

# 직류기기의 문제점

1. 고장 점검방법의 규칙
2. 직류기의 Trouble 내용 및 원인
  - 2.1. 전원을 넣었는데 전동기가 회전 안됨
  - 2.2. 저속 회전
  - 2.3. 고속 회전
  - 2.4. 역 회전
  - 2.5. Spark(불꽃)
  - 2.6. 소음과대
  - 2.7. 과열
  - 2.8. 발전기에서의 문제
3. Commutator Trouble의 원인
  - 3.1. 정류자의 결함
  - 3.2. Brush 및 Brush주위 장비의 결함
  - 3.3. 각 부위 조정(조절)결함
  - 3.4. 조립 불량
  - 3.5. 권선의 결함
4. Brush와 정류자에서의 문제
  - 4.1. Brush가 부서지거나 깎여나감
  - 4.2. 정류자편의 손상
  - 4.3. Brush의 과열

## 5. 징후별 원인과 처리방법

- 5.1. Brush의 회전후면(Heel Side)에 불꽃이 발생
- 5.2. Brush의 회전전면(Entering Side)에 불꽃이 발생
- 5.3. 파란점의 불꽃발생
- 5.4. 심한 불꽃이 발생하여 정류자 주변에 길게 뻗음
- 5.5. 정류자나 Slip Ring이 너무 뜨거움
- 5.6. Brush Holder가 너무 뜨거움
- 5.7. Lead선이 소손되거나 변색
- 5.8. 빠른 Brush 마모
- 5.9. 불균일한 Brush 마모
- 5.10. 정류자나 Slip Ring의 과도한 마모-밝은 표면
- 5.11. 동(銅)의 밀림(Copper Dragging)
- 5.12. 과도한 정류자면의 마모-표면흑화
- 5.13. 정류자 표면에 톱니 모양의 가는흠
- 5.14. Brush 습동면에 동(銅)이 달라붙음
- 5.15. Brush 진동
- 5.16. 정류자 표면에 줄무늬
- 5.17. 정류자에 불규칙적인 소손흔적
- 5.18. 정류자에 규칙적인 소손흔적
- 5.19. 정류자 파형 상태
- 5.20. 정류자에 Brush 접촉면 자국
- 5.21. Brush 습동면에 막을 덧씌운 것 같은 윤기가 있음
- 5.22. Brush 습동면에 곰보자국
- 5.23. Brush 가장자리 조각이 떨어지거나 깨어짐
- 5.24. 정류자의 보호피막(Film)형성 실패
- 5.25. 자여자기의 불충분한 전압

# 1. 고장 점검방법의 규칙

Inspector나 Tester, 또는 현장기사가 갖추어야 할 가장 중요한 기술은 논리적인 사고점검절차를 정립하는 능력이다. 이렇게 하기 위해서는 몇가지 중요한 규칙들이 있다.

## 1.1. 문제파악

가능하다면 기계를 매일 작동시키는 사람과 얘기를 나누어 사고징후가 무엇이었는지 알아본다.  
그 사람은 System이 평소와 어떻게 다른지 말해줄 수 있을 것이다.  
또한 현장장비들을 당신이 직접 작동시켜봄으로써 그 징후들을 바로 목격하게 될 것이다.

## 1.2. 구성 요소들간의 관계 정의

익숙치않은 System에 접근할때는 매번 이렇게 해야한다.  
낮익은 System이라면 지난번 점검이후 기계에 변화된 것이 없는지 확인하는 것이 좋다.

## 1.3. 논리적인 점검절차 확립

이 Manual이나 부가적인 기계운전 Manual을 고장점검 안내서로 이용하라.  
이 안내서들은 몇 년간의 실제경험을 토대로 한 것으로서 잘 사용하면 도움이 될 것이며 도표들도 물론 문제발생시 유용하다.  
연필과 종이를 휴대하고, 점검하기 쉬운것에서 부터 어려운것까지 가능한 모든 원인들의 목록을 작성하는것도 좋은 습관이다.  
전동기나 발전기를 분해하기전에 Bearing, Oil Level이나 Belts, Gear 등을 점검하는 것이 바람직하다.  
도구를 쓰기전에 머리를 먼저 사용하라.

## 1.4. 추측은 금물

Switch가 열렸다거나 전력이 끊어져있다는 등 다른 사람들의 말만 듣지말고 직접 보고 확인하라.  
현장에 있을때는 스위치가 돌발적으로 켜지지 않도록 안전을 위해 나무조각을 끼워 두거나 안내문을 부착 시키도록 하라.  
Fuse가 있다면 떼어내서 주머니나 가방에 넣어두도록 하라.  
또한 부하가 기계에 적절한가, 그리고 Motor Drive에 결합이 있는지를 확인하라.  
흔히, 당신이 양호할 것이라 가정한 것들이 부분적으로 문제의 원인이 되는 경우가 있다.

## 1.5. 측정된 것은 항상 명판사항과 비교하라.

예를 들어, 기계가 지나치게 빠르다던가 느리게 작동한다고 작업자가 불평한다면 먼저 전압과 전류를 측정하고, 이 수치를 명판사항과 비교해 보라.

수없이 이 말을 되풀이 하지만, 많은 사람들은 무시해버린다.

Motor가 오용되었을수도 있고, 명판사항을 보면 실제 문제점을 발견할수 있을지도 모른다. 있지도 않은 문제점을 찾으려고 시간을 낭비하며 기계를 탓하지마라.

## 1.6. 근본적인 문제를 추적하라.

고장징후만 제거하고 원인을 고치지 않으면 그 징후들은 다시 나타날 것이다.

예를 들자면 Coil Lead와 Riser 사이의 개(開)회로에 의한 심한 Spark를 추적한다고 가정해 보라.

진짜 원인이 여러 가지 있을지도 모르는데, 이 개(開)회로의 실제원인은 해결하지 않고 단지 납땜만 한다면 개(開) 회로에 곧 다시 문제가 발생하여 원점으로 돌아가게 될 것이다.

## 1.7. 기계를 물리적으로 시험해 보라.

축이 부러지거나 휘었을 때, Bearing이 Missing되었거나 또는 Lead가 모두 정류자 밖으로 나와 버렸다면 더 Test해 볼 필요가 있겠는가?

손으로 축을 돌려 듣고 느껴보아라

Ball Bearing Type의 기계에서 소음이 난다면 소음정도 및 내용에 따라 Bearing을 교체까지 해야 하고, Sleeve Bearing Type에서 축이 위·아래로 움직이면 새 Bearing을 필요로 하거나 Rebabbitting을 필요로한다.

문제가 무엇이든 간에 구성요소들간의 관계를 명판 Data를 분석하고 논리적인 고장 점검절차를 확립해야 하며 무엇보다 머리를 사용하라

## 2. 직류기의 Trouble 내용 및 원인

### 2.1. 전원 Switch를 넣었는데도 전동기가 돌지 않는다

No	원 인	찾아보기 항목
1	Fuse 또는 보호계전기류가 단선(Open)	1
2	Brush에 오물이 묻어있거나 Holder내에서 움직임이 둔함(고착)	2
3	전기자회로가 단선(Open)	3
4	계자회로가 단선(Open)	4
5	계자권선이 접지 되었거나 단락	5
6	정류자 또는 전기자권선이 단락	6
7	Bearing이 마모되었거나 팍 끼임	7
8	Brush Holder가 접지됐을 때	8
9	과부하	9
10	전동기 운전배전반의 결함(Motor Drive 손상)	10
11	보극권선의 단선	11
12	염분이나 습기에 의해 절연저항이 기준보다 낮음	12

### 2.2. 전동기가 명판속도보다 저속 회전한다.

No	원 인	찾아보기 항목
1	정류자 또는 전기자권선이 단락	6
2	Bearing이 팍끼이거나 뽕뽕하다(Bearing마모 등)	7
3	전기자권선이 단선(Open)	13
4	Brush가 중성점에 있지 않을 때	14
5	과부하	9
6	전압의 인가가 잘못(인가전압의 부적당)	15
7	주극의 공극이 너무 적음	16
8	안정화(Stabilizing) 또는 복합분권(Compound Shunt)이 필요	17
9	주극선이 틀림(권회수 잘못 또는 조립 잘못)	18
10	각 부위 결선이 느슨함	19

### 2.3. 명판의 속도보다 빠르게 회전한다.

No	원 인	찾아보기 항목
1	분권전동기의 계자회로가 단선(Open)	20
2	직권전동기의 부하걸림이 없을때(무부하로 직권전동기 운전)	21

N●	원 인	찾아보기 항목
3	계자권선이 접지되거나 단선(Open)	5
4	복권전동기에서 결선이 잘못	22
5	Brush가 중성점에 있지 않음(중성점을 벗어나 고정됨)	14
6	인가전압이 잘못됨	15
7	부하증가시 전동기 자체의 결함이 있을 때	23
8	주극의 공극이 너무 클 때	24
9	주 계자권선이 부적당(불량)	18
10	Lead의 표시가 잘못	28
11	주극권선의 부적당	74

## 2.4. 전동기가 역회전한다.

N●	원 인	찾아보기 항목
1	주극의 극성이 바뀜	25
2	전기자권선의 결선이 잘못됨	26
3	Brush Studs의 결선(연결)이 잘못됨(바뀜)	27

## 2.5. Spark가 발생한다.

### (1) 정류자에서 발생

N●	원 인	찾아보기 항목
1	정류자의 편심(진원도 불량)	39
2	정류자의 자편이 Low-Bar	40
3	정류자의 자편이 High-Bar	41
4	정류자의 자편사이의 Mica 절연물이 높거나 일부분이 돌출됨	42
5	Brush가 Holder내에 꼭끼임	56
6	Brush의 Spring 장력이 잘못됨	57
7	Brush가 자리를 잘못잡음(정류자와 접촉면 부족 또는 각도가 바르지 않음)	58
8	Brush Studs사이에 Brush간격(틈새)이 잘못	59
9	Brush 가장자리가 정류자편에서 경사지게 안치	60
10	Brush Holder 또는 Studs가 느슨함	61
11	Brush Holder와 정류자와의 간격이 잘못	62
12	Brush Grade 부적절	64
13	Brush 위치가 중성점이 아님	65

No	원 인	찾아보기 항목
14	공극이 고르지 못함(불균일)	66
15	보극이 강함	67
16	보극이 약함	68
17	보극의 크기가 잘못(틀림)	69
18	보극권선이 잘못(권회수 등)	70
19	보극의 극성이 바뀜	71
20	주극의 극성이 바뀜	25
21	전기자권선이 단락 또는 단선	3, 6
22	보극의 권선이 단락	73
23	주극권선이 단락 또는 부적당	74
24	과대한 진동	75
25	전기자회로의 단선(Open)	3
26	전기자와 정류자가 단락	6
27	Brush Stud에서 연결(결선)이 바뀜	27
28	Lead의 표시가 잘못되어 오결선	28
29	Pole Spacing 불균일	76

(2) Brush의 후단(Heel Side)에서 발생

No	원 인	찾아보기 항목
1	보극이 약함	68

(3) 부하 증가시 Spark 증가

No	원 인	찾아보기 항목
1	보극이 약함	68

(4) Brush의 앞부분(Entering Side)에서 Spark 발생

No	원 인	찾아보기 항목
1	보극이 강함	67

(5) 부하감소시 Spark 증가

No	원 인	찾아보기 항목
1	보극이 강함	67

(6) 무부하에서 Spark 발생

No	원 인	찾아보기 항목
1	보극의 극성이 바뀜	71
2	심한 진동이 있음	75
3	Frame 둘레의 Pole Spacing이 불균등	76

2.6. 소음이 크게 난다.(별도 소음항목 참조요망)

No	원 인	찾아보기 항목
1	Bearing이 마모 됐을 때	7
2	기계의 불균형(Bearing Housing 불량 등)	29
3	기계의 불평형시(Unbalance 등)	
4	전기자나 계자의 철심이 느슨하게 적층되어 떨림(자기음 발생)	30
5	회전기 냉각공기의 싸이렌 소리	31
6	구조적인 결함(떨림)	32
7	Brush의 잔 떨림 또는 Flashover 발생	55
8	정류자 자편의 High 또는 Low Bar	40. 41

2.7. 운전시 과열이 발생한다.

No	원 인	찾아보기 항목
1	과부하 운전	9
2	정류자에서 Spark 발생	2, 5항(Spark발생)
3	Bearing이 팽끼임	7
4	권선이 단락(미세 단락)	5, 6
5	보극이 약하거나 각 보극이 균등하지 못함	33
6	계자권선의 사고	34
7	전동기 소손	35

2.8. 직류 발전기에서의 문제

No	원 인	찾아보기 항목
1	전압이 발생하지 않음 1)진류자기의 손실 2)계자회로의 저항이 지나치게 크다. 3)계자회로의 오결선	36



N●	원 인	찾아보기 항목
	4) 회전방향이 틀림 5) 전기자 또는 계자권선의 단락	
2	전압이 떨어짐(강하됨) 1) 차동복권 결선 발전기가 화동복권으로 연결 2) 전기자권선 단락 3) 과부하 운전	37
3	부적절한 전압발생 1) Brush 위치불량 2) 전기자나 계자권선의 단락 3) 계자회로에 고저항이 있음 4) 회전속도가 저속임 5) 전기자가 Magnetic Center를 벗어남	38

### 3. Commutator Trouble의 원인

#### 3.1. Commutator(정류자)의 결함

N●	원 인	찾아보기 항목
1	정류자의 편심(진원도 불량)	39
2	정류자의 자편 일부가 다른 자편보다 낮다(Low Bar)	40
3	정류자의 자편 일부가 다른 자편보다 높다(High Bar)	41
4	정류자 자편간의 절연물이 올라왔거나 부분적인 돌출(High Mica)	42
5	정류자편에 도전물질(Cu, Carbon 등)의 가루가 끼임	43
6	Pole Pitch에서의 Bar Marking	44
7	Slot Pitch에서의 Bar Marking	45
8	Flashover	46
9	정류자편의 Flats(평평한 면 들)	47
10	정류자편의 변색(흑화)	48
11	Carbon가루 또는 먼지들이 탐(화재)	49
12	전기자권선의 Open에 따른 과열현상 또는 소손현상	50
13	전기자권선의 접지에 따른 과열현상 또는 소손현상	51
14	권선의 단락으로 인한 소손(손상)흔적	52
15	정류자의 Films	53
16	정류자에 줄무늬 발생(정류자편에 줄 또는 금이 있음)	54

### 3.2. Brush 및 Brush 주위장비의결점

N●	원 인	찾아보기 항목
1	Brush의 떨림	55
2	Brush가 H●lder내에서 꺾기임	56
3	Brush Spring 압력이 부적당	57
4	Brush와 정류자간의 접촉면적불량 또는 각도가 틀림	58
5	Brush Studs 사이에서 Brush틈새(간격)가 부적당	59
6	Brush 가장자리가 정류자와 경사지게 안치	60
7	Brush H●lder 또는 Stud가 느슨하게 조여짐	61
8	Brush H●lder와 정류자간 간격이 부적당	62
9	Brush Pi●tail이 느슨하거나 Brush가 부러지거나 고정되어 있지 않음	63
10	Brush 재질(등급)이 부적절	64

### 3.3. 각 부위 조정(조절) 불량

N●	원 인	찾아보기 항목
1	Brush 위치가 중심점이 아님	65
2	공극이 일정하지 않음	66
3	보극의 세기가 너무 강함	67
4	보극의 세기가 너무 약함	68

### 3.4. 조립불량과 관련된 문제

N●	원 인	찾아보기 항목
1	보극의 크기(Si●ge)가 잘못(부적당)	69
2	보극권선의 부적절(권회수 등)	70
3	보극의 극성이 바뀜	71
4	주극의 극성이 바뀜	25
5	전자자권선의 부적절	72

### 3.5. 조립불량과 관련된 문제

N●	원인	찾아보기항목
1	전자자권선의 Open(단선)	3, 5
2	전자자권선의 Short(단락)	3, 6
3	전자자권선의 오결선	26
4	보극권선의 단락	73
5	주극권선의 단락	74

