



KC 60093

(개정 : 2015-09-23)

IEC Ed 2.0 1980-01

전기용품안전기준

**Technical Regulations for Electrical and
Telecommunication Products and Components**

고체절연재료의 체적저항율 및 표면저항율 시험방법

**Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid
electric insulating materials**

KATS 국가기술표준원

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

목 차

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐기 이력 및 고시현황	1
서 문	2
1. 적용범위 (Scope)	3
2. 정 의 (Definitions)	3
3. 의 미 (Significance)	4
4. 전력 공급 장치 (Power supply)	4
5. 측정 방법과 정확도 (Measuring method and accuracy)	4
6. 시험 시편 (Test specimens)	6
7. 전극 재료 (Electrode material)	6
8. 시편 취급과 배치 (Specimen handling and mounting)	7
9. 조 건 화 (Conditioning)	8
10. 시 편 (Test procedure)	8
11. 계 산 (Calculations)	8
12. 보 고 서 (Report)	9
부 속 서 1 (Annex A)	10
부 속 서 2 (Annex B)	12
그 림 (Figures)	13
해 설 1	17
해 설 2	18

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황

제정 기술표준원 고시 제2001 - 23호 (2001.02.14)
개정 기술표준원 고시 제2003 - 523호 (2003.05.24)
개정 국가기술표준원 고시 제2014-0421호(2014. 9. 3)
개정 국가기술표준원 고시 제2015-383호(2015. 9. 23)

부 칙(고시 제2015-383호, 2015.9.23)

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

전기용품안전기준

고체절연재료의 체적저항을 및 표면저항을 시험방법

Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electric insulating materials

이 안전기준은 1980년 1월에 제2판으로 발행된 IEC 60093(Methods of tests for volume resistivity and surface resistivity of solid electric insulating materials)을 기초로, 기술적 내용 및 대응 국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 KS C IEC 60039(2004.07)을 인용 채택한다.

고체절연재료의 체적저항을 및 표면저항을 시험방법

Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electric insulating materials

서 문

이 표준은 1980년 제2판으로 발행된 IEC 60093 Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electric insulating materials를 번역하여, 기술적 내용 및 표준서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국산업표준이다.

1. 적용 범위

이 시험 방법은 고체 전기 절연 재료의 체적/표면 저항을 결정하기 위한 과정과 체적/표면 고유 저항을 결정하기 위한 계산법을 다루고 있다.

체적 저항과 표면 저항 시험 모두는 가한 전압의 크기와 시간, 전극의 성질과 형태, 상온 대기 중의 온도와 습도, 조건화 처리와 측정하는 동안의 시편의 온도와 습도 등의 인자에 의해 영향을 받는다.

2. 정 의

2.1 체적 저항(volume resistance)

전극에서의 가능한 분극 현상을 무시하고 표면을 따라 흐르는 전류를 제외한, 전극 사이에 안정된 정상적인 전류를 토대로 얻어진 시편의 양쪽 면에 반대로 놓인 두 전극 사이에 직접 가해진 전압의 지수

비 고 명시되지 않는 한, 체적 저항은 전기를 가한 1분 후에 결정한다.

2.2 체적 고유 저항(volume resistivity)

전열 재료 내의 직류 전기장 세기와 정상적인 전류 밀도의 비율. 실제로 단위 체적당 환산한 체적 저항이라 할 수 있다.

비 고 체적 고유 저항의 SI 단위는 $\Omega \cdot m$ 이며, 실제로 $\Omega \cdot cm$ 단위도 사용된다.

2.3 표면 저항(surface resistance)

전극에서의 가능한 분극 현상을 무시하고, 전기화의 주어진 시간에 전극 사이의 전류와 시편의 표면에 접한 두 전극 사이에 가해진 직류 전압의 비율

비 고 1. 명시되지 않는 한, 표면 저항은 전기를 가한 1분 후에 결정한다.

2. 일반적으로 전류는 주로 시편의 표면층과 수반된 수분, 표면층의 오염물을 통하여 흐르고, 이것은 시편의 부피의 한 요소로 포함된다.

2.4 표면 고유 저항(surface resistivity)

절연 재료의 표면층의 선형 전류 밀도와 직류 전기장 세기의 비율. 실제로 단위 표면으로 환산한 표면 저항이라 할 수 있다.

비 고 표면 고유 저항의 SI 단위는 Ω 이며, 실제로 때때로 Ω^{-2} 으로도 사용된다.

2.5 전 극

측정 전극은 형태, 크기, 측정될 시편과의 접촉시의 배열이 정의된 전도체이다.

비 고 절연 저항은 시편과 접해 있는 두 전극 사이에 가해진 직류 전압과 전극 사이에 흐르는 총 전류의 비다. 절연 저항은 시편의 체적 고유 저항과 표면 고유 저항 모두에 의존한다(IEC 167 참조: 고체 절연 재료의 절연 저항의 결정을 위한 시험 방법).

3. 의 미

3.1 일반적으로 사용되는 절연 재료는 전기적 시스템의 구성 요소를 서로로부터, 그리고 지면으로부터 절연시키는 것이다. 고체 절연 재료는 또한 기계적인 지지 역할도 제공한다. 이러한 목적을 위해 허용되는 기계적/화학적 특성, 내열성과 일치하는 가능한 한 높은 절연 저항을 갖는 것이 일반적으로 바람직하다. 표면 저항은 습도에 따라 매우 급격히 변화하고, 반면 체적 저항은 최종적인 변화는 더 크더라도 느린 속도로 변한다.

3.2 체적 저항은 특정한 용도의 절연 재료를 선택하는 데 도움을 줄 수 있다. 온도와 습도에 따른 고유 저항의 변화는 크고 작동 조건을 정할 때 반드시 알려져야 한다. 체적 고유 저항 측정은 가공성 측면이나 또는 재료의 품질에 영향을 줄 수 있고 다른 방법으로는 쉽게 검출될 수 없는 전도성 불순물을 검출하거나 하는 등 절연 재료의 균일성을 체크하는 데 종종 사용된다.

3.3 직류 전압이 시편과 접해 있는 전극 사이에 가해질 때 전류는 정상적인 안정한 값으로 비동시적으로 감소한다. 시간에 따른 전류의 감소는 유전 분극과 전극으로의 이동 전하의 몰림에 의해 기인될 수 있다. $10^{10} \Omega \cdot m$ ($10^{12} \Omega \cdot cm$) 이하의 체적 고유 저항을 가지는 재료의 경우 일반적으로 1분 내에 안정한 상태로 되고, 저항은 전기화된 1분 후에 결정한다. 더 높은 체적 고유 저항을 가지는 재료의 경우는 전류가 몇 분, 몇 시간, 며칠, 또는 심지어 몇 주 동안 감소할 수 있다. 그러므로 이러한 재료의 경우, 더 긴 전기화 시간이 필요하고, 그 재료는 체적 고유 저항의 시간 의존도에 의해 특징지어진다.

