

전기설비의 고장진단 ③

전기설비를 운전·관리하는 전기 기술자는 설비가 안전한지 항상 마음을 쓰게 될 것이다.

전기설비를 장기간 안전하게 사용하는 것은 바람직한 일이지만 최근 그런 경향이 강해져, 과거에 시행했던 사후보전을 넘어서 예지보전의 요망이 점차 높아가고 있다.

이와 같은 전기설비의 예지보전을 목표로 고장진단기술에 관한 근본적인 고찰과 그 응용기술을 전기 기술자에게 제공, 활용토록 하기 위하여 그 내용을 연재한다.

<편집자주>

전동기의 고장진단 요령

1. 머리말

전동기의 고장은 이것으로 운전되고 있는 설비 기계의 운전을 갑자기 정지시켜 제조공정을 파괴함으로써 막대한 손해를 발생시킨다. 따라서 계획성에 입각한 보수를 하여 설비의 고장이나 이로 인한 여러 가지 재해를 적극적으로 방지해야 된다. 또한 완전한 보수를 하려면 일상적인 점검과 함께 설비되어 있는 전동기에서 발생하는 고장의 내용, 원인을 분석하여 그 실태를 파악하는 것이 중요하다. 여기서는 가장 설비 대수가 많은 유도 전동기, 보수가 복잡한 직류전동기에 대하여 정기 점검의 결과를 기초로 하여 트러블의 감지, 추정, 발견의 순서 및 사고상태의 확인방법에 대하여 설명하기로 한다.

2. 점검 요령

트러블을 감지하고 방지하기 위해서는 정기적인 점검이 필요하다. 점검은 미리 점검표를 작성하고 이에 의거하여 실시한다. 점검의 결과는 기록표에 기입하여 고장진단의 자료로 한다.

(1) 일상적 점검

일정한 시간마다 또는 매일 실시하는 점검으로서, 주로 운전중의 사항에 대하여 실시한다. 점검 요령의 일례를 표 1에 들었다.

(2) 월간 점검

매월 실시하는 점검으로, 주로 정지중에 실시한다. 점검요령의 일례를 표 2에 들었다.

(3) 연간 점검

매년 실시하는 점검으로 특히 2~수년마다 분해하여 세밀한 점검을 한다. 점검요령의 일례를 표 3에 들었다.

〈표 1〉 일상점검의 요령

점검부	점검항목	점검내용	점검방법
1. 베어링	음향	이상음	청진봉 또는 청각으로 진단
	온도	온도 측정	온도계의 지시에 의하여 정상시와 비교한다 온도계가 부착되어 있지 않는 경우에는 감촉에 의존한다
	진동	진동의 변화	감촉에 의하여 진단하며 큰 경우에는 진동계로 측정한다
	규유	유량 오일링의 회전	유면계로 유량 확인 점검창에서 확인
	오일누설	베어링 각 부	눈으로 진단
2. 고정자	온도	철심·코일	매입온도계가 있는 것은 그 온도계의 지시를 본다. 온도계가 부착되어 있지 않는 것은 촉감 또는 막대 온도계를 부착하여 측정한다. 막대 온도계를 직접 철심·코일에 부착할 수 없는 경우에는 외곽온도를 측정한다. 이 경우 손가락으로 가장 온도가 높다고 느껴지는 위치에 부착하면 된다
		입기·배기	온도계의 지시를 본다. 온도계가 부착되어 있지 않는 것은 촉감 또는 막대 온도계에 의하여 측정한다. 측정 위치는 항상 동일한 장소에서 하는 것이 중요하다. 온도의 측정과 동시에 이상한 냄새 유무도 조사한다
	부하	전압·전류	전압계, 전류계의 지시를 본다 매일 수회 일정한 시간마다 기록한다
3. 에어필터	집진상태	막힘	육안검사에 의한다
1. 부하기와의 결합부	벨트	벨트의 장력	촉감에 의하여 벨트의 장력을 진단한다. 운전중의 상태를 육안검사에 의하여 조사한다
		손상 유무	표면의 고무 마모상태를 조사
5. 슬립링	집전면	평활도	정지시, 눈으로 또는 촉감으로 조사
		피막 상태	육안검사에 의하여 광택의 정도를 조사
		불꽃	육안검사에 의하여 불꽃 유무를 조사
6. 슬립링 단락장치	접촉상태	온도	육안검사로 변색 정도에 따라 진단
		평활도	육안검사로 접촉면을 조사
		음향	눈과 청각으로 접촉 유무를 조사
7. 정류사	정류자면	평활도	정지시, 눈 또는 촉감으로 조사
		피막 상태	육안검사로 광택 정도를 조사
		불꽃	육안검사로 불꽃 유무를 조사
8. 브러시	접촉상태	진동	육안검사 또는 촉감에 의하여 운전중의 브러시의 움직임은 조사
	추종성	브러시의 고착	브러시의 피그테일을 잡고 브러시를 상하로 움직여 조사
	온도	변색	피그테일 코깅부의 색을 관찰

3. 고장진단

일상적인 점검 및 정기점검에 의하여 통상시와는 다른 현상이 발생했을 경우 그것은 고장 또는 고장의 전조가 되는 일이 많다. 그 통상시와는 다른 현상에서 고장을 진단한다.

(1) 온도의 이상

측정온도가 규격치 이내라도 통상적인 운전상태에서 급격히 상승하거나 장기간에 걸쳐 상승할 경우 그 원인이 다음 각 항의 어디에 해당되는가를

검토한다. 또한 측수에 의하여 온도를 추정하는 경우의 기준은 맨손으로 장시간 측수가 가능한 경우에는 50℃ 이하이고 뜨겁지만 10~2초 정도는 측수가 가능한 경우는 50~60℃, 순간만 측수할 수 있는 경우는 70℃ 이상이다.

