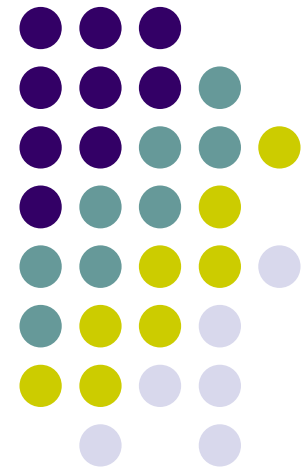
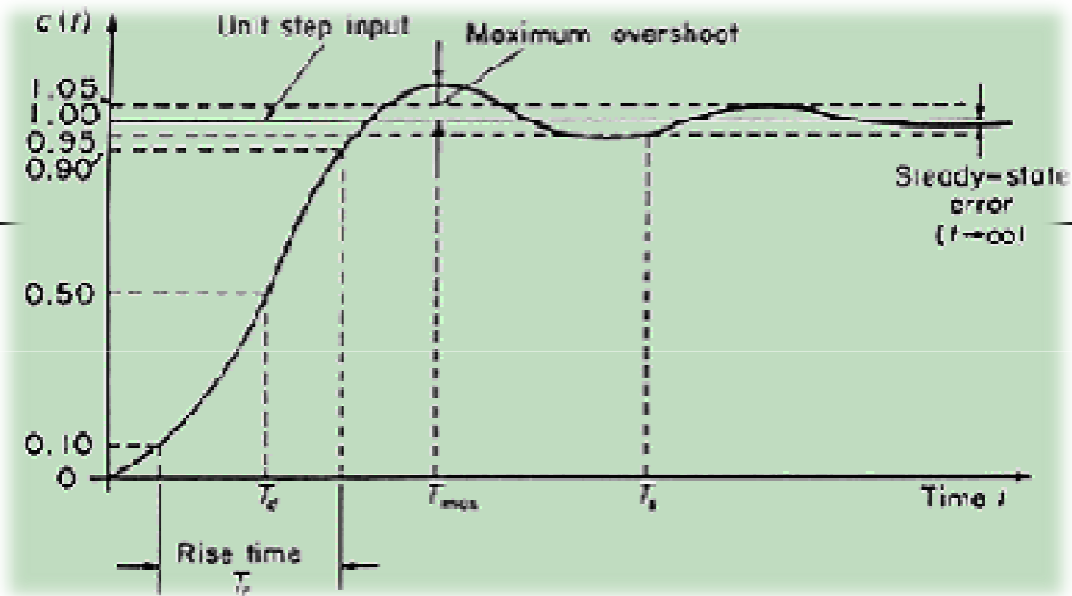
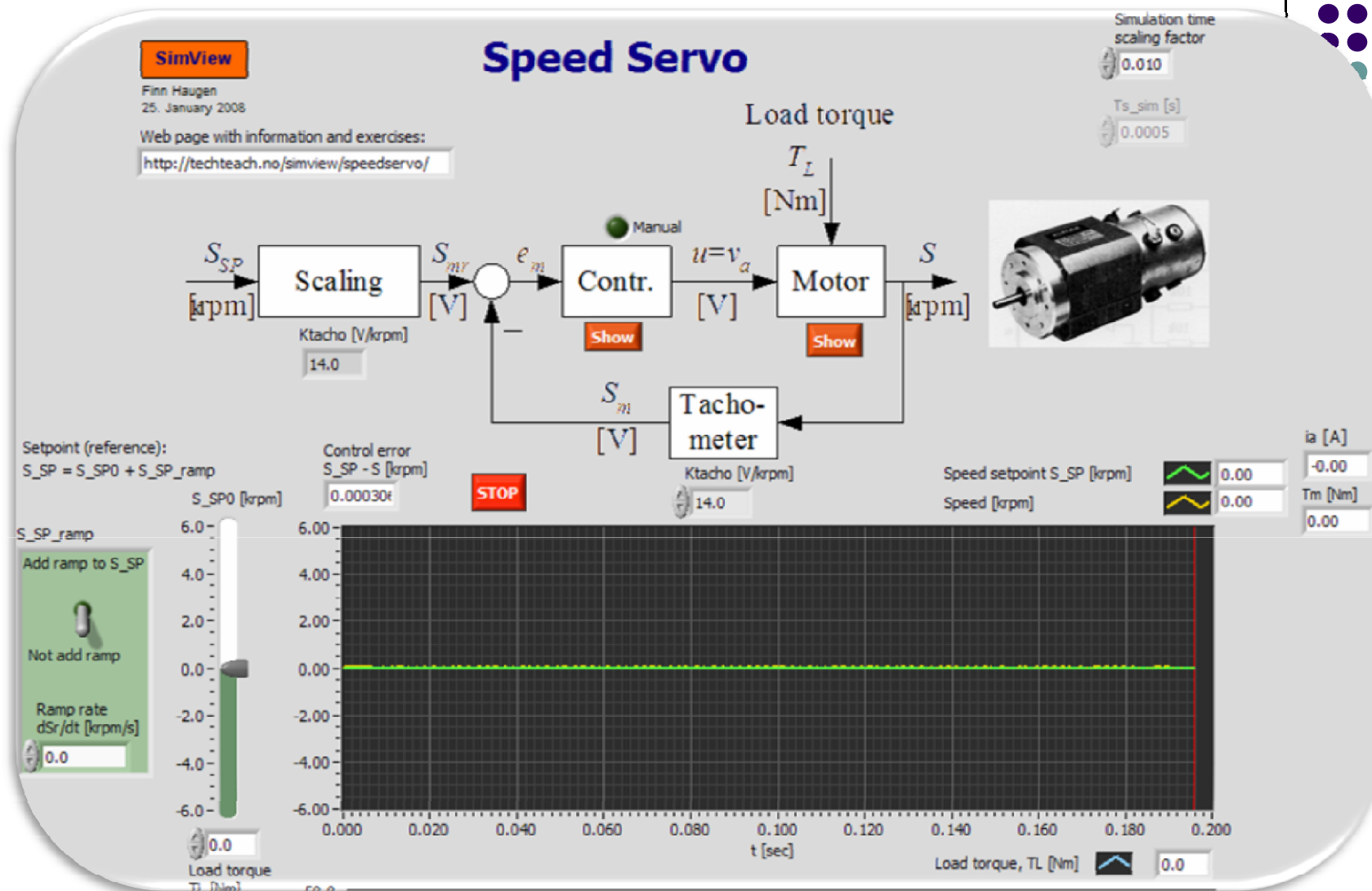
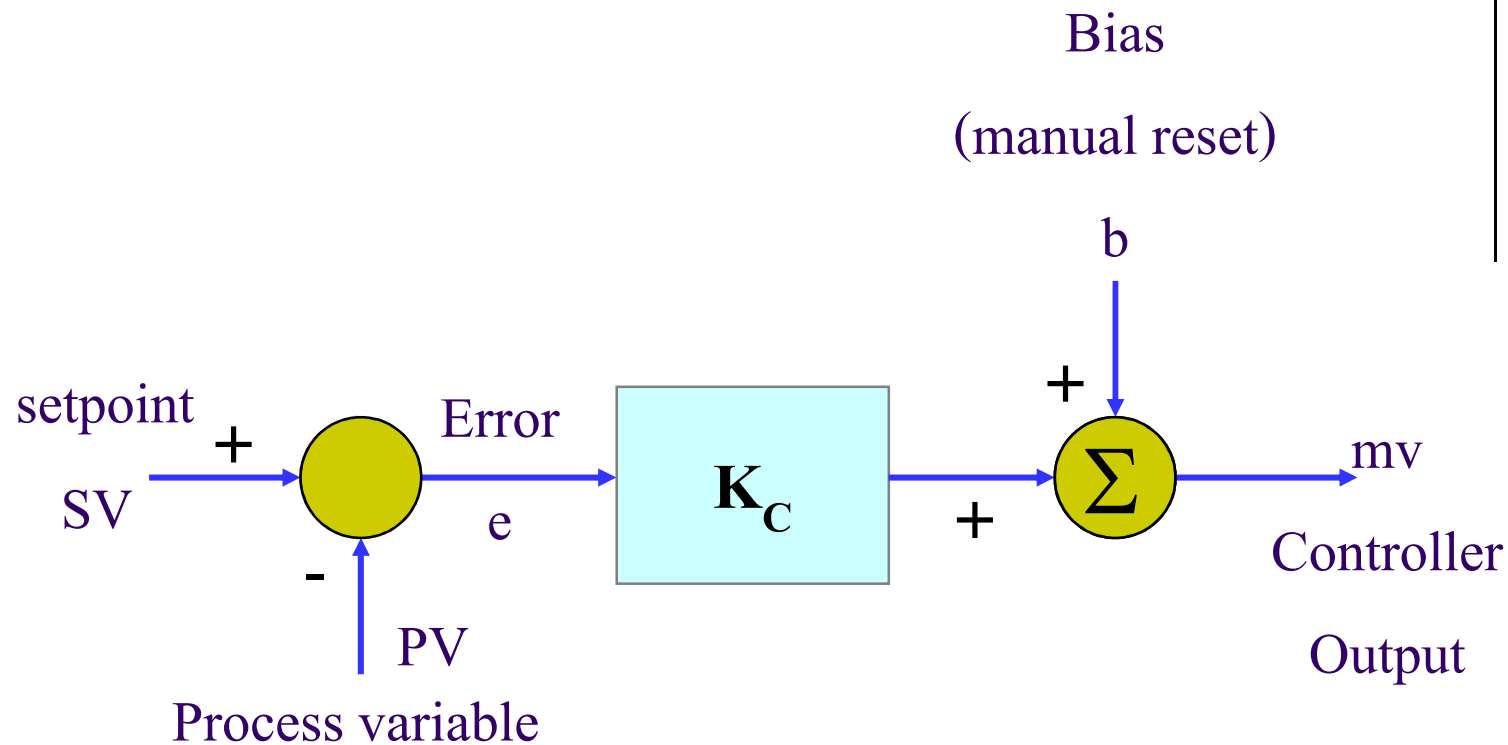


