

계통정전사고때 침수식난방용원자로의 예상과도과정분석

전성제, 림청엽

침수식난방용원자로로는 전력생산용원자로들과는 달리 열망에서의 열손실과 건설투자를 최소화하기 위하여 주민지구에 최대한 접근시키므로 환경오염에 대한 절대적인 안전성을 전제조건으로 한다. 침수식난방용원자로의 부하상실사고를 비롯한 일부 자료[1-4]들이 발표되었다.

본문에서는 가압경수형원자로(PWR)와 비등수원자로(BWR)의 각이한 사고때 과도과정을 정확히 모의하는 RETRAN-02프로그램을 리용하여 계통정전사고때 침수식난방용원자로의 예상과도과정분석을 진행한 결과를 서술하였다.

1. 계 산 모 형

계통정전사고는 침수식난방용원자로의 자체소비전력계통의 고장에 의한 정전사고이다. 이 경우에는 뿔프정지사고와는 달리 1, 2차순환체계가 동시에 다 정지되며 곧 비상전원(디젤발동발전기)체계가 가동한다. 여기서는 비상전원체계가 가동하지 않는 경우에 대하여 고찰하였다. 계산에 리용된 침수식난방용원자로의 특성량은 표 1, RETRAN-02계산모형은 그림 1과 같다.

표 1. 계산에 리용된 침수식난방용원자로의 특성량

특성량	특성값
열출력/MW	30
수조내경/m	4.5
수조깊이/m	21
연료묶음수/개	69
연료봉외경/m	0.01
반응대높이/m	0.85
반응대등가직경/m	1.0
UO ₂ 장입량/t	2.0
연료교환농축도/%	3
1차수압력/MPa	0.1
반응대입출구온도/°C	70/100
1차수류량/(t·h ⁻¹)	951.9
1차수용적/m ³	300
연소도/(MW·d·t ⁻¹)	24 000
연료교환주기/y	1
2차수류량/(t·h ⁻¹)	950.9
열망온도/°C	90/60
열망류량/(t·h ⁻¹)	950

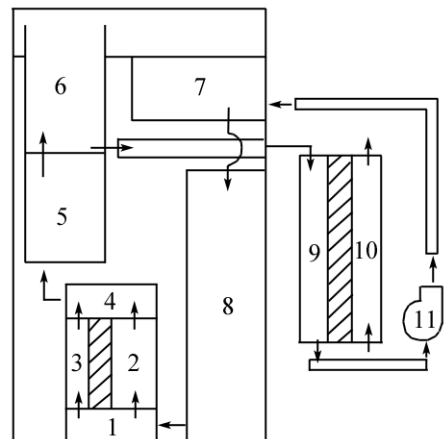


그림 1. RETRAN-02계산모형

1-반응대하부수실, 2-반응대랭매흐름통로, 3-반응대우회흐름통로, 4-반응대상부수실, 5-붕괴통로, 6-붕괴통로상부수실, 7-수조상부수실, 8-수조하강흐름통로, 9-열교환기 1차측흐름통로, 10-열교환기 2차측흐름통로, 11-주순환뿔프

그림 1에서 화살표들은 정상상태에서 랭매의 흐름방향을 보여주며 이음관을 나타낸다.

그리고 빗선을 친 부분들은 반응대와 열교환기의 열전도체들을 표시한다.

2. 계산결과 및 분석

침수식난방용원자로의 특성을 고려하여 점동력학모형과 균질평형모형(HEM)을 리용하였으며 부분적으로 기포상승모형을 적용하였다.

계통정전인 경우에 완전삽입된 조종봉들에 의하여 원자로는 정지되지만 붕괴열에 의한 로심에서의 열배출은 계속된다.

152d동안 만출력으로 운행하였을 때 로정지시간에 따르는 붕괴열변화특성은 표 2와 같다.

표 2. 로정지시간에 따르는 붕괴열변화특성(만출력에 대하여 규격화)

시간	1min	1h	1d	7d	30d	60d	1y
붕괴열	0.032 8	0.010 0	0.004 38	0.002 38	0.001 294	0.000 944	0.000 311

표 2에서 보는바와 같이 로정지 1h후에 열출력은 정상운영때의 1%정도로써 비록 크지 않지만 랭각을 하지 않으면 로심연료요소는 자체의 붕괴열에 의하여 파손될수 있다.

1차회로는 수조, 로심, 상승통로, 붕괴통로, 1차회로물펌프, 1차열교환기로 구성되어있는데 계통정전의 경우에 펌프는 정지되며 로심랭각은 자연순환에 의하여 진행된다.

계통정전사고때 반응대하부수실에서 랭매온도변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 반응대하부수실에서 랭매온도는 열교환기에서의 열전달이 없고 로심의 붕괴열의 영향을 받아 초기의 70℃로부터 110℃에 도달한다.

