

# 漁船의 自動化를 위한 油壓技術(Ⅲ)

부산수산대학교 기관공학과  
부교수 이 일 영

## 5. 유압 제어 밸브

### 5.1 유압 제어 밸브의 분류

유압 제어 밸브는 기능상 다음과 같이 분류된다.

- 압력 제어 밸브 { 릴리프 밸브, 감압밸브  
시퀀스 밸브, 언로드 밸브  
카운터 밸런스 밸브, 브레이크 밸브  
압력 스위치
- 유량 제어밸브 { 교축 밸브  
유량 조정 밸브(온도 보상형,  
과부하 릴리프형)
- 방향 제어 밸브 { 분류 밸브, 집류 밸브  
방향 변환밸브 { 수동 변환 밸브  
캠 변환 밸브  
전자 변환 밸브  
파일럿변환 밸브
- 체크밸브  
셔틀밸브  
프리필(pre-fill) 밸브  
디셀러레이션 밸브
- 복합 밸브 { 압력·유량·방향 { 모노 블록식  
복합 밸브 { 모듈러 식
- 비례 제어 밸브 { 비례 압력 제어 밸브  
비례 유량 제어 밸브  
비례 교축 변환 밸브  
비례 복합 밸브

- 서보 밸브 { 기계식 서보 밸브  
전기·유압식 서보 밸브
- 그외 { 2포트 카트리지 밸브(로직 밸브)  
디지털 제어 밸브 등

### 5.2 압력 제어 밸브

압력 제어 밸브 중에서 가장 대표적인 것은 릴리프 밸브이며, 이 밸브는 유압펌프의 출구측에 설치되어 펌프 출구 압력을 일정하게 유지하는 동시에 과잉의 기름을 탱크로 바이패스시키는 역할을 한다.

릴리프 밸브에는 직동형(그림 5-1)과 밸런스 피스톤형(그림5-2)이 있다.

직동형 릴리프 밸브의 구조와 릴리프 밸브의 유압기호를 그림5-1에 나타내었다. 직

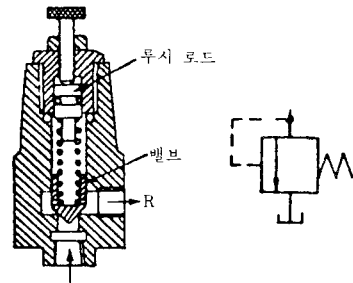


그림 5.1 직동형 릴리프 밸브

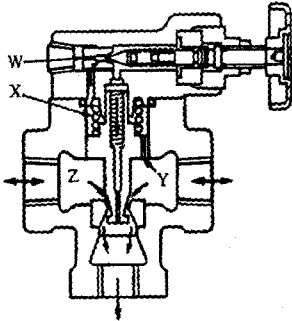


그림 5.2 밸런스 피스톤형 릴리프 밸브

동형 릴리프 밸브는 그림에 나타난 바와 같이 매우 간단한 구조로 되어 있다.

그림에서 압력유 입구의 압력이 스프링력보다도 작으면 밸브 피스톤은 스프링으로 눌러져서 밸브는 닫혀 있게 된다. 압력유 입구 압력이 스프링력보다도 커지면 압력유의 일부는 기름 배출구를 통하여 탱크로 흐르므로 과도한 압력 상승이 방지된다. 이 때 밸브가 열리기 시작하는 압력을 크래킹 압력(cracking pressure)이라 하고, 유압 펌프의 전 송출 유량을 탱크로 흘려 보낼 때의 압력을 릴리프 밸브설정 압력이라 한다. 이 두 압력의 차이를 오버라이드 압력(over-ride pressure)이라 부르는데, 직동형 릴리프 밸브는 오버라이드 압력이 큰 것이 결점이다. 또 고압, 대유량에서는 채터링(chattering)을 일으키기 쉬운 결점이 있다. 따라서 저압, 소유량의 경우에 한하여 사용되며, 밸런스 피스톤형 릴리프 밸브의 파일럿 밸브로서 널리 사용되고 있다.

