

เทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีอย่างง่ายและมีแบบแผน: กรณีศึกษาของ  
การควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

SIMPLIFIED AND SYSTEMATIC PLC PROGRAMMING TECHNIQUE: A CASE  
STUDY OF BURNER CONTROL FOR THERMAL OIL HEATER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-EN-M-257-072

เทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีอย่างง่ายและมีแบบแผน: กรณีศึกษาของ  
การควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

SIMPLIFIED AND SYSTEMATIC PLC PROGRAMMING TECHNIQUE: A CASE  
STUDY OF BURNER CONTROL FOR THERMAL OIL HEATER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2558

KMITL-2015-EN-M-257-072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMPLIFIED AND SYSTEMATIC PLC PROGRAMMING TECHNIQUE: A CASE  
STUDY OF BURNER CONTROL FOR THERMAL OIL HEATER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2015  
KMITL-2015-EN-M-257-072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีอย่างง่ายและมีแบบแผน : กรณีศึกษาของการควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

Thesis Title Simplified and Systematic PLC Programming Technique : A Case Study of Burner Control for Thermal Oil Heater

นักศึกษา นายศุภกิจ แคลฝอย

รหัสประจำตัว 53613505

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

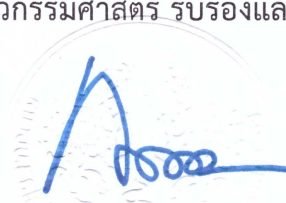
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2015-EN-M-257-072

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์		
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี		
รศ.ดร.จิระศักดิ์ ชาญวณิชธรรม		
รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์		
รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์		

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558 เวลา 11.00-13.00 น.  
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติใหม่ ห้อง HM-301

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอัปเดตข้อมูลคณะวิศวกรรมศาสตร์การนำไปใช้

วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีอย่างง่ายและมีแบบแผน : กรณีศึกษาของการควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน
นักศึกษา	นายศุภกิจ แคล้อย
รหัสนักศึกษา	53613505
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสวีวงศ์

## บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเทคนิคที่ทำให้ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมแลตเตอร์สำหรับพีแอลซีชนิดบล็อกซึ่งมีจำนวนสูงสุด 256 อินพุต/เอาต์พุต ทำได้ง่ายขึ้นและมีแบบแผนมากขึ้น โดยใช้การเขียนโปรแกรมในการควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนเป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเทคนิคที่นำเสนอ จึงได้ยกตัวอย่างการดัดแปลงโปรแกรมแลตเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไปด้วยการเพิ่มอุปกรณ์อินพุตรวมทั้งเงื่อนไขการแจ้งเตือนและการหยุดทำงานในกรณีที่แตกต่างกัน 2 กรณี นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอได้ทำการทดสอบโดยวิศวกร 9 คน ซึ่งทำงานอยู่ที่บริษัทในสายงานวิศวกรรมขนาดเล็กแห่งหนึ่งด้วยประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมแลตเตอร์ที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เทคนิคการเขียนโปรแกรมที่นำเสนอไม่เพียงแต่ทำให้ง่ายต่อการใช้ซ้ำและการดัดแปลงโค้ดลอจิกของโปรแกรมแลตเตอร์เท่านั้น แต่ยังทำให้ลดเวลาในการเขียนโปรแกรมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	Simplified and Systematic PLC Programming Technique: A Case Study of Burner Control for Thermal Oil Heater
<b>Student</b>	Mr. Supakit Khaefoi
<b>Student ID.</b>	53613505
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Automation Engineering
<b>Year</b>	2558
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Amphawan Julsereewong

### ABSTRACT

This thesis presents a technique to simplify and systematize programmable logic controller (PLC) programming for ease of engineering. A PLC-based burner control for thermal oil heater is examined as an illustrative case study. Based on the proposed method, two example cases of PLC programming for the modified burner control by adding input devices as well as alarm and shutdown conditions are described. Efficiency of the proposed technique is demonstrated through experimental tests done by nine engineers with difference experiences for ladder-logic-based PLC programming. Experimental results show that the proposed technique provides not only ease of reusing and modifying the existing ladder logic code but also saving of time for writing the programs.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความรู้ ความศรัทธาเริ่ม คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างทุ่มเทจาก รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ ที่ได้ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจ ตลอดจนให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้าน

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจ และให้ความรู้แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ที่บริษัท เคียวเอะอิ จำกัด ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาที่ดี และให้การสนับสนุนในการมีส่วนร่วมสำหรับการทดลองในระหว่างการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่รัก ห่วงใย และให้การสนับสนุนในการศึกษาด้วยดีมาโดยตลอด รวมทั้งญาติ พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ แก่ผู้เขียนมาโดยตลอด

