

PID Module 구현 원리 시스템에 관한 연구

논문
12-10-24

A Study on System of PID the Module Principle Implementation

위성동*, 권병우**, 김태성***

(Sung Dong Wee*, Beung Moo Kwon**, Tae Sung Kim***)

Abstract

The three constants value of PID measuring derivative equation with setting the constants value among P(500~9000), I(60~9000), D(000~9000) are followed as the matter of to be known to practice with control system designed and developed the experiment that the PV approaches to the aim value of the SV. The first, a standard program is designed to study the principle implementation of PID module. The second, it is known that the PID module should be used together with A/D, D/A module. The third, in Kp, Ti, Td, due to the setting value of three constants in equation MVp, MVi, MVd, is analyzed a varied rate of E through the experiment of developing system and PMU, the process value is approached to the aim of value, 1) If Kp is high, PV converges fast to the SV, while if Kp is small, PV converges slowly to the SV. 2) If Ki is low, PV approaches fast to the SV, while if Ti is high, PV approaches slowly to the SV. 3) If Td is high, the range of E is constrained strictly not to increase, but Td is small, the range of E is constrained rather loosely and so on, thus it is known to be corresponded to the value of experimental result of convention. With upper experiment, general using of PID module should be improved the temperature error, this problem is predicted previously that should be faster than 0.1sec in an operation time of conventional manipulation value.

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

1. 서 론

최근 산업이 첨단화되어 감에 따라 온도, 압력, 속도 등의 정밀을 요구하는 기계 장치에 PID 모듈이 사용되고 있다. 그러나 PID 모듈에 대한 이용도는 크게 활용되지 않고 있으므로 산업 현장에서 활성화시키기 위해 이 분야를 논하고자 한다. PID 모듈의 원리인 연산 측정값 미분방정식은 $\Delta MV_p = K_p(EV_n - EV_{n-1}) + S/K_i \cdot EV_n + K_d/S(2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2})$ 이다. 이 방정식에서 세 정수인 비례정수 P, 적분정수 I, 미분정수 D 값을 설정하여 현재값 PV가 목표값

SV로 편차 E가 현재값 편차 EVn의 미소한 범위 내에서 접근하는 정밀 제어 원리를 구현 할 수 있는 시스템을 설계 제작하였다. 이 시스템을 통해서 PID 모듈 구현 원리를 분석할 수 있는 조건으로 PID 모듈은 PLC2 장착 장치에, A/D, D/A 모듈은 PLC1 장착 장치에 장착하고 DLU 통신으로 조합된 구현 시스템 하에 P, I, D의 제어 동작이 구현되는 비례, 미분, 적분 방정식은 아래 P, I, D 수식과 같다.

P 수식 : $MV_p = K_p \cdot EV$

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

D 수식 : $MV_d = T_d \cdot d/dt EV$

여기서 P정수 설정 범위는 0.01~100.00% 이며, I정수 설정 범위는 0.1~3000.00Sec이며, D정수 설정 범위는 0.0~3000.00Sec로 PLC2 장치에서 BCD S/W로 설정 범위 0~9999 내에서 다음과 같은 P, I, D의 정수값 P(500~9000), I(60~1000).

* : 송원대학 전자과

** : 전남대학 대학원

*** : 전남대학 공과대학 전기공학과

1999년 7월 15일 접수, 1999년 8월 17일 심사완료

<'99 춘계학술대회에서 추천된 논문임>

D(0000~9000)들을 설정하고 현재값이 목표값으로 미소량의 편차 EV_n 으로 접근되는가를 실험한 결과 Master-K 기술자료 P4-2~4의 기존의 실험결과 (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 약함)에 대응하였다¹⁾.

문제점으로 ①E를 미소량으로 줄이기 위해 PV가 SV로 접근하는 과정에서 저항 눈금을 지시하는 지시 바늘의 회전속도가 시계방향과 반 시계방향에서 시차가 발생하였다. ②산업현장에서 단순히 설정된 온도만 올리는 장치에서는 PID 기능을 보유한 온도 제어기와 SCR 펄스의 사용이 범용화 되었던 것은 P, I, D 상수를 설정하지 않으므로 간단하고 EV_n 범위가 적은 편이기 때문이다. 따라서 PID 모듈의 활성화는 온도 편차 보정이 개선되어야 한다. 소수점 이하의 온도에서는 조작값 연산 주기가 0.1보다 빨라야 한다.

본 논문의 목적은 PID 모듈 구현 원리를 분석하기 위한 제작 시스템으로 현재값 PV가 목표값 SV로 접근하는 사이에 발생하는 편차 E를 미소량으로 하고 저 이미 설정된 P, I, D 정수값에 의해서 적분시간 T_i 와 미분시간 T_d 가 적당한 제어량으로 되어짐에 따라 $PV \approx SV$ 되어 PID 정밀 제어가 성취되어 범용화 하는데 있다.

이 연구 결과는 제작된 시스템의 실험 과정을 분석함으로 산업 현장의 온도, 장력, 배합, 속도, 유량 등을 제어하는 자동화 설비에 응용할 수 있으며, 시스템의 정밀 제어를 분석하여 엔지니어가 의도한 바의 목적 달성을 예측할 수 있을 뿐만 아니라, PID 모듈을 사용한 그 장치의 연구, A/S 및 설비를 할 수 있는 고도한 기술과 지식을 얻을 수 있는 데도 본 논문의 의미가 깊다²⁾.

2. PID 모듈 기술 이론

2-1. PID 연산 수식의 도출 과정

PID(Proportional Integral Derivative)구조는 대상으로부터 측정된 현재값을 사용자가 설정한 목표값과 일치시키기 위해, PV와 SV의 차이, E와 PV등을 비례동작(P), 적분동작(I), 미분동작(D)등으로 연산 처리하여 적절히 제어된 출력값 MV를 결정하게 된다. 따라서 MV는 각 연산처리 값의 합으로 표현될 수 있다. 여기서 설정값은 목표값을 의미

한다 첫째, 비례동작은

$$MV = K_p * E = K_p * EV \quad (1)$$

이며, 둘째 적분동작은($T_i \equiv K_i$)

$$MV = 1/T_i * \int EV dt = 1/(T_i/S) * \int EV dt \quad (2)$$

셋째, 미분동작은

$$MV = T_d * dEV/dT = (T_d/S) * dEV/dT \quad (3)$$

(여기서 S는 제어주기 값으로, 적분정수와 미분정수를 주기의 단위로 표현하기 위해 T_i, T_d 를 S로 나누었다.)

