

제정 기술표준원고시 제2000 - 463호(2001. 01. 05)
개정 기술표준원고시 제2003 - 1443호(2003. 11.15)

전기용품안전기준

K 60052

[KS C IEC 2003]

표준 구상캡에 의한 전압 측정방법

표준 구상갭에 의한 전압 측정방법

CIEC 60052 : 2003

Voltage measurement by means of standard air gaps

서 문 본 규격은 2002년 제3판으로 발행된 IEC 60052, Voltage measurement by means of standard air gaps를 번역하여 기술적 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국산업규격이다.

1. 적용 범위

KS C IEC 60052는 다음과 같은 4가지 형태의 침두전압을 측정하기 위한 표준 구상갭의 제작 및 사용과 관련된 권고사항을 기술하고 있다.

- a) 상용주파 교류전압
- b) 전파 뇌충격전압
- c) 개폐 충격전압
- d) 직류전압

본 규격에 일치시켜 제작·사용하는 구상갭은 KS C IEC 60060-2와 일치하는 IEC 표준측정장치임을 의미하고 우선적으로 고전압 측정시스템의 성능검정용이다.

2. 인용 규격 다음의 규격은 KS C IEC 60052가 인용한 규격을 포함하고 있다.

KS C IEC 60060-1 고전압시험방법 - 정의 및 시험방법

KS C IEC 60060-2 고전압시험방법 - 측정시스템

3. 용어 정의

공 란

4. 표준 구상갭

표준 구상갭이란 본 기준에 따라 제작·배치한 침두전압 측정장치이다. 두 개의 구상전극간에 가장 가까운 점을 방전점이라 부른다. 그림1과 2는 두가지 유형의 전극배치를 보여주고 있는데 하나는 구상 전극이 수직으로 배치된 전형적인 형태이고 다른 하나는 구상 전극이 수평으로 배치된 예를 나타내고 있다.

4.1 형태 및 표면조건과 관련된 요구사항

표준 구상갭은 동일한 직경(D)을 갖는 두 개의 금속구, 전극지지봉, 작동기어, 절연부 및 전압을 측정할 지점을 연결한 연결선 등으로 구성되어 있다. 직경(D)의 표준값은 2-5-6.25-10-12.5-15-25-50-75-100-150 및 200 mm이다. 구상 전극간의 공간을 S로 지정하고 있다.

구전극은 표면이 매끈하고 가능한 곡면이 일정하도록 주의해서 제작해야 한다. 구전극을 처음 사용할 시에 크기와 형태에 대한 허용오차를 검사할 필요가 있고 구면계와 같은 적절한 측정장치를 사용할 수도 있다.

각 구전극의 직경은 공칭값에서 2%이상 차이가 발생하지 말아야 하며 방전점 부근에서는 표면 불규칙에 따른 영향이 없어야 한다. 중간 정도의 기계적 표면마무리($10\mu\text{m}$ 이하의 표면거칠기 R_{max})가 적당한 것으로 취급되고 있다. 방전점 부근은 중심을 방전점으로 하여 직경이 0.3D로 나뉘어 구상전극에 그려진 원으로 정의한다.

구상갭을 사용할 경우에 일반적으로 표면검사는 만져보거나 육안검사로 충분하다.

비고. 방전이 발생하는 반구표면에 근접되어 있지 않은 미소한 손상은 구상갭의 성능에 영향을 미치지 못한다.

4.2 측정시 구상갭의 일반적인 배치

4.2.1 수직갭

구상전극을 수직으로 배치할 경우에 고전압 전극의 지지봉은 날카로운 모서리나 귀퉁이에 영향을 받지 말아야 하고 지지봉 직경은 지지봉 길이(D)에 0.2D를 초과하지 말아야 한다. 이러한 요구사항은 파괴방전전압 시에 고전압 지지봉의 영향을 저감시키기 위한 것이다. 만일 전기적인 응력분배기(코로나 차폐 등)를 지지봉의 끝단에 사용할 경우에 구의 축에 수직으로 최대 0.5D를 초과하지 말아야 하며 고전압 구전극의 방전점에서 적어도 2D이상 되어야 한다.

접지한 지지봉과 작동기어는 영향이 거의 없으므로 크기는 그다지 중요하지 않다.

그림1은 전형적인 수직 구상갭에서 각 부분의 크기 한계치를 나타내고 있다.

구전극의 지지봉은 육안으로 봐서 일렬로 되도록 배치시키는 것이 좋다.

4.2.2 수평갭

구전극이 수평으로 배치되어 있는 경우에 일반적인 구상갭의 크기 한계치를 **그림2**에 나타내고 있다. 갭의 양쪽이 동일하다.

구전극의 지지봉은 육안으로 봐서 일렬로 되도록 배치시키는 것이 좋다.

4.2.3 수평 접지면 상에서 구전극의 높이

실험실 바닥의 접지면 위에서 고전압 구전극의 방전점 높이 A는 **표1**에 나타난 한계치 내에 있어야 한다.

접지한 구전극이 천장과 가깝도록 구상갭을 설치하고 바닥이나 벽 등의 기타 면이 상당히 거리가 있는 경우에는 천장을 수평면으로 간주하고 아래쪽으로 거리 A를 측정해야 한다.

4.2.4 구전극 주위의 공간거리

고전압 구전극의 방전점에서 천장, 벽 및 기타 충전부나 접지된 기기와 같은 외부물체 및 구전극 지지대까지의 거리는, 이것이 도전성 재질로 만들어진 경우에, **표1**에 나타난 거리 B값보다 커야 한다. 아래 허용된 것을 제외하고 B는 S값에 관계없이 2D보다 크게 하는 것이 바람직하다.

