



KC 61251

(개정 : 2015-09-23)

IEC Ed1.0 1993

전기용품안전기준

Technical Regulations for Electrical and Telecommunication Products and Components

전기 절연재료

교류전압 내구성 평가 - 서론

Electrical insulating materials

A.C. voltage endurance evaluation - Introduction

KATS 국가기술표준원

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

목 차

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황	1
서 문	2
1 적용 범위 및 목적 (Scope and object)	3
2 인용 규격 (Normative references)	3
3 정의 및 용어 (Definitions and terms)	3
4 전압 내구성 관계 (Voltage endurance relationship)	5
5 시험 방법 (Test methods)	5
6 전기 내구성의 평가 (Evaluation of voltage endurance)	9
부 속 서 A (Annex A)	13
부 속 서 B (Annex B)	14
부 속 서 C (Annex C)	15
해 설 1	16
해 설 2	17

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황

제정 기술표준원 고시 제2001 - 70호(2001.02.19)
개정 기술표준원 고시 제2002 - 1280호(2002.10.12)
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

전기 절연재료 - 교류전압 내구성 평가 - 서론

Electrical insulating materials - A.C. voltage endurance evaluation - Introduction

이 안전기준은 1993년에 제1판으로 발행된 IEC 61251(Electrical insulating materials-A.C. voltage endurance evaluation-Introduction)를 기초로, 기술적 내용 및 대응 국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 KS C IEC 61251(2002.06)을 인용 채택한다.

전기 절연 재료-교류 전압 내구성 평가-서론

Electrical insulating materials-A.C. voltage endurance evaluation-Introduction

서 문 이 규격은 1993년에 제1판으로 발행된 IEC 61251 Electrical insulating materials-A.C. voltage endurance evaluation-Introduction을 기술적 내용을 변경하지 않고 제정한 한국산업규격이다.

1. 적용 범위 및 목적 이 규격은 전기 절연재에 대한 전압 내구성 시험에 관련된 많은 요소들에 대한 설명이다. 전압 내구성 그래프를 그려 그 한계를 설명하는 시험 방법을 체계화하고, 시험 결과로부터 절연재의 전압 내구성을 평가하기 위한 지침을 제시한다.

전압 내구성에 사용할 용어를 정의하고 설명한다. 이 기술 보고서는 재료와 관련이 있으며, 결과는 절연 시스템의 성능에 직접 적용할 수 없을 수도 있음을 강조해야 한다.

전압 내구성 시험은 절연재를 전기 시스템 내에서의 다양한 응용들에 비추어 비교하고 평가하기 위해 이용한다. 교류 내전압을 견뎌 내는 전기 절연재의 능력을 측정하는 것은 대단히 복잡하다. 전압 내구성 시험 절차의 결과는 많은 요인들의 영향을 받으므로, 이 기술 보고서는 단지 단순화된 기획 및 분석을 위한 전압 내구성의 통일된 견해를 제시하려는 시도로만 간주해야 한다.

2. 인용 규격 다음 표준에는 이 표준에서 참조하는 조항을 포함하며, 본 국제 표준의 조항을 구성한다. 발행시 표시된 판이 유효하였다. 모든 규격은 개정되며, 이 규격에 기초하여 계약한 당사자는 아래에 명시된 관련 문서의 최신판을 적용할 가능성을 조사하도록 권고한다. IEC와 ISO 회원국은 현재 유효한 국제 표준의 목록을 보존하고 있다.

KS C IEC 60243 고체 절연 재료의 전기적 강도 시험 방법

KS C IEC 60343 표면 방전에 의한 절연 파괴에 의한 절연 재료의 상대 저항력 측정을 위한 추천 시험 방법

KS C IEC 60727-2 전기 절연 시스템의 전기 내구성 평가-제2부: 극치 분포에 기초한 평가 절차

3. 정의 및 용어

3.1 전압 내구성(VE: voltage endurance) 전압 내구성은 고체 절연재의 전압을 견뎌내는 능력의 척도이다. 이 보고서에서는 교류 전압만 고려된다.

3.2 전압 수명(voltage life) 어떤 기술 시스템의 수명은 시스템이 고장날 때까지의 시간이다. 고체 절연재의 경우 전압 수명은 일정한 전압 응력하에서의 항복까지의 시간이다.

3.3 전압 내구성 시험(voltage endurance testing) 절연재의 전압 내구성을 평가하기 위해 검토 중인 재료의 수 개 시료에 교류 전압을 가하여 그 항복(까지의) 시간을 측정한다. VE 시험 관례에서는 항복 시간에 대한 인가 전압의 영향을 밝히기 위하여 많은 시료의 여러 샘플을 상이한 전압에서 시험한다. 각 샘플의 평균 항복 시간이 그 전압에서의 모든 시료의 항복까지의 평균 시간이다. 시료 중 몇 퍼센트가 항복한 시간은 이 백분율과 동일한 확률을 가진 항복까지의 추정 시간이다.

(분석적 방법이나 그래프에 의한 방법에 의한) 데이터의 통계 처리는 다른 불량 백분율이나 신뢰성 경계(confidence bounds) 같은 추가 데이터를 끌어낼 수 있게 하고, 분포의 측정을 가능케 할 수도 있다(예: Gaussian, Weibull, 대수 정규 등).

3.4 전기 응력(electrical stress) 일반적으로 전압 대신 전기 응력(단위 두께당 전압)을 참조하는 것이 바람직하다. 평등 필드(uniform field)의 경우 전기 응력은 시료 두께에 대한 전압(실효값)의 비율로 주어진다.

다.

전기장이 일정하지 않을 경우 그 평균값이나 최대값을 고려할 수 있다. 이 경우 재료들의 평등 필드 순위는 적용할 수 없다.

3.5 전압 내구성(VE) 그래프(voltage endurance(VE) graph) 이것은 항복까지의 시간 대비 대응하는 전기 응력값의 그래프이다⁽¹⁾. VE 그래프에서는 전기 응력이 선형 또는 대수 계산자에 의해 세로 좌표로 그려진다. 항복까지의 시간들은 통상 대수 계산자로 가로 좌표상에 그려진다. 이 그래프상의 전압 내구성 선은 규정 시험 조건들 하에서 시료들의 전압 내구성에 대한 분명하고 완전한 평가를 허용하면서 VE 시험의 최종 결과를 제공한다.

정확한 선을 그리기 위해서는 많이 상이한 전압에서 많은 시험을 거쳐야한다. 따라서 보통 낮은 전압에서 필요한 시험도 있는데, 이는 항복까지 긴 시간이 걸린다. 그러나 선 모양 평가에서 신뢰도의 감지가 가능한 감소 없이도 VE 시험의 시간과 비용을 줄이는 것이 가능할 수 있다(5. 참조).

전압 내구성 선은 직선이거나 또는 곡선일 수 있다. 후자의 경우 종종 그 경향을 수 개의 직선 영역에 의하여 어림잡을 수 있는데, 때때로 이 영역들은 완만한 경사를 보이는 단시간의 첫 번째 부분, 보다 급한 기울기를 가진 (매우 장시간에 이르도록 연장될 수도 있는) 중간 영역, 그리고 끝으로 수평을 이루는 경향을 보이는 이후의 직선 추세 등으로 이루어진다(그림 1 참조, 여기에는 일반적인 VE선이 나와 있다).

VE 그래프의 모양은 재료에 따라 크게 달라질 수 있다.