따라서 수식 (1), (2), (3)을 종합으로 이루어지는 MV의 연산 값은 식(4)과 같다.

$$MV = K_p * EV + 1/(T_i/S) * \int EV dt + (T_d/S) * dEV/dT \quad (4)$$

따라서 어느 순간의 조작값은 각 순간의 연산값의 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. 조작값의 연산식을 미분하면 식(5)의 꼴이 되므로

$$dMV/dT = K_p * dEV/dT + 1/(T_i/S) * EV + (T_d/S) * d^2EV/dT^2 \quad (5)$$

이를 차분 방정식으로 나타내면 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta MV &= K_p * (EV_n - EV_{n-1}) + 1/(T_i/S) * EV \\ &\quad + (T_d/S) * \Delta(EV_n - EV_{n-1}) \\ &= K_p * (EV_n - EV_{n-1}) + 1/(T_i/S) * EV_n \\ &\quad + (T_d/S) * (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2}) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} (\therefore EV_n &= SV - PV_n, EV_{n-1} = SV - PV_{n-1} \text{ 이므로}) \\ \Delta(EV_n - EV_{n-1}) &= \Delta\{(SV - PV_n) - (SV - PV_{n-1})\} \\ &= \Delta(PV_{n-1} - PV_n) = \Delta PV_{n-1} - \Delta PV_n \\ &= \{(PV_{n-1} - PV_{n-2}) - (PV_n - PV_{n-1})\} \\ &= 2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2} \end{aligned} \quad (7)$$

이 됨을 알 수 있다. 식(6)에서 비례 이득을 앞으로 끌어내어 전체 조작값의 이득으로 삼는다면 최종적인 미분형의 PID 모듈 연산 수식은 식(8)과 같이

$$MV = K_p \{ (EV_n - EV_{n-1}) + 1 / (T_I / S) * V_n + (T_D / S) * (2PV_{n-1} - PV_n - PV_{n-2}) \} \quad (8)$$

되었다¹⁰⁾.

2. PID 모듈을 사용한 산업체의 교육 현황

장자동화 설비분야로 펜실바니아 주립대학 산업과에서 주장하였던 간이 자동화(LCA)로부터 화 장치까지 설비할 수 있는 PID 모듈은 A/D, D/A 모듈과 조합하여 사용되어진 기기로 온도, 속도, 유량, 압력, 풍력 등의 장치에 목표값 SV를 설정하고 SV에 접근 제어하도록 하는 방법과 현재 진행 중인 상태의 값을 관찰하여 현재 상태 PVn을 제어하는 방법과 더불어 온도, 속도, 유량, 압력, 풍력 등의 설비를 제어, 관측 및 설비하고 응용할 수 있는 분야이다¹¹⁾.

이 분야는 기존의 PID 모듈을 구현시킬 수 있는 장치나 장치가 없는 것으로 사료되어 개발에 착수하였다. 주로 산업 현장에서 온도, 속도, 유량, 압력 제어에 사용되는 PID 모듈이 A/D, D/A 모듈, PLC CPU와 조합하여 제어대상을 운전하는 제어설비로 사용되고 있으나 아직은 이 분야를 연구하여 고도 기술로 발전시킬 수 있는 곳은 연구소를 제외하면 찾기하므로, PID 모듈 구현 원리 시스템은 PID 모듈을 이용한 첨단 FA 분야에 도움이 될 것이다.

2-3. PID 모듈의 구현 장치 기술

PID 모듈이 장착된 PLC2 장치는 A/D, D/A 모듈이 장착된 PLC1 장치와 기능이 동일하다.

그림 1에서 전위차계는 1mV이며 전위차계 변환기는 위차계의 값들을 4~20mA로 변환시키는 장치이다. 여기서 4 = 0을 의미한다. 기어 감속기 장착 3상 유도 모터의 기어 감속비는 120 : 1이며, AC 220V/60 : 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 0~1k이며, 1k의 전류 범위는 0~19.9 A이다. 회전 원판을 1회전했을 때는 5% (50Ω)간격으로 20개의 눈금(50×20=1000)으로 나누어서 1mm이 된다. 이 회전판을 최대로 2회 회전할 수 없도록 정지 센서를 장착하였다. D/A 모듈은 출력장치에 A/D 모듈은 입력 장치에 연결된 기기이며, D/A는

변환기에 연결되어 3상 유도 모터를 구동한다. 현재 값 전류계 PVCm과 조작값 전류계 MVCM은 A/D 모듈의 입출력을 나타내는 디지털 전류계이다. PID 모듈은 반드시 A/D, D/A 모듈과 조합되어서 사용되어야 한다.

그림 2의 과정은 SV를 얻기 위해서 PLC1과 PLC2가 데이터 링크 통신을 하도록 PLC2에 PID 모듈을 장착하고 PLC1에 A/D와 D/A 모듈을 장착하여 A/D 모듈의 값이 PID 모듈로 입력 연산되어 PLC2 CPU를 거쳐서 다시 D/A 모듈로 전송되고 이때 PV는 A/D 모듈의 입력으로 PVCm 표시창에 나타난다. MV는 A/D 모듈의 출력으로 MVCM 표시창에 나타난다. 이 동작은 SV가 될 때까지 PID, A/D, D/A 모듈의 조합된 기능으로 인한 누적값인 $MV_n = \sum \Delta MV$ 가 3상 유도 모터를 정·역으로 회전시켜 SV로 접근시킨다. 결과적으로 PV가 SV와 같아진다면 3상 유도 모터는 정지하며 회전판의 %의 눈금을 지시하는 지시 바늘도 정지한다. P, I, D의 상수값의 범위는 의도한바 대로 설정하여 PV가 SV로 E 없이 정밀 접근하도록 연산되어 D/A 모듈로 출력하는 것이 PID 모듈의 원리이다. 이 때 P, I, D 설정값의 결과는 D/A 모듈과 MVCM의 표시창에 모터의 속도를 결정하는 값으로 나타난다.

