

電氣設備의 診斷技術

(24)

第 2 編 應 用

5.3 自動監視시스템

5.3.1 自動監視시스템의 意義

전동기에 고장이 일어나면 전동기자체의 손실이나 生産機會의 손실에 그치는 것이 아니고 公共性이 높은 설비에서는 사회적 생활에 영향을 초래한다.

전동기는 설비의 가동률 향상을 위하여 주야간 연속운전을 한다거나, 한편으로는 省에너지를 위하여 起動停止回數가 증가한다거나 하여 종래보다 운전패턴이 다양하고 가혹해지고 있다. 전동기는 장기간에 걸친 운전으로 劣化되고 결국 운전이 견딜 수 없게 되어 설비로서의 一生을 끝마치게 된다.

설비라고 하는 一生涯의 코스트(라이프사이클 코스트)에 대한 경제성을 고려하면 파손되어서 수리를 하는 것보다는 계획적으로 修理를 하도록 되어 있다. 그러나 고장의 배스터브(Bathtub)곡선에서 알 수 있듯이 초기 고장영역이나 안정영역에 있어서 주기적인 補修가

반드시 경제적이라고는 할 수 없고 오히려 고장률이 높아지는 경우도 나타난다. 이에 대해서 劣化狀態를 감시하면서 마모부위의 修理改善을 실시하는 것이 라이프사이클 코스트의 최적화에는 매우 중요하다.

전동기의 劣化狀態를 감시하는 豫知保全이 중요하며 효과적이라고 하더라도 保全을 실시할 때는 전문적 지식, 숙련, 판정을 위한 경험, 장치의 취급을 위하여 전문 기술자가 필요하게 된다. 또한 여러 臺數를 설치하고 있는 플랜트설비 등에 있어서는 다수의 整備要員을 확보하는 것이 필요하다. 더욱이 연속운전을 행하고 있는 설비에서는 停止 期間이 한정되어 있다.

이와 같은 배경에서 전동기의 劣化判定을 시기적절하게, 그리고 사람의 손을 거치지 않고 실시하는 자동감시 시스템에 대한 기대는 크다. 전동기의 열화상태를 감시하는 진단기술은 센서나 계측기의 개발과 열화의 메커니즘 해명에 의한 劣化判定基準를 갖추는 것은 처음에는 유효한 것이 될 수 있다.

그러나 전향에서도 기술한 바와 같이 판정기준에 대

해서는 보편적인 것이 아직 확립되어 있지 않으며 현재 診斷手法의 연구나 장치의 개발이 활발한 상태이다.

전동기의 劣化診斷方法에는 운전을 정지해서 열화상태를 파악하는 경우와 운전중에 열화진단을 행하는 경우가 있다. 운전중의 상태감시에 대해서도 센서를 고정 설치해서 항상 감시하는 방법과 필요한 시기에 측정하는 방법이 사용되고 있다. 이 중에서 어떠한 방법을 채용할 것인가 하는 것은 전동기가 설치되어 있는 설비의 중요도와 설비보전에 따르는 경비를 고려하여 결정한다.

保全이 성행되었던 초기에는 故障檢出機能에 중점을 둔 監視裝置가 많았다. 즉 設定된 一定레벨의 값을 초과하면 赤램프를 표시하거나 경보를 울리는 일이 많았다. 최근에는 감시장치에 劣化診斷알고리즘을 附加하는 것이 시도되고 있다. 그러나 壽命豫知技術은 현재 연구단계에 있기 때문에 余壽命推定을 행하는 감시장치는 아직 出現되지 않은 상태이다.

自動監視시스템은 운전중의 상태를 감시하는 모니터링 시스템이라고 하는데 이것은 하드(센서, 계측기)와 소프트웨어(열화판정방법)로서 구성되어 있다. 여기서는 온라인모니터와 오프라인모니터에 대한 개요를 설명한다.

