

전기용품 안전기준

K60216-5

[IEC 1990-03]

전기 절연재료의 내열성 결정 지침

5부: 내열성 적용 지침

목차

서론	2
1 범위 및 목적	2
2 용어 및 정의	3
2.1 온도지수	3
2.2 상대온도지수	3
2.3 2등분 구간	3
3 의미	3
4 평가방법의 원리	3
5 절차	5
6 방법의 적용	6
부록 A	8

전기 절연재료의 내열성 결정 지침

5부: 내열성 적용 지침

서론

IEC Publication 216 : 전기 절연물질의 내열성 결정 지침은 다섯 개의 부로 구성되어 있다.

1부: 노화 절차 및 시험 결과의 평가에 대한 일반 지침(IEC Publication 216-1)

2부: 시험 기준의 선택(IEC Publication 216-2)

3부: 내열성 산출 지침(IEC Publication 216-3)

4부: 노화 오븐(IEC Publication 216-4)

5부: 내열성 적용 지침(IEC Publication 216-5)

주. - 이 작업은 계속될 수 있다. 개정된 부분을 찾으려면, 최신 IEC Publication의 현재 카탈로그를 참조한다.

1부에서 4부까지는 전기 절연물질의 내열성을 유도하는 방법을 상세하게 설명하였다. 5부에서는 전기기술 장비의 제조자가 장비 절연을 설계할 때 이와 같은 특성을 고려하는 방법을 제안하도록 한다.

보고된 특성이 정확하게 정보를 전달하는 경우는 드물다. 통상적으로, 이 정보는 내열에 대해 가용한 지식으로 추론해야 한다. 이렇게 하기 위하여, 5부에서는 특정한 평가 방법을 기반으로 하는 적절한 지침을 제공한다. 이 방법은 5부의 범위를 벗어나는 경우에도 적용할 수 있다.

1. 범위 및 목적

5부에서는 내열이 주요 관심사인 경우, 특정 절연 설계에서 전기 절연물질과 그 단순 조합 물질의 적합성을 평가하는 지침을 제공한다.

정보가 직접 또는 정확하게 전달되지 않을 때 가용한 내열성으로부터 필요한 프로젝션(projection)을 수행하기 위하여 평가 방법을 제공한다. 프로젝션은 유도를 설명한 적합한 승수(multiplier)가 있는 2등분 구간(HIC)을 사용하여 실험적으로 결정된 TI 또는 RTI에서 실시한다.

2. 용어 및 정의

IEC Publication 216-2의 4판에서 정의하고 설명한 내열성은 다음과 같다.

2.1 온도 지수 (TI)

특별히 규정하고 있지 않는 한, 주어진 시간 즉, 20,000시간에서 내열 관계로부터 유도한 온도 (단위: °C)에 해당하는 숫자

2.2 상대 온도 지수 (RTI)

두 물질이 비교 시험에서 동일한 노화와 진단 절차를 거쳤을 때, 기준 물질의 알려진 온도 지수에 해당하는 시간으로부터 얻은 시험 물질의 온도 지수 (그림 3 참조).

2.3 2등분 구간(HIC)

TI 또는 RTI의 온도에서 취한 끝점 도달시간의 반(1/2)을 나타내는 온도 간격(°C)에 해당하는 숫자

3. 의미

데이터는 특정한 절연 설계 목적에 맞는 후보 물질(또는 그 단순 조합 물질)을 비교하고 선택할 때 사용하기 위하여 본 문서에서 설명한 평가 방법을 통하여 얻는다.

제품에 책임을 지고 있는 Technical Committees는, 장비 절연이 단순한 구조이어서 IEC Publication 611에 따라 기능 시험이 정당하지 않을 경우에 현재 평가 방법의 원리가 유용하다는 것을 알고 있다.

주. - 절연 물질의 추정된 사용 온도 유도에 대한 지침의 작성은 현재 제정 중이다. 이 표준의 방법으로 얻은 데이터는 이 유도에서 특정 단계를 제공할 수 있다.

