

제정 기술표준원고시 제2000 - 298호 (2000. 11. 9)
개정 기술표준원고시 제2002 - 1280호 (2002.10.12)

전기용품안전기준

K 60034-2

[KS C IEC 2002]

회 전 기 기

제2부 : 회전기기(견인용 모터 제외)의
손실 및 효율 측정방법

목 차

서 문	3
1. 적용범위	3
2. 목 적	3
3. 통 칙	3
3.1 기 호 목록	3
4. 정 의	4
5. 참고온도	5
직류기	6
6. 총 손 실	6
6.1 여자회로손실	6
6.2 손 실 분	7
6.3 부하손실	7
6.4 추가적인 부하손실	7
7. 효율결정	7
7.1 손 실 합	7
7.2 총 손실 측정	11
다상 유도기	12
8. 총 손 실	12
8.1 손 실 분	12
8.2 부하손실	13
8.3 추가부하손실	13
9. 효율결정	13
9.1 손 실 합	13
9.2 총 부하 측정	16
동기기	17
10. 총 손 실	17
10.1 손 실 분	17
10.2 부하손실	17
10.3 여자회로손실	18
10.4 추가부하손실	18
11. 효율결정	18
11.1 총 손 실	18
11.2 총손실 측정	21
시험방법	22
12. 통 칙	22
13. 교정된 기기시험	23
14. 영 역률시험	24
15. 감속도시험방법	24

16. 전기적 연속시험	25
17. 열량시험	26
18. 부속서	26
18.1 직류기	26
18.2 다상 유도기	26
18.3 동기기	26

전기용품안전기준 (K 60034-2)

회전기기

제2부 : 회전기기(견인용 모터 제외)의 손실 및 효율 측정방법

Rotating electrical machines.

Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)

서 문 이 규격은 1972년에 발행된 IEC 60034-2(Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles))을 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 제정한 한국산업규격(KS C IEC 60034-2 : 2002)과 부합화한 전기용품안전기준이다.

제1장 - 통칙

1. 적용 범위

이 추천서는 IEC 60034-1의 적용 범위 내의 모든 크기의 직류기, 교류 동기기 및 유도기에 적용된다. 하지만 원리는 일반적으로 손실을 결정할 때 다른 방법을 사용하는 회전식 컨버터, 교류 정류자 전동기 및 단상 유도기와 같은 다른 기기에도 적용될 수 있다.

2. 목 적

이 추천서는 시험으로 효율을 결정하는 방법을 확립하기 위해 고안된 것이고 또한 이들이 다른 목적으로 사용될 때 개별 손실을 구하는 방법을 명시하기 위해 고안된 것이다.

3. 통 칙

이 시험은 기계 자체의 복합부가 작동되지 못하는 것을 방지하기 위한 자동 전압 조정기를 적용한 정상적인 작동을 하는 안전한 기계에서 행한다.

시험 동안 사용되는 측정 변압기, 셉트, 브리지와 같은 측정 기기와 이의 부착물은 1.0 이하 또는 특별히 명시된 정확도를 가져야 한다(IEC 60051, 전기 측정기기와 부착물에 관한 추천서). 직류 저항을 결정하는 기기는 0.5 이하의 정확도를 가져야 한다.

표시 간격이 읽을 수 있을 정도의 작은 값을 가지며 쉽게 어렵할 수 있도록 효과적인 범위에 걸쳐 값을 읽을 수 있는 기기를 선택해야 한다.

조절 가능한 브러쉬를 적용한 기기에 대해 명시된 등급에 해당하는 위치에 브러쉬를 장착한다. 무

부하 측정일 경우 브리쉬는 중립축에 놓일 수 있다.

회전 속도는 스트로보스코프 방법, 디지털 카운터 또는 회전 속도계로 측정될 수 있다. 슬립을 측정할 경우, 동기 속도는 시험 동안의 전원 주파수로 결정된다.

두 대의 전기기기, 와 변압기 각 한 대, 발전기와 구동기기 각 한 대 또는 전동기와 피구동 기기 각 한 대로 구성된 기기들의 전체 효율 또는 소비 전력을 측정할 경우, 개별 기기의 효율을 각각 나타낼 필요는 없다. 하지만 개별 기기의 효율이 주어질 경우 이 값은 대략적인 값으로 취급되어야 한다.

3.1 기호 목록

초안에 사용되는 각각에 일반적인 의미를 부여한 기호 목록은 아래와 같다:

I	= 전류
I_1	= 정격 전압에서의 부하 전류
I_{lr}	= 전압이 감소된 상태에서의 주 전류
I_0	= 정격 전압에서의 무부하 전류
I_{or}	= 전압이 감소된 상태에서의 무부하 전류
J	= 관성 모멘트
n	= 정격 속도, 분당 회전수로 표현
P_1	= 정격 전압에서의 소비 전력
P_{lr}	= 전압이 감소된 상태에서 주권선에 의해 소비된 전력
s	= 슬립
U	= 주 가감 저항기 단의 여자 전압
U_e	= 총 여자 전압
U_n	= 정격 전압
U_r	= 부하 시험 시 감소 전압
ψ	= 정격 전압에서의 부하 위상각
ψ_r	= 전압이 감소된 상태에서의 부하 위상각
ψ_0	= 정격 전압에서의 무부하 위상각
ψ_{or}	= 전압이 감소된 상태에서의 무부하 위상각

4. 정의

이 추천서에 사용되는 일반 용어에 대한 정의는 국제 전기기술 용어집을 기준으로 해야 한다(IEC 60050).

이 추천서의 취지를 위해서 아래와 같은 정의가 적용된다:

4.1 효율

입력에 대한 출력 비는 같은 단위로 표현되고 백분률로 표시됨

4.2 총 손실

입력과 출력의 차이

4.3 제동(부하) 시험

전동기로 동작하는 기기의 기계적 출력을 제동기 또는 다이ना모 메터를 이용하여 회전 속도와 축에 작용하는 토크를 통해 측정하는 시험. 발전기로 동작하는 기기의 경우 기계적 입력을 결정하기 위해 다이나모 메터를 이용함.

4.4 교정된 구동 기기 시험

전기기기의 기계적 입력 또는 출력이 시험 대상 기기에 기계적으로 연결된 눈금이 매겨진 기기의 전기적 입력 또는 출력으로 계산되어지는 시험

4.5 기계적 연속 시험

두 대의 동일한 기기가 기계적으로 연결되어, 두 기기의 총 손실이 한쪽 기기의 전기적 입력과 다른 기기의 전기적 출력간의 차이로 계산되어 지는 시험 (p54, 그림 1 참조)

4.6 전기적 연속 시험

두 대의 동일한 기기가 기계적으로 연결되며 또한 전력 시스템에 전기적으로 연결되어, 두 기기의 총 손실이 시스템으로부터 인가된 입력 전력으로 구해지는 시험 (p54, 그림 2 참조)

4.7 감속 시험

기기 손실이 기기의 감속률로부터 구해지는 시험

4.8 열량 측정 시험

기기 손실이 손실에 의해 발생하는 열로부터 구해지는 시험. 손실은 냉각제의 양과 온도 상승, 주위 매개물에서 소비된 열의 곱으로 계산된다.

