ปีการศึกษา 2533

การควบคุมระดับของของไหลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

โดย

นรินทร์ วีระมาน 30.1109

นิวัฒน์ นาคะไยธินสกุล 30.1113

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา เครื่องกล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมระดับของไหลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นรินทร์ วีระมาน 30.1109

2. นิวัฒน์ นาคะโยธินสกุล 30.1113

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระดับของไหลด้วยคอมพิวเตอร์

นรินทร์ วีระมาน

นิวัฒน์ นาคะโยธินสกุล

อาจารย์ มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นจากผลงานที่ได้จัดทำขึ้น เพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ในการทดลองควบคุมระดับของไหลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยให้มีการรับรู้และเปลี่ยนแปลงระดับของไหลเป็นค่ากระแสไฟฟ้าด้วยตัว sensor (pressue transmitter) หลังจากนั้นกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งต่อไปเข้าวงจร i/v เพื่อแปลงเป็นค่าศักดาไฟฟ้า ซึ่งศักดาไฟฟ้าที่รับรู้จากระบบจะถูกส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการและคำนวณตามสมการการประมาณค่า PID (propotional intergration derivative) โดยติดต่อผ่านทางวงจรแปลงสัญญาณต่อเนื่อง (Analog to Digital converter ; A/D) และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณต่อเนื่อง (Digitol to Analog converter ; D/A) แล้วนำข้อมูลที่คำนวณได้ผ่านวงจร v/i เพื่อแปลงค่าศักดาไฟฟ้ากลับเป็นกระแสไฟฟ้า หลังจากนั้นจะถูกส่งไปที่ตัว i/p (Electropneumatic Converters) เพื่อไปกระตุ้นให้วาล์ว (Pneumatic control valve) ปิดและเปิดของไหลแก่แท่งพลาสติกมากหรือน้อยตามข้อมูลจากคอมพิวเตอร์โดยที่ตัว i/p จะป้อนสัญญาณลมให้แก่วาล์ว นอกจากนี้ยังมี Air compreesor เป็นตัวจ่ายลมให้แก่ i/p ด้วย เป็นอันครบกระบวนการในแต่ละรอบ ซึ่งระบบควบคุมทั้งหมดจะทำงานร่วมกันไปจนกระทั่งได้ระดับของไหลตามค่าที่โปรแกรมไว้ ผลงานทั้งหมดที่ได้จัดทำขึ้นมานี้เพื่อจะเป็นแนวทางให้นักศึกษาภาควิชาเครื่องกล ได้เข้าใจถึงการทำงานระบบควบคุมของไหลด้วยคอมพิวเตอร์ ตลอดจนผลจากการควบคุมของระบบเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบได้ในอนาคต หรือนำหลักการนี้ไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ควบคุมระบบอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUILD LEVEL CONTROL BY COMPUTER

NARIN VEERAMAN

NIVAT NAKAYOTHINSKUL

Dr. MONGKOL MONGKOLVONGROAJ ADVISOR

ABSTRACT

This project deals with the computer control of the water tank. This sensor is a pressure transmitter to transmit the current signal and then the voltage signal is transmited the signal from the current to voltage (i/v). The measured signal is then transmited to the computer in order to compares with the setpoint and calculate the control signal by using PID equation and then sends the calculated digital signal back to the system by digital to analog circuit. The control signal is converted to the air pressure signal by Electropneumatic converters. This air-compressor is used to operate the pneumatic control valve to let the water flow in process , depends on the control signal. This project is very good for the student to study on the basic of a computer control system. They can apply the basic control system to the move complicate problem in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
2	ทฤษฎีและหลักการ	2
	2.1 บล็อคไดอะแกรมของระบบ	3
	2.2 สมการ PID	4
	2.3 การคำนวณสมการ PID ในระบบดิจิตอล	6
	2.4 วิธีประมาณค่าของซีเกลอร์ - นิโคลส์	8
3	การคำนวณและการสร้าง	11
	3.1 ฮาร์ดแวร์	11
	3.2 ซอฟท์แวร์	24
4	การทดลองและผลการทดลอง	28
	4.1 การหาคุณลักษณะของกระบวนการ	28
	4.2 การหาค่าพารามิเตอร์ PID ที่เหมาะสม	29
5	สรุป	33
APPENDIX		34
กิตติกรรมประกาศ		50
หนังสืออ้างอิง		51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์ (Computer system) ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว มีความสามารถสูงทำให้สามารถควบคุมระบบที่ซับซ้อนได้ อีกทั้งยังมีการพัฒนาให้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ สามารถเพิ่มสมรรถภาพของการควบคุม เพื่อรองรับการขยายตัวของระบบที่จะควบคุมได้ในอนาคต

เนื่องจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี VLSI (Very Large Scale Integration) ทำให้คอมพิวเตอร์มีขนาดเล็กลง และยังมีราคาถูกลงด้วย ทำให้สามารถได้ผลตอบแทนสูงในขณะที่มีค่าใช้จ่ายต่ำลง ในงานของวิศวกรรมเครื่องกลด้านระบบควบคุมในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทมากขึ้น มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานด้านการจำลองและวิเคราะห์ระบบควบคุมที่ซับซ้อน (Simulation Field) และยังใช้ในงานด้านการคำนวณและควบคุมระบบโดยตรง (Computation and Control) ด้วย

จากข้อดีของระบบดคอมพิวเตอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นการสมควรที่จะให้นักศึกษาภาควิชาเครื่องกลได้มีการศึกษา และปฏิบัติงานควบคุมที่ใช้ระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำผลงานที่มีการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยที่เลือกที่จะให้เป็นระบบควบคุมความดัน หรือรักษาระดับความสูงของของไหล โดยมีคุณสมบัติความจุ (Capacitance) อันจะเป็นตัวอย่างที่ดีในการศึกษาด้านการควบคุมกระบวนการ (Process Control) ไปด้วยในตัว นักศึกษาที่ทำการทดลองจะได้ทราบผลการทดลองจากระบบจริงนอกเหนือไปจากทฤษฎี อันจะะทำให้เกิดความกระจ่างในวิชาการมากขึ้น และยังอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาให้ระบบควบคุมทำการควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรืออาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมด้านอื่นได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บล็อกไดอะแกรม ของระบบ (Block Diagram)

จากรูปที่ 2.1 จะพิจารณาการทำงานของระบบทั้งหมดในแต่ละรอบ (loop) ได้ดังนี้

ก) Sensor(Pressure Transmitter) จะรับรู้ความดันของของไหลในกระบวนการ แล้วแปลงค่าเป็นกระแสไฟฟ้า จากนั้นจะถูกแปลงค่าเป็นศักดาไฟฟ้าด้วยวงจร I/V วงจรทั้งหมดนี้เรียกว่า"ทรานสมทเตอร (Transmitter)"

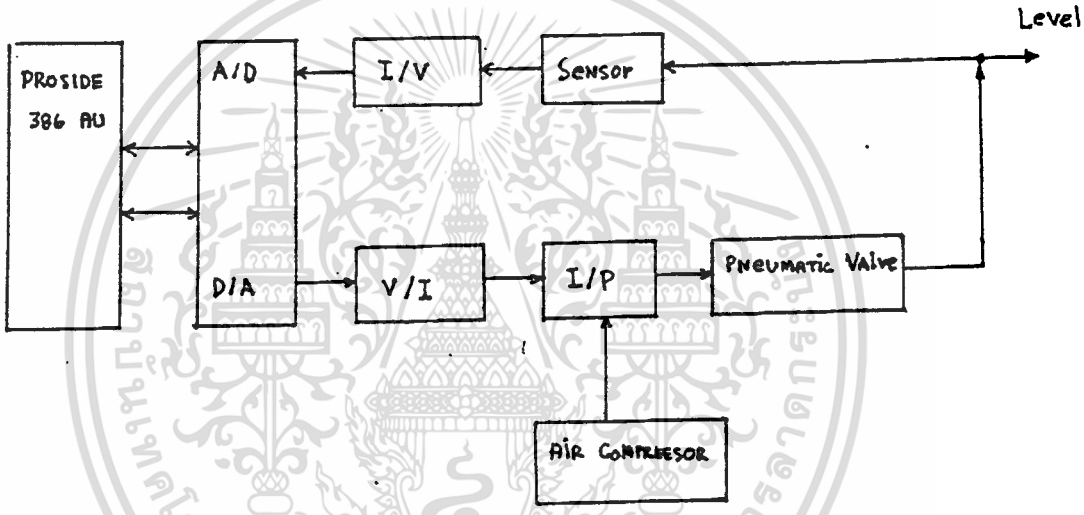
ข) สัญญาณไฟฟ้าจาก ก) จะผ่านเข้าไปในคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางวงจรแปลงสัญญาณต่อเนื่องเป็นสัญญาณดิจิตอล

ค) คอมพิวเตอร์จะรับเอาสัญญาณดิจิตอลจาก ข) มาทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการ (Set Point) และคำนวณตามสมการ PID ที่ได้โปรแกรมเอาไว้

ง) สัญญาณดิจิตอลที่คอมพิวเตอรคำนวณแล้วจะผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณต่อเนื่องซึ่งจะกลับเป็นค่าศักดาไฟฟ้าอีกครั้งเรียกว่า "สัญญาณควบคุม"

จ) สัญญาณควบคุมถูกแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าด้วยตัว I/P (Electropneumatic Converters) แล้วส่งไปกระตุ้น Pneumatic Control Valve เพื่อทำหน้าที่ปิดเปิดของไหลให้เข้าสู่แท่งพลาสติก ที่ตัว I/P จะมี Air Compressor ป้อนให้ ระบบทั้งหมดจะทำงานตามขั้นตอน ก) ถึง จ) หลายรอบจนกระทั่งได้ระดับของไหลในกระบวนการคงที่ตามที่ต้องการซึ่งโปรแกรมไว้ในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สมการ PID

เป็นการรวมของสมการควบคุม 3 แบบ ได้แก่

2.2.1 P (Proportional)

การควบคุมในลักษณะนี้ ขนาดสัญญาณควบคุมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้จากระบบกับค่าที่ต้องการ เรียกผลต่างนี้ว่า "ค่าผิดพลาด (Error)" ดังสมการ

$$P(t) = Kp * DE(t) + P_0$$

โดย $P(t)$ = ขนาดสัญญาณควบคุมที่เวลา t

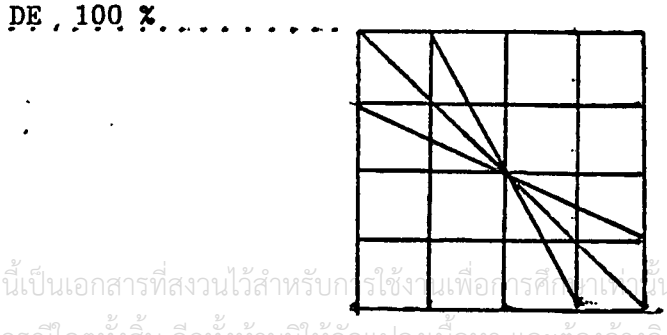
Kp = อัตราขยาย (Proportional gain)