4. 평가 방법의 원리

특정한 절연을 위하여 물질의 적합성 또는 후보 물질의 순위는 물질의 내열성으로 평가한다. 이러한 특성은 개별 특성과 끝점에 대한 물질의 온도 지수 TI 또는 상대 온도 지수 RTI 및 2등분 구간 HIC이다. TI(또는 RTI)는 특정 지점의 내열 관계를 정의하고 HIC는 그 기울기를 정의한다. HIC는 기울기의 유용한 척도인 활성화 에너지와 역수의 관계에 있다.

지수를 유도하는데 사용한 것과 다른 끝점 도달시간에 대한 프로젝션을 실시하기 위해서는 내열 관계의 기울기를 반드시 알아야 한다. HIC는 이러한 목적을 맞는 실용적인 엔지니어링 도구이다.

활성화 에너지의 값이 높음으로 인하여 HIC 값이 작다는 것은 Arrhenius 그래프의 기울기가

가파르다는 것을 의미한다. 이러한 특성을 가진 물질은 TI 또는 RTI 이하의 온도에서 장기간 안전하게 동작할 것으로 예상된다. 한편, 활성화 에너지가 낮아 HIC 값이 높다는 것은 Arrhenius 그래프의 기울기가 평평하다는 것을 의미한다. 이러한 특성을 가진 물질은 대개 장기간 응용에서 안전성이 떨어지는 것으로 생각할 수 있지만 TI 또는 RTI에 의해 나타낸 것보다 훨씬 더 높은 온도에서 단기간 동작에 적합하다.

이러한 종류의 엔지니어링 판단은 적합한 산출로서 정량화할 수 있다. 본 문서에서 명시한 방법은 원칙적으로 물질의 내열 관계를 설명하는 회귀선을 따라 프로젝션하는 수학적 절차이다. 이러한 방법으로 온도와 시간의 해당 값을 유도한다.

외삽 범위와 관련된 다양한 종류의 불확실성, 데이터 지점의 산포 등은 안전 여유를 제공하는 인자를 도입하여 설명할 수 있다.

내열성은 IEC Publication 216-1에 따라 주어지는 것으로 가정한다. 즉,

- 데이터 지점이 IEC Publication 216-3-1(3판)의 통계적 요건을 충족할 경우 온도 지수 TI

TI(HIC)

- 또는, 이러한 요건이 충족되지 않은 경우 또는 TI가 도식적으로 결정된 경우

TI_g와 HIC_g

- 또는, 상대 온도 지수 RTI가 지정된 경우

RTI와 HIC

이다

그러나 적합한 절차는 IEC Publication 216-3의 2판에 따라 특성만 이용할 수 있는 경우 즉, TEP(내열 분포), 또는 TI(또는 RTI)와 내열 그래프에 대해 간략하게 주어진다.

주. - TEP의 정의에 대해서는 IEC Publication 216-1 (4판), 부속서 D를 참조한다.

비교 또는 평가를 용이하게 하기 위하여, 이 절차는 각 물질에 대해 단일 지수를 생성하도록 공식화된다. 이 숫자는 편차가 시작되는 내열성과 동일한 특성 및 끝점을 나타내는 °C에 해당한다. 아래 명시된 공식에서, 이 지수는 기호 “PTN”(projected temperature number)으로 표시한다.

PTN은 TI 또는 RTI 또는 TEP의 첫 번째 지수에서 유도한다. PTN은 내열 관계를 따라 TI에

서 2등분 구간 HIC의 p배 만큼 이동시켜 얻는다. 승수 p는 정수 또는 분수가 될 수 있다. 대부분의 경우, p는 양수가 되기 때문에 TI보다 낮은 PTN이 되지만 p가 음수이면 그 반대이다.

