

TCV(컨트롤 밸브)의 진화

김기중 대표이사 / (주)오토메이션테크놀로지스
kjkim@ati1980.com kjkim@controlmart.co.kr

머리말

최근 들어 공조설비(HEVAC) 또는 자동제어설비(Controls)에서 자주 등장하는 일부 사람들에게는 생소한 단어가 나온다. 바로 PICV와 PICCV이다

그 동안 컨트롤 밸브(TCV)나 밸런싱 밸브(PBV) 또는 차압유량조절밸브(PDCV) 등에 관하여 그 구조와 특성 및 적용방법에 대해 수차례에 걸쳐 글을 쓴 적이 있는데, 이들 기기를 통합한 기기가 PICV나 PICCV라고 할 수 있다.

그 동안 냉난방 설비에서 TCV를 적용할 경우 그 적용 방법에 따라 많은 문제점이 있었고, 그 때문에 위 3가지가 동시에 설치되어 3위 일체가 되어야만 HEVAC 시스템이 제대로 돌아간다고 할 수 있었다.

그러나 우리나라 건설인들의 통상적인 사고가 내실보다는 외형에 치우치다 보니 건설 규모의 크기에만 신경을 쓰고, 건물의 에너지 플랜트와 그 제어시스템에는

소홀히 취급하여 이러한 결과를 초래하게 되었다고 할 수 있다.

따라서, 건설 초기에 예산 절감과 정보 부재로 인하여 이들 기기들을 적절하게 사용하지 못함으로써 막대한 에너지 낭비와 불균형 상태로 설비를 운영하고 있었다. 심하게 표현하면 국내에서는 거의 모든 건물이나 아파트 등 집단 주거용 설비가 이러한 상태로 운용되고 있다고 하여도 과언이 아니다.

다행스럽게도 PICV나 PICCV 제품이 개발되면서 이러한 문제점이 다소는 해결될 것 같아 이들이 무엇이고, 어떻게 작동되고, 어떻게 사용하는 것이 좋은가에 대하여 몇자 적음으로서 설계엔지니어들이나 현장에서 직접 설치 시공하는 현장 엔지니어들에게 조금이라도 도움이 되었으면 한다. 이는 필자가 건설현장에 방문할 경우에 일부 현장 엔지니어 또는 감독관들이 “무용지물”이라는 등의 배타적인 말을 들은 적이 있기 때문이다. 이들을 설득하기란 쉽지 않다는 것을 알고 있기 때문이다.

본 론

1. PICV와 PICCV란?

Pressure Independent Control Valve와 Pressure Independent Characterized Control Valve의 약어로 직역하면 각각 [압력 무의존 제어 밸브]와 [압력 무의존 특성화 제어 밸브]라고 할 수 있다. 필자가 임의로 좀 간소화하면 [차압무관제어밸브]와 [자동차압무관제어 밸브]라로 하는 것이 제일 좋을 듯하다. 왜냐하면 일반적으로 [압력]이라고 표현하면 정압(Static pressure)를 말하기 때문이다. 여기에서 표현한 압력은 정압[Static pressure]이 아니고 차압[Differential Pressure]이기 때문이다.

원칙대로 표기하면 DPICV라고 쓰는 것이 좋은데, 필자는 이렇게 표현하고 있었지만 해외의 주요 메이커들이 이미 앞의 [P]자를 생략하고 PICV라고 표현하고 있기 때문에 그렇게 표현하는 것이 좋을 것 같다. 이는 표기 문자가 너무 길기 때문으로 생각된다.

PICV란, 한마디로 TCV+SBV+PDCV 3가지 기능을 한데 모은 복합밸브(3 in 1)라고 할 수 있다.

이들 각각의 밸브들의 기능을 알고 있는 사람들에게는 특별히 설명할 필요가 없지만 혹시나 해서 간단히 설명하기로 한다.

여기에서 말한 3가지 밸브는 아래와 같다.

- 가. 차압조절 기능 (PDCV) : 시스템 전반에 걸친 자동 차압 조절 기능으로 밸브 전후의 차압을 펌프 측에서 발생하는 압력의 변동이나 시스템 내의 다른 지역 부하변동에 의한 존밸브의 개폐상태에 따른 차압변동에 영향을 받지 않도록 제어한다.
- 나. 냉난방 시스템에서의 비례식 유량제어 부하에 따른 유량제어 밸브(Control valve)
- 다. 설계 값에 준하는 부하 측 유량 설정용 밸런싱 밸브로 수동 설정식과 자동 설정식이 있다.(Static Balancing valve or Automatic balancing valves)

따라서, 그 동안 제대로 된 HEVAC 시스템을 운용하려면 3가지 각기 다른 기능의 제품을 설치하였는데, 이제는 복합밸브만 설치하여도 된다는 뜻이다.



