การจำลองการควบคุมกระบวนการระดับน้ำโดยอาศัยวิธีเชิงตัวเลข

LEVEL PROCESS CONTROL SIMULATION BY USING NUMERICAL METHOD

โดย

นายธีระยุทธ กัลยาณมิตร

นส.วงเดือน สิงห์ทอง

นายวีรพล เอาทารย์สกุล

วัน เดือน ปี 1 ส.ค. 2540

เลขทะเบียน 037151

เลขเรียกหนังสือ T 58244 ว6ปก

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำลองการควบคุมกระบวนการระดับน้ำโดยอาศัยวิธีเชิงตัวเลข

ผู้จัดทำ

1. นายธีระยุทธ กัลยาณมิตร รหัสประจำตัว 35104195
2. นส.วงเดือน สิงห์ทอง รหัสประจำตัว 35104357
3. นายวีรพล เอาทารย์สกุล รหัสประจำตัว 35104401

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วิริยะ กองรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองการควบคุมกระบวนการระดับน้ำโดยอาศัยวิธีเชิงตัวเลข

LEVEL PROCESS CONTROL SIMULATION BY USING NUMERICAL METHOD

นายธีระยุทธ กัลยาณมิตร
นส.วงเดือน สิงห์ทอง
นายวีรพล เอาทารย์สกุล
อ.วิริยะ กองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้จำลองการควบคุมกระบวนการระดับน้ำ โดยนำเอาสมการคุณลักษณะของกระบวนการมาทำการวิเคราะห์แล้วเขียนออกมาในรูปของโปรแกรมซอฟท์แวร์ ซึ่งอาศัยวิธีเชิงตัวเลขในการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ รวมถึงการนำมาต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น อนาล็อค/ดิจิตอล ดิจิตอล/อนาล็อค และ เครื่องควบคุมแบบ PID

ABSTACT

This thesis refer to the computerized process simulation in the level process control .By analysis the transfer function characteristic of the process and write into the software program which solving the differencial equation by using numerical method

Control loop is analysised by computer which interface with A/D and D/A converter and control by PID controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปริญญานิพนธ์ "การจำลองการควบคุมกระบวนการระดับน้ำโดยอาศัยวิธีเชิงตัวเลข " ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำตั้งใจจัดทำขึ้น เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา PROJECT II ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยผู้จัดทำได้ค้นคว้า, รวบรวมจากตำราเรียนหลายเล่มนำมาเป็นพื้นฐานในการจัดทำ และได้ศึกษา,ออกแบบโปรแกรมที่สามารถจำลองกระบวนการที่ต้องการออกมาได้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้ใช้สามารถดูสภาวะของการควบคุมแบบต่างๆได้ และสามารถนำไปศึกษาใช้งานเข้ากับระบบจริงๆได้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถยังประโยชน์ให้เกิดแก่นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไปที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการจำลองกระบวนการได้บ้างตามสมควร

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปแสดง		หน้า
รูปที่ 1	ลักษณะของหน้าจอเมื่อเริ่มรันโปรแกรม PROJECT1.PAS	ก
รูปที่ 2	แสดงการกำหนดตำแหน่งของถังที่สามารถจัดวางได้3 ตำแหน่ง	ก
รูปที่ 3	แสดงพื้นที่ก้นถังของแต่ละถังที่ผู้ใช้ต้องกำหนด	ข
รูปที่ 4	แสดงชนิดของกระบวนการที่ผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามชนิดของกระบวนการ	ข
รูปที่ 5	แสดงการป้อนระดับความสูงของถังน้ำแต่ละถัง	ค
รูปที่ 6	แสดงการระบุการเลือกถังที่ต้องการควบคุมระดับน้ำในถัง	ค
รูปที่ 7	แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ก่อนเริ่มกระบวนการ	ง
รูปที่ 8	แสดงลักษณะของเครื่องควบคุมกระบวนการ EC 320	ง
รูปที่ 9	แสดงลักษณะการต่อใช้งานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุม	จ
รูปที่10	แสดงภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเริ่มให้กระบวนการเริ่มต้น	จ
รูปที่11	แสดงภาพหน้าจอเมื่อกระบวนการเกิดขึ้นไปได้ระยะเวลาหนึ่ง	ฉ
รูปที่12	แสดงลักษณะหน้าจอเมื่อระดับน้ำในถังที่ควบคุมเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ	ฉ
รูปที่13	แสดงการจัดวางกระบวนการในรูปแบบอื่น	ช
รูปที่14	แสดงรายละเอียดของหน้าจอในส่วนของตัวเลข	ช
รูปที่15	แสดงลักษณะของ PCL 818 กับ AD & DA CARD	ช
รูปที่16	แสดงการต่อสายสัญญาณ PV, MV เข้า-ออก เครื่องควบคุม	ช
รูปที่17	แสดงการต่อร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ในการทำงานทั้งหมด	ฌ
รูปที่18	แสดงรายละเอียดต่างๆบนหน้าเครื่องควบคุม	ด
รูปที่ 18.1	แสดงรูปเครื่องควบคุมรุ่น EC 320	ต
รูปที่19	แสดงตารางต่อเชื่อมภายนอกของเครื่องควบคุม	ถ
รูปที่20	แสดงขาต่อของ PCL 818	ธ
รูปที่21	รายละเอียดส่วนประกอบบนบอร์ดของ PCL 818	ฒ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญรูป	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การจำลองกระบวนการ (Process Simulation)	2
2.1 ทฤษฎี	
2.2 ขั้นตอนการจำลองกระบวนการ	
- การกำหนดตัวแปร	
- การสร้างสมการ	
บทที่ 3 ผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ	8
3.1 ระเบียบวิธีรุงเง-คุตตา (Runge-Kutta)	
3.2 One step method	
2.3 Multistep method	
บทที่ 4 เครื่องควบคุม (Controller) รุ่น EC-320	16
4.1 การใช้เครื่องควบคุม EC-320	
บทที่ 5 การใช้งาน PCL-818	32
บทที่ 6 ผลการทดลอง	35
บทที่ 7 สรุปผลและวิจารณ์	39
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ทุกวันนี้ไมโครคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทเกี่ยวกับระบบควบคุมต่างๆอย่างกว้างขวางเนื่องจากกระบวนการผลิตในทุกวันนี้ต้องการการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ข้อดีของคอมพิวเตอร์นอกจากจะมีความเร็วในการทำงานที่สูงมากแล้วโอกาสผิดพลาดยังเกิดขึ้นน้อย รวมทั้งมีความสะดวกต่อการติดตั้งและให้ผลที่ออกมาใกล้เคียงกับความเป็นจริงอีกด้วย การเขียนโปรแกรมที่จะสามารถรองรับการใช้งานได้นั้นจึงต้องอาศัยบุคคลที่มีความรู้ในการออกแบบโปรแกรมให้เข้ากับระบบควบคุมที่ต้องการด้วย

การจำลองกระบวนการจะเป็นลักษณะของการจำลองมาจากกระบวนการจริงและมักมาจะเป็นการจำลองทางด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนไม่น้อย มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการยุ่งยาก ดังนั้นการจำลองกระบวนการทางซอฟท์แวร์จึงเป็นการต่อใช้งานระหว่างตัวโปรแกรมในคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุมกระบวนการ ผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ (A/D & D/A) โดยนำเอาสมการคุณลักษณะของกระบวนการมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งผู้ใช้จะสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการได้ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การจำลองกระบวนการ (Process Simulation)

ทฤษฎี

การจำลองกระบวนการเป็นการสมมติการกระทำขององค์ประกอบต่างๆในระบบ โดยที่แต่ละองค์ประกอบจะมีสมการเป็นของตนเอง การสมมติการกระทำขององค์ประกอบนั้นๆ ก็ทำโดยการแก้สมการ และเนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน สมการและผลของสมการที่ได้ จึงมีความสัมพันธ์ระหว่างกันด้วย

ส่วนการแก้สมการเหล่านี้ เราจะแก้สมการโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณ และเนื่องจากคอมพิวเตอร์จะคำนวณโดยใช้วิธีการเชิงตัวเลข (Numerical Method) การแก้เขียนโปรแกรมเพื่อแก้สมการเหล่านี้จึงต้องใช้วิธีการเชิงตัวเลขด้วย

ขั้นตอนการจำลองกระบวนการ

1.ออกแบบกระบวนการที่ต้องการจำลอง

2.ตรวจสอบองค์ประกอบทั้งหมดในระบบ ว่ามีอะไรบ้าง

3.กำหนดให้ทุกองค์ประกอบเป็นตัวแปร เพื่อสะดวกในการอ้างถึง

4.สร้างสมการขององค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้นโดยใช้ตัวแปรที่กำหนด

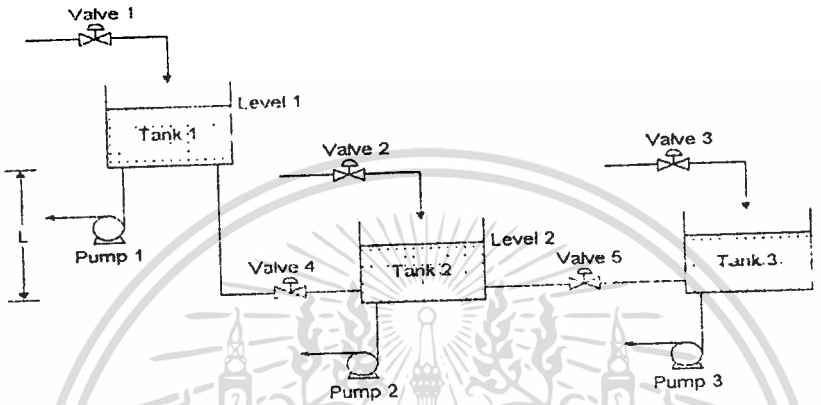
5.แก้สมการโดยใช้วิธีเชิงตัวเลข

6.แสดงผลจากการคำนวณนั้น

ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการที่จะจำลองนี้เป็นกระบวนการระดับน้ำ มีองค์ประกอบคือ ถัง 3 ใบ วาวล์สำหรับเปิดน้ำเข้าถัง 3 ตัว ปั๊มน้ำออกจากถัง 3 ตัว และวาวล์ที่เชื่อมต่อระหว่างถังอีก 3 ตัว โดยกำหนดให้วาวล์ทุกตัวในระบบเป็นแบบเชิงเส้น ดังรูป



กำหนดตัวแปร

-ถัง

tank1,tank2,tank3 - ถังที่1,ถังที่2,ถังที่3

องค์ประกอบของแต่ละถัง

Height , ความสูงของถัง

Area = A , พื้นที่ก้นถัง

-วาวล์

valve1,valve2,valve3,valve4,valve5 - วาวล์1,วาวล์2,วาวล์3,วาวล์4,วาวล์5

องค์ประกอบของวาวล์

Cv , สัมประสิทธิ์การไหลของวาวล์

ΔP , ความดันตกคร่อมวาวล์

vp , ระยะการเปิดของวาวล์ (เปิดสุด=1 ปิดสุด=0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ปั๊ม

pump1,pump2,pump3 - ปั๊ม1,ปั๊ม2,ปั๊ม3

<u>องค์ประกอบของปั๊ม</u>

q_o , อัตราการไหลที่ปั๊มออก

-ระยะระหว่างก้นถังที่1 และ ถังที่2

L , ระยะระหว่างก้นถังที่1 และ ถังที่2

-ระดับน้ำ

$Level_1=h_1$, ระดับน้ำในถังที่1

$Level_1=h2$, ระดับน้ำในถังที่2

$Level_1=h3$, ระดับน้ำในถังที่3

<u>-อัตราการไหล</u>

q_1 , อัตราการไหลที่ผ่านวาวล์ที่1

q_2 , อัตราการไหลที่ผ่านวาวล์ที่2

q_3 , อัตราการไหลที่ผ่านวาวล์ที่3

q_4 , อัตราการไหลที่ผ่านวาวล์ที่4

q_5 , อัตราการไหลที่ผ่านวาวล์ที่5

<u>สร้างสมการ</u>

<u>-สมการของมวลของน้ำในแต่ละถัง</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{dh_1(t)}{dt} = \frac{1}{A_1}(q_1(t) - q_4(t) - q_{o1})$$

$$\frac{dh_2(t)}{dt} = \frac{1}{A_2}(q_2(t) + q_4(t) - q_5(t) - q_{o2})$$

$$\frac{dh_3(t)}{dt} = \frac{1}{A_3}(q_3(t) + q_5(t) - q_{o3})$$

-สมการของวาวล์

$$q_1(t) = Cv_1(vp_1(t))\sqrt{\Delta P_1}$$

$$q_2(t) = Cv_2(vp_2(t))\sqrt{\Delta P_2}$$

$$q_3(t) = Cv_3(vp_3(t))\sqrt{\Delta P_3}$$

$$q_4(t) = Cv_4(vp_4(t))\sqrt{\Delta P_4} \quad \text{โดยที่} \quad \Delta P_4 = \rho g(h_1(t) + L - h_2(t))$$

$$q_5(t) = Cv_5(vp_5(t))\sqrt{\Delta P_5} \quad \text{โดยที่} \quad \Delta P_5 = \rho g(h_2(t) - h_3(t))$$

การแก้สมการเหล่านี้จะใช้วิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) ดังที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

One-step method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Euler method of Euler-Cauchy method

$y' = f(x,y)$, $y(x_0) = y_0$

$y_{n+1} = y_n + hf(x_n, y_n)$

h = step size

Improve Euler method (predictor-corrector method)

$y^*_{n+1} = y_n + hf(x_n, y_n)$

$y_{n+1} = y_n + h/2[f(x_n, y_n) + f(x_n+1, y^*_{n+1})]$

Runge-Kutta method

$k_1 = hf(x_n, y_n)$

$k_2 = hf(x_n+h/2, y_n+k_1/2)$

$k_3 = hf(x_n+h/2, y_n+k_1/2)$

$k_4 = hf(x_n+h, y_n+k_3)$

$x_{n+1} = x_n + h$

$y_{n+1} = y_n + 1/6[k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$

Multistep method

Adams-Bashford method (for predict)

$y^*_{n+1} = y_n + h/24(55f_n - 59f_{n-1} + 37f_{n-2} - 9f_{n-3})$

Adams-Moulton method (for correct)

$y_{n+1} = y_n + h/24(9f^*_{n+1} + 19f_n - 5f_{n-1} + f_{n-2})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f^*_{n+1} = f(x_{n+1}, y^*_{n+1})$$

Example

$y' = f(x,y) = x + y$, $y(0) = 0$

exact solution $y(x) = e^x - x - 1$

h = time step = step size = 0.2

$x_n(*10^6)$	Euler	Improve	Runge-Kutta		Adams-Moulton
0.0	0	0	0	=	0
0.2	21000	1400	3	=	3
0.4	52000	3400	7	=	7
0.6	94000	6300	12	=	12
0.8	152000	10200	20	=	12
1.0	229000	15600	31	=	12

at x_n=0 to 0.6 Runge = Adams because Adams predict next value from 4 last value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ

ปัญหาต่าง ๆ ทั้งทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ และอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก เมื่อใช้การจำลองแบบเชิงคณิตศาสตร์ สามารถเปลี่ยนเป็นปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ ในการหาผลเฉลยของปัญหาโดยคณิตศาสตร์เชิงวิเคราะห์ จะมีค่าคงที่ไม่เจาะจงรวมอยู่ด้วย ทำให้มีจำนวนผลเฉลยเป็นอนันต์ แต่ถ้ากำหนดเงื่อนไขที่จุดเริ่มต้น จะได้ผลเฉลยแน่นอน ปัญหาการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ ที่มีการกำหนดเงื่อนไขที่จุดเริ่มต้น เรียกว่า ปัญหาค่าเริ่มต้น (initial value problem) วิธีการในการหาผลเฉลยเชิงตัวเลขมีหลายวิธี ได้แก่ ระเบียบวิธีของพิการ์ด (Picard's method) ระเบียบวิธีของออยเลอร์ (Euler's method) ระเบียบวิธีการใช้อนุกรมเทย์เลอร์ (Taylor-series method) ระเบียบวิธีรุงเง-คุตตา (Runge-Kutta method)

นิยามความหมายและการสร้างสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ

สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ คือ สมการการหาอนุพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว และอนุพันธ์ก็เป็นอนุพันธ์แบบธรรมดา เช่น

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y)$$

หรือ $$f\left(x, y, \frac{dy}{dx}\right) = 0$$

รูปทั่วไปของสมการแบบนี้คือ

$$f(x, y, y', y'', y''', \ldots) = 0$$

เมื่อ $$y' = \frac{dy}{dx} \quad , \quad y'' = \frac{d^2y}{dx^2} \quad , \quad y''' = \frac{d^3y}{dx^3} \quad , \ \ldots$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญได้แก่

$$y' = \frac{y - x}{y + x}$$

$$\frac{dy}{dx} = x^2 + y$$

$$\frac{dy}{dx} = 3x + y^2$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{5dy}{dx} - xy + 7 = 0$$

$$y'' + 3y = e^x$$

อันดับของสมการเชิงอนุพันธ์ คือ อันดับที่สูงสุดของอนุพันธ์ซึ่งอยู่ในสมการนั้น
ระดับชั้นของสมการเชิงอนุพันธ์ คือ เลขชี้กำลังอนุพันธ์ที่มีอันดับสูงสุด ซึ่งอยู่ในสมการนั้น

พิจารณาสมการเชิงอนุพันธ์ต่อไปนี้

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{5(dy)^2}{dx} - 7y\frac{dy}{dx} + 5y = 0$$

เป็นสมการอันดับสอง ระดับขั้นหนึ่ง

$$\frac{(d^3s)^2}{dt^3} + \frac{3(ds)^3}{dt} + \frac{5(d^2s)}{dt^2} = 0$$

เป็นสมการอันดับสาม ระดับขั้นสอง

หลักการสร้างสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ โดยทั่ว ๆ ไป ได้แก่ การพยายามกำจัดตัวพารามิเตอร์ ซึ่งอยู่ในสมการนั้นได้หมดไป โดยการหาอนุพันธ์และการแทนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์คือ ฟังก์ชั่นใด ๆ ที่ไม่มีอนุพันธ์มาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นไปตามสมการเชิงอนุพันธ์นั้น จากตัวอย่างสมการเชิงอนุพันธ์

$$y'' + 4y = 0 \text{ ผลเฉลยคือ } y = c_1 \sin 2x + c_2 \cos 2x$$

ซึ่งมี c_1 และ c_2 ที่เป็นค่าคงที่ติดอยู่ เรียกผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ที่มีตัวคงที่ของการอินทิเกรตอยู่ว่า **ผลเฉลยทั่วไป (general solution)** แต่ถ้ามีการกำหนดเงื่อนไข

$$y(0) = 2 \text{ และ } y'(0) = 0 \text{ จะได้ผลเฉลยเป็น } y = \cos 2x$$

เรียกว่า **ผลเฉลยเฉพาะ (particular solution)** ของสมการเชิงอนุพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเบียบวิธีรุงเง-คุตตา (Runge-Kutta)

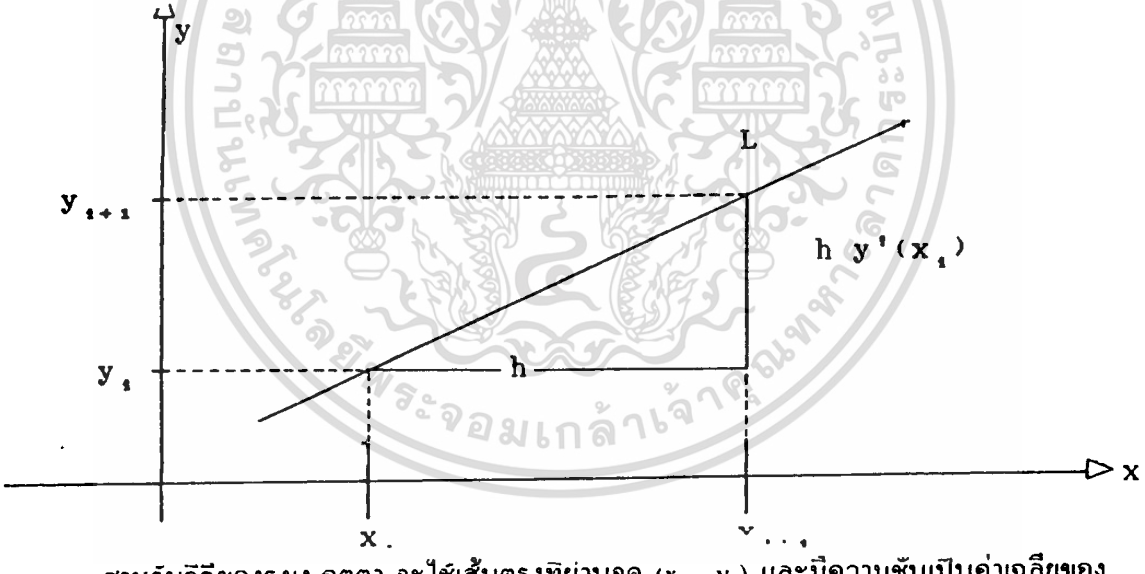
รูปแบบทั่วไปของสมการออยเลอร์

$$y_{i+1} = y_i + hf(x_i, y_i)$$

$$= y_i + hy'(x_i)$$

หรือ $$y'(x_i) = \frac{y_{i+1} - y_i}{h}$$

นั่นคือ วิธีการของออยเลอร์ จะหา y_{i+1} โดยใช้เส้นตรงที่มีความชันเป็น $y'(x_i)$ และผ่านจุด (x_i, y_i) เป็นตัวกำหนด ดังรูป โดย L เป็นเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $y'(x_m)$ และผ่านจด (x_i, y_i)



สำหรับวิธีของรุงเง-คุตตา จะใช้เส้นตรงที่ผ่านจุด (x_i, y_i) และมีความชันเป็นค่าเฉลี่ยของอนุพันธ์ที่หลายจุด เช่นในกรณีที่ใช้ความชันเป็นค่าเฉลี่ยของอนุพันธ์ที่สองจุด จะได้รูปแบบ

$$y_{i+1} = y_i + a_1k_1 + a_2k_2$$

โดย $$k_1 = hf(x_i, y_i)$$

$$k_2 = hf(x_i + \alpha h, y_i + \beta k_1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. $a_1 = 1/4$: $a_1 = 1/4$, $a_2 = 3/4$ และ $\alpha = \beta = 2/3$

