

### PID Module 구현 원리 시스템에 대한 연구

## A Study on the System Principle of PID Module Implementation

위성동\*, 김태성\*\*, 최창주\*\*\*, 권병무\*\*\*\*

Wee Sung Dong, Kim Tae Sung, Cho Chang Ju, Kwon Beung Moo

### Abstract

The derivative equation measured of a  $\Delta MV = Kp * \left\{ (EV_n - EV_{n-1}) + \frac{1}{Ki/S} * EV_n + (Kd/S) * (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2}) \right\}$  is used on the machine apparatus of industrial field, but this part doesn't able to educate now, because we didn't have the implementation device of PID module, so the principle implementation system of the PID Module is manufactured and developed. Through this system, the implementation system of PID Module is practiced with that the SV and the set of P, I, D is set on the derivative equation measured of PID. A things to be known of this experiment result is flow. 1)PID module is known that had to be used with the module of A/D and D/A. 2)In process of PV is approached to the SV to follow Kp, Ti and Td to cause a constant of set value on the  $MVp = Kp * EV$ ,  $MV = \frac{1}{Ki} \int EV dt$ ,  $MVd = Td \frac{d}{dt} EV$ , the variable rate of E and Kp, Td, Ti in that table 1 is analysed, is same as flow. ①If Kp is high, PV is near fast to the SV, but Kp is small, PV is near slowly to the SV. ②If Ki is shot, PV is close fast to the SV, but Ti is high, PV is close slowly to the SV. ③If Td is high, the variable rate of E press hardly when because it doesn't increase, but Td is small, the variable rate of E press not hardly, upper with 1),2), PID module is supposed that be able to do the A/S and an implementation of that apparatus, and getting a success of aim that an engineer want, on control of temperature, tension, velocity, amount of flow, power of wind end so on, to get the principle of automatic implementation in industrial field with cooperation of A/D and D/A module.

Key Words(중요용어) : PID Operation Derivative Equation(PID 연산미분수식)  
 PID Implementation Principle System(PID 구현원리 시스템)  
 PID Implementation Program(PID 구현프로그램)

### 1. 서 론

PID 연산 측정값 미분수식  $\Delta MV = Kp(EV_n -$

$EV_{n-1}) + S/Ki \cdot EV_n + Kd/S (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2})$ 은 산업현장의 기계장치에 적용시켜 사용되고 있으나 이 분야를 교육할 수 있는 실험장치는 아직 구비되지 않았으므로 PID Module를 구현 할 수 있는 장치를 개발 제작하여 PID Module의 구현 요소인 연산 측정 미분수식을 이용하여 PV가 SV로 접근하도록 SV를 설정하고 표 1과 같이 P, I, D값을 주

\* : 송원대학 전자과  
 \*\* : 전남대학 공과대학 전기공학과  
 \*\*\* : 조선대학교 공과대학 전기공학과  
 \*\*\*\* : 전남대학 공과대학 전기공학과

어서 제어할 수 있도록 하였다. 그 결과 PV를 SV로 접근시키기 위해서 SV와 PV 사이에 발생하는 Td, Ti와 E를 P동작, I동작, D동작으로 제어 하고자 PLC 1, 2를 통신할 수 있는 연산자를 설정하였다. PID Module 구현 원리 장치는 A/D Module, D/A Module, PID Module과 PLC CPU, 변환기, 감속기, 전위차계, 전위차계 변환기, MVCM, PVCM으로 구성하였다. 조합된 제어시스템으로 연산처리 누적된 값이 SV에 가까운 값으로 처리되어지는 과정을 관찰할 수 있는 시스템으로 PV가 SV에 도달할 때까지 반복제어 출력하는 PID Module의 구현 원리 시스템은 그림 1과 같고, 구현 결과 이루어진 사항들은 다음과 같다.

- 1) PID Module 구현 시스템을 구동시킬 수 있는 기준이 되는 프로그램이 설계되었다.
- 2) PID Module은 PLC2에 장착하고 A/D Module과 D/A Module은 PLC1에 장착해 조합으로 사용되어짐을 알 수 있었다.
- 3) P 제어동작, I 제어동작, D 제어동작이 구현 되도록 정의된 P 수식  $MV_p = K_p * EV$  가 설정하는 P 정수 설정범위는 0.01~100.00% 이며, I 수식  $MV_i = 1/K_i \int Edt$ 가 설정하는 I 정수 설정 범위는 0.1~3000.0sec이며, D 수식

$MV_d = T_d \frac{d}{dT} * EV$ 가 설정하는 D 정수 설정 범위는 0.0~3000.0sec이다.

이 3가지 수식들의 원리를 분석하고자 실험으로 옮겨 각각의 정수 값을 PLC 실험장치에서 BCD S/W로 설정범위 0~9999 내에서 설정 하였다. PV가 SV로 접근되어지는 순간적인 과정을 PID Module에서 연산하여 순간 순간의 누적된 값  $\Delta MV$ 로 인한 시간의 폭은 A/D의 입출력이다. D/A Module에서 표시되는 디지털 창의 수치 범위를 MVCM를 통해서 알 수 있었다. 표 1을 분석하면 LG 산전 연구팀들이 밝혀낸 이론과 맞아 들어갔다.

