

# APR1400 RVI CVAP 측정데이터 처리 계획

## Processing Plan of Measurement Data for APR1400 RVI CVAP

이준호† · 홍훈빈\*, 김재홍\* · 고도영\*\*  
**Jun-Ho Lee, Hoonbin Hong, Jae-Hong Kim, Do-Young Ko**

### 1. 서 론

APR1400 RVI CVAP (Reactor Vessel Internals Comprehensive Vibration Assessment Program) 측정을 통해 원자로내부구조물의 진동 특성을 평가하기 위해서는 적절한 데이터 처리방법이 선정되어야 한다. 본 논문은 APR1400 RVI CVAP 측정데이터(가속도, 압력, 변형률)에 대한 신호처리 계획 및 평가의 구현방안에 대하여 기술한다.

### 2. 측정데이터 처리 방법

APR1400 RVI CVAP 측정시스템 구성기기는 참고문헌[1]에서 결정된 센서를 근거로 선정하였다. APR1400 RVI CVAP 측정시스템은 원자로 내부구조물에서 RCP (reactor coolant pump)의 회전에 의해서 발생하는 구조물의 유동유발진동(flow-induced vibration)을 평가하기 위한 것으로 RCP의 회전에 따라 발생하는 주기적 성분과 난류(turbulent flow)에 의한 비주기적 성분의 주파수 분석을 통하여 APSD (auto power spectral density), XPSD (cross power spectral density), 그리고 Time Signal 과 같은 분석방법을 통해 원자로 내부구조물의 응답특성을 평가한다.

#### 2.1. APSD(Auto power spectral density)

RCP의 회전에 따른 냉각재의 주기적 수력하중으로 발생하는 주기적 성분은 RCP의 회전주파수(20Hz)와 그에 따른 조화성분(40Hz), 그리고

RCP의 블레이드(blade)에 의해서 발생하는 날개 통과주파수 (blade pass frequency) 120Hz와 그에 따른 조화성분(240Hz, 360Hz, 480Hz)이 있다. 그 외에 주기성을 갖지는 않지만 전 관심주파수 대역에 난류성분(random)이 존재한다. 이렇게 원자로 내부구조물에서 발생하는 주기적인 성분과 비주기적인 성분의 주파수 분석을 위해서 ASPD 분석방법을 적용하며, 분석 결과는 Fig.1 과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

ASPD 분석의 주요사항은 다음과 같다.

- APSD는 전체 23개 측정채널에 대하여 모든 조건에서 기본 수행.
- 0~500Hz에 대한 주파수 분석.
- CVAP 조건은 정상상태 (steady-state)와 과도상태 (transient)가 존재하므로 평균화 (averaging)를 수행하는 방법을 달리 적용하는데 정상상태는 linear 평균화 처리를 하며, 과도상태는 그 특성을 잘 반영하기 위하여 peak-hold 평균화 처리를 실시.
- 해석/측정 비교평가를 위한 그래프(①해석결과[2], ②측정결과)와 표(③) 추가.

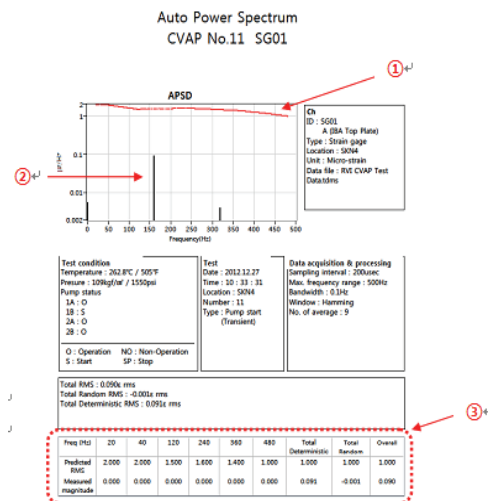


Fig.1 Auto Power Spectrum Report

† 교신저자; ㈜우진

E-mail : juno2001@woojininc.com

Tel : (031)379-3114, Fax : (031)379-3131

\* ㈜우진

\*\* 한국수력원자력(주) 중앙연구원

## 2.2. XPSD(Cross power spectral density)

원자로 내부의 진동을 측정하기 위해 변형률(16ch), 가속도(3ch), 압력(4ch)으로부터 신호를 측정하게 되는데 각 센서 신호들간의 상관관계를 파악하기 위해 두 신호에 대한 XPSD 를 이용하며, Fig.2 와 같은 양식으로 표현할 수 있다.

