

## 스마트 포지셔너의 연구동향

윤 소 남 책임연구원 / 한국기계연구원 극한에너지기계연구실

ysn688@kimm.re.kr

### 서론

30[MPa]에서 42[MPa]에 이르는 압력에서 구동되는 메인밸브를 조작하는데 사용되는 파이로트밸브의 사용 전류가 4~20[mA]라 하면, 기본적으로 사용되는 일반적인 액추에이터(솔레노이드, 전기모터, 서보모터)로는 불가능하다는 것을 알 수 있다. 좀 더 상세하게는 스마트 소자(압전소자, EAP 등)를 통해서만 해결할 수 있다는 것을 알 수 있다.

최근의 에너지 이슈인 클린에너지, 그린에너지를 대응할 수 있는 방안들은 물론 적게 쓰고, 효율 높게 쓰고, 더 나아가서는 저소비전력 구동이 가능한 재료를 이용하는 것이라 할 수 있다. 저소비전력 구동이 가능한 재료들은 전술한 스마트 재료들인데, 액추에이터의 또 다른 요소인 구동력과 응답성을 고려할 때, 압전 액추에이터를 이용하는 방법이 현재까지는 최선으로 알려져 있다.

일반적으로 압전 액추에이터는 솔레노이드 액추에이터와 비교할 때, 저소비전력 구동 특성이 있고, 응답이 빠르고, 온도변화에 따른 구동력 변화가 적어 많은 분

야에 적용되고 있고, 계속적으로 연구되고 있으며, 최근에는 중대형 해양플랜트 분야에도 적용되고 있는 실정이다.

그러나 저소비전력 구동과 빠른 응답성을 위해서는 재료 조성 기술, 초박막 제작 기술 및 고속 동작을 유도할 수 있는 컨트롤러(앰프 포함) 기술이 매우 중요하다. 현재 국내에서는 전술한 중요 기술들을 해결할 수 있는 방안들이 연구되고 있으나, 재료 조성비율 및 최적 고/저온 조성 온도 설정에 대한 문제와 수십마이크로 정도의 박막 기술의 한계로 인하여 어려움을 겪고 있으며, 액추에이터 구동초기에 발생하는 순간 최대 파워 제어에 관한 문제들도 해결점으로 남아 있다. 특히 저소비전력과 관계되는 물리적인 인자들을 도출하여, 정립하는 것도 매우 중요하다.

본 고에서는 전술한 문제점들을 과제로 남겨두고, 스마트 포지셔너란 무엇인지, 구동원리는 어떻게 되는지, 관련 유사 포지셔너의 종류들은 어떤 것들이 있으며, 어디에 응용되고 있는지에 대한 소개를 하고자 한다.

## 스마트 포지셔너의 연구동향

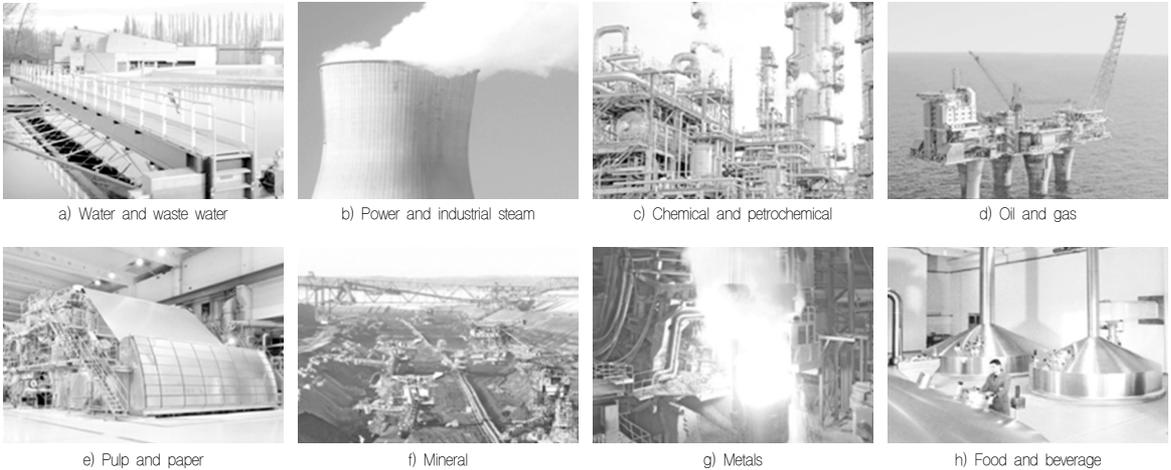


그림 1. 스마트 포지셔너가 응용되는 분야

### 포지셔너의 종류 소개 및 기술 동향

그림 1에 보이는 그림들은 중대형 육상 및 해양 플랜트들을 보여주는 것으로, 일반 포지셔너 및 스마트 포지셔너가 많이 응용되고 있는 것으로 보고되고 있다. 특히 원자력 분야 및 오일/가스 분야에 적용되고 있는 것은 매우 고무적인 현상이라 할 수 있다.

