

การพัฒนาของระบบ SCADA สำหรับอุตสาหกรรมผลิตเมล็ดกาแฟ

THE DEVELOPMENT OF SCADA SYSTEM FOR
COFFEE BEAN INDUSTRY

พรเทพ รัตนกำพล

PORNTEP RATTANAKUMPON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-15-1210-4

การพัฒนาของระบบ SCADA สำหรับอุตสาหกรรมผลิตเมล็ดกาแฟ

THE DEVELOPMENT OF SCADA SYSTEM FOR
COFFEE BEAN INDUSTRY

พรเทพ รัตนกำพล

PORNTEP RATTANAKUMPON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2547

ISBN 974-15-1210-4

THE DEVELOPMENT OF SCADA SYSTEM FOR
COFFEE BEAN INDUSTRY

PORNTEP RATTANAKUMPON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

ISBN 974-15-1210-4

COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาของระบบ SCADA สำหรับอุตสาหกรรมผลิตเม็ด กาแฟ
นักศึกษา	นายพรเทพ รัตนกำพล
รหัสนักศึกษา	43061031
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ประภาษ ไพรสุวรรณนา

บทคัดย่อ

ในบทความนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษา และการพัฒนาของระบบอำนวยความสะดวกและการเข้าถึงข้อมูล (SCADA) สำหรับการตรวจสอบเหตุของการเกิดความผิดพลาด, ความคลาดเคลื่อนของตัวแปร, พืชซีเนส และความไม่แน่นอนของระบบควบคุม โดยระบบควบคุมส่วนมากจะเป็นการมอนิเตอร์และการเปิดเปิดอุปกรณ์เท่านั้น เราจึงนำเสนอการจำลองระบบสกาตาโดยใช้ตัวควบคุมพืชซีที่สามารถควบคุมพารามิเตอร์ PID (Proportional Integral Derivative) ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่อง Personal Computer (PC) นำข้อมูลจากพีแอลซี (โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์) แต่ละค่ามาวิเคราะห์ร่วมกันทางตรรกะ โดยทดลองนำวิธีการที่เสนอนี้ ไปใช้ในโรงงานทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ โดยการใช้ตัวควบคุมพืชซีไปประยุกต์ควบคุมความเร็วชุดอินเวอร์เตอร์ของเครื่องคัดขนาดเมล็ดกาแฟ จากการทดลองวิธีที่ใช้พืชซีควบคุมนี้ให้ผลการควบคุมที่ดีกว่า ยิ่งไปกว่านั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพ และ ความเที่ยงตรงของระบบควบคุมพีแอลซีที่ไม่มีไมโครพืชซีลอจิก และสามารถนำต้นแบบระบบสกาตาไปประยุกต์ในงานอุตสาหกรรมและโรงงานควบคุมอัตโนมัติต่อไป

Thesis Title	The Development of SCADA System for Coffee Bean Industry
Student	Mr.Porntep Rattanakumpon
Student ID.	43061031
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2004
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Parpas Prisuwanna

ABSTRACT

This paper concerned with the study and development of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system for monitoring fault diagnosis, parameter error, fuzziness, and uncertainty of control system. At present, the SCADA system provides only the procedure of monitoring and on – off device. Therefore, we introduce the method that SCADA system with fuzzy logic module. This new method can optimize PID (Proportional Integral Derivative) parameters using Personal computer to logically analyze data from PLC (Programmable Logic Controller). We bring this method to apply to The KHAO SHONG INDUSTRY plant .We used fuzzy logic for calculate control parameter take control on the machine. The result of this experiment, Fuzzy module is more controllable, efficient, and precise than non-fuzzy module. Eventually, we can apply this method with industrial and factory automation.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ประภาฯ ไพรสวรรณา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำวิธีแนะช่วยแก้ไขปัญหาดลลจนให้ควมรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าและขอขอบคุณบริษัท ออมรอนอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้คำปรึกษาแก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณ บริษัทไฟฟ้า ต.ธีรภค ที่ให้ข้าพเจ้าใช้อุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณทุกท่านที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สำหรับคุณงามความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดา-มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครุอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณเกศินี จันทวงศ์วิไล ที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจข้าพเจ้าตลอดการทำวิทยานิพนธ์

พรเทพ รัตนกำพล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่1บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่2สกาตา.....	4
2.1ระบบสกาตา.....	4
2.1.1หน้าที่ของระบบสกาตา.....	6
2.2 โครงข่ายและการสื่อสารของระบบสกาตา.....	7
2.2.1 พื้นฐานโปรโตคอล.....	8
2.2.2 การสื่อสารแบบEthernet.....	9
2.2.2.1 IP Address Configuration.....	9
2.2.2.2 Subnet Masks.....	10
2.2.2.3 ลักษณะการต่อโหนดของระบบEthernet.....	10
2.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์สกาตา.....	12
2.3.1 ซอฟต์แวร์ I/O driver.....	12
2.3.2 ซอฟต์แวร์ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล.....	12
2.3.3 ซอฟต์แวร์กำหนดฐานข้อมูลหรือ Database Configuration.....	12
2.3.4 ซอฟต์แวร์สร้างภาพ.....	12
2.3.5 ซอฟต์แวร์แสดงผล.....	13

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 การส่งข้อมูลทาง Web Server และ Mobile phone.....	14
บทที่ 3 ทฤษฎีตัวควบคุมฟัซซี.....	15
3.1 คลิซเซต(Crips Set).....	15
3.1.1 การเป็นสมาชิกของเซต.....	15
3.1.2 การเป็นสับเซต.....	15
3.1.3 การเท่ากันของเซต	15
3.1.4 การไม่เท่ากันของเซต.....	15
3.1.5 การเป็นสับเซตแท้.....	16
3.2 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set).....	16
3.2.1 การเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต.....	16
3.2.2 นิยามที่ฟัซซีขยายมาจากคลิซเซต.....	17
3.3 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic).....	18
3.4 การประยุกต์ใช้งานฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic Application).....	19
3.5 กฎการวินิจฉัย (Inference).....	19
3.6 วิธีการ Defuzzifier.....	21
3.6.1 เทคนิค Maximizer.....	21
3.6.2 ทฤษฎีค่าน้ำหนักเฉลี่ย.....	21
3.6.3 กรรมวิธีค่าศูนย์กลาง.....	21
3.6.4 กรรมวิธีชิงเกลตัน.....	22
3.7 หลักการหา Fuzzy Control Rule.....	23
3.7.1 ความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ.....	23
3.7.2 จากการจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม.....	23
3.7.3 จากการจำลองกระบวนการ.....	24
3.8 การนำระบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกมาใช้ควบคุมกระบวนการ.....	24
บทที่ 4 ทฤษฎีคอมพิวเตอร์และพีแอลซี.....	26
4.1 ระบบพื้นฐานของคอมพิวเตอร์.....	26
4.2 การสื่อสารข้อมูล	27

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบขนานและอนุกรม	27
4.3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับและฟังก์ชันพีไอดีในตัวพีแอลซี	30
4.4 การวางแผนและออกแบบระบบ PLC	31
4.5 แนะนำฟังก์ชันตัวควบคุมพีไอดีในพีแอลซีออสมรอน	37
4.6 สาเหตุที่ต้องใช้ Visual Basic	38
บทที่ 5 การดำเนินการวิจัยและผลการทดสอบ	39
5.1 การส่ง Alarm ข้อความออกทางโทรศัพท์ระบบ GSM	41
5.2 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมสกาตา โดยการใช้ตัวควบคุมพีซี	42
5.3 กระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแพที่โรงงานเขาช่อง 1979	43
5.4 การใช้ระบบอัจฉริยะเชื่อมร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ	50
5.5 การคำนวณไซเคิลไทม์	57
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน	65
6.1 ข้อดีของระบบสกาตาดันแบบ	65
6.2 ข้อเสียของระบบสกาตาดันแบบ	66
6.3 ข้อดีของตัวควบคุมพีซี	66
6.4 ข้อเสียของตัวควบคุมพีซี	66
คำย่อ	67
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก ก	70
ภาคผนวก ข	76
ภาคผนวก ค	103
ภาคผนวก ง	109
ภาคผนวก จ	130
ประวัติผู้เขียน	133

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงจำนวนของ Host แต่ละระดับของอินเทอร์เน็ต.....	10
2.2 ค่ามาสก์โครงข่ายแต่ละระดับของอินเทอร์เน็ต.....	10
5.1 แสดงการทำงานของกระบอกลมและมอเตอร์ของถังเก็บเมล็ดกาแฟ ที่ทำความสะอาด แล้ว.....	47
5.2 แสดงการหน้าที่ของบิตภายในของพีแอลซี.....	53
5.3 แสดงเงื่อนไขที่เกิดขึ้นในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์.....	54
5.4 แสดงเงื่อนไขที่เปลี่ยนชื่อตัวแปร.....	55
5.5 แสดงค่าเวลาที่ค่าบอร์คเรทต่างๆ.....	60
5.6 แสดงระยะทางระหว่างมาสเตอร์กับตู้โหนด.....	62
5.7 แสดงค่าเวลาตอบสนองระหว่างมาสเตอร์กับตู้โหนด.....	62
5.8 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีชซีในการควบคุมเครื่อง กาวิดี โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์.....	63
5.9 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีชซีในการควบคุมเครื่อง กาวิดี โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์.....	63
5.10 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีชซีในการควบคุมเครื่อง กาวิดี โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์.....	63
5.11 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีชซีในการควบคุมเครื่อง กาวิดี โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์.....	63
5.12 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีชซีในการควบคุมเครื่อง กาวิดี โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์.....	64

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเชื่อมต่อแบบพื้นฐานในระบบ SCADA โดยมีการเชื่อมต่อแบบ Ethernet.....	5
2.2 แสดงโปรแกรมของแล็บVIEW เป็น GUI.....	5
2.3 แสดงรูปกระบวนการ GUI ของสกาดาของซอฟต์แวร์ CITECH.....	6
2.4 แสดงรูปกระบวนการควบคุม CX-Supervisor.....	7
2.5 แบบเชื่อมต่อโยงโครงข่ายระบบสกาดา.....	8
2.6 แสดงโปรโตคอลของพีแอลซีในการรับ-ส่งข้อมูลของพีแอลซีเชื่อมรอนกับคอมพิวเตอร์.....	8
2.7 ลักษณะของ IP Address แต่ละระดับโครงข่าย.....	9
2.8 แสดงโครงข่ายคุณสมบัติ Ethernet แบบ 10 Base-5.....	11
2.9 แสดงโครงข่ายคุณสมบัติ Ethernet แบบ 10 Base-T.....	11
2.10 แสดงโครงสร้างทั่วไปของระบบสกาดา.....	13
2.11 แสดงไดอะแกรมการรับ-ส่งข้อมูลผ่านทาง Web Server และ Mobile phone	14
3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต และเอาต์พุตพีซี.....	20
3.2 (ก)แสดงไดอะแกรมกระบวนการของระบบพีซี.....	22
3.2 (ข)แสดงไดอะแกรมกระบวนการของระบบพีซี.....	23
3.3 กราฟแสดงความเป็นสมาชิกของพีซี.....	25
4.1ระบบพื้นฐานของคอมพิวเตอร์.....	26
4.2การส่งแบบซิงโครนัส.....	28
4.3การส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส 8 บิต.....	28
4.4การส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส ควบคุมการไหลข้อมูลพร้อมบิตสตาร์ทและสต็อป.....	29
4.5ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ.....	30
4.6การจัดรูปแบบของระบบ PLC.....	33
5.1เป็นตัวอย่าง Ladder ที่ใช้ในตัวพีแอลซี.....	39
5.2รูปแสดงการต่อระบบควบคุมกระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ.....	40
5.3แสดงหน้าจอควบคุมสกาดาที่ใช้ในโรงงานเขาช่อง.....	41
5.4แสดงไดอะแกรมการส่งข้อความ Alarm ทางระบบ GSM.....	41
5.5โครงสร้างของระบบสกาดาที่มีการใช้ Artificial Intelligence Technique.....	42
5.6(ก) แผนผังแสดงการทำงานของโรงงานกาแฟ.....	44
5.6(ข) แผนผังแสดงการทำงานของโรงงานกาแฟ.....	45
5.7แสดงแผนผังส่วนลำเลียงของเข้าถังพักและส่วนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ.....	48

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8แสดงแผนผังส่วนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ.....	49
5.9การกำหนดคุณสมบัติ ETN ใน FINS.....	51
5.10แสดงโปรแกรม FINS Network Tester.....	51
5.11แสดงไดอะแกรมการควบคุมด้วยพีซีโมดูล.....	54
5.12แสดงการตั้งค่าพีซีอื่นพุทของระดับของเมล็ดกาแฟ.....	56
5.13แสดงการตั้งค่าพีซีอื่นพุทของผลต่างเวลา.....	57
5.14แสดงการตั้งค่าพีซีเอาท์พุทของความเร็วอินเวอร์เตอร์.....	57
5.15แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Host Computer กับ Device Net Unit.....	58
ค1.แสดงหน้าตู้ควบคุม MIMIC	103
ค2.แสดงหน้าตู้ควบคุม MIMIC	103
ค3.แสดงการจัดวางชุดพีแอลซีภายในตู้ควบคุม.....	104
ค4.แสดงการจัดวางชุดพีแอลซีที่ควบคุมเครื่องชั่งน้ำหนักภายในตู้ควบคุม.....	104
ค5.แสดงลักษณะของเครื่องขัดแยกหินและกรวด.....	105
ค6.แสดงลักษณะของเครื่องคัดขนาดเมล็ดกาแฟ.....	105
ค7.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงก่อนทำความสะอาด.....	106
ค8.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงเข้าทำความสะอาด.....	106
ค9.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงเข้าถึงพักก่อนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ.....	107
ค10.แสดงลักษณะของถังพักเล็กของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ.....	107
ค11.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงเข้าถึงพักเมล็ดกาแฟสะอาด.....	108

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 ระบบสกาตาที่มีขายในประเทศไทยมีความซับซ้อนทางการใช้งานโปรแกรม ยากที่จะใช้งานหรือต้องใช้เวลาในการเรียนรู้มาก

1.1.2 การใช้งานสกาตา ถ้ามีการใช้งานต้องการแบบไม่จำกัดอินพุท-เอาต์พุทจะมีราคาแพงมาก

1.1.3 การใช้งานโปรแกรมสกาตาในโหมดภาษาจะมีความยืดหยุ่นน้อย

1.1.4 เมื่อทำการต่อใช้งานกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีความซับซ้อนในการควบคุมต้องอาศัยความฉลาดของอุปกรณ์ตัวนั้นๆ เอง ทำให้มีขีดจำกัดด้านการประมวลผลของอุปกรณ์และความซับซ้อนในการควบคุม

1.1.5 ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปัญหาทางการผลิตโดยการทำงานยังอาศัยคนเป็นผู้ควบคุมและยังขาดความชำนาญงาน

1.1.6 6. โรงงานในประเทศไทยต้องการโปรแกรมสกาตาในการพัฒนาระบบและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบของโรงงาน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ต้องการศึกษาการใช้งานและลักษณะการทำงานของซอฟต์แวร์สกาตาที่นิยมใช้ในประเทศไทยในวิทยานิพนธ์จะกล่าวถึงCITECH V5.4.1, CX-SUPERVISOR V.1.00 และ LABVIEW V.6.01

1.2.2 สามารถนำรูปแบบที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมประยุกต์ทางภาษา เพื่อสร้างระบบจำลองสกาตาทดสอบกับพีแอลซี Omron

1.2.3 ศึกษาซอฟต์แวร์โปรโตคอลของพีแอลซี Omron เพื่อใช้ในการเขียนโปรโตคอลสั่งงานเบื้องต้นระหว่างพีแอลซี กับเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2.4 ได้มีการทดสอบเขียนโปรแกรมสกาตาควบคุมกระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟสด สามารถทำงานควบคุมโดยการต่อควบคุมกับพีแอลซีของบริษัท Omron ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและผู้ใช้งานสามารถประยุกต์หรือเปลี่ยนแปลงโปรแกรมได้ง่าย ซึ่งไม่มีการจำกัดอินพุทและเอาต์พุทด้านการใช้งานจึงสามารถขยายงานได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม เมื่อผู้ดำเนินการผลิตปรับความเร็วของการส่งเมล็ดกาแฟต้องการให้เครื่องจักรรับรู้เองในการรักษาระดับเมล็ดกาแฟให้อยู่ในระดับเดิมโดยไม่ต้องหยุดเครื่องรอ

1.2.5 ทำการศึกษาการโอนถ่ายข้อมูลจากระบบ PLC ผ่านเข้าระบบมือถือในระบบ GSM

1.3 สมมติฐานการศึกษา

ระบบเครื่องจักรโดยมากในอุตสาหกรรมได้มีการใช้พีแอลซีเป็นส่วนมากเพื่อมาช่วยเหลือการทำงานและลดความซับซ้อนด้านการเดินสายไฟพีแอลซียังมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน แต่จะถูกจำกัดด้วยขนาดหน่วยความจำและฟังก์ชันก็ในการช่วยทำงานทางการควบคุม ในพีแอลซีขนาดกลางและขนาดเล็ก ระบบสกาดาค้างมีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูลและอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งานหรือผู้ดำเนินงานทำงานได้ง่ายเพราะว่าจะมีรูปภาพแสดงการทำงานเหมือนจริง แต่การทำงานของซอฟต์แวร์ยังมีการถูกป้องกันและจำกัดทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของอุปกรณ์ ทางผู้เขียนจึงได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกในการทำงานควบคุมพีแอลซีและเขียนโปรแกรมทาง Web Server เพื่ออำนวยความสะดวกการดึงข้อมูลส่งผ่านทางมือถือโดยไม่ต้องใช้ GSM โมเด็ม ทำให้ใช้งานสะดวกและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากโครงสร้างทางซอฟต์แวร์สกาดายังขาดความยืดหยุ่นและตัวช่วยประมวลผล ทางผู้เขียนจึงได้พัฒนาโดยการใช้เทคนิค Artificial Intelligence หรือเทคนิคประมวลผลที่ชาญฉลาดมาช่วยในการพัฒนาโปรแกรมสกาดา โดยนำเอาตัวควบคุมแบบพีซีที่ช่วยควบคุมกระบวนการทำความสะอาดให้มีเสถียรภาพมากขึ้น แล้วมีการเขียนโปรโตคอลในการติดต่อสื่อสารกับพีแอลซีของ Omron โดยใช้โปรแกรม FINs เชื่อมต่อแบบระบบ Ethernet TCP/IP มีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลสูงถึง 10 Mb/s และได้พัฒนาโปรแกรมให้มี ประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยเขียนโปรแกรม Web Server เชื่อมต่อกับโปรแกรมวิซวลเบสิกให้ส่งข้อมูลเข้ามือถือผ่านโครงข่าย GSM โดยส่งแบบ GPRS

1.5 ขอบเขตการวิจัย

สำหรับการวิจัยนี้ ได้นำเสนอการเขียนโปรแกรมประยุกต์จำลองต้นแบบสกาดาที่สามารถควบคุมแบบปิด-เปิด โดยอ้างอิงกับกระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ ซึ่งสามารถใช้ในงานควบคุม และเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเชื่อมต่อกับพีแอลซีของ Omron และทำงานแบบไม่จำกัดจำนวนอินพุตและเอาต์พุต สามารถยืดหยุ่นการใช้งานได้ดีในกรณีที่มีการขยายงานการผลิต ข้อมูลทางการเก็บค่าต่างๆแบบ Ethernet TCP/IP โปรโตคอลทำการส่งข้อมูล Alarm ผ่านทาง Web Server เข้าสู่มือถือระบบ GSM โดยพัฒนาจากโปรแกรม PHP และได้ทำการเขียนตัวควบคุมพีซีในการคำนวณตัวพารามิเตอร์ในการควบคุมความเร็วของเครื่องจักร

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

- 1.6.1 การศึกษาโครงสร้างและหลักการของระบบสกาดาหลายบริษัท
- 1.6.2 ทดลองใช้งานระบบสกาดาที่เป็นเวอร์ชันทดลองต่อกับพีแอลซี
- 1.6.3 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมประยุกต์วิซวลเบสิก
- 1.6.4 ศึกษาการใช้งาน FINs GATEWAY ของบริษัท Omron
- 1.6.5 ศึกษาการใช้งาน FINs ร่วมกับพีแอลซี Omron แบบ Ethernet network
- 1.6.6 ทำการเขียนโปรแกรมสกาดาจำลอง ต่อกับพีแอลซี Omron
- 1.6.7 ทำการเขียนโปรแกรมสกาดาของงานทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ
- 1.6.8 ทำการศึกษาโปรแกรมประยุกต์ PHP
- 1.6.9 ทำการเขียนโปรแกรม ส่งข้อความเข้ามือถือระบบ GSM
- 1.6.10 นำมาร่วมกับโปรแกรมสกาดาเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ
- 1.6.11 ศึกษาการทำงานของเทคนิค Artificial Intelligence โดยใช้ตัวควบคุมพีซีมาช่วยในการหาค่าที่เหมาะสม
- 1.6.12 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 2

สกาดา

2.1 ระบบสกาดา

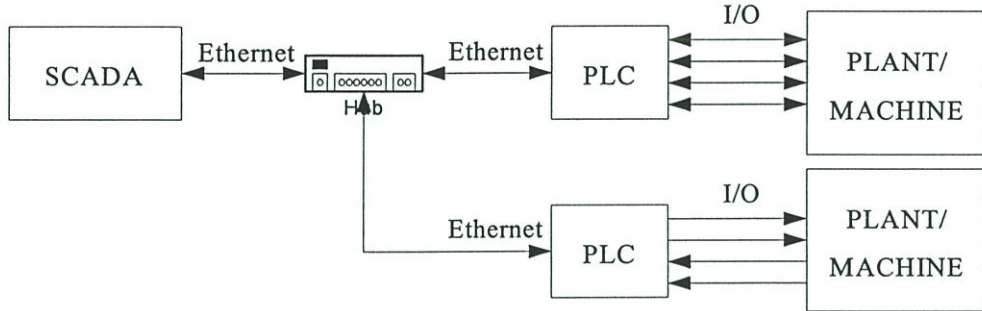
ในปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น ตั้งแต่ในวงการธุรกิจอุตสาหกรรม จนถึงงานในครัวเรือน หรือระบบควบคุมเครื่องจักรแบบเครื่องเดียว การนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งาน ทำให้ผลของการดำเนินงานต่างๆเปลี่ยนแปลงไปในทาง ดีขึ้น มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การดำเนินธุรกิจทุกประเภทโดยใช้คอมพิวเตอร์ ทำให้ได้ผลการผลิตดีขึ้นและมีความผิดพลาดน้อยลง รวมถึงสามารถควบคุมการทำงานในระยะไกลได้ โดยใช้ผู้ปฏิบัติการควบคุมน้อย การควบคุมระบบต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานควบคุมระบบได้ โดยการทำงานยังคงมีประสิทธิภาพ เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถแสดงผลสัญญาณจากตัววัดที่อยู่ในรูปของไฟฟ้าหรือพลังงานอื่นๆ มาแปลงอยู่ในรูปของข้อมูลที่เป็นตัวเลข เช่น แสดงผลบนจอภาพเพื่อติดตามผล คำนวณสรุปผลรายงาน หรือ เก็บข้อมูลไว้เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ เป็นต้น ระบบดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า “ระบบสกาดา” (Supervisory Control and Data Acquisition System: SCADA) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาาระบบสกาดาในประเทศไทย ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้ในองค์กรขนาดใหญ่ เช่น โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม(PTT),การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,โรงงานบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

ระบบอำนวยความสะดวกและการเก็บรักษาข้อมูล มีความสำคัญมากกับระบบอุตสาหกรรมในประเทศไทย แต่มีราคาค่อนข้างสูง และถูกจำกัดด้วยเงื่อนไขทางการค้า ทำให้ซอฟต์แวร์ของแต่ละบริษัทไม่มีความยืดหยุ่น สามารถใช้ได้เฉพาะกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากบริษัทนั้นๆ ไม่มีการกำหนดให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน แม้จะมีการรวมกันของกลุ่มบริษัทผลิตซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่ เพื่อจัดทำซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้กับพีแอลซีจากหลายๆ บริษัทได้ แต่ก็มีราคาแพงมาก

ปลายศตวรรษที่ 19 Ethernet ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ไม่เว้นแม้แต่ระบบอุตสาหกรรม การนำ Ethernet มาใช้กับระบบสกาดา ทำให้เสถียรภาพและความยืดหยุ่นในการทำงานเพิ่มมากขึ้น และสามารถลดข้อจำกัดและปัญหาการควบคุมผ่านระยะทางไกลๆได้ อีกทั้งยังมีการพัฒนาฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล เช่นระบบ RS-422A, RS-485, Ethernet network เป็นต้น โดยจะทำให้การมอนิเตอร์ และการจัดเก็บข้อมูลมีความเป็นเวลาจริงมากขึ้น[12]

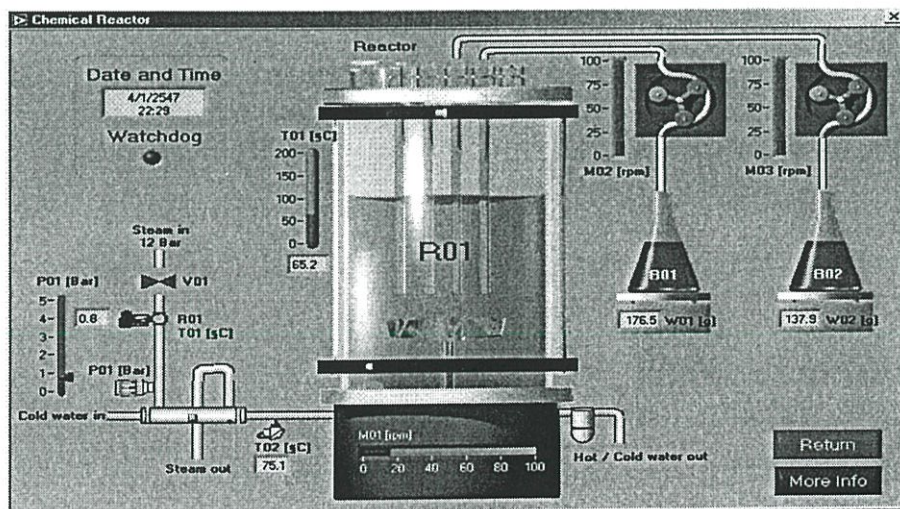
ต่อมาในระบบโรงงานอัตโนมัติที่ใช้งานโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมที่ทำการเชื่อมต่อกับตัวโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ นั่นคือ ระบบสกาดา ทำให้การควบคุมการทำงานในแบบเปิด-ปิด ทำได้ง่ายขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพในการ

ผลิตมากขึ้น เพราะซอฟต์แวร์สกาตาจะเขียนเป็นรูปแบบโรงงานจริงทำให้ง่ายต่อการควบคุมและยังสามารถควบคุมจากศูนย์กลาง ทำให้ใช้ผู้ปฏิบัติการควบคุมน้อยมากเมื่อเทียบกับการควบคุมที่ตัวเครื่องจักร โดยการทำงานแบบนี้เรียกว่า "Human Machine Interface: HMI" โดยแสดงดังรูปที่ 2.1



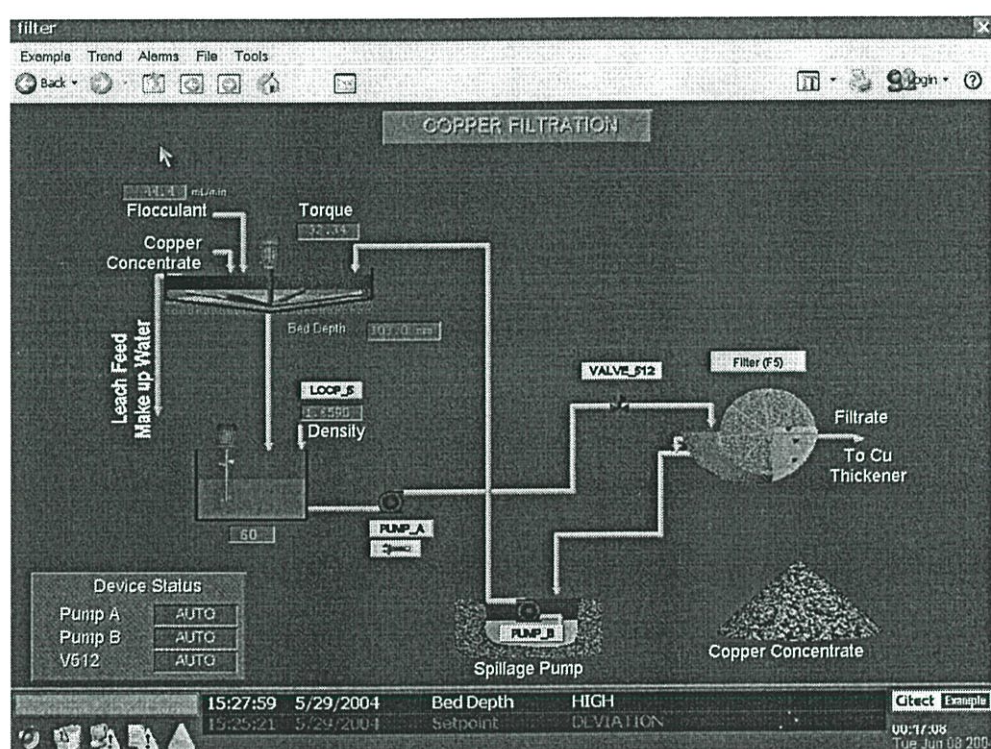
รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบพื้นฐานในระบบ SCADA โดยมีการเชื่อมต่อแบบ Ethernet

ในการพัฒนาระบบสกาตาของบริษัทพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่ได้มีการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์กลางชื่อ OPC Server โดยจะรวมซอฟต์แวร์โปรโตคอลของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์หลากหลายบริษัทหลากหลายรุ่น และมีอีกกลุ่มบริษัทหนึ่งได้พัฒนาการเขียนซอฟต์แวร์ทางกราฟฟิกที่เชื่อมต่อผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) ที่ทำให้คนควบคุมมองภาพในจอคอมพิวเตอร์ได้เหมือนกับโรงงานจริงมากที่สุด เช่น ซอฟต์แวร์แล็บวิว เป็นต้น โดยซอฟต์แวร์นี้จะมีฟังก์ชัน GUI ที่มีประสิทธิภาพ แต่ต้องใช้งานร่วมกับ OPC Server จึงทำการควบคุม แบบสกาตาได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงโปรแกรมของแล็บวิวเป็น GUI

ส่วนโปรแกรมที่เป็นระบบสกาตาก็มีหลายบริษัทได้พัฒนาขึ้น ที่สามารถควบคุมและเขียนภาพแสดงผลได้ในซอฟต์แวร์เดียวกัน แต่จะถูกจำกัดด้วยขนาดอินพุตและเอาต์พุตที่ใช้งาน และถูกจำกัดทางด้านราคาตามขนาดอินพุต-เอาต์พุตที่ถูกเลือกใช้เช่น ถ้าผู้ใช้งานเลือกแบบ Developer จะมีราคาสูงกว่าแบบ Runtime ในขนาดอินพุต-เอาต์พุตเท่ากันคือ ถ้าแบบ Developer ผู้ใช้สามารถมีการเปลี่ยนหรือแก้ไขปรับปรุงได้ทางด้านกราฟฟิกและการกำหนดค่าทางอินพุตและเอาต์พุต ถ้าเป็นแบบ Runtime ทางผู้ใช้งานจะถูกจำกัดทางด้านกราฟฟิก แต่จะแก้ไขทางอินพุตและเอาต์พุตได้ ทางผู้เขียนได้แสดงตัวอย่างซอฟต์แวร์ของบริษัท CITECH ในรูปที่ 2.3 และ CX-Supervisor ของบริษัท Omron ในรูปที่ 2.4

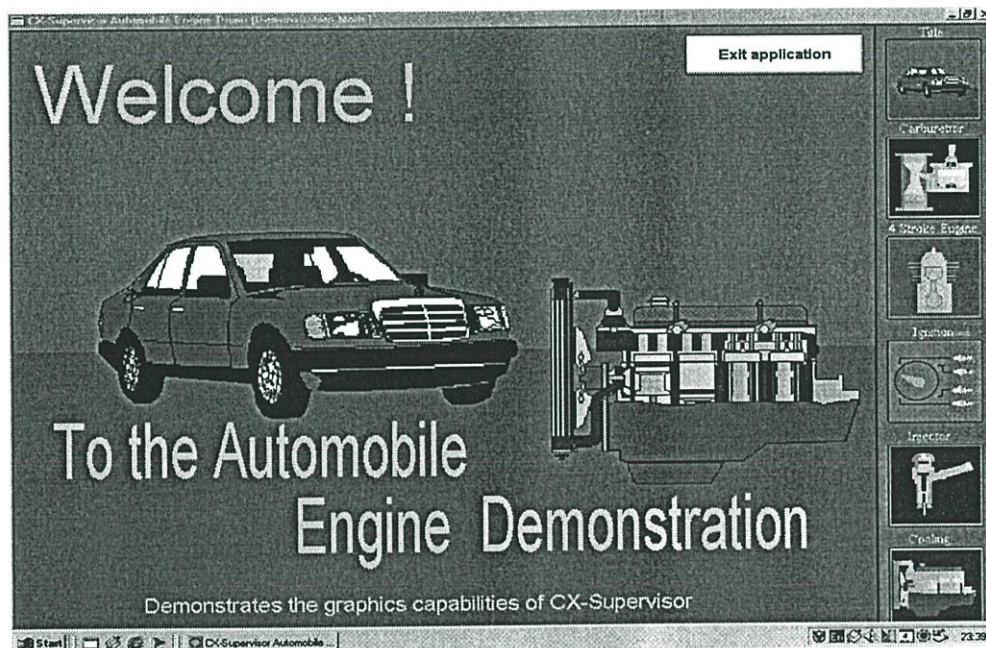


รูปที่ 2.3 แสดงรูปกระบวนการ GUI ของสกาตาของซอฟต์แวร์ CITECH

2.1.1 หน้าที่ของระบบสกาตา

1. มีสถาปัตยกรรมแบบ Client-Server
2. มีความสามารถในการเชื่อมต่อสูง และสามารถทำงานอิสระต่อกันได้
3. สามารถทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประยุกต์อื่นได้
4. สามารถทำงานเป็น Graphical HMI แบบเคลื่อนไหวได้
5. มีการเก็บค่าหรือทำงาน แบบอินดัสทรี SQL Server แบบ Real-time Relational Database

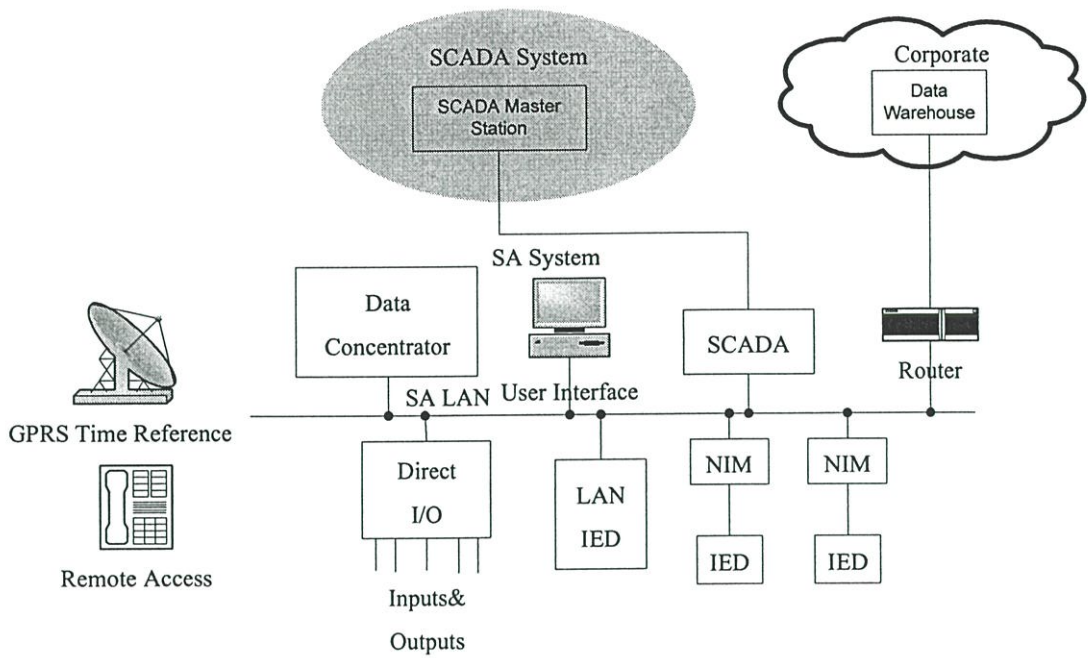
6. สามารถเชื่อมต่อกับ PLC ได้ และรองรับ Object Linking and Embedding COLE
7. มีความยืดหยุ่นในการพัฒนาโปรแกรมสูง
8. สามารถจัดรูปแบบกระบวนการได้ง่าย



รูปที่ 2.4 แสดงรูปกระบวนการควบคุม CX-Supervisor

2.2 โครงข่ายและการสื่อสารของระบบสกาดา

จุดเด่นของการบ่งชี้ถึงสมรรถภาพของระบบสกาดา อีกอย่างหนึ่งคือ การจัดการด้านการสื่อสารในโครงข่าย โดยส่วนมากจะสามารถเชื่อมต่อกับ Remote Terminal Unit (RTU) และ Programmable Logic controllers (PLCs) โดยจะขึ้นอยู่กับการสื่อสารของ PLC แต่ละบริษัทนั้นๆ และสามารถเชื่อมต่อกับ Intelligent electronic device (IEDs) สามารถแสดงรูปแบบการเชื่อมโยงโครงข่ายของระบบสกาดาดังในรูปที่ 2.5 [13]



รูปที่ 2.5 แบบการเชื่อมโยงโครงข่ายของระบบสกาตา

2.2.1 โปรโตคอล

โปรโตคอลการสื่อสารเป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว โดยอุปกรณ์ทั้งสองตัวต้องมีโปรโตคอลที่เหมือนกัน ถ้าอุปกรณ์ที่มีโปรโตคอลต่างกันจะสื่อสารกันไม่ได้ อุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น ควรมาจากบริษัทผู้ผลิตเดียวกันหรือไม่ควรจะมีมาตรฐานการสื่อสารเดียวกัน โดยทั่วไปมาตรฐานโปรโตคอลในอุตสาหกรรมจะมีความเร็วสูง และประสิทธิภาพสูงด้วย มีความเร็วในการส่งประมาณ 10 Mb/s หรือมีการแชร์ที่ 100 Mb/s ที่เรียกว่าระบบ Ethernet โดยการสื่อสารที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์โดยปกติจะใช้อยู่ที่ 1200-9600 b/s ถ้ามีระยะทางสั้นๆ สามารถขยายความเร็วได้ถึงประมาณ 56 kb/s ทั้งแบบมาตรฐานการสื่อสารแบบ RS-232, RS-422A และ RS-485 รูปที่ 2.6 จะเป็นตัวอย่างของโปรโตคอล SYSMAC WAYของบริษัท Omron Electronic

@	Unit no		R	R	Beginning word				No. of words				FCS	★	C
	1	0			3	2	1	0	3	2	1	0			R
	X10	X10			X10	X10	X10	X10	X10	X10	X10	X10			

@	Unit no		R	R	Response Code	Data From Beginning Word				Data From second Word				FCS	★	C
	1	0			1	3	2	1	0	3	2	1	0			R
	X10	X10			X10	X10	X10	X10	X10	X10	X10	X10	X10			

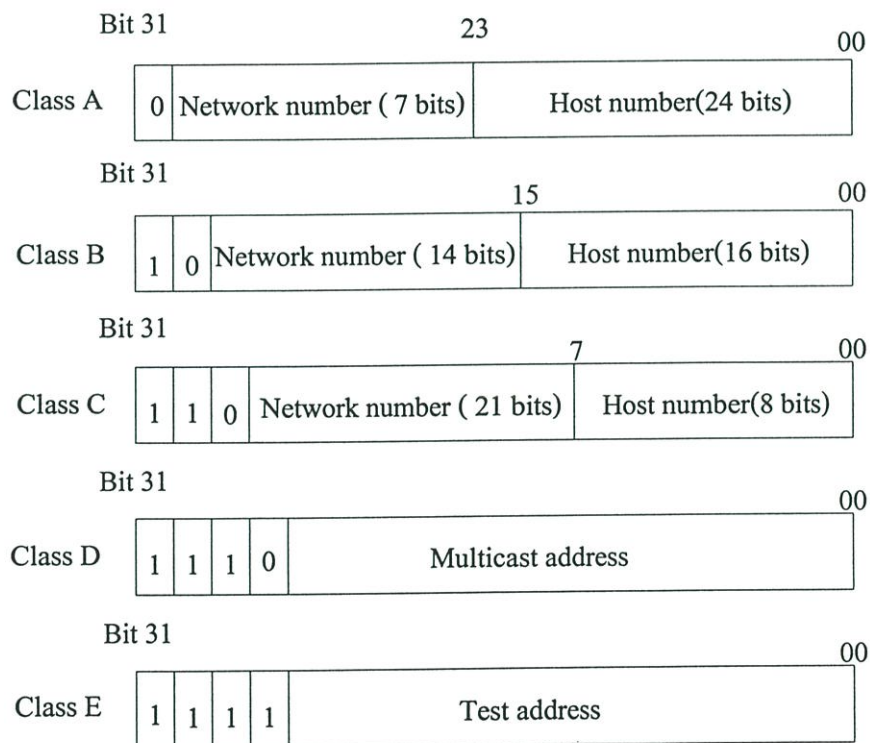
รูปที่ 2.6 แสดงโปรโตคอลของ PLC ในการรับ-ส่งข้อมูลของ PLC Omron กับคอมพิวเตอร์

2.2.2 การสื่อสารแบบ Ethernet

2.2.2.1 IP ADDRESS Configuration

การสื่อสารแบบ Ethernet ใช้โปรโตคอลทุกแบบ TCP/IP โดยผู้ใช้งานสามารถตั้งหมายเลข IP address สำหรับการสื่อสารตามความเหมาะสมของผู้ใช้งาน โดยตั้งหมายเลขที่ตัว Host Computer และที่ Ethernet Card แต่ละยูนิต ตามการใช้งาน[13]

ผู้เขียนจะอ้างอิงตามคุณสมบัติ Ethernet Units ของบริษัท Omron Electronic รุ่น CS1W-ETN01 โดยติดต่อกับ PLC รุ่น CS1 ซีรี่ส์ ค่า IP address มีขนาด 32 บิต โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาด 8 บิต และมีการแบ่งระดับโครงข่ายเป็น 5 ระดับ คือ A, B, C, D, E แต่ระดับโครงข่าย D และ E จะไม่มีการใช้โดยสามารถแสดงลักษณะของ IP address แต่ละระดับโครงข่าย ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะของ IP address แต่ละระดับโครงข่าย

จำนวนของโครงข่าย ในแต่ละระดับและความแตกต่างของจำนวนโหนดแต่ละระดับแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนของ Host แต่ละระดับของอินเทอร์เน็ต

ระดับ	จำนวนโครงข่าย	จำนวนของ Hosts
ระดับ A	ขนาดเล็ก	$2^{24} - 2^0$ max (16,777,214 max)
ระดับ B	ขนาดกลาง	$2^{16} - 2^0$ max (65,534 max)
ระดับ C	ขนาดใหญ่	$2^8 - 2^0$ max (254 max)

2.2.2.2 Subnet Masks

การดำเนินงานและการจัดการด้านระบบโครงข่าย เป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควร ถ้าภายในหนึ่งองค์กรมีหลายโครงข่าย จึงมีการตั้งหมายเลขย่อยใน IP address และหมายเลขของ Host ที่ติดตั้งเรียกว่า Subnet Mask เช่น ตัวอย่าง Subnet Mask ที่มีจำนวน 8 บิต ใช้ใน IP address ระดับ B มีค่าตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่ามาสก์โครงข่ายของแต่ละระดับในระบบของอินเทอร์เน็ต

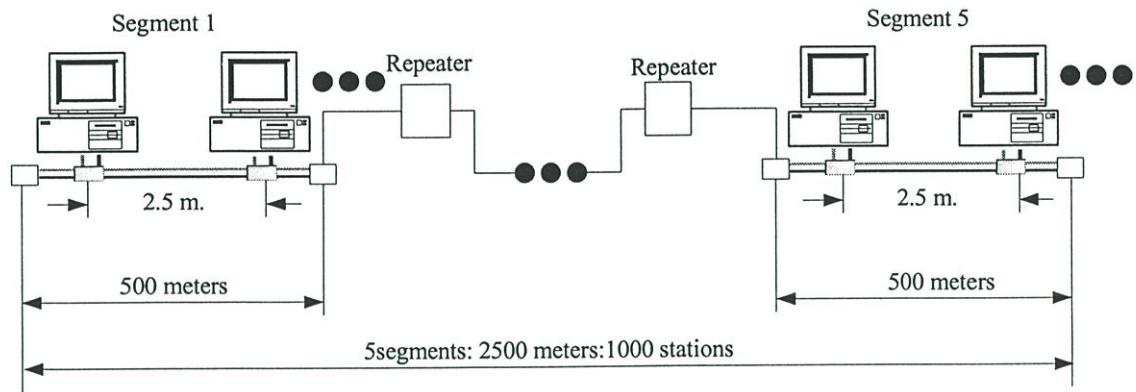
ระดับ	ค่ามาสก์โครงข่าย
A	255.000.000.000
B	255.255.000.000
C	255.255.255.000

2.2.2.3 ลักษณะการต่อโหนดของระบบ Ethernet

ในการต่อโหนดของระบบ Ethernet ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการต่อในแบบ 10 Base-5 และ 10 Base-T

2.2.2.3.1 10 Base-5 : Thick Ethernet

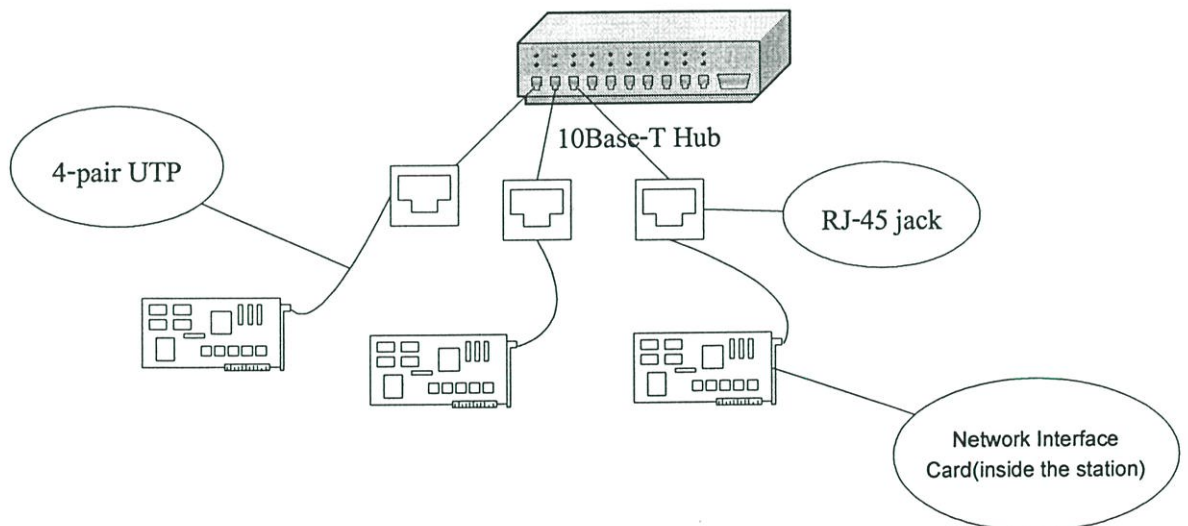
10 Base-5 เป็นโทโปโลยีของ Local Area Network ความยาวสายต่อที่ต่อสูงสุดระหว่างเซ็กเมนต์ได้ 500 เมตร และความยาวสายระหว่างโหนดสูงสุดได้ 2.5 เมตร ต่อได้สูงสุด 5 เซ็กเมนต์



รูปที่ 2.8 แสดงโครงข่ายคุณสมบัติ Ethernet แบบ 10 Base-5

2.2.2.3.2 10 Base-T: Twisted-Pair Ethernet

การต่อแบบนี้จะเป็นที่นิยมใช้กันมาก ในมาตรฐาน IEEE 802.3 โดยใช้สาย Unshielded twisted pair (UTP) รองรับความเร็วที่ 10 Mb/s และความยาวสูงสุดของสแตชัน (Station) ถึงฮับ (Hub) 100 เมตร แสดงการต่อดังรูปที่ 2.9 [14]



รูปที่ 2.9 แสดงโครงข่ายคุณสมบัติ Ethernet แบบ 10 Base-T

2.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์สกาตา

2.3.1 ซอฟต์แวร์ I/O driver

ทำหน้าที่ขอแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือ ติดต่อกับอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บไว้อยู่ในหน่วยความจำ เพื่อให้ซอฟต์แวร์อื่นนำเอาข้อมูลมาไว้ที่ หน่วยความจำเดียวกัน เพื่อให้ I/O driver นำไปส่งให้อุปกรณ์รับ-ส่ง สัญญาณ ในกรณีที่เป็นข้อมูล เอาต์พุต ซอฟต์แวร์ I/O driver มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดและยี่ห้อของอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ ซึ่งมีโปรโตคอลที่จะใช้แปลงสัญญาณต่างกัน

2.3.2 ซอฟต์แวร์ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการรับ-ส่งข้อมูล (SCAN) ตามที่ผู้ใช้กำหนด เนื่องจากซอฟต์แวร์ I/O driver ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณอย่างเดียวในอัตราการรับ-ส่ง ข้อมูลที่ไม่เป็นระเบียบ ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของซอฟต์แวร์ที่จะทำการควบคุมอัตราการรับ-ส่ง ข้อมูลให้เป็นระเบียบโดยการอ่านค่าที่ได้จาก I/O driver มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ใช้ได้กำหนดไว้ และนำค่าจากฐานข้อมูลไป Update ให้กับ I/O driver ขณะเดียวกันซอฟต์แวร์นี้ จะทำหน้าที่ ตรวจจับและส่งสัญญาณเตือนเมื่อข้อมูลไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเช่น สูงเกินไป (High Alarm) หรือต่ำเกินไป (Low Alarm) รวมทั้งสร้างสัญญาณเตือนในกรณีที่อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณขาดการ ติดต่อสื่อสารกับ PC

2.3.3 ซอฟต์แวร์กำหนดฐานข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ต้องการจากอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณนั้น จะต้องอ้างอิงถึงตำแหน่ง ของหน่วยความจำบนอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดตำแหน่ง อ้างอิงนั้นให้อยู่ในรูปของชื่อประจำตัว (TAG) ของข้อมูลแทนผู้ใช้ สามารถตั้งชื่อเป็นตัวย่อที่มีความหมายและ จดจำได้ง่าย นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดความต้องการในการใช้งานข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น กำหนดช่วงเวลาการ SCAN ของข้อมูลกำหนดให้ข้อมูลได้ผ่านการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ก่อน ไปใช้งานอย่างอื่น กำหนด Logic การใช้งานข้อมูลตามเงื่อนไขหรือ ตามเวลากำหนดให้มีการ ตรวจจับสัญญาณที่ระดับต่างๆ กำหนดการป้องกันการใช้ข้อมูลที่ระดับต่างๆ เป็นต้น

