

제정 기술표준원고시 제2001-36호(2001. 2. 15)
개정 기술표준원고시 제2002-1280호(2002. 10. 12)

전기용품안전기준

K 60343

[KS C IEC 2002]

연면방전을 통한 파괴시 절연재료의 비저항 측정방법

**연면방전을 통한 파괴시 절연재료의
비저항 측정방법**

CIEC 60343 : 2002

**Recommended test methods for determining the relative resistance of insulating
materials to breakdown by surface discharges**

서 문 이 규격은 1991년 제2판으로 발행된 IEC 60343, Recommended test methods for determining the relative resistance of insulating materials to breakdown by surface discharges를 번역하여 기술적 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국산업규격이다.

1. 적용 범위

본 국제 규격에서는 연면 방전에 따른 절연내력 시험을 다루고 있으며, 고체 절연물질이 연면 방전에 노출될 경우에 비저항을 측정하기 위함이다.

2. 인용 규격 다음의 규격은 이 규격에 인용함으로서 이 규격의 규정일부를 구성한다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다.

a) **KS C IEC 60060** : 고전압 시험방법

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

c) **IEC 60270** : 1981, Partial discharge measurements.

3. 시험의 목적 및 원리

고체절연재료가 산업용 주파수에서 전계에 따른 응력을 받는 경우에 연면 방전에 노출되어 절연파괴되는 비저항을 평가하는 장치는 간단하다.

경험상으로, 일부 형태의 전극에서 연면 방전이 존재할 시에 재료의 완전한 절연파괴를 기준으로 취하는 절연내력 시험은 공기가 전극 주위와 시험 중 시료의 표면을 순환한다고 가정할 경우에 이러한 유형의 응력에 대해 재현 가능하게 재료를 분류할 수 있음을 알 수 있다.

4. 시험 장비**4.1 시험 전극**

스테인레스강 원통형 전극과 판형 전극을 사용하여 시험한다. 스테인레스강의 정확한 등급은 중요하지 않다. 사용하는 전극은 다음과 같다.

4.1.1 원통형 전극

날카로운 모서리부가 반경이 1mm 되도록 제거한 지름이 $6\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ 인 원통. 질량이 30g을 초과하지 않는 원통형 전극은 시료의 표면과 수직을 이루어야 한다. 연질 물질을 사용하는 경우에 기계적 손상을 방지하기 위해, 전극과 시료간에 $100\mu\text{m}$ 를 이하의 갭을 적용한다. $100\mu\text{m}$ 떨어뜨린 고정된 전극 사이에는 매우 얇은 시료(두께가 $100\mu\text{m}$ 미만)를 삽입하는 것이 편리하다. 시료의 정전용량을 줄이고 가열을 최소화해야 할 필요가 있는 경우에는 전극 모서리의 반경이 1mm로 유지된다면 6mm미만의 원통

형 전극을 사용할 수 있다. **그림 1**은 일반적으로 사용하는 양 전극의 배치 예를 보여준다. **그림 1b**와 같은 배치는 전극과 시료간의 갭이 필요하지 않을 경우에 전극이 시료 위에 살짝 기울인 채로 위치하는 것을 피하기 위함이다. 다른 배치도 또한 가능하다.

4.1.2 판형 전극

시험 전압으로 원통형 전극에서 발생한 방전 면적보다 더 큰 방전 면적을 갖는 판(4.2절 참조).

4.1.3 전극 배치

가능하다면 항상 전극 배치는 축 대칭을 이루어야 한다. 공기 인입구는 재현성 있는 결과를 얻기 위해 서로 다른 전극에서 가능한 한 일정하게 공기가 분포되는 위치에 있어야 한다. 시험은 시험 샘플 위에서 하나 또는 복수의 전극으로 실시한다. 복수의 전극을 사용할 경우에 전극간 분리는 인접한 전극에서 발생하는 방전간 상호작용을 피할 수 있을 만큼 충분해야 하며 최소한 50mm 이상이어야 한다(**그림 2** 참조).

