

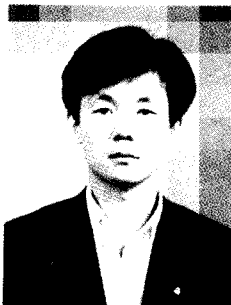
## 메카트로닉스화를 향한 공기압기술의 발전동향과 향후전망



김 형 의

(유공압연구실장)

- '74. 3-'78. 2 아주공과대학 기계공학 학사
- '78. 3-'80. 8 한국과학원 유압제어 석사
- '80. 3-'80. 7 아주공과대학 기계공학과 조교
- '81. 9-'82. 8 프랑스 I.S.M.C.M 자동화공학 전문석사
- '82. 9-'85. 6 프랑스 I.S.M.C.M 공기압제어 박사
- '82. 9-'88. 6 프랑스 I.S.M.C.M 연구조교
- '85. 9-'88. 6 한국기계연구소, 로봇공학실 선임연구원
- '88. 7-현재 한국기계연구소, 유공압연구실 실장



김 동 수

(유공압연구실 연구원)

- '81. 3-'88. 2 영남대학교 기계공학 학사
- '88. 1-'88. 12 삼미종합특수강(주) 기계부 기사
- '89. 3-'91. 2 영남대학교 기계공학 석사
- '91. 1-현재 한국기계연구소, 유공압연구실 연구원

### 1. 서 론

공기압 기술은 인류가 일찌기 금속을 발견하면서 부터 이용되기 시작하여 오늘에 이르고 있다.

공기압 이용의 특징을 크게 2차대전 전·후로 분류해 보면 2차대전 전은 철도차량, 광산, 토목 건설, 단조기계, 용접기계등의 특정한 분야에 한정된 것이었으며, 따라서 전후의 공기압 기술의 발전과정에 대하여 단계별로 알아보기로 한다.

1952년경부터 미국을 중심으로 선진기술이 발달되어 공기압에 의한 프로세스제어, 기계의 원격조작 및 저가격 자동화 장치의 자동조작 등에 이용되었으며, 1959년에 미국에서 유체소자가 발명되어 동력원으로서의 공기압, 논리연산 및 제어 분야에 사용되었다. 1965년 이후에는 저가격 자동화 장치의 성에너지화 시대, 1975년 이후에는 자동화에 따른 인력절감화시대, 1989년 이후에는 FA(Factory Automation), CIM(Computer Integrated Manufacturing)의 정보화 시대로 분류할 수 있으며, 또한 시스템 전체의 신뢰성 향상, 콤팩터화를 위하여 공기압기기의 장수명화, 저소비·고신뢰성, 소형·경량화, 제어의 양호성 등이 요구되며, 이에 대응하여 신소재개발, 실(Seal)기술, 전자기술과의 결합, 컴퓨터화 등의 기술혁신의 응용이 필수불가결하다고 본다.

이러한 점에서 압축공기는 생산기술에 있어서 전기, 유압과 함께 3대구동원으로써 중요한 역할을 하고 있으며, 공기압시스템은 전기 및 유압시스템에 비하여 설치비용이 저렴하다는 장점에다 전자와의 결합으로 자동화 응용에 있어서 점점

