

고리1호기 노내 핵계측 계통 제어 설비 개선 방안

Development of Advanced Control Console for Kori #1 Incore Flux Mapping System

문병희, 이광대, 신창훈

전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

노내 핵계측 계통(In-Core Flux Mapping System)은 원자력 발전소의 원자로 노심 내에서 일어나는 핵연료 연쇄반응 분포를 측정하여 운전기준 및 허용조건을 제공하는 기능을 갖는 설비이다. 고리 1 호기의 경우, 1978년 상업 운전 이래 21년간 장기 사용으로 노후화된 상태이고 검출기나 구동장치가 2개이상 고장나면 운전기준을 만족시키지 못할 우려가 커서 설비개선이 필요하다. 제어설비는 국산화를 통한 기술 축적 및 타 발전소 확대적용 등의 이점이 크고, 운전의 편의성 제공을 위한 다양한 기능 추가가 가능하므로 노내 핵계측 디지털 제어설비로 개발하여 발전소에 적용하고자 한다. 최근 선진국에서도 원자력발전소의 노내 핵계측 계통에 대한 신뢰도 및 유지, 보수성 향상을 통한 발전소 성능 제고와 운전원의 인적 실수를 현저하게 줄임으로써 발전소 이용률을 향상시키기 위한 방안으로 제어 방식을 기존의 릴레이식 논리 제어 설비에서 디지털 제어 설비로 개발하여 사용하고 있다.

노내 핵계측 디지털 제어 설비로 개선하기 위한 구동기 제어와 측정된 자료 처리를 완전 자동화할 수 있는 개선방안을 연구하여 고리1호기에 적용하고자 한다.

Abstract

Flux Mapping Console(FMC) measures the reactor core neutron flux density by inserting neutron sensitive detector into the core and monitoring the output.

The FMC consists of electronics and peripheral devices that control and monitor the Detector Drive System and provide an operator interface.

The objective of this study is the development of a domestic model of Digital Control System for FMC.

1. 서론

노내 핵 계측 계통은 가압 경수로형 원전의 원자로 내부를 이동형 계측기를 사용하여 원자로 내의 지정된 통로를 통하여 상하로 이동하면서 핵 분포를 측정하기 위한 시스템이다.

측정된 정보는 원자로 노심 설계 파라미터와 계산된 Hot Channel Factor를 확인 가능하게 하며, 과거에 결정된 분석적인 노심 정보와 연계하여 노심 주기동안의 특정 시간에 대한 Fission Power Distribution을 확인할 수 있게 한다. 또한, Fission Power Distribution과 Thermal, Hydraulic 정보는 최대 노심 능력을 결정하며, 노내 계측 정보는 Enthalpy Distribution을 계산하는데 사용된다. 이 계통은 크게 이동형 계측기를 지정 위치로 이동, 위치시키도록 제어하는 제어 시스템과 격납용기 내에서 실제적으로 제어 명령에 따라 검출기를 이동시키는 구동부로 구성된다.

고리1호기 노내 핵계측 계통의 제어설비는 기능성, 경제성, 활용성 등을 고려하여 최신 디지털 제어 설비로 개발, 적용하고자 한다.

특히 제어 알고리즘은 사용자가 수동으로 계속 조작하는 불편함을 덜고 운전 시간을 대폭 단축시키기 위하여 사용 가능한 검출기 수에 관계없이 전자동으로 원자로 내 출력분포를 측정할 수 있는 방식을 채택하였다.

2. 고리1호기 노내 핵계측 계통 기능

고리1호기 노내 핵계측 계통 (In-Core Instrumentation System)은 원자로 내에서 다음의 2 가지 기능을 수행한다.

