

안전·안심조업을 실현하는 밸브 포지셔너

Minoru Fukuda, Yohsuke Inagaki, Nanoyuki Aota,
Kouji Okuda, Takashi Nomiyama / Azbil Corporation
kr.azbil.com

공업용 밸브 포지셔너로서 호평을 얻고 있는 스마트 밸브 포지셔너 300 시리즈의 신기종으로, 코어부품을 계승함과 더불어 제어특성과 컨트롤밸브 진단 기능을 강화하여 조정·설정을 간소화하는 액정표시와 조작 버튼을 탑재한 700시리즈를 개발했다.

글로벌 사양에 적합한 최신 통신규격에 대응할뿐만 아니라, 당사 컨트롤밸브 메인テナンス 서포트 시스템 ‘PLUG-IN Valstaff’와 조합하여 온라인 진단을 통해 이상 상태를 조기에 검출하거나 정기점검시의 개방 점검의 필요 여부 판단에 활용할 수 있어 메인テナンス 타이밍의 최적화 및 효율화를 실현했다.

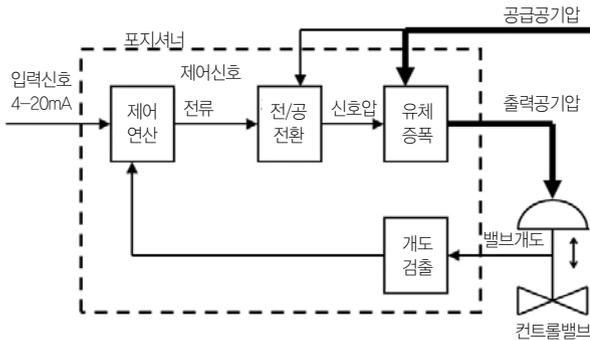
1. 머리말

최근 플랜트 분야에서 고도의 안전·안정조업에 대한 요구가 높아지고 있는 가운데, 컨트롤밸브는 프로세

스 유체를 직접 제어하므로 이상발생시 플랜트 조업에 끼치는 영향이 상당해 그 가치가 재조명되고 있는 한편, 컨트롤밸브의 이상을 일으키지 않고자 실시하는 메인テナンス의 비용절감에 대한 요구도 증가하고 있다. 일반적으로 컨트롤밸브는 정기적으로 메인テナンス되고 있지만, 유체의 압력, 온도 등이 다양하며, 그 방법을 표준화하기 어려워 운전 중에 이상이 발생하지 않도록 안전율이 높은 메인テナンス를 하고 있다. 최근에는 컨트롤밸브를 제어하는 스마트 포지셔너에 컨트롤밸브 진단 기능을 탑재해 컨트롤밸브 이상의 조기 발견과 최적의 메인テナンス 타이밍을 추정할 수 있게 되어 플랜트의 안전·안정조업과 메인テナンス 효율화·표준화 실현에 기여하고 있다.

50만대 이상의 가동 실적을 보유한 당사 스마트 밸브 포지셔너 300 시리즈의 신기종으로서, 기존 코어부품을 계승하고, 제어특성과 컨트롤밸브 진단 기능을 강화해, 조정 및 설정을 간소화하는 액정표시와 조작버튼을 탑재한 700시리즈를 개발하여 소개하고자 한다.

안전 · 안심소업을 실현하는 밸브 포지셔너



〈그림 1. 밸브 포지셔너의 블록도〉

2. 밸브 포지셔너의 개요

밸브 포지셔너(이하 '포지셔너')란, 컨트롤밸브의 밸브 축(Stem)의 위치를 검출하여 조작신호와 비교해 그 차이가 제로가 되도록 조작기에 공기압신호를 제어하는 제어기이다. 포지셔너의 블록도를 그림 1에 나타낸다.

포지셔너는 조작신호가 공기압신호(20~100 kPa)에서 전류신호(4~20mA)로 이행하고 있으며, 또한 디지털신호인 필드버스(Fieldbus)도 사용되고 있다. 이러한 변천을 통해 최근에는 마이크로 프로세서를 탑재한 스마트식 포지셔너가 주류가 되고 있다. 스마트식의 포지셔너는 기존의 기계식 포지셔너 보다 제어성능의 향상, 자동조정 기능이나 컨트롤밸브 진단기능 등 다양한 스마트 기능을 탑재할 수 있다. 1998년 판매 개시한 300 시리즈에서는 이와 같은 스마트 기능을 탑재해 석유, 석유화학, 화학시장뿐만 아니라, 철강, 종이 펄프, 식품, 약품시장 등 폭넓은 유저로부터 호평을 얻어 50만 대 이상의 실적을 축적해 왔다.

이번 700시리즈의 개발에서는, 컨트롤밸브 진단을 강화할 뿐만 아니라, 기존의 300 시리즈의 특징을 한층 더 강화하여 고객 현장에서의 가치 향상을 도모했다. 강화 항목은 다음과 같다.

- 컨트롤밸브 진단 기능 : 압력센서를 탑재해, 막힘 이상, 조작기 이상, 마찰 이상 등의 진단항목을 강화
- 현장조작 : Local User Interface(LUI)에 의한 간단 조정 및 설정
- 오토셋업(자동조정기능) : 300 시리즈보다 30%의 시간 단축
- 폭넓은 사양에 대해 1기종으로 대응 : 복동 파일럿 릴레이를 탑재해, 단동/복동 조작기 모두 대응 가능
- 에너지절감 : 300 시리즈보다 공기소비량을 20% 삭감
- 제어성 : 300 시리즈보다 복동조작기의 작동속도 20% 향상

사진1은 스마트 밸브 포지셔너 700 시리즈의 외관을 나타낸다.



