

procon.co.kr

계장기술

<http://procon.co.kr>

6-8분

기술정보 압력 조절 밸브(PRV : Pressure Regulating Valve) <2회>

페이지 정보

작성자 최고관리자 댓글 [0건](#) 조회 1,329회 작성일 22-05-13 16:45

본문

<글 읽는 순서>

1. 압력 조절 밸브(PRV)의 정의
2. 자동제어 밸브(Control Valve)와의 차이
3. PRV 분류
 - 1) Pressure reducing regulator / Back-pressure regulator / Differential pressure regulator
 - 2) Direct-operated regulator / Pilot-operated regulator
 - 3) Internal Sensing / External Sensing
4. Pilot-operated regulator의 종류
 - 1) Unloading type
 - 2) Two-path control type
5. PRV 유량 곡선 및 관련 용어
6. PRV 선정 시 주의 사항

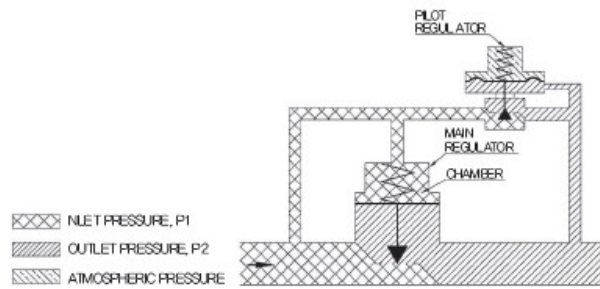
4. Pilot-operated regulator의 종류

Pilot operated regulator의 종류에는 세부적으로는 여러 가지 방식으로 나눌 수 있지만, 일반적으로 사용되는 Regulator들을 크게 보면, Unloading 방식 또는 2-path control 방식으로 나눌 수 있다.

1) Unloading type

Unloading type은 <그림 7>에서 보듯 Main valve port 위에 별도의 챔버가 존재하고, 그 챔버는 밸브 전단과 연결되며, 챔버와 밸브 후단 사이에 Pilot valve가 연결되어 있다. Pilot valve는 밸브 후단의 압력이 세팅 압력보다 크면 닫히고, 작으면 열리게 설계되어 있다.

Pilot valve가 닫히면 밸브 전단의 압력이 챔버에 차고, 챔버 내의 스프링의 힘과 더해져 Regulator를 닫는다. Pilot valve가 열리면 챔버에 차있던 압력이 Pilot valve를 통해 Regulator 후단으로 빠져나가 밸브 전단의 압력이 Main valve의 port를 위로 밀어 올리면서 Regulator가 열린다. 결과적으로 Pilotvalve는 챔버 내의 압력을 조절해주는 역할을 하며, Main valve의 움직임은 오로지 Pilot valve의 움직임에 전적으로 결정된다.



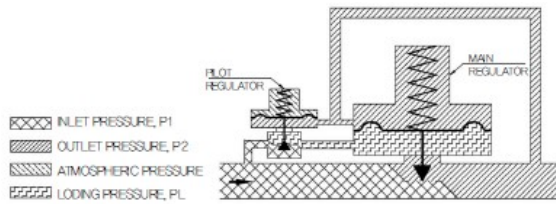
(그림 7) Unloading type regulator의 schematic

Unloading type은 챔버에 공급되는 밸브 전단의 압력 전달 속도와 Pilot valve가 챔버 내의 압력을 빼주는 속도의 상관관계에 따라 동작을 하는 방식이기 때문에 밸브 전단과 챔버의 연결부에 유체의 속도를 조절해주는 장치 (Restrictor 또는 Speed controller)가 추가된다. 장치의 조절에 따라 Regulator의 열리는 속도와 닫히는 속도를 조절할 수 있다. 장치를 더 많이 열면 Regulator는 더 빨리 닫히고 천천히 열리게 되고, 더 많이 닫으면 Regulator는 더 천천히 닫히고 빨리 열리게 된다.

Unloading type은 동작 과정에서 밸브 후단의 압력이 Pilot valve의 압력 감지 및 동작에만 사용될 뿐 Main valve의 움직임에 영향을 주지 않는다. 따라서 항상 Pilot valve가 먼저 움직이고, 그에 따른 챔버 내의 압력 변화에 따라 Main valve가 움직이므로 Regulator 전체의 반응 속도는 Two-path control type에 비해 상대적으로 느다.

2) Two-path control type

Two-path control type은 Unloading type에 비해 조금 더 복잡한 구조를 갖고 있다. Unloading type과의 가장 큰 차이점은 밸브 후단의 압력이 단지 Pilot valve의 동작에만 사용되는 것이 아니라, 실제 Main valve의 움직임에도 직접적인 영향을 준다. 그러므로 Two-path control type이 Unloading type에 비해 압력 변화에 따른 반응 속도가 빠르다.



