

< 도립진자 실험 >

담당 조교 : 부 지 영

(종합실험동 107호 - jybooh@gmail.com)

1. 실험목적

도립진자 시스템(Inverted Pendulum System)은 카트위에 거꾸로 세워진 진자가 불안정한 평형점에서 쓰러지지 않도록 수직인 안정 상태를 유지하는 장치이다. 물리 시스템의 수학적 모델링과 불안정 시스템을 안정화시키기 위한 피드백 제어에 대해 이해하고 실제로 도립진자 시스템을 제어할 수 있도록 한다.

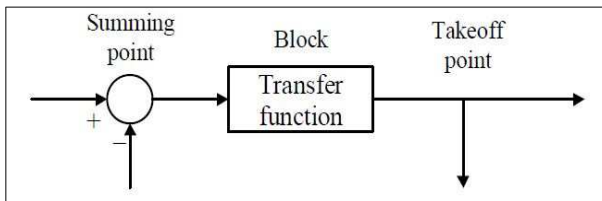
2. 이론적 배경

① 라플라스 변환(Laplace transform)

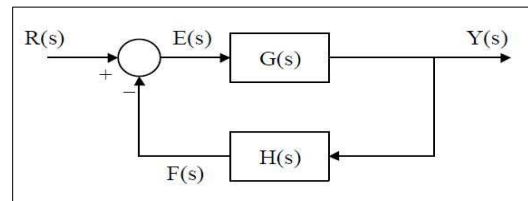
$$L\{f(t)\} = F(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt, \quad s = \sigma + iw \text{ with real number } \sigma, w$$

$$f(t) = L^{-1}\{F\}(t) = \frac{1}{2\pi i} \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{\gamma - iT}^{\gamma + iT} e^{st} F(s) ds$$

② 블록선도(Block diagram)

