

석탄화력 발전소의 LOAD RUN BACK에 관한 연구

송 심 일* † 왕 제 호* † 박 형 구** † 김 흥 록** †

*한국전력공사 기술연구원, ** 보령화력 발전소

A Study on the Load Run Back Control of a Coal Fired Power Plant.

SEONG-IL SONG † JAE-HO HWANG †, HYUNG-GU PARK **, HUEUNG-ROK KIM**

† A & C Research Center KEPCO. ** Boryong T/P KEPCO.

ABSTRACT

This work describes the importance of the load run back control of a thermal power plant which has a serious effect on a power system, and shows the load run back tests results which was carried out at BORYONG Thermal Power Plant, finally suggests what control circuits should be modified in the plant control system in order to prevent plant trip in case of auxiliary machine failure.

1. 서 론

요즈음 전력 플랜트는 발전효율과 경제성을 고려하여 단위 용량이 큰 대용량 설비로 건설하고 있다. 병렬 운전중인 대용량 플랜트가 전력계통에서 탈락되면 계통에 커다란 외란으로 작용하여 계통 안정도에 영향을 미치게 된다.

이러한 영향을 고려하여 대용량 플랜트 제어설비에는 플랜트 Load Run Back 제어기능을 부가하여, 플랜트내에서 발생하는 각종 문제중에서 부하를 낮추므로써 주기기 또는 보조기기를 보호가능한 사고에 대하여, 우선적으로 발전기 출력을 신속히 감발하여 플랜트의 정지를 방지하고, 계통의 외란의 영향을 줄이고 있다.

전력 플랜트에서 Load Run Back 이 발생하면 계통 안정도 향상에는 크게 기여하지만, 플랜트 제어계내에서는 드림수위 급감, 노내압변화, 화염 불안정

증기온도 및 입력의 변화등, 모든 보일러 운전변수들의 큰 변화가 수반되어 플랜트 안정 유지에 큰 문제가 되버린다. 이 문제는 연소 상태가 좋은 유전소 발전소보다는 석탄 화력 발전소가, 예측제어가 가능한 디지털 제어 설비보다는 아날로그식 제어설비에 더욱 심기하다.

이 연구에서는 석탄화력 발전소의 Load Run Back 제어에 대하여 그 기능과 원리를 설명하고, 그 문제점과 효과적인 제어를 위한 제어 알고리즘의 개선 사항을 제시하고, 실제로 석탄화력 발전소-한국전력공사 보령화력 발전소(500 MW 급) - 에서 적용 시험한 Load Run Back 걸과를 소개하고자 한다.

2. 석탄화력 발전소의 Load Run Back 구성과 종류

2.1 Load Run Back 구성

Load Run Back 을 어느 제어계 (보일러 또는 터빈) 에서 주관하느냐 하는 것은 분류가 어렵지만 일반적으로 플랜트 방식에 따라 결정된다. 즉, 보일러 추종 제어방식에서는 터빈 제어계, 터빈 추종 제어 방식에서는 보일러기, 보일러-터빈 협조 제어 방식에서는 보일러가 주관하게 된다.

그림 1은 보령화력 발전소의 Run Back 구성도이다.

2.2 Load Run Back 의 종류

Load Run Back 의 종류는 각 전력 플랜트의 구성과 특성에 따라 다양하게 구비되어 있다.

표 1에서 일반적인 화력발전소의 Load Run Back 종류를 보여주고 있다.

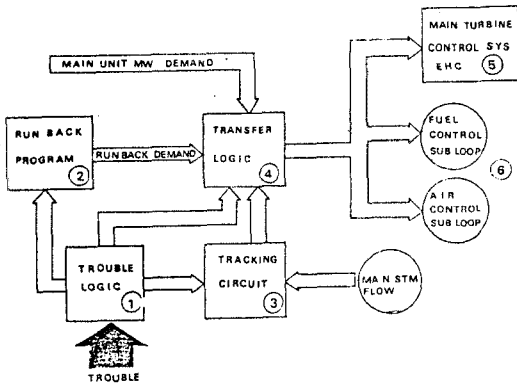


그림 1. 보령화력 발전소의 RUN BACK 구성도

| No. | 종 류 | 진류부하 (MW) | RUN BACK속도 (MW/Min) | 비 고 |
|-----|-------------------------|-----------|------------------------|-------|
| 1 | 승전선 1 회선 사고 | 375 | 100 | 보령직용 |
| 2 | BFPT 2 대중 1 대 정지 | 250 | 120 | " |
| 3 | BFPT 3 대중 1 대 정지 | 390 | 500 | " |
| 4 | BFPT, BFP 각 1 대중 BFPT정지 | 130 | 500 | " |
| 5 | BFPT, BFP 각 1 대중 BFP 정지 | 250 | 500 | " |
| 6 | POF 1 대 정지 | 275 | 150 | 보령직용 |
| 7 | IDF 1 대 정지 | 275 | 150 | " |
| 8 | 발전기 고정자냉각 장치교정 | 150 | 100 | " |
| 9 | 교압 급수기압기수위 111-111 | 375 | 100 | " |
| 10 | 배전 탈황 장치 제거 | 200 | 100 | 사용 없음 |
| 11 | 주파수 60.5 Hz 이상 | 60.1 Hz까지 | RUN BACK(약 200 MW/Min) | " |
| 12 | 순환수 펌프(CWP) 4 대중 1 대 정지 | 300 | 30 | 보령직용 |
| 13 | 역수펌프(CUP) 3 대중 1 대 정지 | 500 | 90 | " |
| 14 | 주중온도 26 °C/Min 상승 | 300 | 30 | " |

