การเพิ่มความน่าเชื่อถือระบบพีแอลซีผ่านระบบเครือข่าย

INCREASEMENT RELIABILITY PLC SYSTEM VIA LAN

ฉัตรฎายุทธ แสงรชยับ

ASSADAYUTH SANGRAYUB

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1866-8

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มความน่าเชื่อถือระบบพีแอลซีผ่านระบบเครือข่าย

INCREASEMENT RELIABILITY PLC SYSTEM VIA LAN

T060511

อัษฎายุทธ แสงระยับ

ASSADAYUTH SANGRAYUB

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60511
วัน,เดือน,ปี - 3 ก.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1866-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INCREASEMENT RELIABILITY PLC SYSTEM VIA LAN

ASSADAYUTH SANGRAYUB

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1866-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มความน่าเชื่อถือระบบพีแอลซีผ่านระบบเครือข่าย
นักศึกษา	นายอัษฎายุทธ แสงระยับ
รหัสนักศึกษา	43061407
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.สุพรรณ กุลพาณิชย์

บทคัดย่อ

หลักการของการควบคุมทดแทนกันนิยมนำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการที่มีความสำคัญสูง เพื่อป้องกันการหยุดทำงานของระบบควบคุมที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการได้ ทำให้ระบบควบคุมมีค่าความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น หลักการของการควบคุมทดแทนกันมีหลายแบบ แต่ละแบบเหมาะสมกับกระบวนการที่แตกต่างกันไปตามค่าเวลาที่ทำให้กระบวนการหยุดการทำงาน

วิทยานิพนธ์นี้ จะนำเสนอการนำหลักการของการควบคุมทดแทนกันมาใช้ในระบบเครือข่ายพีแอลซี โดยนำเอาหลักการของการควบคุมทดแทนกันมาประยุกต์ลงในโปรแกรมควบคุมรวมทั้งการจัดระบบของฮาร์ดแวร์ให้เหมาะสมกับระบบและนำระบบที่ออกแบบไปทดสอบกับกระบวนการ เพื่อให้ได้เครือข่ายพีแอลซีที่มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้นที่จะนำไปควบคุมกระบวนการที่มีความสำคัญสูง ให้ไม่หยุดการทำงานเนื่องมาจากความล้มเหลวในการทำงานของระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Increasement Reliability PLC System via LAN
Student	Mr. Assadayuth Sangrayub
Student ID.	43061407
Degree	Master of Engineering
Programme	Instrumentation Engineering
Year	2548
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Suphan Gulphanich

ABSTRACT

The theory of redundant system are widely used to controlling high priority process for prevent failure of high priority process when the controller has failure that could harm the overall system. This also can increase reliability of controller. These are many concepts of the redundant which are suitable for many processes depended mostly time before its failure

This thesis purpose the redundant theories that can be used on PLC network by applying the theory to controller program, both controlling and managing hardware. The main aim for increase reliability of PLC network to control high priority process prevent its failure made process shutdown

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับระบบพีแอลซีและเครือข่ายจาก รศ.สุพรรณ กุลพาณิชย์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.วิริยะ กองรัตน์ ที่ได้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านโปรแกรมต่างๆ ขอขอบพระคุณ รศ.ทวีพล ซื่อสัตย์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านฮาร์ดแวร์ของระบบ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ รศ.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ และ รศ.สักรียา ชิตวงศ์ ที่ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆเสมอมา

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้โอกาส และคอยให้กำลังใจอยู่เสมอ

อัษฎายุทธ แสงระยับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....1

1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ความน่าเชื่อถือของระบบ.....4

2.1 บทนำ.....4

2.2 ความน่าเชื่อถือของระบบ.....4

2.2.1 ระบบที่ต่ออนุกรมกัน.....5

2.2.2 ระบบที่ต่อขนานกัน.....6

2.2.3 ระบบที่มีทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน.....7

2.2.4 การทำงานทดแทนกันระดับต่ำและระดับสูง.....7

2.2.5 ระบบแยกความล้มเหลวร่วม.....8

2.3 ระบบทำงานทดแทนกันของพีแอลซี.....9

2.3.1 ระบบสำรอง.....9

2.3.2 ระบบสำรองทำงาน.....9

2.3.3 ระบบซีพียูทำงานทดแทนกัน.....10

2.3.4 ระบบทำงานทดแทนกันแบบคู่สมบูรณ์.....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.5 ระบบแบบเผื่อเลือก....11

2.4 สรุป....12

บทที่ 3 โครงสร้างของระบบควบคุม....13

3.1 บทนำ....13

3.2 พีแอลซี....13

3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง....14

3.2.2 หน่วยความจำ....15

3.2.3 หน่วยอินพุต....17

3.2.4 หน่วยเอาต์พุต....18

3.2.5 อุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ....18

3.3 ระบบเครือข่ายของพีแอลซี....18

3.3.1 ข้อกำหนดเฉพาะของ SYSMAC NET....19

3.3.2 การส่งถ่ายข้อมูล....19

3.3.3 ลักษณะการส่งถ่ายข้อมูล....20

3.3.4 การติดต่อสื่อสารของพีแอลซีในเครือข่าย....21

3.3.5 การสร้างวงกลับอัตโนมัติ....21

3.3.6 การจัดการพื้นที่การสื่อสารข้อมูล....24

3.4 สรุป....27

บทที่ 4 การจัดระบบและการทดลอง....28

4.1 บทนำ....28

4.2 การจัดระบบ C1000H....28

4.2.1 หน่วยอนาล็อกอินพุต(AD101)....29

4.2.2 หน่วยอนาล็อกเอาต์พุต (DA101)....32

4.2.3 หน่วยจัดการด้านเครือข่าย(SNT31-V4)....34

4.3 การจัดระบบ C200Hx....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.1 หน่วยอนาล็อกอินพุต(AD001).....37
4.3.2 หน่วยอนาล็อกเอาต์พุต(DA001).....37
4.3.3 หน่วยควบคุมอุณหภูมิ(TC001).....37
4.3.4 หน่วยจัดการด้านเครือข่าย(SNT32).....39
4.4 การจัดเตรียมเครือข่าย.....41
4.5 การทดลองกับกระบวนการ.....42
4.5.1 รูปแบบของการควบคุม.....43
4.5.2 ส่วนประกอบของการทดลอง.....43
4.5.3 โปรแกรมควบคุม.....44
4.5.4 การควบคุมแบบสัดส่วน.....44
4.5.5 การควบคุมแบบพีไอดี.....45
4.5.6 โปรแกรมโหวต.....47
4.5.7 โปรแกรมแสดงผล.....49
4.6 สรุป.....51

บทที่ 5 ผลการทดลอง.....52
5.1 บทนำ.....52
5.2 ตัวแปรในการทดลอง.....52
5.3 ผลการทดลอง.....53
5.4 สรุปผลการทดลอง.....61

บทที่ 6 ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....63

เอกสารอ้างอิง.....65

ภาคผนวก ก.....66

ประวัติผู้เขียน.....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้หรือพีแอลซีเป็นตัวควบคุมที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆ โดยปกติพีแอลซีใช้ในการควบคุมกระบวนการแบบเปิดปิดในลักษณะของดิจิตอล แต่ในปัจจุบันได้พัฒนาจนมีความสามารถเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถนำมาใช้ควบคุมกระบวนการที่มีความต่อเนื่องได้ในลักษณะของอนาล็อก โดยแปลงสัญญาณต่อเนื่องให้เหมาะสมแล้วส่งเป็นข้อมูลที่พีแอลซีสามารถนำไปประมวลผลและส่งข้อมูลกลับไปควบคุมกระบวนการได้อย่างต่อเนื่อง หากพีแอลซีทำงานล้มเหลวจะทำให้กระบวนการเสียการควบคุมและหยุดการทำงานลงได้

การหยุดการทำงานของกระบวนการ ทำให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการและผลผลิตที่อยู่ในกระบวนการ เสียโอกาสในการผลิต เพราะต้องใช้เวลาในการซ่อมบำรุงทั้งพีแอลซีที่เป็นระบบควบคุมและตัวกระบวนการที่พีแอลซีควบคุมอยู่ รวมถึงเวลาที่ต้องใช้ในการปรับแต่งกระบวนการก่อนการทำงานด้วย ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ความมุ่งหมายในการศึกษาเทคนิคและวิธีการใช้พีแอลซีมาทำการเพิ่มความน่าเชื่อถือในการควบคุม โดยใช้ตัวควบคุมเป็นระบบเครือข่ายใยแก้วนำแสง เพื่อลดปัญหาการหยุดการทำงานของกระบวนการอันเนื่องมาจากการทำงานล้มเหลวของระบบควบคุม ทำให้โอกาสที่ระบบควบคุมจะทำงานล้มเหลวน้อยลง เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบควบคุมให้มากขึ้น ลดความเสียหาย ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ลดต้นทุนในการผลิต เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบพีแอลซีผ่านระบบเครือข่ายแบ่งเป็นข้อต่างๆได้ดังนี้

1.2.1 ศึกษาการติดต่อสื่อสารกันผ่านระบบเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติกท้องถิ่นของพีแอลซี

1.2.2 ศึกษาการทำงานของพีแอลซีเมื่อทำงานผ่านระบบเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติกท้องถิ่น

1.2.3 ศึกษาระบบการทำงานทดแทนกันของพีแอลซีในระบบเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติกเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมให้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การศึกษาระบบทำงานทดแทนกันเองของพีแอลซีในระบบเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติกนั้น จะสามารถทำให้พีแอลซีสามารถส่งสัญญาณไปควบคุมระบบได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ทำให้ระบบเกิดความล้มเหลวในการควบคุมจนกระทั่งเกิดความเสียหาย การควบคุมที่ใช้พีแอลซีทำงานทดแทนกันนั้นจะทำเฉพาะกระบวนการที่มีความสำคัญที่หากระบบควบคุมเกิดทำงานล้มเหลวแล้วจะทำให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการทั้งหมดได้ ดังนั้นถ้าหากใช้วิธีทำให้ระบบควบคุมทำงานทดแทนกันผ่านทางระบบเครือข่ายได้ จะทำให้กระบวนการไม่หยุดทำงาน ไม่เกิดความเสียหายขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย

ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการทำวิจัยเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบในแบบต่างๆ การทำงานของระบบควบคุมแบบทดแทนกันเอง ซึ่งจะมีหลายแบบในส่วนของการควบคุมด้วยพีแอลซี การทำงานทดแทนกันโดยสลับสับเปลี่ยนระบบเดิมกับระบบสำรองเมื่อระบบเดิมเกิดปัญหาขึ้น ความสามารถทางด้านเครือข่ายของพีแอลซีที่ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่น ความเร็วในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องพีแอลซีที่ต่ออยู่ในระบบเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติก สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบได้

1.5 ขอบเขตในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยจะเป็นการนำเอาพีแอลซีมาต่อกันเป็นระบบเครือข่ายและจัดการให้พีแอลซีสามารถทำงานทดแทนกันเพื่อควบคุมให้กระบวนการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้ความสามารถทางด้านเครือข่ายของพีแอลซี รวมทั้งความเร็วของระบบไฟเบอร์ออฟติกมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ผลที่คาดว่าจะได้รับคือ ระบบที่ทำการควบคุมไม่เกิดความล้มเหลวในการทำงานเมื่อได้จัดการให้ระบบพีแอลซีในเครือข่ายทำงานทดแทนกันได้แล้ว

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาเรื่องการเพิ่มความน่าเชื่อถือระบบพีแอลซีผ่านระบบเครือข่ายแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

1.6.1 ตั้งสมมุติฐานว่าหากนำระบบพีแอลซีมาต่อเป็นเครือข่ายและจัดการด้วยความสามารถทางด้านเครือข่ายจะทำให้พีแอลซีสามารถควบคุมการทำงานของกระบวนการได้อย่างต่อเนื่องได้โดยไม่เกิดความล้มเหลวในการทำงานของระบบ

1.6.2 ศึกษาระบบการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบควบคุม

1.6.3 ศึกษาความสามารถของพีแอลซีที่นำมาใช้ในการทำระบบเครือข่ายเพื่อทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.4 ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตแบบอนาล็อกของพีแอลซี

1.6.5 ออกแบบระบบการควบคุมกระบวนการผ่านทางพีแอลซีที่ต่อเป็นเครือข่าย

1.6.6 ทดลองนำเอาระบบควบคุมที่ออกแบบไว้ไปควบคุมกระบวนการ

1.6.7 สรุปผลการทดลองพร้อมข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความน่าเชื่อถือของระบบ

2.1 บทนำ

ระบบทำงานทดแทนกันเป็นระบบที่ใช้เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบควบคุมหรืออุปกรณ์ในการทำงานใดๆ ให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีการทำงานสลับสับเปลี่ยนกันได้ในทันทีเมื่อระบบควบคุมหลักเกิดความล้มเหลวในการทำงานอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ระบบทำงานทดแทนกันมีหลายแบบเช่น ระบบสำรอง ระบบสำรองทำงานร่วม เป็นต้น ในการทำระบบทำงานทดแทนกันสำหรับอุปกรณ์ที่ทำงานธรรมดา ไม่มีความซับซ้อน จะทำการทำงานทดแทนกันได้ง่ายกว่าอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระบบเช่น พีแอลซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีความซับซ้อนในการทำงานสูง เนื่องจากมีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการทำงานมากกว่า ระบบทำงานทดแทนกันจึงมีความซับซ้อนกว่า มีความต้องการทรัพยากรสำหรับระบบมากกว่า

ระบบทำงานทดแทนกันจะใช้สำหรับการออกแบบระบบควบคุมที่มีความสำคัญสูงต่อกระบวนการที่ควบคุมอยู่ ถ้าหากการควบคุมของระบบในส่วนนั้นหยุดการทำงานลง จะทำให้กระบวนการเกิดความเสียหายขึ้น แต่การใช้ระบบทำงานทดแทนกันจะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากด้วย เพราะจะต้องมีการสร้างระบบสำรองที่เหมือนกับระบบที่ทำงานปกติขึ้นมาอีกอย่างน้อยอีกหนึ่งชุด หรืออาจจะมากกว่า ขึ้นอยู่กับความสำคัญของระบบที่มีต่อกระบวนการที่ทำการควบคุมอยู่

ในกระบวนการที่มีความสำคัญไม่มากนัก ถ้าหากตัวควบคุมหยุดการทำงานลง จะมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยหรืออาจจะไม่ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการอย่างรุนแรง สามารถทำการแก้ไขได้โดยไม่ต้องหยุดการทำงานทั้งหมดของกระบวนการ ดังนั้นการทำระบบทำงานทดแทนกันให้กับระบบควบคุมที่ไม่สำคัญมากนี้ จะเป็นการเพิ่มต้นทุนโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงต้องพิจารณาด้วยว่าระบบควบคุมใดมีความสำคัญมากพอ จนคุ้มค่าที่จะจัดทำระบบทำงานทดแทนกัน

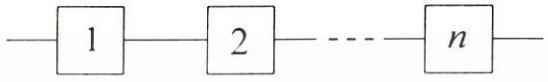
2.2 ความน่าเชื่อถือของระบบ

ความน่าเชื่อถือของระบบ[1]หมายถึงการที่ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องไปจนชั่วระยะเวลาหนึ่งโดยไม่มีการหยุดการทำงานลง อุปกรณ์ที่นำมาประกอบขึ้นมาเป็นระบบจะมีความน่าเชื่อถือมากน้อยแตกต่างกันไป ในการควบคุมกระบวนการนั้นจะมีความซับซ้อนของระบบควบคุมอยู่ เพราะประกอบขึ้นมาจากระบบควบคุมหลายๆระบบมาทำงานให้สัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถเขียนเป็นแบบจำลองให้สามารถเข้าใจและศึกษาได้ง่ายขึ้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ระบบที่ต่ออนุกรมกัน

โดยปกติแล้วระบบพื้นฐานสองระบบเมื่อนำมาประกอบกันสามารถเขียนแบบจำลองขึ้นมาได้สองแบบคือแบบอนุกรมและแบบขนาน ระบบพื้นฐานที่ต่อกันแบบอนุกรมนั้น ระบบทั้งสองระบบจะต้องทำงานด้วยกันทั้งคู่เพื่อที่จะทำให้ระบบโดยรวมอยู่ในสภาวะที่ทำงานได้ ถ้าระบบพื้นฐานระบบใดระบบหนึ่งหยุดทำงานจะทำให้ระบบทั้งหมดหยุดทำงานไปด้วย ระบบจำลองแบบอนุกรมนี้ เราสามารถเขียนเป็นบล็อกความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบจำลองแบบอนุกรม

ความน่าเชื่อถือของระบบจะพิจารณาจากความน่าเชื่อถือของระบบพื้นฐานที่นำมาประกอบกันขึ้นมาเป็นระบบ โดยพิจารณาจาก

กำหนดให้ E_1 เป็นเหตุการณ์ที่ระบบพื้นฐานที่หนึ่งไม่หยุดทำงาน

E_2 เป็นเหตุการณ์ที่ระบบพื้นฐานที่สองไม่หยุดทำงาน

ดังนั้น $$P(E_1) = R_1$$

$$P(E_2) = R_2$$

ซึ่ง R_1 คือความน่าเชื่อถือของระบบพื้นฐานแรก

R_2 คือความน่าเชื่อถือของระบบพื้นฐานที่สอง

จะได้ว่า $$R_s = P(E_1 \cap E_2)$$

$$R_s = P(E_1)P(E_2)$$

$$R_s = R_1(R_2)$$

โดยที่ระบบพื้นฐานทั้งสองระบบนี้เป็นระบบที่เป็นอิสระต่อกัน คือ การที่ระบบพื้นฐานตัวใดตัวหนึ่งเกิดหยุดทำงานไปจะไม่ส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของระบบอีกระบบที่ต่อร่วมกัน ระบบแบบอนุกรมนี้ระบบพื้นฐานทั้งสองต้องทำงานได้ตามหน้าที่ของมันจึงจะทำให้ระบบทำงานเป็นปกติ สมการที่ใช้ในการหาค่าความน่าเชื่อถือของระบบแบบอนุกรมที่ระบบพื้นฐานเป็นอิสระต่อกัน สามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

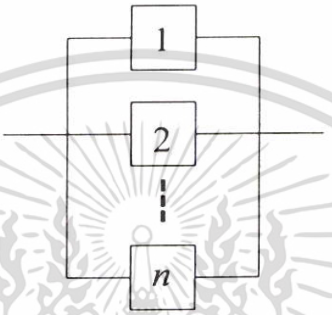
$$R_s(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times \ldots \times R_n(t)$$

จากสมการสามารถพิจารณาได้ว่าค่าความน่าเชื่อถือรวมของระบบจะมีค่าไม่มากไปกว่าค่าความน่าเชื่อถือที่น้อยที่สุดของระบบพื้นฐาน ดังนั้นระบบที่มีรูปแบบการต่อแบบอนุกรมจึงต้องมีความน่าเชื่อถือของระบบพื้นฐานสูงมาก โดยเฉพาะระบบที่มีจำนวนระบบพื้นฐานต่อกันอยู่เป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ระบบที่ต่อขนานกัน

ระบบพื้นฐานสองระบบหรือมากกว่า นำระบบแต่ละระบบมาต่อขนานกันหรือเราเรียกอีกอย่างว่าระบบทำงานทดแทนกัน ลักษณะของระบบนี้คือ ระบบจะหยุดทำงานก็ต่อเมื่อระบบพื้นฐานที่ต่อประกอบกันอยู่หยุดทำงานไปทุกระบบ ถ้าหากยังมีระบบพื้นฐานระบบใดระบบหนึ่งยังทำงานอยู่ ระบบโดยรวมจะยังสามารถทำงานต่อไปได้ ระบบจำลองแบบขนานนี้เราสามารถเขียนเป็นบล็อกความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบจำลองแบบขนาน

ค่าความน่าเชื่อถือของระบบที่มีระบบพื้นฐานจำนวน n ระบบต่อกันแบบขนานและระบบพื้นฐานทุกระบบเป็นอิสระต่อกัน สามารถหาได้โดยนำ หนึ่งมาลบกับความน่าจะเป็นที่จะทำให้ระบบพื้นฐานทั้งหมดหยุดทำงาน(ความน่าจะเป็นที่มีระบบพื้นฐานอย่างน้อยที่สุดหนึ่งระบบไม่หยุดทำงาน) ถ้าพิจารณาจากระบบพื้นฐานเพียงสองระบบจะได้ว่า

$$\begin{aligned} R_s &= P(E_1 \cup E_2) \\ &= 1 - P(E_1 \cup E_2)^c \\ &= 1 - P(E_1^c \cap E_2^c) \\ &= 1 - P(E_1^c)P(E_2^c) \\ &= 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \end{aligned}$$

เขียนเป็นรูปทั่วไปได้ว่า

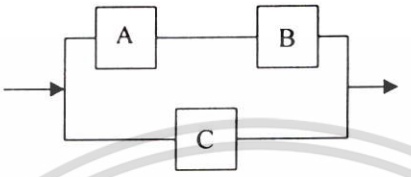
$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} [1 - R_i(t)]$$

และ $R_s(t) \geq \max\{R_1(t), R_2(t), \ldots, R_n(t)\}$ อยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ระบบที่มีทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน

ระบบชนิดนี้จะมีระบบพื้นฐานมากกว่าสองระบบมาประกอบรวมกัน มีรูปแบบการต่อกันของระบบพื้นฐานทั้งแบบบอนุกรมและขนาน เป็นระบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าสองแบบแรก โดยระบบพื้นฐานสองระบบอาจจะต่ออนุกรมกันก่อนแล้วจึงมาต่อขนานกันกับระบบพื้นฐานระบบที่สาม หรือ ต่อขนานกันก่อนแล้วจึงนำมาต่ออนุกรม ระบบแบบซับซ้อนนี้จะคำนวณความน่าเชื่อถือไปตามลักษณะการต่อของสองแบบแรกเรียงต่อกันไปตามลำดับก่อนหลัง ดังแสดงในรูป

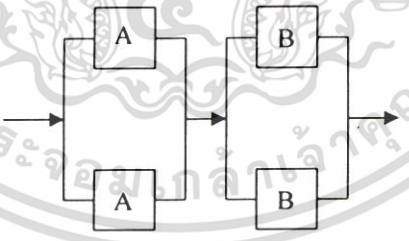


รูปที่ 2.3 ระบบจำลองแบบผสม

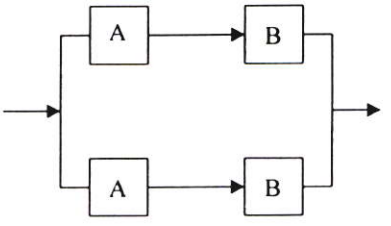
2.2.4 การทำงานทดแทนกันระดับต่ำและระดับสูง

ระบบทำงานทดแทนกันสามารถสร้างระบบขึ้นมาได้สองแบบคือ ระบบพื้นฐานที่ประกอบรวมขึ้นมาเป็นระบบอาจจะมีระบบพื้นฐานที่ต่อขนานกันเพียงหนึ่งหรือมากกว่า ในกรณีนี้จะเรียกว่าระบบทำงานทดแทนกันระดับต่ำ และระบบที่มีการวางระบบเฉพาะที่ประกอบกันขึ้นมาแล้วนำมาต่อขนานกัน ในกรณีนี้เราจะเรียกว่าระบบทำงานทดแทนกันระดับสูง

พิจารณาระบบพื้นฐาน A และ B การทำงานทดแทนกันระดับต่ำจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.4 และ การทำงานทดแทนกันระดับสูงจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 ระบบทำงานทดแทนกันระดับต่ำ



รูปที่ 2.5 ระบบทำงานทดแทนกันระดับสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสมมุติให้ระบบพื้นฐานทั้งสองระบบมีค่าความน่าเชื่อถือเท่ากัน ค่าความน่าเชื่อถือของระบบทำงานทดแทนกันระดับต่ำจะหาได้จาก

$$R_{\text{low}} = \left[1-\left(1-R^2\right)^2\right]$$
$$= \left(2R-R^2\right)^2$$

สำหรับระบบทำงานทดแทนกันระดับสูง สามารถหาค่าความน่าเชื่อถือของระบบได้จาก

$$R_{\text{high}} = 1-\left(1-R^2\right)^2$$
$$= 2R^2-R^4$$

เมื่อนำค่าความน่าเชื่อถือของระบบรีดันแดนซ์ทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบกันแล้ว จะเห็นได้ว่าระบบรีดันแดนซ์ระดับต่ำจะให้ค่าความน่าเชื่อถือมากว่าระบบรีดันแดนซ์ระดับสูง และมีค่าเท่ากันหากค่าความน่าเชื่อถือมีค่าเป็น 1 โดยทั่วไปสมการจะเป็นจริงได้ถ้าระบบพื้นฐานที่ต่อเข้ามาเป็นระบบเป็นอิสระต่อกัน

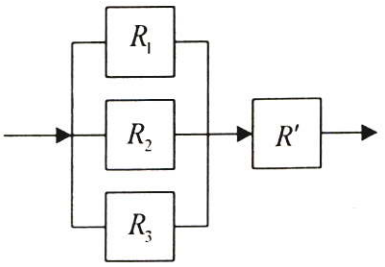
2.2.5 ระบบแยกความล้มเหลวร่วม

ในกรณีที่ความเป็นอิสระต่อกันของการหยุดทำงานของระบบพื้นฐานภายในระบบสามารถเกิดขึ้นได้โดยง่าย เช่นมีระบบพื้นฐานหลายๆระบบที่ใช้แหล่งจ่ายไฟเครื่องเดียวกันหรือว่ามีสภาพแวดล้อมภายนอกที่เข้ามามีผลกระทบ เช่น ความร้อน ความสั่นสะเทือน แบบเดียวกันเกิดขึ้นกับระบบพื้นฐานพร้อมๆกันหลายระบบ ในกรณีนี้ให้พิจารณาการทำงานทดแทนกันแบบแยกความล้มเหลวร่วม(Common-Mode Failure) ดังรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงระบบพื้นฐานได้กระจายความน่าจะเป็นที่ระบบจะหยุดทำงานไปยังทุกระบบพื้นฐาน ดังที่แสดงในรูปจะมีระบบพื้นฐานมาต่อขนานกันอยู่ ค่าความน่าเชื่อถือของระบบนี้จะหาได้จากสมการ

$$R_s = \left[1-\left(1-R_1\right)\left(1-R_2\right)\left(1-R_3\right)\right]R'$$