PID CONTROLLER



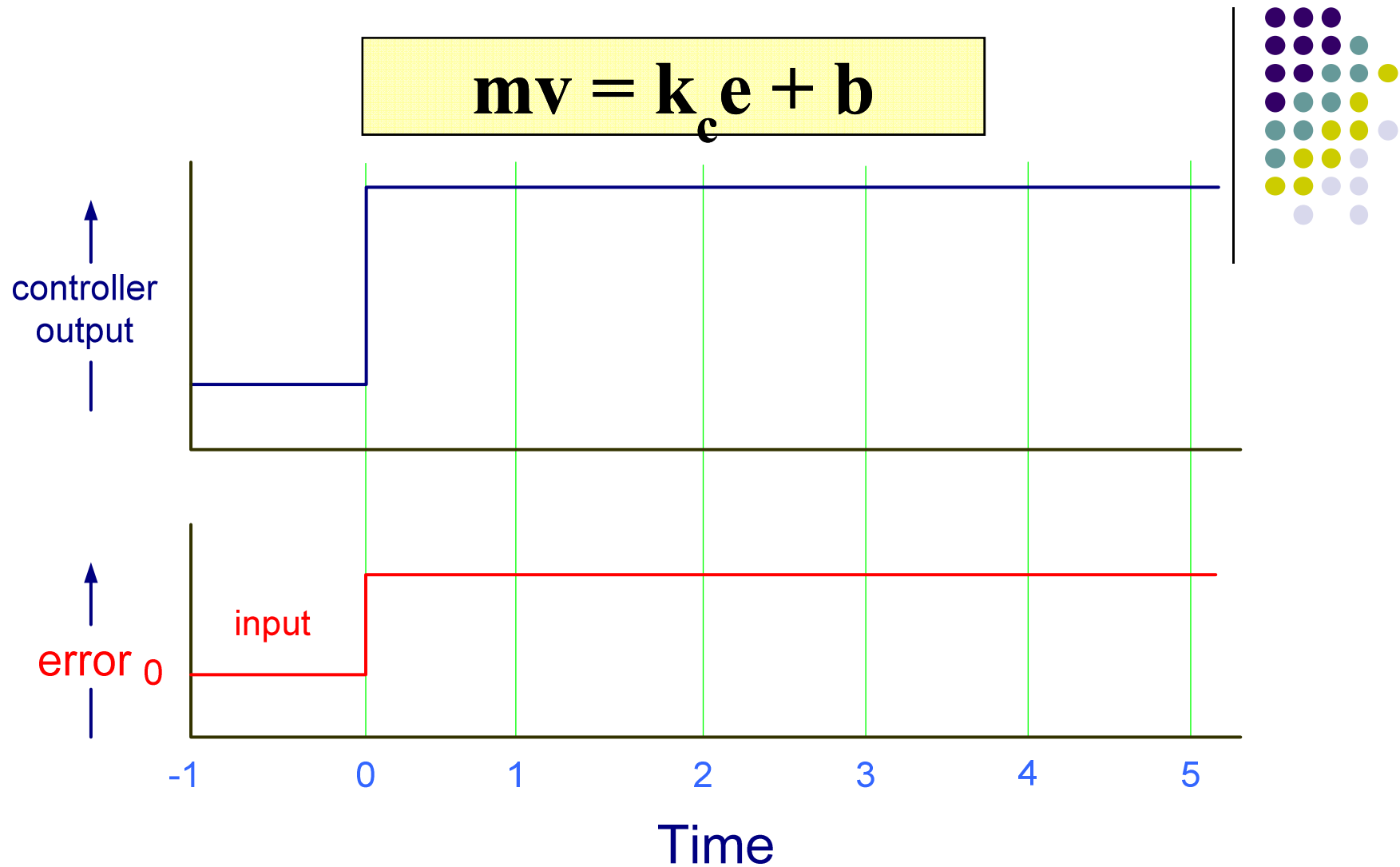


Block diagram feedback control system



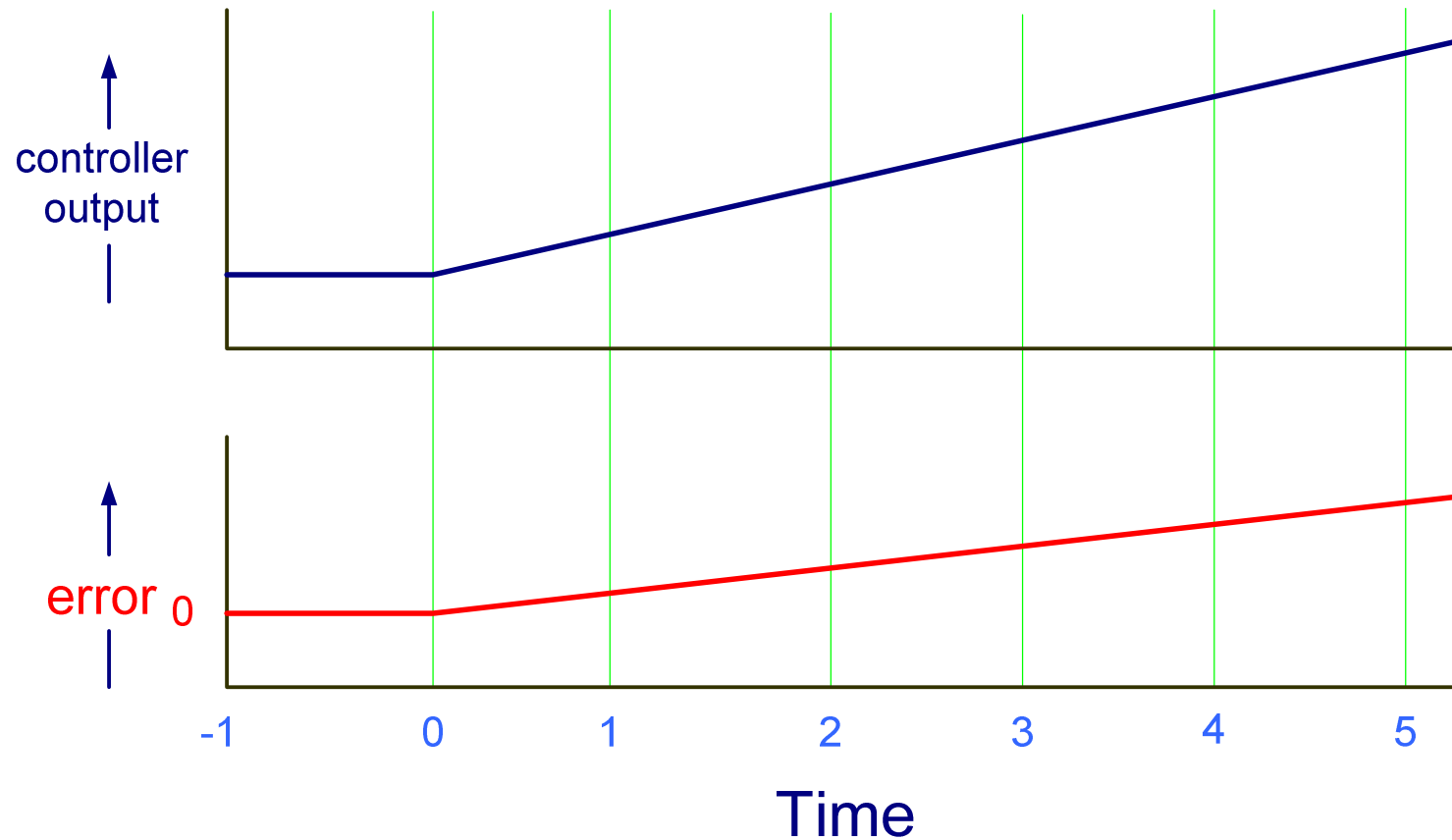
$$mv = k_c e + b$$

Block Diagram of a Proportional Controller.



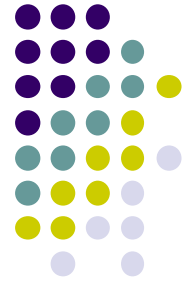
Open-loop response of P controller

$$mv = k_e e + b$$

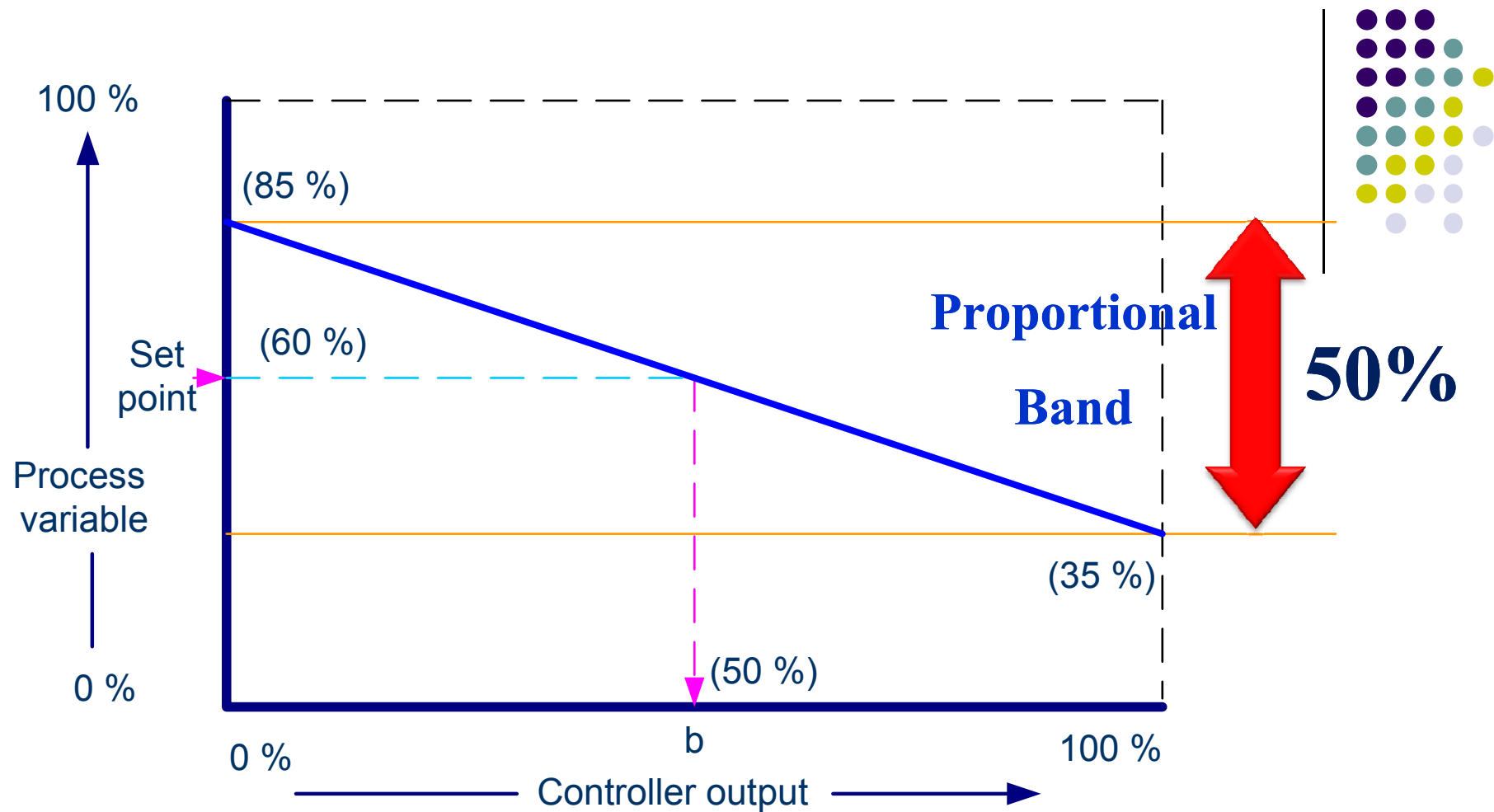


Open-loop response of P controller

Proportional Band คืออะไร ?