3.4 표면 전도도는 거의 항상 측정에 체적 전도도가 어느 정도 포함되어 있기 때문에 표면 저항과 표면 전도도는 정확하게 측정될 수 없고, 단지 대략적인 값이다. 측정된 값은 측정 시기의 시편 표면의 오염물의 특성을 크게 가지고 있다. 그러나 시편의 투과도는 오염물의 측정에 영향을 미치고, 그들의 전도 성능은 시편의 표면 특성에 의해 영향을 받는다. 따라서 표면 고유 저항은 일반적 의미로서의 재료 특성이 아닌, 오염물이 관계되었을 때 재료의 특성과 관련되어 있다고 여길 수 있다.

적층판과 같은 몇몇 재료의 경우, 표면층과 내부에서 꽤 다른 고유 저항을 가질 수 있다. 그러므로 깨끗한 표면의 본질적인 특성을 측정하는 것이 관심의 대상이 된다. 일치되는 결과를 내기 위해 세척 과정은 표면 특성에의 세척 과정의 용매와 기타 인자의 가능한 영향을 고려하여 반드시 명시되어야 한다.

표면 저항은 특히 높은 경우, 종종 일정하지 않은 방식으로 변하고, 일반적으로 전기화 시간에 강하게 의존한다. 측정을 위하여 1분의 전기화 시간이 보통 명시된다.

4. 전력 공급 장치(power supply)

매우 안정한 직류 전압의 공급이 필요하며, 이것은 배터리 또는 정류되고 안정된 전력 공급 장치에 의해 제공될 수 있다. 요구되는 안정성의 정도는 전압에서의 어떤 변화에 기인한 전류에서의 변화가 측정된 전류와 비교하여 무시할 만한 정도이어야 한다.

일반적으로 완벽한 시편에 가해지는 명시된 시험 전압은 100 V, 250 V, 500 V, 1 000 V, 2 500 V, 5 000 V, 10 000 V, 15 000 V이다. 이들 중 가장 자주 사용되는 것은 100 V, 500 V, 1 000 V이다.

몇몇 경우에 시편 저항은 가해진 전압의 극성에 의존한다.

저항이 극성에 의존한다면, 두 저항값의 기하 평균값(로그 함수의 산술 평균)을 결과로 취한다.

시편 저항이 전압에 의존하기 때문에 시험 전압을 표기해야 한다.

5. 측정 방법과 정확도

5.1 방 법

높은 저항을 측정하는 데 사용하는 일반적인 방법은 직접 방법과 비교 방법이 있다. 직접 방법은 알지 못하는 저항에 가해지는 전압과 거기에 흐르는 전류의 동시 측정에 달려 있다(전압계-전류계 방법 : voltmeter-ammeter method).

비교 방법은 브리지 회로 내에서 또는 고정된 전압하에서의 저항에 대한 전류의 비교에 의해 알고 있는 저항 장치의 저항에 대한 알지 못하는 저항의 비율을 정한다.

원리를 보여 주는 예가 **부속서 1**에 설명되어 있다.

전압-전류계 방법은 정확한 전압계가 필요하지만, 방법의 민감도와 정확도는 주로 전류 측정 장치인 검류계(galvanometer), 전자 증폭기(electronic amplifier instrument), 또는 전위계(electrometer) 등의 특성에 달려 있다.

브리지 방법은 단지 제로점 지시계로서의 민감한 전류 검출계가 요구되고, 정확도는 주로 알고 있는 브리지 팔 저항 장치에 의해 결정된다. 저항값의 광범위 내에서 높은 정밀도와 안정성을 가지고 얻어진다.

전류 비교 방법의 정확도는 알려진 저항 장치의 정확도와 수반된 측정 저항 장치를 포함한 전류 측정 장치의 안정성에 의존한다. 반면, 전압이 일정한 한 전류의 정확한 값은 중요하지 않다.

전압-전류계 방법상의 검류계를 사용한 **10.1**에 따른 체적 고유 저항의 결정은 약 $10^{11} \Omega$ 까지의 저항에 적합하다. 더 높은 값의 경우, 직류 증폭기나 전위계의 사용이 권장된다.

브리지 방법의 경우, 단락 시편에서 직접 전류를 측정하는 것은 불가능하다(**10.1** 참조). 전류 측정 장치를 사용한 방법은 전류의 자동 기록을 가능하게 해서 안정된 상태의 결정을 용이하게 한다(**10.1** 참조).

높은 저항을 측정하기 위한 특별한 회로와 기구가 유용하다. 충분히 정확하고 안정하며, 필요한 곳에서 시편이 적절하게 단락되게 하고, 전기화 전에 전류가 측정될 수 있게 한다면, 이것은 사용될 수 있다.

5.2 정 확 도

측정 장치는 $10^{10} \Omega$ 이하의 저항에 대해 최소 $\pm 10\%$, 더 높은 값에서는 $\pm 20\%$ 의 정확도로 알지 못하는 저항을 결정할 수 있어야 한다. **부속서 1**을 참조한다.

5.3 가드(guarding)

측정 회로의 절연은 시험 중 재료의 절연 특성과 비교할 수 있는 특성을 가진 재료로 구성된다. 시편의 측정에서의 오차는 다음으로부터 발생할 수 있다.

- a) 보통 크기가 알려지지 않고 종종 산발성의 특성을 가진 가짜 외부 전압으로부터 탈락된 전류
- b) 모르는 다양한 크기의 저항을 가지는 절연에 의한 시편 저항, 기준 저항 장치, 또는 전류 측정 장치의 과도한 또는 어긋난 분포 연결

이 문제점의 대략적인 교정은 회로의 모든 부분의 절연 저항을 사용 조건하에서 가능한 높게 만듦으로써 얻을 수 있으나, 몇백 megohm보다 높은 절연 저항의 측정에 대해서는 여전히 부적절한 비실제적인 장치이다.

모든 중요한 절연된 부분에서 가드는 차단되지 않으면 오차를 유발할 수 있는 모든 탈락 전류를 차단하는 가드 전도체의 삽입에 의존한다. 가드 전도체는 가드 시스템을 이루고 있고, 측정 단자와 3개의 단자 체제를 형성하면서 함께 연결되어 있다. 적절한 연결이 이루어졌을 때 가짜 외부 전압으로부터 탈락된 전류는 가드 시스템에 의해 측정 회로로부터 제거될 수 있고, 측정 단자로부터 가드 시스템까지의 절연 저항이 더욱 더 낮은 저항이어야 하는 회로 요소를 제거한다. 그리고 시편 저항은 측정 단자 간에 유일한 직접 경로를 구성한다. 이 기술로 오차의 가능성을 상당히 줄일 수 있다. **그림 1**은 체적 저항과 표면 저항의 측정에 사용되는 가드 전극에 대한 기본적인 연결 부분을 보여 준다.

전류 측정에 관계된 방법에 대해 가드 시스템을 적절히 이용하는 것은 **그림 5** 및 **7**에 나타나 있고, 그 그림상에서 가드 시스템은 전압 근원지와 전류 측정 장치의 접합 부위에 연결되어 있음을 보여 준다. **그림 6**에서 휘트스톤 브리지 방법의 경우, 가드 시스템은 2개의 낮은 값의 저항 팔의 접합 부위에 연결되어 있음을 보여 준다. 효과적이기 위해 모든 경우에서 가드는 완벽해야 하고, 측정을 행하는 관찰자에 의해 작동되는 모든 제어 장치도 포함해야 한다.

