

# 표준형발전소 RPCS 동작 후 원자로출력 및 ASI 최적제어 연구

유문철<sup>1</sup>, 송종순<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한수원(주)한빛본부, 전라남도 영광군 홍농읍 홍농로 846

<sup>2</sup>조선대학교, 광주광역시 동구 필문대로 309번지

\*nuguls78@khnp.co.kr

## 1. 서론

2005년 이후 표준형 원자력발전소에서 원자로출력 급감발계통(Reactor Power Cutback System, RPCS)은 십여차례 발생되었으나 이에 대한 적정 원자로출력 유지 및 축방향출력편차(Axial Shape Index, ASI) 제어에 대한 지침이 미흡하여 주기초를 제외하고, 출력 및 ASI 제어의 어려움을 경험함에 따라 RPCS 동작시 변수 및 운전원 조치를 분석하여 적정 원자로출력 유지 및 최적 ASI 제어방법을 제시하고자 함.

## 2. 본론

### 2.1 RPCS 계통 개요

#### 2.1.1 기능

출력운전 중 주급수펌프 트립시, 터빈트립 또는 대형부하 감발시 원자로 출력을 재빨리 감소시켜 가압기 고압력에 의한 원자로 트립을 방지하고 1,2차 안전밸브 개방을 방지시킴

#### 2.1.2 RPCS 장점

보다적은 SBSCS 용량으로도 대형부하 탈락사고 영향을 흡수할수 있고, 주급수펌프 용량 감소, 발전소 가동률 및 이용률 향상에 기여할수 있음.

#### 2.1.3 제어봉 선택신호

발전소 감시계통(Plant Monitoring System)에서 원자로출력, Tavg 및 연료연소도를 감시하고, 연료 온도계수와 감속재 온도계수를 계산하여 필요한 부분응도에 따라 낙하 제어봉을 선택.

### 2.2 ASI 개요

#### 2.2.1 ASI 제어 목적

FSAR 사고해석에 사용된 초기조건 만족, 운영기술지침서에서 제한한 범위내 ASI 유지

#### 2.2.2 ASI 정의 및 제한치

노심의 축방향 출력분포가 상부 또는 하부쪽으로 어느정도 편중되어 있는지 나타내는 지표로 정상운전시  $-0.27 \leq ASI \leq +0.27$  범위내에 유지

#### 2.2.3 ASI 진동유발 요소

제어봉, 연소도, 냉각재온도, 지논(Xe) 분포 및 붕산희석/ 주입

#### 2.2.4 주기말 RPCS 동작시 ASI 제어시 고려사항

출력운전 유지기간, 제어봉 삽입제한 및 RPCS 동작 직후 또는 Xe누적 시간등을 고려

### 2.3 RPCS 동작 이력 분석

#### 2.3.1 2005년 이후 발전소별 RPCS 동작현황

표준형 발전소인 한빛 2발,3발, 한울 2발, 3발 및 신월성 1발전소 RPCS 동작현황

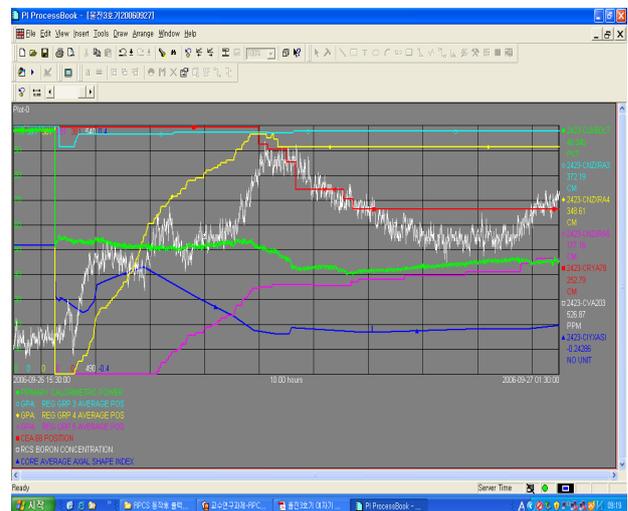


Fig. 1. PI Program When RPCS Actuated.

