

주제어실과 인간공학

■ 이정운, 오인석, 이용희, 이현철 / 한국원자력연구소 계측제어·인간공학연구부
■ 신영철, 강성곤 / 한국수력원자력(주) 원자력환경기술원

원전에서의 주제어실 및 인간공학 역할 및 중요성

1940년대부터 시스템이나 기기를 개발하는 과정에서 필수적인 한 공학분야로 인식되어 온 인간공학은 인간생활에서 사용되는 시스템, 설비 및 환경의 개발과정에 있어서 인적요소인 생리, 심리, 행동과 학적 특성을 고려함으로써 인간-시스템 인터페이스에서 일어나는 제반문제를 해결하여 시스템의 최적화를 달성하기 위한 분야이다.

원자력발전소 주제어실은 원자력발전소를 운전하는 곳이다. 자동차를 운전하기 위해서 운전석에 핸들과 브레이크, 각종 계기들이 있듯이 원전 주제어실에도 제어반과 계기들이 있다. 아래의 주제어실 사진에서 볼 수 있듯이 원전 주제어실 제어반에는 10,000개 이상의 각종 계기와 3,000여개의 경보

창이 배열되어 있다. 원전을 안전하게 운전하기 위해 필요한 발전소 계통 및 기기의 압력, 온도, 유량과 같은 상태변수 정보가 누락됨이 없어야 하고, 이들을 제어실 운전원들이 읽고 발전소 계통 및 기기를 효과적으로 제어할 수 있도록 수많은 계기와 제어기들이 선정되고 배치되어야 한다. 이를 위해 인간공학이 중요한 역할을 담당하게 된다.

기술발전 동향

원전 주제어실에서의 인간공학 중요성은 1970년대까지는 간과되어 오다가 1979년 미국 TMI 원전 사고 이후 새롭게 인식되어 관련 연구가 활발해졌다. TMI 원전 사고의 주요 원인이 운전원의 판단착오와 계기 오동작으로 나타남에 따라 당사자인 미국에서는 운전 중인 모든 원자력발전소에 대해 상세

제어실 설계검토를 수행할 것과 안전변수표시장치 및 비상대응설비를 추가하도록 발전사업자에게 요구하였다. 이러한 사후 대책은 1980년대 우리나라를 비롯한 다른 원자력 발전국가에서도 유사하게 시행되었다.

안전성을 매우 중요시 여기는 원전에서는 진보된 기

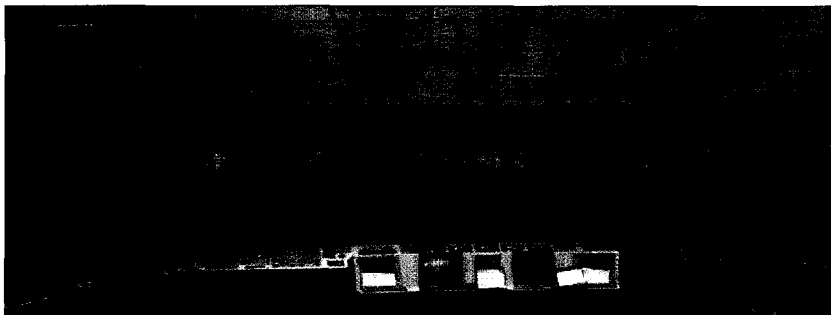


그림 1 영광 6호기 주제어실 사진

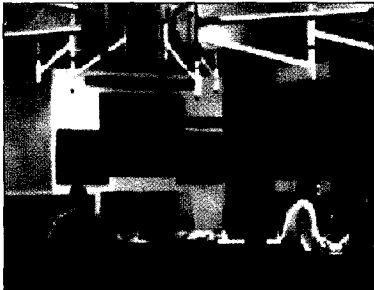
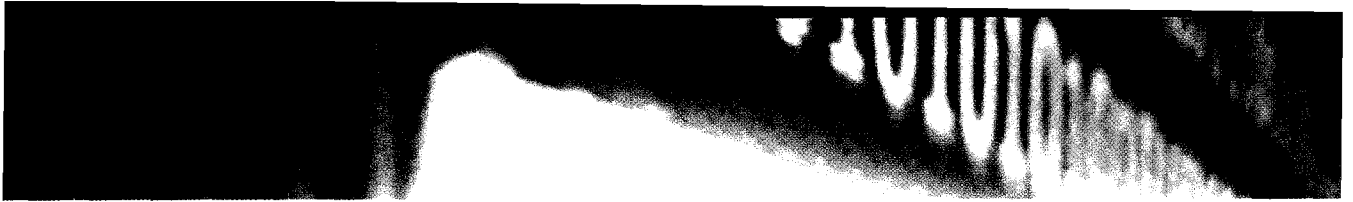


그림 2 프랑스 N4 제어실



그림 3 일본의 APWR

술의 적용에 대해 극도의 보수성을 가지고 있으며 아직까지도 아날로그 계측제어기술이 적용되고 있다. 그러나 부품의 생산중단 등의 이유로 1980년대 들어 발전된 디지털 계측제어기술을 적용하려는 시도가 나타났다.