ในกรณีที่จะทำระบบทำงานทดแทนกันแบบแยกความล้มเหลวร่วมนี้ จะต้องแยกปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้ระบบควบคุมเกิดความล้มเหลวในการทำงานออกมาให้ได้ โดยกลุ่มของระบบพื้นฐานที่ต่อขนานกันจะอยู่ภายใต้ปัจจัยเสี่ยงเดียวกัน เช่น อุณหภูมิแวดล้อมเดียวกัน แหล่งจ่ายไฟฟ้าเดียวกัน และเพื่อที่จะทำให้เครือข่ายของระบบทำงานทดแทนกันเกิดผล ระบบแยกความล้มเหลวร่วมจะต้องมีความน่าเชื่อของระบบพื้นฐานสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ระบบทำงานทดแทนกันแบบแยกความล้มเหลวร่วม

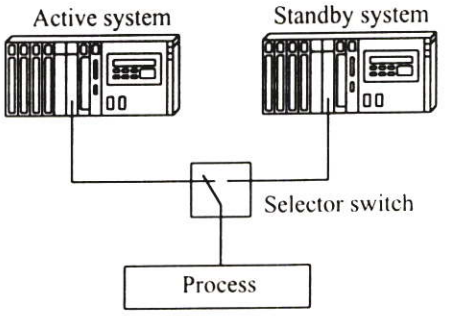
2.3 ระบบทำงานทดแทนกันของพีแอลซี

ระบบทำงานทดแทนกันสำหรับตัวควบคุมที่เป็นระบบพีแอลซี[2] เป็นการนำเอาพีแอลซีมากกว่าหนึ่งเครื่องมาช่วยทำงานทดแทนกันเมื่อเครื่องพีแอลซีหลักที่ทำงานอยู่เกิดความล้มเหลวในการควบคุมจนไม่สามารถควบคุมระบบได้ เครื่องพีแอลซีสำรองจะถูกนำเข้ามาควบคุมระบบแทน ซึ่งมีอยู่หลายแบบ เช่น ระบบสำรอง ระบบสำรองทำงานร่วม เป็นต้น แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปด้วยรูปแบบการทำงานและความเหมาะสมกับระดับความสำคัญของกระบวนการที่จะนำระบบทำงานทดแทนกันเข้าไปช่วยควบคุม ระบบทำงานทดแทนกันสำหรับพีแอลซีแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆได้ดังนี้

2.3.1 ระบบสำรอง (Cold Standby)

ระบบทำงานทดแทนกันแบบสำรอง เป็นระบบแบบง่ายที่สุดสำหรับการทำงานทดแทนกัน โดยจะมีระบบสำรองอีกหนึ่งระบบที่สามารถต่อระบบเข้าทำงานทดแทนระบบหลักได้อย่างรวดเร็ว เมื่อระบบหลักทำงานล้มเหลวเนื่องจากเกิดความผิดพลาดบางอย่างขึ้น วิธีการนี้ลดเวลาในการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมระบบที่เกิดความผิดพลาดขึ้น เนื่องจากระบบสำรองสามารถทำงานทดแทนระบบหลักได้ทันที ไม่เสียเวลาในการตรวจวิเคราะห์หาสาเหตุการหยุดการทำงานของระบบ รวมทั้งไม่เสียเวลาในการติดตั้งชิ้นส่วนสำรองให้กับระบบ แต่วิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายมากเพราะว่าต้องสร้างระบบสำรองขึ้นมาอีกระบบหนึ่งรอไว้ รวมด้วยค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ตัดต่อให้ระบบสำรองเข้าทำงานแทนระบบหลักด้วย ระบบนี้เหมาะกับกระบวนการที่มีค่าเวลาก่อนที่กระบวนการจะหยุดทำงานนานมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ระบบทำงานทดแทนกันแบบสำรอง

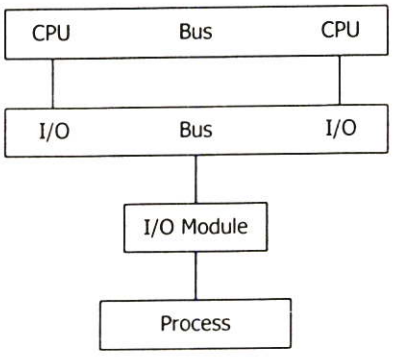
2.3.2 ระบบสำรองทำงานร่วม(Hot Standby)

ระบบทำงานทดแทนกันแบบสำรองทำงานร่วม พบมากในการใช้ควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม มีลักษณะคล้ายๆกันกับระบบดูลสแตนบาย แต่ระบบสำรองของระบบนี้จะทำงานควบคู่ไปกับระบบหลักและคอยตรวจจับการหยุดการทำงานของระบบหลัก ถ้าหากระบบหลักหยุดทำงานลง ระบบสำรองจะเข้าไปทำงานแทนที่ระบบหลักเองอย่างอัตโนมัติด้วยความรวดเร็ว เพราะระบบสำรองทำงานควบคู่ไปกับระบบหลักอยู่แล้ว ดังนั้นสภาวะการทำงานของระบบจะทำงานต่อเนื่องกันได้ทันที แต่เอาต์พุตของตัวควบคุมก็ยังต้องการช่วงเวลาหนึ่งในการสร้างสภาวะ ถ้าหากค่าเวลาก่อนที่กระบวนการจะหยุดทำงานมีค่าน้อยมากๆ น้อยเกินกว่าช่วงเวลาที่ต้องการสร้างสภาวะของเอาต์พุตแล้ว กระบวนการก็จะหยุดทำงานได้

2.3.3 ระบบซีพียูทำงานทดแทนกัน

ระบบทำงานทดแทนกันแบบซีพียูทำงานทดแทนกัน ระบบแบบนี้จะใช้วิธีการเชื่อมต่อซีพียูของตัวควบคุมหลักและตัวควบคุมสำรองเข้าถึงกันด้วยเส้นทางข้อมูลที่มีการติดต่อสื่อสารด้วยความเร็วสูง โดยระบบจะทำการคัดลอกสถานะการทำงานทั้งหมดของซีพียูระบบหลักและส่งเข้าไปให้กับซีพียูระบบสำรองเก็บค่าสถานะดังกล่าวเอาไว้ เมื่อซีพียูระบบหลักเกิดความล้มเหลวในการควบคุมขึ้น ซีพียูของระบบสำรองก็จะใช้ข้อมูลที่ได้รับการเปลี่ยนค่าตามซีพียูหลักอยู่ตลอดเวลานี้เข้าไปทำงานแทนซีพียูของระบบหลักเพื่อให้การควบคุมกระบวนการมีความต่อเนื่อง และกระบวนการไม่หยุดทำงานลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ระบบซีพียูทำงานทดแทนกัน

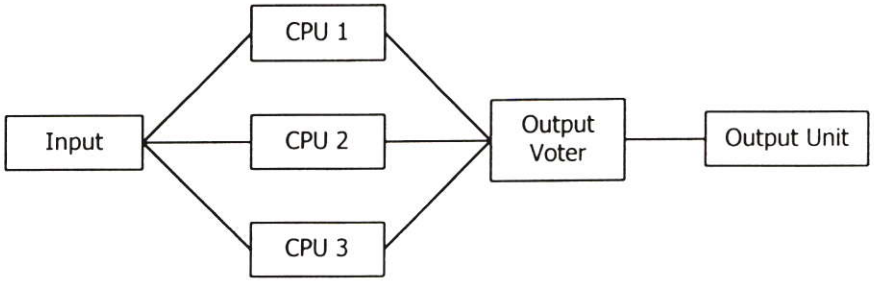
2.3.4 ระบบทำงานทดแทนกันแบบคู่สมบูรณ์

ระบบทำงานทดแทนกันแบบคู่สมบูรณ์ เป็นระบบที่ใช้พีแอลซีที่เหมือนกันทุกประการทั้งซีพียู หน่วยอินพุต หน่วยเอาต์พุต และ โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม ในการทำงานระบบทั้งสองจะทำงานไปพร้อมกันโดยมีการทำงานที่เหมือนกันทุกประการ แต่จะเลือกส่งเอาต์พุตจากเครื่องหลักออกไปควบคุมกระบวนการโดยการใช้อุปกรณ์ตัดต่อในการเลือก การใช้ระบบทดแทนกันแบบคู่สมบูรณ์นี้ จะเสียค่าใช้จ่ายมาก เพราะต้องใช้พีแอลซีที่เหมือนกันทุกประการถึงสองเครื่อง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสำหรับพีแอลซีเป็นสองเท่า และยังต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้เลือกค่าเอาต์พุตที่จะออกไปควบคุมกระบวนการอีกด้วย

2.3.5 ระบบแบบเผื่อเลือก(Fault Tolerant System)

ระบบทำงานทดแทนกันแบบเผื่อเลือก เป็นระบบที่นำมาพิจารณาใช้กับกระบวนการที่ไม่ต้องการให้เกิดการขัดจังหวะในการควบคุม เพราะระบบควบคุมที่นำมาใช้ทำงานทดแทนกันจะทำงานอยู่ตลอดเวลาโดยรับค่าอินพุตเดียวกันมาป้อนให้กับตัวควบคุมที่ต่อขนานกันอยู่ ตัวควบคุมที่ต่อขนานกันอยู่นี้ จะเป็นตัวควบคุมที่อยู่ในปัจจัยเสี่ยงเดียวกันที่อาจจะทำให้การควบคุมเกิดความล้มเหลวขึ้นมาได้ และเมื่อตัวควบคุมแต่ละตัวส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาแล้ว สัญญาณเอาต์พุตทั้งหมดจะถูกส่งเข้าตัวเลือกเอาต์พุต ซึ่งตัวเลือกสัญญาณเอาต์พุตนี้จะต้องแยกเป็นอิสระจากปัจจัยเสี่ยงที่ตัวมันเองจะเกิดความล้มเหลวในการทำงานเหมือนกันตัวควบคุมที่ต่อขนานกันอยู่ ตัวเลือกสัญญาณเอาต์พุตจะเลือกสัญญาณเอาต์พุตเพียงหนึ่งค่าจากสัญญาณเอาต์พุตทั้งหมดที่ถูกส่งมาให้เพื่อส่งออกไปควบคุมกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ระบบทำงานทดแทนกันแบบเผื่อเลือก

2.4 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงลักษณะของระบบจำลองความน่าเชื่อถือของระบบแบบต่างๆ และวิธีการทำงานทดแทนกันในแบบต่างๆของพีแอลซีที่สามารถทำได้ในปัจจุบันที่เป็นการประยุกต์นำเอาวิธีการของการเพิ่มความน่าเชื่อถือในแบบต่างๆ มาใช้กับตัวควบคุมที่เป็นพีแอลซี

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของพีแอลซี ที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวควบคุมในการทดลอง รวมทั้งระบบเครือข่ายที่สามารถนำพีแอลซีมาเชื่อมต่อกันเพื่อให้ทำงานร่วมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างของระบบควบคุม

3.1 บทนำ

ระบบควบคุมที่มีใช้ในกระบวนการมีอยู่หลายชนิด ตามความเหมาะสมกับกระบวนการต่างๆกันไป พีแอลซีเป็นตัวควบคุมกระบวนการชนิดหนึ่ง ที่นิยมนำมาใช้ควบคุมกระบวนการ และได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพสูง มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง สามารถพบเห็นได้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยปกติแล้วพีแอลซีเป็นตัวควบคุมแบบดิจิตอล ใช้งานในการควบคุมเป็นงานแบบเป็นลำดับขั้นต่อเนื่องกันไป แต่ในภายหลังได้มีการพัฒนาจนพีแอลซีสามารถทำการควบคุมแบบอนาล็อก ที่มีสัญญาณการควบคุมอย่างต่อเนื่องได้อีกด้วย

เนื่องจากการนำพีแอลซีไปใช้ในการควบคุมกระบวนการจริง จะมีจำนวนของอินพุตและเอาต์พุตของสัญญาณจำนวนมาก เนื่องมาจากกระบวนการนั้นมีขนาดใหญ่มาก และใช้พื้นที่ในการทำงานมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบพีแอลซีให้สามารถทำงานร่วมกันได้ผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งมีอยู่หลายแบบ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตพีแอลซีแต่ละราย พีแอลซีหลายเครื่องที่ทำงานร่วมกันผ่านระบบเครือข่าย ทำให้พีแอลซีมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม ทำงานได้มากขึ้น สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้

3.2 พีแอลซี(PLC)

พีแอลซี(PLC) ย่อมาจาก Programmable Logic Controller เป็นตัวควบคุมชนิดหนึ่งที่สามารถโปรแกรมทางลอจิกได้ เพื่อทำการควบคุมการทำงานของระบบที่ต้องการให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ส่วนประกอบหลักๆของพีแอลซีมีดังนี้

3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

3.2.2 หน่วยความจำ(Memory)

3.2.3 หน่วยอินพุต(Input Unit)

3.2.4 หน่วยเอาต์พุต(Output Unit)

3.2.5 อุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ(Other Devices)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหน่วยความจำจะขึ้นอยู่กับรุ่นและยี่ห้อของผู้ผลิต หน่วยความจำสามารถเพิ่มจำนวนเข้ามาได้ตามความสามารถของหน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยความจำในพีแอลซีสามารถแบ่งได้ตามประเภทและหน้าที่ในการทำงาน ถ้าจำแนกตามประเภทของหน่วยความจำที่มีใช้ในพีแอลซีสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. หน่วยความจำแบบ RAM(Random Access Memory) เป็นหน่วยความจำที่สามารถทำการเขียนอ่านข้อมูลให้อย่างอิสระ หน่วยความจำประเภทนี้ต้องมีไฟเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา จึงจำเป็นที่จะต้องมีแบตเตอรี่ต่อไว้ให้ ถ้าไม่ต้องการให้ข้อมูลหายไปในเวลาที่ปิดเครื่องพีแอลซี หน่วยความจำแบบ RAM นี้จะใช้เป็นพื้นที่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง เพราะสามารถอ่านเขียนข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว รวมทั้งยังใช้เป็นพื้นที่สำหรับการเขียนพัฒนาโปรแกรมเพราะสามารถแก้ไขได้สะดวก
2. หน่วยความจำแบบ ROM (Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านข้อมูลได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ข้อมูลในหน่วยความจำแบบ ROM จะไม่สูญหายไปไหนแม้จะไม่มีไฟเลี้ยงอยู่ก็ตาม จึงเหมาะที่จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาจนเสร็จสมบูรณ์แล้วให้กับพีแอลซี แต่เนื่องจากความสามารถที่อ่านได้เพียงอย่างเดียวนี้ ไม่ยืดหยุ่นในการทำงาน จึงได้มีการประดิษฐ์หน่วยความจำแบบ ROM ที่สามารถเขียนทับใหม่ได้
   2.1 หน่วยความจำแบบ EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำแบบ ROM ที่พัฒนาขึ้นให้สามารถลบได้โดยใช้เครื่องมือเฉพาะในการฉายแสงอุลตราไวโอเลตไปลบข้อมูล และสามารถเขียนข้อมูลทับลงไปใหม่ได้ และ ข้อมูลนั้นก็จะยังไม่สูญหายไปเมื่อไฟดับเหมือนกันกับ ROM ธรรมดา
   2.2 หน่วยความจำแบบ EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำแบบ ROM ที่สามารถลบข้อมูลได้ด้วยไฟฟ้า ซึ่งสะดวกกว่าการลบข้อมูลโดยการใช้แสงอุลตราไวโอเลตแบบ EPROM ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะ สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ โดยข้อมูลไม่สูญหายตามความสามารถของ ROM และสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลได้ด้วย โดยไม่ยุ่งยากมากนัก

นอกจากนั้นหน่วยความจำของพีแอลซีสามารถจำแนกตามการใช้งาน[3]ได้ด้วย ซึ่งหน่วยความจำซึ่งในที่นี้เป็นหน่วยความจำประเภท RAM นั่นเองเพราะเป็นหน่วยความจำที่ใช้เป็นพื้นที่ในการทำงานของพีแอลซี ดังต่อไปนี้

1 หน่วยความจำภายใน (Internal Relay)

เป็นหน่วยความจำที่ทำหน้าที่สองอย่างอย่างคือ เป็นหน่วยความจำสำหรับหน่วยอินพุตและหน่วยเอาต์พุต และ เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลภายในของพีแอลซี สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตและเวิร์ด ข้อมูลในหน่วยความจำนี้จะหายไปเมื่อไฟดับหรือพีแอลซีหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 หน่วยความจำพิเศษ (Special Relay)

เป็นหน่วยความจำที่ประกอบด้วยแฟลกและบิตควบคุมทำหน้าที่ ควบคุมและแสดงผลการทำงานของพีแอลซี สัญญาณนาฬิกา และ แสดงค่าความผิดพลาดทางสัญญาณ หน่วยความจำนี้จะถูกกันเนื้อที่ไว้โดยเฉพาะ ไม่สามารถนำพื้นที่หน่วยความจำในส่วนนี้ไปใช้สำหรับเก็บค่าข้อมูลในโปรแกรมได้ พีแอลซีจะใช้หน่วยความจำส่วนนี้แสดงค่าเองโดยอัตโนมัติ แต่สามารถนำค่าสภาวะของหน่วยความจำไปใช้ในโปรแกรมได้ตามความต้องการ

3 หน่วยความจำชั่วคราว(Temporary Relay)

เป็นหน่วยความจำระดับบิต ที่ใช้เก็บค่าสภาวะไว้ชั่วคราว และเรียกสภาวะกลับคืนมาเมื่อมีการใช้โปรแกรมแบบแตกสาขาในโปรแกรมแบบแลดเดอร์

4 หน่วยความจำเก็บค่า(Holding Relay)

เป็นหน่วยความจำระดับบิตและเวิร์ดที่สามารถเก็บค่าสภาวะไว้ได้แม้ว่าพีแอลซีจะไม่มีไฟเลี้ยงให้ก็ตาม สามารถนำไปพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้อย่างอิสระ

5 หน่วยความจำช่วย(Auxiliary Relay)

เป็นหน่วยความจำที่เป็นแฟลกและบิตควบคุมสำหรับฟังก์ชันพิเศษของพีแอลซี มีลักษณะคล้ายกับหน่วยความจำช่วยที่ไม่สามารถนำพื้นที่ไปใช้ในการทำงานของโปรแกรมได้ แต่สามารถเรียกค่าสภาวะไปใช้ในโปรแกรมได้

6 หน่วยความจำเชื่อมต่อ(Link Relay)

เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับทำดาต้าลิงค์เพื่อทำการส่งข้อมูลถึงกันระหว่างพีแอลซีที่ต่อระบบสื่อสารเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้พีแอลซีสองเครื่องขึ้นไปสามารถทำงานร่วมกันได้ เพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพการทำงานของพีแอลซีให้มากขึ้น

7 หน่วยความจำข้อมูล(Data Memory)

เป็นหน่วยความจำที่เข้าถึงได้ในระดับเวิร์ด ทำหน้าที่หลักคือเก็บข้อมูลต่างๆ สำหรับการทำงานของโปรแกรม สามารถนำพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้อย่างอิสระ แต่ต้องระวังเมื่อใช้ฟังก์ชันพิเศษบางอย่าง หน่วยความจำส่วนนี้บางช่วงจะถูกกันเอาไว้ใช้สำหรับการทำงานของฟังก์ชันนั้น ทำให้ไม่สามารถใช้หน่วยความจำที่ถูกกันไว้นั้นได้

8 หน่วยความจำส่วนขยาย(Extend Memory)

หน่วยความจำที่เข้าถึงได้ในระดับเวิร์ด ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูล โดยปกติแล้วคำสั่งทั่วไปจะไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำส่วนนี้ได้ แต่ต้องเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำส่วนนี้ด้วยคำสั่งพิเศษที่จัดไว้โดยเฉพาะเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.3 หน่วยอินพุต

หน่วยอินพุตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอินพุตที่ได้รับมาจากอุปกรณ์อินพุต เช่น ตัวตรวจจับต่างๆ ให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประมวลผล แล้วเก็บค่าสภาวะของสัญญาณลงไปในหน่วยความจำภายในที่ทำหน้าที่รองรับค่าสภาวะที่ได้มาจากหน่วยอินพุต ตัวประมวลผลกลางจะเรียกค่าสภาวะจากหน่วยความจำส่วนนี้ไปใช้ในการประมวลผลตามโปรแกรมต่อไป

หน่วยอินพุตแบ่งออกได้หลายแบบเช่น หน่วยอินพุตแบบไฟตรง หน่วยอินพุตแบบไฟสลับ หน่วยอินพุตแบบอนาลอก หน่วยอินพุตแบบดิจิตอล ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีการทำงานที่แตกต่างกันและเหมาะสมกับงานที่มีลักษณะต่างๆกันไป ดังนี้

1 หน่วยอินพุตแบบไฟตรง
เป็นหน่วยอินพุตที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์อินพุตที่ใช้ไฟกระแสตรงเป็นแหล่งจ่ายและส่งสัญญาณเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมาให้กับหน่วยอินพุต ซึ่งที่หน่วยอินพุตจะมีวงจรสำหรับแปลงสัญญาณให้เป็นสภาวะไปเก็บในหน่วยความจำอินพุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

2 หน่วยอินพุตแบบไฟสลับ
เป็นหน่วยอินพุตที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์อินพุตที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแหล่งจ่ายและส่งสัญญาณเป็นไฟฟ้ากระแสสลับมาให้กับหน่วยอินพุต ซึ่งที่หน่วยอินพุตจะมีวงจรสำหรับแปลงสัญญาณให้เป็นสภาวะไปเก็บในหน่วยความจำอินพุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

3 หน่วยอินพุตแบบอนาล็อก
เป็นหน่วยอินพุตที่รับสัญญาณต่อเนื่องมาจากอุปกรณ์อินพุตที่อยู่ในรูปของกระแสหรือแรงดันนำมาเปลี่ยนให้เป็นค่าทางดิจิตอลด้วยวงจรแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่ความละเอียดของข้อมูลต่างๆกันไป เพื่อให้พีแอลซีสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลได้

4 หน่วยอินพุตแบบดิจิตอล
เป็นหน่วยอินพุตที่รับค่าสัญญาณแบบเปิดปิดมาจากอุปกรณ์อินพุต มีวงจรปรับสัญญาณให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้กับพีแอลซี ซึ่งจะเป็นสภาวะทางลอจิกที่พีแอลซีสามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้

3.2.4 หน่วยเอาต์พุต

หน่วยเอาต์พุตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมเพื่อส่งออกไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆตามความต้องการในการใช้งาน หน่วยเอาต์พุตมีหลายแบบคล้ายกับหน่วยอินพุต เพื่อให้สามารถส่งสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60511

หลังจากที่ตัวประมวลผลได้ทำการประมวลผลและส่งค่ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำเอาต์พุตแล้ว หน่วยเอาต์พุตจะมีวงจรที่ทำหน้าที่ในการแปลงค่าที่อยู่ในหน่วยความจำเอาต์พุต ให้เป็นระดับสัญญาณที่เหมาะสมกับอุปกรณ์เอาต์พุตที่ต่อเข้ากับหน่วยเอาต์พุตอยู่ เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้กันอยู่มีหลายชนิด หลายรูปแบบ หน่วยเอาต์พุตของพีแอลซีก็จะมีหลายรูปแบบตามความเหมาะสมกับชนิดของอุปกรณ์เอาต์พุตที่ต้องการ ดังนั้น จึงต้องเลือกหน่วยเอาต์พุทให้เหมาะสมกับอุปกรณ์เอาต์พุตที่ใช้งานด้วย

3.2.5 อุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ

อุปกรณ์ต่อพ่วงเป็นอุปกรณ์ที่นำมาต่อเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับการใช้งานพีแอลซี เช่น หน่วยที่ใช้ในการสร้างระบบเครือข่าย หน่วยที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสาร หน่วยที่ใช้สำหรับโปรแกรมให้กับพีแอลซีเป็นต้น ในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงต้องคำนึงถึงในเรื่องของความเข้ากันได้ของเครื่องพีแอลซีกับอุปกรณ์ต่อพ่วงด้วย

3.3 ระบบเครือข่ายของพีแอลซี

SYSMAC NET เป็นเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติกแบบ Token Ring ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำการส่งผ่านข้อมูลได้จำนวนมากๆ ระหว่างพีแอลซี เครื่องคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ ASCII RS-232C ต่างๆ ในเครือข่ายจะมีเนตเวิร์คบริดจ์ เพื่อทำการเชื่อมต่อเครือข่ายไปยังเครือข่ายอื่นๆได้อีกด้วย ในแต่ละโหนดในระบบเครือข่ายสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ด้วยโครงสร้างคำสั่งแบบง่ายๆที่มีอยู่ในตัวเครื่องที่โหนดนั้นๆเอง

การส่งข้อมูลผ่านทางสายไฟเบอร์ออฟติกนั้นทำให้สามารถทำให้ติดต่อสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายได้เป็นระยะทางไกลขึ้นในสภาวะแวดล้อมที่มีการรบกวนของสัญญาณสูง ฟังก์ชันต่างๆ เช่น การส่งสัญญาณย้อนกลับในวงเครือข่ายโดยอัตโนมัติ เครื่องมือสำหรับเครือข่าย การตรวจสอบการต่อขยาย ได้จัดเตรียมเพิ่มไว้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความสะดวกสบายในการตั้งค่าการทำงานให้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ข้อกำหนดเฉพาะของ SYSMAC NET

