

## 공압회로에서 미터인 회로와 미터아웃 회로의 특성 비교

### Characterics of Meter-In / Meter-Out Circuits to pneumatic System

박재범<sup>1</sup>, 염만오<sup>2</sup>

1. 경남대학교 유공압제어연구실, 부산인력개발원 감사(055-249-2587, pjb971@hanmail.net)
2. 경남대학교 기계자동화공학부(055-249-2615, moyum@kyungnam.ac.kr)

#### Abstract

Pneumatic system has been mainly used as main equipment for actuation and control of compressed air force in manufacturing industry. pneumatic circuit for the most part is used in Meter-Out circuit. Meter-Out circuit method is Flow Control Valve to fit in exhaust part of cylinder port. In the reverse, Meter-In circuit is Flow Control Valve to fit in input part of cylinder port.

This study examines the dynamic characteristics comparison of Meter-In and Meter-Out Circuits in the pneumatic circuits. The results of the experimental research are obtained to the followings:

i) System Response is Meter-In Circuit more than Meter-Out one before cushion zone.

ii) we conjectured that the collision of piston and head cover is ease to collide Meter-In Circuit more than Meter-Out one at the stroke end part.

#### 1. 서론

공기의 압축에너지를 이용하는 공압시스템은 간이 공장자동화 등에 많이 적용하는 시스템 중 하나이다. 공압시스템 중, 공압 기계요소들은 공압실린더, 공압모터, 밸브, 필터 등이

있으며, 그 용도에 따라 액추에이터로 선택 사용하고 있다. 이들중 가장 많이 사용하는 공압 기계요소는 공압실린더와 공압밸브이며, 이들은 물건의 장·착탈과 이송장치에 많이 사용된다. 특히, 공압시스템은 힘차원에서 유압보다 저 추력이지만 주변환경이 청결하고 인화위험성이 적은 관계로 화학공장, 광산, 식품, 전자 등 산업체에서 광범위하게 적용하는 시스템이다. 공압시스템에 많이 적용하고 있는 공압 작동회로는 실린더 직접/간접회로, 실린더 속도조절회로, 논리회로 등이 있다. 이들회로 중에서 속도조절회로는 액추에이터의 속도조절이 용이한 회로이며, 미터인회로와 미터아웃회로로 분류하고 있다. 이들 두회로는 산업계에서 구성과 사용방법이 간단하므로, 산업계에서는 이들 두회로를 많이 채택하고 있다.

미터인회로와 미터아웃회로는 유량조절밸브의 위치에 따라 회로를 구분 짓는다<sup>1-3)</sup>. 미터인회로는 액추에이터에서 압축공기 공급포트 배관에 유량조절밸브를 장착한 회로이며, 이는 순간 추력을 요구하는 시스템에 많이 적용한다. 반면에, 미터아웃회로는 액추에이터의 압축공기를 유량조절밸브에 의해 배출 유량조절이 용이하도록 배출포트측에 유량조절밸브를 장착한 회로이다. 산업계에서는 미터인회로보다 미터아웃회로를 많이 적용하고 있으나, 그 용도에 따라 선택적으로 이들회로를 채택하고 있다.

본 연구에서는 복동실린더( $\phi 80 \times 500^{st}$ )를 사용하여 미터인회로와 미터아웃회로를 각각

구성하여, 부하하중(100kgf), 공급압력(5kgf/cm<sup>2</sup>)의 실험조건으로 두 회로의 특성을 비교하는데 있다.