표 1. 공간거리 한계치

구전극 직경 D cm	높이 A의 최소값	높이 A의 최대값	거리 B의 최소값
6.25 까지	7D	9D	14S
10 - 15	6D	8D	12S
25	5D	7D	10S
50	4D	6D	8S
75	4D	6D	8S
100	3.5D	5D	7S
150	3D	4D	6S
200	3D	4D	6S

절연재료로 만들어진 구전극의 지지대가 깨끗하고 습기가 없으며 구전극을 교류나 충격전압만을 측정하는데 사용할 경우에는 본 요구사항을 적용할 필요가 없다. 고전압 구전극의 방전점과 지지대간의 거리 B는 표1에 기술된 값보다 적을 수는 있지만 1.6D 이상이 되어야 한다.

표2 및 3에서 파괴방전전압의 척도값이 표1에 주어진 한계치 내에서 구전극 주위의 공간거리용으로 유효하다.

시험조건에서 A값과 B값이 최소 요구사항과 일치하는 것이 불가능할 수도 있다. 규약편차 z가 5항의 요구사항에 들어맞거나 표2 및 3에 파괴방전값의 불확도가 증가할 경우에 이러한 구상값을 사용할 수 있다. 이러한 구상값은 부속서 D에 기술된 바와 같이 실험실 조건하에서 조정하게 된다.

회로는 시험전압에서 다음과 같이 되도록 배치하는 것이 바람직하다.

- 기타 물체와 파괴방전이 발생하지 않도록
- B로 정의된 공간내에서 고전압 연결선이나 지지봉으로부터 가시적인 방전이 발생하지 않도록
- 기타 접지된 물체로부터 B로 정의된 공간내로 가시적인 방전이 발생하지 않도록

4.3 접속

구상값은 KS C IEC 60060-2에 규정된 요구사항에 맞게 연결해야 한다.

4.3.1 접지

구전극 하나는 일반적으로 대지로 바로 연결해야 한다. 저저항 분로기를 특수용으로 구전극과 대지사이에 연결할 수도 있다.

4.3.2 고압 전선

지지봉 자체가 아닌 직렬저항을 포함한 고압전선은 고전압 구전극의 방전점에서 적어도 2D 떨어진 지지봉의 한점에 연결해야 한다.

고전압 구전극의 방전점까지 거리가 B보다 적은 영역에서 (직렬저항을 포함한)고압전선은 구상값의 축과 수직인 평면을 통과하지 말아야 하며 고전압 구전극의 방전점으로부터 2D인 거리에 위치시켜야 한다. 그림1과 2에 이러한 평면을 나타내고 있다.

4.3.3 교류 및 직류전압 측정용 보호저항

부정확한 파괴방전을 야기할 수도 있는 구전극의 얼룩 및 중첩진동이 발생되지 않도록 주의해야 한다. 이를 위해 0.1MΩ에서 1MΩ에 이르는 저항을 구상값과 직렬로 연결해야 한다. 이러한 범위의 저항값은 전압강하가 거의 발생하지 않기 때문에 상용주파수 교류전압 및 직류전압 측정에 사용한다.

보호저항은 구전극의 지지봉과 가능한 한 가깝게 설치하거나 직접 연결시키는 것이 바람직하다.

스트리머방전이 시험회로에 나타날 경우에는 구상값의 작동으로 나타나는 순간과전압의 영향을 줄이기 위해 직렬저항이 매우 중요하다. 이러한 방전이 시험회로나 시험시편에서 나타나지 않을 경우에는 파괴방전으로 구전극이 과도하게 연소되지 않는 값으로 저항값을 줄일 수도 있다.

4.3.4 충격전압 측정용 보호 직렬저항

구전극간 또는 연결된 경우 시험물체 양단간에 고전압을 야기할 수 있는 구상값 회로에서 큰 직경을 갖는 구전극에는 진동을 제거하기 위해 직렬저항이 필요하다. 이러한 현상은 작은 구전극 시스템에서 긴 연결선을 사용하지 않을 경우에는 큰 영향을 미치지 않는다. 시험물체에 원치 않는 전압스트레스를 야기할 수도 있는 급격한 전압파괴를 저감시키기 위해 직렬저항이 필요할 수 있다.

저항은 비유도형(30μH 이하)으로 제작해야 하며 저항은 500Ω을 초과하지 말아야 한다. 회로에서 저항의 위치는 4.3.2항 참조.

5. 구상갯의 사용

구상갯은 사용시의 규약편차 z (KS C IEC 60060-1의 4.4.5항)가 상용주파수 교류전압 및 뇌충격전압에서는 1%이하이고 개폐충격전압에서는 1.5%이하일 경우에 IEC표준 측정장치로 간주한다. 규약편차 z 는 구전극 표면의 조건, 자유전자(충분한 조사), 공기중의 먼지 및 측정절차에 영향을 받는다.

5.1 구전극 표면의 조건

방전점 주변의 구전극 표면은 깨끗하고 습기가 없어야 하지만 닦아낼 필요는 없다. 정상적인 사용으로 구전극 표면은 거칠어지고 흠이 생기게 된다. 구전극 표면을 고른 연마지로 닦고 보푸라기가 없는 천으로 가루먼지를 제거하는 것이 바람직하다; 기름이나 유지 자국은 용제로 지운다. 구전극이 사용시에 과도하게 거칠어졌거나 흠이 발생한 경우에는 수리하거나 교체해야 한다.

습기는 높은 상대습도 조건에서 방전점 표면에 응축하여 측정오류를 발생하게 된다.

방전점 부위가 아닌 구전극 표면에서 미소한 손상은 측정장치로 구전극을 사용하는데 영향을 미칠 가능성은 거의 없다.

비고. 규약편차 z 에 대한 요구사항은 표면조건과 관련된 요구사항이 충족되는지를 확인하는 것이다.

