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

전기용품안전기준

K 60034-18-21

[KS C IEC 2002]

회전기기-제18부:열평가와 분류

목차

쪽수

1. 범위 ----------3
2. 참고기준 ----------3
3. 일반적 고려사항 ----------3
3.1 제1절과의 관계 ----------3
3.2 표준과정 ----------4
3.3 참고 절연 시스템 ----------4
3.4 시험 대상 ----------4
3.5 진단 시험의 검증 ----------5
3.6 열 노화 시험과정----------5
3.7 노화 온도 및 시험기간 ----------5
4. 과정 1: 모터렛 시험 과정----------6
4.1 일반사항 ----------6
4.2 시험 대상 ----------6
4.3 열 노화과정 ----------7
4.4 진단과정 ----------7
4.5 분석, 보고와 분류 ----------8
5. 과정 2: 모터 시험 과정 ----------9
5.1 일반사항 ----------9
5.2 시험 대상----------9
5.3 열 노화과정 ----------10
5.4 진단 과정 ----------11
5.5 분석, 보고와 분류 ----------12
6. 과정 3: 슬롯내의 고정자 권선에 대한 시험과정 ----------12
6.1 일반사항 ----------12
6.2 시험 대상----------13
6.3 열 노화과정 ----------13
6.4 진단 과정 ----------14
6.5 분석, 보고와 분류 ----------15
7. 과정 4: 극 권선에 대한 시험과정 ----------15
7.1 일반사항 ----------15
7.2 시험대상 ----------15
7.3 열 노화과정 ----------16
7.4 진단 과정 ----------16
7.5 분석, 보고와 분류 ----------18

8. 과정 5: 슬롯내의 회전자 권선에 대한 시험과정 ----------18
8.1 일반사항 ----------18
8.2 시험대상 ----------18
8.3 열 노화과정 ----------19
8.4 진단 과정 ----------20
8.5 분석, 보고와 분류 ----------21

부속서
A- 모터렛 구조 (예) ----------22
B- 극 위의 권선 모델 (예) ----------26
C- 습기 시험 기기 ----------28
그림 ----------29

한 국 산 업 규 격

회 전 기 기

제18부 : 제21절 : 열적 평가와 분류

KS C IEC 60034-18-21 : 2002
(IEC 60034-18-21 : 1992, IDT)

Rotating electrical machines
- Part 18: Functional evaluation of insulation systems
- Section 21: Test procedures for wire-wound windings - Thermal evaluation and classification

서 문 이 규격은 1992년에 제1판으로 발행된 IEC 60034-18-21, Part 18: Functional evaluation of insulation systems - Section 21: Test procedures for wire-wound windings - Thermal evaluation and classification를 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 한국산업규격으로 제정한 것이다.

1. 범위

KSC IEC 60034-18 에서는 권선형 교류 또는 직류 회전 전기 기계의 사용에 있어서 필요한 절연체의 열 평가와 분류에 대한 시험 과정을 제시한다. 시험 과정은 실사용으로 입증된 참조 절연 시스템과 후보 절연 시스템의 작동을 비교하게 된다.

-21절은 1절과 관련되어 사용될 것이다.

2. 참고기준

KSC IEC 60034-1 :*1983년, 회전 전기 기계 - 제1부 : 평가와 수행*

IEC 60455, *전기적 절연체로 쓰이는 불용성 중합합성수지들의 사양*

IEC 60464, *솔벤트를 함유한 절연 광택제의 사양*

KSC IEC 60034-18-1 : *1991, 회전 전기 기계 - 제18부 : 절연체의 기능적 측정 - 제1절 : 일반지침*

3. 일반적인 고려사항

3.1 제1절과의 관계

제1절은 회전체에서의 절연체 내열 시험에 적용할 수 있는 일반적인 시험 원칙들을 기술한다. 이 부분의 절차에서 달리 제시되지 않으면 제1절의 원칙들을 따른다.

3.2 표준 절차

5가지 표준 절차들은 4에서 제8항을 통해 기술된다. 이 표준의 이용자는 시험해서 분류 할 권선의 종류 및 크기와 가장 근접한 것 시험절차를 선택해야 하며, 또한 시험 시설과 과거의 경험을 고려해야 한다.

3.3 참조 절연체

-참조 절연체는 후보 절연체와 같은 절차로 시험되어야 한다. 제1절의
4.2를 참고한다.

-두 시스템 계통의 온도차는 50K를 넘어서는 안 된다.

3.4 시험 대상

3.4.1 시험 대상의 구조
-제1절 의 5.2.1에서 사용된 재료중 선택된 것에 대한 시험을 필요한 경우 수행한다.

-시험 대상은 실제 기계나 부분요소 또는 모델일 수 있으며 사용되는 것은 필수적인 부분을 포함하고 있어야한다.

-절연체의 두께, 옆면 거리와 방전방지기는 요구되는 최고 정격전압과 표준 기기에 대해 적절한 것이어야 한다. 비교된 시스템은 기계사용상에서의 것과 일치하는 배열을 해야 한다.
주 - 절연체의 두께와 연면 거리에 따라 같은 절연 물질에서도 현저히 다른 시험 기간이 얻어질 수 있다.

-만약 이러한 부분에 가해지는 압력이 신뢰할 수 있을 정도로 재현 가능하다면 코일이나 권선의 모의 시험부분은 평가에 이용될 수 있다.
-특별모형유형은 몇몇 나라에서 성공적으로 쓰여졌고, 그 예는 첨부 A와 B에 설명되어 있다.
-제조자는 새로운 절연체에 쓰이게 고안된 물질들의 특질이 제조 공정에서 변질. 악화되지 않도록 주의해야 한다.

3.4.2 품질 보증 시험

불량 시험품을 제거하기 위해, 우선 제1절의 5.2.3에 나온 것과 같이 조건을 맞춰야 한다. 먼저 육안검사 후 제조 시설에서의 기계, 코일 시험과 병행한 과전압 시험과 진단 시험에 대한 해당항목에서 설명도니 전압 중 큰 전압을 선택하여 품질을 검사한다.
주 - 필요하다면 다음의 항목을 포함한 추가 품질 보증 시험을 수행한다.

-절연체 저항 측정
-탄젠트(tangent)손실과 용량 측정
-부분 방전 개시 전압 측정

-동작시 상전류의 균형
-반복적인 전압, 전류 등의 서지(surge)
-누설 전류
-과전압 시험

편차가 큰 대상은 제외하거나 또는 편차의 이유를 확인한 뒤 적절한 수용 범위를 정해야 한다.

3.5 진단 시험의 검증(확인)

진단 과정의 가능성을 검토하기 위해 제1절의 5.3.4에 의한 예비 노화 시험이 필요할 수도 있다.

3.6 열 노화시험 절차

-시험절차는 각각 다른 노화 온도에서 수행되는 몇 개의 시험들로 구성되어 있다. 각각의 온도에서 절연체 시험의 주기가 결정된다. 이러한 시험 기간(주기) 값에 기초를 두고, 각 계통 온도에 따른 주기는 그 온도에서의 참조 시스템과 비교하여 정해진다.

-각각의 노화 시험은 주기적으로 수행되며, 각 주기는 열 노화 과정과 진단 과정으로 이루어진다. 진단 과정은 기계적 시험, 습도시험, 전압시험, 그 밖의 특수 시험을 포함한다.

3.7 노화온도와 시험기간

-제1절의 5.3.2를 고찰하고 그 절차를 고려하여 수행한다.

-정상적 절차에서는 노화열은 적어도 세가지가 되어야 한다.

-후보절연체가 분류된 시스템으로부터 작은 차이만을 보일 때 제1절의 5.3.2를 수행한다

-노화 열과 노화과정의 길이는 제1절의 표2에서 선택한다.

-후보 절연체의 열 계통 등급이 이미 알려진 참조 시스템의 등급과 다르다면, 적절한 방법으로 노화 온도와 그 길이를 선택한다.

-최저 노화 온도는 약 5,000시간 또는 그 이상의 시험주기의 기록수단을 창출할 수 있는 것으로 선택해야 한다. 이는 대개 28~35일 또는 그 이상의 노출기간에 대응하는 최저온도를 선택함으로써 성취된다.

-덧붙여, 20K 또는 그 이상 차이의 높은 노화 온도를 두 개 이상 선택해야한다. 세 개 이상의 서로 다른 노화온도에서 시험 진행 시, 10K정도의 차이면 적당할 것이다.

- 최저 시험온도의 어림짐작으로 인해 초래될 불확실성을 최소화하기 위해서, 결과 값으로 예상되는 온도보다 25K이상 초과한 값으로 설정해서는 안 된다.

4. 과정 1: 모터렛(motorette) 시험절차

4.1 개요

4.1.1 과정 1

모터렛 형태 모델을 시험대상으로 삼는 이번 과정은 KSC IEC 60034-18-1의 과정 1에 언급 될 것이다.

4.1.2 일반적 특징

이번 내열 시험의 절차는 몇 과정의 반복으로 구성된다. 각 주기는 다음과 같이 구성된다.:

-열 노화과정

-기계적 시험, 냉각된 상태의 견본을 통한 습기 시험, 그리고 전압시험으로 이루어진 진단과정.(위의 순서로 진행된다.)

4.2 시험 대상

4.2.1 시험 대상의 구조

-이번 시험의 시험 대상, 즉 모터렛은 시험 될 절연 시스템을 모형화한다.

-만들어 질 모터렛은 필수요소를 모두 포함해야 하며, 완전한 권선 절연시스템을 최대한 대표할 수 있는 것이어야 한다. 모터렛은 홈구조의 권선 형을 모형화한다.

.-권선 형 절연체 시험에 쓰인 모터렛의 예는 부속서 A에 나와있다.

4.2.2 시험대상의 수

각 절연 시스템에 대해 각 노화 온도에서 적어도 10개의 모터렛이 시험되어야 한다.

4.2.3 품질 보증 시험

첫 번째 열 노화 과정이 시작되기 전에 다음의 품질 보증 시험이 선행되어야 한다.

-시험 대상들의 육안검사

-KSC IEC 60034-1에 따른 전압시험

-교류 400V 도체간 시험 (성공 여부를 알기 위해 50mA 회로 차단기를 설치한다).

4.2.4 초기 진단 시험

각각의 완성된 시험대상물들은 첫 번째 열 노화 과정을 시작하기 전에 4.4의 진단 시험을 전제로 해야 한다.

4.3 열 노화 과정

4.3.1 노화 온도와 시험 기간.

3.7에 주어진 절차대로 수행한다.

4.3.2 가열방법
제1절의 5.3.3에 나와있는 노화 오븐을 사용한다.

4.3.3 노화 과정
-모터렛은 노화 과정 초기에 시험 대상을 가열된 노화 오븐에 직접 집어넣고 과정말기에 실온의 공기 중으로 오븐으로부터 바로 꺼낸다.

-각각의 모터렛 사이의 실제 노화 온도의 차이로 인해 생기는 영향을 줄이기 위해 노화 오븐에서의 모터렛의 위치선정은 계속되는 가열 노화 부-주기에서 무작위로 해야 한다.

4.4 진단 과정

4.4.1 기계적 시험
-각각의 열 노화 과정 후 실온에서 냉각시킨 다음 각 모터렛은 진동 테이블 상에서 한 시간 동안 기계적 압력을 받는다.

-오른쪽 모서리에서 전도체의 각 면까지 움직임이 일어나서 코일의 끝 부분이 실제 기계의 권선 종단 힘 내에 있는 것처럼 진동할 수 있도록 시험대상을 쌓아야 한다. 진동 시험은 실온에서 진행되어야 하며 전압이 가해져서는 안 된다. 적절한 진동의 크기는 15g의 가속에 상응한다. (50Hz에서 0.3mm 또는 60Hz에서 0.2mm진폭)이 요구된다면 사용한 후 보고해도 무방하다.
압력원칙(제1절의 5.5.1 참조)상 더 큰 진폭이 사용된다면, 이를 사용하고 기록한다.

4.4.2 습기 시험
-습기 시험은 적어도 48시간이상 지속되어야 한다. (제1절의 5.5.2 참조)흙탕물이 아닌 눈에 보일 정도의 작은 물방울들이 습기 시험 내내 권선 위에 존재해야 한다. 시험 대상은 15℃에서 35℃ 사이의 실온정도에 방치되어야 한다. 실제 시험 온도를 보고한다.
이 시험 동안 시험 대상에 전압이 가해져서는 안 된다. 이러한 시험장비가 첨부 C에 제시되어 있다.