จึงเป็นสูตรรุงเง-คุตตาอันดับที่สอง (สูตรที่สอง)

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1k_1}{4} + \frac{3k_2}{4} \quad : \quad i = 0,1,2,3,...$$

โดย $k_1 = hf(x_i , y_i)$

$$k_2 = hf\left(x_i + \frac{2h}{3} , y_i + \frac{2k_1}{3}\right)$$

3. $a_1 = 0$: $a_1 = 0$, $a_2 = 1$ และ $\alpha = \beta = 1/2$

จึงเป็นสูตรรุงเง-คุตตาอันดับที่สอง (สูตรที่สาม)

$$y_{i+1} = y_i + hf\left(x_i + \frac{1h}{2} , y_i + \frac{1}{2} hf(x_i , y_i)\right)$$

แต่โดยทั่วไปแล้ว เมื่อกล่าวถึงสูตรรุงเง-คุตตาอันดับที่สอง จะหมายถึงสูตร

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1k_1}{2} + \frac{1k_2}{2} \quad : \quad i = 0,1,2,3,...$$

การหาสูตรรุงเง-คุตตาอันดับสูงขึ้น ก็ใช้วิธีเดียวกัน ในการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ของ $y(x_{i+1})$ และ y_{i+1} โดยใช้จำนวนพจน์มากขึ้น จะเพิ่มความยุ่งยากขึ้นมาก อย่างไรก็ดี สูตรรุงเง-คุตตาอันดับสี่ ที่นิยมใช้กันมากสูตรหนึ่งคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad ; \quad i = 0,1,2,3,...$$

โดย

$$k_1 = hf(x_1 , y_1)$$

$$k_2 = hf\left(x_1 + \frac{1}{2}h , y_1 + \frac{1}{2}k_1\right)$$

$$k_3 = hf\left(x_1 + \frac{1}{2}h , y_1 + \frac{1}{2}k_2\right)$$

$$k_4 = hf(x_1 + h , y_1 + k_3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เครื่องควบคุม EC 320

ลักษณะการทำงาน ตัวควบคุมมีฟังก์ชั่นการควบคุม 5 แบบ คือ

1. PID CONTROLLER
2. REMOTE SET PID CONTROL
3. MV OVERRIDE PID CONTROL
4. M/A MANIPULATOR หรือ AUTO/MANUAL STATION
5. CASCADE PID CONTROLLER

<u>ตัวพารามิเตอร์ของแต่ละฟังก์ชั่นของการควบคุม (CONTROL FUNCTION) จะแตกต่างกัน</u>

เมื่อฟังก์ชั่นของการควบคุม (CONTROL FUNCTION)ถูกเลือกขึ้น การทำงานของเครื่องเริ่มแรกจะทำงานอยู่ที่ MANUAL MODEและค่าเป้าหมาย (SV) จะมีค่าเท่ากับ 0% และค่า MV ก็เท่ากับ 0% ด้วย ส่วนค่าก่อนที่จะทำการเซ็ทฟังก์ชั่นของการควบคุมและพารามิเตอร์จะเป็นค่าเริ่มต้น(ค่า INITIAL) คือ ทุกครั้งเมื่อเริ่มเซ็ทเครื่องครั้งแรก จะต้องทำการเซ็ทฟังก์ชันของการควบคุมและพารามิเตอร์เสียก่อนๆใช้งาน และหลังเซ็ทเรียบร้อยแล้วก็ไม่ต้องเซ็ทอีก โดยที่ตัวเครื่องจะมีหน่วยความจำๆค่าที่เซ็ทไว้ แต่ถ้าเราเปลี่ยนโหมดของการควบคุม(CONTROL FUNCTION) ค่าของการเซ็ทในฟังก์ชั่นของการควบคุมและพารามิเตอร์ จะเปลี่ยนมาเป็นค่าเริ่มต้น (INITIAL)ทันที ฉะนั้นจะต้องทำการเซ็ทค่าก่อนการใช้งาน

ในการทดลอง เราเลือกฟังก์ชั่นการควบคุมเป็น 1 คือ แบบ PID CONTROLLER และทำการเซตพารามิเตอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องควบคุม CONTROLLER รุ่น EC-320

1. หน่วยแสดงผลค่า PV, SV และ MV

ค่าที่วัดได้มาจากระบบ(PV), ค่าเป้าหมาย(SV) และค่าสัญญาณควบคุมเอาท์พุท (MV) สามารถเลือกดูได้โดยใช้สวิตช์ CLR/SEL PV-->SV-->MV-->PV . . . .ETC.

2. ตัวแสดงผล HALT

ปกติถ้าเครื่องควบคุมเป็นปกติอยู่ ตัวแสดงผล HULTจะ ดับ แต่ถ้าตัวแสดงผล HULTนี้ติดสว่างขึ้นจะมีสาเหตุมาจาก

ตาราง 1

สภาวะการแสดงผล	เหตุ
ติดสว่างขึ้น	๑.ค่าในหน่วยความจำคลาดเคลื่อน หรือข้อมูลเกิดการเสียหาย ๒.ค่าสัญญาณควบคุมเอาท์พุท มีปัญหา ๓.วงจรแปลงสัญญาณมีปัญหา การ์ด ๔.ชุดการควบคุม มีปัญหา

3.ตัวแสดงผล

ตัวแสดงผล จะติดขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2

สภาวะการแสดงผล	เหตุ
PV ALARM	1.สัญญาณอินพุท PV มีปัญหา 2.เกิดสภาวะ HIGH ALARM 3.การเปลี่ยนแปลงของ PVเร็วเกินกว่าที่กำหนดของเครื่อง 4.ค่าความคลาดเคลื่อนของ (SV-PV)เกินกว่าค่าที่กำหนดในเครื่อง

4. ตัวแสดงผล COMPUTER/LOCAL

ตัวแสดงผลนี้จะติดตั้งเมื่อ มีการสื่อสารข้อมูลระหว่าง HOST UNIT กับตัวเครื่องควบคุม

5.ตัวแสดงผล SELF-TUNING

ตัวแสดงผลนี้จะติดกระพริบขึ้นก็ต่อเมื่อ มีการใช้ฟังก์ชั่น SELF-TUNING

6.ตัวแสดงผล HOLD DISPLY

ตัวแสดงผลนี้จะติดสว่างขึ้นภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ในการเลือกป้อนค่าโปรแกรมในฟังก์ชั่นต่างๆ
- ในระหว่างการอ่านค่าข้อมูลในหน่วยความจำ (IC MEMORY CARD)
- ในการจำลองค่าในการควบคุม (SIMULATION)
- ในระหว่างการทำงาน MV FIXED เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ตัวแสดงผลหมายเลขของลูฟ

เป็นการแสดงค่าหมายเลขลูฟ ของตัวแสดงผลของค่าบาร์กราฟบนหน้าเครื่อง (PANEL)

8. การแสดงผลโหมดของการทำงาน

[M] หมายถึง การควบคุมแบบ MANUAL

[A] หมายถึง การควบคุมแบบ อัตโนมัติ

[C] หมายถึง การควบคุมแบบ REMOTE SET

9. สวิทช์คีย์สำหรับปรับค่าเป้าหมาย (SET POINT)

ในโหมด [M] MANUALกับ [A] AUTOMATIC เราสามารถเปลี่ยนค่าเป้าหมาย ได้จากคีย์สวิตช์

:เมื่อสวิทช์คีย์นี้ถูกกด ค่าเป้าหมายจะค่อยๆ เพิ่มค่าขึ้น

:เมื่อสวิทช์คีย์นี้ถูกกด ค่าเป้าหมายจะค่อยๆ ลดค่าลง

แต่ถ้าต้องการเพิ่มค่าหรือลดค่าให้เร็วขึ้น สามารถทำได้ด้วยการกดสวิทช์คีย์ ENT/FAST พร้อมกับคีย์ [ENT/FAST :] หรือ [ENT/FAST :]

หมายเหตุ ความเร็วจะเร็วขึ้นเป็น 10 เท่าตัว

10. สวิทช์คีย์ C/A โหมด

สวิทช์นี้จะใช้สำหรับการเปลี่ยนโหมดควบคุม คือ

[A] ระบบควบคุมอัตโนมัติ

[C] ระบบควบคุมแบบ CASCADE หรือ เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลกับ HOST COMPUTER (SCC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037151

11. สวิทช์คีย์ M โหมด

เป็นสวิทช์คีย์เลือกการควบคุมแบบ MANUAL MODEโดยสามารถควบคุมสัญญาณเอาท์พุทได้โดยใช้คีย์ และ

12. สวิทช์คีย์ปรับค่าสัญญาณเอาท์พุท

จะสามารถปรับค่าได้ในเฉพาะ MANUAL MODEเท่านั้น [M]

สวิทช์คีย์ เมื่อถูกกดค่าสัญญาณเอาท์พุทจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

สวิทช์คีย์ เมื่อถูกกดค่าสัญญาณเอาท์พุทจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ

แต่ถ้าต้องการเร็วๆก็ต้องกดสวิทช์ ENT/FAST เข้าไปด้วย

ENT/FAST :ค่าสัญญาณเอาท์พุทจะเพิ่มขึ้นเร็วขึ้นกว่าเก่าประมาณ 10 เท่า

ENT/FAST :ค่าสัญญาณเอาท์พุทจะลดลงเร็วขึ้นกว่าเก่าประมาณ 10 เท่า

13. ตัวแสดงผล PV เป็นแบบสเกล

เป็นสเกลบอกค่า PV

14. ตัวแสดงค่า PV (แบบบาร์กราฟ)

มีค่าความละเอียด (RESOLUTION) ในการแสดงค่าเท่ากับ 1% สำหรับ 1 ลูฟ ซึ่งการแสดงผลสามารถแสดงผลได้ 2 ลูฟ ซึ่งการแสดงจะแบ่งเป็นด้านบนและด้านล่าง และจะทำให้การแสดงผลที่เป็นแบบ 2 ลูฟ จะมีค่าความละเอียดในการแสดงผลเป็น 2%

15. ตัวแสดงผล SV เป็นแบบสเกล

เป็นสเกลบอกค่า SV

16. ตัวแสดงค่า SV (แบบบาร์กราฟ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าความละเอียด (RESOLUTION) ในการแสดงค่าเท่ากับ 1% สำหรับ 1 ลูฟ แต่ความสามารถในการแสดงค่าของเครื่อง สามารถแสดงได้ 2 ลูฟด้วยกัน ส่วนค่าความละเอียดในการแสดงจะเหลือเป็น 2%

สำหรับการแสดงผลค่า HIGH/LOW ALARM จะใช้บาร์กราฟของ SV เป็นตัวบอกสภาวะการ ALARM ขึ้น โดยบาร์กราฟจะกระพริบขึ้นเมื่อเกิดการ ALARM และสามารถรีเซ็ท การหยุดกระพริบได้โดยการกดสวิทช์ ENT/FAST

PH : HIGH ALARM

PL : LOW ALARM

17. ตัวแสดงผล MV เป็นแบบสเกล

เป็นสเกลบอกค่า MV

18. ตัวแสดงค่า MV แบบบาร์กราฟ

บาร์กราฟจะแสดงค่าสัญญาณเอาท์พุท เป็น 0 ถึง 100% โดยมีค่าความละเอียดเท่ากับ 1% (ต่อ 1 ลูฟ) และจะเป็น 2% เมื่อแสดงผลเป็น 2 ลูฟ

ส่วนการเลือกสัญญาณควบคุมที่ไปขับตัวคอลโทรลวาล์ว สามารถเลือกได้ คือ แบบ POSITION และ REVERSE โดยสามารถเลือกได้ที่สวิทช์หน้าเครื่อง

19. สวิทช์คีย์ CLEAR/SELECT

เป็นสวิทช์ที่ใช้เปลี่ยนการแสดงค่าของค่า PV,SV และ MV หรือใช้เป็นคำสั่งยกเลิกในการโปรแกรม [CLEAR]แต่ถ้ากดคีย์สวิทช์นี้นานกว่า 1 วินาที ค่าของ PV,SV ของลูฟ จะถูกแสดงค่าที่ตัวแสดงผลบาร์กราฟ

20. สวิทช์ฟังก์ชั่น [FUNCTION]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสวิทช์ที่ใช้สำหรับการเลื่อนฟังก์ชั่นโหมดต่างๆ จะเลื่อนไปทีละฟังก์ชั่น เมื่อมีการกดคีย์สวิทช์นี้ ดังตัวอย่างข้างล่าง

สวิทช์คีย์ถูกกด	โหมดการทำงาน	การแสดงค่า
	การทำงานภาวะปกติ	
FNC ถูกกด	โหมด ALARM ฟังก์ชั่น	"ALM"
FNC ถูกกด	โหมด I/O ฟังก์ชั่น	"I/O"
FNC ถูกกด	โหมดพารามิเตอร์	"PARAM"
FNC ถูกกด	โหมด SYSTEM	"SYSTEM"
FNC ถูกกด	โหมด AUTO-TUNING	"ADTUN"

21. สวิทช์คีย์ ENTER/FAST

เป็นสวิทช์คีย์ที่ใช้ร่วมกับ

- การเซ็ทค่าเป้าหมายให้เร็วขึ้น
- การเซ็ทค่าเป้าหมายให้ลดลงอย่างเร็ว
- การเซ็ทค่าสัญญาณเอาท์พุทให้เร็วขึ้น
- การเซ็ทค่าสัญญาณเอาท์พุทให้ลดลงอย่างเร็ว

- การรีเซ็ทค่าสัญญาณเมื่อระบบเกิด ALARM

ของสภาวะการเกิด HIGH ALARM (PH)

LOW ALARM (PL)

22. สวิทช์คีย์เลือกหมายเลขลูฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสวิตช์ที่สำหรับเลือกหมายเลข เพื่อไว้ใช้สำหรับดูค่าในลูฟแต่ละลูฟ ค่าสัญญาณอินพุทแต่ละอินพุทและตารางโพลิโนเมียล

หมายเหตุ ในเครื่องมีลูฟอยู่ 3 ลูฟ สำหรับใช้งาน

23. ตัวต่อ RS-232C CONNECTOR

เป็น ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง กับตัว ส่วน จะอยู่ด้านหลังฝาครอบด้านล่างที่หน้าเครื่อง

24. ตัวป้าย TAG

เป็นแผ่นป้ายสำหรับเขียนชื่อหรือหมายเลขลูฟ

ฟังก์ชั่น (FUNCTIONS)

มีรูปแบบการควบคุมอยู่ 5 แบบ โดยสามารถเลือกได้โดยใช้สวิทช์คีย์บอร์ดหน้าเครื่อง ส่วนการเซ็ทพารามิเตอร์ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบของแต่ละฟังก์ชั่นของการควบคุม ซึ่งพารามิเตอร์แต่ละอันจะไม่เหมือนกัน แต่สำหรับบางพารามิเตอร์ ไม่สามารถเปลี่ยนได้ด้วยสวิทช์คีย์ที่หน้าเครื่อง แต่ต้องใช้ HANDY TERMINAL แทน

การใช้งานและลำดับขั้นตอนวิธีการใช้

การแสดงผลของเครื่อง DDLC และการทำงานแต่ละโหมดมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะปกติ การเปลี่ยนโหมดการควบคุม

การเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (S.V.)

การเปลี่ยนค่าสัญญาณควบคุมในระบบ MANUAL MODE

<u>การเลือกฟังก์ชั่นโหมด</u>

: การเช็คสัญญาณ ALARM

: การเช็คสัญญาณอินพุทและเอาท์พุท

: การเช็คและเปลี่ยนค่าในพารามิเตอร์ต่างๆ

: เงื่อนไขในการส่งผ่านข้อมูลของอินพุท/เอาท์พุท ไปที่การ์ดหน่วยความจำ (MEMORY CARD) หรือจากการ์ดหน่วยความจำไปที่อินพุท และเอาท์พุท

: การเซ็ทค่าพารามิเตอร์ AUTO-TUNING

<u>โหมดแสดงค่า</u> เป็นการเลือกการแสดงค่าของข้อมูลในแต่ละโหมด เช่น SV เป็นต้น

<u>การเปลี่ยนแปลงข้อมูลในแต่ละโหมด</u> : การเปลี่ยนค่าสัญญาณเอาท์พุท MV หรือค่า SV เป็นต้น

<u>ตาราง 3 รายละเอียดฟังก์ชั่นหน้าเครื่อง</u>

ฟังก์ชั่น		รายละเอียด
ALM	ฟังก์ชั่น ALARM (สัญญาณเตือน)	-สัญญาณเตือนเกี่ยวกับระบบ (SYALM) -สัญญาณเตือนเกี่ยวกับลูฟควบคุม (LOOP) -สัญญาณเตือนเกี่ยวกับอินพุท PV (ALPV)
I/O	การทำงานของอิน	-PV อินพุท (PVC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	พุท/เอาท์พุท	-ขบวนดิจิตอล/เอาท์พุท (DI,DO)
PARAM	การเซ็ทพารามิเตอร์	-สัญญาณเตือน PV (PH,PL,PV) -สัญญาณอินพุทพารามิเตอร์ (DF) -การเซ็ทช่วงการใช้งานของเครื่องมือวัด (RH,RL) -ข้อมูลของลูฟ (PV,PL,MV) -การเซ็ท LIMIT ค่าของสัญญาณเอาท์พุท MV (MH,ML,MV,DVL,D/R) -การระบุการทำงานของสัญญาณควบคุมวาล์ว (VD) -การเซ็ทพารามิเตอร์เกี่ยวกับการควบคุม (KP,TI,TD) -(RT,BS) -การเซ็ทค่า MVF
SYSTEM	การทำงานเกี่ยวกับระบบ	-การระบุการใช้งานของสัญญาณอินพุท -การระบุรูปแบบของการควบคุม (TYPE OF CONTROL (FUNC1,FUNC2) -การเลือกตารางโพลีโนเมียลไลน์ -การระบุรูปแบบการสื่อสารข้อมูล เช่น RS232, RS485 -การระบุใช้การ์ดหน่วยความจำ (CARDR,CAROW) -การระบุรหัสของ SYSTEM (CYCOD) -การระบุสวิตช์พารามิเตอร์ (SW1 ถึง SW2 ,SW5 ถึง SW8) -การระบุตัวแสดงผลบาร์กราฟ (BAR,BARMD) การระบุการย่อสเกล(PVSC,SVSC,MVSC*) -การระบุการเริ่มต้นของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		RAM (LOAD,SAVE) -การระบุการล็อคฟังก์ชั่น (PLOCK) -การระบุการติดตามสัญญาณ SV (SVT) -การะบุเงื่อนไขการรีเซ็ทสัญญาณเตือน (ALMCF)
ADTUN	การทำค่าพารามิเตอร์ ของตัวควบคุมแบบอัตโนมัติ	-การเซ็ทขนาดของสัญญาณ (PA) -การแยกเซ็ทค่าพารามิเตอร์ (TA,SI,PF) การเลือกแบบของพารามิเตอร์(DAT,MDL) -การเซ็ทค่า (SPS,EI,EN,EB) โดยเครื่อง -การ LIMIT ค่าสัมประสิทธิ์ของการ TUNING(PLMT,ILMT,DLMT) -การเช้คค่าสภาวะของ ADTUNE -การปรับหาค่าพารามิเตอร์ (TKP,TKI,TTD,T๒,PTA,PSI,PPF) -การระบุค่าคงที่ในการเซ็ทค่าเพื่อการปรับค่าอัตโนมัติ (SET) -การเซ็ทพารามิเตอร์ของการควบคุม (2)

<u>การเตรียมการใช้งาน</u>

สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ การเซ็ทคอลโทรลฟังก์ชั่น และการเช้ทพารามิเตอร์ เป็นหลักใหญ่ แต่เมื่อเซ็ทคอลโทรลฟังก์ชั่นทุกครั้ง (หมายถึง เปลี่ยนจากโหมดหนึ่งไปอีกโหมดหนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเซ็ต

1. เซ็ทโหมดฟังก์ชั่นคอลโทรล เช่น PID CONTROL หรือ CADCADE เป็นต้น

2. การเซ็ตตารางโพลีโน่เมียลไลน์ และ ROOT โดยการเซ็ทจะต้องสัมพันธ์กันกับคอนโทรลฟังก์ชั่น

3. การเซ็ทค่าตัวแปรของแต่ละพารามิเตอร์ ของคอลโทรลฟังก์ชั่น

4. ถ้าต้องการ BACK UP ข้อมูล ก็ทำการ SAVEลงใน EPROM

หลังจากการโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการเช็คโปรแกรมให้ละเอียดอีกครั้ง รวมระบบการต่อสายต่างๆของระบบ แล้วจึงค่อยทำการใช้งาน

การใช้งาน (OPERATION AND START)

1.การใช้งานระบบ MANUAL MODE

การใช้งานจะใช้ปรับค่า MV เอาท์พุท โดยใช้สวิตช์คีย์ และ คีย์ แต่ถ้าต้องการเร็วก็กดสวิตช์ ENT/FAST ช่วยจะทำให้เร็วขึ้น

เมื่อกดคีย์ ค่า MV เอาท์พุทจะค่อยๆขึ้น (ความเร็ว 40 วินาที เต็มสเกล)
เมื่อกดคีย์ ค่า MV เอาท์พุทจะค่อยๆลดลง (ความเร็ว 40 วินาที เต็มสเกล)
เมื่อกดคีย์ ENT/FAST ค่า MV เอาท์พุทจะขึ้นเร็วกว่าแบบแรก (ความเร็ว 5 วินาที เต้มสเกล)
เมื่อกดคีย์ ENT/FAST ค่า MV เอาท์พุทจะลงเร็วกว่าแบบแรก (ความเร็ว 5 วินาที เต้มสเกล)

2.การเซ็ทค่าเป้าหมาย (SV)

การเซ็ท สามารถเซ็ทได้จากสวิตช์คีย์ SV และ แต่ถ้าต้องการค่าเป้าหมาย(SV) ขึ้นเร็วลง เร็วก็ต้องใช้สวิตชคีย์ ENT/FAST ช่วย
ความเร็วปกติ ใช้เวลา 100 วินาที เต็มสเกล
ความเร็วปกติเมื่อใช้สวิทช์คีย์ ENT/FAST ช่วย ใช้เวลา 10 วินาทีเต็มสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การตรวจเช็คสัญญาณเตือนภัย (ALARM) และการเข้าโหมดอัตโนมัติ (AUTOMATIC) ก่อนที่จะทำการเซ็ทโหมด เข้าสู่ AUTO MODE ควรพิจารณาตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1.ปรับค่า MV เอาท์พุท โดยการ MANUAL ดูจนกระทั่งค่า PV เข้าใกล้ค่าเป้าหมาย (SV) มากที่สุด

