

# 이제는 전력선 기술이다(1)

## 전력 신호를 보면 기기의 상태가 보인다



정재천 공학박사  
한국전력기술(주)  
원자로설계개발단

### 1. 전력선의 또 다른 이용을 위하여

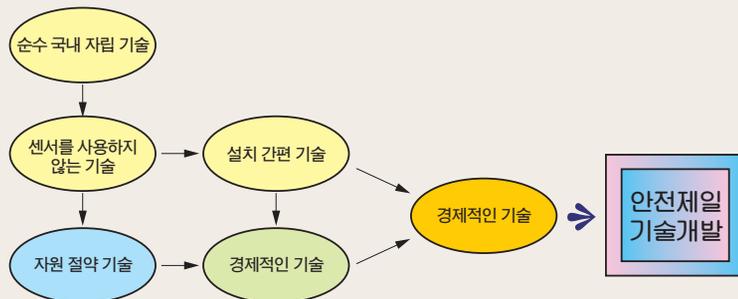
원자력발전소의 설비 유지보수 책임자인 “원자력” 씨의 하루는 집의 컴퓨터를 켜는 것으로 시작된다. 같은 아파트 단지에 사는 동료들이 인터넷 뉴스를 보거나 혹은 간밤에 전송된 메일을 체크 하는 시각에, 컴퓨터를 이용하여 발전소 기기들이 잘 가동되고 있는지를 확인하는 것이다. 물론 “원자력” 씨의 집에는 어지러운 LAN 케이블이나, 무선 허브가 없다. 바로 전력선 통신을 이용하기 때문이다.

같은 시각, 발전소 터빈 건물에서 야간 근무를 거의 끝내가는 “전기실” 씨는 터빈홀에 설치된 모니터로 원자로 건물 내부에 설치된 펌프의 가동 상황을 점검하고 있다. 물론 펌프에는 상태 진단을 위한 센서나 케이블이 설치되어 있지 않다. “전기실” 씨는 지금 전력선 신호분석 기술을 이용해 전기실에서 설비를 감시, 진단하고 있다.

이처럼 전력선 기술은 이미 우리 생활의 일부분이 되었으며 날로 발전하고 있다.

“원자력” 씨가 사용하는 전력선 통신 기술은 비교적 자세하게 소개되고 있다. 그러면 전력선 기술의 또 하나의 영역, 바로 “전기실” 씨가 사용하고 있는 전력선 신호분석 기술에 대해 자세히 알아보자.

전력선 신호분석 기술은 전기를 사용하는 기기의 상태를 감시하고 성능을 확인하는 유용한 기술이다. 이 기술의 장점은 환경 친화적 기술이라는 점이다. 물론 설비비가 많이 들지 않는 경제적 기술임은 말할 나위도 없다.



“전기실”씨는 원자로 건물 내에 설치된 기기를 감시하기 위해 어떠한 추가 설비도 설치하지 않았다. 바로 펌프축에 설치된 모터가 센서 역할을 했기 때문이다. 그러므로 모터에 전원을 공급하는 터빈 빌딩 1층의 전기실에서 간단하게 감시를 하고 있는 것이다.

현장에 접근하지 않고도 전기 설비의 고장을 사전에 예측할 수 있는 편리함, 이것이 전력선 신호분석 기술이 제공하는 또 하나의 특징이다.

또 하나의 자랑거리! 전력선 기술은 외국 기술에 의존하지 않는 순수 토종 기술이다.

본 기술은 원자력 발전소의 1차 계통에 적용하여 설비의 유지, 보수에 따른 방사선 노출 위험을 근원적으로 해결하고, 광산의 갱내 송풍시설을 감시하거나, 석유화학단지 같은 곳의 위험 시설을 감시하는데 활용되어 설비의 안전성을 확보하도록 함으로써 인명중시, 안전제일 기술로서의 역할을 하고 있다.