-냉각된 시험 대상라는 원칙이 적용되어야 한다. 부속서 C의 C.2항을 참조.

4.4.3 전압 시험
-시험 견본의 상태를 체크하고 시험기간의 끝을 결정하기 위해 시험대상이 습기에 노출된 후에 전력-주파수 전압을 인가해야 한다. 다음과 같이 이루어진다.

표 1-과정 1에서의 시험 전압값

실사용정격전압	시험을 위한 추천 전력-주파수 전압($V_{r.m.s}$)		
	프레임간	코일간	전도체간
110-400	400	400	110±10
401-660	660	660	110±10
661-1000	임의값	임의값	임의값
* 위 제시된 전압 범위에서 선택된 한 값은 지속적으로 사용되어야 한다.			

-프레임까지와 코일간에 사용될 시험전압은 해당 절연 시스템이 사용될 전압 범위의 상한도와 일치해야 한다. 예를 들어 600V에서 더 많은 시험치들을 얻기 위해 660V에서 시험하는 것이다. 어떠한 전압 값들이 참조 시스템과 후보 시스템 모두에 지속적으로 유지될 때 시험 경험에 기초한 단점 결정에 그 전압 값들을 사용할 수 있다.
표1에 주어진 값들로부터의 편차를 기록한다.

-시험 견본이 습기에 젖은 채로 아직 습기 시험 기기내에 있을 때 10분간 전압을 가한다.
10분간의 시험 전압은 병렬로 감겨진 전도체간, 코일간, 그리고 마지막으로 코일 전체에서 프레임까지에 지속적으로 인가된다. 의도되지 않은 고전압 스파이크를 제거하기 위해 시험회로에 전압 서지 안전장치를 달아주는 것이 좋다.

-경험을 토대로 볼 때 모터렛 시험에서 가장 중요한 요소 중 하나는 고장은 감지하는 회로 차단기의 성능이다. 부속서A의 A.3항을 참조.

4.4.4 그 외 진단 시험
그 외 진단 시험은 제1절의 5.5.4에 의해 이뤄진다.

4.5 분석, 보고, 분류
제1절의 5.6에 주어진 과정이 수행되어야 한다.
보고할 추가 항목은 4.4.1과 4.4.3에 제시된다.

5. 과정 2 : 모터 시험 과정

5.1 개요
5.1.1 과정 2
시험 대상로 실제 모터를 사용하는 이번 과정은 KSC IEC 60034-18-1의 과정 2에 언급될 것이다.

5.1.2 일반적 특성

-내열 시험 과정은 몇몇의 주기로 이루어져 있다.

각각의 주기는 다음 과정으로 이루어진다.

: 열 노화 과정

: 습기 시험이 포함된 진단 과정

전압은 모터가 동작하는 동안에 지속적으로 인가되고 또한 특징적인 요소이기도 하다.

-더 큰 열 기계적 압력과 고농축의 분해물이 실제보다 높은 온도에서의 시험에서 발생한다. 또한 비정상적인 높은 기계적 압력과 전압으로 인한 고장은 오랜 사용으로 야기되는 고장들과는 일반적으로 다른 성질의 것이다.

-주요 시험 요소의 제어, 제조 공정, 모터를 시험하는 방법에 있어서 야기되는 편차 때문에, 한 설비의 모터시험과 다른 설비에서의 모터시험을 비교하는 것은 상당히 어렵다. 따라서 한 제조 공정과 시험 설비 내에서 모터 절연 시스템을 비교해야 하겠다.

-비록 실제 모터 시험이 이루어졌다해도 그 결과는 실제 사용에서의 내구력을 결정하는데 사용할 수 없다. 시험 결과는 단지 절연 시스템을 비교함으로써 분류의 수단으로만 사용할 수 있다.

5.2 시험 대상

5.2.1 시험대상의 구조화

-시험 대상은 완벽한 모터이다. 모터는 기계적 수명을 연장하기 위한 시험에서 변형될 수 있다. 온도 상승의 증가를 위해 절연 시스템과 주변 환경에 대해서는 아무런 변화를 주지 않는 여러 가지 기술들을 적용할 수 있다.

-실제 모터를 시험하는 과정에서 구성요소의 크기나, 권선 제조 공정, 그리고 그 형태는 시험 결과에 영향을 미친다. 그러므로, 제조 공정은 상용화 된 것들이거나 일반적 제품의 사용을 심사숙고 해야한다.

5.2.2 시험 대상의 수

각 절연시스템에 대한 각 노화온도에서 최소한 5개의 모터가 시험되어야 한다.

5.2.3 품질보증 시험

첫 번째 열 시험 과정에 돌입하기 전, 다음의 품질보증 시험이 수행되어야 한다.

- 모터조립 이전의 시각적 검사
- KSC IEC 60034-1에 따른 전압시험

5.2.4 초기 진단 시험

각 시험이 완료된 대상들은 열 시험 과정 돌입하기 전 5.4의 진단 시험을 받아야 한다.

5.3 열 노화 과정

5.3.1 노화 온도와 시험 기간

3.7에서 언급된 과정이 연속되어야 한다.

시험 온도는 저항법에 의해 측정되어야 한다. 열전대는 조절을 위해 수행될 수 있다. 열 노화 온도에 도달한 후 온도는 제1절의 5.3.3 에서 언급된 정확도에 따라 조절되어야 한다. 만약 어떤 한 모터의 온도가 공통된 환경에서 평가되는 그룹의 평균적 온도에 비해 상당히 차이가 난다면, 그것은 기록되고 데이터의 분석이 행해져야 한다.

5.3.2 가열 수단

열 생성 모드는 시험에 사용된 모터 형태와 유용한 시험실 장비에 의해 규정된다. 모터 주변 공기의 온도상승, 정상 교류에 직류의 부가, 각 모터의 시동과 역방향 구동, 또는 공극의 확장으로 인한 모터 손실의 증가로 인해 정상적인 온도변화보다 더 높은 온도가 측정될 수 있다. 열이 가해지는 구동행정 동안의 온도제한에 대해, 모터는 어떤 간격을 두고 회전 방향을 바꾸거나 자동으로 멈추고 시동되는 전기적 조절로 정상 전압과 주파수에서 구동될 수 있다. 이밖에도 자동전압조절을 포함하는 온도조절의 방법과, 주변 공기온도의 조절, 그리고 이들을 조합하는 방법이 있다.

가열의 수단은 시험 보고서에서 상세히 묘사되어야 한다.

단상 모터는 열 시험 평가과정이 행해지는 동안 매일 적어도 250번의 시동-정지가 행해져야 한다. 단상 모터의 기동 권선은 주권선 보다 더 높은 전류가 흘러야 작동한다. 각 시동시의 단상 모터는 주권선보다 10K～30K 더 높은 온도에 도달할 것이다.
절연시스템의 주된 과정에 근거한 정확한 분석이 행해졌음을 확실히 하기 위해 타당한 시동횟수가 적용되어야 한다.
다상 모터는 열 시험 과정이 행해지는 매일 적어도 1,000번 이상의 시동과 역구동이 행해져야 한다. 종종 역구동시에 전기적 손실이 높아진 온도를 지속시키곤 하는데, 이것은 역구동 수가 매일 1,000번을 훨씬 넘을 경우이다. 고온의 평가에서 노출의 총 시간은 상대적으로 짧고 이것은 총 평가기간 동안 역구동의 수가 상대적으로 적어지게 한다. 저온에서 노출시간은 고온의 16～20배 가량이 될 것이다. 총 시동수의 큰 변화는 한 과정에서의 시간-온도 곡선의 기울기에 영향을 미칠 것이다. 따라서 저온에서 역구동의 수가 고온에서의 역구동의 수의 두배를 넘지 않을 것이 추천된다. 이상적으로는, 각 온도에서 역구동의 수가 같도록 추구되어야 한다.

5.3.3 노화 과정

모터는 5.3.2에 묘사한 열 시험 과정을 수행한다. 냉각시간이 열적시험 기간에 포함되지 않는 반면 가열시간은 그 부분으로 고려되어야 한다. 시험 과정의 말기에 모터는 진단 과정에 돌입하기 전에 실온으로 냉각되도록 되어야 한다. 만약 모터가 열린 환경에 있다면 통풍에 제한이 없는 환경에서 한번 하중없이 모터를 구동함으로 냉각율을 높일 수 있다.

5.3.4 열 숙성 과정 동안의 기계적 압력

기계적 압력은 모터 구동시의 정상 진동과, 시동과 역구동 또는 이들 모두의 실질적 모터의 평가에서 얻어진다. 모터 시동과 역구동 시에 기계적 충격이 있다. 공극의 확장으로 인해 선주파수의 두배로 진폭이 증가될 것이다. 모터의 시동과 역구동시의 높은 전류로 인한 전류변화로 더 큰 힘이 생긴다. 시험에서 이들 기계적 힘은 온도 상승을 유발한다.

시험 모터는 견고히 설치되거나 모든 모터에 일정한 양의 충격을 줄 수 있는 충격패드에 배치되어야 한다. 배치방법은 기록되어야 한다. 후보 절연 시스템을 포함하는 시험대상도 참조시스템을 포함하는 시험대상과 같은 방법으로 배치되어야 한다.

5.4 진단 과정

5.4.1 습기 시험

-습기 시험은 완전 밀폐된 기계(보호 등급 IP 44 이상)와 직류 기계를 제외하고는 최소한 48시간 수행되어야 한다. 기계의 습기 시험은 실질적이지 못하기 때문에 필수적이진 않다. 흙탕물이 아닌 눈에 보일 정도의 작은 물방울들이 습기 시험 권선 위에 존재해야 한다. 가시적 응축을 확실히 하기 위해 절연시스템은 줄곧 충분한 습도를 지닌 주변 대기의 이슬점보다 낮은 온도에 있어야 한다. 이러한 요구사항을 충족시키는 더 합리적인 방법은 부속서 C의 C.2항에 묘사된 냉각된 평가대상을 응축시험실에서 사용하는 방법이 있다.

-그러나 모터가 클수록 옮기기 힘들고, 습기 시험을 위한 장비내에선 유지되기 어렵거나 혹은 이용할 수 없을 것이다. 습기를 가하는 또 다른 방법들에는, 모터 주위에 폐쇄된 후드를 놓거나 또는 재래식 습기실, 연기실을 사용하는 방법들이 있다.

-완전히 밀폐된 기계를 시험할 경우, 종료종(end bells) 또는 단자함의 덮개가 제거되어야 하며, 외함내에 습기 줄을 위한 구멍이 있어야 한다.

-습기 노출시 전압을 걸어서는 안 된다.

5.4.2 전압 시험
-특수 전압 시험을 열 노화 과정 내내 수행해야 한다.

-습기 시험 후에 아직 권선이 젖어있을때 모터를 바로 작동시킨다. 조립 전에 아직 젖어 있는 동안 권선과 프레임 사이에 최고 정격 전압을 10분동안 가하는 전력 주파수 시험을 수행한다. 열 노화 과정에서 모터는 최소한의 기간 동안이라도 그들의 최대 정격 전압으로 작동되어야 한다. 전류 차단 임피던스를 통해 접지시킨 전력원을 사용해야 하며 모터 프레임은 열 노화 과정에서 전압 압력이 존재하도록 접지 시켜야 한다. 프레임에 전류 검출 회로를 설치해서 프레임의 절연 실패를 감지한다. 이러한 시험에서 모터의 수명이 끝나는 시점은 정격 전압하에서 권선 절연시키는 것이 실패했을 때와 일치한다. 단상

모터의 회전 방향의 오류는 권선의 시작이 잘못되었다는 것을 지적해준다.

-의도되지 않은 과전압 스파이크를 방지하기 위해 시험 회로에 서지 탐지기를 설치하는 것이 좋다.

5.4.3 그 외 진단 시험
-모터의 각 권선이나 또는 상(phase)에 차례대로 연속 서지 비교 시험을 해 주어야 한다. 서지 시험 또한 프레임 절연에 영향을 주기 때문에 KSC IEC 60034-1에 열거된 프레임시험 전압의 최대치보다 큰 전압을 사용해서는 안 된다.

