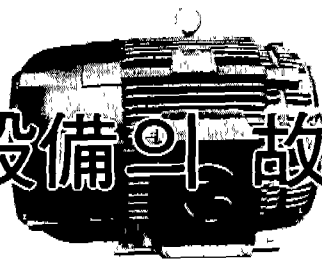
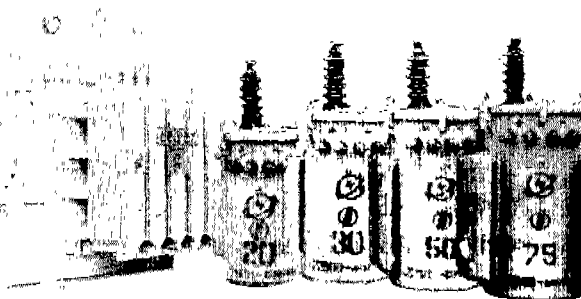
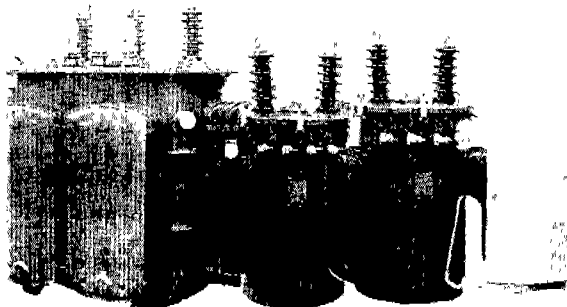


# 電氣設備의 故障診斷



(1)



## I. 感覺을 이용한 故障診斷 要領

### 1. 머리말

최근의 전기설비는 半導體素子의 성능의 향상과 절연재료를 비롯한 각종 전기재료의 진보로 電力變換裝置, 변압기, 전동기 등의 전력기기는 소형, 대용량화가 발달하였고, 한편 制御裝置에 있어서도 집적화, 靜止化, 精密化에 따라 더욱 소형화되어 가고 있다. 또한 제어용 시퀀스나 소형 계산기가 어디에나 채용되어 종래의 有接點 릴레이에 의한 시이퀀스盤 대신 복잡한 제어를 하게 되었다. 그 결과 공장에서는 푸시버튼을 누르는 것만으로 모든 生産稼動이 되는 설비의 자동화가 추진되어 이에 의하여 오퍼레이터는 감각에 의존하지 않고도 品質이 좋고 또한 생산성이 높은 생활활동을 할 수 있게 되었다. 그러나 반면에 電氣故障에 의한 극히 단시간의 設備停止에서도 방대한 생산손실과 품질의 저하를 가져오는 경우도 적지 않다. 이와 같은 상황

하에서 電氣技師에게는 전기설비의 신뢰성을 유지하기 위해 異常을 조기에 발견하여 사고를 미연에 방지하는 것이 강력히 요망되고 있다.

異常을 발견하는 방법으로서서는 보수원의 점검에 의한 情報과 오퍼레이터의 運轉狀況에서 얻어지는 설비異常의 정보가 있다. 그러나 최근에는 자동화에 따라 오퍼레이터의 감각이 둔해져 운전상황에서의 정보를 얻을 수가 어렵게 되었고, 즉 오퍼레이터는 숙련을 필요로 하지 않는 반면에 保守員은 더욱 숙련을 필요로 하며 또한 그 機能이 設備保全에 크게 기여하게 되었다. 이 사실은 유럽에서도 많은 기업이 근로자 부족 때문에 外人 근로자를 많이 고용하고 있는데 그 대부분이 生産에는 종사시키고 있으나 보수원로서는 종사시키지 않고 있다는 것으로도 뒷받침된다. 따라서 종래보다 더욱 보수원의 技術을 향상시켜야 하며, 이 기술이 보편적이라야 된다. 이를 위해서는 먼저 설비의 상황을 알고 診斷技術이 先行되어야 한다. 최근에 이 진단기술이 각광을 받아 여러 가지 機器의 개발이 진전되고 있으며 고장진단의 어느 정도는 이같은 각종의 測定器에 의존하고 있다. 그러나 현상은 아직

결정적인 것은 없다. 또한 일반적으로는 電氣設備의 보수원이 이같은 測定計器를 가지고 일상의 점검을 하는 것은 극히 드물고 통상 간단한 聽音棒이나, 데스터, 메가 등을 가지고 눈으로 보고, 귀로 듣고, 손으로 만져보고, 코로 냄새를 맡는 이른바 5感에 의한 점검(計器가 있는 것은 계기를 본다)이 主体로 되며 이상으로 판단되었을 때 또는 定期點檢時에 고도의 정밀계기에 의하여 精密診斷을 하는 것이 보통이다.