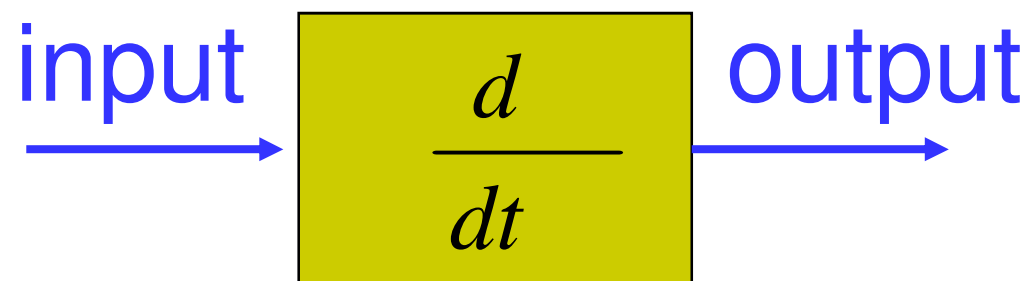
$$PB = \frac{\text{ช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าที่วัด (PV)}}{\text{controller output เปลี่ยนแปลง 0 – 100 \%}}$$



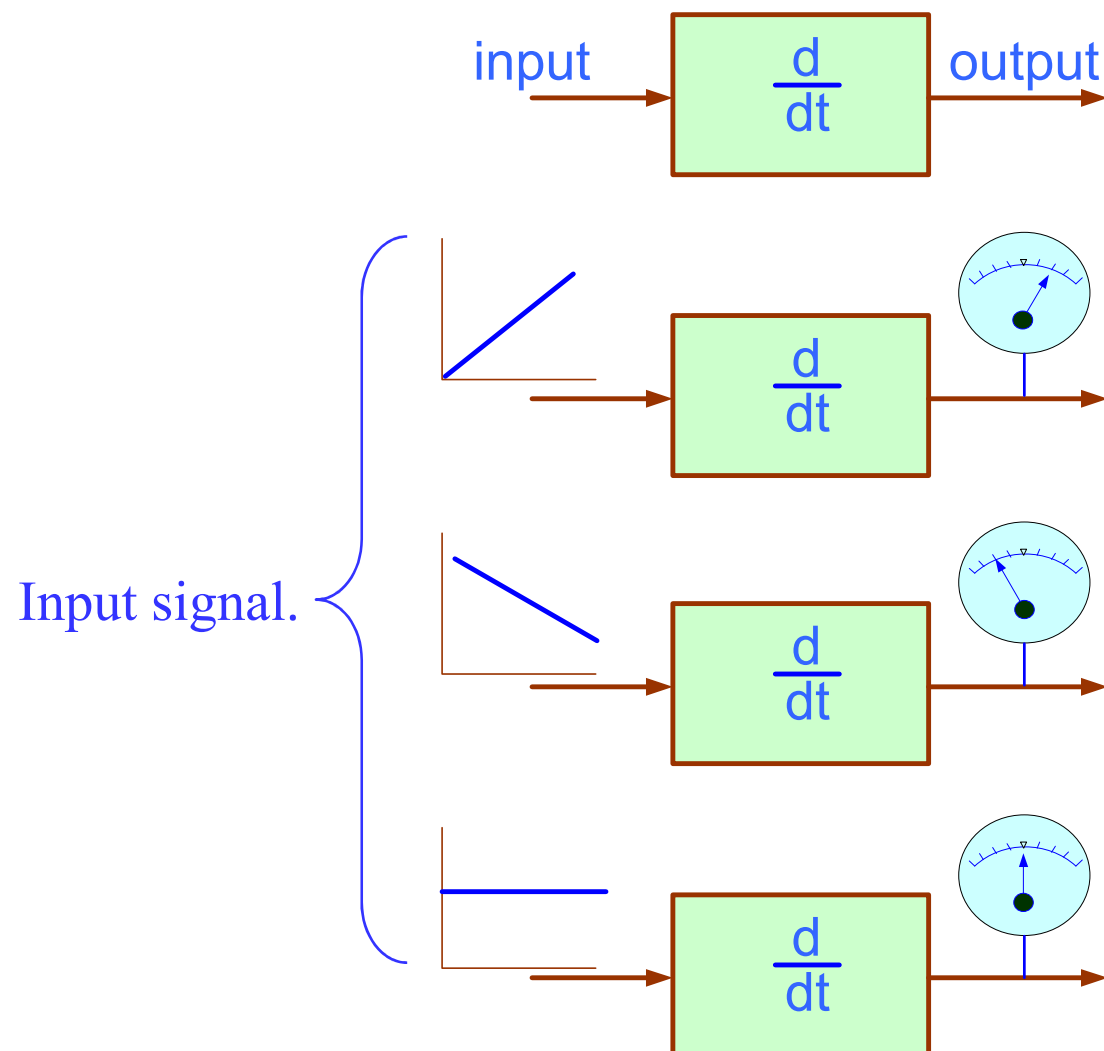
$$K_C = \frac{MV}{PV} = \frac{(100-0)}{85-35} = 2$$

$$PB = \frac{100}{K_C}$$

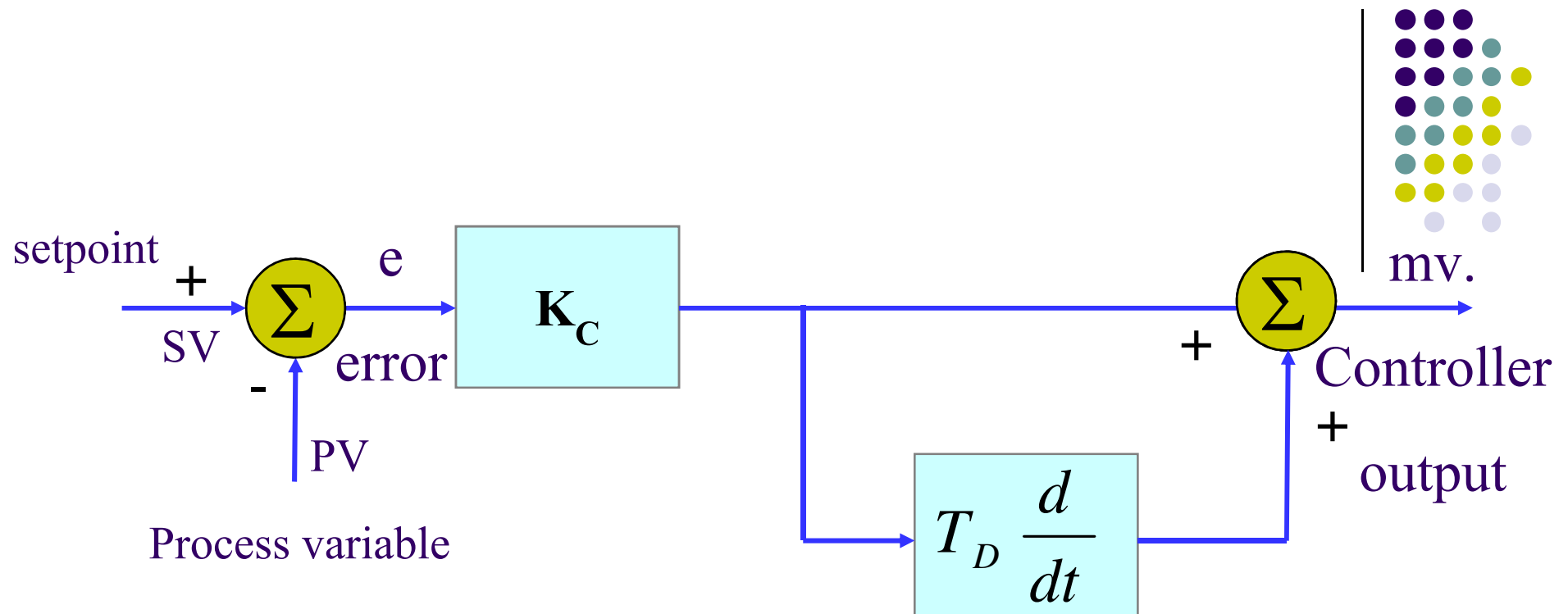
DERIVATIVE คืออะไร ?



เอาที่พุดขึ้นอยู่กัอัตราการเปลี่ยนแปลง
ของอินพุต (ความชัน)

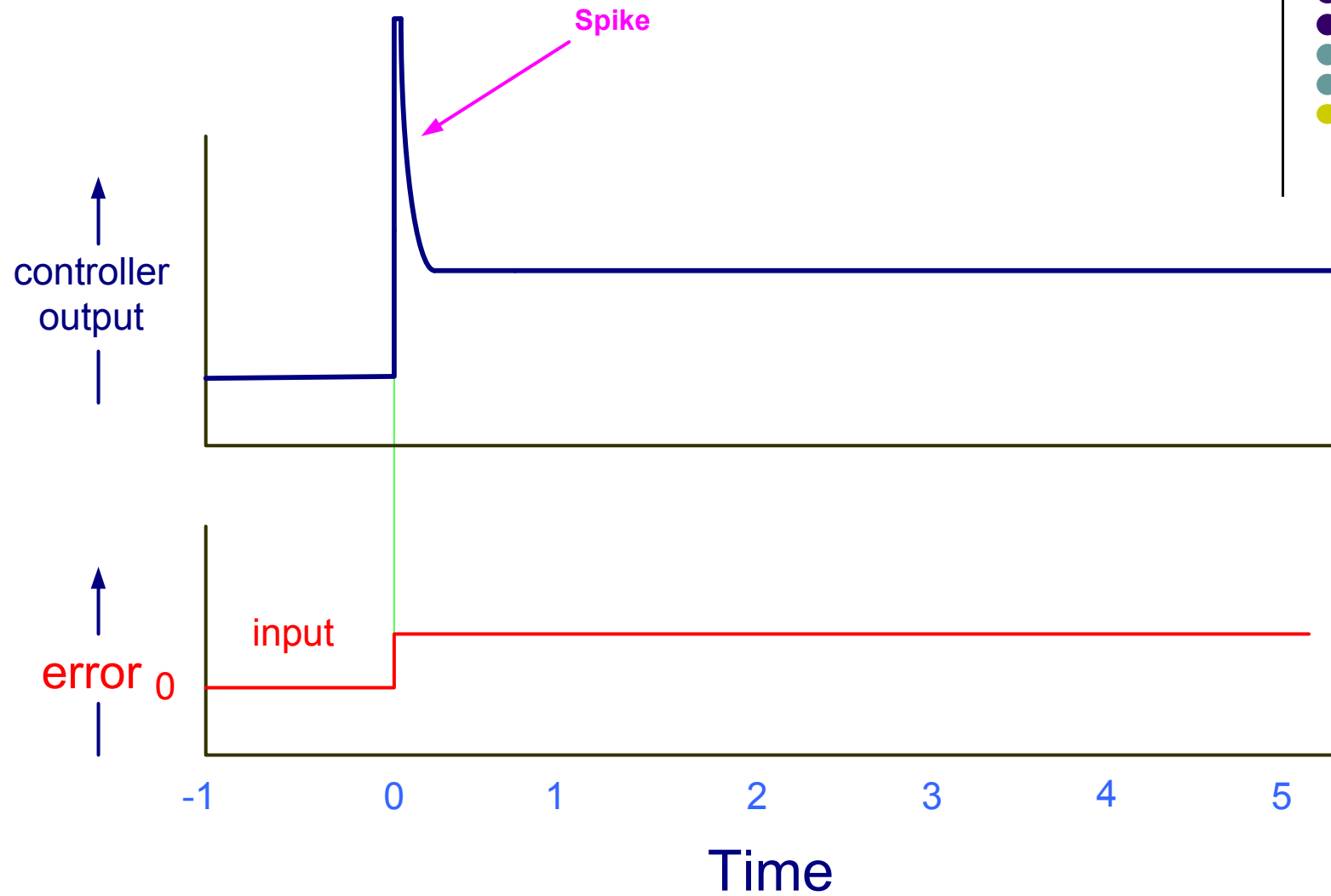


Essential concepts of differential calculus.



