

## 500MW 화력발전소 관류보일러 재열기 온도제어에 관한 연구

**이주현**, 임익현, 박두용, 유광명, 변승현  
한국전력공사 전력연구원

### A Study of Reheater Temperature Control on an Once through boiler in 500MW Thermal Power Plant

Joo-Hyun Lee, Ick-Hun Lim, Doo Yong Park, Kwang-Myung Yu, Seung-Hyun Byun  
KEPCO Research Institute

**Abstract** - 최근 국내 표준 화력발전소는 대부분 초 임계압의 관류형 보일러가 설치되어 운전되고 있다. 보일러 출구 증기온도를 정격치 이내로 운전하는 것은 보일러 운전에 중요한 요소이다. 보일러 효율 상승 등을 고려하여 재열기 Tube 재질의 온도 허용 한계치 이내에서 운전이 되어야 한다. 본 논문은 화력발전소에서 부하변동 범위가 넓고, 고효율 운전이 가능한 초 임계압 관류보일러의 온도제어 계통 구성과 재열기 온도제어로직에 대하여 기술하고자 한다.

#### 1. 서 론

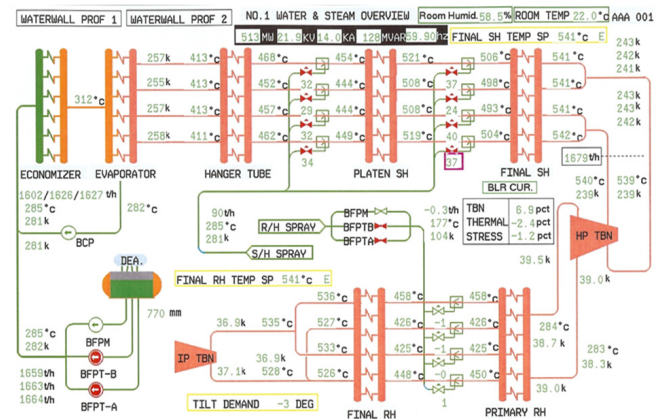
화력발전소에서 보일러는 연료의 연소열을 이용하여 터빈이 필요로 하는 증기를 발생시키는 장치이다. 이러한 증기 발생장치에는 과열기, 재열기 및 절탄기를 포함하는 보일러 본체와 연료를 저장 공급하고 연소 후 생성된 배기가스를 배출시키는 통풍설비, 보일러에 물을 공급하기 위한 급수설비, 보일러 부하 변동에 따른 연료공급 및 급수를 자동적으로 조정하는 자동제어장치와 부속설비로 구성된다. 보일러의 종류에는 자연 및 강제순환 보일러, 관류보일러로 나누어지는데, 표준석탄 화력발전소의 보일러는 일반적으로 초 임계압의 관류보일러가 적용되었다. 관류보일러는 드럼이 없고, 증발관의 구성은 많은 작은 관을 병렬로 배열되어 보일러의 보수수량이 적어 기동시간이 빠르고 부하중이 양호하여 효율을 높이고, 우수한 동특성 및 신속한 부하 추종성이 있는 장점이 있다. 급수는 보일러 튜브를 1회 통과하는 동안 가열, 증발, 과열되어 출구에서는 과열증기가 되어 배출된다. 발전소의 열효율은 증기압력과 온도를 높임으로써 향상시킬 수 있으나, 증기온도를 높일 경우 사용재료에 대한 온도제한으로 인해 현재 약 538℃~566℃가 일반적인 상한치로 되어 있어서 이에 따른 주증기의 온도제어가 꼭 필요한 실정이다. 본 논문에서는 먼저 관류보일러의 온도제어 계통에 대해 알아보고, 표준 화력발전소의 재열기 온도제어로직과 실제 운전 중인 발전소의 운전데이터를 분석한 내용에 대하여 기술하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 관류 보일러 온도제어 계통 구성

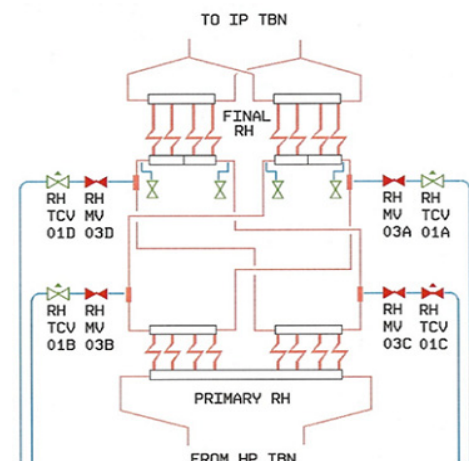
관류보일러의 증기온도는 급수유량과 연료의 비율에 따라 Balance Point가 결정된다. 증기온도 제어의 목적은 모든 보일러 부하에서 가능한 일정한 과열증기 온도를 얻기 위한 것이다. 일정한 증기온도는 열용량을 최소화하고, Clearance를 감소시키며 열효율을 향상시킨다. 관류보일러에서 과열증기 온도를 제어하는 방법으로는 크게 부하변화 시 연료량과 급수량의 비율을 조절하여 온도를 일정하게 유지하는 방법과 과열기의 온도저감기를 사용하여 주증기 온도를 일정하게 조절하는 방법이 있다. 연료량과 급수량을 조절하는 방법은 시정수가 길어 온도조절이 느리기는 하나 영구적이며, 과열기 전단의 온도 저감기에 의한 주증기 온도 제어는 일시적이긴 하지만 응답 특성이 우수하기 때문에 증기온도 외란이 과도 할 경우 제어에 효과적이다. 보일러의 안정적 운영을 위해서는 연소량과 급수량의 비율을 적절히 맞추는 동안 온도저감기 제어와 긴밀히 협조하여 주증기 온도의 편차가 최소가 되도록 하는 것이 필요하다. 또한 재열증기 온도를 제어하는 방법으로는 보일러 코너에 설치된 버너들의 Tilt를 조절하는 것과 과열증기에 온도저감기를 이용하여 물을 분사시켜 증기 온도를 제어하는 것인데, 이 방법이 가장 빠른 응답을 나타낸다. 화력발전소의 경우 주증기 온도 설정치는 541℃ 또는 569℃이며, 재열기는 온도저감기와 연료 노즐 제어를 통해 온도제어를 수행

