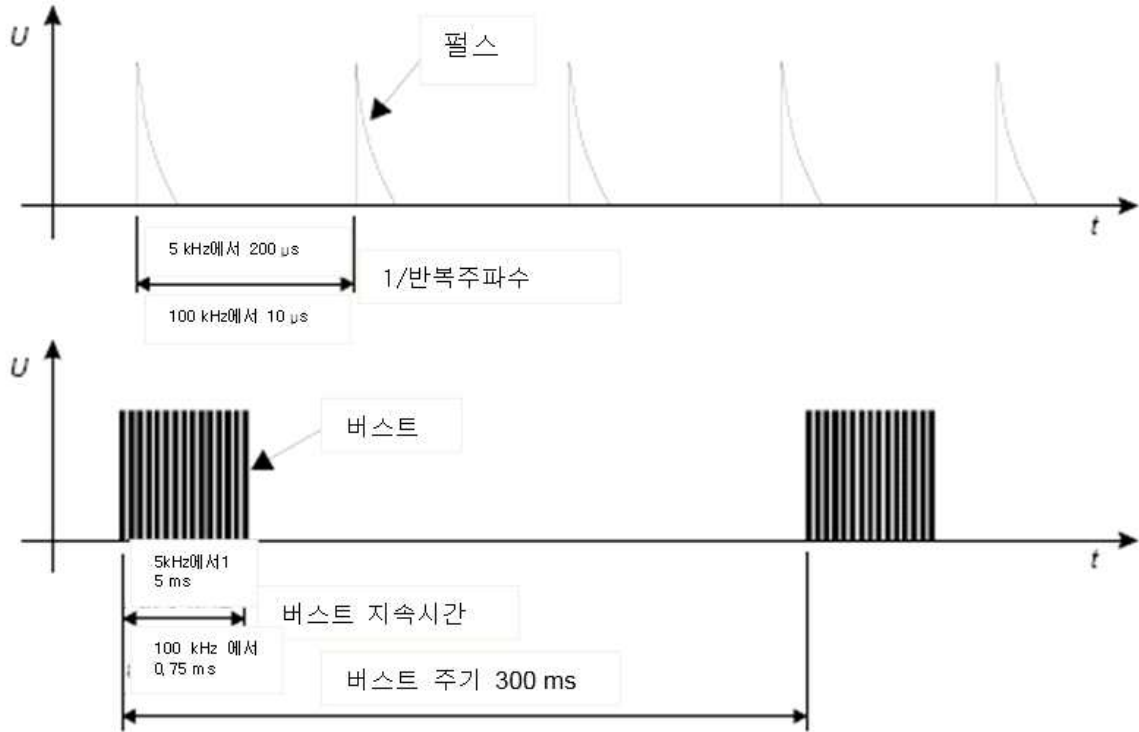
- 1,000 Ω 부하가 포함된 출력 전압 범위는 적어도 0,25 kV ~ 3.8 kV이어야 한다.
- 50 Ω 부하가 포함된 출력 전압 범위는 적어도 0,125 kV ~ 2 kV이어야 한다.

이 발생기는 단락 상태에서 손상되지 않고 동작할 수 있어야 한다.

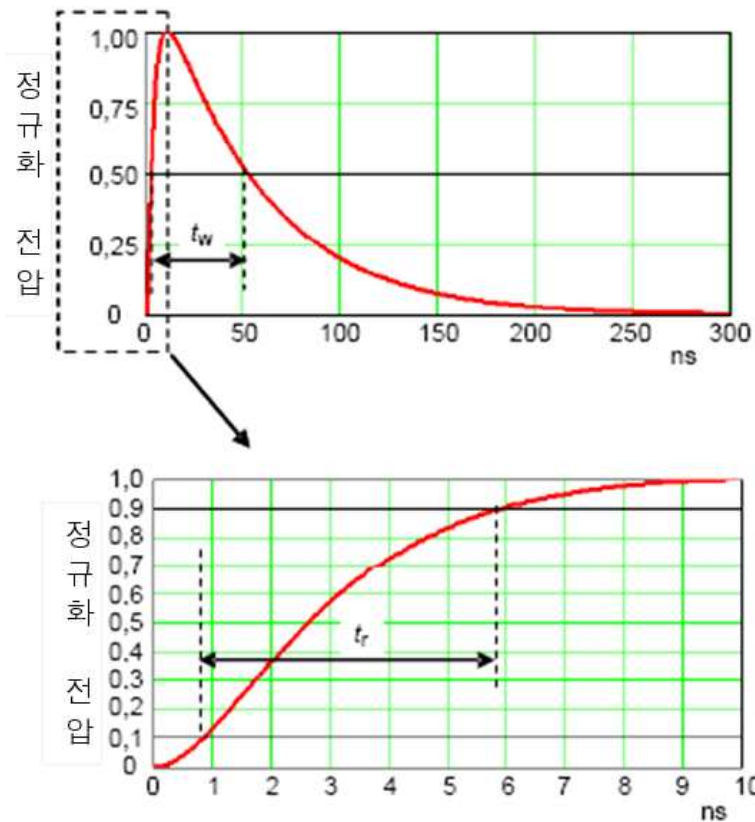
특성:

- 극성 : 양극/음극
- 출력 유형 : 동축, 50 Ω
- 직류 차단 커패시터 :  $(10 \pm 2)$  nF
- 반복 주파수 : (표 2 참조)  $\pm 20$  %
- 교류 주전원와의 관계 : 비동기
- 버스트 지속시간 : 5 kHz에서  $(15 \pm 3)$  ms  
(그림 2 참조) 100 kHz에서  $(0.75 \pm 0.15)$  ms
- 버스트 주기 :  $(300 \pm 60)$  ms  
(그림 2 참조)
- 펄스의 파형
  - 50 Ω 부하로 상승시간  $t_r=(5\pm 1.5)$ ns  
펄스 폭  $t_w=(50\pm 15)$ ns  
첨두 전압 = 표 2에 따름,  $\pm 10$  %  
(50 Ω 파형에 대해서는 그림 3 참조)
  - 1,000 Ω 부하로 상승시간  $t_r=(5\pm 1.5)$ ns

펄스 폭  $t_w=50\text{ns}$ (허용차는  $-15\text{ ns} \sim +100\text{ ns}$ )  
 침두 전압 = 표 2에 따름,  $\pm 20\%$   
 (표 2의 비고 1 참조)



IEC 636/12



IEC 637/12

그림 3 - 공칭 파라미터  $t_r=5\text{ns}$ 이고  $t_w=50\text{ns}$ 일 때 50  $\Omega$  부하로 들어가는 단일 펄스의 이상적인 파형

그림 3의 이상적인 파형에 대한 공식,  $v_{EFT}(t)$  은 다음과 같다.

$$v_{EFT}(t) = k_V \left[ \frac{V_1}{k_{EFT}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{n_{EFT}}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{n_{EFT}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right]$$

여기서

$$k_{EFT} = e^{-\frac{\tau_1}{\tau_2} \left(\frac{n_{EFT} \cdot \tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{1}{n_{EFT}}}}$$

그리고

$k_V$ 는 개방회로 전압의 최대값 또는 첨두값 이다( $k_V=1$ 은 정규화 전압을 의미한다)

$v_1=0.92$     $\tau_1 = 3.5 \text{ ns}$     $\tau_2 = 51 \text{ ns}$     $n_{EFT}=1.8$

**비고** 이 식의 출처는 IEC 62305-1:2010, 부속서 B이다.

### 6.2.3 빠른 과도현상/버스트 발생기 특성의 검증

시험 발생기가 이 표준의 요구사항을 충족하는지 입증하기 위해서는 시험 발생기 특성을 검증하여야 한다. 이를 위해서는 다음의 절차를 따라야 한다.

시험 발생기 출력을 50 Ω과 1 000 Ω 동축 종단에 각각 연결하고, 오실로스코프로 전압을 관측한다. 오실로스코프의 -3 dB 대역폭은 적어도 400 MHz이어야 한다. 1 000 Ω에서의 시험 부하 임피던스는 복잡한 회로망이 될 가능성이 있다. 시험 부하 임피던스의 특성은 다음과 같다.

- (50 ± 1) Ω
- (1 000 ± 20) Ω. 저항은 직류에서 측정한다.

이 두 시험 부하의 삽입 손실 허용차는 다음을 초과하여서는 안 된다.

- 100 MHz 이하에서 ±1 dB
- 100 MHz ~ 400 MHz 범위에서 ±3 dB

다음 파라미터를 측정하여야 한다.

- 첨두 전압

표 2에서 각각의 설정 전압에 대하여, 50 Ω 부하로 출력 전압[ $V_p(50\Omega)$ ]을 측정한다. 이 측정 전압은  $V_p(50\Omega)$ (허용차: ±10 %)이어야 한다.

동일한 발생기 설정값(설정 전압)으로 1 000 Ω 부하로 전압[ $V_p(1,000\Omega)$ ]을 측정한다. 이 측정 전압은  $V_p(1000\Omega)$ (허용차: ±20 %)이어야 한다.

- 모든 설정 전압에 대한 상승시간

- 모든 설정 전압에 대한 펄스 폭
- 어떤 한 설정 전압에 대한 한 버스트 내 펄스의 반복주파수
- 어떤 한 설정 전압에 대한 버스트 지속시간
- 어떤 한 설정 전압에 대한 버스트 주기

표 2-출력 전압 침투값과 반복주파수

설정 전압 kV	V <sub>p</sub> (개방회로) kV	V <sub>p</sub> (1,000 Ω) kV	V <sub>p</sub> (50 Ω) kV	반복주파수 kHz
0.25	0.25	0.24	0.125	5 또는 100
0.5	0.5	0.48	0.25	5 또는 100
1	1	0.95	0.5	5 또는 100
2	2	1.9	1	5 또는 100
4	4	3.8	2	5 또는 100

표류 정전용량이 최소가 되도록 조치를 취하여야 할 것이다.

**비고 1** 1 000 Ω 부하 저항을 사용하면 V<sub>p</sub> (1 000 Ω) 열에 나타낸 전압 계기치는 자동적으로 설정 전압보다 5% 더 낮아진다. 1,000 Ω에서의 계기치 = V<sub>p</sub> (개방회로) × 1 000 / (1 050(시험 부하 대 1 000 Ω + 50 Ω의 총 회로 임피던스의 비))

**비고 2** 50 Ω 부하의 경우, 측정된 출력 전압은 위 표에 나타낸 무부하 전압 값의 0.5배이다.

### 6.3 교류/직류 전원 공급 단자에 대한 결합/감결합 회로망

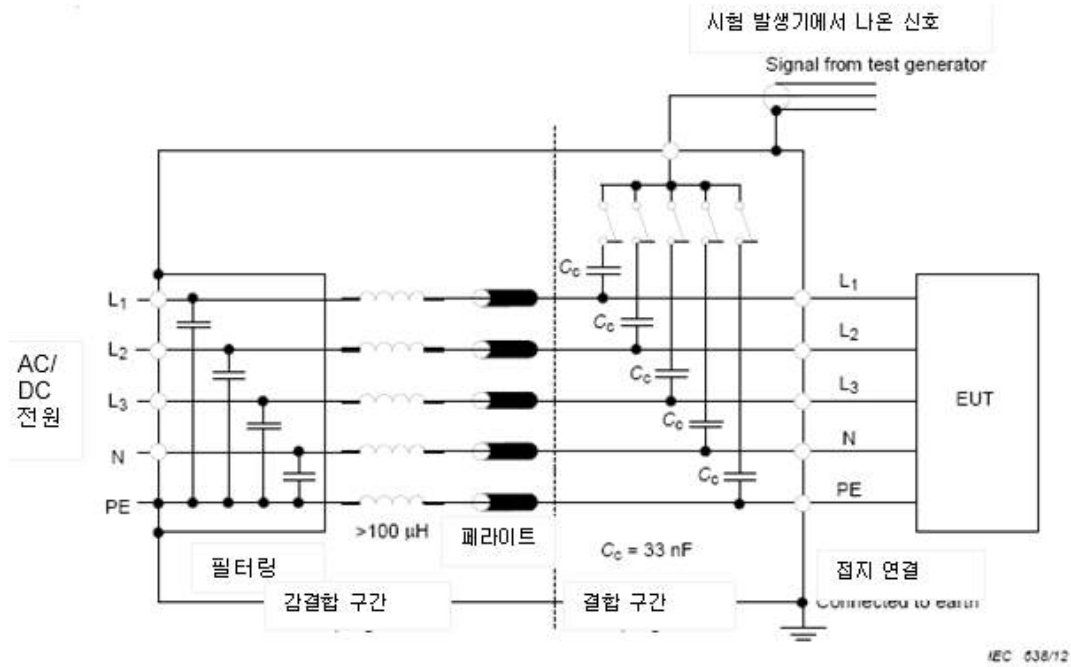
#### 6.3.1 결합/감결합 회로망의 특성

AC/DC 전력 포트의 시험에는 결합/감결합 회로망이 필요하다.

