

제어봉 구동 장치 제어 시스템 국산화

조창호 · 육심균

두산중공업(주) 기술연구원 시스템기술연구원

제어봉 구동 장치 제어 시스템 국산화 개발의 필요성은 경제적 관점에서 뿐만 아니라 원전의 운전과 유지 보수 측면에서도 어제 오늘 대두된 문제가 아니라 본다. 천연 자원이 부족한 우리 나라에서는 급증하는 전력 수요를 충족시키기 위하여는 원전에 의존하지 않을 수 없으며, 이에 따라 가동 원전의 수명 연장을 위한 개·보수뿐만 아니라 신규 원전 건설 계획 또한 지속적으로 수립되고 있는 것이 현실이다. 그러나 국내에 처음으로 고리 1호기가 건설된 1978년 이후 그 동안 많은 사람들의 노력에 의하여 설비 제작 관련 기술은 거의 완성 단계에 와 있다고 보여지나, 두뇌와 신경 조직에 해당하는 계측 제어 시스템 관련 기술은 아직 초보 단계를 벗어나지 못하고 있는 것이 사실이다. 이러한 우리의 현실을 극복하기 위하여 과학기술부 주관으로 원전계측제어시스템국산화사업단이 발족하였으며, 국내 원자력 산업계를 실질적으로 이끌고 있는 당사가 최종 상용화를 목표로 막대한 자금을 부담하면서 주도적으로 참여하고 있다. 지난 5월 제어봉 구동 장치 제어 시스템이 그 첫 결과물로서 발표 되었으며, 여기서는 기존 시스템과의 비교 분석을 통하여 그 개발 시스템의 기술적 경제적 특징과 의의를 살펴 보고자 한다.

서론

원자력발전소는 범국민적 관심을 갖고 관리하는 중요 보호 시설물로서 우리 나라 전력 생산에 큰 비중을 차지하고 있다. 그리고 원전은 안전성의 확보가 가장 중요한 관심사이기 때문에 다중적이고 다양한 보호 개념으로 설계되고 있으며, 고장시의 안전 조건(Fail Safe)을 고려하여 충분한 안전율을 갖도록 설

계된다.

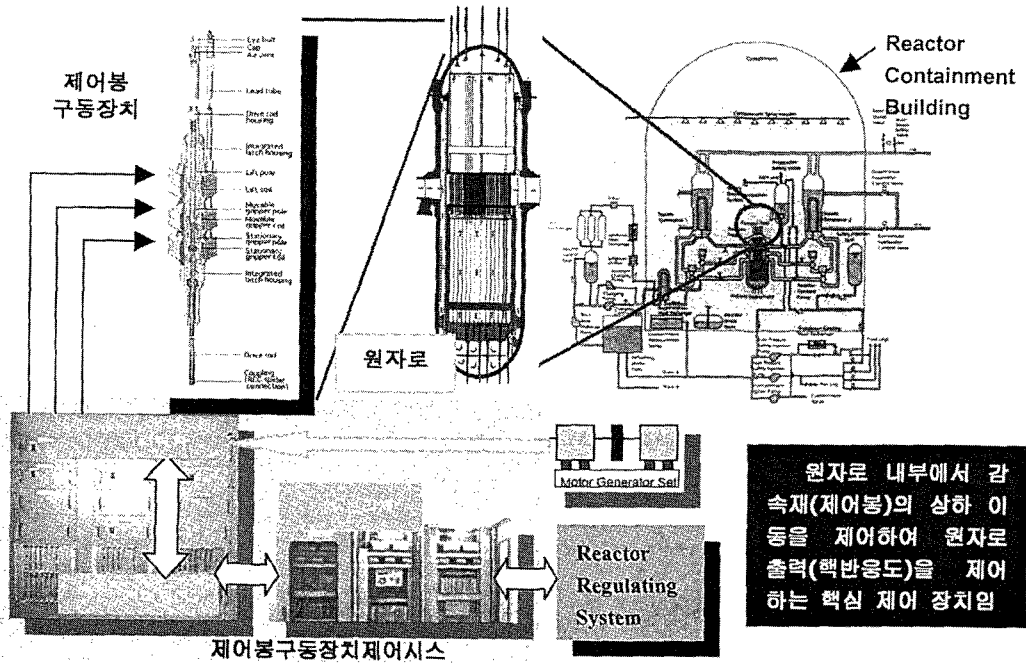
1960년대의 기술로 설계/제작 되어 있는 아날로그 계측 제어 기기의 경우 노후화로 인한 발전소의 불시 정지, 교체 부품의 확보 및 유지 보수 등의 심각한 문제가 발생하고 있으며, 미국 TMI 사고 이후 규제 기관의 새로운 기능 추가 요구가 날로 늘어 나고 있는 것이 현실이다.

이러한 노후화된 아날로그 계측 제어 기기 문제를 해결하고 새로운

규제 기관의 요구 조건들을 만족 시키기 위하여는 디지털 계측 제어 기기 개발은 필연적이다.

또한 산업 현장의 대응량 정보 처리, 시스템의 신뢰성 향상, 확장 능력 확보 및 자동화, 표준화된 기기의 사용 등으로 유지 보수 능력 향상도 동시에 도모 하고 있다.