$$mv = k_c e + K_c T_D \frac{de}{dt}$$

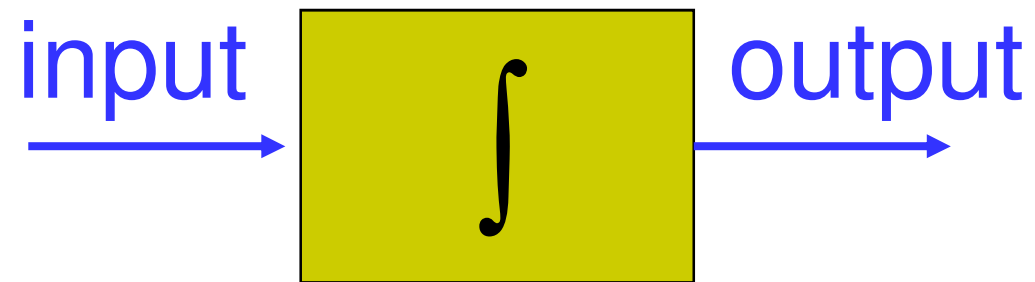
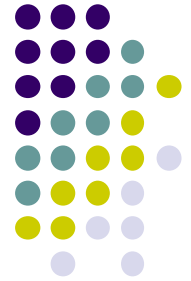
Block diagram Representation of PD Controller



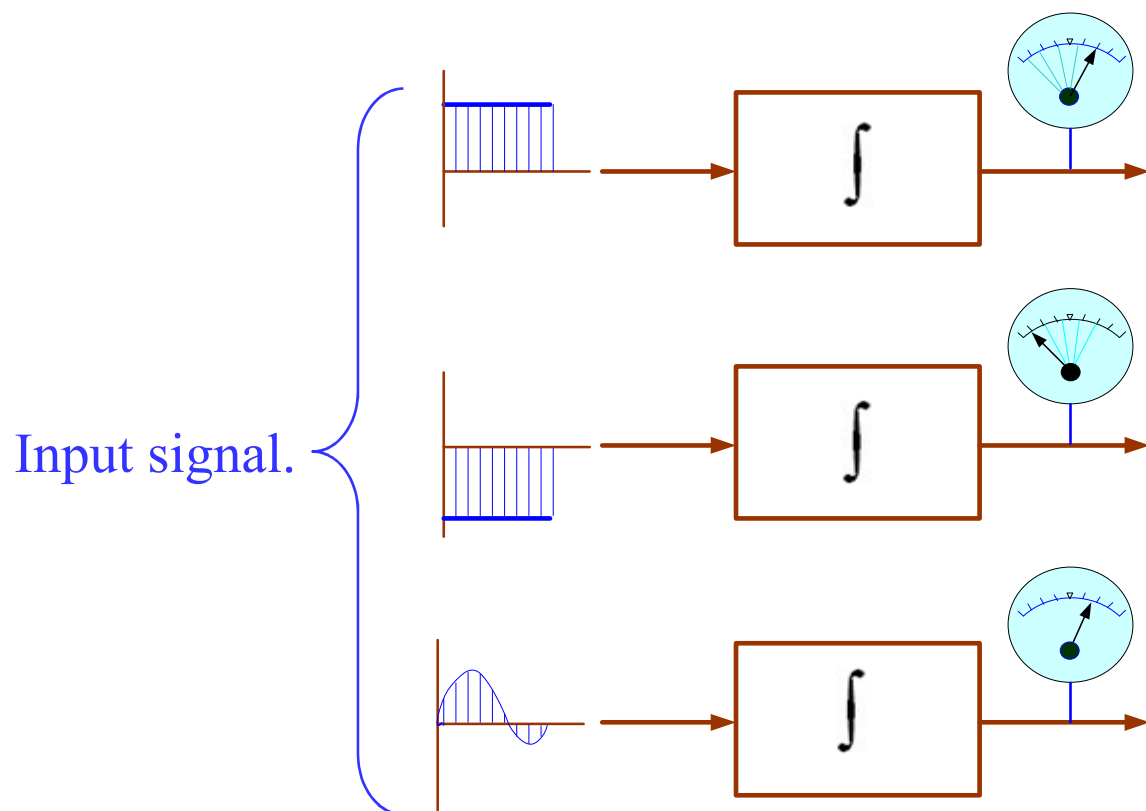
Open-loop response of PD controller

ไพโรจน์ ครอบครอง แผนกวิชาเครื่องมือวัดและควบคุม วท.สัสดิ์

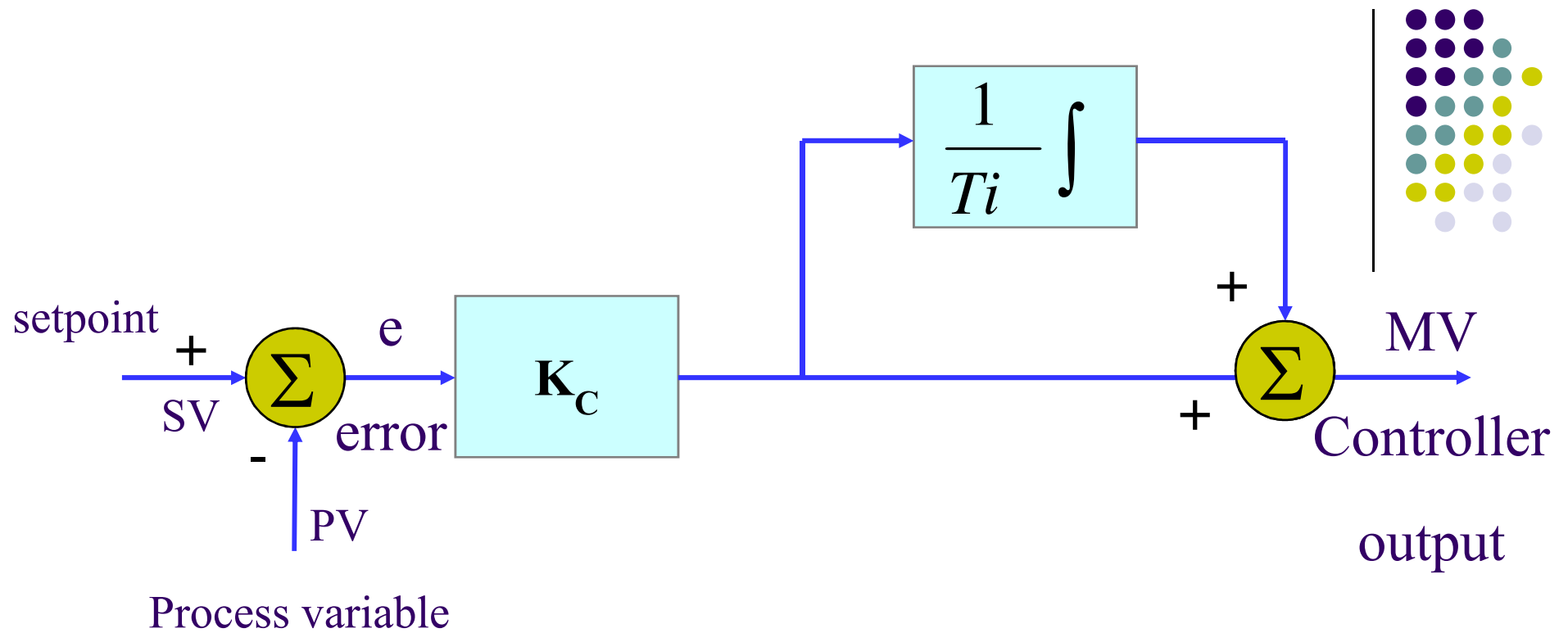
Integrals คืออะไร?



เอาที่พุทขึ้นอยู่กับผลรวมอัตราการเปลี่ยนแปลง
ของอินพุท

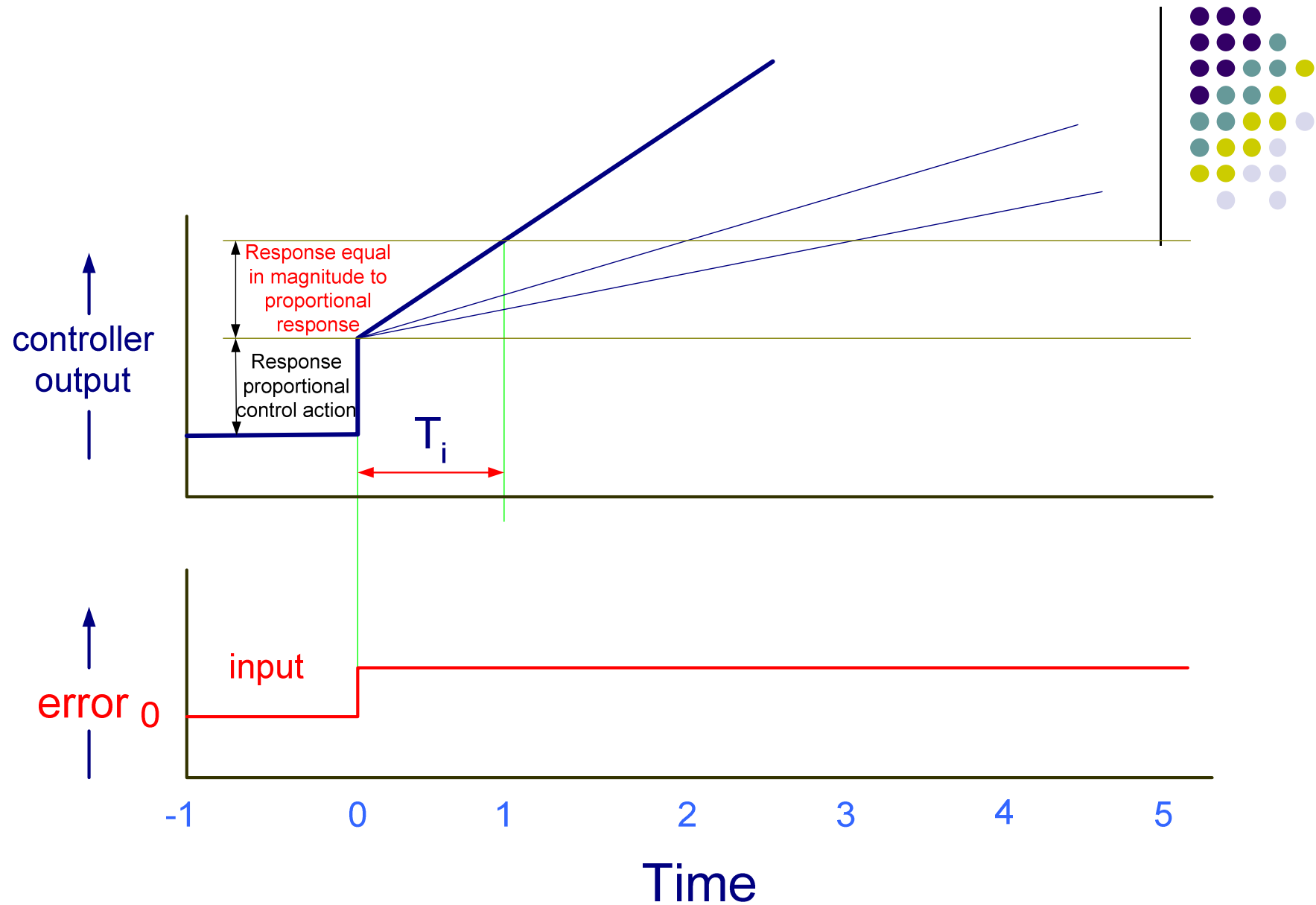


Essential concepts of integral calculus.