4.2 시료

가능하다면 항상 시험은 다음과 같은 공칭두께(3.0mm, 1.6mm, 1.0mm, 500 μ m, 100 μ m, 25 μ m)를 갖는 하나 이상의 시료에 대해 실시해야 한다. 각 공칭두께에 대해 최소한 9개의 시료(방전에 노출된 샘플 면적)를 각 전압에서 시험한다. 시료의 면적은 섬락을 피할 수 있을 만큼 충분해야 하며, 산업계의 공칭 허용오차에 따라 일정한 두께를 가져야 한다. 방전에 노출된 시료의 표면이 오염되지 말아야 한다. 시료와 판형 전극간에 발생할 수 있는 미세한 방전을 방지하기 위하여, 시료의 아래면에 전도성 전극을 적용할 필요가 있다. 전극 물질을 선택할 때에는 시료 특성을 현저하게 변화시키거나 화학반응하지 않도록 주의를 기울인다. 일반적으로 다음과 같은 재료를 사용한다.

- a) 진공 증착된 알루미늄, 은, 또는 금. 전극을 입힌 후에 시료의 조건을 잡을 필요가 있다.
- b) 두께가 0.025mm이고 시료와 크기가 동일한 주석 또는 알루미늄박. 알루미늄박은 적절한 석유 또는 실리콘 그리스로 시료에 부착해야 한다. 이와 같이 사용하는 그리스의 양은 최소로 하는 것이 바람직하다. 또한 시료의 반대편 표면에 그리스가 묻지 않도록 해야 한다. 그리스는 화학적 열화에 기인하여 시료에 위대한 영향을 미치지 말아야 한다.
- c) 전도성 은페인트 시험은 IEC 60212에 따라 실질적인 평형 상태가 되도록 조건을 잡은 시험시료에 대해 실시한다.

비고. 특수 시험은 박막 재료를 적층하여 수행하지만, 결과가 동일두께를 갖는 단일재료를 사용한 시험과는 상당히 다를 수 있다.

4.3 시험 조건

시험은 일반적으로 변형력을 가하지 않은 시료에 대해 실시하지만, 시료는 인장을 가하거나 구부러진 판형 전극 위에 판상시료를 굽힘으로서 방전에 노출된 동안 기계적 변형을 받을 수도 있다. 기계적 변형을 가할 경우에 경질 물질에서는 0.5%변형을 사용하고, 연질 물질에서는 5% 변형을 사용한다. 시험은 대개 상대 습도가 20%를 초과하지 않은 건조한 공기 중에서 실시한다(20% 미만의 상대 습도는 CaCl₂와 같은 건조제가 있는 건조관을 통해 공기를 통과시켜 얻을 수 있다). 공기의 건조 정도와 시료의 상부표면 양단의 흐름 속도는 시험 조건하에서 측정 수명이 국소 열화생성물 농도에 영향을 받지 않는지 확인하는데 충분해야 한다(시료당 0.5 L/min의 흐름 속도라면 충분하다).

비고 1. 시험은 대개 23 $^{\circ}$ C $\pm$ 2 $^{\circ}$ C의 온도에서 실시한다. 23 $^{\circ}$ C $\pm$ 2 $^{\circ}$ C 이외의 온도, 가령 시험할 물질의 사용 온도 또는 IEC 60212에 따라 실시하는 것이 유용할 수도 있다.

2. 특별한 경우, 공기 이외의 매질에서 시험을 실시할 수 있다.

3. 활성 가스(가령, 공기 중의 O₃ 및 NO₂)가 생성되기 때문에 잠재적으로 신체에 가해지는 위

험을 피하기 위해, 시료 양단에 공기를 통하게 한 후 실험실 외부로 방출되는 밀봉된 용기 내에서 시험을 실시할 것이 바람직하다.

