

# 자동 감마 증류탑 검사 장치를 위한 방사선 계측장치 설계

## Design of radiation detection circuit for gamma column scanning

김 중 범\*, 정 성 회\*\*

\* 한국원자력연구소(전화:(042)868-8050, 팩스:(042)862-6980, E-mail : jong@kaeri.re.kr)  
\*\* 한국원자력연구소(전화:(042)868-8057, 팩스:(042)862-6980, E-mail : shjung3@kaeri.re.kr)

**Abstract :** In this paper, a design of radiation detector for gamma column scanner is introduced. Distillation column is important unit in petro-chemical industries, and its on-line diagnose is very important. To get density profile measured by the radiation transmitted through column is well method for on-line diagnose as gamma scanning. For this purpose radiation detection circuit, radiation source and mechanical system for moving source and detector are required. Conventional radiation detection circuit for this application is sensitive to electric noise because of interface between the radiation circuit and the controller for mechanical system. The radiation detection system introduced here is using loop coil instead of slip ring to remove contact noise. Radiation detection system designed here for gamma scanning consist of BGO detector, high voltage circuit, PHA circuit and FSK modem. The BGO detector is used as radiation sensor, high voltage circuit and peak height analysis circuit is essential to process the signal generated from BGO detector. Micro controller convert measured data into ASCII data. FSK modem transmit ASCII data. Transmitted ASCII data is picked up in antenna coil and processed for combined function with mechanical system. This method gives good result by isolating the controlling circuit of mechanical system from radiation detecting circuit which is sensitive to noise.

**Keywords :** Column scanning, Radiation, Radiation detector, Radiation detection circuit

### I. 서론

증류탑은 석유화학 시설에서 최종 생산물을 분리 또는 정제하는 중요한 장치중의 하나이다. 감마선원 및 방사선 detector를 이용하여 증류탑의 측면 밀도분포도를 얻는 것이 증류탑의 가동 중 진단을 위해 사용되는 방법 중의 하나이며, 이러한 작업을 자동화 하기위한 시도가 국내외에 있어왔다. 본 논문은 감마선을 방출하는 동위원소를 이용한 증류탑 검사의 자동화를 위해 개발된 자동 증류탑 검사장치중 방사선 계측장치 및 데이터 전송회로의 설계에 대한 것이다. 증류탑 검사 장치에서 이동하는 방사선 detector와 고정되어있는 방사선 계측장치 및 구동장치와의 신호전달을 위해 slip ring의 구조를 갖는데 접점을 통한 신호전달은 노이즈에 취약하게 된다. 따라서 본 논문에서는 방사선 계측 부분을 노이즈의 영향을 상대적으로 덜 받는 유도 coil 의를 통한 데이터 전송을 하고 이를 위한 적합한 FSK modem의 설계 및 방사선 계측회로를 제안하고 이를 구현하여 실험 결과를 제시함으로써 개발 장비의 효용성을 보이고자 한다. 이를 위해 방사선 detector와 이를 위한 고전압 발생장치 PHA 회로 등을 저 전력용으로 설계하여 검출기 내에 포함시키고 modem을 통하여 변조된 계측신호를 유도 coil을 통하여 전송하도록 하였으며 이들 회로는 내장 battery로 동작되도록 하였다. 이러한 방법은 외부 전원으로 동작되는 기계장치 구동회로와의 전기적으로 절연이 되도록 하여 구조적

으로 노이즈에 취약한 방사선 계측부분을 안정되게 동작함을 보이고자 한다.

### II. 감마선 이용 증류탑 검사원리

감마선원을 이용하여 증류탑을 진단하는 기술은 1960년 이후 계속되어오는 것으로 시설을 건전성을 유지하고 공정의 최적화를 위한 매우 유용한 결과를 제공한다. 방사선 선원으로부터 증류탑을 투과한 방사선을 계측함으로써 증류탑의 측면 밀도 분포를 측정할 수 있다. 방사선 선원과 비교함으로써 내부 tray의 손상여부, flooding의 유무 등을 알 수 있다.



