

# 현장실무자를 위한 설비진단 테크닉

전기를 응용하는 기술의 발달에는 실로 눈부신 바가 있다.  
전기는 깨끗하고 안전한 에너지원으로써  
또, 컴퓨터나 통신에 이용되는 정보전송의 매체로서  
널리 사용되어 최근에는 광이나 초음파의 분야도 포함하여  
설줄 모르는 진보를 계속하고 있다.

우리들은 그 전부를 볼수는 없으나, 미래기술이라는 거대한 양상에 대하여  
비록 기술의 단편이라도 많이 모아 쌓이면 많은 참고가 될 것이다.  
본고에서는 이를 위해 전 13장을 번역 게재할 예정이다.  
그 첫번째로 예지보전의 기초기술을 수록한다.

글쓰는 순서

1章 예지보전의 기초 기술

- 이상예지를 위한 데이터 처리
- 열회 프로세스에서의 이상예지
- 부분방선에 의한 이상예지
- 진동추진에 의한 이상예지

2章 운전감시로 되는 상태의 추정

- 운전상태를 아는 테크닉
- 이상장주의 감출테크닉
- 계기의 지시로 아는 운전상태
- 열상검검으로 아는 운전상태
- 성기검검으로 아는 운전상태
- 이상발생후의 상태 진단

3章 기기 외부진단의 테크닉

- 기기에 따른 외부진단 기술
- 방사선을 사용한 외부진단
- 코브나 측정에 의한 외부진단
- 진동 측정에 의한 외부진단

4章 기기내부 진단의 테크닉

- 가스결연기기의 내부진단
- 절광기기의 내부진단
- 불꽃기기의 내부진단

5章 리프트·센싱에 의한 설비진단

- 리프트·센싱의 적용법
- 가시광을 사용한 리프트·센싱

- 적외선을 사용한 리프트·센싱
- 레이저를 사용한 리프트·센싱
- 광과이어를 사용한 리프트·센싱
- 초음파를 사용한 리프트·센싱

6章 전기기기의 새로운 진단테크닉

- 년안기의 예시보전
- 전동기의 지능교장진단
- 전동기의 자동감시장치
- 선인연화에 의한 대형회전기의 진단
- 대형회전기의 자동교장진단
- 발전기 컷디전·모니터와 적용
- 동형전동기의 회전사 온도감시장치

7章 전력케이블의 새로운 진단테크닉

- 케이블연화의 감지측정
- 환선케이블의 절연감시장치
- 케이블절연연화 판정장치와 사용법
- 케이블이상 온도 감시장치와 사용법

8章 축수의 새로운 진단테크닉

- 스핀축수의 진단테크닉
- 구축수의 진단테크닉
- 구축수의 모니터링시스템

9章 기기 수명의 예상테크닉

- 코일선연으로 수명 예측
- 유압기기의 수명 예측
- 유점점기기의 수명 예측
- 파워 에렉트모터스기기의 수명 예측

- 폐쇄배전반의 내용수명
- 10章 에너지사용합리화를 위한 메인テナンス

- 콘덴서 개폐와 메인テナンス
- 개폐의 증가와 메인テナンス
- 소형화와 메인テナンス
- 부하변동과 냉각의 검토

11章 부식과 방식의 케이스스터디

- 방식의 포인트
- 부식환경에의 대책
- 진동기의 방식테크닉
- 접속·절연 부분의 방식테크닉
- 큐비라의 방식테크닉

12章 진단용 계기와 사용법

- 브진용 계기와 사용법
- IG메타와 활용테크닉
- FFT의 활용테크닉

13章 새로운 센서의 선정과 활용법

- 센서에 쓰여지는 세효다
- 가시광센서와 그 사용법
- 레이저광센서와 그 사용법
- 범위센서와 그 사용법
- 유량센서와 그 사용법
- 압력센서와 그 사용법
- 핵위센서와 그 사용법
- 가스성분센서와 그 사용법
- 액체성분센서와 그 사용법

# 1. 예지보전에의 기초기술

대한전기기사협회 홍보과

## 이상예지를 위한 데이터 처리

### 머리말

기계의 가동률을 올리고 또 사고에 따른 손실을 방지하기 위하여 예방보전의 중요성이 인식된 것은 오래된 일이다.

보편적인 예방보전은 정기 건강진단과 유사하고 정하여진 주기마다 기계를 정지시켜 각부분을 검사하여 이상 부품의 교환을 할과 동시에 중요 부품에 대하여는 정기교환을 하는 방법이다.

정기점검에서는 완전하게는 회피될 수 없는 돌발적인 이상에 대한 일반적인 수법은 감시계기에서의 경보에 의한 위험의 예지와 회피나 간단한 수리이다.

이는 가정에서의 체온계나 상미약에 해당한다. 그리고 증대사고의 원인해석과 대책은 의사에 해당되는 전문가에 의뢰하였으나 속응성이나 인체의 부족이 큰 애로이었다. 정도(精度)가 훌륭한 진단법이나 진단기가 개발되면 경험이 많은 운전자라도 상당한 범위의 이상 예측, 이상원인의 추정이 가능하게 되어 이 애로의 유효한 해결수단이 될 수 있다. 그리고, 또 위험의 회피나 적절한 수리계획에 의하여 프랜트 가동률도 향상된다.

이상(異常)의 예지 또는 진단은 운전상태를 올바르게 파악하고 정지상태에서의 벗어난 점을 발견하여 그 메커니즘을 올바르게 이해하는 데 있다고 생각된다. 운전상태의 파악이라 하여도 실제로 얻어지는

진단에 유효하다고 보는 데이터의 종류는 한정되어 있다. 이 한정된 종류의 데이터에서 복직에 맞는 올바른 정보를 추출하는 기술이 필요하다. 그러니까, 필요한 기술은 센서 및 측정단계의 선택 및 얻어진 신호에 의하여 일화, 수명, 이상상태를 표시하는 파라미터로 변환하는 신호 처리에 관한 것이다.

최근에는 컴퓨터를 이용한 자동화가 각 분야에서 진행되고 있으나 이상예지, 진단의 자동화를 정도(精度)높게 열가로 실현되기를 강력하게 바라고 있어 그에 관한 연구발표가 많이 되고 있다.

여기서는 회전기기 특히, 전기기계의 진동이나 음향에 의한 이상예지, 진단에 필요한 센서와 신호처리 기술에 대하여 현황을 기술하고 또 자동화시스템 계획상의 주의점이나 시스템의 예를 기술한다.

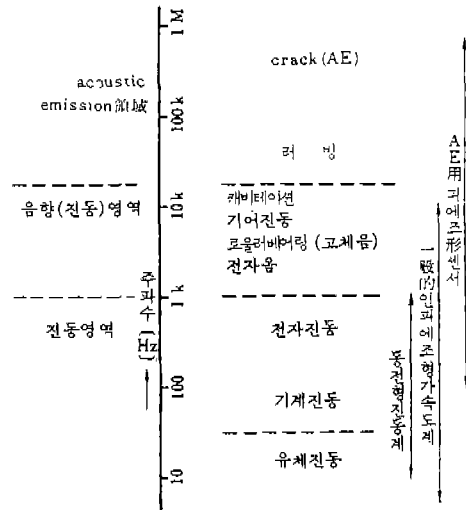
## 1. 이상정보의 검출과 신호 처리

<표 1>은 일본에서 프랜트의 메인テナンス에 종사하고 있는 멤버의 관심을 표시한 앙케이트의 결과이다.

회전기기(回轉機器)에서는 진동 및 이의 형제분에 해당하는 음향에 관한 관심이 매우 높은것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 동적인 스트레스의 지표임과 동시에 특히 회전기기와 같은 이상 모드의 대표이기도 하다. 이들의 동적인 징후에는 그 징후의 발생 메카니즘에 관한 정보를 그 자체에 갖고 있는 것이 특징이다. 즉, 파형, 진폭, 주파수, 위상 등이 그것이다. 이와 같은 특징이 온도로 대표되는 정적(靜

(표 1) 설비 진단에서 관심이 있는 고장모드<sup>(1)</sup>

고장 모드	회전 설비	정지 설비	전기 설비	계장 설비	기타	계
이상진동	72		1	1	1	75
마모	47	10		3	1	61
부식	6	44	1	3	2	56
깨진 것	20	25		1	2	48
絶緣劣化	2	3	28		1	34
이상음	27			2		29
피로	18	8		2	1	29
누실	6	14			3	23
油劣化	7	5	3		6	21
材質劣化	6	8		2	2	18
弛緩	8	2	1		2	13
이상온도	5	3		1	2	11
막힘		5			2	7
剝離	4	4				8
기타	9	6	11	1	4	31
계	237	137	45	16	29	464



(그림 1) 동적 고장모드와 주파수영역

的)인 정보 보다도 훌륭한 이유이다. 한편, 이 동적이고 또 많은 정보를 내장하는 신호에서 관정에 필요한 정보만을 적절하게 추출하거나 처리하는 기술이 필요하게 된다.

