

# ระบบควบคุมพีไอดี (PID) คืออะไร

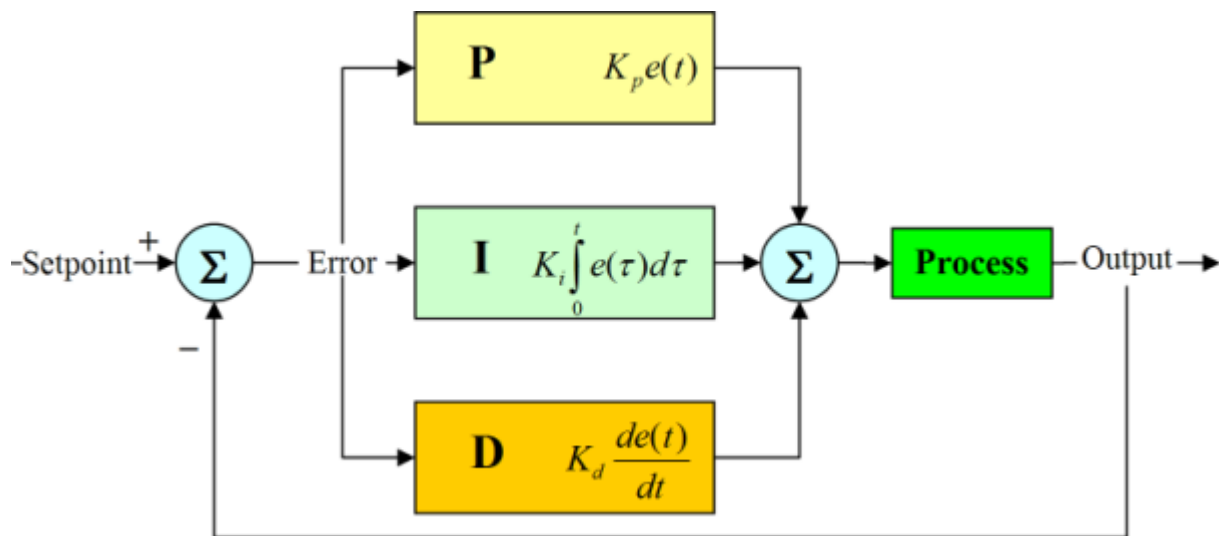
โดย : Admin

ที่มา: <http://th.wikipedia.org>

PID controller หัวใจของระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นอะไรที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับช่างเทคนิคและวิศวกร หรือเปรียบเสมือนอาวุธประจำกายชนิดหนึ่งของวิศวกรหรือช่างเทคนิคที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบควบคุมอุตสาหกรรม ดังนั้น หากใครลืมน (หรือคืนอาจารย์ไปหมดแล้ว) ก็บททวนหรือรีเฟรชกันใหม่ได้ หรือหากถ้ายังไม่เคยรู้จักหรือเข้าใจมาก่อนก็ติดตามได้ดังต่อไปนี้

## PID controller

ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (อังกฤษ: PID controller) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ



แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพั้งผ่านพ้นไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน

การประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ พีไอดีบางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใดบ้าง

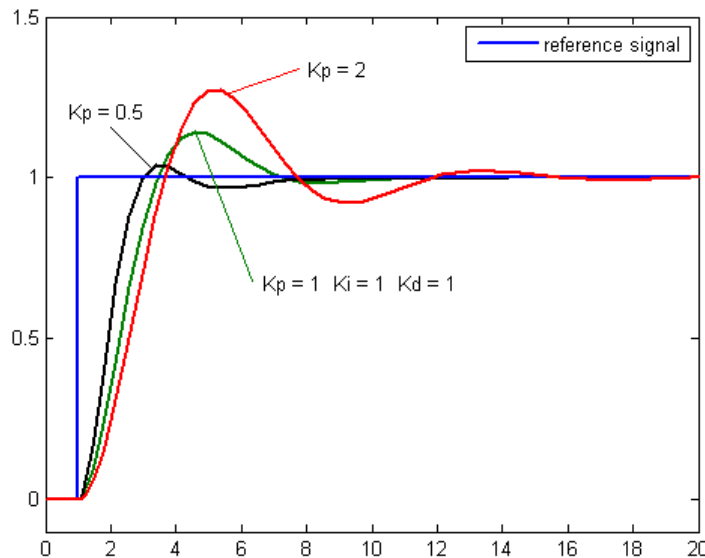
การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการ:

