2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002.7.10-12

삼중화 증기터빈 제어시스템 개발 적용 사례

우주희, 김종안
한국전력공사 전력연구원

Application of Turbine Triple Modular Control System for Thermal Power Plants

Woo Joo-Hee, Kim Jong-An
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 국내 증기터빈 발전소의 기계식 터빈제어 시스템을 국내 기술에 의해 디지털 삼중화 제어시스템으로 개조하여 현재 성공적으로 운전되고 있다. 적용된 시스템의 구성 및 기능에 대해서 설명하고, 간략한 시운전 결과에 대해서 언급하고자 한다.

1. 서 론

국내 오래 전에 설치된 발전소의 터빈제어시스템은 주로 기계식 및 아날로그 전기회로로 구성되었고, 장기사용으로 노화되어 유지보수가 힘들게 되었다. 또한 급속한 기술발전에 힘입어 90년대 초반에는 터빈제어시스템이 삼중화된 구조로 향상되었을 뿐만 아니라 고장포용, 자기진단 및 다양한 선택로직을 이용하여 터빈이 보다 안정적이고 신뢰성 있는 운전이 될 수 있도록 터빈제어 기술이 발달해 가고 있는 현실이다. [1]

본 논문에서는 전력연구원이 국내 한 기계식 터빈제어 시스템을 가진 발전소의 삼중화 디지털 터빈 제어시스템으로 개조한 결과에 대해서 소개하고자 한다. 적용된 디지털 터빈제어시스템은 주제어모듈과 입출력보드는 기존에 상용화된 제품을 사용하였고, 제어기 및 운전원 화면 구성을 위해서 범용의 프로그램을 선정하여 제어 프로그램과 운전조작 시스템을 현장 여건을 고려하여 자체 개발하였다. 향후 전력수요 증가에 따른 국내 발전소 증설과 장기사용 발전소의 수명연장 공사시 투자비 절감뿐만 아니라 외화 절감에도 기여할 것으로 기대된다.

본 논문은 2.1절에 적용 대상발전소의 기존 기계식 터빈제어시스템과 개발된 시스템을 간략히 비교하고, 2.2절에서는 개발된 시스템의 구성 및 기능에 대해 설명하고, 2.3절에는 개발된 시스템을 현장 설치한 후 시운전한 결과에 대해 설명하고 마지막 3장에 결론을 맺고 있다.

2. 본 론

2.1 적용 대상 발전소의 터빈 제어시스템 현황

적용 대상 발전소는 기계식 터빈제어 방식으로서 속도조정 범위가 전기식에 비하여 대단히 좁고, 운전 조작이 불편하며, 기계적 연결부위의 부동대로 인하여 부하 추종운전시 성능이 불량하다. 또한, 장기사용으로 인하여 터빈 제어설비의 교체 필요성이 대두되었다. 아래에 기존의 운전방식과 새로 적용된 시스템의 특성을 비교하였다.

	기존 시스템	개발된 시스템
속도제어 방식	기계식 조속기	디지털 전기식 조속기
운전 조작반	다이얼, 푸시버튼	범용 GUI 프로그램을 탑재한 산업용 컴퓨터
제어기 하드웨어	없음	상용 삼중화 시스템
제어 프로그램	없음	- 국제 규격(IEC1131-3)에 적합한 프로그램 작성기 활용 - 기존 설비 철거에 따른 필요한 제어로직을 개발
유압 구동부	기계 장치로 연동	- 전기 및 유압식 밸브 구동기 설치

*기계식 조속기(MHC) : Mechanical Hydraulic Control
*디지털 전기식 조속기(D-EHC) : Digital Electro Hydraulic Control

2.2 개발된 시스템의 구성 및 기능

터빈제어시스템의 구성은 그림 1과 같이 두 분야로 나눌 수 있다.

