



การควบคุมระดับของไหลในท่อสองท่อที่ต่อถึงกัน โดยใช้คอมพิวเตอร์
WATER LEVEL CONTROL IN TWO CONNECTED PIPE BY COMPUTER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2534

๒๗.

๓ ๑๖๒๗

๒๕๓๔

007694

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ในสื่ออื่นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมระดับของไหลในท่อสองท่อที่ต่อกันโดยใช้คอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

- | | | |
|---------------------------|-------------|---------|
| 1. นายโดม ศิริศักดิ์โสภิต | เลขประจำตัว | 31.1082 |
| 2. นายสุหวิ เชนจิรเมษิต | " | 31.1378 |
| 3. นายอดุลย์ พัฒนภักดี | " | 31.1392 |



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับของไหลในท่อสองท่อที่ต่อถึงกันโดยใช้คอมพิวเตอร์

โดม ศิริศักดิ์โสภิต

สุษิร เจนจิรโพษิต

อดุลย์ พัฒนภักดี

ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปฏิญานพนธ์ฉบับนี้เป็นเรื่องของการควบคุมระดับของเหลวโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม การรับรู้อัตโนมัติของเหลวที่สามารถรับรู้ได้จากตัว Pressure transmitter ซึ่งจะเปลี่ยนค่าระดับของของเหลวให้เป็นกระแสไฟฟ้า หลังจากนั้นกระแสไฟฟ้านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นศักดาไฟฟ้าโดยใช้วงจร Current to Voltage Converter (i/v) จากศักดาไฟฟ้าซึ่งเป็นสัญญาณ Analog ก็จะถูกส่งไปยังวงจร Analog to Digital Converter (A/D) เพื่อแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ก่อนที่จะถูกส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผล และส่งสัญญาณควบคุมออกมา เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่ถูกส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณ Digital ดังนั้นจึงต้องแปลงให้เป็นสัญญาณ Analog โดยใช้วงจร Digital to Analog Converter (D/A) จากนั้นสัญญาณควบคุม ก็จะถูกส่งไปแปลงให้เป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้วงจร Voltage to Current Converter (V/i) หลังจากนั้นจะถูกส่งไปที่ตัว Electropneumatic Converter (E/P) เพื่อไปกระตุ้นให้ Pneumatic Control valve ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเปิดของเหลวที่จะไหลลงสู่ท่อพลาสติก มากน้อยตามสัญญาณควบคุมที่ถูกส่ง
ออกจากคอมพิวเตอร์ โดยที่ตัว Electropneumatic Converter (i/p)
จะป้อนสัญญาณลมให้แก่ Pneumatic Control Valve นอกจากนี้ยังมี Air
Compressor เป็นตัวจ่ายลมให้แก่ Electropneumatic Converter
อีกด้วย สิ่งต่างๆ ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงกระบวนการควบคุมในหนึ่งรอบเท่านั้น
ซึ่งระบบควบคุมทั้งหมดจะทำงานร่วมกัน จนกระทั่งได้ระดับของเหลวตามค่า
ที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER LEVEL CONTROL IN TWO CONNECTED PIPE BY COMPUTER

Dome Sirisaksopit

Sasira Janjirakosit

Adool Pattanapukdee

Dr.Mongkol Mongkolvongroaj Advisor

Abstract.

This project deal with the micro compute of the water level. Water level signal is transmitted from pressure transmitter which convert water level to equivalent current signal. This equivalent current signal then converted to a voltage signal by pass through a current to voltage converter circuit (i/v).

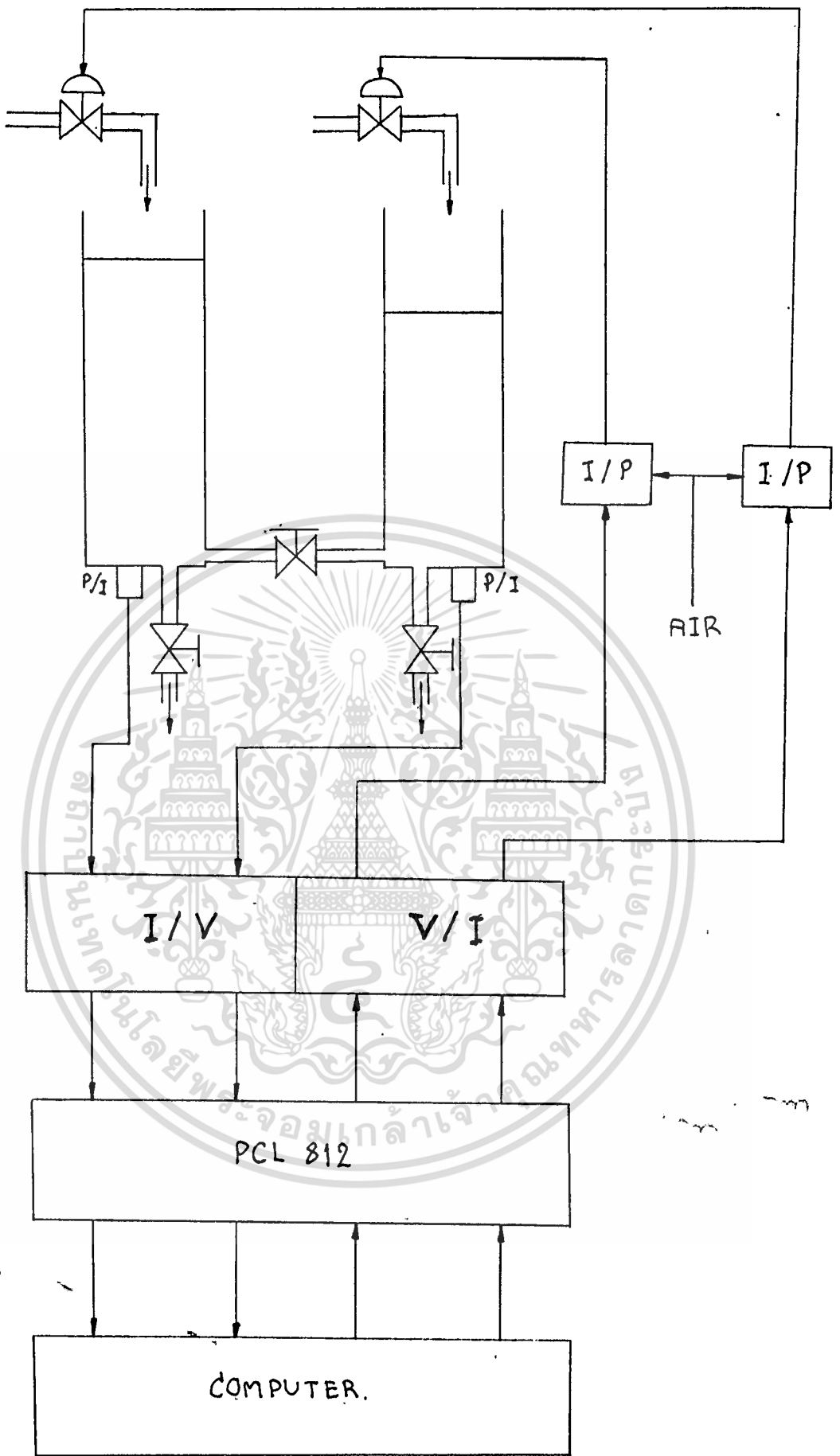
This voltage signal is transmitted to computer after the analog to digital conversion. Then the computer calculate the control signal and transmit it out. This control signal is digital signal so its digital to analog conversion is occured. After that the analog control signal is converted to the current control signal by using of voltage to current converter (v/i) smitit to the electropneumatic converter in order to,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรนำมาใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

using of air compressor to supply air for electropneumatic converter. These is only one loop control of the process. There are numerous loop control before its succeed.

The voltage to current inverter and current to voltage inverter are developed for the control system. First order system model is represented for the water level in the standpipe. Proportional control, proportional plus integral control, proportional plus derivative control proportional plus integral plus derivative control and a simplified internal model control are implemented for the systems.

The experimental results Show that PID control are the most excellance algorithm for the water level system in practical applications.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
บทที่ 3 การคำนวณและสร้าง	12
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	25
บทที่ 5 สรุป	35
ภาคผนวก	36
กิตติกรรมประกาศ	48
เอกสารอ้างอิง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การควบคุมระบบนับวันจะยิ่งมีบทบาทมากขึ้น โดยเฉพาะในวง การอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่ถูกต้องและแน่นอน เนื่อง จากในปัจจุบัน ระบบในวง อุตสาหกรรม มีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้น การควบคุมระบบจึงต้องถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ทันสมัยควบคู่กัน ไป ไม่ใคร่ คอหมพิวเตอร์มีส่วนสำคัญอย่างมากในการพัฒนาการควบคุมระบบ เนื่องจากไมโครคอมพิวเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว มีความสามารถสูง ทำให้สามารถควบคุมระบบที่ซับซ้อนได้ อีกทั้งยังมีการพัฒนาให้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมเพื่อรองรับการขยายตัว ของระบบที่จะควบคุมในอนาคตได้

จากเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้น การศึกษาการประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ควบคู่กับการควบคุมจึงเป็นประโยชน์อย่างมากกับผู้ศึกษา ซึ่งจะทำให้เกิด ความกระจ่างในวิชาการ และยังอาจใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในงาน ควบคุมตัวแปรต่างๆ ต่อไปในอนาคตได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ตัวควบคุมแบบ P, I และ D

ตัวควบคุมแบบ P, I และ D สามารถเขียนเป็น Block diagram ได้ตามรูปที่ 2.1

$$m(s) = g_c(s) \cdot e(s) \dots\dots\dots(17)$$

$$e(s) = Y(s) - SP(s) \dots\dots\dots(18)$$

$$Y(s) = \frac{g_c(s) \cdot g(s) \cdot SP(s)}{1 + g_c(s)g(s)} \dots\dots\dots(19)$$



รูปที่ 2.1

โดยที่ $m(s)$ = สัญญาณควบคุม

$Y(s)$ = เอาต์พุต หรือ ตัวแปรที่ต้องการควบคุม

$g(s)$ = ทรานสเฟอ์ฟังก์ชันของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$g_c(s) =$ ตัวควบคุมระบบ

$SP(s) =$ ค่าที่ตั้ง (Set point)

ในกรณีของตัวควบคุมแบบ P จะได้ $g_c(s) = K_p$ (20)

" " " I " $g_c(s) = K_i/s$ (21)

" " " D " $g_c(s) = K_d \cdot s$ (22)

ตัวควบคุมแบบ P, I และ D

เป็นการรวมสมการควบคุมของ P, I และ D ไว้ ซึ่งเป็น การรวมผลดีของการควบคุมแต่ละแบบเข้าไว้ด้วยกัน จึงเป็นการควบคุมที่ ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีรูปแบบของตัวควบคุมดังนี้

$$g_c(s) = K_p + K_i/s + K_d \cdot s \quad \dots\dots\dots (23)$$

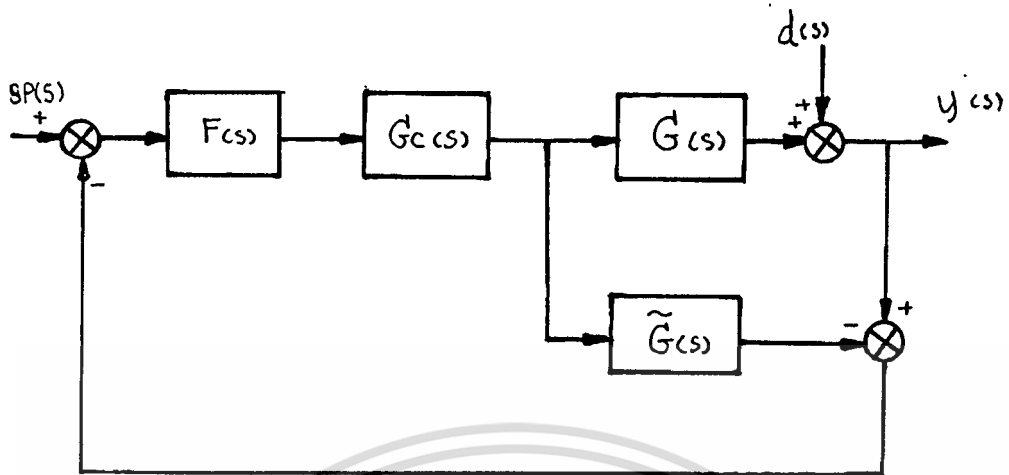
ดังนั้น $m(s) = (K_p + K_i/s + K_d \cdot s) \cdot e(s)$

สามารถเขียนให้อยู่ในรูป difference ได้ คือ

$$m_n = K_p \cdot e_n + T_i \cdot K_i \cdot e_n + K_d (e_n - e_{n-1})/T_d \quad \dots\dots (24)$$

ตัวควบคุมแบบ Internal Model Control (IMC)

ตัวควบคุมแบบ IMC สามารถเขียนเป็น Block diagram ในรูปของลาปลาซ ตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2

$$m(s) = g_c(s) \cdot [sp(s) - d(s)] \quad \dots (1)$$

$$m(s) = \frac{g_c(s)}{(1 + g_c(s) [g(s) - \tilde{g}(s)])}$$

$$y(s) = \frac{g(s)g_c(s)}{(1 + g_c(s) [g(s) - \tilde{g}(s)])} \cdot [sp(s) - d(s)] + d(s) \quad \dots (2)$$

$$y(s) = \frac{g(s)g_c(s)}{(1 + g_c(s) [g(s) - \tilde{g}(s)])}$$

$m(s)$ = สัญญาณควบคุม (Manipulated Variable)

