

자동 증류탑 검사장치의 계측신호 전송 향상 기법에 관한 연구

Study on the Improvement of Signal Transmission Method in Automatic Gamma Scanner

김종범, 정성희, 최병중
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150번지

요약문

감마선을 이용한 증류탑 검사는 증류탑의 높이 방향에 대한 vertical density profile을 구함으로써 tray의 건전성, flooding과 같은 내부 이상현상의 유무와 위치 등에 대한 정보를 얻을 수 있다. 증류탑을 투과한 감마선의 세기를 높이에 따라 구하기 위해서는 방사선 검출기에서의 측정신호를 100m에 달하는 동축 케이블을 통하여 전송하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 이러한 방법은 전기적 노이즈에 취약하여 방사선 계측결과의 신뢰성과 재현성을 떨어뜨리는 주요 요인이 될 뿐만 아니라, 케이블 길이의 증가로 인하여 방사선 검출기의 아날로그 출력 신호를 왜곡 변형된다. 본 연구에서는 방사선 검출신호를 디지털로 변조하여 전송시킴으로써 증류탑 진단 시 계측신호의 안전성과 재현성을 향상시켰다. 이를 위하여 방사선 검출부에 저 전력용으로 설계된 고전압 발생장치, PHA 회로와 내장 battery를 포함시켰으며, 계측결과는 MODEM과 유도 coil을 통하여 디지털 방식으로 전송시킴으로써 전송길이와 상관없이 계측신호를 안정적으로 전달할 수 있도록 하였다.

Abstract

Industrial column is one of the most important units in petrochemical industry and on-line diagnosis on it offers valuable information for the effective maintenance and the optimal operation. Vertical density profile which can be obtained from the measurement of the transmitted gamma radiation can reveal the critical clue for the on-line diagnosis. The radiation measurement result is transmitted as an analog signal through co-axial cable 100m long to data processing unit in the conventional method. The measurement is readily affected by electric noise in this method because of the

long co-axial cable and the interface between the radiation circuit and the controller for mechanical operation. The radiation detection system introduced here was designed to generate digital modulated signal by internal power supply system and signal processing circuits. The signal is sent by FSK MODEM installed inside the radiation detection system and transmitted to the data acquisition system through a loop coil which makes no physical contact between rotating part and stationery part of the column scanner. This self-powered detection system gives good solution for automatic gamma scanner by isolating the controlling circuit of mechanical system from radiation detecting circuit which is extremely sensitive to surrounding electrical noise.

Keywords : Column scanning, Gamma radiation, Radiation detector, Density profile

1. 서론

증류탑은 석유화학 시설에서 최종 생산물을 분리 또는 정제하는 중요한 장치중의 하나이다. 방사선을 이용하여 증류탑을 진단하는 방법은 증류탑의 가동 중에 내부 구조물의 진단을 위해서 감마선원 및 방사선 검출기를 이용하여 수직 밀도분포 (vertical density profile)를 구하는 것이 효과적인 방법이다. 증류탑 검사와 같이 방사선 검출기와 데이터 처리장치 부분 사이에 상당한 거리가 발생하는 상황에서는 신호 전송길이의 증가로 인한 신호 감쇄, impedance unmatching으로 인한 반사파에 의한 신호 왜곡 등이 발생하게 된다. 본 논문은 자동 증류탑 검사장치중 방사선 계측장치 및 데이터 전송회로의 설계에 대한 것으로 방사선 계측신호를 digital 변조하여 전송한 후 복조하는 방식을 사용하여 길이에 관계없이 방사선 계측신호를 계측할 수 있게 하였다. 이러한 방법은 증류탑 검사와 같이 방사선 검출기와 데이터 처리장치와의 거리가 먼 경우 매우 효과적이며 고주파 carrier 신호에 동조되는 loop coil을 사용함으로써 noise 제거기능을 갖는 장점을 가지고 있다. 또한 증류탑 검사장치의 회전부와 고정부 사이의 연결에 사용되는 slip ring을 대신하여 주변의 전기적 노이즈로부터 상대적으로 영향을 덜 받는 유도 coil을 통하여 데이터를 전송토록 하였다.

2. 본론

증류탑 검사를 위한 증류탑의 가동 중에 내부 구조물의 진단을 위해서 감마선원 및 방사선 검출기를 이용하여 수직 밀도분포 (vertical density profile)를 구한다. 이를 위해 그림 1과 같이 감마선원 및 방사선 검출기를 설치하는데 기존의 증류탑 검사장치에서는 수직으로 이동하는 방사선 검출부로부터 발생하는 신호를 고정 설치되어 있는 제어장치에

slip ring의 접점을 통하여 전달하는 구조로 되어 있다. 이러한 접점을 통한 신호전달 방식은 고전압을 100m길이의 동축 cable을 통하여 전송을 하는데, 이러한 방법은 전기적 노이즈에 취약하여 방사선 계측결과와 신뢰성과 재현성을 떨어뜨리는 주요 요인이 될 뿐만 아니라, 케이블 길이의 증가로 인한 방사선 검출기의 analog 출력 신호를 왜곡시켜 pulse height analysis등을 부정확하게 하는 주요 요인으로 작용한다.