그림 1 증류탑

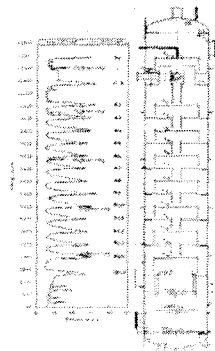


그림 2 증류탑 검사

감마선 진단기술은 다음 수식에 근거를 두고 있다.

$$I = I_0 \times e^{-\mu \rho \tau} \quad (\text{식1})$$

여기서 I는 최초  $I_0$ 의 세기를 갖는 방사선이 두께가  $\tau$ 이고 밀도가  $\rho$ 인 매질을 통과한 후의 방사선 세기이며,  $\mu$ 는 주어진 방사선의 에너지와 매질에 의해 정해지는 질량감쇄 계수이다.

$$\rho = \frac{\ln I_0}{\mu \times \tau} - \frac{\ln I}{\mu \times \tau} \quad (\text{식2})$$

매질의 밀도는 식2로서 나타나 지며 그림2는 그림1과 같은 증류탑에 대한 투과 방사선을 측정 후 길이 방향에 따른 식2에 의한 밀도분포를 표시한 것이다.

### III. 자동 증류탑 검사장치의 방사선 계측장치

자동 증류탑 검사장치는 이러한 증류탑 검사작업을 자동화한 장비로 선원과 방사선 검출 부를 동일한 높이로 이동하면서 위치데이터와 방사선 계측데이터를 동시에 측정하여 기록하는 기능을 한다. 그림3은 한국 원자력연구소에서 개발한 증류탑 검사장치로서 방사선 계측부와 Co-60선원, 위치제어 장치 및 제어박스로 구성되어 있다.

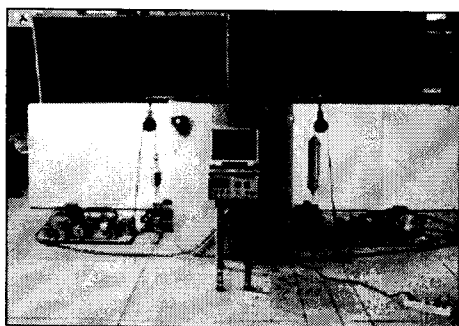


그림 3 자동증류탑 검사장치

그림4는 자동 증류탑 검사장치의 방사선 계측부분으로서 BGO scintillator 및 PM tube, 고전압발생장치 및 펄스분석회로, FSK modem 및 이들의 제어를 위한 micro controller로 구성되어 있다. 일반적으로 scintillaor 및 PM tube을 이용한 검출기는 600~1500 Volt의 직류가 필요하게 된다. 그림4와 같은 구성은 이러한 battery가 내재되어 고전압의 공급을 케이블을 통해 할 필요가 없게 될 뿐만 아니라 데이터 전송길이에 대한 신호감쇠에 대한 문제를 근본적으로 해결할 수 있게 된다. 신호 감쇄로 인해 일반적인 방사선 계측기의 구성으로는 최대 수십m정도가 케이블길이의 한계이다.

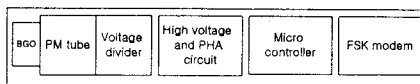


그림 4 방사선 계측부의 구성

그림 5는 그림 4에 포함된 고전압 발생장치의 회로도로서 feed back 제어회로가 부속된 Blocking oscillator이다. 설계된 고전압 발생장치는 5V DC 전원으로서 PM tube에 750V 전압 공급시 30mA이하의 전류를 소비한다.

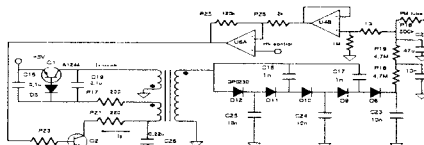


그림 5 고전압공급회로

PM tube에 고전압을 인가하게 되면 펄스형태의 방사선 신호가 검출되는데 방사선 에너지에 비례하여 펄스의 크기가 결정된다. 따라서 방사선 펄스에 따른 계측이 중요하게 된다. 그림6은 펄스분석회로로 일정 level 사이의 에너지크기만 갖는 전기펄스에 대해서만 TTL 펄스를 출력하게 된다.