2.ทดลองปรับค่า PID พารามิเตอร์ เช่น KP = 0.1,TI= 20นาที ,TD = 0นาที

3.เปลี่ยนสวิทช์คีย์โหมด จาก MANUAL เข้าสู่ AUTO หรือ CASCADE แต่ถ้าเกิดสัญญาณ ALARM เกิดขึ้น ให้เช็คได้จาก DISPLAY FUNCTION

4.การทำงานในสภาวะคงที่ (STEADY OPERATION)

1.การเปลี่ยนโหมด

การเปลี่ยนโหมดสามารถทำได้ โดยเปลี่ยนจาก M ไป A หรือ A ไป C หรือ C มา A และ M

M : MANUAL MODE

A : AUTOMATIC MODE

C : CASCADE MODE

2.การเซ็ทค่าพารามิเตอร์

การเซ็ทด้วยสวิตช์คีย์หน้าเครื่องดังได้อธิบายมาแล้ว ส่วนถ้าต้องการ BACK UP ข้อมูล ก็ทำได้โดยการ SAVE ฟังก์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรม

ขั้นตอน

1. สร้างกระบวนการที่ต้องการจะจำลองพร้อมทั้งแบ่งเป็นกรณีต่างๆ
2. กำหนดตัวแปรต่างๆดังตัวอย่างที่กล่าวมาแล้ว
3. สร้างสมการในกรณีต่างๆ จากตัวแปรที่กำหนดไว้
4. แบ่งส่วนของโปรแกรมที่จะต้องสร้างออกเป็นส่วนสำคัญได้ 4 ส่วน คือ

4.1 ส่วนการคำนวณ จะนำสมการที่ได้มาคำนวณโดยวิธีเชิงตัวเลขในที่นี้จะใช้วิธี

ของ Runge - Kutta เนื่องจากมีลักษณะง่ายต่อการคำนวณและมีค่า error น้อยกว่าแบบ Euler และ Improve Euler ที่ time step เดียวกัน ตัวโปรแกรมการคำนวณนี้ได้กำหนดให้สมการต่างๆอยู่ในรูปของฟังก์ชัน และฟังก์ชันเหล่านั้นจะสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การหาค่าของฟังก์ชันจะต้องเริ่มหาจากค่าเริ่มต้นแล้วจึงหาค่าในขั้นต่อๆไป โดยที่ค่าเริ่มต้นนี้จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรม

4.2 ส่วนของการแสดงผล ซึ่งจะมีการแสดงผลในแบบกราฟฟิก คือ เป็นกราฟเส้น และกราฟแท่ง โดยจะรับค่าได้จากการคำนวณ มาแปลงให้ได้ขนาดของกราฟตามต้องการแล้วแสดงผลออกไป

4.3 ผลจากการคำนวณในข้อ 4.1 นอกจากจะถูกส่งไปยังส่วนของการแสดงผลแล้วยังถูกส่งไปยังคอนโทรลเลอร์ ถ้ากระบวนที่สร้างมีส่วนประกอบของ คอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ค่าที่จะถูกส่งไปยังคอนโทรลเลอร์ยังถูกกำหนดโดยผู้ใช้ว่าต้องการจะให้ส่งค่าใด หรือพูดอีกอย่างหนึ่งก็คือ ผู้ใช้ต้องการจะควบคุม ระดับในถังใบใด หลังจากนั้นก็จะรับค่าจากคอนโทรลเลอร์ มาเก็บไว้ในตัวแปร ที่กำหนดเพื่อจะนำกลับไปคำนวณใหม่

4.4 ส่วนของโปรแกรมหลักจะรวมเอาส่วนของการคำนวณ ส่วนของการแสดงผล และส่วนของการติดต่อกับคอนโทรลเลอร์ เข้าด้วยกัน

5 ในการติดติอกับคอนโทรลเลอร์ตามข้อ 4.3 จะต้องทราบถึงรูปแบบของข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโทรลเลอร์รับได้เสียก่อน จึงต้องมีการศึกษาในเรื่องนี้ และเขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลให้มีรูปแบบตามที่กำหนดของคอนโทรลเลอร์นั้นๆ

อุปกรณ์ที่จะต้องมี

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ รุ่น 386 sx ขึ้นไป
2. จอมอนิเตอร์สี
3. VGA หรือ SVGA card
4. AD & DA card ซึ่งมี Digital input ที่ Address 305 Hex (high byte) และที่ Address 304 Hex(low byte, ใช้ 4 บิทบน) และมี Digital output ที่ address 301HEX (high byte) และ address 300 Hex (low byte , ใช้ 4 บิทบน) ซึ่งในการทดลองเราใช้ PCL- 818 เป็น AD & DA INTERFACE CARD
5. Power supply 1-5 vdc (ในกรณีที่ต้องการให้มี Disturbance จากภายนอก)
6. Soft ware ในที่นี้เราระบุในโปรแกรมว่าใช้กับ PCL-818 เท่านั้น
7. Driver ของ AD & DA INTERFACE CARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกดคีย์ Esc จะเป็นการออกจากส่วนที่กำลังทำงานอยู่ไปยังส่วนก่อนหน้านั้น

* หมายเหตุ * การแสดงผลด้วยกราฟนั้นจะให้

สีเขียว แทน ระดับน้ำในถังที่ 1

สีเหลือง แทน ระดับน้ำในถังที่ 2

สีฟ้า แทน ระดับน้ำในถังที่ 3

สีแดง แทน ระดับน้ำในถังที่ 4

ในการกำหนดค่าให้ตัวแปรใดๆ จะมีค่าสูงสุดได้ถึง 30,000 และหลักทศนิยมมีได้สูงสุด 4 หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การใช้งาน PCL-818

switch ที่สำคัญต่างๆ

sw 1 เป็น switch เลือกความเร็วของสัญญาน clock ซึ่งจะมี 2 ค่า คือ 1 MHz และ 10 MHz ปกติจะตั้ง sw 1 ที่ค่า 1 Mhz

sw 2 เป็น switch เลือกความจุในการส่งข้อมูล DMA มีให้เลือกคือ Level 1 และ Level 3 ปรกติจะตั้ง sw2 ไว้ที่ Level 3

sw 3 เป็น DIP switch 6 ตัว สำหรับเลือกค่า base address ปรกติจะตั้งไว้ที่ address 300 Hex

sw 4 เป็น DIP switch 4 ตัว เพื่อเลือกค่า range ของ analog input และจะมีผลเมื่อ sw 6 อยู่ที่ตำแหน่ง local

sw 5 เป็น switch เลือกชนิดของ analog input มี 2 ลักษณะคือ single-ended (S/E) ซึ่งจะมี analog input 16 ช่อง และแบบ differencial ซึ่งจะมี analog input 8 ช่อง

sw 6 เป็น switch เลือกโหมดของ range ของ analog input มี 2 โหมด คือ Local (LCL) range ของ analog input จะถูกตั้งที่ sw 4 และแบบ Remote (REM) range ของ analog input จะถูกตั้งโดย software ปกติจะถูกตั้งอยู่ที่ REM

JP 3 , JP 4 เมื่อ jumper อยู่ทางซ้าย analog output จะถูกเทียบกับระดับแรงดันภายในและเมื่อ jumper อยู่ทางด้านขวา analog output จะถูกเทียบกับระดับแรงดันภายนอก

JP 3 จะใช้สำหรับตัว DA ช่องที่ 0 และ JP 4 ใช้กับช่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JP 5 เมื่อ analog output ถูกอ้างอิงกับระดับแรงดันภายใน JP 5 จะเป็นตัวเลือกระดับอ้างอิงนั้นว่าเป็น -5 V หรือ - 10 V

สำหรับโปรแกรมนี้ switch ต่างๆได้ตั้งค่าดังนี้

SW 6 อยู่ที่ตำแหน่ง LCL

SW 5 อยู่ที่ตำแหน่ง S/E

SW 4 อยู่ที่ตำแหน่ง 0-5 V (off on off on)

JP 3 อยู่ทางด้านซ้าย

JP 5 อยู่ที่ตำแหน่ง 5 V

ส่วน switch อื่นๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

<u>การแปลงสัญญาน Digital จาก คอมพิวเตอร์ เป็น Analog เพื่อส่งไปยังเครื่องควบคุม</u>

สัญญาน Digital ที่จะแปลงมี 12 บิท การแปลงโดยการป้อนค่า high byte 8 bit ไปที่ address 305 Hex และ low byte อีก 4 bite ไปที่ address 304 Hex โดยใช้เฉพาะ 4 bite บน ของ address 304 Hex และที่ address 307 Hex และ 306 Hex โดยมีลักษณะเหมือนกับที่ address 305 และ 304 Hex

ส่วนสัญญาน analog output จะออกที่ขา 3 (D/A 0 out) และขา 4 (D/A 1 out) ของ CN2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การต่อ Analog Output</u>

การแปลงสัญญาน Analog จาก Ccntroller และ Disterbance เป็น Digital เพื่อเข้าคอมพิวเตอร์

1. ตั้งช่องเริ่มต้นและช่องสุดท้ายของการรับสัญญานที่ Register MUX ซึ่งมี address อยู่ที่ 302 Hex โดย 4 bit ล่างจะเป็นหมายเลขของช่องเริ่มต้น และ 4 bit บนเป็นหมายเลขของช่องสุดท้าย

2. ทำการ trig เพื่อให้ converter ทำการแปลงสัญญาณ การ trig ทำได้โดยใส่ค่า

01 Hex ใน address 300 Hex (trig by software)

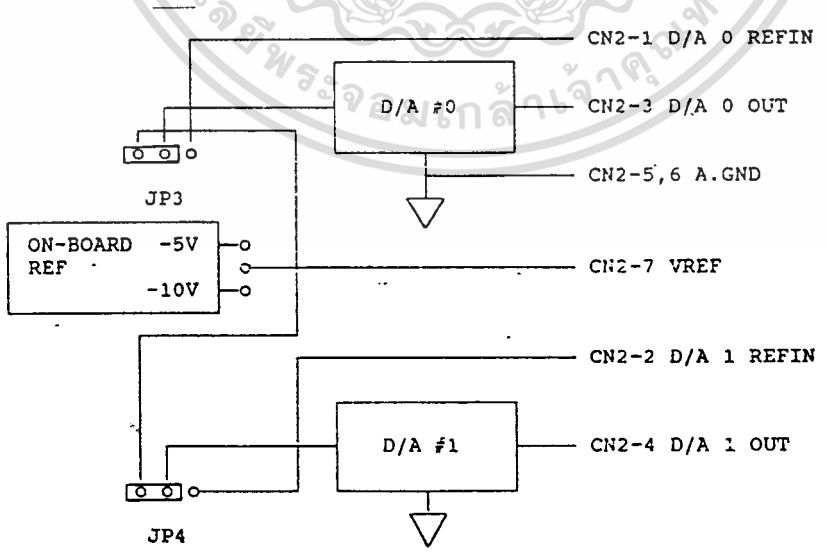
3. รอจนการแปลงเสร็จเรียบร้อย ค่าใน bit INT (บิทที 5) ของ Status register

ซึ่งมี address อยู่ที่ 308 Hexจะมีค่าเป็น 1

4. ค่าที่แปลงเสร็จแล้วจะถูกเก็บอยู่ที่ address 301 Hex (high byte) และ 300 Hex (low byte, เฉพาะ 4 bit บน ส่วน 4 bit ล่าง จะบอกถึงช่องสัญญาณที่ถูกแปลง)

5. เก็บค่าที่ได้อยู่ในตัวแปรของจำนวนเต็ม

หมายเหตุ ช่องสัญญาณของ Analog input สามารถมีได้สูงสุด 16 ช่อง สำหรับโหมด S/E และ 8 ช่องสำหรับโหมด DIF



D/A CONVERTER SIGNAL CONNECTIONS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลอง

การเขียนโปรแกรม

ขั้นตอน

1. สร้างกระบวนการที่ต้องการจะจำลองพร้อมทั้งแบ่งเป็นกรณีต่างๆ
2. กำหนดตัวแปรต่างๆดังตัวอย่างที่กล่าวมาแล้ว
3. สร้างสมการในกรณีต่างๆ จากตัวแปรที่กำหนดไว้
4. แบ่งส่วนของโปรแกรมที่จะต้องสร้างออกเป็นส่วนสำคัญได้ 4 ส่วน คือ

4.1 ส่วนการคำนวณ จะนำสมการที่ได้มาคำนวณโดยวิธีเชิงตัวเลขในที่นี้จะใช้วิธี
ของ Runge - Kutta เนื่องจากมีลักษณะง่ายต่อการคำนวณและมีค่า error น้อยกว่าแบบ Euler และ Improve Euler ที่ time step เดียวกัน ตัวโปรแกรมการคำนวณนี้ได้กำหนดให้สมการต่างๆอยู่ในรูปของฟังก์ชัน และฟังก์ชันเหล่านั้นจะสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การหาค่าของฟังก์ชันจะต้องเริ่มหาจากค่าเริ่มต้นแล้วจึงหาค่าในขั้นต่อๆไป โดยที่ค่าเริ่มต้นนี้จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรม

4.2 ส่วนของการแสดงผล ซึ่งจะมีการแสดงผลในแบบกราฟฟิก คือ เป็นกราฟเส้น และกราฟแท่ง โดยจะรับค่าได้จากการคำนวณ มาแปลงให้ได้ขนาดของกราฟตามต้องการแล้วแสดงผลออกไป

4.3 ผลจากการคำนวณในข้อ 4.1 นอกจากจะถูกส่งไปยังส่วนของการแสดงผลแล้วยังถูกส่งไปยังคอนโทรลเลอร์ ถ้ากระบวนที่สร้างมีส่วนประกอบของ คอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ค่าที่จะถูกส่งไปยังคอนโทรลเลอร์ยังถูกกำหนดโดยผู้ใช้ว่าต้องการจะให้ส่งค่าใด หรือพูดอีกอย่างหนึ่งก็คือ ผู้ใช้ต้องการจะควบคุม ระดับในถังใบใด หลังจากนั้นก็จะรับค่าจากคอนโทรลเลอร์ มาเก็บไว้ในตัวแปร
ที่กำหนดเพื่อจะนำกลับไปคำนวณใหม่

4.4 ส่วนของโปรแกรมหลักจะรวมเอาส่วนของการคำนวณ ส่วนของการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่วนของการติดต่อกับคอนโทรลเลอร์ เข้าด้วยกัน

5 ในการติดติอกับคอนโทรลเลอร์ตามข้อ 4.3 จะติองทราบถึงรูปแบบของข้อมูลที่คอนโทรลเลอร์รับได้เสียก่อน จึงต้องมีการศึกษาในเรื่องนี้ และเขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลให้มีรูปแบบตามที่กำหนดของคอนโทรลเลอร์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรม

การสร้างโปรเซสใหม่ (F1- New)

จะต้องวางตำแหน่งของถังทีละใบ โดยในแต่ละใบจะเลือกระดับการวางได้ 3 ระดับโดยการกดคีย์ลูกศร , เมื่อวางตำแหน่งของถังแล้วจะต้องกำหนดค่าให้ตัวแปรต่างๆ เช่น พื้นที่ก้นถัง, ค่า cv , และ vp ของวาวล์ , ชนิดของวาวล์ , อัตราการไหลที่ถูกปั๊มออก

สำหรับถังที่ 2 และ 3 เมื่อกำหนดตำแหน่งของถังเสร็จแล้ว จะต้องกำหนดชนิดของโปรเซส (non- interact หรือ interact) และกำหนดระยะระหว่างก้นถังด้วย

เมื่อกำหนดตำแหน่งของถังทั้ง 3 ใบเสร็จแล้ว จะต้องกำหนดความสูงของถังโดยความสูงนี้จะเท่ากันทุกถัง

นอกจากนี้ยังต้องกำหนดค่าต่างๆของวาวล์ที่เชื่อมต่อระหว่างถังด้วย

<u>การรันโปรแกรม</u> (F2 - Run)

เมื่อกดคีย์ F2 หลังจากที่สร้างโปรเซสเสร็จแล้ว โปรแกรมจะเข้าสู่จอภาพแสดงผล ซึ่งจะแสดงผลของการรันในรูปกราฟเส้น และกราฟแท่ง นอกจากนี้ยังบอกค่าของตัวแปรต่างๆของถังวาวล์และปั๊มในขณะนั้นด้วย

ในจอภาพนี้ สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไข ค่าตัวแปรของอุปกรณ์ต่างๆได้โดยการกดคีย์ F1- Modify จะปรากฏเป็นตัวเลือกว่าต้องการแก้ไขค่าตัวแปรของอุปกรณ์ใด และจะต้องกดคีย์ใด

การหยุดรันชั่วคราวสามารถทำได้เมื่อกดคีย์ใดๆ จอภาพทั้งหมดจะหยุดนิ่งและจะทำการรันต่อเมื่อกดคีย์ F2 - Continue

<u>อธิบายโปรแกรม</u>

Unit GphRead - เป็น Unit ซึ่งเก็บโปรแกรมย่อย สำหรับการอ่านค่าจำนวนจริงและจำนวนเต็มในโหมดกราฟฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit Picture - เป็น Unit ซึ่งเก็บโปรแกรมย่อย ในการสร้างรูปต่างๆ เช่น ถัง, ท่อ,วาวล์

Unit Rununit - เป็น Unit ซึ่งเก็บโปรแกรมย่อยที่จำเป็นในการรันโปรแกรม เช่น การสร้างกราฟเส้น,กราฟแท่ง,จอภาพแสดงสภานะต่างๆ

Program Process- เป็นโปรแกรมหลัก ซึ่งจำลอง Process ในโปรแกรมนี้จะมีการสร้าง Process ใหม่ การคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นต่างๆซึ่งสร้างขึ้นจากสมการและวิธีการเชิงตัวเลข การรันและแสดงผล รวมถึงการติดต่อรับส่งข้อมูลกับ Controller

จากโปรแกรมที่เขียนขึ้นเราสามารถป้อนค่าต่างๆลงไป โดยโปรแกรมจะถามตามลำดับ ดังนี้

1. ตำแหน่งของถังแต่ละถัง สามารถเลือกได้ 3 ระดับ
2. พื้นที่ของก้นถังแต่ละถัง (Area of Tank bottom : m)
3. ชนิดของวาวล์ (Valve type) ว่าเป็น manual หรือ control valve
4. คุณลักษณะของวาวล์ (Characteristic of valve)
   - ค่าสัมประสิทธ์การไหลของวาวล์ (cv : Gal/min)
   - ความดันตกคร่อมวาวล์ (ΔP : Kg/cm)
   - ตำแหน่งของวาวล์ (vp : on1)
5. ปริมาตรของน้ำที่ปั๊มออก (q : m/h) สามารถเลือกได้เป็น Constant หรือ vary
6. ชนิดของกระบวนการว่าเป็นกระบวนการชนิดแบบมีผลกระทบ (inter active) หรือไม่มีผลกระทบ (non - interactive)
7. ระยะระหว่างก้นถัง (m)
8. ความสูงของแต่ละก้นถัง (m)
9. กำหนดระดับน้ำเริ่มต้นของแต่ละถัง (Initial level : m) ต้องไม่เกินกว่าความสูงในข้อ 8 ถ้าเกินโปรแกรมจะบอกให้ป้อนค่าใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการแสดงถึงการศึกษาเกี่ยวกับการจำลองการควบคุมกระบวนการระดับน้ำโดยนำเอาหลักการควบคุมที่ใช้วิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) มาใช้ โดยเป็นการจำลองกระบวนการออกมาแสดงผลทางหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของกระบวนการในแต่ละส่วนของระบบ

กระบวนการที่จะจำลองจะส่งค่า PV ออกจากกระบวนการ นำมาเปรียบเทียบระหว่างค่า SV หรือค่าที่ต้องการซึ่งกำหนดไว้ ค่าความแตกต่าง(Error)ที่ได้มาจะถูกส่งไปให้คอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและส่งค่า MV เพื่อเปิด/ปิดวาล์วที่ต้องการควบคุม เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะเสถียร (Steady State)กล่าวคือมีค่าความแตกต่างเป็นศูนย์

นอกจากนี้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ยังอาจจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง ดังนี้คือ

- ในโปรแกรมผู้ใช้สามารถกำหนดให้มีแทงค์น้ำได้ 3 ถังเท่านั้น จะมากหรือน้อยไปกว่านี้ไม่ได้
- ขณะที่กำลังรันโปรแกรมอยู่ ถ้าผู้ใช้กดปุ่ม Esc จะทำให้ออกจากโปรแกรม ซึ่งต้องรันและป้อนค่าใหม่ ทำให้เสียเวลากลับไปเริ่มต้นใหม่
- ถ้ากดคีย์ของโปรแกรมผิด จะย้อนกลับไปใหม่ไม่ได้ ต้องเริ่มใหม่หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

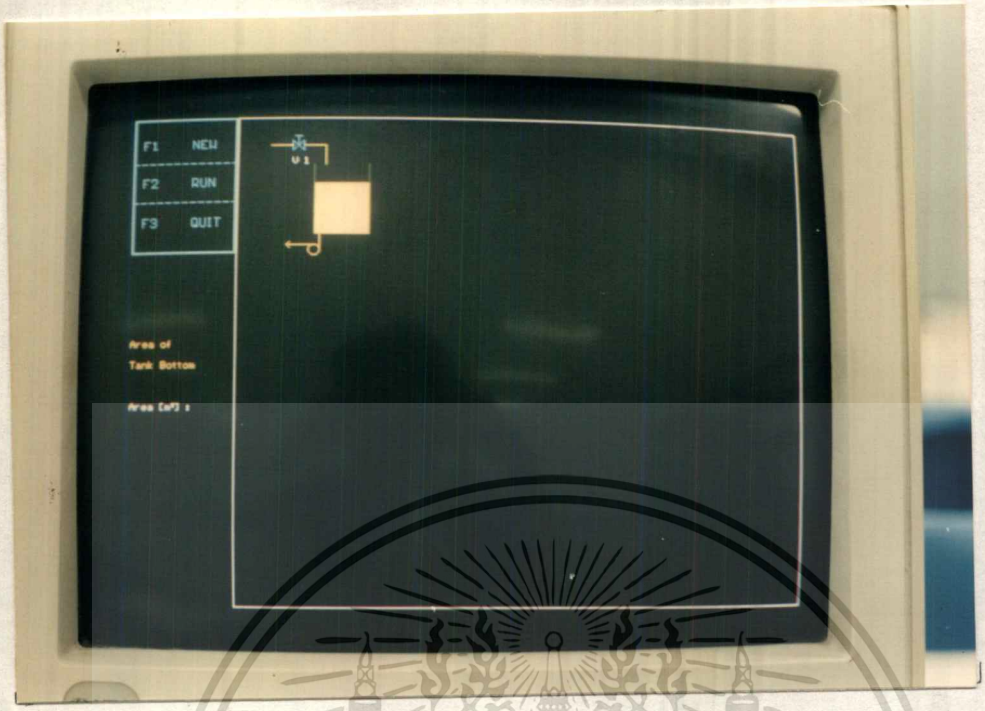
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