표 1. 화력발전소의 LOAD RUN BACK 종류

3. 석탄화력 발전소의 문제점

o 플랜트 제어방식이 보일러-터빈 협조 제어 방식으로 된 석탄발전소는 보일러-터빈 협조 제어 방식으로 운전할 때만 Load Run Back 기능이 작용하도록 설계 되어지며, 석탄화력 발전소를 협조 제어 방식으로 운전할 경우 부하 추종성이 불량하여, 정상 운전시는 전력계통 주파수 유지를 위해서 보일러 추종 운전을 하고 있다.

o 정격 출력(500 MW)에서 Load Run Back 이 발생 되었을 경우, 운전중인 5 대의 미분기 석탄공급량이 일정한 비율로 감소되지만, 곧 급탄기의 최저 속도 (정격의 40%), 즉 미분기 5 대 운전시의 최저

운전 가능부하, 350 MW에 이르러 효과적인 Load Run Back 을 수행할 수 없다.

o Load Run Back 발생시 출력 급감으로 인하여 연료량이 줄더라도 보일러 보유연료로 드럼 입력이 증가하여 수위의 저하를 가져오게 되고, 과압에 의한 진기 인진변의 Popping 으로 증기압력 유지가 곤란하며, 보일러 제어변수 진체가 불안해진다.

4. Load Run Back 제어와 급수제어계 개선

4.1 미분기 제어 : 발전기 부하 400 MW~500 MW로 운전시 Load Run Back 이 발생되었을 경우, 종래는 5 대의 미분기가 같은 비율로 감소하여 급탄량을 줄이던 것을, 그림 2처럼 구성된 미분기중, 그림 3과 같이 제작한 회로에 의해 상부 미분기 2 대를 정지 시키므로써 급탄기를 최저속도 이상에서 운전하고 노내 화염도 안정화 시켰다.

4.2 급수 제어 : BFPT (Boiler Feed Pump Turbine)

2 대중 1 대 Trip으로 Load Run Back 이 일어났을때 BFPM(Boiler Feed Pump Motor)가 자동 기동되고 BFPM 출구측 유량 제어빈이 25% 열리도록 하여 드럼수위 저하로 Trip되는 것을 방지하였다. 즉,

- o 정상운전시 드럼수위 : Centerline-25.4 mm = 21.8777ton
- o 500MW 시 주증기량 : 1,570 Ton/hr
- o BFPT 1 대 용량 : 1,145 Ton/hr (Speed 5500 rpm)
- o 주증기량 - BFPT 1 대 급수량 = 1,570 - 1,145 (Ton/hr) = 425 Ton/hr = 3.54 Ton/30 sec.
- o 드럼수위 저하량 = 21.8 - 3.54 = 18.26 Ton = - 162mm

따라서 30초후에 드럼수위는 162 mm 떨어져서 발전소는 Trip 되지 않는다. (Drum Level Low Low Trip : -330 mm, 13 sec)

