

물리적방호에서의 핵심구역파악 예비분석

최영, 김길유, 정우식, 박희성, 신희성, 김호동

한국원자력연구원, 305-353 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

ychoi@kaeri.re.kr

1. 서론

핵물질 또는 원자력 시설에 대한 사보타지 행위는 직원에 대한 방사능 피폭 위험내지는 대중과 환경에의 잠재적인 방사능 누출을 야기할 수 있다. 방사능 위험은 위협과 핵물질의 형태, 핵물질 및 기타 핵분열성 물질의 재고량, 시설이나 핵물질 포장의 설계 그리고, 이들의 안전 특성(safety features)에 크게 좌우된다. 결과적으로 사보타지 가능성과 방사선적 영향과 관련하여 시설의 고유 설계 또는 포장 설계에 대한 평가는 안전 및 물리적 방호 전문가 간에 긴밀한 협의를 거쳐 수행되어야 한다. 원자력 설비에 대한 사보타지에 대하여 효과적인 대처가 이루어지기 위하여서는 테러리스트의 공격으로부터 보호되어야 하는 주요 원자력 설비가 들어있는 필수 보호 지역(Vital Area)을 파악하는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 물리적방호차원에서 핵심구역을 파악하여 최소 시설방호의 필요성 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 핵심구역파악

핵심구역 파악을 위한 모델은 많은 현장 자료와 PSA 모델에 기반으로 하므로, PSA 전문가, 발전소 설계자 및 운전원들과의 의견교환을 통하여 합리적으로 수행한다. 핵심구역 파악을 위한 분석의 효율성을 높이기 위해서 핵심구역 파악을 위한 수행 절차서는 그림 1과 같다.[1]

크게 수행절차는 (1)사보타지 행위에 의한 타겟정보파악 (the target information for assessment of the sabotage-induced risk) (2) 확률론적 안전성분석 방법에 의한 핵심구역파악 (vital area identification based on probabilistic safety assessment techniques) (3) 위험도에 따른 핵심구역순위결정 (ranking the vital area based on risk assessment) (4) 원자력시설의 물리적방호 개선 (improving the physical protection system of nuclear fields)

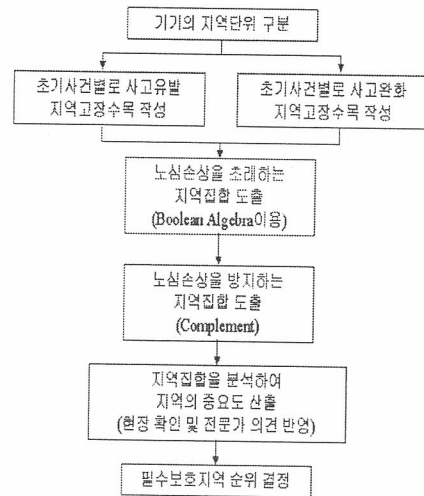


Fig. 1. vital area identification (VAI) based on PSA technique

2.2 핵심구역 파악을 위한 분석

본 핵심구역파악을 위해서 사용한 방법은 원자력발전소 위험도분석에 적용하는 잘 알려진 PSA방법 활용하였다.[2] 핵심구역 정의를 위한 리스크 분석을 위하여 원자력발전소 배관을 세그먼트로 분절화한다. 이는 리스크 순위 결정을 위하여 사고결말과 운전조건이 유사한 배관을 묶어 하나의 배관 세그먼트로 정의한다. 배관 세그먼트라는 개념은 임의의 부위에 대한 파손이 동일한 사고결말(예, 계통 기능 상실, 펌프 계열 상실 등)을 갖는 배관의 일정 부분으로 정의될 수 있으며, 배관 세그먼트 정의 작업은 각 계통에 포함된 배관의 중요성을 평가하기 위해 수행한다.

마지막으로 분석대상에 적용하는 핵심구역파악을 위하여 배관 세그먼트는 배관 파손으로 인한 사고결말등을 고려하여 결정한다. 배관 세그먼트 경계는 사고결말 측면에서 큰 차이를 보일 만큼의 배관구경의 변화 지점 또는 배관 분기점으로

정해진다. 배관 세그먼트를 나누는 작업은 아래와 같은 기준을 적용하여 수행한다.

