

[별표 1-20]

펄스자기장 내성 시험방법

목 차

1 적용범위와 목적 2

2 인용표준 2

3 용어 정의와 약어 2

4 일반사항 5

5 시험 레벨 5

6 시험 설비 6

 6.1 일반사항 6

 6.2 조합파 발생기 6

 6.3 유도 코일 8

 6.4 시험 시스템의 교정 9

7 시험 구성 10

 7.1 시험 장비 10

 7.2 시험 설비의 유효성확인 10

 7.3 탁상형 피시험기기에 적용된 임펄스 자기장에 대한 시험 구성 11

 7.4 바닥설치형 피시험기기에 적용된 임펄스 자기장에 대한 시험 구성 11

 7.5 현장에 적용된 임펄스 자기장에 대한 시험 구성 13

8 시험 절차 13

 8.1 일반사항 13

 8.2 시험기관 기준 조건 13

 8.3 시험의 실행 14

9 시험 결과의 평가 14

10 시험 성적서 15

1 적용범위와 목적

이 시험방법은 주로 다음에서 발생하는 임펄스 자기 방해를 받는 기기에 대한 내성 요구조건, 시험 방법, 권장 시험 레벨의 범위를 규정한다.

- 산업 설비
- 발전소
- 철도 설비
- 중전압 및 고전압 변전소

이 시험방법을 다른 장소에 설치된 장비에 적용할 수 있는지의 여부는 **4**에 규정된 현상의 존재로 결정한다.

이 시험방법은 케이블 또는 현장 설비의 다른 부분들에서 용량성 또는 유도성 결합으로 인해 생긴 방해는 고려하지 않는다. 전도성 방해를 다루는 다른 **KN** 시험방법에서는 이런 측면들을 다루고 있다.

이 시험방법의 목적은 임펄스 자기장에 놓여 있을 때 전기기기와 전자장비의 내성을 평가하는 공통 기준을 확립하는 것이다. 이 시험방법에 명시된 시험 방법은 정의된 현상에 대하여 장비나 시스템의 내성을 평가하는 일관성 있는 방법을 기술한다.

비고 IEC Guide 107에 설명된 바와 같이, 이 시험방법은 전자파적합성 전문위원회가 사용하기 위한 기본 EMC 출판물이다. IEC Guide 107에서 언급한 바와 같이, 전자파적합성 전문위원회는 이 내성 시험 표준의 적용 여부에 대한 결정에 책임이 있으며, 만약 적용한다면 적절한 시험 레벨과 성능기준을 결정하는 데 책임이 있다. **TC 77** 및 그 소위원회는 제품위원회 제품에 대한 특정 내성 시험 레벨의 값을 평가할 때 제품위원회와 협력할 준비가 되어 있다.

이 시험방법은 다음을 정의한다.

- 시험 레벨의 범위,
- 시험 장비,
- 시험 구성,
- 시험 절차.

기술된 시험기관 시험의 임무는 규정된 동작 조건 하에서 개폐 및 낙뢰 영향에 의해 발생된 임펄스 자기장에 대한 피시험기기(EUT)의 반응을 파악하는 것이다.

2 인용표준

다음 표준들은 전부 혹은 일부가 이 문서에 인용된 표준들로 이 문서를 적용하는데 필수적인 것들이다. 날짜가 기입된 것은 인용된 판만을 적용한다. 날짜가 기입되지 않은 것들은 인용 표준의 최신판(주석을 포함한다)을 적용한다.

KS C IEC 60050 (전체), 국제 전자기술 용어(IEV) (www.electropedia.org에서 이용 가능)

3 용어 정의와 약어

3.1 용어와 정의

이 시험방법의 목적을 위하여 KS C IEC 60050에 제시된 용어의 정의 외에도 다음을 적용한다.

3.1.1**교정(Calibration)**

규정 조건 하에서 지시값과 측정 결과값 사이에 존재하는 관련성을 표준을 기준으로 하여 평가하는 일련의 과정

비고 1 이 용어는 "불확도" 라는 용어와 관련이 있다.

비고 2 측정 지시값과 결과값 사이의 관련성은 대체로 교정 도표로 나타낼 수 있다.

[KS C IEC 60050 – 311, 311 – 01 – 09]

3.1.2**조합파 발생기(Combination Wave Generator: CWG)**

1.2/50 μ s 개방회로 전압 파형과 8/20 μ s 단락회로 전류 파형을 갖는 발생기

비고 이 정의는 KN 61000 – 4 – 5에 제시된 동등한 정의를 줄여 쓴 것이다.

3.1.3**지속시간(Duration, T_d)**

<8/20 μ s에 대한 서지 전류> 서지 전류가 그 첨두값의 0.5까지 상승하는 순간과 그 첨두값의 0.5까지 떨어진 순간 사이의 시간 간격(T_w)에 1.18을 곱한 것으로 정의되는 가상 파라미터

$$T_d = 1.18 \times T_w$$

비고그림 2 참조.

3.1.4**전반시간(Front time, T_f)**

<서지 전류> 임펄스가 첨두값의 10 %인 순간과 90 %인 순간 사이의 시간간격 T_f 의 1.25 배로 정의되는 가상 파라미터

비고그림 2 참조.

3.1.5**내성(Immunity)**

전자기 방해가 존재할 때, 장치, 기기 또는 시스템이 성능저하 없이 동작할 수 있는 능력

[KS C IEC 60050 – 161]

3.1.6**유도 코일(Induction coil)**

정의된 체적에서 정의된 균일도의 자기장을 발생시키며 전류가 흐르는, 정의된 형상과 치수의 도체 루프

3.1.7**유도 코일 인자(Induction coil factor)**

일정한 치수의 유도 코일에 의해 발생된 자기장 세기와 그에 해당하는 전류값 간의 비율

비고 이 자기장은 피시험기기(EUT)가 없을 때 코일면 중심에서 측정된 것이다.

3.1.8**근접법(Proximity method)**

자기장을 피시험기기에 적용하는 방법으로 작은 유도 코일이 피시험기기의 측면을 따라 움직이면서 특별히 민감한 영역을 탐지한다.

3.1.9**기준접지면(Reference Ground Plane)**

공통 기준으로 사용되는 전위를 갖고 있는 편평한 전도성 표면

3.1.10**상승시간(Rise time, T_r)**

임펄스의 순시값이 10 % 값에 도달한 순간과 그 후 90 % 값에 도달한 순간 사이의 시간 간격

그림 2 참조.

3.1.11**서지(Surge)**

선로나 회로를 따라 전파하는 전류, 전압 또는 전원의 과도 파형으로 급격하게 상승 후 서서히 감소하는 특징이 있다.

[KS C IEC 60050 – 161]

3.1.12**시스템(System)**

규정된 기능을 수행하기 위해 주어진 목적을 얻기 위한 독립된 소자로 구성된 세트

비고 시스템은 외부 시스템과 고려되는 시스템 사이의 연결을 자르는 가공의 표면에 의해 환경과 다른 외부 시스템과 분리되어 있다고 생각한다. 이 연결을 통해서 시스템은 환경에 의해 영향을 받고, 외부 시스템에 의해 작용되거나 환경 또는 외부 시스템에 스스로 작용한다.

3.1.13**과도현상(Transient)**

관련된 또는 관심 시간 스케일에 비해 짧은 시간 간격 동안 두 개의 연속 정상 상태 사이에서 변화하는 현상 또는 양을 지칭

[KS C IEC 60050 – 161, 161 – 02 – 01]

3.1.14**유효성확인(Verification)**

시험시스템이 정상동작한다는 것을 증명하기 위한 시험장비 시스템(예: 시험 발생기와 상호연결 케이블 등)을 점검하는 일련의 과정

비고 1 유효성확인을 위해 사용된 방법은 교정에서 사용된 방법과 다를 수 있다.

비고 2 이 기본 EMC 표준의 목적에 있어서, 이 정의는 KS C IEC 60050 – 311, 311 – 01 – 13에 주어진 정의와는 다르다.

3.2 약어

AE Auxiliary equipment(보조 장비)

CDN	Coupling/decoupling network(결합/감결합 회로망)
CWG	Combination wave generator(조합파 발생기)
EFT/B	Electrical fast transient/burst(전기적 빠른 과도현상/버스트)
EMC	Electromagnetic compatibility(전자파적합성)
ESD	Electrostatic discharge(정전기 방전)
EUT	Equipment under test(피시험기기)
MU	Measurement uncertainty(측정 불확도)
RGP	Reference ground plane(기준접지면)

4 일반사항

장비가 놓여 있는 자기장은 장비와 시스템의 신뢰도 높은 동작에 영향을 미칠 수 있다.

다음의 시험들은 장비의 특정 위치 및 설치 조건(장비가 방해 발생원에 근접한 정도)에 관련된 임펄스 자기장에 놓여 있을 때 장비의 내성을 입증하기 위한 것이다.

펄스 자기장은 건물 기타 금속 구조물(안테나 탑, 접지선과 접지망 등)에 떨어진 뇌격에 의해, 그리고 저전압, 중전압 및 고전압 전기 계통에서 초기 고장 과도현상에 의해 발생된다.

고전압 변전소에서 임펄스 자기장은 차단기에 의한 고전압 모션 및 선로의 개폐에 의해서도 발생할 수 있다.

이 시험은 발전 및 배전 설비뿐 아니라 그 통제소에 설치될 전자장비에 주로 적용할 수 있다. 배전망 장비(예: 변압기, 전력선)에는 적절하지 않다.

제품위원회는 다른 응용을 고려할 수도 있다.

5 시험 레벨

권장 시험 레벨 범위는 표 1과 같다.

표 1 — 시험 레벨

레벨	펄스 자기장 세기 A/m(첨두값)
1	해당 없음
2	해당 없음
3	100
4	300
5	1 000
X ^{비고2}	특별
비고 1 자기장 세기는 A/m 단위로 표현된다. 1 A/m은 1.26 µT의 자유공간 자속밀도에 해당한다.	
비고 2 "X"는 다른 것들 위, 아래, 또는 사이의 레벨이 될 수 있다. 이 레벨은 전용 장비 규격에 규정되어야 한다.	

시험 레벨은 설치 조건에 따라 선택하여야 한다. 설치 등급은 부속서 C에 규정되어 있다.

6 시험 설비

6.1 일반사항

시험 시스템은 조합과 발생기, 탁상형 시험 구성용 유도 코일, 그리고 바닥설치형 시험 구성용 RGP로 이루어진다.

6.2 조합과 발생기

6.2.1 일반사항

이 시험에서 조합과 발생기는 전류원으로 사용된다.

비고 이 시험방법에 규정된 조합과 발생기는 KN 61000-4-5에 명시된 것과 동일한 파형 정의를 갖는다.

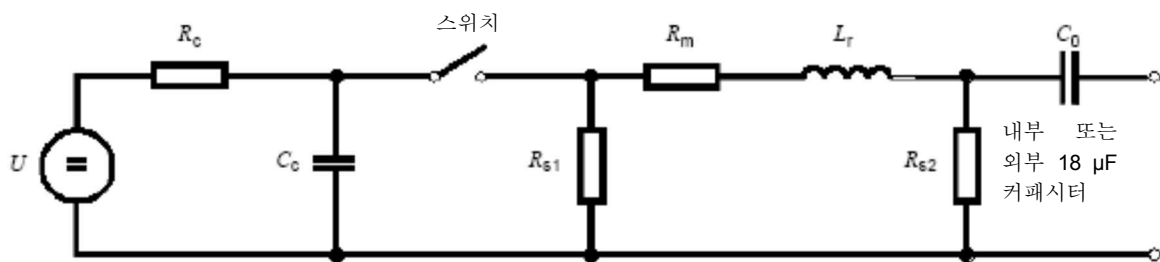
따라서 8/20 μs 파형만 적절하다. 조합과 발생기는 소정의 임펄스 전류를 6.3에 규정된 유도 코일로 전달할 수 있어야 한다.

파형은 단락 전류로 규정되므로 유도 코일이 연결되지 않은 상태에서 측정하여야 한다.

이 발생기는 다음의 서지를 발생시키기 위한 것이다.

- 8 μs 의 단락회로 전류 전반기간,
- 20 μs 의 단락회로 전류 지속기간.

이 발생기의 간이 회로도를 그림 1에 나타내었다. 발생기가 8/20 μs 서지 전류를 단락회로로 전달하도록 각각의 구성요소들 R_{s1} , R_{s2} , R_m , L_r , C_c 에 대한 값을 선택한다.



기호설명

U 고전압원

R_c 충전 저항

C_c 에너지 저장 커패시터

R_s 임펄스 지속시간 형성 저항

R_m 임피던스 정합 저항

L_r 상승시간 형성 인덕터

C_0 내부 또는 외부 18 μF 커패시터

그림 1 — 조합파 발생기의 간단한 회로도

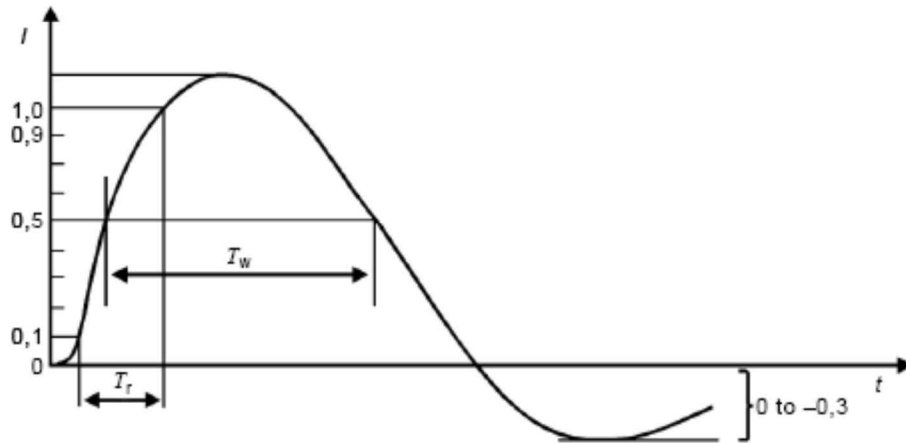
6.2.2 발생기의 성능 특성

극성	양극/음극
위상 변이	피시험기기 교류선로의 위상각에 대해 0° ~ 360° 범위를 가지며, 허용오차는 ±10°
반복률	분당 1회 또는 그 이상
단락 최고 출력 전류	100 A ~ 1 000 A 또는 코일 인자로 나눈 요구 시험 레벨
서지 전류의 파형	표 2와 그림 2를 참조한다.
단락회로 침두 출력 전류 허용차	±10 %

표 2 — 파형 파라미터 8/20 μs의 정의

	전반시간 T_f μs	지속기간 T_d μs
단락회로 전류	$T_f = 1.25 \times T_r = 8 \pm 20 \%$	$T_d = 1.18 \times T_w = 20 \pm 20 \%$

플로팅(floating) 출력이 있는 발생기를 사용하여야 한다.



전반시간: $T_f = 1.25 \times T_r = 8 \mu\text{s} \pm 20 \%$

지속기간: $T_d = 1.18 \times T_w = 20 \mu\text{s} \pm 20 \%$

비고 1 1.25는 0.9와 0.1 임계값 차의 역수다.

비고 2 1.18은 경험 데이터로부터 도출된 것이다.

그림 2 — 18 μF 커패시터가 직렬로 연결된 발생기의 출력에서 단락회로 전류 (8/20 μs)의 파형

6.2.3 발생기의 교정

변류기(프로브)를 사용해 단락 전류를 측정한다면 자기 철심의 포화가 일어나지 않도록 하는 것을 선택하여야 한다. 프로브의 하위(-3 dB) 모서리 주파수는 100 Hz 미만이어야 한다. 교정은 전류 프로브와 오실로스코프로, 또는 대역폭이 1 MHz를 초과하는 동등한 측정 장비로 수행하여야 한다. 교정은 시험에 적용된 모든 시험 레벨마다 수행하여야 한다.

발생기의 특성은 단락회로 조건 하에서 출력과 직렬로 되어 있는 18 μF 의 외부 커패시터를 통해 측정하여야 한다. 18 μF 커패시터가 발생기에 내장되어 실행되면 교정에는 외부 18 μF 커패시터도 필요하지 않다.

위상 변이를 제외하고 6.2.2에 명시된 모든 성능 특성이 발생기의 출력에서 충족되어야 한다.

6.3 유도 코일

6.3.1 자기장 분포

1 m × 1 m와 1 m × 2.6 m의 단일 권선 표준 코일 2 개에 대한 자기장 분포를 파악하여 이를 **부속서 B**에 나타내었다. 그러므로 자기장 유효성확인 또는 자기장 교정은 필요하지 않다. **그림 3**에 나타낸 전류 측정으로도 충분하다.