-그 외의 진단 과정들은 제1절의 5.5.4에 따라 수행한다.

5.5 분석, 보고와 분류
-제1절의 5.6에 제시된 과정을 수행한다.

-보고할 추가 항목은 5.3.1과 5.3.2에 제시되어 있다.

6. 과정 3

6.1 개요
6.1.1 과정 3
시험 대상인 고정자의 슬롯에 조립된 권선을 이용하는 이 과정은 고정된 날개를 시험용 대상을 사용하는 과정으로 KSC IEC 60034-18-21의 과정 3에 언급될 것이다.

6.1.2 일반적 특징
내열시험 과정은 몇몇 주기로 이루어져 있으며 다음의 주기와 같다.
-열 노화 과정
-기계적 노화, 습기 시험, 전압 시험을 포함한 진단 시험 과정(위 순서로 진행된다.)

6.2 시험 대상
6.2.1 시험 대상의 구조화
-시험용 대상은 실제 권선이거나 실제 고정자의 권선의 부분이다.

-각각의 대상은 몇몇 개별적 시험 견본을 가질 수도 있다.

-시험 견본은 회전 절연, 코일간 절연, 코일과 프레임간 절연 시험 실행 시 나타나는 특징들을 가지고 있어야 한다.

-이번 시험 대상은 일반적인 공정이나 혹은 고안된 공정으로 제조된다..

6.2.2 시험 견본의 수
절연체계의 각 노화 온도에서 적어도 10개의 견본들이 시험되어야 한다.

6.2.3 품질 보증 시험
첫 번째 열 시험 과정 전에 다음의 품질 보증 시험이 수행되어야 한다.
-시험 대상에 대한 시각 시험
-KSC IEC 60034-1에 따른 전압 시험

6.2.4 초기 진단 시험
완전한 시험을 거친 시험 대상은 열 노화 과정을 시작하기 전에 6.4의 진단 과정을 거쳐야 한다.

6.3 열 노화 과정

6.3.1 노화 온도와 시험기간
3.7에 주어진 과정이 수행되어야 한다.

6.3.2 가열 방법
제1절의 노화 오븐 또는 적용 가능하다면 내부저항 가열을 사용해도 된다.

6.3.3 노화 방법
-오븐을 사용할 때 노화 과정 초기에는 가열된 노화 오븐에 시험 대상을 직접 집어넣고, 노화 과정 말기에는 실온의 공기중으로 직접 꺼낸다. 또는 상당하는 효과로 냉각시킨다.
-가능하다면 오븐 내에서 시험 대상의 위치선정은 무작위로 해야한다. 4.3.3을 보시오.

6.4 진단 시험

6.4.1 기계적 시험
-시험전에 시험대상을 실온 정도로 냉각시킨다.

-기계적 압력을 가하는 방법에 관해서 시험 보고서에 설명해야 한다. 진동 테이블이 사용가능하다.

-기계적 압력은 실사용에 있어서 한순간에 가해질 수 있는 최대의 압력 또는 비슷한 성질의 압력만큼은 되어야 한다.

-기계적 압력은 일시적으로 가해지는 압력의 크기를 1000번 이상의 진동과정동안 가해진다.

주 - 모터 회전이 반대로 되었을 때 발생되는 힘에 맞먹을 전기력을 일으키기 위해 과전류 시험이 사용될 수 있다.

6.4.2 습기 시험
습기 시험은 제1절의 5.5.2에 따라 적어도 48시간이상 지속되어야 한다. 흙탕물이 아닌 눈에 보일 정도의 작은 물방울들이 습기 시험 내내 권선 위에 존재해야 한다. 시험 대상은 15℃에서 35℃ 사이의 실온 정도에 방치되어야 한다. 실제 시험 온도를 보고한다 이 시험동안 시험 견본에 전압을 인가해서는 안된다. 습기를 가하기 위해 사용되는 적절한 기구는 부속서 C의 C.1항에 서술되어 있다.

6.4.3 전압 시험
-시험 견본의 상태를 체크하거나 시험 기간의 끝을 결정하기 위하여 시험대상을 습기에 연속적으로 노출시킨 후 전압이 인가된다.

-시험전압은 표 1에서 선택되어야 한다. 다른 시험 전압들은 참조 시스템과 후보 시스템에 대해 지속적으로 유지되는 한 시험결과에 입각한 단점 결정에 사용될 수 있다. 표 1에 제시된 값들의 편차를 보고한다.

-10분간의 시험 전압은 회전자간, 코일간, 그리고 코일 전체에서 외함 까지에 인가된다. 견본품이 노출되어 아직 젖어 있는 동안, 더 좋게는 실온의 습기 상자에 있는 동안 전압은 인가되어야 할 것이다. 의도되지 않은 고전압 스파이크를 제거하기 위해 시험회로에 전압 서지 안전장치를 달아주는 것이 좋다.

6.4.4. 그 외 진단 시험
다른 진단 시험들은 제1절의 5.5.4 항을 참조하시오.

6.5 분석, 보고, 분류
-제1절의 5.6항에 제시된 과정이 이후 수행되어야 한다.

-보고될 추가 항목들은 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3에 제시되어 있다.

7. 과정 4 : 극 권선 시험 과정

7.1 개요
7.1.1 과정 4
이 과정은 시험 대상로 극 권선을 사용하며 KSC IEC 60034-18-21 절차 4에 언급되어 있다..

7.1.2 일반적 특징
이 내열 시험과정은 몇몇 과정이 반복된다. 각 과정은 다음과 같다.
 -열 노화 과정
 -기계적 시험, 습기 시험, 전압 시험 순서로 진행되는 진단 시험

7.2 시험 대상
7.2.1 시험 대상의 구조화
이 과정에 사용된 시험 대상은 막대에 설치된 계자 모양의 절연체계를 설계한다. 그것은 모든 필수요소를 구현할 수 있도록 만들어져야 하고, 가능한 완전한 권선 절연 시스템을 대표할 수 있는 것이어야 한

다.

a) 임의 권선 계자 코일
작은 직류 기계와 동기기에 사용되었던 것처럼 적절하고 편리한 모델이 시험 대상로 쓰여야 한다.

고정자 계자 코일 절연체에 무작위 코일을 감는 시험의 목적에 부합하는 모델 코일의 조립에 대해서는 첨부 B에 서술되어 있다. 연구결과로부터 나온 실제의 막대 조각들은 필요하면 사용해도 되며 이는 만약 코일 극 조립품에 발생된 스트레스가 껍질이 형성된 극을 휘게 한다면 어떤 경우에는 필요할 것이다. 그러나 움직임은 실제 요구조건과는 맞지 않는 부적절한 편차를 야기한다.

b) 정밀 권선 계자 코일
층 권선 또는 정밀 권선 계자 코일을 의한 시험대상의 예는 큰 직류 기계의 예에서 사용된 것과 같이 부속서 B에 서술되어 있다.
시험 설치 물은 무작위로 감겨진 코일과 비슷하지만 폴 끝에서의 곡률은 생략한다.

7.2.2 시험 대상의 수
절연시스템에 대한 각각의 열 노화 과정에서 적어도 10개의 시험대상이 시험되어야 한다.

7.2.3 품질 보증 시험
첫 번째 열 노화 과정이 시작되기 전에, 다음에 제시되는 초기 시험이 선행되어야 한다.
- 시험 대상에 대한 시각 정밀 검사
- KSC IEC 60034-1 에 의한 전압 시험

7.2.4 초기 진단 시험
초기시험이 끝난 후 시험대상은 첫 번째 열 노화 과정을 시작하기 전에 7.4에 나오는 진단 시험을 거쳐야 한다.

7.3 열 노화 과정
7.3.1 노화 온도와 시험기간
3.7에 제시된 과정이 이후 수행되어야 한다.

7.3.2 가열 방법
제1절의 5.3.3에 제시된 노화 오븐을 사용한다.

7.3.3 노화 과정
-노화 과정 초기에 시험 대상을 가열된 노화 오븐에 직접 집어넣고 과정말기에 실온의 공기 중으로 오븐으로부터 바로 꺼낸다.

-오븐 안에서 시험 대상의 위치선정은 가능하다면 무작위로 해야 한다.
4.3.3항을 참조.

7.4 진단 과정

7.4.1 기계적 시험
-열 노화 과정 후에 실온에서 냉각시킨 다음 각 시험 견본들에 기계적 압력을 가해야 한다.

-기계적 압력은 실사용에 있어서 가해지는 것과 같은 일반적 특성을 가져야 하며 보통의 사용에서 가해질 수 있는 가장 강한 압력을 엄격히 고려해야 한다.

-제1절의 5.5.1 대로 고정자 코일에 대한 기준 시험은 진동 테이블시험이다. 오른쪽 모서리에서 전도체의 각 면까지 움직임이 일어나서 코일의 끝 부분이 실제 기계의 권선 종단 힘 내에 있는 것처럼 진동할 수 있도록 시험대상을 쌓아야 한다. 이 진동 시험은 실온에서 진행되어야 하며 전압이 가해져서는 안된다. 견본들은 여기되어 1시간동안 진동할 것이다. 적절한 진동의 크기는 $15m/s^2$ 이며 만약 50Hz의 0.3mm 또는 60Hz의 0.2mm진폭이 요구된다면 사용한 후 보고해도 무방하다.

-만약 위에 제시된 일반 원리에 뒤따르는 다른 방법을 사용할 때, 상세히 보고해야하며 또한 정당화해야 한다. 예를 들어, 실사용에서 야기될 수 있는 원심성의 압력을 재생하기 위해 돌극형 고정자 코일을 순환시켜 볼 수 있다.

7.4.2 습기 시험
습기 시험은 적어도 48시간이상 지속되어야 한다. 흙탕물이 아닌 눈에 보일 정도의 작은 물방울들이 습기 시험 내내 권선 위에 존재해야 한다. 시험 대상은 15℃에서 35℃ 사이의 실온정도에 방치되어야 한다. 실제 시험 온도를 보고한다.
부속서 C를 참조.

7.4.3 전압 시험
-시험 견본의 상태를 체크하고 시험기간의 끝을 결정하기 위해 시험대상이 습기에 노출된 후에 전력-주파수 전압을 인가해야 한다.

-다른 시험 전압들은 참조 시스템과 후보 시스템에 대해 지속적으로 유지되는 한 시험결과에 입각한 단점결정에 사용될 수 있다.
위에 제시된 값들의 편차를 보고한다.

-10분간의 시험 전압은 회전간, 코일간, 그리고 코일 전체에서 프레임 까지에 인가된다. 견본이 노출되어 아직 젖어 있는 동안, 더 좋게는 실온의 습기 상자에 있는 동안 전압은 인가되어야 할 것이다. 의도되지 않은 고전압 스파이크를 제거하기 위해 시험회로에 전압 서지 안전장치를 달아주는 것이 좋다.

표 2. 과정4의 시험 전압

계자권선 (Un)	시험을 위한 추천 전력 - 주파수 전압($V_{r.m.s}$)	
	코일간 또는 코일과 프레임간	전도체간
35 이하	200	110±10
36-250	500	110±10
251-660	1320	110±10
>660	2 UN	110±10
* 위 제시된 전압 범위에서 선택된 한 값은 지속적으로 사용되어야 한다.		

7.4.4 다른 진단 시험

다른 진단 시험이 제1절의 5.5.4에 따라 수행될 수 있다.

7.5 분석, 보고, 분류

제1절의 5.6에 주어진 과정이 연속되어야 한다. 기록될 추가 항목이 7.3.1과 7.3.2, 그리고 7.3.3에 설명되어 있다.

8. 과정5 : (슬롯을 감고 있는)회전자 권선에 대한 시험 과정

8.1일반사항

8.1.1 과정 5

시험대상으로써 회전자의 슬롯을 감고있는 권선의 코일을 사용하는 과정은 KSC IEC 60034-18-21, 과정5에 언급되어 있다.

8.1.2 일반적 특징

이 내열 시험 과정은 여러 행정으로 구성된다. 각 행정은 다음으로 구성된다.

- 열 노화 과정
- 기계적 시험, 습기 시험, 그리고 전압 시험을 포함하는 진단 과정(위의 순서로 수행한다.).