회로도(3상 전력 포트에 대한 예)를 그림 4에 나타내었다.

결합/감결합 회로망의 특성은 다음과 같다.

- 페라이트가 들어 있는 감결합 인덕터: 100 μH 초과
- 결합 커패시터: 33 nF



### 구성 요소

L1, L2, L3	위상
N	중성점
PE	보호 접지
C <sub>c</sub>	결합 커패시터

그림 4 - 교류/직류 주전원 공급기 포트/단말에 대한 결합/감결합 회로망

### 6.3.2 결합/감결합 회로망의 검증

6.2.3에 규정한 교정을 수행하기에 적합한 측정 기기가 결합/감결합 회로망의 특성을 교정하는 경우에도 사용되어야 한다.

결합/감결합 회로망은 6.2.3의 요구사항에 만족하는 발생기로 교정하여야 한다.

파형은 과도현상을 모든 선로에 동시에 결합하는 공통모드에서 교정되어야 한다. 파형은 기준 접지의 단일 50 Ω 종단을 갖는 결합/감결합 회로망의 각 출력 단자(L1, L2, L3, N, PE)에서 각 결합 선로에 대하여 개별적으로 교정되어야 한다. 그림 5는 5개 교정 측정값 중 하나(기준 접지에 대한 L1의 교정)를 나타낸 것이다.

**비고 1** 각 결합 선로를 개별적으로 검증하는 것은 각 선로가 올바르게 기능하고 교정되도록 하기 위한 것이다.

CDN의 출력을 방해하는 동축 어댑터를 사용할 때는 주의하여야 한다.

CDN의 출력과 동축 어댑터 간의 연결은 가능한 한 짧은 것이 좋지만, 0.1 m를 초과하지 않아야 한다.

교정은 발생기 출력을 4 kV의 전압으로 설정하여 수행한다. 발생기를 결합/감결합 회로망의 입력에 연결한다. CDN(대개 시험품에 연결된다)의 각 출력은 다른 출력들을 개방한 상태에서 50 Ω 부하로 순서대로 종단한다. 각 극성에 대한 첨두 전압과 파형을 기록한다.

펄스의 상승시간은  $(5.5 \pm 1.5)$  ns이어야 한다.

펄스 폭은  $(45 \pm 15)$  ns이어야 한다.

첨두 전압은 표 2에 따라  $(2 \pm 0.2)$  kV이어야 한다.

비고 2 위에 제시한 값들은 CDN 교정 방법으로 얻은 결과이다.

시험품과 전원 회로망이 분리되어 있을 때 결합/감결합 회로망 입력단에서의 잔여 시험 펄스 전압은, 50  $\Omega$ 로 종단한 각각의 입력 단자(L1, L2, L3, N, PE)에서 측정하였을 때와 발생기를 4 kV로 설정하고 결합/감결합 회로망이 공통모드 결합(과도현상을 모든 선로에 동시에 결합한다)으로 설정되어 있을 때 400 V를 초과하여서는 안 된다.

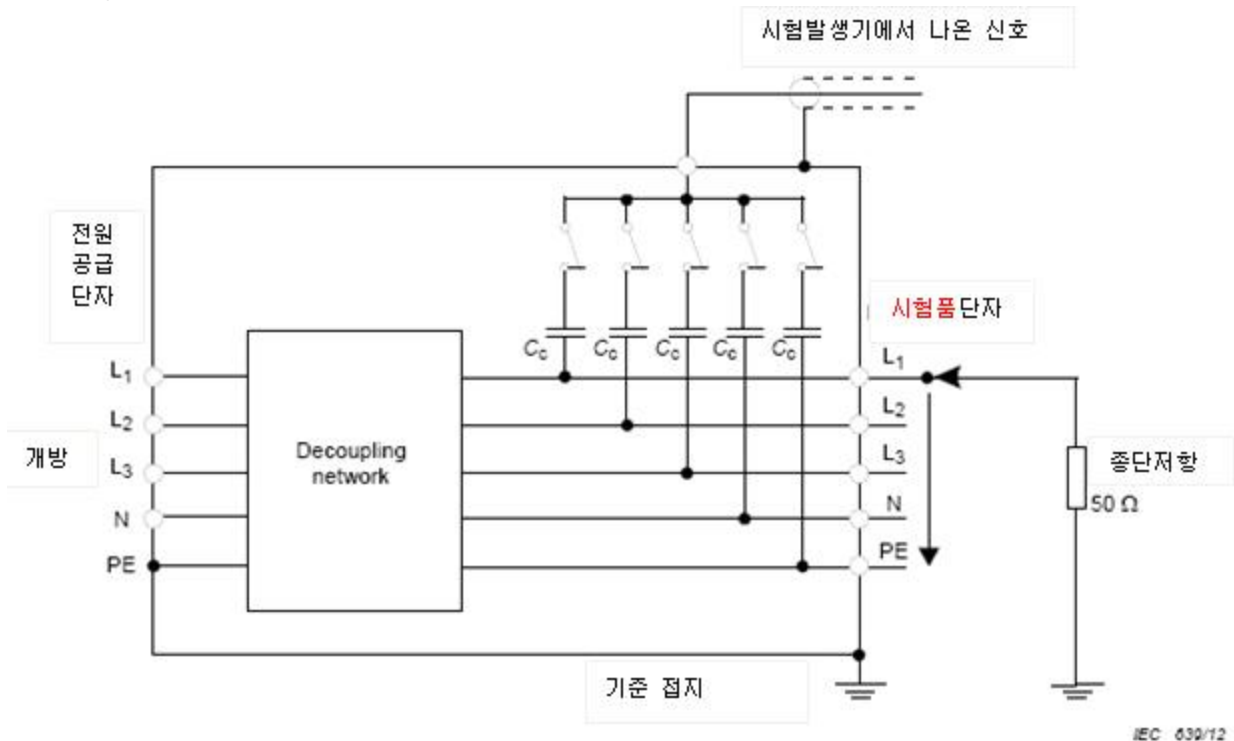


그림 5 - 결합/감결합 회로망의 출력단에서 파형의 교정

## 6.4 용량성 결합 클램프

### 6.4.1 일반사항

클램프는 시험품의 포트, 케이블 차폐 또는 시험품의 다른 부분에 전기적으로 연결이 되어 있지 않아도 시험품의 회로에 빠른 과도현상/버스트를 결합하게 한다.

클램프의 결합 정전용량은 케이블 지름, 케이블 재료, 케이블 차폐체(있는 경우)에 의존한다.

장치는 피시험회로의 케이블(평형 또는 원형)을 수용하기 위한 클램프 유닛(예를 들어 아연도금강, 황동, 구리 또는 알루미늄으로 만들어진 것)으로 구성되어 있으며, 접지기준면 위에 놓아야 한다. 접지기준면은 모든 면에서 적어도 0.1 m 이상 클램프 밖으로 돌출하여야 한다.

시험 발생기를 한쪽 끝에 연결할 수 있도록 이 클램프 양쪽 끝에는 고전압 동축 커넥터가 있어야 한다. 시험 발생기는 시험품에 가장 가까운 클램프의 끝에 연결하여야 한다.

결합 클램프에 HV 동축 커넥터가 1개만 있는 경우에는 HV 동축 커넥터가 시험품과 가장 근접하도록 배치하여야 한다.

클램프 자체는 케이블과 클램프 간의 결합 정전용량이 최대가 되도록 가능한 한 많이 닫혀야 한다.

결합 클램프의 기계적 배치의 예가 그림 6에 주어져 있다. 다음의 치수를 사용하여야 한다.

- 아래쪽 결합판 높이:  $(100 \pm 5)$  mm
- 아래쪽 결합판 폭:  $(140 \pm 7)$  mm
- 아래쪽 결합판 길이:  $(1\ 000 \pm 50)$  mm

클램프를 사용하는 결합 방법은 신호 포트 및 제어 포트에 연결된 선로에서의 시험에 사용된다. 또한 6.3에 정의된 결합/감결합 회로망을 사용할 수 없는 경우에 한하여 전력 포트에도 사용할 수 있다(7.3.2.1 참조).

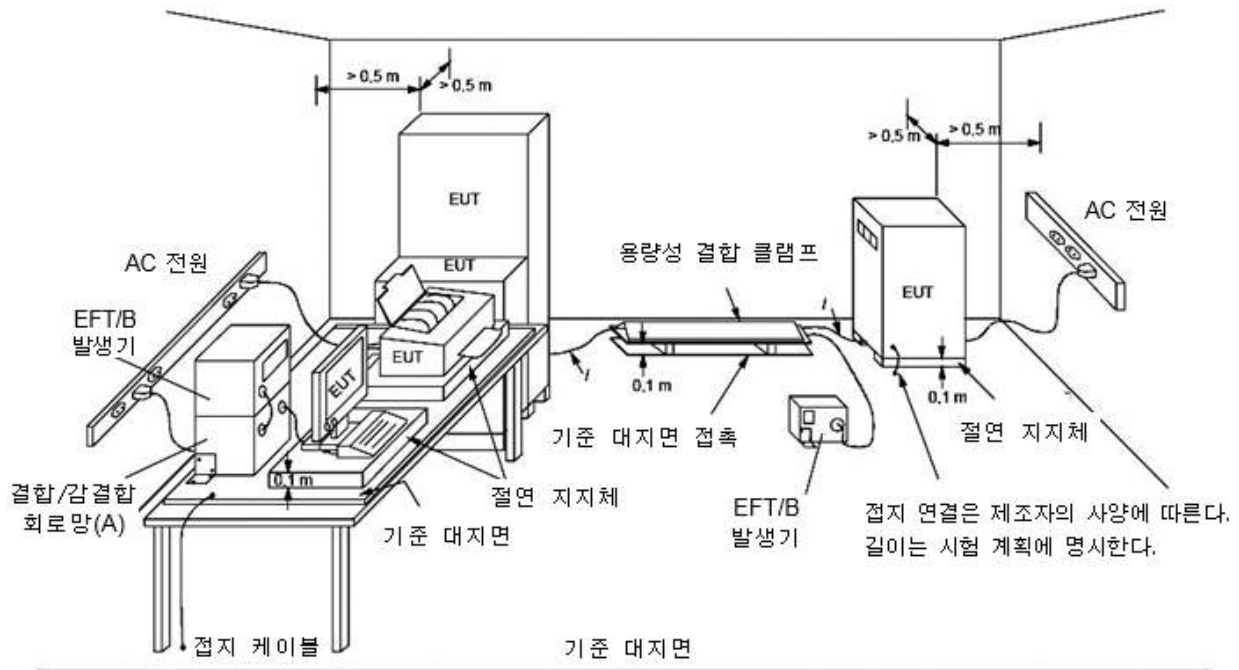


그림 6 - 용량성 결합 클램프의 예

#### 6.4.2 용량성 결합 클램프의 교정

6.2.3에 정의된 교정을 수행하기에 적합한 측정 기기가 용량성 결합 클램프의 특성을 교정할 경우에도 사용된다.

변환기 판(그림 7 참조)을 결합 클램프에 삽입하고, 낮은 인덕턴스 접합으로 접지에 연결하는 커넥터를 사용해 측정 종단기/감쇠기에 연결하여야 한다. 이 장치구성을 그림 8에 나타내었다.

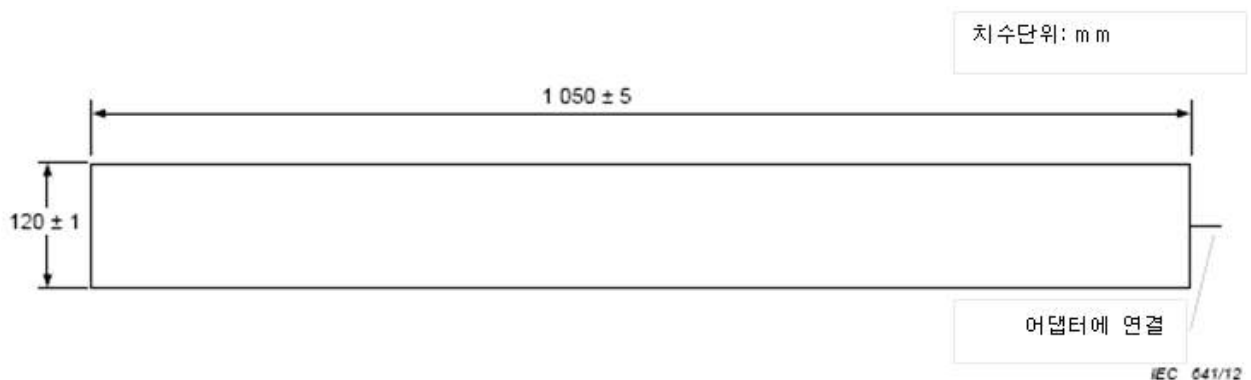


그림 7 - 결합 클램프 교정을 위한 변환기 판

변환기 판은 최대 두께가 0.5 mm이고 0.5 mm의 절연판으로 상단과 하단이 절연된 금속판 120

mm x 1,050 mm로 구성되어야 한다. 클램프가 변환기 판에 닿지 않도록 하려면 모든 면에 적어도 2.5 kV의 절연을 보장하여야 한다. 한 쪽 끝은 길이가 최대 30 mm인 저임피던스 연결부에 의해 연결 어댑터에 연결된다. 변환기 판은 이와 같은 연결부가 있는 끝이 아래쪽 결합판의 끝과 일렬이 되도록 용량성 결합 클램프에 놓아야 한다. 50 Ω 동축 측정 종단기/감쇠기를 접지하기 위하여 연결 어댑터는 접지기준면과의 저임피던스 연결부를 지탱하여야 한다. 변환기 판과 50 Ω 측정 종단기/감쇠기 사이의 거리는 0.1 m를 초과하여서는 안 된다.