## 2. 미터인/미터아웃 회로

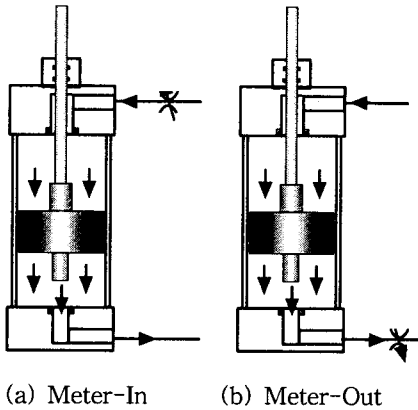


Fig. 2.1 Meter-In and Meter-Out Circuits

Fig. 2.1은 실린더를 수직으로 장착한 그림이며, Fig. 2.1의 (a)는 미터인회로이고, (b)는 미터아웃회로를 나타낸 그림이다. Fig. 2.1에서 화살표는 압축공기의 흐름 방향을 나타낸 것이며, 피스톤은 실린더 로드커버에서 실린더 헤드커버 방향으로 수직하강하는 그림을 나타낸 것이다.

Fig. 2.1 (a)와 같이 유량조절밸브가 배관의 공급포트측에 장착한 것을 미터인회로라하고, (b)와 같이 배출유량을 조절하기 위해 배관의 배출포트측에 유량조절밸브를 장착한 회로를 미터아웃이라한다<sup>1-6)</sup>.

미터인회로는 실린더에 유입되는 공기를 교축하는 회로로 실린더 속도에 많은 영향을 준다. 미터아웃회로는 실린더에서 나오는 공기를 교축시키는 회로로 압축공기의 유출률 자연스럽게 조정하므로 외력이나 실린더 내압 변동과 속도의 불균일을 될 수 있는대로 적게 하는데 적합한 회로이다.

## 3. 실험장치 및 실험방법

Photo. 3.1은 본 연구에 사용한 실험장치 사진이다.

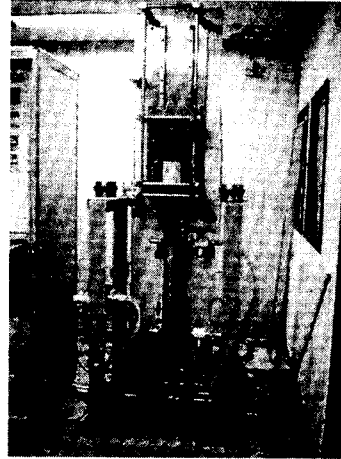


Photo. 3.1 Experimental Apparatus

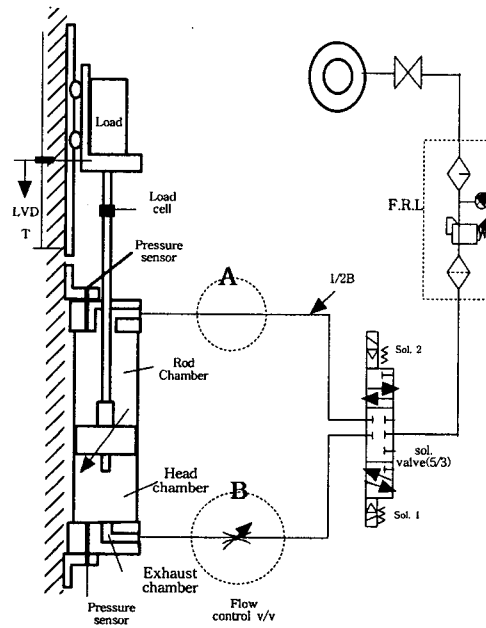


Fig. 3.1 Schematic diagram of experimental apparatus

Fig. 3.1은 실험장치의 개략도이다. Fig. 3.1에서 압축공기 공급장치와 필터, 건조기

그리고 압력 저장탱크는 Fig. 3.1에 나타내지 않은 생략된 그림이다. 실린더 공급압력은 Filter-Regulator-Lubricator 유닛(이하, FRL이라함)인 압력조절기에서 공급압력을 셋팅하였다. 공급압력은 로드 챔버의 입구 측인 로드커버에 디지털센서를 장착하여 그 값들을 측정하였다. 부하하중(대차, 피스톤, 로드의 하중을 포함한 100kgf)은 대차 무게만으로 하였고, 부하 측정 센서(이하, 로드셀이라함)는 대차와 피스톤로드사이에 장착하였다.