5.2 방사(조사)

구상갯의 파괴방전전압은 전압을 인가한 순간에 구전극 사이의 갯에서 발생하는 자유전자의 양에 의존한다. 규약편차에 대한 요구사항이 충족되지 않을 경우에는 조치가 필요하다.

충격과 발생기 갯에서 발생한 빛이나 독립전원의 부극성 코로나를 구상갯의 직접 노출시키는 것으로 충분하다. 방사(조사)는 일반적으로 모든 직경의 구전극에서는 침두값 50kV 이하의 측정시에 필요하고 직경 12.5cm이하의 구전극에서는 전압측정에서 방사가 필요하다. 방사와 관련된 배치방법을 부속서 C에 나타내고 있다.

비고. 충분한 방사가 불가능할 경우에는 표2와 표3에서 파괴방전값과 관련된 불확도가 증가하게 된다.

5.3 전압 측정

구상갯을 이용한 전압 측정은 표준 갯으로 측정하듯이 시험회로에서의 전압과 제어회로에서의 전압계 지시값이나 측정시스템의 저압측에 연결한 적절한 측정 또는 기록장치를 통해 얻어진 전압 침두값 사이의 관계를 설정하는 것을 통해 이루어진다. 구전극간의 간격은 전압측정의 전반적 불확도가 일치하는 방법으로 측정해야 한다. 부적절한 사항이 발생하지 않는다면 구전극의 간격 변화로 인한 사항 이외에 회로가 변할 경우에 이러한 관계는 유효하지 않게 된다.

5.3.1 상용주파수 교류전압의 침두값 측정

전원을 투입할 시에 파괴방전이 발생하지 않도록 크기가 충분히 낮은 상태에서 전압을 인가해야 한다. 이후 저전압 지시계가 갯의 파괴방전 순간을 정확히 읽을 수 있도록 충분히 서서히 올린다.

평균값과 규약편차 z 를 계산할 수 있도록 최소한 10회 연속적인 파괴방전전압을 기록해야 한다. 규약편차 z 의 값은 평균값의 1%이하이어야 한다.

전압인가시의 시간간격은 30초 이상이 바람직하다.

5.3.2 전파 뇌충격 및 개폐 충격전압의 침두값 측정

50% 파괴방전전압 U_{50} 과 규약편차 z 를 결정해야 한다. 규약편차 z 값은 전파 뇌충격전압에서는 1%이하이어야 하고 개폐 충격전압에서는 1.5%이하이어야 한다.

이것은 다단계 시험으로 이루어지는데, 예상되는 파괴방전값의 대략 1% 간격으로 각 5단계의 전압에서 최소 10회 전압을 인가하여 U_{50} 을 찾고 규약편차 z 를 검사하게 된다.

또한, 예상되는 U_{50} 전압의 대략 1% 간격으로 최소 20회의 전압을 인가하는 승강시험법으로 할 수도 있다.

규약편차 z 의 기준을 뇌충격전압에서는 $U_{50}-1\%$ 전압레벨 및 개폐충격전압에서는 $U_{50}-1.5\%$ 전압레벨에서 15회 충격파를 인가하여 검사해야 한다. 두 개 이상의 파괴방전이 발생하지 말아야 한다. 전압인가시의 시간간격은 30초 이상이 바람직하다.

비고. 개별시험에서 구상갯을 갯 간격 범위 전반에 걸쳐 사용할 경우에는 규약편차 z 의 기준을 최소에서 최대 갯 간격에 걸쳐 검사하는 것이 바람직하다.

5.3.3 직류전압 측정

구상갯은 직류전압 측정에서는 사용하지 않고 있는데, 그 이유는 저전압에서 부정확한 파괴방전을 야기하는 기중 섬유상 미립자에 기인하여 갯이 불규칙하게 거동하기 때문이다. 막대-막대 갯을 $1g/m^3$ 에서 $13g/m^3$ 까지의 범위에 상대습도에서 직류전압 측정시에 사용되고 있다.

막대-막대 갯을 사용할 수 없는 경우에는 구상갯에 대한 다음과 같은 절차를 사용한다.

적어도 $3m/s$ 의 일정한 공기를 갯 양단에 흘려보내면서 전원을 투입할 시에 파괴방전이 발생하지 않도록 크기가 충분히 낮은 상태에서 전압을 인가한다. 이후 저전압 지시계가 갯의 파괴방전 순간을 정확히 읽을 수 있도록 충분히 서서히 올린다.

절연파괴가 발생하는 가장 높은 단계의 안정전압값을 표2에 나타내고 있다.

비고. 구상갯의 직류 절연파괴가 정확하게 나타나지 않는 특성 때문에 안정화된 상단치 전압을 얻을 때까지 여러번 전압을 인가하여 시험할 필요가 있을 수도 있다.

6. 표2와 표3의 기준값

구전극간에 간격을 다양하게 하므로 나타나는 파괴방전전압을 온도와 압력을 고려한 표준 대기조건으로 표2와 표3에 나타내었다.

$$\begin{array}{ll} \text{온도} & t_0 = 20^\circ\text{C} \\ \text{압력} & b_0 = 101.3\text{kPa} \end{array}$$

표2와 표3의 값은 평균 $8.5g/m^3$ 로 $5g/m^3$ 와 $12g/m^3$ 사이의 절대습도 조건하에서 구한 값이다. 표2는 다음과 같은 전압에서 kV 단위로 파괴방전전압(충격파 시험으로 U_{50} 값)의 첨두값을 나타내고 있다:

- 상용주파수 교류전압
- (KS C IEC 60060-1에 규정된 바와 같이)부극성의 전파 뇌충격 및 개폐 충격전압
- 양극성의 직류전압

표3은 다음과 같은 전압에서 kV 단위로 파괴방전전압(U_{50} 값)의 첨두값을 나타내고 있다:

- KS C IEC 60060-1에 규정된 바와 같이 정극성의 전파 뇌충격 및 개폐 충격전압

표2와 표3은 10kV이하의 충격전압 측정에서는 유효하지 않다.