**비고** 위쪽 결합판과 변환기판 간의 이격거리는 중요하지 않다.

파형은 단일 50 Ω 종단으로 교정하여야 한다.

클램프는 6.2.2와 6.2.3의 요구사항을 충족하는 것으로 입증된 발생기로 교정하여야 한다.

교정은 발생기 출력 전압을 2 kV로 설정한 상태에서 수행한다.

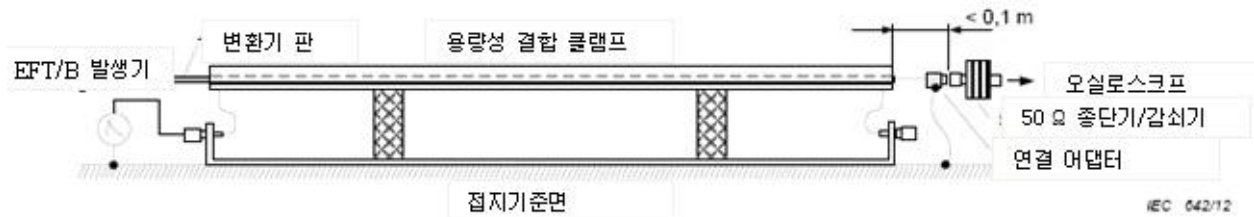


그림 8 - 변환기 판을 사용한 용량성 결합 클램프의 교정

이 발생기는 결합 클램프의 입력단에 연결한다.

클램프의 맞은편 끝에 놓인 변환기 판 출력단에서 첨두 전압과 파형 파라미터를 기록한다.

파형 특성은 다음 요구사항을 충족하여야 한다.

- 상승시간 ( $5 \pm 1.5$ ) ns
- 펄스 폭 ( $50 \pm 15$ ) ns
- 첨두 전압 ( $1\ 000 \pm 200$ ) V

## 7 시험 배치

### 7.1 일반사항

시험 환경에 따라 여러 종류의 시험들이 아래와 같이 정의된다.

- 시험실에서 수행되는 형식(적합성) 시험
- 최종 설치 조건에서 기기에 수행되는 현장 시험

표준 시험 방법은 시험실에서 행해지는 형식 시험이다.

시험품은 제조자의 설치 설명서(있는 경우)에 따라 배치하여야 한다.

### 7.2 시험 기기

#### 7.2.1 일반사항

시험 배치에는 다음 기기가 포함된다(그림 9 참조).

- 접지 기준면
- 결합 장치(회로망 또는 클램프)
- 감결합 회로망(해당하는 경우)
- 시험 발생기



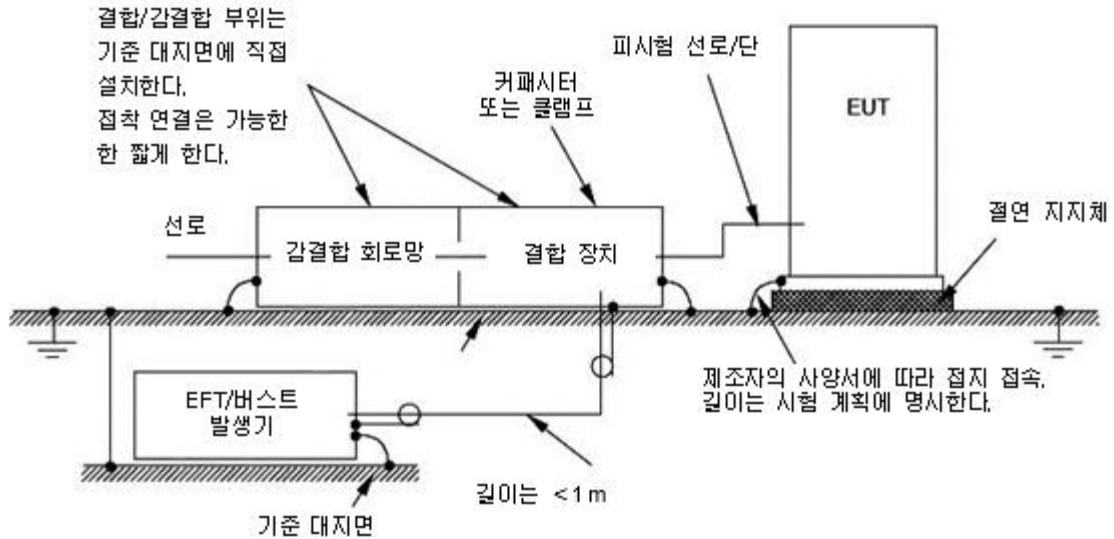


그림 9 - 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성 시험의 구성도

### 7.2.2 시험 계기의 검증

검증의 목적은 EFT/B 시험 배치가 교정 중간에 올바르게 동작하도록 하는 것이다. EFT/B 시험 배치에는 다음이 포함된다.

- EFT/B 발생기
- CDN
- 용량성 결합 클램프
- 상호접속 케이블

시스템이 올바르게 기능하는지를 검증하기 위해 다음 신호들을 검사하도록 한다.

- CDN의 출력 단자에 존재하는 EFT/B 신호
- 용량성 결합 클램프에 존재하는 EFT/B 신호

시험품을 시스템에 연결하지 않고 적절한 측정기기(예: 오실로스코프)를 사용해 버스트 과도현상(그림 2 참조)이 어느 수준으로 존재하는지를 검증하는 것으로도 충분하다.

시험실에서는 이 검증 절차에 지정된 내부 제어 기준값을 정의할 수 있다.

용량성 결합 클램프의 검증 절차의 예를 그림 10에 나타내었다.

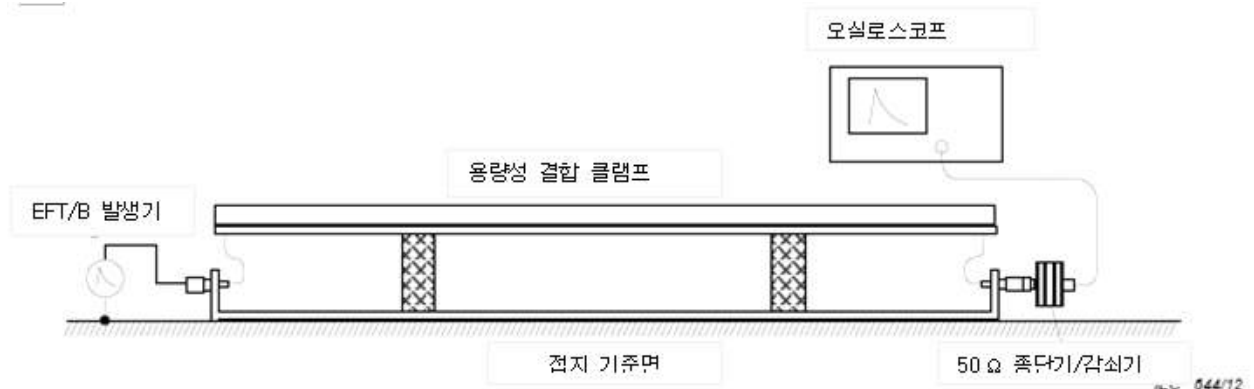


그림 10 - 용량성 결합 클램프의 검증 장치구성의 예

### 7.3 시험실에서의 시험 배치

#### 7.3.1 시험 조건

다음 요구사항은 8.1에 명시된 환경 기준 조건으로 시험실에서 이루어지는 시험에 적용한다.

바닥설치형 시험품 및 기타 시험 구성에 장착되도록 설계된 기기는 별도의 언급이 없는 한 접지기준면 위에 놓여야 하고, 비도전성 롤러/캐스터를 포함하여 두께가  $(0.1 \pm 0.05)$  m인 절연 지지물로 절연시켜야 한다(그림 11 참조).

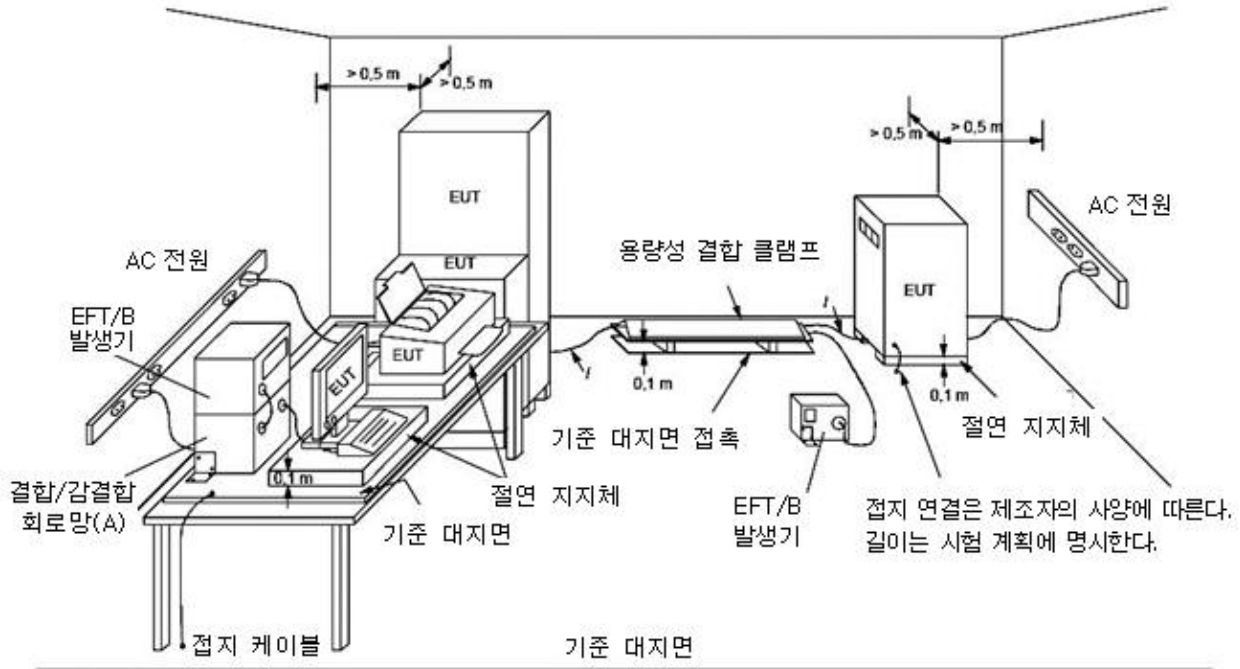


그림 11 - 시험실에서의 시험 배치 예

탁상형 기기, 천장이나 벽에 부착되는 기기, 매립형 기기는 시험품을 접지기준면보다  $(0.1 \pm 0.01)$  m 높은 곳에 놓은 상태에서 시험하여야 한다.

대형 탁상형 기기 또는 복수 시스템의 시험은 탁상형 기기의 시험 배치와 동일한 거리를 유지한다면 바닥에서 할 수 있다.

시험 발생기와 결합/감결합 회로망은 접지기준면에 접합시켜야 한다.

접지기준면은 최소 0.25 mm 두께의 금속판(구리 또는 알루미늄)이어야 한다. 다른 금속 물질을 사용할 수 있으나 두께가 최소 0.65 mm 이상이어야 한다.

접지기준면의 최소 크기는 0.8 m x 1 m이다. 실제 크기는 시험품의 치수에 따라 달라진다.

접지기준면의 크기는 모든 면에서 시험품 보다 적어도 0.1m 이상이어야 한다.

접지기준면은 안전을 이유로 보호 접지(PE)에 연결되어야 한다.

시험품은 기기 설치 사양에 따라 그 기능적 요구사항을 만족하도록 배치, 접속되어야 한다.

시험품과 다른 모든 전도성 구조물(발생기, AE, 차폐실 벽을 포함한다) 사이의 최소 거리는 접지기준면을 제외하고 0.5m를 초과하여야 한다.

