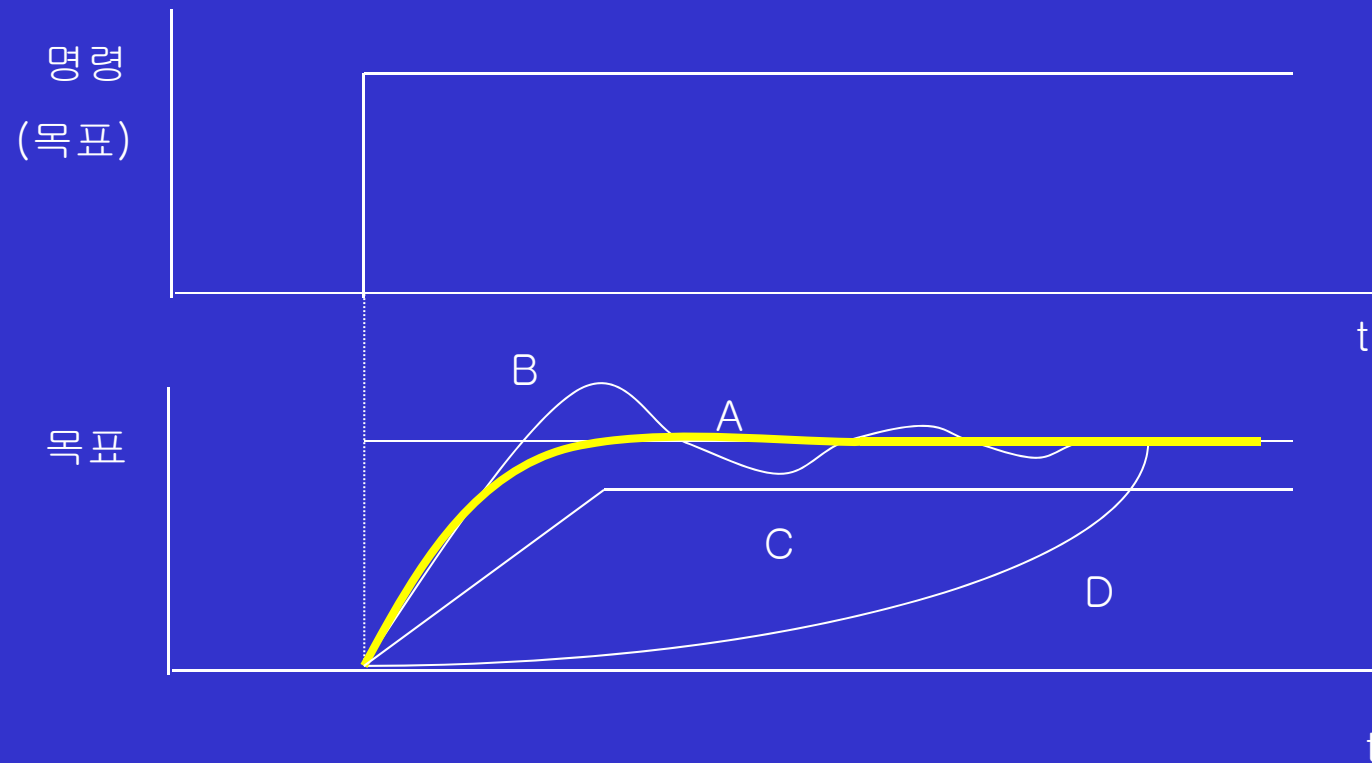


PID 제어이론

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

제어동작과 인간



조절계의 PID 동작

프로세스 제어

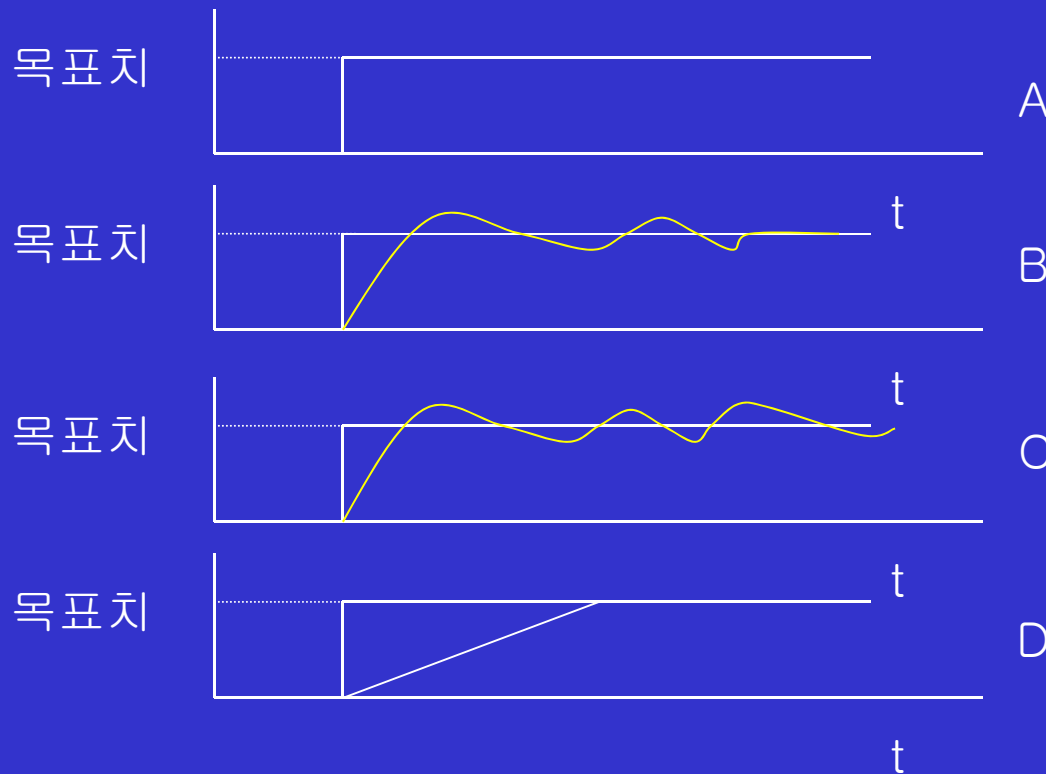
제어형태와 대책

형태	제어형태	대책
A	표준작업자	-
B	감도가 예민하여 마무리를 못 짓는 사람	감도를 약하게 하며 충분히 일의 내용을 이해 시킴.
C	목표명령에 확실성이 없어 목표에 도달하지 못하는 사람	일을 부여하는 것 만이 아니고 과거 성과 Check, 수정
D	감도가 둔하여 시간이 상당히 걸리지만 목표달성	일을 시키기 전 일의 내용을 설명하여 준비시간 부여

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

제어동작이란?



◆ 목표치 변화에 대한 추종성
(A 가 이상적임)

B, C, D → 파라미터 조정으로
A와 같이 만드는 것이 제어동
작 이다

◆ 외란은 제어를 어렵게 하는
요인으로서 이 영향을 최소한
으로 하는 제어가 좋다

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례 동작(P동작)

P(Proportional)

- 비례동작이란?

