

## 발전소 급수펌프 구동용 소형 터빈 제어시스템 소개

최인규, 김종안  
전력연구원

### An Introduction to Speed Control System of Small Steam Turbine for Feed Water Supply in Power Plant

Inkyu Choi, Jongan-Kim  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - The load of power plants changes every from time to time according to which steam flow of boiler changes. the feed water control is very important for the power plant to be operated in its stability conditions. In case of circulation type boiler, the instability of feed water control leads to instability of drum level control. The higher level of drum water can induce bad quality steam to go into turbine which means the possibility of damage. The lower level of drum water can induce the tubes of boiler water wall to be overheated. In case of once through type boiler, the instability of feed water control leads to bad cooling of superheaters. The less the feed water flow is, the more heated the superheater is. It is necessary for the turbine driving feed water pump to be controlled for the optimal feed water flow in the large capacity power plant. The speed of turbine is controled for the feed water flow. By the way, the optimal control of steam valve is necessary for the speed control of turbine. Therefore, the various kinds of the steam valve structures are introduced in this paper

과 수위팽창이 동시에 발생하면 급수량 요구 가 서로 상쇄되어 과도상태 극복에 도움이 된다. 반대 상황에서도 좋은 결과를 얻게 된다. 이 때, BFPT의 속도를 조절하여 급수유량을 조절함으로써 드럼수위를 유지한다.

#### 2.2 화력 과열기 온도제어

관류형 화력발전소의 경우 급수는 과열기를 냉각하는 역할을 한다. 정상 운전시 연료량 증가 등의 원인으로 과열기의 출구 온도가 증가하면 터빈 속도를 증가시켜서 냉각을 크게 하고 반대로 과열기 출구 온도가 감소하면 터빈 속도도 감소하여 냉각을 작게 하여 과열기 온도를 유지한다.

#### 2.3 원자력 증기발생기 제어

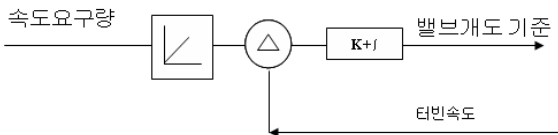
원자력 발전소의 증기발생기 수위는 증기발생기 입구 급수량과 출구 증기량 및 수위를 3요소로 하는 것은 화력발전소 드럼수위 제어와 동일하다. 다만, 제어신호가 급수펌프가 아닌 급수제어밸브를 움직이는 것이 다르다. 급수펌프는 출구 압력과 입구 압력의 차압을 일정하게 유지하기 위하여 급수펌프의 속도를 제어한다

### 1. 서 론

발전소의 부하는 시시각각으로 변동하고 이에 따라 보일러 증기 유량도 변동된다. 기력발전소가 원만하게 운전되기 위해서는 급수 제어가 매우 중요하다. 드럼형 보일러의 경우 급수제어가 불안정하면 드럼 수위가 불안정하게 된다. 드럼 수위가 높아지면 터빈으로 습증기가 유입될 우려가 있고, 낮아지면 보일러 튜브가 과열될 수 있다. 관류형 보일러의 경우 급수제어가 불안정하면 과열기의 적절한 냉각이 어렵게 된다. 급수 유량이 작으면 과열기가 과열되고, 크면 과냉된다. 정상 운전시 대용량 발전소에서 급수 유량을 제어하기 위해서는 보통 급수펌프 구동 터빈을 제어해야 한다. 터빈과 급수펌프는 같은 축으로 연결되어 있으며 정상 운전시 급수량 조절은 터빈의 회전수를 제어하여 이루어진다. 그런데 터빈 제어를 위해서는 적절한 증기밸브 제어가 필수적이므로 이 논문에서는 발전소에 운전 중인 소형 증기터빈의 여러 가지 증기밸브 구성방식을 중심으로 소개한다.

### 2. 본 론

BFPT의 속도를 제어하기 위해서는 급수제어 계통으로부터 속도요구량을 받아야 한다. 속도요구량은 발전소에 따라 다르지만 보통 2500-6000rpm 정도에 해당되는 4-20mA 신호가 BFPT 조속기로 전달된다. BFPT 조속기는 정확한 속도제어를 위해 잔류편차가 없는 비례적분 제어를 수행한다.

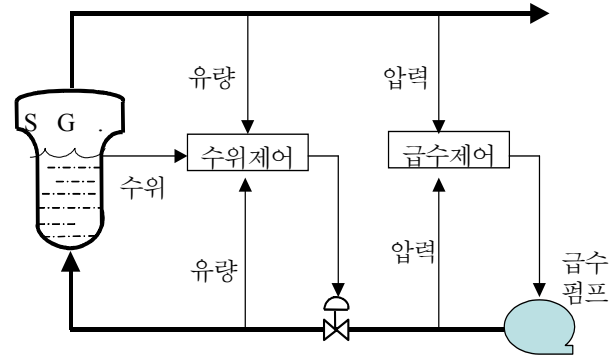


〈그림 1〉 BFPT 속도 제어

급수제어 계통의 속도요구량은 보일러 형식에 따라 상이하다. 드럼 보일러의 경우는 드럼수위, 증기유량, 급수유량의 3요소를 고려하여 발생되고 관류 보일러의 경우는 과열기 출구온도, 연료량, 절탄기 유량을 고려한다.

