



KR9900115

KAERI/TR-1231/99

TASS-NPA 개발  
Development of TASS-NPA  
(Nuclear Plant Analyzer)

한국원자력연구소

L 30 - 46

## 제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

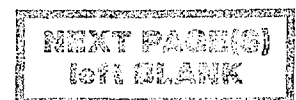
본 보고서를 1999 연도 “일체형원자로 안전해석 기술개발” 과제의 일환으로  
수행한 TASS-NPA 개발 및 관련 기술 보고서로 제출합니다.

1999. 3. 3

과 제 명: 일체형원자로안전해석기술개발

주 저 자: 김 희 경

공 저 자: 김 희 철



## 요 약 문

### I. 제 목

TASS-NPA 개발

### II. 연구의 목적 및 중요성

TASS 1.0 코드에 Graphic User Interface 기능을 추가하여 사용자가 원전의 실시간 모의 해석에 보다 편리한 도구로 활용하고자 한다. TASS-NPA Windows Version 을 개발하였으며 고리3/4호기 주급수관 파단사고를 모의, 검증하여 향후 SMART 를 위한 TASS/SMR NPA 개발에 활용하고자 한다.

### III. 연구의 내용 및 범위

TASS 1.0 코드는 그 구성에 있어서 두 부분으로 되어있는데, 그 첫 번째는 실제과도현상 해석을 위한 계산에 사용되는 부분으로서 이것은 1,2 차측 열 수력 모델, 노심의 동특성 및 열 전달 모델 및 원자로 보호, 제어계통 등에 대한 프로그램들로 구성되어 있으며, 두 번째는 TASS Executive Routine 이라고 불리는 일종의 운영 프로그램으로서 이것은 위의 계산모델들을 적절한 순서에 의해 수행시키고 각종 입출력 및 사용자와의 대화식 작업을 가능하게 한다. 그런데 이 TASS Executive Routine 은 그 사용에 있어서 제한적이고 그 분량이 매우 방대하다. 따라서 이 TASS Executive Routine을 대체할 수 있는 보다 사용이 간단한 GRIS(Graphical Routines for Interactive Simulation)를 개발하였고 이 GRIS를 기본으로 TASS-NPA를 개발하였다. TASS-NPA는 구동되는 컴퓨터 환경이 IBM PC 이며 Windows 95 또는 Windows NT 에서 수행할 수 있다. 또한 TASS-NPA를 사용하여 고리 3/4호기 주급수관 파단사고를 모의하여 TASS-NPA의 기능을 검증하였다.

#### IV. 연구결과 및 활용에 대한 건의

TASS-NPA Version 1.0을 Windows 95, Windows NT 환경에서 Graphic User Interface를 이용하여 구현하였다. 모의 해석되는 변수들을 사용자가 원하는 시점에서 마우스 클릭으로 그 값을 제어할 수 있으며 2차원 그래프로 표현할 수 있다. 또한 고리 3/4호기 발전소 전체의 구성을 나타내는 Overview 화면을 이용하여 발전소의 과도해석 과정을 동적으로 보여줄 수 있고 제어할 수 있다.

이러한 기능이 보강된 TASS-NPA 는 지속적인 사용을 통하여 개선점을 발견하여 지속적인 보완을 해야 할 것이며 차후 SMART NPA 개발을 위한 기준 TASS/SMR NPA로 활용할 계획이다.

# SUMMARY

## I. Project Title

The Development of TASS-NPA

## II. Objective and Importance of the Project

The objective of the development is to add a Graphic User Interface function to TASS 1.0 in order to analyze nuclear plant transient behaviors more effectively.

## III. Scope and Contents of the Project

TASS 1.0 is consisted of two parts. First part analyzes the reactor transients and calculates system parameters during the transients. This part comprises the programs of the primary and secondary thermal hydraulic model, the core model, the heat transfer model, the protection and the control system. The second part is the TASS executive routine. This part provides an operating system for TASS. The user can execute TASS with above models interactively through the TASS executive routine. But TASS executive routine is very large and the function is restricted. The development of GRIS(Graphical Routines for Interactive Simulation) was initiated to overcome the limitation of TASS executive routine. TASS-NPA was developed based on GRIS. TASS-NPA simulation can be performed on Windows 95 and Windows NT of IBM PC. The verification of the TASS-NPA function was performed with the Feed Water Line Break of KORI 3/4.

#### IV. Results and Proposal for Applications

TASS-NPA Version 1.0 was developed using Graphic User Interface on Windows 95 and Windows NT on IBM Personal Computer. The variables of TASS are controlled with mouse click whenever user wants and they can be displayed on the two-dimensional graphs as well as on the NSSS overview screen. The plant overview of KORI 3/4 was developed. It displays the transient behaviors of nuclear plant and can be controlled dynamically by user request.

TASS-NPA should be upgraded continuously in order to reflect user's opinions and to enhance user friendly operation. TASS-NPA could be used as the base code for the TASS/SMR NPA development in the future.

## 목 차

제 출 문 .....	1
요 약 문 .....	3
SUMMARY .....	5
목 차 .....	7
표 목 차 .....	8
그림 목차 .....	9
제 1 장 서 론 .....	10
제 2 장 본 론 .....	11
제 1 절 TASS-NPA 개발 .....	11
1. 프로그램 구성 .....	11
2. GRIS 사용법 .....	13
3. TASS-NPA 기능 .....	24
제 2 절 TASS-NPA를 이용한 고리 3/4호기 주급수관 파단사고 모의 .....	26
1. 주급수관 파단사고 경위 .....	26
2. 주급수관 파단사고 허용기준 및 초기조건 .....	26
3. 주급수관 파단사고 모의해석 결과 및 평가 .....	27
제 3 절 TASS-NPA 활용 .....	29
제 3 장 결 론 .....	30
제 4 장 해석 입력 .....	31
제 5 장 참고 문헌 .....	32
부록 I. 고리 3/4호기 주급수관 파단사고 Command File	

## 표 목 차

표 1.	고리 3/4호기에 대한 TASS 1.0의 정상상태 결과 .....	33
표 2.	고리 3/4호기 주급수관 파단사고의 초기조건 .....	33
표 3.	고리 3/4호기 주급수관 파단사고의 진행과정 .....	34



## 그림 목차

그림 1.	TASS-NPA Main Menu .....	14
그림 2.	Restart Menu .....	14
그림 3.	Save Menu .....	15
그림 4.	Run Menu .....	15
그림 5.	Quad X-Y Graphs Screen .....	16
그림 6.	Single X-Y Graph Screen .....	16
그림 7.	Plant Overview Running Screen .....	17
그림 8.	Graph Menu .....	17
그림 9.	Variable Selection Menu .....	18
그림 10.	Variable Selection for Screen Menu .....	18
그림 11.	Graph Style Menu .....	19
그림 12.	Edit Menu .....	19
그림 13.	Variable Modify Menu .....	20
그림 14.	Variable Print Menu .....	20
그림 15.	Variable Dump Menu .....	20
그림 16.	Ramp Menu .....	21
그림 17.	Ramp Definition Menu .....	21
그림 18.	Ramp Delete Menu .....	22
그림 19.	Ramp List Menu .....	22
그림 20.	Ramp Clear Menu .....	23
그림 21.	Read Menu .....	23
그림 22.	Screen Menu .....	24
그림 23.	Quit Menu .....	24
그림 24.	Plant Overview of FLB at time = 45.5 sec. ....	28
그림 25.	Single Graphs of FLB .....	28
그림 26.	Quad Graph of FLB .....	29

## 제 1 장 서 론

TASS1.0의 약 절반 가량을 차지하고 있는 User Interface Routine인 TASS Executive Routine 을 대체하기 위하여 새로운 Graphic Interface Program GRIS를 개발하였다. 이 GRIS는 TASS Executive Routine 이 지닌 주요기능을 포함하고 있으며 모의 계산중의 결과를 각종 그래프 및 Plant Diagram을 통하여 확인할 수 있고 TASS Executive Routine에 비해 사용자가 이해하기 쉽도록 모든 작업을 Graphic Menu를 통하여 처리할 수 있도록 되어있으며 모의계산 중의 결과를 X-Y Graph 및 Plant Diagram을 통하여 확인할 수 있을 뿐 아니라 계산 중 언제라도 Esc Key를 누름으로서 계산을 정지시켜서 새로운 과도상태를 만들 수 있다. 이 GRIS는 기존의 TASS Executive Routine의 기능 중 불필요한 기능을 모두 삭제함으로써 그 분량이 매우 축소되어서 전체 코드구조를 이해하기가 매우 쉽도록 향상되었고 TASS1.0에 비해 TASS2.0의 수행파일의 크기는 약 30% 가량 감소되었다. 개발된 GRIS를 이용하여 고리 3/4호기 TASS-NPA를 개발하였으며 향후 국내 가동중 및 개발중인 원자로의 Scoping Study 및 Engineering Tool로서의 활용이 바람직하다. 또한 개발된 TASS-NPA는 현재 한국원자력연구소에서 개발중인 일체형중소형 원자로인 SMART의 TASS/SMR NPA 개발에 활용할 계획이다.

