

## 석탄화력발전소 마스터 제어기에 대한 모델링 기법 실증적응에 관한 연구

임건표\*, 정태현\*\*, 김윤석\*\*\*

한전전력연구원\*, 충남대학교\*\*, 한국중부발전(주)\*\*\*

### The Study for Actual Application of Modeling Method for Master Controller of Coal-Fired Power Plant

Geon-Pyo Lim\*, Tae-Won Jeong\*\*, Yun-Seok Kim\*\*\*  
KEPRI\*, CNU\*\*, KOMIPO\*\*\*

**Abstract** - 산업경제구조의 변화로 경험이 풍부한 전문가들이 은퇴하고 경험이 적은 직원들이 그들의 업무를 대신하는 구조로 조직이 변화하고 있다. 동시에 녹색성장시대의 도래로 화석연료를 사용하는 설비에 대한 투자가 줄면서 점차로 노후화되는 경향을 보이고 있어 불필요한 운전 과도현상에서 기인된 극단적인 손상은 설비자체 및 전력공급계통 전체에 치명적이라고 할 수 있다. 따라서 석탄화력발전소 제어 시스템은 이러한 사안들을 안정적으로 이끌어 나가기 위한 중요한 요소로 저비용 고효율 발전소 유지를 위해 중점적으로 발전시켜 나가야 할 부분이다.

본 논문은 석탄화력발전소의 주요성요소인 보일러와 터빈을 제어하는 마스터 제어기의 복잡한 로직을 모델 기반의 간단한 로직으로 개발하여 시뮬레이션 한 결과를 실제 발전소에 적용하기 위한 내용을 기술하였다. 실제 발전소는 많은 위험요소들을 안고 있기 때문에 시뮬레이션에서 나타나는 급격한 제어동작을 수용할 수 없을 경우도 있으며, 실제 다른 많은 변수들이 제어불안정 요소로 작용할 수 있다.

차후 실제 적용한 결과는 예측제어의 사용과 같은 제어시스템 향상을 위한 개발과 운영효율 향상에 사용될 것이다. 튜닝 과정에서의 연구결과는 시간절약과 제어부분 결함제거 등 직원들의 전문지식 향상 등에 도움을 주게 될 것이다.

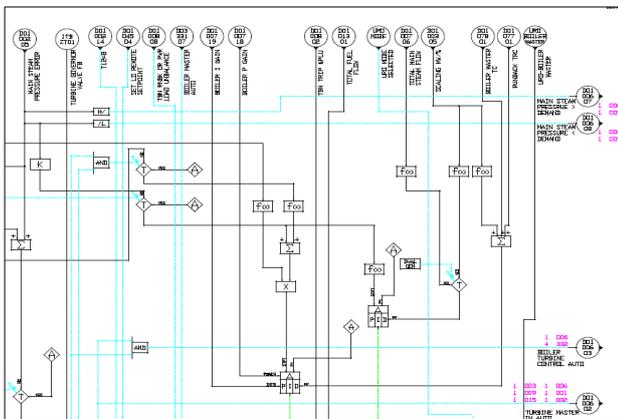
어 있다. 전체적인 신호흐름의 개요를 간단히 구성하면 그림2와 같다.

### 1. 서 론

기존의 보일러 및 터빈 마스터는 발전소의 최상위 제어기로 발전소 비용절감 및 효율향상 등에 있어 매우 중요한 역할을 하고 있으며 발전소 정비 및 노후화로 인해 적기 최적화를 시행해야 하나 제어로직이 매우 복잡하고 민감해 경험이 많은 전문가들에 의해서만 튜닝을 시행하고 또한 관행적으로 외국의 튜닝전문가들에 의한 최적조정을 시행함으로써 국내기술자들의 전문기술 향상 및 설비의 적기최적화가 어려운 현실이다. 이에 국내발전소 기술자들이 이해하기 쉽도록 모델 기반의 로직을 개발하여 시뮬레이션을 통해 현장 실제적용 가능성을 확인하였으며 그 결과를 실제 발전소에 안전하게 적용할 수 있는 방안에 대해 기술하고자 한다.