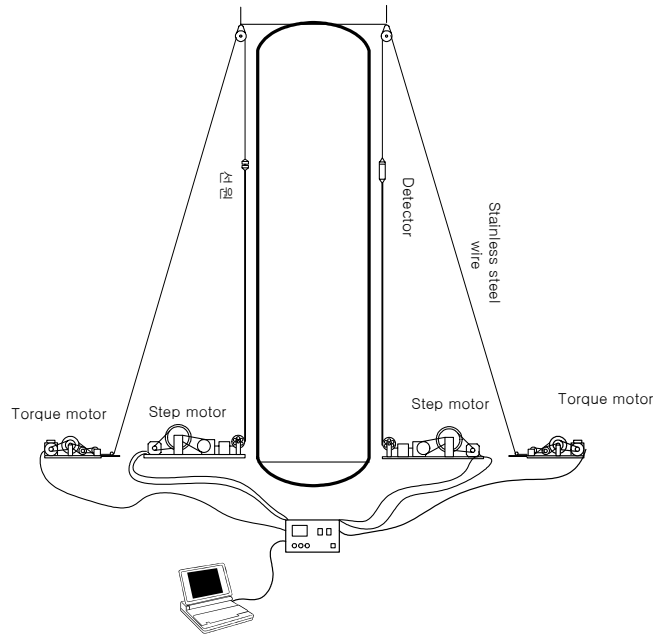
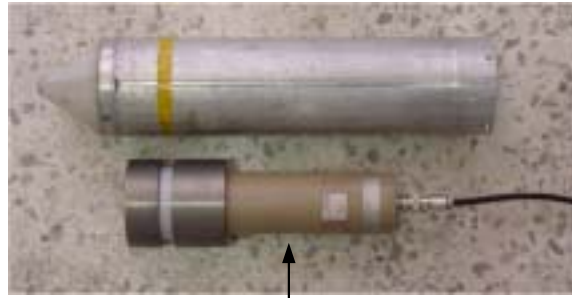


그림 1. 증류탑 수직밀도분포 측정을 위한 감마선원 및 방사선 검출기 설치의 개략도.

이를 해결하기 위하여 신호 전송 케이블에 analog pulse 대신 digital 변조 신호를 통하여 계측결과를 유도 coil을 통하여 전송하도록 하였다. 동시에 외부 전원으로 동작되는 기계 장치 구동 관련회로와는 전기적으로 절연이 되도록 하여 구조적으로 노이즈에 취약했던 방사선 계측부분을 안정적으로 동작되도록 하였다.



detector

그림 2. Analog 신호 전송방식의 방사선 검출부.

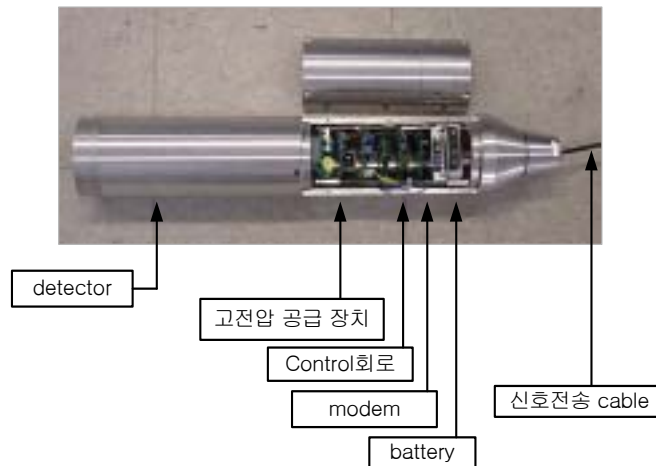


그림 3. 디지털 변조 전송방식의 방사선 검출부.

