

2004 춘계학술발표회 논문집

한국원자력학회

하나로 NTD 회전 감시 장치 개발

Development of Rotation Monitoring Device
for Neutron Transmutation Doping of HANARO

박주문, 최영산, 김영기, 김민진, 우중섭

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

중성자 도핑(Neutron Transmutation Doping)은 연구용 원자로의 이용 분야 중 하나로 알려져 있다. 하나로에서는 대전력용 반도체 소자로써 널리 이용되고 있는 NTD-Si의 상업적 생산을 2003년부터 실시하고 있다. NTD는 실리콘에 중성자를 이용하여 도핑 하는 장치로서, 단결정의 평면적인 균일도를 만족스럽게 하기 위해서는 회전이 필요하며, 회전상태를 감시하기 위해서 '회전감시시스템'을 개발하게 되었다.

개발된 회전감시시스템은 NTD 내부에 장치되는 센서부, 현장 NTD 제어패널에 장착되는 제어부와 제어실에서 회전을 감시할 수 있는 회전 상태 표시 및 경보 처리부로 크게 3개 부분으로 구분되어지며, 현장시험을 통하여 센서의 동작과 RPM Meter의 주기계산 및 경보 발생은 충분히 만족할만한 결과를 확인하였다.

Abstract

NTD(Neutron Transmutation Doping) has been known as a field of utilization of research reactor. Commercial production of the NTD-Si which is widely used for high-power semiconductors has been under way in HANARO since 2003. As the NTD device dopes silicon with neutron, the silicon needs to be kept rotating so that RRG(Radial Resistivity Gradient) is lower than 5%. So we developed a Rotation Monitoring Device for NTD of HANARO.

Developed Rotation Monitoring Device is divided into sensor, local and control-room

controller. Throughout field application tests, sufficiently satisfactory results in sensor, RPM meter and alarm device are obtained.

1.0 서론

하나로 중수 반사체 영역에 두개의 수직 조사공이 설치되어 있으며, 단결정을 조사할 수 있는 중성자 도핑 장치에는 조사통의 회전 및 상하 운동을 위한 구동장치와 제어장치가 설치되어 있다. 길이 30cm의 원기둥형 실리콘 단결정을 조사통에 넣어 조사공에서 도핑작업을 하게 된다. 이때 원통형 실리콘 단결정은 중성자속에 노출되게 되고 중성자와 반응하게 되는데, 중성자속의 진행방향과 수직으로 대응하는 면과 그렇지 못한 면은 평면적 균일도를 나타내는 RRG(Radial Resistivity Gradient)가 5%이상으로 분포하게 되고, 이는 생산 반도체의 품질을 저하 시킨다. 이러한 현상을 방지하기 위해서 단결정을 조사공에서 일정한 속도로 회전시킴으로써 중성자 조사량의 균일도를 만족시킬 수 있도록 한다. 양질의 반도체를 생산하기 위해서는 조사량의 균일도가 매우 중요하고 이를 위해서는 조사장치의 회전속도가 중요 변수이므로 회전상태 감시장치의 필요성이 제기 되었다.

회전 감시장치는 센서에서 신호를 감지하여 현장 제어판넬에 회전상태를 지시하고, 주 제어실의 제어기에 회전상태를 표시되도록 했고, 조사통의 회전속도가 설정값을 벗어나게 되면 경보가 발생되도록 하여 근무자가 신속하게 대처할 수 있도록 했다.

