

3-Pin 핵연료노내조사시험설비의 배관파단사고시
제1기기실의 압력 및 온도

Pressure and Temperature of the Room 1 for the Pipe Break
Accidents of the 3-Pin Fuel Test Loop

KAERI

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2005년도 “3-Pin 핵연료 노내조사시험설비 구축 및 이용기술개발(3-Pin Fuel Test Loop)” 과제의 기술보고서로 제출합니다.



2005. 8.

주저자 : 박 수 기

공저자 : 지 대 영

심 봉 식

박 국 남

안 성 호

이 중 민

이 정 영

김 학 노

요 약 문

이 보고서는 3-Pin 핵연료노내조사시험설비의 배관파단사고시 제1기기실의 압력 및 온도 예측에 관한 것이다. 3-Pin 핵연료노내조사시험설비는 가압경수로 및 중수로의 운전조건과 유사한 조건에서 핵연료 시험을 수행하는 설비이다. 3-Pin 핵연료노내조사 시험설비의 대부분의 공정계통은 제1기기실에 설치되기 때문에 가상사고에서 제1기기실의 구조건전성을 평가하여야 한다. 따라서 구조건정성평가에 필요한 제1기기실의 압력 및 온도를 MARS 코드로 계산하였다.

제1기기실의 압력 및 온도는 열수력 운전변수 및 배관파단 위치, 제1기기실 벽의 물성치를 변화시켜가며 다양한 조건에서 계산하였다. 제1기기실로의 질량 및 에너지 방출이 최대가 될 것으로 예측되는 비재생취출운전 중에 배관파단사고가 발생하는 것으로 가정하였다. 계산 결과, 제1기기실 벽에서의 열전달을 고려하는 경우 제1기기실의 최대 압력 및 온도는 208kPa 및 369.2K(96.0℃)로 예측되었다. 그러나 제1기기실 벽에서의 열전달이 발생하지 않는다고 가정하면 제1기기실의 최대 압력 및 온도는 243kPa 및 378.1K(104.9℃)로 접근하였다.

SUMMARY

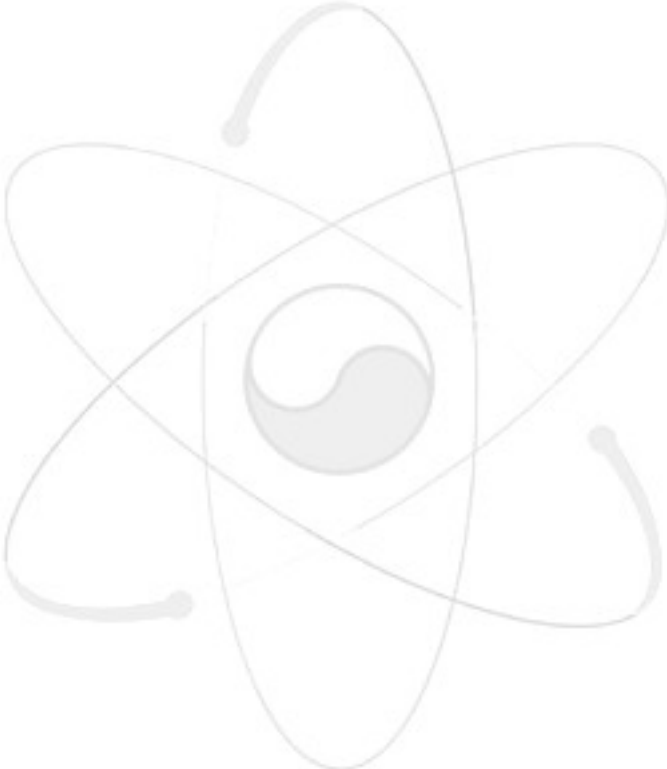
This report deals with the prediction of the pressure and temperature of the room 1 for the pipe break accidents of the 3-pin fuel test loop. The 3-pin fuel test loop is an experimental facility for nuclear fuel tests at the operation conditions similar to those of PWR and CANDU power plants. Because the most processing systems of the 3-pin fuel test loop are placed in the room 1. The structural integrity of the room 1 should be evaluated for the postulated accident conditions. Therefore the pressures and temperatures of the room 1 needed for the structural integrity evaluation have been calculated by using MARS code.

The pressures and temperatures of the room 1 have been calculated in various conditions such as the thermal hydraulic operation parameters, the locations of pipe break, and the thermal properties of the room 1 wall. It is assumed that the pipe break accident occurs in the letdown operation without regeneration, because the mass and energy release to the room 1 is expected to be the largest. As a result of the calculations the maximum pressure and temperature are predicted to be 208kPa and 369.2K(96.0°C) in case the heat transfer is considered in the room 1 wall. However the pressure and temperature are asymptotically 243kPa and 378.1K(104.9°C) assuming that the heat transfer does not occur in the room 1 wall.

CONTENTS

| | |
|--|------|
| Statement for Report Submission | i |
| Summary in Korean | ii |
| Summary in English | iii |
| Contents in English | iv |
| Contents in Korean | vi |
| List of Tables | viii |
| List of Figures | ix |
| | |
| Chapter 1. Introduction | 1 |
| Chapter 2. Fuel Test Loop | 1 |
| 2.1 Main System Description | 1 |
| 2.2 Control System | 2 |
| 2.2.1 Non-Nuclear Safety-Related Control System | 2 |
| 2.2.2 Nuclear Safety-Related Control System | 3 |
| Chapter 3. Modeling of the Room 1 and Pipe Break | 8 |
| 3.1 Modeling of the IPS, MCWS, and ECWS | 8 |
| 3.2 Modeling of the Pipe Break | 8 |
| 3.2.1 Location of the Pipe Break | 8 |
| 3.2.2 Break Model of the Pipe | 9 |
| 3.2.3 Volume, Temperature, and Pressure of the Main Cooling Water | 9 |
| 3.3 Modeling of the Room 1 | 10 |
| 3.3.1 Volume, Temperature, and Pressure of the Room 1 | 10 |
| 3.3.2 Modeling of the Room 1 Wall | 10 |
| 3.4 Set Points of the Safe Shutdown | 11 |
| 3.4.1 Set Point of the HANARO Shutdown | 11 |
| 3.4.2 Set Point of the Fuel Test Loop | 11 |
| Chapter 4. Results and Discussion | 23 |
| 4.1 Effects of the Operation Parameters | 23 |
| 4.2 Effects of the Pipe Break Location | 24 |
| 4.3 Effects of the Thermal Properties of the Room 1 Wall | 24 |
| 4.4 Effects of the Heat Transfer in the Room 1 Wall | 24 |
| 4.5. Summary of the Results | 25 |
| Chapter 5. Conclusion | 34 |
| References | 35 |
| Appendix A. MARS Inputs for Nodes for Purification Interchanger and Cooler | 36 |

Appendix B. Heat Transfer Coefficient for the Outer surface of the Room 1 42
Appendix C. MARS Input File 44



목차

| | |
|--|------|
| 제출문 | i |
| 요약문 | ii |
| Summary | iii |
| Contents | iv |
| 목차 | vi |
| 표 목차 | viii |
| 그림 목차 | ix |
| | |
| 제 1 장 서론 | 1 |
| 제 2 장 핵연료노내조사시험설비 | 1 |
| 2.1 주요 계통 | 1 |
| 2.2 제어계통 | 2 |
| 2.2.1 비안전관련 제어계통 | 2 |
| 2.2.2 안전관련 제어계통 | 3 |
| 제 3 장 제1기기실 및 배관과단 모델링 | 8 |
| 3.1 노내시험부 및 주냉각수계통, 비상냉각수계통 모델링 | 8 |
| 3.2 배관과단 모델링 | 8 |
| 3.2.1 배관과단 위치 선정 | 8 |
| 3.2.2 배관의 과단 모델 | 9 |
| 3.2.3 주냉각수 체적 및 온도, 압력 | 9 |
| 3.3 제1기기실 모델링 | 10 |
| 3.3.1 제1기기실 체적 및 초기 온도, 압력 | 10 |
| 3.3.2 제1기기실 벽체 모델링 | 10 |
| 3.4 정지 설정치 | 11 |
| 3.4.1 하나로 정지 설정치 | 11 |
| 3.4.2 핵연료시험설비 설정치 | 11 |
| 제 4 장 결과 및 고찰 | 23 |
| 4.1 운전변수에 대한 영향 | 23 |
| 4.2 배관과단 위치에 따른 영향 | 24 |
| 4.3 벽의 물성치에 대한 영향 | 24 |
| 4.4 제1기기실 벽에서의 열전달 영향 | 24 |
| 4.5 결과 종합 | 25 |
| 제 5 장 결론 | 34 |
| 참고문헌 | 35 |
| 부록 A. MARS Inputs for Nodes for Purification Interchanger and Cooler | 36 |

부록 B. Heat Transfer Coefficient for the Outer surface of the Room 1 42
부록 C. MARS 입력 파일 44

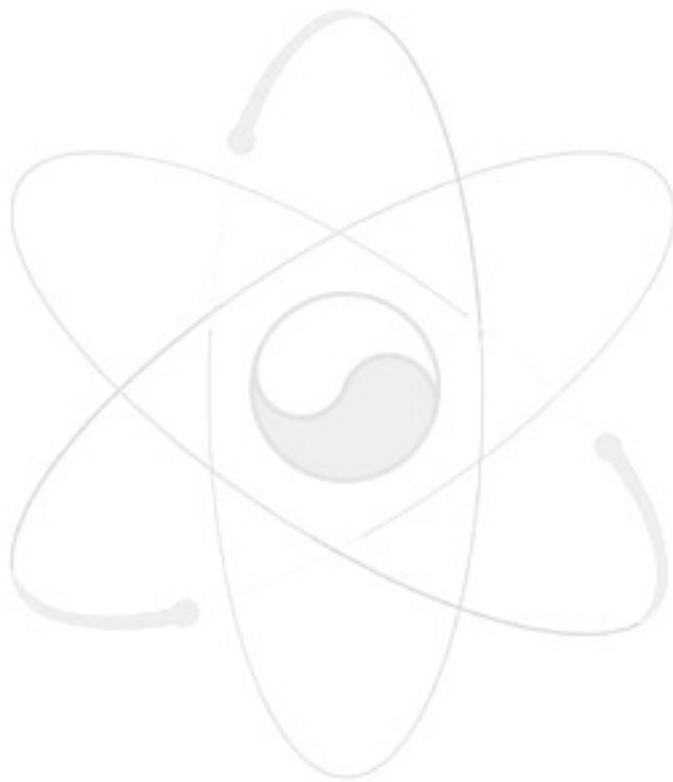


표 목차

| | |
|---------------------------------------|----|
| 표 2.1 노내시험부 및 주냉각수계통의 설계조건 | 5 |
| 표 3.1 제1기기실 배관의 공칭 크기 및 정상운전 조건 | 12 |
| 표 3.2 운전모드 별 온도 및 압력 | 13 |
| 표 3.3 제1기기실의 벽체 자료 | 13 |
| 표 3.4 콘크리트의 열물성치 | 14 |
| 표 3.5 하나로 긴급정지 신호 및 사고해석에 적용한 설정치 | 14 |
| 표 3.6 핵연료시험설비 안전정지 신호 및 사고해석에 적용한 설정치 | 14 |
| 표 3.7 핵연료시험설비에 의한 하나로 긴급정지 지연시간 | 15 |
| 표 3.8 노내시험부 격리 및 비상냉각수계통 기동 지연시간 | 15 |
| 표 4.1 가압경수로 핵연료 시험모드의 정상상태 운전변수 | 26 |
| 표 4.2 민감도 분석 조건 | 26 |
| 표 4.3 민감도 분석 결과 | 27 |

그림 목차

| | |
|---|----|
| 그림 2.1 핵연료노내조사시험설비 개략도 | 6 |
| 그림 2.2 핵연료노내조사시험설비의 노외공정계통 배치도 | 7 |
| 그림 3.1 MARS 노드다이어그램 | 16 |
| 그림 3.2 핵연료노내조사시험설비의 안전등급 구분 | 16 |
| 그림 3.3 관통부냉각수계통 안전등급 구분 | 17 |
| 그림 3.4 제1기기실의 배관 파단 모델링 | 17 |
| 그림 3.5 주냉각수 취출 및 충수 개략도 | 18 |
| 그림 3.6 제1기기실 평면도 (바닥) | 19 |
| 그림 3.7 제1기기실 평면도 (바닥에서 3.15m) | 20 |
| 그림 3.8 제1기기실 측면도 (서쪽 방향) | 21 |
| 그림 3.9 제1기기실 측면도 (북쪽 방향) | 22 |
| 그림 4.1 제1기기실 내의 배관파단사고시 열수력 운전변수에 따른 제1기기실 압력 | 28 |
| 그림 4.2 제1기기실 내의 배관파단사고시 열수력 운전변수에 따른 제1기기실 온도 | 28 |
| 그림 4.3 제1기기실 내의 배관파단사고시 방출 유량 | 29 |
| 그림 4.4 제1기기실 내의 배관파단사고시 파단위치에 따른 제1기기실 압력 | 29 |
| 그림 4.5 제1기기실 내의 배관파단사고시 파단위치에 따른 제1기기실 온도 | 30 |
| 그림 4.6 제1기기실 내의 저온관 배관파단사고시 방출유량 | 30 |
| 그림 4.7 제1기기실 내의 고온관 배관파단사고시 방출유량 | 31 |
| 그림 4.8 제1기기실 내의 배관파단사고시 벽체의 물성에 따른 제1기기실 압력 | 31 |
| 그림 4.9 제1기기실 내의 배관파단사고시 벽체의 물성에 따른 제1기기실 온도 | 32 |
| 그림 4.10 제1기기실 압력에 대한 제1기기실 벽의 열전달 영향 | 32 |
| 그림 4.11 제1기기실 온도에 대한 제1기기실 벽의 열전달 영향 | 33 |

제 1 장 서 론

상용 가압경수로 및 중수로 조건에서 핵연료의 연소시험을 수행하기 위한 노내조사시험설비를 개발하고 있다. 노내조사시험설비의 시험부는 하나로 IR1 조사공에 설치될 예정이다. 핵연료노내조사시험설비는 하나로의 원자로에 설치될 뿐만 아니라, 그 자체로서 상용 발전로와 유사한 고온 고압에서 운전되므로 안전성이 입증되어야 한다.

핵연료노내조사시험설비의 설계기준 사고해석은 한국원자력연구소에서 개발한 MARS 코드를 이용하여 수행하였다. 본 보고서는 설계기준사고의 하나인 제1기기실 내의 배관이 파단되는 가상사고가 발생할 때 제1기기실의 압력 및 온도 예측에 관한 것이다. 여기서 예측된 압력 및 온도는 제1기기실의 벽체 및 천정을 구성하고 있는 차폐덮개의 건전성평가에 활용된다.

제 2 장 핵연료노내조사시험설비

2.1 주요 계통

핵연료노내조사시험설비는 노내시험부(In-Pile Test Section: IPS)와 노외공정계통(Out-of-Pile System: OPS)으로 구성된다. 노내시험부는 하나로 IR1 조사공에 설치되는 이중압력용기와 수조 내의 배관 및 배관 지지대를 말한다. 이중압력용기는 발전로의 원자로에 상응하며 시험핵연료가 장전되고, 시험핵연료의 온도 및 핵분열 가스의 압력을 측정하는 계측 센서가 설치된다. 수조 내 배관은 노외공정계통과 이중압력용기를 연결하는 배관으로 시험핵연료에 냉각수를 공급한다.

노외공정계통은 정상운전 중에 핵연료의 시험 조건(온도 및 압력, 냉각수의 화학 조건)을 상용 가압경수로 및 중수로와 유사하게 유지시키고, 예상운전과도 및 설계기준사고 조건에서 노내시험부에 비상냉각수를 공급하여 안전하게 정지시키기 위한 모든 계통을 일컫는다. 핵연료노내조사시험설비의 시험핵연료는 하나로의 중성자 조사에 의하여 핵분열이 유지된다. 즉, 시험핵연료 그 자체는 미임계 상태를 유지하며, 시험핵연료의 출력은 하나로의 출력 제어에 의존한다.

노외공정계통은 다음과 같이 구성되어 있다.

- 주냉각수계통 (Main Cooling Water System: MCW)
- 비상냉각수계통 (Emergency Cooling Water System: ECW)
- 관통부냉각수계통 (Penetration Cooling Water System: PCW)
- 취출 및 보충, 정화계통 (Letdown, Makeup and Purification System: LMP)
- 폐기물 저장 및 이송계통 (Waste Storage and Transfer System: WST)

- 시료채취계통 (Test Loop Sampling System: TLS)
- 중간냉각계통 (Intermediate Cooling Water System: ICL)
- 수소제어계통 (Hydrogen Control System: HCS)
- 기타 보조계통

그림 2.1은 노내시험부 및 주냉각수계통, 비상냉각수계통의 개략도이다. 노내시험부 및 주냉각수계통의 설계조건은 표 2.1과 같다. PWR 운전모드시 주냉각수계통의 운전 압력 및 온도는 약 15.6MPa, 300.3℃이다. CANDU 운전모드의 경우는 10.1MPa, 276.7℃이다. 100% 용량을 갖는 두 대의 주냉각수펌프가 있다. 한 대만 운전하고, 한 대는 대기용이다. 주냉각기는 노내시험부의 열을 중간냉각수계통으로 전달하는 기능을 수행하며 100% 용량 한 대가 있다. 주가열기는 시험핵연료 입구의 온도를 정밀하게 제어하는 기능을 수행하며 한 대가 있다. 가압기는 주냉각수계통의 압력을 일정하게 유지하는 기능을 수행하며, 주냉각수계통의 비안전등급 배관 및 기기의 과압방지를 위하여 가압기에 안전밸브가 설치되어 있다. 격리밸브는 예상운전과도나 설계기준사고 발생시 노내시험부를 주냉각수계통의 비안전등급기기로부터 격리한다. 노내시험부의 유량 조절을 위하여 주냉각수계통의 고온관과 우회배관에 유량조절밸브가 있다. 노내시험부 및 주냉각수계통의 안전등급기기의 과압방지를 위하여 가압기의 안전밸브와 별도로 두 대의 안전밸브가 있다.

비상냉각수계통은 두 대의 고압주입탱크와 고압주입밸브, 감압배기밸브로 구성된다. 고압주입탱크는 노내시험부에 약 30분 정도의 비상냉각수를 공급할 수 있는 용량을 갖으며 고온관 및 저온관에 각각 한 대씩 연결된다. 고압주입밸브는 고압주입탱크와 주냉각수계통의 고온관 및 저온관 사이의 배관에 설치되며 정상운전 중에는 닫혀 있고, 사고 발생시 열린다. 감압배기밸브는 고온관과 폐기물저장탱크 사이의 배관에 설치되며 정상운전 중에는 닫혀있고, 사고 발생시 개방된다.

노외공정계통의 나머지 계통에 대한 기능은 참고문헌1에 기술되어 있다.

그림 2.2는 핵연료노내조사시험설비의 배치도이다. 노외공정계통은 제1기기실 및 제2기기실에 설치된다. 제1기기실에는 주냉각수계통, 비상냉각수계통, 폐기물저장 및 이송계통, 관통부냉각수계통이 설치된다. 또한 취출 및 보충, 정화계통의 정화냉각기, 정화재생기도 제1기기실에 설치된다. 취출 및 보충, 정화계통의 나머지 기기와 중간냉각수계통, 기타보조계통은 제2기기실에 설치된다.

2.2 제어계통

2.2.1 비안전관련 제어계통

공정제어는 핵연료시험설비의 충수로부터 정상운전까지 기동하고, 정상운전 조건을 유지하며, 조사시험 완료 후 운전정지를 하는데 필요한 제반 수동 및 자동기능을 포함한다. 정상운전 중 공정계통의 변수들이 운전 허용 값을 넘지 않도록 조절 및 유지하도록 하여 과도상태가 사고로 천이되지 않게 한다.

2.2.1.1 유량 제어

우회배관에 설치된 유량제어밸브와 주냉각수계통 배관에 설치된 유량제어밸브를 사용하여 노내시험부에 공급되는 유량을 조절한다. 시험핵연료에 따라 설정치가 다르며 PID 제어회로를 이용하여 유량을 일정하게 유지한다. 안전관련 제어계통의 작동으로 노내시험부 격리신호가 발생하면 우회유량제어밸브는 닫히고, 주유량제어밸브는 열린다.

2.2.1.2 온도 제어

주냉각수 계통의 주가열기를 사용하여 정상운전 온도까지 가열하며, 정상상태시 노내시험부 입구온도를 일정하게 유지하기 위해 PID 제어회로가 이용된다. 가열기 입구온도를 측정하여 설정치와 비교한 후 이 신호를 이용하여 중간냉각수계통의 유량제어밸브를 조절하여 주냉각기(210-M-X001)로부터 열교환율을 조절하므로 노내시험부의 입구온도를 일정하게 유지한다. 주냉각기에서 과냉각되면 주가열기가 작동하여 노내시험부 입구온도를 일정하게 유지한다.

2.2.1.3 압력 제어

주냉각수계통의 압력은 가압기에서 제어한다. 초기에는 가압기 내 가열기를 사용하여 정상운전 압력까지 가압하며, 정상상태에서는 가압기 압력 측정값과 설정치를 비교한 후 이 신호를 PID 제어기에 입력하여 가압기 내 가열기 출력과 살수 제어밸브를 조절하여 압력을 일정하게 유지한다.

2.2.2 안전관련 제어계통

핵연료시험설비에서 사고가 발생하면 핵연료시험설비 안전관련 계측제어계통 중 원자로 정지계통이 작동하여 하나로를 비상정지시키고 시험핵연료에서 발생하는 열출력을 감소시킨다. 또한 시험핵연료의 손상을 방지하고 핵연료조사시험설비를 안전한 상태로 유지하기 위하여 핵연료시험설비의 안전정지계통이 작동한다.

2.2.2.1 원자로 정지 계통

핵연료시험설비의 안전관련 계측제어계통은 원자로 정지계통과 핵연료시험설비 안전정지계통으로 구성된다. 원자로 보호계통은 핵연료시험설비의 원자로 정지변수 측정치가 설정치를 초과하는 경우에는 하나로를 즉시 정지시키기 위하여 하나로 보호계통에 정지신호를 전송한다. 원자로 정지계통은 하나로 보호계통의 설계개념과 마찬가지로 세 개의 다중 채널로 구성되며, 신뢰도를 높이기 위하여 2/3 국부동시성논리(Local Coincidence Logic)를 적용하였다. 다중성과 독립성 그리고 단일고장기준 등과 같은 원자력발전소에서 적용하고 있는 안전관련 설계요건을 동일하게 적용하여 안전성을 최대한 보장하였다

하나로는 핵연료시험설비의 냉각수 고유량, 저유량, 고온, 저압 및 고압 신호와 노내시험부 이중 압력관의 단열갭 고압신호에 의해 긴급 정지된다. 주냉각수계통의 압력과 유량은 노내시험부 입구배관에서 측정하고, 온도는 출구배관에서 측정한다. 노내시험부 압력관 단열갭에서의 압력을 측정하기 위해 1/4 인치 계기배관을 수조상부 트렌치를 통해

일차 정화계통 밸브실의 압력전송기에 연결하였다. 온도측정 센서와 유량, 압력 전송기들은 삼중화 하였으며, 핵연료시험설비 보호반 내의 비교기 및 논리회로를 거쳐 하나로 보호계통의 각 채널에 원자로 정지신호를 보내도록 설계하였다.

2.2.2.2 핵연료시험설비 안전정지계통

핵연료시험설비의 원자로 정지변수 측정치가 설정치를 초과하는 경우에는 원자로 정지계통을 이용하여 하나로를 비상정지시킴으로써 시험핵연료에서 발생하는 출력을 급격히 줄인다. 이와 더불어 정상적 유로를 이용한 시험핵연료의 냉각이 불가능할 경우 자동으로 비상냉각수계통을 작동하여 시험핵연료를 냉각시킨다. 비상냉각을 위한 핵연료시험설비 안전정지계통은 주냉각수계통 격리, 고압냉각수 주입, 자동배기, 장기냉각 기능을 수행하며, 기기들을 이중화하여 안전성과 신뢰도를 높였다.

노내시험부 격리 및 고압주입탱크의 비상냉각수 주입, 주냉각수의 감압배기는 핵연료시험설비의 주냉각수 고유량 및 저-저유량, 고-고온도, 저-저압 트립 신호에 의하여 작동한다. 핵연료시험설비 안전정지계통은 두 개의 트레인으로 구성되어 있으며, 2/3 논리를 사용하여 신뢰도를 최대한 높였고, 각 트레인의 트립, 우회, 각 솔레노이드밸브의 개폐 등이 원자로제어실에 있는 안전제어반에서 자동 및 수동으로 가능하다. 핵연료시험설비 안전정지를 위한 계측기는 원자로 정지계통 정지변수 채널의 센서, 전송기, 비교기 등을 공동으로 활용한다. 즉 현장계측기들은 원자로 정지계통과 함께 사용하며 비교기에서 출력되는 접점신호부터는 원자로 정지논리와 독립적으로 두 개의 트레인으로 구성한다.

핵연료시험설비 안전정지신호가 발생할 경우에는 시험핵연료를 안전한 상태로 유지하기 위하여 다음과 같은 안전기능이 작동한다.

1) 주냉각수계통 격리 : 주냉각수 계통의 안전등급과 비안전등급 경계에 설치된 격리밸브를 닫아 고압주입탱크(A/B)에서 공급되는 비상냉각수가 기기실내에 설치된 기기 및 배관으로 유출되지 않고 시험핵연료가 장착된 노내시험부로 흐르게 한다.

2) 고압 냉각수 주입 : 주냉각수 계통의 격리와 더불어 고압주입탱크(A/B)에 저장된 저온, 고압의 냉각수를 노내시험부에 주입하기 위해 고압주입밸브를 연다. 고압주입탱크는 약 30 분간 비상냉각수를 시험핵연료에 공급할 수 있도록 설계하였으며, 고압주입탱크의 수위가 낮아져 탱크 상부에 있는 고압의 질소가스가 주냉각수 계통에 유입되지 않도록 저 수위에서 고압주입밸브가 닫히도록 설계하였다.

3) 자동배기 : 배관과단과 같은 사고발생시 격리밸브가 닫히고 노내시험부와 배관의 압력이 낮아지면 냉각수가 증기로 변하게 된다. 배관이 증기로 가득차지 않도록 고압 냉각수 주입밸브를 통한 비상냉각수 공급과 동시에 주냉각수 계통의 고온관과 폐기물저장탱크 사이의 배기관에 설치된 감압배기밸브를 열어 비상냉각수가 파단지점 혹은 폐기물저장탱크로 흐르도록 한다.

표 2.1 노내시험부 및 주냉각수계통의 설계조건

| 변 수 | 가압경수로 모드 | 중수로 모드 |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 노내시험부 설계 압력 | 17.5 MPa | 17.5 MPa |
| 노내시험부 설계 온도 | 350 °C | 350 °C |
| 핵연료다발 열출력 | $\leq 112.3 \text{ kW}_{\text{th}}$ | $\leq 116.2 \text{ kW}_{\text{th}}$ |
| 노내시험부 입구의 운전온도 | 300.3°C | 276.7°C |
| 노내시험부 출구의 운전온도 | 312.0°C | 290.0°C |
| 노내시험부 출구의 운전압력 | 15.6 MPa,a | 10.1 MPa,a |
| 주냉각수펌프의 운전유량 | 1.8 kg/s | 1.8 kg/s |
| 노내시험부 우회유량 | 0.2 kg/s | 0.17 kg/s |
| 노내시험부 운전 유량 | 1.6 kg/s | 1.63 kg/s |

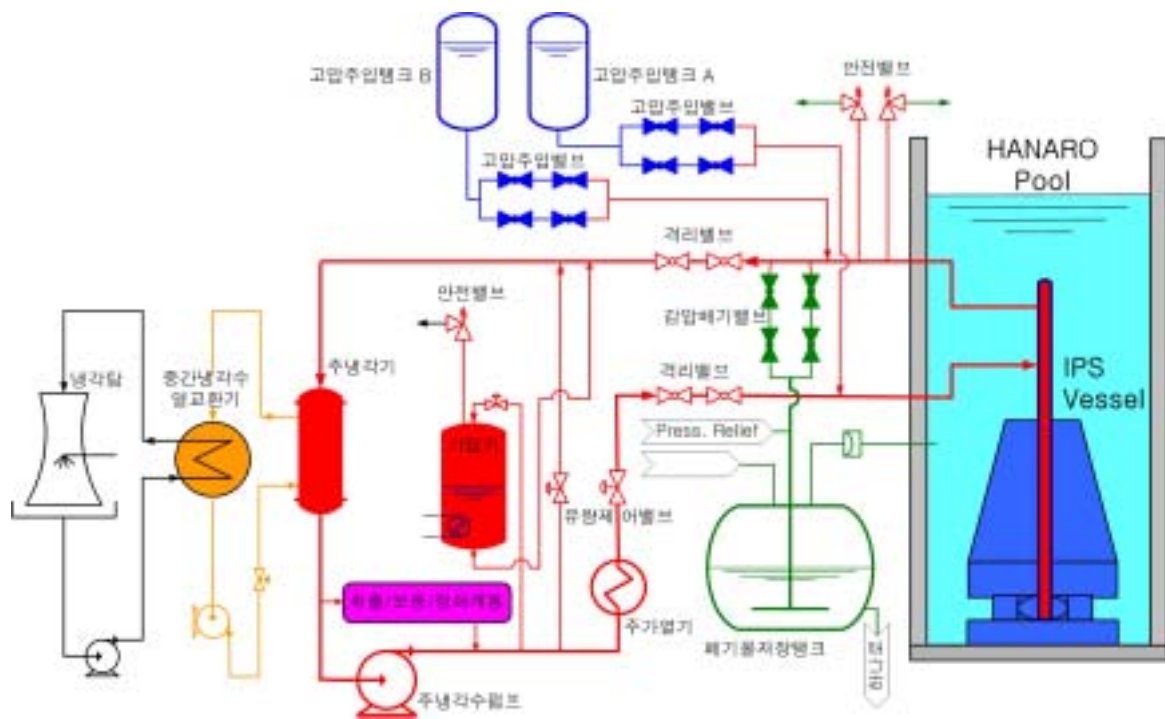
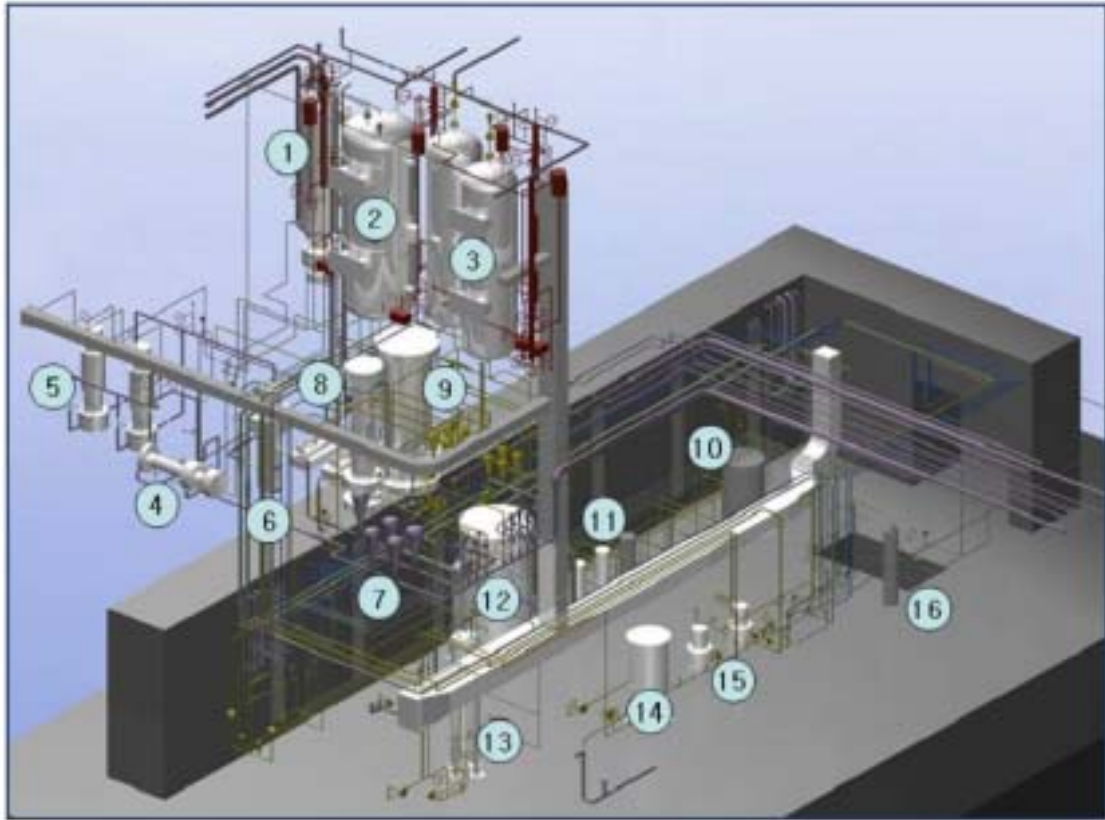


그림 2.1 핵연료노내조사시험설비 개략도



| 번호 | 기기명 | 번호 | 기기명 |
|----|----------|----|-------------------------------------|
| ① | 가압기 | ⑤ | 정화냉각기 |
| ② | 폐기물저장탱크 | ⑩ | 이온교환기 |
| ③ | 안전주입탱크 | ⑪ | 필터 |
| ④ | 주냉각기 | ⑫ | 중간냉각수열교환기 |
| ⑤ | 주냉각수펌프 | ⑬ | Degasfier |
| ⑥ | 추가열기 | ⑭ | 화학첨가탱크 |
| ⑦ | 격리밸브 | ⑮ | 펌프 |
| ⑧ | 정화재생열교환기 | ⑯ | H ₂ /N ₂ 가스봄베 |

그림 2.2 핵연료노내조사시험설비의 노외공정계통 배치도

제 3 장 제1기기실 및 배관과단 모델링

3.1 노내시험부 및 주냉각수계통, 비상냉각수계통 모델링

핵연료노내조사시험설비의 예상운전과도(Anticipated Operational Occurrence)나 설계 기준사고를 해석함에 있어 중요한 계통은 노내시험부 및 주냉각수계통과 비상냉각수계통이다. 사고 발생시 핵연료시험설비의 열수력 과도현상 해석은 한국원자력연구소에서 개발한 MARS(Multi-dimensional Analysis of Reactor Safety) 코드를 사용하였다. MARS 코드는 RELAP5 MOD3을 기반으로 개발된 코드이다[참고문헌2,3,4].

그림 3.1은 핵연료시험설비의 과도현상을 해석하기 위한 노드다이어그램이다. 노내시험부, 주냉각수계통, 비상냉각수계통을 포함하고 있다. 주냉각수펌프에서 노내시험부 압력관 입구노즐까지의 배관 및 기기는 100번대 노드번호를 부여하고, 시험핵연료 하류부터 주냉각수펌프 전단 배관까지는 400번대 노드번호를 부여하였다. 노내시험부 압력관 강수부와 시험핵연료 영역은 200번대 및 300번 노드번호를 사용하였다. 비상냉각수공급계통 및 주냉각수계통 고온관에서 폐기물저장탱크를 연결하는 배기관은 800번대 노드번호를 사용하였다.

각 기기 및 배관의 상세한 MARS 모델링 및 입력 자료는 참고문헌1에 상세히 기술되어 있다.

3.2 배관과단 모델링

3.2.1 배관과단 위치 선정

제1기기실에는 주냉각수계통, 비상냉각수계통, 관통부냉각수계통, 폐기물저장탱크 및 이송계통, 취출 및 보충, 정화계통의 정화냉각기, 정화재생기가 설치된다. 그림 3.2와 그림 3.3은 제1기기실에 설치된 계통의 안전등급 구분을 보여주고 있다. 제1기기실의 주냉각수계통은 격리밸브를 기준으로 노내시험부 쪽은 안전등급이고, 주냉각수펌프 및 주냉각기, 가압기, 주가열기 쪽은 비안전등급으로 설계되었다. 또한 관통부냉각수계통의 격리밸브까지는 안전등급 3으로 설계하였으며 그 후단은 비안전등급으로 설계하였다.

제1기기실에 설치된 배관의 공칭 크기 및 조건은 표 3.1과 같다. 정상운전 압력 및 온도는 가압경수로 핵연료시험모드로 운전할 때의 값이다. 표 3.1에서 운전온도 312℃는 핵연료노내조사시험설비의 기기설계를 위한 최대 출력 조건에서의 값이다. 실제 운전에서는 이보다 작다. 주냉각수계통의 압력은 계통의 대표적인 운전 압력을 표시한 것이다. 표 3.1에 기술된 각 계통의 정상운전 압력 및 온도를 살펴보면 주냉각수계통의 배관이 과단될 때 제1기기실의 압력 및 온도가 최대가 될 것으로 예측된다. 따라서 주냉각수계통의 배관과단을 가정하여 제1기기실의 최대 압력 및 온도를 예측하였다.

제1기기실에 설치된 주냉각수계통의 배관은 대부분 공칭 크기가 1.5인치이다. 핵연료

노내조사시험설비의 설계기준은 주냉각수계통의 안전등급 배관은 파단되지 않는 것이다. 주냉각수계통 안전등급 배관의 파단을 제외한 것은 참고문헌5에 근거한다. 따라서 배관파단 위치는 주냉각수계통의 비안전등급 배관으로 선정하였다. 주냉각수펌프의 배출 배관과 주냉각기 입구 배관에서의 파단을 조사하였다.

3.2.2 배관의 파단 모델

배관파단은 그림 3.4와 같이 양단 파단으로 가정하고, 방출계수는 1.0을 적용하였다. 이 경우가 가장 많은 에너지를 일시에 제1기기실로 방출하는 조건이기 때문이다. 파단을 모사하는 밸브의 개방 시간은 0.01초로 가정하였다. 주냉각수계통은 고압이므로 파단 부위에서 임계유동이 발생한다. 임계유동은 Henry-Fauske 모델을 적용하였다[참고문헌6]. 이 모델식의 계수로는 MARS 코드가 제공하는 기본 값을 사용하였다[참고문헌7].

3.2.3 주냉각수 체적 및 온도, 압력

그림 3.4를 보면 그림 3.1의 MARS 노드다이아그램에 정화냉각기의 튜브측 및 정화재생기의 튜브와 셀측을 추가로 고려하고 있음을 알 수 있다. 정화냉각기의 튜브측 및 정화재생기의 튜브와 셀측을 추가로 고려한 것은 취출 및 보충운전에 따라 주냉각수계통의 배관파단에 의하여 제1기기실로 방출될 에너지의 총량이 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 제1기기실 배관파단사고 해석에서 고려한 냉각수의 체적은 주냉각수계통의 체적, 비상냉각수계통의 체적, 노내시험부의 체적, 정화재생기의 튜브 및 셀 체적, 정화냉각기의 셀 및 연결 배관의 체적이다. 그림 3.1에서 체적 및 유로면적, 압력손실계수와 같은 MARS 입력 자료는 참고문헌1에 나타나 있고, 그림 3.4에서 추가된 부분의 체적 및 유로면적, 압력손실계수는 부록 A에 기술되어 있다.