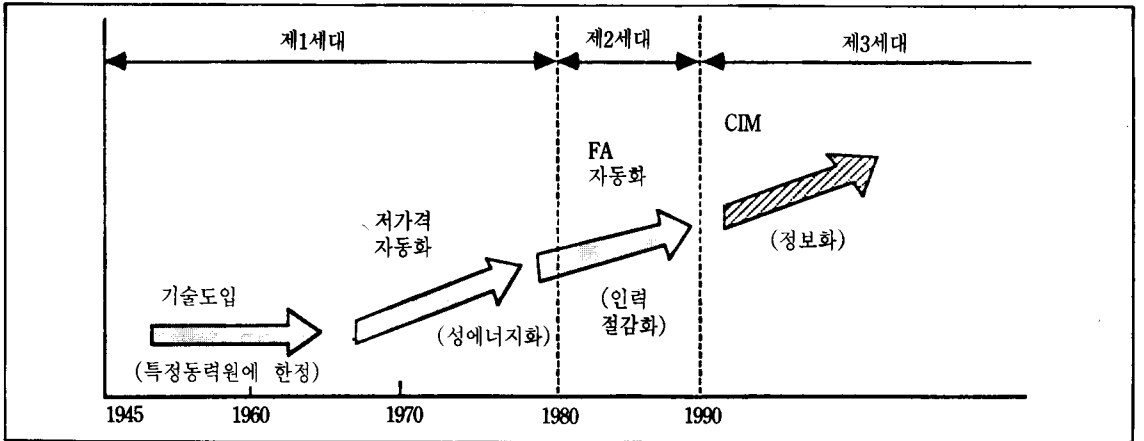


그림 1) 2차 대전후의 공기압 기술의 발전단계

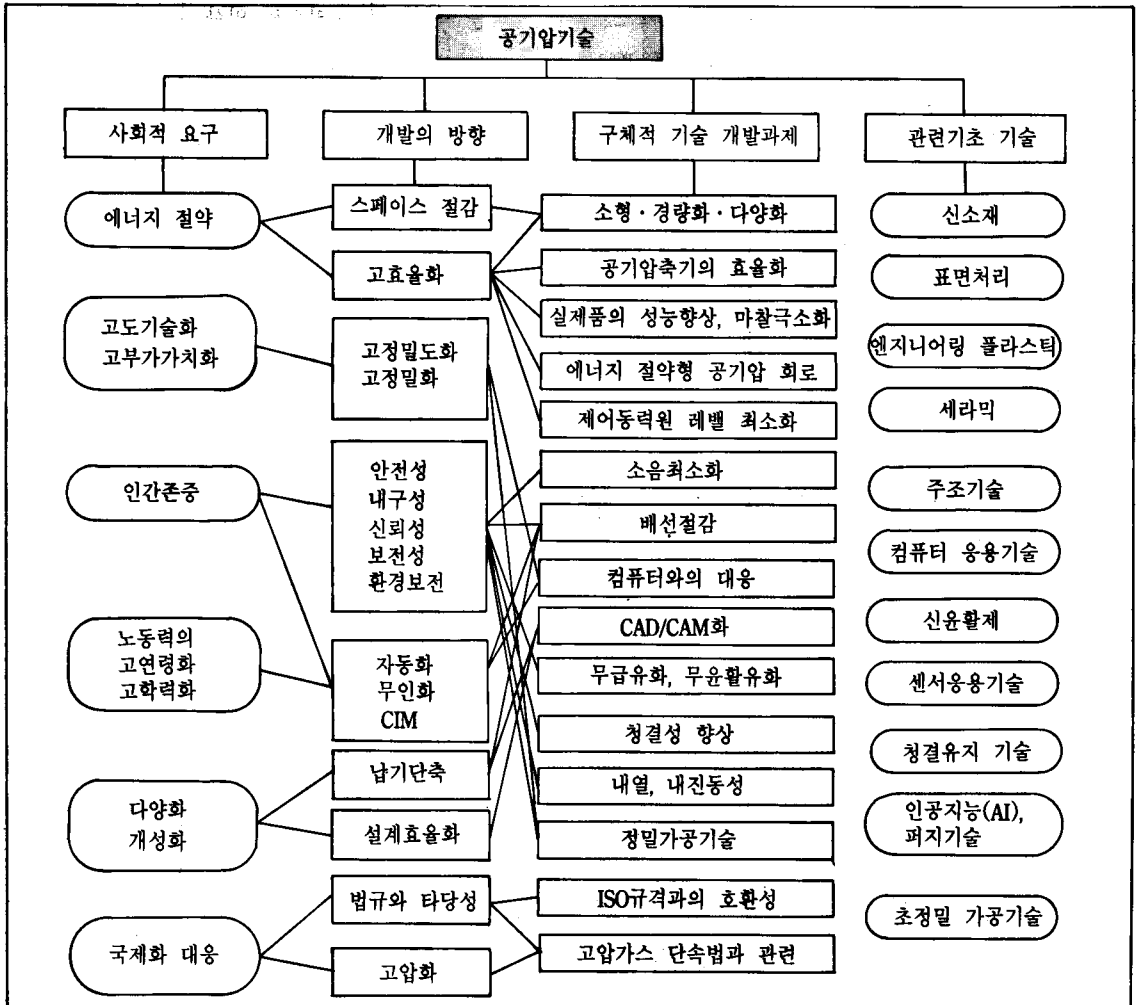


그림 2) 공기압기술의 개발 방향 및 관련기술

메카트로닉스화 되어가고 있는 추세에 있다.