$y(s)$ = เอาท์พุท หรือ ตัวแปรที่ต้องการควบคุม

$d(s)$ = สิ่งรบกวน (Disturbance)

$g(s)$ = ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบ

$\tilde{g}(s)$ = โมเดลคณิตศาสตร์ของระบบ

$g_c(s)$ = ตัวควบคุมระบบ (Controller)

$sp(s)$ = ค่าที่ตั้ง (Set point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ IMC

พิจารณาถึงผลที่ได้จากสมการที่ (2) เป็นดังนี้

1) สำหรับ Perfect Model : $\tilde{g}(s) = g(s)$ แทนค่าลงในสมการที่ (2) จะได้

$$y(s) = g(s) \cdot g_c(s) [sp(s) - d(s)] + d(s) \quad \dots\dots(3)$$

สมการที่ (3) แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะเสถียรก็ต่อเมื่อ $g(s) \cdot g_c(s)$ เสถียร

2) เมื่อเลือกให้ $g_c(s) = \tilde{g}^{-1}(s)$ แล้วแทนในสมการที่ (2) ก็จะได้

$$y(t) = sp(t)$$

สมการที่ (4) แสดงให้เห็นว่าเป็นกรณี Infinite gain

3) เมื่อสมมติ $\lim_{t \rightarrow \infty} d(t) = d =$ ค่าคงที่

แล้วเลือก $\lim_{t \rightarrow \infty} sp(t) = sp =$ ค่าคงที่

และ $g_c(0) = \tilde{g}^{-1}(0)$

โดยอาศัย Final Value theorem จะได้

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = sp \quad \dots\dots(5)$$

สมการที่ (5) แสดงให้เห็นว่าไม่เกิดค่าผิดพลาด (offset)

การออกแบบตัวควบคุมของระบบควบคุมด้วย IMC

จากคุณสมบัติของ IMC ทั้งสามข้อในสมการที่ (3) (4) และ (5) แสดงให้เห็นว่าสามารถออกแบบตัวควบคุมโดยการแยกตัวโมเดลคณิตศาสตร์ออกเป็นสองส่วน ดังนี้

$$\tilde{g}_c(s) = \tilde{g}_+^c(s) \cdot \tilde{g}_-^c(s) \quad \dots\dots\dots(6)$$

โดยที่ $\tilde{g}_c(s)$ = โมเดลคณิตศาสตร์ของระบบ
 $\tilde{g}_+^c(s)$ = โมเดลคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย Time delay หรือส่วนที่ไม่เสถียร
 $\tilde{g}_-^c(s)$ = โมเดลคณิตศาสตร์ที่สามารถเป็นจริงได้และเสถียร

เพราะฉะนั้น ตัวควบคุมของระบบควบคุมด้วย IMC คือ

$$\tilde{g}_c^u(s) = \tilde{g}_-^{c-1}(s) \quad \dots\dots\dots(7)$$

เพื่อให้เป็นไปตามสมการที่ (7) คือ $\tilde{g}_c^u(0) = \tilde{g}_-^{c-1}(0)$ ดังนั้น จำเป็นต้องให้ $|\tilde{g}_+^c(0)| = 1$ และเนื่องจากว่าในทางปฏิบัติไม่สามารถได้โมเดลคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์แบบเหมือนระบบจริง (Perfect Model) ดังนั้น

$$g_c(s) = \tilde{g}_c(s) [1+L(s)] \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{และ } |L(i\omega)| \leq 1(\omega)$$

โดยที่ $L(s)$ = Uncertainly ของโมเดลคณิตศาสตร์

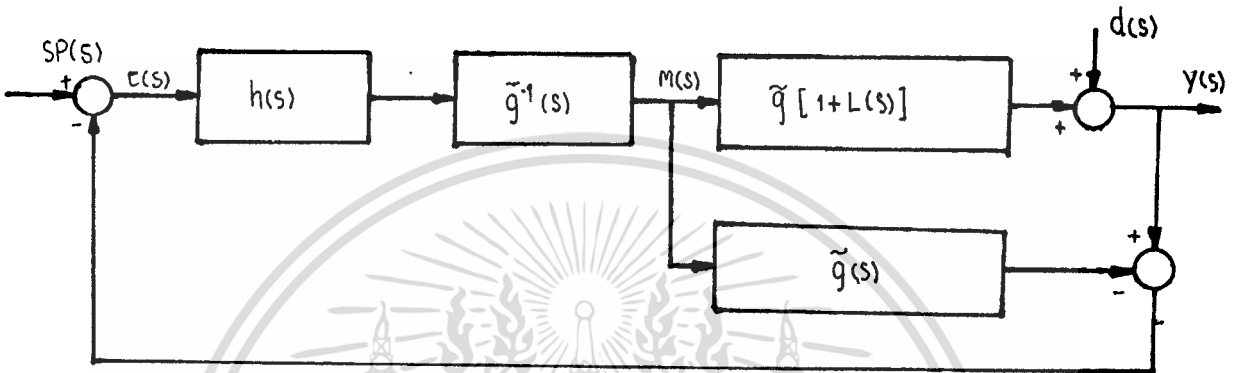
$$\text{ให้ } g_c(s) = \tilde{g}_-^{c-1}(s) \cdot h(s) \quad \dots\dots\dots(9)$$

โดยที่ $h(s)$ = ฟิลเตอร์ (Filter) ทำหน้าที่ช่วยเมื่อโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดลคณิตศาสตร์ ที่ไม่ Perfect

ในระบบควบคุมอัตโนมัติที่ควบคุมด้วย IMC ทางปฏิบัติได้แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3

ซึ่งเป็น Block Diagram เมื่อใช้เดลคณิตศาสตร์ไม่ Perfect จากรูปที่ 2.3

ดังกล่าวพอสรุปได้ว่าระบบควบคุมย้อนกลับจะเสถียรก็ต่อเมื่อ

$$|h(i\omega) \cdot \tilde{g}_+(i\omega) \cdot L(i\omega)| < 1 \quad \dots\dots (10)$$

เนื่องจาก $|\tilde{g}_+(i\omega)| = 1$ จากสมการที่ (10) จะได้ขนาดของฟิลเตอร์เป็นดังนี้

$$|h(i\omega)| < L^{-1}(\omega) \quad \dots\dots (11)$$

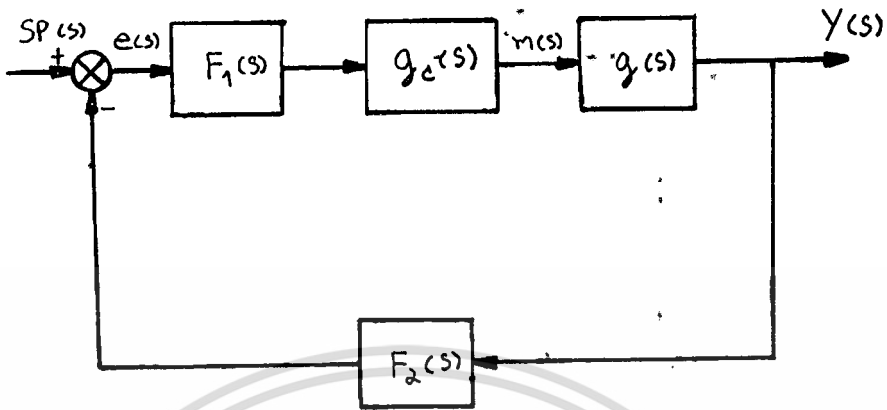
การออกแบบระบบควบคุมด้วย IMC ขนาดของฟิลเตอร์ในทางปฏิบัติจะใช้ค่าดังนี้

$$|h(i\omega)| = [L(1+\beta_\omega) + \beta_\omega]^{-1} \quad \dots\dots (12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ρ_r เป็นค่าเสมือน Safty factor ซึ่งมากกว่า หรือเท่ากับประมาณ -3 db หรือ เท่ากับ $1/\sqrt{2}$

เพื่อให้การหาสัญญาณควบคุม $m(s)$ ง่ายขึ้น จะทำการแปลง block diagram แบบ IMC ให้เป็นตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4

จะได้ $m(s) = F_1(s) \cdot g_c(s) \cdot e(s) \dots\dots\dots (13)$

$e(s) = SP(s) - Y(s) \cdot F_2(s) \dots\dots\dots (14)$

$Y(s) = \frac{F_1(s) \cdot g_c(s) \cdot g(s)}{1 + F_1(s) \cdot F_2(s) \cdot g_c(s) \cdot g(s)} \dots\dots\dots (15)$

เพื่อที่จะให้ Block diagram ที่แปลงมา คงคุณสมบัติของตัวควบคุมแบบ IMC ไว้ ดังนั้นจะต้องเลือก $F_1(s)$, $F_2(s)$, และ $g_c(s)$ ให้เหมาะสม คือ

$$F_1(s) = \text{ค่าคงที่}$$

$$F_2(s) = 1/F_1(s)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ **007694** กับการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer function) ของขบวนการเสียก่อน แต่การจะ
หาทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการจริง ๆ นั้น เป็นไปได้ยากมาก
เพราะจะมีตัวแปรกระบวนการมากมาย ดังนั้นจึงใช้ทฤษฎีการประมาณค่า

ของขั้วเกดอร์-นิโคลส์ ซึ่งจะประมาณทรานส์เฟอว์ฟังก์ชันของระบบเหลือเพียง

$$H = (r/s) DE^{-1} P$$

เลข H เลขที่พหุของกระบวนการ

P โป้นพหุที่จ่ายให้กระบวนการ

r อัตราการเปลี่ยนแปลง เลขที่พหุต่อเวลา

L เวลาหน่วงในหน่วยวินาที

DE ค่าผิดพลาด

ซึ่งทรานส์เฟอว์ฟังก์ชันนี้จะใกล้เคียงกระบวนการจริงพอสมควร จึงพอจะใช้ได้ในการหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น โดยให้โ้นพหุ (P) คือ ความกว้างของวาล์วที่เปิด และ เลขที่พหุ (H) คือระดับน้ำที่ได้ ค่า r และ L ได้จากกราฟทดลองจากกระบวนการจริงๆ

ให้ $R = r /$ เบอริงเซนต์ของโ้นพหุที่จ่ายให้โดยไม่มีการควบคุม จากทฤษฎีนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ K_p, K_i, K_d ของตัวควบคุมแบบ PID เพื่อจะได้ผลตอบสนอง เมื่อมีการควบคุม (closed loop) ได้ดังนี้

$$K_p = 1.2/RL$$

$$K_i = 1/2L$$

$$K_d = L/2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

ในปฏิญานพจน์นี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งจะอธิบายดังนี้

ฮาร์ดแวร์

ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. ท่อพลาสติกใส
2. Pressure Transmitter
3. วงจรแปลงสัญญาณ i/v & v/i
4. Electropneumatic Converters (i/P)
5. Pneumatic Control Valve
6. Air Compressor
7. วงจรแปลงสัญญาณ A/D & D/A (PCL 812)

คุณสมบัติและวิธีการคำนวณ-สร้าง

1. ท่อพลาสติกใส จำนวน 2 ท่อ ที่ระดับต่ำสุดจะต่อเชื่อมการไหลของน้ำถึงกันโดยวาล์ว เพื่อให้ปรับค่าการไหลของน้ำระหว่างท่อทั้ง 2 นี้ได้ และที่ปลายด้านล่างของท่อจะมีท่อน้ำส่งซึ่งต่อมาจากกึ่งคัสสูงกับท่อสำหรับ Drain น้ำทิ้งซึ่งสามารถปรับค่าการไหลของน้ำได้อีกหนึ่งท่อ โดยท่อทั้งสองนี้จะสูงประมาณ 100 ซม. มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 9.4 ซม.

