

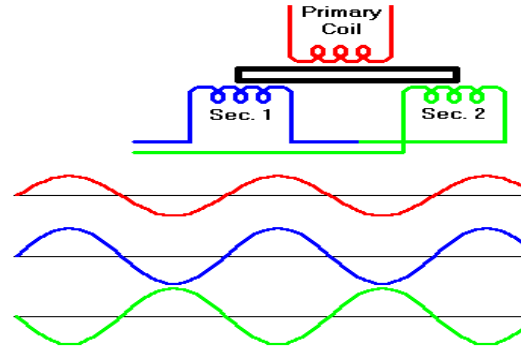
발전용 원동기의 작동유체 제어를 위한 계측장치에 관한 고찰

라우현*, 최인규*, 문영대*, 김문수**, 권성길**
전력연구원*, 중부발전**

A Review on the Instrumentations of Working Fluids Control for Prime Movers in Power Plants

Woohyun Ra*, Inkyu Choi*, Yeoungdae Mun*, Moonsu Kim**, Songkil Kwon**
Korea Electric Power Research Institute*, Korea Midland Power CO.**

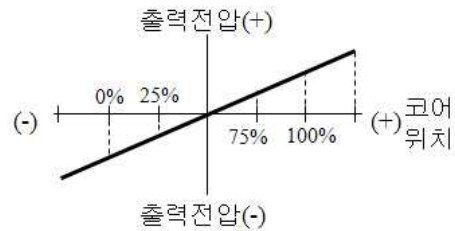
Abstract - 전력계통의 발전원은 여러 가지로 구성되어 있다. 1000MW 용량으로 대표되는 원자력 발전소가 기저부하를 담당하고 있으며 500MW 초임계압 화력발전소가 중간부하를 담당하고 있다. 첨두 부하는 수력발전소, 양수발전소, 복합화력 발전소가 및 내연 발전소가 담당하고 있다. 이러한 발전기를 구동하는 원동기는 운전을 위하여 많은 계측장치들이 있다. 본 고에서는 전기 품질의 가장 중요한 요소인 주파수를 유지하기 위하여 발전소에서 증기량, 가스량 및 수량 등을 조절하는 밸브의 개도를 조절하는 장치의 동작 원리에 대하여 살펴보고자 한다.



<그림 2> 선형 차동변압기 출력 파형

1. 서 론

전기품질의 가장 중요한 요소인 주파수의 제어를 위해서는 작동유체의 양을 매우 정밀하게 조절해야 한다. 따라서, 증기량, 가스량 또는 수량 조절밸브의 개도를 제어해야 하므로 검출기로서 밸브개도 검출기 그리고 구동부로서 서보밸브의 건전성이 뒷받침 되어야 한다. 산업 현장에서는 다양하게 사용되고 있는 밸브개도검출기와 서보밸브에 대하여 고찰하면 다음과 같다.



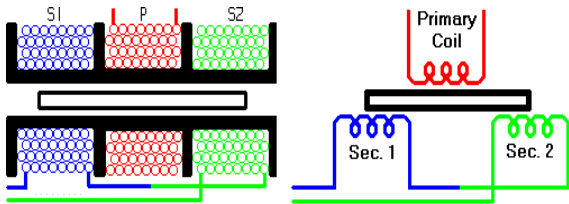
<그림 3> 선형 차동변압기 출력 전압

2. 본 론

2.1. 밸브개도 검출기

2.1.1 선형차동변압기

밸브 제어에 유량형 서보밸브를 사용하는 경우 밸브개도 검출기로는 선형 차동변압기(LVDT: Linear Variable Differential Transformer)가 많이 사용되고 있다. <그림 1>에 차동변압기의 구조도를 나타내었다. 구조는 원통의 내부에 1차 코일(P) 한 개와 2차 코일 두 개(S1, S2)가 대칭으로 배치되어 있다. 동작원리는 일반적인 변압기의 원리로서 일정한 1차 전압 상태(보통 3kHz)에서 코어의 위치 변화에 따른 자속 변동으로 2차 전압의 크기가 변동하는 특성이 있다.