XPSD 의 기본사항(주파수범위, 평균화 처리 등)은 APSD 와 동일하며, 다음과 같은 주요 특성을 갖는다.

- Spectrum, Phase, Coherence 를 동시에 표현하여 센서간의 상관관계 평가 용이(예를 들면, Beam mode, Shell mode 등 평가).
- 대상채널은 해석을 토대로 선정된 센서 조합에 대해서만 수행.

## 2.3. Time Signal

시간에 따른 진동값의 경향을 보기 위한 것으로 특히, 과도상태에서 원자로 내부구조물의 유동유발진동 경향을 확인하기 위하여 사용되며 Fig.3 과 같은 보고서로 정리한다.

- 경향 Data Fig.3 를 구하기 위해 일정시간 간격으로 RMS 평균값 및 Peak 값을 구하여 데이터 정리(data reduction)를 수행.
- 데이터 정리를 위해 사용되는 시간(0.1~10 초)은 사용자가 선택할 수 있도록 설정.

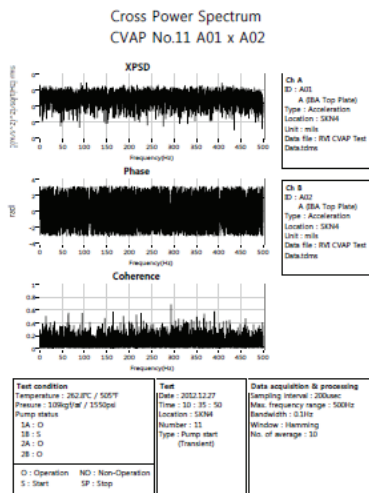


Fig.2 Cross Power Spectrum Report

Time signal  
CVAP No. 11 SG01

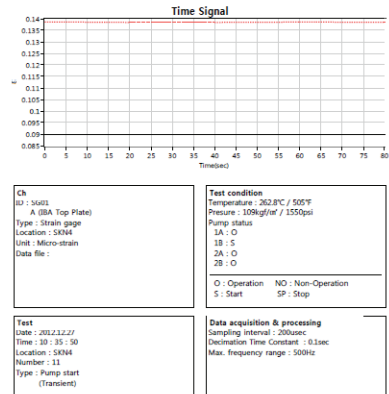


Fig.2 Time Signal Report

## 3. 결 론

본 논문에서, 우리는 APR1400 RVI CVAP 해석결과를 확인하기 위해 수행된 측정프로그램에서 획득한 데이터 처리계획에 대하여 정리하였다.

주요처리방법은 과도상태의 경향을 보기 위해 시간영역에서 데이터 정리를 적용한 Time Signal 방법과 주파수영역에서 원자로 내부구조물의 진동특성을 평가하기 위한 APSD, 그리고 서로 다른 위치에 설치된 센서들 사이의 상관관계를 살펴보기 위한 XPSD 방법이 있다.

주파수분석은 최대주파수 범위 500Hz까지 수행되며, 해석결과와의 비교평가를 위해 주파수분석 결과보고서의 예측값을 함께 표시하여 측정결과 분석을 용이하게 하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Ko, D.Y. and Lee, J.G, 2010, A Review of measuring sensors for Reactor Vessel Internals Comprehensive Vibration Assessment Program in Advanced Power Reactor 1400, KSNVE, Vol.21, No.1, pp.47-55
- [2] KHNP-CRI, 2012, Comprehensive Report of Hydraulic and Structural Analysis of SKN#4 RVI CVAP, 2012-50003399-Jun-0906TM.