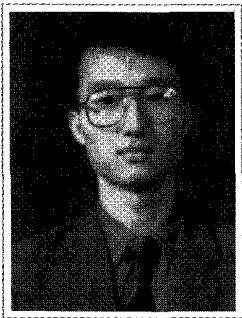


한국 표준형 원전 노심 운전 지원 코드(KROSS)

김 운 호

한전 전력연구원 노심계통해석그룹 선임연구원



한 전 전력연구원 노심계통해석그룹은 노심 안전성 및 연료 개발 관련 중장기 연구 개발뿐만 아니라 원자력발전소의 현장 문제점 해결 및 운전 절차를 자동/간편화하는 현장 적용 연구도 수행하여 원전의 이용률 및 안전성 향상에 기여해 왔다.

특히 정지 여유도(SDM) 및 재기동시 임계점(ECP) 계산을 자동화한 운전 지원 패키지(Plant Operation Package)를 개발하여 웨스팅하우스

스형 전발전소에 적용하였으며, 출력 영역 노외 계측기(power range excore detector)의 교정 절차를 단순화한 방법론을 개발하여 고리 3·4호기 및 영광 1·2호기에 적용 중에 있으며, 고리 1·2 및 울진 1·2호기에 대한 적용성 분석도 진행 중이다.

그리고 장주기 운전 적용, 노내 계측기의 장전량 최적화 연구 및 노외 계측기 SAM(Shape Annealing Matrix) 결정 방법 개선 연구 등 한국 표준형 원전(KNSP)에 대한 여러 가지 현장 문제점 해결을 위한 연구를 수행하고 있다.

이 중 정지 후 재기동시 운전원의 재기동 운전 전략 의사 결정을 지원할 수 있는 소프트웨어 개발을 목표로 약 18개월(1998.5~1999.11) 동안 연구하여 개발한 한국 표준형 원전 노심 운전 지원 코드(KEPCO Reactor Operation Support System)를 소개하고자 한다.

개발 배경

한국 표준형 원전(영광 3·4호기 및 울진 3·4호기)은 원자로의 출력 분포 제어 범위가 매우 제한적이므로 원자로 정지 후 재기동시 운전 유연성이 감소하여 전출력 도달 시점이 지연되는 어려움이 있었다.

원자로의 출력 분포는 여러 가지 운전 변수에 따라 민감한 영향을 받으며 그 중에서도 측정이 불가능한 '제논'이란 원소의 영향을 가장 크게 받으므로 적절한 수치 모델링을 통해 제논의 변화를 예측하는 것은 무엇보다 중요하다.

특히 주기중(MOL) 원자로를 재기동해야 하는 경우에는 심도깊은 노심 상태의 이해와 운전 기술 없이는 출력 상승에 상당히 어려움을 겪게 된다.

원자로 운전은 출력 준위에 따른 제어봉 조작 및 봉소 농도를 조절함으로써 이루어지는데, 각각의 방법



은 출력의 변화 및 액체 폐기물 발생량과 직결되어 있어 적절한 운전 전략을 선택하는 것이 경제성 향상에 필수적이다.

이에 전력연구원 노심계통해석그룹은 노심 상태의 변화 추이 예측뿐만 아니라 제어봉의 조작과 붕소 농도의 조절을 최적화한 재기동 전략을 계산/생산할 수 있는 도구를 운전원에게 제공하기 위하여 운전 지원 코드(KROSS)를 개발하게 되었다.

현재 숙련된 운전원이 노심 거동의 변화 추이를 일반적인 절차서 및 경험에 따라 예측하고 있으나 실제 노심 상태는 연소도 및 운전 이력에 따라 다양하게 변하므로 경험에만 의존하는 방법에는 한계가 있다.

운전원이 실제 노심을 정확히 모사할 수 있는 전산 코드의 제공 정보를 기반으로 노심 운전 전략을 결정한다면 원전의 안전성 제고는 물론 불시 정지 방지를 통하여 호기당 연간 3억원 가량의 경제적 효과가 발생할 것으로 예상된다.

방법론 개발

운전 지원 코드의 개발 요건을 조사/분석한 결과 첫째, 출력 분포와 제논의 복잡한 비선형 관계(Nonlinearity) 및 운전원의 제어봉 조작과 냉각재 내 붕소 농도 조절에 따른 출력 분포 변화를 정확하고 신속하게 계산할 수 있어야 하

고, 둘째, 운전원이 운전 제한 조건을 만족시키기 위해 가이드라인으로 삼을 수 있는 출력 분포 제어 전략을 제시할 수 있어야 하며, 셋째, 개발한 운전 지원 코드가 사용하기가 편리해야 한다는 점을 도출하였고 이를 바탕으로 본 연구를 수행하였다.