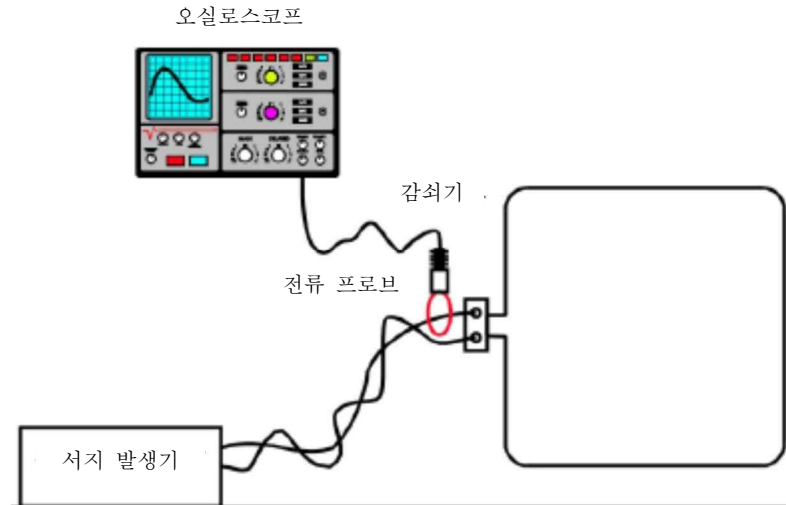


그림 3 — 표준 유도 코일의 전류 측정의 예

두 표준 코일의 어느 한쪽에 맞지 않는 피시험기에는 그 밖의 다른 치수의 코일을 사용하여도 무방하다. 이런 경우에 자기장 분포는 측정 또는 계산으로 결정하여야 한다(부속서 A 참조).

6.3.2 1 m × 1 m 와 1 m × 2.6 m 표준 유도 코일의 특성

표준 유도 코일은 구리, 알루미늄 또는 도전성 비자성 재료로 만들어진 것이어야 한다. 시험 중에 위치를 안정하게 결정할 수 있을 정도의 단면과 기계 배치를 가져야 한다.

표준 코일의 허용차는 중심선(단면의 중심) 사이에서 측정했을 때 ± 1 cm이다. 자기장 분포에 대한 유도 코일의 특성을 부속서 B에 나타내었다.

6.4 시험 시스템의 교정

시험 시스템의 본질적인 특성은 전류를 측정하여 교정하여야 한다(그림 3 참조).

출력 전류는 발생기를 6.2.1에 규정된 표준 유도 코일에 연결한 상태에서 적용 가능한 모든 시험 레벨에 대하여 검증하여야 한다. 표 3과 표 4에 주어진 규격을 준수하기 위해서는 직렬로 된 외부 커패시터(예: 18 μ F)가 필요할 수도 있다. 커패시터는 발생기에 포함되어 있을 수도 있다. 연결은 길이가 최대 3 m이고 단면이 적합한 꼬인 도체 또는 동축 케이블로 하여야 한다.

표 3과 표 4에 주어진 다음의 규격을 검증하여야 한다.

표 3 — 시험 시스템의 파형 시간 파라미터의 규격

	전반시간 T_f	지속시간 T_d
1 m × 1 m 표준 유도 코일을 사용하는 시스템	$T_f = 1.25 \times T_r = 8 \mu s \pm_{-0.8}^{+2.4} \mu s$	$T_d = 1.18 \times T_w = 20 \mu s \pm_{-2}^{+6} \mu s$
1 m × 2.6 m 표준 유도 코일을 사용하는 시스템	$T_f = 1.25 \times T_r = 8 \mu s \pm_{-0.8}^{+3.2} \mu s$	$T_d = 1.18 \times T_w = 20 \mu s \pm_{-2}^{+8} \mu s$

표 4 — 시험 시스템의 침투 전류 파형의 규격

시험 레벨	침투 전류 $\pm 10\%$ A	
	1 m × 1 m 표준 유도 코일을 사용하는 시스템	1 m × 2.6 m 표준 유도 코일을 사용하는 시스템
1	해당 없음	해당 없음
2	해당 없음	해당 없음
3	111	152
4	333	453
5	1 111	1 515
X ^{비고2}	특별/0.9	특별/0.66
비고 1 0.9와 0.66은 A.2.3에 기술된 대로 표준 유도 코일의 계산된 코일 인자이다(부록 A 참조).		
비고 2 "X"는 다른 것들 위, 아래, 또는 사이의 레벨이 될 수 있다. 이 레벨은 전용 장비 규격에 규정되어야 한다.		

전류 트랜스포머(프로브)를 사용해 단락회로 전류를 측정한다면 자기 철심의 포화가 일어나지 않도록 하는 것을 선택하여야 한다. 프로브의 하위(-3 dB) 모서리 주파수는 100 Hz 미만이어야 한다. 교정은 전류 프로브와 오실로스코프로, 또는 대역폭이 1 MHz를 초과하는 동등한 측정 계기로 수행하여야 한다.

7 시험 구성

7.1 시험 장비

다음 장비는 시험 구성의 일부다.

- 피시험기기(EUT),
- 필요시 보조 장비(AE),
- 케이블 (규정된 유형과 길이의 것)
- 내부/외부(예: 18 μ F) 커패시터가 있는 조합과 발생기,
- 유도 코일,
- 바닥설치형 장비를 시험하는 경우, 기준 접지면.

7.2 시험 설비의 유효성확인

유효성확인의 목적은 시험 구성이 올바르게 동작하고 있는지를 확인하는 것이다. 시험 구성은 다음을 포함한다.

- 조합과 발생기,
- 유도 코일,
- 시험 장비의 상호연결 케이블.

시스템이 올바르게 기능하고 있는지를 검증하기 위해서는 다음의 신호를 점검하여야 한다.

- 유도 코일 단자에 존재하는 서지 임펄스.

적합한 측정 장비(예: 전류 프로브, 오실로스코프)를 사용하여 서지가 어떤 수준으로 존재한다는 것을

검증하는 것으로도 충분하다.

비고 시험실은 이 유효성확인 절차에 할당된 내부 대조물질 기준값을 정의할 수 있다.

7.3 탁상형 피시험기기에 적용된 임펄스 자기장에 대한 시험 구성

탁상형 피시험기기는 비도전성 테이블 위에 놓아야 한다. 치수가 최대 $0.6\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ ($L \times W \times H$)인 피시험기기를 시험하는 데는 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 유도 코일을 사용하여도 무방하다. 치수가 최대 $0.6\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 2\text{ m}$ ($L \times W \times H$)인 피시험기기를 시험하는 데는 $1\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 유도 코일을 사용하여도 무방하다.

유도 코일은 3 개의 직교 방향으로 놓여 있어야 한다.

피시험기기가 $1\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 유도 코일에 적합하지 않을 때는 근접법(7.4 참조)을 사용하거나, 더 큰 유도 코일을 자기장의 각기 다른 장 방향에 대하여 피시험기기의 치수에 적합하도록 구성할 수도 있다.

비고 매우 큰 장비에 알맞은 코일을 제작하는 것이 비실용적인 경우에는 근접법이 유일하게 적합한 시험 방법이다.

이 시험 중에는 케이블의 영향을 극대화할 필요가 없다. 케이블이 루프 안테나에 근접한 정도는 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이 영향을 극소화하도록 케이블을 포설하여야 한다. 최소화된 케이블 포설 치수는 시험될 수 있는 피시험기기의 최대 크기를 결정하는데 포함되어야 한다.

피시험기기 밑에는 RGP가 필요 없다(아래 그림 4 참조). 유도 코일은 어떤 전도성 표면, 예를 들어 차폐된 외함의 벽과 바닥으로부터 적어도 0.5 m 떨어져 있어야 한다.

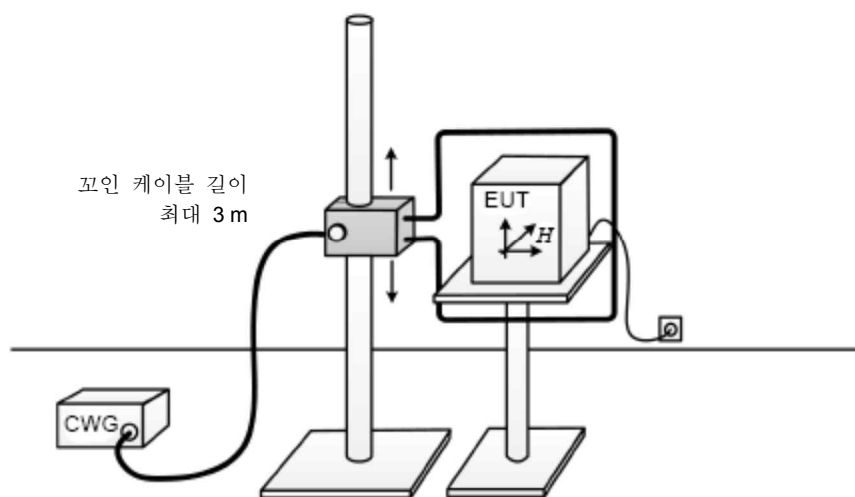


그림 4 — 수직 직교면을 보여주는 탁상형 기기에 대한 시험 구성의 예

7.4 바닥설치형 피시험기기에 적용된 임펄스 자기장에 대한 시험 구성

바닥설치형 기기(예: 랙)을 시험하기 위한 표준 치수의 유도 코일은 한쪽 면이 대형기기에 대한 RGP가 될 수도 있는 $1\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 의 짧은 직사각형 형상을 갖는다. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 유도 코일은 최대 치수가 $0.6\text{ m} \times 0.6\text{ m}$ 인 바닥설치형 기기에 사용할 수 있다.

RGP는 0.65 mm의 최소 두께, 1 m × 1 m의 최소 크기를 가져야 한다. 피시험기기는 RGP로부터 절연되어야 한다.

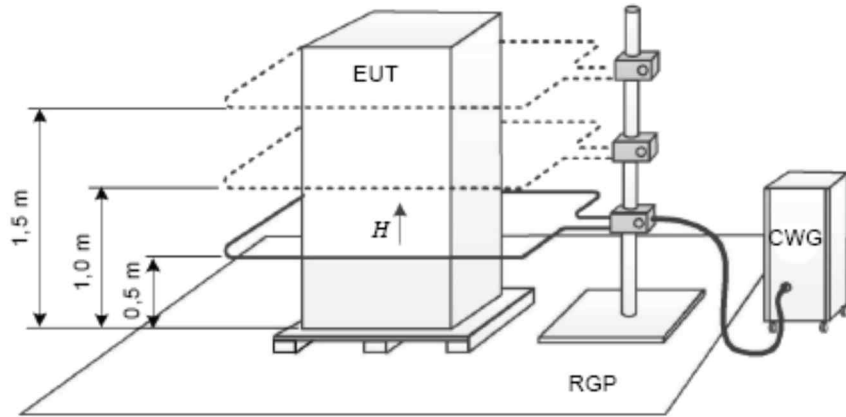


그림 5 — 수평 직교면을 보여주는 바닥설치형 기기에 대한 시험 구성의 예

피시험기기의 상단이 RGP로부터 0.75 m 넘게 떨어져 있는 바닥설치형 장비(예: 캐비닛)의 경우, 둘 이상의 위치를 시험하여야 한다. 그 위치간 거리는 (0.5 ± 0.05) m이어야 한다. 그림 5는 시험해야 할 3 개 위치를 나타낸 것이다. 어쨌든, 그림 5에 나타낸 유도 코일은 0.5 m 밑에 놓아서는 안 된다. 그림 6은 수직 직교면을 갖는 시험의 예를 나타낸 것이다.

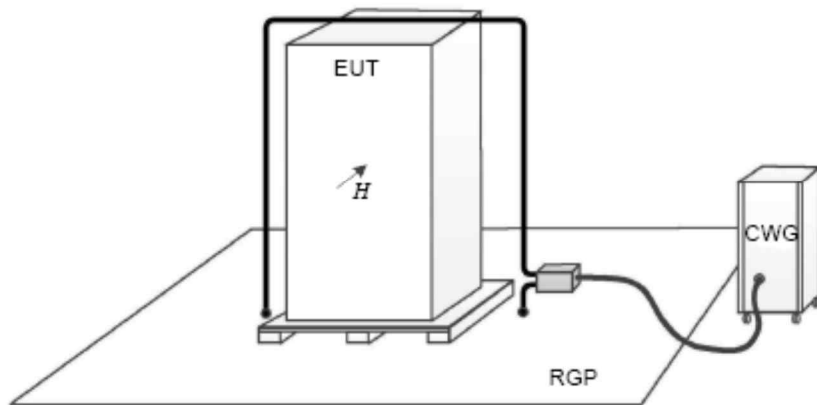


그림 6 — 수직 직교면을 보여주는 바닥설치형 기기에 대한 시험 구성의 예

직사각형 코일의 시험 체적은 $0.6 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ($L \times W \times H$)이다.

피시험기기가 $1 \text{ m} \times 2.6 \text{ m}$ 직사각형 코일에 적합하지 않을 때는 근접법(자세한 내용은 그림 7과 7.5 참조)을 사용하거나, 더 큰 유도 코일을 자기장의 각기 다른 장 방향에 대하여 피시험기기의 치수에 적합하도록 구성할 수도 있다(부속서 A 참조).

매우 큰 장비에 알맞은 코일을 제작하는 것이 비실용적인 경우에는 근접법이 유일하게 적합한 시험 방법이다. 제품 위원회는 근접법을 사용할지 적합한 코일을 사용할지를 선택할 수 있다.

이 시험 중에는 케이블의 영향을 극대화할 필요가 없다. 케이블이 루프 안테나에 근접한 정도는 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이 영향을 극소화하도록 케이블을 포설하여야 한다. 최소화된

케이블 포설 치수는 시험될 수 있는 피시험기기의 최대 크기를 결정하는데 포함되어야 한다.

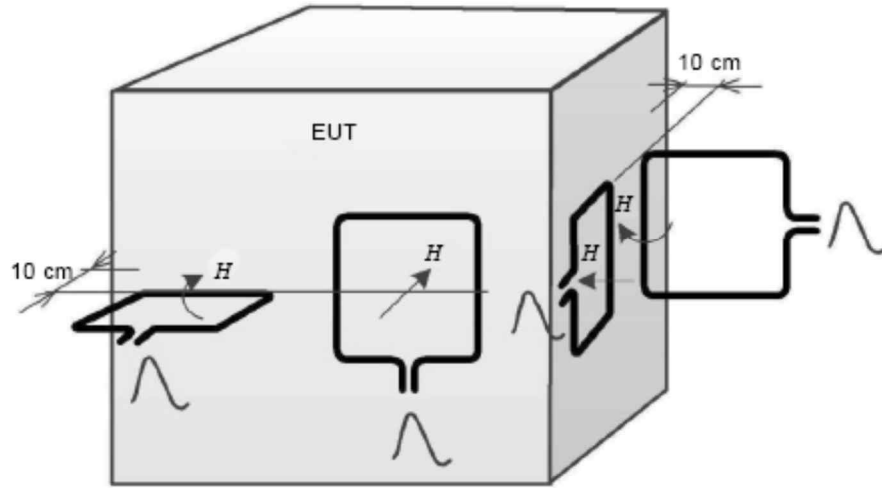


그림 7 — 근접법을 사용한 시험 구성의 예

7.5 현장에 적용된 임펄스 자기장에 대한 시험 구성

현장 시험은 일반적으로 대형 기계류 또는 이와 유사한 장비에 적용할 수 있는 실용적인 유일한 시험 방법이다. 현장 시험 중에는 대개 RGP를 이용할 수 없다. 그러므로 RGP가 준비되어 있지 않을 때는 근접법이 실용적인 유일한 시험 방법이 될 수 있다. 그림 7은 현장 시험을 위한 시험 구성의 예를 나타낸 것이다. 근접법으로 피시험기기를 검사할 때는 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 표준 유도 코일을 사용하여야 한다. 게다가 표준 유도 코일은 피시험기로부터 분리되어 있어야 한다. 표준 유도 코일과 피시험기기 간의 거리는 $(10 \pm 1)\text{ cm}$ 이어야 한다.

비고이 거리는 표준 유도 코일의 중심에서와 동일한 자기장 세기를 보장하기 위해 정의한 것이다.

탁상형 기기는 7.3에 따라 시험할 수 있지만 이것이 바람직한 시험 방법은 아니다.

8 시험 절차

8.1 일반사항

시험 절차는 다음을 포함한다.

- 7.2에 따른 시험 계측장비의 유효성확인,
- 시험기관 기준 조건의 정립,
- 피시험기기가 올바르게 동작하는지 확인,
- 시험의 실행,
- 시험 결과의 평가(9 참조).

8.2 시험기관 기준 조건

8.2.1 기후 조건

일반 표준, 제품군 또는 제품 표준에 달리 명시되어 있지 않은 한, 시험기관의 환경 조건은 피시험기

기와 시험 기기의 동작에 대하여 각 제조자가 명시한 허용범위 내여야 한다.

만약 상대습도가 아주 높아 시험 장비 또는 피시험기기에 수분 응축이 발생하는 경우에는 시험을 수행하지 않아야 한다.

8.2.2 전자파 조건

시험실의 전자파 조건은 시험 결과에 영향을 미치지 않도록 피시험기기의 올바른 동작을 보장할 수 있는 정도이어야 한다.

8.3 시험의 실행

유효성확인을 하여야 한다. 유효성확인 은 시험 전에 하는 것이 바람직하다(7.2 참조).