비고. 부속서 A와 부속서 B에서는 실험으로부터 유도한 표2와 표3에 대한 전압범위를 나타내는데, 6.1항에 기술된 불확도의 한계 내에 있는 것으로 생각할 수 있다.

6.1 표2와 표3에서 값의 정확성

표2와 표3에 값을 국제적으로 인정한 표준값으로 받아들이고 있다.

6.1.1. 교류 및 충격전압

표2와 표3에 기술된 파괴방전 전압값은 95% 이상의 신뢰도로 대략 3%의 불확도를 갖는다.

0.5D와 0.75D간의 간격에 따른 일부 값을 표2와 표3에 나타낸다. 괄호안의 값은 신뢰도와는 상관이 없다.

직경에 대한 간격의 비율이 매우 작다면 정확하게 갯을 측정하여 조정하기가 쉽지 않으므로 간격을 0.05D보다 크게 하는 것이 바람직하다.

6.1.2 직류전압

직류전압의 측정값에서 불확도를 평가할 수 있는 충분한 정보는 없다.

6.2 공기밀도 보정율

위에서 규정한 것을 제외하고 대기조건하에서 주어진 간격에 따른 파괴방전전압은 상대공기밀도 δ 에 해당하는 보정율을 표2와 표3에 곱함으로서 얻어진다. 상대공기밀도 δ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273+t_0}{273+t} \quad (1)$$

여기에서, 대기압 b 와 b_0 는 동일 단위(kPa)로 나타낸다. t 와 t_0 는 섭씨 온도이다.

6.3 습도 보정율

구상갯의 파괴방전전압은 매 g/m^3 당 0.2%비율로 절대습도가 증가한다.

표2와 표3에서 얻어진 값하에서 절대습도 h 의 평균값은 $8.5g/m^3$ 이다. 표2와 표3에서의 값은 다음과 같은 방정식에서 주어진 습도 보정율 k 를 표의 값에 곱하여 습도에 대해 보정해야 한다.

$$k = 1 + (0.002 \times (h/\delta - 8.5)) \quad (2)$$

주위 공기의 절대습도 h 는 g/m^3 로 나타낸다.

7. 직류전압 측정용 표준 막대-막대 갯

7.1 막대-막대 갯의 일반적인 배치

막대-막대 갯의 일반적인 배치는 그림3a(수직갯) 또는 그림3b(수평갯)에 보여주는 바와 같아야 한다. 막대는 축이 일치하고 측면이 10mm에서 25mm인 4각형의 철이나 동봉으로 만들어야 한다. 끝단은 재현 가능한 절연파괴 메커니즘을 얻을 수 있도록 모서리를 날카롭게 하여 직각으로 잘라야 한다. 고전압 끝단에서 바닥면을 제외한 접지된 물체나 벽까지의 공간거리는 5m 이상되어야 한다.

7.2 기준값

표준 대기압에서 정극성 및 부극성 직류전압의 파괴방전전압 U_0 는 수직이나 수평갯에 대하여 다음과 같이 주어진다.

$$U_0 = 2 + 0.534 \times d \quad (3)$$

여기에서 U_0 는 kV단위이고 d 는 mm단위의 갯간격이다.

방정식 (3)은 250mm에서 2500mm사이의 갯간격 d 및 습도범위 h/δ 가 $1g/m^3$ 에서 $13g/m^3$ 사이에 있을 때 유효하다. 이러한 조건에서 파괴방전전압 U_0 는 95% 이상의 신뢰도로 대략 3%의 불확도를 갖는다.

막대-막대 갯은 250mm이하의 갯간격에서는 스트리머 조기방전이 발생하지 않으므로 공인측정장치로 사용할 수 없다. 2500mm이상의 갯간격에서는 사용이 적합한지를 증명할 만한 실험적 증거가 없다.

7.3 측정절차

막대간의 간격 d 를 설정하고 전압을 인가하여 방전전압의 75%에서 100%사이 시간간격이 대략 1분이 되도록 전압을 상승시킨다.

교락발생 순간에 전압값 기록을 측정시스템의 전압지시계로 10회 실시해야 한다. 표준대기압에서 이러한 10회 기록값의 평균에 해당하는 전압값을 방정식 (3)에 나타내고 있다. 이 전압값은 공기밀도 δ (6.2항 참조) 및 다음과 같은 방정식으로 주어진 습도 보정율 k 를 고려한 실제 대기조건용으로 보정해야 한다.

$$k = 1 + (0.014 \times (h/\delta - 11)) \quad (4)$$

습도범위 h/δ 가 $1g/m^3$ 에서 $13g/m^3$ 사이에 있다.

온도 t , 압력 b 및 절대습도 h 의 실제조건 하에서 측정한 절연파괴 전압값 U 는 다음과 같이 표준대

기압으로 기록한다.

$$U_0 = U/(\delta \times k) \quad (5)$$

8. 공인측정시스템의 성능검사용 표준 값의 사용

측정시스템의 성능이 공인측정시스템의 요건에 충족하는 것으로 알려진 측정시스템의 성능검사에서 표준값을 사용할 경우에는 검사회로의 두 부품이 3%의 지정 불확도를 갖게 하여 해당 특성을 벗어나는 차이점이 비교를 통해 나오게 된다.

그러나, 동일한 공인측정시스템에 대한 성능검사를 반복할 경우에는 모든 대기조건을 교정한 후에 연속적인 측정간의 차이가 대략 3%이하로 나오게 된다.