스마트 포지셔너는 그림 2와 같이 압력을 제어하여 실린더의 위치를 조작자가 원하는 소정의 위치로 가져가는 역할을 하는 것으로, 상세하게는 변위를 이용하여 최종 제어대상 밸브의 위치(유량), 압력을 제어하는 것으로 궁극적으로는 제어압력제어용 메커니즘이 필요하다.

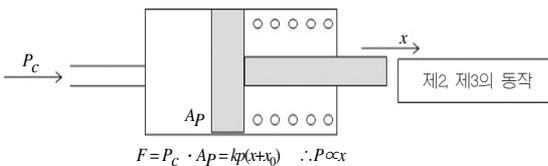


그림 2. 스마트 포지셔너의 기본 원리

그림 3은 Single nozzle/flapper 방식 포지셔너의 구동원리를 보여주는 것으로, 입력( $P_i$ )의 변화에 따라서 출력압력( $P_o$ )가 변하게 되고, 결국에는 출력( $X_o$ )가 제어된다.

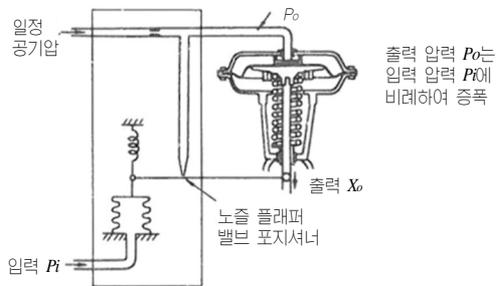


그림 3. Single nozzle/flapper 방식 포지셔너의 구동 원리

그림 4는 전자유압식 서보밸브라 불리는 Double nozzle/flapper 방식 포지셔너의 구동 원리를 보여주는 것으로, 플래퍼와 노즐 사이의 압력차에 해당하는 만큼 메인 스프링의 위치가 변화하는 것으로 이 방식의 모델은 매우 정교하고, 고주파수 응답특성을 가지고 있기 때문

에 우주/항공분야에 많이 응용되고 있다.