시험은 시험 계획서에 따라 수행하여야 한다. 시험 계획서는 다음을 포함해 시험 구성을 규정하여야 한다.

a) 시험 레벨,

b) 임펄스의 수(각각의 직교 방향에 대하여):

관련 표준에 달리 규정되어 있지 않는 한 임펄스의 수:

- 직류 전원 피시험기기의 경우, 정극성 임펄스 5 개와 부극성 임펄스 5 개,
- 단상 교류 전원 피시험기기의 경우, 위상 동기화 없이 양극성 임펄스 20 개와 부극성 임펄스 20 개,
- 3상 교류 전원 피시험기기의 경우, 위상 동기화 없이 양극성 임펄스 20 개와 부극성 임펄스 20 개,

c) 분당 1 임펄스를 초과하는 임펄스 반복율(이 반복율은 제품위원회에서 지정할 수도 있다),

d) 피시험기기의 대표 동작 조건,

e) 탁상형 기기의 경우 자기장의 3 가지 직교 방향,

f) 바닥설치형 기기의 경우 자기장의 3 가지 방향,

g) 피시험기기에 대한 유도 코일의 위치(시험점).

대부분의 제품에는 위상 동기화가 적합하지 않을 수도 있다. 그러므로 제품위원회는 자신의 제품에 위상 동기화가 필요한지를 결정하여야 한다.

비고 1 인버터 기술이 적용된 장비에는 위상각을 서로 다르게 하여 시험을 하는 것이 더 중요할 수 있다.

비고 2 발생기의 CDN 출력을 사용할 때는 특별한 안전 고려사항이 필요할 수도 있다.

9 시험 결과의 평가

시험 결과는 제조자 또는 시험 요청자가 정의한 성능 레벨 또는 제품의 제조자와 구매자가 상호 합의한 성능 레벨에 대한 피시험 장비의 기능 상실 또는 성능 저하의 측면에서 등급을 분류하여야 한다. 권장하는 등급분류는 다음과 같다.

- a) 제조자, 요청자 또는 구매자가 규정한 한계값 내에서 정상 성능,
- b) 조작자 개입 없이 방해가 끝난 후 중단되거나 피시험 장비가 자신의 정상 성능을 회복하는 기능의 일시적 상실 또는 성능의 저하,
- c) 보정하려면 조작자 개인이 필요한 기능의 일시적 상실 또는 성능의 저하,
- d) 하드웨어나 소프트웨어, 또는 데이터의 손실로 인해 복구할 수 없는 기능의 상실 또는 성능의 저하.

제조자는 자신의 시방서에 중요하지 않다고 여길 수 있어 허용할 수도 있는 피시험기기에 미치는 영향을 정의할 수도 있다.

이 등급 분류는 일반적인 제품 및 제품군 표준을 책임지는 위원회에서 성능 기준을 공식화하는 안내서로 사용할 수 있으며, 적합한 일반적인 제품 또는 제품군 표준이 존재하지 않는 경우 제조자와 구매자 상호 간의 성능 기준 합의 틀로 사용할 수도 있다.

시험을 적용한 결과로 기기가 위험하거나 불안전하게 되어서는 안 된다.

10 시험 성적서

시험 성적서에는 시험의 재현성을 위해 필요한 모든 정보가 포함되어야 한다. 특히 다음 사항을 기록하여야 한다.

- 이 시험방법의 8에서 요구되는 시험 계획서에 규정된 항목들,
- 피시험기기 및 관련 장비의 식별정보, 예를 들어 상표명, 제품유형, 일련번호,
- 시험 장비의 식별정보, 예를 들어 상표명, 제품유형, 일련번호,
- 시험 시 특별 환경 조건, 예를 들어 차폐된 외함,
- 시험이 수행되도록 하는데 필요한 특정 조건,
- 제조자, 요청자 또는 구매자가 정의한 성능 레벨,
- 일반, 제품, 제품군 표준에 규정된 성능평가기준,
- 시험 방해 신호를 인가하는 동안 또는 인가 후에 관측된 피시험기기에 미친 영향, 그리고 그 영향이 지속된 기간,
- 적합/부적합 판정의 기준(일반, 제품, 제품군 표준에 규정되어 있거나 제조자와 구매자가 합의한 성능평가기준에 근거한 것),
- 적합성을 달성하는데 필요한 특정 사용 조건, 예를 들어 케이블 길이/유형, 차폐/접지, 또는 피시험기기 동작 조건,
- 시험을 위해 선택된 유도 코일,
- 피시험기기에 대한 유도 코일의 위치와 방향.

부속서 A (참고)

비표준 유도 코일의 특성

A.1 일반사항

피시험기기가 표준 유도 코일에 적합하지 않을 때는 근접법을 사용하거나 비표준 유도 코일을 사용하여도 무방하다. 비표준 코일은 자기장의 각기 다른 방향에 대한 피시험기기의 치수에 맞도록 제작된다.

조금 더 큰 유도 코일은 반복 가능한 결과를 제공하지만 매우 큰 코일을 제작하는 것은 실용적이지 않을 수도 있다는 점에 주목한다. 비표준 유도 코일의 최대 치수는 $1\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 코일의 파형 요구사항이 충족될 수 있는지에 의해 결정된다. 근접법이 유용할 수도 있지만 반드시 재현 가능한 결과를 도출하는 것은 아니다.

비고 큰 치수의 피시험기기 가능성으로 인해 충분한 기계적 강성을 갖도록 코일을 "C" 또는 "T" 단면의 형상으로 만들 수 있다.

A.2 코일 인자의 결정

A.2.1 일반사항

유도 코일 인자는 측정 또는 계산하여 결정하여야 한다. 유도 코일 인자는 유도 코일 내 전류를 계산하여 유도 코일 중심에서 요구되는 자기장 세기를 구하는데 사용된다.

A.2.2 코일 인자 측정

A.2.2.1 일반사항

각기 다른 코일에서 얻은 시험 결과를 비교하려면 피시험기기 없는 자유 공간 조건에서 유도 코일 인자를 측정하여야 한다.

적당한 감도를 가진 자기장 센서를 사용하여 유도 코일에 의해 발생된 자기장 세기 H 를 측정하여야 한다.

자기장 센서는 유도 코일 중심에, 자기장의 최대값을 검출하기에 적합한 방향으로 놓여 있어야 한다. 자기장 센서의 측정 범위 내에서 자기장 세기를 구하려면 유도 코일 내 전류 I 를 측정하여 조정하여야 한다. 코일 인자 k_{CF} 는 $k_{CF} = H/I$ 로 구해진다.

A.2.2.2 탁상형 기기의 코일 인자 측정

다음 절차를 수행하여야 한다.

유도 코일을 전도성 구조물 또는 자성 구조물로부터 최소 1 m 떨어진 곳에 놓아야 한다. 절연재를 사용하여 유도 코일을 지지하여도 무방하다. 유도 코일을 교류 발생원에 연결한다. 임의 주파수(예: 50 Hz 또는 60 Hz)에서 측정을 실시한다.

A.2.2.3 바닥설치형 기기의 코일 인자 측정

다음 절차를 수행하여야 한다.

유도 코일은 RGP 위에 놓는 것이 바람직하다. 이 RGP는 코일의 한 면을 이룰 수도 있다. RGP를 제외하고 다른 모든 전도성 구조물 또는 자성 구조물은 코일로부터 적어도 1 m 떨어져 있어야 한다. 절연재를 사용하여 유도 코일을 지지하여도 무방하다. 유도 코일을 교류 발생원에 연결하여야 한다. 측정은 전원 주파수에서 수행하여야 한다.

A.2.3 코일 인자 계산

코일 인자는 유도 코일의 기하학적 치수로부터 계산할 수 있다. 측면 $a + b$ 와 c 를 가진 단일 권선 직사각형 유도 코일(그림 A.1 참조)의 경우, 코일 인자 k_{CF} 는 다음 식으로 주어진다.

$$k_{CF}(P) = \frac{H(P)}{I} = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{\frac{4a}{c} + c/a}{\sqrt{a^2 + (\frac{c}{2})^2}} + \frac{\frac{4b}{c} + c/b}{\sqrt{b^2 + (\frac{c}{2})^2}} \right] \quad (A.1)$$

여기서 $H(P)$ 는 P 점에서의 자기장이고 I 는 유도 코일 전류다. 식 (A.1)은 코일 인덕터 단면의 최대 치수가 유도 코일의 가장 짧은 면에 비해 작을 때 유효하다. 측면이 c 이고 P 가 코일의 중심에 있는 사각형 유도 코일의 경우, $a = b = c/2$ 이다. P 가 직사각형 코일의 중심에 있다면 $a = b$ 이다. RGP가 코일의 밑면이라면 식 (A.1)은 실제(물리적) 코일의 이미지를 고려하였을 때 여전히 유효하다. 이 경우에 P 가 물리적 코일의 중심에 있다면 물리적 코일에 의해 형성된 코일의 k_{CF} 는 식 (A.1)로 주어진다. 이때 $b = 3 \times a$ 이다.

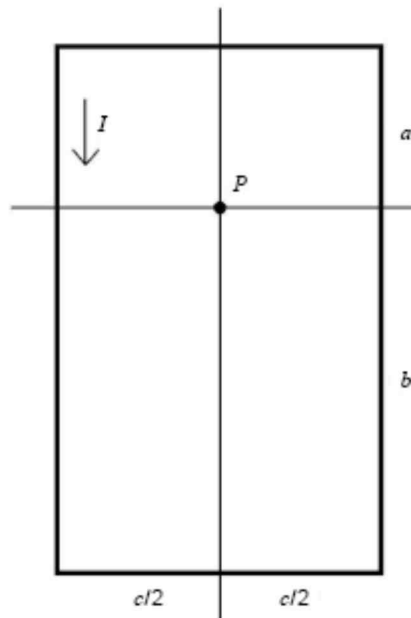


그림 A.1 — 측면 $a + b$ 와 c 를 가진 직사각형 유도 코일

A.3 자기장 측정

A.2.2.1에 언급된 장 측정은 대형 비표준 유도 코일에도 적용할 수 있다. 자기장은 교정된 센서들(예를 들어 지름이 유도 코일보다 적어도 한 차수 더 적은 "홀 효과" 또는 다중권선 루프 센서)과 전원 주파수 협대역 계기로 이루어진 측정 시스템으로 측정할 수 있다. 최대 피시험기기 체적은 x-y 평면에서 +3 dB 등치선, x-z 평면에서 ± 3 dB 등치선의 제약을 받는다.

A.4 비표준 유도 코일의 유효성확인

측정은 상용주파수 전류를 유도 코일에 주입하고, **그림 A.2** 에서와 같이 코일의 기하학적 중심에 놓인 센서로 자기장을 측정하여 수행할 수 있다.

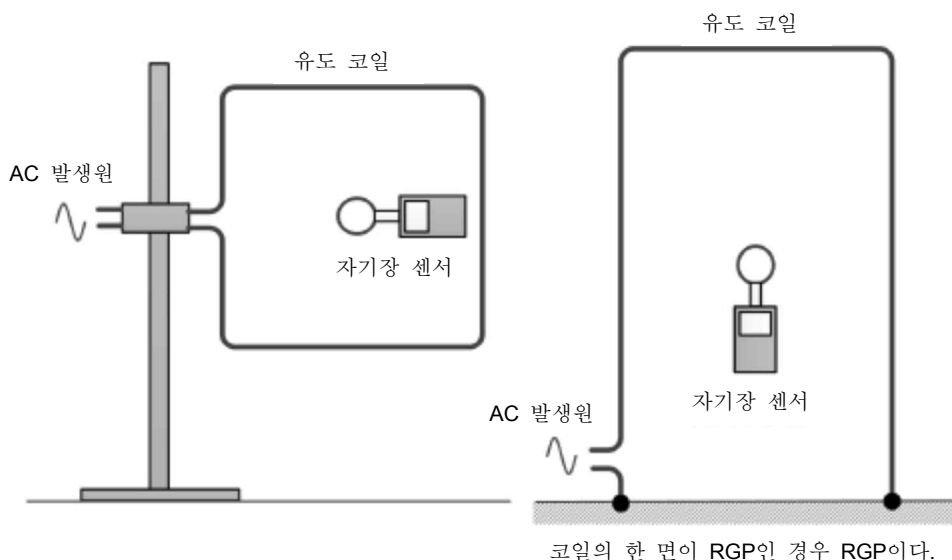


그림 A.2 — 비표준 유도 코일의 유효성확인 구성의 예

유도 코일 인자는 코일 인덕터의 최대 단면 치수가 코일의 가장 짧은 면의 0.02 미만인 경우 식 (A.1)로부터 계산할 수 있다.

코일의 한 면이 RGP인 경우 추가적인 불확도 원인은 RGP의 유한한 크기다. 이것은 무한한 크기의 RGP가 존재한다고 가정했을 때와 존재하지 않는다고 가정했을 때 계산한 코일 인자들 간 상대 편차를 통해 평가할 수 있다.

부속서 B (참고)

표준 유도 코일의 자기장 분포에 관한 정보

B.1 일반사항

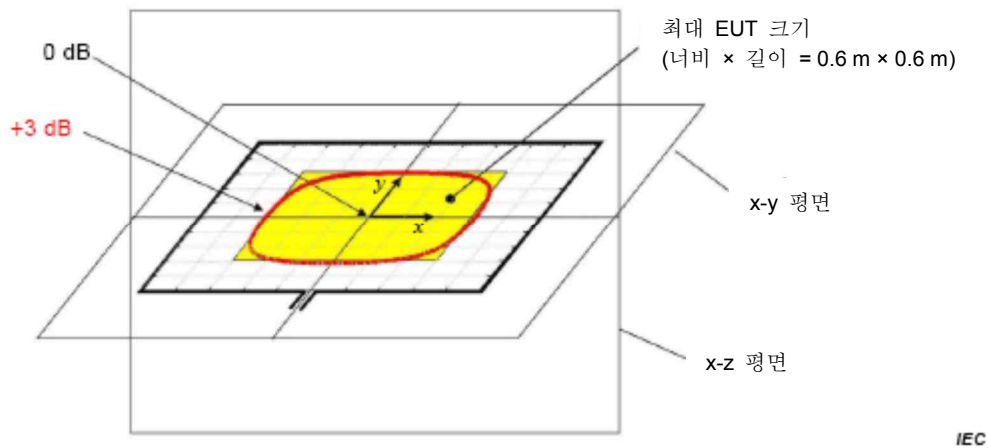
부속서 B에서는 피시험기기의 최대 크기와 표준 유도 코일 내에서 피시험기기의 위치에 관한 정보를 제공한다. 최대 피시험기기 체적은 x-y 평면에서 +3 dB 등치선, x-z 평면에서 ± 3 dB 등치선의 제약을 받는다.

단일 권선 표준 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 코일에 대한 인덕턴스는 약 $2.5\text{ }\mu\text{H}$ 이고, $1\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 표준 코일에 대한 인덕턴스는 약 $6\text{ }\mu\text{H}$ 이다.

자기장 계산시에는 루프 도체의 유한한 단면은 무시한다(얇은 와이어로 근사화한다).

B.2.1 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 유도 코일

자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선을 x-y 평면에 대해서는 그림 B.1에, x-z 평면에 대해서는 그림 B.2에 나타내었다. 최대 피시험기기 크기는 너비 \times 길이 \times 높이 = $0.6\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 이다.



비고-3 dB 등치선은 루프의 밖에 있기 때문에 표시되어 있지 않다.