## 제 2 장      본 론

### 제 1 절      TASS-NPA 개발

TASS2.0을 위한 GRIS(Graphic Routine for Interactive Simulation)를 구현하기 위해서는 적당한 Graphic Library가 필요하다. 이 Graphic Library에는 여러 가지 종류가 있는데 본 연구의 범위와 경제성을 고려하여 ISS에 의해 개발된 INTERACTER V4.1[2] 을 선택하였다. 이 INTERACTER Library는 Fortran 언어로 프로그래밍이 가능하고 각종 Menu의 작성 및 Graphic 표현이 가능하다. 이와 같이 개발된 GRIS[3]는 기존의 TASS Executive Routine과는 달리 사용자가 Menu Button을 통하여 TASS코드의 수행에 관한 모든 정보들을 입출력 할 수 있으며 수행중의 출력을 Graphic 화면을 통하여 원하는 형태로 볼 수 있다.

#### 1. 프로그램의 구성

아래에는 GRIS를 구성하고 있는 실제 프로그램들에 대한 기능 및 구조를 설명하였다.

- PROGRAM GRIS : GRIS 주 프로그램
  - 그래픽 환경변수를 초기화한다.
  - CALL SRINIT
  - CALL SMENU
  - END
  
- SUBROUTINE SRINIT : 사용되는 데이터베이스를 적재한다.
  - variable dictionary file, variable index file, unit conversion file
  
- SUBROUTINE SMENU : 주 메뉴를 화면에 출력한 후 버튼을 사용하여 원하는 명령을 선택하고 주 메뉴의 종류에 따라 보조메뉴를 출력한다.
  - Restart : call FLOAD(파일명)
  - Save : call SAVE

- Run : call RUN
  - Graph : call SETGR
  - Edit : call EDIT
  - Read : call DO(파일명)
  - Screen : graphic screen 선택(x-y graph, plant overview)
  - Quit : call QUIT
- SUBROUTINE FLOAD(파일명)
    - static(파일명.\_st), dynamic 파일(파일명.\_dy)을 열어서 데이터 베이스에 적재한다.
  - SUBROUTINE SAVE
    - 새로운 창을 열어 저장될 static, dynamic 파일명을 입력받아 현재 상태의 모든 데이터를 저장한다.
  - SUBROUTINE RUN
    - 새로운 창을 열어 time scale과 end time을 입력받는다.
    - CALL MODEL
  - SUBROUTINE MODEL
    - 실제로 계산을 해주는 physical routines 을 호출한다.
    - CALL PROC01, PROC02, ...
    - CALL PLOT : 그래프나 수치로 출력변수의 값을 보여준다.
  - SUBROUTINE SETGR
    - Graph 메뉴는 세 개의 버튼을 갖는 보조 메뉴를 생성한다.
    - 화면에 출력할 변수를 지정하고 출력할 그래프의 모양을 지정한다.
  - SUBROUTINE EDIT
    - 세 개의 버튼이 있는 보조 메뉴를 생성한다.
    - Modify : CALL MODIFY - data base에 있는 변수의 값 수정

- Print : CALL DSPLAY(VAR, LDUMP) LDUMP = .FALSE.
  - 단순 변수의 값을 출력
- Dump : CALL DSPLAY(VAR, LDUMP) LDUMP =.TRUE.
  - 배열의 값을 출력
- Ramp : CALL CMRAMP
  - Interpolation 할 변수를 지정

- SUBROUTINE DSPLAY(VAR, LDUMP)

- 변수 값 출력을 위한 화면을 열어 해당 변수 값을 출력한다.

- SUBROUTINE DO

- 사용자가 미리 작성된 파일로 데이터를 입력할 경우 지정된 파일을 읽어 데이터 베이스에 적재한다.

- SUBROUTINE QUIT

- 열려있는 모든 창을 닫고 사용된 변수들을 저장할 파일명을 입력할 수 있는 창을 열어주며 프로그램을 종료시킨다.

## 2. GRIS 사용법

Windows 95 또는 Windows NT 환경에서 TASS코드의 수행파일로 되어있는 아이콘을 누르면 바로 TASS 코드를 구동시키는 GRIS가 수행되어 Menu Button을 수반한 Graphic 화면이 출력된다. 사용자는 이 Menu Button을 통하여 원하는 작업을 하게된다. 이 Main Menu의 형식을 살펴보면 아래 (그림 1) 과 같다.

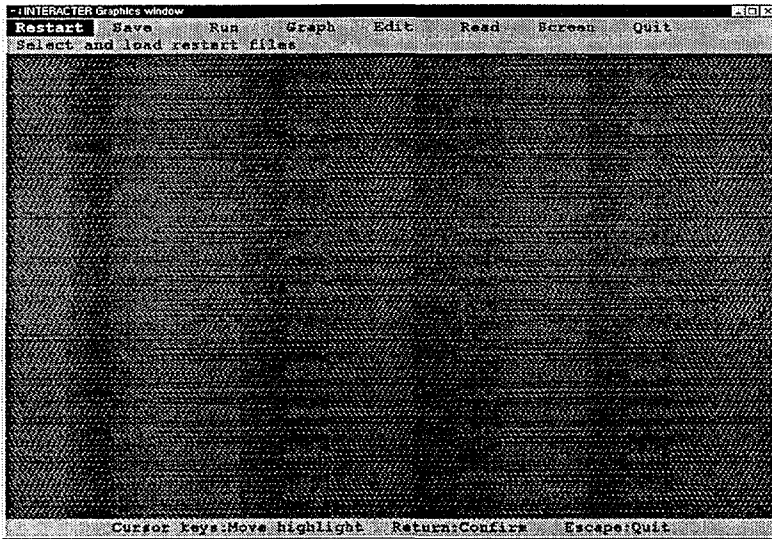


그림 1. TASS-NPA Main Menu

위의 Main Menu의 Button을 Mouse 또는 Enter Key에 의하여 선택하게 되면 그에 해당되는 명령이 수행된다. 다음은 각각의 Menu에 대한 설명이다.

- Restart : 현재 작업 디렉토리 내에 있는 모든 Restart 파일들을 새로운 보조 메뉴에 다음 (그림 2) 와 같이 출력시킨다.

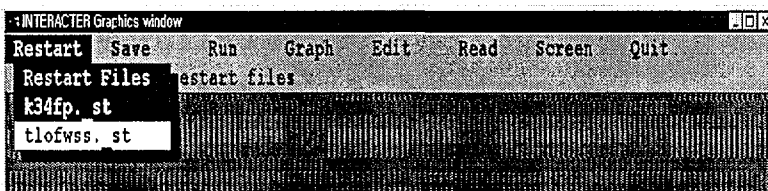


그림 2. Restart Menu

여기서 원하는 Restart 파일을 Mouse나 Keyboard로 선택하면 이에 해당되는 파일들이 읽혀짐으로서 계산을 수행할 수 있는 상태가 된다.

- Save : 계산 수행중 또는 완료후 현재의 상태를 추후의 사용을 위한 Restart 파일로서 보관하고자 할 때 이 Menu를 선택하는데 이 때 다음 (그림 3) 과 같은 입력 창을 통하여 저장하고자하는 파일의 이름을 입력한다.

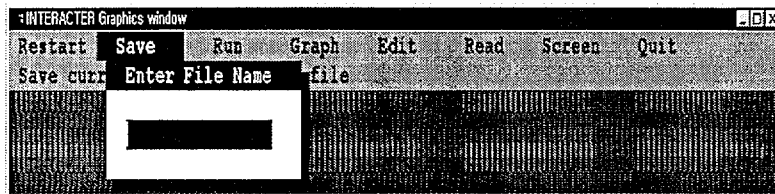


그림 3. Save Menu

- Run : Restart 또는 Read Menu 를 통하여 입력파일들을 읽어들이고 후 실제 계산을 수행하고자 할 때 이 Menu를 선택하는데 이 때 다음 (그림 4)와 같은 입력 창을 통하여 계산수행 시간 및 Time Step 등을 정한다음 OK Button 또는 Enter를 누르면 이와 동시에 계산이 수행된다.