〈사진 1. 스마트 밸브 포지셔너 700 시리즈〉

3. 소프트웨어와 진단 · 감시 기능

(1) 소프트웨어 구조

700시리즈의 소프트웨어(S/W) 구조에 대한 핵심을 설명한다. 4-20mA 기기로 동작하는 700 시리즈는 마이크로 프로세서의 소비전류를 억제하기 위해 동작 시간을 줄여야 한다. 동시에 진단과 상태감시, 본체에서

Plant 현장에서 각광받는 산업용 밸브

의 설정 조작 등의 고기능화에 따라 전체 소프트웨어 처리량은 비약적으로 증대되어 구조 상의 연구가 필요했다. 또한, 이러한 기능 증가로 인해 소프트웨어의 개발 규모가 커지고 복잡해지는 가운데, 고품질을 달성하기 위해 모듈구조에 의한 높은 설계 자유도, 변경 용이성, 보수성의 실현을 지향했다.

① 2층 구조의 실현

마이크로 프로세서가 진화됨에 따라, 상시 연속 동작에서 저소비 전류가 요구되는 현장기기에서도 Real-Time Operating System(RTOS)의 채용이 현실화되어 700 시리즈에서 채용했다. 이로 인해, 소프트웨어의 모듈 구조화와 더불어 설계의 유연성이 향상되어 손쉽게 기능 추가를 할 수 있게 되었다.

그러나 RTOS 관리하에서 밸브를 제어하기 위해서는 RTOS 오버헤드의 애로사항으로, 응답시간 등의 성능 면에서 과제가 있었다. 연속제어인 밸브제어는 스피드가 중시되는 처리이며, 처리의 지연은 곧 제어 성능의 악화로 연결된다.

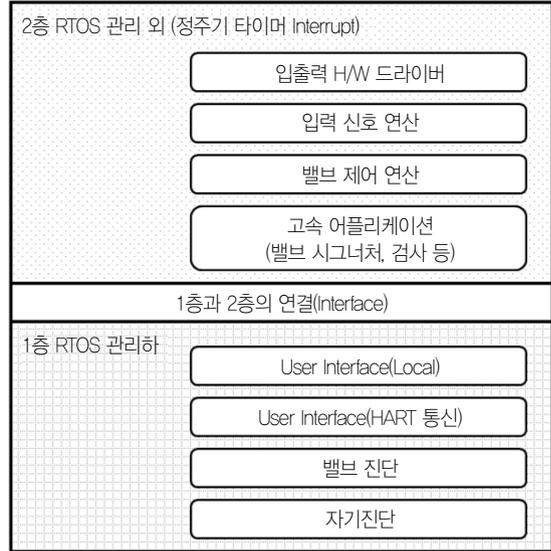
따라서, 밸브 포지셔너가 해야 할 작업을 몇 10msec 오더로 처리해야 할 것과 그 이상의 시간에 처리하면 좋은 것 등 2가지로 분류해, 전자를 RTOS 관리 외 Interrupt(정주기 Timer Interrupt)로 실행하고, 후자를 RTOS 관리(Task)로 실행하는 2층 구조의 실행 제어 시스템을 실현했다(그림 2).

이와 같은 구조로 인해, Time critical 기능을 RTOS에서 분리해, 성능 면과 품질 면에서 RTOS의 영향을 제로로 하면서 부가가치인 밸브진단 등의 추가, 변경, 수정이 용이해지도록 했다.

② Direct Memory Access에 의한

소프트웨어 처리 경감과 제어주기의 안정화

RTOS 관리 외 Interrupt에서는 입출력 하드웨어 제어, 밸브제어 연산 등의 Time critical 처리를 실행하고



〈그림 2. 실행 제어 시스템과 기능 분류〉

있다. 이번 진단을 강화하기 위해 압력 센서를 탑재했다. 이로 인해 아날로그 입력 증가에 따라 입출력 하드웨어 제어 처리나 입력신호 연산 처리는 증가하는 한편, 뒤에서 설명할 High Gain형 파일럿 릴레이를 활용해 제어하므로 밸브제어주는 기존보다 대폭적인 단축이 요구되었다.

이 요구에 부응하고자 700 시리즈에서는 입출력 하드웨어 제어에 Direct Memory Access(DMA)를 채용했다. 정주기의 Timer Interrupt(= RTOS 관리 외 Interrupt)를 계기로, DMA를 통해 시리얼 통신 송신 데이터 레지스터로 보내는 송신 데이터 자동 전송 및 출력 포트 데이터 레지스터로 보내는 출력 포트 데이터의 자동전송이 실행되는 디바이스로서, 외부 하드웨어와의 직접적인 교환의 대부분이 소프트웨어를 통하지 않고 완료된다. 이로 인해 소프트웨어는 다음의 Timer Interrupt 발생까지 전송 데이터만 덮어쓰면 되므로, 하드웨어 제어와 관련된 소프트웨어 처리는 대폭 경감되었다.