그림 1
가. 차압조절밸브



그림 2
나. 전동TCV



그림 3
다. 수동밸런싱밸브

Plant 현장에서 각광받는 산업용 밸브

3가지 제품이 복합된 구조로 아래 그림과 같다.



그림 4. 기계식구조(PICV)



그림 5. 전자식 구조(EPICV)

2. PICV의 구조

구조는 메이커에 따라 다소 차이가 있으나, 유체 부분에 스프링 등 부품이 내장되어 있는 것은 고장 발생 원인이 될 수 있다.

아래 그림을 참조하기 바란다.

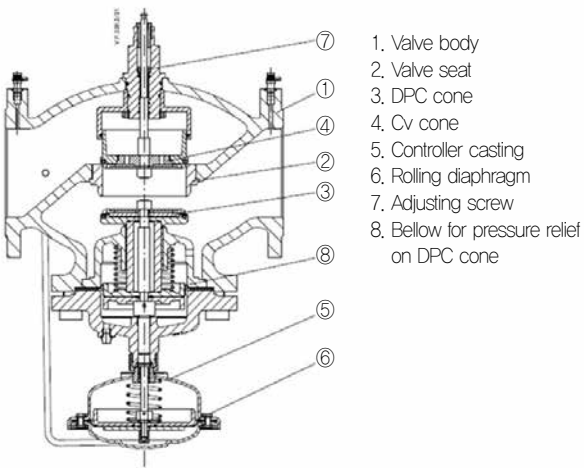


그림 6. PICV 밸브 부문 문해도

3. PICV와 PICCV의 차이는?

PICV는 밸브 전후의 차압이 변동될 수 있는 조건하에서 밸브의 액추에이터에 의하여 비례제어 가능한 제품을 말한다. 즉, 위 밸런싱 밸브가 수동설정식(Static balancing valve)라는 뜻이다.

반면에 PICCV는 PICV와 동일한데 단지 밸런싱 밸브가 수동설정식이 아니고, 자동설정 밸브로 대체된 기능을 말한다.

따라서, HEVAC 시스템의 제어 결과로 보았을 때 좀 더 정밀한 제어를 할 수 있다는 장점이 있으나, 자동 밸런싱 밸브의 경우 제품 선택을 잘못했을 경우 내부 부품의 구조 때문에 기기의 수명이 짧아 정기적인 보수가 필요하다.

일부 제품들은 기능만 생각하고 운용 여건 등을 고려하지 않고 설계되어 설치 후 바로 배관 내의 이물질이나 부식 및 스케일로 사용을 못하게 되는 경우가 많다.

예기치 않은 고장을 일으킬 경우 제때 적절하게 처리하지 못하면 아예 기능이 마비될 수 있다. 또 이 시스템은 순환펌프 시스템이 인버터 등의 사용으로 순환수의 양이 가변되도록 설계된 시스템에 적합하다.

4. PICV의 적용

앞에서 간단히 기술하였지만 PICV의 사용은 말할 것도 없이 TCV, 밸런싱 밸브, 차압밸브를 사용하는 HEVAC(냉난방 공기조화설비) 설비, 특히 펌프에 의한 액체 순환시스템의 밀폐회로 배관시스템에 사용된다.

고정식 순환펌프 방식의 설비에서는 PICV가 적합하

TCV(컨트롤 밸브)의 진화

고, 특히 에너지 절감을 위한 가변 유량식 순환펌프의 적용이 가능한 시스템에 PICCV를 설치하는 것이 적합하다.

적용 예로, 아래 그림을 참조하기 바란다.

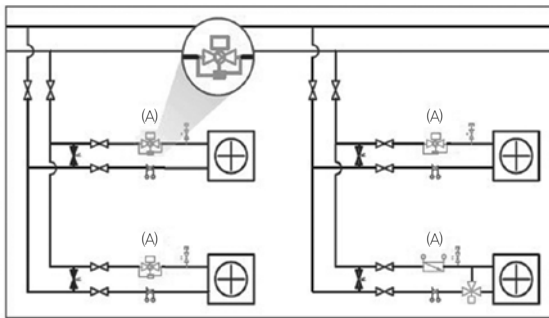


그림 7. FCU 시스템 구성

사용 부품 : 3 PICV, 1 FLV, 1 3-Way Valve

이들 모두 초기 설비비의 절감과 전기에너지를 절감하기 위한 보다 진보된 설비가 필요한 대형 건물에 필수적이다.