진동과 음향이나 아코스틱에미션(이하 AE라 약칭한다)의 사이에는 명백한 상이(相異)는 없으나 신호의 표출 및 처리방법에 대하여 기술할 때는 대체적으로는 주파수에 따라 세가지 영역으로 나누어 설명하는 것이 좋다. (그림 1)에서는 이 주파수영역과 고장모드를 대비한 것이다.

가장 낮은 주파수영역의 현상의 대표적인 것은 진동으로, 여기서는 진동이라 총칭한다. 회전기계에서는 그의 대부분이 축회전속도에 동기한 규칙진동으로 그 정수분(整數分)의 1 또는, 정수배(整數倍) 및 자진진동으로 그에 가까운 주파수인 것이다. 가장 높은 주파수 영역의 현상의 대표적인 것은 AE이고, 그 파형은 불규칙성이 가장 크고 연속파가 아니고 간차적인 것도 있다. 중간에 위치하는 영역은 가청역 파도 일치하여 음향이라 부르는 것으로 그 성장은 거의 중간적이다.

### (1) 진동

이상진동은 회전기계로서 가장 중요한 감시항목이다. 회전기계에서는 회전체내의 이상의 검출이 가장 중요하고 그 정보로써 외부에서 얻을 수 있는 유일한 것이기 때문이다. (표 2)에서 진동의 종류와 그 특징을 표시하였으나 이와 같이 여러가지 전장을 판별할 수 있는 가능성을 내장하고 있다. 또, 이들의 진동의 동적스트레스에 의한 2차피해를 방지하는 것도 진단의 중요한 과제이다.

#### (a) 진동의 검출

정지부분(특히 축수부분)에서의 진동은 통상 공간의 정지한 곳으로부터 본 진동 즉, 질대 진동으로 평가된다.

이와 같은 진동의 계속이 가능한 (그림 2)에 표시하는 바와 같은 사이즈모형의 원리의 동전형전기변환(動電形電氣變換)에 의한 검출기가 가장 많이 쓰여지고 있다. 최근에는 피에조형의 가속도계도 쓰여지게 되었다. 그러나 피에조형 검출기는 임피던스가 높으니까 배선을 길게 할 수 없어 전치증폭기를 필요

〈표 2〉 진동의 종류와 특징

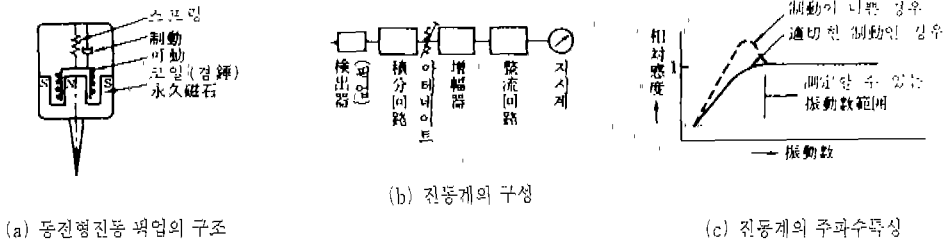
		진 동 수	특 징	대 책	
강 제 진 동	축의 언밸런스 (영구적)	전류 언밸런스	$P = \omega$	지속적, 특히 불균형은 위험속도 통과시에 현저	핀드밸런스 밸런스방법의 개선
	축의 언밸런스 (일시적)	연변형 절촉		온도에 비해, 부하에 대하여 낮는다 주기적으로 변화할 때가 많고 베터軌跡에 방향의 逆인 때가 많다.	온도언밸런스의 제거 절촉의 제거
	외부 강제력	流力的	$P = \omega$ (또는 $P = n\omega$ )	진폭이 일반적으로 불안정, 共振이 있을 때 트러블이 있다.	
		攪手 언밸런스 미스라이먼트		부하, 온도에 관계되는 때가 많다.(축방향 진동을 동반할 때가 많다)	
	강성부족	축수, 기초	$P = \omega$ (= $f, 2f$ )	회전수와 함께 증가. 언밸런스와 혼함에 주의. 일반적으로 수평방향이다.	
	불 축수	조립, 제작미스 축수분량	$P = n \cdot Z \cdot \omega_c$ $P = \omega$	진동피크가 메민하다. 축수 지지부의 공진에 따른 때가 많다. 축방향의 진동이 크다. 진동이 커지면 점프현상도 동반한다. 단열 깊은 형이 많다.	조립정도의 향상 축방향에 압축수타입의 변경(때로는 로우러형으로)
				스릴 축수	편심
	축의 진원도분량	$P = 2\omega$	축급이 강성의 이방성이 큰 로터에서 발생 진폭은 그리 크지 않다.		
	구면부 스릴분량	$P = \omega, 2\omega$	2극기에서는 $2\omega$ 가 된다. 勵磁로 증대할 때가 있어(電磁振動과 共振에 주의). 축방향의 진동이 크다.		구면부 캡을 중요하게 본다.
	공진	축위험속도, 축수 지지부, 기초	$P = \omega_0$	위상변화에 따른 피크상의 진동변화, 비선형요소가 관계하면 겹뜨현상이 뒤따른다.	고유진동수의 상승 또는 저하
전자강제력	고정자 권선/전원의 불평등 회전자의 편심	$P = 2f$	진원차단기에서 소멸, 진압에 비해		
	회전자의 굽기 회전자의 권선 불평등형	$P = 2f$ $P = \omega$	同上, 스릴분의 진동음을 동반한다.		
	고조파(자속, 편심). 脈動電流	높 음	일반적으로 소음역, 고정자 또는 축의 공진을 할 때에 문제가 된다.		
自動 振 動	스릴 축수 (오일호알) (오일 캡)	油膜의 불안정 영역	$P \approx \frac{1}{2}\omega$ ( $P = \omega_0$ )	발생과 소멸은 둔발적으로 그 경계에 히스테리시스가 있다. 휠에서는 회전수에 무관하게 $P = \omega_0$ 일정하게 되어 큰 진동이 된다.	축수프로펠의 변경 축수면압의 상승 油溫의 상승 흡세의 변경
	프릭션 호알	정지부분과의 접촉	$P = -\omega_0, -\omega$	축의 진동회전방향의 축회전방향과 역둔발적으로 발생	절촉의 제거
	히스테리시스 호알	끼어맞춤의 풀림 로터 내부의 마찰	$P \approx \omega_0$	위험속도 이상에서 발생, 극히 드물다	

$P$  : 현상진동수     $\omega$  : 축회전수     $\omega_c$  : 육공전주파수     $f$  : 전원주파수

로 한다. 한편, 동전형(動電形)은 임피던스가 얇으니까 배선상의 문제가 적어 프랜트에서 잘 이용하고

있다.

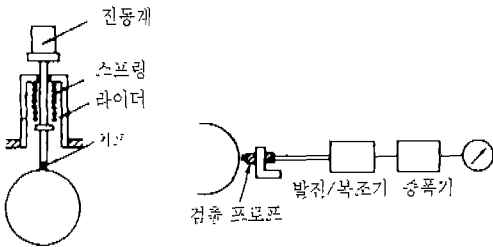
축(軸) 특히, 저널부분에서의 회전체의 진동(통상



(그림 2) 동전형 진동계

〈표 3〉 축수진동과 축진동에 의한 평가의 특징의 비교

	축 수 진 동	축 진 동
장점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 메이타가 풍부하고 한계치도 널리 알려져 있다.</li> <li>2. 측정기의 신뢰성이 높다.</li> <li>3. 검출기의 착탈, 수리가 용이.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축수진동보다 감도가 높다.</li> <li>2. 응답이 빠르다(축수진동의 변화에 선행하여 변화하는 때가 많다)</li> <li>3. 한계치를 설정하기 위한 기본량(예를들면 불균형, 내력)에 대하여 직접적</li> </ol>
단점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 감도가 낮다.</li> <li>2. 기본량에 대하여 간접적(축수의 강성에 영향 받는다)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 평가의 기본이 일반화되어 있지 않다. (규격이 있는 것은 한정된 기종뿐이다)</li> <li>2. 측정기(특히 검출기)의 신뢰성이 떨어진다.</li> <li>3. 취대방법에 제약이 있다.</li> <li>4. 측정장소에서 측정치의 차이가 크다.</li> </ol>



(a) 접촉형 축진동계 (b) 비접촉형 축진동계  
(그림 3) 축진동계

축진동이라 한다)을 검출하는 예가 늘어나고 있다. 앞에 기술한 축수진동과 축진동에 따른 평가의 특징을 비교한 것이 〈표 3〉이다.

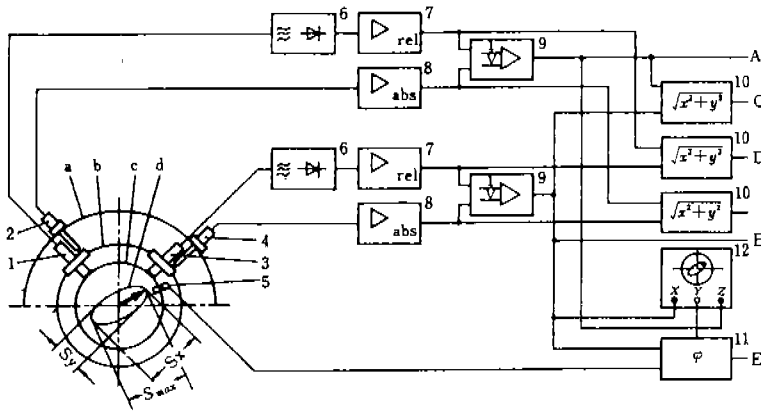
축진동의 검출에는 〈그림 3 : a〉에 표시하는 바와 같이 회전하는 축에 슬라이드슈를 접촉시켜 슬라이

드슈의 타단에 취부시킨 사이즈모형 검출기에 의한 절대 진동을 검출하는 원리의 것(접촉형 진동계라 한다)과 〈그림 3 : b〉에 표시하는 축과 비접촉으로 측정가능한 과전류형의 검출기에 의한 상대진동을 검출하는 것이 일반적이다(非接觸形振動計라고도 한다).

