

‘97춘계학술발표회 논문집

한국원자력학회

노내출력분포 분석업무 지원을 위한 WINCORE 시스템 개발

신호철, 배성만, 김용배, 이상희

전력연구원 원자력연구실

대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

본 연구에서는 국내 WH형 원전에서 노내출력분포분석을 위해 INCORE 코드를 각 원전의 인접한 전산소의 주전산기에 설치하고, 단말기를 이용한 on-line 작업으로 수행하는 현행 노내출력분포 분석업무를 개선하기 위하여 PC용 INCORE 코드를 개발하였고, 이를 바탕으로 동일 윈도우 통합환경에서 INCORE 코드 운영에 필요한 모든 기능과 노내출력분포 분석을 위한 발전소 운영절차 수행기능을 통합한 WINCORE(Windows program for INCORE) 시스템을 개발하였다. 현재 WINCORE 시스템은 올진 1호기 8주기부터 노내출력분포 분석업무를 지원하기 위하여 사용중에 있으며, 개발된 WINCORE 시스템을 이용함으로써 현장에서 직접적인 자료처리, 분석계산 및 기술지침서 안전제한치 만족여부 결정을 통하여 노심관리 업무의 효율성을 제고함을 확인하였다.

1. 서 론

모든 WH형 원자력발전소는 노내 중성자속 측정설비(DFMS : Digital Flux Mapping System)을 이용하여 노물리 시험기간중에는 원자로 출력 <5%, 75%에서, 그리고 정상 출력운전중에는 기술지침서에 규정된 정기 점검요건에 따라 31 EFPD (Effective Full Power Day) 마다 한번씩 노내 출력분포 측정을 실시한다. INCORE 코드는 DFMS로부터 측정된 노심출력분포 측정자료를 이용하여 노심의 안전성에 관한 제반 운영기술지침 항목의 만족여부 확인, 노외계측기 교정자료 취득 및 핵물질 계량관리 등 현장 노심관리 업무수행을 위한 계산자료를 생산한다.

국내의 WH형 원전에서는 INCORE 코드를 각 원전에 인접한 전산소의 IBM-MVS 기종에 설치하여 on-line 작업으로 운용하고 있다. 따라서, 통신선로 장애시에는 업무처리 지연 문제가 발생할 수 있으며, 불편한 user interface 및 source card (INCORE 수행에 필요한 설계자료) file 취급 등으로 QA 측면에서도 개선이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 노내 출력분포 측정자료를 현장에서 직접 분석이 가능토록 PC용 INCORE 코드를 개발하고, 이를 바탕으로 동일 윈도우 통합환경에서 INCORE 코드 운영에 필요한 모든 기능과 노내 출력분포 분석을 위한 발전소 운영절차 수행기능을 통합한 WINCORE 시스템을 개발하여 사용자의 편의성을 최대한 고려함으로써 노심관리업무의 효율성을 증진하는데 있다.

2. PC-Version INCORE 코드 개발 및 검증

INCORE 코드는 노내 중성자속 측정설비(DFMS : Digital Flux Mapping System)에 의해 측정된 노심출력분포 측정자료와 열전대에 의한 노내 온도분포를 이용하여 노내의 핵적특성을 파악하여 운전중의 노심 건전성 유무를 감시하고, 운영기술지침서(Tech. Spec.)의 안전제한치 만족여부 점검에 필요한 코드로써 다음과 같은 기능을 갖는다.

정상운전중 원자로에서 누설되는 중성자를 이용하는 노외 핵계측기 신호만으로 노심 출력분포를 정확히 측정하기는 어렵다. 따라서 정기적으로 노내 중성자속 측정설비를 이용하여 노내 중성자속 분포를 측정하고 INCORE 코드를 이용하여 노심출력분포를 계산하고 있다. 이를 바탕으로 정상운전중 노심 안전성 관련 주요 변수인 열속첨두계수, 핵적 엔탈피증가 첨두계수, 축방향 중성자속 편차 및 사분 출력경사도를 계산하여 기술지침서에 규정한 안전제한치 만족여부를 판정한다. 또한 INCORE 코드로 계산한 노내 A.O.(Axial Offset : 축방향 출력편차)와 노외 핵계측기로 측정된 A.O.의 상호 관계식을 이용하여 노외 출력영역 계측기의 교정자료를 취득하고 교정작업을 실시함으로써 노외 핵계장 계통의 신뢰도를 향상시킨다. 또한 핵설계사가 제공한 예측출력(Predicted power)과 측정출력(Measured power)과의 차이를 비교하여 설계의 정확도를 검증하고 사분 출력경사도 및 첨두계수 계산을 통하여 제어봉의 오정렬 상태나 노심내 비정상상태를 확인한다.

