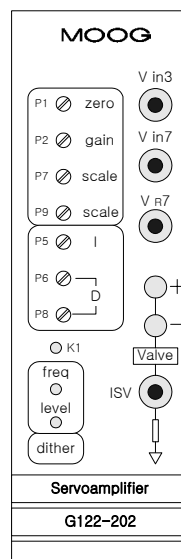


USER MANUAL

G122-202

P I D SERVOAMPLIFIER



KOSTEK
코스텍

Tel) 02 - 2614-7611
Fax) 02 -2614-7612

목차

소개

Page

1. CLOSED LOOP 소개

3

구성 품 선정

2. 성공적인 CLOSED LOOP 구성을 위한 준비

4

G122-202 SERVOAMPLIFIER

3. G122-202 서보 컨트롤러의 구성

8

3.1 Block diagram

3.2 전면 패널

3.3 회로도

4. 제 원 및 설치

4.1 일반

4.2 출력 단자

4.3 Interconnection

4.4 구성 품 배열

COMMISSIONING

5. POSITION LOOP 제어

5.1 Closed Loop 소개

5.2 요약 사항 및 점검 항목

5.3 내부 결선 회로도

5.4 Amp 배치

5.5 Servovalve

5.6 Transducer

5.7 Closed Loop 최적화

5.8 명령 신호와 센서의 최적화

5.9 Servovalve 조정

6. VELOCITY LOOP 제어

6.1 Closed Loop 소개

6.2 요약 및 점검 사항

- 6.3 Servovalve
- 6.4 Transducer
- 6.5 Closed Loop 최적화
- 6.6 명령 신호와 센서의 최적화
- 6.7 Servovalve 조정

7. PRESSURE/FORCE LOOP 제어

- 7.1 Closed Loop 소개
- 7.2 요약 및 점검 사항
- 7.3 Servovalve
- 7.4 Transducer
- 7.5 Closed Loop 최적화
- 7.6 명령 신호와 센서의 최적화
- 7.7 Servovalve 조정

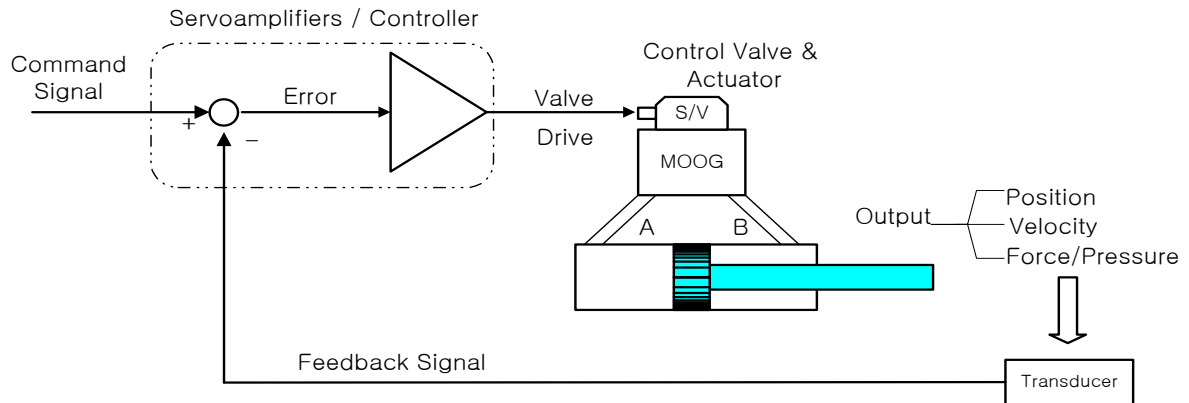
APPENDIX

8. 부록

- 8.1 기본적인 제어 개념
- 8.2 Moog 사의 관련제품

2. 전기-유압 서보밸브의 폐 루프(Closed Loop) 제어

MOOG사의 PID Servocontroller, G122-202는 Eurocard 형식의 서보 앰프로서 전기-유압 서보밸브, 서보 액추에이터 그리고 센서(Analog 출력)와 함께 구성하여 폐 루프를 제어하는데 적용됩니다. Closed Loop의 종류인 Position, Velocity 또는 Force/Pressure 등을 제어하는데 이 서보 앰프를 공통으로 사용할 수 있습니다.



전형적 Closed Loop 구조

사용할 수 있는 Transducer의 종류에는 마그네트 형식의(LVDT), Potentiometer 혹은 DCDT 등이 있고 컨트롤 유압밸브에는 전류나 전압신호를 이용하는 Servovalve, Proportional Valve가 있습니다. 블록선도에서 폐 루프 제어시스템에 필요한 구성 품들이 나타나 있고 Closed Loop 제어의 가장 큰 특징은 실제 출력 값(Feedback)이 목표 값(Command)과 비교되어(Set point나 Command Signal이라고도 함) 이때 발생하는 오차 값(Error signal) 만큼 서보 컨트롤러에서 보상되어 “0”에 가깝게 제어가 됩니다.

이와 비교하여 Open Loop 시스템에서는 액추에이터의 출력 값(Feedback)을 얻을 수가 없으므로 Loop를 목표 값으로 제어를 할 수가 없습니다

Setpoint / Command

- Set point 신호는 여러 가지로 칭하여 Command(지령신호) 혹은 Reference Signal로 불리 우며 Closed Loop 시스템의 입력이며 출력(Feedback)의 값에 비례한 DC 전압입니다.

Transducer / Feedback Signal

- 액추에이터의 출력을 모니터링하며 서보 앰프로 Feedback되어 명령신호와 비교됩니다. 일반적으로 위치, 속도, 힘 그리고 압력제어등에 적용되고 센서앰프를 거쳐 DC 또는 mA로 출력됩니다.

Servoamplifier(Controller)

- 서보 컨트롤러는 피드백 신호와 Command(지령신호)를 비교 분석하여 이때 발생한 error 신호를 다시 서보밸브나 컨트롤 밸브로 가해 error signal이 제로에 가깝도록, 즉 설정한 목표 값에 도달하도록 합니다.

Control Valve / Actuator

- Control Valve는 error 신호에 해당하는 신호를 받아들여 액추에이터를 error 신호를 상쇄하는 방향으로 구동 시킵니다.

***비고:** G122-202 의 서보 컨트롤러는 일반적인 폐 루프에 적용이 가능하나 특수한 경우에는 폐사에 문의 바랍니다.

3. 성공적인 폐 루프(Closed Loop) 제어를 위한 점검 항목

하기 내용에 사전 점검 사항들을 기술하였고 각 구 성품에 대한 필요 항목을 참고하십시오.

3.1 Closed Loop 시스템 설계

- 시스템의 목적 설정
- System: Force, Velocity, 가속도 요구사항
- Hydraulics: 압력과 유량
- 제어: Dynamic Response(동특성), static(정특성)
- 제어 방법: Position, Velocity, Force, Pressure
- 시스템의 성능이 절대적으로 중요한가?
- 제어하고자 하는 부하의 질량
- 최대 속도 와 제어 정밀도

3.2 Servo Controller 선정

- 시스템의 성격
- Command 종류
- Feedback Transducer 종류 및 출력
- 출력 값 선택(Control Valve 의 종류에 따라 결정됨)

3.3 Control Valve 선정

- 시스템의 중요 요소를 다음과 같이 설정합니다.
- Size: 사용 압력과 유량 선정 그리고 밸브의 입력 신호 선택
- Response: 주파수와 step response
- 밸브의 spool null cut 조건
 - Axis cut(zero lap, over lap, under lap 등)
 - Overlap
 - Under lap/Motor spool, P 포트의 Overlap 그리고 T 포트로의 under lap
 - 진공 현상(Cavitations)
- Spool 의 제어
 - Open Loop
 - Mechanical Feedback
 - Electric Feedback
- Spool 제어 정도: Threshold, Hysteresis, 압력게인 등
- Servovalve 공급자의 서비스 및 수리 가능 여부

즉, 간단히 표기하여 유량 및 압력 범위, Spool 의 null 조건, 응답성, 스톱의 제어정도 등에 기준 하여 Control Valve 를 선정합니다.

3.4 Actuator 선정 및 사양결정

다음과 같은 기술적 특성에 기준 하여 액추에이터의 사양을 결정합니다.

- Displacement(변위): Cylinder 단면적(cm^2), Motor 의 $\text{cm}^3(\text{in}^2)/\text{rev}$
- Mounting(장착 방법)
- 속도와 Seal 종류 선택
- 힘력 부하
- 작동유 종류
- 사용 환경
- Seal Type:
 - Normal elastomer
 - 저 마찰 elastomer
 - Laminar fluid bearing
 - Hydrostatic fluid bearing
- 마찰 계수, stick-slip, Turnaround smoothness

해설) Stick Slip: 작동이 원할 하지 못하고 무엇인가 걸린듯한 채터링 진동(Chatter vibration)이라 불리는 진동을 수반하는 마찰현상

3.5 보조 밸브

주 Control valve 의 보조 기능을 하며

Control Valve 와 actuator 사이에 다른 조절 밸브를 설치하는 것을 피하여 Closed Loop 에 좋지않은 영향을 끼치는 것을 방지합니다.

예) - “부하 고정”: Closed Loop 해제 시

Open Loop 에서 Closed Loop 복귀 시 Load 로 인한 급작스러운 작동을 방지하기 위해 외부 드레인 Pilot 형의 Pilot 작동형 Check Valve 를 적용합니다.

(sub plate 의 형태로 Servovalve 하단에 장착이 가능합니다.)

- 공급압력 제한 및 진공 현상 방지.

3.6 Transducer 선정

선정기준은 다음과 같습니다.

- Linearity(직진성)
- Response(응답성)
- Hysteresis 나 온도 변화 등 전체적인 분해도(Resolution)
- 전기적 noise
- 기계적 수명
- 출력 값(DC 혹은 mA)

3.7 설치

- Electrical
 - 케이블 실드 및 방법
 - 전기적 노이즈 대책
 - 앰프류 설치 및 노이즈, 방열 대책
 - 터미널 단자 적용(Soldering 자제)
- Hydraulic
 - Valve 설치 위치 및 방향
 - Valve 와 actuator 사이의 체적 최소화(=max stiffness, 작동유의 압축비 최소화)
 - 관경 최소화
- Mechanical
 - Backlash 최소화
 - 경도 최대
 - 마찰계수의 최소화
- Pressure Transducer
 - 가능하면 Control Valve 와 가깝게 설치.
 - Control Valve 위치보다 낮게 설치하여 드레인 용이.

3.8 Oil Filtration

오일 청정도를 다음과 같이 유지합니다.

- 오일의 등급을 ISO 4406 에 기준 하여 최소 16 / 13 에서 15 / 11 로 유지하고 14 / 11 에서 12 / 9 사이를 유지할 경우 수명이 연장 됩니다.(NAS 6 등급 이상)

필터링 기준

- 상기의 오일 청정도를 유지하기 위하여서는 여러 가지의 방법을 강구할 수 있으나 기본적인 방법은 다음과 같다.

* Non-bypass 의 고압 필터를 적용하고 가능한 한 Servovalve 와 최단거리에 설치한다. 일 반적으로 고압필터는 오일 정화 능력은 없고 밸브를 오염 입자들로부터 보호하는 역할만 합니다.

Filter Rating: Beta₁₅ 에서 Beta₂₅ > 75~200

* Tank 복귀 유량 필터, 순환필터, 오일을 정화하고 밸브 류의 수명을 연장하기 위하여서 다음의 성능을 만족하는 필터를 사용합니다.

Filter Rating: : Beta₃ 에서 Beta₆ > 200

*복귀 라인의 필터만으로 효율이 부족할 경우 탱크 내부 순환용 필터를 적용하면 효율이 좋아집니다.(Off line filtering 시스템을 적용하면 산가/수분/오염입자 제거에 탁월합니다.)

- 필터 엘리먼트의 차압 여부를 주기적으로 점검하며 필요 시 교환하여 오일과 밸브류들의 수명을 연장할 수 있고 비용면에서도 절감이 됩니다.(필터 엘리먼트 채 사용 불가)
- 또한 오일 교환 시 신유인 경우에도 불순물을 포함(NAS 10 등급)하고 있으므로 반드시 주유용 필터를 거쳐 교환하는 것이 바람직합니다.

3.9 Hydraulic Power Unit

- 정확한 압력이나 힘 제어가 필요한 경우 공급압력을 일정하게 공급을 하는 것이 중요합니다. 급작스러운 압력 변동은 컨트롤 밸브를 거쳐 결국 부하에 영향을 끼칩니다.

유량과 압력제어의 조건

- 고정형 펌프 와 릴리프 밸브
- 압력 보상형 펌프
- 펌프의 응답성이 제어에 영향을 끼칠 경우 유량 보상 및 충격흡수를 위한 accumulator 설치

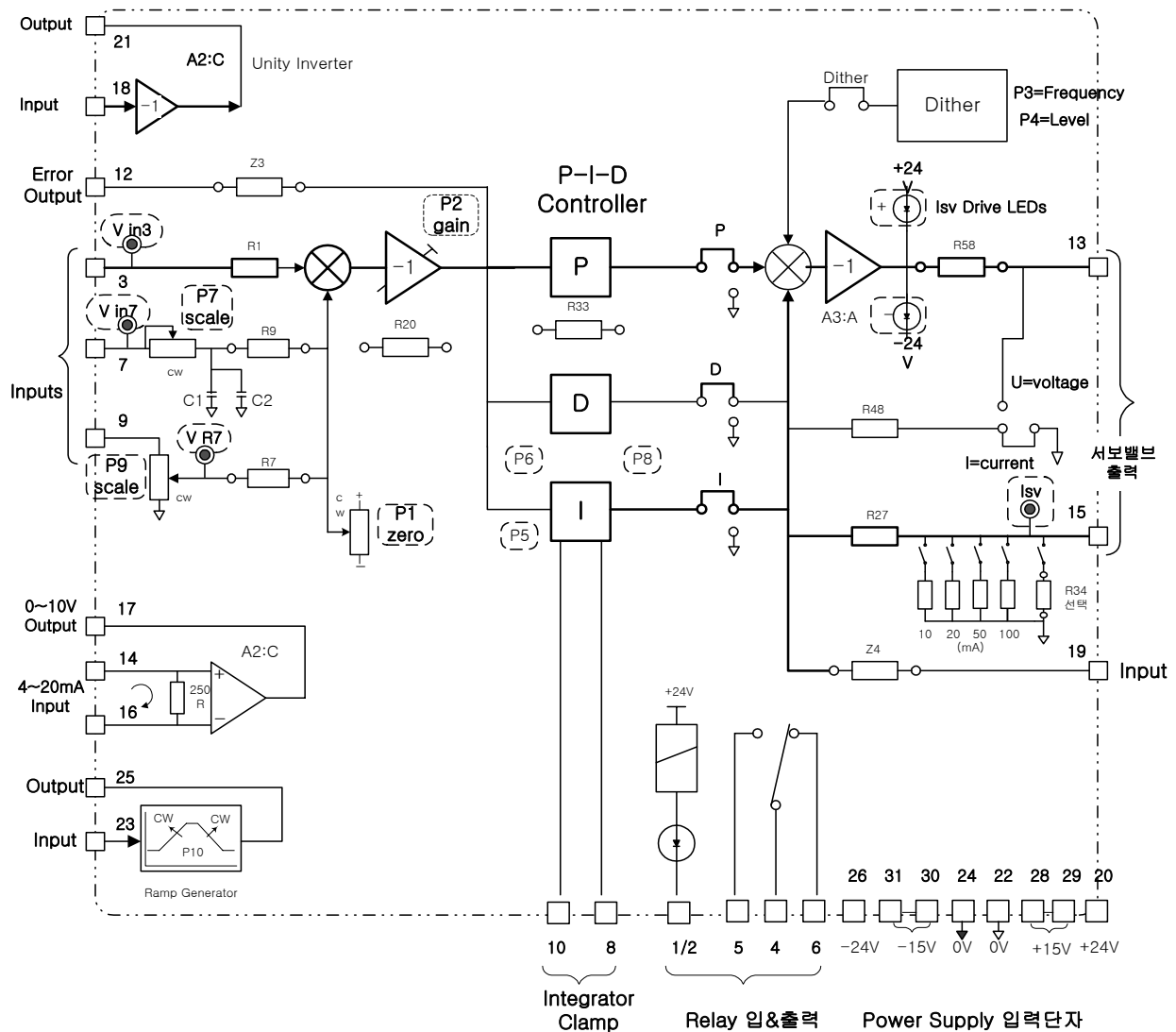
3.10 서비스

- 적용 시스템의 정확도 요구성
- Servovalve 의 진단 및 수리 서비스
- 서보밸브 혹은 서보 컨트롤러의 서비스는 반드시 장비를 보유한 공급업체에 의뢰하여 신뢰성을 확보하여야 합니다. 밸브마다 고유의 특성 값을 갖고 있으므로 현장에서의 임의적인 분해 및 조립은 밸브의 성능에 불확실한 영향을 끼칩니다.

