สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงโดยใช้หลักการ Redundant

DEVELOPMENT OF PLC NETWORK FOR REDUNDANT SYSTEM

นายพงษ์ศักดิ์ พิลาอุ่น
นายสมัย ไพรตื่น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50416
วัน,เดือน,ปี 13 พ.ค. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF PLC NETWORK FOR REDUNDANT SYSTEM

PONGSAK PILAOON

SAMAI PHRAITUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2002

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงโดยใช้หลักการ REDUNDANT DEVELOPMENT OF PLC NETWORK FOR REDUNDANT SYSTEM	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายพงษ์ศักดิ์ พิลาอุ่น	**รหัสประจำตัว** 43015475
	นายสมัย ไพรตื่น	**รหัสประจำตัว** 43015488
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม	
ปีการศึกษา	2545	

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. ทวีพล ซื่อสัตย์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2546

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงโดยใช้หลักการ REDUNDANT DEVELOPMENT OF PLC NETWORK FOR REDUNDANT SYSTEM
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายพงษ์ศักดิ์ พิลาอุ่น
	นายสมัย ไพรตื่น
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ทวีพล ซื่อสัตย์
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

เครื่องควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน ทำให้มันสามารถควบคุมกระบวนการหลายๆชนิดได้ ทั้งระบบที่เป็นแบบดีสครีต และแบบต่อเนื่องโดยการใช้โมดูลพิเศษเข้ามาช่วยในการควบคุม เช่น โมดูล PID, โมดูล Fuzzy และ โมดูล servo ปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาระบบ PLC network ผ่านสายโคแอกเชียล หรือที่เรียกว่าระบบแบบ PC Link นั่นเองจากข้อดีหลายๆอย่างของระบบ PC Link เหมาะอย่างมากที่จะนำมาใช้ออกแบบระบบควบคุมที่มีการทำงานแบบ Redundant ระบบแบบ Redundant ถูกออกแบบมาใช้ควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูง ซึ่งระบบนี้จะปล่อยให้หยุดการทำงานไม่ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ PLC หลายๆตัวเข้ามาควบคุมระบบ เมื่อ PLC ตัวหนึ่งตัวใดล้มเหลวขึ้นมา PLC ตัวอื่นจะเข้าควบคุมระบบแทนทันที ในการทดลองเราจะใช้ PLC 2 ตัวต่อกันและสื่อสารกันผ่านสาย โคแอกเชียล และใช้ PLC ทั้ง 2 ตัวควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงโดยในสภาวะปกติให้ PLC ตัวที่ 1 ส่ง output ออกไปควบคุมระบบ แต่ถ้า PLC ตัวที่ 1 เกิดการเสียหายขึ้นมา PLC 2 ก็จะเข้ามาทำงานแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of PLC network for Redundant System
Authors	Mr. Pongsak Pilaoon
	Mr. Samai Phraitun
Thesis Advisor	Asst. Prof. Taweepol Suesut
Year	2002

ABSTRACT

The programmable logic controller (PLC) is widely used and long time develop. It can be able to control many kind of process, discrete system or continuous process by special module for example PID module, Fuzzy module and servo module integrated on control system. This paper present the development of PLC network system through the coaxial cable. By the advantage of PC link communication therefore appropriate to design the redundant control system passing the coaxial cable PC link. Redundant systems are designed for the high priority process which has unable fail condition occurred on the system. Therefore they necessary many PLC control them. When one of all PLC has system failure then other PLC will immediately control instead the PLC that has errors . Experimental system uses two sets of PLC, which communication through coaxial cable and uses them control high priority process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจาก ท่าน ผศ. ทวีพล ซื่อสัตย์ ท่าน รศ. สุพรรณ กุลพาณิชย์ ท่าน ผศ. วิริยะ กองรัตน์ รวมไปถึงอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งอย่างยิ่งในความอนุเคราะห์จากท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ศิษย์ในการศึกษาระดับต่าง ๆ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้อง ที่ให้โอกาสกับลูกสำหรับการศึกษาเล่าเรียนรวมทั้งให้กำลังใจต่าง ๆ ในการศึกษาตลอดมา

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางคณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการ Redundant.....3

2.1 กล่าวนำ.....3

2.2 ทฤษฎี Redundant.....6

2.2.1 ทฤษฎีโครงข่าย.....6

2.2.2 ระบบแบบอนุกรม.....6

2.2.3 ระบบแบบขนาน.....7

2.2.4 ระบบแบบ Standby Redundant.....8

2.3 Special Relay ที่สำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการทดลอง.....9

บทที่ 3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพีซีลิงค์ (PC Link).....10

3.1 ระบบการติดต่อสื่อสารแบบพีซีลิงค์ (PC Link System).....10

3.2 การแบ่งพื้นที่ความจำในระบบ PC Link.....12

3.3 ชุด PC Link ของเครื่องควบคุม C200HS.....14

3.3.1 ส่วนแสดงผล.....14

3.3.2 การตั้งสวิทซ์และการกำหนดจุดพีซีลิงค์.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การนำหลักการ Redundant มาใช้กับระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Traffic Light)....16

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง....16

4.1.1 แบบจะลองควบคุมไฟสัญญาณจราจร (Model)....16

4.1.2 เครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้....17

4.2 ลำดับขั้นตอนการทดลอง....20

4.3 โปรแกรมการทดลอง....20

4.3.1 Ladder Diagram ของ PCL ตัวที่ 1 (Master)....20

4.3.2 Ladder Diagram ของ PCL ตัวที่ 2 (Standby)....24

4.4 ผลการทดลอง....27

4.4.1 สภาวะที่มีการทำงานปกติ....27

4.4.2 สภาวะที่ PLC 1 และ Fail PLC 2 ทำงานแทน....28

4.4.3 สภาวะที่ PLC 1 กลับเข้ามาทำงานอีกครั้ง....28

4.5 สรุปผลการทดลอง....29

บทที่ 5 การนำหลักการ Redundant มาใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิ....30

5.1 กล่าวนำ....30

5.2 การควบคุมแบบป้อนกลับ PID (PID Controller)....30

5.3 การทดลองการควบคุมอุณหภูมิ....35

5.3.1 การต่อวงจรการทดลอง....35

5.3.2 การตั้งค่าและใช้งาน C200H-TC001....36

5.3.3 การตั้งค่าและใช้งาน C200H-DA001....39

5.4 ส่วนของโปรแกรม....42

5.5 รายละเอียดการทดลอง....43

5.6 ผลการทดลอง....45

5.7 สรุปผลการทดลอง....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....49

6.1 บทสรุป.....49

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา.....49

บรรณานุกรม.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงการจัดแบ่งหน่วยความจำ LR ของชุด PC Link ในเครื่องควบคุม C20H, C1000H หรือ C2000 13

3.2 ส่วนของ LEDs Indicator 14

3.3 แสดงการตั้งค่า DIP SWITCH 15

3.4 แสดงการตั้ง AR เพื่อกำหนดพื้นที่หน่วยความจำ 15

3.5 แสดงงการเลือกจำนวน WORD สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล 15

5.1 แสดงการเลือกใช้ตัวควบคุม 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดง model การทดลองอย่างง่าย ๆ 4
2.2 แสดงการควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงผ่านระบบ PC Link.....4
2.3 ตัวอย่างการนำ Redundant มาใช้.....4
2.4 Flow Chart แสดงเงื่อนไขของการทดลอง.....5
2.5 ระบบที่ต่อกันแบบอนุกรม.....6
2.6 ระบบที่ต่อกันขนานกันอยู่.....7
2.7 Redundancy modes.....8
3.1 การต่อแบบ Serial link.....11
3.2 การต่อแบบ Parallel link.....11
3.3 การแบ่งพื้นที่สำหรับ PC Link System.....12
3.4 ส่วนแสดงผล.....14
4.1 แบบจำลองระบบควบคุมไฟฟ้าสัญญาณจราจร.....16
4.2 CPU RACK.....17
4.3 Output Unit.....18
5.1 ผลของ D-Action ในตัวควบคุม PD Controller ขณะ Open Loop.....31
5.2 โครงสร้างของระบบควบคุมที่ควบคุมด้วยตัวควบคุม PID.....34
5.3 ค่าที่พุ่งเกินที่ต้องการเมื่อใช้การปรับด้วยวิธีของ Ziegler-Nichols.....34
5.4 การต่อวงจรการทดลอง.....35
5.5 การนำ DA001 ไปใช้งาน.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ในยุคที่มีการแข่งขันทางการค้าอย่างรุนแรง ผู้ผลิตสินค้าต้องใส่ใจกับมาตรฐานและคุณภาพของสินค้ารวมทั้งต้นทุนการผลิตที่ต่ำ เพื่อที่จะสามารถแข่งขันกับคู่ต่อสู้ทางการค้าได้ ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่กระบวนการผลิตต้องมีการทำงานอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ นั่นหมายความว่าระบบที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตต้องมีการป้องกันเป็นอย่างดี เพราะเมื่อใดก็ตามที่ระบบมีความเสียหายเกิดขึ้นนั่นหมายถึงการขาดทุน ระบบแบบ Redundant ถือเป็นระบบป้องกันอย่างหนึ่งที่มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพราะสามารถป้องกันการหยุดชะงักของกระบวนการผลิตได้ทำให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นระบบแบบ Redundant จึงเป็นระบบที่น่าสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าวิจัยและทำการพัฒนาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับหลักการของระบบแบบ Redundant ว่ามีหลักการและการทำงานอย่างไร เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูง ต้องการความต่อเนื่องและประสิทธิภาพในการทำงาน และมีแนวโน้มว่าระบบ Redundant จะมีความสำคัญต่อระบบการผลิตมากยิ่งขึ้น เพราะนับวันระบบที่ใช้ในการควบคุมการผลิตยิ่งต้องการความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือในการทำงานมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะนำระบบ Redundant มาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตของเรา อีกทั้งยังสามารถพัฒนาต่อเพื่อให้การทำงานของระบบควบคุมการผลิตมีเสถียรภาพมากขึ้นด้วย

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้จะเป็นการนำหลักการของ PC Link มา Link PLC 2 ตัวผ่าน Coaxial Cable เพื่อให้ PLC สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันได้ แล้วนำ PLC ทั้ง 2 ตัวนี้ไปทำงานร่วมกันในลักษณะของ Redundant System โดยใน PLC ทั้งสองตัวจะมีเงื่อนไขของการทำงานที่เหมือนกัน ดังนั้นโปรแกรมที่อยู่ใน PLC ทั้งสองตัวจึงคล้ายกัน เราได้ทำการทดลองหลักการ Redundant กับ 2 ระบบคือ ระบบควบคุมไฟสัญญาณจราจร และระบบควบคุมอุณหภูมิแล้วทำการสังเกตผลของ Output ว่ามีการเปลี่ยนแปลง หรือได้รับผลกระทบหรือไม่ เมื่อมีการนำระบบแบบ Redundant เข้ามาทำการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานวิจัยในปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้มีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการศึกษาและทดลองเกี่ยวกับระบบที่มีการทำงานแบบ Redundant ว่ามีการทำงานและมีข้อดีอย่างไรเพื่อเป็นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบที่มีการทำงานแบบ Redundant ก่อน จากนั้นจึงนำระบบแบบ Redundant นี้ไปใช้ควบคุมระบบไฟสัญญาณจราจร และระบบควบคุมอุณหภูมิ ทำการสังเกต Output ว่าได้รับผลกระทบหรือไม่เมื่อมีการนำระบบที่มีการทำงานแบบ Redundant มาใช้ในการควบคุม ทั้งนี้เพราะว่าระบบแบบ Redundant จะมีการเปลี่ยนแปลงของตัว PLC ที่ใช้ในการควบคุมระบบ จึงอาจจะทำให้มีผลกระทบต่อ Output ของระบบได้ และถ้ามีผลกระทบต่อระบบจริงเราจะแก้ไขอย่างไรเพื่อให้การทำงานของระบบนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีข้อผิดพลาดในการทำงานน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

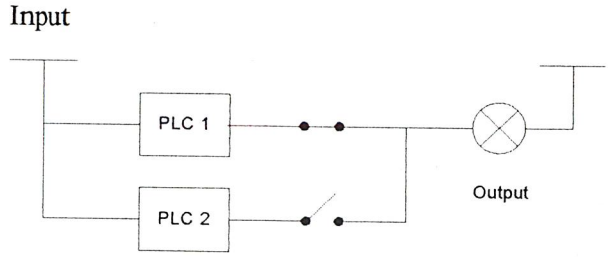
บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการ Redundant

2.1 กล่าวนำ

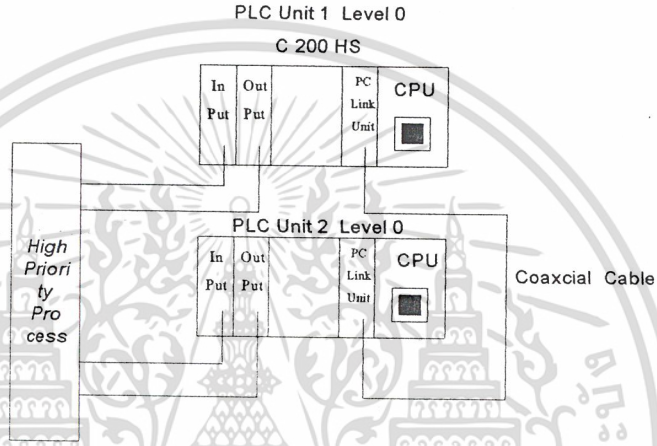
ในงานอุตสาหกรรมนั้นการควบคุมแบบอัตโนมัติถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะความสะดวกและเพิ่มความปลอดภัย ซึ่งสิ่งที่ใช้เป็นตัวควบคุมที่นิยมใช้คือตัว PLC เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจึงมีการนำระบบ PC link เข้ามาใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่าง PLC แต่ละตัว ระบบงานอุตสาหกรรมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญที่ระบบนี้ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา ถือได้ว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญสูงถ้าเกิดความเสียหายกับระบบนี้เมื่อไหร่หมายความถึงความเสียหายร้ายแรงที่อาจจะเกิดขึ้นกับหน่วยงานได้ ดังนั้นเราต้องมีการป้องกันระบบนี้เป็นอย่างดี โดยที่ระบบงานนี้ถูกควบคุมผ่านทางตัว PLC และถ้าเกิดเหตุการณ์ที่ตัวควบคุม (PLC) ตัวนี้มีการล้มเหลวเกิดขึ้นระบบก็จะเสียหายด้วย เพราะฉะนั้นเราต้องมี PLC สำรองไว้ควบคุมระบบในกรณีที่ตัว PLC ตัวแรกเกิดความผิดพลาดหรือเสียหายขึ้น ซึ่งการควบคุมในลักษณะนี้เราจะใช้หลักการของ Redundant System เข้ามาใช้ในการควบคุม เพราะว่าระบบแบบ Redundant System ถูกออกแบบเพื่อนำมาใช้ควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงโดยเฉพาะ หลักการของระบบแบบ Redundant System คือจะมีตัว PLC อยู่หลายตัวทำการควบคุมระบบเดียวกันซึ่งเป็นระบบที่มีความสำคัญสูง และ PLC ทุกตัวต้องทำงานไปพร้อมๆกันและมีเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมเหมือนๆกัน ทุกตัวมีการเชื่อมโยงกันผ่านระบบ PC link โดยที่จะมี PLC อยู่เพียงตัวเดียวที่ส่งสัญญาณ output ออกไปควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงนี้ ส่วน PLC ตัวอื่นๆ ก็จะ ทำงานไปพร้อมกันแต่จะไม่มีการส่งสัญญาณออกไป แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ PLC ตัวหลักมีการล้มเหลวหรือผิดพลาดเกิดขึ้น PLC ตัวอื่นๆเพียงตัวเดียวก็จะทำการส่งสัญญาน output ออกไปควบคุมระบบอย่างทันทีทันใดโดยเร็วที่สุดเพื่อที่จะทำให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ เกิดขึ้นกับระบบ

จากการที่ PLC ทุกตัวถูกเชื่อมโยงกันในรูปแบบของ PC link เพื่อทำการควบคุมระบบเดียวกันภายใต้เงื่อนไขของการควบคุมแบบ Redundant System ซึ่งเราสามารถแสดง model การทดลองได้ดังรูปที่ 2.1 โดยในการทดลองเราจะใช้ PLC รุ่น C 200 HS 2 ตัวต่อ PC link กันอยู่และควบคุมระบบเดียวกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 แต่จะมี PLC ตัวเดียวเท่านั้นที่ควบคุมระบบอยู่ส่วนอีกตัวก็ทำงานเช่นกันแต่จะทำงานเป็นตัว stand by รอจนกว่าตัวที่ 1 ทำงานล้มเหลวถึงจะเข้าไปทำงานแทนที่ตัวที่ 1 อย่างทันท่วงที เพื่อที่จะทำให้ระบบทำงานอย่างต่อเนื่อง แต่ปัญหาอยู่ที่ว่าเมื่อตัวที่ 1 ล้มเหลวแล้วตัวที่ 2 จะทำการรับทราบได้อย่างไรเราจึงมีการนำ Special Relay (SR 25202) เข้ามาใช้ในการโปรแกรมเพื่อทำการส่งถ่ายสภาวะให้ตัวที่ 2 ทำงานทันทีเมื่อตัวที่ 1 ล้มเหลว ส่วนรายละเอียดของ Special Relay ที่เรานำมาใช้นั้นจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

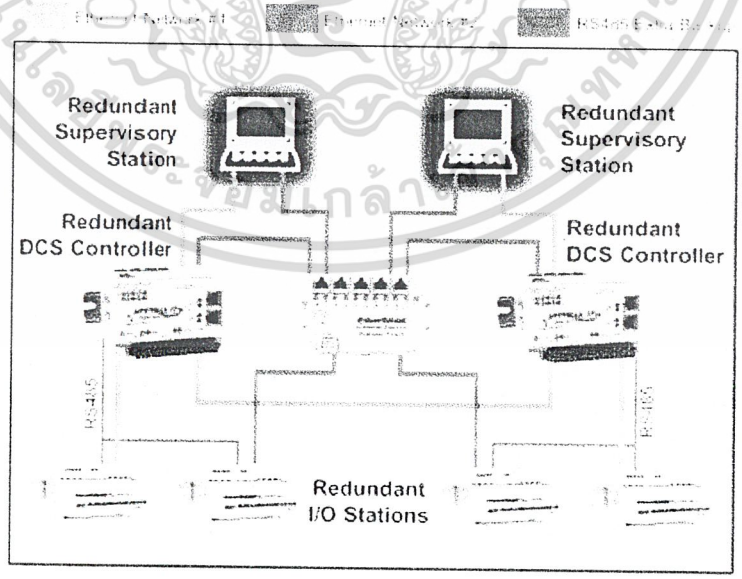
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดง model การทดลองอย่างง่ายๆ