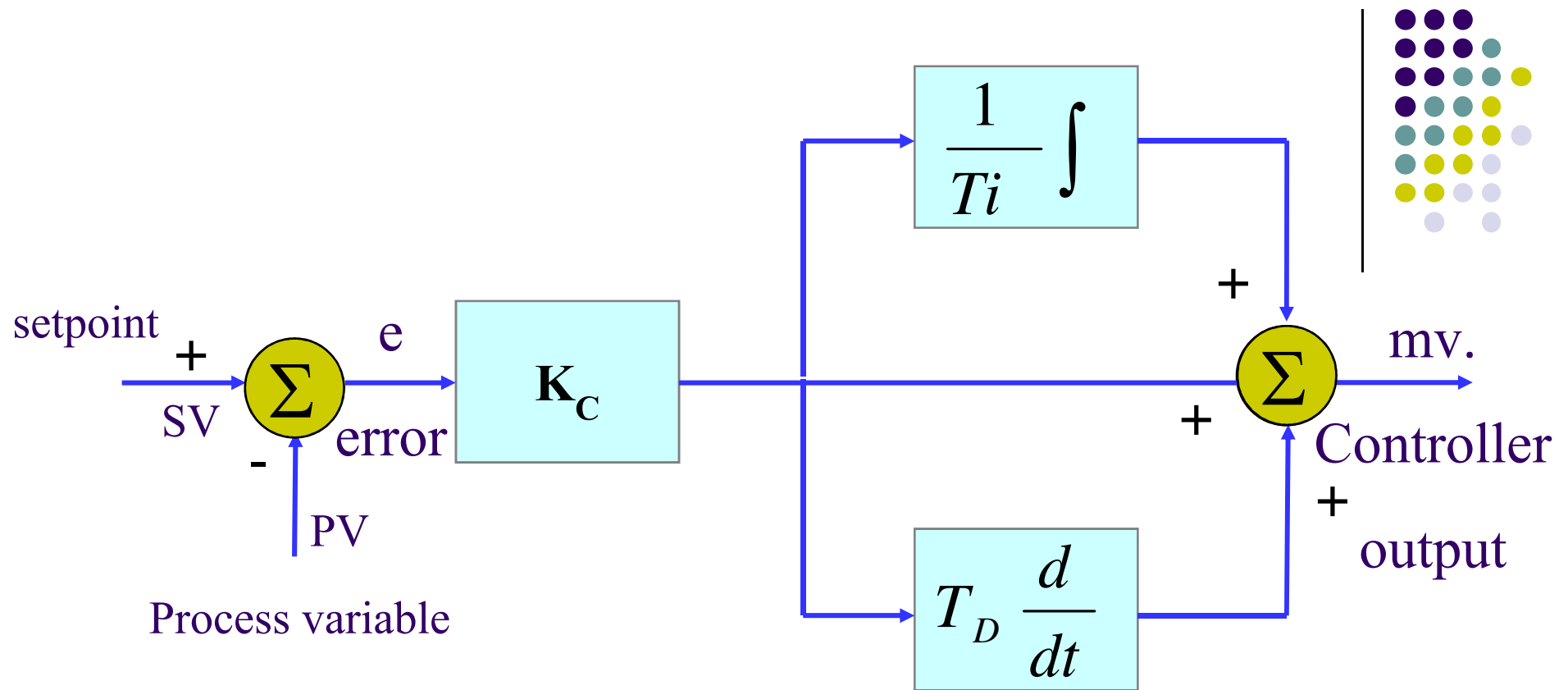
$$mv = k_c e + \frac{Kc}{T_i} \int edt$$

Block diagram Representation of PI Controller



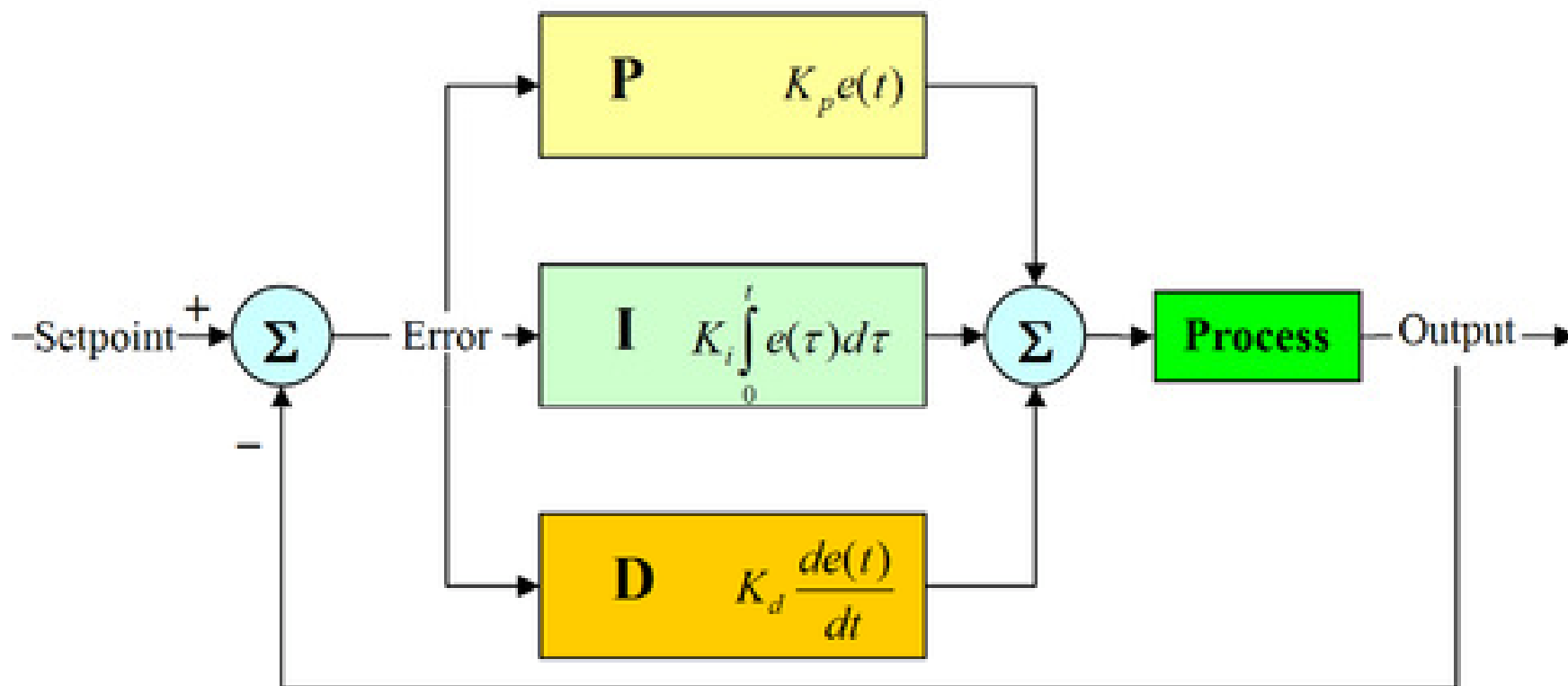
Open-loop response of PI controller

ไพโรจน์ ครอบครอง แผนกวิชาเครื่องมือวัดและควบคุม วท.สัสดิปป



$$mv = k_c e + \frac{Kc}{T_i} \int e dt + K_c T_D \frac{de}{dt}$$

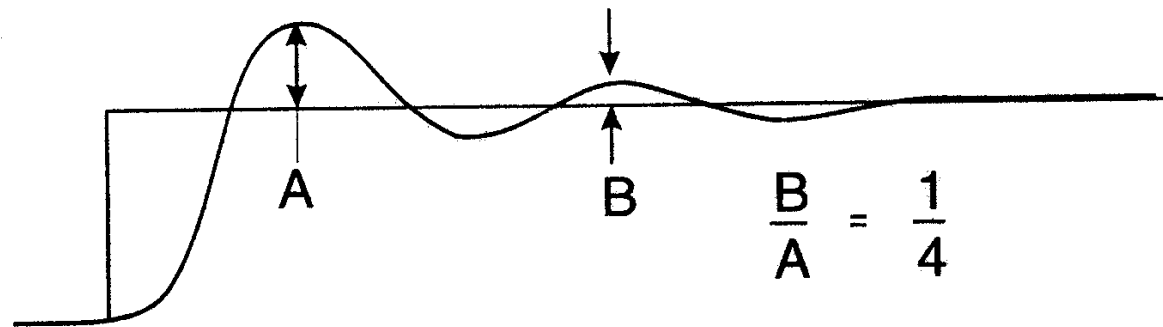
Block diagram Representation of PID Controller



เกณฑ์ในการวัดที่ใช้ตัดสินคุณภาพการควบคุม



- อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่ง (Damping Ratio Criterion)
- พื้นที่การควบคุมน้อยสุด (Minimum Control Area Criterion)
- ความสูงของ Overshoot แรก (Overshoot Amplitude Criterion)
- ผลตอบต่อ Disturbance (Minimum Disturbance Criterion)
- ผลตอบเชิงความถี่ของระบบ (Frequency Response Criterion)

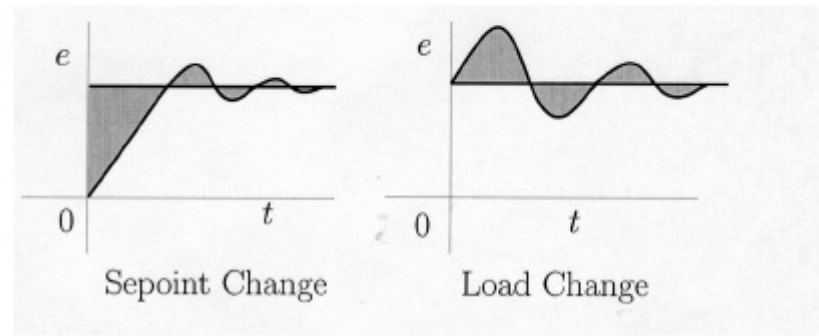




Types of Integral Error

1. **Integral Absolute Error (IAE):** Sum of the area under the error curve

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$



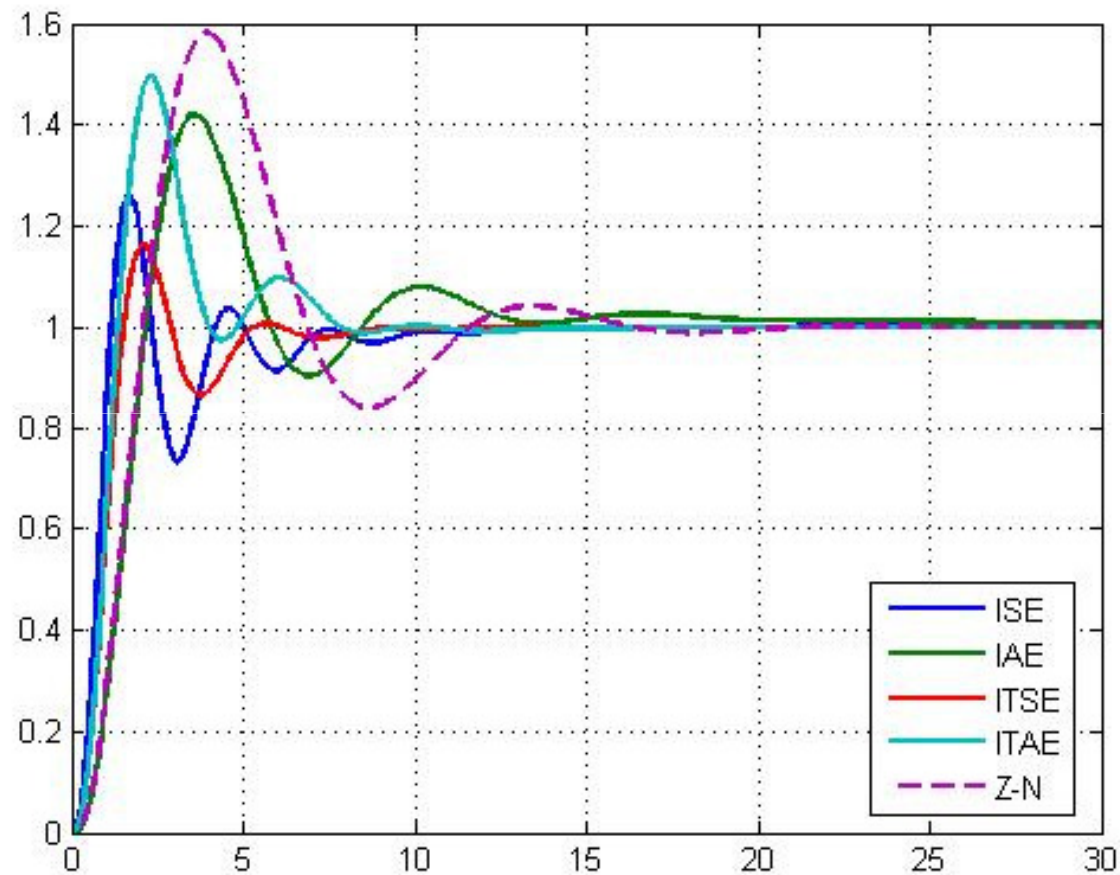
2. **Integral Square Error (ISE):** Penalizes high peaks more.