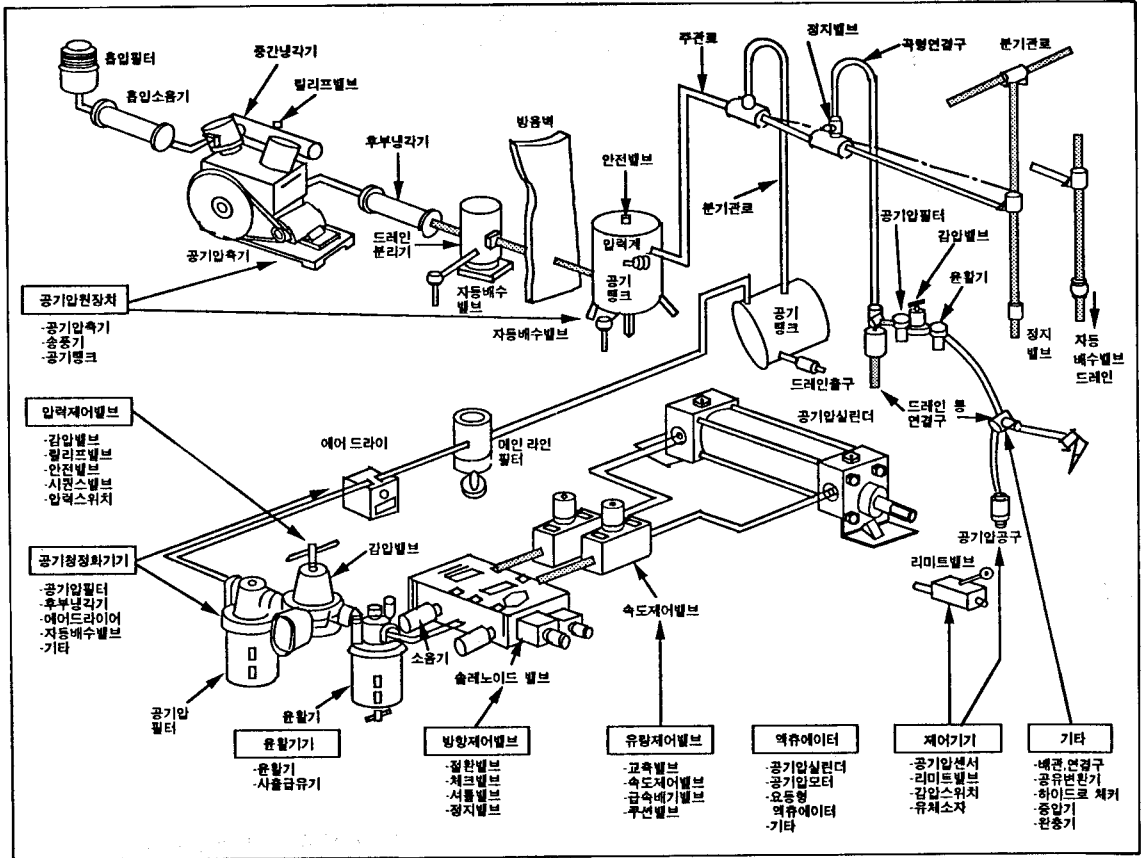
다음의 그림 1, 그림 2는 2차대전후의 공기압 기술의 발전단계와 공기압기술의 개발방향 및 관련기술을 나타내고 있다.

2. 본 론

2.1. 동력제어(Power Control) 기술의 장단점 비교

특 징	전달방식	공기압	유 압	전 기	기 계
장 · 단 점	① 에너지의 축적	공기탱크로 가능	어큐뮬레이터로 가능	직류만은 콘덴서로	스프링 · 추등으로 가능
	② 동력원의 집중	용이	곤란	용이	곤란
	③ 동력원의 활용	약간 용이	약간 곤란	용이	약간 곤란
	④ 인화 · 폭발	과도압축으로 기인한 폭발	작동유의 인화성	누전으로 인한 가스등의 인화성	별로 관계치 않음
	⑤ 외부누출	별로 무관	오염 · 인화	감전 · 인화	관계없음
	⑥ 온도 허용범위	5~60°C (-40~200°C)	50~60°C	40°C로 좁다	넓다
	⑦ 과부하 안전대책	압력제어밸브 가능	릴리프밸브 가능	복잡	복잡
	⑧ 정비	용이	약간곤란	곤란	곤란
	⑨ 작동속도	대 10m/sec 가능	중 1m/sec 가능	가장 크다	소
	⑩ 점검 · 관리	용이	약간 곤란	약간 곤란	용이
	⑪ 에너지 변환의 효율	약간 나쁘다	약간 좋다	좋다	약간 좋다
	⑫ 출력	중 1톤 정도가 기준	대 10톤이상 가능	대	소
	⑬ 윤활대책	필요 있다	필요 없다	별로 필요 없다	필요 있다
	⑭ 배수대책	필요 있다	별로 필요 없다	별로 필요 없다	관계 없다
	⑮ 속도 제어	약간 떨어짐	뛰어나다	뛰어나다	떨어진다
	⑯ 중간정지	곤란	용이	용이	약간 곤란
	⑰ 응답성	나쁘다	좋다	매우 좋다	좋다
	⑱ 신호의 전달	약간 곤란	약간 곤란	용이	약간 곤란
	⑲ 부하특성	변동이 크다	조금 있다	거의 없다	거의 없다
	⑳ 소음	크다	약간 크다	작다	약간 작다

## 2.2. 공기압 시스템 구성



## 2.3. 최근의 공기압기술의 발전동향과 전망

### 2.3.1. 공기압기기의 전자화

생산설비기계의 자동화, 성에너지화로의 급속한 발전에 따라 공기압기기는 없어서는 안될 중요한 요소기기로 되었다. 공기압기기 생산업체에서는 산업 각 분야의 다양한 요구를 충족시키기 위해 공기압기기의 신기술 개발에 노력하고 있으며, 특히 생산설비기계의 전자화에 따른 공기압기술과 전자기술과의 결합으로 공기압기기는 전자 분야에서 확고한 위치를 확보하게 되었다. 공기압기기와 전자 기술과의 결합에서 작동부와 제어부가 명확하게 구성되지 않으면 정확한 제어동작을 하는 것은 불가능하다. 즉, 이미 정해진 동작을

제어하는 부분이 정확히 작동하지 않으면 안된다.