하고 있다. 아래 <그림 1>은 관류보일러의 급수와 증기의 흐름이 포함된 온도제어계통의 구성화면을 나타낸다.



<그림 1> 온도제어계통 구성 화면

재열기 증기 온도제어는 4개의 재열기 온도저감기 제어밸브와 3개의 R/H Fuel Nozzle Tilt Drive(Bottom, Medium, Top Tilt)에 의해서 제어 된다. Tilt Drive Group은 T화력발전소의 경우 Wind Box가 Bottom(Mill A, B), Medium(Mill C, D), Top(Mill E, F)으로 나누어져 있어 각 Group별로 Tilt 제어가 가능하다. 재열기 온도저감기(Spray water Control) 계통은 4개의 동일한 제어 로직을 가지고 있다.

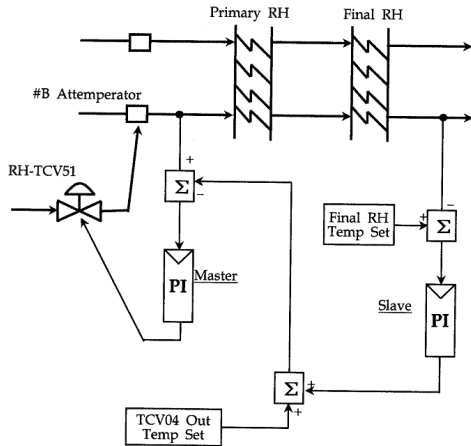


<그림 2> 재열기 온도저감기(Spray Valve) 구성도

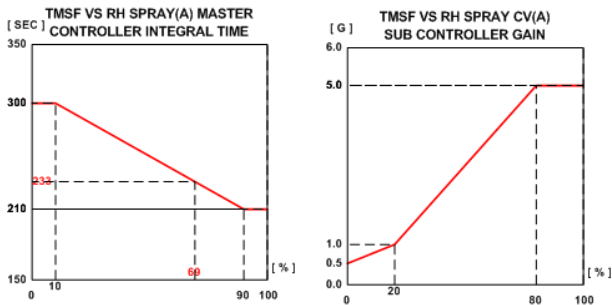
##### 2.2 재열기 온도저감기(Spray Water) 제어로직

보일러 정격 운전 중에 부하 변동에 따른 과열기 출구 온도의 목표 값이 기준 값으로 주어진다. 이 기준 값은 정상 운전 중에 외부로부터 수없이 많은 외란으로 인한 부하 증 감발 시 변화되는 실제온도와 비교하여, 목표 온도 값과 실제 온도 값이 비교되어 온도 제어기에 입력되면 이 제어기는 비교된 최종 온도 값이

목표치보다 높으면 온도제어 밸브를 열고 명령을 내리며 반대로 낮으면 닫으라는 명령을 내린다. 이와 같이 온도 설정값에 도달하도록 재열기 스프레이 온도제어 밸브의 개도를 조정하는 방법으로 재열기 출구 측 증기 온도를 제어한다. 아래 <그림 3>은 T 화력발전소의 재열기 온도저감기 제어구성도를 나타내며, <그림 4>는 주증기량에 따른 제어기의 비례, 적분시정수 설정 곡선의 한 예를 나타낸다.



