

증기터빈 발전소의 터빈 보호 설비 개선 적용

우주희, 최인규, 김종안
한국전력공사 전력연구원

Procedure to Verify the Turbine Control Function of a Steam Turbine Power Plant

Joo-Hee Woo, In-Kyu Choi, Jong-An Kim
KEPCO Research Institute

Abstract - 국내의 장기 사용되어 유지 보수가 어려운 터빈제어 설비를 개조하였으며, 신규 제어설비에서 기존 설비의 터빈 보호 기능을 구현하기 위해 신규 설비의 구성 방법과 신호 처리 방법에 대해 기술하였다.

1. 서 론

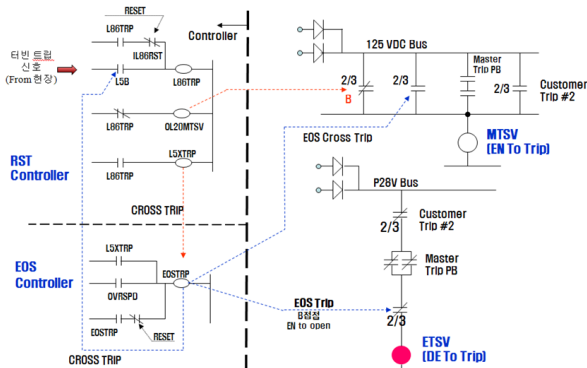
증기터빈 발전소의 터빈제어 설비는 속도 및 부하제어 기능과 보호기능을 제공한다. 속도 및 부하 제어 기능은 터빈 입구측에 설치된 밸브의 개도를 조절하여 터빈으로 유입되는 증기량을 조절함으로써 보일러로부터 공급되는 증기상태 변화에 따른 터빈속도 및 발전기 출력을 조절하게 된다. 보호 기능은 발전소 운전상태가 정상적이지 않을 때 관련 기기를 안정적으로 정지하도록 해당 밸브를 닫도록 한다. 이 두 가지 제어 기능은 독립성을 보장하기 위해 각각의 분리된 제어설비에 구현된다. 이러한 보호 기능을 수행하기 위해 분리된 두 제어기는 상호 연계되어 여러 가지 운전 정보를 활용하여 발전소 정지여부를 결정하고, 이에 따라 발전소 현장의 밸브를 동작시켜 안정적으로 정지하게 된다.

국내의 장기 사용되어 유지 보수가 어려운 터빈제어 설비를 개조하였으며, 본 논문에서는 기존 설비의 보호 기능을 구현하기 위해 신규 설비에서 제어기의 구성 방법과 신호 처리 방법 등에 대해 적용한 결과를 소개하고자 한다.

2. 터빈 보호 설비 개선 적용

2.1 터빈 보호 설비 구성

기존 설비의 보호 기능은 그림 1과 같다. 기존 설비는 두 종류의 제어기 ("RST Controller"와 "EOS Controller")와 두 종류의 발전소 현장의 트립 솔레노이드 밸브(MTSV와 ETSV)로 구성되어 있다.

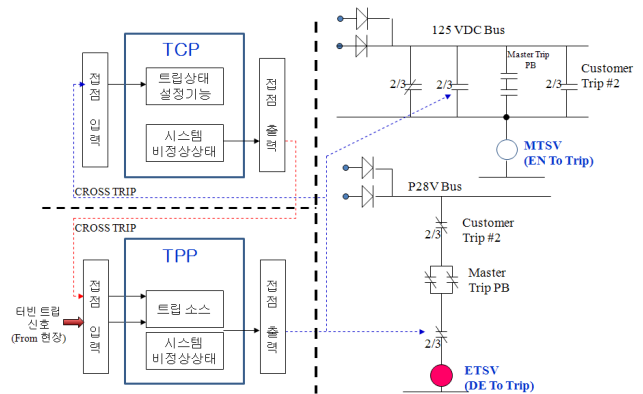


〈그림 1〉 기존 설비의 보호 기능 구성도

RST 제어기(RST Controller)는 정상적인 터빈 속도와 출력제어를 담당하고, 발전소 현장의 여러 가지 비상 정지 신호 (표 1 참고)를 입력받아 트립 명령을 발생시키고, EOS 제어기(EOS Controller)는 터빈 과속도에 의한 트립 명령을 발생시킨다. 또한 이들 제어기는 모두 삼중화로 구성되어 있으며, 발전소 현장에 설치된 기계식 트립 솔레노이드 밸브(MTSV : Mechanical Trip Solenoid)는 125Vdc의 전원으로 정상 운전시 소자(EN to Trip : Energize to Trip)되어 있으며, 전기식 트립 솔레