診斷技術은 五感에 의한 정보라든지 정밀계기에 의한 정보를 얼마나 빨리 感知하고 또한 얼마나 정확한 판단을 내리는지에 달려 있으므로 그 정보를 취급하는 인간의 판단기술이 매우 중요한 要素가 된다.

여기서는 音, 振動, 냄새, 變色, 온도 등 인간의 5감에 의하여 운전상태를 어떻게 판단할 수 있는지, 각 현상의 변화에 의하여 고장의 장소나 정도를 어떻게 알 수 있는지에 대하여 실례를 참고로 하여 해설하기로 한다.

## 2. 音이나 振動으로 알 수 있는 故障

모든 전기설비는 운전중에 여러 가지 音이나 진동을 발생하고 있다. 가령 변압기에서 발생하는 勵磁電流에 의한 珪素鋼板의 磁歪振動音, 回轉機 베어링에서 발생하는 기계진동음 등이다. 이같은 音이나 진동은 운전중인 기기 특유의 것으로 그 기기의 운전상태의 일단을 표시하는 것이다. 그 音이나 진동을 주의깊게 관찰하여 고저, 강약, 음색의 변화를 진단함으로써 機器의 고장진단을 할 수 있다.

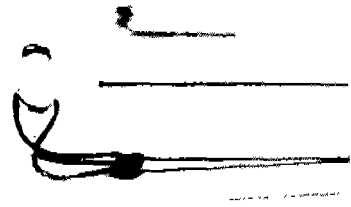
### (1) 音이나 振動의 간단한 檢知方法

音이나 振動을 感覺적으로 檢知하는 방법에는 다음과 같은 것이 있다.

(i) 단지 귀로 듣는다.

(ii) 聽音棒(그림 1 참조)에 의하여 檢知한다.

기기에서 발생하는 振動音을 보다 정확히 파악하기 위해 사용되고 있는 測定用具이다.



〈그림 1〉 각종 聽音棒

(iii) 點檢 해머에 의하여 검지한다. 點檢해머로 점검장소를 때려 보고 그 소리를 들어 검지한다. 일반적으로 기계설비 점검에 사용된다.

(iv) 손으로 만져보고 觸覺에 의하여 검지한다. 위와 같은 방법으로 감각적으로 소리나 진동을 포착하여 기기의 상태를 판단하는데, 어떤 방법으로든 “異常”으로 판단하는 기준은 “울림”이나 “不規則인 振動音” 또는 “異常音” 등에 의하여 정상시의 운전과는 무엇인가 다른 것이 느낄 때이다. 다만 소리가 높다든지 낮다든지의 絶對値가 아니고 정상시의 운전과의 미묘한 차이에 의하여 판단하는 것이므로 항상 安定運轉時의 리듬을 충분히 기억해 두어야 한다.

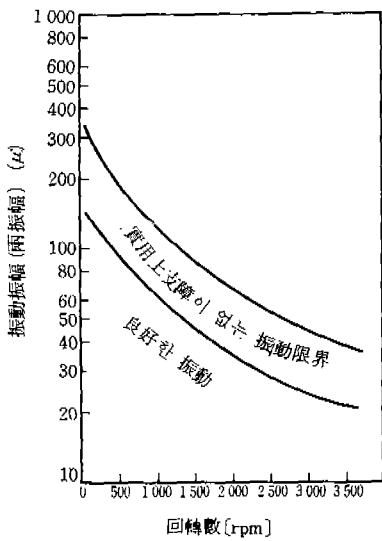
또한 회전기의 振動振幅에 의한 이상 판정기준은 대체로 그림 2와 같다.

### (2) 感知할 수 있는 트러블

소리나 진동으로 진단할 수 있는 트러블의 대표적인 예로서 전동기, 변압기 또한 릴레이盤 및 電磁接觸器盤의 경우에 대하여 설명하기로 한다.

