

## 발전소의 누설음향 분석을 통한 설비 진단

서예진, 조상진, 손창호, 정의필  
울산대학교 컴퓨터정보통신공학부

### Acoustic Analysis of Leaking Flow in Power Plants.

Ye-Jin Seo, Sang-Jin Cho, Chang-Ho Sohn, Ui-Pil Chong  
School of Computer Eng. & Information Technology, University of Ulsan

#### ABSTRACT

본 논문에서는 정상적으로 가동 중인 발전소에서 운전되는 기기들의 유량 변화 시 발생하는 음향신호를 분석하고 또 유량의 누설과 비누설시의 음향 변화를 분석하여 누설탐지의 가능성을 보였다.

이러한 음향방출신호는 예측할 수 없이 순간적으로 발생하고, 원자로 냉각재 유동, 원자로 냉각재펌프 회전과 같은 탐지대상이 아닌 다른 원인으로도 유사한 신호가 발생되므로 신호 식별이 어려우며 음향방출 신호를 얻거나 분석에 있어서 많은 경험과 기술 및 고도의 측정 장비가 요구된다.

#### 1. 서론

산업체 생산 공장에는 다양한 기기가 운전 중이며 양질의 제품 생산을 위해서는 무엇보다 기기의 안정 운전이 매우 중요하다. 특히 발전소 기기의 안정 운전은 곧 발전소의 효율적인 운전과 경제적인 효과로 직결된다. 최근에는 기기가 대형화되고 자동화의 급속한 발전으로 자동 감시의 신뢰성 확보 및 사고 예방은 기기 안정 운전의 가장 중요한 요소가 되고 있다.

본 논문에서는 발전소에서 운전되는 기기들에서 유량 변화 시 발생하는 음향신호의 분석과 누설유량과 비누설 유량의 음향 변화를 측정하고 분석하여 누설탐지의 가능성을 보였다.

#### 2. 신호 획득 시스템 및 분석

##### 2.1 누설에 의한 음향방출신호

숙련된 감시 관리자는 운전기기들의 소음만 듣고도 기기의 이상 유무를 판단할 수 있으나 많은 기기들을 관리하기에는 인력과 비용이 너무 많이 든다. 이에 인력과 비용을 절감하고 보다 정확한 감시체계의 필요성은 예전부터 대두되어 왔었다.

누설 부위에서 발생하는 음향방출 신호는 그 발생원이 고체내부에서 생긴 에너지가 아닌 유체의 유동에 의한 동요가 구조물의 음향에너지로 바뀌어 생성되는 것이다. 따라서 누설 시 발생하는 음향신호는 유체흐름의 조건에 크게 좌우되는데 그 신호 모양은 돌발형이 아니고 일정치 않은 잡음 같은 넓은 주파수대의 연속신호이다.

운전되는 기기들로부터 유량이 누설 될 때 방출되는 음향방출신호는 고체 내부에서 국부적으로 형성된 변형에너지를 급격히 방출될 때 발생하는 탄성과 혹은 이러한 현상을 가리키는 것으로 어떤 힘이 가해진 물질에 대한 상태 변화는 기계적, 열적 및 기타 효과에 의해 음파 발생의 원인이 된다.

음향방출 신호를 이용한 누설탐지는 주위 잡음에 의해 정밀한 측정이 어렵고 절대적인 누설량 측정에 어려운 문제가 있지만 고감도, 빠른 응답시간, 저 비용 등의 이유로 일반 산업체에서는 많이 활용되어 왔다. 특히 원전의 경우 고방사선 구역의 접근이 어려워 온라인 감시가 가능하도록 음향방출 감지장치를 계속 설치해 놓거나 정비기간 중에도 피폭을 줄이기 위해 신속한 탐지방법인 음향방출 방법을 많이 활용하고 있다.

음향감시계통은 이러한 동적인 변형에서 발생하는 음향신호를 측정하기 때문에 결합발생 시 즉시 알 수 있고, 가동 중에도 감시가 가능하므로 검사를 위한 정비시간이 불필요하다.

## 2.2 실험 개요

그림 1은 연속적인 음향 방출 신호 측정을 위한 개통도이다. 본 연구에서는 정상 가동 중인 드림형 보일러의 화력발전소의 주 급수 밸브개도를 58%, 60%, 62%로 변화시키면서 AE(Acoustic Emission) 센서를 이용하여 음향방출신호를 측정하였다. 그림 2는 실제 측정 현장으로 발전소 중앙 제어실과의 협조 하에 이루어졌다. 그리고 보일러 급수 가열기의 배수 밸브 후단에서 누설이 없는 경우와 임의로 밸브를 조금 개방하여 누설을 만든 경우의 음향방출신호를 AE센서로 측정하였다. AE센서를 통해 받아들인 음향방출신호를 연속적으로 측정하기위해 데이터 수집 장치(DAQ system)와 LabVIEW 7 프로그램을 사용하여 신호를 받아 제어 수행하고 각각 5초 동안의 신호를 파일에 기록하였다. 그리고 그림 3은 실제 연구에 사용된 개략적인 시스템 구성도이다.