G122-202 Servoamplifier

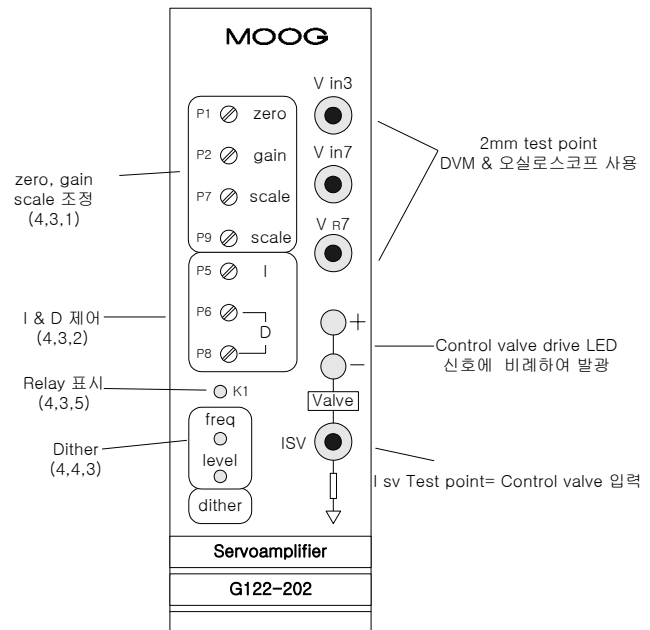
4 상세 설명

4.1 일반적인 블록선도



4.1 Front Panel

전면 판넬은 주로 3 가지 부분으로 분류되며 19" Euro Card 표준형으로 제작됩니다.



4.3 회로 해설

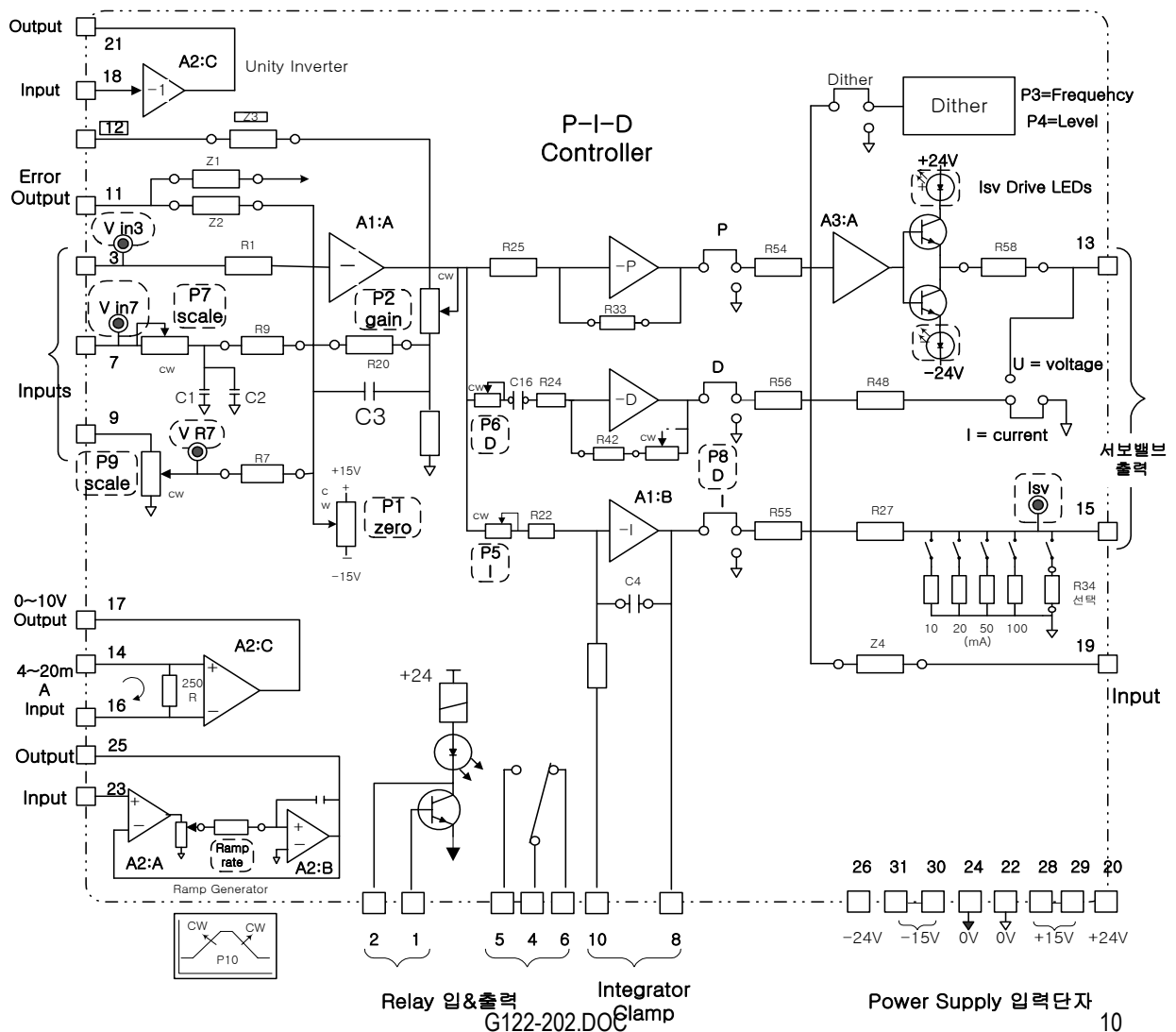
4.3.1 SUMMING AMPLIFIER (A1:A)

4.3.1.1 Setpoint Input: Pin 7, Scale Pot: P7, Testpoint: V in7

- Scale Pot(100k): 명령신호의 범위를 조정하여 Feedback 신호와 일치되도록 합니다.
시계방향(CW)으로 돌리면 P7의 저항이 증가하고 명령신호의 크기를 축소합니다.
- Capacitor C1 & C2: Setpoint 신호의 Low pass filter 기능을 하며 Set point의 Step 변화를 완만하게 하거나 혹은 Ramp Setpoint & Command 신호가 적용되지 않을 때 유용합니다.
- Command 신호의 전기적 노이즈를 없애는 역할도 하며 Time Constant(시정수)를 없애려면 C1과 C2(지연 요소가 될 수 있음)를 제거하면 됩니다.

	Capacitor Value		≈ Time Constant (시정수) (중립위치에서 P7으로)	≈ Break Frequency (중립위치에서 P7으로)
	C1	IUF	25 ms	6 Hz
	C2	2U2F	50 ms	3 Hz
출고 시	C1 + C2	3U2F	80 ms	2 Hz

- R9(input 저항) = 47k Feedback 신호가 너무 크면 P7을 시계방향으로 완전히 돌리고 너무 작을 경우 역시 P7을 시계 반대방향으로 돌려 감소시킵니다.



4.3.1.3 Feedback Input(Pin No.3) & Testpoint(Vin3)

- Feedback 극성은 반드시 Setpoint/Command 극성과 반대가 되어야 합니다.
- Input Resistor R1 = 100k \pm 1%

4.3.1.4. Feedback Input(Pin No. 9) & scale pot P9 그리고 TESTPOINT VR7

- Input 9 번은 가끔 사용하는 고전압 출력의 Feedback 신호를 받아들이며 Scale Pot P9 로 신호를 배분할 수 있습니다.
- Testpoint VR7 은 분배된 출력 값을 모니터합니다.
- P9 를 시계방향으로 돌리면 VR7 에서의 신호가 감소되고 Feedback 신호 값을 증가 시킵니다.
- R7 = 100k

4.3.1.5 ZERO Pot P1 과 Amplifier Input R4

- 이 Pot 는 시스템에서 제로 값에 에러가 있을 때 \pm 값을 보상합니다.
- R4 는 2M2 에서 범위 조정을 증가하기 위하여 값이 줄어 들 수 있습니다.

4.3.1.6 GAIN Pot P2, R20, C3

- Gain Pot P2 는 Summing Amplifier(가산기)에 의해 에러 신호의 증폭 비를 조정합니다.
 - R20 = 100k : 최소 Gain 값을 설정합니다.
 - C3 = 10 nf: R20 과 병렬로 구성되어 있고 Summing Amp 의 주파수 특성을 결정하고 1ms 의 결과적인 시정수(time constant)는 150Hz 의 밴드 폭을 부여하고 대부분의 시스템에서는 요구 값을 만족합니다. 고 응답형의 서보밸브 적용 시 이 시정수가 시스템의 응답성에 영향을 끼칠 수 있으므로 C3 를 제거하거나 전기적 노이즈 발생 시 용량이 작은 것으로 교체합니다. 만약 지령신호,command 에 노이즈가 발생 시 C1 과 C2 는 노이즈를 감소시키는 역할을 하는데 C3 를 증가 시키는 것이 좋을 수 있습니다. 이는 노이즈 필터의 time constant 는 Loop 선상의 외부에 위치하여 loop 안정성에 영향을 끼치지 않기 때문입니다.
- Feedback 에 노이즈 발생 시 C3 는 출력에 나타나는 노이즈를 줄이기 위하여 용량을 줄일 수 있습니다. 이와 같이 시정수가 Closed Loop 제어에 끼치는 영향이 고려 되어야 합니다.
- 예를 들면 C3 = 100nf 는 유압-질량 고유진동수가 10~20Hz 보다 작은 위치나 속도 loop 를 줄일 필요 없이 15Hz 의 roll-off 주파수 특성을 제공합니다.(section 6.8.5 참조)

- 시정수(time constant) : 1 차 지연 전달함수로 주어지는 시스템의 응답 속도를 나타내는 평가량.

4.3.1.7 Input Pin 11, Z1, Z2 : 무 부하시 세부 회로도 참조

- Z1 : 인버트 input(A1:A)에 input path 제공
- Z2 : 인버트 input(A1:A)에 다른 input path 제공

4.3.1.8 Input, Pin 19, Z4

- loop 를 튜닝하는 “disturbance” Input(외란)으로 사용됩니다. Pin 19 번을 + 혹은 -15V 에 연결할 때 정격 Isv 전압의 25% ~ 50% 정도를 주기 위하여 Z4 위치에 저항을 설치합니다. 이는 스위치나 수동으로 조작이 가능합니다. 해)외란: 제어계를 흔들리게 하는 외적작용.

- 예를 들면 $Z4 = 300\text{ K}\Omega$ 일 때 I-current 를 선택하고 50mA full scale Isv(4.3.4.2) 모드에서는 +15V 가 25m 에 해당하는 -0.5V 를 Isv Testpoint 에서 출력합니다. 이로서 50mA 의 정격 전류 값을 가진 서보밸브의 50%인 25mA 를 얻을 수 있습니다.
- 출고 시 $Z4$ 의 용량은 1M Ω 입니다.

Z4	Volts	50mA 범위 선택 시 delta Isv
100k	1.5V	75 mA
150k	1V	50 mA
300k	0.5V	25 mA
620k	$\approx 0.25V$	12 mA
750k	0.2	10 mA
1M5	0.1	5 mA

4.3.2 P-I-D Controller

- 병렬구조, 선택가능
- Gain pot P2 번은 전체 P-I-D 값에 대하여 gain 레벨을 변화 시킵니다.

4.3.2.1 P : Proportional 비례

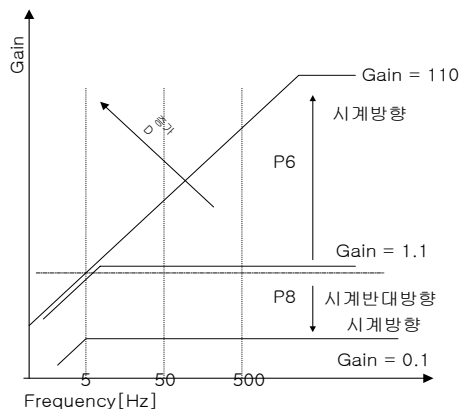
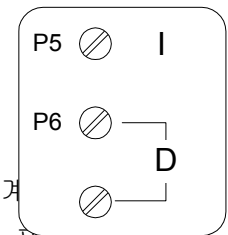
- gain = 1, 고정

4.3.2.2. I-Integral(적분)

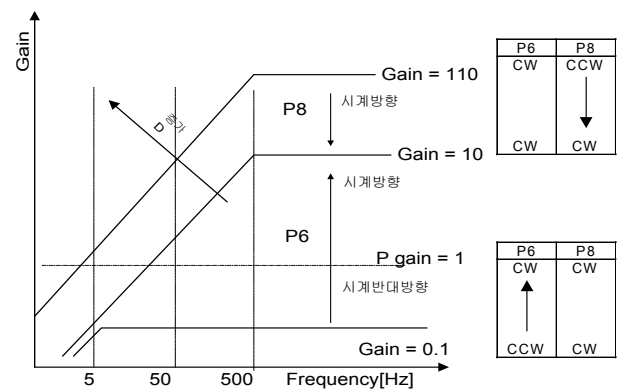
- P5 = 적분 게인 포트, 시계 방향으로 돌리면 적분게인 증가.
- 적분기 작동 방지용 릴레이 4.3.5 를 참고하세요.