PTN의 유도 방법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{PTN} &= \text{TI} - p \cdot \text{HIC} \\ (\text{또는 } \text{PTN} &= \text{RTI} - p \cdot \text{HIC}(\text{해당하는 경우}). \end{aligned} \quad (1)$$

승수 p는 성분 p_i 의 합이다. 각각은 서로 다른 경우의 평가 또는 불확실성을 나타낸다.

$$p = \sum_{i=0} p_i \quad (2)$$

식(1)의 적용은 온도에 따른 HIC의 변화의 관점에서 p의 절대값이 2.0의 한계값을 초과하지 않는 경우로 제한되어야 한다.

부록 A에는 내열 시험의 온도 범위 외부에서 안전 여유를 외삽에 제공하는 인자에 관해 고찰하고 있다.

5절에서는 p의 편차를 시간 또는 온도의 값에서 다른 값으로 옮기는 방법에 대해 설명한다. 서로 다른 끝점 또는 특성의 평가에 대한 방법을 적용할 수 있는 가능성에 관한 문제는 6절에서 논의하기 한다.

물질은 PTN이 유도되었다는 가정하에서, 산출된 PTN의 값이 높을수록 내열과 관계되는 것으로 간주된다.

비선형 내열 관계에서 또한 충분한 정확도로 알려지고 표현될 경우, PTN를 평가할 수 있다. 그러나, 이 경우에는 (1)식을 적용할 수 없다.

5. 절차

단순하면서도 자명한 (1)식은 작은 온도 구간에 대해 만족할 만한 근사치이며 내열 관계가 선형 회귀식으로 표현될 경우에만 해당된다. 부록 A의 A2절 참조할 것.

다음을 준수한다.

- 5.1 1. IEC Publication 216-1의 4판에 따라 내열 데이터는 (1)식에 삽입된 2등분 구간 HIC를 명백하게 포함해야 한다.
2. IEC Publication 216-1의 2판에 따라 데이터의 경우, HIC는 다음과 같이 유도한다.

a) TEP가 주어진 경우, HIC는 다음과 같이 첫 번째와 두 번째 번호로 산출한다.

$$HIC = [(\tau_{20} + 273)/(\tau_5 + 273)] \cdot (\tau_5 - \tau_{20})/2 \quad (3)$$

b) TI 또는 RTI가 주어진 경우, HIC는 TI 또는 RTI 및 이 값의 반(1/2)에 해당하는 시간에서 내열 관계로부터 유도한다.

5.2 기준시간 t_r (단위: 시간)에서 서로 다른 시간 t_x 까지 프로젝션에 대한 성분 p_1 은 2등분 구간 HIC를 사용하여 다음 관계에 의해 주어진다.

$$p_1 = \ln t_x / \ln 2 - \ln t_r / \ln 2 \quad (4)$$

밀이 10인 로그와 t_r 에 대해 20,000 시간의 값을 사용하면 다음과 같다.

$$p_1 = 3.322 \lg t_x - 14.288 \quad (5)$$

6. 방법의 적용

내열 관계를 따르는 프로젝션의 방법은 주로 두 가지 목적에 적용할 수 있다.

a) 서로 다른 물질이 서로 다른 시간에 관련된 내열 지수(TI, RTI)에 의해 특성화되면, 비교 가능한 공통 끝점 도달시간(공통 TI 시간)으로 변환할 필요가 있다.

b) 프로젝션의 목적이 TI 시간(a)에 따라 변환 후)과 다른 시간 동안 PTN인 경우, 변환해야 한다.

전기 절연물질 사용자는 관련 끝점과 특성이, 내열 특성이 데이터 시트에 기재된 것과 다른 개별 제품 적용에 맞는 물질을 선택해야 한다. 사용자는 본 문서에 명시된 프로젝션 방법을 사용할 것을 고려할 수 있고 목적에 적합하도록 기재된 데이터를 변환할 수도 있다. 일반적인 접근방식으로써, 이러한 지침은 잘못된 결론을 유도할 위험이 높다. 이에 대한 주요 이유는 5부의 프로젝션 방법이 내열 관계의 기울기가 알려지고 일정하다는 것을 토대로 한다는 것이다. 그러나, 동일한 물질의 서로 다른 특성에 관련된 내열 특성은 서로 다른 기울기를 갖게 된다. 또한 동일한 특성의 서로 다른 끝점에 대한 경우는 적지만 여전히 중요하다.

