

기술표준원 고시 제 2000 - 92 호
(제정 2000. 5. 29)

전기용품안전기준

K 60034-18-32

[IEC 1995-03]

회전 전기 기기-

제18부 :

절연 시스템의 기능적 평가

제32절 : 형상권 권선에 대한 시험 과정-

15kV와 50MVA까지 기기에서 사용되는 절연 시스템의 기능 평가

목 차

| | | |
|----------------------|---------------------------------|----|
| 1 | 적용범위 | 2 |
| 2 | 인용기준 | 2 |
| 3 | 일반 고려사항 | 3 |
| | 3.1 제1절의 관계 | 3 |
| | 3.2 시험 과정의 선택과 지정 | 3 |
| | 3.3 기준 절연 시스템 | 4 |
| | 3.4 시험 과정의 일반 특성 | 4 |
| | 3.5 시험의 범위 | 5 |
| 4 | 시험 대상 | 5 |
| | 4.1 시험 대상의 구조 | 5 |
| | 4.2 턴수 | 5 |
| | 4.3 시험 견본 갯수 | 6 |
| | 4.4 품질 보장 시험 | 6 |
| | 4.5 초기 특성 시험 | 6 |
| 5 | 사용 주기 전의 전기적 열화 | 6 |
| | 5.1 전압 레벨과 살아있는 부분 시험의 확장 | 6 |
| | 5.2 전기적 내구성 시험동안의 시험 온도 | 7 |
| | 5.3 노화 과정 | 7 |
| 6 | 사용 주기 이전의 특성 | 8 |
| | 6.1 전압 시험 | 8 |
| | 6.2 다른 특성 시험 | 9 |
| 7 | 데이터 분석, 보고서 작성과 평가 | 9 |
| | 7.1 전체 평가 | 9 |
| | 7.2 축소 평가 | 9 |
| | 그림 | 10 |
| 주) — : IEC기준과 상이한 부분 | | |
| * : 적용하지 않아도 되는 부분 | | |
| ※ : 추가된 부분 | | |

회전 전기 기기

제18부 : 절연 시스템의 기능 평가 제32절 : 형상권 권선에 대한 시험 과정 - 15kV와 50MVA까지 기기에서 사용되는 절연 시스템의 기능 평가

1 적용 범위

IEC 34-18의 이 절은 형상권 권선을 사용하여 1kV에서 15kV사이와 50MVA까지의 기기에서 사용되는 직류 혹은 교류 회전 기기의 사용 목적이거나 그들의 사용과 절연 시스템의 전기적 내구성의 평가에 대한 시험 과정을 설명한 기술 보고서이다. 경험으로 증명된 기준 절연 시스템과 선출된 절연 시스템과의 비교 작업과 같이 시험 과정은 상대적이다.

2 인용기준

다음 참고 문헌들은 이 본문에서 참고로 쓰이는 IEC 34-18의 이 절의 규정을 구성하는 규정을 포함한다. 출판 당시, 지시된 그판은 유효하다. 모든 인용기준들은 개정을 조건으로 하고, IEC 34-18에 기초한 협약의 일부는 아래 지시된 인용기준의 가장 최근 판에 공급의 가능성을 조사하도록 조장한다. IEC와 ISO의 일원들은 유효한 최근 국제 기준의 등록을 유지한다.

IEC 34-1: 1994, *회전 전기기기 - 제1부 : 정격과 성능*

IEC 34-15: 1995, *회전 전기기기 - 제15부: 형상권 고정자 코일로 된 회전하는 교류 기기의 절연파괴의 충격 전압*

IEC 34-18-1: 1992, *회전 전기기기 - 제18부: 절연 시스템의 기능적인 평가 - 제1절: 일반적인 지침*

IEC 34-18-33: 1995, *회전 전기기기 - 제18부: 절연 시스템의 기능적인 평가 - 제32절: 형상권 권선에 대한 시험 과정 - 다중요소 기능 평가 - 절연 시스템의 열과 전기 혼합 충격하의 내구력은 50MVA와 15kV까지 포함하는 기기에서 사용된다.*

IEC 60-1: 1989, *고전압 시험 기술 - 제1부: 일반 정의와 시험 요구 사항*

IEC 727-1: 1982, *전기적 절연 시스템의 전기적 내구성의 평가 - 제1부: 일반 고려사항과 일반 배전을 바탕으로 둔 평가 과정*

IEC 727-2: 1993, *전기적 절연 시스템의 전기적 내구성의 평가 - 제2부: 극한-값 배전에 바탕을 둔 평가 과정*

3 일반 고려사항

3.1 제1절과의 관계

이 절의 규정이나 권고사항이 달리 지시되어 있지 않은한 IEC 34-18의 제1절을 따른다.