밸브제어의 입출력 주기는 안정되어야 하며, 주기 오차는 불안정한 제어로 이어진다. 따라서, 소프트웨

어로 입출력 하드웨어를 제어하는 경우, 그 처리는 가급적 우선순위를 높혀 다른 처리로 인해 지연되지 않는 설계가 이상적이다. 그러나 단순히 밸브를 제어할 뿐만 아니라, 현재 개도 등의 프로세스 상태, 진단에 의한 밸브 상태를 상시 지속적으로 발신하는 정보기기로서의 역할이 중요해지고 있어 상위 통신 기능도 중요성이 높아졌다. 통신은 높은 신뢰성은 물론 통신규격에 적합한 것도 중요하다.

공업계측과 제어분야의 중요한 표준적 통신규격의 하나로 HART 통신이 있는데, HART 통신에서는 수신 프레임에 포함된 바이트와 바이트 사이의 시간 갭에 대한 엄격한 룰이 마련되어 있어 이것을 충족시키려면 우선도를 최상위로 하여 1바이트마다 수신해야 한다. 입출력 하드웨어 제어를 소프트웨어 처리로서 탑재했다면, 1바이트마다 수신을 처리하고, 그로 인해 입출력의 타이밍은 지연되어, HART 수신 중에는 제어주기가 안정되지 않아, 결과적으로 제어가 불안정해질 가능성도 있으나, DMA를 이용하여 그러한 영향을 완전히 받지 않도록 할 수 있었다.

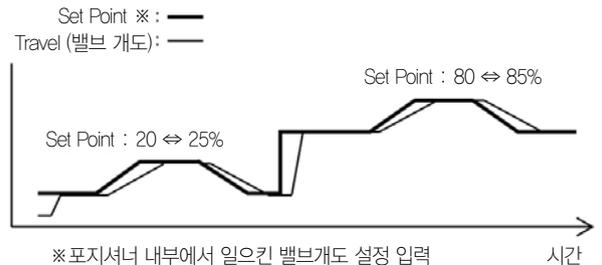
(2) 오토셋업 기능

당사의 기존 300 시리즈 포지셔너에 세계 최초로 탑재된 밸브의 오토셋업 기능은 조작이 매우 간편해 현장 작업시간 단축과 효율화에 공헌해 왔으며, 이번 700 시리즈에서는 300 시리즈보다 한층 더 시간을 단축했고, 진단 초기 정보를 수집하는 진단 콘텐츠의 성능과 관련된 중요한 기능을 추가했다.

오토셋업에 소비하는 시간의 대부분을 차지하는 것이 밸브를 풀 스트로크 동작 시간이다.

300 시리즈에서는, 이 풀 스트로크 동작을 3회 실시했으나, 700 시리즈에서는 풀 스트로크 중의 밸브 위치와 경과시간을 대용량 메모리에 모두 기억해, 그 정보를 후에 참조하여 2회로 단축시켰다.(특허출원 중)

밸브진단에 필요한 진단 초기 정보를 취득하는 것은, 전용 동작을 실시하면 높은 정밀도로 실현할 수 있으며 그 동작을 탑재하는 것도 간단하다. 초기 정보란, 출력 압력과 밸브 개도의 관계, 밸브의 마찰(Friction), 제어 출력과 출력압력과의 관계 등이 있으며, 예를 들어, 제어출력을 서서히 0-100%로 왕복시키면, 이러한 정보는 간단히 얻을 수 있다. 그러나 이러한 방법에서는 1회의 풀 스트로크 단축분을 모두 사용해 전체적으로 시간단축을 달성할 수 없게 될 우려도 있다. 오토셋업은 제어 파라미터 결정 및 진단 초기 정보 취득의 두 가지 기능을 가급적 단시간 내에 완수할 수 있도록 필요 충분한 정밀도로 각 정보를 추출하는 밸브 동작 방법을 고안해 탑재했다. 고안한 밸브 동작은, 중간 개도 2 point에서의 미소(微小) 왕복 Ramp(경사) 동작으로 구성되어 있다(그림 3). 최적화된 폭과 속도에 의한 미소 왕복 램프로, 동작하는 부근에서의 준정적(Quasi-static) 상태(제어출력, 노즐배압, 출력압, 개도)를 계속할 수 있다. 이 동작을 2 point로 실시해 계속된 결과를 통해 진단 초기 정보가 계산되어 진단에 이용된다(특허출원 중).



〈그림 3. 중간개도 2점에서의 미소 왕복 램프 동작〉

(3) 진단 기능

① 컨트롤밸브의 메인テナンス

컨트롤밸브는 밸브동작에 의해 직접 유체를 제어하

Plant 현장에서 각광받는 산업용 밸브

므로 컨트롤밸브에 트러블이 생기면 플랜트의 제어, 운전에까지 영향을 주는 경우가 있다. 따라서, 플랜트의 안전·안정조업을 실현하기 위해서는, 적절한 메인テナンス를 실시해 이상 발생을 사전에 방지하는 것이 요구된다. 동시에 한정된 유지보수 예산과 유지보수 인원으로 증가하는 유지보수업무를 수행하기 위해서는 한층 더 메인テナンス를 고효율 및 최적화시켜야 한다.

700 시리즈의 진단 기능에서는, 컨트롤밸브 상태를 감시해, 이상이나 불안정 동작의 이상 상태를 조기에 파악(예지유지보수)하여 조업 안정화에 기여할 뿐만 아니라, 메인テナンス의 고효율화를 위하여, 시간기준 유지보수(Time Based Maintenance : TBM)에서 상태기준 유지보수(Condition Based Maintenance : CBM)로 이행시켜 가는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 컨트롤밸브 작동검사 기능을 통해 검사를 표준화할 수 있어 메인テナンス 업무의 기술 계승도 할 수 있게 되었다.

