

ABB-P14 제어시스템의 Unit Master and Boiler Master 제어로직 분석

박두용*, 임익현**, 임건표***
 전력연구원*, 전력연구원**, 전력연구원***

Unit Master and Boiler Master control Logic Analysis of ABB-P14 Control System

Doo-Yong Park*, Ik-Hun Lim**, Geon-Pyo Lim***
 KEPRI*, KEPRI**, KEPRI***

Abstract - 발전소 제어시스템은 여러개의 제어루프가 있으면 이중 가장 중요한 것은 Unit master control(UMC)와 Boiler master control (BMC)이다. 전력거래소에서 발전기 출력 증발/감발 요구에 의해 가장먼저 BMC가 콘트롤 되어야 하고, 이어서 터빈 콘트롤이 추종하고 있기 때문이다. ABB P-14 제어시스템의 UMC의 각종기능과 구성에 대해 분석한 내용을 논하고자 한다.

1. 서 론

발전소에는 여러 종류의 현장 신호가 제어시스템에 연결되어 있고, 이 신호는 제어로직에 의해 컨트롤 된다. 운전원에 지령신호를 자동 또는 수동으로 HMI에서 조작하게 된다. Unit Master Control은 Unit 목표부하 설정, Unit 목표부하 상/하한 제한, 목표부하 변화율 제한, 주파수 보정, Runback/Run-down/ Runup, 보일러 및 터빈 Demand 신호생성의 기능을 가지고 있다. Boiler Master Control은 Unit Master Control의 최종단 UMC Demand Frequency Correction으로부터 입력을 받아 Boiler Feed Water Set Point, Boiler Fuel/Air Set Point를 생성한다.

2. 본 론

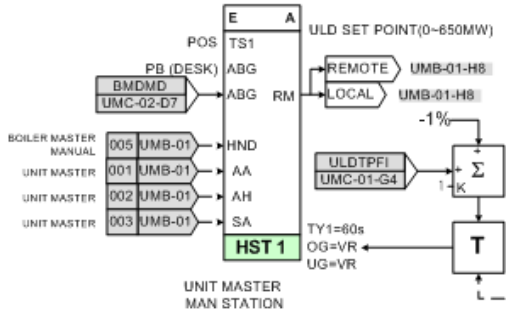
2.1 Unit Master Control Logic (UMC)

Unit Master Control Logic은 Unit Master Load Demand control Logic, 목표부하 상·하한 제한기능, Unit 부하요구 변화를 및 변화율 제한기능, 주파수 보정기능, Runback/Run-down 기능, 주증기 압력보정(Main Steam Pressure Correction) 기능으로 구성되어 있다.

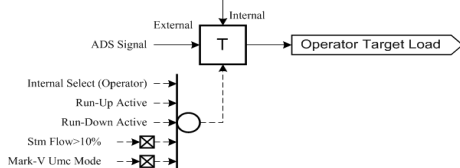
Unit Master Target Load는 Internal Select (Operator) 또는run-Up Active, Run-Down Active 또는 Stm Flow>10%가 아닐 때 또는 Mark-V Umc Mode가 아닐 때 Internal Mode로 절체된다.

2.1.1 Unit Master Load Demand Control Logic

Target Load의 Range는 0~650Mw(0~100%)로 0~100% 변화율은 60초로 설정되어 있다. Target Load의 Low/High Limit는 별도의 Function Block을 사용하지 않고 Unit Master Manual Station(Hst1-1) Function Block 자체의 Lower Limit(UG)와 Upper Limit(OG)기능을이용하고 있다.



Unit Master Load Demand control Logic(목표부하 설정 제어로직)은 중앙급전의 ADS 신호에 따라 Operator Target Load의 MA Station 이 자동일 때 생성되며, 운전원이 수동으로 Demand 값을 설정가능하다.

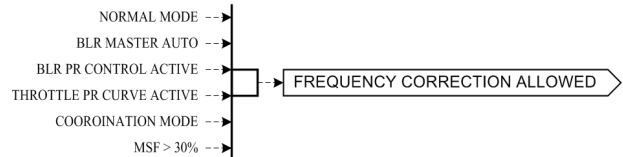


2.1.2 UNIT MASTER FREQUENCY CORRECTION SIGNAL

Unit Master Frequency Correction Signal은 운전원의 요구시 TBN Speed Error 신호를 Boiler Master에 보정치로 작용하게 하는 기능이다. 이것은 Governor Free 운전시 주파수 변화에 따른 터빈의 부하변화에 대응하여 Boiler를 빨리 추종시킨다.

2.1.2.1 FREQUENCY CORRECTION SIGNAL

Frequency Correction 신호는 아래의 조건이 성립시 운전원의 요구 조작에 의해 작동되며, TBN Speed Error Signal이 Unit Master Control Signal에 보정치로 작동하며, Frequency Correction 허용조건은 아래와 같다.