본 연구에서는 서론에서 밝힌 바와 같이 INCORE 코드를 각 원전에 인접한 전산소의 IBM-MVS 기종에 설치하여 on-line 작업으로 운용시 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 HP workstation용 최신 version의 INCORE-3D (Ver.7.4.3) 코드의 원시 프로그램을 Lahey Fortran 77 5.01 compiler를 사용하여 IBM 호환 PC에서 수행 가능한 PC version INCORE

코드를 개발하였다. 그런 다음 WH사의 검증용 test matrix 및 고리 3호기 제9주기 측정 자료를 이용하여 검증계산을 수행한 결과 <표 1>과 같은 결과를 얻었다. COMPAR 코드로 비교한 HP workstation version과 PC version의 INCORE 코드 출력 file의 Numeric mismatch로서 각 코드의 수치계산 결과에 대한 각 version간의 % 오차를 의미하며 모든 계산결과가 10^{-5} 오차범위 내에서 일치함을 확인할 수 있었다.

3. WINCORE 시스템 개발

지금까지 INCORE 코드의 정확도 향상 노력에 비하여, 운영기술에 대한 개선노력이 미진하여 현장 노심관리업무는 도입초기의 방법에 의존하여 수행되고 있다.

본 연구에서는 개발된 PC용 INCORE 코드에 전산분야의 각종 응용소프트웨어를 접목함으로써 사용자 접속부분(GUI)을 구현을 통하여 INCORE 계산결과를 시각화하고, 사용자의 편의성을 최대한 고려한 WINCORE 시스템을 개발하였다.

WINCORE 시스템은 동일 윈도우 통합환경하에서 INCORE 코드 운영에 필요한 모든 기능과 노내 출력분포 분석을 위한 발전소 운영절차를 수행기능을 보유하고 있다. 따라서 개발된 WINCORE 시스템을 이용하면 현장에서 직접적인 자료처리, 분석계산 및 기술지침서 안전제한치 만족여부 결정을 일괄 처리토록하여 노심관리업무의 효율성 향상을 기할 수 있다. 그림 1은 INCORE 코드에 의한 노내출력분포분석을 위하여 출력분포측정설비(DFMS)에 의한 중성자속 측정, 소내전산기에 의한 Source data 축약(49포인트) 및 WINCORE 시스템 수행 등 노내출력분포분석 흐름도를 나타낸 것이다. 아래는 WINCORE 시스템의 각 모듈별 기능을 설명한 것이고, 그림 2부터 그림 7에서는 시스템 실행화면을 보여준다.

INCORE 코드운영 지원모듈

- 측정 데이터화일 및 입·출력화일 관리
- INCORE 입력문 작성 및 실행
- Key-word 탐색을 통한 계산결과 확인

발전소 노내 출력분포분석 운영절차 수행모듈

- 입력자료(입력선택, 기준준위, 중첩안내관, 검출기 보정인자 및 대칭안내관)의 유효성 판단
- 노심 안전성 관련 주요변수(열속침투계수, 핵적 엔탈피증가 침투계수, 축방향 중성자속 편차 및 사분출력 경사도 등)의 기술지침서 안전제한치 만족여부 판정
- 기술지침서 안전제한치 위반시 조치사항 제시

4. 결 론

본 연구에서는 종래에 INCORE 코드를 각 원전에 인접한 전산소의 IBM-MVS 기종에 설치하여 on-line 작업으로 운용시 발생하는 통신선로 장애로 인한 노내출력분포 분석업무 처리 지연, 불편한 user interface 및 source card (INCORE 수행에 필요한 설계자료) file 취급 등의 운영상 문제점을 PC version INCORE 코드를 개발하여 해결하였다. 개발된 PC version INCORE 코드의 검증을 위하여 WH사의 검증용 test matrix 및 고리 3호기 제9주기 측정자료를 이용하여 검증계산을 수행한 결과, HP workstation version INCORE 코드 계산결과와 10^{-5} 오차범위 내에서 일치함을 확인하였다. 현재 PC version INCORE 코드를 고리 3,4호기와 울진 1호기의 노내출력분포 분석을 위하여 사용중에 있다.

이를 바탕으로 INCORE 코드 운영에 필요한 모든 기능과 노내 출력분포 분석을 위한 발전소 운영절차를 수행할 수 있는 WINCORE 시스템을 개발하였다.