② 700 시리즈의 진단 기능 특징

300 시리즈에서는 개도 데이터를 통해 컨트롤밸브의 이상이나 성능 저하의 경향을 파악하기 위한 각종 진단 지표를 산출하고, 뒤에서 설명할 PLUG-IN Valstaff와 조합하여 컨트롤밸브의 메인テナンス에 대한 성과를 올려 호평을 얻고 있다. 700 시리즈에서는 압력센서를 새로이 탑재해 공급공기압력, 노즐배압, 포지셔너 출력공기압을 감시해, 이것을 활용한 새로운 진단 지표에 의해 진단 기능을 한층 더 높이고 있다.

진단항목에는 하기와 같이 온라인 진단(운전에 할 수 있는 진단)과 오프라인 진단인 각종 검사항목이 있다.

- 컨트롤밸브 이상 진단(온라인) - 컨트롤밸브의 이상현상을 직접 검출하는 진단
- 컨트롤밸브 이상 상태 진단(온라인) - 컨트롤밸브의 이상이나 성능 저하의 상태를 예측하는 진단
- 포지셔너 진단(온라인) - 밸브 포지셔너의 이상현상을 검출하는 진단

- 작동검사(오프라인) - 운전 정지 시에 컨트롤밸브를 움직여 할 수 있는 진단

이와 같이 진단기능은 온라인 진단항목이 충실히 포함되어 있는데, 그 이유는 (오프라인 검사로 이상을 발견할 수 있는 것은 당연하다고 할 수 있으나) 온라인에서 이상을 조기에 검출할 경우 예지유지보수를 통해 조업의 안정화 실현 및 상태기준유지보수(CBM)에 의한 메인テナンス의 효율화를 실현하기 때문이다.

예를 들면, 정기점검 직전까지의 온라인 진단 데이터로 사전에 개방점검이 필요한 컨트롤밸브를 선정해 두면, 정기점검기간의 단축을 기대할 수 있다.

③ 진단기능 상세

여기에서는, 대표적인 진단기능에 대해 설명한다.

가. 출력공기압 타당성/최대 마찰력 모니터링

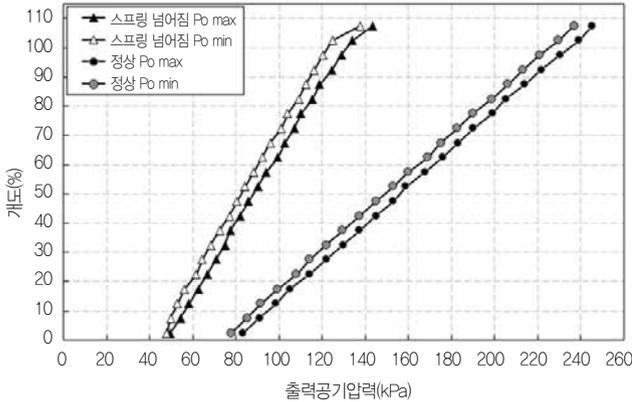
밸브 시그니처 검사에서는, 오프라인 시에 포지셔너의 입력신호를 Romp(경사) 모양으로 전폐 ↔ 전개시키고 그 때의 포지셔너 출력공기압과 개도의 관계를 통해 진단한다. 출력공기압 타당성/최대 마찰력 모니터링에서는, 온라인 시에 동일한 데이터를 취득한다. 단, 압력에 대해 개도가 늦게 추종하는 것과 오버슈트 등의 영향을 제거하기 위해, 압력/개도 모두 단위시간당 변화가 작은 데이터만을 채용해 정적인 특성을 취득하고 있다. 취득된 압력 데이터는 5%의 개도구분마다 최대값(Po max)과 최소값(Po min)이 보관된다.

출력공기압 타당성은, 조작기의 힘과 그랜드패킹을 주로 하는 마찰력, 유체 반동력의 힘 밸런스로 포지셔너 출력공기압의 타당성을 판단하는 지표값이다.

오토셋업 시에 측정된 압력/개도의 관계를 기준선으로 하고, 거기에서 Po max, Po min의 시프트량이 설정값을 넘으면 알람을 올린다. 이 지표값에 의해, 조작기의 이상현상(스프링 성능 저하/넘어짐, 다이어프램

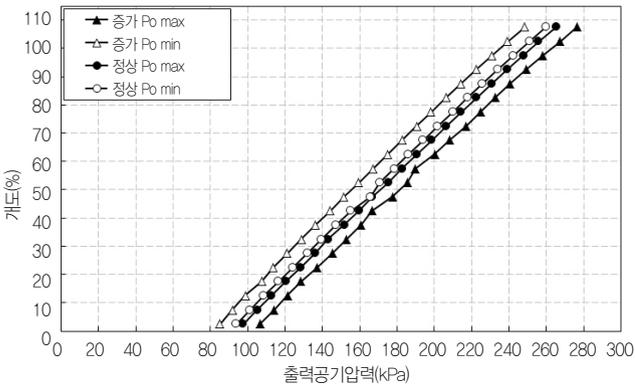
안전 · 안심소업을 실현하는 밸브 포지셔너

손상/경화 등)이나 폐쇄의 이상현상 등을 검지 할 수 있다. 그림4에 조작기의 스프링 넘어짐을 재현했을 때의 데이터를 나타낸다.