<그림 8> Two-path control type regulator의 schematic

동작 원리를 설명하면, <그림 8>에서 보듯 밸브 후단의 압력이 직접적으로 Main valve 내의 Diaphragm(또는 piston)을 아래로 눌러 Main valve를 닫는 작용을 한다. 이 반응은 Pilot valve의 동작에 상관없이 직접적으로 이루어지기 때문에 움직임이 매우 빠르다. 하지만 이것은 Regulator의 압력 세팅 값과 상관없이 이루어지는 부정확한 동작이며, 최종 제어는 Pilot valve의 압력 감지 및 움직임에 따라 정확하게 이루어진다.

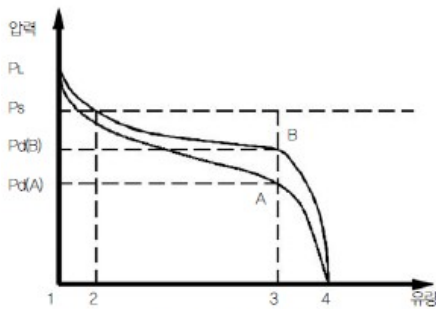
Two-path control type의 동작 원리는 다음과 같다. 밸브 후단의 압력이 세팅 압력에 가깝게 올라가면 Main valve 챔버 상단을 그 압력으로 누르게 되어 Regulator를 닫는 방향으로 먼저 움직이게 만든다. 동시에 Pilot valve가 밸브 후단의 압력을 감지하여 세팅 압력보다 높을 경우에는 Pilot valve가 Main valve 챔버로 들어가는 압력을 차단시켜 챔버 상단의 압력으로 Regulator는 세팅 압력까지 더 닫힌다. 이와 반대로 밸브 후단의 압력이 세팅 압력보다 내려가 면 Main valve 챔버 상단에 가해진 압력이 줄어 Main valve는 열리는 방향으로 먼저 움직인다. 동시에 Pilot valve가 밸브 후단의 압력을 감지하여 세팅 압력보다 낮을 경우에는 Pilot valve가 열려 밸브 전단의 압력을 Main valve 챔버 하단으로 전달해 Regulator는 세팅 압력까지 더 열린다.

이렇게 Two-path control type의 첫 움직임은 밸브 후단의 압력이 직접 작용해 더 빠르고, 최종 움직임은 Ppilot 에 의해 정확하게 되어 안정적인 압력 유지를 가능하게 만든다.

5. PRV 유량 곡선 및 관련 용어

<그림 9>에서 보듯 유체의 압력이 세팅 압력(P_s)보다 크게 높은 상태에서는 유체가 흐르지 않아 유량은 0이 된다. 유체의 압력이 세팅 압력 근처까지 떨어지면 (1-2구간) 유량이 발생하기 시작한다. 세팅 압력이 되면 조그만 압력의 변화에도 유량이 크게 증가하는데, PRV는 일반적으로 이 범위(2-3구간) 내에서 사용하여야 안정적인 압력 조절이 가능하다. 압력이 일정 값 이하로 떨어지면 (3-4구간) 압력이 계속 변하여도 유량은 더 이상 크게 늘어나지 않으며, 이 구간에서는

압력 조절이 거의 되지 않기 때문에 PRV의 Capacity에 포함하지 않는다.



<그림 9> PRV의 유량 곡선

•Capacity : <그림 9>의 3지점. 즉, 유량 압력 조절이 가능한 상태에서의 최대 유량을 말한다. 4지점은 PRV가 최대로 열렸을 경우의 유량이나, 3지점 이후에서는 압력 조절 능력이 떨어지므로 capacity에 포함하지 않는다.

•Lock up : PL과 Ps의 차이. PRV의 Seating Force와 연관이 있으며, 작을수록 좋다. Metal seat의 경우 Lock up이 크다.

•Droop : Ps-Pd의 차이. <그림 9>에서 2-3 사이의 평평한 구간으로 Droop이 작을수록 압력 유지의 정밀도가 높으며, 일반적으로 Direct operated type의 경우 10~20%, Pilot operated type의 경우 1~5% 정도이다. <그림 9>에서 보면 B유량 곡선이 A유량 곡선보다 Droop이 작아 정밀도가 좋다고 볼 수 있다.

•Spring range : Setting range라고도 하며, PRV의 세팅 스프링을 조절하여 세팅 압력을 조절할 수 있는 범위를 말한다.

6. PRV 선정 시 주의 사항

1) 사용 및 Application

배관 압력 강하용, 밸브 전단 압력 유지용, 차압 유지용 등 압력 조절을 원하는 방식에 따라 선정되어야 하는 모델이 다르며, 용도·허용 리크량·요구하는 정확도, 유체의 차압 조건·취부 장소 조건 등에 따라 선정 모델이 달라질 수 있다.

2) 유체 압력, 온도와 유체 특성

유체의 압력과 온도에 따른 재질 선정이 필요하며, 유체특성에 따라 재질 선정을 해야한다. PRV에 PTFE, 고무 등과 같은 탄성체로 만들어진 부품이 들어가는 경우가 많으므로 유체 특성(부식성, 내열성 등)을 충분히 파악하고, 세부 부품의 재질 선정을 해야 한다. 또한 PRV의 감압비에는 한계가 있어 제품의 감압비를 넘어가는 경우, 여러 PRV를 단계적으로 사용하여 다단감압을 할 수도 있다.