2.1.2.2 Frequency Correction Signal Bump Active

Frequency Correction 요구 조작 직후에는 실제 TBN Speed Error의 10% 만큼의 신호가 보정 신호로 작용하고,이 보정 Gain은 서서히 증가하여 약 30초후에 100%(Gain=1)의 보정신호가 작용하도록 되어 있어 Frequency Correction 신호 투입에 따른 급격한 변화를 방지하도록 되어 있다.

2.1.2.3. FREQUENCY CORRECTION SIGNAL 제한

Frequency Correction Signal의 상하한 제한은 아래와 같이 설정 된다. 이것은 현재부하에서 상/하한 설정부하까지의 여유분 만큼만 Correction 신호로 작용하며, 하한제한은 운전원에 의해 설정된 Low Load Limit-Unit Master Control Output Signal 상한제한은 운전원에 의해 설정된 High Load Limit-Unit Master Control Output Signal로 제한된다.

2.1.3 UNIT MASTER PRESSURE CORRECTION SIGNAL

Unit Master Control Signal은 아래의 조건시 자동적으로 Trottle Pressure 편차 제어 신호가 보정치로 작용한다.



2.1.4 Unit Load Demand Rate & Rate Limit Control Logic

Unit Load Demand Rate &Rate Limit Control Logic(Unit 부하요구 변화율 및 변화율 제한기능 제어로직)은 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 응력이 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, 50MW에서 시작하여 20분내에 150MW 까지 올리려면 운전원은 Unit 부하요구 변화율을 5MW/min, 부하요구 값을 150MW로 설정하고 Pushbutton을 누르면 된다. 사실상 이것은 100MW 변화 요구 신호이지만 변화율 제한기를 거쳐 Unit 부하요구 신호는 단지 분당 5MW 씩 증가하는 것이 된다.

2.1.5 Frequency Compensate Control Logic

Frequency Compensate Control Logic(주파수 보정기능 제어로직)은 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 제한할 거친 ULD에 보정신호를 더한 신호가 설정된다. 그러나 Unit Master가 주종 Mode에 있을 때 주파수 보정로직은 동작하지 않는다.

2.1.6 Runback Target Signal

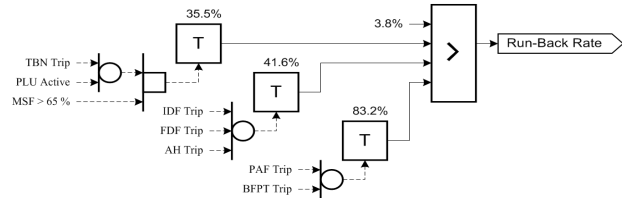
Runback 발생시 Target Signal은 IDF Trip 60%, FDF Trip 60%, PAF Trip 60%, A/H Trip 60%, BFPT A/B Trip 30%, BFPT A or B Trip 45%, BFPM 운전중 BFPT A or B Trip 60%, MSF>65%에서 TBN Trip or PLU 동작시 65%, MSF<65%에서 TBN Manual Trip or PLU 동작시 38% 중 가장 낮은 값으로 설정된다.

2.1.6.1 Runback Active

Runback Rate가 실제로 작동되는 것은 Boiler Master Output 신호가 Runback Rate Target 신호보다 높을 경우(+1% 이상)에만 작동 되도록 되어 있다.

2.1.6.2 Runback Rate

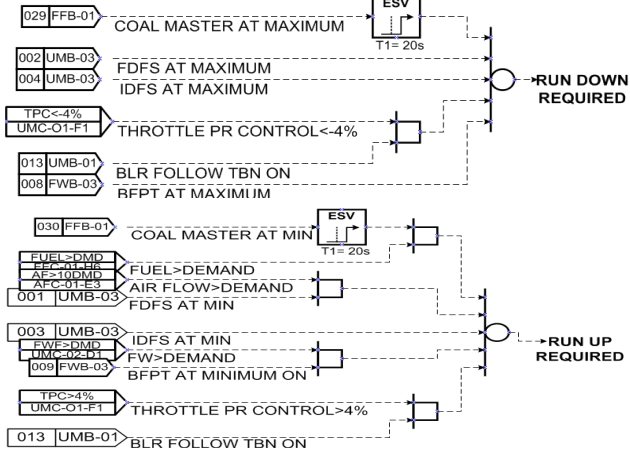
Runback Rate는 아래의 조건에 따라 최대치가 선택된다.



2.1.6.3 RUN UP ACTIVE 및 RUN DOWN ACTIVE 조건

Run Up Active 및 Run Down Active 조건은 아래와 같다.

RUN DOWN/UP 발생 조건



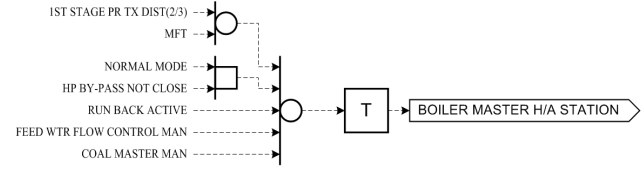
2.1.6.4 Main Steam Pressure Correction Logic

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 주증기 압력의 최소~최대 운전영역에 대한 압력 설정값의 여유만큼만 작용하도록 하고 최대 5%이내로 제한하기 위함이다.