편차 입력신호의 크기에 비례한 값이 연속적으로 제어 출력 신호로 나가는 동작

$$\theta = K_g * e$$

여기서, θ =제어출력, e =편차신호 K_g =감도

편차신호(e : error)

$$e = SV - PV$$

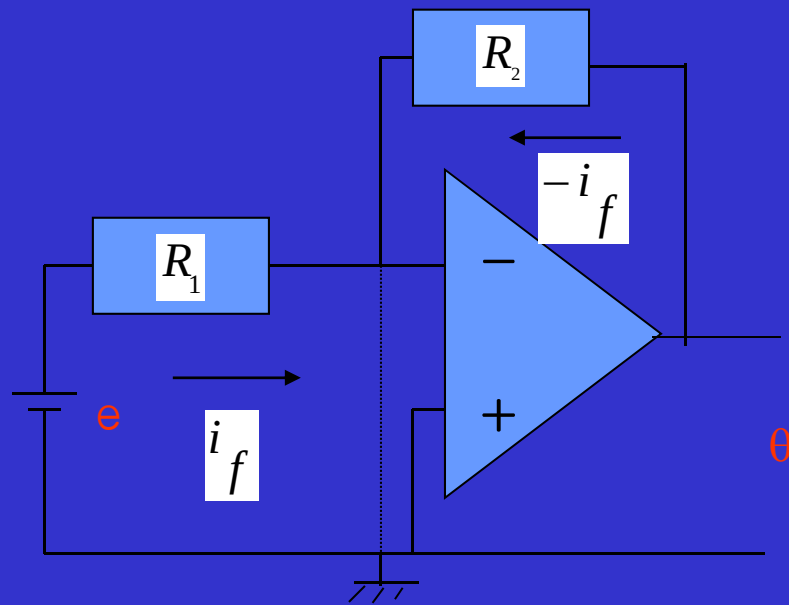
여기서, SV=Set Value (설정치, SP:Set Point라고도 함)

PV=Process Value (프로세스 측정값)

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례 동작(P) 회로도



반전 연산증폭기

$$i_f = \frac{e}{R_1}, \quad \theta = -i_f R_2, \quad \theta = -\frac{R_2}{R_1} e$$

위의 식에서 - 는 조절계의 역동작을 의미하며 R_2/R_1 (증폭도) 는 조절계의 감도 K_g 이다.

▶ 조절계의 정동작과 역동작

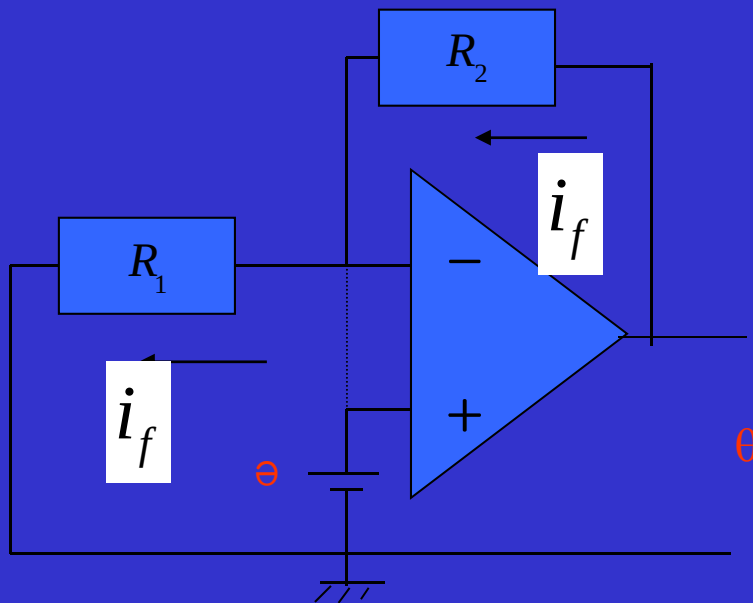
* PV-SV = 편차가 (+) 인 경우

- 조절계의 조작량이 증가→정동작
- 조절계의 조작량이 감소→역동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례 동작(P) 회로도



비반전 연산증폭기

$$i_f = \frac{e}{R_1}, \quad \theta = i_f R_1 + i_f R_2 = \frac{R_1}{R_1} e + \frac{R_2}{R_1} e \\ = (1 + \frac{R_2}{R_1}) e$$

위의 식은 조절계의 조절계의 정동작을 의미하며 $1+R_2/R_1$ (증폭도)는 감도 K_g 이다.

▶ 조절계의 정동작과 역동작

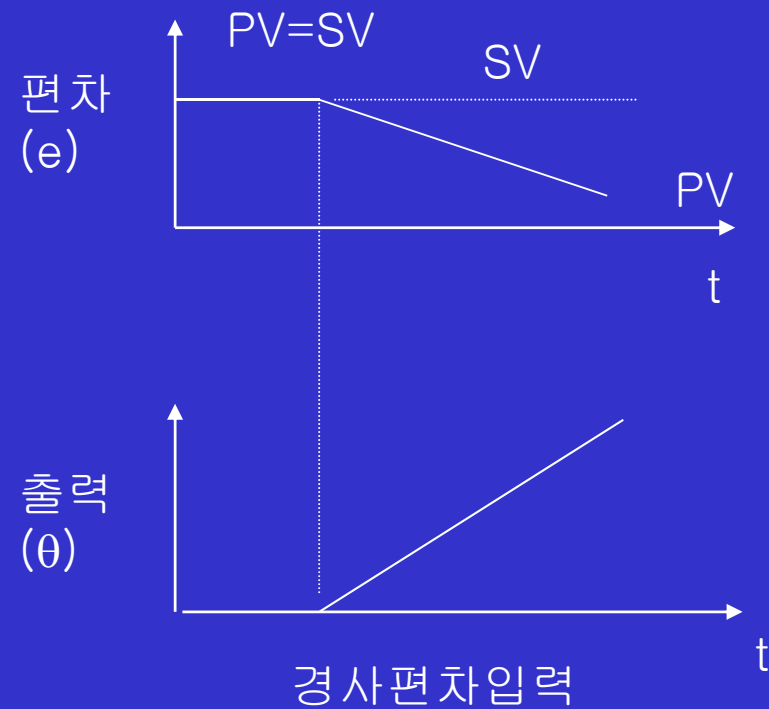
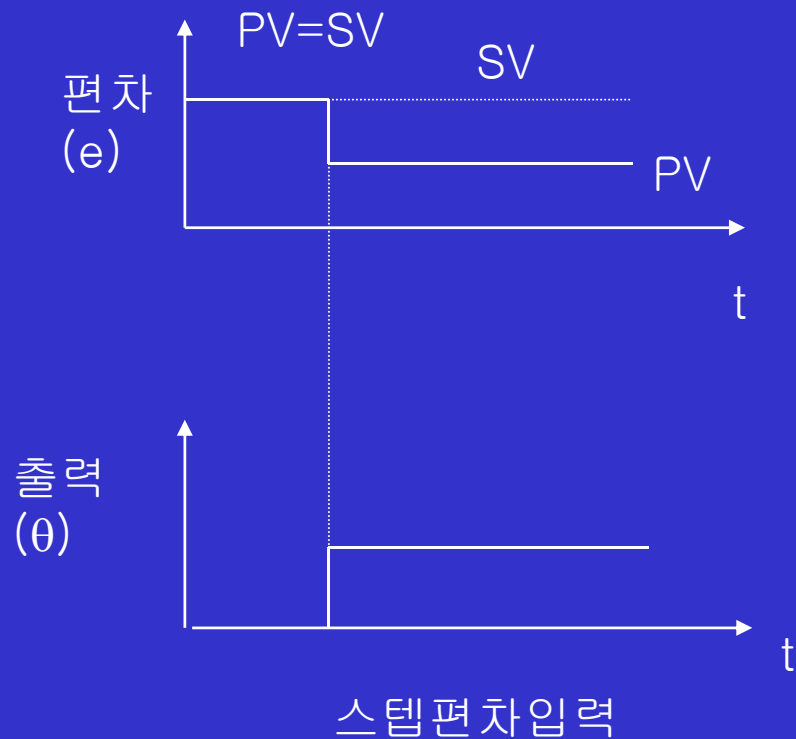
* $SV-PV =$ 편차가 (+) 인 경우

