

PC기반 비례방향제어밸브를 이용한 압력제어에 관한 연구

전세형*(금오공과대 대학원 기계공학부), 여화동(금오공과대 대학원 기계공학부),
홍석철(금오공과대 대학원 기계공학부), 김성동(금오공과대 기계공학부)

A study on PC based pressure control using a proportional directional control valve

S. H. Jun(Mech. Eng. Dept., KNUT), W. D. Yeo(Mech. Eng. Dept., KNUT),
S. C. Hong(Mech. Eng. Dept., KNUT), S. D. Kim(Mech. Eng. Dept., KNUT)

ABSTRACT

Proportional directional control valves (PDCV) adjust the amount of flow as well as flow direction in response to an electrical signal. This valves includes direct operated valves with or without spool position feedback. This paper investigates if it is possible to control pressure of fluids by means of the PDCV. A pressure signal is feed back to the Proportional-Integral (PI) controller, which is based upon a personal computer (PC). The PI control algorithm is implemented in a graphical programming language of LabVIEW. The results of experiments show the PDCV can be used a multi function valve of pressure control as well as direction control.

Key Words : Proportional directional control valve (비례방향제어밸브), PC based (PC기반), PI control (비례적분 제어기)

1. 서론

유압을 이용한 기기와 장치는 각종 기계에 응용되어 생산의 자동화, 설비의 근대화에 많은 공헌을 하고 있다. 유압이 지금까지 사용되어 왔던 분야중 대표적인 것만 살펴보면 자동차의 브레이크, 선박의 조타장치, 압연기의 구동장치, 건설기계, 항공기계등에서 중요한 기능을 담당하고 있으며, 그 밖에도 수 많은 곳에 사용되고 있다.

기존의 유압시스템에서의 제어 및 운용은 각각의 제어장치가 필요하고, 데이터의 취득도 오실로스코프 및 간단한 AD 보드를 이용하고 있었다. 이러한 시스템의 운용 및 제어는 많은 시간이 소요되고, 다른 시스템으로의 호환성도 어렵다. 최근 PC(Personal Computer)의 발달로 PC기반 제어시스템이 주목을 받고 있다. PC의 하드웨어와 소프트웨어 기술이 급속히 발전하여 PC의 안정성과 성능이 향상되고 가격은 낮아지고 있다. 그리고 PC는 다수의 주변기기와 소프트웨어들을 저가에 활용할 수 있으며, 사용환경의 변화에도 손쉽게 대처할 수 있

다. 따라서 이를 제어시스템으로 활용할 경우 종래의 제어시스템에 비해 고급의 기능과 경제적 효과를 기대할 수 있다. 현재 PC를 기반으로 한 제어 및 활용은 여러 방면에서 다양하게 사용되어 지고 있다. Y. Y. Choo¹⁾는 PC기반 PLC 시스템의 제철공정 적용성 연구를 선보였으며, D. Y. Kwak²⁾은 PC기반 소성가공 공정 성형해석 시스템 개발에 대한 것을 연구하였다. 몇가지예를 들었지만 여러 방면에서 PC를 기반으로 연구가 활발히 진행되고 있고, 유압방면에서도 PC 기반 연구가 활발히 진행중이다. 일반적으로 비례방향제어 밸브(Proportional Directional Control Valve)는 서보밸브보다 응답성 및 정밀도가 떨어지지만 가격이 저렴하고, 작동유의 오염에 강할 뿐만 아니라, LVDT(Linear Variable Differential Transformer) 내장형 비례방향제어 밸브는 서보 밸브에 버금가는 정밀도가 우수한 밸브가 많이 나와 있다.³⁾

PDCV의 역할은 작동유의 작동방향을 정방향 및 역방향, 중립위치로 조절함과 동시에 유량을 일정히 유지시키는 기능을 한다.

본 연구에서는 PC기반으로 PDCV를 이용해 압력센서로부터 신호를 Feed back하여 원하는 일정 압력으로 유지시켜 다기능 밸브로서의 사용됨의 가능성을 제시할 것이다.

