

KNF-SF-03

IMS 손상연료 검사

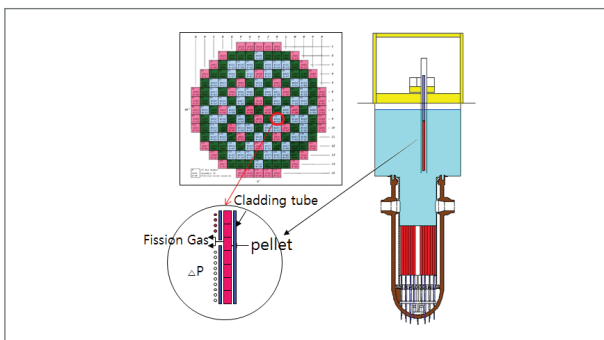
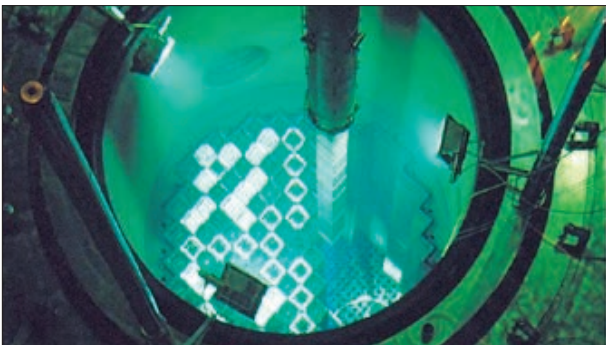


핵연료서비스실 / 김명준

T. 042-868-1841 E. myoungjun@knfc.co.kr

기술 개요

IMS(In Mast Sipping)는 핵연료에 누설결함 발생 시 연료봉 내부로부터 외부로 누설되는 핵분열 생성가스(Fission Gas)를 포집하고 분석하여 누설여부를 검사하는 기술임. 원자로에서 연료 인출 시 약 10m 수직상승에 의하여 15psig의 수압차가 발생하는데 이 압력강하에 의해 연료봉 내부에 있던 핵분열 생성가스가 연료봉 외부로 누설됨. 핵분열 생성가스에는 Xe-133 및 Kr-85 등과 같은 다양한 핵종이 존재하며 IMS 검사 기술로 이러한 핵종의 검출 및 분석이 가능함.



기술 내용

배경

과거 국내 원전은 핵연료에 대한 누설 여부 검사를 육안검사(VT)와 초음파검사(UT)에 의존해왔음. 육안검사와 초음파검사는 연료 인출 후에 별도로 수행되어야 하기 때문에 누설연료 탐지 시점의 지연이 불가피함. 또한, 육안검사는 연료 내부의 누설 여부 판독이 어렵고, 초음파검사의 경우에는 누설연료봉 내부에 물이 존재하지 않는 경우 누설 여부 검출이 불가능함. 이에 따라 신뢰도 높은 검사를 수행할 수 있는 IMS 장비를 개발함.

목적 및 필요성

- IMS 검사는 노심에서 연료 인출과 동시에 이루어지기 때문에 검사를 위한 별도의 연료 이동이 없어서 연료 손상을 감소시키는 장점이 있음. 누설연료로 판정된 연료는 수리를 통해 연료의 재장전 또는 연료 저장조에 안정적으로 보관함. 또한, 검사 결과를 노심 재설계에 반영할 수 있음.
- IMS 검사는 초음파검사와는 다르게 연료봉 내부에 물이 없는 경우에도 누설연료를 검출할 수 있음. 또한, 연료 인출 공정에서 검사가 완료되기 때문에 초음파검사 이전에 누설연료를 집합체 단위로 우선 선별이 가능하며, 이후 선별된 누설연료 집합체를 초음파검사에서 집중 검사하여 누설연료봉을 검출함. 이러한 과정을 통해 단독으로 초음파검사를 수행하는 방식보다 누설연료 검출 가능성을 향상시킬 수 있음.

