

대용량 석탄화력발전소 터빈 주제어기 알고리즘의 생성

임건표*, 최인규*, 이흥호**
한전전력연구원*, 충남대학교**

The Formation of Master Controller Algorithm for The Turbine in High Capacity of Power Plant

Gun-Pyo Lim*, In-Kyu Choi*, Heung-Ho Lee**
KEPCO Research Institute*, CNU**

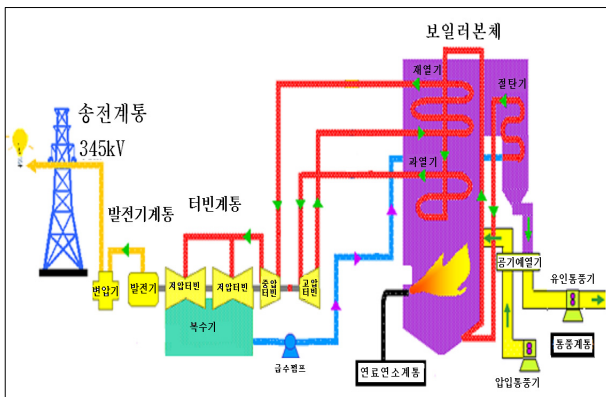
Abstract - 대용량 석탄화력발전소는 크게 보일러와 터빈으로 구성되며 이를 제어하기 위한 보일러 주제어기와 터빈 주제어기가 있다. 국내 대용량 석탄화력발전소에서는 외국 분산제어설비 제작사의 제어 알고리즘을 사용하고 있는데 본 논문에서는 국내 기술로 개발하고 있는 전체 알고리즘 중에서 터빈 주제어기 생성에 대해 간략히 기술하였다. 터빈 주제어기 알고리즘은 보일러 주제어기가 보일러 압력을 제어하는 동안 보일러 주제어기와 협조하여 발전기 출력을 제어한다. 이번에 개발하는 알고리즘은 국내 기술로 개발 중인 분산제어시스템에 장착하여 신뢰성을 검증한 후 실제로 운용 중인 발전소에 설치할 계획이다.

1. 서 론

화력발전소는 그림 1과 같이 보일러와 터빈으로 구성되어 있으며 이를 제어하기 위한 최상위 제어기로 보일러 주제어기와 터빈 주제어기를 가지고 있다. 보일러 주제어기와 터빈 주제어기를 총칭하여 유닛 주제어기라고 한다.

보일러 주제어기는 증기발생기에서 필요한 공기, 연료, 급수를 제어하는 주제어기에 상위제어 신호를 내보낸다.

본 논문에서는 보일러 주제어기에 의한 보일러 증기압력 제어와 상호협조하면서 발전기 출력에 필요한 터빈 출력을 제어하는 터빈 주제어기의 생성 알고리즘 개발에 대해 간략히 기술하고자 한다. 이 알고리즘은 모의시험을 통해 성능을 검증하고 실제 발전소에 적용할 예정이다.[1]



〈그림 1〉 발전소 계통도

2. 본 론

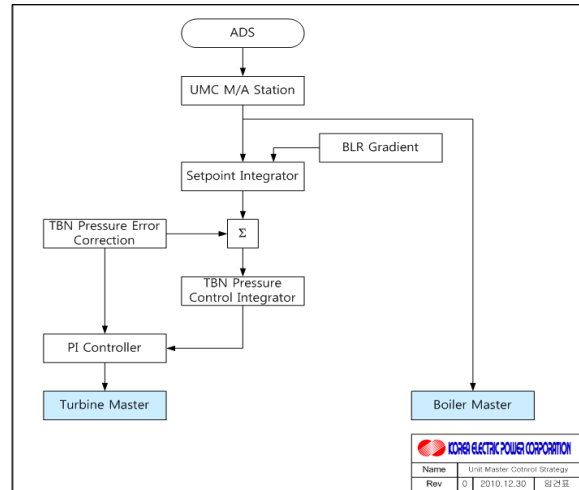
2.1 유닛 주제어기의 개요

그림 2는 개발한 터빈 주제어기 알고리즘의 개략적인 제어전략을 나타내고 있다.[2]

유닛 주제어기는 정상모드, 기동모드, 터빈 추종모드, 고압우회밸브 압력제어모드, 보일러 추종모드로 구분하여 운전한다.

2.1.1 전력요구신호(ADS)

ADS는 전력거래소에서 보내는 신호로 0~650MW를 0~100%로 입력받는다.



〈그림 2〉 터빈 주제어기 제어전략

2.1.2 유닛 주제어기 수동자동절환기(UMC M/A Station)

수동모드로 절체하여 운전원이 직접 부하요구신호를 입력할 수 있다. 보일러 주제어기가 수동모드로 절체될 경우 타이 백 트래킹을 하게 된다.

