

제정 기술표준원고시 제2001 - 298호 (2000. 11.29)
개정 기술표준원고시 제2003 -523호 (2003. 5. 24)

전기용품안전기준

K 60034-18-1

[KS C IEC 2002]

회전기기

제18부 : 절연시스템의 기능평가

제 1장 : 일반지침

목차

1	범위
2	참고기준
3	정의
3.1	일반용어
3.2	시험되는 대상에 관계된 용어
3.3	영향요소에 관계된 용어
3.4	시험과 측정에 관계된 용어
4	기능상 평가의 일반적 관점
4.1	노후화 요인의 영향
4.2	절연시스템
4.3	기능 시험
5	열적 기능 시험
5.1	열적 기능 시험의 일반적 관점
5.2	시험 대상과 시험 표본
5.3	열적 기능 시험의 절차
5.4	열 노화 썬브사이클
5.5	썬브사이클 진단
5.6	분석, 보고 및 분류
6	전기적 기능 시험
6.1	전기적 기능 시험의 일반적 관점
6.2	시험 대상
6.3	전기적 기능 시험의 절차
6.4	분석과 보고
7	기계적 기능 시험
8	환경적 기능 시험
9	다중요소 기능 시험
	그림
	부속서 A - 참조 도서목록

한 국 산 업 규 격

회 전 기 기

KS C IEC

60034-18-1 : 2002

제18부 : 절연시스템의 기능평가

(IEC 60034-18-1 : 1992, IDT)

제1장 : 일반지침

Rotating electrical machines

- Section 1: General guidelines

서 문 이 규격은 1992년에 발행된 IEC 60034-18-1, Rotating electrical machines - Part 18 : Functional evaluation of insulation systems - Section 1: General guidelines를 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 한국산업규격으로 제정한 것이다.

1. 범위

KSC IEC 60034-18의 이 부분은 KSC IEC60034-1의 범위 안에서 회전 전기기기에 사용되거나 사용이 제안된 전기기기 절연시스템의 기능성 측정과 절연 시스템의 분류에 대한 과정이 기술되어있다. 이 부분(제1부)은 그러한 과정과 다양한 권선형에 대한 자세한 과정이 나타나 있는 분류 원칙에 대한 일반 지침을 제공한다.

2. 참고기준

KSC IEC 60034-1 : 1983, 회전 전기기기 - 제1부 : 정격과 성능.

IEC 60060-2 : 1973, 고압 시험 기술 - 제2부 : 시험 과정.

IEC 60085 : 1984, 열 측정과 전기적 절연의 분류.

IEC 60216-1 : 1987, 전기 절연 물질의 열 내구력 특성의 측정에 대한 지침 - 제1부 : 노화와 시험 결과의 평가에 대한 일반지침.

IEC 60216-2 : 1974, 전기 절연 물질의 열 내구력 특성의 측정에 대한 지침 - 제2부 : 물질과 가능한 시험 목록.

IEC 60216-3 : 1980, 전기 절연 물질의 열 내구력 특성의 측정에 대한 지침 - 제3부 : 통계적 방법들.

IEC 60216-4 : 1980, 전기 절연 물질의 열 내구력 특성의 측정에 대한 지침 - 제4부 : 열 내구력 프로파일에 대한 지시.

IEC 60493-1 : 1974, 노화 시험 자료의 통계적 분석에 대한 지침 - 제1부 : 정상적으로 분포되어있는 시험 결과의 실제값에 기반을 둔 방법들.

IEC 60505 : 1975, 전기기구의 절연시스템의 측정과 증명에 대한 지침.

IEC 60544-1 : 1977, 절연물질의 이온방사의 효과측정에 대한 지침 - 제1부 : 방사 상호작용.

IEC 60544-2 : 1979, 절연물질의 이온방사의 효과 측정에 대한 지침 - 제2부 : 빛을 투사하는 과정

IEC 60544-3 : 1979, 절연물질의 이온방사의 효과 측정에 대한 지침 - 제3부 : 영구적인 효과에 대한 시험 과정

IEC 60544-4 : 1985, 절연물질의 이온방사의 효과 측정에 대한 지침 - 제4부 : 방사환경에서 동작에 대한 시스템의 분류.

IEC 60610 : 1978, 전기 절연 시스템의 기능성 측정의 주요한 관점 : 노화 메커니즘과 진단과정.

IEC 60611 : 1978, 전기 절연 시스템의 열 내구력 측정에 대한 시험과정의 준비에 대한 지침.

IEC 60727-1 : 1982, 전기 절연 시스템의 전기적 내구력의 측정 - 제1부 : 정상분포에 기초한 일반적 고찰과 측정과정.

IEC 60792-1 : 1985, 전기 절연 시스템의 다중요소 기능성 시험 - 제1부 : 시험 과정

3. 정의

이 기준의 목적을 위해 다음 정의가 적용된다.

3.1 일반 용어

3.1.1 **온도 등급**: 절연시스템에 알맞은 온도는 IEC 60085 의 열분류에 의해 규정된다.

3.1.2 **절연 시스템**: 전기기기 부품(IEC 60505에 따른)의 특정한 부분이나 크기, 형에 적용된 전도물질과 관계되어진다고 생각되는 절연물질이나 혹은 절연물질의 조립.

주:

1. 권선안에 몇 가지 절연부분들이 있을 경우, 각각은 동작중 서로 다른 압력 즉, 회전 절연, 홈 절연과 엔드권선 절연에 맞게 디자인된다. 전체적인 시스템 내에서 다양한 부분들에 서로 다른 기준이 적용된다.

2. 특정한 형의 기계에 하나이상의 절연 시스템이 있을 수 있다. 이 절연 시스템은 다른 열 등급을 가진다. (예, 고정자와 회전자 권선)

3.1.3 **후보 절연 시스템**: 노화 요소(예를 들면, 열 등급)와 관계하여 능력을 측정하는 시험을 받는 절연 시스템.

3.1.4 **참조 절연 시스템**: 만족스러운 동작경험에 의해 동작이 확증된 절연시스템.

3.1.5 **코일**: 직렬로 연결되고 일반적인 절연으로 둘러 쌓인 절연된 도체가 한번이상 회전되어 자속을 만들거나 쇠교하도록 배열된 것.