주⁽¹⁾ 최대의 유의성(significance)을 위해서는 재료들을 동일한 두께에서 비교해야 한다.

3.6 단시간 전기 강도(short-time electric strength) 단시간 전기 강도는 일반적으로 선형으로 증가하는 전압을 이용하여 측정한다. 이 문서에서 사용한 그러한 시험의 지속 시간은 대략 수십 초에서 수 십분(따라서 KS C IEC 60243이 제안하는 값들보다 길다.)에 이른다. 이 단시간 전기 강도 측정값은 전압 노출 후의 값들을 초기값과 비교함으로써 전압이 가해진 시료의 에이징 정도를 표시하는 데 사용할 수 있다.

전기 강도 시험의(또는 일반적으로 전압 승압에 의한 시험의) 결과는 VE 그래프에 직접 나타내지 않지만, 그 대신 평균 전기 강도 E_0 와 동일한 응력에서 일정한 응력으로 항복까지의 실제 시간 t_0 를 측정하기 위해 일정한 전압 시험을 수행한다. 점(E_0 , t_0)는 VE선상에 있다. 이 절차에 대한 보다 자세한 내용이 5.4 및 5.6에 수록되어 있다. 그러나 이 절차를 사용할 때에는 다음을 주의해야 한다.

- a) 시험은 전압 내구성 시험과 동일한 조건(외부, 온도 등), 동일한 시험 셀(cell)에서 동일한 절차로 수행되어야 한다.
- b) 추후에 사용하기 위하여 결과 분석에서 시료와 시료 항복 조건을 조사하여 기록해야 한다. 이 후자는 높은 응력에서의 실패 양식이 나중에 보다 낮은 응력에서 시험한 다른 시료들의 것과 동일하다고 부당하게 가정되지 않도록 보증해야 한다.

3.7 전압 내구성 계수(voltage endurance coefficient) – VEC (n) 이것은 선이 log-log 도면에서 직선일 경우 VE 도면 기울기 역수의 수치값이라고 정의된다. 그런 경우 VE선의 기울기는 전기 응력에 대한 재료 반응의 지표가 될 수 있다. VEC n 은 크기가 없는 점(dimensionless)이다. 선의 완만한 기울기로 인해 응력의 작은 감소도 수명의 커다란 증가를 가져올 수 있다.

기울기의 역수는 사적 선례(historical precedent)를 가지는 방정식 (1)의 지수 n 의 수치와 일치하는 것으로 본다. n 의 큰 값은 종종 높은 수준의 전압 내구성을 나타낸다. 그러나 낮은 응력과 함께 발생할 경우에는 n 의 높은 값이 낮은 전기 강도를 나타낼 수 있는데, 이를 높은 내구성과 혼동해서는 안 된다.

n 의 낮은 값은 불충분한 내구성을 나타낸다. 가장 유의한 것은 사용 가능 전기 강도를 장기간 유지하는 것이다. 5.4의 방정식 (7)도 참조

3.8 미분 VEC(differential VEC)(n_d) VE선이 log-log 좌표에서 곡선을 이룰 경우, 그 기울기는 점마다 변화한다. 따라서 기울기를 어느 점에서나 접선을 이용해 측정할 수 있다. 임의의 전기 응력의 경우, 따라서 선상의 임의의 점의 경우, 미분 전압 내구성 계수 n_d 는 그 점에서의 곡선에 대한 직선 접선의 기울기 역수 수치값이라고 정의할 수 있다(그림 2). 다른 계수 N 은 5.5에 정의되어 있다.

3.9 전기 임계 응력(E_c) VE선은 응력이 감소함에 따라 수평선에 평행하게 되는 경향이 있을 수 있는데, 이는 그 이하 응력에서는 전기 에이징이 무시해도 좋을 정도로 되는 제한적 응력 E_c 를 암시한다. 이 한계를 전기 임계 응력이라 한다. 수평선에 평행이 되는 선의 추세는 때때로 알맞은 지속 기간의 시험으로 검

출할 수 있다. 그러나 시험들이 그런 추세를 밝히는 데 항상 성공하는 것은 아니다. 아주 긴 시험 시간 동안에도 전기 임계 응력을 조금도 보이지 않는 절연재도 있기 때문이다.

4. 전압 내구성 관계 VE관계는 전압 수명의 수학적 모델, 즉 전기 응력과 항복까지의 시간에 관한 방정식으로, 그 방정식의 그래프는 VE선으로 나타낸다. 이 선이 log-log 그래피 종이에서 직선일 경우, 방정식은 다음 유형이다.

$$L = CE^{-n} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 L : 항복까지의 시간, E 는 전기 응력

C 와 n : (온도 및 기타 환경 조건에 종속하는) 상수이다.

방정식 (1)은 소위 역제곱 모델(inverse-power model)을 구성하는데, 이것은 고체 전기 절연에 관한 전압 내구성 데이터와 함께 흔히 만나는 전압-수명 모델이다. 2개 전압 응력에서 항복까지의 시간에 대한 데이터를 이용할 수 있을 때, 방정식 (1)을 사용해 n 값을 추산하기 위하여 이 모델을 사용할 수 있다.

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^{-n} \dots\dots\dots (1\bullet)$$

VE 시험 데이터가 log-log 지상에서 직선을 이루지 않을 경우, 역전압 모델을 사용하는 것은 부적당하다. 선이 전기 임계 응력 E_t 에 접근할 경우 다른 모델들을 제안해 왔는데 다음이 그 중의 하나이다.

$$L = C\bullet(E - E_t)^{-n} \dots\dots\dots (2)$$

이는 E_t 가 0을 향할 경우 역전압 모델이 되며, 단시간 및 중간 시간 데이터가 log-log 좌표상에 직선에 적합할 때 우선적으로 사용한다. 또 다른 모델이 다음과 같다.

$$L = \frac{k \exp(-hE)}{E - E_t} \dots\dots\dots (3)$$

이는 단순 지수 모델로부터 유도된 것으로, $E > E_t$ 에 대해 반대 수(semi-log) 좌표에서 대략 직선에 해당 하지만, E 가 E_t 로 향할 경우 항복까지의 시간은 무한대가 된다. 방정식 (2) 및 (3)에서 상수 $C\bullet$, n , k , h 와 E_t 는 온도 및 기타 환경 조건들에 종속한다⁽²⁾.

(2) ($E - E_t$)가 지수 v 일 경우 다른 모델을 사용할 것을 제안해 왔다. 이는 고려 중에 있는 자료에 따라 달라진다.

방정식 (2)와 (3)을 사용하여 임의의 2점 (L_1 , E_1)와 (L_2 , E_2) 사이의 VE선 추세를 규정하는 2개의 새로운 방정식을 도출할 수 있다.

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{E_1 - E_t}{E_2 - E_t} \right)^{-n} \dots\dots\dots (2\bullet)$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\exp\{-h(E_1 - E_2)\}}{(E_1 - E_t)/(E_2 - E_t)} \dots\dots\dots (3\bullet)$$

방정식 (1), (1 $\bullet$), (2), (2 $\bullet$), (3) 및 (3 $\bullet$)은 고려한 다양한 경우의 VE선 방정식들이다(직선 또는 log-log 도면 상의 직선 선분; log-log나 반대수 그래프지상에서 대체적인 선형 추세 후 임계로 향하는 경향).

