

# 사업장의 체계적인 안전관리업무 효율화 방안 (화학설비 시스템의 이상고장진단을 위한 Expert System 개발중심으로)

김두환·오재웅\*·김우택\*\*·이충휘\*\*·신준\*\*\*

산업안전보건연구원·\*한양대학교 기계공학부

\*\*한양대학교 자동차공학과·\*\*\*원주대 동력기계과

## 1. 서론

화학공장에서 사고의 원인은 설비의 이송 체결부에서 유해화학 물질의 누출에 의한 경우가 큰 비중을 차지한다. 따라서, 설비의 접합 체결부에서 발생하는 누출현상은 진동원에 대한 이상을 제거하지않는 한 계속 발생되므로 설비의 주기적인 감시기능이 필수적으로 요구되지만 현재까지는 작업자의 오감에 의하여 정성적인 평가로 대처하는 경우가 대부분이다. [3],[8]

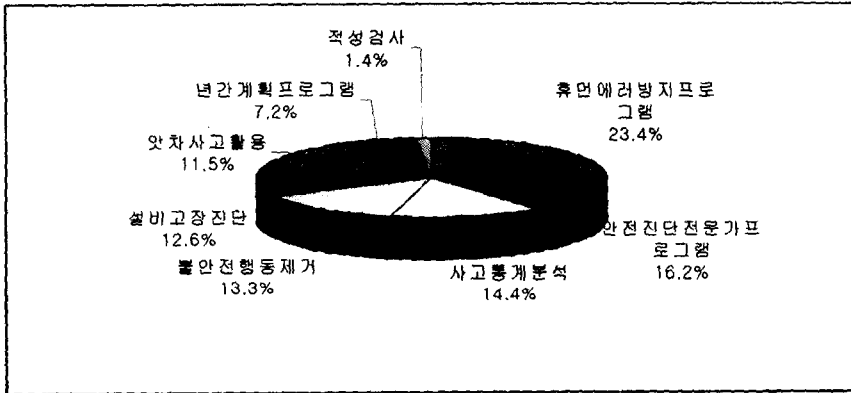
그러므로, 회전 설비들에 대한 정량적인 진동상태 감시를 통하여 누출원인을 사전에 추적 점검함으로써 화학 설비전반에 대한 안정성을 확보할 수 있는 전문적인 진단 시스템의 개발이 요구되며, 또 전문가의 숙련 정도 및 경험에 따라 진단 신뢰도, 객관성, 정확성도 문제가 되므로 이를 해결하기 위하여 일반 사용자도 전문가처럼 시스템을 운용할 수 있고, 안전업무를 효율적으로 운영할 수 있도록 각종 신호처리 기술 및 인공 지능적 판단 기법을 내재한 진단 전문가 시스템 개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 중소 화학 공장의 안전관리 업무의 효율화를 기하고 정량적인 안전기술 향상을 도모할 수 있는 방법과 화학설비의 진동현상을 파악하고 이상을 조기에 진단하여 예방정비를 수행할 수 있는 설비진단용 전문가 시스템의 개발을 최종 목표로 진동 데이터 수집 및 모니터링 시스템을 퍼지 추론을 이용한 진단 시스템을 개발하여 실험을 통해 진단 전문가 시스템의 성능을 평가하였다.

## 2. 본론

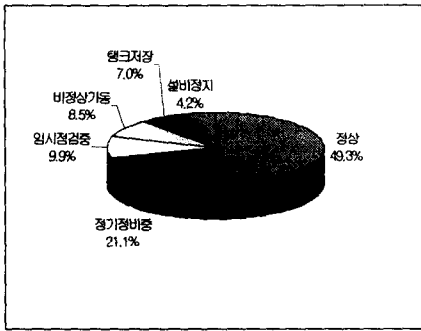
## 가. 사업장의 안전업무 실태

중소 사업장의 안전업무처리 간소화에 따른 문제점 해결방안을 찾기 위해 각종 화학설비 이상 고장 진단 시스템의 실태를 교육원 화학공정 전문과정, 실무 안전관리자과정, 울산, 여천, 석안회 회원 및 지도원 순회 교육시 참석자 200명을 대상으로 설문서를 배포 작성 후 직접 회수하여 통계처리 하였다. 사업장에서 안전관리를 계획적으로 추진하고 매년 사고통계작성을 프로그램화하여 활용하는 사업장은 34.4%로 안전관리 서류의 간소화가 되지 못하고 있으며 사업장에서 요구되는 필요한 통계프로그램은 휴먼에러 방지 프로그램이 23.4%로 제일 많고 다음으로 안전진단 전문가 시스템 프로그램이 16.2%, 사고통계 분석 프로그램은 14.4%등으로 이들 프로그램을 이용하여 근로자들의 불안전행동을 예지하여 산업재해 예방에 근본적인 대안책으로 활용 하겠다는 의지를 보여주고 있다. [그림2-1]참조

