감마선 영상화 장치용 고효율 동작을 위한 차폐체 무게중심 이동 설계에 관한 연구

박강택 · 이남호 · 황영관

한국원자력연구원

A study on shield on the center of gravity moving designed for high efficiency operation for the gamma-ray imaging detector

Gang-teck Park · Nam-ho Kim · Young-gwan Hwang

Korea Atomic Energy Research Institute

E-mail : larrypeck@naver.com

요 약

본 논문에서는 감마선원 영상화를 위한 감마선 탐지장치에 적용할 차폐체의 구조 변경에 대한 연구를 수행하였다. 선행 연구를 통해 상용 감마선 영상화 장치의 차폐체와 차폐효율은 유사하지만 경량화 그리고 무게중심을 이동시킨 차폐체를 구현하였다. 본 논문에서는 모션 제어장치의 효율적인 동작을 위해 차폐체를 변경하였다. 차폐체 설계를 위해서 MCNP 전산모사를 수행하였으며, 그 결과 약 15%의 경량화 및 무게중심을 차폐체 중심으로 이동시키는 결과를 얻었다.

ABSTRACT

In this study, we perform the structure change of the shielding this is applied for gamma-ray detectors for imaging of gamma-ray source. Through previous studies, we implemented the commercially available gamma-ray imaging apparatus similar to the shielding body but weight reduction, center of gravity moving of shield. In this paper, we changed a shield for motion control detectors efficient movement. We performed the MCNP simulation of shield design and then we obtained the results of reducing the weight of the 17% and moving of center of gravity the shield center.

키워드

감마선 탐지장치, 텅스텐, MCNP, 무게중심

Ⅰ. 서 론

세계 최초의 원자력 발전시설은 소련의 오브닌스크 원자력 발전소로, 1954년 6월에 운전을 시행하였으며, 이후 꾸준하게 증가하고 있다. 원자로의 수명이 운전 개시 후 30년임을 고려한다면 우리나라뿐만 아니라 보다 빨리 원자력 발전을 시작한 미국, 일본 등의 국가들은 다수의 원자로를 이미 가동을 중지하거나 해체를 진행하고 있다.

원자로의 해체 시 가장 중요한 것은 누출된 방사선을 탐지하여 안전하고 빠르게 작업하는 것이다. 이를 위해 방사선을 영상화하여 정보를 제공하기 위한 감마선 탐지장치를 개발 중에 있으며, 감마선 탐지장치의 핵심적인 구성품 중 하나가 바로 방사선 검출기의 차폐체이다.[1-2]

본 논문에서는 방사선 검출기의 차폐체에 대한 형상변경을 통해 보다 효율적인 방사선 검출기 제작을 위한 방안을 연구하였다.

Ⅱ. 차폐체 경량화 및 무게중심 이동

상용화된 대표적인 감마선 탐지장치인 Radscan 장치는 스캔형 감마선 탐지장치이고 Pan/Tilt와 같은 모션 제어장치를 통해 검출기 헤드가 회전하면서 감마선 영상을 취득하는 구조이다. 조사구와 일치하는 영역에서만 방사선을 취득하고, 다른 영역에서는 감마선이 차폐되어야 한다.

선행 연구를 통하여 상용화된 감마선 탐지장치인 Radscan 장치의 차폐체 및 콜리메이터를 기반으로 소형, 경량화된 방사선 차폐체 및 콜리메이터를 설계하였다. 또한, 소형화에 중점을 두어 납보다 밀도가 높은 텅스텐을 활용하여 차폐체를 설계하였고, MCNP 시뮬레이션을 통하여 형상을 설계한 후 방사선 탐지를 위한 전산모사를 수행하였다. 그림 1은 선행 연구를 통해 제작된 일반적인 차폐체의 형상을 나타낸다.

현재 개발 중인 단 센서 기반의 스테레오 기반

의 감마선 탐지장치는 하나의 차폐체를 포함하는 검출 센서를 이용하여 시차 정보를 구하고 거리를 측정할 수 있으므로 모터의 중심축을 기준으로 편심 된 구조를 갖게 된다. 편심구조는 모터에 부하로 작용하며 제어 시 오차 및 속도에 대한 제한이 발생한다.

