

화력발전소용 Digital Back-Up Control System 적용에 관한연구

허 성광 , 박 익수 , 배 병환
한전기술연구원 자동제어연구실

Application of Digital Back-Up Control System to Fossil
Power Plant

SUNG-KWANG HUR , IK-SOO PARK , BYOUNG-HWAN BAE
AUTOMATION AND CONTROL DEPT. RESEARCH CENTER KEPCO

ABSTRACT

In this paper, it is described that digital back-up control system is developed and applied to the thermal power boiler control system which consists of many kinds of analog electronic cards . Also, by the installation of this system in ulsan power plant , it was proven to have excellent capabilities of fault detection and digital back-up control.

1. 서 론

발전소 자동운전을 위한 전자제어시스템이 복잡, 대형화됨에따라 고장 발생의 요인이 증가되고, 특히 고장에 의한 발전소 불시정지의 경우 경제적 손실이 막대하므로, 그에대한 고장진단 및 대책의 자동화는 매우 중요한 과제로 부각되고 있다. 본 연구는 보일러 아날로그 전자 제어시스템 (CONTRONIC-II) 에 대한 고장탐지 및 Digital Back-Up Control System을 개발하여 울산화력 발전소에 설치하고 성능평가 시험을 실시하였다.

이 시스템의 성능평가를 위한 보일러 계통의 운전상황 모니터링, 아날로그 전자 제어카드의 고장탐지 및 Back-up 제어기능에 대한 시험운전결과에 대해 기술하겠다.

2. 울산화력발전소의 보일러 제어 계통

울산화력발전소는 변압 판류형 보일러를 사용한 대용량 (400MW) 발전소이며, 보일러제어는 전자제어 방식인 CONTRONIC-II 시스템이 담당한다. 이 시스템은 70년도의 Analog IC 기술을 사용한 제어방식인데 35종류의 Module이 있고 보일러 제어시스템은 이를 조합하여 약 360 맵의 전자카드로 구성되어있다. 카드내부의 제어신호는 0~±3 V를 사용하며, 최종적으로 Actuator를 구동할때 220V 단상교류가 쓰인다.

그림 1. 은 발전소 보일러 제어계통의 구성을 나타낸다. 부하의 출력을 조절하는 Boiler Load Control 계통, 연소공기 및 연료량을 조절하는 Combustion Air & Fuel Control 계통, 급수량을 제어 하는 Feedwater Control 계통, FD Fan 입구측의 압력을 제어하는 Differential Pressure Control 계통, 가열기 및 재열기 온도를 제어 하는 Super heater & Reheater Temperature Control 계통, 수위를 제어하는 Condenser tank level Control, Circulation & Blow down Control 계통으로 구성된다.

3. Digital Back-up Control System

가. Back-up 제어 Section 의 결정

앞 절에서 언급한 바와 같이 12개의 제어계통으로 구성된 보일러 제어시스템(CONTRONIC- II)을 아래와 같은 기준으로 41개의 Section으로 분리하였다.

- (1) 마이크로 컴퓨터의 Computing power를 고려한다.
- (2) 전자 카드 내부는 분리하지 않는다.
- (3) Switching Point를 최소로 한다.
- (4) 중앙제어반에서 조작이 용이하도록 한다.
- (5) 입·출력 수를 최소로 한다.

그림 2. 는 각 Back-up 제어 Section의 이름과 연산처리 시간을 나타낸다. 동시에 Back-up 제어 가능한 Section은 4개로 제한하였으며, Sampling Time은 250mS 이내에 고장탐지 및 Back-up 제어가 이루어진다.

나. 시스템 구성

전체 시스템은 1대의 단말기, 1대의 Graphic Monitor, 3대의 Microprocessor 및 그 주변기기, 입·출력 Interface, Switching 부 등으로 그림 3 과 같이 구성 되어 있으며 크게 세 부분으로 나뉘어진다.

Man-machine Interface 부분은 전체 시스템을 운전관리 하는 기능과 그래픽 모니터링 기능을 가진다. System Controller는 System reset, Global interrupt, Common bus 사용권 조정등의 기능을 갖고, 그 내부에 64K Byte의 Common Memory를 내장하고 있어서 Microprocessor 간의 데이터 전달이 이루어진다. GR (Graphic) processor는 Graphic display 기능을 수행한다. System Memory는 UNIX O/S가 Booting 되어 동작하는 영역이다. Disk Controller는 40MB Hard disk 및 Floppy diskette를 DMA 방식으로 Access 하는 기능을 갖는다.

고장진단 부분은 FD (Fault Diagnosis) processor로 구성 되고, 각 Back-up 단위별로 주어진 입력에 대해 출력의 정격치를 계산한후, 측정된 출력의 실제치와 비교함으로써 고장 판단을 내리고, 고장 발생시에는 고장 내용을 Common Memory를 통하여 타 Processor에 전달 된다.

