

제정 기술표준원고시 제2001 - 호 (2001. 3. 6)
개정 기술표준원고시 제2002 - 1280호 (2002.10.12)

전기용품안전기준

K 60034-4

[KS C IEC 2002]

회 전 기 기

제4부 : 동기기 특성값 측정방법

목차

쪽수

제1장 - 범위와 목적

서 문	1
1. 범위	1
2. 목적	1

제2장 - 일반사항

3. 일반사항	1
---------	---

제3장 - 용어와 결정방법

4. 직축 동기 리액턴스 X_d	3
5. 단락전류비 k_c	4
6. 횡축 동기 리액턴스 X_q	4
7. 직축 과도 리액턴스 X_d'	4
8. 직축 초기과도 리액턴스 X_d''	4
9. 횡축 초기과도 리액턴스 X_q''	5
10. 역상 리액턴스 X_2	5
11. 역상 저항 R_2	5
12. 영상 리액턴스 X_0	6
13. 영상 저항 R_0	6
14. 포티어 리액턴스 X_p	6
15. 전기자와 여자 권선 직류 저항 R_a 와 R_f	6
16. 정상 전기자 권선 저항 R_1	6
17. 직축 과도 개방 회로 시정수 τ_{do}'	7
18. 직축 단락 회로 시정수 τ_d'	7
19. 직축 초기과도 단락회로 시정수 τ_d''	7
20. 전기자 단락회로 시정수 τ_a	7
21. 가속시간 τ_J	8
22. 저장 에너지 정수 H	8
23. 정격 여자 전류 I_{fn}	8
24. 정격 전압 변동 ΔU_n	9

제4장 - 시험의 설명과 이 시험으로부터 기기 수치의 결정

25. 무부하 포화 시험	10
26. 연속 3상 단락회로 시험	10
27. 무부하 포화와 연속 3상 단락회로 특성으로부터 수치의 결정	10
28. 영 역률에서 과여자 시험	11
29. 영 역률에서(과여자) 정격전류와 정격 전기자 전류에 대한 여자 전류의 결정	11

30 무부하와 연속 3상 단락회로 특성으로부터 또는 영 역률(과여자)에서 정격 전압과 정격 전기자 전류에 대응하는 여자전류로부터 포티어 리액턴스의 결정	12
31 포티어 도표으로 정격 여자 전류의 결정	13
32 ASA도표에 의한 정격 여자 전류의 결정	15
33 스웨디쉬 도표에 의한 정격 여자 전류의 결정	16
34 음 여자 시험	17
35 음 여자 시험으로부터 X_q 의 결정	17
36 저 슬립 시험	17
37 저 슬립 시험으로부터 X_q 의 결정	18
38 부하 운전시 부하각 δ 를 측정하는 방법	19
39 부하 운전시 부하각 δ 를 측정하는 방법으로부터 X_q 의 결정	20
40 돌발 3상 단락회로 시험	20
41 돌발 3상 단락회로 시험으로부터 수치의 결정	22
42 전압 회복 시험	24
43 전압회복 시험으로부터 수치의 결정	24
44 전기자 권선 계자 축에 대한 횡축 위치에서와 직축 위치에서 회전자에 인가된 전압시험	25
45 전기자 권선 계자 축에 대한 횡축 위치에서와 직축 위치에서 회전자에 인가된 전압시험으로부터 수치의 결정	25
46 회전자가 임의의 위치에 있을때 인가 전압 시험	26
47 회전자가 임의의 위치에 있을때 인가 전압 시험으로부터 수치의 결정	26
48 선간 연속 단락 회로 시험	27
49 선간 연속 단락 회로 시험으로부터 수치의 결정	27
50 역상 시퀀스 시험	28
51 역상 시퀀스 시험으로부터 수치의 결정	28
52 3상에 단상 전압 인가 시험	29
53 3상에 단상 전압 인가 시험으로부터 수치의 결정	29
54 선간과 선-중성점 간 연속 단락회로 시험	29
55 선간과 선-중성점 간 연속 단락회로 시험으로부터 수치의 결정	30
56 전압-전류계법과 브리지법에 의한 직류 권선 저항 측정	31
57 전압-전류계법과 브리지법에 의한 직류 권선 저항 측정으로부터 권선 직류 저항 결정	31
58 전기자 권선이 개방되었을 때 계자 전류 감소 시험	32
59 전기자 권선이 개방되었을 때 계자 전류 감소 시험부터 τ'_{do} 의 결정	33
60 전기자 권선이 단락되었을 때 계자 전류 감소 시험	33
61 전기자 권선이 단락되었을 때 계자 전류 감소 시험으로부터 τ'_d 의 결정	33
62 매달린 회전자 진동시험	33
63 매달린 회전자 진동시험으로부터 τ_J 와 H 의 결정	33
64 보조추 스윙 시험	34
65 보조추 스윙 시험으로부터 τ_J 와 H 의 결정	34
66 무부하 지연 시험	35
67 무부하 지연 시험으로부터 τ_f 와 H 의 결정	35

68 전동기로 작동하는 동기기기일 때 기계적으로 연결된 기기들의 부하상태 지연 시험	35
69 전동기로 작동하는 동기기기일 때 기계적으로 연결된 기기들의 부하상태 지연 시험에서 τ_i 와 H의 결정	36
70 발전기로 작동하는 기기에서 부하 제거 후의 가속 시험	36
71 발전기로 작동하는 기기에서 부하 제거 후의 가속 시험에서 τ_i 와 H의 결정	36
72 기기의 시험 값을 이용한 계산으로부터 수치의 결정	37
표 I	38
부속서 A - 시험에 의한 동기기기 수치를 결정하기 위한 확인되지 않은 시험방법	40
A1. 범위	40
A2. 대상	40
A3. 일반사항	40

시험적 연구의 용어와 방법

A4. 정격 전기자 단락회로 전류에 일치하는 여자전류 (i_{fk})	41
A5. 직축 동기 리액턴스 X_d	41
A6. 횡축 동기 리액턴스 X_q	41
A7. 직축 과도 리액턴스 X'_d	42
A8. 횡축 과도 리액턴스 X'_q	42
A9. 횡축 초기과도 리액턴스 X''_q	42
A10. 역상 리액턴스 X_2	42
A11. 전기자-누설 리액턴스 X_0	42
A12. 동기 전동기의 기동 임피던스 Z_{st}	43
A13. 직축 과도 개방회로 시정수 τ'_{do}	43
A14. 직축 과도 단락회로 시정수 τ_q	43
A15. 횡축 과도 개방회로 시정수 τ'_{qo}	43
A16. 횡축 과도 단락회로 시정수 τ'_q	44
A17. 직축 초기과도 개방회로 시정수 τ''_{do}	44
A18. 횡축 초기과도 개방회로 시정수 τ''_{qo}	44
A19. 횡축 초기과도 단락회로 시정수 τ_q	44
A20. 직축 개방회로 여자 권선 시정수 τ_{fdo}	45
A21. 직축 개방회로 등가 댐퍼 회로 시정수 τ_{kdo}	45
A22. 직축 단락회로 여자 권선 시정수 τ_{fd}	45
A23. 직축 단락회로 등가 댐퍼 권선 시정수 τ_{kd}	45
A24. 주파수 응답 특성	46

시험의 설명과 시험에서의 수치와 특성의 설명

A25. 영 역률과 다양한 전기자 전압에서 과여자 시험	47
A26. 단락전류로 유지되는 정격 전기자에 일치하는 여자전류의 결정 (i_{fk})	47
A27. 상변이 시험	47
A28. 상변이 시험으로부터 수치의 결정 ¹⁾	48
A29. 극저-슬립 시 인가된 저 전기자 전압의 단선 시험	48
A30. 극저-슬립 시 인가된 저 전기자 전압의 단선 시험으로부터 수치의 결정	49
A31. 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때, 저 전기자 단선 시험	50

A32. 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때, 저 전기자 단선 시험으로부터 수치의 결정	51
A33. 저전압 부하 운전 시 기계의 돌발 단락회로 시험	52
A34. 저전압 부하 운전 시 기계의 돌발 단락회로 시험으로부터 수치의 결정	52
A35. 돌발 선간 단락회로 시험	53
A36. 돌발 선간 단락회로 시험로부터 역상 리액턴스의 결정	53
A37. 전원으로 부터 분리된 후 갑작스럽게 인가된 단락회로 시험	54
A38. 전원으로 부터 분리된 후 갑작스럽게 인가된 단락회로 시험으로부터 수치의 결정	54
A39. 회전자가 제거된 상태에서 인가전압 시험	54
A40. 인가전압 시험으로부터 수치의 결정	54
A41. 회전자 구속시험	55
A42. 회전자 구속시험으로부터 초기 기동 임피던스의 결정	56
A43. 전기자 권선의 개방회로 시 갑자기 인가된 여자시험	56
A44. 전기자 권선의 개방회로 시 갑자기 인가된 여자시험으로부터 τ'_{do} 의 결정	56
A45. 전기자 권선의 단락회로 시 갑자기 인가된 여자시험	57
A46. 전기자 권선의 단락회로 시 갑자기 인가된 여자시험으로부터 τ'_d 의 결정	57
A47. 전압회복 시험	57
A48. 전압회복 시험으로부터 수치의 결정	58
A49. 전기가 권선의 개방회로 시 계자 소멸 시험	58
A50. 전기가 권선이 개방회로 시 계자 소멸 시험으로부터 수치의 결정	58
A51. 전기자 권선이 단락회로 시 계자 소멸 시험	60
A52. 전기자 권선이 단락회로 시 계자 소멸 시험으로부터 수치의 결정	60
A53. 부하시 비동기 작동 시험	60
A54. 부하시 비동기 작동 시험으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정	61
A55. 비동기 저전압 작동 시험	62
A56. 비동기 저전압 작동 시험으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정	62
A57. 정지 시 가변주파수 전압 인가 시험	63
A58. 정지 시 가변주파수 전압 인가 시험 으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정	63
A59. 정지 시 전기자 권선의 직류전류 감쇄 시험	64
A60. 직류전류 감쇄 시험으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정	66
A61. 정지 시 갑자기 인가된 직류 시험	69
A62. 정지 시 갑자기 인가된 직류 시험으로부터 주파수 응답 특성의 결정	71
A63. 알려진 시험 수치로부터 계산에 의한 수치의 결정	72
표 IA	73
인용 목록	
그림 A1부터 A23	

주) -- : IEC기준과 상이한 부분

* : 적용하지 않아도 되는 부분

※ : 추가된 부분

전 기 용 품 안 전 기 준
(K 60034-4)

회 전 기 기

제 4 부 : 동기기 특성값 측정방법

Rotating electrical machines

Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests

서 문 이 규격은 1985년에 발행된 IEC 60034-4(Methods for determining synchronous machine quantities from tests)을 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 제정한 한국산업규격(KS C IEC 60034-4 : 2002)과 부합화한 전기용품안전기준이다.

제1절 범위와 목적

1. 범위

이 기준은 1KVA 이상의 정격이고 정격 주파수가 400Hz 크지 않고 15Hz보다 작지 않은 3상 동기기에 적용된다.

시험 방법들은 영구자석 계자 기기, 유도기 종류 기기 등과 같은 특수한 동기 기기들에 적용되도록 의도되지 않았다.

시험이 일반적으로 브러시가 없는 기기에 적용될 경우 몇몇 변경이 존재하고 특별한 주의가 필요하다.

2. 목적

이 기준의 목적은 시험으로부터 3상 동기기기의 특성 수치를 결정하기 위한 방법을 정하는 것이다.

이 기준이 어떤 주어진 기기에 대해 설명된 시험의 일부 또는 전부를 수행하도록 요구하는 것으로 의도되어지지 않는다. 수행될 특정 시험들은 특수한 동의에 의해야만 한다.

제2장 - 일반사항

3. 일반사항

동기 기기 수치를 결정기 위한 시험은 자동 조절을 위한 모든 장치가 꺼진 상태의 완전히 정상인 기기에 대해 행해져야 한다.

여기서 따로 언급하지 않았다면, 시험은 정격 회전 속도에서 수행된다.

3.1 따로 언급되지 않았다면 측정용 변압기, **센트**와 브리지 같은 시험동안 쓰이는 측정 기구와 그 악세서리의 표시는 **1.0클레스**를 넘지 않는 정확도를 가져야 한다. (IEC 51 출판물: 직접 작동하는 아날로그 표시 전기적 측정 기구와 그 악세서리)직류 저항을 결정하기 위해 쓰이는 기구는 **0.5클레스**를 넘지 않는 정확도를 가져야 한다.

이 단계에서 진동 기록 측정용 장비의 정확도를 정하도록 하진 않는다. 그렇지만 시험받아야할 기기의 정격 주파수에 입각해서 주파수 특성에 대해 진동의 크기의 선형 부분에서 읽혀지도록 해야 한다.

동기 기기의 회전 속도의 측정은 **스트로보스코프**의 방법이나 회전속도계(기계적이나 전기적)를 사용하여 이루어진다.

회전 속도를 측정하는 대신 기기가 어떤 다른 기기와 동기화되어 작동하거나 그 자신만 작동하고 있을 때 주파수 미터를 사용하여 주파수를 측정할 수 있다.

3.2 권선 온도는 결정되어야할 수치가 그 온도에 의존하거나 그 온도를 알아내는 것이 시험 동안 기기의 안정성을 고려하는데 있어 필요할 때 측정한다.

과도**상태** 온도가 안전값을 초과할 경우, 기기가 보통 냉각 상태로 무부하 상태에서 작동한 상태 뒤 또는 **낮은 기동** 온도를 보장할 정도의 시간동안 휴식이 취해진 **후에만** 시작되도록 권고되고, 그 온도는 온도가 초과하기 전에 시험이 중단될 수 있도록 조심스럽게 **감시**되거나 **사전 조치**되어야 한다.

3.3 시험동안 기기 권선 연결은 보통의 작동에 관한 것이어야 하는 것이 법칙이다.

모든 수치의 결정은 (오픈 델타와 같은 특별한 연결이 정해지지 않았다면) Y-스타 연결로 된 전기자 권선을 고려하여 행해진다. 전기자 권선이 실제로 델타 연결되어있다면 이 기준에 따라 얻어진 수치 값은 등가 스타연결 권선과 **일치시킨다**.

3.4 모든 수치와 특성들은 전압의 정격수치(U_n)과 실효 전력(S_n)을 기본으로하여 퍼 유닛트로 표시되어야 한다. 이 경우 **기본** 전류는:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n}$$

그리고 기본 임피던스는 :

$$Z_n = \frac{U_n^2}{S_n} = \left[\frac{S_n}{3I_n^2} \right] \Omega$$

편리하다면 중간 계산은 물리적인 값으로 행해진 후 퍼 유닛트로 전환되어도 된다. 시간은 초 단위로 나타내도록 **추천되어진다**. 특성을 계산 할 때, 그리고 도표를 그릴 때, 무부하 곡선에서 정격 전압에 대응하는 여자 전류가 여자 전류의 기본값으로 정해진다.

기기가 여러 정격 값을 갖고 있으면, 기본값에 대해 얻어진 것들이 언급되어야 한다.

다른 언급이 없다면, 위에 언급된 시스템은 이 기준에서 받아들여진다. 소문자들은 퍼 유닛트로 표시된 수치를 표시하고, 대문자는 그 물리적인 양을 표시한다.

3.5 동기기기 리액턴스를 결정하기 위해 이 기준에 주어진 공식에서, 다른 언급이 없다면 **정상성분** 전기자 저항은 무시된 걸로 봐도 좋다.

정상성분 전기자 저항이 측정된 리액턴스의 0.2 이상을 구성한다면 그 공식은 근사한 것으로 고려되어야 한다.

3.6 이 기준에 주어졌듯이 수치의 대다수의 정의와 그 결정의 실험적 방법은 계자 권선에 더해진 모든 회로와 그와 관련된 안정한 회로의 근사한 표현으로, 두 등가 회로에 의해 한 개는 **직축**, 다른 하나는 **횡축**을 따라 전기자 저항을 무시하거나 근사값으로만 고려해 **넣어** 동기기기에서 널리 쓰이는 두-축 이론에 **일치시켜 적용한다**.

이 근사 기기 표현의 결과로, 3개의 리액턴스(동기, 과도, 초기과도)와 두 개의 시정수(과도와 초기과도)가 이 기준에서 **직축 상의 과도 현상 분석에 적용되고**, 2개의 리액턴스(동기와 초기과도)와 하나의 시정수(초기과도)와는 **횡축 상의 과도현상 분석에 적용되며, 또한 전기자 단락회로 시정수가 있게된다**.

이 시정수들은 포함된 수치들(전류, 전압등)의 각 성분의 지수함수적인 **감쇄**를 가정했을 때의 값에 기초된다. 고려중인 측정된 성분의 플롯이 고체 회전자 기기의 경우와 같이 순수 지수함수적으로 **감쇄**하지 않는다면, 시정수는 보통 그 성분이 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 필요한 시간으로 해석된다. 이 시정수에 대응하는 지수함수로 **감쇄**하는 곡선은 실제 측정한 곡선을 대체하는 곡선으로 간주되어야 한다.

3.7 동기기기 수치는 자기회로의 포화에 따라 달라진다. 실제 계산에선 포화와 비포화값 둘 다 쓰인다.

이 기준에서 다른 언급이 없다면 포화된 것으로 정의되지 않은 동기 리액턴스는 제외하고 리액턴스와 저항의 **포화값**이 그 수치의 정격(전기자) 전압 값으로 쓰여지고, 그 **비포화값**은 정격(전기자)전류 값으로 쓰여진다.

수치의 정격(전기자) 전압값은, 기기가 정격 속도로 작동할 때 무부하 정격 작동에서 전기자 권선의 돌발 단락회로가 일어날 동안 기기의 자기 조건에 대응한다.

수치의 정격(전기자) 전류값은 이 특별한 수치를 결정하는 전기자 전류의 기본적인 교류 성분이 정격 전류와 같은 조건에 대응한다.

제3장 - 용어와 결정 방법

4. 직축 동기 리액턴스 X_d

기기가 정격 속도로 작동할 때, **기본파 전기자 전류에 대한 직축 전기자 전류로 인한 전체 직축 전기자 쇄교자속에의해 일정값으로 생성된 기본파 전기자 전압의 비**

4.1 비포화 상태에 대응하는 **직축** 동기 리액턴스 X_d 는 무부하 포화(2.5.1부속절 참조)와 **연속적인** 3상 단락회로(26.1부속절 참조) 특성으로부터 결정된다.(27절 참조)

5. 단락비 k_c

기계가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 연속적인 대칭 단락회로에서 정격 전기자 전류를 흘리기 위한 계자 전류에 대한, 개방 회로에서 정격 전기자 전압을 형성하기 위한 계자 전류의 비율

5.1 단락회로 비율은 무부하 포화(25.1부속절 참조)와 연속적인 3상 단락회로(26.1부속절 참조) 특성으로부터 결정된다.(27.1부속절 참조)

6. 횡축 동기 리액턴스 X_q

기계가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 기본파 전기자 전류에 대한 횡축 전기자 전류로 인한 전체 횡축 전기자 쇄교자속에 의해 일정값으로 생성된 기본파 전기자 전압의 비

6.1 횡축 동기 리액턴스는 다음 방법으로 결정된다.

- a) 음 여자(34와 35 참조);
 - b) 저 슬립(36과 37 참조);
 - c) 부하 상태에서 부하각의 측정(38과 39절 참조).
- 처음 2방법이 선호된다.

7. 직축 과도 리액턴스 X'_d

기기가 정격 속도로 작동하고 첫 주기동안 높은 감쇄 성분이 제외되었을 때, 기본파 전기자 전류의 순간적인 변화에 대한 직축 전기자 전류로 인한 전체 직축 전기자 쇄교자속에 의해 생성된 기본파 전기자 전압의 갑작스런 변화시 그 초기값의 비

7.1 직축 과도 리액턴스는 다음 방법에 의해 정해진다:

- a) 돌발 3상 단락회로(40, 41절 참조);
- b) 전압 회복(42, 43절 참조);
- c) X_d (4절 참조), τ'_{do} (17절 참조)과 τ'_d (18절 참조)의 시험 값을 72절에 주어진 공식으로부터 계산한다.

돌발 3상 단락회로 방법이 선호된다. X'_d 의 포화와 비포화 값을 결정되게 한다.

8. 직축 초기과도 리액턴스 X''_d

위에서 기기가 정격 속도로 작동할 때 기본파 전기자 전류의 순간적인 변화에 대한 직축 전기자 전류로 인한 전체 직축 전기자 쇄교자속에 의해 생성된 기본파 전기자 전압의 갑작스런 변화시 그 초기값의 비

8.1 직축 과도 리액턴스는 다음 방법에 의해 정해진다:

- a) 돌발 3상 단락회로(40절과 41.1부속절 참조);

- b) 전압 회복 (42절과 43.1부속절 참조);
- c) 전기자 권선 계자축에 위치하는 직축과 횡축에서 회전자에 의해 인가된 전압시험 (42절과 41.1부속절 참조)
- d) 극 축의 임의의 위치에 인가된 전압(46절과 47절 참조);

돌발 3상회로 단락 방법이 선호된다. X''_d 의 포화와 비포화 값이 결정되도록 한다.

인가 전압 방법(c와 d)는 X''_d 의 비포화 값에 쓰일 수 있지만, 요구되는 전류값이 크고 고체 부분에서 과열 가능성 때문에 포화 값에는 보통 쓰이지 않는다.

9. 횡축 초기과도 리액턴스 X''_q

위에서 기기가 정격 속도로 작동하고 기본파 전기자 전류의 순간적인 변화에 대한 횡축 전기자 전류로 인한 전체 직축 전기자 쇄교자속에 의해 생성된 기본파 전기자 전압의 갑작스런 변화 시 그 초기값의 비

9.1 횡축 초기과도 리액턴스는 다음 방식에 의해 결정된다.

- a) 전기자 권선 계자 축에 대해 직축과 횡축 위치에서 회전자에 인가된 전압(44절과 45.1부속절 참조)
- b) 임의의 위치에서 극 축에 인가된 전압(46절과 47.1부속절 참조)

이 두 방법 다 실제적으로 동등하고 비포화 값을 얻기 위해 쓰일 수 있다. 이 방법들은 큰 전류가 요구되고 고체 부분에서 과열의 이유 때문에 포화값의 결정에 실제적으로 잘 쓰이지 않는다.

10. 역상 리액턴스 X_2

기기가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 정현파 역상 전기자 전류와 이 전류로 인한 역상 무효성 기본파 전기자 전압의 비

주 - 고조파를 갖고있는 전류의 본질적인 성분이 쓰인다면 이 저항에 대해 다른 값이 얻어질 수 있다. X_2 의 보정값 사인 곡선적인 전류로 결정된다.

11. 역상 저항 R_2

기기가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 정현파 역상 전기자 전류와 이 전류로 인한 역상 동 위상 기본파 전기자 전압의 비

주 - 고조파를 갖고있는 전류의 본질적인 성분이 쓰인다면 이 저항에 대해 다른 값이 얻어질 수 있다.

11.1 역상 리액턴스와 저항은 다음 방법에 의해 결정된다:

- a) 선간 유지된 단락회로 (48, 49절과 49.1부속절 참조);
- b) 역상 시퀀스 (50과 51절 참조);
- c) 역상 리액턴스는 X''_d (8절 참조)과 X''_q (9절 참조)의 시험 값으로부터 계산에 의해 결정될 수 있다; 계산은 72.1절에 주어진 방정식을 사용하여 이루어진다.

선간 유지된 단락회로 방법이 선호된다.

12. 영상 리액턴스 X_0

기기가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 정격 주파수의 영상 전기자 전류의 기본파와 이로 인한 영상 전기자 전압 기본파의 무효성분의 비

13. 영상 저항 R_0

기기가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 정격 주파수의 영상 전기자 전류의 기본파와 이로 인한 영상 전기자 전압 기본파의 동 위상 성분의 비

13.1 영상 리액턴스와 저항은 다음 방법에 의해 결정된다.

- a) 직렬(open delta)또는 병렬로 연결된 3상에 단상 전압의 적용(52, 53절 참조)
- b) 선간과 선-중성점에 대해 연속 단락회로(54, 55절과 55.1 부속절 참조).

직렬로 연결된 3상에 단상 전압 인가 방법이 선호된다.

14. 포티어 리액턴스 X_p

포티어 방법을 써서 부하에서 여자를 계산하기 위해 전기자 누설 리액턴스의 위치에 쓰이는 등가 리액턴스. 과여자된 영역에서 계자 권선의 추가적인 누설이 고려되어야 하고, 전기자 누설 리액턴스의 실제 값보다 크다.

14.1 포티어 리액턴스는 30절에 따라 결정된다.

15. 전기자와 여자 권선 직류 저항 R_a 와 R_f

직류 권선 저항은 다음 방법에 의해 결정된다:

- a) 전압계와 전류계(56, 57 절 참조);
 - b) 단일과 이중 브리지(56절과 57.1 부속절 참조);
- 단일 브리지 방법은 1Ω 이하의 저항을 측정하는데는 쓰이지 않는다.

16. 정상 전기자 권선 저항 R_1

기기가 정격 속도로 작동할 때, 정현파 정상 전기자 전류와 이 전류로 인한 전기자 권선에서 직접 걸리는 부하 손실과 도체에서 공전 부하 손실에 대응하는, 정상 전기자 전압의 동상 성분의 몫.

16.1 정상 전기자 저항은 72.2부속절에 따라 결정된다.

17. 직축 과도 개방 회로 시정수 τ'_{do}

기기가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 작동 조건에 돌발 변화가 있고난 후, 직축 전류량에 기인한 개방회로 전기자 전압의 천천히 변화하는 성분에 대해 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 까지 감쇄하는데 요구되는 시간.

17.1 직축 과도 개방 회로 시정수는 다음 방법에 의해 결정된다.

- a) 개방회로 전기자 권선과 함께 감쇄하는 계자 전류(58, 59절 참조);
- b) 전압 회복(42절과 43.2 부속절 참조);
- c) $X_d(4절)$, $X'_d(7절)$ 과 $\tau'_{do}(18절)$ 의 시험 값으로부터 72절의 공식을 이용한 계산.

계자 전류 감쇄법이 선호된다.

18. 실수 과도 단락 회로 시정수 τ'_d

기기가 정격 속도로 작동하고 있을 때, 작동 조건에 돌발 변화가 일어난 후 직축 단락회로 전기자 전류의 천천히 변화하는 성분이 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 까지 감쇄하는데 요구되는 시간.

18.1 직축 과도 단락 전류 시정수는 다음 방법에 의해 결정된다:

- a) 돌발 3상 단락회로(40절과 41. 2부속절 참조);
- b) 전기자 권선이 단락회로로 되었을 때, 계자 전류의 감쇄(60, 61 절);
- c) $X_d(4절)$, $X'_d(7절)$ 과 $\tau'_{do}(17절)$ 의 시험 값으로부터 72절의 공식을 이용한 계산.

돌발 단락회로 시험 X'_d 를 결정하기 위해 이루어진다면, τ'_d 는 같은 시험으로부터 얻어져야 한다.

다른 모든 경우 전기자 권선이 단락회로로 되었을 때, 계자 전류의 감쇄에 대해 좀더 선호되는 경우가 많다.

19. 직축 초기과도 단락회로 시정수 τ''_d

기기가 정격 속도로 작동되고 있을 때, 작동 조건에 돌발 변화가 일어난 이후 직축 단락회로 전기자 전류에서 처음 주기 동안 나타나는 급격히 변하는 성분이 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 까지 감쇄하는데 요구되는 시간.

19.1 직축 단락회로 시정수는 돌발 2상 단락회로 방법(40절과 41.3부속절 참조)에 의해 결정된다.

20. 전기자 단락회로 시정수 τ_a

기기가 정상적으로 작동할 때, 작동 조건에서 돌발 변화가 생긴 이후에 단락 회로 전기자 전류에서 나타나는 비주기성 직류 성분이 그 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 까지 감쇄하는데 요구되는 시간.

20.1 전기자 단락회로 시정수는 다음 방법들에 의해 돌발 3상 단락 회로 시험으로부터 결정된다:

- a) 여자 권선 전류에서 주기성(교류) 성분을 감쇄시킴으로서(40절과 41.4부속절 참조);
- b) 전기자 권선 강들에서 전류의 비주기성(직류) 성분을 감쇄시킴으로서(40절과 41.5부속절 참조);
- c) X_2 (10절)과 R_a (15절)의 시험 값으로부터 72.3부속절의 공식을 이용한 계산.

여자 권선에서 주기성 성분의 감쇄 측정 방법이 선호된다.

21. 가속시간 τ_j

가속 토크가 일정하고 정격 각속도에 대한 정격 실효 전력(출력)의 비와 같을 때 동기 기기의 회전부를 휴지 속도에서 정격 속도까지 올리는데 걸리는 시간.

주 1 - 동기 콘덴서의 경우, 정격 실효 전력(출력)은 정격 피상 전력으로 대체된다.

2 - 기기적으로 연결된 기기의 그룹에 대해 가속시간이 결정된다면, 가속 토크는 기본 동기 기기의 정격 실효 전력과 정격 각속도에 대해 계산된다.

22. 저장 에너지 정수 H

정격 속도로 움직일 때 회전자에 저장된 운동에너지와 정격 피상 전력의 비.

22.1 기기 또는 기기 그룹의 가속 시간과 저장 에너지 정수는 다음 방법에 의해 결정된다:

- a) 매달려진 회전자 진동(62, 63 절 참조);
- b) 보조추 흔들림(64, 65 절 참조);
- c) 무부하 감쇄(66, 67절 참조);
- d) 기기가 모터로서 작동할 때 부하 감쇄(68, 69절 참조);
- e) 기기가 발전기로 작동할 때 돌발 무부하 뒤의 가속(70, 71절 참조).

위에 언급된 모든 방법은 실제적으로 동등하나. 각 방법의 적용은 시험받는 기기의 설계와 피상 전력에 의존한다.

23. 정격 여자 전류 I_m

기기가 정격 전압, 전류, 역률, 속도에서 동작 할 때, 여자 권선에서의 전류.