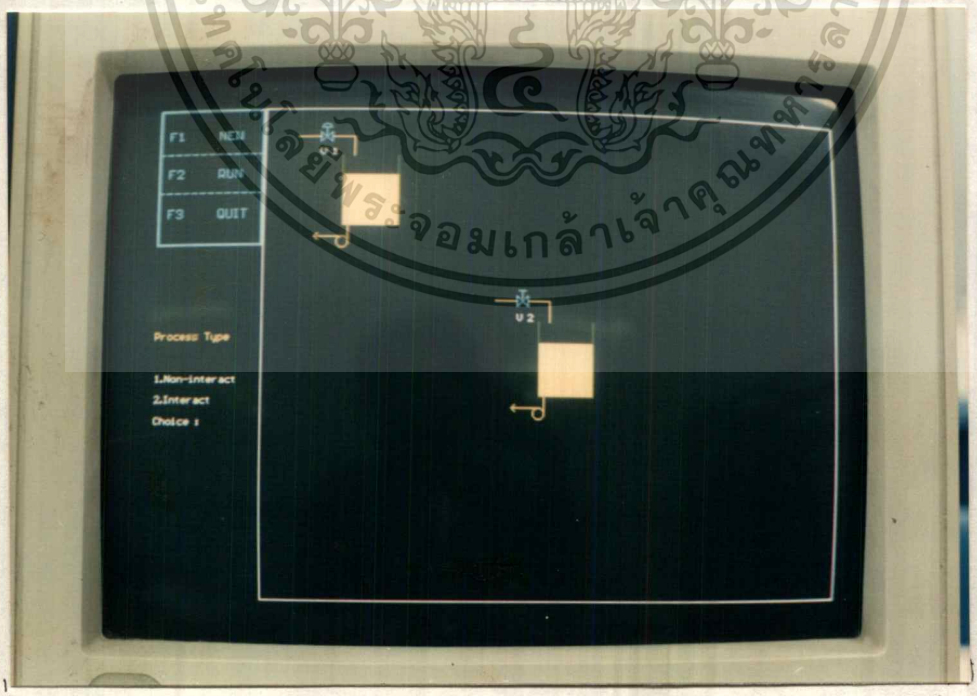
รูปที่ 1 ลักษณะของหน้าจอเมื่อเริ่มรันโปรแกรม PROJECT1.PAS

รูปที่ 2 แสดงการกำหนดตำแหน่งของถังที่สามารถจัดวางได้ 3 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

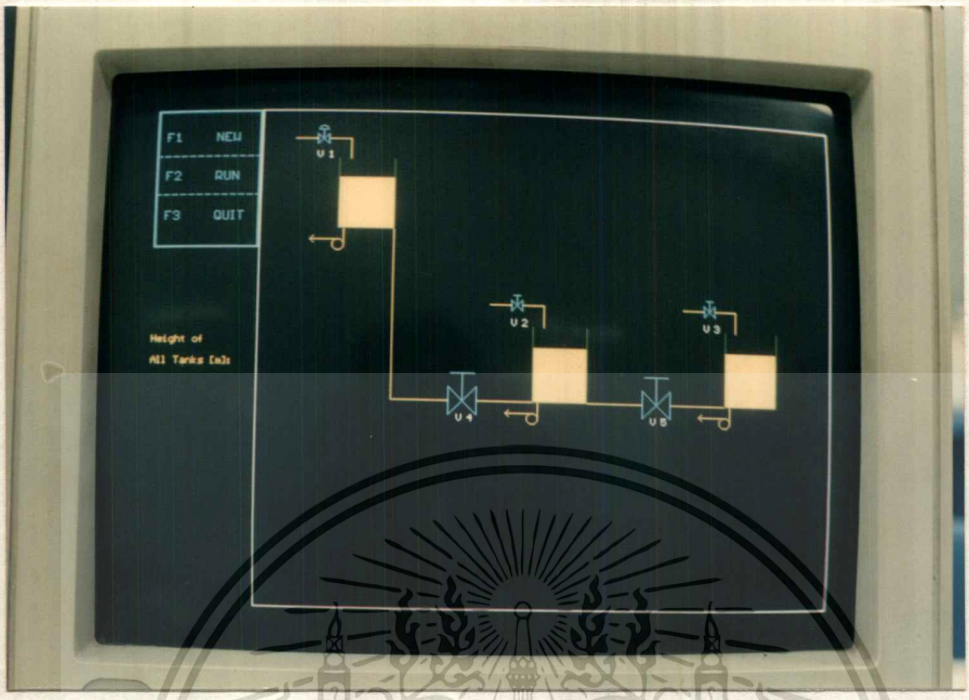


รูปที่ 3 แสดงพื้นที่ก้นถังของแต่ละถังที่ผู้ใช้ต้องกำหนด

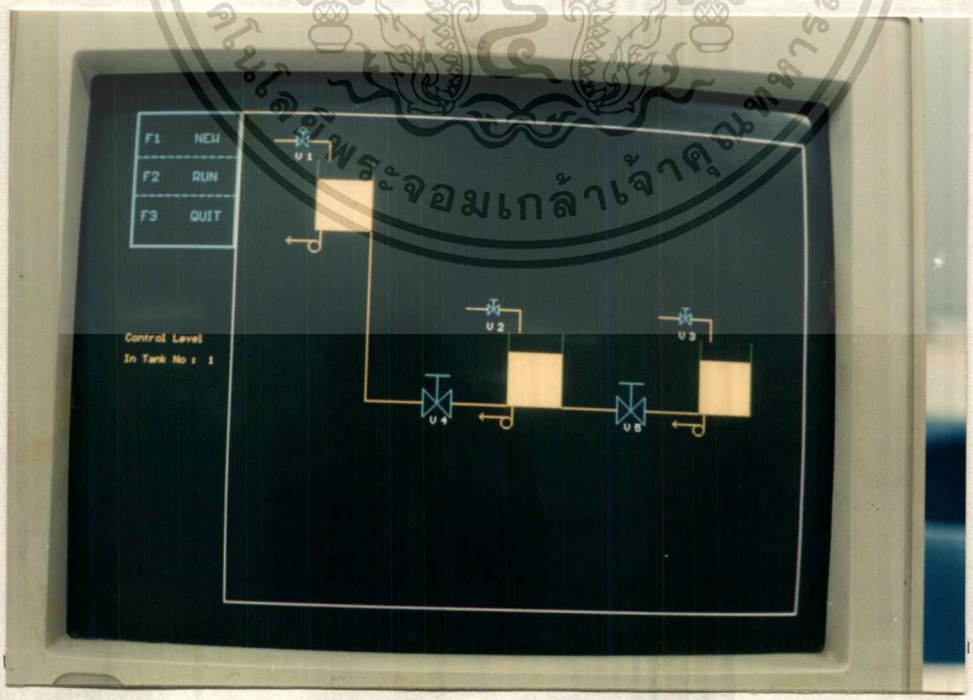


รูปที่ 4 แสดงชนิดของกระบวนการที่ผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามชนิดของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

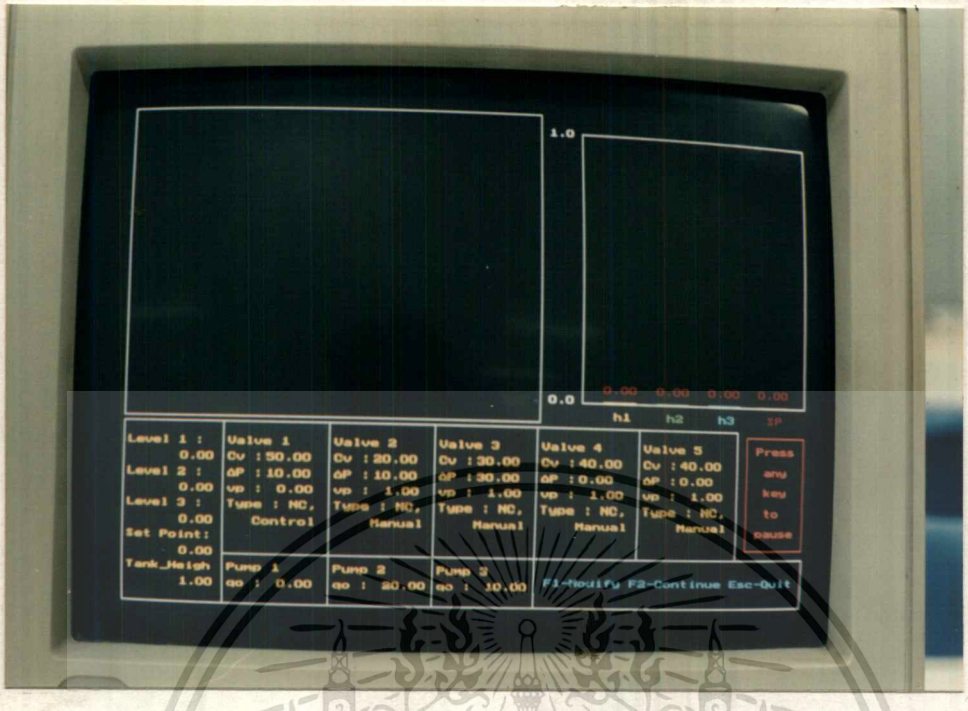


รูปที่ 5 แสดงการป้อนระดับความสูงของถังน้ำแต่ละถัง

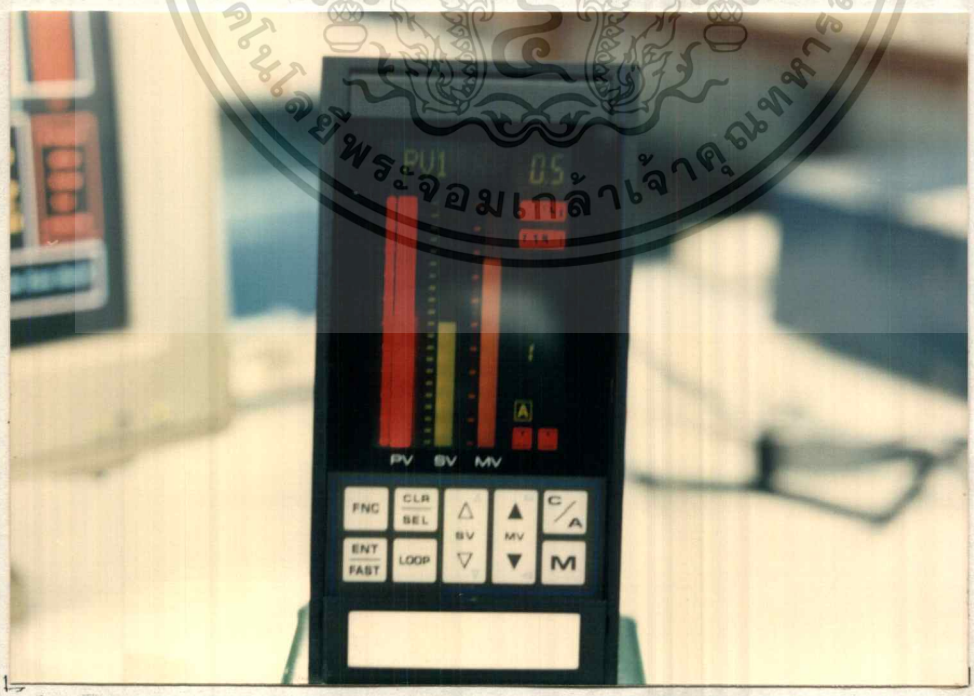


รูปที่ 6 แสดงการระบุการเลือกถังที่ต้องการควบคุมระดับน้ำในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

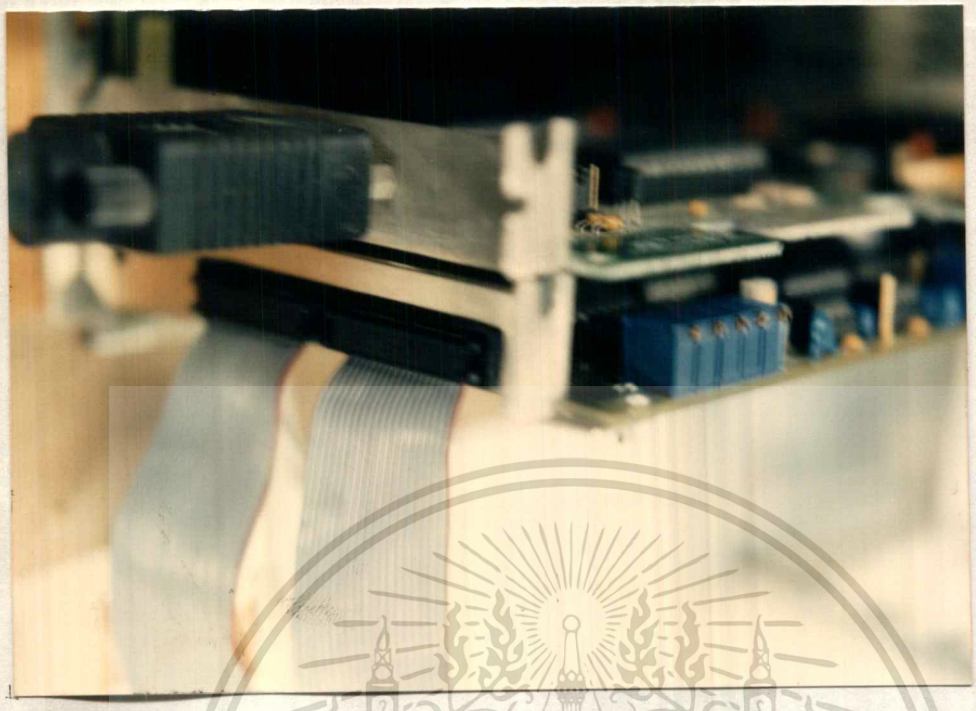


รูปที่ 7 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ก่อนเริ่มกระบวนการ



รูปที่ 8 แสดงลักษณะของเครื่องควบคุมกระบวนการ EC 320

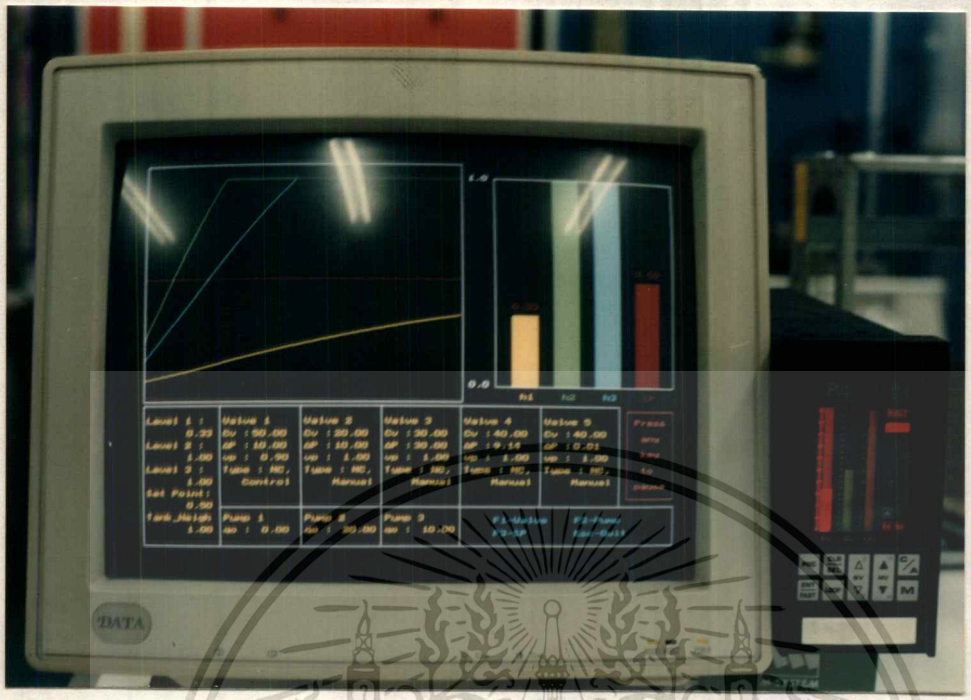
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงลักษณะการต่อใช้งานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุม

รูปที่ 10 แสดงภาพหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเริ่มให้กระบวนการเริ่มต้น

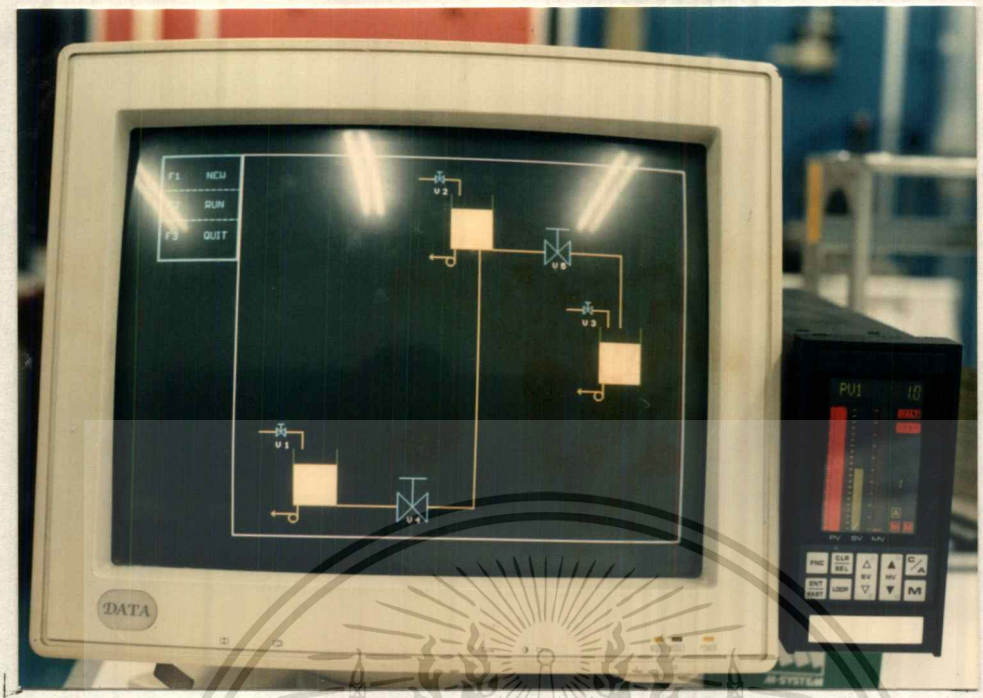
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



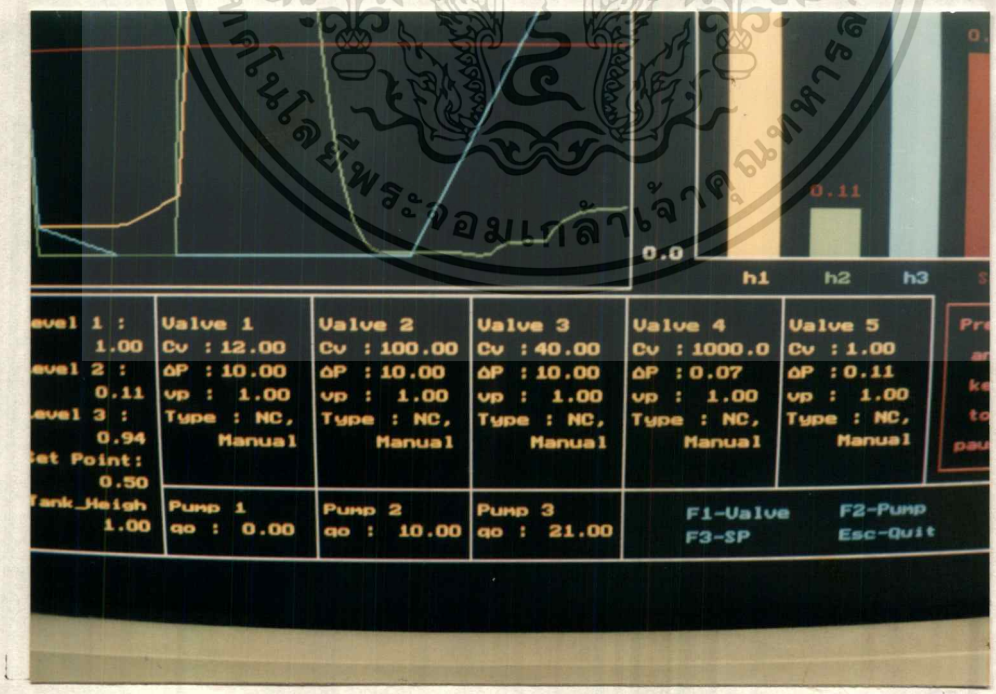
รูปที่ 11 แสดงภาพหน้าจอเมื่อกระบวนการเกิดขึ้นไปได้ระยะเวลาหนึ่ง

รูปที่ 12 แสดงลักษณะหน้าจอเมื่อระดับน้ำในถังที่ควบคุมเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