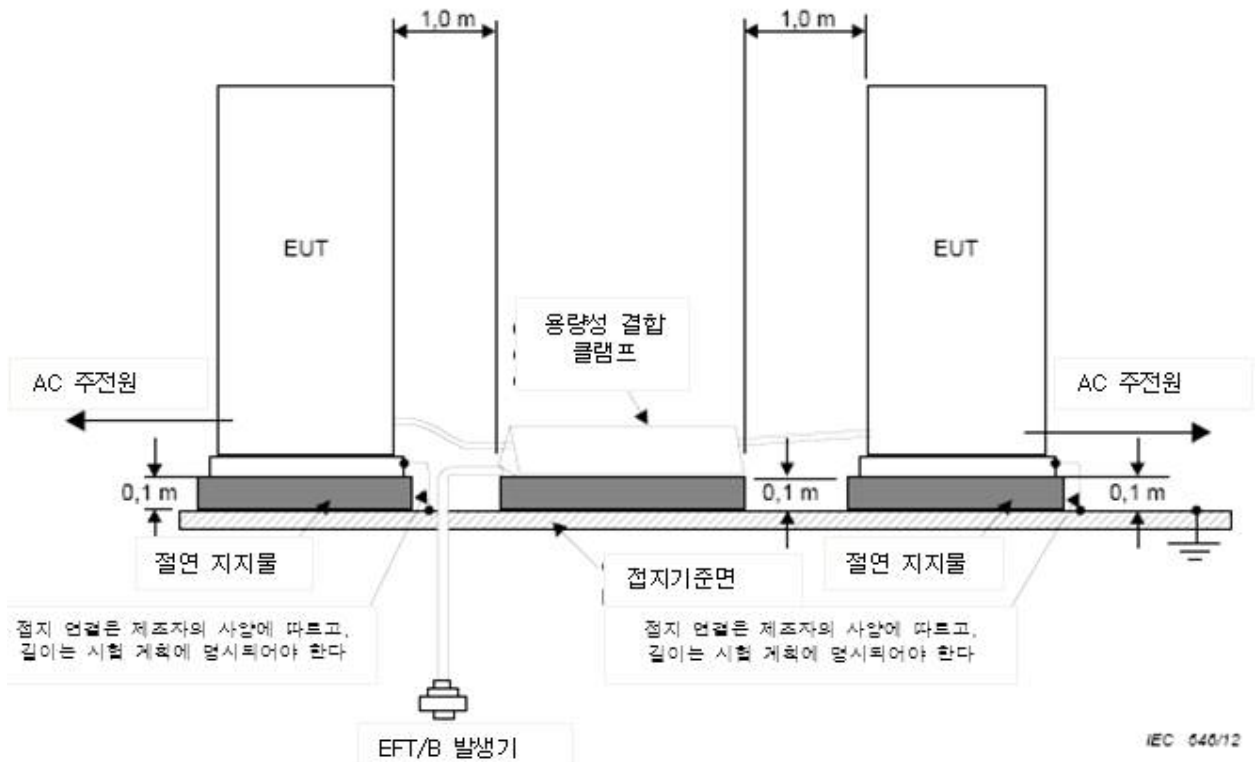
시험품에 연결된 모든 케이블은 접지기준면보다 0.1 m 높은 절연 지지물 위에 놓아야 한다. 전기적 빠른 과도현상을 받지 않는 케이블은 케이블 간의 결합을 최소화하기 위해 피시험 케이블에서

가능한 한 멀리 포설하여야 한다.

시험품은 제조자의 설치 사양에 따라 접지 시스템에 접속하여야 한다. 별도의 접지 접속은 허용되지 않는다.

접지기준면과 모든 접합부에 연결된 결합/감결합 회로망 접지 케이블의 접속 임피던스는 낮은 인덕턴스를 제공하여야 한다.

시험 전압을 인가할 때는 직결 회로망이나 용량성 클램프를 사용하여야 한다. 상호접속 케이블의 길이가 짧아 시험을 할 수 없는 경우가 아니라면 시험에 포함된 두 기기 사이의 포트를 포함하여 모든 시험품 포트에 시험 전압을 결합시켜야 한다(그림 12 참조).



케이블이 제공되지 않는 기기는 제품 설명서에 명시된 내용을 따르거나, 또는 최악의 조건에서 시험하도록 한다.

**비고** 시험해야 할 케이블 길이는 대개 제품위원회에서 정한다.

**그림 12 - 2개의 바닥설치형 시험품 시험 배치의 예**

케이블 출구가 상단에 있는 기기는 그림 13과 같이 시험을 구성하여야 한다.

보조기와 공중망을 보호하기 위해 감결합 회로망 또는 공통모드 흡수장치를 사용하여야 한다.

결합 클램프를 사용할 때 결합판과 그 밖의 모든 전도성 표면(발생기를 포함한다) 간의 최소 거리는 결합 클램프 및 접지기준면과 시험품 및 접지기준면을 제외하고 적어도 0.5 m이어야 한다.

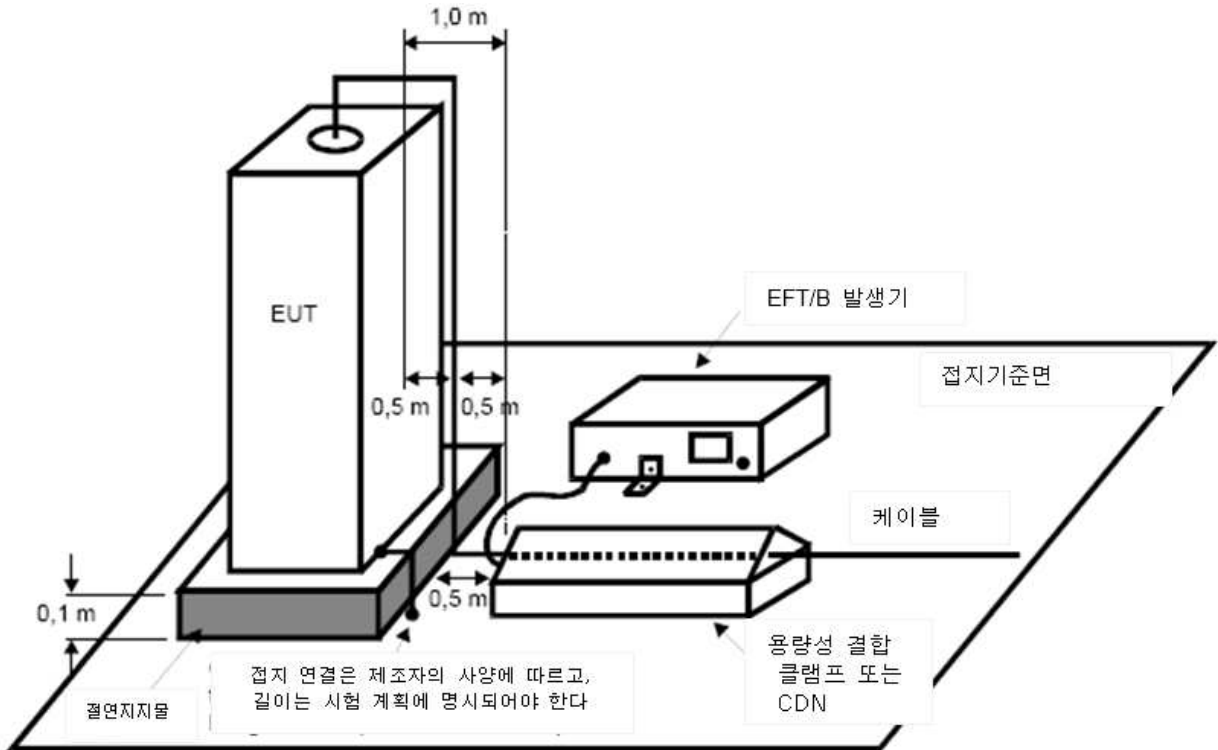
제품 설명서에 별도로 규정되어 있지 않는 한, 시험품과 결합장치 간 거리는 탁상형 기기의 경우 (0.5 ~ 0/+0.1) m, 바닥설치형 기기의 경우 (1.0 ± 0.1) m이어야 한다. 위에서 언급한 거리를 적용하는 것이 물리적으로 불가능할 때는 다른 거리를 사용할 수 있으며, 사용한 거리를 시험 보고서에 기록하여야 한다.

시험품과 결합 장치 간의 케이블을 분리할 수 있다면 그 케이블은 이 항의 요구사항을 충족하도록

가능한 한 짧아야 한다. 제조자가 결합장치와 시험품 입구점 사이 거리를 초과하는 케이블을 제공한 경우 그 케이블의 잉여 길이는 묶어서 접지기준면보다 0.1 m 높은 곳에 두어야 한다. 용량성 클램프를 결합장치로 사용할 때는 그 잉여 케이블 길이는 AE 쪽에서 묶어야 한다.

상호접속 케이블의 길이가 3 m 미만인 시험품의 부분은 시험하지 않으므로 절연 지지물 위에 놓아야 한다. 시험품의 이 부분들 간의 거리는 0.5 m이어야 한다. 잉여 케이블 길이는 묶어야 한다.

시험실 시험을 위한 시험 배치의 예를 그림 11 ~ 14에 나타내었다.



IEC 647/12

그림 13 - 케이블 출구가 상단에 있는 기기의 시험 배치의 예

### 7.3.2 시험 전압을 시험품에 결합하는 방법

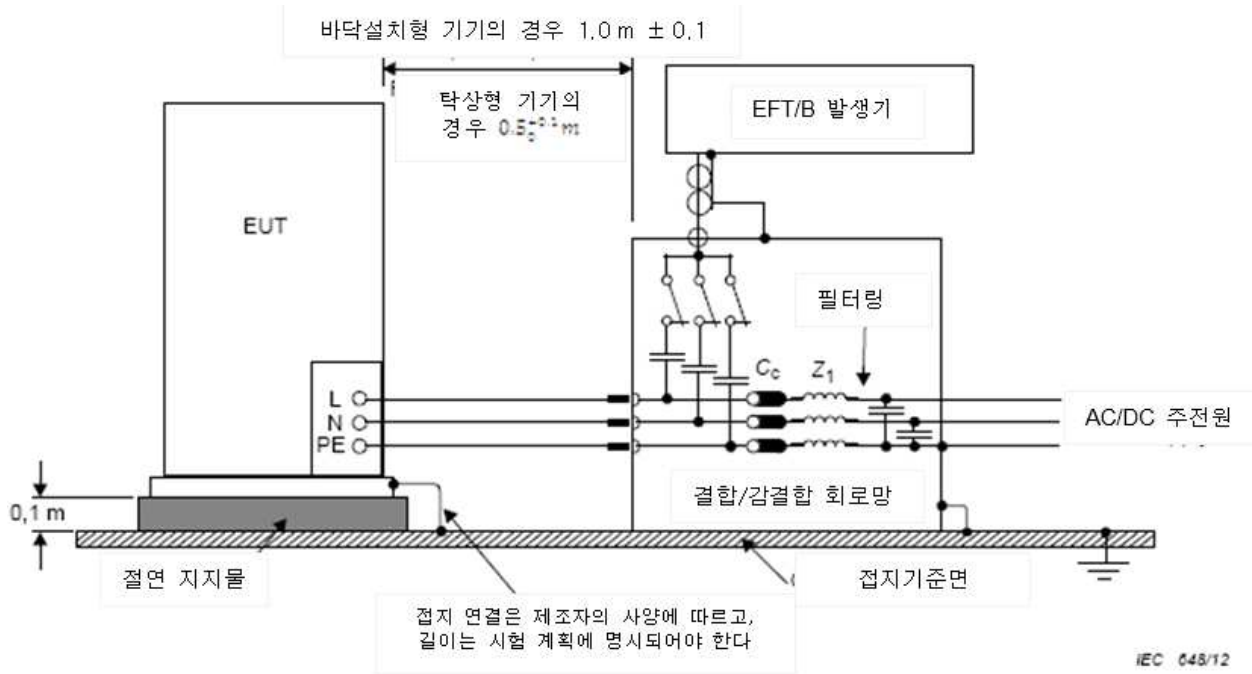
#### 7.3.2.1 일반사항

시험 전압을 시험품에 결합하는 방법은 시험품 포트 유형(아래에 나타낸 것)에 따라 다르다.

#### 7.3.2.2 전력 포트

결합/감결합 회로망을 통해 EFT/B 방해 전압을 직접 결합하는 시험 배치의 예를 그림 14에 나타내었다. 이 방법은 전력 포트에 결합하는 표준 방법이다.

전력 포트에 접지 단자가 없는 기기에는 L과 N 선로에만 시험 전압을 인가한다.



#### 구성 요소

PE	보호 접지
N	중성점
L	위상
$Z_1$	감결합 인덕터
$C_c$	결합 커패시터

그림 14 - 교류/직류 입력 포트에 시험 전압을 직접 결합하기 위한 시험 배치의 예

교류전원의 전류가 100 A를 초과하는 경우와 같이 적합한 결합기/감결합기를 사용할 수 없는 경우에는 다음과 같은 대체 방법을 사용할 수 있다.

- 공통모드와 비대칭 모드의 경우,  $(33 \pm 6.6)$  nF 커패시터를 사용하는 직접 주입 결합 방법이 권장된다.
- 직접 주입을 할 수 없는 경우에는 용량성 클램프를 사용한다.