그림 B.1 — $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 유도 코일의 x-y 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 등치선

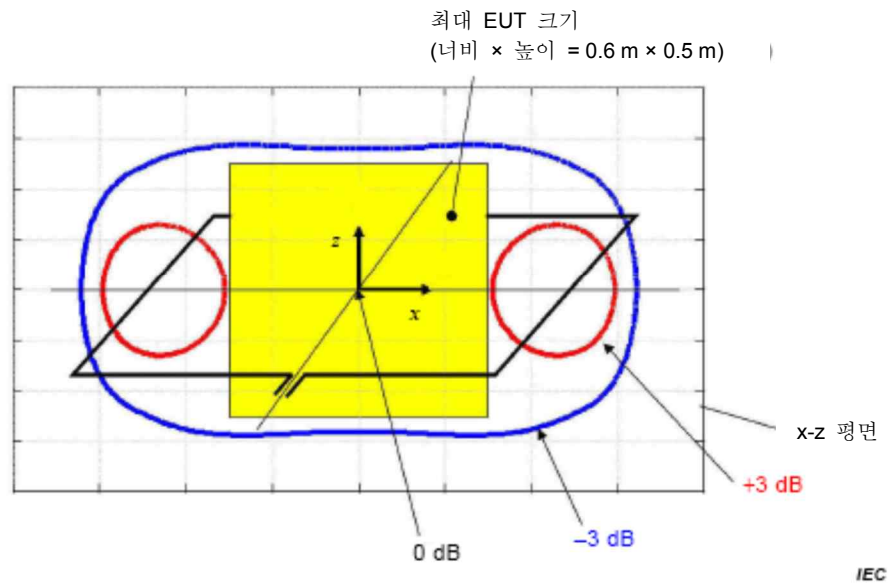
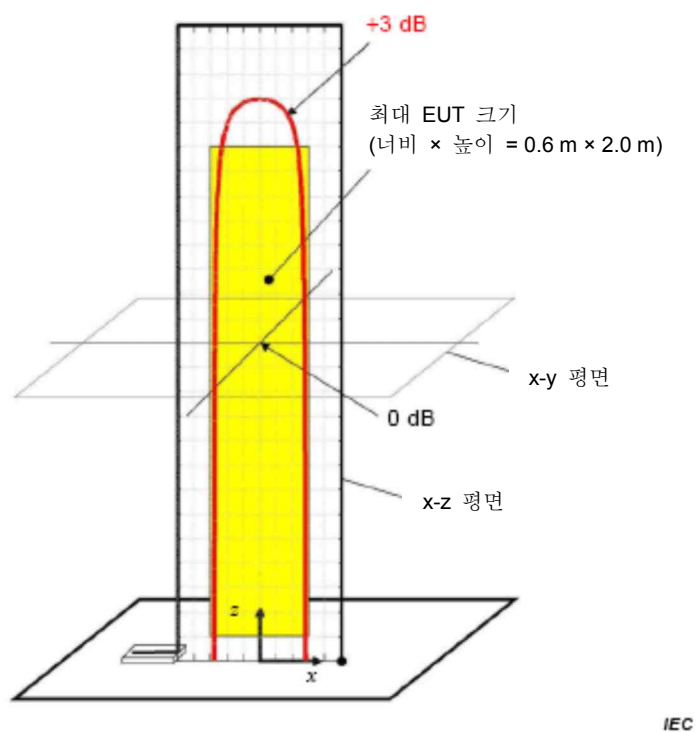


그림 B.2 — 1 m × 1 m 유도 코일의 x-z 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB와 -3 dB 등치선

B.3 접지 기준면이 있는 1 m × 2.6 m 유도 코일

자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선을 x-z 평면에 대해서는 그림 B.13에, x-y 평면에 대해서는 그림 B.4에 나타내었다. 최대 피시험기기 크기는 너비 × 길이 × 높이 = 0.6 m × 0.6 m × 2 m이다.

±3 dB 등치선을 계산할 때는 기준 접지면의 크기를 무한대로 간주한다.



비고-3 dB 등치선은 루프의 밖에 있기 때문에 표시되어 있지 않다.

그림 B.3 — 접지 기준면이 있는 1 m × 2.6 m 유도 코일의 x-z 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 등치선

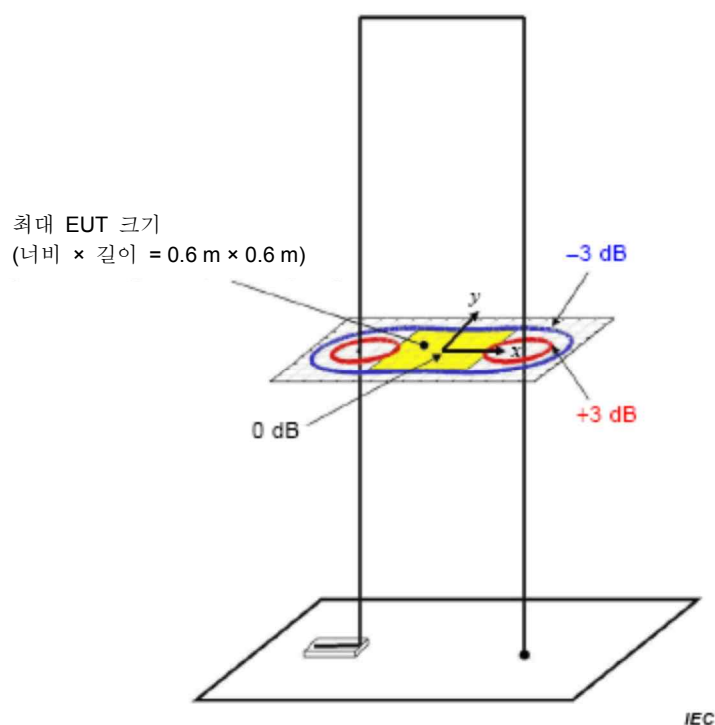
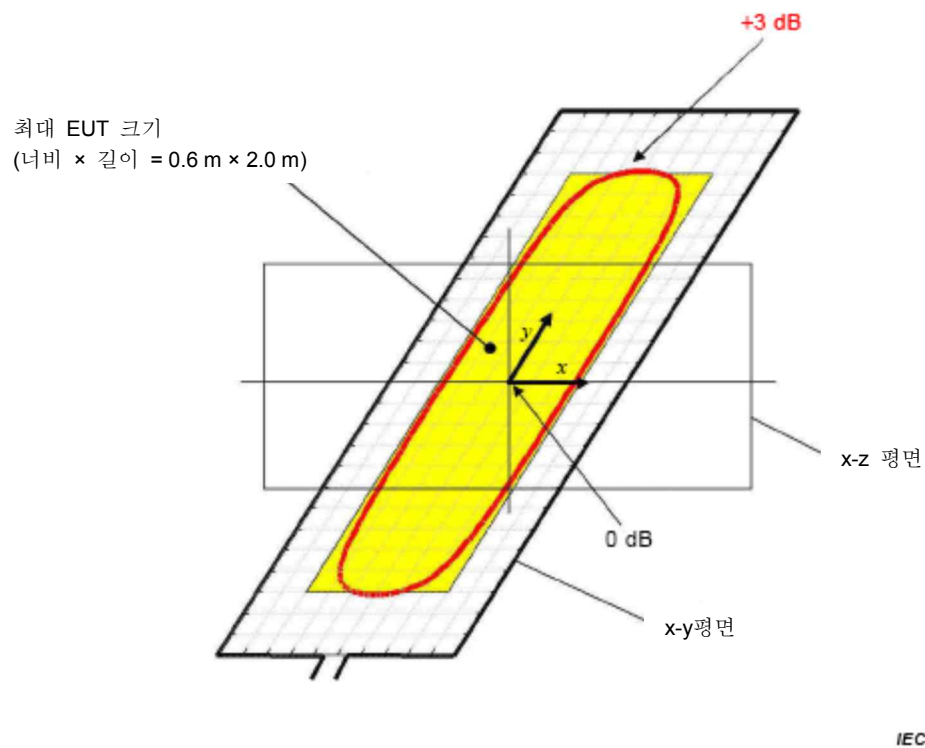


그림 B.4 — 접지 기준면이 있는 1 m × 2.6 m 유도 코일의 x-y 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선

B.4 접지 기준면이 없는 1 m × 2.6 m 유도 코일

자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선을 x-y 평면에 대해서는 그림 B.5에, x-z 평면에 대해서는 그림 B.6에 나타내었다. 최대 피시험기기 크기는 너비 × 길이 × 높이 = 0.6 m × 0.6 m × 2 m이다.



비고-3 dB 등치선은 루프의 밖에 있기 때문에 표시되어 있지 않다.

그림 B.5 — 접지 기준면이 없는 1 m × 2.6 m 유도 코일의 x-y 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 등치선

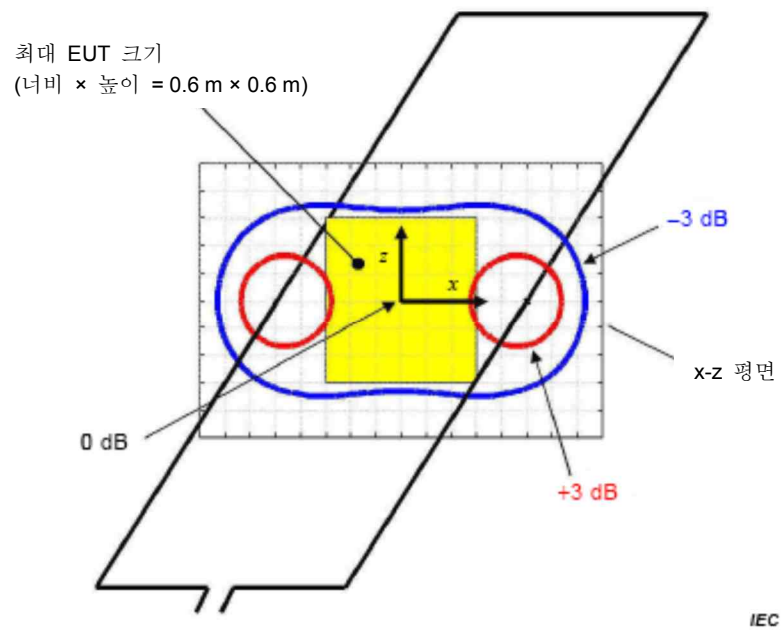


그림 B.6 — 접지 기준면이 없는 1 m × 2.6 m 유도 코일의 x-z 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선

부속서 C (참고)

시험 레벨의 선택

시험 레벨은 관련 장비가 사용되도록 정해진 전자기 환경에 따라 가장 현실적인 설치 조건을 고려하여 선택하여야 한다.

시험 레벨에 대한 권고사항은 5에 명시되어 있다.

시험 레벨을 실제 선택할 때는 다음을 고려하여야 한다.

- 전자기 환경,
- 임펄스 자기장 방해 발생원이 관련 장비에 근접한 정도,
- 고려 대상 전자기 환경에서 설치시 일반적으로 설치 조건,
- 적합성 여유도, 즉 최대 방해 레벨과 고려 대상 내성 레벨 간의 여유도의 필요와 그 양.

시험 장비에 적합한 시험 레벨은 기기가 사용되도록 정해진 전자기 환경에 따라 달라진다. 관련 전자기 환경을 대표하는 공통 설치 관행을 토대로 임펄스 자기장 시험에 대한 시험 레벨의 선택 지침은 다음과 같을 수 있다.

분류1: 전자기 현상이 어느 범위까지(예를 들어 현상이 발생하지 않음, 현상이 비교적 낮은 확률로만 발생함 등) 발생할 수 있도록 하기 위해 사용되는 특정 완화 대책이 포함된 전자기 환경

통제된 전자기 환경: 민감한 장치(예: 전자 현미경, 음극선관 등)가 사용될 계획인 경우

시험은 이런 환경 분류에 사용되도록 만들어진 기기에는 적용하지 않는다.

분류2: 주거 지역을 대표하는 전자기 환경

시험은 이 환경 분류에 사용되도록 만들어진 기기에는 적용하지 않는다. 관련 위치가 중전압 및 고전압 변전소 내에서 개폐 현상의 영향을 받지 않기 때문이다.

분류3: 사무/상업 지역을 대표하는 전자기 환경

이 환경 분류의 장소는 중전압 및 고전압 개폐장치에 또는 이에 해당하는 과도현상을 전달하는 도체에 근접해 있다는 것이 특징이다. 변전소 인근에 있는 컴퓨터실이 이런 장소를 대표하는 것일 수 있다.

분류4: 산업 지역을 대표하는 전자기 환경

이 환경 분류의 장소는 중전압 또는 고전압 변전소, 또는 과도 고장 전류를 운반하는 도체가 존재한다는 것이 특징이다. 고전류 장비/설비가 있는 변전소 및 현장의 제어실이 이런 장소를 대표하는 것일 수 있다.

분류5: 다음의 속성을 특징으로 하는 가혹한 전자기 환경: 수십 kA를 운반하는 도체, 모선 또는 중전압/고전압 선로.

중공업 설비, 중전압/고전압 변전소 및 발전소의 개폐소 영역이 이런 전자기 환경을 가진 장소를 대표하는 것일 수 있다.

분류X: 특별 전자기 환경

기기 회로, 케이블, 선로 등으로부터 사소하거나 중대한 장해원을 전자기적으로 분리하려면 위에 기술된 것보다 더 높거나 낮은 시험 레벨을 사용할 필요가 있을 수도 있다. 이에는 사례별 평가가 필요할 수 있다.

더 높은 시험 레벨을 가진 전자기 환경에 관련된 기기의 선로(예: 케이블링, 모선, 가공지선)는 더 낮은 시험 레벨을 가진 환경에 지정된 장소에 침투할 수 있다. 이런 경우에는 적합한 시험 레벨에 대하여 후자의 장소를 재평가하는 것이 바람직하다.

전자기 환경의 측면에서 상기와 같은 시험 레벨의 선정은 단지 지침으로만 사용하여야 한다. 상기 유형의 전자기 환경들 중 하나로 장소가 지정될 수 있는 경우가 있을 수도 있지만, 관련 장비의 특징이나 다른 상황으로 인해 전자기 환경의 유형에 관련된 것과 다른 시험 레벨이 더 적합할 수도 있다. 이에 해당하는 평가는 관련 당사자들(예: 제품위원회)이 수행하여야 한다.

부속서 D (참고)

측정 불확도(MU) 고려사항

D.1 일반사항

실현된 방해의 양이 이 시험방법에 규정된 방해의 양을 준수하는지의 여부는 대개 일련의 측정(예를 들어 전류 임펄스의 상승 시간을 전류 프로브를 사용해 오실로스코프로 측정하는 것)을 통해 확인된다. 각 측정 결과에는 측정 계측장비의 불완전 또한 측정량 자체의 반복성 결여에 기인하는 일정량의 측정 불확도(MU)가 포함된다. 여기에서 측정 불확도의 평가는 KS C IEC TR 61000-1-6에 기술된 원칙과 방법에 따라 수행된다.

MU를 평가하기 위해서는 다음을 이행할 필요가 있다.

- a) 측정 계측장비 및 측정량과 관련된 불확도원을 파악한다.
- a) 영향량(입력)과 측정량 간 함수 관계(측정 모델)를 파악한다.
- b) 입력량의 추정치와 표준불확도를 구한다.
- c) 높은 신뢰 수준으로 측정량의 참값을 포함하는 구간의 추정치를 구한다.

특정 방해량에 대해 유도된 추정치와 불확도는 기본 표준에 정의된 모의 전자기 현상과, 시험기관 외부 세계에서 실제 전자기 현상 간에 일치하는 정도를 기술하지 않는다.

방해량의 파라미터가 피시험기기에 미치는 영향은 선형적으로 인식되지 않고 대부분의 경우 피시험기기는 비선형 거동을 보이기 때문에 방해량에 대해서는 단일 추정치 및 불확도 숫자를 정의할 수 없다. 따라서 방해량의 파라미터 각각은 그에 해당하는 추정치와 불확도를 동반하게 된다. 이로 인해 둘 이상의 불확도 총괄표가 만들어진다.

D.2 범위

I_P	코일에 주입된 전류 임펄스의 첨두값
H_P	자기장 임펄스의 첨두값
K_{CF}	유도 코일의 코일 인자: $H_P = K_{CF} \times I_P$
T_f	전류와 자기장 임펄스의 전단 상승시간: $T_f = 1.25 T_r$
T_r	첨두값의 10 % ~ 90 % 시간으로 정의된, 전류와 자기장 임펄스의 상승시간
T_w	전류와 자기장 임펄스의 너비
T_d	전류와 자기장 임펄스의 지속기간: $T_d = 1.18 T_w$

비고 기호 $u(x_i)$, a_i , $u_i(y)$, $U(y)$ 의 의미와 이들 간의 관계는 KS C IEC TR 61000-1-6에 기술되어 있다.

D.3 서지 전류 및 서지 자기장 측정 불확도에 대한 불확도 기여

아래 목록은 측정 계측장비와 시험 구성 영향을 모두 평가하는데 사용되는 기여요인을 나타낸 것이다.

— 첨두값의 판독

- 10 % 레벨의 판독
- 90 % 레벨의 판독
- 50 % 레벨의 판독
- 측정 시스템의 대역폭
- 측정 시스템의 임펄스 응답의 형상
- 오실로스코프 수평축 측정 오차
- 오실로스코프 수직축 측정 오차
- 측정 시스템, 측정량, 구성 반복성 (유형 A)
- 오실로스코프와 측정 시스템의 교정
- 유도 코일의 코일 인자

D.4 서지 전류와 서지 자기장 교정의 불확도

D.4.1 일반사항

자기장 시험의 경우, 방해량은 시험 발생기에서 발생되어 코일 단자로 주입된 서지 전류와, 피시험기기로 인가된 서지 자기장이다. **D.1**에서 논의한 바와 같이 방해량의 각 측정 파라미터마다 불확도 총괄표가 필요하다. 이런 방해량의 파라미터는 서지 전류의 경우 I_p , T_f , T_d 이며, 서지 자기장의 경우 H_p 이다. 유도 코일에 의해 발생한 자기장은 그 단자로 흐르는 전류에 비례하고 그 비례 상수는 코일 인자 k_{CF} 이라고 가정한다. 그러므로 서지 자기장은 서지 전류와 동일한 전반시간과 폭을 가지며, 자기장의 첨두는 $H_p = k_{CF} \times I_p$ 로 구해진다.

임펄스 MU를 평가하기 위해 여기에서 채택한 접근법은 **D.4.6**과 **D.4.7**에 기술되어 있다. 표 **D.1**, **D.2**, **D.3**은 서지 파라미터에 대한 불확도 총괄표의 예를 제시한 것이다. 이 표에는 이런 예에 가장 유의한 것으로 여겨지는 입력량, MU에 대한 각 기여인자의 상세정보(수치값, 확률밀도함수의 유형 등), 그리고 각 불확도 총괄표를 결정하는데 필요한 계산 결과가 포함되어 있다.