3.2 시험 과정의 선택과 지정

이 절은 대부분 평가에 적합한 하나 혹은 그 이상의 과정을 제공한다. 평가는 보통 기기나 코일 제작자가 하고 제작자의 가장 적절한 과정을 선택하고 주장해야 할 책임이 절연 시스템의 경험과 지식을 비교해서 표 1에 제시했다.

시험 과정은 표 1에서 선택되어지고 IEC 34-18-32 과정 N에 의해서 지정되어진다. N은 주어진 표에서 지정한다. 부속 항 3.3, 3.4와 3.5는 어떻게 시험 과정을 선택하는지에 대한 지침서로 주어진다.

표 1 - 시험 과정 지정

| 시험 과정의 지정 | 공급되는 열화 전압 | | 진단 시험 | |
|-----------|--------------|---------------|-----------------------------------|---------------|
| | 주 절연 (5.3.1) | 충격 절연 (5.3.2) | 주 절연 (6.1.1) | 충격 절연 (6.1.2) |
| 1AA | 상수 | 없음 | 요구되지 않음(A) | 시험 없음(A) |
| 1BA | 상수 | 없음 | 충격 시험(B) | 시험 없음 |
| 1AB | 상수 | 없음 | 요구되지 않음 | 충격 시험(B) |
| 1BB | 상수 | 없음 | 충격 시험 | 충격 시험 |
| 1AC | 상수 | 없음 | 요구되지 않음 | 전력 주파수 시험(C) |
| 1BC | 상수 | 없음 | 충격시험 | 전력 주차수 시험 |
| 2AA | 상수 | 있음 | 요구되지 않음 | 시험 없음 |
| 2BA | 상수 | 있음 | 충격시험 | 시험 없음 |
| 2AB | 상수 | 있음 | 요구되지 않음 | 충격 시험 |
| 2BB | 상수 | 있음 | 충격 시험 | 충격 시험 |
| 2AC | 상수 | 있음 | 요구되지 않음 | 전력 주파수 시험 |
| 2BC | 상수 | 있음 | 충격 시험 | 전력 주파수 시험 |
| 3AA | 없음 | 있음 | 요구되지 않음 전력 주파수(C) 다른것(D) | 시험 없음 |

주

- 진단 시험의 문자들의 의미는 다음과 같다: A - 시험 없음; B - 충격 시험; C - 전력 주파수 시험; D - 다른 시험
- 진단 시험은 주 절연체 부분에는 요구되어지지 않고 진단 요소처럼 열화 전압 작동에만 적용된다.
- 시험 과정 3AA는 선별 검사로 적용가능하다.

모든 위의 시험들은 실온에서 행하여진다. 그러나, 만약 그것들이 다른 온도(5.2.2 참조)에서 수행된다면 시험 과정 지정은 슈픽스 T에 주어진다: IEC 34-18-32 과정 NT. 각각의 과정은 3.5.1에 의한 종합 평가에 대해서 사용되거나 3.5.2에 의한 제한적평가에 대해 사용된다.

3.3 기준 절연 시스템

기준 절연 시스템은 추천된 시스템(IEC 34-18-1 참조)에 대해서 사용되어지는 것과 동등한 시험과정에서 시험된다. 기준 절연 시스템은 추천 시스템의 계획된 최대 부하 전압의 75% 보다 작지 않는 경험을 가진다. 절연 두께의 어떤 외삽법이 사용될 때 일부 정보는 다른 절연체 두께에 대한 전기적 수명시간과 전기적인 충격간의 상호관계를 보여주는데 유용해야 한다.