적은 값이라면 가드와 가드된 단자 사이에 존재하는 전해성, 접촉 또는 열적 기전력(e.m.f.)은 보충될 수 있다. 이러한 e.m.f.가 측정시 상당한 오차를 유발하지 않도록 주의를 기울여야 한다.

전류 측정시의 오차는 전류 측정 장치가 가드된 단자와 가드 시스템 사이의 저항에 의해 분로를 연결한다는 사실로부터 기인될 수 있다. 이 저항은 전류 측정 장치의 저항의 적어도 10배에서 100배 정도이다. 몇몇 브리지 기술에서는 가드와 측정 단자는 거의 같은 전위차를 가져오게 되고, 브리지에서의 표준 저항 장치는 가드되지 않은 단자와 가드 시스템 사이의 저항에 의해 분로를 연결한다. 이 저항은 표준 저항 장치보다 적어도 10배에서 100배 정도이어야 한다.

장비의 만족스러운 작동을 확실히 하기 위해 전압 근원지로부터 끊어진 시편까지 납을 이용하여 측정하여야 한다. 이 조건하에서 장비는 그 감도 내에서 정확한 저항을 가리켜야 한다. 값을 알고 있는 적절한 표준을 사용할 수 있다면 장비의 작동을 시험하기 위해 사용해도 좋다.

6. 시험 시편

6.1 체적 고유 저항

체적 고유 저항을 결정하기 위해 시험 시편은 3차 전극을 사용하여 표면 효과로부터 유발되는 오차를 차단하는 형태를 갖는다. 무시할 만한 표면 누출을 갖는 시편의 경우, 그것의 생략이 결과에 무시할 만한 효과를 가져온다면 체적 저항을 측정할 때 차단은 생략될 수 있다.

가드된 것과 가드 전극 사이의 시편의 표면에서의 틈은, 표면 누출이 측정에서 오차를 유발시키지 않는다면 균일한 폭이어야 하고 가능한 한 좁아야 한다. 1 mm의 틈은 보통 실제적으로 가장 작다.

3개의 전극으로 구성된 전극 배열의 예는 **그림 2** 및 **3**에 보인다. 체적 저항의 측정에서 1번 전극은 guarded 전극이고, 2번은 guard 전극, 3번은 unguarded 전극이다. guarded 전극의 지름 d_1 (**그림 2**) 또는 길이 l_1 (**그림 3**)는 적어도 시편 두께 h 의 10배가 되어야 하고, 실제적인 이유로 보통 최소 25 mm는 되어야 한다. unguarded 전극의 지름 d_4 (또는 길이 l_4), 가드 전극의 바깥지름 d_3 (또는 가드 전극의 바깥 가장자리 사이의 거리 l_3)는 시편 두께의 최소 두 배를 더한 가드 전극의 안지름 d_2 (가드 전극의 내부 가장자리 사이의 거리 l_2)와 동일해야 한다.

6.2 표면 고유 저항

표면 고유 저항을 결정하기 위해 시편은 3차 전극을 사용하여 체적 효과로부터 유발되는 오차를 차단하는 형태를 갖는다. **그림 2** 및 **3**의 3개의 전극 배열이 권장된다. 1번 전극과 2번 전극 사이의 표면의 틈의 저항은 가드 전극으로서의 1번 전극, 가드 전극으로서의 3번 전극, 가드되지 않은 전극으로서의 2번 전극을 사용함으로써 직접 측정된다. 그렇게 측정된 저항은 1번과 2번 전극 사이의 표면 저항과 동일한 두 전극 사이의 체적 저항을 포함한다. 그러나 전극의 적절한 치수를 이용하여, 체적 저항의 효과를 광범위한 상온 조건과 재료 특성하에서 무시할 수 있게 할 수 있다. 이 조건은 표면 틈의 폭 g 가 시편 두께의 최소 2배가 되게 전극이 치수화되었을 때 **그림 2** 및 **3**의 배열에 대해 이루어질 수 있다. 가드 전극의 지름 d_1 은 최소 10배이어야 하고, 실제적인 이유로 보통 적어도 25 mm는 되어야 한다.

대안적으로 곧은 전극(straight electrode)이나 적절한 치수의 기타 배열이 사용되어도 좋다.

비 고 시험 시편의 내부를 흐르는 전류의 영향 때문에 계산된 표면 고유 저항값은 시편과 전극의 치수에 크게 영향을 받는다. 비교 측정을 위해 **그림 2**의 전극 배열을 가진 이상적인 형태의 시편($d_1=50$ mm, $d_2=60$ mm, $d_3=80$ mm)을 사용할 것이 권장된다.

7. 전극 재료

7.1 일반 사항

절연 재료에 대한 전극은 쉽게 적용할 수 있고 시편 표면과 잘 접촉하며, 시편의 오염물 또는 전극 저항에 의해 기인하는 상당한 오차의 발생을 허용하지 않는 재료이어야 한다. 전극 재료는 시험의 조건하에서 내부식성을 가져야 한다. 다음은 사용되어 온 전형적인 전극 재료이다. 전극은 정해진 형태와 치수의 적당한 받침판과 함께 사용되어야 한다.

상당한 오차가 유발된다면 2개의 다른 전극 재료 또는 2개의 응용 방법을 사용하는 것이 유리하다.

7.2 전도성 은 페인트(silver paint)

높은 전도도의 은 페인트는 충분히 다공성이어서 자체 내로 수분의 확산이 가능하여 시편이 전극의 적용 후에 최적화될 수 있다. 이것은 온도에 따른 변화뿐이 아닌 저항과 습도의 효과를 연구하는 데 특별히 유용한 특징이 있다. 그러나 전도성 페인트를 전극 재료로 사용하기 전에 페인트 내에 있는 용매가 시편의 전기적 특성에 영향을 주지 않는 것이 증명되어야 한다. 가드 전극의 부드러운 가장

자리는 미세한 강모 브러시로 만들 수 있다. 그러나 원형 전극의 경우, 더 날카로운 가장자리는 전극의 원의 윤곽을 그리는 데 사용한 컴퍼스를 사용하고 둘러싸여 있는 부분에 브러시로 채워 넣음으로써 만들 수 있다. 전극 페인트가 분무되면 클램프가 달린 마스크를 사용한다.

7.3 분무된 금속(sprayed metal)

시편에 대해 만족스럽게 접착이 된다면, 분무된 금속도 사용할 수 있다. 얇게 분무된 전극은 적용하자마자 빨리 사용할 수 있다는 점에서 이점이 있다. 충분히 다공성이어서 시편이 최적화되게 하지만, 이것도 검증되어야 한다. 클램프 달린 마스크가 가드된 전극과 가드 전극 사이의 틈을 생성하는 데 사용된다.

