

원자로구조물진동측정장치의 개발

로광철, 류규성

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《대학들에서는 자력갱생의 혁명정신을 발휘하여 자체로 지금 있는 교육설비들과 과학연구설비들을 현대화하고 새로운 실험실습설비와 기재들을 개발하며 교과서와 참고서 적도 많이 만들어내야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제18권 461페이지)

원자로내부구조물진동측정장치는 원자력발전소이상진단체계의 중요한 구성요소로서 세계적으로 그에 대한 연구들이 많이 진행되고있다.[1-5]

우리는 압전식진동수감부와 전하수감증폭기, 원자로구조물들의 진동특성에 적합한 상사려파기를 설계하고 한소편컴퓨터를 리용하여 진동가속도범위가 $\pm 50 \times g$, 진동주파수가 0~100Hz인 원자로내부구조물들의 진동을 신속정확히 측정할수 있는 원자로내부구조물진동측정장치를 현실조건에 맞게 개발하였다.

1. 진동측정장치설계

진동측정장치는 진동신호변환체계와 자료수집체계로 구성하였다. 원자로내부구조물들의 진동특성과 압전식진동가속도계의 기술지표를 고려하여 진동신호변환체계를 전하증폭단과 준위변환단, 출력증폭단으로 구성하였다.

전하증폭단 압전수감요소에서 $\pm 50 \text{pC}$ 의 전하가 발생하는 경우 전하증폭기의 출구전압이 $\pm 5 \text{V}$ 로 되게 하였다. 증폭기의 동작안정성의 견지에서 보면 입구편의저항값이 작을수록 좋지만 이렇게 되면 저주파특성이 나빠진다. 그러므로 진동주파수의 한계값을 100Hz로 할 때 입구저항은 160Ω , 귀환저항은 $60 \text{M}\Omega$ 으로 설계하였다.

진동측정장치에는 또한 수감부의 온도변화로 인한 열기전력을 제거하기 위한 고역려파기와 입구보호회로가 첨부되어야 한다. 고역려파기는 귀환결합콘덴샤에 병렬로 저항을 련결하여 구성하였다. 이때 저주파차단주파수는 1.3Hz이다.

준위변환 및 출력증폭 준위변환회로는 정밀가변저항과 편의저항을 리용하여 전압분할 방식으로 구성하였다. 준위변환회로는 온도표류보상과 고주파려파기능을 동시에 수행하여 전하증폭기의 안정성을 보다 개선할수 있게 한다. 출구에 완충기를 설치하여 전송에서 정합특성을 보장하도록 하였다.

자료수집체계 자료수집체계는 그림 1과 같이 려파기, 한소편컴퓨터, 컴퓨터와 한소편 컴퓨터조종프로그램, USB구동프로그램, 자료수집 프로그램으로 구성하였다.

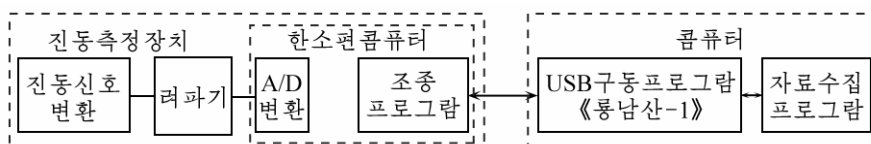


그림 1. 자료수집체계구성도

출구선형성이 좋은 6차베셀저역려파기를 설치하여 1~100Hz 영역에서 신호대잡음비를 개선함으로써 원자로내부구조물들의 진동특성이 정확히 반영되도록 하였다.

USB결합기능을 가진 한소편컴퓨터 PIC18F4550과 LabVIEW를 리용하여 A/D변환과 컴퓨터결합을 실현하였다.

2. 진동측정체계의 검증

모의신호발진기와 가진장치를 리용하여 원자로내부구조물의 진동측정체계의 정확성 검증에 위한 실험체계를 그림 2와 같이 구성하였다.