로그를 취하면 역제곱 모델은 다음과 같다.

$$\ln L = \ln C - n \ln E \dots\dots\dots (4)$$

이것은 log-log 좌표에서 VE 직선의 방정식이다. 그 기울기는 $-1/n$ 이다. 기울기 역수의 수치값이 VEC와 같으므로, VEC 역시 역제곱 모델의 지수 n 으로 규정할 수 있다. 그러나 기하학적 정의는 보다 일반적이며 3.에서와 같이 곡선들의 경우에도 적용할 수 있다..

5. 시험 방법 이 절에서는 상이한 VE 시험 수행 방법에 대해 기술한다. 논의할 차이점들은 전압 인가 방식(일정 또는 시간과 함께 증가), 주파수(서비스 또는 그 이상), 시험을 중단하는 시간(항복까지의 시간이나 파괴 진단 조치가 수행되는 보다 짧은 시간) 등에 관한 것이다.

일반적으로 상기 매개 변수 중 어느 것을 선택하든지 에이징 셀 유형은 동일할 수 있다. 그러나 인가 전압의 주파수 선택에 관해서는 유전손으로부터나 부분 방전으로부터의 가열량이 이런 원인들로 인한 온도 상승을 무시할 수 있는 수준이어야 한다.

재료를 시험하는 동안 에이징 셀은 인가 응력이 균일한 정도가 바람직하다. 이는 에지에서 둥글어진 평

평한 표면을 가진 전극에 의해 얻을 수 있다. 시료의 표면은 시료 표면의 부분 방전을 피하기 위해 금속화할 수 있다. 또한 시료 표면의 플래시오버를 피하기 위해 시료를 전극 가장자리를 훨씬 넘어서게 확장해야 한다. 이것이 부분 방전이 만들어진 전극 주위 시료 표면의 열화로 인한 잠시 후의 플래시오버를 피하기에 충분치 않다는 것이 예비 시험을 통하여 나타난 경우, 시험 중인 재료의 유전율에 가까운 유전율을 가진 적절한 유전체에 전극을 삽입해야 한다.

전기 필드가 균일하지 않을 경우, 데이터를 정확히 보고하기 위하여 필드 강도의 평균값에 대한 최대값의 비율을 알아야 한다.

시료의 형태와 처리(processing)는 시험 목적에 따라 달라질 수 있다. 조사 목적에 따라 공동의 크기 및 모양의 함수로서의 내부 열화 연구를 수행해 왔다. 그러나 이것은 이 기술 보고서의 범위를 벗어난다. 또한 외부 방전에 의한 열화의 관점에서 본 재료의 평가 및 비교가 KS C IEC 60343에서 다루어진다.

5.1 일정한 응력 시험(tests at constant stress)

5.1.1 전통적인 VE 시험(conventional VE test) 일정한 응력 시험에서는 각 시료 샘플에 인가되는 전압의 크기가 시험 중에 일정하게 유지된다. 이 크기는 통상 샘플 항복까지의 평균 시간이 수십 시간에서 수천 시간 사이가 되게 선택한다. 어떤 시료들의 항복까지의 시간은, 특히 일정한 응력에서 모든 샘플 시료의 항복을 기다릴 수 없을 정도로 길 수가 있다. 이런 경우 대부분 시료의 항복 후 시험을 중단하는 것과 평균값 대신에 중심값을 고려하는 것이 바람직하거나 또는 검열을 거친(censored) 데이터에 대한 통계 절차를 사용해야 한다(예를 들면, KS C IEC 60727-2 참조).

보통 최소한 셋 또는 네 개의 상이한 전압을 사용하며, 따라서 전압 내구성 선의 3개 또는 4개의 점을 얻을 수 있다. 반면에 5개 이상의 전압 시험에 필요한 데이터 양은 종종 경제적으로 수용할 수 있는 양의 범위를 벗어날 수 있다.

직선에 대한 데이터 적합화는 회귀 분석을 통해 확립될 수 있다. 적합화(fit)의 질이 나쁘지 않을 경우, VE선을 VEC인 선 기울기의 음의 역수로 직선에 적합화할 수 있다. 물론 선의 실제 모양이 곡선일 경우, 이것은 상이한 미분 VEC값들의 평균이다.

모든 시험 전압에 대해 여러 확률 함수에의 적합화를 위해 항복 시간(time to breakdown)을 시험할 수 있다. 데이터가 와이블 분포에 적합할 경우, 그 실험 데이터는 분포의 형상 매개 변수 α 가 기울기인 직선을 (와이블 종이상에) 발생시킨다(부속서 A 참조). 상이한 전압에서 각 시험에 대해 동일한 방식으로 진행하면, α 의 변하지 않는 것(constancy)을 점검할 수 있다. α 가 일정하면 VEC의 항구성을 기대할 수 있다.

5.1.2 진단 측정(diagnostic measurements) 탄젠트 α 및/또는 부분 방전 작용 같은 진단량을 시험할 때 모니터링할 수 있다. 상이한 전압에서 얻어진 탄젠트 α 대 시간 곡선을 비교할 때, 그 모양의 유사성을 발견하는 일이 발생할 수도 있다. 이 경우 에이징 전압 가속 인자를 평가할 수 있으며, 따라서 항복 시간 예측을 할 수도 있다. 그런 비교가 없으면 특이한 변화를 목도하지 않는 한 탄젠트 α 측정을 통한 에이징 조건 진단이 어렵고 종종 신뢰성이 없다.

실패하지 않은 채 남아 있는 시료에 대해서 그 에이징 상태를 평가하기 위해 단시간 전기 강도 측정을 수행할 수도 있다. 따라서 단기 전기 강도 역시 전기 응력에 의한 에이징 정도를 측정하는 진단량이 될 수 있다. 몇몇 에이징 셀 디자인 유형으로서 동일 시료에 대해 전기 강도를 여러 위치에서 측정할 수 있다. 이런 방식으로 시료가 대체로 여전히 좋은 상태로 있는 동안 에이징으로 인하여 또는 국부화 결함으로 인하여 항복이 발생했는지 여부를 점검할 수 있다. 예를 들면, 무시할 만한 또는 아주 작은 전기 강도 평균값의 감소가 실패 시료에서 관찰되면, 이것은 시료의 비균일 상태를 나타내는 것인데, 이는 불충분한 제조 기법에 기인하는 수가 있다. 이는 제조 기법 품질과 재료의 품질을 구별할 수 있게 한다. 재료 품질의 고유 내구성은 시료의 항복까지의 시간에서 나타난 것보다 더 나을 수도 있다. 항복 시간을 예측하기 위해 실패하지 않은 시료들에 대한 전기 강도 측정을 이용하는 것은 5.5에서 다룬다.

에이징 과정을 철저히 검사하기 위해 화학 분석 및 미세 구조(microstructural) 분석을 이용할 수 있다. 결과의 흔히 전기 강도, 도전율, 탄젠트 α 등과 같은 거시적(macroscopic) 속성의 변동에 관련된다.

5.1.3 전기 스레시홀드의 검출(Detection of an electrical threshold) 실험상의 점은 긴 노출 시간 후에 VE선이 수평이 되는 경향을 흔히 보인다. 더욱이 많은 VE검사 보고에는 고전압에서의 추세의 외삽으로부터 기대되는 것보다 훨씬 긴 시간에 저수준의 응력에서 비실패를 보이는 점들을 포함한다. 이 결과들

이 전기 스테시홀드의 존재를 나타낼 수도 있다. 그런 스테시홀드(E_f)의 존재에 대한 데이터를 시험하는 것이 바람직할 것이다.