5. PICV 사용 시 이점

1) 설계 과정의 용이점

TCV 밸런싱 밸브 및 PDCV의 규격 선정은 설계 당시 총 설계 유량과 배관의 분포 등을 고려하여 각 밸브의 크기를 선정하여야 하며, 선정된 규격의 제품을 설치하였을 당시 시운전 시에 현실대로 기능을 발휘하지 못하는 경우가 많아 별도의 TAB 작업을 하는 것이 통상화되어 있으므로 많은 경비를 대동하면서도 완벽한 시스템 밸런스를 유지하기 어렵다.

그러나 PICV를 설치하면 이러한 모든 것이 필요 없이 배관 규격의 제품을 선정하면 시운전 시에 자동으로 부하 변동이나 장비의 실제 특성에 맞게 자동으로 조정

된다.

2) 소음 발생 가능성 최소

일반적으로 재래식의 경우 순환시스템에서 약간의 압력의 불균형이 발생하면 TCV 등에서 소음이 발생하는 것은 물론 최종 비례제어의 결과 값도 좋지 않다. 이는 일반적인 TCV의 최대 잠김값(Maximum close off pressure)이 밸브 액추에이터의 출력(Nf = 힘)과 밸브의 설계 시 소음한계 값이 고정되어 있기 때문이다.

또 PDCV의 설치가 설계상 배관 배열의 문제로 그 설치 위치가 부하나 TCV와 거리가 먼 경우에 제대로 그 기능을 발휘하지 못하기 때문이며, 이 경우 TCV의 조절 상태는 비례제어(Modulating-Proportional) 기능이라기 보다는 온-오프(On-Off) 기능만 가능하기 때문에 제어 결과가 불량하여 열관기, 터미널 유닛(Radiator, FCU 등) 등의 파열과 펌프의 기계적 실(Mechanical seal) 등의 수명을 단축시키게 된다.

결과적으로 설비비를 아끼는 것은 사용자 측의 운영상 유지관리비의 부담이 커지는 것이다.

3) 에너지 절감

PICV를 설치하는 것은 그 동안 3가지 밸브를 모두 설치하는 경우 예산이 많이 소요되기 때문에 모두 설치하는 것을 피하는 경향이 있어 시스템 운용 시에 냉난방의 상태가 지나치게 덥거나 지나치게 춥다는 지역 등의 한 건물이나 시스템에서 불균형 상태가 많이 발생하여 이를 물리적으로 커버하기 위하여 배관이나 펌프의 용량을 과다하게 선정하는 등 예산 과다의 문제점은 물론 이들 과잉 설계에 의한 운용 시 불균형이 발생시키는 악영향이 큰 것이 사실이다.

이 모두가 에너지 낭비의 근원인데, PICV를 설치하면 예산도 절감하고 운용 시 전기료 및 유지관리비용도 절감된다.

Plant 현장에서 각광받는 산업용 밸브

4) 예산 절감

a. 시공비 면

기존의 3가지 밸브를 설치하기 위해서는 제품의 구매비용은 물론 부수되는 펌프의 용량을 줄일 수 있어 펌프 구입 대금 등 큰 예산 절감이 가능하며, 3가지를 설치하는 데 소요되는 인건비 및 공사 기간 등 크다고 할 수 있어 원가 상승의 요인이 되고 있다.

그러나 PICV는 이를 예산에 1/2로 공사 기간이나 설치비용은 1/3로 시공할 수 있어 유리하다.

b. 기계실 규모 축소

PICV를 설치할 경우 펌프 선정 시에 펌프의 용량을 크게 줄일 수 있고, 3가지 밸브를 설치하기 위해서는 각 밸브 및 이에 필수로 수반되는 바이패스 관(By-pass) 배관 공간까지 고려하면 약 15%의 기계실 건설 규모를 축소시킬 수 있다.

c. 시공인건비 절감

배관 설비 공사 시에도 3개의 밸브를 설치하는 대신에, 단 1개만 설치하기 때문에 용이하여 배관 설비 시 공비가 절감된다.