7.4 증발된(evaporated) 또는 스퍼터된(sputtered) 금속

증발된 또는 스퍼터된 금속은 재료가 이온 증착 또는 진공 처리에 의해 영향을 받지 않는 것을 보여줄 수 있는 곳에서 7.3에서 주어진 동일 조건하에서 사용될 수 있다.

7.5 액체 전극(liquid electrode)

액체 전극은 사용될 수 있고 만족할 만한 결과를 제공한다. 상부 전극을 구성하는 액체는 스테인리스 스틸 링 등에 의해 갇혀 있어야 하고, 액체로부터 떨어진 측면을 비스듬히 자름으로써 날카로운 모서리로 된 하부의 테두리로 되어 있어야 한다. 그림 4는 전극 배열을 보여 준다. 수은은 유독성으로 인해 높은 온도에서나 연속적인 용도로서는 권장되지 않는다.

7.6 콜로이드성 흑연(colloidal graphite)

물 또는 다른 적절한 매개체에 분산된 콜로이드성 흑연은 7.2에서 주어진 동일 조건하에서 사용될 수 있다.

7.7 전도성 고무

전도성 고무는 전극 재료로 사용될 수 있다. 시편으로부터 빠르고 쉽게 제거하고 적용할 수 있다는 이점이 있다. 전극이 측정되는 시간 동안만 적용되기 때문에 시편의 최적화를 방해하지 않는다. 전도성 고무 재료는 예를 들어 2 kPa(0.2 N/cm²)의 압력이 가해질 때 시편에 대해 효과적인 접촉이 얻어질 수 있는 것을 확인할 수 있을 만큼 충분히 부드러워야 한다.

7.8 금속 박편(metal foil)

금속 박편은 체적 고유 저항의 측정을 위해 시편 표면에 전극으로서 적용할 수 있으나, 표면 저항 측정에는 적합하지 않다. 납, 안티모니화납, 알루미늄, 주석 박편이 보통 사용된다. 이들 재료는 접착제로서 소량의 바셀린, 실리콘 그리스, 오일 또는 기타 적당한 재료로 시편에 붙여진다. 다음과 같은 조성의 약학적으로 얻을 수 있는 젤리는 전도성 접착제로서 적합하다.

무수 폴리에틸렌 글리콜(분자량 600)	질량의 800 part
물	질량의 200 part
연질 비누(의약품급)	질량의 1 part
염화 칼륨	질량의 10 part

전극은 모든 주름을 제거하고, 깨끗한 티슈로 닦아 낼 수 있는 박편의 가장자리 쪽으로 과도한 접착제가 오도록 할 만큼 충분히 매끄럽게 하는 압력하에서 적용되어야 한다. 손가락 같은 부드러운 재료로 문지르는 것은 성공적으로 사용되어 왔다. 이 기술은 매우 부드러운 표면을 가진 시편에만 만족스럽게 사용될 수 있다. 접착성 있는 필름은 0.002 5 mm 또는 그 이하까지 감소될 수 있다.

8. 시편 취급과 배치

전극 사이 또는 전극과 접지 사이의 탈락 전류는 측정 장비의 눈금 측정에 중요한 영향을 미치지 않는 것이 중요하다. 측정된 결과에 반대로 영향을 줄 수 있는 탈락 경로 생성의 가능성을 피하기 위해 측정을 위한 전극의 적용, 시편의 취급, 시편의 배치에 세심한 주의가 필요하다.

표면 저항이 측정되었을 때 협의되거나 명시되지 않았다면 표면을 닦아서는 안 된다. 측정될 표면의 일부는 손으로 만지지 않은 동일 재료로 된 다른 시편의 표면 외의 다른 어떤 것으로도 건드려서는 안 된다.

9. 조 건 화

시편의 조건화는 시험될 재료에 따라 받아들여져야 하고, 재료 세부 사항에 명시되어야 한다.

KS C IEC 60212(고체 전기 절연 재료의 시험 전과 시험 중을 위한 표준 조건)에 주어진 것이 권장할 만한 조건이고, 다양한 염 용액에 수반된 상대 습도는 **IEC 60260**(일정한 상대 습도에 대한 비분사 형태의 시험 조건)에 주어졌다. 기계적인 증기화 시스템도 사용될 수 있다.

체적 고유 저항과 표면 고유 저항은 모두 특히나 온도 변화에 민감하다. 변화는 지수 함수적이다. 그러므로 명시된 조건하에서 시편의 체적 저항과 표면 저항을 측정하는 것이 필수적이다. 유전체로의 수분의 흡수는 상대적으로 느린 과정이기 때문에, 조건화의 연장된 기간은 부피 고유 저항에의 습도의 영향을 결정하는 데 필요하다. 물의 흡수는 보통 체적 저항을 감소시킨다. 몇몇 시편은 평형 상태에 도달하기 위해 한 달이 필요한 것도 있다.

10. 시 편

관련 세부 요구 사항에서 명시한 시편의 개수는 **6.~9.**에 따라 준비한다.

시편과 전극의 치수, 표면 틈 ϕ 는 ± 1 %의 정확도로 측정된다. 그러나 얇은 시편의 경우 다른 정확도가 관련 세부 사항에 언급되어 있을 것이다.

체적 고유 저항을 결정하기 위하여, 각 시편의 평균 두께가 guarded 측정 전극에 의해 덮여 있는 부위에 균일하게 분포되어 있는 측정 지점과 관련 세부 요구 사항에 따라 결정되어야 한다.

비 고 얇은 시편의 경우, 적어도 전극이 가해지기 전에는 두께를 측정해야 한다.

일반적으로 저항 측정은 조건화하는 데 사용된 동일한 습도(액체에 함침하는 조건을 제외한)와 온도에서 이루어져야 한다. 그러나 몇몇 경우에 조건화를 끝낸 후 명시된 시간 내에 측정을 해도 충분한 것이 있다.

10.1 체적 저항

측정하기 전에 시편을 유전적으로 안정한 조건으로 가져다 놓아야 한다. 이를 얻기 위해 측정 장치 [**그림 1 a**]를 통해 시편의 측정 전극 1번과 3번을 단락하고, 그리고 요구된 전류 측정 장치의 감도가 증가하는 동안 단락 전류의 변화를 관찰한다. 단락 전류가 꽤 일정한 값에 도달할 때까지 계속한다. 전기화하에서 기대되는 전류의 안정된 값에 비교하여 작거나, 관련이 있다면 전기화 100분에서의 전류 단락 전류의 방향에서의 변화의 가능성이 있기 때문에 전류가 제로라 하더라도 단락은 유지되어야 한다. 몇 시간이 걸려 본질적으로 일정해질 때, 단락 전류 I_0 의 크기와 방향을 기록한다.

그리고 나서 명시한 직류 전압을 가하고, 동시에 시간 측정을 시작한다. 명시되어 있지 않는 한 다음 각 전기화 시간(1분, 2분, 5분, 10분, 50분, 100분) 후에 측정한다. 2개의 연속 측정이 동일한 결과를 보인다면 시험을 끝내도 되며, 얻어진 값은 체적 저항을 계산하는 데 사용된다. 첫 번째 측정까지 전기화 시간을 기록한다. 100분 동안 안정화에 도달하지 못한다면 체적 저항은 전기화 시간의 함수로 기록한다.

