

GSIKGL M. L. P 통신에 의한 P. I. D 제어 특성에 관한 연구

(A Study on the Characteristic of P. I. D Control with M. L. P Communication in GSIKGL)

위성동*, 오수홍**, 김태성***

Wee sung Dong*, Oh Soo Hong**, Kim Tae Sung**

* 송원대학 전자정보과*** 전남대학교 전기공학과

Abstract

An operating principle of PID module was implemented using the load, where the integer in a PID measuring derivate equation were valid in the ranges of 500-9000, 60-1000, and 000-9000, for P, I and D, respectively. A load operation program was designed to investigate the PID theory and its realization process. With it, it was examined the process that the current PV tracts the target SV. By investigating the time when the PV approaches the SV and the rate at which the EV is varied, it is revealed that 1) larger (or Smaller) K_p leads to faster (or slower) approaching of PV to SV, 2) smaller (or larger) T_i results in faster (or slower) approaching of PV to SV, 3) larger (or smaller) T_d causes smaller (or Larger) rate variation in the EV. These observation were found to coincide with those of PID operating characteristics. Though this implementation, it is known for the widespread use of PID module that an improvement should be made in the error of temperature. This, meanwhile, implies that the computational time of conventional manipulation valve must be faster than 0.1 second. It is demanded that an improved PID module including the A/D and D/A module in itself must be used in conjunction with PLC.

1. 서 론

K7F PID 모듈의 핵심 이론은 현재값 PV와 목표값 SV를 연산하여 조작값 MV를 산출할 수 있는 수리학적인 연산측정 누적값 미분방정식 $\Delta MV_n = K_p (EV_n - EV_{n-1}) + S/K_i EV_n + K_d/S (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2})$ 이다. 이 미분방정식은 부하를 구동시키는 조건 아래 P, I, D 동작 원리를 구현시키기 위한 세 정수인 비례정수 P, 적분정수 I, 미분정수 D 값을 설정하여 PV가 SV로 접근할 때 현재값 편차 EV_n 의 미소한 범위 내에서 목표값에 접근하는 과정을 관찰 및 고찰할 수 있는 장치를 제작했다. 이 장치를 통해서 PID 모듈의 동작 원리의 결과인 연산값을 부하로 전송하고 그 동작 과정을 고찰할 수 있는 조건으로 PID 모듈은 PLC 2 장치에 장착하고, A/D, D/A 모듈은 PLC 1 장치에 장착하여 조합된 DLU 통신으로 구현 장치에 P 동작원리, I 동작원리, D 동작원리의 제어동작을 구현시킬 수 있는 비례, 미분, 적분 방정식은 아래 P, I, D 수식과 같다.

$$P \text{ 수식} : MV_p = K_p \cdot EV$$

$$I \text{ 수식} : MV_i = 1/T_i \cdot \int EV dt$$

$$D \text{ 수식} : MV_d = T_d \cdot d/dt EV$$

여기서 PID모듈이 PLC CPU와 데이터를 송. 수신할 수 있는 PID 모듈의 버퍼 메모리의 어드레스 번지 37, 45, 53에 해당된 P정수 설정 범위는 0.0 1~100.00%, I정수 설정 범위는 0.1~3000.00 Sec로, D정수 설정 범위는 0.0~3000.00 Sec로 하여서 PLC2 장치에서 BCD S/W로 설정 범위 0~9999 내에서 P, I, D의 정수값 P (500~9000), I (60~1000), D (0000~9000)들을 설정하고 현재값이 목표값으로 미소량의 편차 EV_n 으로 접근되는가를 실험한 결과 PID 동작 특성은 1), 2), 3)과 같다.

1) K_p 가 클 경우 PV는 SV에 빠르게 접근, 반대인 경우는 느리게 접근,

2) T_i 가 클 경우 PV는 SV에 느리게 접근, 반대인 경우는 빠름,

3) T_d 가 클 경우 E의 변화율이 강함, 반대인 경우 E의 변화율이 약함에 대응함을 확인 할 수 있었다.^{[1][2]}

문제점으로

1) PID 모듈의 동작특성 검출과 동작원리를 부하로 구동시키는 과정에 관한 고찰과 설비 기술을 개선할 수 있는 하드웨어적인 장치와 이 장치를 운전할 수 있는 소프트웨어적인 프로그램이 필요하였다.

2) A/D, D/A 모듈과 PID 모듈을 프로그램으로 조합하여 통신시킬 때 PLC 단일 기본 유니트에 A/D, D/A, PID 모듈을 장착해야만 하는 어떤 조건이 없다고 볼 때 어려움이 있었다.

본 논문의 목적은

1) PID 동작특성을 검출하고 PMU(Programmable Monitoring Unit) 꺾은 그래프로 목표값을 만족시킬 때까지의 편차와 시간을 관찰할 수 있도록 한다.

2) PID 모듈의 동작 원리를 부하로 구현시키는 과정을 고찰하기 위한 개발 장치로 PV가 SV로 접근하는 사이에 발생하는 편차 EV_n를 미소량으로 제어하고자 P, I, D의 적당한 정수값을 설정하므로 적분시간 T_i와 미분시간 T_d가 알맞은 제어량으로 되어짐에 따라 PV ≡ SV되어 PID 모듈의 정밀 제어가 이루어지도록 한다.

3) A/D, D/A 모듈과 PID모듈을 기존 장치와 달리 각각 분리시켜서 A/D, D/A모듈을 PLC 1 장치와 PID 모듈을 PLC 2 장치에 장착하고 통신할 수 있도록 개선한다.

4) 위의 3가지 항목을 실험으로 증명하기 위한 장치와 이 장치를 운전시킬 수 있는 프로그램을 개발한다.

이 연구 결과는 개발된 장치의 실험 과정을 답습하고 고찰함으로 산업 현장의 온도, 장력, 속도, 유량 등을 제어 및 설비할 수 있는 기술 이론을 시사해 주는 장치로서 PLC와 조합으로 PID 모듈을 이용하는 자동화 설비 부분에 응용할 수 있는 핵심 장치이며, PID 모듈을 사용한 자동화 설비의 A/S 및 설비를 개선할 수 있는 기술의 발전과 첨단 지식을 얻을 수 있는 데도 본 논문의 의미가 깊다.^{[3][4]}

2. PID 모듈의 동작원리

2-1. PID 연산 수식

ΔMV는 각 연산처리 값의 합으로 표현될 수 있다. 여기서 설정값은 목표값이며, 출력값은 조작값을 의미한다.

