

복합화력발전을 위한 통합감시제어 시스템 개발

이봉국*, 신용학*, 전태영*, 이승주*, 이광순**, 원왕연**
 LS산전 (주) 연구소*, 서강대**

A Development of the integrated monitoring and control system for the combined cycle power plant

Bong-Kuk Lee*, Yong-Hak Shin*, Tae-Young Chun*, Seung-Joo Lee*, Kwang-Soon**, Wang-Yun Won**
 LSIS R&D Center*, Sogang University**

Abstract - 본 논문에서는 복합 화력 발전을 위한 개방화 되고 표준화된 보일러/터빈 통합 감시제어 시스템을 개발하였고, 검증하였다. 통합 감시 제어 시스템은 복합 화력 공정의 HRSG, BOP, DEHC 계통을 위한 통합 감시 제어 시스템이다. 복합화력 공정제어 시스템은 다양한 운전모드와 잦은 기동, 정지에 의해 운영되는 특징이 있다. 통합감시제어시스템은 복합모드 제어를 수행하고 고급제어를 포함하는 고성능 제어 시스템으로 개발되었다. 타 시스템과의 효율적인 연계를 위해 표준화된 인터페이스의 개방형 시스템으로 개발하였으며, 원거리관리를 위한 Web monitoring 기능을 수행하고, 효율적인 실시간 이력 시스템을 포함한다. 개발된 시스템은 현장에서 실제로 검증되었다.

1. 서 론

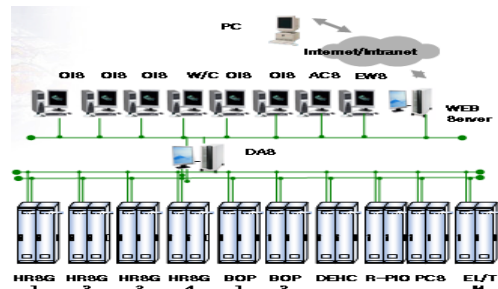
최근의 발전용 감시, 제어 시스템은 통합화 추세를 가지는 특징이 있다. 제어시스템의 설비별 기종이 서로 상이하므로 상호 호환성이 문제가 발생된다. 특히, 예비품 확보의 문제, 유지 보수 비용 증가 등이 발생되면 운전감시 기능의 분산 및 제한 등이 발생한다. 또한, 분산제어 시스템을 구성하는 각종 제어 기기들의 성능이 향상되고 있다. 즉, 초고속 통신 데이터 통신 및 대용량 저장 장치 등의 제품요소 개발로 인해 효율적인 시스템 구성이 가능하게 되었다. 이에 따라, 발전 시스템을 위한 통합감시제어 시스템의 개발 요구가 증대되고 있는 추세이다. 복합화력 공정은 전력 부하변동에 따른 대응에 용이하고, 발전 효율을 높이기 위한 발전 시스템이다. 복합화력 발전공정은 잦은 기동정지가 심한 특징을 가진다. 주간에 기동하고, 전력소비가 적은 야간에는 정지하는 경우가 많다. 또한, 계절에 따라 열과 전기를 적절히 분배하여 공급하기 때문에 발전 플랜트의 효율적 운영을 위해 다양하고 복잡한 제어 로직에 의해 운영되어야 한다. 이를 위해 가스터빈 발전모드, 열 운영모드, 전기 운영 모드, 복합 운영 모드 등 여러 모드에 의해 적절히 운영되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 특성을 갖는 복합화력 발전 시스템을 위한 통합 감시제어 시스템을 개발하고 검증하였다. 개발된 통합감시제어시스템은 복합화력발전의 HRSG, Turbine, BOP 계통의 통합감시제어시스템으로 구성하였으며 이를 위한 제어 네트워크 및 정보네트워크를 통해 전체 시스템의 네트워크의 통합이 이루어지도록 하였으며, 신뢰성을 위해 이중화 시스템으로 개발되었다. 또한, 통합 시스템의 데이터 실시간 데이터 베이스 구성 및 MMI 운영화면, 감시제어화면 구성이 개발되었다. 다양한 복합모드제어 및 고급제어 시스템개발을 위해 복합 화력을 위한 다양한 Function block이 개발되었고, 탈기 공정을 위한 MPC 고급제어기를 개발 하였다. HMI 인터페이스를 위해 Web based 원거리 모니터링 시스템, OIS(Operator Interface System), EWS(Engineering Workstation), 실시간 이력관리 시스템을 개발하였다. 개발된 통합감시제어시스템은 동서발전의 일산 복합 화력 발전소에 설치, 검증하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

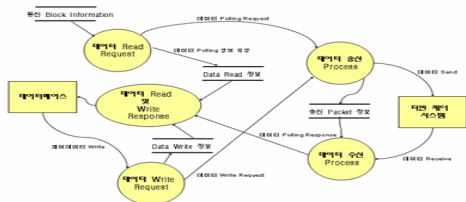
복합 화력 발전 공정은 화력발전의 열효율을 제고하기 위해 가스터빈 발전에 사용한 고온의 가스로 증기를 발생시켜, 이 증기로 다른 터빈을 회전시키는 가스터빈 발전과 화력 증기 터빈 발전을 결합시키는 발전 공정이다. 통합감시제어 시스템은 HRSG 보일러와 증기터빈계통을 통합하여 감시, 제어하는 시스템으로 그림 1 과 같은 구성으로 이루어진다. 복합화력 발전의 각계통의 정보를 직접수집하고 제어하는 제어시스템, 각종정보를 수집, 관리하는 데이터 관리시스템 (DAS), 운영

및 상위시스템과 연계하여 각종 감시, 관리를 위한 운영 시스템으로 크게 구성된다.