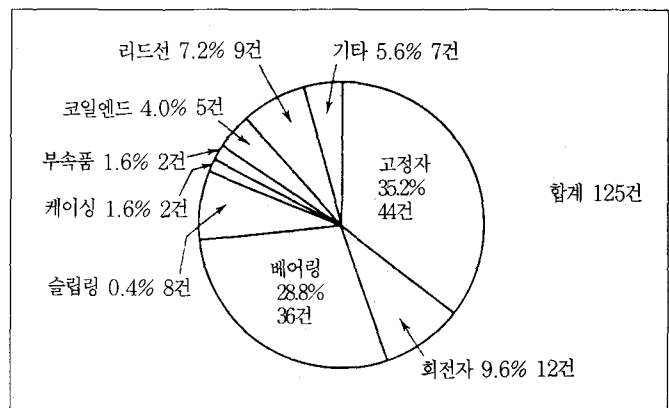
5.3.2 電動機의 故障과 監視方法

전동기의 열화상태는 설치되어 있는 환경조건, 용도에 따라서 운전조건 및 기종이나 정격의 相違에 의해서 각 양각색이다. 따라서 전동기의 수명에 대하여는 똑같이 몇 년이라는 표현방식은 적당하지 않다. 이 때문에 故障모드도 각각 기계에 따라 그 형태가 다양해지고 있다.

전동기의 고장을 劣化部位에 대해서 분석한 조사결과로는 전기절연재료(고정자, 코일엔드, 리드선) 47%, 회전구조재료(회전자, 베어링, 슬립링) 45%, 靜止構造材料(케이싱, 부속품, 기타) 8%의 비율로 되어 있다.

이 중에서 코일절연과 베어링이 차지하는 비율은 약 76%이며 전동기의 損耗部位는 코일절연과 베어링이 主가 됨을 알 수 있다.

그림 5.11에 고장부위의 비율을 나타내었다. 따라서 코일절연과 베어링에 대해서는 고장진단의 필요성이 높으며 현재까지 많은 진단기술이 연구되고 있다.



〈그림 5.11〉 3kV급 유도전동기의 고장부위

1. 코일절연의 감시방법

전동기의 코일절연 劣化狀態를 절연특성의 계측으로 행하는 것은 전항에서 설명한 바와 같다. 열화판정에 사용되는 절연특성에는 (1)직류고압특성 (2)tan δ 특성 (3)교류전류특성 (4)부분방전특성이 있다.

이 기본적인 특성을 여러 가지 角度에서 파악하여 계측하는 장치나 자동적으로 행하는 장치가 고안되고 있다.

표 5.3에 이들의 대표적인 것을 나타내었다. 이들 장치의 대부분은 전동기가 정지한 상태에서 진단을 하는 것으로서 簡易的 診斷法인 체커로서의 기능을 가진 것과 綜合的 精密診斷用이 있다.

이외에 이들 장치에 대하여 機能別로 분류하면 표 5.4와 같다.

한편, 절연열화의 감시를 위해 운전중에 행하는 온라인모니터는 위에서 설명한 진단항목 중 부분방전을 계

〈표 5.3〉 절연열화진단을 위한 새로운 측정장치

측 정 장 치 명	개	요	No
PI-6000	직류고압시험법으로, R, PI, 약점비, 키크현상의 유무를 측정		①
하이·리게스터 HLD20형	상 동		②
직류절연시험기 DC-25A	직류고압시험법으로 누설전류를 측정		③
직류절연특성 해석장치	직류고전압을 단계적으로 인가하고 누설전류, R, 방전펄스를 측정		④
TOSPID-10	臺形狀 직류고전압을 인가하고 누설전류, R, 방전펄스를 측정		⑤
EIC부분방전 측정기	V_i , 부분방전발생수, 발생폭을 측정		⑥
직류부분방전 측정장치	5신호 검출식 논리제어형으로 잡음제거 n-q와 위상분포를 측정, 교류도 가능		⑦
부분방전 측정장치 QM	q_m 와 더불어 레벨마다 발생빈도를 측정		⑧
자동절연특성 해석장치 AIA	교류고전압을 인가해서 Y, γ 의 전압 특성을 자동측정		⑨
새로운 $\tan \delta$ /AIA측정장치	$\tan \delta$, Y, γ 의 전압특성을 자동측정		⑩
고압자동 $\tan \delta \cdot C$ 측정기	비접지형과 접지형이 있으며 콘트롤러와 조합하여 $\tan \delta$ 시험의 자동화기능		⑪
코일절연장치 진단시험장치 HIA	$\tan \delta$, n-q 분포의 전압특성을 자동측정하고 리얼타임 표시		⑫
전자식 $\tan \delta$ 計	고전압측 리드선 전류를 광케이블로 유도하고 위상치법으로 $\tan \delta$ 측정		⑬
직류기 절연진단장치 HIT	대지절연, 층간절연의 국부적 低R개소의 표정		⑭
펄스波高分析장치(PHA)	n-q 분포를 X-Y 레코더에 그린다.		⑮
절연체커 MCE-010형	가동중 전동기의 접지선에 흐르는 부분방전 전류를 비접촉 측정		⑯
자동절연 진단장치 MTE-030형	정지중에 교류고전압을 인가하고 접지선전류를 연산하여 q_m , $\tan \delta$, R, R 을 측정		⑰