1980년대 초반부터 시작된 프랑스의 N4 제어실 개발은 전 세계적인 관심을 이끌었다. N4 제어실은 CRT 워크스테이션, 전자식 절차서, 대형화면 등, 기존 재래식 제어반과는 매우 다른 형태를 가지고 있다(그림 2). 이에 자극을 받은 미국에서는 EPRI(Electric Power Research Institute)의 주도로 디지털 기술에 기반한 제어실 및 계측제어계통 요건을 담은 사업자요건서(URD: Utility Requirement Document)를 발행하게 되었다. 미국 Westinghouse의 AP600 및 NUPLEX 80+, 일본 도시바, 히다찌, 미쯔비시 등의 ABWR 및 APWR, 캐나다 AECL의 CANDU 등의 원자로 개발에서 신형제어실 개발이 진행되었다. 이들 가운데 프랑스의 N4와 일본 ABWR만이 실제 발전소에 설치된 상황이다.

원전 선진국에서 신규 원전의 건설이 중지된 현재는 미국, 영국, 스웨덴 등에서 디지털 기술을 적용하여 기존 재래식 제어실을 개량하는 사례가 있다. 이러한 신형 제어실 설계와 기존 제어실 개량에서는, 자동화의 증가에 따른 운전원의 역할 변화, VDU 기기를 사용한 계측정보 표시에 따른 정보접근성, flat panel 등을 사용한 soft 제어 및 전자식절차서의 적용, 경보축약 및 경보 우선 순위화와 같은 경보처리를 거친 경보계통 등, 기존 제어실과는 다른 설계

특성을 가지게 된다. 이러한 변화에 따른 인간공학적 안전성을 확인하기 위해 미국 원자력규제기관인 USNRC(U. S. Nuclear Regulatory Commission)는 인간공학 설계검토 지침을 새로 만들게 되었다. NUREG-0711 "Human Factors Program Review Model", NUREG-0700 "Human Interface Design Review Guideline" Rev.1 등을 1990년대 중반에 발표하였고, 2002년에는 NUREG-0711 Rev. 1, NUREG-0700 Rev.2와 같이 개정한 바 있다.

우리나라의 연구개발 현황

우리나라에서는 1980년대 후반 한국원자력연구소에 인간공학연구실이 창설된 이후로 여러 가지 원전 인간공학 연구가 수행되어 왔으며, 1990년대에 들어 한수원의 주도로 차세대원자로 개발의 일환으로 신형제어실이 개발되었다. 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

신형경수로1400(APR1400) 주제어실 연구개발

- 신형경수로1400 주제어실 개발 배경 및 일정

신형경수로1400 첨단 디지털 주제어실은 운전원 부담을 줄여 운전의 신뢰도를 향상시키고, 통합적인 계측제어시스템 구조와 상용화된 분산제어시스템을 적용하여 발전소 설비의 비용효율을 개선시키고자 개발을 수행하였다.

체계적인 인간-기계 인터페이스(MMI: Man Machine Interface) 설계과정은 전반적인 한수원 설계 개발 프로그램에 통합되어 진행되었다. 한수원 설계 개발 프로그램은 1996년 개념설계 1단계(1992년~1995년 : 주제어실 설계 개념 완성)를 완료하는 체계적인 접근을 특징으로 한다. 2단계(1996년~1999년 : MMI 기본설계 완성)에서는 MMI 기준설계와 인허가를 위한 표준 안전성 분석 보고서 제출

을 지원하기 위한 문서 발행을 1999년까지 완료하였다. 3단계(1999년~2001년 : MMI 기본설계 최적화)에서는 추가적인 설계 평가를 수행하고 상세설계 정보를 만드는 업무를 진행하였으며, 이 단계는 건설단계와의 연계성을 지니고 있다.

- 주요 연구개발 내용

신형경수로 1400 주제어실 설계는 그림 4에서 나타낸 것처럼 원자로 운전원(RO: Reactor Operator), 터빈 운전원(TO: Turbine Operator)과 발전과장(CRS: Control Room Supervisor)용 다중 워크스테이션, 대형정보표시판, 소프트웨어, 전산화절차서, 안전제어반을 그 특징으로 한다.