23.1 정격 여자 전류는 다음 방법에 의해 결정된다:

- a) 정격 조건 하에서 작동시 직접 측정;
- b) 그림으로 포티어의 벡터도(32절 참조), 또는 ASA그림(32절 참조) 또는 스웨덴식 도표(33절 참조).

직접 측정이 선호되나 그림 방법은 실제적으로 직접 측정과 동등하다.

24. 정격 전압 변동 ΔU_n

정격 작동이 전기자가 개방회로가 되고 속도와 여자 전류가 그대로인 무부하 작동에 대해 정격 운전으로 바뀌어졌을 때의 단자 전압의 변화.

정격 전압 조절은 다음 방법들에 의해 결정된다:

- a) 직접 측정;
- b) 그림으로 시험으로부터 얻어진 무부하 특성(25.1 부속절 참조)과 정격 여자 전류(23절, 23.1 부속절)로부터.

제4장 - 시험의 설명과 이 시험으로부터 기기 수치의 결정

25. 무부하 포화 시험

무부하 포화 시험은 다음과 같이 행하여진다.

- a) 어떤 원동기로 시험받는 기기를 발전기로서 구동시킨다.
- b) 교류 대칭 3상 전압 전원으로 부터 축 부하 없이 시험받는 기기를 전동기로서 구동시킨다.
- c) 시험받는 기기의 감쇄 동안.

무부하 포화 시험동안 여자 전류, 선전압과 주파수(또는 속도)는 동시에 측정되어야 한다.

무부하 시험을 하는 동안, 여자의 변화는 높은 전압에서 낮은 전압으로 일정 크기로 나누어져서 단계적으로 이루어져야 한다; 가능하다면 시험받는 기기의 정격 전압의 1.3배 이상인 정격 부하에서 여자에 대응하는 전압으로부터, 잔류 전압이 더 높지 않다면 그 정격 전압의 0.2까지 내려간다.

여자 전류가 0까지 감쇄될 때, 발전기의 단계적인 전압이 측정된다.

무부하 포화 시험이 동기 기기가 무부하 모터로서 작동하고 있을 때 이루어진다면 위에 언급된 측정 수치에 더하여 전기자 전류를 측정하여야 한다. 각 전압 스텝에서 그 역률에 대응하는 최소 전기자 전류로 그 수치가 읽혀져야 한다.

시험받는 기기의 지연동안 무부하포화시험은 정격감쇄가 초당 정격속도가 0.04를 넘지 않는 정밀도로 수행된다.

시험 받는 기기가 초당 정격 속도의 0.02배 이상의 감속률을 갖는다면, 시험동안 더 좋은 안정된 여자를 얻기 위해 분리된 전원의 여자가 요구된다.

선으로부터 끊기 전에, 기기는 요구된 가장 최상 값으로 여자되나 기기의 정격전압의 1.3배 이하 여자는 안된다. 여자는 단계 별로 낮아지고, 각 단계에서 전기자 전압과 속도(주파수)가 정수 여자 전류와 함께 동시에 측정된다. 지연 시험은 요구되는 모든 단계를 얻기 위해 반복되어야 한다.

25.1 무부하 포화 특성은 - 단자에서 전기자 개방회로 권선 전압과 정격 속도(주파수)에서 여자 전류의 관계 - 무부하 시험의 정보로부터 나온다. 높은 단계적인 전압으로 인해 무부하 특성이 원점 위에서 축을 지난다면 보정이 필요하다. 이것을 결정하기 위해 보통 에어갭라인이라 불리는 무부

하 곡선에 의해 잘린 횡축의 길이는 여자 전류의 모든 측정값에 대해 더해져야할 보정 값을 나타낸다.(33쪽, 그림 1 참조)

시험 동안 주파수가 정격 값과 다르다면, 모든 정격 전압 값은 정격 주파수 값에 대해 참조되어야 한다.

26. 연속 3상 단락회로 시험

연속 3상 단락회로 시험은 다음에 의해 수행된다.

a) 어떤 원동기로 시험받는 기기를 발전기로서 구동한다.

b) 시험받는 기기의 지연 동안

가능한 한 기기 단자에 가까이 단락회로가 구성되어야 하고, 단락회로를 닫고 난 후에 여자전류를 인가한다.

연속 3상 단락회로 시험 동안, 여자 전류와 전기자 전류는 동시에 측정되어야 한다. 측정치 중 하나는 정격 전기자 전류에 가까운 전류에 골라진다. 회전 속도(또는 주파수)는 정격 수치와 다른 것이지만 정격 수치의 0.2 아래로 떨어져서는 안된다.

시험받는 기기의 감쇄동안 연속 3상 단락 전류 시험은 초당 정격속도의 0.10를 넘지 않는 정밀도로 수행한다. 시험중인 기기가 초당 정격속도 0.04 이상의 감속도를 갖는다면 시험 동안 더 안정된 여자를 확보하기 위해 분리된 다른 전원으로부터의 여자가 필요하다.

26.1 전기자 단락회로 권선 전류와 여자 전류 사이의 관계인 3상 연속 단락 회로 특성은 3상 연속 단락회로 시험으로부터 유도된다.

27. 무부하 포화와 연속 3상 단락회로 특성으로부터 수치의 결정

직축 동기 리액턴스(4절과 4.1 부속절)은 무부하 포화와 3상 연속 단락회로 특성으로부터, 어떤 여자에서 에어갭라인으로부터 얻어진 무부하 전압과 어떤 여자 전류에서 단락회로 특성으로부터 얻어진 연속 단락회로 전류의 비로 결정된다(그림 1):

$$X_d = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_{BC}} \Omega \quad \left[x_d = \frac{AC}{BC} = \frac{OH}{OC} = \frac{i_{fk}}{i_{fg}} \right]$$

그런 방식으로 결정된 X_d 값은 기기의 비포화 상태에 대응한다.

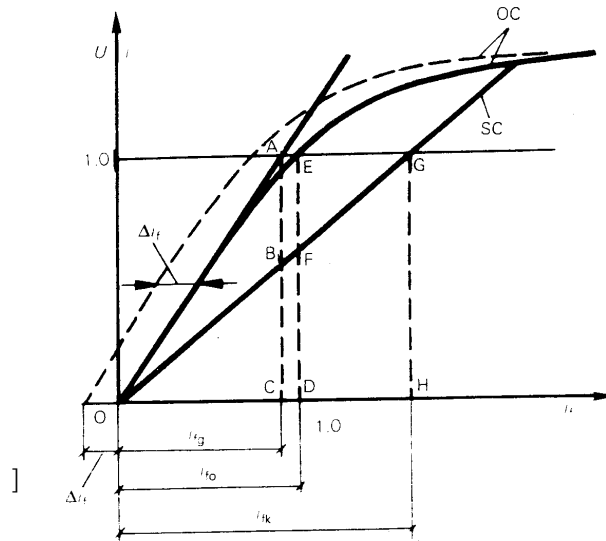


그림 1

27.1 단락회로비율(5절과 5.1부속절)은 무부하 포화와 3상 연속 단락회로 특성으로부터 무부하 포화 곡선에서 정격 전압에 대응하는 여자 전류와 단락회로 곡선에서 정격 전류에 대응하는 여자 전류의 비로 결정된다.

$$K_c = \frac{OD}{OH} = \frac{i_{fo}}{i_{fk}}$$

28. 영 역률에서 과여자 시험

영 역률에서 과여자 시험은 발전기나 전동기로서 작동하는 기기에서 행해진다. 기기가 발전기로 작동할 때의 실제 전력은 0이어야 한다. 기기가 전동기로 작동할 때 축에서 부하는 0이어야 한다. 시험동안 여자전류는, 과여자되고 영 역률일 때, 될 수 있는 한 정격 수치로부터 단위당 ± 0.15 이상 차이나지 않는 전압과 전기자 전류의 값에 대응하여 결정된다.

29. 영 역률에서(과여자) 정격전류와 정격 전기자 전류에 대한 여자 전류의 결정

영 역률에서 과여자 시험 동안, 전압이 정격값의 ± 0.15 퍼유닛 이상 차이가 나지 않는다면, 시험과 무부하 포화(25.1 부속절)과 연속 3상 단락회로(26.1 부속절) 특성을 이용하여, 정격 전압과 전류에 대응하는 여자 전류의 결정을 위해 도식적인 방법이 쓰인다.

실험적인 점이 시험 기기의 무부하 포화 곡선과 함께 도시되어있다. 이 점은 영 역률과 전류 I , 전압 u , 여자전류 i_f (점 c, 그림 2)의 측정 값에 대응한다.

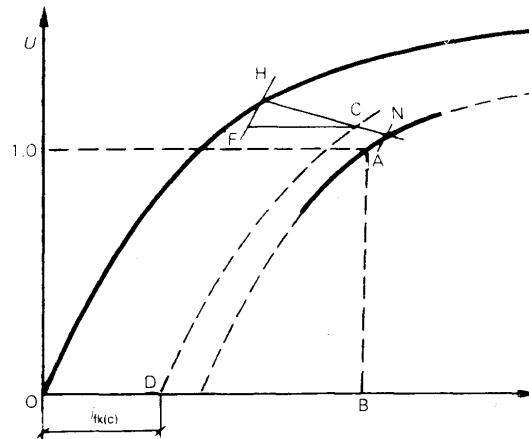


그림 2

3상 단락 회로 곡선에서 여자 전류 i 에 대응하는 여자 전류와 같은 벡터OD는 횡축을 따라 놓여있다. 점 C로부터 OD와 같은 길이의 CF가 무부하 특성 쪽으로 횡축과 평행하게 놓여있다. 그러면 선 FH는 무부하 특성의 연장된 직선 부분에 평행하게 그 무부하 포화 곡선에 H에서 교차하도록 끌어진다. 선 HC는 다음과 같이 되도록 N점까지 연장된다.

$$\frac{HN}{HC} = \frac{1}{i}$$

i 는 점 C에 대응하는 전류이다.

그러면 무부하 포화곡선은 HN 길이만큼 그 자신과 평행하게 오른쪽 아래로 옮겨진다.

이 곡선에서 정격 전압에 대응하는 점 A가 찾아진다. 이 점의 횡값(OB)이 **영 역률**(과여자)에서 정격전압과 전기자 전류에 대응하는 여자 전류를 나타낸다.

30 무부하와 **연속** 3상 단락회로 특성과 **영 역률**(과여자)에서 정격 전압과 정격 전기자 전류에 대응하는 여자전류로부터 포티어 리액턴스의 결정

포티어 리액턴스(14절)은 그래픽적으로 하게 결정된다. 그 종좌표가 정격 전압이되고 그 횡좌표-정격 전기자 전류와 과여자 상태에서 **영 역률**에서 측정된 여자 전류가 되는 점 점A뿐만 아니라 무부하와 3상 **연속** 단락회로 곡선이 그림에 표시되어 있다.(그림 3)

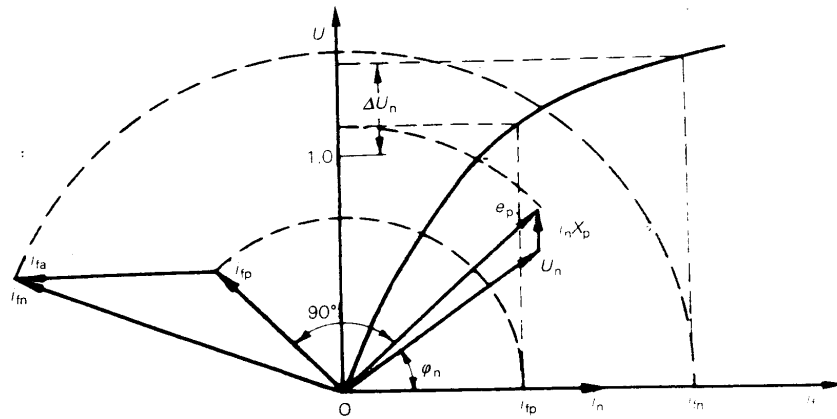


그림 4

이 벡터는 그림 (그림 4) 위에서 발전기용 전기자 전류의 벡터 방향이고 전동기용의 반대 방향으로 놓아져야 한다.

정격 전압과 리액턴스 x_p 에서 전압 강하의 벡터 합은 기전력 벡터 e_p 를 나타낸다; 이 기전력에 대응하는 여자 전류 i_{fp} 는 무부하 곡선으로부터 결정되고 원점으로부터 기전력 벡터에 90° 되는 곳에 놓여진다.

정격 전기자 전류(i_{fa})에서 전기자 반작용을 보상하는 여자 전류 성분은 유지된 3상 단락회로 특성에서 정격 전기자 전류에 대응하는 여자 전류와 무부하 포화 특성에서 전기자 정격 전류로 인한 x_p 에서의 전압 강하에 대응하는 여자 전류 사이의 차이로 결정된다.(그림 3, 37쪽) 벡터 i_{fa} 는 i_{fp} 벡터의 끝에서부터 전기자 전류 벡터와 평행하게 놓여진다. 정격 여자 전류 i_{fn} 은 i_{fp} 와 i_{fa} 의 벡터 합이다.

포티어 리액턴스 x_p 를 모른다면, x_p 는 그림4에서 ax_a 로 대체될 수 있다. 여기서 x_a 는 회전자 없이 측정된 전기자 리액턴스이고 (31.2 부속 절 참조), a 는 (유사한 구조의 기기에 대한 전 실험으로부터 더 정확한 숫자가 가능하지 않다면) 돌극기에 대해선 1.0, 그리고 비돌극기에 대해선 0.6(0.65)와 같은 성분이다.

31.1 회전자 없는 시험은 전기자 권선의 단자에 인가된 정격 주파수에서의 3상 전압으로 이루어진다. 인가 전압은 전기자 전류가 정격 전압 값에 비슷하도록 선택된다.

시험동안 측정은 단자 전압(U), 선전류(I)와 공급 유효 전력(P)에 대해 이루어진다.

31.2 회전자 없을때의 전기자 리액턴스(X_a)는 다음 관계로부터 계산된다.

$$X_a = \sqrt{Z^2 - R^2} \Omega$$

여기서:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{U}{\sqrt{3I}} \Omega; & R &= \frac{P}{3I^2} \Omega \\ \left[X_a &= \sqrt{Z^2 - r^2}; \quad Z = \frac{u}{i}; \quad r = \frac{p}{i^2} \right] \end{aligned}$$

32. ASA도표에 의한 정격 여자 전류의 결정

무부하 포화 특성 (25.1부속 절 참조), **일정한** 3상 단락회로 특성 (26.1부속 절 참조)과 포티어 리액턴스(14절 참조)을 이용하여 ASA 벡터도(그림 5)에 의해 기기의 정격 여자전류를 결정하는 것(23절 참조)

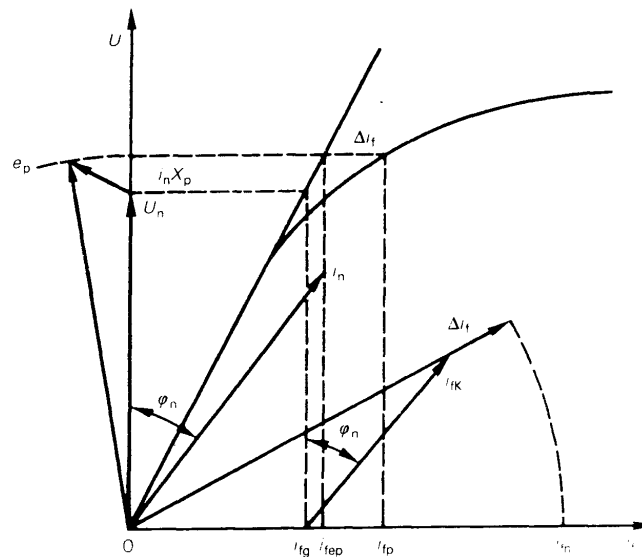


그림 5

기전력 e_p 의 결정은 31절에 따라 이루어진다. 정격 전기자 전압에서의 에어갭라인을 위한 여자 전류(i_{ig})는 무부하 포화 특성으로부터 결정된다. 벡터 전류 i_{ig} 는 원점으로부터 횡축을 따라 놓여진다. 그 끝으로부터 종축의 우측으로 정격 역률각 ψ_n (과여자 발전기에 대해서는 +로 간주되는)에 **일정한** 3상 단락회로 특성에서 정격 전기자 전류(30절)에 대응하는 여자 전류 I_a 라 벡터가 놓여진다. 무부하 포화 특성의 여자 전류(i_{ip})와 에어갭라인에서의 여자전류(i_{iep}), 둘다 전압 e_p 에 관한 것일 때 (그림 5), 그 차이(Δi)에 대응하는 벡터 전류는 여자 전류의 기하학적 벡터 합을 따라 놓인다. 이 세 벡터의 합이 정격 여자 전류에 해당한다. 정격 여자 전류는 다음 공식에 따라서 결정된다(또는 물리적 값).

$$i_{fn} = \Delta i_f + \sqrt{(i_{fg} + i_{fg} \sin \psi_n)^2 + (i_{fk} \cos \psi_n)^2}$$

포티어 리액턴스를 모른다면 그림 5에서 $\alpha\chi_a$ 로 대체될 수 있다.(31절 참조)

33. 스웨덴식 도표에 의한 정격 여자 전류의 결정

무부하 포화 특성(25.1 부속 절 참조)**연속** 3상 단락 회로 특성(26.1 부속 절 참조)와 **영 역률**(과여
자)에서 정격 전압과 전기자 전류에 대응하는 여자 전류(29절 참조)를 이용하여, 스웨디쉬 도표로
서 기기의 정격 여자 전류를 결정하는 것(23절 참조)

여자 전류의 세 수치가 횡축에 놓여진다(그림 6):

OD는 무부하 곡선에서 정격 전압에 해당,

OB는 **영역**에서 정격 전압과 전기자 전류에 해당,

OC는 연속 단락 회로 특성에서 정격 전기자 전류에 해당.

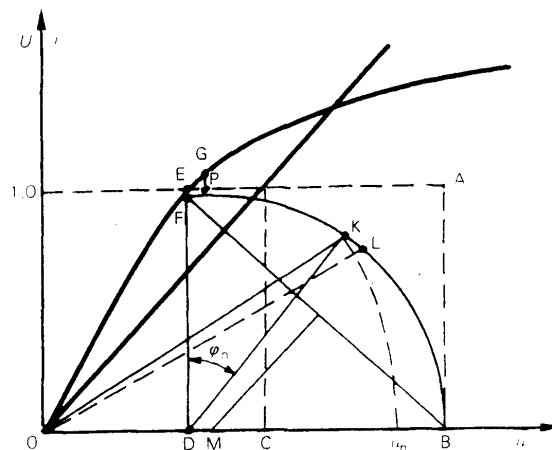


그림 6

점 D로부터 길이가 1.050C와 같은 선 FD가 횡축에 수직으로 놓여진다. 점 F와 B는 직선으로 연결되고 중심으로 M으로부터 점 F와 B를 통과하는 원호가 그려진다.

점 D로부터, FD에서 역률각 ϕ_n (과여자 발전기에서 양으로 간주되는) 위치에 호 FB와 교차하는 점 k까지 선이 하나 그려진다. 선 OK가 기기의 정격 여자 전류에 해당한다.

필요하다면 전기자 저항에서의 전압 강하가 다음과 같이 설명될 수 있다.

선 KL이 호 FKB를 따라 놓여진다. 이 길이는 정격 전류에서 정상 전기자 저항에서의 전압 강하를 나타내는 PG의 값으로 인해 무부하 전압을 증가시키기 위해 필요한 여자전류 성분 EP와 같다.(16절, 72.2 부속 절 참조) OL선은 요구된 여자 전류를 나타낸다.

기기가 전동기로 작동할 때, 정상 전기자 저항에서의 전압 강하는 E로부터 아래쪽으로 놓이게 되고, 점 L은 점 K의 왼쪽에 놓이게 된다.

영역 **역률**, 정격 전압과 전류에서 여자 전류가 부족할 때, 다음 방법이 스웨디쉬 그림을 이용하는 동안 그 결정을 위해 쓰일 수 있다. 종축을 따라 정격 전기자 전류에서의 $\alpha_{Xa''}$ (31절)에서 전압 강하가 정격 전기자 전류에 더해진다. (점 H'- 그림 3. 37쪽)

횡축에 평행한 한 선이 점 H'로부터 점 H에서 무부하 특성과 교차하도록 그려진다. 그 점 H에서 횡축과 교차하도록 수직선이 그려진다(점 D - 그림 3). 점 D 우측으로 벡터 i_{fa} (길이 DB)가 횡축에 더해진다(31절 참조). 길이 OB와 같은 여자 전류가 스웨덴식 도표를 그리는데 사용할 때 필요한 전류이다.

34 음 여자 시험

시험은 네트워크와 병렬로 무부하 상태에서 작동하는 기기에서 **행해진다**. 여자 전류는 점차 안정적으로 0으로 **감쇄**되고, 그 극성이 바뀌고, **기기의 슬립이 폴 피치 하나만큼의 슬립이 일어날 때까지 증가시킨다**. 전압, 전기자 전류와 여자 전류의 값들은 기기가 **슬립을 시작하는 시점까지** 측정된다.

35 음 여자 시험부터 x_q 의 결정

음여자 시험부터 x_q (6절 참조)의 결정은 공식을 사용하여 결정된다(pu또는 물리적 수치로):

$$X_q = (X_d) \cdot \frac{U_r}{U_r + (e)}$$

여기서:

(e) = 기기가 하나의 최대 **극 피치**를 올릴 때 여자 전류 i_{fe} 에 대한 무부하 기전력; 이것은 올리는 하나의 최대 **극 피치**의 순간에 전압에 대응하는 점을 지나도록 그려진 확장된 무부하 포화 특성으로부터 결정된다.(그림 7)

U_r = **극 피치 미끄러지는 시점**의 순간 전압.

(x_d) = 같은 직선화 된 무부하 포화 특성으로부터 결정된 **직축** 동기 리액턴스.

시험동안 기기가 **극 피치 미끄러지는 시점**의 전기자 전류(i_r)이 측정된다. x_q 는 공식을 이용하여 결정된다:

$$X_q = \frac{U_r}{\sqrt{3} I_r} \Omega ; \left[X_q = \frac{U_r}{i_r} \right]$$

이 시험으로부터 얻어진 x_q 값은, u_r 의 값에 의존하여, 포화를 포함한다. 비포화값을 얻기위해 인가 전압은 그 정격 전압의 0.6이하이어야 한다.

36 저 슬립 시험

저 슬립 시험 동안, 평균 이하의 대칭 3상 전압($0.01U_n \sim 0.2U_n$)이 시험 받는 기기의 전기자 단자에 인가된다.

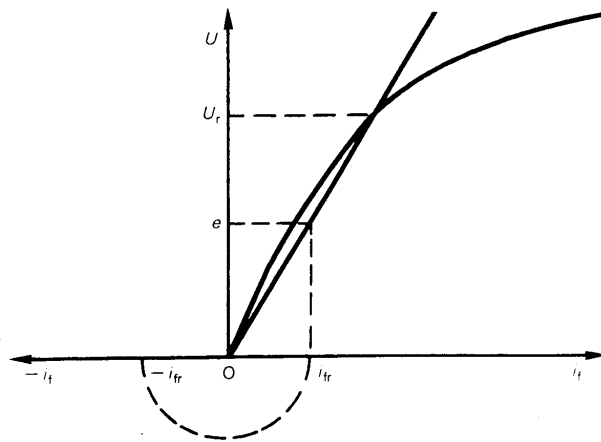


그림 7

전압은 기기가 정지되지 않을 정도여야 한다. 여자 권선은 개방 회로여야 하고, 회전자는 0.01 이하의 슬립에서 원동기에 의해 구동되어야 하고, 고체 회전자 기계에선 동기 작동하는 동안 댐퍼 회로에서 유도된 전류가 측정에 무시해도 좋을 영향을 미치도록 그 값보다도 훨씬 적어야 한다. 전원의 켜짐과 꺼짐하는 동안 여자 권선은 가능한 손실을 피하기 위해 닫혀 있어야 한다.(단락 회로나 방전 저항을 통해) 전기자 전류와 전압 그리고 슬립링 전압과 슬립은 표시 기구나 오실로그 램에 기록된 것으로 측정된다. 시험 전에 측정된 잔류 전압이 공급 시험 전압의 0.3이상이라면 회전자는 비자기화되어야 한다. 예로 비자기화는 계자 권선을 시험 받는 기기의 무부하 정격 전압 여자 전류의 약 0.5배 되는 전류의 저주파원에 연결하여 그 크기와 주파수를 점차 **감쇄**시킴으로써 행해진다.(후자는 가능한 경우에만)

37 저 슬립 시험으로부터 X_q 의 결정

저 슬립 시험으로부터 X_q (6절 참조)을 결정키 위해 전기자 전류의 전압이 최대 여자 권선 전압(U_{fo})에서 측정되고, X_q 는 공식을 사용하여 계산된다.

$$X_q = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3}I_{\max}} \Omega ; \quad \left[X_q = \frac{u_{\min}}{i_{\max}} \right]$$

주 $-I_{\max}$ 가 $U_{\min}$ 과 우연히 일치하지 않는다면, $I_{\max}$ 를 **기본**로 그 대응하는 전압을 계산에 사용한다.

시험동안 기기의 잔류 전압 (U_{res})가 전원 시험 전압의 0.1- 0.3의 범위에 있다면 전류값은 공식에 의해 결정된다;

$$I_{\max} = \sqrt{I_{av}^2 - \left(\frac{U_{res}}{\sqrt{3}X_d} \right)^2} \Omega ; \quad \left[i_{\max} = \sqrt{i_{av}^2 - \left(\frac{u_{res}}{X_d} \right)^2} \right]$$

여기서 I_{av} 는 전류 포화 곡선의 두 연속적인 최대치의 산술 평균이다(그림 8).

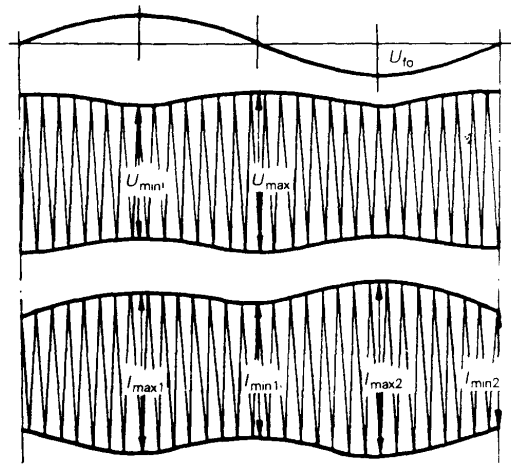


그림 8

측정치의 검사는 X_d 를 같은 시험에서 단락회로 여자 권선의 전압이 0일 때 전압과 전류 측정 결과를 사용하여 계산하고, 그 값을 그 실제 값과 비교하여 결정된다. 그러면

$$X_d = \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}I_{\max}} \Omega ; \quad \left[X_d = \frac{U_{\max}}{I_{\min}} \right]$$

전류 전압이 전원 전압의 0.3이하일 때, 포화 곡선의 두 연속적인 최소값의 산술 평균이 $I_{\min}$ 을 나타낸다.

저 슬립 시험으로부터 얻어진 X_q 측정결과, 이 시험으로부터 얻어진 X_d 의 값이 27절에 따라 얻어진 그 값과 실제로 일치할 때에만 옳은 것으로 간주된다. 다른 경우 X_q 의 외삽(extrapolation)이 0 슬립까지 떨어진 이후 슬립의 몇몇 저 값에서 시험이 반복된다. 이 시험에서 얻어진 **형측** 동기 리액턴스 값은 비포화 값에 대응한다.

38 부하각 δ 를 측정하는 부하 상태 시험

시험은 기기가 네트워크와 병렬로 작동할 때, 수행된다. 기기의 부하는 정격 역률에서 정격 유효 부하의 0.5이하이어서는 안된다.

시험을 수행할 때, 전기자 전류(i)와 전압(u), 전압과 전류 사이의 각 ϕ (2 전력계법) 그리고 부하각 δ (단자 전압과 기전력 사이의 내각)이 측정된다. 부하각은 스트로보스코프 법이나 다른 정확한 방법에 의해 측정될 수 있다.

39 부하각을 측정하는 부하 상태 시험으로부터 X_q 의 결정

부하각 측정 방법을 이용한 X_q (6절)의 결정은 공식으로 이루어진다;

$$X_q = \frac{U \tan \delta}{\sqrt{3} I (\cos \Psi - \sin \Psi \tan \delta)} \Omega ; \quad \left[X_q = \frac{U \tan \delta}{i (\cos \Psi - \sin \Psi \tan \delta)} \right]$$

40 돌발 3상 단락회로 시험

동기기기 수치의 결정을 위한 돌발 3상 단락회로 시험은 정격 속도에서 이루어진다. 시험은 무부하에서 요구되는 전압에서 작동할 때 전기자 권선에 단락회로를 적용해서 이루어진다. 기기의 여자는, 원칙적으로, 따로 여자되어야만 하는 여자가 쓰일 수 있지만, 그 정격 전류 값은 시험 받는 기기의 무부하 계자 전류의 최소 2배여야 하고 그 전기자 저항은 주기기 여자의 그것보다 커서는 안된다. 이 여자는 따로 여자되어야만 한다.

3상들은 실제로 동시에 단락회로화 되어야 한다. 상 접촉은 서로 전기각 15° (electrical degree)이내로 가까워야 한다. 이 수치는 전기자 직류 성분이 중요치 않을 때 시험에서 초과될 수 있다. 단락회로 전류를 측정기 위해, 무유도성 셉트, 공심 변압기나 적당한 변류기가 이용된다. 후자는 교류 전류 성분만 다루는데 쓰여야 하고 단락 회로 전류의 초기과도 성분의 초기값이 변압기 특성의 직선 부분에 높도록 선택되어야 한다.

공심 변압기는 증폭기를 통하여 오실로그래픽로 연결되어야 한다. 이것이 단락회로 전류 성분의 최대 주기성, 비주기성 수치만을 결정하는 데에만 필요할 때, 집적된 오실로그래픽 검류계가 쓰일 수 있다.

측정 기구와 그들의 변류기의 2차 회로에 연결된 도선의 총저항은 변압기의 주어진 종류에 허용되는 정격 값을 초과해선 안된다. 기기의 단자 전압, 여자 전류와 여자 권선 온도는 단락회로화 되기 직전 측정된다.