그림 3.5는 주냉각수의 취출 및 충수와 정화냉각기 및 정화재생기의 관계를 보여주고 있다. 주냉각수는 주냉각수펌프 전단에서 취출되고 주냉각수펌프 후단으로 충수된다. 취출수는 주냉각수펌프 전단, 정화재생기 튜브, 정화냉각기 튜브, 오리피스 순으로 흐른다. 정화냉각기 후단의 오리피스에서 감압되기 때문에 오리피스까지는 주냉각수계통의 압력이 걸린다. 충수는 정화복귀펌프의 가압에 의하여 이루어진다. 정화복귀펌프를 지나, 정화재생기의 셀에서 가열된 후 주냉각수펌프의 후단으로 주입된다. 따라서 정화복귀펌프의 토출관과 정화재생기의 셀에는 주냉각수계통의 압력이 걸린다.

취출 및 충수는 표 3.2와 같은 모드로 운전될 수 있다. 취출 및 충수가 동시에 이루어지는 재생모드와 취출이나 충수만 이루어지는 비재생모드로 구분된다. 취출 및 충수가 동시에 이루어지는 재생모드가 정상운전 중 대부분의 시간을 차지한다. 그러나 경우에 따라 취출이나 충수만 이루어지는 운전이 예상되며, 각 운전모드에 따라 정화재생기 및 정화냉각기의 튜브와 셀측의 예상 온도는 표 3.2와 같다. 표 3.2의 ①, ②, ③, ④, ⑤는 그림 3.5의 각 번호와 일치하는 위치를 나타낸다. 표 3.2의 온도는 비재생모드 운전이 오래 지속되는 경우를 가정한 것이다. 이렇게 가정한 이유는 주냉각수계통의 배관파단 발생시 제1기기실로 방출될 에너지의 양을 크게 고려하여 제1기기실의 최대 압력 및 온도를 높게 계산하기 위한 것이다. 제1기기실의 최대 압력 및 온도가 높을수록 제1기기실의 구조건

전성평가는 보수적이기 때문이다. 표 3.2의 운전모드별 정화재생기 및 정화냉각기의 튜브 및 셀층의 온도와 압력을 살펴보면 비재생취출모드로 운전하는 중에 제1기기실의 배관이 파단되는 사고가 가장 보수적인 것을 알 수 있다. 따라서 비재생취출모드 운전 중에 배관 파단이 발생하는 것을 가정하였고, 이 때의 온도와 압력은 표 3.2와 같다.

3.3 제1기기실 모델링

3.3.1 제1기기실 체적 및 초기 온도, 압력

그림 3.6부터 그림 3.9는 제1기기실의 평면도 및 측면도이다. 제1기기실에는 그림 2.2에 표시된 바와 같이 주냉각수계통 및 비상냉각수계통의 주요 기기들이 설치되어 있다. 주냉각수계통의 가압기 및 주냉각기, 주가열기, 격리밸브, 비상냉각수계통의 고압주입탱크, 폐기물저장탱크, 정화재생기, 정화냉각기 등이 제1기기실에 설치된다. 제1기기실의 전체 체적은 148.07m^3 이고, 제1기기실에 설치된 각종 기자재의 체적은 24.84m^3 이다[참고문헌 8]. 기자재의 체적에는 배관 및 기기의 단열재, 전력 케이블 등을 포함한 값이다. 따라서 제1기기실의 유효 공간의 체적은 123.23m^3 이다.

배관파단사고가 발생하였을 때, 원자력 비안전등급 배관 및 기기가 안전등급 배관 또는 기기를 손상시키지 않도록 안전등급 기기 주변에 안전벽(safety barrier)이 설치된다. 그러나 안전벽은 기기 주변의 일부를 막는 형태이므로 Sub-compartment를 갖지 않는 하나의 공간으로 해석하였다.

제1기기실은 방사선구역 설정에 따른 공기조화계통에 의하여 정상운전 중 6.5mmWg 의 부압을 유지한다[참고문헌9]. 따라서 제1기기실의 초기 압력은 0.10126MPa_a 를 적용하였다. 제1기기실의 온도는 최대 설계운전온도인 40°C 를 적용하였다[참고문헌10]. 하나로 공기조화계통과 제1기기실은 정상운전 중에 연결되어 있으나, 핵연료시험설비의 노내시험부 격리밸브 차단신호에 의하여 격리된다. 제1기기실의 격리밸브 차단시간은 1초로 설계되었다. 본 계산은 제1기기실 벽의 구조건전성을 평가하기 위한 제1기기실의 최대 압력 및 온도를 계산하는 것이 목적이므로 보수적인 평가를 위하여 사고초기부터 제1기기실은 격리된 것으로 가정하였다.

3.3.2 제1기기실 벽체 모델링

제1기기실에는 배관파단에 의하여 분출된 증기를 응축시키고 냉각시키는 별도의 설비가 없다. 제1기기실로 방출된 증기는 제1기기실 내의 기기 및 제1기기실 벽에 의한 냉각이 유일한 열제거 방법이다. 보수적인 해석을 위하여 제1기기실의 기기에 의한 냉각은 무시하고, 벽을 통한 냉각만 고려하였다. 물론 냉각이 없는 경우에 대하여도 해석하였다. 벽은 MARS 코드의 열구조물(heat structure)로 모델링하였다.

그림 3.6부터 그림 3.9에 있는 것과 같이 제1기기실의 벽체는 다양한 두께와 높이를 갖는다. 각 벽체의 두께 및 높이, 폭은 표 3.3과 같다. 제1기기실의 벽체는 중량콘크리트이며 밀도는 $3500\text{kg}/\text{m}^3$ 이다[참고문헌9]. 하나로 안전성분석보고서에서 벽의 열전도도에 대한 자료를 찾을 수 없어 표 3.4와 같이 열전도도 및 비열에 대한 자료를 수집하였다.

참고문헌11은 영광 3&4호기의 콘크리트 제작 방법에 따라 제작한 후 온도에 따른 열물 성치를 측정된 결과이다. 참고문헌12는 JSCE 표준콘크리트의 물성치이다. 참고문헌13과 14는 일반적인 콘크리트의 열물성 자료이다. 콘크리트의 물성치는 콘크리트 혼합물의 조성 성분 및 수분 함유에 따라 많은 차이가 있으나 제1기기실의 콘크리트에 대한 열물성치 자료를 확보할 수 없으므로 보고된 열물성치의 분포를 감안하여 표와 같이 기준 값을 정하였다. 그리고 기준 값에 대한 계산과 각 물성치의 민감도를 평가하였다.

제1기기실 벽의 외부는 자연대류 열전달을 적용하였다. 자연대류 열전달계수는 부록 B와 같이 계산하였으며 그 값은 $1.8W/m^2K$ 이다. 여기서 벽 외부의 온도는 하나로 운전 경험을 고려하여 $30^{\circ}C$ 로 가정하였는데 충분히 보수적인 값이다.

3.4 정지 설정치

3.4.1 하나로 정지 설정치

하나로는 핵연료시험설비의 냉각수 고유량, 저유량, 고온, 저압 및 고압 신호와 노내 시험부 이중압력관의 단열캡 고압신호에 의해 정지된다. 주냉각수계통의 압력과 유량은 노내시험부 입구배관에서 측정하고, 온도는 출구배관에서 측정한다. 본 해석에서 사용한 설정치는 표 3.5와 같다.

3.4.2 핵연료시험설비 설정치

정상적인 유로를 이용한 시험핵연료의 냉각이 불가능할 경우 자동으로 비상냉각수계통을 작동하여 시험핵연료를 냉각시킨다. 비상냉각을 위한 핵연료시험설비의 안전정지계통은 주냉각수계통 격리, 고압냉각수 주입, 자동배기 기능을 수행한다.

노내시험부 격리 및 고압주입탱크의 비상냉각수 주입, 주냉각수의 감압배기는 핵연료 시험설비의 주냉각수 고유량 및 저-저유량, 고-고온도, 저-저압 트립 신호에 의하여 작동한다. 본 해석에서 사용한 설정치는 표 3.6과 같다.

하나로 긴급정지 및 핵연료시험설비의 안전정지 기능은 신호 측정 및 전송, 비교 등의 단계를 거치며 일정한 지연 시간 후에 작동한다. 본 해석에서 가정한 지연 시간은 표 3.7 및 표 3.8과 같다. 하나로 긴급정지는 압력 및 유량에 의한 트립인 경우 0.615초의 지연 시간을 적용하였고, 온도에 의한 트립인 경우 20.365초를 적용하였다. 반면에 핵연료 시험설비의 안전정지는 압력 및 유량에 의한 트립인 경우 0.41초의 지연 시간을 적용하였고, 온도에 의한 트립인 경우 20.16초를 적용하였다.

표 3.1 제1기기실 배관의 공칭 크기 및 정상운전 조건

| 계통 | 배관 위치 | 배관공칭 (inch) | 운전압력 (MPa,a) | 운전온도 (℃) | 안전등급 |
|--------------------|----------------------------|----------------|-----------------|-------------|------|
| 주냉각수계통 | 제1기기실 갤러리벽 ~ Reducer | 3 | 15.6 | 312 | 1 |
| | Reducer ~ 격리밸브 | 1.5 | 15.6 | 312 | 1 |
| | 격리밸브 ~ 주냉각기입구 | 1.5 | 15.6 | 312 | NNS |
| | 주냉각기출구 ~ 격리밸브 | 1.5 | 15.6 | 300.3 | NNS |
| | 격리밸브 ~ Reducer | 1.5 | 15.6 | 300.3 | 1 |
| | Reducer ~ 제1기기실 갤러리벽 | 2.5 | 15.6 | 300.3 | 1 |
| | 노내시험부 우회배관 | 1 | 15.6 | 300.3 | NNS |
| | 가압기 살수배관 | 1/2 | 15.6 | 300.3 | NNS |
| | 가압기 Surge Line | 1/2 | 15.6 | 312 ~ 345 | NNS |
| 비상냉각수 계통 | 고압주입탱크 ~ 고압주입밸브 | 1/2 | 16.625 | 상온 | 2 |
| | 고압주입밸브 ~ 고온관 분기점 | 1/2 | 15.6 | 312 | 1 |
| | 고압주입밸브 ~ 저온관 분기점 | 1/2 | 15.6 | 300.3 | 1 |
| | 고온관 분기점 ~ 감압배기밸브 | 3/4 | 15.6 | 312 | 1 |
| 폐기물 저장탱크 및 이송계통 | 감압배기밸브 ~ 폐기물 저장탱크 | 3/4, 1, 1.5 | 대기압 | 상온 | NNS |
| 취출 및 보충, 정화계통 | 취출배관 분기점 ~ Reducer | 1/2, 1, 2 | 15.6 | 300.3 ~ 44 | NNS |
| 관통부냉각수 계통 | 제1기기실 갤러리벽 ~ 격리밸브 | 3/4, 1 | 0.158 | 40 | 3 |
| | 격리밸브 ~ 관통부냉각수펌프 ~ 격리 밸브 | 1 | 0.158 | 40 | NNS |

표 3.2 운전모드 별 온도 및 압력

| 운전 모드 | 위치 | 온도(℃) | 압력(MPa,g) | 운전 모드 | 위치 | 온도(℃) | 압력(MPa,g) |
|------------------|----|-------|-----------|----------------|----|-------|-----------|
| 재생 모드 (충수/취출) | ① | 300.3 | 15.347 | 비재생 모드 (취출) | ① | 300.3 | 15.347 |
| | ② | 220.0 | 15.347 | | ② | 300.3 | 15.347 |
| | ③ | 44.0 | 15.347 | | ③ | 44.0 | 15.347 |
| | ④ | 44.0 | 15.347 | | ④ | 300.3 | 15.347 |
| | ⑤ | 138.7 | 15.347 | | ⑤ | 300.3 | 15.347 |
| 비재생 모드 (충수) | ① | 44.0 | 15.347 | | | | |
| | ② | 44.0 | 15.347 | | | | |
| | ③ | 44.0 | 15.347 | | | | |
| | ④ | 44.0 | 15.347 | | | | |
| | ⑤ | 44.0 | 15.347 | | | | |

표 3.3 제1기기실의 벽체 자료

| 구분 | 두께(m) | 높이(m) | 폭(m) | 넓이(m ²) |
|------|-------|-------|------|---------------------|
| 수직 벽 | 1.5 | 8 | 6.3 | 50.4 |
| | 1.2 | 8 | 1.7 | 23.2 |
| | 1.2 | 8 | 1.2 | |
| | 1.2 | 5.05 | 0.5 | 2.525 |
| | 0.75 | 5.05 | 6.3 | 31.815 |
| | 0.9 | 2.95 | 2.7 | 7.965 |
| | 1.2 | 2.95 | 2.7 | 41.005 |
| | 1.2 | 2.95 | 9 | |
| | 1.2 | 2.95 | 2.2 | |
| 천장 | 1.2 | 2.7 | 2.7 | 31.86 |
| | 1.2 | 6.3 | 2.2 | |
| | 1.1 | 6.3 | 1.7 | |
| 바닥 | 1.2 | 2.7 | 2.7 | 31.86 |
| | 1.2 | 6.3 | 3.9 | |

표 3.4 콘크리트의 열물성치

| | 열전도도 (kW/m) | 비열 (J/kgK) | 열확산계수 (m ² /s×10 ⁻⁶) | 밀도 (kg/m ³) | 참고 문헌 |
|-----------------------------|----------------|---------------|--|----------------------------|----------|
| 영광 3&4 호기 콘크리트 시험결과 | 1.5 ~ 2.5 | 1100 | 0.8 ~ 1.0 | 2250 | 11 |
| JSCE Standard | 2.6 ~ 2.8 | 1150 ~ 1310 | - | 2300 ~ 2500 | 12 |
| 일반 자료 | 1.28 ~ 1.74 | 3140 ~ 4605 | - | 2000 ~ 2400 | 13 |
| Stone 1:2:4 Mix Concrete | 1.4 | 880 | 0.75 | 2100 | 14 |
| 기준 값 | 1.5 | 1000 | 0.428 | 3500 | |

표 3.5 하나로 긴급정지 신호 및 사고해석에 적용한 설정치

| 방호 조치 | PWR 모드 |
|----------------|---------------|
| 주냉각수 저유량 | 1.28 kg/s |
| 주냉각수 고유량 | 1.84 kg/s |
| 주냉각수 고온 | 331.5℃ |
| 주냉각수 저압 | 14.1342 MPa,a |
| 주냉각수 고압 | 17.237 MPa,a |
| IPS 압력관 단열겹 고압 | 9.0 MPa,a |

표 3.6 핵연료시험설비 안전정지 신호 및 사고해석에 적용한 설정치

| 방호 조치 | PWR 모드 |
|---------------------|---------------|
| 주냉각수 격리, 고압주입, 감압배기 | |
| 주냉각수 저-저 유량 | 0.96 kg/s |
| 주냉각수 고유량 | 1.84 kg/s |
| 주냉각수 고-고 온도 | 339.5℃ |
| 주냉각수 저-저 압력 | 13.4447 MPa,a |

표 3.7 핵연료시험설비에 의한 하나로 긴급정지 지연시간

| 구 분 | 지연 시간 | |
|----------------------------------|----------|--------|
| | 유량 및 압력계 | 온도계 |
| 핵연료시험설비 | | |
| - 계측기 반응 시간 | 0.25 | 20.0 |
| - 비교기 | 0.07 | 0.07 |
| - Relay drop out 시간 : 0.01초 x 3개 | 0.03 | 0.03 |
| 하나로 | | |
| - Relay drop out 시간 | 0.03 | 0.03 |
| - 하나로 솔레노이드 밸브 반응 시간 | 0.075 | 0.075 |
| - 하나로 정지봉 초기 구동 지연시간 | 0.11 | 0.11 |
| 사고해석 불확실성 | 0.05 | 0.05 |
| 전체 지연 시간 | 0.615 | 20.365 |

표 3.8 노내시험부 격리 및 비상냉각수계통 기동 지연시간

| 구 분 | 지연 시간 | |
|----------------------------------|----------|-------|
| | 유량 및 압력계 | 온도계 |
| 핵연료시험설비 | | |
| - 계측기 반응 시간 | 0.25 | 20.0 |
| - 비교기 | 0.07 | 0.07 |
| - Relay drop out 시간 : 0.01초 x 4개 | 0.04 | 0.04 |
| 사고해석 불확실성 | 0.05 | 0.05 |
| 전체 지연 시간 | 0.41 | 20.16 |

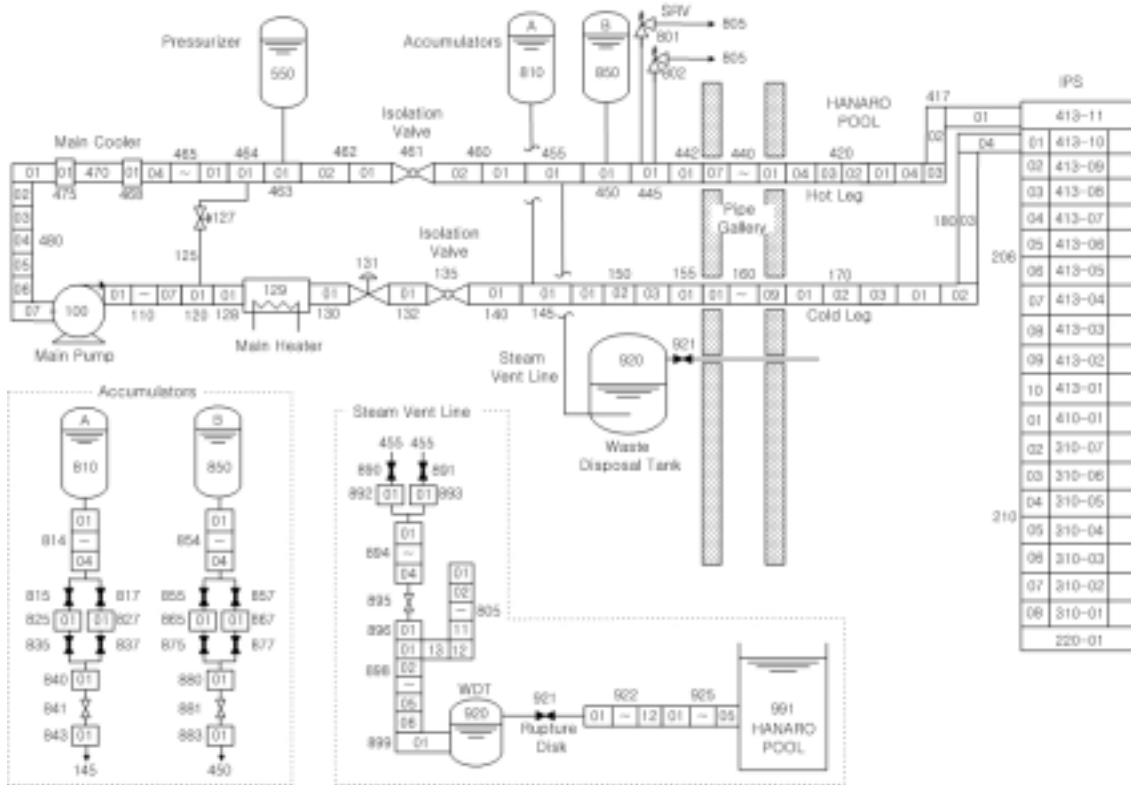


그림 3.1 MARS 노드 다이어그램

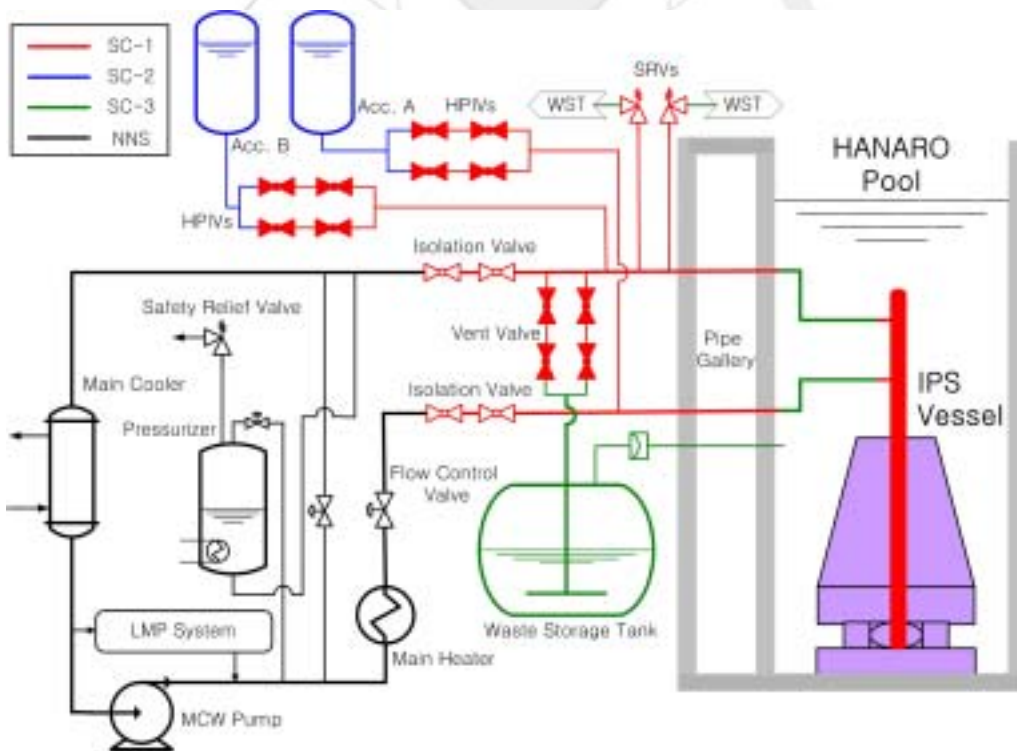


그림 3.2 핵연료노내조사시험설비의 안전등급 구분

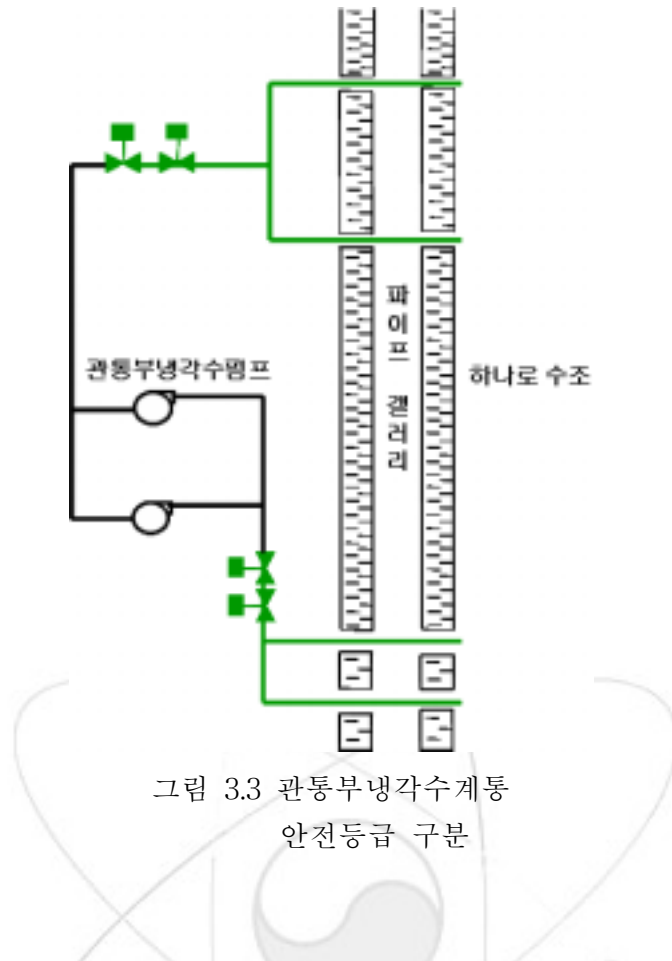


그림 3.3 관통부냉각수계통 안전등급 구분

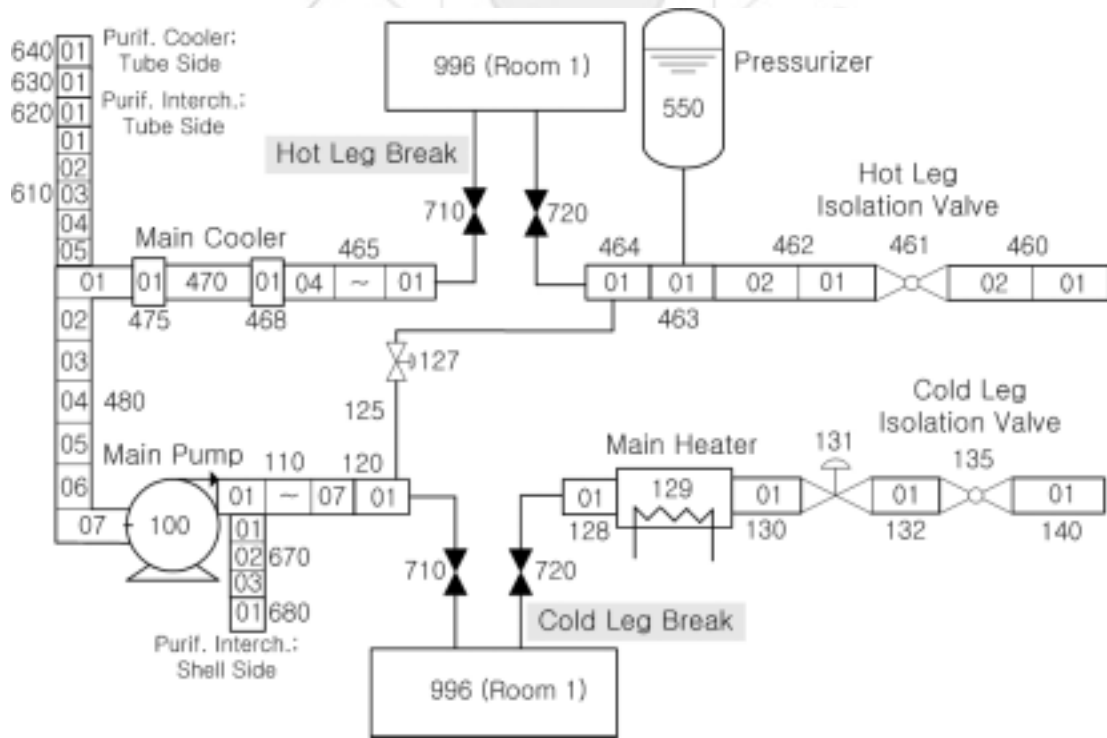


그림 3.4 제1기기실의 배관 파단 모델링

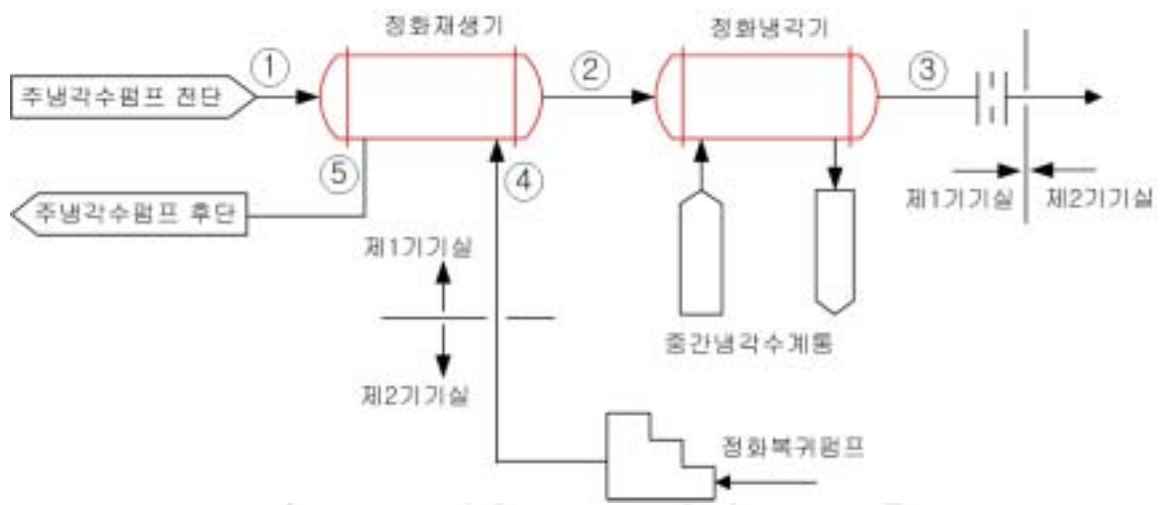


그림 3.5 주냉각수 취출 및 충수 개략도

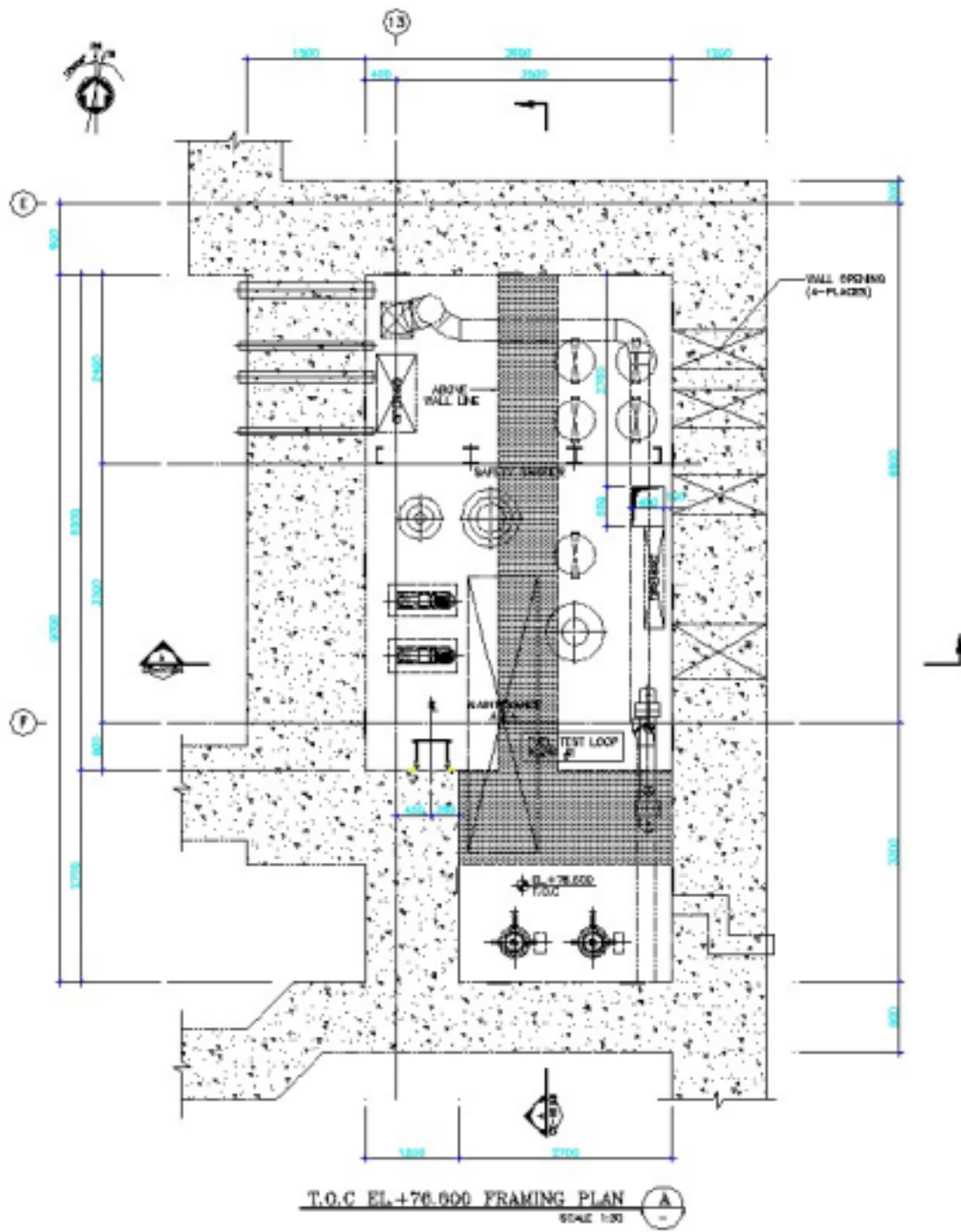


그림 3.6 제1기기실 평면도 (바닥)

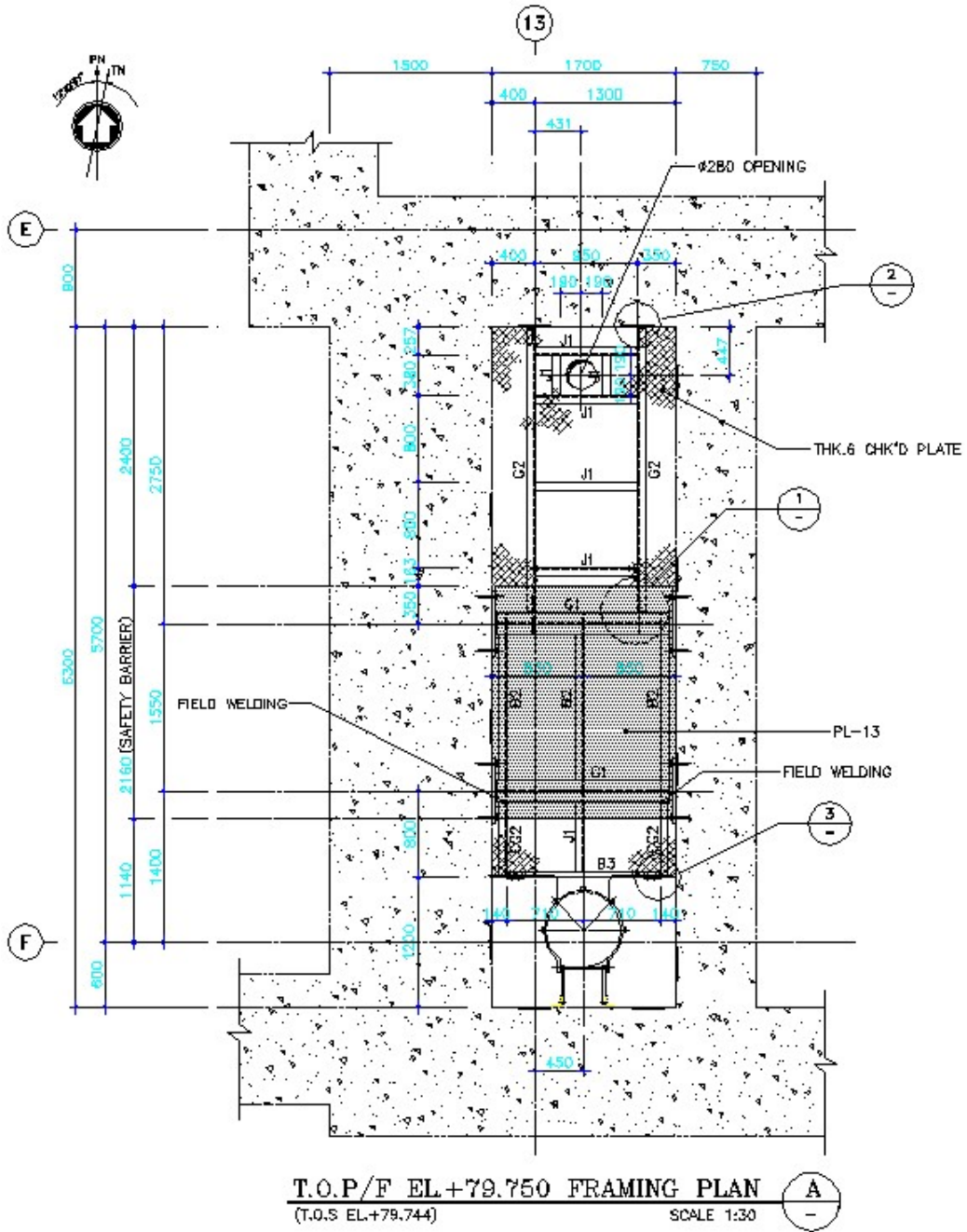


그림 3.7 제1기기실 평면도 (바닥에서 3.15m)

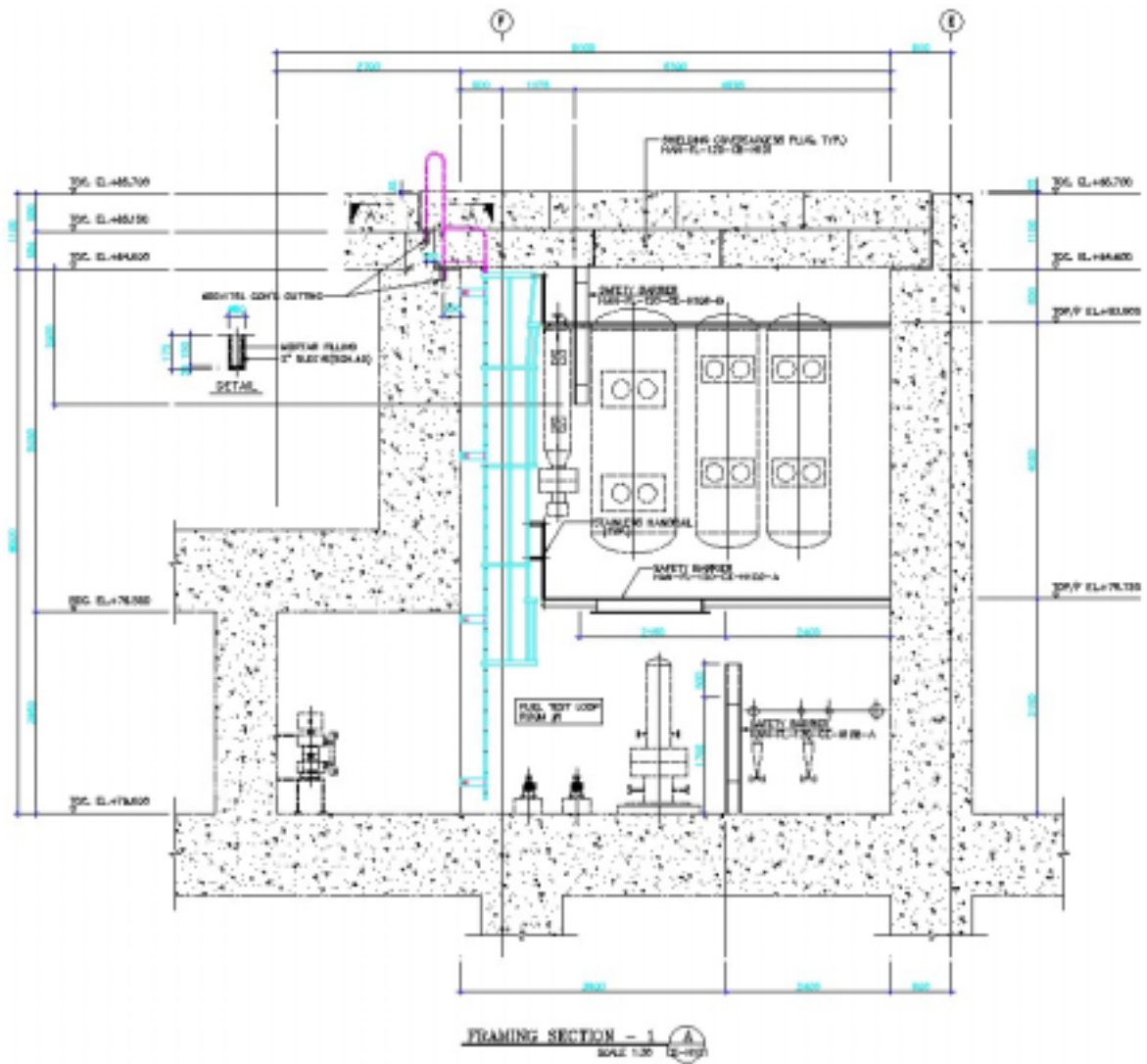


그림 3.8 제1기기실 측면도 (서쪽 방향)

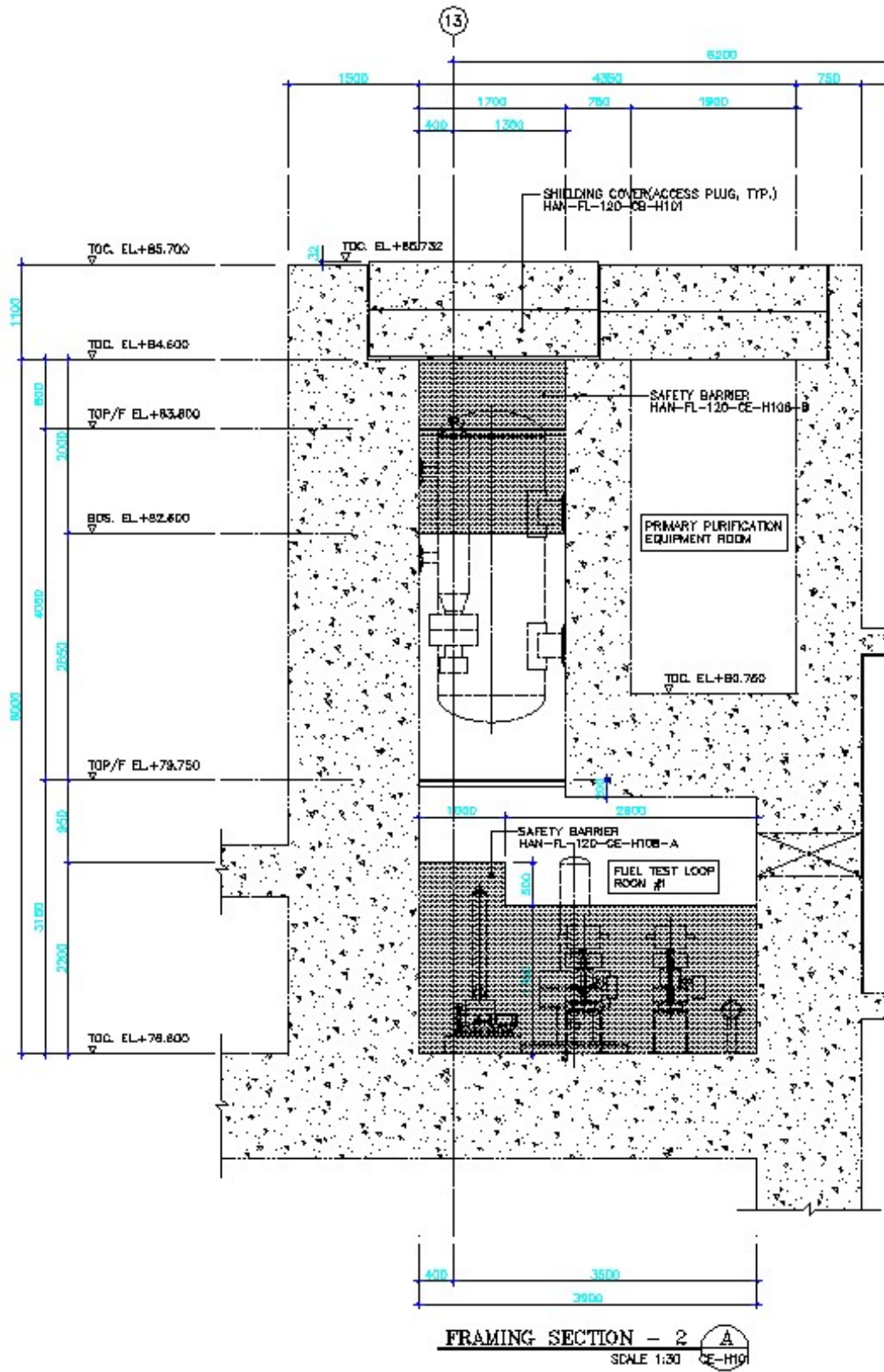


그림 3.9 제1기기실 측면도 (북쪽 방향)

제 4 장 결과 및 고찰

4.1 운전변수에 대한 영향

표 4.1은 가압경수로 핵연료 시험모드의 주요 열수력 운전 조건이다. 중수로 핵연료 시험모드는 가압경수로 핵연료 시험모드보다 운전 압력 및 온도가 낮다. 따라서 제1기기실 벽체의 구조건전성평가 측면에서 볼 때, 중수로 핵연료 시험모드는 고려할 필요가 없다.

