

PLC의 PID제어 모듈의 프로그래밍 및 적용에 관한 연구 (A Study on the Programming/Application of PID Control Modules of a PLC)

조도현* 이창희** 이상훈***
(Do-Hyeon Cho) (Chan-Hee Lee) (Sang-Hun Lee)

요 약

본 논문은 PID제어기가 포함된 PLC로 실제의 제어 시스템을 구성하는 일련의 과정을 제안하였다. PID 모듈 FM455C가 포함된 SIMATIC S7-400 PLC시스템을 일반 PC와 온라인으로 연결하여 PC의 윈도우즈 환경에서 PLC의 프로그램을 작성하였다.

PID 제어기의 설계를 위하여, PID 모듈의 하드웨어 구성방식, 관련 소프트웨어 구성, 프로그램 작성 환경, 특히 P, PD, PI, PID제어기의 설계과정을 제시하였고, 이를 토대로 실물 제어대상, 도립진자 시스템에 대하여 PID제어기를 설계하고 모의/실물 실험을 통하여 성능을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a series of processes to configure a feedback control system by using a PID controller in a programmable logic controller (PLC). The PLC (SIMATIC S7-400) with a PID module (FM455C) is connected by online to an IBM PC with the Windows environment, which serves as a PLC programmer.

PID controllers including P/PD/PI controllers have been designed in order to show design procedures, and finally, a PID controller for the plant of cart system. Performances of the control system have been investigated by the MATLAB simulation, the simulation in the PLC programmer. Physical performances have been recorded and examined for the real cart system.

1. 서론

PLC(programmable logic controller)는 동작 처리 순서를 지시하는 프로그램을 제어 장치 안에 기억하여, 그 프로그램에 따라 자동적으로 처리하는 프로그램 내장형 제어장치이다. 기본적으로 퍼스널 컴퓨터와 유사한 구성으로 되어있어서 이산 사건 시스템(discrete event system)에서 가장 많이 사용되고 있다 [1].

PLC는 각종 기기나 시스템을 직접 제어하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에 제어에 적합한 명령어로 된 프로그래밍, 실시간(real time)성의 확보, 대상 기기와 접속이 가능한 입출력 장치의 제공 등에 초점을 맞추어 발전해 왔다[2].

* 정회원 : 해전대학 전자계열 교수
** 정회원 : 동서울대학 정보통신과 초빙교수
*** 중신회원 : 광운대학교 전자공학부 교수

논문접수 : 2001. 3. 28.
심사완료 : 2001. 4. 15.

PLC 기술 발전은, 제1세대로 자동화 대응의 1970년대, 제2세대로 FMS(flexible manufacturing system)화 대응의 1980년대, 제3세대로 CIM(computer integrated manufacturing)화 대응의 1990년대로써 IEC 규격의 표준화에 따라 새로운 PLC가 등장되고, 3S(system, software, service)를 갖춘 체계를 구축해 가고 있다. 또한, 고 기능화 및 다용도화를 뒷받침하는 특수기능 모듈의 개발이 다양하게 이루어지면서, 시퀀스제어 뿐 아니라 아날로그 제어 및 위치제어, PID제어 등 계장제어 분야에도 적용이 가능하게 되었다. 최근에는, 복수의 PLC를 결합하거나 계층간의 결합 등 데이터 링크를 통한 네트워크 통신 기능이 강화되면서 원격제어 및 분산제어, 계층제어 등에도 적용이 가능하게 되어 PLC의 응용 분야는 거의 모든 산업에 걸쳐 확대되고 있다[3].

한편, PLC의 PID(proportional integral differential) 제어는 종래의 접점을 이용한 하드와이어드 릴레이 PLC 방식(hard-wired relay PLC system)의 경우, 기본적인 시퀀스 제어 및 PID 피드백 제어 등을 위한 각종 명령어, 접점 등을 프로그래밍하고 또한 수정하는 방대하고 어려운 작업이 불가피 하였다. 그러나 마이크로 프로세서를 이용한 PLC 방식(microprocessor based PLC system)에서는, 프로그래밍 작업이 순수한 소프트웨어 작업으로 축소되어 작업상의 어려움이 해소되었다. 특히, 기존의 접점방식의 PID제어기에 비하여 마이크로 프로세서를 사용하는 PID제어기는 모듈 구조 및 프로그램 성격상 디지털 제어기의 전형적인 한 응용에 불과하다. 또한, 마이크로 프로세서를 응용한 디지털 시스템의 경제성의 일환으로, PLC에서의 PID제어기의 적용이 경제적으로 쉽게 구현되게 되었다[3,4].

