

## การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller Design)

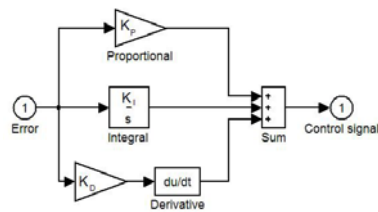
### ตัวควบคุมแบบพีไอดี

- ❑ ตัวควบคุมแบบพีไอดีเป็นตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพมาก ตัวควบคุมแบบพีไอดีสามารถแก้ปัญหากว่าร้อยละ 90 ในการควบคุมระบบ
- ❑ ชื่อของตัวควบคุมมีความหมาย คือ
  - P (proportional) หมายถึง การปรับสัดส่วนสัญญาณ
  - I (integral) หมายถึง การอินทิเกรตสัญญาณ
  - D (derivative) หมายถึง การอนุพันธ์สัญญาณ

2

### ตัวควบคุมแบบพีไอดี

- ❑ ตัวอย่างตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ



3

### ตัวควบคุมแบบพีไอดี

- ❑ กลไกทั้งสามนี้จะถูกรวมเข้าด้วยกัน เพื่อทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณให้เหมาะสม
- ❑ ตัวควบคุมแบบพีไอดี เหมือนกับตัวชดเชยแบบเฟสล้ำหน้าต่อผสมแบบอนุกรมอยู่กับตัวชดเชยแบบเฟสล้ำหลัง

4

### ตัวควบคุมแบบพี (P-Controller)

- ❑ เพิ่มความเร็วในการตอบสนองของระบบ
- ❑ ลดค่าความผิดพลาดที่สภาวะอยู่ตัวของระบบ

5

### ตัวควบคุมแบบไอ (I-Controller)

- ❑ ลดค่าความผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัวของระบบให้น้อยลงจนหมดไป
- ❑ มีผลให้ความเร็วในการตอบสนองของระบบลดลง
- ❑ ทำให้เสถียรภาพของระบบลดลง

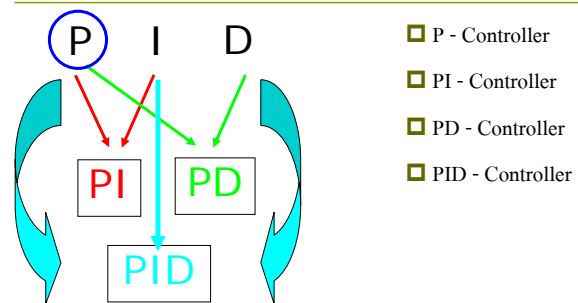
6

### ตัวควบคุมแบบดี (D-Controller)

- ❑ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น
- ❑ เพิ่มค่าอัตราส่วนความหน่วงให้กับระบบ

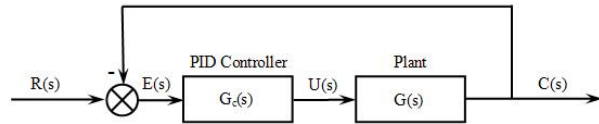
7

### การเลือกใช้ตัวควบคุม



8

## ระบบที่มีตัวควบคุมแบบพีไอดี



จาก 
$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$
  

$$e(t) = r(t) - c(t)$$

Laplace Transform 
$$U(s) = \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d \cdot s \right) \cdot E(s)$$

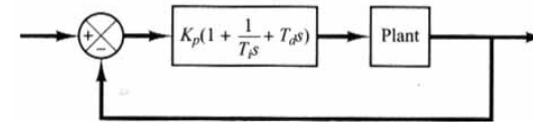
$$E(s) = R(s) - C(s)$$

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d \cdot s \right) = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s}$$

9

## การปรับแต่งตัวควบคุม (Controller Tuning) : closed-loop cycling method Via Ziegler and Nichols

- First method
- Second method



10

## Ziegler and Nichols :First Method

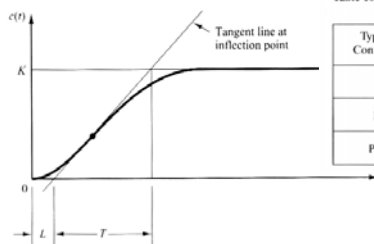


Table 10-1 Ziegler-Nichols Tuning Rule Based on Step Response of Plant (First Method)

Type of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

11

## Tuning Controller

### Ziegler and Nichols :Second Method

- ปรับตัวแปรให้อุปกรณ์ควบคุมให้เหลือ  $K_p$  อย่างเดียว โดยปรับค่า  $T_i$  ให้มีค่ามากที่สุด และค่า  $T_d$  ให้มีค่าน้อยสุด
- ให้ค่าอินพุตกับระบบและสังเกตผลการตอบสนองที่เกิดขึ้น
- ปรับเพิ่มค่า  $K_p$  จนกระทั่งการตอบสนองของระบบมีการแกว่งตัวเกิดขึ้น
- บันทึกค่าอัตราการควบคุมแบบ P ที่ทำให้ระบบมีการแกว่งโดยมีขนาดคงที่ ( $K_{cr}$ ) และคาบเวลาการแกว่งตัว ( $P_{cr}$ )

12

## Ziegler and Nichols :Second Method

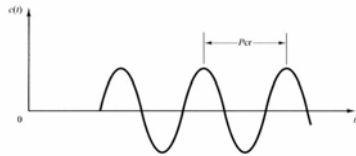
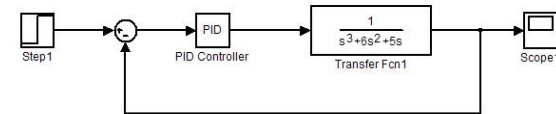