D.4.2 서지 전류의 전반시간

측정량은 다음의 함수 관계를 이용해 계산한 서지 전류 전반시간이다.

$$T_f = 1.25 \sqrt{(T_{90\%} - T_{10\%} + \delta R)^2 - T_{MS}^2} \quad (D.1)$$

여기서

$$T_{MS} = \frac{\alpha}{B} \quad (D.2)$$

$T_{10\%}$ 는 첨두값의 10 %에서의 시간이다.

$T_{90\%}$ 는 첨두값의 90 %에서의 시간이다.

δR 은 비반복성에 대한 보정이다.

T_{MS} 는 측정 시스템의 계단 응답의 상승시간(10 % ~ 90 %)[μs]이다.

B 는 측정 시스템의 -3 dB 대역폭[kHz]이다.

α 는 $(360 \pm 40) \mu s \times kHz$ (B 단위는 kHz, T_{MS} 단위는 μs)의 값을 갖는 계수다.

표 D.1 — 서지 전류 전반시간(T_f)에 대한 불확도 총괄표의 예

기호	추정치	단위	오차 한계	단위	PDF ^{비고}	나눗수	$u(x_i)$	c_i	단위	$u_i(y)$	단위
$T_{10\%}$	0.74	μs	0.005 0	μs	삼각형	2.45	0.002 0	-1.256 3	1	0.002 6	μs
$T_{90\%}$	7.94	μs	0.005 0	μs	삼각형	2.45	0.002 0	1.256 3	1	0.002 6	μs
δR	0	μs	0.025	μs	정상 ($k=1$)	1.00	0.025 0	1.256 3	1	0.031 4	μs
A	360	μs kHz	40	$\mu\text{s} \cdot$ kHz	직사각형	1.73	23.094 0	-0.000 3	1/kHz	0.005 8	μs
B	500	kHz	50	kHz	직사각형	1.73	28.867 5	0.000 2	$\mu\text{s}/\text{kHz}$	0.005 3	μs
$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$										0.0325 6	μs
$U(y) = 2 u_c(y)$										0.06	μs
y										8.95	μs

비고 확률 밀도 함수

$T_{10\%}$, $T_{90\%}$ 는 첨두 진폭의 10 % 또는 90 %에서의 관측한 시간이다. 오차 한계는 100 MS/s의 샘플링 주파수와 스코프의 트레이스 보간 능력(삼각형 확률 밀도 함수)를 가정하여 구해진다. 만약 그렇지 않다면 직사각형 확률 밀도 함수를 가정하여야 할 것이다. 여기에서는 샘플링 속도에 기인한 MU의 기여인자만 고려한다. 추가적인 기여인자에 대해서는 D.4.5를 참조한다. 관측값은 $T_{10\%} = 0.74 \mu\text{s}$ 와 $T_{90\%} = 7.94 \mu\text{s}$ 인 것으로 추정한다.

T_{MS} 는 측정 시스템의 계단 응답의 계산된 상승시간이다. 계수 α (D.2 참조)는 측정 시스템의 임펄스 응답의 형상에 따라 달라진다. 범위 360 ± 40 은 넓은 시스템 등급을 대표한다. 각각은 서로 다른 임펄스 응답 유형을 갖는다(D.4.6과 표 D.4 참조). 측정 시스템의 대역폭 B 는 실험으로 구하거나(대역폭의 직접 측정), 다음 식을 사용해 측정 시스템(본질적으로 전류 프로브, 케이블, 스코프) 각 요소의 대역폭 B_i 로부터 계산할 수 있다.

$$\frac{1}{B} = \sqrt{\left(\frac{1}{B_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{B_2}\right)^2 + \dots} \quad (\text{D.3})$$

B 에 대해서는 직사각형 확률 밀도 함수의 500 kHz 및 50 kHz 오차 한계의 추정치를 가정한다.

δR 은 10 % ~ 90 % 상승시간 비반복성이다. 측정 계측장비, 측정 구성의 배치, 서지 발생기 자체로 인한 $T_{90\%} - T_{10\%}$ 측정시 반복성의 부족을 수량화한다. 이것은 실험을 통해 결정한다. 이것은 n 번 반복한 측정값 q_j 의 표본의 실험 표준 편차 $s(q_k)$ 의 공식에 기초한 A형 평가이며, 다음 식으로 주어진다.

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2} \quad (\text{D.4})$$

여기서 \bar{q} 는 q_j 값들의 산술 평균이다. 오차 한계 $s(q_k) = 25 \text{ ns}$ (정규 확률 밀도 함수의 1 표준편차)와 0 ns의 추정치를 가정한다.

D.4.3 서지 전류와 자기장의 첨두값

측정량은 코일에 주입되어 함수 관계를 이용하여 계산된 서지 전류의 첨두값이다.

$$I_p = \frac{V_{PR}}{R_T} \frac{1 + \delta R + \delta V}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} \quad (D.5)$$

여기서,

V_{PR} 은 임펄스 전압 침투 판독값이다.

R_T 는 전류 프로브의 전달 저항이다.

δR 은 비반복성에 대한 보정이다.

δV 는 스코프의 직류 수직 정확도다.

B 는 측정 시스템의 -3 dB 대역폭이다.

β 는 (14.8 ± 1.6) kHz의 값을 갖는 계수다.

표 D.2 — 서지 전류(I_p)의 침투값에 대한 불확도 총괄표의 예

기호	추정치	단위	오차 한계	단위	PDF ^{비고}	나눗수	$u(x_i)$	c	단위	$u(y)$	단위
V_{PR}	1.15	V	0.002 2	V	삼각형	2.45	0.000 92	1 001	1/Ω	0.918	A
R_T	0.001	Ω	0.000 05	Ω	직사각형	1.73	0.000 03	$-151 \cdot 10^3$	A/Ω	33.23	A
δR	0	1	0.03	1	법선 ($k=1$)	1.00	0.030 00	1 151	A	34.53	A
δV	0	1	0.02	1	직사각형	1.73	0.011 55	1 151	A	13.29	A
β	14.8	kHz	1.6	kHz	직사각형	1.73	0.923 76	0.136	A/kHz	0.126	A
B	500	kHz	50	kHz	직사각형	1.73	28.867 51	-0.0040	A/kHz	0.117	A
$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$										0.050	kA
$U(y) = 2 u_c(y)$										0.10	kA
y										1.15	kA
1.15 kA의 % 단위로 표현됨										8.6	%

비고 확률 밀도 함수

V_{PR} 은 전류 프로브의 출력에서 판독한 전압 침투값이다. 오차 한계는 스코프가 보관 능력(삼각형 확률밀도함수)이 있는 8 비트 수직 분해능을 갖는다고 가정하여 구한다.

R_T 는 전류 분류기 또는 프로브의 전달 저항이다. 0.001 Ω의 추정치와 5 %(직사각형 확률 밀도 함수)의 오차 한계를 가정한다.

δR 은 측정 구성, 배치, 계측장비의 비반복성을 수량화한다. 이것은 침투 전류의 반복 측정값 표본의 실험 표준 편차로 수량화한 A형 평가다. 이는 관계항으로 표현되며, 0 %의 추정치와 3 %(1 표준편차)의 오차 한계를 가정한다.

δV 는 DC에서 스코프의 진폭 측정 부정확도를 수량화한다. 직사각형 확률 밀도 함수의 2 % 오차 한계와 0의 추정치를 가정한다.

β 는 측정 시스템의 임펄스 응답과 침투 근처에 있는 표준 임펄스 파형의 형상에 따라 달라지는 계수다(D.4.7 참조). 간격 (14.8 ± 1.6) kHz는 넓은 시스템 등급을 대표한다. 각각은 서로 다른 임펄스 응답 유형을 갖는다.

B 는 추정치와 오차 한계 모두 **D.4.2**와 동일한 의미 및 값을 갖는다.

서지 자기장 침투값의 불확도는 함수 관계 $H_P = k_{CF} \times I_P$ 로부터 구한다. 여기서 k_{CF} 는 이 시험방법에 기술된 대로 측정하거나 계산한 코일 인자다. 따라서 계산된 k_{CF} 가 0.90이고(예를 들어 측면이 1 m인 사각형 유도 코일의 경우에) 그 확장 불확도가 5 %이면 H_P 의 최선의 추정치는 1.04 kA/m이고 그 확장 불확도는 9.9 %이다(표 D.2 참조).

D.4.4 전류 임펄스의 지속시간

측정량은 코일에 주입되어 함수 관계를 이용하여 계산된 서지 전류의 지속시간이다.

$$T_d = 1.18(T_{50\%,F} - T_{50\%,R} + \delta R) \cdot \left[1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2\right] \quad (D.6)$$

여기서,

$T_{50\%,R}$ 은 임펄스 상승단에서 침투 진폭의 50 %에서 판독한 시간이다.

$T_{50\%,F}$ 는 임펄스 하강단에서 침투 진폭의 50 %에서 판독한 시간이다.

δR 은 비반복성에 대한 보정이다.

B 는 측정 시스템의 -3 dB 대역폭이다.

β 는 (14.8 ± 1.6) kHz의 값을 갖는 계수다.

표 D.3 — 서지 임펄스 너비(T_d)에 대한 불확도 총괄표의 예

기호	추정치	단위	오차 한계	단위	PDF ^{비고}	나눗수	$u(x_i)$	c	단위	$u(y)$	단위
$T_{50\%,R}$	3.44	μs	0.005 0	μs	삼각형	2.45	0.002 0	-1.181 1	μs	0.002 4	μs
$T_{50\%,F}$	22.34	μs	0.005 0	μs	삼각형	2.45	0.002 0	1.181 1	μs	0.002 4	μs
δR	0	μs	0.15	μs	범선 ($k=1$)	1.00	0.150 0	1.181 1	μs	0.177 1	μs
β	14.8	kHz	1.6	kHz	직사각형	1.73	0.923 8	-0.002 6	$\mu s/kHz$	0.002 5	μs
B	500	kHz	50	kHz	직사각형	1.73	28.867 5	0.000 1	$\mu s/kHz$	0.002 2	μs
$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$										0.177 2	μs
$U(y) = 2 u_c(y)$										0.4	μs
y										22.3	μs

비고 확률 밀도 함수

$T_{50\%,R}$, $T_{50\%,F}$ 는 서지 전류의 상승단 또는 하강단에서 침투 진폭의 50 %에서 읽은 시간이다. 오차 한계는 100 MS/s(D.4.2에서와 동일)의 샘플링 주파수와 스코프의 트레이스 보관 능력(삼각형 확률 밀도 함수)를 가정하여 구해진다. 만약 그렇지 않다면 직사각형 확률 밀도 함수를 가정하여야 할 것이다. 여기에서는 샘플링 속도에 기인한 MU의 기여인자만 고려한다. 추가적인 기여인자에 대해서는 D.4.5를 참조한다. 판독값은 $T_{50\%,R} = 3.44 \mu s$ 와 $T_{50\%,F} = 22.34 \mu s$ 인 것으로 추정한다.

δR 은 측정 계측장비, 측정 구성의 배치, 서지 발생기 자체로 인한 $T_{50\%,F} - T_{50\%,R}$ 시간차 측정의 비반복성을 수량화한다. 이것은 실험을 통해 결정한다. 이것은 반복 측정값 표본의 실험 표준 편차로 수량화한 A형 평가다. 오차 한계 $s(q_k) = 150 ns$ (정규 확률 밀도 함수의 1 표준편차)와 0 ns의

추정치를 가정한다.

β 는 추정치와 오차 한계 모두 **D.4.3**과 동일한 의미 및 값을 갖는다.

B 는 추정치와 오차 한계 모두 **D.4.2**와 동일한 의미 및 값을 갖는다.

D.4.5 시간 측정에 대한 MU의 그 밖의 기여

시간축 오차와 지터: 오실로스코프 규격에서는 직사각형 확률 밀도 함수의 오차 한계로 간주할 수 있다. 대개 이런 기여는 무시할 수 있다.

수직 분해능: 이 기여는 수직 진폭 분해능 ΔA 와 트레이스의 기울기의 dA/dt 에 따라 달라진다. 불확도는 분해능의 반치폭과 관련이 있으며, $(\Delta A/2)/(dA/dt)$ 이다. 트레이스 보간을 하는 경우(오실로스코프 매뉴얼 참조)에는 삼각형 확률밀도함수를 사용하고, 그렇지 않은 경우에는 직사각형 확률밀도함수를 사용한다. 이 기여는 $|dA/dt| < (\Delta A/T_i)$ 일 때는 무시할 수 없다. 여기서 T_i 는 스코프의 샘플링 간격이다.

직류 오프셋: 스코프의 직류 오프셋은 첨두를 스코프의 공칭 직류 기준선에서부터 측정하는 경우에 전압 첨두값 측정불확도에 기여한다. 이 기여는 스코프의 판독 소프트웨어가 펄스 기준선에서부터 첨두를 측정한 경우에 무시할 수 있다.

D.4.6 측정 시스템의 제한된 대역폭으로 인한 상승시간 왜곡

상승시간 왜곡은 상승시간의 통상적인 조합 규칙에 따라 평가한다. 이는 상호작용하지 않는 두 시스템이 종속되어 있고 그 계단 응답이 단조적으로 증가할 때 유효하다. 즉,

$$T_{rd} = \sqrt{T_r^2 + T_{MS}^2} \quad (D.7)$$

여기서 T_{rd} 는 측정 시스템의 출력에서 신호의 상승시간(왜곡된 상승시간)이고, T_r 은 측정 시스템의 입력에서 신호의 상승시간이고, T_{MS} 는 측정 시스템의 계단 응답의 상승시간이다. 식 (D.7)을 유도할 때는 상승 시간에 대한 다음의 정의에 기초하는 것이 중요하다.

$$T_{MS} = \sqrt{2\pi \int_0^\infty (t - T_s)^2 h_0(t) dt} \quad (D.8)$$

여기서, $h_0(t)$ 는 정규화된 면적을 갖는 측정 시스템의 임펄스 응답, 즉 $\int_0^\infty h_0(t) dt = 1$ 이고, T_s 는 다음 식으로 주어지는 지연 시간이다.

$$T_s = \int_0^\infty t h_0(t) dt \quad (D.9)$$

식 (D.8)은 수학적 관점에서 10 % 및 90 % 임계값에 근거한 통상적인 것보다 처리하기가 더 쉽다. 그럼에도 불구하고 기술적 응용에서 10 % ~ 90 % 상승시간은 대체로 식 (D.7)을 통해 결합된다. 시스템의 대역폭이 -3 dB이면 두 정의의 상승시간을 비교할 수 있다. 아래와 같이 정의하면

$$\alpha = T_{MS} \cdot B \quad (D.10)$$

상승시간에 대한 두 정의로부터 유도된 α 값은 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있다. 임펄스 응답 $h(t)$ 의 다른 형상에 상응하는 α 값은 표 D.4에 주어져 있다. 표 D.4로부터 α 의 고유값을 파악하는

것은 불가능하다는 것은 명백하다. α 는 채택된 상승시간 정의(예: 임계치 또는 식 (D.7)에 근거한 것)에 따라, 그리고 측정 시스템의 임펄스 응답 형상에 따라 달라지기 때문이다. α 의 합리적인 추정치는 표 D.4에 제시된 최소값(321×10^{-3})과 최대값(399×10^{-3}) 간의 산술 평균으로, 즉 360×10^{-3} 으로 구할 수 있다. 게다가 그 대역폭을 제외하고 측정 시스템에 관한 정보를 얻을 수 없는 경우에는 321×10^{-3} 과 399×10^{-3} 사이의 α 값은 동등하게 개연성이 있다. 달리 말하면, α 는 각각 321×10^{-3} 과 399×10^{-3} 의 하한과 상한을 갖는 직사각형 확률밀도함수를 갖는 확률 변수인 것으로 추정한다. α 의 표준 불확도는 a) 상승시간의 정의에 채택된 수학 모델의 무차별, b) 시스템의 임펄스 응답의 형상에 대한 무차별을 수량화한다.