2. Pressure Transmitter จะเป็นตัวรับค่าความดัน 0 ถึง 6 เมตรน้ำ (0-6 bar) มาณแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าในช่วง 4 mA ถึง 20 mA

3. วงจรแปลงสัญญาณ i/v & v/i เป็นตัว interface ระหว่าง

PCL 812 กับอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการ

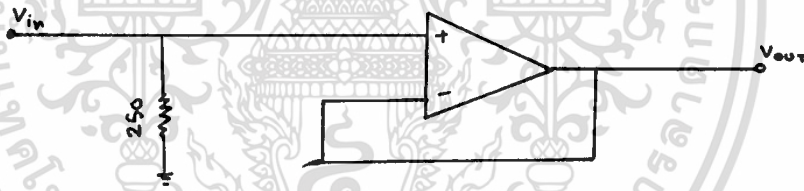
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วงจร i/v เนื่องจาก PCL 812 นี้เราต้องการให้รับ input ในช่วง -5 V ถึง $+5\text{ V}$ ดังนั้นเราจึงต้องแปลงค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้รับมาจาก Pressure Transmitter จาก 4 mA ถึง 20 mA ให้เป็นค่า -5 V ถึง $+5\text{ V}$ โดยจะประกอบด้วยวงจร 3 ส่วน คือ

1. Buffer
2. Summing Amp.
3. Inverting Amp.

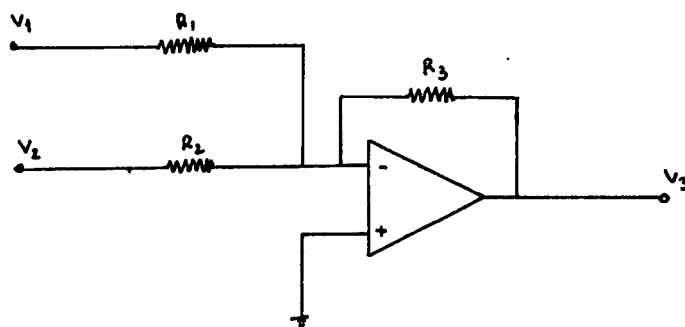
โดยมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

1. Buffer จากกระแส 4 mA ถึง 20 mA เราจะแปลงให้เป็น 1 V ถึง 5 V ได้โดยนำ $R = 250\text{ Ohm}$ มา Drop ไว้ระหว่าง input กับ Ground ($V = IR$)



รูปที่ 3.1

2. Summing Amp. จะเป็นการเลื่อนระดับ 1 V ถึง 5 V มาเป็น -2 V ถึง $+2\text{ V}$



รูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ $V_3 = -[(R_3/R_2)*V_2 + (R_3/R_1)*V_1]$ (A)

กรณี 1 ให้ ค่า $V_1 = -5V$, $V_2 = 1V$, $V_3 = -2 V$

แทนค่าลงในสมการ (A)

$$-2 = -[(R_3/R_2) + (R_3/R_1)*(-5)]$$

กรณี 2 ให้ ค่า $V_1 = -5 V$, $V_2 = 5 V$, $V_3 = 2 V$

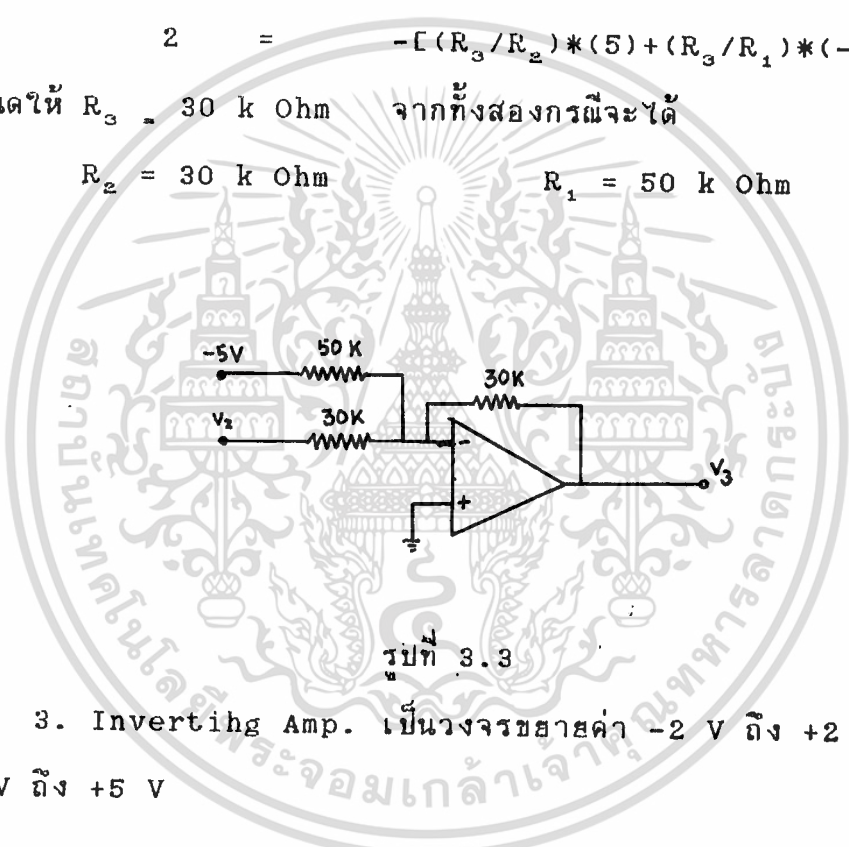
แทนค่าลงในสมการ (A)

$$2 = -[(R_3/R_2)*(5) + (R_3/R_1)*(-5)]$$

กำหนดให้ $R_3 = 30 \text{ k Ohm}$ จากทั้งสองกรณีจะได้

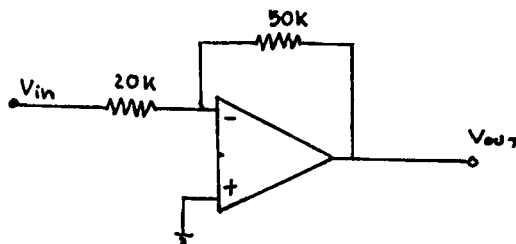
$$R_2 = 30 \text{ k Ohm}$$

$$R_1 = 50 \text{ k Ohm}$$



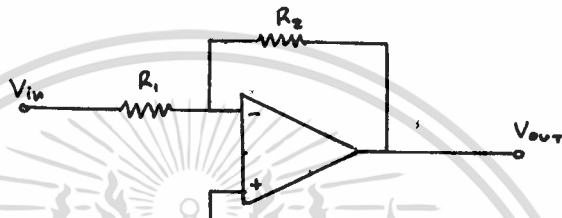
3. Inverting Amp. เป็นวงจรขยายค่า -2 V ถึง +2 V ให้เป็น

-5 V ถึง +5 V



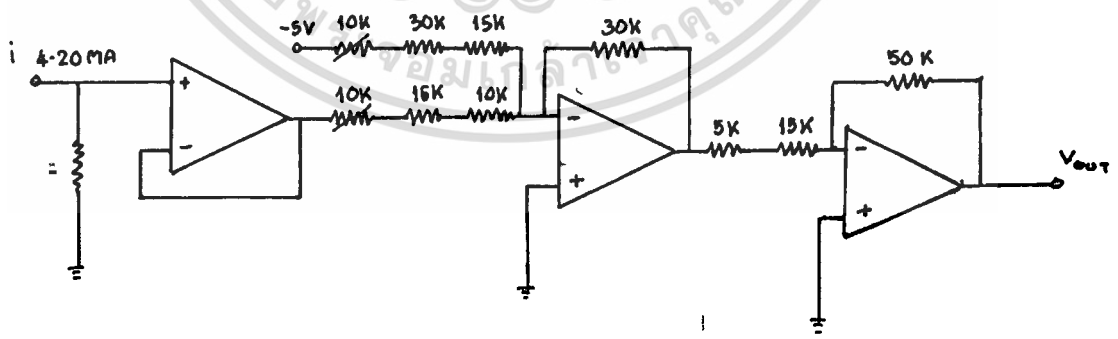
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่รูปที่ 3.4 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ $V_{out} = -V_{in} * R_2 / R_1 \dots \dots \dots (B)$
 เนื่องจาก $V_{out} / V_{in} = 2.5 = R_2 / R_1$
 กำหนดให้ $R_1 = 20 \text{ k Ohm}$
 ดังนั้น $R_2 = 50 \text{ k Ohm}$



รูปที่ 3.5

เพื่อให้ความต้านทานมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณมากที่สุด จึงมีการใส่ความต้านทานแบบปรับค่าได้เข้าไปในวงจรด้วย ดังวงจรดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6

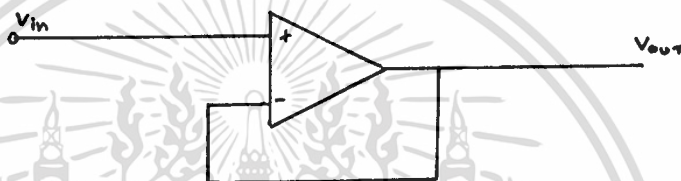
3.2 วงจร v/i จะทำหน้าที่แปลงค่า 0 V ถึง 5 V ที่ออกจาก PCL 812 ให้เป็นกระแสในช่วง 4 mA ถึง 20 mA โดยจะประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Buffer
2. Summing Amp.
3. Inverting Amp.
4. วงจรขยายกระแส

โดยมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

1. Buffer โดยจะมี V_{out} เท่ากับ V_{in}



รูปที่ 3.7

2. Summing Amp. จะแปลงค่า 0 V ถึง 5 V เป็น 1 V ถึง 5 V
กรณี 1 ค่า $V_1 = 0 V$, $V_2 = 5 V$, $V_3 = 1 V$
แทนค่าลงในสมการ (A)

จะได้ $1 = -(R_3/R_2) * (5)$

- กรณี 2 ค่า $V_1 = 5 V$, $V_2 = 5 V$, $V_3 = 5 V$

แทนค่าลงในสมการ (A)

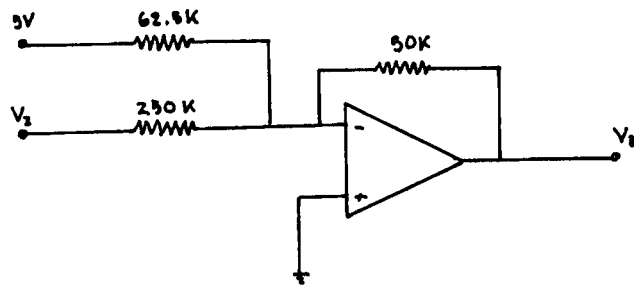
จะได้ $5 = -[(R_3/R_2) * (5) + (R_3/R_1) * (5)]$

กำหนดให้ $R_3 = 50 \text{ k Ohm}$

จะได้ $R_2 = 250 \text{ k Ohm}$

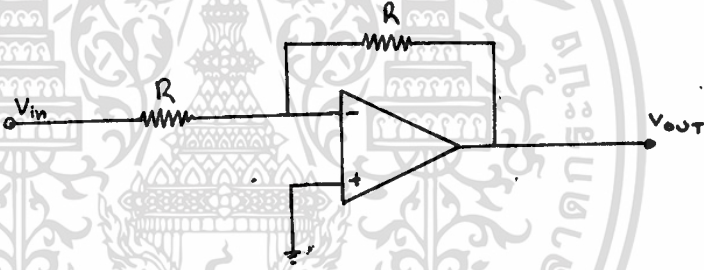
$R_1 = 62.5 \text{ k Ohm}$

วงจรเป็นดังรูปที่ 3.8



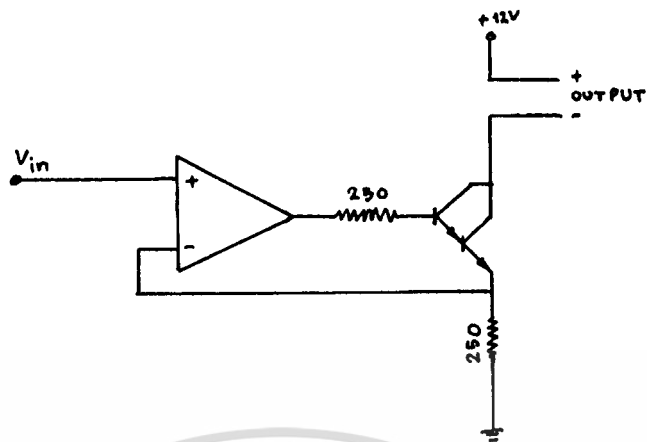
รูปที่ 3.8

3. Inverting Amp. จะเปลี่ยนค่า V_{out} ให้มีค่าเท่ากับ $-V_{in}$
โดยวงจรเป็นดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9

4. ส่วนขยายกระแส โดยจะใช้วงจรทรานซิสเตอร์ ที่ต่อแบบ Darlington ซึ่งจะทำให้ Gain ขยายเกิดจากค่าของทั้งสองตัวคูณกัน มีผลทำให้กระแสขยายได้มากซึ่งจะดึงกระแสจาก Supply 12 V ที่ป้อนให้สำหรับ R 250 Ohm ที่ต่อลง Ground นั้น เพื่อเป็นการ Feedback กลับไปที่ระดับ 1 V ถึง 5 V กำหนดกระแสที่ดึงมาให้อยู่ในช่วง 4 mA ถึง 20 mA ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10

$$I_C = I_B \dots \dots \dots (c)$$

$$I_E = I_B + \beta I_C \dots \dots \dots (d)$$

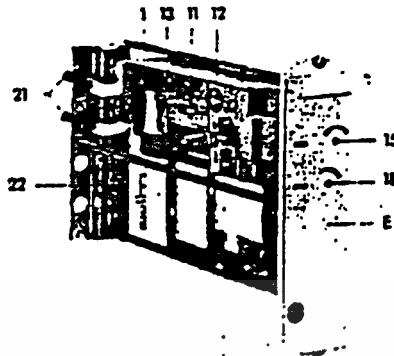
แทนค่า I_C ลงในสมการ (d) จะได้

$$I_E = I_B (1 + \beta) \dots \dots \dots (e)$$

ในกรณีที่ต่อแบบ Darlington จะได้

$$I_{E2} = I_{B2} (1 + \beta_2) (1 + \beta_1)$$

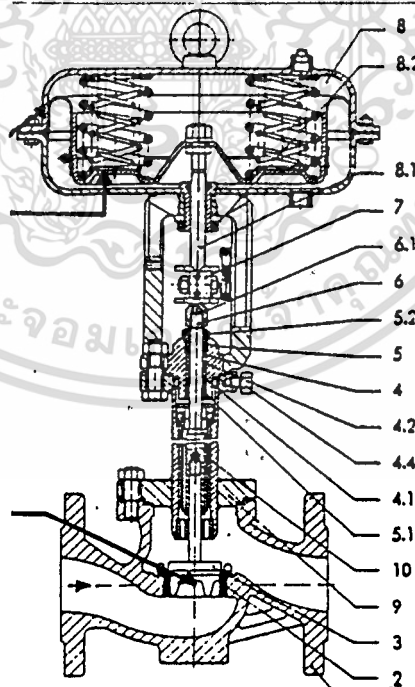
4. Electropneumatic Converters เป็นตัวอุปกรณ์ที่แปลง input จาก 4 mA ถึง 20 mA ให้เป็นลมที่มีความดันในช่วง 0.2 bar ถึง 1.0 bar หรือ 3 psi ถึง 15 psi โดยจะให้ลม Supply มีความดัน 1.4 bar หรือ 20 psi