(a) 전동기 본체

전동기 베어링을 제외한 철심, 코일, 외곽 등의 각 부 온도가 높아진 경우는 다음 사항을 생각할 수 있다.

(i) 과부하 : 정격부하 이상의 부하를 가하면 전류가 증가하여 동손(銅損)도 증가하기 때문에



<표 2> 월간 점검의 요령

점검부	점검항목	점검내용	점검방법
1. 베어링	금 유	기름의 오손	기름을 소량 채취하여 변색, 이물의 혼입, 침전물 유무의 조사한다
		그리스	전회의 보급일, 보급내용의 확인, 그리스 명판 기재사항과의 대조
	축 절 연	절연저항 측정	축전류방지용 절연의 절연저항을 측정한다 500V메가에 의하여 축과 대지간 절연저항을 측정한다
	페 데 스 탈	페데스탈의 이동	육안검사에 의하여 페데스탈의 이동 유무를 조사한다
2. 고정자	에 어 갭	고정자, 회전자의 에어갭	갭게이지에 의하여 상하좌우의 에어갭 길이를 측정한다
	절 연 저 항	고정코일	코일과 대지간의 절연저항을 측정
		회전자코일	사용전압이 1,000V 이상인 코일은 1,000V 메가, 기타는 500V 메가로 측정
	외 부	볼트의 이완, 각 부의 변형손상	눈과 촉지(觸指)에 의존한다
단 자	입력단자, 접지단자의 이완	촉지에 의존한다	
3. 부하기와외 결합	커 볼 링	볼트의 이완, 손상마모, 변형	눈과 촉지에 의한 점검, 죄임
		심이상	다이얼 인디케이터에 의한 측정
	벨 트	벨트의 장력	촉지, 스프링 밸런스에 의하여 조사
4. 슬립링	집 전 면	이상마모, 진원도, 국부적 변색, 불꽃흔적의 정도	눈과 촉감에 의한 조사 다이얼 인디케이터에 의한 진원도 측정
	슬립링보스 절연상태	카본 더스트의 부착 정도	절연부분에의 카본 더스트의 부착 정도를 눈, 촉지에 의하여 조사한다
5. 정류자	정 류 자 면	총마모, 진원도, 국부적 변색, 불꽃흔적의 정도	눈과 촉감에 의한 조사 다이얼 인디케이터에 의한 진원도 측정
6. 브러시	카 본 부	마모도, 파손, 균열, 접촉 상태, 포켓내의 고정상태	눈과 촉감에 의한 조사 운전시간에 대한 마모량의 측정
	파 르 테 일	단선, 단자부의 이완	눈과 촉감에 의한 조사
7. 브러시 홀더	스프링기구	스프링의 파손, 고치 용수철 압력	눈과 촉감에 의한 조사 스프링 밸런스에 의한 측정

코일의 온도가 상승한다. 이것은 철심, 외곽, 배기의 온도상승도 수반한다. 운전조건이 같은데 과부하가 될 때는 부하기의 고장, 베어링의 손상, 고정부와 회전부의 접촉 등을 생각할 수 있으므로 부하기와외 결합을 풀고 단독으로 운전해 본다.

(ii) 공급전압의 과부족: 전동기의 공급전압이 정격전압의 ±10%를 초과하면 +10% 이상에서는 여자전류의, -10% 이하에서는 부하전류의 증가에 의하여 온도가 상승한다. 전원 트랜스의 용량부족, 배선의 용량부족 등의 원인에 대하여 조사한다.

(iii) 냉각불량: 먼지가 통풍로나 코일에 축적하여 통풍량을 감소시키고 열의 방산을 방해하여 전동기의 온도를 상승시키므로 코일의 오손, 에어필터의 눈이 막힘, 통풍 덕트의 손상 등에 대하여 조사한다. 또한 타력통풍장치에 의하여 송풍을 하고 있는 경우에는 댐퍼 설정위치의 불량, 팬을 구

동하고 있는 벨트의 슬립 유무 등에 대해서도 조사한다.

(iv) 단상운전: 3상 유도전동기에 있어서 1차회로 또는 2차회로의 1상이 단선되면 단상운전이 되어 현저하게 토크가 감소한다. 이로 인하여 슬립이 증가하여 부하전류가 증가하기 때문에 과열에서 열손에 이르는 일이 많다. 원인은 열화에 의한 퓨즈 절단, 전원 스위치의 불량, 인출선 접속부의 용손, 슬립링 단락장치의 불량, 2차저항기의 불량 등을 생각할 수 있으므로 이같은 점에 대하여 조사한다.

(v) 고주파 전류: 최근 사이리스터를 응용한 파워 일렉트로닉스 제품(사이리스터 레오나드, 사이리스터 모터 등)이 증가하고 있는데 이같은 제품은 일반적으로 그 전류중에 많은 고주파분을 포함하고 있으며 전원파형을 일그러지게 한다. 이로

<표 3> 월간 점검의 요령

점검부	점검항목	점검내용	점검방법
1. 베어링	급 유	오손, 열화	육안검사, 필요에 따라 분석
		그리스에 이물 혼입	눈과 촉지로 조사
	메탈	박리, 균열, 메탈접속	눈으로 조사
		메탈깎	연선, 속스케이지 등으로 측정
	오일링	변형, 마모	눈으로 조사
패킹, 오일 고갈	변형, 마모	눈과 촉감으로 조사	
2. 고정자	코 일	오손, 손상상태	눈으로 조사
	코어의 덕트	오손	눈으로 조사
	볼트	볼트의 조임상태	촉지, 스패너로 점검
3. 회전자	코 일	오손, 손상상태	눈으로 조사
	로터 바 엔드링	절단, 오손	눈으로 조사, 킬러 체크
	밴드	밴드의 이완	눈과 테스트 해머에 의한 조사
	코어	코어의 이완	눈과 테스트 해머에 의한 조사
4. 기초	레벨	레벨의 이상	레벨 레이저에 의한 측정
	볼트	조임 상태	테스트 해머, 토크 렌치로 조사
5. 절연	절연 저항	절연저항의 측정	모든 충전부에 대하여 메가로 측정

