

# DB

## Development of Integral Database and Analysis program for Structural Integrity Monitoring and Diagnosis of Nuclear Reactor System

† . \* . \*\* . \*\*

Sang-Guk Lee, You-Hyun Jang, Jin-Ho Park and Doo-Byung Yoon

### 1.

국내 원전에 적용되고 있는 원자로종합건전성 감시계통(NIMS, NSSS Integrity Monitoring System)은 금속파편 감시시스템(LPMS), 원자로내부구조물 진동감시시스템(IVMS), 음향누설감시시스템(ALMS) 및 원자로냉각재펌프 진동감시시스템(RCPVMS)으로 구성되며, 이들 감시설비는 원자로, 증기발생기, 냉각재펌프, 가압기 및 배관 등을 대상으로 압력경계 내부의 이물질 감시, 원자로 내부구조물의 진동 감시, 누설 및 균열 발생 감시, 펌프 회전축 및 베어링의 결함감시 등을 수행한다. 또한 이들 설비는 원자로계통의 배경잡음, 이벤트 및 경보신호를 정밀하게 분석하여 원자로계통의 건전성을 상시적으로 확보하여야 한다.

본 논문은 원자로계통 구조건전성에 대한 이상상태의 진단능력을 제고하기 위하여, 국내 운전중인 경수로의 NIMS 신호를 통합 관리할 수 있는 시스템을 구성하여 원자로계통 구조건전성 감시/진단을 위한 데이터베이스를 구축하고 발전소별 NIMS 이상 징후 신호를 진단할 수 있는 분석 프로그램을 개발하고 그 결과<sup>1)</sup>를 소개하고자 한다.

### 2.

#### 2.1 NIMS DB

† 이상국; 정회원, 한수원중앙연구원  
E-mail : sgklee@khnp.co.kr  
Tel : (042)870-5514, Fax : (042)870-5658  
\* 한수원중앙연구원  
\*\* 한국원자력연구원

국내 원전에서 측정된 NIMS 신호를 체계적으로 관리하기 위해 다음의 기능을 구현할 수 있는 통합 데이터베이스를 구축 개발하였다.

- 사용자별 권한부여 및 접근제한 사용자 관리
- 발전소별 NIMS 취득자료 변환 및 DB 입력 툴 개발
- IVMS 신호 데이터 분석용 DB 구축
- LPMS 진단용 기준신호 데이터 분석용 DB 구축
- ALMS 신호 데이터 분석용 DB 구축
- RCPVMS 진동신호 데이터 분석용 DB 구축
- 발전소 측정 자료의 DB 구축

#### 2.2 NIMS

(1) IVMS 신호분석 프로그램(Internal Vibration Monitoring System Signal Analysis Program)

원자로내부구조물 진동감시시스템(IVMS)의 배경잡음 신호를 분석하기 위해 각 채널별 자기 스펙트럼 분석 기능, 노심지지통(Core support barrel) 진동 모드 분리 분석 기능, 상관 기여도함수 분석 및 상호 스펙트럼 밀도 함수 분석 기능을 수행하도록 구축되었다. IVMS 프로그램의 채널별 자기 스펙트럼 분석기능은 Fig. 1과 같이 구현되었으며, 3개(upper, middle, lower)로 채널그룹을 나누고, 영역(zone)별로 비교할 수 있도록 배치하였다. 노심지지통의 진동 모드를 빔 모드(beam mode) 및 셸 모드(shell mode) 분리하여 분석할 수 있도록 하였다. IVMS 신호의 상관 기여도와 상호 스펙트럼 밀도함수를 분석하기 위해 주파수 분석 결과의 크기(magnitude), 위상(phase) 및 상관 기여도(coherence)로 표시하였다. 기본으로 조합되는 채널을 선택하여 비교하여 볼 수 있고, 이외의 조합은

두 개의 채널을 조합하여 비교 가능하도록 개발하였다.