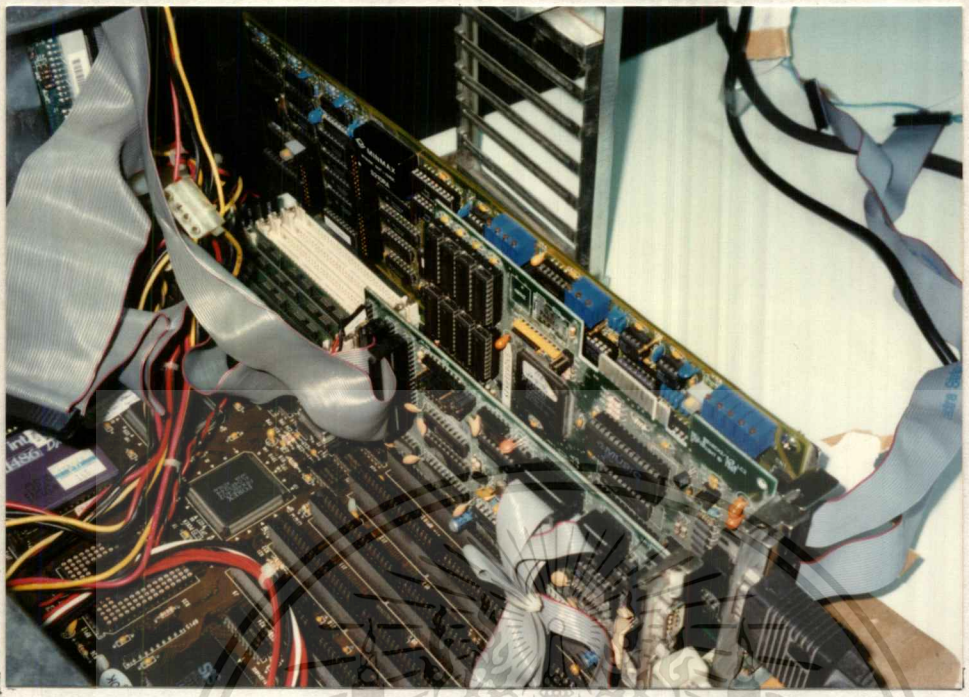


รูปที่ 13 แสดงการจัดวางกระบวนการในรูปแบบอื่น

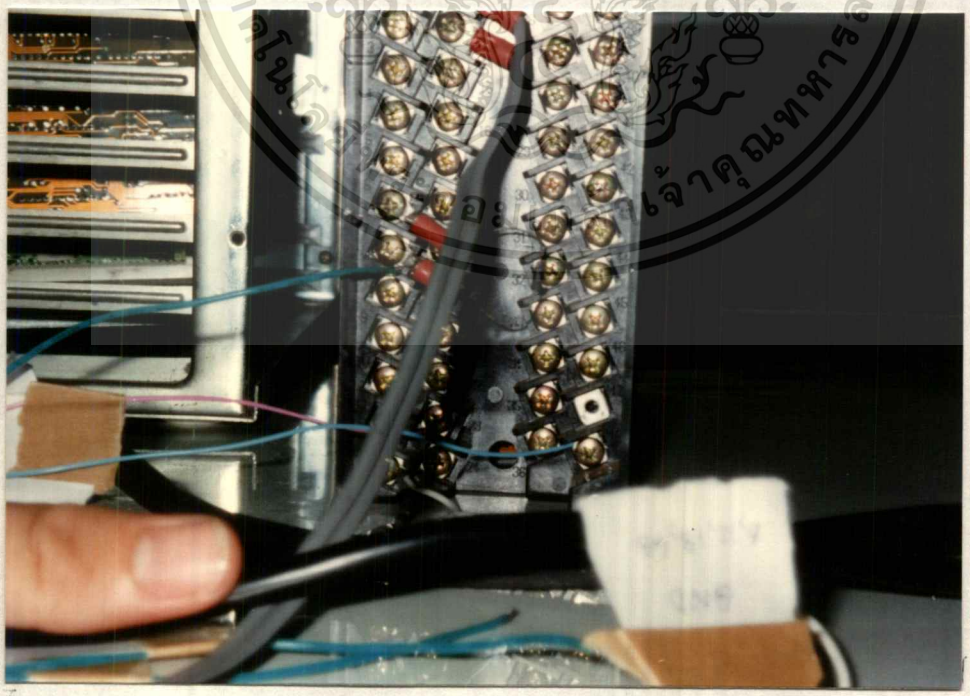


รูปที่ 14 แสดงรายละเอียดของหน้าจอในส่วนของตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 แสดงลักษณะของ PCL 818 กับ AD & DA CARD



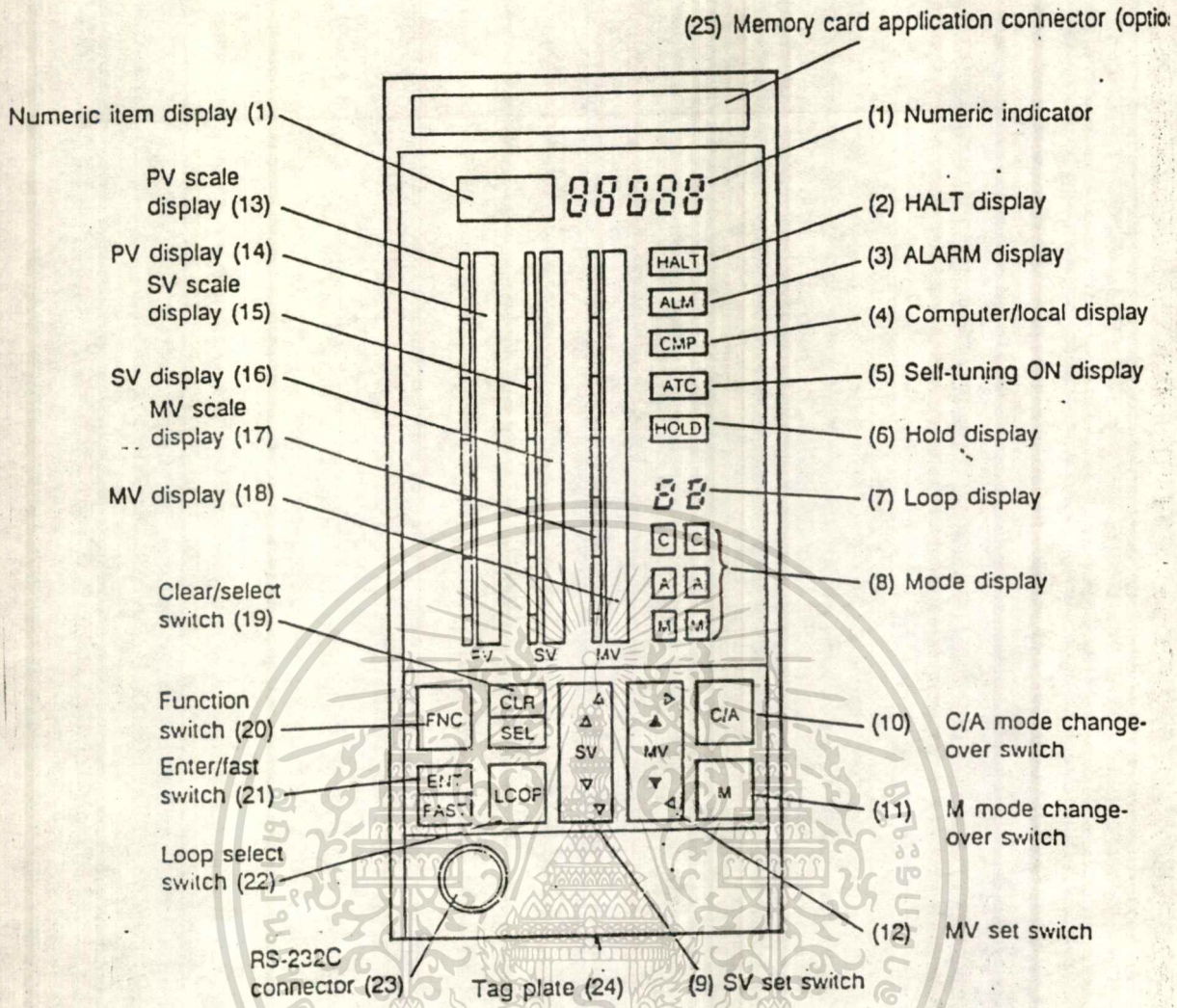
รูปที่ 16 แสดงการต่อสายสัญญาณ PV, MV เข้า-ออก เครื่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 17 แสดงการต่อร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ในการทำงานทั้งหมด

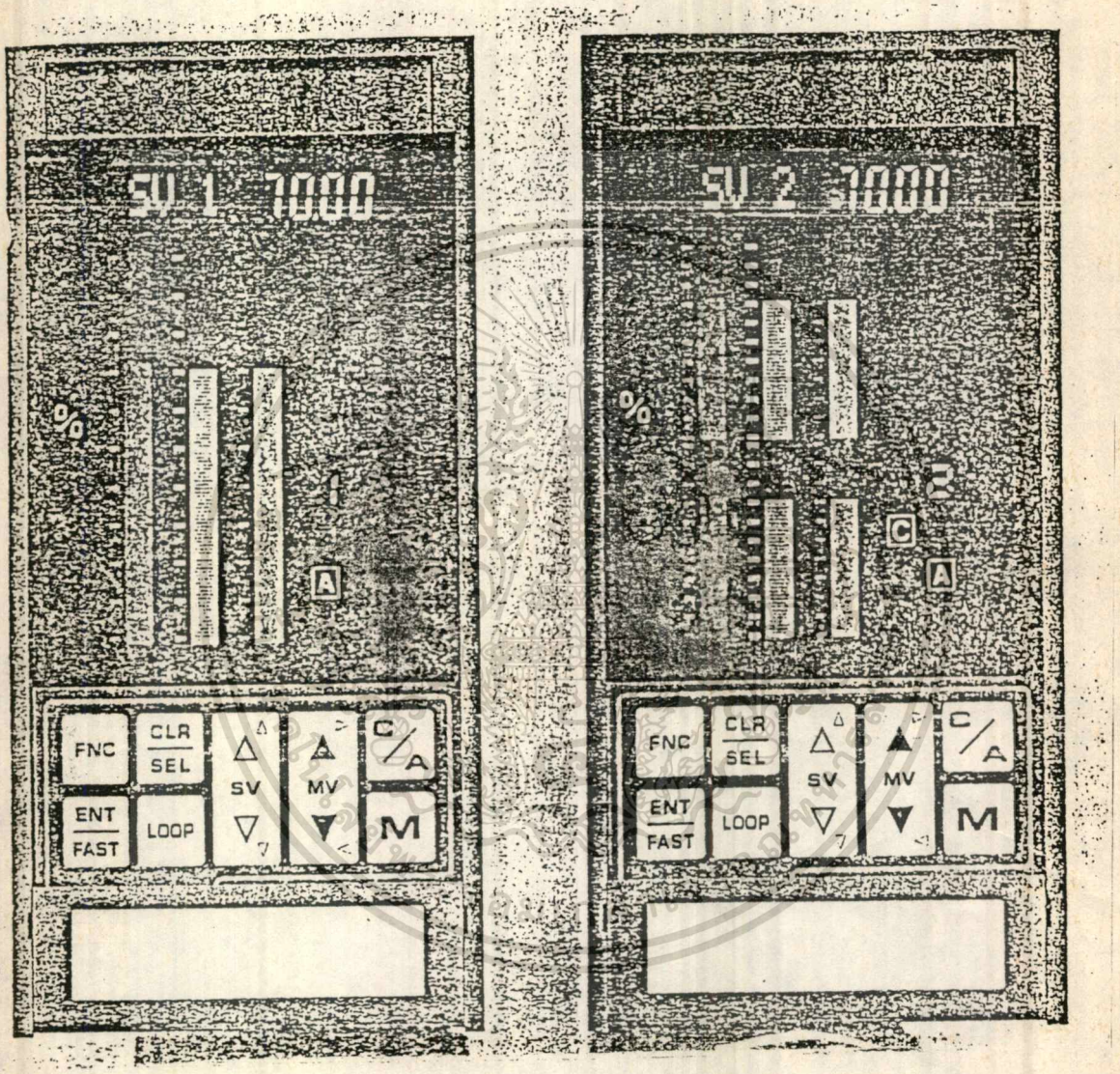
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 แสดงรายละเอียดต่างๆบนหน้าเครื่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18.1 เครื่องควบคุมรุ่น EC 320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.1 External Connection Table

Terminal No.	External Connection	Remarks
1	Ground	⏚
2	24 Vdc power supply	(+) Main power supply (DC type
3	DI 24 Vdc power supply (+)	(+) } 24 Vdc power supply
4	DI 24 Vdc power supply (-)	(-) }
5		Note 4)
6	Signal common	*
7	Manipulated output 1 (+)	(+) } MVO2
8		* (-) } OUT 4 to 20 mAdc Note 4)
9		Note 4)
10		Note 4)
11	Analog input 3 (AI3)	(+) } AI3, 1 to 5 Vdc
12	Signal common	* (-) } *
13	AC power supply	(+) Main power supply (AC type)
14	AC power supply common, DC power supply common	(-) Power supply common
15	Digital input 1 (DI1)	(+) } DI1
16		Note 6) (-) } Note 4)
17		Note 4)
18	Signal common	*
19	24 Vdc transmitter power supply	(+) } Transmitter
20		* (-) } (4 to 20 mAdc) Note 2) Note 4)
21	Pulse input (+)	(+) Connected to pulse input
22	Analog input 1 (AI1) Optional input 1 (RTD.A, TC. +)	Note 5) 1 to 5 V input, TC input and RTD input (+) (+) — A — Pt100 Ω
23	Optional input 1 (RTD.B, TC. -)	* (-) (-) — B — Note 5)
24	Optional input 1 (RTD.b))	b — Note 5) 1 to 5 V TC/mV
25	Digital output 1 (DO1)	(-) DO1 (RELAY OUT)
26	Digital output 2 (DO2)	(-) DO2 (RELAY OUT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การอ้างอิงต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 19 แสดงตารางต่อเชื่อมภายนอกของเครื่องควบคุม

Terminal No.	External Connection	Remarks
27		Note 4)
28		Note 4)
29	Transmission signal (-)	(-) TXD (RS-485) Note 5)
30	Reception signal (-)	(-) RXD (RS-485) Note 5)
31	Transmission common (shielded)	Connected to the transmission shield Note 5)
32		Note 4)
33	Pulse input (-)	(-) Connected to pulse input Note 5)
34	Analog input 2 (AI2) Optional input 2 (RTD.A, TC. +)	1 to 5 V input, TC input and RTD input (+) (+) — A
35	Optional input 2 (RTD.B, TC. -)	* (-) (-) — B — Pt100 Ω Note 5)
36	Optional input 2 (RTD.b)	1 to 5 V TC/mV — b — Note 5)
37	Digital output 1 (DO1)	(+) DO1 (RELAY OUT)
38	Digital output 2 (DO2)	(+) DO2 (RELAY OUT)
39		Note 4)
40		Note 4)
41	Transmission signal (+)	(+) TXD (RS-485) Note 5)
42	Reception signal (+)	(+) RXD (RS-485) Note 5)
43	Manipulated output 2 (+)	(+) } MVO2 * (-) } OUT 4 to 20 mAdc
44		Note 4)
45		Note 4)
46		Note 4)
47		Note 4)
48	Signal common	*

Note 1: Connect * to the signal common.
Note 2: Connect a conversion resistor (250 Ω) to the feedback line of the transmitter and use it on both ends as 1 to 5 V inputs.
Note 3: Contact input (DI) operates with DI 24 Vdc power supply system. (24 Vdc transmitter output power supply can also be used. In that case, the output capacity must be considered to operate the transmitter.)
Note 4: Do not carry out external wiring for empty terminals.
Note 5: Enabled by adding options.
Note 6: When connecting the power supply system (-).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connector 1 (CN1) - Analog Input (Single-ended channels)

A/D S0	1	2	A/D S8
A/D S1	3	4	A/D S9
A/D S2	5	6	A/D S10
A/D S3	7	8	A/D S11
A/D S4	9	10	A/D S12
A/D S5	11	12	A/D S13
A/D S6	13	14	A/D S14
A/D S7	15	16	A/D S15
A.GND	17	18	A.GND
A.GND	19	20	A.GND

Connector 1 (CN1) - Analog Input (Differential channels)

A/D H0	1	2	A/D L0
A/D H1	3	4	A/D L1
A/D H2	5	6	A/D L2
A/D H3	7	8	A/D L3
A/D H4	9	10	A/D L4
A/D H5	11	12	A/D L5
A/D H6	13	14	A/D L6
A/D H7	15	16	A/D L7
A.GND	17	18	A.GND
A.GND	19	20	A.GND

Connector 2 (CN2) - Analog Output

D/A 0 REFIN	1	2	D/A 1 REFIN
D/A 0 OUT	3	4	D/A 1 OUT
A.GND	5	6	A.GND
-VREF	7	8	
	9	10	
	11	12	
	13	14	
	15	16	
	17	18	
	19	20	

รูปที่ 20 **แสดงขาต่อของ** PCL 818

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connector 3 (CN3) - Digital Output

D/O 0	1	2	D/O 1
D/O 2	3	4	D/O 3
D/O 4	5	6	D/O 5
D/O 6	7	8	D/O 7
D/O 8	9	10	D/O 9
D/O 10	11	12	D/O 11
D/O 12	13	14	D/O 13
D/O 14	15	16	D/O 15
D.GND	17	18	D.GND
+ 5V	19	20	+12V

Connector 4 (CN4) - Digital Input

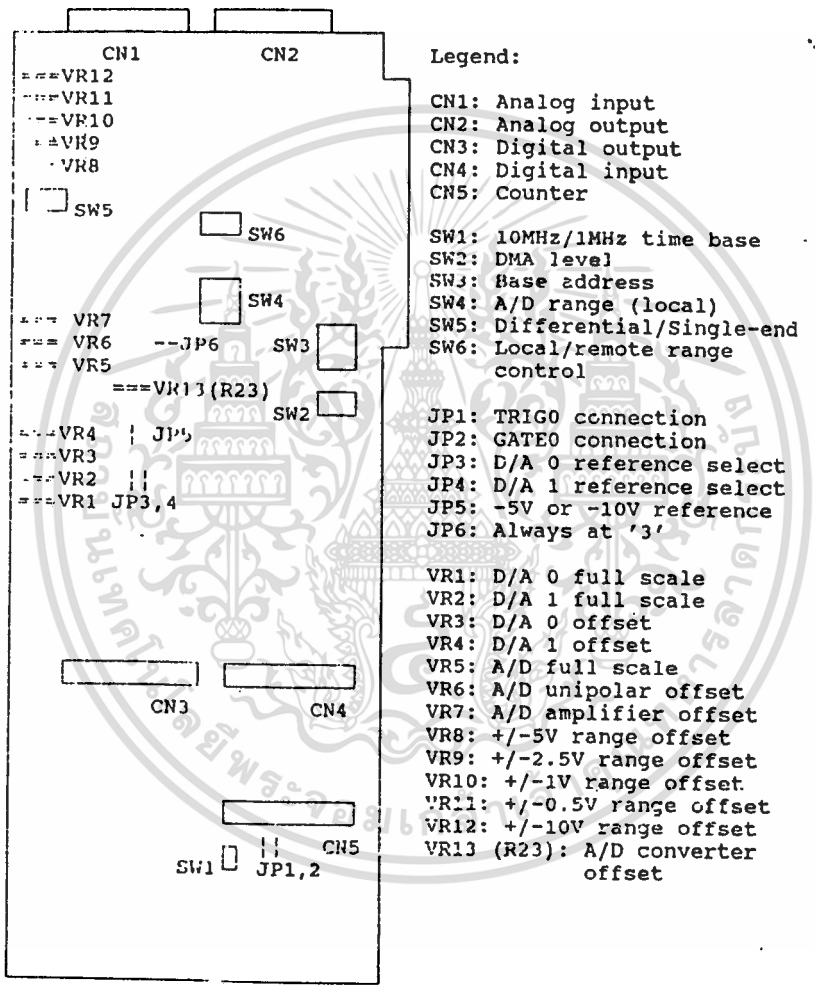
D/I 0	1	2	D/I 1
D/I 2	3	4	D/I 3
D/I 4	5	6	D/I 5
D/I 6	7	8	D/I 7
D/I 8	9	10	D/I 9
D/I 10	11	12	D/I 11
D/I 12	13	14	D/I 13
D/I 14	15	16	D/I 15
D.GND	17	18	D.GND
+ 5V	19	20	+12V

Connector 5 (CN5) - Counter

TRIG0	1	2	
	3	4	
	5	6	
	7	8	CTR0 CLK
	9	10	CTR0 OUT
	11	12	CTR0 GATE
	13	14	CTR2 OUT
	15	16	
D.GND	17	18	D.GND
+ 5V	19	20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX B CONNECTOR, SWITCH & VR LOCATIONS