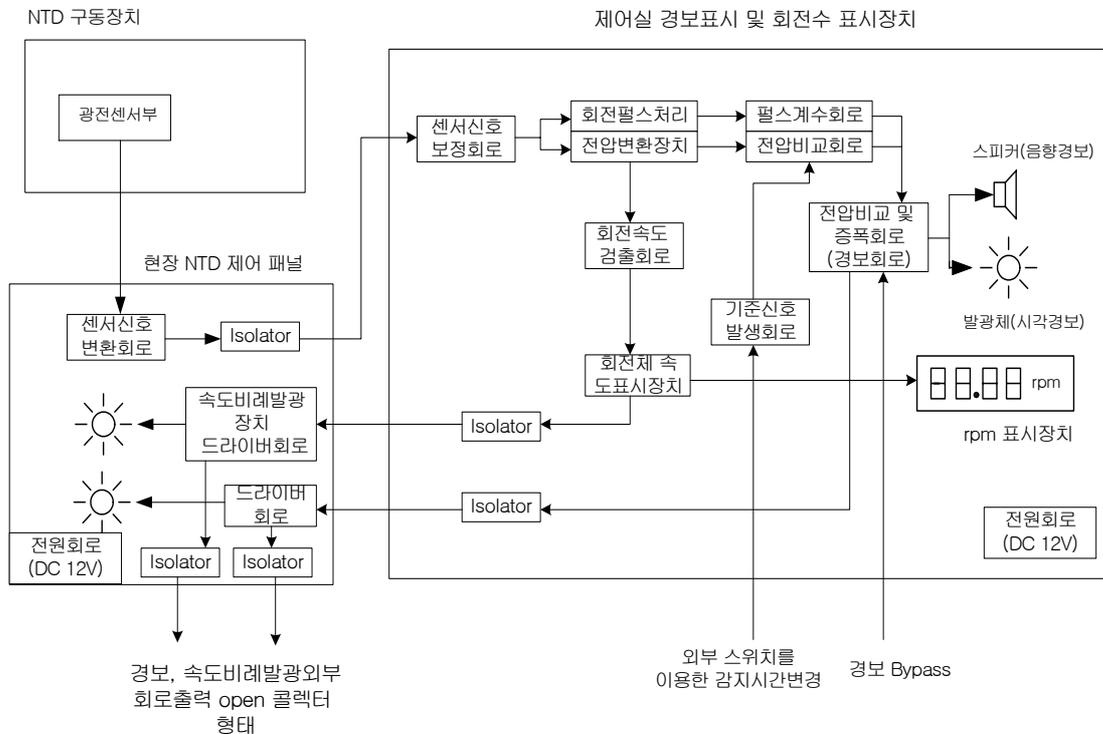


그림 1. 회전체 감시계통 구성도

2.0 센서

NTD 구동장치에 추가적인 회전체감지센서를 부착하여 회전에 비례하는 펄스 신호를 얻어내는 것이 광전센서부이다. 이 광전 센서는 빛으로 회전체를 감시하는 비접촉식 센서이며 별도의 전원회로를 가지고 있지 않다. 전원은 현장 NTD 제어패널에서 공급한다. 여기에 사용된 센서는 omron 사의 EE-SPX403 광전센서이며 커넥터 타입으로 사양은 다음과 같다.

<표 1> 광전 센서의 사양

형 식	검 출 거 리	표준검출물체	출 력 형 태
EE-SPX403	13 mm	2.2×05 mm 이상	입광시 ON

2.2 현장제어부

현장 제어 패널에는 센서신호처리장치와 경보표시장치, 속도비례발광장치 및 경보신호를 격리장치(Photo-isolator)를 통해 외부로 보내는 출력장치를 가지고 있다. 이 출력장치는 Open Collector로 출력하며 외부의 전원이 있어야 동작할 수 있으며, 최대 전압은 35V, 최대 전류는 50mA를 흘릴수 있다. 따라서 외부 전원으로 현장제어부 내부에 DC 12V 전원공급장치를 설치하였다. 이 출력 장치는 외부의 다른 장치가 회전체 감시 장치의 신호(경보신호 및 회전수비례 신호)를 이용하고자 할 때 편리하게 인출하여 이용할 수 있도록 설계하였다. 센서와 현장 NTD 제어패널사이의 결선은 그림 2. 와 같이 구성되어 있다.