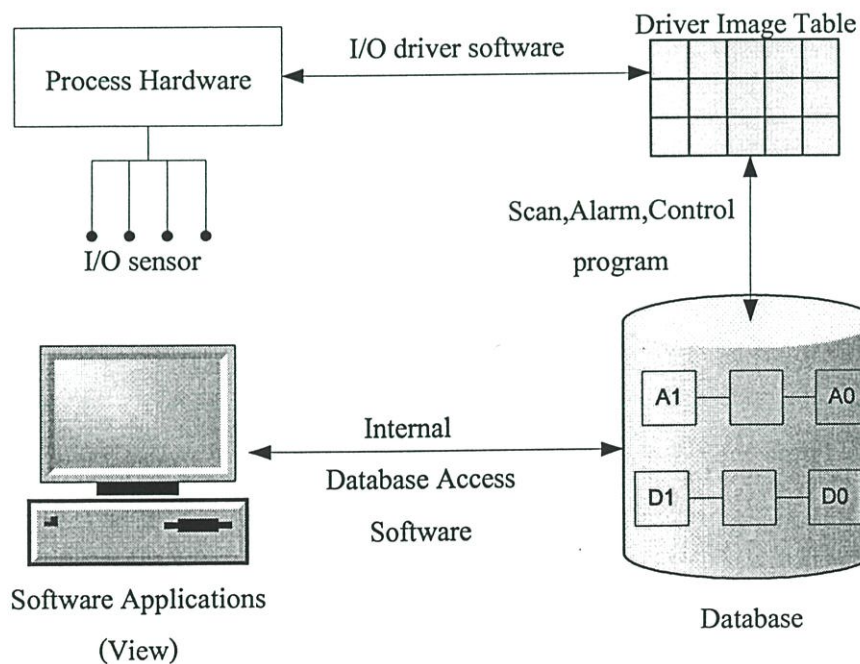
2.3.4 ซอฟต์แวร์สร้างภาพ

ผู้ใช้สามารถกำหนดให้มีการแสดงผลของข้อมูลบนจอภาพเป็นรูปหรือตัวอักษรแบบต่างๆ ได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์รูปภาพที่สำเร็จ สำหรับนำมาใช้แสดงผลได้ทันที โดย เพียงแต่ผู้ใช้กำหนดว่ารูปหรือตัวอักษรที่ต้องการให้แสดงนั้นอ้างอิงถึง TAG ไหนในฐานข้อมูลที่ได้

กำหนดไว้ในซอฟต์แวร์กำหนดฐานข้อมูลรูป หรือ ตัวอักษรที่อ้างอิงจะแสดงผลตามข้อมูลที่ได้รับจริงจากอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณตามอัตราการ SCAN ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ภาพที่สร้างขึ้นมีการรับข้อมูลผ่านจากแป้นพิมพ์จากผู้ใช้ปฏิบัติงานตามเงื่อนไข หรือเวลาใดๆได้

2.3.5 ซอฟต์แวร์แสดงผล

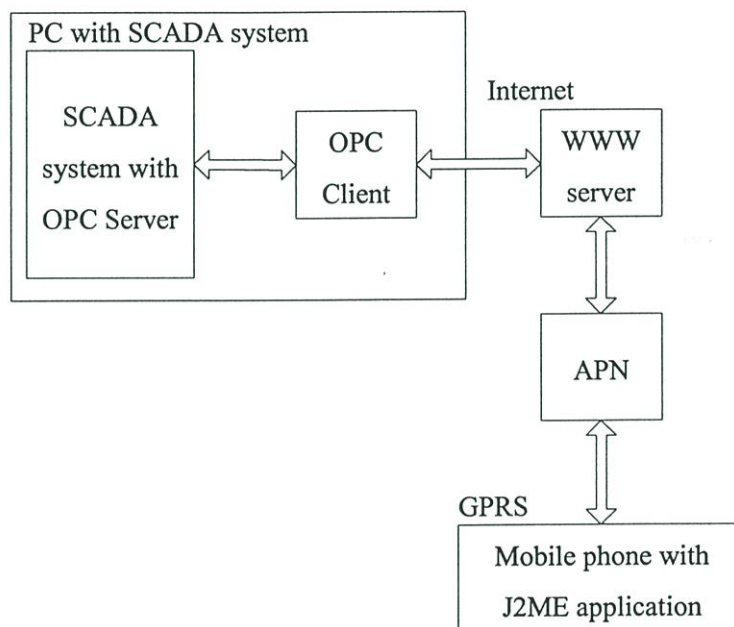
ทำหน้าที่แสดงผลตามรูปภาพที่ผู้ใช้กำหนดในซอฟต์แวร์สร้างภาพ นอกเหนือจากซอฟต์แวร์หลักๆ เหล่านี้ ยังมีซอฟต์แวร์อื่นอีกเช่น ซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่แสดงผลของ Alarm บนหน้าจอบนเครื่องพิมพ์และบนหน่วยความจำ เมื่อมีการตรวจจำหน่วยสัญญาณเตือนได้ หรือซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมประยุกต์บนวินโดวส์แบบ DDE ตามมาตรฐาน Microsoft เป็นต้น ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการควบคุมและบริหารข้อมูลที่ยุงยาก ผู้ใช้สามารถใช้ซอฟต์แวร์สนับสนุนที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้เขียนประยุกต์ด้วยภาษา C หรือวิซวลเบสิก เพื่อติดต่อกับฐานข้อมูล เป็นต้น



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างทั่วไปของระบบสกาดา

2.4 การส่งข้อมูลทาง Web Server และ Mobile phone

การส่งผ่านข้อมูลทาง Internet ยังถือว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในระบบสกาตาไปแล้ว เพราะสามารถส่งได้ระยะไกลผ่านทางเทคโนโลยี Web Server และ Mobile phone โดยใช้โปรแกรมภาษาที่พัฒนาทาง Web Server เช่น J2ME, PHP เป็นต้น มาช่วยในการทำงานให้ระบบสกาตา หรือ HMI (Human Machine Interface) โดยคุณสามารถดูข้อมูลจาก PLC ที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบของคุณได้ โดยมีไดอะแกรมดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมการส่งข้อมูลผ่านทาง Web Server และ Mobile phone

บทที่ 3

ทฤษฎีตัวควบคุมพีชชี

3.1 คลิซเซต (Crisp Set)

ทฤษฎีคลิซเซต (Crisp Set) เป็นทฤษฎีเซตที่เราคุ้นเคยกันดีโดยหลักการพื้นฐานของคลิซเซตมีดังนี้

3.1.1 การเป็นสมาชิกของเซต

ถ้า X เป็นสมาชิกของเซต A เราจะใช้สัญลักษณ์

$$X \in A$$

ถ้า X ไม่เป็นสมาชิกของเซต A เราจะใช้สัญลักษณ์

$$X \notin A$$

ซึ่งในคลิซเซตนี้เราจะระบุชัดเจนว่าสมาชิกของ Universe เป็นสมาชิกของเซต A หรือไม่ เราสามารถแทนค่าระดับการเป็นสมาชิก (Membership function) ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ μ_A ดังนี้

$$\mu_A(x) = 1 \quad \text{ก็ต่อเมื่อ } x \in A$$

$$\mu_A(x) = 0 \quad \text{ก็ต่อเมื่อ } x \notin A$$

3.1.2 การเป็นสับเซต

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เป็นสมาชิกของเซต B จะเรียกว่าเซต A เป็นสับเซตของเซต B เราใช้สัญลักษณ์การเป็นสับเซตดังนี้

$$A \subseteq B$$

3.1.3 การเท่ากันของเซต

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เท่ากับสมาชิกทุกตัวของเซต B จะเรียกว่าเซต A ไม่เท่ากับเซต B เราใช้สัญลักษณ์การเท่ากันดังนี้

$$A = B$$

3.1.4 การไม่เท่ากันของเซต

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A ไม่เท่ากับสมาชิกทุกตัวของเซต B จะเรียกว่าเซต A ไม่เท่ากับเซต B เราใช้สัญลักษณ์การไม่เท่ากันดังนี้

$$A \neq B$$

3.1.5 การเป็นสับเซตแท้

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เป็นสับเซตของเซต B และเซต A ไม่เท่ากับเซต B จะเรียกว่าเซต A เป็นสับเซตแท้ของเซต B เราใช้สัญลักษณ์การเป็นสับเซตแท้ดังนี้

$$A \subset B$$

การปฏิบัติการเบื้องต้นของเซต ได้แก่

Complement เป็นการสร้างเซตใหม่โดยสมาชิกของเซตใหม่จะไม่เป็นสมาชิกของเซต A

$$\text{Complement } A = A'$$

Union เป็นการสร้างเซตใหม่โดยสมาชิกของเซตใหม่จะมีสมาชิกของทุกเซตรวมอยู่

Intersection เป็นการสร้างเซตใหม่ โดยสมาชิกของเซตใหม่จะมีสมาชิกซึ่งเป็นสมาชิกของทุกเซต

3.2 ฟัชซีเซต (Fuzzy Set)

ทฤษฎีฟัชซีเซต (Fuzzy Set) เป็นการรวมสมาชิกของหลาย ๆ คลิเซต (Crisp Set) ที่มีอยู่จริงและพอจะมีลักษณะเข้ารวมกลุ่มได้ ฟัชซีเซตยอมรับการเป็นสมาชิกของสมาชิกที่มีลักษณะตามเซตเพียงบางส่วน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ละเอียดระหว่างการมีคุณสมบัติของการเป็นสมาชิกอย่างครบถ้วน กับไม่มีคุณสมบัติของการเป็นสมาชิกเลย แม้ว่าจะไม่พร้อมกันก็ตาม จึงสามารถใช้ฟัชซีเซตไปทำงานกับระบบคลิเซตได้

3.2.1 การเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต

ระบบคลิเซต (Crisp Set) จะกำหนดเพียงว่า X เป็นสมาชิกของเซต A หรือไม่ เป็นสมาชิกของเซต A โดยแทนด้วยฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก (Membership function) เป็น 0 หรือ 1 แต่ฟัชซีเซตจะยอมรับสมาชิกที่มีลักษณะที่ถูกเพียงบางส่วนและผิดเพียงบางส่วนไม่มีขอบเขตแน่นอน การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัชซีเซตจะต้องแสดงค่าระดับ (Degree) ซึ่งเป็นค่าที่เป็นได้ที่จะเป็นสมาชิกของเซตหรือฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก โดยเราใช้สัญลักษณ์ μ แทนค่าระดับความเป็นสมาชิกซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 แสดงดังนี้

$$\mu_A(x) \rightarrow [0, 1]$$

หมายความว่า ระดับการเป็นสมาชิกของ (Grade of membership หรือ Degree of membership) ของ X ในฟัชซีเซต A อยู่ในช่วงทั้งหมดการ 0 ถึง 1 เมื่อประยุกต์เข้ากับฟัชซีลอจิก ค่า μ จะถูกเรียกว่า ค่าความจริงที่แสดงค่าระดับขอบเขตของเซตคือ

$$0 \leq x \leq 1$$

โดยถ้าค่าสูงแสดงว่ามีความเป็นสมาชิกมาก ถ้าค่าต่ำแสดงว่ามีความเป็นสมาชิกน้อย ค่า 0 จะหมายถึงไม่เป็นสมาชิกเลยและ 1 คือ เป็นสมาชิกอย่างสมบูรณ์

ขอเน้นว่าฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก (Membership function) ของฟัซซีเซต (Fuzzy Set) ถึงแม้จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 แต่อย่านำไปสับสนกับความน่าจะเป็น (Probability) ฟัซซีเซตเป็นรูปแบบหนึ่งของความไม่แน่นอน (Uncertainty) และโดยธรรมชาติฟัซซีเซตเป็นศาสตร์ที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับสถิติ

3.2.2 นิยามที่ฟัซซีเซตขยายมาจากคลิซเซต

ฟัซซีเซตจะว่างก็ต่อเมื่อ ฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตนั้นเป็น 0 ตลอดทั้ง X ฟัซซีเซต A และ B จะเท่ากันก็ต่อเมื่อ $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ สำหรับทุก x ใน X

เขียนแทนด้วย $A = B$

Subset นิยาม โดย

$$A \subset B \leftrightarrow \mu_A(x)$$

Complement ของฟัซซีเซต A เขียนแทนด้วย A' นิยามโดย

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

Union ของฟัซซีเซต A และ B ซึ่งมีฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$ ตามลำดับสามารถแทนด้วย ฟัซซีเซต C โดยฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต C กำหนดโดย

$$\mu_C(x) = \text{Max} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

หรืออาจเขียนย่อเป็น

$$\mu_C = \mu_A \vee \mu_B(x)$$

Intersection ของฟัซซีเซต A และ B ซึ่งมีฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก $\mu_A(x)$ และ $\mu_B(x)$ ตามลำดับสามารถแทนด้วย ฟัซซีเซต C โดยฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต C กำหนดโดย

$$\mu_C(x) = \text{Min} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

หรืออาจเขียนย่อเป็น

$$\mu_C = \mu_A \wedge \mu_B(x)$$

อย่างไรก็ตามไม่มีหลักตายตัวว่า การ Union ต้องใช้ Max Operation, การ Intersection ต้องใช้ Min Operation หรือการ Complement ต้องใช้ $\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$ ดังนั้นเพื่อให้ general มากขึ้นจึงมีนิยามสัจพจน์ (Axiom) ปฏิบัติการแต่ละชนิดดังนี้

Complement $C: [0, 1] \rightarrow [1, 0]$

Axiom C1 : $C(0) = 1$ และ $C(1) = 0$ หมายความว่าสามารถครอบคลุมคลิซเซต

Axiom C2 : สำหรับทุก ๆ $a, b \in [0, 1]$ ถ้า $a < b$ แล้ว $C(a) \geq C(b)$ หมายความว่า C เป็น Monotonic nonincreasing ทุก ๆ การปฏิบัติการที่จะถือว่าเป็นการ Complement ได้ อย่างน้อยที่สุดจะต้องสอดคล้องกับสัจพจน์ทั้งสอง

Union $U: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$

Axiom U1 : $U(0, 0) = 0$; $U(0, 1) = U(1, 0) = U(1, 1) = 1$ นั้นหมายความว่า จะต้องสามารถครอบคลุมคลิซเซต

Axiom U2 : $U(a, b) = U(b, a)$: มีคุณสมบัติการสลับที่

Axiom U3 : ถ้า $a \leq a'$ และ $b \leq b'$ แล้ว $U(a, b) \leq U(a', b')$ หมายความว่า U เป็น Monotonic

Axiom U4 : $U(U(a, b), c) = U(a, U(b, c))$: มีคุณสมบัติการจัดหมู่ทุก ๆ การปฏิบัติการที่จะถือว่าเป็นการ Union ได้อย่างน้อยที่สุดจะต้องสอดคล้องกับสัจพจน์ทั้งนี้

Intersection $I: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$

Axiom I1 : $I(1, 1) = 1$; $I(0, 1) = I(1, 0) = I(0, 0) = 0$ นั้นหมายความว่า จะต้องสามารถครอบคลุมคลิซเซต

Axiom I2 : $I(a, b) = I(b, a)$; มีคุณสมบัติการสลับที่

Axiom I3 : ถ้า $a \leq a'$ และ $b \leq b'$ แล้ว $I(a, b) \leq I(a', b')$ หมายความว่า I เป็น Monotonic

Axiom I4 : $I(I(a, b), c) = I(a, I(b, c))$; มีคุณสมบัติการจัดหมู่ทุก ๆ การปฏิบัติการที่จะถือว่าเป็นการ Intersection ได้อย่างน้อยที่สุดจะต้องสอดคล้องกับสัจพจน์ทั้งสี่

3.3 ฟัชซีลอจิก (FUZZY LOGIC)

ฟัชซีลอจิก (FUZZY LOGIC) จะมีการกระทำทางลอจิกเพื่อรวมค่าลอจิกต่าง ๆ ให้เป็นค่าฟัชซีลอจิกคล้าย ตัวแปรในระบบลอจิก 2 ระดับ โดยจะต้องมีกำหนดลักษณะความหมายให้แตกต่างกันแต่ใช้คำสั่งทางลอจิกที่เหมือนกันคือ AND, OR และ NOT ความหมายต่าง ๆ ในระบบฟัชซี (FUZZY SYSTEM) ถูกกำหนดโดย LA Zadeh ผู้คิดค้นระบบฟัชซีลอจิก

3.3.1 การ AND ของฟัซซี่ลอจิก

ตามคำจำกัดความของ Zadeh คือค่าความจริงที่น้อยที่สุด (Minimum) นั่นคือ สำหรับค่าฟัซซี่ A และ B

$$\mu(A \text{ and } B) = \min(\mu_A, \mu_B)$$

3.3.2 การ OR ของฟัซซี่ลอจิก

ตามคำจำกัดความของ Zadeh คือ ค่าความจริงเป็นค่ามากที่สุด (Maximum)

$$\mu(A \text{ or } B) = \max(\mu_A, \mu_B)$$

$$\mu(\text{not } A) = 1 - \mu_A$$

ซึ่งการกระทำทั้ง 2 นี้ เป็นสมมูลของการกระทำในลอจิก 2 ระดับ สำหรับค่า μ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

3.4 การประยุกต์การใช้งานของฟัซซี่ลอจิก (FUZZY LOGIC APPLICATION)

โดยทั่วไปจะมีลักษณะโครงสร้างพื้นฐานแบ่งได้ 3 ส่วนหลักคือ

1. การเปลี่ยนคลิซเซตเป็นฟัซซี่เซต (Fuzzier)
2. กฎการวินิจฉัย (INFERENCE MECHANISM THAT EMPLOYS RULES)
3. การเปลี่ยนฟัซซี่เป็นคลิซเซต (Defuzzier)

ในการใช้กับระบบจะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของฟัซซี่โดเมน (Fuzzy Domain) เคลื่อนย้ายประมวลผลข้อมูลแล้วเปลี่ยนกลับให้อยู่ในรูปคลิซโดเมน (Crisp Domain) ตามเดิมซึ่งเหมือนกับการกระทำทางอนาล็อก(Analog) เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของโดเมนความถี่(Frequency Domain) จากข้อมูลในโดเมนเวลา (Time Domain) เพราะว่าในกระบวนการในโดเมนความถี่จะง่ายกว่าโดเมนเวลา ในระบบฟัซซี่ (Fuzzy System) กฎพื้นฐานสามารถอธิบายการทำงานของระบบในรูปของฟัซซี่ได้ง่าย ดังนั้นเราจะเปลี่ยนค่าอินพุตในรูปของคลิซไปอยู่ในฟัซซี่โดเมนมากกว่าจะเปลี่ยนจากฟัซซี่ไปอยู่ในรูปคลิซโดเมน

3.5 กฎการวินิจฉัย (INFERENCE)

สำหรับกฎการวินิจฉัยค่าอินพุตและค่าความจริง จะสนับสนุนเงื่อนไขสำหรับการสร้างส่วนกำหนดรูปแบบฟัซซี่ช่วงปกติฟัซซี่คอมไพเลอร์ จะสุ่มค่าของอินพุตและนำมาวินิจฉัยค่าเพื่อให้ได้ผลออกมาทางเอาต์พุตของระบบตามทฤษฎี ระบบจะรวมเอาค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของอินพุต เพื่อนำมาวินิจฉัยและประมวลผล แต่จริง ๆ แล้วการครอบคลุมค่าเหล่านี้ไม่จำเป็นในการใช้งานปกติ

กฎการวินิจฉัยนั้นได้มาจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตขึ้นมา เพื่อนำไปสู่เอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตก็คือ RULE นั้นเอง เช่น เมื่อให้อินพุตของ controller คือ error (er) และ change of error (ce) ของระบบป้อนกลับ และให้อาต์พุตของ controller เป็นอินพุตของ process หรือ control input (ei) เราจะสามารถสร้างความสัมพันธ์ได้ดังนี้คือ

IF er = LN AND ce = LN THEN ei = LP

OR

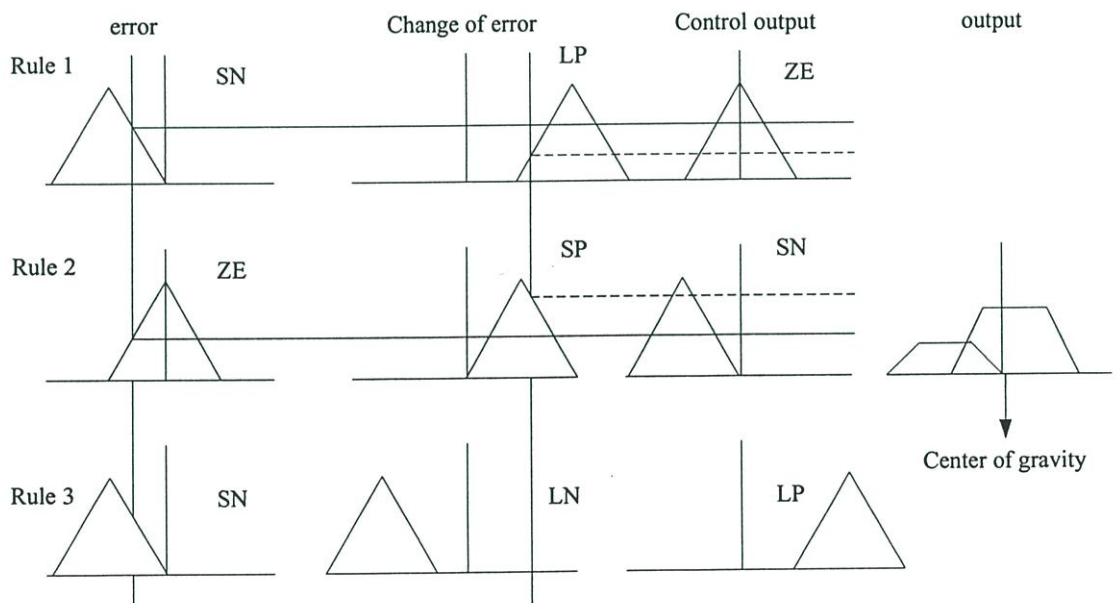
IF er = SN AND ce = SN THEN ei = SP

OR

หมายเหตุ

LN	=	Large Negative
SN	=	Small Negative
LP	=	Large Positive
SP	=	Small Positive

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนำมาแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตฟัซซี่

ซึ่งเมื่อนำ rule ทั้งหมดมารวมกัน ก็จะได้รูป Membership Function ของ control input โดยจะนำไปหาค่าของ control input ที่ต้องการได้ต่อไปอีก

3.6 วิธีการ DEFUZZIFIER

มีเทคนิคและวิธีการในการเปลี่ยนฟัซซีเป็นคลิซ (DEFUZZIER) มีอยู่หลายเทคนิคซึ่งจะกล่าวถึงเป็นบางเทคนิคดังนี้

3.6.1 เทคนิค Maximizer

เป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิก จากการกระทำหลาย ๆ แบบ แล้วเลือกกระทำเพียงหนึ่งรูปแบบ ถ้าหากเกิดการกระทำที่มีค่า μ สูงสุดเท่ากัน 2 อย่าง จะต้องใช้รูปการแก้ปัญหาอีกลักษณะหนึ่ง คือ ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าเอาท์พุท หรือเลือกการกระทำที่สัมพันธ์กับค่าระดับของระบบพื้นฐาน ถึงแม้เทคนิค Maximize จะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ก็ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

3.6.2 ทฤษฎีค่าน้ำหนักเฉลี่ย

จะใช้ค่าเฉลี่ยของการกระทำหลังจากการกำหนดค่าระดับของระดับการเป็นสมาชิกไว้ล่วงหน้าแล้ว เป็นวิธีที่ง่ายและใช้การคำนวณเพียงเล็กน้อย แต่ก็ยังให้ค่าที่ไม่ค่อยชัดเจน เช่นเดียวกับเทคนิค Maximizer ที่เกิดความไม่ชัดเจนก็เพราะว่าค่าเอาท์พุทของฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิกมีค่าเอาท์พุทมากกว่าหนึ่งค่าต่อค่ากว่า 1 ค่าต่อค่า 1 ที่กำหนดให้ ค่าระดับการเป็นสมาชิกมีค่าเอาท์พุทมากกว่าหนึ่งค่าต่อค่ากว่า 1 ค่าต่อค่า μ ที่กำหนดให้ ค่าเอาท์พุทฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก มีลักษณะคล้ายกับรูปประมิตหรือประมิตตัดยอด ถ้า $\mu = 0.5$ ค่าเอาท์พุทจากค่าฟังก์ชันของขอบสัญญาณทั้งด้านขาขึ้นและขาลง ถ้า $\mu = 1$ จะมีค่าตรงกับช่วงของสัญญาณที่เกิดขึ้นทั้งหมด

วิธีการกำจัดความไม่ชัดเจนสามารถทำได้ด้วยกระบวนการแคมป์ค่าในฟังก์ชันเอาท์พุท ซึ่งเป็นวิธีที่น่าเบื่อและไม่สามารถใช้ค่าที่เป็นค่าตรงข้ามของฟังก์ชันอินพุทในการวิเคราะห์ด้วย

3.6.3 กรรมวิธีค่าศูนย์กลาง

เป็นการแสดงค่าเอาท์พุทที่สัมพันธ์กับค่าจุดศูนย์กลางมวลของเอาท์พุท ในระดับที่ทำงาน เพราะว่าเราไม่ใช้ค่าขอบของฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก และจะไม่เกิดความไม่ชัดเจนอีกต่อไป กรรมวิธีค่าศูนย์กลางเป็นการคำนวณที่แน่นอนและเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในวิธีอื่น ๆ

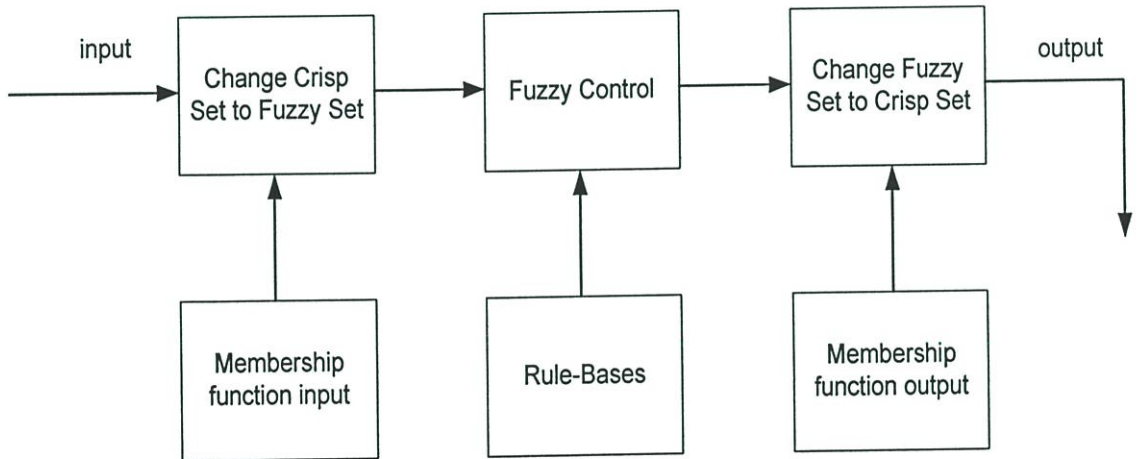
ค่าศูนย์กลางมักจะสัมพันธ์กับค่าเอาท์พุทหนึ่งค่า ผลที่ได้จะเป็นการกระทำอย่างหยาบ ๆ ภายในช่วงของเอาท์พุท กฎทั่ว ๆ ไปจะต้องมีการปฏิบัติการเพียงจุดเดียวของแต่ละระบบ ในกรณีที่ต้องทำพร้อม ๆ กันหลายกฎ ในการกระทำหนึ่งครั้ง จะต้องเกิดการซ้อนทับกัน (OVERLAP) ของค่าฟังก์ชันอินพุทของระดับการเป็นสมาชิก เพื่อแก้ไขความไม่ต่อเนื่องของ

เอาท์พุท ถึงแม้ว่าจะมีข้อบกพร่องแต่ก็เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการรวมกัน (Combination) และการแปลงค่าฟัซซีกลับคืน (Defuzzification)

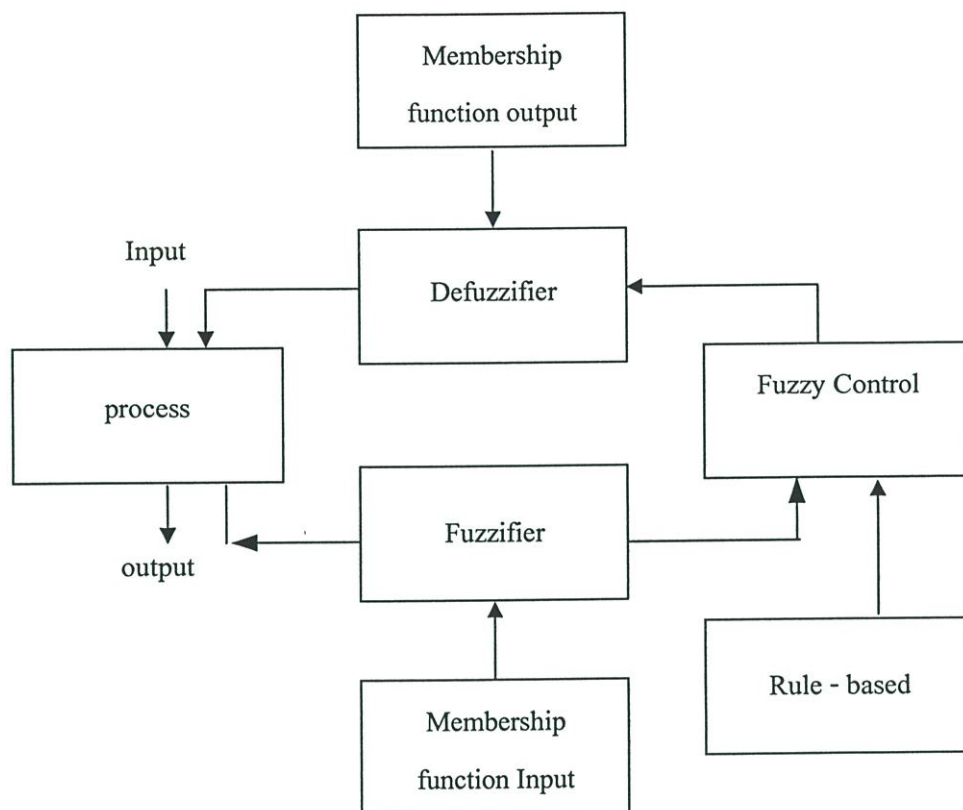
กรรมวิธีนี้จะรวมค่าเอาท์พุทของการกระทำหลาย ๆ ค่า เป็นค่าค่าเดียวสำหรับใช้ในระบบ และค่าเอาท์พุทค่าเดียวนี้เป็นค่าน้ำหนักเฉลี่ยของศูนย์กลาง (Centroid) ของแต่ละฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก

3.6.4 กรรมวิธีซิงเกิลตัน

เป็นเทคนิคพิเศษของแบบกรรมวิธีค่าศูนย์กลางหรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากรรมวิธี REMAINING COMBINATION / DEFUZZIFICATION วิธีนี้เป็นการนำค่าเอาท์พุทของแต่ละฟัซซีเซตมาใช้ใหม่ เป็นค่าเอาท์พุทค่าเดียว โดยใช้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยจากการกระทำรวมหลาย ๆ อย่างวิธีนี้ได้ค่าความถูกต้องน้อยกว่ากรรมวิธีค่าศูนย์กลาง และยังคงต้องการการช้อนทับกันของอินพุทฟังก์ชัน เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความไม่ต่อเนื่องของเอาท์พุทด้วยหลักการและการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากและยังไม่มีใครคิดค้นวิธีใหม่และดีกว่านี้ กรรมวิธีนี้จึงน่าจะใช้แทนกรรมวิธีค่าศูนย์กลางได้ดีที่สุด



รูปที่ 3.2 (ก)แสดงไดอะแกรมกระบวนการของระบบฟัซซี



รูปที่ 3.2 (ข)แสดงไดอะแกรมกระบวนการของระบบฟัซซี

3.7 หลักการหา Fuzzy Control Rule

ในการออกแบบ Fuzzy controller นั้น มีปัญหาสำคัญอันหนึ่งคือการหา Fuzzy control rule ที่เหมาะสม ซึ่งวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้จริงในงาน process control อยู่ 3 วิธี คือ

3.7.1 ความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

fuzzy controller ส่วนมากจะได้รับการออกแบบโดยอ้างอิงกับ ความรู้และประสบการณ์ของวิศวกรควบคุม ซึ่งอันที่จริงแล้วสามารถกล่าวได้ว่า Fuzzy control นั้นเป็น application ที่ใช้ได้จริงอันแรกทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system) เลยทีเดียว

การออกแบบด้วยวิธีนี้เหมาะกับระบบที่ผู้ควบคุม ควบคุมเป็นหลักสำคัญ Control rule นั้นก็จะได้มาจากการ list วิธีการควบคุมต่าง ๆ โดยวิศวกรควบคุม แต่ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ ส่วนมากผู้ควบคุมจะไม่สามารถถ่ายทอดออกมาได้เป็นลายลักษณ์อักษร โดยเฉพาะเมื่อระบบมีความซับซ้อนมาก

3.7.2 การจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม

เมื่อทักษะของผู้ควบคุมเป็นสิ่งสำคัญ จึงจำเป็นมากที่จะหา Fuzzy control rule มาจากการจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม ซึ่งวิธีนี้สามารถเป็นไปได้ที่จะแปลงการทำงานของผู้ควบคุมมาให้เป็นอินพุท และเอาท์พุทของ controller

วิธีค่อนข้างคล้ายคลึงกับการจำลองกระบวนการ แต่ว่าการจำลองการทำงานของผู้ควบคุมนั้นจะง่ายกว่าการจำลองกระบวนการ เพราะอินพุทของระบบหาได้ง่ายกว่า แต่ในสถานการณ์จริงนั้นก็ควรจะรวมวิธีที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน

3.7.3 การจำลองกระบวนการ

ในวิธีแรกนั้นมีพื้นฐานมาจากความคิดคร่าว ๆ ที่เกี่ยวกับคุณลักษณะของกระบวนการ เช่นเอาท์พุทเพิ่มขึ้นเมื่ออินพุทเพิ่มขึ้น กระบวนการที่มี Time lag ฯลฯ ส่วนวิธีที่ 2 จะใช้เฉพาะตัวแปรที่มีให้แก่ผู้ควบคุมกระบวนการ ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะใช้ได้ดีเฉพาะในกรณีที่ผู้ควบคุมมีบทบาทสำคัญในการควบคุมกระบวนการเท่านั้น

แต่ถ้าไม่ต้องการขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมและต้องการให้ผลการควบคุมดีกว่าการควบคุมด้วยผู้ควบคุม ก็จะมีการออกแบบอีกวิธีหนึ่งคือ การจำลองกระบวนการ ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่า การออกแบบวิธีนี้ได้มีการศึกษาวิจัยมาหลายครั้งด้วยกัน การจำลองกระบวนการในที่นี่จะเป็นการแสดงคุณลักษณะของ process ออกมาด้วย fuzzy set โดยพิจารณาจากอินพุทตัวแปรสถานะและเอาท์พุท

มีแนวความคิดสองทางด้วยกันในการออกแบบ Fuzzy controller จากแบบจำลองพีซีซี

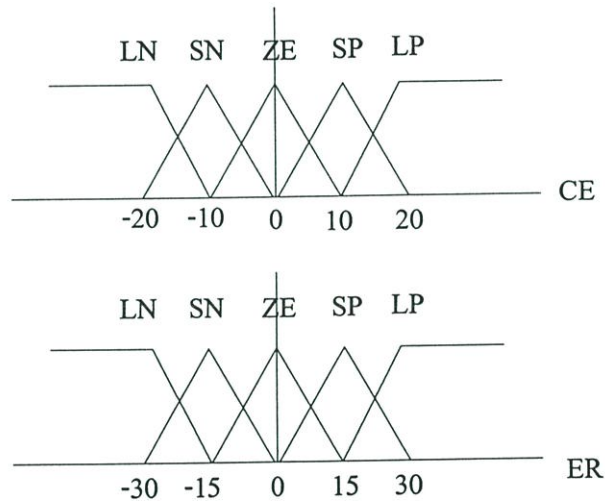
1. การออกแบบให้ Control rule นั้น ทำการ compensate ลักษณะที่ไม่ต้องการของกระบวนการเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ
2. การออกแบบให้เป็นไปตามทฤษฎีของ Optimal Control ซึ่งจะให้โครงสร้างและ parameter ของ control rule ทำให้ระบบที่มี Fuzzy controller ควบคุมนั้นเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ

3.8 การนำระบบ FUZZY LOGIC CONTROL มาใช้ควบคุมกระบวนการ

เมื่อ SENSOR ส่งสัญญาณกลับมาให้เราทราบค่าปัจจุบัน (Present Value) นั้นมีค่าเป็นเท่าใด และทำการเปรียบเทียบผลต่างของค่านั้นว่ามากหรือน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ (SET POINT) อยู่เท่าใด สำหรับในระบบ PID ค่าที่นำมาเปรียบเทียบจะเป็นผลเชิงตัวเลขเพื่อนำไปประมวลผลทางคณิตศาสตร์ และให้ค่าควบคุม นำไปใช้ในกระบวนการต่อไป แต่ในระบบ FUZZY ค่าที่ได้จะถูกมาเปรียบเทียบเป็น 5 ระดับดังนี้

1. PV มากกว่า SP มาก
2. PV มากกว่า SP ปานกลาง
3. PV เท่ากับ SP
4. PV น้อยกว่า SP ปานกลาง
5. PV น้อยกว่า SP มาก

การตัดสินใจว่าผลต่างระหว่าง SP และ PV จะเป็นค่าใดในค่าต่าง ๆ 5 ค่าข้างต้นจะเป็นไปตามผลของทฤษฎี FUZZY LOGIC ดังนั้นค่า ERROR ต่าง ๆ จึงสามารถเป็นสมาชิกของค่าระดับต่าง ๆ ได้พร้อมกันหลายค่าและระดับความเป็นสมาชิกต่าง ๆ กัน เราอาจแบ่งแยกให้เด็ดขาดได้โดยการใช้การหาค่ากลางแบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าใดค่าหนึ่งโดยเด็ดขาด ตัวอย่างเช่น $SP = 30$ $PV = 36$ $ER = 6$ ซึ่งค่า -6 จะมีระดับความเป็นสมาชิกดังกราฟ คือเป็นได้ทั้ง + และ - ส่วนจะเป็นอะไรนั้นต้องหาค่ากลางอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความเป็นสมาชิกของพีซีซี

ในระบบการควบคุม แบบ PID ในพจน์ D สามารถหาได้จากค่าผลต่างของ ERROR ต่อเวลา ในระบบ FUZZY พจน์ D ก็มีใช้เช่นกันแต่เราเรียกว่า CHANGE OF ERROR และเช่นเดียวกันกับ ERROR ค่าที่ใช้ในการคำนวณในระบบ FUZZY จะมีการแบ่งระดับ CE เป็น 5 ระดับ และถูกแบ่งแยกโดยเด็ดขาดด้วยการคิดค่ากลางแบบถ่วงน้ำหนักค่าที่ได้จะถูกนำมากระทำทางตรรกตามทฤษฎี FUZZY SET ค่าที่ได้จะถูกนำมาหาค่ากลางแบบถ่วงน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง

บทที่ 4

ทฤษฎีคอมพิวเตอร์และพีแอลซี

4.1 ระบบพื้นฐานของคอมพิวเตอร์

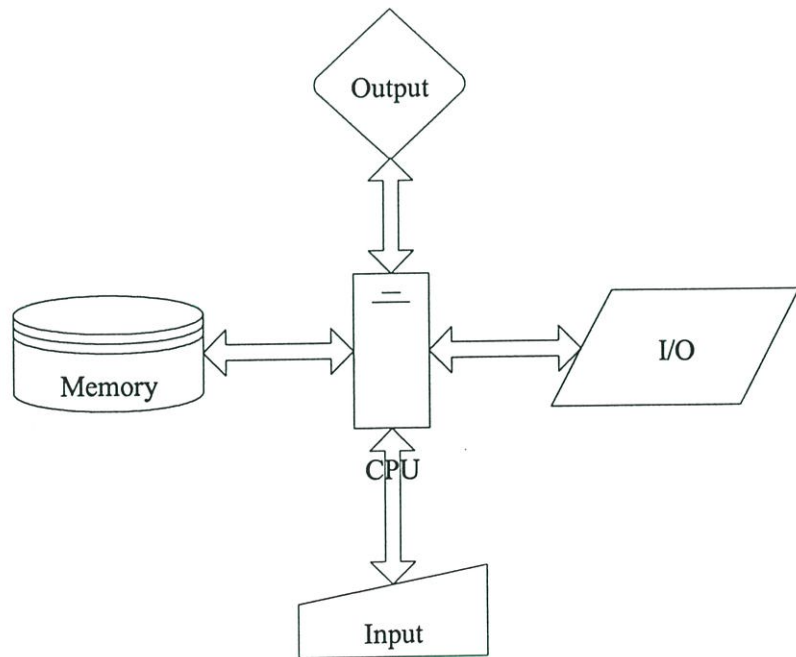
4.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit:CPU)

เป็นหน่วยที่สำคัญที่สุดของเครื่องคอมพิวเตอร์มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของหน่วยต่างๆ ในระบบคอมพิวเตอร์ให้ทำงานสอดคล้องกัน โดย CPU จะประกอบด้วย

4.1.1.1 หน่วยรีจิสเตอร์ (Register) ซึ่งเปรียบเสมือนสมองที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ส่งมาจากหน่วยความจำหลักและที่จะนำไปใช้ประมวลผล

4.1.1.2 หน่วยคำนวณและตรรกะ (Arithmetic Logic Unit :ALU) เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีทางเลขคณิตและทางตรรกเช่น บวก ลบ คูณ หาร เปรียบเทียบ เป็นต้น

4.1.1.3 หน่วยควบคุม (Control Unit) หน่วยนี้จะควบคุมการย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์แต่ละชนิดด้วยกันและติดต่อกับส่วนภายนอกด้วยนอกจากนี้ยังควบคุมการอ่านหรือการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำหรืออุปกรณ์รอบข้างด้วย



รูปที่ 4.1 ระบบพื้นฐานของคอมพิวเตอร์

4.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำในส่วน CPU มี 2 หน่วยย่อยคือ

4.1.2.1 รีจิสเตอร์ (Register)

4.1.2.2 หน่วยความจำแคช (Cache Memory) เป็นหน่วยความจำชั่วคราวที่มีความเร็วในการทำงานเชื่อมโยงระหว่างหน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยความจำหลักใช้กับข้อมูลหรือคำสั่งสำหรับการทำงานในขณะนั้น

4.1.3 เอาท์พุท (Output)

หน้าที่ของส่วนนี้จะแสดงข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำหรือผลลัพธ์ ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ด้านบวกได้ และแสดงออกมาบนจอภาพ หรือสิ่งอย่างอื่นซึ่งมีหลายชนิด เช่น กระดาษอ่านบันทึก เป็นต้น

4.1.4 อินพุท (Input)

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถอ่านข้อมูลและส่งข้อมูลเข้าไปเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

4.1.5 จุดต่ออินพุท/เอาท์พุท (Input/Output Port)

คือจุดที่อุปกรณ์รอบข้างภายนอกสามารถส่งผลที่ต้องการแสดงให้คอมพิวเตอร์ได้ อาจจะมีการสื่อสารแบบทางเดียว หรือสองทางก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ของข้อมูล

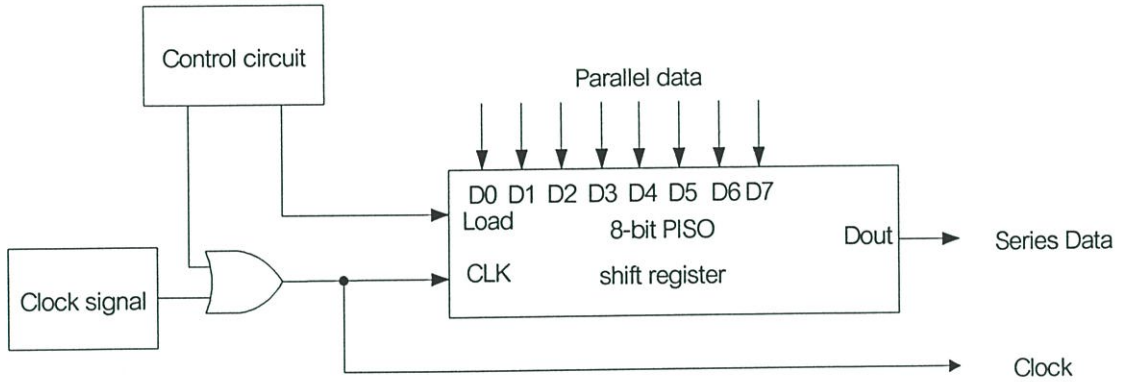
4.2 การสื่อสารข้อมูล

4.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบขนานและอนุกรม

ข้อมูลที่ใช้สื่อสารอาจจะถูกส่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในรูปแบบขนานหรือ อนุกรมก็ได้ ซึ่งในการส่งแต่ละชนิดก็มีจุดด้อยในตัวมันเอง ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

ในการส่งข้อมูลแบบขนานนั้นจะมีปัญหาอย่างหนึ่งเกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การส่งด้วยรหัสแอสกีซึ่งแทนด้วยข้อมูล 7 บิต ถูกส่งเป็นระยะทางไกลๆ เช่น ส่งข้อมูลข้ามจังหวัดหรือข้ามประเทศ จะทำให้ต้องเสียค่าสายส่ง(Transmission Lines) มาก ดังนั้นถ้าส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต ไปในสายส่งเพียงสายเดียวจะทำให้สามารถประหยัดได้มากกว่าที่จะส่งไปในสายส่งหลายเส้น วิธีการส่งที่ส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต ใน 1 ช่องสัญญาณนี้เราเรียกว่า การส่งแบบอนุกรม ข้อมูลที่ส่งไปยังเอาท์พุทพอร์ทของคอมพิวเตอร์สามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบขนานเป็นอนุกรมได้ที่ช่องสัญญาณส่งโดยใช้ parallel-in serial-out (PISO) shift register หรือในทางกลับกันข้อมูลแบบที่ช่องสัญญาณรับ การส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบบ ซิงโครไนส์ (Synchronized Serial Data Transfer) การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้อะไรที่ต้องคำนึงถึง ก็คืออุปกรณ์ที่ใช้ส่ง และ รับข้อมูลจะต้องมีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน (Synchronized) วิธีการจะทำให้อุปกรณ์ ส่งและรับเกิดการ Synchronized กันได้นั้น ทำได้โดยการส่งสัญญาณคล็อก (Clock Signal) ไปในสายส่งอีกเส้น

หนึ่ง วิธีนี้อุปกรณ์ที่ปลายสายส่ง และด้านรับจะใช้สัญญาณคล็อกเป็นตัวกำหนดในการส่ง-รับข้อมูล เราเรียกรูปวิธีการส่งข้อมูลแบบนี้ว่า การส่งแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) รูปที่ 4.2

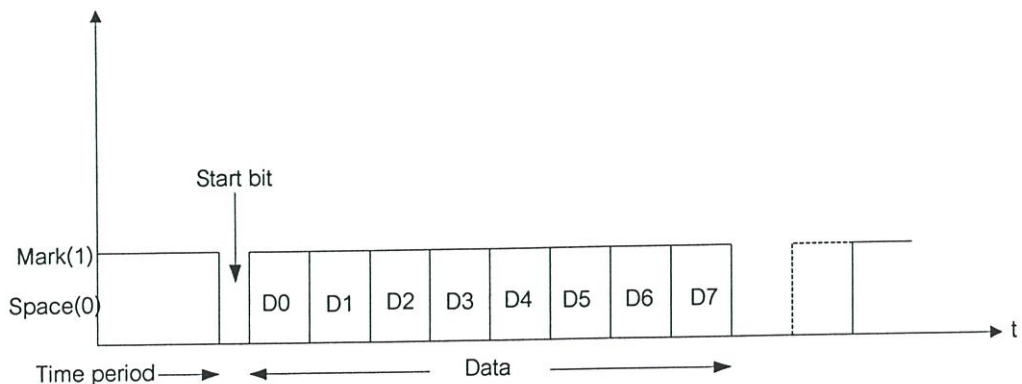


รูปที่ 4.2 การส่งแบบซิงโครนัส

ปัญหาสำคัญของ การส่งแบบซิงโครนัสนี้ ก็คือ จำเป็นต้องมีสายส่ง 2 สาย แม้ว่าวิธีนี้จะปรับปรุงมาจากการส่งข้อมูลแบบขนานแล้วก็ตามก็ยังมีการคิดส่งข้อมูลโดยลดจำนวนสายส่งลงอีกให้เหลือเพียง 1 สาย นั่นคือ ต้องไม่ใช้สัญญาณคล็อก วิธีการส่งข้อมูลโดยไม่ใช้สัญญาณคล็อกนี้เรียกว่า การส่งแบบอซิงโครนัส

4.2.2 การส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส(Asynchronous Data Transfer)

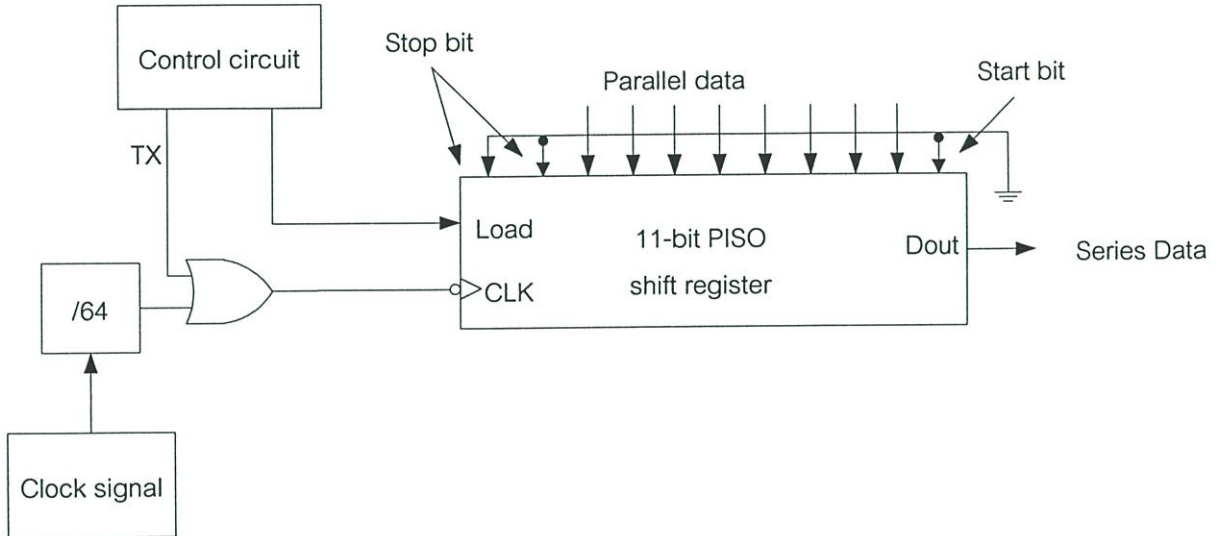
วิธีการแบบนี้คือของเครื่องส่งและเครื่องรับไม่จำเป็นต้อง synchronized (ไม่จำเป็นต้องทำงานที่ความถี่และเฟสเดียวกัน) เครื่องรับและเครื่องส่งจะทำงานสัมพันธ์กันด้วยบิตพิเศษที่ถูกใส่เพิ่มเติมเข้าไปในรหัสข้อมูลบิตที่ใส่เข้าไปในระหว่างการส่งนี้คือ บิตสตาร์ทและบิตสตอป (start and stop bit) ทั้งบิตสตาร์ทและบิตสตอปนี้จะเป็นตัวแจ้งให้เครื่องรับทราบถึงการเริ่มของรหัสข้อมูล เช่นการส่งรหัส 8 บิต แบบอซิงโครนัสซึ่งดูได้จากรูปที่ 4.3



รูปที่4.3 การส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส 8 บิต

ในกรณีเมื่อยังไม่มีข้อมูลส่งจะถูกทำให้อยู่ในสถานะที่เรียกว่ามาร์ค (Mark) ซึ่งสถานะนี้จะถูกแทนด้วยลอจิก 1 ส่วนสถานะที่ถูกแทนด้วยลอจิก 0 เรียกว่า สเปซ (Space)

วงจรรูปที่ 4.4 เป็นวงจรที่ใช้ส่งข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส วงจรควบคุมจะโหลดข้อมูลพร้อมทั้งบิตสตาร์ทและบิตสตอปเข้าไปใน PISO รีจิสเตอร์



รูปที่ 4.4 การส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส ควบคุมการโหลดข้อมูลพร้อมบิตสตาร์ทและสตอป

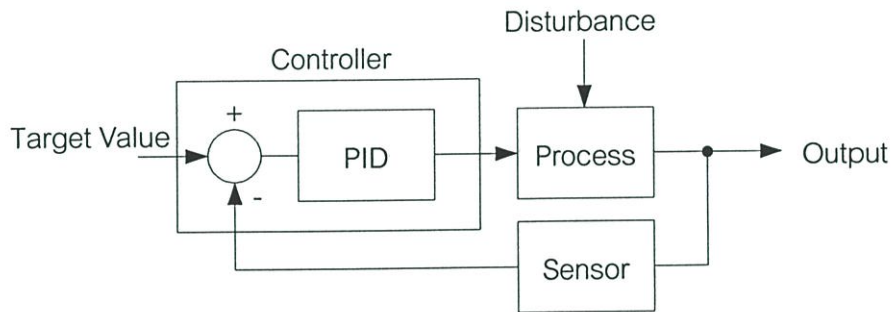
จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าการส่งรหัสข้อมูลจะเริ่ม โดยการทำให้สถานะของช่องสัญญาณเป็นสเปซเป็นเวลา 1 bit time เราเรียกบิตแรกนี้ว่า บิตสตาร์ท บิตสตาร์ทนี้จะทำให้วงจรด้านรับเริ่มทำงาน ในระบบอซิงโครนัสนั้นคล็อกของเครื่องส่งและเครื่องรับถูกประมาณให้มีความถี่และเฟสเหมือนกัน รูปที่ 4.4 เป็นวงจรที่รับข้อมูลแบบอซิงโครนัส วงจรนี้จะทำงานกับข้อมูลแบบอนุกรมที่ถูกส่งมาจากวงจรในรูปที่ 4.4 โดยมีรูปแบบของข้อมูลดังรูปที่แสดงในรูปที่ 4.3