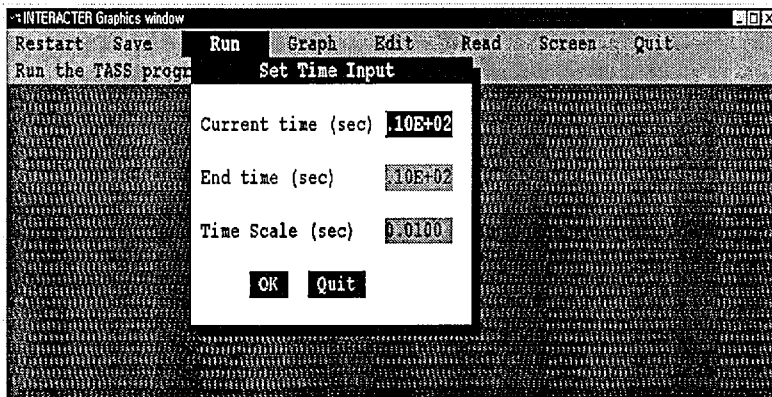


그림 4. Run Menu

- Quad X-Y Screen: Run Menu에서 사용자가 원하는 시간에 대한 정보를 입력한 후 OK를 선택하면 수행되는 기본 화면으로 4개의 X-Y Plot 화면(그림 5)을 보여준다. 4 개의 화면에서 사용되는 변수는 Graph, Select Graph를 통해 지정되어 있는 변수이다. 또한 Screen Menu에서 X-Y Plot Option(Default Option)이 먼저 선택되어 있어야 한다.

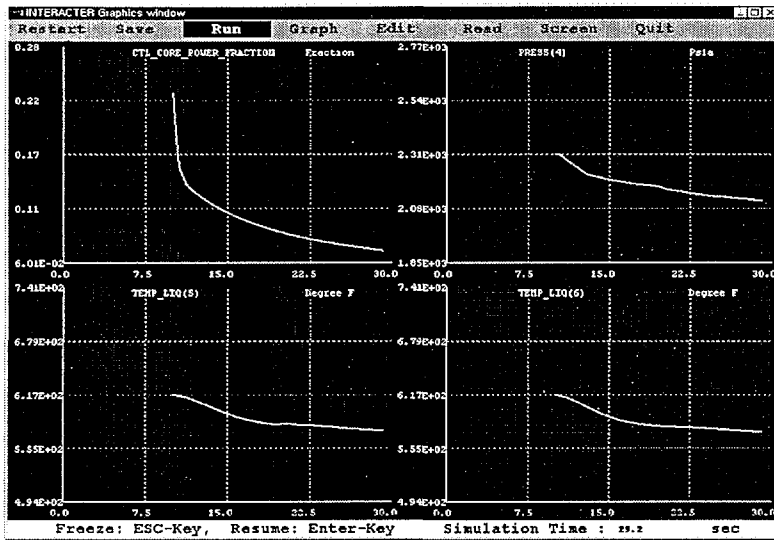


그림 5. Quad X-Y Graphs Screen

- Single X-Y Screen: Run Menu에서 사용자가 원하는 시간에 대한 정보를 입력한 후 OK를 선택하면 수행되며 Graph, Graph-Style, Single-Graph로 선택되어 있어야 한다. 한 개의 화면에 4개의 Graph를 동시에 보여주며(그림 6) 4 개의 Graph에서 사용되는 변수는 Graph, Select Graph를 통해 지정되어 있는 변수이다. 또한 Screen Menu에서 X-Y Plot Option(Default Option)이 먼저 선택되어 있어야 한다.

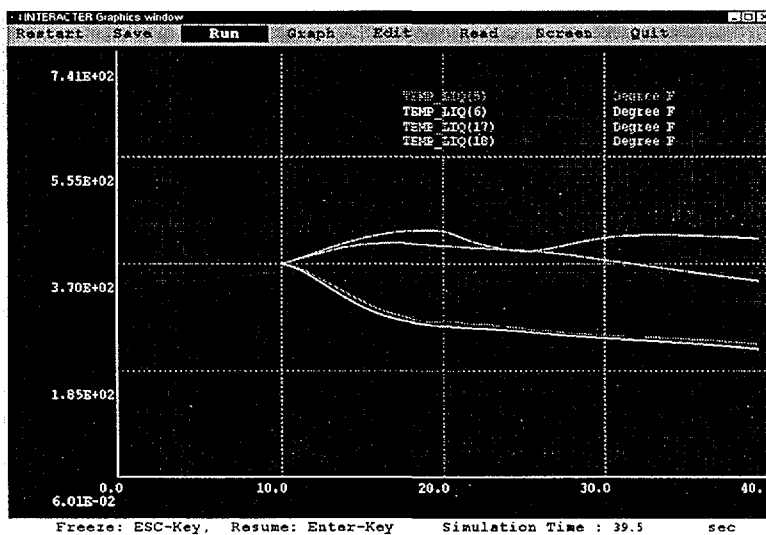


그림 6. Single X-Y Graph Screen



- Plant Overview - Run Menu를 실행시키기 전에 Screen, Plant Overview를 선택한 후 Run을 선택하면 나타나는 화면(그림 7)이다. 이 화면에서는 각 주요 기기의 온도, 압력, 유량, 수위 등 변수의 값이 일정시간 간격으로 변화되는 것을 보여주며 화면 하단에는 현재 모의 시간을 보여준다. 사용자는 TASS-NPA 수행 중 언제든지 Escape Key를 눌러서 수행을 중지시킬 수 있으며 Return Key를 입력하여 작업을 계속 수행할 수 있다. 또한 Escape Key로 작업을 중지시킨 후 Mouse Click으로 Valve On/OFF을 할 수 있으며 Pump Off, Reactor Trip 도 가능하다. 현재 가동 중인 기기의 색깔은 빨간색 닫혀있는 기기의 색은 파란색을 사용하였다.

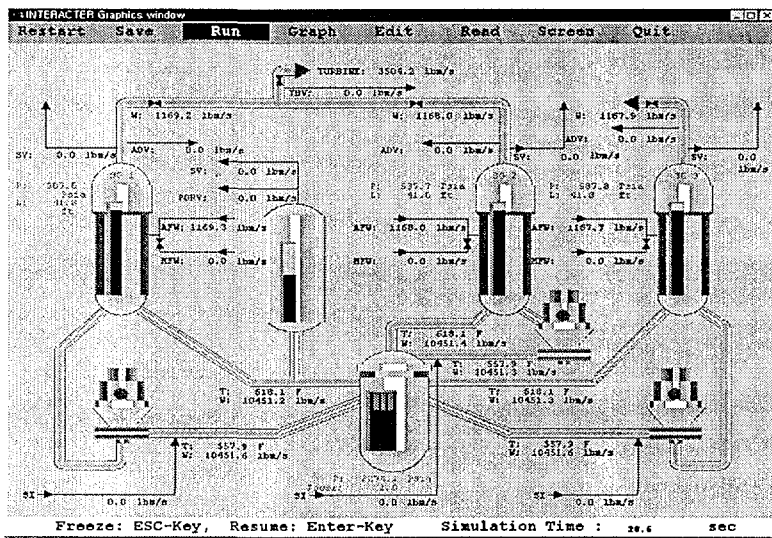


그림 7. Plant Overview of Steady State

- Graph : Screen Menu에서 X-Y Plot을 선택한 경우, 출력에 관한 세부사항을 정하고자 할 때 이 Menu를 선택한다. 이 Menu를 선택하면 다음 (그림 8) 과 같은 Menu가 출력된다.

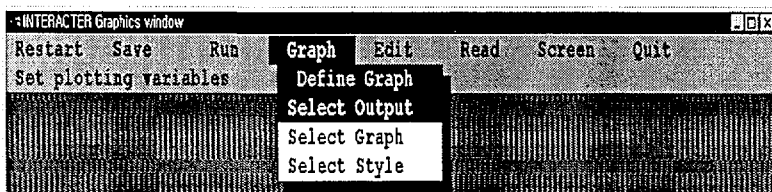


그림 8. Graph Menu

위의 (그림 8) 에서 Select Output을 선택하면 화면에 출력할 수 있는 변수들 (최대 20개까지 가능)을 지정할 수 있는 입력 창에 15개까지의 Default 출력변수들과 함께 (그림 9) 와 같이 나타나는데 사용자는 원하는 출력변수를 Keyboard 입력에 의하여 수정 또는 추가할 수 있다.

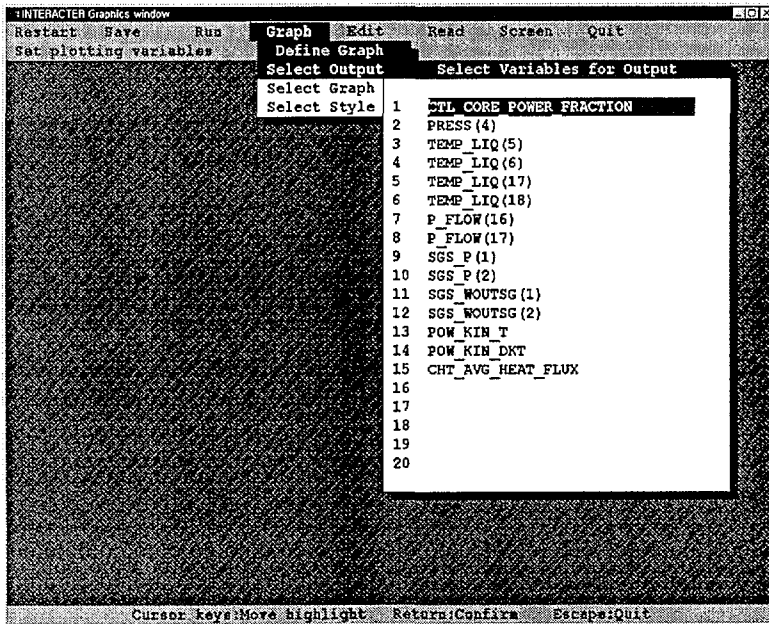


그림 9. Variable Selection Menu

여기서 각각의 변수들에 대한 Time History는 최대 10000개로 제한되어 있으며 이와 같이 저장된 자료들은 화면을 통한 X-Y Plot에 사용되며 프로그램 종료시 출력파일로 저장할 수 있다(Quit Menu 참고). 화면을 통해 X-Y Graph를 보고자 할 때에는 위의 Menu에서 Select Graph 를 선택하여 다음 (그림 10) 과 같은 입력창을 출력시킨다.