◆ 원자로 내의 중성자 속 분포 (Neutron Flux Distribution) 측정

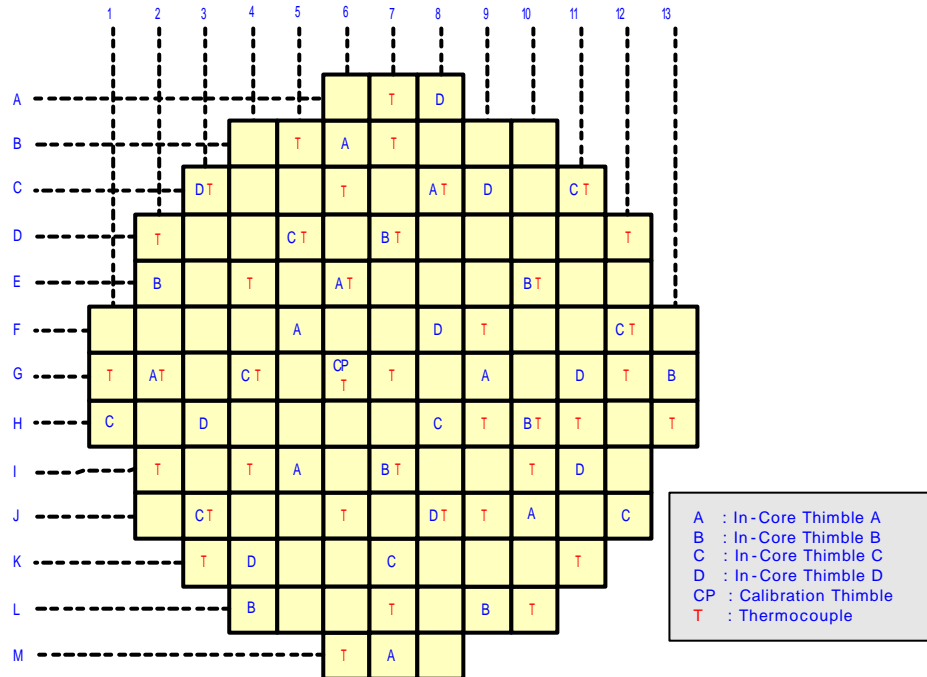
원자로 내에서 노내 중성자 속 검출기가 이동할 수 있는 36개 Thimble을 통하여 검출기를 이동(Movable)시키면서 지정된 위치의 노심 축 방향 중성자 속을 측정한다.

◆ 핵연료 집합체 출구 (Fuel Assembly Outlet) 냉각재 온도 측정

원자로 상부 헤드에서 고정(Fixed)되어 위치한 39개 열전대를 통하여 노심 출구 온도를 측정한다.

측정된 정보는 원자로 노심 설계 파라미터와 계산된 Hot Channel Factor를 확인 가능하게 하며, 과거에 결정된 분석적인 노심 정보와 연계하여 노심 주기동안의 특정 시간에 대한 Fission Power Distribution을 확인할 수 있게 한다. 또한, Fission Power Distribution과 Thermal, Hydraulic 정보는 최대 노심 능력을 결정하며, 노내 계측 정보는 Enthalpy Distribution을 계산하는데 사용된다.

핵연료 집합체 출구 온도를 측정하기 위한 열전대가 핵연료 집합체 출구 측에 설치되어 있다. 중성자 속 분포를 측정하기 위해서 중성자 속 검출기 (Neutron Flux Detector)가 드나 들 수 있도록 설치된 Thimble을 통하여 검출기가 핵연료 다발 사이를 통과하면서 노내 중성자 속을 측정한다.



