

제정 기술표준원고시 제2001 - 33호 (2001. 2. 15)
개정 기술표준원고시 제2003 -523호 (2003. 5. 24)

전기용품안전기준

K 60243-1

[KS C IEC 2002]

절연재료의 절연내력 - 시험 방법

제1부: 전원 주파수에서 시험

목 차

서문	1
1. 일반사항	1
2. 용어 정의	2
3. 시험의 중요성	3
4. 전극과 시료	4
5. 시험전 처리	9
6. 주위 매질	9
7. 전기적 장치	10
8. 절차	11
9. 전압의 증가 형태	12
10. 절연파괴 기준	13
11. 시험의 회수	14
12. 보고	14
그림	16
부속서 A 실험 데이터의 처리	22

한국산업규격

절연재료의 절연내력 - 시험 방법

제1부 : 전원 주파수에서 시험

KS

C IEC 60243-1 : 2002
(IEC 60243-1, IDT)

Electrical strength of insulation materials - test methods

Part 1: Tests at power frequencies

서 문 이 규격은 1998년에 제 2판으로 발행된 IEC 60243-1(Electrical strength of insulation materials - test methods, Part 1: Tests at power frequencies)을 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 한국산업규격으로 제정한 것이다.

제 1 부 : 전원 주파수에서 시험

1. 일반사항

1.1 범위

IEC 60243의 1부에서는 48 Hz ~ 62 Hz의 전원주파수에서 고체 절연물질의 단시간 절연 내력 결정을 위한 시험 방법을 제공한다. 고체 절연 물질을 시험하는 동안 액체와 기체가 주입 또는 주위 매질로 규정되고 사용되지만, 액체와 기체의 시험은 고려하지 않는다.

비고 - 고체 절연물질의 표면을 따라 발생하는 절연파괴 전압의 결정 방법이 포함되어 있다.

1.2 관련 문서

다음의 관련 문서는 본 표준에서 참조하는 조항을 포함하며 IEC 60243의 1부 조항을 구성한다. 발행시, 표시된 판이 유효하였다. 모든 관련 문서는 개정되며, IEC 60243의 1부 내용에 기반하여 계약한 당사자는 아래에 명시된 관련 문서의 최신판을 적용할 가능성을 조사할 것을 권장하는 바이다. IEC와 ISO 회원국은 현재 유효한 국제 표준의 목록을 보존하고 있다.

IEC 60212: 1971, Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials

IEC 60296: 1982, Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgears

IEC 60455-2: 1977, Specification for solventless polymerizable resinous compounds used for electrical insulation - Part 2: Methods of test

IEC 60464-2: 1974, Specification for insulating varnished containing solvent - Part 2: Test methods

IEC 60674-2: Specification for plastic films for electrical purposes - Part 2: Methods of test

IEC 60684-2-, Specification for flexible insulating sleeving - Part2: Methods of test¹⁾

ISO 293: 1986, Plastics - Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials

ISO 294-1: 1996, Plastics - Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials - Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens

ISO 294-3: 1996, Plastics - Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials - Part 3: Small plates

ISO 295: 1991, Plastics - Compression moulding of test specimens of thermosetting materials

ISO 10724: 1994, Plastics - Thermosetting moulding materials - Injection moulding of multipurpose test specimens

2. 용어 정의

본 표준에서는 다음 정의를 적용한다.

2.1 전기적 절연파괴

시료가 전기적 응력에 노출되어 있는 동안 발생하는 절연 특성의 심각한 손실. 전기적 응력이 발생하면 시험 회로의 전류는 해당 회로 차단기를 동작시킨다.

비고 - 절연파괴는 시료와 전극을 둘러싸는 기체 또는 액체 매질의 부분적 방전에 의해 발생하는 경우가 있다. 절연파괴는 작은 전극(지름이 동일한 경우, 양쪽 전극)의 표면을 관통하여 시료에 구멍을 낸다.

1) 발행 예정

2.2 플래시오버

전기적 응력에 노출되어 있는 동안 시료와 전극의 주위를 둘러싼 기체 또는 액체의 절연 특성의 손실. 플래시오버가 발생하면 시험회로의 전류는 해당 회로 차단기를 동작시킨다.

비고 - 탄화 채널이 있거나 시료를 관통하는 구멍이 있으면 절연파괴가 발생한 시험과 플래시오버가 발생한 시험을 구별할 수 있다.

2.3 절연파괴 전압:

2.3.1 (연속적인 상승 전압을 사용하는 시험에서) 시료가 규정된 시험 조건하에서 절연파괴를 경험하게 되는 전압

2.3.2 (단계적 시험에서) 시료가 해당 전압 레벨에서 해당 시간 동안 절연파괴 없이 견딜 수 있는 최고 전압

2.4 절연 내력

절연파괴 전압과 전극간 거리의 비. 전압은 규정 시험 조건하에서 전극 사이에 인가된다.

비고 - 특별하게 명시되어 있지 않는 한 시험 전극간 거리는 본 표준의 4.4절의 규정에 따라 결정한다.

3. 시험의 중요성

3.1 본 표준에 따라 얻은 절연 내력 시험 결과는 처리 변수, 노화 조건, 기타 제조 또는 환경 상황으로 인하여 발생한 정규 특성으로부터의 변화 또는 편차를 검출하는데 사용할 수 있지만, 실제 적용에서 절연물질의 작용을 직접 결정하기 위해 사용하는 경우는 드물다.

3.2 어떤 물질의 절연 내력 측정값은 다음과 같은 많은 인자에 의해 영향을 받는다.

3.2.1 시료의 처리

- a) 시료의 두께와 균질성 및 기계적 변형의 존재
- b) 시료의 전처리 특히 건조 및 함침 절차
- c) 가스성 함유물, 습기 또는 기타 오염의 존재

3.2.2 시험 조건

- a) 주파수, 파형, 상승 속도 또는 전압인가 시간
- b) 주위 온도, 압력, 습도
- c) 구성, 치수, 시험 전극의 열전도성
- d) 주위 매질의 전기적/열 특성

3.3 사용한 경험이 없는 물질을 조사할 때는 이러한 모든 인자의 영향을 고려해야 한다. 본 표준에서는 물질을 신속하게 판별할 수 있고 품질관리 및 유사 목적으로 사용할 수 있는 특별 조건을 정의한다.