โดยปกติแล้วอุปกรณ์ที่ปลายของช่องสัญญาณทั้งด้านส่งและรับต้องสามารถที่จะส่งและรับข้อมูลได้ ที่หมายความว่าทางด้านปลายทางของช่องสัญญาณสื่อสารจำเป็นจะต้องมีทั้งวงจรส่งและวงจรรับข้อมูล เราสามารถหาวงจรที่สามารถส่งและรับได้ในรูปแบบของ LSI (LSI form) อุปกรณ์นี้มักจะรวบรวมวงจรควบคุม, ชิพรีจิสเตอร์, คล็อกและวงจรที่จำเป็นในการสื่อสารข้อมูลเข้าไว้ด้วยกัน UART ส่วนใหญ่สามารถจะถูกตั้งโปรแกรมให้ทำงานได้หลายๆ บอดเรท (baud rates) ได้ด้วย

4.3 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับและฟังก์ชันพีไอดีในตัวพีแอลซี

4.3.1 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับตัวควบคุมจะพยายามรักษาให้ค่า ตัวแปรโปรเซสมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่เสมอ ในกรณีที่เกิด Disturbance ในระบบหรือ มีการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย จะทำให้ตัวแปรโปรเซส มีค่าต่างจากค่าเป้าหมายไปขณะหนึ่ง ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายนี้ในที่สุด ลักษณะการนำค่าตัวแปรโปรเซสให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายนี้ จะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของระบบควบคุม บางระบบควบคุมอาจควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสส่งเข้าหาค่าเป้าหมายได้รวดเร็ว แต่บางระบบอาจทำได้ดีกว่า เราสามารถทดสอบความสามารถของระบบควบคุมนี้โดยดูที่ผลตอบของการควบคุม



รูปที่ 4.5 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

ระบบการควบคุมในรูปที่ 4.5 ถ้าลองเปลี่ยนค่าเป้าหมาย ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปร โปรเซสสวิงเข้าหาค่าเป้าหมายนั้น ผลตอบสนองของตัวแปรโปรเซสจะมีหลายแบบ ดังนี้

1. มี Overshoot และการแกว่ง
2. ตอบรับเร็ว
3. ตัวแปรโปรเซสมีค่าไม่เท่ากับค่าเป้าหมายแม้เวลาจะผ่านไปนานเรียกว่าเกิด Offset
4. ตอบรับช้ามาก

เมื่อตัวแปรโปรเซสหยุดหนึ่งที่ ค่าเป้าหมาย ในขณะนั้น เกิดมี Disturbance เข้ามารบกวนโปรเซส (Disturbance ได้แก่ การเปลี่ยนของโหลดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เป็นต้น) ผลตอบสนองของโปรเซส จะมีหลายแบบ

1. เกิด offset ให้ค่าผิดไปจากค่าเป้าหมายเดิม
2. เกิดการแกว่งเล็กน้อย ก่อนกลับเข้าสู่ค่าเป้าหมายเดิม
3. เกิดการแกว่งและขาดเสถียรภาพ

เมื่อพิจารณาผลตอบของการควบคุมชนิดต่างๆ เหล่านี้จึงพอสรุปได้ว่า ระบบการควบคุมที่ดี จะต้องมีความสมบัติดังนี้

1. มีเสถียรภาพ ไม่เกิดการแกว่ง (Oscillation) เมื่อถูกกระตุ้น
2. ตอบรับการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย หรือ Disturbance ได้รวดเร็ว
3. ไม่เกิด Offset

4.3.2 สาเหตุของการขาดเสถียรภาพในระบบ

4.3.2.1 ผลของระบบควบคุมข้างเดียวหรืออื่นๆ

4.3.2.2 Disturbance เป็น periodic

4.3.2.3 มี Nonlinear element ในระบบเอง เช่น Backlash ความผิด Dead band เป็นต้น

4.3.2.4 Process gain หรือ Loop gain มีค่าสูงเกินไป

4.3.2.5 คุณสมบัติของตัวแปรในระบบไม่คงที่แปรเปลี่ยนตาม Disturbance, ค่าเป้าหมาย, เวลา เป็นต้น

4.4 การวางแผนและออกแบบระบบ PLC

การตัดสินใจในการเลือก PLC ที่ดี ต้องพิจารณาความต้องการทั้งในปัจจุบันและอนาคต ประกอบกัน การวางแผนที่ดีจะทำให้ขยายระบบได้อย่างประหยัด เช่นการเลือก PLC ที่สามารถเพิ่มจำนวนหน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุต มีการเชื่อมต่อสื่อสารที่มีความเร็วสูงและระยะทางไกล ทำให้การขยายระบบและใช้อุปกรณ์ร่วมในอนาคตไม่ต้องเปลี่ยน PLC หรือ อุปกรณ์ทั้งหมด การวางแผนออกแบบระบบ PLC ประกอบด้วย การจัดรูปแบบ การเลือกชนิดของหน่วยอินพุต/เอาต์พุต หน่วยความจำ หน่วยโปรแกรม และอุปกรณ์ร่วมต่างๆ การพิจารณาความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม และ สภาพการติดตั้ง ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หน่วยอินพุต/เอาต์พุต
2. หน่วยความจำ
3. ภาษาและคำสั่งพิเศษ
4. หน่วยโปรแกรมและอุปกรณ์ช่วยการติดตั้ง

4.4.1 หน่วยอินพุต/เอาต์พุต

การกำหนดจำนวน หน่วยอินพุต/เอาต์พุต และหน่วยเชื่อมต่อพิเศษต่างๆ โดยการตรวจสอบอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตทั้งหมด และเลือกหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่ต้องการ หลังจากทราบจำนวนหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่แน่นอนแล้ว ควรเพิ่มจำนวนขึ้นอีกประมาณ 10% หรือ 20% เพื่อการขยายตัวของระบบในอนาคต

หน่วยอินพุต/เอาต์พุต แบบสภาวะข้อมูล ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกในการควบคุมแบบ ON/OFF เช่น สวิตช์ไฟฟ้า หลอดไฟสัญญาณ และมอเตอร์ไฟฟ้า การเลือกหน่วยอินพุต/เอาต์พุต ควรพิจารณาวงจรการเชื่อมต่อและคุณลักษณะของหน่วยอินพุต/เอาต์พุต เช่น แรงดันและกระแส อินพุต ระดับเทอร์สโกลด์ ช่วงเวลาอินพุต แรงดันและกระแสเอาต์พุต กระแสรั่วซึม และขนาดของ พิวส์เอาต์พุต

หน่วยอินพุต/เอาต์พุตแบบอะนาล็อก ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์วัด และควบคุมในระบบการ อุตสาหกรรม เช่น การวัดความดัน ระดับของเหลว อัตราการไหล อุณหภูมิ และวาล์วควบคุม

หน่วยเชื่อมต่อพิเศษ คือ หน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่สร้างขึ้นใช้งานเฉพาะ ทำให้การควบคุม สะดวกและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น หน่วยอินพุตความเร็วสูง หน่วย ASCII หน่วยเชื่อมต่อ มอเตอร์แบบสเตปหน่วย RPM และ หน่วย PID

หน่วยอินพุต/เอาต์พุต แบบรีโมต ใช้กับระบบควบคุมขนาดใหญ่ มีหน่วยอินพุต/เอาต์พุต จำนวนมากหรือเครื่องจักรห่างจากCPUมากการเชื่อมโยงระหว่างCPUกับหน่วยอินพุต/เอาต์พุตจะ ใช้สายส่งเพียงคู่เดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และแบ่งระบบควบคุมออกเป็นระบบย่อยทำให้ การควบคุมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

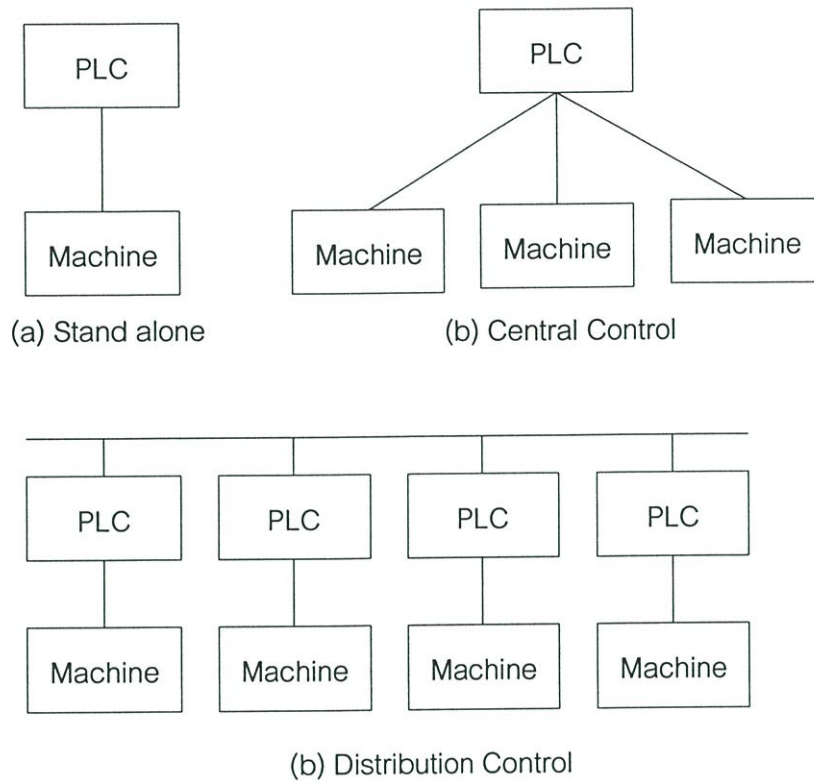
4.4.2 การจัดระบบ PLC

การจัดระบบ PLC แบ่งออกเป็น การควบคุมแบบอิสระ (individual control) การ ควบคุมแบบศูนย์กลาง (centralized control) และการควบคุมแบบแจกแจง (distributed control)

การควบคุมแบบอิสระ เหมาะกับการควบคุมเครื่องจักรขนาดเล็ก มีหน่วยอินพุต/เอาต์พุต จำนวนไม่มากนักไม่เชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์หรือ PLC ระบบอื่น การควบคุมแบบศูนย์กลางใช้กับ ระบบควบคุมขนาดกลางกับระบบควบคุมแบบแบ่งย่อยโดยใช้หน่วยอินพุต/เอาต์พุตรีโมต การ ควบคุมแบบแจกแจงใช้กับระบบควบคุมขนาดใหญ่ใช้ PLC หลายเครื่องทำงานร่วมกัน และมีการ เชื่อมต่อกับระบบโครงข่าย

(ก)การควบคุมแบบอิสระ (ข)การควบคุมแบบศูนย์กลาง

(ค) การควบคุมแบบแจกแจง



รูปที่ 4.6 การจัดรูปแบบของระบบ PLC

4.4.3 หน่วยความจำ

หน่วยความจำ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ หน่วยความจำชนิดวอลละทิล เช่น RAM เหมาะสำหรับเก็บโปรแกรมที่แก้ไขอยู่เสมอ โดยใช้ร่วมกับหน่วยจ่ายกำลังสำรอง และหน่วยความจำวอลละทิล เช่น ROM EPROM และ NOVRAM ใช้กับโปรแกรมที่ไม่แก้ไขบ่อยครั้ง PC อาจใช้หน่วยความจำชนิดใดชนิดหนึ่งหรือ 2 ชนิดรวมกัน

PLC ขนาดเล็กมักมีหน่วยความจำขนาดจำกัด และขยายไม่ได้ เก็บโปรแกรมได้ประมาณ 50 ถึง 2000 ลำดับคำสั่ง PLC ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ผู้ใช้อาจขยายหน่วยความจำได้ครั้งละประมาณ 1k ถึง 4k

ขนาดหน่วยความจำที่ PLC ใช้กับโปรแกรมขึ้นกับ จำนวนอินพุต/เอาต์พุต ความยาวและความซับซ้อนของโปรแกรม จำนวนคำสั่งพิเศษที่ใช้คำนวณทางคณิตศาสตร์และจัดการข้อมูล บริษัทผู้ผลิตมักมีสูตรสำเร็จที่ใช้คำนวณหาค่าหน่วยความจำที่ PC ต้องใช้โดยประมาณ สูตรสำเร็จนี้ใช้ค่าคงที่ประมาณ 3-8 คูณกับจำนวนอินพุต/เอาต์พุตทั้งหมด หลังจากได้หน่วยความจำจากสูตรแล้วผู้ใช้ต้องเพิ่มขนาดอีกประมาณ 25% ถึง 30% ถ้าใช้คำสั่งคำนวณทางคณิตศาสตร์และจัดการข้อมูลในการเขียนโปรแกรม

วิธีหาขนาดหน่วยความจำที่ถูกต้องและแน่นอนที่สุด คือการนำโปรแกรมจริงมาคำนวณ โดยใช้ข้อมูลเก็บโปรแกรมและตารางข้อมูล PC

4.4.4 ภาษาและคำสั่งพิเศษ

ผู้ใช้ต้องพิจารณาภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมประกอบการเลือก PC เพราะภาษาที่ดีจะต้องทำให้การเขียนโปรแกรมง่าย โปรแกรมที่เขียนขึ้นมีขนาดสั้น ไม่สิ้นเปลืองหน่วยความจำและช่วงเวลาแกนของ PC นอกจากนี้ ผู้ใช้ควรพิจารณาคำสั่งพิเศษของ PC ประกอบโดยเฉพาะในการควบคุมขนาดใหญ่ ลักษณะคำสั่งที่ดีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเขียนโปรแกรมให้สูงขึ้น

4.4.5 หน่วยป้อนโปรแกรมและอุปกรณ์ร่วม

หน่วยป้อนโปรแกรมแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องป้อนโปรแกรมขนาดเล็กและเครื่องป้อนโปรแกรมชนิดจอภาพ เครื่องป้อนโปรแกรมขนาดเล็กใช้กับ PC ขนาดเล็ก ส่วนแสดงผล แสดงโปรแกรมได้ครั้งละ 1 ลำดับคำสั่ง หรือ 1 ริงก์ หน่วยป้อนโปรแกรมทั้ง 2 ชนิด ทำหน้าที่คล้ายกัน คือ รับโปรแกรมจากผู้ป้อนให้หน่วยความจำ และแสดงผลการปฏิบัติโปรแกรมให้ผู้ใช้ตรวจสอบ นอกจากนี้ เครื่องป้อนโปรแกรมชนิดจอภาพบางชนิดยังมีความสามารถพิเศษอื่นอีก เช่นการเก็บโปรแกรมในหน่วยเก็บข้อมูล และการแสดงภาพด้วยจอกราฟฟิก

อุปกรณ์ร่วมคือ เครื่องมือที่ทำหน้าที่ ติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับ PLC อุปกรณ์ร่วมที่พบเสมอคือ แผงติดต่อ เครื่องพิมพ์ จอกราฟฟิก และแผงควบคุม การเลือกอุปกรณ์ร่วมต้องตรวจสอบความสามารถของ PLC เพราะ PLC บางเครื่องเท่านั้นที่สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยไม่คำนึงถึงวิธีการเชื่อมต่อ และการรับส่งข้อมูลของ PC ประกอบด้วย

4.4.6 การติดตั้ง

PLC หน่วยอินพุต/เอาต์พุต และอุปกรณ์ร่วมถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้กับสภาพแวดล้อมต่างกัน การพิจารณาคุนสมบัติการติดตั้ง และสภาพแวดล้อมขณะใช้งานของ PLC เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น ฝุ่นละออง และการรบกวนจากสนามไฟฟ้าช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพการทำงานของ PLC ผู้ใช้ตรวจสอบสภาพโรงงานหาข้อมูลการติดตั้งเพื่อพิจารณาเลือก PLC ที่ต้องการ

4.4.7 การเลือก PLC

การวางแผนและออกแบบระบบโดยกำหนดลักษณะทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของ PLC จะพบว่า PLC เพียงจำนวนหนึ่งในท้องตลาดที่มีคุณสมบัติที่ต้องการ ขั้นสุดท้ายในการเลือก

PLC คือพิจารณาคุณลักษณะของ PLC ร่วมจากบริการของบริษัทผู้ขายหรือตัวแทนจำหน่าย ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ และความเอื้ออำนวยในการขยายระบบในอนาคต

4.4.8 การบริหาร

การบริหารที่ดีจากบริษัทฝ่ายขายจะช่วยให้การใช้ PLC ง่ายขึ้น ฝ่ายขายต้องจัดหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดให้ผู้ใช้ก่อนการจัดซื้อ ข้อมูลที่ดีจะทำให้ลูกค้ามั่นใจในสินค้าและบริการจากผู้ขายภายหลังการติดตั้ง ซึ่งประกอบด้วย การฝึกอบรม การให้คำปรึกษา ข้อมูลทางเทคนิค และการจัดส่งสินค้า

การอบรมส่วนใหญ่จะจัดขึ้นในบริษัท หรือศูนย์การฝึกอบรมของผู้ขาย แต่ลูกค้าอาจขอให้จัดการอบรมขึ้นในโรงงานของตนเพื่อให้พนักงานทั้งหมด เข้าใจและใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเต็มที่ ค่าใช้จ่ายในการอบรมทั้งหมดขึ้นกับข้อตกลงระหว่างลูกค้าและฝ่ายขาย

วิศวกรที่ปรึกษาจากฝ่ายขายที่ให้ความช่วยเหลือ ในการจัดซื้อ ออกแบบ ติดตั้งและเขียนโปรแกรม จะช่วยให้ลูกค้าใช้อุปกรณ์ทุกชิ้นได้อย่างถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

ข้อมูลทางเทคนิค ประกอบด้วย คู่มือการใช้ การเขียนโปรแกรมและการบำรุงรักษา และเอกสารอ้างอิงต่างๆ คู่มือประกอบการใช้ที่ดีต้องอ่านแล้วเข้าใจง่าย บริษัทส่วนใหญ่จะจัดหาเอกสารอ่านประกอบให้ลูกค้าที่สนใจใช้อ้างอิงเพื่อเพิ่มพูน ทักษะ ความรู้และประสบการณ์ให้ตนเอง

อุปกรณ์ทุกชิ้นในระบบ PLC เช่น สวิตช์ไฟฟ้า อุปกรณ์ตรวจจับ หลอดไฟสัญญาณ มอเตอร์ไฟฟ้า และวาล์วควบคุม สามารถดำเนินการติดตั้งได้อย่างอิสระในทันทีที่ออกแบบระบบเสร็จ โดยไม่ต้องรอการติดตั้ง PLC เสร็จก่อน การผลิตจะเริ่มดำเนินงานได้ตามหมายการหรือไม่ขึ้นกับการจัดส่งสินค้าของผู้ขายลูกค้าต้องได้รับสินค้าทั้งหมดในสภาพเรียบร้อยและทันเวลา ซึ่งหมายถึงการขนส่งและการบรรจุหีบห่อที่ดีจากบริษัทผู้ผลิต ผู้ใช้จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการบริการเก็บสำรองวัสดุต่างๆ ได้มาก ถ้าผู้ขายสามารถจัดส่งทุกสิ่งที่ลูกค้าต้องได้ในทันทีที่มีการสั่งซื้อ

4.4.9 ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์

การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานและน่าเชื่อถือจะทำให้การทำงานของระบบ PLC มีประสิทธิภาพ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ผู้ใช้ควรสอบถาม ข้อมูลการใช้ PLC จากโรงงานหรือผู้ใช้รายอื่น ข้อมูลผลิต PC ออกจำหน่ายเป็นชุด ตั้งแต่ PLC ขนาดเล็ก จนถึง PLC ขนาดใหญ่ ใช้โปรแกรม หน่วยอินพุต/เอาต์พุต หน่วยความจำ และอุปกรณ์ร่วมต่างๆ ร่วมกัน ทำให้การขยายระบบ เช่น การเพิ่มจำนวนหน่วยอินพุต/เอาต์พุตและหน่วยความจำ การใช้ PLC

ขนาดใหญ่ขึ้นและการเชื่อมโยงระหว่าง PLC ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย ผู้ใช้ควรเตรียมการเพื่อการขยายระบบในอนาคต ดังนี้

4.4.9.1 จัดอบรมให้ความรู้แก่พนักงานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นระยะ แทนการอบรมเพียงครั้งเดียว หลังการติดตั้งอุปกรณ์ใหม่แต่ละครั้ง

4.4.9.2 การใช้ PLC และอุปกรณ์ต่างๆ จากแหล่งผลิตเดียวกัน จะทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

4.4.10 ขั้นตอนการวางแผนและออกแบบระบบ PC

การวางแผนและออกแบบระบบ PC ควรดำเนินงานตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาปัญหาการควบคุมและวิธีแก้ปัญหา
2. การตรวจรูปแบบการควบคุม
3. การควบคุมแบบอิสระ
4. การควบคุมแบบศูนย์กลาง
5. การควบคุมแบบแจกแจง
6. หน่วยอินพุต/เอาต์พุต
7. หน่วยอินพุต/เอาต์พุตแบบสภาวะข้อมูลแบบอนาล็อก
8. หน่วยอินพุต/เอาต์พุตแบบรีโมต
9. หน่วยเชื่อมต่อพิเศษ
10. การขยายข้อมูลหน่วยอินพุต/เอาต์พุตในอนาคต
11. ภาษาและคำสั่งพิเศษ
12. ภาษาพื้นฐานหรือภาษาระดับสูง
13. คำสั่งพื้นฐาน เช่น คำสั่งวงจรีเลย์และการปฏิบัติลอจิก ตัวตั้งเวลาตัวนับ
14. คำสั่งพิเศษ
15. เลือกชนิดหน่วยความจำ
16. หน่วยความจำชนิดนอนวอลละทิล
17. กำหนดขนาดหน่วยความจำ
18. คำนวณขนาดหน่วยความจำ
19. การขยายหน่วยความจำ
20. ตรวจสอบช่วงเวลาสแกนของ PC
21. เลือกหน่วยป้อนโปรแกรมและเก็บข้อมูล
22. เครื่องป้อนโปรแกรมชนิดจอภาพ
23. คอมพิวเตอร์

24. เทปบันทึกเสียงและจานแม่เหล็ก

25. เครื่องป้อนโปรแกรมขนาดเล็ก

4.4.11 เลือกอุปกรณ์ร่วม

1. จอกราฟฟิก
2. แผงติดต่อ
3. เครื่องพิมพ์
4. ระบบจัดพิมพ์รายงาน

4.4.12 พิจารณาการติดตั้ง

1. สถานที่และการติดตั้ง
2. สภาพการติดตั้ง

4.4.13 คัดเลือกและจัดซื้อผลิตภัณฑ์

1. การบริการ
2. ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์
3. ความเอื้ออำนวยในการขยายระบบในอนาคต

4.5 แนะนำฟังก์ชันตัวควบคุมพีไอดีในพีแอลซีออสมรอน

ในตัวพีแอลซีจะมีฟังก์ชันพิเศษใช้ในระบบควบคุมที่มีความซับซ้อน คือ ฟังก์ชันพีไอดี โดยสามารถกำหนดค่า K_p (Proportional band), K_i (Integral Time) และ K_d (derivative time) ตามผู้ใช้งานที่สามารถตั้งค่าให้เหมาะสมได้ สามารถแสดงสมการพื้นฐาน ได้ดังนี้

$$CV = \frac{PB}{100} \left[E + \frac{1}{RiT_n} \int (E) dt + RdT_n \frac{d(E)}{dt} \right]$$

PB = Proportional band, in percentage (%)

$$= \frac{\text{change in proportional output}}{\text{change in error value}} \times 100$$

$$= K_c \times 100$$

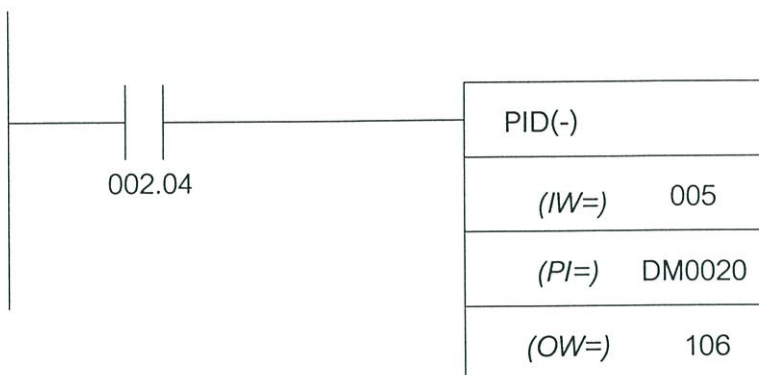
T_n = คือค่าคาบเวลาการสุ่ม (Sampling Period) ที่ใช้ในการคำนวณค่า PID

$$R_i = \frac{T_i}{T_n}$$

$$R_d = \frac{T_d}{T_n}$$

โดยค่า T_i เป็น integral time และ T_d เป็น derivative time

การเพิ่มหรือลดค่า T_n อย่างอัตโนมัติจะเปลี่ยนตามค่า integral time และ ค่า derivative time ที่ใช้ในการคำนวณ



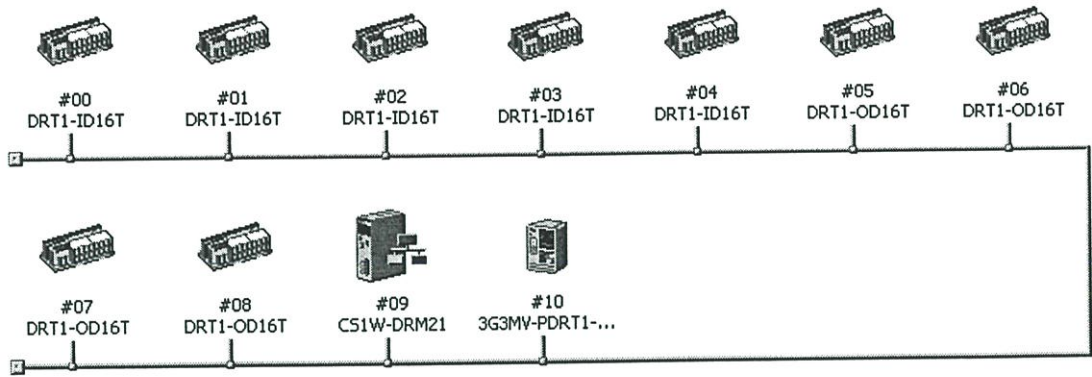
รูปที่ 4.7 แสดงการใช้คำสั่ง PID ในพีแอลซี

แลดเดอร์ลอจิก ฟังก์ชัน PID (-) ที่แสดงในรูปที่ 4.7 ถ้าลอจิกบิตที่ 2.04 อยู่ในสภาวะ "ON" คำสั่ง PID จึงจะทำการประมวลผลและอ่านค่า Process Variable (PV) จากพารามิเตอร์ IW (ค่า IR 005) ส่วนพารามิเตอร์ PI จะเป็นการกำหนดตำแหน่งพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการคำนวณค่า PID ไว้ ในรูปที่ 4.7 และเริ่มจาก DM 0020 ถึง DM0052 เป็นจำนวน 33 words ส่วนผลลัพธ์เอาท์พุทจะกำหนดที่พารามิเตอร์ OW ซึ่งอยู่ที่ IR 106 ตามรูปที่ 4.7

4.6 สาเหตุที่ต้องใช้ Visual Basic

สร้างโปรแกรมบน Windows โดยอาศัยการออกแบบโปรแกรมในลักษณะ Visualize ซึ่งกำหนดตำแหน่งของ Object ลงบนจอภาพเพื่อติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง Object เหล่านี้เปลี่ยนไปตามเหตุการณ์ (Event) ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเคลื่อนเมาส์ หรือการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ในการกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับ Object ภายใต้ Event ใดๆ จะใช้ภาษา Basic เข้ามาช่วยในการเขียนโปรแกรม ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาโปรแกรมบน Windows โดยใช้ Visual Basic มีความง่ายและสะดวกในการใช้งาน รวมทั้งมีขั้นตอนน้อย เพียงแต่เลือก For และ Control ที่เหมาะสม แล้ววาดลงบนจอภาพเพื่อใช้ติดต่อกับผู้ใช้ จากนั้นทำการเขียนภาษา BASIC เพื่อสร้างโปรแกรมด้วยตัวเอง ด้วยวิธีที่ง่ายและเร็วกว่าที่คิด จึงทำให้ผู้ใช้เรียนรู้ได้ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง สามารถสร้างโปรแกรมบน Windows เป็นโปรแกรมแรกได้

นอกจากนี้ Visual Basic ยังใช้ได้ตั้งแต่ User ระดับต้นเพื่อใช้สร้างโปรแกรมง่ายๆ บน Windows หรือโปรแกรมเมอร์ระดับกลางที่จะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของ Visual Basic ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนโปรแกรมเมอร์ในระดับมืออาชีพที่จะพัฒนาโปรแกรมในระดับสูง โดยใช้ Object Linking and Embedding (OLE) และ Application Programming Interface (API) มาประกอบในการเขียนโปรแกรม

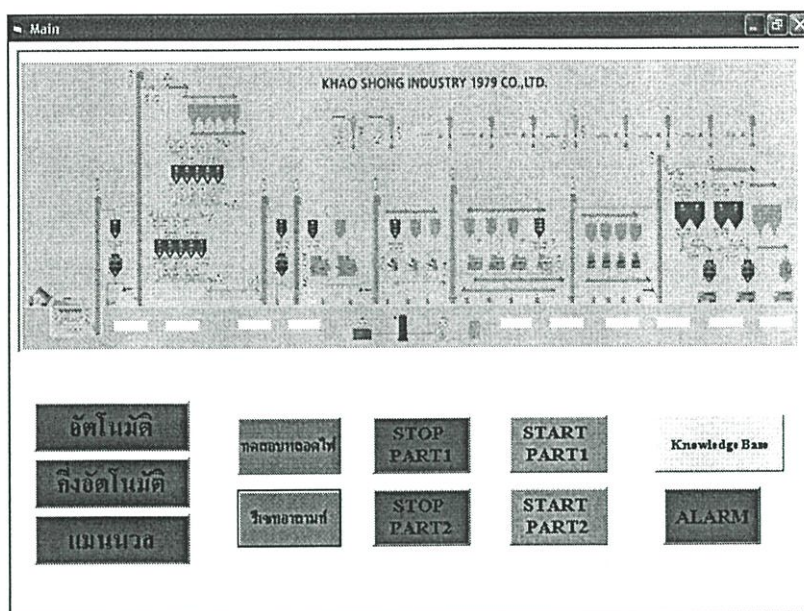


รูปที่ 5.2 รูปแสดงการต่อระบบควบคุมกระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ

จากรูปที่ 5.2 เป็นการต่อระบบสกาตาควบคุมอุปกรณ์พีแอลซีที่มีการต่อแบบกระจาย โดยให้ PLC ออมรอน รุ่น CS1G เป็นตัว Master และใช้ตัว CompoBUS/D รุ่น CS1W-DRM21 เป็น ComPoBUS/D Master โดยต่อกับโหนดตัวลูกรุ่น DRT มีทั้งอินพุตและเอาต์พุต ความเร็วในการสื่อสารระหว่างตัว CS1W-DRM21 กับตัวลูกอยู่ที่ 125 kbps โดยเมื่ออิงต่อดตัวลูก (Slave) มากก็จะทำให้ค่า Cycle time(ms) ยิ่งมากขึ้นด้วย โดยการควบคุมตำแหน่งอินพุตและเอาต์พุตของอุปกรณ์ Device จะอยู่ที่ CIO 3200 และ CIO 330 ตามลำดับ โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เปิดโปรแกรมพัฒนาวิชวลเบสิก
2. เปิดโปรแกรม FINs Gateway เพื่อทำการเชื่อมต่อกับโมดูล Ethernet
3. สามารถใช้งานหน้าจอวิชวลเบสิกในการทำงานเป็น GUI developer ได้
4. ทำการเขียนคำสั่งการทำงานในการทดลองงานเขาช่องนี้จะใช้งาน Active X Compolet ที่เชื่อมต่อกับ FINs Gateway
5. ทำการ Run program ทดสอบ และ แก้ไข
6. ทำการพัฒนาในส่วนฐานข้อมูล
7. ทำการพัฒนาในส่วนส่ง Alarm ข้อความออกทางโทรศัพท์ระบบ GSM
8. ทำการ Set up เป็นข้อมูล Execute

การพัฒนาในส่วนฐานข้อมูลจะไม่กล่าวถึง แต่จะกล่าวถึงในส่วนส่ง Alarm ข้อความออกทางโทรศัพท์ระบบ GSM



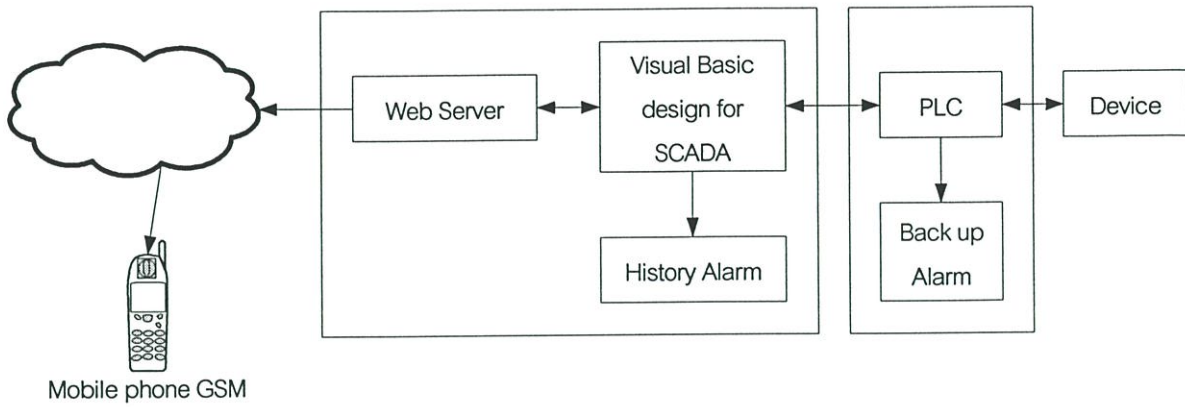
รูปที่ 5.3 แสดงหน้าจอบควบคุมสกาตาที่ใช้ในโรงงานเขาช่อง

5.1 การส่ง Alarm ข้อความออกทางโทรศัพท์ระบบ GSM

เป็นการพัฒนาระบบสกาตาต้นแบบโดยการส่งข้อมูลผ่านทาง Web Server อ้างอิงกับระบบ GSM ผ่านระบบ Ethernet Link แบบ TCP/IP โดยมีมือถือจะรับเป็น SMS ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบสกาตาเป็นอย่างมาก มีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

1. ทำการ Set up ระบบคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบสกาตาให้เป็น Web Server ก่อน
2. ทำการเขียนโปรแกรมที่พัฒนาโดยโปรแกรม PHP ให้ทำการเชื่อม Web Server กับ Web ของ GSM
3. เขียนโปรแกรมสกาตาบนไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ Link กับ Web Server
4. ตั้งมือถือให้รับระบบข้อความทาง Web ได้

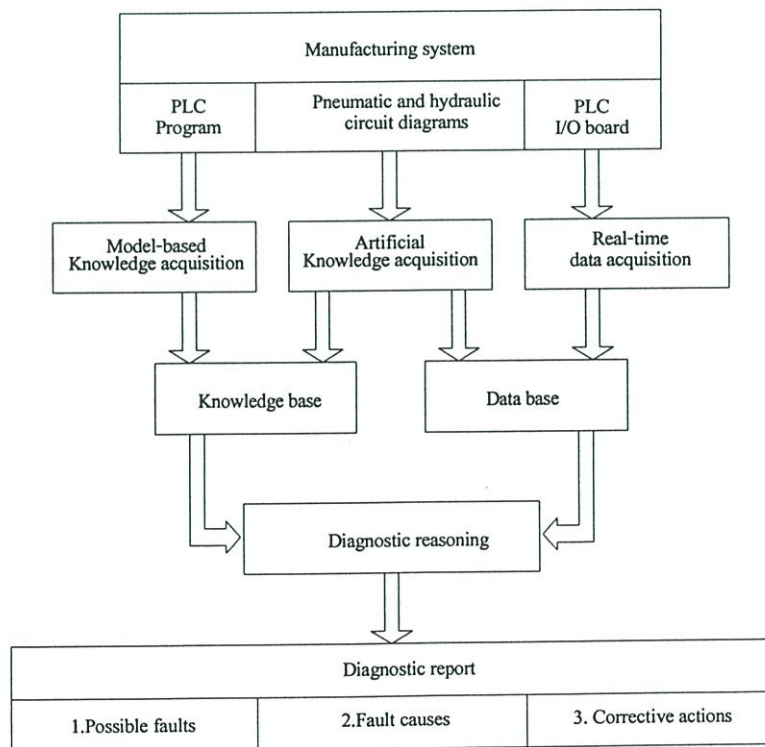
สามารถแสดงเป็นไดอะแกรมการส่งข้อความได้ดังนี้



รูปที่ 5.4 แสดงไดอะแกรมการส่งข้อความ Alarm ทางระบบ GSM

5.2 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมสกาตา โดยการใช้ตัวควบคุมพีซีซี

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมสกาตาจะถูกพัฒนาโดยการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคนิคอัจฉริยะเทียม โดยการใช้ทฤษฎีตัวควบคุมพีซีซีเข้ามาทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์สกาตาที่ถูกพัฒนาขึ้นเป็นต้นแบบ โดยมีโครงสร้างการทำงานโดยทั่วไป ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 โครงสร้างของระบบสกาตาที่มีการใช้ Artificial Intelligence Technique

5.3 กระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟที่โรงงานเขาช่อง 1979

สามารถแบ่งกระบวนการเป็น 3 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้

- 1 ส่วนลำเลียงของเข้าถึงพัก
- 2 ส่วนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ
- 3 ส่วนลำเลียงของออกจากถึงพัก

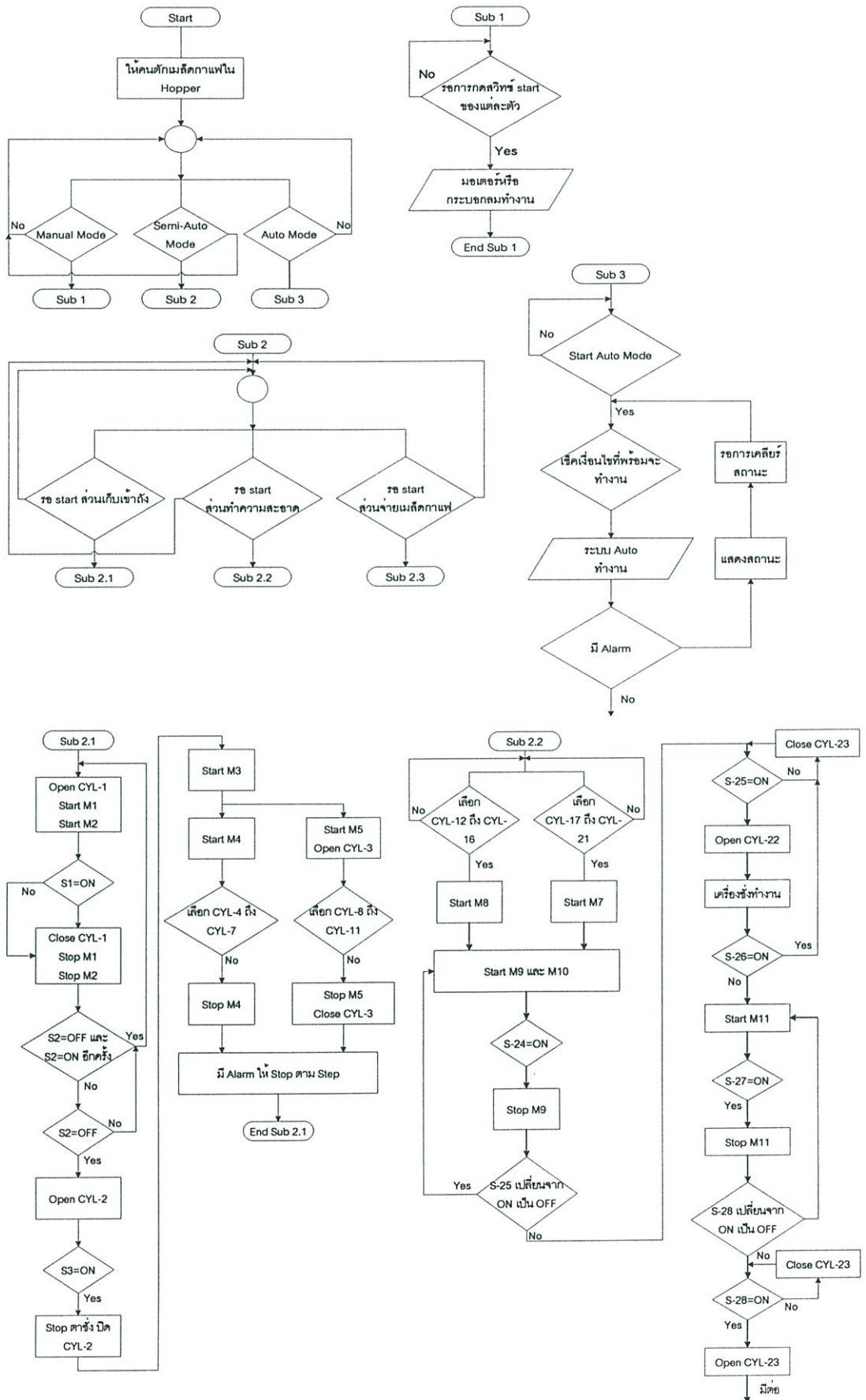
5.3.1 ส่วนลำเลียงของเข้าถึงพัก

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ ลำเลียงเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ได้ ทำความสะอาด โดยใช้สายพานลำเลียง 1 และสายพานลำเลียง 2 เพื่อผ่านเข้าสู่ถึงพัก เพื่อทำการชั่งน้ำหนักผ่านเครื่องชั่ง (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก) เครื่องชั่งจะทำการชั่ง และปล่อยเมล็ดกาแฟออกผ่านทางกะพ้อตันที่ 2 (สายพานลำเลียง 3) ไซโหมคอัดโนมิติ ผู้ใช้งานไม่ต้องเลือกถึงเพราะ จะใช้หน่วยความจำเดิมจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลลโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลการบรรจุเข้าถึงพักเมล็ดกาแฟ โดยทางด้านฝาดังจะมีมอเตอร์ เป็นตัวขับเคลื่อน รถเคลื่อนให้ชนลิมิตสวิทช์แต่ละตัว แบ่งตามคู่ได้ถึง 5 คู่ 10 ถึง และมีกระบอกลมเป็นตัวเลือกเข้าถึง ถึงพักแต่ละถึงจะมีฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟเป็นตัวกำหนดระดับในการหยุดชุดสายพานลำเลียงทั้งหมด พร้อมสลับไปยังถึงใบต่อไปโดยอัตโนมัติ

5.3.2 ส่วนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ

ส่วนนี้ถือว่าเป็นหัวใจของระบบ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนต่อไปนี้

- 1.การดูดฝุ่น และแยกโลหะ
- 2.การแยกหิน
- 3.การแยกขนาดของเมล็ดกาแฟ



รูปที่ 5.6(ก) แผนผังแสดงการทำงานของโรงงานกาแฟ

กระบวนการทำความสะอาด เมล็ดกาแฟอธิบายได้ดังนี้

เมล็ดกาแฟที่ถูกลำเลียงเข้าสู่ถังพักที่ 1-10 (ถังที่ 5 และ 10 เป็นถังสำรอง) จะสามารถถูกเลือกใช้งานแบบ Semi-Auto หรือ Auto-Mode ก็ได้ โดยเลือกกระบอกลม 12-21 และกดปุ่ม start จาก computer หรือจาก control panel ก็ได้ ส่วน Auto-Mode จะทำหน้าที่ start จากหน่วยความจำครั้งสุดท้าย เช่นครั้งสุดท้าย ทำงานที่ถัง 1 แต่ S-5 ยังไม่หมดระบบก็จะยังให้กระบอกลม 12 ทำงานต่อจนถึง 1 หมด และปิดกระบอกลมที่ 12 และมาเปิดกระบอกลมที่ 13 แทนจะทำต่อไปจนถึงถัง 10 และวนกลับมาเป็นถัง 1 ใหม่หรือเมื่อมี Manual มาที่ถังใดถังหนึ่งระบบก็จะนับถึงนั้น ต่อไปแบบวนลูป เมื่อกดสวิทช์ สตาร์ทระบบแบบ Semi-Auto หรือ Auto ก็ได้ สายพาน M10 จะทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ พอครบเวลา M9 จะทำงานพอครบเวลา M8 หรือ M7 สายพานใด สายพานหนึ่งขึ้นอยู่ กับกระบอกลมที่ถูกเลือก ถ้ากระบอกลม 12-16 ทำงานสายพาน M8 จะติดถ้ากระบอกลม 17-21 ทำงานตัวใดตัวหนึ่ง M7 จะทำงาน เมล็ดกาแฟจะถูกลำเลียงผ่านสายพานลำเลียงข้างต้น เข้าสู่ถังพักคลีนเนอร์ ถังพักคลีนเนอร์จะมีเซ็นเซอร์ตรวจจับ ระดับของเมล็ดกาแฟเมื่อ S-25 ทำงาน (เมื่อเมล็ดกาแฟอยู่ในตำแหน่งที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้) หนึ่งเวลาตามที่กำหนด จะสั่งให้กระบอกลมที่ 22 เปิด และเมื่อ S-25 ไม่ทำงานจะสั่งให้กระบอกลมเบอร์ 22 ปิด ส่วนเซนเซอร์ S-24 จะทำหน้าที่ป้องกันของเกิน หรือ High Limit เซ็นเซอร์ เมื่อ S-24 ทำงานกระบอกลมชุดทางออกเองถึงพักเมล็ดกาแฟจะปิดทั้งหมด และจะหนึ่งเวลา หยุดจาก M7 หรือ M8 ตามเวลาที่ตั้งไว้ M9 จะหยุด และ M10 จะหยุดหลังสุด เพื่อที่จะให้เมล็ดกาแฟอยู่ในสายพานน้อยที่สุด เพราะเวลาเริ่มเดินสายพานมอเตอร์แต่ละตัว จะได้รับภาระโหลดน้อยที่สุด เมื่อเมล็ดกาแฟเข้าสู่เครื่องคลีนเนอร์ ในส่วนเครื่องคลีนเนอร์นั้น จะประกอบด้วยมอเตอร์ 2 ชุดคือ M14 และ M15 จะเป็นตัวเขย่าและลำเลียงเมล็ดกาแฟไปยังกระบวนการขัดแยกผิว โดยมีมอเตอร์ M12 และ M13 เป็นพัดลมดูดสิ่งสกปรก ออกจากระบบในชุดของเครื่องคลีนเนอร์ เมล็ดกาแฟได้ถูกลำเลียงผ่านกระพ้อสายพาน M16 ส่วน S-24 และ S-25 จะเป็นตัวควบคุมระดับของเมล็ดกาแฟในถังพัก โดย S-24 เมื่อ ON เป็นเวลาตามที่กำหนดไว้ จะหยุดกระพ้อสายพาน M11 และ S25 ON จะสั่งให้กระบอก CYL – 23 ปิดในส่วน dry-stone คือ เครื่องแยกหินจะควบคุมด้วย M19 เป็นตัวสั่งเมล็ดกาแฟ M18 และ M19 เป็นพัดลมดูดสิ่งสกปรก S-29 เมื่อ ON เป็นเวลาที่กำหนดจะหยุด M16 ส่วน S-30 เมื่อ ON จะหยุดจะกระบอกลมตัวที่ 24 (CYL-24) เมล็ดกาแฟที่ผ่านเครื่อง dry-stone จะมีแต่เมล็ดกาแฟที่มีขนาดต่างๆ กันไป และจะลำเลียงผ่านสายพาน M20 สายพาน M21 ตามลำดับ โดยจะเข้าถึงถังพักเครื่องกราวิตี(Gravity) โดยมีเซ็นเซอร์อยู่สามระดับ S-31, S-32 และ S-33 จะมีหน้าที่ดังนี้ S31 เมื่อ ON เป็นเวลาที่กำหนดจะหยุด กระบอกลมที่ 24 และหยุด M20 และ M21 ตามลำดับ S-32 จะเป็นเซนเซอร์ในการ start ชุด M21 ,M20 และ กระบอกลมที่ 24 ตามลำดับเมื่อ S-32 OFF และ S-33 OFF จะหยุดมอเตอร์ M24 โดย M24 เป็นมอเตอร์

มอเตอร์เขย่าเมล็ดกาแฟเครื่องกราวตี และจะเริ่มเดินเมื่อ S-32 ON เมื่อ M24 หยุด จะต้องหยุด M25 และ M26 ตามเวลาทันทีเนื่องจากการทำงานของเครื่องกราวตีต้องมีเมล็ดกาแฟอยู่ในถังจึงสามารถแยกขนาดเมล็ดกาแฟได้ เมล็ดกาแฟส่วนที่เหลือจะถูกแยกมาเก็บไว้ ส่วนที่มีขนาดใช้งานได้จะถูกลำเลียงผ่านสายพานกระพ้อที่ 26 มายัง ถังพักเพื่อส่งไปคั่วต่อไป ซึ่งถังที่ 1,2,3 และ 4 จะเป็นตัวกำหนดว่า สายพานลำเลียง M29 หรือ M30 ทำงานสามารถแสดงการทำงานของสายพานและกระบอกกลมของถังพักได้ดังนี้

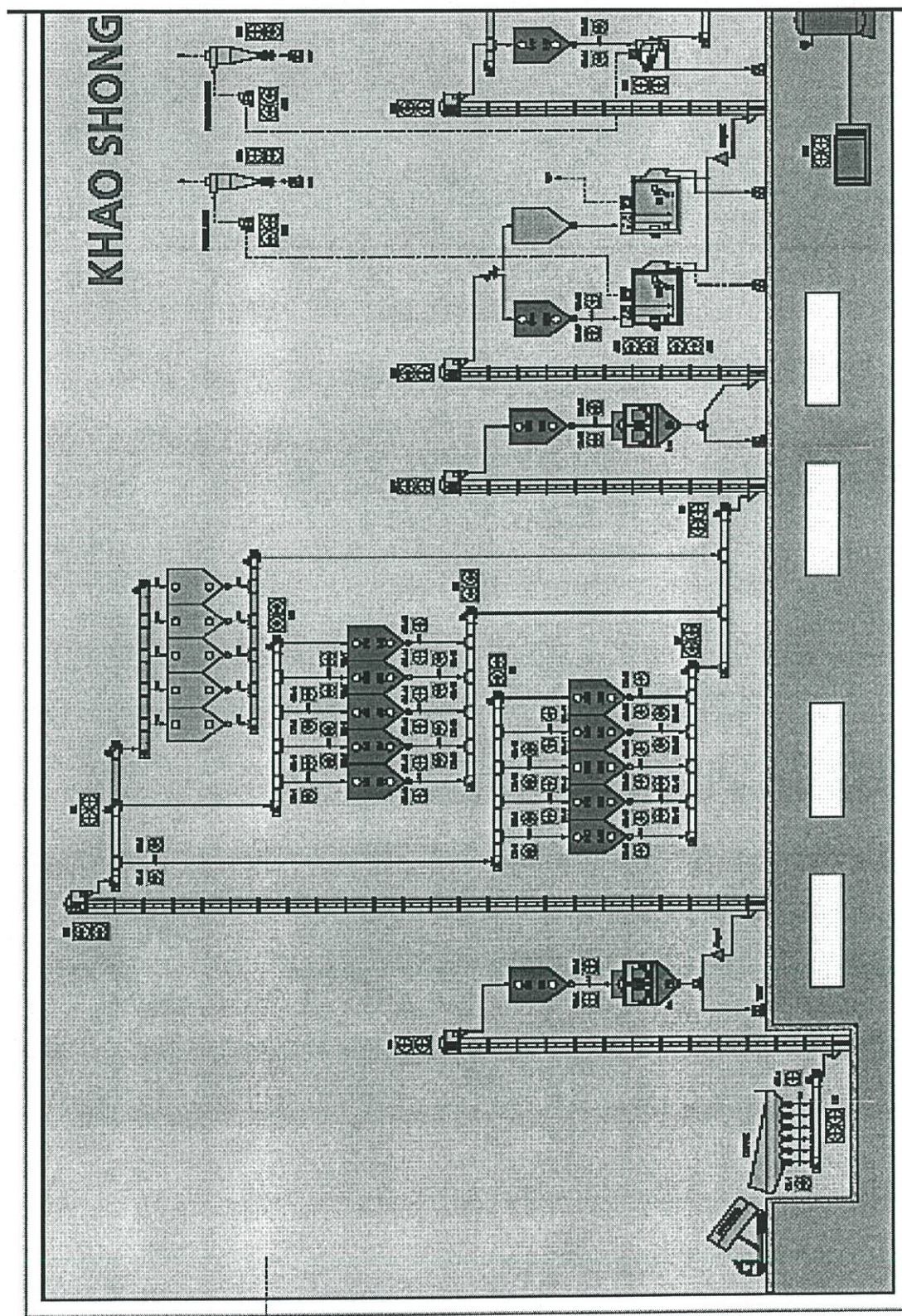
ตารางที่ 5.1 แสดงการทำงานของกระบอกกลมและมอเตอร์ของถังเก็บเมล็ดกาแฟที่ทำความสะอาดแล้ว

ถังพักที่	กระบอกกลมและมอเตอร์ที่ทำงาน
1	CYL-26,CLY- 27+M29,M30
2	CYL-26+M29,M30
3	CYL-28+M29,M31
4	M29,M31

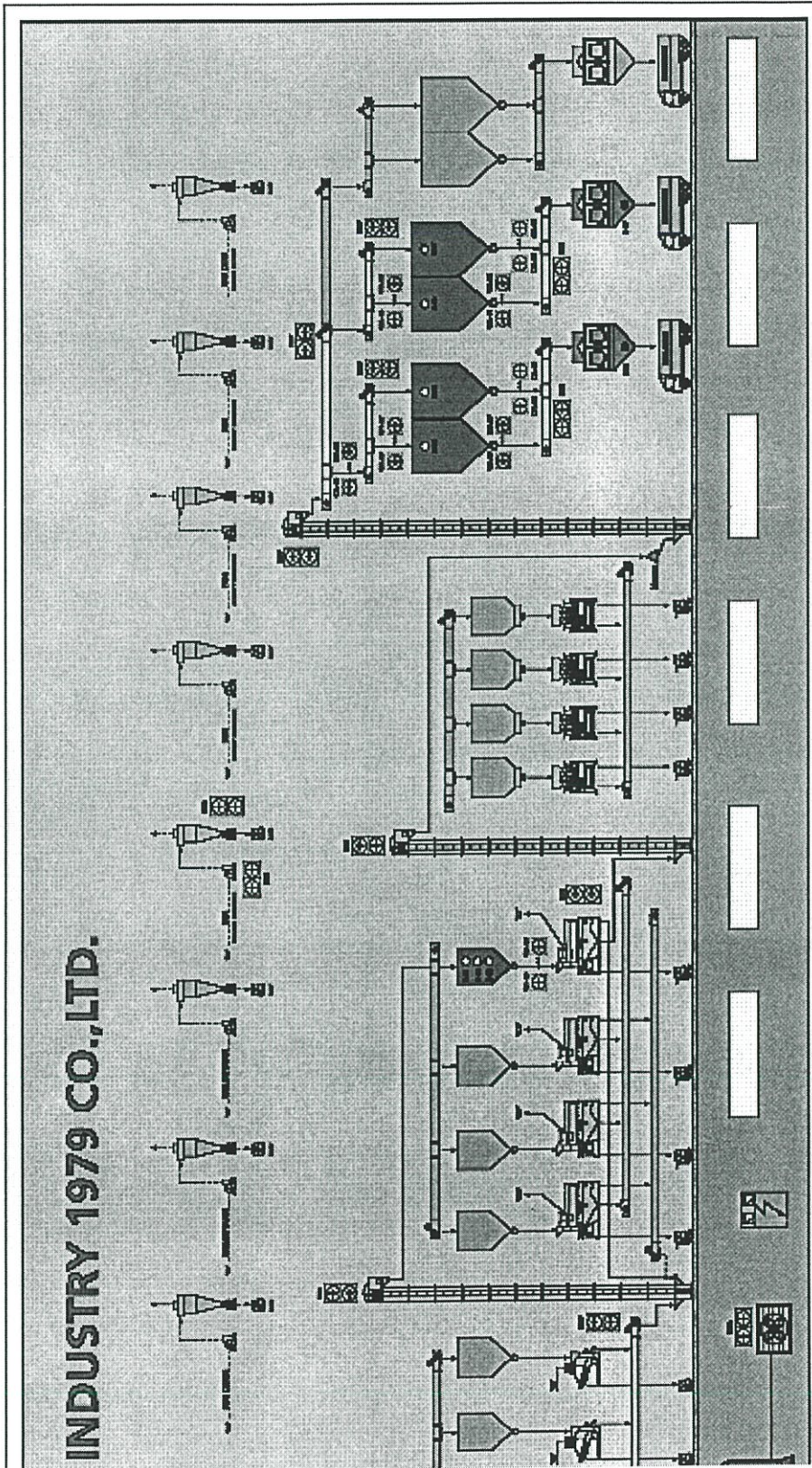
เมื่อมีมอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่ง กระแสเกิน หรือโหลดเกินจะต้องหยุดระบบเป็นขั้น เพื่อไม่ให้เมล็ดกาแฟล้นออกนอกระบบการบรรจุลงถัง จะสามารถจะสามารถเลือกแบบเป็นกึ่งอัตโนมัติ หรือ อัตโนมัติ ได้ถ้าเลือกแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถเลือกถังลงได้ ถังใดถังหนึ่งเมื่อเต็มคือ S-34, S-35, S-36 และ S-37 จะติด แล้วแต่ถังที่ถูกเลือกเมื่อ ON จะหยุดในส่วนสายพานลำเลียง ตั้งแต่ M24, M25, M26, M27, M28, M29, M30, M31 ตามลำดับ

5.3.3 ส่วนลำเลียงของออกจากถังพัก

ส่วนนี้จะเป็นส่วนลำเลียง เมล็ดกาแฟที่ถูกทำความสะอาดออกจากถังพักโดยมีกระบอกกลม CYL-29, CYL-30, CYL-31, และ CYL-32 ผ่านสายพานลำเลียง M32 และ M33 เข้าเครื่องชั่ง ชุดที่ 3 และชุดที่ 4 ในส่วนนี้ จะทำงานโหมด Manual และ Semi-Auto เท่านั้น ไม่มีระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 5.7 แสดงแผนผังส่วนลำเลียงของเข้าถึงพักและส่วนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ



INDUSTRY 1979 CO., LTD.