<그림 1> 통합감시제어시스템 구성도

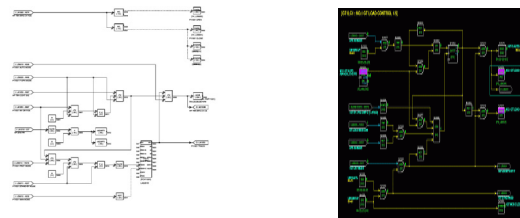
통합 감시 제어 시스템의 구성을 위한 제어 네트워크의 Ethernet scheme은 동시 라인 전송방식에 의한 방식으로 구성하였고 그림 2는 터빈제어 시스템과의 연계를 위한 타스크 구성, 설계를 나타내었다. 터빈제어 시스템과의 연계를 위해 터빈제어 시스템내의 메모리 블럭을 액세스하는 방식으로 구성하였다.



<그림 2> 터빈제어시스템 연계를 위한설계도

2.2 복합모드제어 및 고급제어

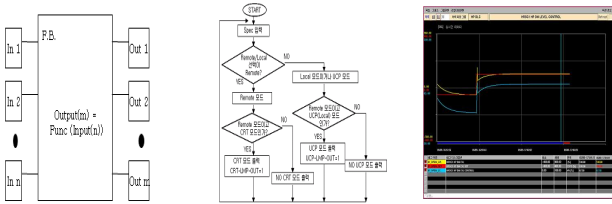
복합발전 공정은 5 개의 모드 (열부하추종방식, 가스터빈단독운전, 전기부하추종방식, 최대열부하운전방식, 혼합운전방식) 에 의해 운영되고 있다. 다양한 복합 모드운전을 위해 제어 로직과 관련된 감시, 제어 화면을 그림 3 과 같이 설계, 구현하였다.



<그림 3> 복합제어용 제어 로직 및 화면구성

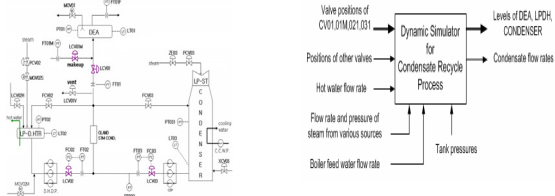
또한, 복합 전용을 위한 Function Block을 제어블록으로 설계, 구현함으로써 복잡한 제어 시스템의 제어요소로 사용되도록 하였다. Function Block은 수행시 필요한 초기값 혹은 지정값은 나타내는 입력메모리, 수행값을 다음 제어 주기때 사용하는 내부 메모리, 결과치를 출력하여 다음 Function Block의 입력값 및 모니터링 값으로 사용하는 출력 메모리부분으로 구성되도록

하였다. 복합전용 Function Block을 위해 복합 제어 추가모드를 추가하는 방식, 펌프관련 기능, 운영자편의를 위한 경보 및 통계관련 기능, 통합화를 위한 통신용 Function Block등으로 크게 나누어진다. 그림 4는 Function Block구조 및 구현을 위한 설계도, 이를 사용한 제어 로직 구성도 및 실제 시험결과 그래프를 나타내고 있다.



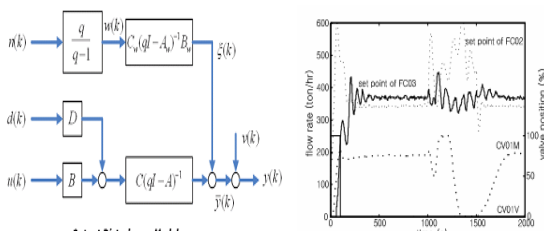
〈그림 4〉 Function Block 구성, Flow 및 구현표시

다음은 발전공정을 위한 고급제어방식을 개발, 적용하였다. 탈기 공정의 탈기, 복수기, 지역 난방용 드럼등의 저장탱크 용량 차이로 인해 상호간섭이 크게 발생되어 제어가 불안정한 현상을 나타내고 있다. 이를 위해 공정모사 과정을 통해 공정 상태를 모사하였고, 제어기는 모델 예측 제어를 적용하였다. 그림 5는 응축순환 공정의 흐름도 및 공정모사와 관련된 입, 출력 구성을 나타내고 있다.