표 4.2는 열수력 운전변수 및 제1기기실 벽의 물성에 대한 영향을 고려하기 위하여 계산한 조건들을 나타내고 있다. Case 10과 Case 20은 열수력 운전변수의 영향을 평가하기 위한 계산 조건이다. 노내시험부(IPS, In-Pile Test Section)의 출력, 유량, 압력, 입구 온도는 정상운전 값에 대한 백분율을 나타낸다. 즉 Case 10은 열수력 운전변수가 정상운전상태를 말하며, Case 20은 노내시험부의 열출력이 정상운전보다 5% 크고, 운전압력 및 온도는 정상운전보다 2% 큰 조건이다. Case 20의 열출력과 운전압력 및 온도는 설계기준사고 및 예상운전과도해석에서 적용한 값과 동일하다. Case 10과 Case 20의 파단위치는 모두 주냉각수펌프 후단의 저온관이고, 제1기기실 벽의 열전도도 및 비열, 밀도는 표 3.4의 기준값을 적용하였다.

Case 10과 Case 20 모두 배관파단이 발생한 후 약 0.4초에 노내시험부 격리밸브 차단신호가 발생하고, 약 2.9초에 격리밸브가 완전히 닫힌다. 따라서 노내시험부 및 배관궤리 내의 냉각수는 배관파단후 약 3초 이후에는 제1기기실로 방출되지 않는다. 제1기기실에 방출되는 냉각수는 노내시험부 격리밸브로부터 격리된 주냉각수계통의 비안전등급 배관 및 기기에 의한 것이다.

그림 4.1은 시간에 따른 제1기기실의 압력이고, 그림 4.2는 온도이다. 이 그림에서 실선은 정상운전(Case 10) 조건이고, 점선은 사고해석(Case 20)의 입력 조건이다. 압력 및 온도는 절대압력과 절대온도이다. 제1기기실의 압력은 배관파단 후 급격히 증가한다. 배관파단 후 약 40초에 최대압력에 도달한 후 서서히 감소한다. 온도도 비슷한 경향을 나타내고 있다. 정상운전 조건인 Case 10보다 사고해석 조건인 Case 20의 최대압력이 약 2kPa 큰 것으로 확인되었다. 온도도 약간 높게 나타났다. 이것은 Case 20의 주냉각수 압력 및 온도와 노내시험부의 열출력이 높기 때문에 발생한 당연한 현상이다. 그림 4.3은 파단부에서의 주냉각수 방출유량을 보여주고 있다. 실선은 주냉각수펌프 쪽 파단면을 통한 방출유량을 나타내고, 점선은 주가열기 쪽 파단면을 통한 방출유량을 나타낸다. 배관파단이 발생한 후 약 3초 이내에 노내시험부 격리밸브가 차단됨에 따라 주가열기 쪽 파단면을 통한 방출유량은 파단발생 후 급격히 감소한다. 반면에 주냉각수펌프 쪽 파단면을 통한 방출유량은 약 40초까지 비교적 서서히 감소한다. 이것은 가압기 및 주냉각기, 정화재생기, 정화냉각기 등의 기기가 갖는 체적 때문이다.

4.2 배관파단 위치에 따른 영향

표 4.1의 Case 10과 Case 11은 배관의 파단 위치가 제1기기실의 최대압력에 끼치는 영향을 파악하기 위한 것이다. Case 10은 주냉각수펌프 후단의 저온관 파단이고, Case 11은 주냉각기 전단의 고온관 파단이다. 열수력 운전변수 및 제1기기실 벽의 물성치는 동일하게 적용하였다.

그림 4.4는 저온관파단사고시의 제1기기실 압력과 고온관파단사고시 제1기기실 압력의 비교이다. 실선(Case 10)이 저온관파단사고인 경우이고, 점선(Case 11)이 고온관파단사고인 경우이다. 저온관파단사고시 제1기기실의 최대압력은 약 205kPa이고, 고온관파단사고시 제1기기실의 최대압력은 약 199kPa이다. 저온관파단사고시 제1기기실의 압력이 고온관파단사고보다 더 급격히 증가한다. 제1기기실의 온도는 그림 4.5와 같다. 온도 변화도 압력 변화와 유사하다. 그림 4.6과 그림 4.7은 저온관 및 고온관파단사고시 시간에 따른 제1기기실로의 냉각수 방출이다. 실선이 파단 위치를 기준으로 상류이고, 점선이 하류이다. 두 경우 모두 파단 위치를 기준으로 상류에 가압기가 설치되어 있다. 따라서 가압기의 냉각수 방출에 의하여 상류측 파단면을 통한 방출유량이 상대적으로 완만히 감소한다.

4.3 벽의 물성치에 대한 영향

표 4.1의 Case 20, Case 21, Case 22, Case 23, Case 24는 제1기기실 벽체의 물성치에 따른 영향을 보기 위한 것이다. Case 20의 물성치는 표 3.4의 기준 값이다. Case 20, Case 21, Case 22는 열전도도의 영향을 보기 위한 것이고, Case 20, Case 23, Case 24는 비열의 영향을 보기 위한 것이다.

그림 4.8은 시간에 따른 압력 변화이고, 그림 4.9는 시간에 따른 온도 변화이다. 제1기기실의 최대 압력 및 온도의 경우 표 4.1의 조사 범위에서는 벽의 물성에 거의 영향을 받지 않는 것으로 예측되었다. 그러나 시간이 많이 경과한 후에는 물성치에 따라 제1기기실의 압력 및 온도가 약간의 차이를 나타내었다. 이것은 배관파단사고시 고온고압의 냉각수가 파단 초기에 급격히 방출되는데, 제1기기실 벽에서의 응축은 공기와 같은 비응축가스에 의하여 급속하게 일어나지 않기 때문에 나타난 현상으로 판단된다.

4.4 제1기기실 벽에서의 열전달 영향

표 4.1의 Case 25는 Case 20과 운전변수 및 벽체의 물성치가 동일하다. 파단위치도 동일하다. 다른 것은 제1기기실 벽을 통한 열전달을 고려하지 않은 것이다. 제1기기실의 배관파단시 제1기기실의 압력 및 온도를 예측하는 목적은 제1기기실 벽체의 구조건전성을 평가하기 위한 것이다. 따라서 정확한 압력 및 온도보다는 보수적인 압력 및 온도를 예측하여 구조건전성평가를 수행하는 것이 중요하다. 따라서 제1기기실 벽에서 열전달이 일어나지 않는 것으로 가정하여 제1기기실 압력 및 온도를 예측하고, 열전달이 일어나는 경우와 비교하였다.

그림 4.10은 시간에 따른 압력 변화이고, 그림 4.11은 시간에 따른 온도 변화이다. Case 20은 제1기기실 내벽에서의 열전달을 고려한 것이고, Case 25는 열전달을 고려하지 않은 경우이다. 열전달을 고려하지 않은 경우(Case 25) 제1기기실의 압력 및 온도는 지속적으로 증가한다. 배관파단사고 직후부터 약 40초까지 제1기기실의 압력 및 온도는 급격히 증가한다. 그 후에는 서서히 증가한다. 제1기기실 내벽에서의 열전달을 고려한 경우 제1기기실의 압력 및 온도는 배관파단 후 약 40초까지는 급격히 증가하다가 그 이후에 서서히 감소한다. Case 20의 최대 압력 및 온도는 208kPa, 369.2K(96.0℃)이다. Case 20의 최대 압력 및 온도가 예측된 동일 시점에서 Case 25의 압력 및 온도는 219kPa, 372.4K(99.2℃)이다. 본 해석은 배관파단 후 1000초까지 계산한 결과인데, 1000초에서 Case 25의 압력 및 온도는 243kPa, 378.1K(104.9℃)이다. 여기서 압력은 절대압력이다.

4.5 결과 종합

표 4.3은 제1기기실의 압력 및 온도에 관한 민감도 조사 결과를 요약한 것이다. 여기서 압력은 절대압력이다. Case 10 및 Case 11의 비교에서 고온관파단보다 저온관파단이 제1기기실 압력 및 온도를 더 크게 예측함을 알 수 있다. Case 10 및 20은 운전변수의 영향을 보여주고 있다. Case 10은 정상운전상태이며 Case 20은 사고해석 조건이다. 사고해석 조건의 운전변수에서 배관파단사고가 발생하는 것이 제1기기실 압력 및 온도 예측 관점에서 보수적임을 알 수 있다. Case 20부터 Case 24까지는 제1기기실 벽의 물성에 대한 영향을 보기 위한 것인데, 조사한 범위에서 최대 압력 및 온도는 동일한 결과를 나타내었다. Case 25는 사고해석 운전변수를 적용하고 제1기기실 벽의 기준 물성치를 사용한 경우이다. 배관파단은 저온관에서 발생한 경우이고, 다른 계산 Case와 달리 제1기기실 벽을 통한 냉각이 일어나지 않는 조건을 적용한 결과이다. 이 조건이 본 해석에서 평가한 모든 결과 중 가장 큰 압력 및 온도를 보여주었다.

제1기기실의 천장은 차폐콘크리트 블락이 놓여진 상태이다. 수직 벽과 고정되어 있지 않다. 계산에 의하면 이 차폐콘크리트는 제1기기실의 압력이 127kPa이상이면 들릴 것으로 예측된다. 따라서 현재의 제1기기실 설계대로라면 표 4.2의 어느 계산 조건에서도 이 차폐콘크리트는 제1기기실의 압력에 의하여 들릴 것으로 예측된다. 그러므로 제1기기실에서의 배관파단사고가 발생하는 경우를 대비하여 제1기기실 천장을 구성하는 차폐콘크리트를 수직 벽에 고정하는 설계변경을 추진하여야 한다. 또한 이렇게 설계 변경된 조건에서 제1기기실의 벽에 대한 구조건전성평가를 수행하여야 한다.

표 4.1 가압경수로 핵연료 시험모드의 정상상태 운전변수

| 변수명 | 정격운전 |
|-----------------|-------|
| 노내시험부 출력, kW | 81.10 |
| 핵분열 출력, kW | 63.0 |
| 평균 선출력, kW/m | 30.0 |
| 첨두 선출력, kW/m | 41.6 |
| 노내시험부 유량, kg/s | 1.6 |
| 노내시험부 입구온도, °C | 300.3 |
| 노내시험부 압력, MPa,a | 15.6 |

표 4.2 민감도 분석 조건

| | IPS 출력 (%) | IPS 유량 (%) | IPS 압력 (%) | IPS 입구 온도 (%) | 배관 과단 위치 | 제1기기실 벽의 열전도도 (W/mK) | 제1기기실 벽의 비열 (J/kgK) | 제1기기실 벽의 열전달 |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Case 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 저온관 | 1.5 | 1000 | 고려함 |
| Case 11 | 100 | 100 | 100 | 100 | 고온관 | 1.5 | 1000 | 고려함 |
| Case 20 | 105 | 100 | 102 | 102 | 저온관 | 1.5 | 1000 | 고려함 |
| Case 21 | 105 | 100 | 102 | 102 | 저온관 | 1.0 | 1000 | 고려함 |
| Case 22 | 105 | 100 | 102 | 102 | 저온관 | 2.0 | 1000 | 고려함 |
| Case 23 | 105 | 100 | 102 | 102 | 저온관 | 1.5 | 600 | 고려함 |
| Case 24 | 105 | 100 | 102 | 102 | 저온관 | 1.5 | 1400 | 고려함 |
| Case 25 | 105 | 100 | 102 | 102 | 저온관 | 1.5 | 1000 | 고려안함 |

표 4.3 민감도 분석 결과

| | 시간(sec.) | 압력(kPa,a) | 온도(K)/(°C) |
|---------|----------|-----------|---------------|
| Case 10 | 40 | 206 | 368.6 / 95.4 |
| Case 11 | 40 | 199 | 366.6 / 93.4 |
| Case 20 | 40 | 208 | 369.2 / 96.0 |
| Case 21 | 40 | 208 | 369.2 / 96.0 |
| Case 22 | 40 | 208 | 369.2 / 96.0 |
| Case 23 | 40 | 208 | 369.2 / 96.0 |
| Case 24 | 40 | 208 | 369.2 / 96.0 |
| Case 25 | 40 | 219 | 372.4 / 99.2 |
| | 1000 | 243 | 378.1 / 104.9 |

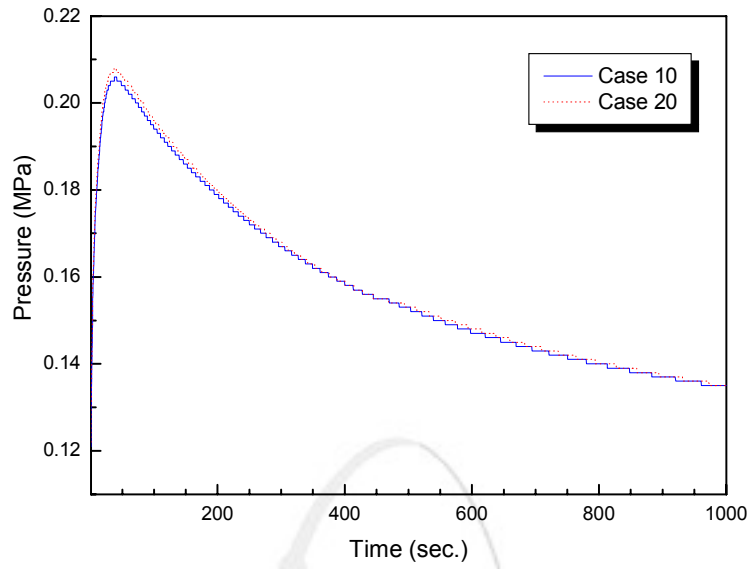


그림 4.1 제1기기실 내의 배관파단사고시 열수력 운전변수에 따른 제1기기실 압력

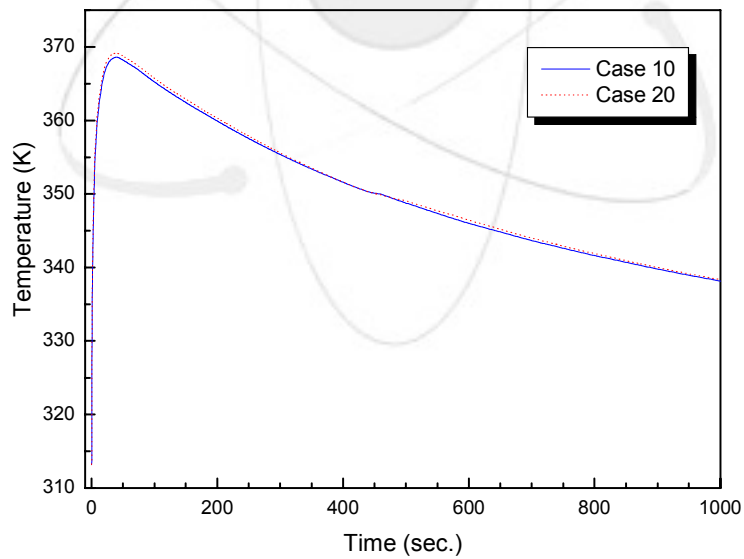


그림 4.2 제1기기실 내의 배관파단사고시 열수력 운전변수에 따른 제1기기실 온도

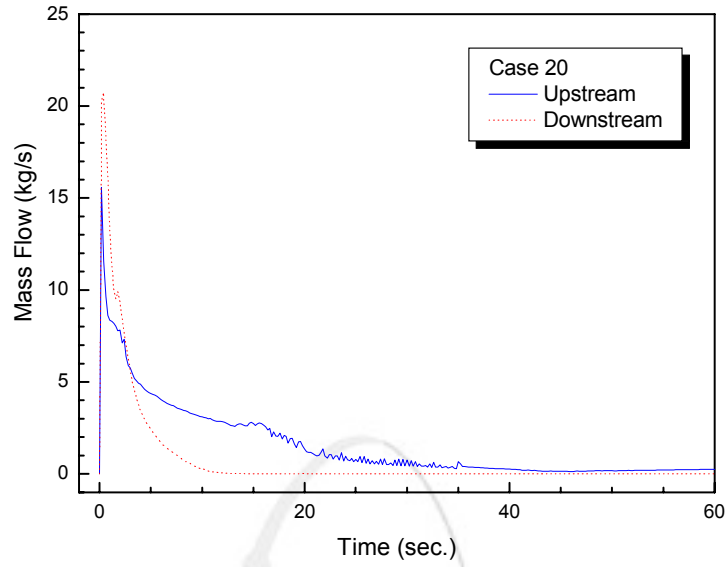


그림 4.3 제1기기실 내의 배관파단사고시 방출 유량

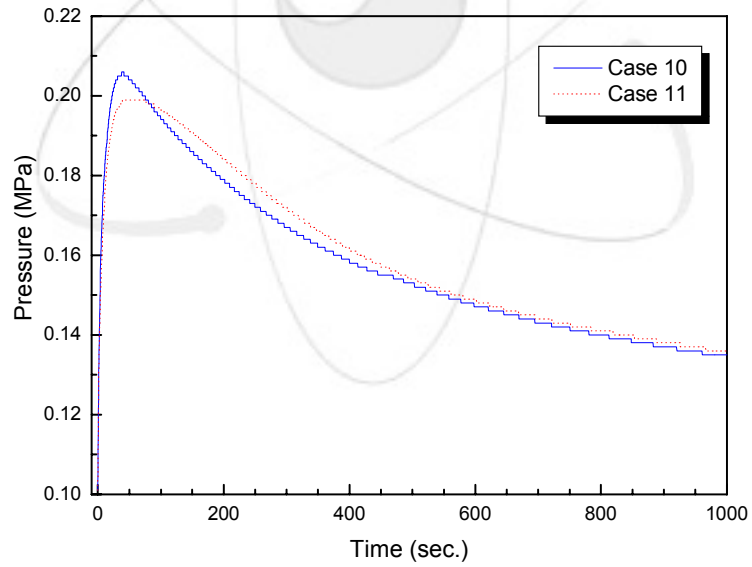


그림 4.4 제1기기실 내의 배관파단사고시 파단위치에 따른 제1기기실 압력

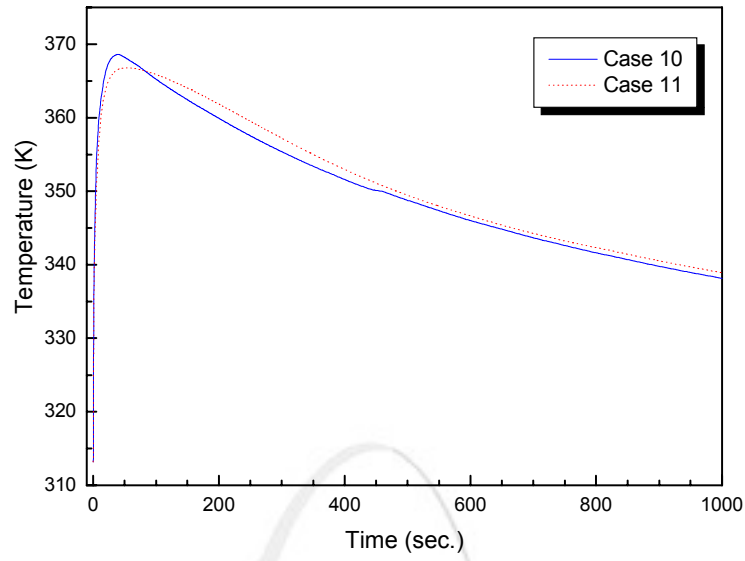


그림 4.5 제1기기실 내의 배관파단사고시 파단위치에 따른 제1기기실 온도

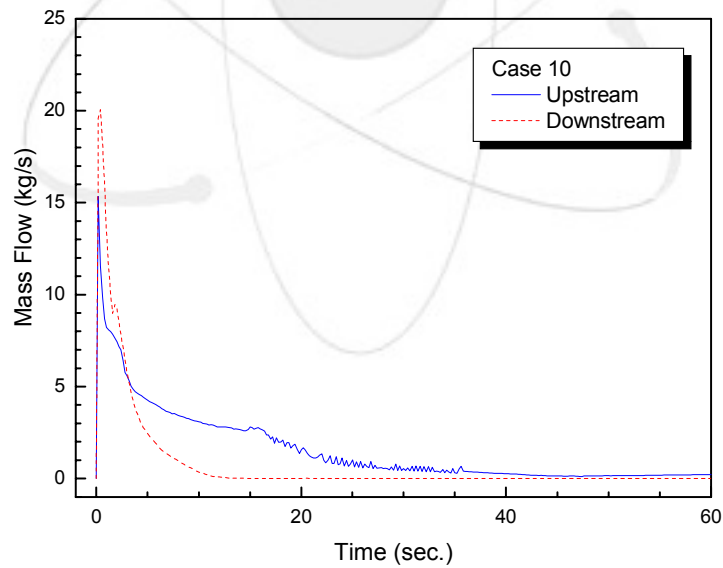


그림 4.6 제1기기실 내의 저온관 배관파단사고시 방출유량

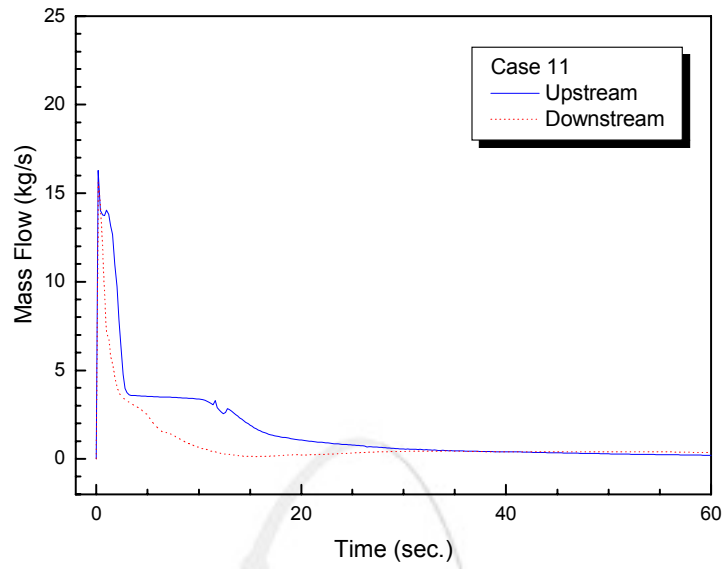


그림 4.7 제1기기실 내의 고온관 배관파단사고시 방출유량

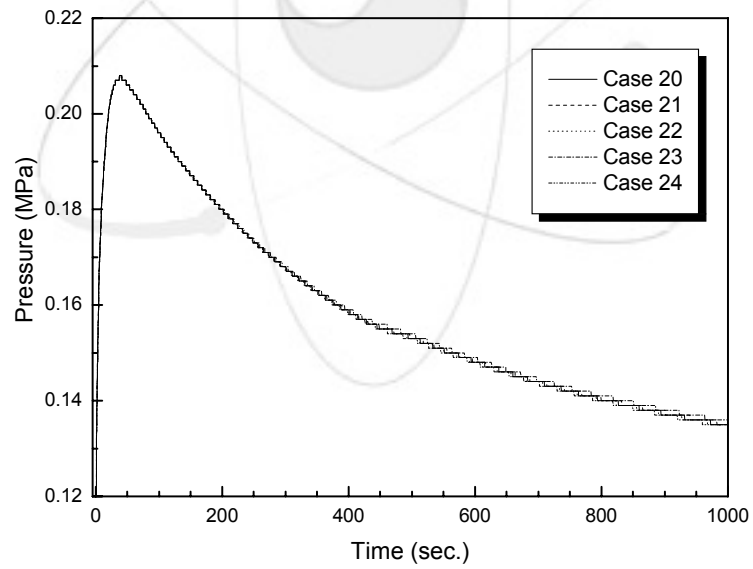


그림 4.8 제1기기실 내의 배관파단사고시 벽체의 물성에 따른 제1기기실 압력

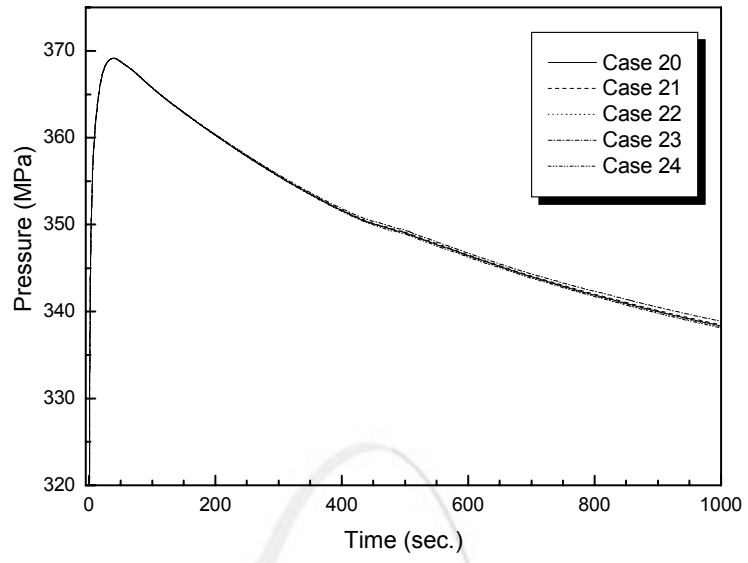


그림 4.9 제1기기실 내의 배관파단사고시 벽체의 물성에 따른 제1기기실 온도

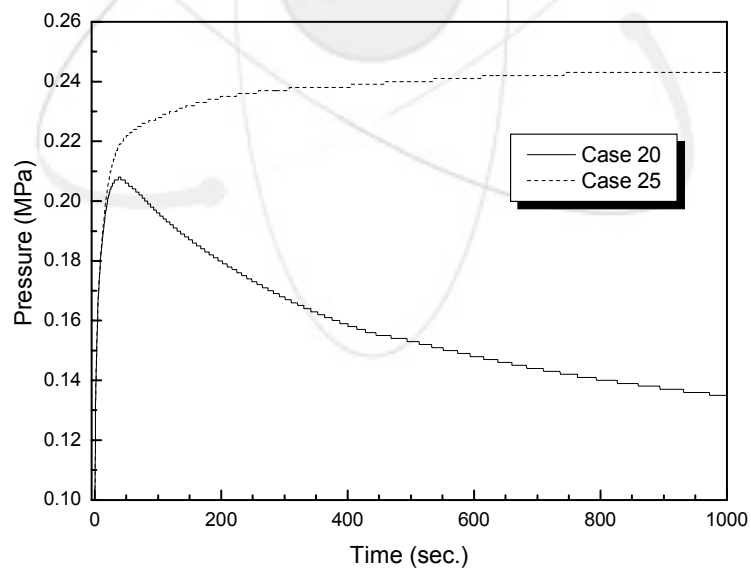


그림 4.10 제1기기실 압력에 대한 제1기기실 벽의 열전달 영향

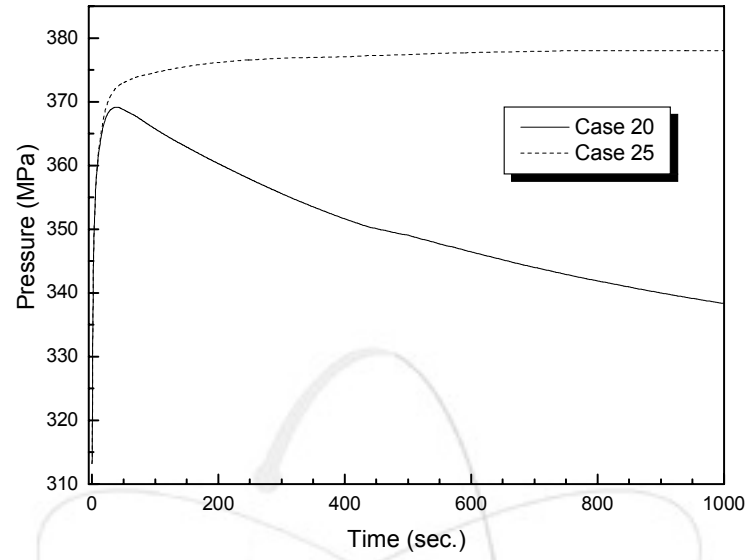


그림 4.11 제1기기실 온도에 대한 제1기기실 벽의 열전달 영향

제 5 장 결 론

핵연료시험설비의 노외공정계통이 설치된 제1기기실에서 배관이 파단되는 가상사고 발생시 제1기기실 벽의 구조건전성평가를 위한 제1기기실의 압력 및 온도를 계산하였다. 제1기기실에서의 배관파단사고는 MARS 코드를 사용하여 해석하였다.

제1기기실은 노외공정계통의 주냉수계통 및 비상냉각수계통, 관통부냉각수계통, 취출 및 정화, 보충계통의 정화냉각기와 정화재생기가 설치된다. 제1기기실 벽체의 구조건전성을 보수적으로 평가하기 위하여 취출 및 정화, 보충계통의 운전모드를 분석하였다. 그 결과 제1기기실의 배관파단이 발생하였을 때 제1기기실로 물질 및 에너지 방출이 최대가 되는 운전모드는 비재생취출모드임을 확인하였다. 이 운전모드로 운전되는 기간은 전체 정상운전 기간 중 극히 일부에 해당할 것으로 예측되지만 보수적인 평가를 위하여 제1기기실의 가상배관파단사고는 이 운전모드에서 발생하는 것을 가정하였다.

핵연료시험설비의 운전변수 및 제1기기실 벽 물성치의 불확실성을 고려하여 운전변수 및 물성치에 대한 제1기기실의 압력과 온도의 민감도를 평가하였다. 또한 배관의 파단위치에 따른 영향과 제1기기실 벽을 통한 냉각의 영향도 평가하였다. 이와 같은 민감도 평가 결과 고온관파단보다는 저온관파단이 발생하였 때 제1기기실의 압력 및 온도는 더 높았으며, 정상운전변수로 운전 중에 사고가 발생하는 것보다 사고해석 조건의 운전변수에서 배관파단이 발생하는 경우에 제1기기실의 압력 및 온도는 더 높게 나타났다. 반면에 본 해석에서 검토한 제1기기실 벽의 물성치 범위에서는 제1기기실의 최대 압력 및 온도에 물성치의 영향은 거의 없음을 확인하였다.

Case 20과 Case 25는 벽을 통한 열전달이 제1기기실의 최대 압력 및 온도에 끼치는 영향을 보여주고 있다. Case 20은 운전변수를 사고해석 조건으로 적용하고, 저온관에서 파단이 발생한 경우이며 벽의 물성치는 기준 값을 적용하였다. 그리고 제1기기실 벽을 통한 열전달을 고려하였다. 이 경우 최대 압력 및 온도는 208kPa, 369.2K(96.0℃)이다. Case 25는 벽을 통한 열전달이 발생하지 않는 조건을 제외하고는 Case 20과 모두 동일한 조건이다. 이 경우의 최대 압력 및 온도는 243kPa, 378.1K(104.9℃)에 접근한다. 따라서 제1기기실 벽체의 구조건전성을 평가할 때, 최대 압력 및 온도를 243kPa과 378.1K(104.9℃)로 사용하면 해석코드 및 모델링의 불확실성이나 운전 조건의 불확실성을 모두 감안하여도 충분히 보수적이라고 판단된다.

참고문헌

1. 박수기 외 6인, 3-Pin 핵연료노내조사시험설비 MARS 모델 개발, KAERI/TR-2810/2004, 한국원자력연구소, 2004.
2. W. J. LEE et. al., Improvement of multi-dimensional realistic thermal-hydraulic system analysis code, MARS 1.3, KAERI/TR-1141/98, Korea Atomic Energy Research Institute, 1998.
3. 정법동 외 3인, MARS 1.4 코드의 모델 개선 및 검증, KAERI/TR-1386/99, 한국원자력연구소, 1999.
4. 이영진 외 2인, RELAP5/MOD3.3 의 개발평가 결과 비교를 통한 MARS 2.1 전산코드 일차원 모듈의 검증, KAERI/TR-2411/2003, 한국원자력연구소, 2003
5. Justification of Quality Classification for Piping and Other Pressure Boundary Components of the Fuel Test Loop, FL-070-RT-N001, Sep. 7, 1994.
6. RELAP5/MOD3.3 Code Manual Volume IV: Models and Correlations, NUREG/CR-5535/Rev 1, 2001.
7. MARS 3.0 Code Manual Input Requirements, KAERI/TR-2811/2004, 한국원자력연구소, 2004.
8. HELB Load 계산을 위한 제1기기실 가용체적 계산, HAN-FL-HK-L-074, 2003.
9. 하나로 안전성분석보고서, KAERI/TR-710/96, 한국원자력연구소, 1996.
10. Heat Load Calculation - FTL Room #1, HAN-FL-E-295-DC-H001, 2004.
11. 신기열 외 3인, 상온에서 1100°C까지 온도변화에 따른 콘크리트의 열물성 측정치, 대한기계학회논문집 B권, 제22권 제5호, pp. 596-606, 1998.
12. Shionaga Ryosuke et al., Analytical Prevention of Concrete Cracks during Construction, IHI Engineering Review, Vol. 37, No. 3, October 2004.
13. 김상대, 재생골재 콘크리트의 고온가열과 냉각조건에 따른 강도변화에 관한 실험적 연구, 석사논문, 부경대학교.
14. A. F. Mills, Heat TRansfer, IRWIN, 1992.

