

국내 원자력 발전소용 터빈운전 감시 및 조작시스템 개발

정창기, 김종안, 김병철, 최인규, 우주희
한국전력공사 전력연구원

Development of Monitoring and Control Interface System for Turbine Control in a Nuclear Power Plant

Jeong Chang-Ki, Kim Jong-Ahn, Kim Byung-Chul, Choi In-Kyu, Woo Joo-Hee
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 국내 원자력발전소에 사용되는 터빈제어시스템은 1980년대 초반에 설치되어 아날로그 제어 방식이 많이 채택되어있으며, 급속한 기술의 발달에 힘입어 현재는 신뢰성이 향상된 디지털 삼중화 제어 방식으로 개조되고 있다. 본 논문에서는 이런 변화에 맞추어 국내 한 원자력발전소에 설치된 터빈제어시스템을 개조하게 되었으며 여기에 필요한 터빈운전 감시 및 조작시스템의 구성 및 기능에 대해서 소개하고자 한다.

User Interface)로 구현된 운전감시조작기와 터빈 운전 및 감시를 위해 미리 정의된 터빈 제어 프로그램이 수행되고 각종 현장 신호를 수집하여 처리하고 현장 기기로 각종 신호를 출력하는 주제어기 및 이들 간의 데이터 교환을 담당하고 관리하는 데이터 통신망을 포함하여 이루어졌다. 본 논문에서는 이러한 터빈제어설비 중에 운전원이 감시 및 조작하는 시스템과 제어정비원이 사용하는 시스템에 대해 소개하고자 한다. 제어정비원이 사용하는 시스템은 운전원이 사용하는 시스템의 기능과 주제어기의 상태를 감시 및 조작하는 기능도 부가적으로 가지도록 구성되어 있다.

1. 서 론

터빈 제어시스템은 계통 사정에 따라 여러 가지 제어 밸브를 자동으로 조정하여 계통 주파수를 정격으로 유지하며, 비상상태 발생시 터빈을 안전하게 정지하기 위한 설비이다. 외국의 경우에는 '80년대 초반에 터빈 전용의 아날로그 제어 방식을 시작으로 '80년대 후반에는 디지털 제어 방식까지 연구개발 함으로서 기술이 급격히 발달하였고, '90년대 초반에는 제어 시스템의 신뢰성 향상을 위하여 삼중화된 구조의 터빈 제어시스템으로 기능이 향상되었다. 또한, 현재 발전시장의 추이를 감안하면 터빈 분야의 경쟁력 확보는 필수 불가결한 요소로 판단되며, 특히 터빈 제어시스템 분야의 기술 자립은 터빈의 기계설비와 패키지로 공급하므로써 부가가치 창출 측면에서 그 필요성이 절실하며 선진국의 기술이전 기피현상으로 시급히 확보해야 할 핵심 기술이다.

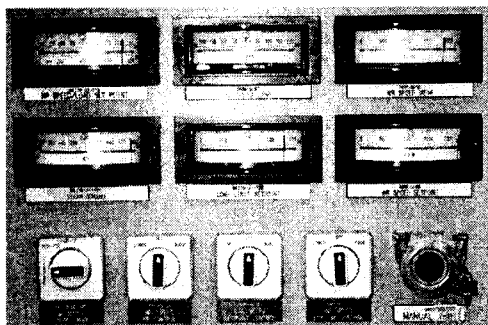
이러한 발전소의 터빈제어 계통은 발전소의 핵심제어 설비중 하나이므로 안정성과 신뢰성은 필수적인 요소이다. 이러한 중요설비를 단일고장에 의한 발전운전 정지를 방지하기 위해 내고장 설계 개념을 채택한 다중화 시스템으로 구성한다. 다중화(삼중화 혹은 이중화) 시스템이란 현장의 계측기, 신호 구동기, 입출력 처리 모듈, 제어로직 처리모듈 및 운전 감시조작기를 다중화로 구성하고, 이렇게 다중화로 구성된 하나의 요소에 오류가 발생하여 제 기능을 발휘하지 못하더라도 나머지 건전한 신호를 사용하여 터빈을 안정적으로 연속 운전할 수 있도록 구성한 시스템을 말한다.

개발된 시스템의 운전 감시 및 조작시스템은 상용 그래픽 개발 패키지를 사용하여 개발하였고, 단일 요소 고장에 의한 발전운전에 주는 영향을 최소화하기 위해 통신, 데이터베이스 등을 이중화로 구성하여 기존 아날로그 시스템의 운전절차를 충분히 반영하도록 화면을 구현하였고, 정보 확인 기능 등 여러 가지 사용자 편의기능을 제공하고 있다.