รูปที่ 21 รายละเอียดส่วนประกอบบนบอร์ดของ PCL 818

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit GphRead;

interface
uses crt,dos,graph;
function ChartoInt(ch:char):integer;
procedure ReadInt(X,Y:integer;var Inte:integer);
procedure ReadReal(X,Y:integer;var R:real);

implementation
function ChartoInt(ch:char):integer;
begin
      case ch of
       '1'  :  chartoint:=1;
       '2'  :  chartoint:=2;
       '3'  :  chartoint:=3;
       '4'  :  chartoint:=4;
       '5'  :  chartoint:=5;
       '6'  :  chartoint:=6;
       '7'  :  chartoint:=7;
       '8'  :  chartoint:=8;
       '9'  :  chartoint:=9;
       '0'  :  chartoint:=0;
      else chartoint:=0;
      end;
end;
procedure ReadInt(X,Y:integer;var Inte:integer); {Read Integer}
var n:integer;
    i:array [1..5] of integer;
    ch:char;
begin
      Inte:=0;
      for n:=1 to 5 do
          i[n]:=0;
      n:=0;
      moveto(x,y);
      repeat
          n:=n+1;
          ch:=readkey;
          i[n]:=chartoint(ch);
          SetTextStyle(2,0,4);
          SetColor(15);
          OutText(ch);
      until (ch<#48) or (ch>#57) or (n>5);
          case (n-1) of
          5 :  for n:=1 to 5 do begin
                   case n of
                   1 : i[n]:=i[n]*10000;
                   2 : i[n]:=i[n]*1000;
                   3 : i[n]:=i[n]*100;
                   4 : i[n]:=i[n]*10;
                   5 : i[n]:=i[n];
                   end;
                   Inte:=Inte+i[n];
               end;
           4 : for n:=1 to 4 do begin
                   case n of
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                1 : i[n]:=i[n]*1000;
                2 : i[n]:=i[n]*100;
                3 : i[n]:=i[n]*10;
                4 : i[n]:=i[n];
                end;
                Inte:=Inte+i[n];
            end;
        3 : for n:=1 to 3 do begin
                case n of
                1 : i[n]:=i[n]*100;
                2 : i[n]:=i[n]*10;
                3 : i[n]:=i[n];
                end;
                Inte:=Inte+i[n];
            end;
        2 : for n:=1 to 2 do begin
                case n of
                1 : i[n]:=i[n]*10;
                2 : i[n]:=i[n];
                end;
                Inte:=Inte+i[n];
            end;
        1 : for n:=1 to 1 do begin
                case n of
                1 : i[n]:=i[n];
                end;
                Inte:=Inte+i[n];
            end;
        end;
end;
procedure ReadReal(X,Y:integer;var R:real);  {Read Real}
var n,m:integer;
    i1:array [1..10] of integer;
    i2:array [1..10] of real;
    ch:char;
begin
     R:=0;
     for n:=1 to 5 do
         i1[n]:=0;
     for m:=1 to 4 do
         i2[m]:=0;
     n:=0;
     m:=0;
     moveto(x,y);
     repeat
          n:=n+1;
          ch:=readkey;
          i1[n]:=chartoint(ch);
          SetTextStyle(2,0,4);
          SetColor(15);
          OutText(ch);
     until (ch<#48) or (ch>#57) or (n>5);
     if ch=#46 then begin
        repeat
              m:=m+1;
              ch:=readkey;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          i2[m]:=chartoint(ch);
          SetTextStyle(2,0,4);
          SetColor(15);
          OutText(ch);
    until (ch<#48) or (ch>#57) or (m>4);
end;
     case (n-1) of
     5 :  for n:=1 to 5 do begin
             case n of
             1 : i1[n]:=i1[n]*10000;
             2 : i1[n]:=i1[n]*1000;
             3 : i1[n]:=i1[n]*100;
             4 : i1[n]:=i1[n]*10;
             5 : i1[n]:=i1[n];
             end;
             R:=R+i1[n];
          end;
     4 : for n:=1 to 4 do begin
             case n of
             1 : i1[n]:=i1[n]*1000;
             2 : i1[n]:=i1[n]*100;
             3 : i1[n]:=i1[n]*10;
             4 : i1[n]:=i1[n];
             end;
             R:=R+i1[n];
          end;
     3 : for n:=1 to 3 do begin
             case n of
             1 : i1[n]:=i1[n]*100;
             2 : i1[n]:=i1[n]*10;
             3 : i1[n]:=i1[n];
             end;
             R:=R+i1[n];
          end;
     2 : for n:=1 to 2 do begin
             case n of
             1 : i1[n]:=i1[n]*10;
             2 : i1[n]:=i1[n];
             end;
             R:=R+i1[n];
          end;
     1 : for n:=1 to 1 do begin
             case n of
             1 : i1[n]:=i1[n];
             end;
             R:=R+i1[n];
          end;
     end;
     case (m-1) of
     4 : for m:=1 to 4 do begin
             case m of
             1 : i2[m]:=i2[m]/10;
             2 : i2[m]:=i2[m]/100;
             3 : i2[m]:=i2[m]/1000;
             4 : i2[m]:=i2[m]/10000;
             end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                R:=R+i2[m];
            end;
        3 : for m:=1 to 3 do begin
                case m of
                1 : i2[m]:=i2[m]/10;
                2 : i2[m]:=i2[m]/100;
                3 : i2[m]:=i2[m]/1000;
                end;
                R:=R+i2[m];
            end;
        2 : for m:=1 to 2 do begin
                case m of
                1 : i2[m]:=i2[m]/10;
                2 : i2[m]:=i2[m]/100;
                end;
                R:=R+i2[m];
            end;
        1 : for m:=1 to 1 do begin
                case m of
                1 : i2[m]:=i2[m]/10;
                end;
                R:=R+i2[m];
            end;
    end;
end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Picture;

interface
uses crt,dos,graph;
procedure screen;
procedure WinProcess;
procedure WinDescribe;
procedure WinTank1_1;
procedure WinTank1_2;
procedure WinTank1_3;
procedure WinTank2_1;
procedure WinTank2_2;
procedure WinTank2_3;
procedure WinTank3_1;
procedure WinTank3_2;
procedure WinTank3_3;
procedure DrawPipe1(X1,Y1,X2,Y2:integer);
procedure DrawPipe2(X1,Y1,X2,Y2:integer);
procedure DrawMValve1(X1,Y1,X2,Y2,No:integer);
procedure DrawPump(X,Y:integer);
procedure DrawTank(X,Y,No:integer);

implementation
procedure screen;
var  GrDriver,GrMode,GrError:integer;
     x,y:integer;
begin
     GrDriver:=VGA;
     GrMode:=VGAHi;
     InitGraph(GrDriver,GrMode,' ');
     GrError:=GraphResult;
     if GrError<>0 then begin
        writeln('Graphics error : ',GraphErrorMsg(GrError));
        writeln('This program use for VGA graphic driver only.');
     end else begin
        SetColor(11);
        SetViewport(0,0,100,139,clipon);
        SetLineStyle(0,0,3);
        rectangle(0,0,100,139);
        SetLineStyle(0,0,1);
        SetTextStyle(2,0,5);
        OutTextXY(10,20,'F1     NEW');
        OutTextXY(0,40,'--------------');
        OutTextXY(0,80,'--------------');
        OutTextXY(10,60,'F2     RUN');
        OutTextXY(10,100,'F3     QUIT');
     end;
end;
procedure WinProcess;
begin
     SetViewport(101,0,639,479,clipon);
end;
procedure WinDescribe;
begin
     SetViewport(0,140,100,479,clipon);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure WinTank1_1;
begin
     SetViewport(102,1,279,158,clipon);
end;
procedure WinTank1_2;
begin
     SetViewport(102,161,279,318,clipon);
end;
procedure WinTank1_3;
begin
     SetViewport(102,321,279,478,clipon);
end;
procedure WinTank2_1;
begin
     SetViewport(282,1,459,158,clipon);
end;
procedure WinTank2_2;
begin
     SetViewport(282,161,459,318,clipon);
end;
procedure WinTank2_3;
begin
     SetViewport(282,321,459,478,clipon);
end;
procedure WinTank3_1;
begin
     SetViewport(462,1,637,158,clipon);
end;
procedure WinTank3_2;
begin
     SetViewport(462,161,637,318,clipon);
end;
procedure WinTank3_3;
begin
     SetViewport(462,321,637,478,clipon);
end;
procedure Drawpipe1(X1,Y1,X2,Y2:integer);
 { this procedure for non-interact process }
begin
     SetColor(14);
     moveto(X1,Y1);
     if Y1=Y2 then begin
        lineto(X2,Y2);
     end else if Y1<Y2 then begin
        lineto(X2,Y1);
        lineto(X2,Y2);
     end else if Y1>Y2 then begin
        lineto(X1,Y2);
        lineto(X2,Y2);
     end;
end;
procedure DrawPipe2(X1,Y1,X2,Y2:integer);
{ for piping interact process }
begin
     SetColor(14);
     Moveto(X1,Y1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      if Y1<Y2 then begin
         lineto(X1,Y2);
         lineto(X2,Y2);
      end else if Y1>Y2 then begin
         lineto(X2,Y1);
         lineto(X2,Y2);
      end else if Y1=Y2 then begin
         lineto(X2,Y2);
      end;
end;
procedure DrawMValve1(X1,Y1,X2,Y2,No:integer);
var   CenterX:integer;
      ValveL:integer;
      ValveH:integer;
      Y:integer;
      st:string;
begin
      CenterX:=round((X2-X1)/2)+X1;
      if Y1=Y2 then begin
         Y:=Y1;
      end else if Y1<Y2 then begin
         Y:=Y1;
      end else if Y1>Y2 then begin
         Y:=Y2;
      end;
      SetTextStyle(2,0,4);
      SetColor(15);
      OutTextXY(CenterX-5,Y+10,'V');
      str(No,st);
      OutTextXY(CenterX+5,Y+10,st);
      moveto(CenterX,Y);
      ValveL:=round((X2-X1)/10);
      ValveL:=Abs(ValveL);
      ValveH:=ValveL;
      SetColor(0);
      lineRel(-ValveL,0);
      lineRel(2*ValveL,0);
      SetColor(11);
      lineRel(0,-ValveH);
      lineRel(-(2*ValveL),2*ValveH);
      lineRel(0,-(2*ValveH));
      lineRel(2*ValveL,2*ValveH);
      lineRel(0,-ValveH);
      moveto(CenterX,Y);
      lineRel(0,-(2*ValveH));
      lineRel(-(ValveL-2),0);
      lineRel(2*(ValveL-2),0);
end;
procedure DrawPump(X,Y:integer);
begin
      moveto(X,Y);
      SetColor(14);
      lineRel(0,15);
      Circle(X-5,Y+15,5);
      line(X-5,Y+10,X-30,Y+10);
      line(X-30,Y+10,X-27,Y+7);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      line(X-30,Y+10,X-27,Y+13);
end;
procedure DrawTank(X,Y,No:integer);
begin
      moveto(X,Y);
      SetColor(2);
      line(X,Y,X-50,Y);
      line(X,Y,X,Y-70);
      line(X-50,Y,X-50,Y-70);
      SetFillStyle(1,14);
      Bar(X-49,Y-50,X-1,Y-1);
      DrawPipe1(X-90,Y-90,X-40,Y-70);
      DrawMValve1(X-90,Y-90,X-40,Y-70,No);
      DrawPump(X-45,Y+1);
end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unit RunUni;

interface
uses crt,graph,runread;
procedure StringGraph(Level1,Level2,Level3,SP,maxHi:real;
          var oldY1,oldY2,oldY3,oldY4:integer);
procedure BarGraph(Level1,Level2,Level3,SP,maxHi:real);
procedure Describe1(Level1,Level2,Level3,SP,maxHi:real);
procedure Describe2(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
procedure Describe3(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
procedure Describe4(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
procedure Describe5(q:real);
procedure Describe6(q:real);
procedure Describe7(q:real);
procedure Describe8(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
procedure Describe9(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
procedure Describe10;
Procedure Describe11;
Procedure ViewModify;
Procedure ModifyValve;
Procedure ModifyPump;
procedure Table;

implementation
procedure StringGraph(Level1,Level2,Level3,SP,maxHi:real;
          var oldY1,oldY2,oldY3,oldY4:integer);
     { Plot string }
type bytearrayptr=^byte;
var st1 : string;
    co1,co2,co3,co4:word;
    Y     : integer;
    image:bytearrayptr;
begin
     co1:=4;co2:=14;co3:=10;co4:=11;
     if (SP>maxHi) then SP:=maxHi;
     if (Level1>maxHi) then Level1:=MaxHi;
     if (Level2>maxHi) then Level2:=MaxHi;
     if (Level3>maxHi) then Level3:=MaxHi;
     if (SP=Level1) then co2:=13;
     if (SP=Level2) then co3:=13;
     if (SP=Level3) then co4:=13;
     if (Level1=Level2) then co3:=6;
     if (Level1=Level3) then co4:=6;
     if (Level2=Level3) then co4:=2;
     if (SP=Level1) and (SP=Level2) then co3:=13;
     if (SP=Level1) and (SP=Level3) then co4:=13;
     if (SP=Level2) and (SP=Level3) then co4:=13;
     if (Level1=Level2) and (Level1=Level3) then co4:=6;
     if (Level1=Level2) and (Level1=Level3) and (Level1=SP)
        then co4:=9;
     SetViewport(0,0,420,300,clipon);
     SetColor(15);
     Rectangle(0,0,382,300);
     SetTextStyle(0,0,1);
     str(maxHi:1:1,st1);
     OutTextXY(390,15,st1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      OutTextXY(390,275,'0.0');
      setviewport(1,20,380,280,clipon);
      new(image);
      getimage(2,0,380,260,image^);
      putimage(0,0,image^,normalput);
      dispose(image);
      SetViewport(0,0,420,300,clipon);
      Y:=280-(round(SP*260/maxHi));
      SetColor(co1);
      line(377,oldY1,379,Y);
      oldY1:=Y;
      Y:=280-(round(Level1*260/maxHi));
      SetColor(co2);
      line(377,oldY2,379,Y);
      oldY2:=Y;
      Y:=280-(round(Level2*260/maxHi));
      SetColor(co3);
      line(377,oldY3,379,Y);
      oldY3:=Y;
      Y:=280-(round(Level3*260/maxHi));
      SetColor(co4);
      line(377,oldY4,379,Y);
      oldY4:=Y;
end;

procedure BarGraph(Level1,Level2,Level3,SP,maxHi:real);
            { Creat Bar graph }
Var   Y:integer;
      st:string;
begin
      if Level1>maxHi then Level1:=maxHi;
      if Level2>maxHi then Level2:=maxHi;
      if Level3>maxHi then Level3:=maxHi;
      if SP>maxHi then SP:=maxHi;
      SetViewport(421,0,639,300,clipon);
      SetColor(15);
      rectangle(0,19,218,281);
      SetTextStyle(0,0,1);
      SetColor(14);
      OutTextXY(30,290,'h1');
      SetColor(10);
      OutTextXY(80,290,'h2');
      SetColor(11);
      OutTextXY(130,290,'h3');
      SetColor(4);
      OutTextXY(180,290,'SP');
      SetViewport(422,20,638,280,clipon);
      ClearViewport;
      Y:=260-(round(Level1*260/maxHi));
      SetFillStyle(1,14);
      Bar(19,Y,49,260);
      str(Level1:1:2,st);
      SetTextStyle(0,0,1);
      OutTextXY(19,Y-15,st);
      Y:=260-(round(Level2*260/maxHi));
      SetFillStyle(1,10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Bar(69,Y,99,260);
    str(Level2:1:2,st);
    OutTextXY(69,Y-15,st);
    Y:=260-(round(Level3*260/maxHi));
    SetFillStyle(1,11);
    Bar(119,Y,149,260);
    str(Level3:1:2,st);
    OutTextXY(119,Y-15,st);
    Y:=260-(round(SP*260/maxHi));
    SetFillStyle(1,4);
    Bar(169,Y,199,260);
    str(SP:1:2,st);
    OutTextXY(169,Y-15,st);
end;

procedure Describe1(Level1,Level2,Level3,SP,maxHi:real);
var st:string;
begin
    if Level1>maxHi then Level1:=maxHi;
    if Level2>maxHi then Level2:=maxHi;
    if Level3>maxHi then Level3:=maxHi;
    if SP>maxHi then SP:=maxHi;
    SetViewport(5,310,90,474,clipon);
    ClearViewport;
    SetTextstyle(0,0,1);
    SetColor(14);
    OutTextXY(0,10,'Level 1 :');
    str(Level1:1:2,st);
    OutTextXY(50,25,st);
    OutTextXY(0,40,'Level 2 :');
    str(Level2:1:2,st);
    OutTextXY(50,55,st);
    OutTextXY(0,70,'Level 3 :');
    str(Level3:1:2,st);
    OutTextXY(50,85,st);
    OutTextXY(0,100,'Set Point:');
    str(SP:1:2,st);
    OutTextXY(50,115,st);
    OutTextXY(0,130,'Tank_Height');
    str(maxHi:1:2,st);
    OutTextXY(50,145,st);
end;

procedure Describe2(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
var st:string;
begin
    SetViewport(100,310,185,425,clipon);
    ClearViewport;
    SetColor(14);
    SetTextStyle(0,0,1);
    OutTextXY(0,10,'Valve 1');
    OutTextXY(0,25,'Cv : ');
    str(cv:1:2,st);
    OutTextXY(35,25,st);
    OutTextXY(0,40,P : ');
    str(dp:1:2,st);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     OutTextXY(35,40,st);
     OutTextXY(0,55,'vp : ');
     str(vp:1:2,st);
     OutTextXY(45,55,st);
     OutTextXY(0,70,'Type : NC,');
     if vtype=false then
        OutTextXY(33,85,'Manual') else
        OutTextXY(23,85,'Control');
end;

procedure Describe4(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
var st:string;
begin
     SetViewport(290,310,375,425,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(14);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(0,10,'Valve 3');
     OutTextXY(0,25,'Cv : ');
     str(cv:1:2,st);
     OutTextXY(35,25,st);
     OutTextXY(0,40,'P : ');
     str(dp:1:2,st);
     OutTextXY(35,40,st);
     OutTextXY(0,55,'vp : ');
     str(vp:1:2,st);
     OutTextXY(45,55,st);
     OutTextXY(0,70,'Type : NC,');
     if vtype=false then
        OutTextXY(33,85,'Manual') else
        OutTextXY(23,85,'Control');
end;

procedure Describe3(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
var st:string;
begin
     SetViewport(195,310,280,425,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(14);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(0,10,'Valve 2');
     OutTextXY(0,25,'Cv : ');
     str(cv:1:2,st);
     OutTextXY(35,25,st);
     OutTextXY(0,40,'P : ');
     str(dp:1:2,st);
     OutTextXY(35,40,st);
     OutTextXY(0,55,'vp : ');
     str(vp:1:2,st);
     OutTextXY(45,55,st);
     OutTextXY(0,70,'Type : NC,');
     if vtype=false then
        OutTextXY(33,85,'Manual') else
        OutTextXY(23,85,'Control');
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure Describe5(q:real);
var st:string;
begin
     SetViewport(100,435,185,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetTextStyle(0,0,1);
     SetColor(14);
     OutTextXY(0,5,'Pump 1');
     OutTextXY(0,20,'qo :');
     str(q:1:2,st);
     OutTextXY(45,20,st);
end;

procedure Describe6(q:real);
var st:string;
begin
     SetViewport(195,435,280,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetTextStyle(0,0,1);
     SetColor(14);
     OutTextXY(0,5,'Pump 2');
     OutTextXY(0,20,'qo :');
     str(q:1:2,st);
     OutTextXY(45,20,st);
end;

procedure Describe7(q:real);
var st:string;
begin
     SetViewport(290,435,375,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetTextStyle(0,0,1);
     SetColor(14);
     OutTextXY(0,5,'Pump 3');
     OutTextXY(0,20,'qo :');
     str(q:1:2,st);
     OutTextXY(45,20,st);
end;

procedure Describe8(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
var st:string;
begin
     SetViewport(385,310,470,425,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(14);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(0,10,'Valve 4');
     OutTextXY(0,25,'Cv : ');
     str(cv:1:2,st);
     OutTextXY(35,25,st);
     OutTextXY(0,40,'P : ');
     str(dp:1:2,st);
     OutTextXY(35,40,st);
     OutTextXY(0,55,'vp : ');
     str(vp:1:2,st);
     OutTextXY(45,55,st);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     OutTextXY(0,70,'Type : NC,');
     if vtype=false then
        OutTextXY(33,85,'Manual') else
        OutTextXY(23,85,'Control');
end;

procedure Describe9(cv,dp,vp:real;vtype:boolean);
var st:string;
begin
     SetViewport(480,310,565,425,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(14);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(0,10,'Valve 5');
     OutTextXY(0,25,'Cv : ');
     str(cv:1:2,st);
     OutTextXY(35,25,st);
     OutTextXY(0,40,'P : ');
     str(dp:1:2,st);
     OutTextXY(35,40,st);
     OutTextXY(0,55,'vp : ');
     str(vp:1:2,st);
     OutTextXY(45,55,st);
     OutTextXY(0,70,'Type : NC,');
     if vtype=false then
        OutTextXY(33,85,'Manual') else
        OutTextXY(23,85,'Control');
end;

procedure Describe10;
begin
     SetViewport(580,310,639,420,clipon);
     SetColor(13+127);
     rectangle(0,0,59,110);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(10,10,'Press');
     OutTextXY(10,30,' any');
     OutTextXY(10,50,' key');
     OutTextXY(10,70,' to');
     OutTextXY(10,90,'pause');
end;

Procedure Describe11;
begin
     SetViewport(385,435,634,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(11);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(5,15,'F1-Modify F2-Continue Esc-Quit');
end;