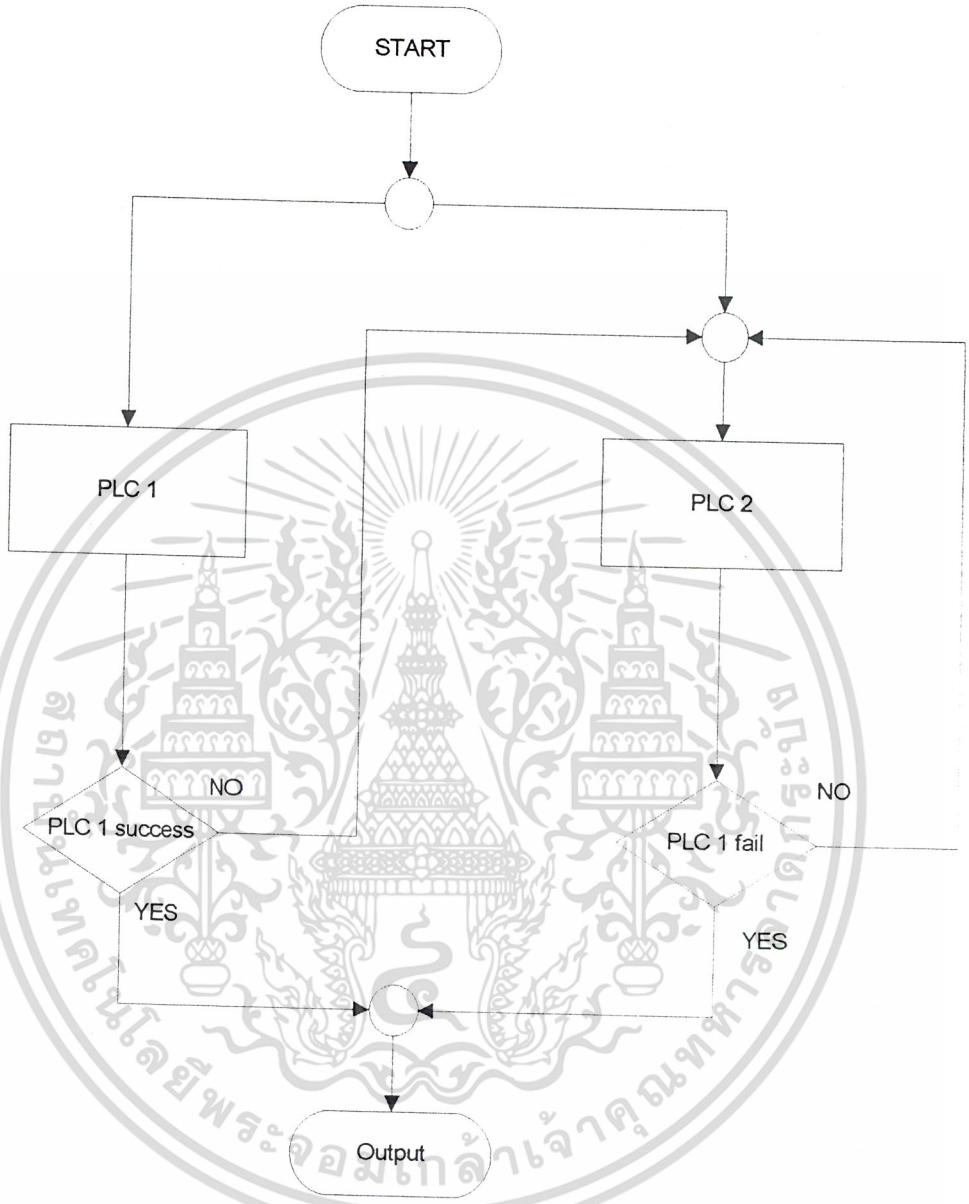


รูปที่ 2.2 แสดงการควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงผ่านระบบ PC Link



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการนำ Redundant มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 Flow Chart แสดงเงื่อนไขการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎี Redundant

2.2.1 ทฤษฎีโครงข่าย

ในงานจริงส่วนมากระบบจะถูกแทนในรูปแบบของโครงข่ายที่ต่อกันแบบ อนุกรม , ขนาน หรือแบบผสม ซึ่งขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานของระบบนั้นๆ และก่อนที่เราจะวิเคราะห์ระบบจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องเข้าใจรูปแบบการต่อของระบบที่ถูกแทนในรูปของโครงข่าย

ระบบที่มีการต่อแบบอนุกรมและแบบขนานจะถูกแทนในรูปของโครงข่ายเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจและมีคำจำกัดความดังนี้

(ก) ระบบแบบอนุกรม

ระบบแบบนี้การทำงานของระบบจะสำเร็จก็ต่อเมื่อ "ทุกๆตัวที่ต่ออยู่ในระบบ ต้องทำงานทั้งหมด" และระบบจะล้มเหลวเมื่อ " ตัวใดตัวหนึ่งในระบบมีความผิดพลาดเกิดขึ้น" เรียกอีกอย่างว่าระบบแบบ non-redundant

(ข) ระบบแบบขนาน

ระบบแบบนี้การทำงานของระบบจะสำเร็จเมื่อ " มีตัวใดตัวหนึ่งในระบบทำงานอยู่ " และระบบจะล้มเหลวเมื่อ " ทุกๆตัวที่ต่ออยู่ในระบบล้มเหลวทั้งหมด " เรียกอีกอย่างว่าระบบแบบ fully redundant

2.2.2 ระบบแบบอนุกรม

พิจารณาระบบที่ประกอบด้วยระบบย่อย A และ B ต่ออนุกรมกันอยู่ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าระบบจะทำงานได้สำเร็จก็ต่อเมื่อทั้ง A และ B ต้องทำงานทั้ง 2 ตัว

รูปที่ 2.5 ระบบที่ต่อกันแบบอนุกรม

ถ้า R_A ,R_B= ค่าความน่าจะเป็นที่ส่วนประกอบตัวที่ A และ B ของระบบจะทำงานได้สำเร็จ

Q_A , Q_B= ค่าความน่าจะเป็นที่ส่วนประกอบตัวที่ A และ B ของระบบจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

ดังนั้นจะได้ว่า $R_A + Q_A = 1$ และ $R_B + Q_B = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระบบจะทำงานได้สำเร็จก็ต่อเมื่อทั้ง A และ B มีการทำงานอยู่ทั้งสองตัว

นั่นคือความน่าจะเป็นที่ระบบจะสามารถทำงานได้สำเร็จ หรือ ความน่าเชื่อถือของระบบ คือ

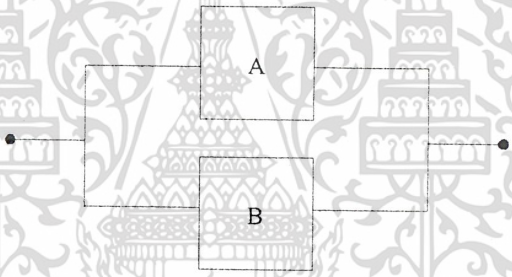
$$R_S = R_A * R_B$$

และความน่าจะเป็นที่ระบบจะเกิดความผิดพลาดขึ้น หรือ ความไม่น่าเชื่อถือ (unreliability) คือ

$$Q_S = 1 - R_A R_B$$
$$= 1 - (1-Q_A)(1-Q_B)$$
$$= Q_A+Q_B-Q_A*Q_B$$

2.2.3 ระบบแบบขนาน

พิจารณาระบบที่ประกอบด้วยระบบ A และ B ต่อขนานกันอยู่ดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระบบที่ต่อขนานกันอยู่

จากรูประบบจะทำงานได้สำเร็จเมื่อระบบย่อยเพียงตัวใดตัวหนึ่งไม่ว่าจะเป็น A หรือ B หรือทั้ง A และ B มีการทำงานอยู่

ความน่าเชื่อถือของระบบ $R_P = 1- Q_A*Q_B$

$= R_A+R_B-R_A*R_B$

ความไม่น่าเชื่อถือของระบบ $Q_P= Q_A*Q_B$

ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่าระบบแบบอนุกรม จะมีความน่าเชื่อถือลดลงถ้าจำนวนของระบบย่อยมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือระบบจะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูงขึ้นในกรณีที่มีระบบย่อยเพิ่มขึ้น

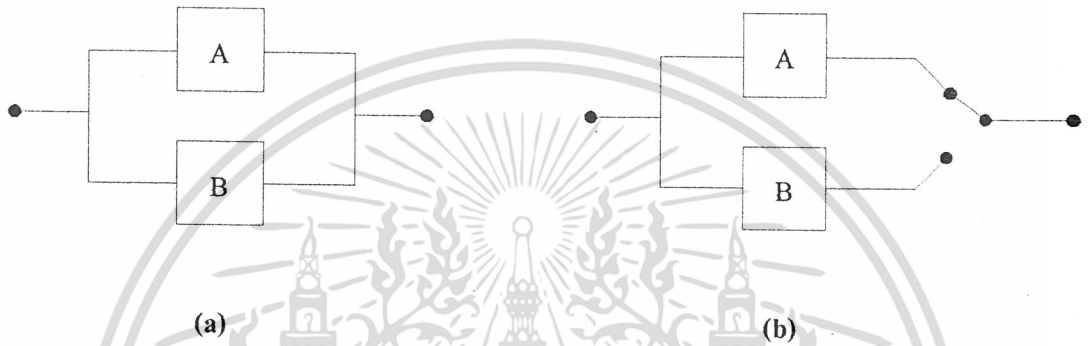
ส่วนระบบแบบขนาน จะมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของระบบย่อยที่ต่ออยู่ ดังนั้นเราสามารถพูดได้ว่า ความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับระบบแบบขนานจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยลงเมื่อจำนวนของระบบที่ต่อขนานอยู่มีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ระบบแบบ standby redundant

2.2.4.1 หลักการ redundancy

จากหัวข้อที่ผ่านมาเราทราบว่าระบบแบบ redundant คือระบบที่ประกอบด้วยระบบย่อยตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไปต่อขนานกันอยู่แต่ในหัวข้อนี้เราจะแบ่ง mode ของระบบ redundant ออกเป็น 2 mode ด้วยกันคือ parallel redundancy mode และ standby redundancy mode ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 Redundancy modes (a) Parallel redundancy. (b) Standby redundancy.

ในงานบางอย่างเป็นไปไม่ได้ที่เราจะให้ระบบ 2 ระบบที่ต่อขนานกันอยู่ทำงานไปพร้อมๆกัน เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เช่น จากรูปที่ 2.7a. ถ้า A และ B ถูกนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์บางอย่าง ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่ A และ B สร้าง output ที่แตกต่างกันออกมาจะทำให้ output ได้รับคำสั่งที่ผิดพลาดทำให้การทำงานของระบบผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ปัญหานี้เราสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่ม logic gate หรือ สวิทช์เข้าไปกั้นระหว่างส่วนที่ขนานกันอยู่และอุปกรณ์ output ดังรูปที่ 2.7b. ดังนั้นทั้ง A และ B จะต้องทำงานไปพร้อมๆกัน แต่ทว่า output จะรับคำสั่งจากตัวใดตัวหนึ่งเพียงตัวเดียวเท่านั้น ส่วนตัวอื่นๆจะถูกกั้นโดย logic gate เอาไว้ซึ่งวิธีการนี้เราเรียกว่า standby redundancy ระบบแบบนี้จะถูกนำไปใช้กับ output ที่มีความสำคัญสูงคือ output ตัวนี้ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา ในการศึกษาเรื่อง standby redundancy นี้จะต้องทำความเข้าใจเรื่องการ switching ด้วย

2.2.4.2 Perfect switching

เราจะเรียกการ switching ว่าเป็นแบบ perfect switch ก็ต่อเมื่อ มันไม่ทำให้ระบบล้มเหลวในขณะที่มีการปฏิบัติงานอยู่ และในระหว่างที่มีการสับสวิทช์จากตำแหน่งที่มีการทำงานปกติไปยังตำแหน่งที่มีการ standby รออยู่นั้นมันจะต้องไม่ทำให้เกิดความขัดข้องหรือความผิดพลาดให้แก่ระบบนั้นแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7b เป็นระบบที่มีการทำงานแบบ standby redundancy จะเห็นว่า B จะ standby อยู่ส่วน A จะเป็นตัวส่งคำสั่งออกไป ยัง output ผ่านทาง perfect switching และเมื่อใดก็ตามที่ A เกิดความผิดพลาดขึ้น perfect switch จะสับเปลี่ยนให้ B ทำงานแทน

2.2.4.3 Imperfect switching

ลักษณะการทำงานที่เป็นแบบ imperfect switching คือในระหว่างที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งให้ B ทำงานแทน Aของระบบแบบ standby redundancy นั้นทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นซึ่งความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจากการ switching โดยตรงส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวม จะต้องมีการแก้ไขต่อไปเพื่อระบบจะได้ทำงานอย่างราบรื่น

2.3 Special Relay ที่สำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการทดลอง

- **SR 25202 (Operating Level 0 Data Link Operating flag)**

รูปแบบการทำงานของรีเลย์พิเศษตัวนี้คือ เมื่อใดก็ตามที่ระบบ PC Link มีการ Link กันอยู่ รีเลย์พิเศษตัวนี้ก็จะอยู่ในสภาวะ ON แต่เมื่อใดก็ตามที่การ Link มีการสิ้นสุดลงรีเลย์พิเศษตัวนี้ก็จะ OFF ตามไปด้วยเช่นกัน แต่มีเงื่อนไขอยู่ว่ารีเลย์พิเศษตัวนี้จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กล่าวข้างต้นก็ต่อเมื่อ ใช้กับการ Link ใน Level 0 เท่านั้น

- **SR 25205 (Operating Level 1 Data Link Operating flag)**

รีเลย์พิเศษตัวนี้มีเงื่อนไขการทำงานเหมือนตัวแรกมาก กล่าวคือ เมื่อใดก็ตามที่ระบบ PC Link มีการ Link กันอยู่รีเลย์พิเศษตัวนี้ก็จะอยู่ในสภาวะ ON แต่เมื่อใดก็ตามที่การ Link มีการสิ้นสุดลงรีเลย์พิเศษตัวนี้ก็จะ OFF แต่จุดที่ต่างกันคือรีเลย์พิเศษตัวนี้จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กล่าวข้างต้นก็ต่อเมื่อ ใช้กับการ Link ใน Level 1 เท่านั้นส่วนตัวแรกใช้กับการ Link ใน Level 0

- **SR 25215 (Output Off Bit)**

ถ้าเราไม่ต้องการให้ Output ที่เราควบคุมอยู่แสดงสภาวะการทำงานออกมาหรือต้องการไม่ให้ Output ทำงานเราสามารถทำได้โดยการสั่งให้รีเลย์พิเศษตัวนี้ ON นั่นคือเมื่อใดก็ตามที่ Special Relay ตัวนี้ ON เมื่อนั้นตัว Output ที่เราควบคุมอยู่ทุกๆตัวจะอยู่ในสภาวะ OFF แต่ถ้า Special Relay ตัวนี้ OFF เมื่อไร Output ที่เราควบคุมอยู่ก็จะสามารถทำงานได้ตามปกติที่เราต้องการ

สรุปก็คือเราจะใช้ Special Relay ตัวนี้กั้นสัญญาณที่จะไปควบคุม Output เอาไว้เหตุผลก็เพราะว่าเราต้องการให้มีเพียง PLC ตัวเดียวเท่านั้นที่ส่งสัญญาณออกไปควบคุม Output ในขณะที่ตัวอื่นๆก็มีสภาวะการทำงานเหมือนๆกันเพียงแต่ว่าไม่ส่งสัญญาณออกไปควบคุม Output เท่านั้นโดยการใช้ Special Relay ตัวนี้กั้นสัญญาณเอาไว้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพีซีลิ้งค์ (PC Link)