표2. 상용주파 교류전압, 부극성 전파뇌충격/개폐충격전압 및 양극성 직류전압에 대해 kV단위로 나타낸 파괴방전전압(충격시험에서 U_{50} 값) 침두값

구상갭 간격 cm	구 직경 cm											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
0.05	2.8											
0.10	4.7											
0.15	6.4											
0.20	8.0	8.0										
0.25	69.6	9.6										
0.30	11.2	11.2										
0.40	14.4	14.3	14.2									
0.50	17.7	17.4	17.2	16.8	16.8	16.8						
0.60	20.4	20.4	20.2	19.9	19.9	19.9						
0.70	23.2	23.6	23.2	23.0	23.0	23.0						
0.80	25.8	26.3	26.2	26.0	26.0	26.0						
0.90	28.3	29.2	29.1	28.9	28.9	28.9						
1.0	30.7	32.0	31.9	31.7	31.7	31.7	31.7					
1.2	(35.1)	37.6	37.5	37.4	37.4	37.4	37.4					
1.4	(38.5)	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9					
1.5	(40.0)	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5					
1.6		48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1					
1.8		53.0	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5					
2.0		57.5	58.5	59.10	59.10	59.10	59.0	59.0	59.0			
2.2		61.5	63.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5			
2.4		65.5	67.5	69.5	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0			
2.6		(69.5)	72.0	74.5	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0			
2.8		(72.5)	76.0	79.5	80.0	80.0	81.0	81.0	81.0			
3.0		(75.5)	9.5	84.0	85.0	85.0	86.0	86.0	86.0	86.0		
3.5		(82.5)	(87.5)	95.1	97.0	98.0	99.0	99.0	99.0	99.0		
4.0		(88.5)	(95.0)	105	108	110	112	112	112	112		
4.5			(101)	115	119	122	125	125	125	125		
5.0			(107)	123	129	133	137	138	138	138	138	
5.5				(131)	138	143	149	151	151	151	151	
6.0				(138)	146	152	161	164	164	164	164	
6.5				(144)	(154)	161	173	177	177	177	177	
7.0				(150)	(161)	169	184	189	190	190	190	
7.5				(155)	(168)	177	195	202	203	203	203	
8.0					(174)	(185)	206	214	215	215	215	
9.0					(185)	(198)	226	239	240	240	240	

표2. 계속

구상궤 간격 cm	구 직 경 cm											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
10					(195)	(209)	244	263	265	266	266	266
11						(219)	261	286	290	292	292	292
12						(229)	275	309	315	318	318	318
13							(289)	331	339	342	342	342
14							(302)	353	363	366	366	366
15							(314)	373	387	390	390	390
16							(326)	392	410	414	414	414
17							(337)	411	432	438	438	438
18							(347)	429	453	462	462	462
19							(357)	445	473	486	486	486
20							(366)	460	492	510	510	510
22								489	530	555	560	560
24								515	565	595	610	610
26								(540)	600	635	655	660
28								(565)	635	675	700	705
30								(585)	665	710	745	750
32								(605)	695	745	790	795
34								(625)	725	780	835	840
36								(640)	750	815	875	885
38								(655)	(775)	845	915	930
40								(670)	(800)	875	955	975
45									(850)	945	1050	1080
50									(895)	1010	1130	1180
55									(935)	1060	1210	1260
60									(970)	(1110)	1280	1340
65										(1060)	1340	1410
70										(1200)	1390	1480
75										(1230)	1440	1540
80											(1490)	1600
85											(1540)	1660
90											(1580)	1720
100											(1660)	1840
110											(1730)	1940
120											(1800)	(2020)
130												(2100)
140												(2180)
150												(2250)

비고 1. 10kV이하의 충격전압에서는 해당 값은 유효하지 않다.
비고 2. 0.5D보다 큰 간격에 대해 나타내는 괄호내의 수치는 불확실성이 더 크다.

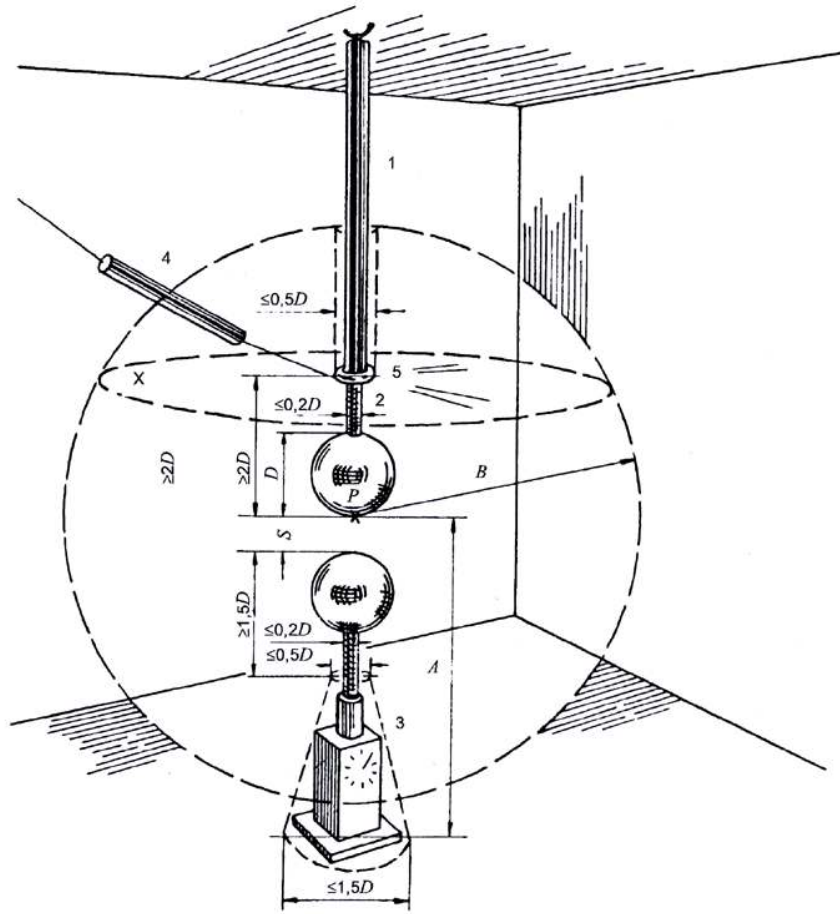
표3. 전파너충격 및 정극성 개폐충격전압에 대해 kV단위로 나타낸 파괴방전전압(충격시험에서 U₅₀값) 침두값

