

원자로잡음모의장치에 대한 연구

박현, 로광철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

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

원자로잡음분석은 운영중에 있는 원자로의 상태를 변화시키지 않고 원자로내부에서 발생하는 중성자뭉름, 온도, 압력, 류량, 진동 등과 같은 물리적량들의 시간에 따르는 변화특성을 분석하는 비파괴적분석방법으로서 원자로동특성결과 이상진단에 널리 리용되고있는 중요한 측정방법의 하나이다.[2-5]

동력용원자로가 없는 조건에서 원자로잡음분석체계를 개발하자면 원자로에서 발생하는 여러가지 형태의 중성자뭉름, 압력, 진동 등의 잡음신호들을 모의할수 있는 잡음모의장치가 요구된다.

론문에서는 원자로잡음분석의 세계적추세와 우리 나라의 현실적조건에 맞게 원자력발전소의 이상진단체계개발을 위한 기초연구를 목적으로 상사회로발전기를 리용하던 종전방식과는 달리 수자회로기술에 기초한 원자로잡음모의장치에 대한 기초연구를 진행하였다.

1. 원자로잡음모의장치의 구성

원자로잡음모의장치는 컴퓨터에 의한 신호발생기와 증폭 및 준위변환, 한소편처리소자를 리용한 상사수자변환기로 구성하였다.

모의신호발생 LabVIEW의 여러가지 신호발생함수의 기능들을 조합하여 컴퓨터의 음성포구로 출력시키는 방법으로 실현하였다.

LabVIEW가 제공하는 신호발생함수들은 기능이 매우 다양하며 따라서 이 함수들을 리용하면 사용자가 신호형태와 주파수, 진폭, 위상 등을 합리적으로 설정하는 방법으로 원자로잡음들과 류사한 잡음들을 발생시킬수 있다.[1]

원자로잡음에 포함된 기본적인 주파수성분들과 해당하는 진폭, 잡음형태들을 설정하는 방식으로 원자로구조물진동잡음과 온도요동잡음, 펌크제압력진동잡음들을 모의한다.

모의신호출력 모의신호는 컴퓨터의 음성기관에서 상사신호로 변환되어 음성포구로 출력되며 진폭은 음성크기를 변화시키는 방식으로 $0 \sim V_{pp}$ 에서 조절된다. 20Hz이하의 저주파신호인 경우에는 주파수변조기술을 리용한다.

모의신호변환 연산증폭기로 증폭 및 준위변환을 진행하고 한소편처리소자 PIC16F877A의 A/D변환기능을 리용한 모의신호변환장치를 설계제작하였다. 증폭 및 준위변환회로는 음성포구에서 출력되는 진폭이 $\pm 1V$ 인 쌍극성임펄스를 입구신호준위가 $0 \sim 5V$ 인 한소편처리소자의 A/D변환모듈과 정합시키는 기능을 수행한다. 한소편처리소자 PIC16F877A를 리용한 A/D변환회로는 컴퓨터의 음성포구로 출력된 모의신호를 수자신호로 변환한다.

신호수집 LabVIEW VISA기능모듈의 VISA Read.VI, VISA Write.VI, VISA Configure Serial Port.VI와 같은 직렬포구관리함수들을 리용하여 신호수집프로그램을 개발하였다.

자료수집프로그램은 입출력장치지정, 전송속도, 자료비트, 입력완충기의 크기설정, 흐름조종, 입출력조종, 측정회수, 대기시간설정, 입력자료의 실시간그래프현시기능, 자료보관경로지정기능 등 다양한 기능을 포함하고있다.

2. 원자로잡음모의장치의 특성실험

원자로잡음모의장치의 정확성검증을 위한 실험체제는 그림 1과 같다.