## 4. Brush와 정류자에서의 Trouble 원인

### 4.1. Brush가 부러지거나 꺾여나감

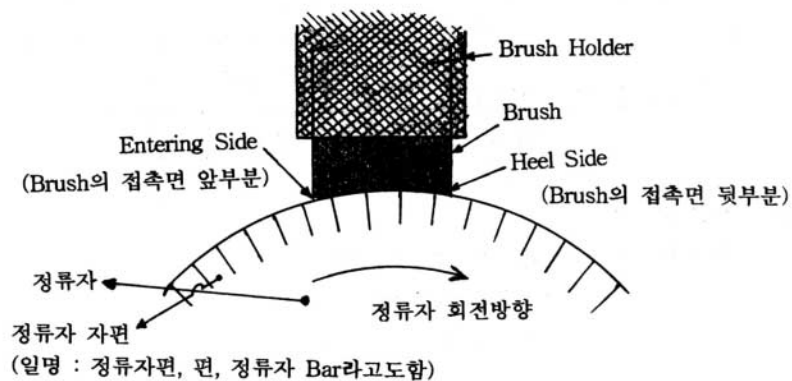
N●	원 인	찾아보기 항목
1	정류자에 High Bar가 있음	41
2	Brush가 Holder 내에 꺾기임	56
3	Brush Holder와 정류자간의 틈새(간격) 부적절	62

### 4.2. 정류자 자편의 손상(소손)(별도 정류자 항 참조요망)

N●	원 인	찾아보기 항목
1	정류자 Low Bar가 있음	40
2	정류자 자편간의 절연물이 올라오거나 돌출 돼 있음(High Mica)	42
3	권선 단락에 의한 정류자편의 흑화현상(손상)발생	40, 42~52

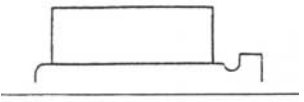
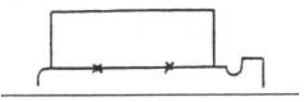
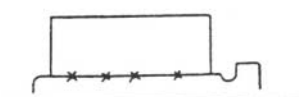
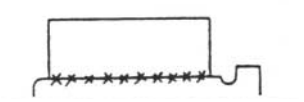

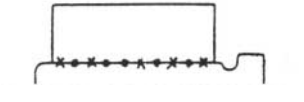

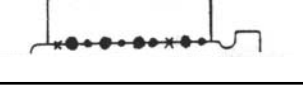
### 4.3. Brush의 과열(별도 Brush항 참조요망)

N●	원 인	찾아보기 항목
1	Brush의 Spring 압력이 부적절	57
2	Brush Pigtail이 느슨하거나 부러지거나 조여 있지 않음	63
3	Brush Grade 부적절	64



〈정류자와 Brush의 접촉부의〉

# D.C Motor 정류자 표면의 불꽃 호수

호수	불꽃 모양	상 태
제 1호		불꽃 없음
제 2호		적색의 작은 불꽃이 2~3개
제 3호		2호보다 약간 불꽃의 수가 많음. 5~6개 정도까지
제 4호		적색의 작은 불꽃이 거의 전체적으로 생김
제 5호		적색의 큰 구슬모양의 불꽃이 여러개, 4호 불꽃에 추가
제 6호		5호에 꼬리를 단 불꽃이나 큰 불꽃이 거의 전체적으로 확대
제 7호		청색의 불꽃이나 녹색의 큰 불꽃이 거의 전체적으로 확대 (이상음이 들린다)
제 8호		더욱 심한 Ring-Fire(Arc가 정류자를 에워싼 상태 직전)

〈일본 전기학회 자료지 참고〉

비고) 불꽃 표시 기호

- ✖ : 처음에 볼 수 있는 정도의 가열불꽃
- : 비교적 에너지가 작은 Arc 불꽃
- : 에너지가 위의 몇 배 이상 되는 Arc 불꽃

## 직류기기 정류자 표면의 불꽃 분류

불꽃발생 그림	호수	상 태
	1	불꽃 없음
	$1 \frac{1}{4}$	간헐적으로 작은 불꽃이 2~3개 발생
	$1 \frac{1}{2}$	수개의 작은 불꽃이 4~6개 발생
	$1 \frac{3}{4}$	다수의 작은 불꽃이 발생 (작은 불꽃이 전반적으로 발생)
	2	$1 \frac{3}{4}$ 호에 길고 가는 불꽃이 간헐적으로 1~2개 발생
	$2 \frac{1}{4}$	$1 \frac{3}{4}$ 호에 길고 가는 불꽃이 수개(3~4개) 발생
	$2 \frac{1}{2}$	$1 \frac{3}{4}$ 호에 길고 가는 불꽃이 다수(5~7개) 발생
	3	길고 가는 불꽃이 전반적으로 발생하고 가끔 꼬리가 긴 불꽃이 발생

〈아메리카 및 유럽지역에서의 분류기준〉

여기서 ● : 길고 가는 불꽃이 없는 작은 불꽃  
 ■ : 작고 불꽃에 길고 가는 불꽃을 포함한 불꽃

일반적으로 : 통상적인 부하운전시의 불꽃 허용 호수 :  $1 \frac{1}{2}$

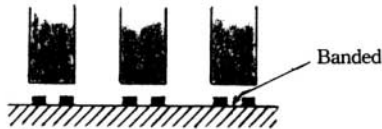
첨두부하시 또는 Overcharge Load시 허용 호수 :  $1 \frac{3}{4}$

# 정류자 표면 관련 술어



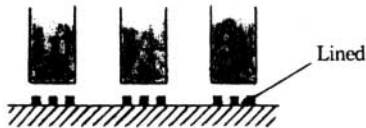
〈그림1〉 Skin

- 정류자표면에 Brush와 접촉된 부위에 Carbon Brush에 의해 덮여진 광택이 나는 부착물을 Skin이라고 한다.



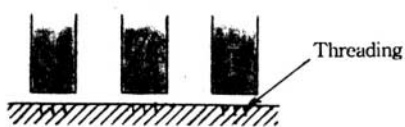
〈그림2〉 Banded

- Brush와 접촉된 정류자표면에 원주방향의 노출된 구리가 폭 2mm보다 더 넓게 Skin이 나누어진 정류자편 현상을 Banded라고 한다.



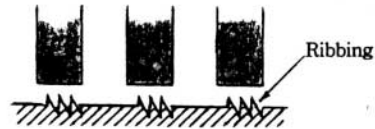
〈그림3〉 Lined

- Brush와 접촉된 정류자표면에 원주방향의 노출된 구리가 폭 2mm보다 더 좁게 Skin이 나누어 질때의 정류자편 현상을 Lined라고한다.



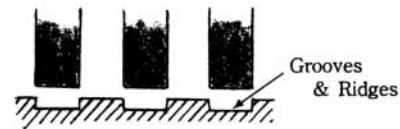
〈그림4〉 Threading

- 정류자표면에 원주방향으로 폭이 1mm보다 더 좁은 침하현상(흠이파여 깎여나간듯한 현상)을 Threading이라고 한다.



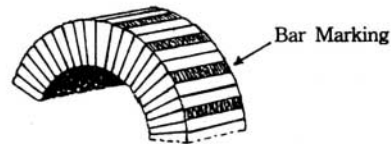
〈그림5〉 Ribbing

- 정류자표면에 폭이 1mm보다는 넓고 흠보다는 좁은 침하현상을 Ribbing라고 한다.  
(Threading 보다는 깎여나간 폭이 더 넓은 현상임)



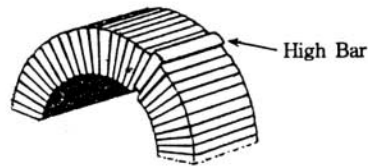
〈그림6〉 Grooves and Ridges

- 정류자표면에 원주방향으로 Carbon Brush 폭의 70% 이상에서 100% 미만의 침하현상을 Grooves and Ridges(작은 홈과 이랑들)이라고 한다.(또는 단마모라고 하기도 함)



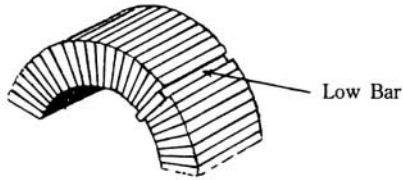
〈그림7〉 Bar Marking

- 정류자표면에 등간격 및 규칙적으로 검게 흑화된 현상을 Bar Marking이라고 한다.



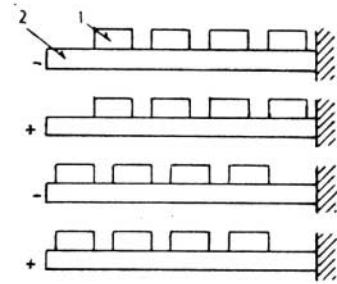
〈그림8〉 High Bars

- 정류자표면에 한 개 또는 몇 개의 정류자편이 부분적으로 돌출되어 튀어 올라온 현상을 High Bars라고 한다.



〈그림9〉 Low Bars

- 정류자표면에 한 개 또는 몇 개의 정류자편이 부분적으로 내려 앉은 현상을 Low Bars라고한다.

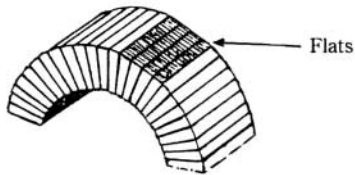


〈그림13〉 Axial Staggering

- 정류자표면에 축방향으로의 Brush의 엇갈림 설치

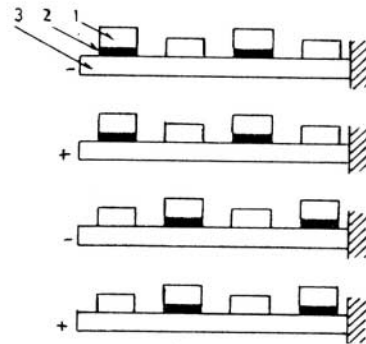
여기서) 1 : Brush Holder

2 : Brush Holder Arm



〈그림10〉 Flats

- 정류자표면에 몇 개의 정류자표면이 Group을 형성하여 내려 앉아 평평하게 되어 있는 현상을 Flats라고 한다.



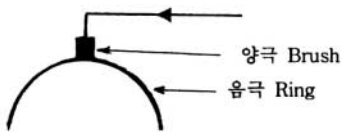
〈그림14〉 Circumferential Staggering

- 정류자표면에 원주방향으로의 Brush Holder의 엇갈림 설치

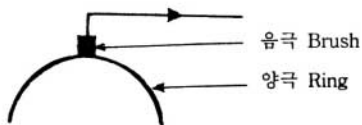
여기서) 1 : Brush Holder

2 : Staggering Shim

3 : Brush Holder Arm



〈그림11〉 양극 Brush와 음극 Ring(또는 정류자)



〈그림12〉 음극 Brush와 양극 Ring(또는 정류자)

## ◎ 직류기기 문제점들의 찾아보기 ◎

### 1. Fuse나 보호계전기류의 단선(Open)

전기적 부적합 사항 때문에 전동기의 기동이 안될 수가 있다.

- 1) 회로가 완전하게 구성되어 있는가?
- 2) 전원은 이상이 없는가?(끊어져 있는지?)
- 3) 기동저항기의 연결은 정상적인가?
- 4) Switch 자체의 문제는 없으며 Switch가 Open되어 있는가?
- 5) Fuse가 용단되었는가?
- 6) Control Panel의 각부 동작상태는 이상이 없는가? 등

전원 Line부터 각 Switch류, Fuse의 용단, 결선상태 및 접촉상태 등 전반적인 검토 및 확인이 필요하다.

Fuse가 용단되었다면 그 원인을 제거후 새것으로 교체해야 하며, 보호계전기류가 잘못 되었다면 잘못된 것은 교체 또는 수리 등의 작업이 필요하고 과부하 보호장치는 재조정하여 투입하면 된다.

### 2. Brush 및 고착

산업용 직류전동기의 Carbon Brush와 정류자 표면사이의 압력은 일반적으로 140~180g/cm<sup>2</sup>이어야 한다.(국내 일반산업용의 직류기기는 120~200g/cm<sup>2</sup>으로 되어 있음)

Brush 뒤쪽(위쪽)의 Spring이 이 압력을 만들어 주는데, 이 Spring 작용이 효과를 얻기 위해서는 Brush가 Holder내에서 자유롭게 움직일 수 있어야 한다.

하지만, Brush와 Holder 사이의 공간은 최대한 적어야 하는데, 만약 공간이 너무 넓으면 전기자가 회전하는 동안에 Brush가 덜렁거릴 것이며, 너무 좁으면 Brush가 Holder 내에 딱 조이듯 끼이기 때문에 자유롭게 움직이지 못하게 될 것이다.

Brush 설치가 적절하지 못하면 Brush가 정류자 표면을 눌러주지 못하게 되어 전기자 회로의 단선과 같은 현상이나 Brush의 과열 등 여러 가지 문제를 야기시키게 될 것이다.

따라서, Brush가 Holder내에서 자유롭게 움직일 수 있도록 하기 위해서는 오염된 Brush는 청소해야 하며, 팽끼이는 Brush는 Holder내면과 Brush치수 등을 조사하여 부적절한 사항은 제거해야 한다.

Brush 밀면은 정류자 표면에 100% 가깝게 접촉되어야 하는데, 만약 접촉면이 부족하면 접촉면의 전류밀도가 높게 되어 Brush의 과열, Brush 가장자리나 모서리의 파손, 정류자 표면의 과열, Spark 발생 등 여러 문제점을 일으키는 원인이 된다.

이때는 Brush 밀면과 정류자 표면사이에 사포(또는 알미늄산화지 : Aluminum Oxide Paper)의 거친면을 Brush쪽으로 끼워 전기자를 좌·우로 회전시키면서 Brush 밀면이 정류자 표면의 곡면과 같게 갈아주어 정류자와 충분히 접촉되게 해야한다.

Brush 밀면을 연마시 Emery Cloth(연마용 속새)나 Flint Paper는 사용해서는 안된다.



### 3. 전기자(Armature)회로의 단선(Open)

전기자회로의 단선은 수많은 원인에 의해 발생한다.

- 1) Brush의 접촉불량
- 2) Brush Holder로 연결된 Lead의 끊어짐
- 3) 보극과 전기자권선 사이의 연결불량 또는 단선
- 4) 전기자권선의 둘 또는 그 이상의 권선 단선
- 5) 정류자의 Riser부분 단선
- 6) 정류자의 Riser부분 용접된곳 접촉불량
- 7) 정류자의 오염
- 8) 보극권선의 단선 등

이러한 사고들은 육안검사와 Test Lamp로도 알아볼 수 있고, Multi Tester로도 확인해 볼 수 있으며, 단선된 권선이 연결된 정류자 자판에 심한 탄 자국이 발견되기도 한다.

정류자에 납땀한 Lead를 Check해 보라. 전기자권선이 단선됐다면 재권선해야 하고, 정류자가 오염됐다면 청소 또는 세척해야 한다.

발견된 원인에 따라 각각의 조치를 취해야 한다.

### 4. 계자(Field) 회로의 단선(Open)

직권이나 분권계자권선중 어느 하나가 단선되면 전동기가 기동되지 않는다.

그러나 전동기가 작동중에 분권계자권선이 단선되면 부하가 충분치 않을경우(경부하일 경우)는 전동기가 무구속 상태(Run Away)가 된다.

복권계자에서는 직권과 분권권선이 단락을 일으키기 쉬우므로 권선이 소손되거나 계자에 연결된 회로나 Lead가 단선되기도 한다.

Lead와 권선의 접속을 견고하게 하지 않으면 Lead가 쉽게 끊어진다.

계자극(Field Pole)의 연결불량으로 인해 전동기 밖으로 인출한 Lead에서도 단선이 일어날 수 있는데 검사나 시험으로 발견할 수 있다.

## 5. 계자권선의 단락 또는 접지

계자권선이 단락되면 Fuse가 타버리거나 극히 미약한 자계가 형성되어 전기자가 회전하지 않을 것이다.

계자권선이 완전히 소손되면 육안검사라도 쉽게 식별할 수 있지만, 계자권선의 일부가 미세하게 층간단락되면 시험을 통해서만 검출이 가능하다.

계자권선이 단락되면 Motor가 정격속도보다 빨리 돌게되고 무부하상태에서 심한 Spark가 일어난다.

계자권선단락을 검출하는 방법에는

- 1) 저항계로 권선저항 측정
- 2) 전압강하 시험
- 3) 변압비 시험
- 4) 계자회로를 전원에 몇분간 연결하여 발열여부(미 발열부분은 단락된 것)확인

등으로 알 수 있을것이다.