4.3.2.3 D-미분(Derivative)

- P6 은 C4 와 직렬로 구성된 Input 단자의 Pot 이고 브레이크 포인트 시계 방향으로 돌리면 포트의 저항 값이 감소하며 브레이크 포인트 주파수에 가해지는 게인 값이 증가하게 됩니다.
- P8 은 feedback 계통의 Pot 이며 시계방향으로 돌리면 pot 의 저항 값이 줄어들고 P6 에 의해 특성을 갖는 주파수 게인 값이 감소합니다.
- 고주파수 게인은 P8/P6 의 비율에 의해 설정되고 고주파수 신호의 노이즈가 크게 증폭되어 양 Isv LED 가 점등되고 Control Valve 의 울림현상이 발생하면 고주파수 게인 값을 감소 시킵니다.



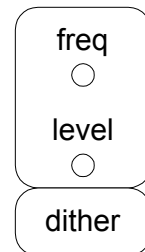
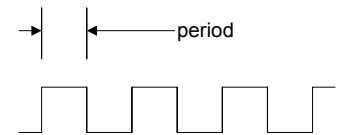
(i)



(ii)

4.3.3 Dither

- 디더 신호는 약 25 Vp-p 의 사각파형이며 A3:D 에서 발생하는 free-running 의 진동파입니다.
- Dither 는 발진신호로서 계속 움직이는 요소를 유지하며 구성 품에서 마찰 저항으로 인한 지연을 제거하거나 감소시키는 역할을 합니다. 대표적인 예로서 Servovalve 의 스텔스 홀드를 낮추는데 사용합니다.
- 디더 신호는 표준형 서보밸브나 비례변을 사용하는 위치제어 시스템에서는 일반적으로 사용하지 아니하고 극도의 저 마찰을 요구하는 시스템에 대하여 컨트롤 밸브의 threshold 를 제한하는 Factor 로 작용합니다.
- 이는 또한 Velocity Loop 에도 적용 가능합니다.
- 압력 제어에 있어서 압력 값의 분해도를 향상시키며 peak to peak 값은 정격 전류치의 최대 20%입니다.



4.3.3.1 On – Off Link

- Dither On/Off 로 진동파형을 가하거나 해제할 수 있습니다.

4.3.3.2 주파수 Pot P3

- 시계방향으로 돌리면 주파수가 25Hz 에서 320 Hz 까지 증가하게 됩니다.

4.3.3.3 Level Pot P4

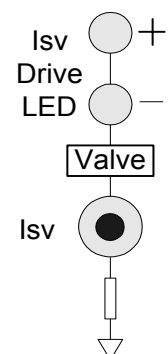
- P4 를 시계방향으로 돌리면 dither 신호의 레벨이 증가하고 진폭을 test point 에서 오실로스코프로 측정을 할 수 있습니다.

4.3.4 Current Stage A3:A, Q2 & Q3

- Current Stage 는 선택한 저항 값에 흐르는 전류에 의해 발생하는 전압을 이용합니다. 이는 피드백이 서보밸브 코일의 유도 시정수를 최소화하고 온도에 따라 변동하는 코일저항과는 무관한 전류를 출력하기 때문입니다.

4.3.4.1 Isv Drive LED “+” 와 “-“

- “+” 와 “-“ LED 는 극성을 표시하며 컨트롤 밸브에 가해지는 전류나 전압 값의 진폭을 나타냅니다. 다음과 같은 방법으로 초기에 세팅을 하거나 Trouble-shooting 때 사용할 수 있습니다.
- 밸브와의 결선이 단락 되면 전류가 흐름이 차단되어 LED 가 점등 되지 않습니다.



- **Position Loop**에서는 부하가 제로 램을 가진 서보밸브에 가해지는 드라이브 시그널이 부하가 변동하지 않을 때 거의 제로에 가깝게 되어 **LED**가 점등 되지 않습니다.
- 만약 위치제어 루프에서 **LED**에 계속 불이 들어오면 위치 값에 대한 **error** 신호가 제로 값을 벗어나 **Set point** 값이 맞지 않기 때문입니다.
이는 다음과 같은 원인으로 추정할 수 있습니다.
 - 서보밸브의 **offset** 값(중립점) 혹은
 - 비 정상적인 부하 상태 또는
 - 실린더가 한쪽으로 치우쳐져 있을 경우
- **Dither**를 사용할 경우 밸브에 가해지는 전류가 **zero**에 가까워질 때 두개의 **LED**가 동시에 같은 밝기로 점등 됩니다. (주의: 전기적 노이즈가 발생할 경우 같은 현상이 나타날 수 있습니다.)
- **Velocity** 제어에서 연속적인 속도제어 상태에서는 한쪽의 **LED**에 점등 됩니다.
- **Position Loop**를 최적화 하기 위하여 **LED**를 이용하며 **6.7.3**을 참조하십시오. 명령신호를 빠르게 변화 시키면 한쪽 **LED**가 점등되고 목표하는 위치에 도달하면 소등됩니다. 만일 오버슈트(overshoot)가 발생하면 다른 한쪽 **LED**가 순간적으로 깜박거립니다. 이 때는 일반적으로 **P2** 게인으로 **Loop Gain**을 줄여 오버슈트를 상쇄합니다.

4.3.4.2 밸브 전류 선택 스위치와 **Isv Test point**

- 밸브 전류 선택스위치로 선택할 수 있는 **5**개의 저항이 설치되어있고 선택한 저항은 전류 피드백, **current sense**, 저항이라고도 합니다. 밸브를 통하여 흐르는 전류는 전류 피드백 저항에 걸쳐 전압을 생성합니다. 이 전압은 출력단에 대한 피드백으로 사용하며 **Isv testpoint**에서 모니터링할 수 있습니다.
- 각 전류 피드백 저항은 정격전류에 대하여 **1volt**를 출력합니다.

- **Isv testpoint**에서는 전류피드백 저항에 걸친 전압 강하를 모니터링합니다. 이 **Isv** 전압은 **Mechanical Feedback (MFB)** 방식의 **Servo valve** 코일에 가해지는 밸브 드라이브를 측정하는데 사용합니다.

Rated Current [mA]	밸브 전류 선택 스위치
10	1
20	2
50	3
100	4
R34로 선택	5

해설) “**Isv** “에서 **Current(I)**와 **MFB** 타입의 **servo valve(sv)**의 합성어이며 코일에 가해지는 값을 말합니다.

4.3.4.3 밸브 전류 선택 스위치

표준형 밸브와 전류

정격전류의 125% 내지는 150%를 초과하는 밸브 전류는 MFB 형식의 밸브에 좋지 않은 영향을 끼칠 수 있습니다. 따라서 스위치로 전류 값을 선택하여 밸브에 과전류가 흐르지 않도록 합니다. 밸브와 함께 공급되는 사양서를 참고하여 정격전류에 해당하는 전류를 선택하는데 해당하는 전류 값이 없으면 정격전류의 150%를 초과하지 않는 전류 값을 선택합니다.

특수 사양 밸브와 전류

표준사양으로 설정되지 않은 밸브의 정격전류 값이 선택 스위치에 없을 때는 별도로 회로 변경이 가능합니다.

설계배경

±10V 로 출력되는 최대 전류 값을 제한하는 저항이 다음과 같이 3 가지로 직렬구성 되어 있습니다.

- R58
- 밸브 코일저항
- Current sense resistor

R58

- R58 은 Moog 사 전 종류의 MFB 밸브에 적용할 수 있는 68 Ohm 으로 설정되어 있습니다.
- R58 은 쉽게 교환할 수 있는 구조로 되어 있어 적용하고자 하는 밸브의 전류 값을 제한할 때는 쉽게 교환할 수 있습니다.

Valve Coil resistance

- 밸브의 사양서를 근거로 하여 코일 저항을 결정합니다. 밸브의 코일은 2 개를 기본으로 직렬 또는 병렬로 결선이 가능합니다. 가끔은 직렬로 사용이 되나 병렬로 결선하면 한쪽 코일이 단락 되도 나머지 코일이 역할을 할 수 있는 Redundancy 가 보장되며 고 응답형 밸브에 있어서는 앰프와 밸브 코일 응답성을 증대할 수 있습니다.

Coil sense resistor(전류 검출 저항)

- SW1 으로 전류 검출 저항을 선택할 수 있어 최대 출력 전류 값을 설정할 수 있습니다.
- R34 는 사용자가 선택 교환할 수 있는 저항으로 필요한 전류 값을 얻을 수 있고 SW1-5 에 의해 선택되며 쉽게 수정할 수 있습니다. 앰프의 최대 출력 전류는 100mA 입니다.

설치과정

- 밸브의 사양서에서 밸브의 정격전류(Rated Current)와 코일의 저항 값을 확인합니다. 참고로 정격전류란 밸브가 최대로 열렸을 때 코일에 가해지는 전류를 말합니다.
- 밸브 코일의 결선 방법(직렬 또는 병렬)을 결정합니다.
- R34 를 선택하여 정격 밸브 전류가 1Volt 를 출력 할 수 있게 합니다.

$$V [\text{Volts}] = I [\text{Amps}] \times R [\text{Ohms}]$$

- R38 을 선택하여 Amp 출력이 10V 일 때 최대 밸브 전류가 정격전류의 125% ~ 150%선에서 흐르도록 합니다.

$$I_{\max} = \frac{10 \text{ V}}{R_{34} + \text{Coil Resistance} + R_{58}}$$

- 주) 1. 중요한 시스템에서는 코일을 병렬로 결선하여 Inductive time constant 를 줄일 수 있으며 아주 드문 경우지만 한쪽 코일이 단락 되도 나머지 코일이 백업을 할 수 있도록 합니다.
2. 높은 임피던스(Impedance)를 가진 코일은 직렬로 연결했을 때 전압을 제한하는 경향이 있어 코일을 하나만 사용하거나 2 개의 코일을 병렬로 구성합니다.
- 예를 들면 $(1000 // 1000) \times (10 + 10) \text{ mA} = 10\text{V}$, 최대 전압 치에 가깝게 합니다.
4. 임피던스가 낮은 코일은 전형적으로 고 전류의 코일이고 앰프는 전류를 제한하는 기능을 합니다. 전류 값이 최대 100mA 를 초과할 경우에는 코일을 하나만 사용하거나 2 개의 코일을 직렬로 결선합니다. 코일을 어떤 방법으로 결선하든지 2 개를 모두 사용할 때는 밸브의 중립점 상태의 안정성이 향상됩니다.

4.3.4.4. I/U Link

- 이 링크로 전류출력(I) 또는 전압 출력(V)을 선택할 수 있습니다.
I = 전류, U = 전압
적용하는 컨트롤 밸브의 입력에 따라 설정합니다.
- 전형적인 MFB 밸브는 코일이 전류에 의해 구동이 되어 온도에 영향을 받는 코일저항과는 별도로 독립적인 일정한 전류 값을 유지하고 inductive time lag 를 감소합니다. 전압 드라이브도 사용가능하나 상기와 같은 영향으로 추천하지는 않습니다.
- 전기식으로 피드백되는 Amp 가 내장된 밸브를 EFB 밸브(Electric Feedback)라고 하는데 전류나 전압으로 구동되고 전압출력인 “U “를 다음과 같이 선택합니다.

EFB 밸브와 전류입력

예를 들어 10mA 의 정격전류와 200R 혹은 400R 의 저항을 가진 Moog 밸브의 경우 200R, 400R 의 입력 임피던스는 접지되어 전류피드백 저항이 부족하게 되므로 서보 컨트롤러의 출력이 전류로 출력이 설정될 경우에는 작동이 원만하게 이루어지지 않습니다.

이런 경우에는 서보 컨트롤러를 전압출력으로 설정, R48 을 수정하여 Isv 단자에서 $\pm 2\text{V}$ 혹은 $\pm 4\text{V}$ 를 100%로 출력이 되게 합니다. Input Impedance 가 적은 전압 드라이브는 높은 입력 임피던스 보다는 노이즈에 강합니다.

EFB 밸브와 전압입력

보통 $\pm 10\text{V}$ 로 통상 50k input impedance 에 가해지며 보통 R48 = 100K 로 설정되어 필요한 전압 $\pm 10\text{V}$ 를 얻을 수 있습니다.

- R48 저항 값은 전류 입력 형태의 Moog 밸브에 대하여 전압 출력을 제한합니다.
- Isv LED 는 전압 드라이브 신호에 비례하여 발광합니다.

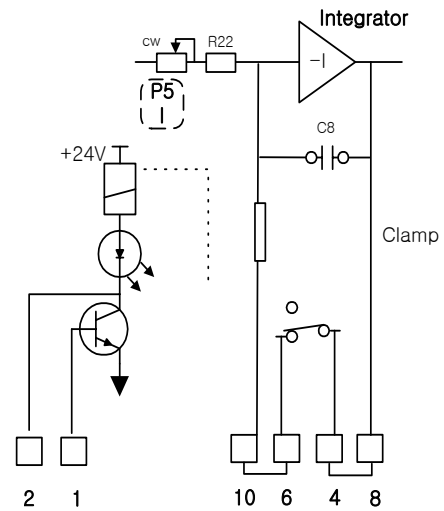
Valve Signal	R48	
50k 에서 통상 10V	100K	출고 시
10mA, 200R	2K	R48 교환
10mA, 400R	3K9	R48 교환
10mA, 1000R	10K	R48 교환

4.3.5 Relay

- NO 혹은 NC 접점은 자유롭게 설정됩니다.
- 릴레이 접점의 또 다른 목적은 적분기를 고정시켜 **Open Loop** 모드에서 적분기가 작동하는 것을 방지합니다.

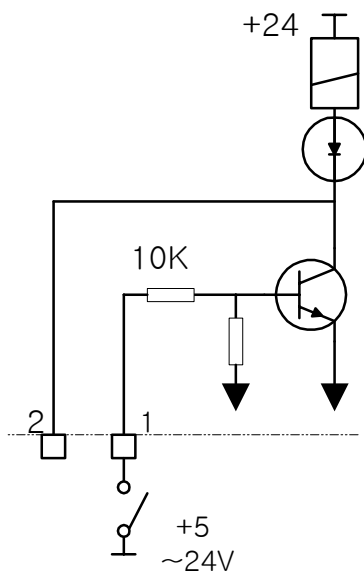
Integrator Clamp

- 우측의 블록도 혹은 G122-202의 도면을 참고하십시오.
- pin 8 번과 4 번, 그리고 6 번과 10 번을 연결하여 pin 1 번이나 2 번으로 릴레이를 여자(勵磁) / 消磁)시킵니다.