3.4 시험 과정의 일반 특성

기능적인 절연 내력 시험은 보통 진단 시험처럼 열화 전압과 동시에 동작하는 것을 제외하고는 열화 부-주기와 진단 부-주기로 구성된 각각의 주기 안에 수행된다. 시험 대상의 절연은 IEC 727-1에 권고에 따른 고장이 날 때까지 고정된 전압으로 열화된다. 이런 시험으로부터 각각의 전압에서 특성 시간의 고장(failure)을 얻을 수 있고, 그 결과는 그림1의 예에서 보여주는 것처럼 그래프로 만들어지고 기준 시스템의 것과 비교된다. 현재 시간에서 $U_N\sqrt{3}$ 의 공급 전압의 특성의 외삽법에 대해 물리적으로 증명되지 않는다. U_N 은 r.m.s에서의 정격 전압이다.

주 - 공급되는 열화 전압에 대한 순차적인 과정은 IEC 727-1의 권고에 따르는 차폐 목적으로 사용될 수도 있다. 이들 과정은 진단시험을 거치지 않는다.

3.4.1 주 절연의 전기적인 열화

동작중 주 절연의 전기적인 열화는 첫째로 전력 주파수에서의 지속적인 전기적인 충격에 기인한다. 게다가, 절연은 스위치 전류 증가 등등의 순간적인 과 전압을 견디어내는 것이 요구된다. 그러나, 순간적인 과 전압을 견디어내는 주 절연의 능력은 전력 주파수 충격하에서의 시스템 실행(IEC 34-15참조)에 의해서 보여진다. 이 절 안에서 주 절연의 열화는 전력 또는 증가되는 주파수(전력 주파수 10회 이상) 충격하에서 확인된다.

3.4.2 상간 절연의 전기적 열화

상간 절연의 전기적 열화는 주 절연을 통하여 제공되는 정상적인 전기충격에 기인해서 일어난다. 전기적 충격이 그것의 최대인 전도체의 끝부분에서 이것은 매우 중요할 수 있다.

복권 코일이나 바가 사용될 때, 전기적 충격에 기인하는 열화는 유의하지 않고 턴들간의 전력 주파수 전압은 충분히 낮다 그러나 스위칭과 다른 방해에 의한 권선에서 극단적으로 앞서서 서지는 턴들 간의 열화에 원인이 되는 충분한 충격이 된다. 파동형태와 발생의 주파수는 극단적으로 변하고 회로 변수에 좌우된다. 이 절에서는 비교적인 목적에 대해서 상간 절연체의 전기적 열화가 착수된 선 안에서 전력 또는 증가된 주파수에서 수행되어질 수 있다는 것을 권고한다. (IEC 34-15 참조)

3.5 시험의 범위

전기 내구성 시험의 범위는 평가의 목적에 따른다.

3.5.1 종합평가

기준 및 예비 시스템과의 비교로 실질적인 차이가 있는 것에 종합평가가 필요되어질 것이다. 이것은 세 개나 더 많은 전압 레벨의 각각에서 시험 견본의 적절한 갯수를 요구한다.(4.3 참조)

3.5.2 제한적 평가

약간의 시험견본들과 하나의 전압레벨을 사용하여 제한적평가를 수행하는 충분한 상황이다.

의도되지 않거나 구성물 안에서 오직 사소한 차이가 있는 기준 시스템과 예비 절연 시스템과의 비교는 한 전압 레벨만을 사용하여 수행 가능하다. 권고된 시험 견본의 최소 숫자로 확인한다.(4.3 참조) 제한적평가는 정격부하전압이 두 시스템에서 같을 때 비로서 허용된다.

4 시험 대상

4.1 시험 대상의 구조

시험품은 평가되어질 권선 마감부분의 구성을 충분히 나타낼수 있도록 제조되어야 하고 가능한 완전하고 정상적인 공법에 의하여야 한다. 분리된 코일 또는 바를 모델로써 사용할 경우 요구되어지는 곳에 연면거리 및 전압 등급(voltage grading means)구분이 요구된다면 시험중 적절한 충격을 인가하여야 한다. 전극은 모델의 완전한 슬롯 길이로 확장하고 코일 단면적의 전체 주위를 감싼다. IEC 727-1에 주어진 세부사항을 살펴봐야 한다.

