

# CMMS(Computerized Maintenance Management System)와 실시간적인 CBMS(Condition Based Maintenance System) 연구

박주식\*, 강경식\*\*

\* 명지대학교 산업공학과 박사과정

\*\* 명지대학교 산업공학과 교수

## 1. 연구개발 목적 및 필요성

정밀가공기계, 수송장비 및 설비 그리고 유·공압 설비의 전동기는 빈번한 기동정지 및 장기운전에 의한 열적, 전기적, 기계적 스트레스를 받게 되며, 이로 인하여 각종 설비의 열화와 노후화가 진행된다. 그리고 장기운전에 따른 보수 및 정비 기간의 증가로 생산량의 감소 및 정비비용의 증가와 함께 설비의 효율적인 운용의 필요성이 점차 증대되고 있다. 이러한 문제점들을 사전에 예방하기 위하여 보수 및 정비기간 동안 예방 진단을 실시할 필요가 있다. 여기에 전동기 정지 중에 실시하는 off-line 진단법과 운전 중에 실시하는 on-line 진단법으로 구분된다.

off-line법의 시험을 실시하기 위해서는 전동기를 정지시켜야 하기 때문에 운전정지에 따른 경제적인 손실과 실제 운전상태에서 발생하는 이상상태를 감지할 수 없는 단점이 있다. 이와 같은 문제점들을 보완하기 위해 개발된 on-line 진단법은 전동기의 실제 운전 중에 발생하는 신호를 측정하여 전동기의 이상 유무를 진단하는 기법이다.

과거에는 정기적인 진단으로 인력 및 장비의 손실 등 여러 가지 낭비를 초래해 왔으나, 설비기계에 대하여 진동, 소음, 열에 의한 실시간적인 센서신호를 감지하여 예측검사를 함으로써 생산전체의 공정, 품질관리, 신뢰성, 인명의 안전등의 측면에서도 많은 효율을 기대할 수 있다. 또한 고도의 컴퓨터 시스템을 이용하여 소프트웨어의 개발이 다양화되면, 보다 저렴한 가격으로 진단을 해나갈 수 있을 것이다. 설비를 효율적이고 작업 가능 상태로 유지하고, 유휴시간을 최대한 줄이며, 가능한 한 안전하게 가동되도록 하기 위해 조사, 계획, 설계, 제작, 설치, 운전, 보전을 거쳐 교체에 이르기까지 설비의 이력을 총괄하여 관리함으로써 생산성을 높이는 전반적인 기술활동이 발전되어 왔다.

현재 우리 나라의 형편을 살펴보면 설비고장진단에 대한 이상진동, 열, 소음의 현상과 이상 판별기준 및 데이터가 축적되어 있지 않은 실정이다. 설비고장진단기술을 보다 발전시켜 나가기 위해서는 설비고장진단을 할 수 있는 FFTAES(Fuzzy Failure Tree Analysis Expert System) 와 같은 시스템 개발이 시급하며 이를 전문적으로 다룰 수 있는 정기적인 점검 및 예측점검을 시도해 나가는 것이 바람직한 방향이라 사료되며 또한, 이를 위하여서는 각종 데이터의 정립 및 전문기술 인력의 양성에 온 힘을 기울여야 할 것으로 사료된다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2.1 연구내용

고장진단이란 설비 또는 공정정보를 on-line으로 받아들여 분석하는 것으로 가동중인 설비에서 이상이 발생하였을 경우 설비제반의 정보를 이용하여 그 원인을 찾아내는 것이다. 설비가 동중에 이상이 발생되면 센서검출신호는 정상상태에서 벗어난 값의 경향이 발생한다.

CBMS(Condition Based Maintenance System)는 이러한 이상을 감지하고 진단하기 위하여 정상변수값을 각각의 할당된 범위안에서의 변수 상태를 감시해야 한다. 그리고, 설비 전문가가 설비의 이상이 발생하였을 때 그 원인을 찾는 방법인 경험적 지식을 컴퓨터에 저장하거나 설비를 저장함으로써 고장이 발생하였을 경우 작업자에게 빠른 조언을 할 수 있게 된다. 이러한 시스템의 기본 문제는 실시간 실행에 있어서 가상적 고장과 실제 고장의 정확한 판단과 많은 양의 지식을 주어진 시간내에 효율적으로 탐색하는데 있다.