접촉형은 주로 대형 화력프랜트에, 비접촉형은 석유화학 관계의 고속의 소형 증기터어빈, 압축기 또는 전동기에 쓰인다.

(b) 감시계로서의 지시를 위한 신호 처리

일반적인 진동계의 기본구성을 〈그림 2 : b〉에 표시하나 회전진동의 진동의 안정적도로서는 진동변위의 진폭을 이용하는 때가 많다(최근의 ISO 혹은 IEC 규격에 맞추어 특히, 해외에서의 주문에 의한 진동시비어티티 즉, 진동속도검출형의 동전형 진동계에서는 1회, 진동가속도검출형의 피에조형 진동계



1. Y방향의 편심과 상대속진동의 검출기
2. Y방향의 축수메탈의 절대진동의 검출기
3. X방향의 편심과 상대속진동의 검출기
4. X방향의 축수메탈의 절대진동의 검출기

5. 진동위상 측정을 위한 축기준위치만신기
6. 편심과 상대속진동계용 검출기의 아타프터
7. 편심과 상대속진동계용 증폭기
8. 절대진동계용 증폭기
9. 절대속진동용 계산모듈

- a. 축수상
- b. 축수메탈
- c. 축
- d. 축세척
- A. Y방향의 절대속진동 출력
- B. X방향의 절대속진동 출력
- C. 합성된 절대속진동( $S_{max}$ )의 출력
- D. 합성된 상대속진동( $S_{max}$ )의 출력
- E. 합성된 축수메탈의 절대진동 출력
- F. X방향의 절대속진동의 위상각 출력

〈그림 4〉 최근의 감시용 진동계의 구성

에서는 2회의 적분회로를 필요로 한다.

진동은 진폭 즉, 파(波)의 피크에서 피크까지(전폭 또는 P-P), 또는 그 반분(半分-편진폭)을 표시하는 것이 보통이다. 통상지시계에는 정류기와 평균전류계를 이용하여 단조정류파의 평균전류와 피크치의 비율을 곱한 형으로 피크치를 표시시키고 있다. 따라서 고주파를 동반하는 때에는 기본파와 고주파의 위상관계에 의하여 다른 값을 표시하는 데에 주의할 필요가 있다. 최근 실효치에서 표시하고자 하는 경향이 나타나게 된 것은 위상차에 의한 지시의 상이가 적기 때문이다. 회로가 복잡하게 되는 난점이 있다.

〈그림 4〉에 표시하는 것은 최근의 감시용 축진동계의 브럭도로 그 안에는 몇 가지 흥미있는 새로운 시도가 있어 이를 소개한다.

① 비접촉형진동계에 의한 절대속진동의 측정 : 상대속진동을 검출하는 비접촉형진동계의 특징을 살려가면서 축수메탈의 절대진동계의 출력을 이용하여 양자를 가산함으로써 절대속진동을 표시시키고자 하는 것이다. 이때 두 가지의 다른 진동계(진동-위

상)의 특성을 보정하는 것이 필요하다.

② 타원형 축척적의 장축 값의 표시 : 유막(油膜)이나 축수강성의 비등방성(非等方性)에 의하여 축의 운동(축척적)은 원이 아니고 〈그림 4〉에 표시하는 바와 같이 타원이 보통이다. 즉, 그림중의  $S_x$  혹은  $S_y$ 를 표시할 뿐 아니라 타원운동의 장축의 크기 즉,  $S_{max}$ 를 표시하는 것이 바람직하다. 그림에 표시하는 것은 그 계측기의 기본적인 구성으로 이와 같은 측정법과 판정기준이 규격화의 작업이 ISO에서 진행되고 있다.

(c) 이상진단을 위한 신호 처리

중요한 플랜트 예를 들면 대형발전용 화력플랜트에서는 사고의 조기발견 혹은 이상시의 적절하고 신속한 대응을 도모하기 위하여 이상진단장치를 갖추는 경향이 있다. 자동화 시스템에 대하여는 뒤에 기술하기로 하고 여기서는 진단에 필요한 신호처리 방법에 대하여 기술한다.

〈표 2〉에 표시하는 바와 같이 여러 가지 원인에 의하여 발생하는 진동은 각기 진폭, 주파수, 위상 및 그들의 시간적인 변화 혹은 운전조건에 의한 변화에

특징이 있다. 여기서 <그림 5>에 그 개요의 프로세스를 거쳐 어느 각도의 진단 즉, 원인의 추정이 가능하다. 이 해석은 기본적으로는 주파수와 위상의 해석이고 진단을 위한 신호처리에는 이 양자가 필요하게 된다. 주파수해석(분석)에는 주파수 가변의 아나로그 필터가 옛부터 이용되어 왔으나 최근에는 디지털 회로에 의한 고속푸리에해석장치(FFT 해석기라 칭한다)가 염가로 시판되고 있어 이를 많이 이용하고 있다. 그 중에는 기계진동의 해석용으로써의 전용에 가까운 편리한 FFT 응용장치도 나왔다. 한편, 회전 속도 변화시의 분석에는 응답성이 좋은 트랙킹필터에 여전히 많이 쓰여지고 있다.

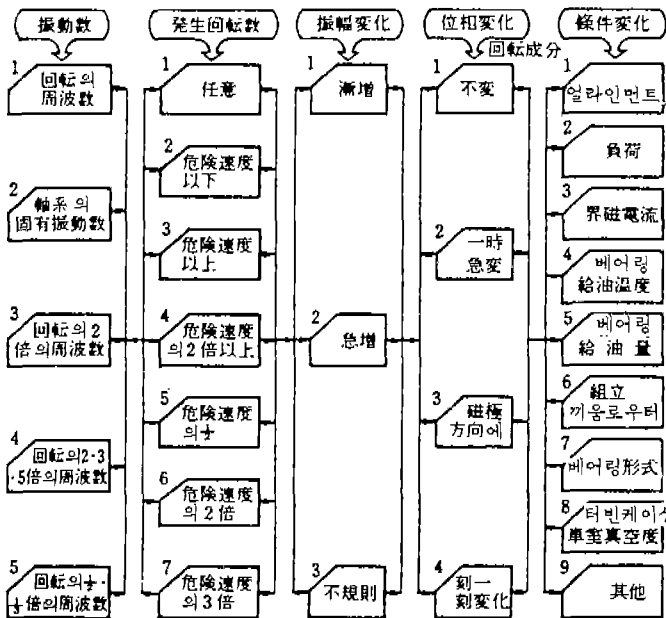
위상 측정에는 옛부터 스트로브가 이용되어 간편하기 때문에 현재도 널리 쓰여지고 있다. 자동화 시스템에서는 위에 기술한 트랙킹필터나 FFT 해석기가 잘 이용되고 있다.

(d) 판정 기준

진동의 판정 기준에는 제품 출하시의 관리한계로써 정하여진 것이나 여기서는 운전 감시의 기준에 대

하여 기술한다. 그 기준에는 기계가 이상장치로 되어 가고 있다는 것을 경고하여 위험한 운전 장치를 회피하거나 혹은 대책을 위한 원인조사를 시작하기 위한 것(警報値)과 운전을 계속하는 것이 위험하기까 즉시 기계를 정지시키도록 경고하는 것(정지치)이 있다. 당연한 일이지는 하나 정지치는 경보치보다 큰 값이다.