현재 WINCORE 시스템은 울진 1호기 노내출력분포 분석업무를 지원하기 위하여 사용중에 있다. 이 시스템을 이용하여 자료처리, 분석계산 및 기술지침서 안전제한치 만족여부 결정을 현장에서 직접 수행함으로써 31EFPD 마다 수행하는 정기점검시 노심 운전분석 업무의 효율성을 증진시키고, 출력상승중 노심 출력분포 측정시 분석시간을 단축하여 발전소 이용률을 제고할 수 있음을 확인하였다. 추후 WINCORE 시스템 개발과 유사한 과정으로 TOTE 코드에도 상기 방법을 적용하여 핵물질 계량관리 업무개선을 위한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

- [1] INCORE 3D Programmers Manual for Version 7.4.3, Westinghouse, (1994)
- [2] "노심관리관련 프로그램", 한국전력공사 원자력연수원, (1990)
- [3] "원자로 물리시험", 한국전력공사 원자력연수원, (1990)
- [4] Lahey Fortran 5.2 rev. C Manual, (1992)
- [5] "MS Visual Basic Language Reference", Microsoft, (1995)
- [6] "MS Visual Basic Programmer's Reference", Microsoft, (1995)

<표 1> HP workstation 및 PC version INCORE-TOTE 코드 계산결과 비교

검증 data	Number of Numeric Mismatch (% 오차)	
	0.000 % - 0.001 %	> 0.001 %
INCR10	4	0
INCR11	78	0
INCR12	4	0
INCR13	2	0
INCR14	2	0
INCR15	47	0
INCR16	51	0
INCR17	57	0
INCR18	62	0
INCR19	6	0
INCR20	2	0
INCR21	4	0
INCR22	2	0
INCR23	78	0
INCR24	78	0
INCR25	77	0
K3062394	4	0
K3092894	4	0
K3112594	6	0