밝혀진 결과 1), 2), 3)를 통해서 PID Module이 A/D와 D/A Module과 조합하여 구현된 시스템의 원리를 분석함으로써 산업현장의 자동화설비에서 이 미로 설정된 온도, 장력, 배합, 속도, 유량의 목표 값에 대한 PID Module의 정밀제어를 연구하여 엔지니어가 의도한 바의 목적을 성취할 수 있다는 것을 예측할 수 있었다. PID Module를 사용한 그 장치의 연구, A/S 및 설비를 할 수 있는 기술과 지식을 얻을 수 있는데 본 논문의 목적이 있다.<sup>[1,2]</sup>

## 2. PID Module 연산수식과 기술이론

### 2. 1. PID 연산수식의 도출과정

PID(Proportional, Integral, Derivative)구조는 대상으로부터 측정된 값(현재 값, P.V)을 사용자가 설정한 값(설정 값, S.V)과 일치시키기 위해, PV와 SV의 차이(편차, E)와 PV등을 비례동작(P), 적분동작(I), 미분동작(D)등으로 연산 처리하여 적절한 조작 값(출력 값, M.V)을 결정하게 된다. 따라서 MV는 각 연산처리 값의 합으로 표현될 수 있다. 여기서 설정 값은 목표 값을 의미한다.

첫째, 비례동작은  $MV = K_p * E = K_p * EV$

이며, 둘째 적분동작은

$$MV = \frac{1}{K_i} * \int EVdt = \frac{1}{K_i/S} * \int EVdt \text{ 이며,}$$

셋째, 미분동작은

$$MV = T_d * \frac{dEV}{dT} = (K_d/S) * \frac{dEV}{dT} \text{ 이다.}$$

( 여기서 S는 제어주기 값으로, 적분정수와 미분정수를 주기의 단위로 표현하기 위해  $K_i, K_d$  를 S로 나누었다. )

따라서 세 연산의 종합으로 이루어지는 MV의 연산 값은 다음과 같다.

$$MV = K_p * EV + \frac{1}{(K_i/S)} * \int EVdt + (K_d/S) * \frac{dEV}{dT}$$

따라서 어느 순간의 조작 값은 각 순간의 연산 값의 누적이므로 ( 즉,  $MV_n = \sum \Delta MV$  이므로 ), 각 순간의 연산 값을 구하기 위해 위의 식을 차분 방정식 꼴로 나타내면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다. 조작 값의 연산 식을 미분하면

$$\frac{dMV}{dT} = K_p * \frac{dEV}{dT} + \frac{1}{K_i/S} * EV + (K_d/S) * \frac{d^2EV}{dT^2}$$

꼴이 되므로, 이를 차분 방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta EV &= Kp*(EVn - EVn-1) + \frac{1}{Ki/S} \\ &*EVn + (Kd/S)*\Delta(EVn - EVn-1) \\ &= Kp*(EVn - EVn-1) + \frac{1}{(Ki/S)} *EVn \\ &+ (Kd/S)*(2PVn-1 - PVn - PVn-2) \\ (\because EVn &= SV - PV, \\ EVn-1 &= SV - PVn-1 \text{이므로,}) \\ \Delta(EVn - EVn-1) &= \Delta\{(SV - PVn) - \\ (SV - PVn-1)\} &= \Delta(PVn-1 - PVn) = \\ \Delta PVn-1 - \Delta PVn &= \{PVn-1 - PVn-2\} \\ - (PVn - PVn-1) &= 2PVn-1 - PVn - \\ - PVn-2 \text{ 이 됨을 알 수 있다.} \end{aligned}$$

여기서 비례 이득을 앞으로 끌어내어 전체 조작 값의 이득으로 삼는다면 최종적인 미분형의 PID 연산수식은 다음과 같이 정리되었다.

$$\Delta MV = Kp*\left\{ (EVn - EVn-1) + \frac{1}{Ki/S} * EVn + (Kd/S)*(2PVn-1 - PVn - PVn-2) \right\}^{[3]}$$

2. 2. PID Module을 사용한 산업체와 교육현황  
공장자동화 설비분야로 펜실바니아 주립대학 산업 공학과 에서 주장하였던 Low Cost Automation 에서부터 첨단화 장치까지 설비할 수 있는 PID Module은 A/D와 D/A Module과 조합하여 사용되어진 기기로 온도, 속도, 유량, 압력, 풍력 등의 장치에 SV를 설정하고 SV를 제어하도록 하는 방법과 현재 진행되고 있는 상태의 값을 관찰하여 현재 상태를 관측하는 방법과 더불어 온도, 속도, 유량, 압력, 풍력 등의 설비를 제어, 관측 및 설비하고 응용할 수 있는 분야이다.<sup>[4]</sup>

이 분야의 기존의 PID Module을 구현시킬 수 있는 실험장치는 없는 것으로 사료되어 개발에 착수 하였으며, 주로 산업현장에서 온도, 속도, 유량, 압력 제어로 사용되는 PID Module이 A/D, D/A Module, PLC CPU들과 조합해서 제어대상을 운전하는 제어 설비들이 사용되고 있으나 아직은 이 분야에 종사할 수 있는 중견직업인을 양성할 수 있는 교육이 미비하므로 PID Module 구현원리 시스템의 실험장치는 PID Module을 이용한 FA 분야에 도움이

될 것이다.

### 2. 3. PID Module의 구현 장치 기술

PID Module이 장착된 PLC1 실험 장치는 A/D, D/A Module이 장착된 PLC2 실험장치와 기능이 동일하다.