각기 다른 방법을 사용하여 얻은 결과는 직접 비교할 수 없으며 물질의 상대적인 절연 내력에 대한 정보를 각각 제공할 수 있다. 물질의 절연 내력은 전극 사이의 시료 두께가 증가할수록, 그리고 전압인가 시간이 증가할수록 감소한다는 것에 유념한다.

3.4 물질의 측정된 절연 내력은 절연과괴 전에 표면 방전의 강도와 기간에 의해 상당한 영향을 받는다. 최대 시험 전압까지 부분 방전이 없는 설계의 경우, 절연과괴 전에 방전 없이 절연 내력을 아는 것이 매우 중요하지만, 본 표준에서 사용하는 방법은 일반적으로 이 정보를 제공하는데 적합하지 않다.

3.5 절연 내력이 높은 물질은 열, 부식, 부분 방전에 의한 화학적 악화 또는 습기로 인한 전기화학적 악화(이 모두는 훨씬 더 낮은 응력에서 사용중 고장을 유발할 수 있다)와 같은 장기 저하 과정에 반드시 내성을 가질 필요는 없다.

4. 전극과 시료

금속 전극은 평활하고 청결하며 항상 결함이 없는 상태로 유지해야 한다.

비고1 - 유지보수는 시료를 시험할 때 더욱 중요하다. 절연과괴시 전극 손상을 최소화하는 스테인레스강 전극을 권장한다.

전극에 연결된 리드선을 기울여서는 안 된다. 리드선이 기울어지면 전극을 움직이거나 시료에 압력을 가한다. 또한 시료에 이웃한 전기장 구성에 심각하게 영향을 주어서는 안 된다.

비고 2 - 매우 얇은 필름(두께가 5 μm 미만)을 시험할 경우 이 물질에 대한 표준에 전극, 특수 처리 절차, 시료 준비에 대해 규정해야 한다.

4.1 비적층 물질의 표면에 수직이고 적층 물질의 얇은 판(laminae)에 수직인 시험

4.1.1 보드와 시트 물질(프레스보드, 페이퍼, 직물, 필름 포함)

4.1.1.1 동일하지 않은 전극

전극은 반경이 $3\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 이고 가장자리가 둥근 두 개의 금속 실린더로 구성해야 한다. 전극 하나는 지름이 $25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 이고 높이가 약 25 mm 이어야 한다. 다른 전극은 지름이 $75\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 이고 높이가 약 15 mm 이어야 한다. 이 전극들은 그림 1a와 같이 동축상 2 mm 내에 배치한다.

4.1.1.2 동일한 지름의 전극

위 전극과 아래 전극을 1.0 mm 내에서 정확하게 정렬시키는 고정구를 사용할 경우, 아래 전극의 지름은 25 mm ± 1 mm까지 줄일 수 있고 두 전극의 지름은 0.2 mm 다를 수 있다. 얻어진 결과는 4.1.1.1 절의 동일하지 않은 전극에서 얻은 결과와 반드시 동일할 필요는 없다.

4.1.1.3 두꺼운 샘플에서의 시험

규정되어 있는 경우, 두께가 3 mm 이상인 보드와 시트는 한쪽 면을 3 mm ± 0.2 mm로 가공하여 줄이고 비가공된 표면 위에서 전위차가 높은 전극으로 시험한다.

비고 - 플래시오버를 피하기 위하여 또는 적용가능한 장비의 제한으로 인하여 이것이 꼭 필요한 경우 시료를 필요한 두께보다 더 작은 두께로 가공하여 준비할 수 있다.

4.1.2 테이프, 필름, 폭이 좁은 스트립

전극은 지름이 각각 6 mm ± 0.1 mm인 두 개의 금속 봉(rod)으로 구성되어 있으며, 시료가 봉의 끝 면 사이에 놓여 있도록 하나가 지그에 다른 쪽 보다 위에 수직으로 부착되어 있다.

위 전극과 아래 전극은 0.1 mm 내에서 동축이어야 한다. 전극의 끝은 축에 직각으로 평면을 형성해야 하며, 에지 반경은 1 mm ± 0.2 mm 이어야 한다. 위 전극은 질량이 50 g ± 2 g이고 지그에 수직인 방향으로 자유롭게 움직인다.

그림 2는 적합한 구성을 보여주고 있다. 신장 중에 시료를 시험할 경우 이들을 그림 2에 표시된 어셈블리의 위치에 고정시키는 프레임에서 조여야 한다. 회전형 봉 주위에 시료의 한쪽 끝을 감싸면 필요한 신장을 얻을 수 있다.

폭이 좁은 테이프의 에지 주위에서 플래시오버가 발생하는 것을 막기 위하여, 필름 스트립이나 테이프의 에지를 덮는 다른 얇은 유전물질을 사용하여 시료를 고정시켜야 한다. 또 다른 방법으로, 전극과 1 mm ~ 2 mm의 가스킷 사이에 환상 공간이 있다고 가정하면 공간 전극을 둘러싸는 가스킷을 사용할 수 있다. 밑의 전극과 시료 사이의 거리는(위 전극이 시료와 접촉하기 전에) 0.1 mm 미만이어야 한다.

비고 - 필름 시험의 경우 IEC 60674-2를 참조한다.

4.1.3 플렉시블 튜브와 슬리브

IEC 60684-2에 따라 시험한다.

4.1.4 경질 튜브(내부 지름이 100 mm 이하)

외부 전극은 폭이 25 mm ± 1 mm인 금속박 밴드로 구성되어 있다. 내부 전극은 내부 전도체(예 : 로드, 튜브, 금속박 또는 지름이 0.75 mm ~ 2 mm인 금속구)로 뾰뾰하게 채워져 있어, 내부 표면과 잘 접촉되어 있다. 각각의 경우, 내부 전극의 끝은 외부 전극의 끝보다 최소한 0.25 mm 이상 신장되어야

한다.

비고 - 역효과가 없는 경우, 내부와 외부 표면에 금속박을 부착시키기 위하여 석유 젤리를 사용할 수 있다.

4.1.5 튜브와 공동 실린더(내부 지름이 100 mm 초과)

외부 전극은 폭이 $75 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ 인 금속박의 밴드이어야 하고, 내부 전극은 지름이 $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ 인 금속박의 디스크이어야 한다. 실린더의 곡률에 적합하도록 충분히 유연해야 한다. 이 구성은 그림 3에 나타나 있다.

4.1.6 주형 및 성형 물질

4.1.6.1 주형 물질

시료를 만들고 IEC 60455-2에 따라 시험한다.