3.1.6 **바**: 두 반쪽들이 슬롯에 자리하고 나서 만나게 되는 형권(form-wound) 코일(3.1.8을 참조)의 하나의 반쪽.

주 - 큰 교류기계들은 언제나 그렇지는 않지만 일반적으로 늘 두 개의 층 결선에서 단일회전 코일을 형성하며 바를 사용한다.

3.1.7 **권선 와인딩**: 하나 혹은 여러 개의 절연된 도체로 감겨있는 코일로 이루어진 권선. 코일은 감겨지고 최종위치에 삽입될 때 절연되고 형성된다. 이것은 대개 원형 도체로 임의대로 감겨있다.

3.1.8 **형권 와인딩**: 최종위치에 삽입되기 전에 미리 모양이 형성되고 절연되며, 실질상 완벽하게 된 형권 코일 혹은 바로 구성된 권선. 일반적으로 직각모양의 도체로 감겨져 있다.

3.2 시험되는 대상에 관련된 용어

3.2.1 **시험 대상**: 시험되는 장치. 실제 기계나 기계요소 혹은 시험 모델 (3.2.3, 3.2.4 및 3.2.5를 참조)이 될 수 있으며 기능상 시험(3.4.2를 참조)이 필요하다. 시험 대상은 하나의 시험 표본 이상을 포함할 수도 있다(3.2.2를 참조).

3.2.2 **시험 견본**: 하나의 시험 자료(예, 감쇠시간)를 만들어낼 수 있는 시험 대상 안의 각각의 구성요소. 시험 표본은 하나 이상의 절연요소를 포함할 수 있다. (예, 회전 절연과 접지절연 도체) 어느 것이던지 정보를 제공할 수 있다.

3.2.3 **시험 모델**: IEC 60505에 따라 실제 기계 혹은 그것에 대하여 대신해 기능상 시험(3.4.2를 참조)에 사용되는 부분의 대표물

3.2.4 **폼멧(formette)**: 형권 와인딩에 대한 절연시스템의 측정에 사용되는 특별한 시험 모델.

3.2.5 **모터렛(motorette)**: 권선(랜덤-와운드) 와인딩에 대한 절연시스템의 측정에 사용되는 특별한 시험 모델.

3.3 영향 요소에 관련된 용어

3.3.1 **영향요소**: 기계의 동작에서 절연의 성능에 영향을 끼칠 수 있는 압력이나 주위의 외부적인 영향

3.3.2 **노화 요소**: 노화를 야기할 수도 있는 영향요소

3.4 시험과 측정에 관련된 용어

3.4.1 **진단요소**: 현저한 노화 첨가 없이 표본의 상태를 확립하기 위하여 시험 표본의 절연 구성요소에 적용되는 영향요소

3.4.2 **기능상 시험:** 검사결과와 측정을 포함한 유용성에 대한 정보를 포함하기 위해서 노화요소와 진단 요소 모의시험 동작상태를 나타내는 시험 대상의 절연시스템에서의 시험.

3.4.3 **내구성 시험:** 하나 혹은 몇몇의 노화 요소의 동작에 의해 만들어지는 특별한 성질의 변화가 측정이나 증명 시험에서 시간의 함수로 발견될 때에서의 시험.

3.4.4 **진단 시험:** 표본의 상태를 식별하고 때때로 시험 수명의 끝을 결정하는데 도움을 주기 위해 진단 요소가 시험 표본에 적용될 때에서의 시험.

3.4.5 **끝단 기준:** 표본의 시험수명을 나타내거나 절연시스템의 비교의 목적으로 독단적으로 선택된 시험 표본의 특성의 선택된 값.

3.4.6 **끝단:** 끝단 기준으로 규명된 시험의 끝.

3.4.7 분류

- a) 절연 시스템의 등급의 결정을 이끌어내는 작용을 하는 세트 (예, 열 등급)
- b) 등급들은 규명하는 세트 (예, IEC 60085에 근거한 열 분류).

4 기능상 측정의 일반적인 관점

이 기준에 주어져 있는 모든 기능상 시험은 상대적이다. 두 시스템이 시험 대상, 노화 방법, 진단 시험에 관계된 동등한 시험 상태가 필요할 경우, 후보 시스템의 동작(검증된 동작경험이 없는 절연 시스템)은 참조 시스템(검증된 동작 경험에 있는 알려진 시스템)의 동작과 비교된다.

4.1 노화 요소의 효과

모든 노화 요소, 즉 열, 전기적, 환경적, 그리고 기계적인 요소는 모든 형태의 기계의 수명에 영향을 미친다. 그러나, 각 요소의 중요성은 기계의 형과 기대되어지는 효율에 따라 변화한다.

일반적으로 작은 기계의 절연은 온도와 환경에 의해 그리고 덜 중요한 전기적, 기계적 압력에 따라 우선적으로 감쇠된다.

형권 와인딩이 사용된 중·대형기기도 역시 온도와 외부환경의 영향을 받는다. 여기에 더해서 전기적이나 기계적 압력 또한 중요한 노화 요소가 될 수도 있다.

막대형태의 권선을 이용하고, 수소와 같은 비활성 환경에서 작동될 수도 있는 대형기계는 보통 기계적 압력이나 전기적 압력 혹은 둘 다에 의해 대부분의 영향을 받는다. 온도와 외부환경은 노화요소로 상대적인 중요성이 덜하다.

4.2 절연 시스템 참조

앞에 언급되었던 4절에 의해 기능성 시험은 상대적인 원리에 의해 실행된다. 따라서, 후보 시스템의 시험 결과는 참조 시스템으로부터의 같은 방법으로 나온 결과와 비교될 것이다.

절연 시스템은 참조 절연 시스템에 따라 다음의 경우에 사용된다.

- 정격(혹은 등급)의 동작상태 특성과 그 절연 시스템의 대표적인 응용에서 오랜 주기의 시간동안 적절하게 성공적인 동작을 보일 경우;
- 동작경험이 통계적인 기계의 수에 충분할 경우.

4.3 기능성 평가

5항부터 8항까지에서, 일반 지침은 열적, 전기적, 기계적과 환경적 기능성 시험에 대해 주어졌다. 하나 이상의 노화 요소가 중요할 경우, 문제가 되는 기계형의 특성과 디자인에 적당한 특별한 시험이 고안될 수 있다. 그러한 다중요소 기능 시험에 대한 일반적 지침은 9항에 나와있다.

