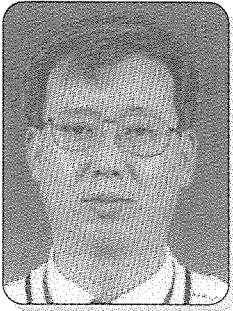


국산개발 보일러 디지털 분산제어시스템의 화력발전소 실용화 최초적용 운전



한국전력공사전력연구원
발전연구실 I&C그룹
과장 박두용
전화 : (042)865-5271

발전소 보일러 제어시스템 관련 기술은 분산처리 소프트웨어 기술, 네트워크기술, MMI(Man Machine Interface) 기술, 실시간 처리기술, 데이터베이스 기술, 하드웨어 개발기술 등을 총 망라하는 복합기술로써, 선진국들이 기술이전을 기피하는 고급기술이다. 현재 국내에서 사용하고 있는 발전소 보일러 제어시스템은 전부가 Bailey, ABB, Siemens, Westinghouse 사 등의 외국설비로써 보일러 본체와 일괄계약형태로 제어시스템 전체가 외국회사의 설계에 의해서 도입 설치되어 운용되고 있다. 이러한 상황에서 국산 제어시스템의 개발기술 확보와 기술자립 차원에서 오래된 아날로그 제어시스템을 디지털 분산제어시스템으로의 개체작업에 국산 개발 제어시스템을 중용량 석탄화력발전소에 최초로 실용화 적용하고 그 적용사례를 본 소개하고자 한다.

1. 서론

발전소 계측제어 시스템은 최첨단 기술이 집약된 설비로서 그 신뢰성과 편리성에 따라 발전소 안정운전과 효율적 운영에 커다란 영향을 주고 있으며 특히, 최신 대용량 화력발전소는 계측제어 시스템의 기능의 일부라도 정지되면 그 운전 자체가 불가능할 정도로 제어 시스템의 중요성은 날로 높아지고 있다. 또한 계측제어 시스템 기술은 지식기반의 기술이며 부가가치가 높은 기술이기 때문에 선진 각국에서는

계측제어 시스템의 기술개발 및 시장 확대를 위하여 힘을 쓰는 동시에 타국으로의 기술정보 유출을 경계하는데 신경을 곤두세우고 있다. 국내의 계측제어 분야 기술은 아직도 기술자립을 하지 못하여 이제까지 발전소 분산제어 시스템 거의 모두가 외국산 시스템이 사용되고 있으며, 이로 인해 계측제어 시스템의 구매에 필요한 외화의 지출은 물론 유지정비에도 문제점이 많아 국산화 연구개발을 통한 국내 기술자립이 시급한 실정이다.

그 동안 전력연구원에서는 아날로그 제어 시스템 및 데이터 로거 시스템, 그리고 소규모 디지털 분산제어 시스템 등을 국산화 개발 완료하여 현장에 적용함으로써 제어 시스템 분야의 기술자립을 위한 토대를 마련하여 왔으며, 그러한 경험을 바탕으로 하여 중용량 발전소용 보일러 디지털 분산제어 시스템을 개발하고, 국내 최초로 국산 개발 시작품을 250MW 급 석탄 전소 발전소에 2001년 4월에 설치한 후, 기동에서부터 계통 병입 그리고 정특성 동특성 등 전부하 운전까지 모든 시험을 1건의 발전정지도 없이 성공적으로 완료하고, 2002년 1월 현재까지도 시스템의 고장 없이 상업 운전 중에 있어 국산 DCS의 신뢰성이 입증되고 있다.

다음은 국산개발 및 실용화 적용에 성공한 국산 분산제어시스템의 구성에 대해서 설명하고, 출력 증감발시의 운전 트렌드를 통해 현장적용한 국산 개발 보일러 제어시스템의 효용성을 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 적용 대상 발전소의 개요

국산개발 DCS를 설치할 대상으로 삼은 호남화력발전소 2호기는 중용량 발전소로 설비용량은 250MW이며 보일러 형식은 자연 순환식, 수냉 복사형, 옥외형, 평형 통풍식이며, 연소방식은 석탄(유연탄)/중유 겸용 방식을 취하고 있다. 증발량은 중유 연소시에는

875톤/시간이며, 석탄 연소시에는 탄의 종류에 따라 600~800톤/시간이다. 과열기 출구 증기압력은 169kg/cm²이며, 과열기 출구 증기온도는 541℃이다.

