

# 48개 채널의 GM Tube 센서 테스터 장치의 설계

## Design of Tester Apparatus for 48 Channel GM Tube Sensor

이 희 열\*, 이 주 현\*, 이 승 호\*\*★

Hee-Yeol Lee\*, Joo-Hyun Lee\*, Seung-Ho Lee\*\*★

### Abstract

In this paper, we propose the tester apparatus for 48 channel GM Tube sensor. The proposed apparatus can test up to 48 channel GM tube simultaneously to detect the defect and analyze the sensor characteristic. 300-1000V variable high voltage generation circuit is utilized for the apparatus suitable for the sensor characteristic. Thus, the proposed system is useful for various GM Tube sensor characteristic analysis. Multiple sensor testing environment is established for the early detection of the defect and the analysis to reduce the costs for manufacturing and rework. Developed 48 channel GM Tube sensor test is evaluated with certified testing equipment and shows excellent performance with respect to the uncertainty of the sensor test results.

### 요 약

본 논문에서는 48개 채널의 GM Tube 센서 테스터 장치를 설계한다. 제안하는 장치는 48 채널의 GM Tube 센서들을 동시에 테스트하여 불량 여부와 센서 특성을 분석한다. 시간의 변화에 따라 달라지는 센서의 특성에 적합한 300 ~ 1000V의 가변 고전압을 발생할 수 있는 회로로 센서의 특성을 분석한다. 따라서 다양한 종류의 GM Tube 센서의 특성 분석에 용이하게 사용된다. 제안하는 장치를 통해 대량의 GM Tube를 동시에 테스트 할 수 있는 환경이 구축되어 센서의 불량 여부 및 센서의 특성을 미리 파악하여 생산 및 재작업 등에 소요되는 비용을 대폭 줄일 수 있다. 개발된 48 채널 GM Tube 센서 테스터 장치의 측정 불확도에 대하여 공인 시험기관의 장비를 사용하여 실험한 결과 우수한 성능을 나타내었다.

*Key words : Radiation Detection, GM Tube Sensor, Variable High Voltage Generator, Plateau, Measurement Uncertainty Rate*

---

\* Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University, 042-821-1423

\*\* Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

shlee@cad.hanbat.ac.kr, 042-821-1137

※ Acknowledgment

This work was supported by the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea(NRF-2015H1C1A1035818)

Manuscript received Aug. 16, 2016, revised Sep. 29, 2016, accepted Sep. 29, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

전량 수입에 의존하는 GM Tube는 고가의 센서로서 주로 방사선 계측기 및 측정장치를 개발 제조하는 회사에서 구매한다. 이 때 구입한 센서를 낱개 단위로 일일이 테스트 하여 센서의 불량 유무와 특성을 검증하는데 시간 및 비용의 소요가 크다. 또한 GM Tube는 사용 기간에 따라 플래토(Plateau) 특성이 달라져 적용 전압이 변화하는 현상이 있다. 따라서 기존에 설정된 전압에서 가용 전압 범위가 벗어나면 불량으로 인식되어 오랜 기간 사용하지 못하고 버려지는 실정이다 [1][2]. 따라서 본 논문에서 제안하는 GM Tube 센서 테스트 장치는 48개 채널의 GM Tube 센서들에 한 번에 방사선을 조사하여, 모든 채널의 GM Tube 센서 테스트를 통해 불량 및 특성을 파악할 수 있도록 센서 테스트 보드를 구성한다 [3][4]. 또한 GM Tube 센서마다 플래토 특성이 다르므로 가변 고전압을 발생시킬 수 있는 회로로 각각의 특성이 다른 센서들을 해석 가능하도록 한다[5][6][7]. 제안하는 장치를 통해 생산 초기에 신뢰성을 보장할 수 있는 GM Tube 센서를 생산에 투입할 경우에 이중으로 작업되는 생산의 공정을 줄일 수 있으며, 센서 및 측정 장치의 동작 테스트에 있어서도 시간 및 비용을 대폭 줄일 수 있게 된다.