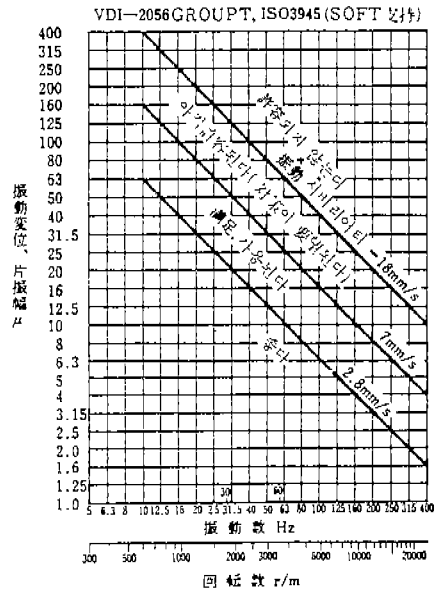
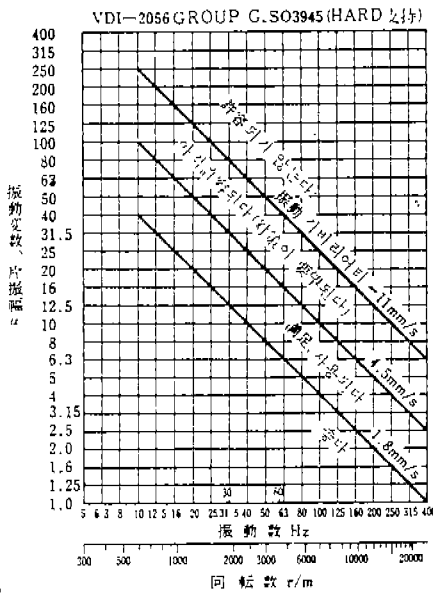
이상(異常)의 예지 혹은 진단의 개시는 이 경보치에 도달하였을 때 혹은 그 이전이다. 규격의 동향이나 그 사상(思想)의 상세(詳細)는 문헌을 참고하기 바라고 대표적인 규격을 <그림 6, 7>에 표시한다. 이들은 어느 것이나 진동의 레벨에 대하여 규정하고 있으나 최근의 경향으로써 진동의 변화량에 주목할 필요가 있다. 그 이유는 정상적인 상태에서의 진동이 적을 때는 이상이 있어도 경보치에 도달되지 않을 때가 있기 때문으로 <그림 8>에 표시하는 것과 같은 진동의 변화량 혹은 시간적인 변화율에 주목함으로써 이상을 조기에 발견할 수가 있다. 예를 들면 독일의 공업용 터어빈의 축진동규격(VDI 2059)에서는 진동



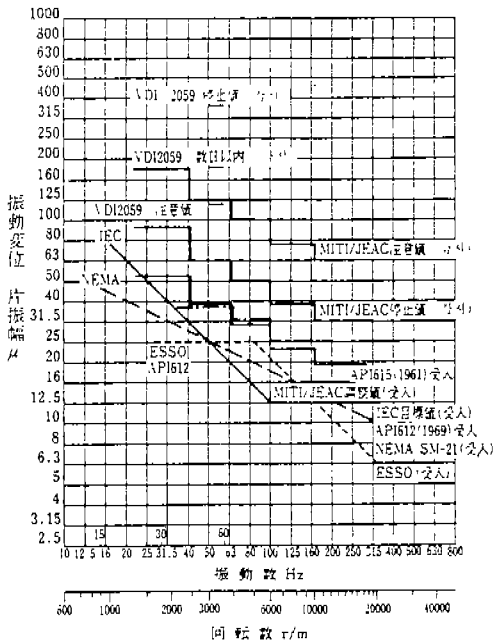
진단 판정

진동수	회전수	진폭변화	가상변화	조건변화	진동의 원인
1	1	1	2, 3	분	역직불평형
	1	2	9	균	기계외부평형
	1	2, 3	2, 3	형	자기적불평형
	3	3	1	5	축수급유부족진동
2	1	1	4	1, 8	래핑진동
	2	2	1	9	프릭션원
	3	2	1	6	히스테리시스원
	3	2	1	2, 5, 7	스텝호일
3	4	2	1	1, 4, 7	오인원
	5	2	1	9	2차적위험속도
4	5	2	1	9	크레에 의한 진동
	6	2	1	4	비선형
5	7	2	1	9	진동
	7	2	1	9	축수유막

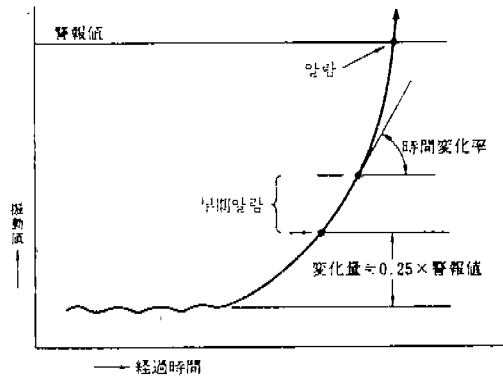
<그림 5> 특징분석에 의한 진단프로세스



(그림 6) 축진동의 평가



(그림 7) 축진동한계치



(그림 8) 경보치의 개념

레벨에서의 경보치의 25%에 상당한 변화가 있을 때는 경보치와 같이 이상확인 조사를 하도록 권유하고 있다. 정상적인 기계에서도 운전장치의 변화에서 진동이라고 정의하는 것은 좀 어렵고 기계의 운전장치에 대한 진동변화의 패턴을 조사할 필요가 있다.



정상적인 패턴과의 비교나 진동변화의 평가는 컴퓨터가 자랑하는 것으로 컴퓨터에 의한 이상진단시스템에서는 꼭 필요하다고 하여도 좋을만큼의 이상판단 프로그램이 들어있다.

〈표 4〉 증기 터빈의 로타의 AE 진단상의 문제점<sup>(6)</sup>

AE발생원	목적으로 하는 신호발생원	로타의 裂發生 로타의 래핑 터빈翼의 裂發生 터빈翼의 래핑 剝離物의 衝突 축수의 摩損, 油膜喪失
	방해가 되는 노이즈 신호발생원	증기의 흐름 翼部の 공기의 혼돈 翼面定部の 래핑 油膜프. 유의 흐름 電磁노이즈
AE진반경로	· AE의 전반패티 · 검출위치의 고정 의 가능성 · 자격으로 하는 발생원에서의 경로의 최단화 · 노이즈발생원에서의 경로의 최장화	감쇠, 산란, 파형, 속도, 경로의 다양성
	음향적결합	직접—스타트, 자석, 스프링, 웨이브가이드
검출시스템	센서	주파수특성 사이즈 환경의 제한
	신호의 전송	동축의 케이블 테레메터
	신호처리	충폭, 현터, 위치표정
	· 파라미터의 측정 · 기록, 표시	
	데이터의 해석	발생원의 추정 현상과 前歴 진반경로 시스템 부하, 온도 冶金學的 열성장메카니즘 AE특성 시험물의 경락

## (2) 아코스틱에미션(AE)

물체는 마이크로적인 파괴의 훨씬 이전에 마이크로적인 파괴를 일으키나 그 때에 레벨이 낮은 높은 주파수의 음향을 발생한다.

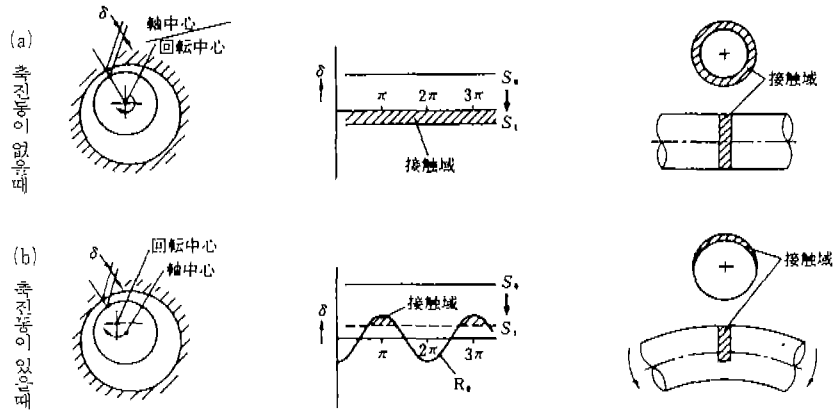
물체 파괴의 관측 이외에서도 이들 주파수영역에서 신호 처리에 AE의 장치나 사고 방식을 응용한 것을 AE라 칭하는 때가 많다. 여기서도 같이 광의(廣義)로 해석하여 기술한다.

〈표 4〉는 진단의 대상, 신호의 검출과 그 처리에 둘러쌓인 고려할 문제를 정리한 것이다. 여기에 표시하는 대상의 몇 가지는 진동에 의한 진단으로 가능하다. 그러나, 2차적인 현상인 진동보다도 직접 현상인 AE를 검출하는 것이 보다 조기 발견을 가능하도록 측정이나 평가의 곤란을 극복하도록 연구가 계속되고 있다. AE에 의한 진단의 가능성이 높고 또 중요한 진단 항목이기 때문에 연구가 집중되고 있는 것에 래핑과 축의 균열의 검출이 있다.

래핑의 일례를 들면 래피핀즈부나 축수의 유절부(油切部)와 같이 축과 틈새의 조그만 부분이 변형하거나 축이 구부러지거나 하여 접촉하는 현상을 말한다. 모형화한 〈그림 9〉에서 설명하면 〈그림 (a)〉와 같이 축의 회전중심이 일정위치에 있을 때 축, 축진동이 0일 때는 정지부(靜止部)가 S<sub>0</sub>에서 S<sub>1</sub>에 변위되어 틈새 δ가 0이 되면 축표면이 똑같이 접촉한다. 그러나, 축진동은 0이 아니고 축중심은 〈그림 (b)〉에 표시하는 바와 같이 접촉의 정도는 똑같은 것이 아니다.

접촉의 정도가 강할수록 발생하는 열량도 크기 때문에 축의 원주상의 온도상승은 불균일하게 된다. 그결과 축이 휘어짐에 따라 다시 접촉은 세게 되거나 휘어짐이 진행되어 큰 사고의 원인이 된다. 가벼운 회전체의 경우에는 축의 휘어짐에 의한 진동이 발생하기 이전에 접촉시의 진성마찰에 의한 프릭션호일(프릭션호일)의 진동을 일으킬 때도 있다. 프릭션호일과 구별하여 휘어짐에 따른 전자(前著)만을 래핑이라 칭할 때도 있으나 여기서는 접촉에 의한 모든 것을 래핑이라 부르기로 한다.