일반적으로 기능성 검사는 사이클로 이루어지며, 각 사이클은 노화 사이클과 진단 사이클로 구성된다. 노화 사이클에서, 시험 표본은 특성화된 노화 요소, 즉 노화를 촉진하도록 강화된 요인 노출된다. 진단 사이클에서, 시험 수명의 끝을 결정하고 그 시간에 적합한 절연시스템의 특성을 측정하기 위해 시험 표본은 적당한 진단 시험을 받는다. 때로는 노화 요소 자체만으로도 진단요소 역할을 할 경우도 있어 시험을 끝내게 된다.

만약 후보 시스템과 참조 시스템에 대한 디자인된 값이 다르고 기술적으로 정당할 경우, 적당한 등급차이가 노화 요소 혹은 진단 시험 혹은 둘 다에 사용될 수 있다.

모든 진단 시험이 모든 경우에 적용될 필요는 없다. 특별한 고려가 제외되거나 혹은 부적당한 어떤 진단 시험을 포기하게도 한다.

특별한 응용에 대한 적합한 시험은 사용자와 제작자간에 동의될 수 있다.

5 열적 기능 시험

5.1 열 기능 시험의 일반적 관점

이 기준의 열 기능 시험의 목적은 동작 검증되기 전에 새로운 절연 시스템의 열분류가 확립하는데 사용될 자료를 제공하는 것이다.

이 지침은 고려할 권선의 특별한 형에 대한 이 기준의 다른 부분과 함께 사용된다.

여기에 사용된 개념들은 IEC 60085, 60505, 60610과 60611에 기반한다.

절차는 비교가 가능하다. 그러나 어떤 특정한 절연 시스템의 장점을 완전히 측정할 수는 없다. 그런 정보는 단지 확장된 동작 경험으로부터 얻을 수 있다.

회전 전기기기의 열 노화 과정은 사실상 복잡할 수 있다. 또 회전기기의 절연 시스템은 일반적으로 다양한 정도로 복잡하기 때문에, IEC 60085에 언급된 간단한 시스템은 회전기기에 존재하지 않을 수도 있다.

5.1.1 절연 시스템의 참조

참조 시스템은 (4.2를 참조) 후보 시스템과 같은 시험 과정을 사용하여 시험된다.

모든 시험 과정은 동등해야 한다. 그래야 두 개의 시스템의 디자인된 값이 다를 때의 사실이 고려되어 온도, 노화 썬브-사이클 길이와 진단 시험에서의 적당한 차이점이 기술적으로 정당할 때 필요하게 될 수 있다. (표2를 참조)

5.2 시험 대상과 시험 표본

5.2.1 시험 대상의 구조

다양한 절연물질이나 이 두 시험 과정을 거쳐 측정된 절연 시스템을 구성하는 성분들은 우선 적당히 스크린 되어 한다. 절연 물질에 대한 온도지수는 IEC 60216에 약속된 과정에 의해 얻어진다. 그러나 절연 물질의 온도지수는 절연 시스템의 규격화에 사용될 수 없다. 그러나, 단지 시스템의 열 기능 시험에 대한 지표로서 고려된다.

기계의 크기나 경제성이 적당하다면, 실제 기계나 기계 성분은 시험 대상으로 사용되어야 한다. 일반적으로 이것은 축소된 슬롯길이가 알맞지만 전단면의 코일이 실제적인 틈과 움직일 수 있는 거리가 필요하다는 것을 의미한다.

시험 모델은 사용될 때 실험된 권선에서 채택된 모든 필수적인 요소들을 포함하여야 하며, 단지 가까운 근사치로 고려되어진다. 계획된 정격전압과 구비된 기준 혹은 실행에 적합한 절연 두께, 연면 거리, 그리고 어디에 필요한지, 방전 보호가 사용되어진다.

크고 고압 기계에 대해, 영향의 대표 요소가 시험 표본에 적용될 수 있을 경우 그 부분에 대한 노화 특성을 연구한 때 코일이나 바의 부분을 대표하는 시험 모델이 될 수 있다.

5.2.2 시험 표본의 수

좋은 통계적 평균을 얻기 위한 적당한 시험 표본의 수는 실패가 발생할 때까지 각각의 선택된 노화 온도에 대해 기능 시험과정을 거쳐야 한다. (2부와 3부를 참조)

5.2.3 품질 보증 시험

시험 대상의 준비에 사용하도록 만들어진 각 절연 물질은 조립하여 사용하기 전에 균일과 정상을 확인할 수 있는 별도 시험을 거쳐야 한다.

각각 시험 표본은 정상 혹은 계획된 제작과정의 품질 조정 시험을 거쳐야 한다.

5.2.4 초기 진단 시험

각 완전한 시험 대상은 각 시험 표본이 선택된 진단 시험을 통과될 수 있게 하기 위하여, 처음의 열 노화 썸브-사이클을 시작하기 전, 열 기능시험(5.5를 참조)에 사용되기 위해 선택된 모든 진단 시험을 거쳐야 한다.

5.3 열 기능 시험의 절차

5.3.1 일반 원리

절연시스템에서 동작에서와 비슷한 열적 회귀효과가 부과되는 반복된 열 노화 썸브-사이클에서의 열에의 적당한 노출은 5.3과 5.4에 상술된다. 각각의 열 노화 썸브-사이클 후에 절연시스템의 상태를 검사하기 위해 적용되어지는 기계적, 수분, 그리고 전압시험 같은 진단 시험의 응용은 5.5에서 설명한다.

열 노화에 의한 절연 시스템의 노후화의 측정은 기계의 크기와 흥미 있는 권선의 부분에 따라 변할 수 있다(예, 권선 끝 혹은 깊숙이 박혀있는 홈 부분).

많은 경우, 경험은 열적 퇴화의 최선의 진단상의 측정을 보여준다. 따라서 기계적 압력에의 노출로 깨지기 쉬운 절연 시스템이 얻어지며, 기계적 압력부분에서 만들어진 깨어진 부분이 수분과 최종적인 시험 전압에 노출된다.

다른 경우, 기계적 압력, 습기에 노출, 전압의 적용은 최상의 진단 시험이 될 수 없다. 그것들은 유전시험(예, 부분방전이나 손실 탄젠트의 측정)으로 각 열 노화 서브-사이클 후 절연상태를 측정함으로써 대체될 수 있다.