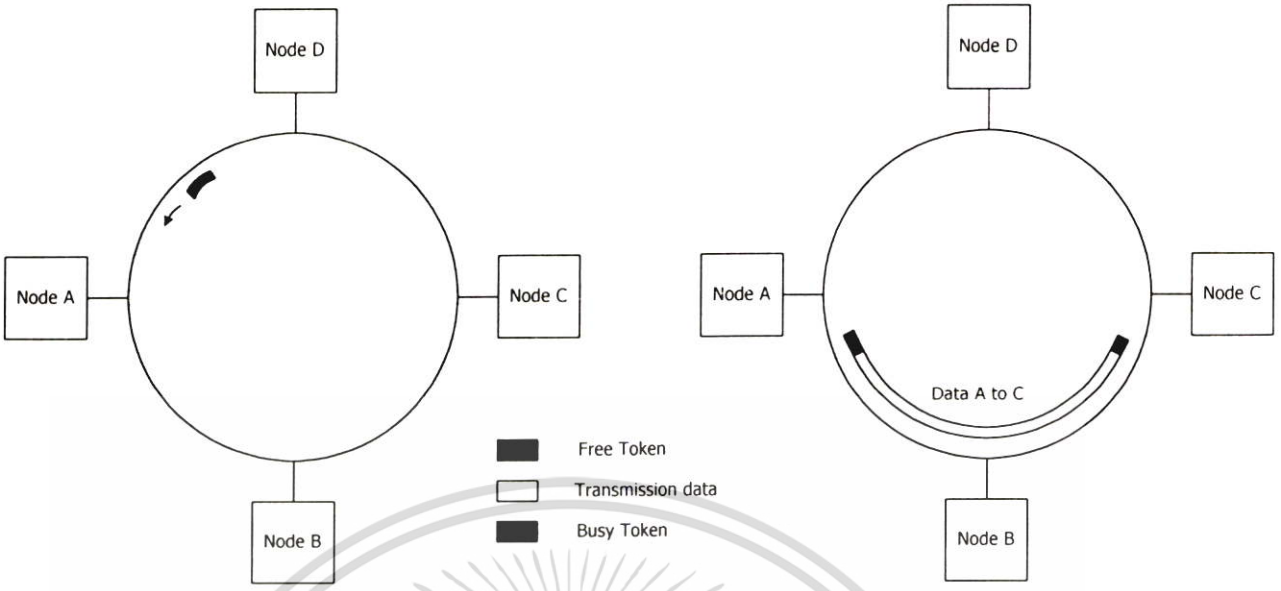
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเฉพาะของ SYSMAC NET

รูปแบบของเครือข่าย	แบบวง Fiber-optic token ring
จำนวนของโหนด	126 โหนด ต่อ วงเนตเวิร์ก
สื่อในการส่งข้อมูล	200 ไมโคร HPCF duplex fiber-optic cable
ระยะทางระหว่างโหนด	800 เมตร หรือ 3 กิโลเมตร เมื่อมีตัวปรับความแรงสัญญาณ
ความเร็วในการส่งข้อมูล	2 เมกกะบิตต่อวินาที
โปรโตคอล	TCP/IP
ใช้ได้กับพีแอลซีรุ่น	C200H, C500, C1000H, C2000H, CVM1, CV500, C1000, CV2000
ขนาดของการส่งข้อมูล	สูงสุด 2 กิโลไบต์
ฟังก์ชันอื่นๆ	Automatic loopback, node bypass with UPS, self-diagnostic functions error detection, network utility software

3.3.2 การส่งถ่ายข้อมูล

ในระบบของ SYSMAC NET Link ทำงานในรูปแบบของวงรอบปิด การติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดต่างๆผ่านทางโปรโตคอล(protocol) เราจะเรียกว่า Token Ring สถาปัตยกรรมของ Token Ring ควบคุมการติดต่อสื่อสารทางเครือข่ายโดยการผ่านข้อมูลไปรอบๆวงรอบปิดของเครือข่าย เมื่อโหนดใดๆ ตรวจจับสัญญาณว่างที่ถูกส่งวิ่งไปในวงรอบของเครือข่ายได้ มันจะมีทางเลือกว่าจะทำการส่งผ่านข้อมูลต่อไปยังโหนดอื่นๆ หรือไม่ เป็นเพียงช่วงเวลาเดียวที่โหนดได้รับการอนุญาตให้ส่งผ่านข้อมูลไปได้ เมื่อระบบตรวจจับสัญญาณว่างที่ส่งมา ระบบจะกักสัญญาณว่างนั้นไว้ แล้วส่งสัญญาณไม่ว่างออกมา แล้วโหนดที่จะทำการส่งข้อมูลก็จะทำการส่งผ่านข้อมูลออกมาต่อจากสัญญาณไม่ว่างนั้น เมื่อโหนดได้ทำการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงจะปล่อยสัญญาณว่างตามส่วนของข้อมูลนั้นออกมาอีกครั้ง ทำให้สัญญาณว่างวิ่งเข้ามาในเครือข่าย และพร้อมที่จะให้โหนดอื่นๆ ส่งผ่านข้อมูลได้อีก เมื่อได้ตรวจจับสัญญาณว่างนี้ได้อีกครั้ง โดยไม่ไปรบกวนกับข้อมูลที่ส่งมาจากโหนดอื่น ในระบบเครือข่ายแบบ token ring นี้ จะอนุญาตให้มีเพียงโหนดเดียวที่ได้รับสัญญาณว่างส่งผ่านข้อมูลออกมาในเครือข่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



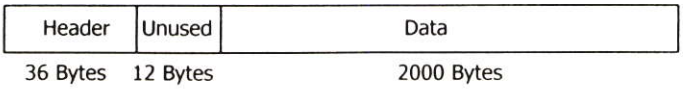
รูปที่ 3.2 การส่งถ่ายข้อมูลภายในเครือข่ายวงแหวน

3.3.3 ลักษณะการส่งถ่ายข้อมูล

หน่วย SYSMAC NET Link นั้นได้มีการจัดให้มีการบริการด้านการส่งถ่ายข้อมูล ซึ่งจะยอมให้มีการส่งผ่านข้อมูลกันระหว่างพีแอลซีด้วยกัน หรือ ระหว่างพีแอลซีและเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่าย รวมถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครือข่ายสองเครือข่ายด้วย

การบริการส่งผ่านข้อมูลที่จัดเตรียมไว้นั้น จะอนุญาตให้โหนดต้นทางสามารถส่งคำสั่งกับข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง และ โหนดปลายทางนั้นจะส่งผลตอบสนองที่เหมาะสมกับคำสั่งที่ได้รับนั้นกลับมาที่โหนดต้นทาง และสามารถทำการส่งแบบกระจายไปทั่วได้ด้วย ซึ่งจะอนุญาตให้โหนดต้นทางสามารถส่งข้อมูลไปโหนดอื่นๆทั้งหมดที่มีอยู่ในวงเครือข่ายเดียวกันได้อีกด้วย

การส่งผ่านข้อมูลจะมีรูปแบบที่เรียกว่าดาต้าแกรม มีขนาดรวมแล้ว 2 กิโลไบต์ (2048 ไบต์) ประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนของข้อมูลที่ทำการส่ง ส่วนหัวของดาต้าแกรมมีขนาด 36 ไบต์ ซึ่งเอาไว้ใช้เก็บแอดเดรสของโหนดที่ทำการส่งข้อมูลและแอดเดรสของโหนดที่เป็นตัวรับข้อมูล 12ไบต์ ถัดจากส่วนหัวจะไม่ได้ใช้ทำอะไร ส่วนที่เหลือ 2000ไบต์นั้นจะเป็นส่วนที่เอาไว้สำหรับใส่ข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังโหนดที่รอรับข้อมูลอยู่



รูปที่ 3.3 ลักษณะของดาต้าแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การติดต่อสื่อสารของพีแอลซีในเครือข่าย

ในหน่วย SYSMAC NET Link อนุญาตให้พีแอลซีสามารถทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลกับโหนดอื่นๆ บนเครือข่ายเดียวกันได้ด้วยกันสี่ทางดังต่อไปนี้

1 รับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์
เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องมีโปรแกรมที่มีความสามารถในการส่งข้อมูลให้กับพีแอลซี

2 รับข้อมูลจากพีแอลซีเครื่องอื่นๆ
ทำได้โดยการใช้คำสั่งทางเครือข่ายที่จัดเตรียมไว้ในพีแอลซี เช่น SEND(192),RECV(193), CMND(194) โดยจะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับพีแอลซีเครื่องอื่นๆ โดยอัตโนมัติ โดยจำเป็นต้องมีการตั้งค่าในการแลกเปลี่ยนข้อมูลด้วย

3 การส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์
จำเป็นต้องมีโปรแกรมที่สามารถส่งผลตอบสนองไปยังเครื่องพีแอลซีตามความสัมพันธ์กับชนิดของข้อมูลที่ได้รับไป

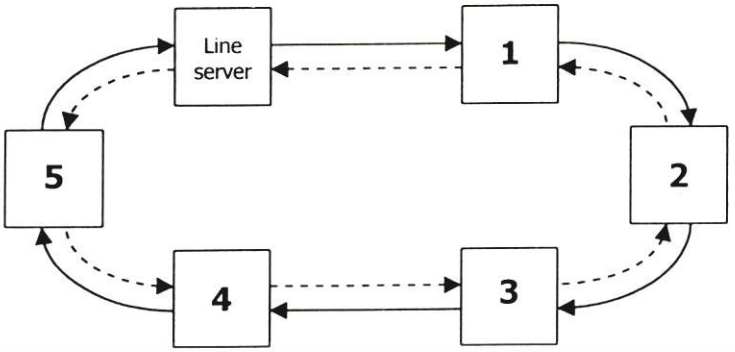
4 การส่งข้อมูลไปพีแอลซีเครื่องอื่นๆ
เมื่อหน่วย SYSMAC NET Link บนพีแอลซีได้รับคำสั่งจากโหนดอื่นๆในระบบเครือข่าย มันจะทำการแปลคำสั่งและส่งข้อมูลที่เหมาะสมตอบสนองกลับไปยังโหนดที่ส่งคำสั่งเรียกในการแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างอัตโนมัติ โดยที่ไม่ต้องทำการเขียนคำสั่งในการส่งแต่อย่างใด

ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโหนดต่างๆในระบบเครือข่ายเดียวกัน โดยใช้คำสั่งทางเครือข่ายนั้น สามารถที่จะตั้งค่าให้พีแอลซีพยายามส่งข้อมูลใหม่ได้มากถึง 15 ครั้ง ไปยังโหนดปลายทาง หากพีแอลซีไม่ได้รับสัญญาณการตอบรับจากโหนดปลายทาง สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ 1 ถึง 15 ตามความเหมาะสม

3.3.5 การสร้างวงกลับอัตโนมัติ

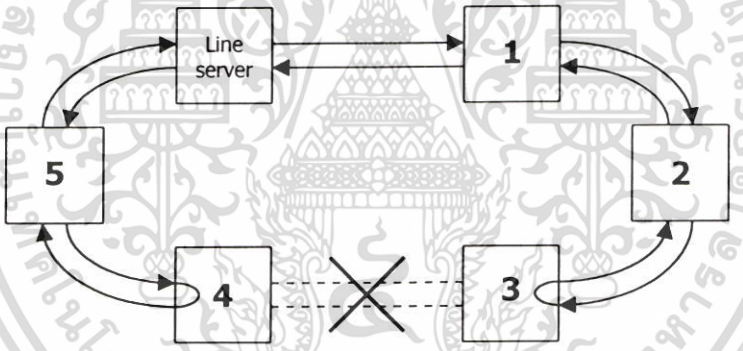
ฟังก์ชันการสร้างวงกลับอัตโนมัติ[5]ของหน่วย SYSMAC NET Link บนระบบเครือข่ายจะเป็นการป้องกันระบบเครือข่ายทำงานล้มเหลวอันเนื่องมาจากการหยุดทำงานของส่วนในการส่งข้อมูลผ่านมาทางสายไฟเบอร์ออฟติก ฟังก์ชันวงกลับจะสร้างเส้นทางในการติดต่อสื่อสารขึ้นมาใหม่ในเวลาที่สายไฟเบอร์ออฟติกที่เชื่อมระหว่างโหนดใดๆหลุดออกจากเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การทำงานแบบปกติของระบบเครือข่าย

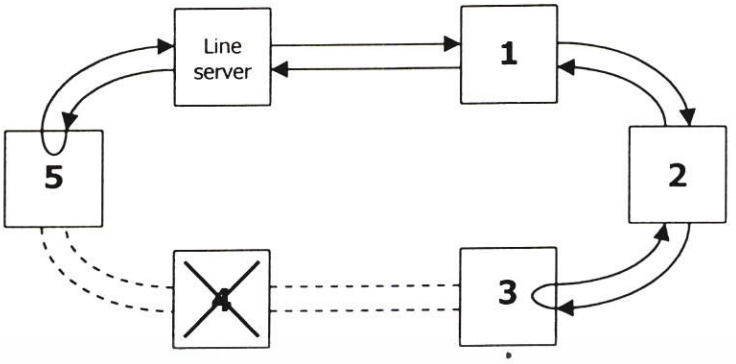
ในแต่ละกล่องแสดงให้เห็นเป็นโหนดแต่ละโหนดที่ต่อเข้ากับระบบเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติก โหนดแต่ละโหนดอาจจะเป็นเครื่องพีแอลซี หรือ คอมพิวเตอร์ที่มีบอร์ดรองรับทางเครือข่าย หรือ คอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นโฮสต์ซึ่งสามารถที่จะนำมาต่อร่วมกันในระบบเครือข่ายได้



รูปที่ 3.5 การทำงานที่ผิดปกติของระบบเครือข่าย เนื่องจากสายขาด

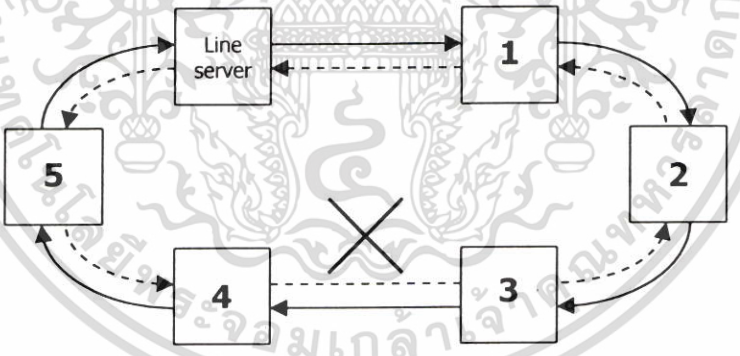
มีสายไฟเบอร์ออฟติกที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดสามและโหนดสี่ได้ขาดออกจากเครือข่าย เมื่อฟังก์ชันวงกลับทำงานแล้ว โหนดที่สามจะทำหน้าที่เป็นวงกลับส่วนต้นและโหนดที่สี่จะทำหน้าที่เป็นวงกลับส่วนปลายเพื่อสร้างเส้นทางการสื่อสารข้อมูลในวงเครือข่ายขึ้นมาใหม่ ทำให้ทุกโหนดบนเครือข่ายยังสามารถที่จะติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การทำงานที่ผิดปกติของเครือข่ายเนื่องจากโหนดหยุดทำงาน

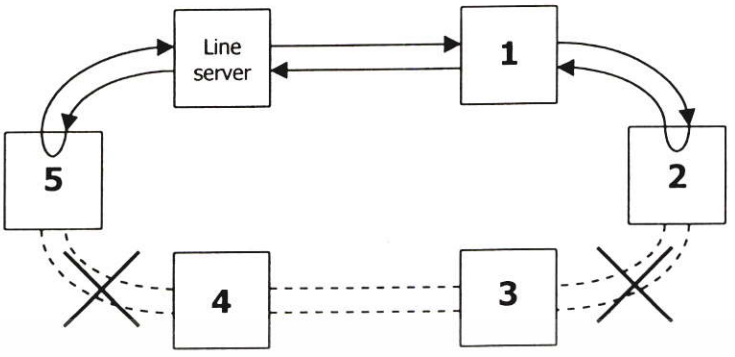
การที่โหนดใดโหนดหนึ่ง ซึ่งในภาพคือโหนดที่สี่ ได้เกิดความผิดพลาดขึ้นมาจนไม่สามารถทำงานได้ ทำให้โหนดที่สี่ขาดออกจากเครือข่าย ในกรณีนี้ เมื่อฟังก์ชันวงกลับทำงาน โหนดที่สามจะทำหน้าที่เป็นวงกลับส่วนต้นและโหนดที่ห้าจะทำหน้าที่เป็นวงกลับส่วนปลายเพื่อสร้างเส้นทางการสื่อสารข้อมูลขึ้นมาใหม่ ทำให้ทุกโหนดบนเครือข่ายสามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ต่อไปเช่นกัน โดยที่โหนดที่สี่จะถูกตัดออกไปจากเครือข่ายเส้นทางที่สร้างขึ้นมาใหม่



รูปที่ 3.7 การทำงานของเครือข่ายเมื่อสายวงกลับขาด

รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึงสายไฟเบอร์ออฟติกในส่วนของวงกลับ ระหว่างโหนดที่สามกับโหนดที่สี่ขาดออกจากกัน ในกรณีนี้จะไม่มีผลกระทบกับการทำงานของการส่งผ่านข้อมูลไปยังโหนดต่างๆที่อยู่ในวงเครือข่าย การทำงานต่างๆของระบบเครือข่ายยังคงเป็นปกติดีอยู่เหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การทำงานของเครือข่ายเมื่อสายตัดโหนดขาดออกจากระบบ

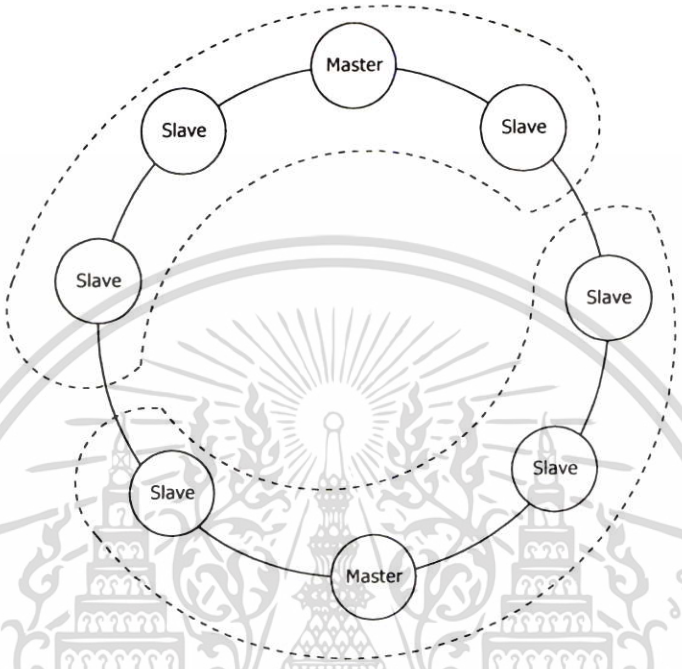
รูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นถึงสายไฟเบอร์ออฟติกระหว่างโหนดที่สองและโหนดที่สาม รวมทั้งสายไฟเบอร์ออฟติกระหว่างโหนดที่สี่และโหนดที่ห้าขาดออกจากกัน ในกรณีนี้ โหนดที่สองจะทำหน้าที่เป็นวงกลับส่วนต้น และโหนดที่ห้าจะทำหน้าที่เป็นวงกลับส่วนปลาย เพื่อสร้างเส้นทางติดต่อสื่อสารขึ้นมาใหม่ ส่วนโหนดที่สามและโหนดที่สี่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นและถูกกันออกจากเครือข่าย เพราะว่าโหนดทั้งสองได้ถูกตัดขาดออกจากไลน์เซิร์ฟเวอร์

3.3.6 การจัดพื้นที่การสื่อสารข้อมูล

ในส่วนของดาต้าลิงค์ของ SYSMAC NET จะอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถแบ่งกลุ่มของพีแอลซีเพื่อใช้หน่วยความจำส่วนกลางร่วมกันเพื่อความเร็วในการใช้ข้อมูลในระบบเครือข่าย เป็นการสื่อสารข้อมูลสำหรับการใช้งาน เช่นการควบคุมเครื่องและตำแหน่ง ซึ่งคล้ายกันกับการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางเครือข่ายแต่มีความยืดหยุ่นกว่า โดยจะมีส่วนของหน่วยความจำกลางที่จัดแบ่งกันไว้โดยพีแอลซีทั้งหมด ข้อมูลในพื้นที่ของลิงค์รีเลย์และหน่วยความจำเก็บข้อมูลของส่วนดาต้าลิงค์จะถูกส่งผ่านไปยังพื้นที่ส่วนของหน่วยความจำเก็บข้อมูลของพีแอลซีที่เหลือทั้งหมดบนเครือข่ายของดาต้าลิงค์ เพื่อใช้ในโปรแกรมที่จะเขียนขึ้นมาเพื่อการควบคุมงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการใช้ดาต้าลิงค์ จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดโหนดที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์และโหนดที่ทำหน้าที่เป็นสลาฟ โหนดที่ทำหน้าที่เป็นสลาฟ(ซึ่งมีได้หลายโหนด)จะถูกเชื่อมต่อเข้าไปในเลเยอร์ดาต้าลิงค์ของตัวมาสเตอร์ ในแต่ละเลเยอร์จะทำงานเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 3.9 การจัดโหนดเป็นดาต้าลิงค์เลเยอร์

ในเครือข่ายหนึ่งสามารถมีดาต้าลิงค์เลเยอร์ได้หลายชุด ไดอะแกรมด้านบนแสดงให้เห็นถึงดาต้าลิงค์สองเลเยอร์ในวงเครือข่ายเดียวกันขอบเขตของดาต้าลิงก์แต่ละชุดถูกวงไว้ด้วยเส้นประ

ในเครือข่ายหนึ่งเครือข่ายสามารถจัดตั้งดาต้าลิงค์เลเยอร์ได้สูงที่สุดถึง 63 ชุด โดยมีอัตราส่วนระหว่างมาสเตอร์และสลาฟเป็น หนึ่งต่อหนึ่ง (เพราะว่าในเครือข่ายสามารถมีโหนดได้สูงสุด 126 โหนด) ในแต่ละเลเยอร์ของดาต้าลิงค์นั้นสามารถมีมาสเตอร์ได้เพียงเครื่องเดียวแต่มีสลาฟได้หลายเครื่อง ในกรณีที่ดาต้าลิงค์เลเยอร์มีเครื่องพีแอลซีต่ออยู่เป็นจำนวนมากนั้น ระบบจะอนุญาตให้ในแต่ละเลเยอร์ของดาต้าลิงค์มีโหนดต่ออยู่ได้ไม่เกิน 32 โหนด โดยจะจัดแบ่งเป็นมาสเตอร์หนึ่งโหนดและสลาฟอีก 31 โหนด

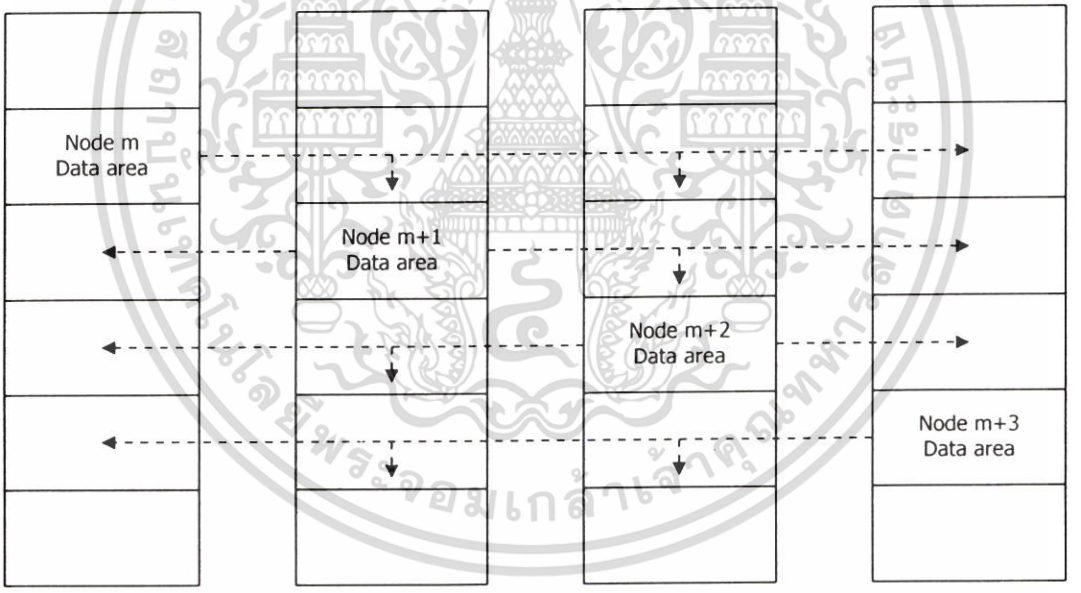
พื้นที่สำหรับดาต้าลิงก์เลเยอร์นี้ประกอบด้วย ลิงค์รีเลย์ 32 เวิร์ด และ หน่วยความจำเก็บข้อมูล 99 เวิร์ด รวมถึงพื้นที่หน่วยความจำส่วนอื่นๆ ด้วยที่จะนำมาใช้เป็นดาต้าลิงค์ ตารางด้านล่างเป็นตารางแสดงถึงพื้นที่หน่วยความจำของพีแอลซีแต่ละรุ่นที่จะนำมาใช้เป็นดาต้าลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 พื้นที่หน่วยความจำของพีแอลซีแต่ละรุ่นที่สามารถนำมาใช้เป็นดาต้าลิงค์

	C200H	C500	C1000H	C2000H	C200HS	CVM1/CV
LR	0 ถึง 63	0 ถึง 31	0 ถึง 63	0 ถึง 63	0 ถึง 4095	1000 ถึง 1063
IR	0 ถึง 252	0 ถึง 60	0 ถึง 252	0 ถึง 252	0 ถึง 252	0 ถึง 252
HR	0 ถึง 99	0 ถึง 31	0 ถึง 99	0 ถึง 99	0 ถึง 99	1064 ถึง 1163
DM	0 ถึง 999	0 ถึง 511	0 ถึง 4095	0 ถึง 4095	0 ถึง 5999	0 ถึง 5999