#### 2.1 화력 드럼수위 제어

드럼형 화력발전소 드럼수위는 보통 3요소, 즉 드럼수위, 유출증기량, 급수량의 3개 신호를 받아들여 수위를 제어하는 방식이다. 유출 증기량 신호를 받아 급수량을 선행 제어하여 수위 변동 폭을 줄인다. 즉, 수위가 변동하기 전에 증기량 변화를 감지하여 급수량을 제어하는 선행 제어가 이루어진다. 이 방식은, 유출 증기량의 급변 상황에 동반하여 발생하는 수위의 체적팽창과 체적수축 상황에서도 1요소 제어방식 보다 안정된 수위제어를 할 수 있다. 증기유량 급증



〈그림 2〉 원자력 발전소 급수제어 예

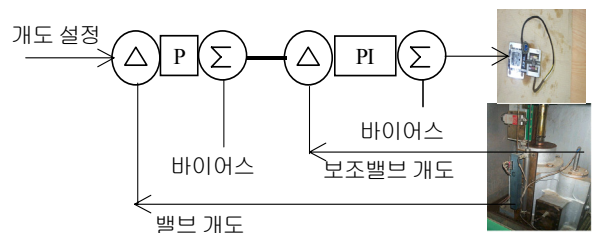
이러한 방식은 급수제어밸브의 교축손실로 인하여 효율이 저하하는 단점이 있으나 급수헤더의 압력은 일정히 유지되므로 안정적이 운전이며, 더우기 50% 용량의 급수펌프 3대를 상시 운전하면 더욱더 안정된 운전을 도모할 수 있다.

#### 2.4 BFPT 밸브제어 종류

BFPT는 보통 윤활유와 작동유가 동일한 펌프를 사용한다. 작동유 압력은 12 kg/cm<sup>2</sup> 정도로 저압이므로 보통 보조밸브를 이용하여 유량을 증폭한다. BFPT의 속도를 제어하기 위해서는 증기조절용 밸브의 개도를 제어해야 하는데 여러 가지 밸브제어 방식을 고찰하면 다음과 같다.

##### 2.4.1 이중 적분 방식

이중 적분방식은 보통 단일신호 서보밸브 제어로서 제어신호가 고장일 경우 증기밸브는 닫히고 프로세스는 정지하는 단점이 있으나 가장 간단하여 구성이 용이하다.

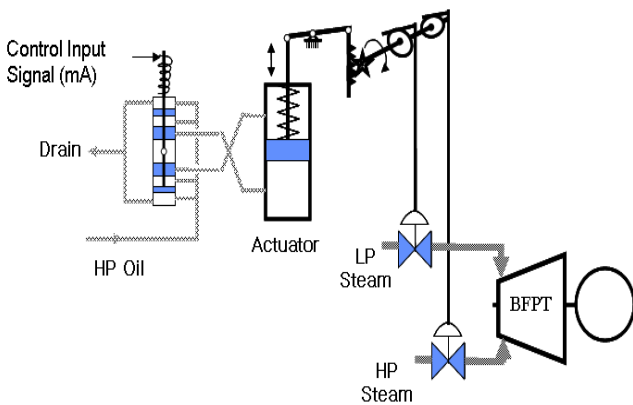


〈그림 3〉 이중적분방식 밸브제어

따라서 공정 계통에서 중요도가 낮은 경우에 많이 사용되고 있다. 특히, 밸브를 구동하는 유압이 12kg/cm 정도로 낮은 경우에 많이 쓰이는 방식이다. 그림 3은 급수펌프 구동용 터빈의 증기밸브 제어에 많이 쓰이는 방식을 나타낸 것으로 유압 서보밸브는 작은 유량으로 보조밸브의 개도를 조절하고 보조밸브는 유압 증폭기로 되어 큰 유량으로 주밸브의 개도를 직접 조절하므로 즉, 이중 적분 구조이다. 개도 설정치와 밸브개도가 일치되어 있는 상태이면 보조밸브와 서보밸브는 중립점(보통 50%개도)에서 운전된다. 이 때, 제어기 개도 설정치가 변동되면 편차신호에 의하여 보조밸브 개도 설정치가 변동되고 이에 따라 서보밸브의 전류가 변동되어 보조밸브의 개도가 변동한다. 이에 따라 변동된 주밸브의 개도가 개도 설정치와 일치하면 보조밸브의 개도는 중립점으로 복귀하고 서보밸브 스펴도 중립점으로 복귀한다.