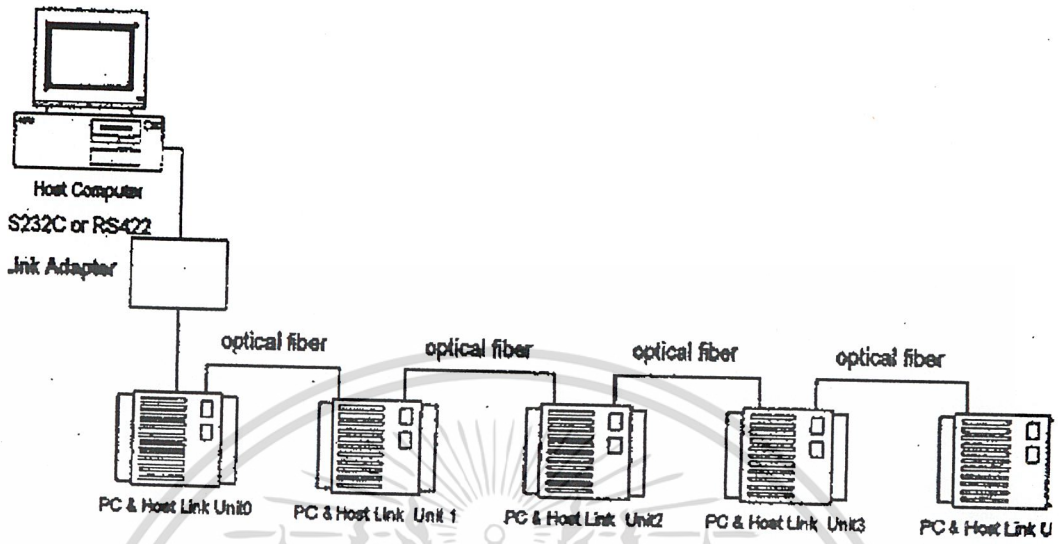
ในการควบคุมเครื่องจักรกลทางอุตสาหกรรม โดยทั่วไปจะอาศัยเครื่องควบคุม PC (Programmable Controller) เครื่องหนึ่ง ต่อ เครื่องจักรกลเครื่องหนึ่งด้วย ซึ่งเป็นการควบคุมแบบหนึ่งต่อหนึ่ง แต่ปัจจุบันเทคโนโลยี การสื่อสารข้อมูลมีความก้าวหน้าอยู่มากในการที่จะทำให้เครื่องควบคุม PC สามารถติดต่อสื่อสารกันได้หลายๆเครื่องนับว่าเป็นสิ่งที่ดีและสามารถทำได้ภายใต้ระบบการจัดการและ บริหารข้อมูลเดียวกัน เพื่อบริหารเครื่องควบคุมทั้งหมดที่ติดตั้งอยู่ในระบบทำให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่มีการทำงานตามที่กล่าวมาเรียกว่า ***ระบบพีซีลิ้งค์ (PC Link)*** จะประกอบด้วยเครื่องควบคุม PC และ PC Link ชุดหนึ่งเป็นเครื่องควบคุมหลักเรียกว่า ***ชุด สำรวจ (Polling Unit)*** เครื่องควบคุม PC และ PC Link ย่อยที่เหลือทั้งหมดเรียกว่า ***ชุด ถูกสำรวจ (Polled Unit)*** ทุกชุดของเครื่องควบคุมจะอาศัยโมดูล PC Link เป็นฮาร์ทแวร์ในการสื่อสารข้อมูล โดยมีมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลเดียวกัน สำหรับการบริหารข้อมูลจะอาศัยหน่วยความจำภายในพื้นที่ของ LR (Link relay) ของแต่ละเครื่องควบคุมให้เป็นข้อมูลส่วนกลางและจัดสัดส่วนให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน การทำงานในระบบ PC Link นั้นโดยมาก บริษัทผู้ผลิตจะพยายามทำให้ใช้งานได้ง่าย โดยระบบจัดการในชุดควบคุมหลักจะบริหารข้อมูลของเครื่องควบคุมทุกๆเครื่องที่ติดตั้งภายใต้ระบบ ให้ได้รับการแลกเปลี่ยนกันเองโดยอัตโนมัติ เครื่องควบคุมทุกรุ่นทุกยี่ห้อโดยมากจะมีระบบเชื่อมต่อและส่งถ่ายข้อมูลในลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก มีเพียงบางอย่างเท่านั้นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะได้แก่ มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลหรือ โปรโตคอล ที่บริษัทผู้ผลิตจะออกแบบไว้ให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ

3.1 ระบบการติดต่อสื่อสารแบบพีซีลิ้งค์ (PC Link System)

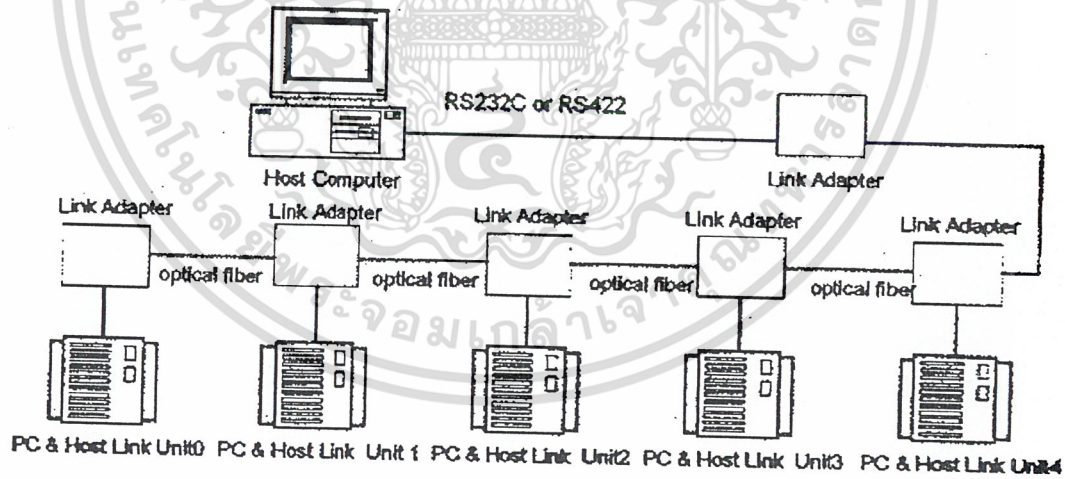
เป็นการเชื่อมโยงสื่อสารข้อมูลในลักษณะของการแบ่งพื้นที่ในการอ่านเขียนของ PLC/PC แต่ละตัว เครื่องควบคุม PLC/PC แต่ละตัวสามารถรับรู้ข่าวสารซึ่งกันและกันได้มาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลชนิดนี้มักจะเป็นแบบ RS422A หรือเป็นรูปแบบการสื่อสารผ่าน สายใยแก้วนำแสง (Fiber optic) หรือผ่านสายโคแอคเชียล

โดยจะมีตัว Link Adapter เป็นตัวแปลงรูปแบบข้อมูลให้เป็น มาตรฐานตรงกันอาจจะมีการเชื่อมโยงกับเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาในระบบการลิ้งค์ เพื่อสนับสนุนการทำงานของเครื่องควบคุม PLC/PC ซึ่งจะเรียกว่า โฮสคอมพิวเตอร์ (Host Computer) มีลักษณะการต่อวงจร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การต่อแบบ Serial link

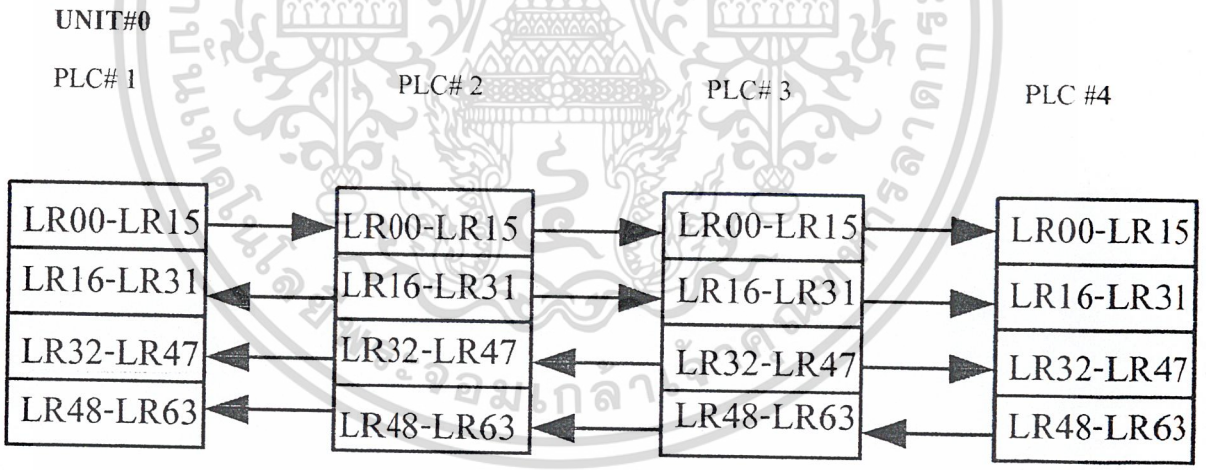


รูปที่ 3.2 การต่อแบบ Parallel link

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การแบ่งพื้นที่หน่วยความจำในระบบ PC Link

ตัวอย่างการจัดแบ่งพื้นที่ของเครื่องควบคุม PLC/PC กำหนดให้มีเครื่องควบคุมจำนวน 4 ชุด เชื่อมโยงในเครื่องควบคุมแต่ละเครื่องจะมีพื้นที่ของรีเลย์ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงข้อมูล (Link–Relay) ถ้ามีเครื่องควบคุมที่เชื่อมต่อในระบบมากพื้นที่จะถูกแบ่งออกไปตามจำนวน เช่น 4 ชุด พื้นที่จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน เช่น เครื่องควบคุมมีพื้นที่ของ ลิ้งค์รีเลย์จำนวน 64 Word ก็จะถูกแบ่งเป็นส่วนละ 16 Word ส่วนแรกจะเป็นพื้นที่ของเครื่องควบคุมตัวที่ 1 ส่วนที่สองจะเป็นของเครื่องควบคุมตัวที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ โดยพื้นที่ส่วนอื่นจะถูกกันไว้ไม่ให้สามารถเขียนข้อมูลลงไปได้ (Read Only) ยกเว้นพื้นที่ของตัวเอง ดังนั้นถ้า PLC/PC เครื่องที่ 1 ต้องการรับข้อมูลของ PLC เครื่องที่ 3 ก็สามารถอ่านได้จากพื้นที่ของเครื่องควบคุมส่วนที่สาม และถ้าต้องการส่งข้อมูลให้ก็เขียนลงในพื้นที่ของส่วนแรก แล้ว PLC ตัวที่ 3 จะทำการอ่านข้อมูลในส่วนแรก ก็จะสามารถทราบข้อมูลของเครื่องควบคุม PLC ตัวที่ 1 ได้ เราสามารถแสดงตัวอย่างการแบ่งหน่วยความจำพื้นที่ LR ได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การแบ่งพื้นที่สำหรับ PC Link System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการจัดแบ่งหน่วยความจำ LR

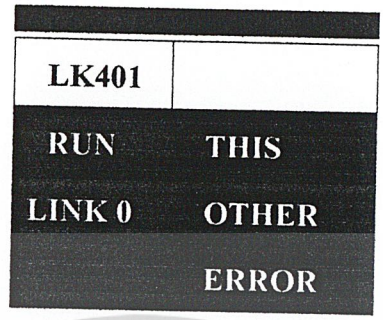
ตารางที่3.1 แสดงการจัดแบ่งหน่วยความจำ LR ของชุด PC Link ในเครื่องควบคุม C200H,C1000H หรือ C2000

No. of PC Link Unit	17 to 32	9 to 16	5 to 8	3 to 4	2
LR Word LR Bits/Unit	32	64	128	256	512
LR00-LR01	Unit #0	Unit #0	Unit # 0	Unit #0	Unit #0
LR02-LR03	Unit #1				
LR04-LR05	Unit #2	Unit #1			
LR06-LR07	Unit #3				
LR08-LR09	Unit #4	Unit #2	Unit #1		
LR10-LR11	Unit #5				
LR12-LR13	Unit #6	Unit #3			
LR14-LR15	Unit #7				
LR16-LR17	Unit #8	Unit #4	Unit #2	Unit #1	
LR18-LR19	Unit #9				
LR20-LR21	Unit #10	Unit #5			
LR22-LR23	Unit #11				
LR24-LR25	Unit #12	Unit #6	Unit #3		
LR26-LR27	Unit #13				
LR28-LR29	Unit #14	Unit #7			
LR30-LR31	Unit #15				
LR32-LR33	Unit #16	Unit #8	Unit #4	Unit #2	Unit #1
LR34-LR35	Unit #17				
LR38-LR37	Unit #18	Unit #9			
LR38-LR39	Unit #19				
LR40-LR41	Unit #20	Unit #10	Unit #5		
LR42-LR43	Unit #21				
LR44-LR45	Unit #22	Unit #11			
LR46-LR47	Unit #23				
LR48-LR49	Unit #24	Unit #12	Unit #6	Unit #3	
LR50-LR51	Unit #25				
LR52-LR53	Unit #26	Unit #13			
LR54-LR55	Unit #27				
LR56-LR57	Unit #28	Unit #14	Unit #7		
LR58-LR59	Unit #30				
LR60-LR62	Unit #31	Unit #15			
LR63-LR63	Unit #32				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชุด PC Link ของเครื่องควบคุม C200HS

3.3.1 ส่วนแสดงผล



รูปที่ 3.4 ส่วนแสดงผล

ตารางที่3.2 ส่วนของ LEDs Indicator

LED	Function/Meaning
RUN	Lit when PC Link Units are operating
LINK 0	Lit when PC Link Units#0 (polling unit) is operating property. Not Lit When an error has occurred
THIS	Lit when PC Link Units is operating property. Not lit When an error has occurred.
OTHER	Lit when PC Link Units are operating property. Not lit When an error has occurred.
ERROR	Light when a unit number is set incorrectly ; flashes when an error has Occurred on the links between #0 or other and this PC Link unit. Not lit during normal operation
ALL LEDs not lit	All LEDs will go out when an error occurs in the PC

3.3.2 การตั้งสวิทช์ และการกำหนดชุดพีซีลิ้งค์

เครื่องPLCจำนวน 2 ชุดขึ้นไป ทำการต่อสายโคแอกเชียลเข้าที่ SYSMAC LINKโมดูล ทำการตั้งหมายเลขประจำเครื่อง (Unit Number) ให้ต่างกันเริ่มจาก 1,2,3,....16 ตามลำดับโดยใช้ไขควงขนาดเล็กหมุนที่โรตารี่สวิทช์ทั้งสองหลักตั้งค่าบน DIP SWICHS ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงการตั้งค่า DIP SWITCH

หมายเลข DIP SW	รายละเอียดในการกำหนดค่า	
	ON	OFF
1	Start Test	Stop Test
2	Start Link	Stop Link
3	Operating on Level 0	Operating on Level 1
4	Not Use	Not Use

<u>หมายเหตุ</u>-SW1 OFF, SW2 ON, SW3 ON

ตั้งหน่วยความจำสำรอง Auxiliary Relay (AR) เพื่อกำหนดพื้นที่หน่วยความจำโดยใช้ Programming Console ดังข้อมูลในตาราง

ตารางที่ 3.4 แสดงการตั้ง AR เพื่อกำหนดพื้นที่หน่วยความจำ

Operation Level 0		Operation Level 1		Memory Setting
AR700	AR701	AR704	AR705	
0	0	0	0	No meaning
1	0	1	0	LR area only
0	1	0	1	DM area only
1	1	1	1	LR area DM

ตารางที่ 3.5 แสดงการเลือกจำนวน WORD สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล

Operation Level 0		Operation Level 1		Word per Node		Max
AR702	AR703	AR706	AR707	LR	DM	Node
0	0	0	0	4	8	16
1	0	1	0	8	16	8
0	1	0	1	16	32	4
1	1	1	1	32	64	2

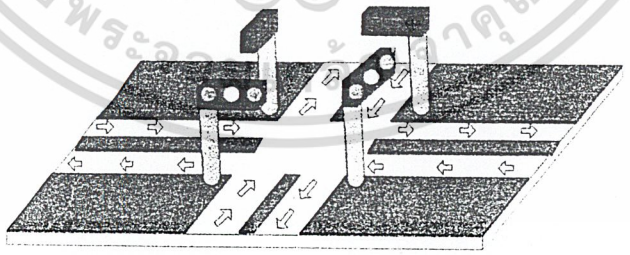
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การนำหลักการRedundantมาใช้กับระบบควบคุมไฟสัญญาณจราจร (TRAFFIC LIGHT)

ระบบไฟสัญญาณจราจร เป็นระบบการทำงานที่มีความสำคัญอย่างมาก และต้องการความต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น เป็นถนนสายหลักเมื่อมีการผิดพลาดหรือ การหยุด ดับ ของระบบ ก็ต้องส่งผลกระทบต่อการจราจร หลีกไม่พ้นปัญหารถติด หรือ อาจจะร้ายแรงถึงขั้นเกิดอุบัติเหตุทำให้เสียหายทั้งชีวิต และทรัพย์สิน ดังนั้นการนำระบบที่มีการป้องกันอย่างดีมาใช้ในการควบคุมจึงเป็นวิธีป้องกันที่น่าจะได้ผลที่สุด ระบบที่มีการทำงานแบบ Redundant เหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้ในการป้องกันระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยในการทดลองของเราได้ทำแบบจำลองเล็กๆ (model) ของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรสี่แยก แล้วนำ PLC C200 HS ของ Omron จำนวน 2 ตัวมาทำการควบคุมสัญญาณไฟจราจรนี้ เป็นการควบคุมแบบ Redundant ต่อจากนั้นเราจะมีการสังเกตการทำงานของระบบว่ามีเสถียรภาพเพียงไร ทั้งในสภาวะที่มีการทำงานปกติ และในสภาวะที่ระบบมีการผิดปกติเกิดขึ้น เช่น PLC ตัวใดตัวหนึ่งเกิดการเสียหายแล้ว PLC อีกตัวจะรับช่วงต่อ จะมีผลต่อการทำงานของระบบหรือไม่

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 แบบจำลองระบบควบคุมไฟสัญญาณจราจร (Model)



รูปที่4.1 แบบจำลองระบบควบคุมไฟสัญญาณจราจร

แบบจำลองที่เราทำขึ้นเป็นการจำลองการทำงานของสัญญาณไฟจราจรสี่แยกไฟแดงเพื่อที่จะนำไปทดสอบกับระบบที่มีการทำงานแบบ Redundant ต่อไป

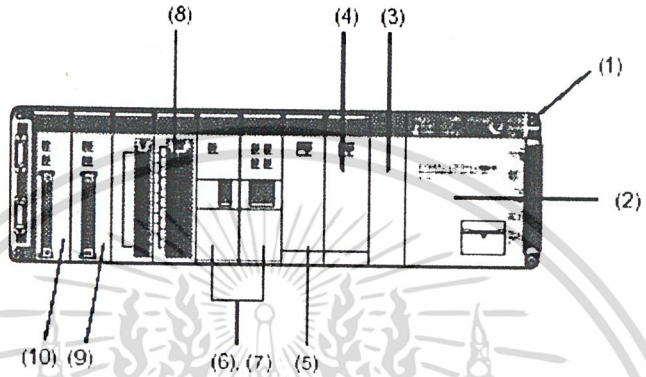
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4.1.2 เครื่องควบคุมที่สามารถโปรแกรมได้

สำหรับตัว PLC ที่เรานำมาใช้ในการควบคุมคือ Omron C200HS จำนวน 2 ตัวโดยมีโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้