스테시홀드에 대한 점검은 5.2의 설명과 같이 상용 주파수보다 높은 주파수의 시험으로 할 수 있다. 적응력의 VE선 추세를 평가할 수 있게 하는 또 다른 방법은 5.6에 기술되어 있다. 스테시홀드 응력은 온도의 영향을 받는데, 보통 온도가 상승하면 감소한다. 실내 온도보다 높은 온도의 경우 VE선은 통상 그래프 좌측으로 이동하고, 전기 응력은 동일한 상태에서 항복까지의 시간은 보다 짧아진다. VE 시험은 흔히 실내 온도에서 수행하지만, 보다 높은 온도에서의 시험은 VE선 모양에 관한 정보와 특히 스테시홀드의 존재 및 그 온도 의존성에 관한 정보를 제공할 수 있다.

5.2 고주파수 시험(tests at higher frequency) 시험 시간을 단축하기 위해 종종 사용되는 절차는 인가 전압의 주파수를 늘리는 것이다. 상용 주파수 f 에서의 항복 시간(time to breakdown) L_f 는 종종 다음의 관계에 의해서 시험 주파수 f_h 에서의 항복 시간 L_h 로부터 유도한다.

$$L_f = L_h \frac{f_h}{f} \dots\dots\dots (5)$$

그러나 이 관계의 타당성은 증명되지 않고 있다. 때때로 1이 아닌 역의 거듭 제곱을 한 주파수비(frequency ratio)에 가속이 비례하는 것이 발견된다. 이것은 고주파수에서 재료에 가해진 상이한 조건에 기인할 수도 있다. 잘 알려진 바와 같이 유전율과 탄젠트 ϵ 는 주파수에 종속적이고, 주파수에 유전율과 탄젠트 ϵ 를 곱한 값에 비례하는 유전체 가열은 항복 시간에 영향을 줄 수 있다. 또한 재료 내부 및/또는 시료 표면의 빈 공간 결함에서의 부분 방전은 상이한 주파수에서 상이한 영향을 줄 수 있다. 다양한 시험 조건을 위해 사용할 관계를 결정하기 위하여 비교 시험을 수행할 필요가 있을 것이다. 그러나 이 관계는 높은 응력 및 낮은 응력에 대해 상이할 수 있다. 따라서 주파수 가속 실험의 해석에 대단히 주의해야 한다. 그러나 낮은 응력에서의 고주파 시험은 스테시홀드 응력이 존재하는지에 대한 암시를 제공할 수도 있다.

5.3 누진 응력 시험(progressive stress tests) 누진 응력 시험에서는 각 시료에 인가된 응력의 크기가 시간의 흐름과 함께 증가한다. 응력 상승률은 동일 샘플에 속한 모든 시료에 대해서는 동일해야 하지만, 누진 응력의 VE선을 얻기 위해서 샘플마다 달리해야 한다(그림 3 참조).

이 시험에서는 모든 시료가 실패하기 때문에 평균 항복 전압, 중간(median) 또는 기타 백분율을 사용해도 된다. 저렴한 추가 비용으로 많은 정보를 얻을 수 있기 때문에 데이터의 통계 처리가 특히 유용하다. 각 샘플 관련 데이터가 와이불 분포에 적합할 경우, 대응하는 점들은 와이불지의 직선에 적합화한다. 선의 기울기는 분포의 형상 매개 변수 η 이다(부속서 A의 A.2 및 A.3 참조). 상이한 전압 상승률에서 η 가 동일할 경우, VEC를 η 에서 η 까지의 비율로 유도할 수 있음을 주의한다(부속서 A의 A.4 참조). 이런 이유로 시험 전압 범위에서 VEC의 일정성이 기대되는 재료에 대한 VE 시험에서는 적응력 시험으로부터 시작하기 전에 η 결정을 위해 누진 응력 시험을 수행하는 것이 좋은 관습이다. 이렇게 하면 VEC값과 따라서 시험 프로그램의 가능 지속 시간을 점검할 수 있게 된다.

η 값을 아는 것은 결과를 상이한 면적 및/또는 부피의 시료에 대해 보고해야 할 때 대단히 중요하다. 동일 전압 응력에서의 항복 확률은 실제로 시료 치수의 증가 함수이다. 데이터를 실제로 입수한 시료에서부터 상이한 치수의 요소들에 이르는 데이터-예를 들어 일정한 확률의 항복 응력-를 참조하기 위해서는 확률, 응력, 치수 사이의 관계를 아는 것이 필요하다. 와이불 분포의 타당성의 경우에는 상이한 치수의 두 요소 1과 2에 대한 동일한 항복 확률에 대응하는 두 응력 E_1 과 E_2 사이의 비율이 다음에 의해서 주어진다.

$$\frac{E_1}{E_2} = R^{1/\eta} \dots\dots\dots (50)$$

여기에서 R : 치수비(dimensional ratio), 즉 요소 1에 대한 요소 2의 치수(면적 또는 부피) 비율이다(부속서 A의 A.2 참조).

누진 응력 시험 데이터는 일정한 응력 시험의 데이터보다 보통 덜 흩어진다. VE선이 log-log 도면에서 직선일 경우, 그 기울기는 일정한 응력 및 누진 응력에 대해서 동일하고 누진 응력 데이터는 일정한 응력의 데이터와 다음 공식의 관계가 있다.

$$t_b = t_c(n+1) \dots\dots\dots (6)$$

여기에서 t_b 및 t_c : 각각 누진 응력 및 일정한 응력에서의 동일 응력값에 대한 항복까지의 시간
 n : VEC이다.

n 은 보통 1보다 크기 때문에 t_b 는 t_0 보다 훨씬 짧다. 따라서 누진 응력의 항복 시간은 정상적으로는 상당히 더 짧은 전압의 시간과 일치한다. 그러므로 누진 응력 시험은 단시간 범위의 VEC 평가에만 유용하다. VEC가 일정하지 않을 경우 누진 응력 데이터로부터 시작하여 일정한 응력 항복 시간을 예측하는 것은 불가능하다. 어떤 경우든 스테시홀드는 차치하고 시험 재료의 장기 행동에 관한 정보를 누진 응력 시험으로 얻을 수는 없다.

5.4 VE선 초기 부분 결정을 위한 예비 시험(preliminary tests to determine the initial part of the VE line) 어떤 경우에는 n 값에 대한 초기 추산값뿐만 아니라 VE선의 초기 고전압 부분을 결정하기 위하여 예비 시험이 유용할 수 있다. 이 시험은 추후의 저전압 시험의 기획을 위한 데이터를 제공한다. 이는 다음을 포함한다.

- a) 누진 응력 시험, 또는 전기 강도 시험과 유사한 스텝 전압 시험. 이 시험의 평균 항복 전압은 E_0 이다. 실패는 플래시오버(flashover)가 아니어야 하고, 저전압 및 장시간에서 얻은 항복과 유사한 것이 바람직하다. 3.6에서 언급한 바와 같이, 이 시험에서 항복까지의 시간은 KS C IEC 60243에 제시된 값보다 길 수 있다.
- b) 일정한 응력 시험. 이 시험의 수행에서는 전압을 오버슈트 없이 E_0 값으로 높여야 하고 시간 t_0 를 전압이 E_0 에 도달한 시간부터 측정해야 한다. 시험 초기화를 위한 제로 교차 스위치와 교류 사이클 수 계수를 위한 카운터를 사용해도 된다.
- c) E_0 보다 약간 낮은 응력, 예를 들면 $0.9 E_0$, $0.8 E_0$ 에서의 일정한 응력 시험

이 시험들에 대한 설명은 **부속서 B** 참조

방정식 (6)에 의하면, 일정한 응력의 항복 평균 시간(mean time to breakdown)에 대한 누진 응력의 항복 평균 시간의 비율은 $n+1$ 인데, 이것으로부터 VE선 초기 부분의 n 값을 추산할 수 있다. 또한 t_0 값을 t_b 라고 한다면, 점(E_0 , t_0)은 VE 선상의 한 점이다.