เมื่อมีการจัดตั้งมาสเตอร์โหนดและสลาฟโหนดขึ้นในดาต้าลิงค์เลเยอร์ มาสเตอร์จะอนุญาตให้สลาฟสามารถติดต่อสื่อสารกันเองได้โดยตรงกับสลาฟตัวอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ถ้าหากโหนดที่ได้กำหนดไว้ให้เป็นมาสเตอร์เกิดหยุดทำงานขึ้นมา โหนดอื่นๆที่เป็นสลาฟอยู่ในดาต้าลิงค์เลเยอร์นั้นก็จะไม่สามารถใช้ดาต้าลิงค์เลเยอร์ได้ ไดอะแกรมด้านล่างแสดงถึงการไหลผ่านของข้อมูลในดาต้าลิงค์เลเยอร์



รูปที่ 3.10 การไหลผ่านของข้อมูลในดาต้าลิงค์เลเยอร์

ในการจัดตั้งดาต้าลิงค์เลเยอร์ให้กับโหนดต่างๆบนเครือข่าย ต้องไม่จัดให้โหนดใดๆ อยู่ซ้ำกันในดาต้าลิงค์เลเยอร์คนละชุดกัน ในกรณีนี้จะเกิดความผิดพลาดขึ้น หากจัดให้โหนดใดๆ อยู่ในดาต้าลิงค์เลเยอร์ที่ซ้ำซ้อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำลังส่งข้อมูลระหว่างโหนดผ่านทางดาต้าลิงค์เลเยอร์นั้น หากส่วนของดาต้าแกรมในการส่งข้อมูลด้วยคำสั่งทางด้านเครือข่ายกำลังทำการส่งข้อมูลอยู่ด้วยแล้ว ระบบจะถือเอาคำสั่งในการส่งข้อมูลด้วยคำสั่งมีความสำคัญเหนือกว่า ดังนั้นหากมีการส่งข้อมูลผ่านทางดาต้าลิงค์อยู่ แล้วเกิดมีการส่งข้อมูลผ่านคำสั่งทางด้านเครือข่ายซึ่งมีขนาดข้อมูลจำนวนมากซ้อนเข้ามา จะทำให้ข้อมูลที่ส่งผ่านทางดาต้าลิงค์ล่าช้าลงไป

3.4 สรุป

พีแอลซีเป็นตัวควบคุมชนิดหนึ่งที่มีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากสามารถโปรแกรมได้ ประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ส่วนประกอบของพีแอลซีเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความซับซ้อนในการทำงานมาก ทำให้พีแอลซีมีประสิทธิภาพมากขึ้นไปด้วย

เมื่อนำมาพีแอลซีต่อกันเป็นระบบเครือข่ายจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นมาก ขึ้นอยู่กับความสามารถทางเครือข่ายของพีแอลซีแต่ละรุ่น แต่ละยี่ห้อ ที่ได้จัดเตรียมฟังก์ชันการใช้งานมาให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การจัดระบบและการทดลอง

4.1 บทนำ

ในการทดลองจะเป็นการนำเอาพีแอลซีสามเครื่อง แต่ละเครื่องจะมีหน่วยประมวลผลที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระ นำมาต่อเป็นเครือข่าย ส่งข้อมูลกันผ่านทางไฟเบอร์ออฟติก และเขียนโปรแกรมให้แต่ละเครื่องสามารถทำการควบคุมกระบวนการได้ โดยรับข้อมูลเข้ามาจากกระบวนการ ทำการประมวลผล และ ส่งข้อมูลออกไปควบคุมกระบวนการ ในลักษณะการทำงานทดแทนกันสามตัวควบคุม พีแอลซีแต่ละเครื่องต้องมีการจัดเตรียมระบบให้สามารถทำงานร่วมกันได้ กับอุปกรณ์อินพุต เอาต์พุต หน่วยทำงานต่างๆ ที่ประกอบกันอยู่ในพีแอลซี ซึ่งในบทนี้จะเป็นวิธีการตั้งค่าต่างๆ รวมทั้งการทำระบบเพื่อทำการทดลอง

การนำพีแอลซีที่มีความสามารถแตกต่างกันมาต่อกันเป็นวงเครือข่ายนั้น พีแอลซีแต่ละเครื่องจำเป็นที่จะต้องมีความสามารถที่จะนำมาต่อกันเป็นวงเครือข่ายได้ พีแอลซีที่นำมาใช้ในการทดลองสามารถที่จะนำมาต่อเป็นเครือข่ายได้ โดยมีหน่วยทำงานที่จัดการเกี่ยวกับเรื่องเครือข่ายไว้โดยเฉพาะคือ รุ่น C1000H จะใช้ SNT31-V4 และรุ่น C200Hx จะใช้ SNT32 ซึ่งเป็นหน่วยจัดการเครือข่าย โดยมีสื่อกลางเป็นสายไฟเบอร์ออฟติก

ระบบเครือข่าย และ การรับส่งข้อมูลถึงกันในระบบเครือข่าย เป็นหัวใจสำคัญในการทำระบบรีดันแดนซ์เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากอินพุตของระบบจะต้องกระจายออกไปให้กับตัวควบคุมที่เป็นโปรแกรมในพีแอลซีทั้งสาม เครื่อง และ ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมควบคุมในพีแอลซีทั้งสามเครื่องก็จะต้องถูกส่งข้อมูลถึงกันเพื่อที่จะทำการโหวตเลือกข้อมูลที่จะส่งออกไปทำการแปลงค่าข้อมูลให้เป็นสัญญาณสำหรับอุปกรณ์ควบคุมในกระบวนการ

4.2 การจัดระบบ C1000H

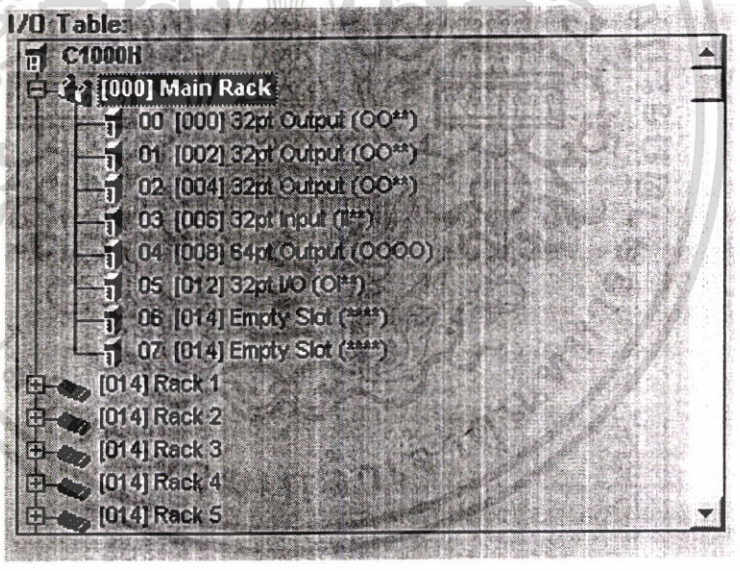
พีแอลซีรุ่น C1000H ที่ใช้ทำการทดลองทั้งสองเครื่องมีการจัดระบบที่เหมือนกันทุกประการ โดยพีแอลซีทั้งสองเครื่องนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมโดยการรับข้อมูลอินพุตมาจากหน่วยความจำในส่วนที่พีแอลซีรุ่น C200Hx เขียนค่าอินพุตมาให้และทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมควบคุมที่มีอยู่ในเครื่อง และส่งค่าเอาต์พุตออกมาให้กับหน่วยความจำดาต้าลิงค์ ส่วนที่ใช้เขียนข้อมูลของตัวเครื่องเอง เพื่อส่งผ่านไปให้กับ พีแอลซีรุ่น C200Hx ทำการเลือกข้อมูลที่จะส่งออกไปควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีรุ่น C1000H จะมีการจัดตารางของหน่วยอินพุตเอาต์พุตดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.1 การจัดตารางอินพุตเอาต์พุตของ C1000H

ช่องที่	รุ่น	หน่วย	แบบ	ขนาด	หน่วยความจำ
1	OC224	เอาต์พุต	ดิจิตอล	32 บิต	000-001
2	OD412	เอาต์พุต	ดิจิตอล	32 บิต	002-003
3	OD412	เอาต์พุต	ดิจิตอล	32 บิต	004-005
4	ID218	อินพุต	ดิจิตอล	32 บิต	006-007
5	DA101	เอาต์พุต	อนาล็อก	12 บิต	008-011
6	AD101	อินพุต	อนาล็อก	12 บิต	012-013
7	LK203	หน่วย Hostlink สำหรับติดต่อกับคอมพิวเตอร์			
8	SNT31-V4	หน่วยจัดการเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติก			



รูปที่ 4.1 การจัดตารางอินพุตเอาต์พุตของ C1000H โดยโปรแกรม Syswin 3.4

4.2.1 หน่วยอนาล็อกอินพุต (AD101)

เป็นหน่วยอินพุต[4]ที่ใช้ในการรับค่าสัญญาณมาตรฐานแบบอนาล็อกที่ 0 ถึง 10 โวลต์ และ 0 ถึง 20 มิลลิแอมป์ เพื่อแปลงเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลที่ความละเอียด 12 บิต (4095) มีจำนวนหน่วยอินพุตบนการ์ดทั้งหมด 8 ชุด แต่ละชุดทำงานอิสระแยกจากกัน สามารถที่จะตั้งให้ทำงานที่ย่านสัญญาณใดๆ ได้ตามความต้องการ โดยทำการตั้งค่าได้ด้วยดิพสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานของ AD101 มีขั้นตอนในการทำงานดังต่อไปนี้

ตั้งโหมดการทำงาน

การทำงานของหน่วยอินพุต AD101 นี้ มีโหมดการทำงานอยู่สองแบบคือ Two-word operation และ Four-word operation โดยสามารถตั้งค่าการทำงานได้จากสวิทช์ที่ด้านหลังของการ์ด ซึ่งการตั้งโหมดการทำงานนี้ มีความสำคัญกับการเขียนโปรแกรมรองรับการทำงานของหน่วยอินพุตด้วย ซึ่งในระบบของ C1000H การทำงานของหน่วยอินพุตเป็นแบบ Two-word operation

ตั้งย่านของสัญญาณอินพุต

การทำงานของอินพุตมีย่านให้เลือกใช้ตามสัญญาณมาตรฐานอยู่สองแบบคือแบบแรงดันในช่วง 0 ถึง 10 โวลต์ และกระแส 0 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการตั้งค่าให้กับหน่วยอินพุตแต่ละชุด ทั้งหมด 8 ชุดด้วยกัน แต่ละชุดสามารถตั้งย่านทำงานได้อย่างอิสระไม่ขึ้นแก่กัน

ต่อสายสัญญาณ

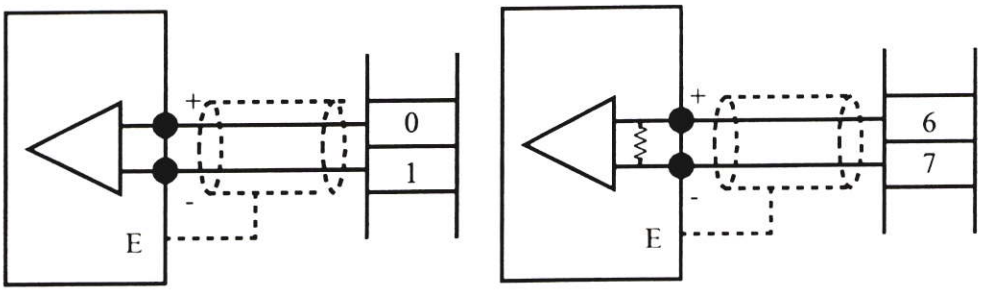
การ์ด AD101 จะมีขั้วต่อสายอยู่ทั้งหมด 30 จุด (0 – 29) โดยแบ่งเป็นอินพุตทั้งหมด 8 ชุด โดยมี ขั้วของการต่อสายสัญญาณดังตารางด้านล่าง

ในการต่ออินพุตแบบแรงดันให้ต่อขั้วบวกเข้าที่ขั้ว +Voltage/current input และ ขั้วลบต่อเข้าที่ขั้ว –Voltage/current input และในการต่ออินพุทแบบกระแสให้ต่อขั้วบวกเข้าที่ขั้ว +Voltage/current input และขั้วลบให้ต่อเข้าที่ขั้ว –Current input และ ต่อขั้ว –Current input เข้ากับขั้ว –Voltage/current input ด้วย

ตารางที่ 4.2 ขั้วต่อสายสัญญาณเข้าสู่ AD101

Point	1	2	3	4	5	6	7	8
+ Voltage/current input	0	4	8	12	15	19	23	27
- Current input	1	5	9	13	16	20	24	28
- Voltage/current input	2	6	10	14	17	21	25	29
Shield	3	3	11	11	18	18	26	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 การต่อสายสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก
(ก) แบบแรงดัน (ข) แบบกระแส

การจัดหน่วยความจำให้หน่วยอินพุต

หน่วยความจำที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานของ AD101 นี้จะใช้หน่วยความจำของอินพุตเอาต์พุตสองเวิร์ด ตามที่ได้ตั้งไว้ในตารางหน่วยอินพุตเอาต์พุต และ หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) โดยข้อมูลในส่วนของอินพุตเอาต์พุตจะเป็นส่วนที่ใช้เป็นแฟลกในการเรียกอ่านข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลออกไปใช้งาน และข้อมูลในหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลสามารถแยกได้เป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ใช้สำหรับกำหนดค่าต่างๆให้กับหน่วยอินพุต เช่น ค่ากลาง ค่าการสเกล และ หน่วยความจำข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลที่ได้รับจากการแปลงสัญญาณภายนอกมาเก็บไว้เพื่อรอการเรียกข้อมูลไปใช้งาน วิธีการเรียกใช้งานและสั่งให้หน่วยอินพุตทำงาน มีความสัมพันธ์กับโหมดของการทำงานที่ได้ทำการตั้งไว้ตั้งแต่ขั้นตอนแรกแล้ว

เขียนโปรแกรมนำข้อมูลไปใช้งาน

การเขียนโปรแกรมเรียกข้อมูลไปใช้งานสำหรับการทำงานแบบ Two-word operation จะมีคำสั่งพิเศษที่เรียกว่า Intelligent I/O Read Instruction สำหรับทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยอินพุตและเขียนข้อมูลตั้งค่าการทำงานให้กับหน่วยอินพุต สำหรับ C1000H จะเป็นคำสั่ง READ(88) และ WRIT(87)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 หน่วยอนาล็อกเอาต์พุต (DA101)

DA101 เป็นหน่วยเอาต์พุต[4]ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเป็นสัญญาณมาตรฐาน ซึ่งสามารถเลือกย่านที่ต้องการได้ ย่านที่สามารถเลือกได้มี 3 ย่านสัญญาณ คือ +1 ถึง +5 โวลต์, 0 ถึง +10 โวลต์ และ +4 ถึง +20 มิลลิแอมป์ ความละเอียดของข้อมูลที่จะนำมาแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐานมีความละเอียด 12 บิต (4095) และจำนวนเอาต์พุตของหน่วยเอาต์พุตมีทั้งหมด 4 ชุด โดยที่ตารางอินพุตเอาต์พุตได้จองเนื้อที่สำหรับ DA101 ไว้ 4 เวิร์ดสำหรับเป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับนำไปแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐาน

การทำงานของ DA101 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ตั้งย่านของเอาต์พุต

ย่านของเอาต์พุตแต่ละชุด ทั้ง4ชุด สามารถตั้งย่านการทำงานได้อิสระจากกันด้วยดิพสวิตช์ที่ด้านหลังการ์ด โดยต้องทำการปรับดิพสวิตช์ก่อนการติดตั้ง โดยการปรับสวิตช์ต่างๆ เพื่อกำหนดย่านให้กับเอาต์พุตทั้งสี่ได้ดังตารางด้านล่าง และหลังจากปรับย่านให้กับหน่วยเอาต์พุตเรียบร้อยแล้วให้ทำการติดตั้งลงไปบนแล็กของซีพียู

ตารางที่ 4.3 การปรับแต่งย่านเอาต์พุตให้กับ DA101

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8
Sw1	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
Sw2	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF

โดยปกติแล้วทางโรงงานจะตั้งสวิตช์ให้เอาต์พุตมีย่าน +1 ถึง +5 โวลต์ (ON-ON-OFF-OFF) เมื่อต้องการใช้ย่าน +4 ถึง +20 มิลลิแอมป์ จึงต้องปรับให้เอาต์พุตหน่วยแรกที่พินที่ 1-4 ให้เป็น (ON-ON-ON-OFF)

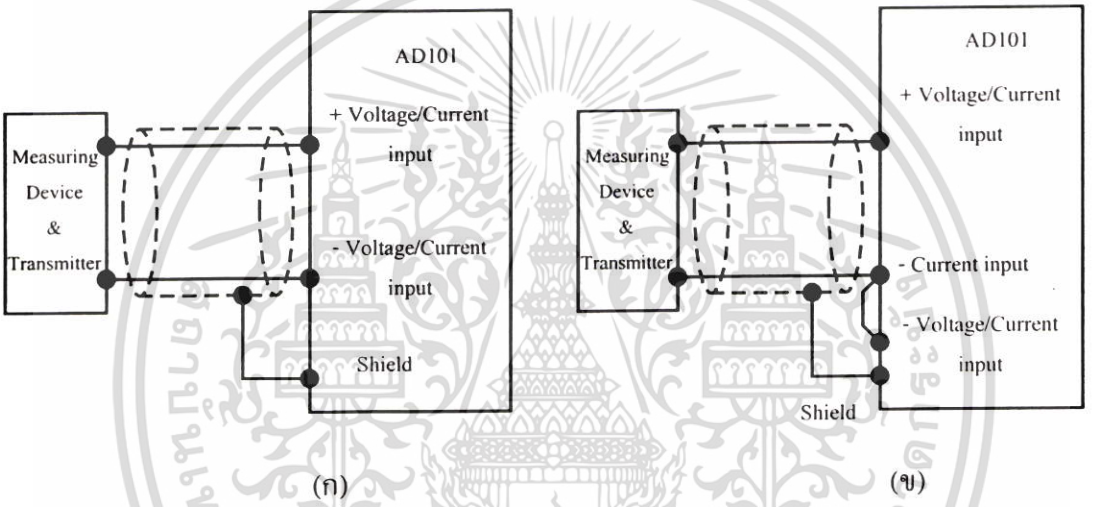
การต่อสายสัญญาณ

ขั้วต่อสายของ DA101 มีทั้งหมด 17 จุด (0 – 16) สำหรับเอาต์พุต 4 ชุด ชุดละ 4 ขั้ว แบ่งเป็นสำหรับแรงดันสองจุดและกระแสสองจุด ดังตารางที่แสดงด้านล่าง เมื่อตั้งเอาต์พุตให้เป็นย่านใดแล้วก็ต้องต่อสายสัญญาณให้ถูกต้องตามที่ตั้งย่านไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ขั้วการต่อสายสัญญาณของการ์ด DA101

Point	1	2	3	4
+ Voltage output	0	4	8	12
- Voltage output	1	5	9	13
+ Current output	2	6	10	14
- Current output	3	7	11	15



รูปที่ 4.3 การต่อสายสัญญาณกับอุปกรณ์เอาต์พุตภายนอก
(ก) การต่อแบบแรงดัน (ข) การต่อแบบกระแส

หน่วยความจำสำหรับเอาต์พุต

เป็นหน่วยความจำที่รองรับในส่วนของอินพุตเอาต์พุต โดย DA101 จะจองไว้ 4 เวิร์ด สำหรับรับข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมาใช้ในการแปลงให้เป็นสัญญาณมาตรฐานตามย่านที่เลือกไว้ตามขั้นตอนแรก โดยแต่ละเวิร์ดจะใช้บิตที่ 0 –11 (12บิต) สำหรับเปลี่ยนค่าเลขฐาน 16 ที่ได้รับจากการประมวลผล 0000 – 0FFF (4095) ให้เป็นสัญญาณเอาต์พุตต่อไป

เขียนโปรแกรมทำงาน

หน่วยเอาต์พุตต้องการข้อมูลเลขฐาน 16 เพื่อส่งไปยังหน่วยความจำที่ได้จองเอาไว้แล้ว ดังนั้นถ้าหากข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเป็นเลข BCD ต้องทำการแปลงให้เป็นข้อมูลเลขฐาน 16 เสียก่อน จึงจะเป็นข้อมูลที่นำไปแปลงเป็นสัญญาณเอาท์พุทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 หน่วยจัดการด้านเครือข่าย (SNT31-V4)

SNT31-V4 เป็นการ์ดที่ทำหน้าที่จัดการทางด้านเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติก[5] สำหรับพีแอลซีในรุ่น C1000H การ์ดจัดการเกี่ยวกับเครือข่ายจะมีติดตั้งอยู่บนพีแอลซีทุกโหนดที่ต่ออยู่ในระบบเครือข่ายเพื่อทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลถึงกัน โดยการจัดแบ่งหน่วยความจำในส่วนสำหรับการเขียน การอ่านข้อมูลร่วมกันโดยอัตโนมัติ ด้วยการปรับแต่งดิพสวิตช์บนการ์ดตามความเหมาะสมสำหรับหน้าที่การใช้งาน

ในการทดลองมีพีแอลซี C1000H ที่มีการ์ดจัดการด้านเครือข่ายติดตั้งอยู่ทั้งหมดสองเครื่อง โดยเครื่องหนึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ และ อีกเครื่องหนึ่งทำหน้าที่เป็นสลาฟ ดังนั้นการปรับแต่งการ์ดจึงแตกต่างกันตามหน้าที่ที่ต้องการให้ทำงาน ในการปรับแต่งการ์ดให้ทำงานทำได้ที่ดิพสวิตช์ Sw1, Sw2 และ Sw3 โดย Sw2 และ Sw3 ติดตั้งอยู่ที่ด้านหลังของการ์ด ดังนั้นจึงต้องปรับแต่งให้เสร็จก่อนที่จะติดตั้งลงไปในระบบของพีแอลซี ส่วน Sw1 ติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าของการ์ดจึงสามารถปรับแต่งได้ในภายหลังที่ติดตั้งการ์ดลงไปในระบบแล้ว

Sw1 มี 8 pin โดยปรับแต่งตามตารางด้านล่าง โดยทั้งสองโหนดปรับแต่งเหมือนกัน

ตารางที่ 4.5 การปรับแต่ง Sw1 สำหรับ SNT31-V4

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8
Sw1(node1)	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
Sw1(node2)	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF

พินที่ 2 ON หมายถึง ดาต้าลิงค์ทำงาน

พินที่ 3-4 ON-ON หมายถึง มีการใช้พื้นที่ดาต้าลิงค์ทั้ง LR และ DM

พินที่ 5-6 ON-ON หมายถึงการจัดหน่วยความจำสำหรับดาต้าลิงค์เป็นแบบ 16/32 เวิร์ด

Sw2 มี 8 pin โดยปรับแต่งตามตารางด้านล่าง พินที่ 1 – 7 เป็นสวิตช์ที่ใช้ตั้งโหนดโดยคิดค่าโหนดตามสูตร $n = S1\times 2^0 + S2\times 2^1 + S3\times 2^2 + S4\times 2^3 + S5\times 2^4 + S6\times 2^5 + S7\times 2^6$ ส่วนพินที่ 8 ตั้งค่าเป็น OFF เมื่อนำมาใช้งานปกติ ปรับเป็น ON เมื่อทำงานในโหมดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การปรับแต่ง Sw2 สำหรับ SNT31-V4

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8
Sw2(node1)	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Sw2(node2)	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Sw3 มี 8 pin โดยปรับแต่งตามตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.7 การปรับแต่ง Sw3 สำหรับ SNT31-V4

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8
Sw3(node1)	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Sw3(node2)	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

พินที่ 2 ON หมายถึง ให้มีการส่งข้อมูลระหว่างเครือข่ายได้

พินที่ 3 ON หมายถึง ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ของดาต้าลิงค์

OFF หมายถึง ทำหน้าที่เป็นสลาฟของดาต้าลิงค์

พินที่ 6-7 OFF-OFF หมายถึง ในดาต้าลิงค์มีมาสเตอร์เพียงหนึ่งมาสเตอร์เท่านั้น

พินที่ 8 OFF หมายถึง ใช้รหัสเลขฐานสองสำหรับดาต้าลิงค์

4.3 การจัดระบบ C200Hx

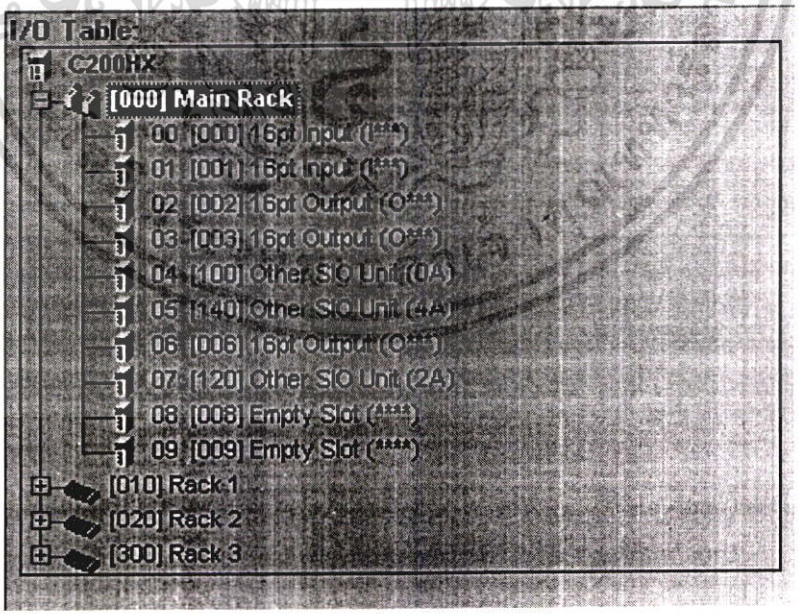
พีแอลซีรุ่น C200Hx จะมีต่ออยู่ในวงเครือข่ายหนึ่งเครื่อง ในระบบเครือข่ายที่ทำการทดลองจะมีด้วยกันสามเครื่อง โดยพีแอลซีเครื่องนี้จะเป็นเครื่องที่ติดตั้งหน่วยอินพุทที่รับสัญญาณค่าตัวแปรกระบวนการจากกระบวนการที่ต้องการควบคุมมา แล้วเขียนโปรแกรมให้พีแอลซีเขียนค่าตัวแปรกระบวนการลงไปในหน่วยความจำส่วนดาต้าลิงค์ เพื่อแจกจ่ายข้อมูลให้กับพีแอลซีเครื่องอื่นๆในระบบเครือข่าย เพื่อนำไปประมวลผลตามโปรแกรมที่มีอยู่ในพีแอลซีเครื่องนั้นๆ และหน่วยเอาต์พุตของที่ส่งสัญญาณไปควบคุมกระบวนการ โดยรับข้อมูลมาจากการประมวลผลของโปรแกรมตัวควบคุมของพีแอลซีแต่ละเครื่องมาทำการโหวตเลือกเอาค่าหนึ่งออกมาส่งไปที่หน่วยความจำส่วนอินพุตเอาต์พุตของพีแอลซี เพื่อแปลงเป็นสัญญาณควบคุมตามย่านการทำงานที่ได้ตั้งค่าการทำงานไว้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีรุ่น C200Hx มีหน่วยอินพุตเอาต์พุตตามตารางดังนี้

