공압분야의 최신기술정보

산업기기표준과 공업연구관 남복현
02)509-7288 nambuk@ats.go.kr

1. 공압기술의 정의 및 분류

공압기기는 압축기나 송풍기 등에 의하여 기계적 에너지를 공기를 압축한 압력에너지로 변환하고, 이 압축공기를 제어밸브 등에 의한 제어에 의해 공압 액츄에이터에 공급함으로써 발생하는 출력을 기계적 에너지로 변환하여 사용하는 일련의 자동화 기기를 의미한다.

공압 시스템 구성요소는 크게 액츄에이터, 방향제어기기, 청정화기기, 압축공기 발생장치, 기타 부속기기 등으로 나눌 수 있다.

액츄에이터는 압축공기를 이용하여 직선 또는 회전운동을 하는 기기(Cylinder 등)이며, 이중에서 공기압 실린더는 최종적으로 압축 공기의 압력 에너지를 기계적 에너지로 변환하여 직선 왕복 운동을 하는 액츄에이터로서 가장 많이 사용되는 공기압 기기 중의 하나이다.

방향제어기기는 공기압 제어 계통의 관로(管路)에 설치하여 그 작동의 목적에 따라 공기의 흐름 방향을 바꾸거나 흐름을 저지하여 실린더 및 공기압 모터 등의 작동을 제어하는 기기로서 공기압밸브 라고 불리며," 시작" 과" 정지" 방향을 제어하고, 유량과 압력을 제어 및 조절해 주는 장치이다.

청정화기기는 압축공기 중에 포함되어 있는 수분이나 이물질을 제거하고 압력을 제어하는 기기(FRL Unit 등)이고, 압축공기 발생장치는 공기를 압축하여 고압 기체로 만들어 그 압력 에너지를 이용해서 여러 가지 기계적인 압력원을 만드는 장치이며, 기타 기기로 배관 및 피팅류 등이 있다.

그림 1은 공압기기의 기능별 분류를 보여주고 있다.

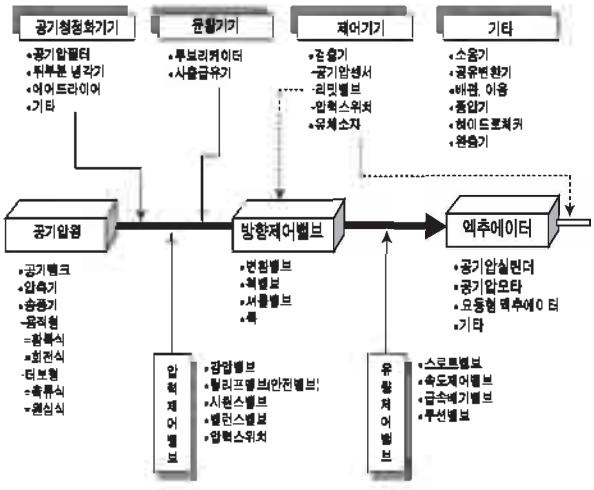

그림 1. 공기압기기의 기능별 분류

2. 공압기술 발전 동향

공압산업의 세계시장규모는 60억 달러 정도이며, 국내 시장규모는 약 1,780억원에 이르고 있다.

세계적으로 SMC(일본), FESTO(독일), PARKER(미국) 등 3개 정도의 공압기기 제조회사가 전세계시장의 60% 이상의 시장점유율을 나타내고 있으며, 이들 회사를 중심으로 기술개발이 이루어지고 있다.

공압분야에서도 21세기에는 고령자 보호, 지구환경보존, 자원•에너지 절약 등에 공헌할 수 있는 개발이 요구되며, 공압기술도 이들 문제에 신속하게 대응이 필요하다

사회나 산업구조의 변혁이 요구되는 시대는 종래 기술에 큰 혁신이 요구되는 것처럼 공압기술에 있어서도 많은 기술적 혁신이 필요한 시기이다.

공압제어 시스템은 저렴한 구축비용과 청결한 작업환경, 동력전달의 용이성 등을 특징으로 산업자동화 분야에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 1960년 이후로 전기, 공압제어 시스템은 논리제어기(Programmable Logic Controller)를 사용한 온-오프(On-Off) 위치제어나 속도제어를 수행하기 위하여 광범위하게 응용, 제어되어 왔다. 이 시스템은 최근 반도체 생산공정과 같은 정밀제어기계에 응용되고 있으나 온-오프 논리제어기로는 고도의 정밀한 위치제어를 달성할 수 없어 이러한 문제점을 해결하기 위해 서보 밸브가 개발되어 제어 시스템에 적용되었고, 최근 10년 사이에는 노즐 플레퍼 방식의 공압 서보밸브와 비례 솔레노이드밸브가 개발되어 보다 정밀하고 강력한 산업자동화 시스템에 응용되고 있다