$DE(t)$ = ค่าผิดพลาดที่เวลา t

P_0 = ขนาดสัญญาณควบคุมเมื่อ $DE(t) = 0$

รูป 2.2 แสดงขนาดของสัญญาณควบคุมที่ค่าผิดพลาดต่างๆ จะพบว่าขนาดสัญญาณควบคุมจะสูงสุดที่ 100 % ดังนั้นถ้าสัญญาณควบคุมเป็น 100 % แล้วถึงจะเพิ่มค่าผิดพลาดก็ไม่มีผลต่อสัญญาณควบคุม และถ้าสัญญาณควบคุมมีค่าต่ำสุดที่ 0 % แล้วสัญญาณควบคุมจะแปรตามค่าผิดพลาดในช่วงหนึ่งๆ เท่านั้น เรียกช่วงนี้ว่า PB (Proportional Band) ซึ่งมีค่าเท่ากับส่วนกลับของ Kp เมื่อค่าผิดพลาดเป็น 0 สัญญาณควบคุมจะมีขนาดเท่ากับ PB ซึ่งจะใช้ได้ในสภาวะหนึ่ง แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง (Load Change) หรือมีการรบกวน (Disturbance) ค่า PB นี้จะต้องแก้ไข

การควบคุมสมการ P จะได้ค่าผิดพลาดไม่เท่ากับ 0 เรียกค่าผิดพลาดนี้ว่า "ออฟเซ็ต (Off-set)"



รูป 2.2 สัญญาณควบคุมตามสมการ Proportional

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 I (Intregral)

การควบคุมในลักษณะนี้ ขนาดสัญญาณควบคุมจะขึ้นกับลักษณะเดิมของค่าผิดพลาดจากระบบและค่าที่ตั้งไว้มากกว่าขนาดของความผิดพลาดเอง ลักษณะเดิมนี้จะวัดจากพื้นที่ใต้กราฟของกราฟระหว่างค่าผิดพลาดและเวลา นั่นคือ ขนาดของสัญญาณควบคุมจะเป็นอัตราส่วนกับพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเวลาปัจจุบัน ตามสมการ ดังนี้

$$P(t) = Ki \int_0^t DE(t)dt + P_0$$

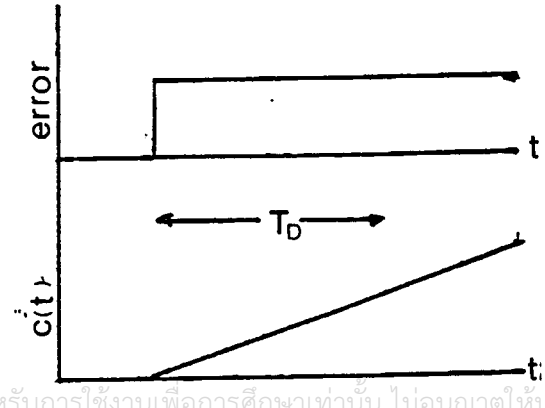
โดย $P(t)$ = ขนาดสัญญาณควบคุมที่เวลา t

Ki = ค่าคงที่

P_0 = ขนาดสัญญาณควบคุมเมื่อ $DE(t) = 0$

$DE(t)$ = ค่าผิดพลาดที่เวลา t

พิจารณาตามรูป 2.3 จะเห็นว่าการควบคุมแบบนี้ขึ้นกับลักษณะเดิมของค่าผิดพลาด จึงเป็นไปได้ที่ในขณะที่ค่าผิดพลาดเป็น 0 แล้ว แต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณควบคุม เนื่องจากยังมีลักษณะเดิมของค่าผิดพลาดอยู่ จึงทำให้สามารถแก้ไขขนาดสัญญาณควบคุมเมื่อค่าผิดพลาดเป็น 0 ให้มีค่าเหมาะสมแก่ระบบได้ถึงแม้จะมีการรบกวนระบบก็ตาม นั่นคือสามารถกำจัดค่าออฟเซ็ตให้หมดไปได้ แต่จะมีข้อเสียที่ ขณะเริ่มต้นทำงานจะเกิด "โอเวอร์ชูต (Over-shoot)" สูงมากไม่เหมาะที่จะทำงานตัวเดียว แต่ควรใช้ร่วมกับการควบคุมแบบอื่น



รูป 2.3 สัญญาณควบคุมตามสมการ Intregral

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 D (Derivative)

การควบคุมลักษณะนี้ ขนาดของสัญญาณควบคุมจะขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าผิดพลาดในขณะนั้น จะไม่ขึ้นกับขนาดค่าผิดพลาดเลย ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ค่าผิดพลาดจะเป็น 0 ในขณะที่สัญญาณควบคุมจะมีค่าเป็นไปตามสมการ ดังนี้

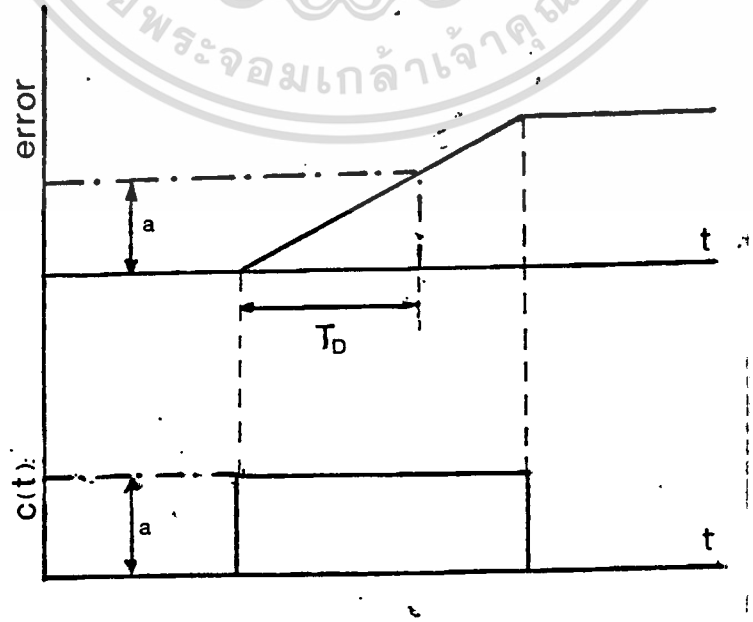
$$P(t) = K_d [dDE/dt]$$

โดย $P(t)$ = สัญญาณควบคุมที่เวลา t

K_d = ค่าคงที่ (Derivative time)

$DE(t)$ = ค่าผิดพลาดที่เวลา t

จากรูป 2.4 จะเห็นว่าการควบคุมแบบนี้ ถ้าหากว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าผิดพลาดก็จะไม่มีสัญญาณควบคุม จึงต้องใช้ร่วมกับการควบคุมแบบอื่นเสมอ แต่มีข้อดีในช่วงการเริ่มต้นควบคุม (Transcient)



รูป 2.4 สัญญาณควบคุมตามสมการ Derivative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าสมการ PID จะรวมเอาข้อดีของการควบคุมทั้ง 3 แบบที่กล่าวมา จึงเป็นการควบคุมที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$P(t) = Kp * DE(t) + Ki \int_{0}^{t} DE(t)dt + Kd\,[dDE(t)/dt]$$

โดย P(t) = สัญญาณควบคุมที่เวลา t

Kp = อัตราขยาย (Proportional gain)

Ki = ค่าคงที่ (Intregral time)

Kd = ค่าคงที่ (Derivative time)

DE(t) = ค่าผิดพลาดที่เวลา t

2.3 การคำนวณสมการ PID ในระบบดิจิตอล

ในระบบดิจิตอลจะมีการสุ่มตัวอย่าง(Sample) ค่าตัวแปรของระบบมาทำการคำนวณ โดยมีช่วงเวลาการสุ่ม(Sampling time ; DT) คงที่ ดังนั้นการคำนวณตามสมการ PID ในระบบดิจิตอลจะทำในทุกช่วงเวลา DT เท่านั้น ไม่ได้ทำแบบต่อเนื่อง จึงต้องแปลงสมการ PID เพื่อโปรแกรมในระบบดิจิตอลต่อไป โดยจะแยกพิจารณาสมการ ดังนี้

2.3.1 สมการอินทิกรัล (I)

$$P(t) = \int DE(t)\,dt$$

พิจารณารูป 2.5 พบว่าค่า P(t) ก็คือ พื้นที่ใต้กราฟนั่นเอง ซึ่งถ้าแบ่งช่วงเวลาออกเป็นช่วงเล็กๆ ช่วงละ DT เท่านั้น จะสามารถประมาณพื้นที่ดังกล่าวได้ด้วยผลรวมของผลคูณระหว่างค่าผิดพลาดที่เวลา DT ใดๆ กับค่าคงที่ DT หรืออธิบายดังสมการ

$$DE(t) = DE1 + DE2 + \ldots + DEk \quad ; k = t/DT$$

$$= \sum DEi \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย DT = ค่าเวลาสุ่ม

DEi = ค่าผิดพลาดที่เวลาสุ่มลำดับ i

2.3.2 สมการ Derivative (d)

$$P(t) = dDE(t)/dt$$

พิจารณารูป 2.6 พบว่าค่า P(t) คือ ผลต่างระหว่างค่าผิดพลาดที่ช่วงเวลาเล็กๆ (dt) ค่าหนึ่งหารด้วยค่าของช่วงเวลานั้น ซึ่งสามารถแทนค่าของช่วงเวลาเล็กๆ นี้ได้ด้วยค่าของ DT ดังนั้นจะได้ว่า

$$dDE(t)/dt = [DEk - DEk-1]/DT \quad \text{.....(2.3.2)}$$

พิจารณาสมการ PID

$$P(t) = Kp \{ DE(t) + Ki \int_0^t DE(t)dt + Kd[dDE(t)/dt]\}$$

แทนค่าจากสมการ (2.3.1) และ (2.3.2) จะได้

$$P(i) = Kp \{DEi + Ki*DT*(\ DEi) + Kd*(DEi - DEi-1)/DT\}$$

$$P(i-1) = Kp \{DEi-1 + Ki*DT*(\ DEi) + Kd*(DEi-1 - DEi-2)/DT\}$$

แก้สมการ P(i) - P(i-1) จะได้

$$P(i) = P(i-1) + A*DEi - B*DEi-1 + C*DEi-2$$

โดย $A = Kp + Kp*Ki*DT + Kp*Kd/DT$

$B = Kp + 2*Kp*Kd/DT$

$C = Kp*Kd/DT$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วิธีประมาณค่าของซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols)

ในการควบคุมตามสมการ PID นั้นจำเป็นจะต้องหาพารามิเตอร์ Kp, Ki, Kd ให้เหมาะสมกับกระบวนการ เพื่อให้การควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้จะหาได้ต่อเมื่อทราบทรานสเฟอร์ฟังค์ชั่น (Transfer function) ของขบวนการเสียก่อน แต่การจะหาทรานสเฟอร์ฟังค์ชั่นของกระบวนการจริงๆ นั้น เป็นไปได้ยากมาก เพราะจะมีตัวแปรกระบวนการมากมาย ดังนั้นจึงใช้ทฤษฎีการประมาณค่าของซีเกลอร์-นิโคลส์ ซึ่งจะประมาณทรานสเฟอร์ฟังค์ชั่นของระบบเหลือเพียง

$$H = (r/s)\, DE^{-Ls}\, P$$

โดย H = เอาท์พุทของกระบวนการ

P = อินพุทที่จ่ายให้กระบวนการ

r = อัตราการเปลี่ยนแปลงเอาท์พุทต่อเวลา

L = เวลาหน่วงในหน่วยวินาที

ซึ่งทรานสเฟอร์ฟังค์ชั่นนี้ จะใกล้เคียงกระบวนการจริงพอสมควร จึงพอจะใช้ได้ในการหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น โดยให้อินพุท (P) คือ ความกว้างของวาล์วที่เปิด และเอาท์พุท (H) คือ ระดับน้ำที่ได้

รูปที่ 2.7.1 จะแสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบนี้ และรูปที่ 2.7.2 จะแสดงผลตอบสนองขณะไม่มีการควบคุม (opened loop) ซึ่งจะสามารถหาค่า r และ L ได้จากการทดลองจากกระบวนการจริงๆ

