

제정 기술표준원고시 제2001-38호(2001. 2. 15)
개정 기술표준원고시 제2002-1280호(2002. 10. 12)

전기용품안전기준

K 60370

[KS C IEC 2002]

절연바니시의 내열성 시험절차
- 절연강도 시험

절연바니시의 내열성 시험절차 - 절연강도 시험

CIEC 60370 : 2002

Test procedure for thermal endurance of insulating vanishes - Electric strength Method

서 문 이 규격은 1971년 제1판으로 발행된 IEC 60370, Test procedure for thermal endurance of insulating vanishes - Electric strength Method를 번역하여 기술적 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국산업규격이다.

1. 서 론

1.1 적용 범위

본 시험절차는 유리섬유 코팅용 절연바니시의 비내열성 및 열열화 전후의 절연강도 측정용 시험방법을 다루고 있다.

1.2 목적

전기 시스템에서 사용하는 절연바니시의 적합성 결정시 필요한 온도지수를 확립하기 위함.

1.3 일반사항

본 시험 방법은 고온 열화 후 유리섬유를 코팅한 바니시의 절연강도 보존여부를 측정한다. 전기기기용 절연바니시의 적합성 평가에서, 경도, 결합력, 내용제성 및 열가소성 유동과 같은 물리·화학적 특성이 절연특성과 대등하게 중요하다. 그러나 이러한 특성의 평가는 본 시험 방법의 범위 내에 있는 것은 아니고 기타 다른 시험절차를 통해 개별적으로 분석해야 한다. 절연바니시의 수명에 영향을 미치는 주요 인자는 열열화이다. 바니시가 열열화를 통해 약화된 후에 습도 및 진동과 같은 조건으로 전기기기에 고장을 유발할 수 있다. 절연바니시는 자체가 물리적/전기적 무결성을 가지고 있는 한 전기기기를 보호하는데 매우 효과적이다. 바니시의 열열화는 일부 특성의 변화를 야기한다. 이러한 변화로는 질량손실, 다공성, 메집성 및 기타 기계적 특성의 약화가 해당된다. 바니시의 열열화는 절연강도의 저하로 검출할 수 있고, 따라서 본 시험 방법에 대한 파괴 표준값으로 사용한다. 절연바니시는 진동과 열팽창에 기인하여 사용 중에 굽힘력을 받는다. 이러한 이유로 인해 기능시험에 절연 굽힘이나 신장 시험이 포함된다.

본 시험절차에서는 두 가지 대안을 제안한다.

대안 1: 바니시 시료의 외부 표면을 약 2% 신장시킬 수 있도록 설계한 굴곡형 전극 시스템. 이러한 굽힘시험은 바니시가 사용 중에 겪게 되는 상황을 모의하는 것이다.

대안 2: 평탄형 전극 시스템. 본 방법은 열열화의 영향만을 나타낸다. 시편은 열열화 시에 발생한 전기적 약점이 추가적인 기계적 신장의 영향을 받지 않고 측정될 수 있도록 (대안 1에서와 같이) 구부리지 않는다.

두 방법을 사용하는 시험 결과는 열화 후 굽힘시험이 절연강도에 중대한 영향을 미치는지의 여부를 판단할 수 있게 해 준다. 시험 절차에서, 시편을 규정된 시간 동안 고온의 오븐에서 열화시킨다. 이후 시편을 오븐에서 꺼내어 냉각시킨 후 절연강도를 시험한다. 각 온도에서 나타나는 열수명은 절연강도를 사전에 선정한 값으로 감소시키는데 필요한 열화시간으로 결정된다. 이 값은 바니시를 적용할 시

에 일부 기능적 특성의 기본값으로 선택할 수 있다. 그 다음, 비내열성을 열화온도와 열수명간의 관계를 나타내는 곡선으로 측정한다.

2. 시험 시료

시편은 연속적인 필라멘트, 바니시를 침지하여 코팅한 유리섬유로 구성시켜야 한다.

2.1 시험편 준비

유리 섬유 패널은 단위면적당 $90\text{g/m}^2 \sim 140\text{g/m}^2$ 의 무게와 센티미터당 20~26 엔드 및 16~24 구멍을 갖고 두께가 0.1mm~0.18mm인 연속적인 필라멘트, 유리섬유에서 절단해야 한다.(시험을 실시하는 국가에서 규정된 구멍 및 엔드를 갖는 유리섬유를 구입할 수 없을 경우에는 해당 국가에서 생산되는 제품 중 표준 유리섬유와 가장 근접한 제품을 사용해야 한다.)