ตารางที่ 4.8 การจัดตารางอินพุตเอาต์พุตของ C200Hx

ช่องที่	รุ่น	หน่วย	แบบ	ขนาด	หน่วยความจำ
1	IM212	อินพุต	ดิจิตอล	16 บิต	000
2	IM212	อินพุต	ดิจิตอล	16 บิต	001
3	OC225	เอาต์พุต	ดิจิตอล	16 บิต	002
4	OC225	เอาต์พุต	ดิจิตอล	16 บิต	003
5	AD001	อินพุต	อนาล็อก	12 บิต	100
6	DA001	เอาต์พุต	อนาล็อก	12 บิต	140
7	OC225	เอาต์พุต	ดิจิตอล	16 บิต	006
8	TC001	อินพุต	อนาล็อก	--	120
9	ASP01	หน่วยจ่ายไฟให้กับ SNT32			
10	SNT32	หน่วยจัดการเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติก			



รูปที่ 4.4 การจัดตารางอินพุตเอาต์พุตของ C200Hx โดยโปรแกรม Syswin 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 หน่วยอนาล็อกอินพุต (AD001)

เป็นหน่วยอินพุต[4]ที่ใช้รับค่าสัญญาณมาตรฐานแบบอนาล็อกที่ +1 ถึง +5 โวลต์ หรือ กระแสที่ +4 ถึง +20 มิลลิแอมป์ เพื่อแปลงเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลที่ความละเอียด 12 บิต (0-4095) มีจำนวนอินพุตบนการ์ดทั้งหมด 2 ชุด

การจัดการหน่วยความจำส่วนอินพุตเอาต์พุตของการ์ดจะใช้หน่วยความจำ 2 เวิร์ด เป็นที่เก็บข้อมูลที่ได้แปลงจากสัญญาณมาตรฐานในย่านที่กำหนดให้เป็นข้อมูล ของหน่วยอินพุตทั้งสองชุดบนการ์ด โดยบิตที่ 0 – 11 จะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 ที่ 0000-0FFF รอให้โปรแกรมเรียกข้อมูลนี้ไปใช้งานต่อไป บิตที่ 12 – 14 ไม่ได้ใช้งานจะถูกตั้งให้เป็นค่า 0 และ บิตที่ 15 เป็นบิตที่แสดงสภาวะของสายสัญญาณที่ต่อเข้ากับตัวการ์ดว่าหลุดหรือขาดออกจากระบบหรือไม่ โดยจะใช้ได้เฉพาะย่านสัญญาณที่ +1 ถึง +5 โวลต์ และ กระแสที่ +4 ถึง +20 มิลลิแอมป์ เท่านั้น ถ้าหากบิตที่ 15 มีค่าเป็น 1 แสดงว่าสายสัญญาณมีการหลุดออกมาจากขั้วต่อ ซึ่งสามารถนำไปเป็นเหตุการณ์ในการเขียนโปรแกรมควบคุมได้

4.3.2 หน่วยอนาล็อกเอาต์พุต (DA001)

เป็นหน่วยเอาต์พุต[4]ที่มีจำนวนเอาต์พุตอยู่บนการ์ด 2 หน่วย สามารถแปลงข้อมูลเลขฐาน 16ที่ความละเอียด 12 บิต (0 – 4095) ให้เป็นสัญญาณมาตรฐานที่ย่าน +1 ถึง +5 โวลต์ หรือ กระแส +4 ถึง +20 มิลลิแอมป์ เลือกย่านสัญญาณได้ด้วยการต่อสายสัญญาณเข้ากับขั้วต่อของตัวการ์ดตามขั้วต่อที่ระบุว่าเป็นย่านของแรงดันหรือกระแส เลือกใช้ได้เพียงย่านเดียวต่อเอาต์พุต 1 หน่วย และทั้ง 2 หน่วยเอาต์พุตนี้ ทำงานอิสระจากกัน เลือกย่านทำงานได้ตามต้องการ

การจัดการหน่วยความจำส่วนอินพุตเอาต์พุตของการ์ดจะใช้หน่วยความจำขนาด 2 เวิร์ด ซึ่งพื้นที่หน่วยความจำนี้จะเป็นที่รองรับค่าข้อมูลที่เป็นเลขฐาน16 ที่ส่งมาจากการประมวลผลของโปรแกรมควบคุมเพื่อนำค่าข้อมูลไปเปลี่ยนเป็นค่าสัญญาณมาตรฐาน ส่งไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกต่อไป ส่วนการต่อสายสัญญาณสามารถต่อเข้าขั้วต่อสายของการ์ดได้ดังตารางด้านล่าง

4.3.3 หน่วยควบคุมอุณหภูมิ (TC001)

TC001 เป็นการ์ดที่ใช้ร่วมกับเทอร์โมคัปเปิ้ล[6] เพื่อทำการวัดอุณหภูมิให้กับระบบควบคุม โดยทำการต่อสายจากเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้าที่ ขั้วต่อ TC1(+) และ TC1(-) แล้ว TC001 จะนำค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิ้ลไปประมวลผลภายในการ์ด และส่งข้อมูลแบบ BCD ไปที่หน่วยความจำที่การ์ดได้จองไว้ ตามย่านของอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เพื่อให้ระบบควบคุมนำไปใช้ในโปรแกรมควบคุมต่อไปการปรับแต่ง TC001 เพื่อให้ทำงานได้ตามที่กำหนดไว้มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับแต่งดิพสวิตช์

Sw1 เป็นสวิตช์ที่ใช้ปรับหมายเลขหน่วยของ TC001 มีผลต่อการจองหน่วยความจำในพีแอลซีด้วย โรงงานจะตั้งค่านี้ไว้ที่ 0 แต่ในการทดลองจะปรับสวิตช์นี้ไปที่หมายเลข 2 นั่นคือ TC001 มีหมายเลขหน่วยเป็น 2 และจะให้พีแอลซีจองหน่วยความจำสำหรับตัวมันเองไว้ที่เวิร์ด 120-129 เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลของตัวมันเอง

Sw2 เป็นสวิตช์ที่ใช้ปรับแต่งหน่วยความจำและทิศทางการควบคุม เนื่องจากในการทดลอง จะทำการจองหน่วยความจำไว้คงที่ และ สามารถทำงานได้ด้วยการสั่งงานของพีแอลซี C200Hx โรงงานตั้งดิพสวิตช์ตั้งไว้เป็น OFF มา จึงไม่ต้องปรับเปลี่ยนอีก

Sw202 เป็นสวิตช์ที่ใช้ตั้งชนิดของเทอร์โมคัปเปิ้ลที่จะนำมาใช้งานกับ TC001 โรงงานจะตั้งค่ามาที่หมายเลข 2 ในการทดลองเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้เป็นชนิด K จึงเลือก Sw202 ไว้ที่หมายเลข 2

Sw203 เป็นสวิตช์กำหนดหน้าที่และการทำงานของ TC001 มีจำนวนทั้งหมด 6 พิน ตามตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 4.9 การปรับแต่ง Sw203 ของ TC001 สำหรับ C200Hx

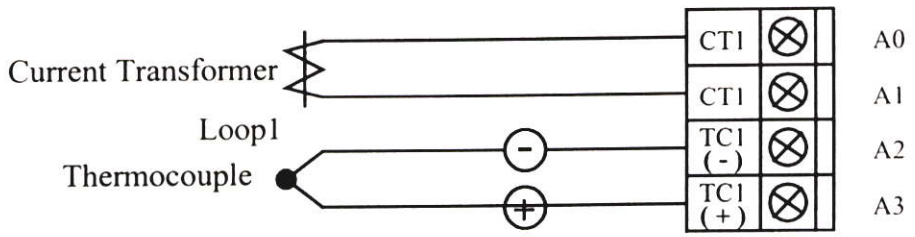
Pin	1	2	3	4	5	6
Sw203	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF

พินที่ 1 กำหนดวิธีการควบคุมแบบ Feed Forward PID
พินที่2 กำหนดการควบคุมแบบการควบคุมความร้อน
พินที่3 กำหนดให้แสดงอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียส
พินที่4 กำหนดให้ loop2 ไม่ทำงาน
พินที่5 กำหนดให้ทำงานอย่างต่อเนื่องแม้อยู่ในโหมดโปรแกรม
พินที่6 ไม่ได้ใช้งาน

การต่อสายกับเทอร์โมคัปเปิ้ล

การต่อสายเทอร์โมคัปเปิ้ลกับ TC001 ให้ต่อขั้วบวกของเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้ากับ TC1(+) และ ต่อขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้ากับ TC1(-) ส่วน CT1 นั้นใช้ต่อกับหม้อแปลงกระแส แต่ไม่ได้ใช้ในการทดลอง สำหรับขั้วต่อของอินพุทชุดที่สองนั้นไม่ได้ใช้งาน และ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟใช้เฉพาะเมื่อใช้ Data Setting Control ในการทดลองไม่ได้ใช้จึงปล่อยว่างไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การต่อสายเทอร์โมคัปเปิ้ล

การจัดการหน่วยความจำ

หน่วยความจำอินพุตเอาต์พุตในพีแอลซีจะถูกจองโดยการตั้งสวิตช์ Sw1 ในการทดลองนี้ตั้งไว้ที่หมายเลข 2 จองหน่วยความจำไว้ที่เวิร์ด 120 – 129

120 – 122 เป็นการส่งค่าอินพุตเข้ามาควบคุมการทำงานของ TC001 ด้วยคำสั่งพิเศษ ซึ่งไม่ได้ใช้ในส่วนนี้

123 - 124 เป็นหน่วยความจำที่เก็บค่าอุณหภูมิที่วัดได้ โดยการประมวลผลออกมาเป็นข้อมูลตัวเลขแบบ BCD มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ตามที่ตั้งไว้ใน Sw203 ค่าอุณหภูมิที่ได้นี้จะเป็นค่าที่ส่งเข้าไปเป็นอินพุตให้กับระบบควบคุม

125- 126 เป็นหน่วยความจำที่เก็บค่า set point เป็นเลข BCD มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส แต่ไม่ได้ใช้ในการทดลอง

127 – 129 เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าสถานะต่างๆ ของ TC001

4.3.4 หน่วยจัดการด้านเครือข่าย (SNT32)

SNT32 เป็นการ์ดที่ทำหน้าที่จัดการทางด้านเครือข่ายไฟเบอร์ออฟติก[5] สำหรับพีแอลซีในรุ่น C200Hx การ์ดจัดการเกี่ยวกับเครือข่ายจะมีติดตั้งอยู่บนพีแอลซีรุ่น C1000H อีกสองเครื่อง ที่เป็นโหนดอีกสองโหนดที่ต่ออยู่ในระบบเครือข่ายเพื่อทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลถึงกัน โดยการจัดแบ่งหน่วยความจำในส่วนสำหรับการเขียน การอ่านข้อมูลร่วมกันโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะได้มีการกล่าวถึงในเรื่องของการทำระบบเครือข่ายให้กับพีแอลซีในภายหลัง

ในการทดลอง C200Hx ทำหน้าที่เป็นสลาฟในส่วนของดาต้าลิงค์ โดยต้องทำการปรับแต่งสวิตช์ต่างๆ ที่ใช้กำหนดค่าการทำงานสำหรับดาต้าลิงค์ให้กับการ์ดเสียก่อน ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 จุด ได้แก่ ส่วนที่ใช้ปรับค่าโหนด, Sw1, Sw2 และ Sw3 สำหรับ Sw2 และ Sw3 นั้นจะอยู่ด้านหลังของการ์ด ดังนั้นจึงต้องปรับแต่งให้ได้การทำงานตามที่ต้องการก่อน จึงจะทำการติดตั้งลงไปในระบบ การปรับค่าสวิตช์ต่างๆ ให้ได้การทำงานตามที่ต้องการ ทำการปรับสวิตช์ต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับ Node Adress

การปรับโหนดทำได้ด้วยสวิตช์สำหรับเลือกค่าที่ต้องการสองตัว เพื่อกำหนดค่าโหนดให้กับการ์ดเพื่อระบุตำแหน่งของพีแอลซีในระบบเครือข่ายที่การ์ดไปติดตั้งอยู่ สวิตช์ L มีค่าประจำหลักเป็น 16^0 ปรับตัวเลขได้ตั้งแต่ 0 – E และ สวิตช์ H มีค่าประจำหลักเป็น 16^1 ปรับตัวเลขได้ตั้งแต่ 0 – 7 โดยจะมีค่าโหนดสูงสุดได้ที่ 7E(hex) หรือ 126 นั่นเอง ในการทดลองพีแอลซีรุ่น C200Hx เราทำการกำหนดค่าโหนดไว้ที่โหนด 3 จึงปรับค่าสวิตช์ L เป็น 3 และ H เป็น 0

ตารางที่ 4.10 การปรับแต่ง Sw1 ของ SNT32 สำหรับ C200Hx

Pin	1	2	3	4
Sw1	ON	OFF	OFF	OFF

พินที่1 กำหนดให้มีการทำงานในส่วนของดาต้าลิงค์

พินที่2 กำหนดให้พีแอลซีที่การ์ดต่ออยู่ทำหน้าที่เป็นสลาฟในดาต้าลิงค์

พินที่3 กำหนดให้ทำงานในโหมดปกติ

พินที่4 กำหนดให้ดาต้าลิงค์ทำงานใน loop 1

ตารางที่ 4.11 การปรับแต่ง Sw2 ของ SNT32 สำหรับ C200Hx

Pin	1	2	3	4
Sw2	ON	ON	ON	ON

พินที่ 1-2 กำหนดให้ใช้พื้นที่ทั้ง LR และ DM เป็นหน่วยความจำดาต้าลิงค์

พินที่ 3-4 กำหนดให้ใช้การแบ่งสัดส่วนหน่วยความจำแบบ 16/32 เวิร์ด

ตารางที่ 4.12 การปรับแต่ง Sw3 ของ SNT32 สำหรับ C200Hx

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8
Sw3	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

พินที่ 1-2 กำหนดค่าหน่วงเวลาสำหรับดาต้าลิงค์ที่มีมาสเตอร์เดียว

พินที่ 3 กำหนดให้มีการส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายได้

พินที่ 4 กำหนดให้มีการใช้คำสั่งทางเครือข่ายได้

พินที่ 5 กำหนดให้ใช้ข้อมูลแบบไบนารี

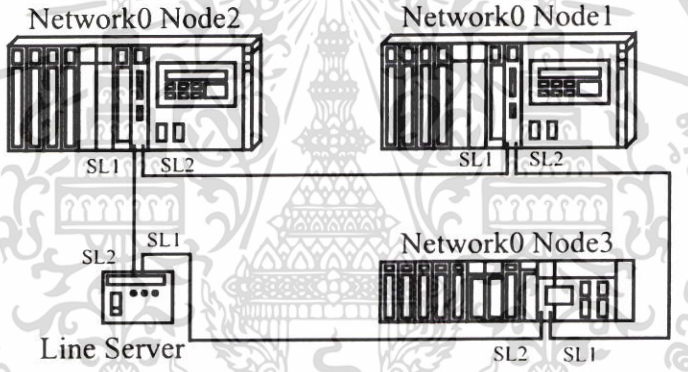
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พินที่ 6-8 ไม่ได้ถูกใช้งาน แต่ต้องเป็น OFF อยู่เสมอ

4.4 การจัดเตรียมเครือข่าย

เมื่อทำการจัดระบบของพีแอลซีแต่ละตัวให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต รวมทั้งการ์ดต่อเสริมพิเศษสำหรับงานเฉพาะอย่าง ให้ทำงานได้ด้วยตัวเองแล้ว จากนั้นให้นำพีแอลซีทั้งสามเครื่องได้แก่ C1000H (Node1), C1000H (Node2) และ C200Hx (Node3) มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยมีสายสัญญาณใยแก้วนำแสงเป็นสื่อกลางในการสื่อสารข้อมูล

ระบบเครือข่ายที่ใช้มีชื่อเรียกว่า Sysmac Net ซึ่งเป็นเครือข่ายแบบ token ring ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่สาม ในการเชื่อมพีแอลซีทั้งสามเครื่องเข้าด้วยกันด้วยสายใยแก้วนำแสงแล้วยังจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมระบบอีกอย่างหนึ่งคือ S3200 Line Server ระบบเครือข่ายจึงจะติดต่อถึงกันได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าขาด Line Server ไปก็จะทำให้ข้อมูลไม่สามารถส่งไปถึงกันได้



รูปที่ 4.6 ระบบเครือข่ายของพีแอลซีทั้งสามเครื่อง

หลังจากที่ทำการปรับแต่งการ์ดจัดการเครือข่ายของพีแอลซีแต่ละเครื่อง และนำมาต่อรวมกันแล้ว ระบบเครือข่ายจะกันพื้นที่หน่วยความจำ LR (Link Relay) และ DM (Data Memory) เพื่อนำมาจัดแบ่งพื้นที่ในส่วนอ่านและเขียนกัน ซึ่งข้อมูลที่อ่านเขียนกันในส่วนนี้จะเปลี่ยนไปทันทีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในหน่วยความจำของพีแอลซีแต่ละตัว เนื่องจากในระบบเครือข่ายมีพีแอลซีต่อเป็นโหนดอยู่สามเครื่อง จึงแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน(การแบ่งพื้นที่ต้องทำเป็นส่วนๆ จำนวนตาม 2^n เมื่อมีสามเครื่องจึงต้องแบ่งเป็น 4 ส่วน แล้วใช้เพียงสามส่วนนั้น ต้องแบ่งให้มากกว่าจำนวนของโหนดเสมอ) ดังที่ได้แสดงไว้ในตาราง

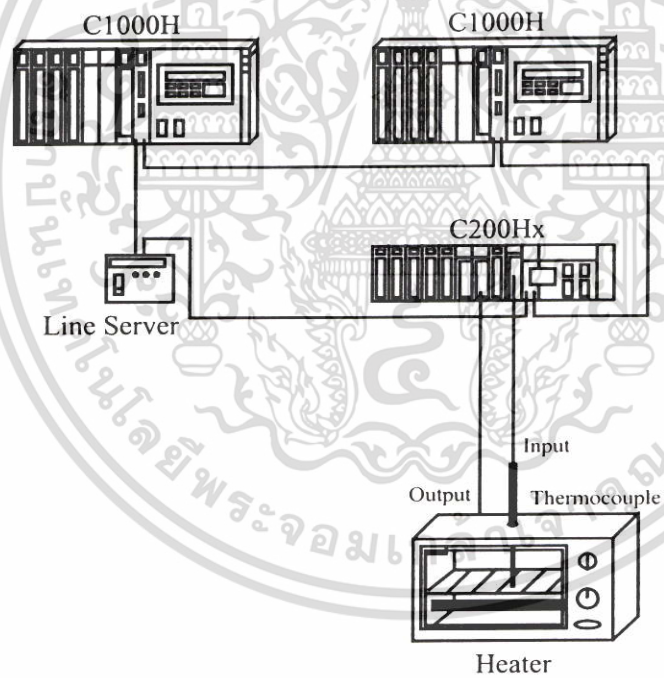
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 หน่วยความจำที่จัดแบ่งให้กับดาต้าลิงค์

Node	1	2	3
LR	00 - 15	16 - 31	32 - 47
DM	00 - 31	32 - 63	64 -95

4.5 การทดลองกับกระบวนการ

หลังจากจัดการระบบควบคุมที่มีพีแอลซีสามเครื่องต่อกันเป็นระบบเครือข่าย และ สามารถสื่อสารข้อมูลถึงกันได้แล้ว โดยทำการทดสอบเขียนค่า อ่านค่า ในหน่วยความจำส่วนดาต้าลิงค์ จากนั้นต้องทำการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซีทั้งสาม กระบวนการที่ใช้ระบบเครือข่ายทำการควบคุมเป็นกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะมีการควบคุมสองแบบคือแบบสัดส่วน (proportional) และแบบพีไอดี(PID) โปรแกรมที่ทำการควบคุมกระบวนการในพีแอลซีแต่ละเครื่อง จะเปรียบเสมือนเป็นตัวควบคุมในระบบที่มีอยู่สามเครื่อง

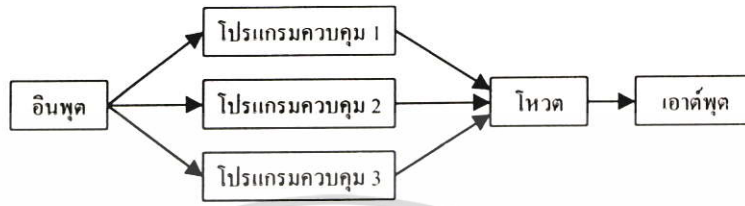


รูปที่ 4.7 ระบบเครือข่ายพีแอลซีต่อเข้ากับกระบวนการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 รูปแบบของการควบคุม

รูปแบบของการควบคุมจะเป็นการควบคุมแบบเผื่อเลือก เป็นระบบที่ใช้หน่วยควบคุมมากกว่าหนึ่งหน่วย รับค่าอินพุตเดียวกันไปประมวลผลแล้วส่งข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมาเข้าโปรแกรมหรือส่วนของการโหวตเพื่อเลือกเอาข้อมูลออกไปสู่เอาต์พุตดังรูป



รูปที่ 4.8 ระบบควบคุมแบบเผื่อเลือก

ระบบควบคุมแบบเผื่อเลือก(Fault Tolerant System) นี้ ตามทฤษฎีจะเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบควบคุมโดยรวมได้ เนื่องจากมีโปรแกรมควบคุมทำงานพร้อมกันถึงสามโปรแกรม การที่กระบวนการจะหยุดการทำงานไปได้ โปรแกรมควบคุมทั้งสามต้องหยุดการทำงานเสียก่อน การควบคุมจะมีสัญญาณเอาต์พุตออกมาอย่างต่อเนื่อง

4.5.2 ส่วนประกอบของการทดลอง

กระบวนการควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

เทอร์โมคัปเปิ้ล

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิของกระบวนการซึ่งเป็นตัวแปรของกระบวนการ (PV) เพื่อส่งให้กับตัวควบคุม

อุปกรณ์ทำความร้อน

เป็นเตาความร้อนที่อุปกรณ์ให้ความร้อนรับสัญญาณการควบคุม(MV) จากตัวควบคุม เพื่อสร้างความร้อนให้กับกระบวนการ

ระบบควบคุม

ระบบควบคุมจะเป็นระบบเครือข่ายพีแอลซีที่มีพีแอลซีอยู่สามเครื่องที่สามารถส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยดาต้าลิงค์ และได้มีการจัดระบบการควบคุมให้มีการควบคุมแบบเผื่อเลือก คือระบบจะรับอินพุตเดียวกันจากอุปกรณ์ที่วัดค่าอุณหภูมิจากกระบวนการส่งมาให้กับระบบควบคุม จากนั้นระบบดาต้าลิงค์จะส่งข้อมูลของอุณหภูมิให้กับให้กับตัวควบคุมทั้งสาม หลังจากประมวลผลแล้ว จะส่งผลข้อมูลของแต่ละตัวควบคุมให้กับตัวโหวต และส่งสัญญาณออกไปยังหน่วยเอาท์พุท เพื่อส่งไปควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