그림 3은 PID 모듈 구현시스템 흐름도의 시작에서 A/D 모듈로 PID 모듈 이상 발생하면 다시 A/D 모듈로 되돌아간다. 정상적이면 D/A 모듈로 제어대상으로 아직 SV가 달성되지 않았으면(센서의 감지로) A/D로 가고 SV가 달성되면 종료되고 제어대상은 정지 상태로 돌려간다. PLC2은 PID 구현 프로그램 및 모듈이 연산작업을 실행하도록 한다. PLC1은 A/D, D/A 모듈이 구현 프로그램을 실행하도록 한다. PLC1과 PLC2의 데이터 링크 통신은 설정된 연산자에 의해서 이행된다¹⁰⁾.

그림 4는 감속기, 전위차계, 전위차계 변환기, 기어 감속기 장착 모터를 서로 같은 축에 결합하여서 이 감속된 회전력은 %눈금으로 분할된 회전원판에 정·역으로 회전시키면서 PID 모듈에 설정된 P, I, D 종합연산을 실행하도록 되어있다. 3상 입력 전원 (R, S, T)단자에는 3상 전원이 공급되고, 3상 출력단자 (U, V, W)는 3상 유도 모터에 연결되고, MV단자는 A/D 모듈의 출력에 연결되고, PV단자는 A/D 모듈의 입력에 연결시키므로 구현 시스템이 운전된다.

2-4. PID 모듈의 기술적인 제언

본 제작된 PID 구현 장치의 목적은 PID 모듈이 산업체의 생산라인에 설비되어 사용되고 있으나 고도의 기술 분석 차원에서는 거리감이 있으므로 PID 모듈 구현 시스템은 자동화 설비 연구 장치로 제공됨이 필요하다 여겨진다. 본 장치의 또 다른 목적은 이 PID 모듈의 구현원리 실험과 연구를 통해서 산업현장의 온도제어, 압력제어, 속도제어 등을 설비할 수 있는 능력과 방법을 의미하며, 본 구현원리 시스템을 분석하여서 PID로 설비되어 있는 장치를 제어 및 A/S를 할 수 있는 기술을 습득하면 첨단 FA분야에 도움이 될 것이다. 이와 같이 본 장치는 PID와 A/D, D/A 모듈을 조합해서 사용되는 원리 및 기술과 방법을 연구 분석하여 산업 분야에 다양하게 응용할 수 있는 응용력을 기를 수 있을 것이다¹⁾. 목표값으로 접근하는 과정에서 회전 원판의 시계 방향과 반시계 방향에서 시차가 발생하였던 부분은 앞으로 연구과제로 사료된다. PID 모듈이 활성화되지 않았던 점은 P, I, D의 설정값의 보정 문제에 따라 결정된다 하겠다. SV로 접근하는 처리값의 파형 분석에서 현재값 편차 EVn의 대소 관계는 P, I, D 정수 설정에 의한 모터의 속도에 기인된 정지상태의 안정도를 의미한 것이다.

3. PID 모듈의 구현원리 시스템 설계와 구성

3-1. PID 모듈 구성과 기능

그림 1의 PID 모듈 구현 원리 시스템의 설계와 구성은 다음과 같다. A/D, D/A 모듈을 동시에 조합하여 사용된 PID 모듈 구현 장치는 SV를 얻기 위해서 A/D 모듈의 값이 PID 모듈로 입력되어 연산되고 PLC2 CPU를 거쳐서 다시 D/A 모듈로 전송된다. 이 때 PV는 A/D 모듈의 입력을 PVCMM으로 표시한다. 또 MV는 A/D 모듈의 출력을 MVCMM으로 표시한다. PV와 MV는 A/D 모듈의 입출력 값을 의미하며, PID 모듈에 공급되는 아직 목표값에 못 미친 데이터 값과 연산되어 출력되는 데이터 값이 D/A로 전송되는 과정에서 값의 변화를 알기 위한 디지털 값 표시창으로 사용된다. 이 PID 연산 동작은 SV가 될 때까지 반복되어진다. P, I, D 상수값의 범위를 PLC1 장치의 BCD S/W 범위 0~9999 내에서 원하는 값을 설정하고 프로그램에서 GET 명령으로 설정값이 실행되는 것을 PC 사다리 표시창에서 확인한다. 이때 P, I, D 설정값의 결과는 D/A 모듈의 디지털창과 조작값 전류계에서 표시되는 모터의 속도값을 제어한다. P, I, D 설정값의 증감에 따라서 SV

의 접근시간이 결정된다. D/A 모듈의 출력은 변환기를 통해서 기어 감속기 장속 모터와 결합된 감속기에서 감속된 회전력을 전위차계로 1m의 범위 내의 저항값으로 나타낸다. 3상 유도모터는 정·역으로 회전하면서 SV로 접근하는 과정을 보인다. 이때 회전지시 바늘은 PID 모듈에서 연산된 순간적인 MV를 지시하며, MV는 감속된 회전력에 의해서 원형 눈금판의 회전바늘이 지시한 %눈금인 저항값으로 보여준다. 이 시스템 구성은 PV와 MV를 나타내는 MVCMM, PVCMM, 3상 전원단자(220V R, S, T), 출력전원단자 (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 원리 분석

