

보일러 기동 실패 원인 분석 및 제어로직 개선

박두용*, 임건표, 김호열
전력연구원, 전력연구원, 전력연구원

The analysis of cause for the failure of boiler start-up and the improvement of the control logic.

Dooyong, Park*, Geunpyo, Lim, Hoyol, Kim
KEPRI, KEPRI, KEPRI

Abstract - 발전소는 부하의 증·감발에 출력조정을 하며 운전하지만 부하가 많이 감소할 때는 발전정지를 하여 부하수요를 맞춘다. 그러나 부하의 증가에 따라 보일러를 다시 기동하는데 때에 따라 보일러의 기동이 실패하거나 지연기동이 발생하여 부하에 신속히 대응하지 못하는 경우가 있다. 보일러 제어를 위해서는 컨트롤하는 종류가 많고, 이들은 상호 연계되어 있어 어느 한 곳의 이상원인 발생이 다른 제어 루프에 영향을 미쳐 점점 더 어렵게 제어되므로 운전원은 신속히 원인 파악과 상태점검 및 분석을 통한 대응으로 안정적인 운전에 최선을 다하여야 한다. 본 논문에서는 발전소 보일러 기동실패로 인한 발전정지 사례에 대하여 원인 분석을 수행하고 동일한 상황이 재현되지 않도록 제어로직을 개선한 내용을 논하고자 한다.

1. 서 론

00화력발전소 00호기의 의 보일러 기동실패로 인한 발전정지로 원인을 점검하고 데이터를 분석한 결과 Feed Water Control, Super Heater 및 Reheater Steam Temperature Control, High pressure By-Pass Valve Control, Feed Water Pump Runback System 등에 문제점이 제기되었다. 이에 각종기기의 상태점검 및 제어로직 개선을 통해 고장을 예방하고 제어설비의 신뢰성을 확보하여 안정적인 운전을 수행한 결과를 설명하고자 한다.

2. 본 론 - 1 (문제점 파악)

2.1 Feed Water Control Logic의 목적

급수제어시스템의 목적은 보일러 요구 신호에 부응하는 급수 요구 신호를 만드는 것이며 증기압력 제어 및 증기온도 제어간의 상호 간섭을 적게 하기 위하여 연소율과 협조제어가 이루어지도록 한다. 급수제어시스템은 보일러의 정상운전 중에 Platen Superheater Spray 밸브가 그 제어 범위 내에서 동작할 수 있게 충분한 급수량을 보일러에 공급하도록 설계 되어 있다. Superheater 입구 측 온도의 평균치와 Superheater Hanger Tube 출구 측 온도의 평균치와의 차가 Desuperheater ΔT가 되며 이 값은 Throttle 압력을 함수 처리한 설정 치와 비교되고 그 오차가 Spiral Tube 온도의 설정치가 된다. 4개의 온도신호의 평균치는 이 설정 치와 비교되고 그 오차가 최종과열기 온도 오차가 더해진다. 보일러 요구신호의 함수에 따라 이 신호는 변경이 되어 급수 대 연료의 비율 기준이 되는 것이다. 보일러 요구신호에 연료 비율을 곱하여 연료 요구신호로, 급수율을 곱하여 급수 요구신호를 얻으며 연료 요구 신호는 연료 제어계통으로 보내진다. 기수분리기 수위 오차에 연료 요구 값을 더해 연료요구량 변화에 응동성을 갖추도록 한다. 보일러 자동기동 정지계통에서 요구하는 급수 유량과 위에서 얻어진 급수요구신호 중 큰 값이 급수제어시스템의 설정치가 된다. 급수유량과 절탄기 입구 유량 중 작은 값이 설정 치와 비교되며 그 결과의 오차는 비례/적분 제어를 거쳐 각 펌프의 요구신호가 된다.