ให้ R = r / เปอร์เซนต์ของอินพุทที่จ่ายให้โดยไม่มีการควบคุม

จากทฤษฎีนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ Kp, Ki, Kd เพื่อจะได้ผลตอบสนองเมื่อมีการควบคุม (closed loop) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

028833

mode	Kp	1/Ki	Kd
P	1/RL	-	-
PI	0.9/RL	3.3L	-
PID	1.2/RL	2L	0.5L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

ในบริญญานิพนธ์นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์(Hardwareและซอฟท์แวร์(Software) ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดดังนี้

3.1 ฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ คือ กระบวนการที่ต้องการควบคุมและอุปกรณ์เชื่อมโยง (Interface)ระหว่างคอมพิวเตอร์และกระบวนการที่ต้องการควบคุม จากรูป 3.1 จะมีส่วนต่างๆของฮาร์ดแวร์ดังนี้

3.1.1 แท่งพลาสติกใส

3.1.2 Sensor (Pressure Transmitter)

3.1.3 วงจรแปลงสัญญา(i/v และ v/i)

3.1.4 วงจรแปลงสัญญาณเพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ (A/D and D/A)

3.1.5 i/p (Electropneumatic Converters)

3.1.6 Pneumatic Control Valve

3.1.7 Air Compressor

สามารถอธิบายวิธีการสร้างและคำนวณแต่ละวงจรดังนี้

3.1.1 แท่งพลาสติกใสมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีความยาว 1.04 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.9 เมตร ที่ปลายแท่งพลาสติกสามารถรับความดันได้ถึง 0.105 bar

3.1.2 Sensor หรือ Pressure Transmitter จะรับค่าความดันที่ 0 ถึง 0.6 bar หรือ 0 ถึง 6 เมตรน้ำ โดยที่ช่วง output จะให้กระแส 4 ถึง 2mA

เนื่องจากช่วงความสูงของแท่งพลาสติกสูงเพียง 1.04 m เพราะฉะนั้นช่วงกระแสที่ตัวมันจะให้ออกมาสามารถหาได้ดังนี้

ผลต่างของกระแสที่ 1.04 เมตรน้ำ = (1.04/6)* ผลต่างของกระแสที่ 6 เมตรน้ำ

= 2.77 mA

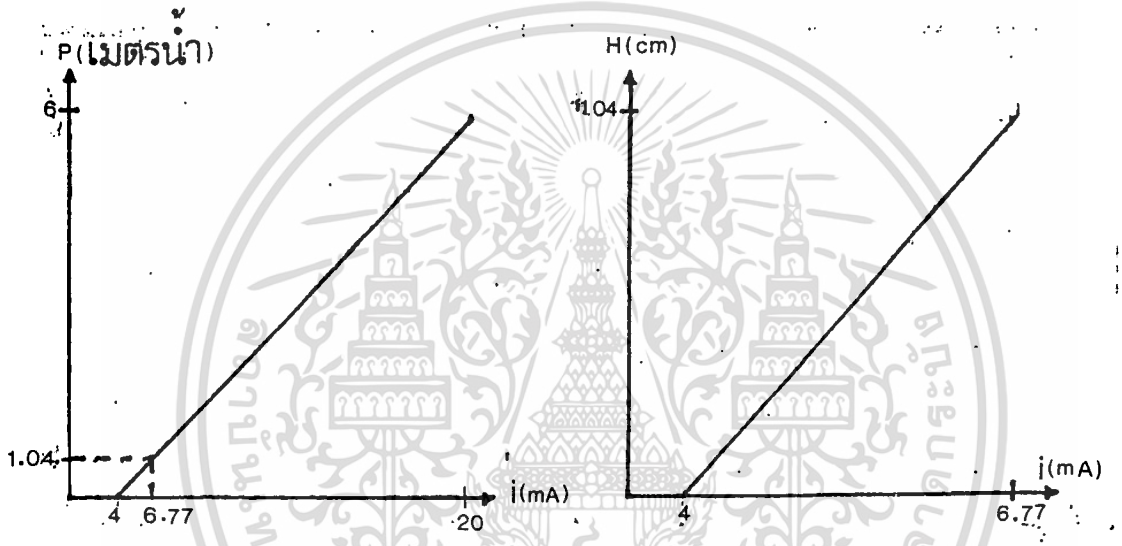
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสที่ 1.04 เมตรน้ำ= 4 + 2.77

= 6.77 mA

ดังนั้นช่วงของกระแสที่จะได้ในแท่งพลาสติกสูง 1.04 เมตรน้ำ คือ 4 ถึง 6.77 mA

เมื่อ plot กราฟระหว่าง ความดันเมตรน้ำ กับ กระแส และ ความสูง กับ กระแส จะได้กราฟที่เป็น Linear ดังรูป 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 กราฟความดันและกระแส

รูปที่ 3.2 กราฟความสูงและกระแส

3.1.3 วงจรแปลงสัญญาน (i/v และ v/i)

3.1.3.1 วงจร i/v

การ์ด PL-812 ที่ใช้ในการควบคุมนี้ จะรับค่า input ได้หลายช่วงคือ -10 ถึง +10 v, -5 ถึง +5 V, -2 ถึง +2 V และ -1 ถึง +1 V ซึ่งเราจะใช้ค่า -5 ถึง +5 V เพราะอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับค่า output ของการ์ดนี้

ดังนั้นเราต้องเปลี่ยนระดับของกระแส 4 ถึง 20 mA เป็นค่า -5 V ถึง +5 V

เนื่องจากว่า output ของ Sensor จะให้กระแสออกมา เพราะฉะนั้นเราควรจะต่อความต้านทานลง Ground เพื่อที่จะได้เอาศักดาไฟฟ้ามาใช้ เพื่อความสะดวกจะใช้ระดับศักดาไฟฟ้า(Voltage) ที่จะเข้า input ของวงจรเป็น 1 ถึง 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถหาค่า R ที่ drop input ของวงจรได้ดังนี้

$V = IR$

$R = V/I$,$V = 1\ V$, $I = 1*10^{-3}\ mA$

$R = (1*10^{-3})/4$

$= 250$

เนื่องจากค่า Volt 1 ถึง 5 V มีความแตกต่างเท่ากับ 4 V ถ้าเราเลื่อนระดับจาก 1 ถึง 5 V มาเป็น -2 ถึง +2 V ด้วยวงจร Summimg Amplifier แล้วขยาย Gain 2.5 เท่า เพื่อเปลี่ยนระดับ Volt เป็น -5 ถึง +5 V ด้วยวงจร Inverting Amplifier ก็จะได้ระดับ Volt ตามต้องการ

สังเกตว่าถ้าหากเราใช้วงจร Inverting Amplifier ขยายระดับจาก 1 ถึง 5 V เป็น -5 ถึง +5 V เราจะไม่สามารถหา Gain มาคูณเพื่อให้เป็นค่า -5 ถึง +5 ได้เลย

นอกจากนี้เครื่อง Volt ที่ออกจากวงจร Summing Amplifier และ Inverting Amplifier จะเป็นลบทั้งคู่ทำให้ output ท้ายสุด จะมีค่าของ Volt เป็นบวก

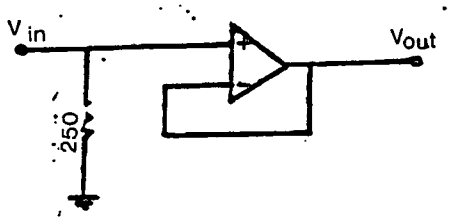
วงจรนี้ประกอบด้วยวงจรย่อย 3 ส่วน คือ

1. Buffer
2. Summing Amplifier
3. Inverting Amplifier

สามารถแยกรายละเอียดและการคำนวณได้ดังนี้

1. Buffer

เนื่องจาก R ที่ใช้ Drop ไว้มีค่าเท่ากับ 250 ดังนั้นวงจรจะเป็นดังรูป 3.3

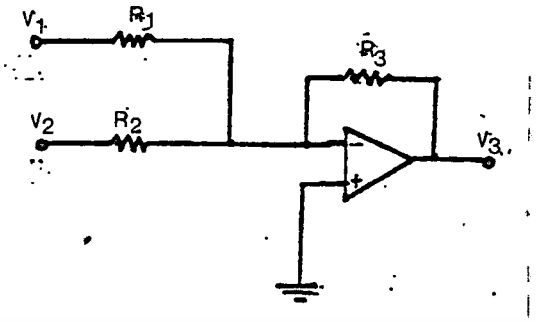


รูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Summing Amplifier

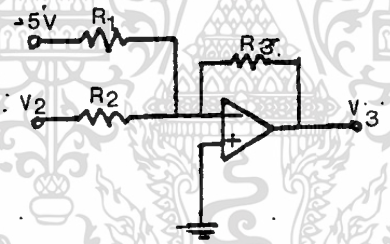
วงจรมาตรฐานเป็นดังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 วงจร Summing Amplifier

เราจะกำหนดค่า $v_1 = -5$ V

ดังนั้นวงจรจะเป็นดังภาพที่ 3.5



รูปที่ 3.5

เนื่องจากต้องการเปลี่ยนระดับ Volt จาก 1 ถึง 5 V เป็น -2 ถึง +2 V ดังนั้น เราสามารถแยกคิดได้ 2 กรณี คือ

<u>กรณีที่</u> 1 ค่า $v_1 = -5$, $v_2 = 1$, $v_3 = -2$

แทนค่าในสมการ ....(3.1) จะได้ว่า

$$-2 = -[(R_3/R_2)*(1) + (R_3/R_1)*(-5)]$$

ให้ $a = R_3/R_2$ และ $b = R_3/R_1$

ดังนั้นสมการข้างบนจะได้ใหม่ดังนี้

$$-2 = -[a + b(-5)]$$

$$-2 = -a + 5b \quad \ldots\ldots(3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่</u> 2 ค่า $v_1 = -5$, $v_3 = 5$, $v_3 = 2$

แทนค่าในสมการ ....(3.1) จะได้ว่า

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

$$2 = -[5a + (-5)b]$$

$$2 = -5a + 5b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.3)$$

สมการ (3.3) - (3.2) ได้ว่า

$$4 = -4a$$

$$a = -1$$

แทนค่า a ในสมการ (3.2) จะได้ว่า

$$-2 = 1 + 5b$$

$$b = -5/3$$

แทนค่า a และ b ด้วย R_3/R_2 และ R_3/R_1 เนื่องจาก R เป็นหน่วยไม่คิดเครื่องหมาย เพราะฉะนั้น

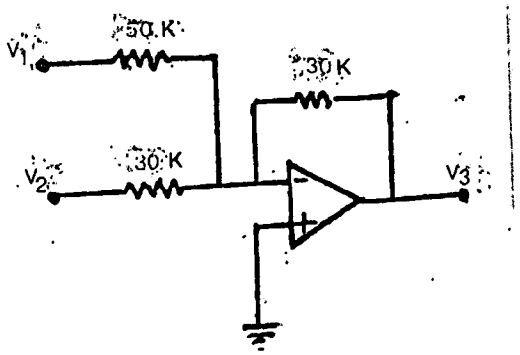
$R_3/R_2 = 1$ และ $R_3/R_1 = 3/5$

กำหนดให้ $R_3 = 30$ k ดังนั้น

$R_2 = 30$ k

$R_1 = 50$ k

วงจรเป็นดังรูปที่ 3.6



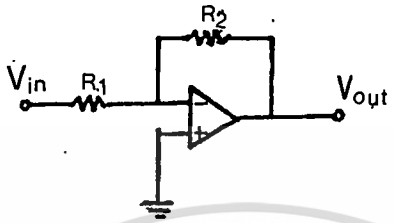
รูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Inverting Amplifier