4.1.6.2 성형 물질

지름이 각각 $20 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 인 한 쌍의 구형 전극을 사용하여 시험 시료의 평면에 수직인 공통 축에 정렬한다(그림 4 참조).

4.1.6.2.1 열경화성 물질

두께가 $1.0 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 이고 ISO 295에 따라 압축 성형된 또는 ISO 10724에 따라 주입 성형된 시료를 사용한다. 측면 치수는 플래시 오버를 방지하기에 충분해야 한다(4.3.2절 참조).

비고 - 두께가 $1.0 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 인 시료를 사용할 수 없다면, 두께가 $2.0 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 인 시료를 사용해야 한다.

4.1.6.2.2 열가소성 물질

ISO/DIS 294-1과 ISO/DIS 294-3, ISO mould type D1 $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 에 따라 주입 성형된 시료를 사용한다. 이 치수가 플래시오버(4.3.2절 참조)를 방지하기에 충분하지 않을 경우 또는 압축성형된 시료가 관련 물질에 대한 표준에 명시되었을 경우 최소한 지름이 100 mm이고 두께가 $1.0 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 인 ISO 293에 따라 압축성형된 플레이트를 사용한다.

주입 또는 압축성형 조건에 대해서는 관련 물질에 대한 표준을 참조한다. 적용가능한 물질 표준이 없을 경우 해당 당사자간 계약 조건에 따른다.

4.1.7 형상 고체편(solid pieces)

평평한 면을 가진 전극 사이에 배치할 수 없는 형상 절연편의 경우, 전극은 동일한 구형 전극에 반대가 되어야 한다. 이 특성의 시험에 대해 일반적으로 사용하는 전극은 지름이 12.5 mm 또는 20 mm가 되어야 한다(그림 5 참조).

4.1.8 바니시

IEC 60464-2에 따라 시험한다.

4.1.9 충전 화합물

특별하게 규정되어 있지 않는 한, 전극은 지름이 각각 지름이 12.5 ~ 13 mm인 두 개의 금속구로 구성되며, 동일한 축을 따라 수평하게 $1 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ 떨어져 배치하여 화합물에 끼워 넣는다. 특히 전극 사이에 공동이 생기지 않도록 주의한다. 서로 다른 전극 간격으로 얻은 값을 직접 비교할 수 없다면, 갭 길이를 화합물에 대한 규격에 상세하게 설명하고 시험 보고서에 기록한다.

4.2 비적층 물질의 표면에 평행하고 적층 물질의 얇은 판에 평행한 시험

시료의 구멍에 의한 고장과 표면 양단의 고장 사이를 구별할 필요가 없는 경우, 4.2.1절 또는 4.2.2절의 전극을 사용한다. 4.2.1절의 전극을 사용할 것을 권장한다.

표면 고장을 방지할 필요가 있다면 4.2.3절의 전극을 사용해야 한다.

4.2.1 평행판 전극

4.2.1.1 보드 및 시트

보드와 시트에 대한 시험의 경우, 시료는 시험할 물질의 두께이어야 하며, 길이가 $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ 이고 폭이 $25 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 인 직사각형이어야 한다. 긴 쪽 모서리는 물질의 표면과 직각으로 평행면이 되도록 절단한다. 시료를 평행 금속판 사이에서 폭 25 mm, 두께 10 mm 이상으로 배치하고, 전압을 인가해야 하는 부분 사이에 전극을 형성시킨다. 얇은 물질의 경우, 두 개 또는 세 개의 시료를 사용하여(즉, 긴 쪽 모서리가 편리한 각도에 있도록) 위 전극을 지지할 수 있도록 적절하게 위치시킨다. 전극의 크기는 15 mm 이상 시료의 모서리를 중복시킬 수 있을 만큼 충분해야 하며 이 모서리의 전체 면적 위에 접촉이 양호하도록 주의를 기울인다. 전극의 모서리는 전극의 한쪽 모서리에서 다른 모서리까지의 절연과피를 피할 수 있도록 적절하게 반경(3 mm ~ 5 mm)을 가져야 한다(그림 6 참조).

비고 - 가용한 장비를 사용하여 절연과피를 얻을 수 없다면, 시료의 폭을 $15 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 또는 $10 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 로 축소시킬 수 있다. 축소된 시료의 폭은 시험 보고서에 구체적으로 기록해야 한다.

이러한 유형의 전극은 두께가 최소한 1.5 mm인 경질 물질에 대한 시험에만 적합하다.

4.2.1.2 튜브와 실린더

튜브와 실린더에 대한 시험의 경우, 시료는 완전한 링 또는 축 길이가 $25\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 인 링의 원주 부분이 100 mm 이어야 한다. 시료의 양쪽 모서리는 실린더 튜브의 축과 직각으로 평행면이 되도록 마감해야 한다. 보드와 시트에 대한 4.2.1.1절과 같이 평행판 사이에서 시료를 시험한다. 위 전극을 지지해야 하는 경우, 두 개 또는 세 개의 시료를 사용한다. 전극의 크기는 15 mm 이상 시료의 모서리를 중복시킬 만큼 충분해야 하며 이 모서리의 전체 면적 위에 접촉이 양호하도록 주의를 기울인다.

4.2.2 테이퍼 핀 전극

표면과 수직을 이루도록 두 개의 평행 구멍을 뚫는다. 중심을 $25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 떨어지게 하고 리머가 약 2%의 테이퍼를 갖는 리머 가공 후 더 큰 끝에서 각 구멍의 지름은 4.5 mm 이상 5.5 mm 이하이다.

구멍은 시료를 완전하게 관통하도록 뚫어야 한다. 튜브가 큰 경우에는 벽면만 관통하도록 하고 전체 길이에서 리머가공해야 한다.

시료에 구멍을 뚫고 리머가공한 후, 구멍에 인접한 물질이 손상(예 : 분리, 파손, 까맣게 탐)되지 않도록 한다.

전극으로 사용된 테이퍼 핀은 $2\% \pm 0.02\%$ 의 테이퍼를 가져야 하고 프레싱되어야 한다. 강력하게 고정시키고 시료의 각 면을 2 mm 이상 신장될 수 있도록 구멍 안으로 두드리지 않아야 한다(그림 7a와 7b 참조).

이러한 유형의 전극은 두께가 최소한 1.5 mm 인 경질 물질에 대한 시험에만 적합하다.