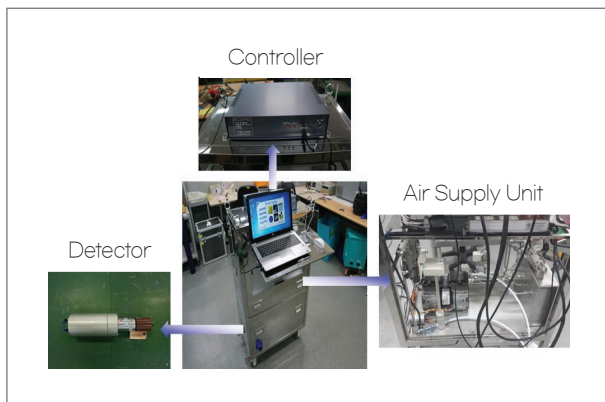
구성

IMS 검사 장비

- 제어장치부는 MCA, Vacuum Pump, Solenoid Valve, Humidity Sensor, Pressure Sensor, Flow Sensor와 같은 기기들을 제어하는 역할을 함. 신호와 데이터를 취득하는

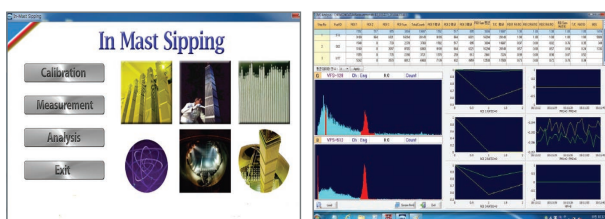
DAQ(Data Acquisition Board), 공기공급장치 및 검출분석장치를 동시에 제어하는 Digital System, 취득한 신호를 처리하고 Display 및 Database 화 할 수 있는 Laptop으로 구성됨.

- 공기공급장치는 마스트 내부의 핵분열 생성가스를 흡입하여 검출분석장치로 보내고 이를 다시 대기중으로 배기하는 기능을 수행함. Vacuum Pump, Valve, Air Dryer, Sensor, Regulator, Gauge, 공기이송튜브 및 각종 커넥터로 구성됨.
- 검출분석장치는 마스트에서 흡입된 핵분열 생성가스를 분석하여 연료의 누설 유무를 판별하는 기능을 수행하며, Detector, MCA, Main Enclosure, Laptop 으로 구성됨.



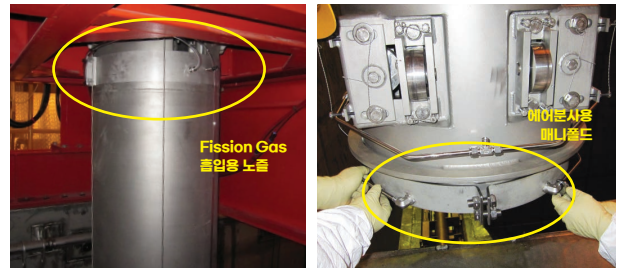
• IMS 검사 프로그램

- IMS 장비에 장착되어 있는 모든 장치는 IMS 검사 프로그램을 통해 제어가 가능하며 검교정, 누설연료 검사 및 분석의 기능을 제공함. 1,024 Channel의 MCA를 활용하여 10 ~ 1,000 keV의 방사능 에너지 영역대의 다양한 핵종 분석이 가능하며 이 프로그램을 통해 검출기의 방사능 측정값뿐만 아니라 흡입 라인의 압력 및 유량 등을 실시간으로 확인할 수 있음.



• 마스트 고정장치

- 마스트 고정장치는 IMS 검사를 위해 원자로의 외부 마스트 (Outer Mast)에 설치하는 보조장치로서 마스트 상부에 설치하는 흡입용 노즐과 마스트 하부에 설치하는 에어분사용 매니폴드로 구성됨. 흡입용 노즐은 에어호스로 IMS 검사 장비의 검출기까지 연결되며 검사가 시작되면 Vacuum Pump가 핵분열 생성가스의 흡입을 시작함.
- 에어분사용 매니폴드는 발전소의 서비스 에어 라인과 연결되며 검사가 시작되는 시점부터 핵연료집합체 하단부로 서비스 에어를 분사하여 누설연료의 핵분열 생성가스 발생 및 포집을 활성화시킴.



기술 우수성

기술 특징

- 검사를 위한 핵연료 이동을 최소화하여 연료 손상요인 감소
- 1,024 Channel의 MCA를 활용하여 10 ~ 1,000 keV의 방사능 에너지 영역대의 다양한 핵종 분석
- 연료 검사와 동시에 실시간으로 핵연료 누설 여부 판별
- 자연방사선 및 전자파에 의한 Noise를 차단하여 분해능 향상
- 감마 및 베타 에너지 동시 분석을 통해 누설연료 검출 신뢰도 제고

기술 적용현황

- 국내 경수로 원전을 대상으로 IMS 검사 6회 수행 ('19년 7월 현재)

제공 가능 품목

- IMS 검사 장비 설계 및 제작
- 발전소 IMS 검사 용역 수행
- IMS 검사 교육 및 매뉴얼 제공

기술완성도(TRL)

- 양산 및 초기시장 진입

사업 방향