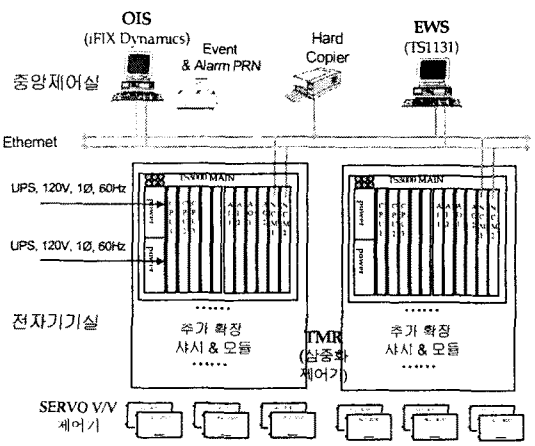

그림 1. 삼중화 터빈 제어시스템의 구성

하나는 전자기기실에 설치된 삼중화 제어기인 TMR(Tripple 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 하나는 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.[2]

EWS는 발전 정비원이 TMR의 현재 이상상태 여부를 확인하며, 제어로직을 작성하고 다운로딩하며 운전중에 제어변수를 감시할 수 있는 기능을 제공해 준다. IBM 호환 컴퓨터로 구현하며 Windows 2000을 운영체제로 하며 TMR 제작사에서 제공해주는 전용 소프트웨어인 "TriStation 1131"라는 프로그램을 사용한다.[3]

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

OIS는 발전 운전원들이 발전소 현장의 운전상태를 감시하며 각종 구동기의 동작을 GUI에 의해 가능하도록 해준다. IBM 호환 컴퓨터로 구현하며 Windows 2000을 운영체제로 하며, GUI를 위한 프로그램은 Intellution사의 "iFix"를 사용하여 구현하였다.[4]

2.3 제어시스템의 현장 적용 결과

적용 대상 발전소는 터빈에 유입되는 증기량의 제어는 다음 두 가지 방식에 의해 이루어진다. 터빈의 승속 및 초기부하 형성까지는 바이패스가 내장된 MSV (Main Stop Valve)에 의해 이루어지고, 그 이후의 전 부하까지는 CV (Main Control Valve)에 의해 이루어진다.

개발된 삼중화 터빈 제어시스템을 사용하여 주요 운전별로 시운전한 결과를 아래에 언급하고자 한다.

2.3.1 터빈 승속 운전 결과

터빈 트립상태에서 최초 승속을 위해 운전원이 속도 설정값을 선택하면, ICV가 열리고, CV가 열리고 난 다음 터빈 속도 요구량이 지정된 승속율에 의해 서서히 증가하게 되어 Right MSV의 위치가 변하여 터빈 속도가 증가하게 된다. 그림 2는 그 결과를 보여주고 있으며 1,000 RPM에서 유지되고 있는 결과를 보여주고 있다. x축은 약 11분 정도의 시간이고, y축은 0~100%의 크기를 가진다.

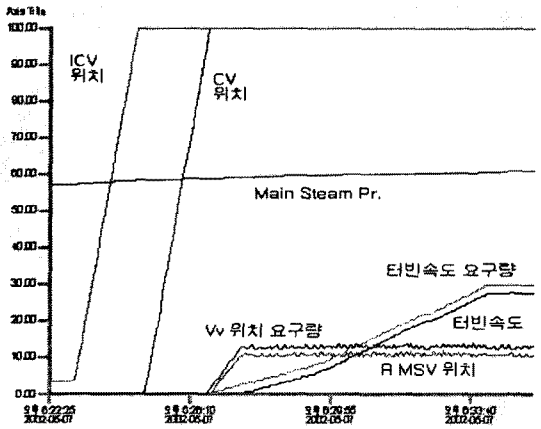

그림 2. 터빈 승속 운전 결과 (1,000 RPM)

그림 3은 터빈속도 1,000 RPM에서 정격속도(3600 RPM)까지의 운전 결과이다. 1,000 RPM까지의 승속과 마찬가지로, 운전원이 새로운 속도 설정값을 선택하면 터빈속도 요구량이 증가하고, Right MSV가 열리면서 터빈 승속이 이루어지고 있다.