วงจรมาตรฐานดังรูป 3.7

$V_{out} = -V_{in}*R_2/R_1$



รูปที่ 3.7 วงจร Inverting Amplifier

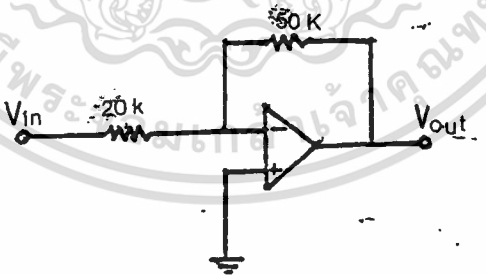
เนื่องจากเราต้องการ Gain ขยาย 2.5 เท่า ดังนั้น

$R_2/R_1 = 2.5$

กำหนดให้ $R_1 = 20$ k ดังนั้น

$R_2 = 50$ k

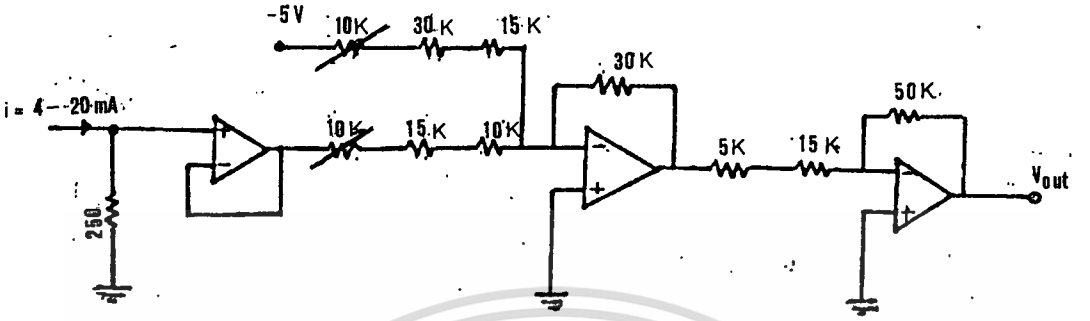
วงจรจะเป็นดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8

เนื่องจากว่าในความจริง ค่าความต้านทานทั้งหมดจะไม่เท่ากับค่าที่คำนวณไว้ เพราะค่าเผื่อ % ความผิดพลาดของตัวความต้านทานเอง ซึ่งจะมีผลทำให้ V_{output} ไม่ได้ตามต้องการ เพราะฉะนั้นจะมีการใส่ค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ และเนื่องจากความต้านทานบางตัวไม่มีขายในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องต่อความต้านทานแบบอนุกรมกันหลาย ๆ ตัวเพื่อให้ได้ค่าตัวนั้นตัวเดียว วงจรที่สมบูรณ์จะเป็นดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9

3.1.3.2 วงจร v/i

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่แปลงศักดาไฟฟ้า 0 ถึง 5 v ที่ออกจากคอมพิวเตอร์ ให้เป็นกระแสในช่วง 4 ถึง 20 mA

วงจรนี้จะประกอบด้วยวงจรย่อย 3 วงจร คือ

1.Buffer

2.Summing Amplifier

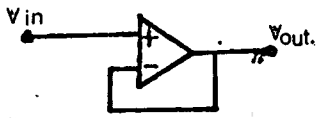
3.วงจรขยายกระแส

สามารถแยกรายละเอียดและการคำนวณได้ดังนี้

1.Buffer

วงจรย่อยส่วนนี้จะเหมือนกับวงจรย่อยในวงจร i/v แต่ส่วนนี้จะไม่มีการ Drop ความต้านทานไว้ที่ input เนื่องจาก input เป็น Volt อยู่แล้ว

วงจรจะเป็นดังรูปที่ 3.10

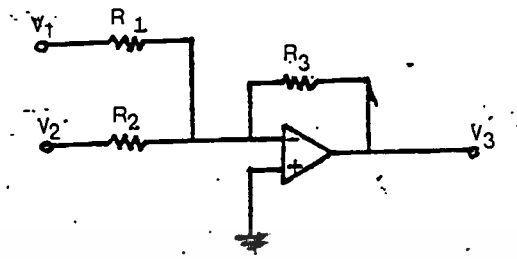


รูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Summing Amplifier

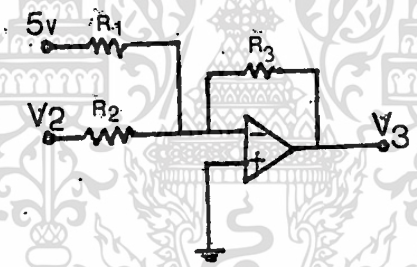
วงจรมาตรฐานเป็นดังรูป 3.11a



รูปที่ 3.11a วงจร Summing Amplifier

เราจะกำหนดค่า $v_1 = 5$ V

ดังนั้นวงจรจะเป็นดังภาพที่ 3.11b



รูปที่ 3.11b

เนื่องจากต้องการเปลี่ยนระดับ Volt จาก 0 ถึง 5 V เป็น 1 ถึง 5 V ดังนั้น เราสามารถแยกคิดได้ 2 กรณี คือ

<u>กรณีที่</u> 1 ค่า $v_1 = 0$, $v_2 = 5$, $v_3 = 1$

แทนค่าในสมการ ....(3.1) จะได้ว่า

$$1 = -[(R_3/R_2)*(5) + (R_3/R_1)*(0)]$$

ให้ $a = R_3/R_2$ และ $b = R_3/R_1$

ดังนั้นสมการข้างบนจะได้ใหม่ดังนี้

$$1 = -5a$$

$$a = -1/5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่</u> 2 ค่า $v_1 = 5$, $v_3 = 5$, $v_3 = 5$

แทนค่าในสมการ ....(3.1) จะได้ว่า

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

$$5 = -[5a + (5)b]$$

$$5 = -5a - 5b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.4)$$

แทนค่า a ในสมการ (3.4) จะได้ว่า

$$5 = (5*1)/5 + 5b$$

$$b = 4/5$$

แทนค่า a และ b ด้วย R_3/R_2 และ R_3/R_1 เนื่องจาก R เป็นหน่วยไม่คิดเครื่องหมาย เพราะฉะนั้น

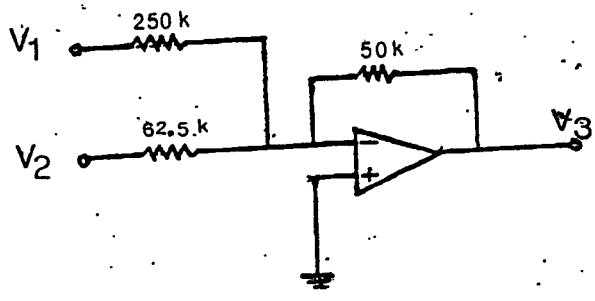
$R_3/R_2 = 1/5$ และ $R_3/R_1 = 4/5$

กำหนดให้ $R_3 = 50$ k ดังนั้น

$R_2 = 250$ k

$R_1 = 62.5$ k

วงจรเป็นดังรูปที่ 3.12

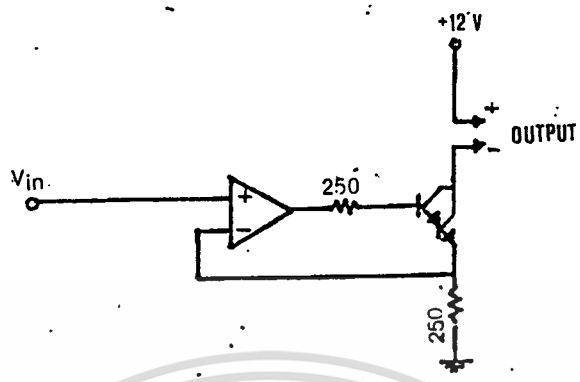


รูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ส่วนขยายกระแส

วงจรเป็นดังรูป 3.13

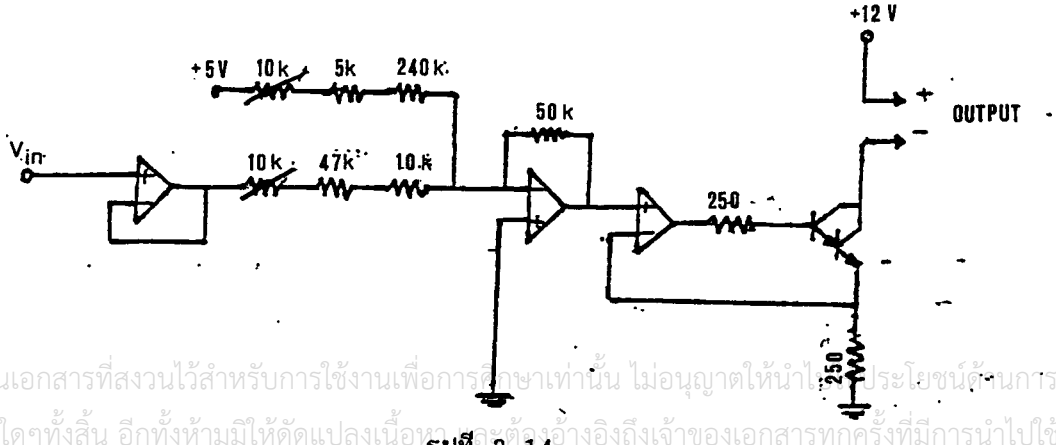


รูปที่ 3.13

วงจรนี้ทรานซิสเตอร์จะต่อแบบ Darlington ซึ่งจะทำให้ Gain ขยายเกิดจาก 2 ตัวคูณกัน มีผลทำให้กระแสขยายได้มาก ซึ่งกระแสที่ขยายนี้จะดึงกระแสจาก Supply 12 V ที่ป้อนให้

สำหรับ R 250 ที่ต่อลง Ground นั้นจะเป็นการ Feedback กลับไปที่ระดับ Volt 1 ถึง 5 V ชี้เป็นการกำหนดกระแสที่ดึงมาให้อยู่ในช่วง 4 ถึง 20 mA

เนื่องจากว่าในความจริง ค่าความต้านทานทั้งหมดจะไม่เท่ากับค่าที่คำนวณไว้ เพราะค่าเผื่อ % ความผิดพลาดของตัวความต้านทานเอง ซึ่งจะมีผลทำให้ V_{output} ไม่ได้ตามต้องการ เพราะฉะนั้นจะมีการใส่ค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ และเนื่องจากความต้านทานบางตัวไม่มีขายในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องต่อความต้านทานแบบอนุกรมกันหลาย ๆ ตัวเพื่อให้ได้ค่าตัวนั้นตัวเดียว วงจรที่สมบูรณ์จะเป็นดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 วงจรแปลงสัญญาณเพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์

เป็นการ์ด A/D and D/A No. PLC-812 ซึ่งสามารถนำมาใช้กับคอมพิวเตอร์ PC /XT/AT ได้ทันที โดยแบ่งส่วนต่าง ๆ ออกเป็น

1. Analog Input (A/D Converters)

มี 16 Channal มีขนาด 12 บิท สามารถรับช่วงสัญญาณได้หลายช่วงคือ +/- 10 V, +/- 5 V, +/- 2 V, +/- 1 V โดยมีสวิทช์เลือกที่ตัวการ์ด มีการรับค่า Overvoltage ได้ถึง +/- 30 V มีความเร็วสูงสุดเท่ากับ 30 kHz

2. Analog Output (D/A Converters)

มี 2 Channal มีขนาด 12 บิท มีช่วงส่งข้อมูล 2 ขนาด คือ 0 ถึง +5 และ 0 ถึง +10 โดยมีสวิทช์เลือกที่ตัวการ์ดเช่นกัน