รูปที่ 5.8 แสดงแผนผังส่วนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ

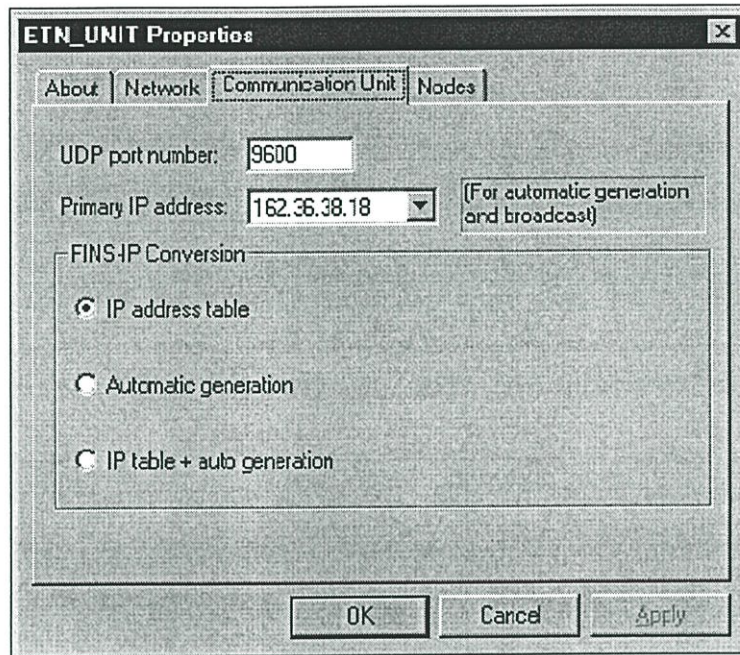
5.4 การใช้ระบบอัจฉริยะที่เชื่อมร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว กระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ จะใช้หลักการเปิด-ปิด กระทบกลม โดยอาศัยการตรวจจับของเซ็นเซอร์ถึงพักก่อนเข้าเครื่องซึ่งน้ำหนักจะมีเซ็นเซอร์อยู่ 2 ตัวคือ ตัวล่างจะทำหน้าที่สั่งให้ตัวส่งเข้าถึงทำงาน ตัวบนจะสั่งตัวส่งเข้าถึงหยุดทำงาน ผู้เขียนได้มีการใช้การหน่วงเวลาในตัว พีแอลซี กำหนดค่าการเปิดหรือปิดของกระทบกลมที่เป็นตัวส่งเมล็ดกาแฟ แต่เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการลำเลียงเมล็ดกาแฟ ทำให้ค่าเวลาในการหน่วงใช้ค่าเดิมไม่ได้ เช่นเมื่อ ความเร็วในการลำเลียงเมล็ดกาแฟที่ 5 ตัน/นาที อาจใช้ค่าเวลาประมาณ 3-4 วินาที ถ้าเพิ่มความเร็วในการลำเลียงเป็น 10 ตัน/นาที ต้องลดค่าเวลาให้น้อยลง เพราะระดับของจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่า 5 ตัน/นาที เพราะฉะนั้นในระบบควบคุมควรจะมีการปรับแต่งค่าให้เหมาะสมกับ ความเร็วในการลำเลียง โดยการหาค่าเวลาที่เหมาะสมกับความเร็วในการลำเลียง การออกแบบโปรแกรมให้เหมาะสมกับการใช้งานจะมีการออกแบบทางโปรแกรมแลตเตอร์ และออกแบบทางโปรแกรมอำนวยความสะดวกและการเข้าถึงข้อมูล เพื่อช่วยลดเวลาในการประมวลผลโดยอาศัยหลักการโอนถ่ายข้อมูลผ่านทางระบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet) มีความเร็วในการส่ง 10 Mbps. โดยมีรายละเอียดของโปรแกรม SCADA ที่ถูกพัฒนาด้วยวิซวลเบสิกทำงานผ่านระบบ Ethernet ดังต่อไปนี้

5.4.1 การกำหนดค่า Ethernet Unit

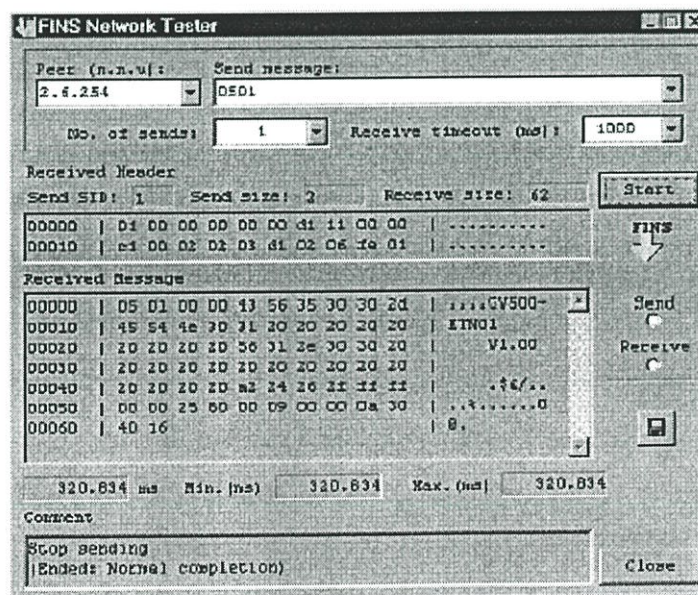
หน้าที่ของ Ethernet Unit

การทำงานของ Ethernet Unit เป็นการสื่อสารในระบบ Ethernet เชื่อมต่อ PLC ออมรอน กับบอร์ด Ethernet ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเชื่อมต่อได้หลายโหนดตามโครงข่ายที่ถูกจัดตั้ง การกำหนดค่าสามารถกำหนดตามรูปที่แสดง5.9นี้



รูปที่ 5.9 การกำหนดคุณสมบัติ ETN ใน FINS

จากรูปการตั้งค่าให้เข้าไปในโปรแกรม FINS Network Setting Program กำหนดค่าตามที่แสดงไว้ ส่วนค่า IP ให้กำหนดตาม Ethernet โมดูล บน PLC ใช้งานรุ่น CS1W-ETN01 เมื่อกำหนดค่าเรียบร้อยแล้วเลือกมาเข้าโปรแกรม FINS Network Tester กำหนดค่า Peer (Node network unit) กำหนด คำสั่ง FINS เป็น 0501 กดปุ่ม start โปรแกรมแสดงรุ่น PLC หรือรุ่นที่ยอมรับให้ติดต่อได้ พร้อมทั้งแสดงระยะเวลาในการสื่อสารแสดงได้ดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แสดงโปรแกรม FINS Network Tester

การสั่งงาน PLC ของ Omron ทำได้หลายวิธี ถ้ามีการใช้งานทางพอร์ทอนุกรม สามารถเขียนโปรแกรมจาก MScop หรือ เขียนทาง Series Com ของ Compolet ก็ได้ แต่ในโรงงานเขาช่องใช้งานผ่านระบบ Ethernet การใช้พีซีลอจิกจากโมดูลทางพีแอลซีมีขีดจำกัดด้านหน่วยความจำ และ ด้านราคา (โดยรายละเอียดสามารถดูเพิ่มเติมในภาคผนวก) ใน 1 โมดูลพีซีสามารถรับรู้ 8 อินพุต และ 4 เอาท์พุต ควบคุมกฎ 8 Condition และ 2 Conclusion จำนวนกฎสูงสุด 128 กฎ ทำให้ใช้งานไม่พอ ถ้าในกระบวนการมี Condition หรือ Conclusion มากกว่าที่กล่าวมาก็ยังทำงานไม่ได้

5.4.2 การออกแบบโปรแกรม และการใช้เทคนิคอัจฉริยะเทียมแก้ปัญหากระบวนการผลิต

การออกแบบโปรแกรม PLC

การทำงานของกระบวนการผลิต สามารถออกแบบตามแผนผังที่ได้กล่าวมาแล้ว มีอุปกรณ์ของ PLC ที่ใช้งานได้ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

1. PLC Omron รุ่น CS1W-CPU45
2. Input Module CS1W-ID212
3. Output Module CS1W-OC222
4. Ethernet Unit CS1W-ETN01
5. PLC Power Supply C200H-PA204
6. Fuzzy Logic Module C200H-FZ001
7. Analog Output Module C200H-DA001
8. Device Net Compo Bus/D CS1W-DRM21
9. Rack CS1W-BC081
10. Remote Input Unit DRT1-ID16
11. Remote Output Unit DRT1-OD16

รายการที่ใช้งานสามารถอธิบายได้ดังนี้

เราสามารถเขียนโปรแกรมแลตเตอร์ควบคุมการทำงานได้ตามกระบวนการ และสามารถโปรแกรม Fuzzy logic ผ่านทางพอร์ทอนุกรมเข้า Fuzzy logic Module มีการตั้งค่าต่างๆ ของโมดูลดังนี้ ทำการกำหนดค่ายูนิตไม่ให้ตรงกับหมายเลขโมดูลตัวอื่น และทำการตั้ง DIP SW. 1 เป็นการตั้งรูปแบบข้อมูล RS-232C ตั้ง DIP SW.2 ตั้งค่าจำนวนยูนิตของ C200H-F2001 และค่าบอร์ดิเรท โดยดูได้จากภาคผนวก หมายเลขโมดูล เช็ตหมายเลขที่ 1 IR words เริ่มที่ 110-119 แอดเดรสที่ 110-113 เป็นการตั้งค่าพีซีลอจิก สามารถเช็ตบิตตามตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงหน้าที่ของบิตภายในของพีแอลซี

IR word	Bit(s)	Function
110	00 to 03	จำนวนของอินพุท (1-8)
	04 to 14	ไม่ใช้
	15	Processing Start Bit
111	00 to 15	First Input word
112	00 to 3	จำนวนของเอาต์พุท (1-4)
	04 to 15	ไม่ใช้
113	00 to 15	First Output word

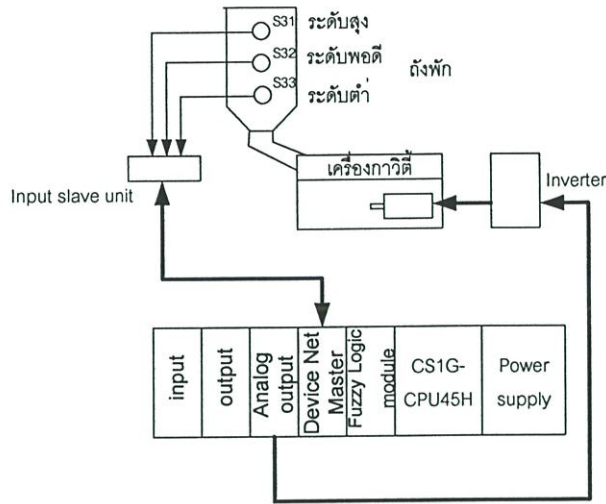
ในการตั้งค่าหมายเลขยูนิต จะมีความหมายกับการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของการกำหนดค่าอินพุทและเอาต์พุท เช่น ถ้าตั้งค่ายูนิตเท่ากับ 1 ค่าใน IR 110 เท่ากับ 8 ค่า IR 111 เท่ากับ 0100 ค่าใน IR 112 เท่ากับ 0003 ค่าใน IR 113 เท่ากับ 0110 หมายความว่า จำนวนอินพุทของพีซีที่มี 8 อินพุท แอดเดรสอินพุทเริ่มต้น DM 100 จำนวนเอาต์พุทพีซีเท่ากับ 3 แอดเดรส เอาต์พุทเริ่มต้น DM 110 การใช้งานพีซีลอคจิกโมดูลนี้ ทางผู้ใช้งานได้ ใช้งานในส่วนเครื่องกราวด์ เนื่องจากมีการใช้งานอินเวอร์เตอร์ที่รับสัญญาณอนาล็อก 0-10 โวลท์ ในการควบคุมการไหลของเมลต์กาแพ โดยเมื่อเมลต์กาแพถูกปล่อยมาให้เร็วขึ้นจากเดิม โดยการปรับการปล่อยเมลต์กาแพให้ไหลมามากขึ้น เซ็นเซอร์ S-31 จะติด และสั่งให้หยุดมอเตอร์ M20 ทำให้ผู้ใช้งานต้องมาหา ปรับค่าความเร็วอินเวอร์เตอร์ให้สูงขึ้น เพื่อจ่ายเมลต์กาแพทันไม่ต้องหยุดมอเตอร์ M20 บ่อยๆ ทางผู้เขียนจึงได้เสนอให้มีการใช้งานในการปรับความเร็วอัตโนมัติโดยใช้การนับเวลาจาก S-31, S-32, S-33 เป็นการรับรู้ว่าจะเพิ่มหรือลดความเร็วอินเวอร์เตอร์ โดยมีการตรวจสอบสถานะจากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัวดังนี้

ในกรณีที่ 1 เมื่อ S-31=ON จะสั่งหยุด CYL-24 และหน่วงเวลาตามโปรแกรมแล้วหยุด M20 ดังนั้น ถ้าเมลต์กาแพลดลงมาถึง S-32 จึงสั่งให้เปิดมอเตอร์ M20 และ เปิด CYL-24 ตามลำดับ ผู้เขียนจึงได้ช่วงเวลาในการนับเวลาในการไหลของเมลต์กาแพ

T_1 = เวลาช่วง ON ของ S-32 จนถึงเวลาช่วง ON ของ S-31

T_2 = เวลาช่วง OFF ของ S-31 จนถึง OFF ของ S-32

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (5.1)$$



รูปที่ 5.11 แสดงไดอะแกรมการควบคุมด้วยฟัซซีโมดูล

การสร้างกฎ (Creating Rules)

การเริ่มสร้างกฎโดยอาศัยความชำนาญจากผู้ดำเนินการ หรือประสบการณ์เท่าที่ได้บันทึกไว้ เพื่อที่จะได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถแสดงเงื่อนไขที่เกิดขึ้นได้ในตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขที่เกิดขึ้นในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์

ระดับ อัตราการใช้	ระดับ		ระดับ		
	ต่ำ	พอดี (About Even)	สูง		
ไหลเร็ว (Time is short)	Slow speed a lot	Slow speed a lot	Slow speed a little	Speed it up a little	Speed it up
	Slow speed a lot	Slow speed	Slow speed a little	Speed it up a little	Speed it up
พอดี (About Even)	Slow speed	Slow speed a little	Don't change	Speed it up a little	Speed it up
ไหลช้า (Time is long)	Slow speed	Slow speed a little	Speed it up a little	Speed it up	Speed it up a lot
	Slow speed	Slow speed a little	Speed it up a little	Speed it up a lot	Speed it up a lot

เมื่อเราได้ค่าจึงเปลี่ยนชื่อดาต้าอินพุทใหม่ตามตารางด้านล่าง

Input data:

ระดับของเมล็ดกาแฟ : E

ผลต่างของเวลา : DE (ΔE)

Output data:

ควบคุมความเร็วอินเทอร์เน็ต VR

ตารางที่ 5.4 แสดงเงื่อนไขที่เปลี่ยนชื่อตัวแปร

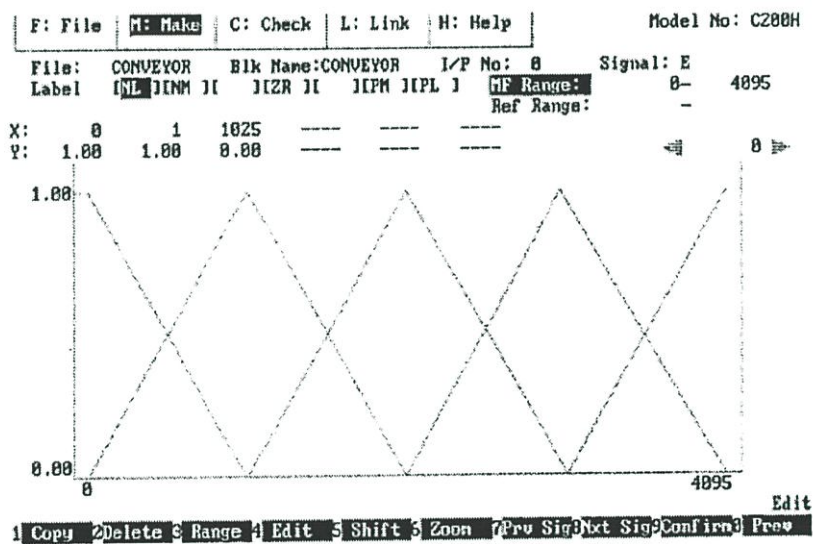
DE \ E	NL	NS	ZR	PS	PL
PL	NL	NL	NS	PS	PM
PS	NL	NM	NS	PS	PM
ZR	NM	NS	ZR	PS	PM
NS	NM	NS	PS	PM	PL
NL	NM	NS	PS	PL	PL

เราสามารถเปลี่ยนจากตารางให้อยู่ในรูปเงื่อนไข If/Then เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนอยู่ในรูปโปรแกรมได้ 25 กฎ

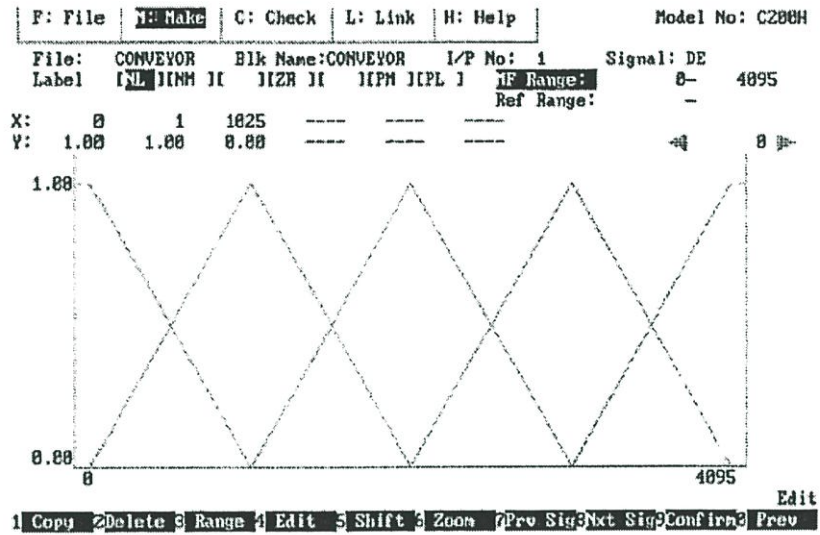
1. If E=NL AND DE=PL THEN VR=NL
2. If E=NL AND DE=PS THEN VR=NL
3. If E=NL AND DE=ZR THEN VR=NM
4. If E=NL AND DE=NS THEN VR=NM
5. If E=NL AND DE=NL THEN VR=NM
6. If E=NS AND DE=PL THEN VR=NM
7. If E=NS AND DE=PS THEN VR=NM
8. If E=NS AND DE=ZR THEN VR=NS
9. If E=NS AND DE=NS THEN VR=NS
10. If E=NS AND DE=NL THEN VR=NS
11. If E=ZR AND DE=PL THEN VR=NS
12. If E=ZR AND DE=PS THEN VR=NS
13. If E=ZR AND DE=ZR THEN VR=ZR
14. If E=ZR AND DE=NS THEN VR=PS
15. If E=ZR AND DE=NL THEN VR=PS
16. If E=PS AND DE=PL THEN VR=PS

17. If E=PS AND DE=PS THEN VR=PS
18. If E=PS AND DE=ZR THEN VR=PS
19. If E=PS AND DE=NS THEN VR=PM
20. If E=PS AND DE=NL THEN VR=PL
21. If E=PL AND DE=PL THEN VR=PM
22. If E=PL AND DE=PS THEN VR=PM
23. If E=PL AND DE=ZR THEN VR=PM
24. If E=PL AND DE=NS THEN VR=PL
25. If E=PL AND DE=NL THEN VR=PL

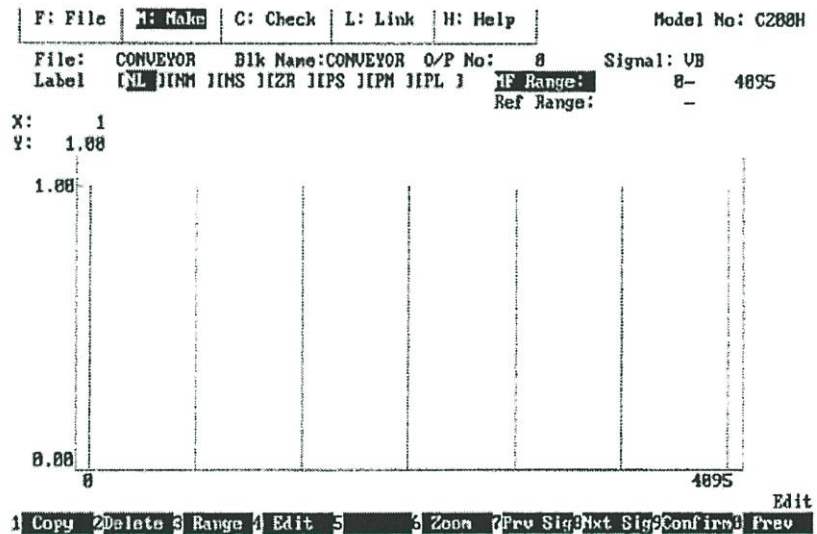
เมื่อเราได้เงื่อนไขการทำงานให้ download โปรแกรมไปยัง Fuzzy Logic Module และมี การเขียน Ladder diagram



รูปที่ 5.12 แสดงการตั้งค่าฟังก์ชันพหุของระดับของเมล็ดกาแฟ



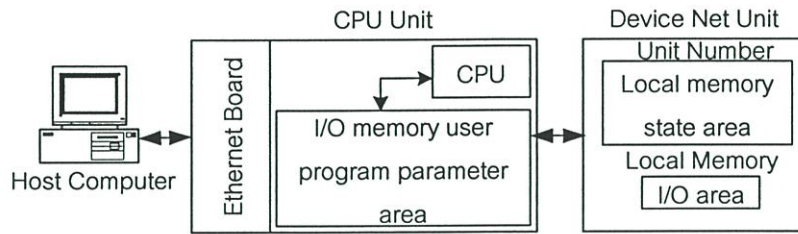
รูปที่ 5.13 แสดงการตั้งค่าพีชซีอินพุทของผลต่างเวลา



รูปที่ 5.14 แสดงการตั้งค่าพีชซีเอาต์พุทของความเร็วอินเวอร์เตอร์

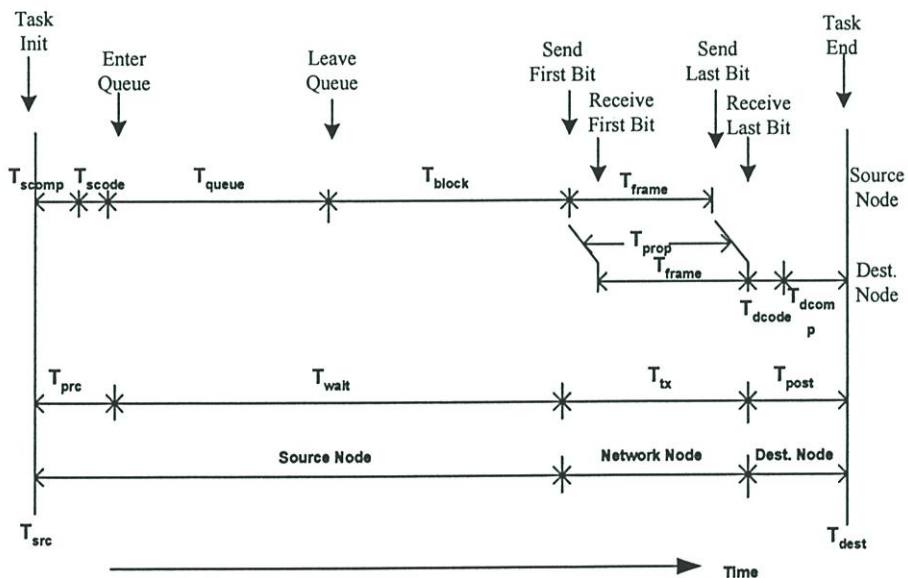
5.4.3 การสื่อสารระหว่างโฮสต์คอมพิวเตอร์กับรีโมทอินพุทและเอาต์พุท

การควบคุมอินพุทและเอาต์พุทจะควบคุมผ่านทางระบบ Ethernet จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านออกสู่ Hub และ Ethernet Board ของ PLC ภายในตัว PLC และเชื่อมต่อไปยัง Device Net มาสเตอร์ CS1W-DRM21 มีโครงสร้างการทำงานภายในดังนี้



รูปที่ 5.15 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Host Computer กับ Device Net Unit

การออกแบบโปรแกรมสกาตาระบบควบคุมสามารถพัฒนาต่อไปให้มีความเร็วในการประมวลผลและค่าความเป็นเวลาจริงมากขึ้นการพัฒนาการใช้เทคนิคอัจฉริยะเทียมมาประยุกต์ร่วมกับโปรแกรมสกาตาส่งทำได้ขึ้นอยู่กับคนเขียน และประสบการณ์ในการทำงาน แต่การพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ทำได้ยาก เพราะขึ้นอยู่กับตัว PLC และระบบ Device Net การคำนวณหาค่าเวลาการสื่อสารสามารถทำการคำนวณโดยประมาณได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.16 ไดอะแกรมช่วงหน่วงเวลาระหว่างโหนดต้นทางและโหนดปลายทาง

$$T_{delay} = T_{dest} - T_{src} \tag{5.2}$$

$$= T_{prc} + T_{wait} + T_{tx} + T_{post}$$

- T_{prc} คือ ช่วงเวลาประมวลผลการส่งข้อมูลของโหนดต้นทาง
- T_{wait} คือ ช่วงเวลารอการส่งข้อมูลของโหนดต้นทาง
- T_{tx} คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการสื่อสารของโครงข่าย

T_{post} คือ ช่วงเวลาประมวลผลการรับข้อมูลของโหนดปลายทาง

จากการทดสอบเวลาระยะทางการเดินสายสัญญาณ จะมีผลต่อความเร็วในการสื่อสารด้วย ที่ตัวมาสเตอร์ได้ปรับ DIP. SW. ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลอยู่ที่ 125 kbps ที่ระยะทาง 500 ม. มีการใช้โหนดอินพุทและโหนดเอาต์พุทรวมกัน 22 โหนด อินพุทโหนดเริ่มที่แชนแนล 3300 เอาต์พุทโหนดเริ่มที่แชนแนล 3200

5.5 การคำนวณไซเคิลไทม์

สามารถใช้สมการที่ 5.3 ในการคำนวณค่าโดยประมาณของช่วงเวลาการสื่อสาร (T_{RM}) สำหรับระบบที่มีมาสเตอร์เดียว

$$\begin{aligned}
 T_{RM} = & \sum (\text{Communications time per slave}) \\
 & + \text{High density unit processing time} \\
 & + \text{Explicit message processing time} \\
 & + \text{cos/ cyclic connection time}(ms) \\
 & + 0.01 \times N + 0.1(ms)
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

Communication time per slave

เป็นค่าการสื่อสารต่อหนึ่งตัวลูกอินพุท หรือ เอาต์พุท

High density unit processing time

เป็นค่าที่ใช้ประมวลผลต่ำสุดในแต่ละตัวโหนดอินพุทหรือเอาต์พุทประมาณ 3.5 ms.

Explicit message processing time

จะหาได้จากสูตร

$$T_E = (0.11 \times T_B) \times n(ms) \tag{5.4}$$

n คือ จำนวนของการส่งข้อมูลหนึ่งข้อมูลในการรับและส่งที่เกิดขึ้นในหนึ่งช่วงเวลาการสื่อสาร

T_B = ตัวประกอบของการตั้งบอร์ด์เรท

(500 Kbps: $T_B=2$; 250 Kbps: $T_B=4$; 125 Kbps: $T_B=8$)

cos / cyclic connection time

คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$T_{COS} = \{0.05 + 0.008 \times S\} \times T_B \times n(ms) \tag{5.5}$$

S : จำนวนผลรวมของอินพุทและเอาต์พุทใน COS

T_B : ตัวประกอบของการตั้งบอร์ด์เรท

n : จำนวนของโหนดที่เกิดขึ้นในการสื่อสาร 1 ช่วงเวลาของเวลาการสื่อสารของตัวโหนดสลาฟ

ช่วงเวลาการสื่อสารต่อสลาฟเป็นการตอบสนองต่อ 1 สลาฟเท่านั้น จากสมการที่แสดงด้านล่างจะบอกการคำนวณเวลาการสื่อสารต่อสลาฟแต่ละชนิด

เอาร์ทพุทสลาฟใช้น้อยกว่า 8 ไบต์

$$T_{RT} = 0.016 \times T_B \times S_{OUT1} + 0.11 \times T_B + 0.07 (ms) \quad (5.6)$$

S_{OUT1} คือจำนวนของเอาร์ทพุทสลาฟบอร์ด

T_B คือ ตัวประกอบการตั้งบอร์ดเรท

อินพุทสลาฟน้อย 8 ไบต์

$$T_{RT} = 0.016 \times T_B \times S_{IN1} + 0.06 \times T_B + 0.05 (ms) \quad (5.7)$$

S_{IN1} คือจำนวนของอินพุทสลาฟบอร์ด

T_B คือ ตัวประกอบการตั้งบอร์ดเรท

อินพุท และ เอาร์ทพุทในสลาฟเดียวกันไม่เกิน 8 ไบต์ อินพุทหรือ เอาร์ทพุท

$$T_{RT} = 0.016 \times T_B \times (S_{OUT2} + S_{IN2}) + 0.11 \times T_B + 0.07 (ms) \quad (5.8)$$

S_{IN2} คือจำนวนของอินพุทสลาฟเวิร์ด

S_{OUT2} คือจำนวนของเอาร์ทพุทสลาฟเวิร์ด

T_B คือ ตัวประกอบการตั้งบอร์ดเรท

สลาฟที่มีมากกว่า 8 ไบต์ ของอินพุทและเอาร์ทพุท

$$T_{RT} = T_{OH} + T_{BYTE-IN} \times B_{IN} + T_{BYTE-OUT} \times B_{OUT} (ms) \quad (5.9)$$

T_{OH} คือ ช่วงเริ่มต้นของการส่งโปรโตคอล

$T_{BYTE-IN}$ คือ ช่วงเวลาในการส่งไบต์อินพุท

B_{IN} คือ จำนวนอินพุทเวิร์ด

$T_{BYTE-OUT}$ คือช่วงเวลาในการส่งไบต์เอาร์ทพุท

B_{OUT} คือ จำนวนเอาร์ทพุทเวิร์ด

ค่าต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางนี้

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเวลาที่ค่าบอร์ดเรทต่างๆ

Baud rate	$T_{OH}(ms)$	$T_{BYTE-IN}(ms)$	$T_{BYTE-OUT}(ms)$
500 Kbps	0.306	0.04	0.036
250 Kbps	0.542	0.073	0.069
125 Kbps	1.014	0.139	0.135

5.5.1 เวลาการตอบสนองของอินพุท และเอาต์พุท

เวลาการตอบสนองสูงสุด(ในกรณี รอบเวลาการสื่อสาร>>ช่วงประมวลผลของคอมพิวเตอร์)

$$T_{MAX} = T_{IN} + T_{RM} \times 2 + T_{PC} \times 3 + T_{OUT} \quad (5.10)$$

T_{IN} คือเวลาที่หน่วงในการเปิด-ปิดอินพุท

T_{OUT} คือ ช่วงเวลาที่หน่วงในการเปิด-ปิดเอาต์พุท

T_{RM} คือ ช่วงรอบเวลาการสื่อสารของโครงข่าย

T_{PC} คือช่วงรอบเวลาการประมวลผลของคอมพิวเตอร์

T_{PC} มีค่าประมาณ $0.7(ms) + (\text{จำนวนของเวิร์ด} \times 0.001(ms))$

เวลาการตอบสนองต่ำสุด(ในกรณี รอบเวลาการสื่อสาร< ช่วงประมวลผลของคอมพิวเตอร์)

$$T_{MIN} = T_{IN} + T_{RT-IN} + T_{PC} + T_{RF} + T_{RT-OUT} + T_{OUT} \quad (5.11)$$

T_{IN} คือเวลาที่หน่วงในการเปิด-ปิดอินพุท

T_{OUT} คือ ช่วงเวลาที่หน่วงในการเปิด-ปิดเอาต์พุท

T_{RT-IN} คือ ช่วงเวลาการสื่อสารของสลาฟอินพุท

T_{RT-OUT} คือ ช่วงเวลาการสื่อสารของสลาฟเอาต์พุท

T_{PC} คือช่วงรอบเวลาการประมวลผลของคอมพิวเตอร์

T_{RF} คือ การเวลาการประมวลผลของซีพียู Device Net Unit ($0.7+0.001 \times \text{จำนวนเวิร์ดที่ใช้งาน}$)

5.5.2 การคำนวณการตอบสนองเวลาสูงสุดของการส่งข้อความ

การตอบสนองของเวลาในการส่งข้อความสูงสุด คือค่าเวลาการประมวลผลทั้งหมดของตัว Device Net ตั้งแต่การรับหน่วยความจำอินพุท หรือ เอาต์พุทจนกระทั่งส่งข้อความยังตัวลูกเครือข่าย

$$T_{MMRT} = T_{RM} + (T_{PC} \times n) + (T_{RM} \times 35) + (T_{RF} \times 2 \times N) \quad (5.12)$$

เพราะฉะนั้นทางผู้เขียนสามารถนำมาหาค่าโดยประมาณของเวลาที่ใช้ในการสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางรีโมตเทอร์มินอลตัวลูก อินพุท เอาต์พุท ในกรณีต้องการค่าเวลาตอบสนอง 100 เวิร์ด จำนวน 8 สลาฟ มีความเร็วในการสื่อสาร 500 Kbps.

$$T_{RM} = 3ms$$

$$T_{PC} = 10ms$$

$$T_{RF} = 2ms$$

$$\begin{aligned}
 T_{MMRT} &= 3 + (10 \times 8) + (3 \times 35) + (2 \times 2 \times 8) \\
 &= 3 + 80 + 105 + 32 \\
 &= 220ms
 \end{aligned}$$

5.6 ผลการดำเนินงาน

การหาค่าเวลาในการตอบสนองของอินพุทและเอาต์พุทจะทำการทดสอบจากตู้โหนดที่มีระยะทางใกล้สุด ไปถึงโหนดที่มีระยะไกลสุดประมาณ 250 เมตร อัตราความเร็วในการสื่อสารเท่ากับ 125 กิโลบิตต่อวินาที สามารถแสดงค่าได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.6 แสดงระยะทางระหว่างมาสเตอร์กับตู้โหนด

node	1	2	3	4	5	6	7
distance master to slave(m.)	30	80	110	130	180	200	220

ภายในตู้โหนดหนึ่งใบจะมีตัวอินพุทหรือเอาต์พุทสลาฟอยู่โดยไม่ได้แบ่งแยกว่าเป็นโหนดอินพุทหรือเอาต์พุท โดยทางผู้เขียนได้ทดสอบหาค่าการตอบสนองด้วยการสั่งเปิดกระบอกลมขัดเตอร์ผ่านทาง ซอร์ฟแวร์สกาตาเมื่อมีสัญญาณจากรีดสวิตช์เข้ามา ก็สั่งให้ตัวนับเวลาหยุด ซึ่งจะได้ค่าประมาณดังนี้

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าเวลาตอบสนองระหว่างมาสเตอร์กับตู้โหนด

Node	1	2	3	4	5	6	7
ค่าเวลาตอบสนอง (ms)	220	222	330	440	440	330	330

การใช้ตัวควบคุมพีซีลอจิกมาประยุกต์ควบคุมการปรับความเร็วรอบเครื่องตัดเมล็ดกาแฟทำให้การทำงานของเครื่องจักรทำงานอัตโนมัติโดยควบคุมจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ในการปรับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมตะแกรงคัดแยกเมล็ดกาแฟ เนื่องจากถ้าเมล็ดกาแฟที่อยู่ในเครื่องจักรมีเมล็ดกาแฟมากหรือน้อยเกินไปทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลง โดยเวลาที่ใช้ควบคุมความเร็วของตะแกรงแยกเมล็ดกาแฟที่ปรับความเร็วจากอินเวอร์เตอร์ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนการเปิดวาล์วโดยสามารถแสดงเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีซีในการควบคุมเครื่องกาวิตีในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีซีซีในการควบคุม เครื่องกาวิตี้โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

อัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว	เวลาที่ใช้ในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์ (วินาที)
20% ▶ 40%	360
20% ▶ 60%	650
20% ▶ 80%	950
20% ▶ 100%	1250

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีซีซีในการควบคุม เครื่องกาวิตี้โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

อัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว	เวลาที่ใช้ในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์ (วินาที)
40% ▶ 20%	400
40% ▶ 60%	360
40% ▶ 80%	650
40% ▶ 100%	950

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีซีซีในการควบคุม เครื่องกาวิตี้โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

อัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว	เวลาที่ใช้ในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์ (วินาที)
60% ▶ 20%	700
60% ▶ 40%	400
60% ▶ 80%	360
60% ▶ 100%	650

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีซีซีในการควบคุม เครื่องกาวิตี้โดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

อัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว	เวลาที่ใช้ในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์ (วินาที)
80% ▶ 20%	1000
80% ▶ 40%	700
80% ▶ 60%	400
80% ▶ 100%	360

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าอัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วกับเวลาที่ใช้ตัวควบคุมพีซีซีในการควบคุม เครื่องกำเนิดโดยเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์

อัตราเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว	เวลาที่ใช้ในการควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์ (วินาที)
100% ▶ 20%	1250
100% ▶ 40%	1000
100% ▶ 60%	700
100% ▶ 80%	400

ผลจากการที่นำระบบตัวควบคุมพีซีซีลอจิกมาประยุกต์ใช้กับระบบสกาตาที่ควบคุมกระบวนการทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ ทำให้ระบบมีความฉลาดมากขึ้นโดยจะสามารถปรับความเร็วรอบของตะแกรงคัดแยกเมล็ดกาแฟ และส่งผลทำการทำงานในระบบมีความต่อเนื่องให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรคัดแยกเมล็ดกาแฟดีขึ้นเพราะเมล็ดกาแฟที่คัดแยกจะมีเมล็ดกาแฟที่ขนาดผิดพลาดน้อยลง

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน

การใช้งานระบบสกาตาร่วมกับการควบคุมการผลิตในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมมีการขยายตัวสูงมาก โดยส่วนใหญ่มีการพัฒนาจากต่างประเทศในรูปแบบของซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ทางผู้เขียนได้มีการศึกษาการสื่อสาร และการควบคุมระหว่าง โยสคอมพิวเตอรืกับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่ใช้อินพุทและเอาท์พุทแบบมัลติตรีอปในการควบคุม ผู้เขียนได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคอัจฉริยะเทียมมาทำงานร่วมกันคือ ฟัชชั่นลอจิกมาช่วยในการทำให้การควบคุมอัตโนมัติมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการดำเนินงานใช้ ตัวควบคุมฟัชชั่นใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมในการปรับความเร็วของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุมเครื่องแยกเมล็ดกาแฟทำให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องเมื่อมีการปล่อยเมล็ดกาแฟไหลเพิ่มมากขึ้น โดยค่าที่ได้ก็นำมาจากการทดลองที่หน้างานมาประยุกต์ร่วมกับอัลกอริทึมของโมดูลฟัชชั่นคอนโทรลเลอร์ในการกำหนดกฎในการควบคุม เมล็ดกาแฟที่ผ่านการทำความสะอาดมีขนาดถูกต้องมากขึ้นเพราะเมล็ดกาแฟในเครื่องกาวิติมีเมล็ดกาแฟที่ต่อเนื่องทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผู้เขียนได้มีการใช้งานนิชวลเบสิกในการออกแบบโปรแกรมสกาตาในการควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมดในโรงงานทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ โดยมีข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้

6.1 ข้อดีของระบบสกาตาด้านแบบ

- 1.สามารถพัฒนาระบบได้ง่ายโดยใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย
- 2.สามารถเขียนและทำการแสดงผลเป็นภาษาไทยได้ ขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาซอฟต์แวร์
- 3.สามารถต่อใช้งานกับอุปกรณ์ที่ใช้งานโปรโตคอลอื่นๆได้โดยสามารถเขียนพัฒนาจาก Microsoft Comm Control 6.0 โดยมีอยู่ในนิชวลเบสิก
- 4.มีต้นทุนต่ำมากทำให้อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กนำไปใช้งานได้
- 5.สามารถสื่อสารผ่านทางโลกกว้างโดยการทำ Web Server และส่ง Alarm ทางระบบ GSM ได้ โดยไม่ต้องอาศัย GSM Modem ทำให้ลดต้นทุนได้อย่างมาก
- 6.ทำให้ผู้ใช้งานทำความเข้าใจได้ง่ายในระบบ GUI สามารถพัฒนาไปสู่ซอฟต์แวร์ระดับสูงได้
- 7.สามารถประยุกต์ใช้งานอัลกอริทึมต่างร่วมกัน Artificial Intelligence Technique

8. ทำให้โรงงานมีเสถียรภาพมากขึ้น ลดต้นทุนในการผลิตลง

6.2 ข้อเสียของระบบสกาตาต้นแบบ

1. ในส่วนการควบคุมของ PLC บริษัทอื่นๆต้องทำการศึกษาและพัฒนากันไป
2. เครื่องมือต่างๆที่ถูกพัฒนายังมีความไม่แน่นอนเช่น ActiveX รูปภาพฟิก อาจจะมี ความยืดหยุ่นน้อย
3. การออกแบบโปรแกรมค่า Big O หรือค่า Complexity อาจะยังสูงอยู่เนื่องจากยังมี loop ในการเขียนมากและต้องอาศัยเวลาในการพัฒนาพอสมควร

6.3 ข้อดีของตัวควบคุมพีซี

1. ไม่ต้องการรายละเอียดที่ซับซ้อนในการออกแบบตัวควบคุมทำให้สามารถใช้กับงานที่มี ระบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ดีกว่า
2. แสดงด้วยกฎที่เราคุ้นเคยกันดี (IF...THEN)
3. ด้วยการเลือกใช้ Set ที่แตกต่างกันของ Control rule ทำให้ตัวควบคุมพีซี สามารถ ใช้ได้กับอินพุตในช่วงกว้าง
4. ตัวควบคุมพีซีที่นั่นง่ายต่อการทำความเข้าใจทั้งนี้เพราะกฎการควบคุมมีลักษณะ คล้ายคลึงกับภาษาของมนุษย์และไม่ต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยาก ดังนั้น จึงไม่ จำเป็นที่จะต้องอาศัยความชำนาญมากนักในการใช้งานตัวควบคุมพีซี

6.4 ข้อเสียของตัวควบคุมพีซี

1. ไม่มีทฤษฎีที่แน่นอนในการกำหนดกฎการควบคุมและฟังก์ชันของ Member Ship ทำให้ การออกแบบตัวควบคุมที่เหมาะสมที่สุดต้องใช้เวลามากในการออกแบบ
2. ยังไม่มีทฤษฎีที่รองรับชัดเจนในเรื่องเสถียรภาพของระบบที่ควบคุมโดยตัวควบคุมพีซี

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถนำไปประยุกต์และพัฒนาในระดับ ที่สูงขึ้นไปได้ หรือใช้ในระบบ Energy Management System (EMS) หรือ เป็นพื้นฐานในการใช้ งานด้านการดึงข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ประมวลผล ซึ่งต้องอาศัยการพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อไป

คำย่อ

AC	Alternative Current
CPU	Central Processing Unit
DCS	Distributed Control System
DC	Directive Current
HMI	Human Machine Interface
I/O	Input/Output
LAD	Ladder Diagram
LAN	Local Area Network
MAP	Manufacturing Automation Protocol
OLE	Object Link and Embedding
OS	Operation System
PA	Process Automation
PC	Personal Computer
PID	Proportional Integral Differential
PLC	Programmable Logic Controller
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
WAN	Wide Area Network
IED	Intelligence Electronic Device
NIM	Network Interface Machine

บรรณานุกรม

- [1] HAO YING "Fuzzy Control and Modeling Analytical Foundations and Applications" IEEE PRESS series on biomedical engineering.
- [2] LAINE KEVIN,RICH KNIGHT "ARTIFICIAL INTELLIGENCE",McGraw-Hill,INC.
- [3] Witold Pedryez "FUZZY CONTROL AND FUZZY SYSTEMS" RESEARCH STUDIES PRESS LTD.
- [4] LEONID REZNIK "FUZZY Controllers"Newnes,An imprint of Butler wort-Heinemann.
- [5] GILLES BRASSARD "FUNDAMENTALS of ALGORITHMICS" Pren tice-Hall International,Inc.
- [6] ดร.วิลาศ ชูวงศ์,บุญเจริญ ศิริเนาวกุล "ระบบผู้เชี่ยวชาญ" ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- [7] คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ "การศึกษาพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมและจัดการพลังงาน" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัดคุม,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2546.
- [8] เมธี สัจจินานนท์,วิสิทธิ์ศักดิ์ หนูทับ "ชุดสาธิตการทำงานของระบบควบคุมแบบพีซีที่ลอจิก" ปรินญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2544.
- [9] วัลภา ไสภิสเชื่อนพันธ์ "การพัฒนาแบบควบคุมพีซีซีรูลเบลสสำหรับต้นแบบระบบควบคุมสกาดา" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2544.
- [10] พอ.เจนวิทย์ เหลืองอร่าม,ปิยวิทย์ เหลืองอร่าม "การเขียนโปรแกรมสำหรับ Applications ด้วย Visual Basic 6" บริษัท ธรรมสาร,2543.
- [11] OMRON CORPORATION "SYSMAC CSIG Programmable Controller Instructions Reference Manual" Revised May,2001.
- [12] Tor Skeie,Srein Johonnessen,Christoph Brunner "Ethernet in Substation Automation" IEEE Control System Magazine June 2002,P.43-51.
- [13] John D. Mc Donald "Substation Automation IED integration and availability of information" IEEE power energy magazine,march/april2003,p.22-31.