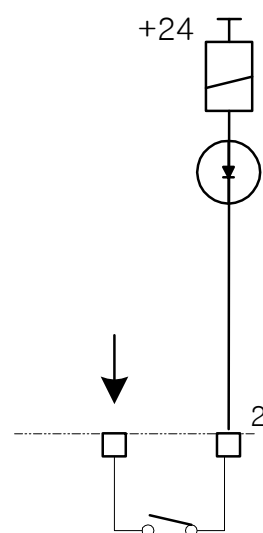
Control Unit pin 1

- Pin 1 번에 (+5~+24V의 10Kohm 임피던스)를 가하여 릴레이를 여자시켜 적분기를 기동
- Pin 1 번을 접지시켜 릴레이를 해제하면 적분기 단락



Control Input Pin 2

- 그라운드(sink ~ 8mA)시켜 릴레이를 직접 여자시키고 적분기 기동
- Pin 2 번을 float 시켜 릴레이를 해제함으로 적분기를 해제 및 단락



4.3.6 Unity Gain inverter 조정

G122-202 서보 컨트롤러는 극성이 다른 Command 와 Feedback 신호가 필요합니다. 이 Unity gain inverter 는 피드백 신호나 커맨드의 극성이 같을 경우 극성을 반전시킵니다. 18 번 pin 에서의 임피던스는 100K 이며 1K Ohm 의 최소부하에서 $\pm 12V$ 의 출력 값을 얻을 수 있습니다.

4.3.7 Ramp

Ramp 회로는 위치 제어 시스템에서 액추에이터의 속도를 제어하는데 유용하며 보통 지령신호를 제어합니다. 이 회로는 입력 값과 해당하는 출력을 내보내며 입력 값이 변화하면 출력 값은 Pot 10 에서 설정한 비율에 따라 입력 값에 동등하게 될 때까지 변화 시킵니다. P10 으로 세팅되는 램프는 최소 0.6V/S 에서 최대 13.3 V/S 의 비율로 설정할 수 있습니다. 이 비율은 R43 을 교체하여 조정할 수 있고 출고 시의 470Kohm 의 값을 가진 R43 을 증가 시키면 램프 비율이 작아지며 R43 의 값을 4.7Mohm 이상 높이면 안되며 최소 값은 10 Kohm 입니다.

- 적용 예)

PLC 가 0~800mm 의 행정을 가진 실린더에 해당하는 0~+10V 의 위치 명령신호를 출력하고 실린더의 속도를 100mm/sec 로 설정할 때는,

$$100\text{ mm} / \text{s} = \frac{100}{800} \times 10\text{ V} / \text{S} = 1.25\text{ V} / \text{S}$$

이 램프 비율은 R43=470Kohm 에 의해 0.6~13.3V/S 의 비율로 감소합니다. P10 으로 설정하며 다음과 같이 두 가지로 설정할 수 있습니다.

- 임의의 전압 값을 단계적으로 가하고 출력 전압 램프 시간을 측정합니다. 램프 비율이 1.25V/S 일 때 1.0V 의 스텝은 0.8 초의 램프를 가집니다.
- 폐 루프 제어에 있어서 임의의 단계로 입력을 가하고 실린더가 목표 치까지 도달하는 시간을 측정합니다.

4.3.8 4 ~ 20 mA Converter

- 이 회로는 4~20mA 의 신호를 입력의 결선된 극성에 따라 0~+10 또는 0~-10V 로 변환합니다. 4mA 는 0V 로 그리고 20mA 는 10V 로 변환되고 4~20mA 사이의 전류는 0 에서 10V 사이에서 비례합니다.

0 ~ +10V

- 입력 전류는 pin 14 번에 적용되고 Pin 16 번에서 출력됩니다. 16 번 pin 은 전류를 공급하는 회로의 복귀 단자와 common 시킵니다.

0 ~ -10V

- 입력 전류는 16 번 pin 으로 가해지고 14 번에서 출력됩니다. Pin 14 번은 전류 값을 출력하는 단자와 common 됩니다.
- Pin 14 번과 16 번 사이의 부하는 250 Ohm 입니다.
- Pin 14 번과 16 번을 common 시킬 때 합계가 pin22 번(0V reference)과 관련하여 +12V 이상 초과하지 않도록 주의합니다. 이는 pin 22 번을 전류를 출력하는 0V 레퍼런스 단자에 연결하면 됩니다. 17 번 pin 에서의 출력은 10V 의 출력과 최소 1Kohm 부하를 기동합니다.

Specification

5.1 일반

크기: Eurocard 형식, 160mm x 100 mm x 35mm(전면 판넬 폭 7HP)
높이 = 128 mm(3U)

Connector: 64 pin connector, Din 41612 Type C(with rows a and c linked)

Power supply: $\pm 15V$ @ +75 mA / -20 mA

-202 형식은 MOOG 사의 표준형 카드 프레임과 호환성이 있으며 M127-102(10slot + power supply) 그리고 M127-105(4slot + power supply)와도 사용이 가능합니다. 일반 single connector 사용가능.

5.2 Pin 결선

일반적으로 Frame 형식의 서보 컨트롤러(F122-202 또는 M122-811)와 사양이 유사합니다.

Name of Signal	Input Specification	Pin 번호	
*Command (Feedback 이 아님)	* 100K high impedance input	7	22 ground
*무 지연 Command 혹은 feedback	* 100K high impedance input	3	22 ground
*무 지연 Command 혹은 feedback	* 10K pot to ground	9	22 ground
* 일반적으로 고전압 입력			

Name of Signal	Output Specification	출력 Pin 번호	
*Error 신호	* Z3 = 1K output impedance	12	22 ground
Servo valve MFB – 전류 drive With I = 전류 link	● $\pm 100\%$ Servo valve 전류 값에서 Isv 테스트 단자에 $\pm 1.0V$ 출력	13	15 전류성 저항으로 복귀
EFB – 전류 혹은 전압 드라이브 With U = 전압 link	● 100% 서보밸브 드라이브는 pin 13 번에서 정격 전압출력 Pin 15 번에서 13 번을 Isv test point 에 결선(R28 & R31 제거)	9	22 ground
Power Supply 모든 결선은 다음과 같이 접속합니다.	Input	Input pin 번호	
	+24V, Moog 프레임이 아니면 +15V	20	
	+15V	28 과 29	
	0V	22, 24	
	-15V	30 과 31	
	-24V, Moog 프레임이 아니면 -15V	26	

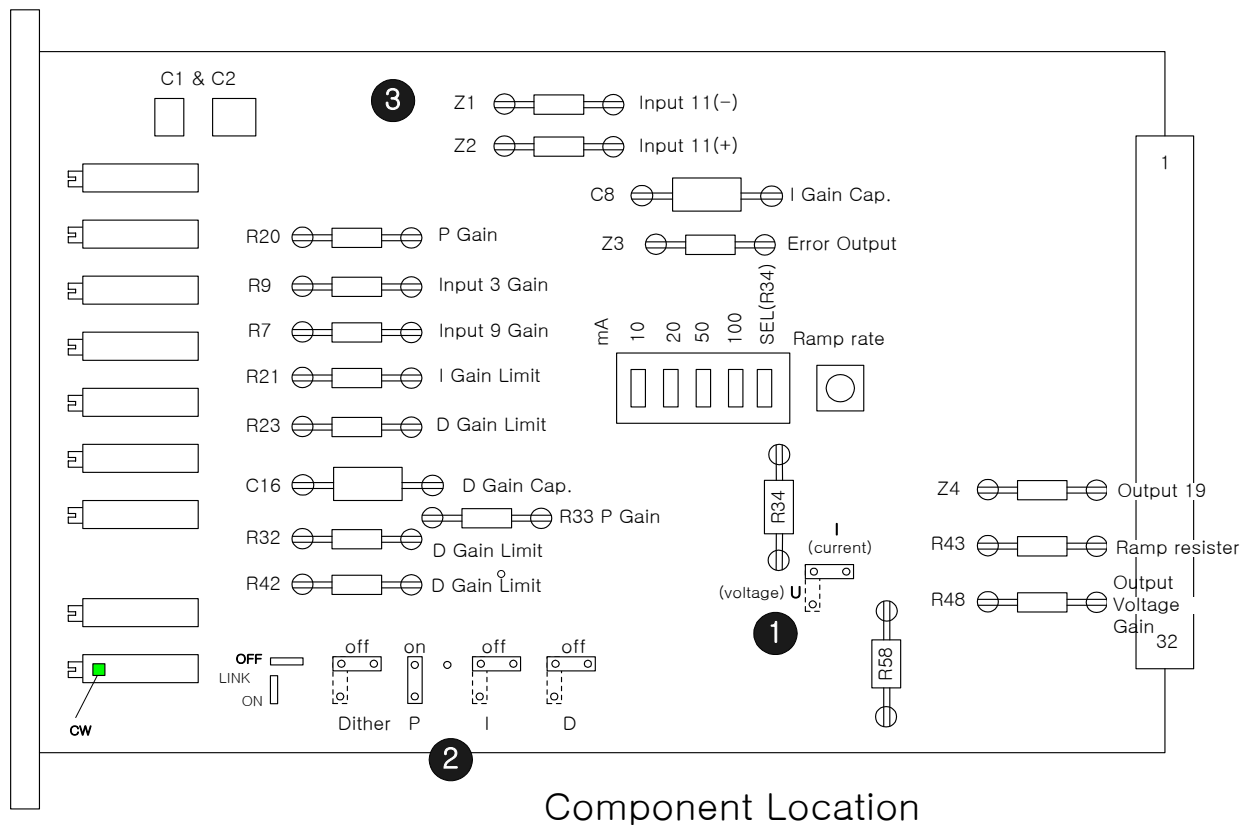
5.2 부속품에 따른 회로 구성

① 전류(I) / 전압(U) 선택 링크

아래 그림에 나타난 바와 같이 I 링크가 On 으로 선택되어 있습니다.

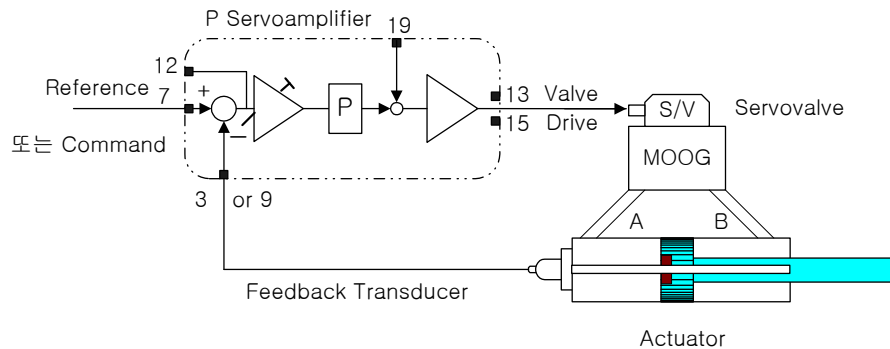
② Dither & P-I-D Links

아래 그림처럼 P,I,D 선택 바가 수직으로 링크 되면 Off 상태로 PID 작동이 되지않고 On 상태로 설정해야 PID 기능을 사용할 수 있습니다. 기본적으로 “P” 값만 On 되어 있습니다.



6 Position Loop Commissioning

6.1 Closed Loop



전형적 Closed Loop 구조

상기 그림은 전형적인 Position Loop 의 각 필요한 요소를 나열하였고 가끔 Position Command 에 속도를 제한하기 위해 램프기능이나 감쇄 기능을 부가할 수 있습니다. 이러한 Loop 를 Velocity Loop 라고는 하지않고 램프가 포함된 위치 command 라고 합니다. 이러한 기능은 속도 프로파일을 전송 후 실린더의 목표 값에 도달하는 시간을 지연시킬 수 있습니다.

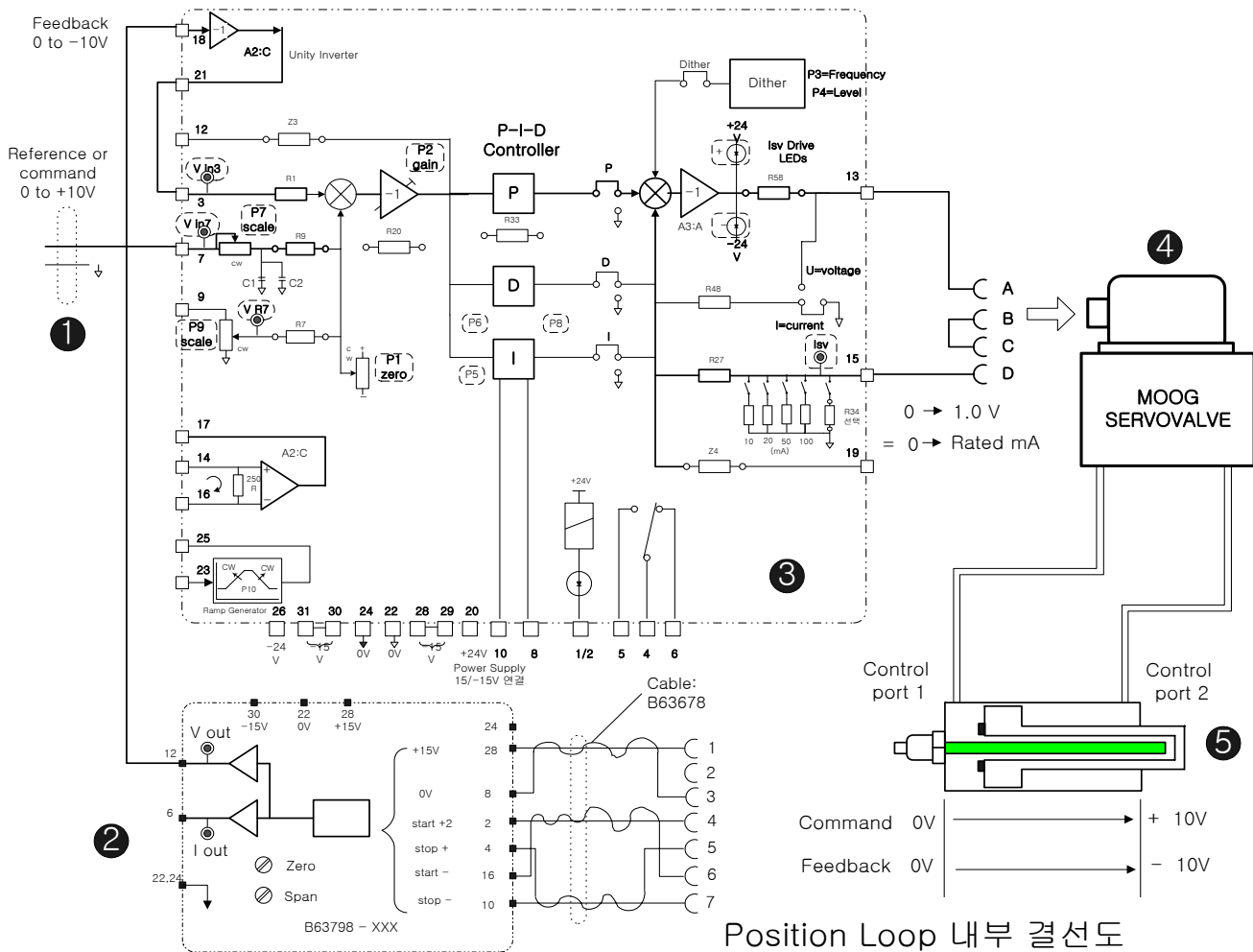
P-D 컨트롤러는 9.1.1 을 참조하시기 바랍니다.