축의 균열일기(龜裂—機械)의 기동정지나 그 때



(그림 9) 래핑의 발생 메카니즘

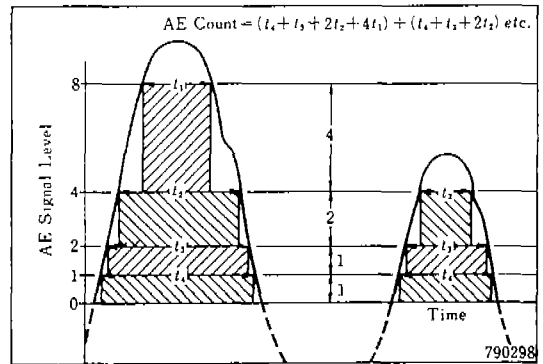
에 발생하는 적응력의 반복으로 터어빈이나 발전기의 축의 높은 응력부분에 균열이 발생된 경험이 있다. 종전, 이 진단은 정기 점검시에 초음파찰상법 등의 비파괴검사에 의하여 행하여져 왔으나 운전중에 조기발견하는 수법으로써 AE가 주목을 받았다. AE 이외에 진동에 의하여 진단하고자 하는 연구도 발표되고 있다.

이외에 스릴축수의 저널과 메탈이 유막(油膜)을 개재(介在)하지 않는 접촉으로 부상을 하는 것을 방지하는 진단에 AE를 이용하는 연구도 있다.

다음에 AE에 의한 진단을 하는데 몇 가지 중요한 점을 기술한다.

(a) 검출기의 위치

공진주파수가 높은 즉, 검출 가능한 주파수범위의 넓은 AE 검출기가 실용화되고 있어 검출기에 대하여는 거의 문제가 없으나 대상으로 하는 신호가 수백 KHz로 높기 때문에 AE의 전반경로(傳搬經路)에서의 감쇠가 중요한 문제이다. AE의 발생개소에서 기계 외부의 AE 검출기까지 신호가 전반하는 사이에 적어도 수회(數回)는 금속과 금속의 접합면(프랜지면)을 통과하나 이와 같은 면에서의 감쇠는 실험에 의하면 각기 약 10dB 정도인 것으로 전감쇠량은 상당히 크다. 그리하여 다른 음향, 예를 들면, 증기의 흐름의 음향이 클 때는 S/N비가 적어져 진단의 데이



(그림 10) AE 커브하의 근사면적 측정<sup>(9)</sup>

터가 될 수 없다. 주목할만한 이상의 발생원의 다수가 회전체내에 있기 때문에 회전체내에 검출기와 송신기를 설치하는 것이 실험적으로 사용되어 유효성이 인정되었다. 그러나, 오랫동안 사용하면 회전체에 내장하는 것을 검토하면 신뢰성이 큰 문제로써 실용화는 먼 앞날이 될 것이다. 현재도 가장 유효하다고 인정되는 것은 축에서 유막을 개재시켜 축수메탈에 도달한 AE신호를 메탈부에 설치한 검출기로 검출하는 방법으로 우리들의 실험에 따르면 감쇠는 유막두께에 관계 없이 약 10dB에서 금속접합면과 동등하고 접합면의 수가 줄수록 유효하다.

(b) 신호처리와 판정 기준

AE신호는 주파수가 진동에 비하여 높고 그리고, 비규칙성이 심함으로 신호의 처리가 어렵다. 그리하여 AE의 신호중에 진단을 위하여 정보로써 그 레벨과 복수의 검출기에 나타나는 신호의 시간차가 주로 이용된다. 레벨로써 진동과 같이 진폭기를 이용 못하는 때가 많고, 오로지 AE신호의 발생회수나 그 시간율이 이용되어 왔다. 최근에는 진폭에 대신하여 에너지를 대표시키려고 <그림 10>에 표시하는 바와 같은 신호의 근사적인 면적을 산출하는 것이 발표되어 평가가 비교적 쉽게 되었다.

회전 기계에서의 AE 진단 특히, 래핑이나 축의 균열을 진단할 때는 신호의 주기성에 주목하여 S/N비를 향상하는 처리방법이 쓰여지고 있다. <그림 11>에는 이와 같은 회로의 일례로 포락선화회로(包絡線化回路)는 신호의 주파수를 실질적으로 저하시킴과 함께 파형의 스무스화에도 힘이 되고 그후의 처리를 쉽게 해주는 효과가 있다.

평균화회로는 축 1회전에 1회 발생하는 펄스신호를 기준으로 하여 몇회인가의 AE신호를 겹치는 회

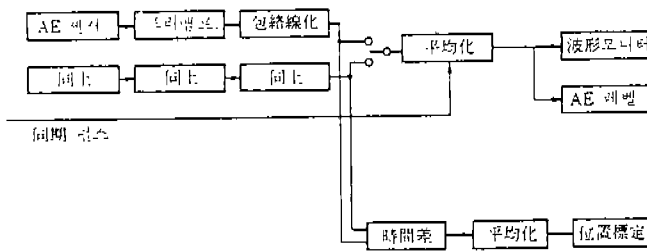
로로 축회전에 동기한 신호는 가산되어 레벨이 오르는 데 대하여 축에 동기하지 않는 불규칙파형인 노이즈는 상대적으로 레벨이 저하하는 원리를 이용한 것이다.

판정 기준에서는 진동에서와 같은 풍부한 데이터는 없고 해석방법도 확립되어 있지 않으니 통일된 기준은 없다. 현상에서는 승가율로 판정하거나 진동 등의 2차현상을 참고로 하여 판단하고 있다.

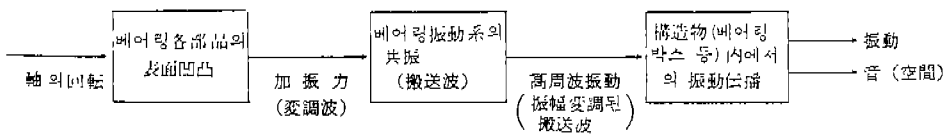
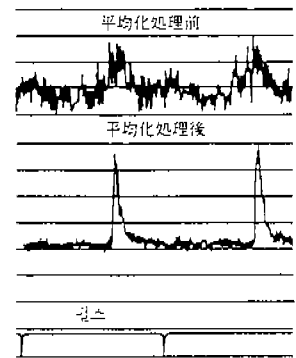
(3) 음향

볼축수로 대표되는 바와 같이 옛날에는 청진봉(聽診棒)에 의하여 경험자가 판단하였다.

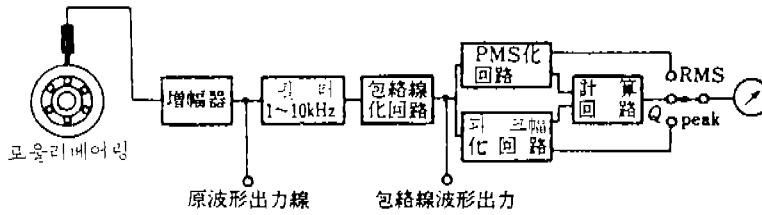
이 방법에서는 음색 즉, 파형 혹은 탁월한 주파수에 상당하는 요소로 판단하였다. 최근의 진단기술에서의 신호 검출도 같은 이치로 고체증을 진반하는 음향을 AE와 같이 피에조형가속도계로 검출한다. 단지, AE의 경우와 달리 대상으로 하는 주파수영역이 볼축수나 치차(齒車)의 진단에서는 1~10KHz, 카베테이션에서는 5~30KHz로 알다. 그러나, 이 영역에



<그림 11> AE 진단장치의 기본회로 예



<그림 12> 볼축수의 진동 및 음의 발생기구



〈그림 13〉 속수진단기의 예

서도 가속도계의 고정과 접합면에서의 운반 감쇠에는 AE와 같은 주의가 필요하다. 이 영역의 진단에 가장 관심이 높고 그러기 때문에 가장 연구가 진행된 것이 불속수의 진단이고 또, 치차(齒車)에서도 같은 수단으로 진단을 하고 있으니 여기서는 불속수의 경우를 대표적으로 기술키로 한다.

(a) 신호 처리

① 復調회로 : 불속수의 이상신호의 발생 메카니즘은 〈그림 12〉에 표시하는 바와같이 속수부품(주로 외륜(外輪))의 고유진동수가 전동면(轉動面)의 손상 패턴에서 보조되었다고 생각하는 것이 일반적이다. 진단하기 위하여는 1~10KHz의 반송파(搬送波)에 실은 신호를 복조하여 손상패턴의 신호만을 빼내는 것이 가장 확실하다. 복조회로로서 가장 간단한 것은 정류검파(整流檢波)에 의한 것이다. 그러나 반송파에서의 복조와 달리 다음과 같은 곤란한 점이 있다.