ศุภกิจ แฉฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว.....	4
2.3 ระบบควบคุมเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน.....	10
2.4 หลักการเขียนโปรแกรมแลตเตอร์และคำสั่งพื้นฐาน.....	11
2.5 การใช้งานโปรแกรม CX-ONE.....	21
บทที่ 3 เทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีที่นำเสนอ.....	32
3.1 กล่าวนำ.....	32
3.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม.....	32
3.3 การควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน.....	34
3.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคที่นำเสนอสำหรับกรณีศึกษา.....	36
3.5 ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ.....	46
3.6 ผลการทดลอง.....	55
บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	56
4.1 สรุปผลการทำวิจัย.....	56
4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย.....	56
เอกสารอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	79
ประวัติผู้แต่ง.....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลวในรูปที่ 2.1..5	
2.2 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ติดตั้งในระบบของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว.....9	
3.1 Address ที่ใช้อ้างอิงสำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีการควบคุมหัวเผาแบบทั่วไป.....35	
3.2 ค่าเฉลี่ยในการเขียนโปรแกรมแลตเตอร์ต้นฉบับ.....45	
3.3 จำนวนอินพุต/เอาต์พุตและเงื่อนไขที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนของโปรแกรมต้นฉบับ.....47	
3.4 หน้าที่ของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 1.....48	
3.5 เงื่อนไขของการแจ้งเตือนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 1.....49	
3.6 Address ที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 1.....49	
3.7 Address ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 1.....49	
3.8 หน้าที่ของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 2.....51	
3.9 เงื่อนไขของการแจ้งเตือนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 2.....52	
3.10 Address ที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 2.....53	
3.11 Address ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 2.....53	
3.12 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเขียนโปรแกรมแต่ละกรณี.....55	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อVอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว.....	4
2.2 ตัวอย่างคำสั่ง Load และ Load NOT.....	12
2.3 ตัวอย่างคำสั่ง AND และ AND NOT.....	12
2.4 ตัวอย่างคำสั่ง OR และ OR NOT.....	13
2.5 ตัวอย่างคำสั่ง OUT และ OUT NOT.....	13
2.6 ตัวอย่างคำสั่ง TIMER.....	14
2.7 ตัวอย่างคำสั่ง Counter.....	15
2.8 Ladder Diagram ที่ผิดพลาด.....	16
2.9 Ladder Diagram ที่ถูก.....	16
2.10 Ladder Diagram ที่ยังไม่ได้จัดเรียง.....	17
2.11 Ladder Diagram ที่จัดเรียงแล้ว.....	17
2.12 การเขียน Ladder Diagram ที่มีจำนวนบรรทัดน้อยกว่า.....	18
2.13 Ladder Diagram ในการควบคุมเอาต์พุตที่ผิดพลาด.....	19
2.14 ตัวอย่าง Ladder Diagram ที่เขียนเอาต์พุตที่ผิดพลาดแบบที่ 1.....	19
2.15 ตัวอย่าง Ladder Diagram ที่เขียนเอาต์พุตที่ผิดพลาดแบบที่ 2.....	20
2.16 Ladder Diagram ที่เขียนเอาต์พุตให้มีเงื่อนไขชุดเดียวกัน.....	20
2.17 การเปิดโปรแกรม CX-ONE.....	21
2.18 การตั้งค่าการใช้งาน.....	21
2.19 หน้าต่าง Change PLC.....	22
2.20 หน้าต่าง Change PLC สำหรับเลือก Device Type.....	22
2.21 การกำหนดพอร์ตสื่อสารเพื่อกำหนด Network Type.....	23
2.22 การกำหนดพอร์ตสื่อสารเพื่อกำหนด Driver.....	23
2.23 ภาพรวมของโปรแกรม CX-ONE.....	24
2.24 ตัวอย่างโปรแกรมแลตเตอร์ที่ต้องการเขียน.....	25
2.25 การเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสปกติเปิด.....	25
2.26 การเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสแบบขนาน.....	25
2.27 การเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสปิด.....	26
2.28 การเขียนสัญลักษณ์เอาต์พุต.....	26
2.29 การเขียนคำสั่งจบโปรแกรม.....	27
2.30 โปรแกรมแลตเตอร์สำหรับตัวอย่างโปรแกรมในรูปที่ 2.24.....	27
2.31 การกำหนดติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC และโปรแกรม CX-ONE.....	28
2.32 การเลือกคุณสมบัติขณะดาวน์โหลดโปรแกรม.....	28
2.33 การดาวน์โหลดโปรแกรม.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัดVIอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.34 การเปลี่ยนโหมดขณะดาวนโหลดโปรแกรม.....	29
2.35 การดาวนโหลดโปรแกรมสมบูรณ์.....	29
2.36 การเปลี่ยนโหมดเป็นโหมด Run .....	30
2.37 การทดสอบโปรแกรม.....	30
2.38 การทดสอบโปรแกรมโดยไม่เชื่อมต่อกับพีแอลซี.....	31
3.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมพีแอลซี.....	32
3.2 แนวคิดของเทคนิคในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีที่นำเสนอ.....	33
3.3 P&IDของเครื่องกำเนิดน้ำร้อนแบบทั่วไป.....	34
3.4 แผนผังลำดับการทำงานของการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไป.....	36
3.5 แผนผังลำดับการทำงานในการตรวจสอบความปลอดภัย.....	37
3.6 แผนผังลำดับการทำงานการทำงานเมื่อมี Interlock เกิดขึ้น.....	38
3.7 แผนผังลำดับการทำงานของการรีเซ็ต Interlock.....	39
3.8 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Pre-purging.....	40
3.9 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Ignite Pilot.....	41
3.10 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Light Burner.....	42
3.11 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Maintain Outlet Temperature.....	43
3.12 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Post-Purging.....	44
3.13 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Heater Manual Stop.....	45
3.14 แบบฟอร์มการบันทึกผล.....	46
3.15 ภาพหน้าจอของโปรแกรม Simulation ที่ใช้ในการทดสอบ.....	46
3.16 ภาพหน้าจอของโปรแกรม CX-Programmer.....	47
3.17 P&ID ของการควบคุมหัวเผาในกรณีที่ 1.....	48
3.18 P&ID ของการควบคุมหัวเผาในกรณีที่ 2.....	51