4.9 무부하 시험

기기가 축으로부터 유용한 기계적 출력을 발생하지 않는 전동기로 동작하는 시험

4.10 개방 회로 시험

기기가 개방 회로단을 갖는 발전기로 동작하는 시험

4.11 일정한 단락 회로 시험

기기가 단락 회로단을 갖는 발전기로 동작하는 시험

4.12 영 역률 시험

과여자 상태이고 역률이 거의 0에 가까운 상태에서 동작하는 동기기에 대한 무부하 시험.

5. 참고 온도

명시되지 않았다면, 모든 I^2R 손실은 아래 주어진 온도 중 하나로 교정되어야 한다:

등급 A, E와 B: 75°C

등급 F와 H: 115°C

주의 - 참고 온도는 기계의 개별부에 대해 사용되는 실질적인 절연 등급 이내로 온도 상승 제한치와 일치할 필요는 없다.

제2장 - 직류기

6. 총손실

총 손실은 아래 성분 손실의 합으로 결정한다:

6.1 여자 회로 손실

a) 션트 또는 개별적 여자 권선과 여자 가감 저항기에서의 I^2R 손실.

b) 여자기 손실

완전한 구조를 구성하고 기기를 여자 시키는 주축으로부터 유도된 여자기에서의 모든 손실. 이 손실은 여자기 등의 여자 회로에서 가감 저항기 손실을 포함하나 마찰손과 풍손은 제외한다.

배터리, 정류기 또는 MG 세트 같은 개별 여자 전원인 경우, 여자 전원 또는 전원과 브러쉬의 연결부에서의 손실은 고려하지 않는다.

주의 - 개별 여자 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우 손실은 개별적으로 작성되어야 하고 여자 시스템의 효율로 나누어진 여자 전력과 여자 전력 간의 차이로 간주될 수 있다.

6.2 손실분

a) 실제 철손과 다른 금속부에서의 추가적인 무부하 손실.

b) 마찰(베어링과 브러쉬) 손실. 이 손실은 개별 윤활 시스템에서의 손실을 포함하지 않는다. 베어링에서의 손실은 베어링이 기계와 함께 제공되는지 간에 개별적으로 언급되어야 한다.

주의 - 개별 윤활 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우, 개별적으로 작성해야 한다.

c) 기기의 총 풍손은 중요한 환풍기와 기기의 중요한 부분을 형성하는 보조 기기에서 흡수된 전력을 포함한다. 기기의 중요한 부분을 형성하지 않는 외부 환풍기, 물과 기름 펌프와 같은 보조기기에서의 손실은 단지 협약에 의해서만 포함될 수 있다. 그러나 이 보조기기는 기기에서 제외될 수 있다.

주의 - 개별 환기 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우 이들은 기기 손실의 부분이 아니기 때문에 개별적으로 기입된다.

6.3 부하 손실

a) 전기자 전류를 운반하는 전기자와 권선에서의 I^2R 손실(예를 들어, 정류, 보상, 여자와 직렬로 연결된 권선)

b) 브러쉬에서의 전기적 손실

6.4 추가적인 부하 손실

a) 부하에 의한 철손과 도체를 제외한 금속부로 인한 손실

b) 자속 변동과 정류로 인한 전류에 의해 전기자 도체부에서의 와류손

c) 정류에 의한 브러쉬에서의 손실

주의 - 이들 손실은 때때로 추가적인 손실로 취급되나 부속항 6.2 a)의 추가적인 무부하 손실은 포함하지 않는다.

7. 효율 결정

7.1 손실 합

효율은 아래 사항에서 얻어진 손실의 합으로 가정된 총 손실로부터 계산된다:

7.1.1 여자 손실

7.1.1.1 여자 권선 I^2R 손실

이 손실들은 식 I^2R 로부터 계산된다. 여기서, R은 기준 온도로 보정되는 선트 여자 권선(또는 개별 여자 권선)의 저항이고 I는 여자 전류이다. 아래 c) 경우를 제외하고, 여자 전류는 정격 부하 조건 하에서 정격 속도에 해당하는 값이어야 한다. 아래 c)인 경우, 여자 전류는 무부하에서 정격 속도에 해당하는 값이어야 한다.

만약 부하를 단 시험 동안 여자 전류를 측정할 수 없다면 아래와 같이 취급되어야 한다:

- a) 정류극을 갖는 또는 갖지 않는 선트로 연결된 또는 개별적으로 여자된 발전기인 경우; 여자 전류의 110%, 이는 정격 전압과 정격 부하 전류 시 전기자 회로(전기자, 브러쉬와 정류 권선, 부속항 7.1.3.2 참조)에서 저항에 의한 전압 강하분을 더한 전압에서 무부하에 해당하는 값이다.
- b) 보상 선트 또는 개별적으로 여자된 발전기인 경우: 여자 전류, 이는 정격 전압과 정격 부하 전류 시 전기자 회로(전기자, 브러쉬와 정류 권선, 부속항 7.1.3.2 참조)에서 저항강하를 더한 전압에서 무부하에 해당하는 값이다.
- c) 레벨 복합 발전기인 경우: 정격 무부하 전압에 대한 여자 전류이다.
- d) 과복합과 미복합 발전기인 경우와 항 a)에서 c)에 의해 포함된 특수한 발전기형인 경우: 제조업자와 고객간의 합의를 따른다.
- e) 선트로 권선된 전동기인 경우 : 정격 전압에 해당하는 무부하 여자 전류와 같다.

7.1.1.2 주 가감 저항기 손실

이 손실들은 식 I^2R 로부터 계산된다. 여기서, R은 고려된 등급을 위한 회로 내의 가감 저항기 부분의 저항이고 I는 위 부속항 7.1.1.1에서 정의한 바와 같은 여자 전류값이다. 또한 이들 값은 여자 전류와 가감 저항기에서 흡수된 여자 전압, U와 곱, IU와 같다.

부속항 7.1.1.1과 7.1.1.2의 손실 합은 여자 전류 I와 총 여자 전압 U_E 의 곱 IU_E 와 같다.

주의 - 여자 회로에 직렬로 연결된 저항이 있는 곳에서 주 가감 저항기와 같은 방법으로 다루어 져야 한다.

7.1.1.3 여자기 손실

주의 - 이는 여자기가 주축으로 기계적으로 구동되고 주 기기를 여자시키기 위해서만 사용되는 곳에서만 적용된다.

이 손실은 여자기에 의해 축에서 흡수한 전력과 단자에서 제공하는 유용한 전력간의 차이를 포함한다. 게다가 개별 전원으로 여자된다면 여자기에서의 손실도 포함한다.

만약 여자기가 주 기기로부터 풀어져서 개별적으로 시험된다면 흡수한 전력은 교정된 기기 방법으로 측정된다.

* 여자기 단에서의 유용한 전력은 주 기기에 관한 부속항 7.1.1.1과 7.1.1.2, 손실의 합과 같다.