2.2 보일러 제어 시스템의 구성

호남화력 2호기에 개발하여 적용한 보일러 제어 시스템의 구성은 그림 1과 같으며, 크게 ABC 시스템과 BMS 시스템으로 구성되어 있다. ABC 시스템은 보일러 주제어를 담당하는 보일러 제어 시스템과 현장의 정보 계통의 신호를 처리하는 정보 시스템, 기타 보조기기 제어를 위한 보조기기 제어시스템으로 구성되어 있다.

ABC 시스템은 총 4개의 스테이션과 13면의 패널로 되어있고, 스테이션 #1, 스테이션 #2는 보일러 주제어 로직을 담당하고, 스테이션 #3은 정보 시스템을 담당하며, 스테이션 #4는 보조기기 제어를 담당한다. BMS 시스템은 3개의 스테이션과 9면의 패널로 구성되어지며, 스테이션 #5는 MFT관련 로직, 로내 Purge, BMS의 마스터 제어 로직, FD(Forced Draft)Fan, ID(Induced Draft)Fan 등 각종 Fan의 기동/정지 등을 담당하고, 스테이션 #6, 스테이션 #7은 급탕기와 미분기, 버너 제어를 담당한다. 호남화력 2호기에 적용한 보일러 제어 시스템의 준공시점의 ABC 시스템과 BMS 시스템에서 수용하는 I/O 입출력점수는 다음 표와 같다.

	AI	AO	DI	DO	합계
ABC	804	260	912	423	2,399
BMS	0	0	1527	1260	2,787
소 계	804	260	2,439	1,683	5,186

2.2.1 ABC 시스템의 구성

ABC 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 전자기실의 현장 제어반, 데이터 처리반, 정비 관리반과 중앙제어실의 운전 조작반 등으로 구성되어 있다.

1) 현장 제어반(RCS : Remote Control Station)

현장 제어반은 플랜트에 대한 제어 기능을 수행하는 콘트롤 스테이션으로 크게 주제어를 담당하는 MPU (Main Processing Unit) 셸프와 I/O를 처리하는 I/O 셸프로 구성되어진다. 현장 제어반은 표준화 구성을 기본으로 하며, MPU 셸프간 통신은 Ethernet 카드를 이용한 UDP/IP 방식을 채택하였고, MPU 셸프와 I/O 셸프간 통신으로는 RS-485상에서의 맵(MAP) 프로토콜을 채택하였다. 시스템 버스로는 32비트 VME 버스를 채택하였으며, 기구적으로는 각 셸프가 EIA RS-301-4의 실장 규격인 19인치 랙을 사용하였다.