- 조절계의 조작량이 증가→정동작
- 조절계의 조작량이 감소→역동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례 동작(P)의 응답특성



조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례 동작(P)의 특징

비례대(PB:Proportional Band)
 $PB = 1/K_g * 100$, 단위 : %

○ 비례동작의 특성

- ▶ Off Set 잔류 편차 발생
- ▶ 비례대를 작게하면 감도가 좋아져서 Off Set 크기 감소
- ▶ 비례대를 극히 작게 하면 헛팅이 발생 → Cycling

비례동작만으로는 Off Set 발생 → 적분동작 필요

적분동작의 필요성

●비례동작 만으로는 Off Set 발생

- ⊙ Off Set : 프로세스 값(PV)이 목표값(SV, SP)에 도달하지 못하는 현상
- ⊙ $m = 100e/PB + b$ 따라서, $e = PB/100 * (m - b)$
즉, e 가 0이 되려면 $PB=0$ 가 되거나 $m=b$ 가 되어야 함.
그러나, $PB > 0$ 이므로 $m=b$ 가 되어야 함.
⇒ 적분동작 필요

적분동작(I동작)

I 동작 (Integral Action)

- 적분동작이란?

편차 입력신호의 적분값에 따라 연속적으로 제어 출력이 나가는 동작

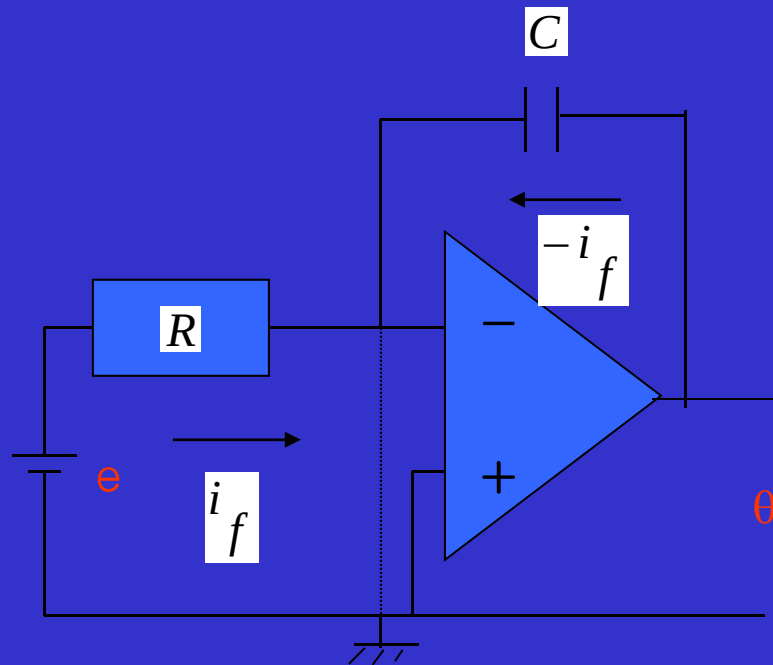
$$\theta = \frac{1}{T} \int e dt$$

여기서, θ =제어출력, e =편차신호 T =적분시간

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

적분동작(I) 회로도



반전 연산증폭기

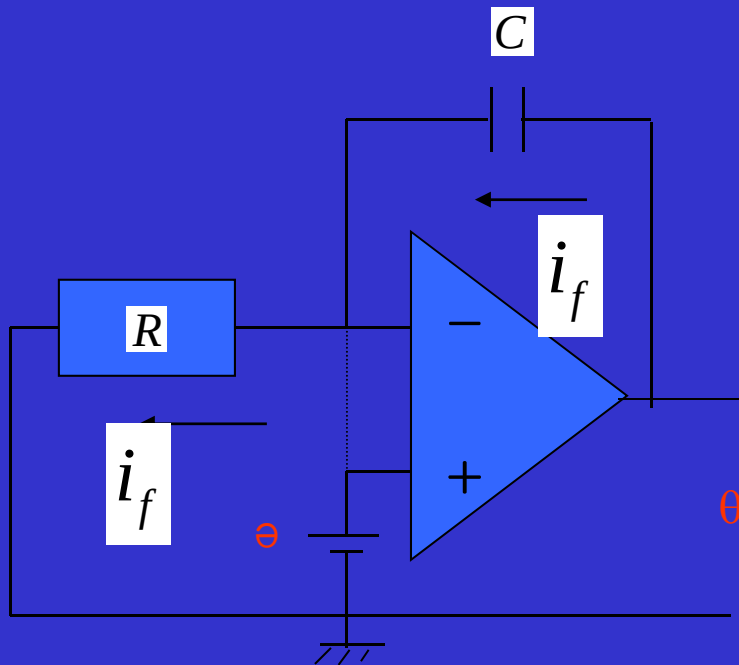
$$\begin{aligned} i_f &= \frac{e}{R} \\ \theta &= \frac{1}{C} \int (-i_f) dt \\ &= -\frac{1}{RC} \int e dt \\ &= -\frac{1}{T} \int e dt \end{aligned}$$