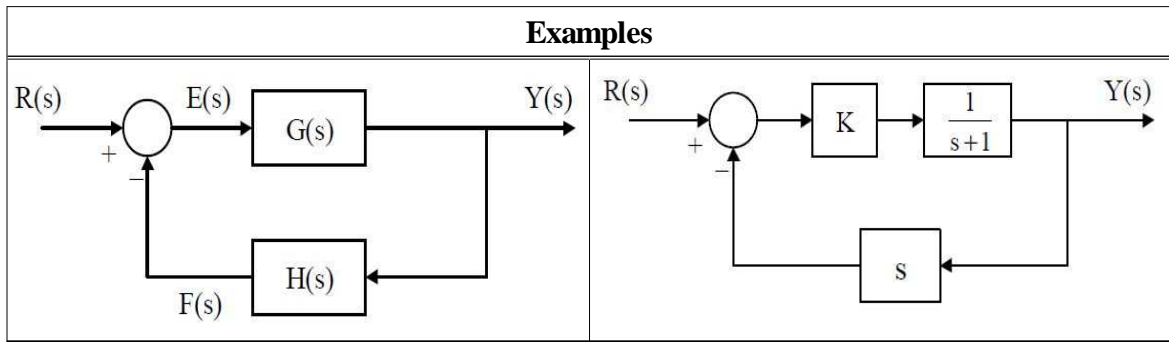


< Block diagram items >

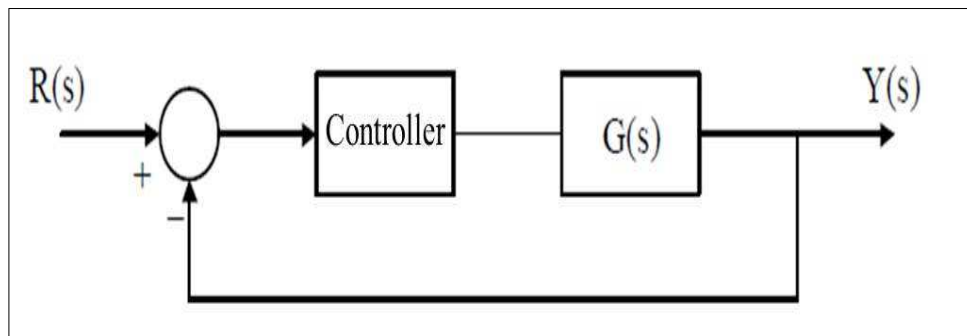


< Block diagram >

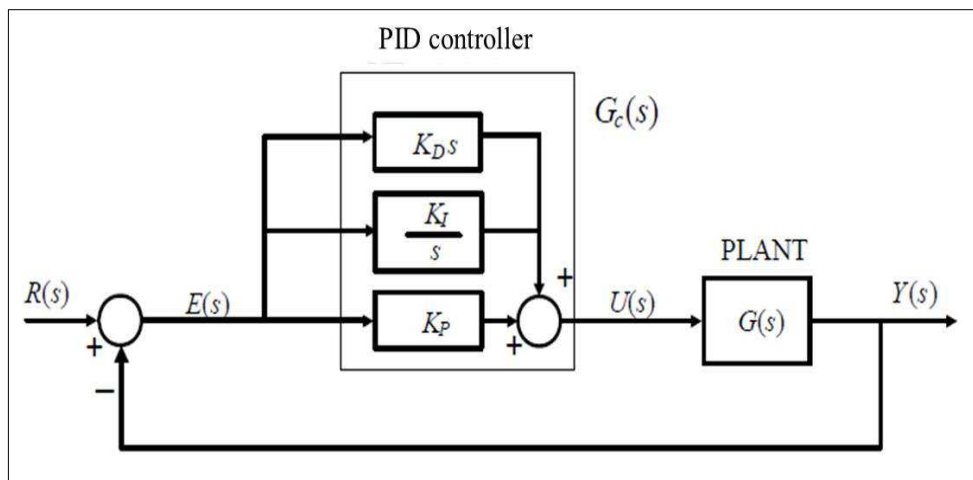
Block model	Equation
	$Y(s) = G(s) U(s)$
	$Y(s) = G_1(s) G_2(s) U(s)$
	$Y(s) = [G_1(s) + G_2(s)] U(s)$



③ PID 제어기(PID Controller)



< General closed-loop control system >



< Closed-loop control system (PID controller) >

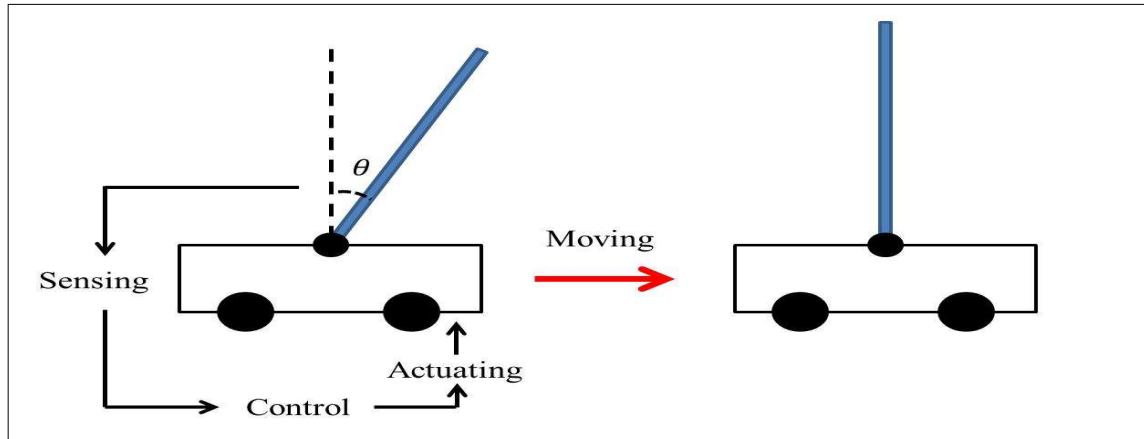
$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

⇒ Ouput equation (time)

$$G_c(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

⇒ Ouput equation (complex)

