
소형 모듈형 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로



대표발명자 : 박창제 교수

소형 모듈형 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로

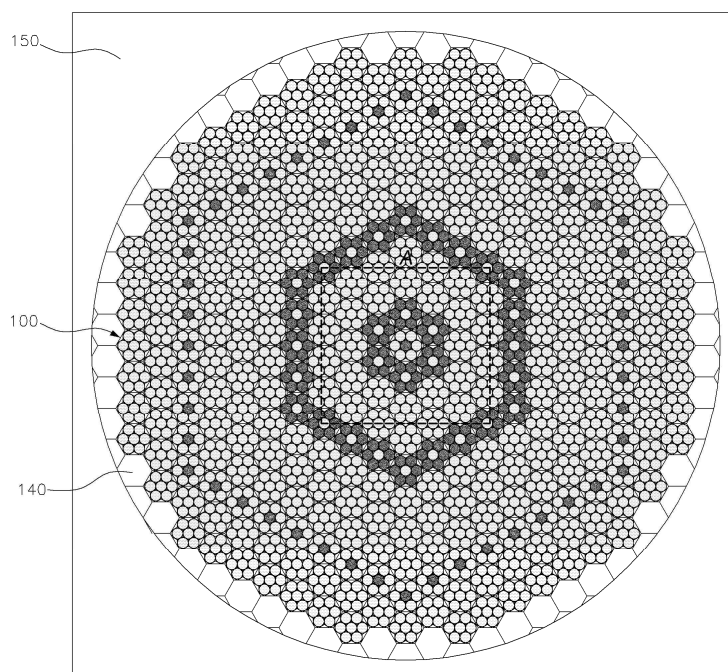
□ 기술개요

- 냉각재로서 핵연료 성분이 포함된 용융염을 사용함에 따라 핵연료 장전량을 줄일 수 있어 소형화에 유리하고, 냉각재 성분을 이용하여 노심 임계도를 설정함으로써 사고나 이상 발생 시에 자동적으로 원자로가 정지되도록 설계하여 우수한 안정성을 확보할 수 있는 소형 모듈형 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로

□ 기술의 특징 및 우수성

※ 소형 모듈형 원자로 노심의 개념도

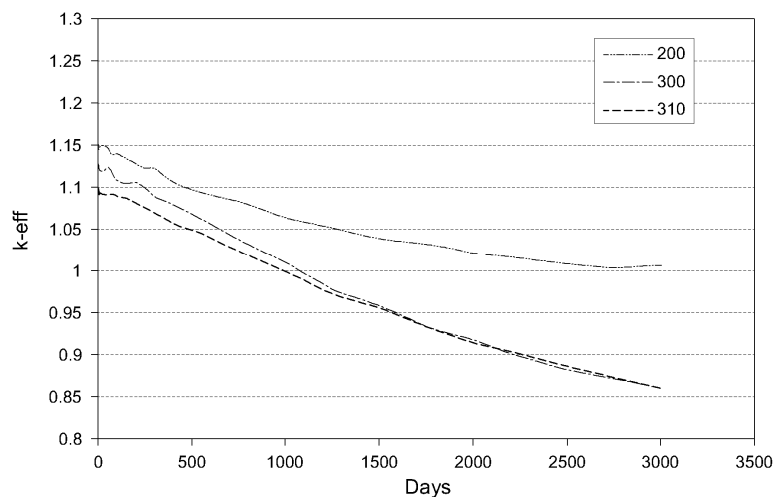
- 소형 모듈형 원자로 노심은 핵분열성 물질과 핵연료성 물질을 분리하여 배치하며 핵연료성 물질이 중성자를 흡수하여 핵분열성 물질로 변환되는데, 이를 노심의 중심부를 기준으로 다층으로 구현함에 따라 오랜 시간 동안 핵연료의 교체 없이도 임계를 유지할 수 있음



- 용융염 냉각재는 핵연료체 사이에 배치되어 핵분열 연쇄반응에 의해 방출된 에너지를 흡수하고, 핵연료 성분을 함유하는 용융염(molten salt)을 포함하는 것을 특징으로 하며, 핵연료 성분은 ThF₄ 및 UF₄이고, 구체적으로는 LiFBeF₂-ThF₄-UF₄일 수 있음
- 반사체로는 중성자 흡수가 적고 산란 단면적이 큰 재료가 사용될 수 있으며, 발생하는 중성자가 외부로 누설되는 것을 저감시키는 역할을 수행하는 재료로 베릴륨(Be)이나 흑연(Graphite)을 사용할 수 있음
- 또한 반사체는 출력 분포를 평탄화하는 역할도 수행할 수 있으며, 핵연료 집합부의 외벽을 둘러싸도록 배치될 수 있음

※ 소형 모듈형 원자로 노심의 연소에 의한 유효증배계수(k-eff)의 변화

- 유효증배계수(effective multiplication factor)란 임의의 시간 내에 흡수, 누설 등에 의해 잃은 전체 중성자수에 대해 발생한 총 중성자 수의 비를 나타내며, 비교예 1(300)은 냉각재로 Pb-Bi를 이용한 것이고, 비교예 2(310)는 냉각재로 소듐을 이용한 것이고, 실시예1(200)은 냉각재로 LiF-BeF₂-ThF₄-UF₄를 이용한 것
- 실시예 1(200)에 따른 원자로 노심은 비교예 1(300) 및 비교예 2(310)와 비교하여 상대적으로 유효증배계수가 서서히 감소하며 3000일이 지나도 여전히 1 이상을 유지하는 것을 알 수 있으며, 실시예 1(200)에 따른 원자로 노심은 냉각재 자체가 핵연료 성분을 포함함에 따라 더욱 오랜 기간 원자로 노심을 임계 상태로 유지할 수 있음



□ 기술적 효과

- 미임계 상태에서 냉각재 성분을 이용하여 노심을 임계 상태로 설정함으로써 사고나 이상 발생 시에 자동적으로 원자로가 정지되도록 설계하여 고유 안정성을 확보
- 용융염 냉각재의 조성을 다양하게 변화시켜 원하는 출력과 노심 임계도를 구현가능

□ 경제적 효과

- 기존의 기술대비 핵연료의 장전량을 줄일 수 있어 적은 량의 핵연료에도 똑같은 효과를 얻을 수 있고, 설계에 따라 맞춤형 제작이 가능하기 때문에 사업화시에 기존기술에 비해 경제성이 높음

□ 기술의 적용분야

- 원자력 발전소

□ 특허현황

구분	발명의 명칭	출원번호 (출원일)	등록번호 (등록일)	출원국
1	소형 모듈형 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로	10-2016-0013708 (2016.02.03)	10-1717942 (2017.03.14)	한국