

감마선 측정용 전자개인선량계의 방향 의존성 시험

서장수 · 최선봉 · 조문형*
한수원(주) 원자력교육원 · 원자력발전기술원*
E-mail: sjssjs@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 전자개인선량계, 반응도

서론

전자개인선량계는 방사선작업시 착용하는 보조선량계로 국내 원자력 발전소에서는 법정선량계인 열형광선량계(TLD)와 동시에 착용하여 작업자의 피폭방사선량을 실시간 측정하는데 사용하고 있다.

측정소자는 반도체검출기로 방사선의 전리작용에 의해 생성된 이온쌍을 이용하여 생성된 펄스를 계수하는 기체충전형 검출기와 동일한 작동 원리를 갖고 있으나, 기체충전형 검출기에 비해 감마선에 대한 W 값이 작아 에너지 분해능이 우수하며 검출기를 소형으로 제작이 가능하여 개인이 휴대하여 사용하는 전자개인선량계 제작에 가장 많이 사용된다.

전자개인선량계의 반응도에 영향을 주는 주요 요인으로는 방사선의 에너지 및 방사선의 입사방향 등이 있으며, 전자개인선량계의 시험에 관한 국제 규격인 IEC 61526에는 방사선 에너지와 방향 의존성에 대한 범위가 감마선 에너지 80 keV ~ 1.5 MeV, 측정방향 0° ~ 60° 에서 - 29 % ~ 67 % 이내로 규정되어 있다.

실험은 국내 원자력발전소에서 가장 많이 사용하는 전자개인선량계인 MGP사의 DMC2000S를 대상으로 입사 방사선의 방향에 따른 반응도 변화가 측정값에 미치는 영향이 어떠한지 정량적으로 고찰해 보았다.

실험 방법

전자개인선량계의 방향에 따른 누적선량의 변화를 측정하기 위하여 감마선 조사장치의 레일시스템에 조사 지점을 기준으로 360° 수직회전이 가능한 Rotation Stage를 설치하였으며 개인선량당량을 측정하기 위하여 감마선에 의한 흡수와 산란의 효과가 인체와 유사한 PMMA Slab Phantom에 전자개인선량계를 부착하였다.

감마선 조사장치 내의 레이저 빔을 이용하여 전자개인선량계의 검출기 전면을 수직방향으로 정렬한 후 텔레스코프를 이용하여 전자개인선량계의 옆면을 수평방향으로 정렬, 전자개인선량계의 검출기가 감마선 조사장치의 레이저 빔과 텔레스코프의 레이저 빔이 교차하는 지점을 중심으로 회전하도록 하였다.

감마선 조사장치의 교정성적서를 이용하여 측정시점에서의 공기커마울과 이에 해당하는 거리를 산출하였고 Cs-137 662 keV의 감마선을 사용하였으므로 ISO 4037-3에 제시된 선량환산인자 1.21 Sv/Gy를 적용하여 공기커마울을 개인선량당량으로 환산하였다.

레일시스템을 이용하여 산출된 거리로 전자개인선량계를 이동한 후 전자개인선량계의 전면을 기준 각도(0°)로 설정, 시계방향 및 시계 반대 방향으로 각각 15°씩 회전하면서 1 mSv의 선량을 5회 조사하여 측정값을 평균하였다.

전자개인선량계 전면을 좌,우 각각 0° ~ 90° 범위 까지 측정을 실시한 후 전자개인선량계의 후면을 조사빔 방향으로 정렬, 기준각도(180°)로 설정하여 위와 동일한 방법으로 측정을 실시하였다.

전자개인선량계의 방향에 따른 반응도는 0°에서의 측정값을 기준값으로 하여 총 24개의 지점에 대한 반

응도를 산출하였으며 방향의존성에 따른 측정값의 변화를 A타입 불확도로 평가하였다.