그림 1에서 전위차계는 1K $\Omega$ 이며 전위 차계 변환기는 전위차계의 값들을 4~20mA로 변환시키는 장치이다. 여기서 4 = 0을 의미한다. 기어 감속기 장착 3상 유도 모터의 기어 감속기 비는 120 : 1이며, AC 220V/60Hz 1550 rpm의 모터는 120/ 1550 하면은 12.9이므로 1분에 13회 회전한다. 감속기의 감속 비는 10 : 1이므로 13÷10=1.3이므로 1분에 1회 회전한다. 회전원판의 범위는 0~100%이며, 이것을 저항으로 표시하면 0~1k $\Omega$ 이며, 1K $\Omega$ 의 전류 범위는 0~19.9mA이다. 회전원판을 1회전했을 때는 5%(50 $\Omega$ ) 간격으로 20개의 눈금(50×20=1000)으로 나누어서 1k $\Omega$ 이 된다. 이 회전원판은 최대로 2회 회전할 수 없도록 정지 센서를 장착하였다. D/A Module은 출력장치에 붙은 기기이며, 변환기에 연결되어 3상 유도 모터를 구동한다. PVC, PVC는 A/D Module의 입출력을 나타내는 디지털 전류 계이다. PID Module은 반드시 A/D, D/A Module과 조합되어서 사용되어져야 한다.

그림 2의 과정은 SV를 달성하기 위해서 PLC1과 PLC2를 Data Link 통신을 하기 위해서 PLC1에 PID Module을 장착하고 PLC2에 A/D와 D/A Module을 장착하여 A/D Module의 값이 PID Module로 입력 연산되어 PLC1 CPU를 거쳐서 다시 D/A Module로 전송되고 이 때 PV는 A/D Module의 입력으로 PVC 표시 창에 나타난다. MV는 A/D Module의 출력으로 MVC 표시 창에 나타난다. 이 동작은 SV가 될 때까지 PID, A/D, D/A Module의 조합된 기능으로 인한 MVn=∑ΔMV가 3상 유도 모터를 정 역으로 회전시켜 SV로 접근시키도록 반복시킨다. 이 PV가 SV와 같아진다면 3상 유도 모터는 정지하며 회전판의 %의 눈금을 가리키는 지시바늘도 정지한다. P, I, D의 상수 값의 범위는 의도한바 대로 설정하여 PV가 SV로 E 없이 빨리 접근하도록 연산되어 D/A Module로 출력하는 것이 PID Module의 원리이다. 이 때 P, I, D 설정 값의 결과는 D/A Module과 MVC의 표시 창에 모터의 속도를 결정하는 값으로 나타난다.

그림 3은 PID Module 구현시스템 흐름도의 시작에서 ➡ A/D Module로 ➡PID Module로 ➡이상이

발생하면은 입력으로 되돌아간다. 정상적이면은  
 ➡D/A Module로 ➡제어대상으로 ➡아직 SV가 달  
 성되지 않았으면(센서의 감지로) ➡A/D로 가고 SV  
 가 달성되면은 종료되고 제어대상은 정지된다. PLC  
 1은 PID Module의 연산작업을 실행 되도록 한다.  
 PLC2는 A/D, D/A Module에서 구현 프로그램을  
 이행하도록 한다. PLC1과 PLC2의 Data Link 통신  
 이 설정된 연산자에 의해서 이행된다.

그림 4는 감속기, 전위차계, 전위차계 변환기, 기  
 어 감속기 장착 모터를 서로 같은 축에 결합하여서  
 이 감속된 회전력은 %눈금으로 분할 된 회전원판  
 에 정. 역으로 회전시키면서 PID Module에 설정된  
 P, I, D 연산 값을 이행하도록 되어있다. 3상 입력  
 전원 (R,S,T)단자에는 3상 전원이 공급되고, 3상 출  
 령단자(U,V,W)는 3상 유도 모터에 연결되고, MV  
 단자는 A/D Module의 출력에 연결되고, PV단자는  
 A/D Module의 입력에 연결시키므로 구현 시스템이  
 운전된다.

#### 2. 4. PID Module의 기술적인 제언

본 발명의 목적은 PID Module이 산업체의 생산  
 라인에 설비되어 활발하게 사용되고 있으나 학교  
 교육에서는 거리감이 있으므로 PID Module를 자동  
 화설비 실험기자재로 사용하기 위해서 PID Module  
 를 구현시킬 수 있는 실험 시스템으로 제공됨이 필  
 요 하다 여겨진다. 본 발명의 또 다른 목적은 이  
 PID Module의 구현원리 연구와 실험을 통한 교육  
 으로 현 산업체 공장의 온도제어, 압력제어, 속도제  
 어 등을 설비할 수 있는 능력과 방법 및 PID로 설  
 비되어 있는 장치를 제어 및 A/S 하는데 적합한  
 중견직업인을 양성하는데 있다. 이와 같이 본 발명  
 은 PID와 A/D, D/A Module을 조합해서 사용되어  
 지는 이론적인 원리 및 기술과 방법을 제시하고, 연  
 구 분석하여 산업분야에 다양하게 응용할 수 있는  
 응용력을 기를 수 있음을 제언한다.<sup>[5]</sup>

### 3. PID Module의 구현원리 시스템 구성과 기능

#### 3. 1. PID Module 구성과 기능

그림 1의 PID Module 구현 원리 시스템에 사용  
 된 부품과 규격은 다음과 같다.

- ①기어 감속의 비 : AC220V 60HZ 120 : 1
- ②속도감속기의 비 : 10 : 1

- ③전위차계 : 1kΩ 10turn
- ④전위차계 변환기 : 입력 : 0~1kΩ, 출력 : 4~20mA
- ⑤조작 값(MV) 전류계 : 0~20mA
- ⑥현재 값(PV) 전류계 : 0~20mA
- ⑦회전원판 눈금 범위 : 0~100%=0~1kΩ=4~20mA
- ⑧3상 전원 입출력 플러그 단자
- ⑨인버터 3상 입출력단자와 디지털 입력, 가변저  
 항, 전류입출력 단자 및 정보단자
- ④전위차계 변환기는 구현 장치 뒤에 있으므로 보  
 이지 않기 때문에 점선으로 그 모형을 표시하였다.  
 전위차계 변환기는 1KΩ의 전위차계가 3상 유도  
 모터가 회전할 때 회전원판에서 저항 값을 지시한  
 다. 지시 바늘의 움직임에 따라 지시된 저항 값을  
 읽어서 4~20mA 범위 내에서 mA의 전류 값으로  
 변환시킨다. 변환된 PVC(M) (현재 값 전류계)은 현재  
 값을 PVC(M) 표시 창에 나타낸다.

