

procon.co.kr

계장기술

<http://procon.co.kr>

6-8분

기술정보 압력 조절 밸브(PRV : Pressure Regulating Valve) <1회>

페이지 정보

작성자 최고관리자 댓글 [0건](#) 조회 8,036회 작성일 22-04-15 16:04

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 주의사항

1. 압력 조절 밸브(PRV)의 정의

압력 조절 밸브 / PRV(Pressure Regulating Valve) 또는

Pressure Regulator는 유체를 원하는 압력으로 유지시켜주는 장치다. 외부의 힘으로 움직이는 구동부가 없이 배관에 흐르는 유체의 힘에 의하여 동작하기 때문에 자력식 조절 밸브(Self-acting pressure regulating valve)라고 부르기도 한다. 밸브 후단의 압력을 조절해주는 경우 실제 압력이 세팅 압력보다 낮으면 밸브가 더 열려(더 많은 유체가 흘러) 밸브 후단의 압력이 올라가고, 세팅 압력에 근접하면 밸브가 점점 닫혀 압력을 세팅 압력 근처에서 유지해준다. 반대로 실제 압력이 세팅 압력보다 높은 경우에는 밸브가 점점 닫혀 흐르는 유량을 감소시키거나, 완전히 멈추게 하여 밸브 후단의 압력을 세팅 압력까지 낮춰준다. 비슷한 기능을 하는 자동제어 밸브(Control valve)와의 비교를 통해 PRV를 더 잘 이해할 수 있다.

2. 자동제어 밸브(Control Valve)와의 차이점

많은 경우 프로세스의 압력을 조절하기 위해 PRV 또는 Control Valve를 사용할 수 있다. 압력을 조절하려는 목적은 같으나, 그 특성은 매우 다르다. Control Valve의 가장 큰 차이점은 압력 검출기(Pressure transmitter), 제어기(Controller) 그리고 Control Valve로 이어지는 하나의 Control Loop를 구성하여야 하나, PRV는 그 자체로 압력을 검출하여 스스로 움직이게 되므로 Control Loop를 구성할 필요가 없다. 또한 Control Valve는 그 동작을 위하여 압축 공기, 전기 또는 유압으로 움직이는 별도의 구동부가 필요하지만, PRV는 유체의 압력으로 동작하기 때문에 별도의 외부 구동 에너지가 필요 없다. 이러한 특성 때문에 PRV는 일반적으로 구매와 설치, 유지보수 비용이 Control loop를 구성하는 것보다 저렴하다. 반면에 PRV는 압력 조절의 정

밀도가 떨어지고, 세팅 압력 또한 일정 범위 내에서만 원격이 아닌 수동으로의 변경만 가능하게 된다. 또한 고온, 고압에는 사용이 제한되고, 그 구동이 Supply air에 영향을 받지 않으므로 Air Fail Safe 기능을 가질 수 없다. PRV와 Control Valve의 주요 특성을 비교하면 표 1과 같다.

3. PRV 분류

1) Pressure reducing regulator / Back-pressure regulator / Differential pressure regulator

여기에서는 Pressure reducing regulator와 Back-pressure regulator 그리고 Differential pressure regulator를 설명한다.

① Pressure reducing regulator

밸브 전단의 압력(Inlet pressure)을 원하는 압력으로 낮추어 밸브 후단(Outlet Pressure)의 압력을 일정하게 유지시켜주는 밸브이다. 보통은 압력 변화에 민감한 장치 전단에 장착된다. 최초 압력 설정 후에는 밸브 전단의 압력의 변화에 크게 상관없이 밸브 후단의 압력이 일정하게 유지된다. 밸브 후단의 압력이 세팅 압력보다 낮으면 밸브가 더 많은 유체를 흘려 밸브 후단의 압력을 올려주고, 반대의 경우에는 흐르는 유량을 감소시키거나 완전히 멈추게 하여 밸브 후단의 압력을 세팅 압력까지 낮춰준다. 일반적으로 PRV 또는 Regulator라고 칭하는 경우에 Pressure reducing regulator를 의미한다. 여기에서는 Pressure reducing regulator를 기준으로 PRV의 형태나 원리 등을 설명할 것이다.