#### 7.3.2.3 신호 포트와 제어 포트

그림 11과 그림 12의 예는 방해 시험 전압을 신호 포트와 제어 포트에 인가할 때 용량성 결합 클램프의 사용 방법을 나타낸 것이다. 케이블은 결합 클램프 중심에 놓아야 한다. 연결되어 있지 않은 시험되지 않는 기기나 보조기기는 적절하게 감결합할 수 있다.

#### 7.3.2.4 접지 단자

전력 포트에 접지 단자가 있는 기기의 금속제 외함에서의 시험점은 보호 접지 도체의 단자이어야 한다.

CDN을 사용할 수 없는 경우 시험 전압은  $(33 \pm 6.6)$  nF 결합 커패시터를 통하는 보호 접지(PE) 접속부에 가하여야 한다.

### 7.4 현장 시험을 위한 시험 배치

#### 7.4.1 개요

현장 시험은 제조자와 고객이 상호 합의한 경우에만 적용할 수 있다. 시험 결과 시험품이 파괴될 수

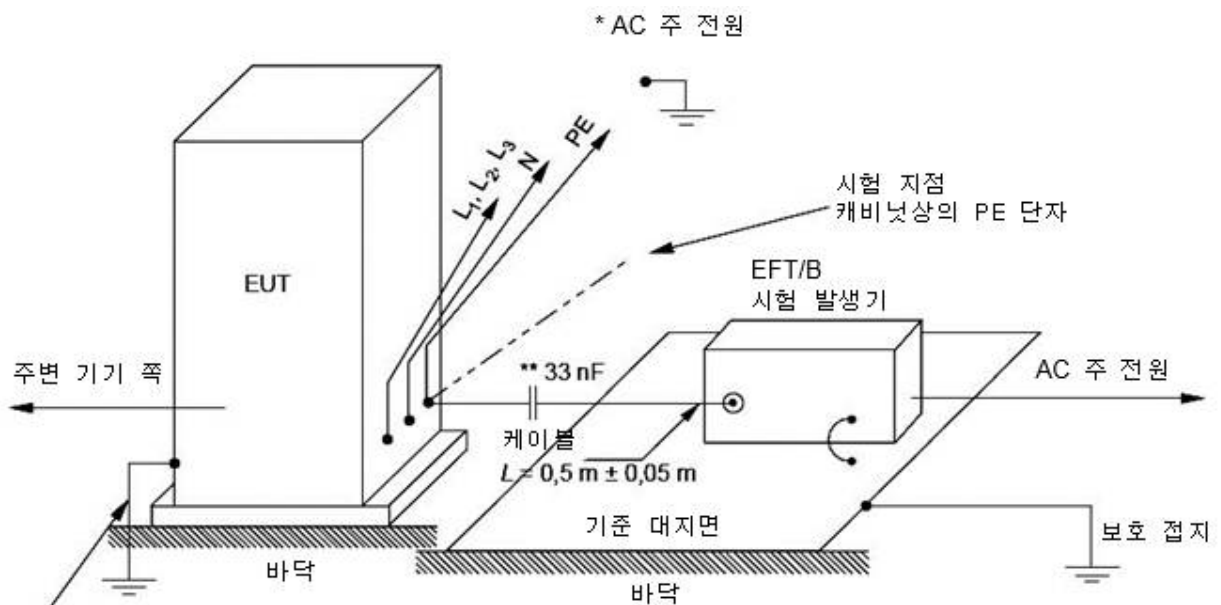
있거나 같이 배치된 다른 기기가 손상되거나 심하게 영향을 받을 수 있다는 것을 고려해야 한다.

기기 또는 시스템은 최종 설치 조건에서 시험해야 한다. 현장 시험은 실제 전자기 환경을 가능한 한 비슷하게 모사하기 위해 결합/감결합 회로망 없이 수행하여야 한다.

시험품 이외 기기나 시스템이 시험 중에 심하게 영향을 받는다면 사용자와 제조자가 상호 합의하여 감결합 회로망을 사용하여야 한다.

#### 7.4.2 전력 포트와 접지 포트에서의 시험

시험 전압은 접지기준면과 전원공급단자(교류 또는 직류) 사이에 동시에 가하여야 하며, 시험품 캐비닛 위의 보호 또는 기능적 접지 포트에도 가하여야 한다.



접지 연결은 제조자의 사양에 따른다.  
길이는 시험 계획에 명시한다.

- \* DC 단자는 유사한 방법으로 처리
- \*\* 필요한 경우, 차단 커패시터

#### 구성요소

PE	보호 접지
N	중성선
L1, L2, L3	위상

그림 15 - 고정식 바닥설치형 시험품의 교류/직류 전력 포트 및 보호 접지 단자에 대한 현장 시험의 예

7.3.1에서 기술한 바와 같이 접지기준면은 시험품 근처에 부착하여야 하며, 주전원의 보호 접지 도체에 연결하여야 한다.

EFT/B 발생기는 접지기준면 위에 있어야 하며 동축 케이블로 결합 커패시터(들)에 연결하여야 한다. 동축 케이블의 차폐체는 커패시터 끝에 연결하여서는 안 된다. 결합 커패시터에서 시험품의 포트까지의 연결 길이는 가능한 한 짧아야 한다. 이 연결은 비차폐이지만 절연이 잘 된다. 결합 커패시터는  $(33 \pm 6.6)$  nF의 값을 가져야 한다. 시험품의 다른 모든 접속부는 기능적 요구사항에 따라야 한다.

#### 7.4.3 신호 포트와 제어 포트에 대한 시험

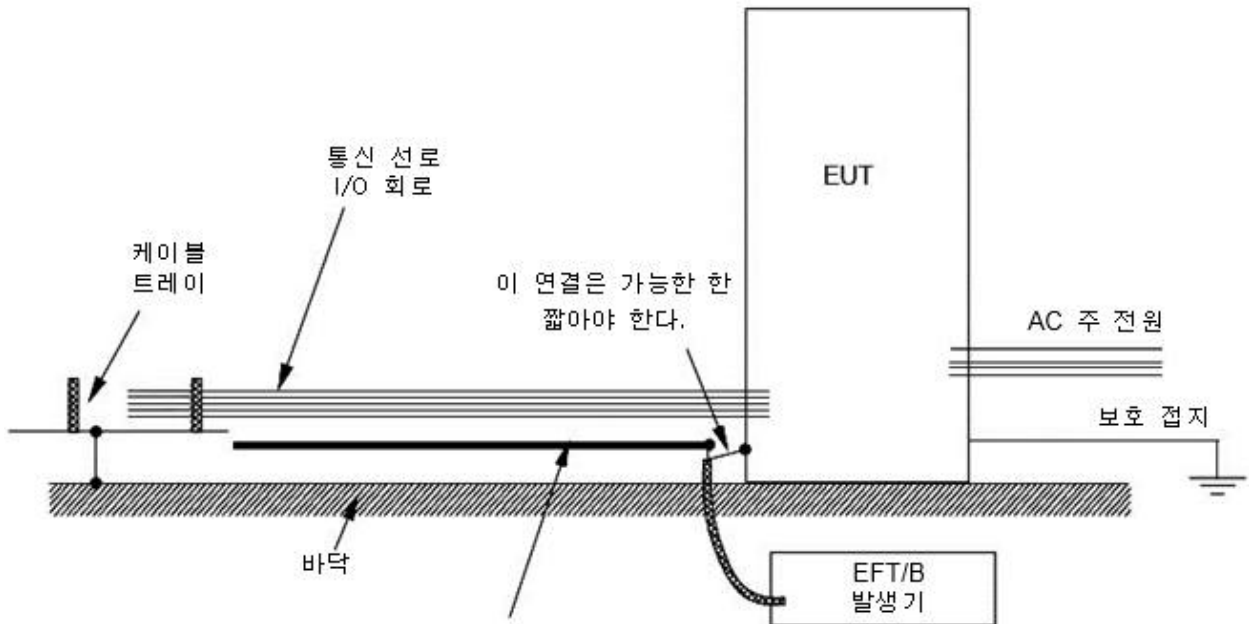
용량성 결합 클램프는 시험 전압을 신호 포트 및 제어 포트에 결합시키는 표준 방법이다. 케이블은 결합 클램프의 중심에 놓아야 한다. 케이블에서의 기계적 이유(예: 크기, 케이블 포설)로 클램프를

사용할 수 없는 경우에는 피시험 선로를 감싸는 테이프 또는 도전성 박으로 대체하여야 한다.

대체 방법은 클램프 또는 박이나 테이프의 분포 정전용량 대신에 (100 ± 20) pF 캐패시터를 통해 EFT/B 발생기를 선로 단자에 결합하는 것이다.

시험발생기의 동축 케이블은 결합점 근처에서 접지하여야 한다. 시험 전압을 동축 또는 차폐선의 커넥터(열선)에 가하는 것은 허용되지 않는다.

시험 전압은 기기의 차폐 보호가 감소되지 않는 방식으로 가하여야 한다(시험 구성에 대해서는 그림 16을 참조한다).



결합 장치는 유도성 테이프 또는 금속박으로 시험되는 케이블이나 선로에 평행하게 또는 가능한 한 근접하여 감싼다. 이 배치의 결합 커패시터는 결합 클램프와 동일해야 한다.

그림 16 - 용량성 결합 클램프를 사용하지 않는 경우 신호 및 제어 포트에 대한 현장 시험의 예

각 커패시터 결합 장치로 얻은 시험 결과는 결합 클램프나 박 결합장치로 얻은 것과 다를 가능성이 높다. 따라서 제품위원회는 중요한 설치 특성을 고려하기 위해 제품 표준에서 5에 규정된 시험 레벨을 수정할 수 있다.

현장 시험에서는 제조자와 사용자가 상호 합의한다면 결합 클램프에 모든 케이블을 동시에 포설하여 외부 케이블을 시험할 수 있다.

## 8 시험 절차

### 8.1 일반사항

시험 절차에는 다음이 포함된다.

- 7.2.2에 따른 시험 계기의 검증
- 시험실 기준 조건의 검증
- 시험품의 올바른 동작 검증
- 시험의 수행
- 시험 결과의 평가(9 참조)

## 8.2 시험실 기준 조건

### 8.2.1 기후 조건

범용 표준(generic standard)이나 제품 표준(product standard)에서 별도의 언급이 없는 한 시험실의 기준 조건은 시험품의 동작에 필요한 조건 및 해당 제조자에 의해 규정된 범위로 하여야 한다.

상대습도가 시험품 또는 시험장치에 응결을 야기할 정도로 높은 경우에는 시험을 수행하여서는 안 된다.

### 8.2.2 전자기 조건

시험실의 전자기 조건은 시험 결과에 영향을 미치지 않도록 시험품이 올바르게 동작하는 것을 보증하는 것이어야 한다.

## 8.3 시험의 수행

시험은 시험 계획을 토대로 수행하여야 한다. 이 시험 계획에는 기술 사양에 정의된 시험품의 성능 검증이 포함되어야 한다.

시험품은 통상 동작 조건에서 작동시켜야 한다.

시험 계획에는 다음을 명시하여야 한다.

- 시험의 형식(시험실 또는 현장)
- 시험 레벨
- 결합 모드(공통모드, 그리고 현장 시험이나 CDN을 사용할 수 없을 때 비대칭 모드)
- 시험 전압의 극성(양 극성은 필수이다)
- 포트당 시험 지속시간(시험품이 응답하는데 필요한 시간 이상이어야 하지만 어떠한 경우에도 1분 미만이 되어서는 안 된다. 제품위원회는 다른 시험 지속시간을 선택할 수 있다.)
- 반복 주파수
- 시험하여야 할 시험품 포트
- 시험품의 대표적 동작 조건
- 시험 전압을 시험품의 포트에 가하는 순서
- 보조기기(AE)

## 9 시험 결과의 평가

시험 결과는 제조자나 시험 요청자가 정의한 성능 수준 또는 제조자와 제품 구매자가 합의한 성능 수준에 대하여 시험품의 기능 상실이나 성능 저하의 측면에서 분류하여야 한다. 권고하는 분류는 다음과 같다.

- a) 제조자, 요청자, 구매자가 정한 한계치 내의 정상 성능
- b) 방해가 끝난 후, 그리고 조작자가 개입하지 않고 시험품이 정상 성능을 회복한 후 일시적 기능 상실이나 성능 저하
- c) 조작자 개입이 필요한 일시적 기능 상실이나 성능 저하
- d) 하드웨어 또는 소프트웨어의 손상이나 데이터 손실로 인해 회복 불가능한 기능의 상실 또는 성능 저하

제조자는 사양에 중요하지 않은 것으로 간주할 수 있어 허용할 수 있는 시험품에 미치는 영향을 정의할 수 있다.

이 분류는 품목, 제품, 제품군 표준을 책임지는 위원회가 성능 기준을 작성하는 지침으로, 또는



적절한 품목, 제품, 제품군 표준이 없을 때 제조자와 구매자가 성능 기준에 대해 합의하는 기본틀로서 사용할 수 있다.