[그림 1] 노내 핵계측 Thimble 및 열전대 위치

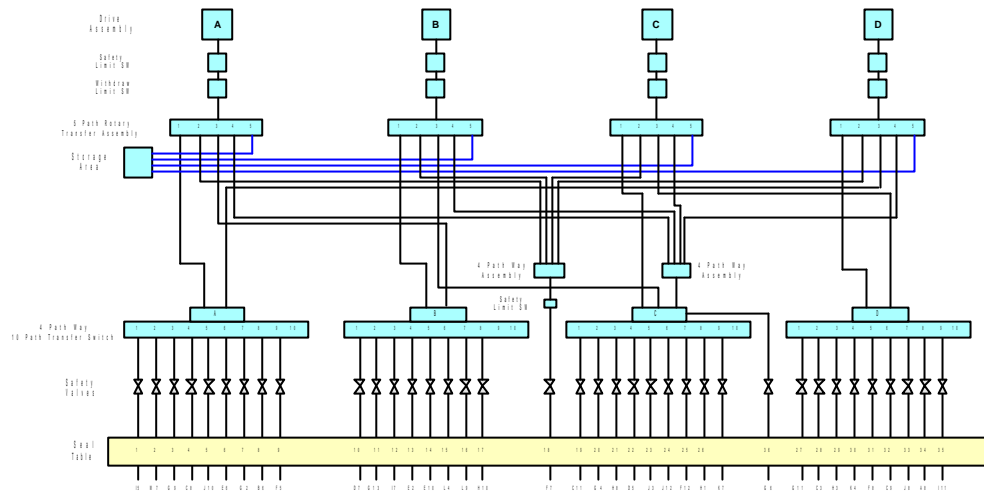
3. 고리1호기 노내 핵계측 계통 구조

중성자 속(Neutron Flux) 검출을 위해서 검출기를 노심 내로 삽입하는 구동 계통(Drive System)에는 4개의 구동 유닛(Drive Units), 9개의 제한 스위치(Limit Switch), 4개의 5-패스 회전 전환 장치(5-Path Rotary Transfer Devices), 4개의 10-패스 회전 전환 장치(10-Path Rotary Transfer Devices) 그리고 36개 격리 밸브(Isolation Valve)로 구성된다. [그림 2]

구동 유닛은 밀봉 테이블(Seal Table) 위 약 12피트(3.7m) 위치에 설치되어 있으며 구동 케이블 끝에 설치되어 있는 소형 검출기를 노내 속으로 밀어 넣는 역할을 한다.

구동 유닛은 A, B, C, D 4개로 나누어지며 각각 1개씩 4개 검출기가 설치되어 있다. 각 검출기

는 Thimble 내를 움직이면서 중성자 속을 측정하는데, 각 1 개 패스에만 사용가능 한 것이 아니라 동작 선택 스위치(Operation Selector Switch) 전환에 따라, A는 D, B는 C, C는 D, D는 A의 패스를 측정할 수 있다. 교정(Calibrate) 모드에서 각 검출기는 공통 교정 패스(Common Calibration Path)를 통과함으로써 4개 검출기의 상관 관계 정보를 제공할 수 있다. 또한 각 검출기는 C 의 어떤 패스도 검출할 수 있는 공통 그룹 모드(Common Group Mode), 검출기 저장을 위하여 Shielded Area로 이동시키는 저장 모드(Storage Mode)가 있다.



[그림 2] 노내 핵계측 구동 계통 개략도

노심 내 위치를 원거리 제어 가능한 Miniature Neutron Flux Detector는 Flux Mapping 정보를 원거리로 제공한다. Miniature Detector를 구동하는 Thimble이 원자로 노심 속에 설치되어 있다.

검출기를 구동하는 구동 시스템은 4개 Drive Assembly, 5-Path Rotary Transfer Device, 10-Path Rotary Transfer Device로 구성된다. Drive System은 Hollow Helical-Wrap Drive Cable을 노심 내로 밀어 넣는다. 각 Drive Assembly는 Helical-Wrap Drive Cable과 Detector를 선택된 Thimble Path에 밀어 넣는 Gear Motor로 구성된다.

제어 시스템은 Miniature Neutron Detector를 72ft/min, 12feet/min로 신속하게 원자로 노심으로 삽입 혹은 인출할 수 있다. 제어 시스템은 Drive Unit과 물리적으로 연결된 부분과 제어실에 위치한 다른 부분으로 구성된다. 각 Tube에는 Flux Mapping 동안 Detector Path를 지시하기 위한 Limit Switch가 있다. 각 Drive Unit에 대하여 검출기를 4개 Flux Thimble Group 중 하나와 Storage를 선택할 수 있는 5-Path Group Path Selector가 있다. 10-Thimble 중 하나를 선택하기 위한 하나의 10-Path Rotary Transfer Device가 있다.

제어반에는 제어, 위치 지시, Flux Recording을 하기 위한 필요 기기들이 설치되어 있다. Flux-Mapping Operation은 주어진 Fuel Assemblies 중 Flux Thimble을 선택하고 검출기를 노심

끝까지 구동하여 자동으로 멈추게 한다. 각 검출기를 느리게 인출하면서 Position vs. Flux 에 대한 X-Y Plot 자료를 얻는다.