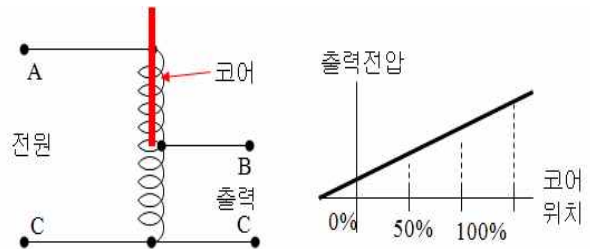
<그림 1> 선형 차동변압기 결선도

1차 코일이 외부의 교류에 의하여 여자되면 2차 코일의 상호간에 극성이 반대인 전압이 유도된다.

따라서 두 전압의 합(합)을 계산하면 알짜 출력이 되며 코어가 중립에 위치한 경우에는 알짜 출력은 0으로 된다. <그림 2>에서 중립점에 있던 코어가 우측으로 이동하면 우측 2차 코일은 전압의 크기가 증가하고 좌측 2차 코일은 전압의 크기가 감소한다. 이것을 전압의 크기로 나타내면 <그림 3>과 같다.

2.1.2 단권변압기

피드백 코일을 두 개 사용하는 경우 피드백 전압이 0 볼트로 되면 50%로 검출하게 되어 위험하다. 현재 운전 중인 원동기의 경우 밸브개도를 검출하기 위하여 단권변압기를 이용하는 경우가 많다. 이는 1차 전압의 상실이나 2차 전압의 상실로 인하여 개도를 50%로 오지시하는 고장을 극복할 수 있다. 또한, <그림 4>에 나타낸 바와 같이 일반적으로 압력이나 온도를 계측하는 전송기에서 사용되는 Live Zero의 기능을 가지게 되므로 전원 상실이나 단선에 대한 고장 검출에 유리하다.



<그림 4> 단권변압기와 그 출력

2.1.3 기타

선형차동 변압기와 단권변압기는 선형 변위를 검출하는 데

반하여 가스터빈 압축기의 공기량 또는 수차의 수량을 조절하는 IGV(Inlet Guide Vane)와 같이 회전 변위, 즉 각도를 검출하는 회전형 차동변압기(RVDT:Rotary Variable Differential Transformer)가 있다. 가동부가 회전하는 점을 제외하면 기본 원리는 LVDT와 거의 동일하다.

또한, 배선 및 설치상의 편리를 위하여 일반적인 전송기와 같이 전원공급(24Vdc) 및 신호검출(mA)을 신호선 2가닥을 이용하는 전류원 개도 전송기가 가끔 사용되고 있다. 이 개도 전송기는 내부에 전자소자를 포함하고 있어서 고장의 요소가 있으므로 주의해야 한다.

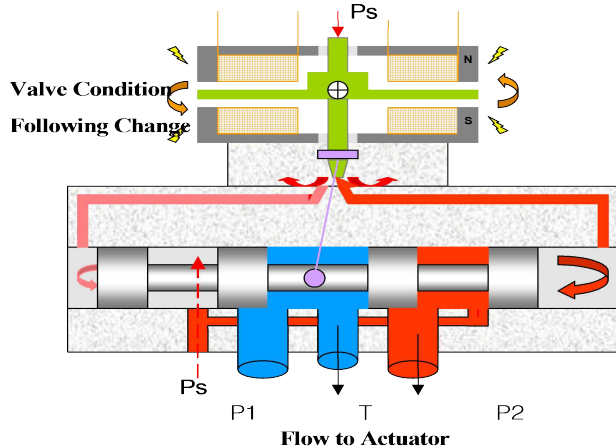
2.2. 유압 서보밸브

서보(Servo)의 어원은 라틴어이다. 영어로는 『Slave』이며 복종 또는 봉사를 의미한다. 유압 서보밸브는 전류 입력신호, 즉 명령에 대하여 오일의 흐름을 전환시키는 것으로서 속도/부하 제어의 하부 구동장치이다. 유압 서보밸브는 전기계와 기계계의 연계장치로서 보통 기계 기구의 위치, 속도, 힘 등의 제어에 이용된다.

유압 서보밸브는 증기밸브를 구동하는 구동부로서 전기신호에 비례하는 유량을 출력하는 적분형과 전기신호에 비례하는 압력을 출력하는 비례형이 있으나 여기서는 적분형에 대하여만 살펴보기로 한다.

2.2.1 제트 파이프 방식

서보밸브의 기본적인 구성 요소는 토크모터, 유압증폭기, 스톨이다. 유압증폭기는 노즐/플레퍼와 제트 파이프로 분류된다. 이 세 가지를 적당히 제작하여 조립하면 다음과 같이 동작한다.



