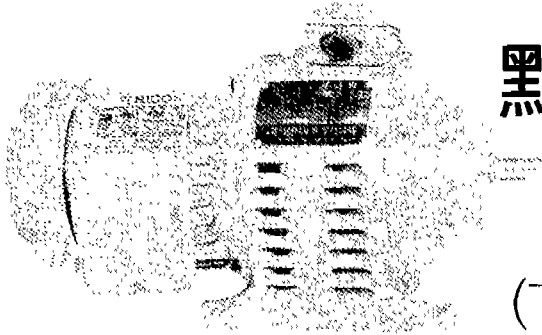


電動機의 點檢과 유지보수



(下)

손 근 식

한국산업서비스(주) 이사

6. Extreme Service

Alignment의 목적은 기체가 운전될 때 가장 양호한 상태로 유지하는 것에 있지만 실제 작업의 대부분은 상온의 정지상태에서 Alignment가 실시된다. 그래서 온도, 부하에 의한 팽창 수축을 미리 고려하여 운전중에 축심의 일치를 생각한 Alignment를 Extreme Service 혹은 Hot Alignment라 한다. 이것에 대해 운전중의 축심의 변화를 무시한 Aligement를 Cold, Alignment라 하며, 좋은 Alignment란 Hot Alignment가 바르게 행해지는 것을 뜻하므로 정지시와 운전시의 Alignment 변화에 주목하는 것이 중요하다. 운전시 Motor와 부하기계의 온도차가 클 때는 열팽창으로 Shaft의 높이 차이가 생긴다. 고온의 공기를 취급하는 Fan이나 고온 또는 저온의 물을 취급하는 Pump 등이 그 일례로서 차이가 생기는 양은 Common Base나 Foundation에서 축심까지 높이 매 15 inch 당 두 Shaft를 직접 지탱하는 Bearing Bracket 또는 Pedestal의 평균 온도차 10°F당 1/1,000 inch로 계산한다. 상온에서 체크한 양에서 운전

온도가 높은 기체를 상기의 양만큼 낮추어 주어야 하는데 가장 좋은 방법은 기체가 정산운전 온도에 도달한 후 Hot Check를 하는 것이다. 이렇게 하자면 기체를 정상운전 온도에 도달한 후 재빨리 정지한 후 Coupling을 분해하여 Alignment 하여야 한다. 이때 측정치와 Cold시 측정치와의 차가 Hot 시 Alignment 변동량이다.

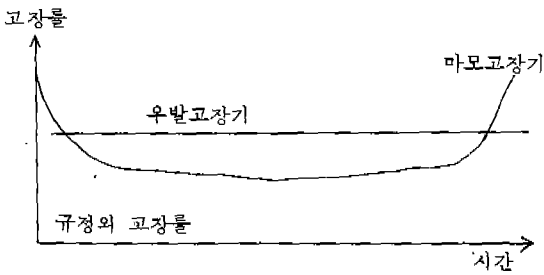
II. 메인テナンス

1. General Preventive Maintenance

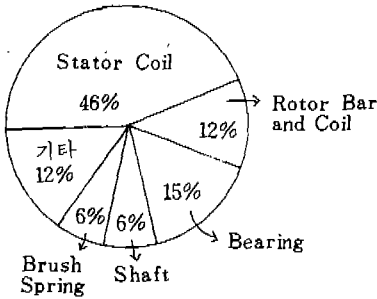
전동기에서 발생하는 고장의 유형은 통계적으로 볼 때 일반기계에서 발생하는 고장을 곡선과 동일한 Bath-Tub 곡선(그림 4)의 Patter에 따른다. 고장전수적으로 볼 때 1~2년의 초기 고장이 가장 많고 그 후는 안정한 우발 고장기에 돌입한다.

초기고장에는 전동기 특성적 선정의 오류, 사용환경과의 불일치 및 불량한 설치가 주원인이 된다.

전동기를 1~2년의 초기에 분해 점검하는



(그림 4) Bath-Tab 곡선



(그림 5)

이점은 이 초기 고장의 발견 및 방지에 있다. 전동기 고장을 구성요소별로 분류하면 그림 5와 같다.

그림 5와 같이 Coil 과 Bearing에 의한 사고 비율은 매우 높으며 권선형 유도전동기의 Slip Ring 주변과 Brush 관계의 고장이 6% 정도로서 권선형전동기가 농형전동기의 10~20%로 볼 때 사고율은 심각하다.