그림5-2에 밸런스 피스톤형 릴리프 밸브의 구조를 나타내었다. 밸런스 피스톤 상에는 Z실과 X실을 연결해주는 모세관인 쇼크(choke, Y부)가 설치되어 있다. Z실의 압력이 릴리프 밸브 설정압력보다 낮으면 파일럿 밸브는 스프링력에 의하여 닫힌 상태가 되므로 Z실의 압력과 X실의 압력 및 W실의 압력은 모두 동일한 값으로 되고, 주 밸브는 스프링력에 의하여 닫힌 상태로 있게 된다.

Z실의 압력 즉, X실의 압력이 릴리프 밸브 설정 압력에 가까워지면 파일럿 밸브에 작용하는 유압력(=압력×포펫밸브의 수압면적)이 파일럿 밸브의 스프링력에 달하여 파일럿 밸브가 열리고 기름은 파일럿 밸브와 밸런스 피스톤의 중앙을 관통하여 탱크로 흐른다. 이 때 쇼크 전후에는 일정한 압력차가 발생하므로 X실의 압력이 떨어지게 된다. Z실의 압력이 더욱 높아져서 밸런스 피스톤 하부에 작용하는 유압력이 밸런스 피스톤 상부의 스프링력 및 유압력의 합력보다 커지면 밸런스 피스톤은 시트로부터 밀려 올라지고 Z실의 기름은 배출구를 통하여 탱크로 흐르게 된다. 이 때 밸런스 피스톤은 Z실의 압력을 설정압력으로 유지시킬 수 있을 정도로 열려서 과잉의 기름을 탱크로 되돌려 보낸다. 따라서 파일럿 밸브의 스프링력을 설정해줌으로써 펌프 출구 압력을 일정하게 유지시킬 수 있다.

릴리프 밸브를 통과하는 유량과 Z실의 압력과 관계는 압력 오버라이드(over-ride) 특성이라 하는데, 그림5-3에 그 예를 나타내었다. 여기에는 파일럿 밸브의 작동과 주 밸브의 작동이 합성되어 나타남을 알 수 있다.

그림5-2의 W실(일명 벤트실)의 벤트 포트에 전자밸브를 설치함으로써 릴리프 밸브

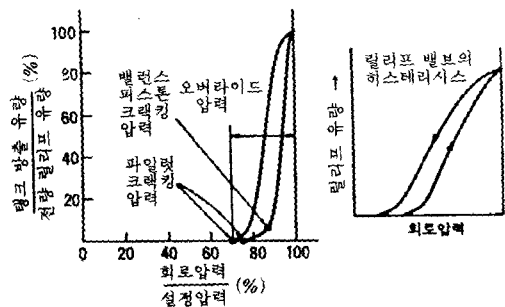


그림5-3 릴리프 밸브의 압력 오버라이드 특성

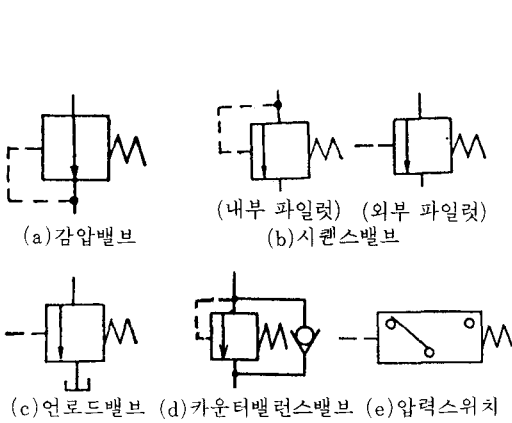


그림5-4 압력 제어 밸브의 유압기호  
(릴리프 밸브는 제외)

를 언로드 밸브로 사용할 수도 있고, 여기에 배관을 하여 그 끝에 또 하나의 파일럿 밸브를 접속하면 릴리프 밸브를 원격제어할 수가 있다.