공기압기기에 요구되는 기능이 단순한 경우에는 문제가 없지만 각 산업 분야에서의 요구가 다양하기 때문에 기계장치 작동부의 제어는 종래 보다도 더욱 정확할 필요가 있다.

메카트로닉스는 액츄에이터와 컨트롤러, 센서등으로 이루어져 있고, 공기압시스템은 종전의 액츄에이터 중심에서 컨트롤러, 센서의 기능이 보강된 시스템으로 발전하여 왔다. 특히 정밀 프로세서의 급속한 진보가 제어부에 커다란 영향을 끼쳤으며, 그중에서도 시퀀스 제어기술 진보가 공기압기기의 전자화에 가장 큰 영향을 주었다고 해도 과언이 아니다.

다음은 1980년초의 마이크로 컴퓨터를 이용한 계측, 제어시스템에서 1990년초의 센서부, 액츄에

이터부의 정보화, 지능화개념을 이용한 인텔리전트화로의 극적인 변화를 나타내고 있음을 말해주고 있다.(그림 3, 그림 4, 그림 5 참조)

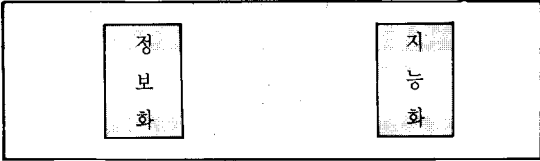


그림 3) 인텔리전트화의 개념

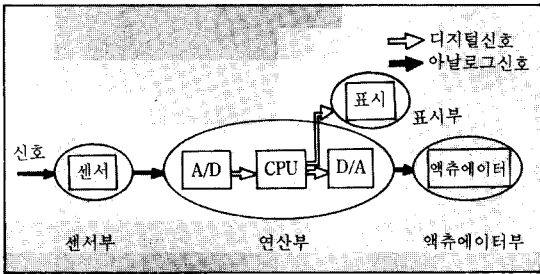


그림 4) 마이크로 컴퓨터이용 계측, 제어시스템(1980년초)

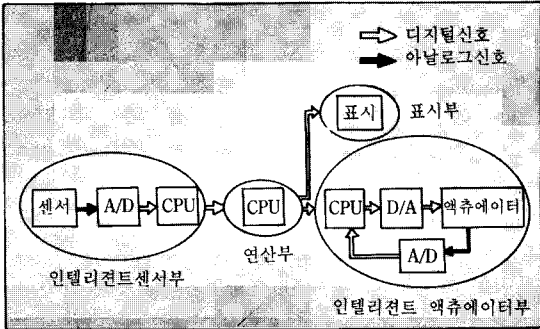


그림 5) 센서부, 액추에이터부의 인텔리전트화(1990년초)

2.3.2. 공기압 시스템과 시퀀스제어

공기압기기의 시퀀스제어는 1950년경부터 전자 릴레이제어가 보급되면서 거의 모든 제어는 릴레이를 이용한 시퀀스제어로 되었다.

1965년경에는 IC(Integrated Circuit)에 의한 제어가 있었으나, 1975년 초까지 시퀀스제어 프로그래머는 접점이 있는 릴레이에 의한 유닛, 펄스모터, 로타리 솔레노이드 구동에 의한 캠 드럼식, 다이오드-매트릭스에 의한 핀 보드식, 카드식 등이 사용되었다. 이 중 1970년경 컴퓨터식은 시퀀스제어 전용으로 설계된 작동체는 없었고, 가

격을 낮추기 위해 주 기억 프로그램을 단지 읽기만 하는 ROM(Read Only Memory)으로 하고, 프로그램 변경은 메모리 유닛을 교환하는 것이었다.

당시 미국에서는 PLC(Programmable Logic Controller)라는 이름으로 컴퓨터식 범용시퀀스제어 장치가 보급되고 있었다. 현재와 비슷한 범용 시퀀스로는 프로그램기능, 인터페이스와 동력원이 하나의 보드에 집적화된 시퀀스(One-Board Sequencer)가 1975년경 부터 보급이 시작되었고, 소형 시퀀스는 1981년경 부터 각각 보급되기 시작하였다.