4.2 턴수

일반적으로, 상간 절연을 시험하는 것은 모양과 전도체 보강의 영향을 적용하기 위해서 완전한 코일을 사용하는 것이 필수적이다. 턴수와 상간 절연의 두께는 6.1.2에 의해서 선택된 시험전압이 공급될 때, 상간 유전체 충격은 절연 시스템이 사용될 수 있는 것에 대한 코일의 어떤 설계에 공급하는 적절한(일반적으로 다른) 시험 전압을 적용함으로써 정해지는 최

고치 이상이다.

턴들 간의 전력 주파수 전압을 공급할 것이 요구되어지는 곳에 그 다음 코일은 완전하게 두 개의 평행한 도체(두개의 실), 각각 삽입된 상간 절연이나 코일은 끝이 감긴 채로 잘려 들어가야 한다. 진공 함침된 코일을 사용할 때, 이 영역 안의 도체의 절단 및 분리공정은 함침전에 시행하여야 한다. 만약 선택된 시험 과정이 턴들 사이의 전력 주파수 전압이 공급되지 않으면 시험 대상은 보통 방법으로 하나의 (혹은 기준) 전도체를 지닌 복권 코일 감기일 수 있다(3.2 참조)

4.3 시험 견본의 갯수

시험 견본의 적합한 갯수는 통계적인 확신을 얻기 위해 각 시험 전압 레벨에서 열화 시켜야 한다. 이 숫자는 다섯을 넘지 않는다.

4.4 품질 보장 시험

첫 번째 열화 부속-주기를 시작하기 전에, 다음의 품질 보장 시험이 수행되어야 한다:

- 시험 견본의 시각 조사;
- IEC 34-1에 따른 고전압 시험 .

4.5 초기 특성 시험

첫 번째 열화 부속-주기를 시작하기 전에, 각각 완성된 시험 견본은 시험 과정에 대해서 선택된 모든 진단 시험을 겪어야 한다.

5 전기적인 부속-주기 열화

5.1 전압 레벨과 살아있는 부분의 확장

3.5.1에 설명된 모든 평가에 대해서, 적어도 세 개 전압 레벨을 일반적인 전력 주파수에서 1000시간 정도 최저 전압 레벨과 최고 전압 레벨에서 실패(failure)하는 중간 시간은 100시간 정도로 선택될 수 있다. 오직 하나의 전압 레벨이 요구되어지는(3.5.2 참조) 제한적평가에서 이것은 1000시간 정도의 실패하는 중간 시간을 위하여 선택되어진다. 시험 대상에 공급되어지는 교류 전압은 IEC 727-1에서 언급되어지는 허용오차내에 유지되도록 하고 IEC 60-1의 요구사항을 응하도록 한다.

5.2 전기적 내구성 시험동안의 시험 온도

이 절에서의 전기적인 열화는 완벽하게 전기적 충격의 영향을 가속시키기 위해서 안정 상태 작동 조건보다 높은 전압과/이나 주파수에서 대기 중에 실온으로 수행한다. 대체적으로 시험

은 온도를 상승시켜 가면서 수행되어질 수 있다.

5.2.1 실온에서의 전기적인 열화

절연 시스템에서 전기적인 열화 시험은 보통 실온에서 오직 열화 요소와 같은 전압 충격을 사용하여 수행되어진다.

5.2.2 상승 온도에서의 전기적인 열화

상승되는 온도에서 전기적인 열화 시험을 수행한 곳에 그 다음 어떤 적당한 가열 방법이 사용되어질 수 있다. 적용한 전기적인 충격에 기인하는 온도 상승은 특히 주파수를 증가시켜서 사용할 때 결과에 영향을 주고 결정되어지고 기록되어진다. 상승되는 온도에서 시험하는 것은 이들 온도가 온도 열화가 발견되지 않는 결과가 나타날 때만 허용된다. 만약 온도 열화가 일어나면, 시험은 다음의 다중요소 시험에서 3.3절에 지침서를 따라야 한다.

5.3 열화 과정

각각의 열화 부속-주기는 주 절연의 열화에 대한 부속-주기와 상간 절연의 열화에 대한 부속-주기를 구성한다.