- 반송파에 상당하는 속수의 고유진동수와 복조파에 상당하는 이상정보의 주파수가 접근하고 있다.
- 이상정보의 파형은 예를 들면 상처와 같은 펄스상의 것으로부터 어떤 마모와 같은 얇은 주파수의 것까지 포함되었다.
- 손상의 종류 정보는 복조된 신호의 주파수에 포함될 뿐이고 이상의 정도는 반송파의 진폭 즉, 복조후 파(波)의 직류분을 포함한 레벨에 포함되어 있다.

시판되고 있는 진단기는 간단한 정류기와 메타의 시정수에 의뢰된 레벨의 지시를 주는 것부터 디지털 회로응용의 포락선화회로에 의한 것까지 있다.

불속수나 치차(齒車)는 회전함으로써 이상신호를

발생하므로 그 주파수에 손상 종류의 정보가 포함되어 있다. 그러니까 복조후의 파형을 주파수 분석하여 탁월한 주파수에 의하여 진단이 된다. 이 주파수 분석에는 FFT 해석기가 많이 쓰인다.

② 필터 : 검출에 쓰이는 피에조형 가속도계는 그 응답주파수범위가 넓으니까 음향 이외에 진동도 동시에 검출된다. 그리하여 목적에 맞는 필터가 쓰여져 불속수의 진단에서는 진동성분을 제거하기 위하여 1KHz 정도의 하이패스필터와 캐비테이션 등의 높은 주파수성분을 제거하기 위하여 10KHz 정도의 저패스필터를 사용한다.

(b) 판정 척도

이상의 정도를 알려면 신호의 레벨을 아는 것이 필요하다. 간단한 진단기에서는 파형의 평균치 혹은 실효치만을 지시하나 최근 다수의 진단기는 나아가 펄스상 파형의 피크치도 지시하게 되었다. 실효치와 피크치를 비교함으로써 파형을 어느정도 추정하고 이로부터 손상의 복수를 아는 것도 가능하다. 나아가 실효치와 피크치의 비 즉, 파형율에서 손상의 복수마다의 겹치는 것을 곱한 이상지수를 산출, 지시하는 것이 있다. 이에 따르면 경험이 적은 진단자라도 진단하기가 쉽다. 그 구성을 〈그림 13〉에 표시한다.

(c) 판정 기준

각기의 진단기에 고유한 판단기준이 공급되어 있으나 이상의 정도에 대한 판정의 근거가 명확하지 않은 것이 많다.

통일된 기준이 바람직하나 불속수의 수명 판정의 곤란함이 있어 가까운 장래에 실현될 가능성은 없다. 이제까지 표시된 판정 방법은 ① 정상적인 상

테(초기치)에 비한 레벨의 증가율에 의한 판정,

② 축수 사이즈와 회전속도에 의하여 일례화된 레벨의 판정이 있다. 후자는 판정이 쉽고 바람직한 방법이나 판정정도를 생각하면 현상으로써는 양자를 합한 판정이 타당하다고 할 수 있다.

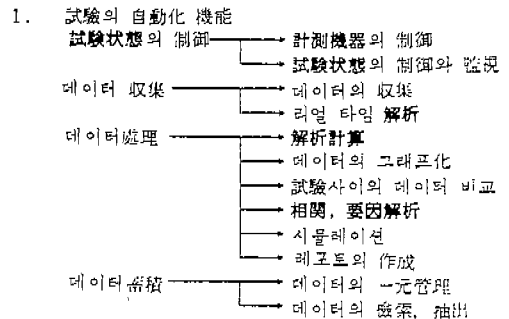
## 2. 이상예지시스템

시스템의 기본이 되는 것은 신호의 처리를 포함한 계측의 자동화 즉, 컴퓨터링 계측과 이상예지, 진단의 알고리즘이다.

### (1) 컴퓨터링 계측 시스템의 구조

계측의 자동화 기능과 그 효과에는 <그림 14>에 표시하는 바와 같다. 이들중에 어느 기능까지를 시스템화하는 것은 목적 코스트에 따라 판단하여야 한다. 실제의 시스템에서는 많은 형태가 생각되나 대별하면 <그림 15>와 같이 된다. 레벨1은 단체구성(單體構成)으로 일반적으로 스마트계측기라 불리우는 마이크로컴퓨터 내장 계측기로 최근의 진동분석기나 FFT 해석기가 이에 해당된다. 또, 이들은 다른 장치와의 결합이 쉽도록 인터페이스를 갖추는 것이 보편적으로 되어 있다. 레벨2는 필요한 기능을 갖는 레벨1에 해당하는 장치를 종합시켜 목적에 맞는 시스템을 구성하는 것이다. 각각의 목적에 맞는 계측기는 그것을 바탕으로 하는 전문메이커의 것을 이용하는 것이 경제적, 성능적으로 유리하고 또, 컴퓨터의

부담을 적게 하는 큰 메리트도 있다. 레벨3은 대규모 시스템 즉, 프랜트전체의 결합시스템에 쓰이는 것으로 서브시스템에 레벨1, 2가 배치되어 예를 들면, RS232C와 같은 전송선을 이용하여 계측구조를 하는 것이 보통이다. 이상예지, 진단시스템은 일반적으로 레벨2에 해당하는 것이라 할 수 있다.

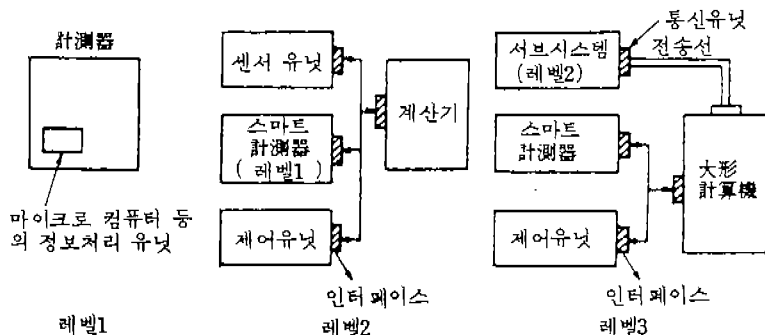


2. 効果

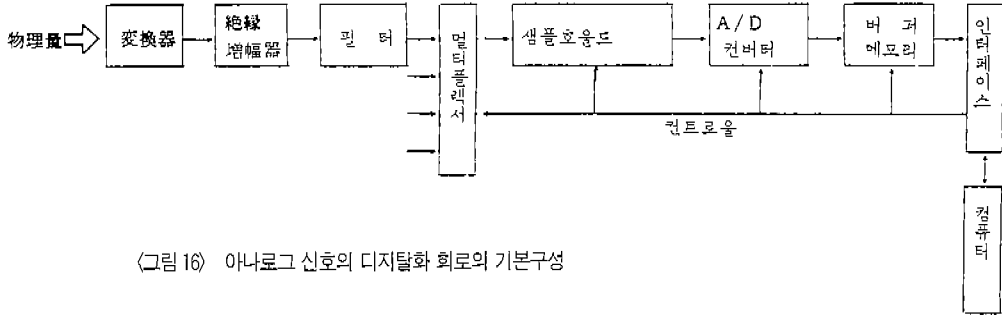
効果	3 省力化	4 経費削減	2 能率向上	1 質的向上
試験状態制御				
데이터 수집				
데이터 처리				
데이터 뱅크				

성력 화: 루틴 워크의 자동화—요원삭감, 정상작업에서 해방—질이 높은 작업  
 경비절감: 스피드업—러닝코스트 저감, 중복투자, 중복시험의 방지  
 능률향상: 고속처리성, 처리가 복잡할수록 효과가 크다.  
 질적향상: 컴퓨터의 처리로 비로소 가능한 지식이나 기술이 기대된다.

<그림 14> 컴퓨터링 계측의 기능과 효과



<그림 15> 계측시스템의 구성



〈그림 16〉 아날로그 신호의 디지털화 회로의 기본구성

## (2) 컴퓨터

운전감시, 데이터 수집, 진단과 리포트를 하기 위하여는 리얼타임 기능과 병렬처리(멀티조브)기능이 중요하고 미니컴이 쓰이는 경우가 많다. 멀티조브기능이 우수한 슈퍼퍼스컴이라 하여도 그 능력에는 한계가 있으니까 컴퓨터의 부담을 저감시키는 연구가 필요하다.

## (3) 인터페이스

계측기는 전문메이커의 것을 사용하는 것이 유리하고 그를 위해서는 인터페이스의 표준화가 중요하다. 계측기용으로는 GP-IB가 쓰기 쉽고 또, 표준으로서 갖춘 계측기나 퍼스컴이 늘어나고 있다. 단지, 처리속도, 접속될 수 있는 계측기의 수, 케이블의 길이에 한계가 있다. 또, IEE 488프로토콜의 해석의 차이나 코스트관계로 전기능을 갖출 수 없게 되니까 각사의 계측기 동작이 미묘하게 다른 때가 있다. 계측기를 선택할 때 그 메이커의 경험이나 기술적 백업 등을 고려할 필요가 있다.