계자권선의 한곳에서 접지가 되면 접촉할 때 Shock가 일어날뿐, 전동기 작동에는 별 영향을 주지않지만, 두곳이 접지되어 있다면 단락에 해당하고 Fuse가 소손된다.

전동기 Frame이 Electric Code에 따라 접지되어있는 상태에서 계자회로의 한곳이 접지되면 이때도 Fuse는 소손된다.

접지된 권선을 수리하려면 재 절연처리, 재 Taping 또는 Rewinding 등의 작업이 필요하며, 수리작업시에는 Turn간 단락, 단선, 접지원인 및 소손 여부를 확인해야 하고 그 원인을 조사해야 한다.

## 6. 전기자 권선 또는 정류자의 단락

전기자에 단락된 권선이 많거나 두 개 이상이 접지되어 있을 때 전기자는 회전하지 않을 것이지만 전동기에 따라서는 반회전 또는 아주 서서히 회전한다.

권선의 단락여부를 확인하기 위해서는 전기자를 Growler 위에 올려놓고 쇠톱날을 전기자 권선부위에 대어 톱날의 떨림으로 확인할 수 있다.

그러나 Growler로 시험하기전에 단락을 일으킬 수 있는 것들을 제거하기 위해 정류자 자편사이의 Mica를 깨끗이 청소할 필요가 있다.

전기자권선이 단락되면 열이 나고 연기가 나기도 하며, 권선이 전류에 의해 용융 되기도 한다. 심하면 전기자권선의 용융시 철심까지 용융시켜 손상되기도 한다.

전동기에서 연기가 발생하는 것은 권선이 단락되거나 소손되었음을 의미한다.

연기는 심하게 나기도 하지만 눈에 띄지않는 경우도 있다.

권선이 소손되고 있는 것은(경미한 경우)냄새로도 알 수 있는데, 이 상태가 지속되면 인접한 권선도 해를 입게된다. 반면 즉시에 발견하기만 하면 권선만은 구할 수가 있을 것이다. 연기가 나면 즉시 전류를 차단하고 전기자를 만져보아 과열된 부분이 있다면 그곳이 손상된 권선일 가능성이 크다. 단락된 권선을 찾으려면 Growler에 전기자를 올려놓고 쇠톱날로 시험해보라.

## 7. Bearing 불량(마모, 팍끼임 등)

Bearing이 심하게 마모되어 전기자와 계자가 서로 맞닿게 되면 전기자가 회전하지 않을 것이며, 회전한다해도 이상소음발생, 연기발생 또는 저속회전이 될 것이다.

Bearing 마모 여부를 검사하려면 축을 위·아래, 좌·우로 움직여 보라. Bearing에서 발생하는 소음으로, 또는 회전자철심상의 마모된 부분을 통해 Bearing 마모 또는 불량 여부를 알 수 있을 것이다. 유일한 수리방법은 새 Bearing으로 교체하는 것 뿐이다.

Bearing의 결함을 쉽게 식별할 수 없으면 Grease 상태, 누유 가능성, 적정량의 윤활제(Grease Oil등) 공급 여부, Sleeve Bearing에서는 Oil Ring이나 윤활유 공급장치 이상유무, Bracket의 Bearing Housing의 치수, 축의 Bearing 자리치수, 축전류에 의한 Bearing손상 등 여러 각도에서의 검사와 확인이 필요하다. 전기자가 회전하지 않는 이유중에는 Bearing이 축에 눌러 붙은것도 있는바, 자세한 검사가 필요하다. 운전중 소음발생 여부, 진동발생 변화, 윤활제의 공급이나 누유 등의 확인은 수시로 실시해야 한다.

## 8. Brush Holder의 접지

전동기의 Frame이 접지되어 있을 때 Brush Holder중 하나가 접지되면 Fuse가 소손된다

특히, 230V전압에서 전동기가 작동되고 있다면 더욱 그러하다.

Brush Holder 접지는 Lamp Test Set로 할 수 있다.

Test 하기전에 Brush Holder에 연결된 모든선을 분리하고, Brush와 정류자가 접촉되지 않도록 Brush를 들어 올려놓아야 한다.

Lamp Test Set의 Lead선 하나는 Bracket에 대고, 하나는 순차적으로 Brush Holder에 접촉하여 Lamp가 점등되면 점등되는 Brush Holder가 접지된 것이다. (Lamp Test Set 대신 Multi Tester로도 시험이 가능하다.) 수리하려면 Brush Holder를 떼어내고 Fiber Washer나 절연지 등으로 접지된곳을 재 절연처리 해야한다.

## 9. 과부하(Over Load)

정격부하를 초과하여 과부하로 운전시는 회전속도나 부하전류에 변화가 생기며, 권선에서의 발열이 많게되어 전동기가 과열되고, 심한 과부하일때는 전동기가 회전하기 않게 될 것이다. 전동기가 과열되면 과부하 징조라고 볼 수있다.

전동기의 과열여부를 조사하려면 명판상의 정격전류와 부하운전시의 부하전류를 비교하여 정격전류보다 부하 전류가 많이 흐르면 과부하운전이라고 본다.

만약 과부하운전이 되면 부하를 적게하거나 용량이 큰 전동기로 교체해야 한다.

과부하란 실제로 부하가 많이 걸리는것만을 뜻하지는 않는다.

전동기를 천천히 돌게하는 여러 가지의 상태도 과부하 형태이다.

Bearing 또는 Bearing부위의 조임으로 속도저하가 되면 이것도 과부하의 한 형태이며, 하중이 정상보다 약간만 많아도 과부하가 될 수 있다.

실 사용부하 이외의 요인에 의해 과부하현상이 나타날 수도 있으므로 유의해야 한다.

## 10. 전동기 운전반(Motor Drive)의 결함

Motor Drive나 Controller의 동작이 좋지못하면 Fuse 소손의 원인이 된다.

이러한 것은 Motor Drive 자체의 결함 또는 Motor와 Motor Drive 사이의 결선착오에서 생긴다. Drive에 결함이 있더라도 전기가 회전에는 영향을 주지 않겠지만, 기동저항을 충분히 낮추지 못함으로 인해 정격속도 이하가 될 것이다.

Fuse가 소손됐거나 Motor가 저속으로 회전한다면 기동기가 기계적으로나 전기적으로 올바른 상태에 있는지 확인하고 권선도면을 Check하라.

## 11. 보극권선의 단선

보극권선이 단선되면 Motor Lead에 전원을 인가해도 시동이 걸리지 않을 것이다.

자여자식발전기에서 보극권선이 단선되면 전압이 발생되지 못하고 타여자식발전기에서는 비록 Brush Stud에 전압이 있다 하더라도 보극권선이 단선으로 인해 Motor Lead에 0(Zero)전압이 발생할 것이다.

권선 Terminal에 연결이 제대로 되어있지 않는 경우에도 똑같은 효과를 찾아볼 수 있다.

## 12. 염분이나 습기에 의한 저절연저항

염분이나 습기로 인해 낮은 절연저항이 발생한다. 소금기있는 환경이나 부식성 유해 Gas가 있는 환경에서는 특히 빈번히 발생하는데, 이는 공기중의 도전성 습기 또는 분진 및 부식에 의한 것이다.

저절연저항은 결국 단선, 단락 및 접지 등을 유발시키므로 염분이나 습기방지 및 부식성 유해가스의 차단이 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다.

이것은 장비를 사용하지않는 기간뿐 아니라, 기계를 사용하는 동안에도 적용된다.

기계부품들의 온도가 주위온도보다 낮을때는 습기로 인한 결로현상이나 응축수가 기기표면에 발생하게 되며, 주위 습도가 이러한 현상이 일어날 온도편차를 결정하게 된다.

습도가 낮을때는 습기나 염분에 의한 결수(또는 결로)현상 발생에 더 큰 편차가 요구되는 반면, 100% 습도에서는 아주 작은 온도편차에서도 결수현상이 일어날 수 있다.

그러므로 전기기기나 그 부품들의 온도는 주위공기온도보다 항상 높게 유지되어야 한다.

약간의 부하라도 걸고 전기기기를 운전하는 한 이것은 자연스럽게 이루어진다.

전기기기는 운전을 하지않을 때마다 열을 가해야 하는데, 이 목적을 위해 전기기기 내부에 Heater를 설치하여 운영한다.

Heater는 기기의 운전이 중지되면 곧 가동시켜야 한다. 이렇게 함으로서 전기기기에 흡습이나 결수 등을 방지할 수 있으며, 일반적으로 주위온도보다 기기온도가 약 10°C 이상 차이가 있으면 된다.

## 13. 전기자권선의 단선

전기자권선이 단선되면 정류자에 심한 Spark가 발생하고, 전동기가 정격속도대로 회전하지 못하게 된다.

그리고 단선된 권선과 연결된 정류자편에 심하게 탄 자국을 발견할 수 있을 것이다.

중권전동기에서 단선된 권선이 한곳인 경우에는 소손된 것이 한곳이 되고, 4극 파권 전동기에서는 소손점이 두곳이 나타난다.

전기자권선의 단선은 정류자 자편간의 Lead선이 느슨하거나 용접불량일 때 발생한다.

## 14. 중성점에서 벗어난 위치에 Brush가 고정됨

Brush는 항상 전기적인 중성축상에 고정되어야 한다.

Brush를 고정하는 조임나사가 느슨해지면 Brush는 고정위치에서 전기자 회전방향으로 움직이게 된다. 이렇게 되면 심한 Spark가 일어나고, 전동기속도는 저하된다.

반대로 Brush가 중성점 뒤로(전기자 회전방향의 역방향) 움직이면 전동기는 여전히 Spark가 일어나지만, 속도는 빨라질 것이다.

Brush의 위치가 이동하는 것은 정류자 자편과 Lead선이 바뀐 것과 같은 현상이다.

수리하려면 전부하로 전동기를 운전해도 Spark가 일어나지 않는 지점으로 Brush를 옮기면 된다. 만약 보극이 없는 전동기라면 전동기 회전방향에 따라 결정된 Brush 위치가 약간 다를 수 있다.

보극을 가진 전동기가 시계방향으로 회전하면 Brush 고정위치로부터 정류자편 몇 개 정도 또는 약간만 반시계 방향으로 이동하여 Brush를 고정하여야 한다.

몇몇 전동기에서는 Brush Set사이의 등간격 불량으로 정확한 중성범을 찾기가 어려운 경우도 있다.

이러한 상태 여부를 알아보는 간단한 방법은, 정류자 돌레와 Brush 사이에 종이를 끼워놓고 종이위에 Brush 위치를 표시하고, 종이의 Over Lap Point도 표시하라.

종이를 빼내어 표시한 Brush위치들 사이의 거리(간격)를 측정해 보면 알 수 있을 것이다.

표시한 점들 사이의 간격은 모든 Brush들 평균간격의  $\pm 0.8\text{mm}$  이내가 되어야 한다.

## 15. 인가 전압(전원 접압)의 부적당

전동기는 일정한 전압에서 운전되도록 설계되어 있다.

인가전압이 정격전압보다 낮으면 전동기는 그만큼 저속으로 회전하게 되고, 부하가 걸리면 틀림없이 움직이려하지 않을 것이며, Fuse는 용단되어 버릴 것이다.

전동기 운전은 반드시 명판에 기재되어있는 정격전압에 상당하는 전압을 인가해야 한다.

반대로 인가전압이 명판의 정격전압보다 크면 전동기는 고속으로 회전하며 가열될 것이다.

## 16. 주극 공극이 너무 적음

주극공극이 필요한 것보다 적을 경우는 전동기의 회전속도가 저하되고, 발전기는 전압이 높아진다.

Frame과 주극철심 사이의 Steel Shim Plate를 제거해서 주극공극을 크게하면 속도가 증가하고 발전기에서는 전압이 낮아진다.

주극철심의 모든 Steel Shim Plate를 제거하고 난 후, 자성을 띄지않는 Shim을 첨가(삽입)하면 이러한 변화가 더 일어난다.

주극공극이 적으면 기계가 불안정해지고, 주극공극을 늘려주면 기계의 안정성이 좋아진다.

## 17. 안정화(Stabilizing)또는 혼합분권(Compound Shunt)의 필요성

전동기의 전부하 속도나 발전기의 전부하 전압에 기존 권선들이 미치는 영향을 바꾸기 위해서 안정화나 복권권선에서는 분권권선저항이 요구된다.

안정화나 권회수(Turn수)가 지나치게 많은 복권권선 때문에, 전동기에서는 낮은 전부하 속도나 발전기에서는 높은 전부하전압이 야기될 수 있는데(무부하하는 속도나 전압이 옳을 때), 이러한 경우 Trial(별도로 첨가하여 조정되고 시험해 보는것)에 의해 결정된 크기와 길이의 분권권선저항을 첨가하면 전부하 속도를 증가시키고, 전부하 전압을 감소시킬 수도 있다. 과열되지않고 전류를 흘려 보낼수 있는 크기의 분권권선을 선택해야 한다.

## 18. 주 계자권선의 부적당

권선크기나 권회수(Turn수)가 틀리는 등 계자권선이 잘못되면 전동기가 지나치게 고속 또는 저속으로 작동되기 쉽다.

발전기는 계자권선이 잘못되면 전압이 너무 높거나 낮을 수 있다. 이러한 경우에 계자전류가 많거나 적게 된다. 전류가 높다는 것은 주 계자권선의 Turn수가 적거나, 계자권선이 전부 또는 부분적으로 하나 혹은 여러 개소에서 단락된 곳이 있다는 것을 뜻한다.

그러므로 Turn수가 너무 많거나 적으면 전동기 기본속도에 영향을 미쳐 가감저항기의 최대전류와 저항이 고속에서의 정립된 계자 Data에 부응하지 못하게 한다.

계자권선의 Turn수가 너무 많으면 높은 계자전류가 발생해서 계자권선을 지나치게 가열시킨다.

## 19. 느슨한 결선(또는 연결)

전동기 계자권선의 연결이 느슨하거나 잘못되면 무구속 상태가 되어 불안정한 작동이 일어난다.

발전기에서 연결이 잘못되면 전압이 서서히 상승(Build-Up) 되지못하고 불안정의 원인이 된다.

전기자회로의 연결(결선)이 잘못되면 저속 저전압 또는 불안정한 작동의 원인이 된다.

## 20. 분권계자회로의 단선

분권전동기를 무부하 운전중 계자회로가 단선되면 전기자가 권선이 탈주할 정도의 위험속도로 회전하게 된다.

(이러한 상태를 무구속 상태라 한다.)

이것을 설명하려면 발전기 원리부터 설명해야 한다.

기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 기계를 발전기라고 하는데, 발전기는 자계(磁界)내에서 회전하는 수많은 권선들로 구성되어 있는데, 전기자가 회전하는 동안, 권선이 자력선을 잘라 전압을 발생시킨다. 이러한 현상은 발전기에서뿐만 아니라, 전동기에서도 일어난다. 전기를 발생시키려면 자계내에서 회전하는 권선이 있어야 하며, 이런 요소(권선, 회전, 자계)가 전동기에도 존재하므로 전동기도 전기를 발생시킨다.

전동기에서 전기는 인가전압과 반대방향에서 생기므로 역기전력 혹은 역전압 이라고 한다.

자계의 세기를 증가시키면 역기전력도 증가한다는 것을 시험으로 알 수 있다.

권선이 자력선을 빨리 끊으면 끊을수록 더 많은 전압이 발생될 것이다.

예를 들면 100V의 역기전력이 필요할 때 자계가 약하다면 전기자를 빨리 회전시키고, 자계가 강하면 전기자를 저속으로 회전시키면 된다.

전동기에서 발생하는 전압은 인가전압과 극성이 반대이지만, 세기는 거의 같다.

그러므로 전동기에 120V를 가하면 극성이 반대인 역기전력은 110V가 발생하고, 전기자로 전류를 흐르게 하는 전압은 10V만 된다.(전동기를 회전시키기에는 이것으로 충분하다.)

첫째, 역기전력은 인가전압보다 항상 조금 적다.

둘째, 역기전력은 계자의 세기, 자력선의 수 및 회전속도에 달려있다.

계자회로가 단선되면 계자권선에 전류가 흐르지 못하므로 자력선의 수가 실제로는 0(Zer●)에 가깝게 된다.

그러나, 실제로는 잔류자기 때문에 극소수의 자력선이 남아있게 된다.

결과적으로 미약한 자계내에서 회전하는 전기자는 역기전력을 거의 발생시키지 못한다.