측하는 방법을 취하고 있다. 高電壓機에 있어서 절연열화판정은 劣化에 의해서 발생한 절연층 내부의 보이드나 剝離로서 발생하는 部分放電을 각종 전기적인 양으로 계측하고 있다. 따라서 부분방전을 운전중에 감시함

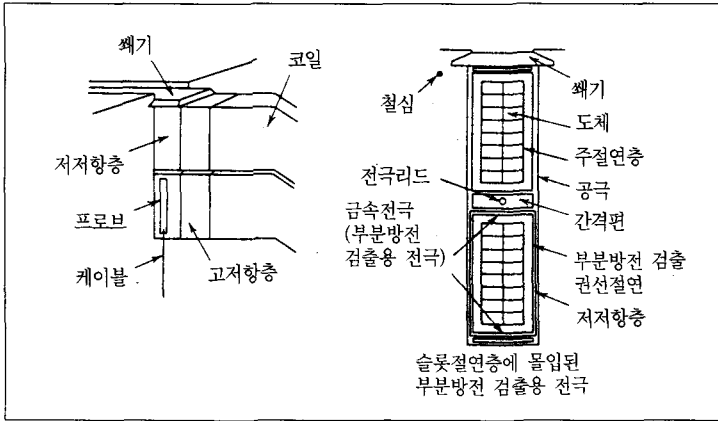
으로써 劣化에 따르는 보이드나 剝離의 상태를 감시하여 열화의 진행을 파악할 수 있다.

운전중 코일에 라인전압이 인가되고 절연물을 통해서 접지전류가 흐른다. 절연층내에서 부분방전이 발생하면 접지전류에 방전펄스가 중첩된다. 이 방전펄스를 계측하기 위한 센서는 그림 5.12와 같이 코일에 직접 附着하는 방법과 프레임에 부착되어 있는 접지선에서 結合變壓器로서 검출하는 방법 등이 있다.

코일에 직접 부착되는 경우에는 운전중 최대 印加電壓이 되는 라인측 코일에 설치하는 것이 유효하다. 檢出信號의 처리는 모니터링 시스템의 목적에 따라서 구성이 다르게 된다. 예를 들면 판정을 最大放電電荷($Q_{a \max}$)의 레

〈표 5.4〉 기능에 의한 측정장치의 분류

分類	機		能		測定裝置例
	印加電源	檢 出	主測定項目		
簡易診斷	內 壓	直 流	누설전류	R, PI, 弱点比	①②③④
		直 流 (極性反轉)	누설전류 방전펄스	I, R, 放電펄스量	⑤
			접지선의 부분방전전류	電流波形	⑯
精密診斷	外 部	交 流	$\tan \delta$	$\tan \delta_0$, $\Delta \tan \delta$	⑩⑬
			부분방전	V_i , Q_m , 발생정도	⑥⑧⑮
			$\tan \delta$, 부분방전, 교류전류 등	$\tan \delta$, Q_m , P _i	⑫⑰
			교류전류($\tan \delta$)	Y, γ ($\tan \delta$)	⑨⑩



〈그림 5.12〉 부분방전 모니터의 센서

벨설정으로 할까, 經年의인 傾向管理로 할까 하는 것이다. 部分放電을 온라인으로 계측하는 경우의 문제점으로 서 外部雜音(노이즈)제거가 있다. 부분방전의 검출펄스는 미약하며 신호처리시 증폭하게 된다. 이 때문에 노이즈의 침입이 있으면 큰 영향을 받는다. 노이즈방지기술에 대한 연구는 활발하며 많은 방법이 채용되고 있다. 전동기에 대해서는 광섬유법, 위상동기게이트 및 波形辨別法 등이 試圖되고 있다.