2. 본론

2.1 PC기반

종래의 유압밸브 제어는 유압밸브 + Amplifier + PI Control card로 구성되어 사용되어져 왔다. Amplifier에 입력되는 Input Signal은 Power Supply 또는 Function Generator를 사용하고, 그에 맞는 전용의 PI Control card를 사용하였다. 이러한 제어방식은 가격 및 효율, 다른 시스템으로서의 호환성도 떨어졌다. 하지만 최근 PC의 발달로 인한 하드웨어, 소프트웨어의 발달로 이러한 제어 방식보다는 유압밸브 + Amplifier + PC로 제어가 가능하다. 이러한 PC기반의 제어 방식의 원리를 살펴보면 전용의 Amplifier의 Input Signal을 PC에서 직접 원하는 값으로 입력할 수 있으며, PI Control card는 PC의 적절한 프로그램을 사용하여 별도의 PI Control card 대신 AD(Analog to Digital) / DA(Digital to Analog) Board로서 PI 제어 및 밸브의 제어를 가능하게 해준다.

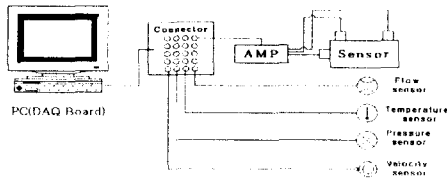


Fig. 1 Schematic diagram of PC based control

2.2 비례방향제어밸브(PDCV)

PDCV는 밸브에 입력되는 제어 전류에 비례하는 일정한 유량을 제어하기 위한 밸브이다. 4port 3way 형태가 가장 많이 사용되어지고 있으며, 밸브의 입구와 출구에 공급되는 유량을 정밀하게 조절하기 위하여 그 스톱이 특별히 고안, 설계되어 있다. 즉 밸브의 양쪽의 유압유를 공급하는 것뿐만 아니라 유량의 공급이 정확하게 되어지도록 양쪽 출구의 압력강하가 일정하게 유지되어야 한다. 이로 인해 액추에이터의 동작을 정밀하게 제어할 수 있다.

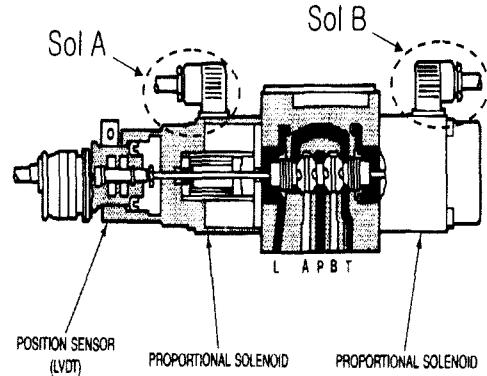


Fig. 2 Configuration of Proportional Directional Control Valve (With LVDT)

Fig. 2에서 보면 알 수 있듯이 솔레노이드 A에 신호가 가해지면 유압유는 P에서 A로 연결되며, A에서 B로 연결되어 A- B방향 즉 정방향으로 유압유가 흘러가게 되고, 반대로 솔레노이드 B에 신호가 가해지면 유압유는 P에서 B로 연결 다시 B에서 A로 연결되어 B- A방향, 즉 역방향으로 유압유가 흘러 방향을 제어할 수 있게 된다.

LVDT는 스톱에 기구적으로 연결되어 있으며, 아주 짧은 거리를 이동할 수 있도록 되어 있다. 솔레노이드에 입력 신호가 가해지면 스톱은 그에 상응하는 만큼 이동하게 된다. 이것으로 LVDT에 전해줄 피드백 신호가 만들어지고 입력신호와 함께 증폭기에서 비교된다. 그 결과 수정된 신호가 만들어지고, 이 신호는 다시 솔레노이드로 보내어져서 이 신호에 의하여 스톱의 정확한 위치가 결정된다. 아래의 Fig. 3에서 이러한 과정을 그림으로 그려 놓았다.