구상갭 간격 cm	구적경 cm											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
0.05												
0.10												
0.15												
0.20												
0.25												
0.30	11.2	11.2										
0.40	14.4	14.3	14.2									
0.50	17.4	17.4	17.2	16.8	16.8	16.8						
0.60	20.4	20.4	20.2	19.9	19.9	19.9						
0.70	23.2	23.4	23.2	23.0	23.0	23.0						
0.80	25.8	26.3	26.2	26.0	26.0	26.0						
0.90	28.3	29.2	29.1	28.9	28.9	28.9						
1.0	30.7	32.0	31.9	31.7	31.7	31.7	31.7					
1.2	(35.1)	37.8	37.6	37.4	37.4	37.4	37.4					
1.4	(38.5)	43.3	43.2	42.9	42.9	42.9	42.9					
15	(40.0)	46.2	45.9	45.5	45.5	45.5	45.5					
1.6		49.0	48.6	48.1	48.1	48.1	48.1					
1.8		54.5	54.0	53.5	53.5	53.5	53.5					
2.0		59.5	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0			
2.2		64.0	64.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5			
2.4		69.0	69.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0			
2.6		(73.0)	73.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5			
2.8		(77.0)	78.0	80.5	80.5	80.5	81.5	81.5	81.5			
3.0		(81.8)	82.0	85.5	85.5	85.5	86.0	86.0	86.0			
3.5		(90.0)	(91.5)	97.5	98.0	99.0	99.0	99.0	99.0			
4.0		(97.5)	(101)	109	110	111	112	112	112			
4.5			(108)	120	122	124	125	125	125			
5.0			(115)	130	134	136	138	138	138	138		
5.5				(139)	145	147	151	151	151	151		
6.0				(148)	155	158	163	164	164	164		
6.5				(156)	(164)	168	175	177	177	177		
7.0				(163)	(173)	178	187	189	190	190	190	
7.5				(170)	(181)	187	199	202	203	203	203	
8.0					(189)	(196)	211	214	215	215	215	
9.0					(203)	(212)	233	239	240	241	241	
10					(215)	(226)	254	263	265	266	266	266
11						(238)	273	287	290	292	292	292
12						(249)	291	311	315	318	318	318
13							(308)	334	339	342	342	342
14							(323)	357	363	366	366	366

표3. 계속

구상값 cm	구직경 cm											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
15							(337)	380	387	390	390	390
16							(350)	402	411	414	414	414
17							(362)	422	435	438	438	438
18							(374)	442	458	462	462	462
19							(385)	461	482	486	486	486
20							(392)	480				
22								510	505	510	510	510
24								540	545	555	560	560
26								570	585	600	610	610
28								(595)	620	645	655	660
30								660	685	700	700	705
32								(620)				
34								(640)	695	725	745	750
36								(660)	725	760	790	795
38								(680)	755	795	835	840
40								(700)	785	830	880	885
45								(810)	865	925	925	935
50								(715)				
55									(835)	900	965	980
60									(890)	980	1060	1090
65									(940)	1040	1150	1190
70									(985)	(1100)	1240	1290
75									(1020)	(1150)	1310	1380
80												
85										(1200)	1380	1470
90										(1240)	1430	1550
100										(1280)	1480	1620
110											(1530)	1690
120											(1580)	1760
130												
140											(1630)	1820
150											(1720)	1930
											(1790)	(2030)
											(1860)	(2120)
												(2200)
												(2280)
												(2350)

비고. 0.5D보다 큰 간격에 대해 나타내는 괄호내의 수치는 불확실성이 더 크다.



1. 절연 지지대
2. 구전극 지지봉
3. 작동기어, 최대치수를 나타내고 있음
4. 직렬저항이 연결된 고전압 접속
5. 전압 스트레스 분배기, 최대치수를 나타내고 있음