노이드 밸브(ETSV : Electrical Trip Solenoid Valve)는 24Vdc의 전원으로 정상 운전시 여자(DE to Trip : De-energize to Trip) 되어 있다 [1]. 그림 1의 좌측 그림은 제어기 내부의 논리 도면을 보여주며, 우측 그림은 현장의 접점과 솔레노이드 밸브의 구성 상태를 보여주고 있다. 현장의 비상 정지 신호는 RST 제어기로 입력되어 트립 명령(OL20MTSV)이 결정되고, 이 신호가 현장의 MTSV를 동작시켜 발전소를 비상 정지 시키도록 구성되어 있다. 이와 동시에 RST 제어기는 EOS 제어기로 트립 상태를 시스템 내부 명령으로 전달(Cross Trip)시켜서 EOS 제어기가 ETSV와 MTSV를 추가적으로 동작시켜 부가적으로 정지시킬 수 있도록 구성되어 있다. 또한 터빈 과속도 상태는 EOS 제어기가 감지하여 트립 명령(EOSTRIP)이 결정되고, 이 신호가 현장의 ETSV와 MTSV를 동작시켜 발전소를 비상 정지 시키도록 구성되어 있다. 이와 동시에 EOS 제어기는 RST 제어기로 트립 상태를 시스템 내부 명령으로 전달(Cross Trip)시켜서 RST 제어기가 MTSV를 부가적으로 동작시킬 수 있도록 구성되어 있다. 또한 제어기와 무관하게 운전원이 누른 비상정지 명령(Master Trip PB)과 외부 설비의 요구에 의한 비상정지 명령 (Customer Trip) 신호가 MTSV와 ETSV를 직접 동작시킬 수 있도록 구성되어 있다.

그림 2를 보면 신규 설비도 기존 설비처럼 두 개의 제어기를 구현하였다. TCP (Turbine Control Panel) 제어기는 터빈 속도제어와 출력제어 기능을 담당하며, TPP (Turbine Protection Panel) 제어기는 트립 기능을 담당하여, 신규 설비에서는 정상적인 제어 기능과 보호 기능을 완전히 분리하여 구성하였다. 현장 트립 관련 기기의 구성은 기존 설비와 동일하며, 그 기능상의 차이점은 다음과 같다.



〈그림 2〉 신규 설비의 보호 기능 구성도

○ 터빈 트립 상태의 인식

- 기존설비 : 과속도 트립은 EOS에서 감지하고, 각종 현장 트립 입력신호는 RST로 입력됨. 또한 EOS 및 RST간 Cross Trip 신호 입력 있음
- 신규설비 : 과속도 트립 및 각종 현장 트립 입력신호가 TPP에 의해 감지됨. 또한 TCP가 비정상 상태이면, 그 상태를 TPP로 입력시키고, TPP가 트립 상태이면 TCP로 그 상태를 입력시킴
- 차이점 : 신규설비는 TPP로 모든 트립 신호가 입력됨

○ 터빈 트립에 의한 동작

- 기존설비 : EOS에 의해 트립이 감지되면 MTSV 및 ETSV를 동작시키고, Cross Trip에 의해 RST도 트립상태가 되며 부가적으로 MTSV를 동작시킴. 또한 RST에 의해 트립이 감지되면 MTSV를 동작시키고, Cross Trip에 의해 EOS도 트립상태가 되며 부가적으로 MTSV 및 ETSV를 동작시킴.
- 신규설비 : 모든 트립 신호를 TPP에 의해 감지하여 MTSV 및 ETSV 동작시키고, 그 상태를 TCP로 전달하여 TCP를 트립상태로 설정함
- 차이점 : 신규설비는 기존설비와 비교하여 TCP가 MTSV를 직접 동작시키는 경로가 없음. 이는 신규설비의 설계 기준인 TPP가 트립을 담당하고 TCP가 제어를 담당하도록 하였음. 이에 따라 터빈을 트립시키는 MTSV 및 ETSV의 동작은 TPP에 의해 이루어지도록 구성되어 있음.

2.2 트립 원인 신호 처리 비교

비상 정지 원인 신호의 종류에 따른 트립 기능을 표 1과 2에서 비교하였다. 신규 설비에서의 “Loss of Speed Signal Trip” 기능은 기존 설비와 유사하게 구현되어 있으나, 속도신호 급증에 의한 트립 기능은 구현하지 않았으며, 발전기가 계통에서 분리되는 경우 등에서는 속도신호 급증(Acceleration Closing)의 상태가 발생할 수 있으므로, 이 경우 터빈을 트립시키는 것보다 터빈제어설비가 이를 감지하여 터빈제어밸브를 긴급히 폐쇄하여 연속운전을 할 필요가 있으며, 이를 위해 속도 급증시는 Acceleration Closing을 정의하여 동작하도록 하였다. 따라서 신규설비에서 속도 급증시는 터빈 보호기능을 먼저 적용하고, 이의 동작이 만족스럽지 못하면 과속도에 의한 트립이 발생되므로, 기존 설비의 터빈 트립기능을 만족하고 있다고 판단할 수 있다.