1) 주요 선진국의 기술개발 동향

(1) 액츄에이터

액츄에이터 분야에서는 고압화, 고속화, 고효율화, IT화, Free-maintenance화, 설계의 용이화, 내오염도화를 위한 연구들이 진행되고 있다. 최종적인 적용에 있어서는 위치결정 기술이 매우 중요하며, 이를 위해서는 두마찰 실린더 제작기술, 위치센서 내장기술, 제어기술이 필요하다

최근에 활발한 연구들이 이루어지고 있는 시뮬레이터용 실린더의 설계개념은 다음 사항이 필요시 된다.

첫째, 저마찰 구현을 위해 Hydrostatic Bearing을 장착하는 구조여야 하며,
둘째, 좌굴강도가 커야하고,
셋째, 보수와 정비가 용이해야 하며,
넷째, 운동 에너지 흡수용 장치를 가지면서, 서지압 방지용 릴리프 밸브를 가지고 있거나 외장이 가능해야 할 것이다.

최근에는 메탈 씰 등의 이용으로 11mm/s이하의 안정된 저속 동력이 가능한 저마찰 실린더가 개발되고 있다. 또한, 반도체 제조공정에의 응용을 목적으로 종래의 볼 베어링을 대신하여 다공체를 이용한 정압형 기체 베어링을 이용한 공기압 실린더가 개발되어 서브 미크론의 위치 정밀도 및 mN이하의 슬라이딩 저항이 실현되고 있다 이 실린더는 미소 변위 및 미소 하중제어가 가능하여 스크러버 세정기나 본딩 실장기 등에의 응용 예가 소개되고 있다. 이들 정밀 액츄에이터는 종래의 공압 실린더에서는 실현할 수 없었던 고정밀 기기로서의 요구를 만족하는 것으로 차세대 공기압 기술의 하나의 방향성을 시사하는 것이다.

또한, 의학 및 분석장치에 소형부품이 사용되기 시작하면서 가스나 공기의 유량을 조절하는 미니 공압밸브의 수요가 증가하고 있다. 이러한 소형화 경향은 미니 작동기 및 관련 액세서리의 수요를 촉진시킨다. 생의학 제품이 미니 제품의 수요를 주도하고 있지만,

공압 부품을 사용하는 다양한 분야에서도 유사한 경향이 보일 것으로 보인다. Forst&Sullivan(F&S)의 "북미 미니 공압부품 시장"에 관한 새로운 분석보고서에 따르면, 미니 공압부품 산업의 2001년 생산량은 2.4억 달러에 이르며, 밸브, 작동기, 필터, 조절기, 윤활기 및 공압 액세서리 등의 미니 공압부품 수요는 2008년에 3.2억 달러로 30% 상승할 예정이다.

(2) 방향제어 밸브

공압 밸브는 밸브 구동원에 따라 수동식, 단순 온오프 솔레노이드 방식, 비례 솔레노이드 방식, 직동 및 2, 3단 서보제어방식으로 나뉘어진다. 밸브에 있어서 고압화가 매우 중요하며, 고압화의 이점으로는 고효율화, 소형· 경량화, 가격저감화, 고응답성화를 들 수 있다.

방향 제어 밸브로 사용되는 전자전환 밸브의 소형·경량화, 저Watt화, 공기유량의 대용량화가 현저하다. 또한, 매니폴드화 및 시리얼 전송방식의 보급에 의해 공기압 회로 및 제어회로를 매우 콤팩트하게 설계할 수 있고, 전기·전자부품의 취급과 같은 감각으로 제어 밸브 회로를 구성할 수 있다.

고속 ON/OFF 전자전환 밸브를 펄스 변조 제어함으로써 비례 밸브와 등가의 기능을 얻을 수 있다. 지금까지 펄스폭 변조(PWM)제어나 펄스 코드 변조(PCM)제어의 유용성이 나타나 있다. PWM제어에서는 반송 주파수 성분에 의한 고주파수 진동을 디저로 이용함으로써 슬라이딩부의 마찰 특성을 개선할 수 있다.

PCM제어밸브의 원리는 각 밸브의 유효 단면적비를 2진수의 비율로 설정해 둠으로써, 예를 들면 4개 밸브의 개폐의 조합으로 15단계의 유량제어가 가능한 디지털 제어 밸브를 실현할 수 있다. 펄스 변조 제어를 도입함으로써 전자 전환 밸브의 소형·경량의 이점을 그대로 활용할 수 있고, 소형 로봇 등에의 조립용 제어밸브로서의 응용을 기대할 수 있다.