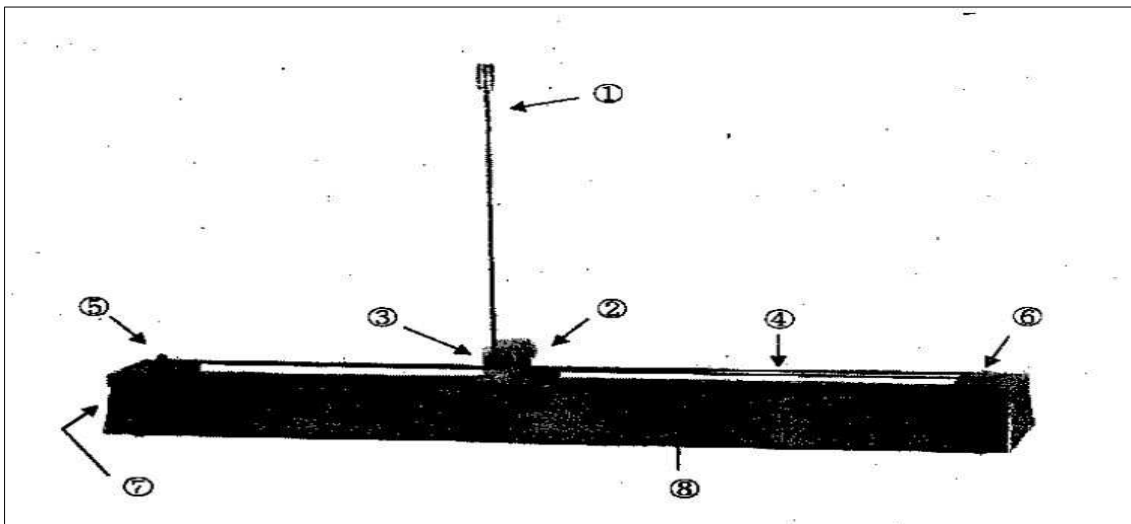
④ 도립진자(Inverted pendulum)



< Schematic of inverted pendulum >

3. 실험장치

가. 플랜트(도립진자 실험장치 ED-4820)

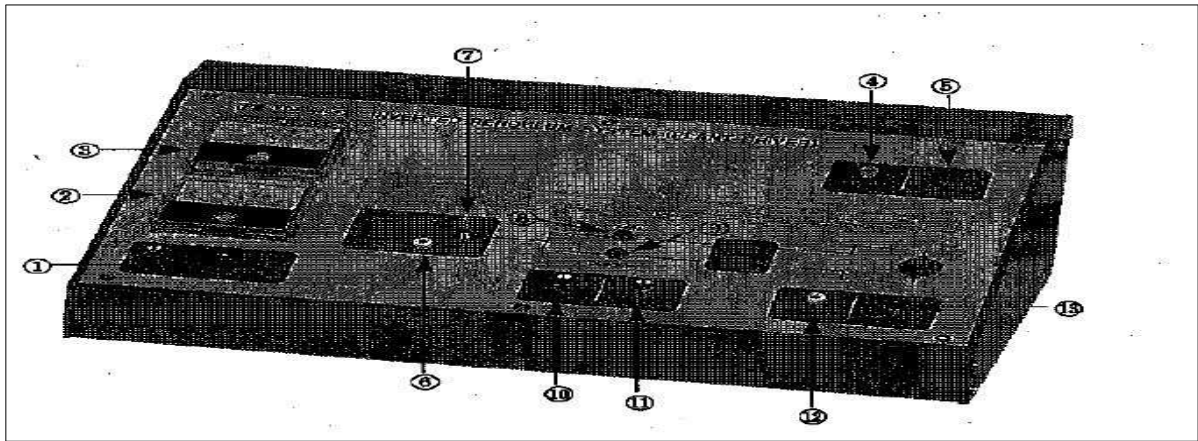


< Inverted pendulum system (ED-4820-1) >

- ① 진자 : 길이는 35cm와 50cm 두 종류이다. 카트에 연결되어 나사로 고정되며, 좌우로 기울어진다. 진자의 기울어짐을 측정하기 위해 각도 포텐서미터와 축을 통해 연결되어 있다.
- ② 각도 포텐서미터 : 10k Ω 이며, 진자의 기울어짐을 측정한다. 오른쪽으로 기울어졌을 때 (+) 전압이 왼쪽으로 기울어졌을 때 (-) 전압이 측정된다. 진자와 축을 통해 연결되어 있다.
- ③ 카트 : 모터의 회전에 의해 레일 위를 이동한다. 모터와 카트는 타이밍 벨트로 연결되어 있다. 전면에 진자가 후면에 각도 포텐서미터가 연결되어 있다.
- ④ 타이밍벨트 : 모터, 위치 포텐서미터, 카트를 연결하여 모터의 회전에 의해 포텐서미터, 카트도 같이 움직인다.