3) Strainer 설치

정기 정비뿐만 아니라 시운전 시 이물질에 의한 손상 등이 발생할 가능성이 많아 이때도 수리가 용이하도록 PRV 전단에 반드시 Strainer를 설치해야 한다. PRV는 외부의 구동력 없이 유체의 힘만으로 작동하기 때문에 이물질에 의해 파트의 움직임에 필요한 힘이 커지면 구동력이 부족 해져 동작에 문제가 생길 수 있다. 또 Pilot valve, Restrictor 와 같이 작은 부품들이 많이 있기 때문에 이물질이 부품 사이에 들어가 Leak가 생기거나 오동작을 일으킬 수가 있다.

4) Leak Class

PRV도 Control valve와 같이 Leak class가 존재한다. PRV는 외부의 구동력 없이 유체의 힘으로만 움직이기 때문에 필요한 Seating force 대비 충분한 구동력을 갖기가 Control valve에 비해 어렵다. 일반적인 온도, 유체에 사용하는 고무 재질의 시트의 경우 Zero-leak가 가능하여 문제가 없지만, Metal seat를 사용해야 하는 경우 Leak classⅢ나 IV가 일반적이다. 특히 고온용 Steam valve의 경우 반드시 Metal seat를 사용하고, 모든 탄성체 사용이 불가 하므로 제조사들은 Leak class를 특정하지 않고, 항상 흐르는 경우에서 압력을 유지해주는 용도로만 사용하는 경우도 있다.

유체가 흐르고 있는 상황에서의 압력 조절은 Leak class 의 영향을 크게 받지 않으나, PRV가 완전히 닫힌 상태에서 압력을 반드시 세팅값으로 유지해야 한다면 Leak가 조금만 있어도 문제가 된다. 예를 들어 10 BarG에서 5 BarG로 압력을 낮추어 주는 Pressure reducing regulator 의 경우, 유체가 흐르고 있는 상태에서 Regulator가 밸브 후단의 압력을 5 BarG로 잘 유지해 주더라도 Regulator 후단이 완전히 밀폐된 상황이 발생하면 Regulator의 허용 Leak가 있다면 Regulator 후단 배관은 결국 10 BarG까지 올라가게 된다. 따라서, 배관 시스템 구성시에는 PRV의 허용 Leak class를 반드시 고려해야 한다.

5) Capacity

Capacity는 PRV가 일정한 Droop 이내에서 보장하는 유량이다. PRV가 압력 조절을 원활히 하기 위해서는 적절한 Capacity의 PRV를 선정하는 것이 매우 중요하다. 만약 필요한 유량에 비해 PRV의 Capacity가 너무 작으면 PRV가 세팅 압력에 정확히 동작을 하더라도 충분한 유량을 흘려보내지 못하여 압력 조절이 제대로 되지 않을 수 있다. 또한 필요한 유량에 비해 PRV의 Capacity가 너무 크면

PRV의 작은 움직임에도 배관 압력이 위아래로 크게 요동치는 문제가 발생할 수 있다. PRV의 Capacity는 PRV의 바디 사이즈, 트림 사이즈, PRV 타입에 따라 달라지므로 필요한 유량과 PRV의 Capacity를 비교하여 적절히 선정해야 한다.

6) Fail action

PRV의 Fail action은 Control valve의 Fail action과 성격이 다르다. Control valve에서는 Control valve 자체의 Fail이 아닌 Supply air fail 또는 Signal fail을 말하며, Supply air나 Signal이 fail 된 경우 Control valve를 Open 또는 Close로 움직이기 위해 스프링이나 Air tank를 구동부에 사용하게 된다.

그렇지만 PRV에는 외부에서 공급되는 Supply air나 Signal이 없기 때문에 Fail의 정의가 Control valve와는 다르게 PRV 자체에 문제가 생긴 경우를 의미한다.

PRV 자체 Fail 유형을 크게 나누면 다음과 같다. 1) 압력 감지부 Diaphragm이 손상된 경우, 2) Main spring이 손상된 경우, 3) pilot spring이 손상된 경우, 4) 압력 감지 Line이 손상된 경우, 5) Pilot valve와 Main valve 사이의 Line이 끊어지거나 막힌 경우 하나의 PRV에도 여러 가지 Fail 유형에 따라 Open 또는 Close가 다르므로, PRV의 Fail position을 논하는 경우에는 Fail 유형을 반드시 특정 하여야 한다.

- [목록](#)
- [답변](#)
- 이전글 [CIP 보안의 개요 <1회>](#) 22.05.13
- 다음글 [디지털 트윈을 통한 플랜트 운영의 변혁\(Transform Operations with Digital Twin\)](#) 22.05.13