〈그림 4. 조작기의 스프링 넘어짐〉

온라인 중의 데이터로 포지셔너 출력공기압과 개도의 특성 변화를 파악할 수 있음을 확인할 수 있다.



〈그림 5. 마찰 증가시의 변화〉

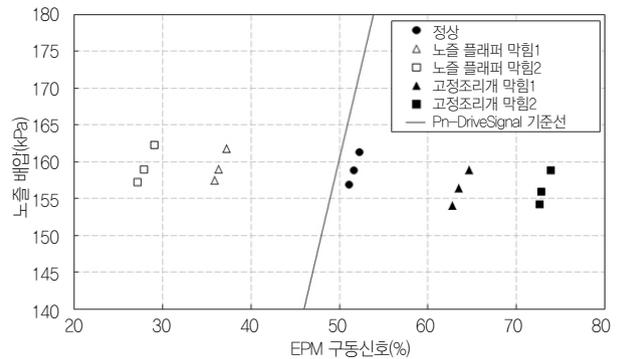
최대 마찰력은, Po max와 Po min 차이의 절반으로 계산해, 이 값이 설정값을 넘으면 알람을 올린다. 이 지표값에 의해, 그랜드패킹 이상(성능 저하, 경화, 연화)이나 막힘 이상 등이 추정된다(그림 5).

나. 포지셔너 공기회로 진단

포지셔너 공기회로 진단에서는, 앞에서 설명한 진단 지표와 동일한 개념에 의거해, 전공변환부 Electric Pneumatic Module(EPM)의 입력인 EPM 구동신호와 출력인 노즐배압에 대해, 단위시간당 변화가 적은 데이터만을 채용해 온라인으로 정적인 특성을 취득한다. 이러한 값이 오토셋업 시에 측정된 기준선에서 시프트한 양(Drive Sig Max Shift+, Drive Sig Max Shift-)이 한계값을 넘으면 알람을 올린다.

그림 6에 포지셔너의 고정조리개와 노즐 플래퍼의 막힘을 재현했을 때의 데이터를 나타낸다.

EPM 앞에 있는 고정조리개가 막히면, 출력공기압이 나오기 어려워진다. 이로 인해 보다 큰 EPM 구동신호가 필요하게 되고, Drive Sig Max Shift+가 커진다. 반대로 노즐 플래퍼가 막히면, 출력이 높게 나오므로 보다 작은 EPM 구동신호로도 충분하여 Drive Sig Max Shift-가 작아진다

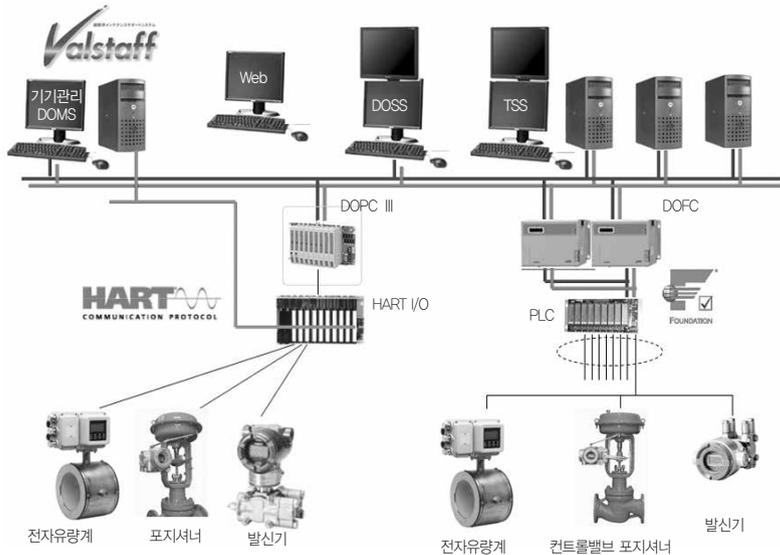


〈그림 6. 고정조리개 막힘, 노즐 플래퍼 막힘시의 변화〉

다. 스틱 슬립

여기까지는 새로이 탑재한 압력센서를 활용한 신규 진단 지표에 대해 설명했는데, 기존의 300 시리즈부터 탑재된 진단 지표에 대해서도 몇 개의 알고리즘으로 개선했다. 여기에서는 스틱 슬립 지표의 개선에 대해 설명한다.

Plant 현장에서 각광받는 산업용 밸브



〈그림 7. InnovativeField Organizer〉

스틱 슬립 지표는, 컨트롤밸브의 그랜드부, 플러그·시트부 등에서 발생하는 고착·긋힘 현상의 전조가 되는 스틱 슬립 동작을 정량적으로 파악하기 위한 진단이다.

기존의 스틱 슬립 지표는, 밸브축 속도 크기의 평균의 2제곱(X)과 2제곱 평균(Y)의 비 Y/X 가 설정값을 넘으면 스틱 슬립으로 판정했다. 그러나 입력신호가 Step 모양으로 변한 경우, 특히 작은 컨트롤밸브에서는 실제로 스틱 슬립이 일어나지 않아도 지표값 Y/X 가 설정값을 넘는 경우가 있는 것을 알 수 있었다. 거기서 입력신호도 동일하게 Y/X 를 산출해, 입력신호가 Step 모양의 동작을 하지 않을(설정값을 넘지 않을) 때만 스틱 슬립을 판정하도록 알고리즘을 개선했다. 이 개선을 통해 보다 신뢰성 높은 진단을 할 수 있게 되었다.

