

발전소 보일러 제어기의 back-up 제어에 관한 연구

○김지흥*, 조영조*, 정광근**, 변증남*
 *한국과학기술원 전기및 전자공학과 **금성사 중앙연구소

A Study on the Back-up Control of Boiler Controller
 for a Thermal Power Plant

○J.H.Kim*, Y.J.Cho*, K.K.Chung**, Z.Bien*
 *KAIST **Gold Star Co. Ltd.

ABSTRACT

As a means of improving the reliability of the analog type controller for the thermal power plant, an efficient method is proposed, which is to place the hardware redundancy, i.e. a back-up controller with fault detecting capability. FTCS is implemented by using multi-processors and it is experimentally verified that the back-up controller takes over the role of the original controller, controlling the faulty loop.

1. 서론

발전소 운전을 위한 제어 시스템이 복잡화, 대규모화 함에 따라 고장 발생요인이 증가되고, 고장 발생시 발전소의 정지에 따른 경제적, 사회적 손실이 매우 커짐으로 인해서 발전소 제어기의 신뢰도 향상이 주요한 과제로 대두되었다. 특히 최근의 화력 발전소의 경우, 원자력 발전소의 증가에 따라 기저 부하용(base load)보다는 전력 계통상의 전력 수요에 따른 신속한 부하 추종 및 빈번한 기동과 정지가 요구된다. 이에 따라 복잡화된 제어 시스템에서의 고장 빈도가 증가되고, 그에 기인한 발전소 전체의 운전 정지등 파급되는 손실이 커지고 있으며, 이를 해결하는 방안으로 발전소 제어기의 고장이 발생하여도 fault tolerant 기능을 가짐으로써 발전소의 운전 정지 없이 그에 대한 대책을 수행하는 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 이를 위하여 제안된 dual redundancy 방법을 설명하고, 기존의 시스템에 add-on 할 때의 고려 사항 및 다중 마이크로 컴퓨터에 의해 구현된 back-up 제어 기능에 대하여 기술하고자 한다.

II. 발전소 보일러 제어기와 중복 구조

일반적으로 fault tolerant 기능은 하드웨어의 redundancy에 의해 이루어지고 있다. 본 연구에서는 dual redundancy 방법중(1) cold stand-by 방법을 사용하여 운전중인 제어기가 고장시 이를 즉각 탐지하여, stand-by 상태의 제어기로 스윗칭을 수행하고 동작시키는 구조로 되어 있다. 이와 같은 병렬 구조로 제어 기능을 수행하는 시스템을 Fault Tolerant Control System(FTCS)으로 불러워 지기도 하며(3), 이때의 진행 선도는(그림 1)과 같다. 이 경우 기존의 운전중인 시스템을 대상으로 add-on 시스템으로 redundancy를 구성하고자 하면 새로운 시스템의 설계, 개발시보다 여러가지 제반 여건을 고려하여야 한다.

본 연구에서는 울산 화력 발전소의 보일러 아날로그 제어기인 CONTRONIC-II 시스템을 대상으로 고장시 이를 탐지, back-up 할 수 있는 기능을 갖는 add-on 시스템을 설계, 제작하였다. CONTRONIC-II는 70년대 초반의 아날로그 IC 기술을 사용한 총 35가지 종류의 모듈을 조합하여 보일러의 온도, 급수, 연료량, 연소 공기량 제어등 총 32개의 제어 루프를 형성하고 있다. 이와 같은 기존의 아날로그 타입의 제어 시스템을 동일한 시스템으로 중복 구조(redundancy)를 구성, back-up 제어하는 것은 동일 시스템의 풀타임 공급과 비용면에서 비현실적이다. 따라서 최근 급속히 발전되는 디지털 컴퓨터 기술을 이용하여 마이크로 컴퓨터를 사용함으로써 기존의 제어 시스템과 동일한 기능을 수행하도록 디지털 공정 제어 시스템을 설계, 제작하였다. 이 경우 기존의 아날로그 시스템과 인터페이스시키고, 제어기의 스윗칭시에 나타나는 Bump의 효과를 방지하는 기능과 초기치 처리 기능들이 요구된다.

