

B-01

원자력발전소 비상대응시설의 설계개념

김성환, 성기방, 한상길, 박영섭, 임혁순
한수원(주) 신형원전개발센터

Design Concept of Emergency Response Facility in Nuclear Power Plant

Sung Hwan, Kim, Ki Bang, Sung, Sang Gil, Han, Young Seop, Park, Hyuk Soon, Lim
Korea Hydro & Nuclear Power Co., Center for Advanced Reactors Development

1. 서론

원자력발전소에는 사고시 직접 또는 간접적으로 관련되는 요원들이 집합하여 발전소의 감시계통 및 경보체계 이용하여 계통상태 및 사고 상황을 신속, 정확하게 파악하여 사고를 완화시킬 수 있는 비상대응시설이 있다. 이러한 시설은 '79. 3월에 미국의 TMI-2호기에서 발생한 사고에 대한 후속조치를 반영한 것으로 사고원전은 노심의 상당부분이 용융되었으며, 이 사고로 인하여 영구히 폐쇄조치되었다. 또한 오염물질 등을 정화하고 안전한 상태로 복귀시키는데 약 10억불의 비용이 지출되었다. 사고이후 미국 NRC는 다수의 규제지침을 발표하였으며, 원자력발전소의 안전성향상 및 비상사태에 대비한 종합설비로서 비상대응시설(Emergency Response Facilities : ERF)의 설치를 촉구하였고, 모든 기존 원전 및 신설발전소에 그 설치를 의무화하였다.

비상대응시설은 발전소 주제어실(Main Control Room)을 포함한 기술지원실(Technical Support Center), 운영지원실(Operational Support Center), 소외 비상대책운영실(Emergency Operations Facility) 등의 시설물과 안전인자상태 표시계통(Safety Parameter Display System) 등의 설비로 구성되며, 본 논문에서는 비상대응시설을 구성하는 각 설비별 설치배경 및 설계요건에 대하여 검토하고, 원자력발전소의 비상계획과 관련하여 '02년내에 국회심의·의결될 것으로 예상되는 신규방재법(안)중 발전소 비상계획에 영향을 미치는 주요내용에 대하여 알아보도록 한다.

2. 비상대응시설 설계개념

원자력발전소 비상대응 시설은 상기한 바와 같이 발전소 주제어실이 포함되어 있으나 주제어실의 기본기능인 발전소의 안전운전 및 정지, 비상운전관리 등에 대하여는 잘 알려져 있으므로 본 논문에서는 이에 대한 기술은 생략하고, 기술지원실(Technical Support Center), 운영지원실(Operational Support Center), 소외 비상대책운영실(Emergency Operations

Facility), 안전인자 상태표시계통(Safety Parameter Display System)에 대한 설계배경 및 요건에 대하여 검토하도록 한다.

2.1 기술지원실(TSC)

가. 배경

TMI사고 발생시 사고조치에 직접 또는 간접으로 관련되는 요원들이 주제어실에 집합함에 따라 주제어실이 혼잡하게 되었으며 이로 인해 운전원의 운전은 물론, 발전소 기술 전문요원의 운전원에 대한 기술지원과 관리요원의 비상절차 이행을 위한 사고수습 협조 체제에 어려움이 있었다. US NRC는 사고 발생시 주제어실의 혼잡을 피하고 발전소 상태 정보를 주제어실과 같은 수준에서 파악 할 수 있고, 규제기관 요원 및 외부관계요원들의 모여 사고 수습을 위한 지원을 할 수 있는 별도의 공간(기술지원실)이 주제어실과 가까운 곳에 마련되어야 한다는 지침을 갖고 그 설치를 의무화하였다.

나. 주요 설계요건

1) 위치(Location)

TSC는 비상사태 발생시 주제어실 운전요원에게 기술적인 지원, 소의 비상대책운영실(EOF) 요원 및 운영지원실(OSC) 요원들과 접촉이 용이한 소내에 설치하여야 하며, 소의 비상대책본부(EOF)가 가동될때까지 비상대책본부의 기능을 대신할 수 있도록 주제어실과는 가능한 가까운 거리에 위치하여야 한다. 참고로 미국의 비상대응시설에 대한 기준(NUREG-0696)에서는 구체적으로 주제어실로부터 2분이내의 거리에 있을 것을 명시하고 있다.

2) 크기(Size)

TSC는 근무요원을 위한 공간 등을 포함하여 호기당 200 m²이상을 확보하여야 한다.