3. Digital Input

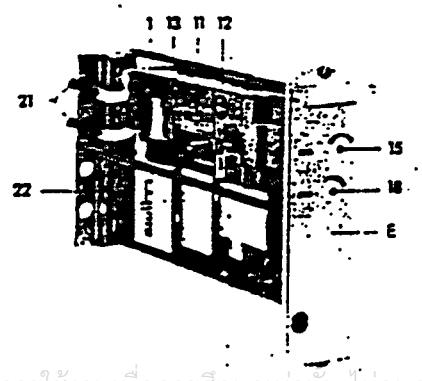
มี 15 Channal มีขนาด 16 บิท

4. Digital Output

มี 15 Channal มีขนาด 16 บิท

3.1.5 i/p (Electropneumatic Converters)

input ของอุปกรณ์นี้เป็นไฟกระแสตรงซึ่งมีช่วงอยู่ 4 ถึง 20 mA เป็นลมที่มีความดันในช่วง 0.2 ถึง 1.0 bar หรือ 3 ถึง 15 psi และ Supply ของอุปกรณ์นี้มีความดัน 1.4 bar หรือ 20 psi รูปของอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 Electropnuematic Converters

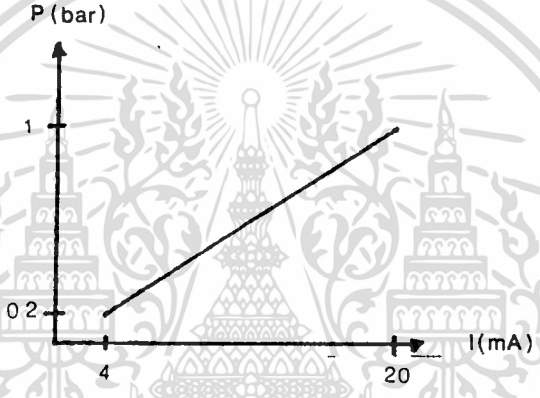
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

จะอาศัยหลักการทำงานที่ว่า ผ่านกระแสไปที่ขดลวดทองแดงทำให้เกิดแรงผลักดันแผ่น Flapper ซึ่งแผ่นนี้จะต่อกับคานเล็กๆ ซึ่งที่คานนี้จะมีแรงที่ผลิตโดย output pressure ทำให้เกิดการสมดุลระหว่างแรงขึ้น

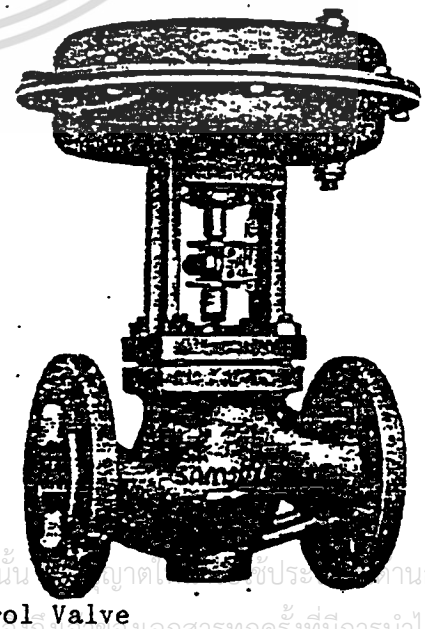
เมื่อมีการเปลี่นแปลงของกระแส จะทำให้ขดทองแดงเปลี่ยนแปลงแรงผลักดันบนแผ่น Flapper ซึ่งจะทำให้คานไม่สมดุล เพราะฉะนั้นตัว i/p จะเปลี่ยนแปลง output pressure ตาม เพื่อให้เกิดความสมดุลใหม่ขึ้น

กราฟระหว่าง ความดัน และ กระแส เป็น Linear ตามรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 กราฟความดันและกระแส

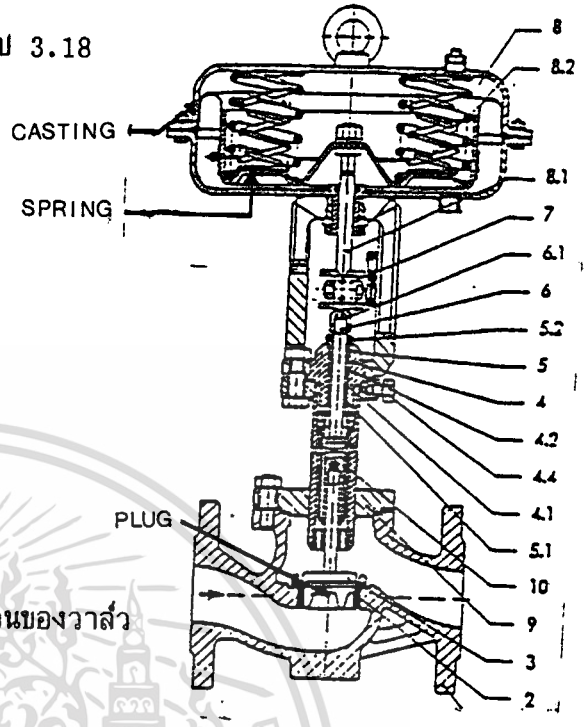
3.1.6 Pneumatic Control Valve วาล์วชนิดนี้จะใช้ลมเป็นตัวปิดเปิดให้เกิดการไหลของน้ำเข้าสู่แท่งพลาสติก ขนาดของวาล์ว 0.5 นิ้ว สามารถทนอุณหภูมิในช่วง -196 ถึง 450 องศาเซลเซียส ดังรูป 3.17



รูปที่ 3.17 Pneumatic Control Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมที่ป้อนเข้าสู่วาล์วทางด้านใต้ของ Casting จะดันให้สปริงที่ติดอยู่กับ Casting เลื่อนขึ้น ทำให้ Plug เปิดออก น้ำก็จะไหลผ่านไปได้ เมื่อปล่อยลมออก Plug จะถูกดันกลับโดยสปริง Plug ก็จะปิดลง น้ำก็จะไม่ไหลผ่านดังรูป 3.18



รูปที่ 3.18 การทำงานของวาล์ว

3.1.7 Air Compressor อุปกรณ์ส่วนนี้จะเป็น Supply ให้กับตัว I/P ซึ่งค่าที่ใช้เท่ากับ 1.4 bar เนื่องจากหน่วยของอุปกรณ์นี้เป็น Kg/cm^2

เพราะฉะนั้นจะทำการแปลงหน่วยจาก bar ให้เป็น Kg/cm^2

1 bar = 1.02 Kg/cm

เพราะฉะนั้นที่ความดัน 1.4 bar เท่ากับ 1.428 Kg/cm^2

ดังนั้นเราจะตั้งค่า Air compressor ไว้ที่ 1.4 Kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ซอฟท์แวร์

ซอฟท์แวร์ คือ ส่วนของโปรแกรมที่ทำการรับข้อมูลเข้ามาคำนวณตามสมการควบคุมของขบวนการ และส่งค่าที่คำนวณแล้วออกไป ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้ใช้ภาษาซี (C Languae) บนคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสามารถเขียนเป็นโฟร์ชาร์ต (Flow chart) ได้ดังรูป 3.9 จากโฟร์ชาร์ตจะเห็นได้ว่าโปรแกรมจะต้องมีค่าคงที่ หรือสมการที่ต้องกำหนดในการควบคุม ดังนี้

3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักดาไฟฟ้ากับระดับความสูงของน้ำ

หาได้โดยเปิดวาล์วให้น้ำไหลเข้าระบบ แล้วอ่านค่าความสูงและศักดาไฟฟ้าก่อนเข้าวงจร A/D (หรือศักดาไฟฟ้าจากชุดทรานสมิทเตอร์) แล้วนำมาประมาณค่าสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยวิธีการประเมินเชิงเส้น (Linear regression) ซึ่งจากกระบวนการนี้จะมีข้อมูลดังตาราง 3.2.1 และจะได้ความสัมพันธ์ ดังสมการ

ค่าศักดาไฟฟ้า = (ความสูง * 1.83) - 4.94

3.2.2 ค่าพารามิเตอร์ของสมการ PID

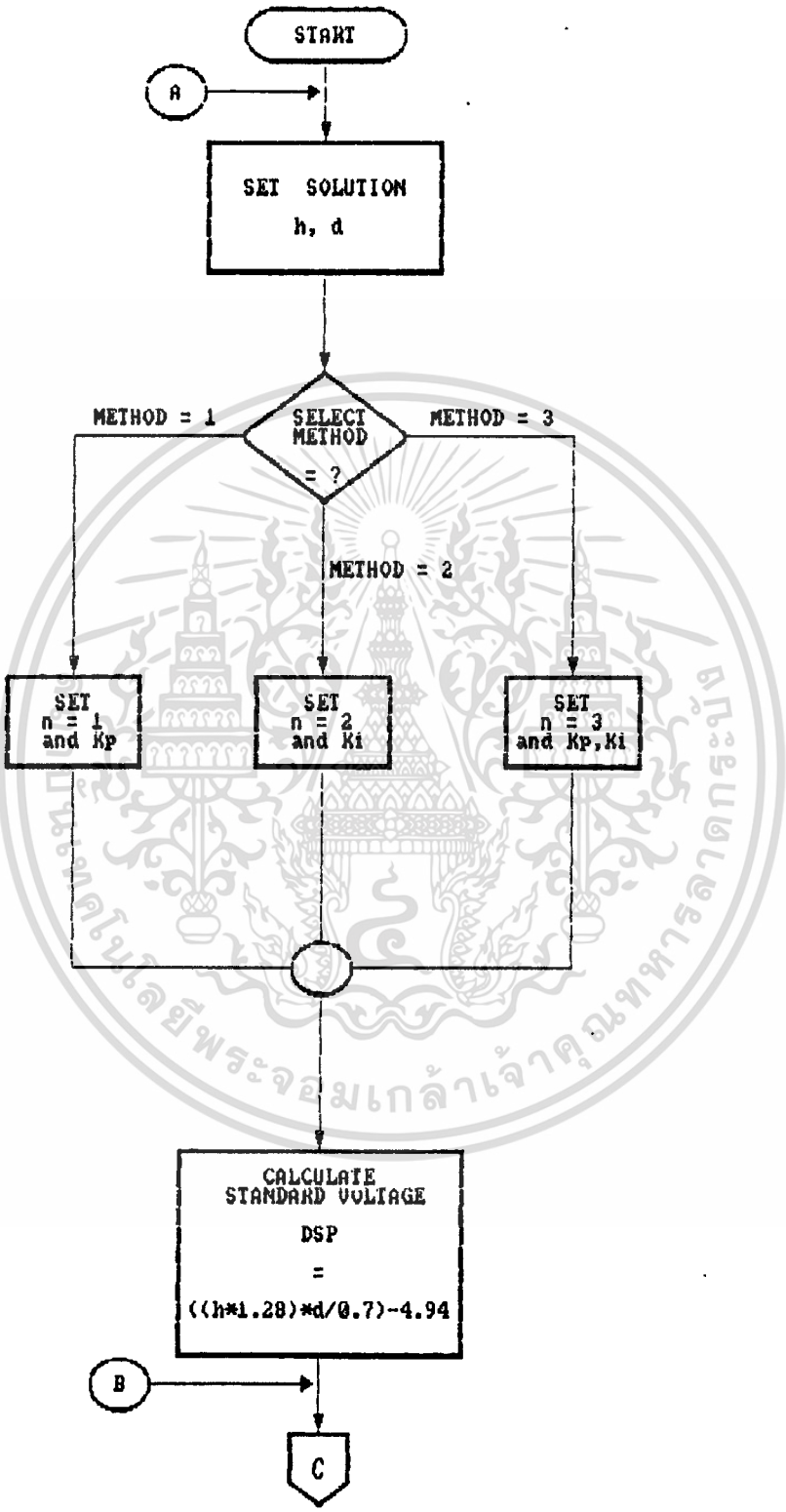
ได้แก่ Kp, Ki, Kd ซึ่งหาได้โดยเปิดวาล์วให้น้ำไหลเข้าระบบ แล้วอ่านค่าระดับความสูงที่เปลี่ยนไปตามเวลา ดังทฤษฎีการหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของสมการ PID ตามวิธี ซีเกลอร์-นิโคลส์ ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งจะกล่าวถึงในเรื่องของการทดลองต่อไป