III. 시스템 구현 및 실험

본 연구에서 설계 제작한 FTCS의 블록 신호는 (그림 2)와 같다. 주요 기능은 크게 고장 탐지 및 진단 기능, back-up 제어 기능, 그래픽 디스플레이 및 main console 기능으로 나누어 지며 이는 각각 3대의 마이크로 프로세서가 담당하고 있다. 이외에 아날로그, 디지털 신호의 변환 및 스위칭 기능을 추가로 설치하였다. 여기서는 back-up 제어 기능에 대하여 설명하고자 한다.

기존의 CONTRONIC-II 시스템을 전술한 바와 같이 총 32개의 제어 루프를 수행하여, P, PI, PID 제어 알고리즘 및 필요에 따라서는 feed-forward 보상 알고리즘이 master/slave 등으로 구현되어 있다. Back-up 제어를 위한 단위 설정은 다음과 같은 사항을 고려하여 구성한다.

첫째, 모듈화된 기존 제어기의 내부는 분리하지 않는다.

둘째, 스위칭하는 출력수와 필요한 입력 신호수를 최소화한다.

셋째, 마이크로 컴퓨터의 계산능력을 고려한다.

넷째, 제어 판넬에서의 조작이 용이하도록 한다.

실제 32개의 제어 루프를 43개의 back-up 단위로 분류, 각 단위별 고장 발생시 back-up 제어를 수행하며, 동시에 4개 back-up 단위까지 제어할 수 있도록 구성하였다.

스위칭 시스템은 배분기 및 스위칭 모듈로 구성되어 있으며 4개의 back-up 제어 신호가 43개의 기존 신호중 임의로 지정된 신호와 대체할 수 있도록 구성하였으며, 기계적 relay 및 bumpless 회로를 포함하고 있다.

디지털 back-up 제어 알고리즘은 기존의 제어 알고리즘을 250 msec의 샘플링 타임을 갖는 이산계의 식으로 변환, 구현하였으며 샘플링 타임은 MC68000-based 마이크로 프로세서 모듈내의 PTM(MC6840 : Programmable Timer Module)을 사용하여 인터럽트 방식으로 구현하였다.

A/D 변환 장치는 고장 탐지 및 진단, back-up 신호 발생에 필요한 128개의 프로세스 값을 읽어 들이며, 이를 공유 메모리에 넣어준다. D/A 변환 장치는 back-up 제어를 위한 제어 입력을 발생하도록 4개의 채널을 갖고 있으며, 모든 데이터 변환과 공유 메모리와의 통신, 4개의 loop의 back-up 제어 기능이 250 msec 이내에 수행된다.

(그림 3)은 back-up 제어 기능을 나타내기 위하여 간단한 실험으로 보인 back-up 제어 기능으로써, t_1 은 고장 발생 시간, t_2 는 고장 탐지 및 back-up 제어로의 변환, t_3 는 고장난 시스템의 수리 후 복구 시간을 나타낸다. (그림 4)는 구현된 FTCS의 실험 결과로서

고장 발생시의 back-up 제어 모습을 칼라 그래픽 디스플레이로 보여준다.

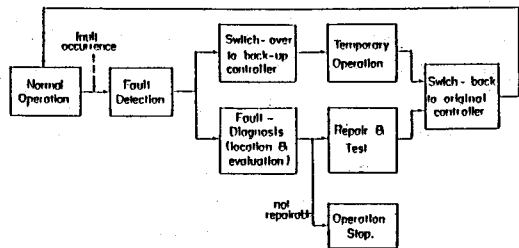
IV. 결론

본 연구는 발전소 보일러 제어기를 대상으로 신뢰도 향상의 한 방법으로 제시된 back-up 제어 시스템의 개발에 관하여 기술하였다. 특히 기존의 아날로그 제어기의 고장을 탐지, 이를 디지털 제어기로 back-up 제어하도록 시스템이 구성되어 있으며, 이에 필요한 제한 기능 즉, 고장 탐지 및 진단 기능, back-up 제어 기능, 스위칭 기능, 그래픽 디스플레이 모니터링 기능, bumpless transfer 기능과 데이터 변환 기능등을 구현하였다.