운용자 측 또한 밸브 3개 대신에 1개만 관리하면 되기 때문에 용이하며, 중앙감시 시스템(BAS/HMI)와 같은 설비를 갖춘 경우 전반적인 시스템이 자동으로 균형을 잡아가면서 유지되기 때문에 관리비를 절감시킬 수 있다.

6. PICV의 작동 원리

앞에서 3가지 밸브의 작동에 관해 간단히 설명하였고, 아래 그림과 같이 이해가 쉽도록 그림을 만들어 보았다.

다음 그림은 3개의 각기 다른 기능의 밸브를 연속으로 부착시킨 것이다.

- (아래) 왼쪽부터 ; 차압 조절, 유량 제어, 유량 설정 기능이 분리된 3개의 제품으로 구성된 것을 알 수 있다.

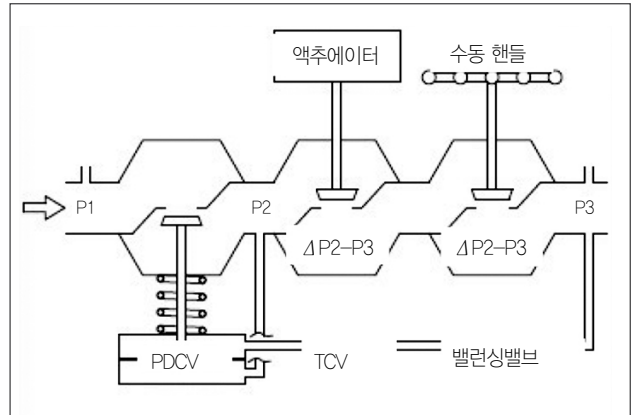


그림 8. PDCV + TCV + SBV

반면에, 아래 그림은 유량제어 밸브와 수동밸런싱 밸브가 구조적으로 내부에 병합된 제품이 것을 볼 수 있다. 따라서, 3가지 제품 대신에 2개의 제품으로 구성되었음을 알 수 있다. 물론 기능은 거의 비슷하나 정밀도 면에서는 제품의 구조에 따라 다소 상이하다.

그림 8과 같은 밸브는 구조상 2가지가 있다. 하나는 밸브가 복합 구조로 되면서 TCV의 이동거리가 제한되는 Limited stroke인 경우이고, 또 하나는 이동거리의 제한이 없는 Full stroke형이다. 물론 후자가 기능은 유리하다고 볼 수 있다.

- 작동 설명 ; 유체의 흐름이 P1으로 진입하면 특수 고무와 부직포로 제작된 다이아프램(멤브레인이라고도 함)으로 격리된 챔버와 TCV 전후의 압력 감지 코크밸브에 연결된 P2와 P3의 압력차와 내장된 스프링의 힘(Nf)의 차에 의하여 차압 밸브의 열림이 결정된다.

TCV(컨트롤 밸브)의 진화

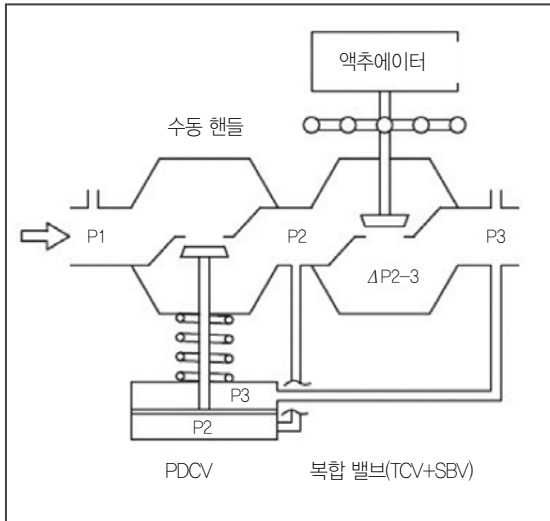


그림 9. PDCV + BTCV

즉, P1과 P3의 압력이 조금이라도 변화하면 바로 차압조절밸브의 스템이 이동하면서 P1과 P2의 압력이 같이 변화함으로 P2와 P3의 압력은 항상 일정(Constant)하게 유지시켜야 한다는 것이다.

다시 말해서, P1과 P3의 압력차가 요동을 치더라도 P2와 P3 간의 차압은 전혀 영향을 받지 않고 항상 일정하게 유지된다는 의미다. 따라서, 이 일체화된 밸브를 [압력으로부터 독립된 컨트롤 밸브]라고 하는 이유이다.