P 고전압 구전극의 방전점

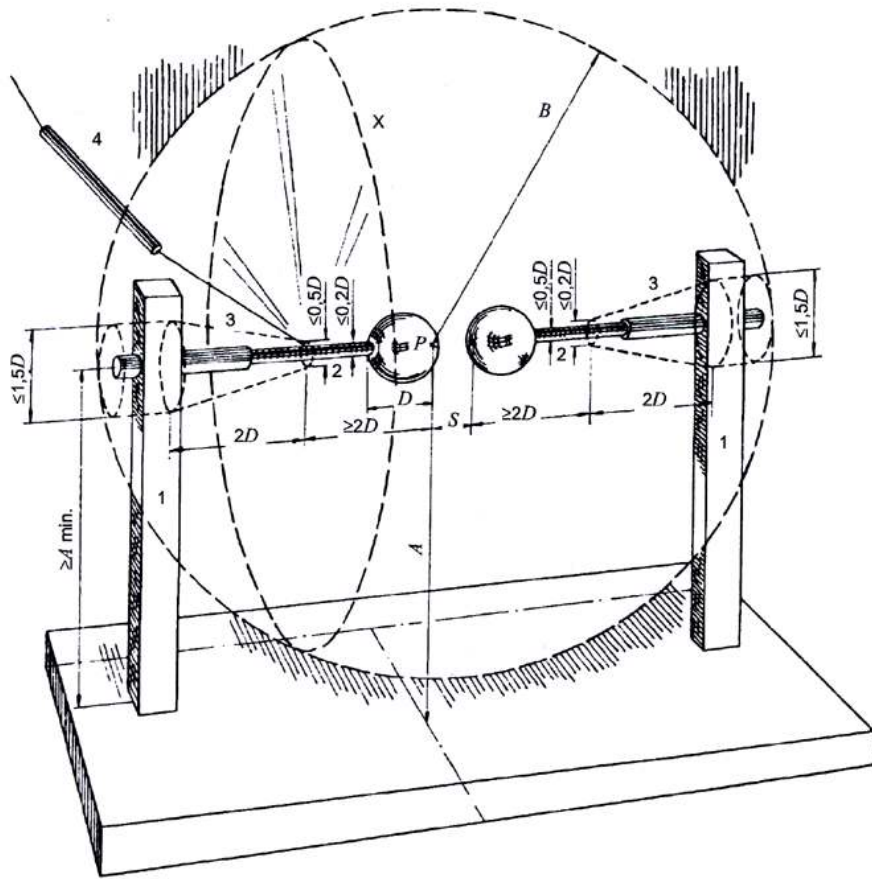
A 접지면에서 P점까지의 높이

B 외부구조물로부터 안전한 공간 반경

X P점에서 거리 B내에 X평면을 통과하지 않는 4방향

비고. 그림은 구상갭 100cm의 비율로 도시한 것이다.

그림 1. 수직 구상갭



1. 절연 지지대
2. 구전극 지지봉
3. 작동기어, 최대치수를 나타내고 있음
4. 직렬저항이 연결된 고전압 접속
5. 전압 스트레스 분배기, 최대치수를 나타내고 있음

P 고전압 구전극의 방전점

A 접지면에서 P점까지의 높이

B 외부구조물로부터 안전한 공간 반경

X P점에서 거리 B내에 X평면을 통과하지 않는 4방향

비고. 그림은 구상갯 25cm의 비율로 도시한 것이다.

그림 2. 수평 구상갯

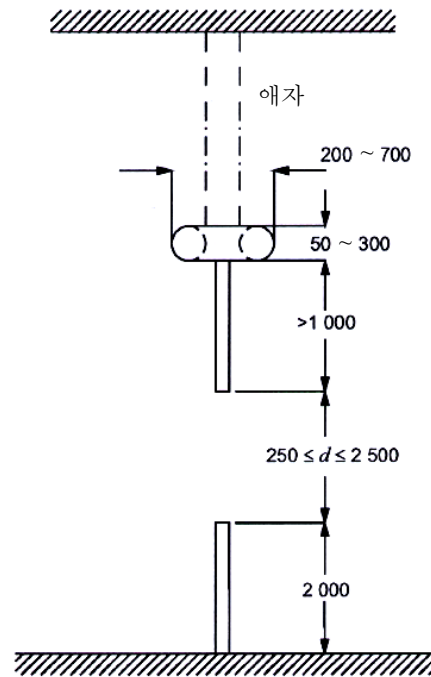


그림 3a. 막대-막대 겹의 수직배치

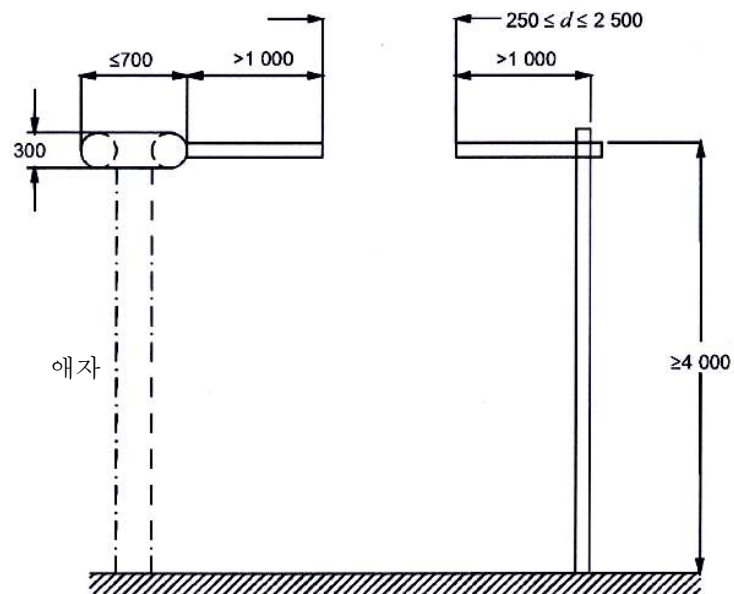


그림 3b. 막대-막대 겹의 수평배치

그림 3. 막대-막대 겹의 배치

부속서 A

(정보용)

구상검의 실험 보정 범위

표2와 표3은 아래에 주어진 참고치와 관련된 실험보고를 통해 부분적으로 유도한 것이다. 표A.1에서 주어진 값보다 높은 전압에서의 정확도는 증명할 만한 실험적 자료가 없다.