A/D와 D/A Module를 동시에 조합하여 사용된  
 PID Module 구현장치는 SV를 달성하기 위해서  
 A/D Module의 값이 PID Module로 입력되어 연산  
 되고 PLC CPU를 거쳐서 다시 D/A Module로 전  
 송된다. 이 때 PV는 A/D Module의 입력을 PVC(M)  
 으로 표시된다. 또 MV는 A/D Module의 출력으로,  
 MV는 MVC(M) (조작 값 전류계)으로 표시된다. PV  
 와 MV는 A/D Module의 입출력 값을 의미하며,  
 PID Module에 공급되는 아직 목표 값에 못 미친  
 Data 값과 연산되어 출력되는 Data 값이 D/A로 전  
 송되는 과정에서 값의 변화를 알기 위한 디지털 값  
 표시 창으로 사용된다.

이 PID 연산동작은 SV가 될 때까지 반복되어진  
 다. P, I, D 상수 값의 범위를 PLC 실험장치의  
 BCD S/W에서 0~9999사이에서 원하는 값을 설정  
 하고 프로그램에서 GET 명령으로 설정 값이 설정  
 되어서 실행되는 것을 PC Ladder Monitor에서 확  
 인된다. 이 때 P, I, D 설정 값의 결과는 D/A  
 Module의 디지털 창과 MVC(M)에 모터의 속도 값으  
 로 나타난다. P, I, D 설정 값의 크기에 따라서 SV  
 의 접근시간이 결정된다. D/A Module의 출력은  
 변환기를 통해서 기어 감속기 장착 모터와 결합된  
 감속기에서 감속된 회전력을 전위차계로 1KΩ의  
 범위 내의 저항 값으로 나타낸다. 3상 유도 모터는  
 정. 역으로 회전하면서 SV로 접근하는 과정을 보인  
 다. 이때 회전지시 바늘은 PID Module에서 연산된  
 순간적인 MV를 지시하며, MV를 감속된 회전력에  
 의해서 원형 눈금 판의 회전바늘이 지시한 %눈금  
 (저항 값)으로 보여준다.

시스템구성은 PV와 MV를 나타내는 MVC(M),  
 PVC(M), 3상 전원단자(220V R,S,T), 출력전류단자

(U,V,W), 및 회전원판(0~100%)과 눈금을 지시하는 회전바늘, 전위차계, 전위차계 변환기, 감속장치, 변환기, 3상 유도모터 등으로 구성되어있다.

### 3. 2. PID 구현 시스템의 원리분석

그림 1은 PID Module 구현원리 시스템이다.

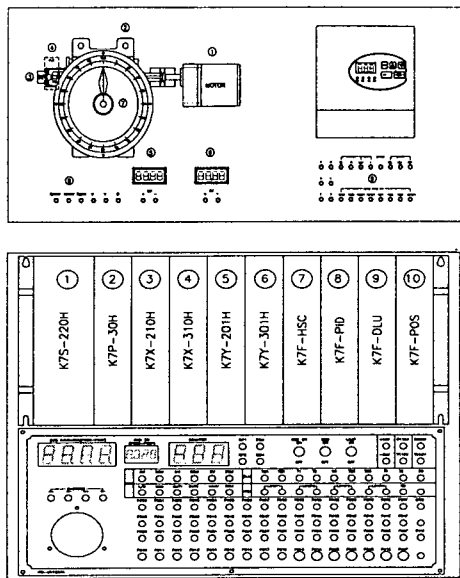


그림 1. PID Module 구현원리 실험실습 시스템  
Fig. 1 System of Experiment & Practice of the principle implementation of PID Module

직접 온도, 압력, 속도 등을 제어하기 위한 실험장치는 아니다. 온도, 압력, 속도 등을 제어 및 설비의 원리를 실험을 통해서 연구해보는 장치이다. PID Module은 단독으로 사용된 것이 아니며 반드시 A/D, D/A Module이 조합해서 사용되어 진다는 것을 밝힌다. PID의 구현 원리의 핵심인 P, I, D 수식에서 밝힌 대로 P, I, D 상수 값을 조건에 따라서 설정하여 그 설정된 SV를 제어하는 데 걸리는 시간이 어느 정도의 빠른 값에서 E 없이 정밀성 있게 되느냐를 알아본다. P, I, D값의 크기에 따라서 처리되는 Td, Ti와 E의 변화율이 결정된다.

이 시스템에서는 SV설정은 PLC 실험 장치에서 A/D의 OFF SET/GAIN 값을 설정하는 가변 볼륨 전류계로 설정한다. 이때 SV로 설정된 값과 값의 변화는 A/D 표시 창에서 관측된다. PID Module의 연산 값의 순간적인 누적  $MV_n = \sum \Delta MV$ 은 A/D Ch2의 입출력으로 되며, 출력은 MV가 된다. mV는

D/A와 변환기를 통해서 1분에 1회전하는 감속 모터를 정. 역으로 회전시키면서 SV에 접근함으로써 처리되는 과정을 충분히 관찰할 수 있다. D/A Module의 출력은 직접 모터를 회전시킬 수 없으므로 반드시 변환기를 거쳐서 모터를 회전시킨다. 여기서 변환기는 D/A와 모터 사이에 있어야 하는