현재 공압을 이용한 의료·복지분야 등 소위 인간 공존형 시스템에의 응용이 기대되고 있지만, 이들 응용에 있어서는 인간에 대한 안전성이 가장 우선적으로 보증되어야 한다.

(3) 공기압 시스템

공기압 메이커의 카탈로그에 기재된 액츄에이터나 제어밸브의 종류, 규격이 방대하여 이 중에서 설계 시방을 만족시키는 공압 기기를 선정하는 것은 쉬운 작업이 아니다. 이들 문제에 대처하기 위해서 각 메이커에서 퍼스널 컴퓨터를 사용한 공압 기기 선정 소프트웨어가 제공되고 있다. 또한, 현재 NC 공작 기계나 FA 시스템에서의 오픈 네트워크화가 진전되어 있어서 시리얼 방식 등 배선 시스템의 오픈화에 대한 대응이 주목된다. 공압 시스템의 효율적인 설계와 운용을 꾀하기 위해서는 정보·통신기술과의 융합이 필요하다.

(4) 제어이론의 도입

1980년대 초기의 마이크로 컴퓨터 보급과 함께 공기압 실린더나 공기압 모터를 피드백 제어하는 연구가 시작되어 펄스 변조방식 제어밸브나 전공비례 제어밸브를 사용한 공기압 서보계가 구성되었다. 그 컨트롤러에는 각종 제어 이론이 적용되어 기본적인 PID제어에서 시작되어 최적제어, 적응제어, 퍼지제어, 뉴럴 네트워크제어 등 존재하는 대부분의 제어이론의 유효성이 각 연구자에 의해서 검증되어 현재에 이르고 있다.

공기압기기는 비선형성이 강하고, 또 다도 등의 영향을 받기 쉬운 고도의 제어는 불가능하다는 평가가 일반적이었지만, 공기압 연구에 종사하는 사람 중에 이렇게 생각하는 사람은 적다. 현재 보통 실린더를 사용하여 일반적으로 500mm 정도의 스트로크에 대해서 1sec 전후의 동작시간에 의해 ±0.1mm정도의 위치결정 정밀도를 실현 할 수 있는 상태이다.

공기식 패러렐 머니퓰레이터(parallel manipulator)의 제어에 적용하는 경우가 있다. 머니퓰레이터는 벨로프램형 공압 실린더와 공압 서보 밸브로 이루어진 6조의 공압 서보 기구를 병렬 링크로 배치한 것으로 공압 서보시스템은 비용이 저렴하고 간편한 특징이 있어 많이 사용되고 있으나, 복잡한 제어이론을 도입한 경우에는 그에 맞는 고도의 기능이나 성능을 실현할 수 있어야 한다.

(5) 에너지 절약

공압 시스템의 에너지 절약화는 중요과제로 에너지 절약을 명확한 성능평가 지표로서 편성한 시스템 설계수법의 확립이 요구된다. 공압의 이용 형태는 각각의 경우에 대해서 에너지 절약을 고려한 시스템 설계할 필요가 있다. 예를 들면 공압 구동 시스템의 에너지 절약화를 위해서는 (a)회로구성 연구, (b)저압 구동, (c)에너지회수·회생, (d) 에너지 절약 구동·제어등의 방법을 생각할 수 있다.

이것을 위해서는 공압기기나 회로 연구와 함께 에너지 절약을 명확하게 고려한 제어 알고리즘의 개발도 필요하다. 또한, ON/OFF전환 밸브와 세이빙 탱크를 조합한 에너지 회수·회생 시스템을 제안되고 있다.

이 시스템은 액티브에어 서스팬션에의 응용을 전제로 연구되어 에너지 회수·회생기구를 부가하지 않는 보통 액티브 서스팬션에 비해 제진 성능이 약간 저하되지만, 에너지 소비량을 50%~60% 정도로 저감할 수 있는 것이 확인되고 있다. 제진 성능이 저하를 억제하는 것이 구동성능과 에너지 절약의 양립 문제로 시스템 설계와 제어 양면에서 더욱 검토할 필요가 있다.

이러한 에너지 회수·회생기구의 도입을 포함하여 향후 공압기기의 효율 향상, 실린더 제어밸브 등 개개의 공압기기에 있어서 에너지 절약 구동, 컴퓨터를 사용한 지능적 에너지 절약 제어법 등에 대해서 본격적으로 검토할 필요가 있다. 또한, 일본 유공압 학회에서는 공기압 시스템의 에너지 절약 연구위원회을 발족시켜 이들 문제에 대해서 종합적으로 조사 연구하고 있다.