표A.1 구상검의 실험보정

전압의 종류	최대전압 kV 침투값	참고문헌
상용주파수 교류전압	1700	Transactions AIEE Vol.71(1952), PartIII, p.455
상용주파수 교류전압	1400	JIEE Vol.82, (1938), p.655
직류전압 + (구상검)	800	Zeit. techn. Phys. 18(1937), p.209
직류전압 - (구상검)	1300	Zeit. techn. Phys. 18(1937), p.209
충격전압 + (낙뢰)	2580	Transactions AIEE Vol.71(1952), PartIII, p.455
충격전압 - (낙뢰)	2410	Transactions AIEE Vol.71(1952), PartIII, p.455
충격전압 ± (개폐)	1200	ELECTRA No 136, June 1991, p.91-95
고주파 교류전압		ETZ Vol.60(1939), p.92 (비고1 참조)
고주파 비감쇠 교류전압	(비고 2 참조)	JAIEE Vol.46(1927), p.1314 Arch. Elektr. Vol.14(1925), p.491 Arch. Elektr. Vol.24(1930), p.525 Arch. Elektr. Vol.25(1931), p.322 Arch. Elektr. Vol.26(1932), p.123
고주파 감쇠 교류전압	동일	Ann. Phys. 19(1906), p.1016 Arch. Elektr. Vol. 16(1926), p.496 Arch. Elektr. Vol. 20(1928), p.99
비고1. 본 참고문헌은 1939년까지 일정 전압 및 주파수 범위에 대해 수행된 감쇠 및 비감쇠 고주파 전압에 대한 보정자료를 요약하고 있다. 목록에서 기타 참고문헌에는 대부분의 개별 보정에 대한 상세한 내용을 기술하고 있다. 비고2. 참고문헌이 불완전하고 가끔 논쟁을 발생시키기는 하지만 이러한 정보를 통해 20kHz 주파수에서 대략 침투값 15kV까지의 비감쇠 교류전압의 측정시에 표2를 별다른 큰 문제없이 사용할 수 있다. 높은 주파수에서는 해당 전압이 감소한다. 참고문헌에서는 또한 표3의 내용을 500kHz까지의 주파수에서 감쇠교류전압의 측정시에 사용할 수 있지만 전압이 침투값 15kV를 초과하지 말아야 하는 것으로 제한된다.		

부속서 B

(정보용)

표2와 표3의 값을 국가표준 및 기타 자료에서 유도하는 과정

비고. 본 부속서의 내용은 IEC 60052(1960)판에서 초기 **부속서B**를 그대로 옮긴 것이다. 1956년 뮌헨에서 열린 TC42회의에서 국제적으로 수용 가능한 새로운 자료표를 작성하는데 동의하였다. 아래에 설명되어 있는 일부 예외사항을 제외하고 새로운 자료표에서 파괴방전전압은 다음과 같은 값의 평균값이었다.

a) 1939년 7월에 파리 IEC회의에서 인정한 값

b) A.S.A 표준 C 68.1(1953)에 값

평균값의 계산에서 일부 예외적인 사항이 발생하였다. 특히 미소한 전극간격에서 파괴방전전압이 구전극 직경이 증가함에 따라 불규칙하게 변하였다.

이러한 사항은 기타 예외적인 사항이 실험에 개입되지 않는 한 제거할 수 있었다.

위에서 언급한 예외사항을 아래에 열거한다.

- 1) 2, 5, 10 및 15cm의 구전극에 대한 ASA기준에서는 어떠한 자료도 없다. 따라서, 5, 10 및 15cm 구전극에 대한 1939년 IEC수치가 위에서 언급한 일부 중요하지 않은 조정사항 이외에 변동사항 없이 현재 도표에 그대로 포함되어 있다.
- 2) 정극성 충격파에는 적용 불가능한 1939년 IEC에서 합의한 2cm구상전극 수치는 1cm까지의 간격에서는 부정확한 것으로 차후에 판명되었다. 따라서 JIEE, Vol.95(1948), Part II, p.309에 기초한 새로운 조정값을 삽입했지만 해당 값을 10kV이하의 극성을 갖는 충격파 측정에는 적용 불가능하다. 조정값에 대한 내용은 Proc. IEE, Part II, Vol.101, (1954), p.438 참조.
- 3) 1400kV이상의 전압에 대한 1939년 IEC자료는 최근 미국에서 측정한 값보다 신뢰도가 떨어진다고. 따라서, 최근 값을 채용하고 있다(ASA C 68.1, 1953 and Transactions AIEE, Vol.71(1952), Part III, p.455 참조).

표2와 표3에서의 수치는 표B.1에 표시된 바와 같이 반올림 한 것이다.

표B.1 표2와 표3에서 반올림한 값

값 kV	반올림 kV
50까지	0.1 반올림
50초과 100이하	0.5 반올림
100초과 500이하	1 반올림
500초과 1000이하	5 반올림
1000초과	10 반올림

부속서 C

(정보용)

방사원

교류에서 방사는 시험회로 내에서 코로나 형태로 얻을 수 있다. 그러나, 코로나는 부분방전측정 등의 이유로 바람직하지 못하고 따라서 기타 다른 방법의 방사가 필요하다.

충격 전압에서는 충격파 발생기 갭으로부터 구상갭을 빛에 직접적으로 노출되는 것으로 충분하다.

갭에 여분의 방사는 부극성 직류 코로나원의 조기방전으로 얻어진다.

부속서 D

(정보용)

구상값의 조정 및 불확실성

표2와 표3에서 불확실성 3%값이 구상값을 이용한 전압측정의 전반적인 불확실성 측정에서 가장 중요한 항이다.

불확실성과 관련된 해당 값은 1%정도로 표의 결과에 포함된 여러 가지 요인들을 고려한 것으로서 10kV 이상의 전압에서는 0.5%이상의 오류가 발생하고 10kV이하의 전압에서는 더 큰 오류를 발생한다. 불확실성은 실험실 공인측정시스템의 교정시에 적당한 기준이 되는 측정시스템을 갖춘 실험실의 구상값 내부교정 절차를 통해 상당히 감소시킬 수 있다.

새롭게 교정한 측정시스템으로 측정한 전압 항목에서 전범위에 걸친 구상값 교정을 실험실에서 이루어지는 내부 구상값 교정으로 간주할 수 있다. 교정의 전반적인 불확실성은 표2와 표3에 관련된 것보다 덜 중요할 수도 있다.

교정시부터 조건이 변하지 않는다면 측정시스템과 구상값간에 측정한 전압값의 차이점을 측정시스템에서 발생할 수 있는 오차를 나타내기 위한 교정절차 상에서 얻어진 미세한 불확실 특성으로 생각할 수 있다.