첫째, 비례동작은

$$MV = K_p * EV \dots \dots \dots (2-1)$$

둘째 적분동작은

$$MV = \frac{1}{T_i} * \int EV dt = \frac{1}{T_i/S} * \int EV dt \dots \dots \dots (2-2)$$

셋째, 미분동작은

$$MV = T_d * \frac{dEV}{dT} = (T_d/S) * \frac{dEV}{dT} \dots \dots \dots (2-3)$$

(여기서 S는 제어주기 값으로, 적분정수와 미분정수를 주기의 단위로 표현하기 위해 T_i, T_d을 S로 나누었다.) 따라서 수식 (2-1), (2-2), (2-3)의 합으로 이루어지는 MV의 연산값은 식(2-4)과 같다.

$$MV = K_p * EV + \frac{1}{(T_i/S)} * \int EV dt + (T_d/S) * \frac{dEV}{dT} \dots \dots \dots (2-4)$$

MV_n = ΣΔMV 이므로 각 순간에서 연산 값을 구하기 위해 위의 식을 차분 방정식 꼴로 나타내면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다. 조작값의 연산식을 미분하면 식(2-5)의 꼴이 되므로 이를 차분 방정식으로 나타내면 식(2-6)과 같다

$$\frac{dMV}{dT} = K_p * \frac{dEV}{dT} + \frac{1}{T_i/S} * EV + (T_d/S) * \frac{d^2EV}{dT^2} \dots \dots \dots (2-5)$$

식 2-5를 미분하여 차분 방정식은 아래 조건으로 정리하면

$$(\therefore EV_n = SV - PV_n, EV_{n-1} = SV - PV_{n-1})$$

이므로 최종적인 미분형의 PID 모듈 연산 수식은 식(2-6)과 같이된다.^{[5][6]}

$$\Delta MV_n = K_p \left\{ (EV_n - EV_{n-1}) + \frac{1}{(T_i/S)} * EV_n + (T_d/S) * (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2}) \right\} \dots \dots \dots (2-6)$$

2-2. PID 모듈의 동작원리에 관한 부하 구현 장치 기술 이론

Fig. 1에서 PID 동작원리를 구현하기 위한 개발된 장치를 아래와 같이 설명한다. 전위차계의 용량은 1kΩ이며, 전위차계 변환기는 전위차계의 값을 4~20 mA로 변환시키는 장치이다. 여기서 4 mA = 0을 의미한다. 기어감속기 장착 3상 유도 모터의 기어 감속비는 120 : 1이며, AC 220V/60Hz 1550 rpm의 모터는 120/1550 하면 12.9이므로 1분에 13회 회전한다. 다른 감속기의 감속비는 10 : 1이므로 13 ÷ 10 = 1.3이므로 1분에 1회 회전한다. 회전 원판의 범위는 0~100%이며, 이것을 저항으로 표시하면 0~1 kΩ이며, 1 kΩ의 전류 범위는 0~19.9 mA이다. 회전 원판을 1회전했을 때는 5% (50 Ω)간격으로 20개의 눈금(50×20= 1000)으로 나누어서 1 kΩ이 된다. 이 원형판 위의 지시 바늘은 최대 2회 회전할 수 없도록 정지 센서를 장착하였다. D/A 모듈은 출력장치에 A/D 모듈은 입력 장치에 연결된 기기이며, D/A모듈을 변환기(인버터)에 연결되어 3상 유도 모터를 구동한다. 현재값 전류계 PVC와 조작값 전류계 MVC는 A/D 과 D/A 모듈에서 입출력을 나타내는 디지털 전류계이

다. PID 모듈은 누적된 연산값을 부하로 구현시키기 위해서 반드시 A/D, D/A 모듈과 조합되어서 사용되어야 한다. SV를 얻기 위해서 PLC 1과 PLC 2가 데이터 링크 통신을 하도록 PLC 2에 PID 모듈을 장착하고 PLC 1에 A/D 모듈과 D/A 모듈을 장착하여 A/D 모듈의 값이 PID 모듈로 입력저장 연산되어 PLC 2 CPU를 거쳐서 다시 D/A 모듈로 전송되고 이 때 PV는 A/D 모듈로 입력되고 PVCM 표시창에 나타난다. MV는 A/D 모듈의 출력으로 MVCM 표시창에 나타난다. 이 과정의 동작은 설정된 PV가 SV로 될 때까지 PID, A/D, D/A 모듈의 조합된 기능으로 인한 누적값인 ΔMV_n 이 MV로 변화면서 3상 유도 모터를 회전시키는 과정을 보이면서 SV로 접근시킨다. 결과적으로 PV가 SV와 같아진다면 3상 유도 모터는 정지하며, PV가 SV로 접근하는 속도를 의미하는 회전각을 이루면서 저항 눈금 원판의 %의 눈금을 지시하는 지시 바늘도 정지한다. P, I, D의 정수값의 범위는 PID 모듈의 버퍼 메모리의 어드레스 번지 37, 45, 53에 해당되며, P정수 설정 범위는 0.01~100.00%로, I정수 설정 범위는 0.1~3000.00 Sec로, D정수 설정 범위는 0.0~3000.00 Sec로 하여서 PLC 2 장치에서 BCD S/W로 설정 범위 0~9999 내에서 P, I, D의 정수값 P (500~9000), I (60~1000), D (0000~9000)로 설정하면 PV가 SV로 EVn 없이 정밀 접근하도록 연산되어 D/A 모듈로 출력된다.^{[7][8][9]}

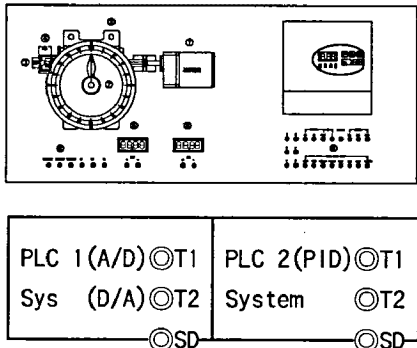


그림 1. PID 모듈의 동작원리의 부하 장치
Fig. 1. Instruction of Load of Operating Principle of PID Module

2-3. PID 모듈의 사용에 따른 개선점

본 논문에서 문제점 해결로 목적을 이루기 위해 PID 동작원리를 부하로 구동시키는 실험 결과와 고찰에서 다음과 같은 개선점이 발생하였다.