인하여 유도전동기에 고조파 전류가 흘러 온도의 상승, 자기음의 발생 등이 생기는 수가 있다. 이와 같이 온도와 자기음의 이상이 동시에 발생한 경우에는 전압, 전류의 파형을 브라운관에 의하여 조사한다.

(vi) 여자권선의 단락 : 직류전동기에서 여자권선의 일부가 단락되면 여자부족이 되며 속도가 상승하는데 자동제어를 하고 있는 경우에는 다음으로 전기자전류 또는 계자전류의 증가를 가져오며 각각의 권선온도가 상승한다. 이 경우에 순간적인 속도 이상, 정류상태의 악화가 수반되므로 이것으로 판단하는데, 단락장소의 발견은 단락장소가 코일 내부인 경우에는 육안점검에 의존할 수가 없으므로 코일을 벗겨 단자 간에 교류를 인가해 보면 용이하게 발견할 수 있다.

(b) 베어링

베어링의 과열을 방지하면 베어링이 타붙어 회전자와 고정자의 접촉, 코일의 소손 등과 같은 중대한 사고로 발전하게 되므로 주의를 요한다.

(i) 그리스 충전량의 과부족 : 그리스의 충전량은 베어링 내 용적의 1/2~1/3 정도가 적당하다. 그리스의 양이 너무 많으면 교반열에 의하여 온도가 높아지며 또 그리스 누설이 생긴다. 그리스의

양이 부족하면 끝내는 유막이 파괴되어 소손에 이르게 된다. 그리스의 보급량, 보급간격에 대한 기록을 조사한다. 적정치는 전동기 명판에 기재되어 있으므로 이것과 비교도 한다. 또한 이종(異種) 그리스의 혼합은 안된다.

(ii) 유량, 유종의 불량 : 유윤활(油潤滑) 베어링에서 유량이 부족하면 유막이 끊기는 것은 그리스의 경우와 같다. 또한 유종에 따라 점도가 다르므로 지정유 외의 것을 보급하거나 대체하거나 하면 점도가 높은 경우에는 온도가 상승하고 너무 낮은 경우에는 유막이 파괴되어 소손되는 경우가 있다. 유량, 유종에 대하여 조사한다.

(iii) 오일링의 회전불량 : 유윤활 베어링에는 강제급유 장치에 의한 것과 자기급유에 의한 것이 있는데 자기급유 방식의 대표적인 것이 오일링에 의한 것이다. 오일링 하부는 유종에 잠겨 있으며 축의 회전에 의하여 오일링도 회전하여 기름을 끌어 올려 베어링에 급유하는데 오일링이 순조롭게 회전하지 않으면 급유가 부족하여 유막이 파괴된다. 이 원인으로서서는 오일링의 마모, 변형 등을 생각할 수 있으므로 베어링부를 분해하여 조사한다.

(vi) 베어링의 부차불량 : 스티스트 베어링의 부차불량은 운전개시 직후 또는 극히 단시간에 과열, 판손을 야기하는 경우가 많으므로 베어링을

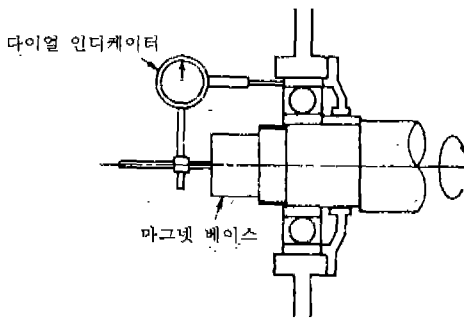


교환한 경우에는 축과 베어링의 직각도를 점검한다. 점검 요령은 그림 1과 같이 축 단면에 다이얼 인디케이터를 부착하고 축을 천천히 돌려 인디케이터의 진동을 조사한다. 베어링 외곽의 진동은 베어링 제조단계에서도 존재하는데 이 값을 대폭적으로 초과하면 부착을 다시 해야 한다.

베어링 제조단계의 베어링 공차는 메이커 카달로그에 기재되어 있으므로 이것을 참고한다.

(v) 부하와의 직결 불량 : 정상적으로 운전되고 있던 것이 직결 불량이 되는 원인으로는 과부하 등으로 축이 열팽창이 되어 과대한 스러스트 하중이 가해지거나 부하기와 전동기의 온도 상승차에 의한 외곽 브래킷의 열팽창의 차에 의해 과대한 다이얼 하중이 걸리거나 하는 경우 기초의 불량, 베이스의 변형에 의한 경우 등을 생각할 수 있다.