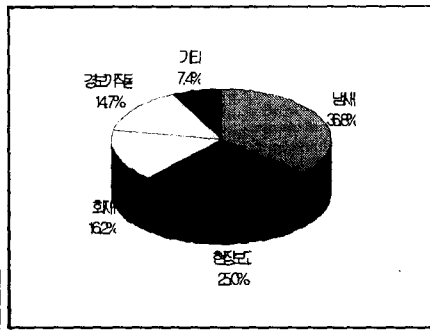


[그림2-1] 안전보건관련 요구 프로그램

산업현장의 생산설비 가동 중에 가스, 유해위험물질이 누출된 적이 있는가 라는 질문에 있다 49.2%, 없다 50.8%로 반반 이었으며 이때 작업상태는 정상상태에서 누출이 49.3% 정기 정비중이 21.1% 임시점검 및 비정상 가동시에 18.4%가 누출되어 설비의 이상고장 상태를 정상 가동시 예지 할 수 있는 진단설비가 요구됨을 알 수 있다



[그림2-2] 누출시 작업상태



[그림2-3] 누출 사실의 인자

[표2-1] 고장진단 전문가 시스템 인지여부

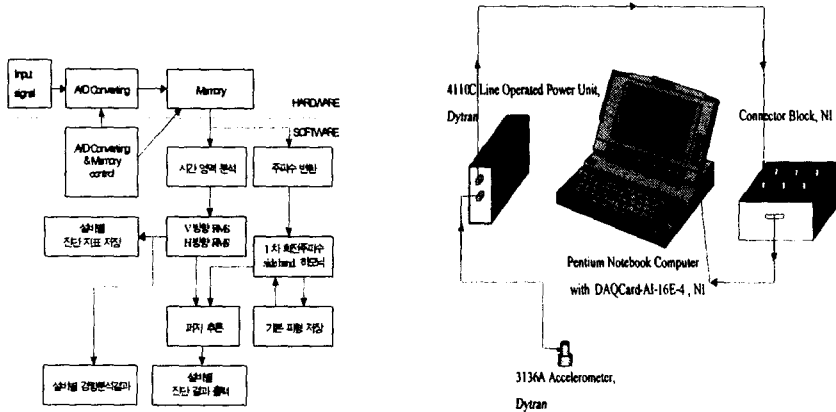
	사업장수	점유율%	비고
알고있다	28	20.9	
모른다	89	66.4	
무응답	17	12.7	
합계	134	100	

설비의 회전 구동부의 진동 정도에 따라 전체 설비의 떨림 전달로 후렌지 부분의 볼트 조임 헐거움 상태, 써-포트 떨림, 접합 패킹 부분의 틈이 생겨 누출위험을 예측 할 수 있고 특히 모터의 표준화된 진동 이력이 없어 수명 예측이나 고장이상 여부를 기술적으로 예측하기 어렵다는 사실을 파악할 수 있다. 진동이 전체 타 시설에 확대 전달될 때 누설의 잠재 위험성이 있음에도 회전체 구동부분에 구체적이고 과학적인 이상고장 진단 데이터 기록이나 장비가 대부분 비치 되어있지 않고 안전관리를 담당하는 부서의 기술적인 수준이나 업무수행의 간소화, 안전진단 통계 분석 업무가 과학화되지 못하고 있다. 설비 가동의 기본인 모터메이커 측의 표준화된 진동 DATA제공이 사용업체에 거의 없어 진단시 이상상태 평가 정도의 성능진단 비교가 어렵고 수명예측 및 누설 가능성 예방대책에 차질을 가져올 수 있다.

## 2.1 시스템 구성

화학설비의 이상을 감지하기 위한 이상진단 모니터링 시스템은 일반설

비 진단 시스템과 화학적 진단시스템이 결합된 시스템이다. 일반 진단시스템은 진동과 소음과 같은 빠르게 변하는 입력이 존재하지만 화학 센서류는 동작이 느리므로 신호의 변화 속도가 느리다. 따라서 이들 모두를 사용하려면 입력신호에 대한 처리속도는 빠른 속도의 신호에 기준을 두고 구성해야 하며 저장기간은 느린 신호의 변화를 충분히 소화시킬 수 있는 방법을 사용하여 진단시스템을 구성해야 한다. 이를 고려하여 진단시스템을 구성하면 전체 구성도는 [그림2-4]와 같다.