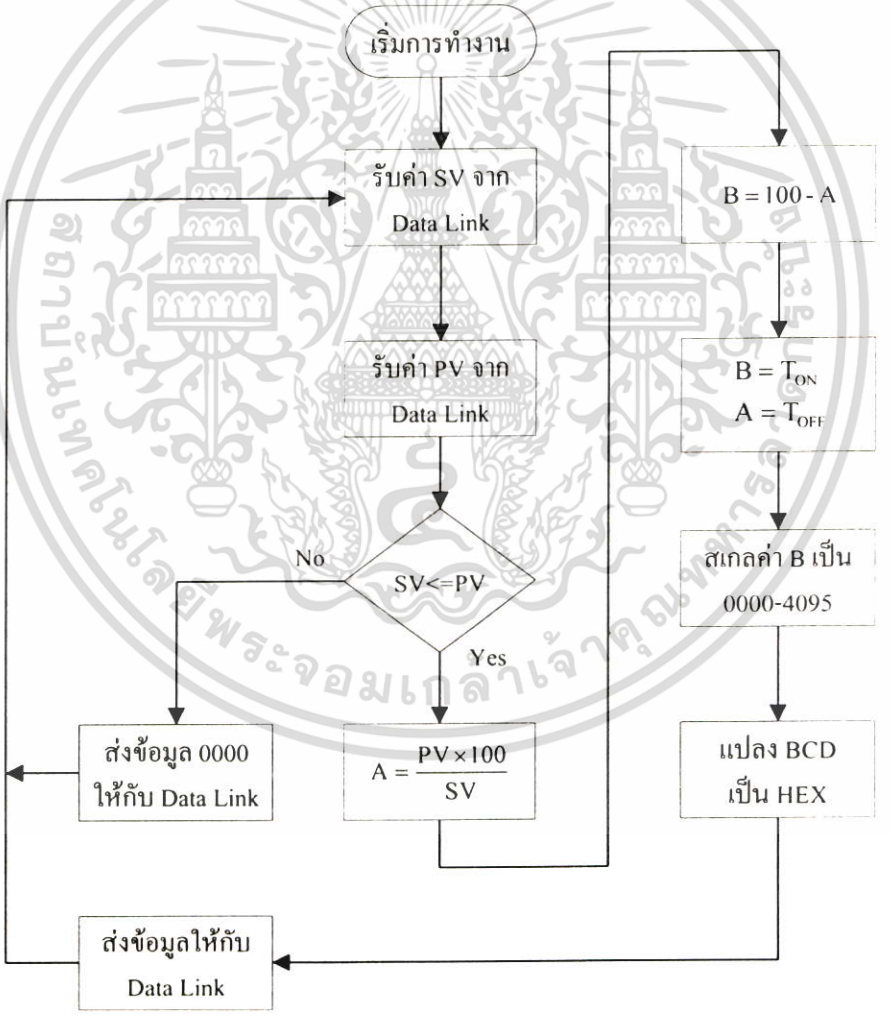
อุปกรณ์ให้ความร้อนต่อไป ดังนั้นหากมีโปรแกรมควบคุมตัวใดตัวหนึ่ง หรือ สองตัว หยุดทำงาน ไปก็จะไม่ทำให้กระบวนการหยุดการทำงาน

4.5.3 โปรแกรมควบคุม

การควบคุมที่เขียนให้กับพีแอลซีแต่ละเครื่อง มีดังนี้

C1000H	ทำการควบคุมแบบสัดส่วน(Proportional)
C1000H	ทำการควบคุมแบบสัดส่วน(Proportional)
C200Hx	ทำการควบคุมแบบ PID

4.5.4 การควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional)



รูปที่ 4.9 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมแบบสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแบบสัดส่วนจะเขียนเป็นโปรแกรมควบคุมให้กับพีแอลซีรุ่น C1000H เนื่องจาก C1000H ไม่มีคำสั่งพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้ใช้ฟังก์ชัน PID มาใช้ควบคุมกระบวนการได้ การควบคุมแบบสัดส่วนจะเริ่มจากการรับค่าอินพุทที่เป็นค่าตัวแปรของกระบวนการ (PV) ที่โหนดสามส่งค่าผ่านดาต้าลิงค์มาให้ แล้วนำค่าของอินพุทนี้มาเปรียบเทียบกับค่า set point (SV) ที่กำหนดไว้ (ค่า SV จะกำหนดที่โหนดที่สามและแจกจ่ายข้อมูลมาให้โหนดอื่นๆเช่นเดียวกัน) ถ้าค่า SV น้อยกว่าค่า PV ตัวควบคุมจะไม่ส่งข้อมูลการควบคุม(MV) ออกไป ให้กับโปรแกรมสำหรับการโหวต ถ้าค่า SV มากกว่าค่า PV โปรแกรมจะส่งข้อมูลเข้าสู่การควบคุมแบบสัดส่วนทันที

เมื่อ SV มากกว่า PV โปรแกรมจะส่งค่า PV ที่ได้มาคูณกับ 100 เพื่อจัดสัดส่วนการทำงานของโปรแกรมควบคุม หลังจากได้ค่า PV*100 มาแล้ว ต่อไปโปรแกรมจะทำการหารค่า PV*100 ด้วย SV เป็นสัดส่วนการควบคุมที่มีอัตราขยาย100% (ถ้าต้องการให้อัตราขยายเพิ่มขึ้นต้องเพิ่มตัวคูณให้มากขึ้น) หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาลบออกจาก 100 ตามสัดส่วน (ค่าตัวตั้งของการลบก็คือค่าเดียวกันกับตัวคูณนั่นเอง) เพื่อให้ได้สัดส่วนของตัวแปรกระบวนการกับค่าเป้าหมาย คูณกับอัตราขยายที่ต้องการ แล้วจึงนำค่าที่ได้จากการลบ และตัวลบ ไปกำหนดการทำงานในการเปิดปิดการทำงานของตัวควบคุม เมื่อตัวควบคุมทำงาน โปรแกรมจะทำการส่งค่าข้อมูลตามสัดส่วนของผลต่างที่ได้ไปทำการสเกลค่าข้อมูลเป็นค่า 0 – 4095 (ค่าความละเอียดที่หน่วยเอาต์พุต์ต้องการ เพื่อนำไปแปลงค่าเป็นสัญญาณมาตรฐานในการควบคุมเครื่องทำความร้อนต่อไป) แล้วโปรแกรมจะทำการแปลงค่าของข้อมูลจาก BCD ให้เป็น HEX ตามความต้องการของหน่วยเอาต์พุต แล้วส่งข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำส่วนดาต้าลิงค์เพื่อส่งข้อมูลไปให้กับโหนดที่สามเพื่อทำการโหวตเลือกข้อมูลที่จะส่งออกไปให้กับหน่วยเอาต์พุต การควบคุมแบบสัดส่วนสามารถเขียนเป็น Flowchart ได้ดังรูปที่ 4.8

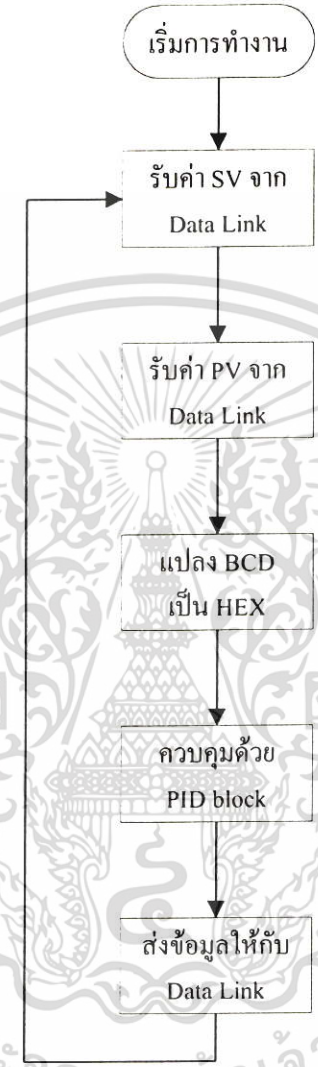
4.5.5 การควบคุมแบบพีไอดี

การควบคุมแบบ PID เป็นการควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่ CPU ของ C200Hx สามารถเรียกใช้งานได้ ฟังก์ชั่นการทำงานแบบ PID [3] ปกติแล้วจะไม่มีอยู่ในคำสั่งปกติให้เลือกมาใช้งาน ต้องใช้โปรแกรม Syswin หรือ อุปกรณ์ต่อพ่วงในการใส่ฟังก์ชัน PID เข้ามา ในการทดลองได้ใช้โปรแกรม Syswin ในการเพิ่มฟังก์ชันเข้าไปในฟังก์ชันที่ 17 แทน ASFT ด้วยคำสั่ง Function Mapping หลังจากนั้น เมื่อเรียกฟังก์ชันที่ 17 ขึ้นมา โปรแกรมจะเรียกฟังก์ชัน PID มาใช้แทน

ฟังก์ชัน PID ต้องการหน่วยความจำเพื่อนำมาใช้ประมวลผลจำนวนหนึ่งซึ่งหน่วยความจำที่ต้องระบุให้กับพีแอลซีเมื่อเขียนโปรแกรมฟังก์ชัน PID คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต เป็นค่าอินพุตที่ให้กับตัวควบคุมคือตัวแปรกระบวนการนั่นเอง ในการทดลองคือหน่วยความจำที่ได้รับค่าอุณหภูมิจาก TC001 นั่นเอง แต่ข้อมูลที่ได้รับมานั้นเป็นค่า BCD จึงต้องทำการแปลงให้เป็นเลขฐาน16 ด้วยคำสั่ง ANDW



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนการทำงานของการควบคุมแบบพีไอดี

ควบคุม เป็นหน่วยความจำที่ใช้ควบคุมการทำงานของฟังก์ชั่น รวมทั้งกำหนดค่าตัวแปรที่ฟังก์ชัน PID ต้องการในการทำงานซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

เอาต์พุต เป็นหน่วยความจำที่ฟังก์ชัน PID จะส่งข้อมูลหลังจากการประมวลผลออกมา เพื่อส่งต่อไปยังหน่วยเอาต์พุตต่อไป ในการทดลองจะต้องส่งออกไปยังชุดโปรแกรมที่ใช้ในการเลือกเอาต์พุตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของหน่วยความจำที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของฟังก์ชัน PID ที่กำหนดไว้ในการทดลองมีดังตารางนี้

ตารางที่ 4.14 การกำหนดหน่วยความจำให้กับฟังก์ชันพีไอดี

หน่วยความจำ	หน้าที่
DM150	กำหนดค่าเป้าหมาย
DM151	กำหนดค่า Proportional band(P)
DM152	กำหนดค่า Integral time(I)
DM153	กำหนดค่า Derivative time(D)
DM154	กำหนด Sampling period
DM155	กำหนดทิศทางของ Proportional และค่าสัมประสิทธิ์การกรองอินพุต
DM156	กำหนดความละเอียดในการแปลงข้อมูลของอินพุตและเอาต์พุต
DM157-182	พื้นที่การทำงานของฟังก์ชัน PID ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง

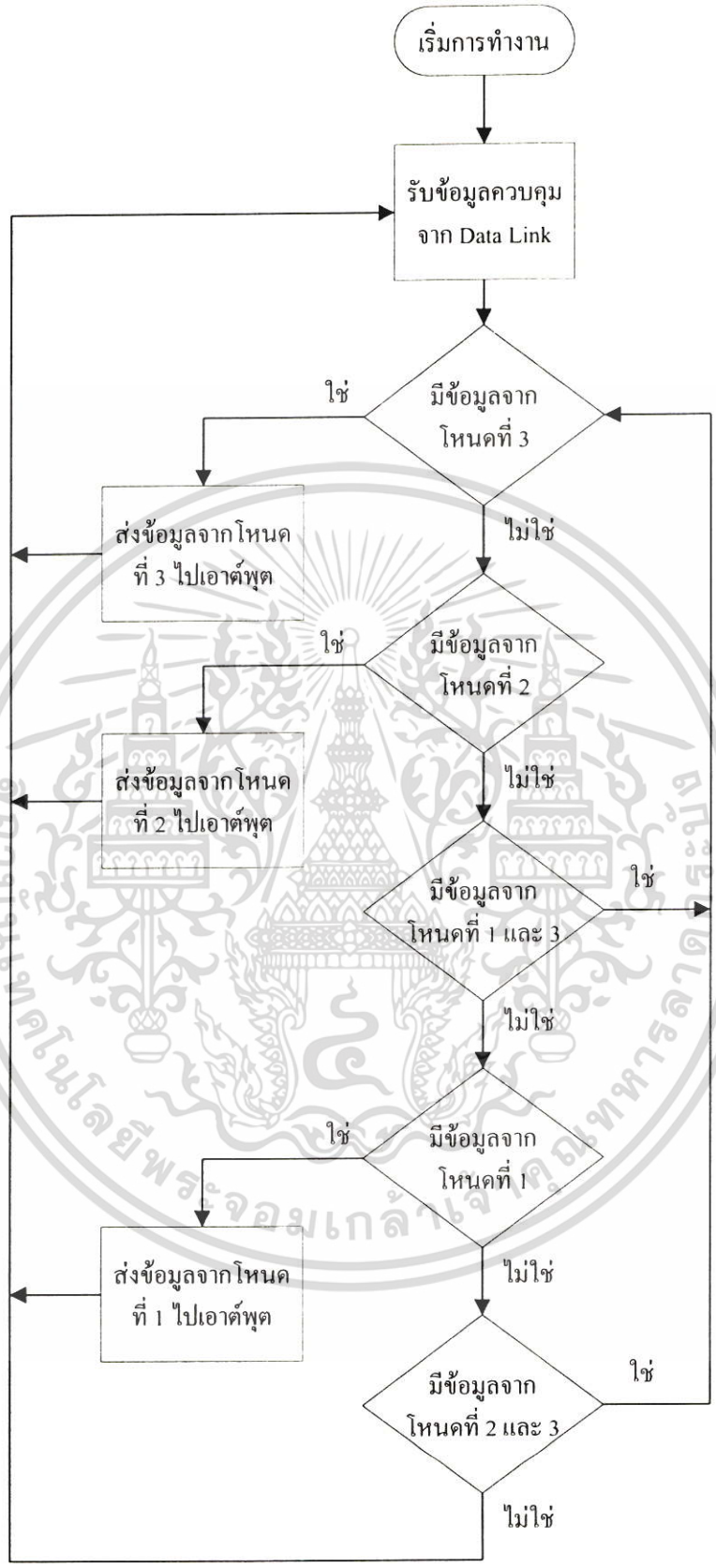
4.5.6 โปรแกรมโหวต

ในการทำโปรแกรมควบคุมแบบ PID ใน C200Hx มีฟังก์ชัน PID เป็นแกนหลักในการควบคุม แต่ในการควบคุมทั้งหมดยังต้องมีส่วนประกอบอื่นๆอีกด้วย เนื่องจาก อุปกรณ์ที่รับค่าอินพุตและส่งค่าข้อมูลให้กับหน่วยเอาต์พุต ติดตั้งอยู่บน C200Hx ทั้งสิ้น จึงต้องมีโปรแกรมสำหรับการจัดการข้อมูลนี้ ซึ่งจะแยกกันต่างหากจากโปรแกรมที่ทำงานช่วยฟังก์ชัน PID โดยจะมีโปรแกรมจัดการเกี่ยวกับ อินพุตและเอาต์พุต ดังนี้

อินพุต เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการส่งข้อมูลผ่านหน่วยความจำดาต้าลิงก์ไปให้กับพีแอลซีทั้งสามในระบบเครือข่าย ซึ่งโปรแกรมควบคุมในพีแอลซีจะได้อ่านข้อมูลนี้ไปใช้ในการประมวลผล

เอาต์พุต เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการโหวตเพื่อเลือกเอาต์พุตที่จะส่งข้อมูลไปให้ หน่วยความจำของหน่วยเอาต์พุท เพื่อแปลงเป็นสัญญาณมาตรฐาน ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมควบคุมของพีแอลซีแต่ละตัวจะถูกส่งเข้ามาในหน่วยความจำของดาต้าลิงค์ ทำให้พีแอลซีแต่ละเครื่อง สามารถอ่านค่าข้อมูลเอาต์พุตของแต่ละเครื่องได้อย่างอิสระ เมื่อได้รับค่าข้อมูลที่ประมวลผลมาได้จากโปรแกรมควบคุมแต่ละเครื่องแล้ว จะเข้าสู่เงื่อนไขการโหวตเลือกข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมควบคุมทั้งสาม ออกไปให้หน่วยความจำของหน่วยเอาต์พุต โดยเงื่อนไขของการทำงานของโปรแกรมโหวตและการเลือกข้อมูลออกไปควบคุมเอาต์พุตของกระบวนการเป็นดังขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.15 ข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโหวต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 เงื่อนไขการเลือกข้อมูลส่งออกไปให้เอาต์พุต

โปรแกรมควบคุม			เลือก(vote)
Node1	Node2	Node3	Node
ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	3
ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	3
ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	ทำงาน	3
ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	2
ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน	2
ทำงาน	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	1

4.5.7 โปรแกรมแสดงผล

ในการแสดงผลการทดลองจะใช้วิธีการดึงค่าข้อมูลจากพีแอลซีผ่านทางพอร์ตโฮสต์ลิงค์ โดยใช้โปรแกรมเดลไฟน์ เพื่อนำเอาค่าข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในพีแอลซีออกมาพลอตกราฟเพื่อแสดงผลให้เห็นถึงพฤติกรรมของระบบควบคุมและตัวแปรต่างๆในการบวนการทดลอง ผลของการทดลองจะปรากฏขึ้นมาบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นเส้นกราฟสีต่างๆกันไป

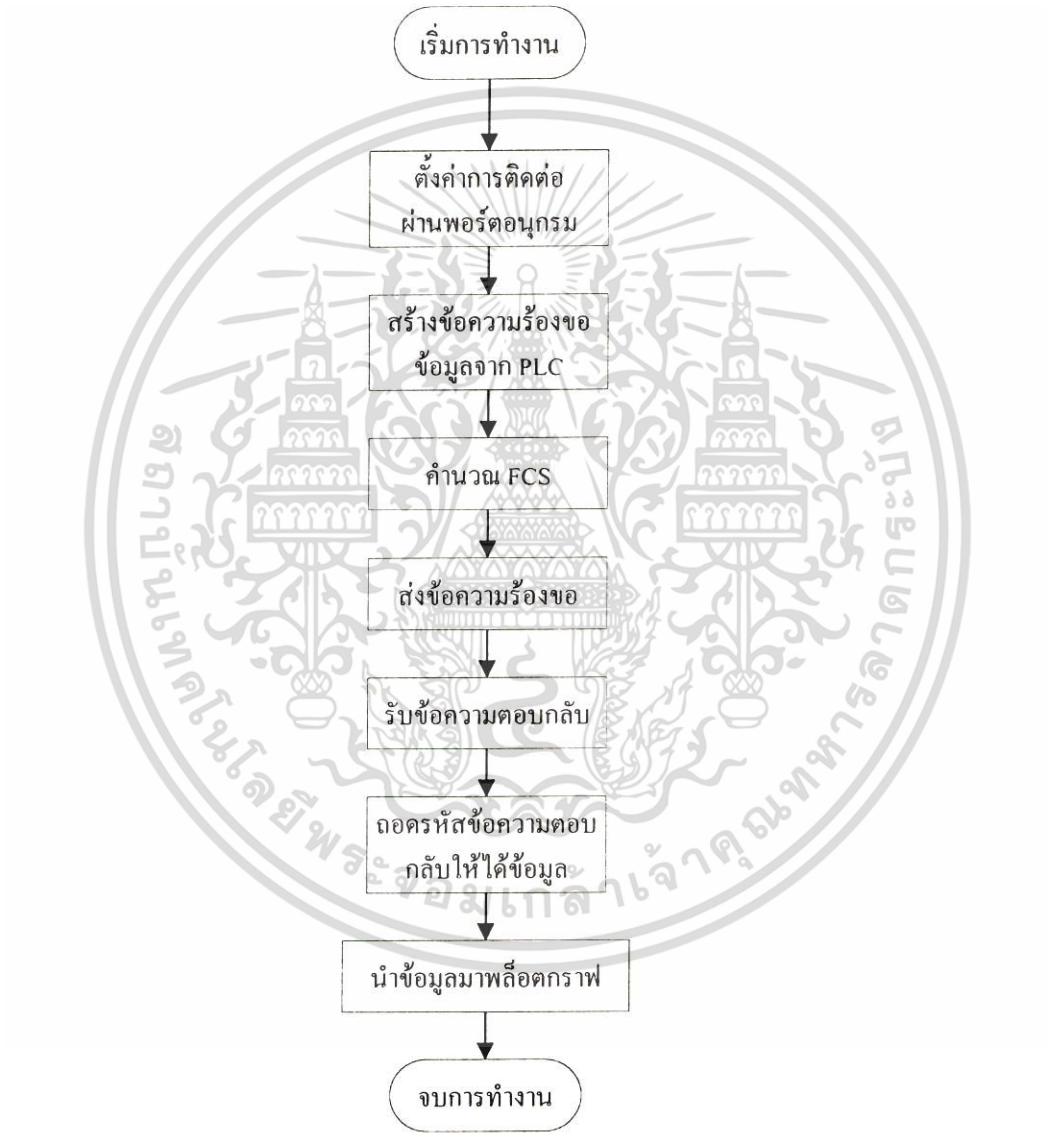
การทำงานของโปรแกรม จะเริ่มต้นด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับพอร์ตของคอมพิวเตอร์ให้ตรงกับความต้องการของโฮสต์ลิงค์ โดยจะต้องทำการตั้งคุณสมบัติของพอร์ตดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 การกำหนดคุณสมบัติพอร์ตสื่อสารของโฮสต์ลิงค์

คุณสมบัติ	ค่าที่ต้องใช้
Node Number	00
Start Bits	1
Data Length	7
Stop Bits	2
Parity	Even
Baud rate	9600 bps
Transmission Delay Time	None

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดพอร์ตสื่อสารให้สามารถส่งข้อมูลกันได้ระหว่างคอมพิวเตอร์และพีแอลซีแล้ว โปรแกรมจะส่งข้อความเพื่อเรียกอ่านข้อมูลในหน่วยความจำของพีแอลซี คือ หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล DM600 – DM605 เป็นจำนวนทั้งหมด 6 ช่อง ทำให้สามารถสร้างเส้นกราฟได้ทั้งหมด 6 เส้น เพื่อแสดงสัญญาณของตัวแปรต่างๆ ในระบบควบคุมและกระบวนการ เมื่อได้ข้อความแล้ว โปรแกรมจะคำนวณหาค่า FCS เพื่อใช้ในการยืนยันความถูกต้องในการส่งข้อมูลจากโปรแกรมไปให้กับพีแอลซี



รูปที่ 4.12 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความร้องขอให้ส่งข้อมูลในหน่วยความจำที่ DM600 ถึง DM605 ไปให้กับคอมพิวเตอร์ พีแอลซีจะจัดทำข้อความตอบกลับขึ้นมา พร้อมส่งข้อความตอบกลับที่มีข้อมูลตามที่ร้องของมานั้น กลับไปยังคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์จะรับข้อความตอบกลับมาแล้วนำมาจัดแยกเอาข้อมูลจากข้อความตอบกลับของพีแอลซี ไปเข้าฟังก์ชันในการพล็อตกราฟ เพื่อแสดงเส้นกราฟออกมาทางจอคอมพิวเตอร์

4.6 สรุป

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงจัดการตั้งค่าของระบบให้ทำงานได้ตามต้องการ ทั้งการตั้งค่าระบบ ติดตั้งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตที่จำเป็นให้กับพีแอลซีแต่ละเครื่อง การติดตั้งระบบเครือข่ายให้กับพีแอลซี การจัดหน่วยความจำที่จำเป็นสำหรับพีแอลซี และ ดาต้าลิงค์ รวมถึงการต่อระบบควบคุม (เครือข่ายพีแอลซี) เข้ากับกระบวนการเพื่อทดลองผลการทำงานของระบบควบคุม

ในบทต่อไปจะเป็นผลการทดลอง เมื่อนำเอาระบบเครือข่ายพีแอลซีไปควบคุมกระบวนการอุณหภูมิ ซึ่งมีจัดการควบคุมแบบเผื่อเลือกโดยมีโปรแกรมควบคุมกระบวนการอยู่ในพีแอลซีทั้งสามเครื่อง และสามารถส่งข้อมูลถึงกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ในการทดลองจะจัดให้ระบบเครือข่ายพีแอลซีทำการควบคุมกระบวนการวัดอุณหภูมิ โดยผลของการทดลองจะแสดงพฤติกรรมการควบคุมกระบวนการของระบบเครือข่ายพีแอลซี ที่มีโปรแกรมควบคุมของพีแอลซีทั้งสามตัวทำการควบคุมกระบวนการอยู่ การควบคุมกระบวนการวัดอุณหภูมิของระบบเครือข่ายพีแอลซีนั้น จัดให้มีการควบคุมแบบ Fault Tolerant System คือ โปรแกรมควบคุมที่อยู่ในพีแอลซีทั้งสามจะได้รับอินพุทซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงมาจากอุณหภูมิจากกระบวนการเป็นค่าเดียวกันและพร้อมกันผ่านทางหน่วยความจำส่วนดาต้าลิงค์ของพีแอลซีแต่ละเครื่อง แล้วนำไปประมวลผลตามลักษณะควบคุมที่ได้โปรแกรมไว้ในพีแอลซีแต่ละเครื่อง ซึ่งจะมีการควบคุมแบบสัดส่วนสองเครื่องและการควบคุมแบบ PID อีกหนึ่งเครื่องดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 หลังจากที่กระบวนการทำการประมวลผลแล้ว เมื่อได้ข้อมูลมา พีแอลซีแต่ละเครื่องจะส่งข้อมูลเหล่านั้นมาเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนดาต้าลิงค์ เพื่อให้โปรแกรมส่วนของการโหวตได้เลือกค่าข้อมูลออกไปควบคุมกระบวนการตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

5.2 ตัวแปรในการทดลอง

ในการแสดงผลการทดลอง เนื่องจากมีตัวควบคุมในระบบเครือข่ายถึงสามชุด ในแต่ละชุดจะส่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการของตัวเองออกมา ทำให้โปรแกรมแสดงผลการทดลอง(ProLab)แสดงผลออกมาเป็นกราฟ มีเส้นกราฟในการแสดงค่า MV ที่ได้จากตัวควบคุมอยู่จำนวนสามเส้น และ เส้นกราฟที่แสดงค่า MV ที่ถูกโหวตเลือกส่งค่าไปควบคุมกระบวนการอีกหนึ่งเส้น เพื่อแสดงผลให้เห็นพฤติกรรมการควบคุมของของตัวควบคุม รวมถึงค่าตัวแปรต่างๆในกระบวนการด้วย มีรายละเอียดดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 5.1 ความหมายของสีเส้นกราฟบนโปรแกรมแสดงผล