심차이(心差異)의 측정은 다이얼 인디케이터를

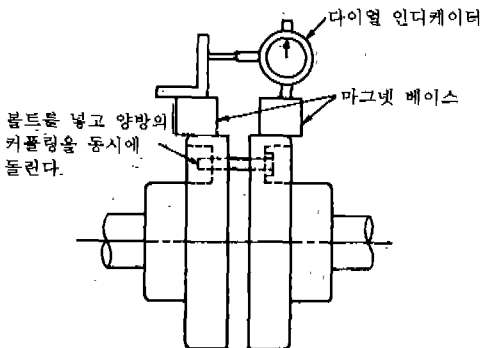


<그림 1> 베어링 부착 점검

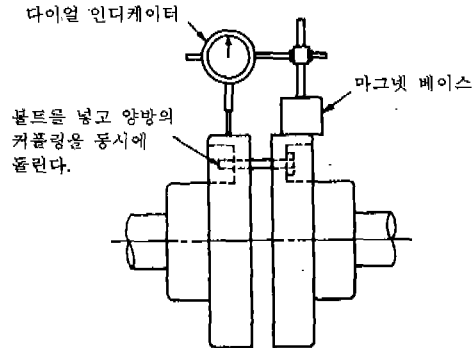
사용하여 그림 2, 그림 3의 요령으로 상하좌우 4개소에 대하여 실시하며 각 점의 지시치의 차의 최대치에 의하여 양부를 판정한다. 면간 평행도는 인디케이터를 보는 차이의 최대치가 0.05mm 이하, 동심도는 마찬가지로 차의 최대치가 0.03mm 이하면 된다.

(vi) 벨트의 과도한 장력 : 벨트의 과도한 장력은 베어링에 과대한 하중을 가하여 온도를 상승시킬 뿐만 아니라 축단이 절단되는 원인이 되기도 한다. 운전중의 벨트 상태는 그림 4(a)와 같이 벨트 중간축에서 약간 벨트가 처진 상태가 정상이다. 그림 (b)와 같이 팽팽한 경우는 장력이 너무 강하고 그림 (c)는 장력부족의 경우이다.

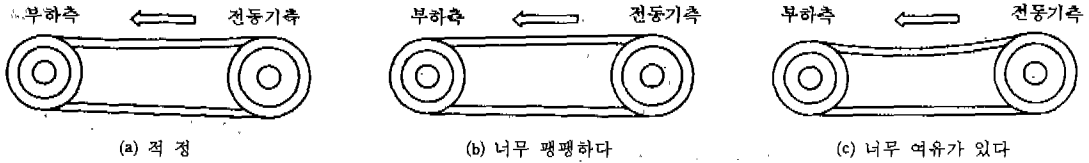
(vii) 베어링의 부하가 너무 가볍다 : 종형인 전동기 가이드 베어링에 하중이 작은 경우 스러스트 또는 볼이 내륜상을 공전하지 않고 1개소에서 자전(自轉)만을 반복하는 일이 있다. 또한 직류전동기 등의 가변속도 전동기에서 가감속이 심한 경우 스러스트는 볼의 관성에 의하여 정상적인 공륜을 하지 않는 일이 있다. 이같은 경우 스러스트 또는 볼은 내외륜 사이에서 슬립이 발생하여 정상 순환 상태가 되지 않기 때문에 유막이 파괴되어 과열 파손되는 일이 있다. 발견 방법으로는 베어링 커버를 열고 리터너 회전수를 스트로보나 광전식 회전계로 측정하여 계산치(메이커에 확인한다)와 비교한다. 또한 이 때 스러스트 베어링은 베어링이 낙하되지 않도록 주의해야 된다. 또한 베어링을 분해하여 전주면(轉走面)을 점검하면 전주면에 갈



<그림 2> 면간 평행도



<그림 3> 동심도



<그림 4> 벨트 시설방법

은 간격의 마모가 발생한다.

(viii) 베어링 전주면의 상처로 인한 이상 하중의 추정 : 이상 하중의 상황은 베어링을 분해해 본 경우의 전주면의 상처에 의하여 다음과 같이 추정할 수가 있다.

- ① 내륜 또는 외륜의 전주면 전체에 상처가 있으면 회전 레이디얼 하중이며, 일부 원주이면 1방향 레이디얼 하중이다.
- ② 상처가 전주면의 중심에서 벗어났을 때에는 스러스트 하중에 의한 것이다.
- ③ 전주면에 상처가 있을 경우는 비틀려 있거나 축이 경사되어 있다.

(2) 소리의 이상

전동기에서 발생하는 소리는 크게 나누어 자기음, 풍음, 베어링음, 기타 접촉음 등이 있으며, 이 같은 음의 변화를 감지함으로써 미연에 사고를 검지하는 경우가 많다.

(a) 베어링

스러스트 베어링의 소리 변화는 특히 주의해야 된다. 또한 항상 소리에 익숙해져 있으므로 미세한 소리의 변화도 판단할 수가 있는 것이다. 베어링음의 진단은 막대의 한쪽 끝에 공명기(共鳴器)를 부착한 전용 청진봉이 시판되고 있는데 드라이버 또는 그냥 금속봉을 사용해도 된다. 그림 5와 같이 한쪽 끝을 베어링 커버에 대고 다른 쪽에 귀를 대어 음색, 레벨을 진단한다.

- (i) 정상음 : 금속성의 맑고 고른 속음이다.
- (ii) 리티너음 : 스러스트 또는 볼과 리티너가 회전함으로써 발생하며 가벼운 소리를 내는데 회전수에는 관계없이 불규칙적인 금속음을 내포하고 있다. 이같은 소리가 들릴 때는 그리스를 보급하

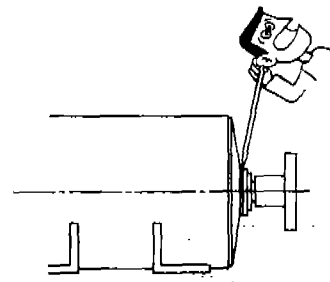
면 소리가 사라지거나 또는 작아지며 실용상의 지장은 없다.