2. 베어링의 감시방법

전동기에 있어서 베어링은 回轉子를 지지하며 動的인 스트레스를 받고 있다. 이 때문에 베어링은 코일절연과 더불어 損耗部位의 대표적인 것이 된다.

베어링의 종류에는 中小形機에 사용되고 있는 폴링베어링과 大形機나 高速機에 사용되는 슬라이딩 베어링이 있다. 슬라이딩 베어링에는 볼베어링과 롤베어링이 있으며 어느 것이나 內輪-電動機-外輪의 구성으로 되어 있다. 슬라이딩 베어링은 回轉軸과 베어링 面이 油膜을 통해서 구성되어 있으며 롤링베어링은 異常現象의 종류가 많아 비교적 수명이 짧다.

또한 기계의 온도영향도 크며 윤활제로서의 그리스의 劣化나 열팽창에 의한 틈사이의 부족이 고장의 원인이 되고 있다. 이 때문에 롤링베어링의 異常現象과 診斷法에 대해서는 옛부터 연구가 진행되고 있으며 표 5.5와 표 5.6에 이 내용을 例記하였다. 이에 대해서 슬라이딩 베어링은 비교적 안정되어 있으나 異物의 混入, 화이트메탈의 剝離現象, 油膜異常 등이 있으면 異常溫度上昇이 되어 나타난다.

베어링의 異常診斷方法은 표 5.6과 같이 거의 대부분을 회진중에 검출할 수 있다. 그러나 슬라이딩에 공통인 방법은 적으며 현재 상태 감시로서 일반적으로 행 하여지고 있는 것은 온도와 진동이다. 롤링베어링에서 발생하는 진동은 異常의 원인에 의해서 振動周波數가 다르게 된다. 또한 轉動體의 손상이나 블래킹현상이 일어나면 衝擊波가 된다. 이와 같은 현상으로부터 롤링베어링의 진단방법은 振動周波數分析과

〈표 5.5〉 異常現象과 그 原因

	이 상 현 상	원 인
블래킹	轉動體의 블래킹	먼지·이물침입·녹·파손
	궤도 全周에 걸쳐 블래킹	크램프과대·운전간격실패·간격실정의 잘못·온도에 의한 팽창
크랙	크랙손실, 결손	충격, 타격, 조임과대, 블래킹의 발전
압흔(壓痕)	궤도가 적은쪽으로 혼잡	異物이 傳動體와 軌道間에서 압연된다.
	돌브리네링	조임이나 분해시에 있어서 내외테두리간의 과대하중
	폴스브리네링	정지중의 진동, 수송중의 진동
마모	세탁판 형태의 흔적	마찰제, 세멘트가루 등이 윤활제에 혼입
녹(銹)	전면적인 녹 발생	세정유부적합, 세정후의 처치불완전, 화학약품의 침입 유해가스 중에 운전
	부분적인 녹 발생	포장의 부적합, 취급자의 땀
전기부식		전류의 통과
롤더파손	파손	모멘트하중, 고속회전
	포켓부의 마모	윤활불량
열룩	궤도 또는 轉動표면의 파손	윤활불량, 굴림대의 비틀림
인화(引火)	궤도를 轉動體의 변색, 파손	틈이 적다, 과부하, 윤활제의 부적합이나 결핍

〈표 5.6〉 베어링의 異常現象과 檢出方法

이상현상	검출방법	진동·음향	온도	마모분	베어링틈	유막의 전기저항
블랭킹	○	×	○	×	×	
크랙	○	×	△	×	×	
압흔	○	×	×	×	×	
마모	○	△	○	○	○	
전식	○	△	○	○	○	
얼룩	○	△	○	△	○	
인화	○	○	△	×	○	
녹	△	×	○	×	△	
홀더 파손	△	×	△	×	×	
크립	△	△	△	×	×	
회전중에 있어서 측정	可	可	可(일부可)	否	加	

○ : 유효 △ : 可能性 있음 × : 不可能

振動加速度的 측정으로 한다.