각 검출기는 Fuel Assembly의 중앙값에 대한 축 방향 Flux Distribution을 제공한다. 노심 내 영역에 대한 Radial Position에서의 값은 Flux Map을 얻기 위하여 비교된다.

4. 기존 제어 설비

가. 속도 제어

2단 속도 조절과 역회전 가능한 동기 기어 모터(Synchronous Gear Motor- Reuland Model 7761-7760X)가 설치되어 있으며, 구동 모터는 3상(Phase), 460Volts, 60Hz 3600/600 RPM의 150/1 Gear Reducer를 가지고 있다.

구동 모터는 저속(Low Speed) 운전 시에는 구동 케이블이 12 ft/min (6.1cm/ sec), 고속(Hi Speed) 운전 시에는 72ft/min (32.6cm/sec)로 움직인다.

나. 패스 선택 (Path Selection)

각 검출기의 구동기마다 6-위치(Off, Normal, Calibrate, Emergency, Common Group, Storage)로 선택할 수 있는 운전 선택 스위치(Operation Selector Switch)가 있으며, 선택하고자하는 패스로 스위치를 돌리면 램프가 켜짐과 동시에 원하는 위치로 선택된다.

5-패스 전환기는 원통형 프레임(Cylindrical Frame) 속에 S 모양의 튜브가 들어 있고, 이 프레임 양끝은 베어링-마운트(Bearing-Mounted)되어 5개 출구 중에 원하는 어느 하나를 선택할 수 있다(사용하지 않는 출구는 막힘). 멈춤 쇠(Detents)를 가진 솔레노이드 플런저(Plunger)를 위치시킴으로서 정밀한 위치 제어가 가능하다. 위치 전환 신호가 전달되면 솔레노이드가 여자되어 플런저(Plunger)를 빼내고, 모터가 회전하여 5 개 마이크로 스위치 중 하나가 선택된 위치에 대한 신호 회로를 Open 할 때까지 모터가 회전하게 된다.

동작 회로는 Automatic-Multiple 동작 중에는 두 개 검출기가 동시에 삽입되지 않도록 전기적으로 연동되어있다. 또한 인출 제한 스위치는 5-패스 회전 전환 장치와 10-패스 회전 전환 장치와 연동되어 관련 검출기가 인출 위치에 있지 않으면 운전되지 못하도록 한다. Operation Selector Switch는 Contact-Closure 신호는 Plant Computer로 공급된다.

각 그룹에서 10-위치 개별 선택 스위치(10-Position Individual Path Selector Switch)가 있는데 패스 선택은 검출기를 삽입하고자하는 패스로 패스 선택 스위치를 돌리면 된다. 제어반에는 검출기가 지나가는 길을 표시해 주는 표시 패널이 있어 검출기가 10-패스를 지날 때, 해당하는 표시 램프가 켜진다. 만약, 검출기 A쪽의 운전 선택 스위치를 비상 "EMERGENCY" 모드에 놓으면 10-패스에서의 패스 선택은 검출기 B 쪽의 10-패스 스위치로 패스 선택을 하고, 또 운전 선택 스

위치를 공통 "COMMON" 모드로 놓으면 "C" 10-패스 스위치로 패스 선택을 한다. 운전 선택 스위치를 교정 "CALIBRATE" 모드에 놓으면 검출기가 10-패스를 지나지 않기 때문에 패스 선택은 할 필요가 없다.

각 전환 장치는 한 패스에서 다른 패스로 옮기는데 15초를 초과하지 않도록 모터 구동된다. 10-패스의 출구 측에는 Detector- Actuated & Cam-Actuated 마이크로스위치가 부착되어 있는데, 이것은 검출기가 선택한 패스로 삽입되고 있는지를 Contact-Close 신호로 주제어실 제어반에 보낸다.

다. 위치 제어 (Position Control)

위치 정보 신호(Position Readout)는 제어 계통에서 검출기가 삽입되는 동안에 미리 설정해 놓은 바닥(Bottom)이나 꼭대기(Top)에서 검출기를 멈추게 하기 위한 정지 신호를 내보내기 위하여 사용된다.

정상 운전 중에 바닥(Bottom)이나 꼭대기(Top)에서 검출기를 정지시키기 위한 신호를 발생시키기 위하여 10-Patchboard Type Matrix Selector Switch 즉 Verselector가 있으며, Thumb Wheel Switch는 다른 모드 운전을 위한 정지 신호를 설정하기 위해 사용된다.