라. PLUG-IN Valstaff

700 시리즈가 갖춘 진단 기능과 테스트 기능은, 컨트롤밸브 메인テナンス 서포트 시스템 PLUG-IN Valstaff와 조합하여 최대로 활용할 수 있다.

PLUG-IN Valstaff는, 당사의 디바이스 매니지먼트 시스템인 「InnovativeField Organizer(그림 7) 또는, 요코가와전기(주)의 통합 기기 관리 패키지 PRM(Plant Resource Manager)에서 동작하여, 포지셔너에서 진단 데이터의 수집이나 작동검사를 실행할 수 있다. 온라인 진단 데이터의 이력 표시나 각종 리포트를 출력하여 이상 상태의 조기 검출이나 정기점검 시에 개방 점검의 필요 여부 판단에 활용할 수 있어 메인テナンス 타이밍의 최적화 및 효율화에 도움이 될 것으로 예상된다.

(4) 설정 모니터 기능

700 시리즈의 개발에서 설정, 모니터기능(Local User Interface : LUI)을 새롭게 탑재해, 기기의 조작 및 확인을 간소화했다.

300 시리즈에서는 오토셋업, 제로/스팬 조정 등 현장에서 Startup이나 메인テナンス 시에 설정 간소화를 통해 현장 가치를 제공해 왔다.

700 시리즈에서는 LUI를 탑재하여 본체에서 밸브의

상세한 조정, 조작, 테스트 실행이나, 운전 중의 입출력, 포지셔너 내부의 동작상태, 공기회로 압력의 동작상태 확인, 소프트웨어 버전을 비롯해 각종 설정 데이터, 자기 진단 상황의 확인 등을 손쉽게 할 수 있게 되었다. 또한 본 기능의 구성은 4개의 조작버튼과 액정화면으로 조합되어 있고, 방폭사양의 내압용기 성능을 저해하지 않도록, 자석과 자기센서로 방폭 격벽을 비접촉에서의 스위치 신호전달을 채용했다(특허출원중). 이로 인해 방폭성 환경에서도 현장 작업이 가능해졌다. 본체 커버를 열어 조작버튼을 표시한 모습을 사진 2에 나타낸다.



〈사진 2. Local User Interface〉

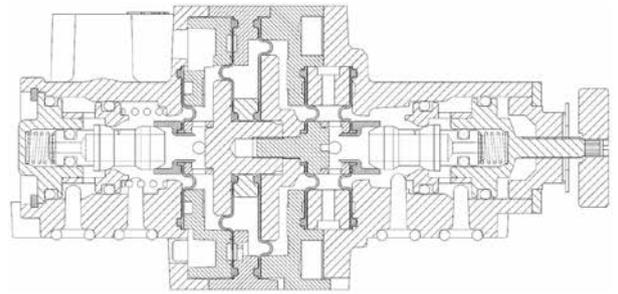
4. 새로운 공기증폭기구(파일럿 릴레이)

700 시리즈를 신규 개발 시에 파일럿 릴레이에 대해 3가지의 신규 개발 요소가 있었다.

첫째는, 포지셔너의 제어 대상인 복동형 조작기의 동특성(動特性)을 개선하기 위해 제어응답성을 향상시키는 것. 둘째는, 고객의 메인터넌스 빈도를 줄이기 위해 내구성 향상을 향상시키는 것. 셋째는, 고객의 런닝코스트나 환경부하를 줄이기 위해 정상적으로 소비되는 공기량을 줄이는 것이다. 또한, 밸브 포지셔너 본체에 콤팩트하게 수납하기 위해 소형 구조를 채용했다.

(1) 일체형 레이아웃과 성형 다이어프램의 채용

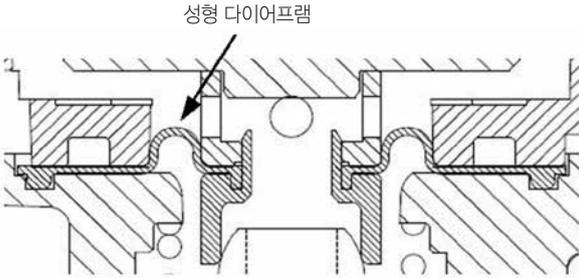
기존 300 시리즈는 복동형 조작기 제어할 때 파일럿 릴레이의 출력압 PO1을 사용해 리버싱 릴레이를 구동시키는 증폭방식을 채용했는데, PO1을 받아 리버싱 릴레이가 출력압 PO2를 출력하므로 낭비시간이나 완화시간이 커져, 제어응답성이 저하되는 요인이 되었다. 따라서, 복동형 조작기에 대한 제어성을 개선하고자 구식 기계식 밸브 포지셔너에서 이용된 2개의 출력압실을 마주보게 배치해 각각의 급기(給氣, Air Supply)포트 및 배기(排氣, Exhaustion) 포트를 서로 다르게 개폐시키는 일체형 구조를 답습하기로 했다. 그림 8에 구조도를 나타낸다.



〈그림 8. 일체형 파일럿 릴레이〉

기존의 파일럿 릴레이는 포지셔너 외부에 배치되었으나, 신형은 케이스 내에 수납되므로 필연적으로 소형 구조가 요구되었다. 또한, 응답성을 개선하기 위해서는 전공변환부에서 보내는 공기압신호(노즐배압 : PN)를 수압하는 신호공기실의 용량을 최소화하고, 다이어프램의 강성(剛性)을 낮춰 움직이기 쉽게 하는 것이 요구된다. 이러한 과제를 해결하기 위해 벨로플램(Bellofram)형 성형 다이어프램을 통해 스펠을 작게 하기로 했다(그림 9).

