

## 원자로잡음신호수집에서 음성기판과 변조기술의 리용

로광철, 광혁, 강해성

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《…우리 나라의 실정에 맞는 수력발전소, 화력발전소, 원자력발전소를 건설하는데서 나서는 과학기술적문제를 풀도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 135페이지)

자료수집장치의 기본기능은 A/D변환이다. 컴퓨터음성기판에는 일반적으로 16bit ADC가 내장되어있으며 상사주파수응답범위는 20~20 000Hz, 신호잡음비는 -65dB이다.[4] 량자화비트수는 8, 16, 32bit로 선택할수 있으며 표본화주파수는  $10^2 \sim 2 \cdot 10^5$  Hz에서 임의로 설정할수 있다. 그러므로 음성기판은 원자로잡음분석에서 신호수집장치로 리용할수 있는 가능성을 가지고있다.

우리는 음성기판과 LabVIEW를 리용하여 원자로잡음수집체계를 개발하고 모의실험을 통하여 잡음수집체계의 정확성을 검증하였다.

### 1. 음성기판을 리용한 신호수집체계의 개발

원자로안에서 수집되는 거시잡음신호들에서 음향잡음과 일부 진동잡음들을 제외한 중성자속, 온도, 압력, 류량 등 대부분의 잡음신호들은  $10^{-4} \sim 20$ Hz의 낮은 주파수대역에 놓인다. 컴퓨터음성기판의 한가지 약점은 상사주파수응답범위가 20~20 000Hz로 제한되어있는것이다.

우리는 20Hz이하의 낮은 주파수대역에 놓이는 원자로거시잡음신호수집에 음성기판을 리용하기 위하여 먼저 신호를 주파수변조시켜 컴퓨터의 음성포구로 전송하고 신호를 수집한 다음 프로그램적으로 복조하는 방식을 제안하고 실현하였다.

V-F변조장치와 프로그램복조를 리용한 원자로거시잡음신호수집체계의 구성도는 그림 1과 같다.

V-F변조모듈은 전압조종발진기와 상보대칭형반복기를 리용한 증폭기로 구성하였다.

주파수변조된 원자로거시잡음신호는 컴퓨터로 전송되는데 전송도중에 끼여드는 고주파잡음의 영향을 줄이기 위하여 고주파잡음여파기를 설치하였다.

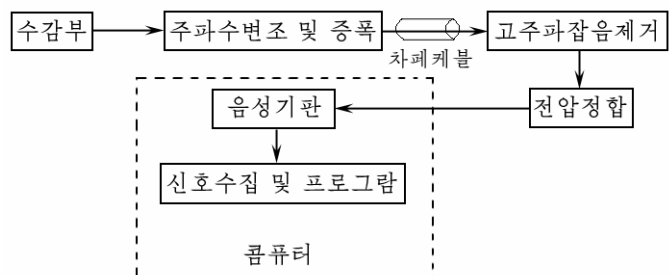


그림 1. 원자로거시잡음신호수집체계구성도

주파수변조된 신호는 음성포구로 입력된 다음 전용신호수집프로그램에 의하여 프로그램

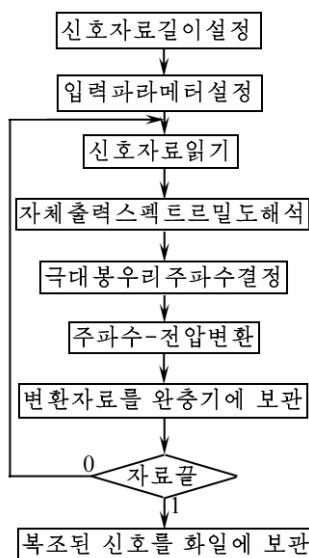


그림 2. 신호수집프로그램 알고리즘

잡음해석결과를 거꿀푸리에변환하여 시간 영역의 압력잡음신호를 모의하고 주파수변조한 다음 음성포구에 입력하여 수집하고 프로그램적으로 복조하였다.