2. 본 론

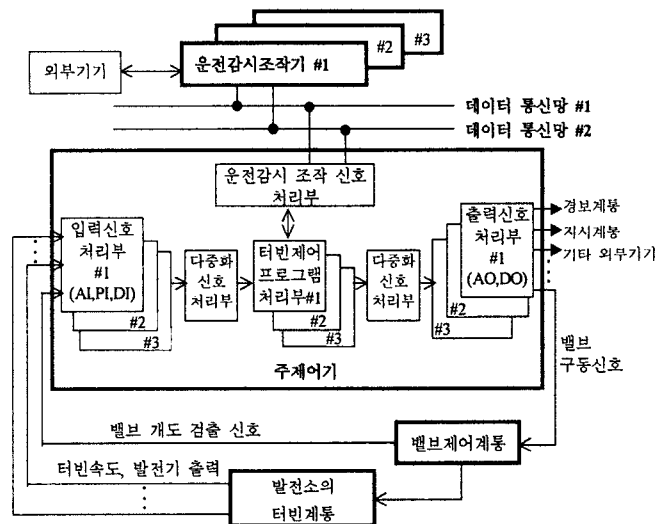
2.1 터빈 운전 감시 및 조작시스템의 개요

발전소 터빈제어 계통의 감시 및 조작시스템에 관한 기존 설비로는 그림 1과 같이 선택스위치, 누름버튼, 다이얼, 기록계, 지시계 및 지시등 등으로 구성되어 있으며 이들은 각각 다른 위치에서 기록되거나 각각 다른 기록 매체에 저장되어, 감시 및 조작에 불편함과 데이터의 저장 및 관리에 어려움이 많아, 기존의 아날로그 제어설비를 디지털 삼중화 제어설비로 개조하게 되었다.



〈그림 1〉 기존 설비의 운전 감시 및 조작 설비

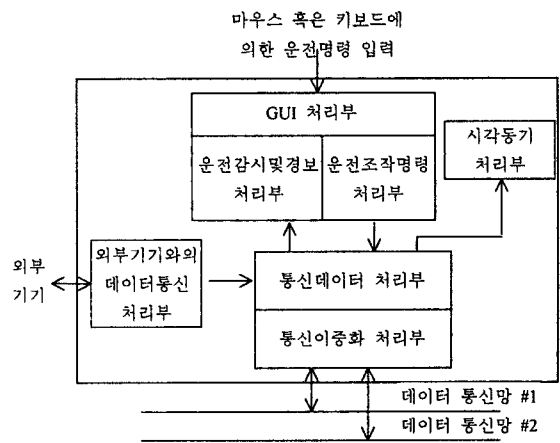
개발된 제어설비는 그림 2와 같이 운전원에 의해 수동으로 설정되는 운전명령 혹은 미리 설정되어 있는 운전정보를 이용하여 운전명령 신호를 출력하고 각종 운전 상태를 감시 및 관리하기 위해 컴퓨터상에 GUI (Graphic



〈그림 2〉 개조된 터빈제어설비에서의 운전감시조작기

2.2 개발된 운전원용 감시 및 조작시스템의 기능

운전 감시조작기는 IBM PC 호환 컴퓨터로 그림 3과 같이 기능별로 통신 이중화 처리부, 통신 데이터 처리부, GUI 처리부, 시각동기 처리부 및 기타 외부기기와의 데이터 통신 처리부로 구성되며, Intellution사의 상용 제품인 "iFix" 프로그램을 사용하여 구현되어 있다.

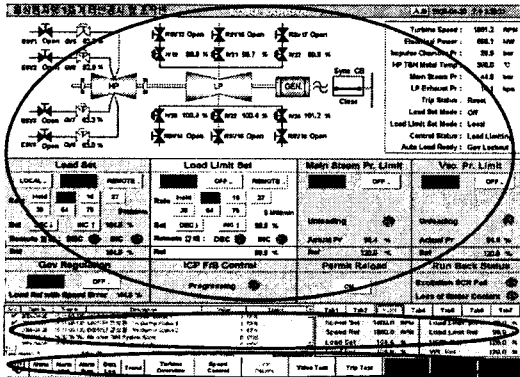


〈그림 3〉 운전 감시조작기의 기능 개념도

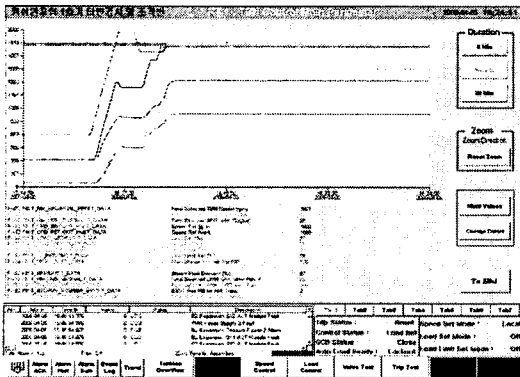
통신 이중화 처리부는 주제어기와 Ethernet으로 연결되어 TCP/IP 통신을 가능하게 한다. 즉, 통신이 가능하기 위해서 주제어기 및 운전감시조작기의