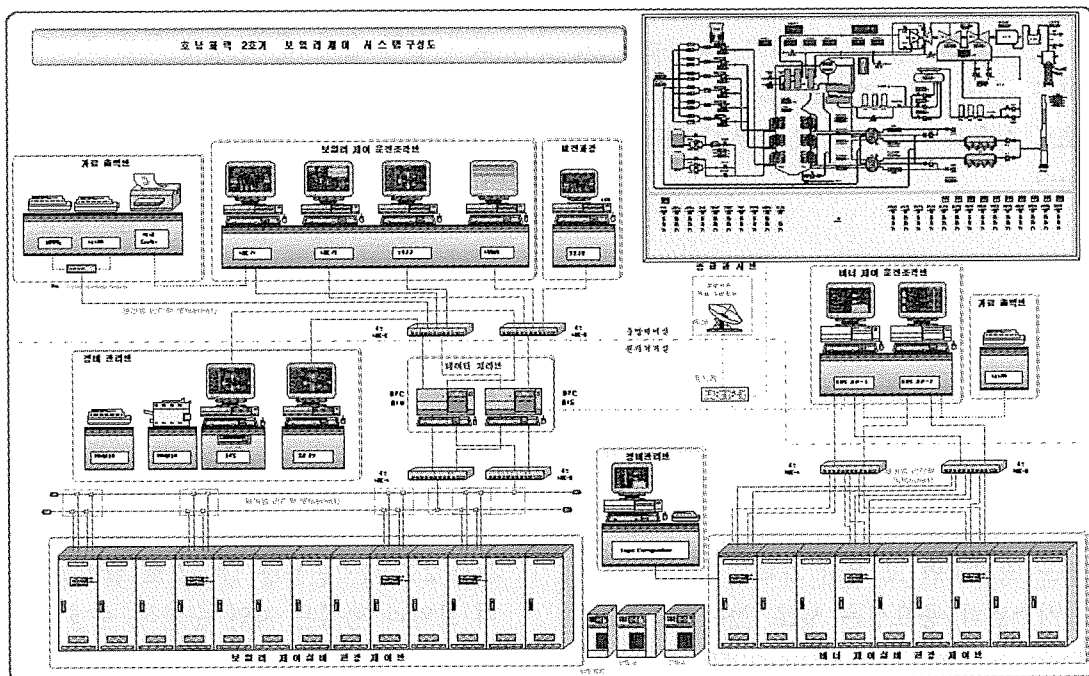


그림 1. 국산 개발한 디지털 분산제어시스템 구성도

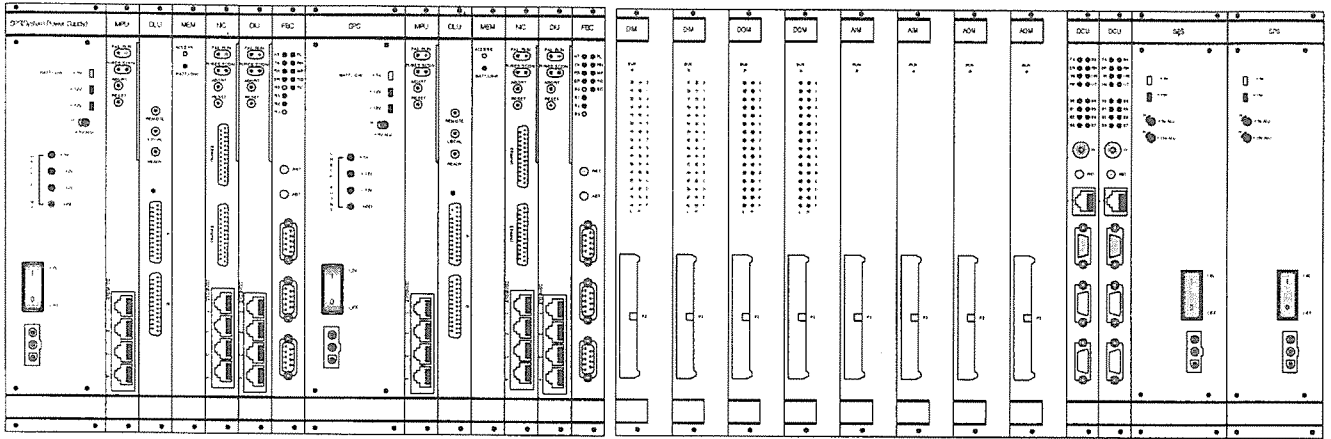


그림 2. MPU 셀프의 외관 및 I/O 셀프의 외관

가) MPU(Main Processing Unit) 셀프

MPU 셀프의 외관은 그림 2와 같이 이중화 시스템 구성을 가지며, 다음과 같은 모듈로 구성되어진다.

- MPU 보드 : 현장 데이터의 모니터링, 기능 블록 방식의 연속 및 시퀀스 제어, ON/OFF 프로그램 실행, 실시간 및 정주기 타스크 실행, 이중화 제어 로직, 모드 선택, 보고서 생성 등의 기능을 수행한다.
- DIU(Data Interface Unit) 보드 : FBC를 제어하여 I/O 셀프와 입출력 데이터를 송수신하며, 입출력 데이터의 엔지니어링 단위로의 변환 또는 퍼센트 단위로의 변환, 상위 시스템으로의 알람 처리 등을 수행한다.
- FBC(Field Bus Controller) 보드 : DIU 보드의 제어 명령에 따라 I/O 셀프의 DCU와 필드버스 통신을 하는 보드이며, 필드버스 사양은 전송속도 1Mbps, 전송거리 50m, 허용 노드수 28개, 물리층은 RS-485에 MAP 프로토콜을 구현하였으며, 물리층은 이중화되어 있다.
- NIC(Network Interface Controller) 보드 : 스테이션 간 통신을 하는 보드이며, 이더넷 카드 상에서 UDP/IP를 이용하여 통신을 하며, 물리층은 이중화되어 있다.
- DLU(Data Link Unit) 보드 : 시스템 이중화와 연관되어진 보드로 실행중인 MPU의 상태를 감시하며 대기 상태의 MPU 보드와 수시로 데이터를 동기화 시키는 역할을 한다.