1) A/D 모듈에서 Sampling 처리, Filter 처리, 평균 처리에서 노이즈에 의한 채터링을 방지할 수 있지만, PID CPU 조 작값 연산 속도 주기가 현재 0.1 sec 보 다더 빠르게 개선되

어야 Offset 편차 EV 가 감소될 것으로 예측된다.

2) 편차를 줄이는 방법으로 PID 모듈이 PLC CPU와 A/D, D/A 모듈과 조합됨이 없이 단독으로 사용되도록 세 가지 기능이 하나의 모듈 속에 설계되어야 한다.

3. PID 모듈의 동작원리 구현 프로그램 작성조건

3-1. PLC 특수 명령

PLC 특수 명령인 PUT, GET명령으로 데이터 신호를 송. 수신할 수 있으며, PLC 특수 유닛인 PID, A/D, D/A 모듈에서 사용된다. 여기서 PUT 명령은 전송 명령이며, GET 명령은 수신 명령으로 PID, A/D, D/A모듈이 서로간에 송. 수신 할 수 있는 프로그램을 작성하는데 사용된다. PID, A/D, D/A 모듈간의 데이터 통신에는 Bit 데이터(1Bit) 통신과 워드데이터 통신(16Bits)이 PID, A/D, D/A의 모듈의 버퍼 메모리와 PLC CPU 데이터 레지스터간에 이루어진 데이터 신호를 송. 수신 할 때 PID 모듈 동작원리를 부하에 구현되도록 한다. Bit 데이터는 출력접점을 구동시키는데 사용되며, 워드데이터는 PUT, GET, MOV 명령어에 주로 사용된다. PUT, GET 명령기호의 설명은 다음 3-2, 3-3의 항에서 설명한다.^[9]

3-2. PUT 명령

Fig. 3-1의 래더 다이어그램은 PUT 명령으로 작성한 프로그램과 데이터 값이다.

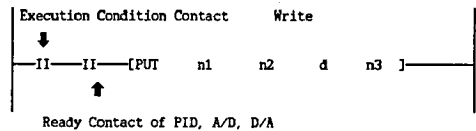


Fig. 3-1. Ladder Diagram

PUT : 송신 명령이다

n1 : K7F-A/D 모듈의 베이스 보드에 장착된 PLC CPU 입출력에 할당된 입출력 워드 번호이다.

n2 : K7F-A/D 모듈로부터 송신할 데이터를 저장할 버퍼메모리 영역의 선두 번호이다.

d : 버퍼 메모리에서 저장할 송신 데이터를 가지고 있는 PLC CPU 메모리 영역의 선두 번호이다

n3 : 송신할 워드 데이터 개수이다

3-3. GET 명령

Fig. 3-2의 래더 다이어그램은 GET 명령으로 작성한 프로그램과 데이터 값이다.

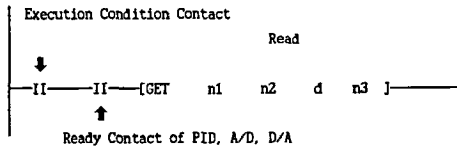


Fig. 3-2. Ladder Diagram

GET : 수신 명령이다.

n1 : K7F-A/D 모듈의 베이스 보드에 장착된 PLC CPU 입출력에 할당된 입출력 워드 번호이다.

n2 : K7F-A/D 모듈로부터 수신할 데이터를 저장할 버퍼메모리 영역의 선두번호이다.

d : 버퍼 메모리에서 저장할 수신 데이터를 가지고 있는 PLC CPU 메모리 영역의 선두번호이다.

n3 : 수신할 워드 데이터 개수이다.

3-4. PID 모듈의 동작원리가 A/D, D/A 모듈과 조합된 장치의 운전 프로그램과 PC & PLC 통신 연산자 메뉴

PID, A/D, D/A 모듈의 버퍼 메모리 할당에 따른 번지와 각 모듈에 속한 버퍼 메모리 내용을 확실하게 습득함으로써 각 모듈의 초기 조건을 이용해서 A/D, D/A, PID 모듈을 조합 구현할 수 있는 송. 수신 프로그램이 설계되어 진다. PID, A/D, D/A 모듈에서 출력 허용 신호는 Pn 8로 되어지며, n은 특수 모듈이 장착된 슬롯 번지이다.

3-4-1. A/D모듈의 초기화 조건에 따른 래더 다이어그램

표 3-1의 A/D 모듈 버퍼 메모리 할당에서 버퍼 메모리의 송. 수신 영역을 나타내며, 본 기술에서 버퍼 어드레스 0~22번지 중에서 프로그램에 사용된 번지만 제시한다.

다음은 표 3-1을 설명한 내용이다.

1) 어드레스 0000번지에서 사용 채널 지정을 아래와 같이 설명한다.

① 전원 투입 시 사용채널 지정은 h003형 식으로 0000번지 어드레스의 각 채널 지정 비트에 1을 설정 지정한다.

표 3-1. A/D 모듈의 버퍼 메모리 할당
Table 3-1. Buffer Memory Division of A/D Module

Address	Using Place	Transmission/R. Function
0	Using Channel Point	Transmission/Receiving
1	Input Range Set	Transmission/Receiving
13	Ch 1 Digital Variation	Receiving
22	Set Data	Transmission

② 샘플링 시간을 단축하기 위해서 사용하지 않은 채널은 0000으로 설정한다.

③ Fig. 3-3의 래더 다이어그램에서는 Ch 1, 2를 사용하도록 PLC CPU 디바이스 선두 번호 h0003을 설정한다.

④ 아래 래더 다이어그램은 2개의 Ch 1, Ch 2이므로 1채널 당 소요되는 시간이 2.5 mA이므로 2*25 mA = 5 mA의 시간이 소요된다.

