

## 발전소 운전 중 증기터빈 밸브 시험 방식 소개

최인규, 우주희  
전력연구원

### An Introduction to Test Methods about Steam Valves of Steam Turbines in Power Plants

Inkyu Choi, Joohee-Woo  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - Steam stop valves of steam turbine in the power plant are at their 100% position and have no movements. Steam control valves, ie governor valves have no movements either at their controlling position on load limit operation. By the way, if there were no change of operation state, steam valves could be stucked mechanically. Because the governor could fail in protecting and controlling steam turbine in case of emergency conditions, the closing test of 100% valve travel must be accomplished periodically for the purpose of testimony of their good conditions. And, As the difference between steam turbine structures exists according to the manufacturer or generation capacity, both steam stop valves and steam control valves differs in structure and operation method. Therefore, it is essential for not only turbine protection but also control for the control engineers to find out composition of steam valves and method of closing test

#### 1. 서 론

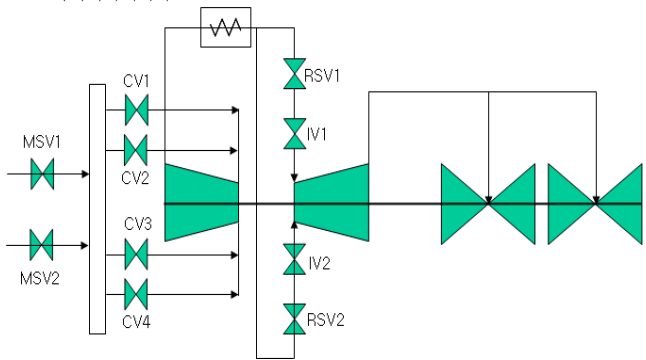
발전소의 증기 차단밸브는 정상운전 상태에서 100% 열려있으며 전혀 움직이지 않는다. 증기 조절용 밸브도 부하제한 운전상태에서는 움직이지 않는다. 그런데, 장시간 이 상태로 운전이 지속되면 기계적으로 고착되어 비상상황이 발생할 경우 증기터빈 보호 및 제어에 실패할 우려가 있으므로 100% 닫는 시험을 주기적으로 수행하여 건전성을 점검해야 한다. 그런데 발전소 증기터빈의 구성 방식은 제작사 및 발전용량에 따라서 차이가 있으므로 증기 차단용 밸브는 물론 증기 조절용 밸브의 구성과 구조 및 운전 방식에 차이가 있다. 따라서, 여러 가지 터빈의 종류별로 증기밸브의 구성과 이를 시험하는 알고리즘을 파악하는 것은 증기터빈의 제어는 물론 보호를 위해 선행되어야 하는 필수 요건이다.

#### 2. 본 론

주증기 차단밸브는 보통 두 대로 구성되어 있으며 1개를 닫아도 다른 주증기 차단밸브가 100% 출력을 담당할 수 있다. 재열증기 차단밸브와 재열증기 조절밸브 한 쌍을 닫아도 다른 한 쌍이 100% 출력을 담당한다. 그런데, 4개 또는 6개로 구성된 주증기 조절용 밸브는 1개를 닫았을 경우 100% 출력운전이 불가능하다. 따라서, 시험을 하지 않는 경우도 있으며, 시험을 하는 경우에는 시험전 출력을 유지하기 위하여 고압터빈 1단의 압력 저하를 감출하여 다른 주증기 조절밸브(CV:Control Valve)의 개도를 증가시킨다. 밸브 시험을 하기 위해서는 제어계에 외란이 전혀 없는 상태여야 한다.

#### 2.1 화력발전소 밸브 시험

그림1의 증기흐름도에서 주증기 차단밸브(MSV:Main Stop Valve)와 재열증기 차단밸브(Reheat Stop Valve), 재열증기 조절밸브(IV:Intercept Valve)는 보통 두 대로 구성되어 있다. MSV1과 RSV는 2위치 제어계이고 MSV2 및 CV, IV는 비례제어계이다.