5.3.1 주 절연의 열화에 대한 부속-주기

3AA(표 1 참조)을 제외한 모든 시험 과정에서 전기적인 열화 전압은 정류자 코어나 시험 건물의 표면 위의 외부 전도 층과 전도체 사이에 공급된다. 만약 시험 대상이 복권 코일일 때, 그러면 주 절연과 상간 절연 둘 다 이 기간동안 전기적인 충격에 의해서 열화된다. 이 부속 주기의 기간은 약 10개 부속 주기는 중간 수명을 가진 시험시료에 수행되어진다. 시험기간을 감소하기 위해서 증가된 주파수를 사용할 수 있다. 시험의 내구성이 감소하면, 증가된 주파수가 사용될 수 있다. 그러나 유전 손실이 결과에 영향을 줄 정도로 절연의 온도를 증가하지 않도록 주의해야 한다. 예비와 기존 절연 시스템에서 같은 주파수를 사용하여야 한다.

주 - 만약 주파수 증가에 의해서 시스템의 충전부가 유사하게 영향을 받는다면, 증가된 주파수 시험결과는 직접 비교에서만 사용되어질 수 있다.

5.3.2 상간 절연의 열화에 대한 부속-주기

시험 과정 2AA에서 2BC까지(표 1 참조)에서, 반복적인 과도 과전압에 기인하는 상간 절연의 열화에 관한 시스템의 평가를 요구하면, 주 절연 열화 부속-주기는 10분동안 턴 사이의 전력 주파수 전압의 적용의 상간 절연 열화 부속-주기를 따른다.

이 전압은

$$1.5 \times \frac{U_N}{n}$$

n은 턴수, 그러나 $0.3 U_N$ 을 넘지는 않는다.

적용된 전기적인 충격에 기인하는 온도 상승은, 특히 증가된 주파수를 사용할 때, 결과에 영향을 주고 측정되어지고 기록되어야 한다.

주 - 만약 시스템의 충전부가 주파수 증가로 인해 유사하게 영향을 받는다면, 증가된 주파수 시험 결과는 직접 비교에서만 사용된다.

6. 사용 주기 이전의 특성

열화 부속-주기에 이어서 진단 부속-주기가 수행된다. 진단 시험을 하는 동안 시험 견본의 일부분의 고장은 전체 시스템의 고장을 만들고 그렇게 보고되어진다.

6.1 전압 시험

적합한 전압 시험은 3.2항에서 선택된 시험 과정에 따라 선택되어진다.

6.1.1 주 절연

6.1.1.1 충격 시험

주 절연에서의 진단 시험은 U_N 이 절연체의 킬로볼트 안의 정격 부하 전압일 때, $(4U_N + 5 \text{ kV})$ 의 최고 값을 가지는 $1.2/50\mu\text{s}$ 충격 전압의 세 개의 연속적인 적용으로 이루어진다.

6.1.1.2 전력 주파수 시험

r.m.s 전압 $(2U_N + 1\text{kV})$ 이나 최고 열화 시험 전압중 더 큰쪽을 코일단자와 접지 사이에 1분 동안 공급되고 그 후 즉시 최소 1kV/s 의 비율로 영으로 감소시킨다.

주의 - 이 전력 주파수 시험은 견본의 전기적인 열화에 기여할 수 있다.

6.1.2 상간 절연

6.1.2.1 충격 시험

단선이나 연선 전도체를 가지는 복권 코일이 감긴 것을 포함하는 시험 대상에 대해 상간 절연의 진단 시험은 충격 전압 시험에 의해서 수행된다. 진폭(피크)은 U_N 이 절연체의 킬로볼트 안의 정격 부하 전압일 때, U_P $(4U_N + 5\text{kV})$ 의 형태로 주어진다(IEC 34-15 참조). 전압 파형 상승 시간은 코일의 턴을 가로질러서 대체로 균일한 전압 배치를 갖도록 된다. 각각의 코일에서 이것은 $0.5\mu\text{s}$ 에서 $1.2\mu\text{s}$ 사이이다.

6.1.1.2 전력 주파수 시험

평행하게 격리된 전도체를 포함하는 시험 대상에 대하여 적당한 크기의 전력 주파수 전압은 1분동안 턴 사이에서 공급 적용되어야 한다.

주 - 적당한 크기의 전압은 최고 열화 전압보다 크거나 같아야 한다.