수회에 걸쳐 이야기했듯이, TCV는 차압이 일정하다는 전제 하에 조합된 밸브 액추에이터가 제한된 출력(Nf)으로 균일한 제어가 가능하기 때문이다.

여기서 중앙에 있는 유량제어 밸브(컨트롤 밸브)는 부하 측으로 부터의 신호를 받아 밸브의 스템들을 적절한 위치로 전진 또는 복귀를 반복함으로써 설정 부하에 맞는 유량을 조절함으로써 요구 온도를 유지시킬 수 있

는 것이다.

마지막에 있는 밸브는 설계자가 계산한 설계값의 유량을 각각의 부하 조건에 맞는 유량값을 각 회로에 설정하여 밸런스를 맞추기 위한 기구로서 외부에 위치 설정용 메모리 눈금이 있는 수동 설정용 수동 밸런싱 밸브가 내장된 것으로 그림 8과 같다.

그림 9와 같이 구조적으로 내부에 밸런싱 밸브가 내장된 경우에는 설계된 유량값을 수동으로 선 설정하여 놓으면, 유량제어 밸브(TCV) 액추에이터는 제한된 위치 내에서 제어기의 신호에 의하여 조절되도록 되어있다.

즉 액추에이터 또는 TCV의 전체 이동거리가 수동으로 세팅된 유량 설정 위치 내에서만 움직이기 때문에 밸브와 액추에이터가 Full stroke 이동이 불가능하다. 이 경우 제어기에서의 제어출력 방법상 알고리즘의 연구가 필요하다. 이 문제로 인하여 일반적으로 제어 효과가 좀 떨어진다.

TCV 액추에이터에 유량 설정값과 액추에이터 스트로크를 계산하여 스위치로 선택하도록 제작된 제품이 있다. 이 경우 유량 설정이 복잡하여 사용자가 혼란에 빠질 수 있다.

따라서, 이들 복합 밸브 PICV 또는 PICCV 밸브는 양 끝에 압력 검출 코크가 있어 최종차압을 측정할 수 있도록 하여 밸브가 제대로 동작하는지 확인이 가능하다.

자동 밸런싱 밸브 기능이 복합된 PICV를 PICCV라고 부른다.

필자는 오래 전부터 이러한 문제점을 파악한 터라 필자 회사에서 자동화 시스템을 턴키방식으로 실행할 경

우 기존의 일반 TCV를 사용하고, 밸브 전후에 압력 센서를 설치하여 압력을 감지하여 밸브 액추에이터에 보내는 출력값을 계산할 때 PID 파라미터의 참고 값으로 차압을 입력하여 밸브 전후의 차압의 변동이 있을 경우 출력으로 조절하여 왔기 때문에 전혀 문제점이 없었다.

물론 이 방식은 최상의 방법이라고 생각되나, 대규모 시스템이 아닌 개별 제어나 로컬 제어인 경우에는 불가능한 점이 있다. 최소한 DDC나 PLC 기반의 제어기급 이라야 가능하기 때문이다.

단지 전체 시스템 내의 기기의 공장으로 차압이 그 한계를 벗어날 경우 밸브 액추에이터의 힘(Nf) 한계로 TCV가 흔히 말하는 밀리는 현상이 가끔 발생하는 경우가 있었으나, 이는 시스템 전반에 걸친 차압(Δp)이 2Bar 이상일 경우에 한하였다.

따라서, 이러한 경우를 피하기 위하여 액추에이터의 출력(Nf)을 높이고, 소음 한계선(Noise limit)의 차압이 높은 구조의 TCV를 선택하는 방법이 있고, 또는 밸브 전후의 압력 밸런스가 유지되는 밸런스 타입의 케이지형 TCV를 사용하면 해결된다.

7. TCV의 세계적 트렌드

최근 3~4년 간 이들 PICV 등의 밸브들이 개발되어 너도나도 판매를 시도하고 또 설계에 반영하고 있으나, 일반 HEVAC 시스템에는 적용이 미미하다고 볼 수 있다. 이들 모두 수입에만 의지하고 있기 때문이 아닐까 싶다.

