

# 격납건물 계기용공기 상실시 최적대응방안 연구(한빛 3,4호기)

김영철<sup>1\*</sup>, 송종순<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국수력원자력(주) 한빛원자력본부, 전남 영광군 홍농읍 홍농로 846

<sup>2</sup>조선대학교, 광주광역시 동구 필문대로 309

\*zerofe69@khnp.co.kr

## 1. 서론

원자력발전소 공기구동밸브(AOV)의 구동원으로 사용되는 계기용압축공기계통은 발전소 안전운전에 필수계통으로 발전소 운전모드와 관계없이 정상운전이 요구되고 있으며, 공기압축기 고장 발생시에도 계기용압축공기의 정상적인 공급을 보장하기 위한 설비들이 발전소 설계에 반영되어 있다. 따라서 계기용압축공기계통의 상실 가능성은 희박하나, 격납건물에 공급되는 계기용압축공기는 공기구동 SOV를 통해 공급되고 있어, 격납건물내 계기용압축공기 공급밸브의 고장 및 공학적인 안전설비작동신호(ESFAS) 오동작 발생시 격납건물내에 설치된 모든 공기구동밸브의 운전불능으로 복구조치에 실패할 경우 원자로 수동정지 등 심각한 과도상태의 발생이 예상된다. 본 연구에서는 격납건물내 계기용압축공기 상실가능성과 상실시 영향 및 최적대응방안 연구를 통해 발전소 안전성 및 설비신뢰도 제고에 도움을 주고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 격납건물내 계기용압축공기 상실가능성 검토

2.1.1 계기용압축공기계통 완전상실 가능성 : 없음  
호기당 100% 용량의 공기압축기 2대가 설치되어 1대는 상시운전 나머지 1대는 대기상태를 유지하고 있으며, 공기압축기 2대 모두 운전불가능한 조건을 고려하여 인접호기를 통한 계기용압축공기의 공급이 가능하도록 호기간 공통배관이 설계되어 계기용압축공기계통의 완전상실 가능성은 없음.

2.1.2 격납건물살수작동신호(CSAS) 오동작에 의한 격납건물내 계기용압축공기 상실가능성 : 존재  
격납건물내 계기용압축공기 공급밸브는 건전한 상태이므로 관련 비정상절차서(비정상-3712A : CSAS 오동작)에 따라 신속한 대응조치 수행 시 발전소 과도상태 발생가능성 최소화 가능

2.1.3 격납건물내 계기용압축공기 공급밸브 고장 : 존재  
격납건물내 계기용압축공기 공급밸브는 고장 발생시 자동 격리되도록 설계되어 밸브구동용 SOV 고장 등 비정상 발생시 밸브의 재개방 수단 및 방법이 없어 격납건물내에 설치된 모든 공기구동밸브의 운전불능으로 심각한 과도상태 발생 가능성이 존재함

### 2.2 격납건물내 계기용압축공기 상실시 발전소 거동

#### 2.2.1 가압기 수위 상승

화학 및 체적제어계통(CVCS)의 유출수 격리밸브 차단으로 가압기 수위가 증가되어 운영기술지침서에서 제한하고 있는 수위 상한치(57%)를 초과할 경우 1시간 이내 복구가 요구되며, 복구 실패시 원자로 수동 정지 후 운전모드 3(고온대기) 진입이 요구 됨

#### 2.2.2 원자로냉각재펌프 제어유출수 유로 전환

원자로냉각재펌프 제어유출수 격리밸브의 닫힘에 의해 제어유출수 유로가 체적제어탱크(VCT)에서 원자로배수탱크(RDT)로 전환되며 유로 전환 후 원자로 배수탱크 수위 증가시 원자로배수탱크 상부에 설치된 파열판 보호를 위해 원자로 및 원자로냉각재펌프 수동정지가 요구됨

#### 2.2.3 격납건물내 설치된 모든 AOV 운전불능

### 2.3 최적대응방안 검토

격납건물내 계기용압축공기 공급밸브의 부적절한 차단 발생시 원자로배수탱크 파열판 파손에 의한 원자로냉각재 상실사고 발생 및 원자로 수동정지를 방지하기 위해 최적화된 운전원의 대응조치가 필요하며, 최적화된 대응조치의 보장을 위한 개선방안을 검토 함

#### 2.3.1 격납건물내 계기용압축공기 공급설비 개선

- 밸브 Type(AOV → MOV) 변경
- 계기용압축공기 공급밸브 우회밸브 신설

- 격납건물내 계기용압축공기 보조압축탱크 신설
- 질소공급배관 활용
- 수동조작이 가능한 AOV로 밸브 변경(채택안)
- 계기용압축공기 공급밸브 구동원 가압라인 전환

### 2.3.2 주제어실 경보 신설

운전원이 격납건물내 계기용압축공기 공급밸브의 부적절한 차단을 조기에 인지하여 비정상 복구에 필요한 여유시간 확보가 가능하도록 주제어실에 "IA CIV CLOSED" 경보창 신설 필요

### 2.3.3 관련 비정상절차서 개선

격납건물내 계기용압축공기 공급밸브 차단 후 배관내 압축공기 잔압을 이용한 원자로배수탱크 배수 절차 및 원자로배수탱크 파열판 손상 방지 절차 추가

## 3. 결론

### 3.1 격납건물내 계기용압축공기 공급밸브 개선

공급밸브 고장 형태에 관계없이 격납건물내 계기용 압축공기 공급이 가능하도록 비상시 수동조작이 가능한 AOV로 변경하여 격납건물내 계기용압축공기 상실 문제 해결 가능

### 3.2 주제어실 IA CIV CLOSED 경보창 신설

주제어실 경보 신설로 비정상 상황의 조기 인지를 통한 운전원의 신속한 대응 조치 및 비정상 복구에 필요한 여유 시간 확보 가능

### 3.2 비정상 절차서 개선

관련 비정상 절차서 개선으로 체계적인 대응조치를 통해 원자로배수탱크 파열판 손상에 의한 원자로냉각재 상실사고 및 원자로수동정지 방지 가능

검토결과 격납건물내 계기용압축공기 공급밸브의 비정상 차단을 유발할 수 있는 밸브 구동전원 상실, 밸브 구성품 고장 및 공학적안전설비작동신호(ESFAS) 오동작 발생시에도 원자로냉각재계통 건전성, 원자로배수탱크 파열판 파손에 의한 원자로냉각재 상실사고 및 원자로 수동정지를 예방하기 위해서는 격납건물내 계기용압축공기 공급밸브의 설비개선, 경보창 신설, 관련 절차서 개선을 통해 발전소 과도상태 및 원자로 불시정지 예방이 가능함을 확인 함.

## 4. 참고문헌

- [1] 운영기술지침서, 한빛 2,3발전소.
- [2] 비정상절차서, 비정상-3712A, 비정상-3596A/B/C, 비정상-3431F/G.
- [3] 한빛 2발전소 OM Manual.
- [4] 한빛 3,4호기 Control Logic Diagram.
- [5] 한빛 3,4호기 EWD.
- [6] 한빛 2발전소 계통설명서.
- [7] 해외기술정보.
  - OE33444 : Solenoid Operated Valve Coil Failure causes Loss of Instrument Air to Containment (Palo Verde Generating Station)
  - OE30475 : Manual Trip due to Loss of Instrument Air to Containment (Palo Verde Generating Station)