본 논문은 PLC를 이용하여 이산 사건 시스템을 구성하고, 디지털 PID 제어기를 구현한다. PLC의 PID제어기의 제어대상은 궤도 위에서 왕복 운동을 하는 수레 시스템(cart system)을 선정하였다. 도입된 시스템은 일반적인 생산설비의 전형적인 특성을 가지고 있고, 여러 가지 물리적인 공정제어 대상의 공통적인 동특성을 가지고 있다[5,6]. PID제어기는 SIEMENS사의 S7-400 PLC의 PID모듈 FM455C를, PLC의 함수블록31(FB31)과 함께 사용하였다.

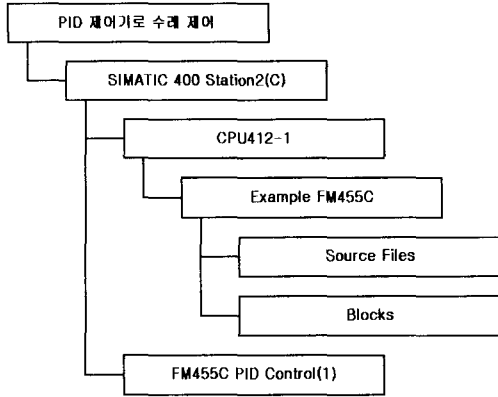
2. PLC에 의한 PID제어 성능

PID 제어기는 그 구조가 비교적 간단하여 실현이 용이하여 제어대상 시스템이 지나치게 긴 지연시간이나 심한 비선형 특성을 갖지 않는다면, 양호한 제어를 할 수 있어서[7] 산업체의 계장제어 분야의 전기로, 소각로등 공업로의 온도제어를 비롯하여 섬유, 식품관련기계, 사출성형기, 이화학기계, 수처리 등에 가장 일반적으로 사용되는 제어 기법이다[6].

PLC의 PID제어기는 독립적으로 조작이 가능한 제어기 형태나, 직접 디지털 제어 DDC(direct digital control) 패키지의 한 부분 또는, 계층 분산 공정제어 시스템 구성 요소 등으로 다양하게 사용되어 왔다 [7]. 이 제어기의 하드웨어 구성은, 크게 프로그래밍 장치, PLC 제어장치, 및 제어대상으로 나뉘어진다. PLC의 제어 프로그램은, Windows와 같은 운영체제를 갖춘 IBM PC486 이상의 컴퓨터, 또는 PLC전용 프로그래밍 장치 사용하여 작성할 수 있다[4,8].

본 논문에서는 PLC 소프트웨어로 SIEMENS사에서 제공하는 STEP7(version 4.02.1)소프트웨어 어플리케이션 패키지를 통해 PLC를 프로그래밍 하였다. STEP7패키지는 메모리 카드 파라미터를 설정할 수 있는 메모리 카드 파라미터 지정(memory card parameter assignment), PG-PC간 인터페이스 설정(setting the PG-PC interface), PG를 리모트 터미널로 작동시키기 위한 원격 단자(remote terminal), S7블록 프로그래밍(programing S7 blocks), 프로그램의 주된 어플리케이션을 담당하는 SIMATIC 관리자(SIMATIC manager), PID제어 변수 값 지정(PID control parameter assignment) 등으로 구성되어 있다[9,10]. 온도 제어, 수위제어, 압력제어, 위치제어 등의 공정제어에 적용할 수 있는 PID제어기 모듈 FM455C를 사용하였다[11,12].

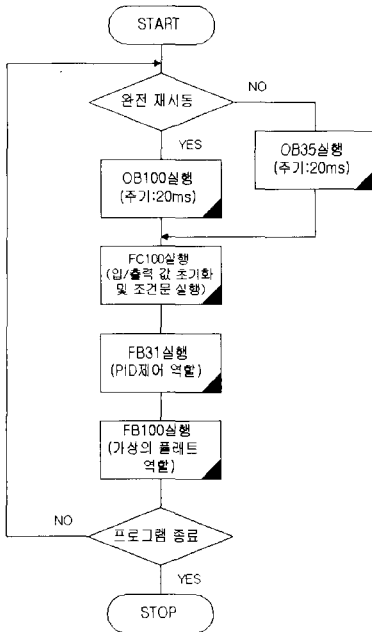
PID제어에 관련한 STEP7 프로그램을 실행시키기 위한 프로그램 모듈은 [그림 1]과 같이 구성된다.