Plant 현장에서 각광받는 산업용 밸브



〈그림 9. 벨로프램형 성형 다이어프램〉

기존의 일체형 파일럿 릴레이는, 출력공기압 P_{O2} 실과 인접한 노즐배압 P_N 실을 O링에 의해 구분했다. 그러나 이러한 구조는 압력의 반전이 일어나 내구성 저하가 문제가 되므로 새로운 파일럿 릴레이에서는, 배기실 사이에 O링이 아닌 다이어프램으로 공기실을 나누어 높은 내구성을 확보하도록 했다(특허출원 중). 또한 성형 다이어프램을 채용하면 기존의 평평한 다이어프램에 비해 수압면적이 작아지고, 인가되는 힘이 작아짐으로 인해 내구성이 크게 향상되는 것을 기대할 수 있다.

노즐 플래퍼 기구를 이용한 포지셔너의 경우, 노즐이 막히면 내구성 저하가 문제가 된다. 따라서, 노즐 막힘에 대한 내성을 향상시키기 위해 파일럿 릴레이의 정적 Gain(P_{O1} 과 P_N 의 관계)을 크게 해, 막힘에 대한 마진을 확보하는 설계로 했다.

(2) 일체형 레이아웃 구조와 High Gain화 모두 실현

일체형 레이아웃에 의해 복동을 구성하는 구조는, 기계식 밸브 포지셔너에서 일반적으로 사용되어 왔지만, P_N 에 대한 P_{O1} 의 변화(계인 : G)를 크게 하기 위해서는, P_{O1} 의 수압면적 A_{O1} 에 대해 P_N 의 수압면적 A_N 을 크게 해야 한다(식 1).

$$G = A_N/A_{O1} \quad \dots\dots (1)$$

그러나 A_N 을 크게 하면 신호공기실의 용량이 증가해 제어성이 저하되는 요인이 된다. P_{O1} 의 수압면적을 줄

이는 방책으로는 O링을 이용한 구조가 채용되어 왔지만, 앞에서 설명한 것과 같이 내구성이 문제가 된다. 이러한 과제 해결에 대한 설명은 다음과 같다.

P_{O1} 은 배기 포트 측에 걸리는 것과 동시에, 급기 포트 측에도 인가되므로 A_{O1} 은 식 2로 나타낼 수 있다.

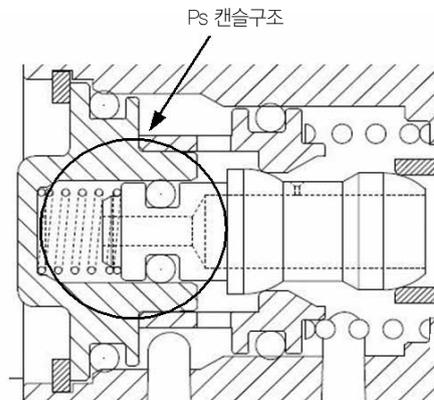
$$A_{O1} = A_{Oexh} - A_{Osup} \quad \dots\dots (2)$$

A_{Oexh} : 배기 포트 측의 수압면적

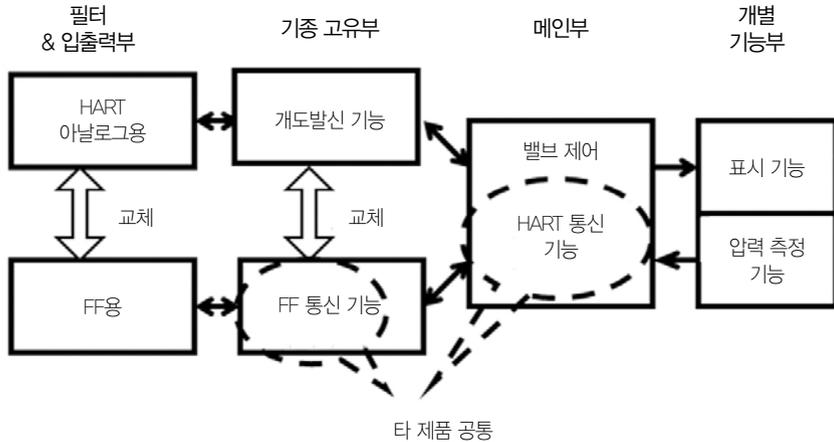
A_{Osup} : 급기 포트 측의 수압면적

A_{O1} 을 작게 하려면 A_{Oexh} 를 작게 해야 하는데, 배기 포트 구경 및 다이어프램 스펬에 의해 제한되므로 작게 하는 데는 한계가 있다. 이에, A_{Osup} 를 크게 하여 수압면적을 작게 하는 구조를 채용했다. 이로 인해 일체형 레이아웃 구조를 답습하면서 High Gain화를 실현했다.

그러나 급기 포트의 구경을 크게 할 경우, 밸브 Stem의 하단에 걸리는 공급공기압 P_S 로 인해 힘이 커지고, Dead Band가 증가해 제어성이 악화된다. 이 문제를 해결하기 위해 밸브 Stem의 하부에 공급공기압이 인가되지 않는 구조(P_S 캔슬구조)를 채용했다(특허 출원 중). 해당 구조를 그림 10에 나타낸다.