유닛 주제어기는 주증기 유량이 10% 이하이고, 자동으로 터빈 제어시스템이 유닛 주제어기 추종모드로 되는 경우 수동모드로 절환된다.

운전원이 전력요구신호 원격제어모드를 선택할 경우 자동으로 자동모드가 된다.

다음과 같은 경우에는 자동으로 수동모드로 절환된다. 유닛 부하요구신호 설정값 수동모드 경보가 없는 상태에서 전력요구신호 고장신호가 발생하는 경우, 운전원이 전력요구신호 현장운전모드를 선택하는 경우, 런다운 또는 런업 발생시, 유닛 부하요구신호 설정 고장 발생시, 유인통풍기, 압입통풍기, 1차공기통풍기 중에서 블레이드 위치귀환신호에 고장이 발생할 경우이다.

유닛 주제어기는 외부모드와 내부모드로 구분한다. 외부모드인 경우 부하요구신호 목표값은 전력요구신호로부터 설정되고, 내부 모드인 경우 운전원이 설정한다. 유닛 주제어기의 외부모드는 자동으로 수동모드가 되는 조건이 아닌 상태에서 주증기 유량이 10% 이상이고, 터빈 주제어 시스템이 유닛 마스터 추종 모드인 경우에 가능하다.

부하 목표값 설정의 제한은 유닛 마스터의 하한, 상한값을 이용한다. 하한값은 운전원이 설정한 값과 유닛 부하요구신호 설정값 중 낮은 값이 선택된다. 운전원이 설정하는 제한값은 정상시 하한, 상한값이 0%, 86.2%이나 보일러 주제어기 수동모드, 런백, 런다운 등이 발생하는 경우 상한값은 보일러 주제어기를 추종한다. 상한값은 운전원이 설정한 값과 유닛 부하요구신호 설정값 중 높은 값이 선택된다.

런다운은 연료 주제어기, 압입통풍기, 유인통풍기, 급수펌프가 최대값에 도달할 경우, 스톱을 압력제어기가 -4% 이하인 경우, 보일러 추종모드인 경우에 발생한다.

런업은 반대로 연료 주제어기, 압입통풍기, 유인통풍기, 급수펌프가 최소값에 도달한 경우 실제 연료량, 공기량, 급수량 등을 비교하여 발생한다.

2.1.3 설정값 적분기(Setpoint Integrator)

유니트 주제어기 설정값 적분기는 부하변화율을 설정한다. 내부적으로 입력과 출력을 비교하는 회로로 구성되어 편차에 따라 정해진 기울기로 출력을 생성하며 0~10% 범위로 제한된다.

보일러 추종모드, 런다운 및 런업 동작, 연료 주제어기의 최대값 동작, 급탄기 등의 자동운전 대수, 자동 기동 중 부하, 주증기 유량, 기동모드 등에 따라 구분하여 설정한다.

2.1.4 리셋 와인드업 방지(Anti Reset Wind Up) 기능

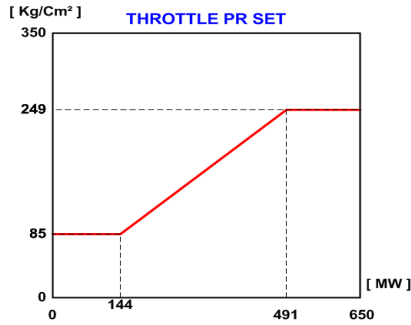
적분 차단 기능으로 급탄기 요구신호 84% 이상 또는 36% 이하에서 적분 동작은 중지된다. 위 조건이 아닌 정상운전 중 부하 변화율은 터빈 열응력에 의한 제한값, 운전원 설정값, 보일러 허용값을 기준으로 결정한다.

2.2 터빈 주제어기

터빈 주제어기는 전력요구신호에 따른 설정값을 받아 다음과 같이 생성된다.

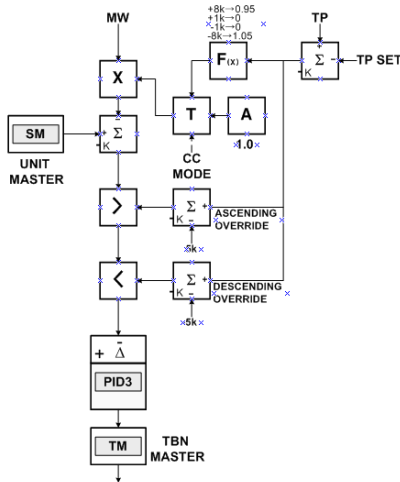
2.2.1 터빈 주제어기 압력오차 보정(TBN Pressure Error Correction)

설정값 적분기의 출력에 터빈 압력오차를 보정하여 합산한다. 압력오차는 발전기 출력요구신호에 대한 스톱압력 설정값과 스톱압력 귀환신호의 오차를 그림 3과 같이 설정하여 사용한다.