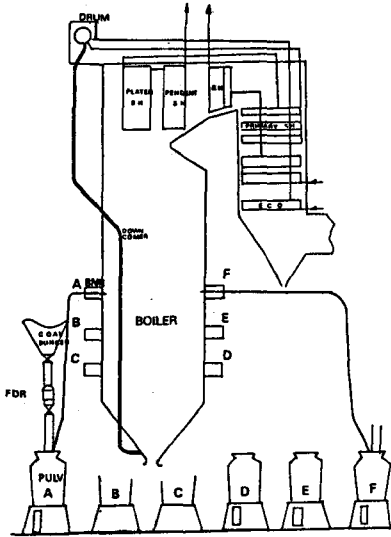


그림 2. 보일러 비분기의 구성도

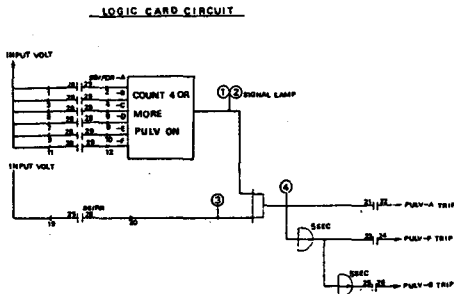
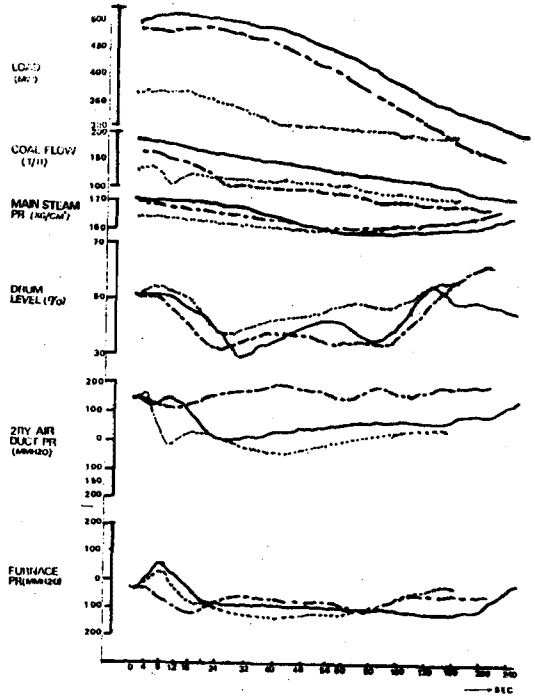


그림 3. 비분기 선택 정지 회로

5.2 시험 결과 보일러 변수 응답특성 곡선

..... 1차 시험
 - - - - - 2차 시험
 _____ 3차 시험



5.3 시험 결과 분석표

| TEST NO | RUN BACK ITEM | 출력 변화 (MW) | 시한 변화 (TON) | 드럼 수위 변화 (%) | 주송기 입력 변화 (kg/cm²) | 2차송기 입력 변화 (mmH ₂ O) | 노내 온도 변화 (°C) | 주송기 진동시간 (sec) | RUN BACK 진행시간 (sec) |
|---------|---------------|------------|-------------|--------------|--------------------|---------------------------------|---------------|----------------|---------------------|
| 1차 | IDF 정지 | 75 | 34.5 | 110 | 1.9 | 180.0 | 115.0 | 6.0 | 95 |
| 2차 | PDF 정지 | 200 | 85.5 | 360 | 6.3 | 182.5 | 170.5 | 20.0 | 224 |
| 3차 | BFPT 정지 | 180 | 71.0 | 203 | 8.0 | 68.0 | 90.5 | 22.0 | 124 |

5. Load Run Back 시험

5.1 시험 내용

- 유인 송풍기(IDF) 1 대 Trip
- BFPT 2 대중 1 대 Trip
- 강제 송풍기 1 대 Trip

| TEST No. | RUN BACK ITEM | 운전 조건 | | 시험, 진행 과정 | | 결과 |
|----------|---------------|---------|---------------------------|-----------|------------------------|----|
| | | 출력 (MW) | MASTER 운전 | 출력 (MW) | MASTER 운전 | |
| 1차 | #2A IDF TRIP | 375 | BOILER FULLOW & GUV. FREE | 300 | TBN FULLOW & GUV. FREE | 양호 |
| 2차 | #2B IDF TRIP | 500 | BOILER FULLOW & GUV. FREE | 300 | TBN FULLOW & GUV. FREE | 양호 |
| 3차 | #2B IDF TRIP | 480 | BOILER FULLOW & GUV. FREE | 300 | TBN FULLOW & GUV. FREE | 양호 |

6. 결론

이제까지의 석탄화력 발전소에 대한 LOAD RUN BACK 제어는 비분기의 급탄량 제한, 보일러 응답성 지연으로 인한 주송기 압력변화 및 드럼 수위의 심한 변동으로 만족할 만한 결과를 얻지 못하였다. 이번에 실시한 시험을 통하여 석탄화력 발전소의 보조기기 상시로 발생할 수 있는 PLANT TRIP 을 사전에 방지할 수 있다는 확증을 보여주었다.

또한 발전제어 설비의 실질적인 자동화율을 높임으로써 PLANT 운전원들의 고정정지에 대한 불안감을 해소하고 HUMAN ERROR 를 줄일 수 있게 되었으며, 그리고 많은 RUN BACK 항목중 불필요한 RUN BACK 항목을 줄이고, 석탄화력 발전소도 제어설비를 개선하여 적절히 TUNING하면 RUN BACK 제어가 가능함을 보여 주었다.

REFERANCE

- 1)보령화력 발전소 LOAD RUN BACK 결과 보고서
- 2)일본 MATSUSHIMA 발전소 LOAD RUN BACK 시험보고서
- 3)일본 AIOURA 발전소 LOAD RUN BACK 시험 보고서
- 4)평택화력 발전소 LOAD RUN BACK 결과 보고서
- 5)HITACHI TURBINE GOVERNOR INSTRUCTION MANUAL
- 6)DIGITAL BOILER 자동조정장치 (HIACS-2000) MANUAL.