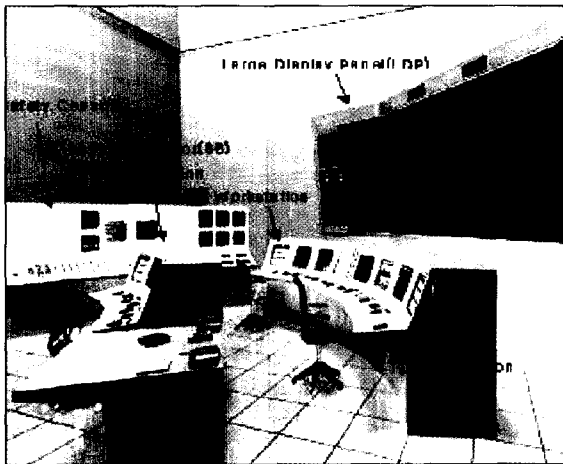


그림 4 신형경수로 1400 주제어실

워크스테이션에서는 운전원 직무수행을 위한 감시정보와 경보들을 제공한다. 워크스테이션에서는 발전소 계통 운영을 지원하기 위한 계통 화면, 경보 화면, 필수안전기능 감시화면, 운전지원정보화면 등을 제공한다.

경보는 실제로 운전원이 대처해야하는 경보를 표시하기 위해 다양한 경보처리 기법을 적용한다. 또한 경보를 우선순위에 따라 표시함으로써 운전원이 긴급히 대처해야하는 경보를 구분하여 인식하도록 한다.

대형정보표시판은 정상이나 비상시에 필수 안전과 전력생산기능을 포함하여 발전소 상황을 전체적으로 파악할 수 있는 필수적인 정보와 경보들을 표시한다. 발전소 기기 제어를 위한 소프트웨어를 각 운전원 워크스테이션에서 제공한다.

전산화절차서는 인식이 용이한 형태의 운전지침과 운전지원정보, 제어를 위한 소프트웨어 연결링크를 제공한다. 전산화 절차서 화면은 모든 운전원 워크스테이션 화면에서 띄워 볼 수 있으며, 정상 운전 뿐만 아니라 비정상 운전에서도 사용될 수 있다. 전산화절차서가 사용될 수 없을 때 백업용으로 종이절차서도 제공한다.

안전제어반에서는 안전기능 수행에 필요한 기존 제어스위치와 정보감시를 위한 화면들로 구성된다. 안전제어반은 모든 워크스테이션 고장시 발전소를 안전하게 정지하기 위한 기능을 제공한다.

디지털 시스템을 적용함으로써 소프트웨어에 의한 공동모드 고장에 대비하기 위하여 제어시스템과 보호계통시스템에 다양성 설계를 적용하고 일부 공학적 안전설비 작동을 위해 소프트웨어에 의존하지 않는 Hardwired 스위치를 주제어실에 제공한다. 발전소 보호계통의 공동모드 고장 대응을 위해 사고 해석을 통해 입증하였다.

신형경수로1400 주제어실은 인간공학 프로그램(Human Factor Engineering Program Review Model)이 적용되는 범위와 설계 개발의 목표와 설계팀 구성 및 각 팀의 책임사항, 팀 구성원의 자격요건 및 업무 분장 등을 규정하고, 인간공학 설계 절차와 설계관리를 위한 절차 등을 규정하는 상위 수준의 계획(인간공학 프로그램 관리계획: HFEPMP)을 수립하고 이에 따라 MMI 설계 개발을 수행하였다. MMI 설계 개발은 운전경험 검토 수행, 기능요건 분석 및 기능 할당, 직무분석, 인간신뢰도 분석을 통해 MMI 설계를 수행하였으며, 설계의 확인 및 검증 을 위해 동적 모형(Dynamic Mockup)을 구축하여 설계에 대한 확인 및 검증 작업을 수행하였다.

확인 및 검증 (verification and validation: V&V)은



설계가 인지/인간공학적 원리에 잘 맞고 운전원이 발전소의 안전 및 그 외에 다른 목표를 위해 성공적으로 그들의 직무를 수행하도록 해주는지를 평가한다. 평가는 설계과정에 대한 평가와 설계 결과물에 대한 평가가 있다. 설계과정에 대한 평가는 인지/인간공학적 원리와 방법론이 설계과정에서 적절히 이용되었는가를 평가하는 것이며 인간-시스템 인터페이스 직무 지원에 대한 확인, 인지/인간공학적 설계 확인, 통합 시스템의 검증, 인간요소적 문제점 해결에 대한 확인을 포함한다. MMI 설계 3단계에서 적합성 및 유효성 검사로 BUSV(Bottom Up Suitability Verification), TDSV(Top Down Suitability Verification), PV(Preliminary validation) 1/2/3, Walk-Through TA(Task Analysis)등이 수행되어졌으며 이를 통해 MMI 기본설계 및 상세설계를 개선하였다.

신형경수로 1400 주제어실 설계는 2010년과 2011년에 상업운전을 계획하고 있는 신고리 3, 4 원자력 발전소에 처음 적용될 예정이다.

**한국원자력연구소 인간공학 연구개발
- 원자력 중장기 “인간공학 기술개발”**

1992년도부터 착수된 원자력연구개발 중장기 사업의 16개 대과제 중의 하나로 “인간공학 기술개발” 과제가 1997년도까지 수행되었다. 인간공학 기술개발 과제는, 인적요인의 특성이 나타나는 인간-기계 상호작용에 대해 실험을 통해 연구하는 “인간공학 실험평가 기술개발”과 분석적으로 연구인 “인적행위 분석기법 개발”의 두 세부과제로 구성되어 수행되었다(1, 2).