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out}$$

เมื่อ

$P_{out}$  ,  $I_{out}$  และ  $D_{out}$  เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID จากแต่ละเทอมซึ่งนิยามตามรายละเอียดด้านล่าง

### สัดส่วน



เทอมของสัดส่วน (บางครั้งเรียก *อัตราขยาย*) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่  $K_p$ , หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วน

เทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการ:

$$P_{out} = K_p e(t)$$

เมื่อ

$P_{out}$ : สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

$K_p$ : อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

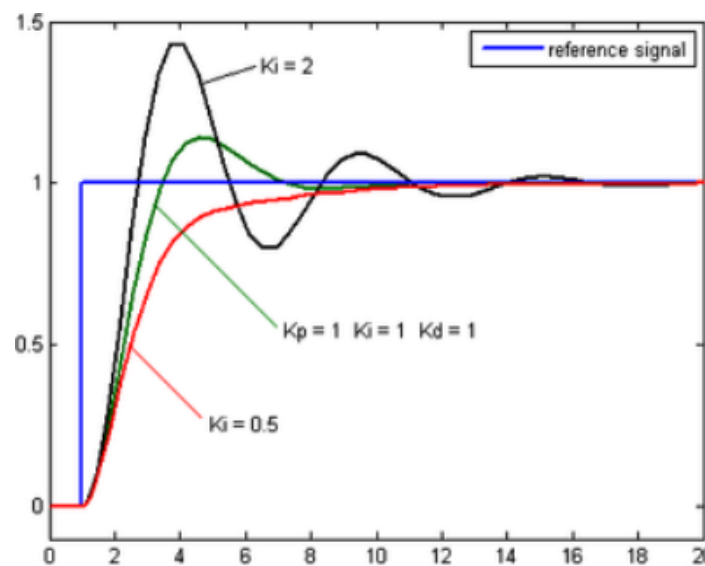
$e$ : ความผิดพลาด =  $SP - PV$  .

$t$ : เวลา

กราฟ PV ต่อเวลา,  $K_p$  กำหนดเป็น 3 ค่า ( $K_i$  และ  $K_d$  คงที่)

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย

### ปริพันธ์



กราฟ PV ต่อเวลา,  $K_i$  กำหนดเป็นสามค่า ( $K_p$  และ  $K_d$  คงที่)

ผลจากเทอมปริพันธ์ (บางครั้งเรียก *reset*) เป็น

สัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์,  $K_i$

เทอมปริพันธ์จะเป็นไปตามสมการ:

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

เมื่อ

$I_{out}$ : สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

$K_i$ : อัตราขยายปริพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

$e$ : ความผิดพลาด =  $SP - PV$  .

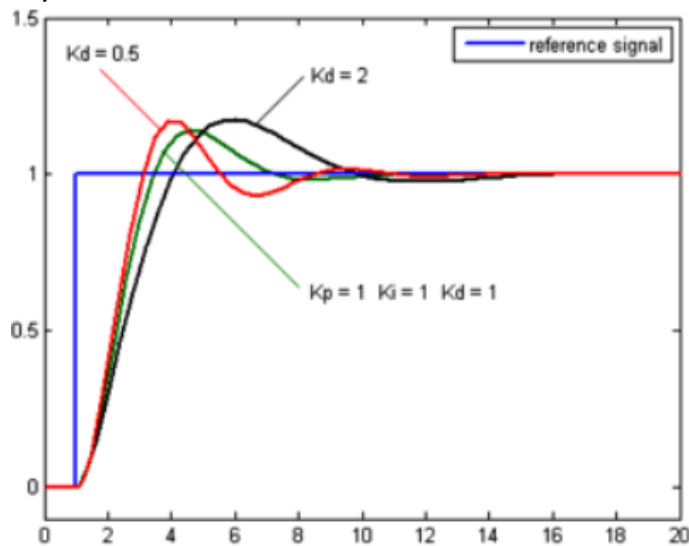
$t$ : เวลา

$T$ : ตัวแปรปริพันธ์หุน

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตาม เทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถ

ทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น)

## อนุพันธ์



กราฟ PV ต่อเวลา, สำหรับ  $K_d$  3 ค่า ( $K_p$  และ  $K_i$  คงที่)

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและ ด้วยผลนี้จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจาเทอมปริพันธ์และ ทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาดและสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณ รบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวณหาจากความชันของ ความผิดพลาดทุกๆเวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์  $K_d$  ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์  $K_d$  เทอมอนุพันธ์เป็นไปตามสมการ:

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

เมื่อ

$D_{out}$ : สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

$K_d$ : อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

$e$ : ความผิดพลาด =  $SP - PV$  .