대략, 인가전압과 거의 같은 역기전력을 발생해야 하므로 이때 전기자는 필요한 만큼의 전압을 발생시키기 위해 속도를 증가시킬 것이다.

계자회로가 단선될 때 자동적으로 이런 작동(현상)이 일어난다.

## 21. 무부하로 직권전동기를 운전

직권전동기는 무부하로 운전하게 되면 전기자의 회전속도가 위험할 정도로 높아진다.

직권전동기는 전기자를 통해 흐르는 전류의 양과 계자를 통해 흐르는 전류의 양이 동일하며 무부하일 때 보다 부하를 걸었을 때 더많은 전류를 소모하므로 계자의 세기도 무부하일 때 낮고, 부하가 크면 높아질 것이다.

미약한 자계에서 필요한 역기전력을 발생시키려면 전기자가 상당히 빨리 회전해야 한다.



## 22. 복권전동기에서의 오결선

화동복권전동기를 차동복권전동기로 오결선하게 되면 부하를 걸었을 때 고속으로 회전하게된다.

차동복권전동기로 결선하게 되면 계자가 서로 대립하는 양극성을 갖기 때문에 합성자계의 세기는 약해질 것이다. 전항(20항)에서 언급한 바와 같이 계자가 약해지면 속도가 증가한다.

복권전동기로 운전했을때와 직권전동기로 운전했을때와의 회전방향을 비교함으로써 차동결선 여부를 알아 볼 수 있다.

만일 전동기 회전방향이 두 결선에서 모두 같다면 그것은 화동복권결선이고, 그렇지 않다면 차동복권결선이다.

차동복권전동기를 화동복권전동기로 바꾸려면 직권계자의 극성을 반대로 해야한다.

## 23. 부하 증가시의 전동기 결함

부하가 증가함에 따라 전동기 속도가 증가하는데는 몇 가지 이유가 있다.

- (1) 부하 속도조절기가 불안정하다. Brush의 위치가 중성점을 벗어나 있는지 확인하고, 권선에 단락된 곳이 있는지 직권계자를 점검 및 확인하라.
- (2) 분권이나 직권 계자권선의 결선이 바뀌었는지 확인하라. 권선에 저전압을 인가한 후, 나침반으로 극성을 확인해 보라.
- (3) Commutation Pole이 너무 강하거나 공극이 너무 적을 수 있다. 권선이나 공극에 일어날 수 있는 변화들을 설계도면 또는 결선도를 보고 확인하라.

## 24. 주극의 공극이 너무 큼

주극의 공극이 필요이상으로 크면 전동기의 회전속도가 증가하고 발전기는 발생전압이 낮아진다.

공극을 줄일 필요가 있을 때는 Frame과 주극철심 사이의 Shim Plate로 조정하라.

공극을 조정시는 전기자와 주극사이에 안전한 기계적 이격거리 한계 이하로 내려가지 않도록 주의해야 한다.

## 25. 주극의 극성이 바뀜

극성이 바르지 않게 결선된 주극권선은 Spark 발생의 원인이 된다.

이렇게 되면 속도도 기대했던 것과 다를 수 있고, 회전방향도 바뀔 수 있다.

권선의 결선이 권선도면과 같은지 확인해야 한다. Frame 돌레의 극성변화가 권선도면 극성과 같은지 권선에 저전압을 인가후 나침반으로 확인하라.(이때 감전사고에 유의해야 한다.)

## 26. 전기자권선의 연결불량

전기자권선이 정류자에 잘못 연결되면 정류자 사고의 원인이 된다.

전기자돌레에 권선의 진행이 의도된 것과 반대일때도 같은 형태의 문제가 발생될 수 있다. 전기자권선의 연결불량은 전동기에서는 회전방향이 바뀌고, 발전기에서는 극성을 바꿔게 한다.

이런 상태 하에서는 보극극성이 틀릴 수 있기 때문에 정류불량이 일어나며, Spark도 발생된다.

## 27. Brush Studs에 연결(결선)바뀜

양성(+) Brush Studs와 음성(-) Brush Studs의 두 Lead선이 바뀌면 심각한 정류사고가 일어날 것이다. 이것으로 인해 보극권선에 흐르는 전류의 방향은 바뀌지 않은 채 전기자권선에 흐르는 전류방향을 바꿀 수도 있으며, 또한 보극권선의 결선만 바뀔 수도 있다.

이렇게 결선이 바뀌면 정류가 불량함은 물론이고 전동기는 회전방향이 바뀌고, 발전기는 극성이 바뀔 수 있다. 권선도면을 보고 Brush Studs에 Lead가 올바르게 연결(결선)되었는지 알아봐야 한다.

## 28. Lead Marking 부적절

전동기 Lead선에 Marking이 잘못되었는데 운전초기에 발견되지 않고, 지나쳐 버리면 다음과 같은 문제를 유발 시킨다.

- (1) 회전방향과 극의 바뀜

(2) 정류 불량

(3) 기대치와 다른 회전속도 발생(발전기는 기대치 이외의 전압 발생)등, 만약 의심스러우면 권선 도면상의 Marking과 Lead의 Marking을 대조해서 확인해 보라.

## 29. 기계의 불균형

전기자의 무게 불평형 때문에 진동이 심하게 일어날 수 있다.

진동은 Brush와 정류자의 접촉을 방해하기 때문에 Brush에서 Spark발생으로까지 이어질 수도 있다.

전기자의 무게 Unbalance는 느슨한 Pulley, Belt, Chain, 환축, 불안정한 Foundation, 느슨한 전동기 Mount, 평탄치 않은(고르지 않은) 전동기 Feet 등의 문제와 Misalignment 때문에 일어난다.

전기자의 Balancing 작업을 재 실시하거나 회전체에 취부되는 각종 부품(Belt, Pulley, Coupling 등) 의 조립 상태를 확인하고 Alignment 상태를 확인한다.

## 30. 계자의 극 또는 전기자의 철심의 느슨한 적층으로 인한 자기소음

단단하게 적층되지 않은 극이나 전기자철심 때문에 전동기나 발전기에서 자기소음이 발생할 수 있다. 이 소리는 작은 소리에서 큰소리로 바뀌어 속도가 변함에 따라 Pitch가 변하며, 부하의 변화에 따라 강도도 변하고 전력을 끊으면 사라져 버릴 것이다.

소리를 줄이려면 주극이나 보극의 공극을 가능한 한 크게 하라.

그러나 근본적으로 해결을 원한다면 권선을 제거후 철심을 재적층하여 철심단 부분에서 단단히 고정시켜야 한다.

## 31. 냉각공기 통과시 사이렌 효과

기기의 통풍통로로 공기가 통과하면 사이렌(Siren)이나 휘파람 같은 소리가 발생할 수 있다.

전원이 끊길 때나 정지할 때 무슨 일이 일어나는지 주의하면 바람소리를 해결할 수 있는 방안을 찾을 수도 있을 것이다. 그러나, 제작상 어쩔 수 없는 경우도 있으니 착오 없기 바란다.

싸이렌소리나 휘파람 같은 소리가 냉각공기에 의한 것이라면 전원을 차단한 후에도 계속 될 것이며 회전속도가 감소하게 될 때 그 소리도 서서히 줄어들 것이다.

전원의 차단 즉시 소리가 들리지 않는다면 이것은 전기적 소음으로 해결하기는 극히 어렵다.

## 32. 구조적 소음

심한진동이나 기계설치상의 이유로 인해 구조적 소음이 발생할 수 있다.

Motor Mount가 느슨해지고 덜컹거리거나, Foundation이 움푹패여 공명판 역할을 할 수도 있으며 Pulley나 Belt 또는 Coupling이 전동기와 부딪힘으로 인해 발생할 수도 있다.

## 33. 보극에서 과열

과열의 한 원인은 보극이 약하거나 고르지 않기 때문이다.

이 사고를 찾아낼 수 있는 한가지 방법은 D.C Source에서 보극을 각각 자극 시켜보는 것이다. 동력계나 그 외의 다른 방법으로 부분적인 하중을 걸고 전류를 흘려 보낸 뒤 Spark가 일어나는 것을 주의 깊게 관찰하라.

방향(극성)이 적절하다면 Spark가 줄어들 것이며 Spark가 증가한다면 보극이 잘못 연결된 것으로, Lead를 보극쪽으로 바꿔라.

전동기에 정격전류까지 부하를 걸고 Black Commutation(No Spark)이 나타날때까지 보극권선의 전류를 증가시켜 보라.

만약 보극에 흐르는 전류가 전기자 전부하전류보다 크면 보극이 약한것이므로 보극권선의 권회수를 더해주거나 재 권선 해야한다. (가끔은 Shim을 더해주는 것이 효과적일 때도 있다.) 이 방법은 대형전동기에는 해당되지 않음을 주의하기 바란다.

## 34. 계자권선 사고로 인한 열

계자권선의 손상이나 잘못 연결된 계자권선 때문에 정류불량, 속도 부적절 또는 과열이 발생되기도 한다.

계자권선 사고의 일반적인 원인은, 다음과 같은 이유에 의한 과열 때문에 발생한다.

- (1) 알맞은 통풍을 방해하는 장시간의 저속가동(운전)

- (2) 너무 높은 여자전압
- (3) 과부하 운전
- (4) 높은 주위온도

## 35. 전동기가 소손됨

전기자나 계자의 권선이 소손되면 재권선 하기전에 권선 Data를 확인해 보고 그 원인을 찾는것이 가장 중요하다. 소손되기전의 환경적인 세부사항이나 소손사고를 일으킬만한 각종 요인들뿐만 아니라 기계가 얼마나 오랫동안 운전되었는가 하는 것도 굉장히 중요하다.

만약 전동기가 Bearing 사고나 권선의 접지, 정류불량 또는 다른 명백한 이유들과 같은 알려진 원인들로 인해 사고가 발생했다면 권선 Data는 그렇게 중요하지 않다.

만약 완전히 단락되면 전압이 증가하지 않고 전기자에서도 소손되는 연기가 발생할 것이다. 모든 다른 결함이 제거 되고 나면 전기자나 계자권선의 단락관련시험을 해 보라.

## 36. 발전기에서 전압이 발생하지 않음

직류발전기에서 전압이 발생되지 않는 원인으로 크게 다음과 같이 볼 수 있다.

### (1) 잔류자기의 손실

계자극이 잔류자기를 잃게되면 전기자가 자력선을 자르는 것이 불가능하게 되고 전류가 발생하지 않는다.

이 상태를 보수하기 위해서는 몇초 동안 직류 Source를 단락된 계자에 연결한다.

### (2) 계자회로의 저항과다

발전기의 Build-Up 과정은 계자세기의 계속적인 증가에 달려 있으므로

- 1) 계자회로에서 높은저항 때문에 계자권선에 충분한 전류가 흐르지 못하거나
- 2) 계자회로가 단선되거나
- 3) 연결(결선)상태가 느슨하거나
- 4) Brush의 접촉이 불량하거나
- 5) Brush Pigtail이 부러졌거나

하는 경우에는 전압의 발생이 불가하게 될 것이다.

### (3) 잘못된 계자회로의 연결

발전기에서 잔류자기는 N극에서 S극까지 자력선을 생성한다.

계자권선에서 전류방향이 틀리면 잔류자력선과 반대로 자력선이 생성될 것이고 이로 인해 자력선의 취소현상 (Cancellation of Flux) 때문에 발전기에 전압이 발생되지 않는 결과를 초래한다. 이것을 수리하려면 분권

계자권선 연결을 바꾸거나 발전기의 회전방향을 바꾸면 된다.

(4) 잘못된 회전

회전방향이 틀리면 분권계자권선에서 전류가 잘못된 방향으로 흐르기 때문에 계자의 극성이 바뀐것과 같다. 이 상태를 바로 잡으려면 회전방향을 바꾸거나 분권계자권선의 연결을 바꾸거나 분권계자권선을 교체해야 한다.

(5) 전기자나 계자권선의 단락

전기자나 계자권선이 단락되면 아주 낮은 전압만이 발생된다.

## 37. 부하 인가시 발전기의 전압강하 문제가 발생

(1) 차동 결선

(2) 전기자권선의 단락

(3) 과부하

## 38. 발전기의 전압이 최대치까지 발생하지 않음

(1) Brush의 위치불량-보극 중앙 바로 아래에 중성점이 있는지 Brush 위치를 확인해 보라.

(2) 전기자나 계자권선의 단락

(3) 계자회로의 저항이 설계값보다 높음

(4) 회전속도가 너무 낮음

(5) 전기자가 Magnetic Center를 벗어남

위에 열거한 직류발전기에 관련된 문제점들은 직류전동기에서도 흔히 발견된다.

예를 들면 발전기 Brush에서의 Spark 발생은 전동기에서의 Spark발생과 같은 원인에서 기인한다.

## 39. 정류자의 진원 불량

정류자 표면이 진원이 아닌 편심이 지나치면 Brush에서 Spark가 일어난다. 전기자를 손으로 돌리거나 저속회전시 Brush가 Brush Holder내에서 상·하로 움직이면(육안으로 판단될 정도로 움직이면)정류자 결함을 뜻한다.

정류자면을 따라 여러곳에서 진원도를 정확히 측정해 볼 필요가 있다.

정류자 표면의 편심도가 0.076mm를 넘어서는 안되며, 한 정류자 자판에서 인접한 정류자 자판까지 0.00254mm의 변동(Variation)도 정류불량을 유발하기에 충분하다.

이 결함을 고치려면 기기가 사용 가능할때는 Frame에서 전기자를 제거하지 않고 연마하는 것이 좋고 그렇지 않으면 정류자를 선반에서 가공해야 한다.

전기자를 Frame에서 취외하지않고 정류자 표면을 가공시는 작업시 진원이 되도록 각별한 노력이 필요하다.

## 40. 정류자에서의 Low Bar 현상

정류자에서 발생할 수 있는 여러 가지 결함에 의해 발생한 심한 Spark 때문에 정류자에 Low Bar현상(정류자 자편이 인접한 자편의 높이보다 낮은 현상)이 생길수 있으며 Low Bar가 정류자의 Spark를 악화시켜 다른 Bar(정류자편)에 까지 Spark를 진행되게 할 것이다. Spark로 인해 소손된 Low Bar는변색이 될 것이다. Brush가 얼마나 많은 정류자 자편(일명 : Bar)과 닿아있는가에 따라 Low Bar는 저속에서 Brush를 통해 알 수 있으며(Brush의 움직임 및 소리로) 정류자 자편의 낮은 정도를 측정하기 위해서는 지시기를 사용한다. High Bar나 Low Bar를 검사 또는 시험하는 한가지 방법은 약간의 저속회전시 절연 막대(건조된 나무 막대, 볼펜 등)를 손에 가볍게 쥐후 그 한끝을 정류자 표면에 올려놓으면 Low Bar와 High Bar부분을 막대가 지날 때 마다 막대가 약간씩 튼는 느낌을 손에서 느끼게 될 것이다. 이때는 절연 처리된 부분의 소손이 없도록 유의해야 하며다름 부품들은 건드리지 않도록 주의해야 한다.

## 41. 정류자에서의 High Bar 현상

High Bar는 바로 앞 Bar에서 정류가 완료되기 전에 Brush를 들어올리기 때문에 Brush에 Spark를 일으키며 딸깍거리는 소리나 Brush의 훼손을 가끔 일으킨다.

High Bar는 Brush Holder에서 Brush를 위로 움직이게 하므로 찾아내기 쉽다.

정류자 표면의 연마나 가공으로 High Bar는 제거할 수 있지만, 정류자를 꼭 조여야 하고 High Bar 원인도 파악 하여야 한다. 설치후 곧 권선사고가 일어났다면, 특히 재권선한 것의 경우는 아주 주의깊게 권선 Data를 확인해야 한다.

## 42. 정류자에서의 High Mica(High or Feather- Edge Mica) 현상

정류자 자편들 사이의 High Mica는 Spark를 일으켜 구리(銅)을 태우고(소손 시키고) Low Bar 현상을 일으킨다.

또한 Brush 접촉면에 구리조각이나 Mica가 끼이면 정류자가 빨리 마모되고, 정류불량이 된다. High Mica가 있는곳을 찾아내려면 아주 가까이서 육안검사를 해야 한다.

High Mica가 발견되면 그 부분을 흠파기(Under Cutting)하거나 깎아 다듬기(Trimming)를 해서 High Mica를 제거해야 한다.