- : 조절계의 역동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

적분동작(I) 회로도



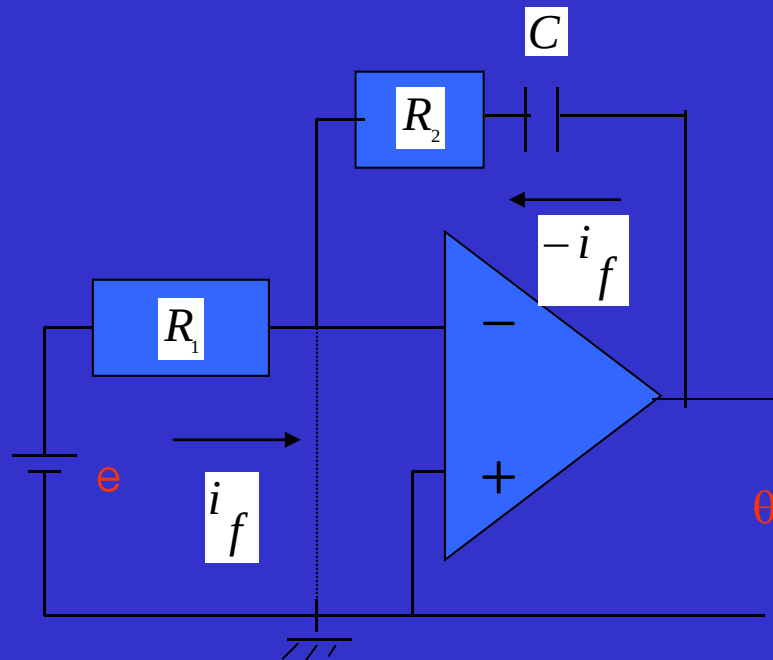
비반전 연산증폭기

$$\begin{aligned} i_f &= \frac{e}{R} \\ \theta &= i_f R + \frac{1}{C} \int i_f dt \\ &= \frac{R}{R} e + \frac{1}{C} \int \frac{e}{R} dt \\ &= e + \frac{1}{T} \int e dt \end{aligned}$$

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례적분동작(PI) 회로도



반전 연산증폭기

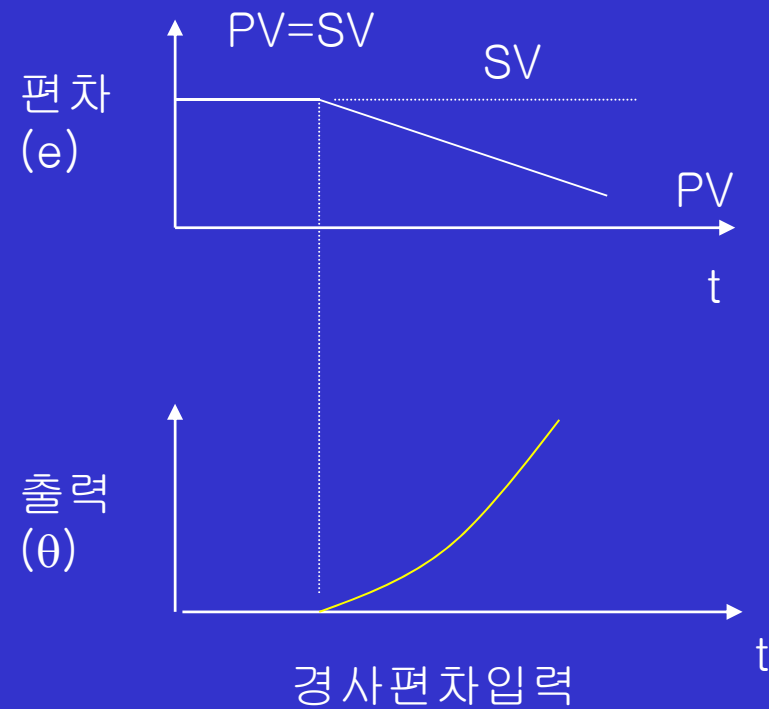
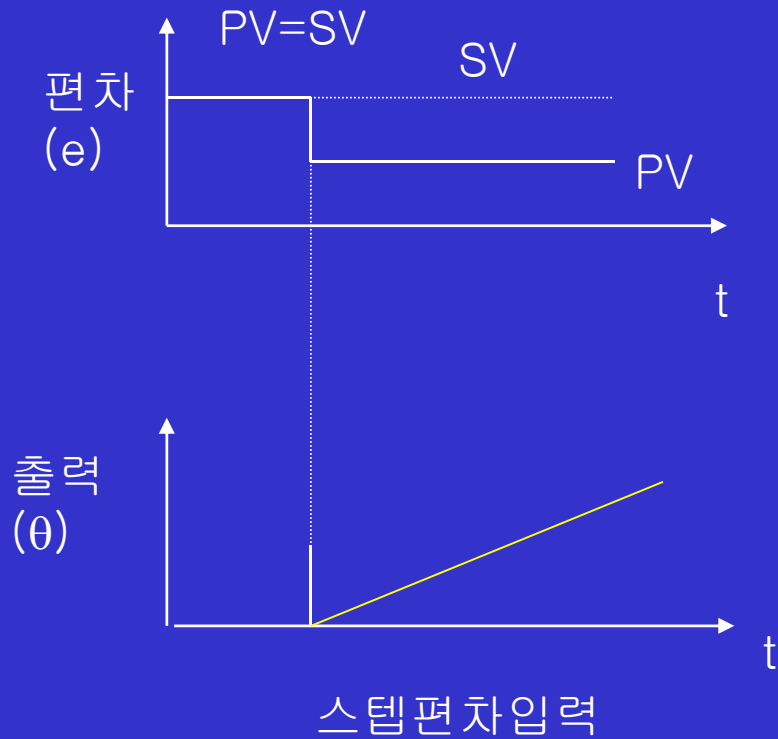
$$\begin{aligned} i_f &= \frac{e}{R_1} \\ \theta &= -(i_f R_2 + \frac{1}{C} \int i_f dt) \\ &= -(\frac{R_2}{R_1} e + \frac{1}{RC} \int e dt) \\ &= -(K_g e + \frac{1}{T} \int e dt) \\ &= -(\frac{100}{PB} e + \frac{1}{T} \int e dt) \end{aligned}$$