또한 신규 설비의 설계 기준은 TPP가 트립을 담당하고 TCP가 제어를 담당함에 따라 TPP에서 먼저 동작시킨 트립 동작을 추가적으로 TCP에서 Trip시키는 기능은 구현되지 않았다. 그리고 신규설비에서는 TCP의 제어 불능인 상태를 트립신호로 정의하여 TPP에서 삼중화된 접점 입력 신호로 전달받아 TPP에서 트립시킴으로 터빈제어계통과 관련된 모든 설비의 트립 기능은 모두 수행하고 있다. 따라서 Cross Trip 기능과 관련하여 신규설비에서 구현된 기능으로도 기존 설비의 트립 기능을 만족하고 있다고 판단할 수 있다.

<표 1> 발전소 현장 입력신호에 의한 트립 기능

트립 신호	기존 설비 및 신규설비
Low Brg. Oil Pr. Trip	현장 접점 입력에 의해 동작
Low Shaft Pump Discharge Trip	현장 접점 입력 및 75% 속도와 연동
Low Hydraulic Fluid Pr. Trip	현장 접점 입력에 의해 동작
Exh. Hood High Temp. Trip	현장 접점 입력에 의해 동작
Low Vacuum Trip	현장 접점 입력 및 300rpm 속도와 연동
Low ETS Pr. Trip	계통병해 및 MTV 압력 신호와 연동
Loss of Stator Coolant Trip	현장 접점 입력에 의해 동작
MSR High Level Trip	현장 접점 입력에 의해 동작
Customer Turbine Trip 1	현장 접점 입력에 의해 동작
Customer Turbine Trip 2	MTSV 및 ETSV에 현장 직결

<표 2> 제어설비 내부 신호에 의한 트립 기능 비교

트립 신호	기존 설비	신규 설비
Master Trip PB Trip	Backup Panel의 PB	좌동
High Thrust Wear Trip	진동 감시설비로부터의 전류입력 신호에 의해 동작	좌동
Loss of Speed Signal Trip	- 속도 급증 혹은 급감시 (변화율 15%/Sec) - EOS 및 RST 용 속도신호 불일치시	- 정상운전 중 속도신호가 인식 범위를 초과하여 급감시 - 제어기 속도신호 채널 Fault ※ 속도 급증시 (6%/Sec)는 Acceleration Closing 동작됨
Electronic Overspeed Trip	EOS 모듈에서 구현	TPP에서 속도신호 111.5% 초과시
Cross Trip	내부신호 (통신신호) 전달에 의해 동작	I/O 모듈 접점 입출력 신호에 의해 동작

2.3 터빈 보호 기능 시험

정상운전중 보호 기능을 시험하기 위해 표 3과 같은 여러 가지 시험을 제공하고 있다. 신규 설비에서는 사용된 제어 설비(Woodward사의 Micronet 모델)의 특징에 따라 몇 가지 기능은 구현할 수 없었다. 즉 기존 제어기는 개별 제어기에 대해서 임의의 비상 정지신호를 발생시켜 기능 동작여부를 시험 가능하였으나, 신규 제어기는 신호 발생시 3개 제어기에 동시에 발생되므로 기존 시험 목적대로 구현이 불가능하였다.

<표 3> 터빈 보호기능 시험 비교

	기존 설비	신규 설비
Mechanical Trip Piston Test	적용	적용
Electrical Trip Test	적용	적용
Mechanical Overspeed Trip Test	적용	적용
Off-Line Electrical Overspeed Trip Test	적용	적용
IV Trigger Test	적용	비적용
PLU Test	적용	비적용

3. 결 론

국내의 장기 사용되어 유지 보수가 어려운 터빈제어 설비를 개조하였으며, 기존 설비의 보호 기능을 구현하기 위해 제어기의 구성 방법과 신호 처리 방법 등에 대해 신규 설비에서 적용한 결과를 기존 설비와 비교하였다. 신규 설비에서는 터빈 트립 기능과 제어 기능을 완전히 분리하였으며, 신규 설비에서 사용된 제어기의 특징에 따라 몇 가지 시험기능은 제공할 수 없었지만, 트립 기능은 기존 설비가 제공하는 기능을 모두 수용하고 있음을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 최인규 외, “500MW 화력발전소 대용량 증기터빈 보호장치 고찰, 2010 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2010”
 [2] “터빈 발전기 보조계통 및 보호계통 시험 절차서”, 발전소 절차서, 2008
 [3] “Protective System (DCM)”, GEK 98930A, General Electric Co., 1990
 [4] “Protective Tests (DCM)”, GEK 98931B, General Electric Co., 1992