## 44. Pole Pitch에서의 Bar Marking

정류자 표면에 Pole Pitch 간격으로 정류자편에 생긴 Marking은 Spark와 그 결과로써 Flashover를 수반하는 Rough한 정류자를 만든다.

이러한 현상(정류자편에 Pole Pitch 간격으로 Spark에 의한 손상흔적)은

- (1) 대개 정류자편이나 권선이 전기적으로 소손될 경우
- (2) 전기자나 계자권선이 단선된 경우
- (3) 과도한 부하상태
- (4) Coupling의 Misalignment 등에 유발될 수 있다.

Two Pole Pitch에서는 초기단계에서의 손상 현상이라고 보면 된다.

## 45. Slot Pitch에서의 Bar Marking

정류자 표면에 Slot Pitch 간격으로 정류자편에 생긴 Marking은, 정류자 둘레에 일정한 간격으로 Rough한 정류자편을 생성한 때문이다.

전기자의 Slot 각각에는 몇개의 권선들이 끼워져 있기 때문에 모든 권선이 똑같이 Energy가 상쇄되지는 않는다.

Energy Unbalance는 Slot의 마지막 권선에 반영되어 정류를 행하고, Brush에서 Spark를 일으킬 것이다.

이 Spark로 인해 Slot Ratio(Slot비)마다 정류자편에 일정간격으로 탄자국(손상흔적)을 남기게 된다.

이런 형태의 Bar Marking 은

- (1) Brush 간격 부적절
- (2) Brush 중성점이 불량
- (3) 보극의 세기가 바르지 못함
- (4) 전기자 권선회로의 접촉불량(정류자의 Riser와 권선의 용접부 접촉불량 등)
- (5) 전기자권선의 부분적이 미세단락 또는 단선
- (6) 보상권선의 단락

등에 의해 일어날 수 있으며 전기자권선에 대한 정밀검사가 필요하다.



## 46. Flashover

Flash는 대부분 기계의 계자세기나 전류 또는 전압의 갑작스런 변화 때문에 생긴다.

그 원인으로는

- (1) Control 계통의 사고
- (2) Brush Lead가 끊어져 반대극에 접촉함으로써 생기는 단락회로
- (3) Brush가 부러져 정류자면에서 정류자편을 단락시킬 때
- (4) Brush 가루나 작은조각들이 정류자 표면에 쌓여 극이 다른 Brush간에 단락회로를 만들 때
- (5) 정류자의 평평한곳(Flat Spot)에서의 정류자편의 소손
- (6) Spark 발생 원인들의 갑작스런 빠른 변화

등에 의해 Flashing이 생긴다.

주어진 Grade의 Brush를 사용하고 권선에 문제가 없다면 Flashing은 거의 발생하지 않는다.

(※ 별도 Flash-Over 자료 참조 요망)

## 47. 정류자 Flats(정류자의 평평함)

정류자의 자편이 타서 검게된 부분을 Flat라하며, 하나 혹은 2개 이상의 정류자편으로 이루어진 여러개의 Flat가 있을 수 있다. 갑자기 무거운 하중(부하)를 실으면 Flat가 발생하는데 그렇게 되면 Brush가 Spark를 일으켜 몇몇의 정류자편을 손상시키게 된다.

Flat된 부분은 사용할수록 확장되고 Flat Spot도 커진다. 때로는 정류자 표면을 가공함으로써 이 결함을 고칠 수도 있지만

만약, 시동이 부적절해서 시동중에 너무 많은 전류가 유입됨으로 인해 지나친 순간하중 때문이라면 재발할 수 있다. 이러한 경우는 정류자 표면을 Under Cutting(홈파기)이나 Trimming(깎아 다듬기) 한 후 시동장비를 교정하고 Dashpoint(갑작스러운 하중 인가원인)을 수리하며 저항을 재배치하고 Trimming Means(깎아 다듬기의 방법이나 수단들)를 조절해야 하며 시동시 전류한계치를 주면서 운전해야 한다.

## 48. 정류자 변색

운전중 과열 때문에 정류자가 변색되기도 한다.

Brush 부분이 과부하가 되거나 Brush 위치를 새 중성점에 맞추지 않은 채 회전방향을 바꾸면 과열이 생길 수 있다.

2개의 인접한 정류자편만이 변색되었을 때는 표면 아래의 Mica에 Arc가 있음을 뜻한다.  
전동기를 발전기로 또는 발전기를 전동기로 사용시에 인가전류가 정격전류를 넘지 않더라도 정류자나 권선이 과열될 수 있다.

## 49. Carbon 가루와 먼지가 Ring(또는 Bar)를 태운다

기계(전동기)를 얼마동안 사용하지 않게 되면 흠파기 한 Mica부분에 Carbon 가루나 먼지 등이 축적되어 쌓이기 쉽다.

이런 상태에서 작동시는 변색이 정류자에 확산될 것이고, 이것은 Carbon가루나 먼지에 의한 Arc로 발전되어 나타난다. 적절히 처리하지 않으면 정류자 자편사이의 절연물이 손상을 입게되며 Arc는 더 심해질 수 있다. 만약 Carbon 가루나 먼지가 심하여 쌓여있으면 정류자편이 과열되고, Coil에서 전류 순환이 잘 되지 않아 지나치게 열이 발생해서 그 부분이 변색될 것이다.

그리고 Coil의 절연 Varnish 부분이 과열되고 Ti 용접부분이 약해져 떨어져 버릴 것이다.

전동기의 또 다른 부분, Field Coil Washer에 Oil이나 먼지가 쌓여 절연파괴를 가져올 수 있다.

먼지나 기타 도전성가루 등의 침전물을 줄일 수 있는 가장 간단한 방법은 외부 공기를 기계 환기 System 에 주입하는 것이다.

Brush를 충분히 세척(청소)하는 것도 해결방법이 될 수 있다.

## 50. 전기자권선 단선으로 인한 정류자 소손 Marks

정류자 둘레에 Brun Marks가 있다면 전기자권선이 단선되거나 정류자에 높은 저항이 연결되어 있음을 의미하며 이러한 상태에서도 Spark가 일어난다.

전동기의 전기자회로 하나가 단선되면 시동과 작동은 되겠지만, 부하를 걸면 손상된 전기자회로의 전류가 더 높게 된다. Brush가 회로의 끊어진 부분을 매우면 단선회로가 닫히게 된다. 또한 부하를 걸면 속도가 급속히 떨어질 것이고 나머지 권선들은 더 높은 열을 받게 될 것이다.

Brush가 정류자편과 Segment에서 떨어지면 회로가 끊어져 Arc가 일어나고, 이 Arc가 계속되면 정류자편이 새까맣게 타게 된다.

이 상태로 더 작동시키면 Trailing Edge에서 정류자 자편과 Segment가 타 버릴 것이다.

결선이 파권인지 중권인지에 따라 하나의 단선된 회로가 기계에 미치는 영향은 달라진다.

왜냐하면, 단중파권일 경우는 단지 두 개의 병렬회로만 가지는 반면에 단중중권은 Pole수 만큼의 병렬회로를 갖기 때문이다.

대개, 정류자편이 Spark로 인해 열을 받게되면 정류자의 Riser와 권선의 용접한 부분의 땀납이 녹아 떨어지게 된다.

대부분의 사람들은 이 권선을 제자리에 납땀하는 것으로 해결될 수 있다고 믿고 있는데, 이것은 전기자권선의 회로가 Riser와의 땀납이 녹아 떨어져 단선되어 Spark의 근본 원인이 되었을 때는 도움이 될 수도 있다.

만약, 앞(Proceeding : 진행)의 정류자편만 땀납이 떨어졌다면 문제는 다른 곳에 있는 것이니 수리하기 전에 그 원인을 찾아내야만 한다.

## 51. 전기자권선의 접지로 인한 정류자 Burn Marks

전기자권선이 접지 된 기계의 철심과 접촉하면 정류자가 단선된 것과 유사하게 타버릴 것이다.

Frame이 적절히 접지되어 있지 않을때의 접지된 Burn Marks는 정류자에 명확히 나타나지 않으며, 이때는 기계(전동기)를 운전하는 사람에게 위험을 초래할 것이다.

## 52. 권선단락으로 인한 정류자편의 소손

권선단락은 2개 혹은 그 이상의 겹개 탄 정류자편이 일정간격으로 나타나게 될것이다.(2극기에서는 정류자의 1/2 간격으로, 4극기에서는 정류자의 1/4 간격으로, 6극기에서는 정류자의 1/6 간격으로) 전기자권선 단락은 전동기에서 전기자를 분리하지 않고도 쉽게 Test 할 수 있다. 전부하 전압(정격 전압)의 1/2을 분권계자에만(직류를) 인가하라.

Brush가 단락된 정류자편에 다가감에 따라 움직임에 대한 저항이 발견될 것이다.

전기자가 단락된 정류자편을 지나 회전하게 하려면 더 많은 노력이 필요하다.

만약 Force(동력원, 힘)가 극복된다면 갑자기 전기자가 느슨해짐을 감지할 수 있고, 회전하던 방향으로 빨리 회전하게 될 것이다. 전기자가 저항점에 다가감에 따라 느슨해진다면 Under Tension의 고무밴드처럼 뒤로 회전하는 경향이 있다.

만약 Lamp가 직류회로의 일부라면 전기자가 회전함에 따라 Lamp가 단선회로에서 보다 상당히 더 깜빡거릴 것이다.

권선이 단락되면 재권선은 필수적이나 먼지, Oil, 찌꺼기, 금속먼지 및 정류자편 사이나 Mica Ring 아래에 Carbon화된 Mica도 원인이 될 수 있으므로 자세한 조사가 필요하다.

정류자편이 변색되었는지 아니면 정류자 자편사이에 금속물(도체)이 끼여 접촉되었는지도 확인해 보라. 직류발전기에서는 사용하지 않는 교류를 분권계자에 인가해 보라. 가끔씩 정류자편이 열을 받는 경우가 있는데 이는 Mica가 더러워졌다는 뜻이다.

정류자의 자판간에 있는 절연 Mica를 청소하면(먼지나 각종 오물을 제거하면) 일시적으로 재사용 할 수도 있을 것이다.

## 53. 정류자 Film

가장 적당한 정류자 표면의 Film은 색이 고르고 밝은 갈색과 짙은 갈색 사이의 색이다.

가장 중요한 점은 색이 일률적이고 광택이 많지 않아야 한다.

정류자 표면의 색깔이 짙은 회색이나 검정색이면 전동기 주위의 대기조건이 좋지 않음을 뜻한다.

즉, 정류자 표면의 Brush Path (Brush의 접촉면 길)가 아닌 표면에서 짙은 회색이나 검정색 Film현상이 있으면 전동기 주위의 대기조건이 나쁘다는 뜻이다.

대기중에 냄새로도 찾아낼 수 없는 정도의 미약한 오염물질도 정류자 표면에 해를 끼칠수 있다. 예를 들면 대기 중에 0.00003%의 유황이 있어도 정류자 표면에 심하게 보기 흉한 Film을 형성한다.

이러한 경우에는 전동기에 외부에서 깨끗한 공기를 공급하여 냉각이 되게 해야한다.

전동기 내부에 실리콘 절연물을 사용하면 대개는 지나치게 검은 Filming의 주원인이 된다.

## 54. Streaking & Threading (줄무늬의 얼룩 및 실 모양의 흔적)

정류자의 표면에 줄무늬가 생기는 것은 또 다른 나쁜 상태로서, 심각한 정류자의 손상이 오기 전에 고쳐야 한다.

Streaking & Threading은 정류자의 표면 위에서 Film Paths 의 손상으로 인해 발생한다.

Film이 파손되면 그 파손된 부분으로 전류가 관통하게 되는데, 이것이 상태를 악화시켜 결국에는 정류자판의 동(銅)에 줄무늬를 형성하기 시작한다.

여기에는 많은 원인들이 있는데, 그중 하나는 대기조건 때문에 정류자표면에 Very Heavy Film(과도한 두께의 Film)이 축적되었기 때문이다.

Heavy Film은 정류자와 정류자판사이에 전류가 흐르기에 적당한 도체가 되지 못하여 Film이 파손되는 것은 당연하다.

이 파손은 단지 한 지점에서 일어나며 정류자 둘레에 줄무늬로 서서히 전개된다.

정류자면에 구리입자가 꽃혀 실 모양의 흔적(threading)이나 줄무늬 얼룩(Steaking)을 생성할 수도 있다.

이러한 입자들은 Film을 자르고 Copper-to-Contact Drop이 비교적 낮기 때문에 정류자 표면의 이 부분에 원래보다 더 많은 양의 전류가 흘러 상태를 악화시킬 수 있다.

Brush에 할당된 부하 이상이 걸리게되는 Selective Action은 Threading이나 Streaking의 주원인이 되는데, 특히 Streaking은 Selective Action에 기인한다.

Selective Action으로 인한 Threading과 Streaking을 막기 위해서는 Terminal 결선, Spring 압력, 분권과 Brush연결, Brush Holder 내에서의 Brush의 자유로운 움직임, 대칭되는 Brush 재질과 간격 등을 Check 하는 것이 필요하다.

Brush 장치에서 Brush의 병렬 Path나 다른 path에서 전기적 저항을 만들어 어떠한 불평형도 전동기 운전중에 Selective Action을 일으킬 수 있다.

한 전동기에서 등급이나 재질이 다른 Brush를 자주 섞어 쓰면 이때도 Selective Action이 발생된다.

Threading은 Brush가 너무 딱딱하기 때문에 일어난다고 흔히 잘못 알고 있는데, 사실은 그것 때문이 아니라 Brush 재질중 재 알갱이(Ash Content) 때문이다.

이것은 때때로 너무 딱딱하여 Brush Grade에서 재(Ash)의 Type이나 양이 조절되지 않으며 정류자에 실 모양의 흔적을 만들거나(Threading) 홈의 생성(Grooving)을 일으킬 수 있다.

## 55. Brush의 떨림

Brush의 떨림은 가장 심각한 문제들 중의 하나로서 즉시 수리해야 한다.

정류자와 Brush사이의 잦은마찰로 인해 Brush떨림이 생기며, 잦은 Brush 운동과 덜컹거림은 정류자와 Brush에 해롭다.

Brush와 정류자 사이의 잦은 마찰의 일반적인 원인을 경부하로 운전(Light Load Running)하는 것이다.

Brush의 전류 밀도가 대략  $3.9A/cm^2$  이하에서 오랫동안 운전되는 전동기(또는 발전기)에서는 Brush가 정류자 표면을 지나치게 광택나게 함으로써 Brush떨림을 일으킨다

정류자가 오랫동안 과열상태로 운전되거나 정류자 표면이 손상되고 High Mica가 있을때도 잦은 마찰이 일어난다.

Brush의 떨림은

- (1) Brush가 부러짐 또는 깎임.
- (2) Brush분권의 닳음이나 끊어짐.
- (3) Brush Holder Finger의 마모
- (4) Brush의 Finger Bearing에서의 홈
- (5) 정류불량
- (6) Brush가 정류자 Bar를 끊임없이 두드리면 동(銅) 조각이 정류자편사이에서 단락 등의 많은 문제를 일으킨다.

Brush 떨림을 없앨 수 있는 일반적인 2가지 방법중 하나는, 몇 개의 Brush를 들어올림으로서 나머지 Brush의 전류밀도를  $8.5A/cm^2$  정도로 올려 주는 것이다.(Brush를 잠시동안 과부하로 운전하는 것이 오랫동안 경부하로

운전하는 것보다 낫다.)

또 다른 하나는 잦은마찰 Film 형성을 막기 위해 In Combination or Alone으로 Cleaning Action의 양이 적은 Brush Grade를 사용하는 것이다.

## 56. Brush가 Holder에 Tight(빡빡함)

Brush가 Holder에 꼭끼이거나 빡빡하게 되면 정류자에서 Irregularities(불규칙적으로 자유롭게 움직임)을 따를 수 없고, Spark, Flashover, Brush 파손이나 깎임 등을 초래 할수 있다.

Brush는 Brush Angle 방향으로 자유롭게 움직일 수 있어야 한다.

## 57. Brush의 Spring 장력 부적절

Brush는 전기적 및 기계적으로 마모가 되며, 그 기능들은 서로 관계가 있다.

