

# 누기 보상기능을 보유한 공압제어장치의 개발

엄태진\*(창원대 대학원), 김태형(창원대 대학원), 정원지(창원대)

## Development of Pneumatic Control System with Anti-leakage

Tae Jin Um\*, Tae Hyoung Kim, Won Jee Chung

### ABSTRACT

Air hoist system has been using in the industry. In gradually, the system of function was developing, but system was not enough compensation for leakage. In this paper, developed the anti-leakage system with stability and convenience of operate.

**Key Words :** Anti-Leakage(누기 보상), Pneumatic Control System(공압제어장치)

### 1. 서론

압축공기를 매개체로 하는 에어 호이스트는 청결한 작업환경을 유지하며 작동소음이 거의 없고 취성이 강한 재료를 핸들링하는데 유리한 장점이 있어 산업현장의 중량물 핸들링 작업에 많이 쓰이고 있다. 그 수요에 힘입어 향상된 기능을 포함한 시스템이 많이 개발되고 있다. 그러나 여전히 기존의 에어 호이스트는 수동형 조작버튼을 이용하여 중량물을 핸들링하고 있으며 누기에 대한 보상회로가 없어 중량물을 지면위로부터 일정하게 장시간 유지하여야 하는 작업에 사용하기 곤란하다. 이 시스템은 작업자가 반복적으로 중량물을 확인 또는 조작하여야 하고 중량물의 예기치 못한 하강에 대한 안정성을 보장할 수 없다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 시간에 따른 누기를 감지하고 이를 보상해주는 누기 보상 시스템이 필요하다. <sup>(1),(2),(6)</sup>

본 논문은 기존의 보상기능이 없는 회로의 특성을 분석하고 누기 압력을 검출하였다. 이를 토대로 각 중량의 위치변위가 없는 압력범위를 산출하여 누기 보상 시스템을 개발하였다.

### 2. 누기 보상 시스템

#### 2.1 시스템 구성

Air Compressor (S30-40-3마력), Regulator(IR2020-02BG), Air Balance Cylinder(DSJ-300), 방향전환밸브(SV-210M, SV-220M, VM13) 그리고 계측장치(SA1600, Pressure Transducer), 계측프로그램(Work-View 2.5)등을 주요 구성요소로 사용하였다.

주변요소로 각종 공압호스, 에어서비스 유니트 등이 있으며 계측프로그램을 구동하기 위한 별도의 PC가 있다. <sup>(3),(4)</sup>

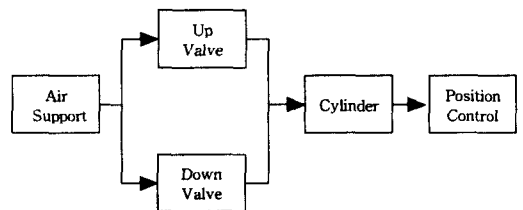


Fig. 1 비보상 회로의 블록 다이어그램

기존의 에어 호이스트 시스템은 Fig. 1 과 같이 압축공기를 제공받아 상·하 조작 밸브에 의해 위치를 조절한다. Fig. 2 는 압력제어밸브(이하 PCV)를 첨가하여 폐회로시 압력 누기를 보상하고 있다.

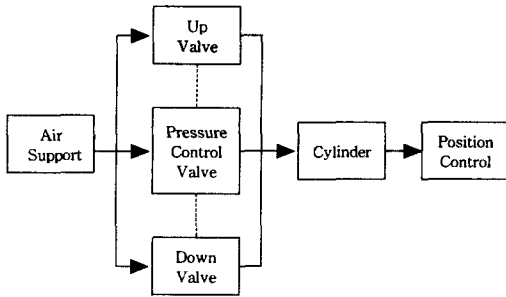


Fig. 2 보상 회로의 블록 다이어그램

누기 보상 시스템의 회로도도 Fig. 3 과 같다.

중량물을 핸들링할 때 제어 밸브(Control Valve) 부를 통하여 중량물을 원하고자 하는 곳에 위치하면 초기에 A'와 A''는 평형상태의 압력을 유지한다. 일정 시간이 경과 후 A'는 누기가 생겨 A''의 압력보다 작아지게 되는데 이때 두 파일럿 압의 차이에 따라 PCV의 작동압을 이기게 되면 PCV가 작동하여 C 부로부터 평형상태를 유지할 때까지 압력을 보상받게 된다. 다시 평형상태가 유지하게 되면 PCV의 압력 공급이 해제된다.