4.1.2.1 CPU RACK



รูปที่ 4.2 แสดง CPU Rack

1.**Backplane**

สามารถรองรับได้ 3,5,8 และ 10 slot ขึ้นอยู่กับขนาดที่เลือกใช้

2.**CPU**

รองรับ CPU ได้ 8 model คือ CPU01-E, CPU01-EC, CPU03-E, CPU21-E, CPU21-EC, CPU23-E, CPU31-E, CPU33-E

3.**Battery and DIP Switch**

4.**Standars I/O Unit**

สามารถรองรับ I/O ได้ 5,8,12 และ 16 จุด ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับขนาดที่เราเลือกใช้

5.**Interrupt Input Unit**

แต่ละ CPU RACK สามารถมี Interrupt Input Unit ได้แค่ 1 ชุดเท่านั้น

6และ7.**Sysmac Net Link/Sysmac Link Unit, Host link Unit, PC Link Unit**

ในแต่ละ CPU RACK ติดตั้งได้สูงสุด 2 ชุด **Sysmac Net Link/Sysmac Link Unit** สามารถใช้ได้กับ C200 HS-CPU31-E/CPU33-E เท่านั้น

8.**Standard I/O Unit**

มีอยู่ 2 รุ่นคือแบบ 10 และ 19 ขั้วต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50416

9.High-density I/O Unit

สามารถรองรับได้ 10 unit ถ้าเป็นแบบ 32 ขั้ว และ 5 unit ถ้าเป็นแบบ 64 ขั้ว

10.Special I/O Unit]

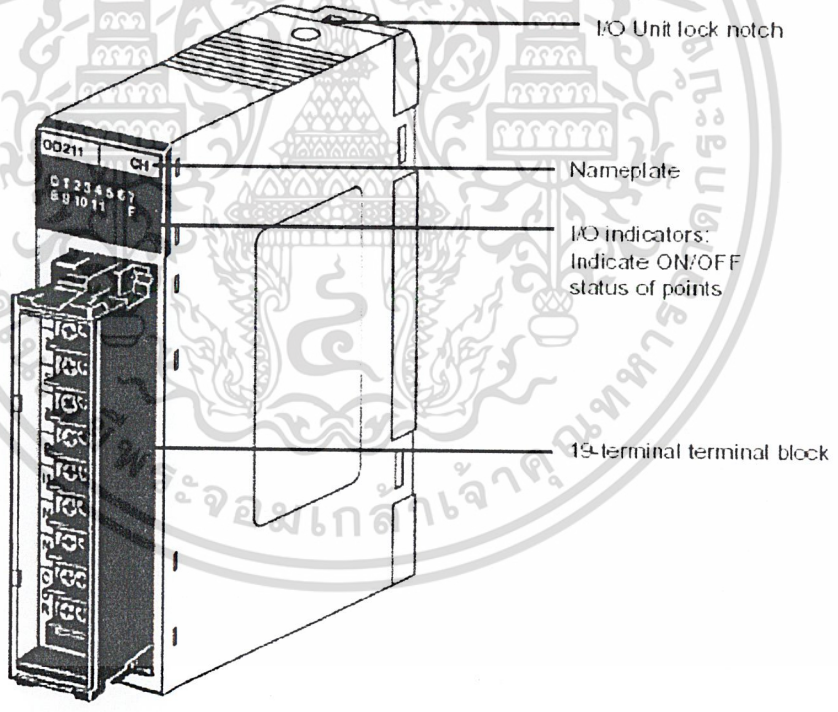
รับได้สูงสุด 10 unit (รวม PC Link Unit ด้วย) ในแต่ละ RACK

4.1.2.2 Module สำคัญที่เรานำมาใช้

-PC Link Unit

ในการทดลองเราใช้ PC Link Unit รุ่น SLK 23 รายละเอียดการใช้งานดังที่อธิบายไว้ในตอนต้น

-Standard I/O Unit



รูปที่ 4.3 แสดง Output Unit

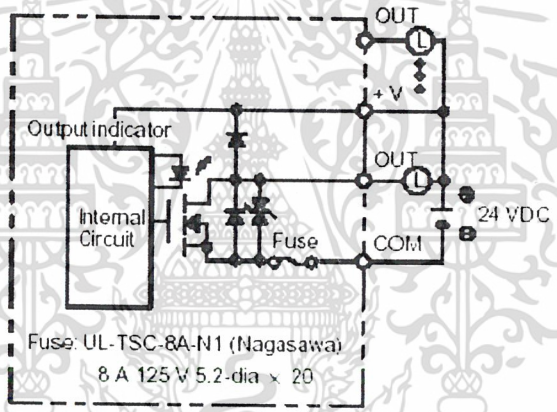
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองนี้เราใช้ Output Unit **OD212** มีรายละเอียดและวิธีการต่อใช้งานดังต่อไปนี้

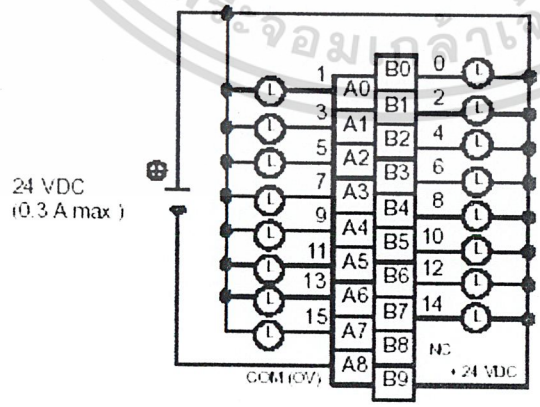
Transistor Output Unit C200H-OD212

Max. Switching Capacity	0.3 A 24 VDC $^{+10\%}_{-15\%}$ (4.8 A/Unit)
Min. Switching Capacity	None
Leakage Current	0.1 mA max.
Residual Voltage	1.4 V max.
ON Response Time	0.2 ms max.
OFF Response Time	0.3 ms max.
No. of Circuits	1 (16 points/common)
Internal Current Consumption	180 mA 5 VDC max.
Fuse Rating	8 A 125 V (5.2-dia.x20)
Power for External Supply	35 mA 24 VDC $^{+10\%}_{-15\%}$ min.
Weight	350 g max.
Dimensions	B-shape

Circuit Configuration



Terminal Connections



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ลำดับขั้นการทดลอง

1.ทำการป้อนโปรแกรม Ladder ลงไปในตัว PLC

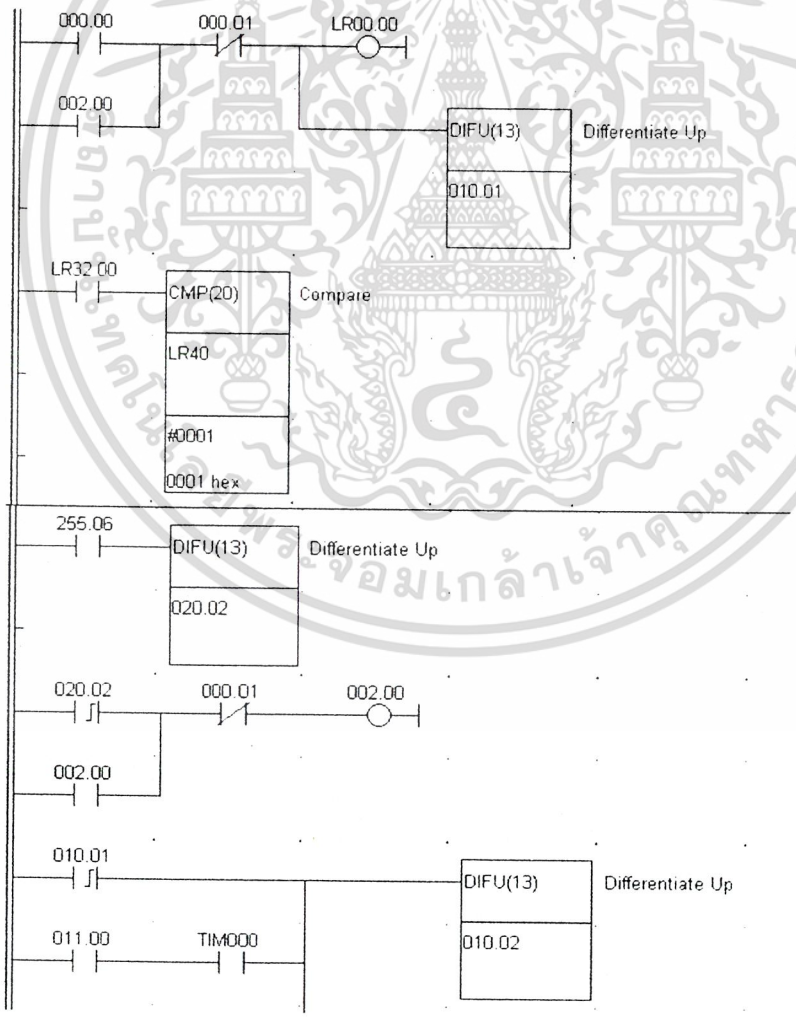
2.ทำการเชื่อมต่อระหว่างตัว PLC กับ Model การทดลองของเราผ่านทาง Output Unit

3.กำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบเป็นแบบ Redundant อาศัยการ link กันผ่านระบบ PC Link ของ PLC 2 ตัวและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่าน Link Relay ทำให้สามารถรับรู้ได้ว่าแต่ละตัวมีสภาวะการทำงานเป็นอย่างไรในขณะนั้น

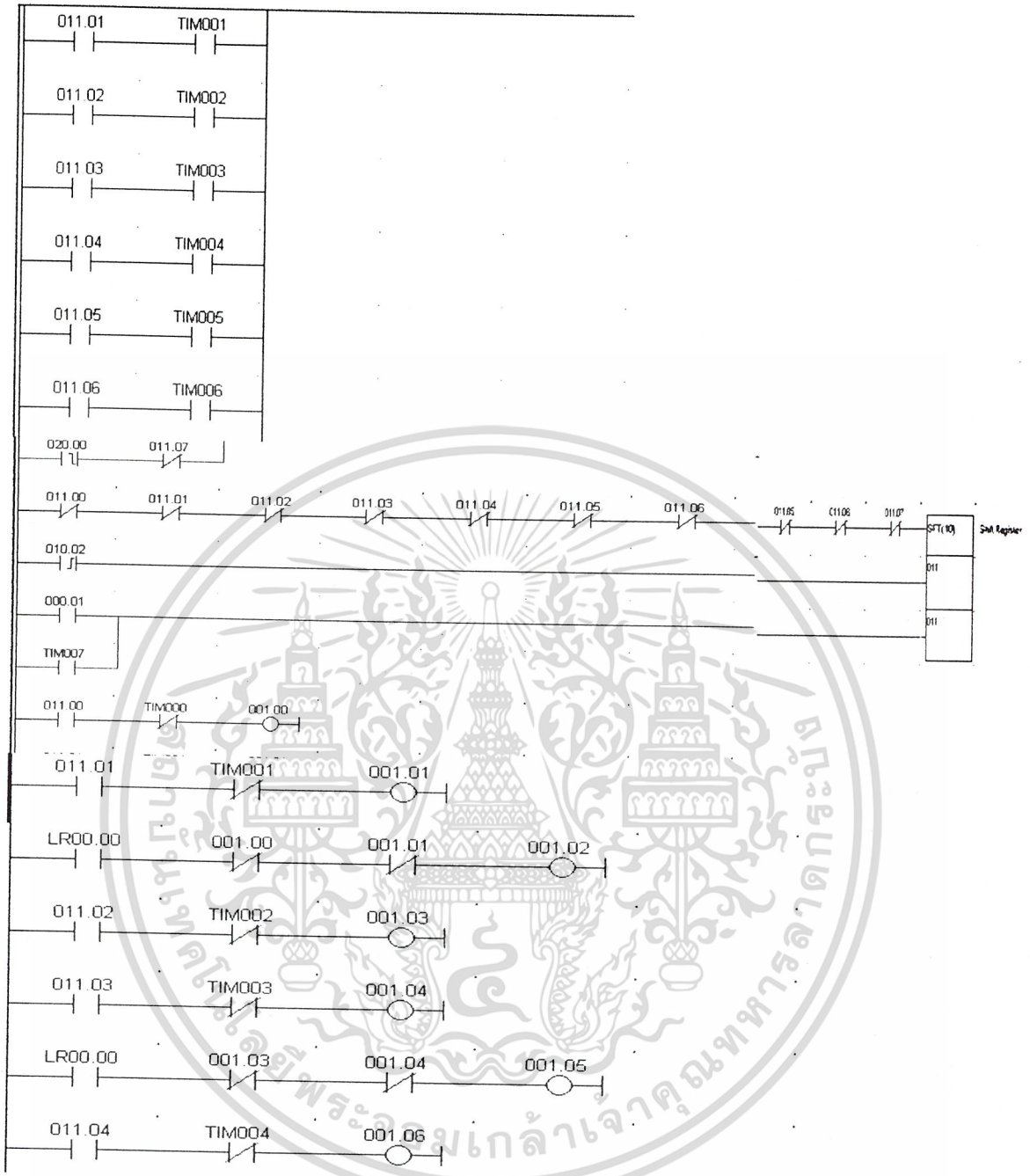
4. สังเกตดู Output ว่ามีผลกระทบอย่างไรเมื่อมีการเปลี่ยนสภาวะการทำงานจาก PLC ตัวหลักไปสู่ PLC ตัวที่ Standby อยู่ก่อนหน้านี้

4.3 โปรแกรมการทดลอง

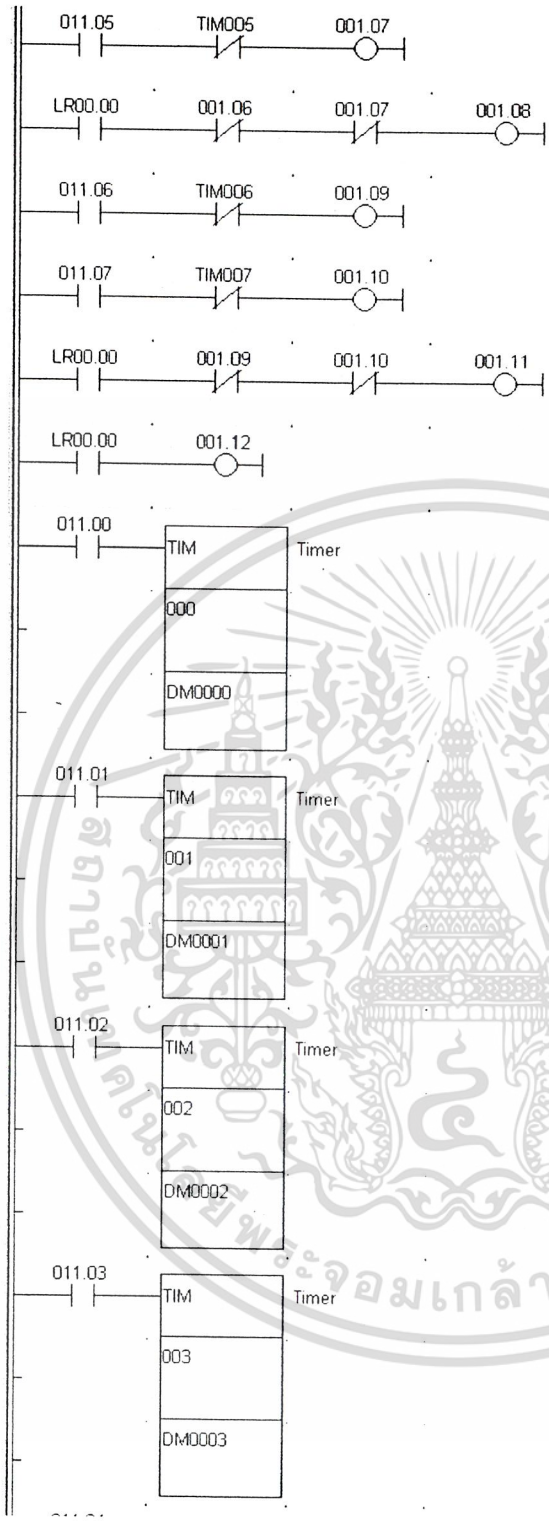
4.3.1 Ladder Diagram ของ PLC ตัวที่ 1 (Master)



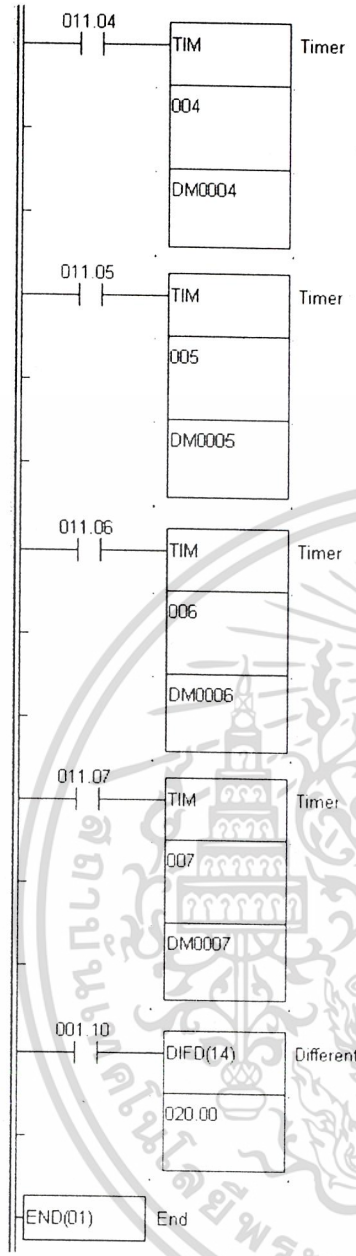
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