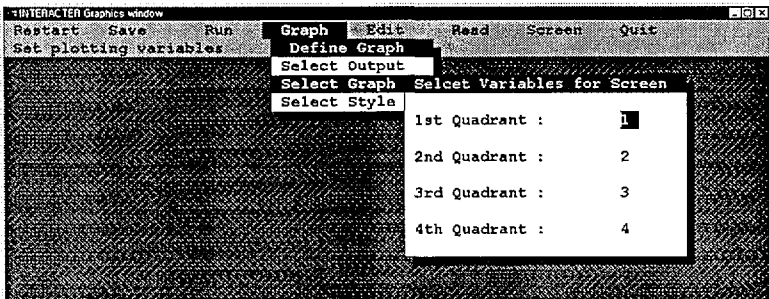


그림 10. Variable Selection for Screen Menu

위의 입력 창을 통하여 각각의 사사분면에 해당하는 출력변수의 번호(1, 2, ..., 20: Select Output을 사용하여 지정된 번호)를 지정하고 Run Menu를 통하여 프로그램을 수행시키면 각각의 출력 변수들이 X-Y Graph로 출력된다. 만일 4개 이하의 변수를 지정하고자 할 경우에 사용하지 않는 변수의 번호는 '0'을 입력한다. 이때 X 및 Y의 범위는 자동으로 결정되며 계산중 이 범위를 넘어설 경우 다시 재조정된다.

Graph 메뉴에서 Select Style 보조메뉴를 선택하게 되면 (그림 11) 과 같은 2개의 항목을 가진 메뉴가 나타나는데 Quad Graphs 는 바탕화면을 4개로 나누어 각각에 한 개의 변수에 대한 그래프를 보여주며 Single Graph를 선택하게 되면 바탕 화면에 4개의 그래프가 동일한 스케일을 사용하여 그려지게 된다, 이 Single Graph 의 경우에는 선택되는 4개 이하의 변수들은 모두 같은 단위를 사용하는 변수들로 정해야 한다.

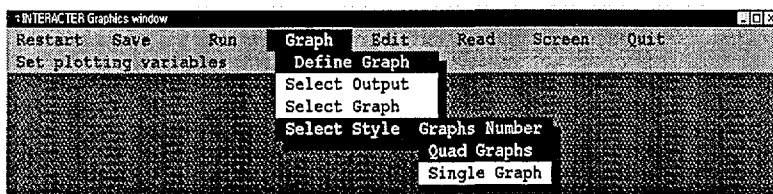


그림 11. Graph Style Menu

- Edit : 이 Menu는 TASS 코드의 Common Block의 변수들을 점검하거나 변경시키고자할 때 선택하는데 이때에 다음 (그림 12) 와 같은 네 개의 보조Menu를 가진 창이 출력된다.

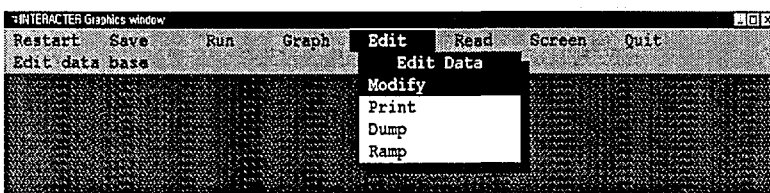


그림 12. Edit Menu

위의 네 가지 보조 Menu 가운데 Modify는 변수들의 값을 변경할 때 사용하고 Print 및 Dump Menu는 각각 Scalar 및 Array 변수들의 값을 출력시키고자할 때

사용한다. 다음 (그림 13) 은 Modify Menu를 선택한 경우 출력되는 입력창이다.

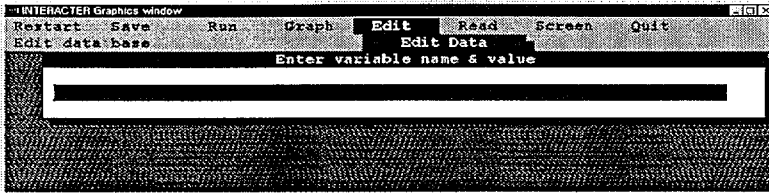


그림 13. Variable Modify Menu

위의 창에서 변경하기를 원하는 변수의 이름과 값을 입력시키면 이에 해당되는 TASS 코드의 Data Base가 변경된다.

(보기 : CTL\_CORE\_TRIP = T 입력 후 Enter Key를 입력하면 원자로 정지상태가 계산됨)

한편 Print 및 Dump Menu를 선택할 경우는 모두 아래 (그림 14, 15) 와 같은 입력 창이 출력되고 이를 통하여 입력된 변수에 해당하는 설명 및 값들을 또다른 출력전용 창에 나타낸다.

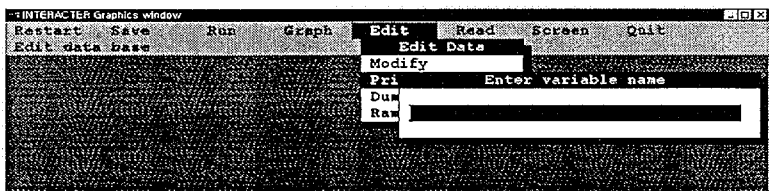


그림 14. Variable Print Menu

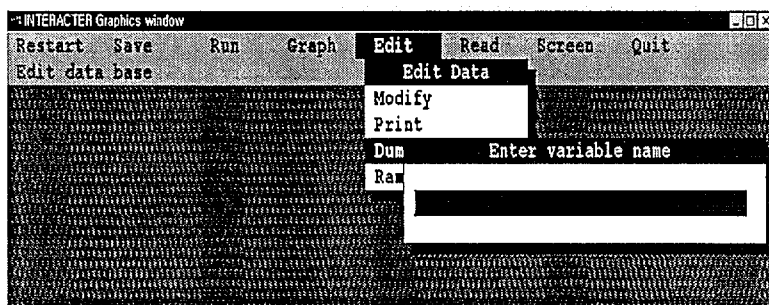


그림 15. Variable Dump Menu

- Ramp : (그림 16) 과 같이 세 개의 보조 메뉴가 있으며 Define 에서는 새로운 변수를 지정하며 Delete 에서는 Define을 통해 정의된 변수를 지워주고 List 는 현재 Ramp 로 선언된 변수의 목록을 보여준다.

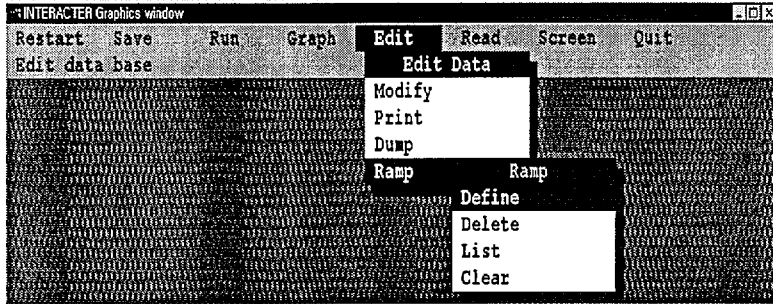


그림 16. Ramp Menu

그림 17 과 같은 메뉴에 Interpolation 시킬 변수의 이름과 변수의 값 수행시간 조건 등을 입력해 준다.