이러한 이유로, 본 문서에서 설명한 평가 방법은 특성과 끝점을 목표로 하는 변환에 적용할 것을 권장한다. 그럼에도, 이러한 접근방식을 특별한 경우에 시도한다면, 반드시 견실한 물리적 증거를 바탕으로 해야한다. 예를 들어, 전체 해당 온도 범위에서 평가의 목적이 동일한 특

성의 서로 다른 끝점이 된다면 특성 대 노화 시간 관계의 기울기를 알아야 한다. 서로 다른 특성의 악화 평가를 고려하기 전에 그 밖의 기타 신뢰할만한 증거가 필요할 것이다.

형식적인 관점에서 본다면, 본 문서에서 논의한 평가는 (4)식을 사용하여 실시할 수 있다.

부록 A

A1. p 와 그 성분에 대한 관찰

p_i 는 p 의 성분 배열이다.

p_1 은 내열 관계에 의해 선형 프로젝션이 정당하다고 믿을 수 있는 경우에 적합한 p_i 배열의 첫 번째 성분이다.

p_2 는 아래 A3절에서 설명한 대로 안전 여유를 제공한다.

A2. HIC의 2배를 초과하는 프로젝션

$P > 2$ 인 경우, 선형 내열 관계를 따르는 온도에 따라 HIC 변화의 관점에서(IEC Publication 216-1의 4판 참조), PTN은 다음 관계로 유도한다.

$$PTN = (TI + 273)^2 / [p \cdot HIC + (TI + 273)] - 273 \quad (6)$$

주. - (6)식은 H_{IK} , Arrhenius 관계의 열역학 (절대) 온도의 역수의 2등분 구간을 사용하여 유도한다. 그리고 다시 Celsius 온도로 변환한다.

(6)식을 비교적 단순하게 하기 위해 단순화된 변환 $HIC = (TI + 273)^2 \cdot H_{IK}$ 를 사용하였다. 결과적인 오차는 모든 실제의 경우에서 몇 %로 제한된다.

A3. 내열 시험의 온도 범위 외부에서 프로젝션에 대한 안전 여유

IEC Publication 216의 1부는 평균 또는 중앙 고장시간이 최저 노출 온도에서 5000 시간, 그리고 TI가 결정되었을 때 최고 온도에서 100시간을 초과하도록 시험 온도의 범위를 규정한다. RTI의 경우 이 한계치는 2000시간과 100시간이다(IEC Publication 216-1 4판, 8절 참조).

결과적으로 p_2 의 값을 선택할 때에는 다음의 권고사항을 제시할 수 있다 :

a) TI가 주어진 경우, 5000시간(또는 다른 주어진 시간)과 100시간 사이, 그리고 RTI가 주어진 경우 2000시간과 100시간 사이의 시간 구간에서, 프로젝션은 시험 데이터의 내삽이며, 안전 여유를 도입하지 않아도 된다. 이는 p_1 의 값이 -2.0과 -7.644 사이의 구간에 놓여있고 TI가 주어진 경우 $p_2 = 0$ 으로 설정됨을 의미한다. RTI가 주어진 경우, p_1 의 해당 구간은 -3.322에서 -7.644까지이다.

b) p_1 이 -2.0(TI) 또는 -3.322(RTI)보다 큰 경우, 특히 이 값이 양수인 경우 p_2 는 p_1 의 값에 대해 양의 값으로 주어져야 한다. TI 지점(즉, $p_1 = 0$)에서 $p_2 = 0.5$ 의 임시 값을 제안한다.

c) $p_1 < -7.644$ 의 값은 IEC Publication 216-1에 명시된 100시간의 한계보다 더 짧은 끝점 도달시간에 대한 프로젝션을 나타낸다. 이러한 고온 외삽은 변화된 노화 메카니즘으로 인해 상당한 오차 위험을 내포한다. 따라서 p_2 값은 특별히 주의하여 선택해야 한다.