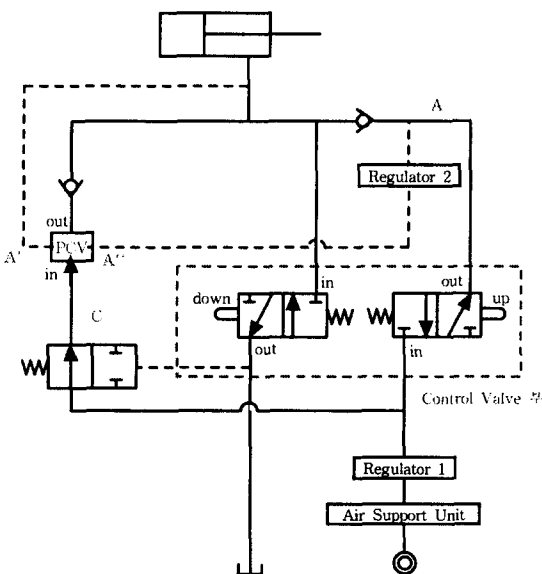


Fig. 3 누기 보상 감지 회로도

중량물 하강시에는 하강밸브(down valve)를 조작하게 되는데 이때 배기압이 C부의 파일럿으로 작용하여 PCV로 공급되는 압력을 차단해 준다. 즉, 하강시에는 A'와 A''의 평형상태에 관계없이 PCV의 작동을 차단하여 하강밸브의 배기부(Out Port)로 공기가 배기된다.

## 2.2 PCV 모델링 및 개발

공압작동형 5/2-way 밸브(SV-220M)의 파일럿 작동압은 1.0~9.9 kg/cm<sup>2</sup>로 Fig. 3 에서 보이는 PCV<sub>A''</sub>과 PCV<sub>A'</sub>의 차이가 0.75kg/cm<sup>2</sup>(70KPa)일 때 PCV는 작동한다. 이 범위는 위치 변화가 없는 압력범위를 벗어나므로 사용할 수 없다. 따라서 밸브의 작동압을 조정하였다. 개조한 파일럿 작동압 범위는 0.05kg/cm<sup>2</sup>(5KPa)으로 압력차에 둔감한 기존의 밸브에 비해 민감하게 반응한다. 이는 위치변화가 없는 작동압 범위로, 계측장치에서 획득된 실험적 자료를 근거로 산출하였다.

식(1)을 만족하면 PCV는 작동하고 식(2)를 만족하면 PCV는 작동을 멈춘다.

$$PCV_{A''} - PCV_{A'} > 0.05 \text{ kg/cm}^2 \quad (1)$$

$$PCV_{A''} - PCV_{A'} < -0.05 \text{ kg/cm}^2 \quad (2)$$

Fig. 4 에 나타낸 비보상회로의 A'에서 위치변화가 없는 압력감소구간의 최대 평균 출력값을  $D_{A,max}$ , 최소 평균 출력값을  $D_{A,min}$ , 이라고 하면 보상회로에서의 파일럿압(PCV<sub>A''</sub>)의 범위는 식(3)을 만족해야 한다.

$$D_{A,max} < PCV_{A''} \pm 0.05 \text{ kg/cm}^2 < D_{A,min} \quad (3)$$

따라서 위 파일럿압 중에서 최적 파일럿 압은 두 출력값의 평균값을 설정하는 것이 가장 적절하다. 이 압을 PCV<sub>S</sub>라고 두면 식(4)와 같다.

$$PCV_S = \frac{(D_A)_{max} + (D_A)_{min}}{2} \quad (4)$$

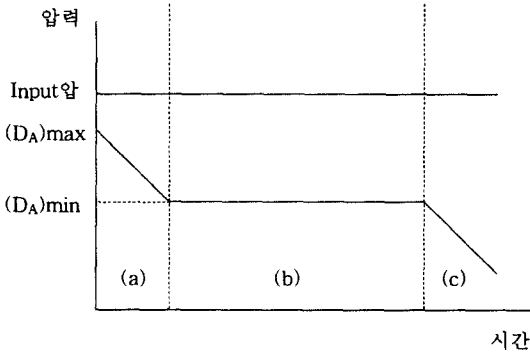


Fig. 4 비보상회로의 압력 분포 그래프

Fig. 4에서 (a)는 위치변위가 없는 압력구간, (b)는 위치변위가 일정한 압력구간, (c)는 위치변위가 급속한 압력구간을 나타낸다.