II. 본론

1. 48개 채널의 GM Tube 센서 테스트 보드 설계

본 논문에서 제안하는 장치의 48개 채널의 GM Tube 센서 테스트 보드는 그림 1과 같이 검출부, 계수부, 제어부, 명령처리부, 통신부, 표시부 등으로 구성된다.

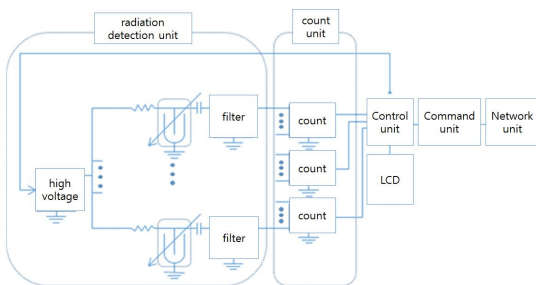


Fig. 1. Block Diagram of The Sensor Test Board Hardware  
그림 1. 센서 테스트 보드의 하드웨어 블록도

가. 검출부

검출부에서는 방사능으로부터 전기적 신호를 만들어낸다. GM Tube 센서에 적절한 고압을 가하고, 감마선에 의해 방전시 발생하는 과형을 측정하여 방사능의 세기를 측정하는 GM 계수기의 구조를 사용한다.

나. 계수부

계수부에서는 검출된 값을 측정하고 누적치를 구한다. 계수부는 GM Tube 센서의 특성에 맞는 전압을 발생시키고 이를 고저항을 통해 GM Tube센서에 bias 전압을 인가한다. 그림 2는 48개 채널 계수부의 구조를 나타낸다.

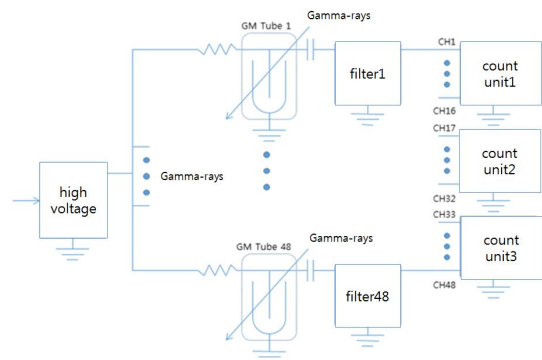


Fig. 2. Structure of the 48 Channel Count Unit.  
그림 2. 48개 채널 계수부의 구조도

GM Tube 센서에서 아무 일도 일어나지 않으면 펄스 계수기의 입력은 기본 bias 상태를 유지한다. GM Tube 센서에서 감마선에 의한 방전이 일어나면 펄스 계수기의 입력은 기본 bias 전압에서 아래로 펄스가 발생한다. 이때 펄스간의 간격이 일정하지 않고 무작위로 발생하므로 고속 처리가 필요하다.

다. 제어부

제어부에서는 사용자로부터의 명령과 측정된 값을 기본으로 계수제어, 고압 전압 설정 및 LCD 출력내용을 결정한다. 과형 정형필터에서는 발생한 펄스의 크기와 폭을 이후 단의 펄스 계수기에서 처리할 수 있도록 변형하고, bias 값을 프로세서의 VDD로 조정한다. 또한 초당 펄스 수와 누적치 요청시 측정값을 전송할 수 있고, 16 채널의 인터럽트를 이용하는 Cortex M4 32비트 STM32F407IET6 프로세서 3개를 사용하여 펄스를 계수하고 각 프로세서의 계수결과를 하나의

프로세서에서 취합하는 구조를 사용한다. 포팅된 OS는 FreeRTOS Ver 8.1.2를 이용하고, TCP/IP 프로토콜은 LWIP 라이브러리를 사용한다.

라. 명령처리부

명령처리부에서는 사용자로부터 온 명령을 분석하고 해당 대응을 한다. 원격 제어부에서 초당 펄스수와 누적치 요청시 측정값을 전송한다. 펄스의 기본 bias가 VDD이므로 falling edge를 검출한다.

마. 통신부

통신부에서는 이더넷 연결을 지원하는 이더넷 포트를 통해 원격의 PC와 통신한다. 원격의 PC를 통하여 전압 및 캘리브레이션 설정을 조정한다.