4.2.3 평행 원통형 전극

절연 내력이 높고 두께가 15 mm 이상인 시료에 대한 시험의 경우, 시료를 $100\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 로 절단하여 그림 8과 같이 두 개의 구멍을 뚫어, 지름이 각각 $6\text{ mm} \pm 0.1\text{ mm}$ 이고 반구형 끝을 가진 원통형 전극보다 지름이 0.1 mm 더 크지 않도록 한다. 각 홀의 베이스는 전극의 끝과 정합되도록 반구형이어야 하며 전극의 끝과 구멍의 베이스 사이의 간격이 어떤 점에서도 0.05 mm 를 초과하지 않아야 한다. 물질 규격에 규정되어 있지 않은 경우, 구멍은 길이 전체에서 모서리간 $10\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 떨어져야 하며 구멍이 뚫린 표면 반대의 $2.25\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$ 내에서 신장되어야 한다. 구멍이 뚫린 전극의 두 가지 다른 형태가 그림 8에 주어져 있다. 슬롯이 있는 전극을 사용할 경우, 이 슬롯은 전극 사이의 갭과 지름이 반대가 되어야 한다.

4.3 시료

앞의 절에서 명시한 시료에 관한 정보 이외에, 다음 일반사항에 유념한다.

4.3.1 고체 물질로 만든 시료를 준비할 때는 전극과 접촉하는 표면이 평행하고 물질이 허용하는 만큼 평탄하고 평활해야 한다.

4.3.2 물질의 표면과 수직이 되게 실시한 시험의 경우, 시료는 시험 조건하에서 플래시오버를 방지할 수 있도록 면적이 충분해야 한다.

4.3.3 물질의 표면과 수직이 되게 실시한 시험에서 서로 다른 두께의 시료에 대한 결과는 직접 비교할 수 없다(3절 참조).

4.4 전극간 거리

절연 내력을 산출할 때 사용하는 값은 시험용 물질에 대한 규정에 따라 다음 중 하나이어야 한다.

- a) 공칭 두께 또는 전극간 거리(특별하게 규정되어 있지 않는 한 이 값을 사용한다).
- b) 시료의 평균 두께 또는 표면에 평행한 시험의 경우 전극간 거리
- c) 시료의 두께 또는 시료에 대한 절연파괴에 매우 인접하여 측정된 전극간 거리

5. 시험전 처리

절연물질의 절연 내력은 온도와 습도 함량에 따라 변한다. 시험할 물질에 대한 규격을 이용할 수 있을 경우 해당 규격을 준수한다. 그렇지 않은 경우, 다른 조건에 대해 계약하지 않았다면 시료를 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $50\% \pm 5\%$ 의 상대 습도에서 즉, IEC 60212의 표준 주위 대기에서 24시간 이상 처리해야 한다.

6. 주위 매질

물질은 플래시오버를 방지하기 위해 선택한 주위 매질에서 시험해야 한다. 대부분의 경우 IEC 60296에 따라 트랜스포머 오일이 가장 적합한 매질이 된다. 광유(mineral oil)에서 팽창된 물질의 경우, 다른 물질, 예를 들어 실리콘 액체가 더 적합할 수 있다.

비교적 낮은 절연파괴 값을 갖는 시료는 공기 중에서, 특히 시험이 상층 온도에서 실시되는 경우에 시험해야 한다. 전극의 가장자리에서 적합한 시험 전압의 방전은 시험값에 현저한 영향을 미칠 수 있다는 것에 유의한다.

시험 목적이 다른 매질에서 물질의 행태를 평가하는 것이라면, 해당 매질을 사용할 수 있다.

시험용 물질에 유해한 영향을 최소로 미치는 매질을 선택한다.

결과에 미치는 주위 매질의 영향은 특히 페이퍼와 프레스보드와 같은 흡수성 물질의 경우에 클 수 있다. 따라서 시료 준비 절차에서 모든 필요한 단계(예 : 건조 및 함침)와 시험중 주위 매질의 조건을 완전하게 정의해야 한다.

필요한 온도를 얻기 위해 시료와 전극에 충분한 시간을 허용해야 하지만, 일부 물질은 고온에 장기간 노출되면 영향을 받을 수 있다.

6.1 상층 온도에서 공기중 시험

상층 온도에서 공기중 시험은 시험중 플래시오버가 발생하지 않고 시료와 전극을 수용하기에 충분한 크기의 오븐에서 실시할 수 있다. 오븐내 공기를 순환하는 방법을 제공하여 규정 온도의 $\pm 2\text{ K}$ 내에서 온도계, 서머커플 및 시험 지점 근처에서 온도를 측정할 수 있는 다른 방법으로 실질적으로 일정한 온도가 시료 주위에서 유지될 수 있도록 한다.

6.2 액체에서 시험

절연 액체에서 시험을 실시할 경우, 액체는 IEC 60296에 따라 트랜스포머 오일을 사용할 수 있지만, 그렇지 않은 경우 다른 액체가 더 적합하다. 플래시오버를 피하기 위해 액체의 절연 내력이 적합한지 확인해야 한다. 트랜스포머 오일보다 유전율이 상대적으로 더 높은 액체에서 시험한 시료는 트랜스포머 오일에서 시험했을 때 보다 절연 내력이 더 높을 수 있다. 오일 또는 기타 액체의 절연 내력을 줄이는 오염은 시료의 측정된 절연 내력을 증가시킬 수 있다.

상층 온도에서 시험은 오븐 내 액체의 용기에서(7.1절 참조) 또는 열 전달에 대한 절연 액체를 사용하는 열-제어된 욕조에서 실시할 수 있다. 이 경우, 액체를 환기시키기 위한 적합한 수단을 제공하여 온도가 실질적으로 일정하고 시료 주위의 규정된 온도의 $\pm 2\text{K}$ 이내에서 유지되도록 한다.

7. 전기적 장치

7.1 전압원

시험 전압은 가변 정현 저전압원으로부터 공급된 점증 변압기(step-up transformer)에서 얻어야 한다. 트랜스포머와 그 전압원 그리고 관련 컨트롤은 다음과 같은 특성을 가진다.

7.1.1 실효 시험 전압에 대한 침투의 비는 시료가 회로에 있는 상태에서, 최대 절연과피 전압까지의 모든 전압에서 $\sqrt{2} \pm 5\%$ 와 동일해야 한다(1.34 ... 1.48).

7.1.2 전압원의 전력 정격은 전기적 절연과피가 발생할 때까지 7.1.1절의 요건을 충족하기에 충분해야 한다. 대부분의 물질의 경우, 권장되는 전극을 사용하여 40 mA의 출력 전류 용량이 대개 적합하다. 대부분의 시험에 대한 전력 정격은 최대 10 kV의 전압에서 낮은 정전용량 시료를 시험하는 경우 0.5 kVA, 그리고 최대 100 kV의 전압의 경우 5 kVA까지 변할 수 있다.