그림 1은 PID 모듈 구현 원리 시스템이다. 온도, 압력, 속도 등을 제어하기 위한 간접적인 시스템이다. 즉 온도, 압력, 속도 등을 제어 및 설비의 원리를 실험을 통해서 연구 해보는 장치이다. PID 모듈은 단독으로 사용된 것이 아니며, 반드시 A/D, D/A 모듈이 조합해서 사용되어 진다는 것을 밝혔다. PID의 구현 원리의 핵심인 PID 연산 수식에서 밝힌 대로 P, I, D 정수값을 조건에 따라서 설정하여 그 목표값으로 설정된 SV를 제어하는데 걸리는 시간이 어느 정도나를 분석한다. P, I, D 값의 증감에 따라서 처리되는 Td, Ti와 E의 변화율이 결정된다. 이 시스템에서는 목표값 설정은 PLC1 장치에서 A/D의 OFF SET/GAIN 값을 설정하는 가변 볼륨 전류계로 설정한다. 이때 SV로 설정된 값과 값의 변화는 A/D 표시창에서 관측된다. PID모듈의 연산값의 순간적인 누적값 $MV_n = \sum \Delta MV$ 은 A/D Ch2의 입출력으로 되며, 출력은 MV가 된다. MV는 D/A와 변환기를 통해서 1분에 1회전하는 감속 모터를 정·역으로 회전시켜 SV에 접근함으로써 처리되는 과정을 충분히 관찰할 수 있다. D/A 모듈의 출력은 직접 모터를 구동시킬 수 없으므로 반드시 변환기를 통해서 모터를 구동시킨다. 여기서 변환기는 D/A와 모터 사이에 있어야 하는 매칭 유니트이다. PID와 A/D, D/A 모듈은 PLC1, 2 장치 스토트 6, 7에 장착한다. PID는 검출 출력을 받아야 함으로 반드시 PLC CPU가 있어야 연산을 하게 되어 있다. PID, A/D, D/A 3개의 모듈들은 피드백 출력을 송수신 해야 됨으로 PLC CPU가 없으면은 통신 및 연산을 할 수 없다. PID 모듈의 구현 실험은 PID 구현 시스템,

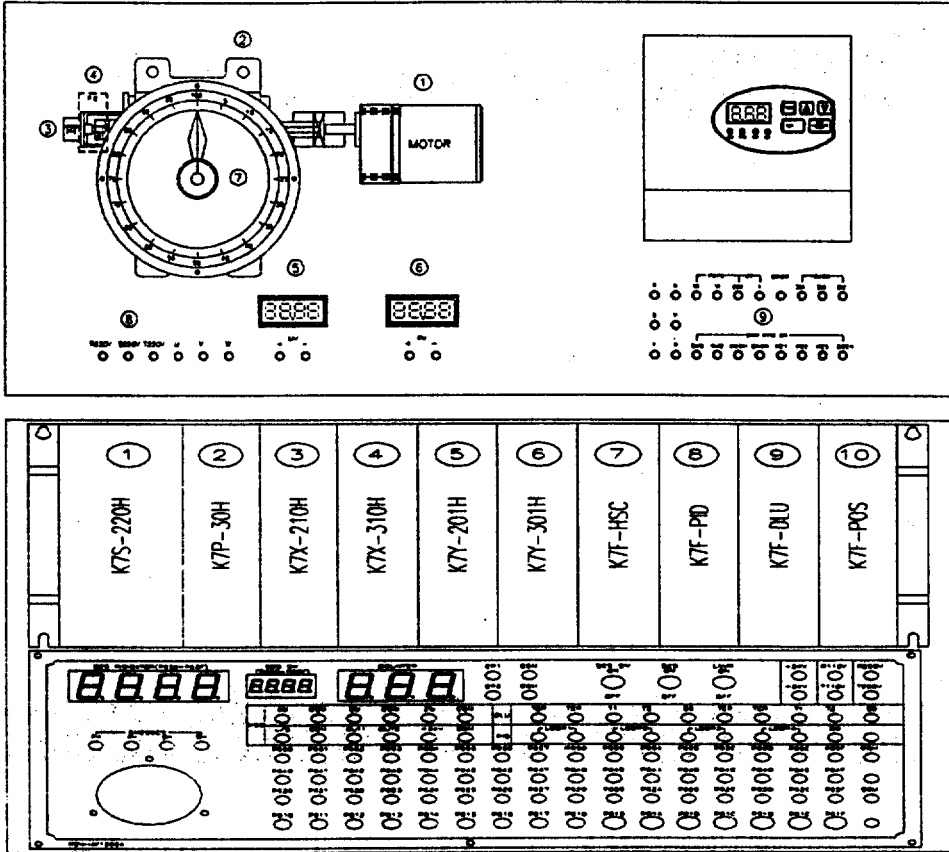


그림 1. PID 모듈 구현 원리 및 PLC 시스템
 Fig. 1. PLC System & Implementation Principle of PID Module

변환기, PLC CPU를 보유한 PLC 장치, 이 3개의 부분들을 조합해야 PID 모듈의 구현 원리 실험을 할 수 있다.

그림 1, 2는 PID 모듈 구현 원리 시스템 연구를 할 수 있는 장치로 크게 3가지로 3상 유도 모터와 감속 장치, 변환기, PLC 장치로 구분된다. 이 시스템은 목표값을 PLC 장치에 장치된 A/D 모듈에서 OFF-SET/GAIN 값을 설정하는 가변 볼륨 전류계로 설정한다. SV가 적은 편차로 SV에 접근할 수 있도록 $K_p(0.01\sim100.00\%)$, $K_i(0.1\sim3000.0\text{sec})$, $T_d(0.0\sim3000.0\text{sec})$ 을 설정범위 내에서 P, I, D 설정 정수값을 BCD S/W의 0~9999 내에서 설정할 때 PV가 SV로 접근시키는 연산을 한다.

이 연산 자체는 PLC2 CPU와 연합해서 연산을 하며 또 순간 순간의 연산된 값을 D/A로 전송을 해야 한다. 또는 SV에 미달된 값은 피드백 시켜 다시 A/D

모듈을 통해서 PID 모듈로 전송하도록 진행시킨다. 여기서 PLC1 CPU는 D/A와 A/D 간에 데이터가 통신되도록 단일 기본장치 스트리트 6, 7에 장착되어 있다.