3.2.3 ค่า DT (Samping Time)

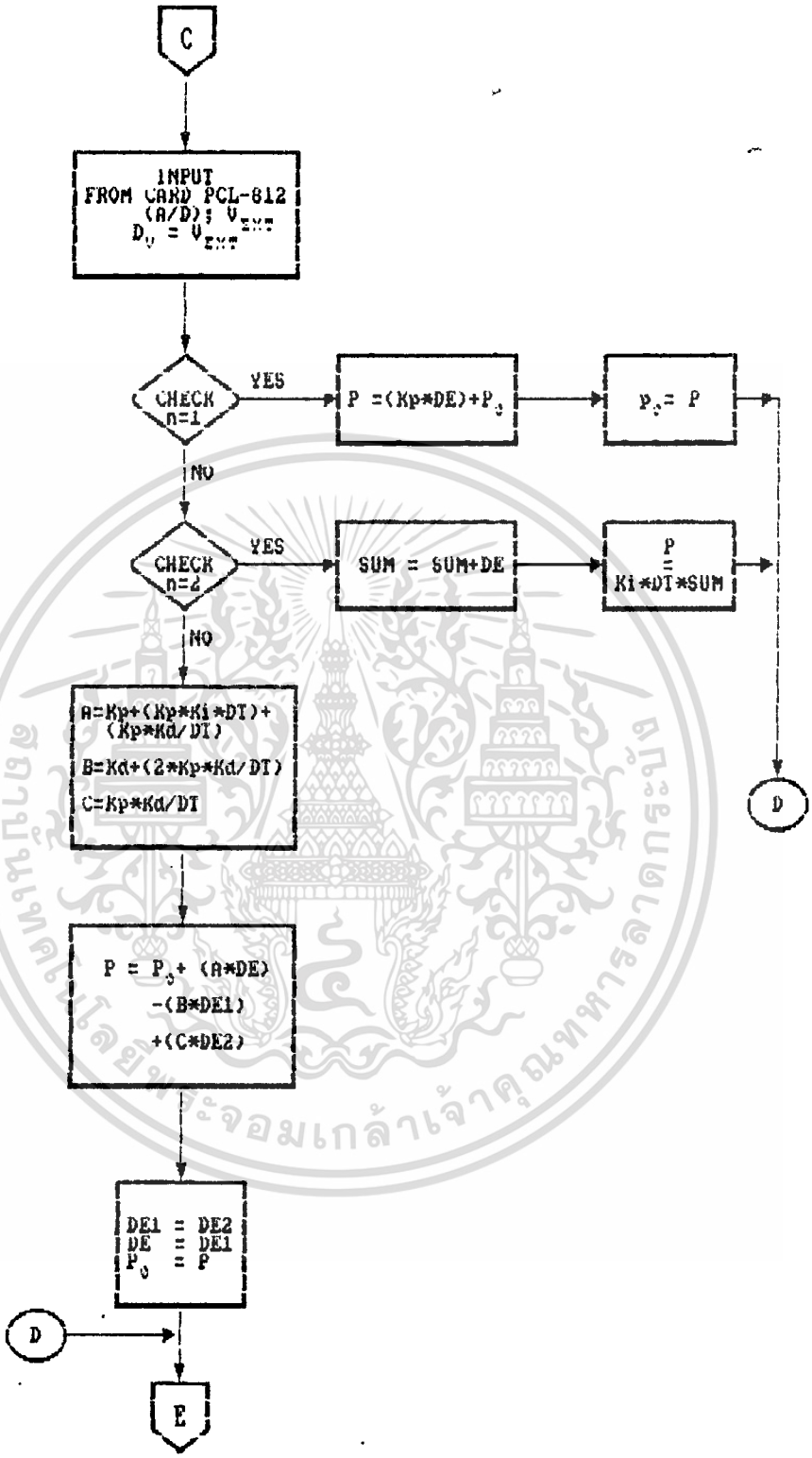
คือ ช่วงเวลาการวัดค่าข้อมูลจากกระบวนการ ควรตั้งให้เหมาะสมกับกระบวนการโดยดูจากอัตราการเพิ่มความสูงของระดับน้ำในกระบวนการการเทียบกับเวลา

เมื่อได้ข้อมูลจากระบบตามข้อ 3.2.1 ถึง 3.2.3 แล้วสามารถเขียนสมการภาษาซี (ดังจะได้กล่าวรายละเอียดไว้ใน APPENDIX)

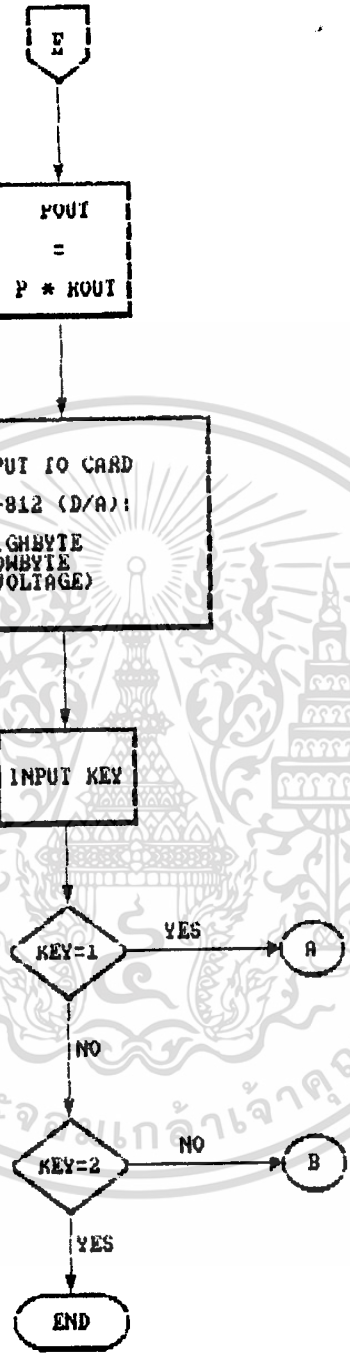
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 <u>การหาคุณลักษณะของกระบวนการ</u>

ทำการทดลองโดยเปิดวาว์ลให้สุด 100 % แล้ววัดระดับความสูงของน้ำที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งจากการทดลองจะได้ข้อมูลดังนี้

<u>เวลา</u> (วินาที)	<u>ระดับน้ำ</u> (cm)
0	0
5	18
10	31.67
15	47
20	60
25	72
30	82.5
35	93.5
40	102

จากตารางผลการทดลอง จะได้สมการการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงกับเวลาเป็นดังนี้

ความสูง (เซนติเมตร) = 2.8 * วินาที

ซึ่งพบว่ากระบวนการมีค่าเวลาหน่วง (L) และค่าอัตราเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงต่อเวลา (r) ดังนี้

L = 2.3 วินาที

R = r (เพราะว่าจ่ายพลังงานแก่ขดลวดความร้อน 100 %)

= 2.8 เซนติเมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาค่าพารามิเตอร์ PID ที่เหมาะสม

4.2.1 การหาค่าเริ่มต้นโดยวิธีของซีเกลอร์-นิโคลส์

Kp = 1.2/RL = 18.6

Ki = 0.5/L = 0.217

Kd = 0.5L = 1.15

ผลจากการโปรแกรมพารามิเตอร์ PID เหล่านี้ ในการควบคุมระดับความสูงให้คงที่ที่ 30 เซนติเมตร จะได้ผลการควบคุมดังรูป 4.2.1 ซึ่งจะเห็นว่าผลการควบคุมจะมีขนาดการแกว่งน้อยลงเรื่อย ๆ โดยจะสู่เข้าสู่ความสูง 30 เซนติเมตร หลังจากเวลามากกว่า 10 นาทีขึ้นไป

4.2.2 การทดลองแปรค่า Ki เพื่อจะได้ผลการควบคุมที่ดีขึ้น

จาก 4.2.1 ผลการควบคุมค่อนข้างจะเข้าสู่ระดับที่ต้องการได้ช้า เมื่อพิจารณาระบบโดยรวมแล้ว จะพบว่าการลดเวลาช่วงนี้ให้สั้นลงควรลดค่าโอเวอร์ชูตลง เพื่อให้ขนาดของการแกว่งในคาบต่อ ๆ ไปลดลง ซึ่งจะทำได้โดยลดค่าของ Ki จาก 0.217 เป็น 0.2 จะได้ผลการควบคุมดังรูป 4.2.2 จะพบว่ามีโอเวอร์ชูตลดลงและมีขนาดของการแกว่งลดลงด้วย แต่เมื่อลดค่าของ Ki ลงไปอีกจาก 0.2 เป็น 0.19 จะได้ผลการควบคุมดังรูป 4.2.3 ซึ่งระบบจะมีโอเวอร์ชูตลดลง แต่มีขนาดของการแกว่งเพิ่มขึ้นจนมีแนวโน้มจะสู่ออกจากระดับความสูงที่ต้องการ