- : 조절계의 역동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

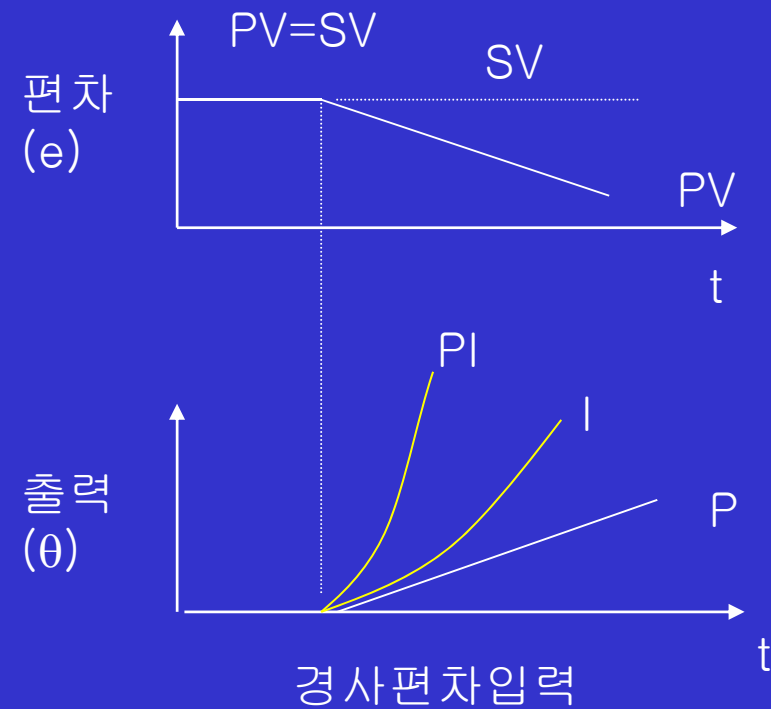
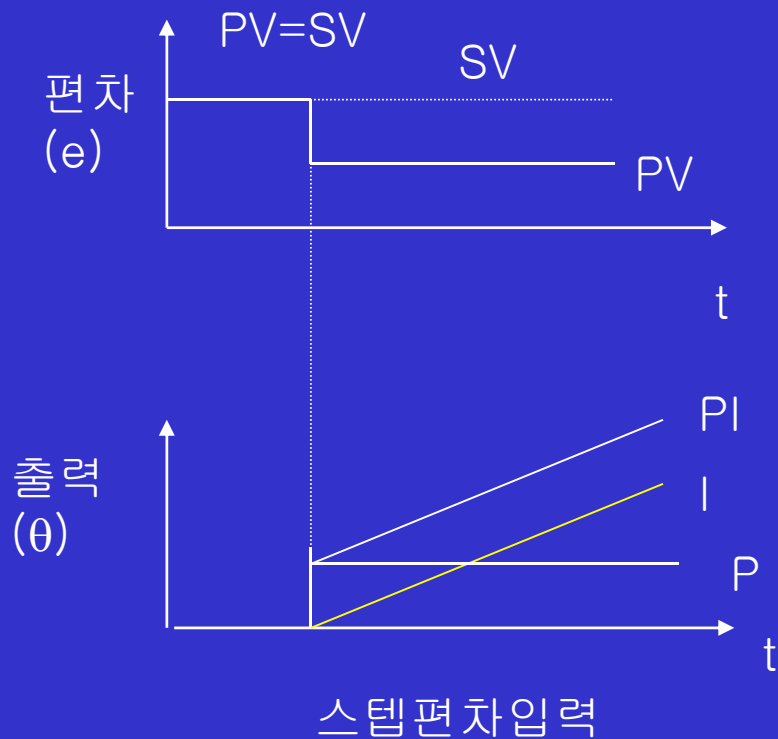
적분동작(I)의 응답특성



조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례적분동작(PI)의 응답특성



적분시간의 의미

■ 적분동작의 출력식

$$\theta = \frac{1}{RC} \int e dt = \frac{1}{T} \int e dt$$

에서 시정수 $T(R \cdot C)$ 가 적분시간이다.

입출력 응답식에서의 적분시간은 계단편차 발생시 비례동작에 의한 출력과 적분동작에 의한 출력값이 같아질때 까지 의 시간이다.

적분동작의 효과

- 잔류편차 (오프셋) 빨리 제거 가능
- 설정치의 최초 회복시간 단축
- 적분시간을 너무 짧게하면 진동발생
 - * 이 경우 진폭감쇄비가 크게되어 발산되기도 함

미분동작(D)

D 동작 (Derivative Action)

- 미분동작이란?

편차 입력신호의 미분값에 따라 연속적으로 제어 출력이 나가는 동작

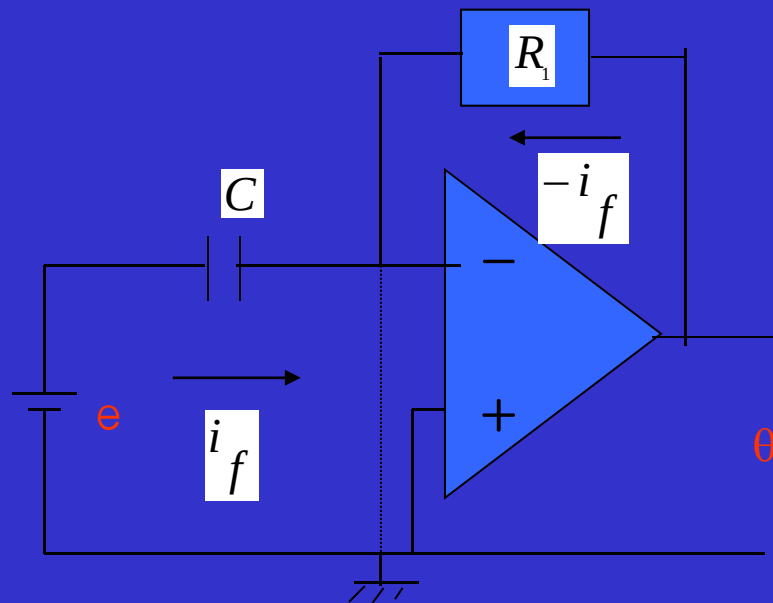
$$\theta = T \frac{de}{dt}$$

여기서, θ =제어출력, e =편차신호 T =미분시간

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

미분동작(D) 회로도



반전 연산증폭기

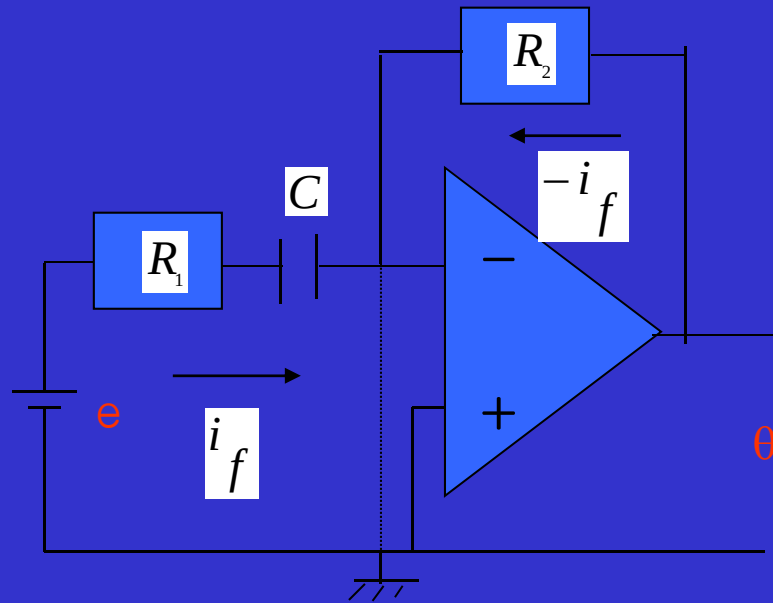
$$i_f = C \frac{de}{dt}$$
$$\theta = -i_f R$$
$$\theta = -RC \frac{de}{dt}$$