실험장치사양은 Table 3.1과 같다.

Table 3.1 Experimental Apparatus and Specification

측정장치 항목		사양
측정장치	압력센서	·Range : 200~500psi ·Accuracy : ±0.5%
	변위 속도 센서(LVDT sensor)	·Stroke : 650mm ·Nonlinear : 0.005% ·Hysteresis : 0.02mm
	부하센서	·Capacity : 2000lbs ·Hysteresis : 0.1%
	전압 증폭기	·Frequency : 0.25% ·Gain range : 1000 ·Nonlinear : 0.005%
공압 시스템	공압 실린더	·Φ80×500 <sup>st</sup> (cushion sleeve포함)
	속도 조절 밸브	·1/2" (Included check & throttle valve)
	전자밸브 (5/3ways)	·Pressure range : 1.5~9.9kgf/cm <sup>2</sup> ·Voltage : AC220V
데이터 측정 장치	A/D, D/A 변환기	·12bit, A/D : 16Channel, ·0/O : 16Channel ·Sampling rate : 100KHz
	컴퓨터	·Vectra 486/66U

미터인회로와 미터 아웃회로 구성은 다음 1)과 2)의 방법으로 구성하였다.

1)미터인회로는 Fig. 3.1에서 점선부분 원(A)의 위치에 유량조절밸브를 장착하고, 점선 원(B) 위치의 유량조절밸브는 떼어낸 다음 고압호스 배관으로만 구성된 회로이다.

2) 미터아웃회로는 Fig. 3.1에서 점선부분 원(B)의 위치에 유량조절밸브를 장착하고, 점선 원(A) 위치의 유량조절밸브는 떼어낸 다음 고압호스로만 구성된 회로이다. 실험

방법은 상기의 각각 회로에 공급압력(5kgf/cm<sup>2</sup>)를 헤드챔버에 충전시키면, 피스톤과 실린더 로드커버는 맞닿은 스트로크 위치가 된다. 부하 및 챔버의 압력이 정적인 상태가 되었을 때, 전자밸브의 방향을 제어하여 피스톤을 수직낙하시킨다. 전자밸브의 동작에 의해, 압축공기는 실린더 로드챔버에 충전되고, 헤드챔버의 충전되었던 압축공기는 방출되며, 피스톤은 수직낙하한다. 실린더 동작에 사용된 전자밸브(5/3위치 방향제어밸브)는 컴퓨터에 장착한 디지털 출력(DO)에 의해 동작된다. 밸브 동작과 동시에, 각 센서에서 읽혀진 데이터는 아날로그/디지털변환기(A/D변환기)에 의해 일시적으로 컴퓨터에 저장하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

Fig. 4.1과 Fig. 4.2는 공급압력(5kgf/cm<sup>2</sup>), 부하하중(100kgf) 조건 하에서 수직하강하는 실린더의 특성곡선이다. Fig. 4.1과 Fig. 4.2에서 (a) 변위, (b) 속도, (c)가 속도, (d)부하, (e)헤드챔버의 압력, (f)는 로드챔버의 압력특성을 각각 나타내었다.

Fig. 4.1은 미터아웃회로에서 얻어진 결과값들이고, Fig. 4.2는 미터인회로의 실험결과들이다.