기기의 비포화 상태에 대응하는 수치를 얻기 위해 시험은 정격 수치의 (0.1~0.4) 몇몇 전기자 전압에서 수행된다. 수치들은 각 시험에 대해 얻어지고 교류 과도나 초기과도 전기자 전류의 초기값에 대해 그려진다. 이 관계로부터 정격 전기자 전류값에서 요구된 수치가 얻어진다.

기기의 포화 상태에 대응하는 수치를 얻기 위해 시험은 전기자 권선을 단락회로화하기 전에 기기의 단자에서 정격 전압으로 수행된다.

돌발 단락회로 시험이 정격 전기자 전압에서 수행될 수 없다면, 시험이 몇몇 전기자 전압들(예로 정격 전압의 0.3, 0.5와 0.7)에서 수행되도록 권고되고, 수치는 각 시험에 대해 결정된다. 그러면 그것들은 단락회로화 되기 전 개방회로 전압에 대해 플롯되고 근사한 정격 전기자 전압 수치가 외삽법에 의해 찾아진다.

기기 수치를 결정하기 위해, 각 상에서 전기자 전류와 여자 회로에서 전류의 오실로그램이 쓰인다.

오실로그래프 기록은 단락 회로 이후에 $\tau'_d + 0.2$ 초 이상 기간동안 유지되어야만 한다. 안정된 수치는 안정 상태에 이르고 난 후 오실로그래프를 재시작 함으로써도 기록되어야 한다. 검사를 위한 마지막 값은 기구에 의해 측정되어야 한다. 유사한 기구에 대한 시험으로부터 전류값이 지수함수적으로 감소한다는 것을 안다면 더 짧은 오실로그래프 기록이 채택된다.

각 상에서 비주기와 주기 전기자 전류 성분의 시간에 다른 변화는 각 상들에서 단락 회로 전류의 상위와 하위의 포함되는 좌표들의 대수적 산술평균과 대수적 하프-디퍼런스로 부터 각각 결정된다.

단락회로 전기자 전류 주기적 성분은 3상에서 전류의 주기적 성분의 산술 평균 값으로 결정된다.

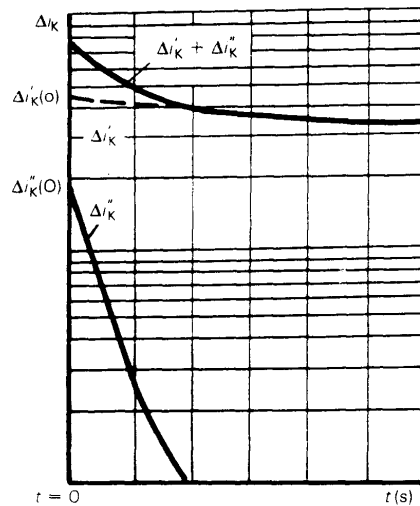


그림 9

과도($\Delta i'_k$)와 초기과도($\Delta i''_k$) 성분을 결정하기 위해, 연속 단락 회로 전류 $I(\infty)$ 의 값은 전기자 전류 주기 성분에서 빼진다. $\Delta i'_k = \Delta i''_k$ 의 합인 나머지가 세미로그스케일로 종이에 그려진다. 이 플롯은 직선이나 곡선이다.

a) 이 플롯의 뒤 쪽 부분이 직선일 때(지수에 대해), 그러면 0 시간에 대해 외삽된 이 선은 단락회로 전류의 과도 성분의 초기값 $\Delta i'_k(0)$ 을 나타낸다.(그림 9)

b) 이 그림의 뒤쪽 부분이 곡선일 때, 전류 i_A 의 크기가 시간 OA에서 측정된다.(그림 10, 55쪽) 이 OA'는 0.2초 또는 초기과도 효과가 무시될 수 있는 시간으로 정해진다. 전류가 $i_B = i_A/2$ 가 되는 시간에서 시간 OB'가 측정된다. 시정수 τ'_d 는 (OB'-OA')초로 정해진다. 전류 i_B 외 i_A 의 값을 지나는 직선은 $\Delta i'_k$ 의 증가 수치를 표현하는 것으로 간주되고 0 시간에 대해 외삽되면 단락회로 전류의 과도 성분의 초기값 $\Delta i'_k(0)$ 을 나타낸다.

초기과도 단락회로 전류 성분은 $\Delta i'_k + \Delta i''_k$ 곡선과 $\Delta i'_k$ 의 값을 나타내는 직선 사이의 차이로 정의된다. 시간으로 나타나는 초기과도 전류 성분의 편차 또한 세미로그 크기로 그려진다. (그림 9)

모든 상들의 비주기 전류 성분은 세미로그 크기로 시간에 대해 그려진다. 이 곡선들의 0 시간에 대한 외삽은 대응하는 전류의 초기값을 나타낸다.

비주기 성분의 가능한 최대값을 찾기 위해 외삽법에 의해 얻어진 각 상들의 비주기 성분의 초기값은 벡터로서 각각 60°떨어진 세 방사선을 따라 원점으로부터 방사하여, 세 벡터중 최대치가 가운데 선에 놓이도록 놓여진다. 수직선들이 각 벡터의 끝을 지나도록 그려진다. 원점으로부터 이 수직선들의 교점으로 이루어진 삼각형의 중심으로 그려진 벡터가 주기성분의 크기의 초기값과 같은 가능한 큰 비주기 성분을 나타낸다.(그림11)

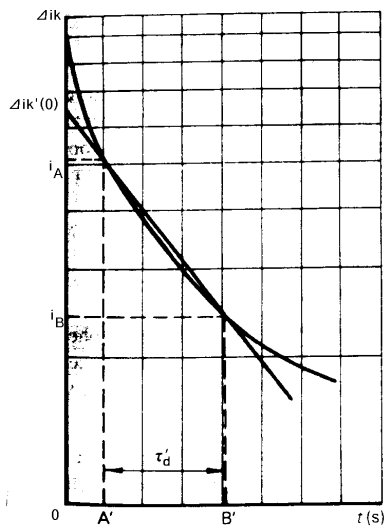


그림 10

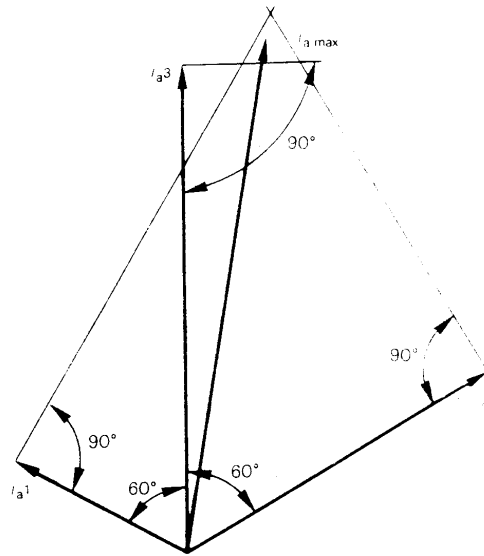


그림 11

전류의 비주기 성분에서 최대로 가능한 값은 공식에 의해 분석적으로 결정된다.(pu나 물리적 수치):

$$i_{a \max} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{i_{a2}^2 + i_{a3}^2 + i_{a2}i_{a3}}$$

여기서 i_{a3} 는 시험에서 찾아진 전류의 비주기 성분의 최대 절대 초기치(부호 상관없이)이고 i_{a2} 는 다른 두 상들 중 비주기 전류 성분에서의 절대 초기치이다.

시간에 대한 여자 전류의 주기 성분의 작용은 여자 전류 오실로그램으로 결정되고 세미로그 크기로 그려진다. 0 시간에 커브의 외삽은 주기 전류 성분의 초기치를 나타낸다.

41. 돌발 3상 단락회로 시험으로부터 수치의 결정

돌발 단락회로 시험에서 결정되었듯이 [직축](#) 과도 리액턴스(7절 참조)는 초기과도 성분을 무시하였을 때 단락회로 전류의 주기성분의 초기치에 대한 단락회로가 되기 직전에 바로 측정된 무부하 전압 $[U(0)]$ 의 비율이다(그림 9, 53쪽):

$$X_d' = \frac{U(0)}{\sqrt{3[I(\infty) + \Delta I_k'(0)]}} \Omega; \quad \left[X_d' = \frac{u(0)}{i(\infty) + \Delta i_k'(0)} \right]$$

41.1 돌발 단락회로 시험에서 결정되었듯이, **직축** 초기과도 리액턴스(8절 참조)은 오실로그래프의 분석으로부터 얻어진 단락회로 전류의 주기성분의 초기값에 대한 단락회로 직전에 측정된 무부하 전압의 비율이다.(그림 9):

$$X_d'' = \frac{U(0)}{\sqrt{3[I(\infty) + \Delta I_k'(0) + \Delta I_k''(0)]}} \Omega; \quad \left[X_d'' = \frac{u(0)}{i(\infty) + \Delta i_k'(0) + \Delta i_k''(0)} \right]$$

41.2 돌발 단락회로 시험에서 결정되었듯이, **직축** 과도 단락회로 시정수(18절, 18.1부속 절 참조)는 과도 전기자 전류 성분이 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 걸리는 시간이다.(그러나 40절 항목 b 참조)

41.3 돌발 단락회로 시험에서 결정되었듯이, **직축** 초기과도 단락회로 시정수(19절, 19.1부속 절 참조)는 초기과도 전기자 전류 성분이 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 걸리는 시간이다.

41.4 전기자 단락회로 시정수(20절 참조)은 여자전류 주기성분이 그 초기 전류의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 필요한 평균으로 정의 된다. 초기 비주기 성분이 그 초기 최대 고정값의 0.4보다 작은 상은 전기자 단락회로 시정수의 결정에서 고려되지 않는다.

41.5 각 상에서 비주기 전기자 전류성분의 **감쇄**로부터 전기자 단락회로 시정수(20절 참조)는 이 성분들이 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 필요한 평균으로 정의된다. 초기 비주기 성분이 그 초기 최대 고정 값의 0.4보다 작은 상은 전기자 단락회로 시정수의 결정에 고려되지 않는다. 돌발 단락회로 시험동안 전기자 전류가 여자되지 않는 단락에 의해 측정되었다면, 비주기 전기자 전류 성분의 **감쇄**로부터의 전기자 단락회로 시정수의 결정은 허용된다.

41.6 최대 가능한 순간 단락회로 전류는 돌발 3상 단락회로 시험으로부터 단락회로가 된 순간 이후의 반주기에서 주기와 비주기의 값의 합으로 결정된다.

이 순간에 대한 주기 성분 값은 돌발 단락회로 전류의 **연속**, 과도, 그리고 초기과도 성분의 합과 같다.

뒤의 두 성분은 해당 순간에 대한 그림(그림 9, 53쪽)으로부터 직접 얻어진다.

비주기 성분 값은 공식에 의해 결정된다.(pu나 물리적 수치로):

$$i_a = i_{a \max} \cdot e^{-\frac{0.5}{f \cdot \tau_a}}$$

여기서:

$i_{a \max}$ = 돌발 단락회로 비주기 전류 성분에서 가능한 최대치

e = 자연 로그의 기저

τ_a = 전기자 단락회로 시정수(20절 참조)

f = Hz 단위 주파수 (주기/초)(0.5/f는 반주기에 해당)

42 전압 회복 시험

연속 3상 단락회로의 단절 후의 전압회복 시험은 시험의 시작때 회로-단선기에 의해 전기자 권선이 단락 회로화된 상태로 기기가 정격 속도에서 작동할 때 수행된다.

기기는 조건들이 회로단선기의 작동 순간에 안정할 때 전기자 권선이 단락회로화되고, 법칙으로서 정격 개방회로 전기자 전압의 0.7배 이하인 무부하 포화곡선의 직선 부분에 대응하는 값에 맞추어진 여자 전류가 흐를 때 작동된다.

이 시험으로 얻어진 수치는 기기의 비포화 상태에 해당한다. 여자 시스템에 대한 요구 사항은 40 절에 주어진 것들과 같다.

연속 단락회로는 모든 3상에서 그 전류가 180 전기 각도, 또는 반주기 이내에 끊어지도록 실제적으로 순간적으로 전원 단선 상태가 되어야 한다. 한 개의 선전압 회복과 하나의 전기자 전류의 오실로그래픽 기록(고속에서 초기부분)이 필요하다.

연속 전압과, 회복전압의 포함하는 정해진 전압 사이의 차이가 시간에 대해 **세미로그** 크기로 그려지고, 그러면 단락 회로의 전압 사이의 차이가 시간에 외삽된다.(곡선 1, 그림 12, 61쪽)

곡선 1의 직선 부분의 종축에 대한 외삽은 과도 전압 성분의 초기값 $\Delta u'(0)$ 을 나타낸다.

곡선 1에 의해 결정된 전압과 과도 전압 성분($\Delta u'$)간의 차이는 해당 순간에서의 초기과도 전압($\Delta u''$)를 나타낸다.

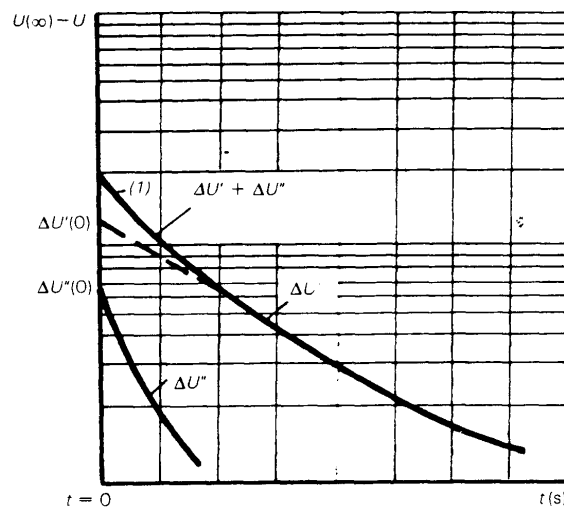


그림 12

43 전압회복 시험으로부터 수치의 결정

직축 과도 리액턴스(7절 참조)은 전압 회복 시험으로부터, 단락회로의 단선 직전에 측정된 전기자 전류(i_k)에 대한 **연속** 전압 $u(\infty)$ 와 과도전압성분 $\Delta u'(0)$ 의 초기값 간의 차이의 비율로서 결정된다.(그림 12)

$$X_d' = \frac{U(\infty) - \Delta U'(0)}{\sqrt{3}I_k} \Omega ; \quad \left[X_d' = \frac{u(\infty) - \Delta u'(0)}{i_k} \right]$$

43.1 직축 초기과도 리액턴스(8절 참조)은 전압 회복 시험으로부터, 연속 전압 $u(\infty)$ 과 단락회로의 단선 직전에 측정된 전기자 전류(i_k)의 초기과도 전압 성분 값 $\Delta u''(0)$ 의 합의 차이의 값으로 결정된다.

$$X_d'' = \frac{U(\infty) - [\Delta U'(0) + \Delta U''(0)]}{\sqrt{3}I_k} \Omega ; \quad \left[X_d'' = \frac{u(\infty) - [\Delta u'(0) + \Delta u''(0)]}{i_k} \right]$$

43.2 직축 과도 개방회로 시정수(17절)은 전압 회복 시험으로부터 과도 전압성분 $\Delta u'$ 가 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 감소되는데 필요한 시간으로 결정된다.

44 전기자 권선 계자 속에 관해 횡축 위치에서와 직축 위치에서 회전자에 인가된 전압 시험
시험을 하기 위해 정격 주파수의 교류 전압이 전기자 권선의 인입단자에 인가된다.

여자 권선은 단락 회로를 구성해야 한다. 고체 부분의 심각한 과열을 막도록 전압 인가의 기간이 제한되어야 한다.

회전자는 여자 권선 전류의 실제적으로 0인 값과 최대값에 대응하는 각의 위치를 찾기 위해 천천히 회전된다. 첫째 위치는 직축에 대응하고, 둘째는 횡축에 대응한다. 공급전압, 전기자 권선 전류와 전력 입력들이 이 위치에서 회전자가 안정할 때 측정된다. 여자 권선 전류는 회전자의 위치(직축이나 횡축)를 평가할 목적으로 측정되어지므로, 그것을 측정하기 위해 높은 정확도의 측정 기구가 반드시 필요한 것은 아니다.

시험이 정격 전기자 전류나 전압에서 행해질 수 없다면 기기의 불포화나 포화 상태에 관한 수치의 결정은 다른 공급 전압들(0.2~0.7) U_n 에 대한 몇몇 시험으로부터 이루어져야 한다.

수치들은 인가전압이나 전기자 전류에 대해 그려지고 요구되는 값들은 외삽에 의해 찾아진다.

닫혀있거나 반쯤 닫혀있는 전기자 슬롯과 닫혀있는 댐퍼 권선 슬롯을 갖는 기기의 경우, 전원 전압은 정격 수치의 0.2보다 작아선 안된다.

45. 회전자가 여자 권선 계자 축에 관해 실수와 횡축에 있을 때 인가전압 시험으로부터 수치의 결정

인가 전압 시험으로부터의 직축 초기과도 리액턴스(8절 참조)은 공식을 이용하여 결정된다:

$$X_d'' = \sqrt{Z_d''^2 - R_d''^2} \Omega$$

여기서:

$$Z_d'' = \frac{U}{2I} \Omega ; \quad R_d'' = \frac{P}{2I^2} \Omega;$$

$$\left[x''_d = \sqrt{z''_d{}^2 - r''_d{}^2}; \quad z''_d = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{u}{i}; \quad r''_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{i^2} \right]$$

전압 U, 전류 I, 입력 전력 P의 값들은 최대 여자 권선 전류를 내는 회전자 위치에 대해 측정된다.

45.1 인가전압 시험으로부터 **황축** 초기과도 리액턴스(9절 참조)은 45절에 주어진 공식에서 δ'' 가 δ'' 로 대체되어 이 공식으로 결정된다. 전압, 전류와 정격입력은 실제로 0여자 권선 전류를 내는 회전자 위치에 대해 측정된다.

46 회전자가 임의의 위치에 있을 때 인가 전압 시험

시험하기 위해, 교류 전압이 시험 받는 안정된 기기의 전기자 권선 선단자의 각 쌍에 차례대로 인가된다.

여자 권선은 단락회로화 되어야 한다. 회전자 위치가 시험 전압의 모든 3가지 적용에 대해 같은 상태로 남아 있는 것이 필요하다.

필요하다면 회전자를 정지시키고 금속부의 과도한 과열을 막기 위해 전압 공급을 제한하여야 한다.

전기자에 인가된 전압, 전류와 전격입력 그리고 여자 권선 전류는 단자들의 각 상에 교류 전원 전압을 인가했을 때 측정된다.

기기의 비포화와 포화에 대해 언급된 수치를 얻는데 필요한 요구사항은 44절의 그것과 유사하다.

47 회전자가 임의의 위치에 있을 때 인가전압 시험으로부터 수치의 결정

회전자가 임의의 위치에 있을 때 인가전압 시험으로부터 **직축** 초기과도 리액턴스(8절 참조)은 다음과 같이 결정된다:

여자 권선의 선 단자의 각 쌍 x_{12} , x_{23} , x_{31} 사이의 리액턴스는 45절에 주어진 공식으로부터 계산된다.(δ'' 를 전압이 인가되는 그 사이의 단자에 따라 12, 23, 31로 바꾼다.)

그러면 **직축** 초기과도 리액턴스는 공식에 의해 계산된다.(pu 또는 물리적 수치로):

$$x''_d = x_{med} \pm \Delta x$$

여기서:

$$x_{med} = \frac{x_{12} + x_{23} + x_{31}}{3}$$

$$\Delta x = \frac{2}{3} \sqrt{x_{12}(x_{12} - x_{23}) + x_{23}(x_{23} - x_{31}) + x_{31}(x_{31} - x_{12})}$$

Δx 앞의 부호는 다음 관계에 따라 결정된다: 여자 회로 전류의 세 측정값의 최대값이 최대 측정된 전기자 전류에 대응할 때 (+); 여자 회로의 3번 측정된 전류값의 최대값이 여자 권선 선단자의 쌍 중에서 최소 측정 리액턴스에 대응할 때 (-).

47.1 회전자가 임의의 위치에 있을 때 안정 임피던스 시험으로부터 **황축** 초기과도 리액턴스(9절)은

47절에 설명된 방법과 유사하게 결정된다.

Δx 앞의 부호는 다음 관계에 따라 결정된다: 여자 전류의 3 측정된 전류 값 중 최소값이 전기자 권선 선단자의 쌍 사이에서 최대 측정된 리액턴스에 대응하면 (+); 여자 회로의 3 측정 전류값의 최소값이 최소 측정된 전기자 리액턴스에 대응하면 (-).

48 선간 연속 단락 회로 시험

선간 연속 단락 회로 시험을 하기 위해 임의의 두 선 단자가 단락되고(그림 13), 기기는 어떤 원동기에 의해 정격 속도로 구동된다.

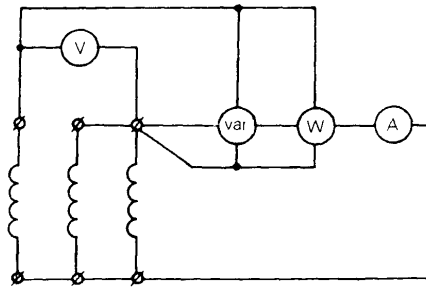


그림 13

단락회로 전류 I_{k2} , 여자전류와 개방 단자와 단락 단자 중 하나 사이의 전압 U_{k2} 가 측정된다. 전압이나 전류의 고조파가 있을 때 측정의 정확도를 높이기 위해 실효전력 P 와 무효전력 Q 를 측정하도록 권고된다.

측정은 단락회로 전류의 몇몇 값들에 대해 이루어진다.

고체 부분의 심한 과열을 막기 위해 $0.3I_n$ 이상 전류에서의 선간 연속 단락회로 시험의 유지는 측정기의 눈금을 읽을 때까지 필요한 시간까지로 제한되어야 한다.

기기의 진동이 허용 가능한 수치 이상으로 올라가지 않는다면, 돌극기에 대해 전류는 그 정격 수치까지 높여질 수 있다. 비돌극기의 경우 전기자 전류는 보통 정격값의 0.5까지로 제한된다.

49 선간 연속 단락회로 시험으로부터 수치의 결정

선간 연속 단락회로 시험으로부터 역상 리액턴스(10절)은 공식을 사용하여 결정된다:

$$X_2 = \frac{P}{\sqrt{3}I_{k2}^2} \Omega ; \quad \left[X_2 = \frac{P}{I_{k2}^2} \right]$$

이 공식은 전압이나 전류의 고조파가 무시되었을 때 적용된다.

$$X_2 = \frac{U^2}{P} \cdot \frac{P^2}{P^2 + Q^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \Omega ; \quad \left[x_2 = \frac{u^2}{p} \cdot \frac{p^2}{p^2 + q^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \right]$$

이 공식은 전압이나 전류의 고조파가 반드시 고려되었을 때 적용된다.

역상 리액턴스는 각 측정된 단락회로 전류값에 대해 결정된다. 시험 데이터에 **기본**으로하여 x_2 가 전류에 대해 그려진다.

주 - 전류가 정격 상전류의 $\sqrt{3}$ 배일 때 x_2 의 값은 정격 전류 값으로서 취해질 것이다.

49.1 선간 **연속** 단락회로 시험으로부터 역상 리액턴스(11절)은 공식을 사용하여 결정된다:

$$R_2 = \frac{U^2}{Q} \cdot \frac{Q^2}{P^2 + Q^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \Omega ; \quad \left[r_2 = \frac{u^2}{q} \cdot \frac{q^2}{p^2 + q^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \right]$$

역상 저항은 각 측정된 단락회로 전기자 전류에 대해 결정된다. 시험 데이터에 기초하여 R_2 는 전류에 대해 그려진다.

주 - 전류가 정격 상전류의 $\sqrt{3}$ 배일 때 R_2 의 값은 정격 전류 값으로서 취해질 것이다.

50 역상 **시퀀스** 시험

시험은 **감쇄**된 대칭형의 전압(0.02~0.2)Un이 역상 **시퀀스**를 갖는 전원의 외부 공급원에 연결되어 정격속도로 구동되는 기기에 적용되었을 때, 즉 슬립이 2가 되는 전기 제동기로서 작동할 때 이루어진다.

여자 권선은 단락되어 있어야 한다.

시험 받는 기기의 순차적인 전압이 공급 전압의 0.30을 넘는다면, 회전자는 기기를 시험하기전에 **탈자** 되어야 한다(37절 참조). 모든 3상에서 전압과 전류, 그리고 공급 전력이 시험동안 측정된다.

51 역상 **시퀀스** 시험으로부터 수치의 결정

역상 **시퀀스** 리액턴스와 저항(10과 11절 참조)은 역상 **시퀀스** 시험으로부터 공식에 의해 결정된다:

$$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2} \Omega ; \quad Z_2 = \frac{U}{\sqrt{3}I} \Omega ; R_2 = \frac{P}{3I^2} \Omega$$

$$\left[x_2 = \sqrt{z_2^2 - r_2^2} ; \quad z_2 = \frac{u}{3} I ; \quad r_2 = \frac{p}{i^2} \right]$$

여기서:

- P = 입력 전력
- I = 평균 측정 전류
- U = 평균 측정 인가 전압.

역상 **시퀀스** 리액턴스와 저항은 각 측정된 인가 전압에 대해 결정된다. 시험 데이터에 기초하여 X_2 와 R_2 가 전류에 대해 그려진다.

52. 3상에 단상 전압 인가 시험

단상 전압을 직렬이나 병렬로 연결된 3상에서의 단자를 통해 인가하는 시험은 정격 속도나 그 부근에서 구동되는 기기에 대해 행하여진다.

그 연결은 모든 순간에서 3상에서의 전류가 같은 방식으로 흐르도록, 즉 0 **시퀀스**에서 정의되었듯이 중성점에서 선단자로 또는 그 역으로 흐르도록 설치되어 있어야 한다.

여자 권선은 단락화 된다.

측정은 몇몇 공급 전압 값에서 인가 전압, 전류와 전력 입력에 대해 이루어진다. 인가 전압의 값들은 전기자 권선 전류가 정격 값 정도의 값을 가지도록 선택된다.

53. 3상에 단상 전압 인가 시험으로부터 수치의 결정

영 **시퀀스** 리액턴스 및 저항(12,13절 참조)은 단자들에 단상 전압을 적용하는 시험으로부터 다음 공식에 의해 결정된다:

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} \Omega; \quad [X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}]$$

권선의 3상이 직렬로 연결되어 있을 때:

$$Z_0 = \frac{U}{3I} \Omega; \quad R_0 = \frac{P}{3I^2} \Omega; \quad \left[Z_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{u}{i}; \quad r_0 = \frac{p}{i^2} \right]$$

권선의 3상이 병렬로 연결되어 있을 때:

$$Z_0 = \frac{3U}{I} \Omega; \quad R_0 = \frac{3P}{I^2} \Omega; \quad \left[Z_0 = 3\sqrt{3} \cdot \frac{u}{i}; \quad r_0 = \frac{9p}{i^2} \right]$$

54. 선간과 선-중성점간 **연속** 단락회로 시험

선간과 선-중성점간 **연속** 단락회로 시험을 행하기 위해 전기자 권선은 Y결선되고 주 선 단자는 중성점으로 단락되고, 기기는 정격 속도로 구동되고 여자된다.(그림 14)

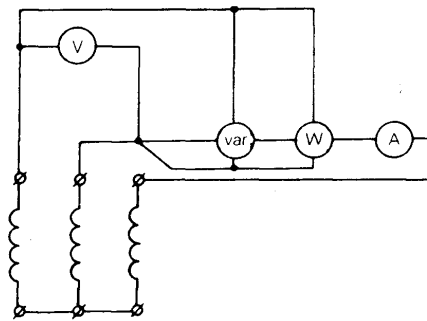


그림 14

측정은 개방 단자- 중성점까지의 전압 U_0 와 단락된 단자에서 중성점까지의 연결에서의 전류 I_0 에 대해 이루어진다.

고조파의 영향을 고려하기 위해, 측정은 실효와 무효 전력에 대해 이루어진다.

측정은 중성 전류의 몇몇 값에서 이루어진다. 시험의 전류값과 연속은 회전자의 과열이나 진동에 의해 제한된다.

55. 선간과 선-중성점 간 연속 단락 회로 시험으로부터 수치의 결정

선간과 선-중성점 간 연속 단락 회로 시험으로부터 수치의 결정 시험으로부터 영 시퀀스 리액턴스(12절 참조)의 결정은 공식에 의해 결정된다:

$$X_0 = \frac{U_0}{I_0} \Omega ; \quad \left[x_0 = \frac{3u_0}{i_0} \right]$$

이 공식은 전압이나 전류의 고조파가 무시될 수 있을 때 적용된다.

$$X_0 = \frac{U_0^2}{Q} \cdot \frac{Q^2}{P^2 + Q^2} \Omega ; \quad \left[x_0 = \frac{u_0^2}{q} \cdot \frac{q^2}{p^2 + q^2} \right]$$

이 공식은 전압이나 전류의 고조파가 고려되어야만 할 때 적용된다. 여기서 U, P와 Q는 전압, 실효와 무효 전력의 측정값을 각각 나타낸다.

0 시퀀스 리액턴스는 몇몇 중성 전류 값에 대해 계산된다. 시험 데이터에 기초하여 중성 전류에 대하여 x_0 가 그려진다.

주 - 중성 전류가 정격 상전류의 세배와 같을 때 x_0 의 값은 정격 전류 값으로 쓰인다.

55.1 선간과 선-중성점 간 단락회로 시험으로부터 영 시퀀스 리액턴스(13절 참조)은 몇몇 중성 전류 값에 대해 다음 공식으로 결정된다:

$$R_0 = \frac{U_0^2}{P} \cdot \frac{P^2}{P^2 + Q^2} \Omega ; \quad \left[r_0 = \frac{u_0^2}{p} \cdot \frac{p^2}{p^2 + q^2} \right]$$

시험 데이터에 기초하여 R_0 는 중성 전류에 대해 그려진다.