8.2 시험 대상

8.2.1 시험대상의 구성

권선형 전기자(직류기의 회전자)에 대해, 절연시스템의 평가에 대해 권선형 회전자의 바람직한 속성과 가장 적절히 병합되는 평가대상은 회전자 그 자체임을 경험적으로 알 수 있다. 따라서, 평가 대상은 실질적으로 감고 있는 곳이거나, 회전자 슬롯에 감긴 부분이다.

시험대상을 구조화하는 동안 절연체 설치, 코일 권선, 합성수지나 광택제 처리를 위해서 일반적인 전기자 제조 공정이 수행되어야 한다. 결과 데이터를 최대화하려면 1)감은 코일간 2)코일과 코일 사이 3)코

일과 프레임 사이의 (일반적으로 1),2),3) 순) 유전체 입증시험 또는 절연상태 측정을 수행하기 위한 연결이 필요하다. 이러한 목적의 연결순서는 실질적인 것과는 다를 수도 있다.
정류기에 있어서, 제안된 연결기술이란 한 정류자 부분에서 코일의 시작과 그 제거를 뜻함이다. 이는 기계로서 동작하지 않는 권선이지만 측정을 위해 절연된 코일을 구현케 한다. 시험대상으로서 적합한 회전체나 코일의 절연을 위해서 다른 연결방법을 사용해도 무방하며, 이때의 연결 방법을 보고한다.

정류자의 재료와 디자인은 시험대상에 대한 중요한 고려사항이다. 시험 목적은 절연체만을 감고 있는 회전자에 대한 평가일 수 있고 따라서 그것은 정류자의 영향을 포함하는 것이 더 나을 수 있다. 그렇게 하는 것의 이론적 근거는 장치 냉각과 정류자와 권선의 온도상승의 결과와의 차이일수 있다. 권선과 정류자로 선택된 재료의 열성능은 결과적으로 다를 수 있다. 이런 상황에서, 필요한 코일단락과 측정을 위한 정류자를 대체하는데 설치물이 쓰일 수 있다.

시험목적이 정류자와 권선을 조립한 장치로 평가하기 위한 것이라면, 유용한 데이터와 확실한 측정을 위해(특히, 작은 시험대상에서는), 정류자에서의 몇몇 변용이 필요할 것이다.
정류자 디자인과 기능의 고유한 성질인 구리의 노출과 가 부분들 사이, 부분과 연결부, 부분과 프레임 사이의 짧은 거리는 과도전압 시험 시에 방전이나 부적절한 절연체의 연소를 가져올 수 있다. 이런 상태를 완화하기 위해, 가습으로 인한 정류자의 과도한 습기가 전압의 인가에 앞서 제거하거나 강제로 공기를 주입함으로 주의 깊게 제거될 수 있다. 정류자 표면의 밀폐나 직접적 연결이 역시 필요로 될 수 있다.

8.2.2 시험 견본의 수
각 절연시스템 당 최소한 10개의 표본이 각 숙성요소에서 평가되어야 한다. 회전자는 각각 적절히 고립되고 확인된 하나의 절연시스템 이상을 결합하도록 감겨질 수 있다. 가급적으로, 각각 다른 절연시스템을 포함하고 있는 여러 회전자가 각 숙성온도에서 시험을 위해 감겨질 수 있다.

8.2.3 품질보증 시험
첫 열 노화 과정에 돌입하기 전 다음의 품질보증 시험이 수행되어야 한다.
- 시험대상의 시각적 시험
- KSC IEC 60034-1에 따른 전압시험

8.2.4 초기 진단 시험
각 완료된 시험대상은 첫 열 노화 과정에 돌입하기 전 8.4의 진단 시험이 수행되어야 한다.

8.3 열 노화 과정

8.3.1 노화온도와 시험 기간
3.7에 제시된 과정이 뒤따라야 한다.

8.3.2 노화 방법
제1절의 5.3.3에 나온 노화 오븐을 사용한다.

8.3.3 노화 과정

노화 과정 초기에 시험 대상을 가열된 노화 오븐에 직접 집어넣고 과정말기에 실온의 공기중으로 오븐으로부터 바로 꺼낸다. 오븐 안에서 시험 대상의 위치선정은 가능하다면 무작위로 해야 한다. 4.3.3을 보시오.

8.4 진단 과정

8.4.1 기계적 시험

-실사용에서의 원심성 장하(loading)를 재현하면서 고정자를 기계적으로 돌리던지 실제 기계를 반대로 작동하게 하거나 한 시간동안의 진동을 주어 고정자 시험 지지물에 기계적 압력을 가한다. 실제로 사용된 과정을 보고한다.

-이러한 압력은 일반적인 사용 시 일어날 수 있는 최고의 압력과 엄격히 비교할 수 있는 것이어야 하겠다.

8.4.2 습기 시험

습기 시험은 적어도 48시간이상 지속되어야 한다. 흙탕물이 아닌 눈에 보일 정도의 작은 물방울들이 습기 시험 내내 권선 위에 존재해야 한다. 시험 대상은 15℃에서 35℃ 사이의 실온정도에 방치되어야 한다. 실제 시험 온도를 보고한다. 첨부 C를 보시오.

8.4.3 전압 시험

a) 직류 기계의 고정자

시험 견본의 상태를 체크하거나 시험 기간의 끝을 결정하기 위하여 시험대상을 습기에 연속적으로 노출시킨 후 전압이 인가된다.

표 3. 과정 5의 시험 전압

정격전압 (UN)	시험을 위한 추천 전력 - 주파수 전압($V_{r.m.s}$)	
	코일간 또는 코일과 프레임간	전도체간
35 이하	200	110±10
36-250	500	110±10
251-660	1320	110±10
>660	2 UN	110±10
UN 은 정격전압이다(V) * 위 제시된 전압 범위에서 선택된 한 값은 지속적으로 사용되어야 한다.		

-다른 시험 전압들은 참조 시스템과 후보 시스템에 대해 지속적으로 유지되는 한 시험결과에 입각한 단점결정에 사용될 수 있다.

위에 제시된 값들의 편차를 보고한다.

-10분간의 시험 전압은 회전자간, 코일간, 그리고 코일 전체에서 프레임까지에 인가된다. 견본품이 노출되어 아직 젖어 있는 동안, 더 좋게는 실온의 습기 상자에 있는 동안 전압은 인가되어야 할 것이다. 의도되지 않은 고전압 스파이크를 제거하기 위해 시험회로에 전압 서지 안전장치를 달아주는 것이 좋다.

b) 교류 기계의 회전자

교류기계의 회전자에 대한 전압시험과정과 시험치들은 아직 정해지지 않았다.

8.4.4 다른 진단 시험

다른 진단 시험들은 제1절의 5.5.4에 의해 수행될 수 있다.

8.5 분석, 보고, 분류

제1절의 5.6에 주어진 과정들이 수행되어야 한다.

보고해야하는 추가 항목들은 8.4.1, 8.4.2, 그리고 8.4.3의 a)에 표시되어 있다.

부속서 A

모터렛 구조화(예)

A.1 일반적인 정보

A.1.1 재료

-전도체가 아닌 금속 부분 : 강철
-절연체 : 세라믹 또는 내열성능이 좋은 다른 물질
-코일과 절연 : 실생산에 사용되거나 사용되도록 의도된 것

A.1.2 치수

시험 표본의 크기는 실생산에 사용되는 크기에 근사 시킨다. 연면(Creepage) 거리와 절연 두께, 에어 공간은 실생산에 사용되는 것과 동일하거나 보다 작아야 한다.

A.1.3 구조화

-동일한 쌍의 슬롯에 설치된 두 코일은 모터렛에 있어서 필수적인 부분이다. 그 슬롯은 강철판으로 적절한 방법에 의해 형성되어 있고 모터렛의 밑부분에 고정되어 있다. 4개의 절연체 역시 기초판에 설치되어 있다. 모터렛 구조화에 사용되는 원칙에 대한 그림 2를 참조.

-코일들은 평행하게 두 전선으로 감겨져 있다. 회전수는 실생산에서 발견되는 것처럼 슬롯에 있어서 대략 동일한 필 펙터(fill factor)를 주어야만 한다.

-두 코일은 코일과 프레임간, 코일간, 전도체간의 시험을 용이하게 하기 위해 절연체에 연결한다.

-모터렛은 권선투입기술과 같은 실 제조 공정의 영향을 모의 시험할 수 없다. 결과적으로 제조 과정의 영향은 최소화 될 것이다. 모터렛은 간단한 설비를 사용하여 수작업으로 조립된다.

-모터렛은 후보 절연 시스템에서 사용되는 재료의 복합성을 평가하는데 유효하다.

A. 2 모터렛 상세 구조(예)

시험실에서 시험 대상을 개선하거나 편리하게 하기 위해 전술된 모터렛 조립에 변형이 가해질 수 있다. 이 상세 정보를 이 부속서 에서 다루는 것은 불필요하다. 그러나 다양한 시험 경험이 없는 연구실을 위해 또는 연구실끼리의 비교가 필요할 때를 위해 정밀한 세부 사항이 꼼꼼하게 관찰되어져야 한다.

디자인과 모터렛의 준비에 큰 주의를 기울이는 것만이 서로 다른 시험실에서 시험되는 표본들이 비교 가능한 결과치를 나타낼 수 있다는 것을 경험으로 알 수 있다.

몇 년 동안 많은 다른 시험실에서 채택되고 사용된, 그리고 일치된 결과를 나타낸 모터렛 디자인은 다음과 같다.

-그림1 : 조립전의 모터렛의 전기적 절연 물질, 권선, 그리고 금속 부분을 포함한 모든 구성 요소
-그림2 : 완전한 모터렛
-그림3 : 모터렛 프레임의 금속 부분과 조립전의 기초부

완성된 모터렛은 견고한 지지 금속부로 이루어져 있는데, 이는 네 개의 멀리 떨어져 있는 사기 절연체 또는 한쪽 끝에 고정되어 있는 다른 적절한 물질로 이루어지고 다른 한쪽 끝에는 안쪽과 바깥쪽 판에 의해 형성된 두 개의 슬롯으로 이루어져 있다. 그 지지대에는 진동 시험동안 모터렛을 설치하기 위한 구멍들이 있다. 슬롯 선택은 강철판으로부터 만들어진다. 조립된 슬롯 부분은 두 개의 코일을 포함하는데 이 코일들은 슬롯절연재에 의해 프레임으로부터 절연되어 있고 또한 상절연과 슬롯 쐐기를 통해 서로간에도 절연되어 있다. 이러한 요소는 실제 모터에서 사용되는 부분이다. 전도체간의 전기적 시험이 이루어지도록 그 코일은 각각 평행한 전선으로 감겨 있다. 그것들은 보통의 제조 관행처럼 핀(pins) 또는 폼(forms)위에 기계적으로 감겨 있다. 가능하다면 필요한 용도를 모형화하기 위해 구조와 제조 공정을 변형할 수 있다. 다음은 모터렛 준비의 상세한 설명이며 표준 규격의 목적에 맞는 구조예이다.

모터렛구성 요소
1) 전선 - 1.12 mm 권선 전선, 강막으로 코팅된 2등급짜리

2) 슬롯 절연 - 폭 70 mm로 쪼개지는 0.25 mm 절연 판. 재료는 양 끝에서 3.2 mm씩 접혀서 최종적으로 폭 64 mm가 되는 것이어야 한다. 이는 슬롯의 각 끝으로부터 4.8 mm가 남게 한다.

3) 상절연 - 13mm * 75mm, 0.25 mm 두께의 절연 판 두 조각과 가운데 38mm짜리 구멍이 있는 지름 64mm의 원 한 개. 이는 직 4각형 모양에서 6.4mm의 겹침을 가능케 한다.

4) 슬롯 쐐기 - 손질된 U자형 나무에서 잘라낸 쐐기는 폭 9.5mm 에 길이 76mm인 것이어야 한다. 쐐기의 한쪽 끝 부분은 슬롯에 잘 들어 갈 수 있도록 둥글게 해야 한다.

5) 슬리빙(sleeving) - 리드(lead)를 덮을 수 있을 정도의 충분한 크기, 코일의 슬롯부분의 중심에서 끝 부분까지의 리드를 커버할 수 있을 정도의 길이를 갖춘 절연 슬리빙

6) 매는 끈(Tie cord) - 코일과 리드를 한꺼번에 묶을 수 있는 끈

7) 권선 테이프 - 폭 13mm인 전기적으로 쓰이는 테이프

8) 전기적 절연체인 니스와 수지. IEC 60455 또는 IEC 60464에 명시된 것.