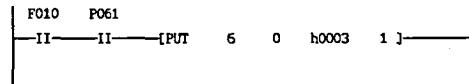


Fig. 3-3. Ladder Diagram

표 3-2. A/D 모듈의 사용 채널 할당
Table 3-2. Using Channel Division of A/D Module

Ch8	Ch7	Ch6	Ch5	Ch4	Ch3	Ch2	Ch1
0	0	0	0	0	0	1	1

⑤ PUT 명령으로 작성된 A/D 모듈의 사용 채널은 h0003 표 3-2에서 Ch 1, 2를 나타낸다.

2) 어드레스 1에서 입력 범위 설정을 아래와 같이 설명한다.

① 각 채널의 입력설정영역에 대한 입력 범위 설정은 아래 표 3-3과 같다.

② 래더 다이어그램에서 입력 전원으로 전원 사용을 의미한다.

③ 표의 영역값이 래더 다이어그램의 버퍼 메모리에서 송신한 데이터를 저장할 때 버퍼 영역의 선두번호(PLC CPU 디바이스 선두번호) h0000의 값이다.

④ Fig. 3-4 래더 다이어그램의 A/D 모듈이 장착되는 슬롯 번지는 6이므로 n은 6이다.

3) 어드레스 13은 디지털 출력값 설명이다.

① 디지털 출력값은 부호 없는 12 Bit BCD 값으로 표시한다.

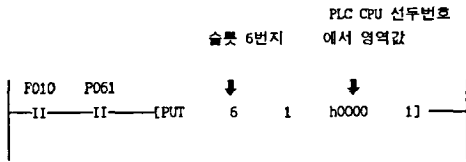


Fig. 3-4. Ladder Diagram

표 3-3. A/D 모듈에 따른 전압전류 영역
Table 3-3. Voltage & Current to A/D
Module Area

영역 값	전 압	전 류
00	1 V ~ 5 V	4 mA ~ 20 mA

- ② PLC CPU에서는 이 디지털 출력값을 GET 명령을 사용해서 수신만 한다.
- 4) 어드레스 22번지의 설정 데이터의 설명이다.
- ① 위에서 언급한 1)~3)항까지의 데이터를 실제로 실행하기 위해서는 설정 데이터(Set Data) 버퍼에 h0001을 써 줌으로서 행해진다.
- ② 설정 데이터 버퍼에 h0001이 쓰인 경우 A/D 모듈은 버퍼 메모리에 있는 1)~3)항까지의 모든 데이터를 체크하고, 에러 발생 여부를 판단하며, 이 데이터 처리 수행 루틴 시간은 1 채널 당 변환 시간은 2.5 ms이다.
- ③ 위와 같은 데이터 처리 시간이 끝나면 자동으로 0000으로 초기화된다.
- 가. A/D 모듈 변환에서 OFFSET/GAIN값을 설정하기 위한 전류 입력력 특성
- 1) 전류 및 디지털 변화값 입력특성을 얻기 위해서 디지털 변환값이 0~ 4000사이에서 출력되도록 OFFSET값을 4 mA로 설정하고, GAIN 값은 12 mA를 GAIN값으로 설정한다. 두 값 4 mA, 12 mA을 설정할 때는 전류계를 4, 12로 맞추고 S/W를 각각 SET에 놓으면 설정되어진다. 이때 Test 단자 1, 3을 단락 시키고, 설정이 끝나면 해제시킨다. 전류입력일 경우에는 전압단자는 반드시 단락시킨다.
- 2) 4 mA점과 12 mA점에 비례직선을 그으면 Y축 디지털값 2000에서 교차점이 나타난다. 이 직선 위에서 X축의 전류 눈금과 Y축의 디지털 눈금 사이에서 만나는 점이 디지털 변환값 이다.^[10]
- 3) 아래 그림 3 전류 입력 특성에서 예를 들어서 X축 눈금이 10 mA일때 Y축과 만나는 점은 1000이면 이 디지털값 1000 이 변환 값이다. 이 값은 A/D 모듈의 디지털 값 표시 창에서 나타나고 또는 PVC에서 나타낸다. PID모듈의 동작원리 구현 실험에서 A/D로 입력된 모든 값들은 4~20 mA 범위에서 값들 이 0~4000 사이의

디지털 값으로 변환되어 진다.

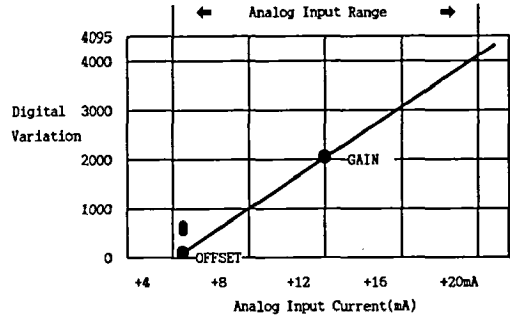


그림 2. 전류 및 디지털 변환값 입력력 특성
Fig. 2. I/O Characteristic of Current & Digital Variation Value

- 4) X축은 4~20mA 아날로그 전류입력을 나타내며, Y축은 전류 입력값에 의해서 디지털 변환값으로 변환되는 0~4000 범위의 값이다.^[10]

3-4-2. D/A 모듈 초기화 조건에 따른 래더 다이어그램

D/A 모듈은 PLC CPU와 송. 수신용 버퍼 메모리를 가지고 있으며, 표 3-4의 D/A 버퍼 메모리 할당에서도 버퍼 메모리의 송. 수신 영역을 나타내며, 본 기술에서 버퍼 어드레스 0~7번지 중에서 사용된 번지만 제시한다.

- 1) 어드레스 0, 1 래더 다이어그램을 표시하면 아래와 같으며, D/A 모듈이 슬롯번호 7번지에 장착되므로 n은 7이 된다.
- 2) D/A 모듈의 Fig. 3-5 래더 다이어그램은 PLC 2의 7번지 슬롯에 장착된 PID 모듈의 래더 다이어그램 중의 버퍼메모리 주소 21, 22 번지에서 각 루프의 조작값으로 0~4000 범위에서 GET로 수신한다.