## 2. 현재의 센서 진단기술, 무엇이 문제인가

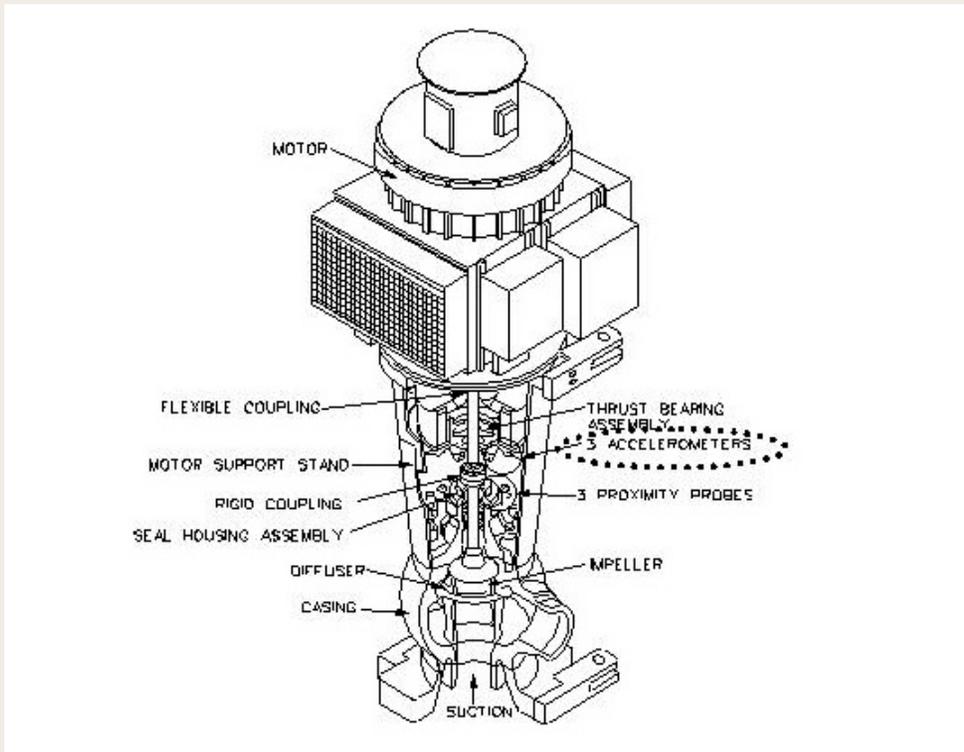
인류가 증기나 수력을 동력으로 이용하여 기계를 본격적으로 가동하기 시작한 18세기 중반 이후 인류는 무수한 기계적인 사고를 경험하여 왔다. 때로는 대형 증기기관이 폭발하거나 설계 구조상 안전해 보이던 타이타닉호가 처녀 운항에서 침몰하는 등 기계류의 심각한 사고는 커다란 인명의 손상으로 이어져 온 했으며, 그 과정에서 빚어진 경제적 손실은 말 할 나위도 없다.

이러한 사고나 고장을 방지하고자 인간은 오감을 이용하거나 쥐, 개미, 새 등을 이용하여 고장의 징후를 사전에 예지하기 위한 노력을 기울여 왔다.

지금 여러분이 이 글을 읽고 계시는 이 시간에도 어느 공장에서는 노련한 엔지니어가 탐침봉을 이용해 베어링을 진단하고 있을지도 모른다.

산업이 발달함에 따라 오감을 신호로 변환하고자 하는 많은 노력이 있어 왔으며, 그 중에서도 가속도 센서의 개발이야말로 진정한 설비 감시의 신기원을 이룩하였다 해도 지나친 말은 아닐 것이다. 기계 진동을 센서에 의해 조기에 진단하는 방법은 가장 확실한 방법이다. 그러나 같은 신호를 해석함에 있어서도 허준과 같은 명 의와 돌팔이의 처방이 다를 수 밖에 없으므로, 결국 기계의 운명이란 진단 기술자의 능력과 경험에 따라 결정되기 마련이다.

또한 현재까지도 각 플랜트에서는 기기 고장이 발생할 경우 전기 담당자와 기계 담당자간의 논란이 발생하는데, 다음 그림의 원자로 냉각재 펌프 진동 감시 센서 설치의 예와 같이, 대부분의 경우 가속도 센서의 설치위치가 모터와 기계적 회전 부분을 동시에 감시하기보다는 주로 기계적 고장을 탐지하도록 구성되어 있어, 초기 고장의 원인을 모터가 제공했는지, 아니면 기계 자체의 고장으로부터 유발되었는지 여부를 판단하기가 어렵기 때문이다.