정상 운전을 위한 위치 설정은 Verselector로 하고 교정(Calibrate), 공통 그룹(Common Group), 비상(Emergency) 그리고 저장(Storage) 운전은 썸휠(Thumb Wheel) 스위치로 설정한다.

검출기 위치 제어는 엔코더(Encoder)에서 오는 BCD 신호와 바셀렉터(Verselector)나 썸휠(Thumb Wheel) 스위치 신호를 비교하여 논리 계전기를 동작 시켜 위치 제어를 한다.

라. 제한 스위치 (Limit Switch Assemblies)

5-패스 전환기 입구 바로 위쪽에 부착되어 있는 인출 제한 스위치(Withdraw Limit Switch)는 검출기에 의해 동작하며, 검출기가 완전히 빠진 상태 즉 인출 램프가 켜진 상태가 아니면 5-패스에서 회전 전환 장치가 동작하지 못하게 연동되어 있다. 이 스위치는 또한, 검출기를 인출할 때, 이 스위치까지 검출기가 인출되면 자동으로 인출을 멈추게 한다.

안전 제한 스위치(Safety Limit Switch)는 구동 유닛 출구 가까이 설치되어 있다. 이 스위치는 검출기가 구동 휠(Wheel)을 넘어서 빠지는 것을 막는 역할을 한다.

5-패스와 밀봉 테이블 사이의 교정 패스(Calibrate Path)에 있는 교정 제한 스위치는 검출기에 의해 구동되며, 검출기가 교정 패스에 삽입될 때 주제어실 제어반에 표시 램프를 켜준다.

마. 검출기 전류 정보 취득 (Detector Current Readout)

검출기 전류를 측정하기 위하여 노내 계측 계통 패널에 0 ~50 μ A 전류계가 설치되어 있으며 Full Scale이 150이나 500 μ A 또는 1.5나 5mA가 되도록 분류(Shunt)하기 위하여 계기 밑에 스위치가 부

착되어 있다. 전류계와 직렬로 연결된 100Ω의 다중 가변 저항기(Multiturn Potentiometer)와 분류기(Shunt)는 기록계(Recorder)와 컴퓨터에 출력 신호를 제공한다. 이 출력은 다시 같은 영역 스위치(Range Switch)에 의해 분류되어 50mV와 1.0V Full Scale 신호가 기록계와 컴퓨터로 들어간다. 다중 회전용 전위차계는 검출기를 교정하는데 사용한다.

바. 기록계 (Recorder)

2개 펜을 가진 2대의 기록계가 설치되어 있다. 기록계 차트 속도는 구동 모터의 저속도와 동기되어 있어 차트가 1인치 움직이는 것은 검출기가 10인치 움직이는 것에 해당한다. 패널 전면에서 보아 왼쪽에 있는 기록계는 검출기 A와 B에서 오는 신호를 감시하고, 오른쪽에 있는 기록계는 검출기 C와 D에서 오는 신호를 감지한다. 그리고, 기록계는 언제나 수동으로 작동시킬 수 있으나, 스캔(Scan)이나 레코드(Record) 누름 스위치를 누르면 자동으로 동작한다.

5. 제어설비 개선

가. 개선 방향

검출기 1개 또는 2개로 모든 Flux Mapping이 가능할 수 있는 방안으로 개선하였다.

주요 개선 내용은 다음과 같다.

- Path Selector 방식 : 6 Path - 15 Path Selector 방식
- Encoder : Optical 2 Pulse Encoder 방식
- Drive Motor Speed Control : Inverter를 활용한 가변속 제어 방식
- 검출기 전압 가변 : Flux Mapping시에만 정상 전압인가 방식
- Flux Mapping : 완전 자동화로 1개 이상의 검출기와 Drive로 모든 Thimble에 대해 Flux Mapping이 가능한 완전 자동방식, 수동 제어 기능 제공
- 제어 시스템 H/W : 제어기능, 신뢰성, 정비성, 품질등급 등을 고려하여 DCS, PLC를 사용한 디지털 제어 설비 채택