표 3-4. D/A 모듈의 버퍼 메모리 할당
Table 3-4. Buffer Memory Division of D/A Module

Address	Using Place	Trans./Receive Function
0	Digital Value of Ch1	Transmission/Receiving
1	Digital Value of Ch2	Transmission/Receiving
4	Set Value Range of Ch 1 & Check Code	Receiving
5	Set Value Range of Ch 2 & Check Code	Receiving

3) PID 모듈은 Fig. 3-6 래더 다이어그램에서 MOV 명령 D205와 D213에서 전송된 데이터값 D0052, D0053을 래더 다이어그램에서 비교 명령 F120, F123을 사용해서 PLC 출력 접점 P050, P052로 출력하는 프로그램이다. 여기서 P050은 모터를 정방향으로 P052는 모터를 역 방향으로 회전시켜 PV가 SV에 접근하도록 제어한다.

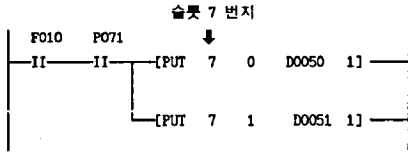


Fig. 3-5. Ladder Diagram

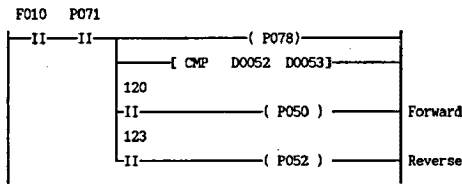


Fig. 3-6. Ladder Diagram

나. D/A 모듈 변환에서 OFFSET/GAIN값을 설정하기 위한 전류 및 디지털 값의 입출력 특성

1) 전류 및 디지털 값의 입력특성으로 출력 아날로그 전압값을 0~10 V, 히터의 전력 변환값을 1~100%로 임도록 OFF-SET값을 4로 설정하고, GAIN 값은 12를 설정한다. 이때 Test 단자 1, 2번은 단락 시킨다. 설정이 끝나면 해제 시킨다. A/D 모듈 내부 회로에서 커넥터 헤더 위치는 채널 1에서 J3, J4, 채널2에서 J9, J10, 채널3에서 J15, J16 선택하여야 0~10 V의 출력이 결정된다.

2) 4 mA점와 12 mA점에 비례직선을 그으면 디지털 값 2000에서 교차점이 나타난다. 이 직선 위에서 X축의 전류 눈금과 Y축의 전압 및 히터의 전력 눈금 사이의 비례직선 위에서 만나는 점이 변환된 전압값, 디지털 값 및 히터의 전력값이 된다.

3) 아래 그림 11은 D/A 모듈의 입출력 특성에서 예를 들어서 X축 눈금이 10 mA 일 때 Y축에서 만나는 점은(50%)의 변환 값이다. 이 값은 D/A 디지털값 표시 창에서 나타나고, 또는 MVCM에서도 나타난다. PID모듈의 동작 원리 구현 실험에서 D/A로 입력된 모든 값들은 4~20mA 범위에서 값들이 전압 값은 0~10V, 히터값은 1~100% 사이의 값으로 변환되어진다.^[11]

3-4-3. PID 모듈의 초기 조건에 따른 래더 다이어그램

PID 모듈 버퍼 메모리 할당에서 버퍼 메모리의 송. 신 영역을 나타내며, 표 3-5의 PID 모듈의 어드레스번지로 초기값은 0~3, 조정 설정값은 5~36, PID 정수값은 37~60, PV, MV 상. 하 한계값은 61~100으로 구분한다. 버퍼 메모리 어드레스 구성과 데이터 설정 범위에서 버퍼 어드레스 0~108번지 중에서 29~36, 61~76, 93~100번지에 속하는 어드레스는 사용하지 않았다. 어드레스 101~108은 각 채널의 에러 코드이다. 본 기술에서 PID 모듈의 동작원리를 구현시킬 수 있는 래더 다이어그램에서 버퍼 어드레스 0~3까지를 MOV 명령으로 설계된 것을 PUT 명령으로 어드레스 D0000번지에서 4회드로 받았다.^[11]

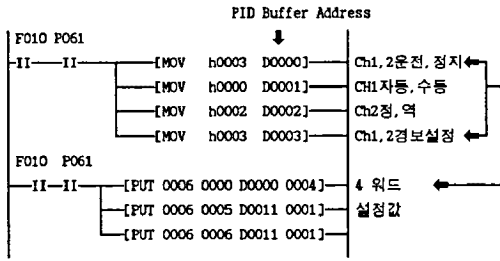
1) PID 모듈의 버퍼 어드레스 0~108까지를 이용해서 표 3-5에서 언급한 바와 같이 작성된 프로그램은 Fig. 3-5-1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9)에서 보여준 래더 다이어그램이다.

표 3-5. PID 모듈의 버퍼 메모리 어드레스 구성과 데이터 설정 범위

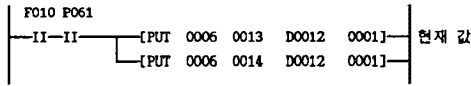
Table 3-5. Buffer Memory Address Structure of PID Module and Data Set Value

Address	Contents	Set Range	Initial Value	Data Figure	T. R Function
0	Ch 1,2 Drive Sto	--	--	1	R/W
1	Ch 1,2 Auto./ Hand Operation	--	--	1	R/W
2	Ch 1,2 F/R Opera	--	--	1	R/W
3	Ch 1,2 Alarm Operation	--	--	1	R/W
5 ~ 6	Ch 1,2 Set Value	0 ~ 4000	0	8	R/W
13~14	Ch 1,2 Process V	0 ~ 4000	0	8	R/W
21~22	Ch 1,2 Manipulate Value	0 ~ 4000	0	8	R
37~38	Ch 1,2 Proportio	0.0~ 100	500	8	R/W
45~46	Ch 1,2 Integrate	0.1~3000	1000	8	R/W
53~54	Ch 1,2 Different	0.0~3000	0	8	R/W
77~85	Ch 1,2 MV Supremum Value /Lowest Limit	0 ~ 4000	4000	8	R/W
101~108	Ch 1,2 Error C	--	--	--	--

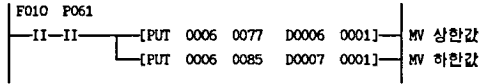
1) PID 모듈 동작원리 채널 1, 2 설정값 래더 다이어그램



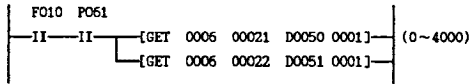
2) PID 모듈 동작원리 채널 1, 2 현재값 래더 다이어그램



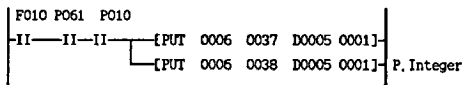
3) PID 모듈 동작원리 채널 1, 2 MV 상 하 한값 래더 다이어그램