이 원리를 연구하므로 PID 모듈 구현 원리 시스템은 온도, 속도 등을 제어하는 설비를 개발 할 수 있는 동기가 된다. 여기서 센서는 예를 들어서 실질적으로 온도 제어를 한다고 했을 때 온도를 감지하여서 A/D 모듈로 전송하는 역할을 한다. PLC1과 PLC2는 데이터 링크 통신하도록 통신 연산자를 설정해야 한다. PID, A/D, D/A의 조합으로 연산되어진 누적값 $MV_n = \sum \Delta MV_n$ 이 SV로 접근하는 과정은 모터를 통해서 나타내었다. 여기서 PLC1과 PLC2를 통신 할 수 있는 통신 프로그램과 그림 2의 시스템 블록 다이어그램의 흐름의 과정은 그림 5에 의해서 설명되어졌다. A/D, D/A 모듈을 운전할 수 있는 프로그램은 A/D, D/A 모듈 초기 조건에 맞추어서 설

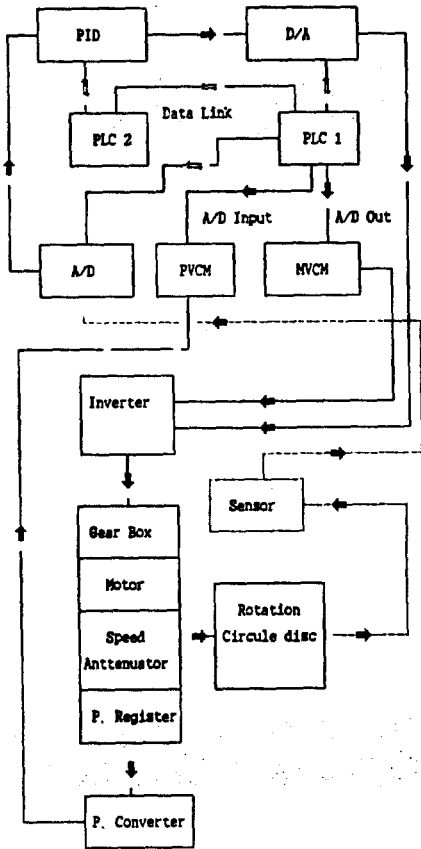


그림 2. PID 모듈 구현 시스템 블록다이어그램
Fig. 2. A Block Diagram of Implementation System in PID Module

제하였다. 그림 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 등으로 종합 분석할 때에 이 제작된 시스템을 통해서 PID 모듈의 현 원리를 습득 및 연구하여 PID 모듈이 A/D, D/A 와 조합해서 이용되어진 분야임을 분석할 수 있다^{1, 2, 4}.

그림 1에서 센서 부분은 빠졌습디만 제어 대상 분야 하던은 PID에서는 당연히 있어야 하는 부분이 지만, 여기서 센서가 빠진 것은 실제의 사항이 아닌 PID 구현 원리 연구 장치이기 때문에 그림 1에는 없 다.

그림 3에서 PLC1과 PLC2는 서로 데이터 링크 통신을 PLC2에 장착된 PID와 PLC1에 장착된 A/D, D/A간에 하도록 되어있다. 전위차계 변환기는 전위 차계의 눈금을 연산해서 PVCJM으로 전송하면 디지털 창에 연산된 값을 나타낸다. 이때 원형회전판에

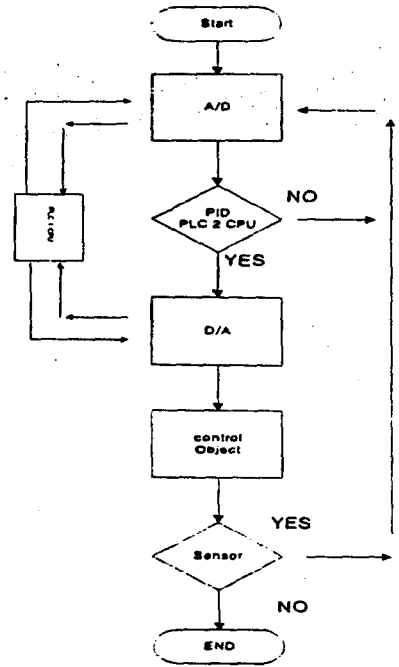


그림 3. PID. 모듈의 구현 시스템 흐름도
Fig. 3. Flowing Diagram of Implementation System in PID Module

는 연산된 값을 저항값으로 나타내어 회전 바늘이 연 산 요인인 저항값을 지시한다. 여기서 기어 감속기, 모터, 전위차계, 원형 회전판 및 회전바늘은 하나의 축에 연결되어 기능을 나타낸다. 그리고 PLC1에 장 착되어 있는 A/D 모듈 Ch2의 출력은 MV가 변환기 를 경유해서 MVCJM으로 전송되며, MVCJM 창에 모터의 회전속도를 의미하는 조작값을 나타낸다. 그 리고 A/D 모듈 Ch2의 입력은 PVCJM으로 전송된 다. 전위차계 변환기에서도 PID 연산값으로 인한 4 ~20mA의 출력을 PVCJM으로 전송시켜 합성으로 현 재값을 나타낸다. 그리고 결과적으로 PV가 SV에 접근하지 못했을 때는 데이터를 MVCJM이나 PVCJM 로 계속적으로 전송하면서 동시에 A/D모듈로 전송 한다. A/D는 다시 PID모듈로 전송한다. 여기서 센 서를 가상적으로 첨가한 원인은 실질적으로 온도 제 어를 한다고 했을 때 제어 대상에서 SV의 온도에 못 미쳤을 때에 센서에서 감지하여 A/D를 통해서 PID 로 감지된 데이터 값을 전송해야 되기 때문에 예들 들어서 나타내었다. 결과적으로 누적 연산값 $MV_n = \sum \Delta MV$ 이 SV에 못 미쳤을 경우에는 계속적 으로 SV를 달성하기 위해서 PID와 제어 대상 사이

에 피드백시키는 방법으로 PLC2에 장착된 PID 모듈과 PLC1에 장착된 A/D, D/A 모듈 사이에 미달된 데이터 값을 데이터 링크 통신을 통해서 달성될 때까지 PID 모듈이 계속적인 누적된 연산을 하도록 하는 피루프의 과정이다.