[그림 1] 프로젝트 구조

[Fig. 1] Project configuration

프로그램은 블록으로 구성하여 [그림 2]와 같은 순서흐름을 갖도록 하였다.



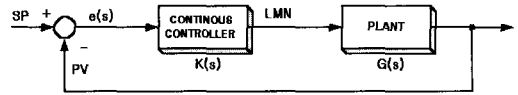
[그림 2] 가상 제어대상 제어를 위한 프로그램 흐름도

[Fig. 2] Program flowchart for virtual plant

여기서, 각 블록의 세부기능은 부록 <표 2>에 나타내었다.

먼저 일반 제어이론에 의한 P, PD, PI, PID 제어기들과 PLC의 PID 모듈을 적용한 특성을 비교 조사

하였다. 이를 위하여 SIEMENS사에서 제공하는 FM 455 제어기 함수 모듈(FM455 controller function module)로 피드백 제어시스템을 [그림 3]과 같이, 연속시간 제어 시스템(continuous-time control system)으로 표현하였다 [11,13,14].



[그림 3] 시스템 블록선도 표현

[Fig. 3] System block diagram representation

여기서, SP는 설정입력 또는 기준입력(setpoint or reference input), PV는 귀환되는 실제 값(actual value)이고, e(s)는 기준입력과 귀환 값의 오차이며, LMN은 PID제어기의 출력 값(manipulated value)이다. 또한, K(s)는 연속시간 제어기로서 PLC의 PID모듈(FM455C)이다.

PLC의 FM455C에서 제공하는 PID제어기의 기본 형태는 식(1)과 같다.

$$K(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{1 + T_{lag}} \right) \quad (1)$$

PLC의 PID모듈에 적용하기 위하여 임의의 제어 대상이 3차의 시간 지연요소를 갖도록 식(2)로 구성하였다.

$$G_p(s) = \left(\frac{K_1}{T_{lag1}s + 1} \right) \left(\frac{K_2}{T_{lag2}s + 1} \right) \left(\frac{K_3}{T_{lag3}s + 1} \right) \quad (2)$$

식(2)에 $K_1 = 1.5$, $K_2 = K_3 = 1$ 과 $T_{lag1} = T_{lag2} = T_{lag3} = 10s$ 을 대입하면, 제어대상의 전달함수는 식(3)과 같다.

$$G_p(s) = 1.5 \left(\frac{1}{10s + 1} \right)^3 = \frac{1.5}{1000s^3 + 300s^2 + 30s + 1} \quad (3)$$

먼저 P제어기에 적용하였다.

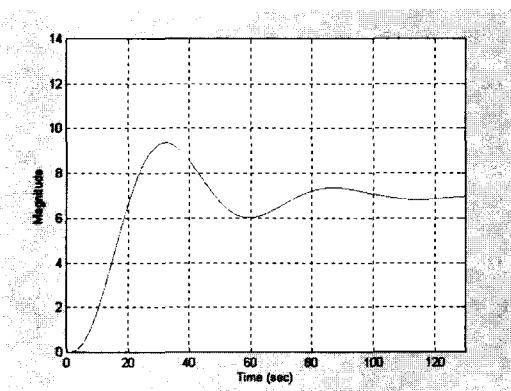
식(1)을 P제어기로 구성하기 위하여 $K_p = 1.535$ 와 $T_i = T_d = T_{lag} = 0$ 를 대입하면, P제어기는 식(4)와 같다.

$$K(s) = 1.535 \quad (4)$$

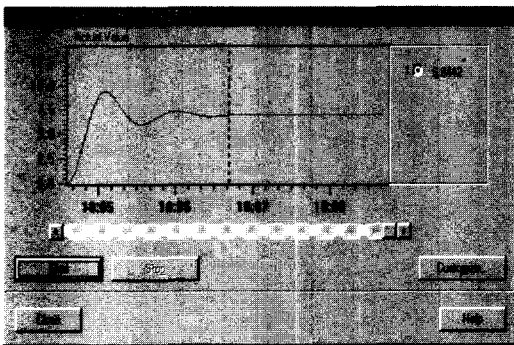
제어대상과 P제어기를 포함하는 전체 전달함수 표현은 식(5)와 같다.

$$G(s) = \frac{2.302}{1000s^3 + 300s^2 + 30s + 3.302} \quad (5)$$

일반 제어이론에 의한 MATLAB 시뮬레이션 결과 [15,16]는 [그림 4]이고, PLC의 PID제어 모듈에 의한 P제어 결과는 [그림 5]로 두 결과는 거의 같았다.