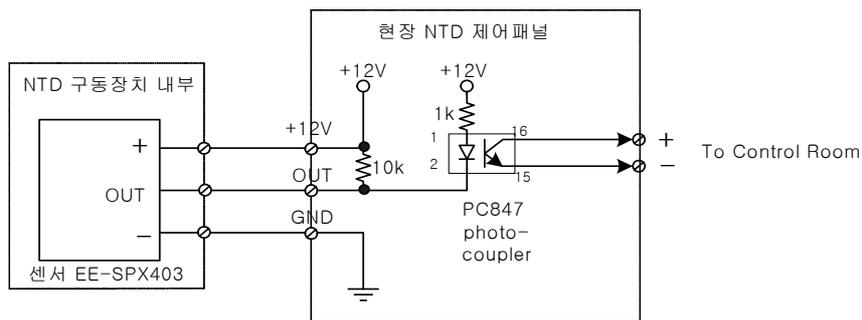


그림 2. 광전센서와 현장제어기의 결선도

센서에서 전송된 신호는 현장 제어기의 신호처리 장치로부터 주 제어실 제어기로 전송되고 주 제어실의 제어기는 경보출력과 회전수비례신호로 변환하여 현장 제어기로 재전송하게 된다. 현장 제어기는 재 전송받은 회전비례신호와 경보신호를 외부의 발광장치에 회전수에 따라 점멸하는 신호를 생성한다. 경보는 회전체의 속도가 느려지거나 규정된 속도를 초과하게 되면 발생하

게 된다. 속도비례 점멸장치는 회전체가 돌아가는 숫자만큼의 신호를 발생하여 시각적으로 회전체의 회전속도 정보를 표시함으로써 현장 근무자가 이상 유무를 인식할 수 있도록 설계되었다. 그림 3은 현장 제어기의 전면 사진과 후면 단자대를 나타낸다.

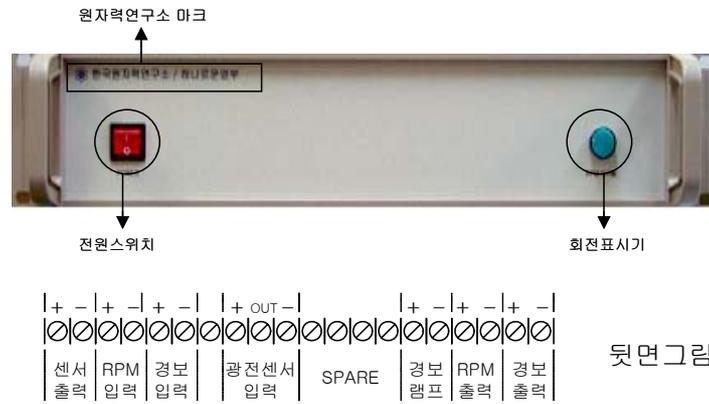


그림 3. 현장제어기 전면 및 후면 구성도

■ 제어기 조작 및 동작

- 전원스วิต치를 ON 하면 제어기와 센서에 전원을 공급하게 된다. 전원이 공급되면 전원스위치에 적색의 표시등이 들어온다.
- 녹색의 회전 표시기는 회전수에 따라 점등을 하게 된다.

2.3 주 제어실 제어기

주 제어실의 경보표시 및 회전체 속도표시장치는 현장 제어 판넬에서 전송된 센서신호를 이용하여 속도표시기에 분당회전수(rpm)를 표시하고, 회전수에 비례하는 점멸장치를 제어하며, 회전수가 설정치를 초과하거나 미달되면 경보를 발생한다. 경보신호와 회전수 비례점멸장치의 신호를 Isolator를 통해 현장제어장치로 재전송하게 설계되었다.

