

AMBIDEXTER 천이노심 설계최적화를 위한 노심관리 알고리즘 개발 Development of a Core management Algorithm for Optimal Design of AMBIDEXTER Transient Cores

유극중, 신동훈, 소순규, 이영준, 김진성, 오세기
아주대학교
경기도 수원시 영통구 원천동 산 5

요약

AMBIDEXTER-NEC의 천이노심은 ^{235}U 과 ^{239}Pu 의 주입만으로 전 출력의 Break-even 노심에 도달하기 위한 중간 단계이다. 선행연구에서 수행한 전 출력노심인 평형노심의 핵종수밀도에 도달하기 위해서 평형노심에서의 기저물질, 잠재핵분열성물질, 핵분열물질의 수밀도를 각 SEU-기반, Pu-기반, ADS-기반에서 그대로 유지하여 초기노심을 구성하였다. 또 각 시나리오에 대해 최대첨두출력과 원자로의 안전성을 고려해 Excess Reactivity 를 5mk 내에서 초기노심을 결정하였다. 각 노심은 주 핵분열성물질 ^{235}U , ^{239}Pu 및 ^{233}U 의 핵반응단면적 특성에 따라 평균 전환율이 각각 0.95, 0.83 및 1.21 로서 핵연료물질의 적절한 선택만으로도 전환로, 연소로 및 증식로로 설계할 수 있음을 보여준다.

이러한 Th/ ^{233}U , U/Pu 핵연료주기를 사용하는 AMBIDEXTER-NEC 용융염핵연료 원자로의 초기노심에서 시작한 천이노심은 평형노심에 장전할 충분한 ^{233}U 양을 확보해야 하므로 천이노심의 목표는 평형노심 ^{233}U 의 요구량에 최소한의 기간에 가장 적은 외부주입을 통해 도달하는 것이다. 천이노심에서 임계가 유지되는 AMBIDEXTER-NEC 원자로시스템의 3군 핵종변환 코드인 HELIOS-SQUID-AMBIBURN 체제를 개발하였고 그림 1.에 나타내었다. 이 알고리즘은 각 초기노심 중원소의 미시단면적, 중원소를 제외한 원소들의 거시단면적과 임계도를 만족하는 중성자속 및 외부주입율을 계산하여 SQUID 및 AMBIBURN 입력자료를 제공한다. 또한 일정시간 중원소의 핵종농도, 외부주입율과 중성자속이 일정하다는 가정 하에 반복수행 하고 SEU-기반과 Pu-기반의 경우에는 각각 핵변환을 거쳐 재순환되는 ^{233}U 및 ^{239}Pu 의 양을 바로 주입하는 최대재순환 경우와 평형노심 요구 장전량에 이를 때까지 시설 내 저장하는 최소재순환 경우로 상황을 모사하였다.

그림 2.는 각 시나리오별 초기노심에서부터 200FPD 까지 단위 용융염 체적당 ^{233}U 의 수밀도

시간변화를 나타낸 것이다. 그림을 보면 50 일 이후부터는 수밀도의 변화가 일정한 기울기를 보이고 있고 재처리공정에서 ^{233}Pa 를 분리하는 최소재순환의 경우에는 최대재순환보다 2-3%정도에 지나지않아 그림에서 나타내지않았다. SEU-기반 및 Pu-기반에서 ^{233}U 의 증가율이 각각 $2.54\text{E}+13$, $2.81\text{E}+13$ #/cc/d 로 Pu기반이 조금 더 큰 증가율을 나타내고 있지만 평형노심 농도 $1.04\text{E}+20$ #/cc/d 에 도달하기 위해서는 두 경우 모두 매우 긴 시간이 걸릴 것을 예상할 수 있다.

요컨대 250MWth AMBIDEXTER-NEC 가 평형노심을 이루기 위해 필요로 하는 ^{233}U 을 생산하는데 제안한 SEU-기반, Pu-기반 시나리오는 천이노심주기기간이 전형적인 원자로 수명 3-40년 보다 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 장전될 ^{233}U 의 확보를 위한 최적옵션은 초기노심부터 ADS 와 같은 외부생산시설로부터 전량을 공급 받아 운전하는 것이라 판단된다.

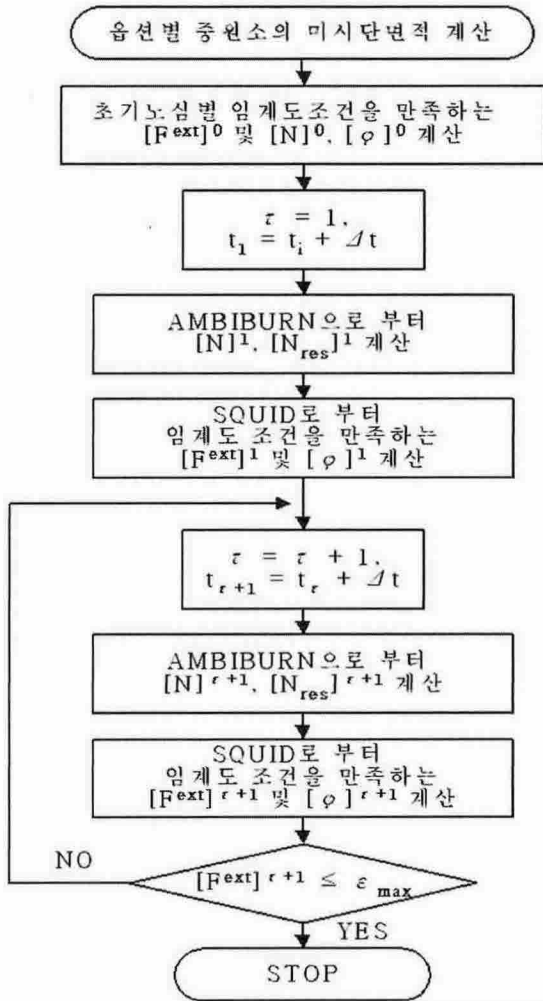


그림 1. 천이노심 시뮬레이션 알고리즘

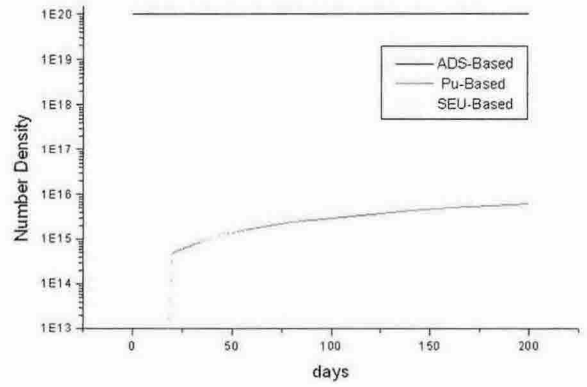


그림 2. ²³³U의 핵종수밀도 변화