6.2 Commissioning 요약 및 점검 항목

하기 사항에 나타난 점검 항목을 기준으로 Commissioning 체크를 하고 점검합니다.

	Section
내부 결선	6.3
- Loop 의 결선을 확인합니다.	<input type="checkbox"/>
Servovalve	6.4
- 수동 밸브 Checker 를 사용하여 밸브를 시험 구동합니다.	<input type="checkbox"/>
- 밸브의 극성 및 기능을 확인합니다.	<input type="checkbox"/>
Transducer	6.5
- 밸브를 Open Loop 로 구동하여 실린더를 끝에서 끝까지 움직여봅니다.	<input type="checkbox"/>
- ZERO = $\pm .005$	<input type="checkbox"/>
- SCALE = $10.0 \pm .010V$	<input type="checkbox"/>
- 극성	<input type="checkbox"/>
Closed Loop 최적화	6.6
- 초기 세팅	<input type="checkbox"/> 6.6.1
- Transducer 응답성 관찰	<input type="checkbox"/> 6.6.2
- Error 또는 lsv 응답 점검	<input type="checkbox"/> 6.6.3
- Static Accuracy 점검	<input type="checkbox"/> 6.6.4
- Lead Compensation	<input type="checkbox"/> 6.6.5
- Lag Compensation	<input type="checkbox"/> 6.6.6
최종 Transducer Trim	6.7
- Transducer 의 게인을 재 조정하여 외부 Position Command 와 일치 시킵니다.	<input type="checkbox"/>
Servovalve 조정	6.8

6.3 일반적인 내부 결선회로



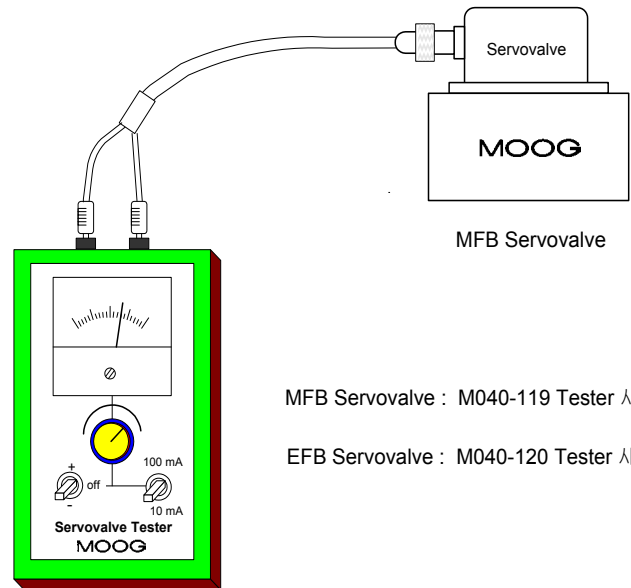
Loop 설명: 상기 그림에 나타나듯이 전형적인 폐 루프의 결선방법이 표기되어 있고 각 구성 품에 대한 설명은 다음과 같습니다.

- ① **Command Path:** 0 ~ +10 V command 나 reference signal 을 7 번 pin 에 결선 합니다. Scaling 은 P7 로 조정 가능하고 C1 과 C2 의 low pass filtering 효과가 있습니다. (주의: 일반 Single Rack 적 용 시 22 번 단자와 24 번 단자를 jump 하여야만 전류출력이 가능합니다.)
- ② **Feedback path:** 0 ~ +10V 의 transducer 신호를 pin 18 번에 피드백 시키면 0 ~ -10 출력으로 변환되고 21 번 pin 을 거쳐 3 번 pin 으로 입력됩니다.
- ③ **P-I-D Servoamplifier:**
Summing amplifier(가산기) – command signal 과 transducer signal 이 비교된 후 error signal 이 증폭됩니다. 이 값(error signal)에 대한 gain 은 P2(gain potentiometer)로 조정하고 pin 12 번에서 신호를 모니터할 수 있습니다. 증폭된 위치 에러 값은 연속적으로 P-I-D 회로로 전송됩니다. 여기에서는 간단한 P controller 이 나타나고 Dither 신호는 사용하지 않습니다.
Output stage – 전류 출력은 밸브를 구동하여 전면 판넬의 LED 가 Isv 의 값(극성)에 따라 점등.
- ④ ⑤ **Servovalve 와 Actuator**
- ⑥ **Transducer & Controller**
 Transducer signal 은 위치 값에 비례한 signal 을 피드백 시키고 Controller 에서 0 ~ +10v 로 피드백 신호를 변환시킵니다.

6.4 Servovalve

목적: 폐 루프(closed loop)로 제어하기 전에 서보밸브의 작동 여부를 정확하게 판단합니다.

- 밸브를 독립적으로 구동하기 위한 적당한 드라이버가 필요합니다. 여기에는 건전지와 수동으로 가변이 되어 \pm 전류를 밸브에 공급할 수 있는 장치 (potentiometer)가 있습니다.
- Moog Valve checker 는 MFB 와 EFB 밸브 등을 점검할 수 있으며 세부 사항은 부록을 참조하십시오.
- 기존의 시스템 콘넥터를 제거하고 Servovalve Checker 용 콘넥터를 서보밸브에 연결합니다.(직렬 결선)



MFB Servovalve : M040-119 Tester 사용

EFB Servovalve : M040-120 Tester 사용

6.4.1 Servovalve 작동

- 컨트롤 Knob 을 좌우로(\pm) 움직여 밸브가 극성에 따라 구동하는지 확인합니다. 이때 작동 여부는 실린더로 확인을 합니다.
- 서보밸브 기동 시 움직임은 저속 또는 고속 그리고 방향 전환 등을 확인하며 쿠션 기능이 없을 경우에 실린더의 끝 단을 고속으로 충돌하지 않도록 유의합니다. 대부분의 서보밸브 문제는 이 과정에서 확인할 수 있습니다.

Trouble Shooting: 실린더의 속도가 응답이 느리거나 신호의 가 감속에 따라 움직임이 원할 하지 못하면 Closed Loop 에 문제가 발생할 수 있습니다. 컨트롤러가 제어하는 것처럼 부드러움, 반복성 및 방향전환을 서보밸브로 원할 하게 제어하지 못할 경우에는 바람직한 Closed Loop 제어가 불가능합니다. Servovalve tester 로 속도 및 방향전환을 시켜 상기 내용을 실린더의 움직임으로 확인할 수 있습니다.

신품 서보밸브의 기계적 중립(mechanical null)은 적용 시스템의 특성에 따라 재 조정할 필요가 있습니다. MFB Servovalve 의 중립점은 작동유의 온도와 압력 설정이 정상치에 도달했을 때 실린더의 상태로 쉽게 점검할 수 있습니다. 서보밸브의 콘넥터를 분리하고 실린더의 미세 움직임을 관찰합니다. 최대속도의 1 ~2% 이내의 미세 속도는 허용할 수 있습니다. 주) 미세한 위치제어 시스템에 적용하는 서보밸브는 Spool 의 조건이 거의 Over / Under Lap 또는 Zero Lap(axis cut) 조건이어야만 합니다. 초기 점검 시 피드백 신호를 단락 시킨 상태에서는 서보밸브의 중립점 이동특성으로 실린더를 일정한 위치에 완전하게 고정시키는 것이 불가능하나 이는 지극히 정상이며 Feedback 신호를 가하거나 보조밸브를 사용하면 서보밸브의 Null Shift(중립점 이동) 문제는 해결됩니다.

6.4.2 Servovalve 극성

서보 컨트롤러의 밸브 케이블을 서보밸브에 연결하고 Pin 3 번의 피드백 신호를 단락합니다. 한 쪽 극성의 입력 신호를 가하고 액추에이터가 정확한 방향으로 움직이나 확인합니다. 주) 명령

신호가 단극성(0 ~ 10V)일 경우 액추에이터를 양 방향으로 제어하는 것이 어려울 수 있으나 명령 신호 폭의 중간(50%)을 **offset** 설정하여 액추에이터를 양 방향으로 같은 속도로 제어 가능합니다. **Zero pot** 를 시계 반대 방향으로 돌리면 (+) 전압을 반전시키는 반면에 시계방향으로 돌리면 (-) 전압 명령 신호의 극성을 바꾸게 됩니다. **Zero pot** 는 6.7 에서 실제 명령과 피드백 센서의 신호 조정을 재론합니다.

만일 방향이 틀리면 서보밸브의 결선을 앰프 터미널에서 바꿔줍니다. 기계식 피드백 서보밸브의 (MFB)경우 13, 15 번 단자를 교환합니다.

전기식(EFB) 피드백 서보밸브는 다른 극성의 2 가지 입력이 있는데 일반적으로 D 와 E pin 입니다. 밸브 커넥터의 D 와 E 단자에 결선을 하고 터미널 단자에서 교환합니다. 한쪽은 13 번 pin 으로 연결되고 다른 한쪽은 접지합니다. 사용하지않는 입력 단자는 반드시 항상 접지 시켜야 합니다. 실린더의 끝 단에서 실시하는 것이 항상 일정한 값을 얻을 수 있고 개인적인 오차도 방지할 수 있습니다.

미세 조정도 필수적이거나 이는 P2 gain(section 7.6 참조)을 조정하고 외부 위치 command 를 사용하여 실시합니다.(6.7 참조)

Feedback input 은 3 번 pin 에 그리고 **ground** 는 pin 22 번에 결선합니다.

다음은 0 ~ 10V 의 센서 출력을 기준 합니다.

6.5 Transducer

목적: Moog Valve Checker 를 사용하여 Closed Loop 에서 Transducer controller 의 정도(scale)와 Zero 점을 실린더 끝 단과 끝 단에서 조정합니다.

일반적으로 이 과정은 Open Loop 에서 설정하기가 용이하나 실린더를 끝 단으로 기동할 수 있는 command 를 컨트롤러로 가해서도 효과적으로 시행할 수 있습니다.

6.5.1 Zero

- Valve Checker 로 실린더를 끝까지 후퇴시킵니다.
- Transducer controller 의 zero 점을 $0 \pm 0.005V$ 까지 조정합니다.

6.5.2 Span / Scale

- Valve Checker 를 이용하여 실린더를 완전히 전진시킵니다.
- Transducer controller 의 Span / Scale 점을 $10 \pm 0.010V$ 까지 조정합니다.

반복: 최종적인 센서의 미세 조정 내용은 6.7 에 기술되어 있고 P2 gain 설정 후에 시행하며 실제 외부 위치 명령이 있어야만 가능하고 이 때 mV 단위로 측정합니다.

6.6 Closed Loop 최적화

목적: 다음의 방법을 이용하여 Position Loop 를 튜닝 내지는 최적화합니다.

- Command signal 의 단계적 변화(3 혹은 9 번 pin) 또는
- 밸브 구동 신호의 단계(pin 19)

주) 밸브 구동 신호(a valve drive disturbance signal)는 비례 band 의 측정을 용이하게 하여 정확성을 기할 수 있습니다.

그리고 다음과 같은 방법으로 응답을 확인할 수 있습니다.

- Transducer signal 변화 혹은 (6.6.2 참조)
- 에러 신호나 밸브 구동 신호를 변화 시킵니다. (6.6.3 참조)

6.6.1 초기 Set-up

PID Servo amplifier 초기 세팅

1. 이 기능을 사용하려면 PID Link 가 P link = ON(I,D = OFF)으로 선택 되어 합니다.
2. P2 Gain 을 최소 값으로 합니다.(시계반대방향)

유압과 기구적 초기 세팅

1. 유압 펌프 압력을 안전한 정도로 낮춥니다.
2. 위험성이 있으면 부하를 분리시킵니다.

Input Option / 선택

1. PLC 혹은 Single step signal 또는 반복 출력하는 Generator
2. 용량 1k ~ 10k 의 가변이 가능한 Single Potentiometer
3. Input 터미널에서 supply pin 으로 연결할 수 있는 wire

응답성 모니터링 선택

1. Isv(P-controller 로 error 신호와 비례) 혹은 transducer 의 응답성을 모니터링하여 튜닝을 최적화 하는데 유용한 오실로스코프 (6.7.2 참조)
2. Error 신호를 모니터링할 수 있는 Isv LED's (6.7 참조)

6.6.2 Transducer 응답성 모니터

6.6.3 Error 혹은 valve drive Isv 응답성 모니터

- 다음에 나타나는 응답성 그래프를 참조하십시오 --- I), II)

유압 펌프의 공급압력과 부하 분리

- Isv 모니터링 이점: 에러 신호는 zero 부근에서 대칭성을 띠기 때문에 오실로스코프로 측정하는 것이 바람직합니다. 위치 변화는 발생하지않고 센서의 출력과 독립적으로 같은 scale 을 사용할 수 있습니다. Transducer 의 응답성을 모니터할 때 확대 측정은 보통 transducer 의 신호가 “0”에 가까울 때만 가능합니다.
- Pin 12 번에서는 Summing amplifier 의 출력(error signal)이 나타나고 P-controller 의 gain 은 편리하게 Isv Testpoint 에서 확인이 가능합니다.
- 유압을 차단하고 19 번 pin 에 disturbance 입력을 가하여 Isv disturbance 가 밸브의 정격 전류 값의 20 ~ 50 % 사이에 드는지 확인합니다. 일반적으로 적은 값으로 시작합니다.
주의: 유압 공급원 없이 연속적으로 밸브를 구동하는 것은 바람직하지 않습니다.
- ‘ Step’ Disturbance 를 발생시키고 시스템이 안정될 때 까지 충분히 유지합니다. 이 입력은

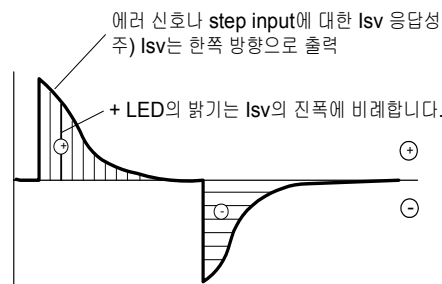
closed loop 이 간섭을 배제하는 이유로 밸브 구동 신호 **Isv** 와 액추에

이터의 위치 변화에 있어서 신호 변화나 간섭 신호를 발생합니다. **Push** 버튼을 해제하면 액추에이터의 원래 위치로 돌아갑니다.