7.1.3 가변 저전압원에 대한 컨트롤은 시험 전압을 평활하게, 일정하게 그리고 오버슈트없이 변하게 할 수 있다. 8절에 따라 전압을 인가할 경우, 가변 자동 트랜스포머에 의해 생성된 증감은 예상 절연과피 전압의 2%를 초과하지 않아야 한다.

모터 구동식 컨트롤은 짧은 시간 또는 급격한 상승 시험을 실시하는데 적합하다.

7.1.4 전원원이 손상되지 않도록 하기 위해, 시료가 절연파괴 되자마자 몇 사이클 내에 전원 공급이 단절되는 장치를 구비해야 한다. 전극에 HV를 공급하는 전류 민감성 소자로 구성할 수 있다.

7.1.5 절연파괴시 전류 또는 전압 서지에 의한 손상을 제한하기 위해, 적합한 값을 가진 저항기를 전극에 직렬로 포함시키는 것이 바람직하다. 저항기의 값은 전극에서 견딜 수 있는 손상에 따라 다르다.

비고 - 매우 높은 값을 가진 저항기를 사용하면 더 낮은 값을 가진 저항기로 얻은 것보다 더 높은 절연파괴 전압이 된다.

7.2 전압 측정

7.2.1 전압값은 해당 r.m.s. 값에 기록한다. 피크판독 전압계를 사용하는 것이 좋고 판독값을 $\sqrt{2}$ 로 나눈다. 전압 측정 회로의 전체 오차는 전압계의 응답시간으로 인한 오차를 포함하여 측정값의 5%를 초과하지 않아야 한다. 응답시간 유도 오차는 사용한 상승 속도에서 절연파괴 전압의 1%보다 커서는 안된다.

7.2.2 7.2.1절의 요건에 부합하는 전압계는 전극에 인가된 전압을 측정하는데 사용한다. 전압계에 직접 또는 분압기나 변압기를 통해 연결하는 것이 좋다. step-up 트랜스포머에 감긴 전위차를 측정을 위해 사용할 경우, 전극에 인가된 전압의 지시치 정확도는 step-up 트랜스포머와 직렬 저항기의 부하에 의해 영향을 받지 않아야 한다.

7.2.3 절연파괴 후, 절연파괴 전압을 정확하게 판독하여 기록할 수 있도록 전압계에 남아 있는 최대 인가 시험 전압을 판독하는 것이 바람직하지만, 지시계는 절연파괴시 발생할 수 있는 과도현상에 민감해서는 안 된다.

8. 절차

8.1 시험에서 요구하는 문서에 다음 사항을 기술한다.

- a) 시험할 시료
- b) 시료 두께의 측정 방법(공칭이 아닌 경우)
- c) 시험전 처리
- d) 시료의 수(5개가 아닌 경우)
- e) 시험 온도
- f) 주위 매질
- g) 사용할 전극
- h) 전압 증가 형태
- i) 결과를 절연 내력 또는 절연파괴 전압으로 기록할지의 여부

8.2 4절에 부합하는 전극은 시료가 손상되지 않도록 시료에 인가해야 한다. 7절에 부합하는 전압을 제공

하는 장치를 사용하는 경우, 전압을 전극 사이에 인가하고 9.1 ~9.5절에 따라 증가시킨다. 시료에 절연 파괴나 플래시오버가 발생하는지를 관찰한다(10절 참조).

9. 전압의 증가 형태

9.1 단시간 (급격 상승) 시험

9.1.1 전압은 절연파괴가 발생할 때까지 0에서 일정한 비율로 상승시켜야 한다.

9.1.2 상승 속도는 절연파괴가 10초와 20초 사이에 발생하는 시험용 물질에 대해 선택한다. 절연파괴 전압이 상당히 다른 물질의 경우, 일부 샘플은 이러한 한계치를 벗어날 수 있다. 절연파괴의 대부분이 10초와 20초 사이에서 발생해야 사용할 수 있다.

9.1.3 상승 속도는 다음에서 선택한다.

100 V/s, 200 V/s, 500 V/s, 1000 V/s, 2000 V/s, 5000 V/s 등

비고 - 넓은 스펙트럼 물질의 경우, 일반적으로 사용하는 상승 속도는 500 V/s이다. 성형 물질의 경우, IEC 60296에 따라 비교가능한 데이터를 얻을 수 있도록 2000 V/s의 상승 속도를 권장한다.

9.2 20초 단계적 시험

9.2.1 가능성이 있는 단시간 절연파괴 전압의 40%에서 전압을 시료에 인가한다. 가능성이 있는 단시간 값이 알려져 있지 않을 경우, 9.1절의 방법에 따라 얻는다.

9.2.2 시료가 고장없이 20초 동안 이 전압을 견딜 수 있을 경우, 전압을 표 1에 명시한 대로 증감 단계 별로 증가시킨다. 증가된 각 전압은 고장이 발생할 때까지 20초 동안 직접적으로 , 연속적으로 인가해야 한다.

표 1 - 전압 증가의 증감(kilovolts, 피크/ $\sqrt{2}$)

시작 전압일 경우(kV)	증감(kV)
1.0 이하	시작 전압의 10%
1.0 초과 2.0 이하	0.1
2.0 초과 5.0 이하	0.2
5.0 초과 10.0 이하	0.5
10 초과 20 이하	1.0
20 초과 50 이하	2.0
50 초과 100 이하	5.0
100 초과 200 이하	10.0
200 초과	20.0

비고 - 규정되어 있는 경우, 더 작은 전압 증감을 사용할 수 있다. 이 경우, 더 높은 시작 전압을 허용할 수 있지만, 절연파괴가 120초 미만에서 발생하는 안 된다.

9.2.3 전압의 증가는 가능한 한 신속해야 하며 어떠한 과도 과전압이 없어야 하고, 전압 상승 시 소요된 시간은 더 높은 전압에서 20초 기간 내에 포함되어야 한다.

9.2.4 절연파괴가 시험 시작 후 6 레벨 이하에서 발생한 경우, 더 낮은 시작 전압을 사용하여 추가로 5개의 시료를 시험한다.

9.2.5 절연 내력은 절연파괴 없이 20초 동안 견딘 최고 공칭 전압을 바탕으로 한다.

