

감마선 영향완화 중성자 계수기 성능개선

주준식, 박광준, 이태훈, 신희성, 서항석, 전용범, 김호동
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

nisiu@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료(spent fuel: SF)에 대한 핵물질 계량을 위해서 중성자 계수기를 사용할 때, 사용후핵연료로부터 방출되는 감마선에 의해 중성자 계수기의 고전압 플라토(HV plateau) 구간이 변화된다. 이러한 감마선에 의한 영향을 완화시키기 위해 감마선 차폐는 필수적이거나 중성자 계수기의 크기가 제한되는 경우, 차폐두께를 충분히 고려할 수 없게 된다. 본 연구에서는 감마선에 의한 영향을 줄이기 위해서 중성자 계수기에 사용되는 여러 개의 He-3 tube 각각에 대하여 HV plateau 구간이 일치하도록 전치증폭기 문턱값(preampifier threshold gain)을 조절하였으며, 시편홀더(sample holder)를 납으로 제작하여 차폐기능을 보완하였다. 그런 다음 조사후시험시설(PIEF)내에 설치된 차폐글로브박스에서 사용후핵연료를 대상으로 성능시험을 수행한 결과, 전치증폭기 문턱값을 조절하기 전에 비해 감마선에 의한 영향이 줄어들었다는 것을 확인하게 되었다.

2. 비방사능 및 방사능 구역 성능시험

1차 비방사능 구역 성능시험 결과, 고전압 플라토가 정상적으로 형성되어 차폐글로브박스가 설치된 방사능 구역에서 감마선을 방출하는 사용후핵연료 시편을 대상으로 중성자를 측정하게 되었다. 그러나 플라토 구간이 형성되지 않고 고전압 증가에 따라 계속 중성자 계수율이 증가하는 결과를 얻게 되었다. 여러 번 시험을 시도하였지만 똑 같은 경향이 계속되어 결국 그 원인을 찾기 위하여 비방사능 구역으로 인출하여 2차 성능시험을 수행하게 되었다.

1) 감마선 영향

중성자 계수기의 작동여부를 확인하기 위해서 각각의 He-3/PDT 세트에 대해서 고전압 플라토 시험을 다시 수행하였다. 이렇게 6개 세트 모두를 시험한 결과 정상 작동되는 것을 확인하고, 6개 He-3/PDT 전치증폭기 세트를 모두 연결하여 고전압 플라토 시험을 수행하였으며, 그 결과 플라토 구간이 1차 성능시험 때와 마찬가지로 유사함을 재확인하게 되었다. 그래서 중성자 계수기를 차폐글로브박스에 다시 인입시켜 HV plateau 시험을 수행하였다. Cf-252 선원에 대한 시험에서는 글로브박스 밖에서와 마찬가지로 플라토 구간이 형성되었지만, 감마선을 방출하는 사용후핵연료 용해시료에 대한 시험에서는 플라토 구간이 높은 고전압 측에서 거의 200V 정도 크게 줄어드는 결과를 가져왔다.

2) 전치증폭기의 문턱값 조절

감마선에 의한 영향을 줄이기 위해서 LANL에서 제안한 증폭기의 문턱값 조절 방법을 활용하게 되었다. 이 방법은 각각의 He-3검출기/PDT 세트의 HV plateau 시작점을 일치시켜 가능한 한 플라토 구간의 기울기를 최소화시키는 것이다. 이 방법을 이용하여 6개 He-3/PDT 전치증폭기 세트에서 각 증폭기의 문턱값을 조절한 결과, HV plateau 시작 지점이 모든 He-3/PDT 세트가 거의 일치하고 있으며, 또한 플라토 구간에서의 계수율 차이도 줄어들었다는 것을 확인하였다.

3) 사용후핵연료 시편 대상 성능시험

고체 SF 시편 2개를 함께 시편홀더에 인입시켜 HV plateau 시험을 수행하게 되었다. 그림1은 시험 결과를 보여 주는데, 그림에서 보는바와 같이 플라토 구간에서 계수율은 SF시편 1개만을 측정하였을 때보다 높아졌지만 플라토 구간은 20V정도만 줄어들었다. 그러나 플라토 구간이 100V 정도 이상 유지된다는 것을 알 수 있으며, 앞으로 이 구간에서 작동전압을 정하여 사용하면 중성자를 측정하여 핵물질 추적에 활용할 수 있을 것이다.

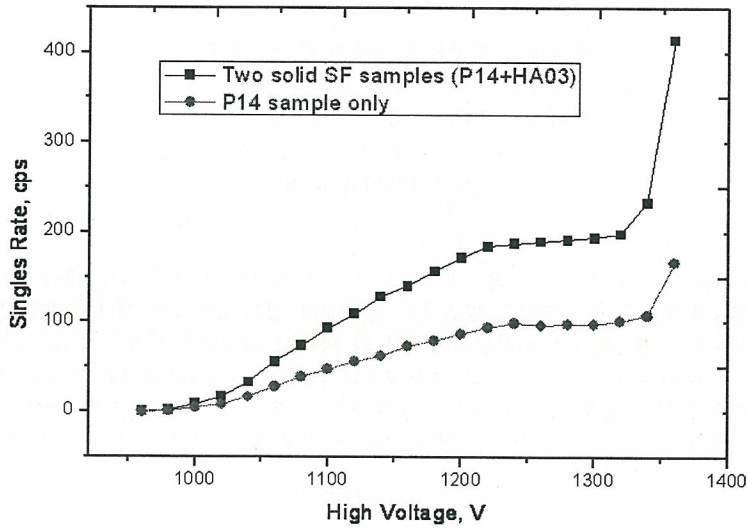


그림1. SF시편에 대한 중성자 계수기의 HV plateau 시험 결과.

3. 결론

중성자 계수기의 감마선에 의한 영향을 줄이기 위해 전치증폭기의 문턱값을 조절하였으며, 그 결과 HV plateau 구간이 문턱값 조절 전 보다 개선되었다. SF시편 측정시 감마선에 의한 영향은 주로 고전압 측에 미친다. 따라서 작동전압의 선택은 플라토가 시작되는 인근 지점에서 정하는 것이 보다 안정적인 중성자 측정 자료를 획득할 수 있을 것으로 판단된다.