인간공학 실험평가 기술개발 과제의 목표는 CRT 기반의 첨단제어

실을 평가하기 위한 인간공학 실험시설 구축과 실험평가 기술의 확립이다. 첨단 제어실의 인간공학 실험을 위한 실험시설 요건을 도출하기 위해 선진국에서 개발 중인 첨단제어실의 설계동향을 분석하여 공통된 특징을 파악하고, 인간공학 실험사례 분석을 통해 인간공학 실험에 사용되는 실험데이터와 측정방법을 조사하였다. 실험시설 요건에 따라 1997년 3월에 완성된 인간공학 종합실험설비(ITF: Integrated Test Facility)는 표준형 원전의 전규모 모델을 기반으로 8대의 CRT로 구성된 운전원 화면, 중요 안전변수를 표시하는 2대의 평판표시기, 각종 입력장치, 정보창 등으로 구성된 운전원 제어반, 1대의 대형화면, 그리고 2대의 CRT와 1대의 평판표시기를 가진 감독자 제어반으로 아래의 그림 5와 같이 구성되어 있다. 이외에, 운전원의 행동 및 대화를 기록할 수 있는 폐쇄회로 카메라와 마이크, 운전원의 생체신호를 수집하여 작업부하를 분석할 수 있는 생체신호측정장비, 운전원 시선추적장비 등과 같은 인간공학 실험측정 장치가 설치되어 있다. 또한 그리고 각종 실험자료를 통합하여 분석할 수 있는 실험자료 종합 분석 시스템(그림 6)을 개발하였다.

인적행위 분석기법 과제에서는 운전원 인지모형을 사용한 운전작업 시뮬레이션 분석 소프트웨어 개발과 인적오류 분석 및 응용 기술개발을 수행하였다.

원자력발전소 주제어실 운전원이 수행해야 하는 행위절차를 소프트웨어로 모의함으로써, 인간-기계



그림 5 인간공학 종합실험설비 주실험실

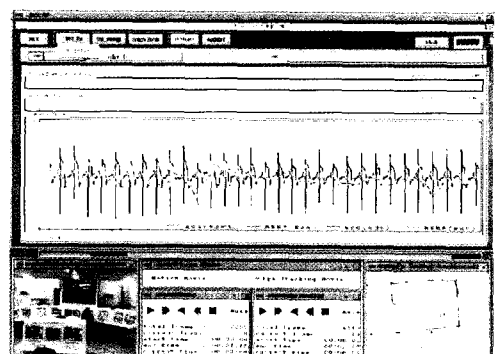


그림 6 실험자료 종합분석 시스템 화면

인터페이스나 운전절차서의 설계, 또는 작업할당 시 인적요인을 검토할 수 있는 운전작업 시뮬레이션분석기(SACOM: Simulation Analyzer using a Cognitive Operator Model)를 개발하였다. SACOM은 인공지능 기법을 활용한 운전원 인지모형을 포함시켜 운전원의 정보처리 행위는 물론 진단과정을 표현하고, 운전원 이동거리, 조작부하 등의 신체적 작업부하와 운전원의 인지과정에 따른 정보 입출력, 단기 기억 부담을 평가하여 재래식 제어실의 제어반 배치나 지시기, 제어기기의 배열은 물론, VDU 기반의 첨단 제어실을 설계할 때 정보구성이나 정보순환의 타당성을 검토할 수 있도록 개발되었다.

인적오류 분석 및 응용기술의 개발을 위해서, 우선 국내 원전의 사례분석에 적합한 인적오류 분류체계 및 분석지침을 개발하고 이를 적용하여 1978년부터 1994년까지 발생한 280여건의 국내 원전 발전정지사례를 분석하고 이중 인적오류가 개입된 것으로 판단된 79건의 사례에 대해서는 인간-기계 상호작용 관점에서 시간 순으로 단위사건을 구분하여 상세히 분석하여 그 결과는 훈련 및 설계개선 시 반영되도록 하였다.

- 한국원자력안전기술원 지원 인간공학 연구

한수원의 차세대원자로 개발에 따라 새로운 안전규제요건의 필요성이 생기게 되었다. 한국원자력안

전기술원에서는 차세대원자로 안전규제요건 개발을 진행하게 되었으며, 이 가운데 인간공학 안전규제요건, 지침 등의 개발과 관련하여 한국원자력연구소에서는 “인간공학 설계검토지침의 초안 개발[3]” 및 “차세대원자로 인간공학안전심사지침 초안 개발[4]”을 수행하였다. 이 과제들에서는 1990년대 이후 미국 NRC에서 발간한 신형제어실 인간공학 검토 관련 문서를 비롯한 여러 문헌들을 참고하여 인간공학 설계검토 시에 고려해야 할 사항들을 정리하였다.

