

국내 개발 디지털 터빈제어시스템의 적용

우주희, 정창기
한국전력공사 전력연구원

Development of Turbine Digital Control System for Thermal Power Plants

Woo Joo-Hee, Jeong Chang-Ki
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 국내 한 석탄화력 발전소의 아날로그 터빈 제어시스템을 최초로 국내 기술에 의해 디지털 터빈 제어시스템으로 개조하여 현재 성공적으로 운전되고 있다. 적용된 시스템의 구성 및 기능에 대해서 언급하고자 한다.

하나의 중앙제어실에 설치된 운전원 조작 및 감시시스템이 있다. 발전 운전원들이 GUI에 의해 각종 현장기기를 구동할 수 있는 OIS(Operator Interface Station)와 발전 정비원들이 TMR 및 OIS를 유지보수하기 위한 EWS(Engineering Work Station)이 있다. TMR과 운전원 조작반은 Ethernet으로 이중화 구현되어 있다.

1. 서 론

국내 오래 전에 설치된 발전소의 터빈제어시스템은 주로 아날로그 전기회로로 구성되었고, 장기사용으로 노화되어 유지보수가 힘들게 되었다. 또한 급속한 기술발전이 힘입어 90년대 초반에는 터빈제어시스템이 삼중화된 구조로 향상되었을 뿐만 아니라 고장포용, 자기진단 및 다양한 선택(Voting)로직을 이용하여 터빈이 보다 안정적이고 신뢰성 있는 운전이 될 수 있도록 터빈제어기술이 발달해 가고 있는 현실이다. 특히 터빈제어 시스템 분야의 기술자립은 터빈의 기계설비와 패키지로 공급하므로써 부가가치 창출측면에서 그 필요성이 절실하며 선진국의 기술이전 기피현상으로 시급히 확보해야 할 핵심 기술이다.[1]

본 논문에서는 전력연구원이 국내 한 200MW급 석탄화력 발전소의 아날로그 터빈 제어시스템을 개조한 결과에 대해서 소개하고자 한다. 개발된 디지털 터빈제어시스템은 주제어모듈과 입출력보드는 기존에 상용화된 신뢰성있는 제품을 사용하였고, 제어기 및 운전원 화면 구성을 위해서 범용의 프로그램을 선정하여 제어 프로그램과 운전조작 시스템을 현장 여건을 고려하여 자체 개발하였다. 또한 본 시스템을 사용함으로써 기존 제어시스템에서 수동으로 실시하던 여러 가지 운전을 컴퓨터 조작 화면에서 버튼만 누르면 자동으로 실시할 수 있도록 하였다. 향후 전력수요 증가에 따른 국내 발전소 증설과 장기사용 발전소의 수명연장 공사시 투자비 절감뿐만 아니라 외화 절감에도 기여할 것으로 기대된다.

본 논문은 2장에 개발된 시스템을 삼중화 제어기와 운전원 조작시스템으로 구분하여 설명하고 있으며, 3장에 결론을 맺고 있다.

2. 본 론

2.1 기본 구성

국내 200MW급 석탄화력 발전소에 적용된 터빈제어시스템의 구성은 그림 1과 같이 두 분야로 나눌 수 있다. 하나는 전자기기실에 설치된 삼중화 제어기인 TMR(Triple Modular Redundancy)이 있다. TMR은 제어로직 및 각종 자기진단 기능을 수행하는 CPU 모듈, 현장의 각종 센서로부터 신호를 입력받고 현장의 각종 기기를 구동하기 위한 신호를 출력하는 입출력 모듈(AI : Analog Input용, AO : Analog Output용, DI : Digital Input용, DO : Digital Output용, Counter : Pulse Input용)과 운전원 조작시스템과 통신을 위한 모듈(NCM)등으로 구성되어 있다. 또 다른