[그림.2-4] 구성도 [그림2-5] Hardware setup of diagnostic system

본 연구에서 사용되는 hardware의 구성은 센서와 센서에 따른 증폭기, 증폭된 신호를 컴퓨터로 입력시키기 위한 A/D 변환기 그리고 컴퓨터로 이루어지며 hardware제어용 software인 drive file이 있다. [그림2-5]는 본 연구에서 개발한 진단 하드웨어의 외형을 나타내고 있다.

본 연구에서 화학설비의 이상을 감지하기 위한 진단시스템을 구축하는 1단계로서 진동신호의 1채널을 사용하여 진단시스템의 prototype을 구축하였지만 향후 다채널로의 확장을 위하여 기본 구조는 다채널용으로 구성하였다. 또한, 본 연구를 통해 개발한 진단 소프트웨어는 진동 센서로부터 입력된 정보를 각종 신호처리기법을 거쳐 가공한 후 퍼지추론 방식을 통하여 진단 결과를 산출하게 되는데 특징은 다음과 같다

- ① 프로그램 기능별 모듈화
- ② 편리한 사용자 인터페이스
- ③ 퍼지 추론방식 적용

## 2.2 진단 알고리즘

본 연구에서는 설비별로 측정된 진동 데이터를 각종 신호처리 기법을 이용하여 필요한 정보로 변환한 후 진단에 사용되는 지표들을 추출하는 방식을 사용하였다. 진단 지표로는 [표2-2]에 나타난 바와 같이 회전기계의 이상을 가장 효과적으로 감시할 수 있는 RMS와 1차 회전주파수를 기본 진단지표로 설정하였으며 사이드 밴드, 고차 하모닉 성분, 축 방향의 진동 레벨 등을 보조 진단지표로 활용하였다.

[표2-2] Relation between diagnostic index and fault of the rotating machine

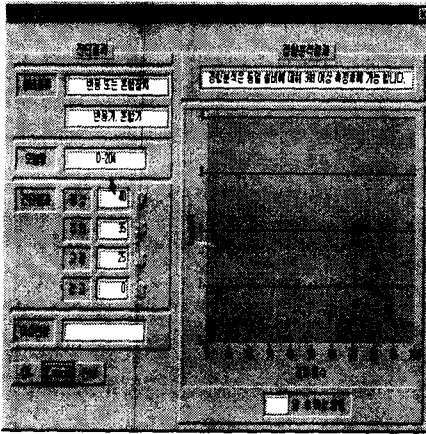
이상현상 진단지표	Unbalance	Mis-alignment	Oil whirl	Bearing defect	Loose-ness
1차 회전 주파수	●	○	△	△	○
고차 하모닉					●
RMS	○		●	○	△
축 방향 진동		●			
사이드밴드				●	

[표2-2]은 회전기계의 이상 현상과 이를 가장 효과적으로 진단할 수 있는 진단 지표와의 일반적인 상관관계를 나타낸 테이블로서 각각의 관련된 강도에 따라 적합(●), 고려(○), 참고(△)로 분류하였다.

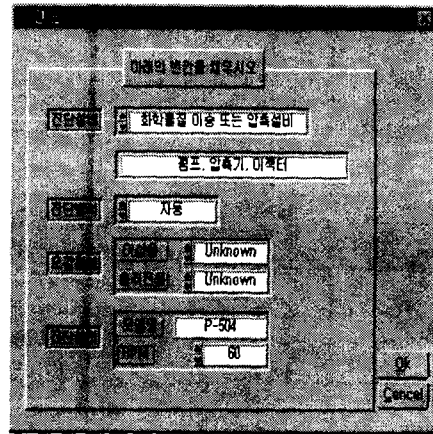
### 3. 진단 실험 및 결과 고찰

본 연구에서는 5개 회사에 2회의 현장실험을 이송 펌프와 반응기를 주 대상으로 선정하였다. [그림3-1]의 (a) 와 (b)는 펌프와 반응기에 대한 진단 실험을 시행하기 전 초기 데이터의 입력 화면이다. [그림3-1]의 (a)에서 진단설비는 "펌프"로 진단 방식은 "자동"을 선택하고 오감 정보는 명확하지 않으므로 "Unknown"을 입력하였으며 회전수는 설비의 특성표에 규정된 60Hz를 입력하였다. (b)에서는 진단설비를 "반응기"로 선택하였고 진단 방식은 "자동", 오감 정보는 "Unknown", 회전수는 개략적으로 10Hz를 입력하였다.