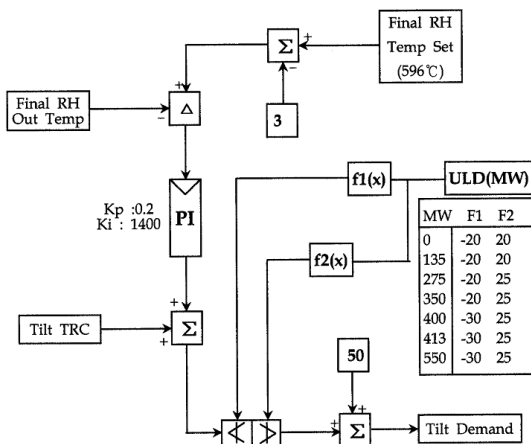
<그림 3> 재열기 온도저감기 제어 구성도(예)



<그림 4> 주증기량에 따른 제어기 설정 값 곡선(예)

### 2.3 재열기 BNR TILT 제어로직

재열기 온도제어는 정산 운전 중에는 가능한 Spray는 공급되지 않고, BNR Tilt Control을 수행하며 비정상적으로 온도가 상승할 경우 Spray Water를 공급하여 재열기 출구온도를 일정하게 조절하고 있다. R/H Tilt 제어의 온도 설정 값은 R/H Spray 온도 설정 값보다 2~3℃ 낮게 설정되어 있다. 아래 <그림 5>는 T 화력발전소의 재열기 버너 틸트 제어로직 구성도를 나타낸다.



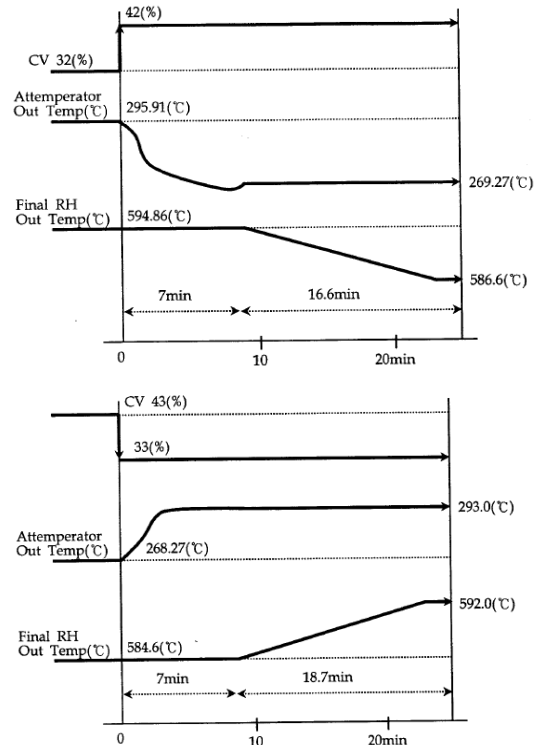
<그림 5> 재열기 BNR Tilt 제어 구성도(예)

연료노즐 틸트 제어의 온도 설정 값은 재열기 온도저감기 온도 설정 값보다 2~3℃ 낮게 설정 되는데, 이는 재열기 온도제어에 있어서 온도저감기에 의한 제어보다 연료노즐 틸트 제어가

우선된다. 재열기 연료노즐 틸트 제어기의 쉘 신호는 재열기 출구 증기온도 신호를 사용한다. 제어기에서 출력된 신호는 R/H Spray Control 설정 값 회로의 BNR Tilt Correction Signal와 또한 Bottom, Medium, Top Tilt Drive의 구동 회로로 출력된다.

### 2.4 발전소 데이터 분석 및 고찰

실제 운전 중인 발전소의 온도제어 계통의 시운전 데이터를 확보하고 이를 분석하였다. 아래의 <그림 6>은 T 화력발전소 재열기 온도제어밸브의 계단응답 시험 결과를 나타낸다. 발전소마다 약간의 차이가 있지만 아래의 시험결과를 분석해 보면, 제어밸브 제어 설정 값을 32→42%, 43→33%로 약 10% 증발 또는 감발 시에 최종 재열기 출구 온도변화는 594.86→586.6℃, 584.6→592.0℃로 7.4~8.3℃ 정도로 변화가 있었으며, 16~18분정도 경과 후 안정되었다. 또한 보일러의 동특성으로 인해 약 7분 정도의 지연되어 응답됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는 발전소마다 차이는 있을 수 있지만 제어기의 초기 튜닝 시 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.



<그림 6> 재열기 Spray CV Step Response 시험결과(예)

## 3. 결 론

보일러 출구 증기온도를 정격치 이내로 운전하는 것은 보일러 운전에서 중요한 요소이다. 보일러 효율 상승 등을 고려하여 재열기 Tube 재질의 온도 허용한계치 이내에서 운전이 되어야 한다. 본 논문은 화력발전소에서 부하변동 범위가 넓고, 고효율 운전이 가능한 초 임계압 관류보일러의 동특성과 재열기 온도제어의 구성 및 실제 운전 중인 발전소의 운전데이터를 분석한 내용에 대하여 기술하였다.

본 논문은 지식경제부 전력산업연구개발사업에 의해 개발 중인 화력발전용 통합감시제어시스템 성능검증 및 실증시험 기술개발 결과임

### [참 고 문 헌]

- [1] 이주현 외 “화력발전소 관류보일러의 과열기 온도제어에 관한 연구, 전기학회 논문지, pp.2022~2027, 2009
- [2] 임익현 외 “통합감시 제어시스템 성능검증 및 실증시험 개발 진도보고서”, 전력연구원, 2007
- [3] 황해석 외 “태안 IMCS 제어로직 해설집” 태안발전본부, 2008
- [4] 이광훈, 이주현 “500MW급 초임계압 관류형 보일러 온도제어에 관한 기술” 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, 1998