4.4 시험 전압

4.4.1 시험전압의 주파수 및 파형

시험은 48Hz~60Hz의 전원주파수에서 실시한다. 그 이상의 주파수에서 시험을 실시할 경우에, 시험 조건하에서 주파수에 대한 시험 재료의 절연내력 기능의존도는 전원 주파수에 상당하는 절연내력이 산출되도록 측정하는 것이 바람직하다. 전원 주파수에서 산출한 수명 및 전원 주파수 이외의 시험 주파수에서 측정한 시험수명을 보고할 필요가 있다. 전력 또는 그 이상의 주파수를 갖는 전압은 대략 정현파로서 실효값에 대한 첨두값의 비가 $\sqrt{2} \pm 5\%$ 의 한계치내에 있어야 한다. 시험 전압은 진폭에 5%를 초과하는 고조파를 포함하지 말아야 한다.(KS C IEC 60060 참조).

4.4.2 새로운 물질에 대한 시험

전압을 인가한 상태에서 시험 수명의 변화를 다른 조건은 동일하고 동일한 주파수를 갖는 3개 이상의 전압으로 측정해야 한다. 최고 시험 전압은 전원 주파수에서 100시간 상당 이상의 시료 시험 수명이 발생하도록 선정해야 한다. 최소 시험 전압은 전원 주파수에서 5000시간 상당 이상의 시료 시험 수명이 발생하도록 선정해야 한다. 박막 재료인 경우에(두께가 100 μm 미만), 전원 주파수에서 1000시간에 상당하는 시험 수명이 발생하는 최저 시험 전압을 선정할 수 있다. 9개의 시료를 동시에 사용하여 5번째 절연파괴(이것이 중앙값을 나타냄) 후 시험을 종료할 수 있다.

4.4.3 이전에 평가한 재료에 대한 정기 합격 시험

주파수 f에서 시험수명은 재료의 이전 조사에서부터 전원 주파수에서 약 1년 내에 고장을 일으킬 것으로 예상되는 전압에서 결정한다. 박막 재료인 경우에(두께가 100 μm 미만), 전원 주파수에서 1000시간의 예상 시험수명을 발생하도록 시험전압을 선정해야 한다.

5. 전기 장치

5.1 고전압원

전원주파수 48Hz~62Hz에서 시험은 KS C IEC 60060의 권고사항에 따라 고전압 변압기, 전압 조절기, 차단기, 전압계를 사용하여 실시해야 한다. 그 이상의 주파수에서 시험은 발전기와 고전압 변압기 또는 적절한 출력을 발생하는 전자식 발전기를 사용하여 실시해야 한다.

5.2 끝점 제어 장치

진조 공기가 시험시료 주위를 순환할 경우에 시험 전압의 단시간 차단이 절연내력에 거의 영향을 미치지 못한다. 따라서 시험전원의 차단기를 동작시키고 동시에 시험시에 결과를 기록하는 기록계를 정지시키는 한쪽 전극에서의 고장이 발생해도 무방하다. 그러나 각 시료에 대한 시간을 기록할 수 있도록 퓨즈 또는 회로차단기를 각 시험 전극에 직렬로 포함시키는 것이 더욱 편리하다. 적합한 퓨즈 배치는 핀과 시간 측정 장치를 연결한 마이크로스위치의 가동변 사이를 연결한 고전압 전극과 직렬로 연결된 얇은(0.03mm) 동선으로 구성되어 있다. 어떠한 경우에도 각 시료에 직렬로 연결되어 있는 임피던스가 10k Ω 을 초과하지 말아야 한다.

비고. 고장 및/또는 시료의 단선에 기인한 전압서지로 너머지 시험시료에 장애가 유발되지 않도록 주의를 기울이는 것이 바람직하다.

6. 절차

시험 장치는 4항의 기준을 충족해야 한다. 4.2절과 같이 시료를 준비하고, 이를 4.1절의 전극 위 또

는 전극간에 위치시킨다. 5절의 요건을 충족하는 전기 장치를 사용하여, 전극 사이에 전압을 인가한다. IEC 60270에서 설명한 절차 중 하나를 사용하여 연면 방전을 측정한다.