## (4) 아날로그신호의 디지털화

계측데이터의 거의 대부분을 점하는 아날로그신호를 컴퓨터가 처리가능한 디지털신호로 바꾸는 것이 필요하고 그 프로세스의 예가 〈그림 16〉이다. 그때의 주요 주목할 점은,

- 노이즈 대책 : 입출력간의 절연-절연트랜스 등의 사용

- 신호의 변환(變換)-배선이 길때 노이즈에 강한 신호(1~20mA, 1~5V)에의 변환
- 필터 : 에리어징 방지에 로파스 필터
- 샘플홀드 : 아파치에러의 방지
- 윈드함수의 사용 : FFT분석에서의 오차방지

## (5) 시스템화에 편리한 장치(스마트계측기)

시스템화의 경험으로 구성상 편리하였던 주변기기(周邊機器)의 예를 몇가지 소개한다.

### (a) FFT 해석기

내장하는 AD 변환기, FFT 프로세서에 의하여 주파수 분석, 위상, 주기적인 신호의 평균화 등의 많은 기능을 가지고 있다. 그 처리속도는 컴퓨터의 소프트웨어에 의한 FFT 처리보다도 훨씬 빠르고 이를 이용한 컴퓨터의 부담을 현저하게 저감시키기 때문에 FFT 프로세서를 갖지않는 시스템(퍼스컴은 모두)에서 특히 유효하다. 시스템화에는 버퍼메모리 GP-IB를 갖춘 것이 적합하다. FFT 분석의 데이터는 분해하는 주파수구분(일반적으로 250~500)×2 워드 = 0.5~1K 워드가 되어 적은 퍼스컴에서는 100데이



〈그림 17〉 인텔리전트 측정제어 장치(멀티프로그래머)

터정도에서 가득차게 된다.

그리하여 기계의 진단에서는 필요한 주파수 성분을 들면, 회전속도의 분수조파(分數調波)와 고조파(高調波)의 성분만이든가 혹은 레벨이 큰 것부터 제한된 수만 끄집어내는 등의 연구가 필요하게 된다. 전자의 경우 FFT의 차수분석에 필요한 회전속도의 회기신호는 축 1회의 펄스에서는 FFT의 스펙털분석의 주파수분해와 축회전속도의 정수배(整數倍)와는 일반적으로 일치하지 않는다. 그리하여 상세한 점은 생략하나 적어도 축 1회전에 16펄스의 동기신호(同期信號)를 얻을 수 있도록 검토할 필요가 있다.

이와같이 하면 에러어징 방지에도 효과가 있다.

(b) 트래킹필터

회전기계의 진단에서는 축회전속도에 해당하는 주파수성분의 진동 크기와 그 위상이 특히 중요하다. 이 데이터는 FFT 해석기에서도 얻을 수 있으나 많은 측정점에서 그리고 회전속도의 변화(變化)가 빠를 때는 데이터처리가 미처 들리던가 나쁜 필요한 데이터처리가 될 때까지 컴퓨터가 미처 못 따르게 된다. 다(多)채널의 트래킹필터로 GP-IB로 컨트롤 가능한 것이 있어 귀하게 쓰여지고 있다.

(c) 인텔리전트 측정 제어장치

GP-IB로 측정되는 다기능인 장치로 그 특징을 다음에 표시한다.

- 콘트롤축의 간단한 지령을 내장한 마이컴이 해독하여 제어한다. GP-IB 인터페이스를 갖는 컴퓨터이면 어느 것이나 커넥터를 연결하는 것으로 하드의 지식이 없는 초보자라도 바로 쓸 수 있다.

- 풍부한 카드군(아날로그, 디지털데이터의 입출력, 제어, 메모리, 카운터 등 18종)에서 필요한 것을 선정하여 삽입하고 채널을 지정하기만 하면 즉시 동작하므로 시스템의 변경이 쉽다.

AD 변환속도는 33kHz이므로 채널수가 많아지면 진동파형의 기록도 가능하다.

(d) 인텔리전트 데이터 수록 장치

마이컴내장의 다점(多点)을 위한 것으로 컴퓨터의 단말로써 그 부담의 저감, 원거리전송(컴퓨터에서 1Km 떨어뜨릴 수 있는 것도 있다), 다점(多点)데이

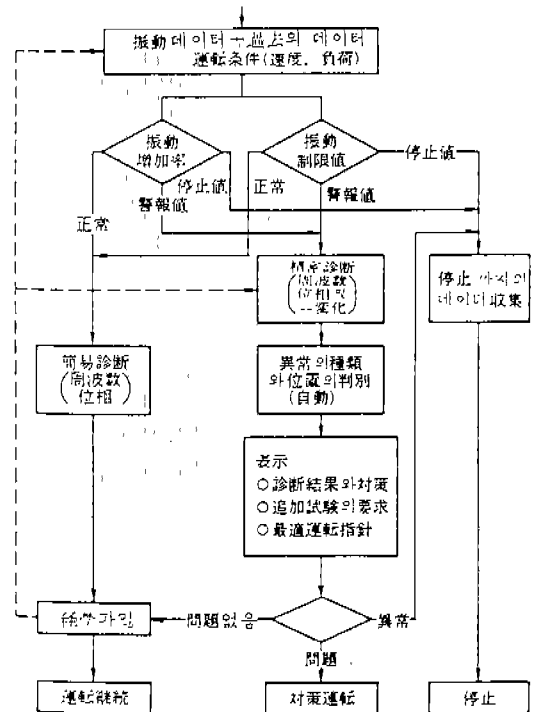
터 수집을 가능케 하였다. 처리속도는 상당히 느리니까 과도적인 데이터나 파형의 수록에는 적합하지 않으나 진폭의 기록이든가 진동이외의 예를 들면 온도, 압력, 부하 등의 운전 데이터의 기록에는 충분하다. 그 기능의 일례를 표시하면,

- 스카닝(320점/4초)
- 전압의 공업량에의 변환(예를 들면, 도전대기 전력을 직선보정하여 온도로 변환)
- 데이터 수집과 병행하여 경보를 위한 모니터링
- 컴퓨터에 의한 수집모드의 콘트롤

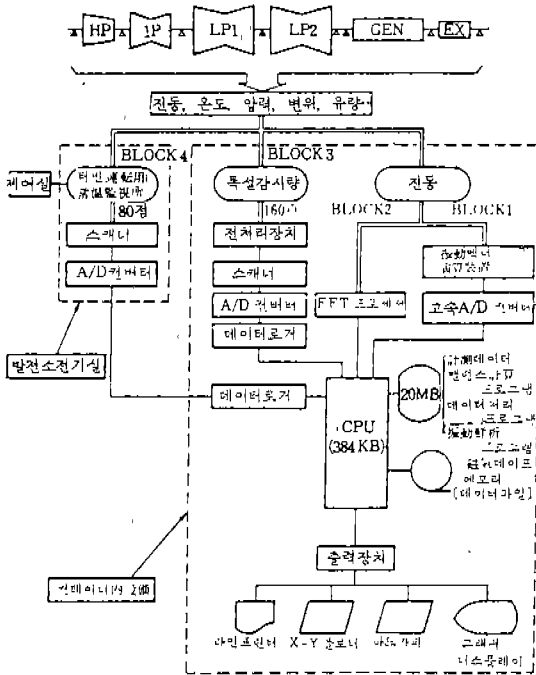
(6) 진단 알고리즘

진단의 자동화를 할 때는 대략 다음과 같다.

① 운전감시를 위한 데이터 수집 : 회전속도, 부하, 시간마다에 기본적인 데이터를 수집하여 이상시



(그림 18) 진단시스템의 프로우도



〈그림 19〉 시스템블록도

의 데이터 해석을 위한 비교데이터로 한다.

② 경보의 발신과 이상진단의 스타트 판단 : 이상 상태를 조기 발견하여 이상진단을 위한 처리 프로그램을 스타트시킨다.

③ 이상진단 : 이미 수집한 기본 데이터보다 개략적인 이상모드를 추정하여 각기의 이상모드에 따른 진단 프로그램을 스타트시켜 정밀한 데이터 수집과 진단을 하고 결과와 데이터를 표시한다.

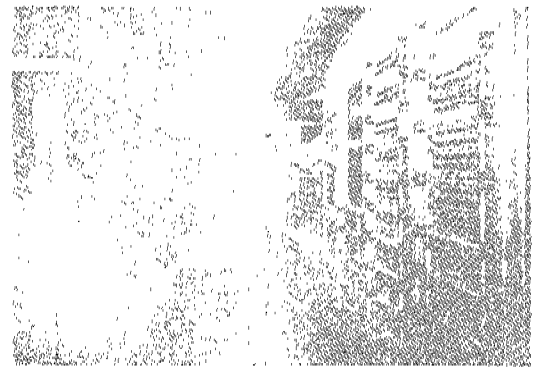
개략적인 진단 프로우를 〈그림 18〉에 표시한다.

### (7) 시스템의 예

최근 각 사(社)로부터 주로 진동에 관한 자동진단 시스템이 발표되고 있다. 대상으로 하는 기계는 대형화력플랜트가 많다. 시스템이 상당히 고가이기 때문에 이 코스트에 알맞는 것은 대형의 중요한 기계이므로 알고리즘이 확정하여 시스템의 하드웨어가



(a) 컨테이너시스템 외관



(b) 시스템 내부

〈그림 20〉 시스템 외관과 내부

되면 널리 사용될 것으로 보여 이에 대한 기대가 크다.