Fig. 4.1과 Fig. 4.2의 (a)와 (b)는 수직하강하는 피스톤의 변위변화와 속도변화이다. 4개의 곡선에서 알 수 있는 바와같이, 미터인회로는 미터아웃회로보다 급격한 기울기로 변위변화함을 알 수 있었다. 속도곡선에서 알 수 있듯이, 0.3초지점에서 미터아웃회로는 미터인회로보다 낙하속도가 빨랐으나, 이후 미터인회로는 피스톤의 행정 끝단에서 미터아웃회로보다 약 2배정도 빠른속도로 행정이 완료됨을 알 수 있다. 이는 미터인회로가 미터아웃회로보다 피스톤의 행정 끝단에서 최대운동에너지를 가지며, 미터인회로는 미터아웃회로보다 그 충격량이 많음을 알

수 있다. Fig. 4.1과 Fig. 4.2의 (c)와 (d)는 피스톤의 가속도와 동적 부하하중 특성이다. 이들 4개의 그림에서 알 수 있는 바와같이, 피스톤 작동 시작점에서부터

이 작게 나타났다. 이는 쿠션 직전까지의 피스톤의 가속도 및 부하변동이 미터인회로보다 미터아웃회로에서 크게 나타남으로 동작 초기의 시스템 불안성은 미터아