### 3. 실험 및 고찰

#### 3.1 실험장치의 구성 및 제작

실험장치의 주요구성은 회로부, Actuator부, 데이터 획득 장치부로 대별하여 구성하였고, 필요한 입·출력 데이터를 위하여 압력 센서들이 회로부와 연결되어 있다. 회로부는 별도의 패널을 제작하여 그 구성을 쉽게 볼 수 있도록 제작하였다.

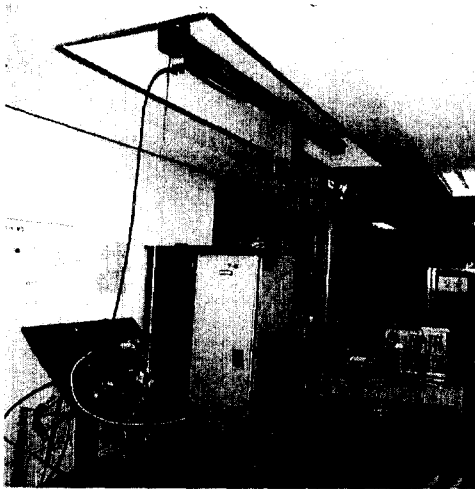


Fig. 5 Test of Pneumatic Control System

#### 3.2 실험결과 및 분석

80kg과 100kg의 중량물을 기준으로 하여 각각 30회의 압력분포 그래프를 토대로 신뢰도 95% 이상인 그래프만을 선별하여 평균 압력 분포 그래프를 산출하였다. 중량물의 위치는 지면 50cm 상단으로 한다. 이때 비보상·보상회로의 데이터를 같이 나타내고 결과를 분석하였다.

##### 3.2.1 중량물 80kg의 실험결과 및 분석

Fig. 6에서 나타난 비보상회로의 평균 입력압은 399.07KPa,  $D_{max}$ 은 377.31KPa,  $D_{min}$ 은 336.43KPa이다. 지면까지 떨어지는 시간은 3시간 30분으로 나타났다. 보상회로의  $PCV_s$ 는 식(4)에 의해 356.87KPa로 구해졌다. 이값을 설정하기 위해 계측장치로부터 획득된 데이터를 읽어 레귤레이터 2를 조절한다. 평균적으로  $PCV_A$ 의 압력이 356.82KPa 이하일 경우  $PCV$ 는 작동하고 356.92KPa 이상일 경우 작동은 멈춘다.  $PCV$  개폐 1회당 평균 시간은 39분(3시간 55분 / 6회)으로 나타났다. Table.1은 각 인자에 대해 30분씩 sampling 한 값이다.

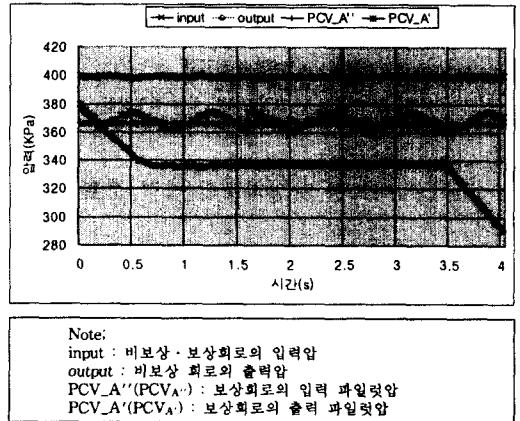


Fig. 6 비보상·보상회로의 압력 분포 그래프

Table. 1 비보상·보상회로의 압력 분포 테이블

시간(h)	input	output	B_in	B_out
0	399.2766	377.31	366.0175	379.1511
0.5	398.4641	343.6492	365.9581	374.2156
1	398.9417	336.1946	365.9294	365.6186
1.5	398.6947	336.1543	365.9859	366.8599
2	399.3672	336.8688	366.1156	361.7455
2.5	399.175	336.2079	366.0109	370.5591
3	399.2574	336.5937	365.9718	368.9089
3.5	398.777	335.0068	365.797	361.4534
4.0	399.2903	232.7505	365.9615	370.9542