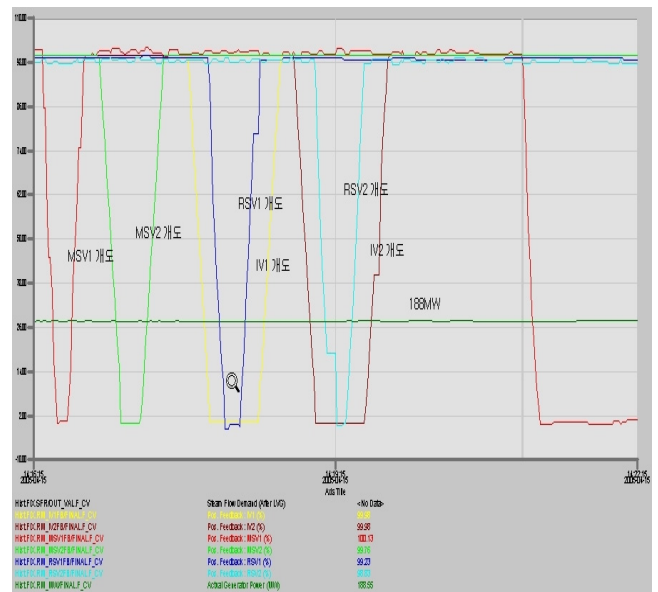


〈그림 1〉 화력발전소 증기흐름도

#### 2.1.1 MSV 시험

2위치 제어계인 MSV1을 시험하기 위해 운전조건을 확인한 후, 시험을 시작하면 솔레노이드가 동작하여 제어유를 배유하여 스프링의 힘으로 MSV1이 닫히기 시작하며, 개도가 9%에 도달하면 신속한 폐쇄를 위한 솔레노이드에 의하여 신속히 폐쇄된다. 정상운전을 위하여 MSV1을 다시 열고자 하면 신속폐쇄 솔레노이드의 동작을 복귀하면 소자되어 자력을 상실하므로 MSV1은 유압에 의하여 열린다. MSV1 시험으로 닫히는 동안에 솔레노이드를 복귀하면 열린 위치로 복귀하는 제어로직이 필요하다.

그림1에서 유압 서보밸브에 의하여 연속 제어되는 MSV2를 시험하기 위해서는 밸브개도 요구량을 감소시켜서 연속신호로 닫고 개도가 9%에 도달하면 신속폐쇄 솔레노이드에 의하여 신속히 폐쇄된다. MSV2를 다시 열고자 하면 신속폐쇄 솔레노이드의 동작을 복귀한 후 밸브개도 요구량을 정해진 기술기로 증가시킨다. 또, 시험에 의하여 닫히는 중에 밸브개도 요구량을 조절하여 일정개도를 유지하게 하거나 다시 열 수 있다.



〈그림 2〉 주증기 및 재열증기 밸브 시험 예

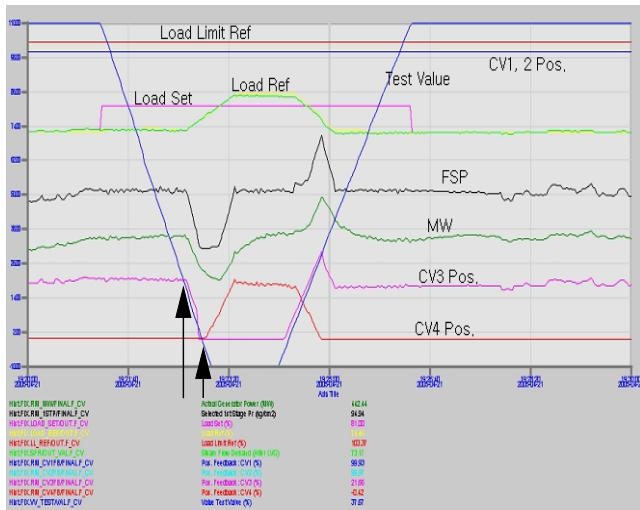
#### 2.1.2 RSV 및 IV 시험

보통 화력 발전소에서는 RSV와 IV를 한 쌍으로 운영하고 있다. 또한, 시험을 하기 위해서는 IV를 먼저 닫은 후 RSV를 닫는다. 즉, RSV와 IV는 한 조로 운영되므로 한꺼번에 시험한다. 열 때에는 RSV를 연 후 IV를 연다. RSV는 2위치 제어계이므로 시험방법은 보통 MSV1과 동일하며 IV는 연속제어계이므로 MSV2의 시험방법과 거의 동일하다.

#### 2.1.3 CV 시험

그림1에서 제1번 주증기 조절밸브(CV1)를 시험하려면 터빈 제1단 압력을 제어할 수 있도록 조치하고 CV1의 개도요구량을 감소시킨다. CV1 개도 감소에 따라 터빈 제1단 압력이 감소하므로 제1단 압력 제어에 의하여 다른 CV를 열어서 압력을 유지하므로 발전기 출력이 감발되지 않는다. 개도가 9%에 도달하면 MSV와 마찬가지로 신속폐쇄 솔레노이드에 의하여 신속히 폐쇄된다. 다시 열고자 하면 제1단 압력제어는 유지한 상태에서 신속폐쇄 솔레노이드의 동작을 복귀한 후 밸브개도 요구량을 증가시킨다. 이러한 시스템에서는 시험 중에 제1단 압력제어가 해제될 경우에 밸브개도 요구량은 불변하도록 조치해야 한다. 제