표 D.4 — 시스템 B와 동일한 대역폭에 해당하는 각기 다른 단방향 임펄스 응답의 α 인자
(식 (D.10) 참조)

α 값에 10^3 을 곱한다.	가우스	1차	2차(임계 감쇠)	직사각형	삼각형
α , 식 (D.8) 사용	332	399	363	321	326
α , 10 % ~ 90 %	339	350	344	354	353

D.4.7 측정 시스템의 제한된 대역폭으로 인한 임펄스 침투값과 폭 왜곡

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

$$V_{out}(t) = \int_0^t V_{in}(\tau) \cdot h(t-\tau) d\tau \quad (D.11)$$

여기서 $V_{in}(t)$ 는 입력 임펄스 파형이고, $h(t)$ 는 측정 시스템의 임펄스 응답이다. $A \cdot h(t) = h_0(t)$ 이라는 점에 주목한다. 여기서 A 는 측정 시스템의 직류 감쇠다. 입력 파형은 입력이 그 침투값 V_p 에 도달할 때 순간 t_p 주위에서 테일러 급수 전개로 근사화할 수 있다.

$$V_{in}(t) = V_p + \frac{V_{in}''(t_p)}{2} \cdot (t - t_p)^2 + \frac{V_{in}'''(t_p)}{6} \cdot (t - t_p)^3 + \dots \quad (D.12)$$

일차 항은 식 (D.12)에서 빠져 있다. $V'(t_p) = 0$ 이기 때문이다. 또한 $V''(t_p) < 0$ 이다. 오목성은 아래쪽(최대값)을 향하기 때문이다. 그리고 $V'''(t_p) > 0$ 이다. 여기에서 관심 있는 표준 파형의 상승 시간은 하강 시간보다 낮기 때문이다. 식 (D.12)를 식 (D.11)에 대입하고 단순화하면, 측정 시스템의 대역폭이 입력 신호의 대역폭에 비해 크면 유효하다(그래서 2를 넘는 차수를 갖는 멱급수 항은 무시할 수 있다), 즉 다음을 구할 수 있다.

$$V_{pd} = \frac{V_p}{A} \left[1 - \left(\frac{\beta}{B} \right)^2 \right] \quad (D.13)$$

여기서 V_{pd} 는 출력 임펄스 침투값이고, A 는 측정 시스템의 직류 감쇠다.

$$\beta = \alpha \cdot \sqrt{\frac{|V_{in}''(t_p)|}{4\pi V_p}} \quad (D.14)$$

파라미터 β 는 표준 입력 파형의 2차 미분에 따라, 그리고 D.4.6에 정의되고 유도된 파라미터 α 에 따라 달라진다는 점에 주목한다. 표준 서지 파형에 대한 수학적 표면은 이 시험방법의 부속서 E에 주어져 있기 때문에 β 값은 수치 계산으로 구할 수 있으며, 이를 표 D.5에 보고하였다.

입력 임펄스 폭의 왜곡 추정치 T_W 는 출력 임펄스의 면적은 입력 임펄스의 면적을 직류 감쇠 A 로 나눈 것임을 고려하면 간단히 구해진다. 그러므로

$$V_p T_w = A V_{pd} T_{wd}$$
 (D.15)

여기서 T_{wd} 는 출력 임펄스 폭이다. 따라서

$$T_{wd} = \frac{V_p}{A V_{pd}} \cdot T_w = \frac{1}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} \cdot T_w$$
 (D.16)

표 D.5 — 표준 전류 서지 파형의 β 인자(식 (D.14))

kHz	8/20 μ s
β	14.8 \pm 1.6

D.5 서지 발생기 적합성 기준에 불확도의 적용

일반적으로 전류 서지와 자기장 서지가 그 규격 내에 있다는 것을 확신하려면, 교정 결과가 이 시험방법의 규정 한계치 내에 있어야 한다(허용차는 MU에 의해 감소하지 않는다).

더 자세한 지침은 KS C IEC TR 61000-1-6, 6에 수록되어 있다.

부속서 E (참고)

서지 전류 파형의 수학적 모델링

E.1 일반사항

부속서 E는 다음에 대한 참조 수학적 파형을 제공한다.

- 서지 발생기의 설계,
- 디지털 장치에서 서지 성능의 시뮬레이션.

공식은 다음의 요구사항을 고려하여 정의하였다.

- 1) 출력이 단락 상태에 있을 때 서지 발생기에 대한 표준에 정의된 공칭 전반시간과 지속시간을 재현한다.
- 2) 디지털 장치 설계자들이 회로 요소의 공칭값을 가지고 이 시험방법에 보고된 간이 회로를 사용해 신호원 발생기의 회로 모형을 제작할 수 있도록 도움을 준다.
- 3) 수치 시뮬레이션을 할 때 불안정성을 피하기 위해 시작 시간에 도함수가 0이 되도록 한다.
- 4) ESD, EFT/B, 서지 등과 같은 과도 현상에 대한 기본 공식이 IEC에 사용된 것과 같도록 한다.

비고 전류 서지(8/20 μ s)의 경우, 정의된 수학 파형은 IEEE Std C62.45-2002에 정의된 것과 잘 어울린다.

다음의 파라미터 정의를 사용한다.

- a) T_w 는 파형의 상승 전단 50 %와 하강 전단 50 % 간의 시간으로 정의된 폭 시간이다.
- b) T_r 는 파형의 초기 시간 응답의 10 %와 90 % 간의 시간으로 정의된 전류 서지 상승시간이다.
- c) T_d 는 초기 시간 응답의 최소값과 하강시간의 50 % 간의 지속기간이다.
- d) T_f 는 초기 시간 응답과 비슷한 기울기를 갖는 선과 파형의 최소값과 최대값을 각각 관통하는 수평선과의 교점 간의 시간으로 정의된 전반시간이다. 다음 값들은 모델 시뮬레이션을 사용할 때 간이 회로가 제공하는 파형과 매우 잘 일치하는 것으로 정의된다.

전류 서지 (8/20 μ s): $T_f = 1.25 \times T_r$; $T_d = 1.18 \times T_w$

- e) BW는 스펙트럼 응답이 -60 dB/데케이드의 기울기로 감쇠하기 시작하는 주파수에서 정의된 서지 파형의 대역폭이다.

E.2 정규화된 시간 영역 전류 서지 (8/20 μ s)

8/20 μ s 전류 서지의 정규화된 시간 영역 표현은 다음 식으로 주어진다.

$$I_{\text{SURGE}}(t) = k_i \cdot \left[\frac{i_1}{k_{\text{SURGE}}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \quad (\text{E.1})$$

식 (E.1)에 나타나는 계수는 다음의 값을 갖는다.

$$k_i = 1 \quad \tau_1 = 47.52 \mu s \quad \tau_2 = 4.296 \mu s \quad i_1 = 0.939 \quad \eta_{SURGE} = 2.741$$

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

(E.2)

8/20 μs 서지 전류를 시간의 함수로 나타낸 도표를 그림 E.1에 나타내었다.

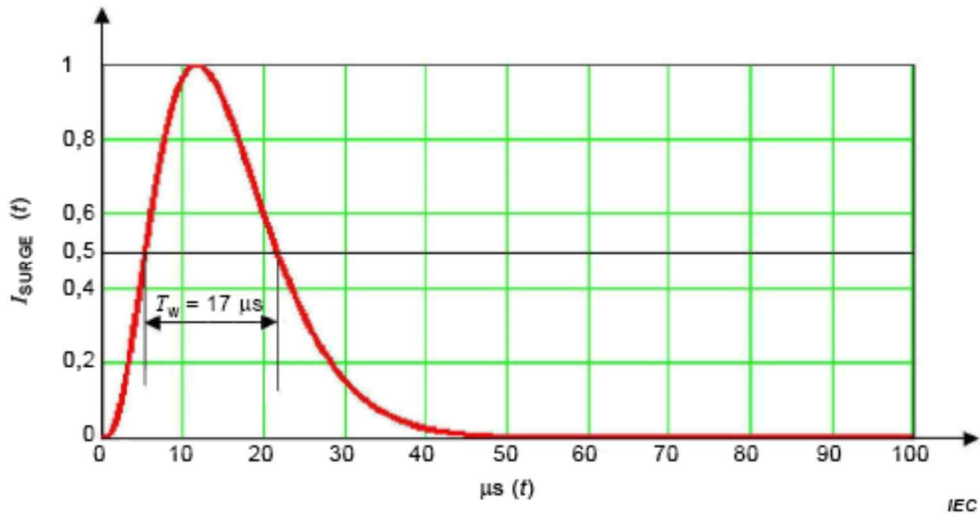


그림 E.1 — 정규화된 서지 전류 (8/20 μs): 폭 시간 응답 T_w

초기 시간 응답을 강조하기 위해 확대한 것을 그림 E.2에 나타내었다.

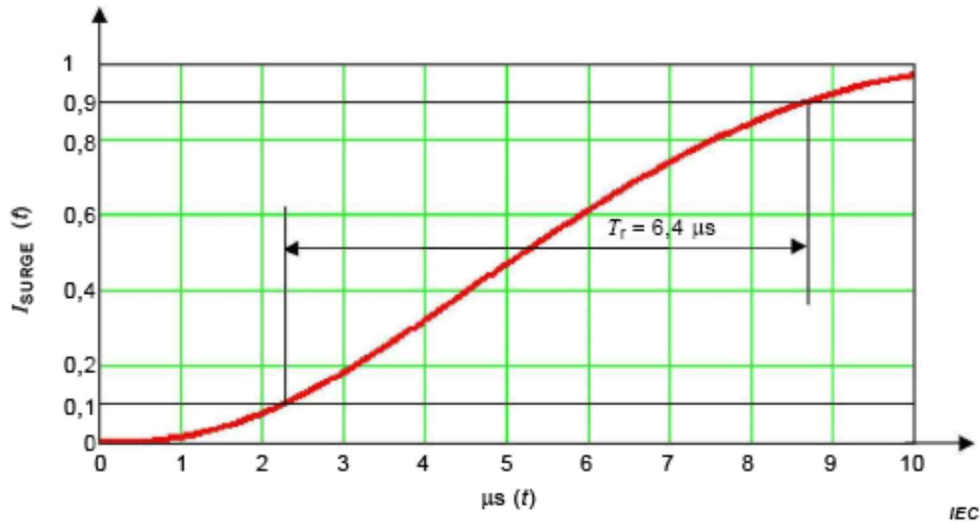


그림 E.2 — 정규화된 서지 전류 (8/20 μs): 상승 시간 응답 T_r

식 (E.1)에 상응하는 스펙트럼 응답의 크기를 그림 E.3에 나타내었다.

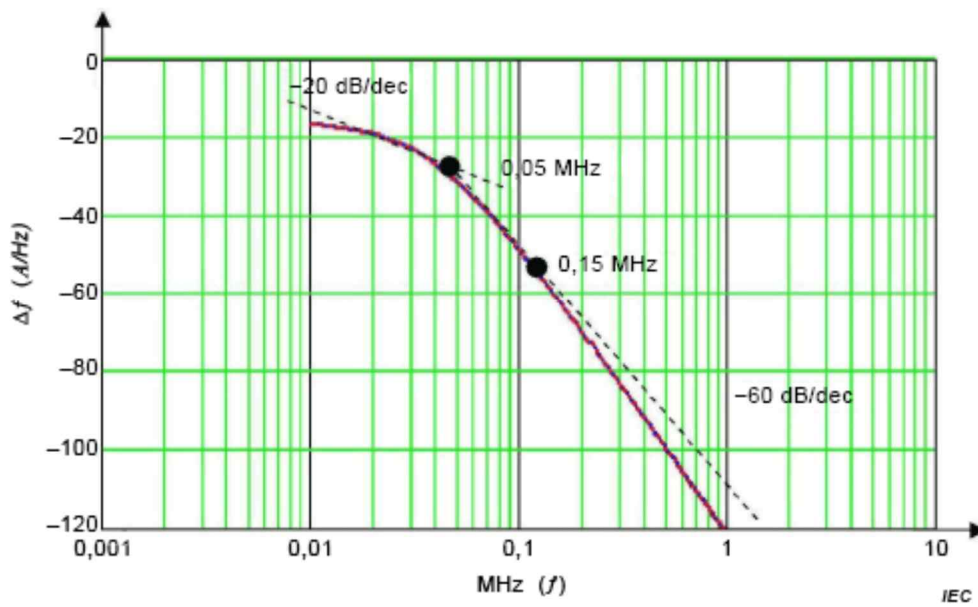


그림 E.3 — 서지 전류 (8/20 μ s): $\Delta f = 10$ kHz를 갖는 스펙트럼 응답

시간 영역에서 전류 임펄스는 0.15 MHz 이하 주파수에서 잘 묘사된다. 따라서 관련 대역폭 $BW = 0.15$ MHz이다.

부속서 F (참고)

2개의 표준 유도 코일을 사용하는 특성

F.1 일반사항

부속서 F는 조합과 발생기에 병렬로 연결된 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 표준 유도 코일 2 개를 사용한 헬름홀츠 코일의 예를 제시한다. 이 이중 유도 코일은 더 좋은 장 균일도를 얻을 때와 더 큰 피시험기기를 시험할 때 사용할 수 있다.

이중 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 표준 유도 코일의 시험 체적(0.8 m 간격으로 되어 있다)은 F.3에 정의되어 있다.

F.2 교정에 대한 개별 요구사항

이 시험 시스템의 특성은 그림 F.1에 기술된 대로 전류를 측정하여 교정할 수 있다. 양쪽 코일에 있는 전류를 측정하여야 하며, 이 전류는 동일하여야 한다.

출력 전류는 발생기를 표준 유도 코일 2 개에 연결하여 검증할 수 있다. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 표준 유도 코일에 대한 표 3에 주어진 규격을 준수하기 위해서는 직렬로 된 외부 커패시터(예: $18\text{ }\mu\text{F}$)가 필요할 수도 있다. 커패시터는 발생기에 포함되어 있을 수도 있다. 이 연결은 길이가 3 m 이하이고 적합한 단면을 가진 꼬인 도체로 실현된다. 양쪽 코일에 전원을 공급하고 전류의 분포가 적절하게 하려면 길이가 같은 케이블을 사용하여야 한다. 동일한 자기장 방향에 대하여 양쪽 코일에 있는 전류를 검사하여야 한다.

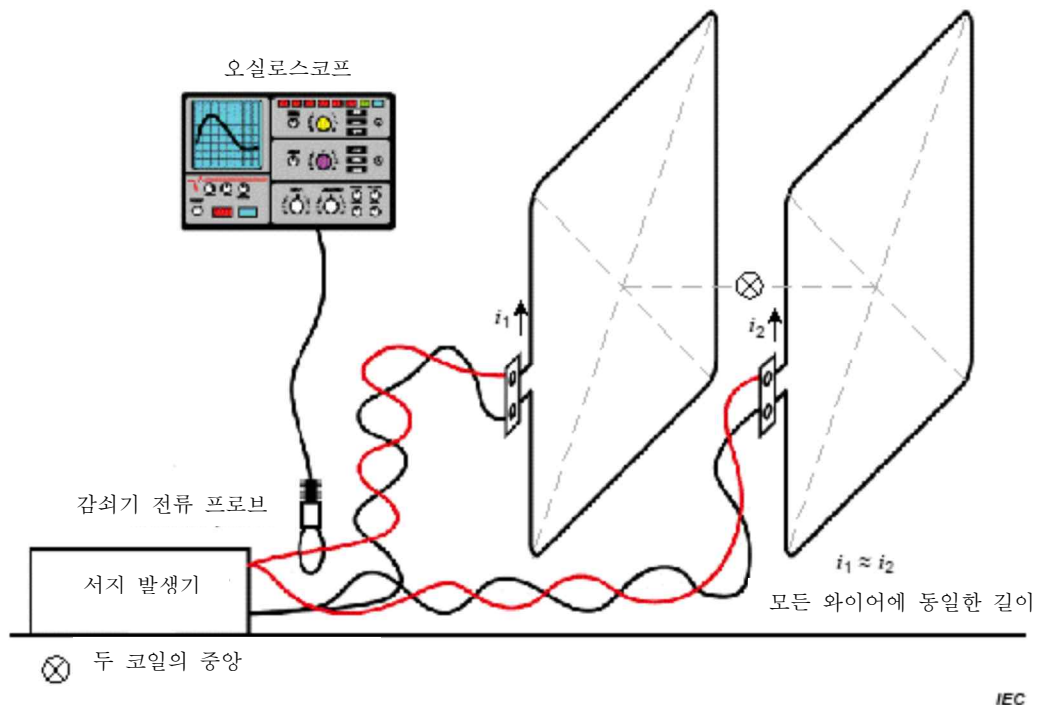


그림 F.1 — 이중 표준 유도 코일을 사용한 시험 시스템의 예

표 F.1에 나타난 규격은 적용 가능한 모든 시험 레벨에 대하여 검증할 수 있다.

표 F.1 — 이 시험 시스템의 침투 전류 파형의 규격

시험 레벨	침투 전류 I_{\pm} 각 코일의 10 % A
1	해당 없음
2	해당 없음
3	106
4	319
5	1 064
X ^{비고3}	특별/0.94
비고 1 값 0.94는 두 코일의 중앙에서 측정하고 모사한 코일 인자다. 비고 2 시험 레벨 5 또는 X에서 시험할 때는 KN 61000-4-5에 주어진 시험 레벨 4에 필요한 것보다 더 높은 전류 공급 능력을 가진 조합과 발생기가 필요할 수도 있다. 비고 3 "X"는 다른 것들 위, 아래, 또는 사이의 레벨이 될 수 있다. 이 레벨은 전용 장비 규격에 규정되어야 한다.	

변류기(프로브)를 사용해 단락 전류를 측정한다면 자기 철심의 포화가 일어나지 않도록 하는 것을 선택하여야 한다. 프로브의 하위(-3 dB) 모서리 주파수는 100 Hz 미만이어야 한다. 교정은 전류 프로브와 오실로스코프로, 또는 대역폭이 1 MHz를 초과하는 동등한 측정 계기로 수행하여야 한다.

F.3 이중 유도 코일 배치의 장 분포

F.3에서는 피시험기기의 최대 크기와 이중 코일 배치 내에서 피시험기기의 위치에 관한 정보를 제공한다. 이 시험방법의 주요 부에 따라 피시험기기는 이중 코일 배치의 중심에서 자기장 세기의 크기가 장 세기의 ± 3 dB 내에 있는 체적 내에 놓여 있어야 한다.