5.5 에이징 후 절연 내력 측정에 의한 VE선 작도 또 다른 유형의 일정한 응력 시험이 재래식 시험에 비하여 약간의 유리한 점을 제공한다. 이 시험은 시료 항복 전에 중단되고, 사전에 응력이 가해진(prestressed) 시료에 대한 단시간 절연 내력 측정이 뒤따르는 일정한 응력 시험이다. 따라서 이 방법은 에이징 후의 절연 내력 측정에 기초하며, 아래에 설명하는 계수 N 의 결정에 의해 VE선을 한 점 한 점 작도하는 것을 허용한다.

E 는 인가된 일정한 응력, t 는 노출 시간, E_s 는 노출 후 단시간 전기 강도, E_0 는 초기값, t_0 는 일정한 응력에서의 대응하는 항복 시간이라면, 다음 관계가 유효할 수 있다.

$$\left(\frac{E_s}{E_0}\right)^{N+1} = 1 - \left(\frac{E}{E_0}\right)^N \frac{t}{t_0} \dots\dots\dots (7)$$

여기에서 N 은 log-log 좌표에서 E_0 에서 E 까지 직선의 기울기의 음의 역수이고, E_0 와 t_0 는 5.4에서 측정한 값들이다(그림 2 참조).

방정식 (7)에서 N 을 제외한 모든 양은 이미 알려져 있다. 그러므로 이 방정식은 응력 E 에서의 N 을 계산할 수 있게 해 준다. 이는 초기점 (E_0 , t_0)와 (E , L)을 연결하는 직선의 기울기가 알려져 있음을 뜻한다(L 은 응력 E 에서의 항복까지의 시간). 따라서 항복까지의 시간을 그래프상으로나(그림 4 참조) 분석적으로 결정할 수 있다. 이 목적을 위해 위 직선의 방정식은 다음과 같음에 주의해야 한다.

$$\ln(L/t_0) = -N \ln(E/E_0) \dots\dots\dots (8)$$

이 식으로부터 일단 N 을 알면 L 을 유도할 수 있다.

상이한 응력에서 이 절차를 반복함으로써 전통적인 일정한 응력 시험에서와 같이 VE선을 한 점 한 점 그릴 수 있다. 이 점은 여러 응력에서의 N 결정은 선의 모양을 예측하는 데 유용한 추가 정보를 제공한다 는 것이다. 감소하는 응력에 대한 N 의 증가 추세는 시초가 되는 증거일 수 있다.

이 절차를 사용할 때에는 약간의 주의가 필요하다. 먼저 많은 절연 내력 측정을 수행하여 평균을 취해야 한다. 이 방법은 시료가 전압에 노출되는 에이징 셀과 절연 내력 시험 기구가 상이할 때 특히 유리하다. 따라서 시료를 여러 점에서 파괴할 수 있다. 이 경우 비교적 적은 수의 시료에 비하여 파괴의 수는 많을 수 있다. 사전 응력이 가해진 시료들에 대한 모든 절연 내력 시험은 초기 절연 내력 E_0 측정에 사용된 것과 동일한 전압 상승률로 수행해야 한다. 또한 후자의 측정을 정확한 항복 전압 측정 절차를 사용하여 많은 수의 시료에 수행해야 하는 것이 분명하다

또 다른 점은 일정한 응력 시험의 종결에 관한 것이다. 경험에 의하면 시험의 일정한 응력 부분을 약간의 실패, 즉 시료 수에 따라 둘 이상 후에 중지하는 것이 좋은 관습임을 알 수 있다.

실패한 시료의 에이징 시간은(마지막 것을 제외한) 다른 시료들의 에이징 시간보다 짧기 때문에, 절연 내력 시험의 결과는 검열(censor) 및 누진적 검열을 행한 시험에 사용한 통계 방법을 적용해 적절히 가공해야 한다.

log-log 좌표에 그렸을 때 VE 그래프가 직선으로부터 상당히 벗어날 경우 N-방법은 권장되지 않는다. 그것은 감지할 수 있을 정도의 절연 내력 감소가 관찰될 경우에만 사용해야 한다.

5.6 시험 방법 제안 전기 내구성의 관점에서 절연재의 특성을 철저히 기술하기 위해 다음 방법을 제안한다.

a) 5.4에서 언급한 바와 같은 고응력에서의 예비 시험 수행

b) 저응력에서의 일정한 응력 시험. VE 그래프를 작도하고 시험 중인 재료의 장시간 행동에 대한 신뢰성 있는 예측을 획득하기에 필요한 만큼의 시험을 수행해야 한다. 어떤 경우에도 적어도 3개 시험 전압이 필요하다. 감지할 수 있을 정도의 전기 강도 감소가 관찰되면 N-방법을 적용할 수 있다. 다른 진단 측정들도 유용하다.

시험 중인 재료가 log-log 도면상에서 VE 그래프의 선형 추세를 보일 때에는, 누진 응력 및 저전압 상승률에 의한 시험들이 VEC값 점검에 유용하다.

그래프가 임계 응력으로 향하는 추세를 보일 때에는, 수천 시간 후에 중단되고 절연 내력 측정이 뒤따르는, 기대 스테시 홀드 응력 미만에 근사한 응력에서의 시험이 스테시 홀드 존재 점검을 위한 유용한 도구일 수 있다. 인가 전압이 실제로 스테시홀드 미만일 경우 절연 내력의 감소가 조금도 발견되어서는 안 된다.

6. 전기 내구성의 평가

6.1 VEC의 유의성 VE 법선(normal VE line)을 고찰함으로써 VEC가 커질수록 다른 모든 매개 변수들이 동일할 경우, 동일한 세로 좌표값에 대한 항복 시간은 더욱 길어진다는 것을 즉시 알 수 있다(E/E_0). 달리 말하면, E_0 의 동일한 백분율에 해당하는 응력을 상이한 VEC를 가지는 두 재료에 가할 때, 항복까지의 시간은 보다 큰 VEC를 가지는 쪽이 더 길다. 더 나아가 VE 시험을 항복 전에 중단하고 전기 강도를 측정하면 그 감소는 방정식 (7)에서 유도할 수 있는 바와 같이 보다 큰 VEC를 가진 재료가 더 작다. 따라서 VEC는 절연재의 전압 내구성 평가를 위한 중요한 매개 변수이다.

단시간 및 장시간 특성들은 흔히 상관 관계가 없기 때문에 VEC의 큰 값은 반드시 높은 전기 강도를 수반하지는 않는다. 단시간 전기 강도가 너무 높아서 보다 불충분한 내구성을 보상할 정도일 경우 보다 낮은 VEC를 가진 재료가 동일한 응력에서 보다 긴 항복 시간을 가지는 일이 발생할 수 있다.

