

## 원전 방사선 감시계통의 경보설정 방법론개발

### Preliminary Study on the Set Point Calculation of Radiation Monitoring System

김희근, 홍승열, 김형진, 김예중, 이병일  
한국전력공사  
대전시 유성구 문지동 103-16

#### 요 약

원자력발전소에는 작업종사자와 주변주민을 방사선에 의한 과피폭으로부터 보호하기 위해서 방사선감시계통(RMS)을 설치 운영하고 있다. 이 방사선 감시계통의 경보 설정 방법은 고경보설정과 경보예고 설정으로 분류된다. 본 논문에서는 원전에 설치된 RMS의 경보설정 방법론을 각종 지침등과 비교 검토하여 제시하였다.

#### Abstract

The primary function of a Radiation Monitoring System is the detection and measurement of radioactive materials released in gaseous or liquid effluent streams of nuclear power plants. The purpose of this paper is to suggest the alarm and warning set point for Radiation Monitoring System.

#### 1. 개 요

원자력발전소에는 방사선이나 방사성물질에 의한 과피폭으로부터 작업종사자 및 주변 주민을 보호하기 위해서 방사선 감시계통(Radiation Monitoring System: RMS)을 설치하여 운영중에 있다[1]. RMS에는 발전소내 주요지역의 방사선 준위를 감시하는 지역감시기(Area Monitor), 계통내 방사성 물질을 감시하는 공정감시기(Process Monitor) 그리고 소외로 방출되는 방사성 물질을 감시하는 유출물감시기(Effluent Monitor)등으로 구분된다. 이들 방사선 감시계통은 정상운전 및 예상 운전사고를 포함한 사고상황에서도 방사

성 물질이 적절히 감시될 수 있도록 설계되어야 하며, 사고시 주변 환경으로의 방사성 물질 방출제한 및 특정지역을 감시할 수 있도록 설계되어야 한다. 이들 방사선 감시계통은 국내 원자력법(법 제97조, 시행령 79조 및 80조 및 시행규칙 104조 등)과 10 CFR 20(103, 106 및 Reg. Guide 등) 및 10 CFR 50(일반설계기준 13, 60, 63, 64 등) 등을 기준으로 설계되고, 운전된다.

국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection: ICRP)는 기존의 ICRP-26을 대체하여 1990년 ICRP-60에서 방사선방호 신개념을 권고하였다. ICRP-60이 권고된 이후 세계 각국에서는 이를 적극 검토하여 자국의 법령에 속속 도입 중에 있다. 한편 국제원자력기구(IAEA)에서는 ICRP-60의 방사선방호 신개념에 대해 방사선방호실무에서 적용하기 쉽도록 BSS-96을 발행하였다. 우리 나라도 1992년부터 5년 동안 ICRP-60의 방사선방호신개념 도입 타당성을 검토하였고, 1998년 과학기술부 고시 제98-12호 「방사선량 등을 정하는 기준」을 통해 5년간 100mSv까지 허용하는 선량한도의 하향조정등의 내용을 법제화하였다[2]. 한편 올해에는 ICRP-60 후속조치로 BSS-96의 선량환산계수에 근거하여 기존의 최대허용농도(Maximum Permissible Concentration: MPC)를 대체할 수 있도록 연간섭취한도(Annual Limit on Intake: ALI), 유도공기중농도(Derived Air Concentration: DAC), 배출관리기준 등으로 변경작업을 진행중에 있다[3].

본 논문에서는 RMS 중에서 유출물감시기의 경보설정치(Set-point)의 계산 방법론을 조사 분석하였다. 또한 새로운 유도한도(안)를 원전에 적용할 경우 유출물감시기의 설정치에 미치는 영향을 정성적으로 평가하였다.

## 2 원전 방사선 감시계통

원자력발전소에 설치된 RMS중에서 방사선관리상 주요한 계통이 유출물감시기이다. 이 계통은 액체 및 기체 방사성물질의 환경 방출량을 연속적으로 감시하여 정해진 경보설정치(Set-point)를 초과할 경우 경보를 울리고 방사성물질의 소외방출을 제한하는 기능을 가지고 있다. 이러한 RMS 경보설정에는 고경보설정치와 경보예고 설정치로 구분된다. 고경보설정치는 최대허용농도 또는 선량한도에 근거하여 설정하고, 경보예고 설정치는 원자력발전소의 설계 기준선량에 의거 설정한다. 국내 원전에는 발전소별로 약간씩 차이는 있으나 영광 3, 4호기의 경우 방사성기체 유출물감시기는 격납건물 배기유출물 감시기를 비롯하여 각 호기당 13대가 설치되어 있고 폐기물 처리건물에 1대 등 총 27대가 설치되어 있다. 이들 각 감시기는 대략 유출물의 특성을 적절히 감시할 수 있도록 불활성가스, 요오드, 미립자 등 3개의 감시채널을 가지고 있다.