[그림3-2]는 A공장 펌프에 대한 진단 결과화면을 나타내고 있다. 펌프에 대한 진단 결과 "정상"이 45%로 출력 되었으므로 이상 현상은 발생되지 않았다.



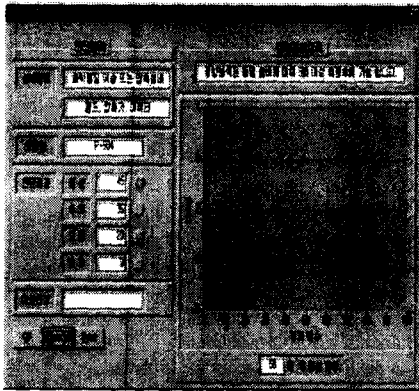
(a)



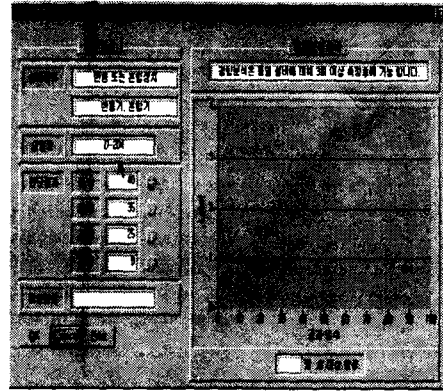
(b)

[그림3-1] (a) Initial data setup panel of the pump

[그림3-1] (b) Initial data setup panel of the reactor



[그림 3-2] 펌프 진단 결과



[그림 3-3] 반응기 진단 결과

[표3-1]은 5개 공장에 대한 진단 결과로 약 2주일 간격으로 측정된 2회의 데이터로 진단 실험을 행한 진단 결과는 모두 "정상"으로 출력되었다.

[표3-1] Diagnostic result of the pump

공장명	A	B	C	D	E
진단결과	정상(45) 주의(35)	정상(53) 주의(19)	정상(49) 주의(26)	정상(48) 주의(27)	정상(42) 주의(36)
이상현상	없음	없음	없음	없음	없음

[그림3-2]은 B 공장의 반응기에 대한 진단 결과 화면을 나타내고 있다. 반응기에 대한 진단 결과도 역시 "정상"이 40%로 출력 되었으며 이상 현

상은 발생되지 않았다. 그러나 "주의"가 35%로 추론되었으므로 이상에 대비한 점검 작업이 필요하다. [표3-2]는 4개 공장에 대한 반응기의 진단 결과 반응기 진단 간격이 짧기 때문에 모두 "정상"의 진단 결과를 얻었다.

[표3-2] Diagnostic result of the reactor

공장명	B	C	D	E
진단결과	정상(53) 주의(19)	정상(49) 주의(26)	정상(48) 주의(27)	정상(42) 주의(36)
이상현상	없음	없음	없음	없음

#### 4. 결론

본 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 사업장의 화학설비 구동 회전체 부의 진동 폭의 크기가 피크점일 때, 평균 0.5~2.5%/vol가 누설되고 있었다.
- 나. 펌프 진동이 배관에 미치는 영향조사에서 3축(X, Y, Z)방향에 대한 측정결과 펌프축의 미끄러짐이나 불균형시는 좌우 방향 진동보다 축 방향의 진동이 2~3배 커 펌프진동이 크게 증폭 전달되어 배관 후렌지부 등 전체 설비에 누출 등의 악 영향을 미치고 있다.
- 다. 데이터 수집을 위한 장치와 컴퓨터와의 인터페이스 기능을 수행할 수 있는 진단 모니터링 시스템을 하드웨어 및 소프트웨어 모듈을 개발하여 진단 실험결과 우수한 진단 결과를 얻을 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1.R.A. Collacott, "Vibration Monitoring and Diagnosis", John Wiley & Sons, 1979
- 2.鈴木和彦 "진단센서 오보를 고려한 이상진단 엑스퍼트시스템 개발" 안전공학voll.33, No.4, pp213-221. 1994 오재응, "소음, 진동의 온라인 진단 전문가 시스템 개발", 한양대학교 연구보고서, pp.22~40, 1991
4. 신 준, "Fuzzy 추론에 의한 자동차 고장진단 전문가 시스템의 개발", 한양대학교 석사학위논문, pp3-25, 1990
5. Samuel D. Stearns, "Signal Processing Algorithm", Prentice-Hall, pp.21~96, 1988