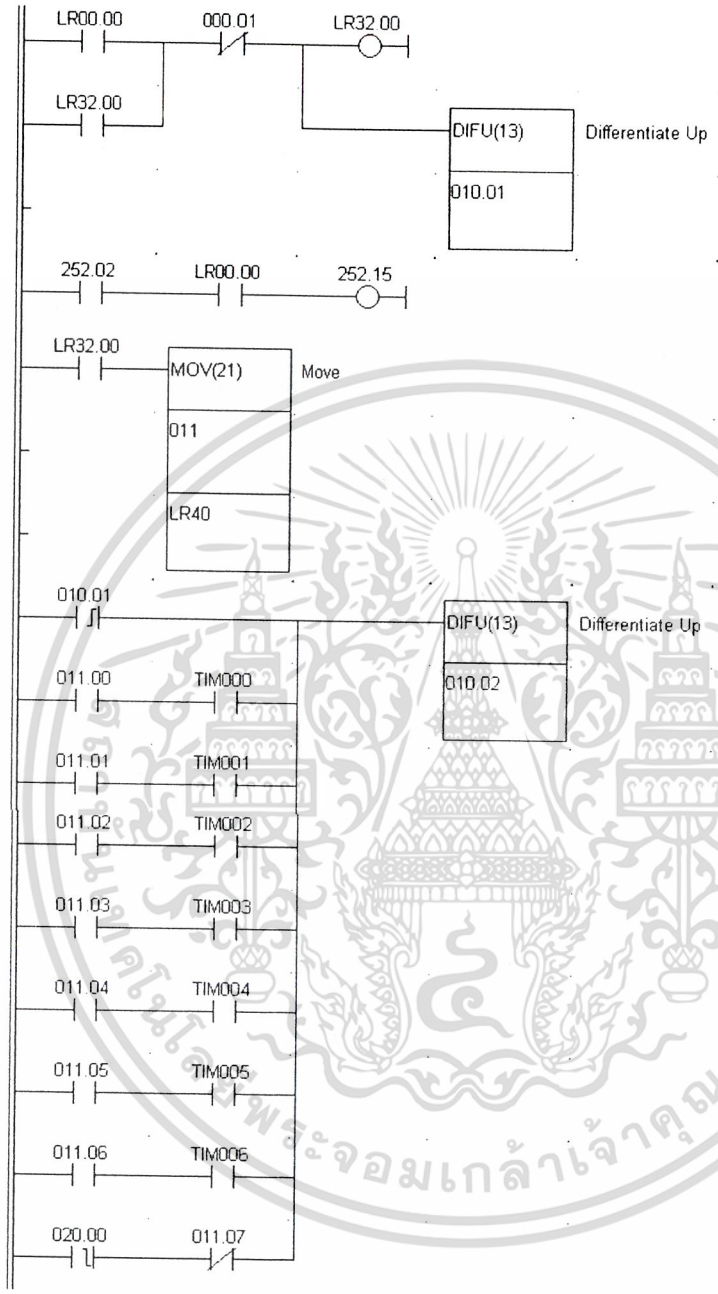


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

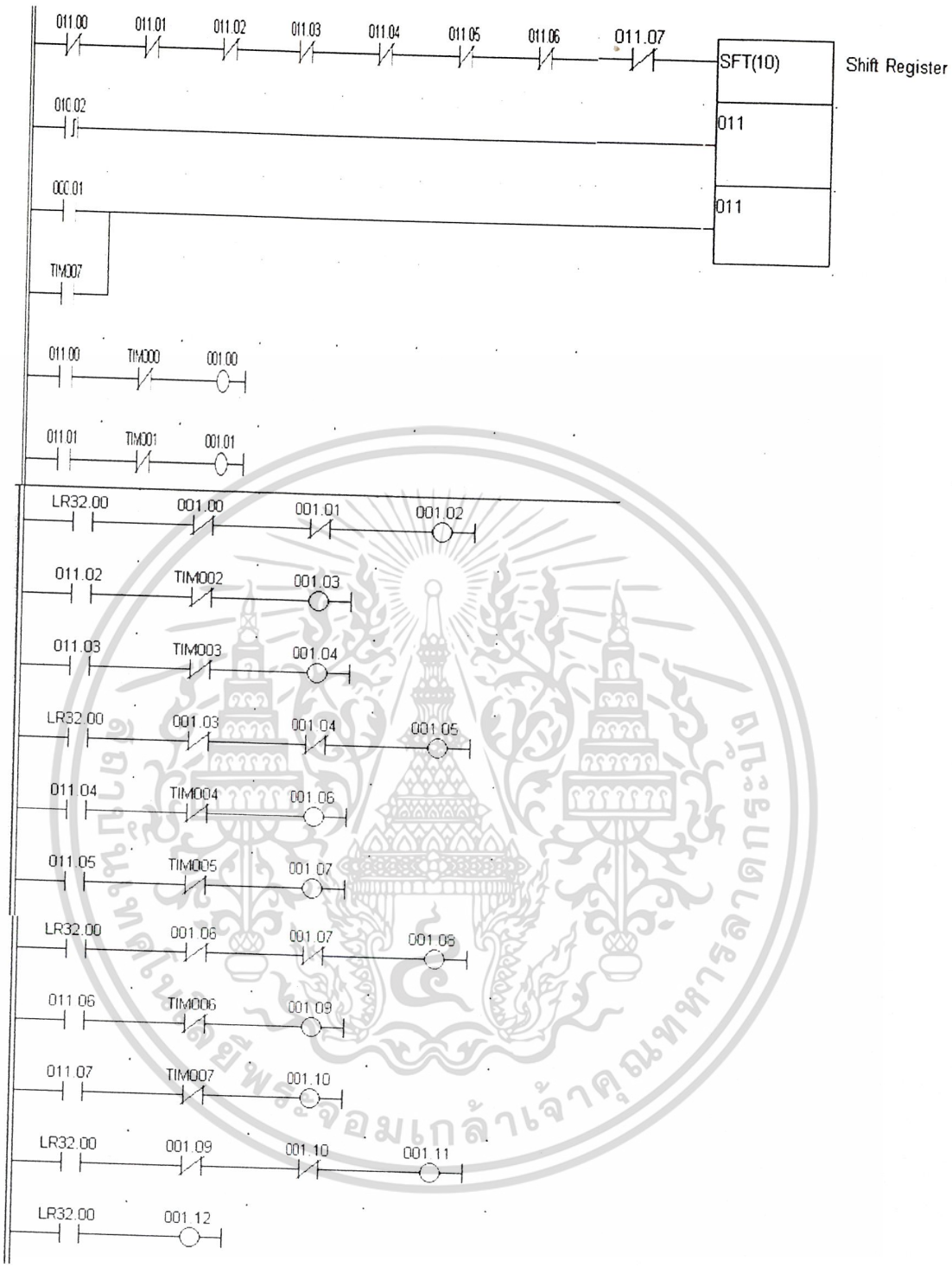


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

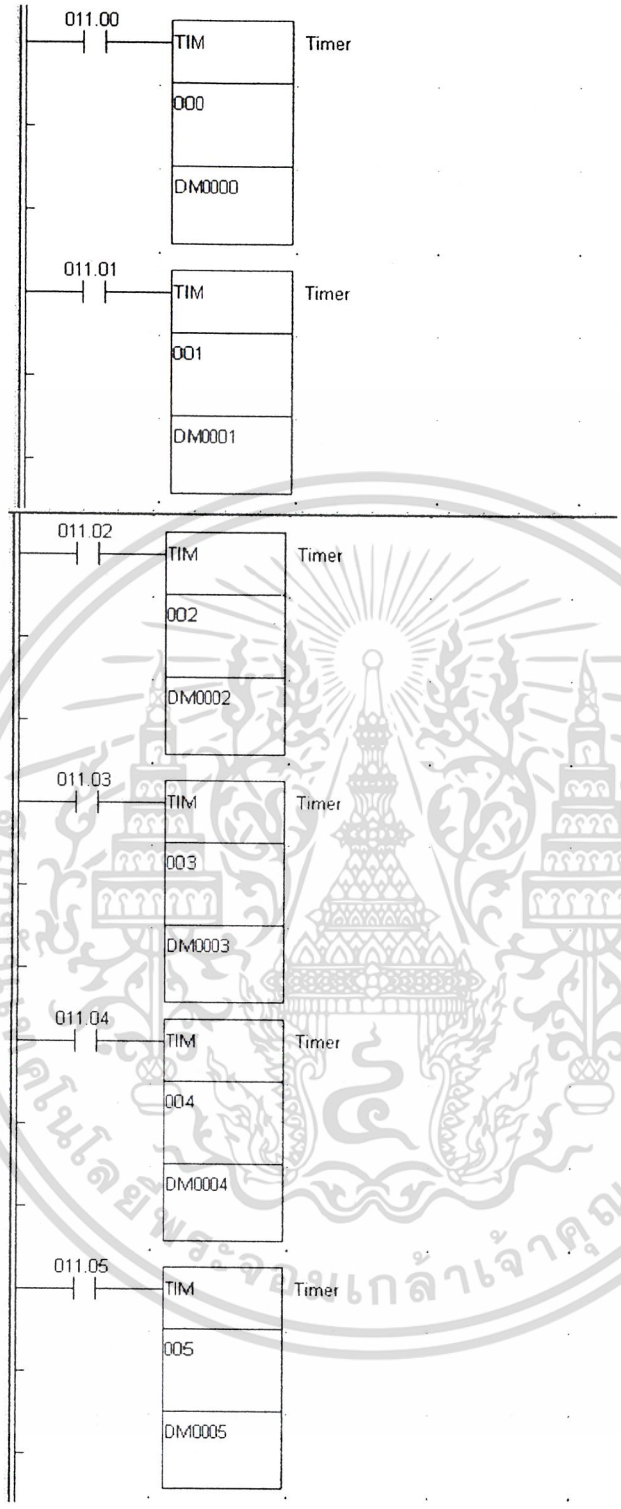
4.3.2 Ladder Diagram ของ PLC ตัวที่ 2 (Standby)



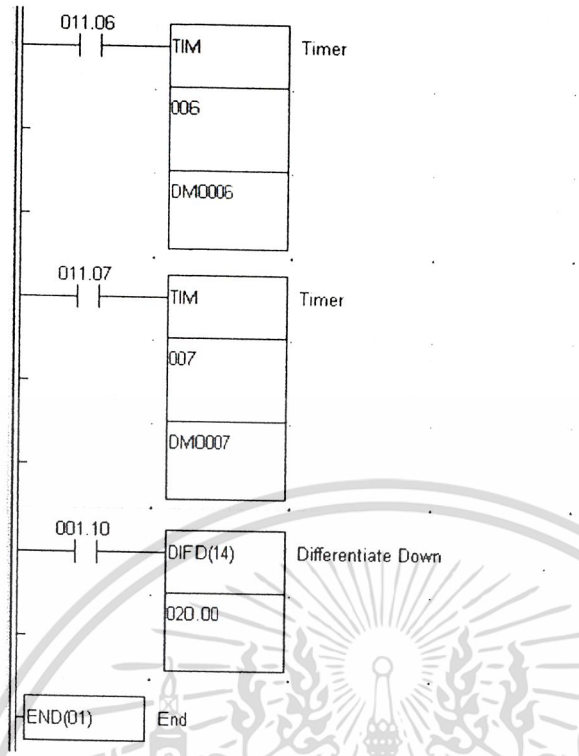
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

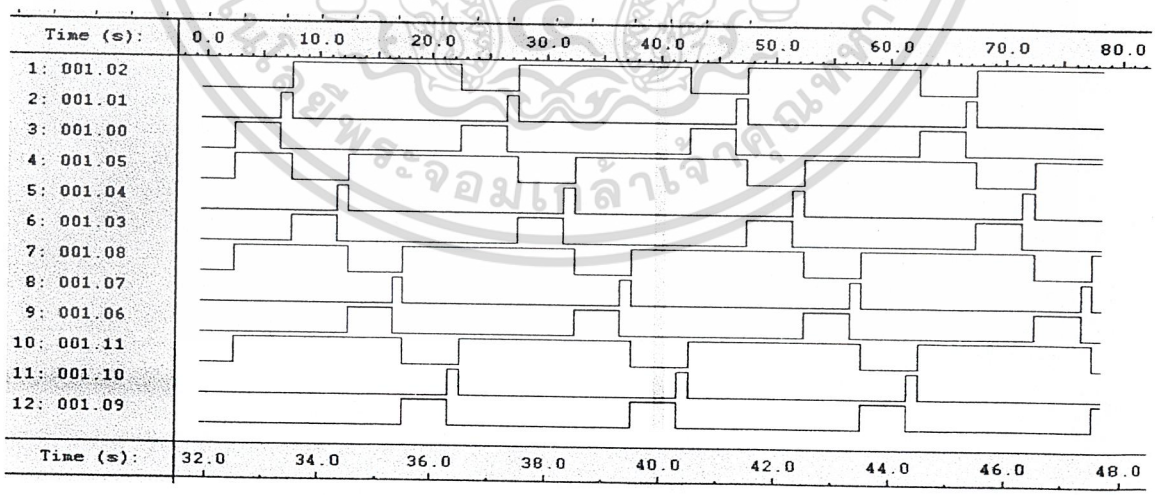


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



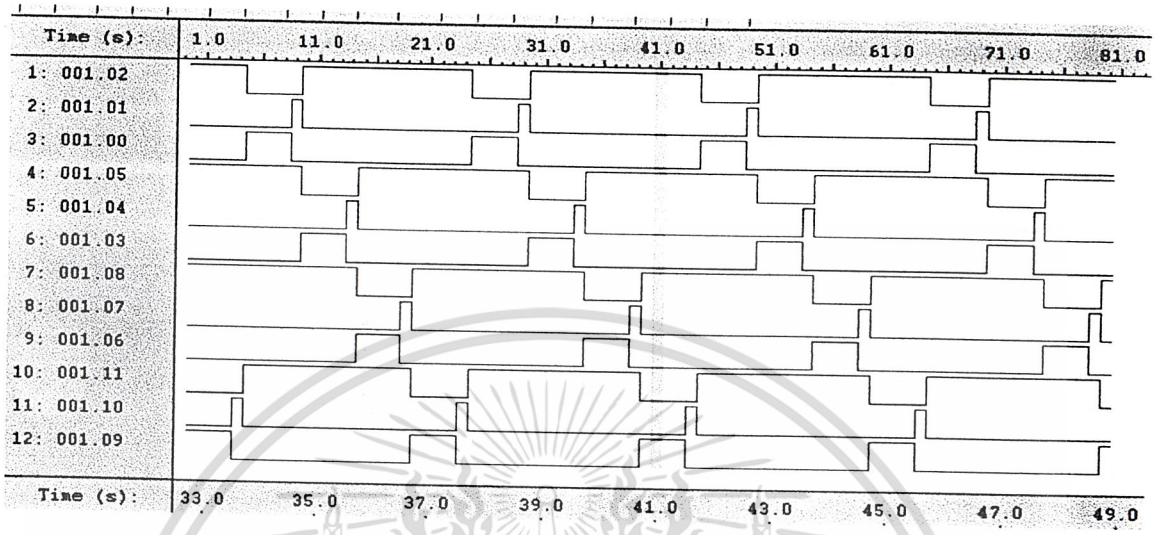
4.4 ผลการทดลอง

4.4.1สภาวะที่มีการทำงานปกติ

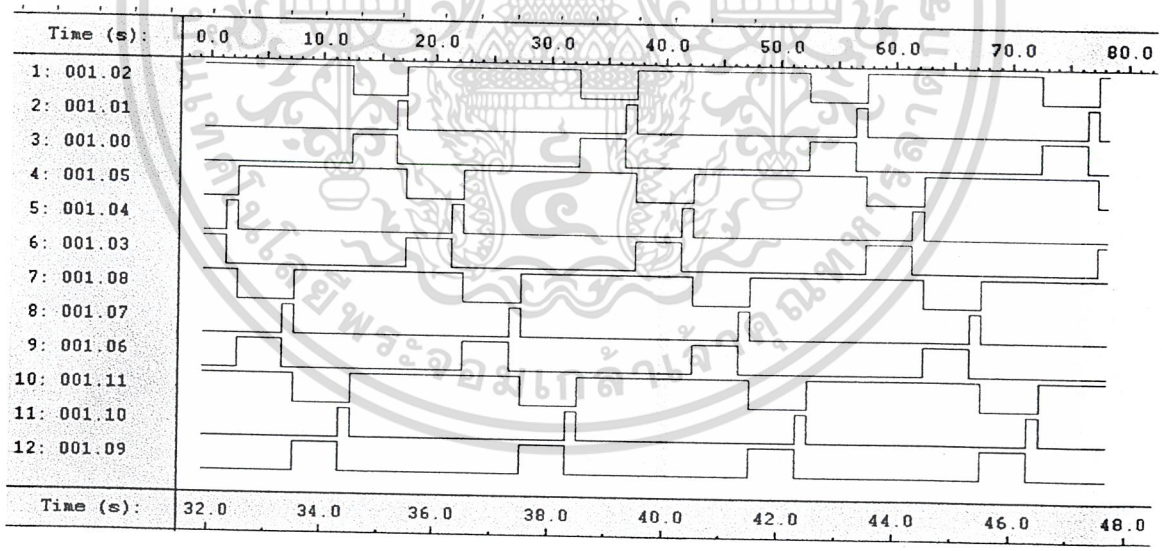


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 สภาวะที่ PLC 1 Fail และ PLC 2 ทำงานแทน



4.4.3 สภาวะที่ PLC 1 กลับเข้ามาทำงานอีกครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สรุปผลการทดลอง

จาก Timing Diagram จะเห็นได้ว่าการทำงานของระบบ ไม่มีผลกระทบต่อ Output แต่อย่างไรทั้งในสภาวะที่มีการทำงานปกติ สภาวะที่มีการ Fail ของ PLC ตัวที่1 หรือสภาวะที่ PLC ตัวที่ 1กลับมาทำงานอีกครั้ง แต่อย่างไรก็ตามก็มีปัญหาอยู่บ้างคือ ขณะที่มีการเปลี่ยนตัว PLC เข้ามาควบคุม Output จากตัวหนึ่งเป็นอีกตัว จะมีการกระพริบของสัญญาณไฟจราจร ซึ่งเป็นปัญหาเพียงเล็กน้อยที่น่าจะยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าการนำระบบแบบ Redundant เข้ามาควบคุมระบบไฟสัญญาณไฟจราจร สามารถกระทำได้และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การนำหลักการ Redundant มาใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิ

5.1 กล่าวนำ

ในงานควบคุมอุณหภูมิก็เป็นอีกงานหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ต้องการความเที่ยงตรงและความปลอดภัยอย่างสูง เพราะอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินขีดจำกัดโดยที่ไม่สามารถควบคุมได้ อาจทำให้เกิดการระเบิดหรือเกิดความเสียหายต่อกระบวนการได้ ดังนั้นการนำเอาหลักการควบคุมแบบ Redundant System เข้ามาใช้ในการควบคุมก็เป็นอีกทางเลือกที่จะประกันความเชื่อมั่นให้กับระบบได้เป็นอย่างดี แต่ทั้งนี้กระบวนการส่วนใหญ่มักที่จะมี Disturbance เข้ามารบกวนระบบ ทำให้ Output ของกระบวนการนั้นเปลี่ยนไป คำถามที่ตามมาก็คือ จะทำอย่างไรไม่ให้ค่า MV(measurement value) นั้นเปลี่ยนไปจากค่าเป้าหมายมากนัก หรือทำอย่างไรให้ตัว Controller มีความฉลาดพอที่จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้ค่า MV ตรงตามค่าเป้าหมายได้ภายในเวลาที่ไม่นานจนเกินไป และไม่ทำให้เกิด Overshoot มากไป ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อระบบควบคุมอุณหภูมิอย่างมาก จึงมีการนำหลักการของ PID เข้ามาใช้ในการควบคุมระบบเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้

5.2 การควบคุมแบบป้อนกลับ PID (PID Controller)

โดยส่วนใหญ่แล้วในระบบการควบคุมอุณหภูมิ จะมีการนำหลักการของPIDมาใช้อย่างกว้างขวางทั้งนี้เพราะการควบคุมแบบ PID มีประสิทธิภาพในการควบคุมสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณขาออก (MV) กับสัญญาณขาเข้า (PV) ของ PID-Controller ที่ค่าเป้าหมาย (SP) ใดๆแสดงได้ดังนี้

$$MV(t) = 100/PB\left\{ e(t)+(1/Ti)\int e(t)d(t)+Td(de(t)/dt) \right\}+b \qquad (5.1)$$

เมื่อ Td = Derivative time หรือ rate time หน่วยเป็นนาที (Minutes)

Ti = Integral time

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ MV กับ PV ในสมการ (5.1) จะยุ่งยากไม่เหมาะกับการอธิบาย ภาพที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของ MV กับ PV ของ PD Controller กรณี Open loop ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจ Derivative action

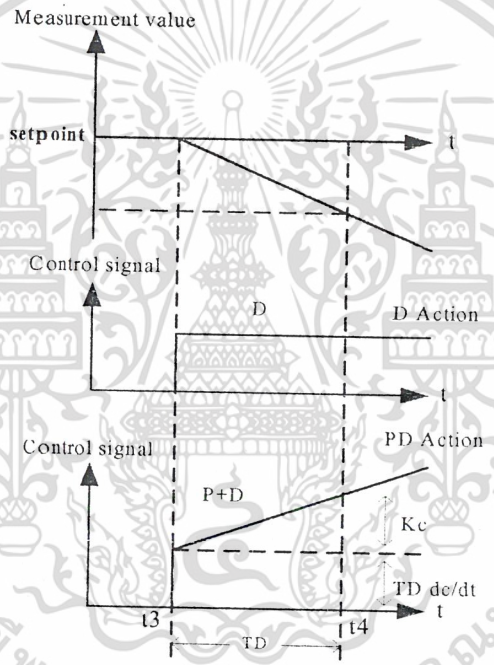
ผลตอบสนองของ Derivative action จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด(SP-PV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีค่าเป้าหมายมีค่าคงที่ตราบใดที่สัญญาณขาเข้าไม่เปลี่ยนแปลง Derivative action จะไม่มีผลต่อสัญญาณขาเข้า ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง Derivative action จะเพิ่มหรือลดขนาดสัญญาณขาออกตามอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาเข้า

จากภาพที่ 5.1 ขณะเวลา ($t_3 < t < t_4$) สัญญาณขาเข้าเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราที่คงที่ D-action จะทำงานคล้ายกับเป็นการทำให้ผลตอบสนองของ P-action เร็วกว่าเดิมเป็นเวลา Td วินาที

การเพิ่ม Derivative action เข้าไปใน PI Control จะทำให้ผลตอบสนองของระบบต่อสิ่งรบกวนไวขึ้น สัญญาณวัดเปลี่ยนแปลงสู่ค่าเป้าหมายไวขึ้น จากรูปเราจะพบว่ายิ่ง Td มีค่ามาก สัญญาณวัดยิ่งเปลี่ยนแปลงกลับสู่ค่าเป้าหมายไวขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเราปรับตั้งค่า Td มากเกินไป สัญญาณวัดอาจเกิดแกว่งได้ (กรณี $Td = Td_3$) ปกติเรามักปรับค่า Td ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่า Td_2



รูปที่ 5.1 ผลของ D-Action ในตัวควบคุม PD Controller ขณะ Open Loop

จุดมุ่งหมายของการควบคุมแต่ละชนิดที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ต่างก็มีจุดมุ่งหมายเดียวกัน คือ พยายามรักษาให้ค่าตัวแปรของกระบวนการ มีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่เสมอ ในกรณีที่เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในระบบ หรือมีการเปลี่ยนค่าเป้าหมายใหม่จะทำให้ตัวแปรของกระบวนการมีค่าต่างจากค่าเป้าหมายในขณะหนึ่งตัวควบคุม ก็จะพยายามควบคุมให้ตัวแปรของกระบวนการพยายามเข้าใกล้ค่าเป้าหมายนี้ในที่สุด ซึ่งลักษณะการนำค่าตัวแปรกระบวนการให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายนี้จะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาผลตอบสนองของการควบคุมชนิดต่างๆเหล่านี้จึงพอสรุปได้ว่าระบบการควบคุมที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1.มีเสถียรภาพ ไม่เกิดการแกว่ง (Oscillation) เมื่อถูกกระตุ้น

2. ตอบรับการเปลี่ยนค่าเป้าหมายหรือ Disturbance ได้รวดเร็ว

3.ไม่เกิด Offset

- ความยากง่ายในการควบคุมกระบวนการ

ลักษณะทั่วไปของกระบวนการนั้นจะมี Time lag จากรูปคลื่นผลตอบสนองของกระบวนการต่อ Step input เราสามารถหาค่า Dead time (LE) และค่าคงตัวเวลา (TE) โดยประมาณได้

อัตราส่วน LE/TE นี้จะเป็นค่าที่ใช้ประเมินความยากง่ายในการควบคุมและใช้เลือกแบบการควบคุม พิจารณาตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการเลือกใช้ตัวควบคุม

LE/TE	แบบการควบคุมที่เหมาะสมกับกระบวนการ
LE/TE < 0.2	ON/OFF , P, PI
0.2 < LE/TE < 1.0	PI/PD
1.0 < LE/TE	Feed forward, Computer control

- สาเหตุของการขาดเสถียรภาพในระบบ

1. ผลของระบบควบคุมข้างเคียว หรืออื่นๆ

2. Disturbance เป็น Periodic

3. มี Non- linear Element ในระบบเอง เช่น ความผิด Dead band เป็นต้น

4. Process Gain หรือ Loop Gain มีค่าสูงเกินไป

5. คุณสมบัติของตัวแปรในระบบไม่คงที่แปรเปลี่ยนตาม Disturbance, เวลา, ค่าเป้าหมาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลของ PID ต่อความเสถียรภาพของระบบ

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับซึ่งใช้ตัวควบคุมแบบ PID นั้น ถ้าเราลองเปลี่ยนแปลงค่า PB,Ti และ Td จะมีผลตอบสนองของระบบควบคุมดังนี้

ผลของ P Action

เมื่อลดค่า PB ลงทำให้อัตราขยายสูงขึ้นจะมีผลทำให้

1. Offset ลดลง
2. Period ของการแกว่งเล็กลง
3. อัตราส่วนของช่วงการแก่วงเพิ่มขึ้นจะทำให้ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น

ผลของ I Action

เมื่อ P และ D action คงที่แล้วลองลด Ti (Reset Time) จะมีผลทำให้

1. Offset หายไป
2. ผลตอบสนองเร็วขึ้น (Fast Response)
3. อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งเพิ่มขึ้นระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น

ผลของ D Action

เมื่อ P และ I action คงที่แล้วลองเพิ่มค่าเวลา Td (Derivative Time) จะมีผลทำให้

1. อัตราส่วนของช่วงกว้างการแกว่งลดลงระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น
2. Period ของการแกว่งสั้นลง

- การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID

การปรับแต่งค่าต่างๆ ซึ่งสามารถหาได้ทางคณิตศาสตร์และทางปฏิบัติ แต่ส่วนใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมก็จะนิยมใช้แบบทางด้านปฏิบัติมากกว่า เนื่องจากการหาค่าทางคณิตศาสตร์จำเป็นจะต้องรู้ตัวแปรในกระบวนการทั้งหมด ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก

การปรับแต่งหาค่าพารามิเตอร์ PID ในทางปฏิบัติ ทำได้อยู่ 3 วิธีด้วยกันดังนี้คือ

1. แบบ Reduction curve (Open loop method)
2. แบบ Ultimate Oscillation Method
3. แบบ Trial and Error Method

การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้การควบคุมที่ดีที่สุดซึ่งทำได้หลายวิธีบางวิธีจะพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบและอาศัยประสบการณ์ บางวิธีจะอาศัยคณิตศาสตร์ และส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเงื่อนไขในโดเมนของเวลามากกว่าในโดเมนของความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาฟังค์ชั่นถ่ายโอนของตัวควบคุมแบบ PID ดังนี้

$$G_c(s) = K_p (1+1/T_i s+T_d s) \quad (5.2)$$

โดยที่ K_p = Proportional Gain

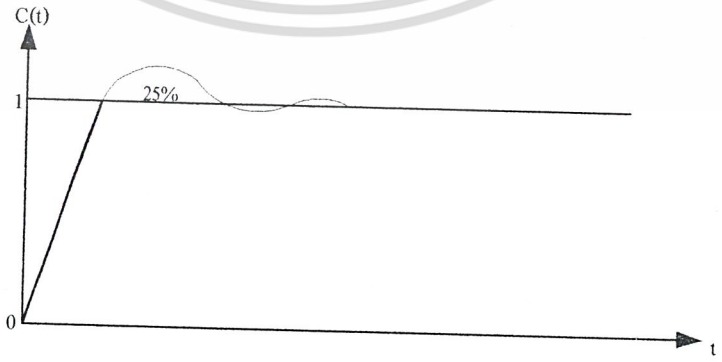
T_i = Integral Time

T_d = Derivative Time

- การปรับค่าของตัวควบคุม PID โดยวิธีของ Ziegler-Nichols

วิธีของ Ziegler-Nichols ในการหาค่า Kp , Ti และ Td จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผลตอบสนองชั่วครู่ของระบบที่ถูกควบคุม ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี แต่ละวิธีมีจุดมุ่งหมายที่จะทำให้ผลตอบสนองเวลาของระบบต่ออินพุทแบบ Unit Step มีค่าของ Maximum Overshoot ไม่เกิน 25% ดังรูป

รูปที่ 5.2 แสดงโครงสร้างของระบบควบคุมที่ควบคุมด้วยตัวควบคุม PID

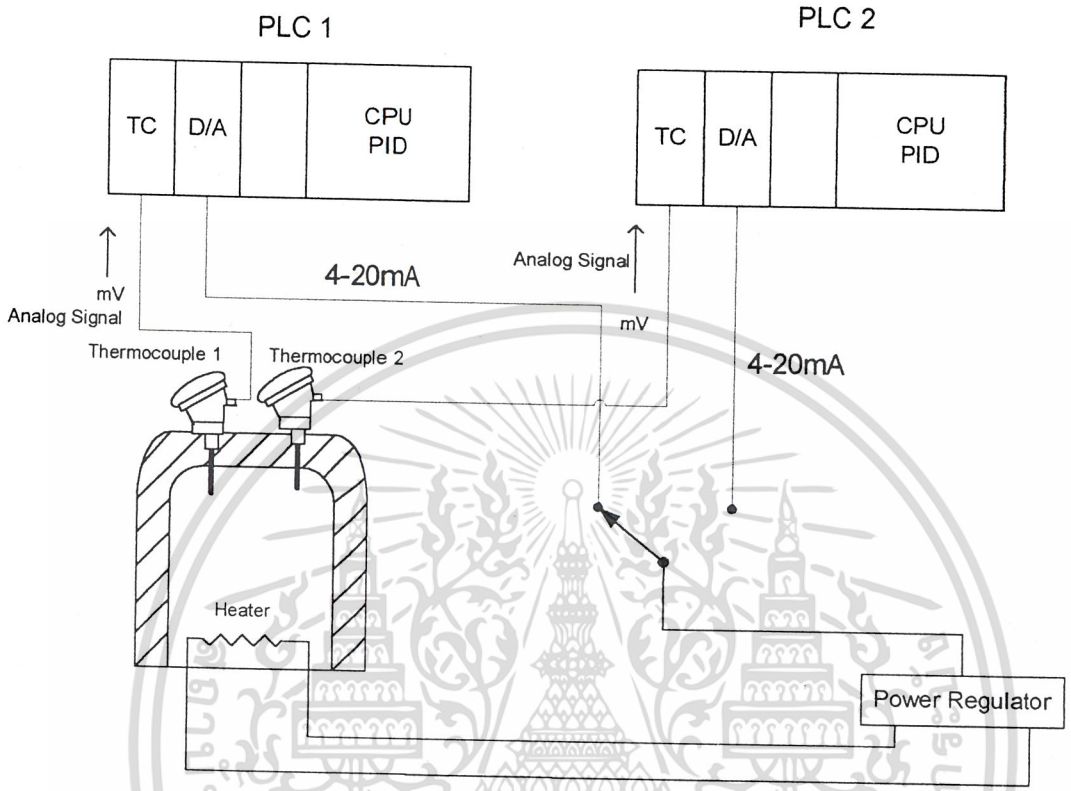


รูปที่ 5.3 แสดงค่าที่พุ่งเกินที่ต้องการเมื่อใช้การปรับด้วยวิธีของ Ziegler-Nichols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทดลองการควบคุมอุณหภูมิ

5.3.1 การต่อวงจรการทดลอง



รูปที่ 5.4 แสดงการต่อวงจรการทดลอง

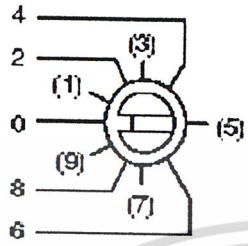
อุณหภูมิภายในเตาอบจะถูกตรวจจับโดย Thermocouple ส่งสัญญาณ Output voltage (mV) ไปยัง Temperature Control Unit ซึ่งเป็น Unit หนึ่งของ PLC C200H ซึ่ง TC001 จะแสดงผลที่วัดได้ออกมาในรูปของอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสจากนั้น PLC จะนำเอาสัญญาณที่ได้จากตัว Thermocouple (PV) ไปทำการประมวลผลเปรียบเทียบกับค่า set point (SP) ใน function PID ที่มีอยู่ใน PLC และ function PID นี้จะส่งค่า Output (MV) ที่มีความเหมาะสมออกไปควบคุมระบบ แต่ก่อนที่จะส่งค่า Output ออกไปควบคุมระบบได้ต้องแปลงเป็นค่า analog ก่อนโดยใช้ digital to analog module ส่งค่ากระแส 4-20 ma ออกไปยังตัว power regulator เพื่อที่จะไปทำการขับ heater ต่อไป โดยในสภาวะปกติ PLC 1 จะเป็นตัวที่ส่งสัญญาณ output ออกไปควบคุมกระบวนการ แต่เมื่อไรก็ตามที่ PLC 1 เกิดการเสียหายขึ้นมา PLC 2 ก็จะเข้ามาเป็นตัวส่งสัญญาน output ออกไปควบคุมกระบวนการแทนอย่างทันทีทันใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การตั้งค่าและใช้งาน C200 H- TC001

5.3.2.1 การตั้งค่าสวิทช์ต่างๆ

- **SW 1** = Unit number setting

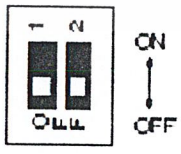


โดยมี address ของแต่ละ unit number ที่เราทำการตั้งดังต่อไปนี้

Unit no. setting	Allocated address
0	Wd 100 to 109
1	Wd 110 to 119
2	Wd 120 to 129
3	Wd 130 to 139
4	Wd 140 to 149
5	Wd 150 to 159
6	Wd 160 to 169
7	Wd 170 to 179
8	Wd 180 to 189
9	Wd 190 to 199

note ปิดเครื่องก่อนทุกครั้งที่จะทำการตั้งค่า unit number ถ้าตั้งค่าในขณะที่เครื่องกำลัง **on** อยู่ค่าที่เราตั้งจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าจะมีการ **off** และเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง

- **SW 2** Switching memory contents and setting direction



Switch no.	Pin 1	Pin 2
Function	Switching memory contents	Setting direction
ON	Normal	C200H PC
OFF	Fixed	Data Setting Console

ค่าที่เราทำการตั้งใหม่จะมีผลทันที หลังจากที่เราตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Normal	Data can be set as required using commands (Refer to *4-1 Memory Allocation*).
Fixed	Fixed data is allocated to memory. Direct reading and writing of data is possible.