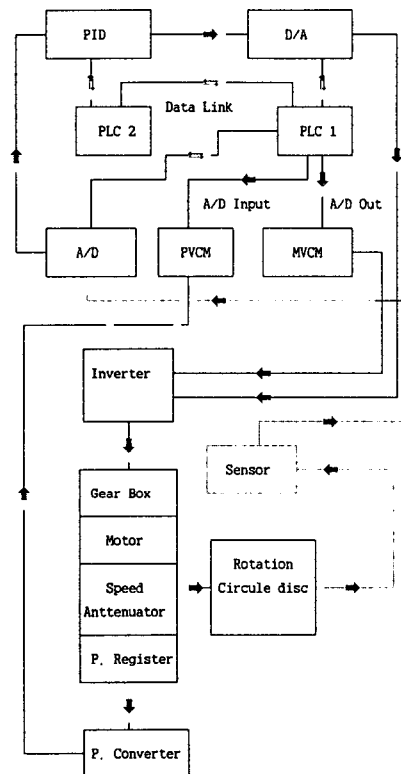


그림 2. PID. M 구현 시스템 블록 다이어램  
Fi g. 2 A Block Diagram of Implementation System in PID Module

Interface Unit이다. PID와 A/D, D/A Module은 PLC 1, 2 실험 장치 Slot 6, 7에 장착되어 있다. PID는 검출 출력을 받아야 함으로 반드시 PLC CPU가 있어야 연산을 하게 되어 있다. 그리고 PID, A/D, D/A 3개의 Module들은 Feed Back 출력을 송수신해야 됨으로 PLC CPU가 없으면은 통신 및 연산제어를 할 수 없다. PID Module의 구현 실험은 PID 구현 시스템, 변환기, PLC CPU를 보유한 PLC 실험장치 이 3개의 부분들을 조합해야만 PID Module의 구현 원리 실험을 할 수 있다.

그림 1, 2는 PID Module 구현 시스템 원리 연구

및 실험을 할 수 있는 시스템으로 크게 3가지로 3 상 유도 모터와 감속장치, 변환기, PLC 실험 장치로 구분된다. 이 시스템은 SV를 PLC 실험장치에 장치된 A/D Module OFFSET/GAIN 값을 설정하는 가변 볼륨 전류계로 설정한다. SV가 E 없이 접근할 수 있도록 Kp(0.01~100.00%), Ki(0.1~3000.0%), Td(0.0~3000.0%)를 설정범위 내에서 P. I. D 설정 값을 BCD S/W의 0~9999 사이에서 설정할 때 PV가 SV로 접근시키는 연산을 한다.

이 연산 자체는 PLC1 CPU와 연합해서 연산을 하며 또 순간 순간의 연산된 값을 D/A로 전송을 해야한다. 또는 SV에 미달된 값은 Feed Back시켜 다시 A/D Module을 통해서 PID Module로 전송하도록 진행시킨다. 여기서 PLC2 CPU는 D/A와 A/D 간에 Data가 통신되도록 단일 기본 장치 Slot 6, 7에 장치되어 있다.

이 원리를 연구하므로 PID Module 구현 시스템은 온도, 속도 등을 제어하는 장치를 연구할 수 있는 동기가 된다. 여기서 센서는 예를 들어서 실질적으로 온도제어를 한다고 했을 때 온도를 감지하여서 A/D Module로 전송하는 역할을 한다. PLC1과 PLC2는 Data Link 통신하도록 통신 연산자를 설정해야한다. PID, A/D, D/A의 조합으로 연산되어진  $MV_n = \sum \Delta MV_n$ 이 SV로 접근하는 과정을 모터를 통해서 나타내었다. 여기서 PLC1과 PLC2를 통신할 수 있는 통신 프로그램과 그림 2의 시스템 블록 다이어그램의 흐름의 과정은 그림 5에 의해서 설명되어졌다. A/D, D/A Module을 운전할 수 있는 프로그램은 A/D, D/A 초기조건에 맞추어서 설계한다. 그림 1, 2, 3을 통해서 PID 구현 원리의 연구 및 관찰할 수 있는 분야는 다음과 같다.

- 1) PLC1과 PLC2의 Data Link 통신
- 2) 3상 유도 모터를 단계적으로 감속시켜서 관찰 할 수 있도록 속도제어 방법으로 회전판에 저항 값을 결정 구분하고 지시바늘로 지시된 값을 전위차계의 값과 일치시키는 방법.
- 3) 전위차계의 저항 값을 전위차계 변환기로 변화시켜 4~20mA의 전류출력으로 이끌어 내는 방법과 PVCMM으로 전송하는 방법.
- 4) 모터의 회전속도 값인 A/D 출력 값이 MVCMM와 변환기를 통해서 3상 유도 모터를 동작 시키도록 하는 변환기 이용 방법
- 5) PID, A/D, D/A Module의 조합 프로그램 설계 방법.
- 6) A/D Module의 가변볼륨 전류계로 SV 설정방

법과 P, I, D 정수를 설정범위 내에서 설정 방법,

- 7) SV으로 접근하는 처리 값의 파형 분석(Digital Recorder).
- 8) 앞의 1), 2), 3), 4), 5), 6) 등으로 종합 분석할 때에 이 실험시스템을 통해서 PID Module의 구현 원리를 습득 및 연구하여 PID Module이

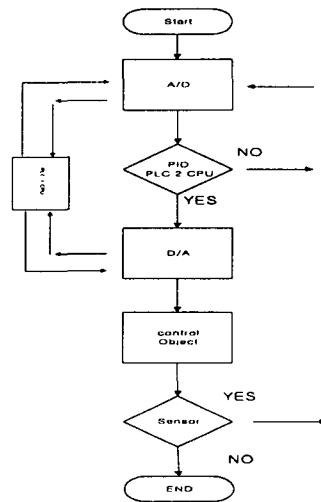


그림 3. PID. M의 구현 시스템 흐름도  
Fig. 3 Flowing Diagram of Implementation System in PID Module

A/D, D/A와 조합해서 이용되어질 분야를 연구 분석할 수 있다.<sup>[6,7,8]</sup>

- 9) 그림 1에서 센서부분은 빠졌습디만 제어대상 분야 하면은 PID에서는 당연히 있어야 하는 부분이지만, 여기서 센서가 빠진 것은 실제의 사항이 아닌 PID 구현 원리 연구장치이기 때문에 그림 1에는 없다.