รูปที่ 3.14 Electropneumatic Converters

5. Pneumatic Control Valve โดยจะใช้ลมเป็นตัวปิด-เปิด

การไหลของน้ำที่จะไหลเข้าสู่ท่อพลาสติก



รูปที่ 3.15 Pneumatic Control Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. AirCompressor จะเป็นส่วนป้อนลมให้กับตัว Electropneumatic Converters ซึ่งใช้ความดันที่ 1.4 bar

การหาสมการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ตรวจวัดกับความสูง

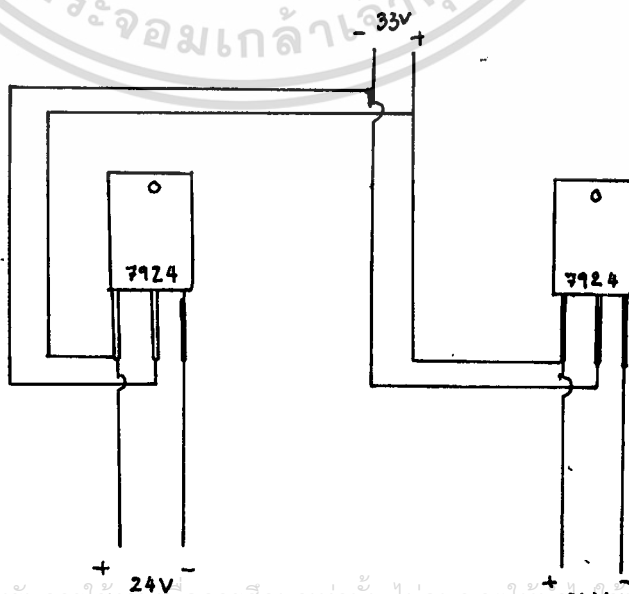
หาได้โดยเปิดวาล์วให้น้ำไหลเข้าระบบแล้วอ่านค่าความสูงและศักดาไฟฟ้าก่อนเข้าวงจร A/D (หรือศักดาไฟฟ้าจากชุดทรานสมิตเตอร์) แล้วนำมาประมาณค่าสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยวิธีการประเมินเชิงเส้น (Linear regression) ซึ่งจากกระบวนการนี้จะได้ความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$V_1 = 1.34363364H - 4.818796633$$

$$V_2 = 1.222141379 - 4.800530638$$

การแยก input ให้เป็น 2 CH.

เพื่อไม่ให้มีการรบกวนกันระหว่างกระแสไฟฟ้าของ Pressure Transmitter ทั้งสองตัว ดังนั้นจึงใช้วงจร Power Supply สำหรับ Pressure Transmitter ดังรูปที่ 3.16

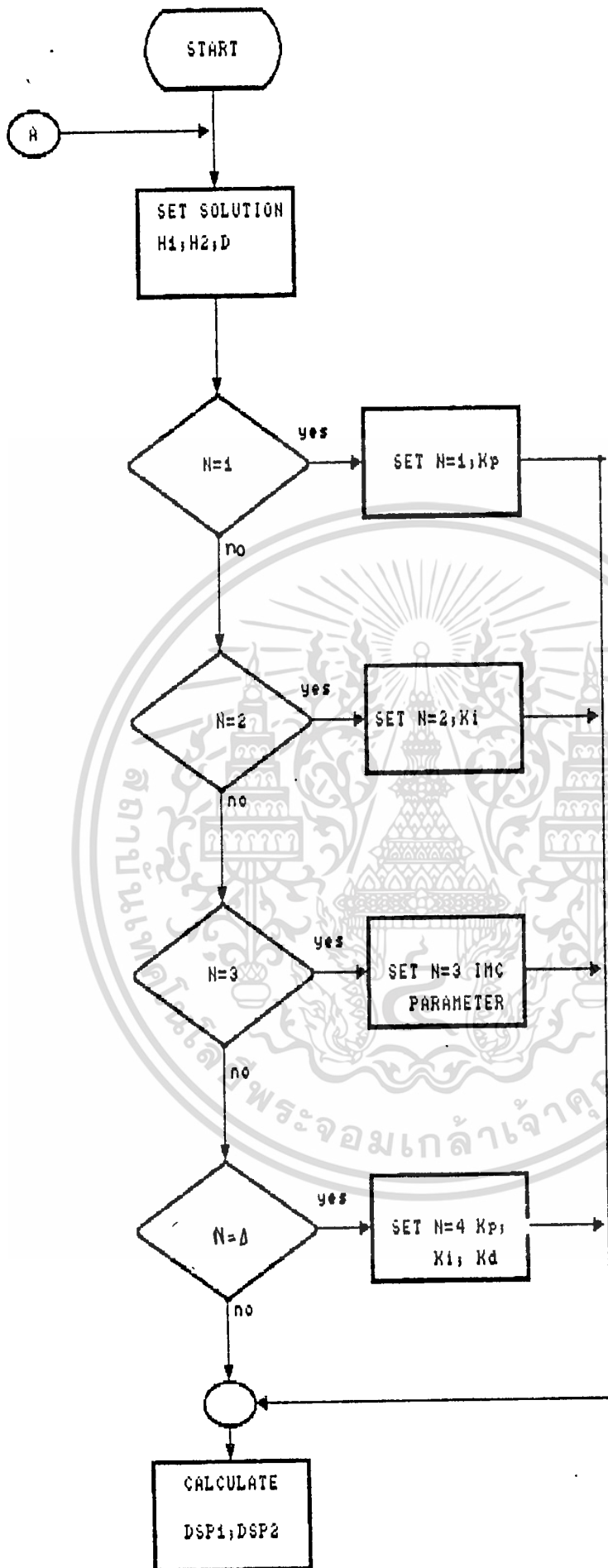


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

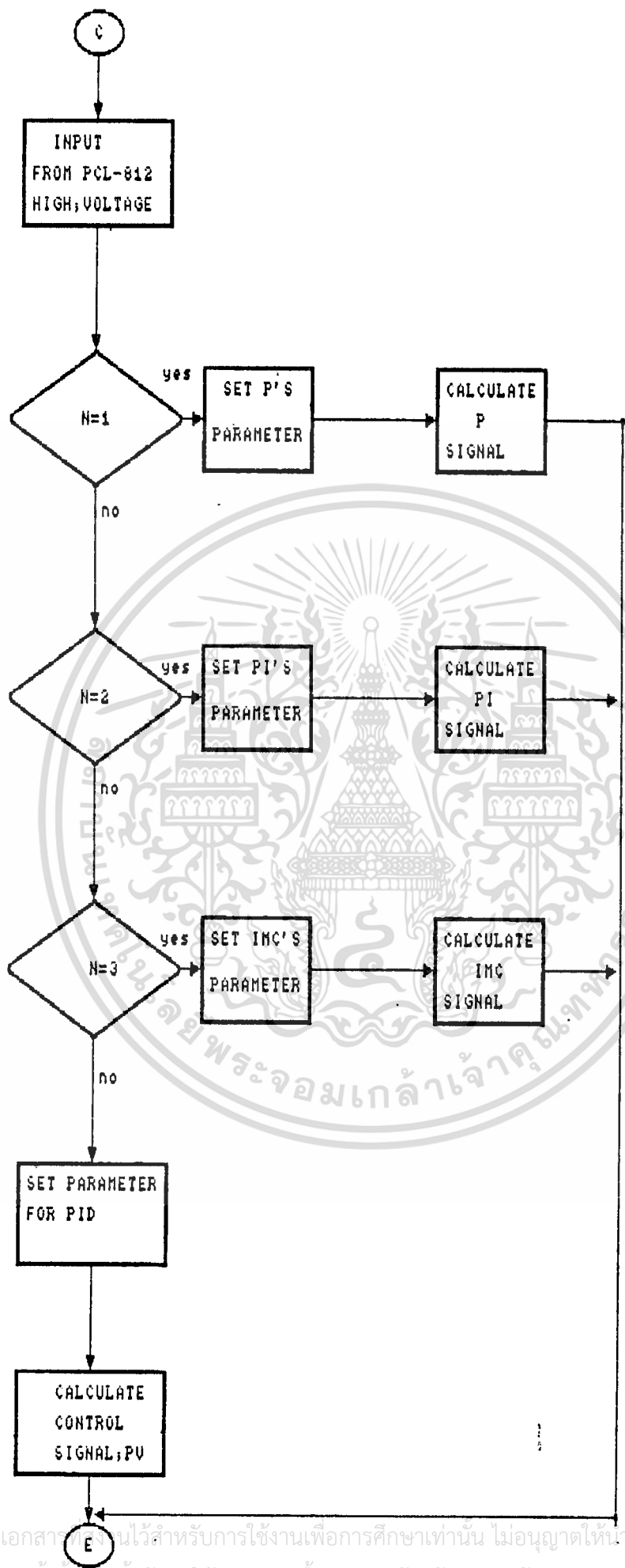
ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ คือ ส่วนของโปรแกรมที่ทำการรับข้อมูลเข้ามาคำนวณตามสมการควบคุมขบวนการ และส่งค่าที่คำนวณแล้วออกไป ซึ่งในปฏิญญาพนันธุ์นี้ ใช้ภาษา C โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสามารถเขียนเป็นโฟร์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 3.17

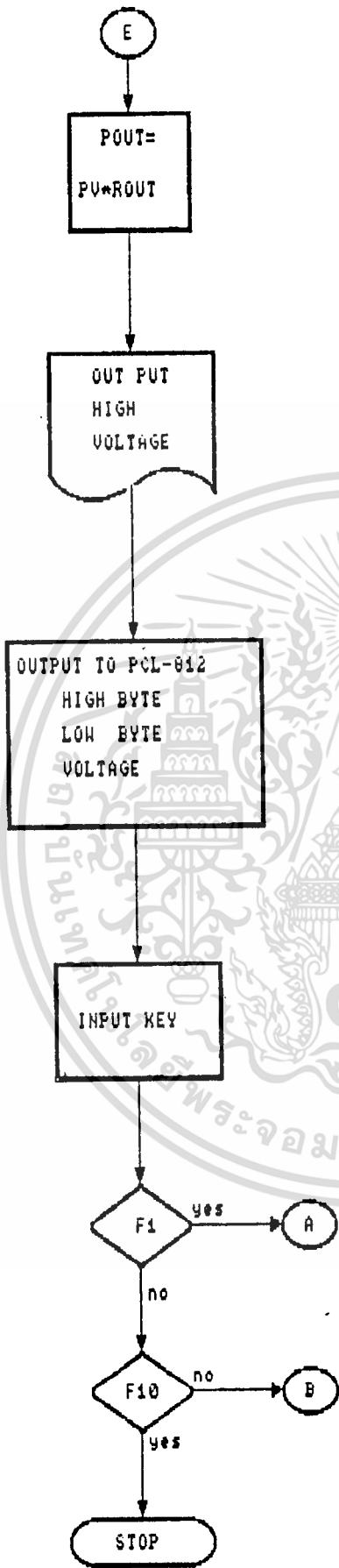




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่หรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เอาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองควบคุมระดับน้ำท่อเดียว และระดับน้ำสองท่อที่ต่อเนื่องกันโดยใช้ตัวควบคุมแบบ P และ แบบ PID ในการทดลองควบคุมแต่ละครั้งจะเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์บางตัว เพื่อดูผลกระทบที่มีต่อระบบ พารามิเตอร์เหล่านี้คือ ค่าระดับความสูงที่ต้องการ (SET POINT; SP1; SP2), ค่าเวลาของการสุ่ม (SAMPLING TIME; ST), ค่าคงที่ของการควบคุมแบบ P (K_p), ค่าคงที่ของการควบคุมแบบ I (K_i), ค่าคงที่ของการควบคุมแบบ D (K_d),

โดยที่ผลการทดลองจะแสดงไว้ในรูปของกราฟต่างๆ ตามรูปคือ

รูปที่ 4.1 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำท่อเดียวโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้
 $SP1=30 \text{ cm}; K_p=18.6; K_i=0.217; K_d=1.15; ST=1.5s$

รูปที่ 4.2 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ P โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้
 $SP1=20 \text{ cm}; SP2=50 \text{ cm}; K_p=18.6; ST=1.5s$

รูปที่ 4.3 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้
 $SP1=30 \text{ cm}; SP2=60 \text{ cm}; K_p=18.6; K_i=0.217; K_d=1.15; ST=1.5s$

รูปที่ 4.4 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้
 $SP1=30 \text{ cm}; SP2=60 \text{ cm}; K_p=18.6; K_i=0.10; K_d=1.15; ST=1.5s$

รูปที่ 4.5 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็น SP1=30 cm; SP2=60 cm; $K_p=16.0$; $K_i=0.10$; $K_d=1.15$; $ST=1.5s$ ด้านการคำนวณ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

$SP1=30 \text{ cm}; SP2=60 \text{ cm}; Kp=16.0; Ki=0.5; Kd=1.0; ST=1.5 \text{ s}$