그림 4는 PID 모듈에서 순간 연산되어진 누적된 결과 $\Sigma\Delta MVn$ 이 연속해서 SV에 접근되기까지의 과정을 모터의 움직임을 통해서 관찰하기 위한 것이다. 여기서 모터속도를 감속시켜 1분에 1회 회전하는 회전속도가 되도록 감속단계로 모터의 회전속도는 앞에서 언급한 바와 같이 감속기 장착으로 1550 rpm 모터가 원형 저항판을 가리키는 바늘을 1rpm으로 회전하게 된다. 원형 회전판에는 최대 1km으로 설계되어 있기 때문에 원형판을 20등분하여서 1간은 50.0이므로 1km이다. 1분에 1회전하는 량을 받는 전위차계의 용량이 입력 1k, 출력 4~20mA인 전위차계 변환기로 출력시킨다. 다시 용량이 4~20mA인 PVC로 전송해서 A/D 모듈의 출력과 같이 PID의 순간 순간의 연산값 PVn을 나타낸다. 이 값은 모터의 회전속도

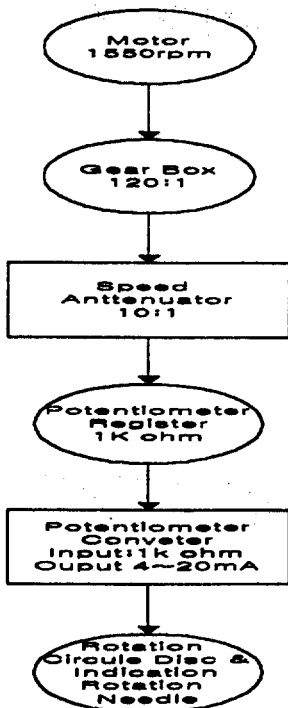


그림 4. 회전원판과 속도제어장치 흐름도
Fig. 4. Flow Diagram of velocity Control of Device & Rotation Circulation

로 지시바늘이 회전원판에서 저항의 눈금값을 가리키도록 되어 있다.

그림 5는 PUT, GET 명령으로 P, I, D 동작이 PID 모듈에서 구현되도록 A/D, D/A 채널 1, 2를 사용해서 설계된 프로그램이 PLC1, 2와 PC간에 통신하도록 ①, ②, ③으로 설명하였다.

①에서 PLC1의 6번지에 장착된 PID 모듈이 채널 1, 2번지에서 각 루프의 수동 자동 운전을 설정하고, 2번지에서 각 루프의 정·역동작을 설정하고, 3번지에서 경보 설정을 한다. P0번지에서 PID의 디지털 S/W를 초기조건으로 설정하고, 위의 번지 0, 1, 2, 3까지의 4Word는 PUTP 명령으로 D000번지에서 수신한다. PLC2의 a접점 F010, P-061이 ON 시킨 PUT 명령으로 설정한 각 루프의 SV와 PV를 설정한다. 각 루프의 MV 상·하한 한계값과 PLC2의 a접점 P010, P011, P012로 ON 시킨 PUT 명령으로 설계된 P, I, D의 정수값을 설정한다. GET 명령으로 PLC1의 P, I, D 설정 정수값을 디지털 S/W의 입력으로 하여서 3개의 정수값을 변화시킬 때 PV가 SV로 접근하는 시간과 EVn을 관찰 할 수 있게 설계된 프로그램이다.

②에서 PLC1의 자국번호 h08과 Local로 송신 주소(TXAddr) D0011에서 2Word로 송신한다.

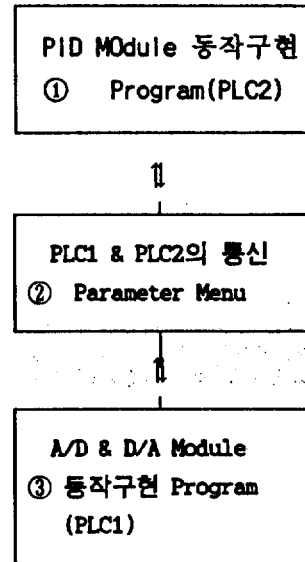


그림 5. PID & A/D과 D/A 구현 Program
Fig. 5. Implementation Program of PID & A/D & D/A

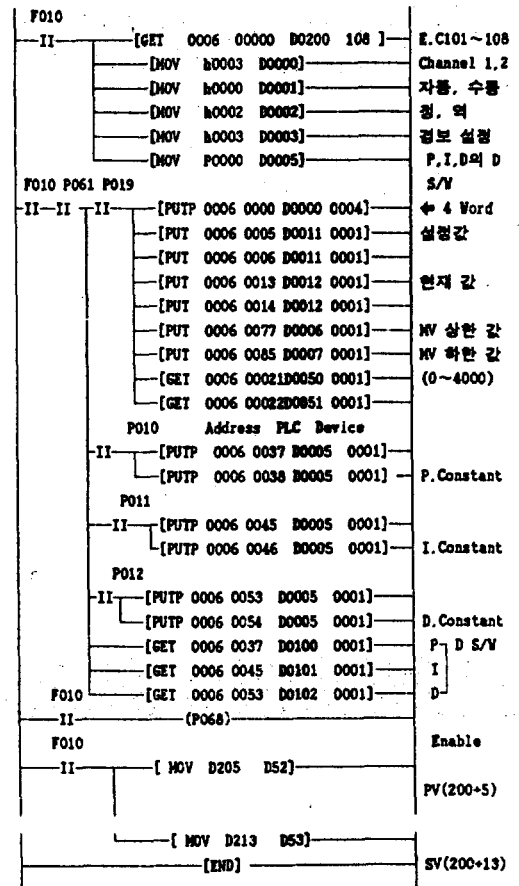
PLC2의 h08과 수신주소(RXAddr) D0011에서 2 Word로 수신한다. PLC2에서 자국번호 h01에서는 Local로 송신주소 D0050로 4Word를 h01로 송신한다. PLC1의 h01은 Local로 수신 번지 D0050에서 4Word로 수신한다. PLC2의 PID 프로그램에서 밝힌 사항 등을 PLC2의 자국번호 h08로 통신하고, PLC1에서 h01은 A/D와 D/A 모듈의 프로그램을 PLC1의 자국번호 h01로 통신하므로 PID 모듈에서 PLC2 CPU와 조합으로 D/A A/D PID D/A로 프드백 할 수 있도록 하는 통신 연산자 메뉴이다.