만약 여자기가 주 기기로부터 풀어지지 않는다면 전체 단위에 인가된 흡수한 전력은 주기기를 무부하 상의 전동기로 작동시키는 방법 또는 기기에 눈금을 표시하는 방법(13항) 또는 지연 방법(15항)으로 측정된다. 이 세 방법으로 여자기에 의해 흡수된 전력은 첫 번째로 부하를 단 여자기와 여자가 되지 않은 여자기로 이상적인 조건 하에서 장치의 총 손실 간의 차이로 얻어진다. 이 여자는 독립 전원으로 공급된다.

만약 이런 방법 중 어떤 것도 적용할 수 없다면 여자기에 의해 흡수된 전력은 단자에서 측정된 전력과 6항 하에서 결정된 다른 개별 손실을 더함으로써 얻어진다. 그러나 주 기기의 전력처럼 같은 시간에 측정된 기계적 마찰손과 풍손은 고려되지 않는다.

7.1.2 손실

7.1.2.1 정격 전압에서의 무부하 시험

손실은 무부하 조건 하에서 기기에 인가된 정격 전압과 여자 조절로 얻어진 정격 속도로 동작하는 전동기로 동작시킴으로써 결정된다. 여자는 개별 전원으로부터 유도된다.

전기자와 여자 권선에서의 I^2R 손실보다 작은 또는 필요하다면 여자기에 의해 흡수된 전력보다 작은, 흡수된 총 전력은 손실의 합으로 주어진다.

7.1.2.2 개방 회로 시험

손실은 눈금이 매겨진 기기로 정격 속도에서 기기를 구동시킴으로써 결정된다. 시험 상의 기기는 정격 전압과 같은 전압에서 무부하의 발전기로 동작하기 위해서, 축대에서 흡수하고 손실의 합으로 주어지는 교정된 기기로 흡수된 전기력으로부터 구할 수 있는 전력을 여자시킨다.(독립 전원으로 공급하는 것이 보편적) 여자를 제거함으로써, 마찰과 풍손의 합은 같은 방법으로 구할 수 있다. 철손은 앞선 무부하 시험 동안 측정된 손실에서 이 시험 동안 손실을 빼주므로써 결정된다. 브러쉬를 들어 올림으로써 브러쉬 마찰 손실은 앞선 여자되지 않는 시험 동안 측정된 손실에서 이 시험 동안의 손실을 빼주므로써 결정된다.

7.1.2.3. 감속도 시험

큰 관성을 갖는 기기에 대해 총합손실, 혹은 개별 총합손실은 감속도시험 방법으로 결정된다.

7.1.3 부하 손실

7.1.3.1 전기자 회로 I^2R 손실

이 손실은 저항값이 워낙 작아서 저항 측정이 불가능해서 계산이 허용되는 경우를 제외하고 기준 온도로 교정되는 전류와 측정 저항으로 계산된다.

주의 - 이 방향으로 보상 권선, 정류극 권선과 전환기를 놓는다. 직렬 권선에 병렬로 전환기가 놓인 경우 I^2R 손실은 총 전류와 결과적인 저항을 사용함으로써 결정된다.

7.1.3.2 브러쉬에서 전기적 손실

이 손실의 합은 전기자 전류와 고정된 전압 강하의 곱으로 취급되어야 한다.

각 극성의 모든 브러쉬에 대해 허용된 전압 강하는 탄소 또는 흑연 브러쉬에 대해서는 1.0V, 금속-탄소 브러쉬에 대해서는 3.0V, 즉 탄소 또는 흑연 브러쉬에 대해서는 총 전압 강하는 2.0V이고 금속-탄소 브러쉬에 대해서는 0.6V이다.

7.1.4 추가 부하 손실

명시되지 않는다면 이런 손실은 전류의 제곱에 비례하고 최대 정격 전류에서의 총 값은 기기에 따라 아래 값으로 가정한다:

비보상된 기기

전동기인 경우 정격 입력의 1%;

발전기인 경우 정격 출력의 1%.

보상된 기기

전동기인 경우 정격 입력의 0.5%;

발전기인 경우 정격 출력의 0.5%.

일정한 속도를 갖는 기기에 대해 적절한 정격 출력 또는 입력은 최대 정격 전류와 최대 정격 전압에서 얻어지는 출력 또는 입력으로 취급되어야 한다.

속도 변화가 인가된 전압에 의해 얻어지는 곳에서 가변속 전동기에 대해 정격 입력은 각 속도에서 최대 정격 전류가 고려된 개별 속도의 인가된 전압과 연관이 있을 때의 입력으로 정의된다.

약계자에 의해 속도가 증가하는 가변속 전동기에 대해 정격 입력은 정격 전압이 최대 정격 전류와 연관될 때의 입력으로 정의된다. 필드가 변함으로써 전압이 일정하게 유지되는 곳에서의 가변속도 발전기에 대해 정격 출력은 정격 전압과 최대 정격 전류에서 단자에서 유용한 출력으로 정의된다. 전체 필드에 해당하는 속도에서 추가 손실 여부는 위에서 명시한 바와 같다. 다른 속도에서 추가 손실 여부는 23쪽, 표 1에 제시된 배율을 이용해서 계산된다.

표 1. 속도비에 따른 배율

속도비	배율
1.5 : 1	1.4
2 : 1	1.7
3 : 1	2.5
4 : 1	3.2

표 1의 첫 번째 열에서 속도비는 연속적으로 운전되는 경우의 최소 정격 속도에 대한 고려 중인 속도의 비로 취급되어야 한다.

속도비가 표 1에서 제시된 이외의 값인 경우 배율은 보간법으로 근사화 된다.

주의 - 추가 부하 손실은 입력-출력 시험 또는 연속 시험에서 총 측정 손실에서 다른 손실들을 감함으로써 얻는다.

7.1.4.1 부하로 인한 철손의 변화

일반적으로, 이 변화는 무시한다. 낮은 전압으로 구동되는 기기에 대해 특별한 합의에 의해 부속항 6.2 a)와 6.4 a), 합은 부속항 6.2 a)의 실제 철손에서의 손실분에 대하여 설명한 바에 따라 측정된다. 이 시험은 두 방법 중 하나 또는 다른 한 방법을 이용해서 무부하 전동기 또는 무부하 발전기로 동작시킴으로써 측정한다. 정격 전압에서 시험하는 대신, 기기가 발전기 또는 전동기인지에 의존하는 전류에 대한 전기자 회로에서의 전압 강하만큼 증가하거나 또는 감소한 정격 전압에서 이 시험을 한다.