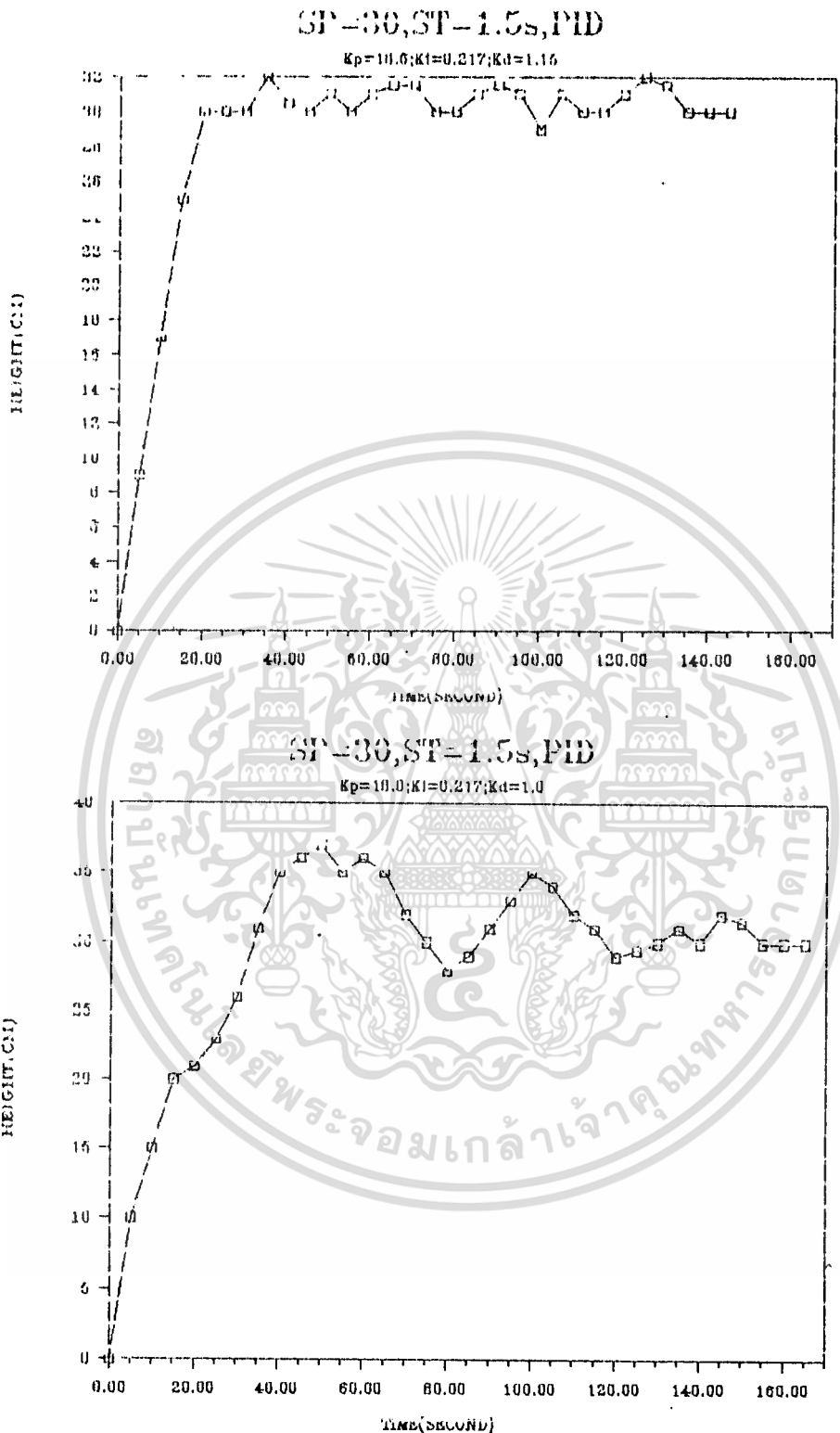
รูปที่ 4.7 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

$SP1=30 \text{ cm}; SP2=60 \text{ cm}; Kp=16.0; Ki=0.217; Kd=1.0; ST=1.5 \text{ s}$

รูปที่ 4.8 แสดงผลของการควบคุมระดับน้ำสองท่อโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

$SP1=30 \text{ cm}; SP2=60 \text{ cm}; Kp=16.0; Ki=0.217; Kd=1.0; ST=1.5 \text{ s}$



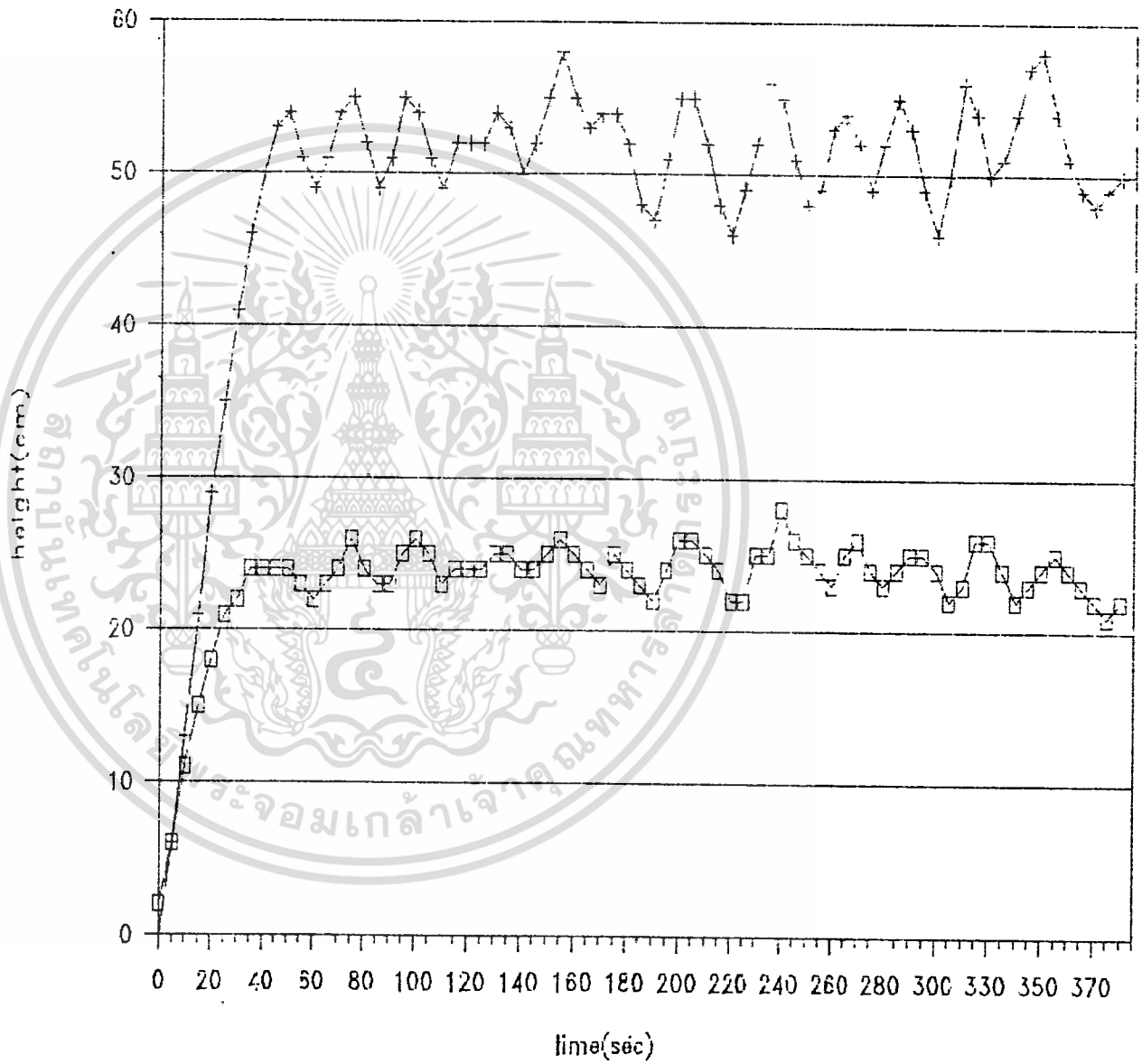


รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

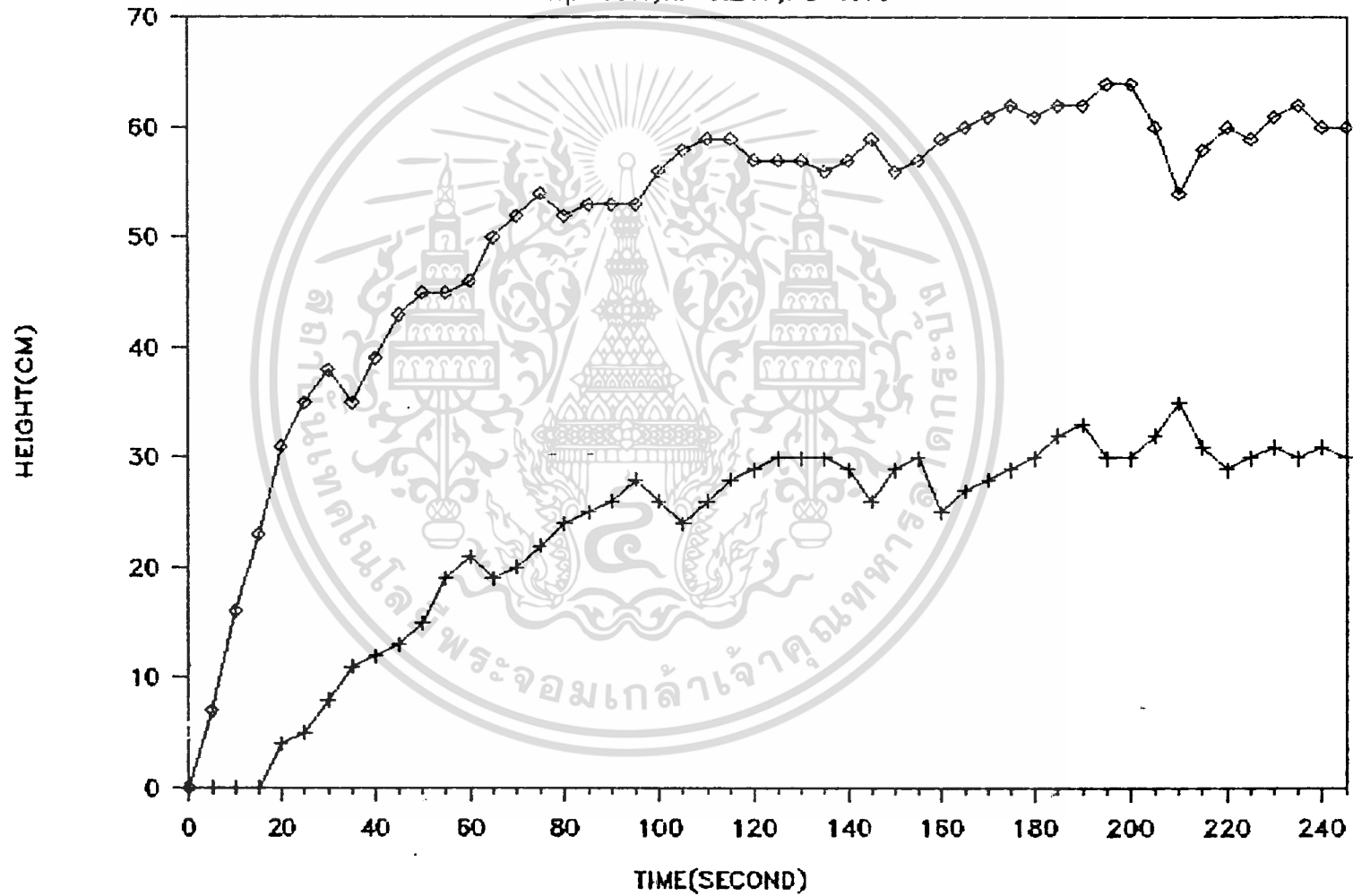
SP1 = 20 cm ; SP2 = 50 cm ; P CONTROLLER
ST = 1.5 s. ; Kp = 18.6

รูปที่ 4.2



SP1=30cm;SP2=60cm;PID;ST=1.5s;