경보는 시각적 경보(발광장치점등)와 음향경보를 겸비하여 동시에 작동하도록 하였다. 경보가 발생하여 경보음이 발생하면 외부의 가변저항을 조절하여 음량을 조절할 수 있다. 그리고 음향경보의 필요성이 없어지면 제어기의 전면판넬에 있는 경보 리셋 스위치를 이용하여 경보음향을 제거할 수 있다. 현장 기기의 수리와 같은 상황이 발생하게 되면 경보를 바이패스할 수 있도록 하였다. 이때는 반드시 운전원이 매뉴얼로 동작을 시키고 매뉴얼로 해제를 시켜야 정상 동작이 가능하다. 그림 4는 주 제어실 제어기의 전면 구성도와 후면 단자대를 나타낸다.



그림 4. 주 제어실 제어기 전면 및 후면 구성도

■ 제어기 조작 및 동작

제어실의 제어기는 현장기기의 신호를 입력받아 신호처리한 다음 회전수 표시기의 입력에 신호를 인가한다. 전체적인 구성은 그림 4와 같다.

- 녹색 램프(RPM 지시창) : 회전수에 비례하는 점멸신호 표시창
- 적색램프(경보표시창) : 경보 발생시 경보 점멸
- RPM Meter : 현재의 회전수를 디지털로 표시
- 스피커 : 음향경보
- 볼륨 : 음향경보 소리 세기 조절
- 경보 바이패스용 주황색 스위치 : 경보신호 바이패스 기능
- 경보 바이패스 표시 LED : 경보 바이패스 표시기능
- 음향경보 ON/OFF 스위치 : 음향경보 ON/OFF 기능
- 전원 스위치 : 전원 ON/OFF기능

■ RPM Meter 조작

MP5Y Series 를 이용한 RPM Meter는 NTD 장치의 회전수를 디지털로 표시함으로써 원거리 근무자가 회전 상태를 간편하게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 각종 비교값을 설정하여 기준값 이하에서 경보를 발생시키므로 근무자로 하여금 신속한 대응을 유도한다.

MP5Y Series는 Parameter 0 ~ Parameter 3까지 4개의 파라미터 그룹과 F1 ~ F13까지 13개의 모드로 구성된다. 회전수와 속도를 연산하는 모드는 F1 모드이며 이 모드는 Parameter 1 그룹에서 설정하고, Parameter 2에서 각종 비교값을 설정할 수 있다. 그림 5는 RPM Meter의 전면을 나타내고, NTD 장치에서의 회전 감시 시스템은 아래와 같이 설정한다.

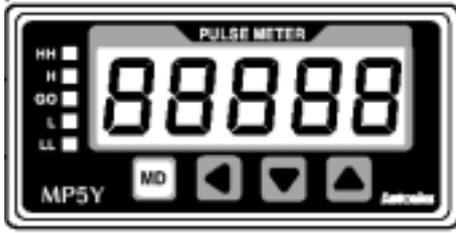


그림 5. RPM Meter 전면

- **[MD]** 를 3초간 누르면 **PARA 1**(Parameter 1 그룹)으로 이동한다.
- **PARA 1** 상태에서 2초를 기다리거나, **[MD]** Key 를 누르면 **mode**(mode)로 이동한다. RPM Meter의 화면에는 **mode**와 **F1** 이 번갈아가면서 깜박이고, **[↓]**, **[↑]**을 누르면 F1 모드에서 F13모드까지 변경이 가능하며, 회전수는 F1모드에서 연산한다.

- 변경된 설정을 저장하려면 **[MD]** Key를 2초간 누르면 운전 상태로 복귀한다.
- **[MD]** Key를 4초간 누르면 Parameter 2 그룹으로 이동한다.
- **[MD]** Key를 다시 누르면 소수점의 위치를 변경할 수 있는 화면으로 이동하며 **[↓]**, **[↑]**로 변경이 가능하다.
- **[MD]** Key를 한번 더 누르면 비교값을 변경할 수 있는 화면으로 이동한다. **[MD]** Key를 한번씩 누를 때 마다. HH, H, L, LL 설정값을 변경할 수 있는 화면으로 이동하고, **[↓]**, **[↑]**를 이용하여 변경이 가능하다.
- 변경된 설정값을 저장하려면 **[MD]** Key를 2초 이상 누르면 Data가 저장된다.