위에 나열된 모든 재료들은 후보 절연체나 참조 절연체의 구성요소이다.

모터렛의 조립

1) 코일감기 - 평행한 부분의 길이가 64mm정도가 되도록 코일을 타원형으로 단단하게 감는다. 평행하게 감겨진 양쪽 면은 44mm 정도 떨어져 있다. 타원의 둥근 끝 부분은 지름 44mm의 반원 모양이다. 각 코일은 선을 20번씩 두 번 (40번) 감는다. 각 슬롯에 코일이 두 개씩 있으므로 슬롯 하나는 80번의 전선을 감은 격이 된다. 두뭉터기의 전선의 각 끝부분을 자르고 반원 중 하나의 가운데의 부근 코일로부터 5mm를 남김으로써 연결되지 않는 끝부분이 준비된다. 그 5mm는 권선 테이프로 감겨진다. 연결되지 않은 두 끝부분은 최소 5mm 차이로 분리되어 있다. 다른 전도체의 끝부분은 코일의 직선부분으로부터 얻어지며 이들 리드위에 슬리빙 조각들이 놓여진다. 리드와 슬리빙은 매는 끈으로 한꺼번에 묶여 있다. 이 과정이 그림 2에 나와 있다.

2) 크리닝(Cleaning)과 금속부분의 조립 - 조립전에 모터렛의 각 금속 부분은 톨루엔과 변성 알코올이 같은 비율로 섞여 있는 용매에 적어도 30분이상 담가 놓는다. 순수 솔벤트로 씻은 후 꺼낸 뒤 매끈한 천으로 닦아준다. 모터렛의 금속부는 슬롯부분이 옆으로 평행하고 너비가 같도록 주의깊게 조립한다. 이를 위한 간단한 방법으로 슬롯부분과 너비가 같도록 두 개의 나무조각을 자르고 슬롯을 볼트로 조이기 전에 나무 블록을 슬롯 부분에 놓아 슬롯의 위치를 잡는다.

3) 슬롯 절연재의 삽입 - 슬롯 절연재는 64mm 사각형으로 자른 조각을 슬롯에 맞게 구부려서 얻는다. 이는 쐐기 아래에 sheet 절연재가 접히게 하고 5mm씩 남도록 한다. 슬롯 절연재는 슬롯의 끝부분에서 똑같은 양만큼 벗어나게 하기 위해 고도의 주의를 기울여 슬롯에 삽입한다.

4)코일의 삽입 - 슬롯 절연재가 감고 있는 전선이 슬롯에 위치할 때 벗겨지지 않도록 슬롯의 꼭대기에 모조 돌기 조각을 감싸게 한다. 단락된 전도체의 끝을 아래로 하고 리드를 코일의 꼭대기에 있게 한 채 슬롯에 삽입된다. 바닥 코일이 적소에 놓여진 후 상(phase)절연재가 삽입된다. 슬롯안의 상절연재가 바닥 코일을 완전히 감싸도록 주의해야 한다. 만약 슬롯의 상절연재가 너무 크다면, 모서리 부분이 코일의 꼭대기를 향해 접힐 것이다. 상절연재는 크기가 맞게 바닥 코일의 모든 부분에 일정한 크기로 삽입되게 한다. 바닥코일의 끝은 평평히하며 슬롯 절연 모서리가 벗겨지지 않도록 한다. 바닥 코일과 마찬가지로 꼭대기 코일도 삽입한다. 단락된 전도체의 끝을 위로 하고 리드를 아래로 한다.
꼭대기코일은 바닥코일과 같은 테두리 안에 유지되게 맞춰주어, 꼭대기 코일의 선이 상절연재에서 빠지지 않게 한다.

5) 리드의 연결 - 리드의 길이는 그 끝이 절연체와 만나도록 주의깊게 측정되어야 한다. 리드의 맨끝 13mm는 에나멜을 벗기고 절연 전극에 연결하기 전에 끝을 납땜질을 해야한다. 바닥 코일의 리드는 안쪽 절연체에, 꼭대기 부분의 코일의 리드는 바깥쪽의 절연체에 연결시킨다. 슬롯 절연의 상단에 삽입된 코일과 쐐기는 슬롯 절연의 끝부분에 삽입된 코일로 감싸져야 한다.

6) 전기적 시험 - 코일의 절연저항성은 4.3.3에서 추천된 것처럼 주어진 전압에 따라 체크되어야 한다. 이 시험을 통과하기 위해 모터렛은 전기적으로 절연시키는 니스나 수지로 처리해야 한다.

7) 니스 또는 합성수지 처리 - 니스와 수지의 처리는 실제 생산과정과 가능한 비슷하게, 그리고 똑같은 물질을 가지고 사용해야 한다.

8) 모터렛 설치 - 10개의 모터렛을 대략 13mm 두께의 단단한 알루미늄으로 만들어진 톱니받침에 죄어 준다. 톱니받침은 공기순환이 방해되지 않게 모터렛 사이에 큰 개구부가 있어야 한다. 톱니받침은 오븐과 습기상자에 맞아야 되고, 진동 테이블(vibration table)에 고정될 수 있어야 한다.

A.3 전압 시험을 위한 회로 차단기

미리 계측된 전자-기계적 과전류 회로 차단기는 다음 전류로 2~3초의 짧은 시간으로 연속해서 사용될 것이다.

-전선 사이	0.75A
-코일 사이	0.50A
-코일-프레임 사이	0.50A

부속서 B

극 위의 권선 모델 (예)

B.1 직류 기계의 임의 권선 계자 코일에 대한 시험 설치물

임의 권선 계자 코일의 절연 시스템의 평가를 위한 시험 설치물의 구조화에 대한 세부사항은 (단지 예시일 뿐이지만) 그림 4-7에서 보여주고 있다. 어쩌면 시험실 자체의 시험 대상을 개발하는데에 상세한 정보가 필요 없을 지도 모른다. 그러나 다양한 시험 경험이 없는 연구실을 위해 또는 연구실끼리의 비교가 필요할 때를 위해 정밀한 세부 사항이 꼼꼼하게 관찰되어져야 한다. 자체의 계자 코일 구조나 설계를 더 정확하게 모형화하기 위해 제작자가 크기나 설계를 수정하는 것도 가능하다.

코일은 전도체간 전기적 시험과 회전자간의 측정을 모형화하기 위해 두개의 전선을 평행하게 감는 것을 빼고는 표준생산방식으로 만드는 전형적인 계자 코일이다. 코일은 두 개의 전선을 평행하게 감는 것을 빼고는 표준적인 공정 방법에 따라 감고, 손상을 막기 위해 전선 절연을 한다. 절연을 목적으로 한 시험에서 증명된 공정 기술에 의해서 코일-프레임간의 절연이 이루어 진다.

오래 견디면서도 코일 절연이 가능한 리드는 일반적인 방법으로 코일의 끝에 붙인다.
그리고, 그 끝은 모든 연결부가 적당하게 보호된 프레임판에 설치된 단자에 연결시키거나, 끝과 직접적으로 연결시키기 위해 내놓아야 하며, 이때 코일은 감싸서 보호시킨다.

시험 견본은 제조공정에 대한 영향을 예상하는 것은 불가능하다는 것을 인지해야 한다.

B.2 직류 기계의 정밀 권선 계자 코일에 대한 시험 설치물

한층으로 감긴 권선 계자 코일의 절연시스템 평가를 위한 시험 설치물에 대한 세부사항은 그림 8-11에 나와 있다. 자체의 계자 코일 구조나 설계를 더 정확하게 모형화하기 위해 제작자가 치수나 설계를 수정하는 것도 가능하다.

코일을 극에 고정시키는 기술이 극 구조의 강도에 의존하므로 만약 편리하다면 실제의 극 을 사용하는 것이 바람직하다. 프레임판으로 더 무거운 강철이 사용되는 것도 같은 이유에서이다.

상세한 정보는 절연평가에 대한 경험이 적은 연구실이나, 연구실끼리의 비교시 유용할 것이다.

코일은 전도체간 전기적 시험과 회전자간의 측정을 모형화하기 위해 두개의 전선을 평행하게 감는 것을 빼고는 표준생산방식으로 만드는 전형적인 계자 코일이다. 니스처리를 포함여 코일부터 프레임의 절연은 일반적인 방식을 따라야하고, 각 제작자에 따라 달라질 수 있다. 절연된 리드는 코일의 끝에 붙이든지, 또는 멀리 떨어진 프레임판에 설치된 절연체에 연결시키기 위해 코일의 끝을 감싸서 밖에 내놓는다. 만약 리드가 사용된다면 주위의 구조물에 해를 끼치거나 분해되지 않고 시험의 열노출에 견딜 수 있는가를 따져 주의깊게 선택해야 할 것이다. 코일과 리드의 연결은 주위의 다른 요소가 아니라 코일 자체

의 절연이 평가 항목이기 때문에 적절하게 보호되어야 한다. 극 위에 코일을 설치함에 있어 시험되는 절연 시스템을 위한 규정된 제작방법을 따라야 한다.

부속서 C
(참고용)

습기 시험에 대한 장비

C.1 응축 시험실

응축된 상대습도 100%의 대기는 실온보다 5K~10K 높은 온도로 물을 가열하기 위한 침수전열기를 포함하고 있는 얇은 수조를 시험실의 바닥에 놓으므로 인해 이미 얻어졌다. 시험실의 지붕은 절연되어져서는 안되고 바닥에 물이 적하되는 것을 막기 위해 경사져 있어야 한다. 시험실의 내부는 부식방지재로 축조되어야 하고, 다른 금속과의 접촉이 피해져야 한다. 문이나 제거 가능한 커버는 그 주변에 모이는 습기가 시험실 내부로 흘러들어가는 것을 막기 위해 돌출된 입구로 축조되어야 한다.

C.2 냉각된 시험대상의 응축시험실

위에서 언급된 응축시험실이 사용될 수 있다.

시험대상의 지지대는 절연시스템이 대기의 이슬점보다 낮은 온도에 있다는 것을 확실히 하기 위해 그 주변 대기보다 더 차가운 대상위에 놓여져야 한다. 그림 12는 도입된 기본규칙을 설명하는 상세도이다. 그림 13에서 보인 것처럼 서랍을 가진 시험대상 선반은 순환하는 냉각제(물)로 냉각된다. 냉각제는 시험대상과 시험실 공기와의 명기된 온도차를 유지하도록 자동으로 온도 조절된다. 이것은 시편의 응축을 확실히 한다. 이 온도차는 정상적인 주위 실온 변화와는 독립적인 값이다. 가열된 중탕기와 냉각제 모두 자동으로 온도 조절되기 때문에, 이 독립성은 단지 시스템의 수용량에 의해서만 제한된다.

온도조절은 중탕기의 온도 이상으로 실온이 상승할 것이란 사실은 염두에 두지 않는다. 냉각된 선반으로의 열 손실은 물을 열원의 조정하에 있게 하고 따라서 온도의 균형을 유지하게 한다. 만약 실온이 냉각선반의 온도 이하로 떨어지려 한다면, 중탕기 열원의 열공급으로 조절이 수행된다. 재래식 이슬보상실과는 대조적으로, 가열-냉각시스템의 이러한 균형의 영향은 시험실이 온도 조절실이 되는 필요성을 없앤다. 시험실 내부는 모든 시험대상이 중탕기와 같은 거리에 위치하고 시험실 지붕 아래에 있도록 설계되어야 한다. 이것은 시편이 복사, 대기온도, 상대습도 같은 요소들에 같은 영향을 받도록 한다.

그림 13은 응축실의 서랍에 놓인 10개의 모터렛 선반을 나타낸다. 적당한 습기 노출후, 견본은 서랍의 표면의 콘센트로 연결하는 케이블로 전압시험으로 연결된다.

시험실이 다음 온도로 유지될 때, 균일한 응축이 일어난다.