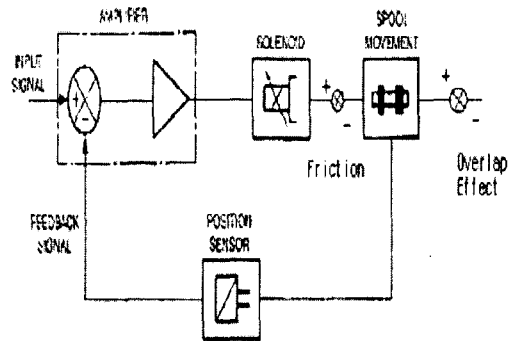


Fig. 3 Feedback Control Arrangement

3. 실험장치 및 방법

3.1 하드웨어구성

본 논문의 실험장치는 비례방향제어밸브의 출구측에 압력센서와 유량센서를 연결하여 데이터를 취득하고, LabVIEW로 프로그래밍한 소프트웨어의 PI controller를 이용하여 압력 및 유량을 제어하였다. 아래의 Fig. 4는 이러한 실험의 유압회로도들을 보여준다.

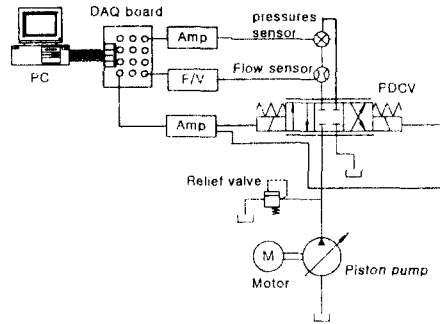


Fig. 4 Configuration of the PC based pressure control test

3.2 소프트웨어구성

Fig. 5는 National Instrument사의 Graphical programming language인 LabVIEW를 사용하여 구성한 프로그램의 프론트 패널이다. 기준신호를 입력하는 부분과 각 센서의 데이터 취득 채널 및 모니터링할 수 있는 그래프로 구성되어 있다.

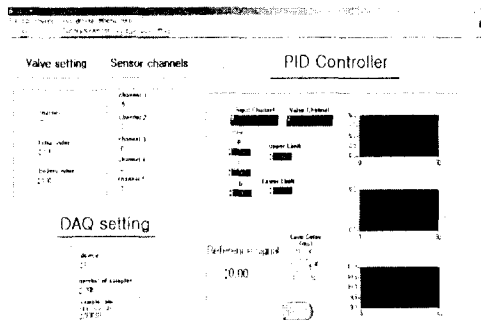


Fig. 5 Front panel of control program, which is coded with LabVIEW

Table. 1은 본 실험에 사용된 장비의 사양을 나타내었다.

Table. 1 Specification of instruments

Instruments	Specification	Manufacture
PDCV	1.0~50 (l/min)	Vickers
Amplifier	20~40 VDC	Vickers
Flow sensor	3~318 (l/min)	Hydrotechnic
Pump	Piston	NACHI
Pres. sensor	0~200kgf/cm ²	Sensortech
Speed sensor	0~1500rpm	Autonics
Temp. sensor	0~200℃	Hydrotechnic
DAQ board	Resolution 12bit	National Instrument
Pentium PC	Cpu 166MHz	Samsung

3.3 실험방법

3.3.1 정방향 실험

정방향으로 PDCV에 입력을 가할 경우, 일정압력 제어시험을 하기 위한 실험조건은 Table. 2와 같이 하였다.