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) เป็นตัวควบคุมอัตโนมัติประเภทหนึ่งที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถโปรแกรมได้ ซึ่งถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ เนื่องจากวงจรรีเลย์มีข้อจำกัดคือ การเดินสายและการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมที่มีความยุ่งยาก โดยทั่วไป พีแอลซีถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมรถยนต์ หรือสายการผลิตอื่น ๆ ที่ไม่ต่อเนื่อง [1] พีแอลซีแบ่งตามลักษณะภายนอกได้เป็น 2 ชนิด [2] คือ พีแอลซีชนิดบล็อกลูกและพีแอลซีชนิดโมดูล โดยพีแอลซีชนิดบล็อกลูกมีส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีอยู่ในบล็อกลูกเดียวกันซึ่งมีข้อดีคือ ราคาถูก มีขนาดเล็กและติดตั้งง่าย แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่ขนาดของอินพุต/เอาต์พุต ซึ่งจะรับได้ไม่เกิน 256 อินพุต/เอาต์พุต และเมื่อมีส่วนใดส่วนหนึ่งเสีย ก็ต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ พีแอลซีชนิดโมดูล ในโมดูลพีแอลซีประกอบด้วยส่วนประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) กับ Analog หรือ Digital อินพุต/เอาต์พุตการ์ด (I/O Card) ซึ่งเชื่อมต่อโดย Backplane เพื่อให้ยูนิตต่าง ๆ ทำงานด้วยกันได้ มีข้อดีคือ สามารถขยายระบบได้ง่าย เมื่อมีอุปกรณ์จุดใดจุดหนึ่งเสียก็สามารถถอดเฉพาะโมดูลที่เสียไปซ่อมหรือเปลี่ยนได้เลย แต่พีแอลซีชนิดนี้มีข้อเสียคือ มีราคาแพงเมื่อเทียบกับพีแอลซีแบบบล็อกลูกที่มีจำนวนอินพุต/เอาต์พุตเท่ากัน นอกจากนี้ในการใช้งานพีแอลซีจะต้องป้อนโปรแกรมให้กับพีแอลซีก่อนซึ่งสามารถทำได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ และดาวน์โหลดลงพีแอลซี โดยปกติโปรแกรมที่โหลดลงพีแอลซีจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบถาวร และจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำนั้น ถ้าโปรแกรมเมอร์เขียนโปรแกรมผิดพลาด พีแอลซีก็จะทำงานตามโปรแกรมที่ผิดพลาด ฉะนั้นก่อนที่จะดาวน์โหลดโปรแกรมควรมีการตรวจสอบให้ถูกต้อง