2.1.1 Feed Water Control Logic의 문제점

보일러를 기동하여 증기를 생산하고 이를 터빈에 공급하여 정격속도까지 증속한 다음 발전기를 계통에 병입하려면 각종 기준을 충족하여야 하나 아래와 같은 원인이 발생하고 있음이 검토되었다. 1) 계통병입 전 보일러 비동점 부근(120kg/cm², 325℃)에서 Feed Water Hunting 심하고, Starting Valve 용동이 느려 수동으로 압력 조정하여야 한다. 2) 1호기 Spillover Pressure Control Valve Open 시점에서 Feed Water Flow 10~28ton/Hr 변동(BFP 수동운전)이 있었다. 3) 2, 3호기 Starting Valve Open 시점에서 Main Steam Pressure 지하로 Feed Water Flow Hunting이 있었다.

2.2 Super Heater 및 Reheater Temperature Control의 문제점

보일러 출구 증기를 정격치 이내로 운전하는 것은 보일러 운전에서 중요한 요소이며, 보일러 효율 상승 등을 고려하여 Super Heater Tube 재질의 온도 허용 한계치와 여유치 이내에서 운전이 되어야 한다. 급수량의 변화는 증발 완료 점을 이동시키고 과열 영역을 변동시키므로 증기의 온도를 변화시킨다. Super Temp 및 Reheater Temp는 보일러 튜브의 재질열화에 중요한 인자로서 정격온도를 초과하여 운전하면 신뢰성이 떨어져 보일러 장기 운전에 심각한 장애를 가져온다. Super Heater 및 Reheater Temperature Control Logic를 분석한 결과 1) 기동시에 Spray Flow 변동 심하고 (Temp Control Valve 자동운전 중) 2~2번, 3-1번 Reheater Temperature 변화가 있다. 2) Super Heater Set point와 Process Value간 50℃ 편차 발생시 Temperature Control Valve 수동절제 및 Demand -5% 발생하였다.

2.3 Starting Valve Control 운전상태 점검

계통병입 전 Starting Valve Open시까지 Feed Water Hunting이 심하여 계통병입 직후까지 수동운전 모드로 운전하고 있었다.

2.4 BFP Runback 회로 점검

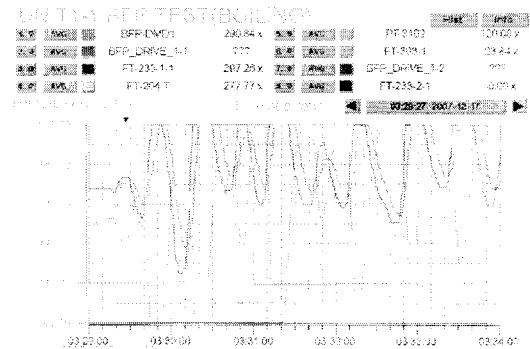
통상 부하 운전 중 보일러 보조기기의 고장이 발생한 경우 잔재 보조기 용량 상단의 부하까지 Unit 부하를 급감시킨다. Run Back이 발생하면 입력 지령이 급감하므로 아래의 동작을 제어에서 제외 시켜 Run Back 동작이 중단되지 않도록 한다. 1) Cross Limit 동작, 2) 출력 증감 Blocking 3) 측정신호 이상 검출, 4) 조작단 개도 이상의 순서로 동작한다. Run Back이 발생하면 아래와 같은 기기가 동작하여 발전기 부하를 급히 감발한다.

Run Back Item	Target Load	Rate
Mlii Runback (1대trip/ 2대trip/ 3대trip)	73%/49%/25%	100%/min
PAF Runback	55%	
IDF Runback	55%	
FDf Runback	55%	
BFP Runback	55%	

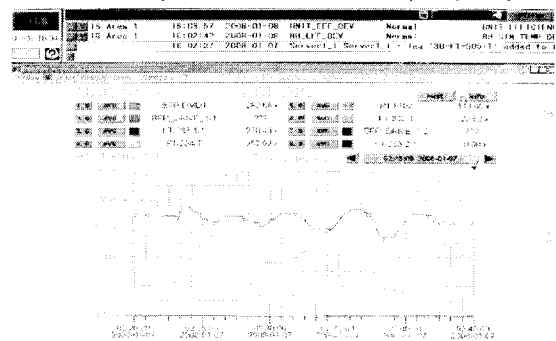
그러나 1) 보일러 재가동 공사 이후 BFP 1대 Trip시 Runback 되지 않고 Unit Trip되며, 2) Runback시 BFP Suction Flow Transmitter Range Over로 수동운전 모드로 절제되고 Runback 동작이 실패하고 있었다.

