

## 수력발전소 회전체 진동감시 시스템 개발

### Development of Vibration Monitoring System on Rotary Machine in Hydro-power Plant

신성환† · 박진호\* · 윤두병\* · 이상호\*\*

Sung-Hwan Shin, Jin-Ho Park, Doo-Byung Yoon and Sang-Ho Lee

#### 1. 서론

최근 수력발전소의 정비·점검분야에서는 발전된 형태의 설비관리 개념을 도입함으로써 정비계획 최적화 및 비용 절감을 위한 노력을 하고 있다. 이에 따라 상태기반정비 (CBM)를 이용한 설비 관리 체계 구축을 목표로 기존 업무의 자동화를 포함한 업무 혁신 및 주요 설비에 대한 원격 상태감시 시스템 도입을 추진하고 있다.

본 연구에서는 수력발전소의 주요 설비 중 수차 (turbine)에 대한 원격 상태감시 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 시스템 설치를 위한 환경 및 수차와 관련된 주요 점검 사항 및 진동 특성을 파악하였다. 이 결과를 바탕으로 정확한 진동 신호 획득을 위한 하드웨어 선정하였고, 회전체 감시에 필요한 다양한 분석이 가능한 소프트웨어를 개발/적용하여 자동화된 DB 생성이 가능하게 한다.

#### 2. 원격 상태감시 대상 및 특성

##### 2.1 대상 설비

수력발전소 설비 중 베어링 및 stator 코일 등의 고정체 온도, 주요 압력 수치들에 대한 실시간 감시 설비는 설치되어 있는 반면, 설비진단에 가장 널리 사용되고 있는 진동[1]과 관련된 감시 설비는 전무한 상황으로 현재에는 수동적이고 정기적인 점검 (TBM)에 의존하고 있는 실정이다.

발전소 설비의 특성상 진동에 대한 점검이 중요하고, 특히 설비 중 예비기가 없는 주요기기 (S 급) 설비에 대해서는 원격 상시감시 시스템이 필수적이다. 하지만 계획정비 (overhaul) 기간을 제외하면 적절한 위치에 진동 센서를 설치하여 감시 시스템을 구축하는 것은 매우 어렵다.

이런 이유로 현재 직접 접근이 가능한 수차실

(barrel room)에서 수차 축의 진동 변위 및 수차 상부의 진동을 측정함으로써 발전 설비 중 중요도 S 급에 해당하는 수차를 원격 상태감시 시스템 적용 대상으로 선정하였다.

##### 2.2 수차의 진동 특성

수차 진동에 대한 적절한 하드웨어를 선택하기 위해서 수차 축의 진동변위 및 수차 상부의 진동 특성을 측정하였다. 그림 1(a)는 비접촉변위센서를 이용한 수차 축진동 변위를 측정하여 웨도분석을 수행한 결과이다. 90도 각도에서 설치된 센서로부터의 얻은 웨도분석 결과를 보면 모두  $\pm 100\mu\text{m}$  정도의 변위를 나타내고 있으며, 원형의 웨도로부터 과도한 축 정렬 불량 등의 문제는 없는 것으로 파악되었다.

그림 1(b)는 변위신호의 주파수 분석을 수행한 결과이다. 대상 수차의 회전수는 150rpm, 즉 1초에 2.5회전을 하기 때문에 기본주파수 2.5Hz (1x)와 관련된 고조주파수 (2x, 3x, 4x, 5x, 6x)가 나타나고 있다. 그림 1(c)는 수차 상부에서 측정된 가속도 신호의 주파수 분석 결과이다. 축진동 변위 분석 결과와 마찬가지로 150rpm 회전에 따른 기본주파수와 조화성분들이 나타나고 있음을 확인하였다.

#### 3. 진동감시 시스템

##### 3.1 하드웨어 (H/W) 부

2장에서 언급한 수차와 관련된 진동 특성을 보면, 150rpm의 저속 회전에 따라 기본주파수가 2.5Hz로 매우 낮기 때문에, 이 주파수 성분의 측정이 가능한 센서 및 앰프, DAQ 보드를 선정하는 것이 상태감시 시스템 구축에 가장 중요한 요소이다.

본 연구에서 구축된 상태감시 시스템에는 수차 축진동 변위를 측정하기 위해서 측정범위 3mm, 해상도 0.77nm를 갖는 2개의 비접촉변위센서가 90도 간격으로 설치되었다. 그리고 수차 상부의 가속도 측정을 위해서 선형주파수응답 최저주파수 0.4Hz를 갖는 ICP type 가속도계와 0.5Hz 이하의 DC 성분을 제거할 수 있는 signal conditioning 앰프를 적용하였다. 그림 2(a)는 수차실에 설치된 변위센서 및 가속도계를 보인다.