9.3 저속 상승 시험(120 ... 240초)

120초와 240초 사이에서 절연파괴가 발생하도록 일정한 속도로 가능성이 있는 단시간 절연파괴 전압의 40%에서 전압을 상승시킨다. 절연파괴 전압이 상당히 다른 물질의 경우, 일부 샘플을 이러한 한계치를 벗어난다. 절연파괴의 대부분이 120초와 240초 사이에서 발생한다면 사용할 수 있다. 전압 상승 속도는 처음에 다음에서 선택한다.

1 V/s, 2 V/s, 5 V/s, 10 V/s, 20 V/s, 50 V/s, 100 V/s, 200 V/s 등

9.4 60초 단계적 시험

특별하게 규정되어 있지 않은 경우, 10.2절에 따라 60초의 지속시간 동안 시험을 수행하도록 한다.

9.5 초저속 상승 시험(300초...600초)

특별하게 규정되어 있지 않은 경우, 9.3절에 따라 절연파괴가 없는 상태에서 300초 - 600초 사이에서 시험을 수행하도록 한다. 이 때 전압의 상승비율은 다음 중에서 선택해야 한다 :

1V/s, 2V/s, 5V/s, 10V/s, 20V/s, 50V/s, 100V/s, 200V/s 등.

비고 - 9.3절에서 120초 ... 240초와 9.5절에서 300초 ... 600초의 저속 상승 속도 시험은 20초(9.2절) 또는 60초(9.4

절) 단계적 시험과 거의 동일한 결과를 낸다. 자동화된 장비를 사용하는 경우 저속 상승 속도 시험이 단계적 시험보다 더욱 편리하며, 이러한 장비를 사용할 수 있도록 하기 위해 포함된다.

9.6 보증 시험

시험의 내성을 위해 사전결정된 proof 전압을 인가해야 할 때, 전압을 가능한 한 신속하게 필요한 값까지 상승시키고 어떠한 과도 과전압 없이 정확하게 달성해야 한다. 이 전압을 규정시간 동안 필요한 값에서 유지시킨다.

10. 절연파괴 기준

10.1 전기적 절연파괴는 회로에 흐르는 전류의 증가와 시료 양단의 전압 감소를 동반한다. 증가된 전류는 회로 차단기를 떠돌거나 퓨즈를 용단시킨다. 그러나 회로차단기의 트리핑은 플래시오버, 시료 충전 전류, 부분 방전 전류의 누설, 장비 자화 전류 또는 오동작에 의해 영향을 받을 수도 있다. 따라서 회로 차단기를 시험장비와 시험용 물질의 특성에 맞게 잘 조정해야 한다. 그렇지 않을 경우, 회로차단기는 시료의 절연파괴 없이 동작할 수 있으며 또는 절연파괴가 발생했을 때 동작하지 않을 수도 있어 적극적인 절연파괴 기준을 제공하지 않는다. 최선의 조건하에서도 주위 매질의 절연파괴가 발생할 수 있으며 시험 중 이를 검출하기 위해 관찰해야 한다. 주위 매질의 절연파괴가 관찰되었을 경우, 이를 보고한다.

비고 - 고장검출 회로의 감도가 특히 중요한 물질의 경우, 해당 물질에 대한 표준을 규정해야 한다.

10.2 물질의 표면과 수직을 이루도록 시험을 실시하는 경우, 절연파괴가 발생하며 탄소로 채워졌는지의 여부에 관계없이 후속 육안 검사를 통하여 실제 절연파괴 채널을 볼 수 있다.

10.3 표면에 평행한 시험에서 구멍에 의한 고장과 표면 양단의 고장을 구별하는 것이 필요하다면, 이는 시료를 검사하여 또는 첫 번째 명백한 절연파괴 보다 낮은 전압을 재인가하여 실시할 수 있다. 편리한 방법은 절연파괴 전압의 반을 재인가하고 그 다음 첫 번째 시험과 동일한 절차로 고장에 도달할 때까지 전압을 증가시키는 것이다.

11. 시험의 회수

11.1 특별하게 규정되어 있지 않는 한, 5회 시험을 실시하고 절연 내력 또는 절연파괴 전압을 시험 결과의 중앙에서 결정한다. 어떤 시험 결과가 중앙에서 15% 이상 편이 되었다면, 추가로 5회 시험을 실시한다. 그 다음, 절연 내력 또는 절연파괴 전압을 10회 결과의 중앙에서 결정한다.

11.2 정기 품질 관리 이외의 목적으로 시험을 실시하는 경우, 물질의 변화성과 적용할 통계적 분석에 따라 더 많은 시료가 필요하다.

11.3 필요한 시험 회수와 정기 품질관리 시험 이외의 목적을 위한 데이터 해석을 결정하는데 유용한 참조는 부록 A를 참조한다.

12. 보고

특별하게 규정되어 있지 않는 한, 보고서에 다음 사항을 포함시켜야 한다.

- a) 시험한 물질의 완전한 식별, 시료의 설명, 시료 준비 방법
- b) 절연 내력의 중앙값(단위: kV/mm) 와/또는 절연파괴 전압(단위: kV)
- c) 각 시료의 두께(4.4절 참조)
- d) 시험중 주위 물질과 그 특성
- e) 전극 시스템
- f) 전압과 주파수 인가 형태
- g) 절연 내력의 개별 값(단위: kV/mm) 와/또는 절연파괴 전압(단위: kV)
- h) 시험 중 공기 또는 기타 기체의 온도, 압력, 습도, 또는 액체인 경우 주위 물질의 온도
- i) 시험 전 시료의 처리 조건
- j) 절연파괴의 형식과 위치의 표시

결과를 더욱 간략하게 설명해야 하는 경우, 처음 6개 항목과 최저 및 가장 높은 값을 포함시킨다.