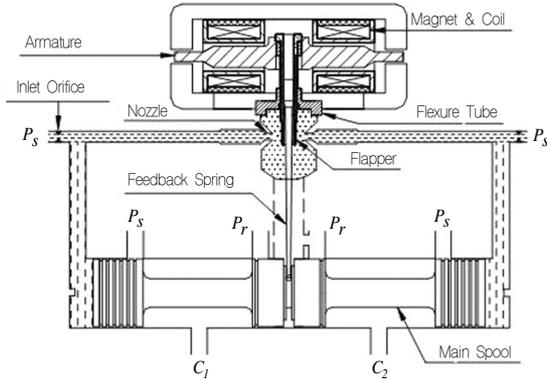


그림 4. Double nozzle/flapper 방식 포지셔너의 구동 원리

그림 5, 6은 파이로트 압력을 제어하는 제어기구에 따라서 분류한 것으로, 기계식 및 전자식(솔레노이드방

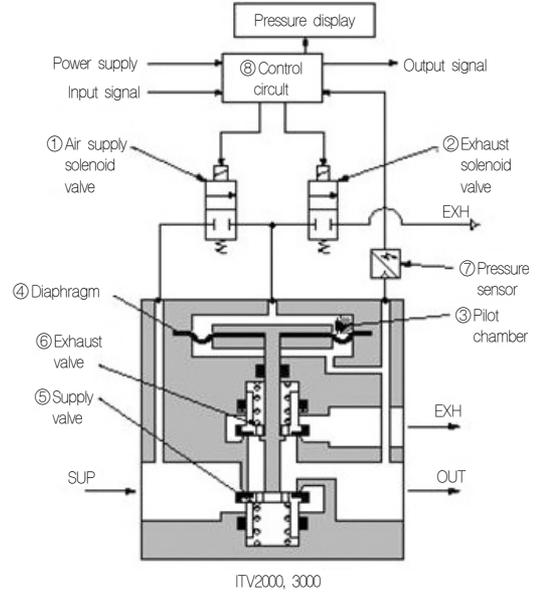


그림 6. 전자식 포지셔너의 구조

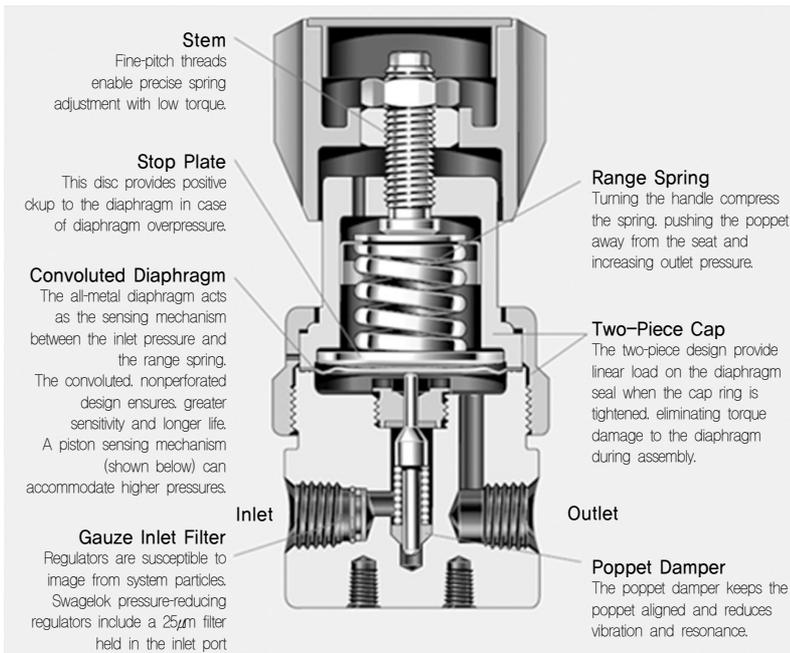


그림 5. 기계식(공압식) 포지셔너의 구조

식 및 압전방식) 나눌 수 있다.

그림 7 및 그림 8은 동작대상 액추에이터와 방향에 따라 구분한 것으로, 크게 단동식 및 복동식으로 나뉘어지며, 스펀형식과 노즐/플래퍼형식으로 구분된다.

그림 9는 포지셔너 최종 출력에 따라 구분한 것으로, 선형식 및 회전식으로 나눌 수 있다.

그림 10은 제어 액추에이터에 따라 구분한 것으로, 솔레노이드 방식 포지셔너, 토크모터 방식 포지셔너, 압전 방식 포지셔너의 구조들을 각각 나타낸 것이다. 또한, 기본적으로 변위를 피드백하는 기계식 서보기구를

