

## Unit master control(UMC) 제어로직 개선에 관한 연구

박두용\*, 임건표

### Study of improvement control logic about unit master control(UMC)

Dooyong Park, Gyunpyo Lim

KEPRI, KEPRI

**Abstract** - Unit master control(UMC)는 발전소의 요구 부하신호를 설정하는 최상위의 제어레벨이며 UMC의 설정값은 자동급전 지령신호(Automatic Dispatch System : ADS) 또는 운전원이 설정하는 값에 따라 보일러 및 터빈 Master에 Unit 요구 신호를 출력하여 하위 제어 레벨인 공기, 연료, 급수 등을 조절할 수 있는 기기에 Unit 부하 요구 신호(Unit Load Demand : ULD)에 따라 제어 되도록 하는 방법으로서, Unit 목표부하 설정, Unit 목표부하 상/하한 제한, 목표부하 변화율 제한, 주파수 보정, Runback/Rundown/ Runup, 보일러 및 터빈 Demand 신호 생성의 기능을 가지고 있다.

#### 1. 서 론

화력발전소는 보일러 제어, 터빈제어, 발전기 제어를 각각의 제어시스템으로 구성되어 있으며, 최근에는 3개 제어시스템을 1개의 제어시스템으로 구성하여 설치 운영하기 시작하였다. 일반적으로 프로세스 응답특성이 낮은 보일러 제어시스템은 수만개의 입·출력 태그를 가지고 있으며, 터빈 제어시스템은 200여개, 발전기 제어시스템은 100개 이하의 태그를 가지고 있으나 프로세스 응답특성이 매우 빨라 동일 제어시스템으로 구성하지 못하였고, 최근에는 하드웨어의 개발성능이 향상되어 이를 모두 수용할 수 있어 통합제어시스템인 ICMS(Integrated Control Management System)으로 가는 추세이다. ICMS 개발과 함께 제어시스템의 가장 핵심인 Unit master control (UMC)의 제어방법도 개선의 여지가 있어 이에 대한 연구 내용을 설명하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 목표부하 설정 기능

Operator Target Load M/A Station이 Auto(자동) 상태면 ADS 신호에 따라 Unit Master Load Demand 신호가 만들어지며, Man.(수동)이면 운전원이 Demand 값을 설정할 수 있다. 협조제어 Mode일 경우에도 Unit Master를 Auto로 둘 수 있다.

##### 2.2 목표부하 상·하한 제한기능

부하가 운전원이 설정한 상한치에 도달되었을 때 더 이상의 부하증가는 금지되며 마찬가지로 하한치에 도달시 그 이하의 부하감소는 일어나지 않는다. 리미트 로직은 Unit Master 제어Station의 자동 또는 수동 상태에 관계없이 영향을 미친다. 주중 Mode 또는 Runback/Rundown 동안에는 Unit 부하 (MW)가 운전원이 설정한 제한치를 초과하게 되면, 그 제한치는 자동으로 실제 Unit 부하로 절환 된다. 이는 추종 Mode에서 수동협조 제어 Mode로 충돌없이 절체되도록 하기 위한 기능이다.

##### 2.3 Unit 부하요구 변화율 및 변화율 제한기능

수동협조 Mode 또는 자동급전 Mode에서 Unit Master Station의 Unit 변화율 설정이 가능하며, 변화율 제한은 요구된 부하변화율이 설정한 값보다 크게 변하는 것을 방지하여 Unit을 보호하기 위함이다. 변화율은 운전원에 의해 수동으로 설정가능하며, ABS (Automatic Boiler Start-up / Shut-Down System)에 의한 운전시는 기동(Start-up) Mode를 따라 자동으로 설정된다. 이러한 변화율의 증감은 터빈 용력이 터빈 제어기에서 설정한 값에 도달했을 때 또는 보일러 열용력이 과도하게 작용될 때 더욱 제한을 받는다.

또한 변화율은 시간에 따른 발전량을 결정하는데 이용된다. 즉 운전원이 변화율을 선택하여 현재 부하에서 원하는 부하까지 도달하는 시간을 조절할 수 있다. 예를 들면, 50 MW에서 시작하여 20분내에 150 MW까지 올리려면 운전원은 Unit 부하요구 변화율을 5MW/min, 부하요구 값을 150MW로 설정하고 Pushbutton을 누르면 된다. 사실상 이것은

100MW 변화 요구신호이지만 변화율 제한기를 거쳐 Unit 부하요구 신호는 단지 분당 5MW 씩 증가하는 것이 된다.