압력 제어 밸브에는 릴리프 밸브 외에도, 회로압의 일부를 릴리프 설정압보다 낮은 압력으로 하기 위하여 사용하는 감압밸브, 여러 대의 유압 액츄에이터 사용시 순차 동작의 순서를 결정하는 시퀀스 밸브, 운전 도중 펌프를 무부하로 하기 위하여 사용하는 언로드 밸브, 한쪽 방향의 흐름은 자유롭게 하고 반대 방향의 흐름에는 설정된 배압을 부여함으로써 부하의 자유낙하(혹은 과속)을 방지하기 위한 카운터 밸런스 밸브, 회로압이 설정압력에 달하면 전기적 접점을 개폐하는 압력 스위치 등이 있다. 각종 압력제어 밸브들의 유압기호를 그림5-4에 나타내었다.

### 5.3 유량 제어 밸브

유량 제어 밸브에는 교축 밸브, 유량 조정 밸브, 분류 밸브, 집류 밸브 등이 있다

교축 밸브에는 그림5-5에서와 같이 니들형(포핏형) 스펴형, 노치형이 있다. 스펴형

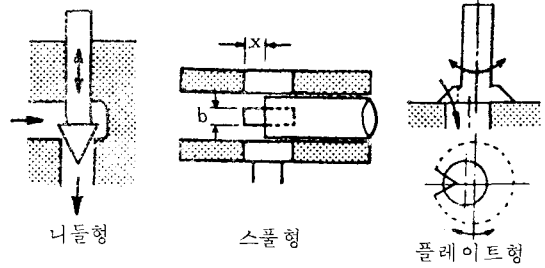


그림5-5 교축밸브의 형식

과 노치형은 전폐하여도 내부 누설이 있기 때문에 주의를 요한다. 교축하는 방식에는 초크 방식과 오리피스 방식이 있으며 오리피스 방식이 점도의 영향을 덜 받는다.

유량 제어 밸브 가운데서 가장 널리 사용되는 것은 가변 교축밸브와 유량 조정 밸브이다. 관로 도중의 교축 부분을 통하는 유량은 다음 방정식으로부터 구해진다.

$$Q = CA\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \dots\dots\dots (5-1)$$

여기서, Q는 유량이고, C는 밸브의 유량 계수로서 실험적으로 구해지는 값이다. A는 밸브의 유통 면적, ρ는 유체의 밀도, ΔP는 밸브 전후의 압력차이다.

위식의 우변에서 A를 제외한 다른 값들이 불변이라 가정하면, 유량Q는 밸브의 유통 면적 A와 비례 관계에 있음을 알 수 있다. 이것이 밸브를 사용한 유량 제어의 원리이다. 실제로는 압력차 ΔP가 일정한 경우라 하더라도 유량 계수 C는 A의 변화에 따라

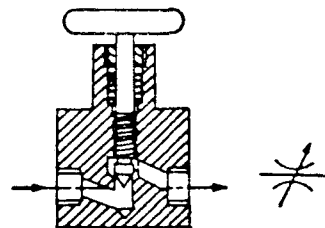


그림 5-6 가변 교축 밸브

다소 변하므로 Q와 A사이에 엄밀한 비례 관계가 성립하는 것은 아니다.