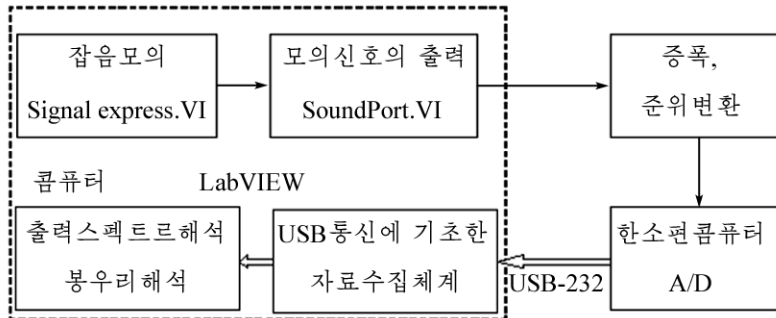


그림 1. 원자로잡음모의장치의 정확성검증을 위한 실험체제

우연잡음과 함수발진기 FGM의 조화파신호가 100Hz일 때의 상관분석실험을 통하여 자료수집체계와 해석체제의 정확성을 검증하였다. 모의신호가 없는 경우 음성포구의 출력신호에 대한 시간파형을 측정하고 상관분석을 진행하였다.(그림 2) 그림 2에서 보는바와 같이 상관함수모양은 $P_{mn}(i, j) = P\{\xi_n = x_j | \xi_m = x_i\} (m \leq n; i, j = 1, 2, \dots)$ 확률분포를 따르는 마르코브사슬우연잡음의 상관함수와 잘 일치한다.

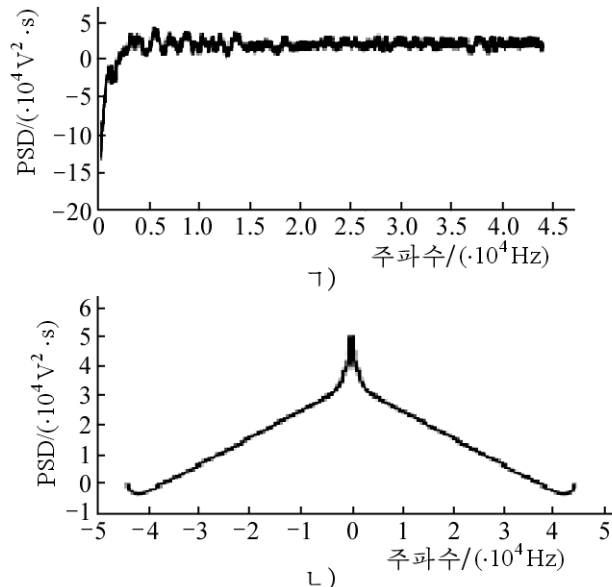


그림 2. 모의신호가 없는 경우 음성포구의 출력신호에 대한 시간파형(㉠)과 상관분석결과(㉡)

함수발진기 FGM의 100Hz 조화파신호를 측정 한 자료에 대한 상관분석결과는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 조화함수에 대한 자체상관분석결과는 이론적인 상관함수의 모양과 잘 일치한다.

LabVIEW모의신호발생기를 리용하여 5, 20, 40Hz의 마르코브우연잡음을 각이한 위상과 진폭비로 합성한 모의신호에 대한 해석실험을 통하여 주어진 체계의 성능을 비교평가하여 그 정확성을 확증하였다.(그림 4)

그림 4에서 보는것처럼 5, 20, 40Hz에서 뚜렷한 봉우리가 검출되었다.