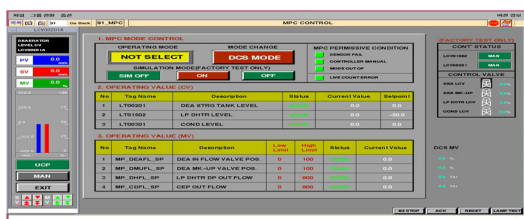


〈그림 5〉 탈기 응축순환공정 및 공정모사 구성

모델 예측제어기는 모델을 이용하여 미래의 공정 출력을 현재의 상태와 미래의 공정 입력의 함수로 예측하는 제어기로서, 입출력 변수의 제약조건, 경제적 최적조건을 동시에 수행하도록 하여 제어입력 값을 결정하는 다변수 제어 기법이다. 모델 구성 시 출력외란 모델을 도입하여 외란에 대하여 안정된 응답을 가질 수 있도록 하였다. 그림 6, 7은 출력외란 모델, 제어결과 및 운영화면일부를 나타내었다.



〈그림 6〉 출력외란 모델 및 제어 결과

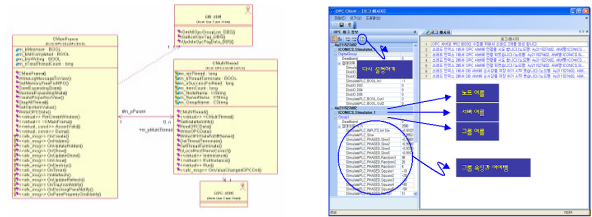


〈그림 7〉 고급제어를 위한 운영 화면

2.3 표준 인터페이스

복합화력발전 감시, 제어 시스템은 다양한 시스템이 연계되어 운영, 관리되어진다. 다양한 시스템과 연계를 위해서는 정보의 효과적인 인터페이스가 필요로 하게된다. 이를 위해 표준 인터페이스 방식과 전용 인터페이스 방식을 구현하였다. 표준 인터페이스 방식으로는 OPC(Ole for process control) Data access를 구현하였으며, 이는 가스터빈 주제어 시스템과 연계되어 시험, 검증하였다. 또한, 전용인터페이스 방식으로는 RPC(Remote

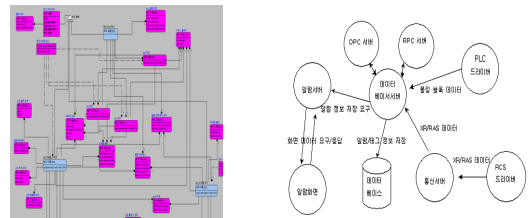
procedure call)에 의한 API(Application program interface)를 구현하였다. 이는 상위시스템을 위한 인터페이스로 고급제어 시스템이나 터빈 열역력 계산등의 상위 시스템과 연계되어 운영될 수 있도록 하였다. 표준형 인터페이스를 위해 객체 지향 방식을 도입하여 신뢰성있는 Software 구현이 이루어지도록 하였다. 그림 8은 OPC구현 설계 및 태그 표시 구현화면을 나타낸다.



〈그림 8〉 OPC 표준인터페이스 설계 및 표시구현

2.4 데이터 베이스 구현

각종 제어 시스템으로부터 수집되는 정보를 관리하기 위해 실시간 데이터베이스를 설계하여 구현하였으며 최대 100,000 태그처리가 가능하도록 하였다. 또한 데이터베이스 운영 처리시 발생하는 경보와 이력, 외부 인터페이스처리를 효과적으로 수행토록 하였다. 그림9는 실시간 DB의 ER Diagram과 정보 및 외부 인터페이스 데이터 서비스 Diagram 설계를 보여준다.



〈그림 9〉 실시간 DB ER Diagram 및 데이터서비스 설계

2.5 Human Interface

효과적인 운영자 인터페이스 시스템을 위해서 감시, 제어등의 운영관리를 수행하는 OIS(Operator Interface System), 각종 엔지니어링 기능을 수행하는 EWS(Engineering Workstation System), 중요 정보의 실시간 이력 관리를 수행하는 실시간 이력 관리 시스템 및 Intranet을 통한 Web 원격 감시, 제어 시스템등에 구성되도록 하였다. 효과적인 운영화면과 경보처리등을 통해 운영 편의를 도모하였다.

2.6 현장 검증

상기와 같이 설계, 개발 된 시스템은 일산복합화력 발전 공정에 적용하여 시험, 검증하였다. 그림 10은 기동, 정지 시의 시운전 검증 결과를 나타낸다.



〈그림 10〉 현장검증 시운전 결과표시

3. 결 론

본 논문에서는 복합화력 발전용 통합, 감시 제어 시스템을 개발하고 검증한 내용을 요약하였다. 본 시스템의 개발을 통해 발전 및 화학 등 여러 공정에 확장 적용할 수 있는 신뢰성 있는 시스템을 국내 최초로 구현할 수 있게 되었다.

[참고 문헌]

[1] 이봉국의, “복합화력발전용개방형표준화 통합 감시제어 개발”, 최종보고서, 2007
 [2] 이광순외, “열병합 발전소의 응축순환 공정에 대한 모델 예측 제어”, ICASE Journal, 제12권, 제12호, 2006. 12