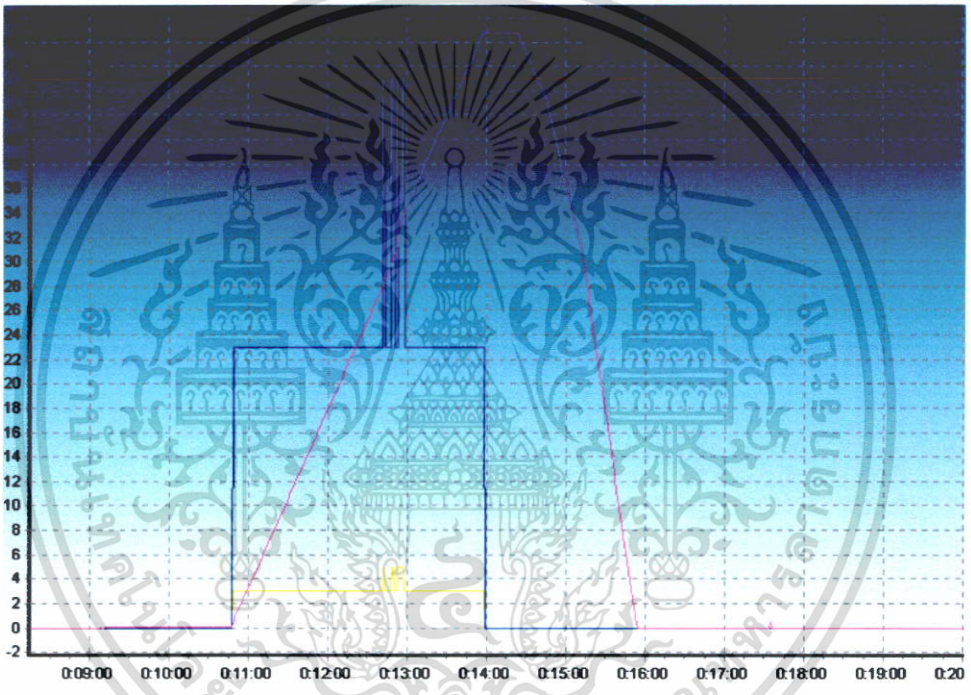
ค่าตัวแปร	สี	ความหมาย
SP	แดง	ค่าเป้าหมายของกระบวนการ
PV	เขียว	ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากกระบวนการ
MV1	เหลือง	ค่าข้อมูลจากการประมวลผลของโปรแกรมในพีแอลซีโหนดที่1
MV2	น้ำเงิน	ค่าข้อมูลจากการประมวลผลของโปรแกรมในพีแอลซีโหนดที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MV3	เทา	ค่าข้อมูลจากการประมวลผลของโปรแกรมในพีแอลซีโหนดที่3
MV(out)	ชมพู	ค่าข้อมูลที่โปรแกรมโหวตเลือกออกไปควบคุมกระบวนการ

5.3 ผลการทดลอง

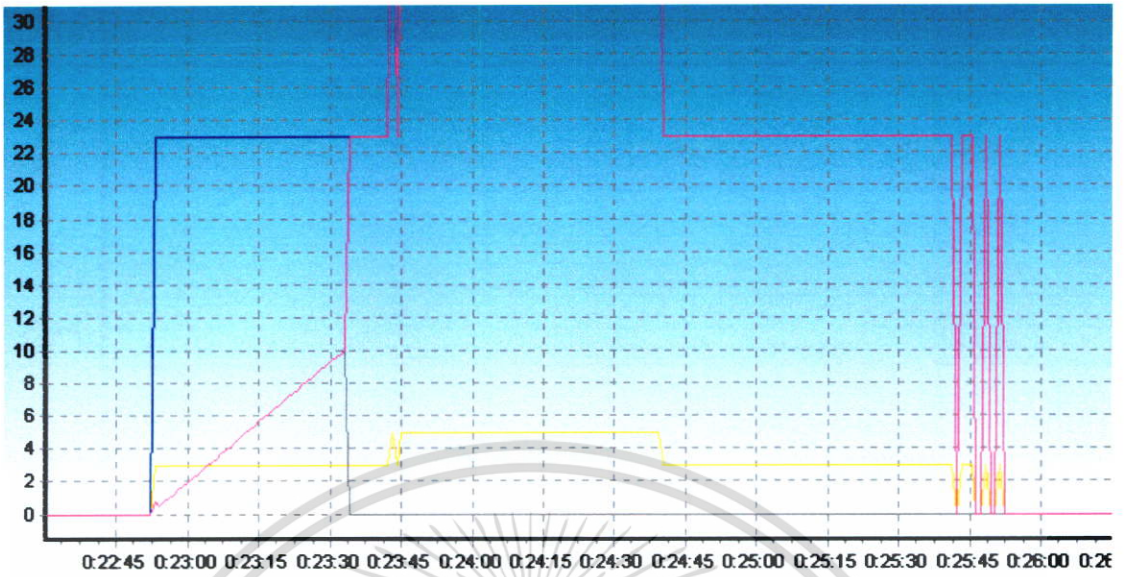
จากการทดลอง จะทำการต่อระบบเครือข่ายพีแอลซีเข้ากับกระบวนการวัดอุณหภูมิ โดยตั้งค่าเป้าหมายของกระบวนการไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้ระบบควบคุมทำการควบคุมกระบวนการไปเรื่อยๆ โดยจะมีการใส่เงื่อนไขของการทำงานและหยุดทำงานของโปรแกรมควบคุมในพีแอลซีบนระบบเครือข่าย เพื่อสังเกตดูค่าตัวแปรกระบวนการ(PV) และ ค่าข้อมูลควบคุม (MV)



รูปที่ 5.1 สัญญาณของการควบคุมที่โปรแกรมควบคุมทำงานปกติครบสามโปรแกรม

จากรูป 5.1 ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ เมื่อโปรแกรมควบคุมบนพีแอลซีทั้งสามบนเครือข่ายทำงานเป็นปกติทุกโปรแกรม โปรแกรมโหวตจะทำการเลือกสัญญาณควบคุมจากพีแอลซีโหนดที่สามมาเป็นสัญญาณควบคุม โดยสัญญาณควบคุมที่ได้จากโปรแกรมในพีแอลซีโหนดที่หนึ่งและสองก็ยังคงส่งสัญญาณควบคุมออกมา แต่ไม่ได้รับเลือกให้ส่งสัญญาณควบคุมออกมาที่เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

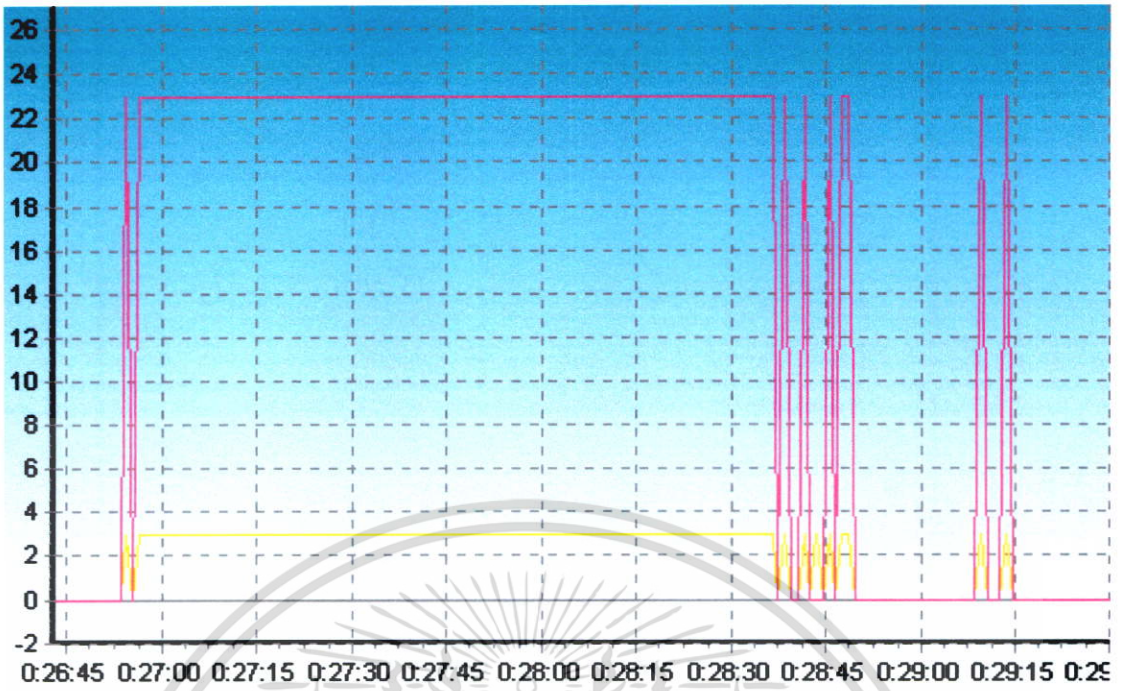


รูปที่ 5.2 สัญญาณการควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมโหนดสามหยุดทำงาน

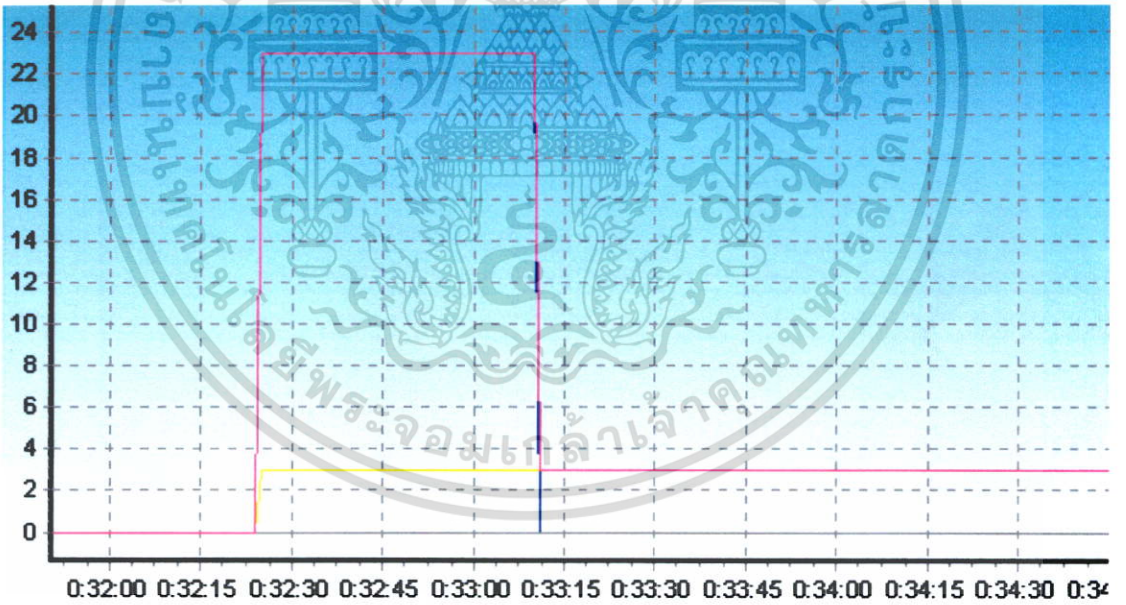
จากรูปที่ 5.2 จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของกระบวนการลดต่ำลงกว่า 45 องศาเซลเซียส โปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามกำลังเริ่มส่งข้อมูลควบคุมออกมาพร้อมกับโปรแกรมควบคุมจากพีแอลซีโหนดที่หนึ่งและสอง เส้นกราฟสัญญาณเอาต์พุต(สีชมพู)ยังวิ่งทับไปกับเส้นกราฟของข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมควบคุมโหนดที่สาม(สีเทา) นั่นคือระบบควบคุมยังเลือกจากโหนดที่สามออกไปควบคุมอยู่และข้อมูลที่โปรแกรมควบคุมจากโหนดที่หนึ่ง(สีเหลือง)และโปรแกรมควบคุมจากโหนดที่สอง(สีน้ำเงิน)ก็ยังคงส่งออกมาให้โปรแกรมโหวต

แต่เมื่อโปรแกรมควบคุมโหนดที่สามหยุดทำงาน เส้นกราฟสีเทาจะตกลงมาเพราะไม่มีข้อมูลควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามส่งมาให้โปรแกรมโหวต แต่สัญญาณของเอาต์พุต(สีชมพู)จะยังไม่หายไป เนื่องจากเงื่อนไขของโปรแกรมโหวตกำหนดไว้ว่า หากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามหยุดทำงานและโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งและโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองยังทำงานอยู่ ให้เลือกค่าข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองส่งออกไปควบคุมกระบวนการแทน จะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตจะวิ่งทับกับสัญญาณควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สอง สัญญาณควบคุมของกระบวนการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่หยุดการทำงานลงไป มีการทำงานทดแทนกันได้ตามเงื่อนไขการโหวต ส่วนข้อมูลควบคุมจากโปรแกรมที่หนึ่งยังคงส่งออกมาให้เห็นตามปกติเพราะไม่ได้หยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองควบคุมกระบวนการ

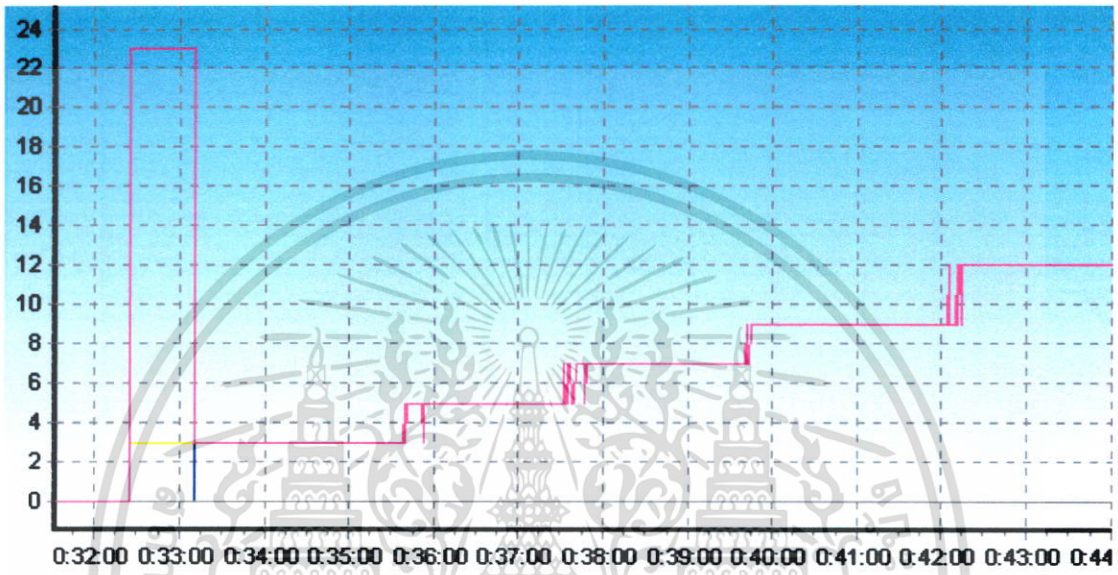


รูปที่ 5.4 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมโหนดที่สองและสามหยุดการทำงาน

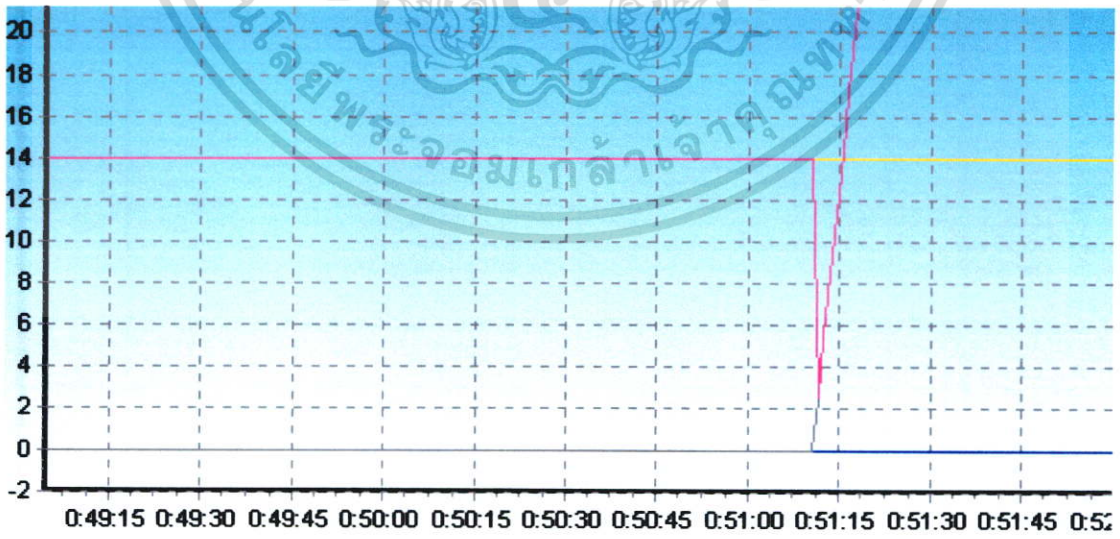
จากรูป 5.4 เมื่อเส้นกราฟสีน้ำเงินตกลง หมายถึงโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองหยุดการทำงานลงในขณะที่โปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามยังหยุดการทำงานอยู่ ข้อมูลควบคุมของโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งจะถูกเลือกให้ส่งสัญญาณควบคุมออกไปแทนข้อมูลควบคุมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองที่หยุดการทำงานลงไป จะเห็นได้จากเส้นกราฟสีชมพูซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมที่ส่งออกไปควบคุมกระบวนการยังมีสัญญาณออกไปควบคุมอยู่ ซึ่งเป็นค่าเดียวกับข้อมูลควบคุมที่ส่งออกมาจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งนั่นเอง รูป 5.5 เป็นกราฟแสดงการทำงานของการควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งถูกส่งออกไปควบคุมกระบวนการ



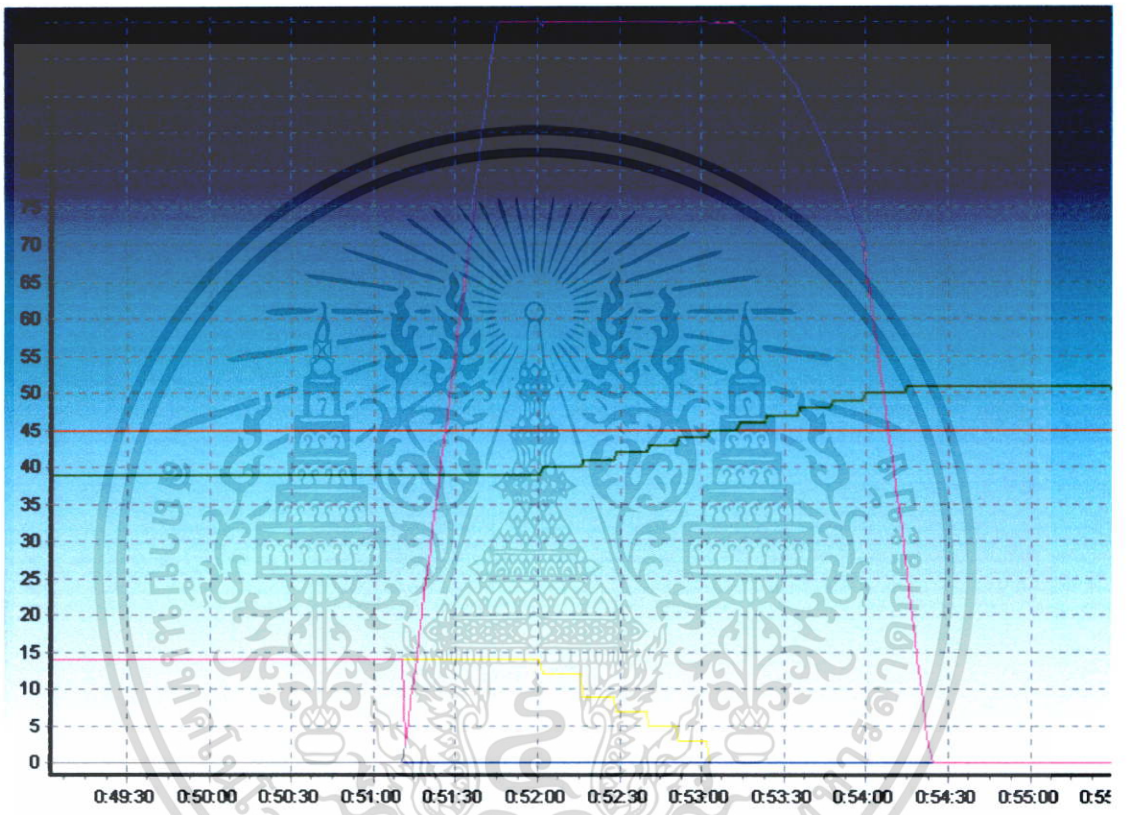
รูปที่ 5.5 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งควบคุมกระบวนการ



รูปที่ 5.6 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดสามทำงานได้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.6 ในขณะที่โปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งยังคงทำงานอยู่นั้น เมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามทำงานได้อีกครั้ง ตัวโหวตจะเลือกสัญญาณควบคุมที่ออกมาจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามให้เป็นสัญญาณเอาท์พุททันที เนื่องจากการทำงานของโปรแกรมควบคุมในโหนดที่สามเป็นการควบคุมแบบ PID ต้องใช้เวลาช่วงระยะเวลาหนึ่งในการเพิ่มค่าสัญญาณการควบคุมให้สูงขึ้นไปเท่ากับค่าสัญญาณเดิม แต่ก็เป็นเวลาที่น้อยมาก ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรกระบวนการ สัญญาณควบคุมเอาต์พุตยังมีอย่างต่อเนื่องไม่ขาดหายไป



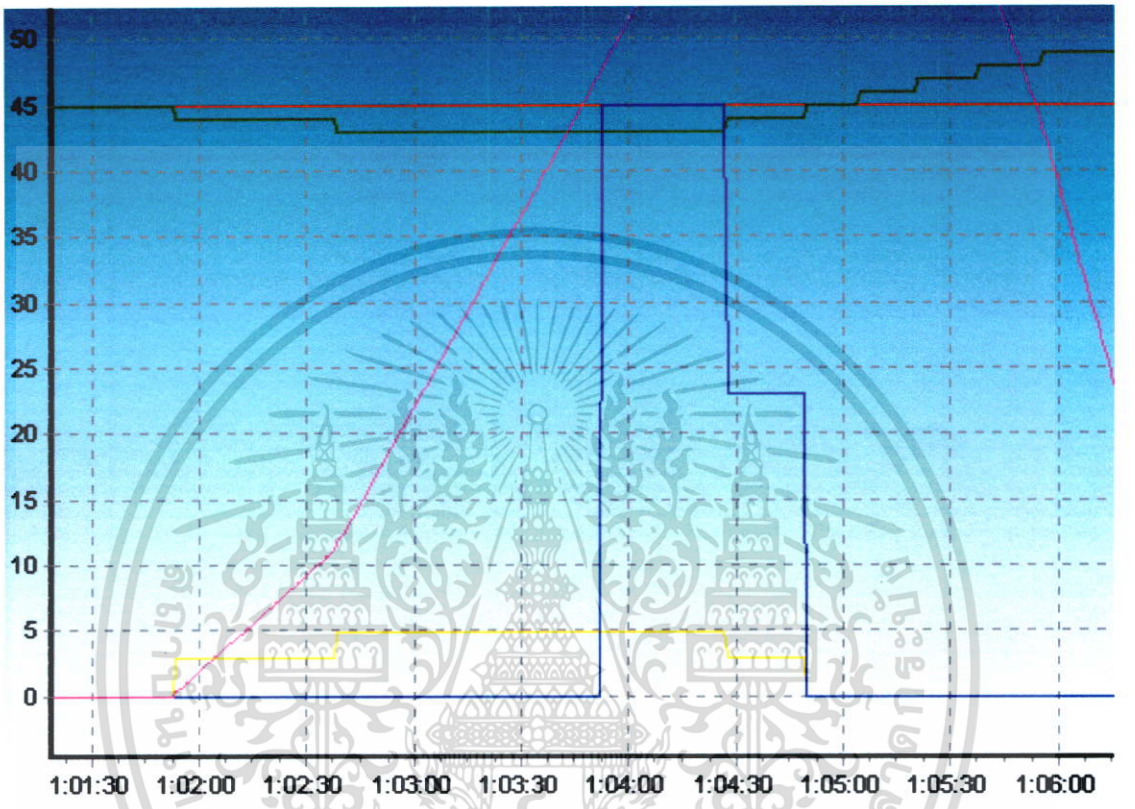
รูปที่ 5.7 สัญญาณควบคุมของโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สาม

จากรูปที่ 5.7 จะเห็นได้ว่า โปรแกรมควบคุมของโหนดที่สาม และ โปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งยังส่งค่าสัญญาณควบคุมออกมา แต่โปรแกรมโหวตได้เลือกส่งค่าข้อมูลควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามออกไปควบคุมกระบวนการตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ส่วนสัญญาณควบคุมของโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สอง ยังคงไม่มีสัญญาณควบคุมใดๆ ออกมาเนื่องจากยังหยุดทำงานอยู่

จากรูปที่ 5.8 เมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองทำงานได้อีกครั้ง จะเห็นได้ว่ามีเส้นกราฟสีน้ำเงินซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมของโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองปรากฏขึ้นอีกครั้ง