Back-up 제어 부분은 BU(Back-up) processor와 I/O Interface System으로 구성된다. 주요 기능은 고장

발생 부위에 대한 Back-up 제어 기능으로 Back-up 제어 신호가 4개의 D/A Converter를 통해 출력되고, 4-to-43 배분기를 거친후, Switching System에서 CONTRONIC-II의 고장 발생신호를 대치하게 된다.

다. 현장설치 및 성능 평가시험

Digital Back-up Control system은 울산화력 보일러 동작을 모사하는 Simulator를 통하여 좋은 실험결과를 얻었으나 [2], Simulator내에서 보일러 동작을 모사하는 수학적 모델은 실지의 특성을 완벽히 재현할수 없으며, 실제 상황에서 일어날 수 있는 현장신호 연결상의 배선의 집속불량, Noise 문제등을 무시한 상태이므로 현장 운전시험이 중요하다. 이 시스템을 보일러 아날로그 제어기인 CONTRONIC-II System에 그림 4와 같이 연결하였다.

Back-up 제어기 자체 고장의 영향이 CONTRONIC-II로 확산되는 것을 막아주고, 고장부위를 알려줄 수 있도록 자체 고장진단 시스템이 내장되어 신뢰도가 상당히 높다.

그림 5. 는 Super heater temperature Control 계통, 그림 6. 는 Condenser Tank Level Control 계통의 모니터링 상황이다. 각각에서 나타난 바 같이 상단에 제목과 설정치(Set Value), 실제치(Process Value), 조작치(Manipulated Value)를 숫자로 디스플레이하고, 좌측 하단에 Bar Graph를 디스플레이하며, 우측 하단에 원하는 변수가 Trend로 디스플레이된다. 그림 5의 Trend graph에서는 제어기의 실제 출력과 Digital Back-up control System에서 계산된 출력치를 비교한 바 거의 유사하게 Tracking 되고 있음을 볼 수 있다.

그림 6. 에서는 수위가 상승함에 따라 Hotwell Valve가 열리고 Blow down Valve가 닫히는 것을 확인함으로써 효과적으로 모니터링하고 있음을 볼 수 있다.

그림 7. 은 Condenser Tank level Control 계통에서 Back-up 제어시험을 수행한 결과를 나타낸다. 제어카드를 임의로 고장을 일으키게 하기 위해 CONTRONIC-II System에 있는 수위신호와 Set-point 신호를 받아 들여 일정한 Gain을 곱한 신호를 출력으로 내 보내는 비례제어

카드를 순간적으로 뽑았을 때 계통의 변화를 살펴보면 비례제어기의 출력은 갑자기 0 Volt로 떨어진다. 이 순간 Back-up 제어기가 동작하여 제어기의 출력을 정상적으로 회복됨으로써 Back-up 제어기능이 성공적으로 수행되었음을 확인하였다.

4. 결 론

발전소 보일러 전자제어시스템의 고장방지 대책의 일환으로 Digital Back-up Control System을 국내기술로 설계, 제작 및 현장 적용 운전시험을 성공적으로 수행하고, 그결과를 보임으로써 Large Scale 디지털 계장 제어 시스템의 개발을 위한 발판을 마련하는데도 큰 의의가 있다고 보며 본 FTCS에서 구현된 제어기능은 PID가 주로 되었으나 Observer를 이용한 State Controller, Kalman Filter를 이용한 증기온도 예측제어 등 Modern Control Theory가 실용화 단계에 들어가고 있는 추세에 맞추어 새로운 제어방식의 연구도 추진할 예정이다.

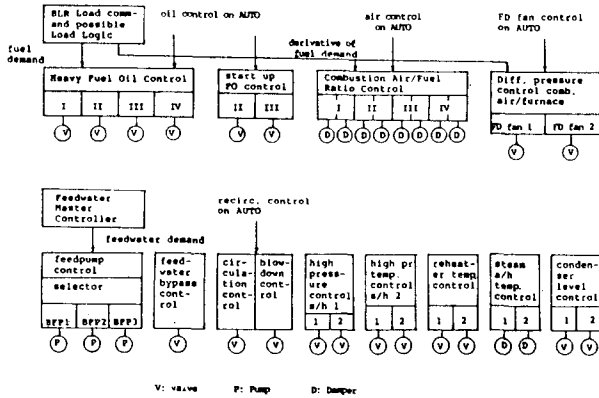


그림 1. 울산화력발전소 보일러 제어계통 구성

Section name	소요 시간(msec)
load 1	7.731
load2	27.02
mfuel	7.606
sfuel (1-4)	7.830
mair	2.952
sair (1-8)	6.758
mdiff	8.141
mfeed	32.92
sfeed (1-3)	14.46
bypass	9.704
circul	8.816
blowdown	4.292
sh11	11.12
sh12	10.13
sh21, sh22	10.90
reh (1-2)	7.255
airh (1-2)	8.085
tank (1-2)	13.16