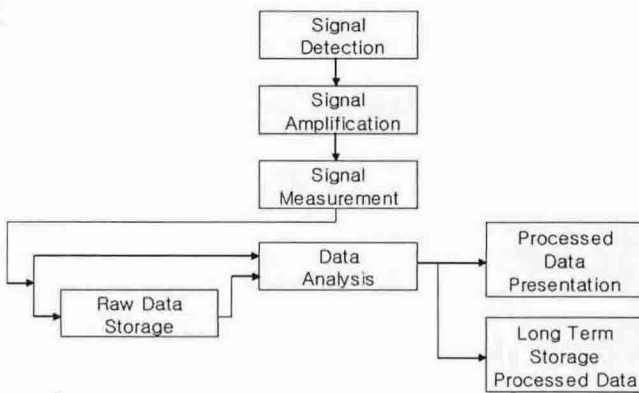


그림 1 측정 순서도  
Fig. 1 Flow Chart of Measurement

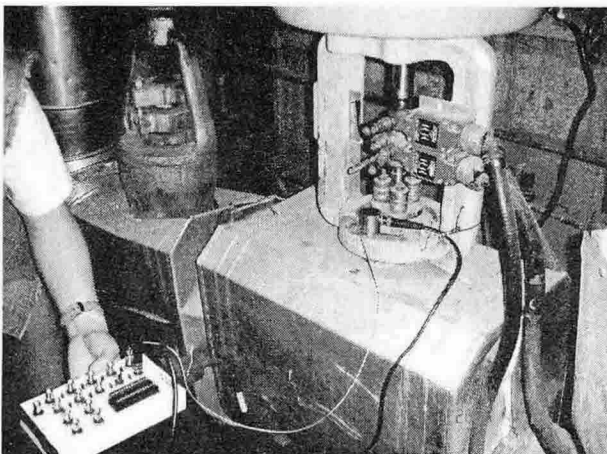


그림 2 실험 사진  
Fig. 2 Picture of Experiment

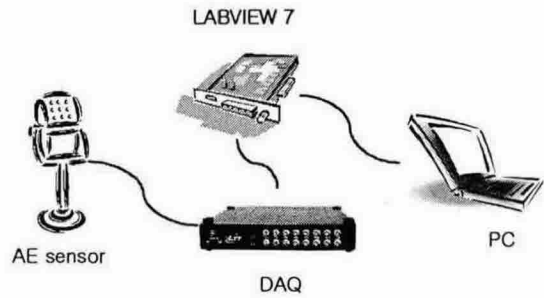


그림 3 시스템 구성도  
Fig. 3 Block diagram of system

### 2.2.1 음향방출(Acoustic Emission, AE) 센서

음향방출신호를 측정하기 위해 초음파 400khz까지의 신호를 감지하는 AE-H115 센서를 사용하였다. Short-term disturbance는 AE 센서를 사용하면 쉽게 발견할 수 있으므로 AE 센서를 사용할 때는 최대한 원하는 곳에 가깝게 부착시켜야 disturbance 및 신호의 감쇄를 줄일 수 있다.

### 2.2.2 DAQ(Data Acquisition) System

물리량의 변화를 연속적으로 측정하는데 사용되는 것이 바로 데이터 수집 장치이며 물리량과 시간이 실험조건을 결정하는 경우에는 별도의 제어 시스템이 갖춰져야 한다. 그렇기 때문에 완전한 실험장비를 구성하기 위해서는 데이터 수집 장치와 실험 조건을 제어할 수 있는 통신수단, 그리고 이를 관리하는 프로그램이 필수적이다. 이러한 기능들과 실시간 프로세스를 제어할 수 할 수 있는 하드웨어 보드로서 National Instrument 사의 NI 6111을 택하였다. 이 보드는 2 채널 입력, 5 M/ch 샘플링, XP Window에 LabVIEW 소프트웨어를 사용한다.

### 2.2.3 LabVIEW 7

자동제어와 계측에 필요한 함수들을 최적화 시켜 만들어 놓은 프로그래밍 언어인 LabVIEW는 함수들을 DLL 파일 형식으로 만들어 놓아서 사용자에게 편리하게 Icon을 불러서 사용할 수 있다. 센서로부터 신호를 받아 분석, 제어 및 기록하는 과정을 LabVIEW 7에서 수행하고 있다.