- 액추에이터나 **Isv LED** 를 관찰하면 **Position control loop** 이 얼마나 잘 튜닝 되었는지 알 수 있습니다. 주된 목적은 최소의 **Position Overshoot** 로 가장 빠른 응답성과 정확성을 얻기 위함입니다.
- **Low gain(no overshoot)**에 있어서는 **Isv LED** 의 한쪽만이 시스템이 응답성 그래프의 새로운 **set point** 로 구동할 때 작동됩니다. (i 참조) 예를 들어 **step** 을 발생할 때 한 쪽 **Isv LED** 가 깜박거리며 **step** 이 제거되면 다른 쪽 **LED** 가 깜박거립니다. 시스템이 새로운 위치로 이동하면 서보밸브의 전류 **Isv** 가 감소되며 **LED** 의 밝기가 약해집니다.
- **P2 pot** 를 시계방향으로(CW) 돌리면 **P Gain** 이 증가하면서 시스템이 오버 슈트하게 됩니다.
- 구체적으로 설명하면 액추에이터가 설정된 위치를 초과 하였다가 다시 되돌아 오게 되면서 헤팅 현상으로 발생하게 됩니다
- 반대 극성의 **Isv drive LED** 는 시스템이 요구하는 위치 끝 단에 도달할 때 순간적으로 점등 됩니다. 반대극성의 **Isv LED** 에 잠시 깜박거리는 것은 오버 슈트를 찾아내는데 유용합니다. 그래프 I)를 참조하세요.
- 일반적으로 약간의 오버슈트가 발생할 때 까지 **Gain pot** 를 증가 시킵니다.

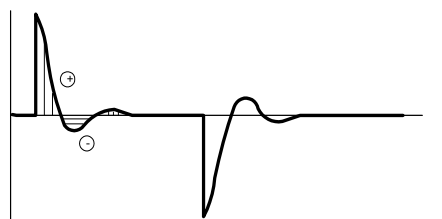
i)

이 경우에는 게인 값이 작고 에러 신호가 점차적으로 감소하고 오버 슈트가 없습니다.



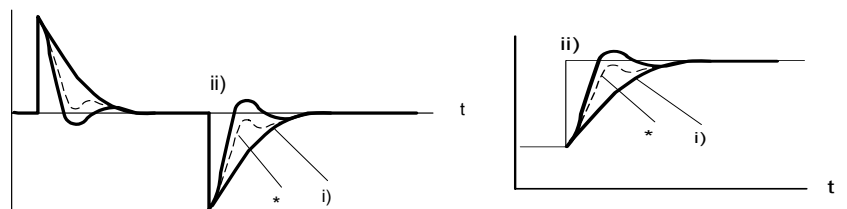
ii)

- **Gain** 값이 상대적으로 높아 오버 슈트가 발생합니다.
- **Isv LED** 가 점등하면서 일차적으로 오버슈트 발생



iii)

- 여기에서는 I) 과 ii)의 응답성과 좀더 복잡한 응답성(*)을 나타냅니다.



Error 또는 step disturbance 나 step command 변화에 따라 반응하는 Control valve 의 drive Isv

Command Step 과 Transducer response

P-controller 에 의한 에러신호와 transducer 의 추종성을 참조

정격 공급압력과 부하 관성(inertia)

- **Gain** 값이 맞게 설정하고 응답성을 적절히 높은 다음 펌프의 공급압력을 정격 압력까지 높입니다. 부하 관성이 걸린 상태에서는 상기의 튜닝을 반복하는데 **gain** 을 서서히 높이면서 주의 깊게 세팅합니다.

Low gain range

- 게인 값을 시계 방향으로 완전히 돌려도 오버 슈트가 발생하지 않으면 앰프의 게인 범위가 충분하지 않기 때문입니다. 저항 **R20** 을 높여 게인 범위를 증가 시키는데 현장에서 쉽게 저항을 교체할 수 있는 구조로 되어있습니다. (Section 5.2 / 5.3 참조)

High gain range 및 불안정성

- 게인 값이 너무 높으면 **Overshoot** 가 발생하거나 시스템이 불안정하므로 이 때는 **R20** 의 값을 낮춥니다. 게인 값을 낮추어도 시스템이 불안하면 적기적인 노이즈나 밸브의 고장 또는 **stick slip** 을 점검합니다.

높은 게인 값의 중요성

- 게인 값이 높을수록 전달시간이 짧아지고 **Step lsv** 외란은 실린더의 위치 값을 방해할 수 있습니다. 게인 값이 높으면 밸브 에러나 부하 관성에 의한 외란을 억제할 수 있습니다.
 - 게인 값이 높으면 높을수록 정확성은 높아집니다.
 - 게인 값이 높으면 높을수록 응답성도 높아집니다. 시스템의 속도를 내리기 위해 게인 값을 내리면 위치제어의 정확성이 떨어지므로 **Ramp** 회로를 이용하여 위치 **command** 의 속도를 늦추는 것이 바람직합니다.
- **Gain** 값이 너무 높을 경우 초기의 **overshoot** 가 연속적으로 발진할 수 있으므로 게인 값을 내려 시스템의 손상을 방지합니다.

6.6.4 Proportional Band 와 static accuracy

20% 정도의 **lsv disturbance signal** 을 선택합니다.

20% 정도의 **lsv disturbance signal** 은 실린더를 움직이며 **Transducer** 는 반대 신호를 피드백 하여 **disturbance** 의 밸런스를 맞춥니다. 전자적인 게인 값이 증가하면 밸브의 방해요소가 감소하게 됩니다. 이 것은 실린더 위치 변화가 작을 경우 높은 게인 값에 의해 증폭되고 20%의 **lsv disturbance** 를 보상하기 때문입니다.

100% **lsv disturbance** 값에 대하여 실린더가 얼마나 움직이는가를 소위 비례 **band** 폭이라고 합니다. 이는 서보밸브의 구동 신호가 이 **Band** 폭 이내에서 결정되고 속도는 위치 에러 값에 비례하기 때문입니다.

비례 밴드는 20%의 **lsv disturbance** 로 5 번 관찰할 수 있습니다.

* **Proportional Band** 보다 큰 위치 에러 값에 밸브 구동 신호는 최대로 되고 속도는 더 이상 변하지 않습니다. 시스템은 순간적으로 **Closed Loop** 내에서 벗어나게 되고 전형적으로 명령신호가 정지되거나 **Proportional Band** 가 재입력될 때 다시 폐 루프를 재개하여 위치 값을 감지합니다. 연속적인 속도나 사이클이 요구될 때만 문제가 되나 이 경우에는 **position command** 에 **Ramp** 신호를 가하면 해결됩니다.

Long Term Accuracy with proportional Controller

Position Loop의 정확성은 모든 가능한 간섭을, 예를 들면 밸브의 특성변화나 부하 변동 같은 간섭 요소를 보상하기 위한 I_{sv} 에 기준합니다. 일반적으로 axis cut의 밸브의 정확성에 대한 측정으로 $\pm 5\%$ 의 I_{sv} 혹은 $\pm 5\%$ 의 proportional band가 사용됩니다. 그러므로 바람직한 Long term accuracy는 비례 밴드의 5%이며 동작의 1/4 즉, 20%의 I_{sv} Disturbance가 발생합니다.

예를 들면 20%의 I_{sv} Disturbance는 1mm의 동작 즉 $5\% = 0.25\text{mm}$

그래서 Long Term Accuracy = $\pm 0.25\text{mm}$ 가 됩니다.

Short Term Accuracy with a Proportional Band

Short Term Accuracy 즉 사이클 반복성을 의미하며 Long Term Accuracy의 1/4 ~ 1/10로 훨씬 작습니다. Short Term Accuracy는 밸브의 스텝하중과 부하변화에 따른 압력제인에 의해 설정됩니다. 상기의 예를 들면 Short Term Accuracy는 $\pm 0.06\text{mm}$ 보다 작습니다.

6.6.5 Lead 보상

Lead란 다른 구성 품에서의 지연을 보상하는 Phase advance circuit를 의미하며 또한 미분계수로도 불리며 P-I-D Controller에서의 'D'에 해당합니다. 이는 위치 closed loop 시스템에서 서보밸브가 가장 낮은 주파수 대역을 가질 때 보상을 할 수 있습니다. 일반적으로 게인 값을 20% ~ 40% 증가시킬 수 있고 정적(static) 정확성을 개선하며 또한 다음에 따르는 에러를 감소시키면서 dynamic response를 개선합니다.

방법

- P6과 P8의 효과를 도표로 설명하는 section 5.3.2.3을 참조하십시오.
- 처음에 P6을 시계반대방향(CCW)으로 완전히 돌리고 P8을 시계방향으로 완전히 돌려서 'D' 적분계인 효과를 바랄 수 있습니다. (D link를 ON으로 설정합니다.)
- 위와 같이 'STEP' push button을 눌러 응답성을 관찰하고 gain을 오버 슈트가 발생할 때 까지 높입니다.
- 이제 P6을 시계 방향(최대 15 회전)으로 돌려 오버 슈트에 어떠한 영향을 끼치는가 확인합니다.
- 아무런 영향도 끼치지 않으면 P8을 시계 반대방향으로 돌리기 시작합니다.
- 만일에 밸브가 우는 소리를 내거나 I_{sv} LED가 깜박거리면 정지합니다. 고 주파수 영역에서 불안하거나 전기적 노이즈의 증폭을 초과하였기 때문입니다. 두 가지 모두 Lead가 얼마나 커질 수 있는지를 의미합니다.
- 아무런 증상 변화도 없으면 'D' = off 위치로 합니다.

6.6.6 지연(Lag) 보상

이 경우에 Lag는 위상지연 회로로 oil spring - system mass의 고유 진동수 damping pick를 감소시키며 signal의 전기적 잡음을 없애는 노이즈 필터 역할을 합니다.

방법

- Step push button을 눌러 응답성을 관찰하고 시스템이 2 ~ 3번 overshoot할 때까지 게인을 증가시킵니다.
- 진동 주파수가 밸브의 90도 주파수가 아닌 oil spring-system mass의 고유 진동수이면 lag

damping 을 사용할 수 있습니다. 다른 표현으로 하면 주파수가 컨트롤 밸브의 90 도 위상 지연 주파수라고 하면 지연보상이 효과가 있다는 뜻입니다.

- 주파수(f)를 Hz(cycles/sec)로 측정합니다.
- Break point 주파수를 $f/2 \sim f/4$ 사이에서 선택하고 C3 을 선택합니다.

Break point frequency = $1 / (2\pi R C)$

R20 ↓	C3 ↓	Time constant(시정수)	Break point frequency
100K	10nF	1 ms	150 Hz
100K	100nF	10 ms	15 Hz

- C3 을 고정시키고 ‘STEP’ push button 을 누르면 응답성은 오버슈트가 줄어들 것입니다.

노이즈 signal 과 사용법

- 이 roll-off 방법은 게인 값이 높을 때 노이즈(센서에서 발생) 증폭으로 인한 밸브의 울림현상을 없애거나 감소시킬 수 있습니다.
- 밸브의 동 특성이 oil spring – system mass 의 고유 진동수보다 낮을 때 이 roll-off 주파수가 너무 낮으면 시스템의 응답성을 저하시킬 수 있으므로 유의합니다.
- 밸브의 울림현상이 계속되면 밸브의 수명이 짧아집니다.

6.7 실제 command 와 Transducer 의 최종 Setting

+ 10V 의 command 에서 실린더가 전진하고 즉, -lsv LED = extend 라고 가정하고 - 10V 에서 후퇴 하면 + lsv LED = extend 가 됩니다.

- 최종 Setpoint 나 command 신호를 가하고 다음과 같이 Zero, Span 을 조율합니다.
- Transducer 의 앰프로 조정합니다.
- 실린더를 최종 끝 단에 위치하여 조정하면 반복 시에도 같은 값을 얻을 수 있습니다.
- 실린더의 스트로크를 측정할 필요가 있을 경우 scale 에 맞춰 정확성을 기합니다.

6.7.1 Zero

- 후진 명령을 최대로 가합니다. (0V)
- Transducer 의 conditioning card 로 lsv (후퇴) LED 가 깜박이기 시작할 때 영점을 맞춥니다. 이 신호는 실린더가 끝 단에 완전히 맞닿았다는 표시입니다.
- 좀더 세밀한 설정을 하려면 LED 로 판단하기보다는 lsv test point 의 실제 값을 측정합니다. 전압을 6 & 20% lsv 사이에 맞춥니다.
- 시험 방법이 한번에 끝나지 않을 경우 값이 약간 변할 수도 있는데 이는 센서의 출력이나 커맨드의 특성변화에 따른 것입니다.

6.7.2 Span

- 최대 전진 Command 를 가합니다.(+10V)
- Transducer 의 conditioning card 로 -Isv (전진) LED 가 깜박이기 시작할 때 영점을 맞춥니다. 이 신호는 실린더가 끝 단계에 완전히 도달했다는 표시입니다.
- 세밀하게 설정을 하려면 LED 로 판단하기보다는 Isv test point 의 실제 값을 측정합니다. 전압을 6 & 20% Isv 사이에 맞춥니다.
- Zero 때와 비슷하게 set up 과정이 시간간격을 두고 하면 값이 약간 변할 수도 있는데 이는 센서의 출력이나 커맨드의 특성변화(drift)에 따른 것입니다.

6.8 Servovalve 조정

Null (중립점) 조정

목적: 밸브의 영점내지는 중립점 조정, 일반적으로 서보밸브는 작동유 온도에 따라 1 ~ 2%의 중립점 변동이 발생하므로 일정한 command 로 실린더를 확실하게 고정되지 않고 유량이 약간 흐르는 것은 당연합니다. 이는 Loop 가 닫혀지면 자동적으로 해결됩니다.