### 3. 경보설정 방법론 개발

#### 가. 최대허용농도(MPC)에 근거한 고경보설정치

정상운전중 배기구를 통한 방사성핵종별(주로 불활성기체, 요오드, 미립자로 구분) 예상방출량(Ci/yr), 일반인에 대한 최대허용농도( $\mu\text{Ci/cc}$ ) 및 비율(예상방출량/최대허용농도)을 기준으로 계산한다. 이 경우 추가로 필요한 자료가 배기구를 통한 배기량(cfm)과 부지경계선에서의 대기확산계수( $\text{sec}/\text{m}^3$ )이다. 이 경우 MPC에 근거한 고경보설정치는 아래 식에 의해서 계산할 수 있다.

$$\text{고경보설정치}(\mu\text{Ci/cc}) = \frac{\text{타배기구 동시방출 보정계수} \times \text{부지경계선에서의 혼합최대허용농도}(\mu\text{Ci/cc})}{\text{유량률}(\text{m}^3/\text{sec}) \times \text{대기확산계수}(\text{sec}/\text{m}^3)}$$

#### 나. 최대허용 피폭선량 기준에 의한 고경보설정치

대기중으로 방출된 기체유출물로 인한 부지경계선에서의 전신선량은 연간 500 mrem, 피부선량의 경우 연간 3000mrem 및 입자 형태의 방사성물질로 인한 장기선량은 연간 1500mrem 이하를 유지하도록 요구하고 있다. 현재 원전부지에는 다수의 원자로가 가동됨을 고려하여 호기당 선량을 제한치를 적절히 할당하여 설정한다. 정상운전중 대기중으로 방출되는 방사성물질의 방출원(격납건물, 보조건물 배기계통, 터빈건물 배기계통, 복수기 탈기계통, 증기누출경로 및 증기발생기 취출탱크 등)을 고려하고 이들 방출원별 방사성물질의 연간 예상 방출량을 기준으로 계산한다. 이 경우 피폭선량에 근거한 고경보설정치는 아래 식에 의해서 계산할 수 있다.

$$\text{최대허용 방출률}(\mu\text{Ci}/\text{sec}) = \frac{\text{주민 선량한도}(\text{mrem}/\text{yr})}{\text{대기확산계수}(\text{sec}/\text{m}^3) \times \sum \text{선량환산인자}(\text{mrem}/\text{yr})/(\mu\text{Ci}/\text{m}^3) \times \text{배기핵종의 분율}}$$

$$\text{고경보설정치}(\mu\text{Ci/cc}) = \text{타배기구 동시방출 보정계수} \times [\text{최대허용 방출률}(\mu\text{Ci}/\text{sec})/\text{유량률}(\text{cc}/\text{sec})]$$

#### 다. 설계기준 선량율에 의한 경보예고 설정치

경보예고 설정치의 계산기준은 기체방사성폐기물 방출로 인한 전신선량의 경우 5 mrem/년 · 호기, 피폭선량의 경우 15 mrem/년 · 호기이며, 방사선옥소 및 방사성미립자에 의한 단일장기의 경우 15 mrem/년 · 호기이다. 이 경우 각 방출원별 허용선량은 예상선

량을 비율로 가정하여 허용선량을 계산한다. 따라서 각 방출원별 방사성폐기물 방출시 허용선량을 이하로 제한하기 위한 연간 허용방출 방사능양( $\mu\text{Ci/cc}$ )을 계산할 수 있다.

#### 4 맺음말

국내원전에 설치된 유출물감시기는 최대허용농도와 최대허용피폭선량에 근거하여 고경보값을 설정하며, 설계기준선량에 근거하여 경보 예고값을 설정하고 있다. 원전에는 많은 수의 RMS가 설치되어 있고 각 원전별 방사선원항 및 방출특성이 다양하므로 이를 고려하여 경보설정치를 설정해야하는 복잡한 계산과정을 거쳐야 한다. 본 논문에서는 각종 지침, 기준 및 보고서 등을 근거로 방사선 감시계통이 경보설정 방법을 조사하여 제시하였다. 이러한 일련의 과정은 최근 ICRP-60의 법제화, 이에따른 후속조치로 기존의 최대허용농도를 대체할 새로운 유도한도의 개정 등과도 연관되는 중요한 일이라고 할 수 있어 계속 검토 분석할 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] 한국전력공사, 영광 3,4호기/울진 3,4호기 최종안전성분석보고서
- [2] 과학기술부 고시 제 98-12호, 방사선량 등을 정하는 기준, 1998, 8
- [3] 한국원자력안전기술원, 선량환산계수의 변경과 규제영향, 1999, 5