(a) 電動機의 異常音과 振動 운전중인 회전기는 여러 가지의 소리와 진동을 발생하는데 순회점검중 叩音, 슬립音, 金屬音 등이 발생하여 통상 운사와는 다른 것을 느꼈을 경우에는 원인이 무엇인지를 조사해야 된다. 이 경우에 異常音이 전동기 자체의 이상으로 발생한 것인지 외적인 원인에 의하여 발생한 것인지를 조사해야 되는데 분명하지 않을 때에는 커플링을 벗기고 전동기 單體만의 試運轉을 하여 구분한다. 전동

本稿는 電氣協會發行 單行本에서 발췌한 것임

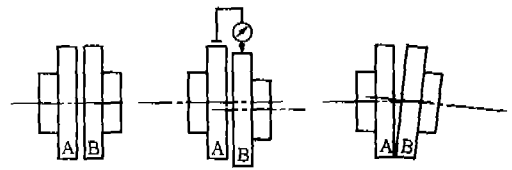


〈그림 2〉 電動機의 振動許容限界

기의 振動原因은 여러 가지가 있는데 대체로 다음과 같다.

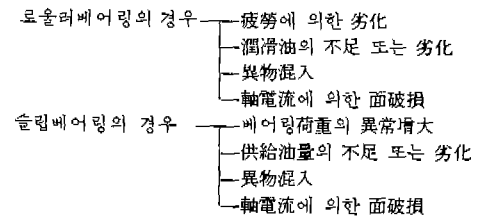
(i) 기초나 設備狀態의 불량: 地盤沈下 기타 經年變化로 상대 기계와의 固定心의 불균형, 커플링 볼트의 이완과 마모 등으로 진동이 발생한다. 대책은 정밀검사를 한 후에 中心調整을 한다. 中心調整의 방법은 그림 3과 같이 다이얼게이지를 사용한다.

(ii) 베어링(전동기 및 負荷側)의 불량: 베어링 破損, 軸메탈의 마모, 윤활유의 부족 등으로 진동이 발생한다. 電動機의 고장원인 중 베어링에 의한 이상이 가장 많으며, 약 1/3을 점하고 특히 叩音이 들릴 경우에는 주의를 요하며 診斷은 베어링 外被의 이상 온도상승에 의해서도 정도를 판단하는 경우가 많다. 電動機用 베어링의 고장원인은 로울러 베어링과 슬립 베어링이 약간 다른데, 주요원인은 그림 4와 같다. 일반적으로 中小形 電動機에 사용되는 스테이트 베어링의 異常音인 경우에는 윤활유의 給油로 이상음이 수습이 되는 경우가 많다. 적절한 인터벌에 의한 적절한 量(過注油도 안된다)의 윤활유 보급이 필요하다.



(a) 바른상태 (b) 軸이 同일하지 많은 경우 (c) 軸의 중심선이 平行이 아닌 경우  
 (b), (c)의 상태를 바른 a)의 상태로 하기 위해서는 그림과 같이 커플링 A에 다이얼게이지를 붙여 커플링 B의 外圈에 대고 兩者의 상대 위치를 바꾸지 않고 共同轉을 시키면서 上下 및 左右의 지시를 읽고 이것이 동등해지도록 相互 微動 또는 上下시킨다. 다음에 다이얼게이지를 B의 端面에 대고 同一한 동작을 반복한다. 이같이 해서 인터데이터의 지시가 2/100~5/100이내가 되도록 한다.

〈그림 3〉 중심잡기의 不良과 修正方法



〈그림 4〉 電動機用 베어링의 故障原因

(iii) 負荷側에서의 진동: 排風機 날개에 부착된 異物에 의한 負荷 밸런스의 불균형, 벨트 구동기의 벨트의 조정불량 등으로 인한 負荷條件에서 진동이 발생한다.

(b) 故障例 베어링의 사고를 소리로 感知한 예를 소개한다. 50臺에 가까운 각종 電動發電機가 항상 운전되고 있어 상당히 시끄러운 電氣室에서 점검원이 점검통로(MG설치 장소에서 높이 4m 정도 떨어져 있다)를 걸어 감시실로 돌아오는 도중에 밑에서 異常音이 발생하고 있는 것을 듣고 소리가 나는 장소를 찾아 베어링의 外被를 손으로 만져 보았는데 너무 뜨거워 거의 손을 대어 볼 수도 없었다. 급히 라인을 정지시키고 베어링의 分解點檢을 한 결과 로울러 베어링의 리테너가 파손되어 있었다. 로울러 베어링의 파손 예를 그림 5에 들었다. 이 예의 경우



〈그림 5〉 로올러 베어링의 破損例

異常音은 아무리 많은 운전기기가 있어도 주의 하여 들어 보면 단지 귀로 듣는 것만으로도 알 수 있는 경우가 있다는 예이다.

