

감마선 측정용 이온전리함의 운전전압 결정

조문형* · 원유호 · 윤철환
원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1
E-mail: 02190559@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 이온전리함, 공기커마울, 재결합

서론

기체 충전형 검출기는 인가전압과 전류와의 관계를 그래프로 그렸을 때 전압이 변화해도 검출기에 수집되는 전류가 일정한 영역에서 사용해야 안정적으로 동작할 수 있다.

이 영역은 인가전압에 따라 전리함 영역, 비례계수 영역, GM 영역으로 구분되는데 전리함 영역에서 사용하는 이온전리함은 방사선에 의해 생성된 전하를 직접 수집하기 때문에 공기커마울을 직접 측정하는데 사용한다.

또한, 기체 충전형 검출기의 성능은 동작영역 내에서 100 V 구간에 대한 상대적인 변화량으로 정의되는 플래토우 경사율을 구하는 방법으로 알아볼 수 있다.

본 실험에서는 감마선 조사장치 교정 및 중간점검에 사용하는 이온전리함(체적 30 ml)에 대하여 인가전압에 따른 전류의 변화를 산출하여 전리함 영역 내에서의 안정적인 인가전압과 플래토우 경사율을 확인하였으며, 공기커마울 변화에 따른 전리함 영역의 변화를 살펴봄으로써 이 이온전리함에 의한 측정시 최소 동작전압을 확인하였다.

실험방법

이온전리함의 인가전압을 변화시키기 위하여 이온전리함의 양극과 음극을 일렉트로미터에 연결하였으며 약 20분간 전압을 안정시켜 전압변동에 따른 전류

의 변화를 최소화 하였다.¹⁾

감마선조사장치 내의 레이저 빔을 이용하여 이온전리함을 조사 빔 방향과 일치하도록 정렬한 후 텔레스코프를 이용하여 이온전리함의 중심점이 감마선 조사장치의 기준점에 일치하도록 정렬하였다.

감마선 조사장치의 교정성적서를 이용하여 300 $\mu\text{Gy/h}$ 의 공기커마울에 대한 측정시점에서의 거리를 산출, 이온전리함을 측정위치로 이동하였다.

이온전리함에 300 $\mu\text{Gy/h}$ 의 공기커마울을 조사시킨 후 인가전압의 변화에 따른 전리 전류의 양을 측정하기 위하여 이온전리함 양극과 음극의 전위차를 1 V부터 최대 1,000 V 까지 순차적으로 높여가며 이온화 전류를 측정하였다.

이온화 전류는 직접 측정할 경우 전류의 양이 매우 작아 측정 회로의 전기적인 잡음과 구분이 되지 않으므로 캐패시터에 전하를 축적하여 전류로 환산하는 방법으로 측정하였으며 전류의 산출식은 다음과 같다.

$$I = C \times \Delta V / \Delta t \quad \dots\dots\dots(1)$$

C는 캐패시터의 용량으로 공기커마울이 높아질수록 이온화 전류가 많아지므로 충분한 전하가 수집될 수 있도록 일렉트로미터 외부에 캐패시터를 설치하여 용량을 변경할 수 있도록 하였다.

ΔV 는 캐패시터 양단에 걸리는 전압으로 캐패시터에 축적된 전하량에 비례하며 개시 전위는 0.2 V, 종료 전위는 1.2 V로 설정하였다.

Δt 는 ΔV 를 산출하기 위한 전하의 수집시간으로 이온화 전류 I와 전위차 $\Delta V = 1$ V로 일정하므로 캐패시터의 용량 C를 조절하여 1회 측정이 50 초 ~ 100 초 범위에서 이루어지도록 하였다.

식 (1)에 따라 이온화 전류를 인가전압 별로 5회 측정 후 평균 하였으며, 전리기체가 공기이므로 매 측정시 마다 온도 20℃, 기압 101.325 kPa를 기준으로 밀도를 보정하였다.

또한, 공기커마울의 변화에 따른 인가전압과 이온화 전류와의 관계를 알아보기 위하여 10 mGy/h, 100 mGy/h, 2 Gy/h의 방사선장에서도 위와 동일한 방법으로 실험을 수행하였으며 인가전압과 전류와의 관계를 그래프로 작성한 후 플레토우 구간의 경사율을 아래의 식으로 산출하여 이온전리함의 안정적인 동작구간을 확인하였다.²⁾

$$\text{플레토우 경사율 (\%)} = \frac{(I_2 - I_1)}{\frac{I_1}{(V_2 - V_1)}} \times 100 \dots(2)$$

여기서 V_1 : 플레토우 구간의 시작전압
 V_2 : 플레토우 구간의 종료전압
 I_1 : V_1 에서의 전류
 I_2 : V_2 에서의 전류

결과 및 고찰

공기커마울의 변화에 따른 인가전압과 전류의 특성 곡선 및 플레토우 경사율은 각각 아래의 그림 1, 표 1과 같이 나타났다.

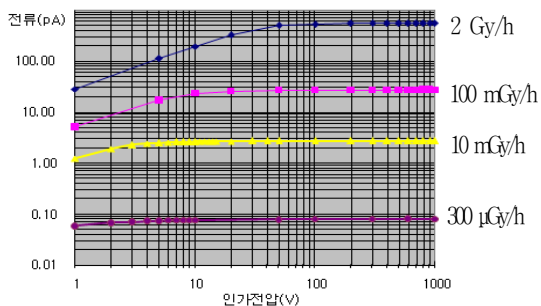


그림 1. 공기커마울 별 인가전압에 따른 전류변화

표 1. 공기커마울 별 인가전압에 따른 플레토우 경사율

공기커마울	시작전압 V_1	종료전압 V_2	경사율 (%)
2 Gy/h	100	1000	0.31
100 mGy/h	50	1000	0.16
10 mGy/h	20	1000	0.23
300 μ Gy/h	10	1000	0.54

그림 1과 표 1로부터 전리함 영역의 전압 구간은 최

소 900 V, 플레토우 경사율은 최대 0.54 %가 됨을 확인하였다.

또한 공기커마울의 변화에 따라 전리함 영역의 시작 전압 V_1 이 달라짐을 알 수 있는데 이유는 공기커마울이 높아질수록 방사선에 의해 생성된 이온쌍의 밀도가 커져 재결합할 확률이 높아지기 때문이다.²⁾ 이러한 재결합 효과를 줄이기 위하여 보다 높은 전압을 인가해야 방사선에 의해 생성된 이온쌍이 이온전리함의 전극에 충분히 수집됨을 알 수 있었다.

결론

방사선계측장비에 사용하는 기체충전형 검출기의 플레토우 경사율은 일반적으로 5 % 이하면 양호한 것으로 판정하는데 본 실험에서 사용한 이온전리함의 플레토우 경사율은 0.16 % ~ 0.54 %로 측정되어 방사선계측기로서 성능이 매우 양호함을 확인하였다.

또한 실험에 사용된 이온전리함(체적 30 ml)은 측정 및 교정시 300 V를 인가하여 사용하는데 공기커마울의 변화에 따라 전리함영역이 시작되는 전압이 변화하기 때문에 300 μ Gy/h ~ 2 Gy/h의 공기커마울을 측정할 경우 최소 100 V 이상의 전압을 인가해야 하며 측정 및 교정시 인가하는 300 V의 동작전압은 이 이온전리함의 안정적인 동작을 보장함을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. Exradin Ionization Chamber User's manual.
2. Radiation detecton and measurement(Glenn F. Knoll)