# 스마트 포지셔너의 연구동향

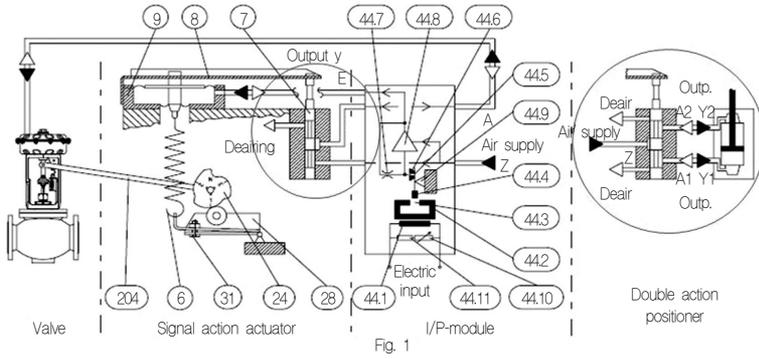


그림 7. 스톨액추에이터를 가지는 포지셔너

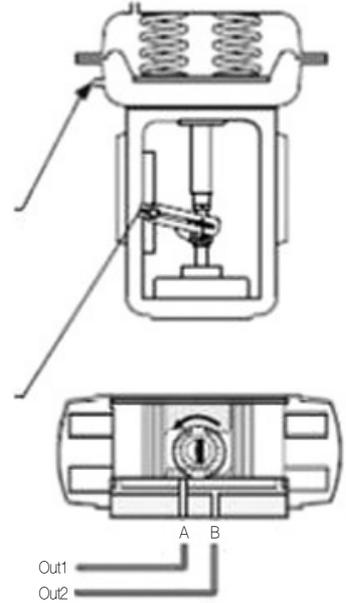


그림 9. 작동출력(선형식, 회전식)에 따른 포지셔너의 구조

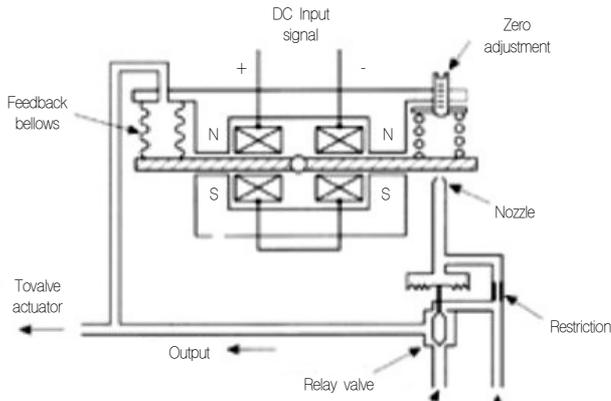
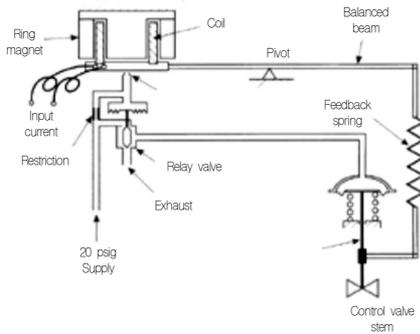
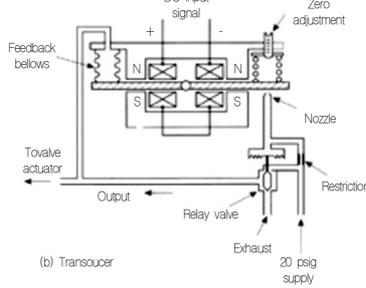


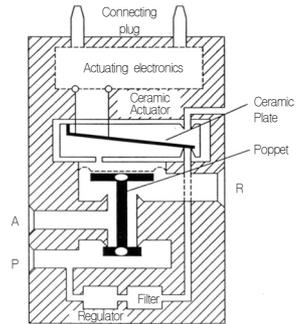
그림 8. 노즐/플래퍼를 가지는 포지셔너



a) 솔레노이드 방식 포지셔너



b) 토크모터 방식 포지셔너



d) 압전방식 포지셔너

그림 10. 제어 액추에이터에 따른 포지셔너의 분류

플랜트 · 발전산업의 핵심부품인 산업용 밸브

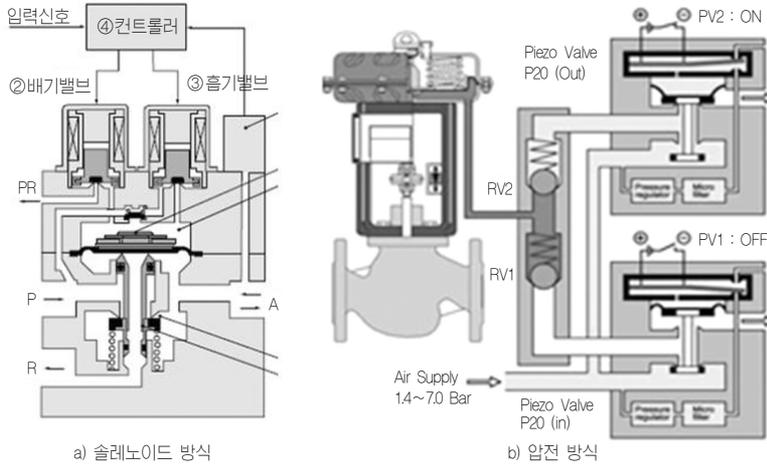


그림 11. 디지털 방식 포지셔너의 종류

내장하고 있는 특징을 가지고 있다.

그림 11은 파이로트 구동이 디지털 방식인 솔레노이드 액추에이터와 압전 액추에이터를 내장한 밸브의 구조도를 보이는 것으로, 저소비전력 구동 인자를 고려하지 않으면, 모두다 플랜트용으로 채용하는데 문제가 없는 모델들이다.

국내 기술 동향

국내에서는 공압-공압 포지셔너, 전기-공압 포지셔너, 디지털(피에조) 포지셔너, 스마트 포지셔너라는 용어로 사용되는 종류가 있는데, 문헌상으로 명확한 정의가 되어 있지 않기 때문에 구분에 대한 모호성이 있으나, 기계식인 경우는 공압-공압 포지셔너, 전기식인 경우는 전기-공압 포지셔너, 스마트 재료 액추에이터를 가지는 경우는 스마트밸브 포지셔너 혹은 디지털밸브(피에조) 포지셔너라고 칭하는 것으로 사료된다.