(c) 變壓器의 異常音과 振動 변압기 자체는 靜止器인데 운전중에는 항상 부응하는 소리를 발생시키고 있으며 일반적으로는 이 소리를 소음이라는 표현으로 나타내고 있다. 최근에는 도심지나 근교의 부지 내에 대용량의 變電設備을 할 경우에는 이 소음을 억제하는 시책이 취해지고 있다. 이 소음의 발생 원인으로서는

(i) 珪素鋼板의 磁歪振動

(ii) 鐵心의 이음새 및 成層間에 작용하는 磁氣力에 의한 진동

(iii) 捲線 導體間 또는 코일 간의 電磁力에 의한 진동

(iv) 강제냉각인 경우의 팬, 펌프에서 발생하는 소음

등이다. 이와 같은 소리의 발생원인으로 볼 때 異常音에 의하여 변압기의 설비 진단을 하는 것은 충분히 가능한 것이며, 매우 많은 것 같이 생각된다. 그러나 振動, 異常音에 의한 트러블의 발견은 거의 없다. 단 최근의 변압기는 鐵心の 재질이 低損失化로 特性變化가 되었기 때문에 電壓變動, 부하변동으로 소리가 변화하는 경향이 현저해졌다.

중래의 變壓器 트러블의 사례에서 볼 때 변압기는 靜止機이기 때문에 매우 안정된 電氣機器라는 것과 소리나 진동의 檢知에 의하여 트러블의 진단에 이르는 케이스는 극히 드물다.

(d) 릴레이盤 및 電磁接觸器盤의 소리와 振動 릴레이盤 및 電磁接觸器盤 내는 정상적인 때에도 상당한 소리와 진동을 발생시키고 있는데, 특별히 異常音이 있을 때에는 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

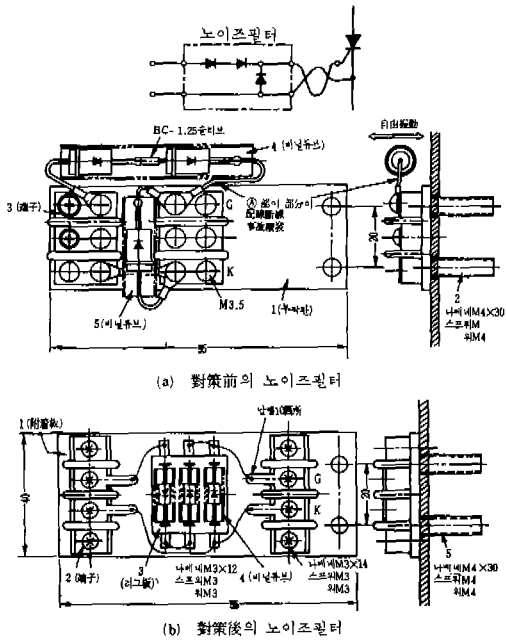
(i) 電磁接觸器의 劣化와 汚損 : 사용되고 있는 기기의 수명이 가까와져 機器 本体가 덜경지될 경우, 오손으로 인하여 분진이 可動鐵心과 固定鐵心 사이에 끼어 鐵心間에 갭이 생긴 경우에는 “울림”이 생긴다. 또한 操作電源이 교류인 경우에는 코일의 소손으로 발전하는 케이스가 있다. 대책으로서는 오손이 심한 장소에서는 정기적으로 에어를 스프레이 하여 청소를 한다.

(ii) 電磁接觸器의 異常 : 특정한 접촉기가 특별히 높은 이상음을 발생하고 있을 때에는 그 접촉기를 분리시켜 조사해 볼 필요가 있다. 예로서 비교적 많은 것은 勵磁鐵心に 부착되어 있는 세이딩코일의 缺落이다. 이 경우에 심한 “울림” 소리로 알 수 있다.

(iii) 電磁接觸器의 부착불량과 配線接續部의 이완 : 미묘한 진동에 의하여 장기간의 經年으로 전자 접촉기의 부착 비스가 이완되어 盤本体에서 浮上한다든지 배선접속부가 이완되는 등으로 진동이 발생한다. 배선접속부의 이완에 의한 접촉불량을 방지하기 위해서도 2년에 한번 정도는 각 부의 죄임을 點檢하도록 한다. 특히 振動이 많은 곳에 설치되어 있는 配電盤의 죄임점검은 不可缺한 것이다.