나. 주요 개선 기능

1) 자동 제어 기능

가) 완전 자동 운전

이 기능은 완벽한 자동 제어 기능을 의미하며 어떤 Transfer가 회전하여야 하는지, 어떤 Drive가 이동하여야 하는지를 완전 자동으로 결정한다. Automatic Map Function은 Automatic Map Sequence를 결정하기 위하여 MMI 정보를 변환한다. MMI Computer를 통하여 운전원이 Automatic Sequence를 입력하면, 이 정보에 의하여 Host Controller는 Transfer를 회전한 후 검출

기를 이동한다. Manual Map Mode도 이와 유사하다. 운전원은 Automatic Map Mode 상에서 Pause 기능을 이용하여 검출기가 Top of Core 혹은 Withdraw Limit Switch 후단에서 멈추게 할 수 있다.

나) 고장 Drive 자동 배제

사용할 수 없는 Detector는 Automatic Map 기능으로부터 배제될 수 있으며, Console은 나머지 Detector를 사용하여 필요한 Thimble로부터 Data를 얻기 위하여 Sequence Order를 자동적으로 재조정한다. 이 배제 기능은 Mapping이 가장 작은 Path로 완료될 수 있도록 배치하는 기능도 제공한다. Map은 4개 검출기 중 하나만 사용 가능하여도 자동적으로 완료할 수 있다.

다) Automatic Plateau Curve

노내 핵계측 디지털 제어 설비는 자동으로 각 검출기에 대하여 CRT 상에 Detector Voltage vs. Current (Plateau) Curve를 표시하며, Curve는 각 Detector Voltage를 결정하는데 사용된다.

라) Detector Voltage Control Function

이 기능은 Plateau Curve에서 결정된 검출기 전압을 제어하고, 검출기 전압 상태를 MMI에 표시하도록 제공한다.

마) Automatic Current Normalization

각 Detector를 Calibration Path를 Reference로 Flux Mapping 한 후에 각 Detector의 특성 차이를 보상하기 위하여 노내 핵계측 디지털 제어 설비는 각 검출기의 측정치에 대하여 Normalization을 자동으로 계산하여 서로 다른 Detector로 Flux Mapping하여도 유용한 Data로 사용할 수 있도록 한다.

바) Motor Speed Control

이 기능은 Detector의 보호와 Flux Mapping 시간을 단축하기 위하여 Motor Speed를 때로는 저속, 때로는 고속으로 Control하는 기능을 말하며 Inverter의 가변속 기능의 입력 신호를 제어하는 것이다.

2) 보호 기능

가) Transfer Control Function

Transfer Control Function은 6-Path 와 15-Path Transfer의 위치를 제어한다. 또한 이 기능은 검출기가 삽입된 상태에서는 Transfer가 회전하지 않도록 하는 Interlock을 가지고 있다. 또 다른

Interlock은 15-Path Transfer에서 사용되지 않는 Port로 Transfer가 돌거나 멈추지 않도록 한다. Transfer Diagnostic 기능은 Transfer시 어떤 위치에서 다른 위치로 정확하게 Transfer되었는지 감시하고 필요한 Transfer 시간도 점검한다. Automatic Map Mode 혹은 Manual map Mode에서 검출기가 삽입되기 전에 Transfer Test를 수행하는데 모든 6-Path 나 15-Path 위치를 읽게된다. 각 6-Path Transfer 위치는 동일한 15-Path Transfer를 사용하는데 한 개 이상의 6-Path Transfer 가 선택되지 않았는지 확인한다.

나) Drive Control Function

Drive Control Function은 Flux Mapping System의 각 Drive를 정확하게 움직이고 위치시킨다. 또한, 검출기 위치에 따라, 검출기 전류 측정값을 읽어야하는 시간을 결정한다. 검출기가 이동하는 동안에는 검출기가 Path 내부 마찰에 의해 이동을 멈추었는지, Drive 속도가 설정치 범위 안에 있는 것인지를 진단한다. 또 다른 Diagnostic에는 Resolver Feedback Check, Detector Current Calibration Test, Detector Voltage out of Tolerance Test 등이 있다.

3) 운전 편의

가) MMI 화면 제공

Operator가 Flux Mapping하는데 필요한 모든 정보가 다양한 그래픽과 함께 Menu로 제공한다.