- [14] OMRON CORPORATION "SYSMAC CS/CJ Series Ethernet Unit Operation Manual, Revised May 2001.

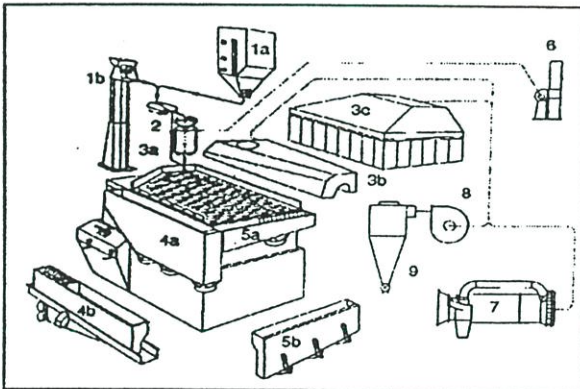
ภาคผนวก ก

Gravity Separator GA 100

Grains or particles of almost identical size are fed continuously on the separating deck surface of the separator, providing a uniform bed of material over the deck surface.

The deck is fluidised by a completely uniform pressurised air system stratifying the light material to the top of the product bed and allowing the heavy material to contact the deck surface. The deck is inclined from side to side and inlet end to discharge end at adjustable angles.

The deck itself is powered by a fully balanced eccentric drive, which moves the deck at low amplitude and high frequency up hill. The heavy material contacting a specially designed square wire deck surface moves up hill, while the light material fluidised by the air system moves down hill due to gravitational pull. A typical separation pattern is depicted below.



- 1a. **Intake pre-storage hopper**
for intake adjustment between feeder-elevator and electro-magnetic feeder SP 18 incl. 3 level indicator switches.
Delivery with or without supporting legs.
- 1b. **Feed hopper with supporting column**
to be arranged before the electro-magnetic feeder in case of direct feeding of product.
2. **Electro-magnetic feeder type SP 18**
for the troublefree, continuous feeding of the machines.
- 3a. **Intake dust-aspiration hopper**
light dust and fines removal from the product to be cleaned. Connection to central dust exhaust unit.
Air requirement: 10 m³/min, 300 Pa.
- 3b. **Partial dust hood**
In case of heavy dust formation, for the removal of dust from the incoming material and the light produce area.

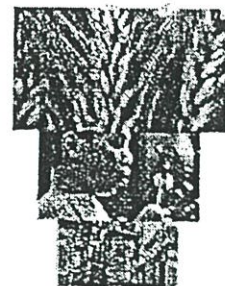
Connection to central dust exhaust or individual cyclone and ventilator. Incl. Intake dust-aspiration hopper and frame.

- 3c. **Full dust hood**
complete closed; suction over the whole table area.
With frame.
- 4a. **Discharge hopper for heavy product**
- 4b. **Vibrating discharge trough for heavy product with stone trap.**
- 5a. **Vibrating discharge trough for light product**
- 5b. **Bagging-off type hopper**
6. **Combined fan and cyclone filter unit**
7. **Cyclofan**
8. **Exhaust fan**
With motor, without support structure
9. **Dust separating cyclone with rotary valve**

Capacity:	t / h	lbs / h
corn, wheat, soybeans	6.5	14300
peas, beans	4.9	10800
clover	2.6	5700
rapeseed	2	4400
Fan drive:	kW	hp
	7.5	10
Reciprocating drive	kW	hp
	1.1	1.5
Table area	m ²	ft ²
	2.3	25
Air requirements:	m ³ /min	CFM
	320	11300
Dimensions:	cm	inch
Length	240	95
Width	185	73
Height	144	57
Weights:	kg	lbs
Net	1500	3300
Landtransport	1750	3860
Seatransport	2050	4520
Volume	m ³	ft ³
Seapacked	8.5	300

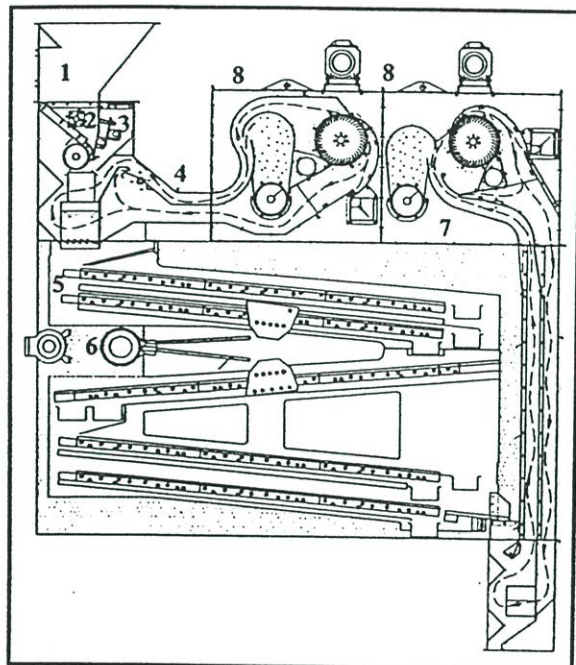
Data Sheet 116.1

Cimbria DELTA 116, recirculation



Cimbria DELTA 116 has been developed for high quality fine cleaning of malting barley, seed grain, legumes, grass and garden seeds.

The machine's efficient screen system with its accurately matched stroke and frequency, is complemented by Cimbria's highly developed pre- and after suction system.

**1. Inlet**

Optimal feed over the width of the machine is achieved by either a vibratory feeder or feed roller, with stepless adjustment via gearbox, frequency transformer or an integral motor.

2. Agitator

Ensures an uniform feeding on the entire width of the machine also when cleaning difficult floating products, i.e. grass seed.

3. Spring-loaded feed valve

Protects the machine from mechanical damage from stones and similar.

4. Pre suction with air recirculation

A finely adjustable airflow from the systems independent cross flow fan suck through the grain flow directly under the feed gate and suck fine particles to the screw conveyor outlet and mini cyclone. Only 700 m³/h air is lead to the external aspiration.

5. Screens

(L x W = 800 x 1250 mm) can be employed as sieves, sorters or graders, and are effectively kept clean by rubber balls in newly developed ball boxes. It is not necessary to take out the ball boxes when changing screens.

6. Eccentric drive system for screen boats

Supplied standard with fixed speed or alternative manually operated frequency variator

7. After suction with air recirculation

A close adjustable air flow from the systems independent cross flow fan suck through the grain flow directly into the outlet for cleaned product and suck light particles to the screw conveyor outlet and mini cyclone.

Only 700 m³/h air is lead to the external aspiration.

8. Recirculating units (2 pcs.)

For adjustment of air quantity in both the pre- and after suction systems (not shown).

9. Adjustment

Of air and feed valves is easily done with worm gear regulators (not shown).

Capacity: (at max. 15% moisture content)	
Wheat, Rye, Sorghum and Malted Barley	12.0 t/h
Oats, Maize, White Rice	9.0 t/h
Soya, Peas, Rape, Coffee	9.0 t/h
Paddy Rice,	7.0 t/h
Sunflower, Roasted Coffee, Beet Seed	4.5-5.0 t/h
Rye Grass, Clover	1.8-2.2 t/h
Dimensions:	
Machine height	3455 mm
Machine length	3870 mm
Machine breadth	1940 mm
Height, standard inlet hopper	532 mm
Screen area:	15.0 m ²
Square outlet pipes:	
(Adapter to round available)	
a) from screens	160 x 160 mm
b) from expansion chamber	240 x 240 mm
Motors: (standard)	
Screen	4.0 kW
Feed roller	1.1 kW
1 fan pre	7,5 kW
1 fan post	7.5 kW
Air volume:	
Internal air volume (pre- and after suction)	14,000 m ³ /h
External suction (60 mm WG)	4,000 m ³ /h
Total weight of cleaner	3,810 kg
Freight volume	26 m ³
Dynamic loading at	4.6 - 4.8 Hz:
PH= +/- 1100 N	PV= +/- 2450 N 10N = 1 kg

Technical data can vary for certain of the above due to continued development, or a different machine composition.

This DELTA machine can, in a few minutes, be converted to different cleaning programmes, e.g.:

- Beans, lupin seed, maize
- Oats, wheat
- Rye grass, Red fescue
- Rape, peas, lentils

Copyright © - The right to alterations is reserved

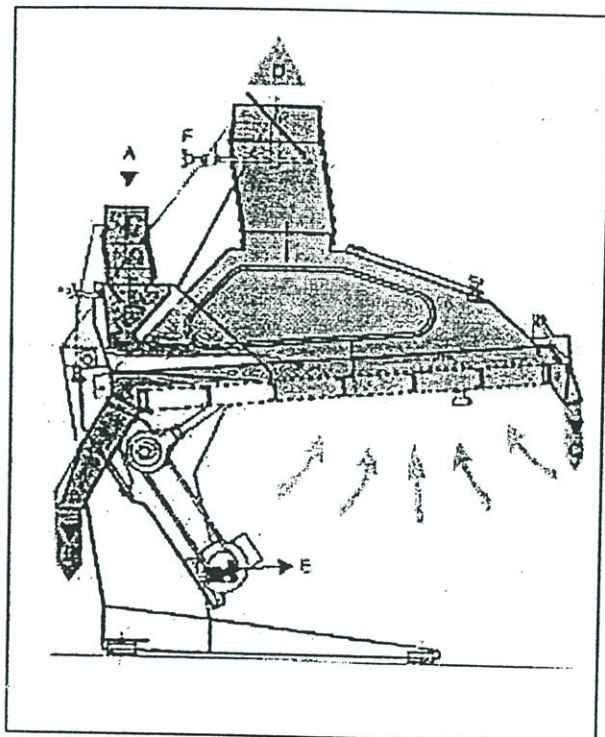
Data Sheet 220

Dry Stoners TS 90-S



Dry stoners are used to separate granular material according to the specific weight into two fractions and in dry material condition.

They find their application mainly in the elimination of heavy impurities, such as stones, metallic particles, etc., from coffee, grain, pulse etc.



The granular material to be separated is taken to the table deck (in its conveying direction) through an adjustable spring-actuated flap.

Depending on the grain size, the deck surface, with its adjustable inclination of 6-15°, is covered by a fine-meshed or a large-meshed wire cloth, through which a steady and adjustable airflow is aspirated.

The combined effect of the vibrating movement and of the air passing through the deck causes an arranging in layers of the material flowing in (fluidization).

The heavy admixtures sink towards the bottom and are moved to the highest point of the table deck surface (stone outlet) by the contact with the rough deck covering.

The main product (cleaned product) floats towards the top and flows, against the conveying direction of the table, to the lowest point of the deck surface, the cleaned product discharge. In the outlet area of the heavy particles, a „counter-air flow zone“ avoids the cleaned product being discharged into the heavy particles outlet during operation. On request the machine can also be equipped with a residual discharge (standard version, working inclination +

8°) to facilitate a rapid table discharge (i.e. for change of product).

- A. Intake
- B. Outlet for cleaned product
- C. Stone outlet
- D. Connection for aspirated air
- E. Adjustment of table inclination
- F. Adjustment of aspirated air volume
- G. Intake

Total electrical		
Power consumption:	0.37	kW
Air demand (at 600 Pa):	65	m ³ /min
Capacity:		
Wheat:	5	t/h
Raw coffee:	3.8	t/h
Roasted coffee:	2.5	t/h
Paddy:	2.8	t/h
Weight:		
Net	185	kg
Packed (truck)	215	kg
Dimensions:		
Length	1430	mm
Width	980	mm
Height	1500	mm

Technical data can vary for certain of the above due to continued development, or a different machine composition.

Copyright © - The right to alterations is reserved

Data Sheet 74.2

CYCLOFAN Type CF 10, 15, 20 & 30

The Cimbria Cyclofan combines in one compact unit an exhaust fan and a highly efficient dust separating cyclone.

Applications

The Cimbria Cyclofan was initially developed to counteract the problems inherent in the air pollution caused by grain drying installations, but it has also proved useful in other instances of exhaust from machines or rooms with heavy dust concentration.

The Cyclofans are available in four models with different capacities:

Table 1: Models and Capacities

Type	Motor effect KW	Air volume Nm ³ /h	Pressure Ps [mm WG]	Weight Kg
CF 10	7.5	13.000	75	346
CF 15	11.0	16.000	75	373
CF 20	15.0	23.000	75	530
CF 30	22.0	30.000	75	590

Function

The impeller employed in the Cyclofan is of the mixed flow type, which blows the air through vanes to further increase the spin effect initiated by the impeller. By the extremely intense rotation of the air, all dust particles are concentrated in a small fraction of the total air volume.

The dust-laden air is separated from the rest of the air in the separation part of the cyclofan. The dust is separated from the air in the minicyclone and the air is returned to the

suction side of the Cyclofan. A small portion of the dust will remain in the air, which is the reason for another recirculation of the air to allow a second dust separation.

Efficiency

The Danish institute "Bioteknisk Institut" has issued a test report with the Cyclofan performance separating grain dust from dust-laden air. The test shows a dust separation of up to more than 98% - a remarkable high separation compared to conventional fans and cyclones.

To obtain the most efficient dust separation we recommend the use of a Cimbria air lock valve after the mini cyclone to ensure airtight dust discharge.

Energy Consumption

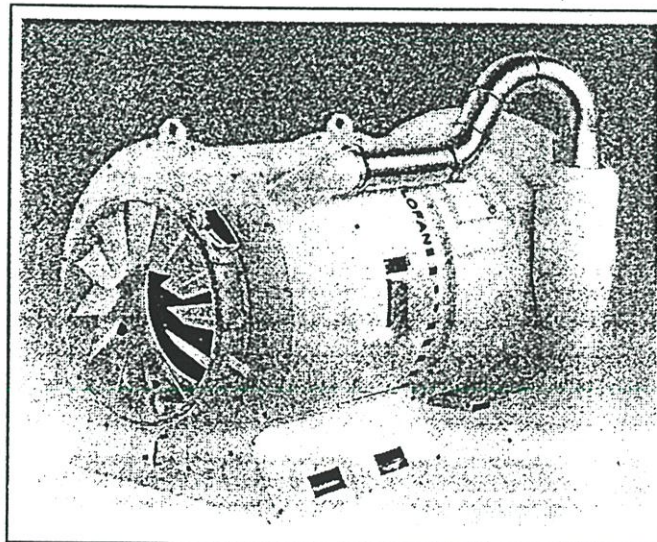
The power consumption is considerably less than required for conventional cyclone and fan systems of equivalent efficiency.

Energy Saving Air Regulation

The Cyclofan is supplied with an air volume regulator, type Varifan. The Varifan is made of adjustable guide plates placed as a rosette. The Varifan is placed in the inlet end of the Cyclofan. It regulates the air volume and reduces the energy consumption with lowered capacity.

Flexibility

The Cyclofan can be installed both vertically and horizontally, as the position has no effect to the degree of separation.



Data Sheet 26

Air-Lock Valve type QDG-52

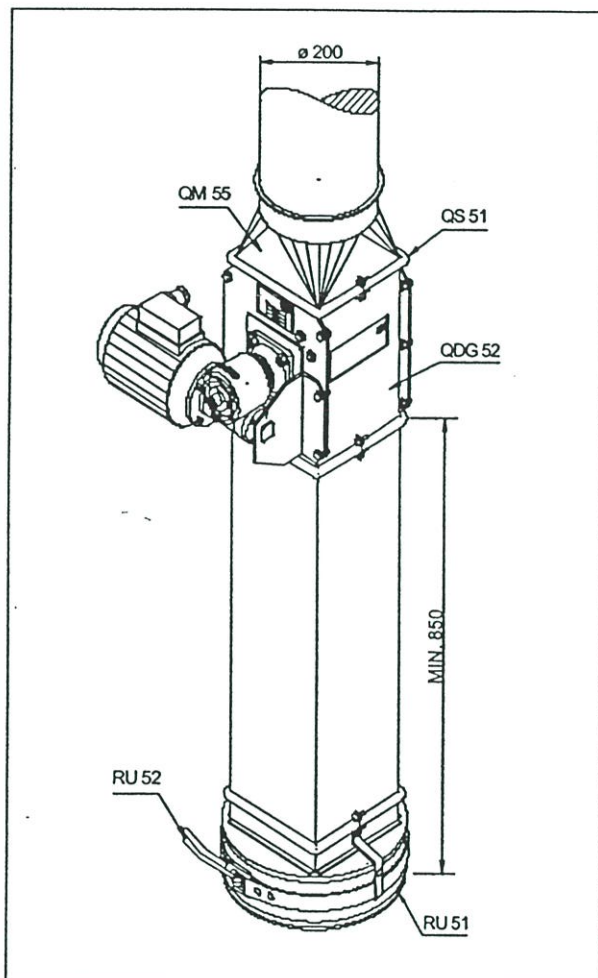
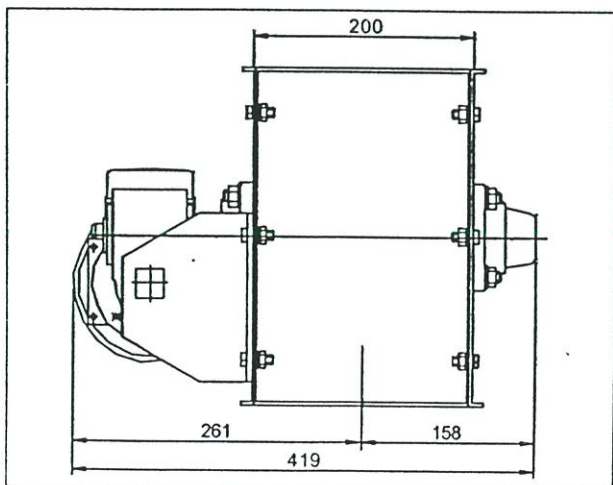
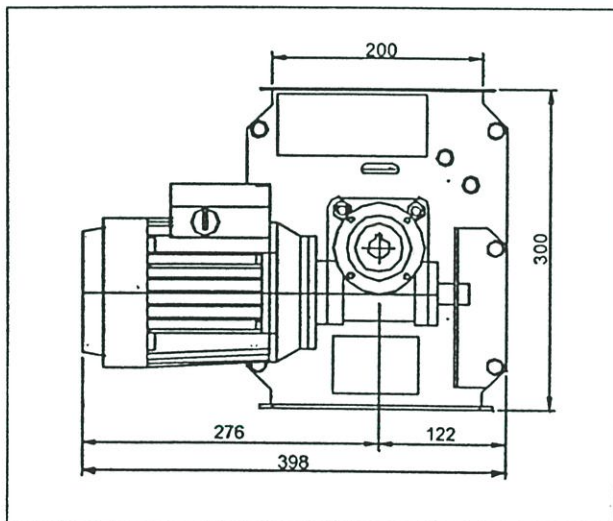
**Application**

CIMBRIA's air-lock valve type QDG-52 is used for discharge of dust and other separated particles from systems working with vacuum or pressure. It is dust proof and is used as a pressure block between a cyclone and a dust collecting bag.

In connection with CIMBRIA's dust collecting cyclofans the air-lock valve is mounted between the bottom outlet of the mini cyclone and the dust bag, where it ensures a uniform and continuous discharge of dust and other particles, and at the same time minimises the air escaping through the outlet into the dust bag.

Design

The air-lock valve is manufactured from galvanised plate and is complete with a 200 mm (8") steel roller with 6 radial rubber vanes on the shaft. The rotor is carried by ball bearings and its speed does not normally exceed 40 RPMs. The air-lock valve is lubricated for life and is designed for continuous operation.

**Installation**

The air-lock valve is designed for mounting directly on the Cimbria Q-20 spouting system

TECHNICAL DATA

Capacity	4 litres per RPM 10 m ³ per hour
Motor Power	0.37 kW (0.5 HK) 1.3 Amp, 400 V
Revolutions	1400/40 RPM/min.
Gear Box	BJ 01/M4-30/85 ø20
Approx. weight with motor	30 kg
Approx. volume incl. seaworthy packing	0.1 m ³
Inlet size (square)	200 mm (8") Q-20

Copyright ? - The right to alterations is reserved

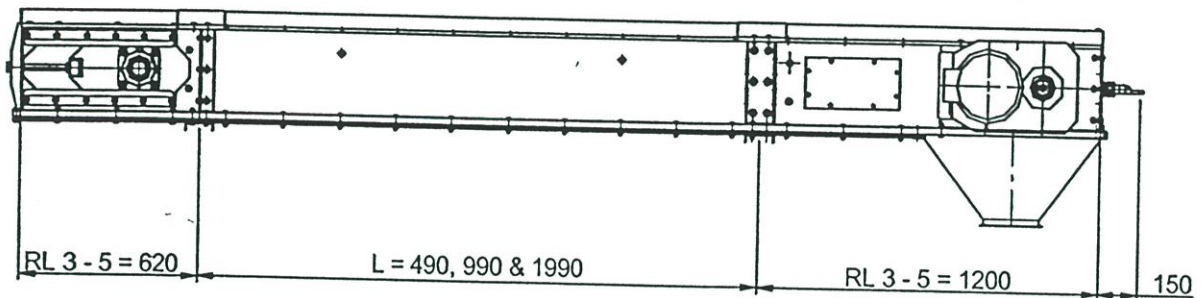
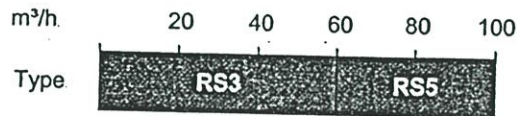
Data Sheet 32

Trapezoid Chain Conveyor RS



Cimbria trapezoid chain conveyors are designed with a special bottom and chain that ensure a totally emptying of the conveyor.

The trapezoid chain conveyor is in particular suitable for conveying tasks with frequent product changes having limited allowance of product mixture.



Cimbria trapezoid chain conveyors are designed with the principle of a conventional chain conveyor in mind and are manufactured with capacities up to 100 m³/h.

The trapezoid chain conveyors are supplied in easily assembled modular sections in galvanised plate, alternatively a painted finish.

Tension terminal with air nozzles:

Air nozzles in the tension terminal make it possible to obtain a perfect cleaning of the chain conveyor.

Drive Terminal (see data sheet 34.1):

Right mounted hollow shaft gearbox is standard. Direct mounted gear motor can be supplied upon request. Sensor mounted as an overflow control. Outlet spout with a Q-flange. The drive terminal is prepared for an inspection window.

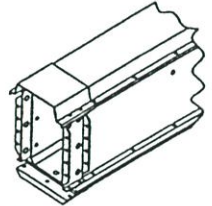
Chain:

The conveyor chain is manufactured from special steel with welded flights, and is fitted with hardened steel bushes. Integrated plastic flaps ensure a perfect emptying.

Intermediate Section:

10 mm PEHD wearplate on the bottom ensures a low level of noise and wear.

The chain conveyor is joined with fish plates to ensure a tight and flush fitting internal wall.



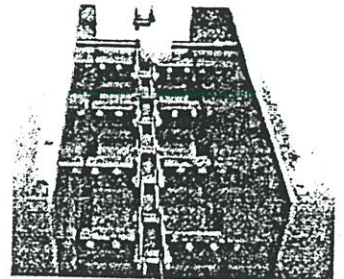
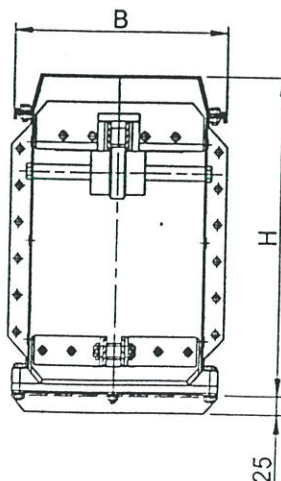
Outlets and Shutters (see data sheet 34.2):

The chain conveyors can be fitted with a number of outlets, which are fitted with shutters which can be controlled by any of the following:

- Manual
- Pneumatic
- Spindle Motor

Shutters are supplied with free hanging brushes cleaning the chain as standard.

	RS3	RS5
Chain box Height (H)	380 mm	440 mm
Width B	260 mm	310 mm
Grain layer thickness	180 mm	240 mm
Grain layer width	205 mm	255 mm
Top plate	2 mm	2 mm
Side plate	2 mm	2 mm
Bottom plate	3 mm	3 mm
Weight empty	35 kg/m	45 kg/m
Weight full	70 kg/m	100 kg/m
Capacity by volume at (Chain Speed) 0.45 m/sec.	54 m ³ /h	90 m ³ /h
0.50 m/sec.	60 m ³ /h	100 m ³ /h



Copyright © - The right to alterations is reserved

ภาคผนวก ข

Proceedings of the
International Conference on
**Electric Supply
Industry in Transition:**
*Issues and
Prospects
for Asia*

Volume 1

14-16 January 2004
Thailand

Organized by



Asian Institute of Technology
Thailand



Power Systems Engineering
Research Center, U.S.A.



UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY SYDNEY

University of Technology Sydney
Australia

The study and development of SCADA system using Artificial Intelligence Technique

Porntep Rattanakumpon

Electrical Engineering Department
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok, Thailand
E-mail: rattanakumpon@yahoo.com

Prapart Prisuwanna

Electrical Engineering Department
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok, Thailand

Abstract

This paper concerned the study and development of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system for the monitoring of PID process control, in view of the fuzziness and the uncertainty of SCADA in fault-diagnosis and parameter-error. The tested model, in this case, was meant to be an educational-type boiler system, temperature and level sensors attached to the boiler. Involved in the development of a digital-data-transfer technique between a PC and PLCs, using Ethernet (TCP/IP Protocol) in communication. The SCADA system provided the procedure for monitoring and improving the uncertainty of the control loop via recalibrating the parameters. The uncertainty of the control loop was normally caused by the changes of system dynamics such as inrush in/out flow of the fluid or the rapid changes of setting temperature. Although many PLCs have tuning procedures for these parameters adjustment, PLCs still need someone to tell them when to tune. The PC acquired PLCs' data line analyzing the logic relations of each signal concurrently. In addition, increase the efficiency and precision of control system for PLCs has not a fuzzy logic module.

Keywords: SCADA, PID, Fuzzy Control, Artificial Intelligence

1. Introduction

The control of large, complicated engineered systems such as electric power grids, transportation system, and manufacturing systems is increasingly being accomplished using sophisticated supervisory control and data acquisition (SCADA) systems. Modern SCADA systems typically possess a hierarchical structure characterized by continuous dynamics at the lower levels and logical decision-making at the upper levels. To a large degree it is this combination of continuous and logical components which makes possible the successful control of complex and/or poorly understood plants; however, this "hybrid" structure also makes the analysis and synthesis of SCADA systems very challenging.

The security of SCADA systems is recognized to be a critical national (and international) concern. An important component of any comprehensive SCADA system security program is the accurately and reliably assess the capability to accurately and reliably assess the vulnerability of these systems to various types of failures. It can be demonstrated that in order to assess vulnerability in a rigorous and complete manner it is necessary to be able to develop an accurate quantitative model for the system using measured data [1]. It should be noted that this capability is also essential for a wide range of other applications. In many applications it is often reasonable to assume that the basic structural features of the system model can be determined a priori, for instance from considerations regarding the relevant physics or the underlying supervisor logic. Once this basic structural form has been deduced the task of constructing a mathematical representation of the system becomes one of parametric system identification, in which the values of (suitably defined) parameters in the model are determined using measurements of inputs and outputs.

Very few results have been reported to date on the identification of SCADA systems using measured data. As indicated above, successful system identification requires the development of an appropriate (parameterized) model for the system. We seek a modeling framework which is general enough to be applicable to a wide range of SCADA systems and yet retains enough structure to reflect the important properties inherent in the system and to permit meaningful analysis to be conducted using the resulting model. One criterion any suitable framework must meet is the ability to display the rich dynamical behavior that results from the interaction of the continuous and logical components of the system. Additionally, it is desirable to adopt a modeling framework which permits prior knowledge regarding the system structure to be conveniently incorporated. Once an appropriate parameterized model is obtained, the task of determining the parameter values can then be undertaken.

Nowadays the SCADA system has been popularly used in Thailand. It is used not only in the medium-sized industries but also in the large-sized industries. The SCADA system which can reduce the labor problem is performed by using the monitor system and control to work together with the automatic machine system. The controller can manage from the center point via the remote terminal unit system (Multi-drip: 2 wire or wireless) to the automatic controlling equipment or PLC. This can lessen the inexperience-controlling problem. The information will be back up or built as a database, which is easy to use and check. Many software companies and the automatic controlling system companies have collaborate to develop the SCADA system to have more potential use. In addition, these companies have put some other equipment into the SCADA system which the aim is to increase the controlling ability.

In this paper, we bring Fuzzy system to find PID parameters used to control temperature of boiler model. This technique can get the wanted temperature rapidly by using Visual Basic 6 to create SCADA system model and Artificial Intelligence typed Fuzzy to design the feedback compensated value [4], [6] and then find the out put value of Fuzzy control following the rule called "Parallel Distributed Compensation or PDC" [2], [4] via Non Fuzzy module PLC transferring data by Ethernet (TCP/IP) protocol which is the wide transmission standard and easy to develop.

2. Equipment and Method

The communication of PLC Omron uses Compoete V2.0 program, Active X component, and Visual Basic 6. Its protocol received and sent the information is shown as figure 1.

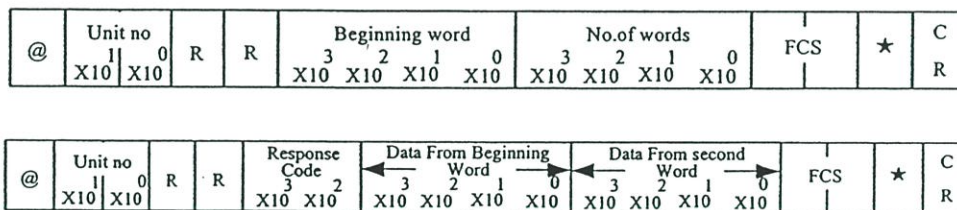


Figure1: The form of sending and receiving the information between PLC and PC.

Figure1 is the communication between PLC and PC in the form of FINS Command developed by Omron Electronic Company. The equipments used to control temperature transfer information by digital transmission via RS-485 typed Half Duplex used CompoWay/F protocol. The frame of transmission is shown in figure2.

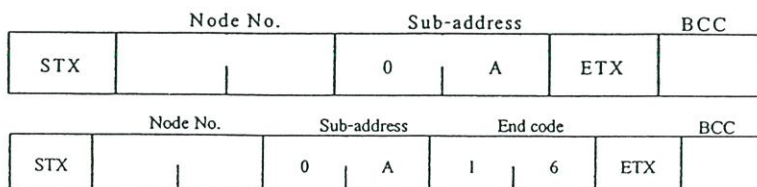


Figure 2: The form of sending and receiving the information between PLC and Equipment controlled temperature

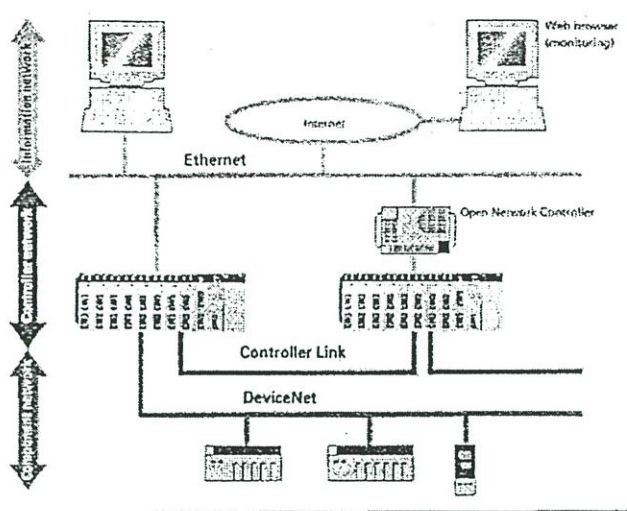


Figure 3: The network system of PLC Omron model CS1G and Computer.

The figure 3 is the collaboration between Programmable Logic Controller model CS1G and Personal Computer typed Ethernet (TCP/IP) which has speed rate 10 Mbps and suitable IP address. The FINS GATEWAY is the connection between them and Visual Basic 6 is used to develop the controlling and monitoring system.

The concept of writing Visual Basic 6 uses the Component ActiveX Complete together. The general structure of control system used as reference to write SCADA software is in figure4.

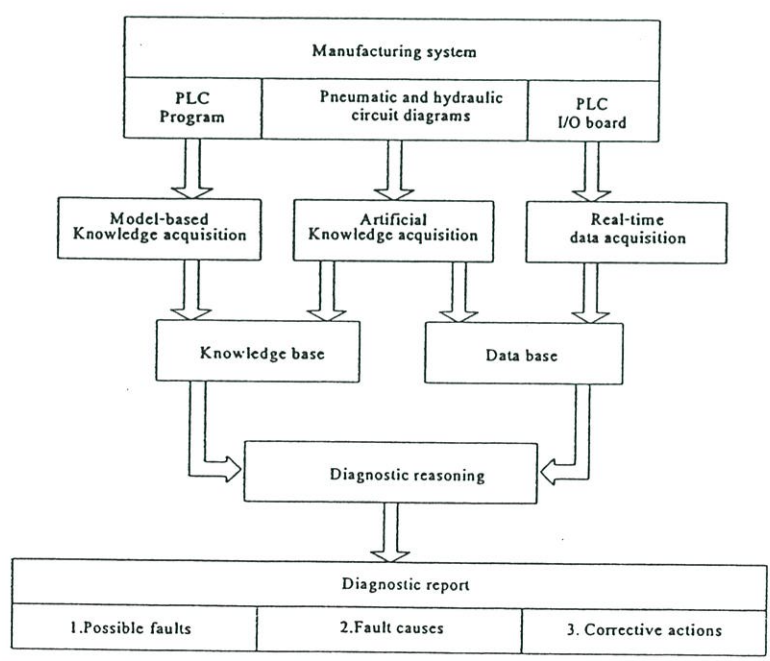


Figure 4: The structure of general SCADA

Using SCADA system with the boiler system model, Fuzzy logic is brought to control PID parameters to increase stability of control system. Takagi and Sugeno Fuzzy model show the controlling state and can write the Fuzzy rule below.

$$L^i : IF x_1(k) \text{ is } M_{i1} \dots \text{and } x_n(k) \text{ is } M_{in}$$

$$THEN x(k+1) = A_i x(k) + B_i u(k)$$

When

$$x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)]^T$$

$$u(k) = [u_1(k), u_2(k), \dots, u_n(k)]^T$$

L_i is Fuzzy rule i ; $i = 1, 2, \dots, n$; n is all Fuzzy control rules.

M_{in} member rule i in term set n .

$x(k+1) = A_i x(k) + B_i u(k)$ is the out put of Fuzzy rule order i and the final output value of Fuzzy system is

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r w_i(k) \{A_i x(k) + B_i u(k)\}}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (1)$$

At

$$w_i(k) = \prod_{j=1}^n M_{ij}(x_j(k))$$

$w_i(k)$ is Gravity of rule i

$M_{ij}(x_j(k))$ is the member rule i in term set j

When $j = 1, 2, \dots, n$ showing term set of input.

$$A_i = \begin{bmatrix} a_1^i & a_2^i & \dots & a_{n-1}^i & a_n^i \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B_i = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

A_i is the showing state matrix rule i and B_i is the input matrix rule i when open loop of control system in equation (1). The output of Fuzzy rule is

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r w_i(k) A_i x(k)}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^r w_i(k) > 1,$$

$$w_i(k) \geq 1 \quad i = 1, 2, \dots, r$$

3. Parallel Distributed Compensation

The concept of PDC designs Fuzzy control in order to compensate each rule of Fuzzy system in Equation (1)

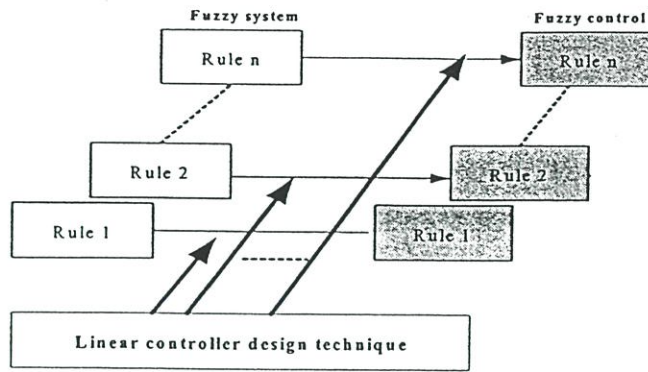


Figure 5: Parallel Distributed Compensation

Feedback value of Fuzzy $u(k) = -F_i x(k)$ in term $F_i x(k)$ can find from the feedback compensation value of linear control system. Feedback Fuzzy control value of each rule can write by

$$R^i : IF \ x_1(k) \text{ is } M_{i1} \dots \text{and } x_n(k) \text{ is } M_{in}$$

$$THEN \ u(k) = -F_i x(k)$$

If $i = 1, 2, \dots, r$ Then the output of Fuzzy control is

$$u(k) = \frac{-\sum_{i=1}^r w_i(k) F_i x(k)}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (3)$$

Bring equation (3) adding up to equation (1) then

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k) \{A_i - B_i F_j\} x(k)}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k)} \quad (4)$$

3.1 Theory 1

The equilibrium point of Fuzzy control in equation (4) is the stability based asymptote. If we can prove that matrix P then the positive definite can find by equation.

$$\{A_i - B_i F_j\}^T P \{A_i - B_i F_j\} - P < 0 \quad (5)$$

When

$$w_i(k) \cdot w_j(k) \neq 0, \forall k, \quad i, j = 1, 2, \dots, r$$

Therefore, the system in equation (4) can revise as

$$x(k+1) = \frac{1}{w} \left[\sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k) \{A_i - B_i F_j\} x(k) + 2 \sum_{i < j} w_i(k) w_j(k) G_{ij} x(k) \right] \quad (6)$$

$$G_{ij} = \frac{\{A_i - B_i F_j\} + \{A_j - B_j F_i\}}{2} \quad i < j$$

When

$$W = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k)$$

3.2 Theory 2

The equilibrium point of Fuzzy control in equation (4) is the stability based asymptote. If we can prove that matrix P then the positive definite can find by equation.

$$\{A_i - B_i F_i\}^T P (A_i - B_i F_i) - P < 0, i = 1, 2, \dots, r \quad (7)$$

$$G_{ij}^T P G_{ij} - P < 0, i < j \leq r \quad (8)$$

The problem to design Fuzzy control system is to select the compensation $F_i (i = 1, 2, \dots, r)$ therefore, in the condition of equation (7) and (8), the problem of Fuzzy control is to find F_i . In this paper, we use Bode plot or Root locus to find the linear compensation.

Suppose that (A_i, B_i) is the control, A_i is state matrix, and B_i is input matrix when $B_i = B = (i = 1, 2, \dots, r)$. If the input matrix is equal and related to F_i then

$$A_i - B F_i = G \quad (9)$$

G is Hurwitz matrix [1], If P is positive definite then $G^T P G - P < 0$.

4. Design of fuzzy control rules

Design of fuzzy control rules

From a design perspective, fuzzy control rule bases have been constructed based on the following.

(1) Domain expert's experience/control engineering knowledge. Up to now, most FLC designs have been based on the expertise and experience of domain experts, mostly arising from qualitative knowledge of and objective system, combined with control engineering knowledge. This is largely due to the fact that:

- (a) fuzzy control rules provide a natural framework for capturing expert knowledge;
- (b) many experts have found that fuzzy control rules provide a convenient way to express their domain knowledge.

Designing fuzzy control rule base by interrogating experts and trying to capture their approach in fuzzy rules is something of an art form. It is basically a heuristic approach, aimed at capturing the expert's rules of thumb. The method has nevertheless met with considerable success. It tends to be an iterative process, with the fuzzy parameters of the initial system being tuned and adjusted until satisfactory performance is achieved.

(2) Modeling the operator's control actions. In many control systems, the input-output relations are not known with sufficient precision to make it possible to employ classical control theory for modeling and simulation. Yet skilled human operators can control such systems quite successfully without having any quantitative models in mind. It is often possible to derive fuzzy control rules by modeling the operator's control actions. Designing fuzzy control rules in this way is basically a deterministic approach. In practice, modeling the operator's control actions is carried out by observing the human controller's actions over a period of time and expressing them in terms of the operational input-output data.

(3) Fuzzy modeling. Fuzzy modeling is a qualitative modeling scheme by which the behavior of the system to be controlled is qualitatively described using fuzzy quantities (or languages). This linguistic description of the dynamic characteristics of the controlled process may be viewed as a fuzzy model of the process. Based on the fuzzy model, we can generate a set of fuzzy control rules to obtain optimal performance of the system.

(4) Self-organizing/learning. Fuzzy control systems can be built which simulate human learning, and have the ability to create fuzzy control rules and to modify them based on system performance. Several schemes have been used to construct these systems, including the use of neural networks, self-tuning and self-organization.

5. Experiment and Analysis

The experiment of SCADA software uses boiler model at temperature 40-80°C to control PID value in Fuzzy and Non-Fuzzy PLC. The Fuzzy PLC is shown in figure 6.

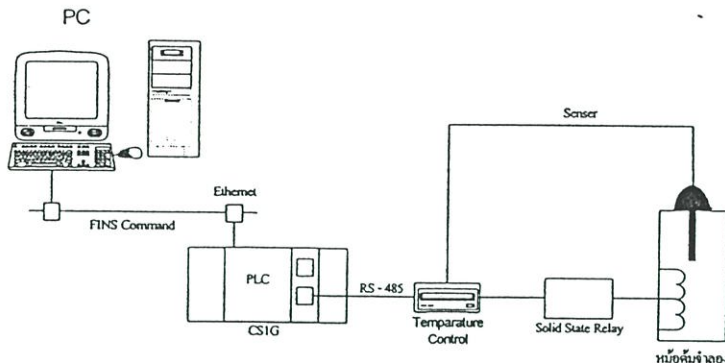
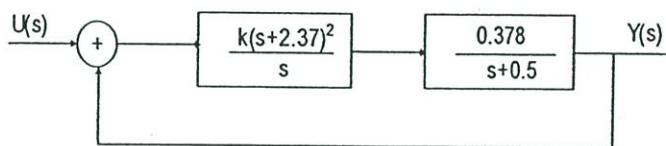


Figure 6: Boiler system model simulation

In the test, we use PID control command in PLC and specify Input word, First parameter and Output word in order to control the boiler model. In figure 6, the computer controls from SCADA via Communication system typed Ethernet to PLC. This PLC has the PID command which can specify Proportional band (%P), Integral Constant (Tik), Derivative Constant (Tdk) and can use PID only one loop, therefore, the change of Set value will change by software value calculated from Fuzzy theory in order to get more efficient control value from boiler model which has volume 3.5 liters, voltage 220 V.AC 670W. We can design PID control and write the characteristic equation below.



The characteristic equation is

$$\frac{U(s)}{Y(s)} = \frac{10s^2 + 52.6s + 68.944}{11s^2 + 53.1s + 68.944}$$

Then, we design Fuzzy control system of boiler model by specifying X_1 as temperature of boiler model and X_2 as 0.

After that we compare X_1 , feedback temperature, with the calculating result and send to control parameters P, Tik, and Tdk in PLC.

The computation of Fuzzy

1. Fuzzification is the change of control system to Fuzzy system
2. Inference Engine is the analysis of conditions by using IF...THEN...
3. Defuzzification is the comparison of all fuzzy outputs with result by Centriod method following equation (1)

And then take the value of Fuzzy controller to control the angle of Solid state relay controlling the heat of oil of boiler model. In the second process, we can give the condition of rule as seeing below.

$$L^1 : IFx_1 \text{ is OK THEN } \dot{X} = A_1x + B_1u$$

$$L^2 : IFx_1 \text{ is OK THEN } \dot{X} = A_2x + B_2u$$

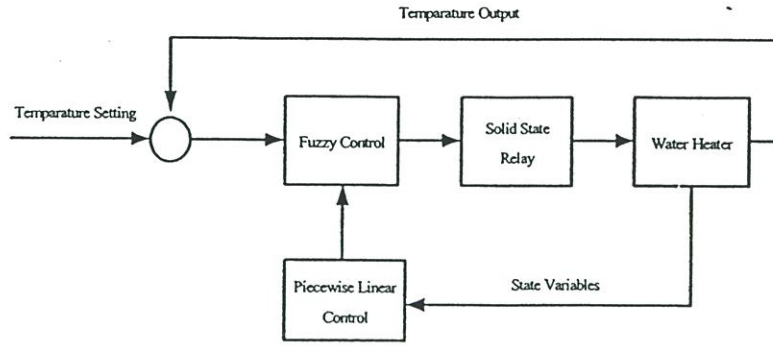


Figure 7: Fuzzy control of Boiler model

In the figure 7, the output matrix in each rule of Fuzzy control is the result of the experiment by giving the temperature 20-80 °C to control the coil and the variable of boiler model and so take the value of variables from the experiment place to the boiler model and write output matrix of each rule following below.

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0.48 & 0 \end{bmatrix} \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.618 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2.15 & 0 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.082 \end{bmatrix}$$

Specify feedback Eigen value $[2.5364 \pm j0.6667]$ and then F_1 is

$$F_1 = [-11.9058 \quad -8.2084], F_2 = [-110.0953 \quad -61.8634]$$

$$G = A_1 - B_1 F_1, F_1 = A_2 - B_2 F_2, F_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6.8778 & -5.0728 \end{bmatrix}$$

$$G_{12} = \frac{(A_1 - B_1 F_2) + (A_2 - B_2 F_1)}{2}$$

When put every value in equation above, G_{12} is

$$G_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -33.1926 & -19.4523 \end{bmatrix}$$

And P can get from the suitable value of control system.

$$P = \begin{bmatrix} 1.1379 & 0.0798 \\ 0.0798 & 0.1201 \end{bmatrix}$$

From the condition above, the matrix P is positive definite so, the stability is considered following Lyapunov of continuous time

$$(A_i - B_i F_i)^T P + P(A_i - B_i F_i) < 0$$

$$G_{12}^T P + P G_{12} < 0$$

$$\begin{bmatrix} -5.2959 & -4.4005 \\ -4.4005 & -4.5130 \end{bmatrix} < \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

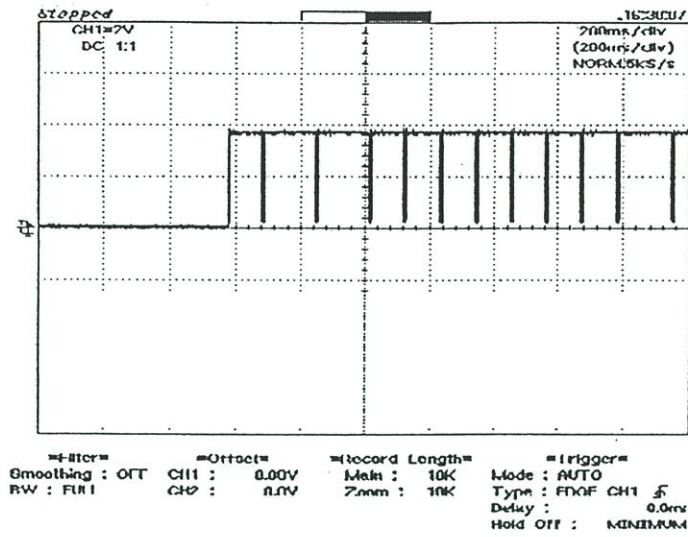


Figure 8: Signal between PLC and Equipment controlling temperature typed RS-485, signal positive compare ground.

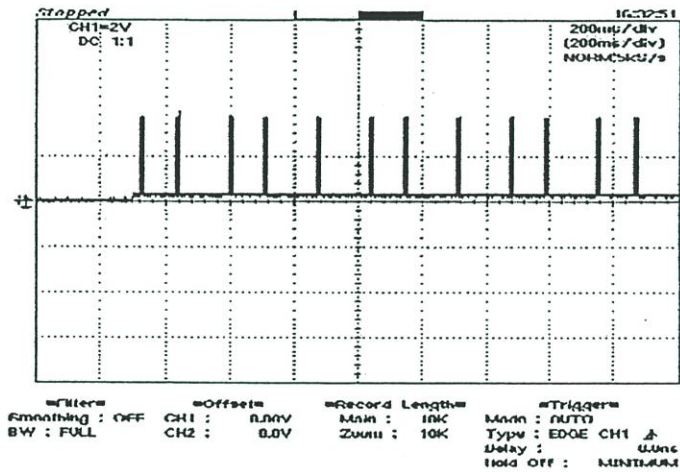
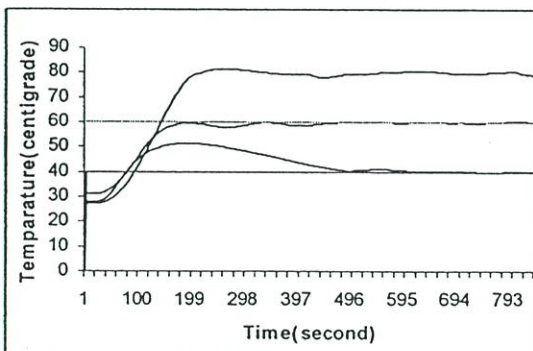
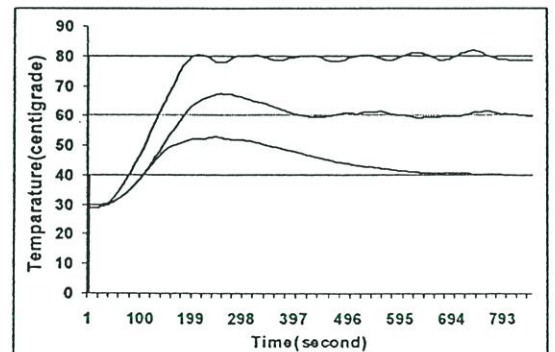


Figure 9 The signal between PLC and Equipment controlling temperature typed RS-485, signal negative compare ground.



(a)



(b)

Figure 10 Showing the temperature per time of parameter PID typed Fuzzy and Non-Fuzzy (a) Fuzzy control (b) Non-Fuzzy control

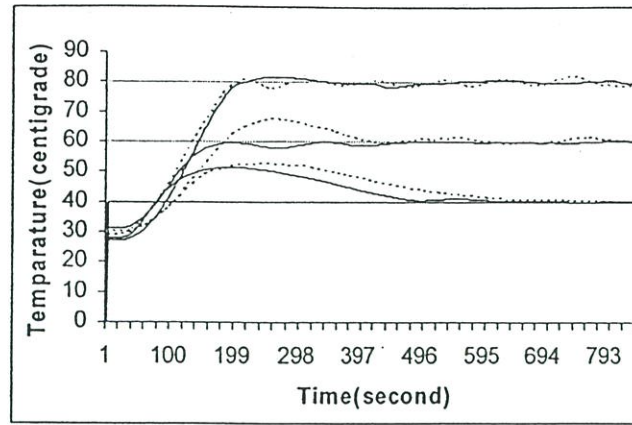


Figure 11: The comparison of the temperature of PID parameter typed Fuzzy (Strength line) and Non-Fuzzy (Dot line)

6. Conclusions

At the present, the factory automation uses automatic control system via PLC and expands the capability after technology. It is important to study Control system and SCADA in order to develop the efficiency of the moderate and small factory in Thailand. In this paper, we use Visual Basic collaborating with PLC of Omron CS1G adding feedback control PID to increase the efficiency by Fuzzy control theory applying to Non-Fuzzy PLC module. Observing from the experiment of boiler system model, we found that PID value getting from Fuzzy PLC is more stable than Non-Fuzzy PLC. Therefore, we can summarize that controlling via SCADA system can develop the capability to the automatic process up to the experience and technology developed from general applying program.