국내 회사인 경우는 카탈로그에 명시되어 있는 것을 기준으로, Y사인 경우는 기계식 레귤레이터 내장, 피드

백 가능 및 통신 기능(HART)을 탑재한 포지셔너를 판매하는 것으로 보이나, 사용되는 밸브에 대한 정보는 확인할 방법이 없다. 또한, P회사인 경우에도 많은 모델들을 제시하고 있으나, 국산화율이 어느 정도인지에 대한 정보는 제공하고 있지 않다. 분명한 것은 만약에 가능했다면 솔레노이드 방식이 채용되고 있을 것으로 사료되고, 압전방식을 사용했다면, 100% 독일로부터 수입된 제품을 사용하고 있다는 것이다.

서론에서도 밝혔던 바와 같이, 4~20[mA]에서 구동되는 압전 액추에이터를 국내에서 만드는 것은 현실적으로 불가능하기 때문이다.

해외 기술 동향

해외에서도 많은 회사들이 포지셔너를 제공하고 있으나, 압전밸브에 대한 정보는 제공하지 않고 있기 때문에 자체 개발된 제품을 사용하는지에 대한 정보는 알 길이 없다. 필자가 파악한 바로는 현재 독일의 H사에서 만들어지는 압전 액추에이터가 유일하다고 사료된다.

## 스마트 포지셔너의 연구동향

그림 12는 미국의 Dressermasoneilan에서 제공하는 포지셔너를 보이는 것이나, 역시 밸브에 대한 정보 제공이 부족하다.



a) 전가-공압 포지셔너      b) 스마트(디지털) 포지셔너

그림 12. 미국의 Dressermasoneilan사 포지셔너

그림 13은 독일의 ARCA-regler GmbH에서 제공하는 포지셔너의 회로도도를 보이는 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 노즐/플래퍼 방식과 스프링 액추에이터를 이용하여 메인밸브의 위치를 제어하고 있다.

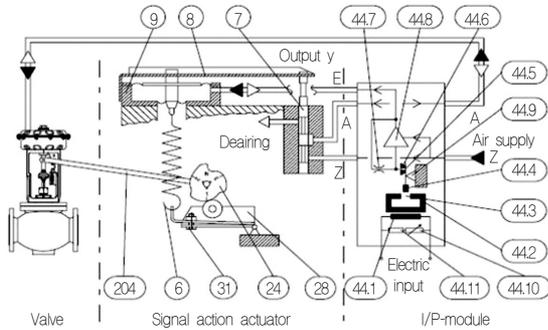


그림 13. ARCA-regler GmbH 포지셔너 회로도

그림 14는 미국의 Flowserve사의 해양플랜트용 밸브의 포지셔너를 나타내는 회로도이다. 이 회로도에서는 독일 H사의 압전밸브를 사용하여 파이로트 제어하고 있음을 알 수 있다.

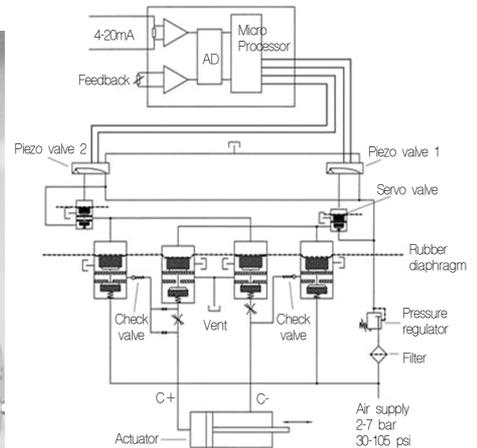


그림 14. Flowserve사의 해양플랜트 밸브 및 포지셔너 회로

그림 15는 독일 지멘스사의 해양플랜트용 밸브와 포지셔너로 압전밸브를 사용한 전체회로를 보이는 것으로, 2개의 디지털 방식 파이로트 밸브를 사용하여, PWM 형태의 제어를 통하여 파이로트부의 압력을 정