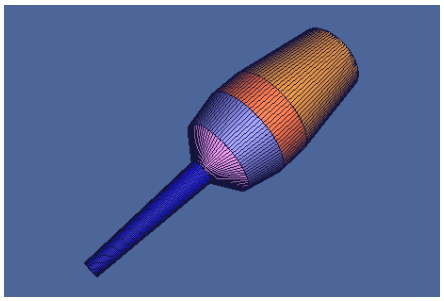

그림 1. 기존 텅스텐 차폐체

이러한 문제를 해결하고자 차폐체 구조를 변경하여 차폐체의 무게가 모터의 중심축에 실릴 수 있도록 구조를 변경 설계하였다. 그림 2는 변경된 구조의 차폐체에 대한 형상으로 감마선을 검출하는 수광부를 90도 회전하여 차폐체를 구성한 모습이다. 기존 차폐체의 경우 무게가 3.78kg으로 산출되었으며, 새로운 차폐체의 무게는 3.19kg으로 구조 변경으로 인해 약 16% 경량화 하였으며 방사선원을 이동하며 방향별 차폐성능을 위해 전산모사를 수행하였다.

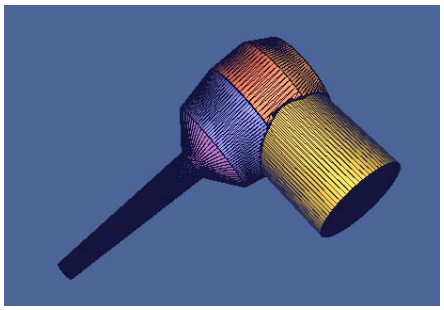

그림 2. 새로운 텅스텐 차폐체

III. 텅스텐 기반 차폐체 전산모사

3D CAD 도구를 이용하여 기존의 차폐체와 새로운 차폐체를 모델링 한 후 무게중심을 확인한 결과 새로운 차폐체가 기존의 차폐체에 비해 모션 제어장치 쪽으로 무게중심이 11.05mm 더 이동하며 편심 된 구조를 개선할 수 있었다.

또한, 차폐성능 비교를 위해 방사선원을 모사한 MCNP 전산모사를 수행하였고, 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

전산모사를 위한 조건으로 방사선원은 Cs-137로 설정하고 200mSv/h의 선량조건에 해당하는 위치에 검출 센서 및 차폐체를 배치한 후 선원을 동일 반경의 원을 그리는 경로로 이동하며 입사각을 0°로 할 때 이동된 각도에 따른 차폐성능을 계산하였다. 탐지장치의 경우 회전하며 방사선원을 탐지하기 때문에 전면부를 기준으로 상하, 좌우 70° 영역에 대한 범위를 관심 영역으로 두고 있으므로 해당 각도에 대하여 전산모사를 진행하였다. 그 결과 전면부의 차폐성능에서는 기존 차폐체와 비슷한 차폐성능을 갖게 됨을 확인하였다.

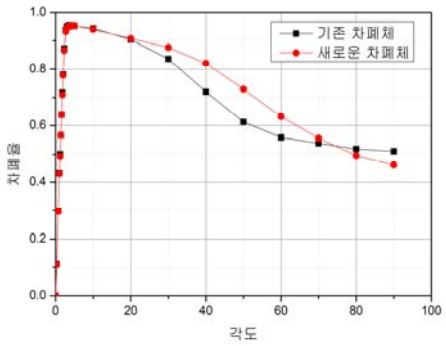

그림 3. MCNP를 이용한 차폐체 전산모사 결과

IV. 결 론

본 논문에서는 감마선 탐지장치에 적용할 차폐체의 경량화 및 무게중심 이동에 관한 연구를 수행하였다. 상용화된 차폐체보다 소형 경량화된 차폐체의 성능을 기준으로 센서의 방향을 변경하여 무게중심을 이동시켰다. 기존의 차폐체와 동일한 성능을 가지며 약 15% 경량화 되었고, 무게중심은 11.05mm 이동하였다. 이를 통해 탐지장치 구현 시 장치의 부담을 덜 수 있는 장치 개발이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 민군협력진흥원(민군기술협력센터)의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

[1] K. A. Hughes, G. Mottershead, D. J. Thornley, and A. P. Comrie, “Use of gamma ray imaging instrumentation in support of TRU waste characterization challenges,” in Proc. WM’04 Conf. Rec., 2004.

[2] K. A. Hughes and J. A. Lightfoot, “Radscan 600－A portable instrument for the remote imaging of gamma contamination: Its design and use in aiding decommissioning strategy,” in Proc. IEEE Nucl. Sci.Symp. Conf. Rec., vol. 2, pp. 930 - 933, 1996.