## 10 시험 보고서

시험 보고서에는 시험을 재현하는데 필요한 모든 정보를 기재하여야 한다. 특히 다음 사항을 기재하여야 한다.

- 이 표준의 8에서 요구한 시험 계획에 명시된 항목
- 시험품 및 이와 관련된 기기의 식별(예: 상표명, 제품유형, 일련번호)
- 시험 기기의 식별(예: 상표명, 제품유형, 일련번호)
- 시험이 수행된 특수 환경 조건(예: 차폐 외함)
- 시험을 수행하는데 필요한 특정 조건
- 시험 장치 구성 및 시험품 배치에 관한 도해 및/또는 그림
- 제조자, 요청자, 구매자가 정의한 성능 수준
- 품목, 제품, 제품군 표준에서 정한 성능 기준
- 시험 방해물 가하는 동안이나 후에 관찰된 시험품에 미친 영향과 이러한 영향이 지속된 시간
- 합격/불합격 결정에 관한 이론적 근거(품목, 제품, 제품군 표준에 규정된 성능 기준, 혹은 제조자와 구매자가 합의한 성능 기준을 토대로)
- 특정한 사용 조건(예: 케이블 길이나 유형, 차폐 또는 접지, 적합성을 획득하는데 필요한 시험품 동작 조건)

## 부속서 A (참고)

### 전기적 빠른 과도현상에 관한 정보

#### A.1 일반사항

전기적 빠른 과도현상 버스트(EFT)는 유도성 부하의 개폐에 의하여 발생된다. 이 개폐 과도현상을 흔히 빠른 과도현상이라 하는데, 다음과 같이 설명할 수 있다.

- 버스트의 지속시간(이는 개폐 전에 인덕턴스에 저장된 에너지로 주로 결정된다)
- 개별 과도현상의 반복주파수
- 버스트로 이루어진 과도현상의 가변 진폭. 이것은 주로 개폐 접점의 기계적, 전기적 특성으로 결정된다(개방 동작시 접점의 속도, 개방 조건에서 접점의 내전압 능력).

일반적으로 EFT에는 개폐 접점이나 개폐 부하의 특성에 따라 달라지는 고유 파라미터가 없다.

#### A.2 스파이크 진폭

어떤 선로의 도체에서 측정된 스파이크의 레벨은 접점을 개폐할 때 이 선로의 전기적 연결과 동일한 값을 가질 수도 있다. 전원공급기와 일부 제어 회로의 경우에 이것은 접점에 근접(1 m 차수의 거리)할 때도 유효할 수 있다. 이 경우에는 유도(예: 용량성)에 의해 방해가 전달된다. 그 진폭은 접점에서 측정된 레벨의 비율이다.

#### A.3 상승시간

발생원과의 거리가 증가함에 따라 연결된 부하로 인해 생긴 전파 손실, 분산, 그리고 왜곡으로 인한 반사 때문에 파형이 변경된다는 점에 주의한다. 시험 발생기 사양에서 추정된 5 ns의 상승시간은 스파이크 전파시 고주파 성분의 감쇠 영향을 고려하여 절충한 것이다.

상승시간이 더 짧으면(예: 1 ns) 시험 결과는 더 정확해지며, 그 결과의 타당성은 현장에서 EFT/B 발생원과의 연결이 짧은 기기와 주로 관련이 있다.

비고 발생원에서 EFT의 상승시간은 전압 범위가 500 V ~ 4 kV 이상인 경우, (공기중) 정전기 방전의 상승시간과 매우 가깝게 된다. 이때 방전 메커니즘은 동일하다.

#### A.4 스파이크 지속시간

실제 지속시간은 이 표준의 모든 판에서 규정한 것과 현저하게 다르다. 이 표준에서 정한 지속시간은 스파이크의 저주파 성분과 관련이 적기 때문에 피해 회로에서 유도된 스파이크의 지속시간과 일치한다.

#### A.5 스파이크 반복주파수

스파이크 반복주파수는 여러 파라미터에 따라 달라진다. 예를 들면,

- 충전 회로의 시정수(개폐 유도성 부하의 저항, 인덕턴스, 분배 용량)
- 부하를 개폐 접점에 연결하는 선로의 임피던스를 포함하여, 개폐 회로의 시정수
- 개방 동작시 접점의 속도
- 개폐 접점의 내전압

따라서 반복주파수는 가변적이며, 1 데케이드 이상의 범위가 일반적이다.

**비고** 실제로는 한 시험에 EFT/B의 가장 중요한 파라미터의 범위를 포함시킬 필요가 있기 때문에 절충 반복주파수로 시험하기 위하여 5 kHz와 100 kHz의 반복주파수를 선택한다.

## A.6 버스트당 스파이크의 개수와 버스트 지속시간

이 (3개) 파라미터는 개폐 유도성 부하에 의해 저장된 에너지뿐 아니라 개폐 접점의 내전압에 따라서도 달라진다.

버스트당 스파이크의 개수는 스파이크 반복주파수 및 버스트 지속시간과 직접 관련이 있다. 측정된 결과를 토대로 보면 버스트 지속시간은 대부분 2 ms에 매우 가깝다. 다만, 수은 습식 계전기는 예외로 하는데, 이 계전기를 사용하는 것은 여기에서 고려한 다른 유형만큼 흔하지 않기 때문이다.

**비고** 100 kHz에서 시험할 때는 0.75 ms 지속시간을 기준 시간으로 선택하였다. 이에 따라 결과적인 버스트당 스파이크의 개수는 75이다. 5 kHz에서 시험할 때 버스트 지속시간은 15 ms이다.

## 부속서 B (참고)

### 시험 레벨의 선택

시험 레벨은 가장 현실적인 설치 조건과 환경 조건에 따라 선택하도록 한다. 이러한 레벨들은 이 표준의 5에 명시되어 있다.

내성 시험은 기기가 동작할 것으로 예상되는 환경에 대한 성능 레벨을 정하기 때문에 시험 레벨과 상관되어 있다.

일반적인 설치 관행을 토대로 전자기 환경의 요구사항에 따라 EFT/B 시험의 시험 레벨을 선택하는 권장 방법은 다음과 같다.

#### a) 레벨 1 : 잘 보호된 환경

설치 특징은 다음과 같다.

- 개폐된 전원 공급 회로와 제어 회로에서 모든 EFT/B가 억제되어 있다.
- 가혹도가 더 높은 다른 환경에서 온 제어 및 측정 회로가 전원공급선(교류와 직류)과 분리되어 있다.
- 설비의 기준접지 양쪽에 차폐물이 접지되어 전원 공급 케이블이 차폐되어 있고 필터링으로 전원 공급기가 보호되어 있다.

컴퓨터실이 이 환경의 대표적 예이다.

기기를 시험할 때 이 레벨의 적용은 형식 시험의 경우 전원 공급 회로, 그리고 특히 현장 시험의 경우에는 접지 회로와 기기 캐비닛으로 제한된다.

#### b) 레벨 2 : 보호된 환경

설치 특징은 다음과 같다.

- 계전기(접촉기 없음)에 의해서만 개폐되는 전원 공급 회로와 제어 회로에서 EFT/B가 부분 억제되어 있다.
- 가혹도 수준이 더 높은 환경과 관련된 다른 회로와 산업 환경에 속한 산업용 회로가 불량하게 분리되어 있다.
- 신호 및 통신 케이블과 비차폐 전원 및 제어 케이블이 물리적으로 분리되어 있다.

산업 전기 설비의 통제실 또는 단말기실이 이 환경의 대표적 예이다.

#### c) 레벨 3 : 전형적 산업 환경

설치 특징은 다음과 같다.

- 계전기(접촉기 없음)에 의해서만 개폐되는 전원 공급 회로와 제어 회로에서 EFT/B가 억제되어 있지 않다.
- 가혹도 수준이 더 높은 환경과 관련된 다른 회로와 산업용 회로가 불량하게 분리되어 있다.

- 전원공급선, 제어선, 신호선, 통신선 전용 케이블
- 전원 공급 케이블, 제어 케이블, 신호 케이블, 통신 케이블들이 불량하게 분리되어 있다.
- 전도성 파이프, (보호 접지 시스템과 접속된) 케이블 트레이의 접지 도체, 접지 메시로 대표되는 접지 시스템을 이용할 수 있다.

산업 공정 기기 구역이 이 환경의 대표적 예이다.

d) 레벨 4 : 가혹한 산업 환경

설치 특징은 다음과 같다.

- 계전기와 접촉기에 의해 개폐되는 전원 공급 회로, 제어 회로, 전력 회로에서 EFT/B가 억제되어 있지 않다.
- 가혹도 수준이 더 높은 환경과 관련된 다른 회로와 가혹한 산업 환경에 속한 산업용 회로가 분리되어 있지 않다.
- 전원 공급 케이블, 제어 케이블, 신호 케이블, 통신 케이블들이 분리되어 있지 않다.
- 제어선과 신호선에 공통적으로 다심 케이블이 사용되고 있다.

어떠한 특별한 설치 관행이 채택되지 않은 산업 공정 기기의 옥외 구역, 발전소, 야외 HV 변전소의 계전기실, 동작전압이 500 kV 이하인 가스절연 변전소(전형적인 설치 관행이 있다)가 이 환경의 대표적 예이다.

e) 레벨 5 : 분석하여야 할 특수 상황

기기 회로, 케이블, 선로 등과 방해원을 전자기적으로 약하게 또는 강하게 분리하거나 설비의 품질을 유지하려면 상기의 것보다 더 높거나 낮은 환경 레벨을 사용할 필요가 있을 수 있다. 환경 레벨이 더 높은 기기 선로는 가혹도가 더 낮은 환경에 침투할 수 있다는 것에 주의한다.

## 부속서 C (참고)

### 측정 불확도(MU) 고려사항

#### C.1 일반사항

EMC 시험의 재현성은 시험 결과에 영향을 미치는 많은 요인들, 즉 영향량에 의존한다. 이러한 영향량은 무작위 효과 또는 시스템 효과로 분류할 수 있다. 실현된 방해량이 이 표준에 규정된 방해량을 준수하는지는 대개 일련의 측정(예를 들어 감쇠기를 사용해 오실로스코프로 임펄스의 상승시간을 측정하는 것)을 통해 확인된다. 각 측정 결과에는 측정 계기의 불완전성뿐 아니라 측정량 자체의 반복성 결여로 인한 일정한 양의 측정 불확도(MU)가 포함된다.

MU를 평가하기 위해서는 다음이 필요하다.

- a) 측정 계기 및 측정량과 관련된 불확도원을 파악한다.
- b) 영향량(입력)과 측정량(출력) 간의 기능적 관계(측정 모델)를 파악한다.
- c) 입력량의 추정치와 표준 불확도를 구한다.
- d) 측정량의 참값이 포함된 구간의 추정치를 높은 신뢰수준으로 구한다.

내성 시험에서 추정치와 불확도는 방해량의 파라미터(예: 상승시간, 첨두, 펄스 폭)에 대하여 평가된다. 때문에 이들은 방해량이 이 기본 표준의 관련 규격과 일치하는 정도를 기술한다.

특정 방해량에 대해 추론한 이러한 추정치와 불확도는 이 기본 표준에 정의된 모사된 전자기 현상과 시험실 외부 세계에서 실제 전자기 현상 간의 일치도를 기술하지는 못한다.

방해량의 파라미터가 시험품에 미치는 영향은 미리 알 수 없고 대부분의 경우 시험품은 비선형 거동을 보이기 때문에 방해량에 대해서는 단 하나의 추정치 및 불확도 수치를 정의할 수 없다. 그러므로 방해량 파라미터 각각에는 그에 상응하는 추정치와 불확도가 수반될 것이다. 결국 불확도 총괄표는 둘 이상이 된다.

이 부속서에서는 자체 교정을 수행하는 교정소와 시험소에 대한 교정 불확도를 중점으로 다룬다.

#### C.2 EFT/B의 불확도 기여요인

방해량의 파라미터에 대해서는 불확도를 정할 수 있다. 따라서 이들은 지정된 계기가 이 기본 표준의 규격과 일치하는 정도를 기술한다.

다음 목록은 측정 계기와 시험 배치 영향량을 모두 평가하는데 사용되는 불확도 기여요인을 나타낸 것이다.

- 첨두값의 판독
- 10 % 수준의 판독
- 90 % 수준의 판독
- 50 % 수준의 판독
- 감쇠비
- 부정합 연쇄 - 오실로스코프
- 종단-감쇠기-케이블 연쇄
- 오실로스코프 수평 측정 기여
- 오실로스코프 수직 측정 기여
- 측정 시스템 반복성(A형)
- 시험 배치의 변동(A형)

- 오실로스코프, 감쇠기의 교정

교정 및 시험에 적용되는 기여는 같지 않을 수도 있다는 것을 인정하여야 한다. 이로 인해 각 과정마다 서로 다른 불확도 총괄표를 얻게 된다.