주 - 중성 전류가 정격 상 전류의 세배와 같을 때, R_0 의 값은 정격 전류 값으로 쓰인다.

56. 전압계와 전류계 법, 브리지 법에 의한 직류 권선 저항 측정

필요한 안정된 정격 전압의 출력을 나타내는 모든 직류 전원(배터리, 발전기 등)이 전압계와 전류계 법, 브리지 법에 의한 직류 저항의 측정을 위해 쓰일 수 있다.

저항은 회전자가 정지해 있을 때 권선 단자에서 직접 측정되어야 한다.

전기자 권선 저항은 각 상에 대해 개별적으로 직접 측정되어야 한다. 어떤 이유로 상 저항이 직접 측정될 수 없다면, 측정은 전기자 권선의 선 단자의 각 쌍 사이에서 이루어진다.

직류 저항 측정동안 전류 값은 단열 가열을 가정해서 시험동안의 온도 상승이 1K이상 되지 않도록 해야 한다. 단열 가열을 계산하기 위해 공식을 사용한다:

$$\Delta v = \frac{j^2}{c} \text{ 초당 각}$$

여기서:

j = 시험동안 전류 밀도 [A/mm²]

c = 정수, 구리에서 200, 알루미늄에서 86

권선 가열에 대해 알 수 없다면, 전류는 정격 권선 전류의 0.1 이상 되어서는 안되고 1분 이하로 공급되어야 한다.

측정 시간은, 측정 기기 수치를 읽는 순간에 그 지시 바늘이 안정하도록 그렇게 정해져야 한다.(i.e 계측기 그 자체에서와 그 저항이 측정되는 회로 안 양쪽에서 과도 현상이 사라졌을 때) 측정동안 권선 온도는 내부에 설치되거나 꽃아진 온도 측정기가 고정된 곳에서 그것들에 의해 결정되어야 한다.

권선 온도의 측정을 위해 쓰이는 온도계와 열전쌍은 그 위치에 15분 이상동안 이미 설치되어 있어야 한다.

57 전압계와 전류계 법, 브리지 법에 의한 직류 권선 저항 측정으로부터 권선 직류 저항 결정

전압계와 전류계 법에 의해 전기자나 여자 권선의 직류 저항을 측정하기 위해, 전류의 다양한 안정값에서 3~5개의 수치를 얻도록 권고된다.

권선 저항은 공식에 의해 계산된다:

$$R = \frac{U}{I} \Omega ; \quad \left[r = 3 \cdot \frac{U}{I} \text{ 전기자 권선에 대해서} \right]$$

여기서:

u = 권선에 인가된 전압[V]

I = 권선 전류[A]

저항에 대해 평균값이 취해진다. 평균값을 결정하는데 있어 단위 크기당 그 평균에서 ± 0.01 이상 차이나는 저항은 제외되어야 한다.

저항 측정이 전기자 권선의 선단자의 각 쌍 사이에서 차례로 이루어진다면, 저항 R_1 , 상 1은 공식에 의해 계산된다.(pu 나 물리적 수치로);

– 스타-결선 권선에서:

$$R_1 = \frac{R_{12} + R_{31} - R_{23}}{2} \Omega$$

– 델타-결선 권선에서:

$$R_1 = \frac{2R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} - R_{31}} - \frac{R_{12} + R_{23} - R_{31}}{2} \Omega$$

여기서 R_{12} , R_{23} , R_{31} 은 1-2, 1-3, 2-3 단자 사이에서 측정된 저항이다.

57.1 전기자나 여자 권선의 직류 저항을 측정하는 데에 있어, 최소한 3개의 수치를 각 때마다 브리지 오차를 줄이기 위해 매번 읽어들이는 것이 필요하다. 저항은 브러쉬와 그 접촉부의 저항이 포함되지 않도록 슬립링이나 권선 단자 위에서 이루어져야 한다.

저항에 대해 평균값이 취해진다. 평균값을 정할 때, 평균에서 유닛 당 ± 0.01 이상 차이나는 저항은 제외되어야 한다.

저항 측정이 전기자 권선의 선단자의 각 쌍 사이에서 순수대로 이루어진다면, 상저항은 57절에 따라 계산된다.

58 전기자 권선이 개방되었을 때, 계자 전류 감쇄 시험

전기자 권선이 개방되었을 때, 계자 전류 감쇄 시험은 정격 속도에서 어떤 원동기에 의해 구동되고, 정격 전압으로 여자 되고, 여자 권선을 갑자기 단락시킨 기기에 대해 행해진다. 필요하다면 여자 권선 전원 공급원은 0.02초 이내에 끊어져야 한다.

기기를 시험할 때, 정류 제한 저항이 직류 전원 단락회로 전류를 제한하기 위해 그 여자 권선에 직렬로 연결될 수 있다.

전기자 권선 전압, 여자 권선 내의 전류와 슬립링 전압의 오실로그램이 취해진다.

후자는 계자 전류 감쇄의 시작 순간(0 시간)의 정확한 결정과 이 순간에서 초기 전압 값의 결정을

위해 제공된다.

오실로그래프으로부터 얻어진 과도 전압과 기기의 잔류 전압 간의 차가 시간에 대해 **세미로그** 크기로 그려진다.

59 전기자 권선이 개방되었을 때 계자 전류 **감쇄** 시험부터 τ'_{do} 의 결정

직축 과도 단선 전류 시정수(17절 참조)는 계자 전류 **감쇄** 시험으로부터 58절에 언급된 전압차가 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 필요한 시간으로 결정된다.

60 전기자 권선이 단락되었을 때 계자 전류 **감쇄** 시험

전기자 권선이 단락되었을 때, 계자 전류 **감쇄** 시험은 기기가 정격 속도에서 원동기에 의해 구동되고, 정격 전기자가 전류 흐름에서, 그리고 여자 권선의 돌발 단락회로화로써 수행된다. 전원 공급원 단락회로 전류의 값과 **연속**의 제한은 58절에 따라 만들어진다.

모든 선전류와 여자전류 나 슬립링 전압의 오실로그래프가 취해진다.

오실로그래프로부터 얻어진 여자전류와 잔류 전압에 의한 전류 사이의 차이가 시간에 대해 **세미로그** 크기로 그려진다.

61 전기자 권선이 단락되었을 때 계자 전류 **감쇄** 시험으로부터 τ'_d 의 결정

계자 **감쇄** 시험으로부터 **직축** 과도 단락회로 시정수(18절 참조)은 60절에 언급된 전류 차이가 그 최소값의 $1/e \approx 0.368$ 까지 **감쇄**하는데 필요한 시간으로 결정된다.

62 매달린 회전자 진동 시험(Suspended rotor oscillation test)

이 시험을 하기 위해, 회전자는 그 축이 **수직** 위치에 놓이도록 하는 방식으로 하나의 선이나 두 개의 병렬 선에 매달린다. 회전자를 회전시키는 것은 축에 대해 변화를 발생시킨다. 몇몇 변화를 만드는데 필요한 시간이 기록되고 변화의 한 주기의 평균 시간이 계산된다.

하나의 필라멘트에 매달려 있을 때, 시험은 두 번 행해진다. 한번은 회전자 그자체로만 한번은 플라이 휠로 작동하도록, 필라멘트나 도르레와 함께 있는 회전자로 행해진다.

하나의 필라멘트에 매달려 있을 때 단향 변위각은 45° 이상이어서는 안되며 두 선 필라멘트의 경우 10° 이상이어서는 안된다.

63 매달린 회전자 진동시험으로부터 τ_j 와 H의 결정

줄에 매달린 회전자 진동시험으로부터 가속시간(21절 참조)과 저장 에너지 정수(22절 참조)는 공식을 사용하여 계산된다:

$$\tau_J = \frac{J\omega^2}{P_n} \cdot 10^{-3} s$$

$$H = \frac{J\omega^2}{2S_n} 10^{-3} s$$

공식은 IS단위계로 표현된다.

J=관성모멘트 [kg · m²]

W=πn/30, 각속도 [rad/s]

n= 정격회전속도 [rpm]

Pn= 정격실효전력 [kW]

Sn=정격무효전력 [kVA]

관성 모멘트, 회전자가 한 필라멘트에 걸려있을 때 다음 공식으로 계산된다:

$$J = J_p \frac{T^2}{T_p^2 - T^2} \text{ kg m}^2$$

두 필라멘트에 걸려있을 때 다음 공식으로 계산된다:

$$J = \frac{T^2 \cdot a^2}{L} \cdot \frac{mg}{(4\pi)^2} \text{ kg m}^2$$

여기서:

J_p= 기지의 도르래의 관성 모멘트 [kg · m²]

g=자유낙하 가속도 [m/s²]

T=한주기나 회전자 회전의 시간[s]

T_p=도르래나 프라이휠이 있을 때 회전자 회전의 시간[s]

a=걸려있는 점들간의 거리[m]

L=걸려있는 길이[m]

m=회전자 질량[kg]

64 보조추 스윙 시험

이 시험을 하기 위해, 보조 추(레버와 질량이 끝단에)가 평면에서 **직각으로** 기기의 축에 붙여지고 그 평면 위에 수평하게 놓여진다. 알려진 추의 질량은 가능한 작아야 한다. 보조추 대신 알려진 질량의 물체가 회전자나 도르래의 주위 경계에 붙여질 수 있다.

보조추는 그 안정 위치에서 약 5°정도 변위가 생긴다. 한번의 스윙 시간이 측정된다.

이 시험은 볼 베어링이나 롤러 베어링을 갖는 기기들에 권고된다.

65 보조추 스윙 시험으로부터 τ_J와 H의 결정

보조추 스윙 시험으로부터 가속 시간(21절 참조)과 저장 에너지 정수(22절 참조)은 63절에 보여지듯 공식에 의해 계산된다.

관성 모멘트는 다음 공식으로 계산된다:

$$J = m_p L \left(\frac{T_p^2 g}{4\pi^2} - L \right) \text{ kg m}^2$$

여기서:

m_p =보조추의 질량[kg]

L =축의 중심으로부터 추의 무게 중심 또는 회전자나 도르래의 주변에 부착된 질량의 무게중심까지의 거리[m]

g =자유 낙하 가속도[m/s²]

T_p =진동의 한 주기 시간[s]

66 무부하 지연 시험

무부하 지연 시험은 시험받는 기기의 축에 부가적인 플라이 휠 질량이 없을 때 행해진다. 기기는 분리된 공급원으로부터 여자되고 여자는 시험동안 변화되지 않는다.

시험받는 기기는 전원 주파수를 높이거나 클러치가 달린 원동기에 의해 과속하게 된다; **그 후 전원을 차단한다.**

이 시험은 기기가 두 개의 미리 정해진 속도사이에서 $\Delta\omega$ 의 차이, 예를 들면 1.10에서 0.9 퍼 유닛이나 1.05에서 0.95 퍼 유닛으로 그 속도가 **감쇄**될 때 지연시간 Δt 를 측정하므로 이루어진다.

67 무부하 지연 시험으로부터 τ_j 와 H의 결정

무부하 지연 시험으로부터 기기의 가속시간(21절)과 저장 에너지 정수(22절)은 다음 공식을 사용하여 결정된다.

$$\tau_j = \omega_n \frac{\Delta t}{\Delta\omega} \cdot \frac{P_{mech} + P_{Fe}}{P_n} s$$

$$H = \frac{\omega_n}{2} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta\omega} \frac{P_{mech} + P_{Fe}}{S_n} s$$

여기서:

P_{mech} = 정격 속도에서 기계손[kW]

P_{Fe} =정격속도와, 대응하는 시험 전압값에서 철손[kW]

P_n =정격 실효 전력[kW]

ω_n =정격 각속도[rad/s]

S_n =정격 무효전력[KVA]

68 전동기로 작동하는 동기기기일 때 기계적으로 연결된 기기들의 부하상태 지연 시험

시험은 전동기로 작동하는 부하를 공급하는 기기에 대해 이루어진다. 그 유닛의 회전속도는 정격속도와 같아야 한다. 단선전의 입력 전력은 정격 전력의 0.6이하여서는 안된다; 역률은 1에 가까워야 한다. 시험동안 기기의 여자는 변하지 않는다.

전원 공급원을 단선하고 나서, 처음 몇 초 동안 유닛의 속도 변화가 결정된다.

속도-시간 곡선이 그려지고 곡선의 초기점에 대한 접선이 그려진다. 이접선은 시간 Δt 동안 속도

$\Delta\omega$ 의 변화를 결정하는데 쓰인다.

69 전동기로 작동하는 동기기일 때 기계적으로 연결된 기기들의 부하상태 자연 시험에서 τ_J 와 H의 결정

전동기로 작동하는 기기에서의 부하상태 자연 시험으로부터, 부하가 달린 기기의 가속시간(21절)과 저장 에너지 정수(22절)가 다음 공식에 의해 결정된다.

$$\tau_J = \omega_n \frac{\Delta t}{\Delta \omega} \cdot \frac{P_1 - (P_{str} + P_{cu})}{P_n} s$$

$$H = \frac{\omega_n}{2} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \omega} \cdot \frac{P_1 - (P_{str} + P_{cu})}{S_n} s$$

여기서:

P_1 = 회로로부터 단선되기 직전 전동기에 공급된 전력[kW]

$P_{str} + P_{cu}$ = 단선 직전 전기자 권선 손실(표류부하손 및 동손)[kW]

ω_n = 정격각속도 [$\frac{rad}{s}$]

이 결정 방법은 매우 정확하진 않다.

70. 발전기로 작동하는 기기에서 부하가 떨어진 후의 가속 시험

시험은 원동기로 구동되는 발전기로 작동하는 기기에 대해 이루어진다.

원동기의 시험 전에, 발전기 부하는 정격 부하의 0.1~0.2에 고정된다.(역률은 1에 가깝게 고정된다.) 속도 조정기는 작동하지 않는다.

시험동안 발전기의 여자는 바뀌어서는 안된다. 네트워크로부터 발전기의 돌발 단선 후에 시간에 따른 속도 변화 곡선이 결정된다. 약 1.07에서 1.1배 정격 값의 속도에서 원동기의 조정기가 작동하거나 스트림이 단선된다. 가속 곡선이 그려진다.

기기의 정격 속도에 대응하는 점에서 가속 곡선에 접선이 그려지고 시간 간격에 대한 속도 변화가 결정된다.

71. 발전기로 작동하는 기기에서 부하가 떨어진 후의 가속 시험에서 τ_J 와 H의 결정

기기와 그 원동기의 가속시간(21절 참조)과 저장 에너지 정수(22절 참조)은 발전기로 작동하는 기기에서 부하가 떨어진 후 가속 시험으로부터 다음 공식을 사용하여 결정된다:

$$\tau_J = \omega_n \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \omega} \cdot \frac{P_1}{P_n} s$$

$$H = \frac{\omega_n}{2} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \omega} \cdot \frac{P_1}{S_n} s$$

여기서 P_1 은 킬로와트 단위로, 회로로부터 단선 직전 발전기에 의해 공급된 전력

이 결정 방법은 매우 정확하진 않다.

72. 기기의 시험 값을 이용한 계산으로부터 수치의 결정

수치 x'_d , x_d , τ'_{do} 와 τ'_d 는 다음 관계로 서로 연결되어 있다:

$$x_d \cdot \tau'_d = x'_d \cdot \tau'_{do}$$

이 관계는 기지의 x_d 값과 다른 두 수치로부터 x'_d 나 τ'_d 나 τ'_{do} 의 값을 결정하는데 쓰인다.

72.1 x''_d (8절 참조)과 x''_q (9절 참조)의 시험으로부터 음시퀀스 리액턴스 x_2 (10절 참조)가 공식에 의해 계산된다:

$$X_2 = \frac{x''_d + x''_q}{2}$$

72.2 전기자 권선의 정상 전항(16절 참조)은 IEC 출판물 34-2: 회전 전기 기계. 제2부: 시험으로부터 회전 전기기기의 손실과 효율의 결정방법(견인차용 기계 제외)에 따라 정격 전류에서 측정된 $3I_a^2 R_a$ 손실(P_{cu})와 전기자 권선에서의 공전 손실(P_{str})로부터 공식을 사용하여 결정된다:

$$R_1 = \frac{P_{cu} + P_{str}}{3I_n^2}, \Omega \quad [r_1 = P_{cu} + P_{str}]$$

R_1 의 이 값은 손실 측정이 이루어진 그 권선 온도에 대응한다.

72.3 x_2 (10절 참조)과 R_a (15절 참조) 값으로부터 정격 주파수 f_m 에서 전기자 단락회로 시정수(20절 참조) 공식을 사용하여 결정된다:

$$\tau_a = \frac{x_2}{2\pi f_n r_a} s$$

주 - x_2 의 포화 값을 사용.

표 1
시험 방법들과 겹치는 참고 표

기호	위치 (절과 부속 절)	시험 명칭	시험 방법 (절)	포화와 비포화 값	비고
X_d	4, 27	무부하 포화와 3상 단락회로	25, 26	비포화됨	
K_c	5, 27.1	무부하 포화와 3상 단락회로	25, 26		
X_q	6, 35	음 여자 시험	34	포화됨	선회됨
	37	저 슬립 시험	36	비포화됨	
	39	부하량 측정에 의한 부하상태 시험	38	포화됨	
X'_d	7, 41	돌발 3상 단락회로 시험	40	비포화됨	선회됨
	43	전압 회복 시험	42	포화됨 비포화됨	
X''_d	8, 41.1	돌발 3상 단락회로 시험	40	비포화됨	선회됨
	43.1	전압 회복 시험	42	포화됨 비포화됨	
	45	전기자 권선 계자 축에 관하여 실수와 형 축 에서 회전자의 적용 전압 시험	44	비포화됨 (포화됨)	
	47	변하는 어떤 위치에서의 회전자의 적용 전압 시험	46	비포화됨 (포화됨)	
X'''_q	9, 45.1	전기자 권선 계자 축에 관하여 실수와 형 축 에서 회전자의 적용 전압 시험	44	비포화됨 (포화됨)	
	47.1	변하는 어떤 위치에서의 회전자의 적용 전압 시험	46	비포화됨 (포화됨)	
X_2	10, 49	선간에서 견디는 단락 회로	48	비포화됨	선회됨
R_2	11, 49.1	선간에서 견디는 단락 회로	48	비포화됨	선회됨
	51	역상 시퀀스	50	비포화됨	
X_0	12, 53	단상전압의 3상으로의 적용	52	비포화됨	선회됨
	55	선간과 중심점의 연속 단락회로	54	비포화됨	

기초	위치 (구와 부하 절)	시험 명칭	시험 방법 (절)	포화나 비포화 값	비고
R_0	13, 53 55.1	단상 전압의 3 상으로의 적용 선간과 중성점에서 견디는 단락회로	52 54	비포화됨 비포화 됨	선호됨 —
X_p	14, 30	0 전력-성분에서 3상 단락 회로와 가 여 자 시험을 견디는 무부하 포화	25, 26, 28		
R_a	15, 57, 57.1	전류계-전압계나 브리지	56		
R_i	15, 57, 57.1	전류계-전압계나 브리지	56		
R_1	16	정상 전기자 권선 저항	72.2		IEC 출판물 34-2 참조
τ'_{do}	17, 59 43.2	계자 전류 단선된 전기자 권선 감쇄 전압 회복	58 42		선호됨
τ'_d	18, 41.2 61	돌발 3상 단락 회로 계자 전류 단락된 전기자 권선 감쇄	40 60		선호됨
τ''_d	19, 41.3	돌발 3상 단락 회로	40		
τ_a	20	돌발 3상 단락 회로	40		
τ_J	21, 63 65 67 69 71	매달린 회전자 스윙시험 보조 추 스윙 무부하 지연 부하 지연- 모터같은 동기 기기 동작 부하가 떨어진후 가속 - 발전기로서의 기 기 동작	62 64 66 68 70		
H	22, 63 65 67 69 71	매달린 회전자 스윙 시험 보조 추 스윙 무부하 지연 부하 지연- 모터같은 동기 기기 동작 부하가 떨어진후 가속 - 발전기로서의 기 기 동작	62 64 66 68 70		
i_{in}	23, 23.1	직접 측정 상 도표: 포티어 ASA 스웨디쉬	31 32 33		선호됨
ΔU_n	24 24.1	직접 측정 무부하 상태 특성과 알려진 i_{in} 에 의한 도 표에 의한	25, 31 32, 33		

부속서 A

시험에 의한 동기기기 수치를 결정하기 위한 확인되지 않은 시험방법

A1. 범위

이 부속서는 1KVA 이상 정격이고 정격 주파수가 500Hz 이상이거나 10Hz이하가 아닌때 정격이 더 커지는 3상 동기 기계에 적용된다.

시험 방법은 연속 자석계 기계, 유도기 종류 기계등과 같은 특수한 기계들에 적용되도록 의도되지 않았다. 또한 시험이 일반적으로 브러시 없는 기계에 적용되는 동안 몇몇 변수가 존재하고 특별한 주의가 필요하다.

A2. 대상

이 부속서의 목적은 시험으로부터 3상 동기기계의 양과 특성을 결정하기 위한 방법을 정하는 것이다.

이 부속서는 주어진 기계에 있어서 묘사된 모든 시험이나 약간의 시험의 수행을 요구하는 것처럼 해석하려는 의도는 아니다. 수행되는 특별한 시험은 특별한 동의를 승인되어야 한다. 그들 부록 시험은 제4장에서 권고한다.

이 부속서는 이미 이 속에 주어진 것에 추가적인 양과 특성을 얻기 위하여 시험 과정의 몇가지 방법을 목적으로 한다.

이들은 얻어진 결과의 일관성과 시험 준비의 간편화 잘 만들어진 하나와 비교되는 이들의 새로운 방법에 의해서 얻어지는 결과 생각에서 요구되어지는 것을 견디는 소개되는 어떤 새로운 방법과 같은 것이나 일부나 전체에 허용되는 언급되어지는 방법의 연구와 관련되어진다. 이것은 또한 특징이나 양이 요구되어지는 것에 대한 각각의 목적에 대해서 가장 정확한 결과가 주어지는 방법의 결정이 바람직하다.

이 부속서에 의하여 준비되는 시험과 채택되는 방법의 상대적인 정보는 새로운 방법과 제안된 하나를 선택하기 위하여 유통되는 국가위원회와 더 나가서 종합적인 2G부속위원회의 간사에게 보내 진다.

이와같은 정보는 만약 그들이 원한다면 구속력이 있는 동의와 작자가 출판하는 어떤 형태(주기적인 기술 잡지, 책, 기타등등)의 연구 결과로 구성되지 않는다.

A3. 일반

경험적인 연구에 대한 일반적인 요구사항과 설명, 기구와 동기화된 기계 회로의 지정은 제2장에 주어진 것과 동일하다.

A3.1 양의 대부분의 정의와 이 부속서에 주어진 것처럼 결정의 그들의 시험적인 방법은 전기자 저항의 대략적인 고려의 다른 허용되는 허수-축과 직축에 허용되는 것 두 개의 등가 회로에 의한 고정된 상대적인 것과 여자 권선이 추가된 모든 회로의 대략적인 묘사를 가진 부속절 3.6에 대해서 기초적으로 허용되는 동기 시시의 두 개 축 이론이 광범위하게 받아들여지도록 일치시킨다. 그러나, 실제 행동에서 그들의 실제적인 작업과 다른 비동기 조건이나 과도 상태의 동기 기기의 분석적인 연구의 결과를 만들고 양의 경험적인 결정을 방해하는 특히 허수축을 포함하는 회로의 제한된 개수처럼 특히 고체 회전자 기기에서 경험이 보여진다. 게다가 직축과 횡축에 여자 권선을 가진 동기기기는 실습을 통해서 소개된다.

두 개 실수와 횡축 각각에 대해서 두 개와 그 이상 등가 회전자 회로결과는 이 부속서를 고려한다. 예로, 횡축 과도 리액턴스와 허수축 과도 시간 정수는 횡축에 주어진 두 개 모드에 모한된 추가적인 등가 회전자 회로를 나타내는데 소개된다; 주파수 응답 특성으로부터 양 결정에서 각 직축과 횡축을 따라서 두 등가 회전자보다 더 고려하는게 가능하다.

시험적인 연구의 용어와 방법

A4. 정격 전기자 단락 회로전류에 일치하는 여자 전류(i_{fk})

정격 속도와 연속되는 정격 전기자 전류에서 기기 작동시 여자 권선의 전류는 전기자(첫번째) 권선은 단락된다.

A4.1 27절에 들어있는 추가적인 방법인 연속되는 단락 회로의 정격 전기자에서의 여자 전류는 다양한 전기자(첫번째) 권선 전압과 영 전력-역률에서 과여자 시험으로부터 정해진다(A25와 A26절 참조).

A5. 직축 동기 리액턴스 X_d

직축의 정의에서 동기 리액턴스 4절 참조.

5.1 비포화 상태에 대응하는 직축 동기 리액턴스 X_d 는 상변이를 가진 시험으로부터 부속절 4.1에 나타난 방법이 추가적으로 결정된다.(A27과 A28절 참조).

A6. 횡축 동기 리액턴스 X_q

횡축의 정의에서 동기 리액턴스 6절 참조.

6.1 비포화 상태에 대응하는 횡축 동기 리액턴스 X_q 는 다음 방법중의 하나에 의하여 부속절 6.1에 나타난 방법이 추가적으로 결정된다:

- 상이동을 가지는 시험(A27과 A28절 참조);
- 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A29와 A30 참조);
- 부하가 있는 비동기의 기기가 작동하는 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A31과 A32 절 참조);
- 직류는 정지 상태 때 소멸된다(A59와 A60 절 참조).

A7. 직축 과도 리액턴스 X_d'

직축의 정의에서 과도 리액턴스 7절 참조.

A7.1 부속 절 7.1에 나타내는 방법에 추가적인 직축 과도 리액턴스는 정지시에 직류 전류 감쇄의 방법에 의하여 결정된다(A59와 A60절 참조).

A8. 횡축 과도 리액턴스 X'_q

총 횡축 흐름에 의해 생성되는 전기자 전압의 기초적인 교류 성분에서 갑자기 충전되는 초기 값의 비와 횡축 전기자 전류의 기초적인 교류 성분에서 동기되는 전하, 정격 속도에서 기기의 작동 그리고 첫 번째 주기가 제외되는 동안의 높은 감쇄율 성분의 값.

A8.1 횡축 과도 리액턴스는 다음의 방법으로 결정된다:

- a) 극 저 슬립에서의 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A29와 A30 절 참조);
- b) 부하가 있는 비동기 기기 작동 시 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A31과 A32절 참조);
- c) 저 전압에서 부하가 있는 기기의 작동 시 돌발 단락(A33과 A34 절 참조);
- d) 실수 전류가 정지 시 소멸한다(A59와 A60 절 참조).

A9. 횡축 초기과도 리액턴스 X''_q

횡축 정의에서 초기과도 리액턴스 9절 참조.

A9.1 부속 절 45.1에 나타내는 추가적인 방법에서 횡축 초기과도 리액턴스는 다음 방법으로 결정된다:

- a) 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 전용되는 단선(A29와 A30 절 참조);
- b) 부하가 있는 비 동기적으로 작동하는 기기에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A31과 A32 절 참조);
- c) 저 전압에서 부하가 있는 기기 작동시의 돌발 단락(A33과 A34 절 참조).

A10. 역상 리액턴스 X_2

역상 리액턴스의 정의에 대해서 10 절 참조.

A10.1 부속절 11.1에 나타내진 추가적인 방법인 역상 리액턴스는 다음의 방법으로 정의된다:

- a) 돌발 선간의 단락(A35와 A36절 참조);
- b) 직류는 정지상태에서 소멸된다(A59와 A60절 참조).

A11. 전기자 누설 리액턴스 X_σ

정격 속도에서 작동하는 기기에서 전기자 전류의 기본 성분과 회전자 회로에 관하여 전기자 권

선의 누설 자속에 기인하는 회전자 전압의 무효 기본 성분의 정수

A11.1 전기자 누설 리액턴스는 회전자가 제거된 전기자 권선에 적용되는 대칭적인 삼상 전압의 방법에 의해서 결정된다(A39와 A40 참조).

A12. 동기 전동기의 기동 임피던스 Z_{st}

정지시 기계 사용시 유지되는 평균 전기자 전류와 적용되는 전기자 전압의 정수.

A12.1 기기의 기동 임피던스는 고정된 회전자 시험으로부터 직접적으로 결정된다(A41과 A42 참조).

회전자안에 양의 **시퀀스** 손실을 가져올 교류 전기자 저항일 때의 경우, 무시할수 있으며 기동 임피던스는 대략적으로 실수와 **형축** 일시적인 리액턴스의 반 합과 같을 것으로 고려한다.

A13. 직축 과도 개방 회로 시정수 τ'_{do}

직축 과도 단선 시간 정수의 정의에서 17절 참조.

A13.1 부속절 17.1에 나타난 결정의 방법을 추가한 **직축** 과도 개방 회로 시정수는 다음의 방법으로 결정된다:

- a) 전기자 권선 개방회로를 가진 여자에의 돌발 적용(A43과 A44 절 참조);
- b) 직류는 정지하면 소멸한다(A59와 A60 절 참조).

A14. 실수 개방 회로 시정수 τ'_d

직축 과도 단락 시정수의 정의에 대해서 18절 참조.

A14.1 부속 절 18.1에 나타난 결정의 방법이 추가적인 **직축** 과도 단락 시정수는 다음의 방법으로 결정된다:

- a) 전기자 권선 단락을 가진 갑작스럽게 적용되는 여자(A45와 A46 절 참조);
- b) 정지시 직류는 소멸한다(A59와 A60 절 참조).

A15. **형축** 과도 단선 시정수 τ_{qo}'

정격 속도로 작동하는 기기의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 **감쇄**하는 동작 조건에서 갑작스럽게 변화를 수반하는 **형축** 자속에 기인하는 개방회로 전기자 권선 전압의 천천히 변하는 성분에 대하여 요구되는 시간

A15.1 **형축** 과도 개방회로 시정수는 다음 방법들에 의해 결정된다:

- a) **극** 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A29와 A30 절 참조);
- b) 부하가 있는 상태에서 비동기적인 기기의 작동에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선

(A31과 A32 절 참조);

c) 정지시 직류는 소멸한다(A59와 A60 절 참조).