결과 및 고찰

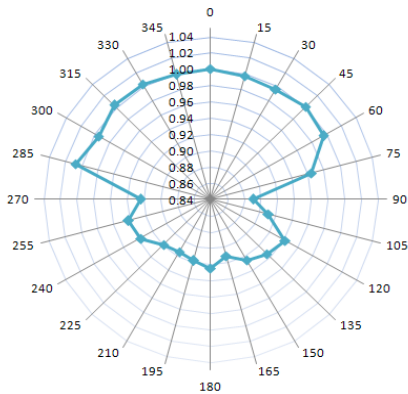


그림 1. 방향의존성 시험 결과

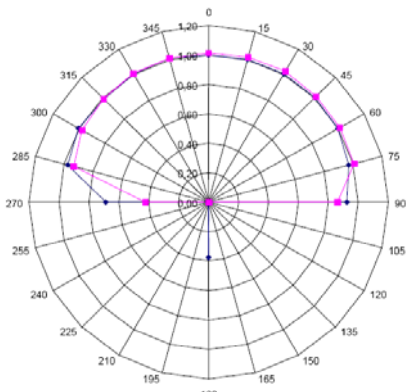


그림 2. MGP사 제시자료

그림 1은 0°를 기준으로 했을 경우 전자개인선량계의 방향 변화에 따른 반응도 그래프로 본 실험을 통해 얻어진 결과이며, 그림 2는 DMC2000S의 제작사인 MGP사에서 제시한 시험 결과이다.

그림 1과 그림 2에서 보면 285° ~ 60° 범위에서는 방향변화에 따른 반응도 변화가 거의 없으며, 90° 및 270° 방향으로 회전시킬수록 반응도가 점점 감소함을 알 수 있었다. 90° ~ 270° 범위에서는 반응도가 10% 가량 낮아졌는데 이 지점은 전자개인선량계의 옆면과 후면에 해당하며 전자개인선량계 자체 재질에 의한 차폐효과에 의한 감소분으로 판단된다.

제작사에서는 전자개인선량계 후면의 방향 변화에

따른 전체적인 반응도를 제시하지 않았으나 실험에서 얻은 반응도 값은 전, 후면 전체를 고려하더라도 1 ~ 0.89 사이에 분포함을 알 수 있었다.

이 결과를 측정시 불확도 요인에 포함할 경우 A타입 불확도로 간주할 수 있으며 불확도는 0.84 %로 산출되었다. 또한 전자개인선량계의 시험에 관한 국제 규격인 IEC 61526에는 방사선 에너지와 방향 의존성에 대한 범위가 감마선 에너지 80 keV ~ 1.5 MeV, 측정방향 0° 부터 60° 에서 - 29 % ~ 67 % 이내로 규정되어 있으므로 본 실험에 사용된 662 keV(Cs-137)의 방사선장에서는 국제시험규격에 만족함을 확인하였다.

결론

전자개인선량계의 전면부에 대한 평균 반응도는 0.98, 후면부에 대한 평균 반응도는 0.93으로 거의 일정함을 알 수 있었다. 또한 이 실험에서 사용한 전자개인선량계 DMC2000S의 교정시 확장불확도는 약 10%로 평가되었는데 방향의존성에 대한 불확도 0.84%를 표준불확도에 포함하더라도 전체 불확도에 미치는 영향이 미미하므로 불확도 요인에서 제외해도 무방하다.

다만, 국내 원자력발전소에서는 방사선작업종사자의 선량관리시 측정불확도를 고려하지 않고 전자개인선량계의 지시값을 그대로 사용하므로 피폭선량의 저평가 방지와 열형광선량계 판독값과의 일치성을 유지하기 위하여 전자개인선량계를 측정방향에 유의하여 착용해야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. IEC 61526 Radiation protection instrumentation - direct reading personal dose equivalent meters and monitors
2. ISO 4037-3 Calibration of area and personal dosimeters and measurement of their response as function of energy and angle of incidence
3. DMC2000S User's Manual