VE선이 곡선인 결과 VEC가 일정하지 않을 수 있으므로, VEC가 측정된 응력 범위를 규정하는 것이 중요하다. VEC의 일정성이 증명되지 않고 평균을 구한 경우, 이를 보고해야 한다. 곡선의 경우 미분계수 n_d 가 3.8에 기술되었다. 이 계수의 경우 이를 측정된 응력 범위를 반드시 제공해야 할 추가적인 정보를 구성한다.

n_d 가 선의 실제 기울기에 대한 직접 정보를 제공한다는 것을 주목할 수 있다. 따라서 “ E_0 의 100 %에서 50 %로 감소하는 응력에 대해 15에서 8로 감소하는 n_d ”와 같은 규정이 그 응력 범위에서의 VE선을 기술하는 데 있어 유용한 방법이다.

6.2 전기 스테시홀드 응력의 유의성 고려 중인 재료가 기술적으로 관련이 있는 전기 스테시홀드 응력을 제공할 경우(즉, 그 실제적인 중요성을 무시해도 좋을 정도로 낮지 않을 경우), 이 스테시홀드 응력은 VE 시험에서 결정될 대단히 흥미로운 인자가 된다. 이는 그리 길지 않은 시험 시간에 대해서도 스테시홀드를 향하는 경향을 보이는 재료의 경우이다. 이는 스테시홀드 응력보다 높은 응력들은 보다 짧은 항복 시간을 초래한다는 것을 의미한다. 스테시홀드 응력 결정의 중요성으로 인해 많은 리서치가 진행중이고 관련 방법들을 검토중에 있다.

6.3 데이터 산포 및 정도(precision) 요건 절연재에 인가되는 응력이 스테시홀드 응력보다 높을 경우 KS C IEC 60727-2에 기술한 바와 같이, 항복 위험을 시험 데이터의 통계 처리로 계산해야 한다. 통계적으로 유효한 결과를 얻기 위해서는 다음이 필요하다.

a) 시험 시료를(동일 제조 과정으로 만들어진) 큰 배치로부터 무작위 절차로 취한다.

b) 동일 시료의 점마다, 그리고 시료마다 비유의한 차이를 요하는 균일한 두께의 시료를 시험할 것.

c) 균일한 시험 조건을, 즉 각 시료마다 동일한 시험 셀을 사용할 것과 주위 조건들이 각 시험 동안 또는 시험마다 유의하게 변하지 않도록 보장할 것.

많은 경우 아주 낮은 항복 확률의 VE선은 평균 또는 중간 VE선보다 큰 관련이 있다. 그 다음에 그래프의 직선성 검토 외에 저확률에서의 항복 시간 계산을 위한 시험 데이터의 통계 처리를 수행한다.

평균 및 중위 항복 시간과 주어진 낮은 항복 확률의 항복 시간 사이의 차는 시험 중인 재료에 고유한 항복 시간 산포의 함수이다. 시료 수나 각 시료의 파괴 수를 늘림으로써 이 산포의 보다 정확한 추산과 낮은 항복 확률 시간들을 적당한 신뢰도와 함께 얻을 수 있다.

시험 정확도를 직접 볼 수 있도록, 실험으로 측정된 VE 그래프상의 각 점에 대한 신뢰성 한계를 보고할 수 있다.

데이터가 직선성 이탈에 관한 허용차를 만족하는지의 점검을 위해 F -시험이 효과적일 수 있다. 데이터는 시간상으로 수십 년에 걸쳐야 한다. VEC의 값이 높으면 높을수록 그것을 정확하게 규정하기 위해 필요한 십 년 단위 수는 더욱더 커진다.

6.4 결과 제출 재료의 전압 내구성을 완전히 평가하기 위해서는 신뢰 구간을 포함한 VE선(또는 더 정확하게는 낮은 항복 확률에 이르기까지 상이한 백분위수에 대응하는 선들)을 보여 주어야 한다. 이 그래프는 도출하기가 어렵고 광범위하며, 장기간에 걸쳐 좀처럼 신뢰성 있게 그릴 수가 없다. 그럼에도 불구하고 VE 그래프는 그래프 및 그 신뢰도의 이해에 필요한 제반 데이터를 당연히 포함해야 하는 시험 보고서에 항상 수반되어야 한다. 다음 항목들이 보고서에 표시되어야 한다.

- 재료의 명확한 확인
- 시료의 두께와 형상 및 준비 방법
- 시료의 전처리(해당시)
- 전극의 모양과 치수
- 사용한 시험 방법 및 기구
- 누진 응력 시험의 경우 전압 상승률
- 시험 전압의 주파수
- 시험 온도
- 각 시험 전압에서 시험한 시료 수
- 그래프에 보고된 각 점의 산포 또는 신뢰성 한계
- 기타 관심있는 정보

결과가 VEC로 주어질 경우, 그래프의 직선성 요건을 만족해야 한다. 그래프가 이러한 요건을 만족하지 않을 경우 M 이나 n_d 값을 해당 응력 범위와 함께 제공할 수 있다.

사용한 통계 분석 유형을 명기해야 하고, 가능한 한 확률지(probability paper)상의 그래프를 나타내도록 한다. 특정 종류의 VE 시험에 관해 만족시켜야 할 특수 조건은 특별 문서로 표시한다.

