

슬립을 고려한 정밀 노내 핵계측 검출기 안내관 인출 및 삽입 장비 제어시스템의 개발

이재경, 조병학, 변승현, *박준영¹

¹ 한전전력연구원 수화력발전연구소

Development of Control System for Thimble Handling Equipment for Neutron Flux Mapping With Slip

Jae-Kyung Lee, Byung-Hak Cho, Seung-Hyun Byun, *Joon-Young Park¹

¹ Power Generation Laboratory, Korea Electric Power Research Institute(KEPRI)

Key words : Thimble, Thimble Handling Equipment, Neutron Flux Mapping

1. 서론

노내 핵계측 계통은 가압 경수로형 원전의 내부를 이동형 검출기를 사용하여 원자로 내의 지정된 안내관(Thimble)을 따라 상하로 이동하면서 중성자속의 분포를 측정하는 설비이다. 그리고 취득된 정보는 원자로 노심 설계 파라미터 확인에 활용되어진다. Thimble은 원자로 냉각수 계통의 압력경계를 유지하는 안전성 등급의 중요한 설비임에도 불구하고 인출과 삽입을 위한 Thimble의 취급은 의외로 낙후되어 작업자의 인력에만 의존하고 있는 실정이며, 원자로 격납용기 내부에 위치한 고방사선 지역에서 작업이 수행되어 작업자의 방사선 쏘임량이 많은 실정이다. 또한 Thimble을 인출하고 삽입할 때, 열악한 환경으로 인해 수직으로 일정한 힘을 유지하는 것은 현실적으로 불가능하여 Thimble이 손으로 잡아 힘을 가하는 위치에서 굽혀지게 되고 삽입 시에는 굽혀졌던 부분이 Thimble 안내관과 접촉하면서 다시 퍼지게 되어 굽힘과 퍼지는 동작의 반복으로 Thimble의 파손 위험이 있다. 따라서 노내 핵계측 계통의 Thimble의 안정적인 관리를 위해 Thimble을 일정한 힘으로 인출하고 삽입할 수 있는 자동화 시스템의 개발과 각 Thimble에 대해 체계적인 관리의 필요성이 요구되어 왔다. 전력연구원에서 개발한 노내 중성자 검출기 안내관의 인출 및 삽입을 위한 안내관 취급 기구는 DC 모터를 적용한 Chained Double Winch Roller 방식으로 본체 Frame, 장비 Clamping 기구, 안내관 Clamping 기구, 2개의 구동 Winch Roller와 2개의 아이들 Winch Roller 등으로 구성되어진다. 이 장치의 2개의 DC모터는 동기 구동되어 Winch Roller를 구동하며, 광학식 엔코더가 DC모터와 아이들 Roller에 장착되어 있어 슬립이 발생하더라도 정밀 위치 제어가 가능하도록 구현되었다. 본 논문에서는 슬립을 고려한 정밀 모터 제어를 위한 제어 시스템을 제안하고, 제안한 제어 시스템을 구현하여, 실험을 통해 구현한 제어 시스템의 효율성을 보여준다.

2. 본론

2.1 노내 핵계측 검출기 안내관 개요

원자력 노내 중성자 분포 측정 시스템은 원자로 내부에서의 연료 연소에 따라 변화하는 중성자의 분포를 주기적으로 측정하여 노심의 상태를 확인하는 기능을 수행한다. 중성자 분포 측정은 검출기를 통해서 이루어진다. 노내 중성자 분포 측정용 검출기 안내관은 원자로 하부에 용접되어 밀봉 테이블까지 연결되어 있는 Conduit 관을 통해서 원자로 용기 속으로 들어가게 된다. 원자로 용기 속으로 들어간 안내관의 끝은 막혀있으며, 안내관의 내부는 보통 건조하며, 안내관은 원자로 냉각재 압력과 대기 사이에 압력경계 역할을 한다. 노내 핵계측 계통의 검출기 안내관은 Fig. 1과 같이 원자로 내부에서의 중성자 분포를 측정하는 검출기의 이동경로를 제공하다가, 핵연료 교체 시에는 Fig. 2와 같이 밀봉 테이블에서 핵연료 높이인 4m 정도까지 인출된다. 원자로 압력용기의 내부는 운전 중 압력이 높고 검출기 안내관 내부는 대기압 상태이므로 원자로 냉각수의 누출을 막기 위해 원자로 압력용기 하부부터 밀봉 테이블까지 연결되어 있는 안내관 Conduit와 검출기 안내관 사이에 걸리는 압력차를 밀봉 테이블에서 밀봉하게 된다.