② Back-pressure regulator

밸브 전단의 압력을 원하는 값으로 유지시켜주는 밸브이다. 밸브 전단의 압력이 세팅 압력보다 낮으면 밸브는 닫히고, 세팅 압력보다 높으면 밸브가 열리면서 유체를 흘려보내어 밸브 전단의 압력을 세팅 압력까지 낮춰준다. 작동 방식은 Pressure relief valve와 비슷하지만, Pressure relief valve는 과도한 압력으로부터의 보호를 위해 일정 압력 이상에서 순간적으로 큰 유량을 내면서 열리는 반면, Back-pressure regulator는 밸브 전단의 압력을 일정하게 유지시켜주는 제어(Control) 기능을 한다.

③ Differential pressure regulator

밸브 전단의 압력과 후단의 압력의 차이를 일정하게 유지시켜주는 밸브이다. 감지된 차압이 세팅 값보다 클 경우에 밸브가 더 열리면서 유체를 흘려보내 밸브 전단과 후단의 압력 차이를 줄이고, 반대로 차압이 세팅 값보다 작을 경우에는 밸브가 닫히면서 밸브 전단과 후단의 압력 차이를 세팅 값까지 올려준다.

〈표 1. PRV와 Control Valve의 비교〉

PRV	Control Valve
저비용	고비용
자체 압력 감지, 압력 조절	Control Loop 구성 필요
구동용 압축공기, 전원 필요 없음	구동용 압축공기 또는 전원이 필요함
원격 세팅 불가, 현장 수동 세팅	외부 컨트롤러에서 제어 가능
Air fail safe 불가	Air Fail Open/Close 구현 가능
재질 구성이 제한됨	다양한 재질 옵션
압력 사이즈 구성이 제한됨	압력, 사이즈 선택의 폭이 넓음
액세서리 선택이 제한됨	Position Feedback, Limit Switch 등 다양한 액세서리 장착 가능
낮은 정밀도	높은 정밀도

2) Direct-operated regulator / Pilot-operated regulator

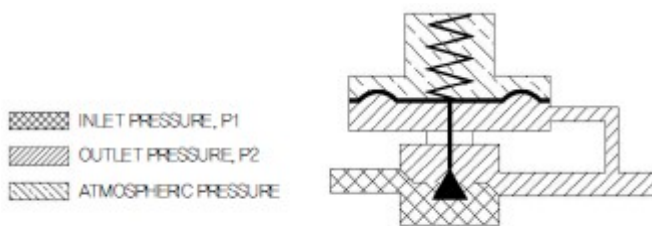
여기에서는 Direct-operated regulator와 Pilot-operated regulator를 설명한다.

① Direct-operated regulator

Direct-operated regulator는 가장 간단한 형태의 PRV이다.

일반적으로 구동부가 Diaphragm 또는 Piston으로 나뉘며, 나뉜 구간 상단의 스프링과 하단에 가해진 유체의 압력의 차이에 따라 그에 연결된 밸브의 포트가 열리고 닫히게 된다. <그림 1>에 보이듯 유체의 압력이 세팅된 스프링의 힘보다 커져 Diaphragm을 위로 밀어 올리면, 그에 연결된 포트도 함께 올라가면서 밸브를 닫아 밸브 후단의 압력을 줄여준다. 반대로 유체의 압력이 세팅된 스프링의 힘보다 작으면 스프링이 Diaphragm과 그에 연결된 포트를 아래로 밀어 밸브가 열리고, 밸브 후단의 압력을 올려주게 된다. 유체 압력의 변화에 따라 포트가 실시간으로 반응하므로 움직임에 지연이 없다. 하지만 포트의 행정 거리가 압력 변화에 직접 비례하여 Droop 및 Lockup이 크게 된다. (5. PRV 유량 곡선 및 관련 용어 참조)

Direct-operated regulator는 Pilot-operated regulator에 비해 구조가 간단하고, 취급이 용이하며, 가격이 저렴하다. 반면 구조적 특성상 사용 압력 및 온도 범위가 제한되며, 압력 조절의 정밀도가 상대적으로 낮다. 또한, 대구경으로 제작이 어려워 대부분 작은 사이즈로 제작된다.