허용 시험을 위해 전기화의 고정된 시간 후에 값은 관련 세부 요구 사항에 명시된 대로 사용된다.

10.2 표면 저항

명시된 직류 전압을 가하고, 시편 표면에 접한 측정 전극 사이의 저항을 결정한다[**그림 1 b**]의 No.1, 2]. 전기화 1분 후에 비록 전류는 이 시간 내에 안정된 상태에 도달하지 못했을지라도, 저항을 결정해야 한다.

11. 계 산

11.1 체적 고유 저항

체적 고유 저항은 다음 식으로 계산된다.

$$\square = R_x \cdot A/h$$

여기에서 $\square$: 체적 고유 저항($\Phi \cdot m$)
 R_x : 10.1에 명시된 대로 측정한 체적 저항(Φ)
 A : guarded 전극의 면적(m^2)
 h : 시편의 평균 두께(m)

몇몇 특별한 전극 배열에 대한 면적 A 를 계산하기 위한 식은 **부속서 2**에 주어졌다.

높은 고유 저항을 가진 몇몇 재료에 대해 전기화 전에 단락 전류 I_0 가 전기화 동안의 안정된 전류 I_s 와 비교하여 무시되어서는 안 된다. 이 경우 체적 저항은 다음과 같이 결정된다.

$$\square = R_x \cdot A / h$$

여기에서 R_x : 체적 저항(Φ)
 A_x : 가한 전압(V)
 h : 시편의 평균 두께(m)

I_0 가 I_s 처럼 같은 방향에 있을 때 마이너스 표기를, 그렇지 않은 경우는 플러스 표기를 한다.

11.2 표면 고유 저항

표면 고유 저항은 다음 식으로 계산된다.

$$\blacklozenge = R_x \cdot \rho / g$$

여기에서 $\blacklozenge$: 표면 고유 저항($\Phi \cdot m$)
 R_x : 10.2에 명시된 대로 측정한 표면 저항(Φ)
 ρ : guarded 전극의 실제 길이(cm)
 g : 전극 사이의 거리(cm)

11.3 재 현 성(reproducibility)

주어진 시편의 저항이 시험 조건에 따라 다양하기 때문에, 시편과 시편까지의 재료의 불균일성 때문에 결정이 보통 10 %보다 더 근접한 값으로 재현성이 있지는 않고 종종 더 넓게 분산되어 나온다.

비슷한 시편에서 측정이 일치되게 얻어지도록 대략 동일한 전압을 가해 주어야 한다.

12. 보 고 서

보고서는 다음 내용을 담고 있어야 한다.

재료의 구분과 표시(이름, 등급, 색상, 제조자 등)
 시편의 형태와 치수
 전극과 가드(guard)의 형태, 재료, 치수
 시편의 조건(세척, 사전 건조, 조건화 시간, 습도, 온도 등)
 시험 조건(시편 온도, 상대 습도)
 측정 방법
 가한 전압
 부피 고유 저항(관련시)

- 비 고**
- 고정된 충전 시간을 명시한 경우, 이 시간을 언급하고 개개의 결과를 알려 주어야 하며, 체적 저항률과 같은 중간값을 보고한다.
 - 서로 다른 충전 시간이 보고된 후에 측정이 이루어지는 경우에는 다음과 같이 보고한다. 시편이 동일한 충전 시간에 정상 상태로 도달하면 개개의 결과를 알려 주고, 체적 저항률과 같은 중간값을 보고한다. 몇몇 시편이 이 충전 시간에 정상 상태로 도달하지 못하면, 실패한 시편의 개수를 보고하고 각각의 시험 결과를 알려 준다. 결과가 충전 시간에 의존하는 경우에는 그래프의 형태 또는 1분, 10분, 100분 후의 체적 저항률의 중간값과 같은 관계를 보고한다.

표면 고유 저항(관련시) 전기화한 후 1분 후의 값을 읽고, 표면 고유 저항으로서 중간값을 취하여 기록한다.

부속서 1 측정 방법과 정확도의 예

1. 전압-전류계 방법

이 직접 방법은 그림 5에 나타난 회로를 사용한다. 가해진 전압은 직류 전압계에 의해 측정된다. 전류는 검류계(지금은 거의 사용하지 않는), 전자 증폭기, 전류계 등의 전류 측정 기구로 측정한다.

일반적으로 시편이 충전되는 동안 측정된 소자는 손상을 피하기 위해 단락되어야 한다.

검류계는 높은 전류 감도를 가져야 하고, universal shunt(aurton shunt)가 제공되어야 한다. 미지의 저항은 다음에서 계산된다.

$$R_x = U / K_{\mathcal{C}}$$

여기에서 U : 가한 전압(V)
 K : shunt된 검류계의 감도
 $\mathcal{C}$: 스케일 간격의 편차

대략 $10^{10} \sim 10^{11} \Phi$ 까지의 저항은 검류계를 사용하여 요구되는 정확도로 100 V에서 측정할 수 있다.

전자 증폭기 또는 알고 있는 저항 장치의 높은 저항(R_s)에 의해 높은 인풋 저항이 되는 전류계는 전류 측정 기구로 사용될 수 있다. 전류는 전압 강하 U_s / R_s 로서, 미지의 저항 R_x 는 다음 식에서 계산된다.

$$R_x = U \cdot R_s / U_s$$

여기에서 U : 가한 전압($R_s \ll R_x$)

많은 다른 저항 장치 R_s 는 기기 케이스에 포함되어 있을 수도 있다.

여기에서 또한 요구되는 정확도로 측정할 수 있는 최대 저항은 전류 측정 장치의 특성에 의존한다. U_s 에서의 오차는 인디케이터 오차, 증폭기 영점 이동 및 이득 안정도로 측정한다. 적절하게 설계한 증폭기 및 전위계에서 이득의 불안정도는 무시할 수 있다. 그리고 영점 이동은 이러한 측정이 가지는 시간과 관련이 없는 낮은 것을 가질 수 있다. 높은 이득의 전자 전압계에 대한 인디케이터 오차는 보통 전체 저울논의 $\pm 2\%$ 에서 5% 이다. 그리고 저항은 정확도와 동일한 정도로 $10^{12} \Phi$ 까지 가능하다. 전압 측정 장치가 입력 저항이 $10^{14} \Phi$ 보다 큰 저항을 가진다면, 10 mV의 입력 전압과 $10^{12} A$ 의 입력 전류에서 전체 눈금의 편차는 $\pm 10\%$ 의 정확도로 측정할 수 있다.

$10^{16} \Phi$ 의 저항은 매우 높은 저항을 가진 정확한 저항 장치와 전자 증폭기 전압계 또는 전류계를 사용하여 요구되는 정확도로 100 V에서 측정될 수 있다.