부록 A. MARS Inputs for Nodes for Purification Interchanger and Cooler

Jun-605 : sngljun between Vol-610 and Vol-480

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L111-BS4, Rev.1}$$

Kf for the reducer of DN15xDN40, based on the area of DN15 and schedule 80S

$$\text{areaDN40} := \frac{\pi}{4} \cdot 34.02^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{areaDN40} = 9.0899 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Sudden expansion from Idelchik's handbook, pp.208

$$\text{Kf} := \left(1 - \frac{\text{area}}{\text{areaDN40}} \right)^2$$

$$\text{Kf} = 0.6964$$

Sudden contraction from Idelchik's handbook, pp.216

$$\text{Kr} := 0.5 \left(1 - \frac{\text{area}}{\text{areaDN40}} \right)^{0.75}$$

$$\text{Kr} = 0.4366$$

Vol-610 : pipe for the pipe between the tube side of purification interchanger and Vol-480

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L111-BS4, Rev.1}$$

$$\text{hd} := 0.01384 \cdot \text{m}$$

$$\text{lngh}_1 := 2.178 \cdot \text{m} \quad \text{v_angle} := 0$$

$$\text{lngh}_2 := 2.321 \cdot \text{m} \quad \text{v_angle} := 90$$

$$\text{lngh}_3 := 2.841 \cdot \text{m} \quad \text{v_angle} := 0$$

$$\text{lngh}_4 := 1.187 \cdot \text{m} \quad \text{v_angle} := -90$$

$$\text{lngh}_5 := 1.52 \cdot \text{m} \quad \text{v_angle} := 0$$

From CRANE A-29, five 90 deg. elbow

$$Kf_1 := 30 \cdot 0.027 \cdot 5 \quad Kf_1 = 4.05$$

From CRANE A-27, one gate valve

$$Kf_2 := 8 \cdot 0.027 \cdot 1 \quad Kf_2 = 0.216$$

$$Kf_3 := 30 \cdot 0.027 \cdot 2 \quad Kf_3 = 1.62$$

From CRANE A-29, two 90 deg. elbow

$$Kf_4 := 30 \cdot 0.027 \cdot 3 \quad Kf_4 = 2.43$$

From CRANE A-29, three 90 deg. elbow

$$Kr_1 := Kf_1$$

$$Kr_2 := Kf_2$$

$$Kr_3 := Kf_3$$

$$Kr_4 := Kf_4$$

Jun-615 : sngljun between Vol-620 and Vol-610

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L111-BS4, Rev.1}$$

From CRANE A-29, pipe exit

$$Kf := 1.0$$

From CRANE A-29

$$Kr := Kf$$

Vol-620 : snglvol for the tube side of the purification interchanger

$$\text{volume} := 0.013 \cdot \text{m}^3$$

From HAN-FL-E-200-DT-H003 Rev.1, pp. Att.3-2

$$\text{area} := \pi \cdot 60^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{mm}^2$$

From HAN-FL-E-210-DC-H003 Rev.1, pp. 23

$$\text{area} = 5.6549 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{lngh} := \frac{\text{volume}}{\text{area}}$$

$$\text{lngh} = 2.2989 \text{ m}$$

$$hd := \left(\frac{4 \cdot \text{area}}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$hd = 0.0849 \text{ m}$$

Jun-625 : sngljun between Vol-630 and Vol-620

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L001-BS4, Rev.1}$$

From CRANE A-29, pipe exit

$$K_f := 1.0$$

From CRANE A-29

$$K_r := K_f$$

Vol-630 : pipe for the pipe between the purification cooler and purification interchanger

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L001-BS4, Rev.1}$$

$$hd := 0.01384 \cdot \text{m}$$

$$\text{length} := 1.97 \cdot \text{m}$$

From CRANE A-29, four 90 deg. elbow

$$K_f := 30 \cdot 0.027 \cdot 4 \quad K_f = 3.24$$

$$K_r := K_f$$

Jun-635 : sngljun between Vol-640 and Vol-630

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L001-BS4, Rev.1}$$

From CRANE A-29, pipe exit

$$K_f := 1.0$$

From CRANE A-29

$$K_r := K_f$$

Vol-640 : snglvol for the tube side of the purification cooler

$$\text{volume} := 0.070 \cdot \text{m}^3$$

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 350^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 0.0481 \text{m}^2$$

from HAN-FL-E-200-DT-H003 Rev.1, pp. Att.3-3

$$\text{lngh} := \frac{\text{volume}}{\text{area}}$$

$$\text{lngh} = 1.4551 \text{m}$$

$$\text{hd} := \left(\frac{4 \cdot \text{area}}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$\text{hd} = 0.2475 \text{m}$$

Jun-665 : sngljun between Vol-670 and Vol-110

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

from HAN-FL-240-15-L121-BS4, Rev.1

Kf for the reducer of DN15xDN40, based on the area of DN15 and schedule 80S

$$\text{areaDN40} := \frac{\pi}{4} \cdot 34.02^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{areaDN40} = 9.0899 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$\text{Kf} := \left(1 - \frac{\text{area}}{\text{areaDN40}} \right)^2$$

Sudden expansion from Idelchik's handbook, pp.208

$$\text{Kf} = 0.6964$$

$$\text{Kr} := 0.5 \left(1 - \frac{\text{area}}{\text{areaDN40}} \right)^{0.75}$$

Sudden contraction from Idelchik's handbook, pp.216

$$\text{Kr} = 0.4366$$

Vol-670 : pipe for the pipe between the shell side of purification interchanger and Vol-110

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

from HAN-FL-240-15-L121-BS4, Rev.1

$$\text{hd} := 0.01384 \cdot \text{m}$$

$$\text{lngh}_1 := 1.96 \cdot \text{m} \quad \text{v_angle} := 90$$

$$\begin{aligned} \text{Ingth}_2 &:= 1.888 \cdot \text{m} & \text{v_angle} &:= 0 \\ \text{Ingth}_3 &:= 2.926 \cdot \text{m} & \text{v_angle} &:= 0 \\ \text{Ingth}_4 &:= 0.137 \cdot \text{m} & \text{v_angle} &:= -90 \end{aligned}$$

From CRANE A-29, five 90 deg. elbow

$$\begin{aligned} \text{Kf}_1 &:= 30 \cdot 0.027 \cdot 5 & \text{Kf}_1 &= 4.05 \\ \text{Kf}_2 &:= 8 \cdot 0.027 \cdot 1 & \text{Kf}_2 &= 0.216 \end{aligned}$$

From CRANE A-27, one gate valve

$$\text{Kf}_3 := 30 \cdot 0.027 \cdot 2 \quad \text{Kf}_3 = 1.62$$

From CRANE A-29, two 90 deg. elbow

$$\begin{aligned} \text{Kr}_1 &:= \text{Kf}_1 \\ \text{Kr}_2 &:= \text{Kf}_2 \\ \text{Kr}_3 &:= \text{Kf}_3 \end{aligned}$$

Jun-675 : sngljun between Vol-680 and Vol-670

$$\text{area} := \frac{\pi}{4} \cdot 13.84^2 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{area} = 1.5044 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-240-15-L121-BS4, Rev.1}$$

From CRANE A-29, pipe exit

$$\text{Kf} := 1.0$$

From CRANE A-29

$$\text{Kr} := \text{Kf}$$

Vol-680 : snglvol for the shell side of the purification interchanger

$$\text{volume} := 0.013 \cdot \text{m}^3$$

$$\text{area} := \left(\frac{\pi}{4} \cdot 120^2 - 8 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 21.336^2 \right) \cdot \text{mm}^2$$

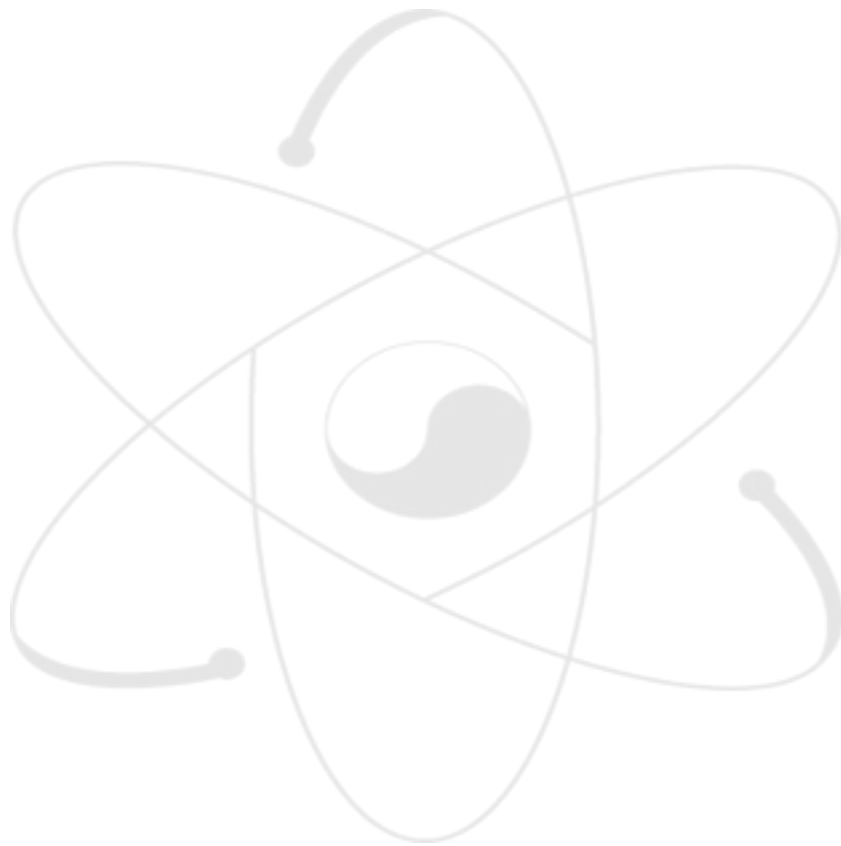
$$\text{area} = 8.4495 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{from HAN-FL-E-210-DC-H003 Rev.1, pp. 18}$$

$$\text{Ingth} := \frac{\text{volume}}{\text{area}}$$

$$\text{Ingth} = 1.5386 \text{ m}$$

$$hd := \left(\frac{4 \cdot \text{area}}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$hd = 0.1037 \text{ m}$$



부록 B. Heat Transfer Coefficient for the Outer surface of the Room 1

1. Assumption

- The ambient temperature of the outside of the room 1 is about 30C referred to the HANARO SAR 10.4.
- The heat transfer of the outside of the room 1 is natural convection.
- The height of the wall is assumed about 8m.

2. Calculation of the outside heat transfer coefficient for the wall

At the reference temperature of 30C, thermal properties are as follows:

$$\rho := 1.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\nu := 1.589 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k := 0.0263 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$C_p := 1.007 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$\text{Pr} := 0.707$$

$$\beta := 3.298 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$$

$$g = 9.80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta T := 2.5 \text{K} \quad \text{assumed and should be proved}$$

$$L := 8 \text{m}$$

$$\text{Ra} := \beta \cdot \Delta T \cdot g \cdot \frac{L^3}{\nu} \cdot \text{Pr}$$

$$\text{Ra} = 1.15919 \times 10^{11}$$

Eq. 9.26 of "Introduction to heat transfer" by F. P. Incropera & D. P. Dewitt

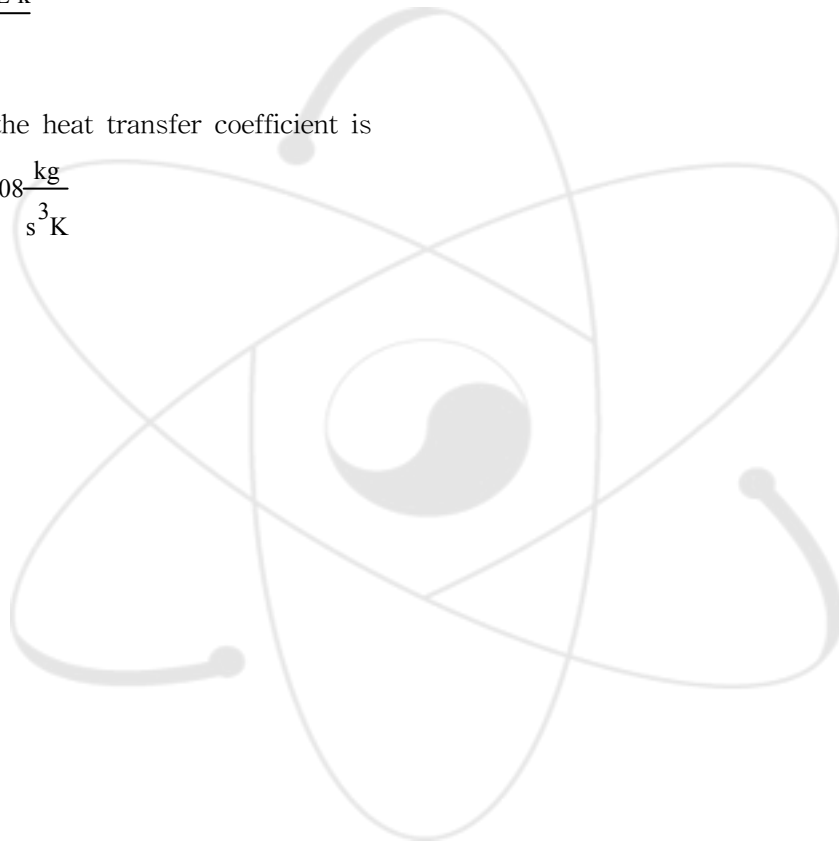
$$\text{Nu}_L := \left[0.825 + \frac{0.387 \text{Ra}^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{\text{Pr}} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2$$

$$\text{Nu}_L = 550.89826$$

$$H_L := \frac{\text{Nu}_L \cdot k}{L}$$

Therefore the heat transfer coefficient is

$$H_L = 1.81108 \frac{\text{kg}}{\text{s}^3 \text{K}}$$





부록 C. MARS 입력 파일

Steady State Input for Case 10 and Case 11

```

= 3-Pin Fuel Test Loop MARS Model (Version 3.0a) for PWR
* Normal Operation
* IPS flow (V150) = 1.6 kg/sec (normal flow)
* IPS inlet temperature (V150) = 300.3C (573.5K) (normal temp.)
* IPS pressure (V413-11) = 15.6 MPa (normal press.)
* Accum. pressure = 16.625 MPa (normal press.)
* Accum. water level = 2.679 m (Normal Level)
* Accum. temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* WDT pressure = 0.101325MPa (Normal Press.)
* WDT level = 0.315 m (Normal Level)
* WDT temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* Fuel power = 63.0 kW (100% of normal fuel power)
* Gamma heating of leg and flow divider = 8.517 kW (100% of normal gamma heating)
* Gamma heating of IPS vessel = 36.283 kW (105% of normal gamma heating)
-----
* Axial peaking factor = 1.387
*****
-----*
*      problem type      problem option
0000100      new          transnt
-----*
*      run option
0000101      run
-----*
*      input units      output units
0000102      si          si
-----*
*      limit 1      limit 2      cpu limit
0000105      5.0      10.0      100000.0
-----*
*      noncondensable gas
0000110      nitrogen
-----*
*      ref. Volume      elevation      fluid      name
0000120      110010000      77.737      h2o      ftl
-----*
*
*      end time      min dt      max dt      ssdoo      min edt      maj edt      restart

```

```

0000201      500.      1.0e-06      0.20      10003      5      100      100
-----*
*      minor edit variables
-----*
*      code      parameter
*      pressure
0000301      p      110010000
0000302      p      150010000
0000303      p      180040000
0000304      p      310030000
0000305      p      413110000      1.5e+07      1.6e+07      1      1
0000306      p      445010000
0000307      p      465040000
0000308      p      480010000
0000309      p      550100000
*      temperature
0000311      tempf      110010000
0000312      tempf      150010000      570.0      580.0      2      1
0000313      tempf      180040000
0000314      tempf      310030000
0000315      tempf      413110000
0000316      tempf      445010000      580.0      590.0      3      1
0000317      tempf      465040000
0000318      tempf      480010000
0000319      tempf      550100000
*      massflow
0000320      mflowj      110010000
0000321      mflowj      150010000      1.5      1.7      4      1
0000322      mflowj      310030000
0000323      mflowj      127000000
0000324      mflowj      445010000
0000325      mflowj      465030000
0000326      mflowj      515010000
0000327      mflowj      801000000
0000328      mflowj      802000000
0000329      mflowj      894010000
*      fuel clad temperature
0000331      httemp      310100111

```

```

0000332 httemp 310100211
0000333 httemp 310100311
0000334 httemp 310100411
0000335 httemp 310100511
0000336 httemp 310100611
0000337 httemp 310100711
* fuel centerline temperature
0000338 httemp 310100101
0000339 httemp 310100201
0000340 httemp 310100301
0000341 httemp 310100401
0000342 httemp 310100501
0000343 httemp 310100601
0000344 httemp 310100701
* accumulator level
0000345 acvliq 810
0000346 acvliq 850
0000347 p 810010000
0000348 p 850010000
* disposal tank
0000350 tempf 920010000
0000351 p 920060000
* control variable
0000351 cntrlvar 10
0000352 cntrlvar 15
0000353 cntrlvar 16
0000354 cntrlvar 401
0000355 cntrlvar 410
0000361 cntrlvar 31
0000362 cntrlvar 32
0000363 cntrlvar 33
0000364 cntrlvar 34
0000365 cntrlvar 35
=====
* trip controls *
=====
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000401 time 0 gt null 0 500.0 n * null
0000402 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * false
0000403 time 0 gt timeof 401 1.0e+06 n * oldvt

```

```

0000404 time 0 gt timeof 604 0.615 1 * scram
0000405 time 0 gt timeof 614 0.41 1 * iso/acc/vt
0000407 time 0 gt timeof 401 0.0 1 * loopf
*-----*
* valve speed limit switches up/down
0000410 cntrlvar 116 gt cntrlvar 115 0.0 n * fcv02
0000411 cntrlvar 115 gt cntrlvar 117 0.0 n * fcv02
0000414 cntrlvar 316 gt cntrlvar 315 0.0 n * fcv01
0000415 cntrlvar 315 gt cntrlvar 317 0.0 n * fcv01
*-----*
* SRV setpoints pressure = 16.8921 MPa at hot leg
* open = +10% accumulation
* close = -10% blowdown
0000420 p 445010000 gt null 0 1.689210e+07 n * 01 o
0000421 p 445010000 lt null 0 1.520289e+07 n * 01 c
*-----*
* WDT rupture disk
0000424 p 920060000 gt null 0 1.0798e+06 n * tnk
*-----*
* accumulator low level trip (172 mm)
0000426 acvliq 810 lt null 0 0.1365 n * tnk
0000427 acvliq 850 lt null 0 0.1365 n * tnk
*-----*
* srsv position status
0000428 cntrlvar 814 gt null 0 0.0 n * 01 open
*-----*
* mcw pump trip input
0000430 time 0 gt timeof 405 5.0 n * isol
0000431 time 0 gt timeof 407 0.0 n * loop
0000432 time 0 gt null 0 0.0 1 0.0
*-----*
* scram input trips
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000501 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
0000502 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
0000503 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
0000504 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
0000505 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
*-----*
* ecws/isolation trips

```



```

0000511 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
0000512 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
0000513 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * null
*====*
* logical trips
*-----*
* scram trips
0000601 501 or 502 n * hi temp/lo flow
0000602 503 or 601 n * hi flow
0000603 504 or 602 n * lo hot leg pressure
0000604 505 or 603 n * hi hot leg pressure
*-----*
* mcw pump trip
0000607 430 and 431 n * isolation or loop
* acc. and wdt isolation
0000608 426 or 427 n * accum. and wdt isolation
*-----*
* ecws/isolation trips/new vent(wdt)
0000611 511 or 512 n * hihi temp/lolo flow
0000612 513 or 402 n * lolo pressure (cold/hot leg)
0000613 611 or 612 n *
0000614 503 or 613 n * hi flow - total logic
*-----*
* srv 01a hysteresis logic
0000621 -421 and 622 n
0000622 420 or 621 n
0000623 420 and -428 n
*====*
* main coolant pump *
*====*
* component name component type
1000000 "mcp1" pump
*-----*
* AREA LENGTH VOLUME
1000101 0.000909 0.5 0.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
1000102 0.0 0.0 0.0
* EQUILIBRIUM FLAG
1000103 00
* FROM AREA F LOSS R LOSS fVCAHS

```

```

1000108 480010000 0.000909 1.63 1.41 001000
* TO AREA F LOSS R LOSS fVCAHS
1000109 110000000 0.000909 0.0 0.0 001000
* EBT PRESSURE temperature
1000200 003 15.6e+06 573.5
* VEL/FLO F VELOCITY G VELOCITY J VELOCITY
1000201 1 1.8 0.0 0.0
1000202 1 1.8 0.0 0.0
* table 2phase table torque tdp trip rev
1000301 0 -1 -3 -1 0 402 0
* vel init vel flow head
1000302 366.519 1.0 0.002479 150.0
* rated torque inertia density motor torque
1000303 43.34 1.13 726.0 0.0
* tf2 tf0 tf1 tf3
1000304 0.0 1.300 0.0 0.0
* mcw homologous head curves
* curve type regime
1001100 1 1 * normal
* v/a h/a2
1001101 0.0 1.0528
1001102 0.2597 1.0467
1001103 0.5195 1.0366
1001104 0.7792 1.0163
1001105 1.0 1.0
* curve type regime
1001200 1 2 * normal
* a/v h/v2
1001201 0.0 -0.50
1001202 0.50 0.0
1001203 0.6417 0.3950
1001204 0.7700 0.5881
1001205 1.0 1.0
* curve type regime
1001300 1 3 * dissipation
* v/a h/a2
1001301 -1.0 2.0
1001302 -0.25 1.03
1001303 0.0 1.0528
* curve type regime

```

| | | | |
|--------------------------------|------------|--------|---------------|
| 1001400 | 1 | 4 | * dissipation |
| * | a/v | h/v2 | |
| 1001401 | -1.0 | 2.0 | |
| 1001402 | -0.25 | 0.85 | |
| 1001403 | 0.0 | 0.70 | |
| * | curve type | regime | |
| 1001500 | 1 | 5 | * turbine |
| * | v/a | h/a2 | |
| 1001501 | 0.0 | 0.60 | |
| 1001502 | 1.0 | 1.0 | |
| * | curve type | regime | |
| 1001600 | 1 | 6 | * turbine |
| * | a/v | h/v2 | |
| 1001601 | 0.0 | 0.70 | |
| 1001602 | 0.35 | 0.60 | |
| 1001603 | 1.0 | 1.0 | |
| * | curve type | regime | |
| 1001700 | 1 | 7 | * reverse |
| * | v/a | h/a2 | |
| 1001701 | -1.0 | -0.80 | |
| 1001702 | -0.45 | 0.0 | |
| 1001703 | -0.25 | 0.40 | |
| 1001704 | 0.0 | 0.60 | |
| * | curve type | regime | |
| 1001800 | 1 | 8 | * reverse |
| * | a/v | h/v2 | |
| 1001801 | -1.0 | -0.80 | |
| 1001802 | 0.0 | -0.50 | |
| * mcw homologous torque curves | | | |
| * | curve type | regime | |
| 1001900 | 2 | 1 | * normal |
| * | v/a | b/a2 | |
| 1001901 | 0.0 | 0.7512 | |
| 1001902 | 0.2597 | 0.8216 | |
| 1001903 | 0.5195 | 0.8779 | |
| 1001904 | 0.7792 | 0.9390 | |
| 1001905 | 1.0 | 1.0 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002000 | 2 | 2 | * normal |
| * | a/v | b/v2 | |

| | | | |
|---------|------------|----------|---------------|
| 1002001 | 0.0 | -0.35 | |
| 1002002 | 0.30 | 0.0 | |
| 1002003 | 0.6417 | 0.4736 | |
| 1002004 | 0.7700 | 0.6402 | |
| 1002005 | 1.0 | 1.0 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002100 | 2 | 3 | * dissipation |
| * | v/a | b/a2 | |
| 1002101 | -1.0 | 1.05 | |
| 1002102 | -0.30 | 0.40 | |
| 1002103 | 0.0 | 0.7512 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002200 | 2 | 4 | * dissipation |
| * | a/v | b/v2 | |
| 1002201 | -1.0 | 1.05 | |
| 1002202 | 0.0 | 0.85 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002300 | 2 | 5 | * turbine |
| * | v/a | b/a2 | |
| 1002301 | 0.0 | -0.625 | |
| 1002302 | 0.55 | 0.0 | |
| 1002303 | 1.0 | 0.5 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002400 | 2 | 6 | * turbine |
| * | a/v | b/v2 | |
| 1002401 | 0.0 | 0.85 | |
| 1002402 | 1.0 | 0.50 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002500 | 2 | 7 | * reverse |
| * | v/a | b/a2 | |
| 1002501 | -1.0 | -2.0 | |
| 1002502 | 0.0 | -0.625 | |
| * | curve type | regime | |
| 1002600 | 2 | 8 | * reverse |
| * | a/v | b/v2 | |
| 1002601 | -1.0 | -2.0 | |
| 1002602 | 0.0 | -0.35 | |
| * | trip | variable | |
| 1006100 | 607 | time | |
| * | | | |

```

1006101 -1.0 366.519
1006102 0.0 366.519
1006103 5.0 0.0
1006104 1.0e+06 0.0
=====
* main coolant pump discharge *
=====
* component name component type
1100000 "vol-110" pipe
-----
* no. volumes
1100001 7
* vol. area vol.
1100101 0.000909
* length vol.
1100301 0.574 1
1100302 1.037 2
1100303 1.246 3
1100304 0.250 4
1100305 1.350 5
1100306 1.720 6
1100307 1.643 7
* volume vol.
1100401 0.0 7
* vert. angle vol.
1100601 0.0 1
1100602 90.0 2
1100603 0.0 3
1100604 90.0 4
1100605 0.0 7
* roughness h.d. vol.
1100801 0.000046 0.03402 7
* f loss r loss jun.
1100901 2.40 1.0e+06 1
1100902 0.79 0.79 2
1100903 0.62 0.62 4
1100904 1.46 1.46 5
1100905 6.32 6.32 6
* fe vol.
1101001 00 7

```

```

* fvcchs jun.
1101101 001000 6
* ebt pressure temperature vol.
1101201 003 15.6e+06 573.5 0.0 0 0 7
* vel/flo
1101300 1
* f flowrate g flowrate j flowrate jun.
1101301 1.8 0.0 0.0 6
=====
* cold leg tee to mcp recirculation line *
=====
* component name component type
1200000 "vol-120" branch
-----
* NO. JUN VEL/FLO
1200001 2 1
* AREA LENGTH VOLUME
1200101 0.000909 0.575 0.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
1200102 0.0 -90.0 -0.575
* ROUGHNESS HYD DIAM FE
1200103 0.000046 0.03402 00
* EBT PRESSURE TEMPERATURE
1200200 003 15.6e+06 573.5
* FROM TO AREA F LOSS R LOSS FVCAHS
1201101 110010000 120000000 0.000909 1.24 1.24 001000
1202101 120010000 125000000 0.000464 1.38 1.38 001002
* F VELOCITY G VELOCITY J VELOCITY
1201201 1.8 0.0 0.0
1202201 0.2 0.0 0.0
=====
* component name component type
1210000 "jun-121" sngljun
-----
* from to area f loss r loss fvcchs
1210101 120010000 128000000 0.000909 0.42 0.42 001000
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
1210201 1 1.60 0.0 0.0
=====
* main coolant pump recirculation line *

```

```

=====
*          component name      component type
1250000    "vol-125"          pipe
-----
*          no. volumes
1250001    4
*          vol. area          vol.
1250101    0.000464          4
*          length            vol.
1250301    0.524              1
1250302    0.7605             3
1250303    0.414                4
*          volume            vol.
1250401    0.0                4
*          vert. Angle        vol.
1250601    0.0                  1
1250602    -90.0                3
1250603    0.0                  4
*          roughness          h.d.    vol.
1250801    0.000046            0.0243  4
*          f loss            r loss    jun.
1250901    1.38                 1.38    1
1250902    0.0                  0.0     2
1250903    0.69                 0.69    3
*          fe                vol.
1251001    00                   4
*          fvcahs            jun.
1251101    001000              3
*          ebt    pressure    temperature    vol.
1251201    003    15.6e+06    573.5    0.0  0  0    4
*          vel/flow
1251300    1
*          f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
1251301    0.2    0.0    0.0    3
-----
*          recirculation bypass valve          *
-----
*          component name      component type
1270000    "fcv-001"          valve
-----

```

```

*          from    to    area    f loss    r loss    fvcahs
1270101  125010000  464000000  0.000464  0.0    0.0    001100
*          vel/flw    f velocity    g velocity    j velocity
1270201  1    0.16    0.0    0.0
*          valve type
1270300  srvvlv
*          control    table
1270301  330    11
=====
*          component name      component type
1280000    "vol-128"          branch
-----
*          NO. JUN    VEL/FLO
1280001    1    1
*          AREA    LENGTH    VOLUME
1280101    0.000909    1.186    0.0
*          HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
1280102    0.0    -90.0    -0.989
*          ROUGHNESS    HYD DIAM    FE
1280103    0.000046    0.03402    00
*          EBT    PRESSURE    TEMPERATURE
1280200    003    15.6e+06    573.5
*          FROM    TO    AREA    F LOSS    R LOSS    fvcahs
1281101    128010000  129000000  0.000909  2.63  2.19  001000
*          F VELOCITY    G VELOCITY    J VELOCITY
1281201    1.6    0.0    0.0
=====
*          cold leg to control valve          *
=====
*          main heater          *
=====
*          component name      component type
1290000    "mheater"          pipe
-----
*          no. volumes
1290001    2
*          vol. area          vol.
1290101    0.056894          2
*          length            vol.
1290301    0.514079          2

```

```

*      volume          vol.
1290401  0.0                2
*      vert. Angle     vol.
1290601  0.0                2
*      roughness       h.d.  vol.
1290801  0.000046           0.26915  2
*      f loss          r loss  jun.
1290901  110918.1           110918.1  1
*      fe              vol.
1291001  00                 2
*      fvcahs          jun.
1291101  001000             1
*      ebt  pressure   temperature  vol.
1291201  003  15.6e+06      573.5  0.0  0  0  2
*      vel/flow
1291300  1
*      f flowrate     g flowrate  j flowrate  jun.
1291301  1.6  0.0  0.0  1
=====
*      component name  component type
1300000  "vol-130"          branch
=====
*      NO. JUN      VEL/FLO
1300001  1  1
*      AREA        LENGTH      VOLUME
1300101  0.000909  1.402  0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
1300102  0.0  -90.0  -0.532
*      ROUGHNESS   HYD DIAM  FE
1300103  0.000046  0.03402  00
*      EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
1300200  003  15.6e+06  573.5
*      FROM  TO  AREA  F LOSS  R LOSS  FVCAHS
1301101  129010000  130000000  0.000909  3.45  3.89  001000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
1301201  1.6  0.0  0.0
=====
*      flow control valve fcv-002
=====
*      component name  component type

```

```

1310000  "fcv-002"          valve
*-----*
*      from  to  area  f loss  r loss  fvcahs
1310101  130010000  132000000  0.000909  0.0  0.0  001100
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
1310201  1  1.6  0.0  0.0
*      valve type
1310300  srvvlv
*      control  table
1310301  130  12
*-----*
*      cold leg between fcv-002 and aov-003/4
*-----*
*      component name  component type
1320000  "vol-132"          branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
1320001  0  1
*      AREA        LENGTH      VOLUME
1320101  0.000909  2.071  0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
1320102  0.0  0.0  0.0
*      ROUGHNESS   HYD DIAM  FE
1320103  0.000046  0.03402  00
*      EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
1320200  003  15.6e+06  573.5
*-----*
*      isolation valve aov-003/4
*-----*
*      component name  component type
1350000  "aov-3-4"          valve
*-----*
*      from  to  area  f loss  r loss  fvcahs
1350101  132010000  140000000  0.000909  15.54  15.54  001100
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
1350201  1  1.6  0.0  0.0
*      valve type
1350300  mtrvlv
*      open  close  rate  ip  table
1350301  402  405  0.4  1.0  13

```

```

=====
* cold leg to first eccs tee *
=====
*
component name      component type
1400000            "vol-140"      branch
-----
*
NO. JUN      VEL/FLO
1400001      1          1
*
AREA          LENGTH      VOLUME
1400101      0.000909    0.329      0.0
*
HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
1400102      0.0          0.0          0.0
*
ROUGHNESS     HYD DIAM      FE
1400103      0.000046     0.03402     00
*
EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
1400200      003          15.6e+06    573.5
*
FROM          TO          AREA      F LOSS  R LOSS  fVCAHS
1401101      140010000    145000000  0.000909  0.42   0.42   001000
*
F VELOCITY    G VELOCITY    J VELOCITY
1401201      1.6          0.0          0.0
=====
* cold leg accumulator *
=====
*
component name      component type
1450000            "accumtee"     branch
-----
*
NO. JUN      VEL/FLO
1450001      1          1
*
AREA          LENGTH      VOLUME
1450101      0.000909    0.400      0.0
*
HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
1450102      0.0          0.0          0.0
*
ROUGHNESS     HYD DIAM      FE
1450103      0.000046     0.03402     00
*
EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
1450200      003          15.6e+06    573.5
*
FROM          TO          AREA      F LOSS  R LOSS  fVCAHS
1451101      145010000    150000000  0.000909  1.05   1.05   001000
*
F VELOCITY    G VELOCITY    J VELOCITY
1451201      1.6          0.0          0.0

```

```

=====
* cold leg piping to room 1 penetration *
=====
*
component name      component type
1500000            "vol-150"     pipe
-----
*
no. volumes
1500001            3
*
vol. area          vol.
1500101            0.000909      3
*
length            vol.
1500301            1.300          1
1500302            1.600          2
1500303            1.172          3
*
volume            vol.
1500401            0.0            3
*
vert. angle        vol.
1500601            0.0            2
1500602            90.0           3
*
roughness          h.d.           vol.
1500801            0.000046      0.03402      3
*
f loss            r loss        jun.
1500901            7.59           7.59          1
1500902            1.26           1.26          2
*
fe                vol.
1501001            00             3
*
fvcchs            jun.
1501101            001000         2
*
ebt  pressure      temperature      vol.
1501201            003           15.6e+06        573.5      0.0  0  0  3
*
vel/flo
1501300            1
*
f flowrate        g flowrate      j flowrate      jun.
1501301            1.6            0.0             0.0            2
=====
* cold leg room 1 penetration *
=====
*
component name      component type
1550000            "vol-155"     branch
-----

```

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
1550001      2      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
1550101  0.002288  0.339      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
1550102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
1550103  0.000046  0.0540  00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
1550200  003  15.6e+06  573.5
*      FROM      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvcahs
1551101  150010000  155000000  0.006654  1.63  1.41  001000
1552101  155010000  160000000  0.006654  0.00  0.00  001000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
1551201  1.6      0.0      0.0
1552201  1.6      0.0      0.0
=====
* pipe gallery cold leg piping to pool
=====
*      component name      component type
1600000      "vol-160"      pipe
-----
*      no. volumes
1600001      9
*      vol. area      vol.
1600101  0.002288      2
1600102  0.006654      7
1600103  0.002288      9
*      length      vol.
1600301  1.356      2
1600302  1.5026      7
1600303  1.3325      9
*      volume      vol.
1600401  0.0      9
*      vert. angle      vol.
1600601  0.0      9
*      roughness  h.d.  vol.
1600801  0.000046  0.0540  2
1600802  0.000046  0.0920  7
1600803  0.000046  0.0540  9

```

```

*      f loss      r loss  jun.
1600901  1.78      1.78  1
1600902  0.0      0.0  2
1600903  0.0      0.0  3
1600904  0.51      0.51  4
1600905  0.0      0.0  6
1600906  0.78      1.00  7
1600907  0.0      0.0  8
*      fe      vol.
1601001  00      9
*      fvcahs      jun.
1601101  001000  8
*      ebt      pressure  temperature  vol.
1601201  003  15.6e+06  573.5  0.0  0  0  9
*      vel/flo
1601300  1
*      f flowrate  g flowrate  j flowrate  jun.
1601301  1.6      0.0      0.0      8
=====
* cold leg to in-pool piping
=====
*      component name      component type
1650000      "jun-165"      sngljun
-----
*      from      to      area  f loss  r loss  fvcahs
1650101  160010000  170000000  0.000464  0.0  0.0  001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
1650201  1      1.6      0.0      0.0
=====
* cold leg in-pool piping
=====
*      component name      component type
1700000      "vol-170"      pipe
-----
*      no. volumes
1700001  3
*      vol. area      vol.
1700101  0.000464      3
*      length      vol.
1700301  0.710      1

```