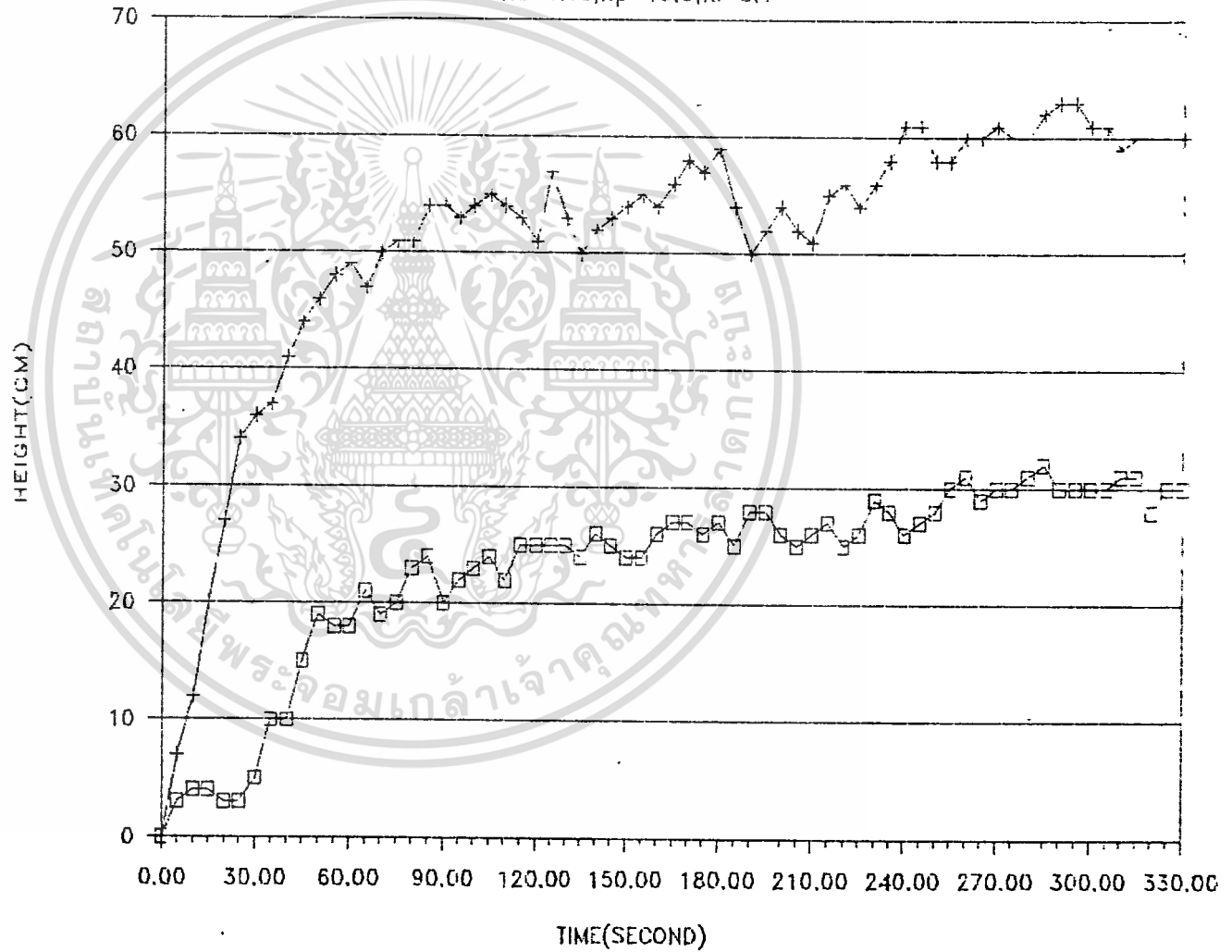
$K_p=18.6;K_i=0.217;K_d=1.15$



รูปที่ 4.3

SP1=30cm;SP2=60cm;ST=1.5s:PID

Kd=1.15;Kp=18.6;Ki=0.1

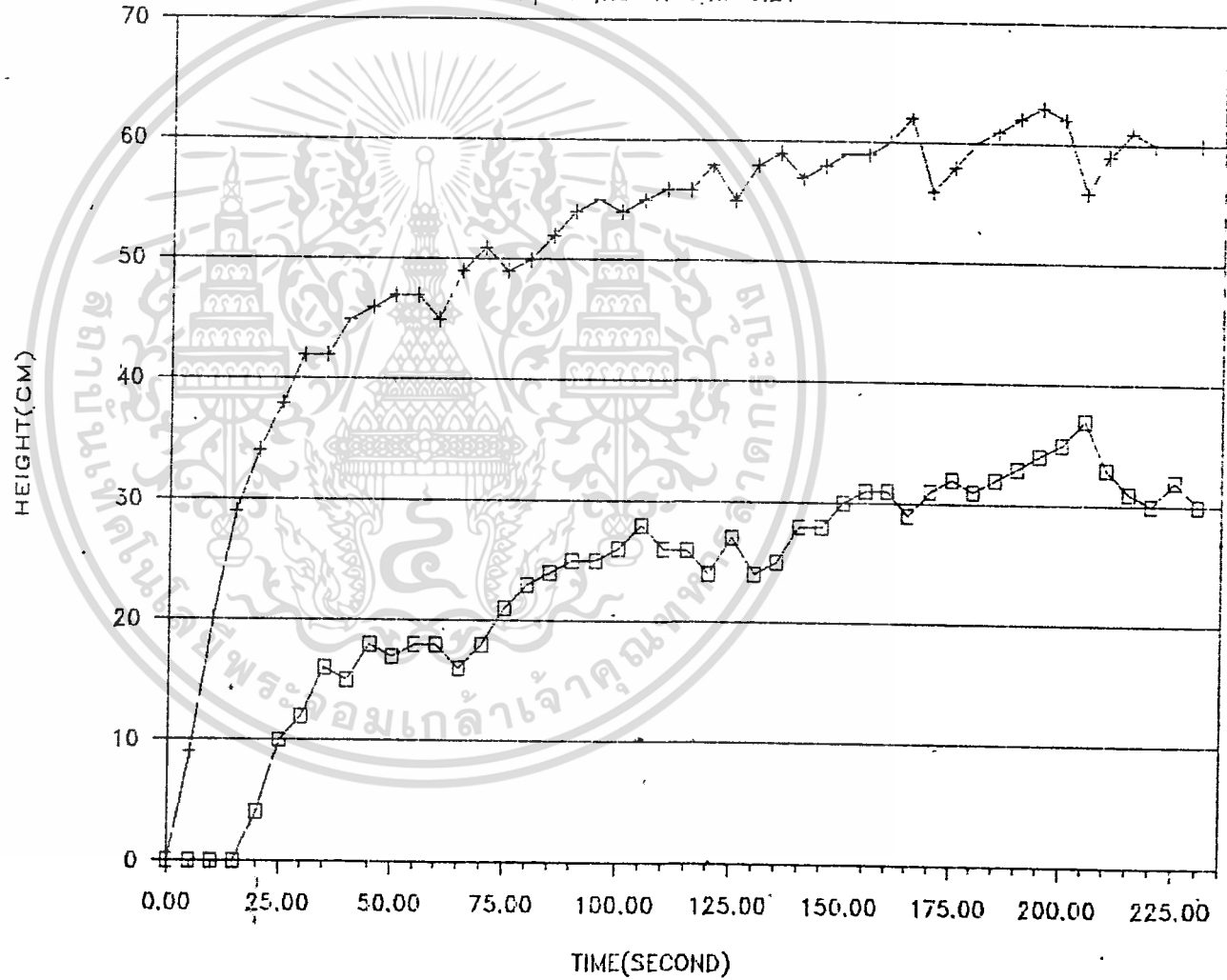


รูปที่ 4.4

SP1=30cm;SF2=60cm;ST=1.5s;PID

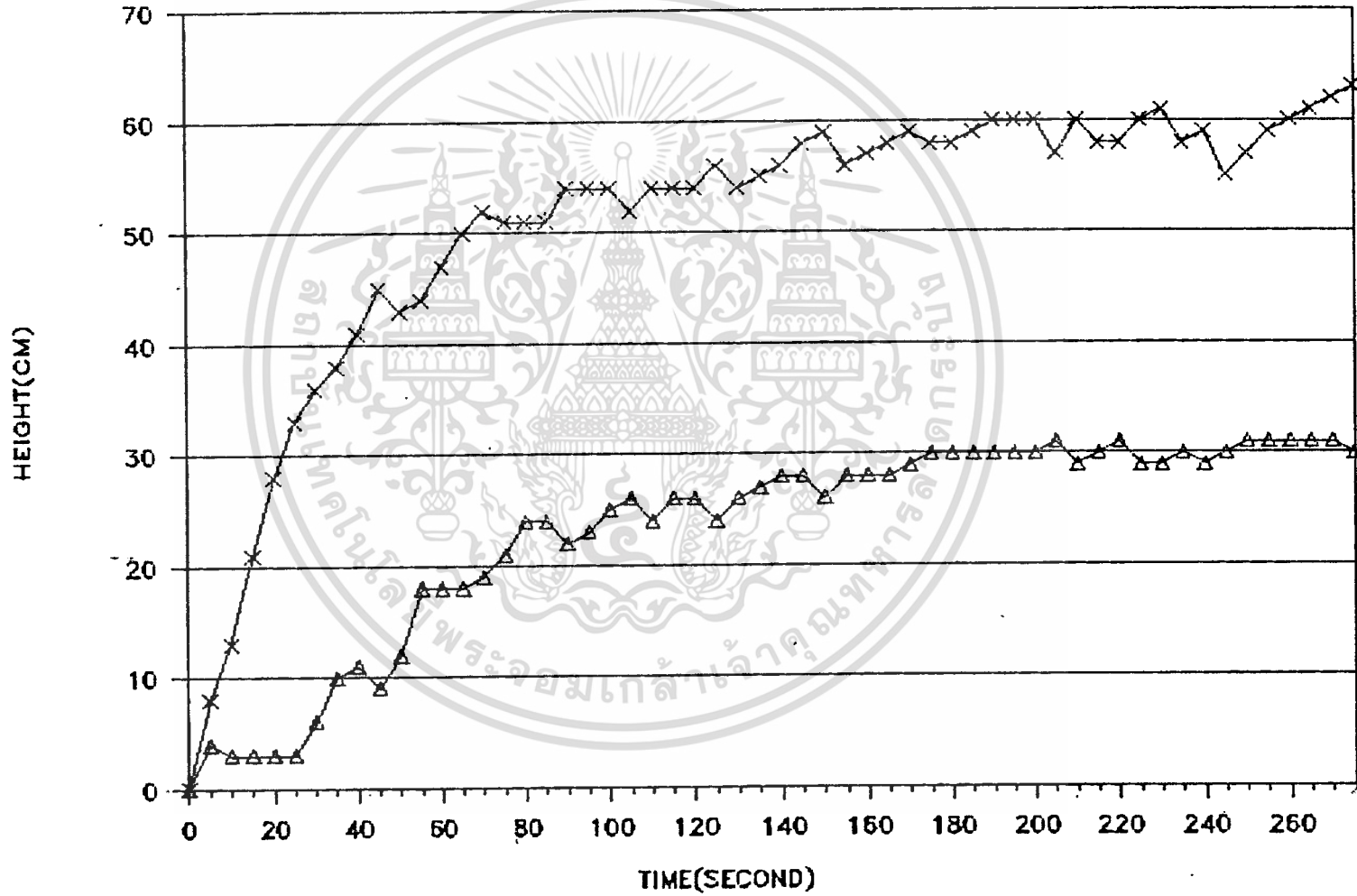
$t_p=16;K_d=1.75;K_i=0.217$

รูปที่ 4.5



SP1=30cm;SP2=60cm;PID;ST=1.5s;