(굴곡형 전극의 치수는 총 두께가 0.175mm~0.185mm로 코팅한 0.1mm 두께의 유리 섬유 외부 표면으로 약 2% 신장 가능하도록 설계한다. 따라서 보다 두꺼운 것은 열화 결과에 상당한 영향을 미칠 수 있는 신장 증가가 발생할 수 있다는 사실에 유념해야 한다.)

유리 섬유는 바인더를 제거하기 위해 열처리를 통한 청소를 해야 한다.(일반적으로 사용하는 열청소 절차는 250°C에서 24시간 및 400°C에서 24시간 섬유를 가열하는 것으로 이루어진다. 주의: 450°C 이상의 가열은 섬유를 손상시킬 수 있다.)

각 유리 섬유 패널은 섬유의 날실에 평행인 30cm 치수를 갖는 15cm×30cm로 되어야 한다. 각 패널을 적절한 시험편 고정 프레임에 부착하고 단단히 조인다.

(이 프레임은 내부 치수가 15cm×30cm인 직사각형으로 구부려 만들기 위해 지름이 약 1.7mm이고 길이가 1m인 내식성 와이어를 사용하여 만든다. 와이어의 끝은 한쪽 모서리에서 약 5cm 겹치도록 하여 묶는다.) 각 열화 온도에서 12개 이상의 패널 세트가 필요하다. 최소 2.5cm의 간격을 갖는 수직위치로 오븐에서 시편 프레임을 유지시킬 수 있는 적절한 고정물을 사용해야 한다.

2.2 바니시 침지

시편은 부착한 유리 섬유 패널을 바니시에 침지시켜 준비해야 한다. 시편은 대기중 또는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 온도 및 $50 \pm 5\%$ 상대습도에서 준비해야 한다. 섬유두께에 대해 두 번 이상의 코팅으로 $0.08 \pm 0.005\text{mm}$ 의 두께로 증가하도록 시험을 통해 바니시가 일관성이 있게 조정해야 한다. 패널은 거품이 없어질 때까지 30cm의 길이 방향으로 바니시에 침지시켜야 한다. 10cm/min의 일정한 속도로 기계적으로 빼고, 30분 동안 마르도록 해야 한다. 코팅을 좀더 일정하게 하기 위해 연속되는 침지간에 시편을 세로방향으로 뒤집는다. 각 침지가 끝난 후에 시편을 마지막 침지와 동일한 수직 위치로 바니시 제조사가 규정한 온도와 시간에서 굽는다.

2.3 측정 장치

두께는 모루와 스핀들 표면의 직경이 6mm~8mm이고 모루와 스핀들 표면간의 힘을 제어할 수 있는 구조를 갖는 나사형 마이크로미터로 측정한다. 일반적으로 모루와 스핀들 표면간의 힘은 10N이다. 5회 측정의 평균값이 시편의 평균 두께이다.

마이크로미터는 주기적으로 교정해야 한다; 그 정확도는 $3\mu\text{m}$ 이내에 있어야 한다.

3. 시험 장치

3.1 대안 I - 굴곡형 전극 시험 고정설비

고정설비의 치수는 그림 1에 표시된 값을 따라야 한다. 전극은 깨끗이 닦여진 황동으로 하는 것이 바람직하다. 상부(가동가능)전극의 총질량은 1.8kg이다. 상부전극이나 하부전극이 충분히 움직일 수 있

도록 하여, 시편과 양전극 사이가 정확히 접촉되도록 해야 한다. 이렇게 하려면 하부전극에 부드러운 고무 패드를 설치하므로써 가능하다.

3.2 대안 II - 평탄형 전극 시험 고정설비

전극은 직경이 1.0mm로 둥글게 모서리처리된 지름이 6mm인 대향 원통형 황동막대로 구성해야 한다. 전극면은 평활, 평탄 및 평행해야 하고 서로 정확하게 대향 유지되어야 한다. 상부(가동가능)전극의 총 중량은 $50 \pm 2\text{g}$ 이고, 이러한 요건을 충족하는 적합한 고정설비 및 보호 구성설비가 만족해야 한다.

3.3 절연강도 시험세트

절연강도 시험세트는 IEC 60243(Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies)에 따라야 한다.

3.4 열화 오븐

공기 순환 오븐은 IEC 60212(Standard Conditions for Use Prior to and During the Testing of Solid Electrical Insulating Materials)에 규정된 허용차 범위 내에서 온도를 조절할 수 있어야 한다.