2.2 Boiler Master Control (BMC)

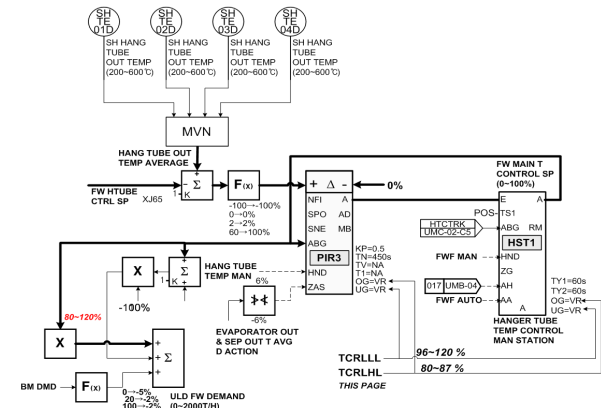
정상 운전상태에서 Boiler Master Signal은 UMC Pressure Correction 신호를 받게되나 아래 조건 발생시 수동 Mode로 절체되어 운전원의 수

동작에 의존한다. 아래 조건중에서 1'St Stage Pr Tx Disturbed나 MFT에 의해 수동 Mode로 절체 되었을 때 1 Pulse 신호만 주기 때문에 필요시 운전원이 Auto Mode로 절체 조작을 할 경우 조건이 해소되지 않아도 Auto Mode로 절환되나, 그 밖의 조건에 의해 수동 Mode로 절체되었을 때는 조건이 해소 되어야 Auto Mode 절환이 가능하며, Coal Master Man 시는 Total Coal Flow가 Tracking 신호로 작용한다.



2.2.1 Feed Water Main Temp Control

Hanger Tube Out Temp Set은 Feed WTR Main Temp Control 신호가 가감된다. Feed WTR Main Temp Control은 SH 2Ry Spray Attemperature 전후(Platen SH Out Temp/Final SH In Temp)의 온도 편차를 16~22℃로 유지하는 역할을 한다. 이는 Spray Flow를 상시 확보하는 의미가 된다. 관류 보일러는 특성상 빠른 증기온도 제어가 요구되는 바, 전체 FWF중 일정 비율을 Spray로 확보하여 상시 주입함으로써 제어의 속응성을 도모한다. Bailey(태안#5)의 경우 Furnace Nose Out Temp Set 를 Spray Flow/FWF 비율(7.5% 기준)에 따라 가감하고, 1Ry /2Ry SH Spray Control 의 선행제어 요소로 부하에 따른 Spray Flow 를 사용하여 일정량(FWF 대비 각 2%) 의 Spray를 확보하고 있다. 1호기는 2Ry Spray 전후의 온도차를 16~22℃로 유지하는 방식을 채택하고 있다. 이와 같은 Delta T Control은 일정량의 Spray를 확보 할 수가 있다. 또한 본 시스템에서 1Ry Spray와 2Ry Spray의 배분은 SH Spray Temp Control에서 보는 바와 같이, 1Ry Spray 전후의 온도차를 2Ry Spray 전후의 온도차를 Set로 하여 제어하는 것으로 구현 된다. 이는 1Ry Spray와 2Ry Spray에서의 온도 Drop을 같은 비율로 하고 있음을 의미한다.



3. 결 론

본 Plant에서 Run Up은 FDF, IDF, BFPT에 적용되어 있다. Unit Master Set Point Integrator는 Integral Blocking기능을 갖고 있다. Integral Blocking 기능은 과도한 적분동작(Reset Wind Up)을 방지위한 Anti-Reset Wind Up 회로로 불필요한 적분동작에 의한 제어계의 응답 특성이 지연되는 것을 방지하는 경우에 유용하게 사용된다. 실제로는 제어대상의 편차가 과다하거나(이는 Process Actuator등에 문제가 있음을 의미 한다), 어느 Process의 증감 Demand 신호가 상식이상으로 장시간 지속되는 경우, 제열 증기 온도 제어계에서와 같이 Boiler 특성에 의해 목표치(온도 설정치)에 도달하지 않는 Process 등에 사용되고 있다. 본 시스템에서는 Positive Integral Blocking(Spo)과 Negative Integral Blocking(Sne)을 구분하여 사용되도록 되어있으나, 타 시스템에서는 구분하지 않고 사용되는 시스템도 있다. Unit Master Set Point Integrator는 Boiler Master가 Manual Mode인 경우 Boiler Master Demand 신호가 Tracking 한다. Unit Master Set Point Integrator의 출력 신호는 Turbine 제어계와 Boiler제어계로 분기되어 Turbine MW Demand 및 Unit Master Control Demand(For Boiler Demand) 신호를 생성한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박두용 [Unit Master Control 제어로직 개선에 관한 연구],2009
- [2] 태안화력 [제어로직 해설집], 2002
- [3] 김창수 [제어로직 해설, 비교], 2009