- 한수원 및 설계사 지원 인간공학 연구

한수원의 차세대원자로 MMI 개발을 지원하기 위해 인간공학적 설계검토 및 실험평가와 인적신뢰도 분석(HRA: Human Reliability Analysis)의 입력자료 생산 등을 수행한 바 있으며[5, 6, 7, 8], 한국전력기술의 CFMS(Critical Function Monitoring System) 설계를 지원하는 “울진 3, 4호기 CFMS 화면설계에 대한 인간공학적 적합성 검토”를 수행하였다[9]. 울진 3, 4호기용 CFMS 화면설계의 인간공학적 검토 프로그램 작성 및 검토 수행, 검토현안 관리시스템의 개발, 화면수정안 제시 등을 수행하였다.

국내 가동 중 원전은 10년 주기로 안전성 검토를 하도록 과학기술부에서 주기적 안전성 검토(PSR: Periodic Safety Review) 시행지침을 2000년 5월 제정하였다. 이에 따라, 2000년 고리 1호기를 필두로

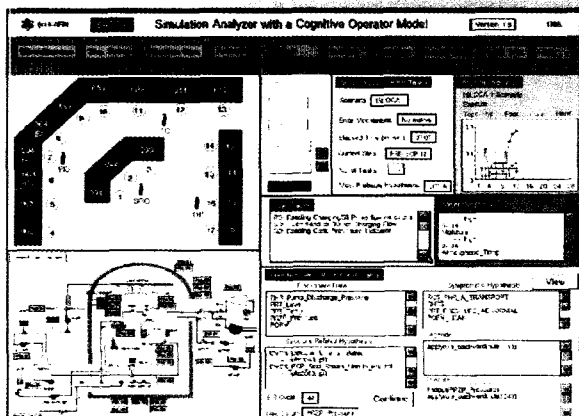
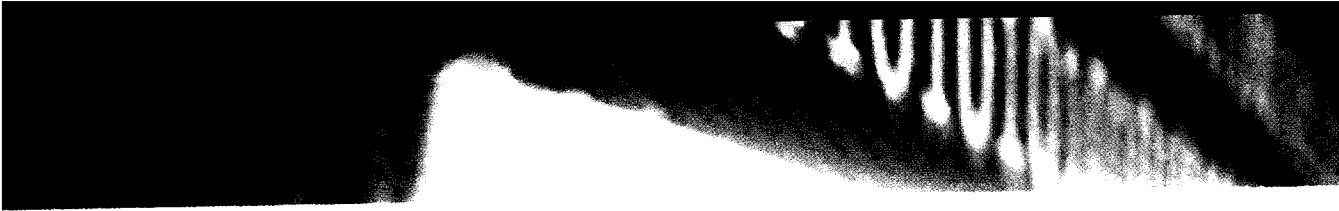


그림 7 SACOM 화면

일련번호	발생 시간	발생 원인	발생 위치	발생 원인	발생 위치	발생 원인	발생 위치
19831215	1983.12.15	1호기 2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단
19831215	1983.12.15	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단
19831215	1983.12.15	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단
19831215	1983.12.15	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단
19831215	1983.12.15	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단
19831215	1983.12.15	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단
19831215	1983.12.15	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단	2차 핵연료채널 유동 차단

그림 8 발전정지사례분석시스템 화면



한수원에서는 PSR 업무를 수행하고 있다. 한국원자력연구소는 PSR 업무 중에서 인간공학 전문성을 필요로 하는 주제어실 및 현장 MMI의 인간공학 적 적합성 검토, 절차서의 인적요소 검토를 수행함으로써 한수원을 지원하고 있다[10, 11]. 고리 1호기를 비롯하여 현재 고리 2호기, 월성 1호기, 고리 3,4호기 등에 대해 PSR이 진행 중이다.

- 첨단제어실의 인간공학 검토를 위한 공동연구

신형제어실의 인간공학에 대해 공동 관심사를 가지고 있던 미국의 NRC와 한국원자력연구소 간에 국제공동연구가 수행되었다. 첨단제어실 설계특성 중 Soft Control에 관한 실험평가항목 도출을 목표로 Soft Control 관련 인간공학 현안 조사 및 자료 수집, 재래식 제어반과 첨단제어실에서의 인적오류에 대한 감지 및 회복 특성 비교를 위한 실험수행, Soft Control 관련 실험평가항목 도출 등을 수행하였다 [12]. 그리고 2000년 10월 한국원자력연구소와 미국 NRC의 인간공학 공동연구 협정을 체결하게 되었다.