```

*          no. volumes
2060001    10
*          vol. area          vol.
2060101    0.0004673          10
*          length            vol.
2060301    0.415              9
2060302    0.425              10
*          volume            vol.
2060401    0.0                 10
*          vert. Angle        vol.
2060601    -90.0              10
*          roughness          h.d. vol.
2060801    0.0000015          0.007 10
*          f loss            r loss jun.
2060901    0.0                 0.0   9
*          tlpvbf            vol.
2061001    0.0                 10
*          fvcahs            jun.
2061101    101000              9
*          ebt    pressure    temperature    vol.
2061201    003    15.6e+06    573.5 0.0 0 0 10
*          vel/flow
2061300    1
*          f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
2061301    1.6          0.0          0.0          9
=====
*          component name          component type
2070000    "ipsinjnc"              sngljun
=====
*          from    to          area    f loss    r loss    fvcahs
2070101    206010000    210000000    0.0004673    0.013    0.099    101000
*          Vel/flw    f velocity    g velocity    j velocity
2070201    1          1.6          0.0          0.0
=====
*          component name          component type
2100000    "ips-dwn"              annulus
=====
*          no. volumes
2100001    8
*          vol. area          vol.
2100101    0.0005278          8
*          length            vol.
2100301    0.175              1
2100302    0.1                 8
*          volume            vol.
2100401    0.0                 8
*          vert. Angle        vol.
2100601    -90.0              8
*          roughness          h.d. vol.
2100801    0.0000015          0.008 8
*          f loss            r loss    jun.
2100901    0.0                 0.0   7
*          tlpvbf            vol.
2101001    0.0                 8
*          fvcahs            jun.
2101101    101000              7
*          ebt    pressure    temperature    vol.
2101201    003    15.6e+06    576.0 0.0 0 0 8
*          vel/flow
2101300    1
*          f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
2101301    1.6          0.0          0.0          7
=====
*          lower ips plenum
=====
*          component name          component type
2200000    "lplenum"              branch
=====
*          NO. JUN          VEL/FLO
2200001    2          1
*          AREA          LENGTH          VOLUME
2200101    0.001590          0.03          0.0
*          HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
2200102    0.0          -90.0          -0.03
*          ROUGHNESS    HYD DIAM    tlpvbf
2200103    0.0000015          0.045          0.0
*          EBT    PRESSURE    TEMPERATURE
2200200    003    15.6e+06    577.0
*          FROM    TO          AREA          F LOSS    R LOSS    FVCAHS
2201101    210010000    220000000    0.0005278    0.746    0.670    101000

```

2202101 220000000 310000000 0.0002985 0.665 1.043 101000

* F VELOCITY G VELOCITY J VELOCITY

2201201 1.6 0.0 0.0

2202201 1.6 0.0 0.0

=====*

* pwr active fuel region *

=====*

* component name component type
3100000 "pwr" pipe

-----*

* no. volumes

3100001 7

* vol. area vol.

3100101 0.0004884 7

* length vol.

3100301 0.1 7

* volume vol.

3100401 0.0 7

* vert. Angle vol.

3100601 90.0 7

* roughness h.d. vol.

3100801 0.0000015 0.00983 7

* f loss r loss jun.

3100901 0.0 0.0 6

* tlpvbf vol.

3101001 00 7

* fvcchs jun.

3101101 101000 6

* ebt pressure temperature vol.

3101201 003 15.6e+06 579.0 0.0 0 0 7

* vel/flow

3101300 1

* f flowrate g flowrate j flowrate jun.

3101301 1.60 0.0 0.0 6

=====*

* upper tie plate - ccfl *

=====*

* component name component type
3150000 "jun-315" sngljun

-----*

* from to area f loss r loss fvcchs

3150101 310010000 410000000 0.0004884 0.0 0.0 101000

* hyd diam flood gas slope

3150110 0.00983 0. 1. 1.

* vel/flw f velocity g velocity j velocity

3150201 1 1.6 0.0 0.0

=====*

* ips upper plenum *

=====*

* component name component type
4100000 "uplenum" snglvol

-----*

* AREA LENGTH VOLUME

4100101 0.0004884 0.175 0.0

* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z

4100102 0.0 90.0 0.175

* ROUGHNESS HYD DIAM tlpvbf

4100103 0.000046 0.00983 00

* EBT PRESSURE TEMPERATURE

4100200 003 15.6e+06 585.0

=====*

* ips outlet nozzle *

=====*

* component name component type
4120000 "ipsoutjc" sngljun

-----*

* from to area f loss r loss fvcchs

4120101 410010000 413000000 0.0002985 0.463 0.463 101000

* vel/flw f velocity g velocity j velocity

4120201 1 1.6 0.0 0.0

=====*

* component name component type
4130000 "ipsout" pipe

-----*

* no. volumes

4130001 11

* vol. area vol.

4130101 0.0004524 11

* length vol.

4130301 0.425 1

```

4130302      0.415          10
4130303      0.150          11
*           volume          vol.
4130401      0.0          11
*           vert. Angle     vol.
4130601      90.0          11
*           roughness      h.d. vol.
4130801      0.0000015    0.024  11
*           f loss        r loss  jun.
4130901      2.42         2.47   1
4130902      0.0          0.0     10
*           tlpvbf        vol.
4131001      00          11
*           fvcchs        jun.
4131101      101000         10
*           ebt    pressure  temperature  vol.
4131201 003    15.6e+06    585.0    0.0  0  0    11
*           vel/flow
4131300      1
*           f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
4131301  1.6          0.0          0.0          10
*-----*
*           component name      component type
4150000      "jun-415"          sngljun
*-----*
*           from    to      area    f loss  r loss  fvcchs
4150101 413010000 417000000 0.0004638 1.14  1.92  101000
*           vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
4150201 1          1.6          0.0          0.0
*=====*
* hot leg in-pool piping
*=====*
*           component name      component type
4170000      "vol-417"          pipe
*-----*
*           no. volumes
4170001      4
*           vol. area          vol.
4170101      0.000464          4
*           length            vol.

```

```

4170301      0.200          1
4170302      0.520          2
4170303      0.510          4
*           volume          vol.
4170401      0.0          4
*           vert. Angle     vol.
4170601      0.0          1
4170602     -90.0          2
4170603      0.0          4
*           roughness      h.d. vol.
4170801      0.000046    0.0243  4
*           f loss        r loss  jun.
4170901      0.32         0.32   1
4170902      0.69         0.69   2
4170903      1.38         1.38   3
*           tlpvbf        vol.
4171001      00          4
*           fvcchs        jun.
4171101      101000         3
*           ebt    pressure  temperature  vol.
4171201 003    15.6e+06    585.0    0.0  0  0    4
*           vel/flow
4171300      1
*           f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
4171301  1.6          0.0          0.0          3
*-----*
*           component name      component type
4180000      "jun-418"          sngljun
*-----*
*           from    to      area    f loss  r loss  fvcchs
4180101 417010000 420000000 0.000464 0.69  0.69  101000
*           vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
4180201 1          1.6          0.0          0.0
*-----*
*           component name      component type
4200000      "vol-420"          pipe
*-----*
*           no. volumes
4200001      4
*           vol. area          vol.

```



```

*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4420102  0.0      -90.0      -1.172
*      ROUGHNESS   HYD DIAM    fe
4420103  0.000046  0.0666    00
*      EBT        PRESSURE    TEMPERATURE
4420200  003      15.6e+06  585.0
*      FROM      TO        AREA      F LOSS  R LOSS  fVCAHS
4421101  440010000 442000000 0.006654 0.51  0.51  101000
4422101  442010000 445000000 0.006654 1.32  1.54  101000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
4421201  1.6      0.0      0.0
4422201  1.6      0.0      0.0

```

```

=====
* hot leg - srv tee                                     *
=====

```

```

*      component name      component type
4450000      "srvtee"                branch

```

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
4450001      1      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
4450101  0.000909  0.600      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4450102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS   HYD DIAM    fe
4450103  0.000046  0.03402    00
*      EBT        PRESSURE    TEMPERATURE
4450200  003      15.6e+06  585.0
*      FROM      TO        AREA      F LOSS  R LOSS  fVCAHS
4451101  445010000 450000000 0.000928 0.84  0.84  101000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
4451201  1.6      0.0      0.0

```

```

=====
* hot leg - accumulator injection tee                 *
=====

```

```

*      component name      component type
4500000      "acc-in"                branch

```

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
4500001      1      1

```

```

*      AREA      LENGTH      VOLUME
4500101  0.000909  0.711      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4500102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS   HYD DIAM    FE
4500103  0.000046  0.03402    00
*      EBT        PRESSURE    TEMPERATURE
4500200  003      15.6e+06  583.0
*      FROM      TO        AREA      F LOSS  R LOSS  fVCAHS
4501101  450010000 455000000 0.000909 0.42  0.42  101000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
4501201  1.6      0.0      0.0

```

```

=====
* hot leg - eccs return tee                             *
=====

```

```

*      component name      component type
4550000      "ecc-out"               branch

```

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
4550001      1      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
4550101  0.000909  0.600      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4550102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS   HYD DIAM    FE
4550103  0.000046  0.03402    00
*      EBT        PRESSURE    TEMPERATURE
4550200  003      15.6e+06  585.0
*      FROM      TO        AREA      F LOSS  R LOSS  fVCAHS
4551101  455010000 460000000 0.000909 0.84  0.84  101000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
4551201  1.6      0.0      0.0

```

```

=====
* hot leg piping to isolation valve aov-01a           *
=====

```

```

*      component name      component type
4600000      "vol-460"             pipe

```

```

*      no. volumes
4600001      2

```

```

*      vol. area      vol.      4620000      "vol-462"      pipe
4600101  0.000909      2
*      length      vol.
4600301  1.017      2
*      volume      vol.
4600401  0.0      2
*      vert. angle      vol.
4600601  0.0      2
*      roughness      h.d.      vol.
4600801  0.000046      0.03402      2
*      f loss      r loss      jun.
4600901  0.63      0.63      1
*      fe      vol.
4601001  00      2
*      fvcahs      jun.
4601101  001000      1
*      ebt      pressure      temperature      vol.
4601201  003      15.6e+06      585.0      0.0  0  0  2
*      vel/flo
4601300  1
*      f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
4601301  1.6      0.0      0.0      1
*====*
* isolation valve aov-01a      *
*====*
*      component name      component type
4610000      "aov-5-6"      valve
*====*
*      from      to      area      f loss      r loss      fvcahs
4610101  460010000  462000000  0.000909  15.54  15.54  001100
*      vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
4610201  1      1.6      0.0      0.0
*      valve type
4610300  mtrvlv
*      open      close      rate      ip      table
4610301  402      405      0.4      1.0  13
*====*
* hot leg piping from isolation valve aov-005/6 to pzz tee      *
*====*
*      component name      component type

```

```

*-----*
*      no. volumes
4620001  2
*      vol. area      vol.
4620101  0.000909      2
*      length      vol.
4620301  1.068      2
*      volume      vol.
4620401  0.0      2
*      vert. angle      vol.
4620601  0.0      2
*      roughness      h.d.      vol.
4620801  0.000046      0.03402      2
*      f loss      r loss      jun.
4620901  1.26      1.26      1
*      fe      vol.
4621001  00      2
*      fvcahs      jun.
4621101  001000      1
*      ebt      pressure      temperature      vol.
4621201  003      15.6e+06      585.0      0.0  0  0  2
*      vel/flo
4621300  1
*      f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
4621301  1.6      0.0      0.0      1
*====*
*      component name      component type
4630000      "vol-463"      branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
4630001  2      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
4630101  0.000909      1.00      0.0
*      HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
4630102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
4630103  0.000046      0.03402      00
*      EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
4630200  003      15.6e+06      585.0

```

```

*      FROM      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvCAHS
4631101 462010000 463000000 0.000909 0.00 0.00 001000
4632101 463010000 464000000 0.000909 0.42 0.42 001000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
4631201 1.6      0.0      0.0
4632201 1.6      0.0      0.0
*-----*
*      recip tee & main cooler inlet
*-----*
*      component name      component type
4640000      "vol-464"      branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
4640001      1      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
4640101 0.000909 0.580      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4640102 0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
4640103 0.000046 0.03402 00
*      EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
4640200 003 15.6e+06 583.0
*      FROM      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvCAHS
4641101 464010000 465000000 0.000909 1.05 1.05 001000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY
4641201 1.8      0.0      0.0
*-----*
*      component name      component type
4650000      "vol-465"      pipe
*-----*
*      no. volumes
4650001      4
*      vol. area      vol.
4650101 0.000909      4
*      length      vol.
4650301 0.673      2
4650302 0.300      3
4650303 0.704      4
*      volume      vol.
4650401 0.0      4

```

```

*      vert. angle      vol.
4650601 90.0      2
4650602 0.0      3
4650603 -90.0      4
*      roughness      h.d.      vol.
4650801 0.000046 0.03402 4
*      f loss      r loss      jun.
4650901 0.00      0.00 1
4650902 0.63      0.63 3
*      fe      vol.
4651001 00      4
*      fvcahs      jun.
4651101 001000 3
*      ebt  pressure      temperature      vol.
4651201 003 15.6e+06 583.0 0.0 0 0 4
*      vel/flo
4651300 1
*      f flowrate  g flowrate  j flowrate  jun.
4651301 1.8      0.0      0.0      3
*-----*
*      main cooler - assume 5-13.86mmID tubes
*      main cooler - inlet head
*-----*
*      component name      component type
4680000      "mc-inh"      branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
4680001 2      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
4680101 0.0113097 0.5609 0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4680102 0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
4680103 0.000046 0.12 00
*      EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
4680200 003 15.6e+06 583.0
*      FROM      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvCAHS
4681101 465010000 468000000 0.000909 0.85 0.47 001000
4682101 468000000 470000000 0.0007552 0.47 0.87 001000
*      F VELOCITY G VELOCITY  J VELOCITY

```

```

4681201  1.8    0.0    0.0
4682201  1.8    0.0    0.0
=====
* main cooler - tube
*
* component name      component type
4700000      "mcooler"         pipe
=====
*
* no. volumes
4700001      2
*
* vol. area          vol.
4700101      0.0007552        2
*
* length            vol.
4700301      0.5               2
*
* volume            vol.
4700401      0.0               2
*
* vert. angle       vol.
4700601      0.0               2
*
* roughness         h.d.   vol.
4700801      0.000046         0.031  2
*
* f loss            r loss  jun.
4700901      0.0              0.0    1
*
* fe                vol.
4701001      00               2
*
* fvcahs            jun.
4701101      001000          1
*
* ebt   pressure    temperature    vol.
4701201  003   15.6e+06    583.0    0.0  0  0  2
*
* vel/flo
4701300      1
*
* f flowrate        g flowrate    j flowrate    jun.
4701301  1.8    0.0          0.0          1
=====
* main cooler - outlet head
=====
*
* component name      component type
4750000      "mc-ouh"         branch
=====
*
* NO. JUN           VEL/FLO
4750001      2                1
*
* AREA             LENGTH           VOLUME

```

```

4750101  0.0113097  0.5609  0.0
*
* HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
4750102  0.0         0.0     0.0
*
* ROUGHNESS   HYD DIAM   FE
4750103  0.0000015  0.12    00
*
* EBT   PRESSURE  TEMPERATURE
4750200  003   15.6e+06  573.5
*
* FROM      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvcahs
4751101  470010000  475000000  0.000909  0.87  0.47  001000
4752101  475000000  480000000  0.0007552  0.47  0.85  001000
*
* F VELOCITY  G VELOCITY  J VELOCITY
4751201  1.8        0.0        0.0
4752201  1.8        0.0        0.0
=====
* main coolant pump suction line
=====
*
* component name      component type
4800000      "vol-480"         pipe
=====
*
* no. volumes
4800001      7
*
* vol. area          vol.
4800101      0.000909          7
*
* length            vol.
4800301      0.704             1
4800302      0.668             3
4800303      0.500             4
4800304      0.527             5
4800305      1.037             6
4800306      0.443             7
*
* volume            vol.
4800401      0.0               7
*
* vert. angle       vol.
4800601      90.0              1
4800602      0.0               3
4800603      90.0              4
4800604      0.0               5
4800605      -90.0             6
4800606      0.0               7
*
* roughness         h.d.   vol.

```



```

4800801      0.000046      0.03402      7
*           f loss      r loss      jun.
4800901      1.05      1.05      1
4800902      0.63      0.63      5
4800903      0.80      0.80      6
*           fe           vol.
4801001      00           7
*           fvcahs      jun.
4801101      001000      6
*           ebt      pressure      temperature      vol.
4801201      003      15.6e+06      573.5      0.0      0      0      7
*           vel/flo
4801300      1
*           f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
4801301      1.8      0.0      0.0      6
=====
*   pressurizer surge line - 1" Sch. 160
=====
*           component name      component type
5100000      "vol-510"      branch
=====
*           NO. JUN      VEL/FLO
5100001      2      1
*           AREA      LENGTH      VOLUME
5100101      0.000151      5.303      0.0
*           HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
5100102      0.0      90.0      2.083
*           ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
5100103      0.000046      0.01387      00
*           EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
5100200      003      15.6e+06      583.0
*           FROM      TO      AREA      F LOSS      R LOSS      fvcahs
5101101      463010000      510000000      0.000151      1.62      1.62      001002
5102101      510010000      515000000      0.000151      2.43      2.43      001000
*           F VELOCITY      G VELOCITY      J VELOCITY
5101201      0.0      0.0      0.0
5102201      0.0      0.0      0.0
=====
*   pressurizer surge line
=====

```

```

*           component name      component type
5150000      "vol-515"      branch
=====
*           NO. JUN      VEL/FLO
5150001      1      1
*           AREA      LENGTH      VOLUME
5150101      0.000151      3.678      0.0
*           HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
5150102      0.0      90.0      2.988
*           ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
5150103      0.000046      0.01387      00
*           EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
5150200      003      15.6e+06      583.0
*           FROM      TO      AREA      F LOSS      R LOSS      fvcahs
5151101      515010000      550000000      0.000151      3.43      2.93      001000
*           F VELOCITY      G VELOCITY      J VELOCITY
5151201      0.0      0.0      0.0
=====
*   pressurizer - assume 5.19ft3(0.147m3) total volume
=====
*           component name      component type
5500000      "presizer"      pipe
=====
*           no. volumes
5500001      10
*           vol. area      vol.
5500101      0.07069      10
*           length      vol.
5500301      0.208      10
*           volume      vol.
5500401      0.0      10
*           vert. angle      vol.
5500601      90.0      10
*           roughness      h.d.      vol.
5500801      0.000046      0.30      10
*           f loss      r loss      jun.
5500901      0.0      0.0      9
*           fe           vol.
5501001      00           10
*           fvcahs      jun.

```

```

5501101      101000          9
*          ebt      pressure      quality (static)      vol.
5501201 002      15.6e+06      0.0      0.0  0  0  1
5501202 002      15.6e+06      0.0      0.0  0  0  2
5501203 002      15.6e+06      0.0      0.0  0  0  3
5501204 002      15.6e+06      0.0      0.0  0  0  4
5501205 002      15.6e+06      0.0      0.0  0  0  5
5501206 002      15.6e+06      1.0      0.0  0  0  6
5501207 002      15.6e+06      1.0      0.0  0  0  7
5501208 002      15.6e+06      1.0      0.0  0  0  8
5501209 002      15.6e+06      1.0      0.0  0  0  9
5501210 002      15.6e+06      1.0      0.0  0  0 10
*          vel/flo
5501300      1
*          f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
5501301      0.0      0.0      0.0      9
*=====
* ecws and safety related components
*=====
* safety relief valve - psv-01a
*=====
*          component name      component type
8010000      "psv-01a"      valve
*-----
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcchs
8010101 445010000 805000000 4.387e-05 1.0  1.0  100100
*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
8010201 1      0.0      0.0      0.0
*          valve type
8010300 srvvlv
*          control
8010301 814
*=====
* safety relief valve - psv-01b
*=====
*          component name      component type
8020000      "psv-01b"      valve
*-----
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcchs
8020101 445010000 805000000 4.387e-05 1.0  1.0  100100

```

```

*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
8020201 1      0.0      0.0      0.0
*          valve type
8020300 srvvlv
*          control
8020301 814
*=====
*          component name      component type
8050000      "vol-805"      pipe
*-----
*          no. volumes
8050001      13
*          vol. area      vol.
8050101      0.000464      13
*          length      vol.
8050301      0.424      1
8050302      0.700      2
8050303      0.964      3
8050304      1.000      8
8050305      0.933      9
8050306      0.776      10
8050307      0.950      11
8050308      0.190      12
8050309      0.184      13
*          volume      vol.
8050401      0.0      13
*          vert. angle      vol.
8050601      0.0      1
8050602      90.0      2
8050603      0.0      3
8050604      90.0      9
8050605      0.0      10
8050606      90.0      11
8050607      0.0      12
8050608      -90.0      13
*          roughness      h.d.      vol.
8050801      0.000046      0.0243      13
*          f loss      r loss      jun.
8050901      2.25      2.25      1
8050902      1.25      1.25      2

```

```

8050903      1.50      1.50      3
8050904      0.0       0.0       8
8050905      0.75      0.75      9
8050906      1.50      1.50     10
8050907      0.75      0.75     11
8050908      0.75      0.75     12
*          fe          vol.
8051001      00          13
*          fvcahs          jun.
8051101     100100          12
*          ebt          pressure          temperature          vol.
8051201     003          1.01325e+05  313.2      0.0  0  0  13
*          vel/flo
8051300      1
*          f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
8051301     0.0          0.0          0.0          12
*-----*
*          component name          component type
8060000     "jun-806"          sngljun
*-----*
*          from          to          area          f loss  r loss  fvcahs
8060101     805010000  898000000  0.000464  1.50  1.50  100100
*          vel/flw          f velocity          g velocity          j velocity
8060201     1          0.0          0.0          0.0
*-----*
* accumulator a - 87% initial level charge
*-----*
*          component name          component type
8100000     "acca"          accum
*-----*
*          AREA          LENGTH          VOLUME
8100101     0.4560          3.150          0.0
*          HORZ ANGLE          VERT ANGLE          DELTA Z
8100102     0.0          90.0          3.150
*          ROUGHNESS          HYD DIAM          FE
8100103     0.000046          0.762          00
*          PRESSURE          TEMPERATURE          boron
8100200     16.625e+06          313.2          0.0
*          TO          AREA          F LOSS  R LOSS  fvcahs
8101101     814000000  0.000151  1.28  2.0  001000

```

```

*          liq v liq lvl length elev thick htf den cp trip
8102200     0.0  2.8062  0.0  0.0  0.0254  0.0  0.0  0.0  401
*-----*
* accumulator discharge line
*-----*
*          component name          component type
8140000     "vol-814"          pipe
*-----*
*          no. volumes
8140001      4
*          vol. area          vol.
8140101     0.000151          4
*          length          vol.
8140301     1.436          1
8140302     1.449          2
8140303     2.200          3
8140304     0.150          4
*          volume          vol.
8140401     0.0          4
*          vert. angle          vol.
8140601     -90.0          1
8140602     0.0          2
8140603     -90.0          3
8140604     0.0          4
*          roughness          h.d.          vol.
8140801     0.000046          0.01387          4
*          f loss          r loss          jun.
8140901     0.81          0.81          1
8140902     1.62          1.62          2
8140903     0.81          0.81          3
*          fe          vol.
8141001     00          4
*          fvcahs          jun.
8141101     001000          3
*          ebt          pressure          temperature          vol.
8141201     003          16.625e+06  313.2      0.0  0  0  4
*          vel/flo
8141300      1
*          f flowrate          g flowrate          j flowrate          jun.
8141301     0.0          0.0          0.0          3

```

```

=====
* accumulator discharge two trains & valves *
=====
*
* component name component type
8150000 "acca-a" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs
8150101 814010000 825000000 0.000151 2.03 2.03 000110
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
8150201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
8150300 mtrvlv
* open close rate ip table
8150301 402 608 5.0 1.0 14
*-----*
* component name component type
8170000 "acca-b" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs
8170101 814010000 827000000 0.000151 3.92 3.92 000110
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
8170201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
8170300 mtrvlv
* open close rate ip table
8170301 402 608 5.0 1.0 14
*-----*
* component name component type
8250000 "vol-825" snglvol
*-----*
* AREA LENGTH VOLUME
8250101 0.000151 0.744 0.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
8250102 0.0 0.0 0.0
* ROUGHNESS HYD DIAM FE
8250103 0.000046 0.01387 00
* EBT PRESSURE TEMPERATURE
8250200 003 16.625e+06 313.2
*-----*
* component name component type

```

```

8270000 "vol-827" snglvol
*-----*
* AREA LENGTH VOLUME
8270101 0.000151 1.245 0.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
8270102 0.0 0.0 0.0
* ROUGHNESS HYD DIAM FE
8270103 0.000046 0.01387 00
* EBT PRESSURE TEMPERATURE
8270200 003 16.625e+06 313.2
*-----*
* component name component type
8350000 "acca-c" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs
8350101 825010000 840000000 0.000151 2.03 2.03 000110
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
8350201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
8350300 mtrvlv
* open close rate ip table
8350301 405 402 5.0 0.0 14
*-----*
* component name component type
8370000 "acca-d" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs
8370101 827010000 840000000 0.000151 3.11 3.11 000110
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
8370201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
8370300 mtrvlv
* open close rate ip table
8370301 405 402 5.0 0.0 14
*-----*
* accumulator discharge orifice *
*-----*
* component name component type
8400000 "vol-840" snglvol
*-----*

```

```

*      AREA      LENGTH      VOLUME
8400101 0.000151    2.275      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
8400102 0.0          90.0       0.800
*      ROUGHNESS  HYD DIAM   FE
8400103 0.000046    0.01387   00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
8400200 003      15.6e+06  583.0
*-----*
*      component name      component type
8410000      "accarif"      valve
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
8410101 840010000 843000000 1.200e-05 3.92 3.92 000110
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
8410201 1          0.0        0.0        0.0
*      valve type
8410300 trpvlv
8410301 432
*-----*
*      component name      component type
8430000      "vol-843"      branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
8430001 1          1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
8430101 0.000151    1.651      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
8430102 0.0          -90.0      -0.683
*      ROUGHNESS  HYD DIAM   FE
8430103 0.000046    0.01387   00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
8430200 003      15.6e+06  583.0
*      FROM      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvcahs
8431101 843010000 145000000 0.000151 4.24 4.02 001000
*      F VELCOITY  G VELOCITY  J VELOCITY
8431201 0.0        0.0        0.0
*=====
*      accumulator b - 87% initial level charge      *
*=====

```

```

*      component name      component type
8500000      "accb"      accum
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
8500101 0.4560     3.150     0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
8500102 0.0          90.0       3.150
*      ROUGHNESS  HYD DIAM   FE
8500103 0.000046    0.762     00
*      PRESSURE  TEMPERATURE  boron
8500200 16.625e+06  313.2     0.0
*      TO      AREA      F LOSS  R LOSS  fvcahs
8501101 854000000 0.000151 1.28 2.0 001000
*      liq v  liq lvl length  elev  thick  htf den cp trip
8502200 0.0 2.8062 0.0 0.0 0.0254 0.0 0.0 0.0 401
*=====
*      accumulator discharge line      *
*-----*
*      component name      component type
8540000      "vol-854"      pipe
*-----*
*      no. volumes
8540001 4
*      vol. area      vol.
8540101 0.000151 4
*      length      vol.
8540301 1.436 1
8540302 1.481 2
8540303 2.200 3
8540304 0.775 4
*      volume      vol.
8540401 0.0 4
*      vert. angle      vol.
8540601 -90.0 1
8540602 0.0 2
8540603 -90.0 3
8540604 0.0 4
*      roughness  h.d.  vol.
8540801 0.000046 0.01387 4
*      f loss  r loss  jun.

```

```

8540901      0.81      0.81      1
8540902      1.62      1.62      2
8540903      0.81      0.81      3
*           fe           vol.
8541001      00           4
*           fvcahs           jun.
8541101      001000           3
*           ebt      pressure      temperature      vol.
8541201      003      16.625e+06      313.2      0.0      0      0      4
*           vel/flo
8541300      1
*           f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
8541301      0.0           0.0           0.0           3
=====
* accumulator discharge two trains & valves *
=====
*           component name      component type
8550000      "accb-a"           valve
*-----
*           from      to           area      f loss      r loss      fvcahs
8550101      854010000      865000000      0.000151      2.84      2.84      000110
*           vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
8550201      1           0.0           0.0           0.0
*           valve type
8550300      mtrvlv
*           open      close      rate      ip      table
8550301      402      608      5.0      1.0      14
*-----
*           component name      component type
8570000      "accb-b"           valve
*-----
*           from      to           area      f loss      r loss      fvcahs
8570101      854010000      867000000      0.000151      3.11      3.11      000110
*           vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
8570201      1           0.0           0.0           0.0
*           valve type
8570300      mtrvlv
*           open      close      rate      ip      table
8570301      402      608      5.0      1.0      14
*-----

```

```

*           component name      component type
8650000      "vol-865"           snglvol
*-----
*           AREA      LENGTH      VOLUME
8650101      0.000151      1.245      0.0
*           HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
8650102      0.0           0.0           0.0
*           ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
8650103      0.000046      0.01387      00
*           EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
8650200      003      16.625e+06      313.2
*-----
*           component name      component type
8670000      "vol-867"           snglvol
*-----
*           AREA      LENGTH      VOLUME
8670101      0.000151      0.744      0.0
*           HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
8670102      0.0           0.0           0.0
*           ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
8670103      0.000046      0.01387      00
*           EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
8670200      003      16.625e+06      313.2
*-----
*           component name      component type
8750000      "accb-c"           valve
*-----
*           from      to           area      f loss      r loss      fvcahs
8750101      865010000      880000000      0.000151      3.92      3.92      000110
*           vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
8750201      1           0.0           0.0           0.0
*           valve type
8750300      mtrvlv
*           open      close      rate      ip      table
8750301      405      402      5.0      0.0      14
*-----
*           component name      component type
8770000      "accb-d"           valve
*-----
*           from      to           area      f loss      r loss      fvcahs

```

```

8770101 867010000 880000000 0.000151 2.03 2.03 000110
*      vel/flw  f velocity g velocity j velocity
8770201 1          0.0          0.0          0.0
*      valve type
8770300 mtrvlv
*      open  close  rate  ip  table
8770301 405    402    5.0    0.0  14
*-----*
* accumulator discharge orifice
*-----*
*      component name      component type
8800000      "vol-880"          snglvol
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
8800101 0.000151    2.240    0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
8800102 0.0          90.0      0.800
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
8800103 0.000046    0.01387  00
*      EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
8800200 003    15.6e+06  580.0
*-----*
*      component name      component type
8810000      "accborif"          valve
*-----*
*      from  to      area  f loss  r loss  fvcchs
8810101 880010000 883000000 1.200e-05 3.92  3.92  000110
*      vel/flw  f velocity g velocity j velocity
8810201 1          0.0          0.0          0.0
*      valve type
8810300 trpvlv
8810301 432
*-----*
*      component name      component type
8830000      "vol-883"          branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
8830001 1          1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
8830101 0.000151    1.280    0.0

```

```

*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
8830102 0.0          -90.0     -0.683
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
8830103 0.000046    0.01387  00
*      EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
8830200 003    15.6e+06  580.0
*      FROM  TO      AREA  F LOSS  R LOSS  FVCAHS
8831101 883010000 450000000 0.000151 3.43  3.21  001000
*      F VELOCITY G VELOCITY J VELOCITY
8831201 0.0          0.0          0.0
*-----*
*      ecw steam vent line
*-----*
*      vent to waste disposal tank
*-----*
*      component name      component type
8900000      "vent-a"          valve
*-----*
*      from  to      area  f loss  r loss  fvcchs
8900101 455010000 892000000 0.000279 6.60  6.60  100110
*      vel/flw  f velocity g velocity j velocity
8900201 1          0.0          0.0          0.0
*      valve type
8900300 mtrvlv
*      open  close  rate  ip  table
8900301 405    402    5.0    0.0  14
*-----*
*      component name      component type
8910000      "vent-b"          valve
*-----*
*      from  to      area  f loss  r loss  fvcchs
8910101 455010000 893000000 0.000279 6.29  6.51  100110
*      vel/flw  f velocity g velocity j velocity
8910201 1          0.0          0.0          0.0
*      valve type
8910300 mtrvlv
*      open  close  rate  ip  table
8910301 405    402    5.0    0.0  14
*-----*
*      component name      component type

```

```

8920000      "vol-892"      branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
8920001      1      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
8920101      0.000279      1.566      0.0
*      HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
8920102      0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
8920103      0.000046      0.0188      00
*      EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
8920200      003      1.01325e+05      313.2
*      FROM      TO      AREA      F LOSS      R LOSS      fvcahs
8921101      892010000      894000000      0.000279      0.46      0.46      101000
*      F VELOCITY      G VELOCITY      J VELOCITY
8921201      0.0      0.0      0.0
*-----*
*      component name      component type
8930000      "vol-893"      branch
*-----*
*      NO. JUN      VEL/FLO
8930001      1      1
*      AREA      LENGTH      VOLUME
8930101      0.000279      1.267      0.0
*      HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
8930102      0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
8930103      0.000046      0.0188      00
*      EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
8930200      003      1.01325e+05      313.2
*      FROM      TO      AREA      F LOSS      R LOSS      fvcahs
8931101      893010000      894000000      0.000279      1.38      1.38      101000
*      F VELOCITY      G VELOCITY      J VELOCITY
8931201      0.0      0.0      0.0
*-----*
*      vent line orifice      *
*-----*
*      component name      component type
8940000      "vol-894"      pipe
*-----*

```

```

*      no. volumes
8940001      9
*      vol. area      vol.
8940101      0.000464      9
*      length      vol.
8940301      1.270      1
8940302      1.3244      6
8940303      1.051      7
8940304      0.777      8
8940305      1.200      9
*      volume      vol.
8940401      0.0      9
*      vert. angle      vol.
8940601      0.0      1
8940602      90.0      6
8940603      0.0      7
8940604      90.0      8
8940605      0.0      9
*      roughness      h.d.      vol.
8940801      0.000046      0.0243      9
*      f loss      r loss      jun.
8940901      2.07      2.07      1
8940902      0.0      0.0      5
8940903      0.69      0.69      6
8940904      1.38      1.38      7
8940905      0.69      0.69      8
*      fe      vol.
8941001      00      9
*      fvcahs      jun.
8941101      101000      8
*      ebt      pressure      temperature      vol.
8941201      003      1.01325e+05      313.2      0.0      0      0      9
*      vel/flo
8941300      1
*      f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
8941301      0.0      0.0      0.0      8
*-----*
*      component name      component type
8950000      "ventorf"      valve
*-----*

```



```

*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
8950101 894010000 896000000 9.5e-06 0.87 0.87 100110
*      vel/flw   f velocity g velocity j velocity
8950201 1          0.0        0.0        0.0
*      valve type
8950300 trpvlv
8950301 432

```

-----*

```

*      component name      component type
8960000      "vent896"              branch

```

-----*

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
8960001      1          1
*      AREA          LENGTH          VOLUME
8960101 0.000464      0.867          0.0
*      HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
8960102 0.0          0.0          0.0
*      ROUGHNESS     HYD DIAM     FE
8960103 0.000046      0.0243      00
*      EBT          PRESSURE     TEMPERATURE
8960200 003          1.01325e+05 313.2
*      FROM          TO          AREA          F LOSS  R LOSS  fvcahs
8961101 896010000 898000000 0.000464 3.45 3.45 101000
*      F VELOCITY G VELOCITY J VELOCITY
8961201 0.0          0.0          0.0

```

-----*

```

*      component name      component type
8980000      "vent898"              pipe

```

-----*

```

*      no. volumes
8980001      6
*      vol. area          vol.
8980101 0.000909          6
*      length          vol.
8980301 1.370          3
8980302 1.095          5
8980303 1.300          6
*      volume          vol.
8980401 0.0          6
*      vert. angle          vol.

```

```

8980601      0.0          3
8980602 -90.0          5
8980603 -90.0          6
*      roughness      h.d.      vol.
8980801 0.000046      0.03402 6
*      f loss      r loss      jun.
8980901 0.0          0.0          1
8980902 1.26          1.26          3
8980903 0.0          0.0          5
*      fe          vol.
8981001 00          6
*      fvcahs      jun.
8981101 101000          5
*      ebt          pressure      temperature      vol.
8981201 003          1.01325e+05 313.2 0.0 0 0 6
*      vel/flo
8981300 1
*      f flowrate g flowrate j flowrate jun.
8981301 0.0          0.0          0.0          5

```

=====*

```

*      wdt sparger ring

```

=====*

```

*      component name      component type
8990000      "vol-899"              branch

```

-----*

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
8990001      2          1
*      AREA          LENGTH          VOLUME
8990101 0.000909      0.50          0.0
*      HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
8990102 0.0          0.0          0.0
*      ROUGHNESS     HYD DIAM     FE
8990103 0.000046      0.03402      00
*      EBT          PRESSURE     TEMPERATURE
8990200 003          1.01325e+05 313.2
*      FROM          TO          AREA          F LOSS  R LOSS  fvcahs
8991101 898010000 899000000 0.000909 0.0 0.0 101000
8992101 899010000 920000000 0.000909 59.18 1.0e+05 100100
*      F VELOCITY G VELOCITY J VELOCITY
8991201 0.0          0.0          0.0

```

```

8992201      0.0      0.0      0.0
*-----*
* waste disposal tank (blowdown tank, (3.85m3)      *
*-----*
*          component name      component type
9200000      "wdt"      pipe
*-----*
*          no. volumes
9200001      12
*          vol. area      vol.
9200101      1.1671      12
*          length      vol.
9200301      0.25905      2
*          length      vol.
9200302      0.33358      12
*          volume      vol.
9200401      0.0      12
*          vert. angle      vol.
9200601      90.0      12
*          roughness      h.d.      vol.
9200801      0.000046      1.219      12
*          f loss      r loss      jun.
9200901      0.0      0.0      11
*          tlpvbf      vol.
9201001      1000000      12
*          fvcchs      jun.
9201101      101000      11
*          ebt      pressure      temperature      vol.
9201201      003      1.01325e+05      313.2      0.0      0.0      0.0      2
*          ebt      pressure      temperature      quality (static)
9201202      004      1.01325e+05      313.2      0.0      0.0      0.0      12
*          vel/flo
9201300      1
*          f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
9201301      0.0      0.0      0.0      11
*-----*
* wdt rupture disk to hanaro pool      *
*-----*
*          component name      component type
9210000      "wdt-rupt"      valve

```

```

*-----*
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcchs
9210101      920010000      922000000      0.000464      0.5      1.0      001100
*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
9210201      1      0.0      0.0      0.0
*          valve type
9210300      mtrvlv
*          open      close      rate      ip      table
9210301      424      402      10.0      0.0
*-----*
*          component name      component type
9220000      "vol-922"      pipe
*-----*
*          no. volumes
9220001      12
*          vol. area      vol.
9220101      0.000464      12
*          length      vol.
9220301      0.345      1
9220302      1.292      2
9220303      1.2962      7
9220304      0.438      8
9220305      0.148      9
9220306      1.321      10
9220307      1.975      11
9220308      0.248      12
*          volume      vol.
9220401      0.0      12
*          vert. angle      vol.
9220601      90.0      1
9220602      0.0      2
9220603      -90.0      7
9220604      0.0      8
9220605      -90.0      9
9220606      0.0      11
9220607      90.0      12
*          roughness      h.d.      vol.
9220801      0.000046      0.0243      12
*          f loss      r loss      jun.
9220901      0.69      0.69      1

```



```

*      f loss      r loss      jun.
9900901      0.0      0.0      1
*      fe          vol.
9901001      00          2
*      fvcchs      jun.
9901101      001000      1
*      ebt      pressure      temperature      vol.
9901201 003      1.5789e+05      308.2      0.0      0      0      2
*      vel/flo
9901300      1
*      f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
9901301      0.0      0.0      0.0      1
=====
*      dummy pool volume (for ips outlet break)      *
=====
*      component name      component type
9910000      "pool-2"      branch
-----
*      NO. JUN      VEL/FLO
9910001      2      0
*      AREA      LENGTH      VOLUME
9910101      12.570      0.13      0.0
*      HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
9910102      0.0      90.0      0.13
*      ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
9910103      0.0      4.0      00
*      EBT      PRESSURE      temperature
9910200      003      1.5789e+05      308.2
*      FROM      TO      AREA      F LOSS      R LOSS      FVCAHS
9911101      990010000      991000000      12.570      0.0      0.0      001000
9912101      991010000      992000000      12.570      0.0      0.0      001000
*      F VELOCITY      G VELOCITY      J VELOCITY
9911201      0.0      0.0      0.0
9912201      0.0      0.0      0.0
=====
*      dummy pool volume (for ecw pump bach pressure)      *
=====
*      component name      component type
9920000      "pool-3"      branch
-----