더 높은 압력과 더 높은 변질생성의 집중정도가 일반 온도보다 더 높은 온도에서의 노화 시험과정에서 발생할 수도 있다. 또한 비정상적으로 높은 기계적 압력, 전압에서 오는 감퇴가 이 긴 동작 후에 발생하는 감퇴와 일반적으로 다른 특성을 보인다.

만약 또 다른 연구소에서의 결과입증이 필요하다면, 원래 시험의 상태가 극히 미세한 부분에서까지 같게 되지 않는다면 실제 수치의 시험 수명시간이 달라지는 것을 발견할 수도 있다. 그러나, 자질을 갖춘 연구소간의 결과를 비교해 보면, 후보 시스템과 참조 시스템간에 같은 비교 성능차이가 보여질 것이다.

5.3.2 노화 온도와 써브-사이클 길이

5.3.2.1 표준과정

시험은 적어도 세 가지의 다른 노화 온도에 대해 이 기준의 수반되는 부분에서 지시되어있는 표본의 수에 대해 실시할 것을 추천한다.

표본의 후보 절연 시스템의 계획된 열 분류는 참조 시스템의 알려진 분류와 같이 표1에서 선택될 것이다.

표2 는 제안된 노화 온도들과 다양한 열 분류의 절연 시스템에 대한 각 열 노화 써브-사이클에의 노출 주기가 목록으로 되어있다. 시간이나 온도는 설비와 스텝을 최대한 사용하게 적합화 할 수도 있다. 그러나 비교는 그러한 변화가 고려되어야 한다. 5.6을 보시오.

선택된 가장 낮은 노화 온도는 대략 5000h나 그 이상의 실제 시험 수명을 만들 수 있어야 한다. 덧붙여, 최소한 두 개의 높은 노화 온도가 선택되어, 20K나 그이상의 간격으로 분리되어야 한다. 10K의 간격은 시험이 3개의 노화 온도에서 이루어 질 때 적합할 수도 있다.

계획된 등급의 온도에 대한 노화 써브-사이클의 길이는 각 노화 온도에 대해 10 사이클에 대한 평균적인 수명을 제공하도록 선택하기를 추천한다. (표2가 경험에 의해 만들어졌다. 그래서 각 노화 온도에서 평균 시험 수명은 대략적으로 시험의 10 사이클이 될 것이다.)

5.3.2.2 절연시스템에서 소변화의 영향 증명

때때로 회전기기를 제작할 경우 재료나 기술적, 경제적 이유에서 제작과정중에 소변화를 만드는 것이 필요하다고 인지된다.

이러한 사소한 변화가 열적 내구성 그래프를 절연체계의 열적 내구성을 감소시키는 방향으로 영향을 가하게 될 지 결정하는 것은 기계제작자의 책임이다. 이러한 사소한 변화에 의해서 열적 분류를 변화시킬 가능성이 있다고 제작자가 믿는 경우에 있어서, 제작자는 분류 시험할 수 있다. 분류 시험의 필요성은 또한 제작자와 사용자 사이에서 동의된다.

원래 평가에서 사용되어졌던 것과 같은 분류 시험은 같은 열적 기능 시험 절차를 거쳐서 이루어진다. 시스템의 원래 평가에서 사용되었던 가장 낮은 온도에서 혹은 그 다음 높은 온도에서 시스템은 시험된다. 만약 미세한 변화를 지닌 절연 시스템이 통계적으로 동등하거나 더 긴 선택된 시험 온도(같은 온도에서 시스템의 원래 평가에서 얻어진 시험수명과 비교되었을 때)에서 시험수명을 보여준다면, 그 경우 사소한 변화는 받아들일 수 있다.

절연 시스템에 관한 문서에서 제작자는 사용된 이러한 소변화의 분류를 포함하여야 한다.

5.3.3 가열 수단

약간의 명백한 불이익에도 불구하고, 오븐은 편리하고 경제적인 노화 온도를 얻는 방법을 보여줘 왔다. 오븐 방법은 절연시스템의 모든 부분이 완벽한 노화 온도에 이르게 하며, 그 동안에 실제 동작 환경에서 절연 시스템의 큰 부분이 과열점 온도보다 상대적으로 낮은 온도에서 동작할 수도 있다. 또한, 실제 동작 중 환기에 의해 날아가는 반면에, 분해 산물이 오븐 노화 동안에 절연체 근처에 남을 수도 있다. 노화 온도들은 180°C 이상 2K 안팎, 180°C 에서 300°C 까지는 3K 안팎으로 제어되어야 하며, 일정하게 유지되어야 한다.

그러나, 가열을 위한 오븐의 사용은 의무적이지 않다. 동작 제어를 더 근접하게 보여주는 더욱 더 직접적인 수단들이 적합할 때 사용될 수 있다. 다음과 같은 것들이 있다. :

- 전기 전류에 의한 직접 가열
- 듀티의 구동과 역전(모터 시험)
- 무부하에서 구동되는 모터의 정상적인 교류에 직접적인 전류의 부가

5.3.4 진단 시험의 분류

선택된 노화 온도에서 완벽한 범위의 대상에 대한 시험을 진행하기 전에, 시험수명을 결정하는 데 있어서 분석적인 절차가 효과적이기 위해서 적은 수의 시험대상(하나 혹은 둘)이 극단적인 노화를 겪을 것이 제안된다. 노화 온도는 48시간 이내로 잡혀야 한다. 종종 의도된 등급 온도보다 적어도 100K가 높은 노화 온도가 필요하다. 이러한 노화된 시험 대상들은, 특별한 시험 물체를 지닌 특별한 시험실에서 절차가 열적 저하를 발견할 수 있는 것을 확실히 하기 위해서, 사용되기로 의도된 진단적인 절차를 거치게 된다.

이러한 극한의 노화에서 야기된 결과들은 열적 노화 자료로서 간주되지 않는다.

5.4 열적 노화 썬브-사이클

적합한 경우에, 5.3.3에 명시된 균일한 온도를 유지하기 위해 적절한 증발이나 강요된 대류를 가진 시험 대상을 밀폐된 오븐에 위치시킴으로써 노화 온도 노출은 얻어진다.