-중탕냄비 온도 30℃
-시험견본 온도 24℃
-시험실 공기 온도 25℃
(모터렛으로부터 25mm 위)
-상자 지붕 아래로 중앙 28℃~29℃

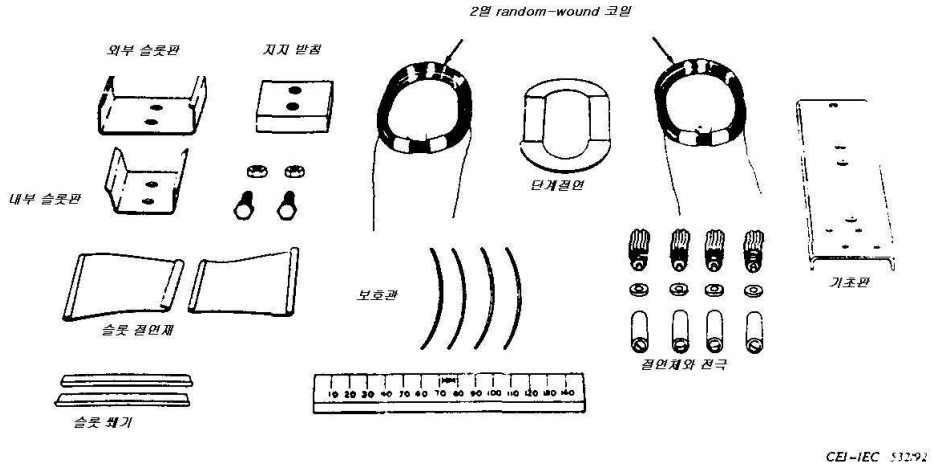

그림 1 최종 조립 전의 모터렛의 구성요소

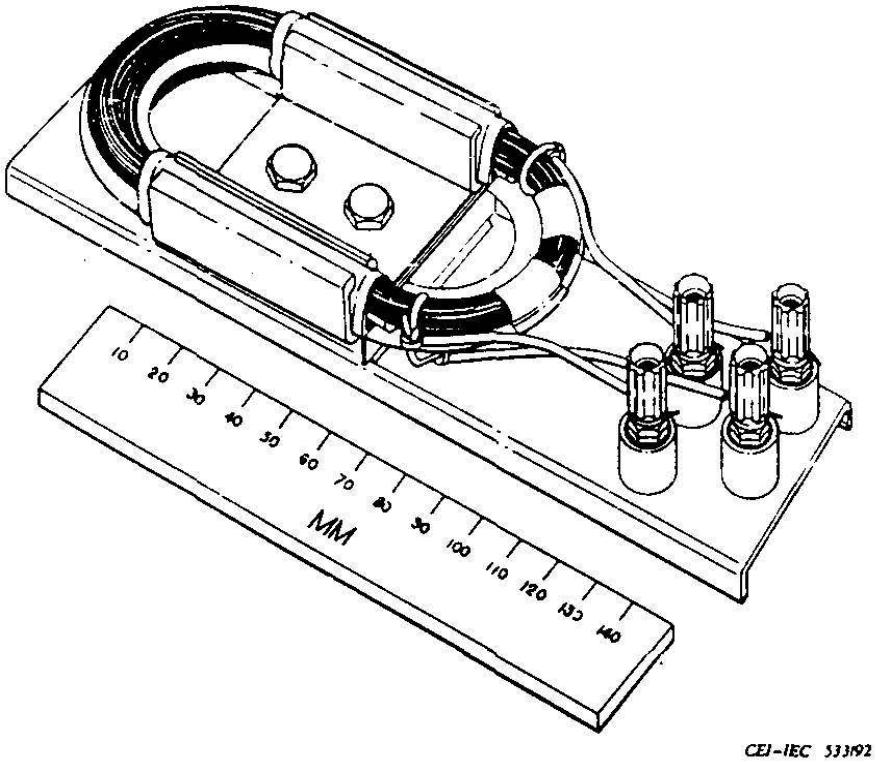

그림 2 완전 조립 후 완성된 모터렛

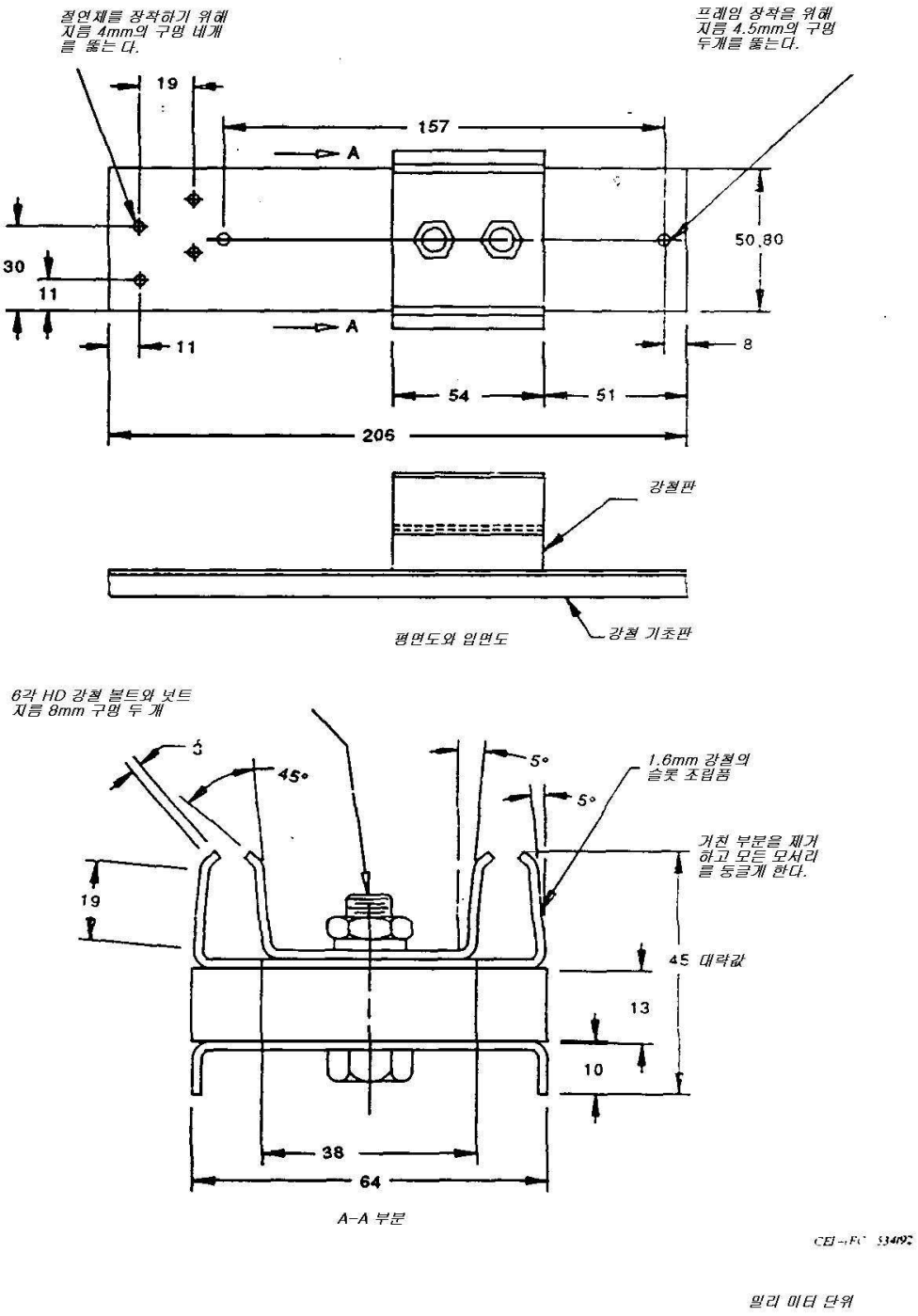

그림 3 - 모터렛 프레임의 제조도

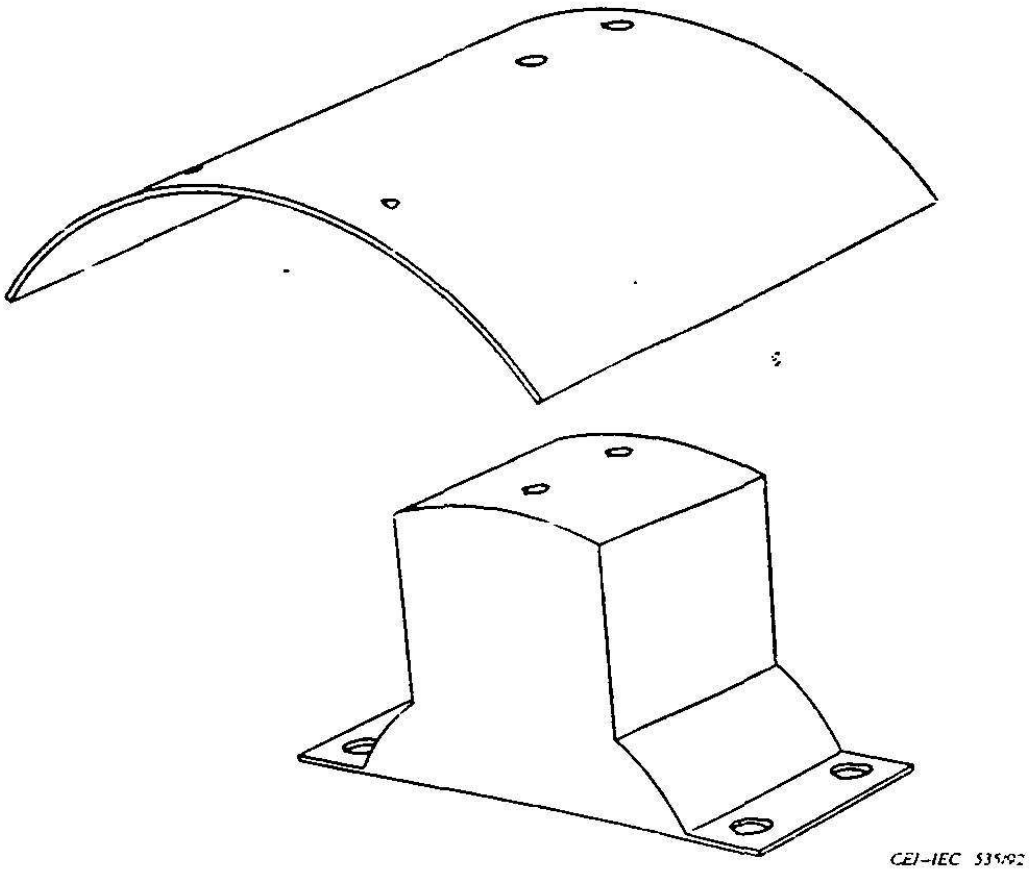

그림 4 - 임의 권선 계자 코일의 시험 지지물