전동기는 최소의 보수로서 장기간 운전되도록 설계되어 있다. 적절한 유지보수를 게을리 하거나 연기하면 Trouble-Free는 기대할 수 없다. 예방보수 점검의 명확한 계획은 고장, 심각한 손상, 값비싼 유휴시간을 없애기 위하여 설정되어질 것이다. 보수계획은 운전상태나 유사한 기계에서 얻은 경험에 의존한다. 최적의 유지보수를 보증하기 위해서는 장비사양 및 기타 필요한 내용이 완전히 기록되어 있어야 하며 조직적

인 유지보수 Program은 다음 사항들의 주기적인 점검이 요구된다.

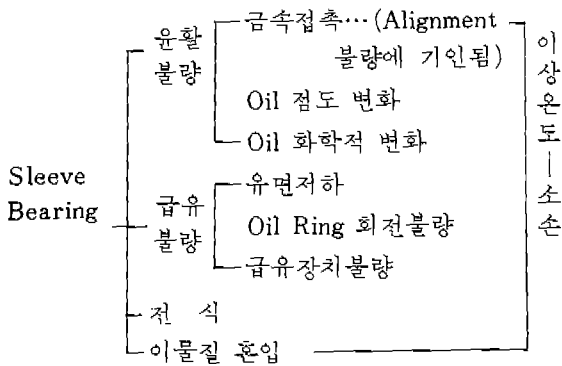
- 1) Stator 및 Rotor 통풍통로 방해가 없으며 Motor는 청결한가
- 2) 부하는 정격이나 Service Factor보다 초과하지 않는가
- 3) Winding Temp는 정격보다 상승되는가
- 4) 절연저항은 양호한 상태인가
- 5) 전원의 전압 및 주파수의 변동은 얼마인가
- 6) Air Gap의 측정 및 지속적인 비교
- 7) Bearing 온도는 90°이하이며 Luaricant는 적절한가
- 8) 비정상적인 진동이나 소음은 없는가
- 9) Alignment는 양호한가
- 10) Inspection Data는 계속 수집된 상태인가
- 11) Lubrication Data
 - 가) Method of Application
 - 나) Type of Grease for wet, Dry, Hot or Adverse Location
 - 다) Stock of Greases and Oils

2. Cleaning and Drying

Coil 표면이나 기계의 부품에 덮여 있는 오물은 반드시 제거하고 공기통풍구는 청결해야 하며 만일 공기 청소시는 50psi보다 압력이 낮아야 한다. 50psi보다 높은 압력의 공기는 권선절연피복에 손상을 입힐 것이다. 많은 Oil과 Grease, 오물, 등은 실오라기가 생기지 않는 마른 천으로 Coil 제작자가 추천한 Solvent 등에 묻혀서 닦아낸다.

권선형 Rotor나 Armature는 Commutator가 위로 향하게 한 후 솔벤트를 Spray Gun으로 분사시키고 다시 Commutator를 아래로 향하게 한 후 Spray Gun으로 분사시킨다.

세척된 전동기의 건조는 115°C~125°C의 온도로 6시간~16시간 정도로 건조해야 하는데, 실질적으로는 건조중 절연저항의 변화를 주시하여 절연저항이 일정해질 때까지 건조시키는 것이



〈그림 6〉

- b. Oil Grease의 선정불량이나 오염된 Oil
- c. Oil Ring이 불량
- d. 과도한 Belt 장력
- e. Bearing 표면의 거칠음
- f. Bearing의 부적합한 조립
- g. 축 휨
- h. 축과 Bearing의 정렬불량
- i. 과도한 End Thrust 혹은 부적합한 Level로 인한 Shaft Shoulder와 마찰열
- k. Shaft Current
- l. 기 타

4. 절연열화와 대책

가. 절연열화 요인

운전중인 고압 회전기의 고정자 권선절연은 전기적, 기계적, 화학적인 각종 Stress가 가해지고 이들 Stress에 의해 절연이 점점 열화되는데 회전기의 사용용도 부하상태 운전시간, 가동정지횟수 사용환경 등이 다양하기 때문에 절연열화 요인을 단정 짓기는 곤란하지만 대표적인 열화 요인 및 현상을 보면 표2와 같다.