통신 주소를 설정하고, 이중화 사용여부를 지정한다. 이에 따라 이중화 기능 사용 시에는 하나의 통신망에 오류 발생하면 미리 설정된 절환 조건에 따라 다른 건전한 통신망으로 자동 절체하는 기능을 가진다.

통신데이터 처리부는 GUI 처리부와 주제어기간에 입출력되는 데이터의 관리를 담당한다. 즉, 주제어기로부터 전달받은 아날로그 및 디지털 통신 데이터에 대해 운전원이 이해할 수 있는 엔지니어링 값으로 변환하거나, GUI 처리부에서 운전원이 지정한 아날로그 및 디지털 명령을 적절한 통신 데이터 형식으로 변환하는 기능을 담당한다. 이는 주제어기에서 지정한 데이터 형식 및 고유의 주소에 따라 처리된다. 또한 운전원이 필요시 과거 운전 데이터를 추출할 수 있도록 변환된 데이터를 일자별로 운전감시조작기용 컴퓨터에 저장하는 기능을 제공한다. 특히 현장에 산재해 있는 여러 감시시기의 데이터도 통신으로 전송되면 하나의 데이터베이스에서 통합 관리 되도록 한다.



〈그림 4〉 GUI로 구현된 운전 감시조작 화면



〈그림 5〉 운전 추이 분석을 위한 실시간 트렌드 화면

GUI 처리부는 각종 운전 데이터의 표시 및 조작기능이 그래픽으로 구현되어 있으며, 여기에 표현된 그래픽으로 운전원이 원하는 명령을 주제어기에 전송할 수 있다. 운전감시 및 정보 처리부는 통신데이터 처리부에서 변환된 각종 운전 데이터를 사용하여 여러 가지 다양한 그림으로 구현되어 있는 부분이고, 저장된 데이터를 가지고 다양한 경보를 운전원에게 제공해주는 부분이다. 운전조작명령 처리부는 운전원이 입력 장치(키보드 혹은 마우스)로 해당 그림을 선택하면 미리 정의된 명령을 통신데이터 처리부로 보내는 기능을 가진다. 구현된 GUI 화면의 구성은 그림 4와 같이 크게 상단, 중간 및 하단의 세 영역으로 구성되어 있다. 상단 영역은 터빈 운전 감시 및 조작과 관련된 화면을 단위 기능별로 구현하였고, 중간 영역은 특정 운전화면과 무관한 공통된 기능(소형 경보창 및 수치정보)을 가진 화면을 제공하는 부분이고, 하단 영역은 상단 영역의 화면을 선택하기 위한 선택 단추들로 구성되어 있으며, 중간 및 하단영역은 운전 중 항상 동일한 화면을 보여주며, 하단영역의 화면 선택단추를 누르면 해당 GUI 화면이 상단영역에서 교체되어 표시되는 구조를 가진다. 특히 운전 중 상단영역에 표시되지 않은 다른 화면의 운전 데이터에 경보가 발생되더라도 화면 하단에 있는 화면 선택단추가 깜박거리면서 운전원에게 경보발생 상황을 알려줄 수 있는 구조를 가지고 있다.

시각동기 처리부는 본 발명의 전체 시스템의 시각을 일치시키는 기능을 제공한다. 기존 시각은 전체시스템 내에서 시각의 오차가 작은 주제어기의 현재 시각을 기준으로 한다. 여러 대의 운전감시조작기는 정해진 시간 간격(예를 들면, 매시 정각마다 혹은 매일 자정마다 한번씩)으로 주제어기의 시각을 읽어 와서 자신의 시각을 조정한다. 이렇게 자동으로 구현된 기능에 운전원은 화면상단에 구현된 명령을 실행시키면 그 순간의 주제어기 시각을 읽어 와서 운전감시조작기의 시각을 조정하는 수동의 방법이 있다. 이렇게 함으로써 전체 시스템의 시각을 일치시켜 각 기기의 저장장치에 기록된 현재시각의 차이를 최소화 하였다.