A16. **횡축** 과도 단락 시정수 τ'_q

정격 속도로 작동하는 기기의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 **감쇄**하는 동작 조건에서 갑작스럽게 변화를 수반하는 **횡축** 자속에 기인하는 **횡축** 단락 전기자 권선 전압의 천천히 변하는 성분에 대하여 요구되는 시간

A16.1 **횡축** 과도 단락 시정수는 다음 방법들에 의해 결정된다:

a) 부하가 있는 저 전압에서 기기 작동시의 돌발 단락(A33과 A34절 참조);

b) $X_q(6$ 절 참조), $X'_q(A8$ 절 참조), $\tau'_{do}(A15$ 절 참조)의 시험 값으로부터의 계산 이 계산은 A63절에 주어진 식을 사용하여 만들어진다;

c) 정지시 직류는 소멸된다(A59와 A60절 참조).

A17. **직축** 초기과도 단선 시정수 τ_{do}''

정격 속도로 작동하는 기기에서 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 씩 **감쇄**하는 동작조건하의 돌발 변화에 따르는 **직축** 자속에 기인하는 개방회로 전기자 권선 전압에서 처음 몇 번의 주기동안 존재하는 돌발 변화 성분에 대해서 요구되는 시간.

A17.1 **직축** 초기과도 단선 시정수는 다음 방법들에 의하여 결정된다:

a) 전압 회복(A47과 A48절 참조);

b) 정지시 직류는 소멸된다(A59와 A60절 참조).

A18. **횡축** 비 과도 단선 시정수 τ_{qo}''

정격 속도로 작동하는 기기에서 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 씩 **감쇄**하는 동작조건하의 돌발 변화에 따르는 **횡축** 자속에 기인하는 단선 전기자 권선 전압에서 처음 몇 번의 주기동안 존재하는 돌발 변화 성분에 대해서 요구되는 시간.

A18.1 **횡축** 비 과도 단선 시정수는 다음 방법들에 의해 결정된다:

a) **극** 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A29와 A30절 참조);

b) 부하가 있는 상태에서 비동기적인 기기의 작동에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선(A31과 A32 절 참조);

c) 정지시 직류는 소멸한다(A59와 A60 절 참조).

A19. **횡축** 초기과도 단락 시정수 τ''_q

정격 속도로 작동하는 기기에서 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 씩 **감쇄**하는 동작조건하의 돌발 변화에 따르는 **횡축** 단락 전기자 권선 전류에서 처음 몇 번의 주기동안 존재하는 돌발 변화 성분에

대해서 요구되는 시간.

A19.1 **형축** 초기과도 단락 시정수는 다음 방법에 의해서 결정된다:

- a) 저 전압에서 부하가 있을 때, 기기의 돌발 단락(A33과 A34 절 참조);
- b) X_q (6 절 참조), X'_q (A8절 참조), τ'_{qo} (A15절 참조)의 시험 값으로부터의 계산 이 계산은 A63절에 주어진 식을 사용하여 만들어진다;
- c) 정지시 직류는 소멸된다(A59와 A60절 참조).

A20. **직축** 개방 회로 여자 권선 시정수 τ_{fdo}

정격 속도에서 기기 동작시 개방 회로 전기자 권선의 모든 회전자 회로 또한 개방회로가 있는 돌발 변화에 따르는 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 여자 권선에서 유도되는 전류 성분 에 대해서 요구되는 시간.

A20.1 **직축** 개방 회로 여자 권선 시정수는 전기자 권선이 열린 계자 소멸 시험으로부터 결정된다 (A49와 A50 절 참조).

A21. **직축** 개방회로 등가 댐퍼 회로 시정수 τ_{kdo}

정격 속도에서 기기 동작시 개방 회로 전기자 권선의 모든 회전자 회로 또한 개방회로가 있는 돌발 변화에 따르는 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 등가 댐퍼 회로에서 유도되는 전류 성분에 대해서 요구되는 시간.

A21.1 **직축** 개방회로 등가 댐퍼 회로 시정수는 전기자 권선이 개방된 계자 소멸 시험으로부터 결정된다(A49와 A50 절 참조).

A22. **직축** 단락 여자 권선 시정수 τ_{fd}

정격 속도에서 기기 동작시 단락 회로 전기자 권선의 모든 회전자 회로 또한 단락되어있는 돌발 변화에 따르는 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 여자 권선에서 유도되는 전류 성분에 대해서 요구되는 시간.

A22.1 **직축** 단락 회로 여자 권선 시정수는 전기자 권선이 단락된 계자 소멸 시험으로부터 결정된다(A51와 A52 절 참조).

A23. **직축** 단락 등가 댐퍼 권선 시정수 τ_{kd}

정격 속도에서 기기 동작시 단락 회로 전기자 권선의 모든 회전자 회로 또한 단락되어있는 돌발 변화에 따르는 그것의 초기값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 등가 댐퍼 회로에서 유도되는 전류 성분에 대해서 요구되는 시간.

A23.1 직축 단락 회로 등가 댐퍼 권선 시정수는 전기자 권선이 단락된 계자 소멸 시험으로부터 결정된다(A51와 A52 절 참조).

A24. 주파수 응답 특성

기기의 주파수 응답 특성은 언급되지 않은 상태면 정격 공급주파수에서 슬립되는 상호적인 복소 임피던스(혹은 성분 그것에서) 분석적인 표현되는 상대적인 복소 어드미턴스에 관련된 특성곡선이 나 분석적 표현에 맞춘다.

이 부속서에서 따르는 주파수 응답 특성은 고려된다:

직축 리액턴스 $X_d(s)^1$ 의 주파수 응답 특성

비는 여자 권선 단락 회로를 가진 슬립이 주어진 기기의 동작, 이 전류의 기본 교류 성분의 복소적인 값(상)과 직축 전기자 전류에 의해서 제공되는 전기자 전압의 기본적인 교류 성분의 연속하는 복소수 값(상)의 슬립 기능으로 표현한다.

횡축 리액턴스 $X_q(s)^2$ 의 주파수 특성

비는 여자 권선 단락 회로를 가진 슬립이 주어진 기기의 동작, 이 전류의 기본 교류 성분의 복소적인 값(상)과 횡축 전기자 전류에 의해서 제공되는 전기자 전압의 기본적인 교류 성분의 연속하는 복소수 값(상)의 슬립 기능으로 표현한다.

여자 성분 $G(s)$ 의 주파수 응답 특성

정격 속도에서 작동하는 기기의 적용되는 여자 권선 전압의 복소수 값과 주파수 s 에서 여자 권선 전압의 전류에 의하여 제공되는 전기자 전압의 제공되는 복소수 값(상)의 비

A24.1 주파수 응답 특성은 다음 방법들에 의해 결정된다:

- a) 부하가 걸린 상태에서 비동기 동작(A53과 A54 절 참조);
- b) 감쇄된 전압에서 비동기 동작(A55와 A56 절 참조);
- c) 전기자 권선에서 다양한 주파수 전압이 적용되는 정지시 기기 작동(A59와 A60 절 참조);
- d) 전기자 권선에서 기기 작동이 멈추면 직류는 사라진다(A59와 A60 절 참조);
- e) 기기 정지시 갑작스레 적용되는 전기자 권선의 직류(A61과 A62 절 참조).

주 - 댐퍼권선 양이 원심력에 의존하는 것처럼 고정된 방법은 회전하는 기기에서 받아들여지는 것과 다른 것을 명심해야 한다.

시험의 설명과 이 시험으로부터 수치와 특성의 설명

A25. 영 역률과 다양한 전기자 전압에서 과여자 시험

이 시험은 발전기와 전동기로 사용되는 기기 둘다 적용된다. 기기 작동시 유효 전력은 발전기에서는 0이다. 부하를 축위에다 놓으면 기기 작동시 전동기에서 0이다.

시험하는 동안 전기자 권선 전류는 안정한 기기에서 가장 저 값까지 낮춘 정격 값으로부터 변화되는 전기자 전압에서 정격 값과 같은 정수를 유지한다. 정당히 정확하게 정격 값보다 0.5배 정도 아래 값으로 전기자 전압을 낮추는 것으로 권장된다.

관리는 여자 권선에서 발생하는 초과열을 넘지 않도록 한다.

A26. 단락 전류로 유지되는 정격 전기자에 일치하는 여자 전류의 결정 (i_{fk})

실험 점은 영률 곡선의 위쪽 부분의 형태의 곡선에 합쳐지고 도표에 표시된다. 같은 도표 위에 무부하 포화 곡선 또한 그려진다. 그리고나서 영률 성분 곡선은 횡좌표축과 만날 때까지 무부하 곡선과 평행할 것으로 추정된다. 이 점의 횡좌표는 단락 전류로 유지되는 정격된 전기자에서 일치하는 여자 전류로 대표된다.

A27. 상변이 시험

상변이 시험은 다음 방법들 중 하나와 일치하도록 수행된다:

- 상변이기를 통해서 동기화 된 전동기에서 사용되는 것처럼 같은 주파수의 저 전압 공급기에 시험하의 기기의 전기자 권선 연결과 보통의 동기화 된 전동기에 의한 시험하의 기기의 다름에 의하여;
- 직축과 횡축 둘 다에서 여자 권선이 제공된 동기화 된 전동기에 의한 시험하의 기기의 다름에 의하여; 동기화 된 전동기에서 사용하는 것처럼 같은 주파수의 동기화 된 저 전압 공급기와 연결된 기기에 다루어지는 전기자 권선.

시험하의 기기에서 전류는 최소값 X_d 와 일치하고 최대값 X_q 와 일치하는 사이의 기동 축의 위치에 의존하며 변한다.

상변이기[방법 a)] 동작에 의한 것과 동기화 된 전동기[방법 b)]의 양 축에서 다양하게 변화되는 것 둘다 한 위치에서 변할 때, 전기자의 최대 와 최소값과 기기의 단자에 들어가는 전압의 일치되는 값이 측정된다.

측정장비가 갖추어지면, 여자 권선은 개방된다. 그러나, 측정장치가 갖추어지지 않았다면, 여자 권선은 가능한 손상을 피하기 위해서 단락된다(혹은 방전되는 저항을 통해서 불게된다).

방법 a)에서, 상변이기는 적어도 전기각 180° 이하에 의한 적용되는 전기자 전압의 상변이가 가능해야만 한다.

방법 b)에서, 다루는 전동기의 전력은 어떤 위치에서 다른 위치로 움직일 때, 발생하는 토크의 시험 하에서 기기의 전기자 권선에 적용되는 전압에 의존한다.

A28. 상변이 시험으로부터의 양의 결정

직축 동기화된 리액턴스(A5절 참조)은, 이 시험으로 결정되어지는, 다음 식을 사용하여 계산되어진다.

$$X_d = \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}I_{\min}} \Omega ; \quad \left[X_d = \frac{u_{\max}}{i_{\min}} \right]$$

A28.1 **횡축** 동기화된 리액턴스(A6절 참조)은, 이 시험으로 결정되어지는, 다음 식을 사용하여 계산되어진다.

$$X_q = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3}I_{\max}} \Omega ; \quad \left[X_q = \frac{u_{\min}}{i_{\max}} \right]$$

A29. 극 저 슬립 시험에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선

저 슬립 동안 저 전기자 전압이 적용되는 돌발 단선은 정격 주파수 대칭적인 3상 저 전압 공급 ($0.05U_n$ 에서 $0.10U_n$)에 연결된 전기자(초기) 권선을 가진 0.01보다 적은 고려할 만한 슬립에서 기기의 작동이 준비된다. 여자 권선은 단락된다. **횡축** 여자 권선에서 결정되는 양은 단선한다. 구적법이나 **직축**에서 회전자 자화되었을 때, 적용되는 전압은 갑작스럽게 단선한다. 회전자 위치는 전기자 전압과 허수(혹은 실수) 회전자 축(A31절을 참조하거나 다른 등가 방법을 사용) 사이의 각을 측정하여 점검한다. 전기자 전류와 전압 그리고 회전자 위치 지적은 측정하고 기록한다.

기기의 스위치를 순간적으로 켜를 때, 전기자 권선 전압은 갑자기 어떤 값으로 떨어지고 그리고 나서 점차적으로 사라진다(그림 A1).

초기 전압 강하는 잔류 전압에 독립적이다. 시정수 결정에서, 잔류 전압은 적용되는 전압의 0.2보다 작고 그 값은 필요하지 않고 그리고 나서 정확히 요구되는 **횡축**의 시정수 결정에 평가된다. 만약 이 값을 넘어가면, 기기의 회전자는 **탈자**된다.

오실로그래프로 결정된 전기자 전압은 시간에 대해서 세미 로드 스케일 도면을 작성한다(그림 A2, 164쪽). 만약 시정수가 **직축**을 따라 결정된다면 잔류 전압 $U(\infty)$ 의 값은 전기자 전압에서 빼게 되고 이 차이는 시간에 대해서 기록한다.

주 1. - 이 시험동안 저 값의 존재하는 전기자 권선 전압이 적용되면, 잔류 자성은 신중하게 상 안에서와 넓이에서 결정된다. 빼기 계산적인 방법의 전압 $U(\infty)$ 은 정확하지 않다, 왜냐하면 U_d 나 U_q 에서 제거되는 $U(\infty)$ 의 상변이는 의미가 있기 때문이다. 정확한 방법은 그림 A1의 곡선의 모든 점에 수직인 감수된 $U(\infty)$ 로 구성된다. 상 각은 쉽게 상 끝에 상 발전기에 도움이 되도록 결정된다.

다른 방법으로는 시험하의 기기를 완전하게 비자기화시킨다.

세로 좌표 축에 외삽법에 의한 전기자 소멸곡선의 수직부는 초기값 $U'(0)+U(\infty)$ 을 가진 과도 전압 성분을 결정한다(그림 A1). 소멸하는 전압 U 로부터 이 과도 전압 성분의 차는 그것의 초기 값이 $U''(0)$ 으로 결정되도록 과도 전압 성분을 가능하게 한다.

주 2.- 기기의 많은 종류에서 과도와 일시적인 전압 성분을 **횡축**을 따라 분리하는 것은 높은 **감쇄**율이 나머지에서 명확히 분리되지 않기 때문에 어렵다.

A30. 저 슬립 시험에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선으로부터 양의 결정

횡축 동기화 된 리액턴스(A6절 참조)는 초기 전압 $U(0)$ 과 잔류 전압 $U(\infty)$ (A29절, 주 1 참조) 사이의 차이의 **비**와 스위치를 끄기 직전의 전류 $I(0)$ 처럼 **횡축** 위치에서 시험하의 기기가 있을 때, 저 슬립 시험동안 적용되는 전압의 돌발 단선으로부터 결정된다:

$$X_q = \frac{U(0) - U(\infty)}{\sqrt{3}I(0)} \Omega; \quad \left[X_q = \frac{u(0) - u(\infty)}{i(0)} \right]$$

측정 값의 점검은 **직축**에서 시험하의 기기가 자화되었을 때, 같은 슬립에서 이 시험으로부터 결정되는 X_d 에 의해서 결정된다. 일치하는 식은 X_d 계산에 사용된다. 이 시험으로부터의 X_q 의 값은 만약 27절에 따라서 얻어지는 값과 일치하는 같은 시험에서 얻어지는 X_d 의 값이라면 적절하게 고려된다. 그렇지 않으면, 시험은 0 슬립에서 X_q 값의 따르는 외삽법에 의하여 슬립의 몇몇의 **감쇄**되는 값을 반복한다. 포화되지 않는 값과 일치하는 이 시험으로부터 X_q 를 얻는다.

A30.1 **횡축** 과도 리액턴스(A8절 참조)는 시험된 기기가 **횡축**에 따라서 자화될 때, 전압 시험 적용되는 돌발 단선으로부터 결정된다. 처음에 측정되는 선간 전압 $U(0)$ 과 초기 과도 전압 $\Delta U'(0)+U(\infty)$ (A29 절, 주 1 참조) 사이의 (a) 차이의 **비**와 스위치를 끄기 직전 순간의 전기자 전류 $I(0)$ 의 (b):

$$X'_q = \frac{U(0) - \Delta U'(0) - U(\infty)}{\sqrt{3}I(0)} \Omega; \quad \left[X'_q = \frac{u(0) - \Delta u'(0) - u(\infty)}{i(0)} \right]$$

측정 값의 점검은 **직축**에 따라서 자화되는 시험된 기기에서 준비되는 적용되는 전압의 돌발 단선 때, 같은 시험으로부터 계산되는 X'_d 에 의해서 만들어진다. X'_d 의 값은 식은 그러고나서 일치하는 식으로 사용된다.

전압 시험에 적용되는 돌발 단선으로부터 측정되는 X'_d 의 결과는 이 규격에 의하여 얻어지는 값에 실제적으로 일치하는 이 시험으로부터 얻어지는 X'_d 의 값이라면 정당하게 고려된다. 다른 한편으로는, 외삽법에 의한 X'_q 값이 0 슬립이 될 때까지 시험은 슬립값의 **감쇄**가 몇번 반복된다. 이 시험으로 얻어지는 X'_q 의 값은 비포화 상태 값과 일치한다.

A30.2 이 시험으로부터 **횡축** 초기과도 리액턴스(A9절 참조)는 다음을 얻을 수 있다(A29, 주 1 참조):

$$X''_q = \frac{U(0) - \Delta U'(0) - \Delta U''(0) - U(\infty)}{\sqrt{3}I} \Omega; \quad \left[X''_q = \frac{u(0) - \Delta u'(0) - \Delta u''(0) - u(\infty)}{i} \right]$$

직축을 따라서 기기가 자화될 때, 전원이 꺼지는 순간, 직축 초기과도 리액턴스는 일치하는 식을 사용하여 얻어진다.

A30.3 **횡축** 과도 개방회로 시정수(A15 절 참조)는 그것의 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 감쇄하는 전기자 전압의 과도 성분에서 요구되는 시간처럼 전압 시험에 적용되는 돌발 단선으로부터 결정된다. X'_d 결정 때, 측정되는 τ'_{q0} 는 같은 시험으로부터 τ'_{d0} 의 계산으로 만들어진다. 적용되는 전압 시험의 돌발 단선으로부터 얻어지는 그 값에 일치하는 이 시험으로부터 τ'_{d0} 의 결과가 얻어진다.

A30.4 **횡축** 초기과도 개방회로 시정수(A18 절 참조)는 초기값 $\Delta U''(0)$ 의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 감쇄하는 전기자 전압의 과도 성분에서 요구되는 시간처럼 전압 시험에 적용되는 돌발 단선으로부터 결정된다.

τ''_{q0} 값의 확인은 직축 위치에서 수행된 같은 시험으로부터 τ''_{q0} 를 결정하고 이 기준에 따라 주어진 값과 비교하여 세부항 A30.3에 언급된 유사한 방법으로 이루어질 수 있다.

A.31 기기가 부하시 비동기적으로 작동할 때 저 전기자 전압시험이 인가되는 단선시험

저 전기자 전압 시험을 적용하는 단선, 부하에 비동기식으로 구동하는 기기는 포화의 영향을 피하기 위해 정격 주파수에서 대칭인 삼상 저전압 전원과 연결한 전기자 권선을 갖고 시행한다. 여자 권선은 단락시킨다.

축에 **시퀀스**를 적용하는 방법으로, 전압과 전류의 직축과 **횡축** 성분을 결정한다.

전압과 전류, **시퀀스**는 2m/s에서 3m/s의 기록-속도(paper-speed)를 갖는 오실로그래프 기록으로 얻는다.

시퀀스의 적용은 무부하에서 선간 전압의 방법으로 q-축이나 d-축에 맞춘다.

시퀀스가 인가되는 이미터는 선간 전압 U_{12} 가 0으로부터 통과하는 순간에 **시퀀스**가 일치하도록 축 둘레에서 위치를 변화시키도록 한다. 이 위치에서 **시퀀스**가 무부하에서 q-축 전압(그림 A3)과 관련된 상전압 U_3 의 최대값과 일치하게 된다.

기기에 부하를 걸었을 때, **시퀀스**의 순간에서 상전압 U_3 과 상전류 I_3 의 순간값은 이 전압과 전류의 q-축 성분과 일치한다. 또한 **시퀀스**는 선간 전압 U_{12} 의 d-축 성분을 규정한다.

이 두 방법에서 d-축 전압과 q-축 전류는 하나의 단일 **시퀀스**에서 얻어낸다.

일반적으로 전압과 전류가 d-축과 q-축의 성분을 구성한다. 이들 성분은 그림 A5에 관련된 조건을 위해, 그림 A4에 나온 것처럼 오실로그램에서 결정된다. q-축 **시퀀스**에서 성분의 순간 값에 관

련된 화살표는 실선(full line)으로써 그려지고 d-축에 관련된 값은 점선(broken line)으로 그려진다. (이들은 계산을 위해서는 필요치 않다.)

기록기를 결정한 후에 시험 측정을 한다. 기기가 $90 \pm 20^\circ$ 의 전기적인 각도에 가까운 내부 각이 되었다면 오실로그래프를 순간 전압 U_{12} 과 상전류 I_3 , 스위치를 오프하는 시간을 포함한 시간을 보여주는 **직축 시퀀스**를 취한다. 그림 A6이 예로 주어졌다. 인가 전압과 단선하기 전에 전류 $I_q(0)$ 과 전압 $U_d(0)$ 을 측정한다. 스위치를 오프시킨 다음의 전압 순서는 오실로그래프로부터 결정된다. (U_{d1} , U_{d2} , U_{d3} , 등) 필요하다면 이 전압에서 잔류 전압 $U_d(\infty)$ (그림 A7을 참조)을 뺀 후에 시간에 대해 로그 스케일(그림 A8을 참조)로 그래프를 그린다. 과도와 초기 과도 성분들은 관례적인 방법으로 알아낸다.

A32. 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때, 저 전기자 전압 시험이 인가되는 단선시험으로부터 수치의 결정

시퀀스 순간에서 $U_d(0) - U_d(\infty)$ 과 $I_q(0)$ (스위치를 오프시키기 전에)를 사용함으로써 시험 중의 기기가 $\delta = 90 \pm 20^\circ$ 에 근접할 때, **횡축**의 동기식 리액턴스(A6 항을 참조)가 저전압 시험을 적용하는 돌발 단선에서 결정될 수 있다.

그리고 나서 **횡축**의 동기식 리액턴스 :

$$X_q = \frac{U_d(0) - U_d(\infty)}{\sqrt{3}I_q(0)} \Omega ; \quad \left[x_q = \frac{u_d(0) - u_d(\infty)}{i_q(0)} \right]$$

측정값의 확인은 시험 중의 기계가 직축 위치에서 자화될 때 같은 슬립(slip)에서의 시험로부터 X_d 를 결정함으로써 이루어져야 한다. 관련 공식이 X_d 의 계산을 위해 사용된다. X_q 의 값은 시험에서 얻어진 X_d 의 값이 27항에 관련하여 얻은 값과 관련되었을 때, 정확히 고려된다.

A32.1 **횡축**의 순간 리액턴스는 다음과 같이 이 시험(A31항을 참조)로부터 얻어질 수 있다. (그림 A6을 참조)

$$X'_q = \frac{U_d(0) - \Delta U'_d(0) - U_d(\infty)}{\sqrt{3}I_q(0)} \Omega ; \quad \left[x'_q = \frac{u_d(0) - \Delta u'_d(0) - u_d(\infty)}{i_q(0)} \right]$$

A32.2 **횡축**의 초기과도 리액턴스(A9항 참조)는 이 시험으로부터 얻어질 수 있다. (A31항 참조)

$$X''_q = \frac{U_d(0) - \Delta U'_d(0) - \Delta U''_d(0) - U_d(\infty)}{\sqrt{3}I_q(0)} \Omega ; \quad \left[x''_q = \frac{u_d(0) - \Delta u'_d(0) - \Delta u''_d(0) - u_d(\infty)}{i_q(0)} \right]$$

A32.3 **횡축**의 개방 회로 과도 시정수(A15항을 참조)는 초기값 $\Delta U'(0)$ 의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 **감쇄**하는 전기자 전압의 과도 **직축** 성분에서 요구되는 시간처럼 전압 시험에 적용되는 돌발 단선으로부터 결정된다.

A32.4 **횡축**의 초기과도 개방 회로 시정수(A18항을 참조)는 초기값 $\Delta U''(0)$ 의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 **감쇄**하는 전기자 전압의 과도 **직축** 성분에서 요구되는 시간처럼 전압 시험에 적용되는 돌발 단선으로부터 결정된다.

A33. 저전압에서 부하상태에서 동작하는 기기의 갑작스러운 단락 회로 시험

기기의 돌발 단락 회로 특성은 정격 주파수에서 대칭적인 삼상 저전압원과 연결된 전기자 권선과 함께 부하가 걸려 동작하는 동안에 이루어져야 한다. 여자 권선은 단락 회로이다.

기기에 전기적인 각도로 90 ± 20 부하가 걸릴 수 있음을 확신할 수 있는 적절한 전압을 선택하도록 주를 주어야 한다. 또한 기기가 단락되었을 때 아무런 해가 없도록 주의해야 한다. 전압원은 기기가 단락된 후 분리한다.

축에 인가되는 **시퀀스**는 A31항에 나온 비슷한 방법으로 결정된다. q-축 전류는 q-축 **시퀀스**의 시간에서 3상의 전류를 사용하여 측정한다. d-축 전압은 선간 U_{12} 전압으로 같은 시간에서 측정한다. 기기가 90 전기적 각도($t=0$)가 된 후에 기기를 단락함으로써 시험한다. 또한 천천히 기울여야 한다. $I_q(0)$ 와 $U_d(0)$ 의 값과 단락회로가 된 후의 I_{q1} , I_{q2} 등의 값은 그림 A9에 나왔듯이 오실로그래프이다. 본래의 스케일로 시간에 대한 전류의 값을 그리는 것은 오실로그램에서 얻어진다. 시간에 관련한 초기값 $\Delta I'_q(0)$ 과 $\Delta I''_q(0)$, 순간 변화 $\Delta I'_q$ 과 과도 $\Delta I''_q$ 전류 성분을 결정하고, 167쪽의 그림 A8과 비슷하게 준-로그(semi-log) 스케일(그림 A11)로 그린다.

A34. 저전압에서 부하가 걸린 상태에서 작동하는 기계의 돌발 단락 회로 시험으로부터 수치의 결정

횡축의 순간 리액턴스(A8항을 참조)는 부하가 걸린 기기가 전기적인 각도로 90이 되었을 때의 저전압에서 돌발 단락 회로 시험로부터 결정한다.

횡축의 순간 리액턴스(A8항을 참조)는 다음과 같이 이 시험(A33항을 참조)로부터 결정할 수도 있다.

$$X'_{q} = \frac{U_d(0)}{\sqrt{3}[I_q(0) + \Delta I'_q(0)]} \Omega ; \quad \left[X'_{q} = \frac{u_d(0)}{i_q(0) + \Delta i'_q(0)} \right]$$

A34.1 **횡축**의 과도 리액턴스(A9항을 참조)는 다음과 같이 이 시험(A33항을 참조)로부터 결정할 수도 있다.

$$X''_{q} = \frac{U_d(0)}{\sqrt{3}[I_q(0) + \Delta I'_q(0) + \Delta I''_q(0)]} \Omega ; \quad \left[X''_{q} = \frac{u_d(0)}{i_q(0) + \Delta i'_q(0) + \Delta i''_q(0)} \right]$$

A34.2 부하가 걸린 채로 구동하는 기기에 저전압에서 돌발 단락 회로에서 결정되는 것처럼, **횡축**의 순간 단락 회로 시정수(A16항을 참조)는 초기값 $\Delta I'_q(0)$ 의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 **감쇄**하는 **횡축**의 단락 회로 전기자 전류의 성분에서 요구되는 시간이다.

A34.3 부하가 있는 상태에서 작동하는 저전압에서 시험하는 돌발 단락회로부터 **형축** 초기과도 단락 시정수(A19절 참조)는 초기값 $\Delta I''_k(0)$ 의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 로 **감쇄**하는 **형축**의 단락회로 전기자 전류의 성분에서 요구되는 시간이다.

A35. 돌발 선간 단락 시험

음상 **시퀀스** 리액턴스 결정에서 돌발 선간 단락 시험은 단선된 전기자 권선을 가진 기기의 작동에서 단락이 적용되기 전에 정격 속도로 이끌어진다.

여자 시스템에 대한 요구조건과 측정 장치의 선택은 40 절에 언급된 것에 의하여 된다.

기기의 단자 전압, 여자 회로와 회전자 온도는 단락 전에 이미 측정된다.

역상 리액턴스의 측정을 위해서, 오실로그래프이 같은 상의 전기자 전류와 여자 회로의 전류가 단선된 단자에 전기자 권선 전압을 취하게 된다. 오실로그래픽 기록과 오실로그래프의 분석 방법은 38 절에 따른다.

기기의 초기과도 상태와 일치하는 X_2 를 얻을 때, 예 정격 전류 조건 시험은 40절에 묘사된 돌발 삼상 단락 시험과 유사한 몇몇 선간 전압이 수행되고 요구되는 값은 결과를 표시해서 얻어진다.

기기의 과도 상태와 일치하는 X_2 를 얻을 때, 전기자(1차) 권선의 선간 단락 전에 기기의 단자에서 전압은 정격값과 일치한다.

만약 시험이 정격 전압에서 수행되지 않으면 40절에서처럼 전기자 전압의 몇몇 **감쇄**되는 값에서 행동되고 X_2 는 각 시험에서 결정된다. 이들 값은 그 후 단락되기 전에 단선 전압에 대해서 플롯되고 정격 전압과 일치하는 대략 값은 외삽법에 의해 찾아진다.

단락 시험은 전압이 0인 때의 30°안에서 일어나는 실제로 단락된 회로의 실질적인 최대 값인 비주기적인 성분처럼 수행된다.