4. 열화 온도 및 시간

시편은 비내열성을 평가할 수 있도록 온도 범위를 충분히 포함하는 3개 이상, 필요한 경우에는 그 이상, 열화온도에서 열화시켜야 한다. 열화 온도는 최소한 20°C 차이를 두어야 한다. 최저 열화 온도에서 적어도 5000시간 이상의 열수명을 나타내야 한다. 100시간 미만의 열수명을 나타내는 열화온도는 사용하지 말아야 한다. 온도지수를 얻을 수 있는 내열 데이터를 외삽할 시에 오차를 줄이기 위해 20°C 를 초과하는 외삽이 필요하지 않도록 최저 열화 온도를 선택해야 한다.

또한, 열화 온도 선정에 대한 지침으로 IEC 60216(Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulating Materials)의 7항을 참조한다.

5. 시험 절차

5.1 시험편 두께

각 시편의 최초 평균두께는 열열화 전에 5개 지점에서 측정한다. 두께는 2.3절에서 설명한 장치를 사용하여 30cm 길이의 평행한 시편의 중앙을 따라 측정한다.

5.2 최초 전기적 강도 전압

각 시편 세트에서 하나의 시편을 최소한 4시간 동안 온도 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 에 상대습도 $50 \pm 5\%$ 에서 전처리하고, IEC 60243의 7.1절에 따라 단시간 시험으로 절연강도를 시험한다. 단, 500V/s의 전압 상승속도를 사용해야 하는 것은 제외한다. 시편의 한쪽 끝에서 4cm떨어진 4.5cm 지점에서 6회의 절연강도 측정을 수행해야 한다. 대안 I 에서 시편을 낱실이 구부러지도록 굴곡형 전극 고정설비에 삽입해야 한다. 각 대안에서 전극을 손상되지 않도록 주의를 기울여 천천히 낮춘다.

5.3 열화와 시험편 시험

5개의 시편에 알루미늄박으로 꼬리표를 붙이거나 또는 영구적인 표시를 하여 2.1절에서 기술한 시편 고정 프레임에 설치한다. 시편 프레임을 포함한 고정설비를 열화 오븐 내에 설치하고 임의의 벽면에서 최소한 10cm 이상 떨어지도록 위치시키고, 시편이 공기 흐름과 평행방향이 되도록 유지한다. 하나의 시편을 선택한 열화온도에서 예상되는 열수명의 25%, 50%, 100%에 해당하는 3개의 열화시간 종료시에 제거해야 한다. 제거 후에 시편을 최소한 4시간동안 온도 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 에 상대습도 $50 \pm 5\%$ 에서 처리하고, 대안 I 이나 대안 II에 따라 절연강도 시험을 실시한다. 예상되는 열수명의 50% 시간에서, 5개의 추가 시편에 꼬리표를 붙이고 오븐에 넣어야 한다. 마찬가지로, 열수명의 75%의 시간에서, 나머지

시편을 오븐에 설치해야 한다. 각 시편의 평균 절연강도를 세로축으로, 열화 시간을 가로축으로 하여 적합한 그래프 용지에 그린다. 열수명이 너무 낮게 평가되었을 경우에는 오븐에 남아있는 첫 번째 그룹 중 하나의 시편을 예상 열수명의 150%에서 꺼내어 시험한다. 열화된 시편에 이용 가능한 정보를 활용하여 나머지 시편을 각각 선택한 간격으로 꺼내어 절연강도 대 노출시간의 곡선을 작성한다. 이것은 측정점 사이를 채우거나 필요한 경우 범위 확장이 필요할 수도 있다. 이러한 절차는 열화 과정을 측정하는데 충분한 시편을 이용할 수 있는지를 확신하게 해 준다. 열화는 규정 끝단 전압의 % 절연파괴 전압에 도달할 때까지 또는 열화 시간이 최소한 6000시간 이상 진행될 때까지 계속해야 한다. 어떤 열화온도에서 5000시간 이상의 열 수명이 측정되었을 경우에는 시간 상한치를 이에 맞게 증가시켜야 한다.

6. 산출

6.1 절연강도의 종단점

파괴 기준값으로 120 kV/cm의 종단점이 권장된다. 본 종단점의 선정은 임의적이며, 이 값은 실제 사용 수명과 상관이 있음을 보여주는 경험을 바탕으로 하고 있다. 5.3절에서 설명한 바와 같이, 더욱 정확하게 규정할 수 있도록 선정한 종단점을 초과하여 시험을 계속하는 것이 바람직하다.

각 온도에서 평균 절연강도를 열화 시간(단위: 시간)의 함수로 그린다. 95% 신뢰한계치로 또한 나타내는 것이 바람직하다. 본 곡선으로부터 120 kV/cm에 해당하는 열화 시간을 측정하고(최초 평균 두께를 토대로), 이를 열수명이라 부른다. 협의가 된 경우, 최초 열화되지 않은 평균 절연강도의 백분율로 다른 종단점을 사용할 수도 있다.