센서를 사용하여 기기의 진동을 분석하는 기술은 명익과 돌팔이의 실력이 확실하게 나타나는 분야이다. 또한 진동을 감시하기 위한 많은 부가장비는 수요자에게 경제적 부담을 가중시킨다. 이외에도 센서의 설치 위치나 설치 상태에 따라 진단의 품질은 현격히 차이가 나게 마련이다.

원자력 발전소의 예를 들어 보자. 수 많은 모터와 펌프, 팬, 댐퍼, 모터 구동 밸브 등이 설치되어 있는 원자로 건물의 경우, 원자로 냉각재 펌프만이 유일하게 진동 감시 설비에 의해 상시 감시된다. 만일 수많은 1차 계통 기기를 대상으로 진동 감시 설비를 설치할 경우, 투자비는 눈외로 하더라도, 유지, 보수에 드는 비용과 방사선 노출은 매우 심각할 것이다.

이와 같은 제약 조건들 때문에 안전에 필수적인 주요 장비들의 감시가 제약받게 되는 것이다. “하지만 이제 새로운 대안이 나타났다. 그것이 바로 전력선 신호분석 기술이다.”

### 3. 전력선 신호분석 기술이 과연 설비 진단의 대안이 될 수 있는가?

1980년대 중반 미국의 오크리지 국립연구소에서는 원자력 설비의 고장 유무를 전류 신호를 분석하여

탐지하는 원리를 사용하는 MCSA (Motor Current Signature Analysis) 방법을 발표하였다.

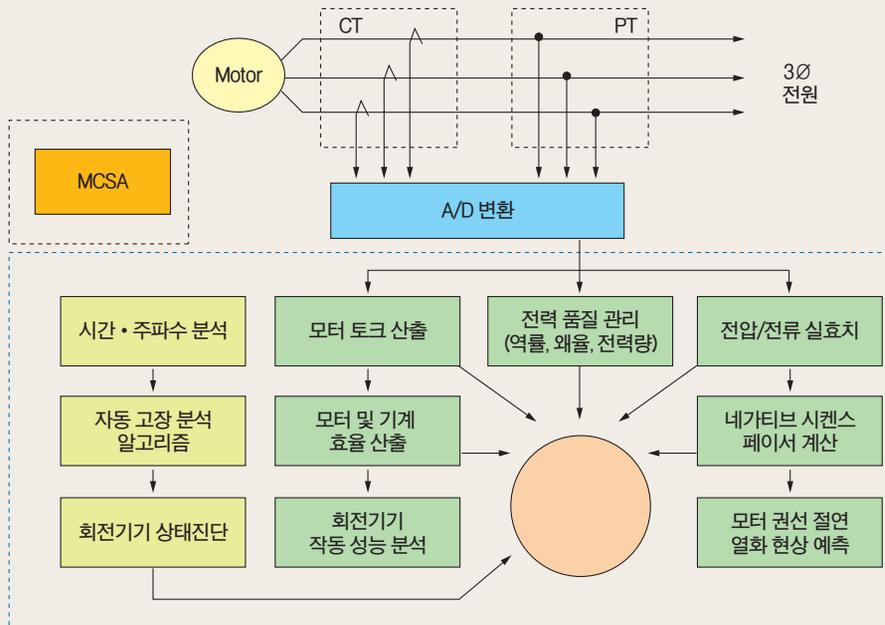
이와 같은 연구의 결과로서 현재 여러 종류의 MCSA 진단장비가 미국 회사들에 의해 시판되고 있으며, 국내 원자력 및 화력 발전소, 철강 산업과 유화 산업에 사용되고 있다. MCSA 방법을 이용한 상태감시 및 진단 기기는 모터의 비정상 상태에서 발생하는 특이 주파수를 분석하는 기법을 이용하고 있으므로 전기적 고장을 초기에 진단하는데 유용하게 사용될 수 있다. 그렇지만 기기의 고장은 모터보다는 회전기계부에서 더욱 빈번히 발생한다는 점이 MCSA를 산업체에 널리 활용되지 못하게 하는 문제점으로 지적되고 있기도 하며 MCSA 장비를 도입한 업체들의 불만 사항이기도 하다.

따라서 종래의 MCSA의 한계점을 극복한 새로운 센서 없는 감시 및 진단기술이 개발되었으니 이름하여 전력선 신호분석 기술이다.

그림에서 보이는 바와 같이 전력선 신호분석 기법은 3상 전류와 3상 전압 성분을 모두 이용한다. 반면, MCSA는 모터에 공급되는 단상 전류를 이용한다.