제어봉 구동 장치 제어 시스템(Control Rod Control System)은 원자로 출력을 제어하는 핵심 제



(그림 1) 원자로 제어봉 구동 장치 제어 시스템의 구성

어 기기로서, 그 개발 필요성은 단순히 경제적 측면에서 뿐만 아니라, 원전의 운전과 유지 보수 측면에서도 어제 오늘 대두된 문제가 아니다.

즉, 천연 자원이 부족한 우리나라에서는 급증하는 전력 수요를 충족시키기 위하여는 원전에 의존하지 않을 수 없으며, 이에 따라 기존 원전의 수명 연장을 위한 개·보수 사업과 신규 원전 건설 계획도 지속적으로 수립되고 있다.

국내에 처음으로 고리 1호기가 건설된 1978년 이후 지금까지 근 20~30년 간에 걸쳐 당사를 중심으로 한 많은 사람들의 노력 결과 설비 제작 기술은 거의 완성 단계에 와 있다.

그러나 원전에서의 두뇌와 신경에 해당하는 계측 제어 시스템 분야 기술은 아직 초보 단계를 벗어나지 못하고 있는 것이 우리의 솔직한 현실이다.

이러한 현실을 극복하기 위하여 과기부에서 원자력 중/장기 연구 개발 사업의 일환으로 원전 계측 제어 기기 국산화 과제를 추진하게 되었으며, 국내 원자력 산업계를 실질적으로 이끌고 있는 당사도 막대한 개발 자금과 최종 실용화를 목표로 주도적으로 참여하고 있다.

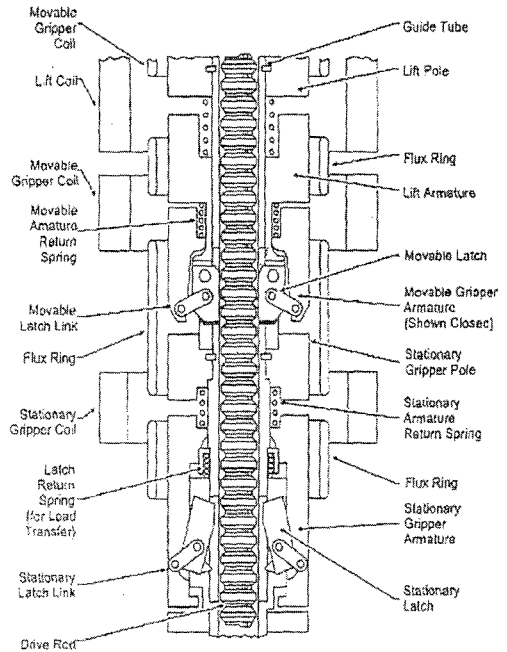
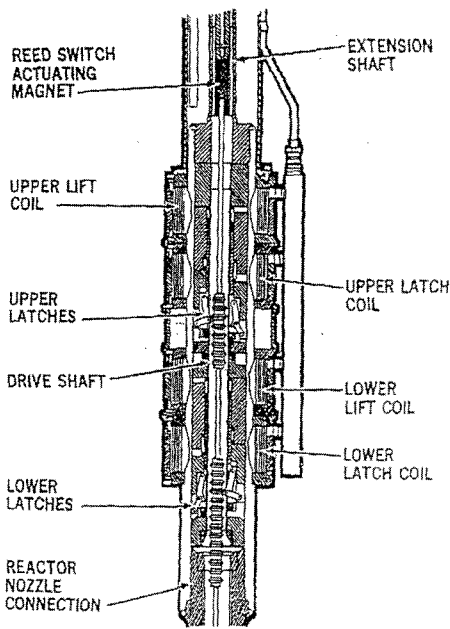
지난 5월 그 첫 번째 개발품으로서 제어봉 구동 장치 제어 시스템의 국산화 시제품이 출시 되었으며, 많은 관계자를 모시고 시연회를 성공적으로 마쳤다.

본고에서는 이러한 우리들의 결과를 기존의 아날로그 시스템과의 비교 분석을 통하여 그 장단점과 개발 의의 등을 살펴 보고자 한다. 끝으로 본 개발은 전기연구원의 계측 제어그룹과 공동으로 수행하였음을 밝혀 둔다.

제어봉 구조 및 제어 로직

원자로 제어봉 구동 장치 제어 시스템의 역할은 단기 반응도(Short term reactivity) 제어를 통한 원자로 출력 조정이며, 단기 반응도는 제어봉 집합체들의 위치 제어를 통하여 이루어진다.

제어봉 집합체들은 대칭적인 뱅크(Bank)로 불리는 제어봉군들로



〈그림 2〉 (a)4-코일형 구동 장치, (b)3-코일형 구동 장치

이루어지고 그뱅크는 다시 그룹으로 분리된다.

참조 발전소인 고리 1호기 발전소의 경우, 제어봉 집합체 수는 모두 29개이며 이들은 네 개의 출력 제어군(Control Banks)과 두 개의 정지군(Shutdown Banks)으로 분리되고 각 제어봉군은 다시 한 그룹 또는 두 그룹으로 분리되어 있다.

한 제어봉군에 속하는 각 그룹들은 한 스텝 이내의 스텝 차이를 두고 동작되며 한 그룹 내에 속하는 제어봉 집합체들은 동시에 작동되도록 되어 있다.

제어봉 구동 장치는 세 개의 전자석 코일, 즉 고정 집게 코일(Stationary Gripper Coil), 이동 집게 코일(Movable Gripper Coil) 및 올림 코일(Lift Coil)로 이루어져 있다.