나. 절연열화 특성

가) 전기적 열화의 주요인은 부분방전열화, Tree 열화 및 Tracking 열화이다. 부분 방전열

〈표 2〉

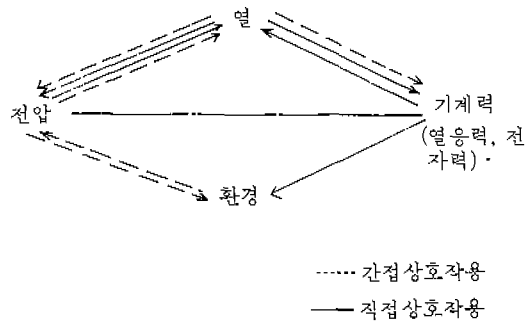
Stress	열화인자	열화현상	
전기적	부분방전, Arc Treeing Tracking	산화 열분해 탄화 파괴	
기계적	진동 반복되는 피로 열팽창수축, 충격, Creep	Crack, 부서짐 분해, 마모	
화학적	열열화	Heat Cycle	열분해산화분해
	환경열화	흡습, 흡수, 화학약품 Oil, 먼지, 용제, Ozone	침식, 부식, 용해

화는 절연층내에 생긴 미소한 Void나 절연물 표면의 Void에서 부분방전에 의하여 절연이 서서히 침식되어 열화되는 것이고 Tree 열화는 권선 도체의 각부나 미소한 공극부의 전계가 높은 부분으로부터의 방전열화이고, 또 Tracking 열화는 절연물 탄화로 인한 미소한 방전에 기인하는 열화로 화학적 열화와 관련된다. 이들은 국부적인 절연파괴 현상이지만 이들 현상이 점점 진전되면 이들이 시발점이 되어 전로파괴에 도달한다고 추정한다.

나) 기계적 열화의 주된 것은 회전기의 기동정지나 부하변동에 의하여 절연층간에 가해지는 열응력, 반복되는 피로 및 열 Cycle에 의한 피로 열화, 기동시의 대전류나 돌발적인 전압변동 등으로 End Coil부에 가해지는 과도한 전자력, 고정자 Solt내의 전자진동에 피로열화 등이며 이들의 기계적인 열응력, 반복되는 피로 및 진동에 의한 응력으로 절연층에 금이 가거나 부서지거나 마모되어 기계적인 강도의 저하와 전기적 특성(절연내력이나 절연특성)의 저하를 초래하고 드디어는 전기적으로 절연파괴를 일으키게 된다.

다) 화학적 열화의 주된 것은 열 열화, 환경 열화이다. 열 열화는 장기운전에 의한 가열 때문에 접착제의 열 분해나 내부에 잔류하고 있는 공기나 휘발분이 열팽창하여 Void를 만들어 절연성 등을 저하하게 하는 것이다. 환경열화는 절연물 표면에 부착하는 오손물질(먼지, 약품,

염분, Oil)이나 부식성 Gas, 수분 등에 의하여 절연물의 오손 용해 및 가수분해로 절연의 전기적 특성이나 기계적 특성에 유해한 영향을 주고 또 마모성의 미립자가 냉각 바람과 함께 기계내를 순환하여 절연층을 마모시키는 경우 등이다. 이들 절연열화 요인은 단독으로 작용할 수도 있고 각 요인들 사이의 상호작용에 의해 복합요인으로 작용하는데 이 열화요인의 상호 관계는 그림 7과 같다.



(그림 7)

다. Revarnish

상술한 바와 같이 절연열화에 의한 절연과피는 대부분 절연물의 Void나 Crack에서 그 원인을 찾을 수 있는 바, 절연물을 철저히 세척하여 표면의 오손 물질을 제거한 후 충분히 건조하여 절연물 내의 Void나 Crack 내에 있는 Gas 수분 등을 제거하고 Varnish 처리를 하여 Void나 Crack을 메꿀 수 있다면 절연물의 수명을 연장할 수 있을 것이다.

