



원전 화재시 안전정지를 위한 운전원수동조치의 타당성

임현태
(주)파워빌트씨앤이

Feasibility of Operator Manual Action for Post-Fire Safe Shutdown in NPPs

Yim, Hyun Tae
PBC&E

요 약

운전원 수동조치는 원자력발전소 화재시 발전소 안전정지를 달성하고 유지하기 위하여 절차에 따라 주제어실 이외의 장소에서 취하는 운전원의 행위를 말한다. 화재시 운전원 수동조치는 발전소 정상운전 동안의 조치에 비해 더 긴장된 상태에서 정해진 시간내에 임무를 완수하여야 한다는 점 때문에 조치성공 가능성을 확인하기 위하여는 행위의 타당성과 신뢰성이 입증되어야 한다. 운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성은 조치의 가용시간, 환경조건 등 10가지의 인자를 고려한 시간분석, 절차 및 훈련, 이행, 입증의 과정을 거쳐서 검증될 수 있다.

1. 서 론

원자력발전소 화재방호 요건은 발전소 화재시 안전정지 능력을 확보함으로써 방사성물질의 환경방출 가능성을 방지하기 위한 것이다. 이러한 화재방호 요건을 준수하기 위하여 발전소는 10CFR50 부록 R에 따라 물리적 격리, 내화방벽, 화재 방지, 통제, 진압방법 등의 조합을 사용하여 안전정지에 필요한 기기를 보호하여야 한다. 특정 발전소의 일부 경우에는 안전정지 기기의 물리적방호 대신에 발전소 화재시 안전정지를 위한 허용가능한 다른 방법으로 운전원 수동조치(Operator Manual Action)를 채택하고 있다. 그러나 이러한 운전원 수동조치는 타당성과 신뢰성이 입증되어 규제기관의 승인이 있는 경우에만 허용하도록 엄격히 규정하고 있다. 본 논문에서는 원자력발전소 화재시 운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성을 확인하기 위한 방법을 논의하고자 한다.

2. 운전원 수동조치 문제

원자력발전소 화재방호 요건은 발전소 안전정지 기능을 확보하기 위하여 다음의 심층 방어 접근을 규정한다.

- 화재예방 활동(설계, 건설 및 행정통제에 의한 가연물의 제한)
- 화재 감지, 통제 및 진압 능력(고정식 소방계통 및 소방대 훈련)
- 다중 안전정지 계열의 물리적 격리(이격거리 및 내화방벽)

상기 항목 중에서 다중 안전정지 계열의 물리적 격리를 위한 방법이 10CFR50 부록 R 에 규정되어 있다. 10CFR50 부록 R의 III.G.2항에 의하면 발전소 화재시 안전정지를 달성 하고 유지하는 최소한 하나의 방법이 가용함을 합리적으로 입증하기 위하여 아래의 3가지 방법중의 하나의 격리요건을 만족하도록 요구하고 있다.(그림 1 참조)

- (a) 3시간 내화방벽으로 격리
- (b) 20' 수평 이격거리 + 중간 가연물 없음 + 감지 및 자동진압설비
- (c) 1시간 내화방벽으로 보호 + 감지 및 자동진압설비

상기 격리요건중 격리방법(c)를 채택하는데 있어서 동일 지역에 위치하는 다중계열의 안전정지 능력을 확보하기 위해 안전정지에 관한 하나의 계열에 해당하는 기기 및 케이블 을 방호체로 보호하고 해당 지역에 화재방호계통을 적용한다. 이러한 방법이 물리적으로 불가능할 경우 그 대안으로 “운전원 수동조치”를 이용할 수 있다. 다만 이러한 운전원 수 동조치는 그 성공가능성에 대한 타당성과 신뢰성이 입증되어야 한다.

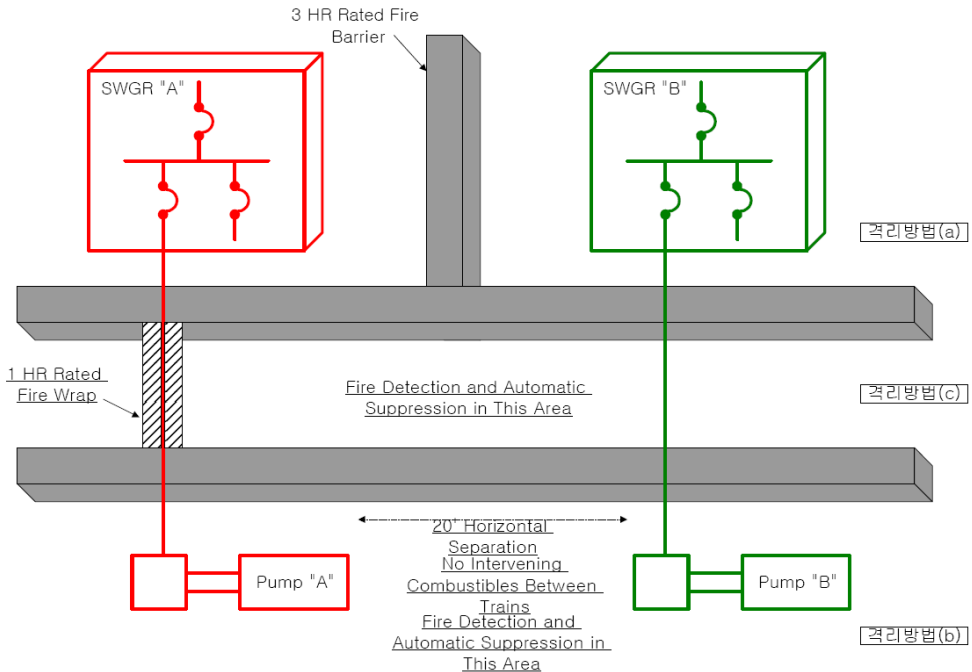


그림 1 다중계열 격리요건(방법 a, b, c)

3. 운전원 수동조치 타당성 입증 방법

원자력발전소 화재시 안전정지 달성 및 유지를 위한 운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성을 확인하기 위한 요소와 입증방법을 논의한다.

