

감마선조사기 교정결과 유효성 확인

서장수, 원유호, 강기두

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25번지

sisssis@khnp.co.kr

방사선방호를 목적으로 사용하고 있는 방사선측정기를 교정하는 주요 목적은 사용목적에 따라 측정기가 적절하게 반응하는지 확인하고, 또 설정된 기준 조건에서 기준량을 정확히 측정하는지 확인하고, 그리고 필요할 경우 측정상의 정확도를 향상시키기 위한 기기동작 조건을 조정하는데 목적을 두고 있다. 이를 위하여 방사선측정기 교정기관은 국가 또는 국제 표준에서 정하고 있는 기준에 맞추어 방사선장을 제작하고 측정에 따른 소급성 체계를 유지하여야 한다.

본 실험에서는 새로 도입한 감마선 조사장치의 교정 상태의 신뢰성을 유지하기 위하여 조사장치의 중간점검을 수행하였다.

점검은 첫째, 감마선 조사장치의 교정 결과를 이용하여 측정점 재현장치 기준점에서의 선량률에 선원의 반감기를 보정하여 기준 선량률을 산출하고, 둘째, 기준점에서 이온전리함 및 전류측정장치를 이용하여 전리전류를 측정, 이온전리함의 교정 상수를 적용하여 측정 선량률을 산출하고, 셋째, 이온화 전류 측정에 대한 상대확장 불확도를 산출하고, 넷째, |En| 값 산출하는 방법으로 진행하였다.

- 점검절차

- 감마선 조사장치에 의해 자유공간 내에 형성되는 감마선장의 공기 커마울을 기준 측정기를 사용하여 측정하고 거리와 커마울 간의 상관관계를 구하는 행위인 감마선 조사장치의 교정을 수행한 후 측정점 재현장치(레이저 또는 측각기)의 기준점에서 교정용 전리함을 이용, 전리전류를 측정하여 기준값으로 한다.
- 기준점에서 전리전류를 측정하여 반감기를 역보정한 후 측정값을 산출한다.
- 아래 식에 따라 En 값을 산출한다.

$$E_n = \frac{(X_r - X_m) \cdot 100/X_r}{\sqrt{U_r^2 + U_m^2}}$$

여기서 X_r : 기준값,

X_m : 측정값

U_r : 기준값의 상대확장 불확도,

U_m : 측정값의 상대확장 불확도

- |En| ≤ 1 일때 교정 결과가 유효함을 입증한 것으로 간주하여 차기 점검주기까지 교정용 기준선장으로 활용한다.

표1. 감마조사기의 교정데이터

구 분	선 원			
	75.5 TBq	7.4 TBq	185 GBq	11.1 GBq
최근 교정일자	2006-12-11	2006-12-11	2006-12-12	2006-12-13
회귀일차항(a)	4.74262	6.80994	5.24506	7.06657
회귀상수항(b)	2.00706	2.01133	2.02018	2.01408
선형상관계수	0.999999	0.999999	0.999999	0.999993

- 전리전류 측정

- Exradin A4, A6 Ion chamber를 External feedback mode로, high voltage는 chamber wall에 -300 V를 걸었고, 측정거리는 측정점 재현장치 기준점인 114.07 cm에서 선원별 각 10회 측정하여 평균하여 전리전류를 얻었고, BKG는 전리전류 측정 전, 후 각 5회(100초) 측정하여 평균하였다. 그 측정 결과는 아래 표2와 같다.

표2. 측정결과

구 분	선 원			
	75.5 TBq	7.4 TBq	185 GBq	11.1 GBq
Ii(A)	1.11E-09	1.27E-10	3.35E-12	6.12E-12
Ib(A)	1.85E-14	1.99E-14	1.89E-14	1.37E-14
Net I(A)	1.11E-09	1.27E-10	3.33E-12	6.11E-12
표준불확도(A)	1.33E-12	8.72E-15	3.95E-15	2.37E-15
상대표준불확도(%)	0.12	0.01	0.12	0.04

- 불확도 산출

표3. 불확도 요약

불확도 요인	상대표준불확도(%)				확률분포 /자유도
	75.5 TBq	7.4 TBq	185 GBq	11.1 GBq	
기준기 교정인자	0.550	0.550	0.600	0.550	N / ∞
측정전류	0.119	0.007	0.119	0.039	t / 9
전류측정 장치	Capacitor	0.025	0.025	0.025	t / ∞
	Voltage	0.045	0.045	0.045	R / ∞
	Timer	0.058	0.058	0.058	R / ∞
	합 성	0.077	0.077	0.077	R / ∞
환경보정 인자	Pressure	0.007	0.007	0.007	t / ∞
	Temperature	0.012	0.012	0.012	N / ∞
	합 성	0.014	0.014	0.014	N / ∞
위치재현성	0.010	0.010	0.010	0.010	t / ∞
상대합성표준불확도	0.57	0.56	0.57	0.61	N / ∞
상대확장불확도	1.14	1.11	1.14	1.21	N / ∞

- |EnI| 값 산출

표4. |EnI| 값 산출

구 분	선 원				
	75.5 TBq	7.4 TBq	185 GBq	11.1 GBq	
기준값	선량률	4.0560 Gy/h	464.08 mGy/h	12.12 mGy/h	826.80 uGy/h
	상대확장불확도(%)	1.5	1.5	1.5	3.0
측정값	선량률	4.0373 Gy/h	459.00 mGy/h	12.06 mGy/h	823.64 uGy/h
	상대확장불확도(%)	1.14	1.11	1.14	1.21
 EnI 	0.245	0.587	0.274	0.118	

- 결론 및 향후계획

- |EnI| 값 비교는 기준값과 측정값의 편차가 기준값과 측정값의 합성 불확도 범위내에 있음을 확인하기 위한 방법으로 그 값이 1 이하인 경우 기준기(감마선 조사장치)의 교정결과가 유효한 것으로 평가한다. 점검결과 |EnI| 값의 범위가 0.118 ~ 0.587 로 나타났으며, 기준값인 1을 초과하지 않았기 때문에 감마선 조사장치 각 선원별 최종 교정결과가 유효하며, 교정용 기준선장으로 활용 가능함을 입증하였다.
- 3개월마다 주기적인 점검을 통하여 교정 후 고준위 감마선 조사장치의 건전성을 확인하고 교정용 기준선장에 대한 유효성을 입증함으로써 발전소 교정지원의 신뢰도를 확보하는 것이 필요하다.