2.3 핵심구역 파악을 위한 사고결말 분석

본 핵심구역파악을 위하여 배관 파손으로 인한 직접피해는 다음과 같이 분류된다. (1)원자로 정지 또는 LOCA 같은 초기사건을 야기하는 손상, (2)단일 계열 또는 계통의 이용불능을 초래하는 손상, (3)다중 계열 또는 계통의 이용불능을 초래하는 손상, (4)상기사항들이 조합된 사건을 야기하는 손상이다.

직접피해를 평가할 때 모든 계통에 공통적으로 해당하는 주요 가정사항은 다음과 같다.

- 사고결말에 대한 초기사건은 내부사건 PSA 사고경위에서 고려된 초기사건들만 고려된다.
- 파단 크기에 따른 LOCA 분류는 PSA에 정의된 크기를 기본으로 하여 정한다.

각 계통별로 배관 세그먼트에 대해서 정성적으로 식별된 직·간접 피해에 따른 리스크 정량화는 다음과 같은 절차를 따라서 수행한다.

- 배관 파손에 따른 직·간접 피해효과 정성적 검토
- 직·간접 피해효과가 같은 배관 세그먼트들에 대한 그룹화
- PSA 모델에서 적절한 대체기기 선정
- PSA 모델을 이용한 정량화 수행
 - Vital Area Set 도출
 - 중요도 분석 방법 개발 필요
 - Walk Down을 통한 확인
 - 보조 기준'을 통한 순위 재정리
 - . Accessibility
 - . Recoverability
 - . Protection Set 도출
- 정량화결과 검토

그림2에서와 같이 핵심구역파악은 고장수목분석을 위한 고속실행 알고리즘을 을 활용한다. [3] 현재 사용한 핵심구역파악에 적용한 관리시스템은 사보타지로 발생하는 사고완화, 훈련 및 위험도를 관리하는 유용한 tool이 될 것이다.

Room (1)	Initiator (2)	Events (3)	Events Comments (4)	Flood Area (5)	LineNumber (6)	Segment ID (7)	Segment Description (8)	P&ID Drawing (9)	P&ID Drawing Location (10)
0047-405B		CRITICAL TO SISPPS, IAP	Part for all initiating events	0047-405B	SIC00CA-10	HS-073	10" High pressure safety injection suction line on header 1 from 1.5" HS' vessel through valve V470 to High pressure safety injection pump	9-44-VI100-001 Rev. 6	BT

Fig. 2. Display of VAI Results

3. 결론

물리적 방호의 개념은 하드웨어(보안 장치들), 절차 및 시설 설계(배치 포함)의 계획된 조합을 요구하는 개념이다. 본 연구에서는 상기와 같은 물리적 방호를 위해 원자력발전소의 배관 분절화 및 예비사고결말 분석하였다. 그리고 분석결과를 반영해 핵심구역을 파악하였다. 핵심구역파악분석은 특정발전소, 사고시나리오를 갖는 PSA모델을 활용한 예비모의 분석이다. 물리적방호의 핵심구역을 결정할 때 사용한 PSA모델은 중요한 정보로서 중요한 역할을 할 것이다. 그리고 앞으로, 본 핵심구역파악 분석기술을 원전뿐 만 아니라 핵주기시설등 국내원자력관련 설비에 적용하면 효과적이면서 효율적인 물리적 방호체계를 구축할 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었다.

5. 참고문헌

- [1] C. K. Park, W. S. Jung, J. E. Yang, H. G. Kang, "A PSA-based vital area identification methodology development," Reliability Engineering and System Safety, 82, pp. 133-140, 2003.
- [2] S. H. Han, "PC-Workstation Based Level 1 PRA Code Package-KIRAP," Reliability Engineering and System Safety, Vol.30, pp.313-322, 1990.
- [3] W. S. Jung, S. H. Han, J. J. Ha, "A Fast BDD Algorithm for Large Coherent Fault Trees Analysis," Reliability Engineering and System Safety, Vol. 83, pp. 369.374, 2004.