##### 2.4 주파수 보정기능

주파수 보정로직은 주파수 오차 발생시 Unit 부하요구 신호와 터빈 제어기의 동작을 상호 협조시키기 위해 사용된다. 주파수가 안정되지 않을 때는 터빈 제어기가 터빈 속도를 제어하기 위하여 직접 터빈 제어 Valve를 동작시킨다. 이때 터빈 제어 Valve의 동작에 의한 Main Steam Press 변화를 방지하기 위해 주파수 보정로직이 사용된다. Main Steam Press의 감소를 방지하기 위해 부하변경을 제한을 거친 ULD에 보정신호를 더한 신호가 설정된다. 그러나 Unit Master가 추종 Mode에 있을 때 주파수 보정로직은 동작하지 않는다.

##### 2.5 Runback/Rundown 기능

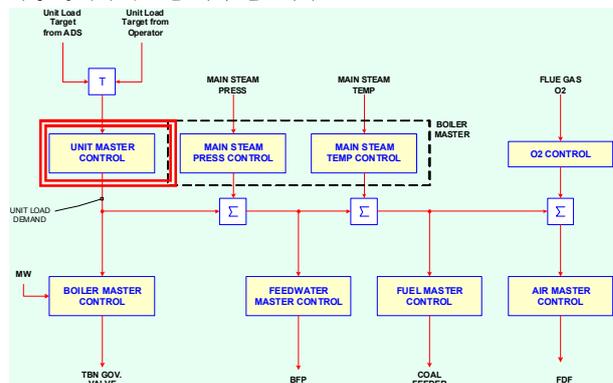
Runback은 발전소 보조기기 사고시 미리 설정한 값까지 정해놓은 비율로 부하를 감소시키는 것이다. 부하요구에 대해 남아있는 보조기기가 감당할 수 있는 부하 값보다 크다면 그 요구신호는 남아있는 보조기기가 감당할 수 있는 값까지 Runback한다. Runback 할 수 있는 비율은 각 보조기기들에 대해 미리 설정되어 지고, Runback 비율과 Rundown 비율은 전체 MW를 기준으로 정한다.

##### 2.4 주중기 압력보정(Main Steam Pressure Correction) 기능

부하에 따른 변압 운전을 위해 Main Steam Pressure 설정값은 ULD 신호(주파수 보정된 ULD 신호)를 받아 부하에 대응한 압력 함수 발생기를 거쳐 생성된다. 단, 협조제어 Mode (Coordination Control Mode)에서는 터빈 제어 Valve 편차신호가 이 신호에 보정치로 작용한다. 터빈 제어 Valve 편차신호는 터빈 제어 Valve의 Demand신호와 실제 제어 Valve의 개도를 비교하여 비례/적분(PI) 제어 연산된다. 협조제어 Mode(Coordination Control Mode)에서는 터빈 제어 Valve 편차 신호에 상/하한 제한을 두는데 이는 정상운전 중 주중기 압력의 최소 ~ 최대 운전영역에 대한 압력 설정값의 여유만큼만 작용하도록 하고 최대 5% 이내로 제한하기 위함이다.

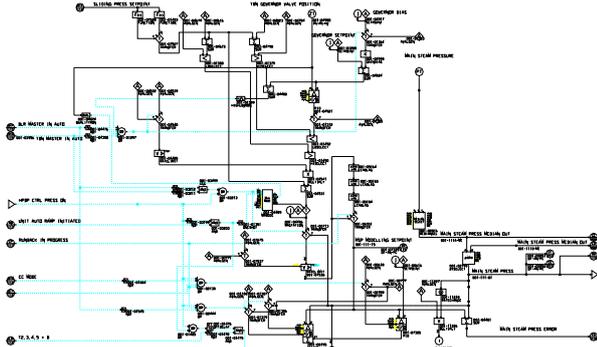
##### 2.5 BOILER CONTROL LOOP의 계층적 구조

BOILER CONTROL LOOP의 계층적 구조는 아래 그림과 같이 부하가 Unit Master Control에서 Boiler Master Control, Feed Master Control, Fuel Master Control, Air Master Control 등으로 제어신호가 전달되는 가장 상위의 중요한 제어 신호이다.