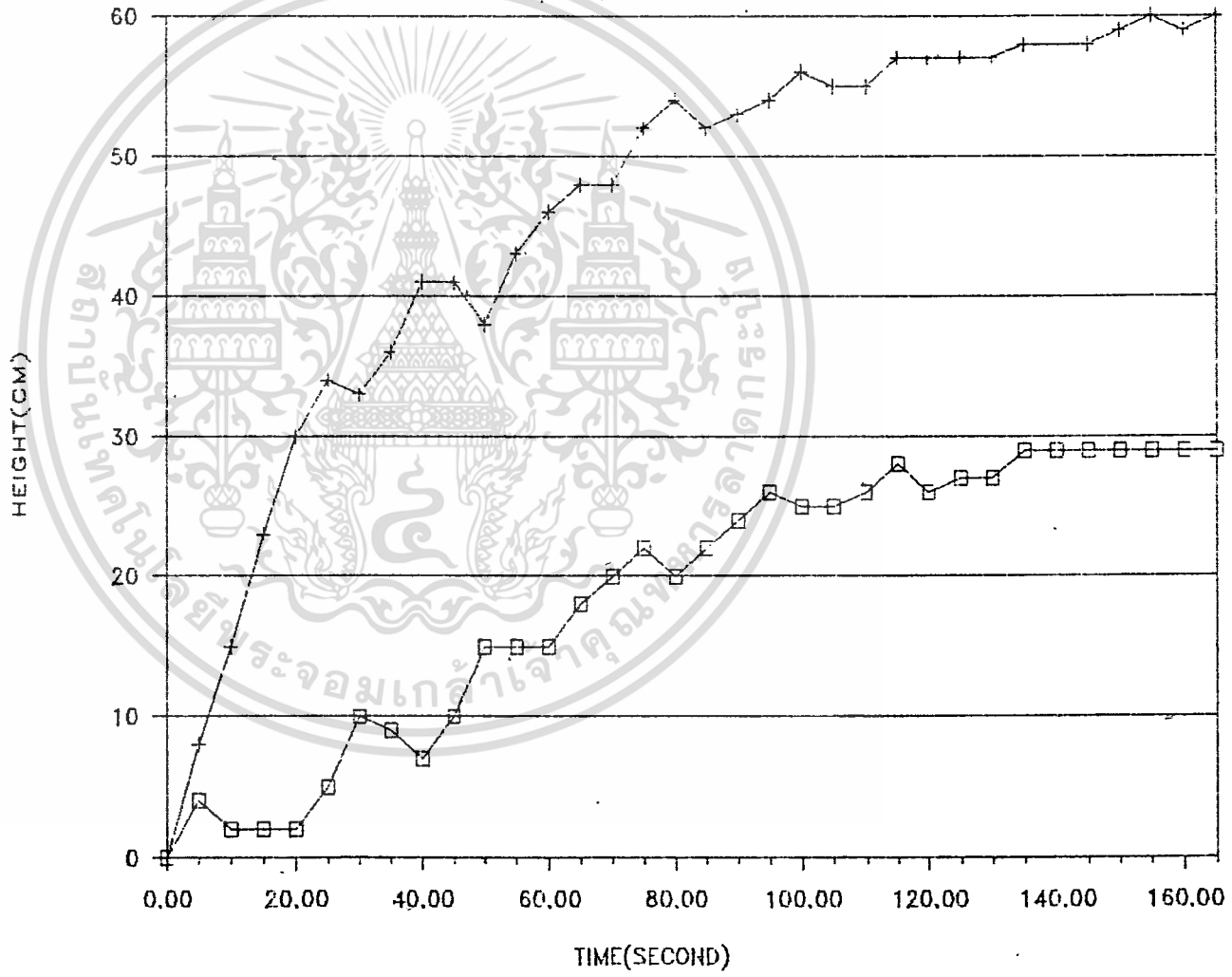
Kd=1.0;Kp=16.0;Ki=0.5



รูปที่ 4.6

SP1=30cm;SP2=60cm;ST=1.5s;PID

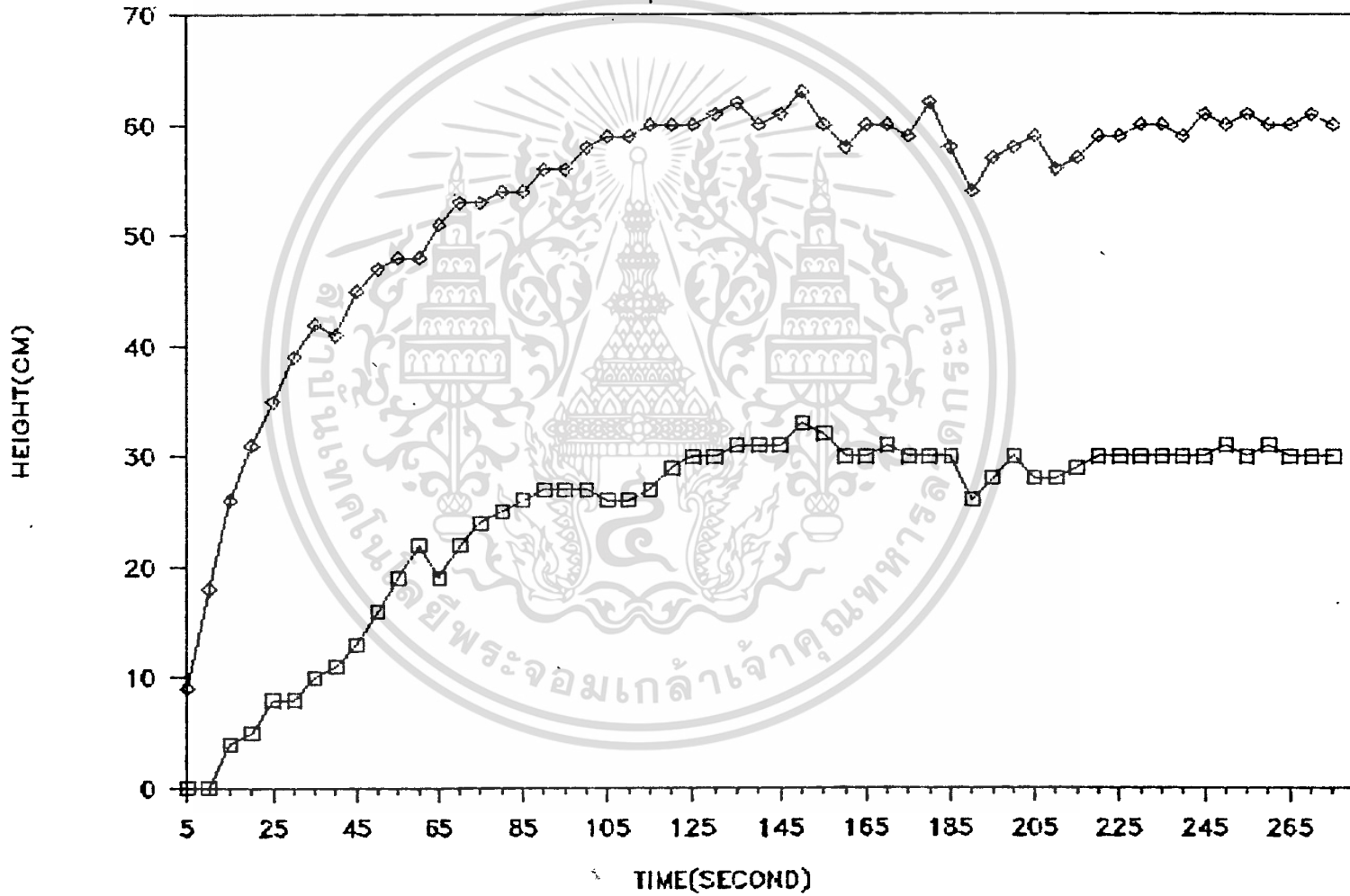
Kp=16;Kd=1;Ki=0.217



รูปที่ 4.7

SP1=30cm:SP2=60cm:PID:Kd=1.15:

ST=15.:Kp=18.6:Ki=0.217:PID



รูปที่ 4.8

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองจะเห็นว่าการเข้าสู่ steady state ของระบบมีแนวโน้มเป็นไปตามทฤษฎี แต่ยังมีข้อผิดพลาดเนื่องจากข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์หลายประการ คือ

5.1 วงจร A/D ซึ่งแปลงช่วงของกระแส 4-20 mA แต่ที่ใช้ในการทดลองนั้นจะอยู่ในช่วง 4-6.77 mA เท่านั้นทำให้การอ่านค่าไม่ละเอียดพอ

5.2 อัตราการไหลเข้า (100%) มีค่าต่างจากการไหลออก (100%) ไม่มากนัก ทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลช้า

5.3 ช่วงเวลาของการสุ่มต้องเลือกให้เหมาะสม ในการคำนวณตามสมการควบคุมของโปรแกรม ถ้าเราตั้งช่วง delay ให้น้อยเกินไปจะทำให้การคำนวณผิดพลาด (ส่วนเกิน)

5.4 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการวัดและการอ่านค่าระดับความสูงของระดับน้ำซึ่งสเกลบนแท่งพลาสติกไม่ละเอียด

5.5 ความดันลมที่เข้าอุปกรณ์ I/P ต้องมีความดันลม supply 1.4 บาร์ แต่ในการทดลองจะมีความดันบางส่วนสูญเสียไป (Pressure loss) ในท่อลม

ข้อเสนอแนะ

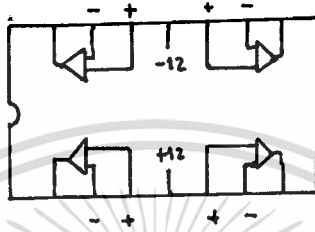
1. ควรจัดทำชุด interface ให้อยู่ในช่วง -5V ถึง -3.5V เพื่อให้ค่าที่วัดได้มีความละเอียดมากขึ้น จะทำให้ผลการทดลองถูกต้องยิ่งขึ้น

2. ในการทดลองแต่ละครั้ง ควรมีการ regression สมการความสัมพันธ์ระหว่าง $V-h$ ใหม่ทุกครั้ง

3. ในการทดลองควรจัดทำให้ระดับน้ำของแท็งก์บนที่จ่ายให้กับระบบ มีระดับคงที่พอสมควร

APPENDIX

IC TL074



รูปที่ a.1

Transister BC 546 และ BD 139



รูปที่ a.2 BD 139

$\beta = 100$

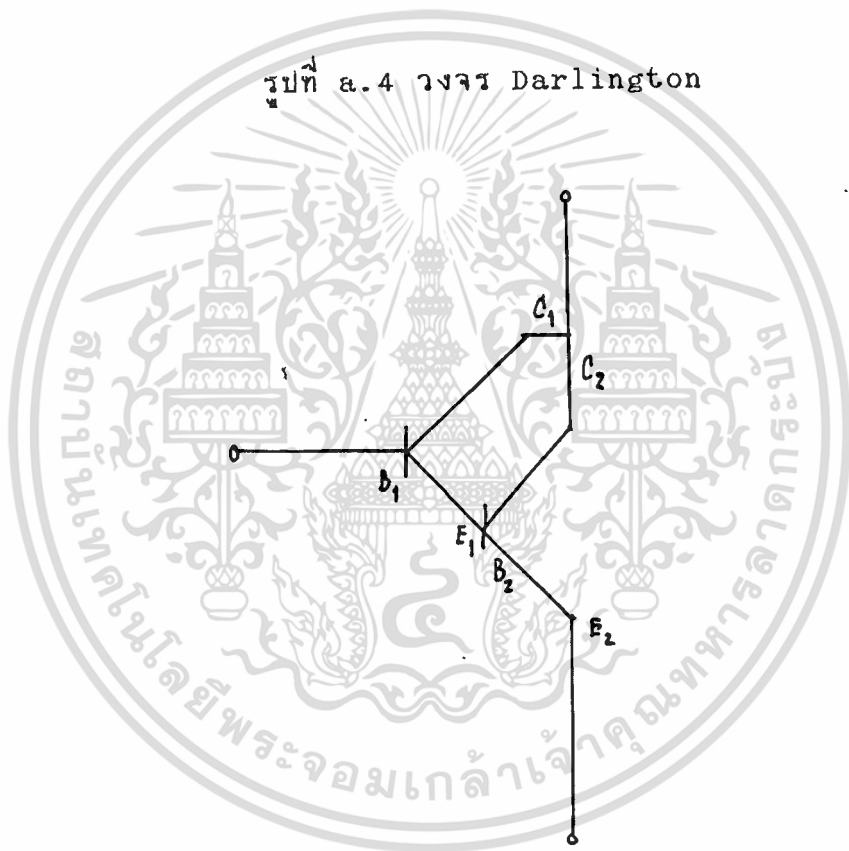


รูปที่ a.3 C 546

$\beta = 200$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๘.๔ วงจร Darlington



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* use_A.D.c */

#include <bios.h>

#include <stdio.h>

#include <conio.h>

#include <dos.h>

#include <ctype.h>

#include <stdlib.h>

#include "speckey.h"

#include "textbox.h"

#define ENABLE 1

#define SOFTTRIG 1

#define TRUE 1

#define FALSE 0

#define pid1 "P"

#define pid2 "PI"

#define pid3 "PID"

main() /* A.D */

{ int flag=1,key;

  static int CH=10;

  /*use_D_A*/

  float cal,Err,DV, DEE2,DE,A,B,C,DE1=0,DE2=0,ST=1000,cale;

  int H_add = 0x220,START=10,STOP=11,channel=0,range_h=5,range_l=-5;

  int Hbyte,Lbyte, Hbyte1,Lbyte1, rangeH=5,rangeL=0;

  /*CHANGE*/

  char ceA='y'::'n'::'Y'::'N';

  float h1=0.6,h2=0.3;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float d=1.000;

/*use_co*/

char ceB='y'!!!'Y'!!!'n'!!!'N';

float DSP1,DSP2,Pv,Kp=18.6,Ki=0.217,Kd=1.15,SUM=0,ROUT=5,POUT;

int n=1,pid=pid3;

/*Cnv_AD()*/

int A_add = 0x220;

int i,HbAD,LbAD,y=8,Gap,chanAD=10,value;

float Vext,RANGE;

/*use_tine*/

struct tine Tnow;

struct tine Told;

int dtsec;

float DT=0.5,uThund,dThund;

float P=0;

gettime(&Told);

while(flag==TRUE)

( putchar('\007');

/*CHANGE()*/

clrscr();

window(5,5,11,70);textbackground(YELLOW);textcolor(LIGHTGRAY);

gotoxy(7,6);cprintf("Hight1 is %f      m\n",h1);

gotoxy(7,7);cprintf("Hight2 is %f      m\n",h2);

gotoxy(7,8);cprintf("Density is %6.4f      Kg/m^3\n",d);

gotoxy(7,9);cprintf("Sanpling Time is %6.4f      ms.\n",ST);

gotoxy(7,10);cprintf("DO YOU WANT TO CHANGE CONSTANT (Y or N)? ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
 ไม่ว่ากรณิใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

scanf("%s",&ceA);

if (ceA=='Y' || ceA=='y')
{
    window(5,11,15,70);textbackground(YELLOW);textcolor(LIGHTGRAY);
    gotoxy(7,12);cprintf("Change hight1 is [0-0.9 ml_<%6.4f> ",h1);
    scanf("%f",&h1); /* HIGHT */
    gotoxy(7,13);cprintf("Change hight2 is [0-0.9 ml_<%6.4f> ",h2);
    scanf("%f",&h2); /* HIGHT */
    gotoxy(7,14);cprintf("Change density is <%6.4f> ",d);
    scanf("%f",&d); /* DENSITY */
    gotoxy(7,15);cprintf("Change Sampling Time is [1000-3000 ms.]_<%6.4f> ",ST);
    scanf("%f",&ST); /* SAMPLING TIME */
}
if (ceA=='n' || ceA=='N')
{ gotoxy(7,10);cprintf("TURE");}