Table. 2 Test conditions of pressure control (A→ B direction flow)

Motor speed (rpm)	800	800	800
Max. Pressure of Pump (Kgf/cm ²)	150	150	150
Set. Pressure of Reliefvalve(Kgf/cm ²)	100	100	100

정방향으로 일정압력제어시험을 하는 방법은 모터를 800rpm으로 동작시키고 가변용량형 펌프의 최대 도출압력을 150kgf/cm²으로 적절히 조정하여 맞춘다. 그 다음 릴리프 밸브의 크래킹 압력을 펌프와 단독으로 연결하여 100kgf/cm²으로 맞추어서 실험을 할 준비를 한다. 기본적인 펌프와 릴리프 밸브의 설정이 끝나면 전체회로를 구성하고 reference signal을 1V(20kgf/cm²)로 설정하고 I값-3을 입력했을 때의 데이터를 취득하고, 다음 reference signal을 1.5V, 2V 즉 20, 30kgf/cm²로 바

꾸어가면서 실험을 행하였다. 마찬가지로 I값과 P값을 동시에 입력하여 실험을 행하였다. Table. 3은 Reference signal 및 I값, P값의 입력 범위를 나타내었다.

Table. 3 Test values of P gain and I gain for A→ B direction reference signals

Reference signal (Voltage)	1	1.5	2
I value	-3	-3	-3
P value	-2	-1	1

3.3.2 역방향 실험

역방향 실험 또한 4.1의 정방향 실험과 같은 방법으로 실험하였고, P, I값의 범위는 Table. 4와 같다.

Table. 4 Test values of P gain and I gain for B→ A direction reference signals

Reference signal (Voltage)	1	1.5	2
I value	3	3	3
P value	-1	1	2

4. 실험결과

PDCV의 특성상 정방향 및 역방향 실험을 각각 하였다. 압력 및 밸브입력신호, 유량신호를 그래프로 표현하였다.

4.1 정방향 실험

정방향 실험은 앞서 실험방법에서 설명한대로 I값과 여러 P값을 적용하면서 실험을 각각 행하였다. Fig. 6에서는 I값은 -3일 때가 가장 적합한 걸로 나타났고, P값은 -1일 때, 즉 I값은 -3, P값은 -1일 때 가장 목표치에 빨리 도달하는 걸로 나타났다. 그리고 Fig. 8에서는 I값이 -값이고, P값이 +값을 가질 때는 진동하는 양상, 즉 채터링이 발생함을 실험으로써 확인할 수 있었다.

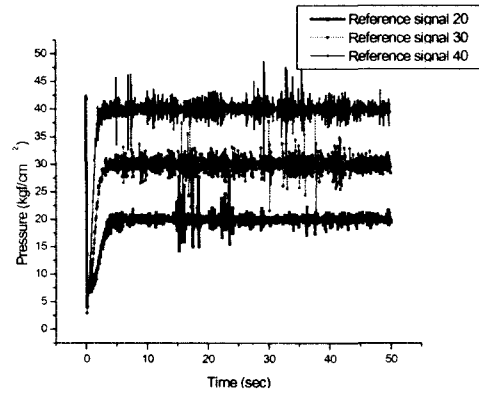


Fig. 6 Pressure responses under PI control (P= -1, I= -3)

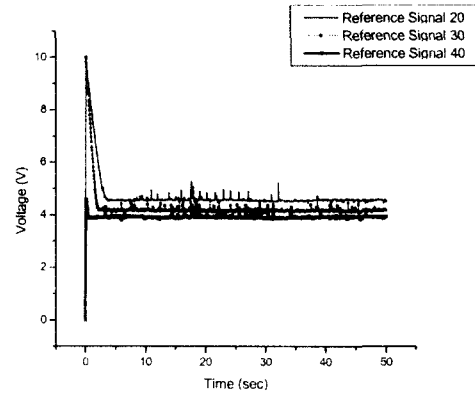


Fig. 7 Plots of input signal to valve under PI control (P= -1, I= -3)

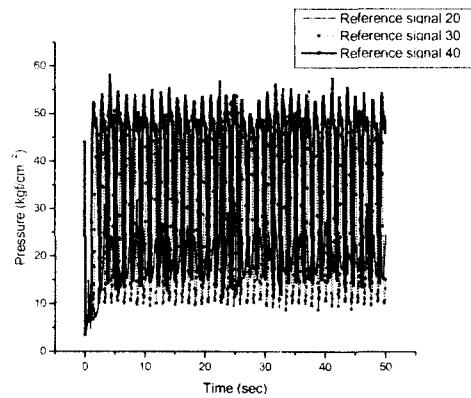


Fig. 8 Pressure responses under PI control (P= 1, I= -3)