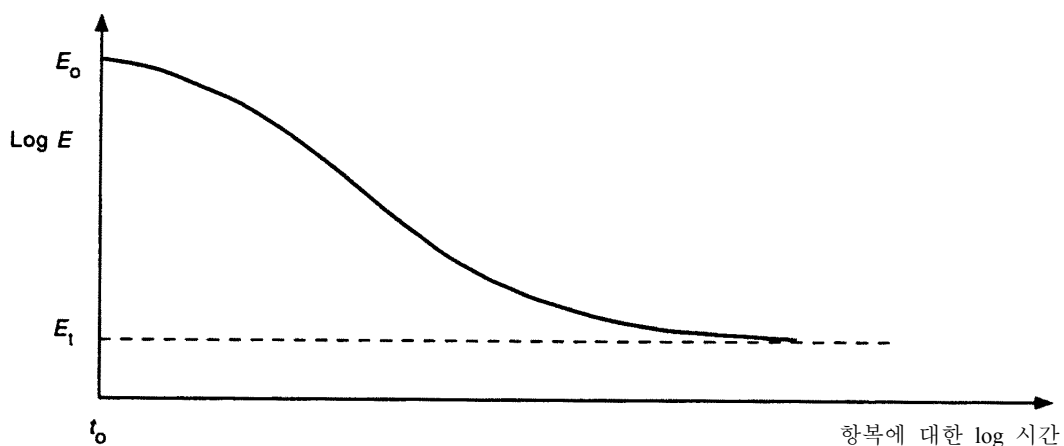


그림 1 전형적인 전압 내구성 선

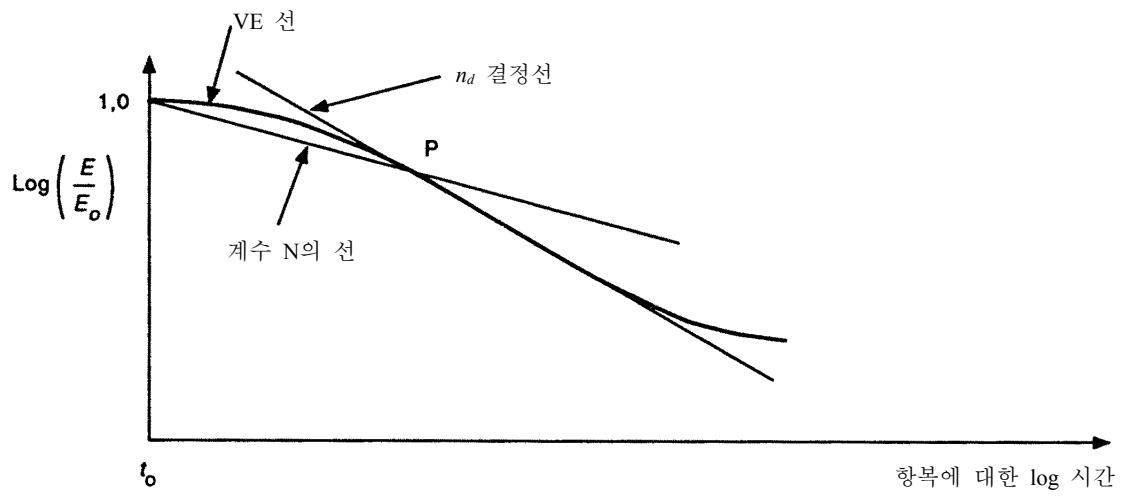


그림 2 VE선의 생성점 P에서의 미분 VEC n_d 및 계수 N의 결정

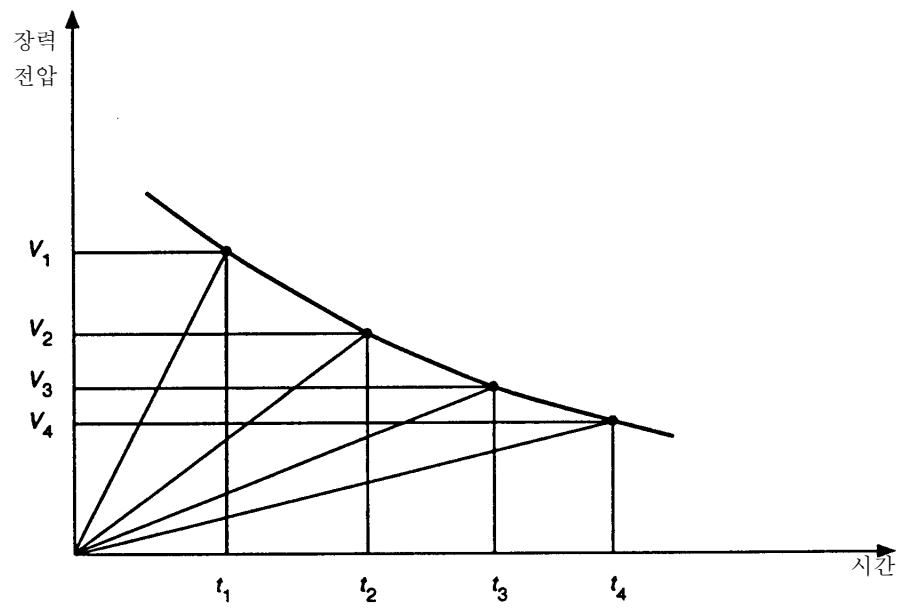


그림 3 누진 응력에 의한 VE선 작도

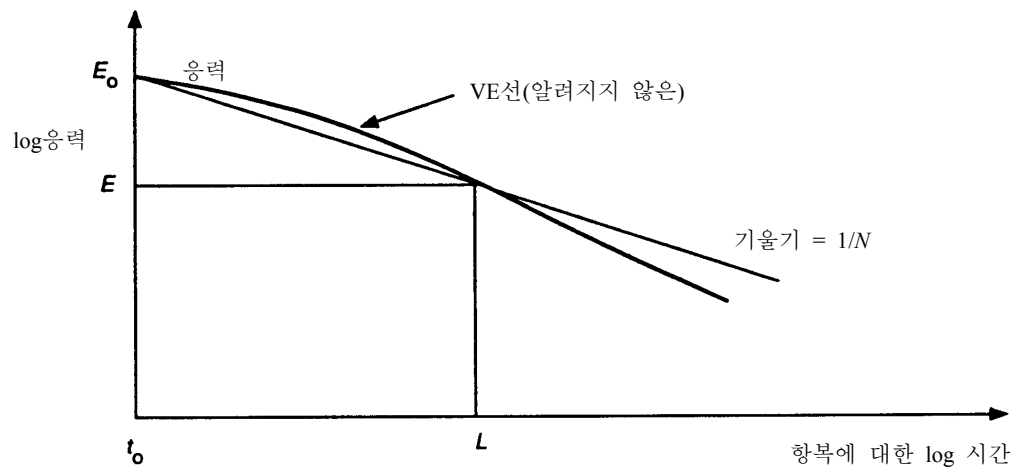


그림 4 계수 N 이 기지일 때 응력 E 에서의 항복 시간 L 의 예측

부속서 A(참고) 와이불 분포(The Weibull distribution)

A.1 항복 시간의 2-매개 변수 와이불 분포는 보통 다음과 같이 쓴다.

$$P(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \dots\dots\dots (A.1)$$

여기에서 $P(t)$: 시간 t 에서의 항복 확률

β : 형태 매개 변수이고

α : $P = 1 - 1/e = 0.632$ 에 해당하는 시간이다.

로그를 2회 취하면 다음을 얻는다.

$$\ln \ln \frac{1}{1-P} = \beta \ln \frac{t}{\alpha} \dots\dots\dots (A.2)$$

이는 좌표 $(\ln \ln \frac{1}{1-P} \text{ 대 } \ln t)$ 에서 기울기 β 의 직선을 나타낸다.

와이불지는 전술한 좌표 시스템에 따른 스케일을 가진 특수 플로팅 용지이다.

A.2 항복 응력의 와이불 분포는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P(E) = 1 - \exp(-mE^\beta) \dots\dots\dots (A.3)$$

여기에서 β : 형태 매개 변수이고,

m : 치수율(dimension rate) P 에 비례한다(5.3 참조).

와이불지에서 기울기 β 의 직선이 얻어진다.

다른 치수의 두 소자에 항복 확률이 서로 같도록 E_1 과 E_2 의 응력을 가하면

$$1 - P = \exp(-m_1 E_1^\beta) = \exp(-m_2 E_2^\beta) = \exp(-Rm_1 E_2^\beta) \dots\dots\dots (A.4)$$

(A.4)로부터, 5.3의 관계 (5.3)를 쉽게 도출될 수 있다.

A.3 시간 및 응력에 대해 일반화한 와이불 분포는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P(t, E) = 1 - \exp(-M t^\beta E^\beta) \dots\dots\dots (A.5)$$

이는 E = 일정에 대해 (A.1)이 되고 t = 불변(A.3)이 된다. progressive 응력 ($E = p t$)의 경우, 결과는 다음과 같다.

$$t^\beta E^\beta = \beta^\beta t^{\beta+\beta} = \frac{E^{\beta+\beta}}{\beta^\beta} \dots\dots\dots (A.6)$$

따라서 progressive 응력 시험에서 “확률 대 응력” 선의 기울기는 β 가 아닌 $(\beta + \beta)$ 에 의해 주어진다.

그러나 보통 β 는 β 보다 훨씬 더 크다. 따라서 차이는 무시할 수 있을 정도로 작을 수 있다(β 는 10 이상 의 order이고, β 는 약 1 또는 2이다).