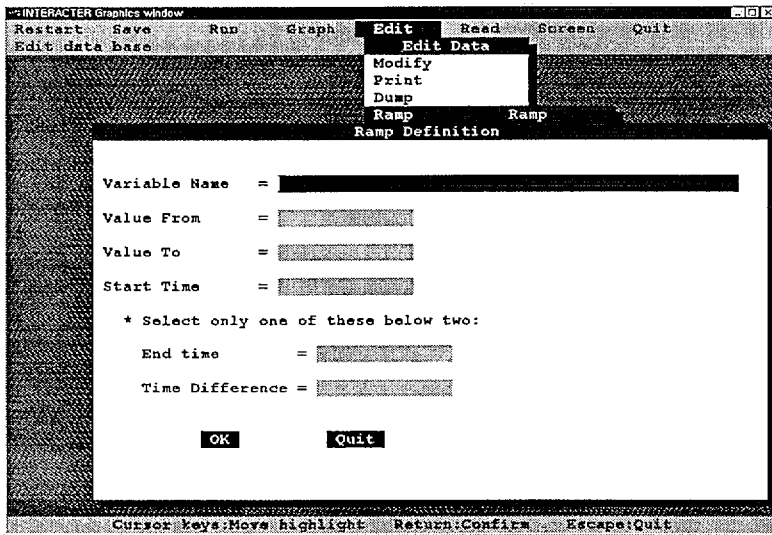


그림 17. Ramp Definition Menu

Ramp Define을 통해 정의된 변수의 목록을 (그림 18) 과 같은 메뉴를 통해 확인한 후 삭제할 변수를 찾아서 Return Key를 치면 Ramp 목록에서 삭제된다.

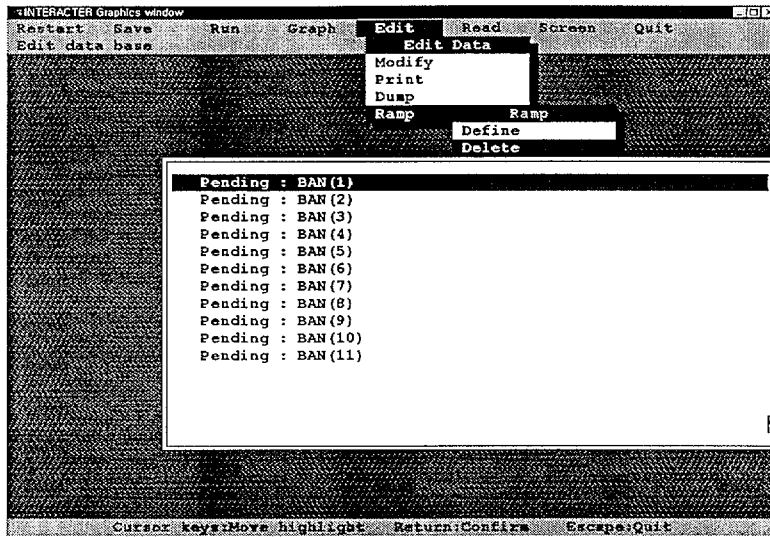


그림 18. Ramp Delete Menu

현재 Ramp 를 사용하여 지정되어 있는 변수의 목록을 보고자 할 때 (그림 19)와 같은 메뉴가 사용된다.

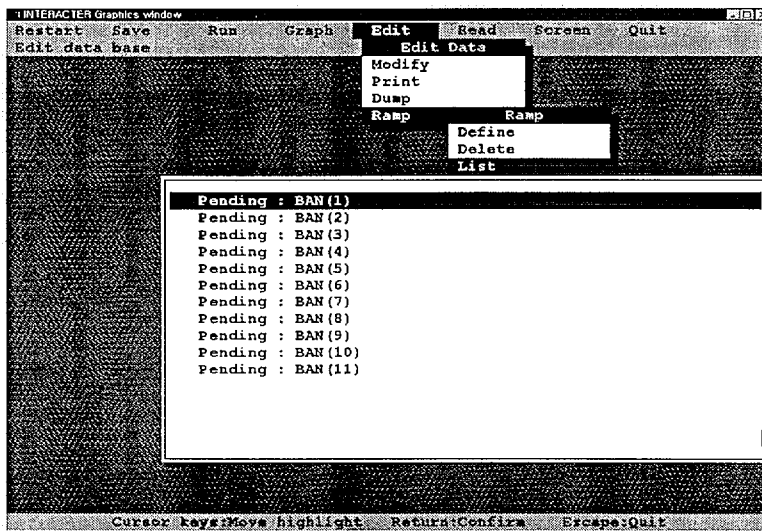


그림 19. Ramp List Menu

Ramp Define 에서 정의한 모든 변수들의 값을 지울 경우에는 (그림 20) 과 같은 메뉴를 사용한다.

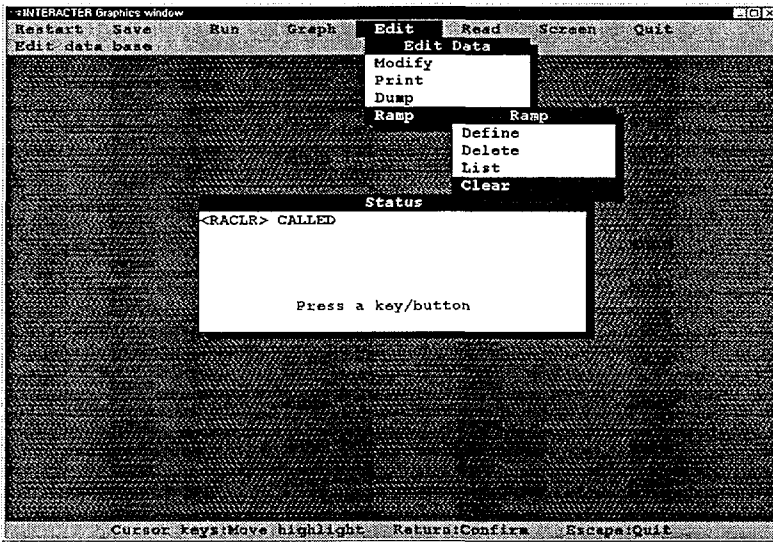


그림 20. Ramp Clear Menu

- Read : 현재 디렉토리 내에 있는 Backup 파일(\*.bk)과 Command 파일 (\*.cd)파일들을 새로운 Menu 창에 다음 (그림 21) 과 같이 출력시킨다. 이 메뉴에서 원하는 파일을 Mouse나 Keyboard로 선택하면 이에 해당되는 파일들의 내용이 TASS 코드의 입력으로 사용된다.

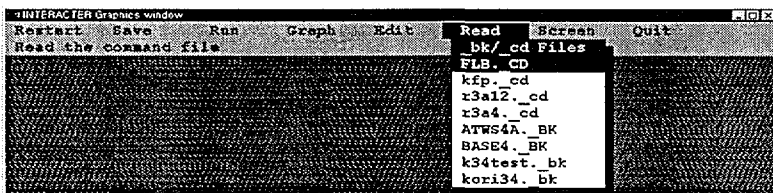


그림 21. Read Menu

- Screen : 계산 수행시 출력의 형태를 정하는 Menu로서 선택 화면에 다음 (그림 22) 와 같은 Menu가 출력된다.

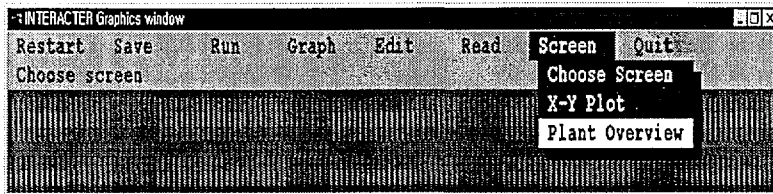


그림 22. Screen Menu

위의 (그림 22) 에서 X-Y Plot을 선택하면 원하는 출력들을 X-Y Graph 형태로 볼 수 있으며 이때의 출력변수들에 대한 정의는 Main Menu의 Graph에서 지정한 변수들이 사용된다. Screen Menu에서 선택된 사항은 Run Menu를 실행시킬 때 사용된다.

- Quit : 작업을 종료하고자할 때 (그림 23)과 같은 Menu를 선택하면 이와 동시에 Graph Menu에서 지정한 20개의 출력변수들에 대한 시간별 값들에 대한 정보를 파일로 저장할 수 있도록 출력파일이름을 입력할 수 있는 다음과 같은 창이 출력된다.

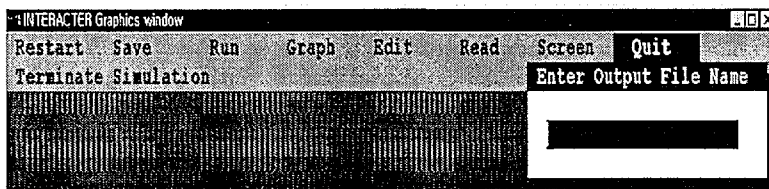


그림 23. Quit Menu

### 3. TASS-NPA 기능

TASS-NPA는 On-Line Real-Time으로 TASS를 수행할 수 있으며 사용자의 요구에 따라 작업을 일시 중지할 수 있고 변수의 값도 변화시킬 수 있는 등 대화식 작업이 가능하다. 그리고 사용자가 선택하는 화면으로 변수의 변화 추이를 볼 수 있다. 본 연구에서 개발된 TASS-NPA의 기능을 요약하면 다음과 같다.