7.2 총 손실 측정

7.2.1 제동 시험

기기가 속도, 전압과 전류의 정격 조건에서 운전될 때, 효율은 입력에 대한 출력 비로써 취급된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

7.2.2 교정된 기기 시험(13항을 참조)

기기가 속도, 전압과 전류의 정격 조건에서 운전될 때, 효율은 입력에 대한 출력 비로써 취급된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

7.2.3 기계적 연속 시험

이상적인 기기가 같은 정격 조건에서 동작할 때, 손실은 균일하게 분포하고 효율은 총 손실의 반과 전기적 입력(전동기인 경우) 또는 전기적 출력(발전기인 경우)으로 계산된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

7.2.4 전기적 연속 시험(16항을 참조)

이상적인 기기가 같은 정격 조건에서 동작할 때, 전기 시스템으로부터 공급된 손실은 균일하게 분포하고 효율은 부속항 7.2.3에서와 같이 계산된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

제3장 - 다상 유도기

8. 총손실

총 손실은 아래 성분 손실의 합으로 간주한다:

8.1 손실분

- a) 실제 철손과 다른 금속부에서의 추가적인 무부하 손실
- b) 마찰(베어링과 브러쉬, 동작시 들어올려지지 않는다면) 손실. 이 손실은 개별 윤활 시스템에서의 손실을 포함하지 않는다. 베어링에서의 손실은 베어링이 기기와 함께 제공되는지 간에 개별적으로 언급되어야 한다.

주의 - 개별 윤활 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우, 개별적으로 작성해야 한다.

c) 기기의 총 풍손은 필수 환풍기와 기기의 복합부를 형성하는 보조 기기에서 흡수된 전력을 포함한다. 기기의 복합부를 형성을 하지 않는 외부 환풍기, 물과 기름 펌프와 같은 보조기기에서의 손실은 단지 협약에 의해서만 포함될 수 있다. 그러나 이 보조기기는 기기에서 제외될 수 있다.

주의 - 개별 환기 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우 이들은 기기 손실의 부분이 아니기 때문에 개별적으로 기입된다.

8.2 부하 손실

- a) 1차 권선에서의 I^2R 손실.
- b) 2차 권선에서의 I^2R 손실.
- c) 브러쉬에서의 전기적 손실.

8.3 추가 부하 손실

- a) 실제 철손 부하와 도체를 제외한 금속부에서의 손실.
- b) 전류에 변동에 의한 자속변화로 인하여 1차측 또는 2차측 권선 도체부에서의 와전류 손실

주의 1. - 부속항 8.3 a)와 b)의 손실은 때때로 추가적인 손실로 취급되나 부속항 8.1 a)의 추가 무부하 손실은 포함하지 않는다.

2. - 주축으로부터 기계적으로 구동되는 진상기와 같은 보조 기기인 경우, 여자 손실이 동기기의 손실에 포함되는 것과 같은 방법으로 손실에 포함되어야 한다. 개별적으로 구동되는 진상기 또는 위상 조정 장비에서의 손실은 주 기기의 정격 동작 조건에 대해 개별적으로 제시된다. 이런 손실은 관련 기기에 대해 규격 방법으로 결정된다.

9. 효율 결정

9.1 손실 합

효율은 아래 사항에서 얻어진 손실의 합으로 간주되는 총 손실로부터 계산된다:

9.1.1 일정 손실

9.1.1.1 정격 전압에서의 무부하 시험

부속항 8.1 a), b)와 c)의 손실의 합은 무부하 상태로 전동기를 동작시킴으로써 결정된다. 기기에 정격 전압과 주파수의 전력이 공급된다. 1차 권선에서의 I^2R 손실만큼 감소한 흡수된 전력은 총 손실을 제공한다. 2차 권선에서의 I^2R 손실은 무시한다.

9.1.1.2 교정된 기기 시험(13항을 참조)

손실은 네트워크에 연결이 안된 상태에서 교정된 전동기로 정격 속도에서 기기를 구동시킴으로써 개별적으로 결정된다(부속항 9.2.2을 참조). 브러쉬와 함께, 교정된 전동기에 의해 흡수된 전기력으로부터 추론할 수 있는 기기 축대에서의 흡수된 전력은 부속항 8.1 b)와 8.1 c)에서의 손실의 합을 제시한다. 브러쉬와 함께, 베어링 마찰 손실과 총 권선 손실의 합은 같은 방법으로 얻어진다. 부속항 8.1 a)에서 설명된 손실은 뿔셈에 의해 부속항 9.1.1.1에서 설명한 시험으로부터 얻어진다.

9.1.1.3 가변 전압에서의 무부하 시험

부속항 8.1 a)에서 설명된 손실과 부속항 8.1 b)와 c)에서 설명된 손실의 합은 기기를 정격 주파수와 다른 전압에서 운전시킴으로써 분리한다. 주권선에서 I^2R 손실보다 작게 흡수된 전력은 전압의 제공에 대해 그려진다. 낮은 포화값에서 이는 부속항 8.1 b)와 c)의 손실 합을 제공하기 위해 영전압으로 추정될 수 있는 직선으로 제시된다.

낮은 전압값에서 선도 상에 그려진 손실은 증가된 슬립으로 증가된 2차 권선 손실로 인하여 높을 수 있다. 직선으로 그려진다면, 이들 값들은 고려되지 않아야 한다.

전동기가 단락 회로 2차 권선으로 시동되고 브러쉬가 올려지면(전원 발전기가 동시에 전동기로 기동될 경우 가능함) 베어링 마찰손과 총 풍손은 위의 경우와 같이 보외법으로 전압이 제로인 지점에서 얻어진다.

주의 - 권선형 전동기인 경우 동기 무부하 시험은 두상(또는 삼상)의 회전자 상에서 직류 여자 동기기의 경우와 같이 행해질 수 있다.

9.1.2 부하 손실

9.1.2.1 부하 시험

부속항 8.2 a)에서 설명된 손실은 직류 전류를 사용해서 측정된 그리고 기준 온도로 교정된 주권선 저항과 손실이 계산되는 부하에 해당하는 전류로 계산된다.

온-부하 시험을 할 때 부속항 8.2 b)에서 손실을 결정하기 위해 2차 권선 손실은 슬립과 2차 권선으로 전송되는 총 전력의 곱과 같다. 즉 소비 전력은 부속항 8.1 a)의 철손과 부속항 8.2 a)의 주권선에서의 I^2R 손실만큼 감소한다. 이 방법은 직접적으로 권선형 전동기에 대해서는 부속항 8.2 b)와 8.2 c)에서의 손실의 합으로, 농형 전동기에 대해서는 부속항 8.2 b)의 손실로 제시된다. 후자의 기기에 대해 직접적으로 2차 권선의 저항과 전류를 측정하는 것은 불가능하기 때문에 이 방법이 유일한 적용 방법이다. 이 방법을 이용할 때, 슬립은 스트로브스코픽 방법 또는 두개의 링 사이(권선형 전동기인 경우) 또는 보조 권선 단자 사이(2차 단락 전동기인 경우) 또는 축 끝단 사이에 연결된 영구 자석형 밀리전압계의 비트 수를 셸프로써 측정된다.

9.1.2.2 계산값

권선형 전동기에 대해 부속항 8.2 b)에서의 손실은 직류 전류로 측정된 그리고 기준 온도로 교정된 저항과 기기의 실제 변압비를 고려한 원선도 또는 등가 회로로부터 계산된 2차 전류로부터 계산된다. 사용되는 원선도의 형태는 제조업자와 사용자 간에 합의되어야 한다.