그림5-6은 가변 교축 밸브의 구조와 기호를 나타낸 것이며, 이러한 밸브로는 니들형 (needle type) 밸브를 많이 사용한다. 니들형 밸브를 사용하면 밸브회전에 따른 개도 (opening) 변화가 적어서 정밀한 유량 제어가 가능하고 폐쇄시 누설이 적은 이점이 있다. 위의 가변 교축 밸브의 결점은 밸브의 개도 A를 일정하게 해두고, 유량 계수 C가 거의 일정하다고 가정할 수 있는 경우라도 밸브 전후의 압력차  $\Delta P$ 가 변하면 유량이 변하는 데 있다. 밸브 직전의 압력, 즉 펌프로부터 공급되는 압력  $P_1$ 이 일정한 경우, 밸브 직후의 압력  $P_2$ 는 액추에이터에 작용하는 부하의 크기에 따라서 결정되므로, 부하가 커지면  $\Delta P (P_1 - P_2)$ 는 감소하고, 부하가 작아지면  $\Delta P$ 는 증가하게 된다. 따라서, 위의 가변 교축 밸브를 사용하게 되면 밸브 개도가 일정한 경우라도 부하에 따라 유량이 변하게 된다.

이러한 결점을 보완하여 유량이 압력차  $\Delta P$ 의 변화에 영향을 받지 않도록 설계된 밸브가 유량 조정 밸브 (flow control valve) 이다.

유량 조정 밸브는 그림 5-7과 같이 압력 보상용의 감압 밸브와 가변 교축 밸브로 구

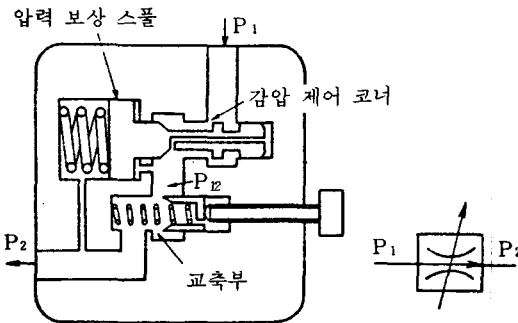


그림 5-7 유량조정밸브

성되며, 유량의 설정은 가변 교축 밸브의 조절로 이루어진다.

이 밸브에서, 가령 입구 압력  $P_1$ 이 높아지면 보상 밸브 내 압력  $P_2$ 도 높아지게 되면서 평형 상태가 깨지고 보상 밸브가 왼쪽으로 밀린다. 이 때문에 다시 가변 오리피스 (variable orifice)의 기름 통로가 좁아지고  $P_2$ 는 다시 낮아진다.  $P_2$ 가 낮아짐에 따라 차압  $\Delta P (P_1 - P_2)$ 는 원래의 값으로 되돌아가므로, 유량은 일정하게 유지된다.

분류 밸브란 입구유량을 일정한 비로 분할하여 2개의 출구로 내보내는 밸브를 말하며, 집류 밸브란 분류 밸브와는 역으로 각각의 입구 유량을 일정비로 모아서 1개의 출구로 내보내는 밸브이다. 또 하나의 밸브로서 분류, 집류를 동시에 행하는 것도 있다.

#### 5.4 방향 제어 밸브

액추에이터의 운동 방향을 제어하기 위해 유체 흐름의 방향을 바꾸거나 정지시키는 밸브를 방향 제어 밸브라 한다. 방향 제어 밸브는 크게 포핏형 (poppet type)과 스톱형 (spool type)으로 나누어진다.

그림5-8에 포핏형 밸브의 일종인 체크 밸브의 구조를 나타내었다. 이 밸브에서는 1차측에서 2차측으로는 기름의 유동력이 스프링의 힘을 이겨서 포핏을 누르고 자유로이 흐르지만, 반대방향으로는 흐르지 못하게 되어 있다.

포핏형 밸브는 뒤에 설명할 스톱형 밸브

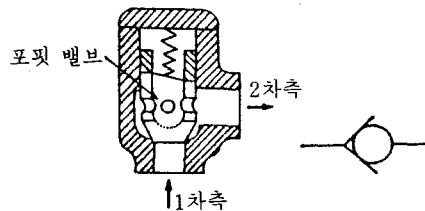


그림 5-8 체크 밸브

에 비해 완전히 닫혔을 때 거의 누설이 없는 것이 특징이다. 그 이유는 포핏 밸브의 경우 밸브와 시트 사이의 접촉이 선접촉(line contact)으로 되기 때문이다.