그림 2는 방사선 계측회로 및 디지털 변조부를 포함하지 않고 detector holder내에 1×1 inch NaI detector만 장착시킨 기존의 방사선 검출부이다. 이 경우에는 동축 케이블을 통하여 고전압의 공급과 함께 검출신호를 전송함으로써 케이블의 길이가 증가함에 따라 방사선 검출기에서 발생된 analog pulse가 감쇄하여 신호의 왜곡 현상이 발생한다. 그림 3은 이러한 점을 개선하기 위하여 설계 제작된 방사선 검출부로서 고전압 공급장치 및 PHA 회로 등 방사선 계측회로를 내장시키고 모뎀을 추가하여 FSK 변조된 디지털 신호를 전송하도록 하였다. 또한 증류탑 검사장치의 회전부와 고정부 사이에서의 신호전송을 위하여 사용되어 오던 slip ring을 그림 6에 보인 loop coil을 통한 유도자장 전송방식으로 대체시켜 step motor 장치와 전기적으로 절연시켜 외부의 noise를 원천적으로 차단하였고 데이터 수신부분에서는 변조된 digital 신호의 수신을 위한 modem 회로가 추가되었다.

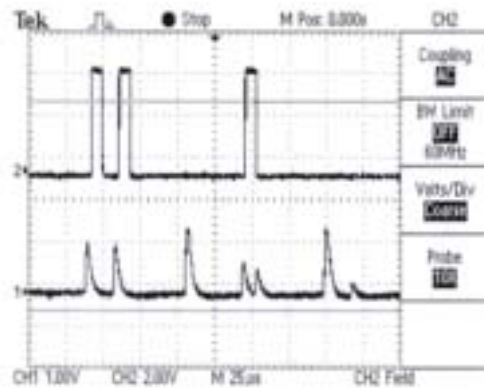


그림 4. Detector 신호 및 TTL 신호.

그림 4는 방사선 계측회로를 포함한 방사선 검출부에서의 계측신호로서 아날로그 펄스를 높이에 따라 분석한 후 TTL 변환을 한 예를 보인다. 변환된 신호는 방사선 검출부 내부의 control 회로에서 ASCII code로 변환 후 modem을 통하여 전송된다. 그림 5의 하부 파형은 상부에 보인 파형과 같이 전송된 ASCII 신호가 data logger에 있는 modem을 통하여 복조된 신호를 보이고 있다.

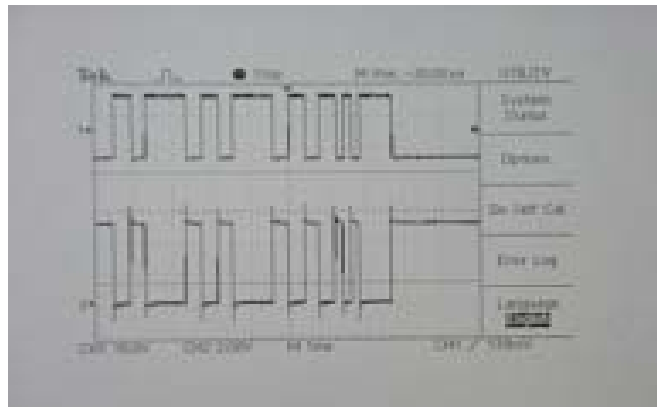


그림 5. Detector의 송신 신호 및 복조된 수신 신호.

그림 6은 step 모터의 고정부와 회전부 사이에서의 신호 전송을 위하여 사용된 유도 코일 장치를 보이고 있다. 유도 코일을 이용한 방법에서는 1차 회로와 2차 회로가 절연되어 conduction noise의 감쇄뿐만 아니라 기계적인 접촉이 없으므로 영구적인 사용이 가능하게 된다.



그림 6. 자동 증류탑 진단장치의 회전부와 고정부 연결도.

그림 7은 방사선 검출부에서 발생된 analog 신호를 직접 100m 길이의 cable을 통하여 전송한 후 측정된 Co-60의 spectrum이다. 이때 신호케이블 길이의 증가로 인한 펄스 신호 감소를 상쇄하기 위하여 약1,300V이상의 고전압을 공급하였다. 그 결과 high energy의 pulse는 pre-amp의 dynamic range를 벗어나 clipping 현상이 발생하여 그림 7에서 1.33MeV에 해당하는 peak에서 왜곡현상이 발생되었음을 알 수 있다. 그림 8의 chart는 개선된 장치에서 디지털 변조방식에 의한 측정결과로서 앞서 보인 것과 같은 왜곡현상이 개선되어 있음을 알 수 있다.