그림 3에서 PLC1과 PLC2는 서로 Data Link 통신을 PLC1에 장착된 PID와 PLC2에 장착된 A/D, D/A로 하도록 되어있다. 전위차계 변환기는 전위차계의 눈금을 연산해서 PVCMM으로 전송하면 디지털 창에 연산된 값을 나타낸다. 이때 원형회전판에는 연산된 값을 저항 값으로 나타내어 회전바늘이 연산 요인인 저항 값을 지시한다. 여기서 기어 감속기, 모터, 전위차계, 원형 회전판 및 회전바늘은 하나의 축에 연결되어 기능을 나타낸다. 그리고 PLC2에 장착되어 있는 A/D Module (Ch2)의 출력은 MV가 변환기를 경유해서 MVCMM로 전송되며,

MVCM 창에 모터의 회전속도를 의미하는 MV를 나타낸다. 그리고 A/D Module (Ch2)의 입력은 PVCCM으로 전송된다. 전위차계 변환기에서도 PID 연산 값으로 인한 4~20mA의 출력을 PVCCM로 전송시켜 합성으로 PV를 나타낸다. 그리고 결과적으로 PV가 SV에 접근하지 못했을 때는 Data를 MVCM나 PVCCM로 계속적으로 전송하면서 동시에 A/D Module로 전송한다. A/D는 다시 PID Module로 SV에 못 미친 Data를 전송한다. 여기서 센서를 가상적으로 첨가한 원인은 실질적으로 온도제어를 한다고 했을 때 제어대상에서 SV의 온도에 못 미쳤을 때에 센서에서 감지하여 A/D를 통해서 PID로 감지된 Data 값을 전송해야 되기 때문에 예를 들어서 나타내었다. 결과적으로 설정하였던 SV에 못 미쳤을 경우에는 계속적으로 SV를 달성하기 위해서 PID와 제어대상 사이에 Feed Back 시키는 방법으로 PLC1에 장착된 PID Module과 PLC2에 장착된 A/D, D/A Module 사이에 미달된 Data 값을 Data Link 통신을 통해서 달성될 때까지 PID Module이 계속적인 누적된 연산을 하도록 하는 과정이다.

그림 4는 PID Module에서 순간 연산되어진 누적된 결과가 연속해서 SV에 접근되기까지의 과정을 모터의 움직임을 통해서 관찰하기 위한 것이다. 여기서 모터속도를 최소한 낮추어야 되므로 1분에 1회 회전하는 회전속도가 되도록 감속시키는 감속단계로 모터의 회전속도는 앞에서 언급한 바와 같이 기어 감속기와 감속기 장착으로 낮추어 1550 rpm 모터가 원형저항 판을 가리키는 바늘을 1rpm으로 회전하게 만든다. 원형 회전판에는 Max 1K $\Omega$ 으로 설계되어 있기 때문에 원형 판을 20등분하여서 1간은 50 $\Omega$ 이므로 1K $\Omega$ 이다. 1분에 1회전하는 량을 용량이 입력 1K $\Omega$ , 출력 4~20mA인 전위차계 변환기로 출력시킨다. 다시 용량이 4~20mA인 PVCCM으로 전송해서 A/D Module의 출력과 같이 PID의 순간 순간의 연산 값을 나타낸다. 이 값은 모터의 회전속도로 지시바늘이 회전원판에서 저항의 눈금 값을 가리키도록 되어 있다.

그림 5는 PUT, GET 명령으로 P, I, D 동작이 PID Module에서 구현되도록 A/D, D/A Channel 1, 2를 사용해서 설계된 프로그램이 PLC 1, 2와 PC간에 통신하도록 ①, ②, ③으로 설명하였다.

①에서 PLC1의 6번지에 장착된 PID Module이 Channel 1, 2번지에서 각 루프의 수동자동운전을 설정하고, 2번지에서 각 루프의 정, 역동작을 설정하고, 3번지에서 경보설정을 한다. P0번지에서 PID의 디지털 S/W를 초기조건으로 설정하고, 위의 번지 0, 1, 2, 3까지의 4Word는 PUTP 명령으로 D0번지

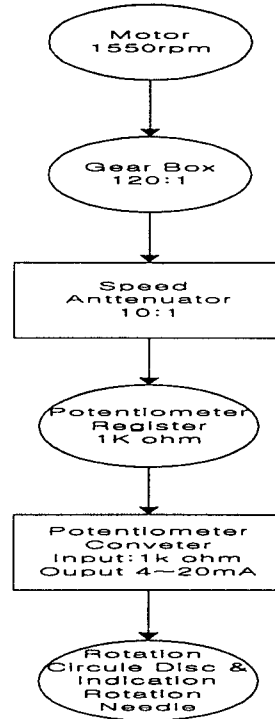


그림 4. 회전원판과 속도제어장치 흐름도  
Fig. 4 Flow Diagram of velocity Control of Device & Rotation Circulation Face

에서 수신한다. PLC1의 a접점 F010, P061이 ON 시킨 PUT명령으로 설정한 각 Loop의 SV와 PV를 설정한다. 각 Loop의 MV 상. 하한 한계 값과, PLC1의 a접점 P010, P011, P012로 On 시킨 PUT 명령으로 설계된 P, I, D의 상수 값을 설정한다. GET 명령으로 P, I, D 설정 정수 값을 디지털 S/W로 입력할 수 있도록 하여서 3개의 정수 값을 변화시킬 때 PV가 SV로 접근하는 시간과 E를 관찰 할 수 있도록 설계된 프로그램이다.