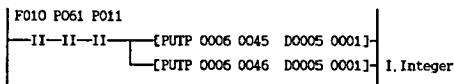
4) PID 모듈 동작원리 채널 1, 2 조각값 래더 다이어그램



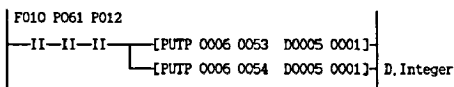
5) PID 모듈 동작원리 채널 1, 2 상 하 한 값 래더 다이어그램



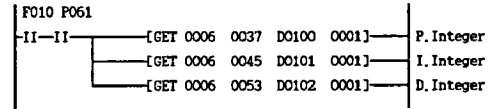
6) PID 모듈 동작원리 적분상수(I) 래더 다이어그램



7) PID 모듈 동작원리 미분상수(D) 래더 다이어그램



8) PID 모듈 동작원리 구현상태(P,I,D)관찰 래더 다이어그램



9) PID Module의 출력 Enable 접점과 설정값을 D205로 전송, 현재값을 D213으로 전송하여 두 값을 비교하여 그 결과를 D/A 모듈을 통해서 PLC 출력접점 P050, P052를 ON 시키는 래더 다이어그램

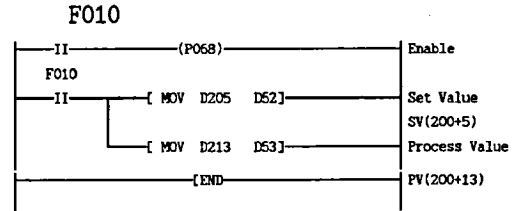


Fig. 3-5-1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9). Ladder Diagram

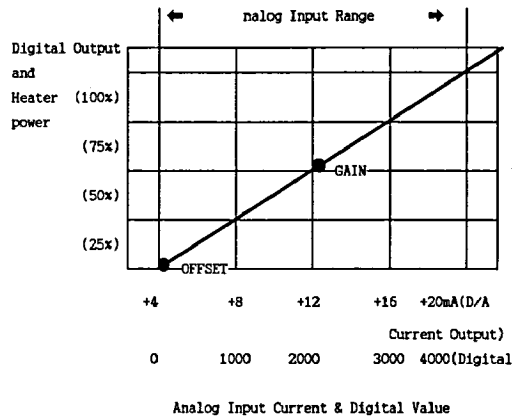


그림 3. 전류와 디지털값 및 전압 전력 입출력특성
Fig. 3. I/O Characteristic of Current Digital Value, Voltage & Current

위의 모든 초기화 조건의 래더 다이어그램을 모두 순서적으로 조합하여 출력시킬 수 있는 출력 가능 접점 P068, P078과 MOV 명령으로 D205, D213의 번지를 이용해서 모터를 가동시키기 위한 비교 접점 데이터 번지를 D052, D053으로 주고, 출력접점 P050, P052의 조건을 주면 PID, A/D, D/A 모듈의 동작원리를 구현시킬 수 있는 프로그램이 이루어진다. 내부 자동접점인 a 접점 F010으로 On 시키고 MOV 명령으로 결선된 D205는 사용채널 A/D

모듈의 지정용 디바이스로 200 + 5 = 205, 200 + 13 = 213 이다. 여기서 D200은 A/D 지정용 디바이스이다. 여기서 5는 설정값 버퍼 메모리 번지이며, 13은 현재값 버퍼 메모리번지이다.

4. PID, A/D, D/A 모듈의 동작원리 구현 프로그램

4-1. PID 모듈 운전 프로그램(PLC 2)

PID 모듈을 운전할 수 있는 프로그램은 Fig. 3-5-1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9), 10)에서 보여준 래더 다이어그램을 종합한 프로그램으로 PLC 2 에서 Fig. 4-1과 같이 작성하여 PLC 2 메모리영역에 저장하여 입력접점 S/W P010, P011, P012, P019로 운전한다.

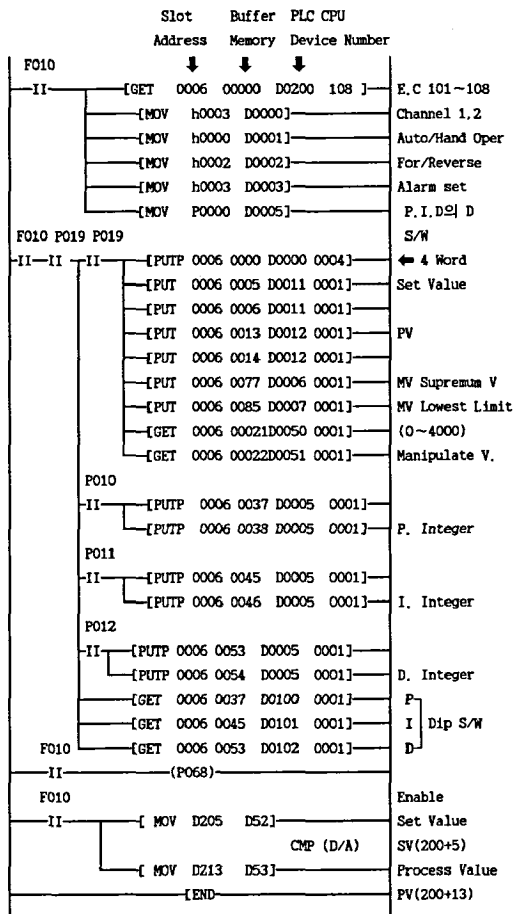


Fig. 4-1. Ladder Diagram

4-2. A/D, D/A 모듈 운전 프로그램(PLC1)

A/D, D/A 모듈의 운전 프로그램은 Ladder Diagram Fig 3-3, 3-4, 3-5, 3-6을 종합한것으로

Fig.4-2와 같이 래더 다이어그램을 작성하여 PLC 1의 메모리영역에 저장하고Fig. 4-1의 래더 다이어그램의 입력접점 S/W에 의해서 운전된다.