1. 과도 상태 노심 거동 해석 모델

일차원 노심 모사 계산은 운전 조건의 변화에 따른 노심의 거동을 빠른 시간 내에 정확히 예측하여 안전하고 효율적인 운전 자료를 제공함으로써 원자로 운전의 최적화를 도모하고자 하는 데 그 목적이 있다.

노심 천이 현상의 모사 계산을 위해서는 노심 상태의 초기 조건을 실제 노심과 일치시켜야 하는데, 특히 직접적인 측정이 불가능한 노심 내 제논 분포의 초기 상태가 천이 현상의 해석 결과에 커다란 영향을 미친다.

초기 상태의 노심이 정확히 제논 평형 상태에 있지 않는 경우 모사 계산 이전에 있었던 적은 양의 제논 진동이 시간이 진행될수록 모사 계산에 영향을 미침으로써 오차가 누적되어 점점 커지게 되는데, 노심의 시간에 따른 변화를 잘 예측하기 위해서는 비평형 제논 분포를 모사하는 초기화가 필수적이다.

기존 코드는 모사 이전 평형 상태의 정보로부터만 계산을 수행하였으나, 비평형 상태의 정보로부터도

계산을 수행할 수 있도록 초기화 기능을 개발하였다.

초기화된 비평형 상태의 정보로부터 정확한 노심 모사 계산을 수행하기 위하여 모사 이전의 Xenon 진동을 등가 Xenon 특성식으로 나타내어 이로부터 비 평형상태와 평형 상태의 P, I, Xe 각각의 ASI 차이식을 유도하여 비평형 상태의 I, Xe ASI를 유추하고, 이 유추된 ASI 값을 만족하는 비평형 상태의 I, Xe 축방향 분포를 초기화하고, 이 초기화된 비평형 상태의 정보로부터 노심 모사 계산을 수행함으로써 정확한 노심의 거동을 예측할 수 있게 되었다.

<그림 1>은 영광 3호기 출력 95% 운전중 제어봉 자동 운전 모드에서 85%, 70%로 터빈 부하를 줄인 후 제어봉 수동 모드로 안정화시킨 후 다시 출력을 100%까지 올리는 시험을 모사한 결과이다.

제논 초기화를 적용하기 전후의 결과를 비교한 것으로 천이 상태 발생시 제논 초기화를 적용할 경우 시간이 지나더라도 현장 측정 ASI와 일치함을 알 수 있다.

2. 핵상수 처리 방법 개발

가. 연소도 세분화

KROSS에는 거시적 단면적을 사용하므로 정확한 노심 연소를 모사할 수 없다.

그러나 Xenon 천이 시간인 수일

의 연소는 실제적인 용도에 충분히 정확한 계산을 할 수 있다.

입력 거시 단면적에서 기울기를 구하여 노심 출력 분포에 따라 연소 값을 사용한다.

보통 3~4개의 연소 시점에서 거시 단면적을 구하기도 하지만 코드의 정확성을 높이기 위하여 17개의 연소 시점에서 거시 단면적을 구하고 적응 인자는 주기 초, 주기 중, 주기 말 3개 연소도에서 구하여 삼차원 설계 코드의 연소 결과와 유사한 결과를 얻었다.

나. 적응 계산 절차 개선

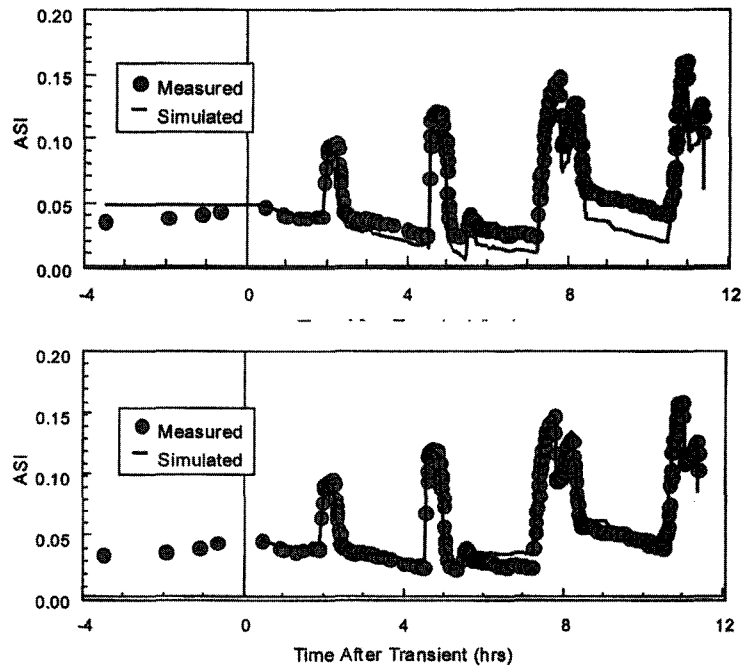
운전원에게 신속하고 정확한 계산 결과를 제공하기 위해서 저차원의 코드를 사용해야 하지만 고차원의 코드에 비해 정확성이 떨어지는 문제를 해결하기 위하여 저차원 코드를 고차원 코드에 적용하는 방법을 적용하였다.