3.1 평가 요소

운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성에 영향을 미치는 요소들은 다음의 10가지가 있다.

- 가용시간
- 환경조건
- 기기 건전성 및 접근성
- 지시기
- 통신
- 휴대용 장비
- 개인보호장구
- 절차 및 훈련
- 인원
- 입증

3.2 입증 방법

운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성을 확인하기 위하여는 다음의 요건을 모두 만족하여야 한다.

- (a) 분석. 운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성을 증명하는 분석을 수행하여야 한다.
- (1) 분석에는 조치수행 운전원이 직면하게 될 예상 환경조건에서 건강과 안전에 위협없이 고온정지 달성 및 유지를 위한 조치장소에 도달하고 조치를 수행하는데 충분한 시간이 있음을 보여주는 가상 화재시간표(Timeline)를 포함하여야 한다. 이 화재시간표는 화재의 초기발견 시점부터 고온정지를 달성하고 유지되는 능력이 도달되는 시점까지 포함하여야 하며 (i) 가상과 실제 상태의 차이, (ii) 인간 수행능력의 불확실성 등을 포함한 모든 변수를 감안한 시간여유가 고려되어야 한다.(그림 2 참조)
- (2) 분석에서는 고온정지 달성에 필요한 기기와 케이블이 화재나 그 영향으로부터 건전한지 확인하여야 한다.
- (3) 분석에서는 (i) 운전원 수동조치 필요성을 나타내고 그 성능을 보여주며 성공적인 완수를 확인하는데 필요한 모든 지시기, (ii) 필요한 통신, 휴대용 구명보조장비 등을 포함하여 모든 필요장비를 확인하여야 한다.
- (b) 절차 및 훈련. 운전원조치가 발전소 고온정지 달성 및 유지를 위한 절차서에 포함되어야 하며 운전원은 동 절차서에 관해 적절한 훈련을 받아야 한다.
- (c) 이행. 발전소는 각 운전원 수동조치를 수행하는데 필요한 모든 계통과 기기가 (a)항

의 분석과 일치하게 운전가능하고 접근가능한지 입증하여야 한다. 운전원 수동조치를 수행하는데 필요한 운전교대조의 인원수는 항상 소내에 있어야 한다.

- (d) 입증. 발전소는 주기적으로(최소 12개월마다) 고온정지를 달성하고 유지하는데 필요한 각 운전원 수동조치가 (a)항의 분석과 일치하게 완수될 수 있음을 입증하기 위하여 운전원 집단을 이용하여 현장실사를 수행하여야 한다. 주기적 현장실사에서 운전원 수동조치가 더 이상 분석과 일치하지 않으면 수정조치를 취해야 한다.

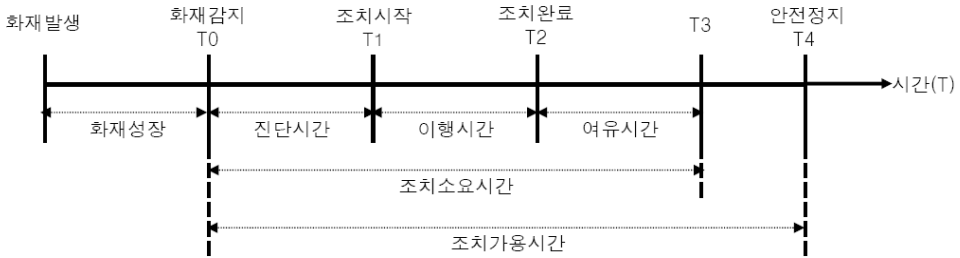


그림 2 운전원 수동조치 가용시간분석

4. 결 론

원자력발전소 화재방호 요건을 준수하기 위하여 규정에 따라 안전정지에 필요한 기기를 보호하는 대신 안전정지를 위한 허용가능한 다른 방법으로 운전원 수동조치를 채택하는 경우 운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성이 확인되어야 한다. 운전원 수동조치의 타당성과 신뢰성은 조치의 가용시간, 환경조건 등 10가지의 인자를 고려한 시간분석, 절차 및 훈련, 이행, 입증의 과정을 거쳐서 검증될 수 있다.

참고문헌

1. (2010), Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979, 10CFR50 Appendix R, USNRC.
2. (2009), Fire Protection for Nuclear Power Plants, Regulatory Guide 1.189, Rev.2, USNRC.
3. Kolaczowski, A. et al., (2007), Demonstrating the Feasibility and Reliability of Operator Manual Actions in Response to Fire, NUREG-1852, USNRC.
4. (2006), Regulatory Expectations with Appendix R Paragraph III.G.2 Operator Manual Actions, RIS2006-10, USNRC.
5. Travers, W.D., (2003), Rulemaking Plan on Post-Fire Operator manual actions, SECY-03-0100, USNRC.