- 브라질 인간공학 실험 시뮬레이터 기술수출

IAEA가 2001년 9월에 발주한 브라질의 인간공학 실험시설(Human System Interface Laboratory) 개발을 지원하는 국제경쟁 입찰에서 한국원자력연구소가 가격 및 기술면에서 우수한 성적으로 선정되었다. 이러한 기술수출은 1992년부터 5년간 원자력 중장기 사업으로 수행된 인간공학 실험설비 및 시뮬레이터를 이용한 계측제어검증설비 개발과 소형원자력 시뮬레이터의 성능개선을 독자적으로 수행하면서 확보한 기술로 가능하였으며, 다음과 같은 내용을 포함한다[13].

- 시뮬레이터 하드웨어 및 강사조작반
- 가압 경수로형 원자력발전소 수학적 모델링
- 시뮬레이터 운용 소프트웨어
- 그래픽으로 표현한 운전 제어반
- 첨단제어실의 인간공학 연구를 위한 사용자 인터페이스 설계의 기반 소프트웨어(Infra-

Software)

○ 브라질 기술요원 훈련

이러한 원자력 기술수출의 의의는 우리가 개발한 원자력기술성과를 공인된 국제기구에서 인정받음으로써 향후 우리기술의 해외진출의 전기를 마련했을 뿐만 아니라, 남미 및 동구권을 비롯한 타 개도국에 원자력 기술을 수출할 수 있는 기반을 조성하였다. 그리고 원자력 선진국과의 공정한 경쟁을 통하여 국제원자력기구의 기술협력 사업을 수주한 것은 이를 통해 우리나라가 세계 원자력 5대강국(G5)으로 자리매김하는 기틀을 다졌다고 볼 수 있다.

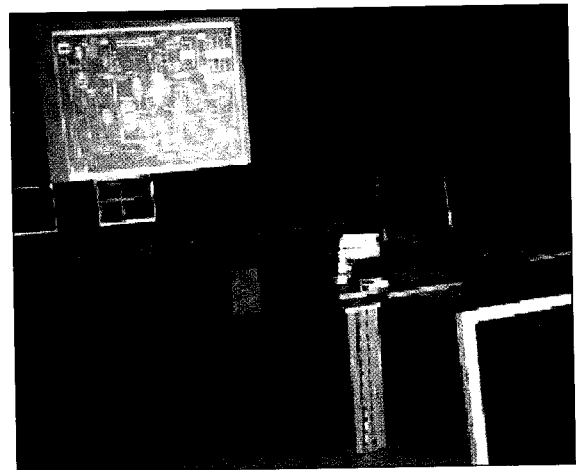


그림 9 브라질 원자력연구소에 설치된 시뮬레이터

- KNICS 사업단 과제 “감시 및 운전지원 기술개발”

2001년 KNICS 사업단이 출범하면서 “감시 및 운전지원 기술개발” 과제가 착수되었다. 이는 원전 계측제어기기 국산화와 더불어 선도기술 개발이라는 KNICS 사업의 두 가지 목표 가운데 후자를 달성하기 위한 과제로서, 원전 주제어실 인간공학과 운전지원시스템 연구개발을 수행하고 있다. 2003년 현재 1단계를 마무리하는 3차년도를 시작하고 있다.

원전 주제어실 인간공학 연구로서는 한국인의 체격조건에 따른 제어반 설계지침, 색상 및 조작방향에 대한 한국인의 전형적 특성(Stereotype)을 조사

분석하여 설계지침에 반영하기 위한 연구를 비롯하여[14, 15, 16], 최근 점차 사용이 늘어가는 VDU(Visual Display Unit) 기기에 따른 인간공학 설계지침 개발 연구를 수행하였다. 다음과 같은 VDU(Visual Display Unit) 기기에 따른 인간공학 설계지침을 개발하여 설계사 및 한수원에 제공하였다.

- 1) CRT 기반 워크스테이션(그림 10)의 일반 인간공학 지침[17]
 - 2) 신규 원전 신고리 1, 2호기용 발전소 감시 및 경보 계통(PMAS: Plant Monitoring and Alarm System) 안전정보표시계통(그림 11) 및 경보표시계통(그림 12) 화면설계지침[18, 19]
 - 3) 디지털 플랜트 보호계통(DPPS: Digital Plant Protection System) 캐비닛(그림 13)의 평판디스플레이 화면 설계지침[20]
 - 4) 디지털 지시계, Paperless Recorder 등(그림 14)과 같은 전자식 표시기에 대한 인간공학 설계지침[21]
- 원전 운전지원시스템 개발에서는 운전원의 발전