- : 조절계의 역동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례미분동작(PD) 회로도



반전 연산증폭기

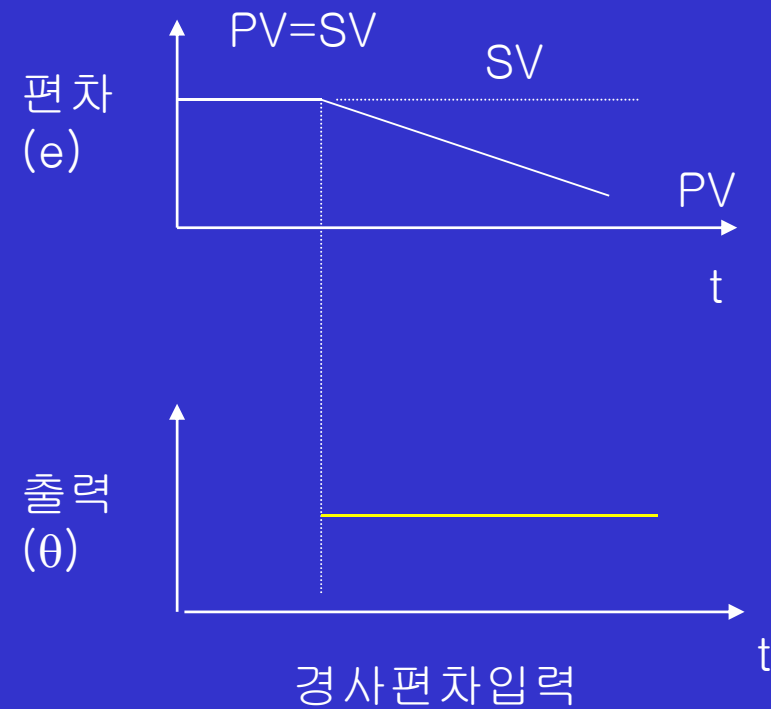
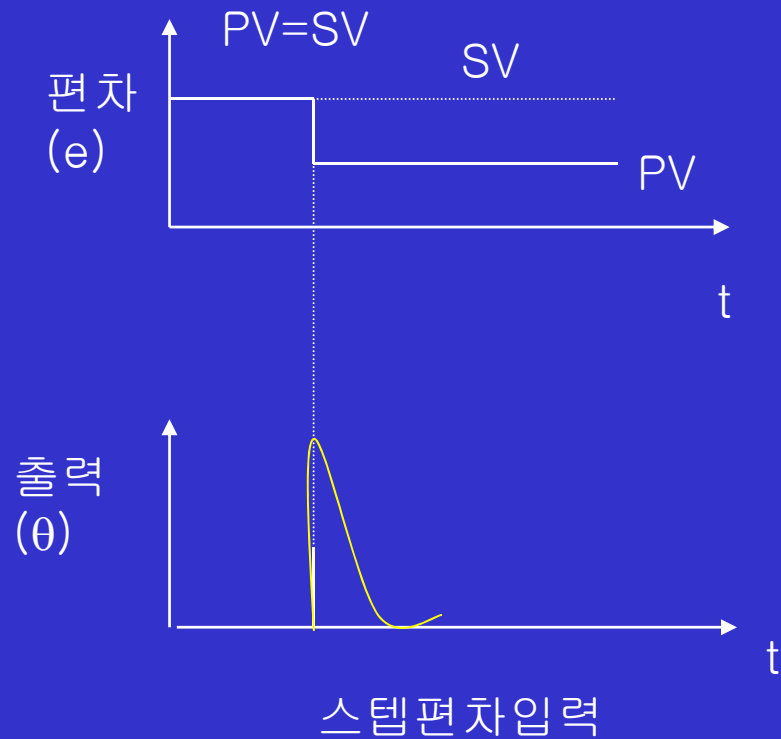
$$\begin{aligned} i_f &= \frac{e}{R_1} + C \frac{de}{dt} \\ \theta &= -i_f R_2 \\ \theta &= -\left(\frac{R_2}{R_1} e + R_2 C \frac{de}{dt}\right) \\ &= -(K_g e + T \frac{de}{dt}) \\ &= -\left(\frac{100}{PB} e + T \frac{de}{dt}\right) \end{aligned}$$