A.4 상이한 응력에서 얻은 데이터를 와이불 분포에 적합화하면 일정한 항복 확률 P 에서 선의 방정식은 다음과 같다.

$$1 - P = \exp(-M t_f^\beta E^\beta) \dots\dots\dots (A.7)$$

여기에서 t_f : 확률 P 의 항복 시간이다.

방정식 (A.7)로부터 다음 관계가 도출된다.

$$t_f^\beta E^\beta = \text{일정}$$

그리고 β 와 β 는 일정하므로

$$t_f = C/E^{\beta/\beta} \dots\dots\dots (A.8)$$

이것은 $n = \beta / \beta$ 인 항복까지의 시간에 대한 역제곱 모델이다.

따라서 일정한 응력 범위의 와이불 분포의 확실성(validity)은 동일한 응력 범위에서 항복까지의 시간에 대하여 및 그 역에 대하여 역제곱 모델의 확실성을 증명한다.

그러나 β 와 β 는 통계 매개 변수인 반면 n 은 그렇지 않음을 주의해야 한다. 일정한 응력 범위에서의 n 의 항구성(constancy)은 그 범위에 속한 응력에 대해서는 동일한 항복 메커니즘을 의미한다. 그런 경우 progressive 응력을 적용할 수 있으며 다음의 변환 공식을 사용할 수 있다.

$$t_p = t_c(n+1) \dots\dots\dots (A.9)$$

부속서 B(참고) 단기 시험(Short-time tests)

단기 VE선을 결정하기 위하여 progressive 응력 및 정응력에서 시험을 수행하여 그 결과를 비교할 수 있다. 시료의 크기가 적절한 시험 셀을 사용하여 각 시료에 대해 많은 파괴를 얻을 수 있을 정도일 경우 동 일한 시료 샘플을 양 시험 모두에 사용할 수 있다.

첫 번째 시험은 단시간에 항복이 발생할 정도로 급히 증가하는 전압을 사용하는 progressive 응력 시험이다. 이 시간이 3.6에 따를 경우 이 시험은 단시간 전기 강도 시험과 일치한다.

샘플이 s 시료로 이루어지고 각 시료에 대해 p 파괴를 얻을 경우, 이 시험은 항복 응력값이 $\nu = sp$ 이다. 통계 처리에 의해 평균값이나 중간값이나 기타 통계량을 계산할 수 있다. E_0 를 고찰값이라고 하고, t_0 를 대 응하는 항복 시간이라고 하자.

두 번째 시험은 E_0 에 해당하는 응력을 인가하는 정응력 시험이다. 이 시험은 “ E_0 -스텝-시험”으로, “제로(zeros)”를 피하고 정밀도를 얻기 위해 적절한 시험 기구를 필요로 한다. 이 기구에는 아주 정확하게 항복 시간을 측정하기 위한 a.c. 사이클 계수기(a.c. cycle counter)와 연결된 a.c. 제로-교차 검출기를 장착할 수도 있다. 이 시험은 각 시료를 $p\bullet$ 포인트(될 수 있는 한 $p = p\bullet$)에서, 가능하면 첫 번째 시험에서처럼 동일 시료에 파괴하여 수행한다. 똑같은 시료를 사용할 수 없을 경우에는 가능한 한 이전 것과 유사한 또 다른 샘플을 시험한다.

항복 시간의 수 $\nu\bullet$ 를 이 시험으로부터 얻는다. 통계 처리에 의하여 항복까지 시간들의 평균이나 중위수나 어떤 백분위 수든지 계산할 수 있다. t_0 이 고찰 대상값일 경우(보통, 평균 또는 중간수로, 어느 경우나 앞의 시험에서와 동일하다.), 점 (E_0, t_0) 이 정응력의 VE선의 한 점, 즉 일반 VE선의 초기 점이다. 이 점에서의 선 기울기(VE선의 초기 기울기)를 초기 VEC 값 n 에 의해 결정할 수 있다.

초기 VEC를 결정하는 첫 번째 방법은 방정식 (6)에서 도출되는 다음의 관계에 의하여 주어진다.

$$n = \frac{t_{p0}}{t_0} - 1 \dots\dots\dots (B.1)$$

$\nu = \nu\bullet$ 일 경우, 두 번째 방법을 적용할 수 있다. 두 시험 모두에 대해 항복까지의 시간값을 가장 짧은 시간부터 가장 긴 시간으로 순서대로 모두 열거한 후, 대응하는 값들을 log-log 좌표 및 그려진 회귀 직선 으로 보고한다. 이 선의 기울기는 $n+1$ 이다.

보통 상기한 두 가지 방법에 의해 발견된 n 값들은 서로 일치한다. 만약 그렇지 않을 경우 더 이상의 시험을 보다 낮은 응력, 예를 들면 $0.9E_0$ 과 $0.8E_0$ 에서 수행함으로써 초기 기울기를 점검할 수 있다. 이렇게 해서 얻은 점들을 VE 그래프상에 작도하여 VE선의 초기 부분을 그리고, 그 초기 기울기를 평가할 수 있다.

초기 VEC를 측정하는 세 번째 방법은 보다 복잡한 통계 처리를 사용한다. 2개 시험의 데이터를 와이불 지상에 작도하여(확률 대 단시간 전기 강도 시험의 응력 및 E_0 -스텝-시험의 항복 시간) 양 경우 모두에서 직선에 부합하면, 두 선의 기울기 사이의 비율은 n 이다. 그러나 이 방법은 역제곱 모델의 타당성을, 따라서 VEC가 일정하다는 것을 가정한다. 종종 선은 그 대신에 곡선이다.

경험에 의하면 첫 번째 두 방법이 보다 신뢰성이 있음을 볼 수 있다.

부속서 C(참고) 약어 및 기호

C.1 약 어

VE	전압 내구성
VEC	전압 내구성 계수

C.2 기 호

C, ∞	역제곱 모델의 상수
E	전기 응력
E_0	단시간 전기 강도
E_s	사전 응력 인가된 시료의 단시간 전기 강도
E_1	전기 스레시홀드 응력
f	주파수
h, k	지수 모델의 상수
L	항복까지의 시간
m	단일 와이불 분포의 스케일 매개 변수(1변수)
M	일반화 와이불 분포의 스케일 매개 변수(2변수)
n	VEC와 일치하는 역제곱 모델의 응력 지수
n_d	미분 VEC
N	N -방법에서 사용하는 에이징 후 전기 강도 하락 방정식의 계수
n_i	초기 VEC
R	치수비(dimensional ratio)
t	시간
t_c	정응력에서의 항복까지의 시간
t_0	정응력 E_0 에서의 항복까지의 시간
t_p	누진 응력으로 항복까지의 시간
t_{p0}	응력 E_0 에서 항복을 만들어내는 누진 응력으로 항복까지의 시간
$\tan \delta$	방열 계수(dissipation factor)
dQ	정응력의 항복 시간 와이불 분포에서 형상 매개 변수(shape parameter)
γ	누진 응력 시험에서 항복 응력 와이불 분포의 형상 매개 변수
ν	항복 응력값의 수
ν_0	항복 시간의 수

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 개정키로 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	성 명	근 무 처	직 위
(위	원	장)		
(위	원)			

(간 사)

원안작성협력 :

구	분	성 명	근 무 처	직 위
(연구책임자)				
(참여연구원)				

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 61251: 2015-09-23

Electrical insulating materials

**- A.C. voltage endurance evaluation -
Introduction**

ICS 29.060.20

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>