Table 10-2 Ziegler-Nichols Tuning Rule Based on Critical Gain  $K_{cr}$  and Critical Period  $P_{cr}$  (Second Method)

Type of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

13

## ตัวอย่าง การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี



PID controller เมื่อ  $T_i \rightarrow \infty$  และ  $T_d \rightarrow 0$

$$K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{0}{T_d s} \right) = K_p = K_{cr}$$

14

## ตัวอย่าง การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี (ต่อ)

Characteristic equation

$$s^3 + 6s^2 + 5s + K_p = 0$$

The Routh array

$s^3$	1	5
$s^2$	6	$K_p$
$s^1$	$\frac{30 - K_p}{6}$	
$s^0$	$K_p$	

15

## ตัวอย่าง การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี (ต่อ)

จะได้  $0 < K_p < 30$   
 $K_{cr} = 30$

แทนค่าใน Characteristic equation จะได้

$$s^3 + 6s^2 + 5s + 30 = 0$$

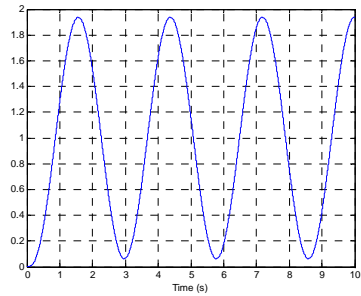
$$(j\omega)^3 + 6(j\omega)^2 + 5(j\omega) + 30 = 0$$

$$6(5 - \omega^2) + j\omega(5 - \omega^2) = 0$$

ดังนั้น  $\omega = \sqrt{5}$   
 $P_{cr} = \frac{2\pi}{\sqrt{5}} = 2.8099$

16

**ตัวอย่าง** การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี (ต่อ)



จากการตอบสนองของระบบจะได้

$$K_{cr} = 30$$

$$P_{cr} = 2.8$$

สัมประสิทธิ์ของตัวควบคุมที่ได้ คือ

$$K_p = 0.6K_{cr} = 18$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{K_p}{0.5P_{cr}} = \frac{18}{0.5 \times 2.8099} = 12.81$$

$$K_d = K_p T_d = K_p (0.125P_{cr}) = 18 \times 0.125 \times 2.8099 = 6.32$$

17

**ตัวอย่าง** การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี (ต่อ)

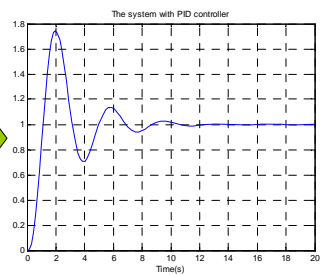
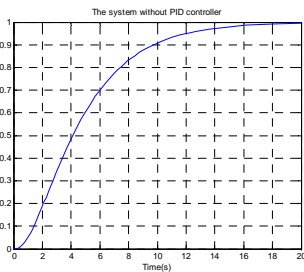
□ PID controller

$$G_{c,PID} = \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right)$$

$$= \left( 18 + \frac{12.81}{s} + 6.32s \right)$$

18

**ตัวอย่าง** การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี (ต่อ)



19

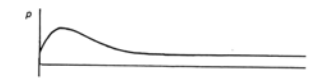
การปรับแต่งตัวควบคุม  
trial and error method



(a) การปรับค่า  $K_p$  เพียงเหมาะสม



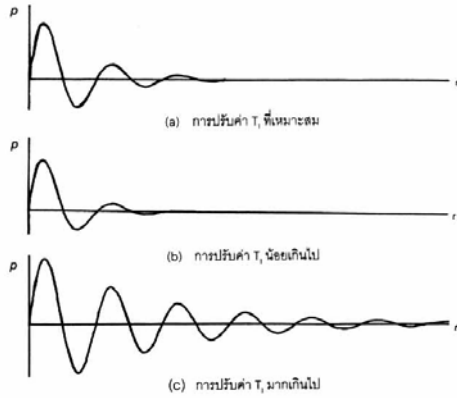
(b) การปรับค่า  $K_p$  มากเกินไป



(c) การปรับค่า  $K_p$  น้อยเกินไป

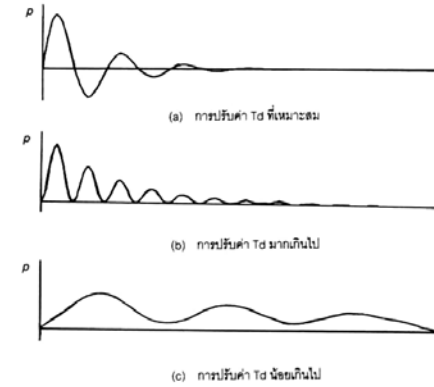
20

## การปรับแต่งตัวควบคุม trial and error method



21

## การปรับแต่งตัวควบคุม trial and error method



22

## สรุป

- ❑ การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีที่น่าเสนอ คือ Ziegler and Nichols :First and Second Method
- ❑ การเลือกใช้ตัวควบคุมต้องพิจารณาจากการตอบสนองของระบบเดิม ชนิดของระบบ และผลการตอบสนองที่ต้องการปรับปรุง
- ❑ การออกแบบตัวควบคุมหากการตอบสนองที่ได้ยังไม่เป็นไปตามต้องการ อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าตัวควบคุมที่ทำการออกแบบให้เหมาะสมอีกครั้ง

23