그림 2. Back-up 제어 Section의 구분

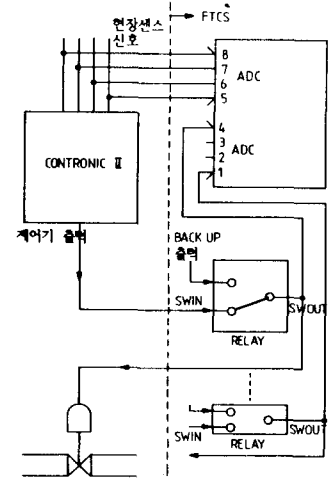


그림 4. Back-up 제어가 가능한 경우 신호배선도

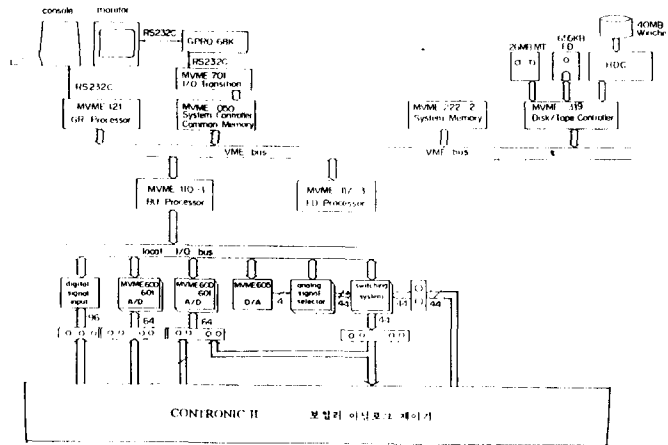


그림 3. Digital Back-up Control System 구성

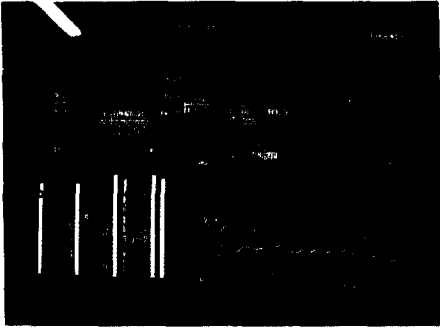


그림 5. Super Heater Temperatur Control 계통의 모니터링 상황

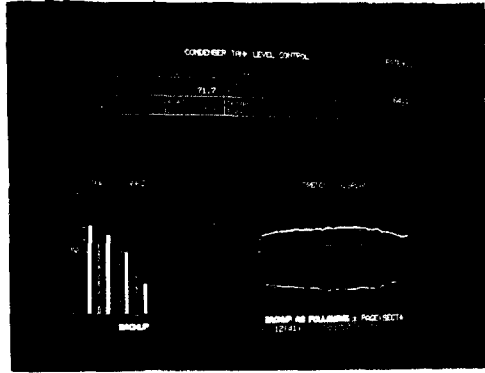


그림 7. Back-up 제어시험 결과

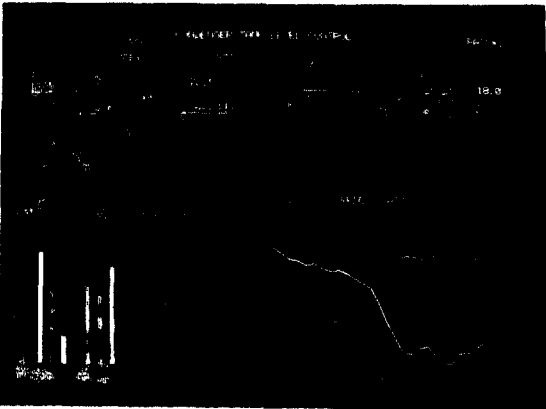


그림 6. Condenser Tank Level Control 계통의 모니터링 상황

* 참고 문헌

1. 한국전력공사 기술연구원, "마이크로 컴퓨터를 이용한 전자제어 시스템의 고신뢰화" 최종보고서 1988. 2
2. 황 동환, 김 지홍 "백업 제어기의 성능시험을 위한 보일러 제어시스템의 시뮬레이터 개발에 관한연구" '87 한국자동제어 학술회의 논문집 P147~P150
3. 문 봉채, 조 영조 "Fault Tolerant Control System" 의 개발에 관한연구 '87 한국자동제어 학술회의 논문집 P144~P146