## 2.3 실험결과

누설부위에서 발생하는 음향방출신호는 유체흐름의 동요가 구조물의 음향방출 에너지로 바뀌어 생성되는 것이다.

보일러 급수유량개도의 58%, 60%, 62%로 조절하였을 경우의 유량은 표 1과 같다. 그림 4와 표 2에서는 5초 동안 각각 1초 동안의 데이터의 평균 실효 값을 비교해본 결과 유량이 많을수록 평균 실효 값(RMS, root-mean-square)이 커지는 것을 알

수 있었다. 이는 유량과 음향방출 에너지가 비례하고 있음을 알 수 있다.

표 1 밸브 개도가 58%, 60% 62%일 때의 유량  
Table 1 The Flow of 58%, 60%, 62% of Valve Opening

58%	60%	62%
560 ton/hour	564 ton/hour	568 ton/hour

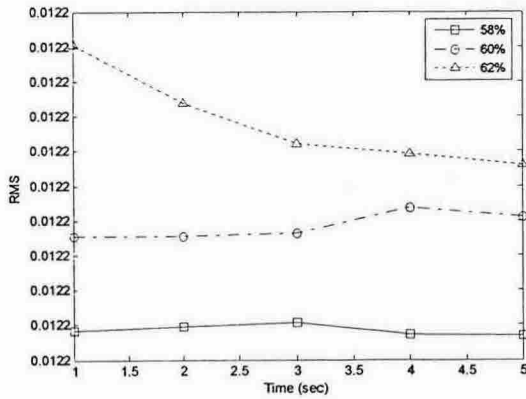


그림 4 신호의 평균실효값  
Fig. 4. RMS of Signals

표 2 58%, 60% 62%일 때의 음향방출 신호의 평균실효값  
Table 2 RMS Value of 58%, 60%, 62% of Valve Opening

유량 시간	58%	60%	62%
1초	0.01221383685720	0.01221655720538	0.01222204566629
2초	0.01221396211225	0.01221656127121	0.01222037890144
3초	0.01221405808602	0.01221663730211	0.01221921109584
4초	0.01221370794077	0.01221736628025	0.01221893467581
5초	0.01221369940051	0.01221711136646	0.01221858954850

그림 5는 급수 가열기의 누설이 없는 정상상태의 음향방출신호와 누설이 있는 상태의 음향방출신호를 5초 동안 측정하여 FFT를 하였다. 그림 5의 FFT 결과 그래프를 보면 누설이 있을 때의 음향방출신호가 누설이 없을 때의 음향방출신호보다 평균 실효 값이 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 유량을 조절하였을 때 유량이 많을수록 평균 실효 값이 커진 결과에 비추어 볼 때 누설이 없는 경우보다 누설이 있는 경우가 더 큰 음향방출에너지를 가짐을 알 수 있다.

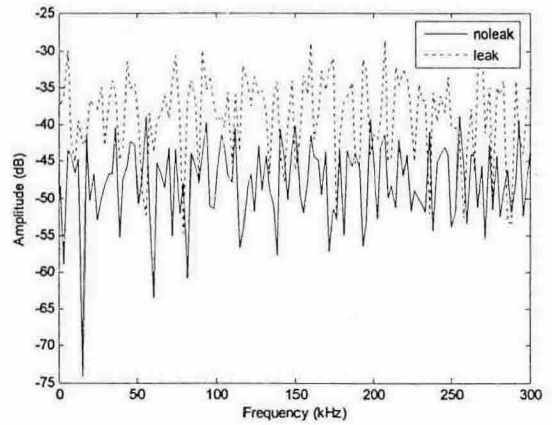


그림 5 누설의 유/무에 따른 음향방출신호 비교  
Fig. 5 Comparison between Leak and No-leak Data

### 3. 결론

유량의 크기에 따라 음향 방출의 크기가 상대적으로 비례하는 것을 실험으로 알 수 있었고 누설이 있는 경우의 음향방출신호가 누설이 없는 경우의 음향방출신호보다 큰 평균 실효 값을 가짐을 확인하였다. 발전소 정상 운전 시 누설유량 유/무의 음향 신호 값을 데이터베이스화한다면 운전 중 상시적으로 발생하는 누설 여부를 점검할 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Janos J. Gertler, "Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems, Marcel Dekker, Inc, 1998+
- [2] National Instruments, "LabVIEW Basics I", National Instruments Corporation, 1997
- [3] 설비진단 기술 강습회 교재, 한국소음진동공학회, 2005
- [4] L. Lundgard, B Skyberg, "Acoustic Diagnosis of SF6 Gas Insulated Substations", IEEE Trans. Power Delivery, 1990
- [5] Measurement and Automation Catalog 2005, National Instruments