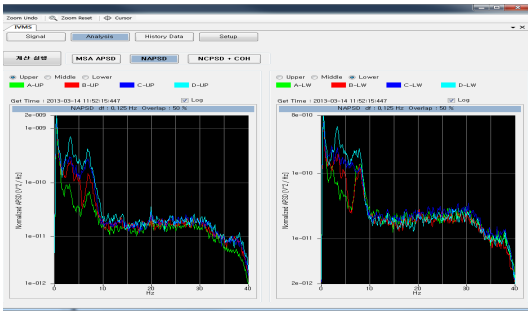


Fig. 1 IVMS Analysis

(2) LPMS 신호분석 프로그램(Loose Part Monitoring System Signal Analysis Program)

LPMS 신호분석 프로그램은 충격 신호의 진위 판정, 트리거링 및 알람 판별, 충격신호의 시간-주파수 분석, 충격 위치 및 충격물의 질량 추정과 분석 결과에 대한 열람 기능을 수행할 수 있도록 하였다. Fig. 2는 LPMS 신호분석 프로그램의 화면을 나타낸 것으로, RAW 데이터를 읽어와 이벤트 채널(event channel)로 보여주며 판별 알고리즘을 수행하여 결과를 표시하는 화면이다.

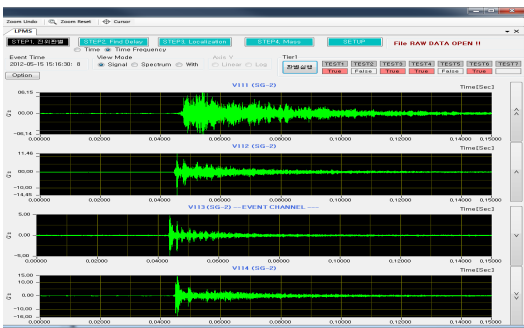


Fig. 2 LPMS Signal Analysis Program

(3) RCPVMS 신호분석 프로그램(Reactor Coolant Pump Signal Analysis Program)

RCPVMS 신호분석 프로그램은 축진동 변위 궤도 분석, 축 진동 변위 방향성 스펙트럼 분석 및 차수 분석 기능을 제공할 수 있다. Fig. 3은 축진동 변위 궤도 분석(Orbit Analysis) 기능을 이용하여

분석중인 화면을 나타낸다.

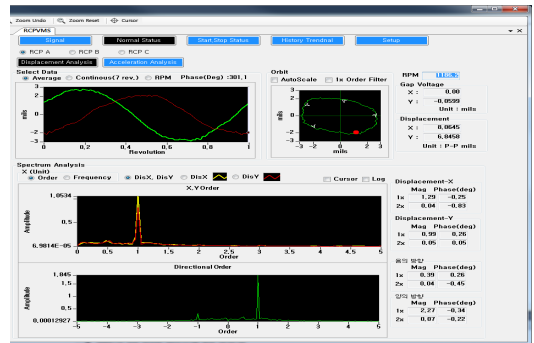


Fig. 3 RCPVMS Orbit Analysis

3.

국내 원전에서 측정된 NIMS 신호를 체계적으로 관리하기 위한 통합 데이터베이스 구축과 NIMS DB의 측정 데이터를 분석하기 위한 프로그램 개발 연구를 통하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 구축된 NIMS DB를 사용하면 발전소 운전조건에 따른 각 발전소 기준신호 및 이상신호에 대한 정보를 이용할 수 있으므로 신호진위 판정에 유용하게 활용할 수 있다.
2. 또한 국내 운전중인 경수로 원전의 NIMS 신호를 통합 관리할 수 있는 시스템 개발과 원자로계통 구조건전성 감시/진단을 위한 데이터베이스 구축을 통하여 발전소 이상 징후에 대한 진단 신뢰도를 크게 향상시킬 수 있다.
3. 특히 IVMS, LPMS 및 RCPVMS의 다양한 분석기능을 개발하여 교차체크(cross check)함으로써 진단 오류를 많이 줄일 수 있다.

1. 원자로 종합건전성 감시계통 DB 및 진단 프로그램 구축 용역, 한국원자력연구원 8차분기보고서 (2013.12)