3) 통신설비

발전소 안전운전을 위한 기술지원 기능을 효과적으로 수행하기 위하여 주제어실, 비상대책상황실, EOF 및 OSC와의 전용전화를 설치하여야 한다.

4) 데이터 통신

기술지원실 데이터 계통은 발전소 사고이전에 정상운전 상황, 사건초기의 상황 및 사고전과정에 대한 발전소 계통의 동적 특성을 판단할 수 있도록 정확하고 신뢰성 있는 정보를 제공하여야 한다. 또한, TSC 데이터계통 이외에 안전인자 상태 표시계통(SPDS)용의 모니터(CRT)를 별도로 설치하여야 한다.

5) 자료구비

기술지원실에는 발전소 비정상 상태와 사고상태의 기술적인 분석 및 평가를 위한 발전소의 최근 기록 및 기타 관련자료를 구비하여야 한다.

6) 거주성 요건

주제어실과 동일한 거주성을 갖추어야 하며, 사고기간중 기술지원실 요원의 피폭선량이 규제치를 초과하지 않도록 하기 위하여 기술지원실 환기계통은 HEPA 필터 및 Charcoal 필터를 설치하여야 하며, 방사능감지기를 설치하여야 한다.

2.2 운영지원실(OSC)

가. 배경

TSC의 설치배경과 동일하게 TMI사고 발생시 사고조치에 직접 또는 간접으로 관련되는 요원들이 주제어실에 집합함에 따라 주제어실이 혼잡하게 되어 운전원의 운전은 물론, 발전소 기술 전문요원의 운전원에 대한 기술지원과 관리요원의 비상절차 이행을 위한 적절한 지원을 위하여 설치되었다. 비상시 기 지명된 보조 운전원, 보건 물리요원 및 보수요원과 같은 운영지원요원은 운영지원실에 거주하며 주제어실과 TSC 요원들과의 협조체제를 구축하고 운영지원을 하도록 하였다.

나. 주요 설계요건

1) 위치 (Location) 및 크기(Size)

OSC는 비상시 주제어실과 기술지원실 요원들과의 비상협조체제를 구축하고, 관련업무를 지원하기 위해 기지명된 발전소 운영지원요원들의 집합장소로 호기당 150 m² 이상을 확보하여야 하며, 발전소 건물내 적절한 장소에 설치하여야 한다.

2) 거주성 요건 및 통신설비

OSC에 대한 거주성 요건은 특별히 기술되어 있지 않으나 고방사능 누출시 운영지원실 요원의 비상 철수 계획이 준비되어야 하며, 방호복·방사능 측정장치 등과 같은 비상설비가 운영지원실내 모든 요원들이 사용 할 수 있도록 준비되어야 한다. 고-방사능 누출시 운영지원실요원의 비상철수 계획에 따라며 철수시 운영지원실요원이 지정된 장소 이외에서도 OSC의 기능을 계속 수행하는 방안이 수립되어야 한다.

2.3 소외 비상대책운영실(EOF)

가. 배경

TMI 사고기간동안 및 사고후 발전소 소내와 소외간의 연계 및 협력을 위한 적절한 장소가 마련되지 않아 발전소의 방문자 센터와 인근의 임시건물을 설치하여 이용하였다. 또한 사고수습을 위하여 필요한 자료와 제반통신시설, 정보교환체계 등이 갖추어지지 않아 혼선을 빚은 바 있어 US NRC에서는 방사학적 및 환경문제를 위한 협조체제와 일반 공중보호를 위한 업무기능을 수행할 수 있는 소외 비상대책운영실의 설치를 의무화하였다.

나. 주요 설계요건

1) 기능요건

EOF는 비상시 발전소 비상대응활동을 총괄하고, 소외 방재대책기관과 협력체계를 구축하고, 주민보호조치 결정에 필요한 주민예상피폭선량 평가와 주민 보호조치권고를 위한 설비가 준비되어야 한다.

2) 위치 (Location) 및 크기(Size)

EOF는 비상계획구역 외부로부터 10 km 이내(단, 비상계획구역내에 설치하는 비상계획구역 외부로부터 10 km 이내에 예비 비상대책본부를 지정)에 위치하여야 한다. 구성요원과 운용에 필요한 기기 및 자료를 위한 공간은 부지당 400 m²이상을 확보하여야 한다.