〈그림 3〉 스톱압력 설정

그림 4와 같이 터빈 주제어기 요구신호 압력오차 보정은 발전기 출력 귀환신호에 설치하고, 보정 범위는 ±5% 정도로 한다. 또한 압력오차 보정은 보일러와 터빈이 상호 협조하는 협조제어 모드에서만 하도록 한다. 보일러, 터빈 협조제어 모드가 아닌 경우 압력제어 난조로 인해 발전소 정지를 초래하기 때문이다. 이를 위해 주증기 압력 오차가 한계치를 벗어나는 경우 터빈 주제어기 요구신호는 발전기 출력제어에서 주증기 압력제어로 바뀌게 된다.



〈그림 3〉 터빈 주제어기 압력오차 보정

여기서는 터빈 스톱압력에 설정값을 뺀 터빈 압력오차 보정값에 이득을 곱하여 결정한다. 이득은 터빈 압력제어 신호가 들어올 경우와 그 밖의 경우를 구분하여 설정한다. 터빈 압력오차 보정은 보일러 주제어기의 보일러, 터빈 협조제어와 같은 기능이다. 즉 발전기 출력에 따른 주증기 압력을 안정하게 유지하여 오버슈트와 언더슈트를 방지하기 위한 것이다.

2.2.2 터빈 압력제어 적분기(TBN Pressure Control Integrator)

터빈 압력제어 적분기는 정상모드가 아닌 경우 타이백 트래킹 작용을 한다. 타이백은 PI 제어기 하단에서 터빈 주제어기 요구신호와 유니트 주제어기 요구신호의 차이분을 터빈 주제어기 요구신호에 가감함으로써 이루어진다. 주증기 오차가 ±1%를 초과할 경우 적분동작은 중지된다. 발전기 출력을 제어하는 정상모드시 적분기 출력은 0이 된다.

2.2.3 PI 제어기

터빈이 압력제어 모드가 아닐 경우 발전기 출력 제어모드로 제어한다. 터빈이 압력제어 모드인 경우 스톱압력 설정값과 스톱압력을 입력받아 제어한다.

PI 제어기 출력측에 기동모드시 터빈 우회밸브를 되도록 빨리 닫기 위하여 터빈 밸브를 개방하여 압력을 내려 우회밸브를 폐쇄하는 기능이 있다. 이를 램프 업 전송 기능이라 한다. 터빈제어 시스템이 유니트 주제어기를 추종하는 모드가 아닌 경우 실제 발전기 출력을 추종하여 램프 업 시작을 현재 부하로부터 시작한다.

2.2.4 터빈 주제어기

위의 제어 부분을 지난 값은 터빈속도 오차를 합산하고 실제 발전기 출력을 가감하여 최종적으로 터빈 주제어를 결정한다.

2.2.5 보일러 추종모드

터빈제어 시스템이 유니트 마스터의 제어를 받지 않는 경우 보일러는 터빈 주제어기를 추종하는 보일러 추종모드로 전환된다. 보일러 추종모드가 되면 스톱압력 설정 및 설정값 적분기가 수동모드가 된다. 이는 보일러 추종모드에서 스톱압력 설정값이 주증기 압력을 추종하는 것을 방지하여 발전제어를 방지하기 위한 목적이다. 부하 변화율은 분당 0.5%로 설정하여 압력을 안정하게 유지한다. 유니트 주제어기 요구신호의 미분동작을 제한하고 부하요구신호의 상한값을 보일러 주제어기 요구신호를 추종하도록 설정한다. 보일러 추종모드에서 스톱압력 오차가 -4% 이하가 되는 경우 런다운이 발생하며, 4% 이상인 경우 런업이 발생한다.

3. 결 론

본 논문에서는 개발 대상인 500MW급 대용량 석탄화력 발전소 제어 알고리즘 중 터빈 주제어기 분야를 다루었다. 보령 3~6호기를 1994년 준공한 이후 약 20개호기의 500MW급 한국형 표준석탄화력발전소가 건설되었으나 제어시스템은 전량 외국제품을 사용하고 있다. 높은 원자재 가격으로 인한 기계분야의 저부가가치에 비해 제어분야가 부가가치가 높음에도 불구하고 국내 발전소 제어제품 시장은 아직 초보 단계에 있다. 자원이 부족한 우리나라에서 원자재 대비 부가가치가 높은 산업의 육성이 더욱 중요한 시기에 개발 중인 대용량 석탄화력발전소 알고리즘의 성공적인 상용화는 중요한 의미를 가지고 있다. 개발 중인 알고리즘은 이미 운영 중인 500MW급 시뮬레이터에서 충분한 모의시험을 통해 성능을 검증한 후 현장에 적용할 예정이다.

[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.24-41, 2005