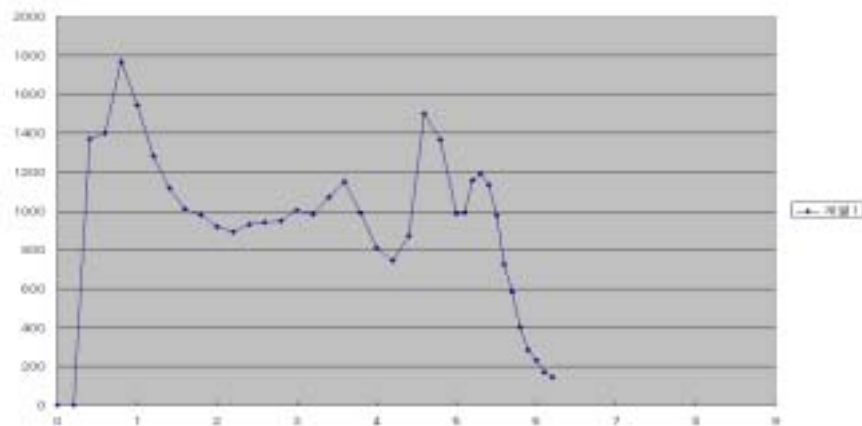


그림. 7. 아날로그 송신방식에 의해 계측된 Co-60 감마선원의 spectrum 결과.

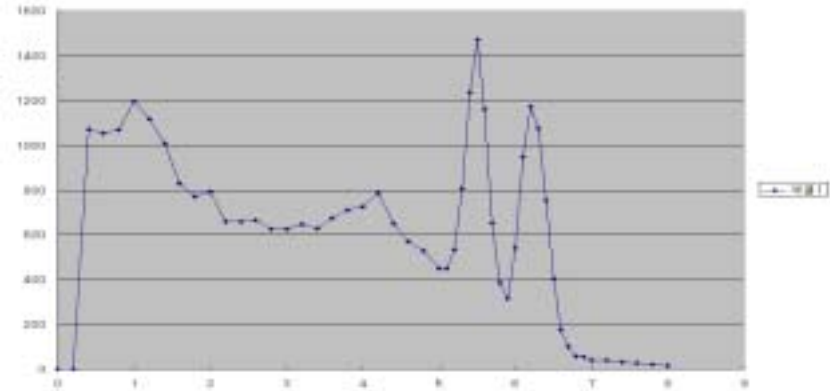


그림 8. 디지털 변조 전송 후 복원된 신호를 통한 PHA 분석결과.

표 1. 자동증류탑 검사장치의 개선 전·후 특성 비교

신호전송방식	analog 신호	FSK 변조된 digital 신호
신호 전송 거리	0~100m 이하	200m 이상
Pulse height 분석가능 유·무	Cable 길이 증가에 따른 pulse의 왜곡 발생	항상 가능
계측회로 구성	계측회로 및 Detector 분리형	계측회로 및 detector 일체형
전원 공급 장치	케이블을 통한 고전압 직접공급	battery 내장

3. 결론

Digital 변조 후 유도 코일을 통한 신호 전송방법은 step 모터를 이용한 증류탑 검사의 자동화시 silp ring connector 이용하는 것에 비해 많은 장점을 가지고 있는데 silp ring의 회전 시에 마찰 noise를 줄일 수 있고, 방사선 검출부와 위치 제어장치를 전기적으로 절연시킴으로서 전원으로부터 발생하는 conduction noise의 영향을 줄일 수 있었다. 여기서 제시한 방법은 column scanning과 같이 긴 cable을 이용한 방사선 계측실험에 매우 효과적임이 현장 실험을 통하여 입증되었다. 국내의 감마선 이용 증류탑 검사의 실용화를 위해서는 여러 가지 해결해야 할 점이 많이 있으나, 계측장비의 자동화는 이중 매우 중요한 요인으로 작용한다. 국내에는 방사선 계측 응용장비는 기타 장비에 비해 연구가 많이 부

족한 실정이고 산업현장에 활용 가능한 장비에 대한 연구는 더더욱 미비한 상황이다. 방사선이용 계측장비의 산업 적용은 세계적으로 증가되는 추세에 있으며, 앞으로 이에 대한 많은 연구가 필요할 것으로 보여 진다.

사사 (Acknowledgement)

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발 사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 정성희, 김종범, 진준하 “ 감마선을 이용한 가동 중 증류탑 진단실험”, 공업화학회지, 제13권 제1호,2002.
- [2] 김종범, 정성희 “자동 감마 증류탑 검사 장치를 위한 방사선 계측장치 설계”, 정보 및 제어 학술회의(2003)
- [3] Jongbum Kim, Sunghee Jung, Joonha Jin "Design of Circuit for Detection and Measurement of Gamma radiation for Portable Nucleonic Gauge", ICEE (July, 2002).
- [4] 김종범 “RF-ID system의 설계 및 분석”, 충남대학교 전기공학과 석사학위논문, 1996.
- [5] Nicholas Tsoulfanidis, “Measurement and Detection of Radiation”, Hemisphere Publishing Corporation (1983).
- [6] GLENN F. KNOLL, “Radiation detection and measurement”, WILEY (1989)1.