제어봉 구동 장치 제어 시스템은

〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 원자로의 제어 신호를 생산하는 원자로 출력 제어 계통(Reactor Regulating System)과 이 계통으로부터 제어 신호를 받아 제어봉 구동 장치의 움직임을 결정해 주는 논리함(Logic Cabinet), 논리함의 지령에 따라 전자석으로 이루어진 구동 장치에 전력을 인가해 주는 전력함(Power Cabinet), 그리고 직류 전원을 유지하기 위한 직류 전원 유지함(DC Hold Cabinet) 등으로 이루어져 있다.

제어봉은 운전원의 수동 조작이나 실제 원자로 냉각재 평균 온도(Tavg)와 프로그램된 평균 온도(Tref) 사이의 편차와 터빈 출력과 원자로 출력 사이의 편차, 즉 2가지 오차 신호로부터 발생하는 요구량에 따라 제어봉의 속도 및 방향을 결정한다.

제어봉 속도 프로그램까지의 모든 신호는 아날로그 신호이며, 제어봉 속도 및 방향 요구 신호로부터 제어봉이 이동하기 이전까지는 디지털 펄스 신호로 변환한다.

펄스형 속도 신호는 제어봉 구동 기구가 제어봉 구동축을 한 단씩 이동시키는 데 사용된다. 펄스간의 시간 간격은 가변적으로 제어봉 속도를 만족하기 위해서 제어봉 속도 요구 신호량에 따라서 변환된다.

요구되는 제어봉 속도 및 방향 조건을 만족시키기 위한 제어 신호가 논리함에서 생성되게 되며, 이렇게 생성된 제어 신호는 전력함 내의 전력 제어부로 전달된다. 그리고 이들 전력 제어부의 지령에 따라 전력 변환부가 각 코일에 필요한 전력을 공급하도록 구성되어 있다.

〈그림 2〉는 제어봉 구동 장치를 보여주고 있다. 〈그림 2(a)〉는 4코

일형 제어봉 구동 장치로 표준 원전에서 적용되고 있는 제어봉 형태이고 <그림 2(b)>는 웨스팅하우스 형태의 3코일형 제어봉 구동 장치를 보여주고 있다.

즉, 제어봉을 구동하기 위한 구동기(Actuator)에 해당하는 제어봉 구동 장치는 세계적으로 여러 가지 기구가 제안 되었지만 원전의 특수한 요건이나 규제에 적합하도록 설계/제작되어 현재 상용으로 주로 쓰이고 있는 것은 전자기형 잭(Electromagnetic Jack) 형식으로서 그 구조상 네 개의 코일을 이용하는 경우(그림 2(a))와 세 개의 코일을 이용하는 경우(그림 2(b))의 두 가지다.

가압 경수로형 원전의 원자로에는 일반적으로 헤드 상단에 제어봉을 구동하기 위한 장치가 <그림 2>에서 보는 바와 같이 수십 개 이상이 설치되어 있는데 국내 원전의 경우 29(고리 #1호기)개에서부터 101개(APR-1400적용 예정)까지 설치되어 운전되고 있다.

제어봉은 <그림 1>에서 알 수 있듯이 제어봉 구동 장치에 의해 구동되는 제어봉 집합체에 매달려 Container 내부에 장착되어 있다.

이 구동 장치에 의해 압력 경계부 내부의 축이 상하로 이동하게 되고 이것에 연결된 제어봉이 원자로 내부에서 상하로 이동하게 됨에 따라 내부에서 핵반응을 일으키는 중성

자 수를 조절 하게 된다.

그리고 중성자 수의 조절에 의하여 핵반응도가 조절되며 그에 따라 노심에서 발생하는 열출력 에너지를 제어하게 된다.

이 장치의 작동 원리는 각 코일에 인가하는 전압(또는 전류)의 크기를 필요한 순서대로 순차 제어하여 공급함에 의해서 내부에 있는 잭의 잠김과 열림, 그리고 잭을 지지하고 있는 전기자의 상하 이동이 정교하게 순차적으로 일어나게 함으로써 제어봉이 매달려 있는 축을 상하로 이동시키는 것이다.

이러한 전력 제어부에 의한 전력 변환부를 제어함으로써 여러 제어봉의 인출 및 삽입 등을 수행하고, 이를 포함한 연계 동작은 상부의 논리 제어부에서 전달되는 제어 명령에 맞추어 이루어진다.

제어봉 구동 장치 제어 시스템 설계를 위한 요소 기술들은 구동 시퀀스 및 운전 모드 등 일부를 제외하고는 코일의 갯수에 따른 차이는 크게 없다.

제어 시스템 구성도

원자로 제어봉 구동 장치 제어 시스템을 디지털 시스템으로 구현하기 위해서는 고신뢰성을 갖춘 다양한 단위 기기들을 결합하여 원자로 가용성 증대, 효율적인 운전, 편리한 유지/관리가 가능한 시스템으로

통합되어야 한다.

제어봉 구동 장치 제어 기기 구성은 <그림 3>에 표시되어 있는 바와 같이 크게 제어함과 전력함으로 구성되어 있으며, 그 구성은 통신망 이중화(정보용 통신망, 분산 제어용 통신망, 근거리 입출력 통신망, 전력 제어기 감시용 통신망), 제어 기기 이중화(논리 제어 기기, 전력 제어 기기), 전원 이중화를 통하여 제어 시스템에서의 신뢰성을 향상시키도록 시스템을 구성하였다.