자기장 계산시에는 코일 도체의 유한한 단면은 무시한다(얇은 와이어로 근사화한다). 계산은 0.8 m 간격으로 놓여 있는 1 m × 1 m 표준 유도 코일 2 개에 대하여 수행하여야 한다.

자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선을 x-y 평면에 대해서는 그림 F.2에, x-z 평면에 대해서는 그림 F.3에 나타내었다. 최대 피시험기기 크기는 너비 × 길이 × 높이 = 0.6 m × 0.6 m × 1.4 m이다.

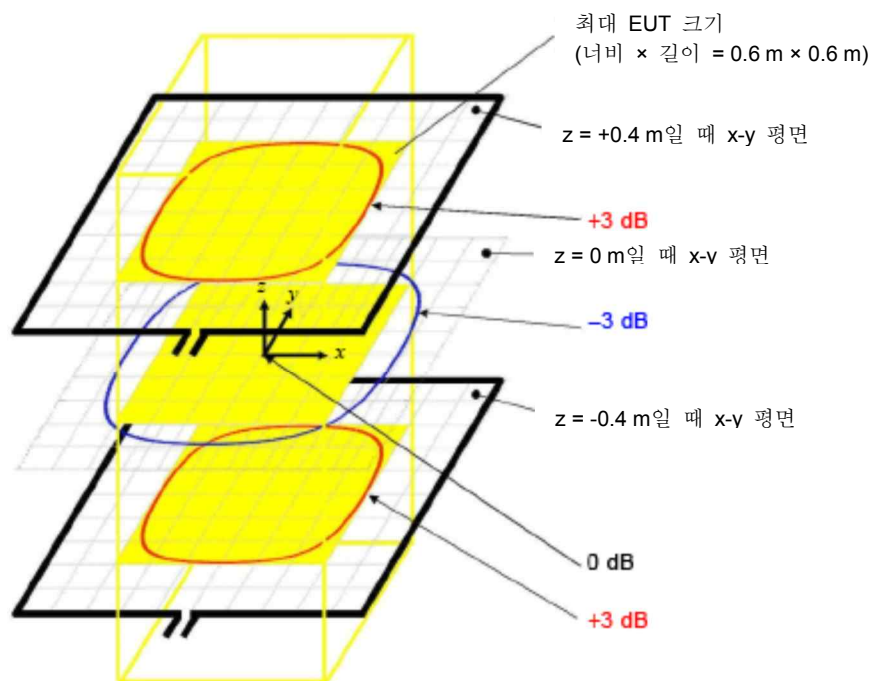


그림 F.2 — 이중 유도 코일(0.8 m 간격)이 배치된 x-y 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 등치선

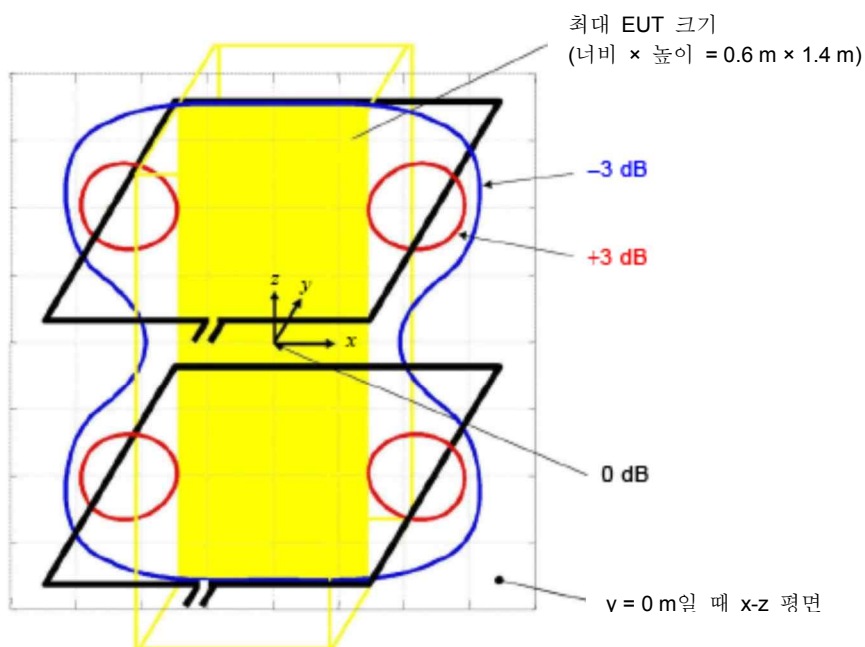


그림 F.3 — 이중 유도 코일(0.8 m 간격)이 배치된 x-z 평면에서 자기장 세기(크기)에 대한 +3 dB 및 -3 dB 등치선

부속서 G (참고)

3D 수치 시뮬레이션

G.1 일반사항

부속서 G에서는 부속서 B(통계 결과)의 2 차원 도표를 확장하여 시간 영역(동적 결과)과 주파수 영역(자기장의 2 차원 수치 도표)에서 3 차원 수치 시뮬레이션을 사용하여 시험할 때 코일의 안쪽과 바깥쪽 자기장 분포에 관한 다른 몇 가지 정보를 보고한다.

G.2 시뮬레이션

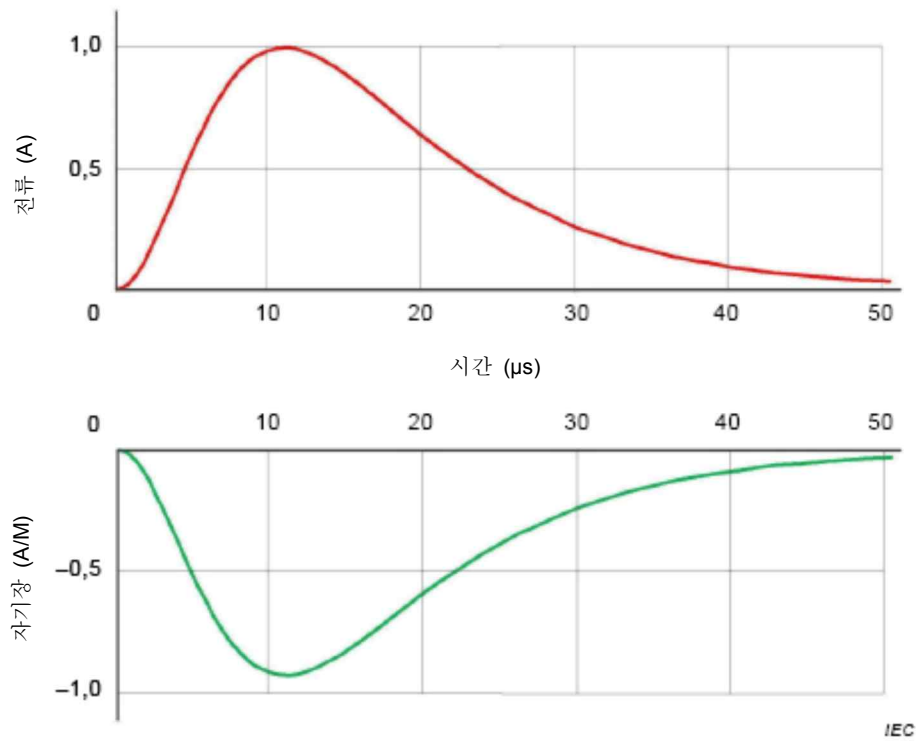
그림 G.1 ~ G.12의 시뮬레이션은 다음과 같이 수행한다.

- 이 시험방법의 부속서 E에 정의된 수학적 과형을 가지며 1 A로 정규화된 이상적인 전류원(기호 "포트" 참조)으로 코일을 여기한다.
- 코일의 끝에 있는 두 개의 형상 도체를 직사각형 크기 10 cm × 1 cm(부속서 G에 보고된 것)와 1 mm 반경의 둥근 와이어(간결하게 하기 위해 결과는 보고하지 않음)로 이루어진 것이라고 가정한다.
- 그림 G.2와 그림 G.3의 도표에 대한 계산 속도를 높이기 위해 기본 메시 셀을 사용한다. 다른 그림에서는 더 좋은 정확도를 위해 최적화된 메시 셀이 사용되었다.
- 자기장 크기는 H_x 로 표시되어 있다. 여기서 x 는 고려 대상 자기장 성분이 x 축에 평행하다는 것을 지시하는 반면, 아랫첨자 i 는 루프 중심에서부터 가장 멀리 떨어진 위치까지 자기장 프로브 위치에 해당한다.
- 2차원 자기장 도표는 1 MHz 주파수에서 계산되며, 0 dB는 1 A/m를 말한다.

G.3 의견

다음의 의견을 고려하여 이를 그림에 나타내었다.

- 계산된 자기장 과형은 코일 전류원의 것과 동일한 형상을 갖는다.
- 계산된 자기장 과형을 코일 크기가 동일한 두 개의 맨 끝 도체 형상과 비교할 때는 차이가 거의 없다는 것을 알 수 있었다.
- 코일의 중심에서 유도 코일 인자는 정사각형 코일과 직사각형 코일 각각에 대해 0.90 m⁻¹과 0.65 m⁻¹이다. 이것은 실제로 코일 도체의 형상에 따라 달라지지 않는다.
- 자기장 변동은 부속서 B에 나타난 영역의 경우 +3 dB 미만이라는 것이 과도적 시뮬레이션에 의해 확인되었다.
- 자기장 계산에 사용된 프로브가 코일 도체에 접근하면 자기장이 급격히 증가한다는 것이 입증 및 수량화되었다.
- 루프 바깥쪽 자기장 값은 루프 중심에 있는 장보다 약 20 dB ~ 40 dB (1/10 ~ 1/100) 더 낮다. 이것은 근사법을 실행할 때 고려하여야 한다.
- 이중 유도 코일이 0.6 m 간격으로 배치(헬름홀츠 구성)되어 있을 때, 한 코일의 중심에서의 코일 인자와, 두 코일 간의 코일 인자는 각각 1.18 m⁻¹과 1.20 m⁻¹이다. 0.8 m 간격으로 된 것은 각각 1.07 m⁻¹과 0.94 m⁻¹이다.



비고루프 안쪽 H_x 장의 진폭은 선택된 프로브 방향으로 인해 음이다.

그림 G.1 — 1 m × 1 m 유도 코일의 중심에서 전류와 자기장

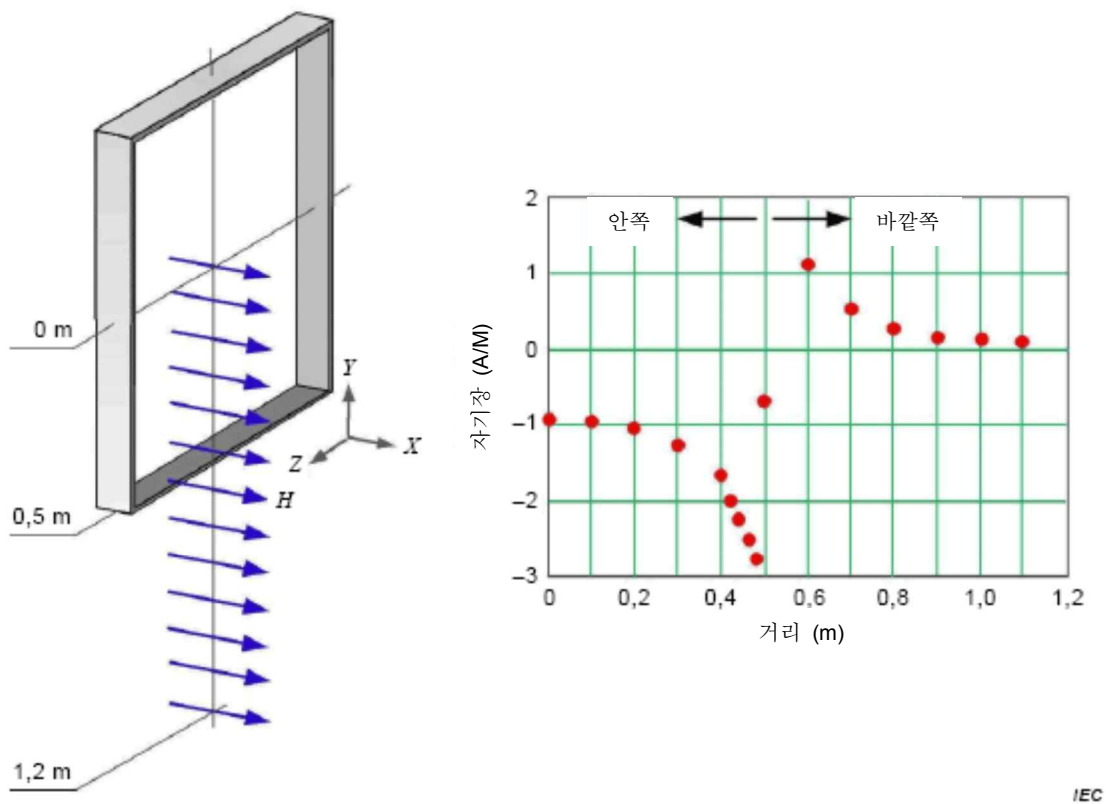


그림 G.2 — 1 m × 1 m 유도 코일 측면 상의 H_x 장 [A/m]

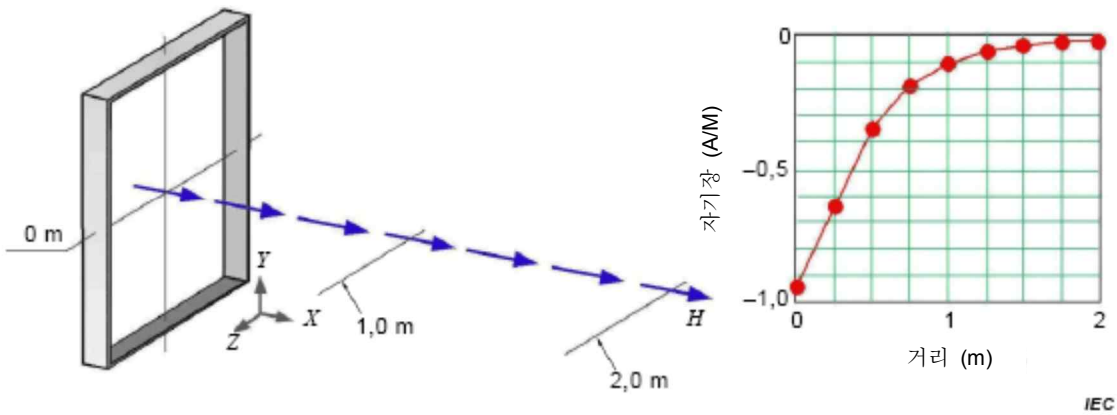


그림 G.3 — 1 m × 1 m 유도 코일의 평면과 수직인 x 방향에서 H_x 장

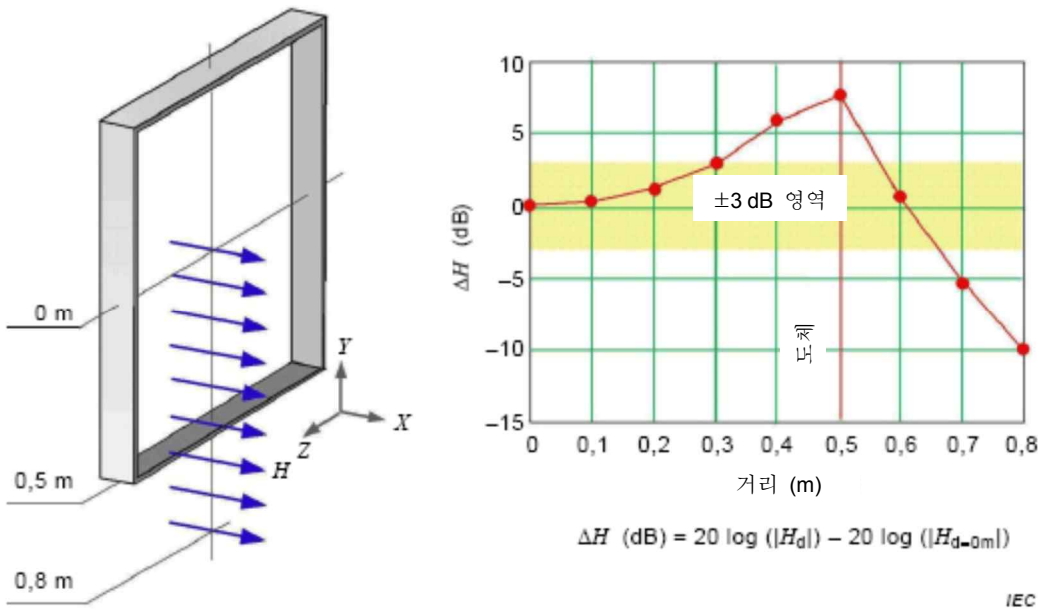


그림 G.4 — 1 m × 1 m 유도 코일 측면 상의 H_x 장 [dB]