최근 대유량 제어용으로 많이 사용되고 있는 2포트카트리지 밸브(일명 로직 밸브)는 포핏형 밸브의 일종으로서, 그림5-8과 같은 체크 밸브를 더욱 발전시킨 형태라 할 수 있다.

그림5-9에 스펴밸브의 구조 및 기호를 나타내었다. 고정된 중공 원통의 슬리브(sleeve) 속에서 랜드(land)를 지닌 스펴(spool)이 축방향으로 직선적으로 움직여서 슬리브에 가공된 구멍들이 서로 통하게 하여 흐름의 방향을 변환하는 밸브이다. 스펴형 방향변환 밸브의 밸브포트(port)는 일반적으로 펌프 포트P, 탱크 포트(레저버 포트)R, 액츄에이터 포트 A,B의 4포트로 구성된다. 스펴형 방향 변환밸브는 밸브 포트의 수, 방향의 수(기호에서 화살표의 수), 위치 수(기호에서 사각형의 수), 스펴 조작 방법, 스펴이 중립 위치에 있을 때의 밸브 포트 사이의 연결 형태 등에 따라 분류할 수 있다.

스플식 방향 변환 밸브를 분류하여 그림 5-10에 나타내었다.

전자 밸브(solenoid valve)에 사용되는 전자석에는 교류용과 직류용이 있으며 표5-1과 같이 각각의 특성이 다르므로 용도에 따라서 선택된다. 또 교류용 직류용 공히 드라이형과 웨트형 솔레노이드(가동 철심이 기름 속에 있음)가 있으며 웨트형은 교류용에서 자기(磁氣)효율이 나쁜 결점이 있으나 기름의 쿠션 작용으로 충격과 소음의 적은 이점