(e) 故障 參考例 直流의 대전류가 흐르는 銅帶를 가지고 있는 배전반 중에 전류의 변화로 인한 銅帶間에 작용하는 電磁力에 의하여 진동이 생겨 이 진동으로 발생한 고장을 소개한다. 이 배전반은 水冷式 다이리스터를 가진 교류에서 직류로의 變換裝置인데 이 배전반 내에 있는 다이리스터의 게이트 點弧回路에 사용되고 있는 노이즈필터의 배선이 때때로 折損斷線이 되는 故障이 발생했다(그림 6).

원인은 직류전류의 변화로 銅帶間에 電磁力이



〈그림 6〉 振動에 의한 配線斷線 事例들의 例

작용하여 이로 인한 진동이 작은 노이즈필터로 전달되어 자유振動이 쉽게 발생하도록 부착되어 있었던 부품의 ①部에서 전선이 折損된 것이었다. 이 배선반 앞에 서면 때때로 부웅하는 진동음을 들을 수 있었고 電磁力으로 銅帶가 진동하고 있는 것을 쉽게 알 수 있었다. 그림 6의 예와 같이 미묘한 반복진동도 자유共振이 용이하게 발생(확실하게 고정되어 있지 않다) 하도록 부착된 부품이 있으면 그 배선은 劣化斷點이 된다. 대책으로서는 그림 6(b)와 같이 부품이 확실하게 고정되도록 부착함으로써 配線斷線은 해결되었다.

### 3. 溫度變化로 알 수 있는 故障

사람의 몸이 건강한 때와 이상이 있을 때에는 体温에 차이가 있는 것과 같이 電氣品에 대해서도 正常時와의 온도차이로 異常을 판단할 수 있다. 靜止器와 回轉機器를 불문하고 전류가 통하고 있는 기기에서는 항상 열을 발생하며, 또한

회전기기는 베어링部 등 可動部와 固定部의 마찰열에 의하여 發熱하며 온도가 상승한다. 또한 통상은 定格溫度 이하에서 포화되고 일정한 온도가 되어 운전이 계속된다.

그러나 電氣적으로나 機械적으로 어떤 이상이 있으면 그것이 온도의 변화로서 나타나 定格溫度 이상으로 상승한다. 또한 때로는 電氣機器의 수명을 현저하게 단축시키는 요인이 된다. 이같은 의미에서 전기기기는 적정한 온도 영역에서 사용해야 된다.

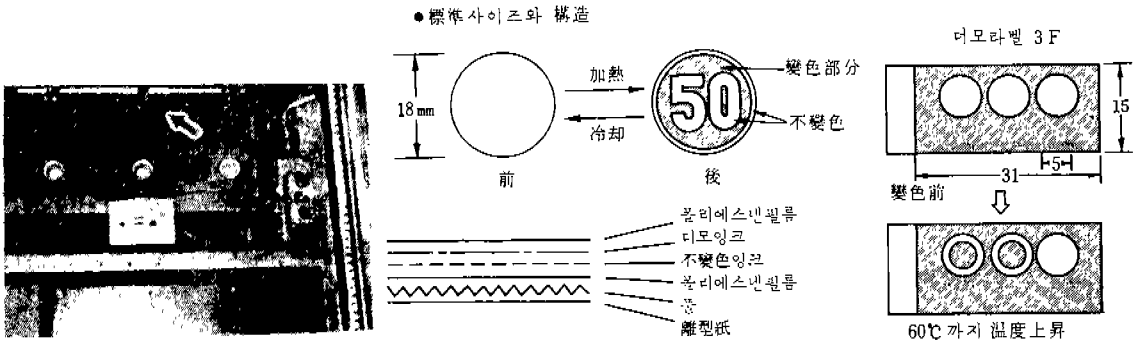
#### (1) 溫度의 變化를 檢知하는 간단한 방법

온도의 변화를 검지하는 간단한 방법은 다음과 같다.

(a) 觸手에 의하여 觸覺으로 檢知하는 방법 감각으로 알 수 있는 온도의 정도는 개인차가 크며, 이에 의한 機器의 진단은 경험, 숙련이 매우 중요한 요소가 되는데 항상 문제의식을 가지고 기기의 평상시의 온도를 알아두면 異常判斷이 용이하다.