Brush의 수명을 최적으로 유지하기 위해서는 Brush의 재질과 단면적 및 용도에 따라 권장된 Spring 압력을 사용해야 한다.

낮은 Brush 압력은 Brush와 정류자 사이의 접촉 불안정으로 인해 권선이나 정류자의 소손과 Spark가 일어나고 그로 인해 Brush가 빨리 마모 될 것이며 이 경우를 전기적 마모로 구분 될 수 있다.

높은 Brush압력은 Brush와 정류자의 마찰 증가로 인해 기계적 마모를 유발하므로 Brush의 수명을 단축시킨다. 일반적으로 Brush 부하가 약 8.5A/cm<sup>2</sup>일 때 Brush 수명이 최대가 된다.

Brush Spring 장력이 너무 크면 Brush와 정류자에서 열이 발생하고, 떨림과 Spark가 일어난다.

Brush에 인가되는 전류를 고르게 하려면 모든 Brush 압력이 같아야 한다.

Brush Holder Finger 아래에 Spring 저울을 걸어 Brush가 들어올려질 때까지 Brush길이 방향으로 당겨서 Spring 장력을 확인해 볼 필요가 있다.

새 기계에서는 Brush 면적 cm<sup>2</sup>당 1.4kg~1.8kg의 압력이 대개 적당하다.

그러나 어떤 기기들은 특별한 배려가 필요하므로 기기 제작사의 권장압력을 사용하기 바란다.

## 58. Brush 위치 부적당

정류자 표면위에 Brush 위치가 적절치 못하면 Brush 떨림이나 소음뿐 아니라, Spark도 일어난다.

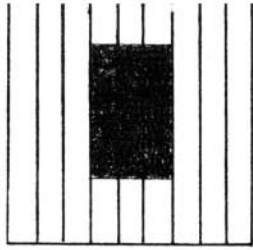
Brush의 정류자면과의 접촉부분(Brush Face)을 조사해 보면 Brush 위치가 적절하지 알 수 있다.  
 Brush를 정위치에 오게 하려면 Brush Face를 주의 깊게 Sanding이나 Stoning할 필요가 있다.  
 Brush Face를 Stone이나 Sand Paper로 가공 직후는 표면이 거칠어 아주 고운 Sand Paper나 약간 거친천으로 마무리 작업을 해야 한다.  
 그러나, 실사용시는 Brush Face의 거름이 기기를 24시간 동안 운전하는데 영향을 줄 것이며, 사용도중 점차적으로 Brush Face는 부드러워 진다.  
 이 변화는 저전류 고전압 기계보다 고전류 저전압 기계의 출력에 더 많은 영향을 끼칠 것이나 전동기는 발전기보다 영향을 적게 받는다.

## 59. Studs 사이의 Brush 공간 부적당

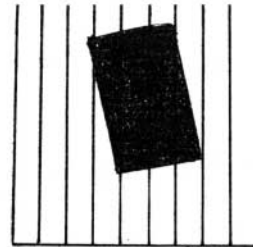
Brush Set 사이의 공간이 균등하지 못하면 때때로 정류불량이 일어난다.  
 Brush Spacing은 하나의 Stud상의 Brush Toe(Brush 접촉면의 앞부분)에서 다음 Stud상의 Brush Toe까지의 거리를 말한다.  
 정류자 둘레에 좁다란 종이를 Brush 아래에 깔고 종이 위에 Brush위치를 표시함으로써 Spacing을 측정할 수 있는데, Brush간 간격이 일정해야 한다.  
 Spacing이 적절치 않으면 중심점을 정확히 잡을 수 없으므로 Spacing은 그만큼 중요하며 0.8mm까지의 Missspacing은 허용된다.  
 무거운 부하를 걸 수 있도록 설계된 전동기는 동일한 Spacing이 확보되어야만 운전이 지장이 없다.

## 60. 정류자 자편에서의 Brush Edge Skewed

Brush가 정류자 자편위의 제자리에 놓이지 않으면 Spark의 원인이 된다.  
 Brush 장착부(Rigging Parts)의 기계가공 작업이나 조립이 부적절하면 Skewing(Brush가 정류자편과 비틀린 상태로 되는 것)이 일어날 수 있다.  
 일반적으로 Skewing이 정류자편간의 Mica 절연물 두께만큼 허용된다.



〈정류자에 Brush가 정상적인 위치〉



〈정류자에 Brush가 Skewing에 의해 잘못된 위치〉

## 61. Brush Holder나 Stud가 느슨함

Brush Holder가 Holder 지지대에서 조임이 느슨하여 자유롭게 움직이면

- (1) Brush Spacing이 균질하지 않고
- (2) Brush 고정이 바르지 않으며
- (3) Brush와 정류자가 일정하게 접촉하지 못하게 된다.

이 모든 것이 Spark 발생의 원인이 되며 속도와 전압 불균일을 일으킬 수 있다.

## 62. 정류자와 Brush Holder간의 공간 부적당

Brush Holder가 정류자에 너무 가깝거나 너무 떨어져 있으면

- (1) Brush Spacing이 불균등해지고
- (2) Brush와 정류자가 이루는 각이 틀리게 되며
- (3) 정류불량의 원인 되고
- (4) 너무 멀리 떨어져 설치되면 Brush 떨림이나 파손을 야기시킨다.

## 63. Brush Pigtail이 느슨하거나 부러졌거나 고정되지 않음

Brush와 Holder가 Pigtail을 통해 전기적으로 긴밀하게 접촉되어 있지 않으면 여러개의 Brush들에 전류가 균등하게 흐르지 못해 Brush가 과열되고, 또한 이 때문에 속도와 전압이 변하게 된다.

가까이에서 Brush를 조사해 보면 Pigtail이 느슨한지의 여부를 알 수 있다.

전류가 Copper Braid로 분산되어 흐르지 않으면 전류가 Spring으로 흐르기 때문에 Brush Spring의 사고가 일어날 수 있다.



## 64. Brush Grade의 부적당

정류성능에 대한 Brush 재질의 영향은 극히 크다.

대체로 접촉저항이 높은 Brush가 정류성능이 좋다고 하겠으나 접촉저항과 고유저항이 높다고 우수한 것은 아니며, 습동특성이 좋은 것도 요구된다.

적절한 Brush Grade를 사용하지 않으면 다음과 같은 문제들이 발생할 수 있다.

- (1) Spark 발생
- (2) Brush 과열
- (3) Brush의 떨림
- (4) 정류자의 과열
- (5) 정류자의 마모
- (6) 저압 발전기나 전동기에서 전압과 습도가 급격히 저하됨

한 기기에서는 모두 동일한 Grade나 크기의 Brush를 사용해야 한다.

Brush가 너무 딱딱하면 여러 가지 형태의 정류자 마모가 발생된다.

## 65. Brush가 중성점을 벗어나 고정됨

Brush가 중성점에 맞지 않으면 Spark가 일어나며 Brush 중성점이 어느면에 있느냐에 따라 보극의 세기가 결정된다.

마찬가지로 Brush Contact Prop을 읽어보면 보극의 강·약을 알 수 있다.

가끔은 Brush를 중성점에서 들어올리는 방법을 권한다.

다른 방법을 쓰기가 어렵거나 더 나은 Performance Curves(성능곡선)를 바란다면 이 방법을 사용할 수 있다.

Brush를 회전방향 반대로 움직이면 전동기가 Undercompound되고, Compensation(보상)이 증가하며, 회전 방향으로 움직이면 기계가 Overcompound되고, Compensation이 감소한다.

한 방향으로만 회전하는 전동기에서 Compensation이 부족하여 부가적으로 필요한 Compensation양이 많지 않을 경우는 Brush를 회전 반대방향으로 약간 움직이면 적절한 정류가 이루어진다.

만약, 전동기가 Reversing Type(정·역 회전형)이라면 전술한 방법의 Brush 이동시는 정류불량이 생길 것이므로 이렇게 할 수 없다.

가끔 전동기의 Speed Curve는 내부에 Hump(등근 언덕, 위기)를 가지고 있는데 정류자가 해를 입지 않는 한 Brush를 중심점에서 약간 옮김으로써 이것을 수정할 수 있다.

The limits of good commutation determines how far the brushes may be moved.

만약, Brush를 움직여도 정류상태가 양호하지 않으면 Commutation Pole 공극을 변화시켜야 한다. Brush가 중성점을 벗어나면 기계 불안정 요인이 될 수 있다.

회전의 한 방향에서는 속도나 전압은 높을 것이고 다른 방향에서는 낮을 것이다.

중성점을 잡기 위해서는 여러 가지 방법을 사용할 수 있는데, 부하가 걸린 전동기에서는 Kick방법을 사용한다.

분권계자를 가진 직류전동기에서 중성점을 가장 빠르고 편리하게 잡는 방법은 동일한 Line 인가전압에서 각각의 방향에서 전동기의 속도를 측정하는 것이다.

전압이 같을 때 두 방향 모두에서 속도가 같다면 Brush 중성점 위치는 옳은 것이다.

## 66. 공극 불균형

기계에서 공극이 지나치게 다양하면 주극과 보극 모두에서 Spark 발생원인이 제공된다.

정류자 사고를 일으키는 이러한 원인들은 설계상 정류가 불량한 기계에서는 특히 간과해서는 안 된다.

주극 뒤의 공극은 속도를 중·감시키거나, 전압을 높히거나 낮추는 역할을 하는데 공극이 불균일하면 속도 및 전압 조정에 문제가 발생되며, 기계에 전기적 소음(자기소음)을 유발할 수도 있다.

(지정된 값보다 10% 이상 벗어나면 안된다.)

- (1) Pole의 조립불량
- (2) Bearing 마모
- (3) Bearing Housing의 마모
- (4) 축의 Journal자리 마모 등이 있다.

## 67. 보극(Inter Pole)이 강함

보극이 지나치게 강하면 Spark가 일어나기도 하지만, 약간 강한 보극은 정류에 도움이 되기도 한다.

Brush의 Entering Side(Brush가 정류자와 접촉되어 회전시 Brush Face 접촉면의 앞부분)에서 Spark가 발생시는 보극이 강함을 뜻한다.

또한, 보극이 강하면 부하가 증가함에 따라 Spark도 증가한다.

낮은 전압계로 Brush면을 따라 Contact Drop(접촉강하)을 측정해 보면 보극이 강하다는 것을 알 수 있을 것이며 보극의 공극이 커지면 보극세기는 적어질 것이다.

## 68. 보극이 약함

보극이 약하면 Brush 접촉면 후단(Heel Side)에서 Spark가 발생하는 원인이 된다.

Brush Face에서 Spark가 증가하면 보극이 약하다고 볼 수 있다.

보극의 세기를 정확히 측정하려면 Brush Contact Drop을 확인해야 한다.

보극의 세기를 조정하려면 보극의 공극을 줄이면 된다.

## 69. 보극의 크기가 틀림

가끔 보극이나 보극 Shoe 크기가 서로 다른 것을 조립해 놓으면 Spark가 발생할 수 있으며 보극권선저항이 다소 높거나 낮으면 Pole Size가 틀린 것을 사용했을 가능성이 있다.

Pole Size 크기의 적정여부는 측정을 하거나 설계도면과 비교하는 것만으로도 찾아낼 수 있다.

## 70. 보극권선의 부적절

보극권선 Turn수(권회수)가 맞지 않으면 Spark 발생의 원인이 될 수 있다.

Brush Contact Drop을 읽으면(확인하면) 권선 Turn수에 따라 보극이 강한지 아니면 약한지 알 수 있다.

보극권선저항이 기대치와 다르면 보극권선이 맞지 않는다는 것을 의미한다.

권선의 문제 유·무를 확인하는 유일한 방법은 보극을 제거하여 Turn수를 세어보는 것이다. 보극권선은 일반적으로 Turn수가 적기 때문에 권선저항측정으로 확인이 거의 불가능하다.

## 71. 보극 극성이 바뀜

보극권선 연결이 잘못되면 보극과 주극 극성의 적절한 관계를 방해하게 되어 정류불량을 일으키고 심한 Spark가 발생된다.

이런 사고가 발생시는 설계된 권선도면과 대조해서 권선의 결선을 확인해야 한다.

또한 이럴 경우에는 전동기 속도나 발전기 전압이 기대된 것과 다르게 된다.

## 72. 전기자권선(Armature Coil) 부적당

전기자권선이 잘못되면 Spark가 일어날 뿐 아니라 전동기 속도와 발전기 전압도 틀리게 된다. 속도와 전압이 높거나 낮을 수 있으며 전기자권선 Turn수에 따라 Point Reading이 보극세기가 강한지 약한지를 나타내 줄 것이다.

대개 전기자권선의 저항을 측정하고 기대되는 값과 비교해보면 전기자권선이 옳은지 알 수 있다. 전기자권선의 저항은 대부분 저저항이므로 저저항측정기로 정류자편에서 측정해 보면 알 수 있다.

## 73. 보극권선 단락

보극권선이 Terminal에서 단락되거나 단락된 Turn이 있을 경우에도 Spark가 일어난다.

보극권선이 Turn간에 단락됐을때는 Brush Contact Drop를 읽어보면 보극이 약하다고 나타날 것이다. 보극권선저항을 비교해 보면 단락된 보극권선을 찾을수 있는데, 권선저항이 다른 보극의 권선저항보다 낮다는 것은 권선이 단락 되었을 가능성을 의미한다.

두 권선이 각각 Frame에 접지 되어 있다면 권선들이 단락 되는데 이런 형태의 단락회로도 각 권선의 저항을 측정해 보는 것으로 알 수 있다.

## 74. 주극권선의 단락 또는 부적당

주극권선이 단락되면 전동기 속도가 지나치게 빨라지고 발전기 전압은 낮아질 뿐 아니라, 정류상태도 나빠진다. 개개의 주극권선의 저항을 측정해보면 이 사고를 알아 낼 수 있다.

간헐적인 단락은 속도와 전압을 변하게 하거나 계자전류를 불안정하게 한다.

주극권선의 Turn수가 부적당해도 Spark의 원인이 되고, 명판 속도보다 빠르거나 느리게 회전하게 된다. 각 Pole의 권선저항을 측정해 보면 알 수 있다.

## 75. 심한 진동

진동이 심하게 생기면 Brush와 정류자의 접촉을 방해하고 Brush에서 Spark가 일어난다.

기계(전동기 등) 회전체의 기계적 불평형은

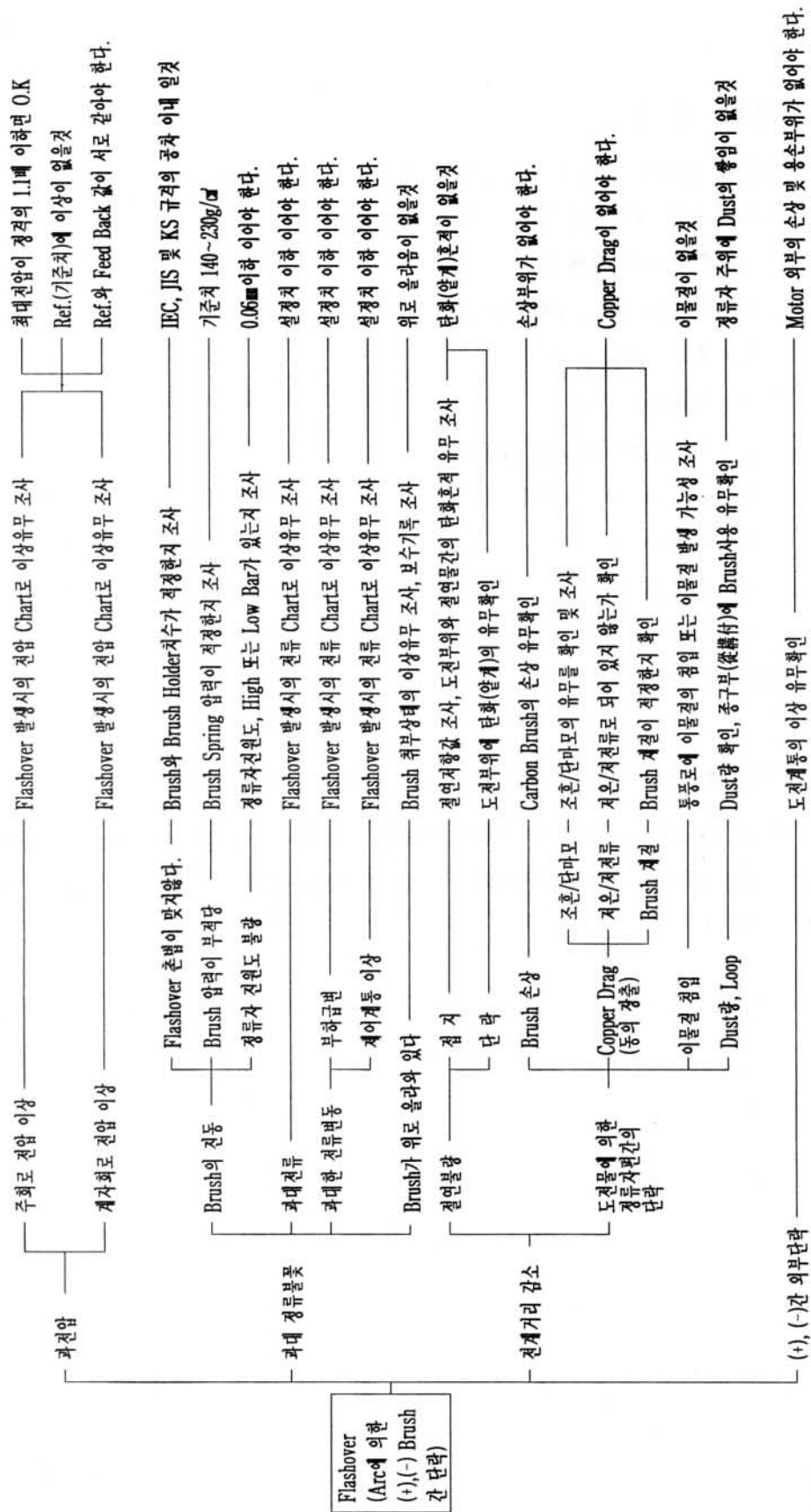
- (1) Pulley의 불평형
- (2) 회전자(철심등)자체의 불평형
- (3) 축의 휨이나 마모
- (4) Bearing 마모
- (5) Bearing Housing 마모
- (6) Coupling의 불평형
- (7) Bearing 불량
- (9) 부하기계와의 정렬불량

등 많은 원인이 있다.