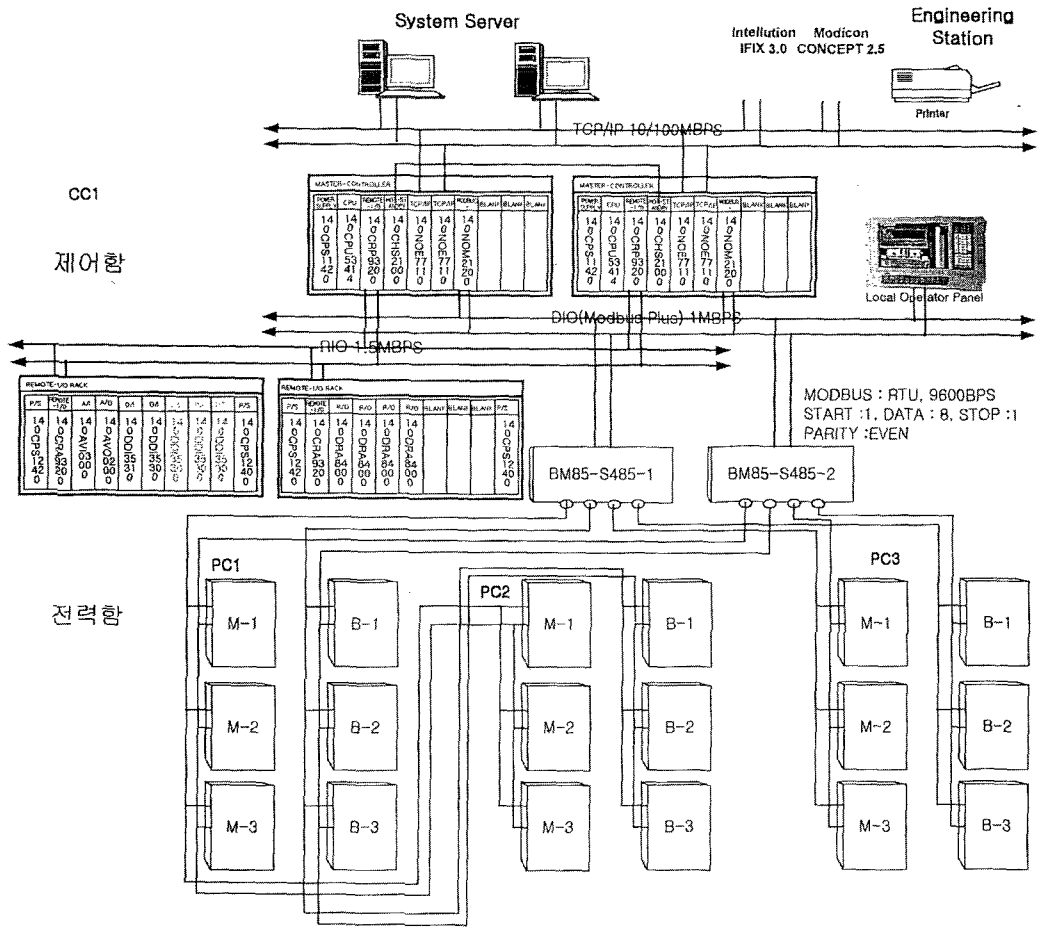
1. 제어함 특성

제어봉 구동 장치 제어 시스템에서 적용한 분산 제어용 통신망은 이중화된 주제어기, 운전원 조작 판넬(Local Operating Module) 및 전력 제어기 사이에 적용하였고, 근거리 입출력 통신망은 이중화된 주제어기, 근거리 입출력 랙 사이에 적용하였다.

그리고 제어 기기(Modicon PLC로 구성)는 두 개의 제어기로 구성된 2중화 시스템으로서 Hot Standby 형태로 구성하였으며 상호 통신 가능하도록 하였다.

동일하게 구성된 제어기 중 하나는 주제어기, 또 다른 하나는 부제어기로 동작한다.

주제어기는 입력 데이터를 근거리 입력 랙에서 데이터를 읽고 메모리에 있는 사용자 프로그램을 실행하여 결과를 출력 랙으로 보낸다.