나) I/O 셀프

I/O 셀프의 외관은 그림 2와 같으며, DCU 보드, 아날로그 입출력 보드, 디지털 입출력 보드, 전원장치로 구성되어진다. DCU(Data Control Unit) 보드는 입력 보드의 입력 데이터를 수집하여 FBC 보드와의 통신을 통해 DIU 보드로 데이터를 전송하고, DIU 보드의 출력 데이터를 FBC 보드와의 통신을 통해 수신받아 출력 보드로 출력하는 기능을 수행한다. 디지털 입출력 보드는 32점을 수용하고, 아날로그 입출력 보드는 16점을 수용한다.

2) 운전원조작반(CCS : Central Control Station)

운전원 조작반은 ABC 시스템과 연관되어진 감시 및 조작을 행하는 MMI 스테이션으로써 X-윈도우 시스템을 이용한 멀티 윈도우 화면 체계를 가지고 있으며 다양한 오퍼레이션 기능을 제공한다.

3) 데이터처리반(DPC : Data Processing Center)

데이터 처리반은 시스템 내의 모든 데이터의 관리 및 처리를 행하는 스테이션으로써 현장으로부터 데이터를 수집하여 데이터베이스화하고 이를 처리, 저장, 관리하는 기능을 수행한다. 데이터 처리반에서 수행하는 내용은 알람 및 이벤트 처리, 운전원 조작반에서 요구한 화면 데이터 처리, 트랜드와 레포트와 같은 이력 데이터 처리 등이 있으며, 이중화로 구성되어 있다. 데이터 처리반과 현장 제어반사이의 네트워크와 데이터 처리반과 운전원 조작반사이의 네트워크는 분리되어 있으며, 전자의 경우에는 UDP/IP를 채용하고 있고, 후자의 경우는 TCP/IP를 채용하고 있다.

4) 정비관리반(EWS : Engineering Workstation)

정비 관리반은 시스템 운영에 필요한 엔지니어링 데이터를 생성하는 워크스테이션으로써 유틸리티 소프트웨어가 탑재되어 운전에 필요한 화면, 데이터 베이스, 제어 프로그램을 작성하여 RCS의 MPU Shelf, 운전원용 워크스테이션에 다운로드하여 시스템을 운용하게 한다. EWS 1대와 함께 바로옆에 운전원용 워크스테이션과 같은 시스템을 1대 놓아 엔지니어링후 바로 결과를 확인할 수 있도록 하였다.

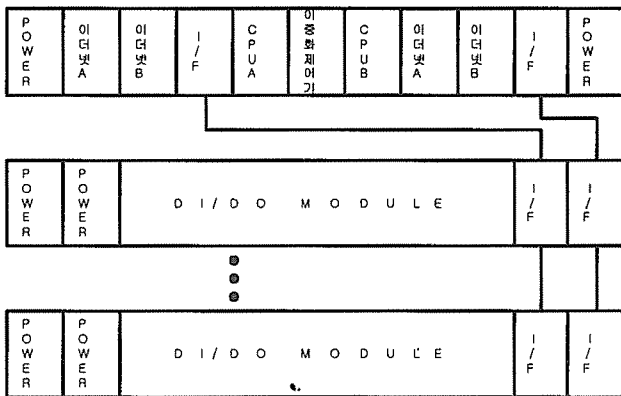


그림 3. BMS 시스템의 모듈설치 구성도

2.2.2 BMS 시스템의 구성

BMS 시스템도 그림 1에서 보는 바와 같이 현장 제어반, 정비 관리반, 운전 조작반 등으로 구성되어있다. BMS도 기존의 구형 아날로그 제어카드를 철거하고, 국산 PLC(Glofa GMR)를설치하였으며, 기존의 로직을 분석, 보완하여 소프트웨어 래더방식으로 변환하여 운영에 편리함을 더해주었다.

운전 조작반과 정비 관리반은 ABC 시스템의 운전 조작반과 정비 관리반과 기능이 비슷하므로 본 절에서는 현장 제어반에 대해서만 언급하도록 한다.