[그림 4] P제어기 모의실험
[Fig. 4] Simulation for P controller



[그림 5] P제어기 PLC PID모듈응답
[Fig. 5] The PLC PID Module response for P-controller

다음으로 동일한 제어대상에서 PI제어기를 구하였다. 식(1)을 PI제어기로 구성하기 위하여 $K_p = 1.535$,

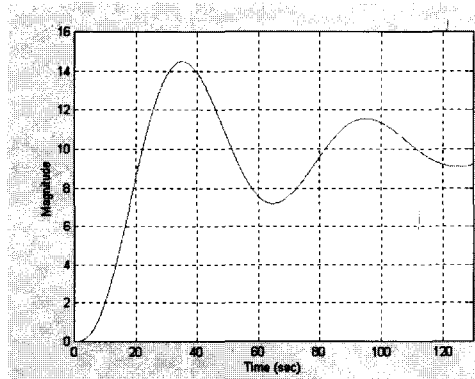
$T_i = 22.720$ 와 $T_d = T_{lag} = 0$ 를 대입하면, PI제어기는 식(6)과 같다.

$$K(s) = \frac{34.8752s + 1.535}{22.720s} \quad (6)$$

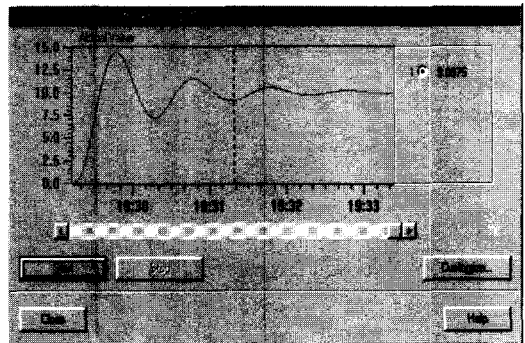
제어대상과 PI제어기를 포함하는 전체전달함수 표현은 식(7)과 같다.

$$G(s) = \frac{52.31s + 2.302}{22720s^4 + 6816s^3 + 681.6s^2 + 75.03s + 2.302} \quad (7)$$

제어기와 제어대상의 성능을 검토하기 위한 MATLAB 시뮬레이션 응답 그림6과 PLC PID 모듈에 시뮬레이션 응답 [그림 7]은 결과가 동일하였다.



[그림 6] PI제어기 모의 실험
[Fig. 6] Simulation for PI controller



[그림 7] PI제어기 PLC PID 모듈 응답
[Fig. 7] The PLC PID module response for PI controller

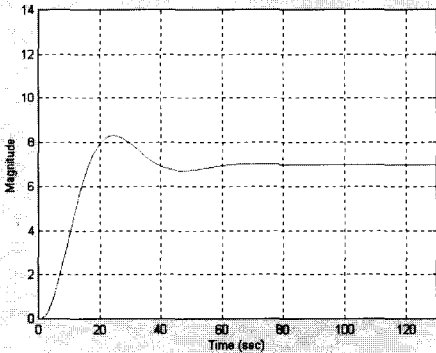
PD제어기는 식(1)에 $K_p=1.535$, $T_d=5.974$ 와 $T_i=T_{lag}=0$ 를 대입하면 식(8)과 같이 얻어진다.

$$K(s) = \frac{11.0044s+1.535}{1.195s+1} \quad (8)$$

제어대상과 PD제어기를 포함하는 전체전달함수 표현은 식(9)와 같다.

$$G(s) = \frac{16.51s+2.302}{1195s^4+1359s^3+335.9s^2+47.7s+3.302} \quad (9)$$

MATLAB 모의실험 결과 [그림 8]과 PLC에 의한 PD제어기 에뮬레이션 응답 [그림 9]와 같고, 서로 동일하다.