2. 비교 방법

2.1 휘트스톤 브리지 방법

시험 시편은 그림 6에서 보이는 대로 휘트스톤 브리지의 한 팔에 연결되어 있다. 3개의 알고 있는 팔은 실제로 높은 저항이어야 하고 저항 장치 고유의 오차에 의해 제한을 받는다. 보통 저항 R_B 는 10 단위로 변하고, 저항 R_A 는 미세한 저울 조절을 위해 쓰인다. R_N 은 측정되는 동안 고정되어 있다. 검출계는 직류 증폭기이다. 미지의 저항 R_x 는 다음에서 계산된다.

$$R_x = R_n \cdot R_b / R_a$$

(그림 6 참조)

널 검출기가 적절한 민감도를 가지는 경우에, 계산된 저항에서 최대 오차율은 R_A , R_B , R_N 의 오차율의 합이다. R_A 와 R_B 가 1 M Φ 이하의 값을 가지는 권선 저항기라면 오차는 무시할 수 있다. 그리고 매우 높은 저항을 측정하기 위해서 $10^9 \Phi$ 인 R_N 은 $\pm 2\%$ 의 정확도로 알 수 있다. R_B / R_A 의 비율인 오차는 본질적으로 널 검출기의 민감도에 의존하여 결정될 수 있다. 알지 못하는 저항 $R_x \gg R_N$ 이 있다면, 비율 $r = R_B / R_A$ 의 결정에서 불확실성 $\mathcal{P}_r$ 는 $\mathcal{P}_r / r = I_0 R_x / U$ 로 결정한다. 여기에서 I_0 는 감지할 수 있는 최저 널 검출기 전류와 브리지에 가한 전압 U 이다. 예를 들어 입력 저항 1 M Φ 의 전자 증폭기와 10^5 의 입력 전압에 대한 전체 눈금 편차를 사용했다면 감지할 수 있는 가장 작은 전류는 약 $2 \cdot 10^{-13} A$ 이고, 전체 눈금 편차의 2 %에 대응한다. I_0 의 값을 가지고 $U = 100 V$, $R_x = 10^{13} \Phi$,

$\rho r / r = 0.02$ 또는 2 %가 얻어진다.

$10^{13} \sim 10^{14} \Omega$ 까지의 저항은 100 V에서 요구되는 정확도로 휘트스톤 브리지 방법에 의해 측정될 수 있다.

2.2 전류계 방법

이 방법은 그림 7에 보이는 회로를 사용하고, 구성 요소는 값을 알고 있는 저항 장치 R_N , 미지의 저항을 단락시키는 스위치가 부가된 1.에서와 같다. 열린 위치에서 이 스위치의 저항은 나중의 측정에 영향을 안 미치기 위해서 미지의 저항 R_x 보다 더 커야 하는 점이 매우 중요하다. 일반적으로 시편의 파손시 전류를 제한하여 전류 측정 장치를 보호하기 위해 항상 R_N 을 회로에 남겨 두는 것이 바람직하다.

스위치를 연 상태에서 R_x 를 통한 전류와 R_N 은 기기의 편차 $\mathcal{O}_x$, 분로 비율 F_x , 가능한 최대 눈금 편차에 가까운 적절한 분로로 10.에 의해 결정된다. R_x 는 단락되어 있고, R_N 전류는 기기 편차 $\mathcal{O}_N$, 분로 비율 F_N , 가능한 최대 눈금 편차에 가까운 적절한 분로, 최저 민감도로 시작되는 점을 표기함으로써 결정된다. 가한 전극 U 는 측정하는 동안 변하지 않고, R_x 는 다음으로부터 계산된다.

$$R_x = R_N [(\mathcal{O}_N F_N / \mathcal{O}_x F_x) - 1]$$

$\mathcal{O}_N F_N / \mathcal{O}_x F_x$ 가 100보다 크면 대략적인 다음 식을 사용하여도 된다.

$$R_x = R_N (\mathcal{O}_N F_N / \mathcal{O}_x F_x)$$

이 방법은 R_x 가 1.에서 명시한 직접 방법에 의한 것과 동일한 정확도로 결정될 수 있게 한다. 그러나 R_N 의 측정에 의해 시험 장치 내에서 전류 측정 장치가 체크되는 이점이 있다. 이것은 전선이 감긴 저항 장치를 사용함으로써 오차를 무시할 만하게 하고, 0.1 %보다 나은 정확도를 얻을 수 있게 한다. R_x 를 통한 전류의 측정은 더 신뢰할 수 있다.

부속서 2 A, p 를 계산하기 위한 식

대부분의 목적을 위하여 대략적인 다음 식이 guarded 전극의 실제 면적 A , 상수 p 를 계산하는 데 충분히 정확하다.

1. 실제 면적 A

- a) 원통형 전극(그림 2) $A = \frac{\pi}{4} (d_1 + g)^2$
- b) 직사각형 전극 $A = (a + g)(b + g)$
- c) 정사각형 전극 $A = (a + g)^2$
- d) 관 모양 전극(그림 3) $A = (d_0 - h)(l_1 + g)$

d_0, d_1, g, h, l_1 이 그림 2 및 3에서 설명된 치수일 때 a, b 는 가드된 전극이 각각 직사각형 또는 정사각형일 때의 길이와 폭이다.

2. 실제 길이

- a) 원통형 전극(그림 2) $p = \frac{\pi}{4} (d_1 + g)$
- b) 직사각형 전극 $p = 2(a + d + 2g)$
- c) 정사각형 전극 $p = 4(a + g)$
- d) 관 모양 전극 $p = 2\pi d_0$

기호의 의미는 1.과 동일하다.