②에서 PLC1의 자국번호 h08과 Local로 송신 주소(TXAddr)D0011에서 2Word로 송신한다. PLC2의 h08과 수신주소(RXAddr)D0011에서 2Word로 수신한다. PLC2에서 자국번호 h01에서는 Local로 송신 주소 D0050로 4Word를 h01로 송신한다. PLC1의 h01은 Local로 수신 번지 D0050에서 4Word로 수신한다. PLC1의 PID프로그램에서 밝힌 사항 등을 PLC2의 자국번호 h01로 통신하고, PLC2에서 h08은 A/D & D/A Module의 프로그램을 PLC1의 자국번호 h01로 통신하므로 PID Module에서 PLC1 CPU와 조합으로 D/A → A/D → PID → D/A로

Feed Back 할 수 있도록 하는 통신 연산자 Menu 이다.

③에서 A/D & D/A Module은 PLC2 Slot의 6, 7번지에 장착된 Module로서 A/D Module에서는 PLC CPU Register에서 사용 Channel 1, 2를 지정

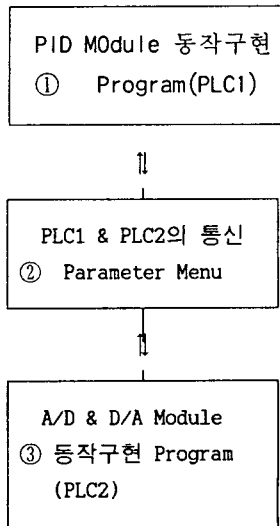


그림 5. PID & A/D & D/A 구현 Program  
Fig . 5 Implementation Program of PID & A/D & D/A

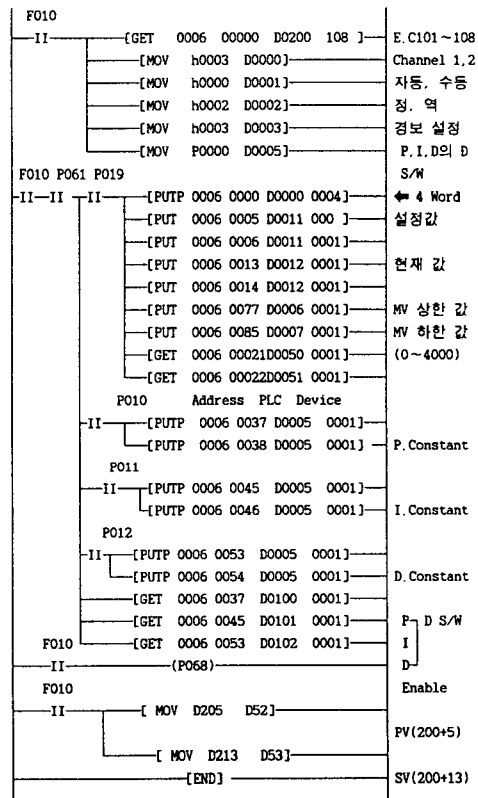
한다. 0번지에서 PUT 명령으로 입력범위를 1V~5V(4~20mA)로 지정하여 전위차계 변환기에서 전송되어오는 PV값을 수신한다. 입력접점 F010, F061 F013으로 On 시켜 Buffer Memory 22번지의 Set Data는 Channel 지정, 입력범위지정, 평균처리 지정 등의 설정된 Data를 A/D Buffer Memory로 전송해서 저장한다. a접점 F010으로 ON시킨 GET명령은 사용 Channel 1의 디지털 출력 값을 D0011에서 수신한다.

D/A Module은 PID Module에서 전송된 연산된 순간 값을 변환기, PLC를 통해서 Motor를 정. 역으로 회전시켜 SV로 접근하는 과정을 의미한다. PLC 1의 Slot 6번지에 장착된 PID Module의 구현 프로그램에서 a접점 F010으로 ON시켜 MOV 명령으로 D205에서는 SV을, D213에서는 PV을, D52, D53번지로 전송시킨다. D/A Module에서 CMP 명령으로 수신 비교(F120, F123)하여서 PLC2의 출력 접점 P050과 P052에서 변환기를 통해서 모터를 정. 역으로 구동시킨다. 프로그램은 그림 2의 과정대로 PID Module이 장착된 PLC1과 A/D, D/A Module이

장착된 PLC2와 통신하고, PID Module에서 P, I, D상수를 이 미로 BCD S/W에서 설정하여서 SV까지 접근되도록 모터의 속도를 P, I, D값으로 제어하여 정. 역으로 회전시켜 관찰할 수 있는 과정을 구현시키도록 설계된 프로그램이다.