나) Software Setpoints

Operator가 메모리에 저장된 특정 Alarm 및 Default Setpoint를 변경 가능하게 하는 Setpoint Menu가 제공된다.

다) Detector Travel Limits Stored for Each Thimble

Thimble Travel Limit가 모든 Thimble 내의 모든 Detector에 대하여 저장된다. (기존 System에서는 Normal Thimble에 대해서만 저장됨)

라) Global Limits Feature

새로운 Detector가 선택되었을 때, Global Limit Change는 특정 Detector에 대한 모든 Limit를 자동적으로 변경하며, 이것은 다른 Helical Drive Cable Pitch 혹은 Spacing에 대한 변경을 조정한다.

마) Map Sequence Storage Feature

여러 가지 Automatic Map Sequence를 영원히 저장하기 위한 4개 다른 Sequence Menu가 제공

되며, 특정 Sequence를 수행하기 위해서는 단지 Sequence Number만 필요하다.

바) Manual Control Box

구동장치가 있는 격납용기내의 현장에서 Detector를 쉽게 전후로 움직일 수 있도록 하는 Manual Control Box를 개발, 활용한다.

사) Data 처리

이 기능은 운전원이 Map Data를 보내 핵계측 디지털 제어 설비에서 처리하던지 외부 기기로 옮길 수 있도록 한다.

4) 고장진단 및 경보 기능

노내 핵계측 디지털 제어 설비 자체의 고장이나 Path Transfer, Drive Motor, Invertor 등의 주요 장치의 이상 발생 시에 이를 감지하고 판별하여 고장상태를 운전화면이나 프린터에 경보를 나타내어 신속한 대응이 가능하도록 한다.

6. 결론

노내 핵계측 계통 구동기 제어와 측정된 자료 처리를 완전 자동화할 수 있는 디지털 제어 설비를 개발하여 고리1호기에 설치, 운영하도록 한다.

노내 핵계측 계통의 제어설비는 기능성, 경제성, 활용성 등을 고려하여 최신 디지털 제어 설비로 개발하여 외국회사에 따라 현장설비가 약간씩 다르더라도 현장 신호와의 Input/Output Interface 부분과 제어 알고리즘만 보완, 수정하면 대부분의 Hardware와 Software를 그대로 적용할 수 있도록 개발하도록 한다.

특히 Software는 사용자가 수동으로 계속 조작하는 불편함을 덜고 운전 시간을 대폭 단축시키기 위하여 사용 가능한 검출기 수에 관계없이 전자동으로 원자로 내 출력분포를 측정하고, 관련 Data처리를 함께 할 수 있는 방식으로 개발할 예정이다.

현재 국내 원전에서 운용 중인 노내 핵계측 제어 설비와 최신 노내 핵계측 디지털 제어 설비에 대한 조사, 분석을 수행하고, 인허가에 관련된 절차와 자료를 조사하여 현장 적용에 대비하며, 신호처리와 Interface 연구, 고기능성을 가진 고장진단 및 제어 알고리즘과 Data 처리 S/W를 개발하고, 현장 설치 설계에 필요한 설계변경 자료 작성을 하여 발전소에 제공하고, 노내 핵계측 디지털 제어 설비를 설계, 제작하고, 고리1호기의 기존 제어 설비의 철거와 시작품 설치공사를 시행하여 H/W, S/W 시험을 거쳐 시운전과 성능개선을 마친 후 발전소 제어설비로 활용할 수 있도록 한다.

9. 참고 문헌

1. Flux Mapping Systems 기술 조사 (TM,97SS10,R1998,59, '98.1.)
2. 고리1호기 노내 핵계측 제어 논리 분석 보고서 (TM,97SS10,P1999,208, '99.4.)
3. 노내 핵 계측 제어 시스템 개발에 따른 인허가 검토 보고서 (TM,97SS10 ,P1999,208, '99.4.)
4. 노내 핵계측 설비 분석 보고서 (TM,97SS10,P1999,221, '99.4.)
5. 노내 핵계측 제어 시스템 구조 개발 (PLC 기반 구조) (TM,97SS 10,P1999,308, '99.7.)
6. 노내 핵계측 계통 제어설비 개발 중간보고서