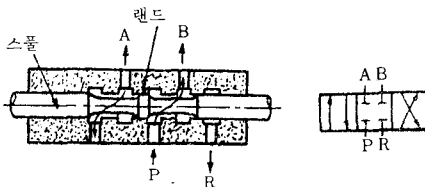


그림 5-9 스펴 밸브

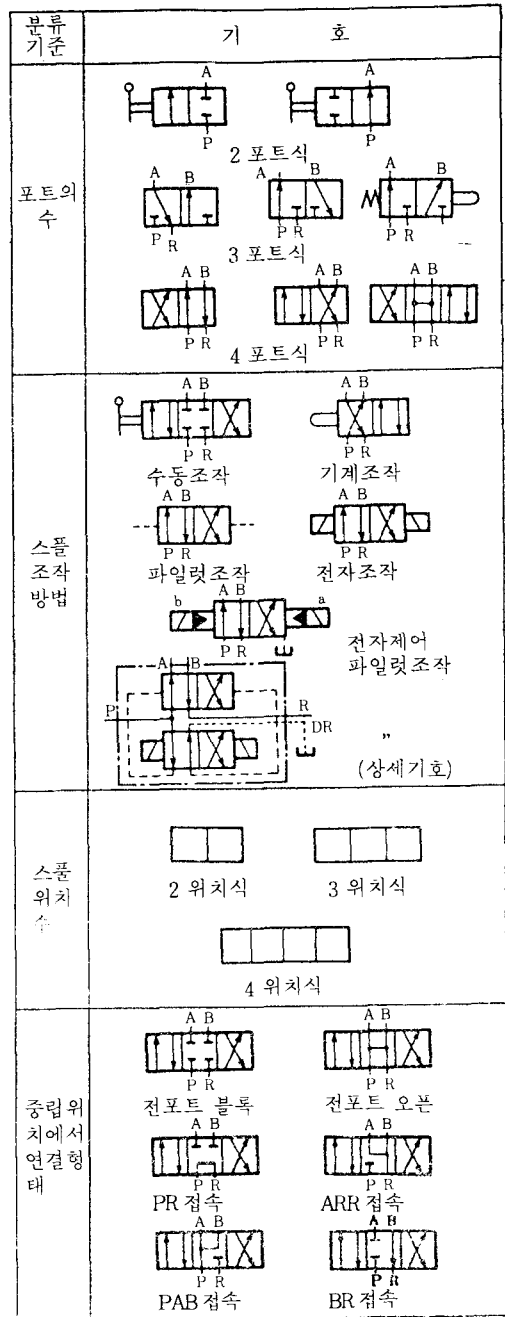


그림 5-10 스펴식 방향 변환 밸브의 종류

때문에 최근에는 3/8인치 사이즈의 것에까지도 이용되게 되었다.

표5-1 교류, 직류 전자석의 특성 비교

성 능	교류 전자석	직류 전자석
기동전류(순간전류)	대	보지(保持) 전류와 동
작동속도	빠르다	느리다
코일의 소손	있다	없다
형상증량	소	대
변환시의 유체적, 기계적 충격	대	소
내구력 및 안정성	소	대

방향 제어 밸브에는 상기의 변환 밸브, 체크 밸브 외에도 파일럿 라인 중에 사용되어 2개의 입구 압력중 높은 쪽을 출구로 유도하기 위하여 사용되는 셔틀 밸브, 프레스 등에서와 같이 대기압의 기름을 대량으로 흡입하는 경우에 사용되는 프리필 밸브, 액츄에이터를 감속시키기 위하여 캠 등의 기계적인 방법으로 교축 밸브를 조작하여 유량을 서서히 감소시키는 디셀러레이션 밸브 등이 있다.

### 5.5 복합 밸브

릴리프 밸브, 체크 밸브, 방향 변환 밸브 등을 하나의 밸브 본체 속에 포함시켜 일체

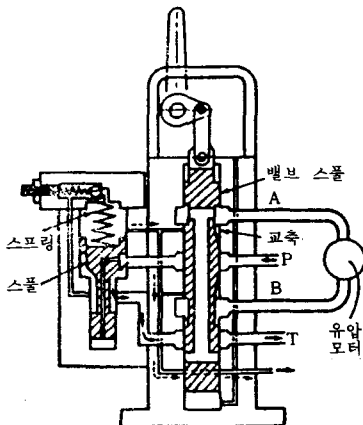


그림 5-11 박용 밸브

로 만든 밸브를 복합 밸브라 한다. 복합 밸브는 건설 기계, 선박 기계 등에서와 같이 설치 면적이 좁아서 밸브를 밀집시켜 배치해야 하는 경우에 많이 사용된다.

복합 밸브에는 몇 개의 밸브를 하나의 밸브 본체속에 포함시켜 일체로 한 모노 블록형 복합 밸브와, 기능이 다른 수 개의 밸브를 쌓아 올려서 볼트로 결합시키는 모듈러형 복합 밸브가 있다.

그림5-11은 선박에서 사용되는 박용 밸브라 불리는 일종의 복합 밸브를 나타낸 것이다. 이것은 릴리프 밸브와 유량 조정식 방향 변환 밸브가 일체로 된 밸브이며, 원치류의 정회전, 역회전, 정지는 물론 회전 속도의 무단 변속도 가능하게 되어 있다.

### 5.6 비례 제어 밸브

비례 전자밸브란 범용 제어밸브를 응용 설계하여 서보 밸브의 기능에 가까운 기능을 얻을 수 있도록 만든 밸브로서, 솔레노이드에 흐르는 전류에 비례하여 압력혹은 유량을 제어하게 된다. 비례전자 밸브의 특징을 요약하면 아래와 같다.