가) 현장 제어반(RCS : Remote Control Station)

현장 제어반은 플랜트에 대한 제어 기능을 수행하는 콘트롤 스테이션으로 크게 주제어를 담당하는 기본베이스와 I/O를 처리하는 증설 베이스로 구성되어진다. BMS 시스템의 현장 제어반의 구성은 그림 3과 같으며, PLC 시스템으로 구성되어진다. 시스템은 이중화되어 있으며, 각 시스템 사이에 이중화 제어기가 있어서 수동으로 운전 시스템을 교체할 수 있으며,

이중화 제어기는 양쪽 시스템을 감시하고 있다가 운전 중인 시스템의 이상을 발견하면 운전 CPU를 대기 중인 정상 CPU로 절환하게 된다. BMS 시스템의 현장 제어반은 ABC 시스템의 현장 제어반과 구성은 유사하며, 이중화 관련 제어 모듈이 양 시스템의 백플레인 에 독립적으로 걸쳐 있다는 점과 네트워크 카드가 시스템별로 이중화되어 있다는 점이 다르다고 볼 수 있다. 스테이션간 네트워크는 이더넷 상에서의 고속 전용 서비스를 이용하는데, 특정 시간마다 주기적으로 스테이션간 데이터를 교환한다.

2.3. 중앙 제어실 개조와 운전 트렌드

다음 그림은 본 고에서 소개하는 분산 제어시스템으로 개조 전의 중앙제어실 모습이 그림 5이며, 개조 후의 중앙제어실 모습이 그림 6이다. 그리고 출력 증, 감발시의 동특성 데이터 트렌드가 그림 7이다. 중앙 제어실은 콘트롤 데스크를 전부 교체하고 모니터 6대를 설치하였으며, 뒤에는 대형 모자이크 감시반을 두어 발전계통을 한눈에 파악할 수 있도록 하였고, 후면의 수직패널 레코더의 입력점은 전부 DCS에수용하였다.

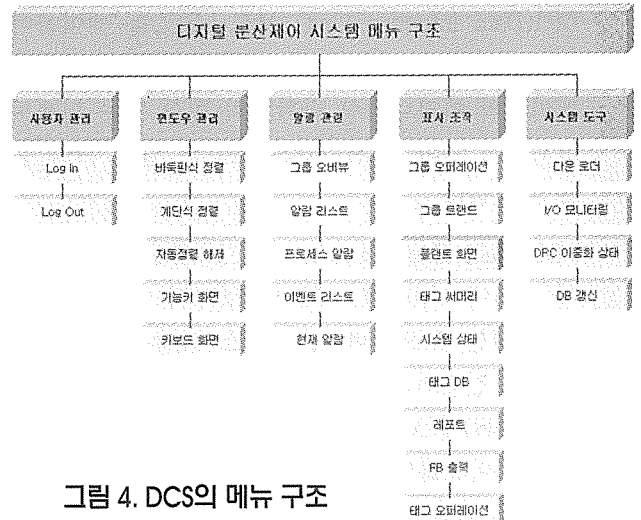


그림 4. DCS의 메뉴 구조



그림 5. 개조전의 호남화력 2호기 중앙제어반

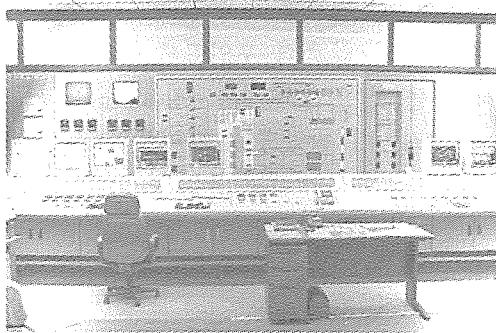


그림 6. 개조후의 호남화력 2호기 중앙제어반

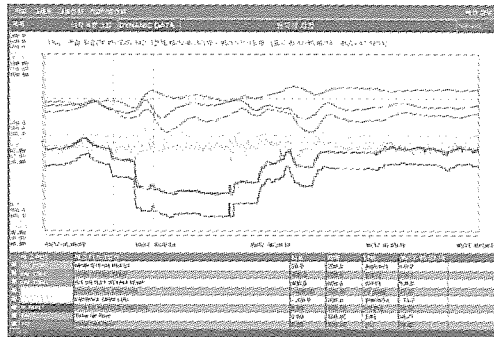


그림 7. 출력 중.감발시의 동특성 데이터

2.4 소프트웨어의 구성

이번에 개발한 디지털 분산제어시스템에 사용한 소프트웨어는 모두 국산개발 하였으며, 구조는 그림 7과 같다.