또한 세계 시장에서 TCV나 수동 밸런싱 밸브를 생산하던 회사들은 고유의 제품들이 이들 복합 기능의 PICV 또는 PICCV의 등장으로 시장에 위협을 느껴 기

존 제품을 그대로 사용하거나, 약간 변형하여 전동 TCV 형상에 액추에이터 내부에 별도의 부가회로를 구성하여 전자적으로 압력차를 감지하여 액추에이터에 마이컴을 내장하거나 하여, 독립적으로 자체 수집한 차압신호에 의하여 자동으로 유량을 제어하도록 소프트웨어를 부가한 전자식 PICV를 개발하여 판매를 시작한 회사들도 많이 있다.

다시 말해, 밸브 전후의 차압은 전자적인 방법에 의하여 자체적으로 해결하겠으니, 제어 신호만 제어기 또는 BAS 시스템에서 제대로 보내주면 유량을 조절해 준다는 의미이다.

이러한 제품이 가능한 것은, 최근 10년 사이에 압력 검출용 센서의 소자들이 신소재 형식(Piezo)으로 아주 저렴하게 개발되었기 때문이라고 생각된다.

8. PICV 선정 시 주의 점

제품의 선정만 잘하면 거의 완벽한 제품이라고 할 수 있다. 그러나 여러 기능이 일체화된 제품인 만큼 내부 구조를 면밀하게 검토하여야 한다.

왜냐하면 내부의 부품들이 배관 수내의 이물질이나 [스케일] 등에 아주 민감한 미세 [스프링]이나 [카트리지가 있는 경우에는 스트레이너를 아무리 설치하여도 미세한 이물질에도 기능이 마비되어 오히려 큰 화를 입힐 수 있기 때문이다.

또 유량제어용 밸브 액추에이터의 선정이 매우 중요하다.

세계 시장에서는 메이커들이 난립한 상태이다. 유럽, 미국뿐만 아니라 중국은 물론 남미 등지에서 20여

TCV(컨트롤 밸브)의 진화

개 회사들의 유사한 제품이 제조되고 있는 것으로 알고 있으며, 대부분은 일부 부품을 공유하거나 액추에이터 등은 모두 OEM으로 제공받고 있다.

필자 회사에서는 이들 제품을 구매하여 성능을 분석하여 본 결과 동작은 하나, 구동 모터의 품질과 특성에 있어서는 불만족한 상태임을 확인하였다.

또 성능은 인정되나, 액추에이터 등이 경쟁력을 높이기 위하여 댐퍼 액추에이터를 부착한 제품이 대부분임을 확인하였다.

원래 댐퍼 액추에이터는 로터리 구동으로 구동 빈도가 낮은 댐퍼의 개폐용으로 개발한 액추에이터는 기계적 부분(Gear train)이 내구성이 부족한 엔지니어링 플라스틱이나 소결 부싱 등이 대부분으로 장시간 반복적인 동작을 하기에는 마모가 빨라 부적합한 제품들이다.

직선운동의 밸브 전용 액추에이터는 내구성 면에서 댐퍼 액추에이터와는 현저한 차이가 있다. 판매 가격으로 보아도 5~10배 차이가 난다.

액추에이터의 선정과 성능 특성 비교 등 상세한 기술 사항에 대해서는 허락된 지면 관계상 다음 기회에 계속하기로 하고, 일부 결론을 내리기로 한다.

결론

PICV나 PICCV 밸브 모두 기능 개선과 에너지절감 및 탄소 배출량을 감소시켜 지구 환경을 개선하는 등의 효과를 기대할 수 있다.

이들 제품들은 한마디로 말하여 기능이 다르나 필수적으로 코어퍼레이션이 필요한 3개의 다른 밸브를 일체화한 제품이다.

PICV, PICCV 또는 EPICV 등은 앞으로도 계속 발전을 할 것이며, 부족한 부분은 보완될 것이며, 일부 메이커들도 정리될 것으로 본다. 또 아예 이러한 PICV나 PICCV 등을 사용하지 않고도 DDC나 PLC에서 직접 밸브 전후의 차압을 감지하여 디지털 신호로 처리함으로써 해결할 수도 있는 압력 감지 기능을 내장한 저렴한 액추에이터가 개발될 것이라고 믿는다.

무슨 제품이든 간에 적절하게 상용하기 위해서는 사전에 충분히 검토하고 선정하는 것이 중요하다. 설계자는 기술 자료를 충분히 검토하거나 전문가의 충언을 듣는 것이 좋다. 세일즈맨의 말만 듣고 특정사의 제품을 시방에 지정하는 것은 옳지 못하다.

* 본 고에 포함된 그림 또는 사진 중 일부는 인터넷에서 발췌한 것이다.