시험 조건 내용에는 다음과 같은 사항이 포함되어야 한다.

- a) 전체 형식 시험 또는 정기 합격 시험이 필요한지의 여부
- b) 시료 두께의 측정 방법
- c) 각 전압에서 시험할 시료의 수(9개를 초과할 경우)
- d) 시료의 표면과 로드형 전극 사이의 갭
- e) 시료와 판형 전극 사이의 접촉 형태(가령, 진공 증착된 알루미늄, 은페인트)
- f) 시험 온도($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 이외의 경우)
- g) 시험 환경(공기 이외의 경우)
- h) 시험 환경의 상대 습도(20%를 초과할 경우)
- i) 시험에서 시료에 가해지는 기계적 변형의 정도와 형태
- j) 시험 주파수
- k) 최저 시험 전압을 전원주파수에서 1000시간 이상에 상당하는 시험수명을 발생하는 것으로 선정할 것인지 5000시간 이상에 상당하는 것으로 선정할 것인지의 여부

7. 고려해야 할 요인

방전에 노출된 경우, 절연내력은 절연의 두께와 유형, 주위 매질 및 온도에 의존하여 응력이 증가함에 따라 급격하게 감소한다. 데이터를 비교하는 것이 동일한 전극 배치를 사용할 경우와 기타 다른 시험 조건이 일정하게 유지될 때에만 가능하다는 것을 알아 둘 필요가 있다.

7.1 절연 두께

연면 방전이 절연내력시험 시작 시에 일어날 때 응력 E_1 는 절연 두께와 비유전율 ϵ_r 의 함수이다. 이 값 E_1 는 시험 중 변경될 수 있다: 초기값은 측정한다. 절연내력에 미치는 두께의 영향은 인가된 전압 응력 E 와 두께를 변수로 사용한 시험 수명을 도표로 나타내어 측정할 수 있다(그림 3a 참조). 로드에서 평면 절연시트까지의 방전인 경우에, E/E_1 비의 증가에 따라 시험 수명의 감소가 두꺼운 시료보다 얇은 시료에서 더욱 급격하다. 어떤 재료의 시험 수명에 대한 E/E_1 의 도표로 재료의 내방전성을 더 효과적으로 이해할 수 있다(그림 3b 참조). E 와 E_1 는 각각 시료 평균 두께로 나눈 응력과 방전 초기 전압이다.

7.2 주위 온도

여러 물질의 내방전성은 온도가 증가함에 따라 감소한다.

7.3 기계적 변형

인장 변형은 많은 물질의 내방전성을 감소시킨다. 압축변형은 심각한 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

7.4 습도

습한 대기에서 전도성 필름의 증착은 방전 활동을 감소시키지만, 화학적 열화를 발생시킬 수 있다.

7.5 기압

기압이 증가되면 응력이 증가되고, 연면 방전이 시작되는 응력이 증가한다. 그러나, 이러한 방전이 존재할 경우에 시험수명은 방전이 더욱 강하기 때문에 감소한다.

7.6 주파수

주파수가 너무 높을 경우에는 누적성 가열이 열 절연파괴를 일으킬 수 있으므로 더 높은 주파수에서

측정하여 산출한 내전압성이 전원 주파수에서 측정한 시험 수명보다 더 짧아지게 된다.

7.7 전도성 연면층

전원주파수에서 발생하는 전도성 연면층은 높은 주파수에서 더욱 빠르게 형성되어 방전특성에 영향을 미치고, 주기적 또는 완전한 방전 소멸을 야기한다. 전원주파수로 교정한 내전압성이 전원주파수에서 실제 측정한 경우보다 훨씬 더 크다.

8. 시험 보고

시험보고서에는 다음 사항을 포함시켜야 한다.