สรุปพารามิเตอร์ PID ที่เหมาะสมควรมีค่าดังนี้

Kp = 18.6

Ki = 0.19-0.2

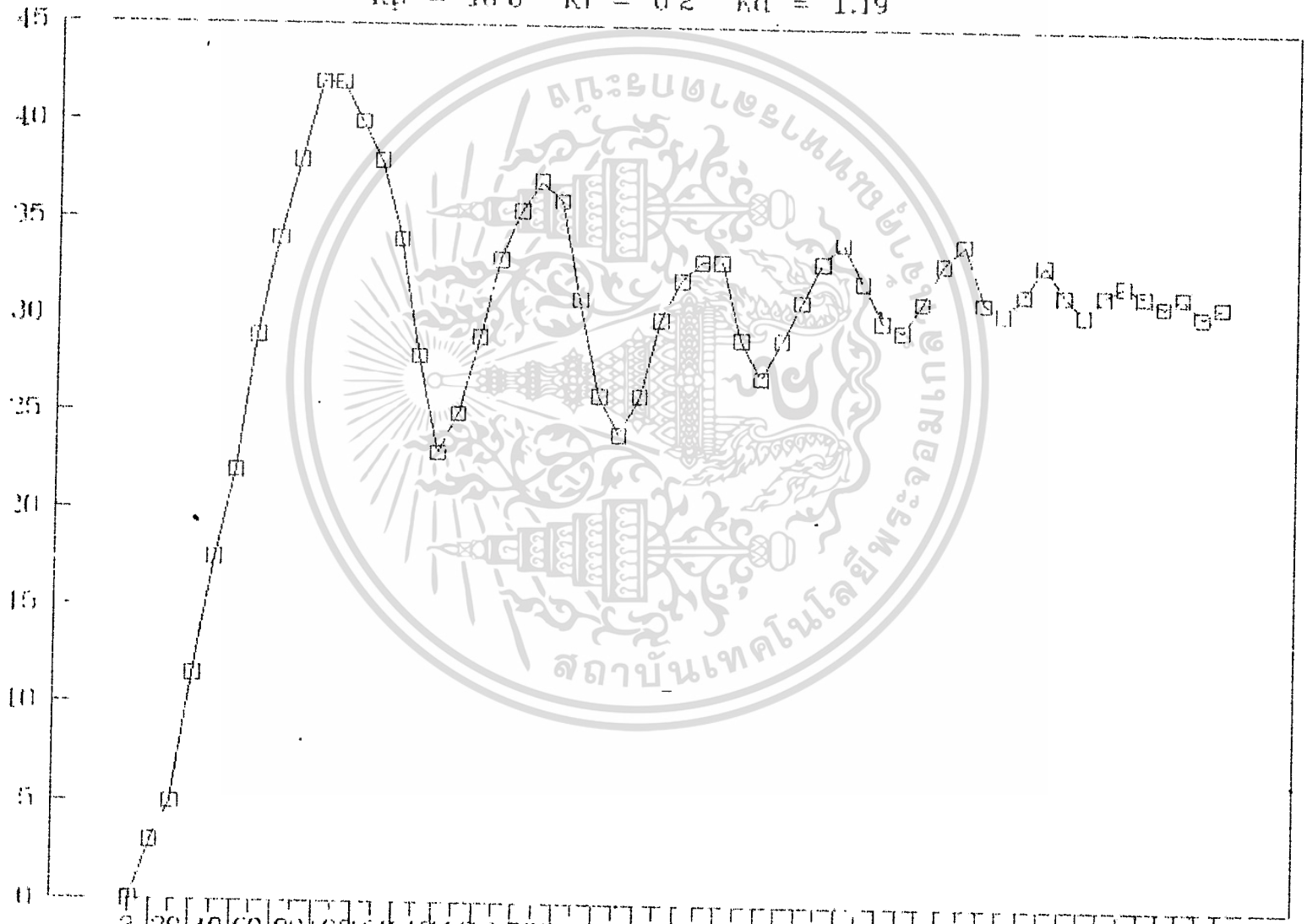
Kd = 1.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ref. Level - 30 cm Ref. Volt - -4.4 V.

Kp = 18.6 Ki = 0.2 Kd = 1.19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

จากการทดลองจะเห็นว่ามีข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์คืออัตราการไหลเข้า (100 %) มีค่าต่างจากอัตราการไหลออก (100 %) ไม่มาก จึงทำให้ เมื่อทดลองที่อัตราการไหลออกมากจะทำให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลได้ช้า

นอกจากนี้ยังมีข้อผิดพลาดในเครื่องมือวัดและการอ่านข้อมูล ได้แก่การอ่านค่าระดับน้ำจากแท่งพลาสติกซึ่งสเกลบนแท่งพลาสติกไม่สามารถวัดได้ละเอียดเป็นต้น ข้อผิดพลาดเหล่านี้ทำให้ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการควบคุมคลาดเคลื่อนด้วย เป็นเหตุให้การควบคุมไม่อยู่ในลักษณะที่สมบูรณ์เต็มที่

อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ก็สามารถเป็นแนวทางการวิเคราะห์ให้เห็นถึงลักษณะการควบคุมระดับน้ำและการปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลตอบสนองตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

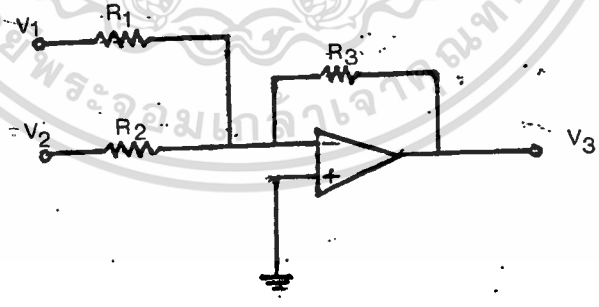
APPENDIX

1. วงจรที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบแบ่งออกเป็นวงจรย่อยๆที่สำคัญดังนี้

1.1 Buffer หน้าที่ของวงจรนี้จะเป็นตัวกันชนไม่ให้วงจรด้านที่ต่อกับ V_{Out} มาดึงกระแสจากวงจรด้านV_{in} มากเกินไปจนอาจทำให้วงจรด้าน V_{in} เสียหายได้โดยที่ตัว Buffer เองจะทำหน้าที่ให้กระแสออกมาในกรณีที่วงจรด้าน V_{out} ต้องการกระแสมากกว่าปรกติตามรูปที่ a.1

รูปที่ a.1 วงจร Buffer

1.2 Summing Amplifier วงจรมาตรฐานเป็นดังรูปที่ a.2



รูปที่ a.2 วงจร Summing Amplifier

จากจุด A ซึ่งเป็นจุดที่กระแสไฟจะไหลเข้ามารวมกันหมดจะได้ว่า

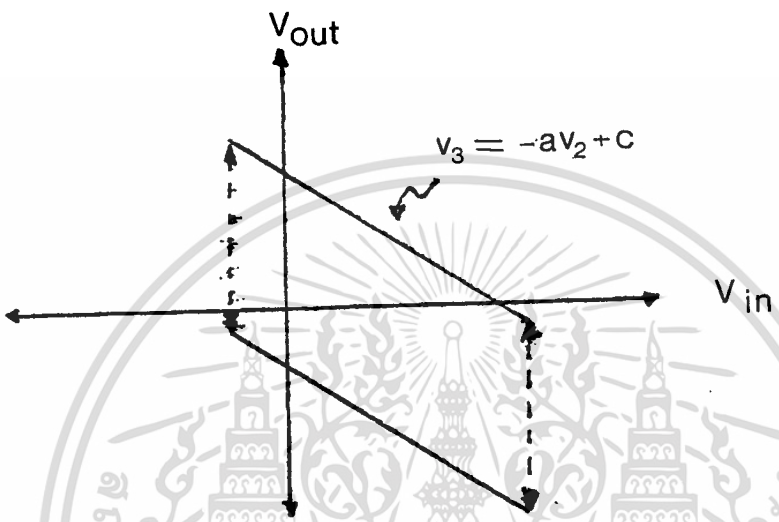
$$V_3/R_3 + V_2/R_2 + V_1/R_1 = 0$$

$$V_3/R_3 = -(V_2/R_2 + V_1/R_1)$$

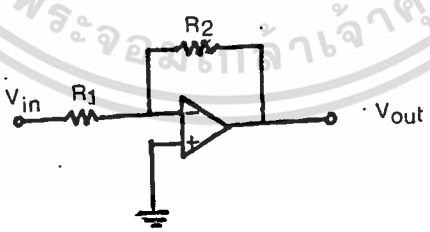
$$V_3 = -(V_2*(R_3/R_2) + V_1*(R_3/R_1))...(1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้ V_1 หรือ V_2 เป็นค่า Voltage ที่มีค่าคงที่และทำการเปลี่ยนแปลงค่า R_1, R_2, R_3 ด้วย จะทำให้สมการนี้เป็นสมการเส้นตรงที่มีจุดตัดบนแกน Y ซึ่งจะมีประโยชน์ในการที่เลื่อนสมการเดิมให้สูงขึ้นหรือลดลงตามแนวแกน Y (หรือว่า Slope คงที่แต่สมการเลื่อนขึ้นลงตามแกน Y)



1.3 Inverting Amplifier วงจรมาตรฐานเป็นดังรูปที่ a.3



รูป a.3 วงจร Inverting Amplifier

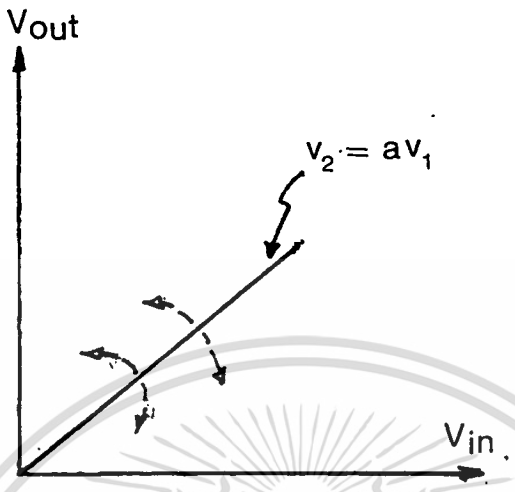
พิจารณาที่จุด B เป็นจุดที่กระแสไหลมารวมกัน

$$Vin/R_1 + Vout/R_2 = 0$$

$$Vout = Vin*(R_2/R_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเปลี่ยนค่า R_1, R_2 ทำให้ Slope สมการเปลี่ยนไปซึ่งหมายความว่า จะเป็นการขยายค่าหรือลดค่าของ V_{out} ว่าเป็นกี่เท่าของ V_{in} ตามรูป a.4



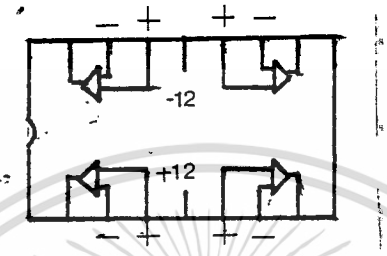
รูป a.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า

IC TL074

IC ชนิดนี้ภายในมีออปแอมป์อยู่ทั้งหมด 4 ตัวดังรูป a.5 ไฟเลี้ยงที่ให้แก่ IC เบอร์นี้คือ 12 Volt ตรงตำแหน่งขา 4 และ -12 Volt ตรงตำแหน่งขา 11



รูปที่ a.5 IC TL074

Transister BC 546 และ BD 139

โดยทั่วไปทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยขา 3 ขา คือ B,C,E ตามรูป a.6 ในทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะมี Gain ขยาย ( ) ซึ่งเมื่อขยายกระแสให้มากขึ้นสมการที่ใช้คือ

$$I_C = \beta I_B \quad \text{.....(a)}$$

$$I_E = I_B + I_C \quad \text{.....(b)}$$

เมื่อ I_C = กระแสที่ขา C

I_B = กระแสที่ขา B

I_E = กระแสที่ขา E

เมื่อแทนค่าในสมการ (a) และ (b)

$$I_E = I_B + \beta I_B$$

$$I_E = I_B(1 + \beta) \quad \text{.....(c)}$$

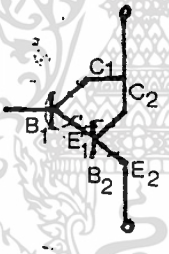
สำหรับทรานซิสเตอร์ที่ใช้ 2 เบอร์ คือ BC 546 และ BD 139 ตำแหน่งของขาจะเป็นดังรูป a.7 และ a.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ a.7 BD 139 = 100