<그림 1> Direct-operated regulator의 schematic



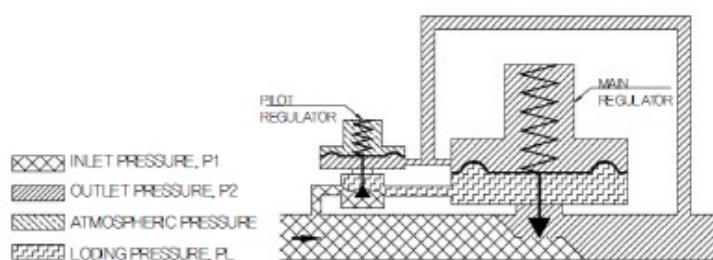
<그림 2> Direct-operated regulator의 단면

② Pilot-operated regulator

Pilot-operated regulator는 Main valve 이외에 별도의 Pilot valve가 있어 압력 변화에 Pilot valve가 반응하고, 그 움직임에 따라 Main valve의 움직임이 증폭되어 더욱 정밀한 압력 조절이 가능하도록 한 형태의 PRV이다. <그림 1>의 대표적인 Pilot-operated regulator 방식의 Schematic을 보자. 유체의 압력이 낮아지면 Pilot valve에 세팅된 스프링이 Pilot의 포트를 아래로 밀면서 Pilot valve가 열린다. 그러면 밸브 전단의 압력이 Main valve의 구동부 하단에 가해지면서 Main valve의 포트가 열리며, Regulator 후단의 압력을 올려준다. 반대로 유체의 압력이 높아지면 Pilot valve의 Diaphragm이 Spring을 위로 밀어내면서 포트를 끌어올려 Pilot valve는 닫히고, Main valve 구동부 하단의 압력이 낮아지면서 구동부 상단에 인가된 밸브 후단의 압력과 스프링의 힘으로 Main valve를 닫아 밸브 후단의 압력을 낮춰준다. 유체 압력의 변화에 따라 Pilot valve가 먼저 반응하고, Main valve가 그에 따라 다시 움직이므로 압력 변화에 따른 Regulator의 움직임에 약간의 지연이 생긴다. Pilot valve가 압력 변화에 조금만 반응하여도 Main valve는 밸브 전단 압력의 힘으로 행정 거리 전체를 움직일 수 있으므로 Droop

및 Lockup이 상대적으로 매우 작아 민감도 및 정밀도가 우수하다.

Pilot-operated regulator는 Direct-operated regulator에 비해 구조가 복잡하고, 가격이 상대적으로 높은 반면 사용 압력 및 온도 범위가 넓으며, 압력 조절의 정밀도가 매우 높다. 또한 Pilot로 Main valve의 움직임을 증폭시키는 만큼 같은 사이즈인 Regulator의 경우 Pilot-operated regulator가 Direct-operated regulator에 비해 유량 계수가 크며, 대구경으로 제작이 용이하여 선택의 폭이 넓다.



<그림 3> Pilot-operated regulator의 schematic



<그림 4> Pilot-operated regulator의 단면

3) Internal Sensing / External Sensing

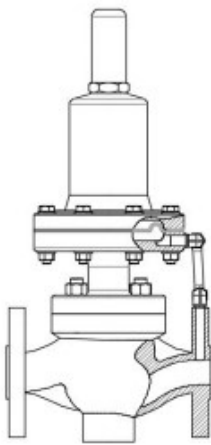
압력을 감지하는 Sensing line을 구성하는 방법에는 두 가지가 있다.