## 76. Frame 틀레에 Pole Spacing 불균등

주극이나 보극의 공간(각 극간의 거리를 말한다)이 균등하지 않으면 Spark가 일어나기 쉽고, 이것은 Pole Center 사이의 거리를 측정하거나 Pole 측면간의 거리를 측정해 보면 알 수 있다.

# Flashover 발생 요인



## 5. 징후별 원인과 처리방법

### 5.1. Brush의 회전후면에 불꽃이 발생

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 자계가 너무 약함	공극의 감소, 보극의 자계를 강화시킴
2	보극의 공극이 너무 큼	보극의 유효자속을 증대, 공극을 감소함
3	공극이 고르지 않음(Bearing이 마모 되었음?)	Bearing의 교체, Housing 점검, 기계 재 배열
4	과부하 운전	부하를 감소시키거나 제한 시킴
5	외적요인에 의한 진동(원래이동운동체, 주조, 함마부근 등)	진동의 원인을 제거시키거나 방진기초위에 설치
6	내적요인에 의한 진동(불평형 상태, 기계배열 불량 등)	전기자 Balancing, Bearing 및 Housing 점검
7	전기자 권선(혹은 균압선)연결불량 및 미세한 층간단락	접속부위를 고정, 결함의 제거, 권선교체
8	돌출한 정류자편간의 절연물	정류자 편간의 흠파기
9	정류자나 Slip Ring이 타원형	표면을 정격속도로 선삭하거나 재 연마
10	정류자의 Riser 접촉불량 또는 안됨	Riser 접촉부위 재 용접
11	정류자편이 돌았거나 낮음	정류자 V Ring을 조이고 재 연마
12	정류자 조립상태가 느슨함	정류자 V Ring을 조이고 필요시 편간절연물 추가 및 재 연마
13	정류자나 Slip Ring의 부분 굴곡, 타원형	발생원인을 제거시키고 재 연마
14	Brush Spring 압력이 너무 낮음	Brush 재질에 맞는 Spring 압력으로 재 조
15	Brush Spring 압력이 불균일	Brush 재질에 맞는 Spring 압력에 균일토록 재 조정
16	Brush 재질이 그 기계와 용도에 맞지않음	교체 가능한 Brush 재질선정 또는 전문가에 추천의뢰
17	Brush 접촉면 곡면의 과대	Brush 유효두께의 감소, 제작사와 재 협의
18	Brush 접촉면 곡면의 과소	적당한 주변 교열 배정방법 적용, 제작사와 재 협의
19	Brush Lead선이 너무 짧거나 뺏뺏함	Brush Lesd선 길이가 알맞고 유연성이 있는 것 사용
20	Brush 습동면 압힘이 불안정	추천된 방법에 의한 Brush의 압힘
21	수직 Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 재조정, 정류자로부터 간격 조정
22	반동형 Brush Holder가 작은 추수형으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향을 바꿈
23	Brush가 Holder에 딱끼거나 상·하 운동이 어려움	Brush치수조사 및 Brush Holder 청소
24	부적당한 Brush 위치	Brush Holder가 바른위치에 놓이도록 조정
25	Brush Holder간격이나 배열이 불균일함	Brush Holder의 간격과 배열을 조정
26	장기 경부하 혹은 안정된 부하	Brush 재질의 교체, 제작사와 협의

## 5.2. Brush의 회전 전면에 불꽃이 발생

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 자계가 너무 강함	공극을 증대, 또는 보극의 자계를 약화시킴
2	보극의 공극이 너무 작음	보극의 유효자속을 감소, 또는 공극을 증대시킴
3	공극이 고르지 않음(Bearing이 마모 되었음?)	Bearing의 교체, Housing 조사, 기계 재 배열
4	정류자 Riser의 접촉 불량 또는 안됨	접촉부위 재 용접
5	정류자나 Slip Ring의 부분굴곡이나 타원형	발생원인을 제거시키고 재 연마
6	Brush 접촉면 곡면 과대	Brush의 유효두께 감소, 제작사와 협의
7	Brush 접촉면 곡면 과소	적당한 주변 교열 배열방법 적용, 제작사와 협의
8	Brush 흡동면 앓힘이 불안전함	추천한 방법에 의한 Brush 앓힘
9	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향을 바꿈
10	Brush가 Holder에 딱끼거나 상·하 운동이 어려움	Brush 치수조사, Brush Holder 청소
11	부적당한 Brush 위치	Brush Holder가 정위치에 놓이도록 조정
12	Brush Holder 간격이나 배열이 불균일함	Brush Holder의 간격과 배열을 재 조정

## 5.3. 파란점의 불꽃 발생

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 세기가 너무 강함	공극을 증대, 보극의 자계를 약화시킴
2	보극의 세기가 너무 약함	공극을 감소, 보극의 자계를 강화시킴
3	보극의 공극이 너무 큼	보극의 유효자속을 감소, 공극을 증대시킴
4	보극의 공극이 너무 작음	보극의 유효자속을 증가, 공극을 감소시킴
5	돌출한 정류자편간의 절연물	정류자편간의 흠파기
6	정류자의 Riser 접촉불량 또는 안됨	접촉부위 재 용접
7	정류자편이 돌았거나 낮음	정류자 V Ring을 조이고 재 연마
8	정류자 조립상태가 느슨함	정류자 V Ring을 조이고 필요시 정류자편간 절연물 삽입, 재 연마
9	정류자나 Slip Ring의 부분굴곡이나 타원형	발생원인을 제거시키고 연마
10	Brush 접촉면 곡면의 과대	Brush 유효두께의 감소, 제작사와 협의
11	Brush 접촉면 곡면의 과소	적당한 주변 교열 배열방법 적용, 제작사와 협의
12	수직Brush Holder 가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 재 조정, 정류자와의 거리 조정
13	반동형 Brush Holder 가 추수형으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향을 바꿈
14	부적당한 Brush 위치	Holder가 정위치에 오도록 재 조정
15	Brush Holder 간격이나 배열이 불균일함	Holder의 간격과 배열을 재 조정

※불꽃 발생원인은 70여가지가 있으나 이장에서는 15개항 만 기록함(별도자료 참조요망)



#### 5.4. 심한 불꽃이 발생하여 정류자 주변에 길게 뻗음

NO	원인	처리방법
1	전기자권선(또는 계자권선) 연결불량 또는 미세한 층간단락 현상	접속부의 재 고정, 결함제거, 권선교체
2	돌출한 정류자편간의 절연물	정류자 가공(흠파기, 모따기 등)
3	정류자의 Riser 접속 불량	접속 부위 재 용접
4	정류자 상태가 느슨함	정류자 V Ring을 조임, 필요시 정류자편간 절연물 보충작업
5	Brush 재질 불량	정격 Brush로 교체 또는 제작사의 추천 재질 사용
6	Brush Holder 간격이나 배열이 불균일	Holder의 간격과 배열조정
7	장기 경부하 운전	Brush 재질의 교체 또는 제작사와 협의
8	정류자편간에 Brush가루 과다 또는 도전물질 과다 분포	정류자 표면가공, 세척

※Flash Over에 대한 것은 별도자료 참조요망

#### 5.5 정류자나 Slip Ring이 너무 뜨거움

NO	원인	처리 방법
1	과부하 운전	부하를 감소시키거나 제한시킴
2	Spring 압력이 너무 높거나 낮음	Brush에 맞는 압력으로 조정 또는 Spring 교체
3	Brush 재질이 용도에 맞지 않음	사용적용 Brush 재질로 변경, 전문가의 추천에 따른다.
4	Brush 습동면 압력이 불안전함	제작사 추천 방법에 의한 Brush 압력
5	Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Brush Holder를 재조정, 정류자로 부터 거리 조정
6	반동형 Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Brush Holder를 돌려 취부하거나 회전방향을 바꾼다.
7	Brush가 Holder내에서 상·하 운동이 어려움	Brush 치수조사, Holder 청소 또는 가공

#### 5.6. Brush Holder가 너무 뜨거움

NO	원인	처리 방법
1	과부하 운전	부하를 감소시키거나 제한시킴
2	Brush와 Brush 취부봉 사이의 저항이 불균일	접속부위를 깨끗이 하고 재 조임
3	전기자권선(또는 균압선)의 연결불량	접속부위를 재 고정, 제작사와 협의
4	Spring 압력이 너무 높거나 낮음	Brush에 맞는 압력으로 조정 또는 Spring 교체
5	Spring 압력의 불균일	Spring 압력이 균일하게 조정
6	Brush 재질이 용도에 맞지 않음	적격 Brush로 교체 및 전문가의 추천에 따름
7	수직 Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 재조정, 정류자와 이격거리 조정
8	Brush가 Holder 속에서 너무 움직이거나 Holder가 닳음	정확한 치수의 Brush로 교체 및 Holder 제작 교체
9	설치장소에 Gas나 산의 증기 있음	터미널과 터미널 부착부위 청소 및 재 조임

## 5.7. Lead선이 소손되거나 변색

NO	원 인	처리 방법
1	과부하 운전	부하를 감소하거나 제한 운전
2	Brush와 Brush 취부봉 사이의 저항 불균일	접속부위 청소 및 재 조임
3	Spring 압력이 낮음	Brush에 맞는 압력 조정
4	Spring 압력 불균일	Brush에 맞는 압력으로 조정 또는 Spring 교체
5	Brush Lead선 접속불량	Lead선 재 조임
6	Brush가 Holder에 딱끼이거나 상·하운동 어려움	Brush 치수조사, Holder 청소
7	Lead 터미널 풀림	Lead터미널 재 조임
8	Brush Holder 간격이나 배열이 불균일함	Holder 간격과 배열을 조정
9	설치장소에 Gas나 산의 증기 있음	깨끗한 냉각공기 공급 설치

## 5.8. 빠른 Brush 마모(그러나 정류작용은 양호)

NO	원 인	처리 방법
1	외적 요인에 의한 진동	진동원인 제거 또는 방진 기초위에 설치
2	내적 요인에 의한 진동	전기자 Balancing, Bearing 부위점검, Alignment 확인 등
3	정류자나 Slip Ring 표면불량	정류자나 Slip Ring 표면 청소 또는 가공
4	정류자나 Slip Ring이 타원형	정류자나 Slip Ring 표면가공
5	Spring 압력이 너무 높음	Brush 압력에 맞는 Spring 사용 또는 재 조정
6	Brush 재질이 용도에 맞지 않음	적격 재질 선정 및 제작사(전문가)추천에 따름
7	설치장소의 습도 과소	주위 및 냉각공기를 정상습도 지닌 곳에서 공급
8	설치장소에 분진이 많음	여과장치 부착
9	주위에 Gas나 산의 증기가 있음	깨끗한 공기 공급설비 설치

## 5.9. 불균일한 Brush 마모

NO	원 인	처리 방법
1	공극이 고리지 않음	Bearing 및 Bearing Housing 등 조사
2	과부하 운전	부하의 감소 또는 제한시킴
3	높은 진동	진동원인 제거, 방진 Bed이용, Balancing 등
4	정류자나 Slip Ring의 표면에 기름이나 불결함	표면을 깨끗하게 청소 및 세척
5	Brush와 Brush 취부봉사이의 저항이 불균일	접속부위를 깨끗이 하고 새로 얹힘
6	Brush 습동면에 연삭성 분진	Brush 습동면을 깨끗이 하고 새로 얹힘
7	Spring 압력이 너무 낮음	Brush에 맞는 Spring 압력으로 재조정

NO	원 인	처리 방법
8	Spring 압력이 불균일	Spring 압력이 균일하게 조정(Spring 교체 등)
9	Brush Lead선 접속불량	Lead선 접속 재확인
10	Brush 습동면 압힘이 불안정함	Brush Holder 배열확인 및 Brush의 재 압힘
11	Brush가 짝끼거나 상·하운동이 어려움	Brush 치수조사, Holder 청소 등
12	Brush가 Holder속에서 너무 놓고 있거나 Holder가 마모됨	정확한 치수의 Brush 사용 또 Holder 교체
13	정류자나 Slip Ring으로부터 Holder가 너무 떨어져 있음	정류자와 Holder간의 간격을 조정
14	Brush Holder 간격이나 배열이 불균일함	Holder의간격 및 재조정

### 5.10. 정류자나 Slip Ring의 과도한 마모-밝은 표면

NO	원 인	처리 방법
1	과부하 운전	부하의 감소 또는 제한시킴
2	Brush 습동면에 연삭성 분진	Brush 습동면을 깨끗이 한 후 새로 압힘
3	Spring 압력이 너무 높음	Brush 재질 및 크기에 맞는 압력으로 조정
4	Brush 재질이 용도에 맞지 않음	Brush 재질의 교체(제작사의 추천에 따름)
5	전동기 주위에 분진이 많음	여과장치 설치 또는 원인 제거

### 5.11. 동(動)의 밀립(Copper Dragging)

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 자계가 너무 약함	공극을 감소시켜 보극의 자계를 강화시킴
2	보극의 공극이 너무 큼	보극의 공극을 감소시킴
3	외적요인에 의한 진동	진동원인 제거, 기계를 방진 기초 위에 설치
4	내적 요인에 의한 진동(즉, 불평형 상태, 기계 배열 잘못)	전기자는 Balancing 실시 및 Bearing과 그 주위 조사
5	Spring 압력이 너무 높거나 너무 낮음	Brush의 재질 및 크기에 맞는 압력으로 조정
6	Spring 압력이 너무 불균일	Spring 압력이 균일토록 조정
7	Brush 재질이 기계 용도와 맞지 않음	Brush교체, 제작사의 추천에 따름
8	Brush 접촉면 곡면의 과소	적당한 주변 교열 배열방법 적용, 제작사와 협의 요함
9	수직 Brush Holder가 작은 반동각을 가지도록 취부됨	Holder를 수직으로 조정하고 정류자로부터 거리를 조정
10	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향을 바꾸도록