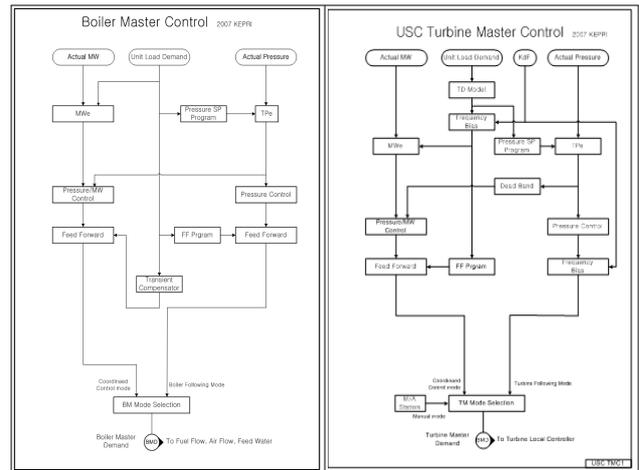
### 2. 본 론

#### 2.1 모델기반 제어기 적용전의 마스터 제어기



〈그림 1〉 마스터 제어로직도

그림 1은 기존의 보일러 및 터빈 마스터 제어기 로직의 일부본으로 수많은 입출력 포인트와 기능블록으로 전체로직이 여러 페이지로 구성되

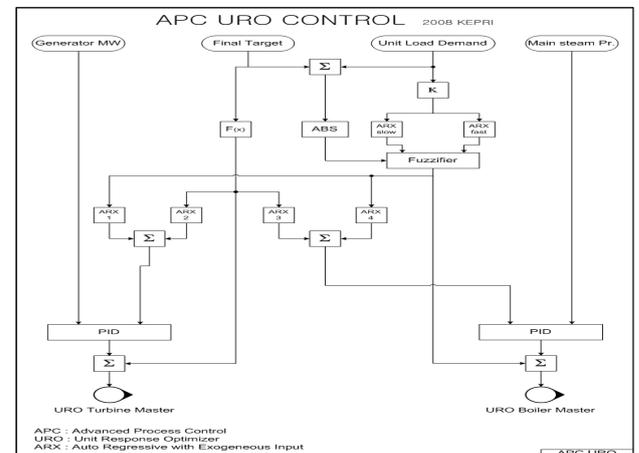


〈그림 2〉 보일러 마스터 제어로직도

보일러·터빈 협제어 모드일 경우 발전기 출력 요구신호와 실제 출력과의 편차 및 압력 설정치와 실제 압력과의 편차를 줄이는 방향으로 제어를 하며, 보일러 추종 모드에서는 터빈에 의한 발전기측 편차를 보일러가 보상하도록 제어한다. 터빈 추종 모드에서는 보일러에 의한 보일러 압력변화를 터빈이 보상하도록 제어한다. 이러한 제어를 하기 위해 그림 1과 같이 수많은 입출력 신호와 각 기능블록에 대한 튜닝이 필요하여 제어기를 최적화하기 어려운 문제점이 발생한다.

그림3과 같이 복잡한 기능을 모델기반 제어기로 구성했으며 그림 1과 달리 실제 제어로직이 신호흐름과 같이 간단하게 구성되어 제어환경의 변화에 따라 수시로 쉽게 최적화가 가능하게 되었다.

시뮬레이터를 실제 발전소 제어기, 현장 신호에 대한 모델을 구성해 실제 발전소와 같이 부하시험을 한 결과 응답 상태가 실제 발전소와 같으며 보다 더 좋은 시험결과를 얻을 수 있었다.



〈그림 3〉 모델 기반의 마스터 제어로직도

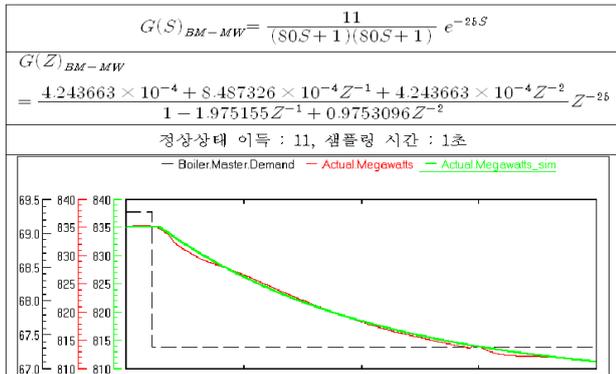
## 2.2 실증 적용 방안

이미 시뮬레이터로 개발한 제어기는 구성 기능블록이 각 제작사마다 틀린 문제점이 있어 제작사간 서로 기능호환이 가능한 기능블록을 이용해 제어로직을 동일하게 구성하거나 제어기를 별도의 패널로 구성해 입출력을 주도록 설치해 시험 적용할 수 있다. 그림 3의 피지파이어 상단의 고속 및 저속 키커 부분의 경우 실제 발전소에서 갑작스런 연료공급의 증가를 유발할 수 있는 위험요소를 내재하고 있기 때문에 실증 적용 시 사용 중인 제어기 동작과 모델 기반 제어기(고급공정제어기) 부분의 출력을 사전에 비교 검토해 모드 전환 가능여부를 시험해야 할 것으로 보인다.

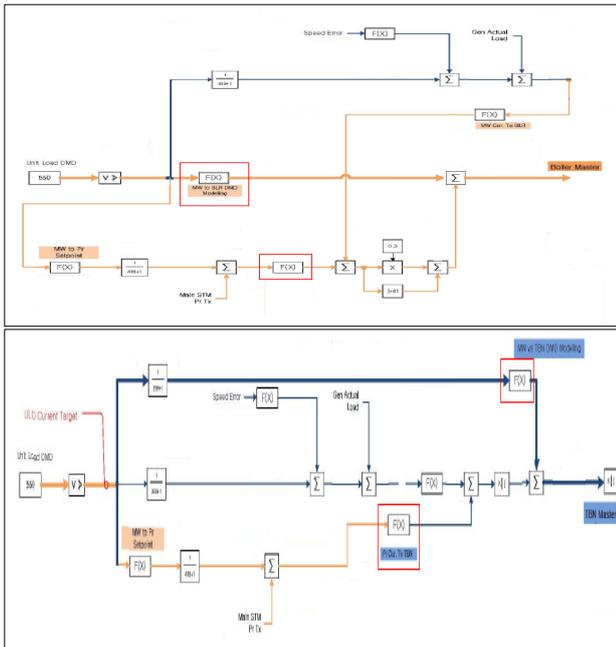
### 2.2.1 호환가능한 기능블록을 이용한 제어기 구성

2.1에서 설명한 데로 보일러와 터빈 마스터는 발전기 출력 및 보일러 압력과 직접적으로 관련이 되며 모델 기반의 마스터 제어로직 역시 발전기 출력과 보일러 압력에 대한 각 마스터의 응용특성을 모델링화한 것이다. 개발한 마스터 제어로직은 이러한 모델링과정에서 얻은 전달함수를 기능블록이 내장하고 있어 튜닝과정에서 부하시험 결과를 매트랩이나 전달함수 생성 툴로 읽어 들여 미리 조정 시험하고 여기서 얻은 최적 튜닝값과 전달함수를 제어기에 입력하는 과정을 거침으로써 사용자가 편리하게 이용할 수 있으며 쉽게 이해하고 조정할 수 있는 장점을 가지고 있다.

그림 4는 발전기 출력에 대한 보일러 마스터의 응답을 나타낸 그래프이다. 이 그래프를 조정해 원하는 방향으로 보일러 마스터의 응용상태를 조정하게 되는 데 그 결과와 보일러 압력과 보일러 마스터와의 전달함수 조정 부분을 계인을 주어 조정함으로써 보일러 마스터에 대한 튜닝을 하게 되며 마찬가지로 방법으로 터빈마스터에 대해서도 조정을 할 수 있다.



<그림 4> 모델기반 기능블록



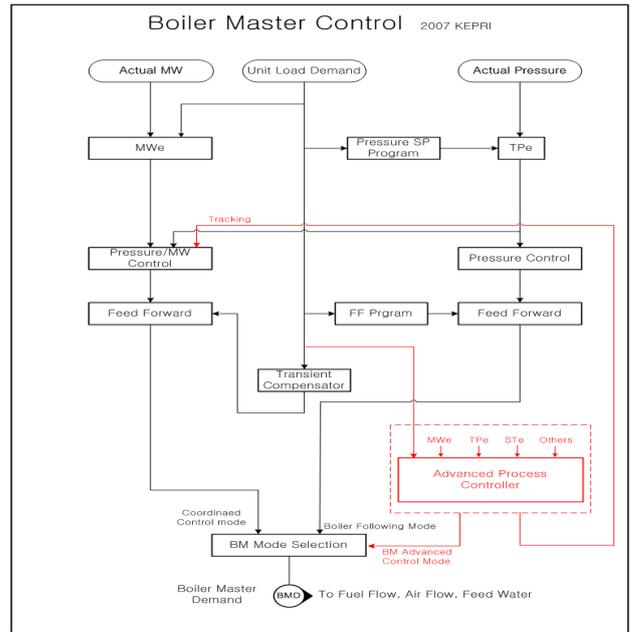
<그림 5> 실증적용 보일러 및 터빈 마스터 제어기

이러한 기능블록을 가지고 있지 않은 제어기에서는 이러한 전달함수와 호환이 가능한 기능블록을 사용해야 하는 데 실증 적용하고자 하는 발전소 제어기의 기능블록 중 Function Generator를 사용할 수 있다.

전달함수에 대한 입출력 범위를 Function Generator에 구성해 그림 5의 적색 사각형 부분과 같이 같은 기능을 하도록 구성한다. 여기에는 전달함수가 아니라 입출력 값을 설정해 모델기반 기능블록 전달함수와 같은 기능을 하도록 구성할 수 있다.

### 2.2.1 별도의 패널을 이용한 제어기 구성

그림 6 적색 사각형 부분을 별도의 패널로 구성해서 기존 제어기 부분에 통신 또는 신호선으로 연결할 수 있다. 연결부분은 기존제어모드와 고급공정제어기 모드로 운전원이 선택할 수 있도록 구성한다. 기존제어 모드 상태에서 고급공정제어기 모드의 변화를 비교·검토해 운전모드 전환시 불안정 요소를 점검 한다. 터빈 마스터의 경우도 똑같이 구성해 시험할 수 있다.



<그림 6> 고급공정제어기를 적용한 보일러마스터 제어로직도

## 3. 결 론

보일러 마스터는 급수마스터와 연료마스터, 공기마스터의 직상위 신호로 발전소 운전제어에 있어 상당히 중요한 역할을 하며 터빈 마스터와 함께 보일러 압력 제어를 제어하면서 그 출력이 서로 직접적인 영향을 미친다. 급수량과 연료량의 변동은 곧바로 증기압력과 온도의 변화로 연결되므로 튜닝과정의 신뢰성은 상당히 중요한 요소이다. 보일러 마스터의 제어상태는 연료과대 또는 과소에 의한 부하 추종성과 관련이 있으므로 부하증감발시 보일러 마스터의 제어초기 및 완료 시점의 속도조정도 중요한 튜닝 포인트이다.

이러한 방안과 튜닝 포인트 등을 고려한 모델기반의 고급공정제어기 실증적용 결과가 성공적으로 보급된다면 급변하는 산업구조로 인한 국내 발전산업의 기술력 저하 및 설비안전 저해요소들을 다른 관점으로 개선할 수 있는 좋은 기회가 될 것으로 보인다.

실제 적용한 결과는 제어시스템 자체 및 운영효율 향상에 사용될 것이며 튜닝 과정에서의 연구결과는 튜닝분야에서의 국내기술 자립 및 연료비 절감을 통한 효율 향상과 전문지식 향상 등에 도움을 줄 것으로 기대한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이주현, 이찬주, "화력발전소 보일러 제어루프의 시뮬레이션에 관한 연구", 대한전기학회, 868-870, 1999
- [2] Katsuhiko Ogata, "Discrete-Time Control Systems", Prentice Hall, 2/E, P75-173, 1994
- [3] 임건표, "고급공정제어를 이용한 화력발전소 보일러 마스터 제어루프의 개발과 최적제어구현에 관한 연구", 대한전기학회, 2008