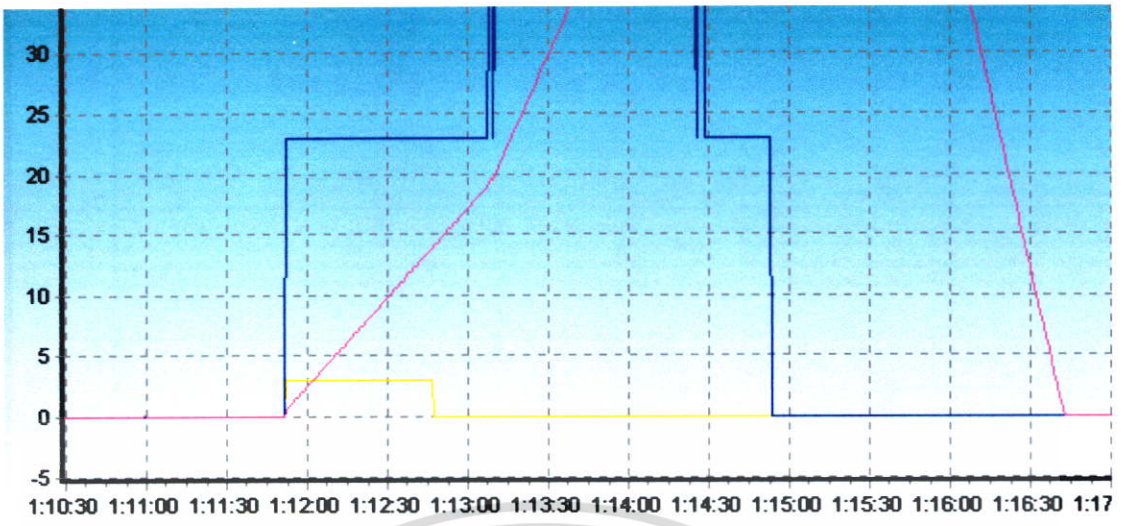
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองทำงานและได้มีการส่งค่าข้อมูลควบคุมมาให้กับโปรแกรมโหวต แต่สัญญาณเอาต์พุตยังคงส่งมาจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สาม ตามเงื่อนไขการโหวตเลือก ในตอนนี้ โปรแกรมควบคุมทั้งสามได้กลับมาทำงานและส่งข้อมูลควบคุมที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมไปให้กับโปรแกรมโหวต ครบทุกโปรแกรมแล้ว



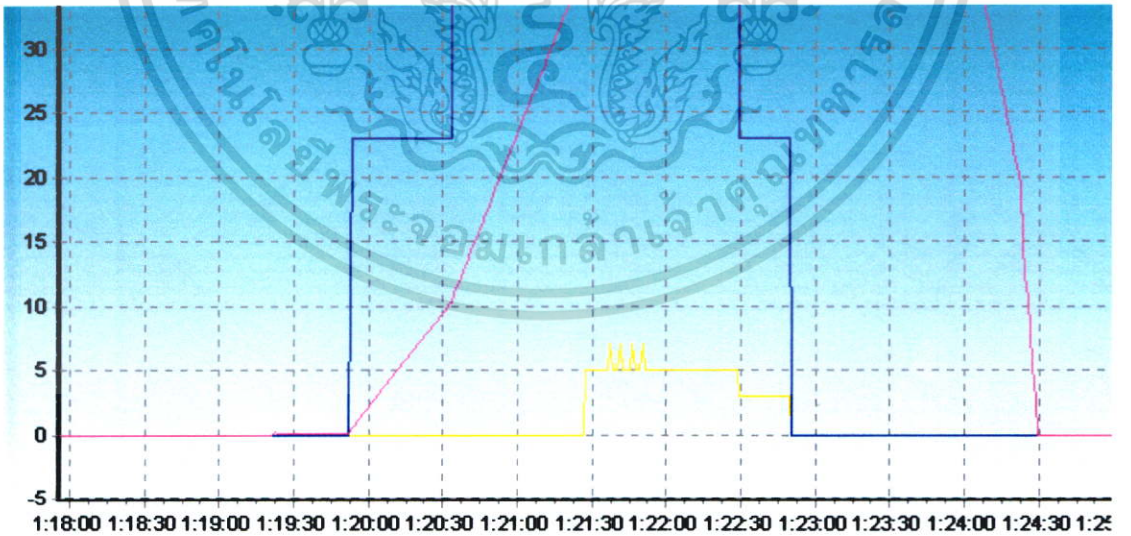
รูปที่ 5.8 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองทำงานอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งหยุดทำงาน

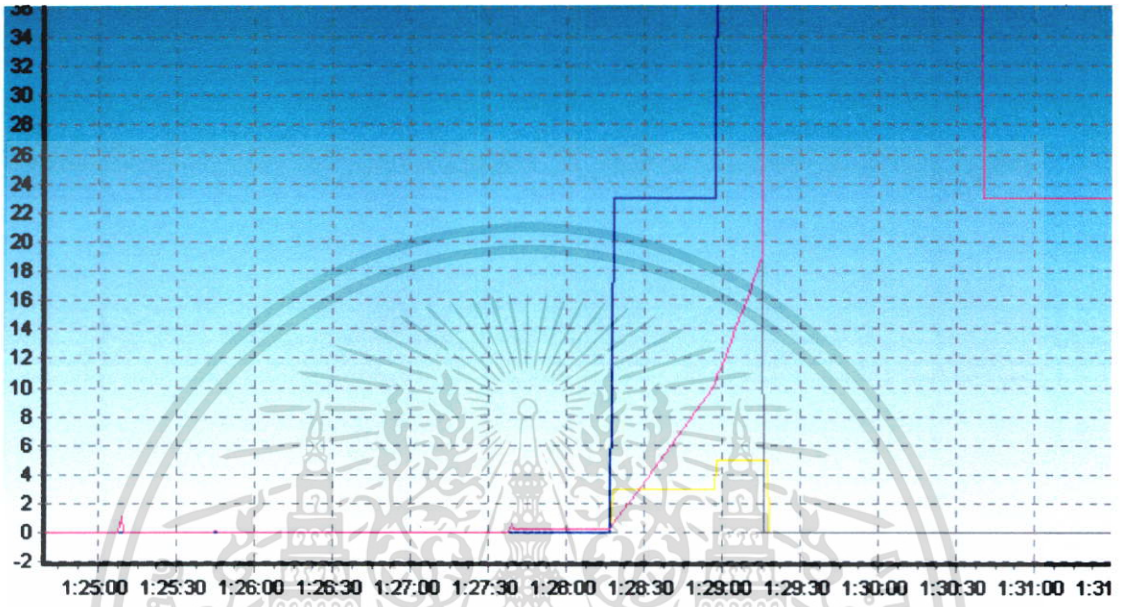
เมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งหยุดทำงาน จะเป็นผลให้สัญญาณควบคุมของตัวมันเองหายไป ไม่มีข้อมูลควบคุมส่งมาให้กับโปรแกรมโหวต เห็นได้จากเส้นกราฟสีเหลืองตกลงมาที่ศูนย์ แต่ไม่มีผลกับกระบวนการแต่อย่างใด เพราะตามเงื่อนไขการโหวตแล้ว สัญญาณควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามยังคงทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้กับเอาต์พุตต่อไป ส่วนสัญญาณควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองก็ยังคงทำงานเป็นปกติและไม่ถูกโปรแกรมโหวตดึงไปใช้ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 5.10 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งกลับมาทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

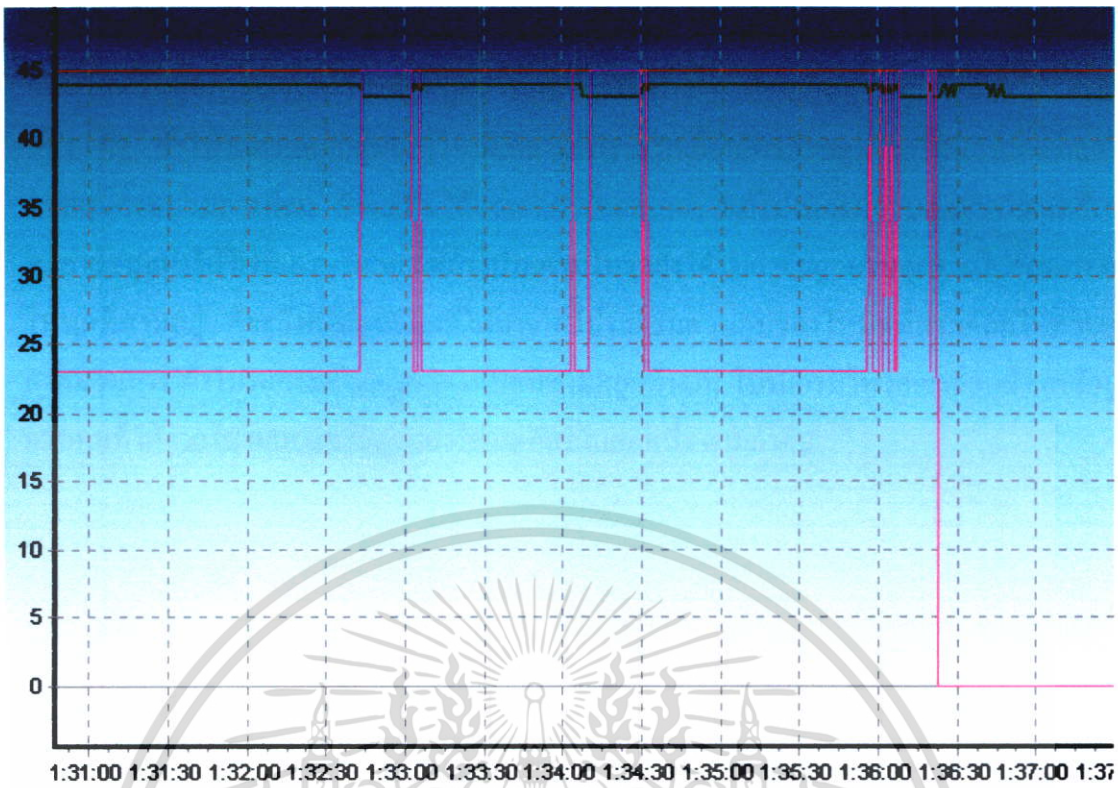
จากรูปที่ 5.10 เมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งกลับมาทำงานอีกครั้ง เส้นกราฟสีเหลืองซึ่งแสดงถึงสัญญาณควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งจะปรากฏค่าข้อมูลควบคุมให้เห็น แต่ก็ไม่มีผลใดๆกับกระบวนการเช่นเดิมเพราะ ตามเงื่อนไขการโหวตสัญญาณควบคุมที่ส่งให้เอาต์พุตยังคงเป็นการทำงานของโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สาม



รูปที่ 5.11 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองทำงานเพียงโหนดเดียว

จากรูปที่ 5.11 จะเห็นได้ว่าเมื่อโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามหยุดทำงาน โปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองจะส่งสัญญาณการควบคุมต่อไปที่เอาท์พุททันทีตามเงื่อนไขการโหวต และถึงแม้สัญญาณควบคุมจากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งจะหยุดทำงานไปด้วย กระบวนก็ยังคงทำงานต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 สัญญาณควบคุมเมื่อโปรแกรมควบคุมทุกโปรแกรมหยุดทำงาน

หลังจากที่โปรแกรมควบคุมของโหนดที่หนึ่งและโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สามหยุดทำงานไปแล้ว หากโปรแกรมควบคุมของโหนดที่สองหยุดทำงานไปด้วย จะทำให้โปรแกรมควบคุมทั้งสามโปรแกรมหยุดการทำงานพร้อมกัน ไม่มีโปรแกรมใดส่งข้อมูลควบคุมไปให้กับโปรแกรมโหวต ทำให้โปรแกรมโหวตไม่มีการส่งสัญญาณควบคุมออกไปที่เอาต์พุต เส้นกราฟสีชมพูจะตกลงมาที่ศูนย์ นั่นคือ ระบบควบคุมเกิดความล้มเหลวในการควบคุมกระบวนการ

อุปกรณ์ที่ให้ความร้อนกับกระบวนการนั้นเมื่อไม่มีสัญญาณควบคุมส่งมา ก็จะไม่ทำงานให้ความร้อนกับกระบวนการ ค่าอุณหภูมิของกระบวนการจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิแวดล้อม หากโปรแกรมควบคุมของโหนดใดโหนดหนึ่งยังไม่สามารถกลับมาทำงานได้ตามปกติ

5.4 สรุปผลการทดลอง

จากการผลทดลอง กระบวนการสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องแม้ว่าโปรแกรมควบคุมของโหนดใดโหนดหนึ่งจะหยุดการทำงานลงไป หรือหยุดการทำงานไปถึงสองโหนดก็ตาม หากยังมีโปรแกรมควบคุมของโหนดใดโหนดหนึ่งยังส่งค่าข้อมูลควบคุมให้กับโปรแกรมโหวตแล้ว โปรแกรมโหวตก็ยังสามารถที่จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมกระบวนการได้ตามการควบคุมของโปรแกรมที่มาจากโหนดดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมกระบวนการได้ ในการทดลองจึงใช้โปรแกรมควบคุมเป็นเสมือนตัวควบคุมแทน เมื่อเราทำสภาวะตัวควบคุมหยุดทำงาน ก็คือ การให้โปรแกรมควบคุมในพีแอลซีหยุดทำงานลง ไม่ใช่การที่พีแอลซีหยุดการทำงานไปจริงๆ

ในการพัฒนาต่อไป เพื่อให้การควบคุมระบบดียิ่งขึ้น คือต้องทำการแยกอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตที่ใช้ในการรับค่าอินพุตจากกระบวนการและส่งค่าเอาต์พุตไปควบคุมกระบวนการ ออกจากระบบเครือข่ายพีแอลซี จะทำให้การควบคุมสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น เพราะเมื่อพีแอลซีหยุดการทำงานลงจริงๆ สภาวะของอินพุต และการส่งสัญญาณไปควบคุมเอาต์พุต ยังคงมีส่งออกไปควบคุมกระบวนการอยู่ เพราะหน่วยอินพุตเอาต์พุตจะไม่ไปขึ้นอยู่กับระบบพีแอลซีในเครือข่ายนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Charles E. Ebeling "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering" International Edition. McGraw-Hill Companies,Inc. 1997.

[2] Wayne Johnson, "Increasing System Reliability" Control Microsystem Inc.

[3] Omron "C200Hx/C200HG/C200HE Programmable Controllers Operation Manual" Cat. No. W303-E1-1. June 1996

[4] Omron "Sysmac C-series/CVM1/Cv-series Analog I/O Units Operation Manual" Cat. No. W258-E1-1A. December 1995

[5] Omron "Sysmac C500-SNT31-V4/C200HS-SNT32 Sysmac Net Link Unit Operation Manual" Cat. No. W114-E1-7. August 1994.

[6] Omron "C200H-TC001 Temperature Control Unit Operation Manual" September 1996.

[7] สุพรรณ กุลพาณิชย์ "การใช้งานพีซีลิงค์" ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1 V. Tipsuwanporn, A. Sangrayub, T. Suesut, A. Numsomran, S. Gulphanich

A Development PLC Fiber-Optic Network for Redundant System.

2002 IEEE International Conference on Industrial Technology Proceedings

(IEEE ICIT'02)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IEEE ICIT' 02 *Vol. I*

http://www.ise.ait.ac.th/conferences/icit02.htm

11-14 December 2002, Shangri-La Hotel, Bangkok, Thailand

2002 IEEE International Conference on Industrial Technology Proceedings

BANGKOK

IEEE ics NSTDA MTEC Seagate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Development of PLC Fiber-optic Network for Redundant System

V. Tipsuwanporn, A. Sangrayub, T. Suesut, A. Numsomran, S. Gulphanich
Faculty of Engineering,
King Mongkuts Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.
Tel : (66-2)326-7347: ext.102, E-mail ktvittay@kmitl.ac.th

Abstract

This paper present the development of PLC local area network system through the fiber-optic cable for control high priority process by use three PLC make redundant system With three modules of controller and its high-speed communication thus we can consider failure tolerant system to control high priority process for more reliability prevent process down time and reduce maintenance time.

1.Introduction

The manufacturing have different process to produce products and have many kind of controller to control process automatically such as Programmable Logic Controller (PLC), Computer Numerical Control (CNC), Distribution Control System (DCS) which appropriate for different task. Programmable logic controllers are widely used to control because it easy to use and long time developed. Typically Programmable logic controller appropriate for discrete system but now its have been developed until can control continuous system with special I/O units and special instructions.

Many Programmable logic controller can connect together to be local area network by use communication physical protocol such as RS232C, Rs485, CAN Bus, Fieldsbus etc, through the twisted pair, coaxial or fiber-optic cable as the communication media for flexible manufacturing system. PLC network has more efficient than one PLC, it has some ability such as data exchange, redundant properties, back-up data etc. for more reliability system.

2.Redundant System

Redundant system has design for high reliability control to prevent failure in the system but it makes high cost too. Redundant has several types such as cold standby, hot standby, CPU-redundancy, full dual redundancy and fail tolerant system for more than two modules of controller. Each type has different it advantage and disadvantage which appropriate with different level of high priority process and mean time to shutdown of each process.

Cold standby system has one backup system that can switch from active system to standby system quickly when active system have some problem which make active system can't control process. This method can reduce time to change spare part to maintenance system because it has spare part installed and wait to operation when active system have problems. The cost of this method is double and plus the cost of switching device. It is appropriate for longer permission downtime process.

Hot standby system is use widely in industry. It looks like cold standby system but spare system is operation synchronize with active system and detect failure of active system. If active system failure, spare system will take over control process from active system automatically but the outputs of controllers need time to recover state. If recover time is more than permission downtime then process must be shutdown.

CPU redundancy method is links CPUs with high-speed bus and copy active CPU status to standby CPU over the bus when active CPU fails the standby CPU will use this information to resume operation.

Full dual redundancy has two systems of the CPU and I/O modules which operating at the same time but one output will send to control process by output switching.

Fail tolerant system use for some processes that can't have interrupt control because all components are active all time and the output is selected from output voter. The advantage of fail tolerant system is make uninterrupted control because all of controller are voting result of control data before send signal to control process therefore if one unit of controller fail, it has not affect to output signal.

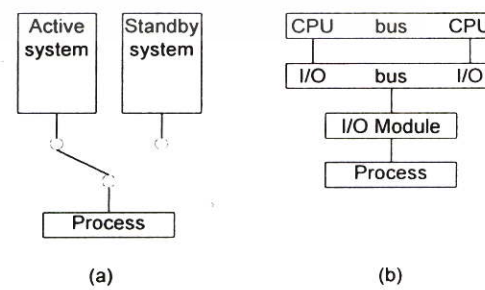


Figure 1: (a) cold redundancy (b) CPU redundancy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parallel system Reliability

The system consists two independent system connected in parallel shown as figure 2 .

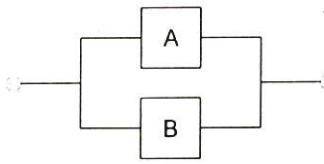


Figure 2: parallel system

For parallel system, if system A or system B can be work that means the system is success for control although other system is fail. The system reliability can be obtain by

$$R_p = 1 - Q_A \bullet Q_B$$

$$R_p = R_A + R_B - R_A \bullet R_B$$

From equation, if the number of parallel system increases that means reliability increase but when increase the number of parallel system, it will increase cost and more maintenance required.

LoopBack

Fiber-optic local area network has function loopback to prevent a failure on optical transmission paths. The loopback function automatically makes new communications paths at the time of any optical fiber cable are disconnected.

Normal loops of network as shown in figure 3 all node can communication normally.

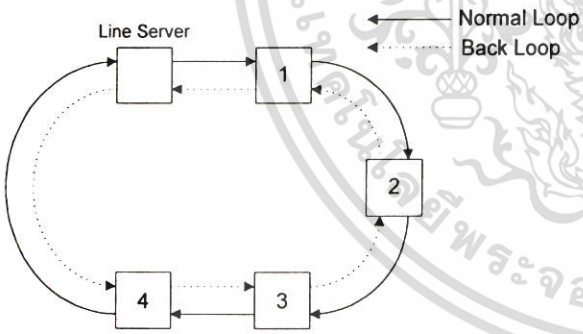


Figure3 Normal loop

When fiber optic path between node 3 and node 4 are disconnected. Node 3 is an upstream back-loop node and node 4 is downstream back-loop node. The condition of the other nodes is operating normal. If have two broken wire are disconnected then the node between two broken wire are disconnected from network but the other nodes still normal.

Loopback function of fiber optic network gives more reliability than normal network cause if communication paths are disconnected the other paths in network don't have affect.

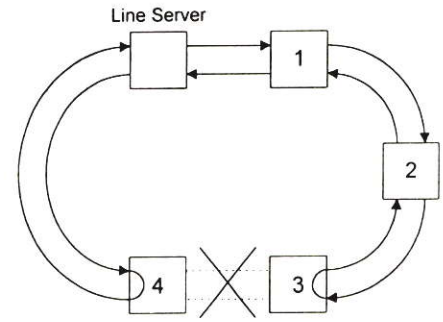


Figure5 Back loop

3.System Design

The system design has two main part are hardware and software. This paper we choose three PLCs for experimental system. Figure 5 has shown as system diagram

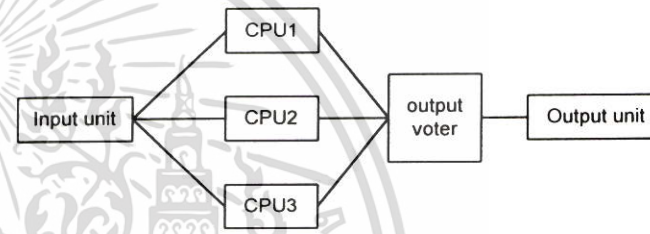


Figure 5: system diagram

As shown in Figure5. System diagram has three CPU modules of fiber-optic PLC network. All CPU can exchange data together and communicate to host computer with high-speed rate. Therefore data from three CPU can transmit to host computer and host computer decision to send data to output unit for control high priority process. If one CPU unit has fail then other CPU still operates and sends output data to output voter for generate output signal to control process continuously.

High priority process

High priority process means the important process that can't stop or controller can't control it. If this process stop it will take many problems in production line and has affect to other process. This even must be lost a lot of cost and time to maintenance. Redundant system is the good way to solve this problem because it has more than one controller to control process.

Controller

We choose three PLCs for control one high priority process. Each PLC has special function to control process such as PID control. Typically PLC has designed for discrete system but present PLC has more efficient, it can control continuous system by their special instruction and special I/O units. For continuous system, PLCs are operate based on digital, when need to control process which must use analog system therefore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLC must have special I/O unit to convert analog signal to digital signal for input unit and convert digital signal to analog signal for output unit. Input unit takes analog signal form process to PLC called Analog-to-Digital unit and output unit takes digital signal from PLC to process called Digital-to-Analog unit. When PLC receive data from process via input unit, special instructions are used to processing data followed program and generate output data to output unit for send output signal from output unit to control process.

Each PLC has link area for transfer data together. It can write data on specific area. Other PLC can read that data automatically therefore if we use this link area, we can copy current state to other PLC in network for transfer information of active PLC and if active PLC failure standby PLC has take over control process from active PLC.

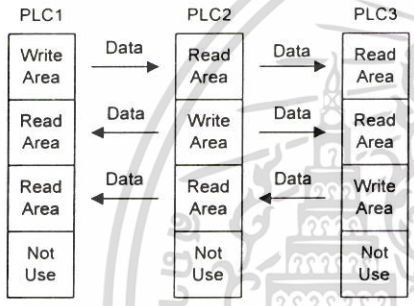


Figure 6: Link area

Host Computer

Host computer is central management of system. All software such as PLCs programming, data management etc. does run on this host computer. Host computer has network card to communicate with three PLCs for exchange data, network card is operate same PLC. It has memory same PLC therefore host computer with this network card can help to transfer data from PLC to other PLC easily with high speed fiber-optic network and has individual protocol to exchange data between host computer and three PLCs.

4.Experimental process

For experimental process we choose temperature process control. Figure 7 shown temperature process is controlled by fiber optic PLCs network.

There are three PLCs connect together with fiber-optic local area network and PLC1 have analog input connect to sensor element (RTD) to detect temperature in heat chamber and analog output connect to heater for control heater to give temperature with heat chamber. This temperature process has controlled by PID function in each PLC, which have same program for control temperature process. Three PLCs are receive same input signal data from link area and take this data to processing in PID block function at the same time and generate output data of each PLC and send output data to voter. When voter receive three output data from each PLC, voter will send one appropriate data to analog output unit to convert output data be output signal and send to control heater.

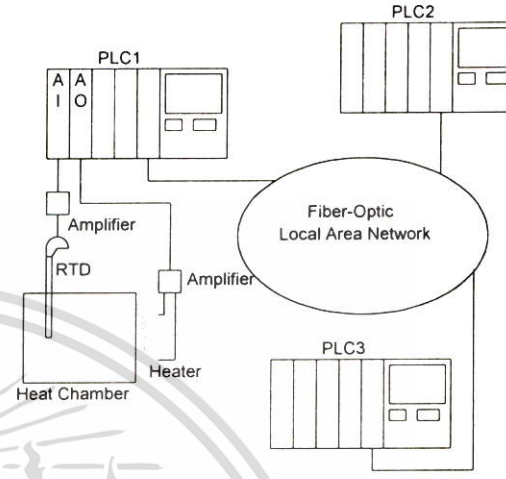


Figure 7: Experimental system

When sensing element detect temperature in heather chamber, it send a little signal to amplifier and amplifier does amplify signal to standard signal (4-20mA) and send signal to analog input unit. Analog input unit is 12bit-resolution converts 4-20mA signal to 0-4000 data input for PID function, in the other word, analog output unit is 12bit-resolution convert 0-4000 data from voter to 4-20mA signal and send to amplifier to expand signal for control heater.

5.Experimental Result

In experimental method, assume CPU of PLC1 has fail by stop PID function in program of PLC1 and observe output signal, in the other word, assume PLC2 and PLC3 has fail by stop PLD function in program of each PLC and observe output signal

The output signal to control heater is not interrupted although one of three CPU has fail.

6.Conclusion

In this paper, the experimental of three PLCs control temperature process via fiber-optic local area network with redundancy system can control temperature process continuously although CPU of PLC1 has fail, other CPU in network still control process. This means temperature process has long permission down time therefore output signal can recover respond on range of permission down time of temperature process. If other process has shorter permission down time than temperature process, we may consider other method to improve redundant system for control that process.

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REFFENCES

[1]Roy Billinton and Ronald N. Allan, "Reliability Evaluation of Engineering Systems" PLENUM PRESS Newyork,1992
[2]Wayne Johnston, "A Survey of Redundant Control Methods" CONTROL MICROSYSTEM INC.
[3]Louis P. Bolduc, "Redundancy Management System" IEEE AESS Sstems Magazine, May 2001
[4]Michael A. Martin and Robert R. Buell, "Pinelines, Programmable Logic Controllers, and Safety" IEEE, 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายอัษฎายุทธ แสงระยับ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พศ.2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้