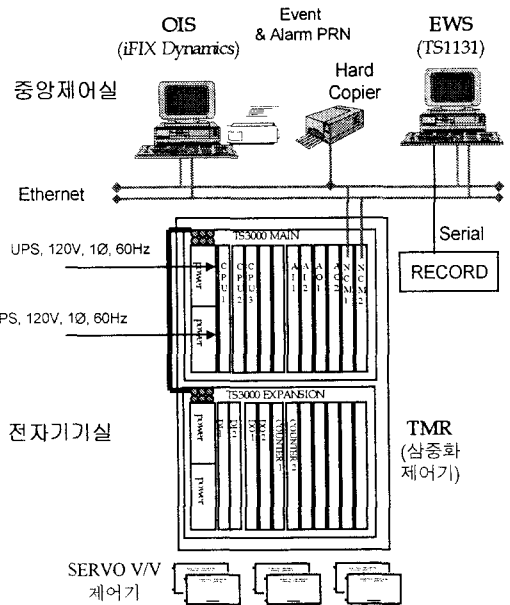


그림 1. 삼중화 터빈 제어시스템의 구성

2.2 TMR(삼중화 제어기)의 구성 및 기능

삼중화 제어기는 국내외에서 오랜 기간동안 사용되어 신뢰성을 검증받은 여러 제품중 TRICONEX사의 TRICON모형을 채용하였다.[2] TRICON은 3중화된 FAULT-TOLERANT 제어 시스템으로써 석유화학계통, 정유계통, 제지 플랜트, 발전 플랜트 등의 주요공정 계통에 적용하여 플랜트의 안전성 증가, 생산성 향상 및 트립에 의한 비상정지 감소를 위한 목적 적용되고 있으며, 주로 플랜트의 비상정지 계통, 보일러 버너제어 및 발전 플랜트의 조속기 제어용의 프로세서 제어장치로서 많이 활용하고 있다. TMR은 하나의 시스템속에 3개로 분리된 병렬 제어시스템과 광범위한 자기진단 기능을 집적화하고 있으며, 단일 부품의 고장으로 인한 고장파급 확산을 방지토록 설계한 것은 물론 고 신뢰성과 예러의 방지 및 공정제어의 지속성을 향상시키기 위해 TWO OUT OF THREE VOTING회로를 사용하고 있다. 현장으로부터 입력된 신호들은 각각 입력 모듈 내에서 3개의 전기적으로 격리된 회로망으로 분리 처리되어 3

개의 CPU로 각각 보내어 진다.

각 CPU는 TMR의 내부 통신버스인 TriBus에 의해 입력된 3개의 신호들 가운데 다수 입력군을 선택하게되며, 다수의 입력신호들과 차이가 나는 나머지 신호에 대해서는 정정하는 기능을 가지고 있다. 이와 같이 처리된 CPU의 출력은 삼중화된 경로인 IO Bus를 통해 출력 모듈로 보내어지며, 여기에서 또다시 출력신호에 대한 VOTING 및 선택을 한 다음 현장 구동기로 최종 제어 출력 신호를 내 보내게 된다.

TMR은 운전원 조작시스템과 통신하기 위한 모듈(NCM)이 있으며, CPU는 내부 전용 통신버스를 통해 NCM으로 각종 데이터를 보내며 각 데이터는 매 스캔마다 갱신된다. 10Mbit/sec속도의 TCP-IP/TCP-UDP 프로토콜을 지원한다. 아래 그림 2에 삼중화 제어기 내부의 신호 흐름도를 보여주고 있다.

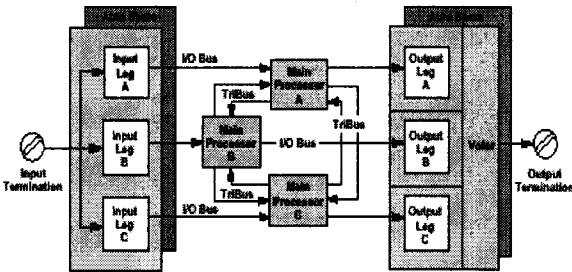


그림 2. TMR의 내부 신호 흐름도

2.3 운전원 조작반의 구성 및 기능

최근 산업용 제어 시스템은 마이크로 프로세스의 고기능화와 고속 Network 기술의 발달에 기인하여 제어기능의 고속화, 고집적화, 분산화 되고 신뢰성에도 많은 향상을 이룩하였다. 뿐만 아니라 자료관리 및 감시기능의 집중화는 데이터 베이스의 기능 강화와 더불어 다양화되고 있는 실정이다. 따라서 기존 발전소의 성능 개선공사에서도 기능향상 뿐만 아니라 고 신뢰성을 가진 제어 시스템의 적용은 일반화 되어가고 있으므로 통합 단일 시스템의 구성, 안전성, 확장성, 호환성, 유지보수 편의, 사용자 편의 등을 고려하여 터빈 제어 시스템의 운전원 조작반을 구성하였다.