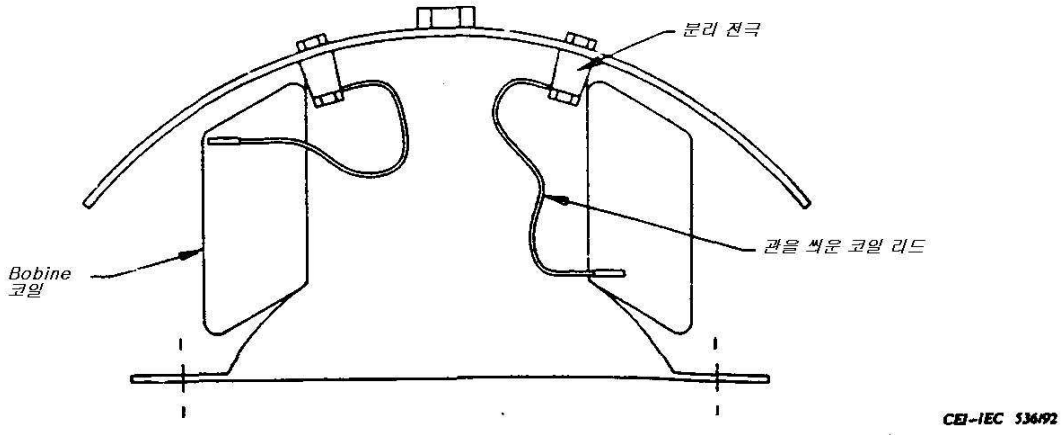

그림 5 - 시험 지지물에 설치된 임의 권선 계자 코일

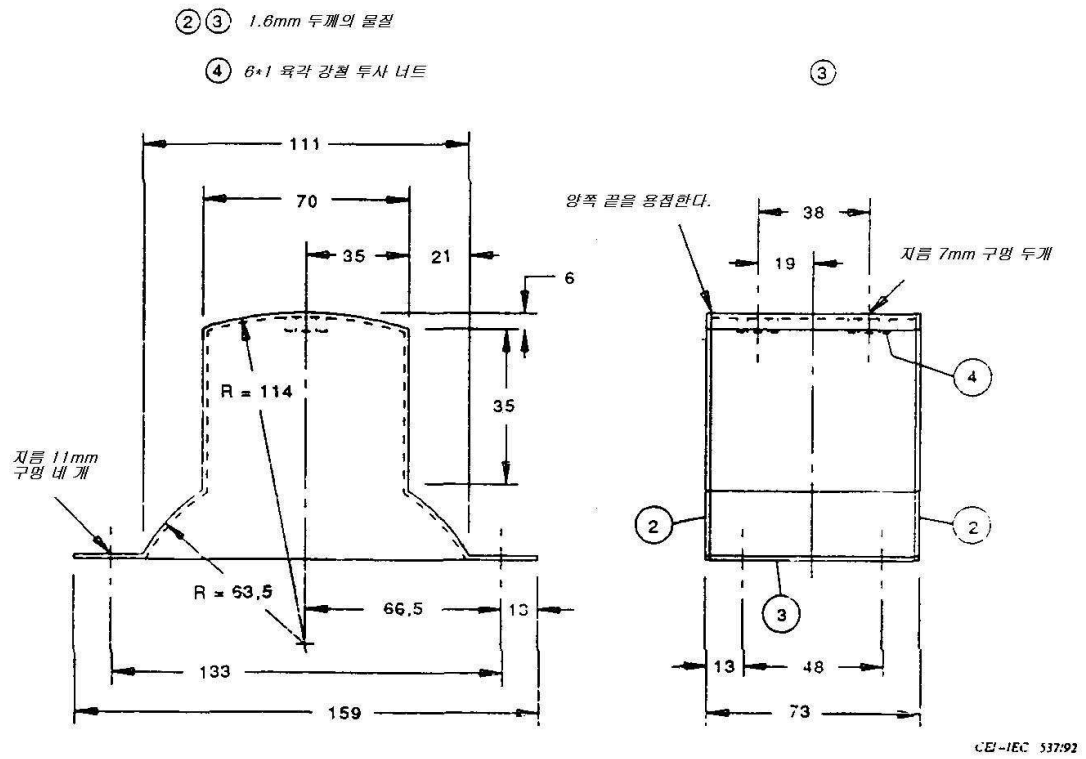

그림 6 - 임의 권선 계자 코일 시험 지지대에 대한
모의 시험 극의 제조도

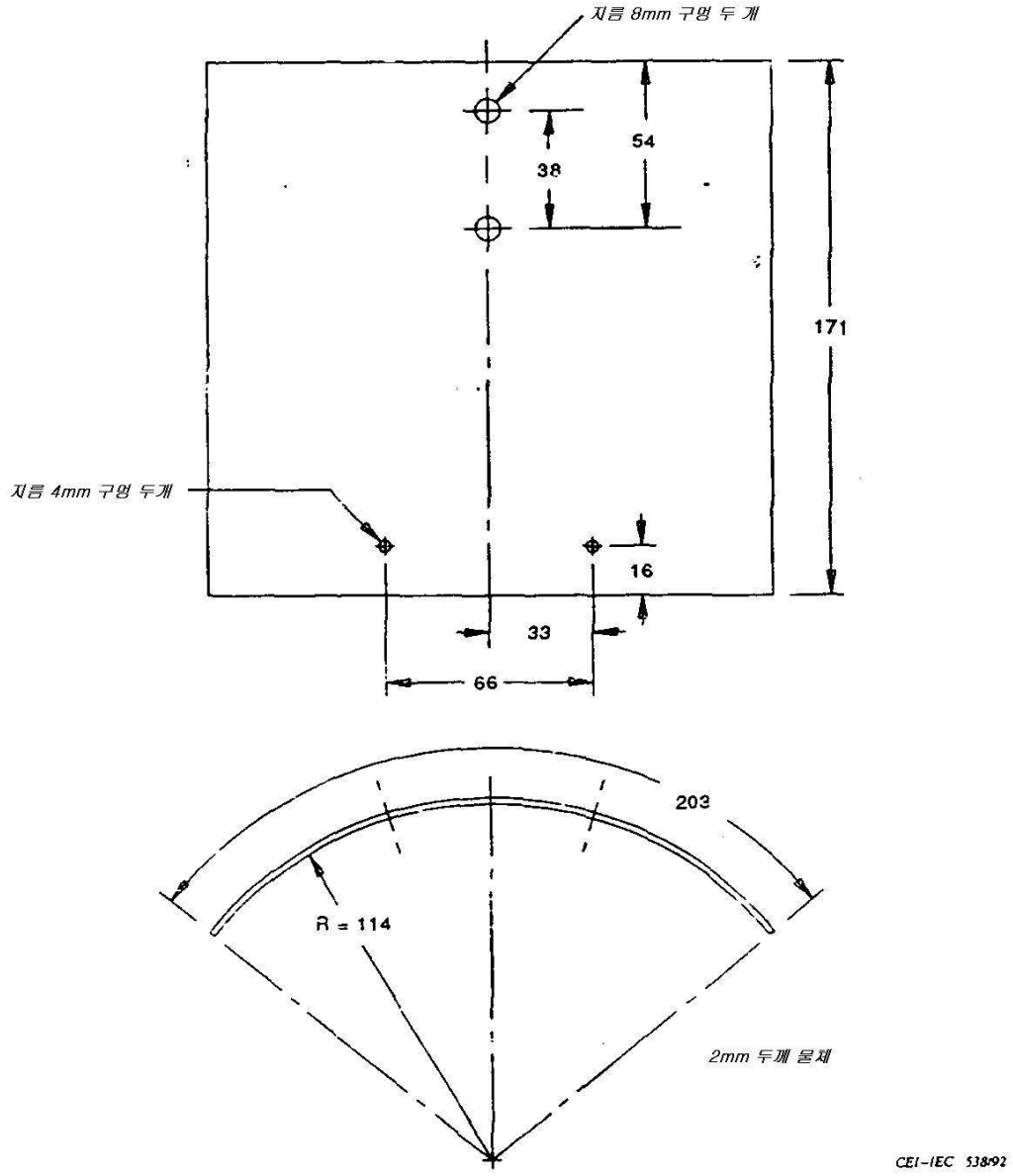

그림 7 - 임의 권선 계자 코일 시험 지지대에 대한
모의 시험 극의 제조도

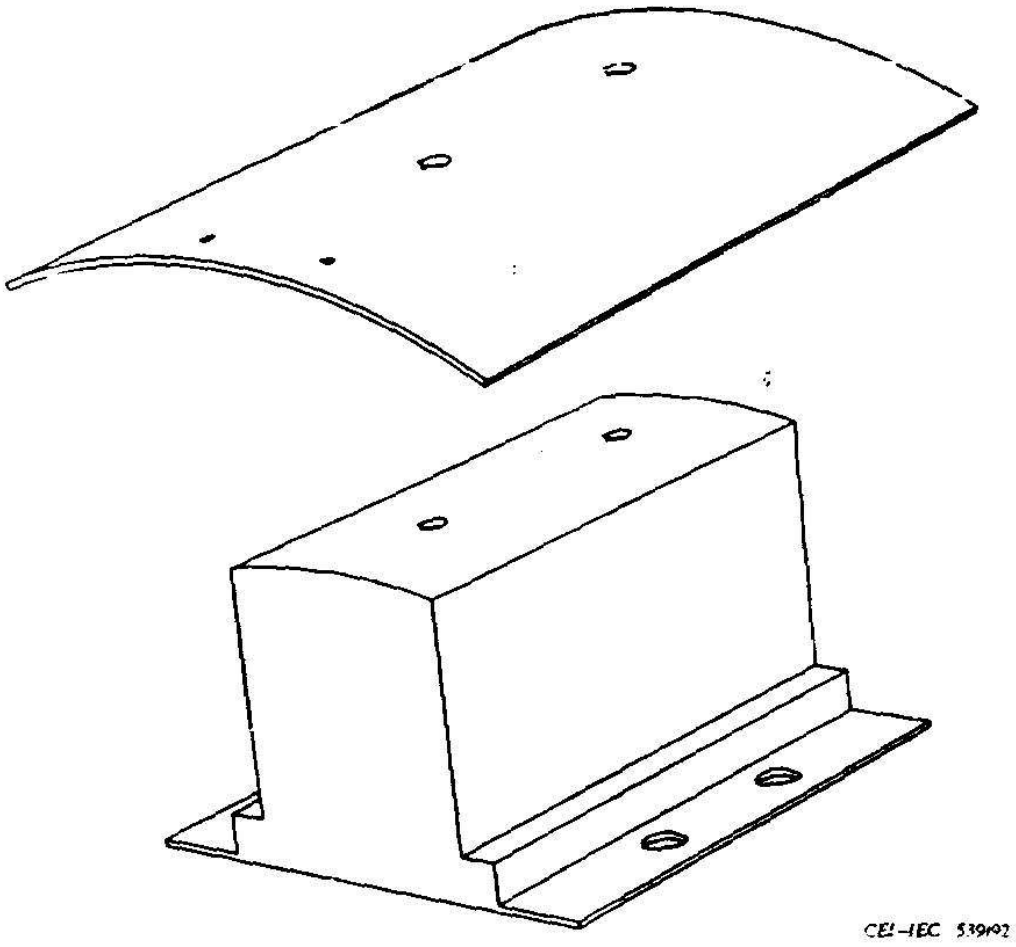

그림 8 - 정밀 권선 계자 코일에 대한 시험 지지물

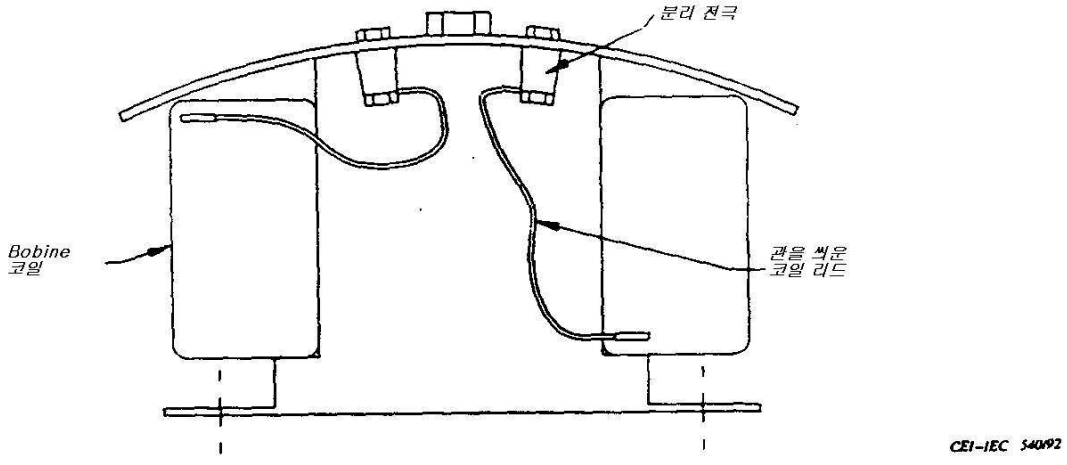