냉각된 시험 대상은(상온에서) 그 시험 대상들이 매 주기마다 일정한 열적 충격에 노출되게 하기 위해, 미리 가열된 오븐에 직접 위치되어야 한다. 유사하게, 열 시험 물체들은 그 시험 물체들이 열적 가열시와 마찬가지로 균일한 열적 충격을 냉각에서도 갖게 하기 위해 직접적으로 오븐에서 대기로 제거되어야 한다.

다른 물질들은 분해 물질이 연속적으로 제거될 때 저하되는 반면, 어떤 물질들은 분해 물질이 절연 표면에 남아있는 경우, 더욱 더 빨리 저하되는 것이 인식된다. 오븐 증발의 같은 조건들은 후보 시스템과 참조 시스템 모두에 대해서 유지되어야 한다.

완벽히 밀폐된 기계에서 그렇듯이 만약 실제의 동작에서 분해물질이 절연시스템과 접촉한다면, 시험은 오븐 증발이 완벽히 이러한 분해물질을 제거하지 않도록 설계되어야 할 것이다. 이상적으로, 분해 물질의 집중은 노화 온도와 함께 변화되어서는 안되지만, 실제의 시험 결과 이것은 비현실적일 수도 있다. 열적 노화동안 공기의 교체 비율은 보고되어야 한다.

가용한 시험 시설에 따라서, 시험 대상의 종류와 다른 요소들이 선택되며, 가열이나 물질 분해의 처리에 있어서 다른 방법을 사용하는 것이 바람직하다.

주기적으로 열적 저하를 측정하기 위한 진단시험을 위해서 중단된 열적 노화와 더불어, 절연 시스템의 열-기계적 저하는 또한 열적 주기동안 일어나는 결합의 확장이나 응축에 의해서 얻어질 수도 있다.

5.5 진단 썬브-사이클

각 열적 노화의 썬브-사이클에 이어서, 각 대상은 일련의 선택된 진단 시험을 거치게 된다. 그 시험들은 다음에 따른 순서에 따라, 기계적인 압력, 습도 노출, 전압 측정 그리고 다른 적합한 진단 시험을 포함한다.

5.5.1 기계적인 시험

인가된 기계적인 압력이 동작중이나 정상상태에서 기대되는 가장 높은 압력이나 인장에 비교해 보았을 때 심한 경우와 같은 성격을 지니는 것이 권장된다. 이러한 압력을 가하는 절차는 시험대상의 종류와 의도된 동작의 종류에 따라 다르다.

넓게 사용되는 기계적 압력을 가하는 방법은 각 시험 물체를 흔들이 선반에 놓고 50Hz에서 60Hz의 진동상태에서 그것을 1시간 정도 동작시키는 것이다. 반복된 충격과 구부림과 같은 다른 방법들 역시 사용된다.

듀티 사이클의 구동-멈춤 혹은 역전은 실제 모터에서 또한 기계적으로 압력을 주는 결선에 대한 기술로서 적용될 수 있다. 그러나 기계적인 노화는 도입될 수 있다. 이러한 효과가 기계 크기가 증가할수록 더욱 더 심하기 때문에, 이러한 요소는 고려될 것이다.

5.5.2 수분 시험

많은 경우에 있어서 수분은 중요한 전기절연 특성의 변동요인으로 간주된다. 그것은 전기적인 압력 하에서 다른 종류의 절연 실패를 가져올 수도 있다. 고체 절연의 수분 흡수는 증가하는 유전적 손실과 절연 저항을 감소시키는 점진적인 효과를 가지고 있으며, 그것은 전기적인 힘에 있어서의 변화를 가져올 것이다. 절연에서 수분은 전압 시험에서 그 절연에서의 갈라진 틈과 다공성을 감지하는 능력을 강화시킨다.

진단상의 썸브-사이클 안에, 수분 시험을 적용하는 것은 일반적이다. 이 시험동안 각 시험 대상은 권선에 습기가 축적될 정도의 수분에 노출된다. 이 기간 동안에, 전압은 그 시험 대상에 가해져서는 안된다.

절연 표면에 가시적인 습기를 가진 이틀에 걸친 시험은 정상적인 상황보다 더욱 심한 상황이지만, 넓은 응용분야를 가지고 있다. 경험적으로 적어도 48시간의 노출시간은 수분이 권선을 통과하는데 필요하며, 그래야 절연 저항이 상당히 안정된 수준에 도달하게 된다.

5.5.3 전압 시험

그 표본의 조건을 검사하고 언제 시험 주기의 끝에 도달하는지 결정하기 위해서, 전압은 선택된 진단상의 썸브-사이클의 부분으로서 적용된다. 가해진 전압의 값과 파형은 이 표준의 결과에서 진술된다. 전력-주파수 전압이 결정될 때, 주파수는 49에서 62Hz 사이에 있을 것이다.

전압은 코일에서 몸체로, 코일에서 코일로, 턴에서 턴으로, 그리고 결선에서 결선으로 적합하게 적용될 것이다. 만약 수분 시험이 사용된다면, 전압 시험은 시험 대상이 여전히 적당한 상온에서 젖어있을 때 가해질 것이다.

확실한 경우에, 표면 습기의 존재는 전압의 정상적인 적용을 방해할 수도 있고, 그러한 경우에 시험 대상의 표면은 전압의 인가이전에 즉시 물방울이 제거될 것이다.

이러한 시험에서의 전압은 시험대상의 절연수명을 줄이지 않는 방향으로 가해진다. 의도되지 않는 전압의 전환이 절연 시스템의 일시적인 과도 전압에 이르지 않도록 주의가 요구된다.

그 절연시스템의 어떤 요소에 있어서 실패는 전체 시험 대상의 실패를 낳게 되고, 시험 수명을 결정짓게 된다.

주 - 그 시험 수명은 기계의 유용한 수명과 직접적으로 관계 있지 않다.

그 어떤 전압 검사 시험에의 실패는 비정상적인 전류 수치로 나타난다. 국부적인 가열이나 연기의 존재 또한 실패를 의미한다. 사소한 물방울의 튀어나 스파크는 기록되어야 하나 실패로 여겨져서는 안된다.

시험 설비는 실패를 야기하고 드러내는데 충분한 능력을 가질 것이다.