2.3.1 EWS(Engineering Work Station)의 기능

EWS는 발전 정비원이 TMR의 현재 이상상태 여부를 확인하며, 제어로직을 작성하고 다운로드하며 운전중에 제어변수를 감시할 수 있는 기능을 제공해 준다. IBM 호환 컴퓨터로 구현하며 Windows NT를 운영체제로 하며 TMR 제작사에서 제공해주는 전용 소프트웨어인 "TriStation 1131"라는 프로그램을 사용한다.[3]

TriStation 1131은 IEC1131-3의 규격에 따라 사용자 목적에 적합한 프로그램을 쉽게 구성 할 수 있도록 개발되었다. 제공되는 프로그래밍 언어는 Function Block Diagram(FBD), Ladder Diagram(LD), Structured Text(ST) 등으로 구현할 수 있다.

또한 운전중에도 제어로직 및 제어상수를 수정하여 다운로드할수 있게 되어 있으며, TMR 내의 모든 모듈의 Fault 상태와 같은 자기진단 결과를 보여준다. 그림 3에서 제어로직 작성화면의 한 예를 보여주고 있다.

그리고 EWS는 필요한 프로그램만 설치해주면 OIS의 기능도 수행할 수 있도록 구현되어 있다.

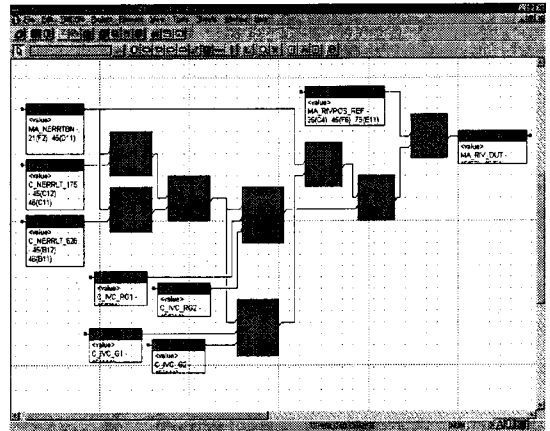


그림 3. 제어로직 작성 화면 예

2.3.2 OIS(Operator Interface Station)의 구성 및 기능

OIS는 발전 운전원들이 발전소 현장의 운전상태를 감시하며 각종 구동기의 동작을 GUI에 의해 가능하도록 해준다. IBM 호환 컴퓨터로 구현하며 Windows NT를 운영체제로 하며, GUI를 위한 프로그램은 Intellation사의 "iFix"를 사용하여 구현하였다.[4]

운전화면의 한 예를 그림 4에 보여주고 있으며, 화면 구성은 크게 세 가지 영역으로 되어 있다. 제일 상단의 영역은 OIS의 환경설정과 트렌드화면 및 미니알람화면이 있고, 중간영역에 실제로 운전원이 조작할 수 있는 버튼과 감시화면이 있고, 제일 하단에 감시 및 운전조작에 필요한 화면을 선택하도록 되어 있다.

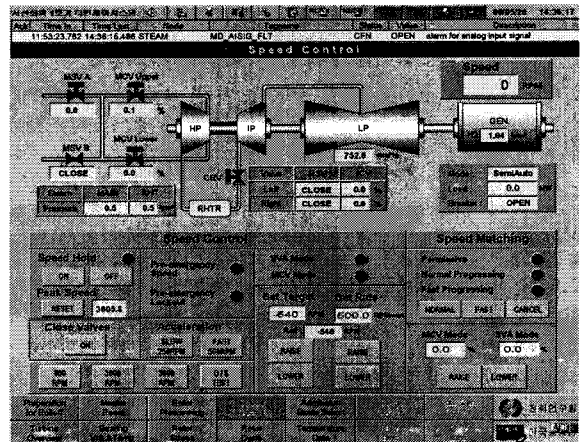


그림 4. 운전 조작 화면 예

구현되어 있는 화면의 종류는 다음과 같다.