[그림 8] PD제어기 모의실험

[Fig. 8] Simulation for PD controller

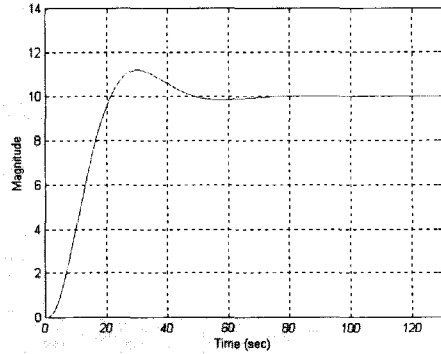
식(1)에 $K_p=1.535$, $T_i=22.720$, $T_d=5.974$ 와 $T_{lag}=1.195$ 를 대입하면 식(10)과 같은 PID제어기가 된다.

$$K(s) = \frac{250.0203s^2+36.7095s+1.535}{27.1504s^2+22.720s} \quad (10)$$

제어대상과 PID제어기를 포함하는 전체 전달함수는 식(11)과 같다.

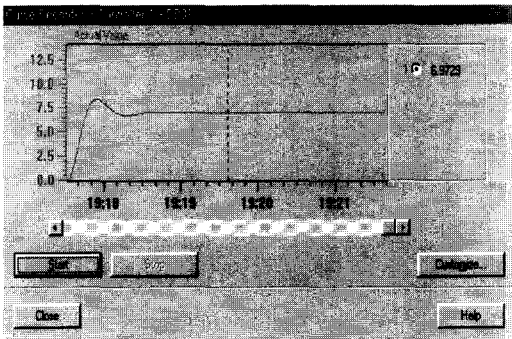
$$G(s) = \frac{375s^2+55.06s+2.302}{2.715 \times 10^{-4}s^5+3.087 \times 10^{-4}s^4+7631s^3+1084s^2+77.78s+2.302} \quad (11)$$

MATLAB 시뮬레이션 응답 [그림 10]과 PLC PID 모듈 에뮬레이션 응답 [그림 11]은 동일하게 나타났다.



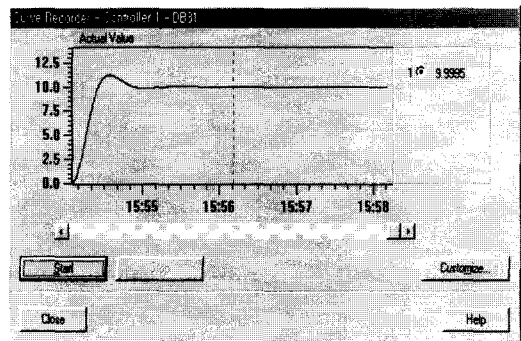
[그림 10] PID제어기 모의실험

[Fig. 10] Simulation for PID controller



[그림 9] PD제어기 PLC PID 모듈응답

[Fig. 9] The PLC PID module response for PD controller



[그림 11] PID제어기 PLC PID 모듈응답

[Fig. 11] PLC PID module response for PID controller

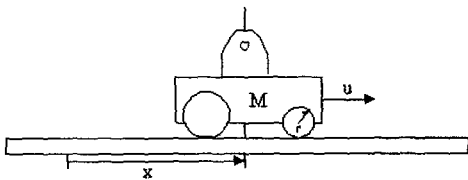
위에서 구한 P, PI, PD, PID 제어기의 응답특성은 <표 1>과 같고, PLC에서도 PID제어기가 응답특성이 가장 양호함을 볼 수 있었다.

<표 1> 각 제어기 응답 특성 비교표
 <Table 1> Comparison table for each controller response characteristic

구분	P제어기	PI제어기	PD제어기	PID제어기
백분율 오버슈트[%]	.	44.85	.	11.98
첨두치 도달시간[s]	32.10	35.10	24.40	30.10
상승 시간[s]	19.84	13.22	.	13.68
정정 시간[s]	.	158.10	.	41.20
정상상태 편차[%]	30.37	0.28	30.28	0.0072

3. 독립진자 시스템에 대한 PLC 제어

실물 제어대상으로 [그림 12]와 같은 Quanser Consulting사의 IP-01 독립진자 시스템을 적용하였다. 이 독립진자 시스템은 수레에 포함된 직류전동기와 치차(gear)를 통해 일직선의 레일을 따라 수레가 움직이며, 수레의 움직인 거리를 측정할 수 있는 센서에 의해 수레위치를 전압형태로 피드백 받을 수 있다.



