감마선 조사장치 제어콘솔의 인간-시스템 연계 적합성 평가

고종현, 원유호, 강기두
한국수력원자력(주) 한수원중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70
Jhko@khnp.co.kr

1. 서론

감마선 조사장치는 감마선을 방출하는 핵종을 차폐체 내부에 두고 일정 방향으로 빔을 조사하도록 설계된 장치이다. 원자력발전소에서 사용하는 감마선량률측정기 교정을 위하여 교정 레일위에 설치된 교정대에 방사선계측기를 장착하고 Fig. 1과 같이 조사실 외부의 제어콘솔을 이용하여 조사실 내부의 선원 및 교정대의 거리를 조절한다.

인적요소를 고려하여 설계[1]하는 원자로제어실의 제어패널과 감마선 조사장치의 제어콘솔(control console)은 그 기능 등에 있어서 매우 유사하다.

본 논문에서는 원자로제어실의 제어패널에 적용하는 인간-시스템연계(Human-System Interface) 설계 지침을 감마선 조사장치의 제어콘솔에 적용하여 그 적합성을 평가하였다.

Fig. 1. Gamma Irradiator and Control Console.

2. 본론

감마선 조사장치 제어콘솔의 인간-시스템연계 적합성 평가는 제어장치(control device)와 환경조건의 두 부분으로 나누어 수행하였다.

2.1 제어장치

감마선 조사장치의 제어콘솔은 Fig 2.와 같이 대부분 누름버튼(pushbutton)으로 구성되어 있다. 누름버튼에 대한 인간-시스템 연계 적합성 평가 항목[2]에는 위치, 작동표시, 표면, 식별성, 범례, 램프(ramp) 신뢰성, 램프 교체 용이성, 램프 교체 안전성, 커버 교체 정확성, 칸막이, 크기, 저항력 등 모두 12 항목으로 이루어져 있다.

Fig. 2. Control Devices of Control Console.

누름버튼이 일렬로 또는 매트릭스로 구성되어 있는 경우 논리순서 또는 절차 순서에 따라 '위치'하여야 한다는 규정을 만족하고 있으며 누름버튼을 누를시 내부 램프가 점등되어 '작동표시'를 나타내므로 버튼이 눌려져 있음을 작업자가 충분히 알 수 있다. 버튼의 명칭이 패널에 인쇄되어 있어 제어콘솔 주위 조명 조건에서 알아볼 수 있으므로 '범례' 항목을 만족하며 '식별성(누름버튼은 범례 불빛과 쉽게 구분되어야 함)', '커버 교체 정확성(범례 커버는 커버 상호간의 교체 가능성을 방지하기 위해 잠겨져야 함)'은 해당 없다. 버튼 '표면'이 미끄러짐 방지 또는 오목 형태로 되어있지는 않으나 실제 촉감은 미끄럽지는 않아 조작에 문제 없다. '램프 신뢰성'에 대하여 평균무고장시간(MTBF)이 10만시간 이하라면 램프 테스트 또는 듀얼 램프/듀얼 필라멘트를 요구하고 있고 경험적으로 램프의 필라멘트 이상으로 점등 안된 적이 있었으므로 현실적인 대안으로 램프 테스트 기능을 추가하는 것이 필요하다. 콘솔 앞쪽에서 램프 교체가 가능하므로 '램프 교체 용이성'을 만족하며 램프 교체시 단락 또는 램프 제거/교체작업 동안 의도치 않은 작동에 민감하지 않아야 하는 '램프 교체 안전성'을 만족한다. 각 누름버튼들은 '칸막이'가 되어 있지는 않으나 자체적으로 케이스 내에 누름버튼이 위치해 있으며 누름버튼의 '저항력'은 2.8 N ~ 16.7 N이어야 하나 만족 여부를 판단키 어렵다. 누름버튼의 '크기'는 최소 19 mm에서 최대 38 mm 이내로 제한하고 있으나 제어콘솔의 누름버튼의 크기는 15 mm 이므로 규정

에 비해 작음을 확인하였다.

2.2 환경조건

환경조건에 대해 감마선 조사장치 제어콘솔의 인간-시스템 연계 적합성에 대해 평가하였다. 표준실에 대해 500 lx 이상으로 규정[3]하고 있으나 이는 조사실 내부를 의미하기 때문에 제어콘솔에서의 조명 적합성 평가에 적용할 수 없다. 원자로 제어실 환경조건 항목[2]에는 온도 및 습도, 환기, 조명, 비상 조명, 청각환경이 있으나 항온·항습 시설안에 설치된 감마선 조사장치 제어콘솔에 대해서는 '조명'에 대해서 평가하였다.

Table 1. Nominal Illumination levels for various tasks and work areas[2].

Work Area or Type of Task	Task Illuminance (lux)
Panels, primary operating area	538.2
Auxiliary panels	538.2
Scale indicator reading	538.2
Seated operator stations	1076.4
Reading :	
- handwritten (pencil)	1076.4
- printed or typed	538.2
- VDU	107.6
Writing and data recording	1076.4
Maintenance and wiring areas	538.2
Emergency operating lighting	107.6

Table 2. Illuminance of control console.

Control Console	Illuminance according to the measuring position (lx)	
	0 cm	30 cm
# 1	155.8	244.8
# 2	168.7	243.3
# 3	113.9	164.5
# 4	82.9	111.6

제어콘솔 4대에 대해 작업자의 실제 직무를 관찰하여 작업빈도가 높은 위치를 선정하였다. 조도 측정지점은 제어콘솔 앞 작업대 높이 68.5 cm에 대해 제어콘솔 바로 앞 부분(0 cm)에서, 제어콘솔과 30 cm 이격된 거리에서 각 10회 측정한 값을 평균하여 Table 2에 정리하였다.

조사실 내 설치된 방사선측정기 표시 창의 지시 값을 카메라를 통해 조사실 외부의 착석식 제어콘솔 모니터 화면에 보여지게 되면 작업자는 모니터 화면을 통해 선량 값을 읽어 조사기록서에 기록한다. 이러한 작업자 직무는 Table 1에 기술된 작업중 Seated operator stations, Reading (VDU), Writing and data recording에 해당된다. 모니터 화면을 통해 방사선측정기 지시 값을 읽는 업무에 대해서는 제어콘솔 #4의 0 cm를 제외하고는 작업에 지장 없는 조도를 유지하고 있었으나 조사기록서에 원시데이터를 기록하는 업무에 대해서는 매우 부적합한 조도를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

3. 결론

감마선 조사장치 제어콘솔에 대해 인간-시스템 연계 적합성을 평가하였다.

제어장치인 누름버튼에 대한 평가결과 기준에 비해 작은 버튼을 사용하고 있으므로 작업자 사용에 다소 불편함이 예상되어 향후 제어콘솔 업그레이드시 교체가 필요하며 소프트웨어적으로 램프 테스트 기능 구현이 되어 있으나 하드와이어드(Hardwired)적인 램프 테스트 기능이 있다면 더 편리할 것으로 판단된다.

조명에 대한 평가결과 원시데이터를 조사기록서에 수기 기록하는 업무에 대해서는 어두운 조도를 유지하고 있기에 조도를 높일 수 있는 방법을 강구할 필요가 있는 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

[1] 교육과학기술부, 교육과학기술부령 제1호, 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙.

[2] U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0700, Rev.2, Human-System Interface Design Review Guidelines.

[3] 기술표준원 고시 제2008-319호, 환경평가 수행을 위한 지침.