### 2.4 문제점 검토

#### 2.4.1 ASI 제어 문제점 검토

RPCS 동작이력 검토결과 주기초(BOC)인 경우를 제외한 주기중반(MOC), 주기말(EOC)의 경우 운영기술지침서상 제한치를 초과하려는 경향이 있어, 제어봉 증첩을 위반한 사례발생

### 2.4.2 조절제어봉 집합체 삽입한계 검토

RPCS 동작시 조절제어봉 및 부분강제어봉 집합체 삽입한계 이상유지는 문제없음

### 2.4.3 원자로 출력유지 검토

약 5건의 RPCS 동작시 Xe 축적 및 ASI 제어를 이한 제어봉 삽입으로 인하여 원자로 출력유지에 어려움을 경험

### 2.4.4 관련절차서 문제점 검토

RPCS 동작 후 적용하는 관련 절차서에서 ASI 및 원자로출력 유지관련 적절성 검토

## 2.5 해결방안 제시

### 2.5.1 ACEONED 프로그램 검증

RPCS 동작시 실제 ASI와 ACEONED ASI 비교 검증을 통해 최적 ASI 제어방안 모색

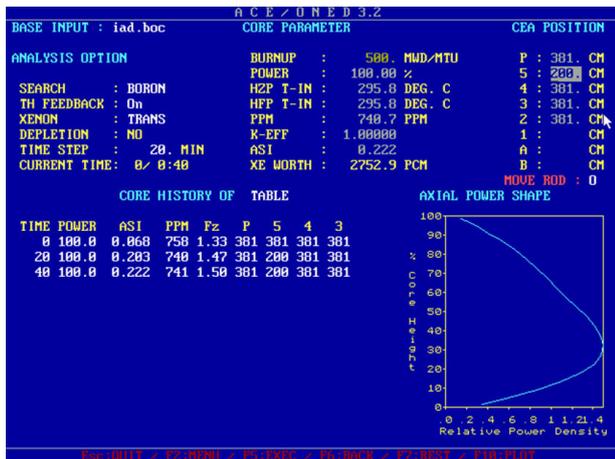


Fig. 2. First Display of ACEONED.

### 2.5.2 원자로출력 유지

RPCS 동작시 실제 원자로출력 및 ASI 거동을 분석하고, ACEONED 프로그램과 비교검증 함으로써 최적 원자로출력 범위 및 유지방안 도출

### 2.5.3 최적 ASI 및 원자로출력 유지 절차서반영

RPCS 동작시 적용하는 절차서에 최적 ASI 및 원자로출력 유지방안 반영

## 3. 결론

### 3.1 조절제어봉 중첩위반

주기초를 제외한 대부분의 기간중 RPCS 동작시 ASI 제어의 어려움을 겪었으며, ASI 제어를 위해

조절제어봉을 중첩위반하고 있으므로 시정조치 방안을 세워야 함

### 3.2 RPCS 동작후 ASI 제어

노심거동을 분석하는 ACEONED 프로그램을 이용하여 실제 ASI 거동과 분석 비교함으로써 최적 ASI 제어방안을 제시

### 3.2 RPCS 동작후 원자로 출력유지

RPCS 동작후 부적절한 반응도 제어로 인해 지논 축적시 원자로 출력유지에 어려움을 겪었으며, 이러한 출력감소는 ASI가 악화되는 방향으로 이어지고, 이는 제어봉 삽입을 유발하여 출력을 감소시키는 악순환이 야기됨, 이에따라 RPCS 동작시 초기 출력을 적절한 범위내에서 최대한 높게 운전하는것이 바람직함.

## 4. 참고문헌

- [1] 운영기술지침서, 한빛 2,3발전소.
- [2] 운영기술지침서, 한울 2,3발전소.
- [3] 운영기술지침서, 신월성 1발전소.
- [4] 핵설계보고서(NDR), 한빛 2발전소.
- [5] 출력급감발계통 계통설명서, 한빛 2,3발전소.
- [6] 출력급감발계통 계통설명서, 한울 2,3발전소.
- [7] 출력급감발계통 계통설명서, 신월성 1발전소.
- [8] 종합-3003 출력운전, 한빛 2,3발전소.
- [9] 종합-3003 출력운전, 한울 2,3발전소.
- [10] 종합-3003 출력운전, 신월성 1발전소.
- [11] 비정상-3511A 터빈발전기 트립, 한빛 2,3발전소, 한울 2,3발전소, 신월성 1발전소.
- [12] 비정상-3541G 주급수펌프 트립, 한빛 2,3발전소, 한울 2,3발전소, 신월성 1발전소.
- [13] 비정상-3880A 소내부하운전, 한빛 2,3발전소, 한울 2,3발전소, 신월성 1발전소.