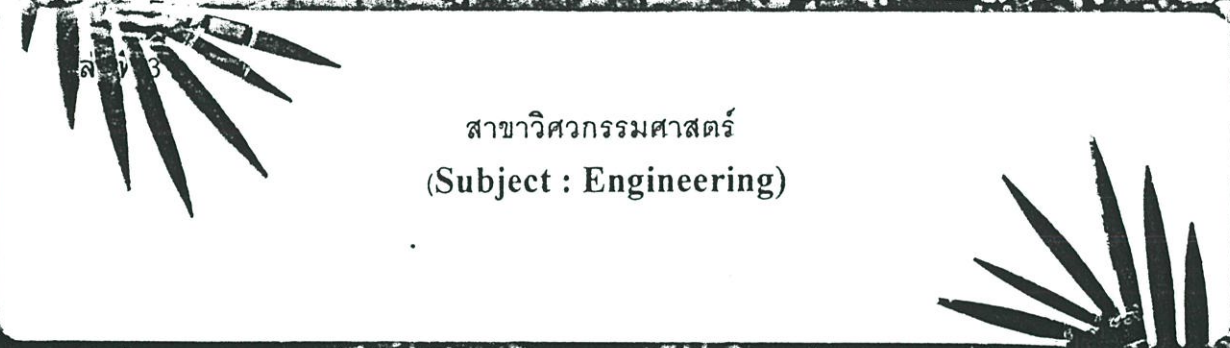
7. References

- [1] Colbaugh, R., E.Barany, and K.Glass, "Modeling and Identification of SCADA Systems", Dynamics and Control Laboratory Report, New Mexico State University, December 1998
- [2] O.Wang, K. Tanaka and F.Griffin "Parallel Distributed Compensation of Nonlinear System by Takagi-Sugeno Model" IEEE Trans. Fuzzy System pp.513-538, 1995
- [3] Chin-Leng and C.S.George Lee "Neural Fuzzy System" Prentice-Hall A Simon&Schuster Company Upper Saddle River,NJ, 1996
- [4] G.F. Franklin,J.D. Powell and A.Emami-Naeini "Feedback Control of Dynamic System Third Edition" Addison-Wesley Publishing Company,1994
- [5] Alberto C.,Roberto S. and Francesco V. "Using Matlab Simulink and Control System Toolbox" Prentice Hall Europe,1996
- [6] Jun Yan,Michael Ryan,James Power. "Using Fuzzy Logic" Prentice Hall International (UK) Limited ,1994
- [7] Hua O.Wang , K. Tanaka and F.Griffin "An Approach to Fuzzy Control of NonlinearSystem: Stability and Design Issues" IEEE Trans.Fuzzy System Vol.4 No.1 pp.14-23,1996



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๔๒ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of 42nd Kasetsart University Annual Conference



สาขาวิศวกรรมศาสตร์
(Subject : Engineering)

๓-๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗

ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน



เกษตรศาสตร์

เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต

Agricultural Science for Life Quality Development



การศึกษาและพัฒนาของระบบสกาตาโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซี่

The Study and Development of SCADA system using fuzzy controller

พรเทพ รัตนกำพล

ประภาส ไพรสุวรรณ

Porntep Rattanakumpon¹Prapas Prisuwan²

บทคัดย่อ

ในบทความนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษา และการพัฒนาของระบบอำนวยการควบคุมและการเข้าถึงข้อมูล (SCADA) สำหรับการตรวจสอบสถานะของการเกิดความผิดพลาด, ความคลาดเคลื่อนของตัวแปร, ฟัซซี่เนส และความไม่แน่นอนของระบบควบคุม โดยระบบควบคุมส่วนมากจะเป็นการมอนิเตอร์และการเปิดปิดอุปกรณ์เท่านั้น เราจึงนำเสนอการจำลองระบบสกาตาโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ที่สามารถควบคุมพารามิเตอร์ PID (Proportional Integral Derivative) ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่อง Personal Computer (PC) นำข้อมูลจาก Programmable Logic Controller (PLC, พีแอลซี) แต่ละค่ามาวิเคราะห์รวมกันทางตรรกะ โดยทดลองนำวิธีการที่เสนอนี้ ไปใช้กับระบบชุดคัมน์ำจำลอง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในการควบคุม โดยมีการเปรียบเทียบเอาท์พุทที่ได้จากการใช้ตัวควบคุมฟัซซี่กับไม่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ จากการทดลองวิธีที่ใช้ฟัซซี่ควบคุมนี้ให้ผลการควบคุมที่ดีกว่า ยิ่งไปกว่านั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพ และ ความเที่ยงตรงของระบบควบคุมที่แอลซีที่ไม่มีโมดูลฟัซซี่ลจิก และสามารถนำการจำลองของระบบสกาตาไปประยุกต์ในงานอุตสาหกรรมและโรงงานควบคุมอัตโนมัติต่อไป

Abstract

This paper concern the study and development of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system for monitoring fault diagnosis, parameter error and fuzziness and uncertainty of a control system. At present, the SCADA system provides only the procedure of monitoring and on - off device. Therefore, we introduce a new method that SCADA system collaborate with fuzzy logic module. This new method can optimize PID (Proportional Integral Derivative) parameters using Personal Computer to logically analyze data from PLC (Programmable Logic Controller). We experiment this new method with a boiler model in order to calculate control parameter and compare the output of fuzzy module with the output of non-fuzzy module. The result of this experiment, shows that the fuzzy module is more controllable, efficient, and precise than non-fuzzy one. Eventually, we can apply this method with industrial and factory automation.

Keyword s: SCADA, PID, Fuzzy Control, Artificial Intelligence

คำนำ

ในปัจจุบันได้มีการใช้งานระบบสกาตาอย่างกว้างขวางมากในเมืองไทย เช่น อุตสาหกรรมขนาดกลางบางกลุ่ม และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถลดปัญหาทางด้านแรงงานและการจัดการด้านควบคุม คือ การใช้ระบบมอนิเตอร์ข้อมูล และอำนวยการควบคุมมาทำงานร่วมกับระบบเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยผู้ควบคุมสามารถควบคุมจากศูนย์กลางผ่านระบบรีโมตเทอร์มินอลยูนิตแบบ Multi-drop (2 สาย หรือ 4 สาย)มายังอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ หรือ ตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller (PLC)) ซึ่งสามารถลดปัญหาการควบคุมของคนควบคุมที่ไม่มีประสบการณ์ลดลงได้ และ ข้อมูลต่างๆ จะถูกบันทึกหรือถูกสร้างเป็นฐานข้อมูลทำให้ง่ายต่อการนำมาใช้งานและการตรวจสอบ หลายบริษัทชั้นนำในโลกด้านระบบซอฟต์แวร์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ระบบสกาตาให้มีขีดความสามารถให้สูงขึ้นและ ได้นำ เครื่องมือช่วยเหลือต่างๆ นำมาประกอบลงใน ซอฟต์แวร์ระบบสกาตา และส่วนสำคัญคือเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมให้สูงขึ้น

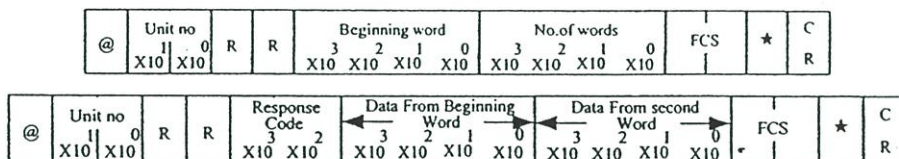
ในบทความฉบับนี้ จะกล่าวถึงการนำตัวควบคุมฟัซซี่มาหาค่าพารามิเตอร์ PID ที่ใช้ควบคุมความร้อนของหม้อคัมน์ำจำลอง ทำให้สามารถได้ความร้อนตามค่าต้องการได้เร็วขึ้นโดย จะควบคุมโดยใช้ Visual Basic 6 (VB6) ในการเขียนจำลองระบบสกาตา ร่วมกับตัวควบคุมฟัซซี่ มาออกแบบค่าชดเชยในการป้อนกลับ [3] แล้วหาค่าเอาท์พุทของตัวควบคุมฟัซซี่ในแต่ละกฎตามแนวคิดนี้เรียกว่า การ

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง Faculty Of Engineering King Mongkut's Institute Of Technology

ชดเชยแบบขนาน หรือ Parallel Distributed Compensation (PDC) [2] ควบคุมผ่านตัว PLC ที่ไม่มีโมดูลพีซี โดยจะเป็นการโอนข้อมูลผ่านระบบ Ethernet (TCP/IP) เป็นมาตรฐานการส่งที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาได้ง่าย

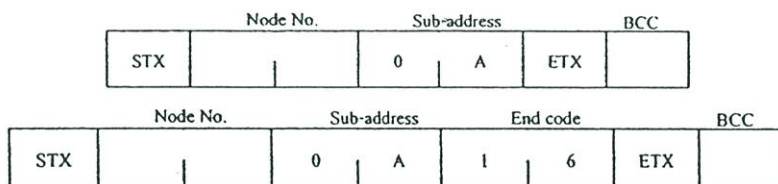
อุปกรณ์ และวิธีการ

การสื่อสารของทีแอลซี โดยใช้งานผ่าน โปรแกรมคอมโปเลทเวอร์ชัน 2.0 เป็น Active X Component ทำงานร่วมกับ VB6 โดยแสดงโปรโตคอล การรับส่งข้อมูลตาม รูปที่ 1

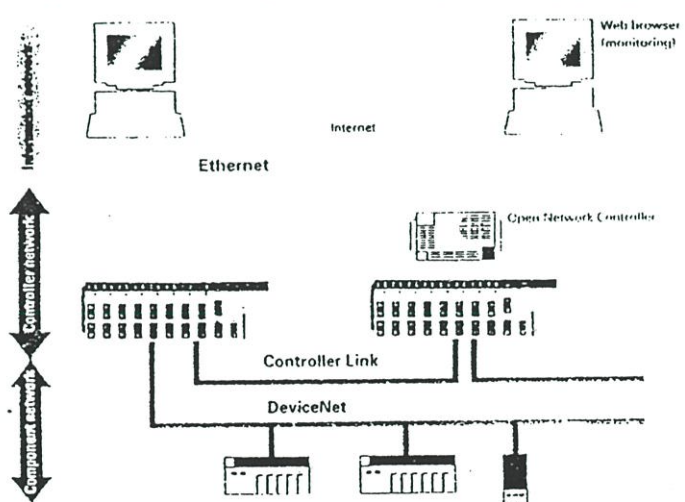


รูปที่ 1 รูปแบบการรับ-ส่งข้อมูล ระหว่าง PLC กับ PC

เป็นการสื่อสารระหว่างตัว PLC กับ PC เป็นรูปแบบ FINS Command โดยเป็น Command ที่ถูกพัฒนาจาก บริษัท Omron Electronic ส่วน อุปกรณ์ ควบคุมอุณหภูมิจะเป็นการรับส่งข้อมูลทางดิจิทัลเป็นระบบ RS-485 แบบ Half duplex มี Protocol แบบ CompoWay/F โดยมีเพิ่มการรับส่งข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2



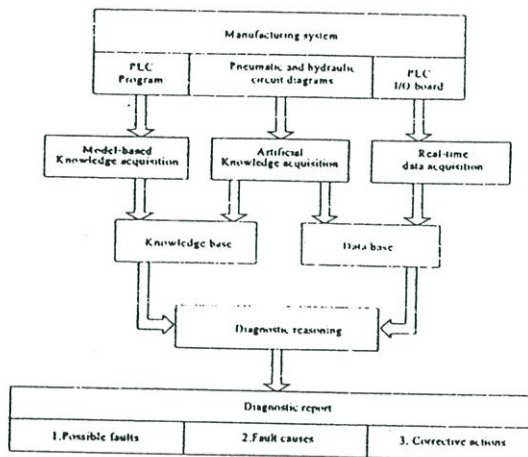
รูปที่ 2 แบบการรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC กับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3 เป็นระบบ Network ของ PLC Omron รุ่น CS1G กับ Computer

จากการต่อในรูปที่ 3 เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Programmable logic Controller (PLC) รุ่น CS1G [4]กับ Personal Computer (PC) แบบ Ethernet (TCP/IP) ความเร็วในการสื่อสาร 10 Mbps โดยทำการให้ค่าไอพีแอดเดรสเริ่มต้นตามความเหมาะสม ใช้ตัวโปรแกรม คอมโปเลท เป็นตัวกลางในการเชื่อม ระบบเข้าหากันเมื่อเราทำการเชื่อมต่อแล้ว จะทำการใช้ VB6 พัฒนาระบบในการควบคุมและมอนิเตอร์

โดยหลักการเขียน VB6 จะมีการใช้งาน Component ActiveX Compolet มาใช้งานร่วมกัน และจะมีโครงสร้างโดยทั่วไปของระบบในการควบคุมที่ใช้อ้างอิงในการเขียนซอฟต์แวร์ SCADA ดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างทั่วไปของระบบสกาตา

ในการใช้งานระบบ SCADA จะใช้งานร่วมกับระบบตม้มน้ำจำลอง โดยจะให้หลักการพีชชีลอจิก มาใช้ร่วมกันในการควบคุมค่าพารามิเตอร์ PID เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบที่ไร้ควบคุมโดยจะแสดงแบบจำลองพีชชีของ Takagi and Sugeno [2] เป็นการแสดงสเททในระบบควบคุม สามารถเขียนเป็นกฎพีชชีได้ดังนี้

$$L^i : IF x_1(k) \text{ is } M_{i1} \dots \text{ and } x_n(k) \text{ is } M_{in} \\ THEN x(k+1) = A_i x(k) + B_i u(k)$$

โดยค่า

$$x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)]^T$$

$$u(k) = [u_1(k), u_2(k), \dots, u_n(k)]^T$$

ค่า L_i หมายถึงกฎพีชชีที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ n คือจำนวนกฎพีชชีทั้งหมดที่ใช้ควบคุม

M_{in} คือค่าความเป็นสมาชิกกฎที่ i ในเทอมเซตที่ n

$x(k+1) = A_i x(k) + B_i u(k)$ คือค่าเอาต์พุตของกฎพีชชีอันดับที่ i และค่าเอาต์พุตสุดท้ายของระบบพีชชีคือ

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i(k) \{A_i x(k) + B_i u(k)\}}{\sum_{i=1}^n w_i(k)} \tag{1}$$

ที่ค่า

$$w_i(k) = \prod_{j=1}^n M_{ij}(x_j(k))$$

ค่า $w_i(k)$ คือค่าถ่วงน้ำหนักของกฎที่ i

ค่า $M_{ij}(x_j(k))$ คือค่าความเป็นสมาชิกกฎที่ i ในเทอมเซตที่ j

โดยค่า $j = 1, 2, \dots, n$ แสดงถึงเทอมเซตของค่าอินพุต

$$A_i = \begin{bmatrix} a'_1 & a'_2 & \dots & a'_{n-1} & a'_n \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B_i = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

A_i คือเมตริกซ์แสดงสแตกกฎที่ i และ B_i คือเมตริกซ์อินพุตกฎที่ i เมื่อเราเปิดลูปของระบบควบคุมในสมการที่ (1) จะได้ค่าเอาต์พุตของกฎฟัซซี่ดังนี้

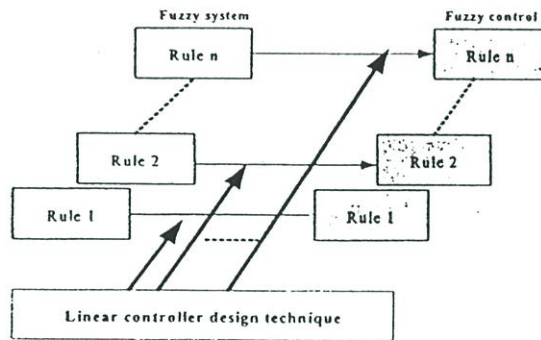
$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r w_i(k) A_i x(k)}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^r w_i(k) > 1,$$

$$w_i(k) \geq 1 \quad i = 1, 2, \dots, r$$

การชดเชยแบบขนาน (Parallel Distributed Compensation (PDC))

แนวคิดของ PDC ที่ใช้ในการออกแบบระบบตัวควบคุมฟัซซี่ เพื่อที่จะได้ค่าเอาต์พุตของระบบฟัซซี่ตามสมการที่ (1) ซึ่งเป็นการแสดงแนวคิดการชดเชยของแต่ละกฎ



รูปที่ 5 การออกแบบการชดเชยแบบขนาน (PDC)

การหาค่าป้อนกลับของระบบตัวควบคุมฟัซซี่ในเทอม $u(k) = -F_i x(k)$ ซึ่งการหาค่าป้อนกลับ $F_i x(k)$ นี้ได้จากวิธีการหาค่าชดเชยป้อนกลับของระบบควบคุมเชิงเส้น ก็จะได้ค่าป้อนกลับของตัวควบคุมฟัซซี่ในแต่ละกฎ สามารถเขียนเป็นกฎแต่ละข้อได้ดังนี้

$$R^i : \text{IF } x_1(k) \text{ is } M_{i1} \dots \text{and } x_n(k) \text{ is } M_{in}$$

$$\text{THEN } u(k) = -F_i x(k)$$

ถ้า $i = 1, 2, \dots, r$ จะได้เอาต์พุตตัวควบคุมฟัซซี่คือ

$$u(k) = \frac{-\sum_{i=1}^r w_i(k) F_i x(k)}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (3)$$

นำสมการที่ (3) ไปรวมเข้ากับสมการที่ (1) แล้วได้ว่า

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k) \{A_i - B_j F_j\} x(k)}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k)} \quad (4)$$

ทฤษฎีที่ 1

จุดดุลยภาพของระบบตัวควบคุมพีซีในสมการที่ (4) เป็นเสถียรภาพเชิงอะซิมโทติก ถ้า เมตริกซ์ P เป็น positive definite ดังนั้น

$$\{A_i - B_i F_i\}^T P \{A_i - B_i F_i\} - P < 0 \tag{5}$$

โดย $w_i(k) \cdot w_j(k) \neq 0, \forall k, i, j = 1, 2, \dots, r$

ดังนั้นระบบในสมการที่ (4) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$x(k+1) = \frac{1}{W} \left[\sum_{j=1}^r w_j(k) w_j(k) \{A_i - B_i F_i\} x(k) + 2 \sum_{i < j} w_i(k) w_j(k) G_{ij} x(k) \right] \tag{6}$$

$$G_{ij} = \frac{\{A_i - B_i F_i\} + \{A_j - B_j F_j\}}{2} \quad i < j$$

โดย

$$W = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k)$$

ทฤษฎีที่ 2

จุดดุลยภาพของระบบตัวควบคุมพีซีในสมการที่ (4) เป็นเสถียรภาพเชิงอะซิมโทติก ถ้าพิสูจน์ได้ว่า เมตริกซ์ P เป็น positive definite จะได้สมการ

$$\{A_i - B_i F_i\}^T P \{A_i - B_i F_i\} - P < 0, i = 1, 2, \dots, r \tag{7}$$

$$G_{ij}^T P G_{ij} - P < 0, i < j \leq r \tag{8}$$

ปัญหาในการออกแบบระบบตัวควบคุมพีซีคือการเลือกค่าชดเชย $F_i (i = 1, 2, \dots, r)$ ดังนั้น ในสภาวะของระบบในสมการที่ (7) และ (8) ถ้าเรารู้ว่าปัญหาการออกแบบตัวควบคุมพีซีคือการหาค่า F_i ในที่นี้เราจะใช้การหาค่าชดเชยในระบบเชิงเส้นเช่น Bode plot หรือ Root locus ในการหาค่าชดเชย

สมมติ (A_i, B_i) เป็นเมตริกซ์ควบคุมได้ A_i เป็นเมตริกซ์สเตต B_i เป็นเมตริกซ์อินพุต โดย

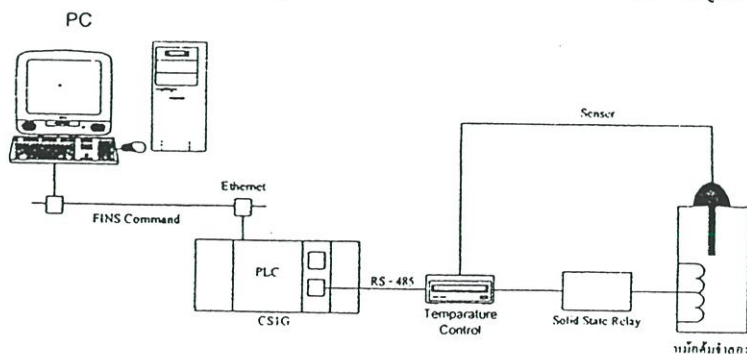
$B_i = B (i = 1, 2, \dots, r)$ ในกรณีค่าเมตริกซ์อินพุตเท่ากัน เมื่อเราออกแบบให้สัมพันธ์กับค่า F_i จะได้ว่า

$$A_i - B F_i = G \tag{9}$$

G เป็น Hurwitz เมตริกซ์ [1] ถ้า P เป็น positive definite ดังนั้น $G^T P G - P < 0$

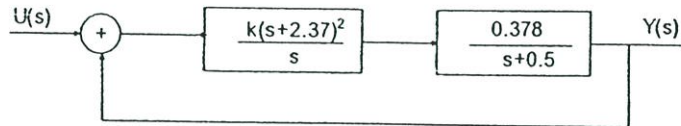
การทดลองและการวิเคราะห์

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมสกาตา (SCADA Software) จะมีการทำงานและควบคุมชุดหม้อต้มน้ำจำลองที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีการควบคุมแบบ PID ในส่วนของ PLC ที่ไม่ใช้กฎพีซีในการควบคุมค่าพารามิเตอร์กับารควบคุมแบบ PID ในส่วนของ PLC ที่ใช้พีซี ในการควบคุมค่าพารามิเตอร์จะมีวงจรการทำงานดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 รูปแบบการต่อควบคุมระบบหม้อต้มน้ำจำลอง

การทดลองจะใช้คำสั่งใน PLC ชุดคำสั่ง PID control จะมีการกำหนดค่า Input word First parameter และ Output word เพื่อใช้ในการควบคุมตามรูปที่ 6 คือใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมจากโปรแกรม SCADA ผ่านระบบ Communicate แบบ Ethernet เข้าสู่ระบบ PLC ตัว PLC นี้จะมีชุดคำสั่ง PID ที่สามารถกำหนดค่า Proportional band (P) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์, Integral Constant (Tik), Derivative constant(Tdk) และสามารถใช้ PID ได้แค่หนึ่งรูป ดังนั้น การเปลี่ยนค่า Set value จะทำการเปลี่ยนจากค่า Software ที่คำนวณได้จากทฤษฎีของพีซี เพื่อให้ได้ค่าการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยระบบเครื่องต้มน้ำจำลอง มีขนาดความจุ 3.5ลิตร ใช้แรงดันกระแสสลับ 220 โวลต์ 670 วัตต์ เราสามารถออกแบบด้วยตัวควบคุม PID เขียนเป็นสมการคุณลักษณะได้ดังนี้



จะได้สมการคุณลักษณะ

$$\frac{U(s)}{Y(s)} = \frac{10s^2 + 52.6s + 68.944}{11s^2 + 53.1s + 68.944} \quad (10)$$

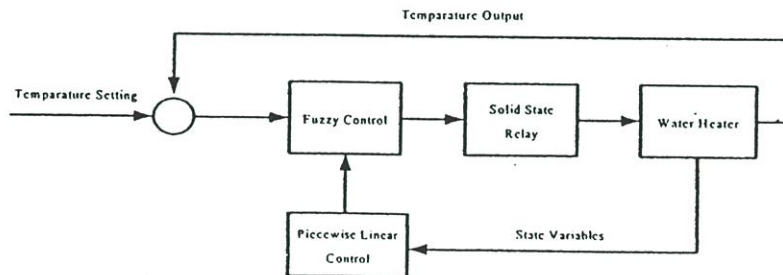
จากนั้น ทำการออกแบบระบบตัวควบคุมพีซีของเครื่องต้มน้ำจำลอง โดยกำหนดค่า X_1 เป็นค่าอุณหภูมิของเครื่องต้มน้ำจำลอง ส่วนค่า X_2 เป็นอุณหภูมิที่เรากำหนดให้เป็น ศูนย์ และเรานำค่าอุณหภูมิป้อนกลับ X_1 มาเปรียบเทียบกับที่คำนวณได้ส่งไปควบคุมพารามิเตอร์ P, Tik, Tdk ใน PLC ส่วนการประมวลผลของพีซีมีขั้นตอนดังนี้

1. Fuzzification เป็นการแปลงข้อมูลที่เข้ามาจากระบบควบคุมไปเป็นอินพุตของระบบตัวควบคุมพีซี
2. Inference Engine คือส่วนการวิเคราะห์ส่วนเงื่อนไข โดยใช้ตัวดำเนินการ IF เงื่อนไข THEN ผลลัพธ์
3. Defuzzification คือขั้นตอนที่ทำการเปรียบเทียบค่าเอาท์พุท พีซีทั้งหมดเข้ากับผลลัพธ์รวมโดยใช้วิธี Centroid (Center of Gravity) ทำได้โดยใช้สมการที่ (1)

แล้วนำค่าที่ได้จากตัวควบคุมพีซีไปควบคุมการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ ซึ่งจะควบคุมความร้อนของคอยล์เครื่องต้มน้ำจำลอง และในขั้นตอนที่สองเราสามารถกำหนดเงื่อนไขของกฎได้ดังนี้

$$L^1 : IF x_1 \text{ is OK THEN } \dot{X} = A_1x + B_1\mu$$

$$L^2 : IF x_1 \text{ is OK THEN } \dot{X} = A_2x + B_2\mu$$



รูปที่ 7 แสดงแบบจำลองตัวควบคุมพีซีควบคุมเครื่องต้มน้ำจำลอง

จากรูปที่ 7 ส่วนของเมตริกซ์เอาต์พุตในแต่ละกฎของตัวควบคุมพีซีจะได้จากการทดลองโดยกำหนดช่วงอุณหภูมิ 40 °c , 60 °c และ 80 °c ตามที่ต้องการ แล้วควบคุมตัวแปรของเครื่องต้มน้ำจำลอง โดยควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้คอยล์น้ำร้อนของเครื่องต้มน้ำจำลอง จากนั้นนำค่าตัวแปรที่ได้จากการทดลองในช่วงอุณหภูมิ ที่กำหนดตามลำดับแทนลงในแบบจำลองเครื่องต้มน้ำจำลองแล้วเขียนในรูปเมตริกซ์เอาท์พุทของแต่ละกฎดังนี้

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0.48 & 0 \end{bmatrix} \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.618 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2.15 & 0 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.082 \end{bmatrix}$$

กำหนดค่าไอเกนป้อนกลับ $[2.5364 \pm j0.6667]$ ได้ค่า F_i ดังนี้

$$F_1 = [-11.9058 \quad -8.2084], F_2 = [-110.0953 \quad -61.8634]$$

$$G = A_1 - B_1 F_1 = A_2 - B_2 F_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6.8778 & -5.0728 \end{bmatrix}$$

$$G_{12} = \frac{(A_1 - B_1 F_2) + (A_2 - B_2 F_1)}{2}$$

เมื่อแทนค่าต่างๆลงในสมการจะได้ค่า G_{12} ดังนี้

$$G_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -33.1926 & -19.4523 \end{bmatrix}$$

และจะได้ P ที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมระบบควบคุมคือ

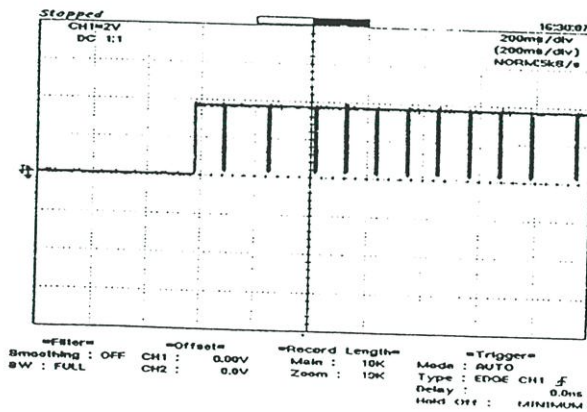
$$P = \begin{bmatrix} 1.1379 & 0.0798 \\ 0.0798 & 0.1201 \end{bmatrix}$$

จากเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าเมตริกซ์ P เป็น positive definite ดังนั้น จะพิจารณาเสถียรภาพตามทฤษฎีของบิอาพูนอนฟเวลาต่อเนื่องได้ว่า

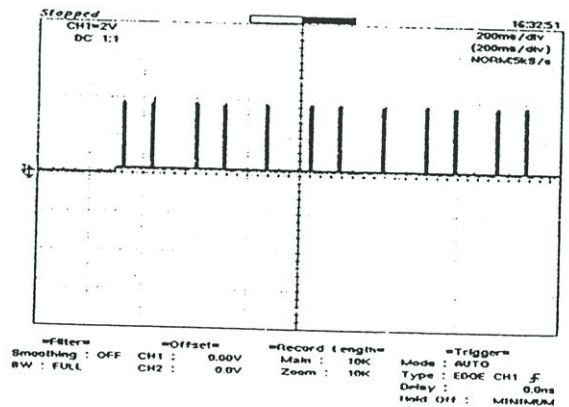
$$(A_i - B_i F_i)^T P + P(A_i - B_i F_i) < 0$$

$$G_{12}^T P + P G_{12} < 0$$

$$\begin{bmatrix} -5.2959 & -4.4005 \\ -4.4005 & -4.5130 \end{bmatrix} < \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$



(a)

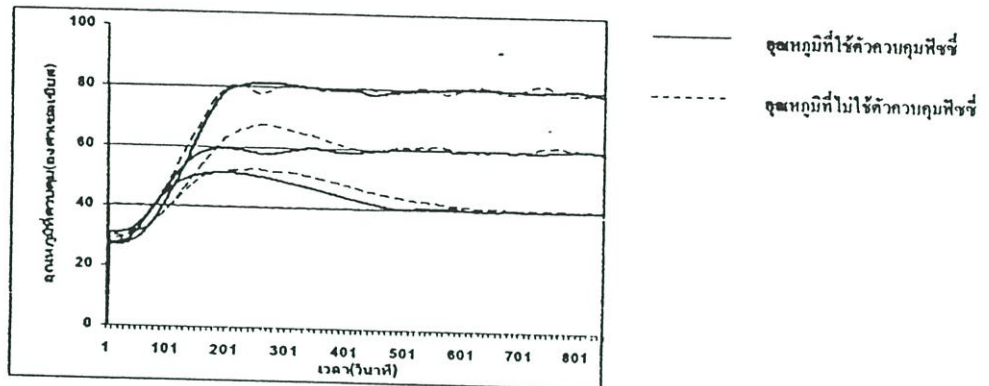


(b)

รูปที่ 8 แสดงสัญญาณระหว่าง PLC กับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ แบบ RS-485

(a)การวัดสัญญาณที่ขาRDB เทียบ ground (b) ทำการวัดสัญญาณที่ขา RDA เทียบ ground

การเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์กับตัวควบคุมอุณหภูมิในรูปที่ 8 จะเป็นการสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์โดยจะมีการส่งสัญญาณตามโปรโตคอลที่กำหนดจากโปรแกรม[4]



รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่กับที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ที่ได้จากการทดลองของหม้อต้มน้ำจำลอง

จากผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 9 การควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ จะสามารถเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายที่ต้องการได้รวดเร็วกว่าการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ โดยสังเกตได้จากช่วงเวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย ของตัวควบคุมฟัซซี่ จะใช้เวลาน้อยกว่า จากกราฟการทดลองหม้อต้มน้ำจำลองที่อุณหภูมิเป้าหมาย 60 องศาเซลเซียส จะพบว่าตัวควบคุมแบบฟัซซี่สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายโดยใช้เวลา 200 วินาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าตัวควบคุมที่ไม่ใช้ฟัซซี่ ซึ่งใช้เวลาถึง 400 วินาที แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการใช้ตัวควบคุมฟัซซี่มาไว้ร่วมกับระบบ SCADA ทำให้เพิ่มความสามารถในการควบคุมสูงขึ้น

สรุป

ในปัจจุบันในระบบโรงงานอัตโนมัติ(Factory Automation) จะใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยควบคุมผ่านทาง PLC และมีการขยายขีดความสามารถตามเทคโนโลยี จึงมีความสำคัญมาก ในการศึกษาระบบอำนวยการควบคุมและการเข้าถึงข้อมูล(SCADA) เพื่อทำการพัฒนากลุ่มโรงงานขนาดกลาง และเล็กในประเทศไทย ให้มีมาตรฐานการผลิตและขบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในบทความนี้ได้กล่าวถึงการใช้งาน VB6 ในการจำลองโปรแกรมอำนวยการควบคุมและการเข้าถึงข้อมูลที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ทำการควบคุมระบบหม้อต้มน้ำจำลอง โดยการทดลองจะ ทำการเปรียบเทียบการควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่กับที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ จากผลการทดลองการใช้ตัวควบคุมฟัซซี่จะทำให้การควบคุมอุณหภูมิเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วและการแกว่งของอุณหภูมิจะน้อยกว่าการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ เพราะฉะนั้นการพัฒนาขีดความสามารถให้กับขบวนการอัตโนมัติได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ประสบการณ์ของคนควบคุมเครื่องจักรและเทคโนโลยีขั้นสูงทางซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เป็นต้น ดังนั้นในบทความฉบับนี้ผู้เขียนได้พัฒนาในส่วนตัวควบคุมฟัซซี่เท่านั้น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไปในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hua O.Wang , K. Tanaka and F.Griffin "An Approach to Fuzzy Control of Nonlinear System: Stability and Design Issues" IEEE Trans.Fuzzy System Vol.4 'No.1 pp.14-23,1996
- [2] O.Wang , K. Tanaka and F.Griffin "Parallel Distributed Compensation of Nonlinear System by Takagi-Sugeno Model " IEEE Trans. Fuzzy System pp.531-538,1995
- [3] วิพันธ์ ปรีชาพานิช "การวิเคราะห์ระบบแนวใหม่" ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] Omron Corporation. " SYSMAC CS1 Series Programmable Controllers Programming Manual" Systems Components Division,pp.619-657,1999



ลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ENGINEERING

ปีที่ 20 ฉบับที่ 4

ธันวาคม 2546

1.	วงจรถดสแตมป์ในซีมอสอินเวอร์เตอร์แบบป้องกันไฟฟ้าสถิตย์โดยใช้ไดโอดแฝง ศิริวัฒน์ ลิ้มไพบูลย์ กอบชัย เดชหาญ วิจิตต์ แก้วไทรเทียม วิษณุ กอพยัคฆินทร์	1
2.	วงจรรวมด้านทานปรับค่าได้ด้วยแรงดันแบบมอสชนิดต่อกราวด์ที่มีการชดเชยอุณหภูมิ พิพัฒน์ พรหมมี เนรมิต หัวมูช กอบชัย เดชหาญ มนตรี สมคุดยงนก	6
3.	วงจรรายพานกระแสชนิดซัวอินพุทเป็นแรงดันความแตกต่างโดยใช้เทคโนโลยีซีมอส มนตรี คำเงิน พิพัฒน์ พรหมมี กองสิทธิ์ อุปรี กอบชัย เดชหาญ	12
4.	วงจรถอดราก็สองโหมดกระแส อิทธิพงศ์ ชัยสายพันธ์ ชนิดา จันทร์ตรี สมเกียรติ เปรียงพรวนทอง	18
5.	การประยุกต์ใช้การจำลองแบบหนึ่งมิติกับทรานซิสเตอร์รอยต่อแบบไบโพลาร์ โสภณ พรหมชัย โยอิชิ ยาซุมุระ เดิมพงษ์ เพ็ชรกุล	23
6.	การตัดสินใจแขนคอพเพื่อใช้ในการแบ่งโหลดด้วยนิวโรลเน็ตเวิร์ค ประทีป ปิ่นประเสริฐ พิเชฐ ม่วงนวล	29
7.	การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบสื่อสาร FH-CDMA ด้วยเทคนิคการแปรเปลี่ยนความถี่เชิงเส้นแบบหลายเส้นความถี่ สมยศ ธรรมชาติสิน สมยศ จุณณะปิยะ พิเชฐ ม่วงนวล	35
8.	การศึกษาและพัฒนาของระบบสกาดาโดยใช้ตัวควบคุมพีซี พรเทพ รัตนกำพล ประภาส ไพรสุวรรณ	41
9.	การจัดสัมพันธ์ทางจนวนสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อย พรทิพา สร้างคอมพิวเตอร์พัฒนา มณฑล สีสัจจินดาไกรฤกษ์	47
10.	อินเวอร์เตอร์สามระดับโดยใช้เทคนิคการกำจัดฮาร์มอนิกส์ สิทธิพร เจียรนันท์พิสุทธิ์ วิจิตร กิณเรศ	53
11.	การประมาณค่ากระแสลัดวงจรเนื่องจากกลุ่มของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้แบบจำลองการรวมกลุ่ม วัลลภ สุวรรณเวช อานันท์วัฒน์ คุณากร	59
12.	การออกแบบและวิเคราะห์สวิตช์โหมดคอนเวอร์เตอร์สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสองเฟส ราชา อารีหะหมัด วิจิตร กิณเรศ	65
13.	การป้องกันสายส่งโดยอาศัยการวัดระยะทางแบบปรับเปลี่ยนได้สำหรับสายส่งแรงจนวนาน ไพโรจน์ เทียนทอง มณฑล สีสัจจินดาไกรฤกษ์	71
14.	การแปลงเวฟเล็ตร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมสองชนิดสำหรับการระบุตำแหน่งฟอลต์บนสายส่ง อรุณพล เก่าพิทักษ์กุล สุลี บรรจงจิตร บุญเลิศ สือเฉย	77
15.	การวางแผนโดยคำนึงถึงความเชื่อถือได้ของระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยใช้ความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟ วราวุธ จิตตพันธ์ มณฑล สีสัจจินดาไกรฤกษ์	83
16.	จลนพลศาสตร์ของการเติมไฮโดรเจนกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนตัวเร่งปฏิกิริยา Rh-Fe/SiO ₂ เทอดไทย วัฒนธรรม ศิริพันธ์ มุราธาัญญลักษณ์	89
17.	การสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องปฏิกรณ์ระบบต่อเนื่องแบบท่อ อนวัช ดุรงค์กนิษฐ์ ประกอบ กิจไชยา	94

การศึกษาและพัฒนาของระบบสกาดาโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซี่

The Study and Development of SCADA System Using Fuzzy Controller

พรเทพ รัตนกำพล ประภาย ไพโรสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในบทความนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษา และการพัฒนาของระบบอำนวยการควบคุมและการเข้าถึงข้อมูล (SCADA) สำหรับการตรวจสอบหาเหตุของการเกิดความผิดพลาด, ความคลาดเคลื่อนของตัวแปร, ฟัซซี่เนส และความไม่แน่นอนของระบบควบคุม โดยระบบควบคุมส่วนมากจะเป็นการมอดิเตอร์และการป้อนเปิดอุปกรณ์เท่านั้น เราจึงนำเสนอการจำลองระบบสกาดาโดยใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ที่สามารถควบคุมพารามิเตอร์ PID(Proportional Integral Derivative) ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่อง Personal Computer (PC)นำข้อมูลจากพีแอลซี(โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์)แต่ละค่ามาวิเคราะห์รวมกันทางตรรกะ โดยทดลองนำวิธีการที่เสนอนี้ ไปใช้กับระบบชุดคัมน์้ำจำลอง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในการควบคุม โดยมีการเปรียบเทียบเอาท์พุทที่ได้จากการใช้ตัวควบคุมฟัซซี่กับไม่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ จากการทดลองวิธีที่ใช้ฟัซซี่ควบคุมนี้ให้ผลการควบคุมที่ดีกว่า ยิ่งไปกว่านั้นยังเพิ่มประสิทธิภาพ และ ความเที่ยงตรงของระบบควบคุมที่แอลซีที่ไม่มีโมดูลฟัซซี่ลอจิก และสามารถนำการจำลองของระบบสกาดาไปประยุกต์ในงานอุตสาหกรรมและโรงงานควบคุมอัตโนมัติต่อไป

Abstract

This paper concerned with the study and development of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system for monitoring fault diagnosis, parameter error, fuzziness, and uncertainty of control system. At present, the SCADA system provides only the procedure of monitoring and on – off device. Therefore, we introduce the method that SCADA system with fuzzy logic module. This new method can optimize PID (Proportional Integral Derivative) parameters using Personal computer to logically analyze data from PLC (Programmable Logic Controller). We bring this new method to apply to the experiment of boiler model in order to calculate control parameter and compare the output of fuzzy module with the output of non-fuzzy module. The result of this experiment, Fuzzy module is more controllable, efficient, and precise than non-fuzzy module. Eventually, we can apply this method with industrial and factory automation.

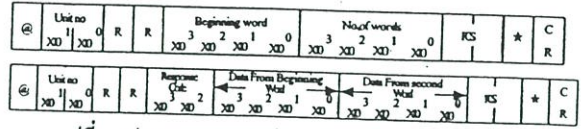
1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการใช้งานระบบสกาคอย่างกว้างขวางมากในเมืองไทย เช่น อุตสาหกรรมขนาดกลางบางกลุ่มและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถลดปัญหาทางด้านแรงงานและการจัดการด้านควบคุม คือ การใช้ระบบมอเนเตอร์ข้อมูล และอำนาจการควบคุมมาทำงานร่วมกับระบบเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยผู้ควบคุมสามารถควบคุมจากศูนย์กลางผ่านระบบรีโมตคอนโทรลชนิดแบบ Multi-drop (2สาย หรือ 4 สาย)มายังอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ หรือ ตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้(Programmable Logic Controller (PLC)) ซึ่งสามารถลดปัญหาการควบคุมของคนควบคุมที่ไม่มีประสิทธิภาพลดลงได้ และ ข้อมูลต่างๆ จะถูกบันทึกหรือถูกสร้างเป็นฐานข้อมูลทำให้ง่ายต่อการนำมาใช้งานและการตรวจสอบ หลายบริษัทชั้นนำในโลกด้านระบบซอฟต์แวร์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ระบบสกาคาให้มีขีดความสามารถให้สูงขึ้นและ ได้นำ เครื่องมือช่วยเหลือต่างๆ นำมาประกอบลงใน ซอฟต์แวร์ระบบสกาคา และส่วนสำคัญคือเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมให้สูงขึ้นที่สุด

ในบทความฉบับนี้ จะกล่าวถึงการนำตัวควบคุมพีซี มาหาค่าพารามิเตอร์ PID ที่ใช้ควบคุมความร้อนของหม้อต้มน้ำจำลอง ทำให้สามารถได้ความร้อนตามค่าต้องการได้เร็วขึ้นควบคุมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6 (VB6) ในการเขียนจำลองระบบสกาคา ร่วมกับตัวควบคุมพีซี ซึ่ง มาออกแบบค่าชดเชยในการป้อนกลับ [3] แล้วหาค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมพีซีในแต่ละกฎตามแนวคิดนี้เรียกว่า การชดเชยแบบขนาน หรือ Parallel Distributed Compensation (PDC) [2] ควบคุมผ่านตัว PLC ที่ไม่มีโมดูลพีซี โดยจะเป็นการโอนข้อมูลผ่านระบบ Ethernet (TCP/IP) เป็นมาตรฐานการส่งที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาได้ง่าย

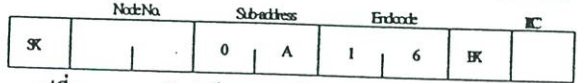
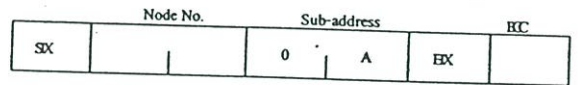
2. อุปกรณ์ และวิธีการ

การสื่อสารของพีแอลซี โดยใช้งานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปเลทเวอร์ชัน2.0เป็น ActiveX componentทำงานร่วมกันกับ VB6 โดยแสดง โปรโตคอลการรับส่งข้อมูลตามรูปที่ 1

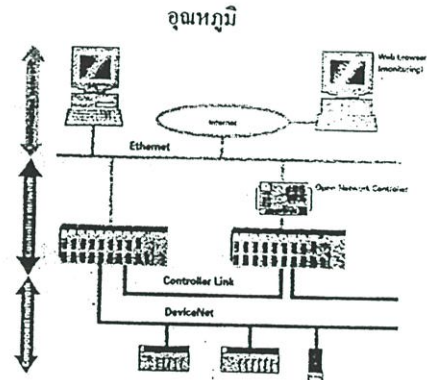


รูปที่ 1 รูปแบบการรับ-ส่งข้อมูล ระหว่าง PLC กับ PC

เป็นการสื่อสารระหว่างตัว PLC กับ PC เป็นรูปแบบ FINS Command โดยเป็น Command ที่ถูกพัฒนาจาก บริษัท Omron Electronic ส่วนอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะเป็นการรับส่งข้อมูลทางดิจิทัลเป็นระบบ RS-485 แบบ Half duplex มี Protocol แบบ CompoWay/F โดยมีเฟรมการรับส่งข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2



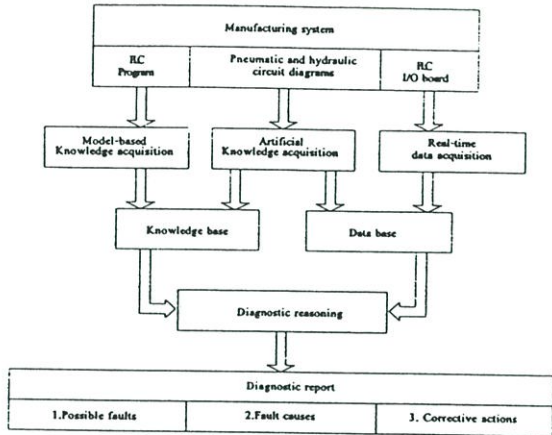
รูปที่ 2 แบบการรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC กับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3 เป็นระบบ Network ของ PLC Omron รุ่น CS1G กับคอมพิวเตอร์

จากการต่อในรูปที่ 3 เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง Programmable Logic Controller (PLC) รุ่น CS1G [4]กับ Personal Computer (PC) แบบ Ethernet (TCP/IP) ความเร็วในการสื่อสาร 10Mbps โดยทำการให้ค่าไอทีแอดเดรสเริ่มต้นตามความเหมาะสมใช้ตัวโปรแกรมคอมโปเลทเป็นตัวกลางในการเชื่อมระบบเข้าหากันเมื่อเราทำการเชื่อมแล้ว จะทำการใช้ VB6 พัฒนาระบบในการควบคุม และมอเนเตอร์

โดยหลักการเขียน VB6 จะมีการใช้งาน Component ActiveX Compolet มาใช้งานร่วมกัน และจะมีโครงสร้างโดยทั่วไปของระบบในการควบคุมที่ใช้อ้างอิงในการเขียนซอฟต์แวร์ SCADA ดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างทั่วไปของระบบสคาดา

ในการใช้งานระบบ SCADA จะใช้งานร่วมกับระบบคัมม่าน้ำจำลอง โดยจะให้หลักการพีชคณิตมาใช้งานร่วมกันในการควบคุมค่าพารามิเตอร์ PID เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบที่ใช้ควบคุมโดยจะแสดงแบบจำลองพีชคณิตของ Takagi and Sugeno [2] เป็นการแสดง สเตทในระบบควบคุมสามารถเขียนเป็นกฎฟัซซี่ได้ดังนี้

$$L^i : \text{IF } x_1(k) \text{ is } M_{n1} \dots \text{and } x_n(k) \text{ is } M_{ni}$$

$$\text{THEN } x(k+1) = A_i x(k) + B_i u(k)$$

โดยค่า

$$x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)]^T$$

$$u(k) = [u_1(k), u_2(k), \dots, u_n(k)]^T$$

ค่า L_i หมายถึงกฎฟัซซี่ที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ n คือจำนวนกฎฟัซซี่ทั้งหมดที่ใช้ควบคุม

M_{ni} คือค่าความเป็นสมาชิกกฎที่ i ในเทอมเซตที่ n

$x(k+1) = A_i x(k) + B_i u(k)$ คือค่าเอาต์พุตของกฎฟัซซี่อันดับที่ i และค่าเอาต์พุตสุดท้ายของระบบฟัซซี่คือ

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r w_i(k) \{A_i x(k) + B_i u(k)\}}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (1)$$

ที่ค่า

$$w_i(k) = \prod_{j=1}^n M_{y_j}(x_j(k))$$

ค่า $w_i(k)$ คือค่าถ่วงน้ำหนักของกฎที่ i

ค่า $M_{y_j}(x_j(k))$ คือค่าความเป็นสมาชิกกฎที่ i ในเทอมเซตที่ j

โดยค่า $j = 1, 2, \dots, n$ แสดงถึงเทอมเซตของค่าอินพุต

$$A_i = \begin{bmatrix} a_{11}^i & a_{12}^i & \dots & a_{1,n-1}^i & a_{1n}^i \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B_i = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

A_i คือเมตริกซ์แสดงสเตทกฎที่ i และ B_i คือเมตริกซ์อินพุตกฎที่ i เมื่อเราเปิดดูของระบบควบคุมในสมการที่(1) จะได้ว่าค่าเอาต์พุตของกฎฟัซซี่ดังนี้

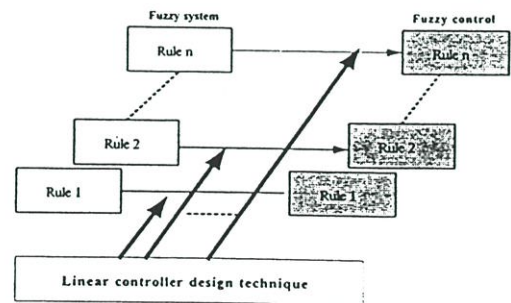
$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r w_i(k) A_i x(k)}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^r w_i(k) > 1,$$

$$w_i(k) \geq 1 \quad i = 1, 2, \dots, r$$

3.การชดเชยแบบขนาน(Parallel Distributed Compensation (PDC))

แนวคิดของ PDC ที่ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมฟัซซี่ เพื่อที่จะได้ค่าเอาต์พุตของระบบฟัซซี่ตามสมการที่ (1) ซึ่งเป็นการแสดงแนวคิดการชดเชยของแต่ละกฎ



รูปที่ 5 การออกแบบการชดเชยแบบขนาน(PDC)

การหาค่าป้อนกลับของระบบควบคุมพีซีใน
เทอม $u(k) = -F_i x(k)$ ซึ่งการหาค่าป้อนกลับ $F_i x(k)$ นี้ได้จาก
วิธีการหาค่าชดเชยป้อนกลับของระบบควบคุมเชิงเส้น ก็จะ
ได้ค่าป้อนกลับของตัวควบคุมพีซีในแต่ละกฎ สามารถเขียน
เป็นกฎแต่ละข้อได้ดังนี้

$$R' : IF x_i(k) \text{ is } M_n \dots \text{and } x_n(k) \text{ is } M_n$$

$$THEN u(k) = -F_i x(k)$$

ถ้า $i = 1, 2, \dots, r$ จะได้เอาต์พุตตัวควบคุมพีซีคือ

$$u(k) = \frac{-\sum_{i=1}^r w_i(k) F_i x(k)}{\sum_{i=1}^r w_i(k)} \quad (3)$$

นำสมการที่ (3) ไปรวมเข้ากับสมการที่ (1) แล้วได้ว่า

$$x(k+1) = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k) \{A_i - B_i F_j\} x(k)}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k)} \quad (4)$$

3.1 ทฤษฎีที่ 1

จุดคุณภาพของระบบควบคุมพีซีในสมการที่
(4) เป็นเสถียรภาพเชิงอะซิมโทติก ถ้า เมทริกซ์ P เป็น positive
definite ดังนี้

$$\{A_i - B_i F_j\}^T P \{A_i - B_i F_j\} - P < 0 \quad (5)$$

โดย $w_i(k) \cdot w_j(k) \neq 0, \forall k, i, j = 1, 2, \dots, r$

ดังนั้นระบบในสมการที่ (4) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$x(k+1) = \frac{1}{W} \left[\sum_{j=1}^r w_j(k) w_i(k) \{A_i - B_i F_j\} x(k) + 2 \sum_{i < j} w_i(k) w_j(k) G_{ij} x(k) \right] \quad (6)$$

$$G_{ij} = \frac{\{A_i - B_i F_j\} + \{A_j - B_j F_i\}}{2} \quad i < j$$

โดย

$$= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r w_i(k) w_j(k)$$

3.2 ทฤษฎีที่ 2

จุดคุณภาพของระบบควบคุมพีซีในสมการที่
(4) เป็นเสถียรภาพเชิงอะซิมโทติก ถ้าพิสูจน์ได้ว่า เมทริกซ์ P
เป็น positive definite จะได้สมการ

$$\{A_i - B_i F_j\}^T P \{A_i - B_i F_j\} - P < 0, \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (7)$$

$$G_{ij}^T P G_{ij} - P < 0, \quad i < j \leq r \quad (8)$$

ปัญหาในการออกแบบระบบควบคุมพีซีคือการเลือกค่า
ชดเชย $F_i (i = 1, 2, \dots, r)$ ดังนั้น ในสภาวะของระบบในสม
การที่ (7) และ (8) ถ้าเรารู้ว่าปัญหาการออกแบบตัวควบคุม
พีซีคือการหาค่า F_i ในที่นี้เราจะใช้การหาค่าชดเชยใน
ระบบเชิงเส้นเช่น โบลต์ลิต หรือ รุทโลกัส ในการหาค่าชด
เชย

สมมุติ (A_i, B_i) เป็นเมทริกซ์ควบคุมได้ A_i เป็น
เมทริกซ์เสถียร B_i เป็นเมทริกซ์อินพุต โดย