MFB Valve (Mechanical Feedback Valve)

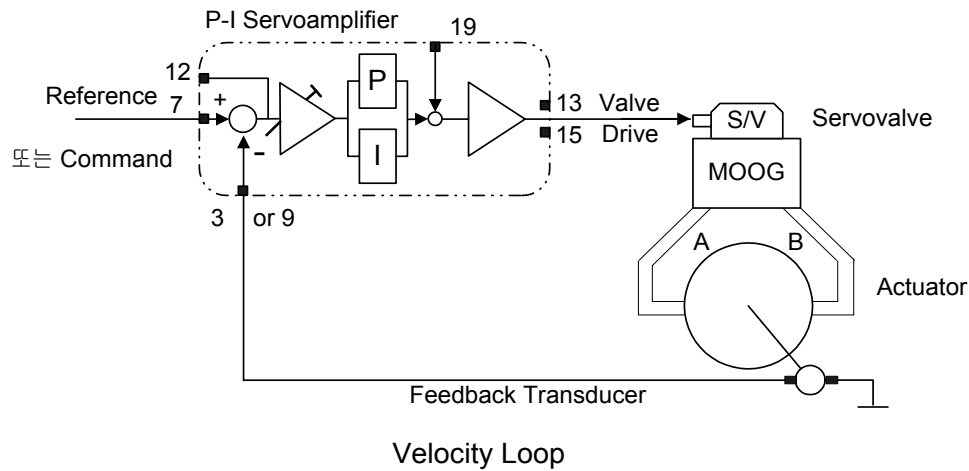
밸브의 컨넥터를 분리한 상태로(이때 Zero input) 실린더의 움직임을 관찰하여 creep 속도가 최대 속도의 1 ~ 2% 이내에 들도록 기계적 중립점을 조정합니다.

EFB valve (Electric Feedback Valve)

MFB 밸브와는 달리 컨넥터를 분리하여 조정하기가 불가능합니다. 이는 밸브 내장 앰프의 전원이 차단되고 전기적으로(LVDT) feedback 되는 형식이기 때문입니다. 대신 0V command 를 확인하고 밸브 내부의 potentiometer 를 조정하여 creep 속도를 최대속도의 1 ~ 2% 이내에 들도록 중립점을 조정합니다.

7 Velocity Loop Commissioning

7.1 Closed Loop(폐 루프)



Velocity loop 제어는 velocity transducer 를 사용하여 feedback 측정을 하는 제어 시스템입니다. 일반적으로 램프신호를 사용하는 위치 제어 시스템의 속도제어와는 개념이 다릅니다. Loop 가 단락 되거나 속도가 zero 일 때는 I-integrator 적분기를 고정시켜야 합니다. (section 4.3.5 참조) P-I 컨트롤러는 9.1.2 를 참조하시기 바랍니다.

7.2 Commissioning 요약 및 점검 항목

하기 사항에 나타난 점검 항목을 기준으로 Commissioning 체크를 하고 점검합니다.

	Section
Servo valve (6.4 참조)	7.3
- 수동 밸브 Checker 를 사용하여 밸브를 시험 구동합니다.	<input type="checkbox"/>
- 밸브의 극성 및 기능을 확인합니다.	<input type="checkbox"/>
Transducer	7.4
- 밸브를 Open Loop 로 구동하여 봅니다.	<input type="checkbox"/> 7.4.2
- ZERO = 0 ± 0.005V	<input type="checkbox"/> 7.4.3
- SCALE = 10.0 ± .001V	<input type="checkbox"/> 7.4.4
Closed Loop 최적화	7.5
- 초기 세팅	<input type="checkbox"/> 7.5.1
- P Gain	<input type="checkbox"/> 7.5.2
- I + P Gain	<input type="checkbox"/> 7.5.3
최종 Transducer Trim	7.6
- Transducer 의 게인을 재 조정하여 외부 Velocity Command 와 일치 시킵니다.	<input type="checkbox"/>
Servo valve 조정	7.7
- 적분 제어기가 사용되면 영향을 덜 받습니다.	<input type="checkbox"/>

7.3 SERVOVALVE 기능과 극성

목적: Loop 를 닫기 전에 서보밸브의 정확한 작동상태를 확인합니다.

7.3.1 Servovalve 작동

- 6.4.1 참조

7.3.2 Servovalve 극성

- 자세한 사항은 6.4.2 를 참조하십시오.
- Servo amp 를 “P”로 사용합니다.
- Feedback 신호를 제거합니다.
- 입력 signal 을 가하고 구동 방향이 정확한가 확인합니다.
- 필요하면 서보밸브의 결선을 바꿉니다.

7.4 Transducer 점검

- 6.4.1 에서처럼 valve checker 를 사용하거나 컨트롤러의 P 게인 command 로 밸브를 구동하여 transducer 의 상태를 점검합니다.

7.4.1 극성

- 출력 극성이 command 극성과 반대인지 확인합니다.
- 장치 내에서 극성을 교환할 수 없다면 G122-202 의 인버트 회로를 사용하십시오.

7.4.2 Zero

- Tachometer: Tachometer 는 영점 조정이 필요하지 않습니다.
- Zero 설정이 준비가 완료되었으면 유압 공급을 차단하여 속도가 zero 상태에서 조정합니다.

7.4.3 Scale

- 별도의 속도 측정장치로 velocity transducer 의 scale 을 교정할 수도 있습니다.
- 이 과정이 closed loop 에서 9 번 pin 에 입력을 가했다면 P9 를 시계 방향으로 돌려 속도를 증가 시킵니다.

7.5 P – I Controller 의 closed loop 최적화

목적: P – I 게인을 높이면 성능이 향상되어 응답성과 정확성이 높아집니다. Gain 은 step input 에 대한 응답성을 최적화 함으로 세팅 됩니다.

다음의 방법으로 velocity loop 를 조율하거나 최적화합니다.

- 3, 9 번 혹은 11(Z2 부하 시)번 pin 에 입력되는 command 의 step 변화
- 19 번 pin 의 밸브 구동 disturbance 를 step 변화 (7.5.2 참조)
- Transducer signal 의 변화 혹은 (7.5.2 참조)
- 12 번 pin 에서의 에러신호 변화 (6.6.3 의 그래프를 참조하세요.)

7.5.1 Initial Set-up

PID Servoamplifier 의 초기 세팅은 다음과 같이합니다.

1. P link = ON 즉, D = OFF 그리고 I = OFF 로 설정합니다.
2. P2 gain 를 최소로 내립니다.(시계 반대방향)
3. P5 , I gain 을 최소 값으로 합니다. (시계반대방향으로 완전히 돌림) 'I'를 Off 상태로 세팅하는 것보다는 Zero 로 clamp 하는 것이 좋습니다. 이렇게 하면 'I' 가 차후에 가동 되도 start-up 고장을 방지할 수 있습니다.

유압 및 기구적 초기 세팅

1. 펌프 공급압력을 안전 수위로 내립니다.
2. 위험성이 있으면 액추에이터의 부하를 분리합니다.

Input Option / 선택

1. PLC 혹은 신호 발생기(signal generator)로 단독으로 step 변화를 주거나 반복적으로 가한다.
2. 스위치가 내장된 1K ~ 10K 의 potentiometer 를 사용하여 Step 입력을 가변 시킵니다. 포텐쇼미터의 한 선에 15V 를 가하고 다른 한쪽은 접지합니다. 센서의 3 선 중 wiper 선은 3 번이나 9 번 pin 에 command input 으로 작동하거나 19 번 pin 에 disturbance input 역 활을 합니다. 이들 값은 판넬 전면의 Test point 에서 확인할 수 있습니다.
3. Input 터미널에 전선 가닥을 연결하고 다른 한쪽은 Supply pin 에 연결하고 3 번이나 9 번 단자를 사용합니다. Pin 3 번을 사용하려면 R1 을 변경하거나 외부에서 저항을 추가하여 Step 의 크기를 제한합니다. 9 번 pin 을 사용할 수 있으면 P9 가 Step 에 맞게끔 Δ command 를 조정합니다.

Input 을 7 번 단자에 low pass filter 를 경유하여 연결하고 작은 STEP Disturbance 는 다른 pin 을 사용하여 base speed 를 설정하는 것이 편리할 수 있습니다. 7 번 pin 의 low pass filter 는 dynamic input 에 영향을 끼칩니다.

Response monitoring 선택

1. 오실로스코프를 사용하면 피드백 센서의 응답 특성을 모니터하여 최적화 할 수 있는 장점이 있으며 Roll mode 나 slow(0.1 ~ 2 sec) time base 기능을 가진 디지털 storage 오실로스코프가 유리합니다.
2. Isv 의 값이 제로로 돌아오지 않기 때문에 Isv Drive LED 는 유효하지 않습니다.

7.5.2 방법

Command

- Speed command 혹은 중간 속도 범위로 Setpoint 를 설정합니다. 여기에서 필요한 실제 command 값은 'I'를 고정했을 때 필요한 값보다도 보다 높습니다.
- Isv 의 20% ~ 50% 사이에서 변화 시킬 수 있는 정도로 크게 Step speed 변화를 입력합니다.
- Isv disturbance 가 필요하면 19 번 pin 을 사용합니다.
- 다음의 set-up 과정 중에서 상태를 확인하기 위하여 작동 범위를 초과할 정도로 속도를 변화 시킵니다. 그리고 필요하면 응답성이 중대하게 변할 때에는 좀더 높은 속도로 가합니다.

“P” Controller

- P2 gain pot 를 시계 방향으로 서서히 돌려 gain 을 높입니다.
- Overshoot 의 초기 상황을 관찰합니다.
- Overshoot 가 한번만 발생할 때 까지 게인 값을 조절합니다.
- 이렇게 하면 “P” gain 을 최적화할 수 있습니다.

어떤 경우에는 P Controller 를 사용하여 게인을 높여도 발진을 동반하지 않는 응답성을 얻기가 불가능한 경우도 있습니다.

Option 1:

R20 을 100K 에서 22K 로 감소시키고 응답성을 재 확인합니다. 이렇게 함으로서 가산기의 (summing amp) 최소 gain 을 낮출 수 있으므로 페 루프가 응답합니다.

Option 2

Gain 을 조정할 수는 있으나 가산기 회로(A1:A)의 주파수 응답성을 줄여 발진 현상을 감소시킬 수는 없습니다. 첫째로 시스템이 불안정해질 때까지 게인을 높입니다. 이 현상을 오실로스코프로 파형을 잡아내고 주파수 'f'를 측정합니다. 'f/2' 와 'f/4' 사이의 break point 주파수를 선택하고 이를 달성하기 위하여서는 C3 를 선택합니다.

주) Break point frequency = $1 / (2 \pi R C)$, 예를 들면:

R20 ↓	C3 ↓	Time constant	Break point frequency
100K	10 nF	1 ms	~ 150 Hz
100K	100 nF	10 ms	~ 15 Hz

- 응답성을 다시 점검합니다. 목적은 응답 시간을 지연시키지 않으면서 overshoot 를 감소시키는 것입니다.

그 외에

- 이 Roll – off 방법은 높은 게인에서 노이즈의(센서 출력) 증폭으로 발생하는 밸브의 울림 현상을 없애거나 감소하는데 사용하기도 합니다.
- 밸브의 울림 현상이 지속되면 밸브 수명이 단축됩니다.

Integral Controller(적분기) with P

- **Clamp Relay** 를 해제 시켜 “I”를 동작시키거나 “I” link 가 OFF 일 경우 전원을 차단한 후 카드를 제거하고 “I” link 를 On 으로 합니다.
- **Command** 진폭 비를 줄여 전의 속도와 같게 합니다.
- **Step** 변화를 크게 주어 10 ~ 50% 사이에서 **Isv** 의 변화를 유도합니다. 25%의 **Isv disturbance** 를 이용하려면 19 번 pin 을 사용할 수 있습니다.
- **Command** 변화에 대한 응답성이 중요하다면 9 번 pin 이나 3 번 pin(혹은 load Z2 과 11 번 pin) 으로 속도 command 값의 스텝 변화로 최적화합니다.
- **Process disturbance** 의 응답성이 중요하다면 19 번 pin 을 이용하여 **Isv step** 변화로 최적화합니다.
- **P5** 포트를 시계방향으로 돌려 ‘I’값을 증가 시켜서 응답성을 관찰합니다.
- **P5** 를 **lower frequency oscillation**(저주파 발진)이 발생할 때 까지 계속 시계방향으로 돌립니다. 일반적으로 오버슈트가 한번 정도 발생할 때 까지 **P5** 를 감소시킵니다.
- “I” 와 “D”는 두 가지 주파수 영역에서 작동하는데 I = low frequency 그리고 D = high frequency 영역에서 작동하여 주파수대를 분리하여 튜닝할 수 있습니다.

Integral Controller with P and D

- 5.3.2.3 과 7.6.5 를 참조하십시오.

7.5.3 실제 command 로 센서의 최종 세팅

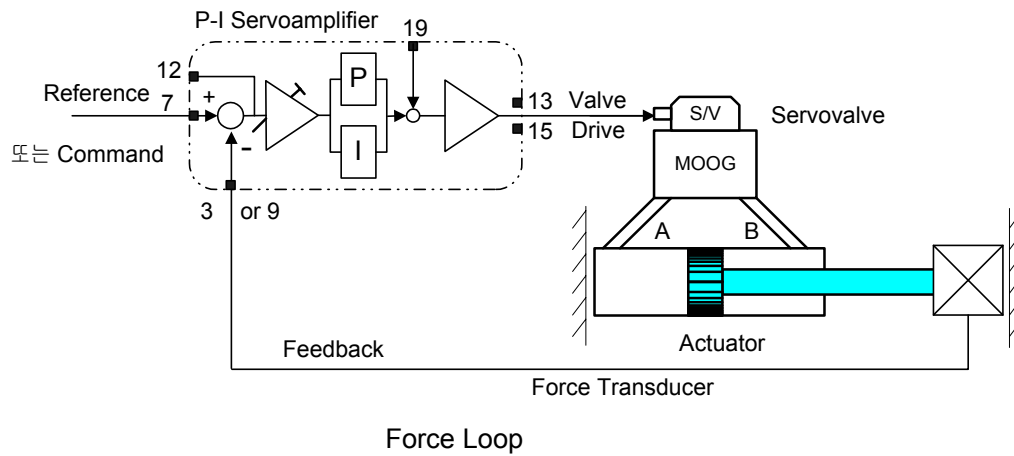
- 저속과 고속의 두 가지 속도를 세팅하여 **SCALE** 과 **ZERO** 점을 재 점검합니다. 펌 루프 내에서 **zero velocity** 를 설정하거나 유지하는 것은 불가능합니다.
- 작동 앰프의 **offset** 값만 조절가능하고 이것은 **Output level** 에 영향을 많이 끼치지 않습니다.

7.5.3 Servo valve 중립점(Null) 조정

- 적분기가 어떤 서보밸브의 **offset** 값의 영향을 상쇄하므로 중립점 조정은 중요하지 않습니다.
- **Velocity loop** 에 적용이 많이 되는 **Control Valve** 는 오버랩(**dead zone**)을 가지고 있는데 중립 조정은 오버랩에서는 중요하지 않습니다.
- **Axis-cut(Zero lap)** 밸브에서는 일반적으로 **zero velocity** 가 필요할 때 컨트롤 밸브를 **locking** 할 수 있는 보조 밸브를 부가적으로 사용합니다.
- 말할 것도 없이 컨트롤 밸브의 **offset** 값은 부드러운 초기 기동에 영향을 끼칠 수 있으므로 중립점 조정은 최소의 유량을 토출하는 쪽으로 기계적으로 조정합니다.