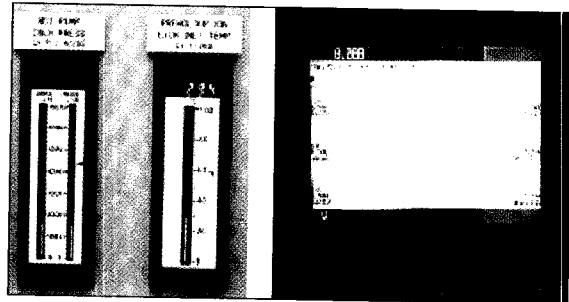


그림 14 디지털 지시계 및 Paperless Recorder

소 상태 감시와 진단을 지원하기 위한 ADIOS (Alarm and Diagnosis Integrated Operator support System)을 개발하고 있으며 공정상태 감시변수 감시모듈, 공정상태 진단모듈, 발전소 성능진단모듈, 신호고장 검출 및 진단 모듈, 경보원인추적모듈 등의 모듈로 구성되어 개발되고 있다(그림 15). 이 가운데 발전소 변수 값으로부터 발전성능을 계산하고 성능저하에 영향을 미치는 기기가 어떤 것이며 어느 정도 영향을 미치는가를 진단하는 성능진단시스템은 영광 3, 4호기 및 고리 3, 4호기 현장에 설치되어 발전소 효율관리를 위해 사용되고 있다[22]. 주제어실에서 경보가 발생하면 운전원에게 경보의 원인과 해당 정보절차서 등을 추적하여 표시해 주는 경보원인추적시스템도 개별 시스템으로 개발되어 향후 표준원전에 적용을 추진하고 있다[23].



그림 10 CRT 기반 워크스테이션

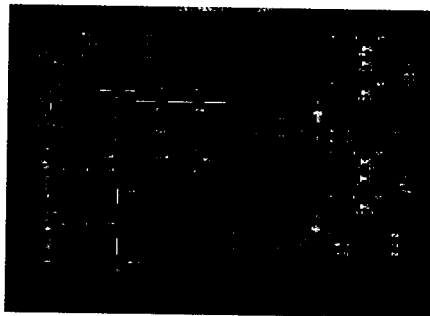


그림 11 PMAS 안전정보표시계통화면

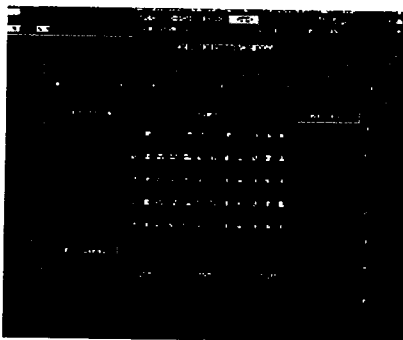


그림 12 PMAS 경보표시계통화면

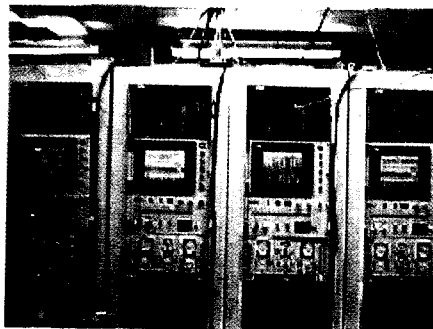


그림 13 DPPS 캐비닛

결론 및 발전방향

원전 선진국에서는 신규 원전 건설이 중단됨에 따라 원자력 연구가 침체되었고, 아울러 인간공학 연

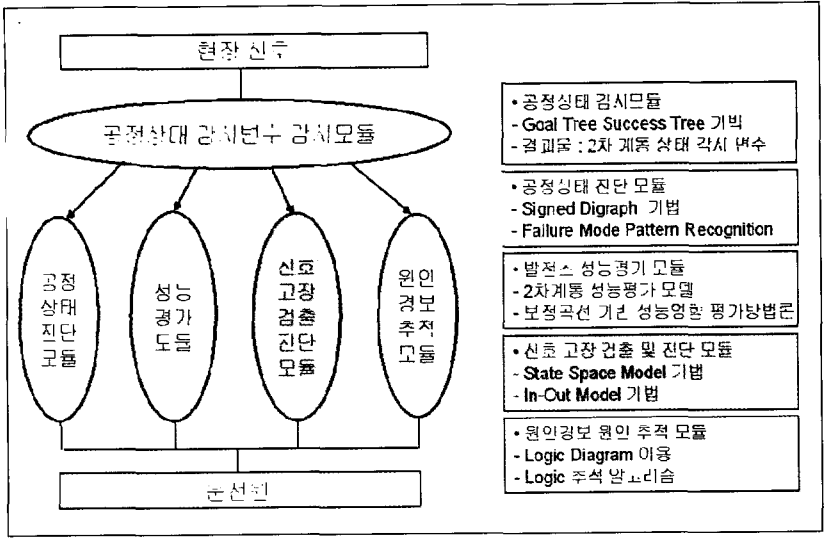
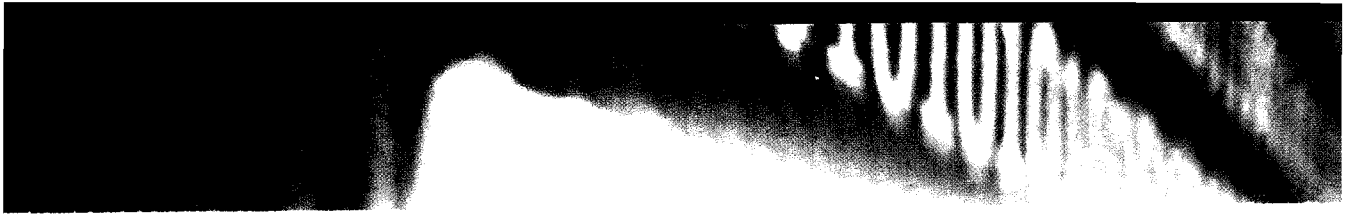


그림 15 감시진단시스템 ADIOS 구성도

구도 활발치 못한 상태이다. 그러나 우리나라는 원전 건설이 지속적이므로 주제어실 인간공학 연구도 활발히 진행하여 기술 자립 및 선진화를 달성해야 할 시점이다.