- : 조절계의 역동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

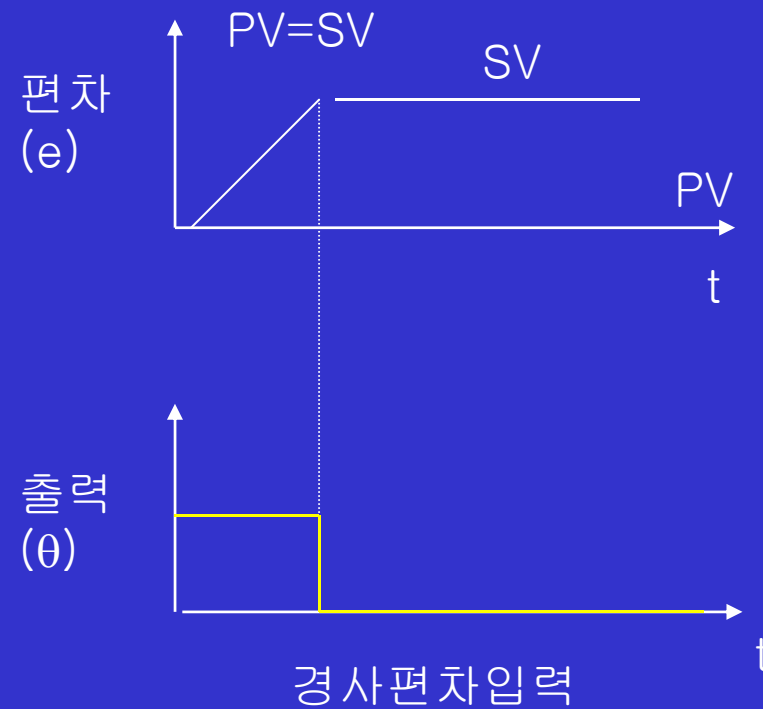
미분동작(D)의 응답특성



조절계의 PID 동작

프로세스 제어

미분동작(D)의 응답특성



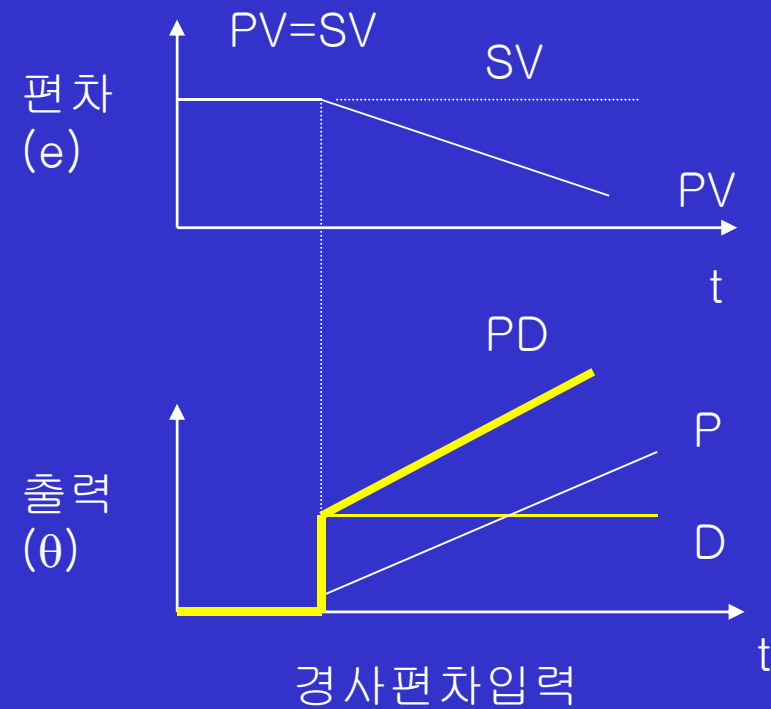
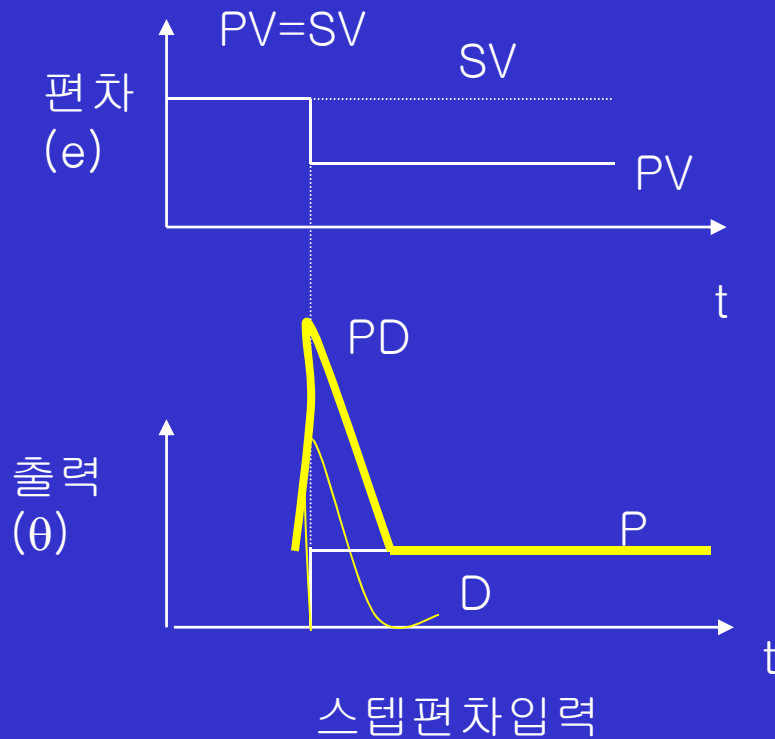
미분(D)동작의 효과

- 비례 또는 비례 적분동작 조절계
 - * 현재 및 과거의 편차에 관한 조작량 수정
- 온도제어계와 같이 허비시간과 지연시간이 긴 프로세스
 - * 과도편차가 생기며 정정시간이 많이 걸림
 - ⇒ 편차의 변화속도에 비례한 수정동작 부가 필요
- 미분동작 : 편차의 변화속도에 비례하여 조작량을 더하는 동작

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례미분동작(D)의 응답특성



비례미분동작(D)의 응답특성

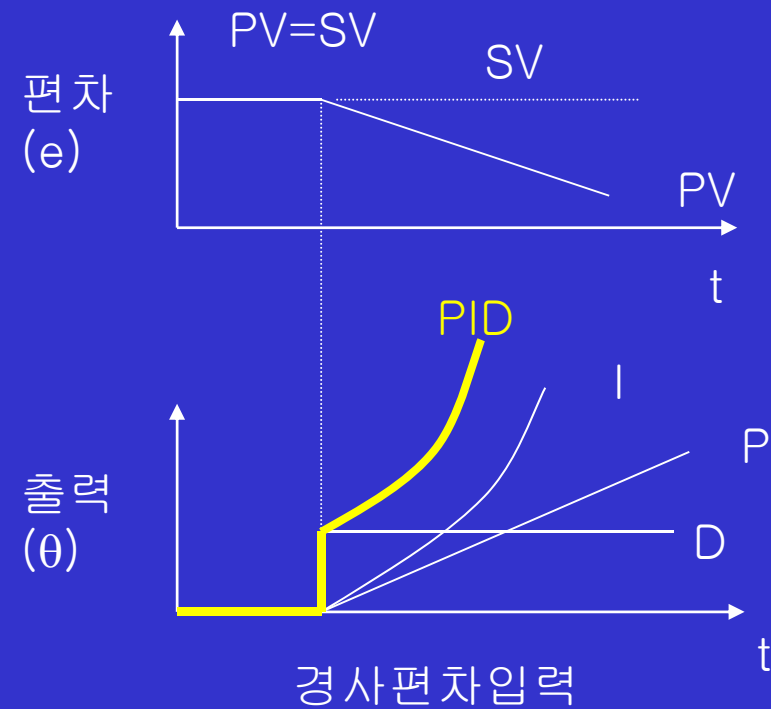
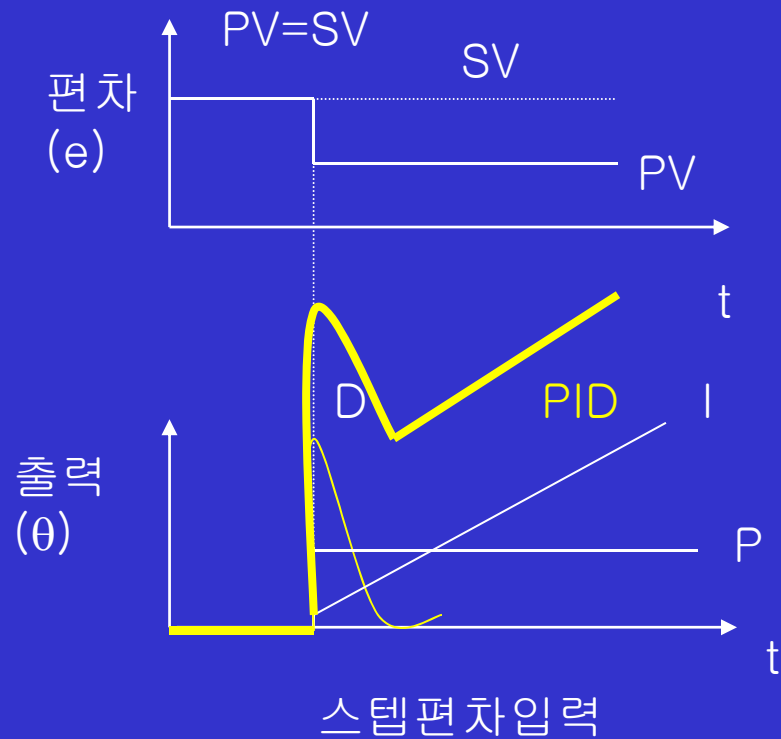
●미분시간을 길게 했을때 나타나는 현상