- a) 일반 형식 명칭과 알려진 경우 첨가제 등 제조자의 재료 설명 및 식별
 - b) 시료 준비 및 전처리 방법
 - c) 시료의 공칭두께 및 측정 범위
 - d) 각 전압에서 시험한 시료의 수
 - f) 시료 표면과 전극 사이의 갭길이
 - g) 고전압 전극의 지름(6mm 이외인 경우)
 - h) 시험 매질: 공기 또는 다른 기체
 - i) 상부 전극에서의 온도와 기압
 - j) 습도와 시료당 기체 흐름 속도
 - k) 시험중 가해진 기계적 응력의 속성과 크기
 - l) 시험 전압의 주파수
 - m) 시험 주파수, 각 시험 전압에서 고장난 모든 시료의 절연파괴 시간과 중간값 및 시험 주파수가 48Hz~60Hz 이외인 경우 전원주파수에서 산출한 해당값
 - n) 가능한 경우, 내전압 시험의 시작 시에 각 시험 전압에서 최대 방전의 크기(단위: pC)
 - o) 그래프 형식의 시험 결과. 연면 방전에 따른 수명선은 응력 E와 시험 수명의 중간값으로 표현한다(그림 3a 참조). 반-로그 또는 로그-로그 종이에 표현할 수도 있다. 데이터는 그림 3b에 나타난 바와 같이 E/E_0 로 추가적으로 표현할 수 있다.
- 비고.** 정기 합격 시험 결과를 반드시 그래프로 표현할 필요는 없다.

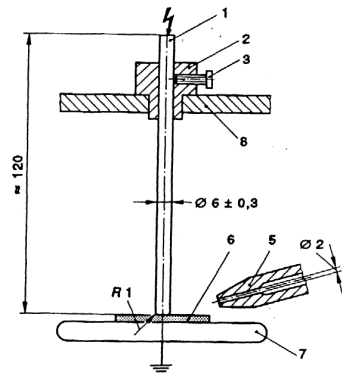


그림 1a 로드형 전극 하나를
사용한 예

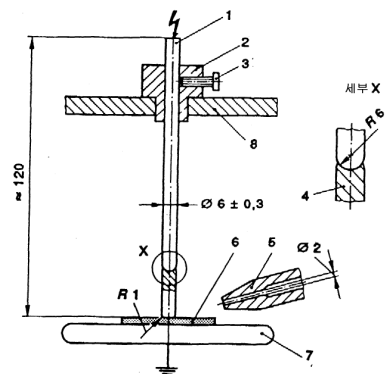


그림 1b 두 개의 비경사 관절형
전극을 사용한 예

- 1 = 고전압 전극
- 2 = 고전압 연결 가이드 소켓(가능한 경우 다른 해결책)
- 3 = 전극 분리 조정을 위한 조임 나사(가능한 경우 다른 해결책)
- 4 = 고전압 전극의 밑부분(적용가능한 경우)
- 5 = 공기 노즐(예 : PVC로 제작)
- 6 = 시료
- 7 = 저전압 전극
- 8 = 전극 지지물(예 : 유리 결합 운모로 제작)