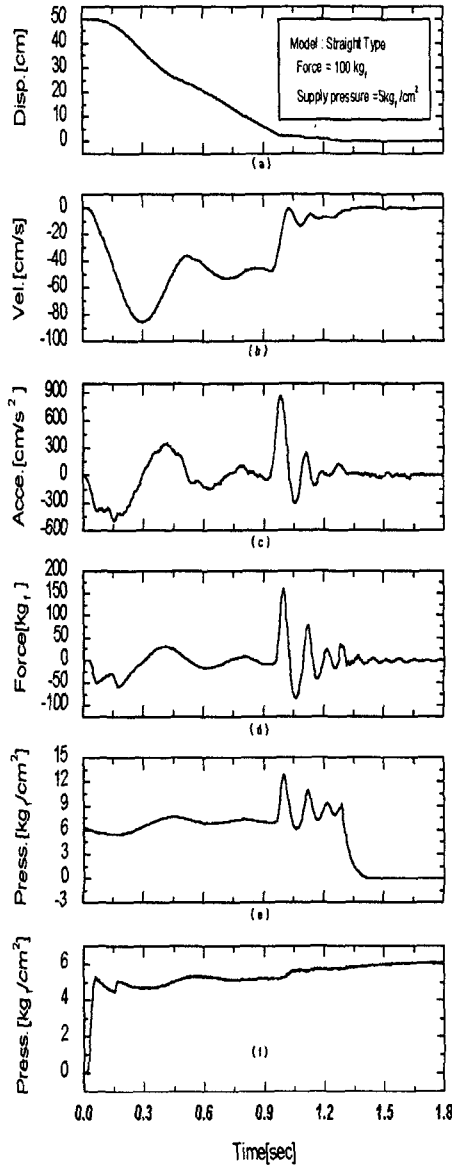


Fig.4.1 Experimental Results to Meter-Out Circuit

쿠션 시작 지점까지는 미터아웃회로보다 미터인회로의 경우가 가속도 및 부하변동

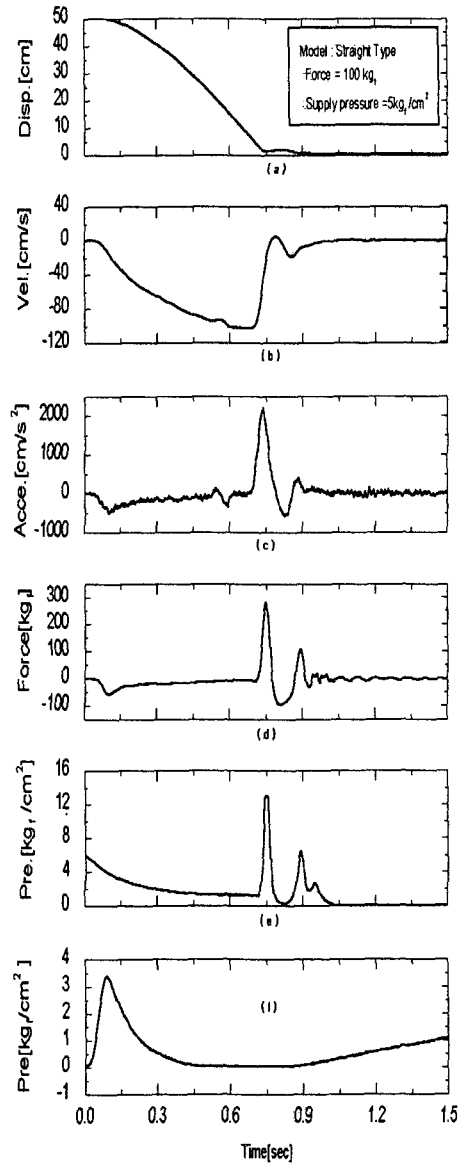


Fig.4.2 Experimental Results to Meter-In Circuit

웃회로가 불안함을 알 수 있었다. 그러나, 피스톤의 행정완료지점인 행정

끝단에서, 미터인회로는 급격하게 부하변동이 발생하여 피스톤의 행정끝단에서 실린더 헤드커버와 피스톤의 충돌은 미터인회로가 미터아웃회로보다 큰 충격력으로 충돌할 것으로 판단된다. 이상의 결과에서 알 수 있는 바와같이, 미터아웃회로는 미터인회로보다 실린더 행정끝단에 발생하는 부하변동이 약 100kgf 적게 나타났다. 따라서, 피스톤의 행정 끝단에서 피스톤과 헤드커버의 충돌을 고려하면, 시스템의 안정성은 미터아웃회로가 우수하다고 판단된다.

Fig. 4.1과 Fig. 4.2의 결과에서 (e)와 (f)는 헤드챔버의 내압과 로드챔버의 공급압력을 나타낸다. (e)에서 미터인회로는 미터아웃회로보다 내압이 급격하게 감압되었고, 미터아웃회로는 압력변동이 미터인회로보다 적게 나타났음을 알 수 있었다. (e)의 그림에서 헤드챔버의 내압이 감압에서 알 수 있는 바와 같이, 미터아웃회로보다 미터인회로가 시스템의 전체 응답성이 빠름을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 공급회로 중 미터인회로와 미터아웃회로를 각각 구성하여 공급압력 (5kgf/cm<sup>2</sup>), 부하하중(5kgf)의 조건 하에서 두 회로에 관해 실험 비교한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미터인 회로가 미터 아웃회로보다 시스템의 응답특성이 빠름을 알 수 있었다
2. 동작 시작 지점에서부터 쿠션시작지점까지는 미터인회로가 미터아웃회로보다 부하변동이 작게 나타남을 알 수 있었다.
3. 쿠션시작지점에서부터 피스톤 행정완료까지는 미터아웃회로가 미터인회로보다 부하변

동이 작게 나타났다.

따라서, 피스톤의 행정 끝단에서 실린더 헤드커버와 피스톤의 충돌은 미터인회로보다 미터아웃회로가 실린더 충돌파손이 적을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. McCloy, D. and Martin, H. R.,1980, "Control of Fluid Power: Analysis and Design", Ellis Horwood Limited, New York.
2. Blaine W. Andersen. "The Analysis and Design of Pneumatic System", John Wiley & Sons. Inc. 1962
3. Doebelin, E. O.,1980, "System Modeling and Response", John Wiley and Sons, New York.
4. Tong Zhao, Hidetsugu Fujitani and Katsujiro Itoh; "Dynamic characteristics of pneumatic cylinder with variable orifices", J. Fluid Control, 1993 Page:569-575.
5. 河合素直, "エアシリンダのクッション舉動に関する實驗研究", 昭和59年春季油空壓講演會, page81~84.
6. Y. T. Wang, R. Sing. H, H. C. YU and D. A. Guenther; "Shock-Absorbing Pneumatic Cylinder", Academic Press Inc.(London) Limit, 1984, Page:353-364.