

KNF-
ENG-03

12발 제어봉 낙하시 원자로정지 방지 설계

안전해석처 양해남
T. 042-868-1482 E. hnyang@knfc.co.kr

OPR1000 및 APR1400 발전소
정상운전 중 12발 단일 제어봉집합체 낙하 시
발생할 수 있는 원자로 불시정지를 방지

- 원자로 정지 이후 정상운전까지 복구하는데 많은 시간이 소요되어 발전소 이용률이 크게 저하

● 목적 및 필요성

- 12발 단일 제어봉집합체 낙하 시 노심보호계통(CPCS)에 의해 발생할 수 있는 원자로 불시정지를 방지
- 원자로 불시정지를 방지함으로써 발전소의 안전성과 이용률 향상

기술 내용

● 배경

- OPR1000 발전소 정상운전 중 12발 단일 제어봉 집합체 실제 낙하 또는 낙하 오신호에 의해 원자로 정지가 다수 발생함
- 정상운전 중 원자로 정지에 따른 급격한 노심천이 상황이 발생

● 기술 원리

- 2가지의 원자로정지방지 방법론을 개발
 - 방법론 1 : 노심보호계통(CPCS) 출력별점 제거 및 출력 감발
 - 방법론 2 : 원자로 출력감발계통(RPCS) 작동

< 제어봉 위치편차발생 시 원자로 거동 >

편차 종류	세분류	CPCS 알고리즘	결과
삽입방향 부그룹내 단일제어봉 편차	12발 제어봉 실제편차	30%의 출력별점 부여	약 80% 출력 이상에서 원자로 정지 발생
	12발 제어봉 오신호 편차	7초 후 30%의 출력별점 부여	80% 출력 이상에서 7초 후 원자로 정지 발생
	4발 제어봉 편차 (실제편차 및 오신호 편차)	CPCS 페널티 부여 없음 (COLSS POL에 약 18% 별점 상시부과)	원자로정지 없음
인출방향 부그룹내 단일제어봉 편차	N/A	800% 별점부여 (12발, 4발 및 부분강제어봉 포함)	출력준위와 무관하게 원자로 정지
부그룹내 다중편차	2개 제어봉 낙하 또는 부그룹 낙하	800% 별점부여 (12발, 4발 및 부분강제어봉 포함)	출력준위와 무관하게 원자로 정지

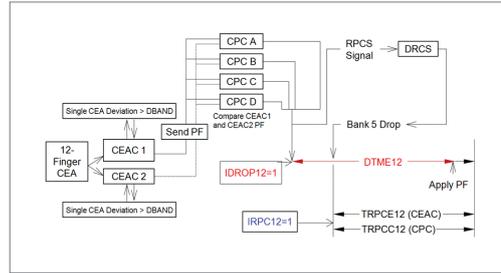
< 방법론 1 >

특성
<ul style="list-style-type: none"> CPCS 출력발전점 제거 COLSS ROPM에 페널티 추가 터빈 러백 작동 : 약 80% 출력 준위에서 안정화
적용범위
<ul style="list-style-type: none"> OPR1000/APR1400 CPCS 전산 플랫폼 적용 가능

이전 방법론	개선 방법론
CPC	
12발 제어봉 패널티 부과 12발 제어봉 낙하 시 출력 30% 상향 → 고출력에서 원자로 정지	12발 제어봉 패널티 제거 CEA 낙하시 적용되는 대 부분의 패널티를 제거하고 COLSS로 이전 → 12발 제어봉 낙하 시 원자로 정지 방지
COLSS	
4발 제어봉 패널티 부과 COLSS에 18% 패널티 상 시 부과 → 4발 제어봉 낙하시 원자로 정지 방지	12발 제어봉 패널티 추가 COLSS에 약 4% 패널티 추가 → 운전여유도 감소

< 방법론 2 >

특성
<ul style="list-style-type: none"> 노심보호계통의 12발 제어봉 벌점을 일정 시간 지연 후 적용 12발 제어봉 낙하 시 RPCS작동(BK5 자유낙하) : 약 50% 출력 준위에서 안정화
적용범위
<ul style="list-style-type: none"> RCOPS 전산기 적용성 확인, 타 전산기(Legacy & CQ)적용성 검토 필요



기술완성도 (TRL)

- 양산 및 초기시장 진입

사업 방향

- 기술 이전
- 라이선싱
- 공동 연구
- 용역 수행
- 기타

기술 우수성

● 기술특징

• 방법론 1

- COLSS 운전여유도 감소가 예상되나, PLUS7 연료의 향상된 열적여유도를 활용함으로써 정상 운전에 미치는 영향은 없음
- 고출력준위(80% 출력 준위 근방)에서 노심 안정화가 이루어지기 때문에 정상운전으로의 복구 가용이함
- OPR1000 원전에 적용되어 12발 단일제어봉집합체 낙하 시 원자로정지를 방지한 실제 사례를 통해 기술이 충분히 입증되었고 원전 이용률 향상에 크게 기여하였음

• 방법론 2

- 12발 제어봉 낙하 시 노심보호계통의 벌점을 적용
- 노심보호계통의 벌점을 유지하며 열적여유도 손실이 없음

● 기대효과

- 원자로 불시정지를 방지함으로써 불시정지 후 정상 운전 복구에 소요되는 기간만큼의 원전 이용률 향상 및 그에 따른 경제적 이익 발생
- 원자로 불시정지에 따른 급격한 원자로 천이상황 발생을 방지하여 노심의 안전성 향상

기술 적용현황

- 국내 모든 가동원전에 대해 적용 완료 및 건설 원전에 적용 중

제공 가능 품목

- 기술용역 수행