A36. 돌발 선간 단락 시험으로부터의 역상 리액턴스의 결정

돌발 선간 단락 시험으로부터 결정되는 역상 리액턴스(A10절 참조)는 다음 식을 사용하여 결정된다:

$$X_2 = \frac{U}{I''} - X''_d \Omega ; \quad \left[X_2 = \frac{\sqrt{3}U}{I''} - X''_d \right]$$

여기서:

U = 단락 전에 즉시 측정되는 단선된 선간 전기자 전압

I'' = 38절에 의하여 결정되는 이들 전류 성분들 가가 $I(\infty) + \Delta I''_k(0) + \Delta I''_k(0)$ 의 합처럼 오실로그래프의 분석으로부터 얻어지는 선간 단락 전기자 전류의 초기 **기본**적인 주기적인 성분

X''_d = 부속 절 41.1에 의한 돌발 3상 단락 시험으로부터의 결정같은 **직축** 초기과도 리액턴스. X''_d 의 과도나 초기과도 값은 X_2 의 요구되는 값과 일치하도록 배합된다.

A37. 전원으로부터 분리된 후 갑작스럽게 인가된 단락회로 시험

동기화 된 기기 수치의 결정에서 전원으로부터 이어지는 단선에서 갑작스럽게 적용되는 단선 시험은 시험하에서 기기의 지연동안 초당 0.05 정격보다 크지 않은 감속률로 제공되어 수행된다. 선이 단선되기 전에, 부하가 없는 상태에서 작동하는 기기가 역율이 일정하기위한 전류치까지 여자가 된다.

1초 이상 걸리지 않으며 가능한 빨리 단선 후에, 기기는 즉시 단락된다. 장치에서 일반적인 요구 사항, 측정 장치, 여자와 양의 결정은 그들이 40절에 언급한 것과 같아진다.

A38. 전원으로부터 단선된 후 갑작스럽게 인가된 단락회로 시험으로부터 수치의 결정

전원으로부터 단선으로 인한 돌발 단락 적용으로부터의 수치의 결정은 41절과 유사하게 만들어진다.

A39. 회전자가 제거된 상태에서 인가전압시험

정격된 대칭된 주파수 3상 전압이 전기자 권선에 적용될 때, 회전자가 제거되게하여 시험이 수행된다. 탐색 코일은 슬롯간 누설 자속을 빼내기 위하여 뚫린 지름보다 작은 톱니나 약간의 지름위에 위치한다. 코일의 길이는 전체 전기자 철심의 길이와 같다; 코일의 폭은 폴 높이와 같다. 끝부분은 버팀선에 의하여 전기자 끝부분 권선 주위의 누설 자속의 영향으로부터 그들을 옮기기 위하여 마지막 전기자 철심 톱니의 면에 반지름을 따라서 기기축 앞으로 뺀다(그림 A12 참조).

전기자가 각 폴과 상당 아주 작은 수의 슬롯을 가지고 있다면, 코일의 폭은 폴 높이를 포함하는 가장 큰 수의 슬롯과 같다.

전기자 권선은 전압원에 연결되고 적용되는 전압(U), 전기자 권선 자화 전류(I), 입력(P)과 탐색 코일(U_c)의 전압은 측정된다. 탐색 코일 전압 측정은 높은 내부 저항 전압계(가급적 진공 튜브 전압계)에서 행해진다.

A40. 인가전압 시험으로부터 수치의 결정

회전자가 제거된 적용되는 전압 시험으로부터 누설 저항(A11 절 참조)은 다음 식으로 계산된다:

$$X = X_a - X_b \quad \Omega$$

$$X_a = \sqrt{Z^2 - R^2} \quad \Omega, \text{ where: } Z = \frac{U}{\sqrt{3}I} \quad \Omega, R = \frac{P}{3I^2} \quad \Omega$$

$X_b = \frac{U_c}{I} \frac{Nk_w}{N_c} \quad \Omega$, 일반적인 회전자의 공간에서 전기자 권선에의해 생성되는 전기자 활성화 면상의 자속에 기인하는 리액턴스.

이 식에서:

U_c : 탐색 코일 전압, V

I : 전기자 전류, A

N : 전기자 권선의 상의 각 회로 상의 직렬 연결 턴

N_c : 탐색 코일 턴의 숫자

k_w : 전기자 권선 계수

이 경우 고정자는 각 폴과 상의 약간의 수를 가질 때, 탐색 코일 폭은 각 폴 높이에서 슬롯의 가장 큰 총수와 같도록 선택된다. 그리고난 후 X_b 는 다음처럼 계산된다:

$$X_b = \frac{U_c}{I} \frac{Nk_w}{N_c \sin\left(\frac{q'}{3q} \frac{\pi}{2}\right)} \Omega$$

여기서:

q' = 각 폴 높이당 가장 큰 슬롯의 총 수

q = 각 폴 높이와 상 당 슬롯의 일부량

탐색 코일이 사용되지 않으면, X_b 의 값은 실험적으로 얻어진 다음 식을 사용하여 계산한다:

$$X_b = \frac{15N^2k_w^2fL'}{p} 10^{-8} \Omega$$

여기서:

N 과 k_w 는 위와 같다

f = 적용되는 주파수

p = 폴 쌍의 개수

$$L' = L - \frac{nd}{2} + \frac{\tau_p}{6}$$

여기서:

L = 고정자 코일의 전체 길이(환기 덕트를 포함), cm

n = 환기 덕트 숫자

d = 환기 덕트의 축대 길이, cm

τ = 폴 높이, cm

X_b 결정의 시험 방법이 선호된다.

A 41. 회전자 구속시험

시험은 요구되는 것처럼 시작되는 저항을 통해서 접하거나 단락되는 여자 권선인 적용되는 전기자 권선의 정격된 주파수 3상 전압과 회전자가 고정된 상태에서 수행된다.

댐퍼 권선과 전기자 권선의 초과열이 만들어진 것에서 시험처럼 막아진다면 시험은 전기자 권선이 적용되는 정격 전압에서 수행된다.

이 경우, 감소되는 전압을 가진 시험의 연속은 정격 전압 양처럼 수행되는 것은 외삽법에 의해 결정된다. 과도 영향에 의하여 충분한 정격 전압 수치에 의해 적용되는 감소되는 전압의 값은 적당한 외삽법에 의해 된다. 일반적으로, 시험하는 동안 전기자 전류는 2회 이상 정격된 전류 값이 된다.

전압 적용의 기간은 읽는데 요구되는 시간과 가열되는 회전자에 의해 제한되고 일반적으로 10초 이하이다.

3상에서 전기자 전압과 전류는 기록된다. 또한 입력 측정이 바람직하다.

A42. 회전자 구속시험으로부터의 기동 임피던스의 결정

기동 임피던스는 다음으로 고정된 회전자 시험으로부터 결정된다:

$$Z_{st} = \frac{U}{\sqrt{3}I_{av}} \Omega \quad \left[Z_{st} = \frac{u}{i_{av}} \right]$$

여기서:

U = 적용되는 선간 전압, V

I_{av} = 시험하는 동안 측정되는 3상 안정된 상태 전류의 평균, A

몇 번의 감소되는 전압에서 시험이 수행된다면, 그리고 나서 기동 임피던스의 값은 각 전압에 대해서 결정되고 정격 전압 값은 적용되는 전압에 대해서 기록되는 Z_{st} 의 곡선으로부터 정격된 전압 값으로 기동 임피던스의 외삽법에 의해 결정된다.

입력이 측정된다면, 그리고 나서 기동 저항과 리액턴스는 다음과 같이 결정된다:

$$R_{st} = \frac{P}{3I_{av}^2} \Omega \quad \left[r_{st} = \frac{p}{i_{av}^2} \right]$$

$$X_{st} = \sqrt{Z_{st}^2 - R_{st}^2} \Omega \quad \left[x_{st} = \sqrt{Z_{st}^2 - r_{st}^2} \right]$$

A43. 전기자 권선이 개방회로화된 상태에서 갑자기 인가된 여자 시험

전기자 권선이 갑작스럽게 적용된 여자 시험은 처음부터 개방된 여자 권선에서 정격 속도로 작동하는 기기에서 수행된다. 기기의 여자가 따로 여자되는 여자에서 선호되게 공급된다. 만약 자체 여자를 사용할 수 없으면, 그리고 나서 따로된 여자는 사용되나 이것의 정격 전류값은 적어도 시험된 기기의 무부하 여자 전류의 두배가 되어야 하고 이것의 전기자 저항은 주기의 여자의 것보다 커서는 안된다. 이 분리된 여자는 또한 분리되어 여자된다.

여자 전압은 정격 개방회로 전기자 전압보다 0.7배 이상 크지않은 규정으로 무부하 포화 곡선의 선형 영역과 일치하는 값으로 설정한다. 시험하의 기기의 여자 권선은 갑작스럽게 여자와 연결된다. 오실로그래픽 기록은 여자 전압과 여자 전류, 선형 전기자 전압을 조절하기 위해서 만들어진 다.

시험하는 동안 여자 전압이 충분하게 일정량이 남으면, 시험은 만족된다. 전기자 전압 증가의 포위에 의하여 결정되는 전압과 연속되는 전기자 전압사이의 차이는 시간에대한 세미-로드 스케일로 찍히고 나서 즉시 스위치 폐쇄연결 여자는 외삽법으로 표현된다(그림 A13). 서수 축에서 곡선

의 직선 영역의 외삽법은 과도 성분 $\Delta U'(0)$ 의 초기값으로 주어진다.

주. - 큰 기기에서 잔류 전압은 보통 무시한다.

A44. 전기자 권선이 개방회로화된 상태에서 갑자기 인가된 여자 시험으로부터 $\tau'd_0$ 의 결정

개방 전기자 권선에서 갑자기 적용되는 여자 시험으로부터의 **직축** 과도 개방회로 시정수(A13절 참조)는 그 초기 값의 $1/e \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 과도 전압 성분 $\Delta U'(0)$ 에서 요구되는 시간으로 결정된다.

A45. 전기자 권선이 단락회로화된 상태에서 갑자기 인가된 여자 시험

전기자 권선 단락을 가진 갑작스레 적용되는 여자는 초기에 단선된 여자 권선의 정격 속도의 기기 작동에서 수행된다. 여자 소스에 대한 조건은 A43절에 언급되어있다. 기기의 여자는 따로 여자된 여자로부터 제공된다. 여자는 다른 소스에서 제공된다.

여자 전압은 시험하의 기기의 정격 단락된 전류와 일치하는 값으로 설치된다. 시험하의 기기의 여자 권선은 여자와 연결된다. 전기자 권선 정류, 여자 전류와 여자 전압의 오실로그래프 기록이 만들어진다. 만약 시험하는 동안 여자 전압이 상당히게 머물러 있다면, 시험은 만족된다. 지탱되는 전기자 전류와 전류 사이의 차이는 시간에 대해서 세미-로드 스케일로 찍힌 증가하는 전기자 전류의 파워에 의해서 결정되고 나서 전원을 끈 여자(그림 14, 170쪽)의 순간적인 것은 외삽법으로 표시한다. 세로좌표에서 곡선의 직선 영역의 외삽법은 과도 성분 $\Delta I'_d(0)$ 의 초기 값으로 주어진다. 잔류 자속으로 기인되는 초기 전류는 보통 무시한다.

A46. 전기자 권선이 단락회로화된 상태에서 갑자기 인가된 여자 시험으로부터 τ'_d 의 결정

전기자 권선 단락의 갑자기 적용되는 여자 시험으로부터 **직축** 과도 단락 시정수(A14절 참조)는 그 초기값의 $1/e \approx 0.368$ 이 **감쇄**하여 과도 전기자 전류 성분 $\Delta I'_d(0)$ 에 대해 요구되는 시간으로 결정된다.

A47. 전압 회복 시험

시험의 묘사에 대해서 42절 참조. 파워 전압과 지탱되는 전압의 차이의 빠르게 소멸되는 초기과도 성분의 결정을 위하여 전기자 전압 곡선의 초기 **비**의 조절에서 높은 기록 속도사용은 필수적이다. 기록 속도가 0.4m/s보다 작지 않은 것이 권장된다.

게다가, 기록되는 유닛과 직렬로 연결된 저항은 적당한 초기 기록 진폭을 제공하고 보통 0.5초 이하이고 자동적으로 증가되거나 방법은 기록 유닛과 단선되고 초과되는 전압으로부터 그것이 방여된다.

A48. 전압 회복 시험으로부터 수치의 결정

직축 과도 리액턴스(A7 절 참조), **직축** 포화 리액턴스(8 절 참조)과 **직축** 과도 개방회로 시정수

(A13절 참조)는 43절과 부속절 43.1과 43.2절에 의해서 결정된다.

A48.1 직측 개방회로 초기과도 시정수(A17 절 참조)는 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 감쇄하는 42절에 의하여 결정되는 초기과도 성분 $\Delta U''$ 에서 요구되는 시간처럼 전압 회복 시험으로부터 결정된다.

A49. 전기자 권선이 개방회로화된 상태에서 계자 소멸 시험

이 시험을 하는 과정은 58절에 묘사된 것과 유사하다. 59절에 묘사한 것과 다른 이 시험은 무부하 포화 곡선의 선형 영역과 일치하는 여자되는 전압의 기기에서 기기가 비포화일 때 수행된다. 단선 전기자 권선의 이 특별한 시험은 두 번 수행된다: 첫 번째, 단락 여자 권선과 두 번째, $3R_f$ 와 $10R_f$ 사이의 값인 장 방전 저항의 직렬 연결.

선간 전기자 권선 전압과 여자 전류는 오실로그래프로 측정되고 기록된다. 전기자 전압은 로드 스케일위에 전기자 전압과 세미-로드 스케일로 시간에 대해서 기록한다. 만약 기기의 잔류 전압 적용되는 값의 0.03을 넘으면, 그 후 측정되는 전기자 전압과 잔류 전압의 차이는 작아진다. 오실로그래프로 얻어지는 여자 전류는 세로축에 외삽되는 여자 전류의 직선 부분 소멸 전류(그림 A15)처럼 여자 권선에서 전류 $\Delta i_f(0)$ 의 초기 과도값 결정을 위해 또한 세미-로드 스케일로 종이에 찍는다. 이 전류 성분은 그 초기 값 $\Delta i_f(0)$ 이 얻어지는 것처럼 다로 세미-로드 스케일로 기록한다.

만약 시간에 대해서 도표 응답 편향 $\Delta i_f''$ 이 만족되면, $\Delta i_f''(0)$ 의 초기 진폭은 그림 10, 55쪽에 따라서 결정한다.

주. - 만약 여자전류성분을 빠른-감쇠를 얻는데 어려움이 있다면 정확히 기록하기 위하여 시험을 반복한다.

A50. 전기자 권선이 개방회로화된 상태에서 계자 소멸 시험으로부터 수치의 결정

단락 여자 권선의 시험으로부터 과도 개방회로 시정수 τ'_{do} 는 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 감쇄하는 전기자 권선 전압에서 요구되는 시간처럼 59절에 주어진 것과 유사하게 결정된다.

유사하게 시정수 τ'_{do} 는 여자 권선과 직렬로 연결된 방전 레지스터를 가진 장 방출 시험으로부터 얻어진다.

A50.1 초기과도 시정수 τ''_{do} 는 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 감쇄하는 이 성분 전류에서 요구되는 시간처럼 여자 전류 $\Delta i_f''$ (A49 절 참조)의 초기과도 성분의 곡선으로부터 얻어진다.

유사하게, 시정수 τ''_{dor} 는 여자 권선과 직렬로 연결된 방출 레지스터를 가진 장 방출 시험으로부터 얻어진다.

A50.2 시정수의 이들 시험 값을 사용하여, 직측 개방회로 여자 권선 시정수(τ_{ido})와 직측 개방회로와 등가 댐퍼 권선 시정수 (τ_{kdo})는 계산된다:

$$\tau_{ido} \approx \frac{1+a}{a} [(\tau'_{do} - \tau'_{dor}) + (\tau''_{do} - \tau''_{dor})]$$

$$\tau_{kdo} \approx (\tau'_{dor} + \tau''_{dor}) - \frac{1}{a} [(\tau'_{do} - \tau'_{dor}) + (\tau''_{do} - \tau''_{dor})]$$

$$= (\tau'_{dor} + \tau''_{dor}) - \frac{\tau_{fdo}}{1+a}$$

여기서:

$$a = \frac{R_{dr}}{R_f} = \frac{\text{방출 직류 저항}}{\text{여자 권선 직류 저항}}$$

여자 권선 저항은 시험동안 권선의 온도와 일치한다.

주. - 등가 댐퍼 권선 시정수는 적당한 이유로 결정된다:

$$\tau_{kdo} \square \tau'_{do} - \tau_{fdo}$$

A50.3 개방회로 전기자 권선 (τ_{fdo})에서 여자 권선 시정수와 등가 댐퍼 권선 시정수(τ_{kdo})는 여자 권선 단락의 계자 방출 시험으로부터 얻어진다.

이 경우, τ'_{do} 와 τ''_{do} 는 A50절에서 얻어진다. 초기 여자 전류 성분 $\Delta i''_f(0)$ 과 $\Delta i'_f(0)$ 의 비를 사용하여 A49절을 결정한다, 그리고:

$$\tau_{fdo} = \frac{\tau'_{do} + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)} \tau''_{do}}{1 + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)}} \text{와 } \tau_{kdo} = \frac{\tau'_{do} + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)} \tau'_{do}}{1 + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)}}$$

만약 약간의 어려움이 $a=0$ 에서 방출 저항이 0이어서 전달되는 시험에서 발생하면, 그 후 $a \neq 0$ 에서 요구되는 시정수 τ_{fdo} 와 τ_{kdo} 는 장 권선과 직렬로 연결된 저항의 장 방출 시험으로부터 얻어진다:

$$\tau_{fdo} = \frac{\tau'_{dor} + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)} \tau''_{dor}}{1 + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)}} (1 + a)$$

$$\tau_{fdo} = \frac{\tau'_{dor} + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)} \tau_{dor}}{1 + \frac{\Delta i''_f(0)}{\Delta i'_f(0)}}$$

A50.4 **직축** 단선 등가 댐퍼 권선 시정수 (τ_{kdo})는 방출 저항 없는 단선된 여자 권선에 의한 시험에 의해 준비되는 A49절에 묘사되는 시험에 의해 직접적으로 결정된다. 이 경우, τ_{kdo} 는 그 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 전기자 권선 전압에서 요구되는 시간으로 결정된다.

계자가 소멸되는 동안 여자 권선에서 유도되는 전압이 권선 절연 손상을 피할만큼 충분히 낮을 때, 이 시험은 보통 좋은 댐퍼 권선을 가진 기기나 교체 회전자 기기에서 수행된다.

A51. 전기자 권선이 단락회로화된 경우 계자 소멸 시험

시험을 하는 과정은 60절에 묘사된 것과 비슷하다. 단선된 전기자 권선의 이 특별한 시험은 두가지를 이끈다: 첫째, 단락한 여자 권선과 둘째, 여자 권선과 직렬연결된 $3R_f$ 와 $10R_f$ 사이의 값을 가진 장 방출 레지스터 사용. 단상에서 전기자 전류와 여자 전류는 오실로그래프로 기록한다.

전기자 전류는 로드 스케일로 전류와 함께 세미-로드 종이에 시간에 대해서 찍힌다.

오실로 그램으로 얻어지는 여자 전류는 로드 스케일로 전류와 함께 세미-로드 종이에 시간에 대해서 찍힌다. 여자 전류 소멸 곡선($\Delta i'_f$)의 직선 영역은 세로축에 외삽된다. 오실로그래프에 의한 전류와 과도 전류 성분의 뺄어지는 직선의 영역사이의 차 ($\Delta i''_f$)는 세미-로드 스케일 위에 찍히고 초기 값은 얻어진다.

A52. 전기자 권선이 단락회로화된 경우 계자 소멸 시험으로부터의 수치의 결정

단락된 전기자의 여자 권선의 **직축** 시정수 τ_{fd} 와 댐퍼 권선 시정수 τ_{kd} 는 A50절에 나타난 것과 유사하게 계산된다. 이 경우, 0 지침이 사라진다.

A52.1 단락된 전기자 권선 여자 권선과 댐퍼 권선 시정수는 단락된 여자 권선을 가진 장 소멸 시험으로부터 얻어진다. τ'_{fd} 와 τ''_{fd} 의 경우 A50절에서 얻어진다. 그리고 난 후 초기 $\Delta i'_f(0)$ 과 $\Delta i''_f(0)$ 값의 비를 알 때 (A51 참조), 요구되는 시정수는 A50절에 의해서 계산된다. 이 경우, 0 지침은 사라진다.

A52.2 **직축** 단락 등가 댐퍼 권선 시정수(τ_{kd})는 방출 저항 없이 단선된 여자 권선 회로에 의해서 준비되는 A51절에서 묘사되는 시험으로부터 직접적으로 결정된다. 이 경우, τ_{kd} 는 그 초기 값의 $1/e \approx 0.368$ 이 **감쇄**하는 전기자 권선 전류에서 요구되는 시간으로 결정된다.

여자 권선 절연에 대한 가능한 손상을 막는 조건은 부속절 A50.4에 언급한 것과 유사하다.

A53. 부하시 비동기 작동시험

부하시 비동기 작동 시험은 정격 주파수와 전압 공급기와 연결된 발전기와 전동기같이 시험 작동하의 기기에서 한다. 시험의 시작에서 기기는 동기적(정격 속도로)으로 작동하고 여자된다; 그리고 나서 여자는 갑자기 제거되고 시험중 여자기 권선은 a) 단락, b) 방출 저항 통한 접합이나 c) 단선, 여자기 권선의 이 세 조건특성을 통해서 얻어진다.

필요한 조치는 최대 비동기 토크와 여자기 권선상태에서 위험한 전압 유도를 막기위해서 필요하다.

큰 기기에서 시험을 이행할 때 기대되는 선전압 강하와 무효 전력 공급은 시험하의 기기의 단선을 가지고 계산과 측정에 의하여 초기에 점검되고 시험동안 병렬로 기기는 작동한다.

시험은 가장 저에서 시작하는 0.1에서 1.0사이나 정격 값보다 큰 세 개에서 다섯 개의 다른 부하에서 수행된다. 전기자 권선 전류가 정격 값을 초과하기 시작할 때, 주는 전류 값과 같은 데에서 작동의 허용되는 시간안에 시험과 접촉되어 있어야 한다.

하나의 부하에서 다른 부하로 변할 때, 만약 시험 유지가 3분에서 5분보다 크다면 여자는 재정리해야 한다. 선간 전압, 선 전류, 유효와 무효 전력과 여자 권선 전압이나 전류(경우에 따라서)측정되고 기록된다. 게다가, 직축이나 횡축에 속한 이동 위치 시퀀스 기록이 권장된다.

전기자와 여자 전류(전압)의 단일 완전한 스윙에 대한 요구되는 시간은 또한 결정된다. 각각의 부하에서 비동기적 작동의 기간은 규정된 부하 조건하에서 요구되는 측정이나 기록 작성에 충분히 길게 되나 전기자 과전류 동작에 대해 허용되는 시간을 초과하지는 않는다.

각 여자 권선(단락, 방출 저항의 연결, 단선)의 단계에서 시험이 플롯되는 동안 측정된 전력, 전류와 전압의 평균값은 슬립에 대응된다. 평균 슬립은 유닛 값에 대해서 결정된다:

$$s = \frac{1}{Tf}$$

여기서:

T = 전기자 전류 스윙의 두 번 째 주기 시간이나 인가되는 여자 전압이나 전류의 주기 시간

f = 공칭 주파수.

A54. 부하시 비동기 작동시험으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정

임피던스, 저항과 리액턴스의 평균값은 각 슬립에서 다음처럼 결정된다:

$$\begin{aligned} Z(s) &= \frac{U_{av}}{\sqrt{3}I_{av}} \Omega ; & \left[\begin{aligned} Z(s) &= \frac{u_{av}}{i_{av}} \end{aligned} \right] \\ R(s) &= \frac{P_{av}}{\sqrt{3}I_{av}^2} \Omega ; & \left[\begin{aligned} r(s) &= \frac{p_{av}}{i_{av}^2} \end{aligned} \right] \\ X(s) &= \sqrt{Z^2(s) - R^2(s)} \Omega ; & \left[\begin{aligned} x(s) &= \sqrt{Z^2(s) - r^2(s)} \end{aligned} \right] \end{aligned}$$

진동의 주기동안 선간 전압(U_{av})의 평균 실효값(r.m.s), 전류(I_{av})의 평균 r.m.s 값과 전력(P_{av}) 평균값은 같은 주기에서 오실로그래프으로부터나 측정된 값으로부터 계산된다.

그런 후에 얻어진 값은 저 주파수에서 얻어진 주파수 응답 특성의 슬립에 대해서 플롯된다(A24 절 참조).

A54.1 같은 시험으로부터, 토크 슬립 특성이 얻어진다. 이 경우, 전력과 전류는 정격 전압은 U_n 이고 측정된 전압이 U일 때 $\frac{U_n}{U}$ 에 의해서 측정되고 $\left(\frac{U_n}{U}\right)^2$ 에 의하여 측정된 전력의 증가시켜진 정격 전압에 대략적으로 귀착된다. 그 후에 그렇게 얻어진 유효 전력으로부터 전기자 손실을 뺄것과 일치하는 P_a 의 값을 결정한다: $P_a = P - (\Delta P_{fe} + \Delta P_{cu})$. P_a 는 토크와 비례하고 그 비율은 명백하게 정격된 전력은 단위 값에 대하여 토크로 주어진다.

슬립에 대한 단위 토크 값당 이것의 플롯팅에서 요구되어진 특성이 얻어진다.

A55. 저전압 시험동안 비동기 작동

이 시험은 외부 공급원으로부터 시험하의 기기에 적용되는 정격 주파수에서 감소되는 대칭 전압 ($0.01 U_n$ 에서 $0.2 U_n$)에서 수행된다.

여자 권선은 단락된다. 만약 기기의 잔류 전압이 인가되는 전압의 0.3을 초과하면, 회전자는 기기를 시험하기 전에 탈자된다. 시험하는 동안 선간 전압, 선 전류와 입력 전력은 측정되고 기록된다. 계산 할 때, 전체 스윙 주기동안 이들 양의 평균값은 고려된다.

기기의 회전 속도는 단계에 따라 변한다; 각 속도 단계에서, 전압은 가져온 기기 읽기에 필수적인 시간에서 전기자 권선이 적용되고 기록이 만들어진다. 작은 슬립(0.05 이하)의 범위 안에서 그것은 요구되는 정밀도에서 회전의 일정한 속도를 유지하기는 힘들게 한다. 이 경우 오실로그래픽 기록을 가진 시험은 저 감속도에서 수행된다(작은 기기에서 0.04배 보다 크지 않은 속도당 정격 속도; 큰 기기에서 설치된 원래의 특성에 기인하는 더 작도록).

전력과 전류의 진동 주기에 대한 평균값은 슬립에 대해서 플롯된다(그림 A16, 171쪽 참조).

A56. 비동기 저 전압 동작 시험으로부터 주파수 응답 특성과 양의 결정

각 속도 단계(슬립)에서 임피던스, 저항, 리액턴스는 다음 식으로 계산된다:

$$\begin{aligned} Z(s) &= \frac{U}{\sqrt{3} I_{av}} \Omega; & \left[Z(s) = \frac{u_{av}}{i_{av}} \right] \\ R(s) &= \frac{P_{av}}{3 I_{av}^2} \Omega; & \left[r(s) = \frac{P_{av}}{i_{av}^2} \right] \\ X(s) &= \sqrt{Z^2(s) - R^2(s)} \Omega; & [x(s) = \sqrt{Z^2(s) - r^2(s)}] \end{aligned}$$

그런 후 저 주파수에서 주파수 응답 특성을 얻는 슬립에 대한 플롯된 것으로부터 값을 얻는다(A24절 참조).

주 1. 저 적용 전압에 기인하는 철심 손실은 무시되고 리액턴스는 포화되지 않은 채 얻어진다.

2. 리액턴스는 정지 상태에서 초기과도 리액턴스의 비포화 반합과 제로 슬립에서 동기 리액턴스의 반합은 대략적으로 일치하게 얻어진다.

각 슬립에서 평균 임피던스의 값은 그림 A17, 171쪽에 플롯된다. 슬립에 대한 전력 성분의 같은 도표 값으로 플롯하는데 도움이 된다.

A57. 정지상태에서 인가된 가변 주파수 전압 시험

이 시험을 수행할 때, 다양한 주파수에서 전압은 전기자 권선의 선 단자 쌍에서 적용된다. 기기

는 정지 상태이다. 시험은 여자 권선 개방회로상태에서 수행된다.

여자 권선은 단락한다. 세 번째 단자나 전기자 권선은 원칙적인 연결이 보이면 그림 A18, 172쪽에 나온 것처럼 연결하거나 단선한다.

시험하는 동안 회전자는 여자 권선(직축)에서 유도되는 최대 전류를 가지고 즉시 최대(실제적인 0) 유도되는 전류(횡축)를 가진 것처럼 같은 위치에서 적응시킨다.

5Hz 이하의 전압에서 직류 모터 발전기 세트는 개별적인 여자되는 저 주파수 전자적인 발전기로부터 직접적으로 혹은 저 주파수 발전기에 의한 여자되는 작은 회전하는 증폭기를 통하여 사용된다.

공급되는 전압, 전기자 권선 전류와 상 각은 그들 사이에서 측정되고 오실로그래프에 의해서 기록된다(그림 A19, 172쪽). 보통의 직류 선트는 전기자 전류기록을 위해 사용된다. 여자 권선 전류는 오직 회전자 위치 평가의 목적으로 사용된다. 각 상은 또한 알맞은 정확도를 가진 약간 다른 방법에 의해 측정된다. 어떤 예방조치는 시험 중에 이루어진다. 비교적 높은 전류 (정격 전기자 값의 0.3에서 0.5)이거나 저 전기자 전류(정격 값의 0.05에서 0.1)이고 교류 전류의 최대 값에서처럼 저 주파수 전류위의 첨가되는 같은 전기자 권선안의 직류 전류에 의하여 생기는 추가적인 자속은 직류값 아래이다. 모든 주파수에서 대체 값과 직류 전류는 대략적으로 같다.

5Hz 이하 주파수에서, 오실로그램에서 측정하는 각에서 임피던스와 저항의 차이는 작아지고 오실로그램에서 측정하는 각의 부가적인 부정확을 나타내는 전압과 전류사이의 상 각은 감소한다.