8 Pressure / Force Loop commissioning

8.1 Closed Loop



Force 혹은 Pressure 제어는 Load cell 이나 Pressure 를 사용하여 feedback 측정을 하는 제어 시스템입니다.

힘 제어는 한 개 또는 두 개의 압력 트랜스듀서를 사용하여 force signal 을 유도, 피드백 시키고 제어 조정은 유사합니다. P-I 컨트롤러는 9.1.3 를 참조하시기 바랍니다.

8.2 Commissioning 요약 및 점검 항목

하기 사항에 나타난 점검 항목을 기준으로 Commissioning 체크를 하고 점검합니다.

		Section
Servovalve	8.3	
- 수동 밸브 Checker 를 사용하여 밸브를 시험 구동합니다.	<input type="checkbox"/>	
- 밸브의 극성 및 기능을 확인합니다.	<input type="checkbox"/>	
Transducer	8.4	
- 밸브를 Open Loop 로 구동하여 봅니다.	<input type="checkbox"/>	
- ZERO = 0 ± 0.005V	<input type="checkbox"/>	
- SCALE = 10.0 ± .001V	<input type="checkbox"/>	
Closed Loop 최적화	8.5	
- 초기 세팅	<input type="checkbox"/>	8.5.1
- P Gain	<input type="checkbox"/>	8.5.2
- I + P Gain	<input type="checkbox"/>	8.5.2
최종 Transducer Trim	8.6	
- Transducer 의 게인을 재 조정하여 외부 force Command 와 일치 시킵니다.	<input type="checkbox"/>	
Servovalve 조정	8.7	
- 적분 제어기가 사용되면 영향을 덜 받습니다.	<input type="checkbox"/>	

8.3 서보밸브 기능과 극성

목적: Loop 를 닫기 전에 서보밸브의 작동상황을 점검합니다.

- Section 6.3 참조

8.4 Transducer 점검

- 6.4.1 에 나타나는 밸브 checker 나 open loop 로 그리고 controller 의 P 값으로 커맨드를 가해 밸브를 구동하여 봅니다.

8.4.1. 극성

- 출력 극성이 command 의 극성과 반대인지 확인합니다.
- 장치에서 극성 변환이 불가능하면 G122-202 Servocontroller 의 inverting amp 를 사용합니다.

8.4.2 Zero

- Zero 조정이 가능하면 유압의 전원을 차단하여 압력을 zero 로 하고 출력 값을 조정합니다.
- 만약 센서의 조정앰프가 없다면 P1, zero pot 를 8.5.3 에 따라 조정합니다.

8.4.3 Scale

- 압력 트랜스듀서의 값을 보상하려면 압력 게이지를 사용하여 보정할 수 있습니다.

8.5 P - I Controller 로 closed loop 최적화하기

목적: 최대 P - I gain = 최고의 성능발휘, 최적의 command 와 disturbance response 그리고 정확성을 보장합니다. Gain 은 step input 에 대한 응답성을 최적화하여 세팅합니다.

다음과 같은 과정으로 force / pressure loop 를 튜닝 또는 최적화합니다.

- Pin 3,9 번 혹은 11 번(Z2 load 와 함께)의 command step 변화
- Step valve drive disturbance signal(pin 19 번)

다음과 같이 모니터링하여 응답성 확인

- Transducer signal 의 변화 또는
- Pin 12 번에서 error 신호 변화

8.5.1 초기 set-up

PID Servoamplifier 초기 세팅

1. P link = On 선택, 즉, D = OFF 그리고 I = OFF 혹은 고정
2. P2 gain 을 시계 반대 방향으로 끝까지 돌려 최소로 합니다.
3. P5 를 시계 반대 방향으로 끝까지 돌려 I - gain 을 최소로 합니다. "I" 가 zero 로 고정이 되어 있으면 더 좋습니다. 이렇게 함으로서 차후에 "I" 를 튜닝할 때 초기 고장을 방지합니다.

유압과 기구적 초기 세팅

1. 유압 공급압력을 안전한 수준까지 내립니다.

Input Option / Choice

1. PLC 나 Signal generator 로 신호를 발생시켜 step 변화를 한번 가하거나 진폭을 가변 시키면서 반복하여 step 변화를 가합니다.
2. 스위치가 부착된 1k ~ 10k 의 single turn potentiometer 를 사용하여 신호를 가변할 수 있게 함

니다. 한쪽에 15V 공급전원을 가하고 다른 한쪽은 접지 시킵니다. 출력 단을 3 번 혹은 9 번에 결선하여 Command 로 사용하거나 19 번 pin 에 disturbance input 으로 가합니다. 판넬 전면의 Testpoint 를 경유하여 입력할 수도 있습니다.

3. 전선 가닥으로 입력 터미널과 전원공급 pin 을 연결하고 수동으로 단락 시킬 수 있게 합니다. 3,9 번 혹은 19 번 pin 을 사용합니다. P9 번이 Step Δcommand 의 scaling 을 허용하므로 가능하다면 9 번 pin 을 사용하는 것이 편리합니다. Pin 3 번과 9 번은 입력 저항을 교체하거나 Step 의 크기를 제한하기 위하여 외부에서 저항을 더해줘야 합니다.

Response Monitoring 선택

1. Transducer 의 응답성을 모니터하여 최적의 튜닝을 하는데 오실로스코프를 사용하면 편리합니다. 디지털 오실로스코프를 사용하면 Roll mode 나 slow time base(0.1 ~ 2sec)로 모니터가 가능합니다.
2. Isv 값이 zero 로 돌아오지 않기 때문에 Isv Drive LED 는 유효하지 않습니다.

8.5.2 방법

Command

- Command 를 최대 값의 약 1/2 정도로 pressure / Force command 로 설정합니다. “ P “ amplifier 만으로는 Command Pressure 보다 낮은 압력이 결과로 나타납니다. 차후에 “ I “를 사용하려면 이 시점에서는 Command span 이나 혹은 Zero pot 로 수정하지 않는 것이 좋습니다.
- Command Pressure 에서 10% 정도의 Step 변화를 가합니다. 만일 Control Valve Drive(Testpoint Isv)가 최대 정격전류를 초과하면 이 수준을 내립니다. 즉, 작동이 직선적이고 비례하는 범위에서 벗어나면 최적화 과정은 의미가 없다는 것입니다.

“ P “ Controller

- Controller 의 게인 pot P2 를 시계방향으로 서서히 튜닝하여 비례 게인 값을 증가 시킵니다. 이 포텐쇼미터는 15 회전을 하고 하우징 내부에서 wiper 가 이동하게 됩니다.
- Overshoot 가 시작될 때 압력의 feedback response 를 관찰합니다.
- Overshoot 가 한번 정도 발생할 때 까지 게인 값을 줄입니다.
- 이렇게 함으로서 ‘P’ 게인을 최적화 합니다.

참조: 관측할 수 있는 고 주파수는 Control valve 의 위상 지연이 90°인 지점에서의 주파수에 해당합니다.

- Pressure Loop 는 response 를 방해하는 라인 공진(공명)으로 인해 상당히 복잡해질 수 있습니다. 압력 센서를 가능하면 Control valve 에 최대한 가깝게 설치하면 이러한 공진 문제를 최소화할 수 있습니다.(Force 제어는 압력과는 달리 공진 문제가 없습니다.) 이러한 공진 현상은 주파수 특성에 발진 영향을 끼쳐 (일반적으로 Control valve 의 90° 위상 지연 점에서의 주파수보다는 낮음) 게인 값이 제한되므로 응답성이나 정확성도 비슷하게 제한됩니다.
 - 공진 주파수가 밸브의 90° 위상지연 점에서의 주파수보다 작으면 low pass filter 가 도움이 됩니다. C3 를 선택하여 발진주파수의 1/2 에서 1/4 정도의 주파수에서 A1:A 를 roll off 합니다.

자세한 내용은 8.4.2 옵션 2 를 참조합니다.

- 반대로 공진 주파수가 밸브의 90° 주파수보다 크면 “D”가 도움을 줄 수 있습니다.

Integral Gain with P

- Clamp Relay 를 해제 시켜 “I”를 기동하고 “I” link 가 OFF 로 되어 있으면 전원을 차단하고 카드를 제거한 후 ‘I’ link = ON 합니다.
- 지령신호를 공급 압력의 1 / 2 에 해당하는 값으로 설정하고 지령신호의 Scale 이나 zero 설정이 정확하게 조정되어 있다면 “I” controller 의 적분기가 정확한 압력에 도달하도록 역할 합니다.
- 압력 지령신호에 10%의 step 변화를 가합니다.
- ‘I’ P5 포트를 시계 방향으로 서서히 돌려 응답성을 관찰합니다.
- 저 주파수 발진 현상이 발생할 때 까지 P5 를 시계방향으로 계속 증가 시키다가 Overshoot 현상이 한번 정도 나타날 때 까지 P5 를 감소 시킵니다.
- 최종적으로 Gain 과 P5 를 적절히 조화시켜 성능 개선이 이루어지는지 확인합니다.

8.5.3 실제 지령신호로 Transducer 의 최종 세팅

- 두 가지의 압력 모드를 설정하여 하나는 아주 낮고 다른 하나의 압력은 아주 높게 세팅하고 Scale 과 zero 점을 다시 한번 확인합니다.

8.5.4 Servovalve 중립점 조정

- 적분기가 그 어떠한 서보밸브 offset 값의 영향을 상쇄시키므로 서보밸브의 중립점 조정이 결정적으로 중요하지는 않습니다.

9 부록

9.1 기초적인 제어 요소

9.1.1 Position Loop

Minimum and Normal Standard Structure = P controller

- Control 밸브와 액추에이터는 적분요소를 가지고 있습니다. 즉, 위치 출력 값은 시간과 함께 증가하여 연속적인 컨트롤 밸브의 입력 값에 대하여 적분합니다.
- “ P “ controller 를 사용하면 결과적으로 시스템은 연속적 입력 값에 대하여 안정적인 제로 에러 값을 가지며 유압적인 적분기가 완벽한 적분기라고 할 수 있습니다.
- “ P “ controller 만 사용하는 Position loop 는 설정이나 트러블 슈팅이 가장 간단하고 정확성이 있으며 설정시간이 적게 소요됩니다.

Extended Structure = P – D controller

- “ D “ 요소는 루프의 동적 성능을 효과적으로 개선시킵니다.
- 감쇄된 유압-질량적 고유 진동수가 control valve 의 90 도 위상 지연 주파수보다 높을 때만 효과적이며 D 요소가 유효할 때만 시도를 할 수 있습니다.

Extended Structure = P – I – D controller

- 적분기 “ I “ 를 적용하면 내부 누설로 인한 DC-gain 의 감소라고도 표현할 수 있는 유압적 적분기의 결함을 극복할 수 있습니다.
- “ I “ Controller 는 P-Controller 보다 설정시간이 더 필요하여 정확성을 추구하려면 충분한 시간을 갖고 세팅합니다.
- 일반적으로 Position Loop system 에서 Hunting 이나 Overshoot 를 배제하며 튜닝 또는 적분기 (integrator)를 제어하기는 불가능합니다. 이러한 이유로 고정도의 정확성은 ‘stiff’한 유압적 제어로서 가능합니다.

9.1.2 Velocity Control

Minimum Structure = I Controller

- Control valve 와 액추에이터는 비례적 관계가 있습니다. 즉, 속도 출력(output velocity)은 control valve 의 input 값에 비례합니다.
- Position Loop 에서 부 적절한 유압적 적분기를 보상하려면 전기적인 적분기를 추가 시키며 전기적인 적분기는 유압적인 것보다 이상적인 적분기라고 할 수 있습니다. 결과적으로 P-Controller(즉, 연속적 input 에 대해 안정적인 zero 에러 신호를 갖는)를 사용하는 Position Loop 와 같은 구성의 control loop 라고 할 수 있습니다.

Normal Structure = P – I Controller

- “ P “ 의 추가는 position loop 에서의 “ D “와 동등합니다. 이 역시 만일에 감쇄된 유압-질량적 고유 진동수가 컨트롤 밸브의 90 도 위상 지연 주파수보다 높을 때만 비슷하게 효용이 있습니다.

다. 가끔 내부 누설을 가진 유압 모터가 유압 실린더의 누설 초과 분을 더욱 더 감쇄를 훨씬 증가 시키는 경우와 불분명 할 때가 있습니다.

- 많은 속도제어 시스템에서 $P-I$ 게인을 적용하고 있습니다.
- 만일 속도제어 루프가 단락 되거나 속도가 제로일 때는 적분기는 **Drift(특성변화)**를 방지하기 위해 단락 시켜야 합니다.

Extended Structure = $P-I-D$ Controller

- 비슷하게 시스템 댐핑(damping)이 허용할 때만 “D”가 유효합니다.

9.1.2 Pressure 혹은 Force Loop

Minimum Structure = P Controller

- Control valve 와 액추에이터의 체적 compliance 는 적분적인 요소를 갖고 있습니다. 즉, Output pressure 는 연속적인 control valve input 에 따른 비율에 의해 증가합니다.
- 기초적인 컨트롤러는 위치제어 루프에서처럼 $P - \text{Controller}$ 이며 내부 누설이 안정적인 위치 에러 값보다 안정적 압력 에러 값에 더 큰 영향을 끼친다는 점이 다릅니다. ($P-I$ Controller 참조)

Normal Structure = $P-I$ Controller

- 전기적 적분기는 한도 내에서 Control valve 중립점에서의 내부 누설에 대해 보상을 하여 steady state pressure error 를 zero 로 감소 시킵니다.
- 대개의 Pressure 와 Force Control Loop 에서는 $P-I$ 구성을 적용합니다.
- Loop 가 전원이 차단되거나 Pressure 나 Force 가 제로일 때는 Drift 를 방지하기 위하여 적분기는 해제되어야 합니다.

Extended Structure = $P-I-D$ Controller

- Pressure Loop 의 경우 거의 모든 컨트롤 밸브의 다이내믹 특성이 감쇄가 낮은 “Oil spring-system mass”의 고유진동수 보다는 응답성을 제한하는 관계로 “D”는 충분한 가치가 있습니다. 이러한 이유로 “D”의 위상유도(phase lead) 특성은 밸브의 위상지연(phase lag)에 대하여 보상을 할 수 있습니다.

상기 내용으로 Moog 사의 Servo Controller 의 특성과 관련 시스템과의 관련 내용을 기술하였습니다. 이와 관련하여 의문이 나시면 언제든지 폐사로 연락을 주시면 구체적으로 답변하여 드리겠습니다. 추가적으로 Moog 사의 모든 Servo Controller 는 비슷한 구조로 구성되어 있어 성능 또한 유사한 점이 많으므로 상기 내용을 참조하시면 도움이 될 것입니다.

연락처: 코스텍

Tel) 02-2614-7611

Fax)02-2614-7612