온-부하 시험을 위해서 부속항 8.2 c)의 브러쉬에서의 손실은 직접적으로 측정되지 않고 이들 손실은 브러쉬에 흐르는 전류와 고정된 전압 강하의 곱으로 얻어진다. 같은 위상의 모든 브러쉬에서의 전압 강하는 탄소 또는 흑연 브러쉬에 대해서는 1.0V, 금속-탄소 브러쉬에 대해서는 0.3V이어야 한다.

9.1.2.3 감소된 전압에서의 부하 시험

이 방법은 농형 전동기에 적용 가능하다.

기기의 회전 속도가 일정하게 유지되면서 전압이 감소될 때, 전류는 전압에 대략 비례적으로 감소하고 전력은 전압의 제곱에 대략 비례하여 감소한다. 전압이 정격의 절반값으로 감소될 때, 전류도 약 절반값으로 감소하고 전력은 정격 전압인 경우의 약 1/4로 감소한다.

감소된 전압 U_r 에서 부하가 유도기에 인가될 때, 소비 전력 P_{lr} , 주 1차 전류 I_{lr} 과 슬립 s , 그리고 감소된 전압 U_r 에서의 무부하 전류 I_{or} 과 정격 전압 U_n 에서의 무부하 전류 I_o 가 측정된다.

정격 전압에서 부하의 전류 벡터 I_1 은 아래와 같이 벡터선도(55쪽, 그림 3)를 구성함으로써 구해진다:

전류 벡터 I_{lr} 에 다음 비율을 곱하고

$$\frac{\text{정격 전압}}{\text{감소된 전압}} = \frac{U_n}{U_r}$$

벡터를 더하면:

$$\Delta I_o = I_o \sin \Phi_o - I_{or} \left(\frac{U_n}{U_r} \right) \sin \Phi_{or}$$

이상의 결과 벡터는 아래 소비 전력에 대해 정격 전압 U_n 에서 흐르는 전류를 나타낸다:

$$P_I = P_{lr} \left(\frac{U_n}{U_r} \right)^2$$

결정된 I_1 , P_I 값과 감소된 전압에서 측정된 슬립 s 로 부속항 9.1.2.1에서 제시된 것처럼 온-부하 손실을 계산하는 것은 가능하다.

9.1.3 추가 부하 손실

명시되어 있지 않았다면 부속항 8.3 a)와 8.3 b)에서 명시된 손실이 1차측 전류의 제곱에 따라 변하고 전 부하에서 총 값은 전동기인 경우 정격 입력의 0.5%와 발전기인 경우 정격 출력의 0.5%와 같다고 간주된다.

주의 - 소형기기를 설계하는 경우 이들 손실은 정격 입력의 0.5% 이상일 수 있다. 만약 특별한 경우에 대해 이 값이 중요하다면, 손실은 효율 측정 방법으로 직접 결정되어야 한다.

9.2 총 부하 측정

9.2.1 제동 시험

기기가 속도, 전압, 전류의 정격 조건에서 운전될 때, 효율은 입력에 대한 출력 비로 나타난다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

9.2.2 교정된 기기 시험(13항을 참조)

기기가 속도, 전압, 전류의 정격 조건에서 13항에 따라 운전될 때, 효율은 입력에 대한 출력 비로 취급된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

9.2.3 기계적 연속 시험

동일한 기기들이 같은 정격 조건하에서 동작할 때, 손실은 균일하게 분포하고 효율은 총 손실과 전기적 입력의 절반으로 계산된다. 구동되는 기기는 만약 무효전력의 전원이 제공되고 가변 부하가 단자에 연결된다면 유도 발전기로 동작한다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

9.2.4 전기적 연속 시험(16항을 참조)

동일한 기기들이 같은 정격 조건에서 동작할 때, 전기 시스템으로부터 공급된 손실은 균일하게 분포하고 효율은 총 손실의 절반과 한쪽 기기로의 전기적 입력으로부터 계산된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

주의 - 유도기의 경우와 같은 기어 박스가 필요한 경우 전기 기기에서 손실을 결정하기 전에 전기 입력으로부터 기어박스의 손실을 제하는 것 필요하다.

제4장 - 동기기

10. 총손실

총 손실은 아래 성분 손실의 합으로 간주한다:

10.1 손실분

a) 실제 철손과 다른 금속부에서의 추가적인 무부하 손실.

b) 개별 윤활 시스템에서의 어떠한 손실도 포함하지 않는 마찰(베어링과 브러쉬)에 의한 손실. 공통 베어링에서의 손실은 베어링이 기기와 함께 제공되는지 간에 개별적으로 언급되어야 한다. 펌프 저장을 위해 물로 구동되는 발전기와 동기 전동기에 대해 트러스트 베어링이 가이드 베어링과 함께 총 손실과 연관되어 있다면 트러스트 베어링의 손실은 개별적으로 설명된다. 손실값이 타당할 경우 트러스트 부하, 베어링의 온도, 기름 형태 그리고 기름 온도는 제시되어야 한다.

주의 - 개별 윤활 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우, 개별적으로 작성해야 한다.

c) 기기의 총 풍손은 주 환풍기와 기기의 중요한 부분을 형성하는 보조 기기에서 소비된 전력을 포함한다. 요청에 의해 기기에 선별적으로 적용된 기기의 주요부를 형성하지 않는 외부 환풍기, 물과 기름 펌프와 같은 보조기기에서의 손실은 단지 협정에 의해서만 포함될 수 있다.

주의 - 개별 환풍 시스템에서의 손실이 요구되어지는 경우, 개별적으로 작성해야 한다.

10.2 부하 손실

a) 1차 권선에서의 I^2R 손실.

b) 시동 또는 댐핑 권선에서의 I^2R 손실.

주의 - 이는 단상 기기에 대해서만 유용하다.

10.3 여자 회로 손실

a) 여자 권선과 여자 가감 저항기에서의 I^2R 손실

b) 완전한 단위체를 구성하는, 기기를 여자시키는 목적으로만 사용되는 주축에 의해 기계적으로 구동되는 여자기에서의 모든 손실. 이는 여자기의 여자 회로의 가감 저항기에서의 손실을 포함하나 마찰손과 풍손은 제외한다.

회전형 정류기와 기어, 로프 또는 벨트, 또는 축과 여자기 간의 유사한 드라이브에서의 손실을 포함해야 한다.

자기 여자와 동기화 단자에 연결된 교류 전원으로부터 입력 조정을 위한 모든 기구에서의 손실.

배터리, 정류기 또는 MG 세트와 같은 개별 여자 전원에 대해서, 여자 전원 또는 전원과 브러쉬 간의 연결부에서의 손실은 허용하지 않는다.

c) 브러쉬에서의 전기 손실.

10.4 추가 부하 손실

- a) 실제 철손부하와 도체를 제외한 금속부로 인한 손실.
- b) 주권선 도체에서의 와전류 손실.