- ① 전기신호에 의하여 원격 조작이 가능하다. 따라서 피드 백 제어가 가능하다.
- ② 1개의 밸브로서 종래에 복수 개의 밸브로 수행하던 조작을 행할 수 있으므로 유압회로가 현저히 간략화된다.
- ③ 서보 밸브와 비교하여 보수관리가 용이하고, 작동유의 오염에도 비교적 잘 견딘다.
- ④ 전용 앰프에서 디더(dither)신호를 걸어서 철심에 진동을 가해 주므로 히스테리시스 특성이 좋고, 공진 주파수가 50Hz 정도의 것도 만들어 진다.

비례 전자밸브는 직류 솔레노이드에 직류 전류를 흐르게 하면 그림 8의 화살표 방향으로 힘이 발생하며, 이 힘은 전류의 크기에 비례하는 원리를 이용한다. 이 솔레노이드에

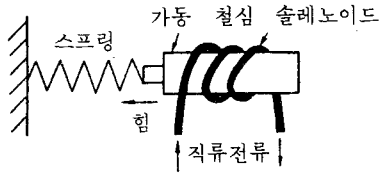


그림 5.12 비례 솔레노이드의 작동원리

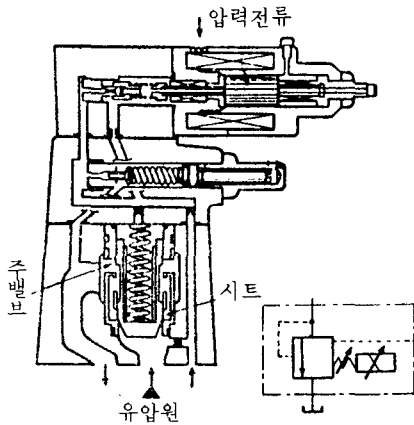


그림 5.13 비례전자 릴리프 밸브

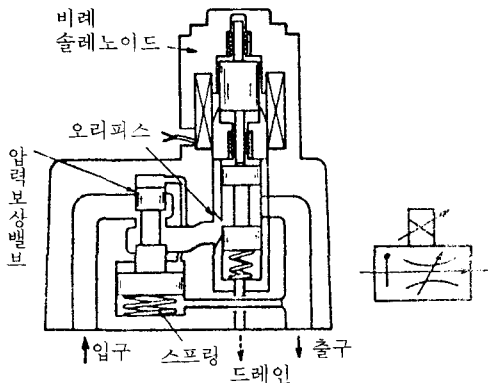


그림 5.14 비례전자 유량조정 밸브

스프링을 조합함으로써 전류에 비례하는 힘 또는 위치가 얻어진다.

그림 5.12에 비례 압력제어 밸브의 예를 나타내었다. 이 밸브는 소형의 비례전자식

파일럿 밸브와 파일럿 동작형 릴리프 밸브를 일체로 조합한 것으로 유압시스템내의 압력을 입력전류에 비례하여 제어할 수가 있다.

비례전자식 유량조정 밸브(그림5.13)를 사용하면 설정유량을 입력전류에 비례하여 연속적으로 변화시킬 수 있기 때문에, 액추에이터의 기동, 정지, 변속을 충격없이 행하는 경우 등의 목적에 가장 유효하게 사용할 수 있다. 비례전자 밸브에는 이외에도 여러 종류의 비례 복합밸브가 있다.

비례제어 밸브를 사용하여 유압제어회로를 구성하려면 제어밸브 외에도 지령신호의 발생부분(설정기), 파우어 증폭기, 압력 및 유량을 검출 하는 검출기 등이 필요하다.

### 5.7 서보밸브

서보(servo)라는 말은 라틴어의 *servus* (노예)라는 말에서 유래한 것으로 서보 밸브란 전기 또는 그 외의 입력신호(함수)에 의하여 유량 또는 압력을 제어하는 밸브를 말한다.