† 한국원자력연구원 (KAERI)

E-mail : soulshin@kaeri.re.kr

Tel : (042) 868-4851, Fax : (042) 868-8313

\* 한국원자력연구원 (KAERI)

\*\* 한국수력원자력 (주)

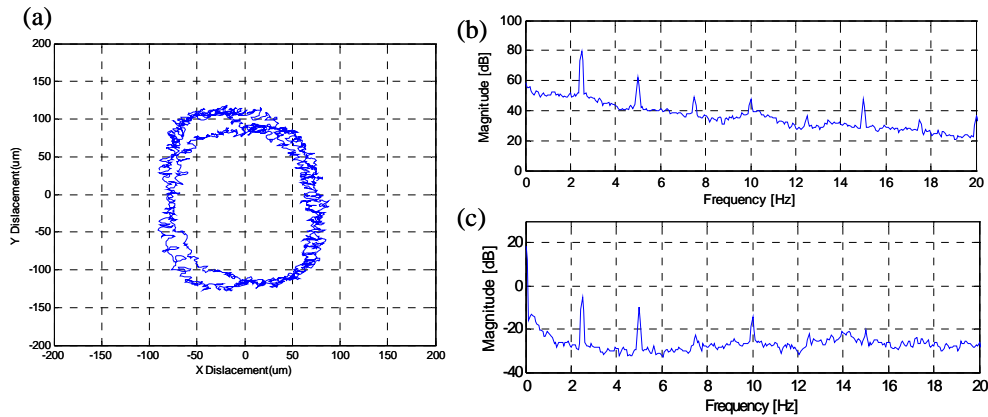


그림 1. 수차 축진동 변위에 대한 (a) 궤도분석 및 (b) 주파수 분석 결과와 수차 상부 (c)가속도 신호에 대한 주파수 분석 결과.

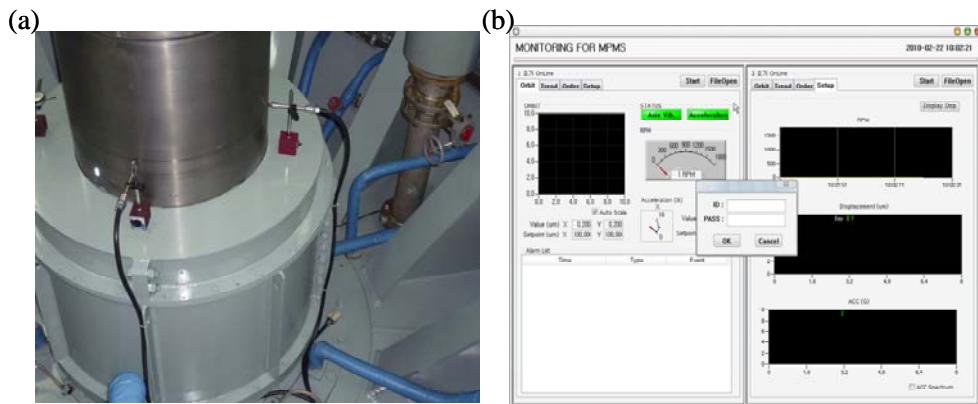


그림 2. 수차 상태감시 시스템 (a) 센서 설치 현황 및 (b) 신호 분석 소프트웨어 주화면

이외에 발전소의 운전 환경을 고려하여 센서 보호용 커버, 산업용컴퓨터 및 캐비닛등의 사용으로 시스템의 내구성을 향상시켰다.

### 3.2 소프트웨어 (S/W) 부

회전기기 신호 분석 및 진단 방법 [2]을 기본으로 비접촉변위센서와 가속도계에 의해서 측정된 신호를 분석하고 DB 를 구축할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 주요 분석 기능은 아래와 같다.

- 변위 및 가속도 신호의 시간파형 및 주파수분석
- 수차 축진동 변위에 대한 궤도 (orbit) 분석
- (방향성) 차수분석 (order analysis)
- 임계치 설정 및 알람
- DB 구축 및 데이터 전송

수력발전소는 주파수 추적 능력이 우수하여 빠른 가동/정지가 가능하기 때문에 전력계통수요에 따라 운전 및 정지가 빈번하다. 정지시의 신호에 대한 저장은 의미가 없기 때문에 수차 회전수 (rpm)을 기준으로 하여 운전시 데이터만 저장하는 부가 기능을 갖는다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 저속으로 회전하는 수력발전소 수

차의 진동에 대한 상태감시 시스템을 개발하였다. 타 시설과 달리 저주파수 성분이 주요하기 때문에 회전 기본주파수 (2.5Hz) 측정이 가능한 센서 및 앰프를 사용하였고, 측정 신호에 대한 실시간 분석을 통하여 설비의 이상 유무를 진단할 수 있는 다양한 회전기기 분석 기법 S/W 적으로 구현, 실 적용하였다. 향후 지속적인 DB 구축을 통하여 수차 건전성 평가 연구로 확대할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] P. A. Higgs, 7<sup>th</sup> Biennial ASME conference Engineering Systems Design and Analysis, July 19-22, 2004, Manchester, UK.
- [2] 이병준, 현장기술자를 위한 회전기계 진동 및 정비핸드북, 서은기획, 1998.

## 후 기

수력발전소 진동 상태감시 시스템 구축을 위해 수고해 주신 한국수력원자력(주) 한강수력본부 정비팀에 감사 드립니다.