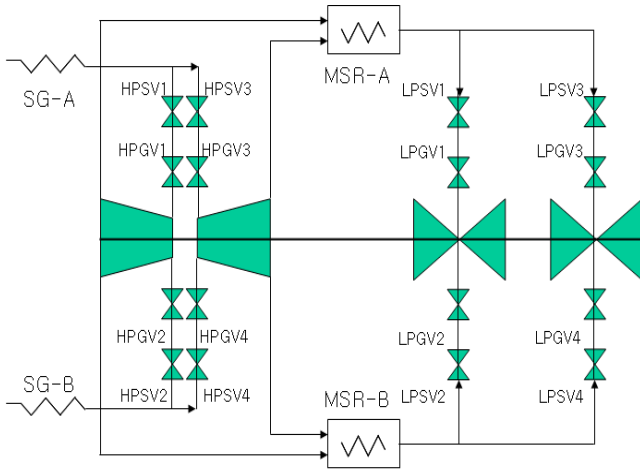
1단 압력을 일정하게 유지하기 위해서는 보통 비례제어를 채용하는 경우가 많다. 그러나 경우에 따라서는 적분제어를 채용하는 경우도 있다. 발전소 건설 후 시운전 기간에 정확한 조정을 통하여 발전기 출력, 즉 제1단 압력의 변동이 적절한 범위 이내로 변동하도록 조지하는 것이 무엇보다 중요하다.



〈그림 3〉 주증기 조절밸브 #3 시험 파형

2.2 원자력 발전소 밸브 시험

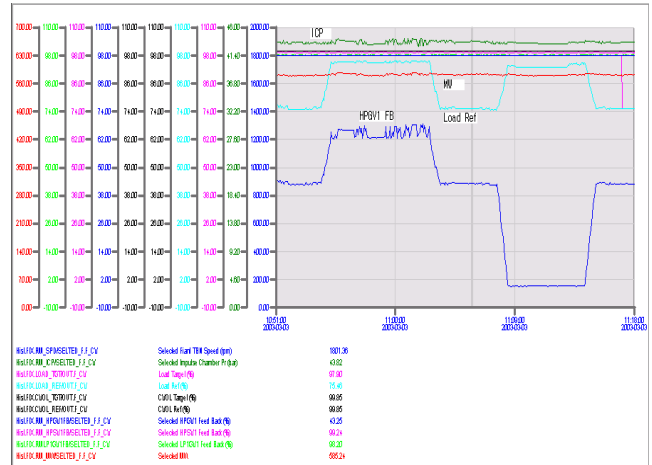
그림 4는 국내에서 운전 중인 원자력 발전소의 증기 흐름도로서 고압증기 차단밸브(HPSV:High Pressure Stop Valve) 4대와 고압증기 조절밸브(HPGV:High Pressure Governor Valve) 4대로 되어 있다. 저압부는 저압증기 차단밸브(LPSV:Low Pressure Stop Valve) 4대와 저압증기 조절밸브(LPGV:Low Pressure Governor Valve) 4대로 되어 있다.



SG:증기발전기 MSR:습분분리 재열기

〈그림 4〉 원자력발전소 증기흐름도

저압증기 밸브계통의 시험 방식은 화력발전소와 거의 비슷하므로 고압증기 밸브계통을 시험한 예를 그림 5에 나타내었다..



〈그림 5〉 원자력발전소 HPGV2 시험 그래프

580MW, HPGV 개도 43%에서 밸브시험을 위해 ICP Feedback 제어모드로 전환하고 밸브시험을 하였다. 아래 그림에서는 HPGV1의 개도만을 보여주고 있는데 그림의 앞 부분은 HPGV 2가 밸브시험 중이어서 HPGV 1이 더 열려서 발전기 출력을 일정하게 유지하고 있는 모습을 보여주고 있으며, 그림의 뒷 부분은 HPGV 1이 밸브 시험 중인 경우를 보여주고 있다. 참고로 그림의 앞 부분에서 HPGV 1의 개도가 현탕이 심한 것을 보여주고 있으나, 적절히 제어상수를 조정하여 그림의 뒤 부분에서는 안정된 결과를 보여주고 있다.

3. 결 론

이 논문에서는 여러 가지 발전소의 증기제어밸브 시험방법에 대하여 고찰하였다. 증기밸브 시험은 증기밸브의 배치 구조에 따라 결정된다. 주증기 조절밸브 시험시 제어 회로적으로 중요한 것은 한 대를 닫을 경우 증기유량이 제한되므로 다른 밸브를 열어 보상하는 기능이다. 이 것은 보통 제1단 압력을 검출하여 실현한다. 증기터빈 속도와 발전기 출력을 원활하게 제어하기 위해서는 터빈 증기조절용 밸브의 구성과 동작 원리를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히 증기 터빈의 제어시스템을 교체, 개선하기 위해서는 증기밸브 제어계통을 적절하게 구성해야 하고 이를 토대로 고착방지를 위한 밸브시험 방식에 대하여 면밀한 현장 조사를 통한 정확한 설계가 무엇보다 중요하다. 이 논문이 발전소를 운영하는 기술자들에게 여러 가지 방식의 기술을 습득할 수 있는 좋은 자료가 될 수 있을 것이다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] “500MW급 화력발전소 증기터빈 디지털 제어시스템 개발 최종보고서” 전력연구원, 정창기 외 10명
- [2] “원전 FWPT 제어시스템 개발 중간보고서” 전력연구원, 정창기 외 12명
- [3] “원전터빈 디지털 제어시스템 개발 최종간보고서” 전력연구원, 정창기 외 8명