〈그림 3〉 제어봉 구동 장치 제어 시스템 구성도

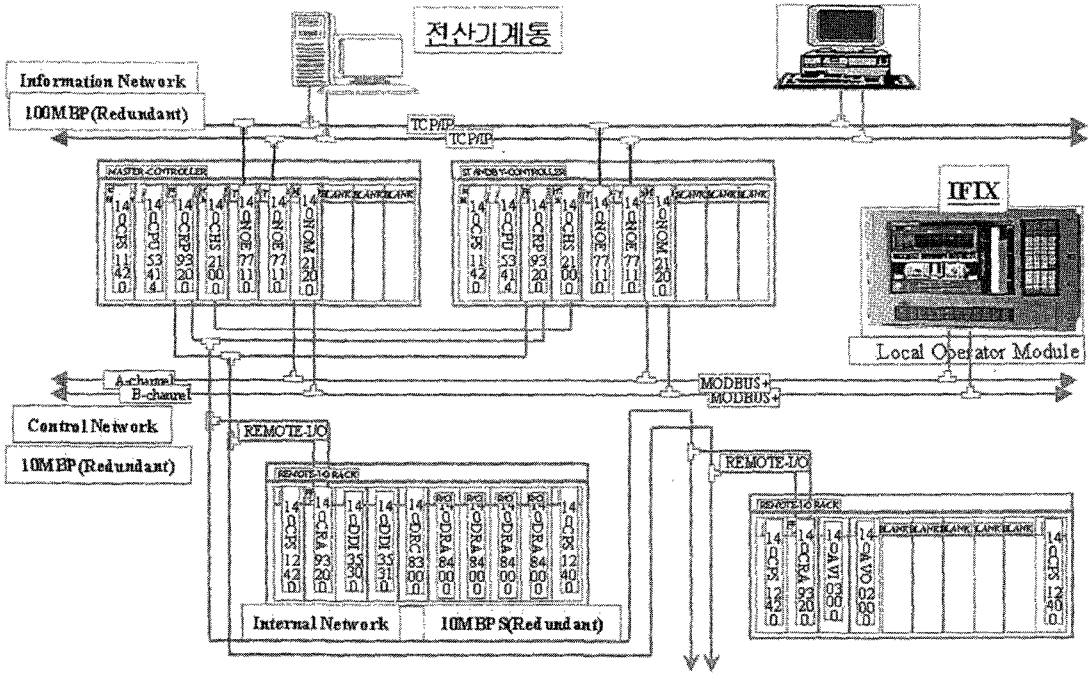
그리고 주제어기는 매 스캔의 마지막 시점에 현재 제어기의 상태 정보와 메모리(RAM)의 상태 정보를 가지고 부제어기의 데이터를 갱신한다.

부제어기는 단지 상태 정보를 읽을 뿐 제어 기능을 실행시키거나 기본 제어 기기의 실행을 방해하지 않고 주제어기에 이상이 발생하면 부제어기는 1 scan time 내에 주제어기로 자동 절체 되도록 구성되어 있다. 〈그림 4〉가 그 전반적 구성도를 보여 주고 있다.

2. 전력함 특징

제어봉의 정지, 이동 및 올림 코일에 안정적인 삽입 및 인출을 할 수 있도록 순차적인 전류를 공급하기 위한 전력 변환기 회로와 전류를 피드백 제어하기 위한 이중화된 전력 제어기(DSP), 그리고 단일 고장에 의한 제어봉의 낙하를 방지하기 위하여 전력함 내에 각 그룹이 이동 집게 코일의 반파 정류 회로를 가짐으로써 각 그룹별로 이중 유지(Double Hold) 기능이 가능하도록 하였다.

그리고 피시험체는 입력된 신호에 의해 제어기의 자가 진단 및 감시, 싸이리스터 결함 및 퓨즈 결함 감시, 코일 건전성 감시 기능 등이 포함되어 있고, 유지 보수성이 강화되었으며, 코일에 인가되는 전류 및 전압을 모니터링 할 수 있고 이벤트 발생시 데이터 로깅을 통해 전류/전압 분석도 가능하도록 구성되어 있다. 〈그림 5〉에 그 전반적 구성도가 표시되어 있다.



- ✓ CPU부, 통신망 이중화 → Reliability 향상
 - ✓ LCD Panel 기반 LOM 이용 → 인간-기계 연계 강화
 - ✓ 전기적으로 절연된 I/O카드 및 광 케이블 이용 → 전기적 독립성
 - ✓ Ethernet(TCP/IP) 및 Modbus+ 등 통신기능 활용 → 타 디지털 시스템과의 연계성 향상
- 신뢰성 향상
 편의성 향상

〈그림 4〉 제어함 구성도

성능 검증 설비

개발품의 특성상 검증 절차는 필수적이며, 더욱더 안전과 직결되는 주요 설비의 제어 시스템인 경우는 철저하다.

이를 위하여 별도의 성능 검증용 설비를 설계/제작 하였으며, 그 구성은 하드웨어 설비와 소프트웨어 모듈, 운전원 조작 시스템 및 입출력 인터페이스를 포함한 인터페이스 모듈 그리고 제어부를 상사한 제