<그림1> BOILER CONTROL LOOP의 계층적 구조

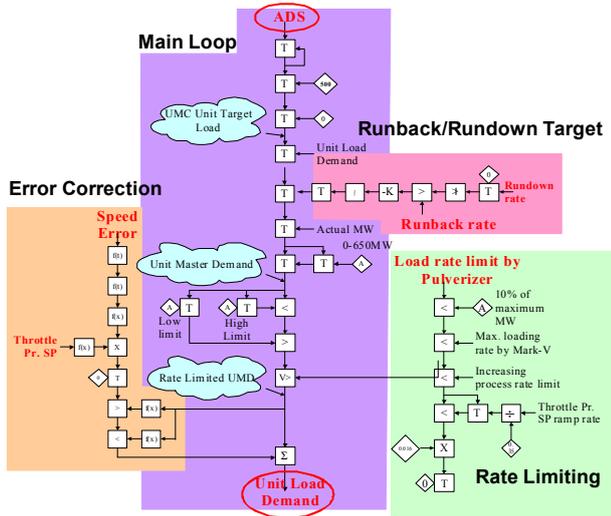
## 2.6 Unit master control(UMC)의 제어로직의 DCS 입력내용



<그림 2> Unit Load Demand 제어로직

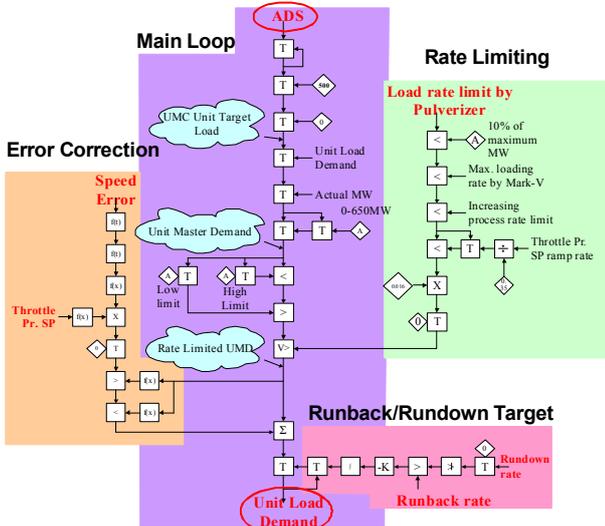
## 2.7 Unit master control(UMC)의 Function Block 도

발전소 운전중 런백/런다운 기능은 각종 중요한 기기의 고장시 발전소 전체를 정지하지 아니하고 출력을 감발하여 운전하게 하는 중요한 기능의 하나이다. 기기에 따라 75%, 50%, 25%의 출력을 신속히 감발하여 완전 정지보다 경제성 있는 운전을 할 수 있으며 운전원에게 심리적 안정을 줄 수 있다. 이러한 기능을 구현 하는 방법으로서 런백/런다운 기능을 UMC 상단에 넣는 방법이 운영되어 왔으나, 제어로직의 각 기능 블록의 파라미터 설정이 복잡하고 제어신호의 추중에 지연요소가 발생할 수 있어 다음 그림과 같이 개선을 할 수 있음을 시뮬레이터를 통하여 시험 하였다.