바. 표시부

시스템의 현재 상태 표시기능을 수행한다.

2. 가변 고전압 전원회로 설계

300 ~ 1,000V의 가변 고전압 전원 회로의 중요한 요소는 필요한 고전압을 원격으로 명령하는 대로 생성하는 것이며, 48개의 GM Tube 센서가 동시에 방전할 경우에 전압이 떨어지지 않도록 일정 수준의 전류를 공급할 수 있어야 한다. GM Tube 센서의 특성상 수V의 전압 offset은 센서의 동작에 크게 문제되지 않지만, 고압측에서 센서가 방전시 발생하는 순간적인 전압 강하를 이용하여 신호를 얻으므로 고압측의 잡음 특성은 매우 중요한 설계 요인이 된다. 그림 3은 가변 고전압 전원의 블록도를 나타낸다.

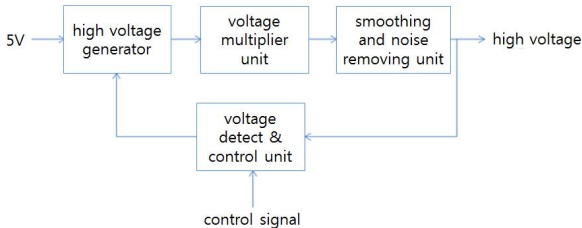


Fig. 3. Block Diagram of the Variable High Voltage Power Supply.

그림 3. 가변 고전압 전원의 블록도

가. 고압발생부

고압발생부는 필요한 특성을 충족하면서 소규모로 만들기 위해 변압기와 배압 정류를 혼합한 방법을 사용한다. 이러한 고압발생부는 스위칭 전원

에서 많이 사용하는 전압변환 회로를 사용하여 주 전원 전류를 스위칭하고, 단속시 2차측 코일에 나타나는 임펄스 형태의 파형을 정류하여 고압을 얻는다. NAND 소자에서 MPU로부터 오는 고압 발생용 PWM 신호와 출력 전압이 목표치를 달성했는지를 알려주는 신호로부터 고전압 발생용 스위칭 신호를 발생한다.

나. 배압변환부

그림 4의 배압변환부는 트랜스 2차측의 AC 전압을 최대치의 5배 전압으로 정류하는 회로로서, 트랜스 2차측 핀의 전압 변동 폭이 가장 커서 주 EMI 방출원이 된다. 따라서 배압 정류의 배율만큼 2차측 전압이 낮도록 설계하여 EMI 측면에서 유리하도록 한다.

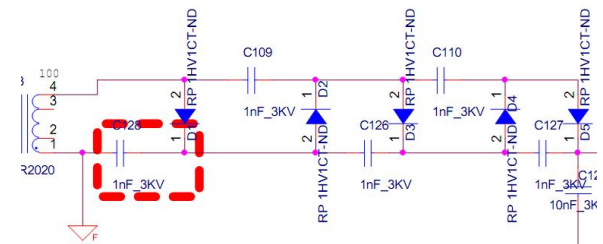


Fig. 4. Circuit of the Voltage Multiplier Circuit

그림 4. 배압변환부의 회로도

다. 평활 및 노이즈 제거부

그림 5의 평활 및 노이즈 제거부는 출력 전압에서 잡음을 최대한 효과적으로 제거하기 위해 폴브리지 방식으로 1차측 코일을 구동하고 이로 인해 나타나는 2차 전압을 배압 정류하여 고압을 얻는 구조를 사용한다. 리플을 효과적으로 제거하기 위해 차단특성을 얻기 좋은 LC 필터를 사용한 다.

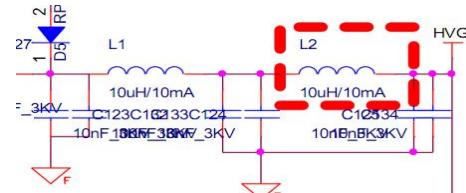


Fig. 5. Circuit of the Smoothing and Noise Removing Unit.

그림 5. 평활 및 노이즈 제거부의 회로도

라. 전압검출 및 제어부

그림 6의 전압검출 제어부는 출력전압을 감시하여 고압 발생부를 동작시킬지 여부를 결정한다. 고전압을 약 1/514로 줄여 기준 전압과 비교한다.