- **SW 202** Sensor type setting

Setting	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sensor type	R	S	K	J	T	E	B	N	L	U

ในการทดลองของเราจะใช้ thermocouple type K ดังนั้นจึงตั้งไว้ที่ 2

-SW **203** Operation and Function Setting

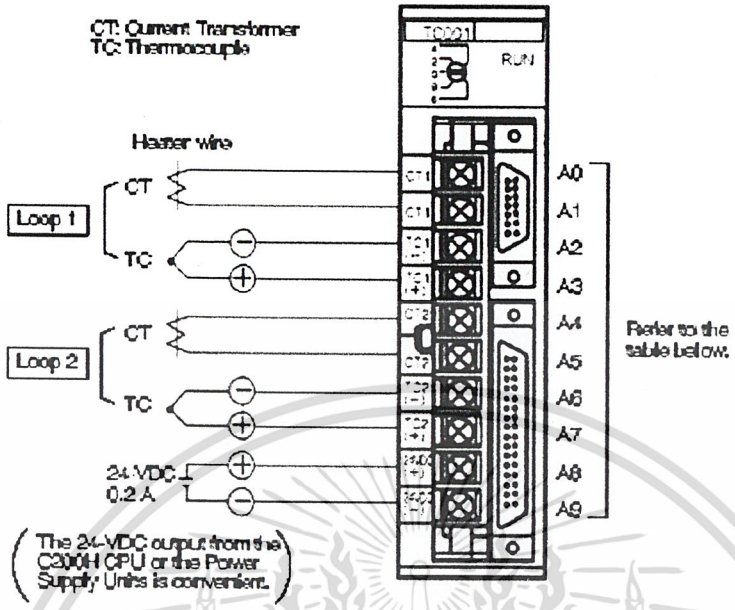
Pin no.	Function	OFF	ON
6	Not used	---	---
5	Operation in C200H program mode	Continue control	Interrupt control
4	Loop 2	Enabled	Disabled (not used)
3	Display units	°C	°F
2	Control action	Reverse (heating control)	Normal (cooling control)
1	Control method	Feed-forward PID	ON/OFF control

note 1.ถ้าสวิทช์ 4 **off** แต่ไม่มี temperature sensor ต่ออยู่ที่ loop 2 จะเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

2.ใช้ input loop1 เมื่อมีการใช้งานเพียง loop เดียวเท่านั้น และจะใช้ loop 2 ไม่ได้ถ้า loop 1 ยังไม่ได้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.2 การต่อนำไปใช้งาน

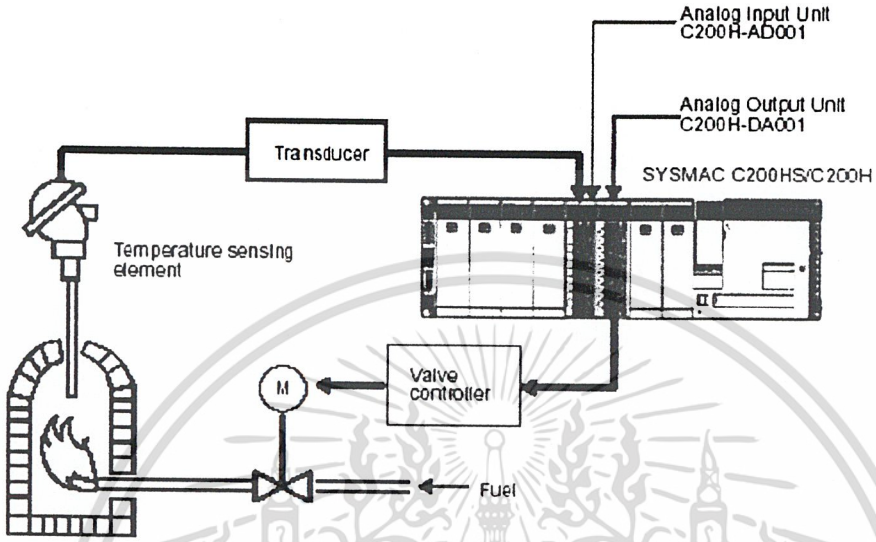


Terminal no.	Terminal name	
A0	CT	Loop 1
A1	CT	
A2	TC (-)	
A3	TC (+)	
A4	CT	Loop 2
A5	CT	
A6	TC (-)	
A7	TC (+)	
A8	24 VDC	
A9	0 V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 การตั้งค่าและใช้งาน C200H- DA001

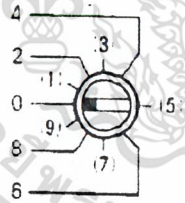
D/A จะแปลงสัญญาณ digital ไปเป็นสัญญาณ analog เพื่อนำสัญญาณไปควบคุมกระบวนการ



รูปที่ 5.5 แสดงการนำ DA001 ไปใช้งาน

5.3.3.1 การตั้งค่าสวิทช์

- ตั้งค่า Unit Number

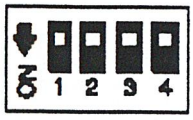


Switch number	Unit number	IR words	DM words
0	Unit #0	IR 100 to 109	DM 1000 to 1099
1	Unit #1	IR 110 to 119	DM 1100 to 1199
2	Unit #2	IR 120 to 129	DM 1200 to 1299
3	Unit #3	IR 130 to 139	DM 1300 to 1399
4	Unit #4	IR 140 to 149	DM 1400 to 1499
5	Unit #5	IR 150 to 159	DM 1500 to 1599
6	Unit #6	IR 160 to 169	DM 1600 to 1699
7	Unit #7	IR 170 to 179	DM 1700 to 1799
8	Unit #8	IR 180 to 189	DM 1800 to 1899
9	Unit #9	IR 190 to 199	DM 1900 to 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตั้งค่าสวิทช์เลือกชนิดของ Output

0: OFF
1: ON



Pin number 3	Output range	
OFF	Voltage input	1 to 5 V
	Current input	4 to 20 mA
ON	Voltage input	0 to 10 V

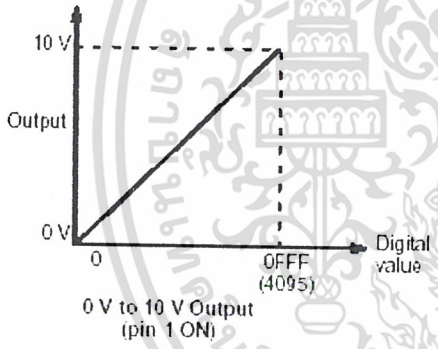
5.3.3.2 การต่อสายนำไปใช้งาน

Voltage output 1 (–)	A0	B0	Voltage output 1 (+)
Current output 1 (–)	A1	B1	Current output 1 (+)
Pulse output 1 (–)	A2	B2	Pulse output 1 (+)
Voltage output 2 (–)	A3	B3	Voltage output 2 (+)
Current output 2 (–)	A4	B4	Current output 2 (+)
Pulse output 2 (–)	A5	B5	Pulse output 2 (+)
Not used.	A6	B6	Not used.
Lower limit alarm output 1	A7	B7	Upper limit alarm output 1
Lower limit alarm output 2	A8	B8	Upper limit alarm output 2
		B9	Alarm output common

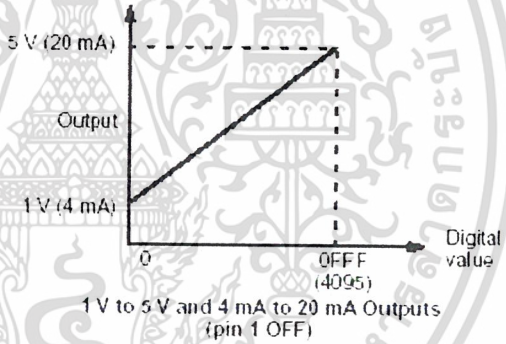
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.3 พื้นที่หน่วยความจำ IR ที่นำมาใช้

<table>
<tr><th colspan="2">Address</th><th rowspan="2">Item</th><th rowspan="2">Contents</th></tr>
<tr><th>Word (IR)</th><th>Bit</th></tr>
<tr><td>n</td><td>15 to 00</td><td>Output 1 setting data</td><td>Sets output 1 data in binary. This becomes duty ratio data when pulse outputs are set. The range is 0000 to 0FFF.</td></tr>
<tr><td>n+1</td><td>15 to 00</td><td>Output 2 setting data</td><td>Sets output 2 data in binary. This becomes duty ratio data when pulse outputs are set. The range is 0000 to 0FFF.</td></tr>
<tr><td rowspan="9">n+2</td><td>15 to 09</td><td>---</td><td>Not used. Set all bits to "0."</td></tr>
<tr><td>08</td><td>Output prohibited</td><td>Turn ON to prohibit outputs. This bit is used for outputs 1 and 2.</td></tr>
<tr><td>07</td><td>Output 2 limit</td><td>Turn ON to execute output 2 limit.</td></tr>
<tr><td>06</td><td>Output 1 limit</td><td>Turn ON to execute output 1 limit.</td></tr>
<tr><td>05</td><td>Output 2 alarm</td><td>Turn ON to execute output 2 alarm.</td></tr>
<tr><td>04</td><td>Output 1 alarm</td><td>Turn ON to execute output 1 alarm.</td></tr>
<tr><td>03</td><td>---</td><td>Not used. Turn OFF (i.e., set to "0").</td></tr>
<tr><td>02 to 00</td><td>Pulse cycle</td><td>Sets the pulse period.
<table>
<tr><th colspan="2">Pulse period</th><th>1 s</th><th>2 s</th><th>5 s</th><th>10 s</th><th>20 s</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Bit</td><td>02</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>01</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>00</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>



0 V to 10 V Output
(pin 1 ON)

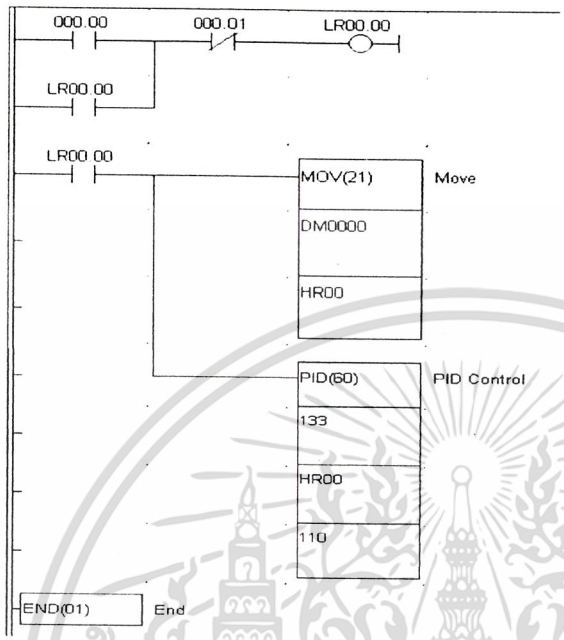


1 V to 5 V and 4 mA to 20 mA Outputs
(pin 1 OFF)

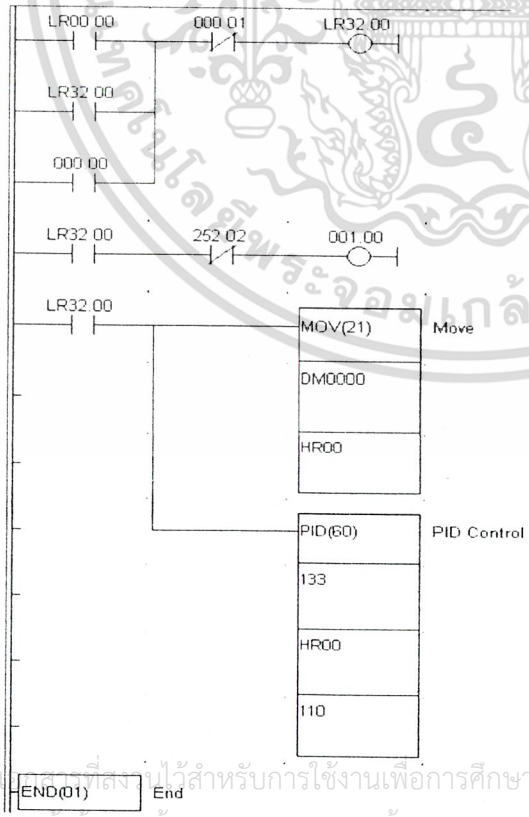
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ส่วนของโปรแกรม

PLC 1



PLC 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 รายละเอียดการทดลอง

ตั้ง Unit number setting switch ของ D/A ไว้ที่ Unit number #1 แสดงว่าIR Word อยู่ที่ 110 เป็น output ของD/Aส่งสัญญาณมาตรฐาน 4-20mA ออกไปเข้า Input control ของเตาอบ เพื่อที่จะควบคุมกระแสไฟเข้าไปในขดลวดภายในเตาอบ สัญญาณที่ส่งออกมาจะมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับสัญญาณทางด้าน input ที่รับค่ามาจาก Thermocouple ถ้าค่าตัวแปรกระบวนการกับค่าเป้าหมายแตกต่างกันก็ทำให้เกิดสัญญาณความผิดพลาดขึ้นมาคำนวณได้จากสมการ

$$e = PV-SP$$

โดยที่ e = สัญญาณค่าความผิดพลาด

PV = ตัวแปรกระบวนการ

SP = ค่าเป้าหมาย

ค่าผิดพลาดที่เป็นบวกแสดงถึง ค่าตัวแปรกระบวนการ (อุณหภูมิ) ที่เกินค่าเป้าหมายไป ส่วนค่าที่เป็นลบจะแสดงว่ายังไม่ถึงค่าเป้าหมาย ตัวควบคุมจะใช้ค่าผิดพลาดนี้มาประเมินค่าตัวแปรควบคุม

จากการทดลองพบว่า การควบคุมแบบ Proportional เป็นการควบคุมแบบสัดส่วนโดยตรงกับค่าสัญญาณความผิดพลาด ค่าสัญญาณความผิดพลาดจำนวนมากจะสร้างค่าควบคุม output ที่มากขึ้นตามไปด้วย ในทางตรงกันข้าม ค่าสัญญาณความผิดพลาดที่น้อยๆ (อุณหภูมิของกระบวนการใกล้ค่าเป้าหมาย) จะให้สัญญาณ output ที่น้อยๆ

ปัญหาเบื้องต้นของการควบคุมนี้คือ การเกิด Overshoot และการเข้าหาเป้าหมายที่ช้า จึงต้องมีการแก้ไขเพื่อให้ได้การควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

การควบคุมแบบ Proportional-integral (PI control)

Integral จะถูกเพิ่มให้กับ proportional เพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดที่สภาวะคงตัวพร้อมจะกำจัดความต้องการค่าออฟเซตและยังแก้ไขปัญหาที่สภาวะคงตัวด้วย เนื่องด้วยค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นค่าที่ถูกสะสมอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้ค่าตัวแปรควบคุมของตัวแปรควบคุมที่มีการปฏิบัติแบบ integral เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ตราบเท่าที่ความผิดพลาดจะไม่เป็นศูนย์ และจะหยุดเมื่อค่าความผิดพลาดเป็นศูนย์ ถ้ากระบวนการควบคุมมีความเสถียร การควบคุมแบบนี้จะเป็นหลักประกันได้ว่าค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงที่จะกลายเป็นศูนย์

การควบคุมแบบ PID (proportional-integral-derivative)

การเพิ่ม Derivative เพื่อแก้ปัญหากระบวนการเฉื่อย (sluggish process) อย่างเช่นกระบวนการเพิ่มความร้อน ซึ่งจะต้องเร่ง หรือลดความเร่ง และจะต้องควบคุมให้เกิด overshoot ที่น้อยที่สุดนั้นหมายความว่ากระบวนการจะต้องเข้าถึงค่าเป้าหมายได้ในไม่ช้า เช่นถ้าการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในถังที่มีขนาดใหญ่มากถังหนึ่งการเพิ่มค่าเป้าหมายจอาจจะต้องการค่าตัวควบคุมถึง 100% เป็นระยะเวลานาน เพื่อเพิ่มความร้อนให้กับถังอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ดีเมื่อความร้อนที่ให้ เริ่มมีผลต่ออุณหภูมิของถังเราก็จำเป็นที่จะลดความร้อนอย่างรวดเร็วเช่นกัน

การปรับการควบคุม (Controller Tuning)

กระบวนการในการเลือกค่าอัตราขยายเพื่อการควบคุมที่ดีที่สุด เรียกว่าการปรับการควบคุม ค่าอัตราขยายที่สูงเกินไปจะทำให้ค่าตัวแปรควบคุมแกว่งเป็นวงกว้างได้ และพฤติกรรมของค่าตัวแปรควบคุมไม่เสถียร ในขณะที่ค่าอัตราขยายที่ต่ำเกินไปจะทำให้ค่าตัวแปรควบคุมมีการตอบสนองช้า และการควบคุมจะให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร ถ้าอัตราขยายได้รับการปรับแต่งที่ดีแล้ว กระบวนการภายใต้การควบคุมนี้ จะให้ผลตอบสนองที่ราบเรียบและรวดเร็วเพื่อเปลี่ยนแปลงในค่าเป้าหมายและทำให้กระบวนการกลับสู่ค่าเป้าหมายที่ต้องการ

จากการทดลองพบว่ากระบวนการควบคุมอุณหภูมินั้นเป็นกระบวนการที่สามารถคาดเดาการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากค่าตัวแปรควบคุมได้ สำหรับกระบวนการที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) การควบคุมด้วย Proportional เพียงอย่างเดียวควรจะใช้อัตราการควบคุมที่มีอัตราส่วนสูงๆ จะให้ผลดีแต่สำหรับการควบคุม proportional + integral (PI Control) จะมีพฤติกรรมเกือบตรงกันข้ามกับ Proportional เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการปฏิบัติแบบ PI มีคุณสมบัติเหมือนตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำชนิดหนึ่งเพราะฉนั้นสัญญาณรบกวน จึงไม่มีผลกระทบต่อตัวแปรกระบวนการ (สัญญาณรบกวนมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าผิดพลาดสะสม) การปฏิบัติที่เพิ่มเข้ามาหมายความว่าการควบคุมจะไม่เกิดผลเฉียบพลันต่อการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการแต่จะมีผลแบบค่อยเป็นค่อยไป เป็นผลดีกับกระบวนการที่มีสัญญาณรบกวนเช่น การควบคุมความดันและอัตราการไหล

ในการควบคุมอุณหภูมิผลกระทบของตัวแปรภายในกระบวนการจะถูกสะสมตลอดเวลา ความร้อนที่ถูกเพิ่มให้กับกระบวนการ ท้ายที่สุดก็จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องด้วยการปฏิบัติการแบบนี้มีการปฏิบัติแบบ PI อยู่แล้ว ดังนั้นในการควบคุมจึงต้องการการปฏิบัติแบบ PI เพียงน้อยนิดถึงไม่มีเลย และอัตราขยาย PI ที่ใช้ก็ควรจะมีค่าต่ำเช่นกัน