선트에서의 전압 강하와 측정하는 전류의 보조 저항 비는 증폭기의 도움으로 전기자 권선 단자에서 전압으로부터 공제된다. 증폭기의 입력에서 변하는 저항에 의하여 그 출력 전압이 전기자 권선 안의 직류가 흐르는 동안 0의 값으로 조절된다 그러므로 전기자 저항은 보상된다. 시험하는 동안 권선의 열에 의하여 감소하는 오차에서 보상 가능성은 증폭기의 출력 전압이 0이 될 때 각 시간에 전기자 권선안의 직류를 가지는 각각의 시간에 점검된다.

A58. 정지상태에서 인가된 가변 주파수 전압으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정

각 주파수에 대한 양은 각각 직축과 횡축에 대해서 얻는다. 직축과 횡축에 대해 일치하는 공식은 한축에 대해서 계산하는 다음의 것처럼 묘사된다. 그들의 상 차와 특별한 주파수에대한 오실로그램 U와 I로부터 얻어지는 정지 상태의 회로의 임피던스는 다음으로부터 결정된다:

$$Z_{stat}(js) = \frac{U(js)}{I(js)} K_{con}$$

여기서:

Z_{stat} = 직축과 횡축을 허용하는 적용되는 전압의 각 주파수에 대한 결정되는 기기의 정지 임피던스

U = 슬립 s에서 적용되는 전압 V

I = 측정되는 전류 A

K_{con} = 전기자 권선의 연결에 의존하는 성분. 만약 전압이 삼분의 일 정도 개방 단자에 적용된다면, 그 후 $K_{con} = 1/2$; 만약 평행으로 연결된 두 상은 $K_{con} = 2/3$ 의 삼분의 일과 직렬로 연결된다.

정격 주파수가 적용되는 슬립 s에서 기기의 회전에서 임피던스는 다음식으로 사용하여 결정한다:

$$Z(js) = \frac{Z_{stat}(js) - R_{1s}}{s} + R_1 \Omega$$

여기서:

Z_{stat} = 위와 같다

R_{1s} = 정격 전압과 주파수에서 교류 전기자 권선 저항. s 와 일치하는 주파수에서 회전자가 제거된 시험이나 다음식에서 계산되는 것으로 결정된다:

$$R_{1s} \approx R_a \left[1 + (R_1 - R_a) \left(\frac{f}{f_n} \right)^2 \right]$$

0.25 이하의 슬립에서, $R_{1s} \approx R_a$, 5%이내의 오차를 가짐. (R_a 와 R_1 에서 15절과 16절 참조)

기기의 허락은 $Z(s)$ 의 역수로 결정된다:

$$Y(js) = \frac{1}{Z(js)}$$

오실로그래프에 의해서 얻어지거나 약간 다른 알맞은 기기에 의해서 얻어지는 전류와 전압사이의 각 ϕ 이 사용될 때, 어떤 슬립에서 회전하는 기기에 참고되는 저항과 리액턴스의 값은 다음 식으로 계산된다:

$$X(js) = \text{Im} \left[Z_{stat}(js) \right] \frac{|Z_{stat}(js)| \sin \phi}{s} \Omega$$

$$R(js) = \text{Re}[Z_{stat}(js)] + R_1 = \frac{|Z_{stat}(js)| \cos \phi - \frac{P_{1s}}{s}}{s} + R_1 \Omega$$

비포화된 양은 이 시험으로부터 얻어진다.

A58.1 기기의 주파수 응답특성은 각 축에서 슬립의 기능처럼 양으로 얻어지는 곡선으로 나타내진다.

A58.2 동기화 된 기기의 양(리액턴스, 저항과 시정수)은 주파수 응답 특성을 이용하여 얻어진다. 개체 슬립에서 저항과 리액턴스는 대략적으로 차의 값과 같다. 리액턴스와 저항은 외삽법에 의해 영 슬립에서 동기값을 나타낸다.

A59. 정지 시험에서 전기자 권선에서 직류 소멸

전기자 권선시험에서 직류 소멸 시험은 정지상태에서 수행된다. 직류 전압은 전기자 권선(세번째를 가지고 하나가 열린 두 단자나 그들의 세 번째와 평행으로 직렬로 연결된 두 상)에 저항을 통하여 적용된다(그림 A20, 173쪽). 접촉기 K가 닫혔을 때, 권선은 단락되고 전기자 권선의 전류는 소멸된다. 모든 전류 소멸 과정은 기록된다.

접촉자 K의 저항은 전기자 권선 저항보다 상당히 작다. 전압원과 직렬로 연결된 저항은 명백하게 공급원에 영향을 받지 않는 전기자와 닿는 선택을 가지게 된다(전류값은 몇 퍼센트보다 크게 변하지 않는다).

시험은 직측에 위치한 회전자에 의해서 수행되고 그 후 횡측에서 수행된다(A57절 참조), 전기자(첫번째) 권선의 통과에 의한 기기 자화 시스템의 준비적인 자화 후에 직류 전류는 포화상태에서 발생한다. 이 이후에, 단계적으로 감자화는 접촉자 K와 접촉한 후 시험전류 값이 떨어지고 단락되거나 단선되는 것으로 나타난다.

시험 정확도가 향상되면, 소멸 전류의 기록은 세 단계안에서 수행된다(시험은 세 오실로그래프로 즉시 수행된다.):

- 1) 소멸 곡선의 초기 일부분은 대략 10m/s의 속도로 기록된다;
- 2) 곡선의 초기 일부분과 중간 부분은 대략 1m/s의 속도로 기록된다;
- 3) 대략 10초동안, 모든 소멸 곡선은 대략 0.1m/s의 속도로 자동 기록된다.

기록된 소멸 전류 안에서 기록계 스케일은 5회정도 계속해서 기록 회로에서 존재하는 저항의 타임-릴레이 선트를 이용하여 스케일 진행 값이 자동적으로 두 번 변화된다.

두 종류의 오실로그래픽 기록계가 사용되는 것을 권장한다. 곡선의 초기 부분 자동 기록은 높은 자가-공진-주파수 기록계가 사용된다($f_0 \approx 5000\text{Hz}$). 소멸 곡선의 중간 부분과 끝 부분의 기록은 높은 전류 민감도를 가진 기록계들을 사용한다. 기록계의 반사를 충분히 폭 넓게 제공하기 위해서, 고저항을 가진 전류가 측정되는 선트를 사용된다.

직측에 허용되는 회전자 위치의 시험을 하기위해 여자 권선은 단선되고 그 안의 전류는 같은 오실로그래프에 의해서 기록된다. 횡측에 허용되는 회전자 위치의 시험을 하기위해 여자권선은 단선되고 거기서 유도되는 전압은 같은 오실로그래프에 의해서 기록된다.

시험 후에, 기록계들은 눈금이 정해지고 오실로그래프의 스케일 값은 각 기록계와 전기자 권선과 여자 권선 회로의 각각의 스케일 값에서 얻어진다. 여자 권선 회로의 직류 저항과 여자 권선 그 자체는 측정된다.

여자 권선 회로에서 영향을 주는 추가적인 저항은 없다.

여자 권선 회로에서 소멸 전류의 값은 순간적인 $I(t)$ 와 초기 전류 $I(0)$ 에서 전류의 비로서 고려된다.

유사하게, 여자 권선에서 소멸 유도되는 전류는 소멸하여 유도되는 전류와 초기 유도 전류의 비로서 고려된다. 이들 소멸하는 전류의 값은 시간에 대해서 플롯된다.

소멸 전류의 세미-로드 플롯으로부터, 과도 와 초기과도 초기 값과 그들의 시정수를 찾는다. 그렇게 해서, 직선은 맨 끝점까지 그린다(그림 A21a). 세로좌표와 직선과의 교점은 첫 번째 지수(i_{10})의 초기 증가분으로 주어진다. 이것의 시정수 (τ_1)는 최고이고 초기 값의 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 이 감소하는 i_{10} 에서 필요한 시간처럼 발견된다.

초기 곡선과 처음 지수사이의 차이는 세미-로드 그래프에 다시 플롯되고 진폭(i_{20})과 두 번째 지수(τ_2)의 시정수는 결정된다(그림 A21b).

이 방법으로 그 점이 소멸 곡선의 비선형 부분이 관찰되지 못할 때까지 곡선의 분석을 계속된

다.

같은 시험으로부터의 소멸되는 전기자 권선과 유도되는 여자 권선전류의 분석은 고체 회전자에서 시정수 τ_k 와 τ_{kf} 의 동등성을 가진 동시에 행해져야 한다. 이런 행동에 의해, 높은 주파수 응답 특성이 얻어진다. 전기자 권선 전류 소멸의 시험곡선 분석하는 동안, 그것은 시험 곡선이 가능한 한 접근하는 것처럼 지수의 합으로 그려지길 권고한다. 다음처럼:

$$\sum_k \frac{i_{ko}}{\tau_k} = \frac{1}{\tau(0)}$$

여기서 $\tau(0)$ 은 초기 점에서 소멸하는 전기자 전류 곡선의 등가 시정수이다(그림 A21a 참조).

이 시정수 $\tau(0)$ 은 0 시간에서 그것에 탄젠트 값으로 그려지는 세미-로드 그래프에 전류 소멸 곡선의 초기 부분의 플롯으로부터 얻어진다(그림 21a). 초기 시정수 $\tau(0)$ 은 그 $1/\varepsilon \approx 0.368$ 값이 **감쇄**하는 전류의 초기 값에서 필요한 시간처럼 이 탄젠트 선을 따라서 찾아진다.

만약 위 조건이 이행되지 않으면, 얻어지는 초기과도 양의 정확도는 크게 **감쇄**한다. 지수적인 분석 시험 곡선의 높은 정확도는 디지털 컴퓨터를 사용하여 얻을 수 있다.

A60. 직류 소멸 시험으로부터 주파수 응답 특성과 수치의 결정

주파수 응답 특성 $\frac{1}{x(js)}$ 와 $G(js)$ 는 다음으로 나타낼 수 있다:

$$\frac{1}{x(js)} = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{\int_0^\infty i(t) \varepsilon^{-js t} dt} - js \right] = - \frac{1}{r} \frac{\int_0^\infty \left[\frac{d}{dt} i(t) \right] \varepsilon^{-js t} dt}{\int_0^\infty i(t) \varepsilon^{-js t} dt}$$

$$G(js) = \frac{\int_0^\infty i_f(t) \varepsilon^{-js t} dt}{i_0 \left[1 - js \int_0^\infty i(t) \varepsilon^{-js t} dt \right]}$$

여기서:

$i(t)$ = 전기자 권선 시험 전류(혹은 시험 곡선과 지탱 값의 차)와 이 전류의 초기 값의 비

$i_f(t)$ = 퍼 유닛 값의 장 권선 소멸 전류

i_0 = **직축**이나 **횡축**이 허용하는 퍼 유닛 값의 초기 값 혹은 전기자 권선 전류

r = 퍼 유닛 값의 상 전기자 권선 회로 저항:

$$r = r_a + K_{con} \Delta r$$

여기서:

R_a = 단위 값에 대한 직류 전기자 저항

Δr = 유닛트에서 추가적인 전기자 저항

K_{con} = 전기자 권선 연결 요인 (A58 참조)

주파수 응답 특성 $\frac{1}{X_d(js)}$, $\frac{1}{X_q(js)}$ 과 $G(s)$ 는 회전 동기기기의

$D_d(p) = 0$; $D'_d(p) = 0$; $D_d(p) = 0$; $D'_q(p) = 0$ 과 $A(p) = 0$ 인 특성방정식의 루트로 나타나진다:

$$\begin{aligned}\frac{1}{X_d(js)} &= \frac{1}{X''_d} \frac{D_d(js)}{D'_d(js)} = \frac{1}{X''_d} \frac{(a_{1d} + js)(a_{2d} + js) \cdots (a_{nd} + js)}{(a'_{1d} + js)(a'_{2d} + js) \cdots (a'_{nd} + js)} \\ \frac{1}{X_q(js)} &= \frac{1}{X''_q} \frac{D_q(js)}{D'_q(js)} = \frac{1}{X''_q} \frac{(a_{1q} + js)(a_{2q} + js) \cdots (a_{nq} + js)}{(a'_{1q} + js)(a'_{2q} + js) \cdots (a'_{nq} + js)} \\ G(js) &= N \frac{A(js)}{D_d(js)} = N \frac{(y_1 + js)(y_2 + js) \cdots (y_{n-1} + js)}{(a_{1d} + js)(a_{2d} + js) \cdots (a_{nd} + js)}\end{aligned}$$

특성방정식의 루트 $D_d(p) = 0$; $D'_d(p) = 0$; $D'_q(p) = 0$ 과 $A(p) = 0$ 은 전류소멸곡선의 ik 의 진폭과 지수함수 λ_k 의 감쇄율을 사용하여 결정한다.

특성방정식 $D(p) = 0$ 의 루트 $-a_1, -a_2, \dots, -a_n$ 은 방정식의 루트로 결정된다:

$$\sum_{k=1}^{n+1} \frac{i_k \lambda_k}{p + \lambda_k} = 0$$

특성방정식 $D'(p) = 0$ 의 루트 $-a'_1, -a'_2, \dots, -a'_n$ 은 방정식의 루트로 결정된다:

$$\sum_{k=1}^{n+1} \frac{i_k}{p + \lambda_k} = 0$$

특성방정식 $D(p) = 0$ 의 루트 $-\lambda_1, -\lambda_2, \dots, -\lambda_{n+1}$ 은 방정식의 루트로 결정된다:

$$\sum_{k=1}^{n+1} \frac{i_{kf}}{p + \lambda_{kf}} = 0$$

특성방정식의 루트의 알려진 값들 사용. 주파수 응답 특성이 계산된다:

$$\begin{aligned}\frac{1}{X_d(js)} &= \frac{1}{X_d} + \sum_{k=1}^n \left[\frac{C_{kd}}{1 + \left(\frac{a'_{kd}}{s}\right)^2} + j \frac{C_{kd} \frac{a'_{kd}}{s}}{1 + \left(\frac{a'_{kd}}{s}\right)^2} \right]; \\ \frac{1}{X_q(js)} &= \frac{1}{X_q} + \sum_{l=1}^m \left[\frac{C_{lq}}{1 + \left(\frac{a'_{lq}}{s}\right)^2} + j \frac{C_{lq} \frac{a'_{lq}}{s}}{1 + \left(\frac{a'_{lq}}{s}\right)^2} \right]; \\ G(js) &= \sum_{k=1}^n \left[\frac{A_k a_{kd}}{a_{kd}^2 + s^2} - j \frac{A_k s}{a_{kd}^2 + s^2} \right]\end{aligned}$$

여기서:

$$C_{kd} = - \frac{1}{X''_d} \frac{(a_{1d} - a'_{kd})(a_{2d} - a'_{kd}) \cdots (a_{nd} - a'_{kd})}{(a_{1d} - a'_{kd}) \cdots (a'_{k-1,d} - a'_{kd}) a'_{kd} (a'_{k+1,d} - a'_{kd}) \cdots (a'_{nd} - a'_{kd})}$$

$$C_{lq} = - \frac{1}{X''_q} \frac{(a_{1q} - a'_{kq})(a_{2q} - a'_{kq}) \cdots (a_{nq} - a'_{kq})}{(a_{1q} - a'_{1q}) \cdots (a'_{1-1,q} - a'_{1q}) a'_{1q} (a'_{1+1,q} - a'_{1q}) \cdots (a'_{mq} - a'_{1q})}$$

$$A_k = N \frac{(\gamma_1 - a_{kd}) \cdots (\gamma_{n-1} - a_{kd})}{(a_{1d} - a'_{kd}) \cdots (a'_{k-1,d} - a'_{kd}) (a'_{k+1,d} - a'_{kd}) \cdots (a'_{nd} - a'_{kd})}$$

$$N = \frac{a_{1d} a_{2d} \cdots a_{nd}}{\gamma_1 \gamma_2 \cdots \gamma_{n-1}} \frac{\sum_{k=1}^{n+1} \frac{i_{kf}}{\lambda_{kf}}}{i_{od}}; \quad X_d = r \sum_{k=1}^{n+1} \frac{i_{kd}}{\lambda_{kd}}; \quad X_q = r \sum_{l=1}^{m+1} \frac{i_{lq}}{\lambda_{lq}}$$

$$X''_d = \frac{r}{\sum_{k=1}^{n+1} i_{kd} \lambda_{kd}}; \quad X''_q = \frac{r}{\sum_{l=1}^{m+1} i_{lq} \lambda_{lq}}$$

x_d, x''_d, x_q 와 x''_q 의 수치의 점검은 이 기준에 주어진 권장할만한 방법들로 얻어진 값들로 만들어 질 것이고 주파수 응답 특성들은 일치되게 고쳐진다. 만약 발산이 10%이상이라면 직류 감쇄는 실제적인 주파수 응답 특성을 가진 근접 확인을 얻기 위해서 반복될 것이다.

A60.1 동기 리액턴스들과 초기과도 리액턴스들에 따른 직축과 횡축들은 A60절에 보여진 법칙들로부터 결정된다.

직축과 횡축들에 따른 과도 리액턴스로 결정된다:

$$x'_d = \frac{1}{\frac{1}{x_d} + C_{ld}} \quad \text{와} \quad x'_q = \frac{1}{\frac{1}{x_q} + C_{lq}}$$

여기서 C_{ld} 와 C_{lq} 는 A60절에 있다.

A60.2 주파수 응답 특성 $\frac{1}{x_d(js)}$ 와 $\frac{1}{x_q(js)}$ 로 알려진 부정 시퀀스 리액턴스는 허수부분으로 결정된다.

$$x_2 = \text{Im} \left\{ \frac{j}{\frac{1}{2} \left[\frac{1}{x_d(js)_{s=2}} + \frac{1}{x_q(js)_{s=2}} \right]} \right\}$$

A60.3 동기기기의 직축 시정수는 특성방정식의 루트 $D_d(p) = 0$ 과 $D'_d(p) = 0$ 로 알려진 것을 사용하여 결정된다:

$$\tau'_{d1} = \frac{1}{\omega a'_{1d}}; \quad \tau''_{d1} = \frac{1}{\omega a'_{2d}}; \quad \tau'''_{d1} = \frac{1}{\omega a'_{3d}}; \cdots$$

$$\tau'_{do} = \frac{1}{\omega a_{1d}}; \quad \tau''_{do} = \frac{1}{\omega a_{2d}}; \quad \tau'''_{do} = \frac{1}{\omega a_{3d}}; \cdots$$

$$\omega = 2\pi f$$

A60.4 횡축 시정수는 특성 방정식의 루트들인 $D_q(p) = 0$;과 $D'_q(p) = 0$ 과 유사하게 결정된다.

A60.5 주파수 응답 특성과 양은 확실한 슬립이 요구된다, 왜냐하면 직축과 횡축이 대표된다.

$$Z(js) = \text{Re}[Z(js)] + j\text{Im}[Z(js)]$$

여기서 $Z(js) = \frac{r}{s} + jX(js)$ 특별한 축에서

A61. 정지상태에서 갑작스럽게 인가된 직류 시험

갑자기 적용된 직류 전류에 전기자 권선 시험은 박의 동기기기 방정식의 교환 기능으로 결정된다. 이 변환 기능들은 동기기기 현상의 과도 연구들에 사용될 것이다. 그들은 고체 회전자 기기에 특히 중요하다.

블록 도표에 따라(그림 A22, 174쪽), 다음의 교환 기능은 직축 동안 사용될 것이다;

$$\Psi_{dd}(p); \Psi_{df}(p); \Psi_{dq}(p); i_{ff}(p); U_{fd}(p); U_{fd}(p).$$

유사 변환 기는 횡축에서 사용된다.

$i_{ff}(p) = \frac{1}{u_{ff}(p)}$ 와 $U_{fd}(p) = i_{fd}(p)$, $U_{ff}(p) = \frac{i_{fd}(p)}{i_{ff}(p)}$; 시험적인 결정은 다섯가지 기능으로 한정된다.

시험은 정지상태에서 만들어지고 회전자 위치는 처음 직축에서 그리고 나서 횡축에서 방향을 맞춘다. (57절 참조)

측정동안 U_f 가 0이되면, 무거운 금속관으로 인해 여자 권선은 단락된다.

이것은 우선 한축 위치의 모든 변환 기능들을 측정하고 그후 회전자를 다른 축위치로 바꾸는 것이 편리하다.

A61. $\Psi_{dd}(p)$ 의 측정

여자 권선은 단락된다 ($U_f = 0$).

입력 수치는 직축의 전기자 권선전류의 스텝 기능이어야 한다. 전류는 전압 V_o 이 실제로 부하와 관계없는 직류 발전기에서 나온다. 큰 저항 R 은 직류 발전기와 전기자 권선사이에 연결된다(그림 A23, 175쪽). 회로의 인덕턴스 L_s 는 측정기기와 직류 발전기 시험하의 기기의 전기자 권선에 의존한다. 연속적인 저항 R 은 접속한 직류 발전기가 5ms 이하로 연결된 후에 전류 구성 시정수로 선택된다. 고정자 직류 전류 I_d 는 실제로 U_o/R 과 같고 터보전동기의 정격 전류의 적어도 5%이하일 것이다.

출력 양은 기기의 자성 흐름 ψ_d 의 스텝 응답이다. 요구된 출력 양은 변환기를 통해 측정된다. 전기자 권선의 $d\psi_d/dt$ 흐름 속 변화는 권선을 통과하는 전압 u_s 와 전기자 권선의 저항 R_s 을 지나가는 전압 사이의 차로 얻어진다.

$$\frac{d\psi_d}{dt} = U_s - I_s R_s$$

전압 U_s 는 그것을 줄이기 위해서 전위차계를 통하여 전환기의 합친 기기에 공급된다. 합쳐진 소자의 입력을 통과하는 전압이 예를 들어 10V나 100V같은 아날로그 컴퓨터의 기준전압 U_R 를 넘지 않는다는 것을 보증하기 위해 **감쇄**는 적어도 U_R/U_o 에 일치해야 한다.

$I_s R_s$ 에 비례하는 전압은 저항 R 에 연결할 수 있다. 그것을 가능하게 하기 위해서 정확히 설치한 후 전압은 전위차계를 통해 음의 양처럼 합 기기에 공급한다. 합 기기의 출력은 합쳐진다. 통합 시정수 $\tau_i = R_i C_i$ 는 아날로그 컴퓨터의 기준 전압을 초과하지 않는 적분기의 출력을 통하는 전압 이어야 한다. 측정에서 300MVA의 터보발전기 C_i 는 대략 $1\mu F$ 이고 R_i 는 대략 $50k\Omega$ 이다. 이 전압은 오실로스코프 스크린과 사진에서 관찰할 수 있다.

전압 $I_s R_s$ 사이를 통하는 분압기는 $(U_s - I_s R_s = 0)$ 의 예와 같이 직류 측정하는 동안 이 전압은 U_s **시퀀스**와 크기는 같으나 반대가 되도록 맞춰진다. 전기자 전류의 스위치를 올린 후, 발전기 $\psi_d(t)$ 의 변환 함수는 오실로그래프에 표시된다.

같은 전기자기적 특성은 돌발 단락 회로 시험으로 얻어질 수 있다. 여자 권선은 단락된다($U_f = 0$). 여자 권선의 내부 저항은 무시된다. 단자 전압 U_d 가 단락될 때, 자속 ψ_d 와 같은 입력 양은 갑자기 사라진다.

직류 성분(전기자 권선의 저항은 그 리액턴스와 관계되어 작아진다.)의 삭제 후의 스텝 응답은 전기자 권선 전류이다. 돌발 단락 회로 시험으로부터 얻어지는 변환 함수는 그 후 $1/\psi_{dd}(p)$ 가 된다.

A61.2 $\psi_{df}(p)$ 의 측정

전기자(주된) 권선은 단선된다($I_d = 0$).

입력 양은 여자 회로의 출력을 통과하는 전압의 스텝 함수가 된다. 단락된 여자 권선에 직접적인 것에 의한 스위치 가 꺼진 것과 저항 장치를 통한 같은 시간 단락된 전압원이 편리하다.

출력 양은 부속절 A61.1에 묘사된 것과 유사한 방법으로 측정되는 기기에서의 자속 ψ_d 이다.

A61.3 $i_{fd}(p)$ 의 측정

여자 권선은 단락된다($U_f = 0$).

입력 양에서, 전기자 권선 전류는 부속 절 A61.1에 묘사된 것처럼 갑작스럽게 적용된다.

출력 양은 여자 권선 전류이다.

A61.4 $U_{fd}(p)$ 의 측정

여자 권선은 개방된다($I_f = 0$).

입력 양에서, 전기자 권선 전류는 부속 절 A61.1에 묘사된 것처럼 갑작스럽게 적용된다.

출력 양은 여자 권선 전압이다.

$t = 0$ 에서 여자 권선에서 경험이 매우 높게 보여진다. 그러나 급격히 **감쇄**한다. 그러므로 후에 여자 권선전압이 초과된다면, 작은 전기자 전류에서만 스위치가 켜진다. 허용되는 전기자 권선 전류

의 값은 회전자에서의 댐핑 효과에 의존하고 전류는 경험적인 기초에서 선택된다.

아날로그 컴퓨터의 함수 발전기를 통해서 여자 권선 전압 U_L 이 가져지는 것은 타당하다. 이 함수 발생기의 입력 전압은 U_L 이고 출력은 $\log U_L$ 이다. 스텝 응답은 그 후 더 평가될 수 있다.

A61.5 $\psi_{qq}(p)$ 의 측정

입력 양은 **회축**에서 전기자 권선 전류의 스텝 함수이다. 회로 배열은 부속 절 A61.1에 묘사된 것과 같다. 그러나 회전자는 전기적인 각도가 90도 회전된다.

출력 양은 기기의 자속 ψ_q 의 과도 함수이다. 측정은 부속절 A61.1에서 묘사된 것과 같다.

회축에서 단락 회로측정이 가능하나 배열은 **직축**에서 더 복잡해지도록 요구된다. 결정된 이동 함수는 그 후 $1/\psi_{qq}(p)$ 가 된다.

A61.6 $i_{ff}(p)$ 의 측정

전기자 권선은 개방된다($I_d = 0$).

입력 양은 $\psi_{df}(p)$ 의 측정의 경우처럼 여자 권선을 통한 전압의 스텝 함수이다.

여자 권선 전류의 이동 함수는 출력 양처럼 측정된다.

A62. 정지 상태에서 갑작스럽게 인가된 직류시험으로부터의 주파수 응답 특성의 결정

자속의 측정에서 변환기와 오실로그래프로 구성된 전체적으로 측정된 기기의 눈금 측정이 필요하다.

전압 U_e 의 스텝 함수는 변환기의 입력으로 들어간다. 램프 함수는 그 후 오실로 그래프 스크린에 나타난다.

시간 T_a 안에 오실로스코프 사이의 전압은 0부터 U_a 까지 증가한다. 그러나, $U_e T_a$ 의 변환기 입력에서 전압 시간 영역은 출력에서 U_a 의 전압을 생산한다.

만약, 발전기의 시험에서, 전압 U_a^X 는 오실로그래프, 전압 시간 영역 혹은 다른 말의 자속을 통과해서 측정되고 다음과 같이 주어진다:

$$\Phi = \frac{U_e T_a}{U_a} U_a^X$$

각주파수는 ω 이다(예로 314 1/s). 고정자 전류는 I 이다.

플럭스 Φ 로부터, 각주파수와 전기자 권선 전류 I 는 식 : $X = \omega\Phi/I$ 로부터 리액턴스 계산이 가능하다.

A62.1 시간이 $t \rightarrow \infty$ 에서, 직렬로 연결된 두 상의 동기화된 리액턴스 X_d 나 X_q 는 결정된다.

한 상에서, 측정된 값을 가지는 동기화된 리액턴스 X_d 는:

$$X_d = \frac{\omega}{\sqrt{3}} \frac{U_e T_a}{U_a} \frac{U_a^X}{I}$$

참조되는 정격 저항 U^2/S 에서, 이것으로부터 계산이 가능하다:

$$X_d = \frac{\omega}{\sqrt{3}} \frac{U_e T_e}{U_a} \frac{U_a^X}{I} \frac{S}{U^2} \text{ per unit}$$

여기서:

S = 시험 하의 기기의 명백한 정격 전력

U = 같은 기기의 정격 전압

X_d 의 값은 권고되는 방법 (27절 참조)의 수단으로 점검되고 만약 값이 동시에 얻어지면 그러고난 후 시험의 결과는 응답 특성결정에 사용된다.

A62.2 여자 회로에서 응답 특성의 결정에 사용되는 측정 장치의 눈금측정은 일반적인 방법이 사용된다. 함수 발생기 $f(U_L) = \log U_L$ 은 눈금 측정에서 회로로 소개된다.