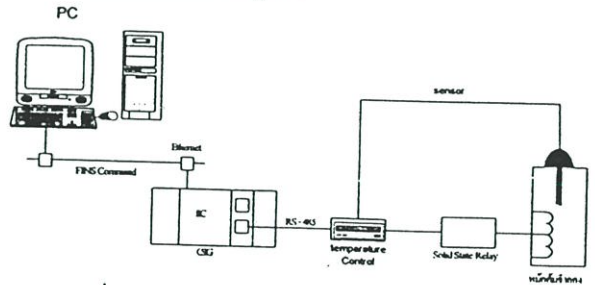
$B_i = B = (i = 1, 2, \dots, r)$ ในกรณีค่าเมทริกซ์อินพุตเท่ากัน เมื่อ
เราออกแบบให้สัมพันธ์กับค่า F_i จะได้ว่า

$$A_i - B F_i = G \quad (9)$$

G เป็น Hurwitz เมทริกซ์ [1] ถ้า P เป็น positive definite ดัง
นั้น $G^T P G - P < 0$

4. การทดลองและการวิเคราะห์

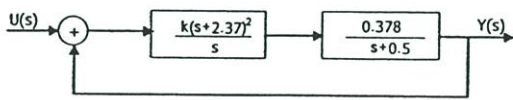
การทดสอบการทำงานของโปรแกรมสกาตา
(SCADA Software) จะมีการทำงานและควบคุมชุดหม้อต้ม
น้ำจาลองที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
ซึ่งมีการควบคุมแบบ PID ในส่วนของ PLC ที่ไม่ใช้กฎพีซี
ในการควบคุมค่าพารามิเตอร์กับการควบคุมแบบ PID ใน
ส่วนของ PLC ที่ใช้พีซี ในการควบคุมค่าพารามิเตอร์จะมีวง
จรการทำงานดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 รูปแบบการต่อควบคุมระบบหม้อต้มจาลอง

การทดลองจะใช้ค่าตั้งใน PLC ชุดค่าตั้ง PID
control จะมีการกำหนดค่า Input word First parameter และ
Output word เพื่อจะใช้ในการควบคุมตามรูปที่ 6 คือใช้
คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมจากโปรแกรม SCADA ผ่าน
ระบบสื่อสารแบบ Ethernet เข้าสู่ระบบ PLC ตัว PLC นี้จะมี
ชุดค่าตั้ง PID ที่สามารถกำหนดค่า Proportional band (P)

หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์, Integral Constant (Tik), Derivative constant(Tdk) และสามารถ ใช้ PID ได้แค่หนึ่งรูป คั้งนั้น การเปลี่ยนค่า Set value จะทำการเปลี่ยนจากค่า Software ที่คำนวณได้จากทฤษฎีของฟัซซี่ เพื่อให้ได้ค่าการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยระบบเครื่องค้มน้ำจ้ลอง มีขนาดความจุ 3.5ลิตร ใช้แรงค้ณกระแสลบั 220 โวลต์ 670 วัตต์ เราสามารถออกแบบด้วยตัวควบคุม PID เขียนเป็นสมการคุณลักษณะได้คั้งนี้

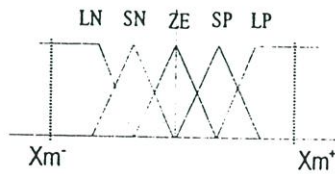


จะได้สมการคุณลักษณะ

$$\frac{U(s)}{Y(s)} = \frac{10s^2 + 52.6s + 68.944}{11s^2 + 53.1s + 68.944} \quad (10)$$

จากนั้น ทำการออกแบบระบบตัวควบคุมฟัซซี่ของเครื่องค้มน้ำจ้ลอง โดยกำหนดค่า X_1 เป็นค่าอุณหภูมิของเครื่องค้มน้ำจ้ลอง ส่วนค่า X_2 เป็นอุณหภูมิที่เรากำหนดให้เป็นศูนย์ และเราจะนำค่าอุณหภูมิป้อนกลับ X_1 มาเปรียบเทียบกับที่คำนวณได้ส่งไปควบคุมทารมิตเตอร์ P,Tik,Tdk ใน PLC ส่วนการประมวลผลของฟัซซี่มีขั้นตอนคั้งนี้

- 1.Fuzzification เป็นการแปลงข้อมูลที่เข้ามาจากระบบควบคุมไปเป็นอินพุทของระบบตัวควบคุมฟัซซี่
- 2.Inference Engine คือส่วนการวิเคราะห์ส่วนเงื่อนไข โดยใช้ตัวค้ณการ IF เงื่อนไข THEN ผลลัพธ์
- 3.Defuzzification คือขั้นตอนที่ทำการเปรียบเทียบค่าเอาท์พุทฟัซซี่ทั้งหมดเข้ากับผลลัพธ์รวมโดยใช้วิธี Centroid (Center of Gravity) ทำได้โดยใช้สมการที่ (1)

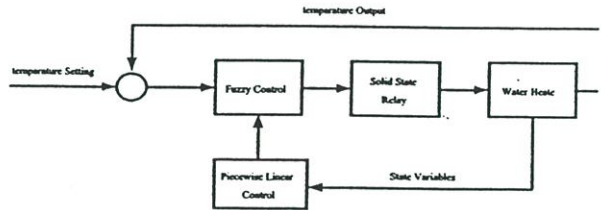


รูปที่7 แสดงรูปแบบของ membership function

แล้วนำค่าที่ได้จากตัวควบคุมฟัซซี่ไปควบคุมการทำงานของโซลิตสเตรียลย์ ซึ่งจะควบคุมความร้อนของคอยล์เครื่องค้มน้ำจ้ลอง และโน้ชันตอนที่สองเราสามารถกำหนดเงื่อนไขของกฎได้คั้งนี้

$$L^1 : IF X_1 \text{ is OK THEN } \dot{X} = A_1 X + B_1 U$$

$$L^2 : IF X_1 \text{ is OK THEN } \dot{X} = A_2 X + B_2 U$$



รูปที่ 8 แสดงแบบจ้ลองตัวควบคุมฟัซซี่ควบคุมเครื่องค้มน้ำจ้ลอง

จากรูปที่ 8 ส่วนของเมตริกซ์เอาต์พุตในแต่ละกฎของตัวควบคุมฟัซซี่จะ ได้จากการทดลองโดยกำหนดช่วงอุณหภูมิ 40 °C , 60 °C และ 80 °C ตามที่ค้ต้องการ แล้วควบคุมตัวแปรของเครื่องค้มน้ำจ้ลอง โดยควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้คอยล์น้ร้อนของเครื่องค้มน้ำจ้ลอง จากนั้นนำค่าตัวแปรที่ได้จากการทดลองในช่วงอุณหภูมิ ที่กำหนดค้มาค้บแทนลงในแบบจ้ลองเครื่องค้มน้ำจ้ลองแล้วเขียนในรูปเมตริกซ์เอาท์พุทของแต่ละกฎคั้งนี้

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0.48 & 0 \end{bmatrix} \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.618 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2.15 & 0 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.082 \end{bmatrix}$$

กำหนดค่าไอเก้นป้อนกลับ $[2.5364 \pm j0.6667]$ ได้ค่า F_1 คั้งนี้

$$F_1 = [-11.9058 - 8.2084], F_2 = [-110.0953 - 61.8634]$$

$$G = A_1 - B_1 F_1 = A_2 - B_2 F_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6.8778 & -5.0728 \end{bmatrix}$$

$$G_{12} = \frac{(A_1 - B_1 F_1) + (A_2 - B_2 F_2)}{2}$$

เมื่อแทนค่าต่างจลลงในสมการจะได้ค่า G_{12} คั้งนี้

$$G_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -33.1926 & -19.4523 \end{bmatrix}$$

และจะได้ P ที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมระบบควบคุมคือ

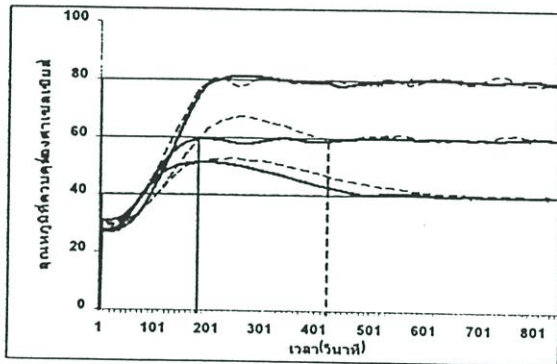
$$P = \begin{bmatrix} 1.1379 & 0.0798 \\ 0.0798 & 0.1201 \end{bmatrix}$$

จากเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าเมทริกซ์ P เป็น positive definite ดังนั้น จะพิจารณาเสถียรภาพตาม ทฤษฎีของบิอาพูนอฟเวลาต่อเนื่องได้ว่า

$$(A_i - B_i F_i)^T P + P(A_i - B_i F_i) < 0$$

$$G_{12}^T P + P G_{12} < 0$$

$$\begin{bmatrix} -5.2959 & -4.4005 \\ -4.4005 & -4.5130 \end{bmatrix} < \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$



— จำนวนความคลาดเคลื่อน (%)
 - - - จำนวนความคลาดเคลื่อน (%)

รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ใช้ตัวควบคุมฟuzzy กับที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟuzzy ที่ได้จากการทดลองของหม้อคัมน์น้ำจำลอง

จากผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 9 การควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ตัวควบคุมฟuzzy จะสามารถเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายที่ต้องการได้รวดเร็วกว่าการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟuzzy โดยสังเกตได้จากช่วงเวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมาย ของตัวควบคุมฟuzzy จะใช้น้อยกว่า จากกราฟการทดลองหม้อคัมน์น้ำจำลองที่อุณหภูมิเป้าหมาย 60 องศาเซลเซียส จะพบว่าตัวควบคุมแบบฟuzzy สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายโดยใช้เวลา 200 วินาที ซึ่งใช้น้อยกว่าตัวควบคุมที่ไม่ใช้ฟuzzy ซึ่งใช้เวลาถึง 400 วินาที แสดงให้เห็นว่า เมื่อมี

การใช้ตัวควบคุมฟuzzyมาใช้ร่วมกับระบบสกาตาทำให้เพิ่มความสามารถในการควบคุมสูงขึ้น

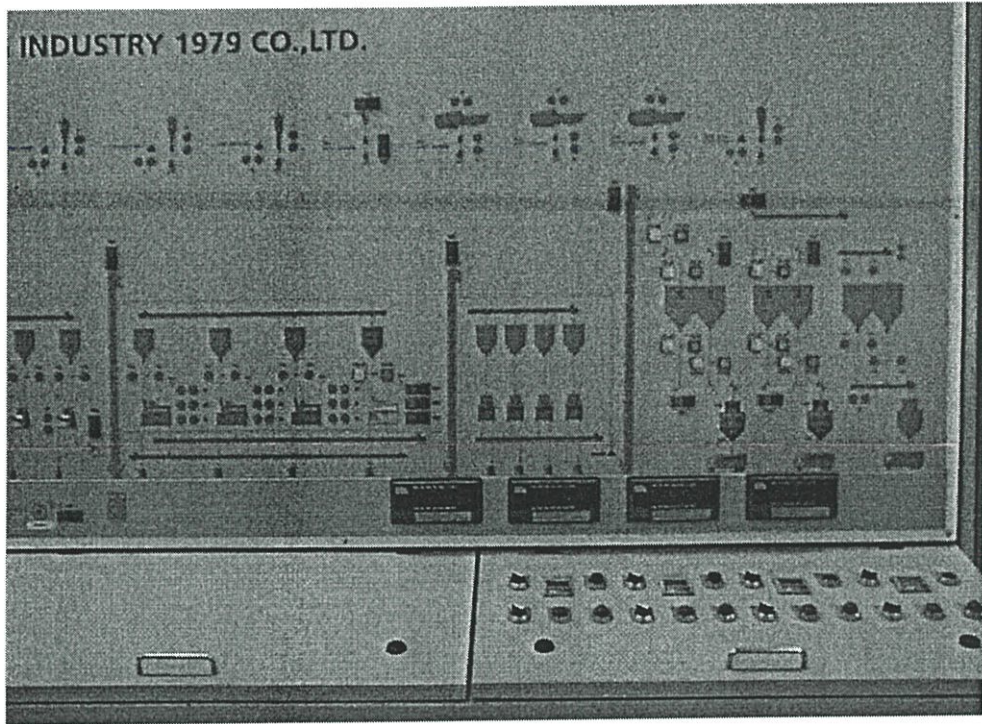
5.สรุป

จากผลการทดลองเมื่อใช้ตัวควบคุมฟuzzyจะทำให้การควบคุมอุณหภูมิเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วและการแกว่งของอุณหภูมิจะน้อยกว่าการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่ใช้ตัวควบคุมฟuzzy เพราะฉะนั้นการพัฒนาขีดความสามารถให้กับขบวนการอัตโนมัติได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ประสิทธิภาพของคนควบคุมเครื่องจักรและเทคโนโลยีขั้นสูงทางซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เป็นต้น ดังนั้นในบทความฉบับนี้ผู้เขียนได้พัฒนาในส่วนตัวควบคุมฟuzzyเท่านั้น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไปในอนาคตได้

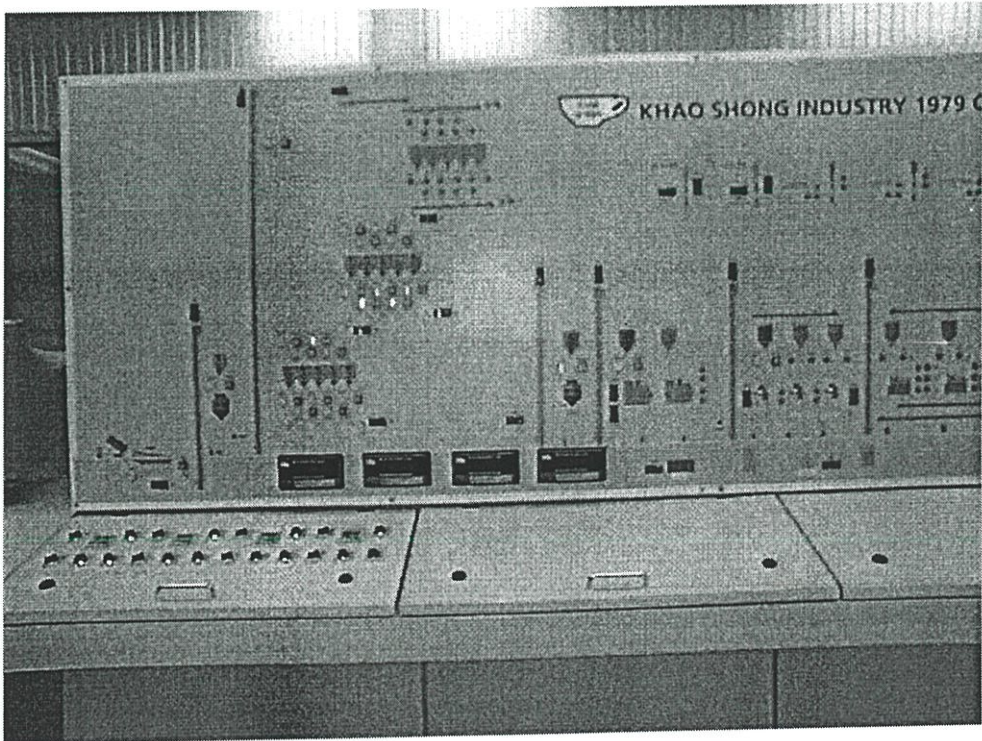
6.เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Wang , K. Tanaka and F. Griffin “An Approach to Fuzzy Control of Nonlinear System: Stability and Design Issues”, IEEE Trans. Fuzzy System, Vol.4, No.1, pp.14-23, 1996
- [2] O. Wang , K. Tanaka and F. Griffin “Parallel Distributed Compensation of Nonlinear System by Takagi-Sugeno Model”, IEEE Trans., Fuzzy System, pp.531-538, 1995
- [3] วิพันธ์ ปรีชาพานิช “การวิเคราะห์ระบบแนวใหม่” คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] Omron Corporation “ SYSMAC CS Series Serial Communication Unit”, pp.215-249, 2002

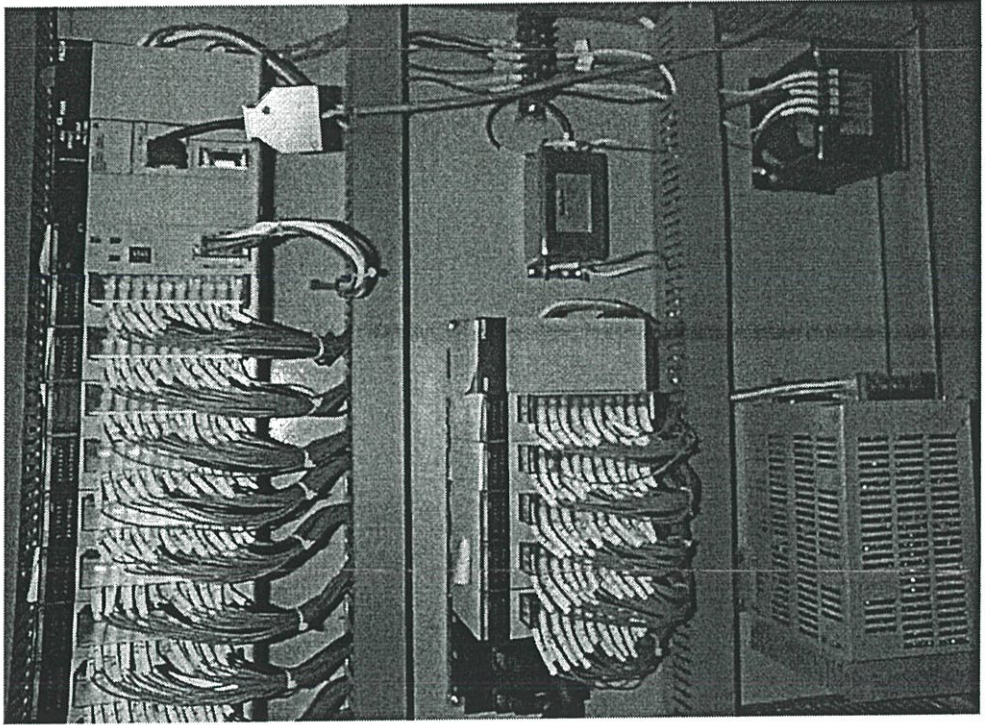
ภาคผนวก ค



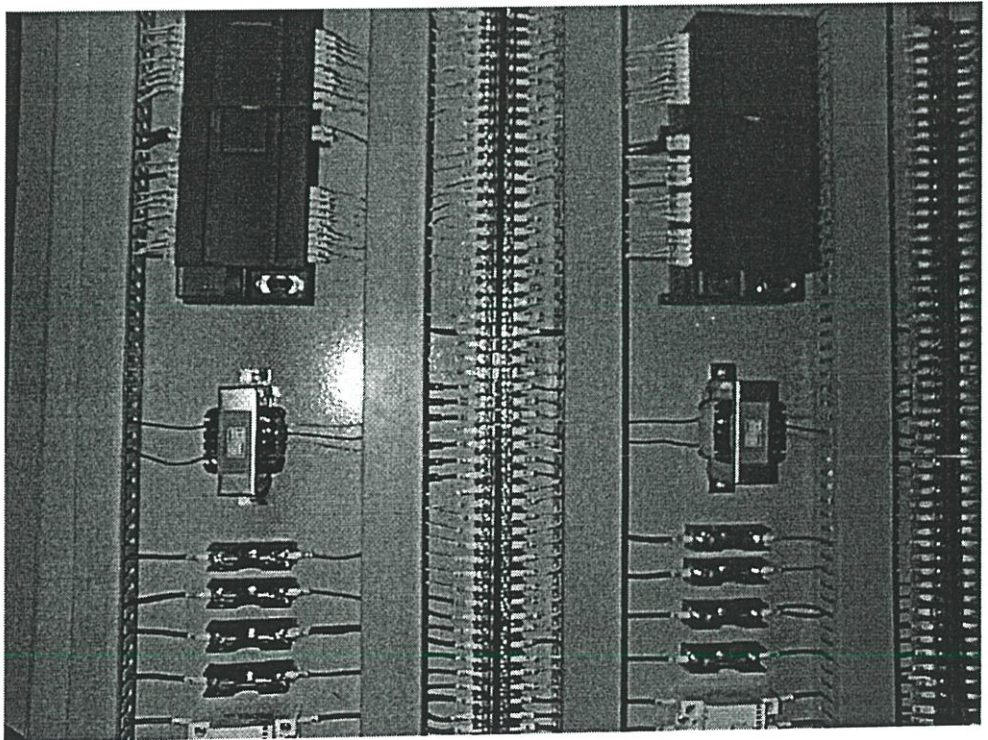
รูปที่ ค1.แสดงหน้าตู้ควบคุม MIMIC



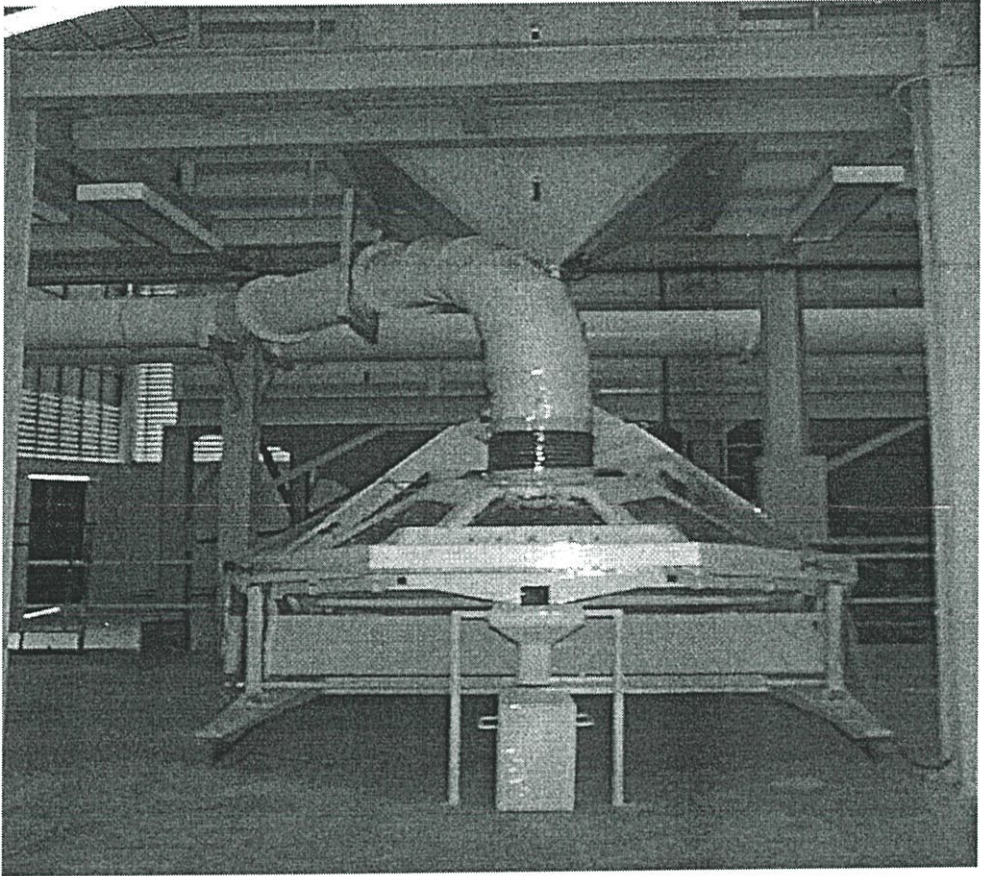
รูปที่ ค2.แสดงหน้าตู้ควบคุม MIMIC



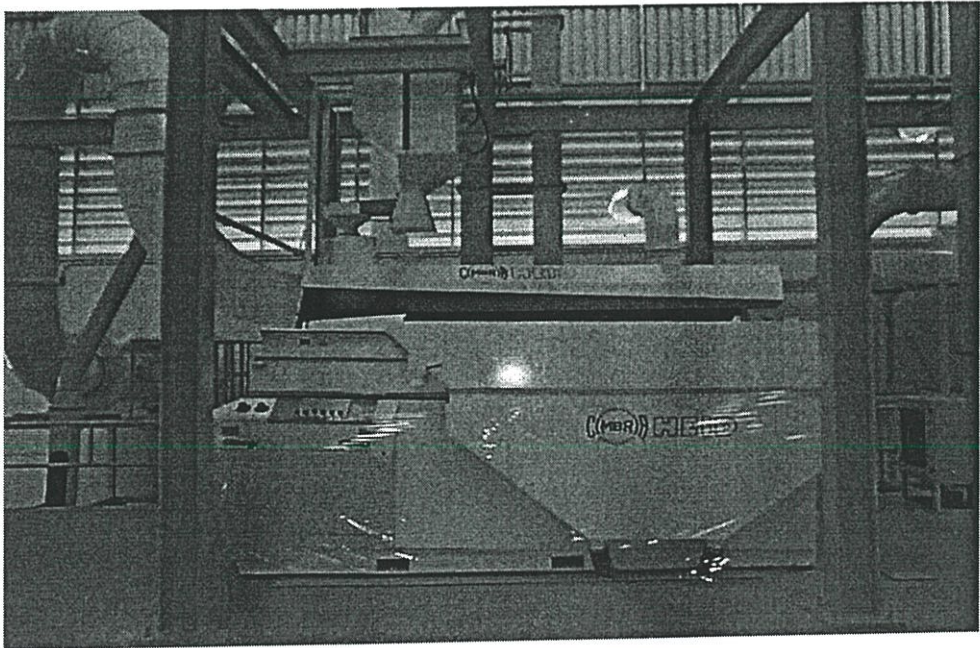
รูปที่ ค3.แสดงการจัดวางชุดพีแอลซีภายในตู้ควบคุม



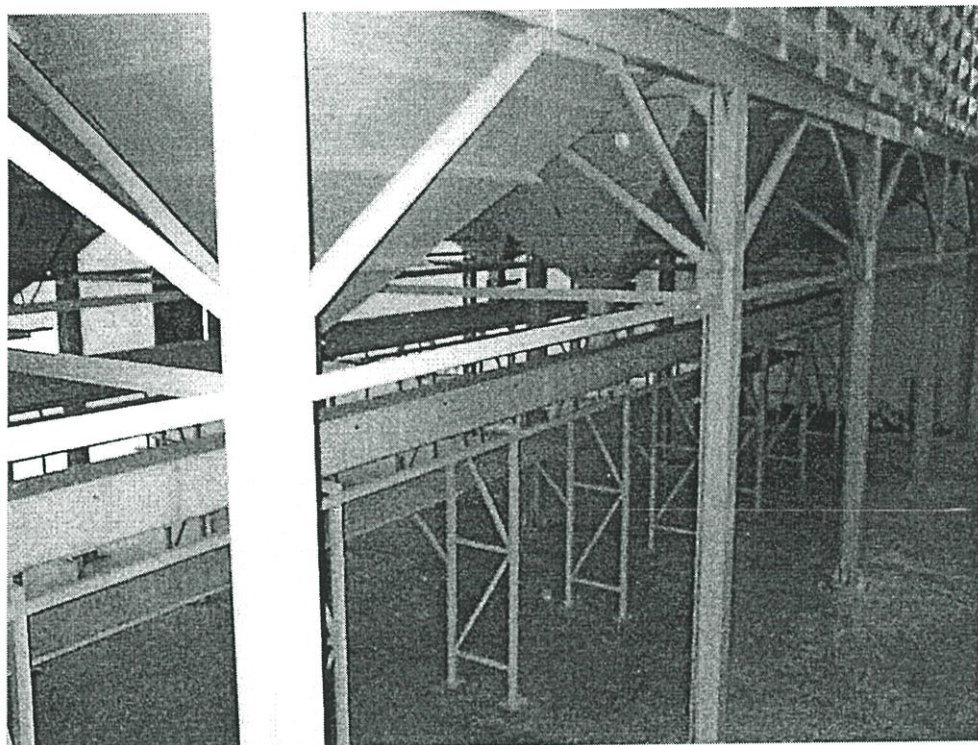
รูปที่ ค4.แสดงการจัดวางชุดพีแอลซีที่ควบคุมเครื่องชั่งน้ำหนักภายในตู้ควบคุม



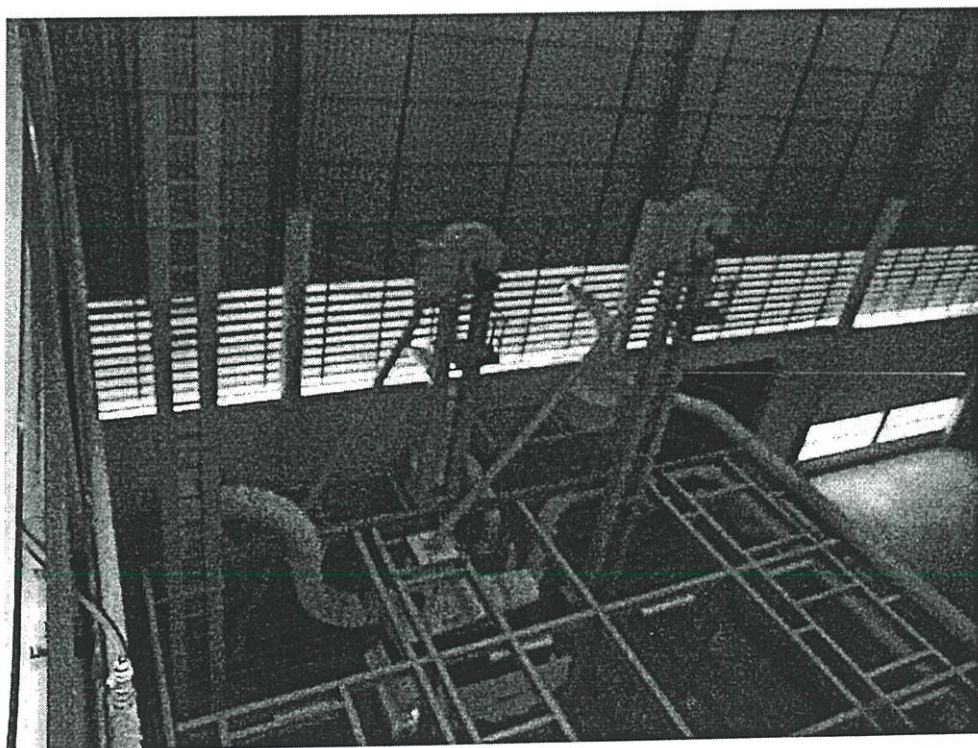
รูปที่ ค5.แสดงลักษณะของเครื่องขัดแยกหินและกรวด



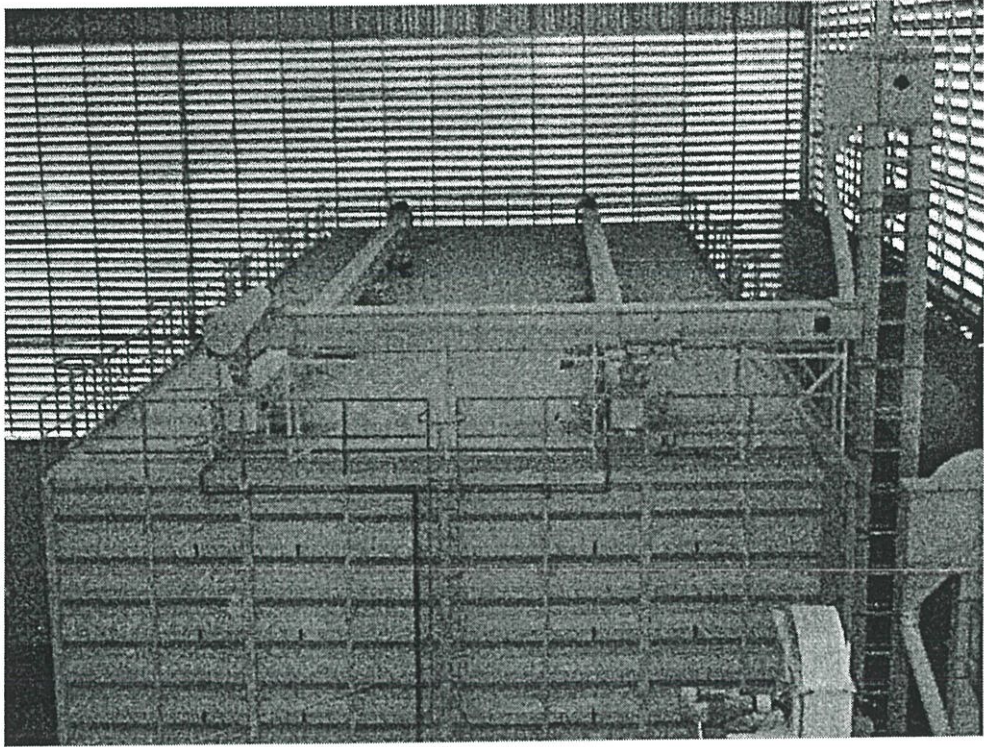
รูปที่ ค6.แสดงลักษณะของเครื่องตัดขนาดเมล็ดกาแฟ



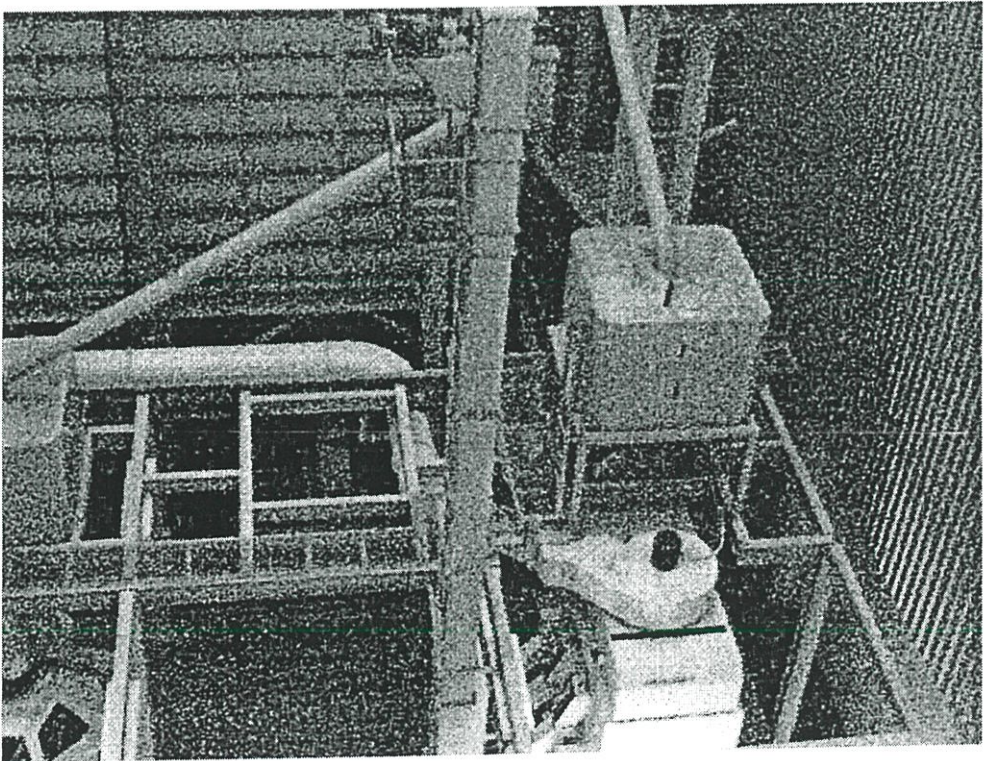
รูปที่ ค7.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงก่อนทำความสะอาด



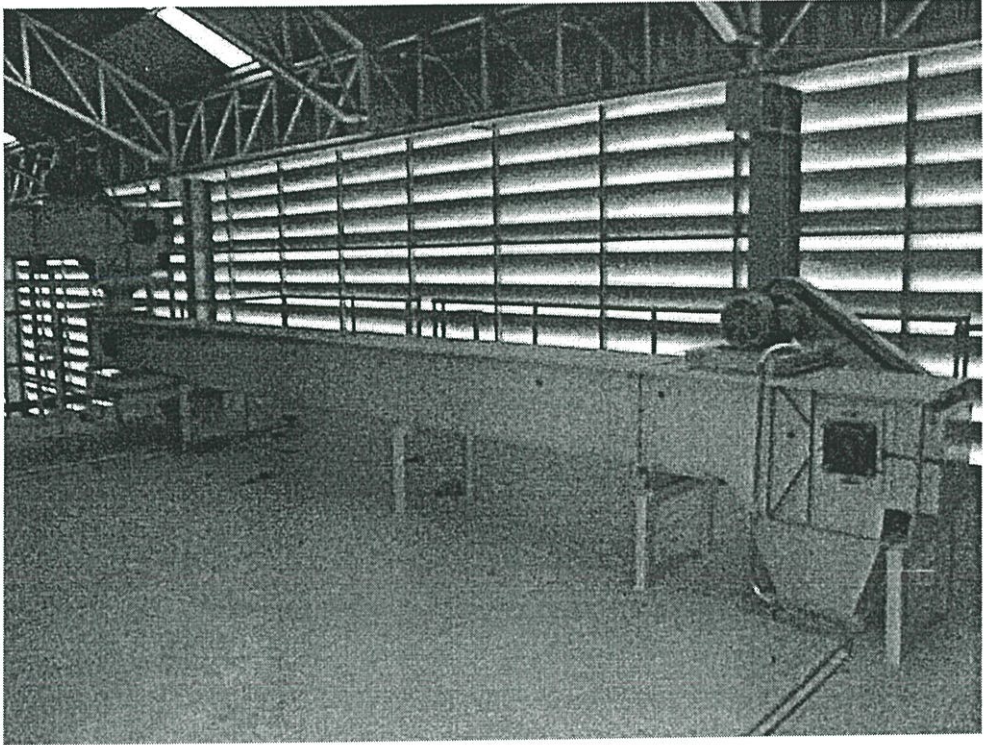
รูปที่ ค8.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงเข้าทำความสะอาด



รูปที่ ค9.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงเข้าถึงถังพักก่อนทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ

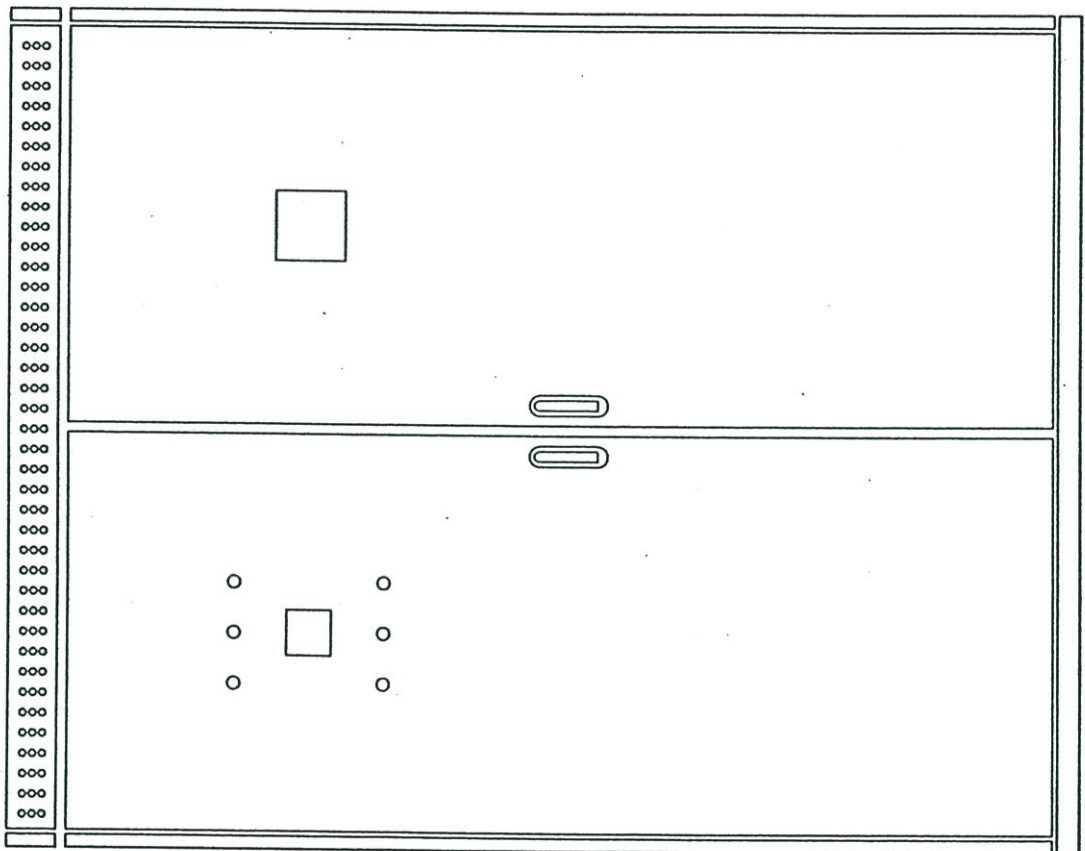


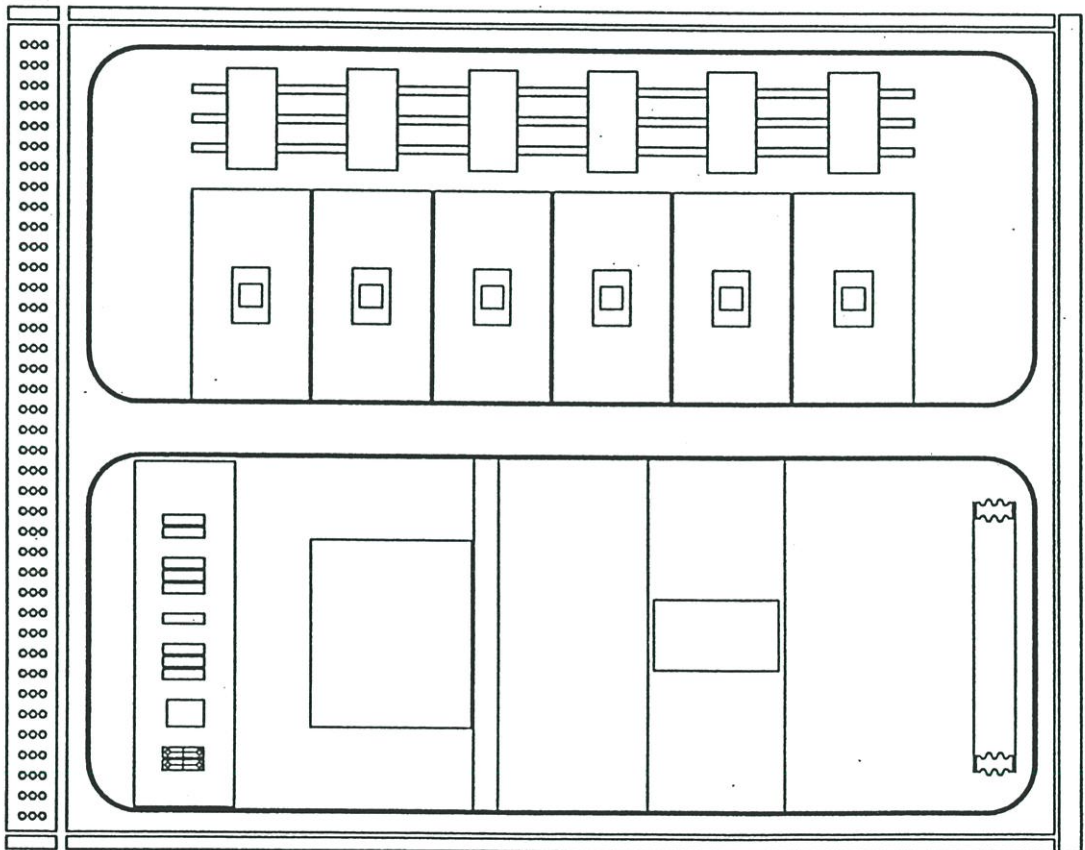
รูปที่ ค10.แสดงลักษณะของถังพักเล็กของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดกาแฟ



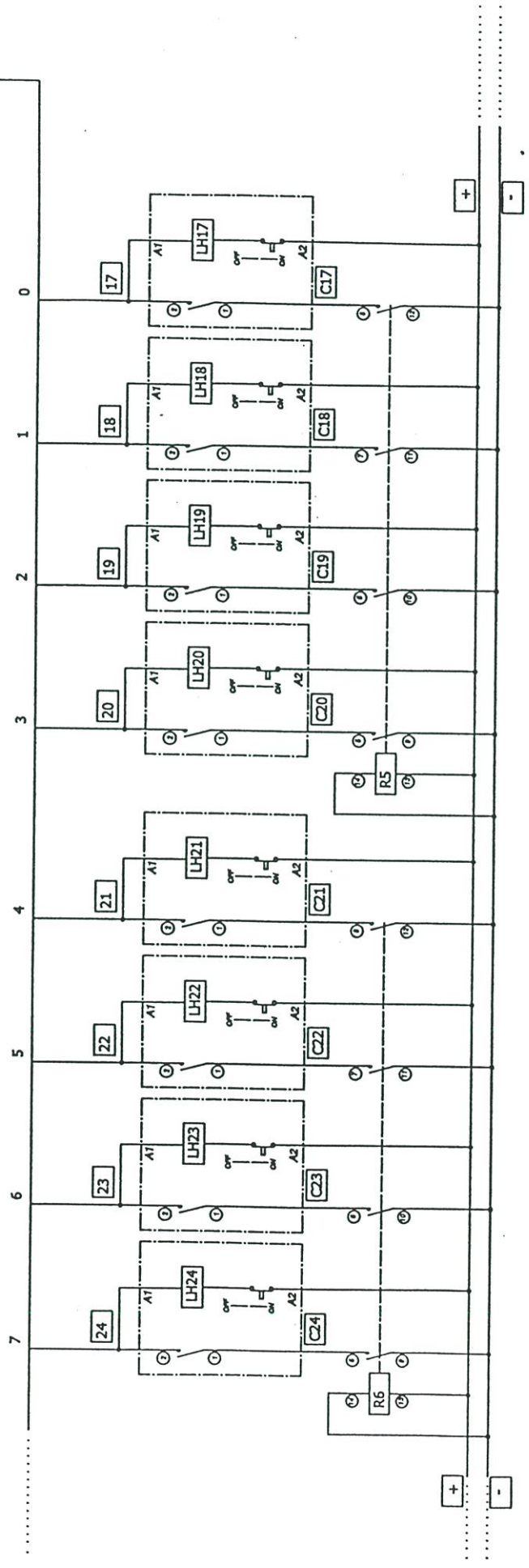
รูปที่ ค11.แสดงลักษณะของสายพานลำเลียงเข้าถึงพักเมล็ดกาแฟสะอาด