```

```

*      NO. JUN      VEL/FLO
9920001      1      0
*      AREA      LENGTH      VOLUME
9920101      12.570      6.0      0.0
*      HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
9920102      0.0      90.0      6.0
*      ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
9920103      0.0      4.0      00
*      EBT      PRESSURE      temperature
9920200      003      1.5789e+05      308.2
*      FROM      TO      AREA      F LOSS      R LOSS      FVCAHS
9921101      992010000      995000000      12.570      0.0      0.0      001000
*      F VELOCITY      G VELOCITY      J VELOCITY
9921201      0.0      0.0      0.0
=====
*      component name      component type
9950000      "tdv-pool"      tmdpvol
-----
*      area      length      volume
9950101      1000.      0.0      1.0e+06
*      h angle      v angle      delta z
9950102      .0      .0      .0
*      Roughness      hd      fe
9950103      .0      .0      10
*      ebt      trip no.      alpha vrc      numeric vrc
9950200      003      401
*      time      pressure      temperature
9950201      -1.0      1.5789e+05      308.2
9950202      0.0      1.5789e+05      308.2
9950203      1000.      1.5789e+05      308.2
=====
*      dummy pressurizer pressure control junction      *
=====
*      component name      component type
9980000      "jun-998"      valve
-----
*      from      to      area      f loss      r loss      fvcchs
9980101      550010000      999000000      0.07      0.0      0.0      001100
*      vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
9980201      0      0.0      0.0      0.0

```

```

* valve type
9980300 mtrlv
* open close rate ip table
9980301 402 401 100.0 1.0
*-----*
* dummy pressurizer tdv
*-----*
* component name component type
9990000 "tdvi-3" tmdpvol
*-----*
* area length volume
9990101 1000. 0.0 1.0e+06
* h angle v angle delta z
9990102 .0 .0 .0
* Roughness hd fe
9990103 .0 .0 10
* ebt trip no. alpha vrc numeric vrc
9990200 002 401
* time pressure quality
9990201 -1.0 15.5e+06 1.0
9990202 0.0 15.5e+06 1.0
9990203 10000. 15.5e+06 1.0
*-----*
* heat structures
*-----*
* heat structure no. 110-1 - cold leg : room 1
*-----*
* str mesh geom init l coord refl bvol axl incr
11101000 23 4 2 1 0.0169926 0
* mesh loc mesh fmt
11101100 0 1
* intervals r coord
11101101 3 0.02413
* comp no. interval
11101201 1 3
* source interval
11101301 0.0 3
* temp flag
11101400 0
* temp mesh

```

```

11101401 573.5 4
* left vol incr b cond sa code factor str no
11101501 110010000 0 1 1 0.574 1
11101502 110020000 0 1 1 1.037 2
11101503 110030000 0 1 1 1.246 3
11101504 110040000 0 1 1 0.250 4
11101505 110050000 0 1 1 1.350 5
11101506 110060000 0 1 1 1.720 6
11101507 110070000 0 1 1 1.643 7
11101508 120010000 0 1 1 0.575 8
11101509 125010000 0 1 1 0.524 9
11101510 125020000 0 1 1 0.7605 10
11101511 125030000 0 1 1 0.7605 11
11101512 125040000 0 1 1 0.414 12
11101513 128010000 0 1 1 1.186 13
11101514 129010000 10000 1 1 0.514079 15
11101515 130010000 0 1 1 1.402 16
11101516 132010000 0 1 1 2.071 17
11101517 140010000 0 1 1 0.329 18
11101518 145010000 0 1 1 0.400 19
11101519 150010000 0 1 1 1.300 20
11101520 150020000 0 1 1 1.600 21
11101521 150030000 0 1 1 1.172 22
11101522 155010000 0 1 1 0.339 23
* right vol incr b cond sa code factor str no
11101601 0 0 0 1 0.574 1
11101602 0 0 0 1 1.037 2
11101603 0 0 0 1 1.246 3
11101604 0 0 0 1 0.250 4
11101605 0 0 0 1 1.350 5
11101606 0 0 0 1 1.720 6
11101607 0 0 0 1 1.643 7
11101608 0 0 0 1 0.575 8
11101609 0 0 0 1 0.524 9
11101610 0 0 0 1 0.7605 10
11101611 0 0 0 1 0.7605 11
11101612 0 0 0 1 0.414 12
11101613 0 0 0 1 1.186 13
11101614 0 0 0 1 0.514079 15
11101615 0 0 0 1 1.402 16

```

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|-------|----|
| 11101616 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2.071 | 17 |
| 11101617 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.329 | 18 |
| 11101618 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.400 | 19 |
| 11101619 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.300 | 20 |
| 11101620 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.600 | 21 |
| 11101621 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.172 | 22 |
| 11101622 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.339 | 23 |

| | | | | | | | | | |
|----------|---------|--------|------|-------|-----|--------|-----|--------|----|
| * | s type | s mult | left | right | | str no | | | |
| 11101701 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 23 | | | |
| * | hed hlf | hlf | gllf | gllr | glf | glr | lbf | str no | |
| 11101801 | 0.0 | 100. | 100. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 23 |

* main heater 54-U-tube heater

| | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|---------|------|------|-----|------|
| * | strs | mesh | geom | init | l coord | refl | bvol | axl | incr |
| 11291000 | 2 | 5 | 2 | 1 | 0.0 | 0 | | | |

| | | |
|----------|----------|----------|
| * | mesh loc | mesh fmt |
| 11291100 | 0 | 1 |

| | | |
|----------|-----------|----------|
| * | intervals | r coord |
| 11291101 | 4 | 0.005461 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| * | comp no. | interval |
| 11291201 | 1 | 4 |

| | | |
|----------|--------|----------|
| * | source | interval |
| 11291301 | 1.0 | 4 |

| | |
|----------|-----------|
| * | temp flag |
| 11291400 | 0 |

| | | |
|----------|-------|------|
| * | temp | mesh |
| 11291401 | 573.5 | 5 |

| | | | | | | |
|----------|----------|------|--------|---------|--------|--------|
| * | left vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
| 11291501 | 0 | 0 | 0 | 1 | 55.521 | 2 |

| | | | | | | |
|----------|-----------|-------|--------|---------|--------|--------|
| * | right vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
| 11291601 | 129010000 | 10000 | 1 | 1 | 55.521 | 2 |

| | | | | | | |
|----------|--------|--------|------|-------|--|--------|
| * | s type | s mult | left | right | | str no |
| 11291701 | 10401 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | | 1 |
| 11291702 | 10401 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | | 2 |

| | | | | | | | | | |
|----------|---------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|---|
| * | hed hlf | hlf | gllf | gllr | glf | glr | lbf | str no | |
| 11291901 | 0. | 100. | 100. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0 | 2 |

* heat structure no. 160-1 - cold leg : pipe gallery *

| | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|---------|------|------|-----|------|
| * | strs | mesh | geom | init | l coord | refl | bvol | axl | incr |
| 11601000 | 9 | 4 | 2 | 1 | 0.02699 | 0 | | | |

| | | |
|----------|----------|----------|
| * | mesh loc | mesh fmt |
| 11601100 | 0 | 1 |

| | | |
|----------|-----------|---------|
| * | intervals | r coord |
| 11601101 | 3 | 0.03651 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| * | comp no. | interval |
| 11601201 | 1 | 3 |

| | | |
|----------|--------|----------|
| * | source | interval |
| 11601301 | 0.0 | 3 |

| | |
|----------|-----------|
| * | temp flag |
| 11601400 | 0 |

| | | |
|----------|-------|------|
| * | temp | mesh |
| 11601401 | 573.5 | 4 |

| | | | | | | |
|----------|-----------|-------|--------|---------|--------|--------|
| * | left vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
| 11601501 | 160010000 | 10000 | 1 | 1 | 1.356 | 2 |
| 11601502 | 160030000 | 10000 | 1 | 1 | 1.5026 | 7 |
| 11601503 | 160080000 | 10000 | 1 | 1 | 1.3325 | 9 |

| | | | | | | |
|----------|-----------|------|--------|---------|--------|--------|
| * | right vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
| 11601601 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.356 | 2 |
| 11601602 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.5026 | 7 |
| 11601603 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.3325 | 9 |

| | | | | | | |
|----------|--------|--------|------|-------|--|--------|
| * | s type | s mult | left | right | | str no |
| 11601701 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 9 |

| | | | | | | | | | |
|----------|---------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|---|
| * | hed hlf | hlf | gllf | gllr | glf | glr | lbf | str no | |
| 11601801 | 0.0 | 100. | 100. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 9 |

* heat structure no. 180-1 - cold leg : in-pool piping *

| | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|----------|------|------|-----|------|
| * | strs | mesh | geom | init | l coord | refl | bvol | axl | incr |
| 11801000 | 7 | 7 | 2 | 1 | 0.012154 | 0 | | | |

| | | |
|----------|----------|----------|
| * | mesh loc | mesh fmt |
| 11801100 | 0 | 1 |

| | | |
|----------|-----------|----------|
| * | intervals | r coord |
| 11801101 | 3 | 0.016701 |
| 11801102 | 3 | 0.03016 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| * | comp no. | interval |
| 11801201 | 1 | 3 |
| 11801202 | 8 | 6 |

| | | |
|----------|--------|----------|
| * | source | interval |
| 11801202 | 8 | 6 |


```

12101602  -6      0    3007    1    0.03    9
*          s type    s mult left    right    str no
12101701  3      0.03806  0      0          1
12101702  3      0.06497  0      0          2
12101703  3      0.13156  0      0          3
12101704  3      0.17257  0      0          4
12101705  3      0.18603  0      0          5
12101706  3      0.17524  0      0          6
12101707  3      0.14414  0      0          7
12101708  3      0.08744  0      0          8
12101709  3      0.0      0      0          9
*          hed hlf    hlr    glf  glr  glf  glr  lbf  str no
12101801  0.0 100.  100.  0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 9
*          hed hlf    hlr    glf  glr  glf  glr  lbf  str no
12101901  0.0 100.  100.  0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 9
*-----*
* heat structure no. 310-1 - fuel bundle *
*-----*
*          strs mesh geom init  l coord  refl  bvol  axl  incr
13101000  7  11  2  1  0.0  0.0  1  16
*          mesh loc  mesh fmt
13101100  0      2
*          mesh dx  interval
13101101  0.0006825  6
13101102  0.000085  7
13101103  0.00019  10
*          comp no.  interval
13101201  4      6
13101202  -3     7
13101203  -2     10
*          source  interval
13101301  1.0    6
13101302  0.0    7
13101303  0.0    10
*          temp flag
13101400  0
*          temp  mesh
13101401  578.5  11
*          left vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
13101501  0      0      0      1      0.3    7

```

```

*          right vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
13101601  310010000  10000  1      1      0.3    7
*          s type    s mult  left    right    str no
13101701  1      0.07800  0.0    0.0      1
13101702  1      0.14007  0.0    0.0      2
13101703  1      0.18286  0.0    0.0      3
13101704  1      0.19814  0.0    0.0      4
13101705  1      0.18286  0.0    0.0      5
13101706  1      0.14007  0.0    0.0      6
13101707  1      0.07800  0.0    0.0      7
*          hed  hlf  hlr  glf  glr  glf  glr  lbf  str no
13101901  0.02182  100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  7
*-----*
* heat structure no. 310-5 - ips flow tube *
*-----*
*          strs mesh geom init  l coord  refl  bvol  axl  incr
13105000  8  4  2  1  0.0175  0
*          mesh loc  mesh fmt
13105100  0      1
*          intervals  r. coord.
13105101  3      0.019
*          comp no.  interval
13105201  1      3
*          source  interval
13105301  1.0    3
*          temp flag
13105400  0
*          temp  mesh
13105401  583.0  4
*          left vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
13105501  310010000  10000  1      1      0.1    7
13105502  410010000  0      1      1      0.1    8
*          right vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
13105601  210080000  -10000  1      1      0.1    8
*          s type    s mult  left    right    str no
13105701  2      0.09362  0.0    0.0      1
13105702  2      0.14654  0.0    0.0      2
13105703  2      0.18066  0.0    0.0      3
13105704  2      0.19343  0.0    0.0      4
13105705  2      0.17760  0.0    0.0      5

```



```

13105706 2 0.13547 0.0 0.0 6
13105707 2 0.07269 0.0 0.0 7
13105708 2 0.02080 0.0 0.0 8
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
13105801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 8
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
13105901 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 8
=====
* heat structure no. 413-1 - upper vessel housing *
-----
* str mesh geom init l coord refl bvol axl incr
14131000 10 4 2 1 0.012 0
* mesh loc mesh fmt
14131100 0 1
* intervals r coord
14131101 3 0.0195
* comp no. interval
14131201 1 3
* source interval
14131301 0.0 3
* temp flag
14131400 0
* temp mesh
14131401 583.0 4
* left vol incr b cond sa code factor str no
14131501 413010000 0 1 1 0.425 1
14131502 413020000 10000 1 1 0.415 10
* right vol incr b cond sa code factor str no
14131601 206100000 0 1 1 0.425 1
14131602 206090000 -10000 1 1 0.415 10
* s type s mult left right str no
14131701 0 0 0 0 10
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
14131801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 10
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
14131901 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 10
=====
* heat structure no. 413-2 - upper vessel head *
-----
* str mesh geom init l coord refl bvol axl incr
14132000 1 4 2 1 0.012 0
* mesh loc mesh fmt
14132100 0 1
* intervals r coord
14132101 3 0.039
* comp no. interval
14132201 1 3
* source interval
14132301 0.0 3
* temp flag
14132400 0
* temp mesh
14132401 583.0 4
* left vol incr b cond sa code factor str no
14132501 413110000 0 1 1 0.15 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
14132601 0 0 0 1 0.15 1
* s type s mult left right str no
14132701 0 0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
14132801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
=====
* heat structure no. 417, 420 hot leg : in-pool piping *
-----
* str mesh geom init l coord refl bvol axl incr
14201000 8 7 2 1 0.012154 0
* mesh loc mesh fmt
14201100 0 1
* intervals r coord
14201101 3 0.016701
14201102 3 0.03016
* comp no. interval
14201201 1 3
14201202 8 6
* source interval
14201301 0.0 6
* temp flag
14201400 0
* temp mesh
14201401 583.0 7

```

| | left vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
|----------|-----------|-------|--------|---------|--------|--------|
| 14201501 | 417010000 | 0 | 1 | 1 | 0.200 | 1 |
| 14201502 | 417020000 | 0 | 1 | 1 | 0.520 | 2 |
| 14201503 | 417030000 | 10000 | 1 | 1 | 0.510 | 4 |
| 14201504 | 420010000 | 10000 | 1 | 1 | 0.765 | 6 |
| 14201505 | 420030000 | 10000 | 1 | 1 | 0.585 | 8 |

| | right vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
|----------|-----------|------|--------|---------|--------|--------|
| 14201601 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.200 | 1 |
| 14201602 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.520 | 2 |
| 14201603 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.510 | 4 |
| 14201604 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.765 | 6 |
| 14201605 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.585 | 8 |

| | s type | s mult | left | right | str no |
|----------|--------|--------|------|-------|--------|
| 14201701 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |

| | hed hlf | hlr | gllf | glr | glf | lbf | str no | |
|----------|---------|------|------|-----|-----|-----|--------|---|
| 14201801 | 0.0 | 100. | 100. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 8 |

* heat structure no. 440 hot leg : pipe gallery *

| | strs | mesh | geom | init | l coord | refl | bvol | axl | incr |
|----------|------|------|------|------|---------|------|------|-----|------|
| 14401000 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0.02699 | 0 | | | |

| | mesh loc | mesh fmt |
|----------|----------|----------|
| 14401100 | 0 | 1 |

| | intervals | r coord |
|----------|-----------|---------|
| 14401101 | 3 | 0.03561 |

| | comp no. | interval |
|----------|----------|----------|
| 14401201 | 1 | 3 |

| | source | interval |
|----------|--------|----------|
| 14401301 | 0.0 | 3 |

| | temp flag |
|----------|-----------|
| 14401400 | 0 |

| | temp | mesh |
|----------|-------|------|
| 14401401 | 583.0 | 4 |

| | left vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
|----------|-----------|-------|--------|---------|--------|--------|
| 14401501 | 440010000 | 10000 | 1 | 1 | 1.3325 | 2 |
| 14401502 | 440030000 | 10000 | 1 | 1 | 1.635 | 7 |

| | right vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
|----------|-----------|------|--------|---------|--------|--------|
| 14401601 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.3325 | 1 |
| 14401602 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.3325 | 2 |
| 14401603 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.635 | 7 |

| | s type | s mult | left | right | str no |
|----------|--------|--------|------|-------|--------|
| 14401701 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |

| | hed hlf | hlr | gllf | glr | glf | lbf | str no | |
|----------|---------|------|------|-----|-----|-----|--------|---|
| 14401801 | 0.0 | 100. | 100. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 7 |

* heat structure no. 450 hot leg : room1 *

| | strs | mesh | geom | init | l coord | refl | bvol | axl | incr |
|----------|------|------|------|------|-----------|------|------|-----|------|
| 14501000 | 14 | 4 | 2 | 1 | 0.0169926 | 0 | | | |

| | mesh loc | mesh fmt |
|----------|----------|----------|
| 14501100 | 0 | 1 |

| | intervals | r coord |
|----------|-----------|---------|
| 14501101 | 3 | 0.02413 |

| | comp no. | interval |
|----------|----------|----------|
| 14501201 | 1 | 3 |

| | source | interval |
|----------|--------|----------|
| 14501301 | 0.0 | 3 |

| | temp flag |
|----------|-----------|
| 14501400 | 0 |

| | temp | mesh |
|----------|-------|------|
| 14501401 | 583.0 | 4 |

| | left vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
|----------|-----------|-------|--------|---------|--------|--------|
| 14501501 | 442010000 | 0 | 1 | 1 | 1.760 | 1 |
| 14501502 | 445010000 | 0 | 1 | 1 | 0.600 | 2 |
| 14501503 | 450010000 | 0 | 1 | 1 | 0.711 | 3 |
| 14501504 | 455010000 | 0 | 1 | 1 | 0.600 | 4 |
| 14501505 | 460010000 | 10000 | 1 | 1 | 1.017 | 6 |
| 14501506 | 462010000 | 10000 | 1 | 1 | 1.068 | 8 |
| 14501507 | 463010000 | 0 | 1 | 1 | 1.000 | 9 |
| 14501508 | 464010000 | 0 | 1 | 1 | 0.580 | 10 |
| 14501509 | 465010000 | 10000 | 1 | 1 | 0.673 | 12 |
| 14501510 | 465030000 | 0 | 1 | 1 | 0.300 | 13 |
| 14501511 | 465040000 | 0 | 1 | 1 | 0.704 | 14 |

| | right vol | incr | b cond | sa code | factor | str no |
|----------|-----------|------|--------|---------|--------|--------|
| 14501601 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.760 | 1 |
| 14501602 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.600 | 2 |
| 14501603 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.711 | 3 |
| 14501604 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.600 | 4 |
| 14501605 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.017 | 6 |
| 14501606 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.068 | 8 |

```

14501607 0 0 0 1 1.000 9
14501608 0 0 0 1 0.580 10
14501609 0 0 0 1 0.673 12
14501610 0 0 0 1 0.300 13
14501611 0 0 0 1 0.704 14
* s type s mult left right str no
14501701 0 0 0 0 14
* hed hlf hlr glf gllr glf glr lbf str no
14501801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 1.0 14
*-----*
* heat structure no. 470 - main cooler, assume 5-13.86mm tubes
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
14701000 2 4 2 1 0.00693 0
* mesh loc mesh fmt
14701100 0 1
* intervals r coord
14701101 3 0.010668
* comp no. interval
14701201 1 3
* source interval
14701301 0.0 3
* temp flag
14701400 0
* temp mesh
14701401 583.0 4
* left vol incr b cond sa code factor str no
14701501 470010000 10000 1 1 2.5 2
* right vol incr b cond sa code factor str no
14701601 0 0 2008 1 2.5 2
* s type s mult left right str no
14701701 0 0.0 0.0 0.0 2
* hed hlf hlr glf gllr glf glr lbf str no
14701801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 1.0 2
* hed hlf hlr glf gllr glf glr lbf str no
14701901 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 1.0 2
*-----*
* heat structure no. 480 cold leg : room1 *
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
14801000 7 4 2 1 0.0169926 0
* mesh loc mesh fmt
14801100 0 1
* intervals r coord
14801101 3 0.02413
* comp no. interval
14801201 1 3
* source interval
14801301 0.0 3
* temp flag
14801400 0
* temp mesh
14801401 583.0 4
* left vol incr b cond sa code factor str no
14801501 480010000 0 1 1 0.704 1
14801502 480020000 10000 1 1 0.668 3
14801503 480040000 0 1 1 0.500 4
14801504 480050000 0 1 1 0.527 5
14801505 480060000 0 1 1 1.037 6
14801506 480070000 0 1 1 0.443 7
* right vol incr b cond sa code factor str no
14801601 0 0 0 1 0.704 1
14801602 0 0 0 1 0.668 3
14801603 0 0 0 1 0.500 4
14801604 0 0 0 1 0.527 5
14801605 0 0 0 1 1.037 6
14801606 0 0 0 1 0.443 7
* s type s mult left right str no
14801701 0 0 0 0 7
* hed hlf hlr glf gllr glf glr lbf str no
14801801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 1.0 7
*-----*
* heat structure no. 550-1 - pressurizer (assume 2.5" thick) *
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
15501000 10 4 2 1 0.395 0
* mesh loc mesh fmt
15501100 0 1
* intervals r coord
15501101 3 0.4585

```

```

*      comp no.  interval
15501201  1      3
*      source    interval
15501301  0.0    3
*      temp flag
15501400  0
*      temp      mesh
15501401  618.0   4
*      left vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
15501501  550010000  10000   1      1      0.208   10
*      right vol incr  b cond  sa code  factor  str no
15501601  0        0        0      1      0.208   10
*      s type    s mult  left    right    str no
15501701  0        0.0    0.0    0.0     10
*      hed hlf  hlr  glf  glr  glf  glr  lbf  str no
15501801  0.0  100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  10
=====
* material properties
=====
* 321 SS steel
=====
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100100  tbl/fctn  1      -1      $steel
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100101  294.2    14.0
20100102  339.2    14.9
20100103  394.2    15.7
20100104  450.2    16.6
20100105  505.2    17.5
20100106  561.2    18.3
20100107  589.2    18.9
20100108  1073.15  28.04
*      temperature(k) capacitance(j/m3-k)
20100151  3.799e+06
20100152  3.923e+06
20100153  4.040e+06
20100154  4.126e+06
20100155  4.235e+06
20100156  4.282e+06
20100157  4.352e+06

```

```

20100158  4.971e+06
=====
* zirconium
=====
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100200  tbl/fctn  1      -1      $zirc
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100201  300.0    12.68
20100202  400.0    14.04
20100203  640.0    16.96
20100204  1090.0   23.0
20100205  1093.0   23.05
20100206  1113.0   23.39
20100207  1133.0   23.73
20100208  1153.0   24.09
20100209  1173.0   24.45
20100210  1193.0   24.83
20100211  1213.0   25.22
20100212  1233.0   25.61
20100213  1248.0   25.92
20100214  1473.0   31.35
20100215  1773.0   41.73
*      capacitance(j/m3-k)
20100251  1.841e+06
20100252  1.979e+06
20100253  2.496e+06
20100254  2.457e+06
20100255  3.289e+06
20100256  3.865e+06
20100257  4.029e+06
20100258  4.710e+06
20100259  5.346e+06
20100260  5.045e+06
20100261  4.055e+06
20100262  3.073e+06
20100263  2.332e+06
20100264  2.332e+06
20100265  2.332e+06
=====
* helium

```

```

*-----*
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100300  tbl/ctn      1      1      $helium
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100301    273.15    0.143
20100302    300.0    0.152
20100303    600.0    0.242
20100304    900.0    0.317
20100305   1200.0    0.384
20100306   1500.0    0.445
20100307   1800.0    0.503
20100308   2100.0    0.558
*      capacitance(j/m3-k)
20100351                1000.0
*-----*
*      uranium oxide
*-----*
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100400  tbl/ctn      1     -1      $uo2
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100401    273.15    8.719
20100402    873.15    3.911
20100403   1273.15    2.933
20100404   1473.15    2.644
20100405   1673.15    2.442
20100406   1873.15    2.316
20100407   2273.15    2.580
20100408   2473.15    2.843
20100409   2773.15    3.471
20100410   3073.15    4.565
*      capacitance(j/m3-k)
20100451                2.336e+06
20100452                3.218e+06
20100453                3.373e+06
20100454                3.452e+06
20100455                3.563e+06
20100456                3.742e+06
20100457                4.448e+06
20100458                5.025e+06
20100459                6.189e+06

```

```

20100460                7.680e+06
*-----*
*      inconnel-718
*-----*
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100500  tbl/ctn      1      1      $inconnel
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100501    273.15    11.08
20100502    373.15    12.67
20100503    473.15    14.26
20100504    573.15    15.85
20100505   1073.15    23.80
*      temperature(k) capacitance(j/m3-k)
20100551                3.832e+06
*-----*
*      argon (dummy capacitance)
*-----*
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100600  tbl/ctn      1      1      $argon
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100601    300.0    0.019
20100602    600.0    0.030
20100603    900.0    0.040
20100604   1200.0    0.049
20100605   1500.0    0.058
20100606   1800.0    0.065
20100607   2100.0    0.073
*      capacitance(j/m3-k)
20100651                1000.0
*-----*
*      water
*-----*
*      composition  cond flag  cp flag  material
20100700  tbl/ctn      1     -1      $water
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100701    273.15    0.552
20100702    313.15    0.628
20100703    373.15    0.680
20100704    393.15    0.685
20100705    413.15    0.684

```

```

20100706 473.15 0.665
20100707 533.15 0.611
20100708 573.15 0.540
20100709 810.93 0.078
*
* capacitance(j/m3-k)
20100751 4.22e+06
20100752 4.15e+06
20100753 4.05e+06
20100754 4.02e+06
20100755 3.98e+06
20100756 3.90e+06
20100757 3.89e+06
20100758 4.09e+06
20100759 1000.0
*-----*
* pool insulation *
*-----*
* composition cond flag cp flag material
20100800 tbl/fctn 1 1 $ceramic
* temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100801 0.0554
* temperature(k) capacitance(j/m3-k)
20100851 20128.
*-----*
* neon *
*-----*
* composition cond flag cp flag material
20100900 tbl/fctn 1 1 $neon
* temperature(k) conductivity(w/m-k)
20100901 303.2 0.050
20100902 323.2 0.051
20100903 373.2 0.056
20100904 423.2 0.061
20100905 473.2 0.065
20100906 523.2 0.070
20100907 573.2 0.074
20100908 623.0 0.078
20100909 673.0 0.082
*
* capacitance(j/m3-k)
20100951 1000.0

```

```

*-----*
* general tables
*-----*
* ips assembly decay power: fast scram
*-----*
* table type trip no. factor 1 factor 2
20200100 power 404 1.0 63000.0
* time power
20200101 -1.0 1.0
20200102 0.0 1.0
20200103 0.05 0.989212
20200104 0.1 0.958801
20200105 0.2 0.817441
20200106 0.3 0.609772
20200107 0.4 0.463948
20200108 0.5 0.370948
20200109 0.6 0.307429
20200110 0.7 0.263998
20200111 0.8 0.234052
20200112 0.9 0.213964
20200113 1.0 0.202897
20200114 1.25 0.195364
20200115 1.5 0.188761
20200116 2.0 0.177787
20200117 3.0 0.159768
20200118 5.0 0.134229
20200119 10.0 0.097424
20200120 20.0 0.070787
20200121 40.0 0.055177
20200122 100.0 0.041494
20200123 200.0 0.033302
20200124 600.0 0.025322
20200125 1000.0 0.022200
20200126 2000.0 0.018840
20200127 6000.0 0.013440
*-----*
* gamma heating: flow divider and legs *
*-----*
* table type trip no. factor 1 factor 2
20200200 power 404 1.0 8517.0

```



```

*=====
* Heat Flux for Main Cooler: 112.3kW, 312.0C--->300.3C
*-----
*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20200800  htmrate  401      1.0      1000.0
*      time      heat flux (W/m2)
20200801  -1.0      293.0
20200802   0.0      293.0
20200803   0.1       0.0
20200804  10000.    0.0
*-----
* flow control valve (FV-001) stem position vs flow area
*-----
*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20201100  normarea
*      stempos      area
20201101   0.0     0.0
20201102   0.05   0.03963
20201103   0.10   0.04624
20201104   0.15   0.05548
20201105   0.20   0.06605
20201106   0.25   0.07794
20201107   0.30   0.09247
20201108   0.35   0.10964
20201109   0.40   0.12946
20201110   0.45   0.15456
20201111   0.50   0.18230
20201112   0.55   0.21664
20201113   0.60   0.25627
20201114   0.65   0.30383
20201115   0.70   0.36063
20201116   0.75   0.42668
20201117   0.80   0.50594
20201118   0.85   0.59974
20201119   0.90   0.71070
20201120   0.95   0.84280
20201121   1.00   1.00000
*-----
* flow control valve (FV-002) stem position vs flow area
*-----

```

```

*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20201200  normarea
*      stempos      area
20201201   0.0     0.0
20201202   0.05   0.03937
20201203   0.10   0.04700
20201204   0.15   0.05582
20201205   0.20   0.06580
20201206   0.25   0.07814
20201207   0.30   0.09224
20201208   0.35   0.10987
20201209   0.40   0.12985
20201210   0.45   0.15394
20201211   0.50   0.18273
20201212   0.55   0.21622
20201213   0.60   0.25676
20201214   0.65   0.30435
20201215   0.70   0.36075
20201216   0.75   0.42714
20201217   0.80   0.50646
20201218   0.85   0.60047
20201219   0.90   0.71210
20201220   0.95   0.84371
20201221   1.00   1.00000
*-----
* loop isolation valve (AOV-003,004,005,006) stem p. vs flow area
*-----
*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20201300  normarea
*      stempos      area
20201301   0.00   0.00000
20201302   0.05   0.00250
20201303   0.10   0.01000
20201304   0.15   0.02250
20201305   0.20   0.04000
20201306   0.25   0.06250
20201307   0.30   0.09000
20201308   0.35   0.12250
20201309   0.40   0.16000
20201310   0.45   0.20250

```


| | | |
|----------|------|---------|
| 20201311 | 0.50 | 0.25000 |
| 20201312 | 0.55 | 0.30250 |
| 20201313 | 0.60 | 0.36000 |
| 20201314 | 0.65 | 0.42250 |
| 20201315 | 0.70 | 0.49000 |
| 20201316 | 0.75 | 0.56250 |
| 20201317 | 0.80 | 0.64000 |
| 20201318 | 0.85 | 0.72250 |
| 20201319 | 0.90 | 0.81000 |
| 20201320 | 0.95 | 0.90250 |
| 20201321 | 1.00 | 1.00000 |

* Accum. Discharge valve (SOV-001,014) stem p. vs flow area
 * Depressurization vent valve (sov-005,015) stem p. vs flow area

| * table type | trip no. | factor 1 | factor 2 |
|--------------|----------|----------|----------|
| 20201400 | normarea | | |
| * | stempos | area | |
| 20201401 | 0.00 | 0.00000 | |
| 20201402 | 0.05 | 0.01250 | |
| 20201403 | 0.10 | 0.02500 | |
| 20201404 | 0.15 | 0.03250 | |
| 20201405 | 0.20 | 0.04000 | |
| 20201406 | 0.25 | 0.05500 | |
| 20201407 | 0.30 | 0.07000 | |
| 20201408 | 0.35 | 0.10000 | |
| 20201409 | 0.40 | 0.13000 | |
| 20201410 | 0.45 | 0.17000 | |
| 20201411 | 0.50 | 0.21000 | |
| 20201412 | 0.55 | 0.26700 | |
| 20201413 | 0.60 | 0.32500 | |
| 20201414 | 0.65 | 0.40750 | |
| 20201415 | 0.70 | 0.49000 | |
| 20201416 | 0.75 | 0.60750 | |
| 20201417 | 0.80 | 0.72500 | |
| 20201418 | 0.85 | 0.82500 | |
| 20201419 | 0.90 | 0.90000 | |
| 20201420 | 0.95 | 0.95000 | |
| 20201421 | 1.00 | 1.00000 | |

* Table 21 : 'main heater'

| 20202100 | reac-t | tempf error (K) | heat (W) |
|----------|--------|-----------------|----------|
| 20202101 | -20. | | 1.5e+05 |
| 20202102 | -10. | | 1.5e+05 |
| 20202103 | 0. | | 0.0 |
| 20202104 | 10. | | 0.0 |
| 20202105 | 20. | | 0.0 |

* control variables

* time step calculator

| * name | type | factor | ic | flags | min | max |
|------------------------------|--------|----------|------|-------|-----|-----|
| 20500100 | timstp | sum | 1.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| 20500101 | 0.0 | 1.0 | time | 0 | | |
| 20500102 | -1.0 | cntrlvar | 2 | | | |
| * time of previous time step | | | | | | |
| 20500200 | oldstp | sum | 1.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| 20500201 | 0.0 | 1.0 | time | 0 | | |

| * name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|--------|--------|------|-------|-----|-----|
| 20500900 | time | sum | 1.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| 20500901 | -500.0 | 1.0 | time | 0 | | |

* total tube active zone thermal power

| * name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|---------|--------|-----------|-----------|-----|-----|
| 20501000 | fuelpwr | sum | 1.0e-03 | 0.0 | 0 | 0 |
| 20501001 | 0.0 | 1.0 | q | 310010000 | | |
| 20501002 | 1.0 | q | 310020000 | | | |
| 20501003 | 1.0 | q | 310030000 | | | |
| 20501004 | 1.0 | q | 310040000 | | | |
| 20501005 | 1.0 | q | 310050000 | | | |
| 20501006 | 1.0 | q | 310060000 | | | |
| 20501007 | 1.0 | q | 310070000 | | | |
| 20501008 | 1.0 | q | 410010000 | | | |
| 20501009 | 1.0 | q | 210010000 | | | |

| | | | |
|----------|-----|---|-----------|
| 20501010 | 1.0 | q | 210020000 |
| 20501011 | 1.0 | q | 210030000 |
| 20501012 | 1.0 | q | 210040000 |
| 20501013 | 1.0 | q | 210050000 |
| 20501014 | 1.0 | q | 210060000 |
| 20501015 | 1.0 | q | 210070000 |
| 20501016 | 1.0 | q | 210080000 |

| | | | |
|----------|-----|---|-----------|
| 20502703 | 1.0 | q | 417030000 |
| 20502704 | 1.0 | q | 417040000 |
| 20502707 | 1.0 | q | 420010000 |
| 20502708 | 1.0 | q | 420020000 |
| 20502709 | 1.0 | q | 420030000 |
| 20502710 | 1.0 | q | 420040000 |

* main cooler heat removal *

-----*

| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|---------|------|-----------|-----------|-------|-----|-----|
| 20501500 | mclrpwr | sum | 1.0e-03 | 0.0 | 0 0 | | |
| 20501501 | 0.0 | 1.0 | q | 470010000 | | | |
| 20501502 | 1.0 | q | 470020000 | | | | |

* main heater heat addition *

-----*

| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|--------|------|-----------|-----------|-------|-----|-----|
| 20501600 | mhtpwr | sum | 1.0e-03 | 0.0 | 0 0 | | |
| 20501601 | 0.0 | 1.0 | q | 129010000 | | | |
| 20501602 | 1.0 | q | 129020000 | | | | |

* cold leg heat loss to hanaro pool *

-----*

| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|--------|------|-----------|-----------|-------|-----|-----|
| 20502500 | poolcl | sum | 1.0e-03 | 0.0 | 1 0 | | |
| 20502501 | 0.0 | 1.0 | q | 170010000 | | | |
| 20502502 | 1.0 | q | 170020000 | | | | |
| 20502503 | 1.0 | q | 170030000 | | | | |
| 20502510 | 1.0 | q | 180010000 | | | | |
| 20502511 | 1.0 | q | 180020000 | | | | |
| 20502512 | 1.0 | q | 180030000 | | | | |
| 20502513 | 1.0 | q | 180040000 | | | | |

* hot leg heat loss to hanaro pool *

-----*

| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|--------|------|-----------|-----------|-------|-----|-----|
| 20502700 | poolhl | sum | 1.0e-03 | 0.0 | 1 0 | | |
| 20502701 | 0.0 | 1.0 | q | 417010000 | | | |
| 20502702 | 1.0 | q | 417020000 | | | | |

* DNBR *

-----*

| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|-------|-----------|--------|-----------|-------|-----|-----|
| 20503100 | dnbr1 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503101 | htrnr | 310100101 | htchf | 310100101 | | | |
| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
| 20503200 | dnbr2 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503201 | htrnr | 310100201 | htchf | 310100201 | | | |
| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
| 20503300 | dnbr3 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503301 | htrnr | 310100301 | htchf | 310100301 | | | |
| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
| 20503400 | dnbr4 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503401 | htrnr | 310100401 | htchf | 310100401 | | | |
| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
| 20503500 | dnbr5 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503501 | htrnr | 310100501 | htchf | 310100501 | | | |
| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
| 20503600 | dnbr5 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503601 | htrnr | 310100601 | htchf | 310100601 | | | |
| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
| 20503700 | dnbr5 | div | 1.0 | 1.0 | 0 0 | | |
| 20503701 | htrnr | 310100701 | htchf | 310100701 | | | |

* main loop flow control valve : fcv-002 *

-----*

*

* assume the flow range is 120% of nominal

| * | name | type | factor | ic | flags | min | max |
|----------|---------------|------|--------|-----|-------|-----|-----|
| 20510000 | floerr | sum | 0.5 | 0.0 | 0 3 | -1. | 1. |
| * | flow setpoint | | | | | | |

```

20510001  1.6  -1.0  mflowj  150010000
*-----*
* proportional unit, 6.0 resets/min.
20511500  interr  integral 0.10  0.33  0 3  0.0  1.0
20511501                                cntrlvar 100
*-----*
* rate limiter for valve movement, 10% per second
20511600  y-down  sum      1.0  0.33  0 0
20511601  0.0    1.0    cntrlvar 125
20511602  -0.1   cntrlvar 1
*
20511700  y-up    sum      1.0  0.33  0 0
20511701  0.0    1.0    cntrlvar 125
20511702  0.1    cntrlvar 1
*
20511800  ydwntrip  tripunit 1.0      0.0  0 0
20511801  410
*
20511900  ydwnon  mult     1.0      0.0  0 0
20511901  cntrlvar 116   cntrlvar 118
*
20512000  yuptrip  tripunit 1.0      0.0  0 0
20512001  411
*
20512100  yupon   mult     1.0      0.0  0 0
20512101  cntrlvar 117   cntrlvar 120
*
20512200  ydwntrip  tripunit 1.0      1.0  0 0
20512201  -410
*
20512300  yuptrip  tripunit 1.0      1.0  0 0
20512301  -411
*
20512400  limiton  mult     1.0  0.33  0 0
20512401  cntrlvar 115   cntrlvar 122
20512402  cntrlvar 123
*-----*
* valve stem position
20512500  vlvpos  sum      1.0  0.33  0 3  0.0  1.0
20512501  0.0      1.0  cntrlvar 119