진단기술을 바탕으로 한 베어링 감시장치의 대부분은 베어링체커라고 부르는 簡易形 診斷器를 일반적으로 널리 사용하고 있다. 베어링감시 센서는 베어링하우징에 고정, 부착하여 행하는 것과 측정시에 하우징에 壓力을 주어서 접촉시키는 핸드형이 사용되고 있다. 어느 것이나, 壓電形 加速度 센서로서 그림 5.13에 一例를 나타내었다.

劣化判定法은 진동가속도의 절대값으로 판정하는 것과 초기값과의 상대적 비교로서 행하는 방법을 채용하고 있다. 어느 것이나 통일된 판정기준은 없으나 경험과

실적에 따라서 결정하는 것이 現狀이다.

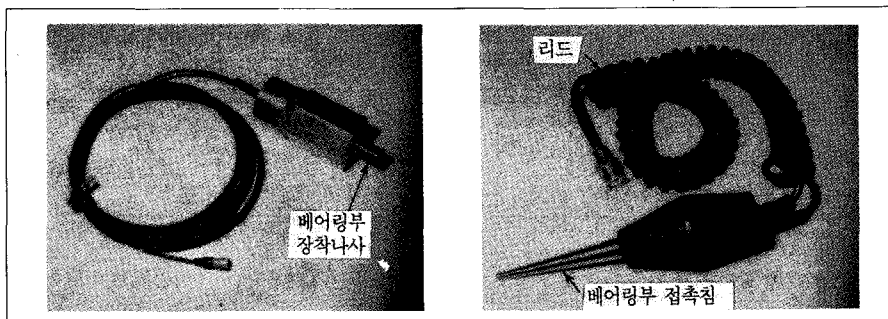
최근 베어링 자동감시시스템의 경향은 현재까지의 풍부한 경험과 현장에 있어서 保全思想으로부터의 省人化 및 故障像知가 강하게 요망되고 있다.

이와 같은 요망에 대해서 특히 많은 臺數를 관리하고 있는 수요가에 있어서는 퍼스널컴퓨터를 이용한 감시시스템이 채용되고 있다. 그림 5.14는 본 시스템의 기본개념을 나타내는 블록圖로서 이 시스템의 내용에 대해서는 주로 다음과 같은 고찰이 있다.

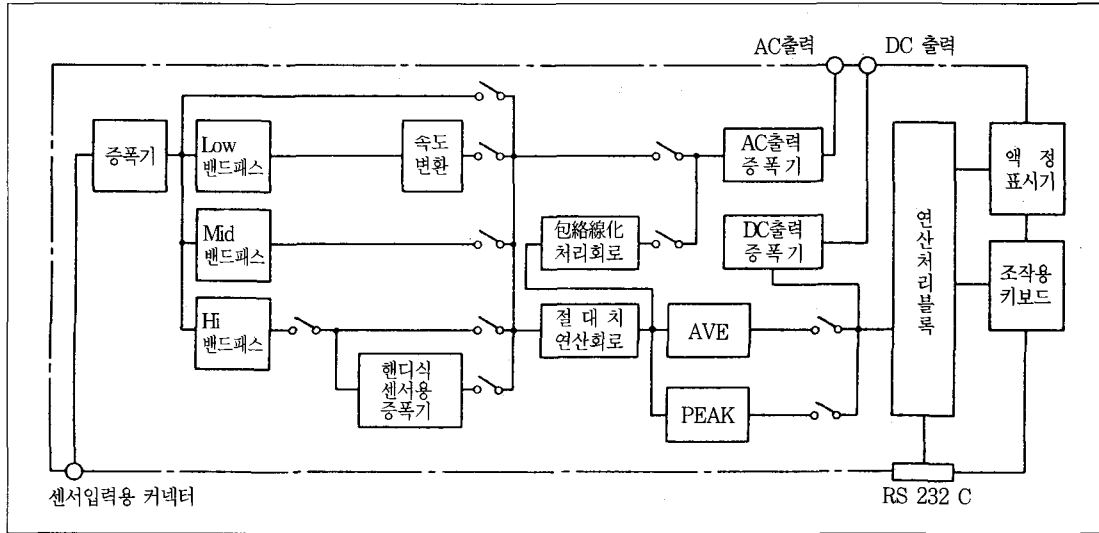
- (1) 계측기와 퍼스널컴퓨터가 送受信機能이 있으며 현장에서 측정 順序를 퍼스널컴퓨터측에서 지시를 받도록 하여 전문적인 保全員이 없어도 된다.
- (2) 현장에서 합격 여부를 판정한다.
- (3) 데이터가 퍼스널컴퓨터에 자동적으로 입력되며 傾向管理를 퍼스널컴퓨터로 행한다.
- (4) 余壽命을 퍼스널컴퓨터로 추정하며 그 결과에 의하여 측정간격을 지시한다.