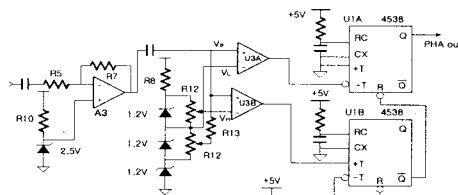


그림 6 펄스분석회로

펄스분석회로에서 발생된 펄스는 micro controller에서 계수된 후 ASCII code로 변환되어 121kHz 및 129kHz로 FSK 변조되어 전송된다. 그림 7은 FSK 변조를 위해 고안된 회로로서 데이터 입력에 따라 8MHz를 1/62또는 1/66분하여 mark 또는 space 주파수를 만들며 4800 bps의 전송속도를 갖는다.

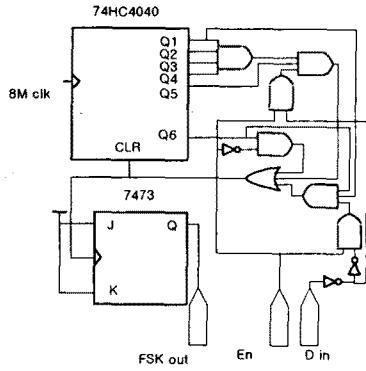


그림 7 FSK 변조회로

FSK 변조 신호는 동축 cable을 거쳐 drum축에 부착된 loop coil을 통해 전송되고 고정 축에 부착된 loop coil을 통하여 수신된다. cable drum은 step motor에 의해 구동되며 수신된 방사선 계측데이터는 위치제어 장치로부터의 위치데이터와 함께 PC로 전송된다.

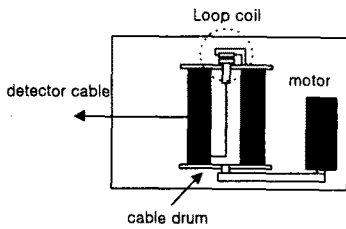


그림 8 케이블 드럼 및 loop coil

방사선 계측장치부분과 이부분의 위치를 제어하는 기계장치는 cable drum의 회전에 의해 slip ring과 같은 형태 connector가 필요하게 된다. 여기서는 그림9와 같은 loop coil을 사용하여 송수신을 하도록 하였다. 코일을 그림9와 같이 circular type으로 감았을 때의 인덕턴스는 식3와 같이 된다. a는 1.5cm h는 3mm, 인덕턴스는 1.62 mH의 값을 갖도록 하여 1nF의 C와 125kHz에서 공진을 일으키도록 구성되었다.

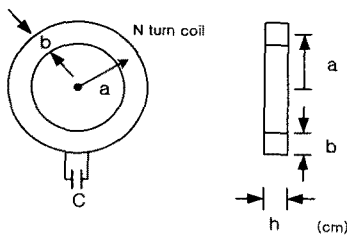


그림 9 Loop coil

$$L = \frac{0.31 (aN)^2}{6a + 9h + 10b} \text{ (}\mu\text{H)} \text{ (식3)}$$

#### IV. 실험 및 결과

PM tube을 위한 고전압 공급 장치는 저 전력을 소비 하면서 ripple이 없는 고전압을 공급하는 것이 이상적이다. 설계된 고전압 공급장치는 DC 1000V공급시 2mV 미만의 ripple 전압을 가지며, 그림 10과 같은 출력 곡선을 갖는다. 여기서 x축은 control 전압(0~2v) Y축은 이에 대한 출력 값이다.

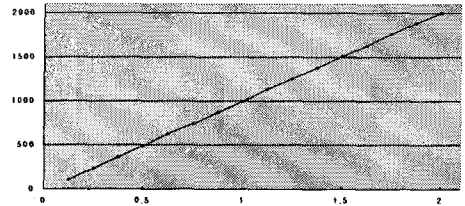


그림 10 control voltage vs output voltage

그림11은 펄스분석회로의 출력파형으로서 채널1의 PM tube로부터의 펄스 신호 중 Low level 전압과 High level 전압사이의 펄스에 대해서만 일정 폭의 TTL 펄스를 출력하는 것을 보여 주고 있다.