그림 9 - 시험지지물에 설치된 정밀권선 계자 코일

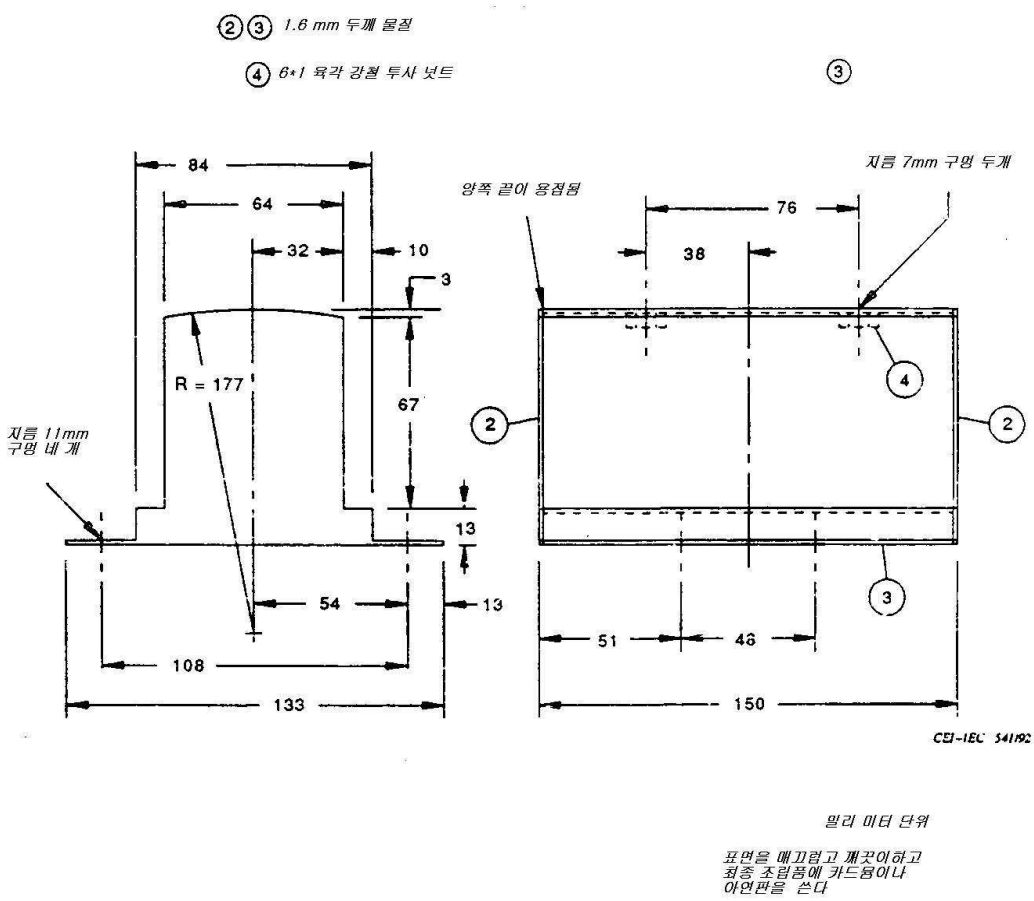

그림 10 - 정밀권선 계자 코일의 시험 지지물에 대한
모의 시험 극의 제조도

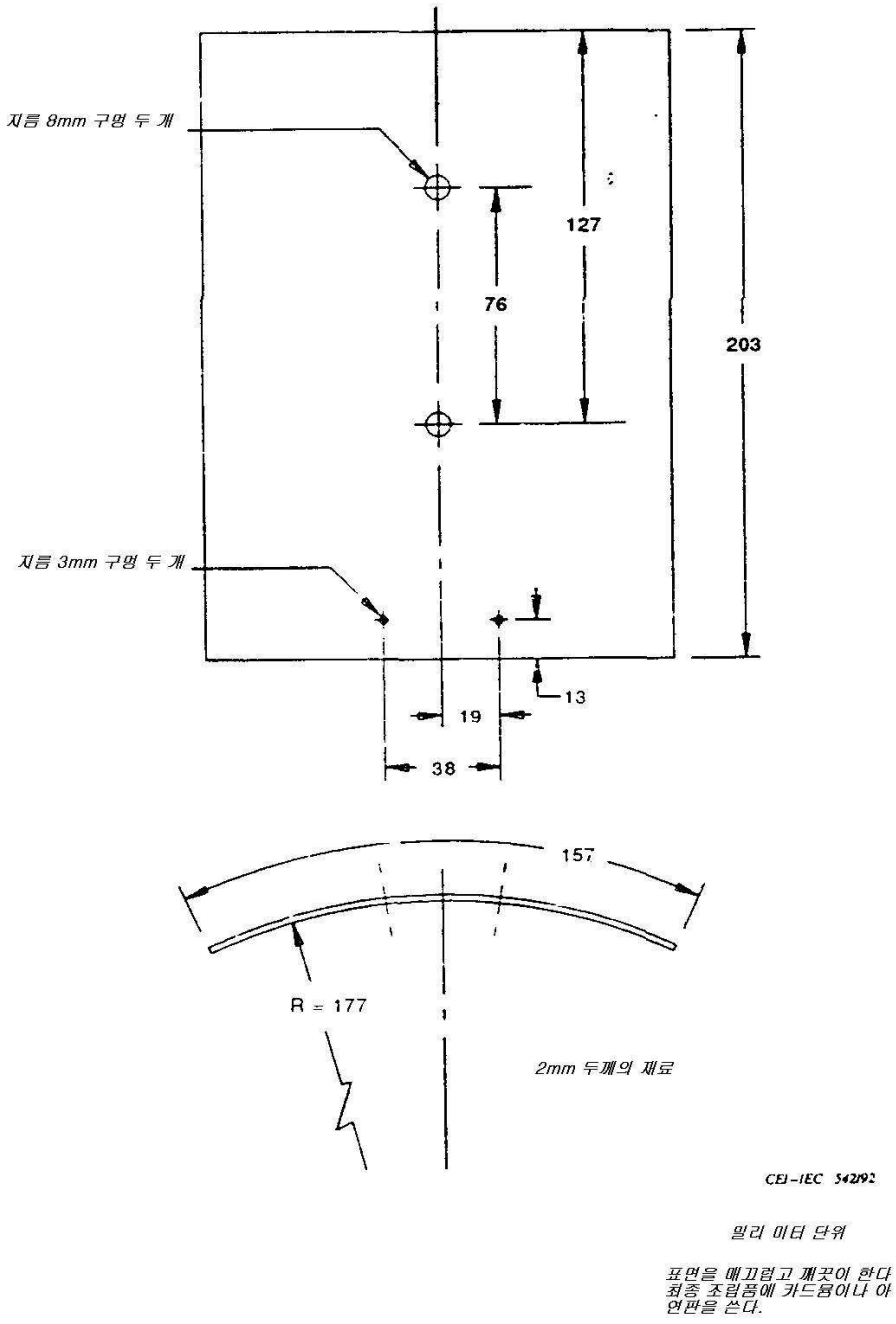

그림 11 - 정밀권선에 대한 프레임 모형을 위한 제조도

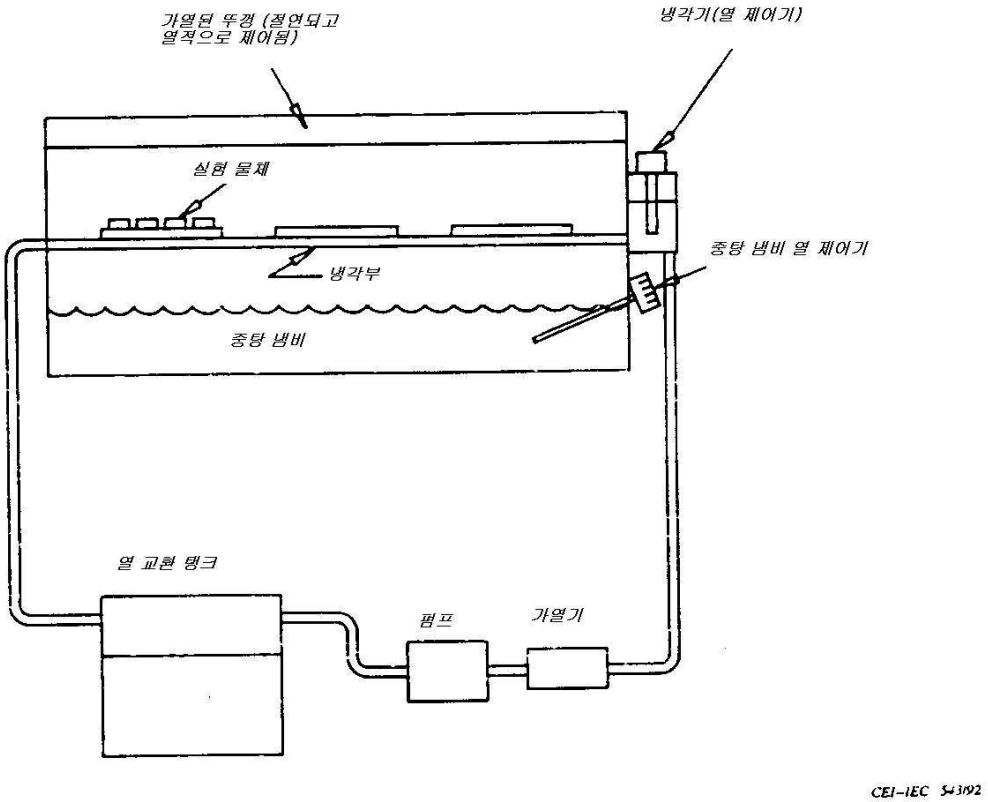

그림 12 - 냉각된 시험 대상이 들어 있는 응축실의 기본 원리를 나타내는 그림

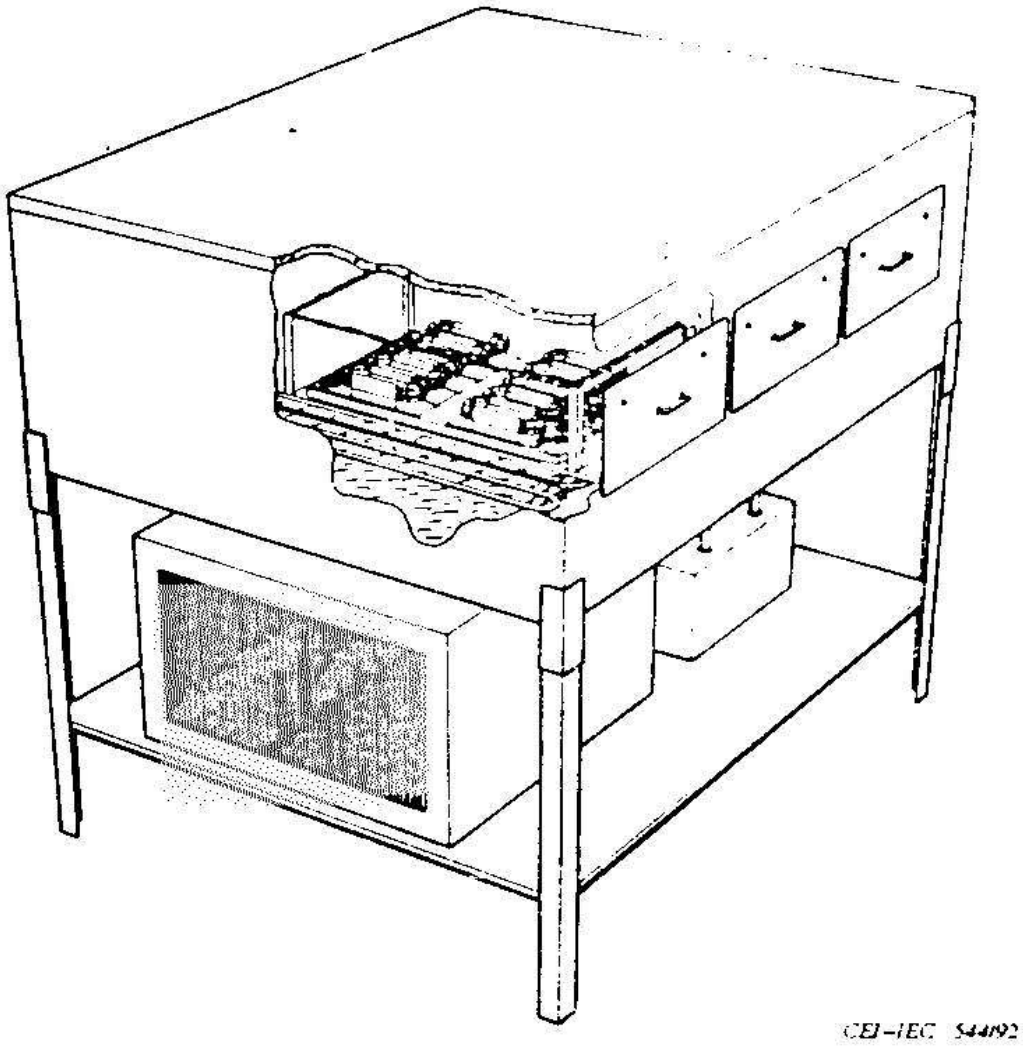

그림 13 - 냉각된 시험 대상이 들어 있는
응축실의 단면