5.5.4 다른 진단 시험

시험동안에 시험대상의 절연 조건에 대한 주기적이고, 상대적으로 비-파괴적인 측정을 취하는 것은 바람직하다. 절연 저항, 탄젠트 손실, 그리고 부분적인 방전과 같은 요소들은 예가 될 것이다. 이러한 시험에서의 변화를 감지하고 그것들은 실패가 일어나기 전의 시간과 연관지음으로써 절연시스템의 질 하락 비율과 특징에 대해서 많은 것을 얻을 수 있다. 그리고 최종 결과의 안정성에 대한 더 큰 확신을 확립할 수 있다.

다른 몇몇의 진단 시험들이 전압 시험을 보충하거나, 교체함으로써 시험 수명을 결정하는데 사용될 수 있다. 보고된 적합한 판단 하에, 각각의 시험 대상에 대해서 최종적인 범주가 확립될 수 있다.

5.6 분석, 보고, 그리고 분류

절연 시험 수명의 끝은 결과시간의 중간지점인 분석요소의 마지막 두 연속적인 응용의 사이에서 일어나는 것으로 가정한다.

시험의 끝까지의 열적 노화의 총 시간은 각 온도에서 각 대상에 대해 기록 될 것이다.

아레니우스(Arrhenius) 좌표에서(절대온도의 축에 로그 스케일의 수명) 선형적인 퇴보 분석은 IEC 60216-3에 준해서 수행되어야 한다. 결과를 보여주기 위해서, 평균 수명을 보여주는(로그 평균) 열적 내구성 그래프가 그려진다.

참조시스템의 회귀선(R)은 그것의 등급 온도에 의해 추정될 것이며, 시험수명의 로그 평균(X)이 얻어질 것이다. 정상적인 경우에, 후보시스템과 참조시스템의 동작 환경이 같을 것이 요구되는 경우, 같은 시험 수명(X)에 상응하여, 후보시스템(C)의 회귀선에서의 온도(T_c)가 얻어진다. 후보시스템의 등급 온도는 표 1에 있는 다음으로 낮은 온도(T_c 보다 낮거나 같은)이다. 그리고 이 표로부터 그 절연의 등급이 결정된다.

후보시스템과 참조시스템의 요구되는 동작환경이 다른 특별한 경우에 있어서, 온도 T'_c 는 같은 부분에서 다른 시험수명에 상응하는 후보시스템의 회귀선에서 얻어질 것이다.(예를 들면, 만약에 후보시스템이 동작 수명이 두 배가 될 것이 요구된다면, 그 경우 T'_c 는 그것의 등급 온도에서 참조시스템이 가지는 것의 두 배의 시험 수명($2X$)의 후보시스템의 회귀선에서 얻어진다.) 후보시스템의 등급 온도는 절연등급을 결정하는 표1에 있는 다시 다음으로 낮은 온도(T'_c 보다 낮거나 같은)이다.

다른 요구된 동작 환경을 기초로 비교가 만들어진 경우 그 때 이것은 그것의 사용에 대한 적합한 정당화와 함께 보고서에 진술될 것이다.

그림 1은 그 절차를 보여준다. 외삽법이 시험 결과의 불확실성을 증가시킨다는 것을 인식하고, 가장 낮은 시험 온도에서의 외삽법은 25K보다 커서는 안된다.

인식된 표 1의 등급들은 IEC 60085에 재생성 되었다.

만약에 열적인 내구성 그래프가 미세한 곡선을 보여준다면, 그것은 노화가 하나 이상의 화학적인 노화 혹은 실패 메커니즘에 의해 영향받았다는 것을 나타낸다. 그럼에도 불구하고 만약에 같은 열적인 등급에 속해있는 매우 유사한 시스템들이 비교된다면, 명백한 후보시스템의 분류가 여전히 만들어질 것이다.

그러나, 곡선의 굴곡이 보다 심한 곳은 주도적인 노화 메커니즘에서의 큰 변화를 나타낸다. 그리고 나서, 분류는 더 낮은 혹은 즉각적인 온도에서 부가적인 시험에 의해 얻어진 곡선의 더 낮은 온도부분에만 기초될 수 있다. 경험에 근거해서 이 더 나아간 시험의 시간과 비용이 합당한지, 혹은 후보시스템이 요구되는 등급 온도를 달성할 수 없는지 그리고 포기되어야 하는지에 대한 판단을 하는 것은 필요할 수도 있다. IEC 60493은 선형성을 위한 시험을 어떻게 하는지 기술하고 있다.

만약 참조시스템과 후보시스템의 열적인 내구성 그래프가 명백히 다른 기울기를 갖고 있다면, 그들의 노화 과정이 매우 다르다는 것은 명백하며 그러므로 합당한 분류가 비교에서 만들어질 수 있는지 의심할 만하다. 요구되는 등급 온도를 위한 다른 후보시스템을 채택하거나 혹은 다른 참조시스템을 채용하는 것은 아마도 필요할 것이다.

보고할 때, 다음과 같은 것들을 포함하여 모든 관련된 시험 세부사항을 기록하는 것은 유용하다.

- IEC 시험 표준의 참조
- 시험된 절연시스템의 기술(참조시스템과 후보시스템)
- 각각의 절연시스템을 위한 노화 온도와 노화 썬브-사이클의 길이
- 각 절연 시스템에 대해서, 가해진 시험이나 혹은 압력 수준을 가진 진단 시험
- 시험대상과 시험물체의 구성
- 각각의 절연시스템을 위한 각각의 온도에서의 시험대상의 수
- 그 노화 온도(예를 들어 오븐의 종류 등)를 얻는 방법
- 오븐 공기 대치 비율
- 실패에 이르는 각각의 시간과 실패 모드
- 실패에 이르는 평균 로그 시간과 로그 평균 분산, 혹은 각각의 노화 온도와 각각의 절연시스템에 대한 더 낮은 확신 한계
- 로그 방법과 복귀선이 있는 열의 내구성 그래프
- 그 참조 시스템의 열의 등급
- 그 시험에 의해 결정되는 후보시스템의 열적 등급

6 전기적 기능 시험

6.1 전기적 기능 시험의 일반적인 관점

6절에 기술된(6.1에서 6.4를 참조) 전기적인 작동 시험 원칙들은 IEC 60727-1을 따른다.