### C.3 교정 불확도

#### C.3.1 일반사항

각 교정 항목(즉  $V_p, t_r, t_w$ )마다 독립적인 불확도 총괄표를 구할 필요가 있다. EFT/B 시험의 경우 방해량은 시험품에 적용된 EFT 발생기의 펄스 에너지와 스펙트럼이다. C.1에서 기술한 바와 같이 독립적 불확도 총괄표는 이러한 파라미터 각각에 대하여 계산되어야 한다.

펄스 MU에 대한 일반적 접근방식을 아래에 기술한다. 표 C.1 ~ C.3은 이러한 파라미터들에 대해 계산된 불확도 총괄표의 예를 나타낸 것이다. 이 표에는 이러한 예에서 가장 중요한 것으로 고려된 불확도 총괄표 기여요인들, 각 기여요인의 세부사항(수치값, 기여 형태 등), 각 불확도 총괄표를 결정하는데 필요한 계산 결과가 포함된다.

#### C.3.2 EFT/B 전압의 상승시간

측정량은 50 Ω 부하 양단 EFT/B 전압의 상승시간이며, 다음 관계를 이용해 계산된다.

$$t_r = \sqrt{(T_{90\%} - T_{10\%} + \delta R)^2 - T_{MS}^2}$$

여기서

$$T_{MS} = \frac{\alpha}{B}$$

그리고

$T_{10\%}$  =첨두 진폭의 10%에서의 시간

$T_{90\%}$  =첨두 진폭의 90%에서의 시간

$\delta R$  = 비반복성 보정

$T_{MS}$  =측정 시스템 계단 응답의 상승시간(10 % ~ 90 %)

B = 측정 시스템의 -3 dB 대역폭

$\alpha$  = 그 값이  $360 \pm 40$ 인 계수(B 단위는 MHz,  $T_{MS}$  단위는 ns)

표 C.1 - 전압 상승시간( $t_r$ )에 대한 불확도 총괄표의 예

기호	추정치	단위	오차 한계	단위	PDF <sup>a</sup>	계수	$u(x)$	$c_i$	단위	$u(y)$	단위	
$T_{10\%}$	0.85	ns	0.10	ns	삼각형	2.45	0.041	-1.02	1	0.041	ns	
$T_{90\%}$	6.1	ns	0.10	ns	삼각형	2.45	0.041	1.02	1	0.041	ns	
$\delta R$	0	ns	0.15	ns	정규 (k = 1)	1.00	0.150	1.02	1	0.152	ns	
A	360	ns·MHz	40	ns·MHz	직사각형	1.73	23.09	-	1/MHz	0.010	ns	
B	400	MHz	30	MHz	직사각형	1.73	17.32	-	ns/MHz	$6.78 \cdot 10^{-3}$	ns	
a 확률밀도함수							$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$			0.16	ns	
							$U(y) = 2u_c(y)$				0.33	ns
							Y				5.33	ns
							5.33 ns의 %로 표현				6.2	ns

$T_{10\%}, T_{90\%}$ :첨두 진폭의 10 % 또는 90 %에서의 시간 판독값이다. 오차 한계는 오실로스코프의 5 GS/s 샘플링 주파수와 트레이스 보간 능력(삼각형 확률밀도함수)을 가정해 구한다. 이렇게 할 수 없는 경우에는 직사각형 확률밀도함수를 가정하도록 한다. 여기에서는 샘플링 속도로 인한 MU의 유일한 기여인자를 고려한다. 그 밖의 기여인자에 대해서는 C.3.5를 참조한다. 판독값은  $T_{10\%}=0.85ns$ ,  $T_{90\%}=6.1ns$ 라고 가정한다.

$T_{MS}$ :측정 시스템 계단 응답의 계산된 상승시간이다. 계수  $\alpha$ 는 측정 시스템의 임펄스 응답의 형상에 따라 달라진다. 여러 종류의 시스템에서 범위  $360 \pm 40$ 이 대표적이다. 각 시스템의 임펄스 응답은 각기 다르다(C.3.6, 표 C.4 참조). 측정 시스템의 대역폭 B는 실험으로(대역폭을 직접 측정하여) 구하거나, 측정 시스템 각 요소(본질적으로 전압 프로브, 케이블, 오실로스코프)의 대역폭  $B_i$ 로부터 다음 식을 이용해 계산할 수 있다.

$$\frac{1}{B} = \sqrt{\left(\frac{1}{B_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{B_2}\right)^2 + \dots}$$

직사각형 확률밀도함수의 추정치 400 MHz와 오차 한계 30 MHz는 B에 대하여 추정된 것이다.

$\delta R$  : 10 % ~ 90 % 상승시간 비반복성이다.  $T_{90\%} \sim T_{10\%}$ 의 측정시 측정 계기, 측정장치구성의 배치, EFT/B 발생기 자체로 인한 반복성 결여를 수량화한다. 실험으로 결정한다. n 반복 측정값  $q_i$  샘플의 실험 표준편차  $s(q_k)$ 식에 기반한 A형 평가이며,  $s(q_k)$ 는 다음과 같이 주어진다.

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

여기서  $\bar{q}$  는  $q_i$ 값의 산술평균이다. 오차 한계  $s(q_k)=150ps$ (정규확률밀도함수의 1 표준편차)와 0 ns의 추정치를 가정한다.

**비고** 1 k $\Omega$  부하 양단 전압에 대한 불확도 총괄표는 이와 비슷한 방식으로 얻을 수 있다. 이때는 50  $\Omega$  변환기가 포함된 측정 시스템 대신에 1 k $\Omega$  변환기가 포함된 측정 시스템의 대역폭을 사용한다.

### C.3.3 EFT/B의 첨두 전압

측정량은 50  $\Omega$  부하 양단 EFT/B의 첨두 전압이며, 다음 관계를 이용해 계산된다.

$$V_P = \frac{V_{PR}(1 + \delta R + \delta V)}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} A$$

여기서

- $V_{PR}$ =전압 첨두 판독값
- A = 전압 프로브의 DC 감쇠
- $\delta R$  = 비반복성 보정 (상대)
- $\delta V$  = 오실로스코프의 DC 수직 정확도 (상대)
- B = 측정 시스템의 -3 dB 대역폭
- $\beta$  = 그 값이  $(7.0 \pm 0.8)$  MHz인 계수



표 C.2 - EFT/B 침두 전압값(V<sub>p</sub>)에 대한 불확도 총괄표의 예

기호	추정치	단위	오차 한계	단위	PDF <sup>a</sup>	계수	u(x)	c <sub>i</sub>	단위	u(y)	단위
V <sub>PR</sub>	3.75	V	0.0073	V	삼각형	2.45	0.0030	1,000		2.99	V
A	1,000	1	50	1	직사각형	1.73	28.9	3.75	V	108	V
δR	0	1	0.03	1	정규 (k = 1)	1.00	0.030	3,751	V	112.5	V
δV	0	1	0.02	1	직사각형	1.73	0.012	3,751	V	43.3	V
β	7.0	MHz	0.8	MHz	직사각형	1.73	0.462	0.328	V/MHz	0.152	V
B	400	MHz	30	MHz	직사각형	1.73	17.32	- 0.0058	V/MHz	0.0095	V
a 확률밀도함수							$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$			0.162	kV
							$U(y) = 2u_c(y)$			0.32	kV
							Y			3.75	kV
							5.33 ns의 %로 표현			8.6	%

V<sub>PR</sub>: 전압 침두 판독값이다. 오차 한계는 오실로스코프가 8비트 수직 분해능을 가지며 보간 능력(삼각형 확률밀도함수)이 있다고 가정한다.

A : 전압 프로브의 DC 감쇠이다. 1,000의 추정치와 5 %의 오차 한계(직사각형 확률밀도함수)를 가정한다.

δR : 측정장치구성, 배치, 계기의 비반복성을 수량화한다. 침두 전압의 반복 측정값 샘플의 실험 표준편차로 수형화된 A형 평가이다. 관련 향으로 표현되며 0 %의 추정치, 3 %의 오차 한계(1 표준편차)를 가정한다.

δV: DC에서 오실로스코프의 진폭 측정 부정확도를 수량화한다. 직사각형 확률밀도함수의 오차 한계는 2%이고 추정치는 0이라고 가정한다.

β : 측정 시스템의 임펄스 응답과 침두와 이웃한 표준 임펄스 파형의 형성에 따라 달라지는 계수이다(C.3.7 참조). 여러 종류의 시스템에서 구간 7.0 ± 0.8이 대표적이다. 각각의 임펄스 응답 형상은 각기 다르다.

B : C.3.2를 참조한다. 추정치와 오차 한계는 모두 같은 의미와 같은 값을 갖는다.

1 kΩ 부하 양단 전압에 대한 불확도 총괄표는 이와 비슷한 방식으로 얻을 수 있다. 이때는 50 Ω 변환기가 포함된 측정 시스템 대신에 1 kΩ 변환기가 포함된 측정 시스템의 대역폭을 사용한다.

### C.3.4 EFT/B의 전압의 펄스 폭

측정량은 50 Ω 부하 양단 EFT/B 전압의 펄스 폭이며, 다음 관계를 이용해 계산된다.

$$t_w = (T_{50\%,F} - T_{50\%,R} + \delta R) \left[ 1 - \left( \frac{\beta}{B} \right)^2 \right]$$

여기서

T<sub>50%,R</sub> = EFT/B의 상승단에서 침두 진폭의 50 %에서의 시간

T<sub>50%,F</sub> = EFT/B의 하강단에서 침두 진폭의 50 %에서의 시간

δR = 비반복성 보정

B = 측정 시스템의 -3 dB 대역폭

β = 그 값이 (7.0 ± 0.8) MHz인 계수

표 C.3 - EFT/B 전압 펄스 폭( $t_w$ )에 대한 불확도 총괄표의 예

기호	추정치	단위	오차 한계	단위	PDF <sup>a</sup>	제수	$u(x)$	$c_i$	단위	$u_i(y)$	단위
$T_{50\%,R}$	3.5	ns	0.10	ns	삼각형	2.45	0.041	-1.00	ns	0.0408	ns
$T_{50\%,F}$	54.5	ns	0.10	ns	삼각형	2.45	0.041	1.00	ns	0.0408	ns
$\delta R$	0	ns	1.5	ns	정규 ( $k = 1$ )	1.00	1.50	1.00	ns	1.50	ns
$\beta$	7.0	MHz	0.8	MHz	직사각형	1.73	0.462	- 0.0045	ns/MHz	0.0021	ns
B	400	MHz	30	MHz	직사각형	1.73	17.32	$8.0 \cdot 10^{-8}$	ns/MHz	0.0014	ns
a 확률밀도함수							$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$			1.502	ns
							$U(y) = 2u_c(y)$			3.00	ns
							Y			51.0	ns
							5.33 ns의 %로 표현			5.9	%

$T_{50\%,R}, T_{50\%,F}$ : EFT/B 전압의 상승단 또는 하강단에서 첨두 진폭의 50 %에서의 시간 판독값이다. 오차 한계는 오실로스코프의 5 GS/s 샘플링 주파수(C.3.2에서와 동일)와 트레이스 보간 능력(삼각형 확률밀도함수)을 가정해 구한다. 이렇게 할 수 없는 경우에는 직사각형 확률밀도함수를 가정하도록 한다. 여기에서는 샘플링 속도로 인한 MU의 유일한 기여인자를 고려한다. 그 밖의 기여인자에 대해서는 C.3.5를 참조한다. 판독값은  $T_{50\%,R}=3.5\text{ns}, T_{50\%,F}=54.5\text{ns}$ 라고 가정한다.

$\delta R$  : 측정 계기, 측정장치구성의 배치, EFT/B 발생기 자체로 인한  $T_{50\%,F}, T_{50\%,R}$  시간차 측정의 비반복성을 수량화한다. 반복 측정값 샘플의 실험 표준편차로 수형화된 A형 평가이다. 오차 한계  $s(q_k)=1.5\text{ns}$ (정규확률밀도함수의 1 표준편차)와 0 ns의 추정치를 가정한다.

$\beta$  : C.3.3을 참조한다. 추정치와 오차 한계는 모두 같은 의미와 같은 값을 갖는다.

B : C.3.2를 참조한다. 추정치와 오차 한계는 모두 같은 의미와 같은 값을 갖는다.

1 k $\Omega$  부하 양단 전압에 대한 불확도 총괄표는 이와 비슷한 방식으로 얻을 수 있다. 이때는 50  $\Omega$  변환기가 포함된 측정 시스템 대신에 1 k $\Omega$  변환기가 포함된 측정 시스템의 대역폭을 사용한다.

### C.3.5 시간 측정에 대한 MU 기여

**샘플링 속도:** 대개 이 불확도 값은 오실로스코프 샘플링 주파수 역수의 절반이다. 이 분포는 트레이스 보간을 수행해 일정한 트레이스 레벨에 대한 시간을 구한다면 삼각형( $k = 2.45$ )인 것으로 가정한다(오실로스코프 설명서 참조). 그렇지 않은 경우에는  $k = 1.73$ 을 갖는 직사각형 분포를 가정해야 한다.