③에서 A/D와 D/A 모듈은 PLC2 스토트 6, 7번지에 장착된 모듈로서 A/D 모듈에서는 PLC CPU 공용RAM에서 사용채널 1, 2를 지정한다. 0번지에서 PUT 명령으로 입력 범위를 1V 5V(4~20mA)로 지정하여 전위차계 변환기에서 전송되어오는 PV값을 수신한다. 입력접점 a접점으로 F010, F061 F013으로 ON시켜 버퍼 메모리 22번지의 설정된 데이터를 A/D 버퍼 메모리로 전송해 저장한다. a접점 F010으로 ON시킨 GET명령은 사용 채널1의 디지털 출력값을 D0011에서 수신한다. D/A 모듈은 PID 모듈에서 전송된 연산된 순간 값을 변환기, PLC를 통해서 모터를 정, 역으로 회전시켜 SV로 접근하는 과정을 의미한다. PLC2의 스토트 6번지에 장착된 PID 모듈의 구현 프로그램에서 a접점 F010으로 ON시켜 전송 명령으로 D205에서는 SV를 D213에서는 PV를 D52, D53번지로 전송시킨다. D/A 모듈에서 비교 명령으로 수신 비교(F120, F123)하여서 PLC2의 출력접점 P050과 P052에서 변환기를 통해서 모터를 정·역으로 구동시킨다. PUT 명령으로 설정한 각 루프의 SV와 PV를 설정한다. 각 루프의 MV 상·하 한 한계값과, PLC1의 a접점 P010, P011, P012로 ON 시키도록 PUT 명령으로 설계된 P, I, D의 정수값을 설정한다. GET 명령으로 PLC1의 P I, D 설정 정수값을 디지털 S/W의 입력으로 하여서 3개의 정수값을 변화시킬 때 PV가 SV로 접근한다.

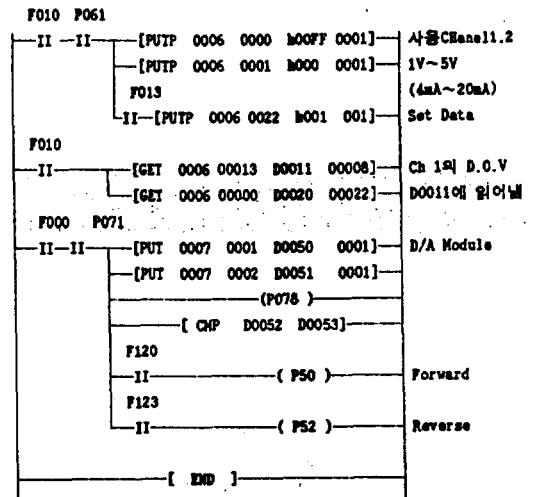
프로그램은 그림 2의 과정대로 PID 모듈이 장착된 PLC2과 A/D, D/A 모듈이 장착된 PLC1과 통신하고, PID 모듈에서 P, I, D 정수를 임의로 BCD S/W에서 설정하여서 SV까지 접근되도록 모터의 속도 P, I, D 값으로 제어하여 정·역으로 회전시켜 관찰할 수 있는 과정을 구현시키도록 설계된 프로그램이다.

3-3. PID, A/D, D/A 모듈 구현 원리 시스템 프로그램과 PC & PLC 통신 연산자 메뉴

3-3-1. PID 모듈 동작 구현 프로그램(PLC1)



3-3-2. A/D, D/A 모듈 구현 프로그램(PLC2)



3-3-3. PC & PLC와 PID, A/D, D/A 모듈 통신
연산자 메뉴

표 1. h01의 통신 메뉴(PLC1)
Table 1. Communication Menu of h01

Self-station : h01						
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

표 2. h08의 통신 메뉴(PLC2)
Table 2. Communication Menu of h08

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 모듈 구현 원리 실험결과

4-1. PV가 SV에 접근시간 및 모터의 속도 값

표 3. P, I, D의 설정값과 PV와 SV관계
Table 3. Relation of PV & SV, & Set Value of P, I, D

P	I	D	T	Remark
Initial Value :	Initial Value :	Initial Value :	Counter Colck & Under Colck	SV : 7~15mA Upper Figure (7~15mA) is a Set Value.
500	1000	0000	25Sec 1.24Sec	Kp1 (F) PV→SV(S)
9000	60	9000	1.20Sec 24Sec	Kp1 (S) PV→SV(F)
9000	60	9000		E의 변화율 약함
500	1000	0000		E의 변화율 강함

P, I, D의 설정 조건에 따라 설정값은 PLC 장치에서 BCD S/W로 0~9999 내에서 설정하였고, 목표값은 7~15mA 내에서 A/D 모듈의 OFFSET/GAIN 전류제로 시계 방향과 반 시계 방향으로 회전시키면서 설정하여, 실험한 결과는 PV가 SV에 접근하는 접근 시간(모터의 속도 값)은 표 3과 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 기존의 실험(Master-K 기술 자료 P4-2~4)이론과 거의 대응하였다.

4-2. PMU에서 설정값에 대한 현재값의 접근 현상

그림 6에서 P, I, D 정수를 각각 500, 1000, 0000으로 설정했을 때 E의 변화율이 강하게 나타났으며, 순방향에서는 PV가 SV로 빠른 시간으로 접근하는 것을 알 수 있었다. 역 방향에서는 느리게 접근하였다. 여기서 디지털 출력 724는 목표값으로 아날로그 값인 전류 7mA를 의미합니다.