(iii) 스러스트의 낙하음 : 횡형의 회전기에서 발생하는 것으로, 정상 운전중에는 들리지 않으며 회전수가 낮은 때에 들리고 특히 정지하기 전에 잘 들린다. 이 소리가 발생하는 이유는 회전중에 정상 가까이 비부하권에 있는 스러스트가 종력에 의하여 리티너의 회전보다 빨리 낙하하기 때문이다. 운전에는 지장이 없다.

(iv) 삐걱소리 : 삐걱거리는 소리는 스러스트의 베어링에 많다. 이 소리는 하중에는 관계없으며 비부하권에 있는 스러스트의 불규칙적인 운동에 의하여 발생하는 것으로, 베어링의 레이디얼 갭, 그리스 유행상태와 관계가 있으며 장기간 휴지(休止) 후의 전동기 운전 재개시 특히 그리스가 굳어지는 동절기에 많이 듣게 된다.

이 소리가 발생할 경우 그리스를 보급하면 없어지는 수가 많다. 삐걱거리는 소리가 들려도 이상한 진동, 온도를 수반하지 않으면 그대로 사용해도 무방하다.

(v) 상처음 : 이 소리는 베어링의 전주면, 스러스트, 볼 표면에 상처가 생겼을 때 발생하며 주기는 회전수에 비례한다. 원인은 베어링 제작상의



<그림 5> 베어링음의 진단



결합에 의한 것, 공장 조립시에 생기는 것, 수송중에 충격으로 생기는 것 등이 있다. 상처음이 발생하고 있는 경우는 과열, 파손에 이르기 전에 조속히 교환해야 된다.

(vi) 먼지음 : 먼지음은 전주면과 스테이트 또는 볼 사이에 먼지가 들어간 경우에 생기며 소리의 크기가 불규칙적이고 회전수에는 관계가 없다. 먼지음이 발생한 경우에는 베어링부를 분해하여 베어링을 깨끗이 세정하는 동시에 그리스 보급구의 오손, 그리스 건의 오손 등의 재발원인을 제거하는 것이 중요하다.

(b) 전자음

전자음(電磁音)은 일반적으로 전동기에 많거나 적거나 간에 반드시 존재하는 것으로 전원 스위치를 끄면 없어진다. 전자음은 전자진동이 외곽의 고정자 철심과 공진하여 발생하는 경우가 많다. 평상시보다는 전자음이 커졌을 경우에는 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

(i) 에어갭의 불평형 : 에어갭 불평형에 의한 전자음의 주파수는 전원주파수의 2배이다. 페텍스탈의 이동, 기초의 지반 침하에 의한 베이스의 변형, 베어링의 마모 등에 대하여 조사한다.

(ii) 코어 이완 : 운전중에 진동, 온도의 상승 등에 의하여 코어의 좌임이나 직류전동기의 자극 부착 볼트가 이완되면 코어가 진동하기 쉽게 되어 자기음이 증가되는 일이 있다. 스페너에 의한 좌임상태의 확인, 분해하여 테스트 해머 등으로 타음검사를 하여 확인한다.

(iii) 전류의 불평형 : 3상 유도전동기의 전류의 불평형은 에어갭의 경우와 마찬가지로 전원주파수의 2배의 주파수 전자음을 발생한다. 전류 불평형의 원인으로는 전원전압의 불평형이나 권선의 접지, 단선, 단락 또는 2차회로 저항의 불평형, 접촉 불량 등이 예상되므로 이같은 점에 대하여 조사한다.

(iv) 고주파전류 : 3(1)(a), (v)와 마찬가지로이다.

(c) 회전자 소리

회전자에서 발생하는 소리는 통상 바람을 쐬는 소리, 브러시의 마찰음인데 드물게 북을 치는 것 같이 큰 소리를 발생하는 수가 있다. 이것은 기동, 정지가 빈번한 것, 특히 역상제동, 회생제동을 빈번하게 하는 데에서 그 가감속중의 토크에 의하여 코어와 축의 맞물림이 이완되어 발생한다. 그림 6과 같은 날개가 붙은 축의 경우에 흔히 발생하며 날개와 코어가 접하는 부분의 더스트 부착 정도로 판정할 수가 있다.

(d) 부하와의 결합부

(i) 커플링 또는 풀리의 보스와 축의 맞물림이 너무 이완된 경우 : 축과의 맞물림이 너무 이완되면 토크의 맥동에 의하여 커플링 또는 풀리가 킁 두들기기 때문에 발생한다. 축 및 커플링 또는 풀리의 지름을 측정하고, 확인하는 치수는 1/100mm 까지 측정한다.

(ii) 커플링 볼트의 마모, 변형 : 커플링 볼트의 부수 외형이 마모되거나 변형되면 커플링 볼트와 부수 사이의 틈이 커져 토크 맥동 등에 의하여 타음이 발생한다. 커플링 볼트를 뽑아 점검한다.

(iii) 기어 커플링의 윤활유 부족 및 기어의 마모 : 기름 누설 등에 의하여 윤활유가 부족하거나 기어가 마모되어 접촉이 나빠지면 타음 등의 이상음이 발생한다. 기어의 접촉, 기름 누설에 대하여 점검한다.

(iv) 벨트의 이완, 마모 : 벨트의 장력이 적거나 마모되어 있으면 풀리와외의 사이에서 슬립이 발생하여 이상음이 생긴다. 벨트의 장력, 마모 정도를 조사하여 교환하거나 장력을 조정한다.

(3) 진동의 이상

소음은 진동에 그 근원을 이루고 있으며 진동주파수에 의하여 소음으로 느끼거나 단지 진동으로 느끼게 된다. 진동의 허용치는 여러 가지 설이 있는데 그 일례를 그림 7에 들었다. 진동의 원인은 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.