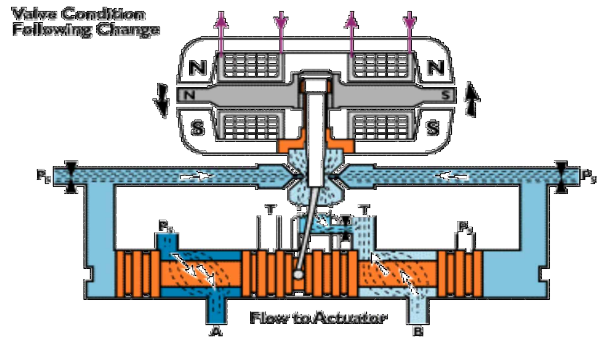
〈그림 5〉 제트 파이프형 서보밸브

전기 입력신호를 토크 모터에 인가하면 전기자 코일의 종단(終端)에 자기력이 발생된다. 이 자기력으로 인하여 제트 파이프 방식에서는 전기자와 제트 파이프가 이동하여 양쪽 유로에 유량의 차이가 발생하므로 스톨의 위치가 변동된다.

2.2.2 노즐/플레퍼 방식

전기 입력신호를 토크 모터에 인가하면 전기자 코일의 종단(終端)에 자기력이 발생된다. 이 자기력으로 인하여 노즐/플레퍼 방식에서는 굴곡 튜브 내에서 전기자와 플레퍼가 편향되어 유체의 흐름이 한 쪽은 감소하고 반대 쪽은 증가하여 스톨의 위치가 변동한다.

따라서 공급 포트가 제어 포트에 이동하고 귀환 포트는 다른 제어 포트에 이동한다. 스톨이 이동하면 피드백 스프링이 움직이고 전기자와 플레퍼(전기자와 제트 파이프)에 복원 토크가 발생한다.



〈그림 6〉 노즐/플레퍼 방식 서보밸브

복원 토크와 자기장의 토크가 같아지면 전기자와 플레퍼(전기자와 제트 파이프)는 중립점을 찾아가고, 스톨은 입력신호가 변동될 때까지 평형상태를 유지한다. 결과적으로 스톨의 개도는 입력전류에 비례하고 유체의 유량은 스톨 개도에 비례한다.

2.3. 원동기 제어용 솔레노이드

작동유 압력이 저압인 경우에는 보통 제어루프가 이중으로 구성되어 있고 유량증폭용 보조밸브가 있다. 즉, 압력이 낮아서 서보밸브를 통과하는 유량이 작으므로 보조밸브를 이용하여 유량을 증폭하여 작동기로 보낸다. 이와 같은 시스템에서는 과속도시 보조밸브를 통과하는 유량이 충분히 크므로 솔레노이드가 없어도 서보밸브의 동작으로 증기 밸브를 신속하게 개폐할 수 있다. 작동유 압력이 112kg/cm² 정도로 고압인 경우에는 보통 보조밸브가 없다. 이는 정상적인 운전상태에서 밸브를 제어하는 유량이 충분하기 때문이다. 그러나 부하차단 등으로 인하여 과속도가 발생한 경우에는 서보밸브의 제어동작만으로 증기밸브의 신속한 폐쇄를 위한 작동유의 유량이 충분하지 않으므로 최고 속도가 증가하게 된다. 따라서 별도로 설치된 솔레노이드를 동작시켜서 작동유를 신속하게 배출한다.

3. 결 론

근래에 우리나라에서 재생에너지의 증가와 더불어 가스터빈 제어의 기술자립을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이를 위해서는 신뢰성 있는 하드웨어는 물론 원동기와 발전기의 물리적 운전특성을 기초로 한 정상운전시의 제어 알고리즘도 중요하지만 작동유체의 유량을 조절하는 계측기와 구동기의 원리도 대단히 중요하다. 이 논문에서는 이러한 밸브의 개도를 검출하여 제어하는 계장기기의 원리에 대하여 소개하였으며 제어 시스템의 특성에 따라 적당한 방식을 선택하는 것이 중요하다.

[참 고 문헌]

- [1] “발전소 터빈과 전력계통 주파수 제어”, 전력연구원
- [2] “신경망 이용 동적모델 기반 가스터빈 제어 검증시스템 개발 중간보고서”, 전력연구원