$$ISE = \int_0^{\infty} e^2(t) dt$$

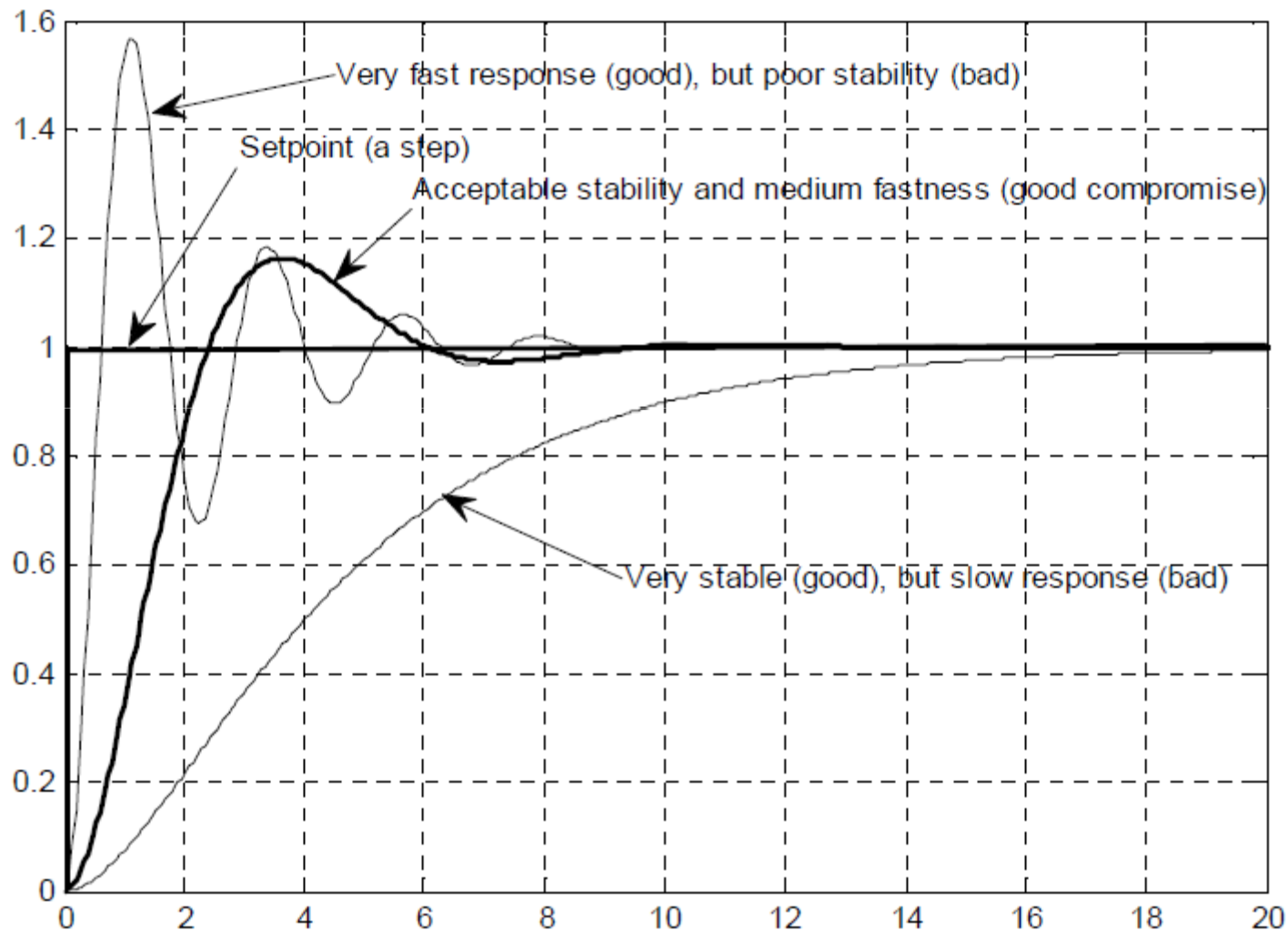
3. **Integral of Time-weighted Absolute Error (ITAE):** Penalizes slow setting more.

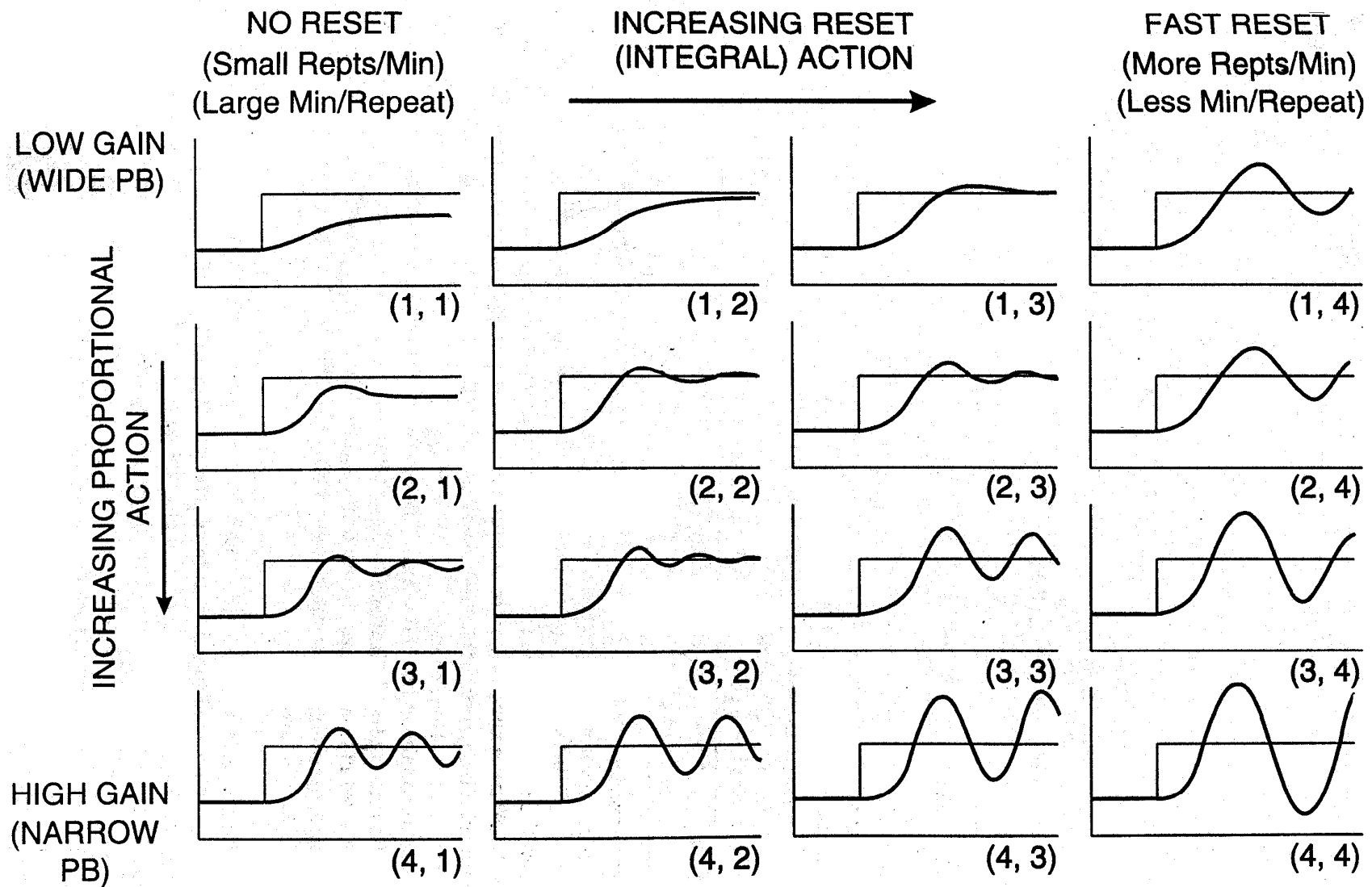
$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt$$

เกณฑ์การปรับค่า PID



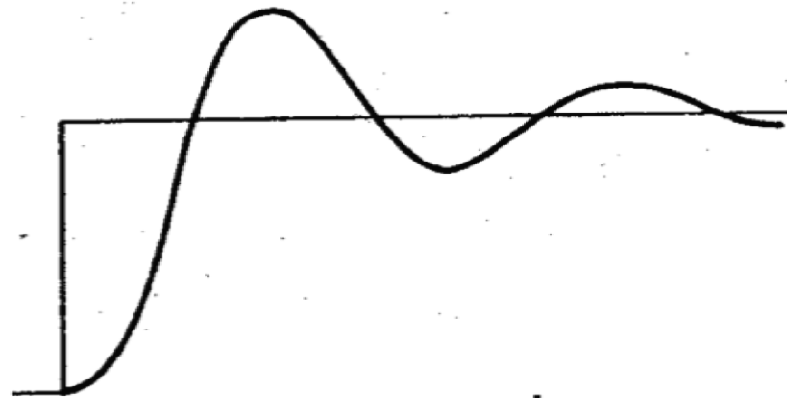
วิธีปรับค่า PID (Tuning PID Controller)



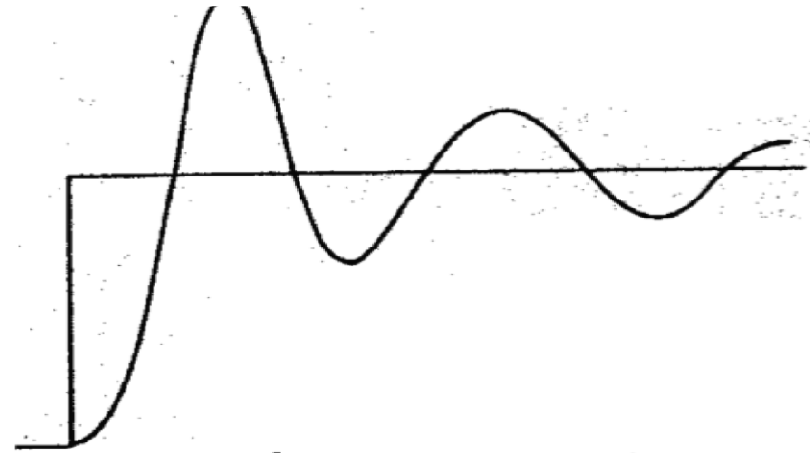


กราฟผลตอบสนองการควบคุมรูปแบบ P , PI

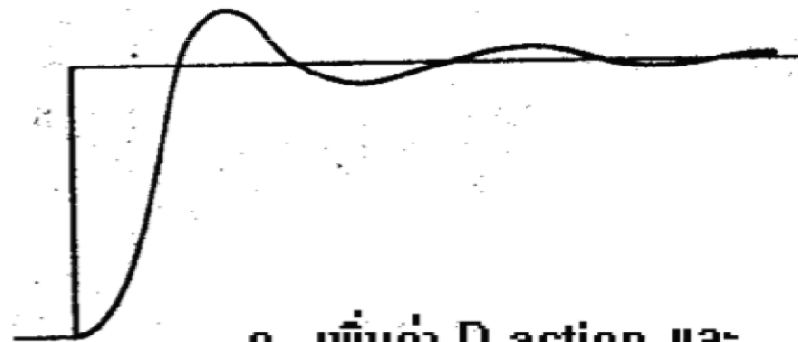
ไพโรจน์ ครอบครอง แผนกวิศวกรรมเครื่องวัดและควบคุม วท.สสค.