A63. 알려진 시험 수치를 이용하여 계산되어지는 수치의 결정

횡축 과도 단락 시정수 (A16절 참조)는 다음 식을 사용하여 시험 값 x_q (A6절 참조), x'_q (A8절 참조)와 τ'_{qo} (A15절 참조)로부터 눈금 측정으로부터 결정된다:

$$\tau'_{q'} = \tau'_{qo} \frac{X'_{q'}}{X_q}$$

A63.1 **횡축** 초기과도 단락 시정수(A19절 참조)는 다음 식을 사용하여 시험값 x'_q (A8절 참조), x''_q (A9절 참조)와 τ''_{qo} (A18절 참조)로부터 계산하여 결정된다:

$$\tau''_{q'} = \tau''_{qo} \frac{X''_{q'}}{X'_q}$$

표 IA
시험방법과 관련 항목

수 치	정의(결과 부속절)	시 험 명 칭	시험방법 (절)	포화, 비포화 값
i_{fk}	A4	- 영 역률과 다양한 전기자전압 에서 과여자 시험	A25 A26	
X_d	A5	- 상변이시험	A27 A28	비포화
X_q	A6	- 상변이시험 - 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선 - 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때 저 전기자 전압시 험이 적용되는 단선 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A27 A28 A29 A30 A31 A32 A59 A60	비포화
X'_d	A7	- 정지 시험에서의 직류 소멸	A59 A60	비포화
X'_q	A8	- 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선 - 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때 저 전기자 전압시 험이 적용되는 단선 - 저 전압시험에서 부하중 작동하 는 기기의 돌발 단선 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A29 A30 A31 A32 A33 A34 A59 A60	비포화
X''_q	A9	- 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선 - 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때 저 전기자 전압시 험이 적용되는 단선 - 저 전압시험에서 부하중 작동하 는 기기의 돌발 단선	A29 A30 A31 A32 A33 A34	

수 치	정의(결과 부속절)	시 험 명 칭	시험방법 (절)	포화, 비포화 값
χ_2	A10	- 돌발 선간 단락시험 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A35 A36 A59 A60	
χ_0	A11	- 회전자가 제거된 전압시험 적용	A39 A40	
z_{st}	A12	- 회전자 구속	A41 A42	
τ'_{do}	A13	- 전기자 권선이 개방된 상태에서 갑자기 인가된 여자 시험 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A43 A46 A59 A60	
τ'_d	A14	- 전기자 권선이 단락회로화된 상태에서 갑자기 인가된 여자 시험 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A45 A46 A59 A60	
τ'_{ϕ}	A15	- 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선 - 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때 저 전기자 전압시험이 적용되는 단선 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A29 A30 A31 A32 A59 A60	
τ'_q	A16	- 저 전압시험에서 부하중 작동하는 기기의 돌발 단선 - 알려진 시험수치를 사용한 계산 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A33 A34 A63 A59 A60	
τ''_{do}	A17	- 전압회복 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A47 A48 A59 A60	

수 치	정의(결과 부속절)	시 험 명 칭	시험방법 (절)	포화, 비포화 값
τ''_{ϕ}	A18	- 극 저 슬립에서 저 전기자 전압이 적용되는 단선 - 기기가 부하중 비동기적으로 작동할 때 저 전기자 전압시험이 적용되는 단선 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A29 A30 A31 A32 A39 A60	
τ''_q	A19	- 저 전압시험에서 부하중 작동하는 기기의 돌발 단선 - 알려진 시험양을 사용한 계산 - 정지 시험에서의 직류 소멸	A33 A34 A63 A59 A60	
τ_{fdo} τ_{kdo}	A20 A21	- 전기자 권선이 개방된 상태에서의 계자 소멸시험	A49 A50	
τ_{fd} τ_{kd}	A22 A23	- 전기자 권선이 단락된 상태에서의 계자 소멸시험	A51 A52	
주파 수 응답 특성	A24	- 부하시험중 비동기 작동 - 저 전압시험중 비동기 작동 - 정지시 적용되는 다양한 주파수 전압시험 - 정지 시험에서의 직류 소멸 - 정지시험시 갑작스럽게 적용되는 직류	A53 A54 A55 A56 A57 A58 A59 A60 A61 A62	

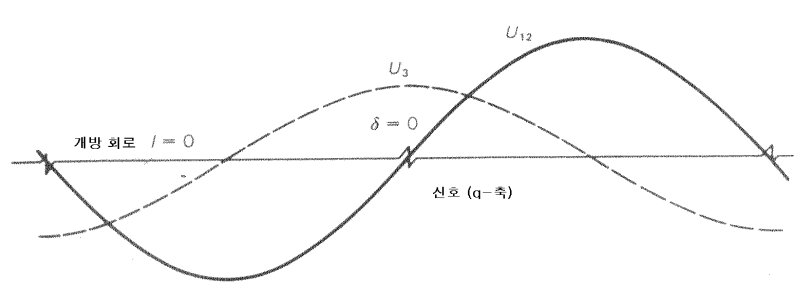


그림 A3

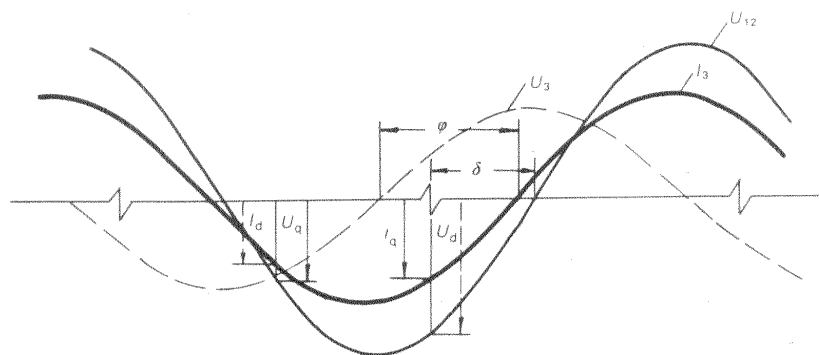


그림 A4

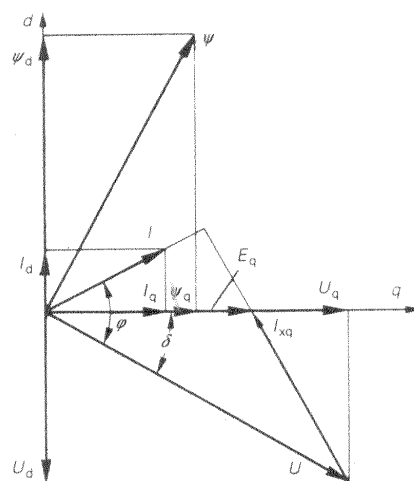


그림 A5

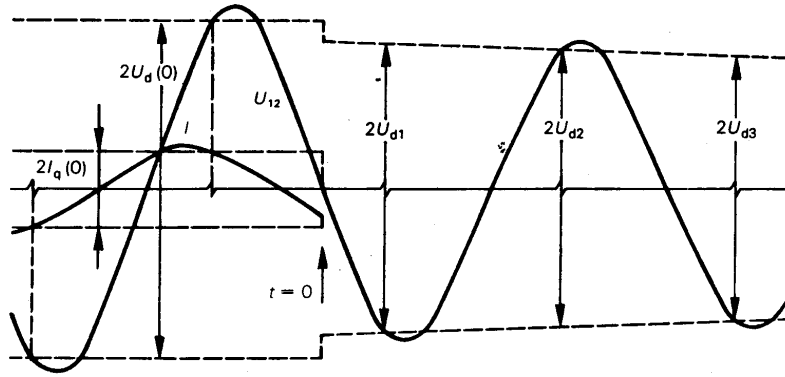


그림 A6

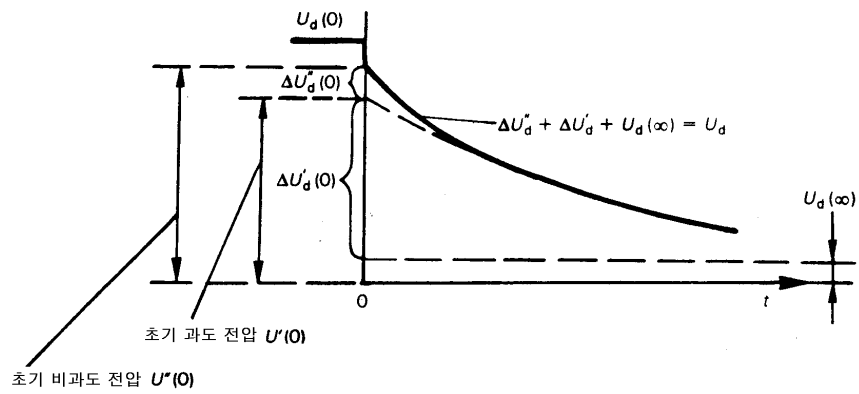


그림 A7

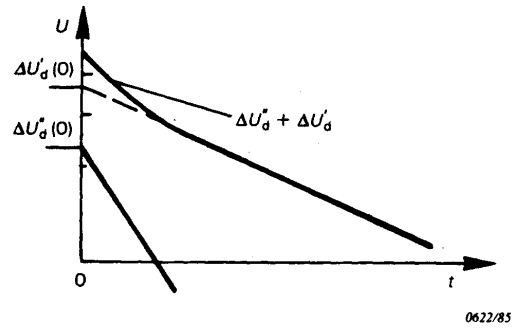


그림 A8

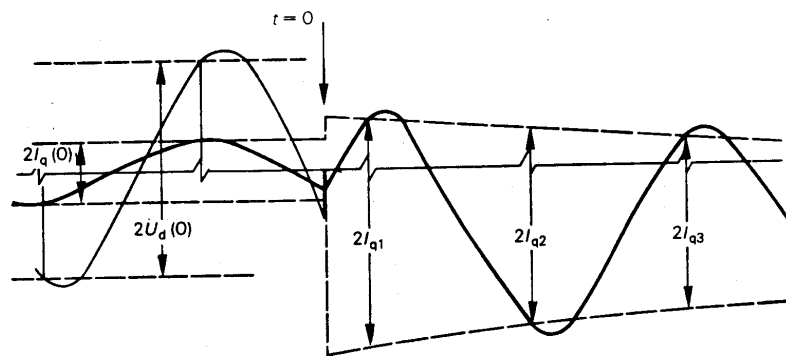


그림 A9

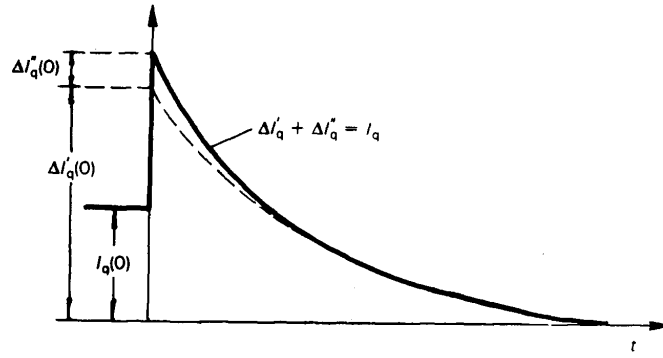


그림 A10

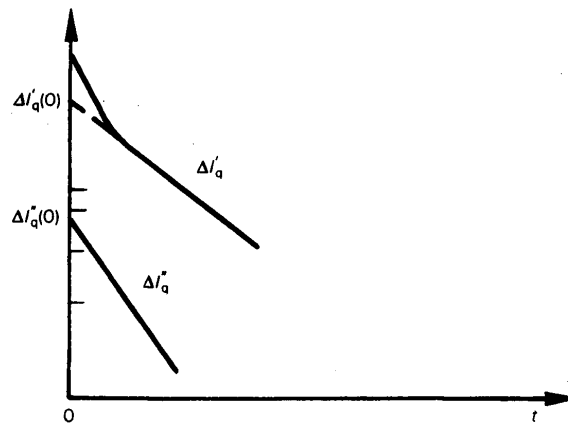


그림 A11

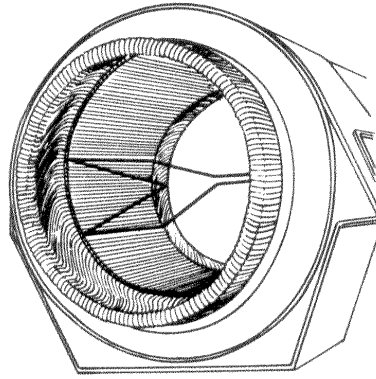
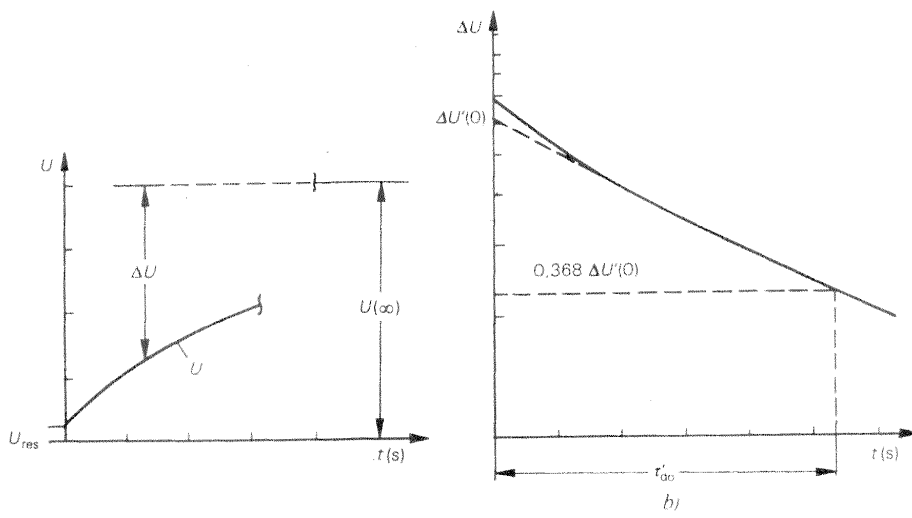


그림 A12



그림A13

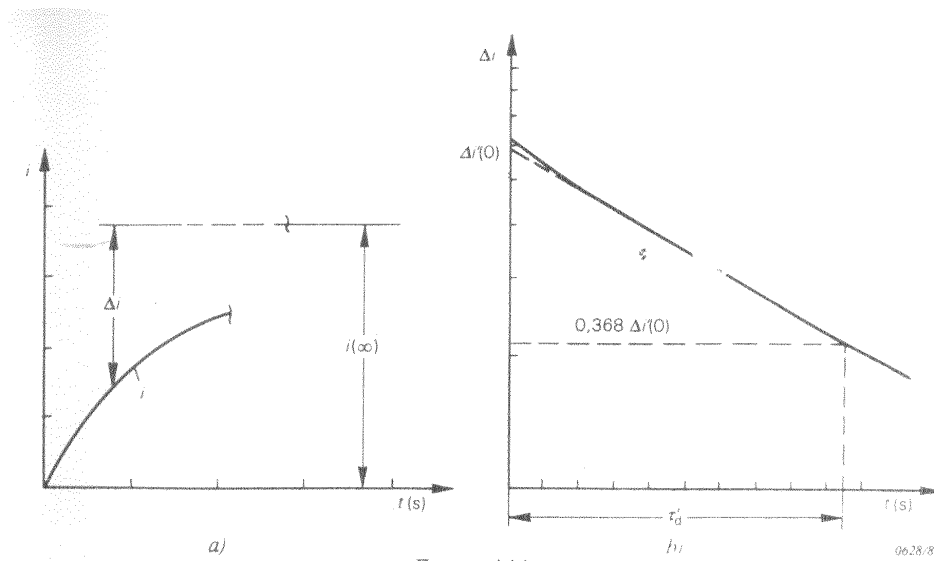


그림 A14

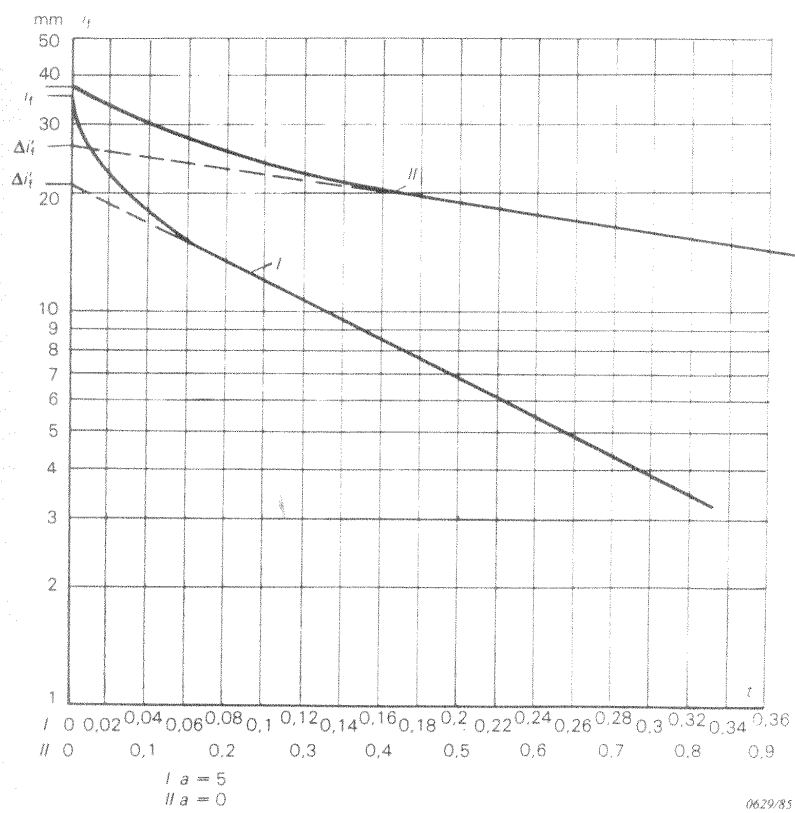


그림 A15

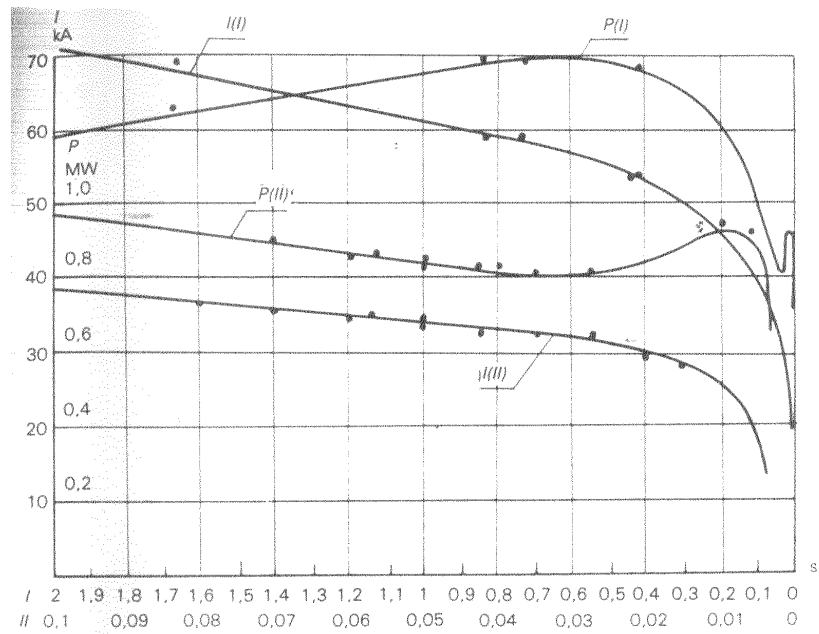


그림 16

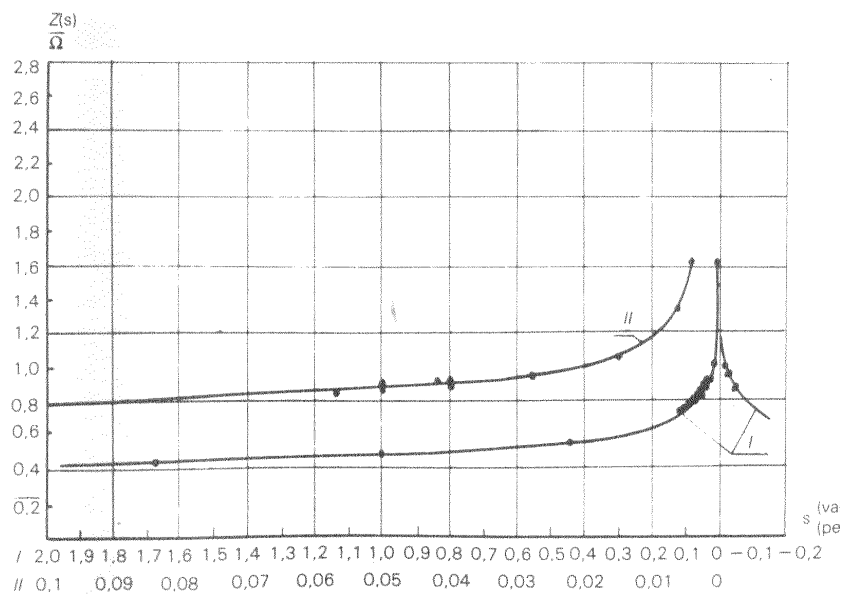
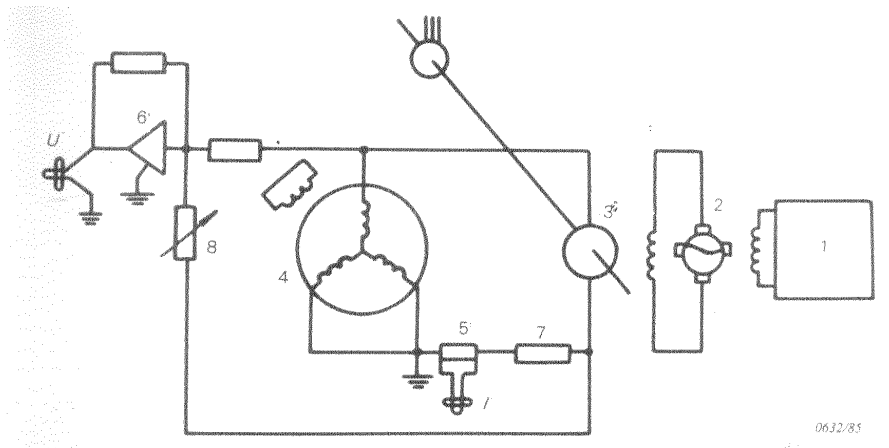
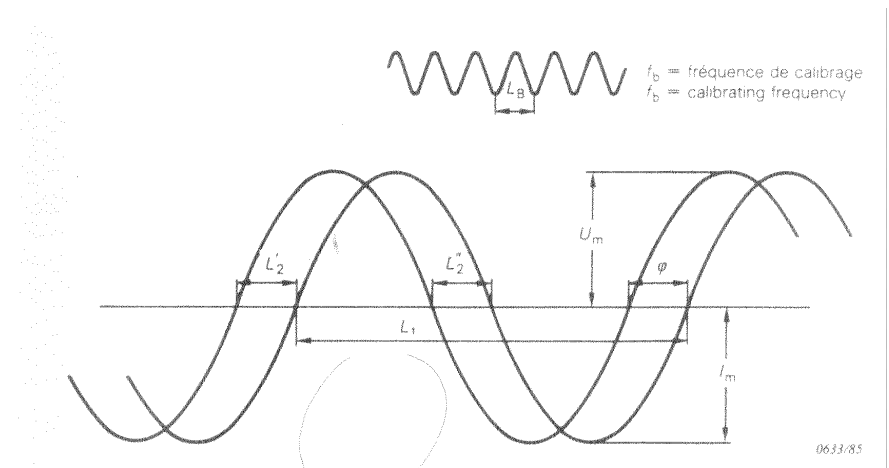


그림 A17



- 1 가변 주파수 발전기
- 2 회전 증폭기
- 3 직류 발전기 셀
- 4 시험 받는 기계(상연결: 2개 상은 직렬, 한 개는 개방 혹은 2개 상은 병렬이고 거기에 나머지 하나는 직렬)
- 5 셉트
- 6 가산 증폭기
- 7 직류 기기 작동을 안정화 시키기 위한 0.1Ω의 보조저항
- 8 증폭기의 가변저항

그림 A18



$$\phi = \frac{L_2' + L_2''}{2 L_1} \cdot 360; S = \frac{f_b L_b}{f L_1} \quad f = \text{정격 주파수}$$

그림 A19

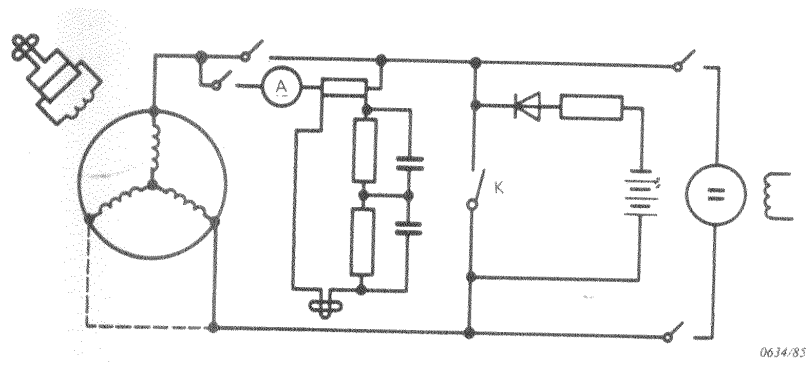
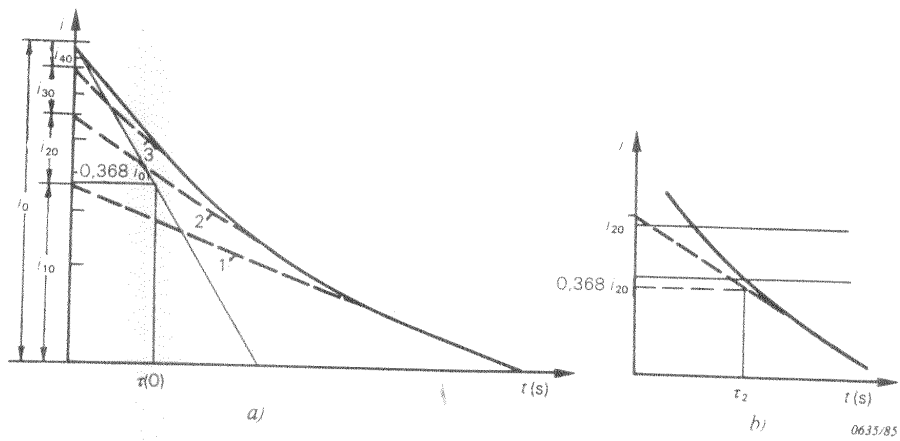


그림 A20



그림A21

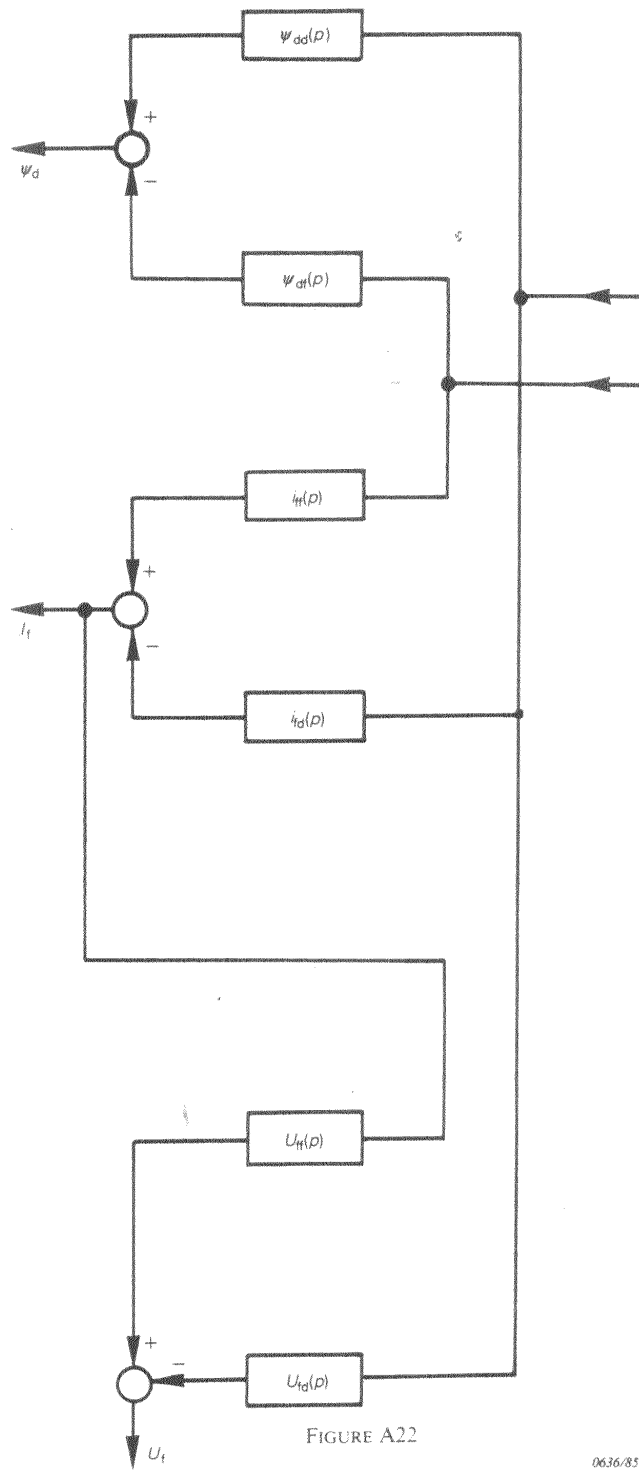
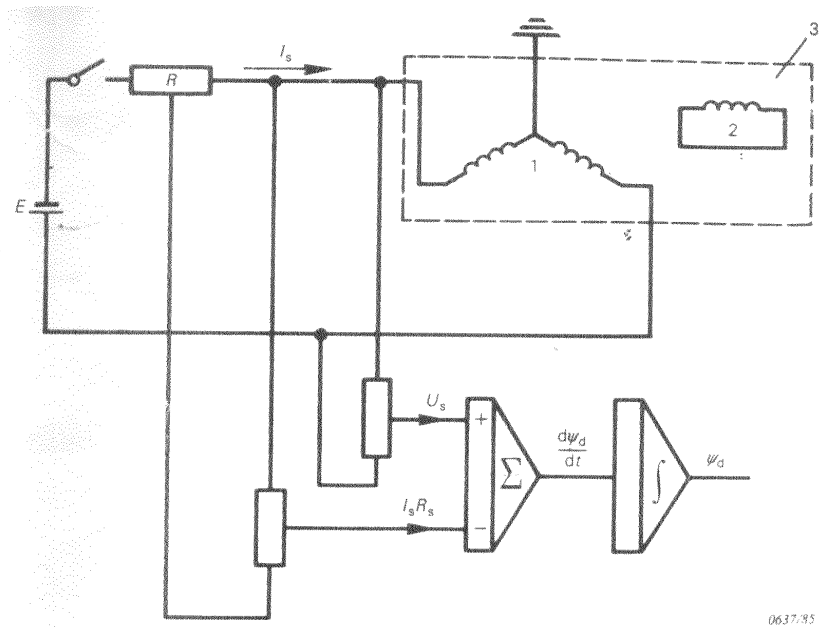


FIGURE A22

0636/85

그림 A22



- 1 전기자(일차) 권선
- 2 여자 권선
- 3 시험하의 기기

그림 A23

1) 시험받는 기계의 잔류전압이 인가 시험 전압의 0.1에서 0.3 사이에 있다면, 37절의 것과 유사한 보정이 이뤄져야 한다.