KROSS가 계산한 출력 분포, 제어봉가 및 제논가가 삼차원 설계값과 같은 결과를 낼 수 있도록 적응 인자를 계산하여 KROSS에 사용하였다.

특히 설계 단계에서 적응 인자 생산 절차를 개선함으로써 설계 시간과 노력을 크게 줄일 수 있게 되었다.

3. 최적 재기동 전략 개발

원자력발전소 정지시 이용률 향상을 위하여 가능한 빨리 원자로



〈그림 1〉 과도 상태시 제논 초기화 적응 효과 비교

를 재기동 하는 것이 바람직하다.

일반적으로 원자로의 정지 후 재기동은 다음과 같은 이유로 제약을 받는다. 먼저 전출력 운전 중 원자로가 정지되면 노심 내 제논 농도는 크게 증가하여 약 810시간 후에 최대로 되었다가 다시 감소하기 시작한다.

따라서 빠른 시간 내에 원자로를 재기동하기 위해서는 제논 농도 변화에 따른 반응도를 보상해야 하는 어려움이 있다.

특히 봉산 농도 희석이 어려운 주기 말에서는 제논 반응도의 보상이 어려워 원자로를 재기동할 수 없는 시간이 존재할 수 있다.

원자로 재기동과 관련하여 또 다른 문제점은 축방향 출력 분포의 제어이다.

한국 표준형 원전(KSNP)의 경우 재기동시 축방향 출력 분포를 나타내는 ASI(=[하부 출력-상부 출력]/[하부 출력+상부 출력])가 일정한

범위 안에 존재하도록 제어하면서 출력을 증가시키도록 되어 있다.

재장전 노심의 경우 낮은 출력에서는 축방향 연소도의 비균질성 때문에 출력 분포가 극단적인 상부 편중을 나타내어 저출력에서의 ASI 제어를 매우 어렵게 한다.

한편 원자로 출력 상승률은 기본적으로 FPG (Fuel Preconditioning Guideline)에 의해서 결정되며 재기동시 노심 출력 상승률은 약 3%/hr ~5%/hr로서 유지해야 된다.

가. 축방향 출력 분포 제어의 난점

한국 표준형 원전 노심은 노심 보호 연산기(Core Protection Calculator, CPC)에 의해서 보호되며, COLSS라는 노심 감시 시스템을 갖추고 있다.

이들 보호/감시 시스템의 설계에서 ASI는 17% 출력 이상시 ± 0.27 범위 안에 있어야 하며, 만약 노심 보호 연산기에서 계산한 ASI 값이 ± 0.5 범위를 벗어나면 원자로를



정지시키도록 되어 있다.

연료 교체시 약 30%의 신연료가 장전되는 재장전 노심의 경우 저출력에서 노심의 축방향 출력 분포는 축방향 연소도의 차이 때문에 상부 노심으로 극단적으로 치우치는 현상이 나타난다.

이러한 출력 분포의 상부 편중은 노심의 연소도가 증가할수록 더욱 심해진다.

그리고 재기동시 ASI 제어의 어려움은 노심 내 제논의 존재와 밀접한 관계가 있다.

주기 말 재기동이라 할지라도, 원자로 정지 후 수일이 지나서 노심 내 제논의 농도가 매우 적거나 없다면, ASI 제어는 비교적 쉽게 이루어질 수 있다.

이는 원자로의 출력 상승률이 3%/hr 정도로 매우 느리게 증가하기 때문이다.

즉 출력이 증가하면서 제논의 밀도 또한 증가하는데, 제논의 분포가 출력 분포와 유사한 분포를 가지게 되며 이에 따라 출력이 증가하면서 상부의 출력과 하부 출력의 차이는 빠르게 감소하게 된다.