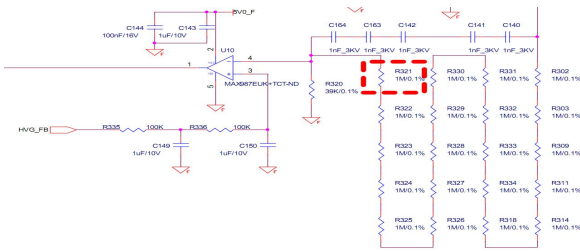


Fig. 6. Circuit of the Voltage Detection and Control Unit.  
그림 6. 전압검출 및 제어부의 회로도

3. 성능 실험

본 논문에서 개발된 48개 채널의 GM Tube 센서 테스터 장치의 성능을 평가하기 위하여 그림 7과 같이 48개의 센서를 부착하여 기준선량률 500uSv/h, 1000uSv/h, 2000uSv/h 등의 표준선원인 <sup>137</sup>Cs를 장치 중앙에 놓고 공인 시험기관의 장비를 사용하여 방사선 값을 측정하였다.



Fig. 7. Experimental Device for 48 Channel GM Tube Sensor Test.

그림 7 48 채널의 GM Tube 센서 테스터 장치 실험 화면

실험 결과 표 1과 같이 모든 시료들에 대하여 ±15% 이하의 불확도가 측정되어 신뢰수준 95% 수준에서 정상동작 됨이 확인되었다.

Table 1. Experimental Results on the Measurement Uncertainty Rate.

표 1. 측정 불확도에 대한 실험 결과

Sample	Reference Radiation Rate			Measurement Uncertainty Rate
	500uSv/h	1000uSv/h	2000uSv/h	
sample 1	474.9	990.9	1997.5	7.30%
sample 2	456.5	998.3	2015.6	11%
sample 3	455.2	1008.2	2019.9	12%
sample 4	467.2	995.5	2036.8	9.70%

한편, 가변 고전압 전원 회로에서는 정상적으로 300 ~ 1000V의 가변 고전압이 공급됨을 자체 테스트로 확인하였다.

III 결론

본 논문에서는 48개 채널의 GM Tube 센서 테스터 장치를 제안하였다. 제안하는 장치는 전량 외국에서 수입되는 GM Tube 센서를 측정 장비에 반영하여 사전에 다량의 센서를 동시에 테스트 할 수 있는 환경을 구축할 수가 있게 된다. 따라서 소요시간 및 소요 시간에 따른 부대비용, 생산 및 재작업 등에 소요되는 비용을 대폭 줄일 수 있다. 개발된 48개 채널의 GM Tube 센서 테스터 장치의 불확도에 대하여 공인 시험기관의 장비를 사용하여 실험한 결과 우수한 성능을 나타내었다. 향후 회로의 안정화 및 측정 불확도를 더욱 낮추는 방법에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

References

[1] D. Barclay, "Improved Response of Geiger Muller Detectors.," *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vo.33, pp. 613-616, Feb. 1986.

[2] Gillan K. Godfrey, "Tracing Field Voles (Microtus Agrestis) with a Geiger-Muller Counter," *ECOLOGY*, vo. 35, no. 1, pp. 5-10, Jan. 1954.

[3] Glenn F Knoll, *Radiation detection and measurement*, Wiley, 2010.

[4] R. Andres Cortez, "Smart radiation sensor management," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vo. 15, no. 3, pp. 85-93, Sep. 2008.

[5] H. S. Son, et al., "Design of Hybrid Supply Modulator for Reconfigurable Power Amplifiers," *The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vo. 23, no. 4, pp. 475-483, Apr. 2012.

[6] Lee, Joo-Hyun, and Seung-Ho Lee, "A Study On Radiation Detection Using CMOS Image Sensor," *Journal of IKEEE*, pp. 193-200, 2015.

[7] Jang, Kyeong-Uk, Joo-Hyun Lee, and Seung-Ho Lee, "A Study On Hardware Design for High Speed High Precision Neutron Measurement," *Journal of IKEEE*, pp. 61-67, 2016.