11. 효율 결정

11.1 총손실

효율은 아래 사항에서 얻어진 손실의 합으로 간주된 총 손실로부터 계산된다:

11.1.1 여자 회로 손실

11.1.1.1 여자 권선 I^2R 손실

이 손실들은 식 I^2R 로부터 계산된다. 여기서, R은 기준 온도로 보정되는 선트 여자 권선의 저항이고 I는 기기의 개별 등급에 대한 여자 전류이다. 이 값들은 온-부하 시험 동안 직접적으로 측정되고 시험이 가능하지 않을 때 계산된다. 계산이 되는 곳에서 사용되는 방법은 제조업자와 사용자 간의 협약을 위한 것이다.

11.1.1.2 주 가감 저항기 손실

이 손실들은 식 I^2R 로부터 계산된다. 여기서, R은 고려된 등급을 위한 회로 내의 가감 저항기 부분의 저항이고 I는 위 부속항 11.1.1.1에서 정의한 바와 같은 여자 전류값이다. 또한 이들 값은 여자 전류와 가감 저항기에서 흡수된 여자 전압, U의 곱, IU,와 같다.

주의 - 여자 회로에 직렬로 계속 연결된 저항이 있을 경우, 이것은 주 가감 저항기와 함께 다루어져야 한다.

11.1.1.3 브러쉬에서 전기적 손실

이 손실의 합은 전기자 전류와 고정된 전압 강하의 곱으로 취급되어야 한다. 각 극성의 모든 브러

쉬에 대해 허용된 전압 강하는 탄소 또는 흑연 브러쉬에 대해서는 1.0V, 금속-탄소 브러쉬에 대해서는 0.3V, 즉 탄소 또는 흑연 브러쉬에 대해서는 총 전압 강하는 2.0V이고 금속-탄소 브러쉬에 대해서는 0.6V이다.

부속항 11.1.1.1, 11.1.1.2와 11.1.1.3에 따른 손실의 합은 여자 전류 I와 총 여자 전압 U_e 의 곱 IU_e 와 같다.

11.1.1.4 여자기 손실

주의 - 이는 여자기가 주축에 의해 기계적으로 구동되며 단지 동기기를 여자시키기 위해서 사용되는 경우에만 적용된다.

이 손실은 여자기의 축에서 흡수한 전력과 여자기의 단자에서 제공하는 유용한 전력 간의 차이를 포함한다. 그리고 개별 전원으로 여자된다면 여자기에서의 손실도 포함한다.

만약 여자기가 주 기기로부터 떨어져 개별적으로 시험된다면 흡수한 전력은 교정된 기기 방법으로 측정된다.

* 여자기 단에서의 유용한 전력은 주 기기에 관한 부속항 11.1.1.1과 11.1.1.2, 11.1.1.3, 손실의 합과 같다.

만약 여자기가 주 기기로부터 떨어뜨릴 수 없다면 전체 단위에 인가된 흡수한 전력은 주기기를 무부하 상의 전동기로 작동시키는 방법, 기기에 눈금을 표시하는 방법(13항) 또는 지연 방법으로 측정된다. 이 세 방법으로 여자기에 의해 흡수된 전력은 첫 번째로 부하를 단 여자기와 여자가 되지 않은 여자기로 이상적인 조건 하에서 장치의 총 손실 간의 차이로 얻어진다. 이 여자는 독립 전원으로 공급된다.

만약 이런 방법 중 어떤 것도 적용할 수 없다면 개별 손실은 직류 기기에 관한 6항에서 나타낸 바와 같이 결정된다(부속항 7.1.1.3, 마지막 단락을 참조).

주의 - 제조업자와 사용자는 자동 여자와 조절을 위해 기기 단과 연결된 교류 전원으로 부터 입력을 받는 기기의 손실을 결정하는 방법에 동의해야 한다.

11.1.2 손실

11.1.2.1 정격 전압과 주파수에서 단위 역률 시험

손실의 합은 기기를 무부하 상의 전동기로 운전시키는 방법으로 결정된다. 무부하 상에서 전동기를 동작시키기 위해서 정격 전압과 주파수 전원을 동기기에 인가한다. 기기가 최소 교류 전류를 소비하도록 여자를 조절한다. 주권선에서 I^2R 손실과 여자기에 의해 소비된 전력만큼 감소한 소

비 전력은 일정한 부하의 합으로 나타난다.

주의 - 후자 교정은 여자 전력의 개별 전원을 사용함으로써 피할 수 있다.

11.1.2.2 개방 회로 시험

부속항 10.1 a), 10.1 b)와 10.1 c), 손실의 합과 부속항 10.1 a)의 손실, 부속항 10.1 b)의 손실의 합은 교정된 기기로 정격 속도에서 기기를 구동시킴으로써 결정된다. 시험 상의 기기는 정격 전압에서 개방 회로에 연결된 발전기로 동작하기 위해서, 독립 전원으로 여자시킨다. 축과 교정된 전동기에 의해 소비된 전력으로 계산된 전력은 부속항 10.1 a), 10.1 b)와 10.1 c)의 손실의 합으로 제시된다. 여자를 제거시킴으로써, 부속항 10.1 b)와 10.1 c)의 손실 합은 같은 방법으로 얻을 수 있으며 이를 이전 계산된 소비 전력에서 제하면 부속항 10.1 a)의 철손이 얻어진다. 동기기에서 사용되는 브러쉬가 적을 경우에는 브러쉬를 들어올리는 시험으로는 브러쉬 마찰 손실을 다른 손실의 합으로부터 분리하는 것은 가능하지 않다.

11.1.2.3. 지연 시험

부속항 10.1 a), 10.1 b)와 10.1 c), 손실의 합과 부속항 10.1 a)의 손실, 부속항 10.1 b)의 손실의 합은 지연 방법으로 결정된다.

11.1.2.4 가변 전압에서 단위 역률 시험

부속항 10.1 a) , 10.1 b)과 10.1 c)의 손실은 기기를 정격 주파수에서 전동기로 운전시킴으로써 분리한다. 그러나, 3장의 부속항 9.1.1.3에서 설명한 것처럼 다른 전압에서 동작시킨다.

역률은 시험 동안 여자 전류를 조절함으로써 일정하게 유지한다.

11.1.2.5 가변 냉각 가스 밀도 시험

가변 압력에서 가스로 냉각되는 기기인 경우 총 풍손은 냉각 가스의 다른 밀도에서의 시험을 통해 마찰 손실과 분리한다.

주의 - 다른 속도로 시험하는 것은 고려 중이다.

11.1.2.6 열량 시험

베어링 손실은 열량법으로 가능한 경우 분리해서 결정된다.

주의 - 수직축 기기에서 가이드 베어링과 함께 트러스트 베어링의 손실은 합의에 의해만 결정된다.

11.1.3 부하 손실

이들은 아래 사항들로 구성된다:

- 주권선에서의 I^2R 손실.
- 주권선에서의 I^2R 손실은 부속항 11.1.4에서 설명한 단락 회로 시험 동안 측정된다.

개별적으로 제시될 때, 손실은 정격 전류와 기준 온도로 교정되는 권선의 저항으로 계산된다.

11.1.4 추가 부하 손실

명시되지 않는다면 부속항 10.4 a)와 10.4 b), 손실의 합은 단락 회로 시험법으로 측정된다.