3. 본 론 - 2(원인 분석 및 대책 제시)

3.1 Feed Water Hunting Trend Graph



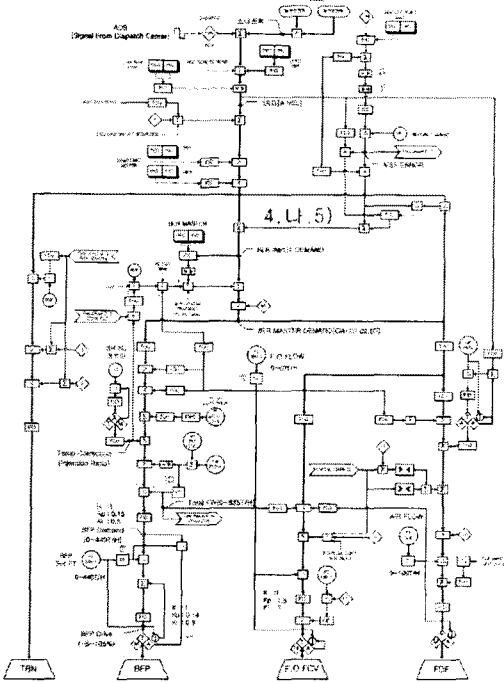
3.2 Feed Water 와 Main Steam Pressure Hunting Graph



3.3 Feed Water Control 개선

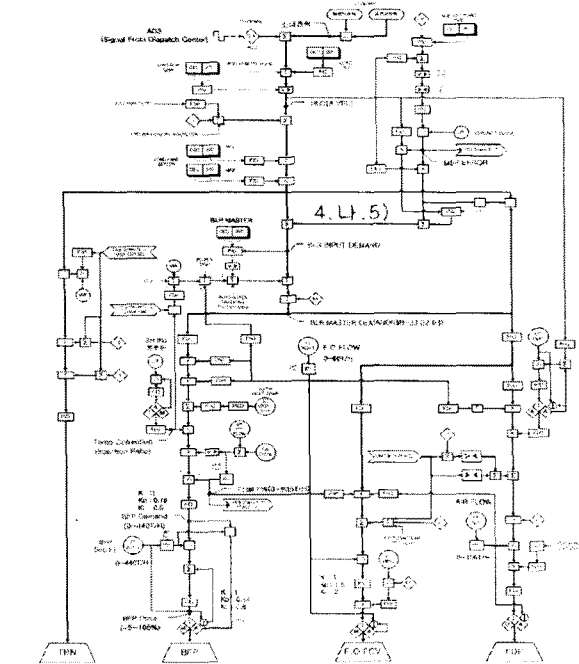
1) BFP Flow Control은 Demand vs Flow의 특성 시험결과 Flow 특성의 직선화를 위하여 F(X) 삼입 또는 가변 Gain 설정하였고, 2) BFP Flow

Signal Filter 조정(5s → 1.0~0.5s) 하여 응답성을 향상시켰고, 3) BFP PID 가 Master보다 3~5배정도 빨라야 하므로 Master PID와 BFP Flow Gain 재조정하였다. 4) Min Flow 유량에는 가감로직 재설정 하고 5) Super Heater ΔT Compensator Tuning(K=1.0, Kp=1.0, Ki=0.08rpts/min)하였다. 또한 향후 Super Heater Pressure Compensator 추가 검토가 필요하다. 개선된 로직은 아래와 같다.