우선 Internal sensing은 압력 감지를 Regulator 몸체 내부에서 직접 하는 방식이다. 반대로 External sensing은 압력 감지를 Regulator 몸체에서 하지 않고, 일정한 거리가 떨어진 배관이나 실제 압력 조절이 필요한 용기에서 직접 하는

방식이다.

① Internal Sensing

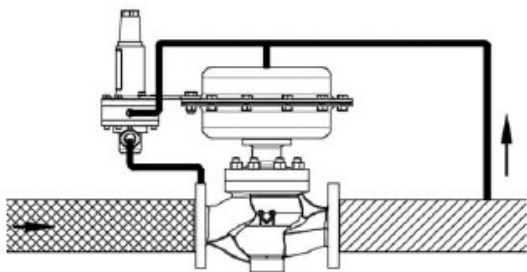
Internal sensing은 <그림 5>에서 보듯이 압력 감지를 Regulator 몸체 내부에서 직접 하게 된다. 대부분의 소구경 Direct operated regulator는 Internal sensing type이다. 배관에 별도의 Sensing line을 설치할 필요가 없기 때문에 Regulator의 설치가 매우 간편하다. 반면에 압력 감지 부위가 Main valve에 붙어 있기 때문에 Regulator의 움직임이 불안정할 수 있어 선정에 주의가 필요하다. 또 Pressure reducing regulator를 예로 들면, 밸브 후단 파이프 내의 압력이 줄어들어 Regulator가 열린다. 밸브 전단의 유체가 Regulator를 통과하면서 감지 부위로도 압력이 바로 전달 되는데, 그에 따라 밸브 후단의 파이프 내의 압력이 실제로 올라가지 않았는데도 Regulator는 높은 압력을 감지하여 닫히게 된다. 압력이 실제로 올라가지 않았기 때문에 다시 Regulator가 열리고, 또 다시 바로 닫히는 Hunting 현상이 일어난다. 이러한 현상은 세팅 압력이 0.1Bar G 이하처럼 매우 낮거나, 세팅 압력과 밸브 전단 압력의 비율이 너무 커서 Regulator가 조금만 열려도 고압이 압력 감지부에 바로 전달되는 경우 자주 발생한다.



<그림 5> Internal Sensing의 schematic

② External Sensing

External sensing은 <그림 6>에서 보듯이 압력 감지를 Regulator 몸체 내부에서 하지 않고, 별도로 배관에 연결된 Sensing line을 통해 한다. Sensing line은 Control line이라고도 불린다. 이 방식은 Internal sensing에 비해 비용이 들고, 설치에 주의가 필요하나 몇 가지 장점이 있다. 우선 앞에서 기술한 Internal sensing에서 자주 발생하는 Hunting의 문제가 일어난 확률이 적다. 또한 탱크의 압력을 일정하게 유지하는 Regulator를 설치하는 경우, External sensing line을 압력 유지가 필요한 탱크에 직접 연결하여 Regulator 후단의 압력이 아닌 탱크의 압력을 정확히 조절하는 것이 가능하다. 하지만 External sensing line을 연결하는 배관상의 위치, 그 길이와 사이즈에 따라 압력 감지가 지연되거나 왜곡될 수 있으므로 External sensing line을 연결하는 방법에 세심한 주의가 필요하다. Regulator 제조사마다 자체적인 기준이 존재하지만, 일반적으로는 Regulator 후단으로 파이프 경의 10배 이상의 거리를 두고 설치해야 하며, Line size는 크면 클수록 좋고, 거리가 길어지면 Line size를 더욱 키워야 한다. 또한, 실제 압력을 유지시키고자 하는 부위에 최대한 가깝게 설치하는 것이 좋다.



<그림 6> External Sensing의 schematic

- [목록](#)
- [답변](#)

- [이전글\(발전소뉴스\)포스코ICT, “디지털 트윈·로봇 집중 육성한다” 외](#) 22.04.15
- [다음글\(연재\)스마트공장 핵심 기술과 품질평가 체계 정립 <최종>](#) 22.04.15