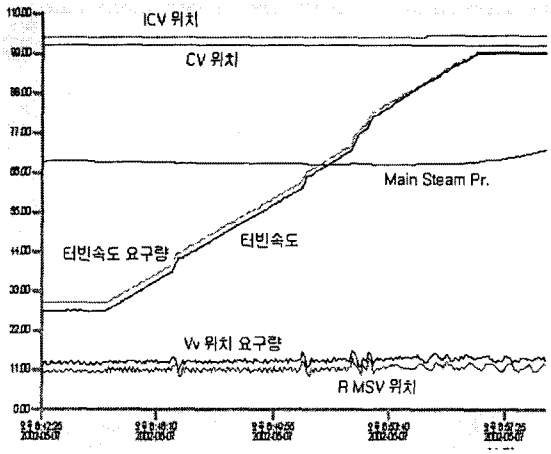

그림 3. 터빈 승속 운전 결과 (3,600 RPM)

2.3.2 자동 계통병입 운전 결과

Auto Synchronizer에 의해 발전기가 계통병입되는 운전 결과를 아래에 보여주고 있다. 터빈이 정격속도에 도달되면, 운전원은 운전모드를 "Auto Synch" 모드로 변경하면, Auto Synchronizer에 의해 발전기 전압, 위상, 터빈속도 등을 계통과 일치시키기 위해 필요한 제어신호를 발생시키고, 병입조건과 일치되면 자동으로 차단기가 투입된다. 그러면 터빈은 Right MSV를 더 열어주어 초기 부하를 형성한다. 그리고 저부하대에서는 Right MSV에 의해 발전기 출력제어가 이루어진다. x축은 약 8분 정도의 시간이고, y축은 0~100%의 크기를 가진다.

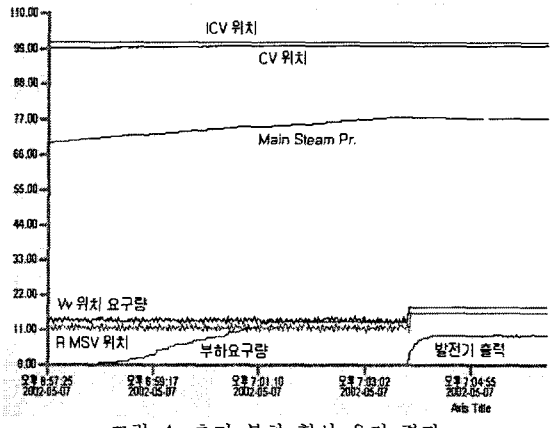

그림 4. 초기 부하 형성 운전 결과

2.3.3 부하 증감발 운전 결과

적용 대상 발전소의 전부하대에서 출력을 감소하는 결과를 그림 5에서 보여주고 있다. 고부하대에서는

발전기 출력 제어가 CV에 의해 이루어지며, 운전원은 부하요구량을 낮추면 CV의 위치가 감소하게 되어 발전기 출력이 줄어드는 결과를 보여주고 있다.

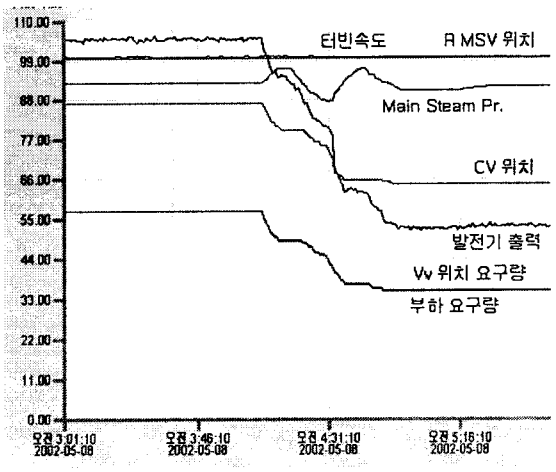

그림 5. 부하 감발 운전 결과

3. 결 론

국내 기계식 터빈 제어시스템을 디지털 삼중화 터빈 제어시스템으로 개조한 후, 기동에서부터 계통병입 그리고 전부하 운전까지 모든 기능시험을 성공적으로 완료하였다. 기존의 제어시스템과 비교하여 현재 운전중인 개조된 터빈 디지털 제어시스템의 특징은 다음과 같다.

첫째, 개발된 시스템의 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 속도제어, 계통병입, 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

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 (중간보고서)", 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