Procedure ViewModify;
begin
     SetViewport(385,435,634,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(11);
```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(20,8,'  F1-Valve      F2-Pump');
     OutTextXY(20,25,'  F3-SP         Esc-Quit');
end;

Procedure ModifyValve;
begin
     SetViewport(385,435,634,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(11);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(0,8,'F1-Valve1  F2-Valve2  F3-Valve3');
     OutTextXY(0,25,'F4-Valve4  F5-Valve5  Esc-Quit');
end;

Procedure ModifyPump;
begin
     SetViewport(385,435,634,474,clipon);
     ClearViewport;
     SetColor(11);
     SetTextStyle(0,0,1);
     OutTextXY(20,8,'  F1-Pump1      F2-Pump2');
     OutTextXY(20,25,'  F3-Pump3     Esc-Quit');
end;

procedure Table;
begin
     SetViewport(0,305,639,479,clipon);
     SetColor(15);
     rectangle(0,0,95,174);
     rectangle(95,0,190,125);
     rectangle(95,125,190,174);
     rectangle(190,0,285,125);
     rectangle(190,125,285,174);
     rectangle(285,0,380,125);
     rectangle(285,125,380,174);
     rectangle(380,0,475,125);
     rectangle(475,0,570,125);
     rectangle(380,125,639,174);
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ch:=readkey;
      case ch of
      #72 : begin
            if Position_No=1 then Position_No:=1
            else if Position_No=3 then begin
                 ClearViewport;
                 Position_No:=2;
                 WinTank1_2;
                 ClearViewport;
                 DrawTank(120,119,1);
            end else if Position_No=2 then begin
                 ClearViewport;
                 Position_No:=1;
                 WinTank1_1;
                 ClearViewport;
                 DrawTank(120,119,1);
            end;
            end;
      #80 : begin
            if Position_No=3 then Position_No:=3
            else if Position_No=1 then begin
                 ClearViewport;
                 Position_No:=2;
                 WinTank1_2;
                 ClearViewport;
                 DrawTank(120,119,1);
            end else if Position_No=2 then begin
                 ClearViewport;
                 Position_No:=3;
                 WinTank1_3;
                 ClearViewport;
                 DrawTank(120,119,1);
            end;
            end;
      end;
      end;
#13 : DrawTank(120,119,1);
end;
Tank1Var.Position_No:=Position_No;
case Position_No of
1   :  begin
       Tank1Var.XPosition:=121;
       Tank1Var.YPosition:=120;
       end;
2   :  begin
       Tank1Var.XPosition:=121;
       Tank1Var.YPosition:=280;
       end;
3   :  begin
       Tank1Var.XPosition:=121;
       Tank1Var.YPosition:=440;
       end;
end;
until ch=#13;

repeat
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program Process;
uses crt,graph,rununi,dos,picture,gphread,runread;
type Tank=record
          Area:real;
          Height:real;
          XPosition:integer;
          YPosition:integer;
          Position_No:word;
     end;
     Valve=record
           VType:boolean;      { false=manual , true=control }
           Cv:real;
           dP:real;
           vp:real;
     end;
     Pump=record
          qo:real;
          PType:boolean;       { false=constant true=vary }
     end;
var  Tank1Var,Tank2Var,Tank3Var:Tank;
     Valve1Var,Valve2Var,Valve3Var,Valve4Var,Valve5Var:Valve;
     Pump1,Pump2,Pump3:Pump;
     ProcType12,ProcType23:boolean;
     Distance12,Distance23:real;
     SP:real;
     oldY:array [1..5] of integer;
     Level1,Level2,Level3:real;
     No:integer;
     ch:char;
     PCcomplete:boolean;
     n:integer;
     dT:real;
     h1,m1,s1,ss1,ss2:word;
     MV:real;


procedure Tank1(var ptype:boolean);
var ch:char;
     st:string;
     Position_No:word;
     choice:integer;
begin
      WinDescribe;
      ClearViewport;
      SetColor(15);
      SetTextStyle(2,0,4);
      OutTextXY(5,100,'Tank1 Position');
      Drawtank(80,240,1);
      WinTank1_1;
      ClearViewport;
      DrawTank(120,119,1);
      Position_No:=1;
      repeat
      ch:=readkey;
      case ch of
      #0 : begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WinDescribe;
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Area of ');
OutTextXY(0,100,'Tank Bottom');
SetColor(15);
OutTextXY(0,140,'Area [m²] : ');
ReadReal(65,140,Tank1Var.Area);
until (Tank1Var.Area>0) and (Tank1Var.Area<30000);
repeat
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Valve-Type');
SetColor(15);
OutTextXY(0,120,'1.Manual Valve');
OutTextXY(0,140,'2.Control Valve');
OutTextXY(0,160,'Choice : ');
ReadInt(50,160,choice);
until (choice=1) or (choice=2);
if choice=1 then Valve1Var.VType:=False else begin
   Valve1Var.VType:=True;
   case Tank1Var.Position_No of
   1  :  WinTank1_1;
   2  :  WinTank1_2;
   3  :  WinTank1_3;
   end;
   SetColor(11);
   Arc(55,19,0,180,4);
end;
WinDescribe;
repeat
repeat
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
if Valve1Var.Vtype=True then begin
   OutTextXY(0,80,'Characteristic');
   OutTextXY(0,110,'of Control Valve');
end else begin
   OutTextXY(0,80,'Characteristic');
   OutTextXY(0,110,'of Manual Valve');
end;
SetColor(15);
OutTextXY(0,150,'Cv [Gal/min]:');
ReadReal(75,150,Valve1Var.Cv);
until Valve1Var.Cv>0;
OutTextXY(0,170,'P [kg/cm²] :');
ReadReal(75,170,Valve1Var.dP);
until Valve1Var.dp>0;
if Valve1Var.VType=False then begin
   OutTextXY(0,190,'vp :');
   repeat
   ReadReal(40,190,Valve1Var.vp);
   if (Valve1Var.vp>1) then begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SetColor(0);
            str(Valve1Var.vp:1:4,st);
            OutTextXY(40,190,st);
            SetColor(15);
         end;
         until (Valve1Var.vp>=0) and (Valve1Var.vp<=1)
      end;
      repeat
      ClearViewport;
      SetTextStyle(2,0,4);
      SetColor(14);
      OutTextXY(0,80,'Pump');
      OutTextXY(0,100,'q out     :');
      SetColor(15);
      OutTextXY(0,130,'1.Constant');
      OutTextXY(0,150,'2.Vary');
      OutTextXY(0,180,'Choice :');
      ReadInt(60,180,choice);
      until (choice=1) or (choice=2);
      if choice=2 then PType:=true else begin
         PType:=false;
         OutTextXY(0,210,'q out     :');
         OutTextXY(0,230,'[m3/h]');
         ReadReal(65,210,Pump1.qo);
      end;
end;

procedure Tank2(var ptype:boolean);
var ch:char;
    st:string;
    Position_No:word;
    choice:integer;
begin
      WinDescribe;
      ClearViewport;
      SetColor(15);
      SetTextStyle(2,0,4);
      OutTextXY(5,100,'Tank2 Position');
      Drawtank(80,240,2);
      WinTank2_1;
      ClearViewport;
      DrawTank(120,119,2);
      Position_No:=1;
      repeat
      ch:=readkey;
      case ch of
      #0 : begin
           ch:=readkey;
           case ch of
           #72 : begin
                 if Position_No=1 then Position_No:=1
                 else if Position_No=3 then begin
                      ClearViewport;
                      Position_No:=2;
                      WinTank2_2;
                      ClearViewport;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DrawTank(120,119,2);
            end else if Position_No=2 then begin
                ClearViewport;
                Position_No:=1;
                WinTank2_1;
                ClearViewport;
                DrawTank(120,119,2);
            end;
            end;
        #80 : begin
            if Position_No=3 then Position_No:=3
            else if Position_No=1 then begin
                ClearViewport;
                Position_No:=2;
                WinTank2_2;
                ClearViewport;
                DrawTank(120,119,2);
            end else if Position_No=2 then begin
                ClearViewport;
                Position_No:=3;
                WinTank2_3;
                ClearViewport;
                DrawTank(120,119,2);
            end;
            end;
        end;
        end;
#13 : DrawTank(120,119,2);
end;
Tank2Var.Position_No:=Position_No;
case Position_No of
1   :  begin
       Tank2Var.XPosition:=301;
       Tank2Var.YPosition:=120;
       end;
2   :  begin
       Tank2Var.XPosition:=301;
       Tank2Var.YPosition:=280;
       end;
3   :  begin
       Tank2Var.XPosition:=301;
       Tank2Var.YPosition:=440;
       end;
end;
until ch=#13;
repeat
WinDescribe;
clearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Area of ');
OutTextXY(0,100,'Tank Bottom');
SetColor(15);
OutTextXY(0,140,'Area [m²] : ');
ReadReal(65,140,Tank2Var.Area);
until (Tank2Var.Area>0) and (Tank2Var.Area<30000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Valve2Var.VType:=false;
if Valve1Var.Vtype<>true then begin
   repeat
   ClearViewport;
   SetTextStyle(2,0,4);
   SetColor(14);
   OutTextXY(0,80,'Valve-Type');
   SetColor(15);
   OutTextXY(0,120,'1.Manual Valve');
   OutTextXY(0,140,'2.Control Valve');
   OutTextXY(0,160,'Choice : ');
   ReadInt(50,160,choice);
   until (choice=1) or (choice=2);
   if choice=1 then Valve2Var.VType:=False else begin
      Valve2Var.VType:=True;
      case Tank2Var.Position_No of
      1  :  WinTank2_1;
      2  :  WinTank2_2;
      3  :  WinTank2_3;
      end;
      SetColor(11);
      Arc(55,19,0,180,4);
   end;
   WinDescribe;
end;
repeat
repeat
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
if Valve2Var.Vtype=True then begin
   OutTextXY(0,80,'Characteristic');
   OutTextXY(0,110,'of Control Valve');
end else begin
   OutTextXY(0,80,'Characteristic');
   OutTextXY(0,110,'of Manual Valve');
end;
SetColor(15);
OutTextXY(0,150,'Cv [Gal/min]:');
ReadReal(75,150,Valve2Var.Cv);
until Valve2Var.Cv>0;
OutTextXY(0,170,P [kg/cm²] :');
ReadReal(75,170,Valve2Var.dP);
until Valve2Var.dp>0;
if Valve2Var.VType=False then begin
   OutTextXY(0,190,'vp :');
   repeat
   ReadReal(40,190,Valve2Var.vp);
   if (Valve2Var.vp>1) then begin
      SetColor(0);
      str(Valve2Var.vp:1:4,st);
      OutTextXY(40,190,st);
      SetColor(15);
   end;
   until (Valve2Var.vp>=0) and (Valve2Var.vp<=1)
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      repeat
      ClearViewport;
      SetTextStyle(2,0,4);
      SetColor(14);
      OutTextXY(0,80,'Pump');
      OutTextXY(0,100,'q out     :');
      SetColor(15);
      OutTextXY(0,130,'1.Constant');
      OutTextXY(0,150,'2.Vary');
      OutTextXY(0,180,'Choice :');
      ReadInt(60,180,choice);
      until (choice=1) or (choice=2);
      if choice=2 then PType:=true else begin
         PType:=false;
         OutTextXY(0,210,'q out     :');
         OutTextXY(0,230,'[m3/h]');
         ReadReal(65,210,Pump2.qo);
      end;
end;

procedure Tank3(var ptype:boolean);
var ch:char;
    st:string;
    Position_No:word;
    choice:integer;
begin
      WinDescribe;
      ClearViewport;
      SetColor(15);
      SetTextStyle(2,0,4);
      OutTextXY(5,100,'Tank3 Position');
      Drawtank(80,240,3);
      WinTank3_1;
      ClearViewport;
      DrawTank(120,119,3);
      Position_No:=1;
      repeat
      ch:=readkey;
      case ch of
      #0 : begin
           ch:=readkey;
           case ch of
           #72 : begin
                 if Position_No=1 then Position_No:=1
                 else if Position_No=3 then begin
                    ClearViewport;
                    Position_No:=2;
                    WinTank3_2;
                    ClearViewport;
                    DrawTank(120,119,3);
                 end else if Position_No=2 then begin
                    ClearViewport;
                    Position_No:=1;
                    WinTank3_1;
                    ClearViewport;
                    DrawTank(120,119,3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
            end;
      #80 : begin
            if Position_No=3 then Position_No:=3
            else if Position_No=1 then begin
               ClearViewport;
               Position_No:=2;
               WinTank3_2;
               ClearViewport;
               DrawTank(120,119,3);
            end else if Position_No=2 then begin
               ClearViewport;
               Position_No:=3;
               WinTank3_3;
               ClearViewport;
               DrawTank(120,119,3);
            end;
            end;
      end;
      end;
#13 : DrawTank(120,119,3);
end;
Tank3Var.Position_No:=Position_No;
case Position_No of
1   :  begin
       Tank3Var.XPosition:=481;
       Tank3Var.YPosition:=120;
       end;
2   :  begin
       Tank3Var.XPosition:=481;
       Tank3Var.YPosition:=280;
       end;
3   :  begin
       Tank3Var.XPosition:=481;
       Tank3Var.YPosition:=440;
       end;
end;
until ch=#13;
repeat
WinDescribe;
clearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Area of ');
OutTextXY(0,100,'Tank Bottom');
SetColor(15);
OutTextXY(0,140,'Area [m²] : ');
ReadReal(65,140,Tank3Var.Area);
until (Tank3Var.Area>0) and (Tank3Var.Area<30000);
Valve3Var.VType:=false;
if (Valve1Var.Vtype<>true) and (Valve2Var.VType<>true) then begin
   repeat
   ClearViewport;
   SetTextStyle(2,0,4);
   SetColor(14);
   OutTextXY(0,80,'Valve-Type');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    SetColor(15);
    OutTextXY(0,120,'1.Manual Valve');
    OutTextXY(0,140,'2.Control Valve');
    OutTextXY(0,160,'Choice : ');
    ReadInt(50,160,choice);
    until (choice=1) or (choice=2);
    if choice=1 then Valve3Var.VType:=False else begin
       Valve3Var.VType:=True;
       case Tank3Var.Position_No of
       1  :  WinTank3_1;
       2  :  WinTank3_2;
       3  :  WinTank3_3;
       end;
       SetColor(11);
       Arc(55,19,0,180,4);
    end;
    WinDescribe;
end;
repeat
repeat
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
if Valve3Var.Vtype=True then begin
    OutTextXY(0,80,'Characteristic');
    OutTextXY(0,110,'of Control Valve');
end else begin
    OutTextXY(0,80,'Characteristic');
    OutTextXY(0,110,'of Manual Valve');
end;
SetColor(15);
OutTextXY(0,150,'Cv [Gal/min]:');
ReadReal(75,150,Valve3Var.Cv);
until Valve3Var.Cv>0;
OutTextXY(0,170,'P [kg/cm2] :');
ReadReal(75,170,Valve3Var.dP);
until Valve3Var.dp>0;
if Valve3Var.VType=False then begin
    OutTextXY(0,190,'vp :');
    repeat
    ReadReal(40,190,Valve3Var.vp);
    if (Valve3Var.vp>1) then begin
       SetColor(0);
       str(Valve3Var.vp:1:4,st);
       OutTextXY(40,190,st);
       SetColor(15);
    end;
    until (Valve3Var.vp>=0) and (Valve3Var.vp<=1)
end;
repeat
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Pump');
OutTextXY(0,100,'q out     :');
SetColor(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      OutTextXY(0,130,'1.Constant');
      OutTextXY(0,150,'2.Vary');
      OutTextXY(0,180,'Choice :');
      ReadInt(60,180,choice);
      until (choice=1) or (choice=2);
      if choice=2 then PType:=true else begin
         PType:=false;
         OutTextXY(0,210,'q out     :');
         OutTextXY(0,230,'[m3/h]');
         ReadReal(65,210,Pump3.qo);
      end;
end;

procedure LinkTank12(var ProcType:boolean);
var ch:char;
    choice:integer;
begin
      if Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No then begin
         WinProcess;
         SetColor(14);
         DrawPipe2(Tank1Var.XPosition+1,Tank1Var.YPosition,
                   Tank2Var.XPosition-51,Tank2Var.YPosition);
         DrawMValve1(Tank1Var.XPosition+1,Tank1Var.YPosition,
                     Tank2Var.XPosition-51,Tank2Var.YPosition,4);
         ProcType:=True;
      end else begin
         WinDescribe;
         ClearViewport;
         SetColor(14);
         SetTextStyle(2,0,4);
         repeat
         OutTextXY(0,80,'Process Type');
         SetColor(15);
         OutTextXY(0,120,'1.Non-interact');
         OutTextXY(0,140,'2.Interact');
         OutTextXY(0,160,'Choice : ');
         ReadInt(50,160,choice);
         until (choice=1) or (choice=2);
         WinProcess;
         if choice=2 then begin
            ProcType:=true;
            if Tank1Var.YPosition<Tank2Var.YPosition then begin
               DrawPipe2(Tank1Var.XPosition,Tank1Var.YPosition+1,
                         Tank2Var.XPosition-51,Tank2Var.YPosition);
               DrawMValve1(Tank1Var.XPosition,Tank2Var.YPosition,
                           Tank2Var.XPosition-51,Tank2Var.YPosition,4);
            end else if Tank1Var.YPosition>Tank2Var.YPosition then begin
               DrawPipe2(Tank1Var.XPosition+1,Tank1Var.YPosition,
                         Tank2Var.XPosition-15,Tank2Var.YPosition+1);
               DrawMValve1(Tank1Var.XPosition+1,Tank1Var.YPosition,
                         Tank2Var.XPosition,Tank1Var.YPosition,4);
            end;
         end else if choice=1 then begin
            ProcType:=false;
            if Tank1Var.YPosition<Tank2Var.YPosition then begin
               DrawPipe1(Tank1Var.XPosition+1,Tank1Var.YPosition,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        Tank2Var.XPosition-25,Tank2Var.YPosition-70);
            DrawMValve1(Tank1Var.XPosition+1,Tank1Var.YPosition,
                        Tank2Var.XPosition-25,Tank2Var.YPosition-70,4);
         end else if Tank1Var.YPosition>Tank2Var.YPosition then begin
            DrawPipe1(Tank1Var.XPosition-10,Tank1Var.YPosition-70,
                        Tank2Var.XPosition-51,Tank2Var.YPosition);
            DrawMValve1(Tank1Var.XPosition-10,Tank1Var.YPosition-70,
                        Tank2Var.XPosition-51,Tank2Var.YPosition,4);
         end;
      end;
   end;
end;

procedure LinkTank23(var ProcType:boolean);
var ch:char;
   choice:integer;
begin
   if Tank2Var.Position_No=Tank3Var.Position_No then begin
      WinProcess;
      SetColor(14);
      DrawPipe2(Tank2Var.XPosition+1,Tank2Var.YPosition,
                Tank3Var.XPosition-51,Tank3Var.YPosition);
      DrawMValve1(Tank2Var.XPosition+1,Tank2Var.YPosition,
                  Tank3Var.XPosition-51,Tank3Var.YPosition,5);
      ProcType:=True;
   end else begin
      WinDescribe;
      ClearViewport;
      SetColor(14);
      SetTextStyle(2,0,4);
      repeat
      OutTextXY(0,80,'Process Type');
      SetColor(15);
      OutTextXY(0,120,'1.Non-interact');
      OutTextXY(0,140,'2.Interact');
      OutTextXY(0,160,'Choice : ');
      ReadInt(50,160,choice);
      until (choice=1) or (choice=2);
      WinProcess;
      if choice=2 then begin
         ProcType:=true;
         if Tank2Var.YPosition<Tank3Var.YPosition then begin
            DrawPipe2(Tank2Var.XPosition,Tank2Var.YPosition+1,
                        Tank3Var.XPosition-51,Tank3Var.YPosition);
            DrawMValve1(Tank2Var.XPosition,Tank3Var.YPosition,
                        Tank3Var.XPosition-51,Tank3Var.YPosition,5);
         end else if Tank2Var.YPosition>Tank3Var.YPosition then begin
            DrawPipe2(Tank2Var.XPosition+1,Tank2Var.YPosition,
                        Tank3Var.XPosition,Tank3Var.YPosition+1);
            DrawMValve1(Tank2Var.XPosition+1,Tank2Var.YPosition,
                        Tank3Var.XPosition,Tank2Var.YPosition,5);
         end;
      end else if choice=1 then begin
         ProcType:=false;
         if Tank2Var.YPosition<Tank3Var.YPosition then begin
            DrawPipe1(Tank2Var.XPosition+1,Tank2Var.YPosition,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        Tank3Var.XPosition-25,Tank3Var.YPosition-70);
                DrawMValve1(Tank2Var.XPosition+1,Tank2Var.YPosition,
                        Tank3Var.XPosition-25,Tank3Var.YPosition-70,
            end else if Tank2Var.YPosition>Tank3Var.YPosition then begi
                DrawPipe1(Tank2Var.XPosition-10,Tank2Var.YPosition-70,
                        Tank3Var.XPosition-51,Tank3Var.YPosition);
                DrawMValve1(Tank2Var.XPosition-10,Tank2Var.YPosition-70,
                        Tank3Var.XPosition-51,Tank3Var.YPosition,5);
            end;
        end;
    end;
end;

procedure New;
var st:string;
begin
    Distance12:=0;
    Distance23:=0;
    WinProcess;
    SetColor(15);
    rectangle(0,0,538,479);
    Tank1(Pump1.PType);
    Tank2(Pump2.PType);
    LinkTank12(ProcType12);
    if Tank1Var.YPosition<>Tank2Var.YPosition then begin
        repeat
        WinDescribe;
        ClearViewport;
        SetColor(14);
        SetTextStyle(2,0,4);
        OutTextXY(0,80,'Distance from');
        OutTextXY(0,100,'Bottom to');
        OutTextXY(0,120,'Bottom [m]:');
        ReadReal(65,120,Distance12);
        until Distance12>0;
    end;
    Tank3(Pump3.PType);
    LinkTank23(ProcType23);
    if Tank2Var.YPosition<>Tank3Var.YPosition then begin
        repeat
        WinDescribe;
        ClearViewport;
        SetColor(14);
        SetTextStyle(2,0,4);
        OutTextXY(0,80,'Distance from');
        OutTextXY(0,100,'Bottom to');
        OutTextXY(0,120,'Bottom [m]:');
        ReadReal(65,120,Distance23);
        until Distance23>0;
    end;
    WinDescribe;
    ClearViewport;
    SetColor(14);
    SetTextStyle(2,0,4);
    OutTextXY(0,80,'Height of');
    OutTextXY(0,100,'All Tanks [m]:');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetColor(15);
if (Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No) and
   (Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No) then begin
   repeat
   ReadReal(80,100,Tank1Var.Height);
   if (Tank1Var.Height=0) then begin
      SetColor(0);
      str(Tank1Var.Height:1:4,st);
      OutTextXY(80,100,st);
   end;
   SetColor(15);
   until Tank1Var.Height>0;
end else begin
   repeat
   ReadReal(80,100,Tank1Var.Height);
   if (Tank1Var.Height>Distance12) or
      (Tank1Var.Height>Distance23) then begin
      SetColor(0);
      str(Tank1Var.Height:1:4,st);
      OutTextXY(80,100,st);
      SetColor(15);
      SetTextStyle(2,0,4);
      OutTextXY(0,140,'Height must be');
      OutTextXY(0,160,'less than');
      if (Distance23<Distance12) and (Distance23<>0) then
         str(Distance23:1:4,st)
      else str(Distance12:1:4,st);
      OutTextXY(0,180,st);
   end;
   until ((Tank1Var.Height<=Distance12) and
   (Tank1Var.Height<=Distance23) and (Tank1Var.Height>0)) or
   ((Distance12>=Tank1Var.Height) and (Distance23=0)) or
   ((Distance23>=Tank1Var.Height) and (Distance12=0));
end;
Tank2Var.Height:=Tank1Var.Height;
Tank3Var.Height:=Tank1Var.Height;
repeat
WinDescribe;
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Characteristic');
OutTextXY(0,100,'of Valve 4');
OutTextXY(0,140,'Cv [Gal/min]:');
ReadReal(75,140,Valve4Var.Cv);
until Valve4Var.Cv>0;
Valve4Var.VType:=false;
if Valve4Var.VType=False then begin
   OutTextXY(0,160,'vp :');
   repeat
   ReadReal(40,160,Valve4Var.vp);
   if (Valve4Var.vp>1) then begin
      SetColor(0);
      str(Valve4Var.vp:1:4,st);
      OutTextXY(40,160,st);
      SetColor(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   end;
   until (Valve4Var.vp>=0) and (Valve4Var.vp<=1)
end;
repeat
WinDescribe;
ClearViewport;
SetTextStyle(2,0,4);
SetColor(14);
OutTextXY(0,80,'Characteristic');
OutTextXY(0,100,'of Valve 5');
SetColor(15);
OutTextXY(0,140,'Cv [Gal/min]:');
ReadReal(75,140,Valve5Var.Cv);
until Valve5Var.Cv>0;
Valve5Var.VType:=false;
if Valve5Var.VType=False then begin
   OutTextXY(0,160,'vp :');
   repeat
   ReadReal(40,160,Valve5Var.vp);
   if (Valve5Var.vp>1) then begin
      SetColor(0);
      str(Valve5Var.vp:1:4,st);