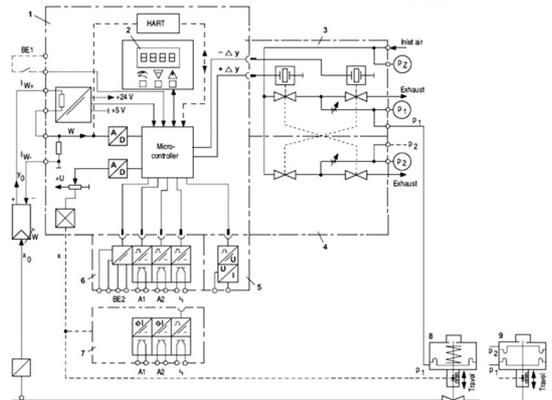


그림 15. 지멘스사의 해양플랜트용 밸브와 압전밸브를 내장한 포지셔너의 구조

밀하게 제어하고 있다. 그림에서 2개의 채널, 즉 2개의 밸브를 1 채널로 할 경우에 총 4개의 밸브를 가지고 있어, 2대의 메인밸브를 동시에 제어할 수 있는 특징이 있다.

그림 15는 중국의 Easytech에서 제공하는 밸브 시스템의 구조도를 보이는 것으로 역시 독일 H사의 압전밸브(압전식 레귤레이터)를 사용하고 있음을 알 수 있다.

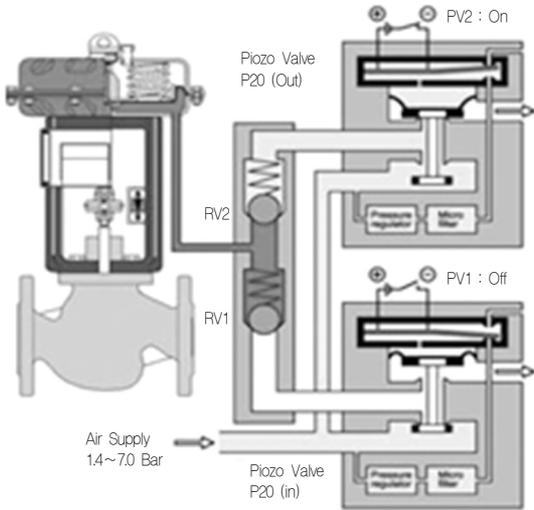


그림 16. Easytech사에서 제공하는 압전밸브(레귤레이터) 내장형 밸브 시스템 내부 구조도

### 스마트 포지셔너 설계 전략

스마트 포지셔너에 있어, 기본적으로 최근에 산업계에서 요구하는 사양으로는 사용전압이 9[VDC] 이하, 사용 전류가 4~20[mA] 이하, 사용압력이 7[bar] 이하이며, 유무선 통신을 통하여, 350bar 이상의 압력을 제어하는 메인밸브를 안정적으로 제어할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 먼저 신뢰성 설계 전략을 통하여 요구 성능에 맞는 부품 선정 및 설계가 필요하고, 고장 및 영향 분

석을 통하여 포지셔너의 성능과 신뢰성을 보장할 수 있는 적절한 시험항목들이 선정되어야 한다.

또한, 저전력 구동을 위해서는 유전율이 1600 이하, 압전상수가  $200 \times 10^{-12}[C/N]$  이상인 압전 액추에이터를 생산할 수 있는 기술이 필요하고, 두께 15[ $\mu m$ ] 이하의 대면적 박막 기술이 필요하다.

#### 〈참고문헌〉

1. Brayline Controls Positioner B-1034\_fr\_S6A\_2006-10
2. Arca Valves Valve\_Positioner\_Type\_824
3. ARCAPRO Positioner\_DS 827A E
4. EasyTech ET\_SP2\_Positioner\_manual\_En
5. EasyTech ET\_SP2\_Positioner\_manual\_En
6. sipartps2\_sitransvp300\_fi01en
7. sipartps2\_ps2\_fi01en
8. sipart\_ps2\_erw\_diagnose\_funktionen\_en
9. 필드버스를 이용한 공장자동화와 자동제어밸브 포지셔너의 추가기능(삼손콘트롤즈)
10. 자동제어 밸브 선정(11, 한국본산(주))
11. 밸브 포지셔너와 부속 기기(한국계측협회)
12. ARCA\_Fly\_ARCAPRO\_EN
13. 824-BV\_engl\_by ARCA
14. Siemens\_SipartPS2\_bro
15. positioner\_braycontrols\_B-1051
16. SMC\_positioner
17. www.ytc.co.kr
18. www.powergenex.com
19. www.dressermasoneilan.com
20. www.arca.de21.
21. www.braycontrols.com
22. www.arca.de
23. www.abb.com
24. www.flowserve.com
25. http://www.automation.siemens.com
26. http://www.njetc.com