2.2 핵계측 검출기 안내관 취급 기구

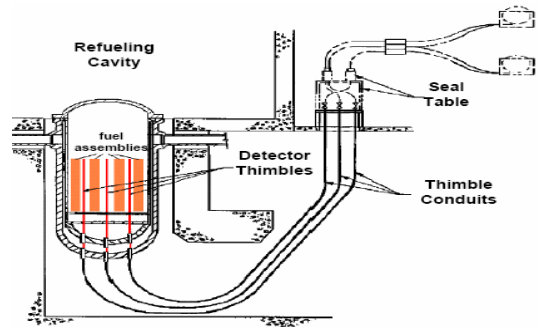


Fig. 1 Thimble positions during reactor operation

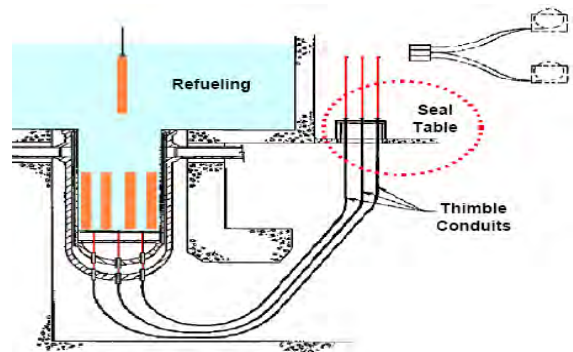


Fig. 2 Thimble positions during plant refueling outage

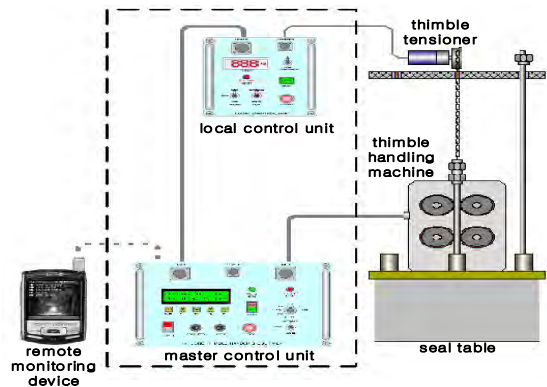


Fig. 3 Automatic thimble handling system

검출기 안내관 자동 취급 시스템은 Fig. 3과 같이 크게 안내관 취급 기구와 안내관 취급 기구 제어를 위한 제어 시스템 그리고 원격 감시 장치 등으로 구성되어진다. 안내관 취급 기구는 안내관을 인출/삽입하기 위해서 파지하고, 안내관을 인출하고 삽입하는데 이용되어진다. 노내 중성자 검출기 안내관의 인출 및 삽입을 위한 취급장비는 원전 안전성 등급의 설비를 취급대상으로 하고 있고, 고 방사선 환경에서 운전된다. 이와 같은 점을 고려하여 신뢰도가 높고 사용자 편의성이 높은 취급 기구 개발을 위해 collet chuck 방식의 안내관 파지기구와 공압 diaphragm 방식의 안내관 취급 기구, single winch roller 방식의 안내관 취급 기구 및 double winch roller 방식의 안내관 취급 기구