복조된 압력잡음신호의 자체출력스펙트럼밀도의 봉우리주파수값들과 선행연구결과[2]를 비교하였다.(표)

표에서 보는바와 같이 원자로압력잡음신호의 자체출력스펙트럼밀도가 0.024 8Hz에서 좁은 봉우리로, 0.298Hz에서 보다 넓은 봉우리로 측정되었다. 이 봉우리값들은 선행연구결과[2]와 각각 0.8,

표. 모의신호의 자체출력스펙트럼밀도해석결과

모의결과/Hz	선행연구결과/Hz	상대오차/%
0.024 8	0.025	0.8
0.298	0.3	0.7

람적으로 복조된다.

신호수집프로그램은 LabVIEW를 리용하여 작성하였다. LabVIEW의 NI-DAQmx가 제공하는 Sound Port입출력모듈을 리용하여 그림 2와 같이 알고리즘을 작성하였다.[1, 3]

## 2. 신호수집체계의 모의실험결과

주파수변조단이 20Hz이하의 원자로잡음신호를 정확히 변조시키기 위하여서는 전압-주파수곡선의 선형성이 만족되어야 한다. 입구전압 0.01~5V에서 측정된 전압-주파수관계는 그림 3과 같다.

그림 3으로부터 계산한 적분비선형성은 0.21%였다.

신호수집체계의 정확성을 검증하기 위하여 원자로(《Ontario CANDU》)의 상부랭각재입구에서 측정된 압력잡음신호[3]를 모의신호로 리용하였다.

일반적으로 압력과 류량잡음신호는 0~0.1Hz 대역에 있다.

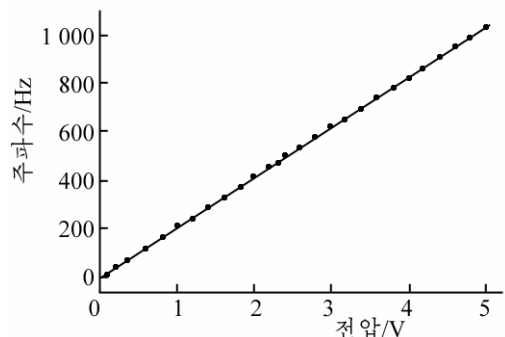


그림 3. 주파수변조단의 전압-주파수관계

0.7%의 상대오차를 가진다.

0.4Hz이상의 주파수대역에서는 출력스펙트럼밀도곡선이 미끈하지 못하는데 이것은 신호를 모의하고 주파수를 변조할 때 통계오차와 잡음의 영향이 있기때문이다.

## 맺 는 말

우리는 0.1~100Hz 대역의 낮은 주파수영역의 원자로거시잡음분석에 컴퓨터의 음성기판을 리용하였다.

주파수변조와 LabVIEW에 의한 신호수집방법을 제기하고 모의실험을 진행한 결과 선행연구결과[2]와 잘 일치하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. Engelberg; Digital Signal Processing, Springer, 29~42, 45~51, 2008.
- [2] O. Glockler et al.; Progress in Nuclear Energy, **29**, 3-4, 171, 1995.
- [3] L. Clark; LabVIEW Digital Signal Processing, McGraw-Hill, 5~14, 169~200, 2005.
- [4] 杜小军 等; 科学技术与工程, **7**, 4, 2007.

주체105(2016)년 1월 5일 원고접수

## **Use of Sound Port and Modulating Technique in Acquiring Nuclear Reactor Noise Signal**

*Ro Kwang Chol, Kwak Hyok and Kang Hye Song*

We proposed and realized a kind of signal acquiring method for analysis of nuclear reactor noise signal using sound port of computer, modulating technique and LabVIEW. The simulation test results proved that this can acquire promptly, accurately nuclear reactor noise signal in 0.1~100Hz frequency range.

Key words: nuclear reactor signal noise, sound port, signal acquiring, modulating technique