- Master Reset 화면 : 터빈의 Trip 및 Reset을 위한 화면
- Rotor Pre-warming 화면 : 로터 예열을 위한 화면
- Speed Control : 터빈의 속도제어, 속도병합(Speed Matching) 및 Overspeed Test 등을 실행하기 위한 화면
- Admission Mode Selection 화면 : 전주/부분 분사 운전모드를 위한 화면
- LOAD CONTROL 화면 : 출력 증감발을 위한 화면

- TURBINE OVERVIEW 화면 : 터빈 제어 관련 주요 상태를 표시하는 화면
- VIBRATION & TEMPERATURE MONITORING 화면 : 터빈 각 부의 온도 및 진동치를 표시하는 화면

또한 OIS용 컴퓨터의 직렬통신 포트를 이용하여 중앙 제어실에 설치된 각종 기록계의 신호를 처리하여 운전원들에게 여러 가지 형태의 정보를 제공해주도록 되어 있다.

2.4 시스템의 현장 적용 결과

국내 200MW급 석탄화력 발전소에 2000년 3월부터 5월까지 계획예방정비 공사 기간을 이용하여 본 시스템을 설치하고, 기동에서부터 계통병입 그리고 전부하 운전까지 모든 기능시험을 성공적으로 완료하였고, 2000년 5월부터 현재까지 성공적으로 운전되고 있다. 기존 아날로그 터빈 제어시스템과 비교하여 현재 운전중인 개조된 터빈 디지털 제어시스템의 특징은 다음과 같다.

첫째, 하드웨어는 이미 신뢰성이 입증된 외국의 제품을 사용하고, 제어기 및 운전원 화면 구성을 위해서 범용의 프로그램을 선정하여 제어 프로그램과 운전조작 시스템은 현장 여건을 고려하여 자체 개발하였다.

둘째, 기존의 제어시스템은 정상운전 중에 제어기 정밀조정이 곤란하였으나 개발된 제어시스템에서는 쉽게 시행할 수 있다.

셋째, 기존 제어시스템에서 수동으로 실시하던 고압터빈 로터 예열, 속도제어, 속도병합, 출력제어, 전주분사/부분분사 전환, 각종 밸브시험, 선행 비상 조속기능 시험 등을 운전원 조작 화면에서 버튼만 누르면 자동으로 실시할 수 있다.

넷째, 기존 아날로그 시스템에서 채택되지 않았던 전기식 과속도 비상정지 기능 등, 최신기능들을 추가하였다.

3. 결 론

개발된 시스템을 국내 200MW급 석탄화력 발전소에 2000년 5월부터 운전되어 지금까지 성공적으로 상업운전되고 있다. 이에 따라 디지털 터빈제어 시스템에 대한 설계 및 제작기술의 자립 전망이 한층 밝아졌고, 장기사용 발전소의 설비개선 기술과 예방정비 기술을 확보하였으며, 발전소 총합 자동화 제어시스템 기술자립의 기반을 구축하였다. 또한, 이번 현장적용을 통해 확보한 기술을 바탕으로 외국기술 의존도가 높은 여타의 자동제어 설비의 국산화 및 국내 제작사의 설계제작 기술에도 크게 기여할 것으로 판단된다. 향후 전력수요 증가에 따른 국내 발전소 증설과 장기사용 발전소의 수명연장 공사시 투자비 절감뿐만 아니라 외화 절감에도 기여할 것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 정창기 외 3명, "기력 터빈 디지털 제어시스템 개발 (중간 보고서)", 전력연구원 기술보고서, 2000
- [2] Triconex, "TRICON Planning & Installation Guide, User's Manual", 1997
- [3] Triconex, "TriStation 1131, Developer's Workbench, User's Guide", 1997
- [4] Intellution, "iFix User's Manual", 1996