지금까지 시퀀스제어의 출력·입력 접점수 등에 제한이 많았고, 값싸고 간편한 시퀀스제어 장치가 없어서 공기압시스템의 자동화 구성에 많은 제약을 가져왔다. 1965년초부터 1975년초까지 공기압에 대한 동력원 기술은 급속도로 발전 되었으며 작업의 순서를 지시하는 논리 제어기술까지도 발전되게 되었다. 더욱이 공기압이 지닌 미지의 부분에 대한 연구도 병행하여 진행되었다. 또한 전기시퀀스 제어기술에 각종 제약조건이 있어 압축공기에 의한 공기압 논리제어 기술(Pneumatic Logic Control)이 널리 사용되었다. 유체논리 소자 중에서 가동부를 갖지 않는 소자로서의 순유체 소자(Fluidics)는 감지에서부터 동력제어(Power Control), 시퀀스제어까지 시스템으로써 많은 기대를 갖고 등장하여 많은 유체관계기술자들이 동원되어 연구활동을 계속하였다.

그러나 소자 상호간의 상호연관 시키는 문제, 엄격한 공기의 질관리, 복잡성, 가격 상승등의 요인으로 현재는 감지기술의 특징을 살리는 시스템만이 이용되는 정도로 쇠퇴하고 있다.

이것과 병행하여 가동부를 갖는 가동소자가 취급되는데(Moving Part Logic) 이것은 순유체소자와 같이 수명은 반영구적이지 못하지만 취급이 쉬워 각 공기압 관련 생산업체에서 사용되어 왔다. 가동소자에 의한 시스템은 릴레이, 밸브, 시퀀스 밸브, 지연밸브, 보조밸브 등의 시스템으로 구성되어 공기압에서 기계의 제어에 필요한 연산, 기억, 지연등의 정보처리에서부터 동력제어까지의 목적으로 설계되어 전기접점의 10~100배 이상 수명을 갖는다.

표 1) 1971년의 시퀀스 장치 각 방식의 특징 비교

	장치의 안정도	조작부 동력원의 자유도	현장설치의 용이	순서제어	조건제어	비교적고급 복잡한 연산	동작속도	고빈도로 사용할때 수명	프로그램 변경용이
유체논리소자 (공기압또는 유압)	○		○	△	○				
유점점 릴레이	◎	○	○	○	○	△	○		
무점점 릴레이	○	○	○	○	○	△	◎	◎	
드럼식	○	○	○	○			○		◎
핀보드식	△	○	△	○			○		◎
카드식	△	○	△	○			○		◎
준컴퓨터식		○		○	○	○	○	○	○
컴퓨터식		○		○	○	◎	○	◎	○
비고	이론상 필요한 경우 (대규모가 아닐때)	공기압또는 유압에 한함	방폭이 요구될때 문제있음	원칙적 차례방향 시퀀스		신컴퓨터와 연결가능	전자식인 스케닝 순서와 분할의 유무에 의함		프로그램이 보이는 잇점이있음 연속적 프로그램을 선택할때 유리

△ : 보통  
○ : 양호  
◎ : 아주양호

표 1은 1971년초에 시퀀스 장치의 각 방식별 비교표로서 프로그램 가변이나 주변장치의 기술 문제가 많았음을 알수 있다. 현재의 시퀀스기술과의 격차를 알수 있으며 공기압기술이 이들과 함께 진보되어 왔다는 것도 알수 있다.

### 2.3.3. 방향제어밸브의 전자화

방향제어밸브의 전자화는 크게 나누면 1955~1965년대의 방향제어밸브의 신뢰성 향상, 1975년대의 반도체 소자의 발전에 따르는 무점점 릴레이와 시퀀스 기술과의 대응, 1975년대 말에서 현재에 이르기까지 PC(Programmable Controller)와 CIM(Computer Integrated Manufacturing)과 같은 종합시스템에 배선, 보수유지를 중심으로 하는 합리화로 분류된다.

방향제어밸브의 신뢰성 향상에 대하여 예를 들면, 코일권선관계는 절연불량, 과전류에 의한

코일권선소손 그리고 다이오드소자 단락이며, 플런저복귀관계는 잔류자기, 밀착력, 그리고 복귀스프링이고, 소음관계는 세딩 코일, 이물질 혼입, 그리고 흡착면 마모이다.

그러나 이 사이에 신뢰성에 대한 노력은 그후 더욱 진보되어 기초를 확고히 하게 되었다.

#### ① 무점점 릴레이와 시퀀스기술로의 대응 :

무점점 릴레이에 직접접속 가능한 솔레노이드 밸브의 개발이 시퀀스기술과 공기압기술의 결속을 강화시켰다. 특히 DC 24V 100mA, 2.4W 수준의 공기압기기 생산업체는 경쟁적으로 저소비전력형 소형 방향제어밸브의 개발에 전력을 쏟게 되었다.

이 결과 직동 형식 밸브에서 파일럿 형식 방향제어밸브로 옮겨졌으며, 대폭적인 소형화와 저소비전력화가 실현되었다.