그림 1 전극의 일반 배치 예

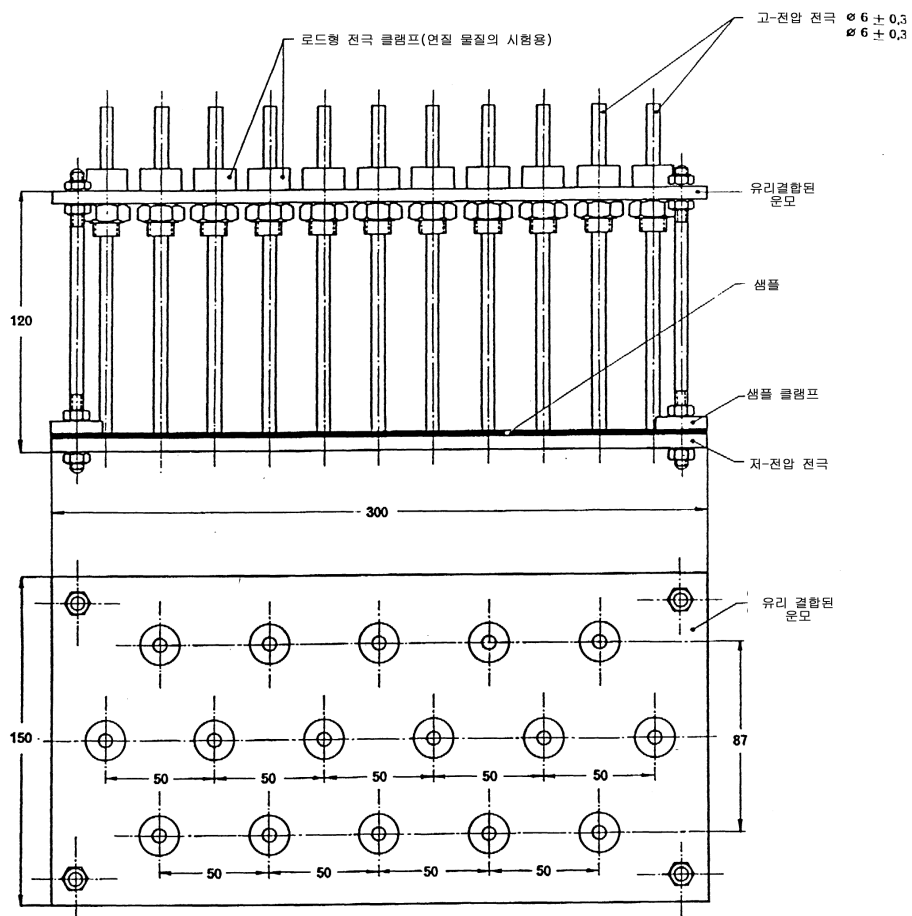
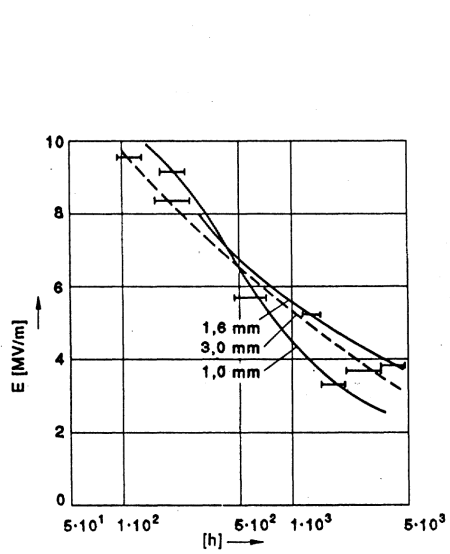


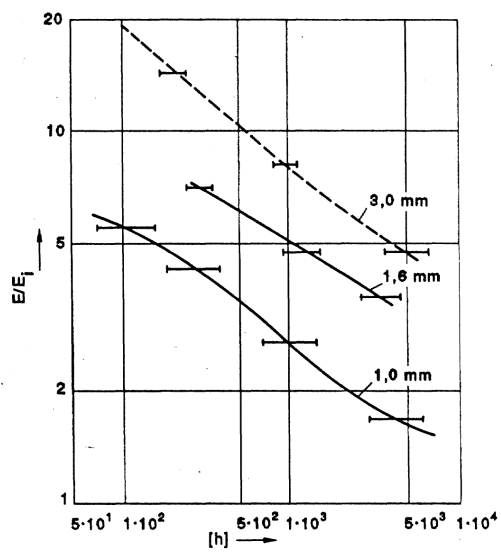
그림 2 전극의 일반 배치 예

연면 방전: 물질 X의 21°C에서 절연내력에 미치는 두께의 영향



50 Hz에서의 수명

그림 3a 반로그 좌표에서의 수명선



50 Hz에서의 수명

그림 3b 로그-로그 좌표에서의 수명선