รูปที่ a.8 BC 546 = 200

ในกรณีที่ต่อแบบ Darlington ตามรูป a.9



รูปที่ a.9 วงจร Darlington

จาก $I_{E1} = I_{B1}(1 + \beta_1)$

$I_{E2} = I_{B2} + I_{C2}$

$= \beta_2 I_{B2} + I_{B2}$

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

จากกระแสที่เข้าขา B2 เท่ากับ ขา E1 ดังนั้น

$I_{E1} = I_{B2}$

เพราะฉะนั้น

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

นี่เป็นสมการสำหรับวงจร Darlington

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรแกรมประมวลผล (ภาษา ซี)

```
/* 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 range_h   5
#define range_l  -5
#define pid1 "P"
#define pid2 "PI"
#define pid3 "PID"
main()   /* A_D */
{ int flag=1,key;
 charnong[10];
 static int j=1;
/*use_D_A*/
 float cal,Err,DV,DE,A,B,C,DE1=0,DE2=0;
 int B_add = 0x220,channel=0;
 int Hbyte,Lbyte,rangeH=5,rangeL=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*CHANGE*/
  char ceA='y'¦¦'n'¦¦'Y'¦¦'N';
  float h=0.3;
  float d=1.000;
/*use_co*/
  char ceB='y'¦¦'Y'¦¦'n'¦¦'N';
  float DSP,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_time*/
 struct time Tnow;
 struct time Told;
 int dTsec;
 float DT=0.5,uThund,dThund;
 float P=0;
 gettime(&Told);
    while(flag==TRUE)
     {  putchar('\007');
      /*CHANGE()*/
1  clrscr();
2  window(5,5,11,70);textbackground(YELLOW);textcolor(LIGHTGRAY);
3  gotoxy(7,6);cprintf("Hight is %f      m\n",h);
4  gotoxy(7,7);cprintf("Density is  %6.4f    Kg/m^3\n",d);
5  gotoxy(7,9);cprintf("DO YOU WANT TO CHANGE CONSTANT (Y or N)? ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
6  scanf("%s",&ceA);
7   if (ceA=='Y' || ceA=='y')
8     {
9      window(5,11,15,70);textbackground(YELLOW);textcolor(LIGHTGRAY);
10     gotoxy(7,12);cprintf("Change hight is [0-0.9 m]__<%6.4f>  ",h);
11     scanf("%f",&h); /* HIGHT */
12     gotoxy(7,14);cprintf("Change density is <%6.4f>  ",d);
13     scanf("%f",&d);  /* DENSITY */
14    }
15   if (ceA=='n' || ceA=='N')
16    {  gotoxy(7,10);cprintf("TURE");}
/* STANDART VOLTAGE */
17  DSP=((h*1.28)*d/0.7)-4.94;
18    clrscr();
19    window(5,5,12,70);textbackground(YELLOW);textcolor(LIGHTGRAY);
20    gotoxy(2,6);cprintf("DO YOU WANT TO CHANGE SOLUTION METHOD__<%s>
 (Y or N)?",pid);
21    scanf("%s",&ceB);
22    if (ceB == 'y' || ceB == 'Y')
23      {
24       gotoxy(10,8);cprintf("1. PD");
25       gotoxy(10,9);cprintf("2. PI");
26       gotoxy(10,10);cprintf("3. PID");
27       gotoxy(7,11);cprintf("Choose Method Control (1-3):  ");
28       scanf("%d",&n);
29    if (n==1)  /* CHOOSE PROPORTIONAL-DERIVATIVE CONTROL METHOD */
30     {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
31      pid = pid1;
32      printf(" Kp = %f\n",Kp);
33      printf("DO YOU WANT TO CHANGE Kp (Y or N)?   ");
34      scanf("%s",&ceB);
35      if (ceB=='y' || ceB=='Y')
36   {
37    printf("Change constant Kp is <%f>__ ",Kp);
38    scanf("%f",&Kp);
39    printf("\n");
40   }
41      }
42   if (n==2) /* CHOOSE PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROL METHOD */
43     {
44      pid = pid2;
45      printf("Ki = %f   s^-1 \n",Ki);
46      printf("DO YOU WANT TO CHANGE Ki,Kp (Y or N)?   ");
47      scanf("%s",&ceB);
48      if (ceB=='y' ||ceB=='Y')
49   {
50     printf("Change constant Ki is <%f>__ ", Ki);
51     scanf("%f",&Ki);
52     printf("\n");
53   }
54     }
55   if (n==3)  /* THREE-MODE CONTROLLER */
56     {
57      pid = pid3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
58        printf("Kd = %f    s,   Kp = %f,    Ki = %f    s^-1\n",Kd,Kp,Ki);
59        printf("DO YOU WANT TO CHANGE Kd,Kp,Ki (Y or N)?    ");
60        scanf("%s",&ceB);
61        if (ceB=='y' || ceB=='Y')
62   {
63      printf("Change constant Kd is <%f>__ ",Kd);
64      scanf("%f",&Kd);
65      printf("\n");
66      printf("Change constant Kp is <%f>__ ",Kp);
67      scanf("%f",&Kp);
68      printf("\n");
69      printf("Change constant Ki is <%f>__ ",Ki);
70      scanf("%f",&Ki);
71      printf("\n");
72   }
73       }
74        printf("choose everything <method is %s> \n",pid);
75       }
76    if (ceB == 'n' || ceB == 'N')
77        printf("Choose method %s \n",pid);
78  clrscr();
79  textbox(6,7,79,20,1);
80  SCREEN();
81   gotoxy(10,22);cprintf("HIGHT = %f   , DENSITY = %f",h,d);
82   gotoxy(10,23);cprintf("CONTROL METHOD %s",pid);
83  SCREEN1();
84  window(6,7,79,20); textbackground(BLUE); textcolor(RED);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
85  do {  /*Cnv_AD();*/
86  sleep(2);
87  if (y > 13) y=2;
 /******    INITIALIZE SETTING PCL_812   *********/
88 outportb(A_add+11,ENABLE);          /* enable card */
89 outportb(A_add+10,chanAD);   /**    MUX scan channel    **/
90 outportb(A_add+12,SOFTTRIG);  /**    Software trig A/D   **/
91 do{
92    HbAD = inportb(A_add+5);
93   }while((HbAD&0x10)!=0);      /**  Check data A/D ready  **/
94 LbAD = inportb(A_add+4);       /* read low byte A/D convert 12ch. */
95    process analog 12 bit
96    value = HbAD*256+LbAD;
97    RANGE = range_h-range_l;
98    Vext  = (float)(RANGE*value)/4095.0+range_l;
99  gotoxy(20,y);cscanf("%f",&Vext);
100 gotoxy(3,y);cprintf("%d",j++);
101 if (j > 30000) j=0;
   /*use_time*/
102    gettime(&Tnow);
/*use_co*/
103    DV = Vext;
104    DE=(DSP-DV)/RANGE;
105 if (n==1)  /* CHOOSE PROPORTIONAL CONTROL METHOD */
106    {
107       pid = pid1;
108    Pv=(Kp*DE)+P;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
109       P=Pv;
110     }
111 if (n==2) /* CHOOSE PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROL METHOD */
112     {
113       pid = pid2;
114       SUM=SUM+DE;
115       Pv=Ki*DT*SUM;
116     }
117 if (n==3)  /* THREE-MODE CONTROLLER */
118     {
119       pid = pid3;
120       A=Kp+(Kp*Ki*DT)+(Kp*Kd/DT);
121       B=Kd+(2*Kp*Kd/DT);
122       C=Kp*Kd/DT;
123       Pv=P+(A*DE)-(B*DE1)+(C*DE2);
124       P=Pv-(A*DE);
125       DE2=DE1;
126       DE1=DE;
127     }
128      Told = Tnow;
129      POUT=Pv*ROUT;
130      if (Pv < 0) { POUT=0; P=0;}
131      if (Pv > 1) { POUT=5; P=0;}
132      gotoxy(41,y);cprintf("%4.2f",DE);
133      gotoxy(52,y);cprintf("%4.2f",POUT);
134      gotoxy(65,y++);cprintf("%d:%d.%d",Tnow.ti_min,Tnow.ti_sec,
  Tnow.ti_hund);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* DIGITAL TO ANALOG */
135    cal = 4095/rangeH;
136    cal = cal*(POUT-rangeL);
/**     INITIALIZE SETTING PCL_812  **/
137    outportb(B_add+11,ENABLE);          /* enable card */
/**        MUX scan channel          **/
138    Hbyte = cal/256;
139    Lbyte = cal;
140    Lbyte %= 256;
141    outportb(B_add+4+channel*2,Lbyte);
142    outportb(B_add+5+channel*2,Hbyte);
143   gotoxy(7,20);cprintf("DATA BIT Hbyte = %x  Lbyte = %x ",
  toupper(Hbyte),toupper(Lbyte));
144    }while(bioskey(1)== NULL);
145   if ((key=getch())==0) {
146    switch(getch()){
147      case 0x3b : flag = TRUE; break;
148      case 0x44 : {
149   textbackground(BLACK); textcolor(LIGHTGRAY);
150   window(1,1,80,25); clrscr();
151   flag = FALSE;
152    }
153      default   : break; }
154    }
155     }
156  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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(" LOOP ¦--------------------¦------------------
-¦   VOLTAGE  ¦ TIME_NOW  ");
 gotoxy(7,6); cprintf("      ¦ HIGHT(m) ¦ VOLTAGE ¦ HIGHT(m) ¦   (%)
 ¦          ¦           ");
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรมที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

บรรทัดที่ 3 - 15 เป็นการกำหนดค่าและเปลี่ยนค่าความสูง & ความหนาแน่น

บรรทัดที่ 17 เป็นการคำนวณค่า Standard Voltage

DSP = (((h * 1.28) * d/0.7)- 4.94)

บรรทัดที่ 20 - 28 เป็นการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหา (Control method)

บรรทัดที่ 29 - 41 ถ้าเลือก n=1 จะเป็นการเลือกวิธีการเปลี่ยนค่าตามวิธี PD (Proportional Derivative Control Method) ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนค่าของ Gain Proportional (Kp)

บรรทัดที่ 42 - 54 ถ้าเลือก n=2 จะเป็นการเลือกวิธีการเปลี่ยนค่าตามวิธี PI (Proportional Intregral Coontrol Method) ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนค่าของ Intregral Time (Ki)

บรรทัดที่ 55 - 73 ถ้าเลือก n=3 จะเป็นการเลือกวิธีการเปลี่ยนค่าตามวิธี PID (Three - Mode Controller) ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนค่าของ Differentiation Time (Kd), Gain Proportional (kp), Inntregral Time (ki)

บรรทัดที่ 71 - 74 เป็นการแสดงค่าของ Kd, Ki, Kp ที่เปลี่ยน

บรรทัดที่ 81 เป็นการแสดงค่าของ High และ Density

บรรทัดที่ 82 เป็นการแสดงค่าของ "Control Method"

บรรทัดที่ 88 - 98 เป็นการรับข้อมูลในรูป Analog Voltage เป็นสัญญาณ Digital

บรรทัดที่ 103 - 104 เป็นการประมวลผล Check ค่า Error ตามสมการ

DV = Vext

DE = (DSP - DV)/RANGE

แล้วนำไปประมวลผลตาม Control Method ที่เลือกไว้

บรรทัดที่ 105 - 110 เป็นวิธี PD (Proportional Derivative Control Method) คำนวณตามสมการ

PV = (Kp * DE) + P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                P  =  PV
```

บรรทัดที่ 111 - 116 เป็นวิธี PI (Proportional Intregral Control Method) คำนวณตามสมการ

```
                SUM  =  SUM + DE

                PV  =  Ki * DT * Sum
```

บรรทัดที่ 117 - 127 เป็นวิธี PID (Three Method Controller) คำนวณตามสมการ

```
                A  =  Kp + (Kp * Ki * DT) + (Kp * Kd/DT)

                B  =  Kd + (2 * Kp * Kd/DT)

                C  =  Kp * Kd/DT

                PV =  P + (A * DE) - (B * DE1) + (C * DE2)
```

บรรทัดที่ 135 - 143 เป็นการเปลี่ยนค่า Digital ที่ได้จากการคำนวณ มาเป็นค่า Analog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

- ขอขอบพระคุณ อาจารย์ดือกเตอร์มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ที่ให้คำปรึกษาอันมีค่ามาตลอด
- ขอขอบพระคุณ อาจารย์วิทยา ภาควิชาวัดคุมฯ ที่คอยร่วมให้คำปรึกษาด้วยดีเสมอมา
- ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษารุ่นที่ 26 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่คอยเป็นกำลังใจให้กันและกันเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. "Process Control Instrumentation Technology",WILEY Book Company , 573 P., 1988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้