<그림 6> 날개가 있는 축

(a) 전자기적 진동

전류를 차단함으로써 진동이 소멸되면 전자기적 인 것이다. 그 원인은 3(2)(b)와 같은 것이다.

(b) 기계적 진동

전류를 차단해도 진동이 소멸되지 않는 경우는 기계적인 원인이므로 다음 순서에 따라 원인을 확인한다.

(i) 부하기와의 결합을 분리한다 : 부하기와의 결합을 분리하고 운전했을 때 지금까지의 이상진동이 소멸되면 결합상태의 불량인 원인이자 벨트 결이인 경우에는 축의 평행도, 벨트와 축의 직각도, 벨트장력에 주의하여 결합을 다시 한다. 직결의 경우에는 중심잡기작업을 다시 한다. 이 때 벨트, 커플링, 볼트의 불량에 대해서도 체크한다.

(ii) 베이스 및 부착주변의 점검 : 단독운전을 하고 있어도 이상진동이 정지되지 않을 경우에는 기초 볼트, 전동기 부착 볼트의 이완여부를 토크 렌치, 스페너 등으로 점검한다. 이완되어 있을 경

우에는 죄어 준다.

(iii) 회전자 밸런스의 불량 : 이상의 방법으로도 진동이 멎지 않을 경우에는 회전자의 밸런스 불량을 의심해 본다. 장기간 운전하면 코일 절연물의 고갈, 밴드의 이완 등으로 밸런스 불량이 되는 일이 있다. 이것이 원인이면 그 진동상태는 회전수에 따라 변동하고 또한 그 진동치는 재현성이 없는 일이 많다. 분해하여 육안점검 및 테스트 해머로 밴드를 타음검사한다.

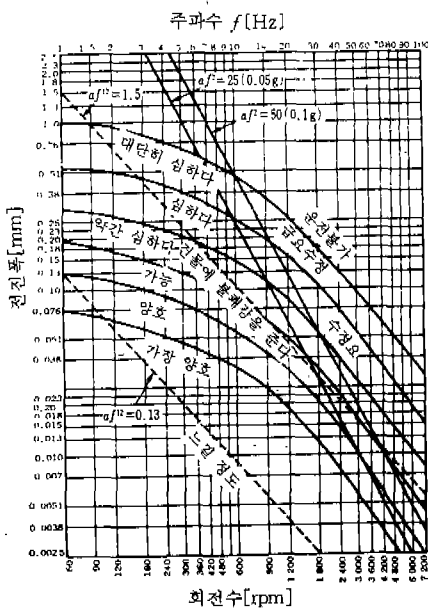
(4) 브러시 및 브러시 홀더

브러시의 마모 정도는 브러시의 재질, 주위상태, 부하상황에 따라 다른데 통상의 상태에서는 권선형 유도전동기의 브러시 인상장치가 없는 것 및 직류기에서는 1,000시간 운전할 때 1~5mm 정도이다. 이 이상은 브러시의 이상마모라고 할 수 있다. 브러시의 마모가 많으면 그 분말이 슬립링, 정류자 부근에 퇴적하여 단락을 야기하거나 권선에 부착하여 절연내력, 절연저항을 저하시켜 고장의 원인이 된다. 특히 권선형 유도전동기의 경우 브러시, 유지기, 지지봉에 비산된 브러시 분말에 의한 기동시의 단락이 많으므로 주의한다.

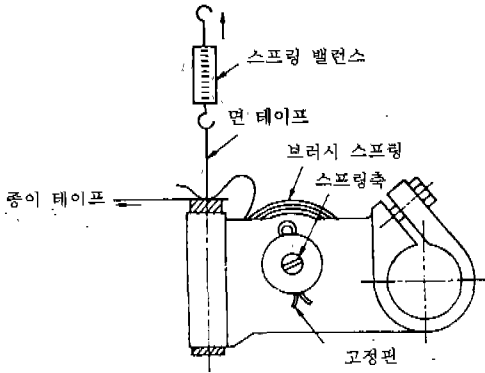
브러시의 마모는 그 재질에 따른 것은 물론인데 슬립링, 정류자의 진동에 크게 영향을 미친다. 진동이 크면 브러시의 차타링을 야기하고 접촉불량으로 불꽃을 발생하여 마찰면이 현저하게 손상된다. 이로 인하여 더욱 접촉불량이 되어 온도도 높아져 전기적으로도 기계적으로도 브러시의 마모를 조장하게 된다. 심한 경우에는 동시에 슬립링과 정류자의 이상마모도 초래하게 된다.

브러시의 진동을 억제하기 위해 브러시 압력을 높이는 방법은 마찰에 의하여 온도를 높이고 집전작용, 정류자작용을 곤란하게 하기 때문에 진동을 저하시키는 것이 중요하다. 브러시 압력은 너무 강해도 또는 반대로 너무 약해도 좋지 않다. 적당한 값이 있으며 브러시의 재질에 따라 메이커의 카탈로그에 기재되어 있다.

브러시의 압력은 그림 8의 요령으로 브러시와 브러시 용수철 사이에 종이 테이프를 삽입하고 종이 테이프를 가볍게 당기면서 스프링 밸런스를 위



<그림 7> 진동의 허용치(Rathborne의 평가곡선)



〈그림 8〉 용수철 압력의 측정

로 당겨 종이 가 갑자기 움직이기 시작한 때의 눈금을 2~3회 보고 그 평균치를 브러시의 면적으로 나누어 구한다. 압력 조정은 할핀을 용수철축에서 뽑아 용수철축을 회전시킴으로써 실시한다. 단, 저압 용수철을 사용한 브러시 홀더의 경우에는 이같은 필요성은 없다. 브러시가 이상마모가 된 경우에는 다음 요령으로 원인을 추구한다.