```

```

20512502                                1.0  cntrlvar 121
20512503                                1.0  cntrlvar 124
*-----*
* tripunits allow valve area to lock as-is when 407 trips
*-----*
*      name  type  factor  ic  flags  min  max
20512600  trip1  tripunit 1.0  1.0  0 0
20512601  -407
*      name  type  factor  ic  flags  min  max
20512700  mult1  mult    1.0  0.33  0 0
20512701  cntrlvar 125  cntrlvar 126
*      name  type  factor  ic  flags  min  max
20512800  trip2  tripunit 1.0  0.0  0 0
20512801  407
*      name  type  factor  ic  flags  min  max
20512900  mult2  mult    1.0  0.0  0 0
20512901  cntrlvar 128  cntrlvar 130
*-----*
*      name  type  factor  ic  flags  min  max
20513000  stempos  sum    1.0  0.33  0 3  0.0  1.0
20513001  0.0      1.0  cntrlvar 127
20513002  1.0     1.0  cntrlvar 129
*
*-----*
* main loop recirculation flow control : fcv-001
*-----*
*
* assume flow control range is for 120%
*      name  type  factor  ic  flags  min  max
20530000  flow2  sum    0.5  0.0  0 3  -1.  1.
*      temp setpoint
20530001  1.8  -1.0  mflowj 110010000
*-----*
* proportional unit, 6.0 resets/min.
20531500  interr  integral 0.10  0.02  0 3  0.0  1.0
20531501                                cntrlvar 300
*-----*
* rate limiter for valve movement, 10% per second
20531600  y-down  sum      1.0  0.02  0 0
20531601  0.0    1.0    cntrlvar 325

```

```

20531602      -0.1   cntrlvar  1
*
20531700 y-up    sum      1.0   0.02   0 0
20531701 0.0    1.0    cntrlvar 325
20531702      0.1   cntrlvar  1
*
20531800 ydwntrip tripunit 1.0      0.0 0 0
20531801 414
*
20531900 ydwnon  mult    1.0      0.0 0 0
20531901 cntrlvar 316   cntrlvar 318
*
20532000 yuptrip  tripunit 1.0      0.0 0 0
20532001 415
*
20532100 yupon   mult    1.0      0.0 0 0
20532101 cntrlvar 317   cntrlvar 320
*
20532200 ydwntrip tripunit 1.0      1.0 0 0
20532201 -414
*
20532300 yuptrip  tripunit 1.0      1.0 0 0
20532301 -415
*
20532400 limiton  mult    1.0   0.02   0 0
20532401 cntrlvar 315   cntrlvar 322
20532402 cntrlvar 323
*-----*
* valve stem position
20532500 vlvpos  sum      1.0   0.02   0 3   0.0 1.0
20532501 0.0      1.0 cntrlvar 319
20532502      1.0   cntrlvar 321
20532503      1.0   cntrlvar 324
*-----*
* tripunits allow valve area to lock as-is when 407 trips
*-----*
*
*   name   type   factor   ic   flags   min   max
20532600 trip1  tripunit 1.0     1.0   0 0
20532601 -407
*
*   name   type   factor   ic   flags   min   max

```

```

20532700 mult1  mult    1.0   0.02   0 0
20532701 cntrlvar 325   cntrlvar 326
*
*   name   type   factor   ic   flags   min   max
20532800 trip2  tripunit 1.0     0.0   0 0
20532801 407
*
*   name   type   factor   ic   flags   min   max
20532900 mult2  mult    1.0   0.0   0 0
20532901 cntrlvar 328   cntrlvar 330
*-----*
*
*   name   type   factor   ic   flags   min   max
20533000 stempos sum      1.0   0.02   0 3   0.0 1.0
20533001 0.0      1.0   cntrlvar 327
20533002      1.0   cntrlvar 329
*
*-----*
* main heater control : cntrlvar 401
*-----*
*
20540100 'prop'  mult    1.0   0.0   1
20540101 cntrlvar 402   cntrlvar 403
*
*   cntrlvar 402: propotional heater(116kw)
20540200 'prop'  function 1.0   0.0   1
20540201 cntrlvar 410   21
*
20540300 'trp'   tripunit 1.0   0.0   1
20540301 -404
*
*   cntrlvar 410: tempf error
20541000 t-err   sum      1.     0.0   1
*
*   -target tempf
20541001 -573.5  1.0   tempf   150010000
*
*-----*
* monitor process variables for scram and ecws trips
*-----*
*
* ftl hot leg temperature sensor
20550100 temp   sum      1.0   585.2  0 0
20550101 0.0    1.0   tempf  445010000

```

```

*-----*
* ftl cold leg flow sensor
20550200 flow sum 1.0 1.60 0 0
20550201 0.0 1.0 mflowj 150010000
*-----*
* pressurizer level sensor
20550300 level sum 1.717e-04 0.50 0 0
20550301 0.0 1.0 p 550010000
20550302 -1.0 p 550100000
*-----*
* ftl cold leg pressure sensor
20550400 press sum 1.0 1.59532e+07 0 0
20550401 0.0 1.0 p 150010000
*-----*
* ftl hot leg pressure sensor
20550500 press sum 1.0 1.50538e+07 0 0
20550501 0.0 1.0 p 445010000
*
*=====
* relief valve hysteresis control
*=====
*
* new pressure for calculating delta-p
* lift pressure is 1.68921e+07
* upper limit is = "lift pressure + 10% accumulation - small delta"
* lower limit is = "lift pressure - 10% blowdown + small delta"
*-----*
20580000 newpres sum 1.0 1.56e+07 0 3 1.5203e+07 1.8581e+07
20580001 0.0 1.0 p 445010000
*-----*
* reset trip for closing valve
*-----*
20580100 vlvreset tripunit 1.0 0.0 0 0
20580101 622
*-----*
* initial valve area seed (true for only 1 time step)
*-----*
20580200 initarea tripunit 0.6 0.0 0 0
20580201 623
*-----*

* valve area from calculations
*-----*
20580300 vlvarea sum 1.0 0.0 0 3 0.0 1.0
20580301 0.0 1.0 cntrlvar 803
20580302 1.0 cntrlvar 802
20580303 1.0 cntrlvar 813
*-----*
* numerator of interpolation calculation
*-----*
20580400 delta-p sum 1.0 0.0 0 0
20580401 0.0 1.0 cntrlvar 800
20580402 -1.0 cntrlvar 815
*-----*
* numerator up
*-----*
20580500 calc1up sum 1.0 0.0 0 0
20580501 1.0 -1.0 cntrlvar 803
*
20580600 calc2up mult 1.0 0.0 0 0
20580601 cntrlvar 804 cntrlvar 805
*-----*
* numerator down
*-----*
20580700 calc1dn mult 1.0 0.0 0 0
20580701 cntrlvar 803 cntrlvar 804
*-----*
* denominator of interpolation calculation
*-----*
* denominator up (lift pressure + 10% accumulation)
*-----*
20580800 calc3up sum 1.0 0.0 0 0
20580801 1.858131e+07 -1.0 cntrlvar 815
*
* calculate delta-area up (limit to g.e. 0.0)
*
20580900 deltaup div 1.0 0.0 0 1 0.0
20580901 cntrlvar 808 cntrlvar 806
*-----*
* denominator down (lift pressure - 10% blowdown)
*-----*

```

```

20581000 calc3dn sum 1.0 0.0 0 0
20581001 -1.520289e+07 1.0 cntrlvar 815
*
* calculate delta-area down (limit to i.e. 0.0)
*
20581100 deltadn div 1.0 0.0 0 2 0.0
20581101 cntrlvar 810 cntrlvar 807
*-----*
* delta-area for valve
*-----*
20581200 delta-a sum 1.0 0.0 0 0
20581201 0.0 1.0 cntrlvar 809
20581202 1.0 cntrlvar 811
*
* use reset trip to maintain zero area when needed
*
20581300 deltadn mult 1.0 0.0 0 0
20581301 cntrlvar 801 cntrlvar 812
*-----*
* final valve area for control
*-----*
20581400 area-o/c mult 1.0 0.0 0 3 0.0 1.0
20581401 cntrlvar 801 cntrlvar 803
*-----*
* old pressure for calculating delta-p
* lift pressure is 1.68921e+07
* upper limit is = "lift pressure + 10% accumulation - small delta"
* lower limit is = "lift pressure - 10% blowdown + small delta"
*-----*
20581500 vlvarea sum 1.0 1.556e+07 0 3 1.5203e+07 1.8581e+07
20581501 0.0 1.0 p 445010000
*-----*
. * termination card

* Case 10
* IPS flow (V150) = 1.6 kg/sec (normal flow)
* IPS inlet temperature (V150) = 300.3C (573.5K) (normal temp.)
* IPS pressure (V413-11) = 15.6 MPa (normal press.)
* Accum. pressure = 16.625 MPa (normal press.)

```

```

* Accum. water level = 2.679 m (Normal Level)
* Accum. temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* WDT pressure = 0.101325MPa (Normal Press.)
* WDT level = 0.315 m (Normal Level)
* WDT temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* Fuel power = 63.0 kW (100% of normal fuel power)
* Gamma heating of leg and flow divider = 8.517 kW (100% of normal gamma heating)
* Gamma heating of IPS vessel = 36.283 kW (105% of normal gamma heating)
*-----*
* Axial peaking factor = 1.387
*****
*-----*
* problem type problem option
0000100 restart transnt
*-----*
* run option
0000101 run
*-----*
* input units output units
0000102 si si
* restart number
0000103 35143
*-----*
* limit 1 limit 2 cpu limit
0000105 5.0 10.0 100000.0
*-----*
* ref. Volume elevation fluid name
0000120 110010000 77.737 h2o ftl
*-----*
* end time min dt max dt ssdoo min edt maj edt restart
0000201 500. 1.0e-06 0.20 10003 5 300 300
0000202 530. 1.0e-50 0.002 10003 100 1000 1000
0000203 600. 1.0e-50 0.005 10003 40 1000 1000
0000204 800. 1.0e-50 0.01 10003 20 1000 1000
0000205 1500. 1.0e-50 0.05 10003 10 1000 1000
*-----*
* minor edit variables *
*-----*
* code parameter
0000301 cntrlvar 9

```

```

* pressure
0000302 p      110010000
0000303 p      310010000
0000304 p      310040000
0000305 p      310070000
0000306 p      150010000
0000307 p      445010000
0000308 p      550100000
* massflow
0000310 mflowj  110010000
0000311 mflowj  220010000
0000312 mflowj  310010000
0000313 mflowj  310040000
0000314 mflowj  814010000
0000315 mflowj  854010000
0000316 mflowj  150010000
0000317 mflowj  445010000
0000318 mflowj  894010000
0000319 mflowj  805030000
* fuel clad temperature
0000321 httemp  310100111
0000322 httemp  310100211
0000323 httemp  310100311
0000324 httemp  310100411
0000325 httemp  310100511
0000326 httemp  310100611
0000327 httemp  310100711
* void fraction
0000331 voidg   310010000
0000332 voidg   310020000
0000333 voidg   310030000
0000334 voidg   310040000
0000335 voidg   310050000
0000336 voidg   310060000
0000337 voidg   310070000
0000338 voidg   150010000
0000339 voidg   445010000
0000340 voidg   894010000
* dnbr
0000341 cntrlvar 31

```

300.0 1310.0 1 1

```

0000342 cntrlvar 32
0000343 cntrlvar 33
0000344 cntrlvar 34
0000345 cntrlvar 35
0000346 cntrlvar 36
0000347 cntrlvar 37
*****
* pressure
0000351 p      810010000
0000352 p      850010000
0000353 p      920010000
* temperature
0000354 tempf   150010000
0000355 tempf   210050000
0000356 tempf   310040000
0000357 tempf   445010000
* bypass and disposal tank flow
0000358 mflowj  127000000
0000359 mflowj  899010000
0000360 mflowj  921000000
* fuel centerline temperature
0000361 httemp  310100101
0000362 httemp  310100201
0000363 httemp  310100301
0000364 httemp  310100401
0000365 httemp  310100501
0000366 httemp  310100601
0000367 httemp  310100701
* heat transfer mode
0000370 htmode   310100401
* critical heat flux
0000371 htchf   310100101
0000372 htchf   310100201
0000373 htchf   310100301
0000374 htchf   310100401
0000375 htchf   310100501
0000376 htchf   310100601
0000377 htchf   310100701
* heat flux
0000381 htrnr   310100101

```

```

0000382 htrnr 310100201
0000383 htrnr 310100301
0000384 htrnr 310100401
0000385 htrnr 310100501
0000386 htrnr 310100601
0000387 htrnr 310100701
* accumulator level
0000388 acvliq 810
0000389 acvliq 850
0000390 vlvarea 135
0000391 vlvarea 461
0000392 vlvarea 815
0000393 vlvarea 890
* evaluate break force load
0000395 mflowj 710000000
0000396 mflowj 720000000
0000397 p 996010000 1.0e+05 2.5e+05 2 1
0000398 tempg 996010000
*-----*
* trip controls *
*-----*
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000401 time 0 gt null 0 500.0 n * null
0000402 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * false
0000403 time 0 gt timeof 401 1.0e+06 n * oldvt
0000404 time 0 gt timeof 604 0.615 1 * scram
0000405 time 0 gt timeof 614 0.41 1 * iso/acc/vt
0000407 time 0 gt timeof 401 0.0 1 * loopf
*-----*
* scram input trips
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000501 cntrlvar 501 gt null 0 604.65 1 * hitmp hanaro trip
0000502 cntrlvar 502 lt null 0 1.280 1 * loflo hanaro trip
0000503 cntrlvar 502 gt null 0 1.840 1 * hiflo hanaro trip
0000504 cntrlvar 504 lt null 0 1.41342e+07 1 * loprs hanaro trip
0000505 cntrlvar 504 gt null 0 1.72368e+07 1 * hiprs hanaro trip
*-----*
* ecws/isolation trips
0000511 cntrlvar 501 gt null 0 612.65 1 * hhtmlp iso/ecws
0000512 cntrlvar 502 lt null 0 0.960 1 * llflo iso/ecws

```

```

0000513 cntrlvar 504 lt null 0 1.34447e+07 1 * llprs iso/escw
*-----*
* normal loop junction *
*-----*
* component name component type
1210000 "jun-121" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcchs
1210101 120010000 128000000 9.09e-04 0.42 0.42 001100
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
1210201 1 1.6 0.0 0.0
* valve type
1210300 mtrvlv
* open close rate ip table
1210301 402 401 100.0 1.0
*-----*
* break junction
*-----*
* upstream break junction *
*-----*
* component name component type
7100000 "brk-120" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcchs
7100101 120010000 996000000 9.09e-04 1.00 0.78 000100
* subcooled 2-phase superheated
*7100102 1.0 1.0 1.0
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
7100201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
7100300 mtrvlv
* open close rate ip table
7100301 401 402 100.0 0.0
*-----*
* downstream break junction *
*-----*
* component name component type
7200000 "brk-128" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcchs

```



```

7200101 128000000 996000000 9.09e-04 1.00 0.78 000100
* subcooled 2-phase superheated
*7200102 1.0 1.0 1.0
* vel/flow f velocity g velocity j velocity
7200201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
7200300 mtrvlv
* open close rate ip table
7200301 401 402 100.0 0.0

```

```

*====*
* room 1 : 6.5mmWg vacume pressure from HANARO SAR 10.4, 10-25 page *
* 1.01261e+05 Pa,a *
*====*

```

```

* component name component type
9960000 "room-1" snglvol
*-----*
* AREA LENGTH VOLUME
9960101 0.0 8.0 123.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
9960102 0.0 90.0 8.0
* ROUGHNESS HYD DIAM FE
9960103 0.0 4.429 00
* EBT PRESSURE temperature quality (static)
9960200 004 1.01261e+05 313.2 0.0
*-----*

```

```

* heat structure no. 996 - room 1
*-----*

```

```

* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19961000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt
19961100 0 1
* intervals r. coord.
19961101 9 1.5
* comp no. interval
19961201 10 9
* source interval
19961301 0 9
* temp flag
19961400 0
* temp mesh

```

```

19961401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19961501 996010000 0 1 1 50.4 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19961601 -4 0 3009 1 50.4 1
* s type s mult left right str no
19961701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr glf gllr glf glr lbf str no
19961801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1

```

```

*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19962000 1 10 1 1 0.0 0

```

```

* mesh loc mesh fmt
19962100 0 1
* intervals r. coord.
19962101 9 1.2
* comp no. interval
19962201 10 9
* source interval
19962301 0 9
* temp flag
19962400 0
* temp mesh
19962401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19962501 996010000 0 1 1 87.88 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19962601 -4 0 3009 1 87.88 1
* s type s mult left right str no
19962701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr glf gllr glf glr lbf str no
19962801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1

```

```

*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19963000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt
19963100 0 1
* intervals r. coord.
19963101 9 0.9
* comp no. interval

```

```

19963201 10 9
* source interval
19963301 0 9
* temp flag
19963400 0
* temp mesh
19963401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19963501 996010000 0 1 1 7.965 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19963601 -4 0 3009 1 7.965 1
* s type s mult left right str no
19963701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
19963801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19964000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt
19964100 0 1
* intervals r. coord.
19964101 9 0.75
* comp no. interval
19964201 10 9
* source interval
19964301 0 9
* temp flag
19964400 0
* temp mesh
19964401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19964501 996010000 0 1 1 31.815 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19964601 -4 0 3009 1 31.815 1
* s type s mult left right str no
19964701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
19964801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr

```

```

19965000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt
19965100 0 1
* intervals r. coord.
19965101 9 1.1
* comp no. interval
19965201 10 9
* source interval
19965301 0 9
* temp flag
19965400 0
* temp mesh
19965401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19965501 996010000 0 1 1 10.71 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19965601 -4 0 3009 1 10.71 1
* s type s mult left right str no
19965701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
19965801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
*-----*
* material properties *
*-----*
* concreet wall of room 1
* Heat Transfer A.F. Mills, 815 page
*-----*
* composition cond flag cp flag material
20101000 tbl/fctn 1 -1
* temperature(k) conductivity(w/m-k)
20101001 293.5 1.5
20101002 473.5 1.5
* temperature(k) capacitance(j/m3-k)
20101051 3.5e+06
20101052 3.5e+06
*-----*
* Ambient temperature of the outside of the room 1 is 20 to 27C from *
* the HANARO SAR 10.4. 30C is applied to the temp. conservatively. *
*-----*
* table type trip no. factor 1 factor 2

```

```

20200400      temp      401
*             time      temperature
20200401      -1.0      303.2
20200402      0.0       303.2
20200403      10000.     303.2
*-----*
* Ambient heat transfer coefficient of the outside of the wall *
* from the htc_room1 outer surface.mcd *
*-----*
*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20200900      htc-t      401
*             time      heat transfer coefficient (W/m2K)
20200901      -1.0      1.8
20200902      0.0       1.8
20200903      10000.     1.8
*=====*
* Purification Interchanger and Cooler Model
*-----*
* Connection btwn vol-480 and tube side of the PI & C *
*-----*
*      component name      component type
6050000      "jun-605"      sngljun
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
6050101  610010000  480000000  1.504e-04  0.696  0.437  001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6050201  1          0.0        0.0        0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI *
*-----*
*      component name      component type
6100000      "vol-610"      pipe
*-----*
*      no. volumes
6100001      5
*      vol. area      vol.
6100101      1.504e-04      5
*      length      vol.
6100301      2.178          1
6100302      2.321          2

```

```

6100303      2.841          3
6100304      1.187          4
6100305      1.52           5
*      volume      vol.
6100401      0.0           5
*      vert. Angle      vol.
6100601      0.0           1
6100602      90.           2
6100603      0.0           3
6100604      -90.          4
6100605      0.0           5
*      roughness      h.d.      vol.
6100801      0.000046      0.01384  5
*      f loss      r loss      jun.
6100901      4.05          4.05      1
6100902      0.216         0.216     2
6100903      1.62          1.62      3
6100904      2.43          2.43      4
*      fe      vol.
6101001      00           5
*      fvcchs      jun.
6101101      001000      4
*      ebt      pressure      temperature      vol.
6101201  003      15.5e+06      573.5      0.0  0  0  5
*      vel/flow
6101300      1
*      f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
6101301      0.0          0.0          0.0          4
*-----*
*      component name      component type
6150000      "jun-615"      sngljun
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
6150101  620010000  610000000  1.504e-04  1.0    1.0    001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6150201  1          0.0        0.0        0.0
*-----*
* Tube side volume of purification interchanger
*-----*
*      component name      component type

```

```

6200000      "vol-620"      snglvol
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
6200101  5.655e-03      0.0      0.013
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6200102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM      FE
6200103  0.000046      0.0849      00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6200200  003      15.4e+06      573.5
*-----*
*      component name      component type
6250000      "jun-625"      sngljun
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
6250101  630010000  620000000  1.504e-04  1.0      1.0      001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6250201  1      0.0      0.0      0.0
*-----*
* Pipe btwn tube side of PI and PC
*-----*
*      component name      component type
6300000      "vol-630"      snglvol
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
6300101  1.504e-04      1.97      0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6300102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM      FE
6300103  0.000046      0.01384      00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6300200  003      15.4e+06      573.5
*-----*
*      component name      component type
6350000      "jun-635"      sngljun
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
6350101  640010000  630000000  1.504e-04  1.0      1.0      001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6350201  1      0.0      0.0      0.0

```

```

*-----*
* Tube side volume of purification cooler
*-----*
*      component name      component type
6400000      "vol-640"      snglvol
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
6400101  0.0481      0.0      0.07
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6400102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM      FE
6400103  0.000046      0.2475      00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6400200  003      15.4e+06      445.4
*-----*
* Connection btwn vol-110 and shell side of the PI
*-----*
*      component name      component type
6650000      "jun-665"      sngljun
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
6650101  670010000  110000000  1.504e-04  0.696  0.437  001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6650201  1      0.0      0.0      0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI
*-----*
*      component name      component type
6700000      "vol-670"      pipe
*-----*
*      no. volumes
6700001      3
*      vol. area      vol.
6700101      1.504e-04      3
*      length      vol.
6700301      1.96      1
6700302      1.888      2
6700303      2.926      3
*      volume      vol.
6700401      0.0      3

```

```

*          vert. Angle          vol.
6700601    90.                  1
6700602    0.0                  3
*          roughness            h.d.    vol.
6700801    0.000046            0.01384  3
*          f loss              r loss  jun.
6700901    4.05                 4.05    1
6700902    1.84                 1.84    2
*          fe                   vol.
6701001    00                    3
*          fvcahs               jun.
6701101    001000                2
*          ebt      pressure    temperature    vol.
6701201    003      16.4e+06      573.5      0.0  0  0  3
*          vel/flow
6701300    1
*          f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
6701301    0.0      0.0      0.0      2
*-----*
*          component name          component type
6750000    "jun-675"                    sngljun
*-----*
*          from      to      area    f loss  r loss  fvcahs
6750101  680010000  670000000  1.504e-04  1.0    1.0    001000
*          vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6750201  1          0.0      0.0      0.0
*-----*
* Shell side volume of purification interchanger
*-----*
*          component name          component type
6800000    "vol-680"                    snglvol
*-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6800101  8.449e-03    0.0      0.013
*          HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6800102  0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS  HYD DIAM    FE
6800103  0.000046    0.1037    00
*          EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6800200  003      16.4e+06  573.5

```

```

*-----*
. * termination card
*-----*
* Case 11
* IPS flow (V150) = 1.6 kg/sec (normal flow)
* IPS inlet temperature (V150) = 300.3C (573.5K) (normal temp.)
* IPS pressure (V413-11) = 15.6 MPa (normal press.)
* Accum. pressure = 16.625 MPa (normal press.)
* Accum. water level = 2.679 m (Normal Level)
* Accum. temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* WDT pressure = 0.101325MPa (Normal Press.)
* WDT level = 0.315 m (Normal Level)
* WDT temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* Fuel power = 63.0 kW (100% of normal fuel power)
* Gamma heating of leg and flow divider = 8.517 kW (100% of normal gamma heating)
* Gamma heating of IPS vessel = 36.283 kW (105% of normal gamma heating)
*-----*
* Axial peaking factor = 1.387
*****
*-----*
*          problem type    problem option
0000100  restart                transnt
*-----*
*          run option
0000101  run
*-----*
*          input units    output units
0000102  si                      si
*          restart number
0000103  35143
*-----*
*          limit 1    limit 2    cpu limit
0000105  5.0      10.0    100000.0
*-----*
*          ref. Volume    elevation    fluid    name
0000120  110010000  77.737    h2o      ftl
*-----*
*          end time  min dt  max dt  ssdoo  min edt  maj edt  restart
0000201  500.    1.0e-06  0.20  10003  5      300    300

```



```

0000371 htchf 310100101
0000372 htchf 310100201
0000373 htchf 310100301
0000374 htchf 310100401
0000375 htchf 310100501
0000376 htchf 310100601
0000377 htchf 310100701
* heat flux
0000381 htrnr 310100101
0000382 htrnr 310100201
0000383 htrnr 310100301
0000384 htrnr 310100401
0000385 htrnr 310100501
0000386 htrnr 310100601
0000387 htrnr 310100701
* accumulator level
0000388 acvliq 810
0000389 acvliq 850
0000390 vlvarea 135
0000391 vlvarea 461
0000392 vlvarea 815
0000393 vlvarea 890
* evaluate break force load
0000395 mflowj 710000000
0000396 mflowj 720000000
0000397 p 996010000 1.0e+05 2.5e+05 2 1
0000398 tempg 996010000
=====
* trip controls *
=====
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000401 time 0 gt null 0 500.0 n * null
0000402 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * false
0000403 time 0 gt timeof 401 1.0e+06 n * oldvt
0000404 time 0 gt timeof 604 0.615 1 * scram
0000405 time 0 gt timeof 614 0.41 1 * iso/acc/vt
0000407 time 0 gt timeof 401 0.0 1 * loopf
=====
* scram input trips
* code parameter rel code parameter const. l timeof

```

```

0000501 cntrlvar 501 gt null 0 604.65 1 * hitmp hanaro trip
0000502 cntrlvar 502 lt null 0 1.280 1 * lflo hanaro trip
0000503 cntrlvar 502 gt null 0 1.840 1 * hiflo hanaro trip
0000504 cntrlvar 504 lt null 0 1.41342e+07 1 * loprs hanaro trip
0000505 cntrlvar 504 gt null 0 1.72368e+07 1 * hiprs hanaro trip
*-----*
* ecws/isolation trips
0000511 cntrlvar 501 gt null 0 612.65 1 * hhtmp iso/ecws
0000512 cntrlvar 502 lt null 0 0.960 1 * llflo iso/ecws
0000513 cntrlvar 504 lt null 0 1.34447e+07 1 * llprs iso/escw
*-----*
* normal loop junction *
*-----*
* component name component type
4640000 "vol-464" branch
*-----*
* NO. JUN VEL/FLO
4640001 0 1
* AREA LENGTH VOLUME
4640101 0.000909 0.580 0.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
4640102 0.0 0.0 0.0
* ROUGHNESS HYD DIAM FE
4640103 0.000046 0.03402 00
* EBT PRESSURE TEMPERATURE
4640200 003 15.6e+06 579.5
*-----*
* component name component type
4670000 "jun-467" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcchs
4670101 464010000 465000000 9.09e-04 0.42 0.42 001100
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
4670201 1 1.8 0.0 0.0
* valve type
4670300 mtrvlv
* open close rate ip table
4670301 402 401 100.0 1.0
*-----*
* upstream break junction *

```

```

=====
*          component name      component type
7100000    "brk-120"          valve
-----
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
7100101  465000000  996000000  9.09e-04  1.00  0.78  000100
*      subcooled  2-phase  superheated
*7100102  1.0        1.0
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
7100201  1          0.0        0.0        0.0
*      valve type
7100300  mtrvlv
*      open      close     rate      ip      table
7100301  401        402        100.0     0.0
=====
*      downstream break junction
*
=====
*          component name      component type
7200000    "brk-128"          valve
-----
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
7200101  464010000  996000000  9.09e-04  1.00  0.78  000100
*      subcooled  2-phase  superheated
*7200102  1.0        1.0
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
7200201  1          0.0        0.0        0.0
*      valve type
7200300  mtrvlv
*      open      close     rate      ip      table
7200301  401        402        100.0     0.0
=====
*      room 1 : 6.5mmWg vaccueme pressure from HANARO SAR 10.4, 10-25 page *
*      1.01261e+05 Pa,a
*
=====
*          component name      component type
9960000    "room-1"          snglvol
-----
*      AREA      LENGTH      VOLUME
9960101  0.0          8.0          123.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z

```

```

9960102  0.0          90.0          8.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM      FE
9960103  0.0          4.429         00
*      EBT        PRESSURE  temperature  quality (static)
9960200  004         1.01261e+05  313.2        0.0
=====
*      heat structure no. 996 - room 1
*
-----
*      strs mesh geom init  l coord  refl  bvol  axl  incr
19961000  1  10      1  1    0.0    0
*      mesh loc  mesh fmt
19961100  0          1
*      intervals  r. coord.
19961101  9          1.5
*      comp no.   interval
19961201  10         9
*      source     interval
19961301  0          9
*      temp flag
19961400  0
*      temp       mesh
19961401  313.2      10
*      left vol   incr  b cond  sa code  factor  str no
19961501  996010000  0        1        1        50.4    1
*      right vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
19961601  -4         0        3009     1        50.4    1
*      s type     s mult  left    right    str no
19961701  0          0.0      0        0        1
*      hed       hlf     hlr     glf     glr     glf     glr     lbf  str no
19961801  0.0       100.    100.    0.0     0.0     0.0     0.0     1.0  1
*
-----
*      strs mesh geom init  l coord  refl  bvol  axl  incr
19962000  1  10      1  1    0.0    0
*      mesh loc  mesh fmt
19962100  0          1
*      intervals  r. coord.
19962101  9          1.2
*      comp no.   interval
19962201  10         9
*      source     interval

```



```

19962301 0 9
* temp flag
19962400 0
* temp mesh
19962401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19962501 996010000 0 1 1 87.88 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19962601 -4 0 3009 1 87.88 1
* s type s mult left right str no
19962701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
19962801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19963000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt
19963100 0 1
* intervals r. coord.
19963101 9 0.9
* comp no. interval
19963201 10 9
* source interval
19963301 0 9
* temp flag
19963400 0
* temp mesh
19963401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19963501 996010000 0 1 1 7.965 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19963601 -4 0 3009 1 7.965 1
* s type s mult left right str no
19963701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
19963801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19964000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt

```

```

19964100 0 1
* intervals r. coord.
19964101 9 0.75
* comp no. interval
19964201 10 9
* source interval
19964301 0 9
* temp flag
19964400 0
* temp mesh
19964401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19964501 996010000 0 1 1 31.815 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19964601 -4 0 3009 1 31.815 1
* s type s mult left right str no
19964701 0 0.0 0 0 1
* hed hlf hlr gllf gllr glf glr lbf str no
19964801 0.0 100. 100. 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1
*-----*
* strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19965000 1 10 1 1 0.0 0
* mesh loc mesh fmt
19965100 0 1
* intervals r. coord.
19965101 9 1.1
* comp no. interval
19965201 10 9
* source interval
19965301 0 9
* temp flag
19965400 0
* temp mesh
19965401 313.2 10
* left vol incr b cond sa code factor str no
19965501 996010000 0 1 1 10.71 1
* right vol incr b cond sa code factor str no
19965601 -4 0 3009 1 10.71 1
* s type s mult left right str no
19965701 0 0.0 0 0 1

```

```

*      hed   hlf   hlr   glf   glr   glf   glr   lbf   str no
19965801  0.0   100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0   1
*-----*
* material properties
*-----*
* concreet wall of room 1
* Heat Transfer A.F. Mills, 815 page
*-----*
*      composition   cond flag   cp flag   material
20101000  tbl/fctn         1         -1
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20101001   100.0         1.5
20101002   500.0         1.5
*      temperature(k) capacitance(j/m3-k)
20101051             3.5e+06
20101052             3.5e+06
*-----*
* Ambient temperature of the outside of the room 1 is 20 to 27C from *
* the HANARO SAR 10.4. 30C is applied to the temp. conservatively. *
*-----*
*      table type   trip no.   factor 1   factor 2
20200400      temp         401
*      time         temperature
20200401     -1.0         303.2
20200402       0.0         303.2
20200403    10000.         303.2
*-----*
* Ambient heat transfer coefficient of the outside of the wall *
* from the htc_room1 outer surface.mcd
*-----*
*      table type   trip no.   factor 1   factor 2
20200900      htc-t         401
*      time         heat transfer coefficient (W/m2K)
20200901     -1.0         1.8
20200902       0.0         1.8
20200903    10000.         1.8
*-----*
* Purification Interchanger and Cooler Model
*-----*
* Connection btwn vol-480 and tube side of the PI & C

```

```

*-----*
*      component name      component type
6050000      "jun-605"      sngljun
*-----*
*      from   to      area   f loss  r loss  fvcchs
6050101  610010000  480000000  1.504e-04  0.696  0.437  001000
*      vel/flw   f velocity  g velocity  j velocity
6050201  1         0.0         0.0         0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI
*-----*
*      component name      component type
6100000      "vol-610"      pipe
*-----*
*      no. volumes
6100001      5
*      vol. area      vol.
6100101      1.504e-04      5
*      length      vol.
6100301      2.178          1
6100302      2.321          2
6100303      2.841          3
6100304      1.187          4
6100305      1.52           5
*      volume      vol.
6100401      0.0            5
*      vert. Angle  vol.
6100601      0.0            1
6100602      90.            2
6100603      0.0            3
6100604      -90.           4
6100605      0.0            5
*      roughness    h.d.    vol.
6100801      0.000046  0.01384  5
*      f loss      r loss  jun.
6100901      4.05      4.05      1
6100902      0.216     0.216     2
6100903      1.62      1.62      3
6100904      2.43      2.43      4
*      fe          vol.