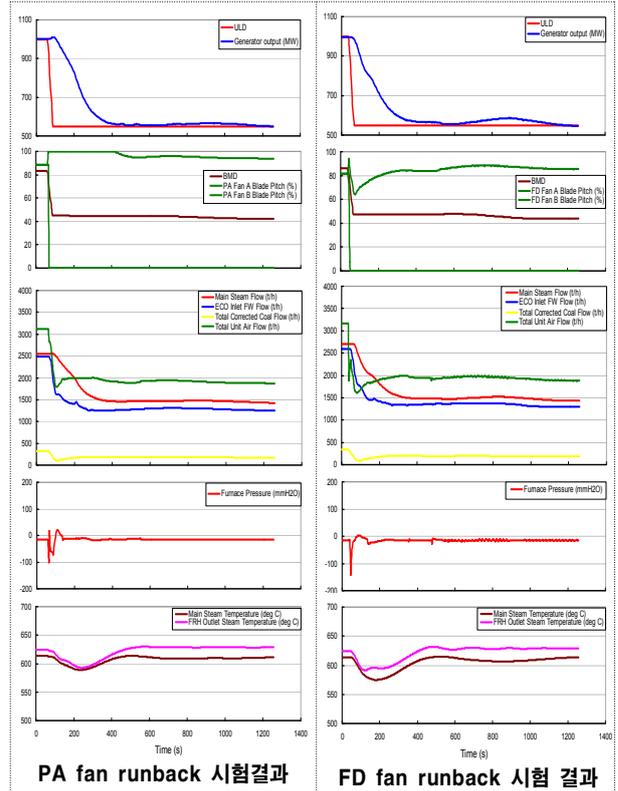
<그림 3> 기존방식의 Unit master control(UMC)

## 2.8 새로운 Unit master control(UMC)의 제어로직 설계



<그림 4> 새로운 방식의 Unit master control(UMC)

## 2.8 새로운 로직의 Runback 시험



PA fan runback 시험결과

FD fan runback 시험 결과

가. PA FAN Runback 시험

Runback 시험은 PA fan runback 시험을 아래와 같은 순서로 수행 하였다. PA Fan A in Service off(manual mode 절체) 후 0 으로 Low select 됨, Runback Progress Time (7분) => BMD / TMD p gain =0, 7분이후에 해제됨 => CC 모드로 변동 후 부하추종, Coal FDR Control의 경우, PA Fan A in Service off 와 동시에 Pulv. A Running off (FDR A manual 절체 후 서서히 0으로 감소함), 해당 PA 자동 감소 (Cold Air Damper min(5%), HAD=0), 5초 후 Pulv. F Running off (FDR F manual 절체 후 서서히 0으로 감소함), 해당 PA 자동 감소 (Cold Air Damper min(5%), HAD=0), 시험결과 약 5분만에 목표부하 부근까지 부하변동이 이루어졌으며 이후 CC mode로 변동되어 목표부하로 접근되었다.

나. FD FAN Runback 시험

또한 FD fan 런백을 아래와 같은 과정으로 수행하였다. FD Fan A in Service off(manual mode 절체) 후 0 으로 Low select 됨, Runback Progress Time (7분) => BMD / TMD p gain =0, 7분이후에 해제됨 => CC 모드로 변동 후 부하추종, Coal FDR Control의 경우, FD Fan A in Service off 와 동시에 Pulv. A Running off (FDR A manual 절체 후 서서히 0으로 감소함), 해당 PA 자동 감소 (Cold Air Damper min(5%), HAD=0), 5초 후 , Pulv. F Running off (FDR F manual 절체 후 서서히 0으로 감소함), 해당 PA 자동 감소 (Cold Air Damper min(5%), HAD=0), 시험결과 약 5분만에 목표부하 부근까지 부하변동이 이루어졌으며 이후 CC mode로 변동되어 목표부하로 접근되었다. Runback 중에 주증기 온도는 575 ~ 619도, 재열증기는 590 ~ 633도로 비교적 큰 변화폭을 보여 주었다.

## 3. 결 론

발전소 운전시 런백의 동작은 평상시 잘 일어나지 않으나 주요기기의 고장시 발전기를 정지하지 않고 운전할 수 있는 최상의 방법으로서, 항상 동작 가능하도록 제어로직이 구성되어 있다. 발전기 용량이 커짐에 따라 수동으로 런백을 잡기는 매우 어려워지고, 설치 년수가 오래될수록 고장의 가능성이 높아지므로, 보다 정확하고 빠른 동작과 제어로직 개선의 요구에 부응하여 여러 가지 방법 중에서 런백 신호가 동작하는 위치를 바꾸어 설계를 해 보았다. 제어시스템 마다 제어방법이 다르고 제어로직도 다르지만 기본적인 런백 개념은 비슷하므로 위의 설계방법을 적용하는데 큰 어려움은 없다고 생각한다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 김호열외의 5명, “차세대화력발전 설계기술개발”, 최종보고서2008년도
- [2] 박두용, “차세대화력발전 설계기술개발”, 발표자료, 2007년도