다른 한편 노심 내 제논이 없다면 노심의 초기 임계는 매우 높은 보론 농도에서 달성될 것이다.

이후 출력을 증가하기 위해서는 보론 농도의 희석이 요구되며, 이는 하부 노심의 출력을 증가시키는 작용을 한다.

그러나 제논의 반응도가 충분히 큰 시점에서 재기동을 하는 경우에는 제논의 분포가 출력 분포와 매우 다르게 변할 뿐만 아니라 출력 상승도중 보론 농도의 증가가 요구되기 때문에 저출력에서 보론 농도를 이용한 효과적인 ASI 제어가 불가능하다.

따라서 저출력에서 출력의 상부 편중을 막기 위해서는 노심의 상부에 제어군을 삽입하는 방법이 요구된다.

KSNP 운영 절차서에 따르면, 부분강 제어군(PSCEA)을 제외한 모든 조절용 제어봉은 연속 모드(Sequential Mode)로 움직이도록 되어 있다.

한편 재기동을 위하여 원자로가 임계에 도달하였을 때, 일반적으로 R5 제어군의 위치는 노심의 상부에 상당히 삽입된 상태이다.

이러한 상황에서 노심의 상부에 삽입할 제어군은 일차적으로 PSCEA 제어군인데, PSCEA 제어군의 반응도가는 비교적 작다. 따라서 PSCEA의 노심 상부 삽입에 따른 상부 출력의 감소는 크지 않다. 특히 저출력에서처럼 출력 분포가 상부로 크게 치우쳐 있는 경우에는 그 효과는 더욱 작아진다.

한편 조절용 제어군의 삽입은 제어군간 40% 중첩도를 유지하면서 연속 모드로 이루어지기 때문에 효과적인 상부 출력의 역제가 힘들게 된다.

나.저출력 제논 진동 특성

전출력 운전중에 원자로가 정지되고 제논의 반응도가 매우 큰 상태에서 재기동 하는 경우 노심의 출력 분포와 제논 분포는 매우 큰 불균형 상태에 있다.

따라서 이러한 상태에서 노심의 출력이 상승하면 제논의 분포는 자연스럽게 진동하는 현상이 일어난다.

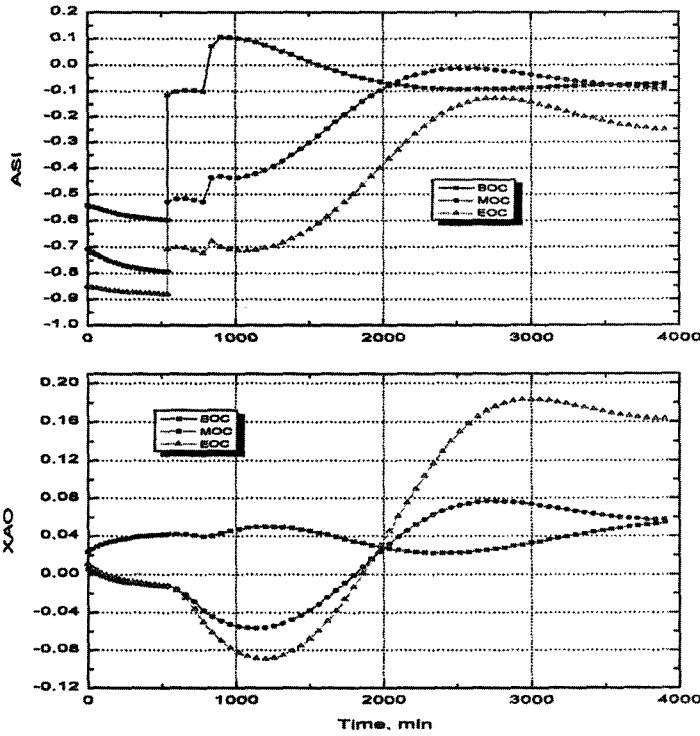
먼저 노심 운전 지원 코드를 이용하여 영광 4호기 4주기를 대상으로 원자로 정지 후 제논 분포 변화를 $XAO = \frac{\text{상부 제논} - \text{하부 제논}}{\text{상부 제논} + \text{하부 제논}}$ 로 정의하여 분석하였으며, 그 결과를 노심 평균 ASI의 변화와 함께 <그림 2>에 제시하였다.