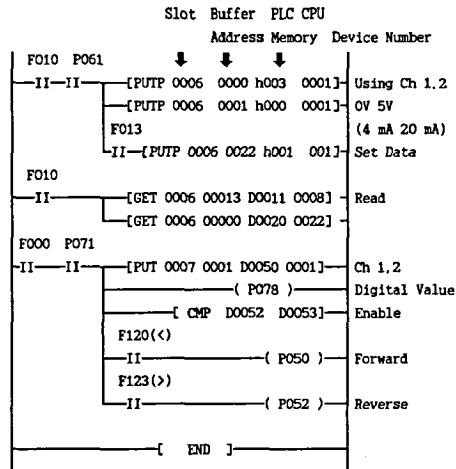


Fig. 4-2. Ladder Diagram

4-3. PC, PLC, PID, A/D, D/A 모듈간의 통신 연산자 메뉴

PID 모듈을 PLC 2 장치에 장착하고 A/D, D/A 모듈을 PLC 1 장치에 장착하고 통신을 하기 위한 연산자 메뉴는 KLD 200 GSIKGL이라는 모드에 들어가서 아래와 같은 순서로 실행한다.

- 1) ALT + O로 Configuration Mode를 불러내고 Loader Configuration에서 PLC Type 에서 500, 1000을 선택하고 동시에 통신포트를 Com1, Com2 중에서 선택하고 나서 Esc 키로 저장한다.
- 2) 연산자 PLC Configuration에서 표 1, 2 통신 메뉴에서 언급한 바와 같이 자국 번지 h01, h08은 Fig. 5에서 ①, ②, ③의 설명과 같다.

표 4-1. h01의 통신 메뉴(PLC1)

Table 4-1. Communication Menu of h01

Self-station : h08						
Link Enable : Yes			Access Protect Enable : NO			
Remote Sync Enable : NO			Write Protect Enable : NO			
NO	Station	Type	TX Addr	Number	RX Addr	Number
01	h08	Loca 1	*****	**	D00011	02
02	h01	Loca 1	D0050	04	*****	**

표 4-2. h08의 통신 메뉴(PLC2)

Table 4-2. Communication Menu of h08

Self-station : h01						
Link Enable : Yes Access Protect Enable : NO						
Remote Sync Enable : NO Write Protect Enable : NO						
NO	Station	Type	TX Addr	Number	RXAddr	No
01	h08	Local	D0011	02	*****	**
02	h01	Local	*****	**	D0050	04

3) 연산자 통신 메뉴의 각 공란에 자국에 번지를 입력하기 위해서 키보드의 1을 Type에는 F1을, RX. Addr(수신 어드레스)와 TX. Addr(송신 어드레스)에 각각 D11, D50을 입력하고, ALT + F7의 이증키로 PC CPU 공용 램 레지스터에 저장하고 나서, 다시 ALT + P의 이증 키로 PLC CPU 공용 램 레지스터에서 PLC Communication을 불러내고 PLC Mode Change 에서 Program으로 커서를 옮기고 나서 다시 커서를 Write로 옮기고 저장 시간은 100 Steps로 연산자 통신 메뉴를 저장한다.

5. PID 모듈 동작원리 구현 실험결과

5-1. PV가 SV에 접근된 모터의 속도값

표. 5-1 P.I.D의 설정값과 PV와 SV관계

Table 5-1. Relative of PV &SV, & Set Value of P.I.D

P	I	D	T	Remark
Initial Value	Initial Value	Initial Value	Counter Clock & Under Counter Clock	SV : 7~15 mA, that is a Set Value.
500	1000	0000	25Sec 1.24Sec	Kp<1(F) PV →SV(S)
9000	60	9000	1.20Sec 24Sec	Kp>1(S) PV →SV(F)
9000	60	9000	Variation Rate of E is weak.	
500	1000	0000	Variation rate of E is strong.	

P, I, D의 설정 조건에 따라 설정값은 PLC 장치에서 BCD S/W로 0~9999 내에서 설정하였고, 목표값은 7 ↔ 15 mA 내에서 A/D 모듈의 OFFSET/GAIN 전류계로 시계 방향과 반 시계 방향 회전키면서 설정하여, 실험한 결과는 PV가 SV에 접근

하는 접근 시간(모터의 속도 값)은 표 5-1과 같다. Kp가 클 경우 PV는 SV에 빠르게 접근한다. 반대인 경우는 느리게 접근한다. Ti가 클 경우 PV는 SV에 느리게 접근한다. 반대인 경우는 빠르다. Td가 클 경우 E의 변화율이 강하다. 반대인 경우 E의 변화율이 약하다. 실험결과 값은 PID 모듈의 동작 원리 특성에 거의 대응하였다.

5-2. PMU에서 설정값에 대한 현재값의 접근 실험

Fig. 6에서 P, I, D 정수를 각각 500, 1000, 0000으로 설정했을 때 EV의 변화율이 강하게 나타났으며, 순 방향에서는 PV가 SV로 빠른 시간으로 접근하는 것을 알 수 있었다. 역 방향에서는 느리게 접근하였다. 여기서 디지털 출력 724는 목표값으로 아날로그 값인 전류 7 mA를 의미한다. 1474는 역 방향으로 목표값을 2734(15 mA)로 접근하는 과정의 디지털 출력이다. Fig. 7에서는 P, I, D 정수를 각각 9000, 60, 9000으로 설정했을 때 순 방향에서는 PV가 SV로 접근하는 시간이 길어졌으며, 역 방향에서는 PV가 SV로 접근하는 시간이 짧아졌다.