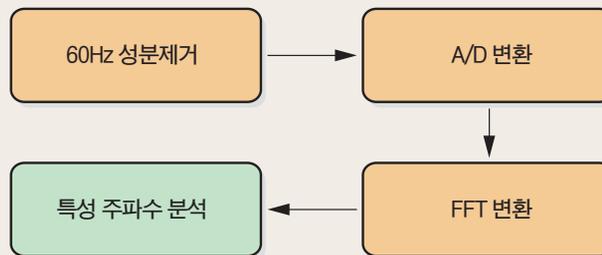
전력선 신호분석 기법은 전압, 전류 신호를 이용하여 모터 구동 회전 기기의 전기적 고장과 기계적 고장을 동시에 감시, 진단한다. 주요 감시 및 진단 영역은 다음과 같다.

- 모터 토크 방정식을 이용, 모터 및 구동 기계의 효율을 산출하여 동작 성능을 분석
- 전압과 전류의 실효치를 이용하여 네가티브 시퀀스 페이서를 계산한 후 모터 권선의 절연 열화 현상을 예측



- 산출된 토크를 이용하여 시간-주파수축 분석을 수행하고, 자동 고장 분석 알고리즘을 이용하여 회전 기기의 상태를 진단
- 전력 품질 관리 및 각종 트렌드 데이터 및 시각 정보 제공

기존에 발표된 MCSA의 블록 다이어그램은 다음과 같다.



먼저 전류에 포함되어 있는 전원 주파수 성분을 제거한다. 전원 주파수 성분을 제거한 전류 신호를 이용하여 고속 푸리에 변환(FFT)을 실시, 주파수축에서 분석이 가능토록 한다. 모터의 고장 부위별 특성 주파수는 Kliman, Cameron등이 발표한 회전자 고장 주파수 공식을 이용하거나 고전적인 베어링 고장식을 이용한다.

결론적으로, 전력선 신호 분석기술이 기기의 상태, 성능 및 품질을 종합적으로 분석, 진단하여 자동적으로 인간에게 정보를 제공하는 기술인 반면에, MCSA의 경우는 모터의 상태만을 주로 알려 주고 있는 것이 가장 큰 차이점이자 전력선 신호분석 기술의 장점이 아닐까 한다.

이상과 같이 “전기실” 씨가 사용하고 있는 전력선 기술의 개요에 대해 알아 보았다. 대부분의 독자께서 개념은 잡으셨으리라 희망해 본다. 앞으로 게재할 내용에서는 연구 결과로 도출된 간단한 수식들을 사용하여 전력선 기술의 주요 내용들을 설명하고자 한다.

<다음호에 계속>

# International ESCO Conference in Asia

## 2nd Asia ESCO Conference

September 27-28, 2007

Beijing, China

### Target and goal of the 2nd Asia ESCO conference

ESCO industry has drawn the attention as a new business model to promote energy efficiency in the world. The activities of ESCOs have been intensified among Asian countries, such as Japan, China, Thailand, Korea, India, Malaysia, Philippines and Chinese Taipei. Since the current activity status in each country is spectrum, the 2nd Asia ESCO Conference would give the participants opportunities of sharing information and discussion on ESCO activities in other countries, and should contribute to the future diffusion and expansion of ESCO industries in Asia.

### Conference site and dates

In Beijing, China

From 27 to 28 September, 2007

### Conference Program

**Session 1** Policy and Program

**Session 2** ESCO development in Asian countries

**Session 3** ESCO development in Western countries

**Session 4** Successful ESCO projects

### Commercial Buildings Industrial Facilities

**Session 5** Financial Institution and Other Stakeholders

**Session 6** Monitoring and Verification (M&V)

**Session 7** CDM and ESCO projects

**Session 8** Role of ESCO association

### Conference Secretariat

For all correspondence concerning abstract and presentation slides, etc., please write to:

asiaesco@jaesco.gr.jp (in English or Japanese)

Japan Association of Energy Service Companies: JAESCO

Kioi-cho Fukuda Bldg. 3-29, Kioi-cho, Chiyoda-ku,

Tokyo 102-0097, JAPAN

Phone : +81-3-3234-2228

Fax : +81-3-3234-2226

### For more information

Information on the conference will be regularly updated at [www.asiaesco.org](http://www.asiaesco.org)