또한 일반적으로는 10초 정도 觸手할 수 있는 온도는 60℃ 전후의 온도이다.

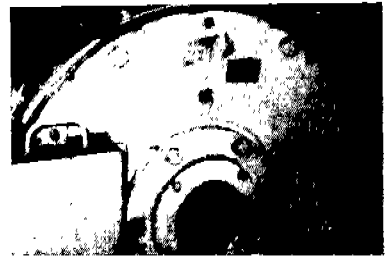
(b) 測溫 테이프나 測溫塗料에 의하여 檢知하는 방법 電氣導帶(부스바)의 接續部, 断路器의 刃形部 등 국부적으로 加熱이 발생하는 수가 있는 부분, 운전시 活電되어 觸手が 곤란한 部位의 경우 測溫 테이프나 測溫塗料에 의하여 그 온도의 色變化에 의하여 검지한다. 測溫 테이프, 塗料 모두가 최근에는 좋은 것이 많이 나와 있으며, 특정한 온도에서 數字가 나타나는 방식도 있고 60℃ 전후의 테이프를 2~3종 첨부하여 검지하면 미묘한 온도변화를 알 수 있다. 또한 감각에 의한 검지를 대신하는 것으로 휴대에 편리한 연필형으로 된 크레용狀의 測溫棒도 사용되고 있다. 또한 측온봉을 사용할 때에는 接觸部에의 파라핀의 流入에 충분한 주의가 필요하다. 測溫塗料의 실제 사용례와 測溫 테이프의 일례를 그림 7에 들었다.



(a) 測溫塗料을 칠하여 溫度監視하고 있다. (b) 測溫 테이프의 一例(左) 溫度의 數字表示例(右) 數種의 測溫 테이프의 集合化例) 刃形開閉器(화살표장소에 測溫塗料가 칠해져 있다)

〈그림 7〉 測溫塗料의 使用例와 測溫 테이프의 일례

(c) 固定된 溫度計로 檢知한다 機器에 고정시켜 부착된 計器에 의하여 눈으로 檢知한다. 전동기의 베어링部의 고정 코일部, 變壓器油, 각종 냉각기의 入出側 등 특별히 감시가 필요한 곳에는 통상 簡易溫度計가 부착되어 있다. 또한 小形 電動機 등은 간단하게 그림 8과 같이 100도 전후의 알코올 온도계를 퍼티로 고정시켜 檢知하는 방법도 일반적으로 널리 사용되고 있다.



〈그림 8〉 알코올 溫度計에 의한 簡易 測溫例

(2) 感知할 수 있는 故障

溫度의 변화로 感知할 수 있는 故障의 몇가지 예를 들어본다.

(a) 電動機의 溫度上昇 触手나 고정된 온도계를 보고 感知하는 것인데 온도를 檢知하는 포인트에 따라 異常現象도 달라진다. 檢知하는 포인트는 外被溫度, 內部 코일 온도, 베어링 온도, 吸排氣溫度, 整流子面 온도 등이 있다.

(i) 外被 및 內部 코일의 溫度異常: 과부하, 단상운전, 권선불량, 冷却風量의 부족 등을 생각할 수 있다. 사용되고 있는 절연재료에 따라 最高許容溫度가 다르며, 정상시의 外被溫度가 Y종 절연의 전동기와 F종 절연의 전동기는 상당한 차이가 있다. 따라서 이상인지 정상인지의 판단은 다만, 高低만으로 판단하지 않고 사용되고 있는 절연재료를 조사한 후에 판단해야 된다.

참고로 JEC-146에 규정되어 있는 각종 절연

재료의 許容最高溫度와 回轉機의 온도상승한도를 표 1, 표 2에 들었다. 일반적으로 중형 전동기는 外被溫度와 內部 코일 온도와는 30~40도이며 이것을 기준으로 하여 대체적인 內部溫度를 추정할 수 있다.