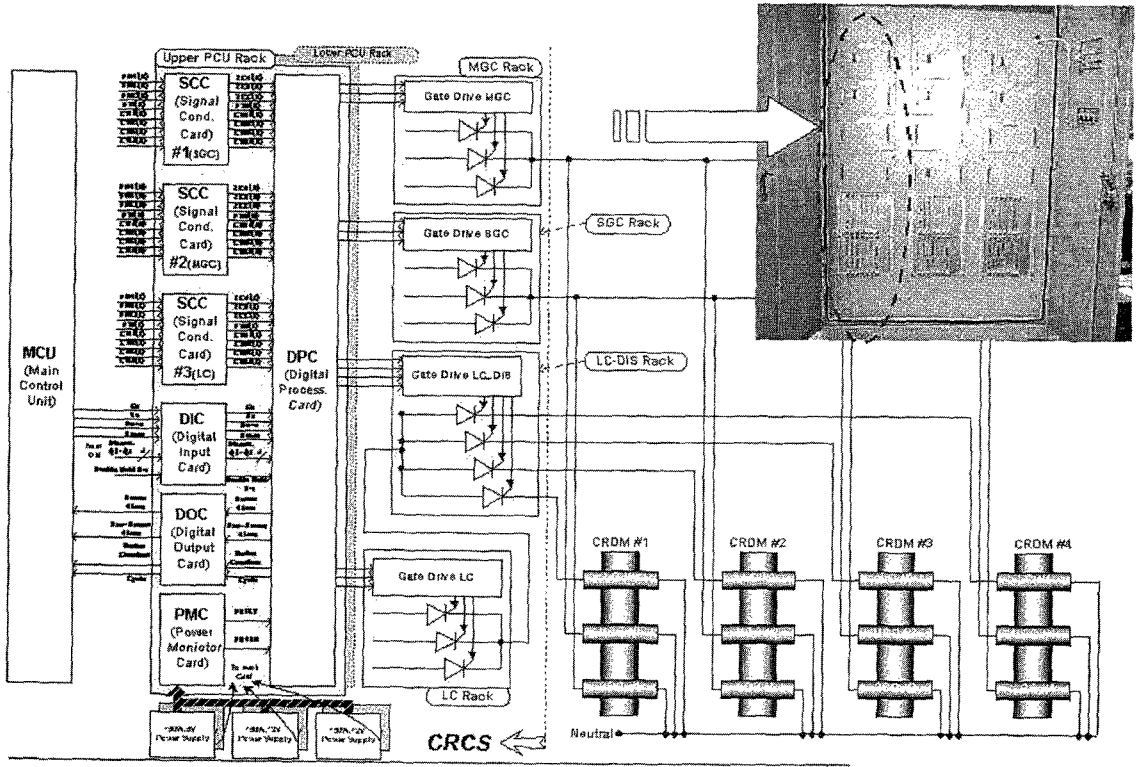
어봉 모형(Mockup) 설비로 구분된다. 검증 설비의 전체적인 구성도는 〈그림 6〉과 같다.

검증 설비의 하드 웨어는 주컴퓨터(HP C3700 Workstation), 운전원 조작용 컴퓨터 3대, 서버 시스템, 입출력 인터페이스 시스템(Melsec PLC로 구성) 그리고 피시협체(제어봉 구동 장치 제어 기기)로 구성되어 있고, 이들 상호간에는 실배선(Hardwired)과 이더넷(Ether Net) 통신망을 이용하여 데

이터 송수신이 이루어지도록 구성 되어 있다.

주컴퓨터와 입출력 인터페이스 시스템간은 주컴퓨터의 모델링 계산 결과가 공유 메모리(Shared Memory)로 보내어지고 공유 메모리에 있는 신호는 네트워크를 통해 출력 인터페이스 시스템으로 전기적 신호 또는 점점 신호 형태로 데이터를 전송한다.

그리고 피시험체는 입력된 신호에 의해 제어 로직을 동작시켜 결과



〈그림 5〉 전력함 구성도

를 운전원 제어 시스템의 화면이나 인터페이스 시스템으로 보내게 된다.

소프트웨어 모듈은 수학적 모델링 코드와 사용자 명령 수행 프로그램으로 구성되어 있다. 그리고 사용자 그래픽 툴로써는 상용화 패키지인 Intellution사의 iFIX3.0을 이용하여 구성하였다.

제어봉 모형(Mockup)설비는 6개로 구성되어 있으며 1스텝의 길이는 16mm, 총30스텝으로 제작되어 있고 실제 원자력발전소에 설치

되어 있는 제어봉 구동 장치의 무게를 고려하여 130kg의 부하를 각 제어봉 모형 설비 하단에 설치하였다.

기술 특성 분석

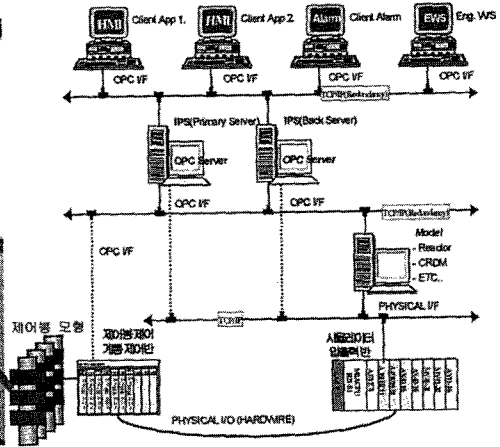
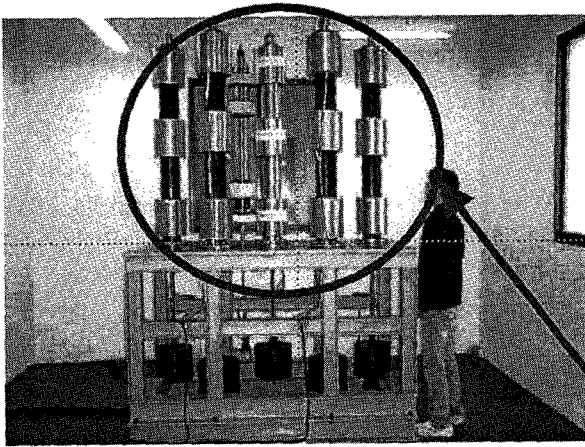
원자력발전소에 적용되는 기기는 원자력산업의 특성상 신뢰성 및 안전성이 특별히 요구 된다.