노심은 정지 후 8시간 후에 임계에 도달하였으며, 임계 후 4시간 후에 12%에 도달하여 이후 계속 같은 출력을 유지하는 것으로 가정하였다. 이때 PSCEA와 R5의 위치는 230cm이다.

<그림 2>에 의하면 MOC와 EOC의 경우 12%에서 확연한 제논의 진동이 발생함을 확인할 수 있다.

이러한 제논 진동은 임계 후 출력 12%에서 제논은 상/하부 농도가 비슷하지만 출력 분포가 상부로 크게 치우쳐 있기 때문이다.

주기 말에서의 제논 진동이 주기 중에서도 심하게 나타나는 것은 주기 말에서의 출력 분포 상부 편중이 보다 심하고, 축방향 제논 진동



〈그림 2〉 영광 4호기 4주기 저출력 제논 진동 현상

의 불안전성 때문이다.

한편 주기 초에서는 상대적으로 매우 약한 제논 반대 방향의 제논 진동만이 관찰되는데, 이는 12% 출력에서의 출력 분포의 상부 편중이 거의 없으며, PSCEA와 R5 제어군이 삽입된 상태에서는 오히려 출력 분포의 하부 편중이 있기 때문이다.

즉 주기 초의 경우 저출력에서의 ASI 제어를 쉽게 할 수 있음을 확인할 수 있다.

그러나 주기 중과 주기 말의 경우 12% 출력 도달하여 시간이 지남에 따라 제논 분포의 하부 편중 현상이 발생하다가 어느 시간 이후에는 다

시 상부 편중 방향으로 전환된다.

주기 중의 경우 약 6시간 후에 제논 분포의 하부 편중이 최대가 되며, 주기 말에서는 약 7시간 후에 최대가 된다.

결국 제논 분포의 하부 편중이 최대가 되는 시점까지는 봉산 농도를 증가시키면서 12%를 유지하는 제어 논리의 경우 노심의 출력 분포는 약간씩 상부로 편중될 것을 알 수 있으며, 반대로 제논 분포의 변화 방향이 바뀐 이후에는 봉산 농도의 증가가 있다하더라도 출력 분포의 하부 편중 현상이 일어날 것임을 예측할 수 있으며, 이러한 결과를 <그

림 2)의 ASI 변화에서 확인할 수 있다.

이러한 결과는 저출력 ASI 제어를 위해서는 계통 병입을 한 후 일정 시간 동안 제논 진동을 이용한 ASI의 선행 제어를 함으로써 출력 분포의 적절한 제어가 가능함을 제시해 준다.

다. 저출력 ASI 선행 제어

본 연구에서는 이러한 제논의 진동을 저출력에서의 ASI에 제어에 활용하는 방안을 모색하였다.

ASI의 선행 제어는 노심 특성과 제어군 구동 특성상 어떤 방법을 사용하더라도 운영 절차서의 ASI 제어 범위를 만족할 수 없는 경우에 이용되며, 앞에서 분석한 저출력 제논 진동을 이용하여 ASI를 원하는 범위 내로 제어하는 것이다.

앞에서 분석하였듯이, 재기동시 저출력에서 제논 진동이 발생하면 일시적으로 제논의 분포는 하부로 약간 편중되었다가 약 7시간 후에 다시 상부 편중이 시작된다.

따라서 상부 편중이 시작되면, 일정한 출력 준위를 유지하고 제어봉의 움직임이 없는 경우 봉산의 희석이나 주입시 노심 출력은 언제나 하부 편중을 시작하게 된다.

결과적으로 일정한 시간이 지나면 ASI는 자연스럽게 충분히 작아져서 원하는 범위 이내로 제어가 될 수 있다.



ASI 선행 제어를 위한 출력 준위는 가상 Hot-Pin ASI와 Hot-Pin ASI가 동일해지는 17% 출력보다는 낮아야 한다.

이는 영출력에서 ASI 선행 제어 출력에 도달하였을 때 가상 Hot-Pin ASI는 일반적으로 ± 0.5 범위 밖에 있기 때문이다.

발전소의 경제성을 고려하면 ASI 선행 제어 출력은 가능한 높아야 한다.