(a) 브러시 압력

브러시 압력을 측정하여 이상이 있는 경우에는 지정치로 조정한다.

(b) 브러시의 재질

이종 재질의 브러시가 혼용되고 있지 않은지 조사한다. 이종 재질의 브러시가 혼용되면 저항치의 차에 의하여 브러시의 전류에 불평형이 생겨 접촉면을 손상시킨다. 또한 유도전동기의 브러시는 일반적으로 금속축면 브러시를 사용하는데 마찰면의 윤활을 양호하게 하기 위해 그 중의 1개를 흑연 브러시로 하는 수가 있으므로 주의한다.

(c) 브러시의 고착

더스트 등에 의하여 브러시의 슬립이 저해되고 있지 않은지 브러시 피그테일부를 가지고 상하로 확인한다. 약간의 더스트도 고착되어서는 안된다. 홀더와 브러시의 간격을 두께방향에서 0.05~0.25mm, 축방향에서 0.1~0.3mm 정도를 기준으로

한다. 브러시가 큰 경우에는 샌드페이퍼로 갈아 감소시킨다.

(d) 브러시 용수철

브러시 용수철의 절손 유무를 조사한다.

(e) 브러시 피그테일

브러시 피그테일의 코킹부, 단자 부착부에 이완, 변색이 없는지 점검한다. 변색이 인정될 경우에는 접촉불량으로 좋은 것으로 교환한다.

(f) 브러시의 진동

브러시의 진동이 큰 경우에는 슬립링, 정류자의 표면상태, 전원도에 대하여 조사하는 동시에 전동기 본체의 진동에 대해서도 조사한다.

(5) 슬립링

권선형 유도전동기는 브러시의 인상장치가 있는 것과 없는 것이 있다. 어떤 경우에는 운전시 브러시가 슬립링에 접촉되지 않으므로 분말의 발생은 없지만 단락장치가 있으므로 이것이 사고의 원인이 되는 경우가 있다.

슬립링의 재질은 동합금의 주물 또는 스테인리스강이 사용된다. 집전면은 매끈하고 광택이 있으면 양호한 것이다.

(a) 슬립링의 이상

집전면의 평활도, 피막의 상태가 나쁘고 브러시와 슬립링 사이에서 불꽃이 발생하고 있는 경우는 브러시와 같은 요령으로 점검하여 이상을 제거한다. 슬립링면이 손상된 경우 가벼운 때에는 샌드페이퍼로 닦고 그래도 제거할 수 없을 때는 가급적이면 선반(旋盤)으로 깎아낸다.

(b) 단락장치의 이상

단락장치의 접촉자 주위에 더스트가 집적되면 기동시의 2차 유기전압에 의하여 단락되며 슬립링이나 단락장치가 손상되는 일이 있다. 또한 장시간 사용중인 접촉자 접촉면이 상하거나 접촉자 삽입이 불충분하면 기동시에 불꽃이 발생하거나 용

단되어 단상 운전에 의한 과열, 진동 등의 사고원인이 된다.

따라서 항상 접촉면의 상태나 변색의 유무, 기구의 상태를 점검하여 접촉면 부근을 청결하게 유지해야 된다.

(6) 정류자

직류기의 트러블은 정류자에 관계되는 것이 많으므로 그 취급에는 세심한 주의가 필요하다. 양호한 상태의 정류자면은 평활하고 브러시와의 접촉면은 광택이 있는 초콜렛색이다. 이것은 보통 양호한 산화피막이라고 하는 율활피막이다. 이 피막은 처음에는 구리색에서 시간이 경과됨에 따라 진하게 되며 옅은 색에서 진한 초콜렛색으로 변한다. 이 피막을 제거하는 것은 금물이다. 정류자 표면은 항상 청결하고 율활상태를 유지해야 된다. 정류불량에 의한 불꽃의 발생은 정류자면의 양호한 피막을 손상시키며 정류자면 손상의 원인이 된다.

(a) 정류불량의 원인

(i) 오 손 : 기름기 또는 여러 가지 약품류의 증기 등이 정류자면에 부착하면 율활피막을 손상시켜 정류불량의 원인이 된다. 이같은 경우 베어링 그리스, 기름의 과도한 주유, 실부의 불량, 손상 또는 약품류의 증기 유무에 대하여 조사한다. 약품류의 증기가 존재할 경우에는 전동기 냉각풍 흡입장소, 전동기 형식의 변경 등을 검토한다.

(ii) 온도 : 정류자의 온도는 너무 높거나 낮아도 이상의 원인이 된다. 온도가 높은 경우에는 과부하되고 있지 않은지, 에어필터의 눈이 막히거나 하여 냉각풍량이 감소되지는 않았는지에 대하여 조사한다. 온도가 낮은 경우에는 브러시 수를 감소시키므로써 브러시의 전류밀도를 높게 하여 접동면의 온도를 높게 하고 상태를 관찰한다. 전류밀도는 $6\sim 10A/cm^2$ 가 되도록 한다.

(iii) 변 형 : 정류자는 제작공정에서 충분한 시즈닝이 되어 있지만 장기간의 반복응력에 의하여 절연물이 고갈되어 편심, 하이버, 하이마이커, 로버 등의 변형을 가져오는 수가 있다. 이와 같은 경우

브러시가 차타링을 발생, 정류불량이 된다. 장시간 운전을 정지시킬 수 있는 경우에는 정류자를 깎는다. 장시간 정지시킬 수가 없는 경우에는 샌드페이퍼로 문지르고 스톤에 의한 수정을 한다. 이것은 어디까지나 응급처치이므로 후에 수리를 한다.