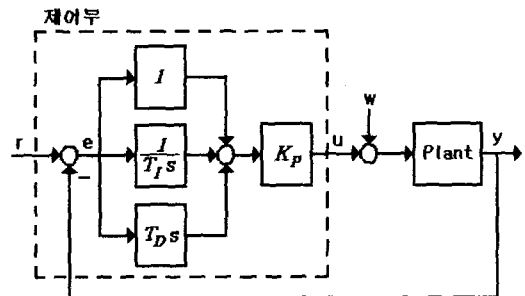
[그림 12] Quanser사 IP-01 수레모델
 [Fig. 12] Quanser company IP-01 cart model

여기서, x 와 \dot{x} 는 이동한 수레의 거리와 속도이고, M 은 수레의 질량으로 0.455kg, r 과 R 은 각각 전동기 치차 반지름과 전기자 저항으로 0.00635m와 2.6Ω이다. K_m 는 역기전력 상수로 0.210Nm/A이고, K_g 는 내부 치차비로 3.7:1이다[15].

제어목적은 수레의 위치가 기준신호에 잘 추종하는 안정한 제어를 설계하는 것으로 하였다. [그림 12]의 시스템 전달함수는 식(12)와 같다.

$$G_p(s) = \frac{1}{0.2647s^2 + 4.469s} \quad (12)$$

일반적인 PID 제어 시스템의 구조는 [그림 13]과 같다.



[그림 13] 전형적인 PID제어기의 구조
 [Fig. 13] The structure of typical PID controller

여기서, r 과 y 는 각각 기준입력과 제어대상의 출력이고, e 는 기준입력과 출력의 오차신호이다. 또한,

u는 각각 제어기에서 나오는 제어신호와 w는 외란으로 고려하지 않는다.

$$K(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{T_{lag}} \right) \quad (13)$$

$$= K_p + \frac{K_p}{T_i s} + \frac{K_p T_d s}{1 + TM_LAGs}$$

여기서, $TM_LAGs = \gamma T_d$ 이고, $\frac{1}{\gamma} \cong 10$ 의 값을 가지 는 미분이득이다.

제어기는 해석적 방법을 사용하여 구하였으며, 설계과정은 다음과 같다[10,17].

- 3.1 제어대상의 전달함수 표현.
- 3.2 설계기준 설정.
 - 단위 램프 입력에 대한 정상 상태 오차 $e_{ss} = 0.1$
 - 오버슈트 = 5 [%]
 - 정착시간 = 5 [s]

3.3 제어대상이 1형 시스템이므로

$K_{n+1} = s^n K_i G(s) |_{s=0} = \frac{1}{e_{ss}}$ 의 관계를 이용하여, PID 제어대상에 대한 정상상태 오차 상수로 적분계수 K_i 를 구한다.

$K_2 = s K_i G(s) |_{s=0} = 0.22 K_i = \frac{1}{0.1} = 10$ 이므로,
 $K_i = 45.5$ 가 구해진다.

3.4 오버슈트와 정착시간의 관계

$y_{max} - 1 = \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t_s}$ 로부터 원하는 페루프 감쇠비와 고유 주파수를 결정한다[10].

$\zeta = 0.7$ 로 설정하면 $t_s = \frac{4.5\zeta}{\omega_n}$ 이므로 $\omega_n = 0.62$ [rad/sec]이다.

그러므로 $\omega_{gc} = 0.62$ [rad/sec]와 위상여유는 87.28° 로 설정한다.

3.5 식(14)를 이용하여 K_p 와 K_d 를 결정한다.

$$\left(K_p + j\omega_{gc} K_d + \frac{K_i}{j\omega_{gc}} \right) G(j\omega_{gc}) = 1 e^{j\theta(\omega_{gc})} \quad (14)$$

식(14)를 정리하면, 식(15)가 된다.

$$K_p + j\omega_{gc} K_d = \frac{e^{j\theta(\omega_{gc})}}{G(j\omega_{gc})} + \frac{jK_i}{\omega_{gc}} = R + jX \quad (15)$$

식(15)로 부터 $K_p = R$ 이고, $K_d = \frac{X}{\omega_{gc}}$ 이므로, $K_p = 2.8$ 이고 $K_d = 118$ 이 된다.