**시간측 오차와 지터:** 오실로스코프 규격을 직사각형 분포를 갖는 불확도로 간주할 수 있다. 대개 이 기여는 무시할 수 있다.

**수직 분해능:** 이 기여는 수직 진폭 분해능  $\Delta A$ 와 트레이스 기울기  $dA/dt$ 에 따라 달라진다. 불확도는 분해능의 반치폭과 관련이 있으며,  $(\Delta A/2)/(dA/dt)$ 이다. 트레이스 보간(오실로스코프 설명서 참조)을 하는 경우에는 삼각형 분포를 사용한다. 그렇지 않은 경우에는 직사각형 분포를 사용한다. 이 기여는 무시할 수 있는 경우가 많다.

### C.3.6 측정 시스템의 대역폭 제한으로 인한 상승시간 왜곡

상승시간의 왜곡은 상승시간 조합에 관한 일반 규칙에 따라 평가한다. 이는 2개의 비상호작용 시스템이 종속되어 있고 그 계단 응답이 단조적으로 증가할 때 유효하다. 즉

$$t_{rd} = \sqrt{t_r^2 + T_{MS}^2} \quad (C.1)$$

여기서

$t_{rd}$ =측정 시스템 출력에서 신호의 상승시간(왜곡된 상승시간)

$t_r$ =측정 시스템 입력에서 신호의 상승시간

$T_{MS}$ =측정 시스템 계단 응답의 상승시간

(C.1)의 미분은 상승시간에 대한 다음 정의를 토대로 한 것임을 인식하는 것이 중요하다.

$$T_{MS} = \sqrt{2\pi \int_0^{\infty} (t - T_s)^2 h_0(t) dt} \quad (C.2)$$

여기서

$h_0(t)$ =정규화 영역을 갖는 측정 시스템의 임펄스 응답, 즉  $\int_0^{\infty} h_0(t) dt = 1$

그리고  $T_s$ 는 다음 식으로 주어지는 지연시간이다.

$$T_s = \int_0^{\infty} t h_0(t) dt \quad (C.3)$$

정의 (C.2)는 수학적 관점에서 보면 10 %와 90 % 임계값에 기반한 일반적인 것보다 다루기가 훨씬 더 쉽다. 그럼에도 기술적 응용에서 10 % ~ 90 % 상승시간은 대개 식 (C.10)을 통해 결합된다. 시스템의 대역폭을 고려하면 두 정의의 상승시간을 비교할 수 있게 된다. 실제로 다음과 같이 정의하면

$$\alpha = T_{MS} B \quad (C.4)$$

두 상승시간의 정의로부터 추론한  $\alpha$  값은 크게 다르지 않다는 것을 알게 된다. 임펄스 응답  $h(t)$ 의 각 형상에 해당하는  $\alpha$  값은 표 C.4와 같다. 표 C.4로부터 고유한  $\alpha$  값을 식별하는 것은 불가능하다는 것은 명백하다.  $\alpha$ 는 채택된 상승시간의 정의(예: 임계값 또는 식 (C.2)에 근거한 것)뿐 아니라 측정 시스템 임펄스 응답의 형상에도 의존하기 때문이다. 합리적인  $\alpha$  추정치는 표 1에 주어진 최소값( $321 \times 10^{-3}$ )과 최대값( $399 \times 10^{-3}$ )의 산술 평균으로 구할 수 있다. 즉  $360 \times 10^{-3}$ 이다. 더구나 대역폭을 제외하고 측정 시스템에 관한 정보를 얻을 수 없다면  $\alpha$  값은  $321 \times 10^{-3}$ 과  $399 \times 10^{-3}$  사이에 있을 가능성이 매우 높다. 서로 다르게 기술되어 있지만  $\alpha$ 는 하한과 상한이 각각  $321 \times 10^{-3}$ 과  $399 \times 10^{-3}$ 인 직사각형 확률밀도함수를 갖는 확률 변수인 것으로 가정한다.  $\alpha$ 의 표준 불확도는 다음을 모두 수량화한다.

- a) 상승시간을 정의하기 위해 채용한 수학적 모델의 무차별, 그리고
- b) 측정 시스템 임펄스 응답 형상의 무차별

표 C.4 - 시스템 B의 대역폭에 해당하는 각 단방향 임펄스 응답의  $\alpha$  계수(식 (C.4))

$\alpha$ 값에 $10^3$ 을 곱한 것	가우스	I 차수	II 차수 (임계 감쇠)	직사각형	삼각형
a: 식 (C.2) 사용	332	399	363	321	326
a: 10 % ~ 90 %	339	350	344	354	353

### C.3.7 측정 시스템의 대역폭 제한으로 인한 임펄스 첨두와 폭 왜곡

측정 시스템 출력에서 왜곡된 임펄스 파형  $v_{out}(t)$ 는 합성 적분으로 주어진다.

$$v_{out}(t) = \int_0^t v_{in}(\tau)h(t-\tau)d\tau \quad (C.5)$$

여기서

$v_{in}(t)$ =입력 임펄스 파형

$h(t)$  = 측정 시스템의 임펄스 응답

$A \cdot h(t) = h_0(t)$ 이라는 점에 주목한다. 여기서 A는 측정 시스템의 DC 감쇠이다. 입력 파형은 그 입력이 첨두값  $V_p$ 에 도달할 때의 순간  $t_p$ 에 대한 테일러 급수 전개로 근사화할 수 있다.

$$v_{in}(t) = V_p + \frac{v_{in}''(t_p)}{2}(t-t_p)^2 + \frac{v_{in}'''(t_p)}{6}(t-t_p)^3 + \dots \quad (C.6)$$

$v'(t_p)=0$ 이기 때문에 (C.6)에는 1차 항이 빠져 있다는 것에 주목한다. 더구나 오목점이 아래(최대값)를 향하고 있기 때문에  $v''_{in}(t_p)<0$ 이고, 여기에서 관심을 갖는 표준 파형의 상승시간이 하강시간보다 낮기 때문에  $v'''_{in}(t_p)>0$ 이다. (C.6)을 (C.5)에 대입해 단순화한 후 측정 시스템의 대역폭이 입력 신호의 대역폭에 비해 클 때(그 차수가 2보다 큰 역급수 항은 무시할 수 있다) 유효하다면 다음을 얻을 수 있다.

$$V_{pd} = \frac{V_p}{A} \left[ 1 - \left( \frac{\beta}{B} \right)^2 \right] \quad (C.7)$$

여기서

$V_{pd}$ =출력 임펄스 첨두

A = 측정 시스템의 DC 감쇠, 그리고

$$\beta = \alpha \sqrt{\frac{v_{in}''(t_p)}{4\pi V_p}} \quad (C.8)$$

파라미터  $\beta$ 는 표준 입력 파형의 2차 미분에 의존하고 C.3.6에서 정의해 유도한 파라미터  $\alpha$ 에 의존한다는 것에 주목한다. 표준 EFT/B 파형에 대한 수학적 표현은 6.2.2와 같기 때문에  $\beta$  값은 수치적으로 계산할 수 있으며 그 값은  $(7.0 \pm 0.8)$  MHz이다.

입력 임펄스 폭  $t_w$ 의 왜곡 추정치는 출력 임펄스의 면적이 입력 임펄스를 DC 감쇠 A로 나눈 것임을 고려하면 간단히 얻을 수 있다. 따라서

$$V_p t_w = AV_{pd} t_{wd} \quad (C.9)$$

여기서  $t_{wd}$ 는 출력 임펄스 폭이다.

그러므로

$$t_{wd} = \frac{V_p}{AV_{pd}} t_w = \frac{1}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} t_w \quad (C.10)$$

#### C.4 결합장치의 교정

결합/감결합 장치의 출력단에서 EFT/B 파라미터를 교정할 때는 전술한 기기(감쇠기, 오실로스코프 등)와 어댑터를 사용해 이 측정 기기를 결합/감결합 장치의 특정 단자에 연결한다.

비고 이 어댑터의 고주파 거동은 매우 불량하기 때문에 이러한 어댑터에는 신뢰성 높은 고주파 측정을 수행하기가 매우 어려우므로 불확도 기여를 적절하게 결정한다.

이러한 어댑터를 인증할 때는 다음 절차를 권고한다.

- 접지 접속의 DC 측정값. 0.4  $\Omega$ 보다 작아야 한다.
- 내부 도체의 DC 측정값. 0.4  $\Omega$ 보다 작아야 한다.
- 내부 도체와 접지 간의 DC 측정값. 이것은 "무한" 값을 가져야 한다. 가해진 EFT/B (2 kV 이상)을 유지할 수 있도록 충분한 절연을 제공하여야 한다.
- 이러한 어댑터의 영향량을 특성화한다. 이렇게 하려면 50  $\Omega$  동축 종단을 동축 EFT/B 발생기 출력에 연결해(결합/감결합 회로망 출력에 연결하는 것이 아니다) 기준을 정하고 펄스 파라미터를 측정한다. 그 다음 발생기 출력과 50  $\Omega$  종단 사이에 어댑터 2개(맞대어 연결된 것)를 삽입하고 펄스 파라미터를 다시 측정한다. 충분한 개수의 펄스에 대하여 어댑터 쌍이 선로에 있고 없을 때 펄스 파라미터의 값을 추정한다. 마지막으로, 측정된 펄스 파라미터들(보상할 수 있는 어댑터의 삽입 손실을 대표하는 것) 간의 차이가 어댑터에 기인한 추가 불확도의 척도이다. 추정 값은 전압 진폭의 경우 4 %, 상승시간의 경우 60 ps, 펄스 지속시간의 경우 4 ns이다.
- 마지막으로 버스트 어댑터의 불확도는 가장 나쁜 것으로 관찰된 차이(직사각형 분포를 가정한다)와 같다고 가정한다. 어댑터의 영향은 이들 2개를 사용해 얻은 것이라는 사실에도 불구하고 관찰된 차이(어댑터 유무와 상관없다)를 2로 나누는 것은 현재로서는 권고하지 않는다.

#### C.5 EFT/B 발생기 적합여부 기준에 불확도의 적용

일반적으로 발생기가 그 규격 내에 있다고 확신할 수 있으려면 교정 결과가 이 표준에서 정한 한계값 내에 있어야 한다(허용차는 MU에 의해 감소되지 않는다).

## 참고문헌

IEC 60050-311:2001, International Electrotechnical Vocabulary – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements

IEC 60050-702:1992, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices

IEC 61000-4-2:2008, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test

IEC 61000-4-4:2004, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test<sup>1)</sup>  
Amendment 1 (2010)

IEC 61000-4-5:2005, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test

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

---

1) (2)판

# KS C IEC 61000-4-4 : 2012

## 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

이 표준은 2012년에 제3.0판으로 발행된 IEC 61000-4-4, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test를 근간으로 국제 표준과 부합화할 목적으로 개정하게 되었다.

#### 1.2 개정의 경위

이 표준은 2012년도 기술표준원 국가표준개발과제 전기자기적합성 분야 KS 부합화 원안 작성을 위한 표준개발협력기관 사업의 일환으로 한국화학융합시험연구원에서 개정초안을 작성하였다.

#### 1.3 개정의 기본방향

이 표준의 목적은 전원포트나 신호포트, 제어포트, 접지 포트에 전기적 빠른 과도현상/버스트가 발생할 때 전기·전자 기기의 내성을 평가할 수 있도록 재현 가능한 공통 기준을 확립하는 것을 목적으로 하고, 변경된 시험 방법 및 측정 불확도 등의 추가된 내용을 기술한다.

### 2 현안 사항

### 3 신규 비교표

구분	기존 KS 표준 (KS C IEC 61000-3-2:2005)	IEC 부합화 내용(개정 내용) (KS C IEC 61000-3-2:2010)
6.2.2 (그림 3)	없 음	이상적인 버스트 파형 및 공식을 삽입
6.4.2	없 음	용량성 결합 클램프의 교정 방법 추가
7.3.1 (그림 13)	케이블 출구가 상단에 있는 대형 바닥설치형 기기의 경우 용량성결합클램프/CDN을 높여서 배치함	케이블 출구가 상단에 있는 대형 바닥설치형 기기의 경우 용량성결합클램프/CDN을 바닥 기준접지면에 배치함
부록 C	없 음	측정불확도 고려사항 추가

## 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 개정기로 하며, 이 경우 전기용품안전기준의 구판은 병행 적용함으로써 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 국제인증기구인 국제표준 인증체계를 확대하는 추세에 있으며, 표준을 활용하여 자국 기업의 경쟁력을 강화하는 추세에 있다. 이에 대응하여 국가표준과 안전기준이 국제표준에 신속히 대응함으로써 우리나라의 수출기업이 인증에 애로사항을 감소하도록 한다.



## 해설 2 전기용품안전기준의 추가대체항목 해설

이 해설은 전기용품안전기준으로 한국산업표준을 채택함에 있어 추가대체하는 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 61000-4-4 : 2015-09-23**

---

**Electromagnetic compatibility (EMC)**

---

**- Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/  
burst immunity test**

---

ICS 31.060.70

**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>