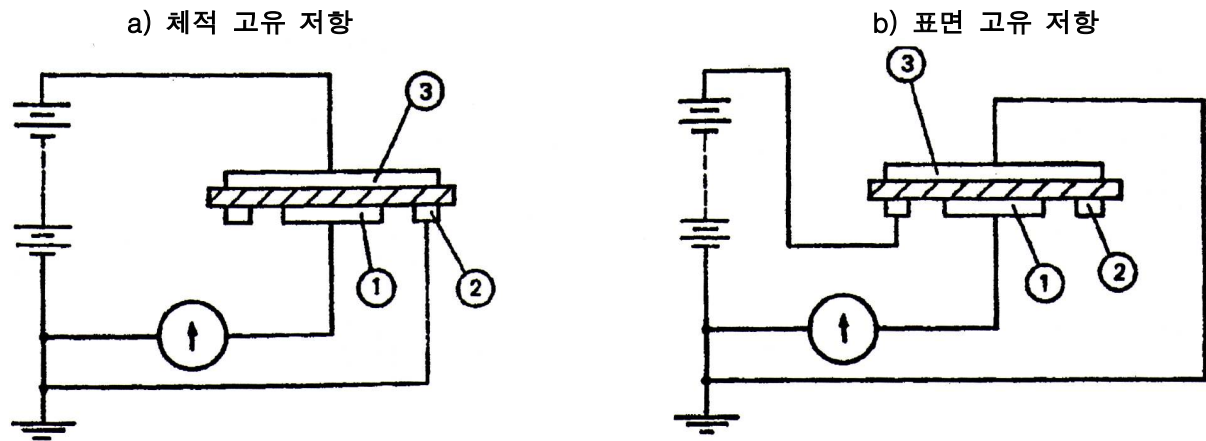


그림 1 가드된 전극 사용의 기본 연결도

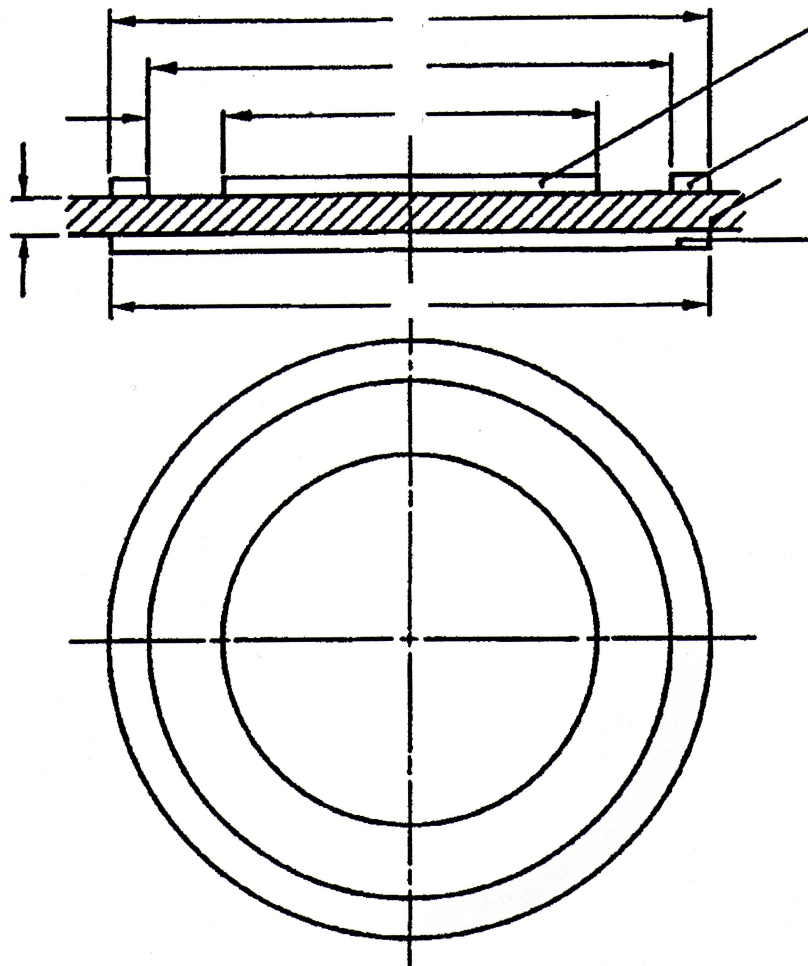


그림 2 평평한 시편에서의 전극 배열의 예

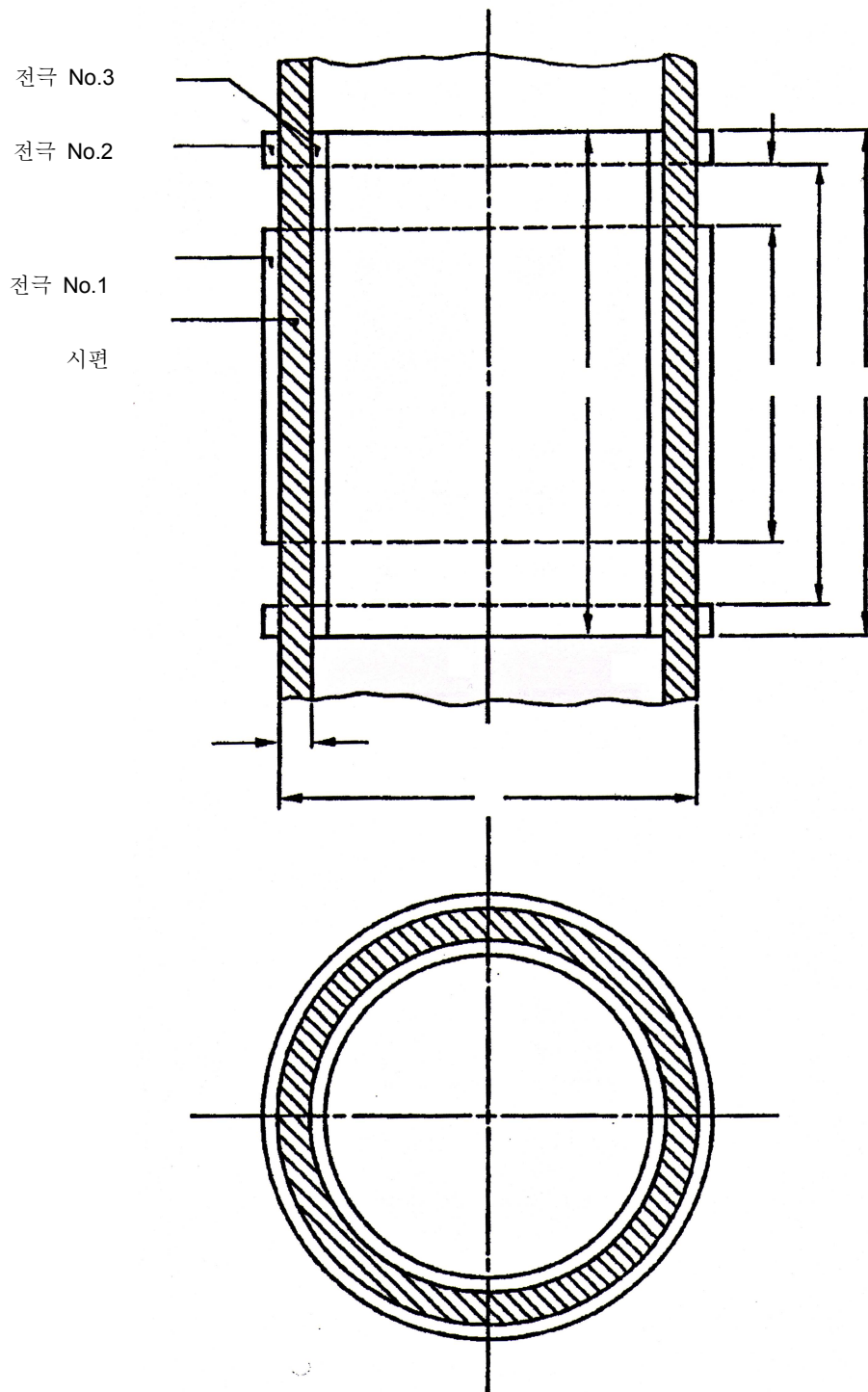


그림 3 관 모양 시편에서의 전극 배열의 예

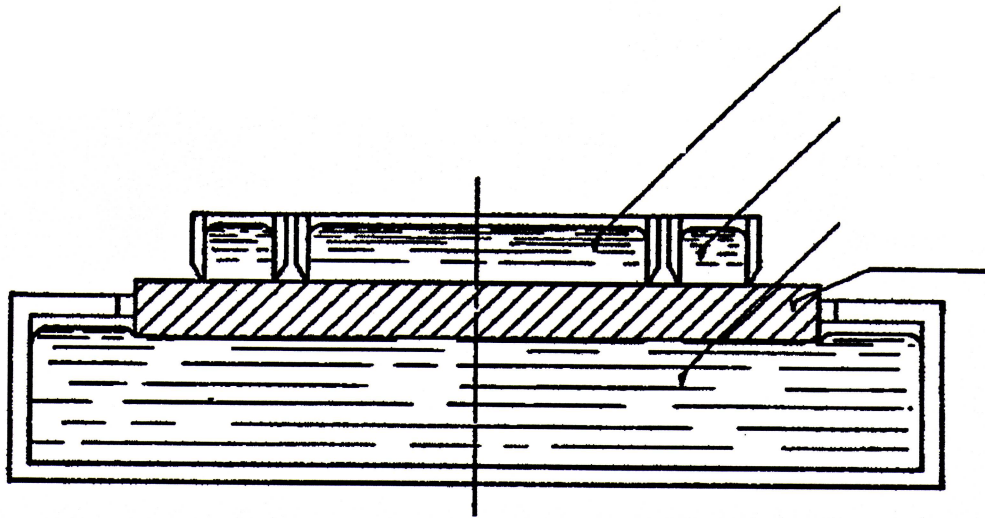


그림 4 액체 전극의 배열

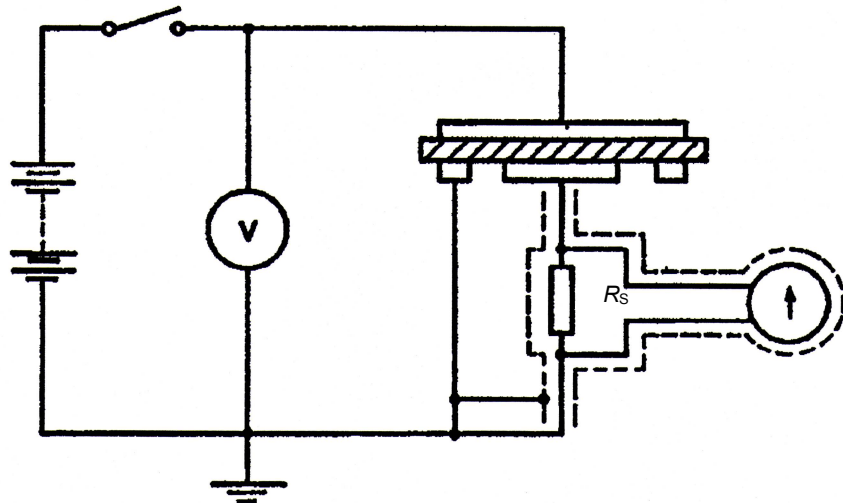


그림 5 체적 저항을 측정하기 위한 전압-전류계 방법

표면 저항의 측정을 위한 시편의 연결은 그림 1 b)와 같다.

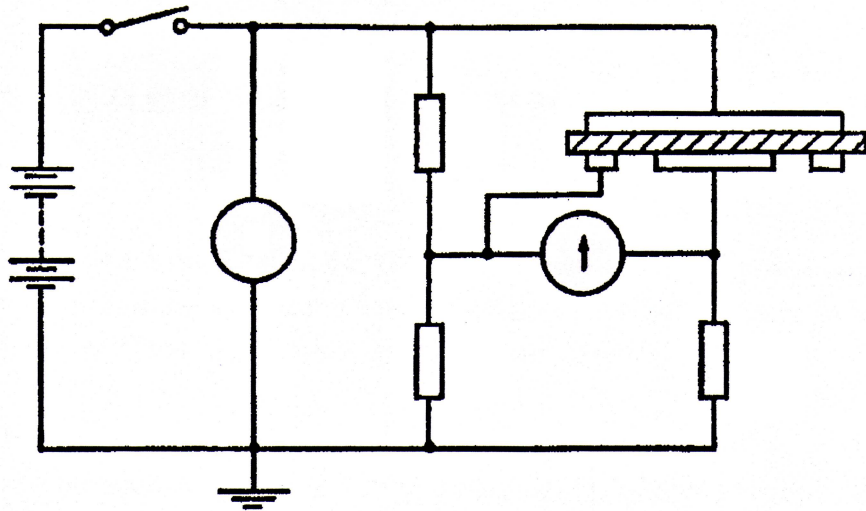


그림 6 체적 저항을 측정하기 위한 휘트스톤 브리지 방법

표면 저항의 측정을 위한 시편의 연결은 그림 1 b)와 같다.

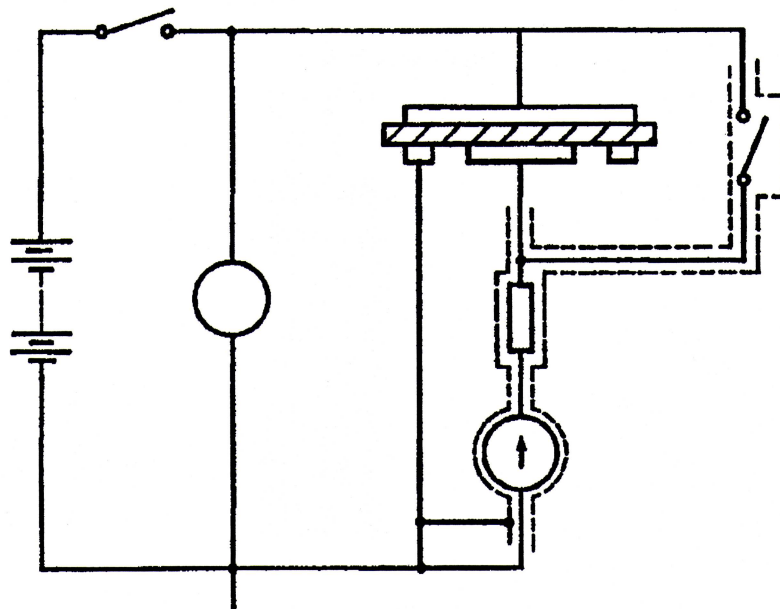


그림 7 체적 저항을 측정하기 위한 전류계 방법

표면 저항의 측정을 위한 시편의 연결은 그림 1 b)와 같다.

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	성명	근무처	직위
(위	원	장)		
(위	원)			

(간 사)

원안작성협력 :

구	분	성명	근무처	직위
(연구	책임자)			
(참여	연구원)			

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 60093 : 2015-09-23

**Methods of test for volume
resistivity and surface resistivity of
solid electric insulating materials**

ICS 33.180.20

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



산업통상자원부 국가기술표준원

Korean Agency for Technology and Standards
Ministry of Trade, Industry & Energy

주소 : (우) 369-811 충북 음성군 맹동면 이수로 93

TEL : 043-870-5441~9 <http://www.kats.go.kr>