- * 오프세트량은 변하지 않음 (적분동작이 없을때)
- * 진동억압
- * 미분동작은 외란에 약함

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

비례적분미분동작(PID)의 응답특성



PID 제어동작의 특징

- 비례동작(비례대 PB를 작게 했을때)
 - ⊙오프셋(Off Set) 발생 (적분동작이 없을때)
 - ⊙PB가 극히 작으면 ⇒ 진동발생 (Cycling)

PID 제어동작의 특징

- 적분동작의 효과 : 적분시간(T)를 짧게 했을때
 - ◎오프셋 제거가능
 - ◎설정치의 최초 회복 시간이 짧음
 - ◎적분시간이 극히 작으면 진동, 발산

PID 제어동작의 특징

- 미분동작의 효과 : 미분시간(T)를 길게 했을때
 - ◎오프세트량은 변하지 않음
(적분동작이 없을때)
 - ◎진동 억압

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

조절계별 사용프로세스 및 기준

조절계 종류	사용프로세스	기 준
PI	유량제어 압력제어 레벨제어	응답속도가 빠른 프로세스 용량이 작은 프로세스 지연시간과 허비시간이 짧은 프로세스
PID	온도제어 레벨제어 O ₂ ,PH 제어 칼로리 제어	응답속도가 느린 프로세스 용량이 큰 프로세스 지연시간과 허비시간이 긴 프로세스

PID 파라미터 조정법

- 스텝 응답법

- ◎ 제어계의 입력에 스텝신호를 가하고, 그 출력 결과를 이용하여 파라미터를 구함

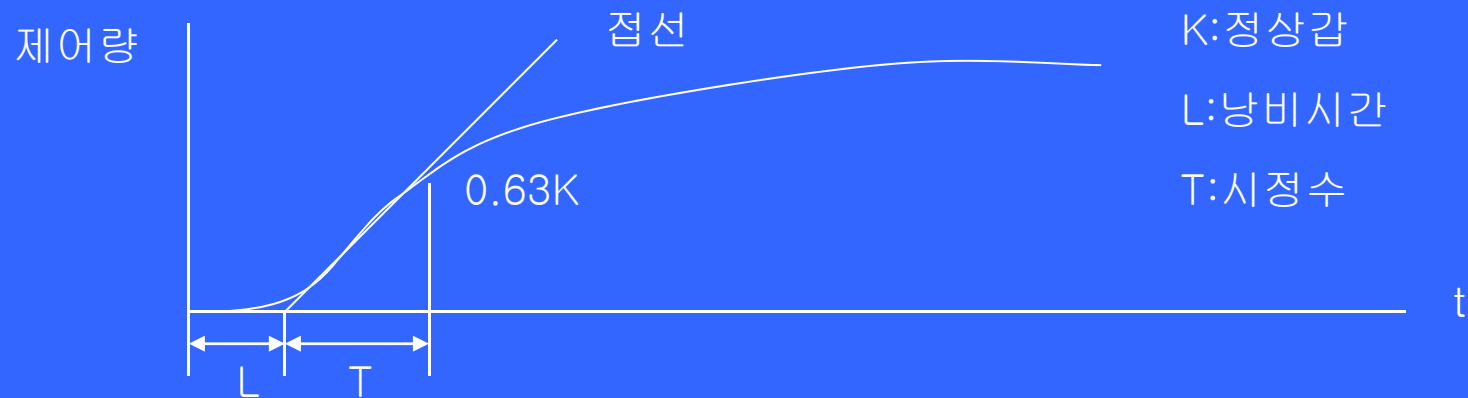
- 한계 감도법

- ◎ 조절계 출력을 이용, 비례 동작만으로 PID값 설정

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

스텝 응답법



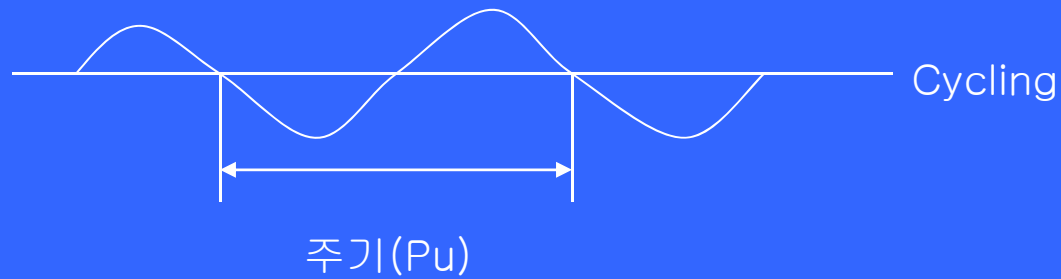
제어동작별	Kp 값	Ki	Kd 값
비례제어	$0.3 \sim 0.7T/KL$	0	0
PI 제어	$0.35 \sim 0.6T/KL$	$0.3 \sim 0.6/KL$	0
PID제어	$0.6 \sim 0.95T/KL$	$0.6 \sim 0.7/KL$	$0.3 \sim 0.45t/k$

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

한계감도법

- 1) 제어계를 폐루프로 구성
- 2) 적분시간을 최대, 미분시간을 최소로 SETTING
- 3) 비례대를 최대에서 한계 진동이 발생할 때 까지 서서히 줄임
- 4) 한계진동의 결과로 주기를 측정



조절계의 PID 동작

프로세스 제어

한계감도법

5) 주기(P_{bu})와 한계진동이 발생된 때의 비례대(P_{Bu})에 의하여 아래표와 같이 PID 정수 결정

제어동작별	K_p 값	K_i	K_d 값
비례제어	$2 P_{bu}$	—	—
PI 제어	$2.2 P_{Bu}$	$0.83T$	—
PID제어	$1.7 P_{Bu}$	$0.5T$	$0.125T$

6) 얻어진 PID정수를 조절계에 입력시켜 진폭감쇄비가 0.25가 되는지 확인한 다음, 프로세스에 따라 다소 조정이 필요시 재조정

조절계의 PID 동작

프로세스 제어

컴퓨터에 의한 PID 제어 알고리즘

- ◎ COMPUTER 프로그램에 의한 PID 제어 : 연속적인량 취급 불가
→ 샘플링(이산값) 방식 필요

※ Sampling 방식의 PID 제어 기본식

조작량 = $K_p \times \text{편차} + K_i \times \text{편차의 누적값} + K_d \times \text{전회편차와의 차}$

기호로 나타내면

$MV_n = MV_{n-1} + \Delta MV_n$, 여기서

$$\Delta MV_n = K_p(e_n - e_{n-1}) + K_i e_n + K_d((e_n - e_{n-1}) - (e_{n-1} - e_{n-2}))$$

ΔMV_n : 금회 조작량 미분

e_n, e_{n-1}, e_{n-2} : 금회, 전회, 전전회의 편차