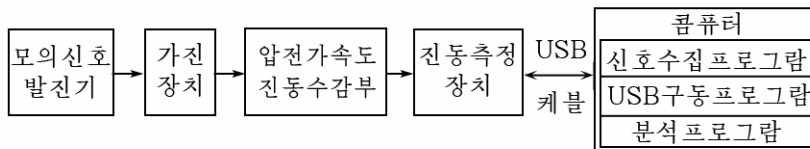


그림 2. 진동측정체계검증을 위한 실험체계구성도

모의신호발진기의 조화파신호는 가진장치에 력학적진동을 일으키며 이 진동은 압전가속도진동수감부에서 진동세기와 주파수에 비례하는 전하를 발생시킨다. 이 전하는 다시 진동측정장치에서 전압신호로 변환되어 려파성형된 다음 한소편컴퓨터의 A/D변환모듈에서 수자신호로 변환된다. 측정자료는 USB포구를 통하여 실시간적으로 컴퓨터에 전송되며 USB구동프로그램과 자료수집 및 분석프로그램에 의하여 실시간적으로 시계렬파형과 주파수분석자료를 현시한다.

실험에서 리용한 압전식진동수감부의 진동가속도범위는 $\pm 50 \times g$, 감도는 100 mV/g , 주파수범위는 1~300Hz, 작업온도범위는 $-40 \sim 250^\circ\text{C}$ 이다.

실험적으로 확증한 려파기의 통과대역은 1.3~100Hz이다. 각이한 주파수의 합성신호를 주고 가진장치의 진동스펙트르를 분석한 결과는 그림 3, 4와 같다.

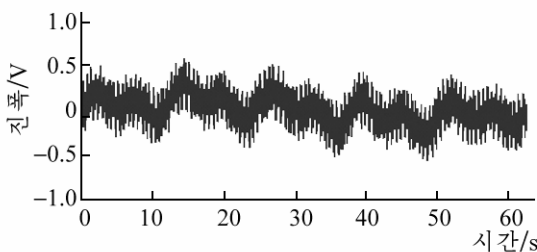


그림 3. 시간영역에서 측정 한 진동파형

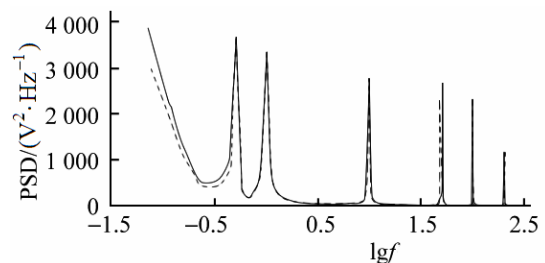


그림 4. 출력스펙트르밀도
실선은 계산결과, 점선은 측정값

그림 4에서 보는바와 같이 측정값은 계산결과와 잘 일치한다.

맺는 말

진동가속도범위가 $\pm 50 \times g$ 인 압전식진동가속도계와 전하수감증폭기, 통과대역이 1.3~100Hz인 6차베셀저역려파기로 잡음특성을 개선하여 원자로내부구조물의 진동신호변환감도를 높였다. 또한 한소편컴퓨터 PIC18F4550과 USB모듈을 리용하여 장치규모와 원가를 최소화 하면서도 원자로진동측정의 표준화를 실현하였다.

참 고 문 헌

- [1] Hoai-nam Tran et al.; Annals of Nuclear Energy, 80, 434, 2015.
- [2] Seyed Abolfazl Hosseini et al.; Progress in Nuclear Energy, 71, 232, 2014.
- [3] J. K. Sinha; Nuclear Engineering and Design, 238, 2439, 2008.
- [4] E. Laggiard et al.; Progress in Nuclear Energy, 29, 3, 229, 1995.
- [5] 刘才学; 核动力工程, 30, 6, 91, 2009.

주체105(2016)년 12월 5일 원고접수

Development of Nuclear Reactor Internals Vibration Measuring Instrument

Ro Kwang Chol, Ryu Kyu Song

This paper reported the work for developing the nuclear reactor internals vibration measuring instrument, was important component of abnormal diagnose system of NPPs.

We have designed and manufactured a piezoelectric vibration accelerometer with range $\pm 50 \times g$ and a charge amplifier, and adopted a sixth order Bessel filter that passband is 1.3~100Hz, thus we have improved its noise property and raised a transformation sensitivity of vibration signal.

By adopting A/D conversion module and USB communication function of microprocessor PIC18F4550, we have enabled to reduce the scale of measurement device and experimentally identified that can rapidly and accurately measure the vibration of nuclear reactor internals in frequency range of 0~100Hz.

Key words: nuclear reactor vibration, vibration measurement, charge amplifier