



# CCTV



발전소의 주요 구역과 시설을 계속적으로 모니터링 할 수 있는 내방사선 카메라 시스템은 그 중요성이 점점 커지고 있고, 전력 송출 중단 시간(outage time)을 줄이고 작업자의 방사선 피폭량을 최소화하는 데에 기여할 것으로 원전 운영자들은 기대하고 있다.

**CC**TV, 폐쇄회로 TV라고 불리는 영상 카메라는 원전 내부에서 위험 장비 검수, 전력 송출 중단 상황을 관찰하거나 작업 환경 친밀도를 높이기 위한 훈련 목적으로 사용될 수 있다.

일반적으로 원전 내부 사용을 목적으로 CCTV를 사용할 경우, 내방사선 규격이라는 것이 강제적으로 규정되어 있지 않기 때문에, 대개 격납용기 내부에 설치될 카메라의 경우 내진성 규격을 만족하는 정도의 제품이다. (지진 등으로 인해 장비가 떨어질 경우 미칠 수 있는 영향을 피하기 위해) 카메라의 요구 사항을 규격화하는 것은 전적으로 사용자에게 달려 있다.

보통 고·중·저 내방사선 규격을 가진 카메라를 사용 장소와 목적에 따라 조합하여 고르는 경우가 흔하다. 그러한 결정은 최대 허용 피폭량, 정비 기간과 비용(교체용 부품 및 인력)에 따라 달려 있다. 이 기사는 고방사선 환경에서의 이러한 기술적인 사양들에 초점을 맞추어 보았다.

크게 내방사선 CCTV 기술은 두 가지 방식으로 나눌 수 있다. 고전적인 CRT(cathode ray tube) 방식 카메라와 CCD, CMOS와 같이 진공관 대신 반도체 이미지 센서를 이용한 디지털 방식이 그것이다.

일반적으로, 고전적인 진공관형(tube-type) 카메라들이 조금 더 강한 내방사선을 가지고 있고 CCD나 CMOS 방식 카메라보다 유지 보수 측면에서 수

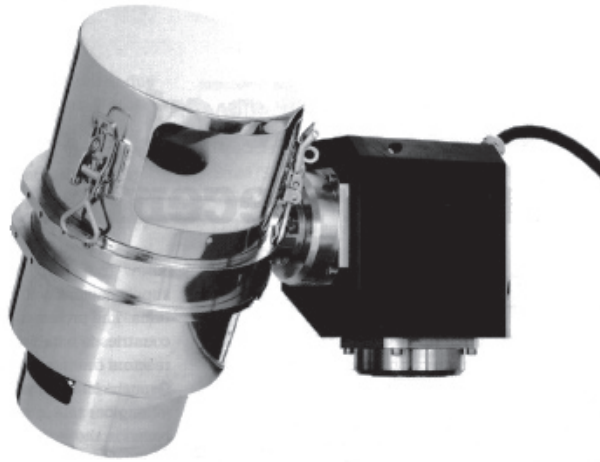
월하지만 높은 보수 비용이 발생한다거나 번인 현상, 지연 현상, 과노출 등의 문제를 가지고 있기도 하다.

진공관형 카메라는 Mirion Technologies의 R981, Diakont의 D70 모델 등을 들 수 있다. 이 두 모델은 모두 1MGy 혹은  $10^8$  Rad의 항 방사성 규격과 최대 55°C의 주변 온도에서 작동 가능하며 스테인리스 케이스를 갖추고 있다.

D70(해상도 600+HTV Lines) 모델의 경우 30여 곳 이상의 러시아, 동유럽권 원전에 납품된 실적이 있고, 원자로 중심 하부와 같은 주변 온도 100°C까지의 동작 환경을 위한 능동성 냉각 시스템을 갖추고 있다.

흑백의 D70은 2/3인치 E-Chalnicon 진공관을 사용했고 시간당  $3 \times 10^5$  Rad, 최소 조도 16lux 의 환경에서 작동한다. 이 카메라는 20배 광학 줌과 같이 장비될 수 있으며 2.25°에서 45°의 조사각을 가진다. 또한 40m 수심에서의 완전, 지속 방수(IP68)가 가능하다.