### 5.12. 과도한 정류자면의 마모-표면흑화

NO	원 인	처리 방법
1	돌출할 운모(High Mica)	정류자의 흠파기 실시

NO	원 인	처리 방법
2	정류자가 타원형	정류자 표면가공(진원으로)
3	정류자에 Low 또는 High편이 있음	정류자의 "V"Ring을 조이고 표면가공
4	정류자 상태가 느슨함(정류자 자체의 느슨함)	정류자의 "V"Ring을 조이고, 필요시 Mica 추가 삽입 및 표면가공
5	정류자나 Slip Ring의 평평부위	발생원인을 제거시키고 정류자 표면가공
6	Spring 압력이 너무 낮음	Brush 재질 및 단면적에 맞는 Spring 압력으로 재조정
7	Brush 재질이 기계 용도와 맞지 않음	Brush 교체, 제작사의 추천에 따름
8	Brush가 Holder에 딱끼이거나 상·하 운동이 어려움	Brush 치수조사, Holder청소, Burr는 제거
9	부적당한 Brush 위치	Holder 위치조정

### 5.13. 정류자 표면에 톱니 모양의 가는 홈

NO	원 인	처리 방법
1	외적 요인에 의한 진동	진동 원인제거, 방진장치 설치
2	내적요인에 의한 진동(불평형, 오배열 등)	전기자의 평형을 잡고 Bearing마모 및 Bearing 주위점검
3	정류자 표면의 이물질 및 불결함	청소
4	Brush 습동면에 연삭성 분진	Brush 습동면 청소, 새로 얹힘
5	정류자의 타원형	정류자 표면가공
6	Spring 압력이 너무 높음	Brush의 재질 및 크기에 맞는 Spring으로 조정
7	Brush 재질이 용도에 맞지 않음	사용하는 전동기에 맞는 Brush 사용, 제작사 추천에 따름
8	Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 수직으로 조정하고 정류자로 부터의 거리 조정
9	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향을 바꿈
10	정류자와 Holder간거리가 멀	Holder와 정류자간 거래 재조정
11	주위공기의 습도가 과소 또는 과다	냉각공기 흡입구 교체
12	주위공기에 분진이 많음	냉각공기의 공급 교체
13	주위공기에 부식성 Gas가 함유	냉각공기의 공급 교체

### 5.14. Brush 습동면에 동(銅)이 달라붙음

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 세기가 너무 강함	공극을 증대시켜 보극의 자계를 약화시킴
2	보극의 세기가 너무 약함	공극을 감소시켜 보극의 자계를 강화시킴
3	보극의 공극이 너무 작음	보극의 유효자속을 증대시키기 위해 공극을 증대시킴
4	보극의 공극이 너무 큼	보극의 유효자속을 증대시키기 위해 공극을 감소시킴

NO	원 인	처리 방법
5	공극이 고르지 않음	각 극의 공극이 일치되도록 교정
6	Bearing 또는 Bearing Housing이 마모	Bearing 교체 또는 Housing의 기계가공
7	과부하 상태	부하의 감소 또는 제한
8	외적 요인에 의한 진동	진동원인 제거
9	내적 요인에 의한 진동	Bearing부위 확인 및 Bearing 작업
10	돌출한 운모	정류자의 흠파기 및 모따기 실시
11	정류자의 타원형	정류자 표면가공
12	정류자 조립상태가 느슨함	정류자 "V" Ring을 조이고 필요시 정류자 가공
13	정류자의 편평부위	편평부위 발생 원인 제거후 정류자 가공
14	Spring 압력이 너무 낮음	Spring 압력 재조정
15	Spring 압력이 불균일	Spring 압력이 균일토록 조정
16	Brush 접촉면의 과대 또는 과소	Brush 유효 두께 조정, 또는 교체, 제작사와 협의
17	Brush가 Holder내에서 상·하 운동 어려움	Brush 치수조사, holder 청소 또는 가공
18	부적당한 Brush 위치	Holder가 올바른 위치에 오게 조정
19	Brush Holder 간격이나 배열 불균일	Holder의 간격 및 배열 조절

### 5.15. Brush 진동

NO	원 인	처리 방법
1	외적인 진동 요인	진동원인 제거 또는 방진 기초 위에 설치
2	돌출한 운모	정류자의 흠파기 실시
3	둔았거나 낮은 정류자편	정류자 표면가공
4	정류자 조임이 느슨함	재 조임
5	정류자가 타원형	정류자 표면가공
6	Spring 압력이 너무 낮음	Brush에 맞는 Spring으로 교체 또는 재조정
7	Spring 압력이 불균일	Spring 압력이 균일토록 조정 또는 교체
8	Brush Holder가 잘못 취부된	Holder를 돌려 취부, 회전방향 변경, 정류자와의 간격 조정등
9	Brush가 Holder속에서 너무 움직임	Holder 교체, Brush 치수 조사후 교체
10	Brush Holder와 정류자가 너무 벌어져 있음	Holder와 정류자간 간격 조정

### 5.16. 정류자 표면에 줄무늬

NO	원인	처리 방법
1	정류자 표면의 불결함	표면 청소
2	정류자가 타원형	정류자 표면가공(진원이 되게)

NO	원 인	처리 방법
3	정류자 상태가 느슨함	정류자 "V"Ring의 재 조임
4	Spring 압력이 너무 낮음	Brush에 맞는 Spring 압력으로 조정
5	Spring 압력의 불균일	Brush에 맞는 Spring 압력에 균일토록 조정
6	Brush 습동면 압힘이 불완전함	Brush 습동면 가공 및 재 압힘
7	Brush가 Holder에 딱끼거나 상·하 운동이 어려움	Brush 치수조사, Holder 청소 또는 가공

### 5.17. 정류자에 불규칙적인 소손 흔적

NO	원 인	처리 방법
1	정류자 표면의 불결함	표면청소
2	전자자권선 또는 균압선 연결불량	접속부위를 고정시키고 결함을 제거
3	돌출한 운모(High Mica)	정류자의 홈파기
4	정류자의 타원형	정류자 표면 연마(진원으로)
5	정류자의 돌음 또는 낮음	"V"Ring을 조이고 표면 연마
6	정류자의 조임 상태가 느슨함	"V"Ring을 재 조임, 편간 절연지 추가 및 표면가공
7	Spring 압력이 너무 낮음	Brush에 맞는 Spring 압력으로 재 조임
8	Spring 압력의 불균일	Brush에 맞는 Spring 압력으로 재 보임
9	수직 Brush Holder가 추수형으로 취부됨	Holder 치수조사, Holder와 Brush 청소
12	Holder가 정류자로부터 너무 떨어져 있음	Holder와 정류자간 거리조정
13	주위에 습도 과다	습기에서 보호하거나 냉각공기를 정상습도로 할 것
14	주위에 유해한 Gas 있음	깨끗한 냉각공기 공급

### 5.18. 정류자면에 규칙적인 소손 흔적들

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 세기가 너무 강함	공극을 전환 또는 증대시켜 보극의 자계를 약화시킴
2	보극의 세기가 너무 약함	공극을 감소시켜 보극의 자계를 강화시킴
3	보극의 공극이 너무 작음	유효자속의 감소, 공극을 증대시킴
4	보극의 공극이 너무 큼	유효자속의 증대, 공극을 감소시킴
5	보극의 고르지 않음, Bearing이 마모	Bearing 교체, 기계의 재배열
6	외적요인에 의한 진동	진동 발생요인 제거
7	내적요인에 의한 진동(무게 불평형 등), 오정렬 등	회전자 Balancing, Bearing 부위 점검
8	Brush와 Brush장치의 저항 불균일	접촉부위 청소 및 재 조임

NO	원 인	처리 방법
9	전기자권선 또는 균압선 연결불량	접속부위 확인 및 재 조임, 결함제거
10	전기자권선과 Riser의 접촉불량	접속부위 재 용접
11	Spring 압력이 너무 낮음	Brush에 맞는 Spring 압력으로 조정
12	Brush Grade 불량	제작사에 문의, Brush교체
13	Brush 접촉면(단면적) 불량(과대, 과소)	제작사와 협의, Brush 접촉면 감소
14	Brush Lead선이 너무 짧거나 뺏뺏함	Lead가 유연성 있으며 길이가 알맞은 것으로 교체
15	Brush Holder의 취부 불량	Holder 조립위치 수정, 정류자와의 간격 조정
16	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부	Holder를 돌려 취부 또는 회전방향 바꿈
17	Brush가 Holder 속에서 너무 움직임	Holder 및 Brush 치수조사 또는 교체
18	정류자와 Holder간 간격이 너무 큼	Holder와 정류자가 간격 재조정
19	Brush 위치 불량	Holder 위치 재조정
20	Holder 간격 또는 배열의 불균일	Holder 간격 또는 배열 재조정

### 5.19. 정류자 파형 상태

NO	원 인	처리 방법
1	과부하 운전	부하를 감소하거나 제한
2	진동과대(내·외적인 요인)	전자자 Balancing 등 진동원인 제거
3	정류자 진원도 불량	정류자 표면 가공
4	정류자 상태가 느슨함	정류자 재 조임, 필요시 정류자 절연물 추가 삽입
5	Spring 압력 불균일	Brush Grade에 맞는 Spring 압력이 균일토록 조정
6	Brush가 Holder에 꽂끼거나 상·하 운동 어려움	Brush와 Holder 치수조사, Holder 청소 등

### 5.20. 정류자(또는 Slip Ring)에 Brush 접촉면 자국

NO	원 인	처리 방법
1	진동 과대(내·외적인 요인에 의해)	전자자 Balancing 및 진동원인 제거
2	Slip Ring의 준(準) 전기분해 마모	주기적으로 Slip Ring의 극성을 바꿀 것
3	부적당한 Brush 위치	Holder가 바른 위치에 놓이게 조정
4	설치장소의 습도 과다	기계를 습기로부터 보호, 냉각공기를 다른 곳에서 공급
5	냉각공기에 유해 Gas나 산성성분의 증기가 있음	깨끗한 냉각공기의 공급설비 설치

## 5.21. Brush습동면(정류자와 접촉면)에 막을 덧씌운 것 같은 윤기가 있음

NO	원 인	처리 방법
1	진동 과대(내·외적인 요인에 의해)	전기자 Balancing 및 진동원인 제거
2	Spring 압력이 너무 낮음	Brush Grade에 맞는 Spring 압력으로 재조정
3	Brush Grade가 기기와 맞지 않음	기기에 맞는 Brush로 교체, 제작사와 협의
4	수직 Brush Holder가 추수형으로 취부	B/H를 수직으로 조정, Brush와 정류자간 간격 조정
5	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부	Holder를 돌려 취부 또는 회전방향 바꿈
6	Brush Holder속에서 움직임 과대(Holder 마모)	치수확인(Holder 마모시는 교체)
7	Holder와 정류자간 간격 과대	Holder와 정류자간 간격 조정
8	장기 경부하운전	Brush 재질교체, 제작사와 협의

## 5.22. Brush 습동면에 곰보자국

NO	원 인	처리 방법
1	보극의 세기(자계)가 너무 강함	공극을 증대시켜 보극의 자계를 약화시킴
2	보극의 공극이 너무 작음	공극을 증대시킴
3	공극이 고르지 않음	Bearing 및 Bearing 주위 치수 확인 및 수리
4	과부하	부하를 제한 또는 감소
5	Brush와 Brush 취부봉사이의 저항 불균일	접속부위 청소 및 재 조임
6	전기자권선 또는 균압선의 연결불량	접속부위 고정, 결함의 제거
7	돌출된 운모(High Mica)	정류자의 흠파기 등 실시, 연삭성 많은 Brush사용
8	돌았거나 낮은 정류자 자편들	정류자 "V"Ring을 조이거나 표면가공
9	정류자 표면의 평평 부위	평평 부위 발생원인 제거, 표면가공
10	Spring 압력이 너무 낮음	Brush Grade에 맞는 Spring 압력으로 재조정
11	Spring 압력의 불균일	Brush Grade에 맞는 압력으로 균일토록 재조정
12	Brush 재질이 기기와 용도에 맞지 않음	교체 가능한 재질로 교체, 제작사와 협의
13	Brush 접촉면(습동면, 단면적)과대	Brush의 유효 두께 감소, 제작사와 협의
14	Brush가 Holder에 찍끼거나 상·하 운동이 어려움	치수조사, Brush Holder 청소
15	부적당한 Brush 위치	Holder가 바른 위치에 놓이게 조정
16	Brush Holder의 간격이나 배열이 불균일	Holder의 간격이나 배열 조정
17	기기 설치장소에 Gas나 산성의 증기 존재	깨끗한 냉가공기 공급 설비



### 5.23. Brush의 가장자리 조각이 떨어지거나 깨짐

NO	원 인	처리 방법
1	외적 요인의 의한 진동 과대	진동원인을 제거(재 정열등)
2	돌출된 운모(High Mica)	정류자의 흠파기 또는 연삭성이 많은 Brush 사용
3	정류자 상태가 느슨함	정류자 "V"Ring 조임, 필요시 Mica 추가
4	정류자 표면의 평평부위	편평부위 원인제거 및 표면가공
5	Brush Grade가 기기와 용도에 맞지 않음	Brush 교체, 제작사와 협의
6	수직 Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 수직으로 취부, 정류자와 Holder간 거리조정
7	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부됨	Holder치수조사(필요시 교체), Brush치수 확인
8	Brush가 Holder에서 움직임이 너무 큼(Holder 마모등)	Holder치수조사(필요시 교체), Brush치수 확인
9	정류자와 Brush Holder간 간격 과대	정류자와의 간격 재조정
10	설치장소의 습도 과다	정상적 습도의 냉각공기 공급
11	장기간 경부하 운전	Brush 재질교체, 제작사와 협의

### 5.24. 정류자의 보호피막(Film) 형성실패

NO	원인	처리 방법
1	진동과대(내·외적인 요인)	전기자 Balancing 및 진동원인 제거
2	정류자 표면의 기름이나 오물	청소 및 세척
3	Brush 습동면에 연삭성 분진	Brush 습동면을 깨끗이 한 후 새로 얹힘
4	돌출한 운모(High Mica)	정류자의 흠파기
5	Spring 압력이 너무 낮음	Brush에 맞는 압력으로 조정
6	Spring 압력이 너무 높음	Brush에 맞는 압력으로 조정
7	Spring 압력이 불균일	규정에 맞는 압력으로 조정
8	Brush 재질이 기기와 용도에 맞지 않음	재질 선종 검토, 제작사와 협의
9	Brush 습동면 얹힘이 불완전	제작사 추천방법에 따라 Brush 얹힘
10	수직 Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 수직으로 돌려 취부하거나 회전방향 바꿈
11	반동형 Brush Holder가 추수적으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향 바꿈
12	Brush가 Holder속에서 너무 움직임	치수확인(필요시 Holder 교체)
13	정류자와 Holder간 간격 과대	간격 조정
14	설치장소의 습도과다	정상습도의 냉각공기 공급
15	설치장소에 분진이 많음	원인제거, 여과장치 취부
16	설치장소에 Gas나 산성증기 존재	깨끗하나 냉각공기 공급
17	장기간 경부하 운전	Brush 재질 교체, 제작사와 협의

## 5.25. 자여자기의 불충분한 전압

NO	원 인	처리 방법
1	진동 과대(내·외적인 요인)	전기자 Balancing 및 원인 제거
2	정류자 표면의 기름이나 불결함	청소 또는 세척
3	Brush와 취부봉사이에 저항이 불균일	접속부위를 깨끗이 하고 조임
4	전기자 권선 혹은 균압선의 연결불량	접속부위 고정, 결함 제거
5	돌출한 운모(High Mica)	정류자 흠파기
6	정류자의 진원도 불량	표면 가공
7	정류자 Riser의 접속 불량	접속부위 재 용접
8	Spring 압력이 너무 낮음	Spring 압력 조정
9	Brush Lead 접속불량	Lead선 재접속 또는 Brush 교체
10	Brush Lead가 너무 짧거나 뺏뺏함	Lead 길이가 알맞고 유연성 있는 것으로 교체
11	Brush 습동면 앓힘이 불안전함	제조사 추천 방법에 따라 앓힘
12	수직 Brush Holder가 작은 반동각을 지니도록 취부됨	Holder를 수직으로 조정, 정류자와의 간격 조정
13	반동형 Brush Holder가 추수형으로 취부됨	Holder를 돌려 취부하거나 회전방향 바꿈
14	Brush가 Holder에 딱끼거나 상·하 운동 불량	Brush 치수조사 및 Holder 청소
15	Lead의 Terminal이 풀렸거나 불결함	청소 및 재 조임
16	부적당한 Brush의치	Holder가 바른 위치에 놓이도록 조정
17	설치장소에 Gas나 산성증기 존재	깨끗한 냉각공기 공급
18	장기간의 경부하 운전	Brush 재질 교체, 제조사와 협의