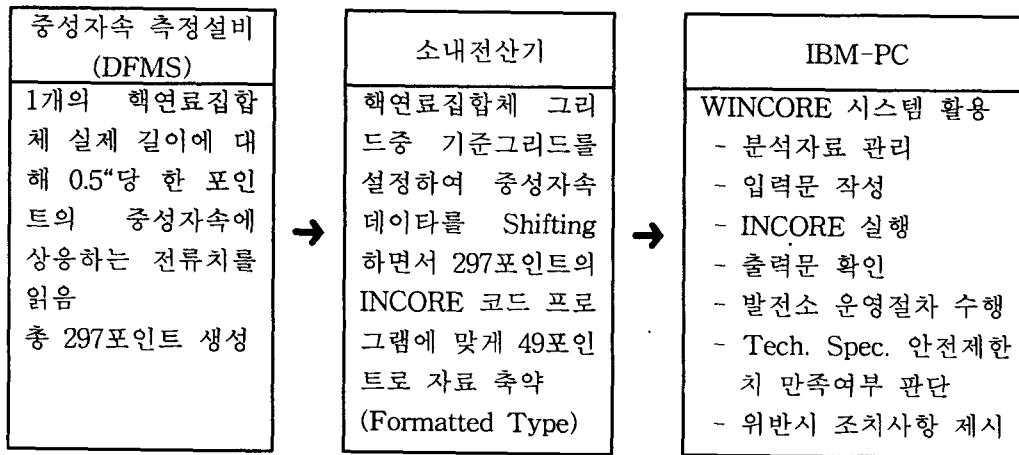


그림 1 노심 출력분포 해석 흐름도

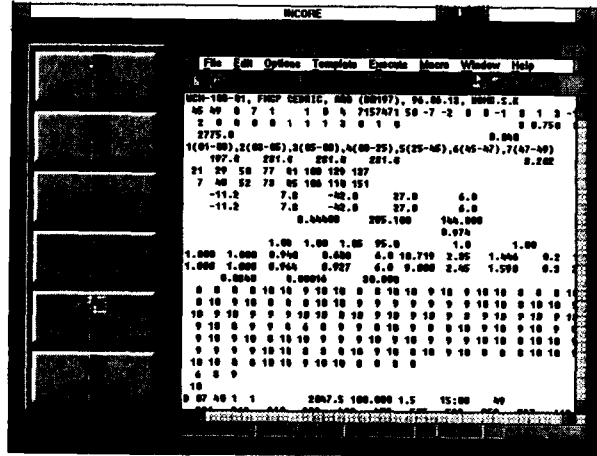


그림 2 INCORE 입력문 작성기 출력화면 예

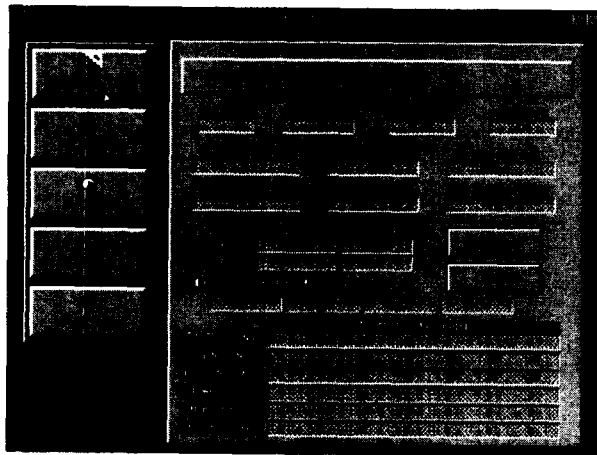


그림 3 INCORE 입력상수 요약 출력화면 예

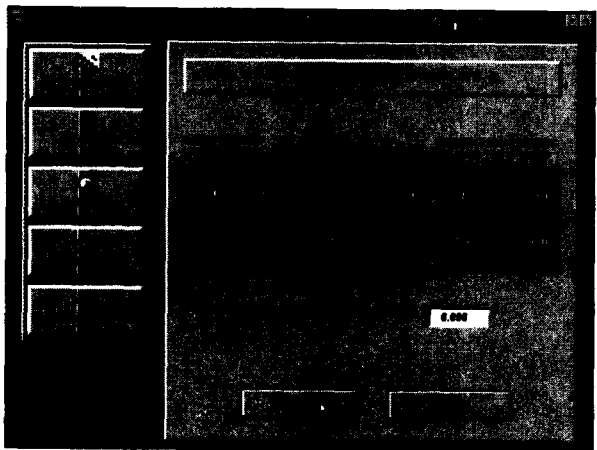


그림 4 사분경사도 및 축방향중성자속 출력화면 예

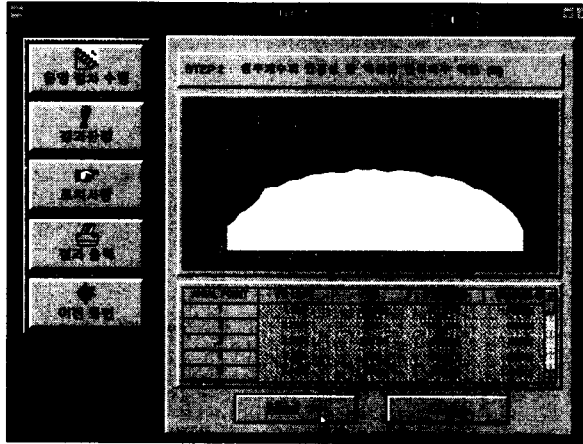


그림 5 열속침두계수 측정치 및 제한치 비교 출력화면 예

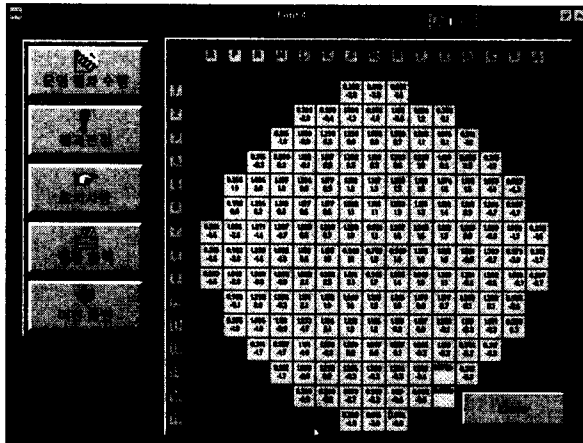


그림 6 측정출력과 예상출력의 퍼센트 오차 출력화면 예

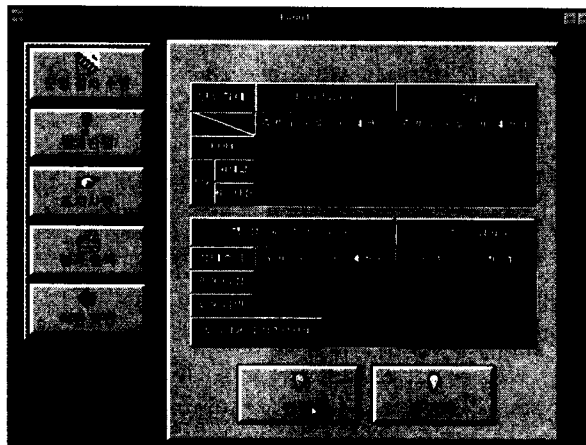


그림 7 기술지침서 안전제한치 만족여부 판단 출력화면 예