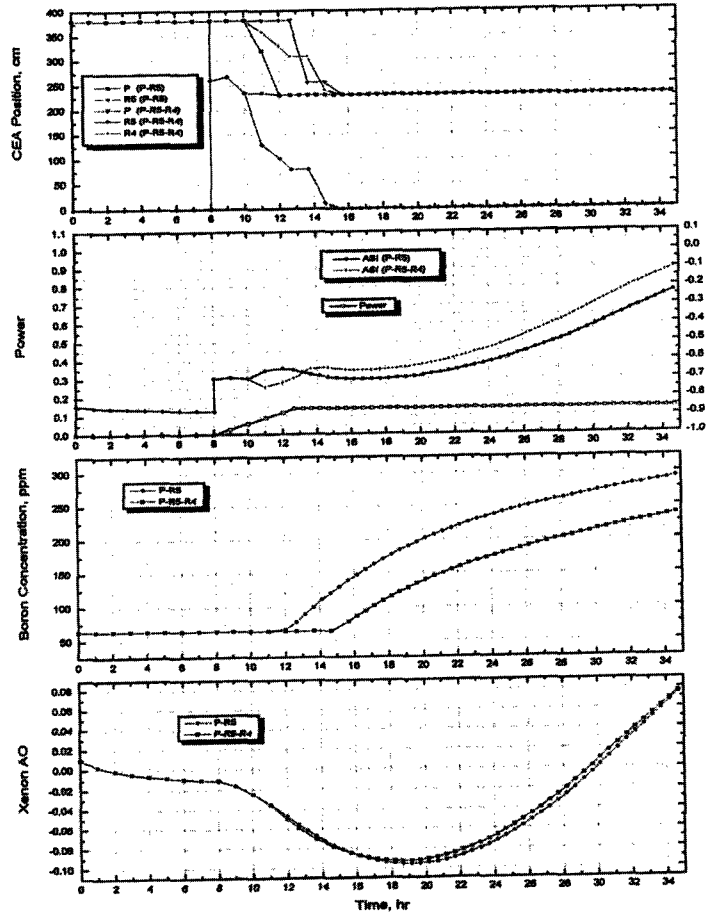
그러나 ASI가 충분히 제어되지 않은 상태에서 17% 출력 근처에서 선행 제어를 하는 경우 노외 계측기 출력의 순간적인 흔들림과 저출력에서 일정하게 노심 출력 유지의 어려움 등을 고려할 때 ASI 선행 제어 출력은 17%보다 충분히 낮아야 한다.

한편 계통 병입 출력은 12% 이상이며, 일반적으로 재기동시 12 ~ 20% 사이에서 계통 병입이 수행된다.

이러한 특성을 고려하여 본 연구에서는 ASI 선행 제어를 12~14%에서 하는 것으로 설정하였다.

만약 계통 병입이 12~14% 구간에서 이루지는 경우 ASI 선행 제어 출력은 계통 병입 출력과 동일하며, 계통 병입 시점이 14%보다 높은 경우 ASI 선행 제어 출력은 14%로 한다.

즉 저출력 ASI 선행 제어 과정에서는 노심 출력을 영출력에서 14%



〈그림 3〉 주기말 ASI 선행 제어 방법

까지의 결정된 출력 상승률을 유지하면서 선형적으로 변화시킨 다음 원하는 ASI가 되기까지 출력을 14%로 유지한다.

저출력 ASI 선행 제어의 기본 목표는 출력이 17% 도달하기 전에 ASI가 운영 절차서의 요구 사항을 만족하도록 제어하는 것이다.

본 연구에서는 울진 3/4호기의 운영 절차를 기초로 하여 ASI 선행 제어시의 목표 ASI를 결정하였

다. 울진 3·4호기의 운영 절차서에 의하면, 노심 보호 연산기 최대 출력이 17% 출력에 도달하기 전에 약 15% 출력에서 가상 Hot-Pin ASI가 ± 0.4 범위 안에 있을 것을 요구한다. 혹은 노심 평균 ASI가 ± 0.27 범위에 있어야 한다.

현재 운전 지원 코드는 가상 Hot-Pin ASI를 계산할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 노심 평균 ASI를 기준으로 하여 14%에서의 ASI

선행 제어의 목표는 ± 0.30 이다.

즉 ASI가 ± 0.30 범위 내에 들어 오면, ASI 선행 제어는 끝나며 다시 출력 상승을 시작한다.