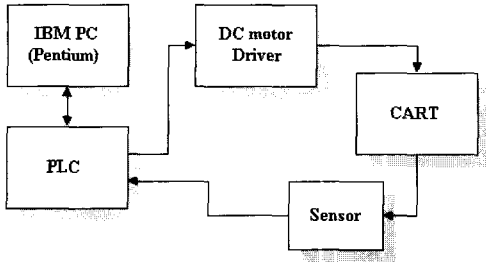
해석적 방법을 통해 얻어진 제어기를 실험과정을 통한 동조(tuning)과정을 거쳐 식(16)과 같은 제어기를 구하였다.

$$K(s) = \frac{180s^2 + 33s + 3}{10s^2 + 10s} \quad (16)$$

제어기와 제어대상을 포함하는 전체 시스템 전달함수는 식(17)과 같다.

$$G(s) = \frac{68.0015(s^2 + 0.1833s + 0.01667)}{(s^2 + 0.1486s + 0.01378)(s^2 + 17.73s + 82.24)} \quad (17)$$

제시한 제어기의 실제 성능을 평가하고, 결과를 검증하기 위한 실험장치 구성 블록 선도는 [그림 14]와 같다.



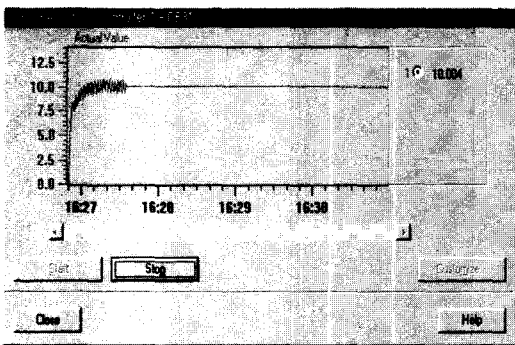
[그림 14] 실험 구성 블록 선도

[Fig. 14] Block diagram of Experiment configuration

실제 실험을 위한 제어기를 구현하기 위해서 PLC 프로그래밍 언어인 STL문을 이용하여 실시간 제어 프로그램을 구성하였다. 프로그램은 수레에 장착된 포토센서로부터 전압입력을 받아서 PID모듈에서 D/A변환되고, 그때의 변환된 자료인 수레위치의 상태를 계산해 주며, 표본화 순간마다 동기 되어 도립 전자 시스템의 정보를 얻는다. 획득된 위치 정보를 이용하여 PLC의 CPU에 저장된 프로그램에서 제어 입력 u 를 계산하고, 계산된 제어입력은 PID모듈을 통해 D/A 변환되어 구동기를 동작시키도록 프로그램 되었다.

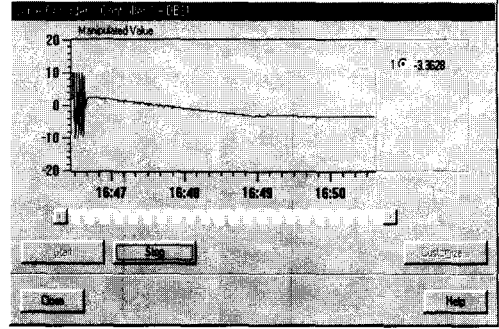
실물실험은 표본화 주기 $h=20ms$ 로 설정하였다.

[그림 15]는 수레의 위치 응답이며, [그림 16]은 제어기의 입력이다.



[그림 15] PID 제어기의 수레 위치 응답

[Fig. 15] Cart position response for PID controller



[그림 16] PID제어기의 제어 입력

[Fig. 16] Control Input of PID controller

[그림 15]에서 보듯이, 모의실험에 비해 진동이 발생하고 있지만, 약50초 이후에는 안정한 것이 관찰된다. 따라서, PLC의 PID 모듈을 이용한 제어기의 성능이 충분히 확인되었다.

4. 결론

본 논문에서는 산업체에서 사용하는 PID제어, 특히 PLC의 PID제어에 대하여, 제어 시스템의 모델링과 PID제어기의 설계 절차를 제시하였다. SIMATIC S7-400 PLC시스템의 PID 제어기 모듈 FM455C를 사용하여 P, PD, PI, PID제어기의 설계과정을 제시하였고, 이를 토대로 실물 제어대상인 도립전자 시스템에 대한 PID제어기를 설계하고 실물 실험을 통하여 성능을 확인하였다.