```

```

6101001      00              5
*          fvcahs          jun.
6101101      001000          4
*          ebt      pressure      temperature      vol.
6101201      003      15.5e+06      573.5      0.0      0      0      5
*          vel/flow
6101300      1
*          f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
6101301      0.0      0.0      0.0      4
-----*
*          component name      component type
6150000      "jun-615"      sngljun
-----*
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcahs
6150101      620010000      610000000      1.504e-04      1.0      1.0      001000
*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
6150201      1      0.0      0.0      0.0
-----*
* Tube side volume of purification interchanger
-----*
*          component name      component type
6200000      "vol-620"      snglvol
-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6200101      5.655e-03      0.0      0.013
*          HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
6200102      0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
6200103      0.000046      0.0849      00
*          EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
6200200      003      15.4e+06      573.5
-----*
*          component name      component type
6250000      "jun-625"      sngljun
-----*
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcahs
6250101      630010000      620000000      1.504e-04      1.0      1.0      001000
*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
6250201      1      0.0      0.0      0.0
-----*

```

```

* Pipe btwn tube side of PI and PC
-----*
*          component name      component type
6300000      "vol-630"      snglvol
-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6300101      1.504e-04      1.97      0.0
*          HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
6300102      0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
6300103      0.000046      0.01384      00
*          EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
6300200      003      15.4e+06      573.5
-----*
*          component name      component type
6350000      "jun-635"      sngljun
-----*
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcahs
6350101      640010000      630000000      1.504e-04      1.0      1.0      001000
*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
6350201      1      0.0      0.0      0.0
-----*
* Tube side volume of purification cooler
-----*
*          component name      component type
6400000      "vol-640"      snglvol
-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6400101      0.0481      0.0      0.07
*          HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
6400102      0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
6400103      0.000046      0.2475      00
*          EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
6400200      003      15.4e+06      445.4
=====
* Connection btwn vol-110 and shell side of the PI      *
-----*
*          component name      component type
6650000      "jun-665"      sngljun

```

```

*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
6650101 670010000 110000000 1.504e-04 0.696 0.437 001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6650201 1          0.0          0.0          0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI
*-----*
*      component name      component type
6700000      "vol-670"      pipe
*-----*
*      no. volumes
6700001      3
*      vol. area      vol.
6700101      1.504e-04      3
*      length      vol.
6700301      1.96      1
6700302      1.888      2
6700303      2.926      3
*      volume      vol.
6700401      0.0      3
*      vert. Angle      vol.
6700601      90.      1
6700602      0.0      3
*      roughness      h.d.      vol.
6700801      0.000046      0.01384      3
*      f loss      r loss      jun.
6700901      4.05      4.05      1
6700902      1.84      1.84      2
*      fe      vol.
6701001      00      3
*      fvcahs      jun.
6701101      001000      2
*      ebt      pressure      temperature      vol.
6701201 003      16.4e+06      573.5      0.0 0 0 3
*      vel/flow
6701300      1
*      f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
6701301      0.0      0.0      0.0      2
*-----*

```

```

*      component name      component type
6750000      "jun-675"      sngljun
*-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcahs
6750101 680010000 670000000 1.504e-04 1.0 1.0 001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6750201 1          0.0          0.0          0.0
*-----*
* Shell side volume of purification interchanger
*-----*
*      component name      component type
6800000      "vol-680"      snglvol
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
6800101 8.449e-03 0.0 0.013
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6800102 0.0 0.0 0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
6800103 0.000046 0.1037 00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6800200 003 16.4e+06 573.5
*-----*
. * termination card

```

```

* Case 20
* IPS flow (V150) = 1.6 kg/sec (normal flow)
* IPS inlet temperature (V150) = 306.306C (579.5K) (102% of normal temp.)
* IPS pressure (V413-11) = 15.912 MPa (102% of normal press.)
* Accum. pressure = 16.625 MPa (normal press.)
* Accum. water level = 2.679 m (Normal Level)
* Accum. temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* WDT pressure = 0.101325MPa (Normal Press.)
* WDT level = 0.315 m (Normal Level)
* WDT temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)
* Fuel power = 66.15 kW (105% of normal fuel power)
* Gamma heating of leg and flow divider = 8.943 kW (105% of normal gamma heating)
* Gamma heating of IPS vessel = 38.097 kW (105% of normal gamma heating)
*-----*
* Axial peaking factor = 1.387
*****
*-----*
*      problem type      problem option
0000100  restart          transnt
*-----*
*      run option
0000101      run
*-----*
*      input units      output units
0000102      si          si
*      restart number
0000103  35742
*-----*
*      limit 1      limit 2      cpu limit
0000105      5.0      10.0      100000.0
*-----*
*      ref. Volume      elevation      fluid      name
0000120  110010000      77.737      h2o      ftl
*-----*
*      end time      min dt      max dt      ssdoo      min edt      maj edt      restart
0000201      500.      1.0e-06      0.20      10003      5      300      300
0000202      530.      1.0e-50      0.002      10003      100      1000      1000
0000203      600.      1.0e-50      0.005      10003      40      1000      1000
0000204      800.      1.0e-50      0.01      10003      20      1000      1000
0000205      1500.      1.0e-50      0.05      10003      10      1000      1000

```

```

*-----*
*      minor edit variables
*-----*
*      code      parameter
0000301  cntrlvar  9
*      pressure
0000302  p          110010000
0000303  p          310010000
0000304  p          310040000
0000305  p          310070000
0000306  p          150010000
0000307  p          445010000
0000308  p          550100000
*      massflow
0000310  mflowj    110010000
0000311  mflowj    220010000
0000312  mflowj    310010000
0000313  mflowj    310040000
0000314  mflowj    814010000
0000315  mflowj    854010000
0000316  mflowj    150010000
0000317  mflowj    445010000
0000318  mflowj    894010000
0000319  mflowj    805030000
*      fuel clad temperature
0000321  httemp    310100111
0000322  httemp    310100211
0000323  httemp    310100311
0000324  httemp    310100411      300.0      1310.0      1      1
0000325  httemp    310100511
0000326  httemp    310100611
0000327  httemp    310100711
*      void fraction
0000331  voidg      310010000
0000332  voidg      310020000
0000333  voidg      310030000
0000334  voidg      310040000
0000335  voidg      310050000
0000336  voidg      310060000
0000337  voidg      310070000

```

```

0000338 voidg 150010000
0000339 voidg 445010000
0000340 voidg 894010000
* dnbr
0000341 cntrlvar 31
0000342 cntrlvar 32
0000343 cntrlvar 33
0000344 cntrlvar 34
0000345 cntrlvar 35
0000346 cntrlvar 36
0000347 cntrlvar 37
*****
* pressure
0000351 p 810010000
0000352 p 850010000
0000353 p 920010000
* temperature
0000354 tempf 150010000
0000355 tempf 210050000
0000356 tempf 310040000
0000357 tempf 445010000
* bypass and disposal tank flow
0000358 mflowj 127000000
0000359 mflowj 899010000
0000360 mflowj 921000000
* fuel centerline temperature
0000361 httemp 310100101
0000362 httemp 310100201
0000363 httemp 310100301
0000364 httemp 310100401
0000365 httemp 310100501
0000366 httemp 310100601
0000367 httemp 310100701
* heat transfer mode
0000370 htmode 310100401
* heat flux
0000371 htrnr 996100100
0000372 htrnr 996200100
0000373 htrnr 996300100
0000374 htrnr 996400100

```

```

0000375 htrnr 996500100
* heat transfer coefficient
0000381 hthtc 996100100
0000382 hthtc 996200100
0000383 hthtc 996300100
0000384 hthtc 996400100
0000385 hthtc 996500100
* accumulator level
0000388 acvliq 810
0000389 acvliq 850
0000390 vlvarea 135
0000391 vlvarea 461
0000392 vlvarea 815
0000393 vlvarea 890
* evaluate break force load
0000395 mflowj 710000000
0000396 mflowj 720000000
0000397 p 996010000 1.0e+05 2.5e+05 2 1
0000398 tempg 996010000
*-----*
* trip controls *
*-----*
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000401 time 0 gt null 0 500.0 n * null
0000402 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * false
0000403 time 0 gt timeof 401 1.0e+06 n * oldvt
0000404 time 0 gt timeof 604 0.615 1 * scram
0000405 time 0 gt timeof 614 0.41 1 * iso/acc/vt
0000407 time 0 gt timeof 401 0.0 1 * loopf
*-----*
* scram input trips
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000501 cntrlvar 501 gt null 0 604.65 1 * hitmp hanaro trip
0000502 cntrlvar 502 lt null 0 1.280 1 * loflo hanaro trip
0000503 cntrlvar 502 gt null 0 1.840 1 * hiflo hanaro trip
0000504 cntrlvar 504 lt null 0 1.41342e+07 1 * loprs hanaro trip
0000505 cntrlvar 504 gt null 0 1.72368e+07 1 * hiprs hanaro trip
*-----*
* ecws/isolation trips
0000511 cntrlvar 501 gt null 0 612.65 1 * hhttp iso/ecws

```

```

0000512 cntrlvar 502      lt null      0      0.960 1 * llflo iso/ecws
0000513 cntrlvar 504      lt null      0 1.34447e+07 1 * llprs iso/escw
*=====
* normal loop junction
*=====
*          component name      component type
1210000      "jun-121"      valve
*-----
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
1210101 120010000 128000000 9.09e-04 0.42 0.42 001100
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
1210201 1      1.6      0.0      0.0
*      valve type
1210300 mtrvrv
*      open  close  rate  ip  table
1210301 402  401  100.0  1.0
*=====
* break junction
*=====
* upstream break junction
*=====
*          component name      component type
7100000      "brk-120"      valve
*-----
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
7100101 120010000 996000000 9.09e-04 1.00 0.78 000100
*      subcooled 2-phase superheated
*7100102 1.0      1.0      1.0
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
7100201 1      0.0      0.0      0.0
*      valve type
7100300 mtrvrv
*      open  close  rate  ip  table
7100301 401  402  100.0  0.0
*=====
* downstream break junction
*=====
*          component name      component type
7200000      "brk-128"      valve
*-----

```

```

*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
7200101 128000000 996000000 9.09e-04 1.00 0.78 000100
*      subcooled 2-phase superheated
*7200102 1.0      1.0      1.0
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
7200201 1      0.0      0.0      0.0
*      valve type
7200300 mtrvrv
*      open  close  rate  ip  table
7200301 401  402  100.0  0.0
*=====
* room 1 : 6.5mmWg vaccume pressure from HANARO SAR 10.4, 10-25 page *
*      1.01261e+05 Pa,a
*=====
*          component name      component type
9960000      "room-1"      snglvol
*-----
*      AREA      LENGTH      VOLUME
9960101 0.0      8.0      123.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
9960102 0.0      90.0      8.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
9960103 0.0      4.429  00
*      EBT  PRESSURE  temperature  quality (static)
9960200 004  1.01261e+05 313.2  0.0
*=====
* heat structure no. 996 - room 1
*-----
*      strs  mesh  geom  init  l coord  refl  bvol  axl  incr
19961000 1  10  1  1  0.0  0
*      mesh loc  mesh fmt
19961100 0      1
*      intervals  r. coord.
19961101 9      1.5
*      comp no.  interval
19961201 10  9
*      source  interval
19961301 0      9
*      temp flag
19961400 0

```

```

*      temp      mesh
19961401 313.2      10
*      left vol   incr   b cond   sa code   factor   str no
19961501 996010000    0       1       1       50.4     1
*      right vol  incr   b cond   sa code   factor   str no
19961601 -4           0       3009    1       50.4     1
*      s type     s mult   left     right     str no
19961701 0           0.0     0       0       1
*      hed      hlf    hlr    gllf  gllr  glf  glr  lbf  str no
19961801 0.0      100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  1
*-----*
*      strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19962000 1 10 1 1 0.0 0
*      mesh loc  mesh fmt
19962100 0 1
*      intervals r. coord.
19962101 9 1.2
*      comp no.  interval
19962201 10 9
*      source    interval
19962301 0 9
*      temp flag
19962400 0
*      temp      mesh
19962401 313.2      10
*      left vol   incr   b cond   sa code   factor   str no
19962501 996010000    0       1       1       87.88    1
*      right vol  incr   b cond   sa code   factor   str no
19962601 -4           0       3009    1       87.88    1
*      s type     s mult   left     right     str no
19962701 0           0.0     0       0       1
*      hed      hlf    hlr    gllf  gllr  glf  glr  lbf  str no
19962801 0.0      100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  1
*-----*
*      strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19963000 1 10 1 1 0.0 0
*      mesh loc  mesh fmt
19963100 0 1
*      intervals r. coord.
19963101 9 0.9

*      comp no.  interval
19963201 10 9
*      source    interval
19963301 0 9
*      temp flag
19963400 0
*      temp      mesh
19963401 313.2      10
*      left vol   incr   b cond   sa code   factor   str no
19963501 996010000    0       1       1       7.965    1
*      right vol  incr   b cond   sa code   factor   str no
19963601 -4           0       3009    1       7.965    1
*      s type     s mult   left     right     str no
19963701 0           0.0     0       0       1
*      hed      hlf    hlr    gllf  gllr  glf  glr  lbf  str no
19963801 0.0      100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  1
*-----*
*      strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19964000 1 10 1 1 0.0 0
*      mesh loc  mesh fmt
19964100 0 1
*      intervals r. coord.
19964101 9 0.75
*      comp no.  interval
19964201 10 9
*      source    interval
19964301 0 9
*      temp flag
19964400 0
*      temp      mesh
19964401 313.2      10
*      left vol   incr   b cond   sa code   factor   str no
19964501 996010000    0       1       1       31.815   1
*      right vol  incr   b cond   sa code   factor   str no
19964601 -4           0       3009    1       31.815   1
*      s type     s mult   left     right     str no
19964701 0           0.0     0       0       1
*      hed      hlf    hlr    gllf  gllr  glf  glr  lbf  str no
19964801 0.0      100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  1
*-----*

```



```

*      strs mesh geom init l coord refl bvol axl incr
19965000  1 10  1  1  0.0  0
*      mesh loc  mesh fmt
19965100  0  1
*      intervals r. coord.
19965101  9  1.1
*      comp no.  interval
19965201  10  9
*      source  interval
19965301  0  9
*      temp flag
19965400  0
*      temp  mesh
19965401  313.2 10
*      left vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
19965501  996010000  0  1  1  10.71  1
*      right vol  incr  b cond  sa code  factor  str no
19965601  -4  0  3009  1  10.71  1
*      s type  s mult  left  right  str no
19965701  0  0.0  0  0  1
*      hed  hlf  hlr  glrf  glrr  glf  glr  lbf  str no
19965801  0.0  100.  100.  0.0  0.0  0.0  0.0  1.0  1
*-----*
* material properties *
*-----*
* concreet wall of room 1
* Heat Transfer A.F. Mills, 815 page
*-----*
*      composition  cond flag  cp flag  material
20101000  tbl/fctn  1  -1
*      temperature(k) conductivity(w/m-k)
20101001  293.5  1.5
20101002  473.5  1.5
*      temperature(k) capacitance(j/m3-k)
20101051  3.5e+06
20101052  3.5e+06
*-----*
* Ambient temperature of the outside of the room 1 is 20 to 27C from *
* the HANARO SAR 10.4. 30C is applied to the temp. conservatively. *
*-----*

```

```

*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20200400  temp  401
*      time  temperature
20200401  -1.0  303.2
20200402  0.0  303.2
20200403  10000.  303.2
*-----*
* Ambient heat transfer coefficient of the outside of the wall *
* from the htc_room1 outer surface.mcd *
*-----*
*      table type  trip no.  factor 1  factor 2
20200900  htc-t  401
*      time  heat transfer coefficient (W/m2K)
20200901  -1.0  1.8
20200902  0.0  1.8
20200903  10000.  1.8
*-----*
* Purification Interchanger and Cooler Model
*-----*
* Connection btwn vol-480 and tube side of the PI & C *
*-----*
*      component name  component type
6050000  "jun-605"  sngljun
*-----*
*      from  to  area  f loss  r loss  fvcchs
6050101  610010000  480000000  1.504e-04  0.696  0.437  001000
*      vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6050201  1  0.0  0.0  0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI *
*-----*
*      component name  component type
6100000  "vol-610"  pipe
*-----*
*      no. volumes
6100001  5
*      vol. area  vol.
6100101  1.504e-04  5
*      length  vol.
6100301  2.178  1

```

| | | | | |
|---|----------------|------------|-------------|----------------------|
| 6100302 | 2.321 | | | 2 |
| 6100303 | 2.841 | | | 3 |
| 6100304 | 1.187 | | | 4 |
| 6100305 | 1.52 | | | 5 |
| * | volume | | | vol. |
| 6100401 | 0.0 | | | 5 |
| * | vert. Angle | | | vol. |
| 6100601 | 0.0 | | | 1 |
| 6100602 | 90. | | | 2 |
| 6100603 | 0.0 | | | 3 |
| 6100604 | -90. | | | 4 |
| 6100605 | 0.0 | | | 5 |
| * | roughness | h.d. | | vol. |
| 6100801 | 0.000046 | 0.01384 | | 5 |
| * | f loss | r loss | | jun. |
| 6100901 | 4.05 | 4.05 | | 1 |
| 6100902 | 0.216 | 0.216 | | 2 |
| 6100903 | 1.62 | 1.62 | | 3 |
| 6100904 | 2.43 | 2.43 | | 4 |
| * | fe | | | vol. |
| 6101001 | 00 | | | 5 |
| * | fvcahs | | | jun. |
| 6101101 | 001000 | | | 4 |
| * | ebt | pressure | temperature | vol. |
| 6101201 | 003 | 15.81e+06 | 579.5 | 0.0 0 0 5 |
| * | vel/flow | | | |
| 6101300 | 1 | | | |
| * | f flowrate | g flowrate | j flowrate | jun. |
| 6101301 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4 |
| -----* | | | | |
| * | component name | | | component type |
| 6150000 | "jun-615" | | | sngljun |
| -----* | | | | |
| * | from | to | area | f loss r loss fvcahs |
| 6150101 | 620010000 | 610000000 | 1.504e-04 | 1.0 1.0 001000 |
| * | vel/flw | f velocity | g velocity | j velocity |
| 6150201 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| -----* | | | | |
| * Tube side volume of purification interchanger | | | | |
| -----* | | | | |

| | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|------------|------------|--------|--------|----------------|
| * | component name | | | | | component type |
| 6200000 | "vol-620" | | | | | snglvol |
| -----* | | | | | | |
| * | AREA | LENGTH | | | | VOLUME |
| 6200101 | 5.655e-03 | 0.0 | | | | 0.013 |
| * | HORZ ANGLE | VERT ANGLE | | | | DELTA Z |
| 6200102 | 0.0 | 0.0 | | | | 0.0 |
| * | ROUGHNESS | HYD DIAM | | | | FE |
| 6200103 | 0.000046 | 0.0849 | | | | 00 |
| * | EBT | PRESSURE | | | | TEMPERATURE |
| 6200200 | 003 | 15.71e+06 | | | | 579.5 |
| -----* | | | | | | |
| * | component name | | | | | component type |
| 6250000 | "jun-625" | | | | | sngljun |
| -----* | | | | | | |
| * | from | to | area | f loss | r loss | fvcahs |
| 6250101 | 630010000 | 620000000 | 1.504e-04 | 1.0 | 1.0 | 001000 |
| * | vel/flw | f velocity | g velocity | | | j velocity |
| 6250201 | 1 | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 |
| -----* | | | | | | |
| * Pipe btwn tube side of PI and PC | | | | | | |
| -----* | | | | | | |
| * | component name | | | | | component type |
| 6300000 | "vol-630" | | | | | snglvol |
| -----* | | | | | | |
| * | AREA | LENGTH | | | | VOLUME |
| 6300101 | 1.504e-04 | 1.97 | | | | 0.0 |
| * | HORZ ANGLE | VERT ANGLE | | | | DELTA Z |
| 6300102 | 0.0 | 0.0 | | | | 0.0 |
| * | ROUGHNESS | HYD DIAM | | | | FE |
| 6300103 | 0.000046 | 0.01384 | | | | 00 |
| * | EBT | PRESSURE | | | | TEMPERATURE |
| 6300200 | 003 | 15.71e+06 | | | | 579.5 |
| -----* | | | | | | |
| * | component name | | | | | component type |
| 6350000 | "jun-635" | | | | | sngljun |
| -----* | | | | | | |
| * | from | to | area | f loss | r loss | fvcahs |
| 6350101 | 640010000 | 630000000 | 1.504e-04 | 1.0 | 1.0 | 001000 |
| * | vel/flw | f velocity | g velocity | | | j velocity |

```

6350201 1      0.0      0.0      0.0
*-----*
* Tube side volume of purification cooler
*-----*
*          component name      component type
6400000      "vol-640"          snglvol
*-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6400101  0.0481      0.0      0.07
*          HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6400102  0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
6400103  0.000046  0.2475  00
*          EBT  PRESSURE  TEMPERATURE
6400200  003  15.71e+06  448.8
*=====*
* Connection btwn vol-110 and shell side of the PI
*-----*
*          component name      component type
6650000      "jun-665"          sngljun
*-----*
*          from      to      area  f loss  r loss  fvcchs
6650101  670010000  110000000  1.504e-04  0.696  0.437  001000
*          vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6650201  1      0.0      0.0      0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI
*-----*
*          component name      component type
6700000      "vol-670"          pipe
*-----*
*          no. volumes
6700001  3
*          vol. area      vol.
6700101  1.504e-04      3
*          length      vol.
6700301  1.96      1
6700302  1.888      2
6700303  2.926      3
*          volume      vol.

```

```

6700401      0.0      3
*          vert. Angle      vol.
6700601      90.      1
6700602      0.0      3
*          roughness  h.d.  vol.
6700801  0.000046  0.01384  3
*          f loss  r loss  jun.
6700901  4.05      4.05  1
6700902  1.84      1.84  2
*          fe      vol.
6701001  00      3
*          fvcchs      jun.
6701101  001000      2
*          ebt  pressure  temperature      vol.
6701201  003  16.728e+06  579.5  0.0  0  0  3
*          vel/flow
6701300  1
*          f flowrate  g flowrate  j flowrate  jun.
6701301  0.0      0.0      0.0      2
*-----*
*          component name      component type
6750000      "jun-675"          sngljun
*-----*
*          from      to      area  f loss  r loss  fvcchs
6750101  680010000  670000000  1.504e-04  1.0  1.0  001000
*          vel/flw  f velocity  g velocity  j velocity
6750201  1      0.0      0.0      0.0
*-----*
* Shell side volume of purification interchanger
*-----*
*          component name      component type
6800000      "vol-680"          snglvol
*-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6800101  8.449e-03  0.0      0.013
*          HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6800102  0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS  HYD DIAM  FE
6800103  0.000046  0.1037  00
*          EBT  PRESSURE  TEMPERATURE

```

6800200 003 16.728e+06 579.5

. * termination card

* Case 25

* IPS flow (V150) = 1.6 kg/sec (normal flow)

* IPS inlet temperature (V150) = 306.306C (579.5K) (102% of normal temp.)

* IPS pressure (V413-11) = 15.912 MPa (102% of normal press.)

* Accum. pressure = 16.625 MPa (normal press.)

* Accum. water level = 2.679 m (Normal Level)

* Accum. temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)

* WDT pressure = 0.101325MPa (Normal Press.)

* WDT level = 0.315 m (Normal Level)

* WDT temperature = 313.2 K (Normal Temp. refer to SAR 10.4)

* Fuel power = 66.15 kW (105% of normal fuel power)

* Gamma heating of leg and flow divider = 8.943 kW (105% of normal gamma heating)

* Gamma heating of IPS vessel = 38.097 kW (105% of normal gamma heating)

* Axial peaking factor = 1.387

| | problem type | problem option |
|---------|--------------|----------------|
| 0000100 | restart | transnt |

| | run option |
|---------|------------|
| 0000101 | run |

| | input units | output units |
|---------|-------------|--------------|
| 0000102 | si | si |

| | restart number |
|---------|----------------|
| 0000103 | 35742 |

| | limit 1 | limit 2 | cpu limit |
|---------|---------|---------|-----------|
| 0000105 | 5.0 | 10.0 | 100000.0 |

| | ref. Volume | elevation | fluid | name |
|---------|-------------|-----------|-------|------|
| 0000120 | 110010000 | 77.737 | h2o | ftl |

| | end time | min dt | max dt | ssdoo | min edt | maj edt | restart |
|---------|----------|---------|--------|-------|---------|---------|---------|
| 0000201 | 500. | 1.0e-06 | 0.20 | 10003 | 5 | 300 | 300 |
| 0000202 | 530. | 1.0e-50 | 0.002 | 10003 | 100 | 1000 | 1000 |
| 0000203 | 600. | 1.0e-50 | 0.005 | 10003 | 40 | 1000 | 1000 |
| 0000204 | 800. | 1.0e-50 | 0.01 | 10003 | 20 | 1000 | 1000 |
| 0000205 | 1500. | 1.0e-50 | 0.05 | 10003 | 10 | 1000 | 1000 |

* minor edit variables

| | code | parameter |
|------------|----------|-----------|
| 0000301 | cntrlvar | 9 |
| * pressure | | |
| 0000302 | p | 110010000 |
| 0000303 | p | 310010000 |
| 0000304 | p | 310040000 |
| 0000305 | p | 310070000 |
| 0000306 | p | 150010000 |
| 0000307 | p | 445010000 |
| 0000308 | p | 550100000 |
| * massflow | | |
| 0000310 | mflowj | 110010000 |
| 0000311 | mflowj | 220010000 |
| 0000312 | mflowj | 310010000 |
| 0000313 | mflowj | 310040000 |
| 0000314 | mflowj | 814010000 |
| 0000315 | mflowj | 854010000 |
| 0000316 | mflowj | 150010000 |
| 0000317 | mflowj | 445010000 |
| 0000318 | mflowj | 894010000 |
| 0000319 | mflowj | 805030000 |

* fuel clad temperature

| | | | | | | |
|---------|--------|-----------|-------|--------|---|---|
| 0000321 | httemp | 310100111 | | | | |
| 0000322 | httemp | 310100211 | | | | |
| 0000323 | httemp | 310100311 | | | | |
| 0000324 | httemp | 310100411 | 300.0 | 1310.0 | 1 | 1 |
| 0000325 | httemp | 310100511 | | | | |
| 0000326 | httemp | 310100611 | | | | |

```

0000327 htemp 310100711
* void fraction
0000331 voidg 310010000
0000332 voidg 310020000
0000333 voidg 310030000
0000334 voidg 310040000
0000335 voidg 310050000
0000336 voidg 310060000
0000337 voidg 310070000
0000338 voidg 150010000
0000339 voidg 445010000
0000340 voidg 894010000
* dnbr
0000341 cntrlvar 31
0000342 cntrlvar 32
0000343 cntrlvar 33
0000344 cntrlvar 34
0000345 cntrlvar 35
0000346 cntrlvar 36
0000347 cntrlvar 37
*****
* pressure
0000351 p 810010000
0000352 p 850010000
0000353 p 920010000
* temperature
0000354 tempf 150010000
0000355 tempf 210050000
0000356 tempf 310040000
0000357 tempf 445010000
* bypass and disposal tank flow
0000358 mflowj 127000000
0000359 mflowj 899010000
0000360 mflowj 921000000
* fuel centerline temperature
0000361 htemp 310100101
0000362 htemp 310100201
0000363 htemp 310100301

```

```

0000364 htemp 310100401
0000365 htemp 310100501
0000366 htemp 310100601
0000367 htemp 310100701
* heat transfer mode
0000370 htmode 310100401
* heat flux
*0000371 htrnr 996100100
*0000372 htrnr 996200100
*0000373 htrnr 996300100
*0000374 htrnr 996400100
*0000375 htrnr 996500100
* heat transfer coefficient
*0000381 htthc 996100100
*0000382 htthc 996200100
*0000383 htthc 996300100
*0000384 htthc 996400100
*0000385 htthc 996500100
* accumulator level
0000388 acvliq 810
0000389 acvliq 850
0000390 vlvarea 135
0000391 vlvarea 461
0000392 vlvarea 815
0000393 vlvarea 890
* evaluate break force load
0000395 mflowj 710000000
0000396 mflowj 720000000
0000397 p 996010000 1.0e+05 2.5e+05 2 1
0000398 tempg 996010000
*=====
* trip controls *
*=====
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000401 time 0 gt null 0 500.0 n * null
0000402 time 0 gt null 0 1.0e+06 n * false
0000403 time 0 gt timeof 401 1.0e+06 n * oldvt
0000404 time 0 gt timeof 604 0.615 1 * scram

```

```

0000405 time 0 gt timeof 614 0.41 1 * iso/acc/vt
0000407 time 0 gt timeof 401 0.0 1 * loopf
*-----*
* scram input trips
* code parameter rel code parameter const. l timeof
0000501 cntrlvar 501 gt null 0 604.65 1 * hitmp hanaro trip
0000502 cntrlvar 502 lt null 0 1.280 1 * loflo hanaro trip
0000503 cntrlvar 502 gt null 0 1.840 1 * hiflo hanaro trip
0000504 cntrlvar 504 lt null 0 1.41342e+07 1 * loprs hanaro trip
0000505 cntrlvar 504 gt null 0 1.72368e+07 1 * hiprs hanaro trip
*-----*
* ecws/isolation trips
0000511 cntrlvar 501 gt null 0 612.65 1 * hhtmp iso/ecws
0000512 cntrlvar 502 lt null 0 0.960 1 * llflo iso/ecws
0000513 cntrlvar 504 lt null 0 1.34447e+07 1 * llprs iso/escw
*-----*
* normal loop junction
*-----*
* component name component type
1210000 "jun-121" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs
1210101 120010000 128000000 9.09e-04 0.42 0.42 001100
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
1210201 1 1.6 0.0 0.0
* valve type
1210300 mtrvlv
* open close rate ip table
1210301 402 401 100.0 1.0
*-----*
* break junction
*-----*
* upstream break junction
*-----*
* component name component type
7100000 "brk-120" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs

```

```

7100101 120010000 996000000 9.09e-04 1.00 0.78 000100
* subcooled 2-phase superheated
*7100102 1.0 1.0 1.0
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
7100201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
7100300 mtrvlv
* open close rate ip table
7100301 401 402 100.0 0.0
*-----*
* downstream break junction
*-----*
* component name component type
7200000 "brk-128" valve
*-----*
* from to area f loss r loss fvcahs
7200101 128000000 996000000 9.09e-04 1.00 0.78 000100
* subcooled 2-phase superheated
*7200102 1.0 1.0 1.0
* vel/flw f velocity g velocity j velocity
7200201 1 0.0 0.0 0.0
* valve type
7200300 mtrvlv
* open close rate ip table
7200301 401 402 100.0 0.0
*-----*
* room 1 : 6.5mmWg vaccume pressure from HANARO SAR 10.4, 10-25 page *
* 1.01261e+05 Pa,a
*-----*
* component name component type
9960000 "room-1" snglvol
*-----*
* AREA LENGTH VOLUME
9960101 0.0 8.0 123.0
* HORZ ANGLE VERT ANGLE DELTA Z
9960102 0.0 90.0 8.0
* ROUGHNESS HYD DIAM FE
9960103 0.0 4.429 00

```

```

*      EBT    PRESSURE    temperature    quality (static)
9960200  004    1.01261e+05  313.2      0.0
*-----*
* Purification Interchanger and Cooler Model
*-----*
* Connection btwn vol-480 and tube side of the PI & C      *
*-----*
*      component name      component type
6050000      "jun-605"      sngljun
*-----*
*      from    to      area    f loss  r loss  fvcchs
6050101  610010000  480000000  1.504e-04  0.696  0.437  001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6050201  1          0.0        0.0        0.0
*-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI      *
*-----*
*      component name      component type
6100000      "vol-610"      pipe
*-----*
*      no. volumes
6100001      5
*      vol. area      vol.
6100101      1.504e-04      5
*      length      vol.
6100301      2.178      1
6100302      2.321      2
6100303      2.841      3
6100304      1.187      4
6100305      1.52      5
*      volume      vol.
6100401      0.0      5
*      vert. Angle      vol.
6100601      0.0      1
6100602      90.      2
6100603      0.0      3
6100604      -90.      4
6100605      0.0      5

```

```

*      roughness    h.d.    vol.
6100801    0.000046    0.01384    5
*      f loss      r loss    jun.
6100901    4.05      4.05      1
6100902    0.216      0.216      2
6100903    1.62      1.62      3
6100904    2.43      2.43      4
*      fe      vol.
6101001    00      5
*      fvcchs      jun.
6101101    001000      4
*      ebt    pressure    temperature      vol.
6101201  003    15.81e+06    579.5      0.0  0  0  5
*      vel/flow
6101300    1
*      f flowrate    g flowrate    j flowrate    jun.
6101301    0.0      0.0      0.0      4
*-----*
*      component name      component type
6150000      "jun-615"      sngljun
*-----*
*      from    to      area    f loss  r loss  fvcchs
6150101  620010000  610000000  1.504e-04  1.0  1.0  001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6150201  1          0.0        0.0        0.0
*-----*
* Tube side volume of purification interchanger
*-----*
*      component name      component type
6200000      "vol-620"      snglvol
*-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
6200101  5.655e-03    0.0      0.013
*      HORZ ANGLE    VERT ANGLE    DELTA Z
6200102  0.0      0.0      0.0
*      ROUGHNESS    HYD DIAM    FE
6200103  0.000046    0.0849    00
*      EBT    PRESSURE    TEMPERATURE

```

```

6200200 003 15.71e+06 579.5
-----*
*          component name      component type
6250000    "jun-625"                sngljun
-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
6250101 630010000 620000000 1.504e-04 1.0  1.0  001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6250201 1          0.0        0.0        0.0
-----*
* Pipe btwn tube side of PI and PC
-----*
*          component name      component type
6300000    "vol-630"                snglvol
-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME
6300101 1.504e-04      1.97        0.0
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6300102 0.0            0.0          0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM   FE
6300103 0.000046      0.01384     00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6300200 003 15.71e+06 579.5
-----*
*          component name      component type
6350000    "jun-635"                sngljun
-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
6350101 640010000 630000000 1.504e-04 1.0  1.0  001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6350201 1          0.0        0.0        0.0
-----*
* Tube side volume of purification cooler
-----*
*          component name      component type
6400000    "vol-640"                snglvol
-----*
*      AREA      LENGTH      VOLUME

```

```

6400101 0.0481      0.0          0.07
*      HORZ ANGLE  VERT ANGLE  DELTA Z
6400102 0.0          0.0          0.0
*      ROUGHNESS  HYD DIAM   FE
6400103 0.000046    0.2475      00
*      EBT      PRESSURE  TEMPERATURE
6400200 003 15.71e+06 448.8
=====
* Connection btwn vol-110 and shell side of the PI
-----*
*          component name      component type
6650000    "jun-665"                sngljun
-----*
*      from      to      area      f loss  r loss  fvcchs
6650101 670010000 110000000 1.504e-04 0.696 0.437 001000
*      vel/flw    f velocity  g velocity  j velocity
6650201 1          0.0        0.0        0.0
-----*
* Pipe btwn vol-480 and tube side of PI
-----*
*          component name      component type
6700000    "vol-670"                pipe
-----*
*          no. volumes
6700001          3
*          vol. area          vol.
6700101 1.504e-04          3
*          length          vol.
6700301 1.96              1
6700302 1.888            2
6700303 2.926            3
*          volume          vol.
6700401 0.0              3
*          vert. Angle      vol.
6700601 90.              1
6700602 0.0              3
*          roughness      h.d.      vol.
6700801 0.000046      0.01384  3

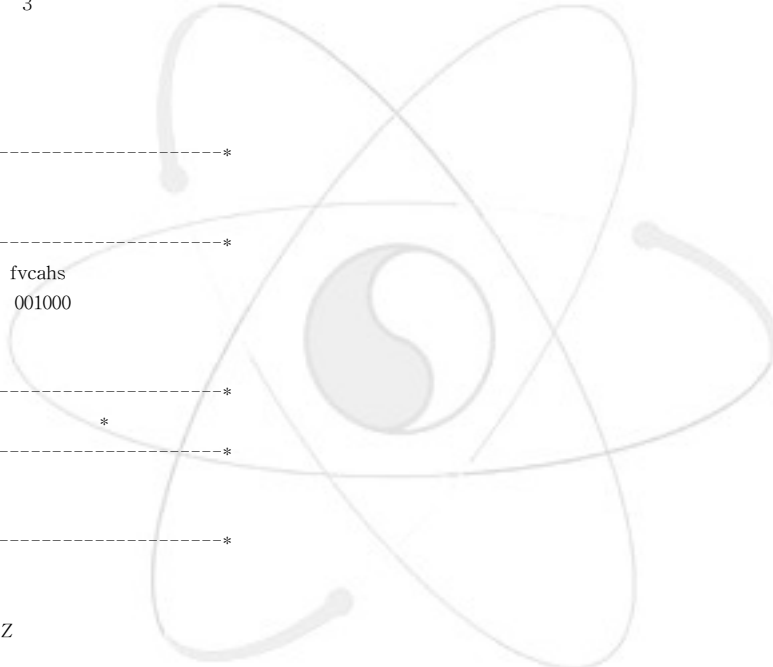
```



```

*          f loss      r loss      jun.
6700901    4.05        4.05        1
6700902    1.84        1.84        2
*          fe          vol.
6701001    00          3
*          fvcahs      jun.
6701101    001000      2
*          ebt      pressure      temperature      vol.
6701201    003      16.728e+06      579.5      0.0  0  0  3
*          vel/flow
6701300    1
*          f flowrate      g flowrate      j flowrate      jun.
6701301    0.0      0.0      0.0      2
*-----*
*          component name      component type
6750000    "jun-675"      sngljun
*-----*
*          from      to      area      f loss      r loss      fvcahs
6750101    680010000      670000000      1.504e-04      1.0      1.0      001000
*          vel/flw      f velocity      g velocity      j velocity
6750201    1      0.0      0.0      0.0
*-----*
* Shell side volume of purification interchanger
*-----*
*          component name      component type
6800000    "vol-680"      snglvol
*-----*
*          AREA      LENGTH      VOLUME
6800101    8.449e-03      0.0      0.013
*          HORZ ANGLE      VERT ANGLE      DELTA Z
6800102    0.0      0.0      0.0
*          ROUGHNESS      HYD DIAM      FE
6800103    0.000046      0.1037      00
*          EBT      PRESSURE      TEMPERATURE
6800200    003      16.728e+06      579.5
*-----*
. * termination card

```



| 서 지 정 보 양 식 | | | | | |
|---|---|---------|-------------|-------|---------|
| 수행기관보고서번호 | 위탁기관보고서번호 | 표준보고서번호 | INIS주제코드 | | |
| KAERI/TR-3033/2005 | | | | | |
| 제목 / 부제 : 3-Pin 핵연료노내조사시험설비의 배관파단사고시 제1기기실의 압력 및 온도 | | | | | |
| 연구책임자 및 부서명 (TR,AR인경우 주저자) | 박 수 기 | | 하나로 이용기술개발부 | | |
| 연구자 및 부서명 | 지대영, 심봉식 박국남, 안성호 이종민, 이정영 김학노 | | 하나로 이용기술개발부 | | |
| 발 행 지 | 대 전 | 발행기관 | 한국원자력연구소 | 발행일 | 2005. 8 |
| 페이지 | 119p. | 도표 | 유(0), 무() | 크 기 | 18×26Cm |
| 참고사항 | | | | | |
| 비밀여부 | 공개(0) , 대외비() , - - 급비밀 | | 보고서종류 | 기술보고서 | |
| 연구위탁기관 | | | 계약번호 | | |
| <p>초록</p> <p>이 보고서는 3-Pin 핵연료노내조사시험설비의 배관파단사고시 제1기기실의 압력 및 온도 예측에 관한 것이다. 3-Pin 핵연료노내조사시험설비는 가압경수로 및 중수로의 운전조건과 유사한 조건에서 핵연료 시험을 수행하는 설비이다. 3-Pin 핵연료노내조사시험설비의 대부분의 공정계통은 제1기기실에 설치되기 때문에 가상사고에서 제1기기실의 구조건전성을 평가하여야 한다. 따라서 구조건정성평가에 필요한 제1기기실의 압력 및 온도를 MARS 코드로 계산하였다.</p> <p>제1기기실의 압력 및 온도는 열수력 운전변수 및 배관파단 위치, 제1기기실 벽의 물성치를 변화시켜가며 다양한 조건에서 계산하였다. 제1기기실로의 질량 및 에너지 방출이 최대가 될 것으로 예측되는 비재생취출운전 중에 배관파단사고가 발생하는 것으로 가정하였다. 계산 결과, 제1기기실 벽에서의 열전달을 고려하는 경우 제1기기실의 최대 압력 및 온도는 208kPa, 369.2K(96.0℃)로 예측되었다. 그러나 제1기기실 벽에서의 열전달이 발생하지 않는다고 가정하면 제1기기실의 최대 압력 및 온도는 243kPa 및 378.1K(104.9℃)로 접근하였다.</p> | | | | | |
| 주제명 키워드 : 하나로, 핵연료노내조사시험설비, MARS, 배관파단사고, 제1기기실 | | | | | |

| BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET | | | | | |
|---|---|--|---------------|---|----------------------|
| Performing Org. Report No. | | Sponsoring org. Report No | | Standard Report No. | INIS Subject Code |
| KAERI/TR-3033/2005 | | | | | |
| Title/Subtitle : Pressure and Temperature of the Room 1 for the Pipe Break Accidents of the 3-Pin Fuel Test Loop | | | | | |
| Project Manager and Dept or Major Author | | S. K. Park | | HANARO Utilization Technology Development Division | |
| Researcher and Dept. | | D. Y. Chi, B. S. SIM K. N. Park, S. H. Ahn J. M. Lee, C. Y. Lee H. R. Kim | | HANARO Utilization Technology Development Division | |
| Pub.place | Taejon | Pub. Org | KAERI | Pub.Date | 2005. 8 |
| Page | 119p. | Fig & Tab | Yes(0), No() | Size | 18×26Cm |
| Note | | | | | |
| Classified | Open(0) , Restricted(), -- Class Document | | Report Type | Tech. Report | |
| Sponsoring Org. | | | | Contract No. | |
| <p>Abstract</p> <p>This report deals with the prediction of the pressure and temperature of the room 1 for the pipe break accidents of the 3-pin fuel test loop. The 3-pin fuel test loop is an experimental facility for nuclear fuel tests at the operation conditions similar to those of PWR and CANDU power plants. Because the most processing systems of the 3-pin fuel test loop are placed in the room 1. The structural integrity of the room 1 should be evaluated for the postulated accident conditions. Therefore the pressures and temperatures of the room 1 needed for the structural integrity evaluation have been calculated by using MARS code.</p> <p>The pressures and temperatures of the room 1 have been calculated in various conditions such as the thermal hydraulic operation parameters, the locations of pipe break, and the thermal properties of the room 1 wall. It is assumed that the pipe break accident occurs in the letdown operation without regeneration, because the mass and energy release to the room 1 is expected to be the largest. As a result of the calculations the maximum pressure and temperature are predicted to be 208kPa and 369.2K(96.0℃) in case the heat transfer is considered in the room 1 wall. However the pressure and temperature are asymptotically 243kPa and 378.1K(104.9℃) assuming that the heat transfer does not occur in the room 1 wall.</p> | | | | | |
| Subject Keywords : HANARO, FTL, MARS, Pipe Break Accident, Room 1 | | | | | |