외부기기와의 데이터통신 처리부는 제어시스템 이외의 발전소 현장에 설치되어 있는 외부기기(예를 들면, 기록계, 진동감시설비, 등)의 감시기능을 GUI 처리부에 통합하여 보여주는 기능을 제공한다. 이들 외부기기는 개발

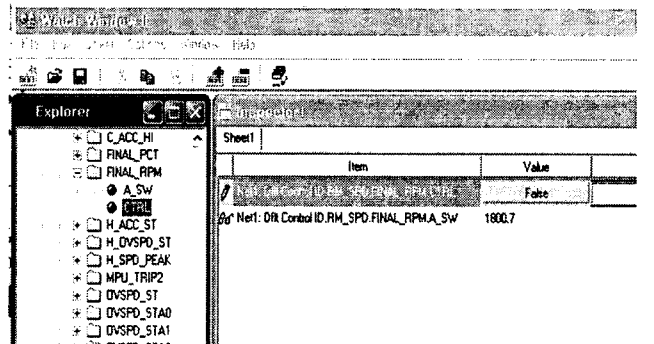
형 구조의 통신기능(MODBUS, TCP/IP, 등)을 제공해 주어야 하며, 이들과 통신으로 연결되어 통신데이터 처리부에서 주제어기용 데이터가 관리되는 동일한 데이터베이스로 같이 관리가 된다.

이러한 컴퓨터로 구현된 운전감시조작기는 데이터 통신망에 여러 대가 연결될 수 있으며, 이들 간에 주종관계는 없으며, 주제어기와 서로 1:1의 관계를 가진다. 그러면서도 데이터통신망을 통해서 주제어기를 경유하지 않고서도 운전감시조작기간의 데이터 통신이 가능한 구조를 가진다. 이런 구조적인 특징으로 여러 대의 운전감시조작기를 통합하고 관리하기 위한 마스터 기기가 없어도 되므로 본 발명은 구조의 단순함을 사용자에게 제공하여 유지 및 관리하기에 쉬운 장점을 가진다. 한 예를 들면 운전감시조작기 #1에 연결된 기록계의 데이터를 운전감시조작기 #2에서 직접 기록계와 연결할 필요 없이 운전감시조작기 #1에서 통신망을 통하여 감시할 수 있는 구조를 구현할 수 있다.

또한 운전감시조작기를 사용하여 감시 및 조작이 불가능하더라도, 추가로 주제어기와 직결된(아날로그 및 디지털의 전기적인 신호로 연결된) 보조 감시 및 조작수단을 설치하여 운전의 연속성을 제공할 수 있도록 구성을 가진다.

2.3 개발된 제어정비원용 감시 및 조작시스템의 기능

제어정비원용 시스템은 기본적으로 운전원용 시스템과 동일한 기능을 가지면서, 운전원용 시스템에 구현된 각종 GUI 기능을 수정하는 기능을 더 가지고 있다. 또한 주제어기와 통신으로 연결되어 주제어기용 CPU 모듈에서 연산되는 각종 변수를 실시간으로 감시하고 변경하는 기능을 가진다. 그러나 주제어기와의 연결은 그림 2에서 보여주는 데이터 통신망을 사용하지 않고 주제어기에서 제공하는 전용의 통신 포트(RS-232, Serial 통신)를 통하여 이루어진다. 아래 그림 6은 주제어기용 하드웨어 제작사에서 공급하는 소프트웨어를 사용하여 주제어기의 제어변수를 정비원이 선택하여 감시하거나 변경할 수 있는 그림을 보여주고 있다.



〈그림 6〉 주제어기의 제어변수 감시 및 조정 화면

이외에 주제어기 제작사에서 제공해주는 전용 소프트웨어(GAP)를 사용하여 제어로직을 수정하고 다운로드 할 수 있는 기능을 제공해 준다.

3. 결 론

국내 원자력 발전소에 기 사용된 아날로그 터빈제어설비를 디지털 삼중화 제어설비로 개조함에 따라 필요한 터빈운전 감시 및 조작시스템의 구성 및 기능을 소개하였다. 개발된 시스템은 상용 그래픽 개발 패키지를 사용하여 통신, 데이터베이스 등을 이중화로 구성하였고, 기존 아날로그 시스템의 운전절차를 충분히 반영하도록 화면을 구현하였고, 경보 확인 기능 등 여러 가지 사용자 편의기능을 제공하고 있다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 한전전력연구원, "기력 터빈 디지털 제어시스템 개발"(최종보고서), 2002
- [2] 한전전력연구원, "CANDU형 원전 디지털 터빈제어시스템 개발"(중간보고서), 2005
- [3] 한국전력공사, "월성1호기 조속기 터빈 제어제동 설명서", 1997