6.2 비내열성

IEC 60216에서 제시된 바와 같이 각 열화 온도에서 시간 단위로 로그 시간 눈금을 갖는 그래프 용지에 열 수명을 세로축으로, 절대 온도의 역수를 가로축으로 하여 좌표로 나타낸다.

대부분의 경우, 이 종이의 좌표는 거의 직선으로 나타난다. 물질의 열수명을 온도의 함수로 나타내기 위해 회귀 분석을 사용하여 직선으로 그린다. 열 수명은 이 곡선에서 최초 평균 두께를 토대로 120 kV/cm의 절연강도에 해당하는 열화 시간으로 측정한다.

7. 보고

7.1 보고 자료

본 시험 절차의 결과 보고서에 다음의 정보를 포함시켜야 한다.

- a) 바니시, 유형, 제조자, 물리적 특성 등의 설명
- b) 단위 면적당 무게, 구성(cm당 엔드 및 구멍)과 사용한 유리섬유의 두께를 규정한다.
- c) 시험에 사용한 전극 시스템(대안 I 또는 대안 II)
- d) 시료의 특수 처리(해당하는 경우). 적합한 구조를 얻는데 필요한 침지의 횟수
- e) 시편을 준비하는데 사용한 경화시간 및 온도
- f) 시편의 최초 평균 파열 두께
- g) 최초 평균 절연강도
- h) 각 열화 기간에 대한 평균 절연강도
- i) 120 kV/cm에 상응하는 곡선점에서 시간 종단점을 표시하여 노출시간의 함수로 95%의 확률에 대한 신뢰 한계치의 그래프. 기타 다른 종단점을 선정한 경우에는 열수명에 해당하는 것과 같이 표시하는 것이 바람직하다.

- j) 로그 시간 눈금에 절대 온도 역수의 함수로 표시한 비내열성 그래프
k) 끝점 기준과 온도 지수는 IEC 60216에 따라 측정해야 한다.

방법 I : 만곡형 전극, 바니쉬의 내열성

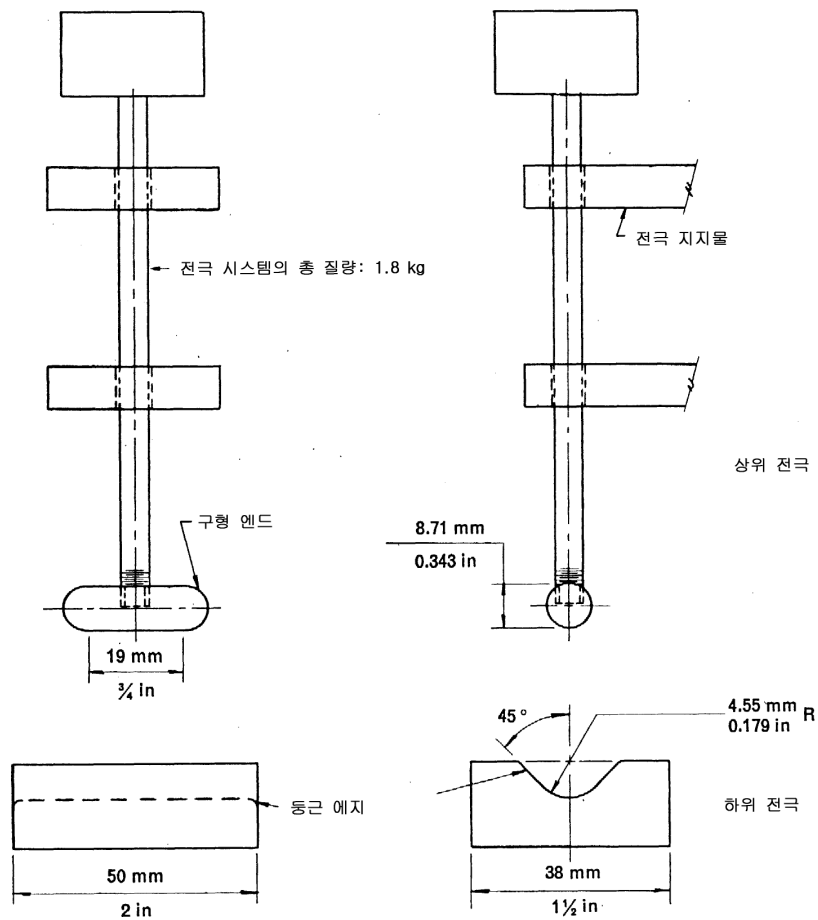


그림 1 전극 물질: 황동