2.4 결선도

하나로 회전체 감시계통 전체 결선도는 그림 6과 같이 되어 있다. 각 부분의 구성은 앞에서 설명했으며, 여기서는 현장의 기기와 주 제어실의 기기와 결선을 나타낸다.

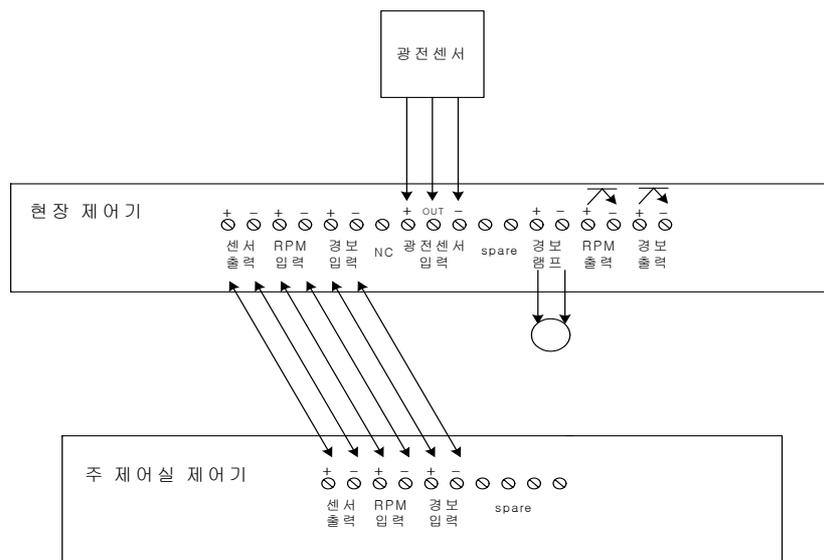


그림 6. 결선도

3.0 결론

NTD 회전 감시 장치는 NTD 구동 장치 운전에 있어서 회전의 역할이 중요함에도 불구하고, 현장에서 상시 감시할 수 없는 단점을 보완하여 원거리 감시를 가능하게 함으로써 제품의 불량률을 낮추고자 하는데 목적이 있다.

회전감시장치는 Sensor부, 현장 제어기 및 주제어실 제어기로 구분되며, Sensor는 광전 센서를 사용하여 NTD 구동장치 운전에 영향을 주지 않도록 내부에 설치하였고, 현장제어기는 시각적으로 회전상태를 알 수 있도록 램프 점등 회로를 구성하였다. 제어실 제어기에는 RPM Meter와 경보회로를 구성하여 현재의 회전속도를 간편하게 확인할 수 있게 구성하였으며, 설정값 이하의 속도에서는 경보음과 점등 램프가 동작하여 근무자가 비정상 상태를 쉽게 인식할 수 있도록 설계하였다. 또한 경보음과 점등 램프에는 바이패스 회로를 구성하여 경보 신호 제거가 간편하도록 설계하였다.

현장시험을 통하여, 센서의 동작과 RPM Meter의 신호처리 기능을 확인하였고, 설정값을 벗어나는 순간 경보가 발생하여 상당히 만족할 만한 결과를 얻었다. 회전감시장치의 설치로 인해서 제품의 불량률을 낮추고 고품질의 제품 생산에 상당한 도움을 줄 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 전병진 외, “하나로의 중성자 도핑 기술 개발”, HANARO Workshop 2001, 2001. 12
- [2] 조영갑 외, “하나로 NTD 구동장치 개발”, 한국원자력학회 주계학술발표회 논문집, 2002. 10