#### ② PLC(Programmable Logic Controller)로의 대응 :

방향제어밸브의 저소비전력화와 실린더의 센서 스위치 부착은 공기압시스템의 시퀀스 제어기술을 발전시켰으며, 특히 1980년경부터 시퀀스 제어기술을 비약적으로 발전시키는 계기가 되었다. 그리고 1980년경부터 시퀀스 생산업체에 의한 소형 시퀀스 개발은 공기압 시퀀스 기술에 기여한 바가 크며, 종래 릴레이 회로에 의한 제어회로에 비하여 순서제어, 조건설정, 프로그램 변경, 설치용이, 가격등의 모든 항목에 있어서 만족할 수 있는 결과를 얻게 되었다.

여기에 박차를 가해 공기압기기의 소형화, 매니폴드화에 의한 방향제어밸브의 고집적화가 진행되었다. 최근 공장자동화에 있어 방향제어밸브는 마이크로 컴퓨터와의 인터페이스 기능과 역할이 가능하고, 데이터신호를 주고 받는 입·출력 장치를 설치하여 마이크로 컴퓨터와 접속하며, 이 신호를 받아서 구동하고 있다. 단지 마이크로컴퓨터와 매니폴드방향 제어 밸브가 접속되는 것만이 아니고 기계적 요소, 전기적 요소, 데이터 3요소의 특성을 조합하는 일이 중요하다.

- ③ 매니폴드 방향제어밸브와 원격조작 입·출력에 의한 합리화(그림 6 참조):  
마이크로 컴퓨터는 데이터를 완전히 2진법으로

변환하여 처리하고 있다. 따라서 마이크로 컴퓨터와 방향제어 밸브의 접속에는 2진수 데이터를 어떻게 보내는가가 문제로 된다.

마이크로 컴퓨터 내부에서는 데이터 처리를 펄스로 행하고 있으며, 이는 복수 신호선을 이용하여 한번에 데이터를 전송하는 방법을 말한다.

하나의 신호선을 사용해서 1비트씩 데이터 수만큼 차례로 데이터를 전송하는 방법을 시리얼 전송이라 부른다. 최근의 경향은 마이크로 컴퓨터의 능력이 향상되어 멀티테스트가 가능하며, 데이터 입출력장치는 멀리 설치하고, 원격조작 입·출력에 매니폴드 방향제어밸브를 접속하는 방법으로 하고 있다. 이러한 방법에서는 시리얼 전송이 사용되는데 이때 신호선은 광케이블이나 트위스트페어케이블이 사용된다.

이는 불필요한 배선을 배제하고 저투자자를 추구하는 배선기술에 있어 문제로 대두되고 있다.

현재 공장자동화의 수준은 완전한 중앙제어까지는 이르고 있지 않아 시퀀스 사용량이 많고, 이것에 의해 제어되는 방향제어밸브도 많다.