절연시스템들은 전기적인 압력을 다른 전위에서 동작하는 부분들 사이에 가함으로써 전기적인 노화에 종속된다. 노화 과정은 전기적인 압력을 올리거나 혹은 주파수를 증가시킴으로써 가속될 수 있다. 수명의 끝은 전기적인 노화에 대한 노출 중 항복이나 혹은 진단 시험에 있어서의 실패로서 명백해진다.

다른 전압에서 전도시험을 행함으로써, 시험 수명과 전기적인 압력의 관계는 그려질 수 있다.

주 - 증가된 주파수는 시험 가속이 주파수에 비례한다는 가정 하에 종종 전기적 노화를 가속하는데 사용되어 왔다. 그러나, 이러한 가정은 항상 성립하지 않는다.

시험 수명은 정상적으로 특정한 전압 압력 수준에서의 넓게 분포된 변형을 보여준다. 그러므로, 통계적으로 중요한 실패수치가 각 전기적 노화 압력에서 얻어져야 하는 것은 필수적이다.

6.2 시험 대상

시험 대상은 평가될 적합하게 완성된 결선의 요소의 구성을 나타내도록 제작될 것이며, 완벽히 정상적이고 의도된 작동 과정을 가능하면 거쳐야 한다.

전기적인 노화 시험 동안에, 모든 도체들은 통상 전기적으로 함께 연결된다.

6.3 전기적인 동작 시험 절차들

6.3.1 전압 인가

교류전압은 시험 대상에 인가된다. : 주파수와 파형은 IEC 60060-2를 준수한다. 완벽한 전기적 내구성 평가를 얻기 위해서, 전압은 실패에 이르는 시간이 1분에서 10000시간에 이르도록 선택되어야 한다.

전기적인 내구성을 결정하기 위한 전압인가의 여러 방법들은 IEC 60727-1에 논의되어 있다. 이것들은 고정된 전압, 점진적인 전압, 그리고 증가된 주파수에 의한 가속을 포함한다.

6.3.2 시험 온도

시험대상들은 상온에 혹은 등급 온도에 있어야 한다. 높은 압력 혹은 증가된 주파수하에서 유전손실이 결과에 영향을 줄 정도로 절연 온도를 올리지 않게 주의가 필요하다.

6.3.3 진단 시험

전기적 작동 시험과정에서, 진단 시험이 행해질 수 있다. 이러한 시험들은 다음과 같다.

- 파괴적 시험(예를 들면, 회전 절연의 항복 전압의 결정)
- 잠재적으로 파괴적인 시험(예를 들면, 다양한 절연시스템의 부분에 대한 고전압 증명 시험)
- 비-파괴적 시험(예를 들면, 손실 탄젠트 혹은 부분적인 방전 측정)

이러한 시험들, 특별히 파괴적이고 잠재적으로 파괴적인 시험들은 아마도 전기적인 노화 요소에 대한 노출동안 항복 외에 끝단을 결정하는 대체방안으로써 동작할 것이다.

전기적인 노화를 멈추는 것과 진단 시험을 행하는 사이의 소요된 시간은 이 표준의 다음 부분에서 다를 것이다.

6.4 분석과 보고

보고서, 다음과 같은 것들을 포함하여 모든 시험의 관련된 세부사항을 기록하여 두는 것이 유용하다.

- 시스템의 의도된 최대 정격 전압
- 시험 온도
- 시험된 절연 시스템의 기술(참조시스템과 후보시스템들)
- 노화 전압, 주파수, 그리고 만약 적합하다면 노화 썸브-사이클 길이
- 사용된 진단 요인 값들을 포함한 진단시험
- 시험 물체의 구성
- 각 전압에서의 시험 대상의 수(고정된 전압 시험)
- 실패에 이르는 각각의 시간과 실패 모드
- 로그 평균치 혹은 평균 시간 그리고 확신 한계를 결정하는 시험 결과를 위해 이용되는 통계적인 방법 (log 혹은 Weibull같은 것들)
- 각 전기적 노화 압력과 회복선에 대한 평균 혹은 평균점을 가진 전기적인 내구성 그래프

7 기계적 기능 시험

어떤 응용에서의 기계적인 압력은 독자적으로 혹은 다른 노화 요소들과 결합하여 노화 요소로서 작동한 다는 것이 인식되었다. 기계적인 노화는 아마도 진동하는 압력과 열-기계적 압력의 결과일 것이다.

현재로서는 표준 기계적 압력 시험 절차를 허락할만한 충분한 기술적 정보가 가용하지 않다.

8 환경적 기능 시험

어떤 응용에서의 환경요소들이 노화 요소들로서 동작한다는 것이 인식되었다.

예를 들면, 핵발전 환경에서의 로니징(lonizing) 방사는 잘 알려진 환경 노화의 요소이다. IEC 60544에 준해서 작은 절연 대상에 대해 행해진 방사 노화 시험은 적격심사용으로 사용될 수 있다.

다른 환경적인 노화 요소들은 산업적 환경에서, 특히 대기 중 높은 습도를 지니거나 혹은 버섯이나 미생물에 오염된 환경 혹은 차가운 대기 중 기계적으로 마찰을 일으키는 물질(예, 모래)같은 환경에서, 화학적으로 활성화된 혹은 전기적으로 도체인 물질들을 포함한다.

현재로서는 표준 기계적 압력 시험 절차를 허락할만한 충분한 기술적 정보가 가용하지 않다.

9 다중요소 기능 시험

하나 이상의 영향 요소(예, 열적 그리고 전기적)가 특히 이러한 요소들이 동시에 작용할 때 절연 시스템들의 동작능력에 영향을 줄 수도 있다는 것이 인식되었다.

현재로서는 어떤 특정한 상황들 하에서 제공될 표준 다중요소 시험 절차를 허락할 만한 충분한 기술적인 정보가 가용하다.

IEC 60792-1은 다중요소 시험에 관련된 기술의 현재 상태를 다룬 보고서이다. 나중에 개발될 다중요소 시험 절차는 이 보고서에 기술된 원칙을 따르는 것이 바람직하다. 몇가지 원칙들은 다음과 같다.