6.2 다른 특성 시험

진단 시험은 정보나 시험 수평의 말기를 측정하기 위해 수행된다. 게다가 전압시험이나 그것들을 대신하기도 한다. 절연 저항, 손실 각, 부분적인 방출과 같은 요인들이 그 예이다. 끝-점 기준은 보고된 적합한 타당성과 함께 각각의 진단 시험에서 결정된다.

7. 데이터 분석, 보고서 작성과 평가

IEC 34-18-1의 부속항 6.4은 시험 데이터의 처리에 예비 시스템의 보고와 평가에 언급된다. 사용된 평가는 이어지는 아래의 지침서를 따라야 하고, 시험 범위에 만족해야 한다(3.5 참조).

웨이벌(weibule)분포의 가정 아래서, 적절한 통계적인 분석은 기준 견본의 의의(significance)를 계산하는데 적용된다(IEC 727-2참조).

7.1 종합평가

예비와 기준 시스템의 전기적인 내구력 그래프는 U_N 이 기준 시스템과 예비 시스템의 정격 전압일 때, 시험 전압 U_{exp} 와 정격 전압 U_N 비를 $U_{exp}/U_N = f(t)$ 의 로그-로그나 세미-로그 표현으로 점을 찍는다. 그리고 3.3에 정의되었듯이 두 개의 차는 25%보다 작아야 한다. 기준 시스템에서 얻어지는 것보다 그들이 결과선이 동일하거나 더 높으면 자격이 주어지고 저 전압에서 선의 교차가 있지 않을 시는 예비 시스템이 주어진다.(그림 1 참조).

7.2 제한적 평가

단일 전압을 사용하는 제한적평가에 대하여(3.5.2 참조), 분석의 기초는 전압중간값을 비교하여야 한다. 또한, 시험 수명이 가능할 때 분포 곡선은 비교되어진다. 중간값이 기준 시스템의 중간 값보다 같거나 더 클 때 예비 시스템(candidate system)이 주어진다.

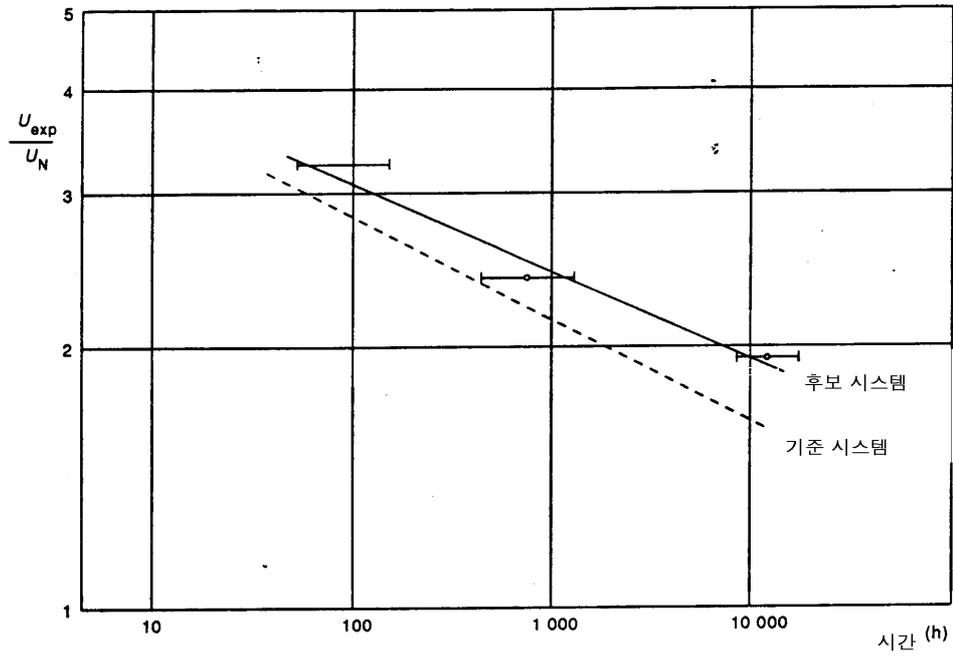


그림 1 - 회전 기기 절연에 대한 교류 내구성 곡선의 예
(로그-로그 표현법)