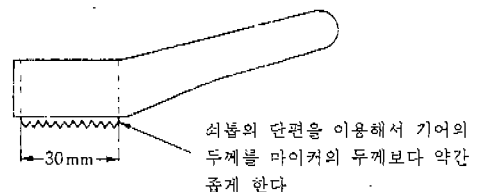
(iv) 코일의 단락 : 여자 코일, 보상 코일의 일부에 단락이 발생하면 전기자 반작용을 소멸시킬 수가 없게 되어 정류상태가 악화된다. 접속 도체, 단자부에 흔히 발생하므로 이 점에 대해서 신중하게 점검한다.

(v) 라이터부의 접촉 악화 및 절손 : 정류자와 전기자 코일을 접속하고 있는 라이터부에 접속불량, 절손이 발생하면 심한 불꽃이 발생한다. 정류자와 전기자 코일 간의 저항치를 측정한다.

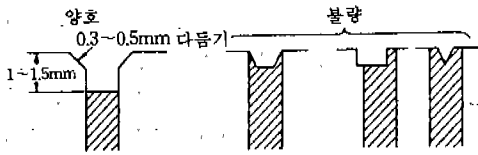
(b) 정류자의 손상, 변형시의 처치

손상이나 변형의 정도가 가벼운 경우 및 운전을 장시간 정지시킬 수 없는 경우에는 샌드페이퍼로 수정한다. 샌드페이퍼로 수정할 수 없을 때에는 스톤에 의한 수정을 한다. 이 경우 브러시를 장착한 상태로 작업하는 것은 피해야 된다. 동분(銅粉)이 브러시에 매립되기 때문이며 만일 동분이 매립되었을 경우에는 브러시 표면을 깎고 동분을 완전히 청소한다.

샌드페이퍼, 스톤에 의하여 수정할 수 없는 경우에는 선반을 사용한다. 수정후에는 회전시키면서 320번이나 400번 샌드페이퍼를 감아 가볍게 닦아낸다. 이 때 샌드페이퍼 작업이 너무 지나치면 면에 기복이 생기므로 주의한다. 샌드페이퍼에 의한 마무리작업 다음에는 마이커를 언더커팅한다. 그림 9와 같이 언더커팅용 공구를 사용하여 정류자면에 손상을 입히지 않도록 언더커팅한다. 언더커팅은 그림 10과 같이 충분히 주의하여 실시한다.



<그림 9> 언더커팅용 공구



<그림 10> 언더컷

정류자 표면의 수정을 완료하면 시운전을 한다. 처음에는 가급적 정부하로 운전하고 가끔 정류자면을 깨끗한 형겅으로 닦는다. 시운전이 대체로 끝나려면 통상 1~3시간이 필요하다. 부하운전후 피막의 형성이 진행되고 면의 색깔은 서서히 진하게 되는데 이 동안에도 하루에 한번 이상 깨끗한 형겅으로 정류자면을 닦는다. 대체로 1주일간 피막의 형성이 진행된다.

(7) 절연저항

절연저항의 최저 허용치를 명확히 규정하는 것은 곤란하지만 항상 사용중인 기계는 직류기 0.5 MΩ, 유도기 1차권선에서 저압 1MΩ, 고압 3MΩ, 2차권선 0.2~0.5MΩ 이상을 운전해도 지장없는 기준으로 한다. 그 이하인 경우에도 반드시 불량으로 단정할 수 있는 것은 아니며, 신품의 상태에서 연속적으로 측정하여 계절, 기후 등의 주위조건과의 관계를 기록해 두면 노화에 의한 것인지 흡수에 의한 것인지 적절한 판단이 가능하다.

또한 장기간 방치된 기계는 절연물의 흡수에 의하여 절연저항이 저하되고 기계의 온도상승에 의하여 한번은 다시 저하되므로 앞의 기준의 2배 정도의 절연저항이 없으면 건조에 의하여 절연저항을 회복시킨 후 사용해야 된다. 메가에 의한 절연저항 측정은 사용전압이 1,000V 이상의 코일은 1,000V 메가, 기타는 500V 메가에 의하여 실시한다. 측정후에는 확실히 코일을 접지하여 방전시켜 둔다.

(8) 기동시의 이상

스위치를 넣어도 기동되지 않는 경우에는 어떤 이상이 있는 것이므로 즉시 스위치를 끊고 다음

사항을 점검한다.

(a) 기계소리도 나지 않는다

이 경우에는 우선 전원측을 점검한다. 전원측 고장은 정전, 스위치 접촉불량, 퓨즈 용단 등을 예상할 수 있으므로 전압계, 레스터를 사용하여 점검한다. 전동기 단자전압이 정상인 경우에는 3상 유도전동기에서는 1차권선의 2상 이상의 단선, 직류전동기에서는 전기자 인출선의 단선이다.

(b) 기계소리가 발생한다

기계소리가 발생할 경우에는 전동기와 부하의 결합을 풀고 손으로 돌려본다. 잘 회전을 하지 않거나 또는 무엇인가에 접촉되어 있을 경우에는 베어링의 소손, 고정자와 회전자의 접촉이 예상된다. 가볍게 회전할 경우에는 다시 전원을 투입해 보고 역시 회전하지 않으면 3상 유도전동기에서는 단상 운전, 2차회로의 단선 또는 접촉불량에 대하여 조사한다.

전동기 단체로 회전할 경우에는 부하기의 고장, 2차권선의 1상 단선, 농형권선의 절단, 공급전압의 부족 등이 예상되므로 이같은 점에 대하여 조사한다.

4. 맺음말

전동기의 고장진단법에 대하여 개요를 설명했는데 고장의 조기발견과 해결, 예방, 보전에 다소나마 참고가 된다면 다행이겠다.