- Restart: 이전에 수행되어 저장된 Restart File을 읽어들인다.
- Save: 현재까지 수행한 작업의 결과를 저장한다.



- Run: TASS-NPA를 구동시킨다.
  
- Graph: Screen Menu에서 X-Y Plot을 선택했을 경우 X-Y Plot에서 사용되는 변수를 결정하고 Plot에 대한 정보를 입력받는다.
  
- Edit: 변수의 값을 바꾸거나 Printer나 화면에 출력시킬 수 있으며 변수의 값을 Interpolation 시켜서 수행하게 해 주는 기능을 한다.
  
- Read: TASS-NPA를 수행하기 위해 필요한 여러 가지 파일을 읽어들인다.
  
- Screen: 발전소 전체 시스템을 보여주는 Plant Overview와 특정변수의 변화를 그래프로 보여주는 X-Y Plot 중 하나를 선택한다.
  
- Quit: TASS-NPA를 종료시킨다.

## 제 2 절 TASS-NPA를 이용한 고리 3/4 호기 주급수관 파단사고 모의

개발된 TASS-NPA의 기능을 검증하기 위해 고리 3/4호기 주급수관 파단사고를 모의하여 TASS 코드 특정주제기술보고서[4], [5] 및 TASS 과제 최종보고서[6] 해석결과와 비교하였다.

### 1. 주급수관 파단사고 경위

증기발생기 주급수관이 파단되면 파단된 급수관을 통하여 증기발생기 내의 냉각재가 모두 상실되고 만약 사고와 동시에 소외전원이 상실되면서 주냉각재 펌프가 정지되어 일차측 냉각수의 유동이 정지되고 터어빈 부하가 상실되며 가압기의 압력 및 수위 제어계통과 증기펌프 계통이 동작하지 않게 된다. 따라서 주급수관 파단사고가 발생하면 건전한 증기발생기들의 열제거 능력을 완전히 상실하게 된다. 이러한 상황에서 핵증기 계통은 가압기 안전밸브 및 아래의 신호들에 의한 원자로 트립에 의해 보호받게 되고 비상냉각수가 주입된다.

- 증기발생기 저-저 수위
- 노심과 온도편차(Over-temperature Delta-T)
- 가압기 고압력
- 비상냉각수 주입신호
  - . 증기관 저압력(2/3)
  - . 격납용기 고압력(2/3)

Tass 1.0 Basedeck에 의한 초기화 작업결과에 대한 정상상태 결과는 (표 1)에 나타나 있으며 정상상태에서의 Plant Overview 화면은 (그림 24)에서 보여 주고 있다.

### 2. 주급수관 파단사고 허용기준 및 초기조건

이 사고에 대한 규제기관의 설계허용기준은 사고 진행 중 일차 계통의 최고 압력이 설계 기준 압력의 120%를 넘지 않을 것을 요구하고 있다. Westinghouse형 발전소에 대해서 가장 제한적인 주급수관 파단사고는 가장 큰 주급수관이 완전히

절단되는 경우로 이 사고의 초기조건을 (표 2) 에 수록하였고 TASS-NPA 코드의 입력은 이 조건에 맞도록 작성되었다. 그리고 사고분석에 사용된 주요 가정들은 다음과 같이 참조발전소 최종 안전성 분석보고서에 제시된 모델을 따랐다.

- 1) 가압기의 방출밸브 및 살수계통은 작동하지 않는다.
- 2) 가압기의 고압력에 의한 원자로 트립신호는 무시한다.
- 3) 주급수관 파단과 동시에 모든 주급수는 중지된다.
- 4) 원자로 트립신호은 증기발생기 저-저 수위 신호에 의해 발생한다.
- 5) 모터에 의해 구동되는 보조 급수계통은 증기발생기 저-저 수위 신호에 의해 작동되며 이 보조급수는 나머지 두 개의 건전한 증기발생로의  $0.02M^2/sec$  의 양으로 공급된다.
- 6) 증기발생기 저-저 수위 발생 후 모터구동 보조급수계통의 가동 지연 시간은 60 초로 한다.
- 7) 이차측의 충수와 누수는 없는 것으로 본다.
- 8) 증기발생기의 이차측 열전달 면적은 이차측 냉각재의 양이 감소함에 따라 줄어 든다.

### 3. 주급수관 파단사고 모의해석 결과 및 평가

TASS-NPA를 이용한 주급수관 파단사고 모의해석에 대한 진행과정은 (표 3) 에 나타나 있다. TASS-NPA의 주급수관 파단사고시 사고후 45.5초에서의 과도기 Plant Overview를 (그림24)에서 보여주고 있다. (그림 25) 에는 TASS-NPA 프로그램 수행 도중 임의로 선택된 변수 4개(노드 냉각수의 온도, TEMP\_LIQ(5),(6),(17),(18))의 변화를 동시에 보여주고 있다. 분석 결과로 주급수관 파단부분을 통한 이차냉각재의 누출량을 급격하게 예측하고 있어 이차측 열제거 능력을 낮게 계산하고 일차냉각재의 온도를 높게 예측하여 일차계통 압력을 보수적으로 예측하는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과를 제외하고 다른 값들은 모두

허용기준도를 만족하는 것으로 나타났다. (그림 26) 에서는 정격 출력에 의한 노심

출력 분율(CTL\_CORE\_POWER\_FRACTION), 노드압력(PRESS(4)), 노드 냉각수 온도(TEMP\_LIQ(5), TEMP\_LIQ(6)) 에 대한 변화를 보여주고 있다. TASS 코드 검증해석 결과인 TASS 코드 특정주제기술보고서([4], [5]) 와 TASS 과제최종보고서와 비교해 본 결과 TASS-NPA 결과가 동일한 것으로 판명되어 개발 된 TASS-NPA의 기능이 검증되었다.

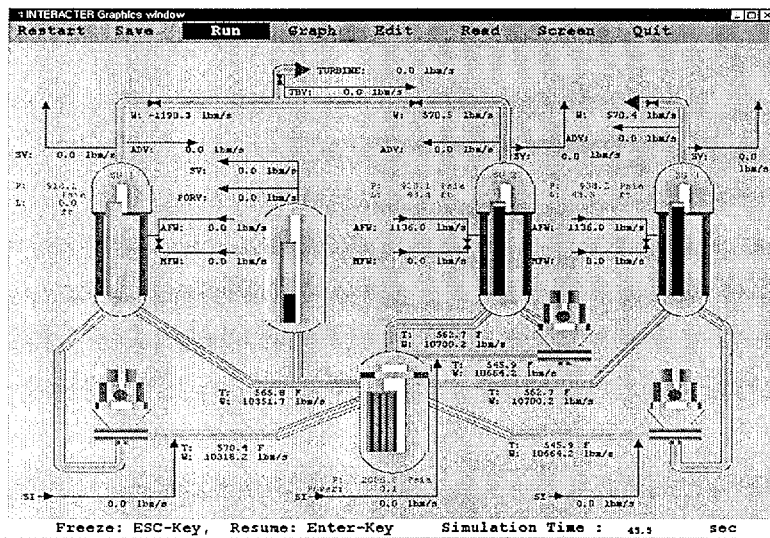


그림 24 Plant Overview of FLB at time = 45.5 sec.

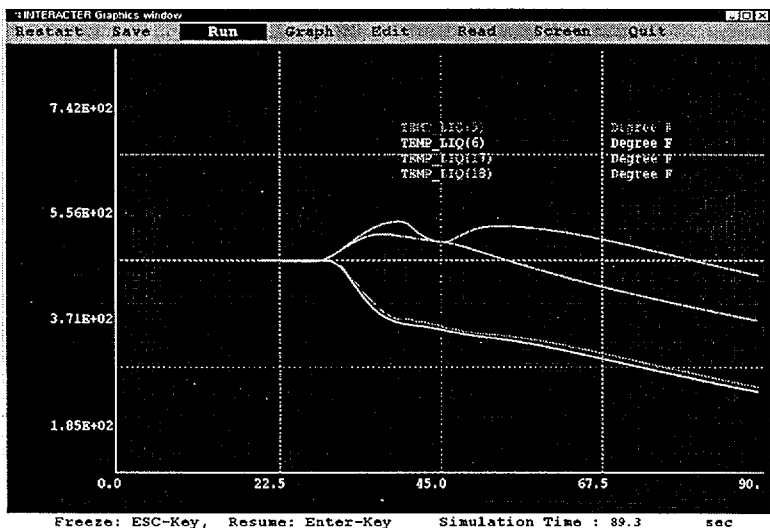


그림 25 Single Graph of FLB

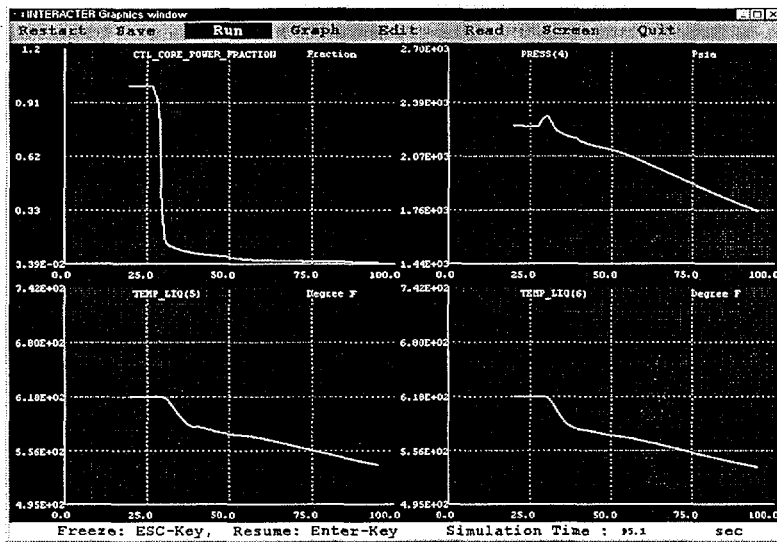


그림 26 Quad Graphs of FLB

### 제 3 절 TASS-NPA 활용

본 연구에서 개발된 TASS-NPA 는 향후 아래의 분야에서의 활용이 바람직할 것으로 보여진다.