이 장치는 숙련자가 필요 없으며 적은 인원으로 대량의 保全을 할 수 있도록 되어 있다. 보통 가장 중요한 설비에 대해서는 연속해서 감시를 행할 필요가 있으며 더욱이 여러 臺數의 데이터를 집중해서 채취하고 자동적으로 컴퓨터로 처리하여 異常判定를 표시하는 감시장치도 발표되고 있다.

간단한 방법으로 베어링의 이상을 발견할 경우 필요



〈그림 5.13〉 베어링 모니터의 센서



〈그림 5.14〉 베어링 자동감시 장치의 블록圖 (例)

에 따라서 원인규명을 위한 정밀진단에 의해 해석한다. 현재는 감시방법이 정착되어 있으며 어느 정도의 수명 추정도 행할 수가 있으므로 베어링사고를 미연에 방지하는데 도움이 되고 있다.

5.3.3 새로운 監視技術

전동기의 상태감시를 마모가 큰 部位에 있는 코일절연과 베어링에 대하여 기술하였다. 코일절연에 대해서는 열화판정을 위한 手法이나 판정기준의 연구가 활발하다. 이에 대한 2~3가지 예는 전항에서 설명하였으며 이들의 특성값을 응용한 자동감시장치가 앞으로 출현할 것이다.

또한 케이블이나 變電機器를 중심으로 實用化되어 있는 절연저항값의 活線測定法도 주로 低壓電動機에의 응용으로 생각되고 있다.

大形機의 경우 코일엔드의 變位를 계측하고 電磁力이나 振動에 대한 劣化診斷法도 시도되고 있다. 상태감시 기술 중에서 하드와 더불어 소프트(劣化判定基準)가 중

요하며 코일절연의 자동감시에 대한 앞으로의 課題는 레이진코일의 劣化判定方法을 위한 확립에 있다. 현재 각 方面에서 연구가 진행되고 있다.

보통 베어링의 진단기술에 관해서는 하드 면에서 상당한 연구가 진행되고 있으며 또한 劣化現象의 解明도 높은 수준에 도달하였다.

앞으로의 과제는 실제로 운전되고 있는 상태에서 현장데이터를 기초로 어느 정도 양호한 고장진단 알고리즘을 완성하는가에 있다.

이상과 같이 자동감시 시스템은 아직도 많은 과제를 내포하고 있다. 옛날에는 경험이 풍부한 전문기술자가 劣化診斷을 행하여 왔다. 그러나 余壽命의 추정은 아직 확립되어 있지 않아서 판단해야 할 要素도 많다. 따라서 본 시스템의 방향은 綜合的 判定과 處置對策을 자동적으로 처리하는 전문가시스템(Expert System)을 취하는 것이 바람직하다. (연재 끝)

※ 전기설비진단기술의 후속으로는 이번 3월호부터 현대문명의 빛과그늘 「원자력」이 연재됩니다.