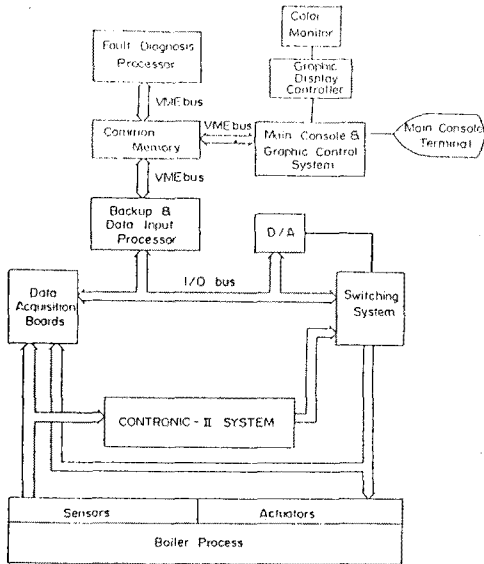
실제로 이와 같은 back-up 제어로의 전환시, 고성능 평가를 위한 기준은 아직 마련되지 않고 있으며, 이는 앞으로 계속되는 적용 실험을 통하여 유용한 기준이 설정되리라 본다.

참고 문헌

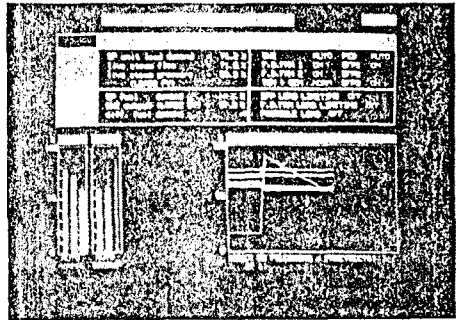
- (1) 이현, "Fault Tolerant Computing Systems," 전자교환기술 제 1 권 1 호, 1985.
- (2) 김지용 외 3인, "산업고장 제어의 신뢰도 향상을 위한 제어 시스템에 관한 연구," 대한 전기학회 1986년도 하계학술회의 논문집, 1986.7.
- (3) 김지용 외 3인, "발전소 보일러 제어기에 적용한 Fault Tolerant Control System의 연구," 대한 전자공학회지 제 24 권 1 호, 1987.
- (4) Algirdas Avizienis, "Fault Tolerant System," IEEE Trans. on Computers, Vol. C-25, No. 12, 1976.



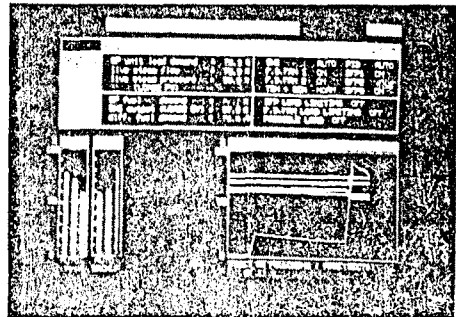
(그림 1) FTCS의 진행신도



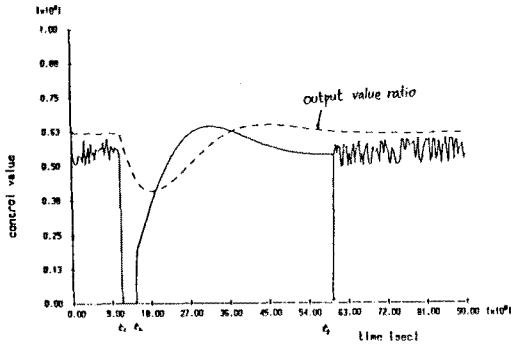
(그림 2) FTCS의 block diagram.



(그림 4-a) Load Control 1의 고장 발생시 back-up 제어



(그림 4-b) Load control 1 back-up 제어중 Heavy Fuel-oil Control 고장 발생



(그림 3) FTCS의 back-up 제어동작