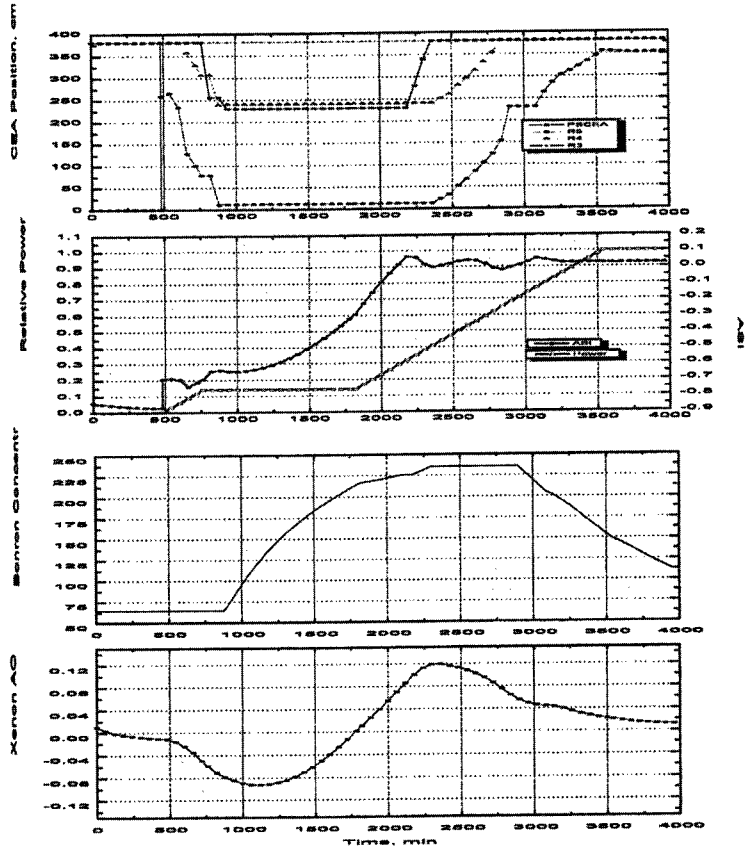
ASI 선행 제어 목표 범위가 15% 목표치 ± 0.27 보다 약간 넓은 것은 ASI 선행 제어는 제논 진동에 기초하고 있으며 이후 출력이 상승되면 자연스럽게 15% ASI 목표 범위를 만족할 수 있기 때문이다. 다만 이때 제어군을 ASI가 바람직스럽지 않는 방향으로 바꿔도록 구동하는 것은 피해야 한다.

따라서 본 연구에서는 ASI 제어를 위하여 14%에서 17%로의 출력 상승은 보론 농도의 조절을 사용하는 것을 기본으로 한다.

ASI 선행 제어 과정에서 제어군의 구동 형태는 초기 ASI 제어와 재기동시 봉산 농도의 조절에 따른 액체 폐기물 발생량을 결정한다.

원칙적으로 ASI 선행 제어를 봉산 농도의 조절만으로 할 수 있다. 그러나 이 경우 액체 폐기물의 발생량이 과도하게 많을 수 있을 뿐만 아니라, 효과적인 ASI 제어와 어려워져서 재기동에 요구되는 시간이 길어질 수 있다.

본 연구에서는 제어군을 이용한 ASI 선행 제어를 극대화하고 액체 폐기물 발생량을 최소화하는 방향을 채택하였다. 물론 제어군의 구동 필요성은 정지 후 얼마 후에 재기동을 시작하느냐에 따라서 크게 다르다.



〈그림 4〉 주기말 정지 후 재기동 모사

만약 정지 후 많은 시간이 노내 제논 농도가 매우 적은 경우에 출력 상승을 위해서는 양의 반응도를 주입해야 하기 때문에 제어군을 이용한 ASI 제어는 과도한 액체 폐기물 발생을 유발할 수 있으며, 특히 주기 말의 경우에는 봉산 희석의 어려움 때문에 제어군 삽입 자체가 매우 어려울 수도 있다.

따라서 ASI 선행 제어 과정은 노심 연소도, 액체 폐기물 발생량 최소화, 재기동 시작 시점에 따라서 ASI 제어 전략이 달라진다.

주기 초와 같이 연소도가 매우 낮은 경우에는 ASI 선행 제어는 필요 없다.

ASI 선행 제어의 기본 목표는 저

출력 제논 진동을 이용하여 ASI를 제어하되 가능한 빨리 ASI 값을 운영 절차서 범위 이내로 제어하는 것이다.