1) 사용자 관리

DCS를 사용하는 사람이 로그인, 로그 아웃 하도록 되어 있으며 운전원모드는 일반적으로 운전에 관련되는 기능을 수행하도록 하며, 슈퍼바이저 모드는 프로그램 수정, 로직 수정, 파라메타 수정, 데이터베이스 수정등 중요한 내용을 변경할 수 있는 모드이다.

2) 윈도우관리

모니터 화면의 바둑판식 정렬, 계단식 정렬의 설정과 해제, 기능키 화면과 키보드 화면이 있다.

3) 알람관련 화면

DCS에 연결된 현장 포인트의 전체 상태와 각각의 개별상태를 알 수 있는 화면과 알람의 종류별로 상태를 알 수 있는 화면이다.

4) 표시조작 화면

플랜트 화면을 비롯하여 트렌드, 태그 써머리, 시스템 상태, 태그 DB, 레포트, 평선블록 출력등의 화면이 있으며 운전원이 발전소 운전에 많이 사용하는 화면으로 구성되어 있다.

5) 시스템 도구

주로 슈퍼바이저 모드에서 실행하는 화면들로서 다운로드, I/O 모니터링, DPC 이중화 상태, DB갱신 등이 있으며, 시스템 엔지니어링에 중요한 기능을 수행한다.

2.5 운전화면의 구성

DCS를 운전하기 위해서는 발전소 계통의 감시와 펌프, 팬류의 기동정지 화면을 위한 화면과 콘트롤을 위한 화면이 있다. 아래 그림은 발전소 전체 계통을 한눈에 알 수 있도록 구성한 화면(그림 8)과 콘트롤러를 모아놓아 운전하기 쉽게 구성한 화면(그림 9)이다. 운전화면은 운전원이 사용하기 쉽고 해당기기로 찾아가기 쉽도록 평선키로 가기, 화면번호로 가기, 리스트로 가기, 해당기기 더블클릭으로 가기를 만들어 세부화면으로 점프가 여러방법을 사용하였다.

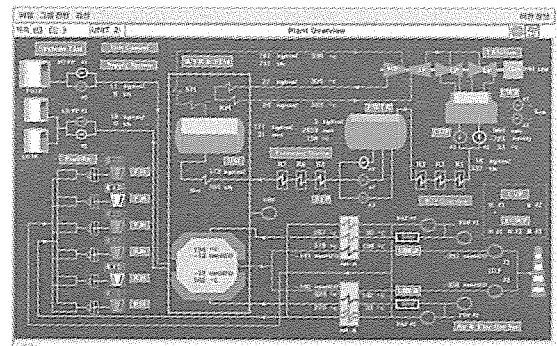


그림 8. 발전소 전체계통의 감시화면

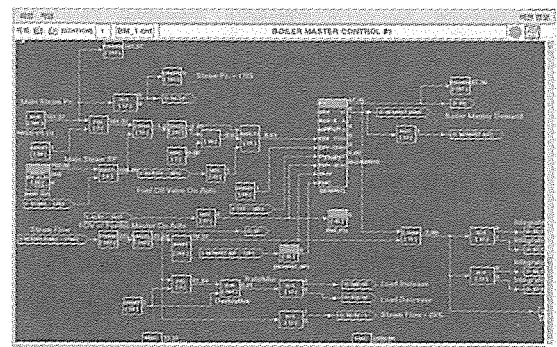


그림 9. 평선블록 모니터링 화면

2.6 콘트롤 로직의 구성

발전소를 운전하는데는 보일러 마스터제어, 급수제어, 주증기, 재열증기의 압력, 온도제어, 로 내압제어, 버너제어 등 많은 콘트롤 로직이 필요하다.