특히, 기존의 아날로그 계측 제어 시스템을 디지털화하기 위해서는 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 규제 기관들의 엄격한 요구 기준 들

을 만족시켜야 하고 철저한 Validation & Verification 절차에 따라 확인 및 검증이 따라야 한다.

기술의 일반적인 특징은 비범용 고급 제어 기술로 선진국(미국·일본·프랑스·독일 등)들이 세계 시장을 독점하고 있으며, 본 제품 개발에 필요한 주요 핵심 기술들로는 전자 기술, 전력 변환 기술, 제어 기술, 그리고 통신 기술 등이 종합적으로 결합된 복잡한 복합 기술이 요구 된다.

아울러 제어봉 구동 장치 제어 시



〈그림 6〉 검증 설비 구성도

시스템은 원전 운전에서 가장 핵심적인 기기이므로 안정성뿐만 아니라 고신뢰성과 고기능성을 요구하고 있다.

뿐만 아니라 모든 적용 기기들은 필수적으로 엄격한 검증 절차를 거쳐야 하므로 개발된 제품에 대한 엄격한 규제 지침과 Codes & Standards에 따른 별도의 확인 및 검증 기술이 요구되고 있다.

그리고 다양한 기능 요건들을 만족시켜야 하고 고장이나 이상 대처 능력이 우수해야 하므로 첨단 기술을 집목한 기능 구현이 따라야 한다.

요구되는 성능에 대한 충족성을 검증하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어에 대하여 별도의 검증 절차를 부분적으로 완성하였고 부분적으로는 현재 진행중에 있다.

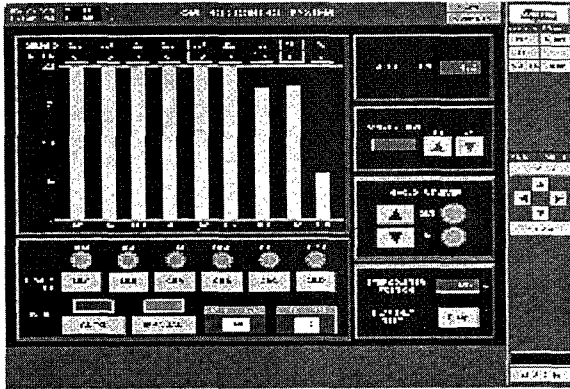
하드웨어 검증 측면에서는 일반적으로 설계 단계에서 많이 적용되는 예측 분석(Prediction), 가용성 분석(Reliability Block Diagram) 및 고장 모드 영향 분석(Failure Mode Effect Analysis) 등 다양한 방법들을 이용하여 제품의 수명을 예측하고 예측된 수명을 근거로 소자의 선정에서부터 완제품의 예비 물량까지 진단/수정 하는 작업을 진행중에 있다.

소프트웨어 측면에서는 주로 미국의NRC(Nuclear Regulation Council)로부터 용역을 받아 제정한 EPRI(Electric Power Research Institute)의 안전 규제 요건서들을 참조하였으며, 그 규정은 디지털 기술을 원전에 적용하기 위하여는 공정 제어 계통이나 발전소 보호 계통 개발 초기부터 프로토타입

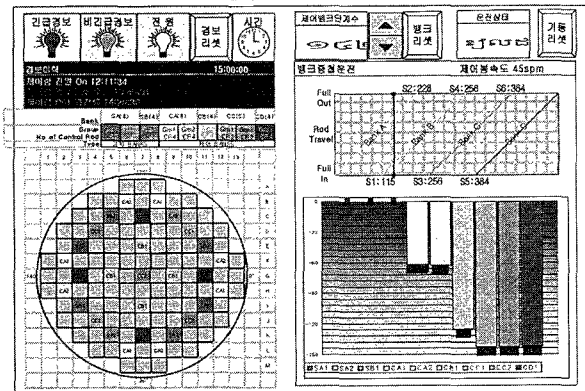
(Prototype)을 제작하여 계통 자체의 성능을 확인하고 이를 동적 모사가 가능한 시뮬레이터나 전 규모(Full Scope) 시뮬레이터와 통합하여 그 계통의 안정성 및 신뢰성을 철저히 시험 및 검증한 후 실제 발전소에 적용 하도록 요구하고 있다.

따라서 피시험체인 제어봉 구동장치 제어 시스템에 대한 검증은 동적 시뮬레이터 및 CRDM Mockup으로 구성된 검증 설비를 활용하여 제어 기기들 각각의 기능 및 역할, 정상 상태 및 과도 상태, 제어 로직의 타당성 등을 많은 정상 및 비정상 상태의 운전 조건들에 대하여 조사하고 검증 하였다.

그리고 최종 단계에서는 내환경(전자파 및 온도 등) 및 내진 시험을 수행하여 요구된 품질 기준을 만족 시키도록 할 계획이다.



CRCS 제어함 LOM 주운전화면



<그림 7> 운전원 조작 패널 화면 예

상의 고찰을 근거로 주요 특성들만 살펴보면 다음과 같고, 이를 세분하여 도표로 종합 정리하여 보면 <표 1>와 같다.