- 원전의 유지 보수를 위한 Service Tool
- 원전의 Emergency Operating Procedure 개발
- 원전의 Simulator, MCR 개발 Software
- 신형원전개발 및 설계개선을 위한 Scoping Study
- Engineering Simulator NSSS Model

본 연구에서 개발된 TASS-NPA는 또한 현재 한국원자력연구소에서 개발중인 일체형중소형원자로 SMART의 NPA인 TASS/SMR NPA 개발을 위해서 활용할 계획이다.

### 제 3 장    결    론

IBM PC DOS 환경에서 Lahey Fortran 과 Interacter V 3.10을 사용하여 개발된 TASS-NPA Version 1.0을 Windows 95, Windows NT 환경에서 Digital Visual Fortran V5.0 과 Windows 용 Interacter V4.1을 사용하여 변환하고 TASS-NPA Plant Overview 수행 중 Valve On-OFF 기능, Pump, Reactor Core의 OFF 기능 사용자의 Mouse Clicking을 이용하여 제어할 수 있도록 추가하였으며 변수를 Interpolation 할 수 있는 메뉴도 추가하였다. 또한 사용자가 4개 이하의 변수를 지정하여 X-Y Plot을 동시에 한 화면에 그려볼 수 있는 기능도 추가하였다. 그리고 고리 3/4호기 주급수관 파단 사고를 모의 해석하여 설계 허용 기준도를 만족하는 결과와 개발된 TASS-NPA 기능을 검증하였다. 이러한 기능이 보강된 TASS-NPA 는 지속적인 사용을 통하여 개선점을 발견하여 지속적인 보완을 해야 할 것이며 차후 SMART NPA 개발을 위한 기준 TASS/SMR NPA로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 제 4 장 해석 입력

본 해석을 위하여 사용된 코드는 TASS-NPA Version 2.0 (IBM PC Windows Version) 이다. 고리 3/4호기 주급수관 파단사고 해석 시 사용한 Base deck은 부록 I 에 수록하였다. 본 해석 수행에 사용된 입력 및 관련 파일의 저장 위치는 다음과 같다.

1. CD-ROM Label: \\SMART-SA-CDROM-01\CA530-02\
  2. 본문: CA530-02.HWP
  3. Source Files: \SOURCE\
    - \*.FOR: FORTRAN Source Files
    - \*.INC, \*.INS: Include Files
  4. Executable File: TASS.EXE
  5. Input Files
    - Basedeck: K34TEST.\_BK
    - VINDEX.\_VI: TASS-NPA Dictionary File
    - VDICTN.\_VD: "
  6. Case Data
    - FLB.\_CD: Feed Line Break Command File
    - S-KORI34.\_DY: Restart File for Steady State
    - S-KORI34.\_ST: Restart File for Steady State
  7. 개발환경
    - Copiler: Digital Visual FORTRAN V5.0c
    - Graphic Library: Interacter V4.1
    - Development Tool: Microsoft Visul Studio 97

## 제 5 장   참고문헌

[1] TASS 코드 특정기술보고서 제1권, TASS 코드 기술보고서,  
KAERI/TR-845/97(1997)

[2] ISS: INTERACTER, the portable Fortran user-interface development system,  
Interactive Software Services Ltd. (1989-1997)

[3] Development of Graphic Drive Routines for TASS 2.0,  
CA-SCD-TASS-960003 Rev. 00, Han Young Yoon, 1996. 10.16

[4]TASS 코드 특정기술보고서 제2권, CE 및 Westinghouse형 원전 과도기  
사고해석을 위한 TASS 코드 검증 보고서, KAERI/TR-845-1/97(1997)

[5] TASS 코드 특정기술보고서 제3권, TASS 코드 사용자 지침서,  
KAERI/TR-845-2/97(1997)

[6] 원자력 안전성 향상 연구, 원전 과도기 성능 및 계통 분석 코드개발,  
KAERI/RR-1746/96(1997)



표 1. 고리 3/4호기에 대한 TASS-NPA 의 정상상태 결과

주요인자	값
노심 출력	2775 MWt
정지봉 반응도	4000 pcm
노심 입구 온도	565.17 K
가압기 압력	15.528 MPa
가압기 수위	6.7 M
증기발생기 압력	6.805 MPa
증기발생기 수위	50 %

표 2. 고리 3/4호기 주급수관 파단사고시 초기조건

주요 인자	값
파단 면적	0.13 M <sup>2</sup>
노심 출력	2775 MWt
노심입구 온도	565.17 K
가압기 압력	15.526 MPa
증기발생기 압력	6.805 MPa
증기발생기 수위	50 %
정지봉의 반응도	4000 pcm
모든 제어계통	수동
보조 급수펌프 기동지연시간	60 초
주증기관 차단밸브 지연시간	7 초

표 3. 고리 3/4호기 주급수관 파단사고의 진행과정

시간(초)	사건	값
0.0	주급수관 파단, M <sup>2</sup>	0.13
5.0	증기발생기 저-저 수위신호 발생, %	17.0
7.0	정지봉의 낙하 시작	-
7.0	주냉각재 펌프의 감쇄 시작	-
7.0	터어빈 트립과 주급수관의 차단	-
65	보조급수 공급, M <sup>3</sup> /sec	0.028
70	파단된 증기관에서 저 압력 신호 발생, MPa	4.135
85	주증기관의 차단	-
90	고압 비상 냉각수 각 저온관 주입	-
361	가압기의 안전 밸브 개방, MPa	17.236
~2000	보조급수에 의해서 일차계통의 온도가 감소하기 시작	-

## 부록 I. 고리 3/4호기 주급수관 파단사고 Command File

```

!
! File KOR134FLB_CD
! Last mod 11/30/92 by Han Young Yoon
!
! Run TASS-NPA in order to simulate for Kori-3/4 Feedline Break Event
!
!
!Rest (k34fp)
!
! set scram_delay time
  Scram_Delay = 2.
!
! set sis delay time
  CTL_SIS_DELAY=12.
!
! set aux. feedwater delay time
  ctl_afws_delay = 60.
!
! set msis delay time
  ctl_msis_setpoints(7) = 7.
!
! set turbine trip delay time
  CTL_CORE_TURB_TRIP_DELAY=2.
!
! set turbine stop valve time
  ctl_turb_trip_valve_time=0.
!
! no aux feedwater flow into broken sg
  CTL_AFWS_FLOW_MULT=0.,2*1.,0.
!
! aux. feedwater enthalpy
  afws_enth = 3*78.065,0.
!
! no credit for turbine driven aux. feedwater pump

```

```

        CTL_AFWS_TURB_PUMP=0.
        CTL_AFWS_MOTOR_PUMP=1.
!
! turn off PZR heater
        CTL_HEATERS_CONTROL_AUTO=.T.
        CTL_LEVEL_HEATER_OFF=1.0
        VOLT_HEATER=6*0.
        przr_heater_mult=0.
!
! no credit for porv
        CTL_PORV_AUTO=4*.F.
!
! no credit for spray system
        CTL_PRZR_SPRAY_CONTROL_AUTO=.F.
!
! no credit for s/g relief valve
        CTL_ATM_DUMP_CONTROL_AUTO=.F.
!
! turn off steam dump system
        CTL_TURB_BYPASS_CONTROL_AUTO=.F.
!
! turn off s/g blowdown model
        mod_off_sgbd=.t.
!
! turn off feedwater controller
!
        Ctl_fws_control_auto = f
        fws_flow(1) = 0.
        fws_flow(2) = 1136.
        fws_flow(3) = 1136.
        ctl_core_low_sg_level_trip=0.17
!
! Bypass all trip signal except s/g low-low level signal
!