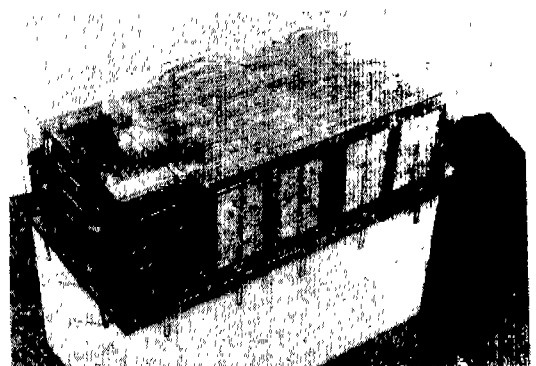
그러나 장기간 사용으로 수많은 Void와 Crack을 갖고 있는 절연물을 Revarnish 처리로 Varnish를 침투시켜 모든 Void와 Crack을 제거할 수는 없는 것이며 절연물 표면 부위에 게재한 것들에 대해서만 그 제거가 가능할 것으로 생각된다. 이와 같이 Revarnish 처리로 표면에 있는 Void나 표면까지 전개된 Crack을 대부분 제거할 수 있다면 Void나 Crack을 전부 제거하

海外技術

尖端電力供給裝置

맨체스터의 Chloride Standby Power사는 첨단 전력공급장치를 개발하여, 종래의 디젤 발전기를 제압할 혁명적인 발전기를 선보였다. 소음이 전혀 없으며, 전혀 공해 염려가 없는 이 발전기는, 유럽 지사 및 아시아와 아프리카의 공급처에 공급 중인데, 이는 공업용 배터리를 사용하며 텔레커뮤니케이션, 컴퓨터, 전자, 전력공급 및 조명기구 등에 첨단기술을 이용한 이 제품을 판촉 중이다.

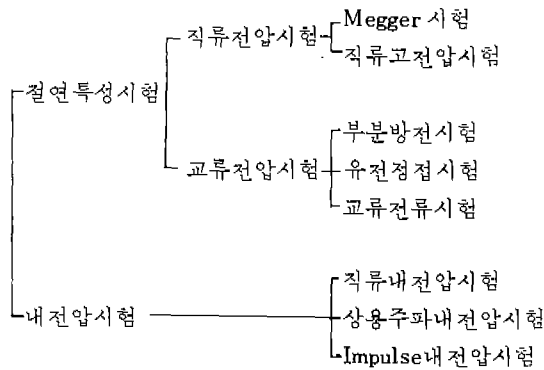
Clonde 사의 봉합 납산(Sealed Lead-Acid) 표준 전력공급 배터리는, 전해질 기술결합을 이용, 충전시 산소와 수소의 회발법을 이용한다. 처음에 British Telecom과 합작으로 개발된 이 SLA 배터리는 통신센터, 발전소, 은행, 병원, 군사기구에 설치되었는데, 그 규모가 아주 소형이고 유지비가 전혀 안들고 10년간의 수명을 자랑하므로 점차 알려지게 되었다.



〈표 3〉

Trouble	원 인	조 지 사 항
전동기 기동불능	Fuse 소손 Overload Trip 부적합한 전원공급 부적절한 결선 권선 혹은 스위치 단선 기계적 결함 Stator 권선소손 Stator 권선 내부 불량 Rotor 결함 과부하 단상인가	Fuse교체, 명판전류의 최소 125% Check and Reset Overload in Starter 전동기명판과 부하를 비교하여 적절한 전 원공급 회전방향 확인 결선부의 접촉이 Loose한지 혹은 전동기 내부의 기동 Switch를 확인한다. Hand Barring 및 Bearing 윤활장치 Fuse가 소손될 것이다. 재권선 Bracket위의 결선점검 Rotor Bar 및 End Ring 절단여부 확인 부하감소 결선부위 Loose 상태 확인
전동기 기동은 되나 회 전속도가 상승되지 않을 경우	Rotor Bar 절단 1차 회로단선	End Ring 근처의 Crack 유무를 점검하여 문제가 있으면 수리를 하거나 신제품으로 교체
전동기 회전속도 가속에 오랜시간이 걸린다	과부하 Poor Circuit 결합있는 Squirrel Cage Rotor 인가전압이 낮다.	부하감소 회로점검 Rotor 교체 인가전압상승
역 회 전	상결선불량	Switch Board나 Motor 측에서 결선변경
부하운전중 과열발생	과부하 통풍불량 운전중단상인가, 권선접지 3상인가전압불평형 Stator Coil 소손 High Voltage Low Voltage Rotor와 Stator와 마찰	부하감소 통풍에 방해를 주지 않도록 조치 결선확인 Lead와 결선점검 및 변압기점검 인가전압점검 인가전압점검 Bearing 점검
전동기진동 발생	축정렬 불량 기초불량 Coupling 편심 부하장비 불평형 Ball Bearing 결함 Bearing 정렬불량 Balancing Weight이동 권선형 전동기 권선교체 Excessive End Play	재정렬 기초보강 Coupling 편심교정 부하장비 Balancing 교 체 재정렬 재교정 Balance Rotor 교 정