<표 2> 프로젝트 구성 블록

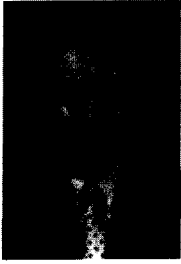
<Table. 2> Program configuration block

구분	내용
OB	OB35 · 순환 인터럽트(프로그램된 시간간격으로 빈복) : default 100ms
	OB100 · 시작특성(CPU가 STOP에서 RUN으로 가면 실행)
FC	FC100 · OB와 FB을 포함하는 주 함수
	FC101 · FM355의 PID시물레이션을 위한 함수
FB	FB31 · PID 제어 블록
	FB100 · 가상의 제어대상
DB	DB31 · FB31의 instance DB
	DB100 · FB100의 instance DB

※ 참고문헌

- [1] R.W.Lewis, Programming Industrial Control Systems using IEC 1131-3, The Institution of Electrical Engineers, 1995.
- [2] Ian G. Warnock, Programmable Controllers, Prentice Hall, 1988.
- [3] 안재봉, 유종선, 송승우, 오연식, "PLC에서의 PID Control System 구현", '94 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, 1994년 8월, pp. 711-713.
- [4] E. A. Parr, BSc, CEng, MIEE, MInstMC, Programmable Controllers An engineer's guide, Newnes, 1993.
- [5] 順田信英, PID制御, 朝倉書店, 1992.
- [6] 山本重彦, 加藤尙式, PID制御の基礎と応用, 朝倉書店, 1992.
- [7] K. Astrom, T. Hagglund, PID Controllers: Theory, Design, and Tuning, 2nd edition, Department of Automatic Control Lund Institute of Technology, 1993.
- [8] Leslie M. Zoss, Applied Instrumentation in the process Industries VolumeIV (Control Systems: Theory, Troubleshooting, and Design), Gulf, 1979.
- [9] SIEMENS 매뉴얼, S7 Programmable Controller STEP7 이론과 실기, Siemens AG, 1998.
- [10] Karl Johan Astrom, Tore Hagglund, Automatic Tuning of PID Controller, Instrument Society of America, 1988.
- [11] SIEMENS 매뉴얼, FM455 Controller Function Module Installation and Parameter Assignment, Siemens AG, 1997.
- [12] SIEMENS 매뉴얼, S7-400/M7-400 PLC 하드웨어 및 설치 설명서, 경지원, 1996.
- [13] SIEMENS 매뉴얼, Statement List(STL) for S7-300 and S7-400 Programming, Siemens AG, 1996.
- [14] SIEMENS 매뉴얼, Ladder Logic(LAD) for S7-300 and S7-400 Programming, Siemens AG, 1996.
- [15] Bahram Shahian, Micheal Hassul, Control System Design using MATRLB, Prentice Hall, 1995.
- [16] J. Apkarian, A comprehensive and modular laboratory for control systems design and implementation, Quanser Consulting, Canada, 1995.
- [17] B.C. Kuo, Automatic control systems, Prentice-Hall, 1995.

조도현



1987년 광운대학교 전자공학과
졸업(공학사)
1990년 동 대학 대학원
전자공학과 석사과정 졸업
(공학석사)
1998년 동 대학원
제어계측공학과 박사과정 졸업
(공학박사)
1991 ~ 1993년
LG전자 중앙연구소 근무
1998 ~ 1999년
삼성종합기술원 근무
2001 ~ 현재
해전대학 전자계열 교수

관심분야 : 강건성제어,
로봇제어, PLC응용

이상훈



1983년 2월 광운대학교
응용전자과 졸업(공학사)
1987년 8월 광운대학교 대학원
전자과 졸업(공학석사)
1992년 2월 광운대학교 대학원
전자과 졸업(공학박사)
1991년 ~ 현재
광운대학교 전자공학부 교수

이창희



1989년 ~ 1991년
(주)중앙시스템 S/E과
1991년 ~ 1992년
연합컴퓨터 개발실
1992년 ~ 1997년
기아전자 개발실
1999년 ~ 현재
동서울대 전자 정보 통신과
초빙전임강사
2000년 ~ 현재 광운대 박사과정