가. 최신 기술 적용

- 디지털 기술의 장점을 최대한 활용
- 제어 기기는 DCS 및 PLC로 구현
- 전력 제어의 디지털화
- 사용 편리성/용이성이 접목된 MMI 구현

나. 신뢰성 향상

- 제어 기기 및 통신 이중화
- Power 계통 이중화
- 제어함과 전력함 연계 신호의 전기적 절연

다. 유지 보수성 향상

- Local Operation Module 장착
- 개방형 · 표준형 · 모듈형으로 구성

시스템 특성 분석

본 제품은 완전 독자 기술로 개발된 시스템으로서 원자로 제어봉 구동 장치 제어 시스템에 세계 최초로 이중화 디지털 구조를 채택하고 이동 검출 기능 등을 구현하여 신뢰성을 크게 향상시켰으며, On-line 카드 교체가 가능하도록 하였다. 아울러 개방형 · 표준형 및 모듈형으로 개발하여 고신뢰성 및 유지 보수

성을 크게 향상시켰다.

그리고 최신의 디지털 기술을 적용하였으므로 기존 아날로그 시스템에서는 구현 불가능했던 자기 진단 및 감시 기능, Event Logging 기능, 이중 유지(Double Hold) 기능 등과 같은 다양한 기능들을 추가하여 사용자의 편리성 및 유지 보수의 향상을 크게 도모하고 있다.

이를 통하여 원전의 가동률 향상에도 크게 기여 하리라 믿는다. 이

개발의 의의 및 결론

원자로 제어봉 구동 장치 제어 시스템 개발은 국내 최초의 원전 구동을 위한 핵심 제어 시스템의 국산화라는데 그 의의가 있다.

계측 제어를 포함한 전반적 시스템 분야 기술은 고부가 가치 기술 분야로서 어느 외국 선진사도 전수를 기피하고 있으며, 따라서 그 기술 장벽도 대단히 높은 분야이기 때

〈표〉 시스템 주요 특징

특징	구현 기능	특징	구현 기능
디지털 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 제어함 주제어기: PLC로 구현 • 전력함 주제어기: DSP 구현 	사용자 편의성 향상	<ul style="list-style-type: none"> • LOM(Local Operator Module) 설치 • Coil Voltage & Current Monitoring 이상시 Coil Voltage & Current 저장 기능 • Event Logging 기능
고신뢰성	<ul style="list-style-type: none"> • 제어함 주제어기는 Hot Standby 방식으로 2중화 • 전력함 주제어기는 Alternate (Master/Slave) 방식으로 2중화 • Power Supply 의 2중화 • Double Hold Mode 구현 • Fault-Tolerant 통신망 구현 	자기 진단 및 감시 기능 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 제어함 주제어기의 자기 진단/감시 기능 • 제어함 및 전력함 주제어기 제어카드 제거 감시 기능 • Thyristor Fault 감시 • Fuse Fault 감시 • Power Supply Fault 감시 • 코일 건전성 감시
유지 보수성 향상	<ul style="list-style-type: none"> • Draw-out 형태의 단위 전력 변환 모듈 • Stationary 와 Movable 전력 변환 모듈의 호환성 • Hold Bus Power Supply Panel 제거 • Double Hold Mode 구현 • 전력 제어기의 카드 종류 단순화 및 동일한 소프트웨어 • 타카드 삽입 방지 기능 	기타 부가 기능	<ul style="list-style-type: none"> • 이동 검출 기능 • 제어봉 Drop Time Test 기능

문에 더더욱 그렇다.

즉 선진 외국사들의 기술 장벽과 고부가 가치 기술로서 몇몇 세계적 대 그룹들에 의하여 독점되고 있는 원전 계측 제어의 한 핵심 분야를 우리 스스로의 힘으로 부분적으로나마 극복하였다는 데 그 의의가 크다 하겠다. 그리고 이를 시작으로 하여 계속 노력 정진한다면 그리 멀지 않은 장래에 전체 시스템의 국산화도 가능 하리라 믿는다.

즉, 전량 외국사로부터의 수입에 의존하고 있는 핵심 제어 기기의 일 부분이나마 자체 기술로 설계 제작된 국산화 개발품으로 공급할 수 있다는 가능성을 보였으며, 그 외에도 본 제품 개발을 통하여 이룩한 기술

적 파급 효과와 국내 원전 계약 구조 및 시스템의 유지 보수 측면에서의 부수적 파급 효과도 충분히 기대할 수 있으리라 본다.

그리고 현실적으로 최소한 호기당 약 50억원 이상의 수입 대체 효과는 기대되며, 해외 진출 가능성도 충분히 있다고 판단 된다.

이러한 직·간접적인 여러 형태의 효과들을 종합하여 보면 다음과 같이 정리될 수 있을 것이다.

그리고 계속하여 구체적 상용화 계획 수립과 추진이 뒤따라야 하리라 보며, 다른 한편으로는 디지털 안전 계통 개발도 의욕적으로 추진하여 궁극적으로는 전 계통의 국산화를 도모하여야 하리라고 사료된다.

가. 경제적 기대 효과

- 수입 대체: 50억원/호기 (표준 원전 기준)
- 신규 원전 건설 단가의 절감 유도
- 유지 보수 비용 절감 및 기간 단축 등

나. 기술적 산업적 파급 효과

- 최신의 디지털 기술 응용 능력 향상
- 타안전 관련 계통(항공기·방위산업·화학·연소 및 철강 등) 확대 적용
- 국내 연관 산업에의 기술력 활용 및 부가 가치 상승 효과
- 일방적 해외 공급으로부터의 탈피 등