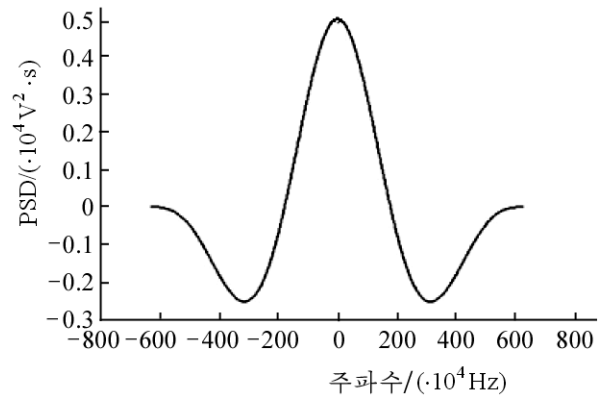


그림 3. 상관분석결과

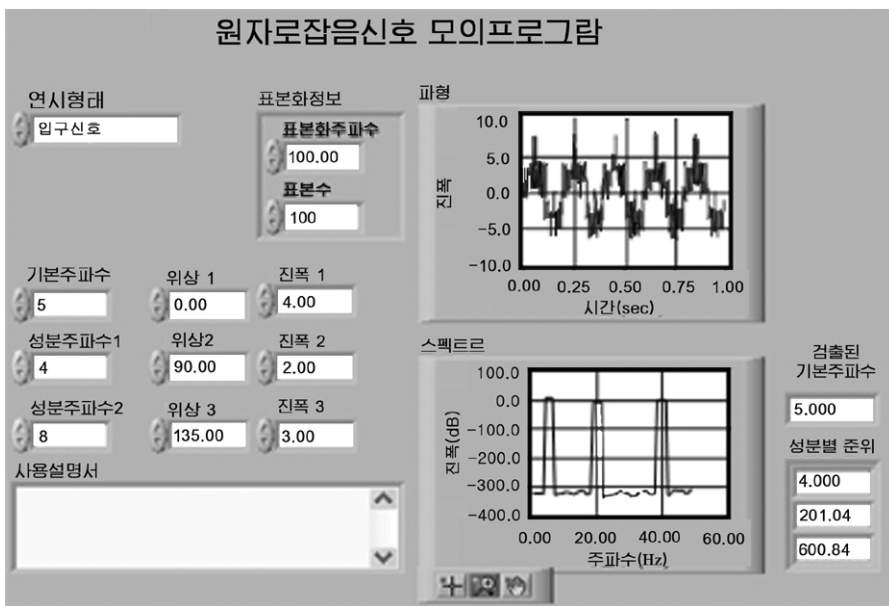


그림 4. 모의신호발생기에서 출구신호측정값의 해석결과

모의신호의 출력스펙트럼밀도해석결과는 표와 같다.

표. 모의신호의 출력스펙트럼밀도해석결과

No.	성분주파수/Hz	진폭/V	위상/(°)	봉우리주파수/Hz	PSD/V
1	5	4	0	5	4
2	20	2	90	20	0.201
3	40	3	135	40	0.600

그림 4와 표에서 보는바와 같이 성분주파수들이 정확히 분리되며 PSD의 봉우리주파수와 진폭들은 계산값과 높은 정확도로 일치한다.

이상의 실험결과는 원자로잡음신호변환장치와 자료수집 및 해석체계가 정확하다는것을 보여준다.

맺 는 말

LabVIEW의 신호처리기술을 리용하여 0.5~40kHz의 원자로잡음분석용 모의신호발생 프로그램과 자료수집프로그램을 작성하였다. 신호증폭 및 준위변환기, 한소편처리소자를 리용하여 원자로잡음신호변환장치를 설계제작하였다.

참 고 문 헌

- [1] 리영호 등; LabVIEW프로그램작성(응용편), 외국문도서출판사, 1~175, 주체100(2011).
- [2] 赵丹 等; 核电子学与探测技术, 26, 5, 675, 2006.
- [3] 蔡顺燕 等; 核电子学与探测技术, 27, 5, 936, 2007.
- [4] 龚军军 等; 核电子学与探测技术, 30, 6, 726, 2010.
- [5] 王琳 等; 核电子学与探测技术, 27, 3, 588, 2007.

주체108(2019)년 12월 5일 원고접수

Study on Simulation Device for Nuclear Reactor Noise

Pak Hyon, Ro Kwang Chol

Using a waveform generating function and a sound port of computer of LabVIEW, we have designed a simple and practical digital simulation signal simulator for nuclear reactor noise with the pass-band 0.5~40kHz. It has to be used as frequency modulation techniques for low frequency signal below 20Hz.

We have designed and manufactured a signal conversion device that consisted of a signal amplifier, level convertor and microprocessor, and created a data acquisition program.

The result of correlation and spectrum analysis for simulation signals has verified that the simulation device for nuclear reactor noise is available to research works for nuclear reactor noise analysis system.

Keywords: nuclear reactor noise, noise simulation