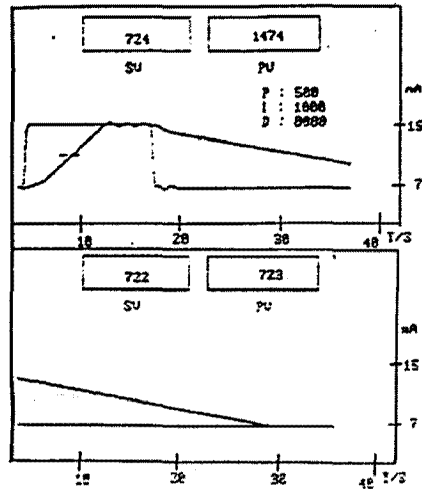


그림 4. 설정값(724)에 대한 현재값의 접근현상
Fig. 4 Approach(724) of PV to SV

여기서 2734는 목표값이며, 1783은 목표값에 접근하고 있는 과정에 속한 디지털 값이다. 결과적으로 PMU 실험을 통해서 밝혔던 Fig. 6, 7의 X-Y 상의 꺾은 그래프는 SV에 접근한 PV상태가 PID 모듈 동작원리의 특성을 실험으로 확인시켜 주었다. 이 실험을 통해서 P, I, D의 3 정수 설정값의 결과로 인한 PV가 SV로 접근되는 과정은 A/D, D/A 모듈의 표시창과 MVCM, PVCM의 표시 창에서도 관측 할 수 있었지만, PMU X-Y 꺾은 그래프를 통해서 또는 PMU에 설정한 SV값에 대한 PV값

의 접근 관계를 디지털 표시창으로 정확히 관측할 수 있었다. 역 방향 순 방향의 대한 시차는 앞에서도 언급하였지만 장치 제작 과정에서 발생한 기계적 오차로 사료된다.

그림 4, 5의 X축 T/S전상 10~20, 30~40 사이에서 상하 교번으로 나타나는 펄스는 편차를 나타낸다. 이 펄스가 0에 가까워야 양호한 편차 보정이 된다. 편차의 크기는 P, I, D값을 적당히 주었으므로 + 180°상에서나 -180°상에서 교번 되는 편차값이 아주 적으므로 관찰하기에 쉽지 않게 보여지고 있다.

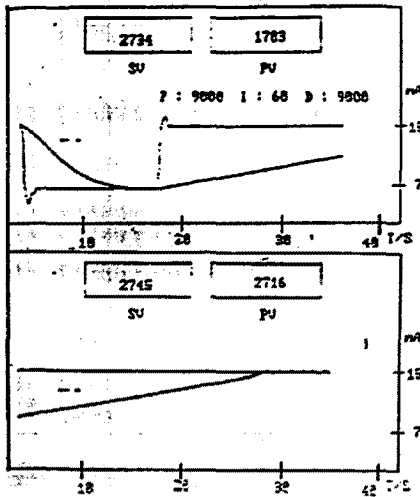


그림 5. 설정값(2734)에 대한 현재값의 접근현상
Fig. 5 Approach(2734) of PV to SV

6. 결 론

- 1) 본 개발 장치를 이용하여 PID 모듈의 동작 원리를 구현시키므로 PID 모듈의 사용 및 응용력을 배양할 수 있으며, PID 모듈을 A/D, D/A 모듈과 조합해서 만 구현되어진다는 것을 규명할 수 있었다.
- 2) 개발되어진 장치의 실험 결과인 PV와 SV의 관계 및 PMU X-Y 꺾은 그래프를 통해서 PID의 동작원리 특성에 대응함을 알 수 있었다.
- 3) PLC 2에 PID 모듈을 장착하고, PLC 1에 A/D, D/A 모듈을 장착하여 PLC 1과 PLC 2 사이에 데이터 링크 통신이 되어짐을 알 수 있었다.
- 4) 3상 유도 모터를 단계적으로 감속시켜서 관찰할 수 있도록 속도 제어를 할 수 있는 방법으로 원판에 저항값을 구분하고 지시 바늘로 지시된 값을 전위차계의 값과 일치시키며 회전각을 이루는 과정을 알 수 있다.
- 5) 전위차계의 저항값을 전위차계 변환기로 변화시켜 4~20 mA의 전류출력으로 이끌어 내고

PVCM으로 전송하는 과정을 알 수 있다.

- 6) 모터의 회전속도 값인 D/A 출력 값이 MVCM과 변환기를 통해서 3상 유도 모터를 동작시키도록 하는 변환기 이용 방법을 알 수 있다.
- 7) PID모듈과, A/D, D/A 모듈을 조합하여 PID 모듈의 동작원리의 누적 연산값 $\sum \Delta MV$ 가 부하를 구현시키는 운전 프로그램 작성방법을 공부할 수 있었다.
- 8) PLC Test Kit 1에서 A/D 모듈의 가변 불류 전류계로 SV를 설정하는 방법과 PLC Test Kit 2에서 P, I, D 정수를 설정 범위 내에서 설정하는 방법을 알 수 있었다.
- 9) PID 모듈의 활성화는 P, I, D 온도 정수 보정에 관한 조각값 연산 주기속도 0.1 sec 보다 빨라야 함이 시사됨을 알 수 있었다.
- 10) 개선점으로 하드웨어적으로 연산시간이 0.1 sec 보다 빠르게 개선하기 위해, 온도편차를 줄이기 위해서는 PID 모듈 내 기판회로에 A/D, D/A 모듈의 회로가 동시에 설계되어야 하며, 이를 소프트웨어로 보충해야 한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. "Master-K 시리즈(기술자료)", LG 산전.
2. 김태성, 위성동, "PLC를 사용한 지능형 교통신호 제어 설비구현", 전기전자학회지, Vol. 11, No. 1, 1998. 1.
3. 權旭鉉, 朴宰鉉, 張來赫, "PLC 관련기술의 동향과 Program에 관한 연구", 전자공학회지, Vol. 23 No. 12. 1996.
4. 김태성, 위성동, "PLC 출력 구동을 위한 Wired Logic for Type Unit에 관한 연구", 1999년 3월 전자공학회지 제36권 T편 제1호.
5. 박재혁, "개방형 생산자동화 시스템 기술 동향", 전자공학회지, Vol. 26, No. 3. 1999.
6. 14th IFAC Workshop on DCCS, 97 July.
7. 장경수, 신동렬, "자동화분야에서 자바(JAVA) 기술", 전자공학회지, Vol. 26, No. 3. 1999.
8. 최승갑, "냉간압연 공정에서의 두께 및 장력 제어", 전자공학회지, Vol. 26, No. 3. 1999.
9. 김태성, 위성동, 권병무, "PID Module 구현 원리 시스템에 관한 연구", 전자재료학회지, Vol. 12, No. 10. 1999.
10. 김홍주, 최준영, 박병현, 이진수, 강봉구, "후 판 제품창고 자동화 시스템의 연구개발", VOL. 26 NO. 3. 1999
11. 성학경, 이동현, "반도체 및 평판 디스플레이 제조공정의 물류자동화 시스템", VOL. 26. NO. 3. 1999