5.2 역방향 실험

역방향 실험 또한 정방향 실험과 비슷한 결과를 도출해낼 수 있었다. 단지 I, P값의 부호가 바뀐 형태 Fig. 9에서 I값은 3, P값은 1일 때 가장 목표치에 빨리 도달함을 알 수 있고, Fig. 11에서 I값이 3이고 P값이 -1일 때 정방향 실험과 같은 현상이 발생했다.

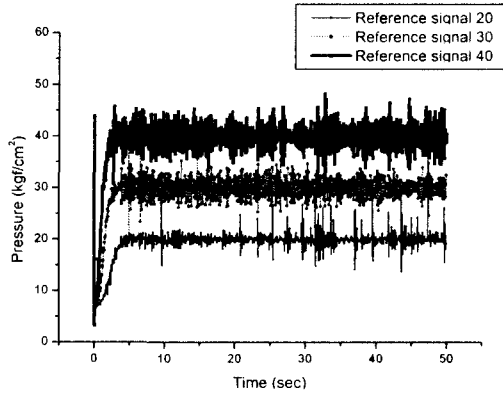


Fig. 9 Pressure responses under PI control (P= 1, I= 3)

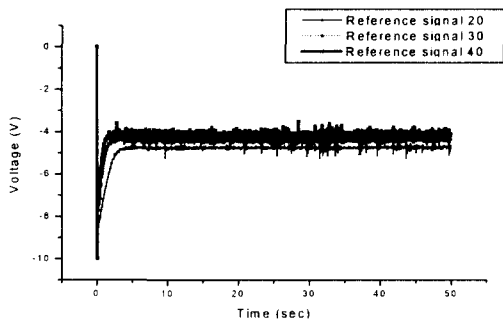


Fig. 10 Plots of input signal to valve under PI control (P= 1, I= 3)

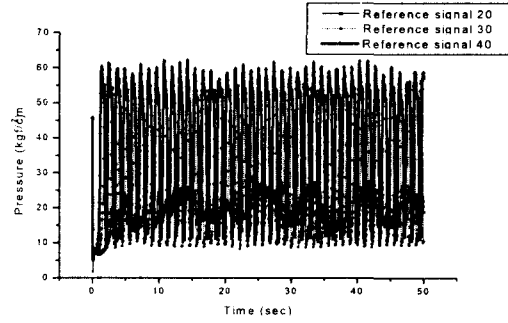


Fig. 11 Pressure responses PI control (P= -1, I= 3)

6. 결론 및 향후연구 과제

PDCV를 이용한 압력제어 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. PI 제어기를 사용하여 원하는 압력을 유지할 수 있었다.
2. P값과 I값의 부호가 서로 틀릴 경우 채터링 현상 및 진동이 발생함을 실험을 통하여 알 수 있었다.
3. 액추에이터 부착시 힘과 속도를 제어할 수 있는 하이브리드 시스템의 가능성을 제시하였다.

참고문헌

1. 추영열, 김용수 "PC기반 PLC 시스템의 제철공정 적용성 연구", 대한기계학회 공동학술대회 논문집, 1999
2. 광대영, 천재승 "PC기반 소성가공 공정 성형해석 시스템 개발", 한국소성가공학회지, Vol. 9, 2000
3. 지상진 "비례방향제어 밸브와 서보 밸브의 특성 비교에 관한 연구", 금오공과대학교 산업대학원, 2001
4. Vickers사 "Industrial Hydraulic Manual", pp.14-23~24, 1989
5. Vickers사 "Closed Loop Electrohydraulic Systems Manual", pp.181~210,
6. 리얼계인 "제어시스템 해석 및 설계", 아진, pp.205~239, 2001