### 2.2 연구방법

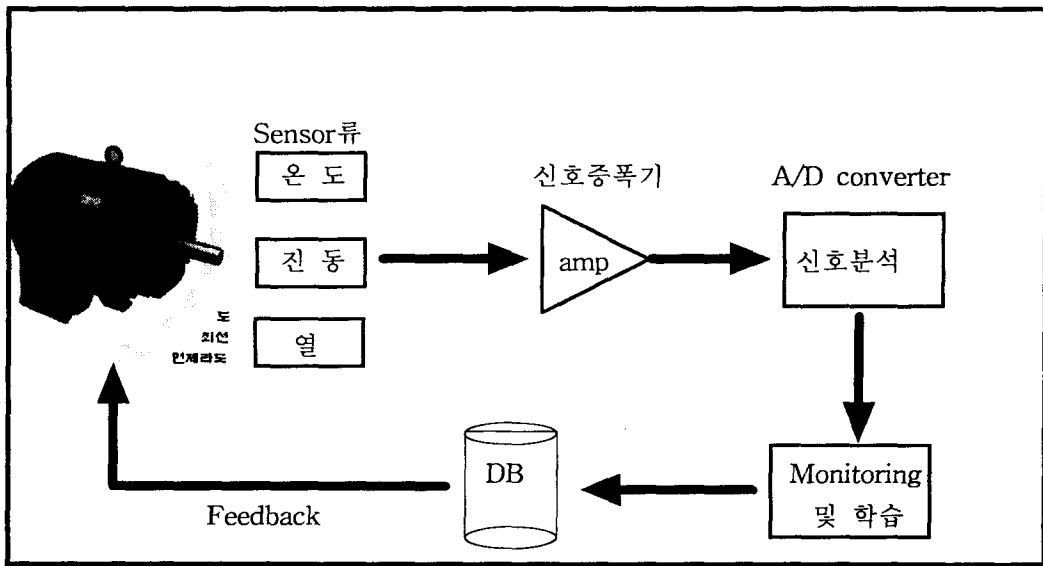
- ① 고장진단 방법에 관한 문헌의 이론적 접근방법의 비교 및 검토
- ② 선택된 pilot 설비에 맞는 고장진단 방법의 선택 및 개선
- ③ 고장진단 시스템의 구축을 위한 개발 시스템과 하드웨어의 비교 및 선택
- ④ pilot 설비 설치 및 가동, 그리고 고장분석
- ⑤ simulation의 결과를 이용한 prototype 고장 진단 시스템의 개발
- ⑥ 실제 실험을 통하여 고장 진단 시스템의 개발
- ⑦ 운전과 고장진단에 관한 문헌으로부터 프로그램에 적용될 고장 진단지식의 수집 및 정리
- ⑧ simulation과 pilot 설비를 이용한 시스템의 평가 및 보완
- ⑨ 실제 적용 가능한 고장 진단 시스템의 완성
- ⑩ 실제 공정의 진단 시스템의 완성 및 일반적 설비의 진단 시스템개발 연구

## 3. 실험방법

컴퓨터에 의한 생산시스템의 통합화와 on-line network화에 따라 자동화된 설비고장진단 방법이 요구되어지고 있다. 이에 따라 기계설비에 각종 센서를 부착하여 실시간적으로 수집된 출력신호를 이용하여 기계설비를 on-line으로 감시하는 여러 가지 기법들이 제시되고 있다. 본 연구의 pilot study는 전동기의 진동, 소음, 열을 감지하는 센서로부터 입력되는 신호를 filtering한 후 A/D converter로 데이터를 실시간으로 수집하고 분석한다. 전동기의 회전속도, 부하, 등의 고장발생 요인들은 PC에 knowledge-base에 저장된 조건에 의해 제어한다.

<그림 1>은 본 연구의 전동기 고장 진단 시스템을 나타낸 것이다.

각 센서에서 출력되는 신호는 작은 전류 또는 전압형태로서 이것을 높은 전압의 형태로 전환시키는 신호증폭기를 거친다. 이때 미세하게 잡음신호를 걸러내는 filtering 작업을 한다.



<그림 1> 전동기 고장진단 시스템

신호증폭기를 통해 나온 신호를 모니터링이나 관리자에게 정보를 표현하기 위해 A/D converting을 한다. 이것은 converter의 능력에 따라 아주 세분화 된 정보까지 표현할 수가 있다. 예를 들어, 온도를 측정하는 모니터링 시스템을 보아서 최대 온도 감지능력을 0℃에서 100℃까지 할 수 있는 센서가 있다고 한다. 필터링과 신호증폭을 통해서 DC 0V에서 10V 까지 증폭을 했다. 즉, 0V는 0℃가 되고 10V는 100℃로 되는 것이다. 이때 모니터링으로 이러한 정보를 표현할 때 실제 온도 값을 표현하기 위해 A/D converting을 하는 것이다.

12비트를 처리할 수 있는 converter는 최대 2048단계의 분해능력이 있다. 이것을 신호증폭기와 같이 표현하면 <표 2>와 같이 되고, <표 3>은 퍼지언어 값으로 표현하는 FFTAES value의 퍼지언어변수와 실제온도값을 표현한 것이다.