(그림)

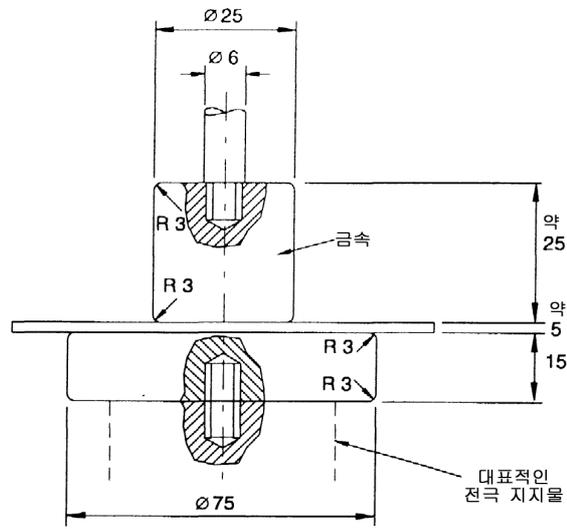


그림 1a - 동일하지 않은 전극

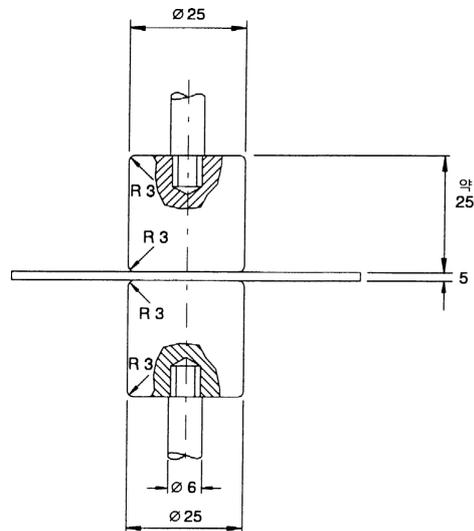


그림 1b - 동일한 지름의 전극

그림 1 - 표면에 수직인 보드와 시트 시험을 위한 전극의 배치

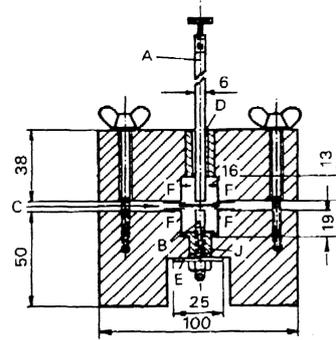
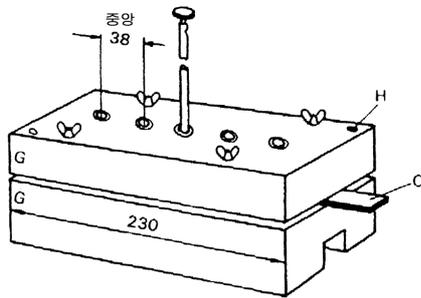


그림 2a - 장치의 일반 배치

그림 2b - 상단이 약간 올라간 전극을 관통하는 장치의 단면

- A = 부시 D에 쉽게 끼워 맞출 수 있는 상부 전극
- B = 아래 전극
- C = 시험용 시료
- D = 6 mm 로드를 제거하기에 충분한 내부 지름을 가진 황동 부시
- E = 모든 아래 전극에 연결되는 폭 25 mm의 황동 스트립
- F = 모서리가 덮여진 필름 조각 또는 시료
- G = 적합한 절연물질의 블록, 예를 들어 페이퍼가 채워진 라이네이트
- H = 맞춤 구멍(dowel hole)
- J = 내부 스레드가 있는 황동 부시

그림 2 - 표면에 수직인 테이프 시험을 위한 일반적인 전극 배치의 예(4.1.2절 참조)

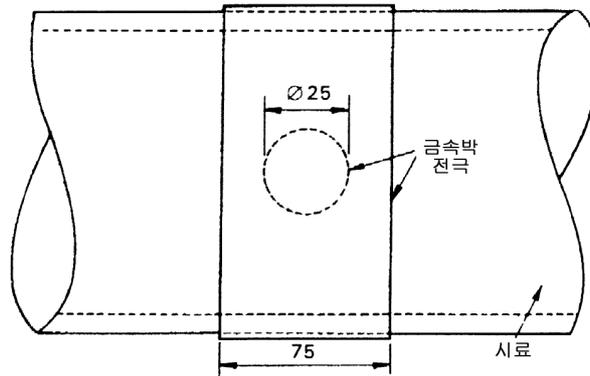


그림 3 - 내부 지름이 100 mm 이상인 튜브와 실린더에 대한 표면에 수직인 시험을 위한 전극 배치

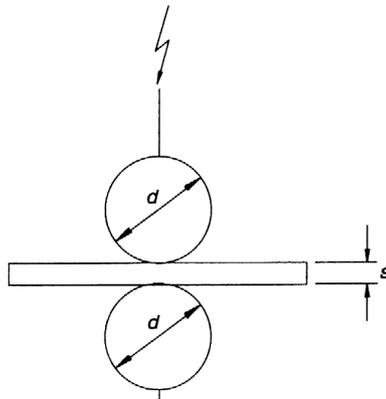


그림 4 - 주물과 성형 물질 시험을 위한 전극 배치(구형 전극의 지름 : $d = 20 \text{ mm}$)

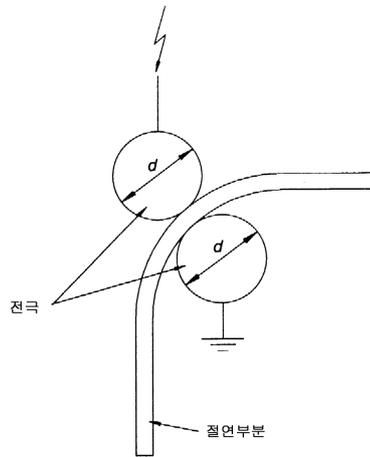


그림 5 - 형상 절연 부품 시험을 위한 전극 배치(4.1.7절 참조)

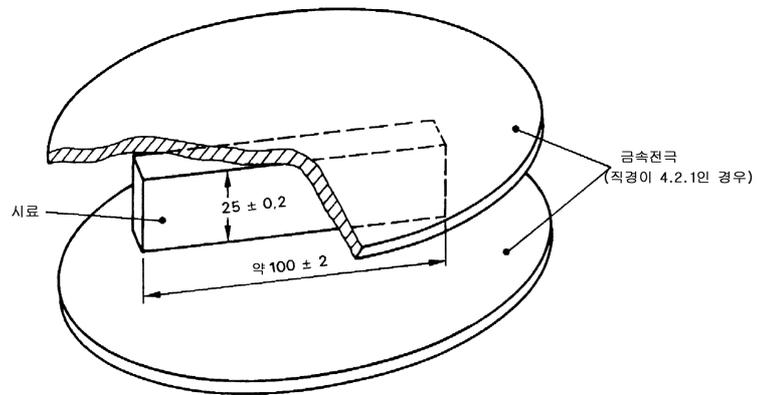


그림 6 - 표면에 평행한 시험을 위한 전극 배치(있는 경우 라미네이트를 따라)