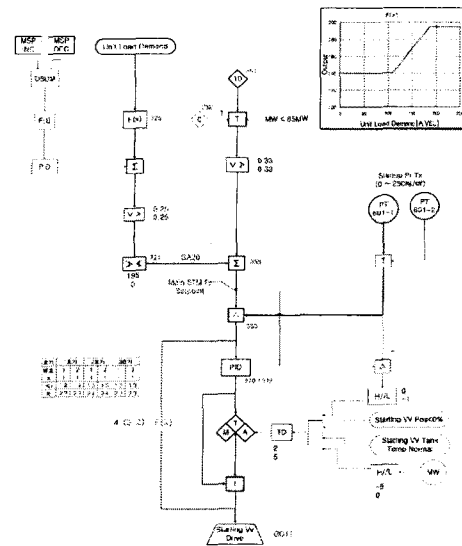
3.4 Runback Logic 의 개선

1) Runback의 감발율은 분당 100%로 하나, 2) Flow Transmitter Bad Quality로 인한 수동모드절체 인터록이 해제되고 있었으며, Range가 큰 Transmitter를 사용구간에 정밀 교정 또는 교체하였고, 3) Runback Target 을 120MW시 330ton/Hr로 설정하였고, 4) Master PID High Limit 조정회로를 구성하였다.



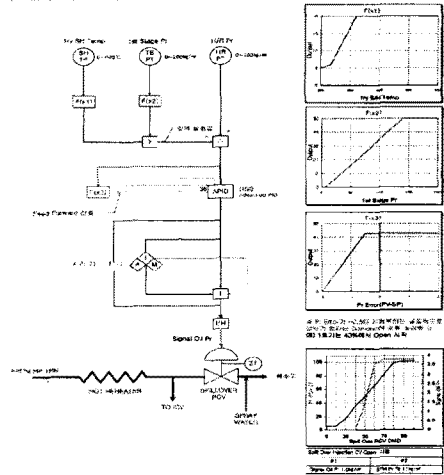
3.5 Starting Valve Control Logic의 개선

1) Plot Starting Valve vs Steam Flow를 맞추기 위하여 2) Demand F(X) 또는 가변 Gain Control을 추가하였다.



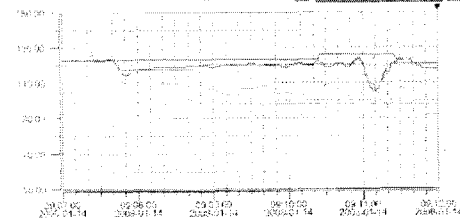
3.6 Spill over PCV Control Logic 의 개선

1) Hydraulic Actuator 특성이 비직선 현상이 발생하여 2) Demand Curve F(X) 삽입하여 직선성을 개선하였다.



3.7 개선결과 제어특성

비율	42.901%	1.071X	비율	NS_PR_SET POINT	720.0X
승률	1.000%	0.17X	승률	PT264 T	1.000X
승률	PT525.4	1.000X	승률	FW264 T	1.000X
승률	1.000%	1.000X	승률	BFP_DRIVE	5.00%



4. 결 론

발전소 보일러의 주요 제어 Loop의 기본구성이나 계통 구성은 역사적으로 큰 변화는 없지만 연료의 다양화, 중간부하 운전 및 공해 규제에 따른 운전 관리, 고 효율 운전특성 등 여러 가지 요구를 만족하기 위해서 제어 계통은 점점 복잡하게 되고 있다. 특히 마이크로프로세서를 이용한 Digital 제어시스템의 실용화에 의해 상기와 같은 요구를 만족시키고 신뢰성과 보수성이 우수한 제어로직이 사용되게 되었다. 이러한 제어시스템은 기동시간 단축, 부하 추종성 향상 및 운전 보수의 편의성을 주고 있으며, 제어로직 개선에 매우 편리하다. 발전소 보일러의 기동실패 원인을 분석하고 진단하여 제어로직을 개선한 결과를 블록다이어그램으로 쉽게 설명하였으며, 제어 특성이 양호하도록 기술지원을 하여 발전소 운전에 많은 기여를 하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 박두용, 임건표, 김호열, "계속제어설비 점검 기술지원 보고서", 2008. 1