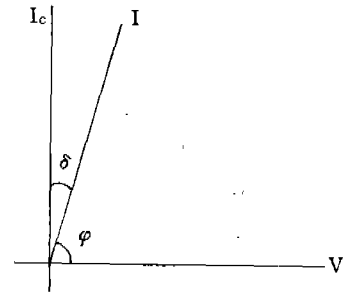
지 못하더라도 확실히 수명연장의 효과가 있는 것으로 사료된다. 특히 Revarnish에 의한 절연 보강은 세척장비, 자동전조로, Varnish Dipping 또는 VPI설비 등을 이용하여야만이 그 효과가 크다. 대형기기인 경우 Varnish Dipping 또는 VPI가 불가능하여 Sprayer에 의한 Varnish 처리를 하는 경우 절연물 표면적의 60~70% 정도만 Varnish 처리가 되기 때문에 치명적인 부위에 Varnish 처리가 결핍되어 사고의 원인이 제거되지 못하는 경우가 있긴 하지만 역시 Revarnish 처리량이 하지 않는 편보다 절연파괴의 확률을 줄일 수 있게 한다. 그러면 전동기의 절연 진단에 대하여 알아보면 다음과 같은 측정법이 있다.



상기 측정법중 직류 고전압시험은 회전기에 직류전압을 인가하여 이때 흐르는 전류를 측정하는 것으로 시간 저항법과 Short Time법, 단계전압법이 있다. 시간저항법은 과거의 시험 기록 없이도 때때로 명확한 자료를 제공하여 주는데, 이 방법은 양호한 절연의 흡수효과와 습기나 혹은 불량한 절연의 흡수효과와를 비교하는데 근거를 두고 있다.

Short Time법은 Megger로서 짧은 특정기간의 상태를 확인하는 것으로 측정 당시의 온도, 습도가 저항치에 크게 작용한다. 과거에 한번도 시험을 하지 않았던 기기에 대한 Spot Reading은 단지 그 절연 상태가 얼마나 양호한가 혹은 불량한가를 대충 알아보는 일에 불과하다.

단계전압법은 2가지 종류 혹은 그 이상의 전



〈그림 8〉

압을 시간별로 권선에 인가하여 각 전압별로 절연저항치를 측정하는 것으로, 기계적 손상을 입었거나 청결하고 건조한 절연물이 노화하면 낮은 전압을 가압했을 때에는 별로 나타나지 않으나 운전중 가압될 전압에 접근한 값이나 그 이상의 값으로 인가하면 불량개소는 전저항에 영향을 미친다. 유전정접시험은 절연물에 교류전압을 인가하면 누설전류, 유전분극, 부분방전 등에 의해 손실이 발생하기 때문에 인가전압(V)에 대한 전전류 I는 충전전류(I)보다 지연된다. 이때 지연각을 유전각손이라고 한다(그림 8).

일반적으로 δ 는 매우 작기 때문에 $\cos \varphi = \sin \delta \approx \tan \delta$ 의 관계가 성립하고 여기서 $\tan \delta$ 를 유전정접이라고 부른다.

절연물의 $\tan \delta$ 는 절연물 형상 불순물잔유, 절연열화 혹은 Void에서의 부분 방전에 의한 손실 등에 의해 그 고유값으로부터 벗어난다. $\tan \delta$ 값은 절연물의 형상이나 치수에 관계없이 그 절연물 고유값이 나타나 있으므로 이 두 값의 비교로 절연열화를 판정하는데 현재 널리 사용되고 있다.

5. Trouble Shooting

표 3에 게재되는 것은 모든 예상되는 문제를 Cover 하지 못하지만 빈번히 대두되는 문제점에 대하여 나타낸 것이다.