#### (1) 기계식 서보 밸브(안내 밸브)

기계식 서보 밸브는 전기·유압 서보 밸브보다도 더욱 오래전부터 대형내연기관의 조속기, 선박의 조타장치, 공작기계에 사용되어 왔으며, 그림 5.15에 나타난 것은 공작기계, 용접기 등에서 사용되는 모방 제어

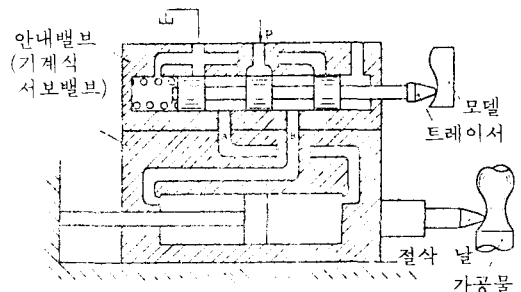


그림 5.15 기계식 서보 밸브

용의 기계식 서보 밸브이다. 그림에서 트레이서 헤드가 모델에 의하여 눌려지면 P부로부터 B부로 기름이 유입하여 실린더를 트레이서 헤드가 동방향으로 같은 크기만큼 추종 이동시킴으로 공작물은 모델과 같은 모양으로 가공된다.

(2) 전기·유압식 서보 밸브

전기·유압식 서보밸브는 일반적으로 수 mW 정도의 미약한 전기입력신호에 의하여 수마력 내지 수백마력에 상당하는 유압동력 (압력 200~300kgf/cm<sup>2</sup>, 유량 4000 l/min) 의 제어가 가능한 전기·유압 변환기이다. 또

한 서보 밸브는 응답성이 매우 뛰어나서 주파수 200~500Hz까지 추종하는 것도 있다.

그림 5.16에 대표적인 유량제어 서보밸브 (노즐 플래퍼에 작용하는 힘을 피드백하는 방식)를 나타내었다. 입력전류가 코일에 흐르면 아마추어에 자기적 특성이 부여되어 플래퍼가 한쪽으로 기울어져서 노즐의 배압을 변화시킨다. 좌우 노즐 배압의 차에 의하여 스톱에 변위가 일어나며, 이 때 아마추어와 일체로 되어 있는 피드백 스프링에는 자기적 토크와는 정반대의 토크가 가해짐으로 플래퍼는 중립위치쪽으로 어느 정도 되돌아와서 정지하게 된다.

이상과 같은 원리에 의하여 서보 밸브의 스톱은 입력전류의 극성과 크기에 비례하는 밸브의 개도를 유지하게 된다.

서보 밸브 종류로는, 밸브 출력에 따라서는 유량 제어 서보밸브 외에 압력 제어서보 밸브가 있고, 전단증폭부의 종류에 따라서는 노즐 플래퍼 밸브, 안내밸브(기계식 서보 밸브)외에 제트 파이프 방식이 있으며, 피드백 방식에 따라서는 스프링 평형식, 힘 피드백식, 위치 피드백식, 압력 혹은 유량 피드백식 등이 있다. 서보 밸브는 거의 대부분 폐(閉)루프를 구성하여 피드백 제어를 행하는 경우에 사용되며, 이렇게 함으로써 고정도제어가 가능한 것이 특징이다.

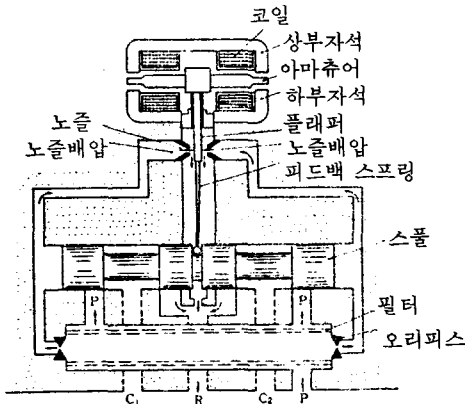


그림 5.16 전기·유압 서보 밸브

수산물은 맛도 일등!  
영양도 일등!