<표 2> 신호증폭값, A/D 분해값과 실제온도 관계

단계	신호증폭기(V)	AD converting 분해값	실제 온도(℃)
1	0	0	0
2	2.5	512	25
3	5	1024	50
4	10	2048	100

<표 3> FFTAES value의 퍼지언어변수와 실제온도값

순위	퍼지언어변수	고장 가능성 값	실제온도(℃)	FFTAES 제안 값
1	undefined	0.00	0	0.00
2	not likely	0.10	10	$1.00 \times 10^{-9}$
3	unlikely	0.20	20	$1.00 \times 10^{-8}$
4	low	0.30	30	$1.00 \times 10^{-7}$
5	medium	0.40	40	$1.00 \times 10^{-6}$
6	likely	0.50	50	$1.00 \times 10^{-5}$
7	more or less high	0.60	60	$1.00 \times 10^{-4}$
8	high	0.70	70	$1.00 \times 10^{-3}$
9	very high	0.80	80	$1.00 \times 10^{-2}$
10	very very high	0.90	90	$1.00 \times 10^{-1}$
11	unknown	1.00	100	1.00

#### 4. 결론 및 연구과제

설비고장진단은 실제상태에 대한 정보를 근거로 고장보전이나 예방보전보다 논리적인 개념으로 보전비용감소, 기계가용도 증가, 생산성 향상, 기계수명연장, 전체이익 증가 등의 이익을 얻을 수 있다.

시스템 실제 운영상태에 대한 정보전달원인 모니터링 정보는 진동, 소음, 열 신호가 있고, 이러한 정보로부터 시스템상태에 관한 정보를 추출하기 위한 모니터링 기법은 진동모니터링기법, 소음 모니터링기법, 열모니터링기법등으로 분류할 수 있다.

또한 모니터링 기법으로 통해 얻은 신호 데이터를 분석하여 시스템상태를 진단하고, 설비관리자에게 언제 어떻게 결함감지 및 진단분석기법은 FFTAES, 뉴럴 네트워크 추론 등을 통해 정보를 제공해 주는 시스템이다.

그리고, 앞으로 연구되어야 할 과제를 보면 잡음이 포함된 정보를 시스템상태에 관한 순수한 정보만을 담고 있는 데이터로의 변환문제, 분석상 오차를 줄이기 위한 converter의 분해능 증가, 연속적으로 얻게 되는 수많은 데이터를 어떻게 평활시켜 대표값으로 설정할 것이가에 관한 연구, 정확한 고장시간 예측을 위한 신뢰성 있는 분석기법 제시가 필요하고 이를 한마디로 요약하면 on-line 측정시스템의 센서선정분야와 회로설계 및 진단시스템 개발분야, 그리고 전산시스템 및 네트워크 구축분야 등의 등이 있다.

## 5. 참고문헌

1. Wang.G.N., Kim,G.S. and Jeong, Y.S., "Radial Basis Hybrid Neural Network Modeling for On-line Detection of Machine Change," Journal of the Korean institute of industrial Engineers, vol 20, pp113-134, December., 1994
2. Roger, J., "Power Plant Diagnostics Go On-Line.," Mechanical Engineering, 1989, vol.111, No.12, pp38-42
3. Samimy, B and Rizzoni, G., "Mechanical Signature Analysis Using Time-Frequency Signal-Processing-Application to Internal-Combustion Engine Knock Detection," Processings of the IEEE, 1996, vol.84, Iss. 9, pp1330-1343
4. Schump, D.E., "Testing to Assure Reliable Operation of Electric Motors.," Record of Conference Papers-Annual Petroleum and Chemical Industry Conference. Public by IEEE, IEEE service center, Piscataway, NJ, USA (IEEE cat n 90CH2922-3). pp.179-184
5. "LabVIEW User Manual January Edition", National Instruments, 1998.
6. Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks 2nd Edition", Prentice Hall, 1998.
7. "Linear Products Burr-Brown IC Data Book", pp.2329-2331, Burr-Brown, 1996/1997
8. Lawrence P. Huelsmen, "Active and Passive Analog Filter Design An Introduction", McGRAW-HILL, 1993.
9. David F. Stout, Milton Kaufman, "Handbook of Operational Amplifier Circuit Design", pp.8-1~8-3. McGRAW-HILL, 1976.
10. Franklin F. Kuo, "Protools & Techniques for Data Communication Networks", Prentice Hall, 1934.
11. Pande, P. K., M. E. Spector, P. Chatterjee, "Computerized fault tree analysis," TREE AND MICSUP, ORC 75-3, Operation Research Center, University of California, Berkeley, (1975).
12. Nisra, K. B., G. G. Weber, "A New Method for Fuzzy Fault Tree Analysis," Microelectronics Reliability, Vol.29, No.29, pp.195-212, (1989).