2) 국내기술개발동향

공압부품분야에 있어 국내시장은 해외 주요업체 3개사가 시장 점유율의 60% 이상을 차지하고 있으며, 국내업체의 시장점유율은 약 25%에 불과한 실정이다.

국내 기술개발의 대부분은 중저가제품 기술개발에만 치중하고 있어 고부가가치 제품에의 신기술 개발 활동은 매우 미진한 형편이다. 이에 특정분야의 한정된 시장에서 국내 업체의 경쟁이 더욱 가속화 되어가고 있으며, 신규모델 개발보다는 기존 모델의 품질을 기본으로 경쟁력 있는 가격에 대응하기 위한 컴팩트화/다양화/간편화/고기능화/집중화 추세이다.

전자분야와 공압의 접목으로 컨트롤러 분야를 중점개발하고 있으며, 고가 장비에 조립되는 기기일수록 외관디자인을 우선 고려(색상, 크기 등)하고 소형 경량화를 위한 사출성형품으로 전환하는 추세이다.

3. 공압 기술의 미래 비전

고령화 사회의 도래와 함께 생산현장은 원래부터 의료·복지 분야나 일상 생활에 있어서 인간지원 기술에 관심이 높아져 인간공존형 로봇 등 소위 인간에게 안전하고 친화적인 기계 시스템의 개발이 요구되고 있다. 안전성과 친화성을 실현하기 위한 유효한 수단의 하나는 유연성을 부여하는 것이다. 이러한 기계 시스템을 구동하는 공기압 액츄에이터에 큰 관심이 모아지고 있다. 공기의 압축성에 의한 고유의 유연성, 출력·중량비의 높이 등이 이들의 용도에 적합하다고 생각되어 이미 의료·복지나 간호지원 기기 등에의 응용연구가 증가하고 있다.

공기압의 특징은 공기의 압축성에 의한 유연성이다. 이 유연성은 인간 친화적은 구동계를 구성하기 위해서 안성맞춤으로 향후 공기압의 약점을 보충하면서 공기압의 특징을 살린 장치나 시스템을 연구하는 방향으로 기술의 발전이 전개될 것으로 보인다.

생산라인 자동화를 위한 공기압 기술의 우위성은 당분간 흔들리지 않을 것이다. 사회나 산업의 요청에 신속히 대응하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있는 자원의 리사이클 및 자원순환형 생산 시스템의 구축이 요청되고 있다. 또한, 소프트 액츄에이터 등 공기압 유연성을 적극적으로 활용할 수 있는 로봇, 마이크로 머신, 마이크로 서저리, 바이오테크놀로지 등의 첨단 기술이라고 불리우는 분야와 융합한 공기압기술의 전개도 요망된다.

또한, 공기압의 유연성을 적극적으로 활용하는 것을 목적으로 새로운 형식의 액츄에이터가 개발되고 있다 이들의 액츄에이터는 그 움직임뿐만 아니라 액츄에이터 본체도 유연한 것이 특징으로 소프트 액츄에이터로서 실린더 등의 종래형 액츄에이터와 구별되어 있다.

브리디스톤에 의해 상품화된 마킨벤형 고무 인공근육 액츄에이터나 토시바에 의해 개발된 플렉시블 마이크로 액츄에이터(FMA)등도 소프트 액츄에이터의 하나이다 소프트 액츄에이터는 보통 고무를 소재로 하는 튜브나 봉투의 내압을 조정함으로써 액츄에이터의 동작을 제어한다. 신장 동작은 공기압력, 수축동작은 고무의 탄성에 의한 것이 일반적이다. 여러 가지 형식의 액츄에이터가 고안되고 있다.

인간의 손가락 같은 사이즈로 관절부에 액츄에이터를 직접 장착하고, 손가락 본체도 실리콘 고무를 사용한 원통형상으로 하여 내압의 조정으로 강성을 변화시킬 수 있다.

액츄에이터 자체가 가지는 유연성으로 복잡한 제어 알고리즘이나 고가의 센서를 사용하지 않고, 파손되기 쉽고 임의 형상의 대상물에 적용 가능한 소프트 핑거를 구성할 수 있다.

이와 같이 공기압의 유연성을 적극적으로 활용함으로써 각종 첨단산업 분야에서의 응용을 비롯해 가정이나 병원에서의 생활지원이나 간호지원의 새로운 응용분야를 개척할 수 있는 가능성을 풍부하게 갖추고 있는 분야이다.