ภาคผนวก ง

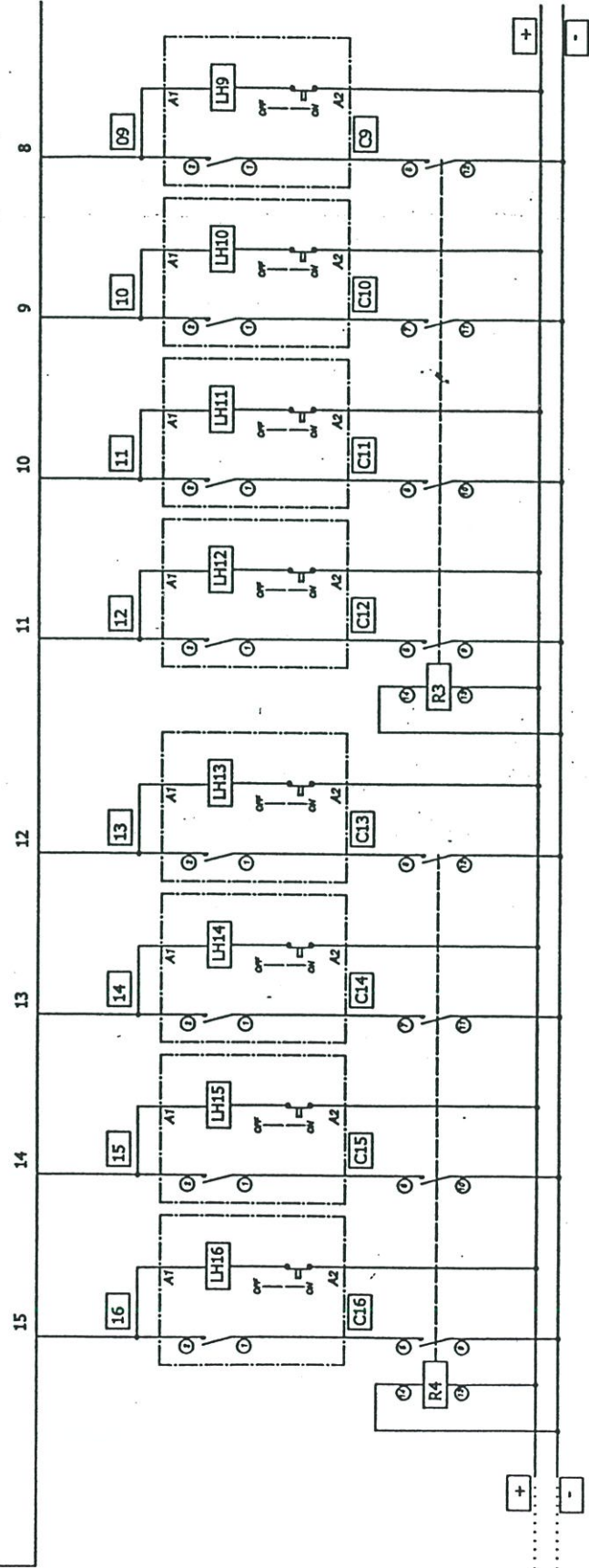




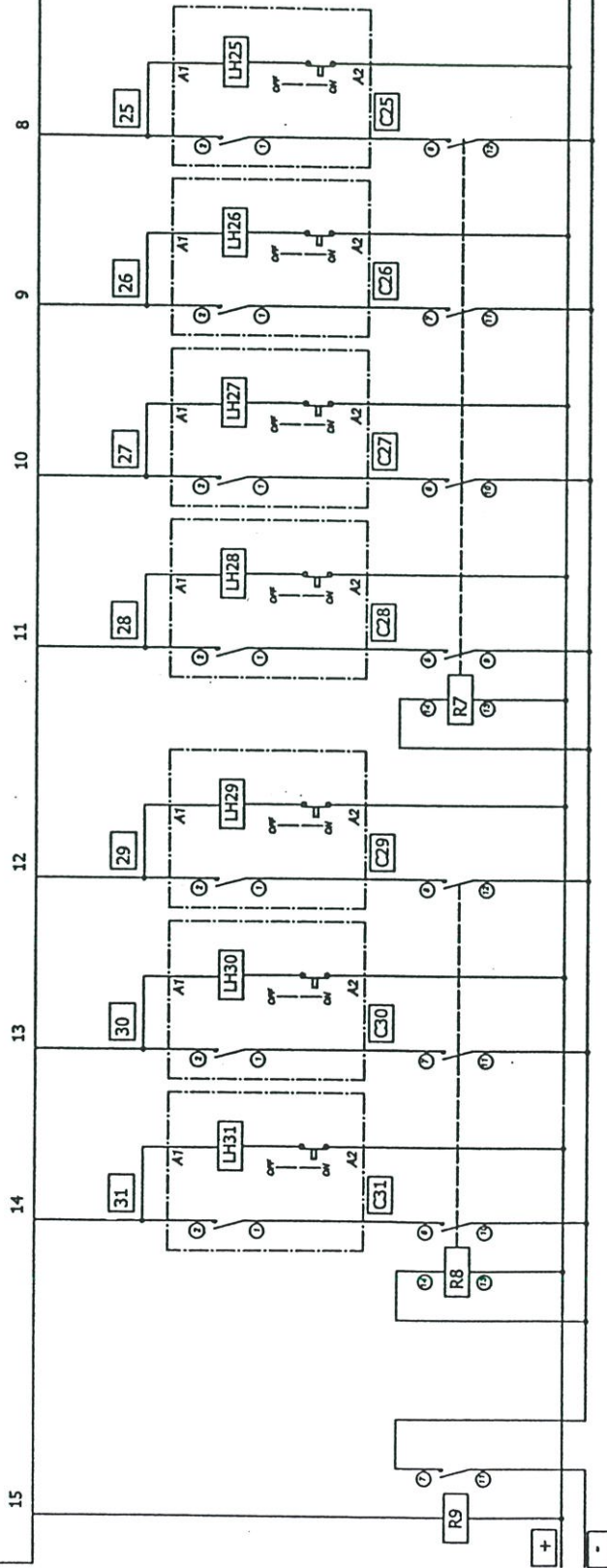
4 OMRON Remote Terminal DRT1-OD16

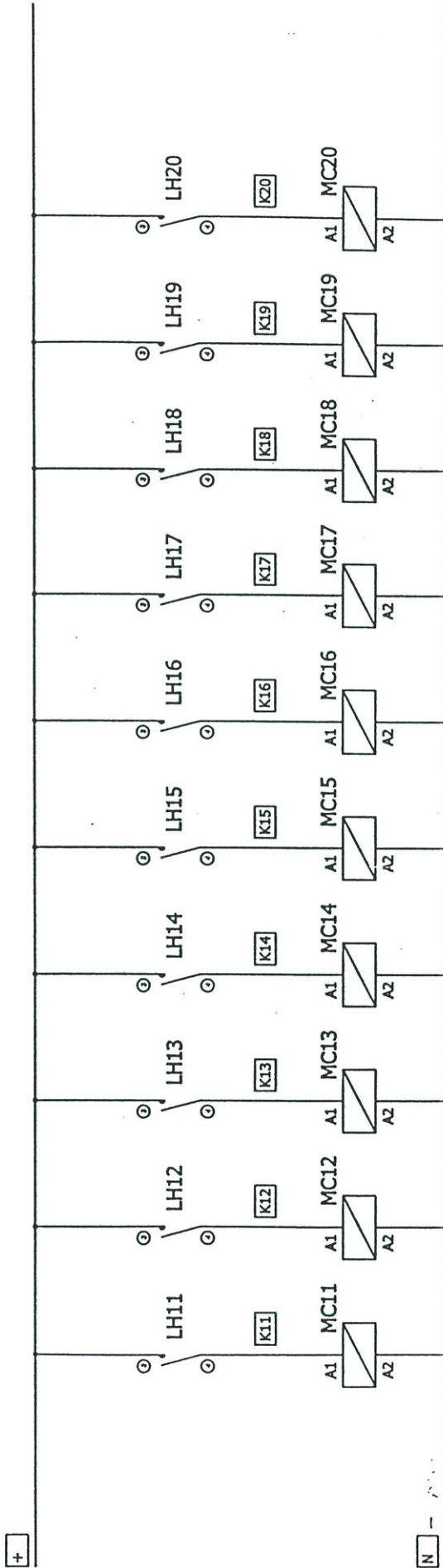


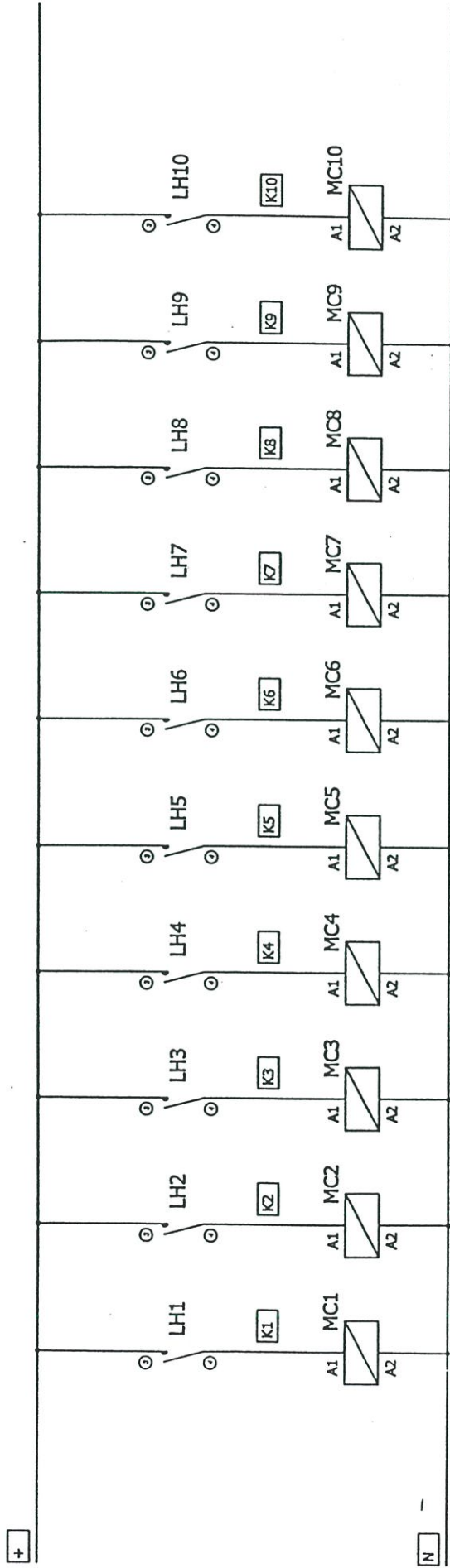
4 OMRON Remote Terminal DRT1-OD16

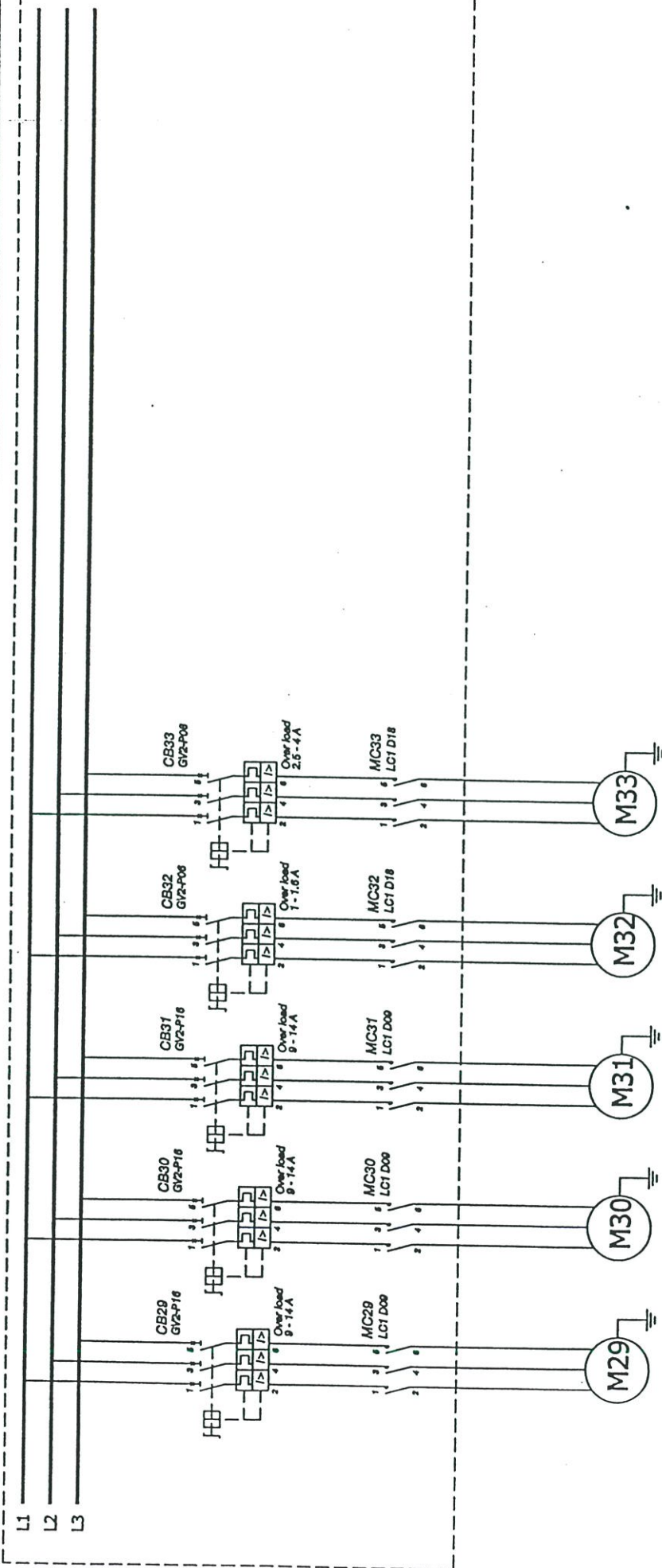


4 OMRON Remote Terminal DRT1-OD16

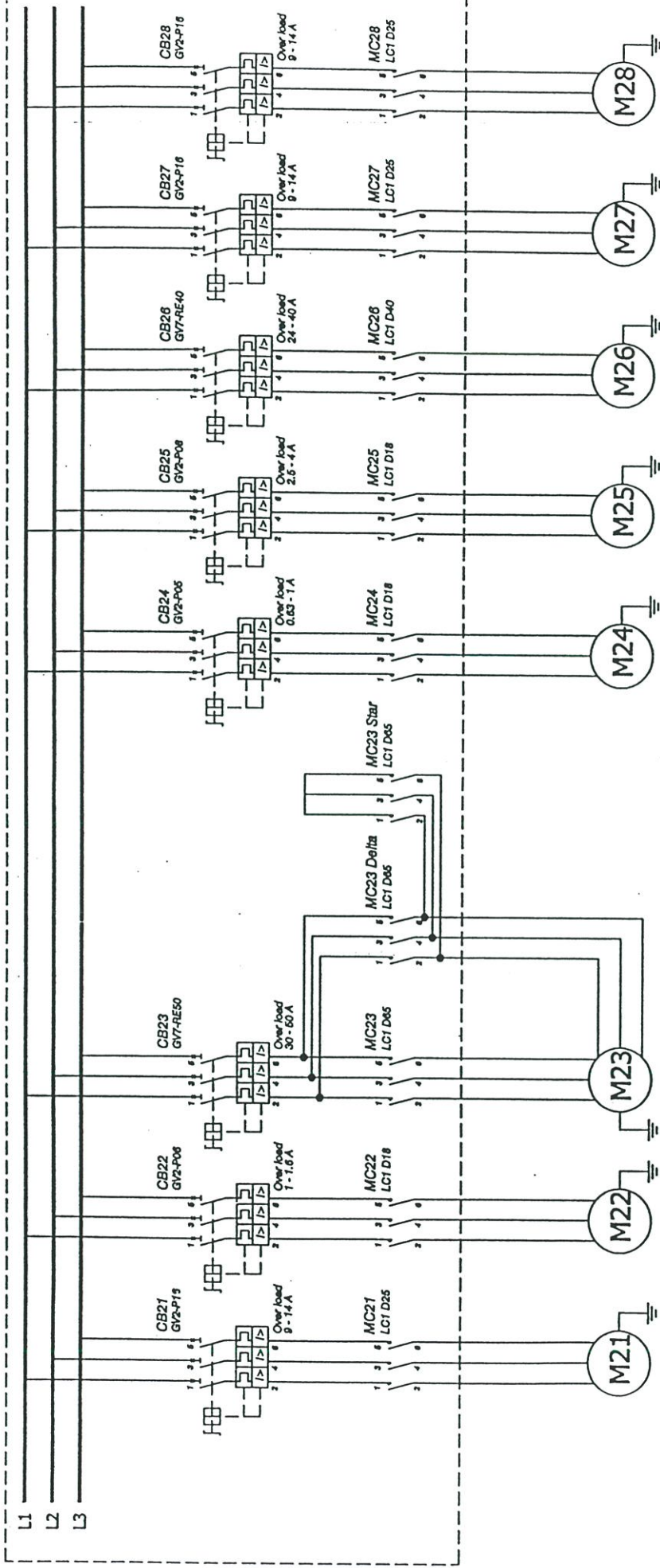




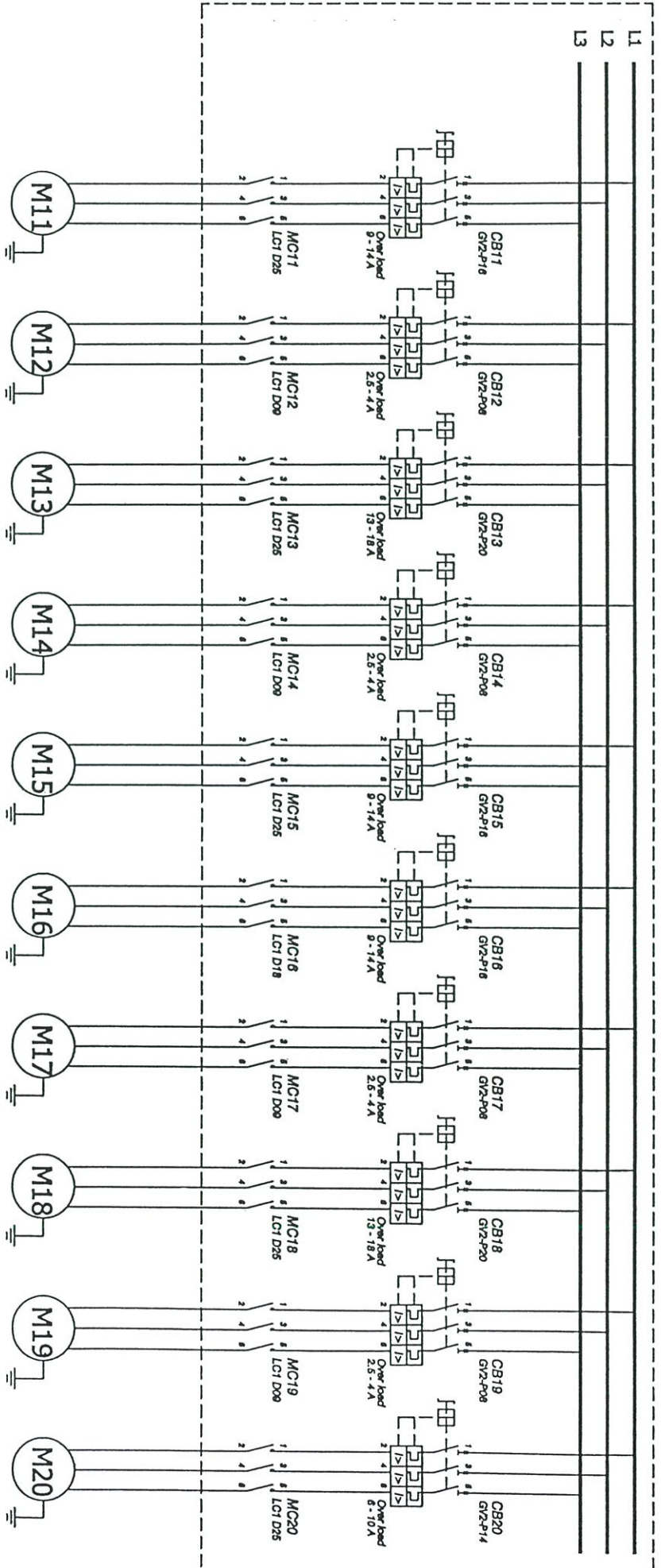




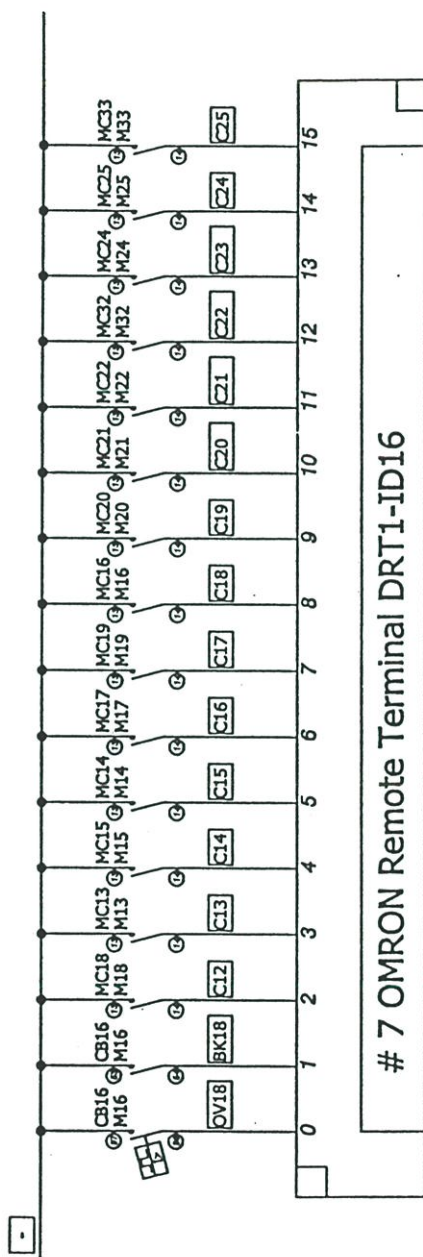
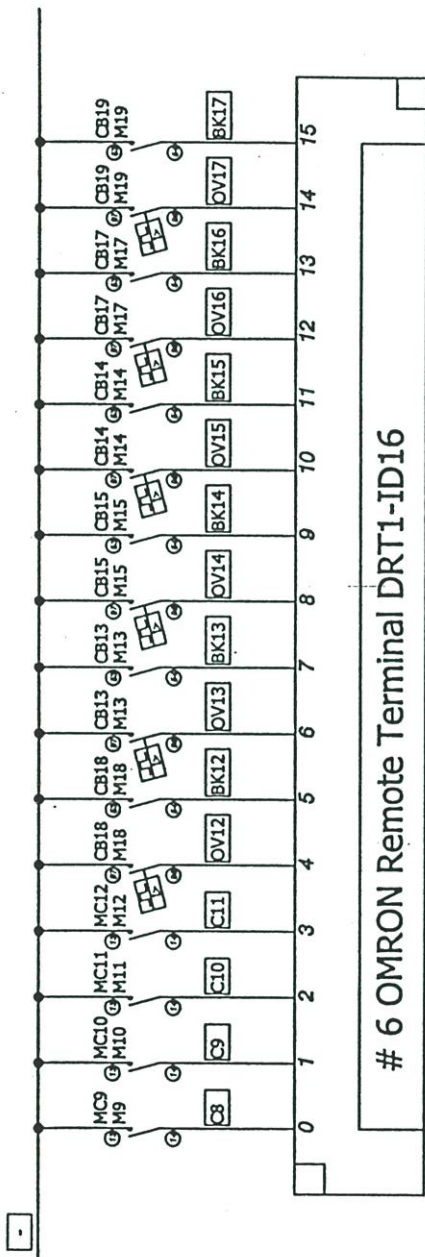
NAME	CHAIN CONVEYOR	CHAIN CONVEYOR	CHAIN CONVEYOR	CHAIN CONVEYOR	CHAIN CONVEYOR
Model	FR350	FR350	FR350	FR350	FR350
Power	3.75 Kw	3.75 Kw	3.75 Kw	3.75 Kw	3.75 Kw

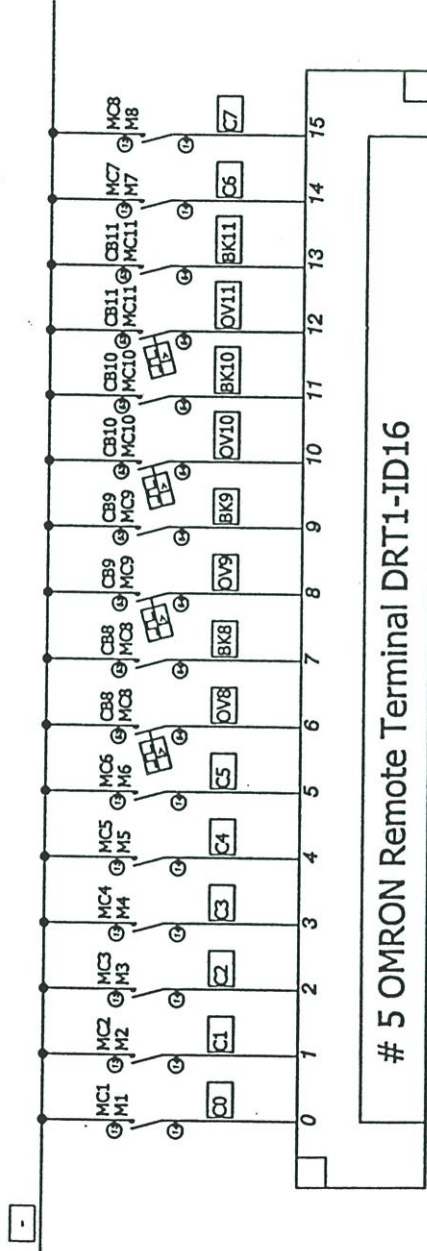
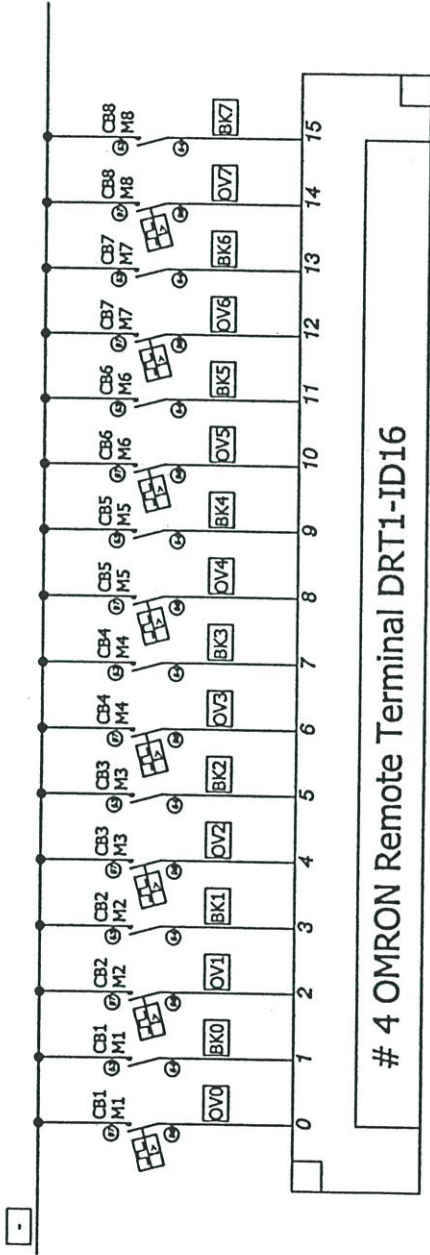


NAME	BUCKET ELEVATOR	AIR LOCK	CYCLD FAN	GRAVITY SEPERATOR	GRAVITY SEPERATOR	FEEDING	GRAVITY SEPERATOR	BUCKET ELEVATOR	BUCKET ELEVATOR
Model	SB51J	-	CF30	GA300	GA300	-	GA300	SB51J	SB51J
Power	5.5 Kw	0.37 Kw	22 Kw	1.1 Kw	15 Kw	0.18 Kw	1.1 Kw	5.5 Kw	5.5 Kw

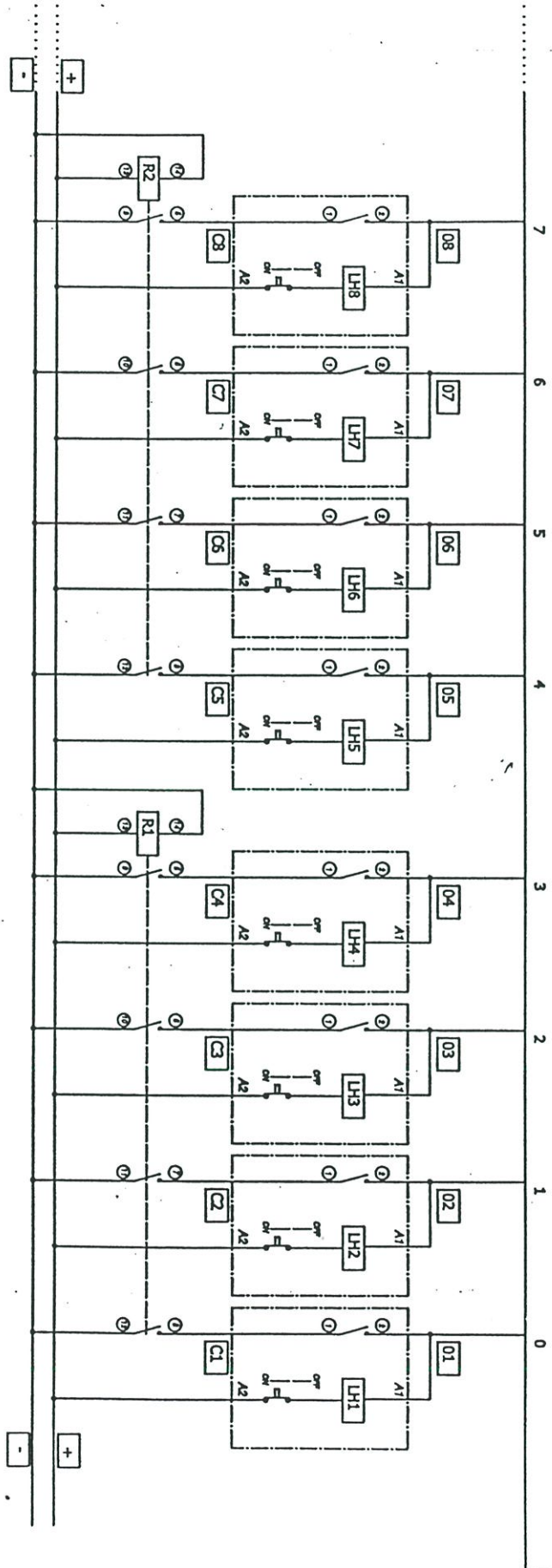


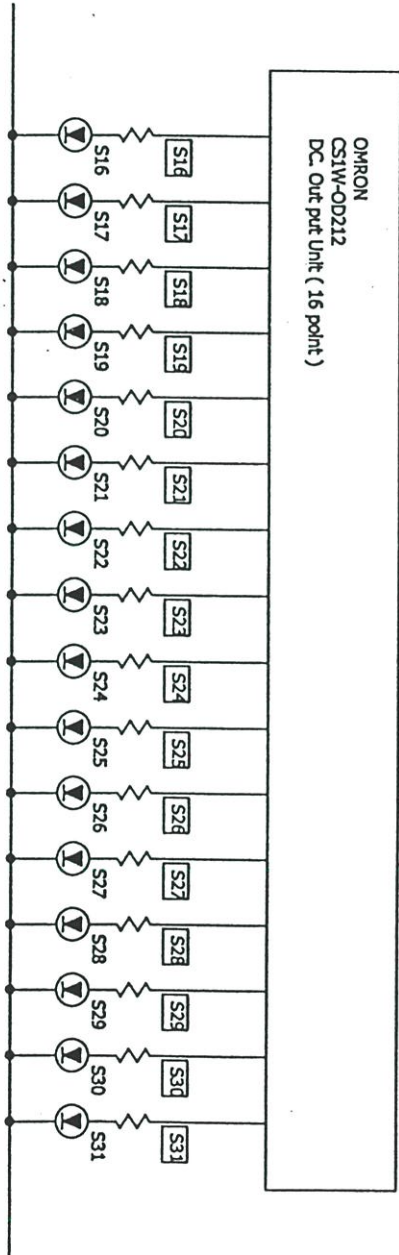
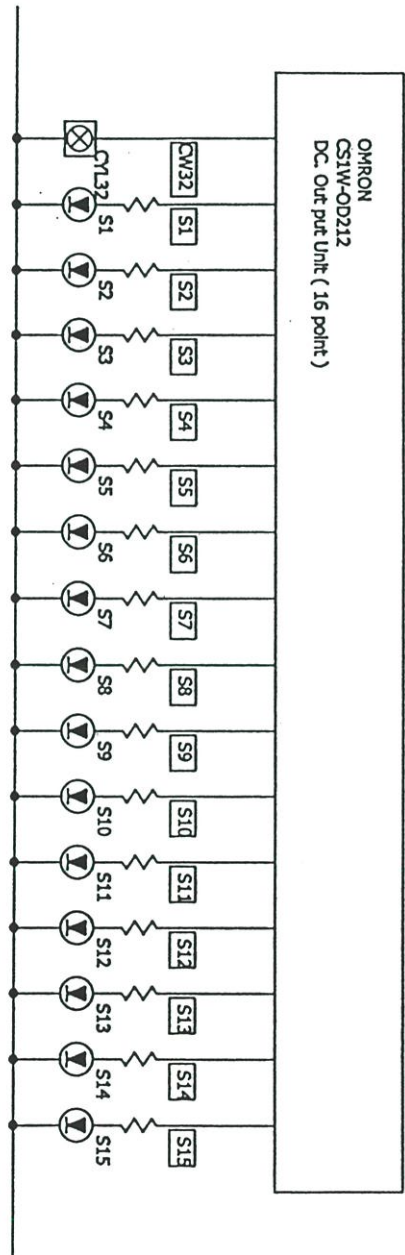
NAME	BUCKET ELEVATOR	AIR LOCK	SUCTION FAN	FEEDING	PRE-CLEANER	BUCKET ELEVATOR	AIR LOCK	SUCTION FAN	DRY STONER	CHAIN CONVEYOR
Model	SBS1J	-	-	-	Delta145	SBS1J	-	-	TS360S	FR350
Power	5.5 KW	1.1 KW	7.5 KW	1.1 KW	5.5 KW	5.5 KW	1.1 KW	3.75 KW	1.1 KW	3.75 KW



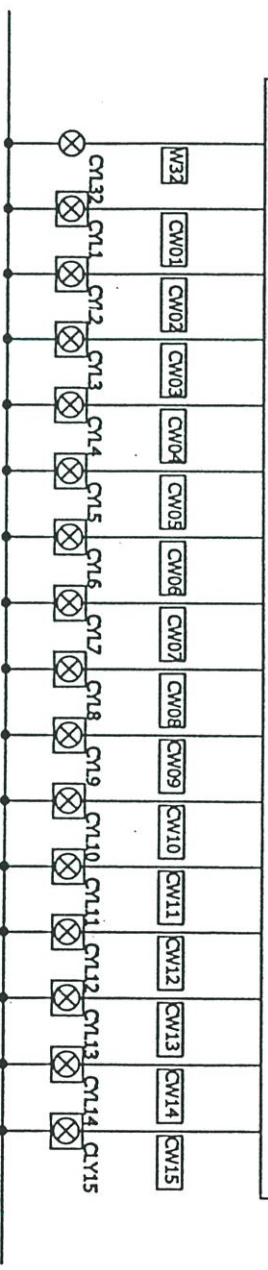


4 OMRON Remote Terminal DRT1-OD16

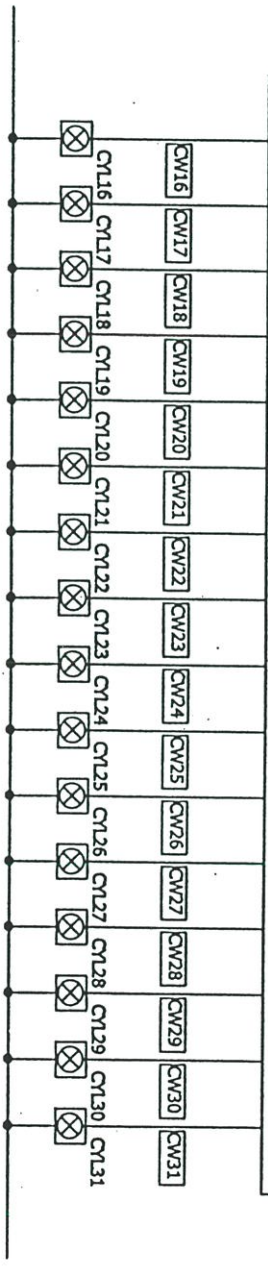


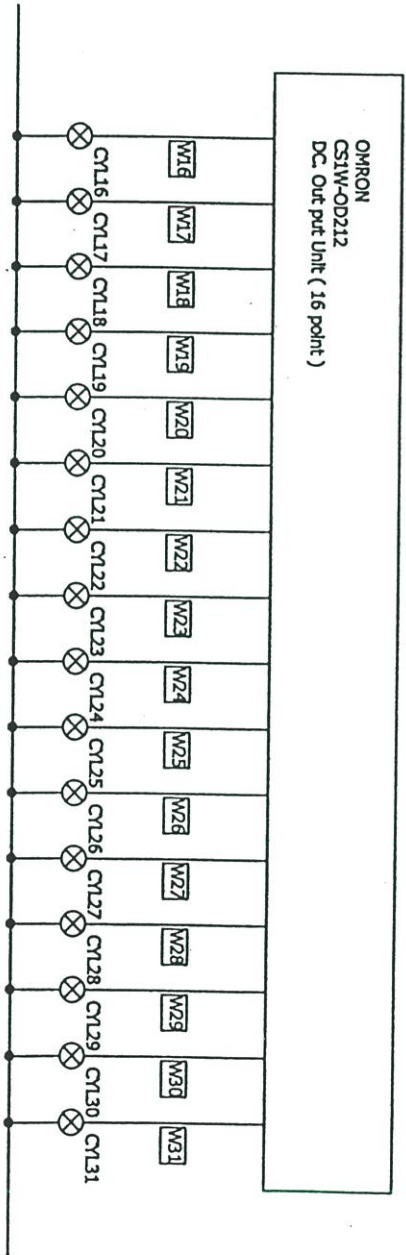
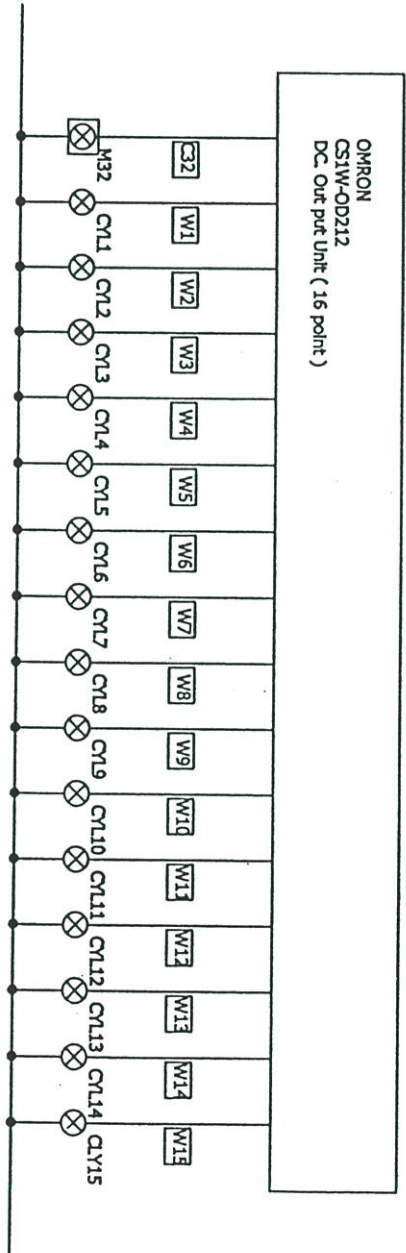


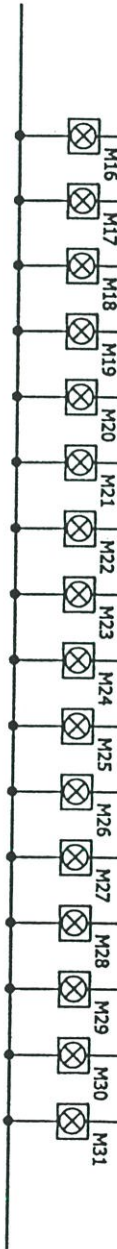
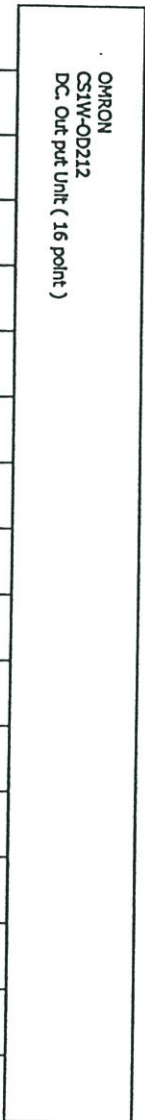
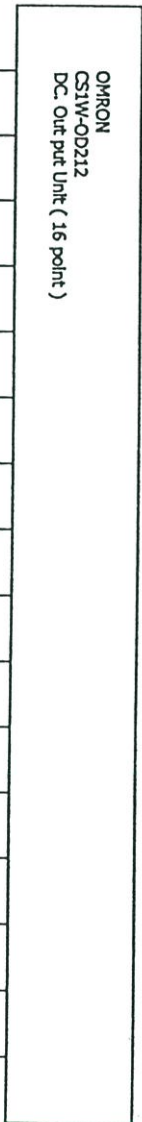
OMRON
 CS1W-OD212
 DC. Out put Unit (16 point)

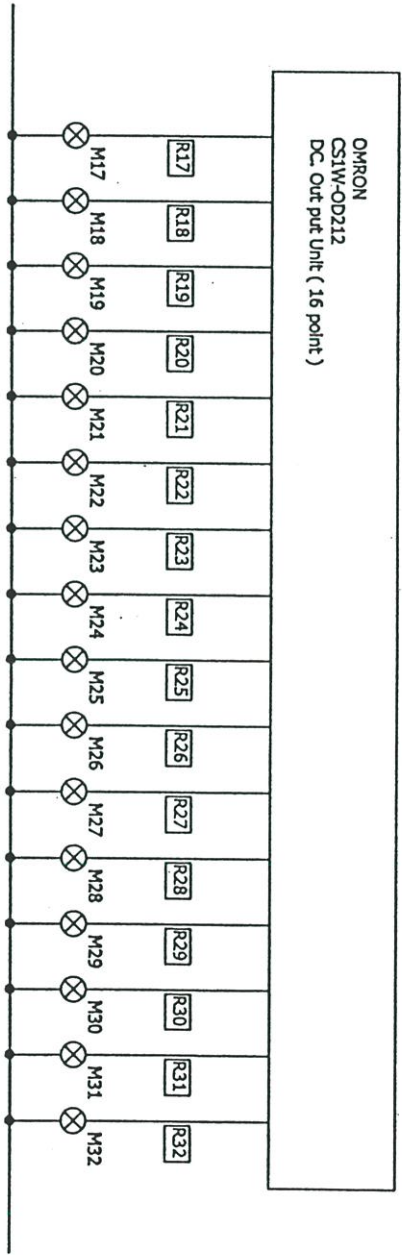
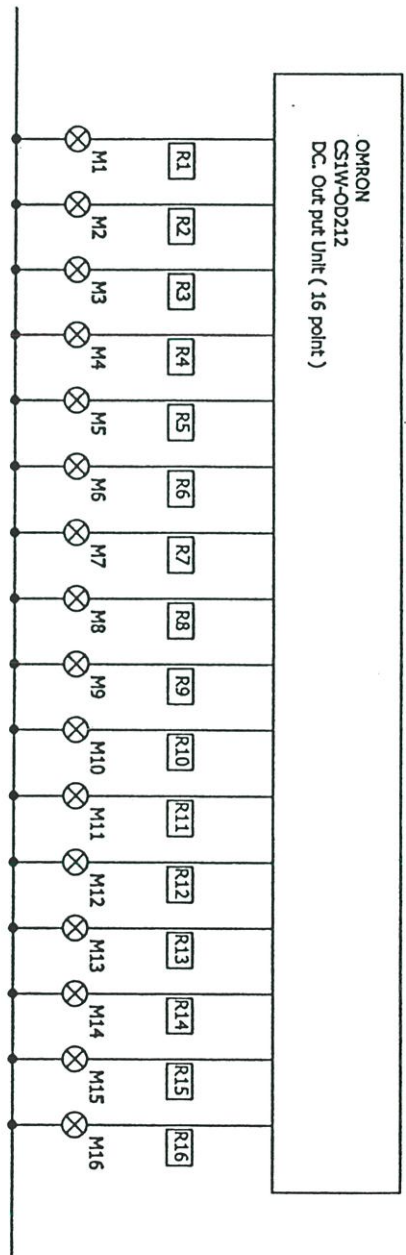


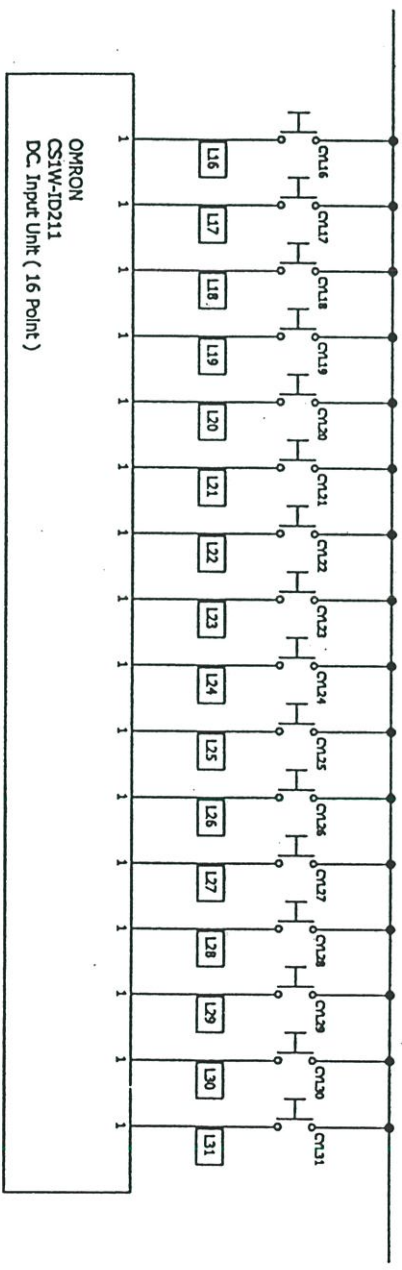
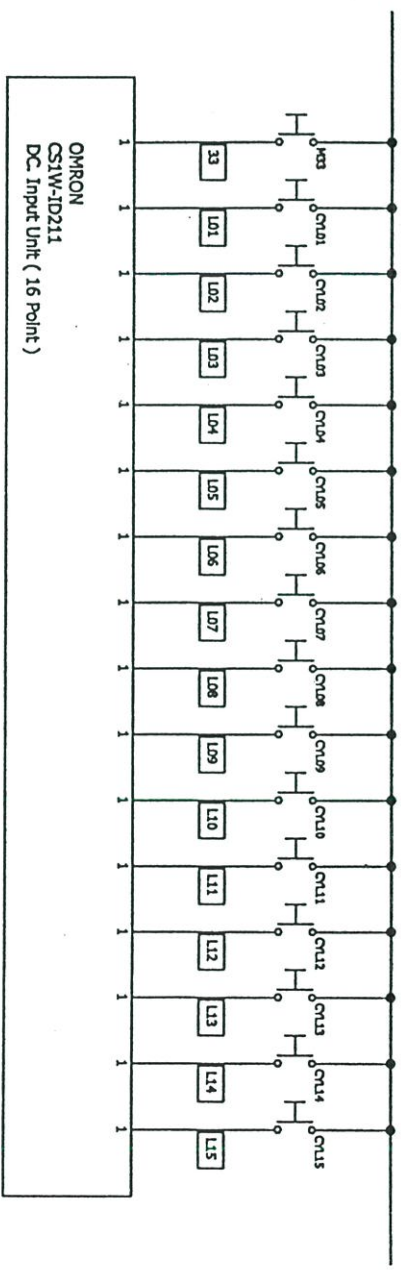
OMRON
 CS1W-OD212
 DC. Out put Unit (16 point)

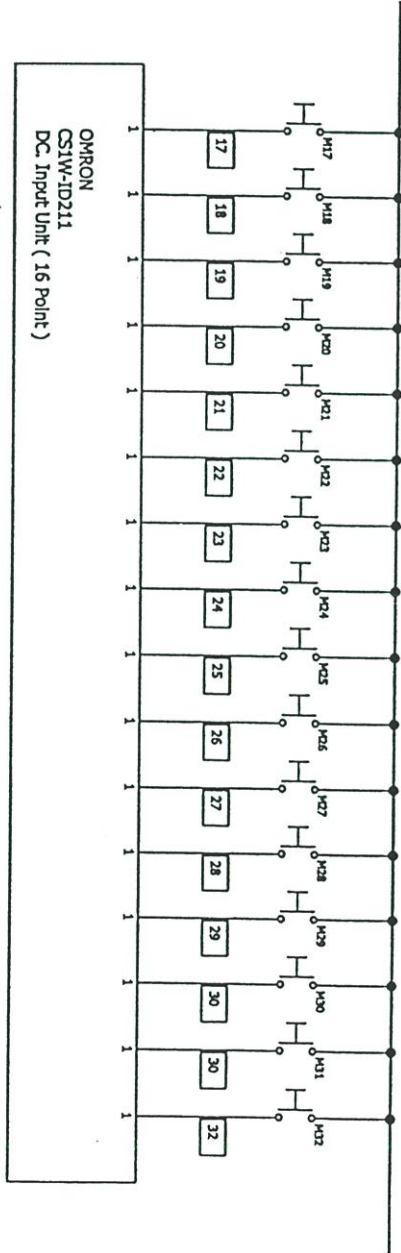
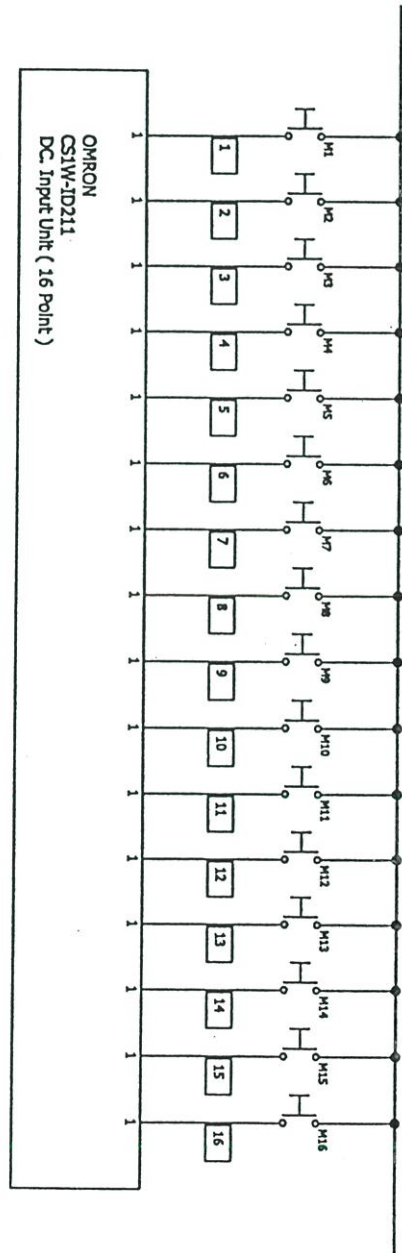












ภาคผนวก จ

InteractX Driver Guide

InteractX includes 40+ bundled communication drivers for the major PLC manufacturers. The following drivers are an integrated part of the InteractX COMM Server. The drivers are provided, at no additional cost, with each development and runtime system. One or more of the drivers listed below may be used in any application.

Manufacturer	Communication Type (Driver)	Control Devices Supported	Protocol
Allen-Bradley	ControlLogix Ethernet/IP	Logix5550/5555 processors Via 1761-NET-ENI: Micrologix 1000/1200/1500 SLC 5 Family PLC-5 series (excluding the PLC5/250 series) PLC-5/20C, PLC-5/40C, PLC-5/80C Via DH+ Gateway: SLC 5 Family PLC-5 series (excluding the PLC5/250 series) Via ControlNet Gateway: PLC-5/20C, PLC-5/40C, PLC-5/80C	Ethernet / IP (CIP over Ethernet)
	SLC5/PLC5 Ethernet	SLC5/05 processor, PLC5 series excluding the PLC5/250 series	Allen-Bradley Ethernet
	SLC5/PLC5(DF1) Serial	Micrologix 1000/1200/1500 series, SLC500 series, PLC5 series excluding the PLC5/250 series	DF1 Full-Duplex (point-to-point communication) and Half-Duplex Master (multidrop communication, DF1 Polled-Mode)
Aromat	FPx Serial	FP0, FPM, FP1 (models: C16, C24, and C40), FP3, FP10SH	MEWTOCOL-COM
	FPx Ethernet	FP series PLC with ET-LAN Ethernet unit	FP Ethernet Protocol (UDP or TCP)
AutomationDirect	205/405 ECOM Ethernet	DL-230, DL-240, DL-250, DL-430, DL-440 and DL-450 PLCs via an Hx-ECOM module.	Koyo Ethernet
	205/305/405 DirectNet Serial	DL-230, DL-240, DL-250, DL-330, DL-340, DL-430, DL-440 and DL-450 PLCs	DirectNet Hex Mode
	205/405 K Sequence Serial	SG Series PLCs SL Series PLCs D1-105, D2-230, D2-240, D2-250 D4-430, D4-440, D4-450	Koyo K Sequence
Compumotor	6K	6K Series of Universal Motion Controllers 6K2, 6K4, 6K6 and 6K8	Contact Compumotor for Availability
GE Fanuc	CCM Serial	Series 90-30 311/313, 331/341 Series 90-70 731/732, 771/772, 781/782 Series Six CCM2	GE CCM
	GE Ethernet	Series 90-30 311/313, 331/341, 350,360 Series 90-70 731/732, 771/772, 781/782 GE OPEN (Wide range model support) Horner OCS (Horner's Operator Control Stations)	GE Ethernet
	GE Ethernet Global Data	Series 90-30 CPU-364 or higher equipped to handle EGD transactions Any device that supports EGD protocol.	EGD Transactions

Manufacturer	Communication Type (Driver)	Control Devices Supported	Protocol
GE Fanuc cont.	SNP Serial	Series GE Micro Series 90-30 311/313, 331/341, 350,360 Series 90-70 731/732, 771/772, 781/782 GE OPEN Wide range model support	GE SNP
	SNPX Serial	Series GE Micro Series 90-30 311/313, 331/341, 350,360 Series 90-70 731/732, 771/772, 781/782 GE-OPEN Wide range model support	GE SNPX
General	DDE Client	DDE Client Driver is capable of standard "CF TEXT" DDE data format	"CF TEXT" DDE data format
	Simulator	Live data simulation including Boolean, ramp, wave, sine and string values	-
	OPC Client	InteractX tags may be served to 3 rd party OPC Clients.	-
	OPC Server	3rd party OPC Servers can be used to interface to multiple control devices	-
	User Configurable Driver	Serial and Ethernet devices	Master and unsolicited messaging for ASCII and Binary protocols. Ethernet Devices via Ethernet Serial Encapsulation
IDEC	Serial	Micro1, Micro3, MicroSmart, OpenNet, FA2J, FA2, FA3S-CP11 and FA3S-CP12 PLCs	Idec ASCII Protocol
Mitsubishi	A and Q Series Ethernet	All A Series PLCs via AJ71E71 Module All Q Series PLCs via A1SJ71QE71 Module	Mitsubishi Ethernet
	A Series Serial	All A Series PLCs	Format 1 with Checksum Enabled
	FX Net Serial	FX, FX2C, FX0N, FX2N	Format 1, Checksum
	FX Series Serial	FX, FX0, FX0N, FX2N	Direct Serial
Modicon	Modbus Ethernet	Modbus Ethernet compatible devices, both Master and Slave.	Modbus Master and Slave (Mailbox)
	Modbus Plus	Modbus Plus compatible devices, both Master and Slave.	Modbus Plus via SA85 card
	Modbus Serial ASCII	Modbus ASCII compatible devices, Flow Computers using the Daniels/Omni/Elliott register addressing	Modbus ASCII
	Modbus Serial RTU	Modbus compatible devices Elliott Flow Computer Magnetek GPD 515 Drive Omni Flow Computer	Modbus RTU
	Modbus Serial RTU SLAVE - Unsolicited	Modbus compatible devices	Modbus RTU
Omron	Fins Ethernet	C200H/C200HE/C200HE-Z/C200HG/C200HG-Z/C200HS/C200HX/C200HX-Z, C500, C1000H, C2000/C2000H, CV500, CV1000, CV2000, CVM1/CVM1-V2 (CPU01/CPU11/CPU21), CS1H/CS1G	Omron FINS
	Fins Serial	C200H/C200HE/C200HE-Z/C200HG/C200HG-Z/C200HS/C200HX/C200HX-Z, C500, C1000H, C2000/C2000H, CV500, CV1000, CV2000, CVM1/CVM1-V2 (CPU01/CPU11/CPU21), CS1H/CS1G	Omron FINS

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพรเทพ รัตนกำพล
วันเดือนปีเกิด	6 กรกฎาคม 2519 ที่ กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	481/45 ซอยยิ่งอำนาจ ถนนจรัญสนิทวงศ์ 37 ตำบลบางขุนศรี อำเภอบางกอกน้อย กรุงเทพฯ 10700 โทร 0-2864-5545
ประวัติการศึกษา	2543 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1) ระบบ Automation 2) EMS (Energy Management System) 3) SCADA
ประสบการณ์ทำงาน และผลงานวิจัย	
พ.ศ.2543-ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบโปรแกรม และโปรเจกต์ระบบควบคุม อัตโนมัติ บริษัท ไฟฟ้า ต.ธุรกิจ อินเทอร์เน็ต จำกัด

ผลงานทางวิชาการ

1. Pornthep Rattanakumpon , Prapas Prisuwanna "The Study and Development of SCADA system using Artificial Intelligence Technique" Electrical Supply Industry In transition: Issues and Prospects for Asia an International Conference; 14-16 January 2004
2. พรเทพ รัตนกำพล, ประภาส ไพรสุวรรณ " การศึกษาและพัฒนาของระบบสกาตาโดยใช้ตัวควบคุมพีซี" การประชุมวิชาการครั้งที่ 42 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 4-6 กุมภาพันธ์ 2547
3. พรเทพ รัตนกำพล, ประภาส ไพรสุวรรณ " การศึกษาและพัฒนาของระบบสกาตาโดยใช้ตัวควบคุมพีซี" วิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีที่ 20 ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2546