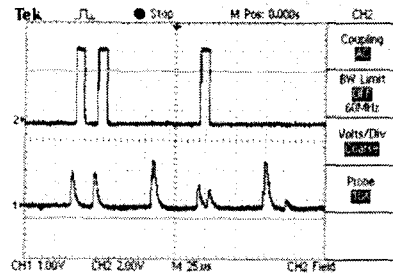


그림 11 펄스분석회로의 입력 및 출력 신호

그림 12에서 채널2는 방사선 계측장치의 micro controller회로의 ASCII 부호화된 출력신호로서 FSK 변조 회로의 입력신호가 되며 채널1은 유도 coil을 거쳐 FSK demodulator에서 복원된후 RS232 로 PC 전송되고 있는 신호이다.

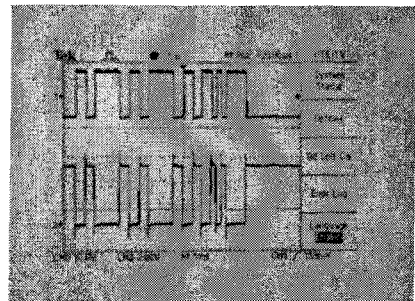


그림 12 송수신 신호

그림12은 제작된 방사선 계측장치의 회로로서 BGO detector 및 고전압공급장치 펄스분석회로 마이크로 controller 회로 FSK modem등의 Hardware사진이다.

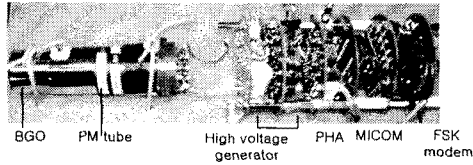


그림 13 제작된 방사선 계측장치

## V. 결론

FSK modem과 loop coil을 사용한 증류탐검사방법은 silp ring connector 이용하는 것에 비해 많은 장점을 가지고 있는데 silp ring의 회전시 마찰 noise를 줄일 수 있고, 디텍터부와 위치제어장치와의 절연을 시킴으로서 전원으로부터 발생하는 conduction noise의 영향을 줄일 수 있었다. 디텍터부와 위치제어장치의 절연은 방사선 계측부분의 battery에 의한 독립적인 동작을 요구하게 되었는데 고전압 발생장치 및 펄스 분석회로 및 FSK 발생장치 등의 설계시 가능한 저 전력 소자를 중심으로 설계하였다. 감마선 이용증류탐 검사는 국내외에 많은 응용사례가 있으나 국내는 아직 실용화 단계가 아닌 시범 실험단계에 있다. 국내의 증류탐 검사 실용화를 위해서는 여러 가지 해결해야 할 점이 많이 있으나 장비의 자동화가 중요한 요인 중의 하나이다. 국내에는 방사선 응용 장비는 기타 장비에 비해 연구가 많이 부족한 실정이고 산업에 응용할 수 있는 방사선 계측장비에 대한 연구는 더더욱 미비한 상황이다. 방사선이용 계측장비의 산업 적용은 세계적으로 증가되는 추세로 앞으로 이에 대한 많은 연구가 필요할 것으로 보여 진다.

- 본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발 사업의 일환으로 수행되었음

## 참고문헌

- [1] 정성희, 김종범, 진준하 “ 감마선을 이용한 가동 증류탐 진단실험”, 공업화학회지, 제13권 제1호,2002.
- [2] Jongbum Kim, Sunghee Jung, Joonha Jin "Design of Circuit for Detection and Measurement of Gamma radiation for Portable Nucleonic Gauge", ICEE (July, 2002).
- [3] 김종범 "RF-ID system의 설계 및 분석", 충남대학교 전기공학과 석사학위논문, 1996.
- [4] Nicholas Tsoulfanidis, "Measurement and Detection of Radiation", Hemisphere Publishing Corporation (1983).
- [5] GLENN F. KNOLL, "Radiation detection and measurement", WILEY (1989)1.