/* STANDART VOLTAGE */
DSP1=((h1*1.34363364)*d)-4.818796633;
DSP2=((h2*1.290690799)*d)-4.800530638;

clrscr();

window(5,5,12,70);textbackground(YELLOW);textcolor(LIGHTGRAY);

gotoxy(2,6);

cprintf("DO YOU WANT TO CHANGE SOLUTION METHOD_<%s> (Y or N)?",pid);
scanf("%s",&ceB);

if (ceB == 'y' || ceB == 'Y')
{
    gotoxy(10,8);cprintf("1. PD");

```

```

gotoxy(10,9);cprintf("2. PI");

gotoxy(10,10);cprintf("3. PID");

gotoxy(7,11);cprintf("Choose Method Control (1-3): ");

scanf("%d",&n);

if (n==1) /* CHOOSE PROPORTIONAL-DERIVATIVE CONTROL METHOD */
{
pid = pid1;

printf(" Kp = %f\n",Kp);

printf("DO YOU WANT TO CHANGE Kp (Y or N)? ");

scanf("%s",&ceB);

if (ceB=='y' || ceB=='Y')
{
printf("Change constant Kp is <f>--- ",Kp);
scanf("%f",&Kp);
printf("\n");
}
}

if (n==2) /* CHOOSE PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROL METHOD */
{

pid = pid2;

printf("Ki = %f s^-1 \n",Ki);

printf("DO YOU WANT TO CHANGE Ki,Kp (Y or N)? ");

scanf("%s",&ceB);

if (ceB=='y' || ceB=='Y')
{

```

```

scanf("%f",&Ki);

printf("\n");
}

}

if (n==3) /* THREE-MODE CONTROLLER */
{
pid = pid3;

printf("Kd = %f s, Kp = %f, Ki = %f s^-1\n",Kd,Kp,Ki);
printf("DO YOU WANT TO CHANGE Kd,Kp,Ki (Y or N)? ");
scanf("%s",&ceB);
if (ceB=='y' || ceB=='Y')
{
printf("Change constant Kd is <f>__ ",Kd);
scanf("%f",&Kd);
printf("\n");
printf("Change constant Kp is <f>__ ",Kp);
scanf("%f",&Kp);
printf("\n");
printf("Change constant Ki is <f>__ ",Ki);
scanf("%f",&Ki);
printf("\n");
}
}

printf("choose everything <method is %s> \n",pid);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("Choose method %s \n",pid);

clrscr();

textbox(6,7,79,20,1);

SCREEN();

gotoxy(10,21);cprintf("HIGHT1 = %f , DENSITY = %f",h1,d);

gotoxy(10,22);cprintf("HIGHT2 = %f , DENSITY = %f",h2,d);

gotoxy(10,23);cprintf("CONTROL METHOD %s",pid);

SCREEN1();

window(6,7,79,20); textbackground(BLUE); textcolor(RED);

do { /*Cnv_AD();*/

delay(SF);

if (y > 13) y=2;

/***** INITIALIZE SETTING PCL_812 *****/

outportb(A_add+11,ENABLE); /* enable card */

outportb(A_add+10,CH); /** MUX scan channel **/

outportb(A_add+12,SOFTTRIG); /** Software trig A/D **/

do{

HbAD = inportb(A_add+5);

}while((HbAD&0x10)!=0); /** Check data A/D ready **/

LbAD = inportb(A_add+4); /* read low byte A/D convert 12ch. */

/* process analog 12 bit */

value = HbAD*256+LbAD;

RANGE = rangè_h-range_l;

Vext = (float)(RANGE*value)/4095.0+range_l;

gotoxy(20,y);cprintf("%4.2f",Vext);

gotoxy(3,y);cprintf("%d",CH-9);

```

```

/*use_tine*/

gettime(&Tnow);

/*use_co*/

DV = Vext;

if (CH==10)

DE=(DSP1-DV)/RANGE;

cale=(h1-(4.818796633+Vext))/1.34363364;

gotoxy(31,y);cprintf("%4.2f",cale);

if (CH==11)

DE=(DSP2-DV)/RANGE;

cale=(h2-(4.800530638+Vext))/1.290690799;

gotoxy(31,y);cprintf("%4.2f",cale);

if (n==1) /* CHOOSE PROPORTIONAL CONTROL METHOD */

{

pid = pid1;

Pv=(Kp*DE)+P;

P=Pv;

}

if (n==2) /* CHOOSE PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROL METHOD */

{

pid = pid2;

SUM=SUM+DE;

Pv=Ki*DT*SUM;

}

if (n==3) /* THREE-MODE CONTROLLER */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ไว้ใช้นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    pid = pid3;

    A=Kp+(Kp*Ki*DT)+(Kp*Kd/DT);
    B=Kp+(2*Kp*Kd/DT)+Ki*DT*Kp;
    C=Kp*Kd/DT;

    Pv=P+(A*DE)-(B*DE1)+(C*DE2);

    P=Pv;

    DE2=DE1;
    DE1=DE;
}

Told = Tnow;
POUT=Pv*ROUT;
if (Pv < 0) { POUT=0; P=0;}
if (Pv > 1) { POUT=5; P=0;}
if (CH==10)
    cale=(4.818796633+Vext)/1.34363364;
    gotoxy(10,y);cprintf("%4.2f",cale);
if (CH==11)
    cale=(4.800530638+Vext)/1.290690799;
    gotoxy(10,y);cprintf("%4.2f",cale);
    gotoxy(52,y);cprintf("%4.2f",POUT);
    gotoxy(65,y++);cprintf("%d:%d:%d",Tnow.ti_min,Tnow.ti_sec,Tnow.ti_hund);
/* DIGITAL TO ANALOG */
    cal = 4095/rangeH;
    cal = cal*(POUT-rangeL);

```

```

    outportb(B_add+11,ENABLE);      /* enable card */

    /**      MUX scan channel      **/

    if (CH==10)

    Hbyte = cal/256;

    /* Lbyte = cal;*/

    Lbyte %= 256;

    if (CH==11)

    Hbyte1 = cal/256;

    Lbyte1 %= 256;

    outportb(B_add+4+channel*2,Lbyte);
    outportb(B_add+5+channel*2,Hbyte);
    outportb(B_add+6+channel*2,Lbyte1);
    outportb(B_add+7+channel*2,Hbyte1);
    CH=CH+1;
    if (CH>STOP)
    CH=START;
}while(bioskey(1)== NULL);

if ((key=getch())==0) {
    switch(getch()){
        case 0x3b : flag = TRUE; break;
        case 0x44 : {
            textbackground(BLACK); textcolor(LIGHTGRAY);
            window(1,1,80,25); clrscr();
            flag = FALSE;
        }
        default : break; }
}

```

```

}

}

}

SCREEN()

{

window(1,1,80,25); textbackground(BLACK); textcolor(LIGHTGRAY); clrscr();

textbox(6,7,79,20,1);

gotoxy(10,1); cprintf("[INPUT] Use scan channel -> -10 Range voltage -> -5 to +5");
gotoxy(10,2); cprintf("[OUTPUT] Select channel -> 1 Range Voltage -> 0 to +5");
gotoxy(10,24); printf("    -quit          -Try again ");
textbackground(BLACK); textcolor(LIGHTMAGENTA);
gotoxy(10,24); cprintf("F10");
gotoxy(29,24); cprintf("F1");
}

SCREEN1()

{

textbackground(GREEN); textcolor(LIGHTMAGENTA);

gotoxy(7,3); cprintf("-----");

gotoxy(7,4); cprintf("  INPUT  ERROR  OUTPUT  ");

gotoxy(7,5); cprintf(" CH#  :-----:-----: VOLTAGE : TIME NOW ");

gotoxy(7,6); cprintf("  : HIGH(m) : VOLTAGE : HIGH(m) : (%) :      : ");

}

```

PCL812

เป็นการ์ด A/D and D/A ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC /XT/AT ได้ทันที โดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆที่สำคัญคือ

1. Analog input (A/D converters)
2. Analog output (D/A converters)
3. Digital input
4. Digital output
5. Programmable Timer/Counter
6. Interrupt Channel
7. DMA Channel

การติดต่อและประยุกต์ใช้ PCL-812 การ์ดในโปรแกรมต่างๆนั้น ทำได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้ PCL-812 driver routine ซึ่งเขียนเป็นภาษา BASIC สามารถประยุกต์ใช้กับโปรแกรมที่เขียนเป็นภาษา BASIC ได้เลย

2. เขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ PCL-812 การ์ดโดยตรง การเขียนโปรแกรมด้วยวิธีนี้มักนิยมใช้ภาษาที่เป็นโครงสร้างเช่น PASCAL, C, ASSAMBLY เป็นต้น

การติดต่อกับ PCL-812 การ์ดที่ใช้ในการทดลองควบคุมระดับน้ำที่กล่าวถึงในปฏิญานินพนธ์นี้ ใช้วิธีที่ 2 ในการติดต่อกับ PCL-812 โดยใช้โปรแกรมภาษา C

ข้อมูลและโครงสร้างของ PCL-812

ในที่นี้จะกล่าวถึงข้อมูลและโครงสร้างที่สำคัญเพียงบางส่วนที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระดับน้ำเท่านั้น คือ A/D converters and D/A converters

REGISTER STRUCTURE AND FORMAT

PCL-812 การ์ด จะใช้ 16ตำแหน่งแอดเดรสที่ติดต่อกันในอินพุท-เอาต์พุทพอร์ท (I/O Port) โดยที่ความสัมพันธ์ของตำแหน่งแอดเดรส รีจิสเตอร์ (Register) และฟังก์ชันต่างๆเป็นดังนี้

LOCATION	READ FUNTION	WRITE FUNTION
BASE+0	COUNTER 0	COUNTER 0
+1	COUNTER 1	COUNTER 1
+2	COUNTER 2	COUNTER 2
+3	N/U	COUNTER CONTROL
+4	A/D LOW BYTE	CH1 D/A LOWBYTE
+5	A/D HIGH BYTE	CH1 D/A HIGHBYTE
+6	D/I LOW BYTE	CH2 D/A LOWBYTE
+7	D/I HIGH BYTE	CH2 D/A HIGHBYTE
+8	N/U	CLEAR INTERRUPT
+9	N/U	N/U
+10	N/U	MUX SCAN CHANNEL
+11	N/U	PCL-812 CONTROL
+12	N/U	SOFTWARE A/D TRIG
+13	N/U	D/O LOWBYTE
+14	N/U	D/O HIGHBYTE
+15	N/U	

*N/U = not use ; ค่าของ BASE = 220H (H : เลขฐาน 16)
 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A/D data registers ใช้ตำแหน่งแอดเดรสที่ BASE +4 , BASE +5

Data Format:

1. A/D Low byte and Channel number

BASE +4	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0

2. A/D High byte

BASE +5	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	0	0	0	DRDY	AD11	AD10	AD9	AD8

AD11 - AD0 เป็นข้อมูลที่จะแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยที่ AD0 เป็น (บิตต่ำสุด (LSB) AD11 เป็นบิตสูงสุด (MSB)

DARY : data ready signal

D/A OUTPUT REGISTERS

D/A OUTPUT REGISTERS เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเขียน (write registers) ใช้ตำแหน่งแอดเดรสที่ BASE+4, BASE+5, BASE+6, BASE+7

DATA FORMAT:

BASE+4	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH#1 D/A	DA7	DA6	DA5	DA4	DA3	DA2	DA1	DA0

LOW BYTE

BASE+5	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH#1 D/A	X	X	X	X	DA11	DA10	DA9	DA8

HIGH BYTE

BASE+6	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH#2 D/A	DA7	DA6	DA5	DA4	DA3	DA2	DA1	DA0

LOW BYTE

BASE+7	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH#2 D/A	X	X	X	X	DA11	DA10	DA9	DA8

HIGH BYTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUX SCAN REGISTERS

51

MUX SCAN REGISTERS เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเขียน ใช้ตำแหน่งแอดเดรสที่ BASE+10 MUX SCAN REGISTERS เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าของข้อมูลหรือรหัสข่าวสารของแต่ละCHANNELที่เราเลือกใช้

DATA FORMAT:

BASE+10	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SCAN CHANNEL	X	X	X	X	CL3	CL2	CL1	CL0

CL3 - CL0 : Scan channel number

PCL-812 CONTROL REGISTERS

PCL-812 CONTROL REGISTERS เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเขียน ใช้ตำแหน่งแอดเดรสที่ BASE+11 รีจิสเตอร์ตัวนี้เป็นตัวเก็บข้อมูลหรือรหัสข่าวสารที่จะบอกว่าเราเลือกใช้โหมดไหนของ PCL-812

DATA FORMAT:

BASE+11	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PCL-812 CNTL	X	X	X	X	X	S2	S1	S0

status

ภายใต้เงื่อนไข internal trigger (ใช้โปรแกรม trig)

S2=0, S1=0, S0=1

กิตติกรรมประกาศ

- ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ที่ได้ค่าปรึกษาโดยตลอด
- ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาคอนโทรลและภาคอิเล็กทรอนิกส์ ที่ร่วมให้ค่าปรึกษาด้วยดีเสมอมา
- ขอขอบคุณเพื่อน 26 ที่ช่วยให้คำแนะนำ
- ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษารุ่นที่ 27 และน้องๆ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยเป็นกำลังใจให้กันและกันเสมอมา
- ยาลี้ *ครองพล จงตระกูล* เพื่อนรัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Curtis D. Johnson, "Process Control Instrumentation Technology", WILEY Book Company, 573 P.257, 1988
2. ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์, "ระบบการควบคุมระดับน้ำด้วยIMC", การสัมมนาทางวิชาการวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 3 18-19 มิถุนายน 2530
3. "User's manual PC-LAB CARD"



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้