이번에 국산화한 분산제어시스템은 미국 베일리사의 Infi-90 기종을 벤치마킹 하였으며, 콘트롤 로직을 구현하기 위한 200여개에 달하는 평선블록을 C 언어로 전부 코딩하고 시뮬레이션으로 신뢰성을 확인하여 발전소 운전에 필요한 제어시스템의 각종기능을 충분히 발휘하도록 구성하였다. 또한 엔지니어링 화면에서 쉽게 드로잉하고 수정할 수 있도록 평선블록에 디터를 만들어 엔지니어링하기 편리하도록 구현하였으며, 온라인 중에 평선블록의 입력과 출력의 값을 확인(그림 10)할 수 있도록 하여 발전소 제어가 제대로 이루어지는지를 쉽게 알 수 있으며 평선블록을 클릭하여 파라미터 값을 바꾸어 콘트롤 대상의 제어를 원활히 수행하도록 하였다. 특히 호남호력발전소는 유연탄분쇄용 밀(Mill)이 6대이며, 유연탄 종류에 따라 열량이 서로 다르고 수시로 혼탄하여 연소시킴으로 이에따라 운전원이 제어방법을 선택하면 자동으로 열량계산이 되도록 로직을 구성하였다. 또한 DCS를 설치하고 시운전할 때에 외국인 수퍼바이저를 이용하였으나 이번 국산 DCS 설치시에는 우리가 직접 시운전과 튜닝을 하여 시운전 비용을 대폭 절감하였다.

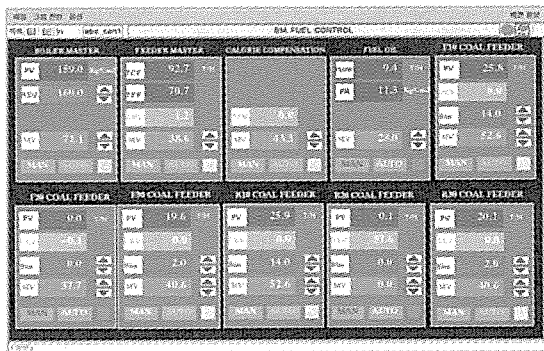


그림 10. 콘트롤러 모음 화면

2.7 현장 공사

이번에 설치한 DCS와 BMS 는 현장 입.출력 포인트가 2,2의 표와 같이 5200여 포인트가 된다. 기존의 아날로그 제어시스템에서 사용하던 포인트를 재사용

하고 또한 신규 포인트를 대폭 늘려서 현장공사를 실시하였다. 기존의 입.출력 포인트를 분리하고 재사용하면서 케이블 및 도면에 기록되지 않은 포인트를 추적하는데 어려움이 많았으며, 케이블의 건전성 체크를 하였고 재결선시 발생할 수 있는 오결선에 대해 매우 주의를 하였다.

기존의 콘트롤데스크, 수직패널, 무정전전원공급장치(UPS), 대형 모자의 패널, 위성 표준시각 수신장치, 릴레이 패널 5면 등을 새로 설치하여 DCS의 편리한 운전을 위한 공사 물량도 매우 많았으나 휴일과 야간 작업을 강행하여 예정된 공기를 25일 단축하여 조기 준공시켰으며, 이로 인해 호남호력 발전소에 1일 1억2천만원씩 30억원의 수익을 창출해 주었다.

3. 결론

국산개발 디지털 분산제어시스템을 국내 최초로 석탄발전소 화력발전소에 설치하여 성공적으로 시운전을 완료하고 상업화함으로써 분산제어 방식의 보일러 제어시스템에 대한 설계를 포함하는 전 분야의 기술을 자립한 내용에 대해 설명하였다.

이번 현장에 실용화 적용연구를 통해 발전소 총합 자동화 제어시스템 국산화를 위한 핵심기술을 확보한 기술을 바탕으로 외국 기술 의존도가 높은 원자력 분야를 포함하는 여타 산업의 자동제어 설비의 국산화 및 국내 제작사의 설계제작 기술, 엔지니어링, 시운전, 파라미터 튜닝의 기술등 국내산업에 크게 기여한 것으로 판단된다.

이를 계기로 향후 지속적인 전력수요 증가에 따른 국내 발전소 증설과 장기사용 발전소의 수명연장 공사에 본 개발품을 채용할 경우 외화절감뿐 아니라 호기당 15억원 이상의 투자비를 절감할 수 있으며, 제어 기술 전 분야에 대한 기술을 국내에서 지원 받을 수 있어 설비의 이용을 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 전력연구원에서는 이번에 현장적용 경험을 바탕으로 장기운영 발전소의 시스템 교체와 해외시장 진출에도 적극적으로 추진할 계획이다.