한 예로써, 화력플랜트의 현지시험에 사용할 목적으로 후지전기가 개발한 시스템이 있다. 〈그림 19〉는 시스템의 구성도이고 〈그림 20〉은 외관과 내부의 모양이다. 그 특징을 기술하면 다음과 같다.

① 신호처리 장치, 컴퓨터 등을 컨테이너내에 내장하여 현지로 수송하고 신호선을 연결하는 것만으로 즉시 동작한다.

② 이 종류의 현지시험시스템에서는 진동에 관한 데이터 수집, 이상진단, 배런스계산이 되나 이 시스템에서는 온도, 압력, 변형, 진장, 기타 각종의 전기적인 데이터도 동시에 처리되도록 하드, 소프트 양면에서 대응이 되도록 되어 있다. 따라서, 진동뿐이 아니고 각종의 현지시험이 가능하다.



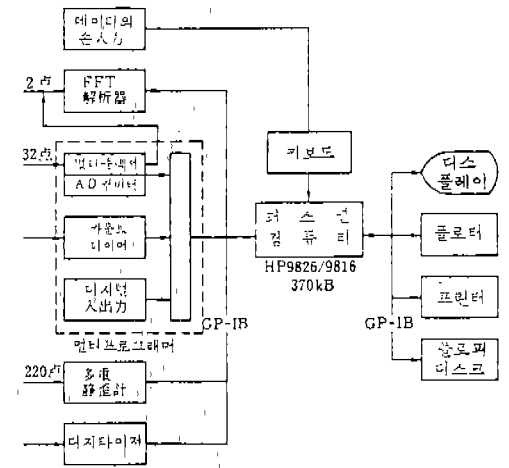
③ 서브시스템을 갖추어 콘테이너로부터 최대 300m 떨어진 지점에서 다점(多点)의 데이터 수집이 가능하다.

④ 운전장치의 변화에 대응하여 컴퓨터의 데이터 수집모드의 변경을 자동적으로 한다. 데이터의 더 넣고 빠지는 것을 방지하고 또, 야간의 무인으로서 시스템운전이 가능하다.

⑤ 리포트의 작성은 미리 지정함으로써 무인으로 연결하여 할 수 있다.

기능의 일부를 생략하고 보다 기동성을 갖춘 퍼스컴에 의한 시스템이 <그림 21>에 표시하는 바와 같고 이상진단의 소프트웨어는 아직 갖지 않았으나 염가이고 응용범위도 넓어 참고로 하기 바란다.

이 시스템은 현장에서의 진동, 압력을 주체로 한 데이터 수집과 표를 작성하는 것을 주된 목적으로 하고 있어 대상에 따라 시스템의 구성을 자유롭게 할 수 있도록 하되, 소프트웨어 양면에서 검토하였다. 데이터는 온라인외에 자기(磁氣)테이프, 키, 디지털타이저에 의해서도 넣을 수 있다.



- 出力形式**
- 直角座標 그래프; 時間/速度/負荷, 壓力 그 외에 대하여
  - 極座標, 나이키스트, 軸軌跡
  - 波形
  - 스펙트럼
  - 스펙트럼 맵; 回轉次數, 周波數

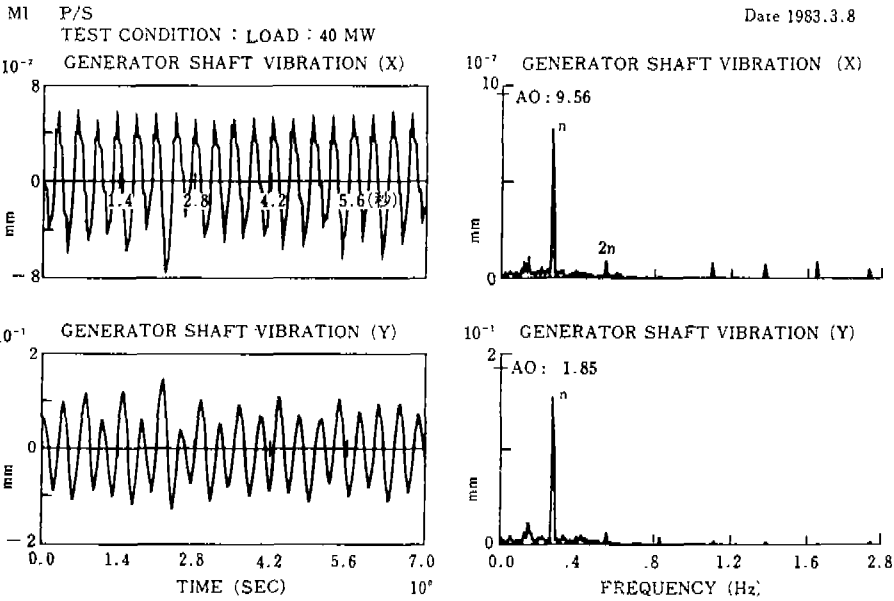
(그림 21)

**(8) 시스템 계획상의 교훈**

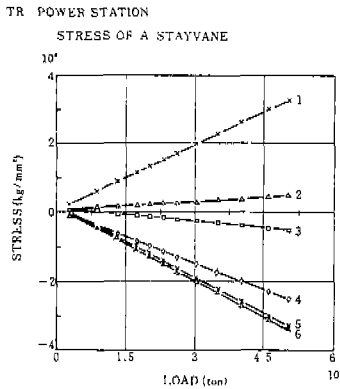
부족한 경험이긴하나 전기(前記)와 같이 몇 개의 시스템화의 과정에서 실패한 교훈을 얻어한다.

- ① 주기억용량은 충분히 크고 여유를 갖도록 하고 또, 용량이 큰 디스크는 편리하다.
- ② 컴퓨터의 부담을 줄이는 노력을 항상(소프트는 욕심을 내지 않도록, 하드에서는 인텔리전스 계측기나 아날로그처리를 가능한한 채택)
- ③ 환경에서는 번지, 가스, 습기에 주의
- ④ 아날로그회로는 염가이나 스캔닝이 어렵고 다점(多点)이 되면 값이 비싸진다.
- ⑤ 인텔리전트 터미날의 스카닝속도나 전송속도의 카다모그치는 최량조건일 때에 실질속도는 상당히 높다.
- ⑥ GP-IB를 위시한 표준 인터페이스는 컴퓨터가 틀리면 정상적으로 움직이지 않을 때가 있다. 표준이라고 생각하여 맘 놓으면 안된다.
- ⑦ 싸구려로 판매하는(뒤에 A/S가 안되는) 메이

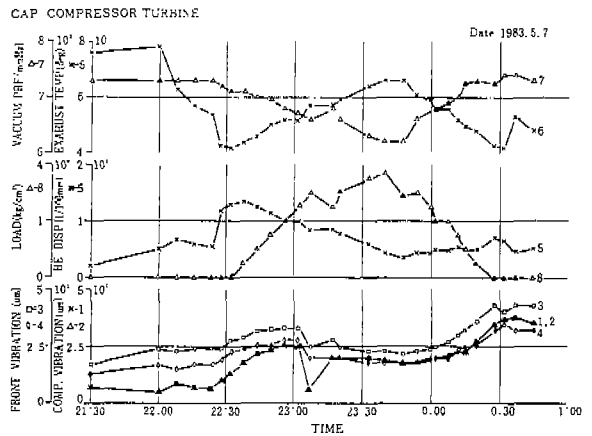
- 커의 제품은 안된다.
- ⑧ 컴퓨터의 그래픽소프트가 충실한가, OS가 충실한가, 메모리의 실질유서에러의 크기는 충실한가
  - ⑨ 보수계약은 신중하게, 계약을 체결하지 않아도 A/S가 좋으면 상관없다.
  - ⑩ 노이즈 대책은 하드만이 아니고 소프트웨어에서도 고려되어야 한다.
  - ⑪ 내용변경이 안되는 소프트웨어는 경원(敬遠)하라. 내용을 공개하지 않는 소프트웨어는 사용하기 어렵고 발전성이 없다.
  - ⑫ 대화형(對話形) 소프트웨어는 언뜻 보기에 편리한 듯하나 시스템의 스타트에 시간이 걸린다. 파일 처리가 가능토록 하면 좋다.
  - ⑬ 속도가 충분하면 FFT에 의한 스카너가 아니라 리레이의 스카너도 검토하여 본다. 내압, 내잡음에 유리하다.



(a) 파형과 주파수성분



(b) 수압에 대한 응용변



(c) 운전기록

(그림 22) 퍼스컴에 의한 데이터수집 시스템

맺음말

이상예지나 진단기술의 개발 특히, 그 자동화는 근래 그 연구가 집중적으로 이루어져 실용화도 상당히 진보되고 있다. 이상진단은 회전기 뿐 아니고 제어장치나 변압기, 차단기에서도 중요하다. 또, 회

전전기기계에서도 권선열화의 진단등 그에 유사한 분야에 종사하여 왔다. 그리하여 그 분야에 한하여 그 기술동향의 개략과 시스템계획상의 주의점을 늘로 신호처리면에서 기술하였다. ⊕

다음호에 계속...