

Monte Carlo 모의를 이용한 원자로 중성자 잡음 분석 이론 검토
Review of Neutron Noise Analysis Theory by Monte Carlo Simulation

전병진, 박상준, 김명섭
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

1970년 이전까지 원자로의 동특성 인자를 측정하는 중성자 잡음 분석 이론에 논란이 있었으나 이론적으로 확실한 결론을 내린 보고서를 발견하지 못하였으며, 우리의 TRIGA 및 하나로 원자로에서 잡음 분석 실험을 할 때도 의문이 제기되었었다. 이러한 의문을 해소하기 위하여 가장 기본적인 잡음 분석 이론을 확인할 수 있는 Monte Carlo 모의 계산을 하였다. 이 모의 계산을 통하여 원자로 중성자 잡음 분석에 일반적으로 사용되고 있는 식이 근사적으로 타당하나 식이 유도되는 과정에 대한 설명에 혼선이 있었음을 확인하였다.

원자로의 동특성 인자를 측정하는데 사용되는 대표적인 잡음 분석법 가운데 하나인 Rossi- α 기법에서 연쇄 반응 관련 항에 대하여는 서로 다른 주장이 있었다. 애초에 Los Alamos National Laboratory (LANL)에서 유도한 식이 일반적으로 받아들여지고는 있으나 다른 주장도 수학적으로 엄밀한 방법으로 유도되고 실험적으로 확인한 것으로 되어 있으며, 차이가 나는 이유가 확실하게 규명되지는 않았다. 이것은 중성자의 에너지나 공간적인 영향 등을 고려하기 이전의 근본적인 개념상의 문제이므로 가장 단순한 원자로 모델에 대하여 Monte Carlo 모의 계산을 해보면 확인할 수 있다. 이러한 목적으로 중성자 잡음 분석 실험을 모의하여 보았으며, 그 결과 애초의 식이 근사적으로 옳다는 것을 확인하였다. 그러나 애초에 식을 개발한 사람들이 식에 대해 설명한 것은 별로 정확하지 않으며, Rossi- α 기법을 실제 실험에 처음 적용한 Orndoff가 비교적 정확하게 설명하고 있는 것으로 판단된다.

Abstract

Some debates on the theory of neutron noise analysis for reactor kinetic parameter measurement were found before 1970 but a report firmly clearing these debates has not been found, and a question was raised when neutron noise experiments for the TRIGA and HANARO reactors in Korea were performed. In order to clarify this question, the neutron noise experiment is simulated by the Monte Carlo method. This simulation confirms that the widely used equation is approximately valid and that the confusion was caused from the explanation on the derivation of the equation.

Rossi- α technique is one of the representative methods of noise analyses for the reactor kinetic parameter measurement, but different opinions were raised for the chain reaction related term in the equation. The equation originally derived at the Los Alamos National Laboratory (LANL) has been widely accepted. However, the others were supported by strict mathematics and experiments as well, and the reason of discrepancy has not been clarified. Since it is the problem of basic concept before the effect of neutron energy or geometry is included, the Monte Carlo simulation for the simplest reactor model could clarify it. For this