〈그림 10. 공급공기압 캔슬구조〉



〈그림 11. 로컬 블록〉

(3) 공기소비량 저감을 위한 구조

파일럿 릴레이에 설치된 브리드(여분의 공기배출) 구멍은, P_{01} 을 배출시키는 방향이라면, 배기 모드에서 급기 모드를 향해 세팅할 때의 동작을 개선시키고, P_S 를 배출시키는 방향이라면, 급기 모드에서 배기 모드를 향해 세팅할 때의 동작을 개선시키는 것이다.

즉, 공기소비량을 줄이기 위해 이 브리드 구멍을 작게 하는 것은 제어성 악화와 이율배반적인 관계(Trade-off)인 것이다. 그러나 이번 채용한 PS 캔슬 구조는, 밸브 Stem의 하부에 걸리는 힘이 작아지므로 이에 상당하는 분만큼 브리드량을 줄일 수 있다. 그 결과, High Gain화를 위한 PS 캔슬 구조의 이점을 살려 공기소비량이 적은 파일럿 릴레이를 실현할 수 있다.

5. 회로구조

700 시리즈의 하드웨어 설계 시에는, 4~20mA로 구

동이 요구되는 필드기기 특징의 하나인 저전류 구동회로 기술을 이용해 회로블록을 공통화 모듈로 구성하여, 타사 제품과의 상호 이용이 가능하다. 통신은 공업현장 기기에 공통된 통신규격인 HART 통신 최신규격 HART 7, Foundation Fieldbus(FF) 통신 최신규격 ITC6.1을 취득했다(2013년 12월 기준).

모듈화로서는 우선 FF 통신기능, HART 통신기능을 당사 외 기종인 압력발신기, 전자유량계 등과의 공통화 대상으로 하여 FF 통신회로, FF 전원회로, HART 통신회로의 블록으로 공통화를 도모했다. 밸브 포지셔너 고유의 설계에서는 밸브제어 기능, HART 기능을 추가한 블록을 메인 회로 블록으로 모듈화했다(그림 11).

또한, 700 시리즈의 각 기종 고유의 부가 기능을 각각 하나의 모듈로 했다. 밸브 개도를 감시하는 개도발신 기능에 대해 기존에는 동시에 실현할 수 없던 HART 통신 기능과 공존할 수 있도록 모듈화했다. 이로 인해 메인 회로블록의 공통화를 중심으로, 각 기종 고유의 FF 블록, 개도발신 블록의 교환, 기종에 의한

외부와의 입출력 회로 블록 등의 선택, 표시 블록 유무, 내부공기압 센싱 회로 블록의 독립을 실현했다. 각각 모듈의 기능을 정리 및 한정하고, 각 기능을 명확화하여 설계평가의 명확화와 설계 품질을 확보하기 쉽게 하였으며, 생산 시에 부품단계에서의 검사항목, 사양을 명확하게 해 용이하게 품질 확인 및 품질을 향상시킬 수 있게 되었다.

6. 맺음말

본 고에서는, 호평을 얻고 있는 당사 스마트 밸브 포지셔너 300 시리즈의 신기종인 700 시리즈의 기술 개

발에 대해 설명했다.

최신 통신규격에 대응할 뿐만 아니라, 제어성과 진단기능의 성능 향상, LUI를 통한 현장에서의 설정·감시작업의 효율화를 실현하여 고객현장에서 한층 더 안전·안심조업을 할 수 있게 되었다.

- HART는, HART Communication Foundation의 상표다.
- FOUNDATION는, Fieldbus Foundation의 상표다.
- PRM는, 요코가와전기주식회사의 통합 기기 관리 소프트웨어 패키지의 명칭이다.

〈참고문헌〉

- (1) Toshiharu KAGAWA, Katsuya HONDA, Masashi SHIMIZU : Analysis of Electro-Positioner Valve System Considering Non-linear Characteristics of Pilot Valve, Trans. of SICE, Vol.29, No.11, 1337/1341(1993)
- (2) Toshinori FUJITA, Toshiharu KAGAWA, Masaaki TAKEUCHI : Disturbance Characteristics of Control Valve Positioner, Proceedings of 4th Triennial International Symposium on Fluid Control Fluid Measurement Fluid Mechanics Visualization Fluids, B, 847/852(1994)
- (3) “本田 외 : 스마트 밸브 포지셔너의 요소 기술, 제13회 유체 제어 심포지엄 강연 논문집 P.21-24(1998)”
- (4) “齋田 외 : 컨트롤밸브의 온라인진단에 관한 연구, 일본설비관리 학회지 제 9권 제 4호(1998)”
- (5) 齋田, 大塚, 長坂, 香川 : 공기압식 컨트롤 밸브의 동작 특성 진단에 관한 실험적 연구, 계측 자동 제어 학회 논문집, 35, 594/599(1999)
- (6) Masato KURODA, Yohsuke INAGAKI, Masahiro URATA, Toshinori FUJITA, Toshiharu KAGAWA, Positioning Control Performance of Separate-Type Valve Positioner, Proceedings of INTERMAC 2001 Joint Technical Conference, pp. CD-ROM(2001)
- (7) Kuroda et al., “Control Valve Diagnostic Using Fieldbus”, the Proceeding of ISA/EXPO 2001 Technical Conference(2001)
- (8) 메인터넌스의 최적화, 고효율화를 향한 서포트 시스템, 계장 Vol.58, No.6(2008)