이 과정에 규격화출력은 3 600s후에는 0.01이하로 되어 열적정지상태에 도달한다.(그림 3)

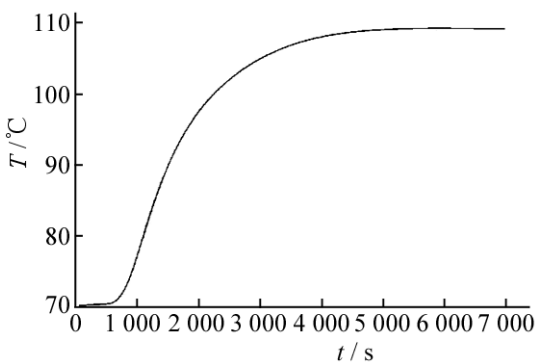


그림 2. 계통정전사고때 반응대하부수실에서 랭매온도변화

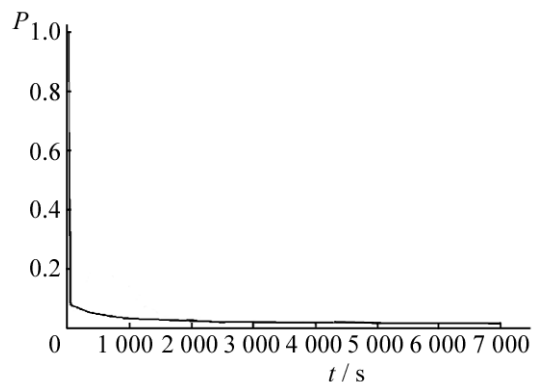


그림 3. 계통정전사고때 규격화출력변화

연료봉외피의 온도는 초기에 최대값 138℃에 도달하였다가 2 000s근방에서 최소값에 이르며 다시 증가하나 120℃를 초과하지 않는다.(그림 4)

계통정전사고때 붕괴통로상부수실에서 수위변화는 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는바와 같이 붕괴통로상부수실에서 수위는 7 000s동안에 0.26m 낮아진다.

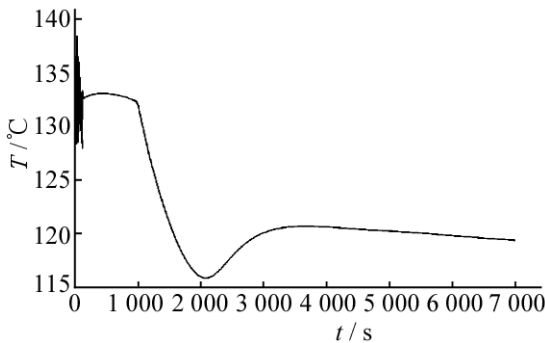


그림 4. 계통정전사고때 연료봉외피의 온도변화

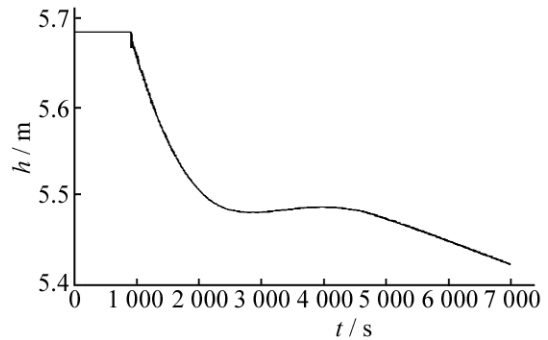


그림 5. 계통정전사고때 붕괴통로 상부수실에서 수위변화

맺 는 말

30MW침수식난방용원자로의 계통정전사고때 예상과도과정을 RETRAN-02프로그램을 이용하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

계통정전사고때 침수식난방용원자로는 자동적으로 열적정지상태에 도달하며 이 과정에 연료봉외피녹음사고는 절대로 일어나지 않는다.

또한 침수식난방용원자로의 붕괴통로상부수실에서 수위는 7 000s동안에 0.26m 낮아 지므로 과잉증발에 의하여 반응대가 로출되지 않는다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 57, 9, 75, 주체100(2011).
- [2] Tian Jiafu et al.; Institute of Nuclear Energy Technology, 20, 5, 428, 1999.
- [3] Tian Jiafu et al.; Institute of Nuclear Energy Technology, 18, 4, 340, 1997.
- [4] 张亚军 等; 核动力工程, 2, 180, 2003.

주체109(2020)년 3월 5일 원고접수

Anticipated Transient Analysis of Deep Pool Type Nuclear Heating Reactor(DPNHR) in Power Failure Case

Jon Song Je, Rim Chong Yop

We presented the analyzing results of anticipated transient of deep pool type nuclear heating reactor(DPNHR) in power failure case with RETRAN-02.

The analyzing results show that DPNHR in power failure case automatically reaches thermal-stop state and the fuel rod clad do not melt at all.

Keywords: transient, deep pool type nuclear heating reactor, decay heat