Mirion Technologies의 R981은 조금 낮은 시간당 최대 피폭량 1kGy( $10^5$  Rad)의 Chalnicon 진공관 모델과, 30kGy( $3 \times 10^6$  Rad) 까지 버틸 수 있는 Vidicon 진공관 모델을 가지고 있다. 6배 광학줌이 장착되며, 양방향 180°도의 팬/틸트가 초당 6° 속도로 가능하다. IP66 버전의 13kg R981은 빠른 유



속의 물속에서도 방수가 가능한 모델이다. R981의 수평 해상도는 550+HTV Lines 이다.

카메라의 주통제 시스템은 수 킬로미터 떨어진 곳에 위치할 수 있는데, 일반적으로 카메라와 통제 시스템 간에 적합한 연결선이 격벽을 관통하여 설치되어 있다. 카메라 통제 프로토콜은 산업 표준과 호환이 가능하다. Mirion R981과 Diakont D70은 둘 다 통제 시스템과 함께 턴키 방식으로 제공이 가능하다.

Rolls-Royce는 두 가지의 내방사선 흑백 영상 카메라를 원전에 공급해 왔다. 두 모델은 시간당  $1 \times 10^6$  Rad, 통합  $1 \times 10^7$  Rad 의 내방사선을 가진다. 진공관 방식이며 최대 주변 온도  $120^\circ\text{C}$ 에서 작동, 작동 수명은 약 2년이다. Rolls-Royce에서 디자인과 설계를 모두 맡았고 내방사선 줌렌즈와 카메라 헤드를 조합하여 팬/틸트 유니트와 조합하였다.


첫 번째 시스템은 고방사선 구역의 처리 과정을 관측하는 시스템이다. 이 시스템은 고방사선 구역 내부에 설치된 카메라와 외부 처리 시설에 위치한 송신 장치로 이루어져 있다. 두 번째 시스템은 크레인에 장착되는 방식으로, 고방사선 구역 내부에서의 연료 공급을 관측할 수 있다.

스웨덴 회사인 Ahlberg Electronics 또한 격납용기 내부에서 사용 가능한 다양한 카메라를 공급하고 있다. N82Z 고해상도 (720 TV Lines, S-Video 모드) CCD 카메라를 시장에 출시한 지 5년 정도 되었다.

IP65 등급의 N82Z는 10배 광학줌, 10배 디지털 줌(총 100배),  $5^\circ \sim 50^\circ$  조사각, 최대  $60^\circ\text{C}$ 의 작동 가능 온도, 최소 10lux 의 작동 가능 조도, 시간당 최대 최대  $10^5$  Rad, 통합  $10^6$  Rad 항 방사성을 가지고 있다. 스테인리스 케이스이며 선택 사양으로 H250DC 유닛을 조합하면  $360^\circ$  팬/틸트가 가능하고 무게는 20kg 내외이다.

능동성 냉각 시스템을 탑재한 N82Z와 유사 모델인 N129Z의 카메라 모듈 수명은 원자로의 디자인과 피폭량에 따라 달라지는데, 일반적으로 3년에서 5년 주기로 카메라 모듈의 교체가 요구된다고 한다.

전자 부품과 광학 부품이 통합적으로 카메라 모듈로 구성되어 있기 때문에 모듈 교체 시기 사이에는 별도의 조정이 필요하지 않고 조정이 필요할 경우에도 15분 정도만 소요된다. 또한 Ahlberg Electronics는 AP1000을 포함하여 N82 카메라를 중국의 신형 원자로에 납품하였고, 체코와 슬로바키아의 원전 보수에도 납품했다. 이 회사의 카메라 시스템은 Pelco나 Grundig의 P850, P848 커뮤니케이션 프로토콜과 호환된다.

한국의 Nucron은 내방사선 3CMOS 컬러 카메라인 KR17090ZWC(시간당  $10^5$  Rad, 통합  $10^7$  Rad 항 방사성, 6배 광학줌)를 KHNP와 공동 개발했다. 

· <NEI> Vol.58, No.706, 2013