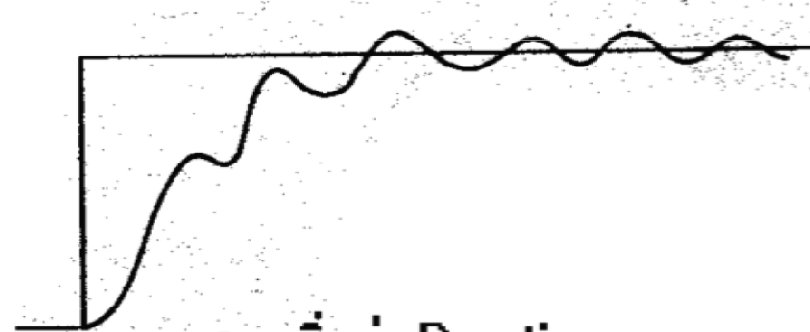
ก. PI action ที่เหมาะสม



ข. เพิ่มค่า D action เล็กน้อย



ค. เพิ่มค่า D action และ
เพิ่มค่า PI action

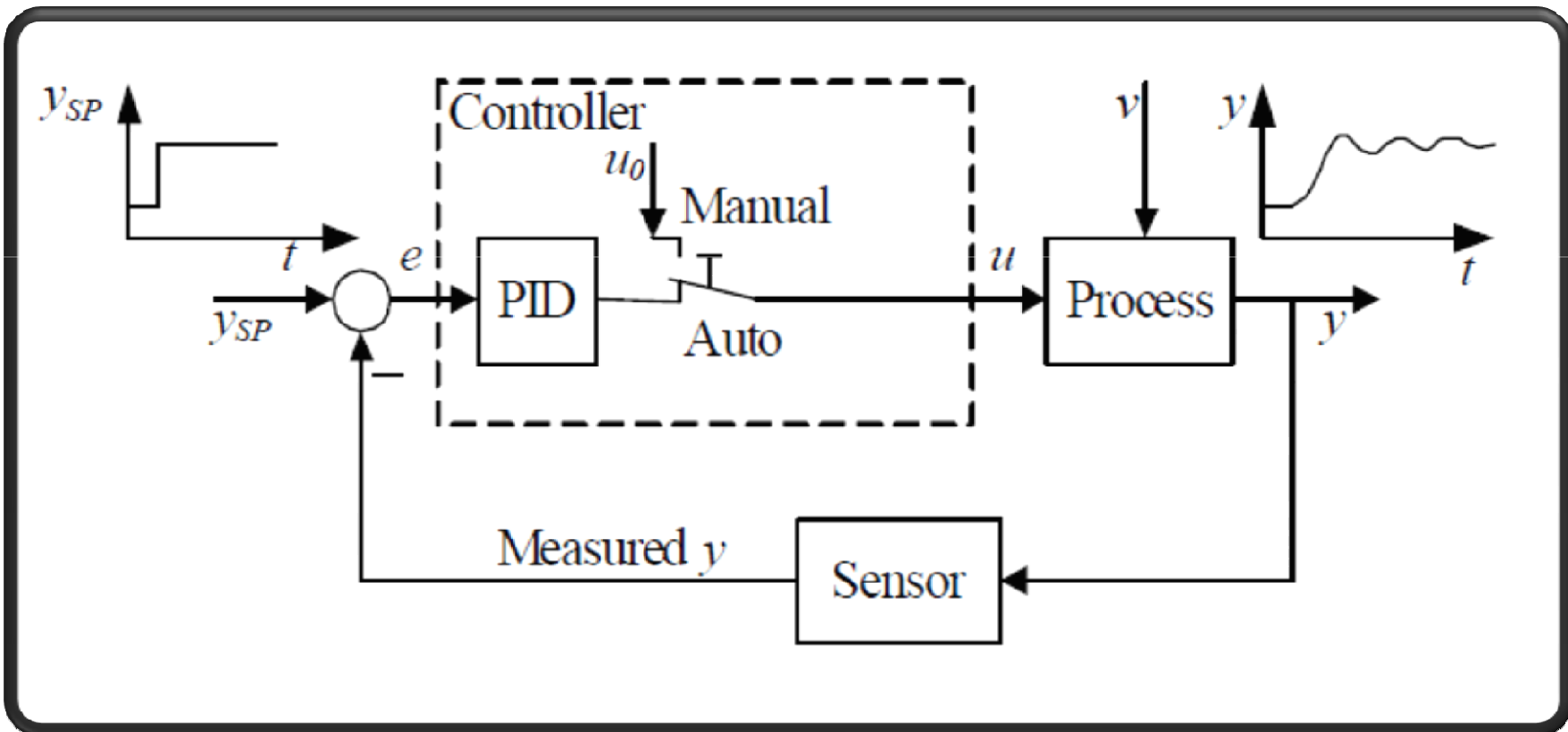


ง. เพิ่มค่า D action มาก

ผลกระทบของการเพิ่ม D Control

โหมดการควบคุม

Manual control
Automatic control





วิธีการปรับค่า PID

- Reaction Curve method (Open loop test data)
- Ultimate Sensitivity method (Closed loop test data)
- Trial and error (ลองผิด-ลองถูก)

Reaction Curve method

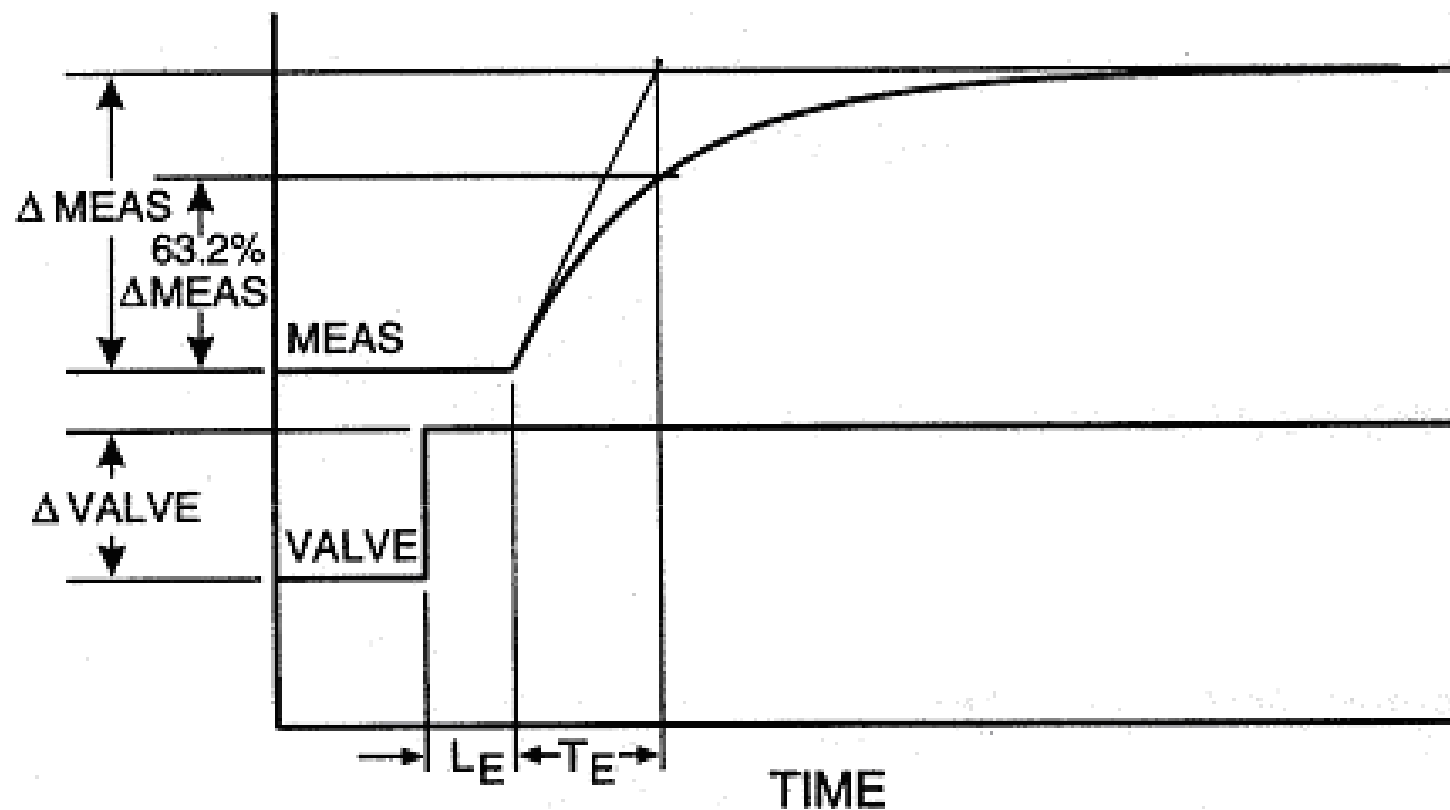


วิธีการ :

- ให้เปลี่ยนระบบควบคุมเป็นวงจรรอบเปิด (Open Loop)
- หา Process Characteristic โดยเปลี่ยนค่าสัญญาณควบคุมไป แล้วบันทึกรูปคลื่นของตัวแปรโปรเซส
- หา Process Gain (K_p), Dead time (L_E), และค่าคงตัวเวลา (T_E) จาก Process Characteristic

$$K_p = \text{PROCESS GAIN} = \frac{\Delta \text{MEAS}}{\Delta \text{VALVE}}$$

- นำค่า K_p , L_E , T_E ที่หาได้ไปคำนวณหา K_c , T_I และ T_D จากตารางที่ 1



การหาคุณลักษณะโปรเซส (Process Characteristic)

ตารางการคำนวณ Reaction Curve method



ชนิดการควบคุม	Kc	T _I (min/rep)	T _D (min)
P	$T_E/(K_p L_E)$	-	-
PI	$0.9 T_E/(K_p L_E)$	$3.33 L_E$	-
PID	$1.1 T_E/(K_p L_E)$	$2.0 L_E$	$0.5 L_E$

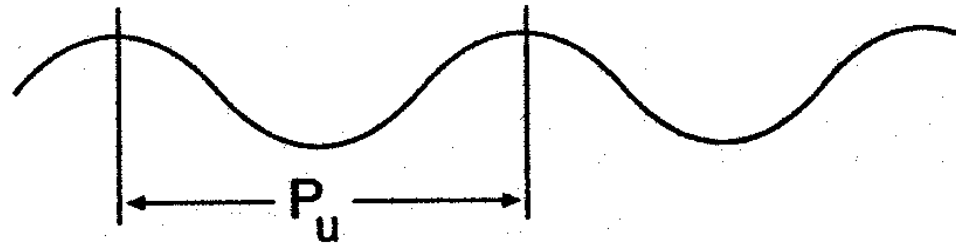
Ultimate Sensitivity method



วิธีการ :