```

CTL\_CORE\_HI\_POWER\_FRAC\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_HI\_POWER\_SUR\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_LOW\_PRZR\_PRES\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_HI\_PRZR\_PRES\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_HI\_PRZR\_LEVEL\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_OVER\_TEMP\_MRGN\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_OVER\_POWER\_MRGN\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_RCSFLOW\_FRAC\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_SIAS\_TRIP\_OR=0.  
CTL\_CORE\_LOW\_SG\_PRES\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_LOW\_SG\_LEVEL\_TRIP\_OR=0.  
CTL\_CORE\_HI\_SG\_LEVEL\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_STEAM\_FEED\_MISMATCH\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_TURB\_TRIP\_DELAY\_OR=1.  
CTL\_CORE\_HI\_CONT\_PRES\_TRIP\_OR=1.  
CTL\_CORE\_USER\_DEFINED\_TRIP\_OR=10\*1.

!

! No CEA motion during the event

!

Ctl\_cea\_auto = F

Ctl\_cea\_perfect = F

!

! PZR safety valve set pressure

CTL\_PSV\_PSET\_OPEN=3\*2500.,0.

CTL\_PSV\_PSET\_CLOSE=3\*2500.,0.

!

! Adjust the safety valve flow to RELAP5

PRZR\_SAFETY\_MULT=0.69

!

! S/G safety valve set pressure

CTL\_SGSV\_PSET\_FULL=1204.35,1219.,1238.,1256.,1275.,19\*0.

CTL\_SGSV\_PSET\_CLOSE=1200.,1219.,1238.,1256.,1275.,19\*0.

!

! no credit for steam line check valve

```

!
  SLI_CHECK_VALVE=4*.F.
!
! Bypass the High steam line pressure rate signal
  CTL_SIAS_SL_SH_DP=100000.
!
!
!
! scram reactivity
Pow_kin_nqdk      = 11

Pow_kin_tqdk(1)  = 0.0
Pow_kin_tqdk(2)  = 0.33
Pow_kin_tqdk(3)  = 0.66
Pow_kin_tqdk(4)  = 0.99
Pow_kin_tqdk(5)  = 1.32
Pow_kin_tqdk(6)  = 1.65
Pow_kin_tqdk(7)  = 2.31
Pow_kin_tqdk(8)  = 3.3
Pow_kin_tqdk(9)  = 3.96
Pow_kin_tqdk(10) = 4.62
Pow_kin_tqdk(11) = 10000.

Pow_kin_qdk(1)   = 0.0
Pow_kin_qdk(2)   = -3.344E-5
Pow_kin_qdk(3)   = -1.8544E-4
Pow_kin_qdk(4)   = -3.1752E-4
Pow_kin_qdk(5)   = -4.3868E-4
Pow_kin_qdk(6)   = -6.1648E-4
Pow_kin_qdk(7)   = -1.59668E-3
Pow_kin_qdk(8)   = -1.9307E-2
Pow_kin_qdk(9)   = -3.6315E-2
Pow_kin_qdk(10)  = -0.04
Pow_kin_qdk(11)  = -0.04

```

```

!
! set the initial time step
  Time_scale = 0.1e-7
!
! Adjust feedline flow coefficient
! to get the same break flow as RELAP5
  FW_COEFF=3*60.78,0.
!
! adjust the steam flow time constant
! to get the same steam flow as RELAP5
  sgs_tau_flow= 1.,1.
!
! set the minimum s/g pressure to 14.7 psia
  sgs_pmin = 14.7
!
! adjust the decay heat multiplier to RELAP5
  POW_DKHT_DHCFCT=1.14
!
! Perfect mixing
  RTRV_MIX_INLET=1.,1.
  RTRV_MIX_OUTLET=1.,1.
!
! set feedwater line break area equal to 1.4 ft sq.
  mal_fwlb_in(1) = 1.0
  fwlb_area=1.4
!
! reduce the steam region heat transfer coefficient
  SGT_HTCSTM=1.E-4
!
! Use Henry-Fauske Critical flow model
!
  Sgs_crit_model = 1
!
! Lower feedwater nozzle to obtain fully liquid break flow

```



```
!  
Htnoz(1) = 0.  
Htnoz(2) = 0.  
!  
!  
! HPSI flow input from RELAP5  
!  
      CTL_HPSI_NPOINTS_TAB=15  
  
CTL_HPSI_FLOW_TABLE=511.73,482.7642,444.1432,405.5219,362.0732,318.6242\  
      294.486,265.5204,236.5546,207.5886,168.9674,115.8633,3*0.,1158.6339\  
      1052.426,984.8388,902.7691,811.0438,714.491,661.3869,608.2828,550.3511\  
      487.5918,420.0047,328.2796,217.2438,16*0.  
  
CTL_HPSI_PRES_TABLE=159.544,303.1336,736.8032,1025.4328,1314.0624,1595.44\  
      1740.48,1885.52,2030.56,2175.6,2320.64,2460.68,2610.72,2755.76,10000.  
CTL_HPSI_PUMP_NUM=2  
CTL_HPSI_SPLIT=3*0.3333,0.,4*0.  
CTL_SIS_HLPSI_H = 556.58  
CTL_SIS_HLPSI_BC=0.  
  
!  
! Turn off Interpolation Error Message  
Interpolation_error_option = 0.  
!
```

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드
KAERI/TR-1231/99			
제목/부제	TASS-NPA 개발		
연구책임자 및 부서명 (TR, AR인 경우 주저자)	심석구 (열수력 안전연구팀)		
연구자 및 부서명	김희경 (열수력 안전연구팀), 김희철 (열수력 안전연구팀)		
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소
		발행년	1999
페이지	34 p.	도표	있음( V ), 없음( )
		크기	21x29.7 Cm
참고사항			
비밀여부	공개( V ), 대외비( ), _ 급비밀	보고서종류	기술보고서
연구위탁기관		계약 번호	
초록 (15-20줄내외)	<p>TASS 1.0 코드는 그 구성에 있어서 두 부분으로 되어있는데, 그 첫 번째는 실제과도현상 해석을 위한 계산에 사용되는 부분으로서 이것은 1,2 차측 열 수력 모델, 노심의 동특성 및 열 전달 모델 및 원자로 보호, 제어계통 등에 대한 프로그램들로 구성되어 있으며, 두 번째는 TASS Executive Routine 이라고 불리는 일종의 운영 프로그램으로서 이것은 위의 계산모델들을 적절한 순서에 의해 수행시키고 각종 입출력 및 사용자와의 대화식 작업을 가능하게 한다. 그런데 이 TASS Executive Routine 은 그 사용에 있어서 제한적이고 그 분량이 매우 방대하다. 따라서 이 TASS Executive Routine을 대체할 수 있는 보다 사용이 간단한 GRIS(Graphical Routines for Interactive Simulation)를 개발하였고 이 GRIS를 기본으로 TASS NPA를 개발하였다. TASS NPA는 구동되는 컴퓨터 환경이 IBM PC 이며 Windows 95 또는 Windows NT 에서 수행할 수 있다. 또한 TASS NPA를 사용하여 고리 3/4호기 주급수관 파단사고를 모의하여 TASS NPA의 기능을 검증하였다.</p>		
주제명키워드 (10단어내외)	TASS, NPA, 과도현상 해석, GRIS, 고리 3/4호기 과도기 사고해석, Real-Time 과도기 사고해석		

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	
KAERI/TR-1231/99					
Title/ Subtitle		Development of TASS-NPA			
Project Manager and Department		Sim, Suk-Ku (Thermal-Hydraulic Safety Research Team)			
Researcher and Department		Kim, Hee-Kyung (Thermal-Hydraulic Safety Research Team) Kim, Hee-Cheol (Thermal-Hydraulic Safety Research Team)			
Publication Place	Taejon	Publisher	KAERI	Publication Date	1999
Page	34 p.	Ill. & Tab.	Yes( V ), No ( )	Size	21x29.7Cm
Note					
Classified	Open( V ), Restricted( ), ___ Class Document		Report Type	Technical Report	
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (15-20 Lines)		<p>TASS 1.0 is consisted of two parts. First part analyze the reactor transients and calculates system parameters during the transients. This part comprises the programs of the primary and secondary thermal hydraulic model, the core model, the heat transfer model, the protection and the control system. The second part is the TASS executive routine. This part provides an operating system for TASS. The user can execute TASS with above models interactively through the TASS executive routine. But TASS executive routine is very large and the function is restricted. The development of GRIS(Graphical Routines for Interactive Simulation) was initiated to overcome the limitation of TASS executive routine. TASS-NPA was developed based on GRIS. TASS-NPA simulation can be performed on Windows 95 and Windows NT of IBM PC. The verification of the TASS-NPA function was performed with the Feed Water Line Break of KORI 3/4.</p>			
Subject Keywords (About 10 words)		TASS, NPA, transient analysis, GRIS, KORI Unit 3/4 transient accident analysis, Real-Time transient analysis			