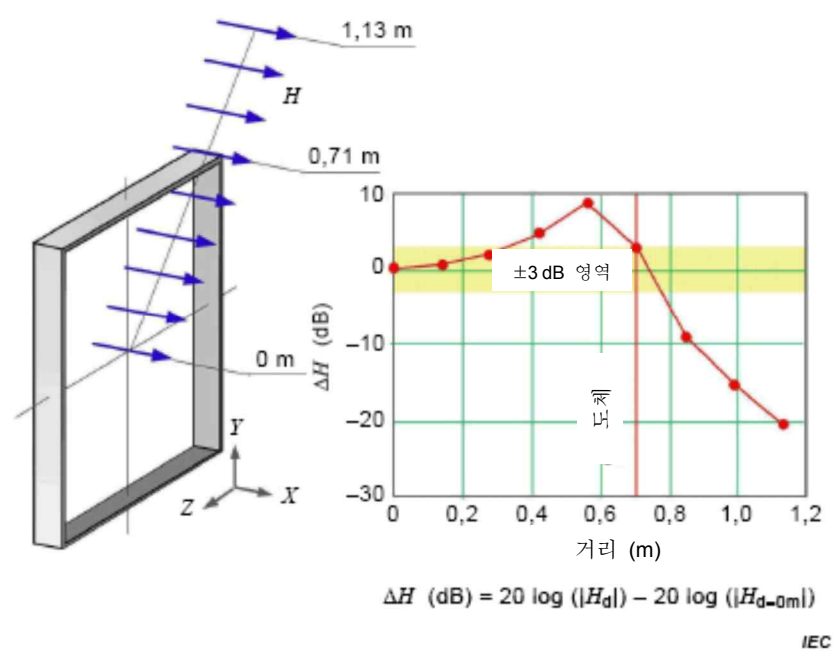


그림 G.5 — 1 m × 1 m 유도 코일 대각선 상의 Hx장 [dB]

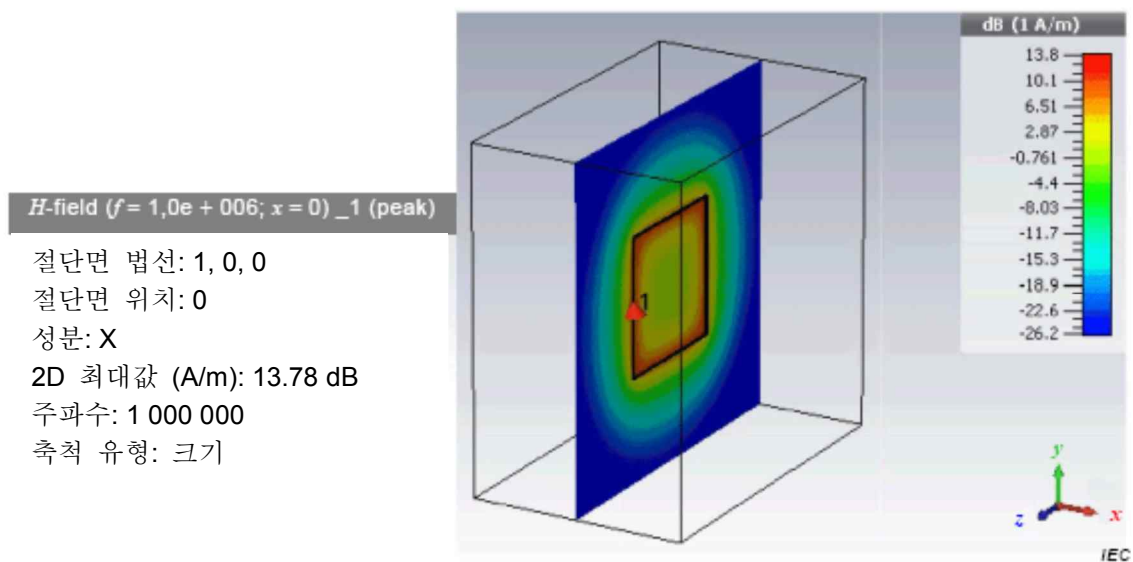


그림 G.6 — 1 m × 1 m 유도 코일 y-z 평면 상의 Hx장

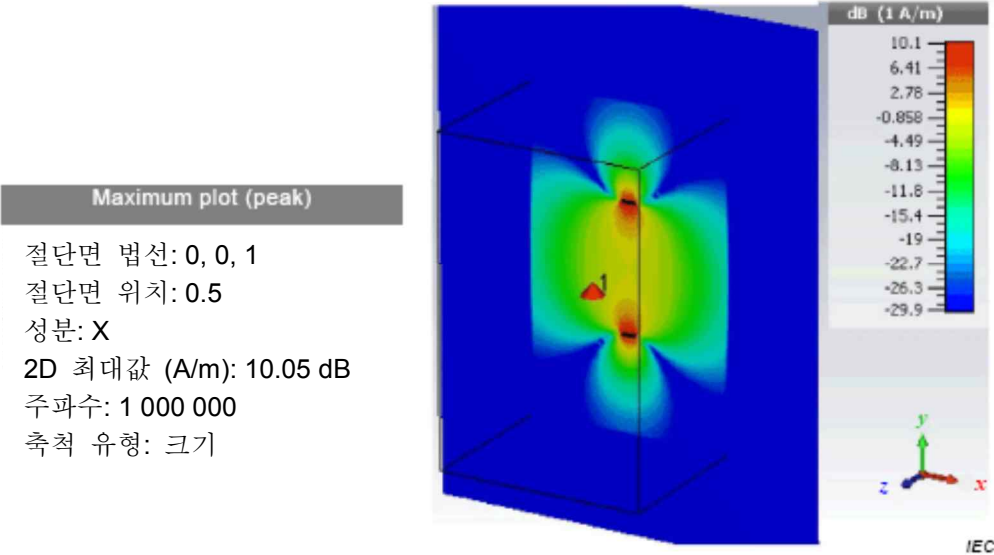


그림 G.7 — 1 m × 1 m 유도 코일 x-y 평면 상의 H_x 장

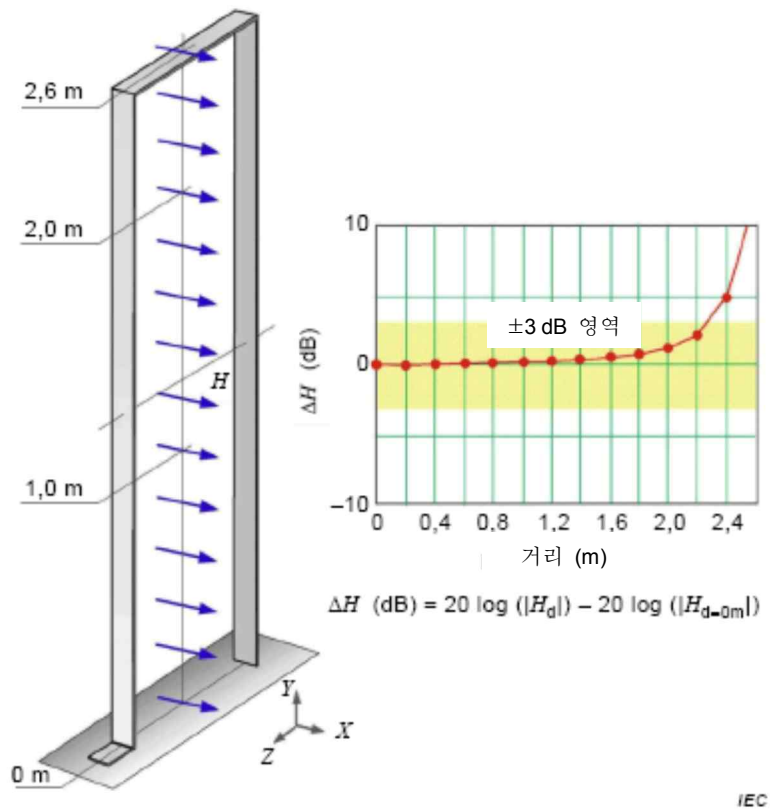
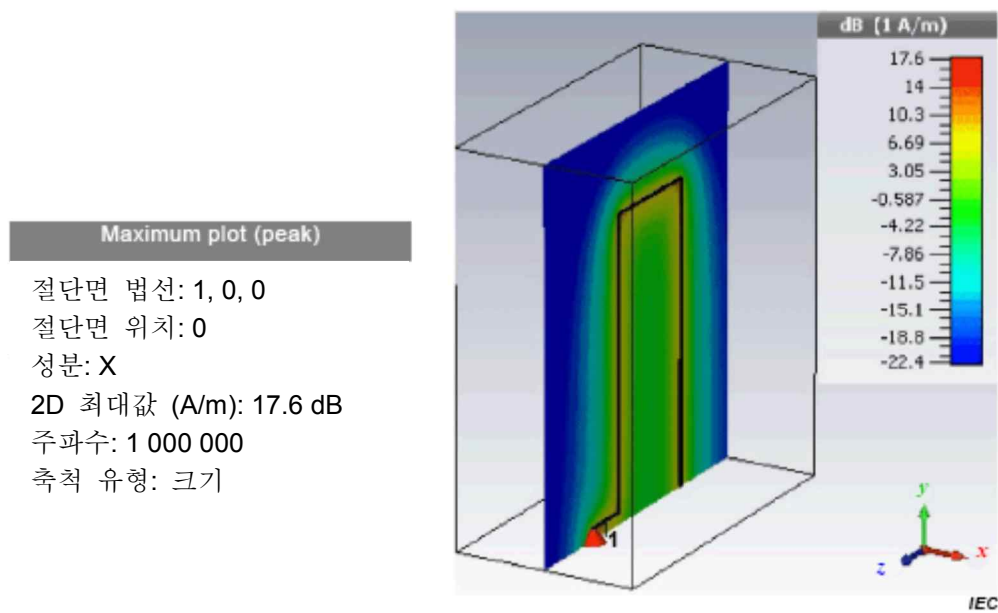
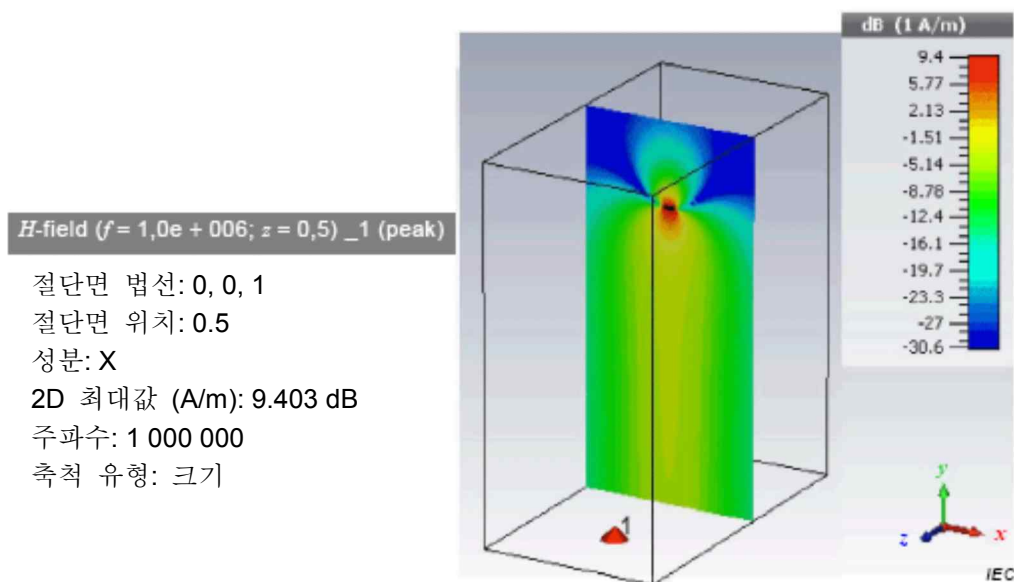
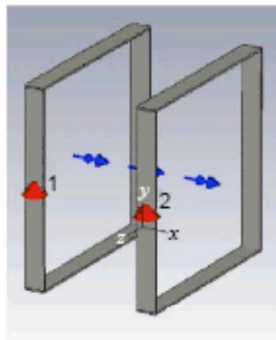
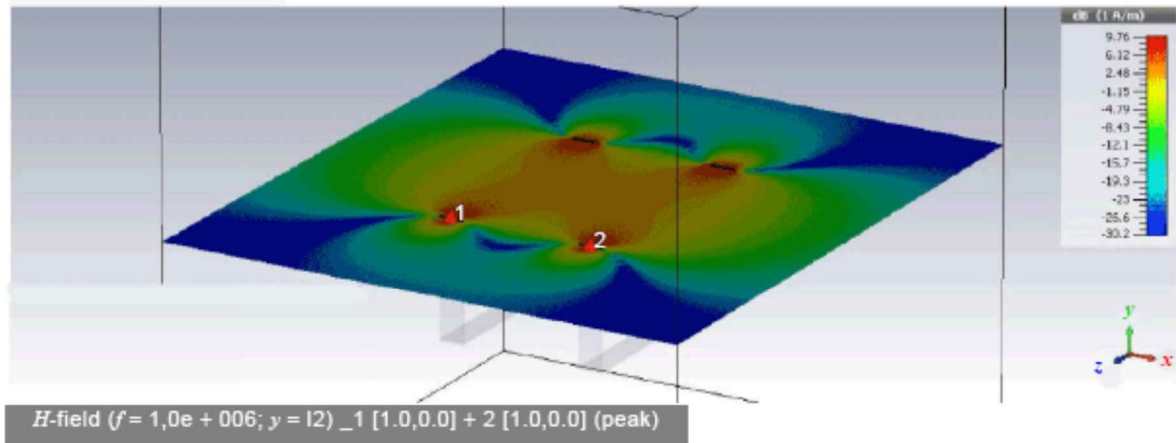


그림 G.8 — 1 m × 2.6 m 유도 코일 수직 중앙선 상의 H_x 장 [dB]

그림 G.9 — 1 m × 2.6 m 유도 코일 y-z 평면 상의 H_x 장 2 차원 도표그림 G.10 — 1 m × 2.6 m 유도 코일 $z = 0.5$ m에 있는 x-y 평면 상의 H_x 장 2 차원 도표



H_x (한 코일의 중앙) = -1.177 A/m
 H_x (두 코일의 중앙) = -1.202 A/m
 차 = 0.025 A/m



절단면 법선: 0, 1, 0

절단면 위치: 0.5

성분: X

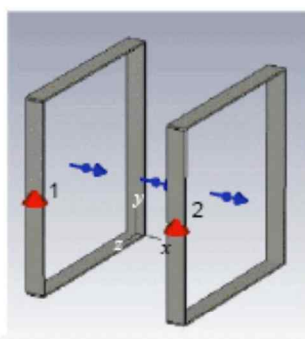
2D 최대값 (A/m): 9.756 dB

주파수: 1 000 000

축척 유형: 크기

IEC

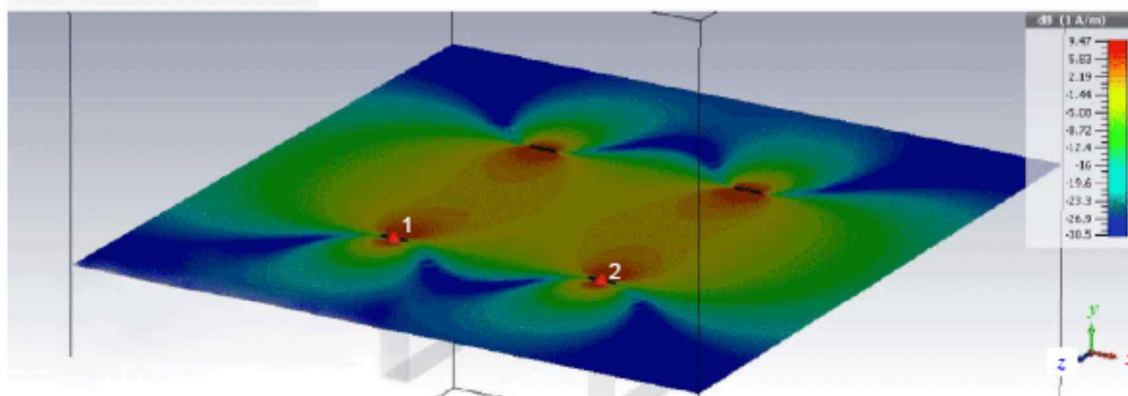
그림 G.11 — 헬름홀츠 구성: 0.6 m 간격으로 놓여 있는 1 m × 1 m 유도 코일 2 개에 대한 H_x 장과 2차원 도표



H_x (한 개 코일의 중앙) = -1.066 A/m

H_x (두 코일의 중앙) = -0.941 A/m

차 = 0.125 A/m



H -field ($f = 1.0e + 006$; $y = 12$) _1 [1.0,0.0] + 2 [1.0,0.0] (peak)

절단면 법선: 0, 1, 0

절단면 위치: 0.5

성분: X

2D 최대값 (A/m): 9.465 dB

주파수: 1 000 000

축척 유형: 크기

IEC

그림 G.12 — 헬름홀츠 구성: 0.8 m 간격으로 놓여 있는 1 m × 1 m 유도 코일 2 개에 대한 H_x 장과 2차원 도표