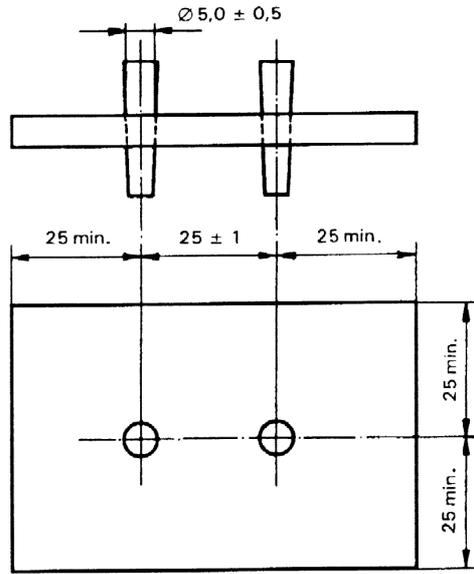


그림 7a - 테이퍼 핀 전극이 있는 플레이트 시료

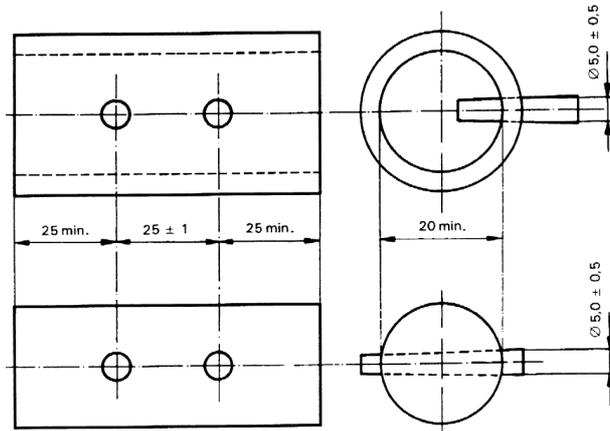


그림 7b - 테이퍼 핀 전극이 있는 튜브 또는 로드형 시료

그림 7 - 표면에 평행한 시험을 위한 전극 배치(있는 경우 얇은 판을 따라)

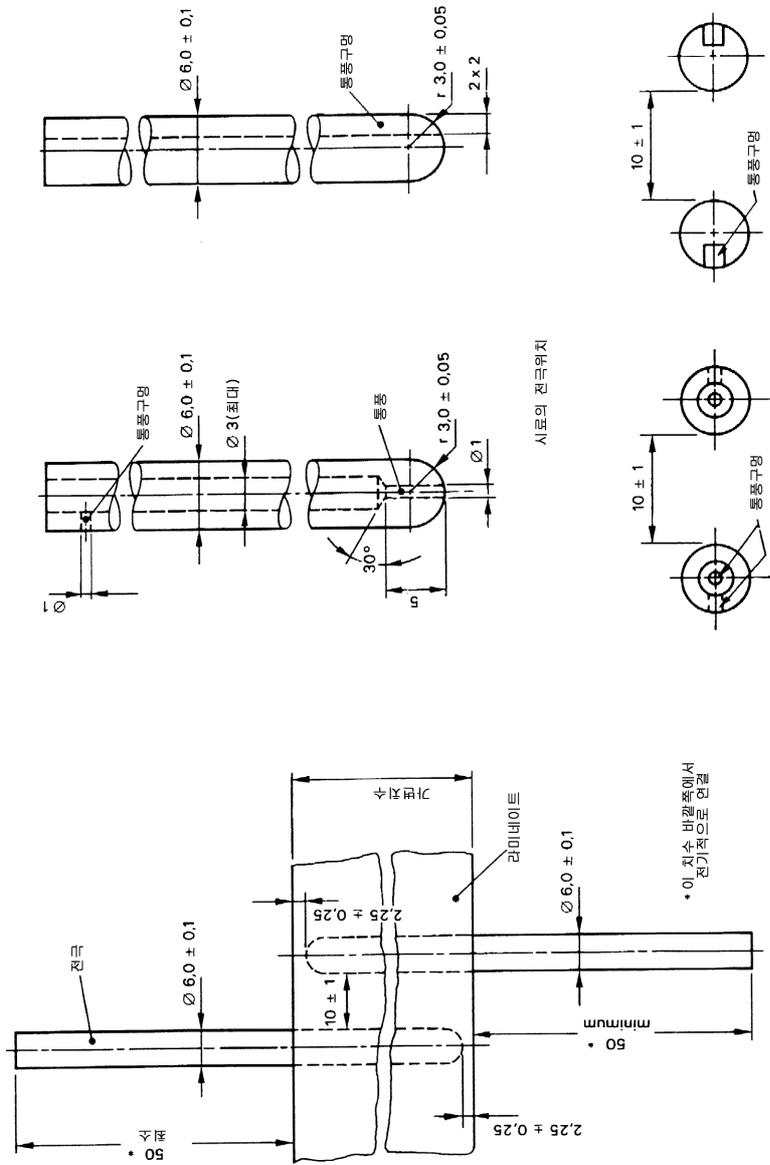


그림 8 - 평행한 원통형 전극이 있는 두께 15 mm 이상의 보드를 위한 얇은 판과 평행한 시험을 위한 배치도(4.2.3절 참조)

부록 A
(정보용)

실험 데이터의 처리

정기 시험의 경우 12절에 명시되어 있는 절차는 데이터의 분석과 보고에 적합하다. 그러나, 많은 연구 논문에서는 전기적 응력에 대한 물질의 반응에 대한 더 많은 정보를 필요로 한다. 따라서 더 많은 시료와 더 많이 포함된 시험 결과의 평가가 필요할 수 있다.

이를 위하여, 시료를 설계하고 관련 데이터를 분석하기 위한 절차가 발행되었다. 이러한 절차 중 일부는 다음과 같다.

IEC 60727-1: 1982, Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems - P제1부 : General considerations and evaluation procedures based on normal distributions

IEC 60727-2: 1993, Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems - 제2부 : Evaluation procedures based on extreme-value distributions

IEEE 930-1987 (R 1995) IEEE guide for statistical analysis of electrical insulation voltage endurance data (IEEE Operations Center(445 Hoe Lane, P.O. Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331, USA)에서 이용 가능, 또는 USA 외 일부 국가에서 Global Info Center의 지역 사무실에서 이용 가능)

Special Technical Publication 926, Engineering dielectrics, Volume IIB: Electrical Properties of Solid Insulating Materials: Measurement Techniques - Chapter 7: Statistical Methods for the Evaluation of Electrical Insulating Systems, American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA