

대용량 증기발생기 급수 주제어기 알고리즘의 생성

임건표*, 박두용*, 이흥호**
한전전력연구원*, 충남대학교**

The Formation of Algorithm for The Feedwater Master Controller in High Capacity of Steam Generator

Gun-Pyo Lim*, Doo-Yong Park*, Heung-Ho Lee**
KEPCO Research Institute*, CNU**

Abstract - 화력발전소의 증기발생기는 급수, 공기, 연료를 적절히 제어하여 터빈에서 필요로 하는 증기를 생성하고, 발전기 출력에 필요한 터빈속도는 증기발생기에서 발생한 증기유량을 제어하여 조절한다. 본 논문에서는 보일러 주제어기로부터 신호를 입력받아 급수 주제어기를 생성하는 알고리즘에 대하여 기술하였다. 이 알고리즘은 발전소의 다른 제어 알고리즘과 함께 기 운용중인 500MW급 석탄화력발전소 시뮬레이터에서 성능을 검증하고 기능을 보완하여 국내에서 개발 중인 분산제어 시스템에 설치하여 실제 발전소에 적용할 예정이다.

1. 서 론

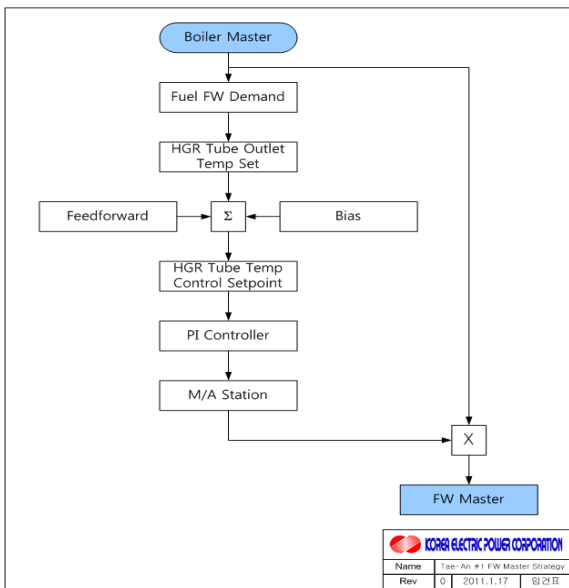
화력발전소에서 발전기 출력에 필요한 터빈속도는 증기발생기에서 발생한 증기유량을 제어하여 조절한다. 증기발생기를 최상위에서 제어하는 보일러 주제어기로부터 보일러 압력과 발전기 출력에 필요한 신호를 입력받아 증기발생기에 공급하는 급수를 제어하는 제어를 급수 주제어기라 한다.[1] 본 논문에서는 보일러 주제어기로부터 신호를 입력받아 급수 주제어기를 생성하는 과정에 대하여 기술하였다. 개발한 알고리즘은 모의시험을 통해 성능을 검증하여 실제 발전소에 설치, 운용할 예정이다.

2. 본 론

2.1 급수 주제어기 제어전략

그림 1은 보일러 주제어기로부터 급수주제어기를 생성하기까지의 간략한 제어전략을 나타내고 있다.[2]

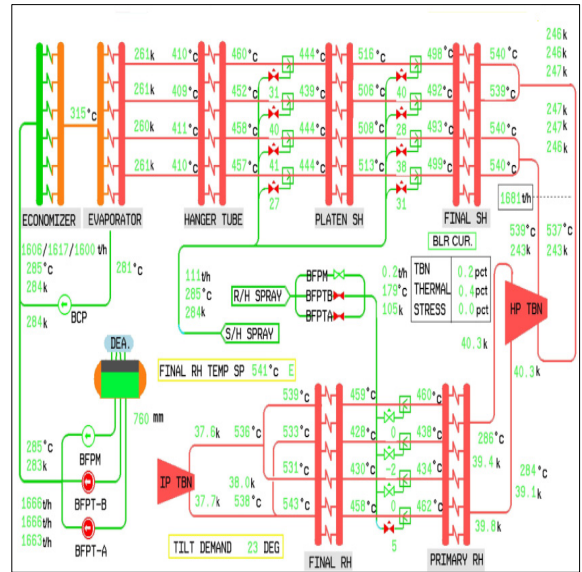
그림 2는 급수를 공급하는 급수펌프(BFPT/BFPM)부터 보일러를 지나 터빈까지 급수와 증기가 공급되는 구조를 나타내고 있다.



〈그림 1〉 급수 주제어기의 간략한 제어전략

2.1.1 피드포워드

피드포워드는 세 개의 입력을 받는다. 2차 Spray 전후의 온도차 입력, Secondary Spray 전후의 온도차, 운전원 Set Bias이다.



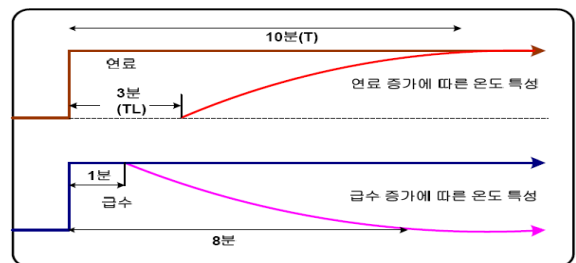
〈그림 2〉 급수와 증기 흐름도

Final Superheater Spray Control Valve 4대 중 3대 이상 자동모드가 아닌 경우 Final Superheater Temperature Set에 가장 값이 높은 Final Superheater Temperature를 뺀 Final Superheater Temperature Error를 PI 제어기의 Set로 입력한다. Hanger Tube Outlet Temperature Deviation이 -2% 이하, 2% 이상일 때 적분동작이 중지된다.

PI 제어기 후단에는 Feedwater Main Temperature Balance Control M/A Station이 있는데 Feedwater Temperature Control Setpoint를 생성한다.

관류 보일러는 특성상 빠른 증기온도 제어가 요구되는 바, 전체 Feedwater Flow 중 일정 비율을 Spray로 확보하여 상시 주입함으로써 제어의 속응성을 도모한다. Hanger Tube Out Temp Set를 높혀 Spray를 유도하는 형식이다.

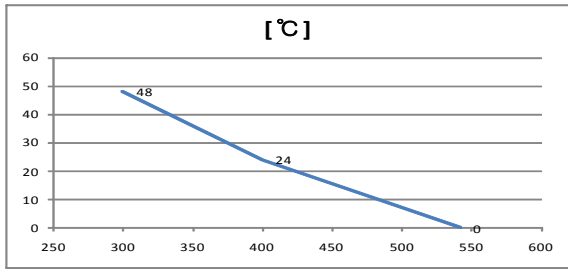
Hanger Tube Outlet Temp Control은 관류보일러의 특징인 수연비제어로 관류 보일러의 주증기 온도는 그림 3과 같이 급수와 연료의 온도 특성을 감안하여 급수유량과 연료유량의 비율에 따라 균형 포인트가 결정된다.



〈그림 3〉 연료와 급수의 온도특성

2.1.2 바이어스

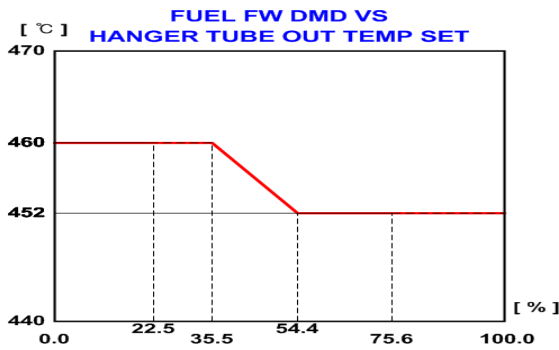
기동 및 저부하시 Hanger Tube Outlet Temperature Set는 보일러 특성에 의해 Final Superheater Temperature Set에 따라 그림 4와 같이 가감한다.



〈그림 4〉 바이어스

2.1.3 Hanger Tube Temp Control Setpoint의 생성

보일러 주제어기에 의한 Fuel FW Demand를 입력으로 하여 그림 5와 같이 변환한 Hanger Tube Outlet Temperature Set를 피드포워드와 바이어스를 합산하여 Hanger Tube Temp Control Setpoint를 생성한다.



〈그림 5〉 Hanger Tube Outlet Temp Set의 생성

2.1.4 PI 제어기

Hanger Tube Outlet Temperature Control이 수동모드로 절체될 경우 하단 M/A Station의 출력을 추종한다.

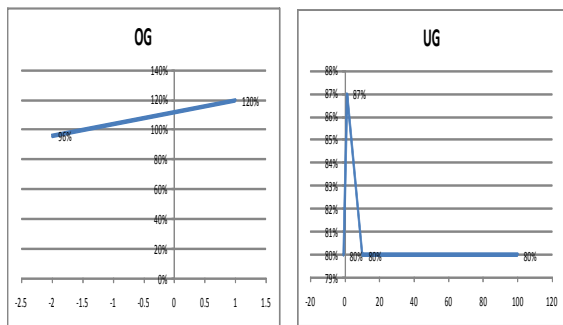
2.1.4 M/A Station

Feedwater Flow Control이 수동모드로 절체될 경우 식 (1)의 Hanger Tube Outlet Temperature Setpoint를 사용한다.

$$\frac{\text{Feedwater Flow Control Setpoint} + 12\%}{\text{Boiler Master Demand} + 10\%} \quad \text{식 (1)}$$

Hanger Tube Outlet Temperature Measurement Differential On 또는 TBN First Stage Pressure Deviation On이 들어올 경우 자동으로 수동 절체된다. Feedwater Flow Control이 자동모드로 절체될 경우 자동으로 자동 절체된다.

PI 제어기와 M/A Station의 상한값과 하한값은 보일러 주제어기 요구신호에 ECO Feedwater Setpoint를 감한 결과를 이용하여 가변적으로 그림 6과 같이 설정하여 운용한다.



〈그림 6〉 PI 제어기의 상한값과 하한값

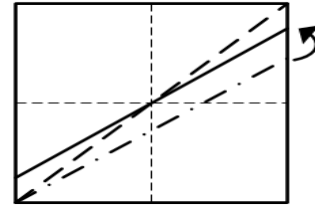
상한값과 하한값 내용을 정리한 결과는 다음과 같다.

■ Upper Limit

- Fw DMD > Eco FWF Set+1% 경우 120%
- Fw DMD = Eco FWF Set 경우 112%
- Fw DMD < Eco FWF Set-1% 경우 104%
- Fw DMD < Eco FWF Set-2% 경우 96%
- Lower Limit
- Fw DMD > Eco FWF Set+10% 경우 80%
- Fw DMD > Eco FWF Set+1% 경우 87%
- Fw DMD = Eco FWF Set 경우 86.36%
- Fw DMD < Eco FWF Set-1% 경우 85.72%
- Fw DMD < Eco FWF Set-10% 경우 80%

2.1.5 FW Master

Hanger Tube Outlet Temperature Setpoint는 80~120% 범위로 제한하여 보일러 주제어기와 총연료유량과의 편차에 곱한 후 그림 7과 같이 수연비 보정신호를 합산한다.

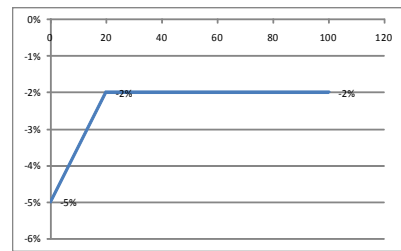


〈그림 7〉 Water/Fuel Ratio

수연비 보정신호가 80%일 때는 식 (2)와 같이, 수연비 보정신호가 120%일 때는 식 (3)과 같이 Null Point를 조정하여 합산하고 그림 8과 같이 보일러 주제어기 요구신호에 따라 합산하면 최종 급수 주제어기를 생성한다.

$(-100\% + 80\%) \times 10\% = -2\%$ 식(2)

$(-100\% + 120\%) \times 10\% = +2\%$ 식(3)



〈그림 8〉 보일러 주제어기에 따른 급수 주제어기 보정

3. 결 론

본 논문에서는 대용량 석탄화력발전소 증기발생기로 유입되는 급수를 제어하기 위한 급수 주제어기를 생성하는 알고리즘에 대해서 간략히 소개하였다. 이 알고리즘은 발전소의 다른 제어 알고리즘과 함께 국내에서 개발 중인 분산제어시스템에 설치하여 운영할 예정이다. 이에 앞서기 운용중인 500MW급 석탄화력발전소 시뮬레이터에서 성능을 검증하고 기능을 보완하여 신뢰성을 확인하는 절차를 거치게 될 것이다. 대용량 국내기술로 개발 중인 석탄화력발전소 알고리즘과 분산제어시스템을 성공적으로 운용하게 되면, 외국제품에 전적으로 의존하고 있는 국내 발전소 분산제어시스템 개조 및 운용에 있어 국내기술 자립 및 발전에 교두보 역할을 할 것으로 보이며, 자원이 부족한 우리나라의 여건을 감안할 때 충분한 부가가치를 확보하게 될 것으로 기대한다.

【참 고 문 헌】

[1] 임건표, “모델 기반의 화력발전소 발전기 출력제어 프로그램 개발”, 대한전기학회, 제59권 제3호, pp.614, 2010
 [2] 한국서부발전, “POS 해설집”, 태안발전본부, '05 태안(단)-002, pp.286-287, 2005