### 3.2.2 중량물 100kg의 실험결과 및 분석

Fig. 7 에서 나타난 비보상회로의 평균 입력압은 499.93KPa,  $D_{max}$ 은 446.43KPa,  $D_{min}$ 은 419.35KPa 이다. 지면까지 떨어지는 시간은 3시간 15분으로 나타났다. 보상회로의  $PCV_s$ 는 식(4)에 의해 442.89KPa로 구해졌다. 이값을 설정하기 위해 계측장치로부터 획득된 데이터를 읽어 레귤레이터 2를 조절한다. 평균적으로  $PCV_A$ 의 압력이 442.84KPa 이하일 경우  $PCV$ 는 작동하고 442.94KPa 이상일 경우 작동은 멈춘다.  $PCV$  개폐 1회당 평균 시간은 14분(3시간 15분 / 14회)으로 나타났다. Table.2 는 각 인자에 대해 30분씩 sampling 한 값이다.

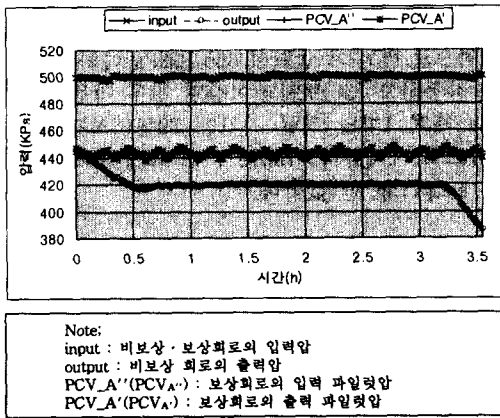


Fig. 7 비보상·보상회로의 압력 분포 그래프

Table. 2 비보상·보상회로의 압력 분포 테이블

시간(h)	input	output	B_in	B_out
0	499.7656	446.4229	442.9297	447.9274
0.5	500.1251	418.828	443.0168	445.0982
1	499.502	419.0495	443.0464	443.0342
1.5	499.944	419.9855	442.8477	441.0788
2	499.7985	419.1065	442.9234	440.5116
2.5	499.8396	419.2239	442.9463	441.1772
3	499.4499	419.5393	443.0296	444.0237
3.5	500.191	391.0991	442.9919	445.8381.

### 4. 결론

본 논문의 결론을 실험결과와 분석을 근거하여 두 가지로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 이론적·실험적 자료를 토대로 누기 보상이 되는 공압제어장치를 개발하였다.

둘째, 이를 전체 시스템에 적용하여 실험하고 분석한 결과,  $PCV$ 가 민감하게 반응하여 누기와 보상이

주기적으로 일어나면서 지속적인 위치 유지를 성공적으로 수행하였다.

### 후기

본 논문은 한국과학기술연구원 창원대학교 공작기 계기기술센터 및 국책사업단의 지원에 의한 것입니다.

### 참고문헌

1. 이강호, "압축공기를 이용한 무중력화 호이스트 개발에 관한 연구", 창원대학교 석사학위논문, 1999.
2. 박상덕, "산업용 로봇의 위치제어를 위한 비례제어 및 단속제어를 혼합한 공기압 서보시스템의 개발", 포항공과대학 석사학위논문, 1990.
3. "Best Pneumatic", SMC Inc., 1998.
4. "유공압제어", FESTO Inc., 1997.
5. John F.Blackburn, Gerhard Reethof, J.Lowen Shearer, "Fluid power control", The M.I.T. Press, 1960.
6. 염영일, "자동 발란싱 매니플레이터에 관한 연구", 한국과학기술연구소, 1988.
7. C.R.Burrows, "Effect of Position on the Stability of Pneumatic Servomechanism", J. of Mech. Engg. Sci., Vol.11, No.6, 1969
8. C.B.Sung and L.B.Taplin, "Aerospace Pneumatic Control System", J. of Engg. for Ind., May 1963