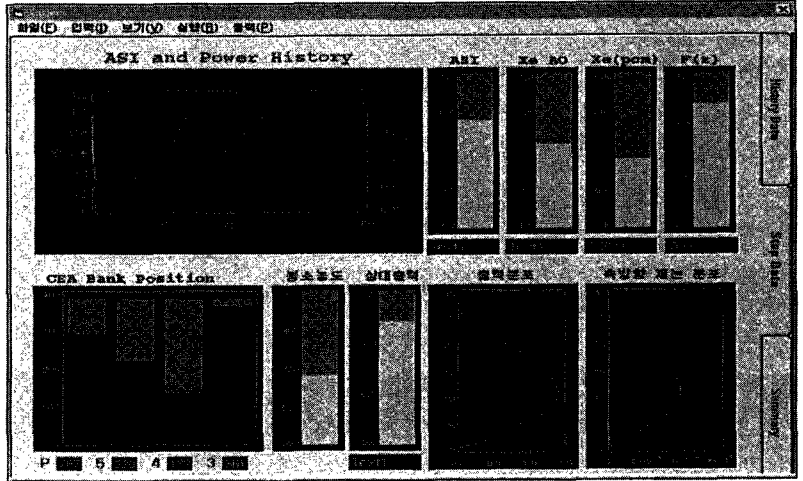
ASI 선행 제어는 일정한 출력(14%)에서 수행된다. 따라서 ASI 선행 제어의 효과는 제어군을 어떻게 구동하는가에 따라서 그 효과가 달라질 수 있으며, 이는 또한 보론 농도 조절량에 크게 영향을 미친다.

일반적으로 원자로 재기동은 제논 농도가 상당히 높은 시점에서 시작되어 출력이 어느 정도 증가되기까지 제논 농도가 감소하는 현상이 나타난다. 따라서 대부분의 경우 저출력에서 출력이 증가되는 동안에 노심에 부(-)의 반응도를 제공해야 한다.



이 때 부반응도는 보른 농도를 증가시키거나 제어군을 삽입함으로써 제공할 수 있는데, 어떠한 전략을 취하는가에 따라서 ASI 선행 제어 가 약간 달라질 수 있다.

보른 농도의 조절은 수동으로 수행될 뿐만 아니라 제어군의 구동에 비하여 그 효과가 매우 천천히 나타나며 필연적으로 방사성 액체 폐기물을 발생시키기 때문에 가능하면 보른 농도의 조절을 최소화하는 것이 바람직하다.



〈그림 5〉 KROSS 화면

4. 영광 4호기 4주기 재기동

앞에서 언급한 전략을 기반으로 영광 4호기 4주기를 모사하였다. 특히 재기동 운전이 어려운 주기 말에서 원자로 정지 발생시 최단의 시간에 재기동이 가능한 전략을 〈그림 4〉와 같이 제시하였다.

5. Graphic User Interface

원자로 불시 정지 후 재기동에 따르는 운전원의 부담을 경감하고, 운전원에게 노심 천이 상태시 노심 특성 및 운전 전략을 종합적이고 시각적으로 제공하기 위하여 KROSS 코드의 사용자 접속 부분을 강화하였다.

기존 코드에서는 Menu 및 Graphic 기능을 제공하는 Fortran Graphic Package인 Interactor를 이용한 GUI가 있었으나, 이는 DOS 모드에서 수행되

어 사용에 불편이 있었고 다양한 Graphic을 보여주는 데 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 전산 분야의 각종 응용 소프트웨어를 이용하여 사용자 접속 부분(GUI)을 구현함으로써 사용자의 편의성을 극대화하였다.

이 프로그램은 윈도우 통합 환경 하에서 노심 분석 모델 입력 생산 및 계산 결과의 시각적 출력이 가능하도록 하였다.

또한 운전원의 모사 기능을 위하여 출력 계산 결과를 확인한 후 재계산을 용이하게 할 수 있도록 하였다.

개발 성과 및 향후 계획

본 운전 지원 코드의 개발로 한국 표준형 원전의 운전상의 어려움을 최대한 해결하고 정확한 사전 모사

계산을 통하여 재기동 운전에 대비할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 지금까지 운전원의 경험에 주로 의존하던 운전 방식에서 벗어나 물리적 해석에 근거한 원자로 특성 변화의 예측 및 확인이 가능해졌다.

또한 적절한 운전 지침 제공을 통해 불시 정지를 예방하고, 과도한 제어봉 조작 및 붕소 농도 조절과 같은 비효율적 운전을 지양하며 신속한 출력 상승 등의 원전 이용률 및 운전성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

한편 재장전 설계 기관인 한전원자력연료(주)는 운전 지원 코드의 원활한 활용을 지원하기 위하여 운전 지원 코드용 핵단면적 생산 설계 절차를 변경하였으며, 영광 4호기 5주기 이후부터 재장전 운전에 들어가는 모든 한국 표준형 원전은 물론 신규 원전에도 적용할 계획이다. ☞