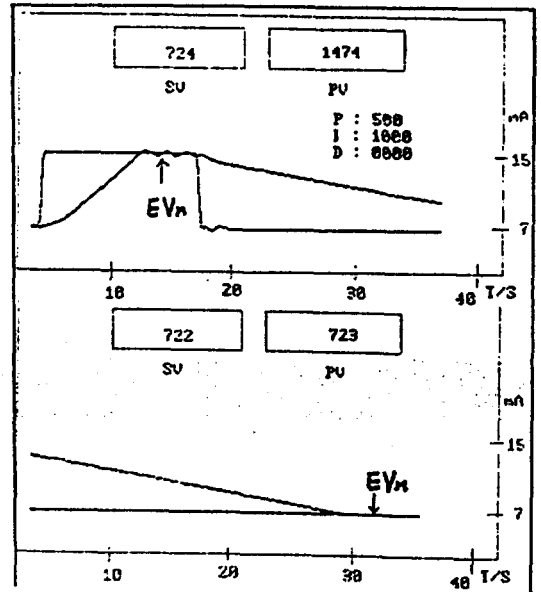


그림 6. 설정값에 대한 현재값의 접근 현상
Fig. 6. Approachable Phenomenon of PV to the SV

1474는 역방향으로 목표값을 2734(15mA)로 접근하는 과정의 디지털 출력이다. 그림 7에서는 P, I, D 정수를 각각 9000, 60, 9000으로 설정했을 때 순방향에서는 PV가 SV로 접근하는 시간이 길어졌으며, 역방향에서는 PV가 SV로 접근하는 시간이 짧아졌다. 여기서 2734는 목표값이며, 1783은 목표값에 접근하고 있는 과정에 속한 디지털 값이다. 결과적으로 PMU 실험을 통해서 밝혔던 그림 6, 7의 X-Y 상의 꺾은 그래프는 SV에 접근한 PV상태가 기존의 실험 이론을 확인시켜 주었다. 이 실험을 통해서 P, I, D의 3 정수 설정값의 결과로 인한 PV가 SV로 접근되는 과정은 A/D, D/A 모듈의 표시창과 MVCM, PVCVM의 표시창에서도 판독 할 수 있지만은 PMU X-Y 꺾은 그래프를 통해서 또는 PMU에 설계한 SV값에 대한 PV 값의 접근 관계를 디지털 표시창으로 정확히 판독 및 프린트 할 수 있었다. 같은 조건에서 모타의 순방향과 역방향에 대한 시차는 앞에서 언급하였지만 장치 제작 과정에서 잘못이 있었나 검토할 문제이다.

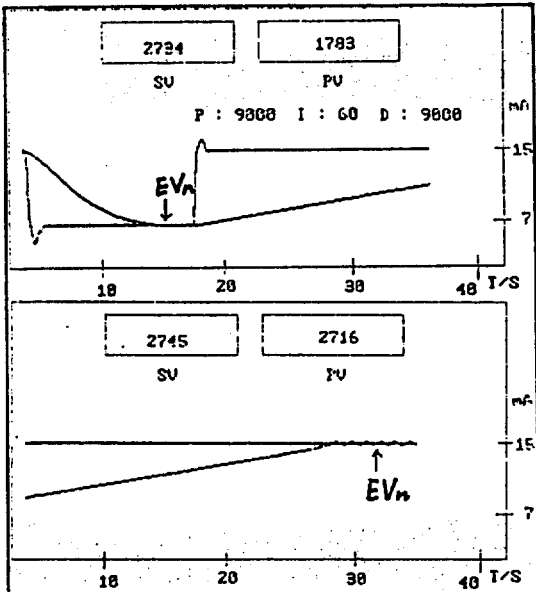


그림 7. 설정값에 대한 현재값의 접근 현상
Fig. 7. Approachable Phenomenon of PV to the SV

5. 결 론

1) 본 개발 시스템을 이용하여 PID 모듈의 구현과

- 사용 및 응용방법 그리고 A/D, D/A 모듈과 조합해서만 구현되어진다는 것을 인식
- 2) 제작되어진 장치의 실험 결과는 기존의 실험 결과 이론에 대응함(표 3)
- 3) PLC1과 PLC2의 데이터 링크 통신 방법
- 4) 3상 유도 모터를 단계적으로 감속시켜서 관찰할 수 있도록 속도제어 방법으로 회전판에 저항값을 결정 구분하고 지시 바늘로 지시된 값을 전위차계의 값과 일치시키는 방법
- 5) 전위차계의 저항값을 전위차계 변환기로 변화시켜 4~20mA의 전류 출력으로 이끌어 내는 방법과 PVCVM으로 전송하는 방법
- 6) 모터의회전속도 값인 A/D 출력값이 MVCM과 변환기를 통해서 3상 유도모터를 동작 시키도록 하는 변환기 이용방법
- 7) PID, A/D, D/A 모듈의 조합 프로그램 설계
- 8) A/D 모듈의 가변볼륨 전류계로 SV 설정방법과 P, I, D 정수를 설정범위 내에서 설정방법
- 9) PID 모듈의 활성화는 P, I, D 온도 정수 보정에 따라서 결정된 것으로 사료됨
- 10) PID 모듈 구현 시스템 블록 다이어 그램과 시스템의 흐름도 작성
- 11) PMU의 X-Y 꺾은 그래프를 통해서 SV대 PV 관계에 대한 기존의 실험이론이 확인 되었음.

참 고 문 헌

1. "MASTER-K 시리즈(기술 자료)", LG 산전.
2. 김태성, 위성동, "PLC를 사용한 지능형 교통 신호 제어 설비 구현", 전기전자재료학회지, Vol. 11, No. 1, 1998. 1.
3. 權旭鉉, 朴宰賢, 長來赫, "PLC 관련기술의 동향과 Program에 대한 연구", 전자공학회지, Vol. 23 No. 12, 1996.
4. 위성동, 김태성, "PLC 출력구동을 위한 Wired Logic for Type Unit에 관한 연구", 1999년 3월 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.
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.