따라서 사용자의 요구는 복잡한 배선을 하지 않고 하나의 배선으로서 시퀀스측의 입·출력 단자 콘넥터와 케이블이 접속 가능한 단자를 지닌

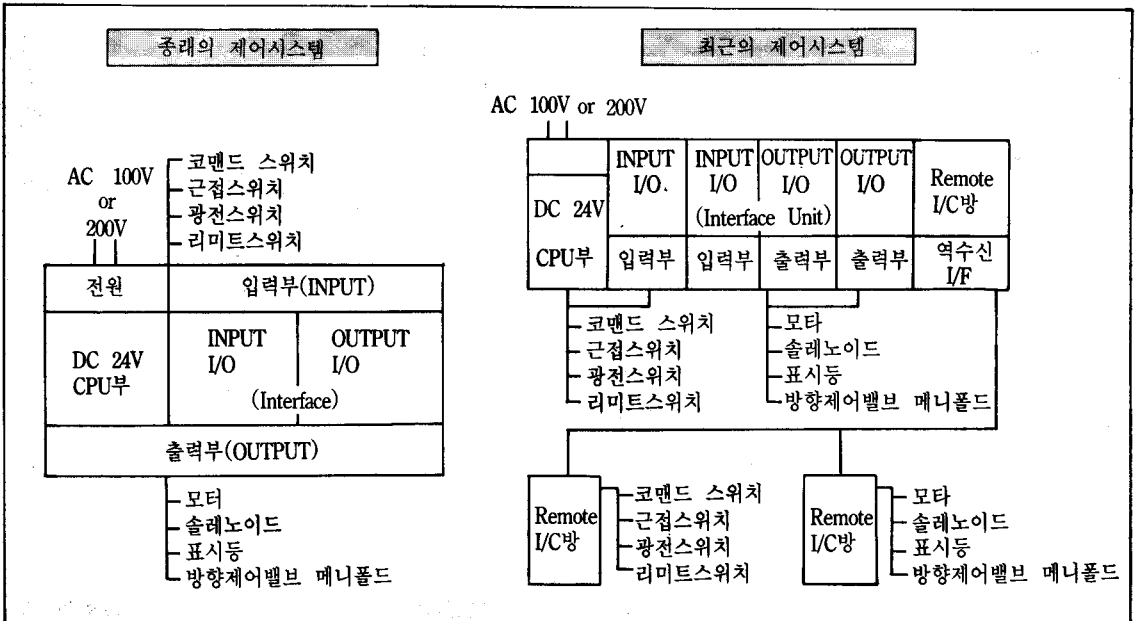


그림 6) 종래와 최근의 제어시스템

메니폴드 방향제어 밸브의 출현을 원하고 있다. 이것이 가능하면 배선공수가 줄고, 배선실수의 염려도 없어지게 된다.

이러한 요구의 일환으로 마이크로 컴퓨터 기술이 도입된 인텔리전트기능을 갖춘 방향제어밸브가 출현하고 있다.

### 2.3.4. 압력, 유량제어밸브의 전자화

FA(Factory Automation), FMS(Flexible Manufacturing System)등 자동화시스템이 일반화 되어 사용되는 공기압도 종래의 경우와는 달리 유연한 생산과 안전상의 요구로 액츄에이트의 중간위치 정지, 비상정지, 가감속, 작동력, 토오크 제어 등이 필요하게 되었다.

1977년경부터 압력, 유량 비례제어밸브가 공기압 생산업체에 의해 개발되었다. 그 이전은 방향제어밸브와 감압밸브의 다단조합에 의한 것으로 가격이 높고 대형이었다. 압력비례제어밸브는 콘트롤러와 공기압 액츄에이터를 연결하여 센서로부터의 신호를 PC(Personal Computer)에 전달하여 위치, 압력, 힘 등이 보다 유연한 동작을 행하도록 하는 것으로써 로봇 구동계나 유연한 자동화 제어요소 기기로서 사용되고 있다. 유량비례제어밸브는 공기압모터의 속도제어 등에 이용된다.

이중에서 최근 경향으로 전기-공기 조절기에 있어서 종래 무빙 코일에 의한 노즐 플레퍼로 구성되는 것을 압전 바이몰프를 사용하여 노즐 플레퍼 밸브로 구성하여 저전류화와 소형화, 가격절감을 도모한 것이 개발되고 있다.

이것은 히스테리시스 감소를 위한 반도체 압력센서를 이용하여 피이드백을 행하며, 내진성, 고정도화를 목적으로 하고 있다. 또한 고속 ON-OFF 밸브에 의한 제어법이 있는데 2포트밸브 2개를 사용하여 마이크로 프로세서에 의하여 미리 입력된 형태로 펄스를 제어하여 정확한 압력, 유량을 제어 가능하도록 한 것이다. 구조가 단순하기 때문에 신뢰성이 높고, 디지털 방식 제어이기 때문에 마이크로 컴퓨터에 의한 제어가 쉽다. 제어법으로는 PWM(Pulse-Width Modulation)이 일반적이다.

### 2.3.5. 액츄에이터의 전자화

액츄에이터의 전자화에 있어 특이한 내용은 액츄에이터류에의 센서 스위치 설치이다. 종래는 리미트 스위치등에 의하여 위치검출을 행하였지만, 1965년대 후반부터 개발된 센서스위치에 의하여 설계의 용이화와 설비가격의 대폭적인 절감을 가져왔다. 이러한 감지에 의하여 시퀀스제어가 저렴한 가격으로 되었다. 게다가 센서 스위치의 값이 저렴하기 때문에 센서를 많은 포인트에 붙일수 있어 공기압시스템의 종래 타이머등에 의존했던 부분이 정확한 제어가 가능하게 되었으며, 다른 메카트로닉스 요소와 병행하는 센서스위치의 출현에 의하여 더욱 고성능화 되고 품질이 향상되었다.

최근 개발된 액츄에이터용의 2색표시 센서 스위치는 감지소자를 2개 사용하여 최적 설정위치에는 녹색을 표시하고 외측의 작동영역은 적색을 표시하여 위치 조정작업의 신뢰성을 높이고 있다. 더욱이 감지부위가 적색으로 되는 것은 실린더 너트에 열이 발생하거나 작동물을 심하게 고정하거나 센서 스위치 취부가 원래 위치를 이탈하는 경우를 표시하는 것이다. 이것은 고장의 예고를 알리는 즉시 공기압 시스템의 자기 진단을 더욱더 가능하게 하였다.

### 2.3.6. 위치제어 시스템

공기압시스템은 압축성 유체를 사용하기 때문에 고정도 및 고속응답성을 필요로 하는 임의위치에서의 정지기능은 엄두도 못내었다.