- ⑤ DC 서보 모터 : 모터의 회전으로 카트를 이동시킨다.
- ⑥ 위치 포텐서미터 : 10k Ω 이며, 카트의 위치 전압을 측정한다.
- ⑦ 25P 커넥터 : 케이블을 통해 도립진자 구동부(ED-4820-2)와 연결된다. 포텐서미터에 의해 측정된 센서 신호가 구동부로 전달되며, 구동부의 모터인가 신호가 플랜트(ED-4820-1)에 전달된다.
- ⑧ 레일 : 카트가 이동하며, 길이는 800mm이다.

나. 구동부



< Inverted pendulum system (ED-4820-1) >

- ① Power : 시스템의 전원을 인가 또는 차단하는 메인 전원이다.
- ② 전류계 : 모터에 흐르는 전류를 보여준다.
- ③ 전압계 : 모터에 인가된 전압을 보여준다.
- ④ Bar Angle Out : 진자의 각도 전압을 측정할 수 있다. 수직을 기준으로 오른쪽으로 기울어지면 (+), 왼쪽으로 기울어지면 (-)가 측정된다.
- ⑤ Cart Position Out : 카트의 위치 전압을 측정할 수 있다. 중앙을 기준으로 오른쪽에 위치하면 (+), 왼쪽에 위치하면 (-)가 측정된다.
- ⑥ Analog Control : 아날로그 제어일 경우 이단자를 통해서 제어 신호를 인가 할 수 있다. ED-4800A와 잭으로 연결된다.
- ⑦ 모드 선택 스위치 : 제어 모드를 아날로그 또는 디지털로 선택할 수 있다.
- ⑧ PWM 단자 : 모터 드라이버 IC로 들어가는 Direction 신호를 측정할 수 있다.
- ⑨ DIRECTION 단자 : 모터 드라이버 IC로 들어가는 Direction 신호를 측정할 수 있다.
- ⑩ Out Range LED : 카트의 위치가 범위를 벗어났을 때 ON 된다.
- ⑪ Over Current LED : 과도 전류가 모터에 흐르면 ON 된다.
- ⑫ Reference : 아날로그 제어일 경우, ED-4800A의 기준 입력이 잭으로 연결된다. 프로그램에서 모니터링하기 위해서 연결한다.
- ⑬ GND : 접지이다.

4. 실험방법

- ① 제어PC의 독립진자 전용 프로그램을 실행한다.
- ② 진자의 각도 변화에 따른 전압을 측정한다.
- ③ 카트의 위치 변화에 따른 전압을 측정한다.
- ④ 제어PC에서 제어기 gain값을 변화시키며 진자 각도 전압 및 카트 위치 전압 그래프의 변화를 확인한다.
- ⑤ 기준 전압을 0 V에서 -1~1V로 고정하고 제어PC에서 제어기 gain값을 변화시키며 진자 각도, 전압 및 카트 위치 전압 그래프의 변화를 확인한다.

5. 제출할 결과물

Rise time, Overshoot, Settling time, Steady state error에 대해서 조사하고 PID 제어기의 이득 변화에 따른 영향을 조사하여 아래 표에 표시하도록 한다. (증가 or 감소 or 변화 없음 등)

	<i>Rise time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling time</i>	<i>State state error</i>
K_P	감소 or 증가	감소 or 증가	감소 or 증가	감소 or 증가
K_I	감소 or 증가	감소 or 증가	감소 or 증가	감소 or 증가
K_D	감소 or 증가	감소 or 증가	감소 or 증가	감소 or 증가

(제공되는 프린트 참조.)

6. 결과분석 및 고찰

7. 참고문헌

※ 레포트 제출 시 유의사항

e-mail 제출 시 : 파일&제목명) 실험2_도립진자_A반1조_32120000_홍길동
gybooh@gmail.com로 제출

paper 제출 : 종합실험동 107호