3) 거주성 요건 및 통신설비

EOF는 요원들을 방사능으로부터 보호하기 위해 방사선 방호설비 및 감시설비를 갖추어야 하며, TSC와 주제어실 및 관련 규제기관과의 신뢰성있는 음성통신설비를 갖추어야 한다.

4) 데이터 계통

EOF내에는 발전소 상황을 분석하고, TSC를 담당하는 비상대책 책임자와 정보교환을 위해 필요한 자료를 수집, 저장할 수 있는 데이터계통이 설치되어야 한다. 또한 비상상태에 따른 발전소내.외의 방사능 환경오염상태를 파악하고, 평가할 수 있도록 충분한 정보를 수집/저장/표시하도록 설계되어야 한다.

2.4 안전인자 상태표시계통(SPDS)

가. 배경

TMI 사고발생시 원자로운전원(Reactor Operator)은 주제어실내의 복잡한 계장설비, 표시계통 및 경보체계 때문에 발전소 계통상태 및 사고상황을 신속.정확하게 파악할 수 없었으며, 이로 인하여 사고완화조치가 불가능하였다. 이에따른사고 후속조사과정에서 운전원에게 필요한 정보를 제공하는 계측제어계통 및 정보표시방식을 향상시킬 필요가 있음이 지적되었으며, US NRC는 원자력발전소 안전변수 정보를 효과적으로 운전원에게 제공하는 설비로서 안전인자 상태표시계통(SPDS)의 설치를 요구하였다.

나. 주요 설계요건

- SPDS계통은 운전시나 사고시에 필수 안전변수의 상태를 분명하고, 모호함이 없이 주제어실의 SPDS용 CRT에 표시하므로써 운전원의 안전운전을 지원할 수 있어야 한다. 또한 사고시에도 TSC, EOF에도 안전변수 상태를 표시하여 기술지원요원 및 관련요원들이 발전소 운전상태를 신속, 정확하게 파악할 수 있도록 설계하여야 한다.
- SPDS 표시방식은 변수정보의 중요성 및 집약도에 따라 계층구조적 표시방법(Hierachical Display)으로 설계된다.

- SPDS는 운전원에게 발전소 안전상태를 결정할 수 있는 변수를 보여주어야 하며, 최상위 계통화면은 운전원이 발전소의 전반적인 안전상태를 파악하기 위한 최소의 변수들로 구성되어야 한다.
- SPDS는 이의 기능, 표시자료의 종류, 자료의 유효성, 화면표시방식, 위치 및 크기, 인원(Staff), 운용절차, 경보체계 등의 관련설계기준을 만족하여야 한다.

3. 향후전망

국내원전의 경우, TMI 사고후속조치에 해당하는 미국 NRC의 규정을 과기부고시 등을 통하여 시설설계, 건설 및 운영에 대부분 반영한 상태이다. 정부는 추가로 미국 9-11사태 후속조치의 일환으로 방사능 방재대책법(안)의 제정을 추진중인 바 법안의 내용에는 원자력시설에 대한 테러 및 사보타지 방지대책 등이 포함되어 있어 본 법안이 '02년내에 국회에서 심의 의결될 경우, 원자력발전소 비상계획에도 반영되어야 할 것으로 예상된다. 본 법안중 현재 발전소의 비상계획에 직접적인 영향을 주는 사항으로는 원자력사업자와 지방자치단체의 장, 지방행정기관의 장과의 연계성을 보다 강화하여 통보가 아닌 협의를 거치도록 한 점과 원자력시설 등의 방사선등급에 기존의 백색비상, 청색비상과 적색비상 등급 이외에 이상상태를 추가한 점 등을 들 수 있다. 본 법안의 실행을 위한 구체적인 기준은 후속의 하위법규(대통령령, 시행규칙, 고시 등)에서 순차적으로 다뤄질 것으로 예상되므로 원자력사업자와 규제기관간에 상당기간의 논의가 진행될 것으로 예상된다.

참고문헌

1. 한전, “원자력발전소 표준화를 위한 조사용역: 비상대응설비 반영검토”, Vol. 15, 1987. 8.
2. 과기부, 행자부, “방사능 방재대책법(안) 제정 후속대책”, 제3회 방사능 방재대책 Workshop, 2002.8.30.
3. USNRC, “Functional Criteria for Emergency Response Facilities”, NUREG-0696, 1981.2
4. USNRC, “Clarification of TMI Action Plan Requirements”, NUREG-0737, 1980.11.