      OutTextXY(40,160,st);
      SetColor(15);
   end;
   until (Valve5Var.vp>=0) and (Valve5Var.vp<=1)
end;
if (Valve1Var.VType=true) or (Valve2Var.VType=true) or
   (Valve2Var.VType=true) then begin
   repeat
   WinDescribe;
   ClearViewport;
   SetColor(14);
   SetTextStyle(2,0,4);
   OutTextXY(0,80,'Control Level');
   OutTextXY(0,100,'In Tank No :');
   ReadInt(80,100,No);
   until (No=1) or (No=2) or (No=3);
end;
repeat
WinDescribe;
ClearViewport;
SetColor(14);
SetTextStyle(2,0,4);
OutTextXY(0,80,'Set Initial Value');
SetColor(15);
OutTextXY(0,110,'Level1[m] : ');
ReadReal(70,110,Level1);
OutTextXY(0,130,'Level2[m] : ');
ReadReal(70,130,Level2);
OutTextXY(0,150,'Level3[m] : ');
ReadReal(70,150,Level3);
if (Level1>Tank1Var.Height) or (Level2>Tank1Var.Height) or
   (Level3>Tank1Var.Height) then begin
   SetColor(14);
   OutTextXY(0,180,'Level must less');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OutTextXY(0,200,'than Height of ');
        OutTextXY(0,230,'Tank  :');
        str(Tank1Var.Height:1:2,st);
        OutTextXY(65,230,st);
        delay(2000);
      end;
      until (Level1<=Tank1Var.Height) and (Level2<=Tank1Var.Height) and
Tank1Var.Height);
      WinDescribe;
      ClearViewport;
end;

{ ********************** function calculate ********************}

Function dH1(Area1,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3:real):real;
begin
      if proctype12=false then begin                          {Non interact
         if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
            dH1:=(q1-q4-qo1)/(Area1*3600) else
         if Tank1Var.Position_No>Tank2Var.Position_No then
            dH1:=(q1+q4-qo1)/(Area1*3600);
      end else begin                                          {interact}
         if Tank1Var.Position_No<=Tank2Var.Position_No then
            dH1:=(q1-q4-qo1)/(Area1*3600) else
         if Tank1Var.Position_No>Tank2Var.Position_No then
            dH1:=(q1+q4-qo1)/(Area1*3600);
      end;
end;

Function dH21(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3:real):real;
begin
      if proctype12=false then begin                          {Non interact
         if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
            dH21:=(q4-qo2+q2)/(Area2*3600) else
         if Tank1Var.Position_No>Tank2Var.Position_No then
            dH21:=(q2-qo2-q4)/(Area2*3600);
      end else begin                                          {interact}
         if Tank1Var.Position_No<=Tank2Var.Position_No then
            dH21:=(q2+q4-qo2)/(Area2*3600) else
         if Tank1Var.Position_No>Tank2Var.Position_No then
            dH21:=(q2-qo2-q4)/(Area2*3600);
      end;
end;

Function dH22(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3:real):real;
begin
      if proctype23=false then begin                          {Non interact
         if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dH22:=(-q5)/(Area2*3600) else
         if Tank2Var.Position_No>Tank3Var.Position_No then
            dH22:=(q5)/(Area2*3600);
      end else begin                                          {interact}
         if Tank2Var.Position_No<=Tank3Var.Position_No then
            dH22:=(-q5)/(Area2*3600) else
         if Tank2Var.Position_No>Tank3Var.Position_No then
            dH22:=(q5)/(Area2*3600);
      end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

Function dH3(Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3:real):real;
begin
     if proctype23=false then begin                          {Non interact
        if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
           dH3:=(q3+q5-qo3)/(Area3*3600) else
        if Tank2Var.Position_No>Tank3Var.Position_No then
           dH3:=(q3-qo3-q5)/(Area3*3600);
     end else begin                                          {interact}
        if Tank2Var.Position_No<=Tank3Var.Position_No then
           dH3:=(q3+q5-qo3)/(Area3*3600) else
        if Tank2Var.Position_No>Tank3Var.Position_No then
           dH3:=(q3-qo3-q5)/(Area3*3600);
     end;
end;

Function Q(Cv,dP,vp:real):real;  {equation of valve}
begin
     Q:=Cv*sqrt(dP)*vp/(1.17);
end;

Function finddP(Higher,Lower:real):real;
var buff:real;
begin
     if Higher<Lower then begin
        buff:=Higher;
        Higher:=Lower;
        Lower:=buff;
     end;
     finddP:=0.981*(Higher-Lower);
end;

procedure calc1(var h1,h2,h3:real);
var Area1,Area2,Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3:real;
    k11,k12,k21,k22,k31,k32,k41,k42:real;
begin
     Area1:=Tank1Var.Area;
     Area2:=Tank2Var.Area;
     Area3:=Tank3Var.Area;
     With Valve1Var do
          q1:=Q(Cv,dP,vp);
     With Valve2Var do
          q2:=Q(Cv,dP,vp);
     With Valve3Var do
          q3:=Q(Cv,dP,vp);
     With Valve4Var do begin
          if ProcType12=false then begin
             if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1,0)
             else dP:=finddP(h2,0);
          end;
          if ProcType12=true then begin
             if Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1,h2)
             else if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            dP:=finddP(h1+Distance12,h2)
         else dP:=finddP(h2+Distance12,h1);
      end;
      q4:=Q(Cv,dP,vp);
end;
With Valve5Var do begin
      if ProcType23=false then begin
         if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2,0)
         else dP:=finddP(h3,0);
      end;
      if ProcType23=true then begin
         if Tank2Var.Position_No=Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2,h3)
         else if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+Distance23,h3)
         else dP:=finddP(h3+Distance23,h2);
      end;
      q5:=Q(Cv,dP,vp);
end;
qo1:=Pump1.qo;
qo2:=Pump2.qo;
qo3:=Pump3.qo;

k11:=dT*dh1(Area1,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
k12:=dT*dh21(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

With Valve4Var do begin
      if ProcType12=false then begin
         if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
            dP:=finddP(h1+k11/2,0)
         else dP:=finddP(h2+k12/2,0);
      end;
      if ProcType12=true then begin
         if Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No then
            dP:=finddP(h1+k11/2,h2+k12/2)
         else if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
            dP:=finddP(h1+k11/2+Distance12,h2+k12/2)
         else dP:=finddP(h2+k12/2+Distance12,h1+k11/2);
      end;
      q4:=Q(Cv,dP,vp);
end;

k21:=dT*dh1(Area1,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
k22:=dT*dh21(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

With Valve4Var do begin
      if ProcType12=false then begin
         if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
            dP:=finddP(h1+k21/2,0)
         else dP:=finddP(h2+k22/2,0);
      end;
      if ProcType12=true then begin
         if Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No then
            dP:=finddP(h1+k21/2,h2+k22/2)
         else if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                dP:=finddP(h1+k21/2+Distance12,h2+k22/2)
             else dP:=finddP(h2+k22/2+Distance12,h1+k21/2);
          end;
          q4:=Q(Cv,dP,vp);
     end;

     k31:=dT*dh1(Area1,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
     k32:=dT*dh21(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

     With Valve4Var do begin
          if ProcType12=false then begin
             if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1+k31,0)
             else dP:=finddP(h2+k32,0);
          end;
          if ProcType12=true then begin
             if Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1+k31,h2+k32)
             else if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1+k31+Distance12,h2+k32)
             else dP:=finddP(h2+k32+Distance12,h1+k31);
          end;
          q4:=Q(Cv,dP,vp);
     end;

     k41:=dT*dh1(Area1,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
     k42:=dT*dh21(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

     h1:=h1+(k11+(2*k21)+(2*k31)+k41)/6;
     h2:=h2+(k12+(2*k22)+(2*k32)+k42)/6;
end;

procedure calc2(var h1,h2,h3:real);
var Area1,Area2,Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3:real;
    k11,k12,k21,k22,k31,k32,k41,k42:real;
begin
     Area1:=Tank1Var.Area;
     Area2:=Tank2Var.Area;
     Area3:=Tank3Var.Area;
     With Valve1Var do
          q1:=Q(Cv,dP,vp);
     With Valve2Var do
          q2:=Q(Cv,dP,vp);
     With Valve3Var do
          q3:=Q(Cv,dP,vp);
     With Valve4Var do begin
          if ProcType12=false then begin
             if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1,0)
             else dP:=finddP(h2,0);
          end;
          if ProcType12=true then begin
             if Tank1Var.Position_No=Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1,h2)
             else if Tank1Var.Position_No<Tank2Var.Position_No then
                dP:=finddP(h1+Distance12,h2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
         else dP:=finddP(h2+Distance12,h1);
      end;
      q4:=Q(Cv,dP,vp);
end;
With Valve5Var do begin
      if ProcType23=false then begin
         if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2,0)
         else dP:=finddP(h3,0);
      end;
      if ProcType23=true then begin
         if Tank2Var.Position_No=Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2,h3)
         else if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+Distance23,h3)
         else dP:=finddP(h3+Distance23,h2);
      end;
      q5:=Q(Cv,dP,vp);
end;
qo1:=Pump1.qo;
qo2:=Pump2.qo;
qo3:=Pump3.qo;

k11:=dT*dh22(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
k12:=dT*dh3(Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

With Valve5Var do begin
      if ProcType23=false then begin
         if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+k11/2,0)
         else dP:=finddP(h3+k12/2,0);
      end;
      if ProcType23=true then begin
         if Tank2Var.Position_No=Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+k11/2,h3+k12/2)
         else if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+k11/2+Distance23,h3+k12/2)
         else dP:=finddP(h3+k12/2+Distance23,h2+k11/2);
      end;
      q5:=Q(Cv,dP,vp);
end;

k21:=dT*dh22(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
k22:=dT*dh3(Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

With Valve5Var do begin
      if ProcType23=false then begin
         if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+k21/2,0)
         else dP:=finddP(h3+k22/2,0);
      end;
      if ProcType23=true then begin
         if Tank2Var.Position_No=Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+k21/2,h3+k22/2)
         else if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
            dP:=finddP(h2+k21/2+Distance23,h3+k22/2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            else dP:=finddP(h3+k22/2+Distance23,h2+k21/2);
         end;
         q5:=Q(Cv,dP,vp);
    end;

    k31:=dT*dh22(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
    k32:=dT*dh3(Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

    With Valve5Var do begin
         if ProcType23=false then begin
            if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
               dP:=finddP(h2+k31,0)
            else dP:=finddP(h3+k32,0);
         end;
         if ProcType23=true then begin
            if Tank2Var.Position_No=Tank3Var.Position_No then
               dP:=finddP(h2+k31,h3+k32)
            else if Tank2Var.Position_No<Tank3Var.Position_No then
               dP:=finddP(h2+k31+Distance23,h3+k32)
            else dP:=finddP(h3+k32+Distance23,h2+k31);
         end;
         q5:=Q(Cv,dP,vp);
    end;

    k41:=dT*dh22(Area2,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);
    k42:=dT*dh3(Area3,q1,q2,q3,q4,q5,qo1,qo2,qo3);

    h2:=h2+(k11+(2*k21)+(2*k31)+k41)/6;
    h3:=h3+(k12+(2*k22)+(2*k32)+k42)/6;
end;

begin
    PCcomplete:=false;
    No:=0;
    screen;
    repeat
    ch:=readkey;
    case ch of
    #0  : begin
          ch:=readkey;
          case ch of
          #61 : ch:='x';
          #59 : begin
                SetViewport(102,1,638,478,clipon);
                clearviewport;
                new;
                PCcomplete:=true;
                end;
          #60 : begin
                if PCcomplete=true then begin
                   dT:=0.24457;
                   Setviewport(0,0,639,479,clipon);
                   clearviewport;
                   oldY[1]:=280;
                   oldY[2]:=280;
                   oldY[3]:=280;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
oldY[4]:=280;
port[$301]:=$05;
port[$302]:=$B8;
Describe10;
Describe11;
Table;
repeat
repeat
gettime(h1,m1,s1,ss1);
for n:=8 to 10 do begin
    port[$300]:=$01;
    repeat until (port[$308] and $10)=$10;
    if (n=8) and (Pump1.PType=true) then
       Pump1.qo:=(((port[$301]*16)+
                  ((port[$300]-n)/16))/4095)*200;
    if (n=9) and (Pump2.PType=true) then
       Pump2.qo:=(((port[$301]*16)+
                  ((port[$300]-n)/16))/4095)*200;
    if (n=10) and (Pump3.PType=true) then
       Pump3.qo:=(((port[$301]*16)+
                  ((port[$300]-n)/16))/4095)*200;
end;
Describe2(Valve1Var.cv,Valve1Var.dp,
          Valve1Var.vp,Valve1Var.VType);
Describe3(Valve2Var.cv,Valve2Var.dp,Valve2Var.vp,
          Valve2Var.VType);
Describe4(Valve3Var.cv,Valve3Var.dp,Valve3Var.vp,
          Valve3Var.VType);
Describe5(Pump1.qo);
Describe6(Pump2.qo);
Describe7(Pump3.qo);
Describe8(Valve4Var.cv,Valve4Var.dp,Valve4Var.vp,
          Valve4Var.VType);
Describe9(Valve5Var.cv,Valve5Var.dp,Valve5Var.vp,
          Valve5Var.VType);
stringgraph(Level1,Level2,Level3,SP,Tank1Var.Height,
            oldY[1],oldY[2],oldY[3],oldY[4]);
BarGraph(Level1,Level2,Level3,SP,Tank1Var.Height);
Describe1(Level1,Level2,Level3,SP,Tank1Var.Height);
calc1(Level1,Level2,Level3);
calc2(Level1,Level2,Level3);
if Level1<0 then Level1:=0;
if Level2<0 then Level2:=0;
if Level3<0 then Level3:=0;
if Level1>Tank1Var.Height then Level1:=Tank1Var.Height
if Level2>Tank2Var.Height then Level2:=Tank2Var.Height
if Level3>Tank3Var.Height then Level3:=Tank3Var.Height
port[$300]:=$01;
repeat until (port[$308] and $10)=$10;
MV:=(((port[$301]*16)+((port[$300]-11)/16))-819)/3276;
if MV<0 then MV:=0;
case No of
1 : begin
    port[$305]:=(((((round((Level1/Tank1Var.Height)
                *3276)+819)+1)*16)-1) div 256);
    port[$304]:=(((((round((Level1/Tank1Var.Height)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    *3276)+819)+1)*16)-1) mod 256)-15;
    end;
2 : begin
    port[$305]:=((((round((Level2/Tank2Var.Height
                    *3276)+819)+1)*16)-1) div 256);
    port[$304]:=((((round((Level2/Tank2Var.Height
                    *3276)+819)+1)*16)-1) mod 256)-15;
    end;
3 : begin
    port[$305]:=((((round((Level3/Tank3Var.Height
                    *3276)+819)+1)*16)-1) div 256);
    port[$304]:=((((round((Level3/Tank3Var.Height
                    *3276)+819)+1)*16)-1) mod 256)-15;
    end;
end;
if Valve1Var.VType=true then Valve1Var.vp:=MV;
if Valve2Var.VType=true then Valve2Var.vp:=MV;
if Valve3Var.VType=true then Valve3Var.vp:=MV;
gettime(h1,m1,s1,ss2);
if ss2<ss1 then dT:=(ss2-ss1)/100 else
   dT:=((ss2+100)-ss1)/100;
until keypressed;
repeat
ch:=readkey;
case ch of
#0   : begin
       ch:=readkey;
       case ch of
       #59 : begin
             repeat
             ViewModify;
             ch:=readkey;
             case ch of
             #0 : begin
                  ch:=readkey;
                  case ch of
                  #59 : begin
                        repeat
                        ModifyValve;
                        ch:=readkey;
                        case ch of
                        #0 : begin
                             ch:=readkey;
                             case ch of
                             #59 : begin
                             SetViewport(385,435,
                             634,474,clipon);
                             ClearViewport;
                             SetColor(11);
                             SetTextStyle(0,0,1);
                             OutTextXY(10,15,
                             'Cv1 [Gal/min] : ');
                             RReal(150,15,
                             Valve1Var.cv);
                             ClearViewport;
                             SetColor(11);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetTextStyle(0,0,1);
OutTextXY(10,15,
P  [kg/cm2]   : ');
RReal(150,15,
Valve1Var.dp);
if Valve1Var.VType=
false then begin
ClearViewport;
SetColor(11);
SetTextStyle(0,0,1);
OutTextXY(10,15,
'vp1 [0..1]     : ');
RReal(150,15,
Valve1Var.vp);
end;
end;
#60 : begin
SetViewport(385,435,
634,474,clipon);
ClearViewport;
SetColor(11);
SetTextStyle(0,0,1);
OutTextXY(10,15,
'Cv2 [Gal/min]  : ');
RReal(150,15,
Valve2Var.cv);
ClearViewport;
SetColor(11);
SetTextStyle(0,0,1);
OutTextXY(10,15,
P  [kg/cm2]   : ');
RReal(150,15,
Valve2Var.dp);
if Valve2Var.VType
=false then begin
ClearViewport;
SetColor(11);
SetTextStyle(0,0,1);
OutTextXY(10,15,
'vp2 [0..1]     : ');
RReal(150,15,
Valve2Var.vp);
end;
end;
#61 : begin
SetViewport(385,435,
634,474,clipon);
ClearViewport;
SetColor(11);
SetTextStyle(0,0,1);
OutTextXY(10,15,
'Cv3 [Gal/min]  : ');
RReal(150,15,
Valve3Var.cv);
ClearViewport;
SetColor(11);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SetTextStyle(0,0,1);
                OutTextXY(10,15,
                'P  [kg/cm2]   : ');
                RReal(150,15,
                Valve3Var.dp);
                if Valve3Var.VType
                =false then begin
                ClearViewport;
                SetColor(11);
                SetTextStyle(0,0,1);
                OutTextXY(10,15,
                'vp3 [0..1]    : ');
                RReal(150,15,
                Valve3Var.vp);
                end;
                end;
                #62 : begin
                SetViewport(385,435,
                634,474,clipon);
                ClearViewport;
                SetColor(11);
                SetTextStyle(0,0,1);
                OutTextXY(10,15,
                'Cv4 [Gal/min] : ');
                RReal(150,15,
                Valve4Var.cv);
                ClearViewport;
                SetColor(11);
                SetTextStyle(0,0,1);
                OutTextXY(10,15,
                'vp4 [0..1]    : ');
                RReal(150,15,
                Valve4Var.vp);
                end;
                #63 : begin
                SetViewport(385,435,
                634,474,clipon);
                ClearViewport;
                SetColor(11);
                SetTextStyle(0,0,1);
                OutTextXY(10,15,
                'Cv5 [Gal/min] : ');
                RReal(150,15,
                Valve5Var.cv);
                ClearViewport;
                SetColor(11);
                SetTextStyle(0,0,1);
                OutTextXY(10,15,
                'vp5 [0..1]    : ');
                RReal(150,15,
                Valve5Var.vp);
                end;
                end;
        end;
        #27: begin
                ch:='2';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                end;
            end;
            until ch='2';
            end;
            #60 : begin
                  repeat
                  ModifyPump;
                  ch:=readkey;
                  case ch of
                  #0 . begin
                  ch:=readkey;
                  case ch of
                  #59 : begin
                  SetViewport(385,435,
                  634,474,clipon);
                  ClearViewport;
                  SetColor(11);
                  SetTextStyle(0,0,1);
                  OutTextXY(10,15,
                  'qo1 [m3/h]     :');
                  RReal(150,15,Pump1.qo);
                  end;
                  #60 : begin
                  SetViewport(385,435,
                  634,474,clipon);
                  ClearViewport;
                  SetColor(11);
                  SetTextStyle(0,0,1);
                  OutTextXY(10,15,
                  'qo2 [m3/h]     :');
                  RReal(150,15,Pump2.qo);
                  end;
                  #61 : begin
                  SetViewport(385,435,
                  634,474,clipon);
                  ClearViewport;
                  SetColor(11);
                  SetTextStyle(0,0,1);
                  OutTextXY(10,15,
                  'qo3 [m3/h]     :');
                  RReal(150,15,Pump3.qo);
                  end;
                  end;
                  end;
            #27: begin
                        ch:='2';
                        end;
                  end;
             until ch='2';
             end;
      #61 : begin
            SetViewport(385,435,
            634,474,clipon);
            ClearViewport;
            SetTextStyle(0,0,1);
            SetColor(11);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        OutTextXY(10,15,'SP    :');
                                        RReal(80,15,SP);
                                        end;
                                    end;
                                end;
                                #27: begin
                                ch:='1';
                                end;
                                 end;
                                 until ch='1';
                                 Describe11;
                                 end;
                        #60 : ch:='c';
                        end;
                        end;
                #27 : ch:='x';
                end;
        until (ch='c') or (ch='q') or (ch='x');
        until (ch='q') or (ch='x');
        end;
        end;
        end;
        end;
    end;
    until ch='x';
    closegraph;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ อาจารย์วิริยะ กองรัตน์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของกลุ่ม, อ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์, อ.ธนิตย์ ตรีสุวรรณวัฒน์ ในการให้คำแนะนำในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมและห้อง Work shop ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆน้องๆและทุกคนที่ไม่ได้กล่าวชื่อในที่นี้ที่ได้ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจ ซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข , ภคคินี ยิมเรวัต, คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. แคลคูลัสชั้นสูงและสมการดิฟเฟอเรนเชียล, ม.สุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
3. การเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูลด้วยเทอร์โบปาสคาล, นุกูล กระจาย,สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.
4. เรียนรู้เทอร์โบปาสคาลสู่หลักการเขียนโปรแกรม, สุชาดา รัตนคงเนตร, IBIZ.
5. คู่มือเทอร์โบปาสคาล 4.0 - 5.0
6. แอดวานซ์เทอร์โบปาสคาล
7. Mathmatic Engineering , Kreyzig
8. User ' s Manual, PC-Lab Card, Advantech Co.,Ltd
9. คู่มือการใช้งานเครื่องควบคุม EC -320 , TOSHIBA ,บ.คอนโทรลลอจิก จก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้