- a) 동작 중 동시에 작동하는 요소들이 동시적인 노화 시험에서 진행되어야하며, 반면에 순차적인 동작 요소들은 순차적인 노화 주기에 진행되어야 하는 것으로 보인다.
- b) 노화 요소들 중 하나가 다른 것들보다 중요하다는 것을 알면, 다중요소 시험은 다른 요소들은 동작 수준에 머물게 하고, 오직 그 요소의 효과만 가속화함으로써 수행되어질 수 있다.
- c) 다른 경우에 있어서, 모든 중요한 노화 요소들은 가속되어야 한다. 가속 요소(상대적인 노화 비율)가 각 노화 요소와 동등하며 노화 요소들의 수준이 경험치 축적되기 전까지는 단일요소 노화 시험의 기초에서 확립되는 것이 권장된다.
- d) 참조 동작 조건을 확립하는 것이 권장된다. 이것은 기계와 그것의 절연시스템이 설계된 동작 환경의 집합이다.

참조 동작 조건에서의 영향 요소들의 수준은 노화 썬브-사이클동안 가속요소를 평가하는 기준 그리고 진단시험의 수준을 결정하는 기준으로서 동작한다.

e) 다중요소 가속을 가진 시험들에서, 후보시스템과 참조시스템의 비교는 불안정한 외삽법을 피하기 위해서 시험 수준의 범위에서 행해져야 한다.

주 - 다중요소 노화는 고-전압 산업용 전동기 같은 기계적으로 높은 압력을 받는 낮은 그리고 높은 전압 기계들과 열-기계적으로 압력을 받는 추진-교류기에서 일어날 것이다.

표 1 - 열적인 등급

열적인 등급	등급 온도 °C
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180

표 2 - 제안된 온도들과 노화 썬브-사이클 *

예상 등급 온도	105°C	120°C	130°C	155°C	180°C	200°C	노화 썬브-사이클당 날짜
$t_1 < t_A < t_2$	$t_1 \ t_2$	$t_1 \ t_2$	$t_1 \ t_2$	$t_1 \ t_2$	$t_1 \ t_2$	$t_1 \ t_2$	
노화 온도를 위한 제안된 범위 (tA)°C	170 180	185 195	195 205	220 230	245 255	265 275	1-2
	160 170	175 185	185 195	210 220	235 245	255 265	2-3
	150 160	165 175	175 185	200 210	225 235	245 255	4-6
	140 150	155 165	165 175	190 200	215 225	235 245	7-10
	130 140	145 155	155 165	180 190	205 215	225 235	14-21
	120 130	135 145	145 155	170 180	195 205	215 225	28-35
	110 120	125 135	135 145	160 170	185 195	205 215	45-60

* 노화 온도와 노화 썬브-사이클의 길이 모두에 대한 범위를 보여줌으로써 이 표는 시험실에 노화 시간과 노화온도를 선택함에 있어서 인력과 시설들의 이용을 최적화 함으로써 안정성을 주기 위해 설계되었다. 그것은 매 10K 노화온도마다 노화시간을 두 배로 올리는 것(예, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 그리고 64일의 노화)을 허락하는 이상적인 상황(10K 규칙에 근거한)에 적당하다. 그것은 최적 에이징 온도에서 에이징이 1주의 배수 안에 이루어질 수 있게 한다.(예, 1, 2, 4, 7, 14, 28, 그리고 49일의 노화) 이것은 항상 노화 썬브-사이클이 금요일에 시작하고, 진단시험이 월요일에 행해지는 것을 포함한다(예, 3, 10, 17, 31, 그리고 59일의 노화).

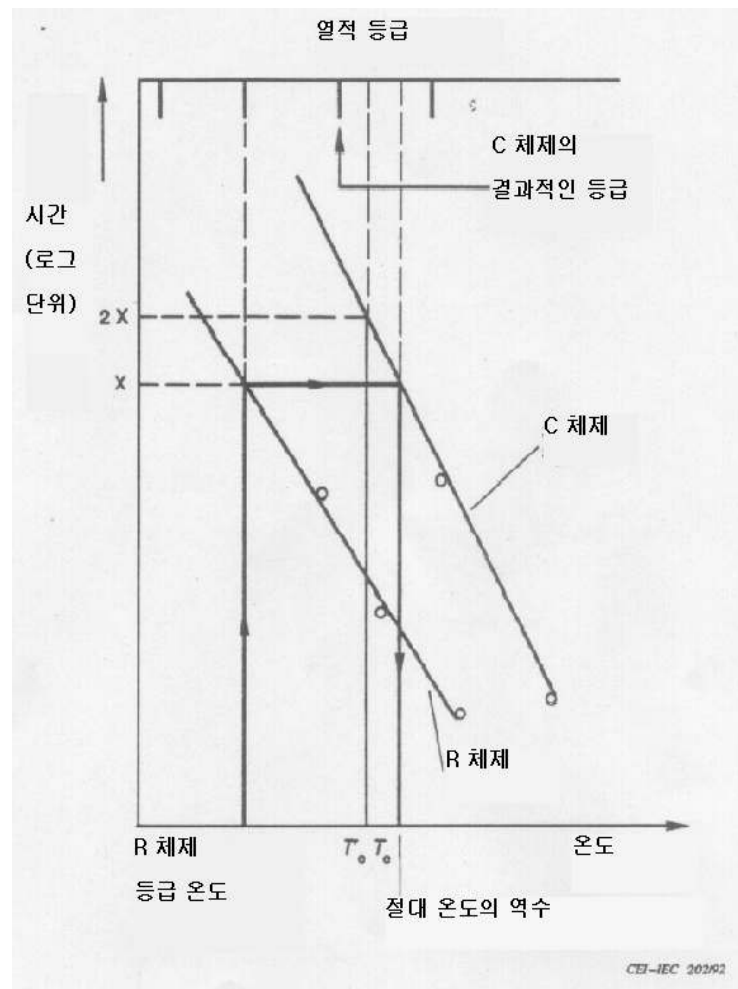


그림 1 - 후보시스템 C와 참조시스템 R을 비교하기 위한
아레니우스(Arrhenius) 도표

부속서 A
(정보적)

참고 서적

IEC 60243 : 1967, 고체 절연 물질의 전력 주파수에서 전기적인 압력을 위한 시험의 권장되는 방법들

IEC 60455, 전기절연을 위해 사용되는 용해능력이 있는 복합 수지 복합체의 명세서

IEC 60464, 용재를 포함하는 니스를 절연시키는 것에 대한 상술

IEC 60791 : 1984, 동작 경험에 근거를 둔 절연 시스템의 실행 평가와 기능적인 시험들