(ii) 베어링 溫度異常: 스러스트 베어링의 경우는 베어링의 파손, 윤활유의 부족, 슬립 베어링의 경우는 메탈의 마모, 供給油量의 부족, 油冷却器의 불량, 냉각수의 斷水 등이 있다. 또한 베어링 온도 상승한도는 40deg(周圍溫度 40°C에서 베어링 표면에서 측정할 경우)로 되어 있으므로 外被溫度 80°C까지는 별문제 없이 사용할 수 있다. 스러스트 베어링에 耐熱 그리이스를 사용한 경우에는 이 값보다 10~20deg의 상승은 허용된다. 대형전동기(슬립 베어링)의 스타트에서 온도가 포함되기까지의 베어링部 온도상승 데이터

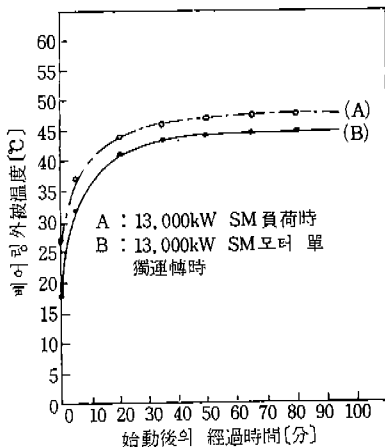
〈표 2〉 回轉機의 溫度上昇限度

單位 [deg]

項	回轉機의 部分	A 種絶緣			E 種絶緣			B 種絶緣			F 種絶緣			H 種絶緣		
		溫 度 計 法	抵 抗 法	埋 入 溫 度 計 法	溫 度 計 法	抵 抗 法	埋 入 溫 度 計 法	溫 度 計 法	抵 抗 法	埋 入 溫 度 計 法	溫 度 計 法	抵 抗 法	埋 入 溫 度 計 法	溫 度 計 法	抵 抗 法	埋 入 溫 度 計 法
1	交流機固定子 권선	50	60	60	65	75	75	70	80	80	85	100	100	105	125	125
2 A	整流子를 가진 電氣子 권선	50	—	—	65	—	—	70	—	—	85	—	—	105	—	—
2 B	절연된 回轉子 권선	50	60	—	65	75	—	70	80	—	85	100	—	105	125	—
3 A	多層界磁 권선	50	60	—	65	75	—	70	80	—	85	100	—	105	125	—
3 B	低抵抗界磁捲線 및 補償 권선	60	60	—	75	75	—	80	80	—	100	100	—	125	125	—
3 C	노출된 單層界磁 권선	65	65	—	80	80	—	90	90	—	110	110	—	135	135	—
3 D	塊狀圓筒形回轉子를 가진 同期機의 界磁 권선	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—	110	—	—	125	—
4	鐵心 기타의 기계적 部分으로 절연된 권선과 접근한 部分	60	—	—	75	—	—	80	—	—	100	—	—	125	—	—
5	절연되지 않은 短絡捲線 · 鐵心 기타의 기계적 部分으로 절연된 권선에 접근하지 않은 部分, 브러시 및 브러시 維持器	기계적으로 지장이 없고 또한 부근의 절연물에 손상을 주지 않는 온도														
6	整流子 및 슬립링	60	—	—	70	—	—	80	—	—	90	—	—	100	—	—
7	베어링 (自冷式)	표면에서 測定할 때 40deg, 메탈에 온도계소자를 매립하여 측정할 때 45deg, 단, 水冷式 베어링 또는 耐熱潤滑劑에 의한 경우에는 注文書, 제조업자간에서 케이스 별로 협정할 것														

〈표 1〉 각종 절연의 許容最高溫度

절연의 종류	Y	A	E	B	F	H	C
허용최고온도 [°C]	90	105	120	130	155	180	180초과



〈그림 9〉 電動機 起動後의 베어링 外被溫度 上昇

의 참고 예를 그림 9에 들었다.

(iii) 吸排氣溫度 異常: 전동기를 강제 냉각하고 있는 경우 (유닛 쿨 방식, 다운드래프트 방식 등) 배기온도는 중요한 감시 데이터로 이 온도 이상의 원인으로서는 過負荷, 주위온도가 너무 높거나 冷却風量 부족, 냉각기의 불량 (단수, 냉각능력 감소) 또한 필터의 막힘 등이 있다. 특히 水冷式의 냉각기는 내부에 發錆, 물때 등이 堆積하여 현저하게 냉각효과가 저하되는 수가 있으므로 적절한 周期의 개방청소가 필요하다.

(iv) 整流子 表面溫度 異常: 직류전동기나 권선형 전동기의 정류자 및 슬립링 온도는 표 2의 온도 이내로 규정되어 있다. 온도이상의 원인으로서는 브러시 壓力異常, 이상진동, 전류불평형 냉각풍량 부족 등이 있으며 조기에 정밀점검을 실시한다.

〈다음 號에 계속〉