- เปลี่ยนโหมดการควบคุมเป็นแบบ AUTO
- ตั้ง ค่า K_c ต่ำสุด T_I สูงสุด และ T_D ต่ำสุด (I, D ไม่ใช้)
- ทดลองเพิ่มค่า K_c แล้วเปลี่ยนค่าเป้าหมายเพื่อดูผลตอบสนอง เพิ่มค่า K_c มากขึ้น จนถึงค่าที่เมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายไปเล็กน้อย จะทำให้โปรเซสเกิดการแกว่งต่อเนื่อง ค่า K_c ในขณะนั้นเรียกว่า K_{cu} (Ultimate Gain)
- หาคาบเวลาในการแกว่ง คือค่า P_u
- นำค่า K_{cu} และ P_u ที่ได้ไปใช้คำนวณหาค่า K_c , T_I และ T_D จากตารางที่

2



รูปกราฟแกว่งอย่างต่อเนื่อง

ชนิดการควบคุม	K_c	T_I (min/rep)	T_D (min)
P	$0.5 K_{cu}$	-	-
PI	$0.45 K_{cu}$	$0.83 P_u$	-
PID	$0.6 K_{cu}$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$

ตารางการคำนวณ Ultimate Sensitivity method

ไฟโรจน์ ครอบงน แผนกวิชาเครื่องม่อวัดและควบคุม วท.ดัดหีบ

วิธีการปรับแบบลองผิด-ลองถูก

P - Control

- 1.ปรับตัวควบคุมไปที่ Manual mode
- 2.ปรับ K_c ไปต่ำสุด T_I สูงสุด และ T_D ต่ำสุด
- 3.ปรับค่าเป้าหมาย (Set point) ไปสู่ค่าที่ต้องการ
- 4.ปรับ Manual Control จนตัวแปรโปรเซส หรือค่าที่วัดได้เท่ากับค่าเป้าหมาย
- 5.ปรับตัวควบคุมไปที่ Automatic mode
- 6.เปลี่ยนค่าเป้าหมายไปเล็กน้อย เมื่อค่าที่วัดเริ่มเปลี่ยน จึงลดค่าเป้าหมายกลับมาสู่ที่เดิม
- 7.เพิ่มค่า K_c และทำขั้นที่ 6 ใหม่ โดยสังเกตผลตอบสนองของค่าวัด
- 8.ทำขั้น 6 และ 7 หลายๆ ครั้ง จนได้อัตราส่วนช่วงกว้างการแกว่งของผลตอบสนองเป็น 25% Damping ratio



วิธีการปรับแบบลองผิด-ลองถูก



PI – Control

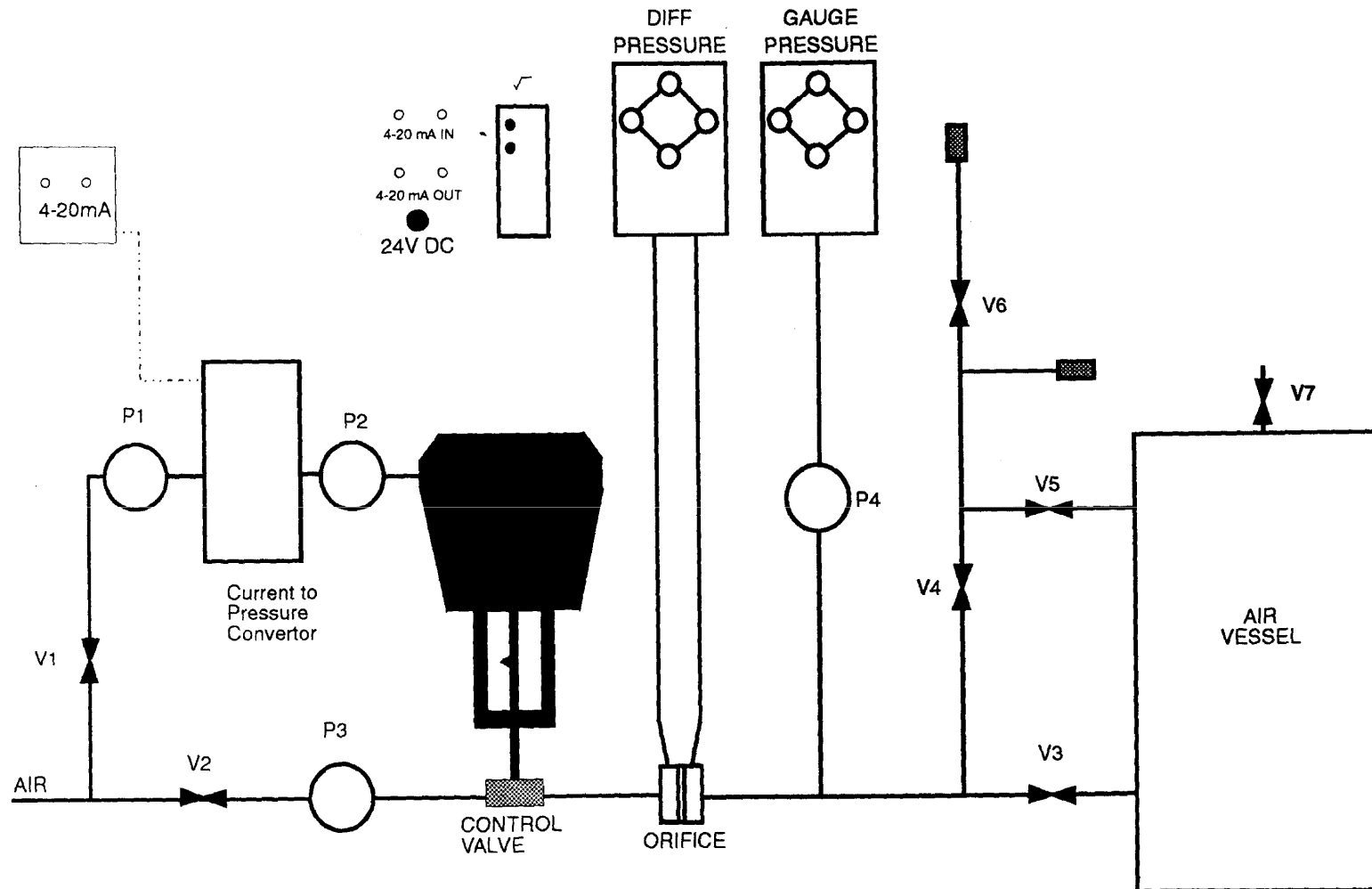
1. ทำเหมือน P-Control จากขั้น 1 ถึง 8 เพื่อหาค่า K_c ที่ดีที่สุด
2. ลดค่า T_I จน Offset หายไป
3. เพิ่มค่า T_I ถ้าเกิดการแกว่งขึ้น
4. ทำขั้น 2 และ 3 จนกว่าจะให้ผลตอบสนองเป็น 25% Damping ratio



วิธีการปรับแบบลองผิด-ลองถูก

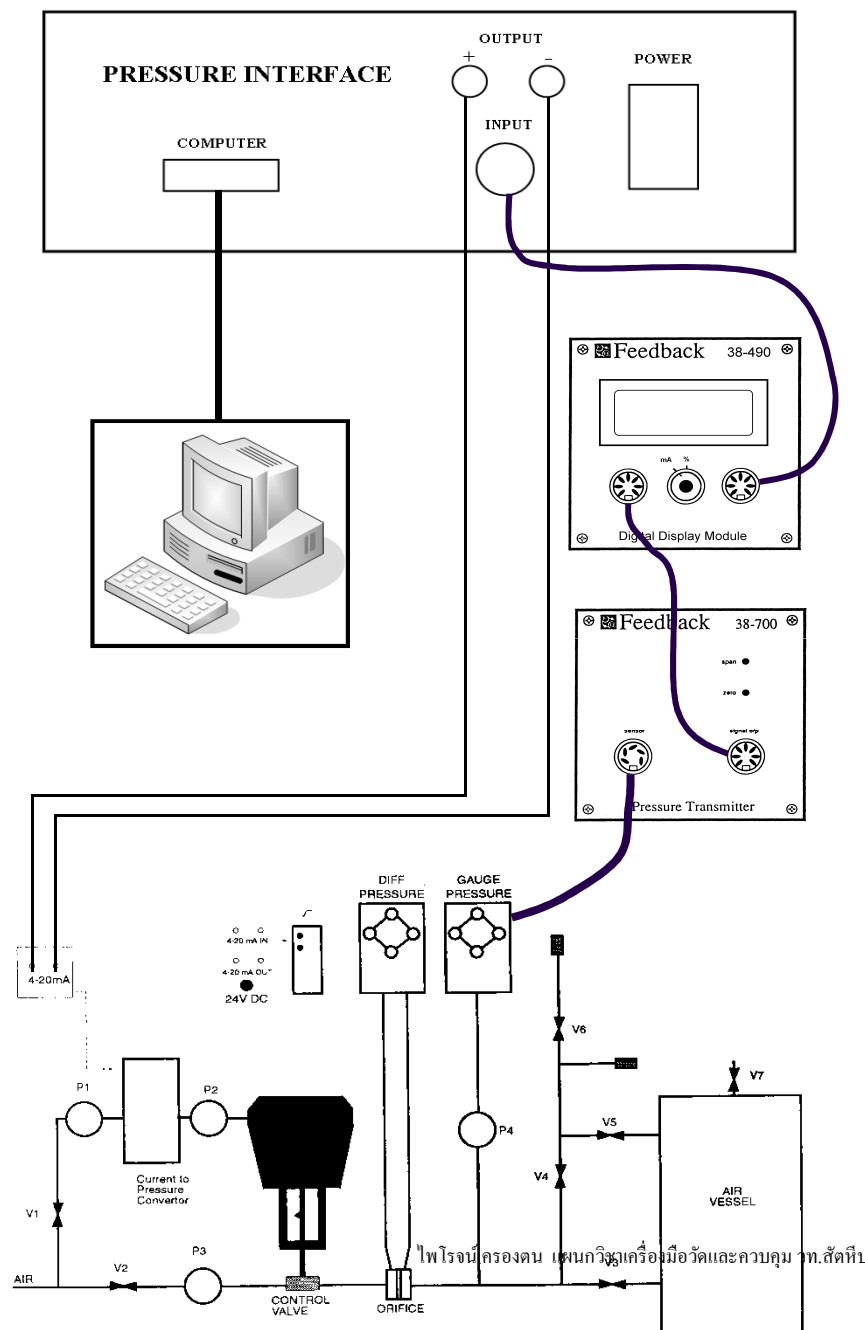
PID – Control

1. ทำเหมือน P-Control จากขั้นที่ 1 ถึง 6
2. เพิ่มค่า K_c จนเกิดการแกว่ง
3. เพิ่มค่า T_D จนการแกว่งหยุด
4. เพิ่มค่า K_c จนเกิดการแกว่งใหม่อีก
5. ทำขั้นที่ 2 ถึง 4 หลายครั้ง จน T_D ไม่สามารถหยุดการแกว่งได้
6. ลดค่า K_c จนหยุดการแกว่ง
7. ตั้งค่า T_I ให้เท่ากับ T_D ค่าสุดท้าย



ฟังก์ชันวัดและควบคุมความดันในถังปิด

ไพโรจน์ ครอบตน แผนกวิชาเครื่องมือวัดและควบคุม วท.สัสดิปป



ฟังก์ชันต่อวงจรทดลอง