현재 KNICS 사업은 계측제어 기자재의 국산화를 목표로 하고 있다. 그러나 궁극적인 계측제어기술 국산화를 달성하여 원자력 선진국으로 도약하고 기술적, 경제적 경쟁력을 갖추기 위해서는 주제어실을 포함한 통합계측제어패키지의 상세설계 및 기기 공급의 국산화를 이루어야 한다. 신형경수로1400 주제어실 연구개발 및 국내 인간공학 기술개발로 확보한 기술을 바탕으로 2004년부터 4년간 수행되는 KNICS 사업 2단계에서 주제어실 인간공학 기술자립을 위해 매진해야 할 것이다.

[참고문헌]

[1] 심봉식 외, 인간공학 실험평가 기술개발, KAERI/RR-1693/96, 한국원자력연구소, 1997.
 [2] 이정운 외, 인적행위 분석기법 개발, KAERI/RR-1692/96, 한국원자력연구소, 1997.
 [3] 이정운 외, 인간공학설계검토지침의 초안 개발

(최종), KAERI/CR-66/99, 한국원자력연구소, 1999.

[4] 이정운 외, 차세대원자로 인간공학 안전심사지침 초안개발, KINS/HR-296, 한국원자력안전기술원, 2000.

[5] 이현철 외, Event-paced control tasks 현안에 대한 인간공학 실험, KAERI/TR-1514/00, 한국원자력연구소, 2000.

[6] 오인석 외, 차세대 현안 (Passive monitoring of LDP) 실험 평가 분석, KAERI/TR-

1513/00, 한국원자력연구소, 2000.

[7] 이용희 외, 차세대 원자로 설계를 위한 인간실패도분석 기법고찰, KAERI/AR-564/00, 한국원자력연구소, 2000.

[8] 이정운 외, 차세대원자로 MMI 평가실험을 위한 운전원의 CRT 및 LDP 사용 숙련도 평가 문항 개발, KAERI/TR-1715/01, 한국원자력연구소, 2001.

[9] 이용희 외, 울진 3,4호기 CFMS 화면설계의 인간공학적 검토, KAERI/CR-024/96, 한국원자력연구소, 1996.

[10] 이용희 외, 고리1호기 MMI의 인간공학적 평가, KAERI/CR-137/02, 한국원자력연구소, 2002.

[11] 이용희 외, 고리 1호기 절차서의 인간공학적 평가, KAERI/CR-134/02, 한국원자력연구소, 2002.

[12] 이정운 외, 첨단제어실의 인간공학 검토를 위한 공동연구, KAERI/RR-2106/00, 한국원자력연구소, 2000.

[13] 권기춘 외, Development of the Human-System Interface Laboratory Simulator, 제2회

- 원자력학회-전기학회측측제어기술workshop, 서울, 2002.
- [14] 오인석 외, HF-010 인체계측자료 적용지침 개선안에 대한 연구, KAERI/TR-2188/2002, 한국원자력연구소, 2002.
- [15] 이정운 외, 표준원전 제어실에 적용된 색암호에 대한 스테레오타입 분석결과, KAERI/TR-2366/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [16] 이정운 외, 제어조작 관련 Stereotype 조사 실험 및 인간공학 지침 개발, KAERI/TR-2388/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [17] 이용희 외, VDU 기반 워크스테이션의 일반 인간공학 설계지침 개발”, KAERI/TR-2501/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [18] 이용희 외, PMAS SPADES 화면설계의 인간공학 지침 개발, KAERI/TR-2503/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [19] 오인석 외, PMAS 경보화면 설계지침 개발, KAERI/TR-2499/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [20] 이현철 외, DPPS FPD 화면설계를 위한 스타일가이드 개발, KAERI/TR-2495/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [21] 오인석 외, 전자식 표시기에 대한 인간공학 설계지침 개발, KAERI/TR-2498/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [22] 박재창 외, 고리 3,4호기 이차계통 주요 계측지점별 성능영향평가 분석, KAERI/TR-2491/2003, 한국원자력연구소, 2003.
- [23] 박재창 외, 고리 원자력발전소 3,4호기용 경보원인추적시스템 개선 및 시험”, KAERI/TR-2496/2003, 한국원자력연구소, 2003.