그러나 전자 기술의 발달과 더불어 제어시스템의 확립이나 신뢰성 향상, 전자회로 부품의 품질개선등 전자제어 분야는 급속도로 발전하여 제어에 요하는 비용은 크게 절감되었으며, 이에 따라 공기압시스템의 비용 효율을 높이는 단계에 이르게 되었다. 현 시점에 있어 제어요소로써 위치검출기구가 부착된 실린더에 비자성 재질의 도금처리를 행한 다음 자기 저항소자 4개와 영구자석을 조합하여 피스톤 로드 이동에 따라 싸인파형을 출력하고, 이를 증폭 및 파형정형하여 45° 위상의 4중 방형파를 출력한다. 그 외의 방법으로써 액츄에이터부에 동피막을 넣어, 그 위에



경질의 도금처리를 한 것으로 철과 동의 자기저항 변화가 코일에 유도되는 전압 위상변화로 변환되어 나타나는 방법이다.

기타 볼 스크류우 회전각을 엔코더로 검출하는 방법이나 로드부에 엔코드를 취부하는 것이다. 어떠한 경우라도 디지털로써 처리 가능한 것이 제어에 있어 매우 중요하다. 공기압 시스템에 있어서 위치 제어기능 해석의 어려움은 압축성이나 비선형성에 있다고 하지만 물리적인 모델만 정확하면 소형 컴퓨터를 이용하여 쉽게 해석 가능하다.

### 3. 결 론

우리나라의 공압 산업은 외국 선진국과는 달리 그 자체의 고유한 산업분야로서 아직 정립되지 못한 채, 공압기기 부품 산업과 응용시스템 기계 산업이 혼재하는 발전의 초기단계에 있다. 그러나 최근 일고 있는 공압 기술에 대한 인식의 재고와 기계공업구조의 고도화 및 자동화에 대한 수요의 급증으로 새로운 발전의 전기를 맞이하고 있는 이때, 이와 같은 기회를 최대한으로 살려 그 동안의 침체상태를 극복하고 새로운 발전을 도모하는 정책의 수립이 지금처럼 요망되고 있는 때는 다시 없다 하겠다.

이전의 우리나라 공압산업의 보호육성을 위한 대책으로서 취해지고 있었던 제한적인 수입금지가 전면 해제됨으로서 수입자유화와 함께 외국의 공압기기가 밀려오고 있으나, 국내의 공압산업이 아직 성숙되어 있지 못한 상황에서 비록 범용의 공압기기 및 이를 이용한 응용 기계분야에서는 어느 정도의 경쟁력은 확보하고 있지만, 그 이외의 고성능, 고정밀도, 고신뢰성의 공압기기 및 응용 제어 시스템 분야에서는 기술력의 미확보로 말미암아 더욱 전적으로 외국에 의존할 수 밖에 없는 실정에 직면하고 있다.

지금의 상황은 수입을 최대한 억제하면서 국

내산업만을 보호할 수 있었던 발전을 위한 기반의 구축시기를 이미 놓쳐버렸기 때문에 우리로서는 부득이 수입 자유화에 걸맞은 새로운 정책적인 지원대책의 수립이 요구된다.

업계 또한 기존 법의 보호 하에서의 단일한 경영방식에서 조속히 탈피하여 한편으로는 국내 수요를 충족시키면서 다른 한편으로는 끊임없는 기술개발에 의해 선진국과의 기술격차를 해소하는 다각적인 노력이 진지하게 강구되어야 할 것이다.

앞으로는 이제까지의 우리나라의 공압산업의 발전을 가로막는 제반장애를 제거하고 새로운 상황에 적절히 대응하면서 아울러 가일층의 발전을 촉진시키기 위한 대책으로서 다음의 몇가지 사항을 제안하는 바이다.

- 첫째 : 과다한 초기투자가 요구되는 고가의 공압기기 시험장비에 대한 공동개발 (중소기업육성 및 중복투자 방지)
- 둘째 : 공인기관의 품질평가 시험시스템의 구축으로 업계의 국산개발 지원
- 셋째 : 국제 공인시험규격(ISO, SAE, CETOP등)의 도입과 미시험규격 제정
- 넷째 : 알루미늄 다이캐스팅 연구조합결성 및 정부지원
- 다섯째 : 실 및 패키징의 제조기술 및 스프링 제조기술 발전을 위한 정책적 지원

### 참고문헌

- [1] 原明弘 : シーケンス 制御装置ユニット化の傾向と使用上のアドバイス、省力と自動化 第2巻 第22號, PP.46~53, 1971.
- [2] 中西康二 : 繪とき 空氣壓技術實務 マニュアル、オーム社, 昭和 61年
- [3] 荒木獻次 : 應用講座 [空氣壓編] その4 油空壓 Vol.3, No.3, 1989.
- [4] 新誠一 : 계측, 제어시스템의 인텔리전트화, 월간 자동차기술 4월호, PP.65~67, 1991.