주권선의 단락 회로를 단 시험할 기기는 정격 속도에서 구동되고 단락 회로로 된 주권선에서의 전류가 정격 전류와 같도록 여자시킨다. 부속항 10.1 b)와 10.1 c), 기계적 손실만큼 감소한 축에서 소비한 전력과 여자기에서 소비한 전력은 부하 손실의 합과 부속항 10.2와 10.4의 추가 손실로 나타난다. 만약 누설 리액턴스가 기기가 고주파에서 동작할 때와 같이 비정상적으로 높다면 철손에 대한 교정이 필요하다. 부하 손실은 온도의 함수로 다른 의미에서 변한다. 부하 손실과 추가 손실의 합은 온도에 불변하다고 가정하고 기준 온도로 교정할 필요는 없다.

주의 - 부속항 10.4 a)와 10.4 b),의 결정된 추가 손실의 합은 실질적으로 정격 부하에서 발생하는 손실보다 조금 더 높다는 것을 인식해야 한다.

단락 회로 시험 동안 기기의 축대에서 소비되는 전력은 교정된 기기법(13항) 또는 지연법(15항)으로 측정된다.

11.2 총 손실 측정

11.2.1 제동 시험

기기가 속도, 전압과 전류의 정격 조건에서 운전될 때, 효율은 입력에 대한 출력 비로써 취급된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

11.2.2 교정된 기기 시험(13항을 참조)

기기가 속도, 전압과 전류의 정격 조건에서 운전될 때, 효율은 입력에 대한 출력 비로써 취급된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권

선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

11.2.3 기계적 연속 시험

이상적인 기기가 같은 정격 조건에서 동작할 때, 손실은 균일하게 분포하고 효율은 총 손실의 반과 전기적 입력으로 계산된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

11.2.4 전기적 연속 시험(16항을 참조)

이상적인 기기가 같은 정격 조건에서 동작할 때, 전기 시스템으로부터 공급된 손실은 균일하게 분포하고 효율은 부속항 11.2.3에서와 같이 계산된다.

등급에서 명시된 동작 시간 말에 도달하는 온도에 가능한 한 근접한 온도에서 이 시험을 한다. 권선 온도 교정은 하지 않아도 된다.

11.2.5 역률 시험(14항을 참조)

기기가 속도, 전압과 전류의 정격 조건에서 운전될 때, 총 손실은 시험 동안 실제 손실과 전부하 여자 전류 손실의 차이로 교정된 소비 전력과 같다.

제5장 - 시험 방법

12. 통칙

시험은 아래 세 가지 범주 중의 하나로 묶여진다:

- a) 하나의 기기에 대한 입력-출력 측정. 이는 보통 기기로 입력 또는 출력되는 기계적 에너지의 측정을 말한다.
- b) 연속으로 연결된 두 개의 기기, 예를 들어 동일한 두 개의 기기 또는 교정된 기기에 연결된 시험 기기에 대해서는 입력과 출력 측정. 이는 기기로 입력 또는 출력되는 기계적 에너지의 측정을 제거하기 위해 행한다.
- c) 개별 조건 하에서 한 기기에서의 실제 손실 측정.

이는 총 손실이 아니라, 성분 손실로 구성된다. 그러나 방법은 총 손실 또는 성분 손실을 계산하기 위해 사용된다.

요구되는 정보, 정확도, 연관된 기기의 형태와 크기에 따라 시험을 선택한다. 기기의 개별 형태에 대해 유용한 대안적인 방법이 있는 곳에서 더 좋은 방법이 제시된다(18항을 참조).

직접과 간접 효율 측정 간에는 뚜렷한 차이가 있다.

효율의 직접적인 측정은 기기에 의해 공급된 전력과 소비된 전력을 직접적으로 측정하는 것이다.

효율의 간접적인 측정은 기기의 손실을 측정하는 것이다. 이런 손실은 소비 전력을 제공하는 기기에 의해 공급된 전력에 추가된다.

간접 측정은 아래 방법으로 행한다:

- (i) 손실 분리법;
- (ii) 총 손실법.

주의 - 기기의 효율을 결정하는 방법은 많은 가정에 근거한다: 직접 측정법으로 얻어진 손실과 개별 손실 측정으로 얻어진 손실을 비교하는 것은 가능하지 않다.

만약 명시되어 있지 않다면, 기기의 보증된 효율은 개별 손실을 결정하는 것에 근거한다, 그러나 방법을 선택할 때, 효율을 구하는 것은 연관된 기기의 효율과 형태, 방법으로 얻어진 정확도에 근거해야 한다.*

효율 또는 총 손실이 측정된 입력과 출력 전력으로 유추될 때, 이 측정에서 부정확도는 효율에서의 직접적인 오차로 나타난다.(예를 들어, 전력 측정 정확도가 1%인 경우, 효율은 2%의 오차를, 총 손실은 총 입력 전력의 2% 오차를 나타낸다) 상대적으로 낮은 효율을 갖는 기기 또는 작은 기기에 대해(90% 이하), 이 방법은 적용 가능하고 유용한 시험을 제공한다. 이런 기기와 다른 기기에 대해 효율은 직접 측정으로 손실을 계산함으로써 높은 정확도를 얻는다.

13. 교정된 기기 시험

손실 측정 대상 기기는 네트워크로부터 분리되어야 하고 필요하다면 구동 전동기와 분리되어야 하며 교정된 전동기, 즉 전동기로 정격 속도에서 구동되어야 한다. 이 전동기는 소비하는 입력전력과 회전 속도를 이미 알고, 축에서 공급하는 기계적 출력을 결정하는 것이 가능하도록 높은 정확도로 이미 결정되었어야 한다. 교정된 전동기에서 시험시 기기의 축으로 전달되는 기계적 출력은 동작 시험 조건에서 후자의 기기 손실을 측정하는 기준이다. 이 방법으로 시험된 기기는 전 부하일 수도 있고, 여자된 또는 여자되지 않은, 브러쉬 또는 단락 회로가 있을 수도, 없을 수도 있다. 이는 손실분리법으로 측정되어야 한다.

대안적인 방법으로 교정된 전동기는 역률계 또는 적절한 토크 측정계로 시험 동안 기기를 구동시키는 다른 전동기로 교체된다. 이는 알려진 시험 하에서 토크를 기기로 전송시키고 이로 인해 후자의 기기는 기계적 에너지를 소비한다.

이런 대안적인 방법을 이용할 때, 전력 계산에 직접적으로 사용되는 회전 속도는 특별한 주의로 측정해야 한다.

14. 역률 시험

기기는 무부하와 정격 속도에서 역률이 영 근처일 때, 전동기로 동작한다. 만약 완전한 부하에서 보다 더 큰 실제 철손을 제공하지 않는다면 전원은 정격 전압과 같다. 실제적으로, 무효전력은 양수이어야 한다. 즉, 과여자된 것이다. 그러나, 여자기 전압이 불충분하기 때문에 이것이 불가능할 때, 무효 전력을 흡수하는 시험(즉, 여자되지 않은 상태로)을 한다.