ในการควบคุมโดยการปฏิบัติการแบบ PID จำเป็นที่ต้องจะใช้ความระมัดระวังอย่างสูง ขั้นแรกอัตราขยาย PID ควรถูกปรับอย่างระมัดระวัง ลำดับที่สองควรหลีกเลี่ยงการใช้ในกระบวนการที่มีสัญญาณรบกวนที่มีสัญญาณรบกวนในค่าตัวแปรกระบวนการ สัญญาณรบกวนในค่าตัวแปรกระบวนการ จะทำให้เกิดค่าสัญญาณความผิดพลาดเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงอย่างรุนแรงเป็นผลให้ค่าความชันเปลี่ยนแปลงทั้งทางบวกและทางลบอย่างลวดเร็ว การปฏิบัติการนี้เป็นผลมาจากการปฏิบัติแบบ PID ซึ่งการควบคุมจะไม่เสถียรเมื่อมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในค่าตัวแปรกระบวนการที่สมารถใช้การปฏิบัติการแบบนี้ได้ต้องเป็นกระบวนการที่เชื่อถือได้และไม่มีสัญญาณรบกวน (dependable and noise-free) ซึ่งกระบวนการที่เป็นตามนี้คือ การควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลการทดลอง

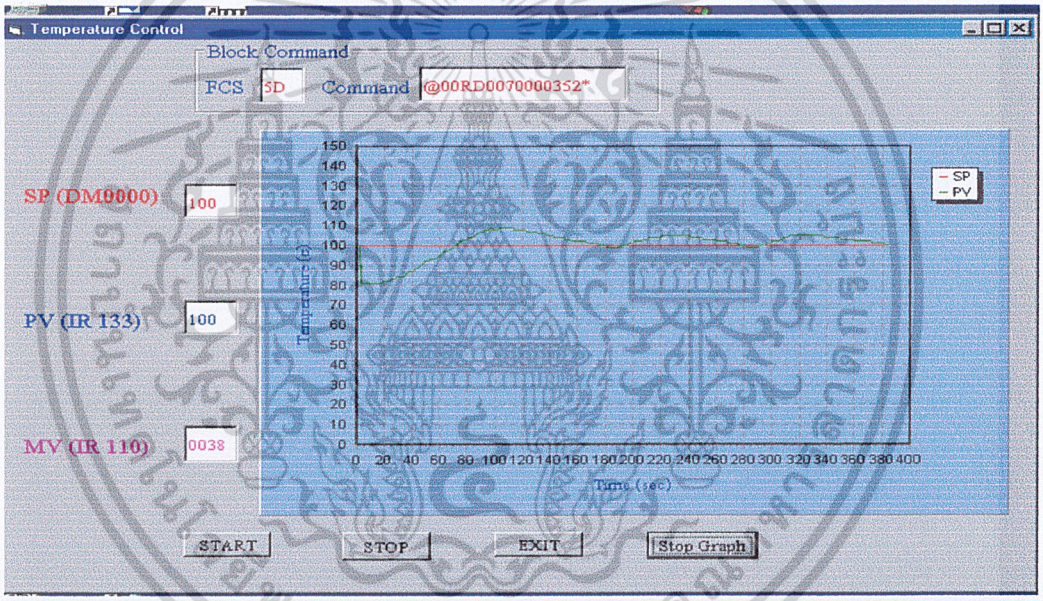
ตั้งค่าให้แก่ PLC ทั้งสองตัวดังนี้

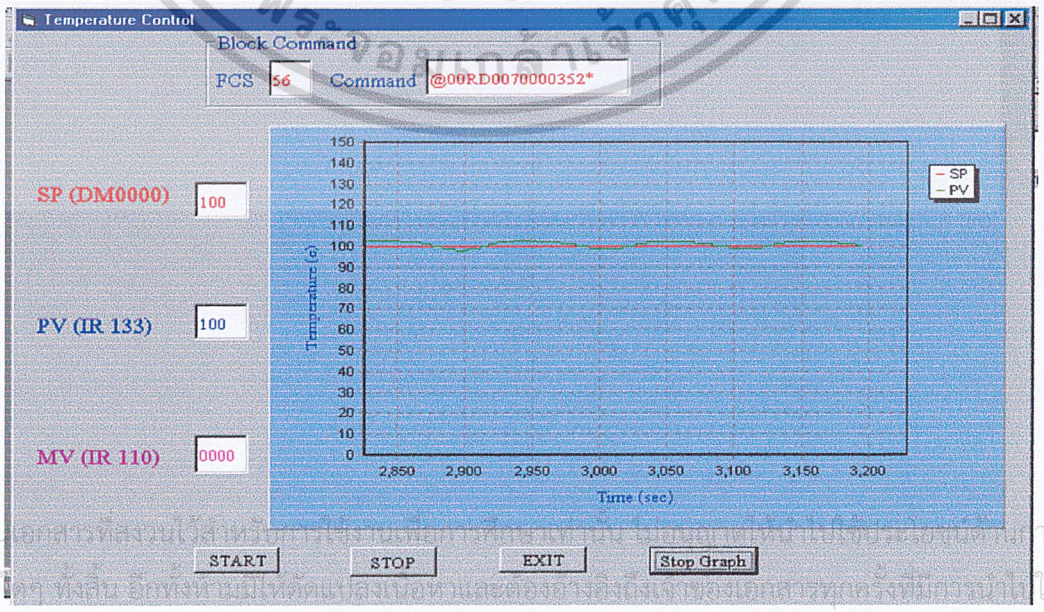
ตั้ง Set Point ไว้ที่ 100°C

ตั้งค่า P = 10, I = 150, D=125

และทำการตั้งค่าในหน่วยความจำ HR โดยใช้ Programming Console ดังนี้

HR 00 = 100 °C	Setpoint value (PV)
HR 01 = 10	Proportional Band (P)
HR 02 = 150	Tik=Integral time T_i /sampling period
HR 03 = 125	Tdk=Derivative time Td/ sampling period

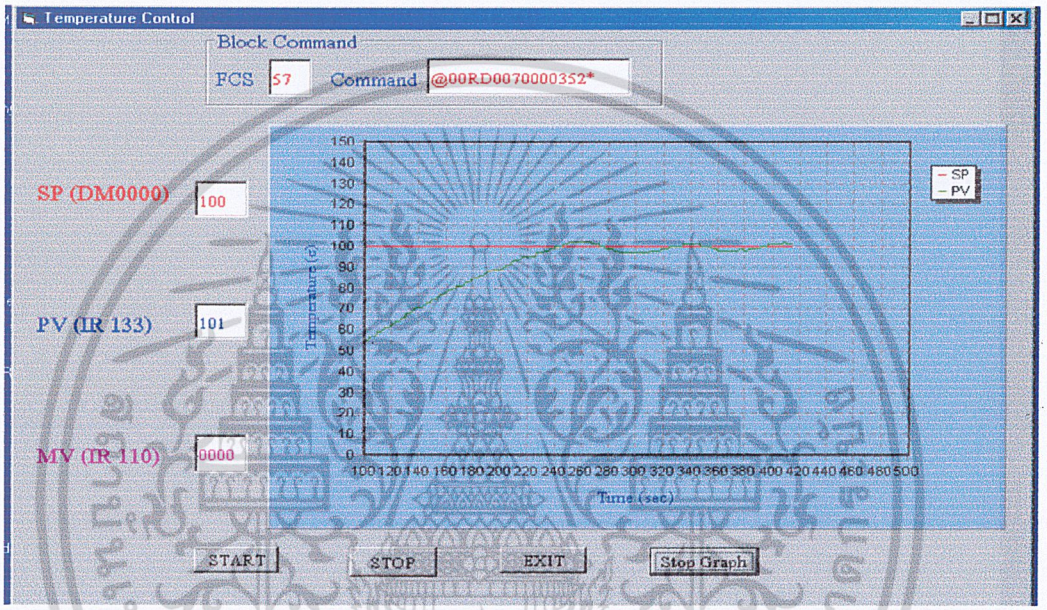




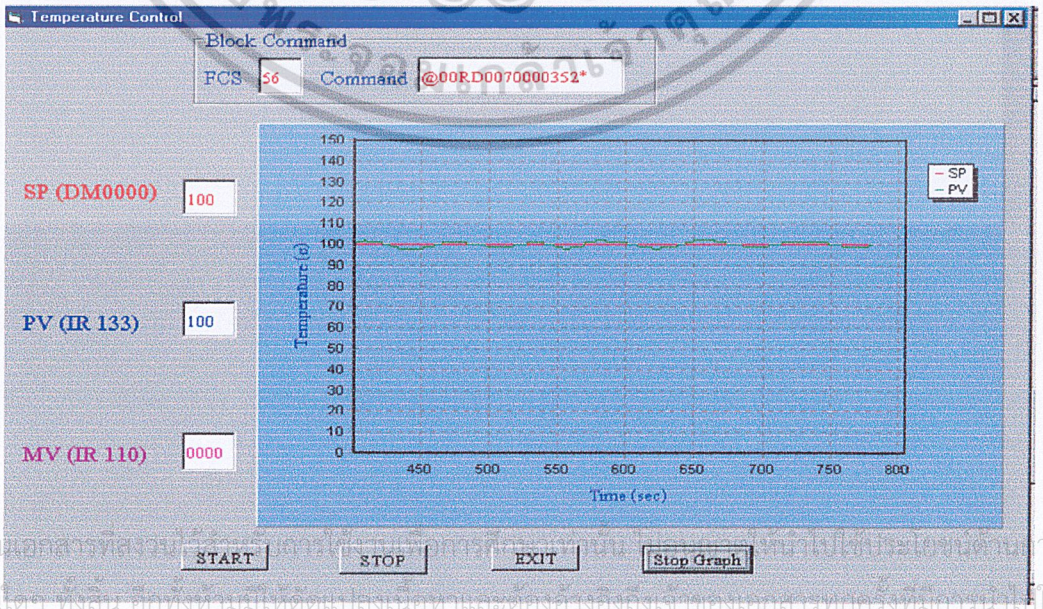
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลองปรับค่า PIDใหม่โดยตั้งค่าใน HR ดังนี้

HR 00 = 100 °C	Set point value (PV)
HR 01 = 20	Proportional Band (P)
HR 02 = 80	Tik=Integral time T_i /sampling period
HR 03 = 500	Tdk=Derivative time Td/ sampling period



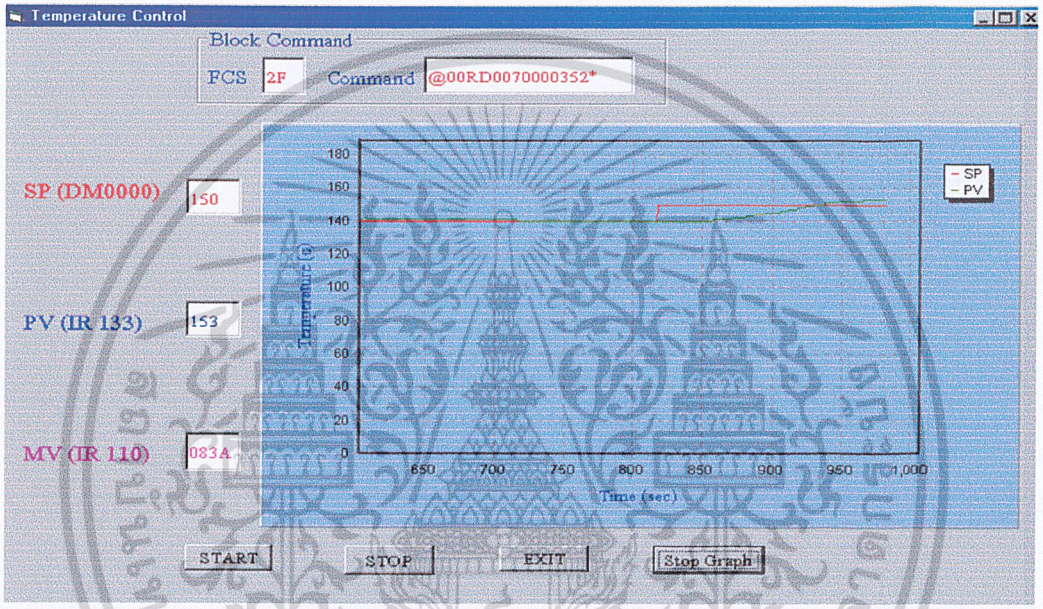
สภาวะที่ PLC 1 fail แล้ว PLC 2 เข้ามาทำงานแทน



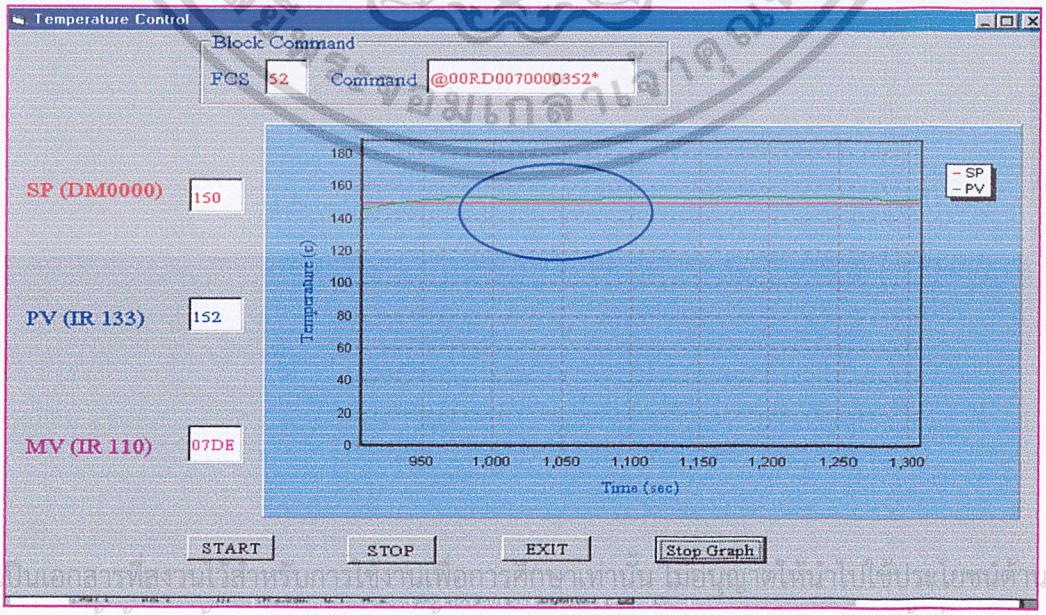
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลองปรับค่า PIDใหม่โดยตั้งค่าใน HR ดังนี้

HR 00 = 150 °C	Setpoint value (PV)
HR 01 = 100	Proportional Band (P)
HR 02 = 50	Tik=Integral time T_i /sampling period
HR 03 = 125	Tdk=Derivative time Td/ sampling period



สภาวะที่ PLC 1 fail แล้ว PLC 2 เข้ามาทำงานแทน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ทำให้เราสรุปได้ว่า การนำระบบแบบ Redundant เข้ามาใช้ร่วมกับระบบควบคุมอุณหภูมิได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นั่นคือในสภาวะที่ PLC 1 fail แล้ว PLC 2 เข้ามาทำงานแทนไม่มีผลกระทบต่อ output แต่อย่างไร ทั้งนี้เป็นเพราะว่าช่วงที่มีการเปลี่ยนตัว PLC ที่ใช้ในการควบคุมเป็นช่วงเวลาเพียงชั่วครู่เท่านั้น ซึ่งไม่อาจทำให้อุณหภูมิของเตาอบเปลี่ยนแปลงไปได้ แต่ปัญหาที่สำคัญคือ การปรับค่า PID ซึ่งทำได้ยากในการที่จะทำให้อุณหภูมิเข้าหาค่า setpoint ได้ จึงต้องมีการศึกษากันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การควบคุมระบบที่มีความสำคัญสูงโดยอาศัยหลักการของ Redundant คือการที่เราใช้ PLC ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาทำการควบคุมระบบนี้ โดย PLC ทุกตัวมีการเชื่อมโยงกันในรูปแบบของ PC Link เพื่อทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันอยู่ตลอดเวลา เราจะใช้ PLC เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่ส่งสัญญาณออกไปทำการควบคุมระบบ ส่วน PLC ตัวอื่นๆ ก็ทำงานเช่นเดียวกันโดยเงื่อนไขการทำงานของ PLC ทุกตัวจะเหมือนกัน และทำงานไปพร้อมๆกันแต่จะไม่ส่งสัญญานออกมาควบคุมระบบ จะปล่อยให้ PLC เพียงตัวเดียวควบคุมระบบอยู่ แต่เมื่อใดก็ตามที่ PLC ตัวที่ควบคุมระบบอยู่เกิดเสียหายขึ้นมากเราก็จะให้ PLC ตัวอื่นเพียงตัวใดตัวหนึ่งเข้าไปทำงานแทนทันทีเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

เนื่องจากในการทดลองที่เราได้ทดลองไปนั้นเราใช้หลักการของ PC link เข้ามาช่วยในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง PLC 2 ตัว ซึ่งอาจมีข้อเสียอยู่บ้างคือ ความล่าช้าในการแลกเปลี่ยนข้อมูลในกรณีที่เราต้องใช้การส่งข้อมูลระยะไกลๆ และอาจได้รับผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกได้ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้การแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่าน ไฟเบอร์ออพติคแทน ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าต้นทุนในการสร้างต้องมากกว่า และรายละเอียดในการศึกษาก็ต้องมีมากกว่าเป็นธรรมดา แต่ก็น่าจะได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าในกรณีที่ระบบของเราต้องการความปลอดภัย และเป็นระบบที่ใช้ต้นทุนในการก่อสร้างราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. OMRON JAPAN, "C200HS Programmable Controllers Operation Manual", 1995
2. OMRON JAPAN, "C200HS Programmable Controllers C200HS Installation Guide",1995
3. ผศ.ทวีพล ซื่อสัตย์, "ระบบโรงงานอัตโนมัติ" ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. ผศ.สุพรรณ กุลพาณิชย์, "การใช้งานพีซีลิ้งค์" ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. OMRON JAPAN, "SYSMAC C200HS/C500 Wired Remote I/O SYSTEM MANUAL",1988
6. SYSMAC C200H/C200HS C200H-AD001/DA001 Analog I/O Units Revised September 1995
7. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาหะ, "Visual Basic 6.0 ฉบับโปรแกรมเมอร์" บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 9 มิถุนายน 2544
8. สมศักดิ์ศรีขจรเกียรติ, "เรียน Visual Basic 6.0 ด้วยตนเอง" บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้