**2.4.2 전기유압 변환기 방식**

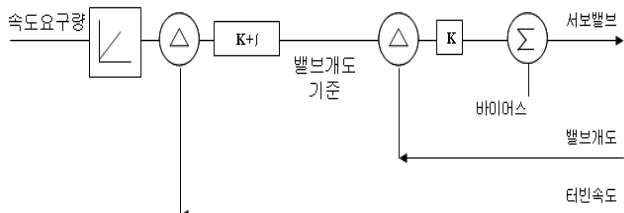
발전소에 따라서는 비례형 서보밸브 즉, 전기유압 변환기 방식을 사용하는 경우도 있다. 이것은 밸브개도가 전기유압 변환기의 출력측 유압에 비례하는 방식이다. 출력측 유압은 현장에서 기계적으로 제어되는 방식과 압력을 전송기로 겸 출하여 제어하는 방식이 있으며 개도 검출기는 단순히 감시용으로 사용된다. 제어기는 밸브개도를 0-100%로 조절하기 위하여 전기신호를 전기유압 변환기 코일로 보내고 이에 따라 밸브는 0-100%로 열리므로 밸브 교정은 기계적인 링크와 레버를 잘 조절해야 한다.



**<그림 4> 전기유압 변환기 방식 밸브제어**

**2.4.3 적분방식**

적분형은 이중 적분형에서 보조밸브 제어회로가 없는 형식이다. 제어유 압력이 작은 경우 보조밸브는 현장의 작동기 내부에서 기계적으로 제어되고 제어유 압력이 높은 경우에는 없다. 개도 설정치와 밸브개도가 일치되어 있는 상태이면 서보밸브의 스펴은 중립점(보통 50%개도)에서 운전된다.

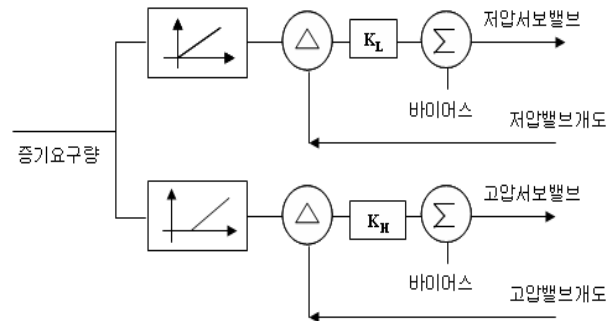


**<그림 5> 적분형 밸브제어 방식**

이 때, 제어기 개도 설정치가 변동되면 편차신호에 의하여 서보밸브로 유입되는 전류가 변동되어 밸브의 개도가 변동한다. 이에 따라 변동된 밸브의 개도가 개도 설정치와 일치하면 서보밸브 스펴은 중립점으로 복귀한다.

**2.4.4 분리형**

급수펌프 구동용 소형 터빈에서 보통 작동기 한 대가 저압증기밸브와 고압증기밸브를 순차적으로 조절한다.



**<그림 6> 분리형 밸브제어 방식**

즉, 저압증기밸브가 일정한 개도에 도달하면 기계적인 캠의 작용으로 고압증기밸브가 열리기 시작한다. 그런데, 분리형에서는 저압증기밸브와 고압증기밸브에 작동기가 별도로 있는 경우이다. 이 경우 고압밸브가 열리는 시점은 제어프로그램에서 조절해야 한다.

**3. 결 론**

이 논문에서는 발전소 급수펌프 구동용 터빈의 여러 가지 방식에 대하여 알아 보았다. 드럼형 화력발전소의 경우 드럼수위를 일정하게 유지하기 위하여 급수펌프 터빈의 속도를 제어한다. 관류형 화력발전소의 경우에는 과열기의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 급수펌프의 속도를 제어한다. 또, 원자력 발전소의 경우에는 증기발생기 입구 급수압력과 출구 증기압력의 차를 일정하게 유지하기 위하여 급수펌프의 속도를 제어한다. 이 경우 증기발생기 수위제어는 급수 제어용 밸브로 수행한다. 그런데 급수유량과 터빈 속도를 원활하게 제어하기 위해서는 터빈 증기조절용 밸브의 구성과 동작 원리를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히 소형 터빈의 제어시스템을 교체, 개선하기 위해서는 증기밸브 제어계통을 적절하게 구성해야 하고 이를 위해서 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] 보령화력 1호기 정비지침서
- [2] 원전 FWPT 제어시스템개발 최종보고서
- [3] 당진화력 1호기 정비지침서
- [4] 울진원자력 1호기 정비지침서
- [5] 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004년