주의 - 이 방법의 정확도는 사용된 전력계의 낮은 역률에서의 정확도에 따라 변한다.

15. 지연 방법

이 방법은 큰 관성을 갖는 큰 동기에 적용 가능하다. 이런 기기에 대해 적절한 손실을 이용함으로써 교류 유도기와 직류기에 대해 이 방법을 사용한다. 이는 기기의 속도가 두 개의 미리 결정된 속도 간에 다른 조건 하에서 감소될 때, 즉 정격 속도의 110%에서 90% 또는 105%에서 95%, 이 방법으로 지연 시간을 측정한다.

이 방법으로 다른 여자 발생 하에서 단락 회로 사의 부하 손실과 다른 여자에서 철손, 기계적 손실(마찰손과 총 풍손)을 측정한다.

시험 동안, 기기는 베어링의 온도가 안정화되는 충분한 시간 동안 발전기에 연결된 무부하 전동기로 운전된다. 만약 베어링 손실이 베어링의 온도에서 보장된다면 베어링 냉각 시스템의 냉각수 양은 합의된 온도에 도달하도록 조절된다.

시험 상의 기기는 지연 시간을 측정한 속도보다 충분히 큰 속도로 가속되어야 한다. 그리고 나서 시험 기기는 급전 기기와 끊어지고 여자의 요구값과 주 권선을 연결한다. 이는 요구되는 정상 전압 시험 조건 동안 빠른 속도로 간격 동안 일정하게 감소하는 기기가 지연 시간을 측정하는 상한 값에 도달하기 전에 도달되어야 한다.

개방 회로 지연 시험에서 기기 속도가 정격 속도에 도달할 때, 여자와 고정자 전압을 측정한다. 단락 회로 지연 시험에서는 같은 시점에 여자와 고정자 전압을 측정한다. 개방 회로와 단락 회로로 연결된 몇몇의 여자 값에 대해 각각 시험한다.

두 개의 속도 한계값 간의 시간은 2%의 정확도 내로 측정된다. 선택된 두 개의 한계값 간의 간격은 측정 정확도에 따라 다르다. 영구 자석형 발전기 또는 여자는 회전 속도계로 사용되고 또는 전자기기 간에서 측정한다.

해당하는 개방 회로 지연 시험 동안 정격 속도에 도달할 시점에서 기기에서 발생하는 손실의 절대적인 값을 얻기 위해서, 무부하, 정상 속도와 단위 역률과 정상 전압, 지연 시험에서 사용되는

전압과 같은 값에서 전동기로 운전되는 기기로 측정한다. 입력 즉, 손실은 높은 정확도로 측정된다.

기기의 관성력의 충분한 정확도가 알려지지 않은 경우 다른 방법으로 측정된 손실로 지연 시험으로 결정된다.

측정은 몇 번 반복하고 평균값을 계산한다. 같은 전압에서 몇 번 측정하는 대신에 정격 전압 주위의 전압 대 손실 곡선을 얻기 위해서 95%에서 105%의 범위의 다른 전압에서 몇 점을 측정한다. 지연 측정은 같은 전압 범위에서 행한다. 손실 P와 지연 시간의 관계를 얻을 수 있다.

조건에서(예를 들어, 무부하, 단락 회로에서 등등)의 손실은 위 시험에서 측정된 입력값 P에다 위 시험에서의 지연 시간과 실제 시험에서의 지연 시간 간의 비를 곱함으로써 계산된다.

기계적 손실은 여자 없는 지연 시험으로부터 얻을 수 있고 철손은 개방 회로 시험으로부터 얻은 값에서 기계적 손실을 뺀으로써 얻을 수 있고 단락 회로 손실은 단락 회로 상의 지연 시험으로부터 얻은 값에서 기계적 손실을 뺀으로써 얻을 수 있다.

관성력은 아래 식으로 지연 시험으로부터 계산할 수 있다:

$$J = \frac{45600 Pt}{\delta n^2}$$

여기서:

$$45600 = \frac{60^2 \times 10^3}{8\pi^2}$$

지연은 속도 $n(1+\delta)$ 에서 속도 $n(1-\delta)$ 까지 측정된다. 여기서, n은 분당 회전수로 표현되는 정격 속도이다. 만약 P가 [kW]로 표현되면, 관성력 J는 kgm^2 로 표현되고, t는 속도가 각각 $n(1+\delta)$ 과 $n(1-\delta)$ 인 시점 간의 시간 간격이고 초로 표현된다.

지연 시험 동안 시험 기기 상의 여자는 개별 전원으로로부터 공급된다. 그러나, 만약 지연 동안 속도의 변화가 작다면, 즉, 105%에서 95%, 직접적으로 연결된 여자기가 사용된다. 여자 회로에서의 손실에 대한 교정은 지연 시험과 무부하 시험에서 전압이 같다고 하더라도, 여자 전류는 다소 차이가 있다. 그러나, 여자기의 개별 여자는 필수적이다.

손실의 절대적인 값을 얻기 위한 무부하 시험법을 사용하는 대신에, 눈금으로 표시된 전동기법이 사용된다.

16. 전기적 연속 시험

두 개의 이상적인 기기가 사용될 때 이 방법을 적용할 수 있다. 정격 속도에서 하나는 전동기로 다른 하나는 발전기로 동작시키기 위해서, 기기들은 기계적으로 전기적으로 연결되어야 한다. 측정되는 시점의 실제 온도는 동작 온도에 가능한 한 근접해야 하고 더 이상 교정은 필요하지 않다.

조립된 기기의 손실은 이들이 연결된 네트워크 또는 교정된 구동 전동기, 또는 부스터, 이런 다양한 방법의 조합으로 공급된다.

전기자 전류의 평균값은 정격값으로 조절된다. 두 전기자의 평균값은 직류기가 발전기 또는 전동기로 사용되는지에 따라 다르게 발생하는 전압 강하에 해당하는 양만큼 정격 전압보다 크거나 작다.

두 유도기가 전기적으로 연결된 곳에서 이들은 전력 보정을 위해서 기어 박스와 같은 속도 조절기에 기계적으로 연결되어야 한다. 순환된 전력량은 속도의 차이에 따라 다르다. 두 기기에 손실을 공급하는 전기 시스템은 두 기기에 자화 kVAR을 제공하기 위해 필수적이다.

두 개의 동기기가 전기적으로 연결될 때, 이들은 교정 위상 관계로 기계적으로 연결된다. 순환된 전력량은 이들 간의 위상각의 차이에 따라 다르다.

17. 열량 시험

고려 중.

18. 부속서

18.1 직류기

직류기에 관한 시험은 부속항 7.1에 일치해야 하고 효율을 계산하는 방법은 부속항 7.1.2에 일치해야 한다.

18.2 다상 유도기

다상 유도기에 관한 시험은 부속항 9.1에 일치해야 하고 일정한 상수를 결정하는 방법은 부속항 9.1.1.1에 일치해야 한다.

18.3 동기기

동기기에 관한 시험은 부속항 11.1에 일치해야 하고 일정한 상수를 결정하는 방법은 부속항 11.1.2.1에 일치해야 한다.