$t$ : เวลา

## ผลรวม

เทอมสัดส่วน, ปริพันธ์, และอนุพันธ์ จะนำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบ PID กำหนดให้  $u(t)$  เป็นสัญญาณขาออก สมการสุดท้ายของวิธี PID คือ:

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

## รหัสเทียม

รหัสเทียม (อังกฤษ: pseudocode) ของ ขั้นตอนวิธีระบบควบคุมพีไอดี โดยอยู่บนสมมุติฐานว่าตัวประมวลผลประมวลผลแบบขนานอย่างสมบูรณ์แบบ เป็นดังต่อไปนี้

```
previous_error = setpoint - actual_position
integral = 0
start:
    error = setpoint - actual_position
    integral = integral + (error*dt)
    derivative = (error - previous_error)/dt
    output = (Kp*error) + (Ki*integral) + (Kd*derivative)
    previous_error = error
    wait(dt)
    goto start
```

## การปรับจูน

## การปรับจูนด้วยมือ

ถ้าระบบยังคงทำงาน ชั้นแรกให้ตั้งค่า  $K_i$  และ  $K_d$  เป็นศูนย์ เพิ่มค่า  $K_p$  จนกระทั่งสัญญาณขาออกเกิดการแกว่ง (oscillate) แล้วตั้งค่า  $K_p$  ให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าที่ทำให้เกิดการแกว่งสำหรับการตอบสนองชนิด "quarter amplitude decay" แล้วเพิ่ม  $K_i$  จนกระทั่งออฟเซตถูกต้องในเวลาที่พักของกระบวนการ แต่ถ้า  $K_i$  มากไปจะทำให้ไม่เสถียร สุดท้ายถ้าต้องการ ให้เพิ่มค่า  $K_d$  จนกระทั่งลูบอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ถ้า  $K_d$  มากเกินไปจะเป็นเหตุให้การตอบสนองและโอเวอร์ชูตเกินยอมรับได้ ปกติการปรับจูน PID ถ้าเกิดโอเวอร์ชูตเล็กน้อยจะช่วยให้เข้าสู่จุดที่ต้องการเร็วขึ้น แต่ในบางระบบไม่สามารถยอมให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ และถ้าค่า  $K_p$  น้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดการแกว่ง

### ผลของการเพิ่มค่าตัวแปรอย่างอิสระ

ตัวแปร	ช่วงเวลาขึ้น (Rise time)	โอเวอร์ชูต (Overshoot)	เวลาสู่สมดุล (Settling time)	ความผิดพลาดสถานะคงตัว (Steady-state error)	เสถียรภาพ
$K_p$	ลด	เพิ่ม	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ลด	ลด
$K_i$	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	ลด
$K_d$	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ตามทฤษฎีไม่มีผล	ดีขึ้นถ้า $K_d$ มีค่าน้อย

## วิธีการ Ziegler–Nichols

วิธีการนี้นำเสนอโดย John G. Ziegler และ Nathaniel B. Nichols ในคริสต์ทศวรรษที่ 1940 ชั้นแรกให้ตั้งค่า  $K_i$  และ  $K_d$  เป็นศูนย์ เพิ่มอัตราขยาย  $P$  สูงที่สุด,  $K_u$ , จนกระทั่งเริ่มเกิดการแกว่ง นำค่า  $K_u$  และค่าช่วงการแกว่ง  $P_u$  มาหาค่าตัวแปรที่เหลือดังตาราง:

### Ziegler–Nichols method

Control Type	$K_p$	$K_i$	$K_d$
$P$	$0.50K_u$	-	-
$PI$	$0.45K_u$	$1.2 K_p/P_u$	-
$PID$	$0.60K_u$	$2 K_p/P_u$	$K_p P_u/8$

## PID Control - A brief introduction



## Simple Examples of PID Control



เนื้อหาโดย: **9engineer.com** (<http://www.9engineer.com/>)