### 3. PID, A/D, D/A Module 구현 원리 시스템 프로그램과 PC & PLC 통신 연산자 Menu

#### 3. 1. PID Module 동작 구현 프로그램(PLC1)



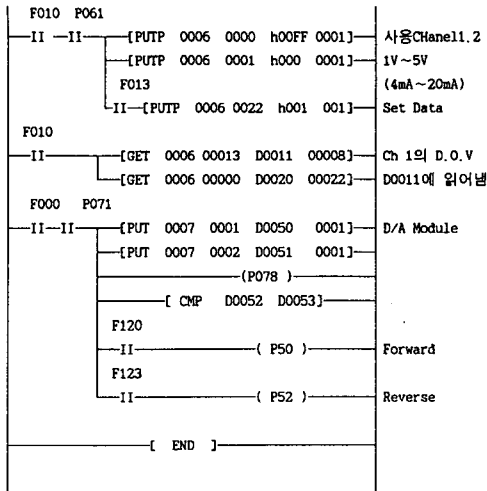
P060 : Watch Dog Time(D/A,A/D),

P061 : D/A, A/D 변환 Ready, Interlock사용 (W/R)

P068 : Output Enable(D/A), P062~P067 : 사용 불가 (PID)

#### 3. 2. A/D, D/A Module 구현 프로그램(PLC2)





3. 3. PC & PLC와 PID, A/D, D/A Module 통신  
연산자 Menu

표 1. h01의 통신 Menu(PLC1)

SelfStation : h01						
Link Enable : Yes Access Protect Enable : NO						
Remote Sync Enable : NO Write Pprotect Enable : NO						
NO	Station	Type	TX Addr	Number	RX Addr	Number
01	h08	Local	D0011	02	*****	**
02	h01	Local	*****	**	D0050	04

표 2. h08의 통신 Menu(PLC2)

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	Local	*****	**	D0011	02
02	h01	Local	D0050	04	*****	**

4. PID Module 구현 원리  
실험결과

4. 1. PV가 SV에 접근시간 및 모터의  
속도 값

표. 1 P. I. D의 설정 값과 PV와 SV관계

Table 1. Relation of PV & SV, & Set  
Value of P. I. D

P	I	D	T	Remark
Initial Value : 500	Initial Value : 1000	Initial Value : 000	Counter Colck & Under Counter Clock	SV: 7~15mA
6000	2000	3000	33sec 33sec	Kp=6000 > 1.v PV→SV(F)
800	2000	300	38sec 34sec	800 < 6000 PV→SV(S)
6000	700	300	32sec 32sec	700 < 1.v PV→SV(F)
1000	9000	200	38sec 35sec	9000 > 700 PV→SV(S)
6000	9000	000		E의 변화율 약함
6000	9000	4000		E의 변화율 강함

PV가 SV에 접근하는 접근시간 및 모터의 속도 값은 표 1과 같다. 이 표의 P. I. D의 SV에 의한다면, 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. 결과를 분석 할 때 기존의 이론과 맞아들어 갔다. P. I. D의 SV은 PLC 실험장치에서 BCD S/W로 0~9999사이에서 설정하였다. 목표 값인 SV는 7~15mA 사이에서 A/D Module의 OFFSET /GAIN 전류계로 시계방향과 반 시계방향으로 회전 시키면서 설정하였다.

4. 2. PID Module 구현 원리 시스템을 이용한  
실험 과정

다음 각 항목들은 구현원리 시스템의 실험을 통해 밝혀진 결과로 실험을 할 수 있는 항목들이다.

- 1) PLC 1과 PLC 2의 Data Link 통신
- 2) 3상 유도 모터속도를 단계적으로 감속시키는 과정과 회전판에 전위차계 저항 값을 결정구분 하고 지시바늘로 지시된 값을 전위차계 변환기 가수신 및 변화시켜 4~20mA의 전류 출력으로 이끌어내는 결선 방법과 PV 전류계로 송신 과정

- 4) 모터의 회전속도 값인 A/D 출력 값을 MV 전류계를 경유해서 변환기를 통해서 3상 유도 모터를 동작시키도록 하는 변환기 이용 과정
- 5) PID, A/D, D/A Module의 조합 프로그램 설계
- 6) A/D Module의 Channel 2 가변볼륨 전류계로 SV 설정방법과 P, I, D 정수를 설정범위 내에서 설정방법, SV로 접근하는 과정 값의 파형 분석과정(Chart Recorder 이용)
- 7) 앞의 1), 2), 3), 4), 5), 6) 등으로 종합 분석할 때에 이 실험시스템을 통해서 PID Module의 구현 원리를 습득 및 연구하여 PID Module이 A/D, D/A와 조합해서 이용되어질 첨단화 FA분야를 분석 할 수 있다.
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

## 5. 결 론

- 1) 본 개발 시스템을 이용하여 PID Module의 구현과 사용 및 응용방법 그리고 A/D, D/A Module과 조합해서만 구현되어진다는 것을 인식시켰다.
  - 2) 개발 제작되어진 시스템의 실험을 통해서 얻어진 결과는 기존의 이론과 잘 맞아들어 갔다.
  - 3) PID Module 구현원리 시스템을 터득 및 연구함으로써 산업현장의 온도, 유량, 속도, 압력, 풍력 등을 제어 및 관측하는 장치에 PID Module를 이용 및 그 밖의 산업자동화 첨단설비에 응용할 수 있는 응용력을 기르는데 이 시스템의 목적이 있다.
- \* 끝으로 장비제작에 협조해주신 금천산업 직원들에게 감사드린다.

## 참고문헌

1. 權旭鉉, 朴宰賢, 長來赫, "PLC 관련기술의 동향과 Program에 대한 연구", 전자공학회지, VOL. 23 NO.12. 1996
2. 김태성, 위성동, "PLC를 사용한 지능형 교통 신호 제어 설비 구현", 전기전자재료학회지, Vol.11, No.1, 1998. 1
3. "MASTER-K 시리즈(기술 자료)", LG 산전
4. 위성동, 김태성, "PLC 출력구동을 위한 Wired Logic for Type Unit에 관한 연구", 1999年 3月 電子工學會誌 第 36卷 T編 第 1號
5. 박재혁, "개방형 생산자동화 시스템 기술 동향", 전자공학회지, VOL. 26 NO. 3. 1999