การเขียนโปรแกรมพีแอลซีตามมาตรฐาน IEC 61131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาออกเป็น 5 ภาษา คือ Instruction List (IL), Structured Text (ST), Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), และ Sequential Function Chart (SFC) [3-4] แต่ภาษาที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ภาษาแลตเตอร์ เนื่องจากเป็นภาษาที่ง่ายซึ่งมีลักษณะคล้ายวงจรรีเลย์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของช่างไฟฟ้าและวิศวกร โดยทั่วไปการเขียนโปรแกรมพีแอลซีโดยใช้ภาษาแลตเตอร์มักใช้กับระบบที่ไม่ใหญ่มากนัก [5-7] ถ้าใช้ภาษาแลตเตอร์กับระบบที่ใหญ่มักจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการตรวจสอบและเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย โดยส่วนใหญ่การเขียนโปรแกรมพีแอลซีสำหรับการควบคุมระบบที่มีขนาดใหญ่นิยมใช้ภาษา SFC เพราะง่ายแก่การตรวจสอบ

โดยทั่วไป บริษัทสายงานวิศวกรรมขนาดเล็กมักมีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และมีลูกค้าในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน เช่น อุตสาหกรรมเม็ดพลาสติก อุตสาหกรรมน้ำตาลและอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งในการทำงานของบริษัทจะมีกลุ่มลูกค้าในสายงานที่บริษัทมีความเชี่ยวชาญ เมื่อมีโครงการ (Project) จากกลุ่มลูกค้าก็จะเข้าสู่กระบวนการการทำโครงการของบริษัท สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการ มักจะเขียนโปรแกรมที่มีเงื่อนไขการออกแบบที่คล้าย ๆ กัน อยู่เป็นประจำ แต่บริษัทขนาดเล็กมักมีบุคลากรน้อย ทำให้รับงานได้จำกัด จึงพลาดโอกาสในการทำกำไร ในบางบริษัทพยายามจะรับงานเพิ่มทั้ง ๆ ที่มีงานอยู่มากเกินพอแล้ว ทำให้วิศวกรหรือพนักงาน

จะต้องอยู่ทำงานล่วงเวลาเป็นเวลานาน อาจเกิดผลเสียต่อสุขภาพและส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานได้

จากปัญหาดังกล่าว วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเสนอเทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีที่ทำได้ง่ายต่อการใช้ซ้ำและการดัดแปลงโค้ดลอจิก เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำหรับการควบคุมกระบวนการที่มีเงื่อนไขในการทำงานแตกต่างกันไม่มากนัก โดยเทคนิคที่นำเสนอ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการทำงานจริงของวิศวกรหรือโปรแกรมเมอร์ที่ต้องทำโครงการในลักษณะคล้าย ๆ กัน

## 1.2 วัตถุประสงค์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอถึงเทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีอย่างง่ายและมีแบบแผนสำหรับการเขียนโปรแกรมพีแอลซีด้วยภาษาแลตเตอร์ โดยใช้การควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนเป็นกรณีศึกษา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคการเขียนโปรแกรมที่ได้นำเสนอจึงยกตัวอย่างการดัดแปลงแก้ไขการควบคุมหัวเผา โดยการเพิ่มอุปกรณ์และสัญญาณเตือนภัยรวมทั้งเพิ่มเงื่อนไขในการหยุดทำงาน ซึ่งการทดสอบกระทำโดยวิศวกร 9 คนที่มีประสบการณ์การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแลตเตอร์แตกต่างกัน

## 1.3 แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์

บริษัทในสายงานวิศวกรรมขนาดเล็กมักมีพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เช่น กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก กระบวนการควบคุมหัวเผา ซึ่งบริษัทเหล่านี้จะมีกลุ่มลูกค้าที่ต้องการทำโครงการที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันอยู่เสมอ ผู้เขียนจึงมีแนวคิดที่จะทำให้อุตสาหกรรมขนาดเล็กสามารถทำงานได้เร็วขึ้นและยังสามารถรองรับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นได้โดยไม่ต้องไปเริ่มเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมกระบวนการใหม่ทั้งหมด ดังนั้นผู้เขียนจึงนำเสนอวิธีการเขียนโปรแกรมโดยมีการจัดระเบียบแบบแผนของการเขียนโปรแกรมออกเป็นชั้น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้ซ้ำและดัดแปลง โดยผู้เขียนได้พัฒนาโปรแกรมการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนด้วยภาษาแลตเตอร์สำหรับพีแอลซีชนิดบล็อกรหัสที่มีเงื่อนไขการควบคุมโดยทั่วไปเป็นโปรแกรมต้นฉบับ (Source Code) แล้วนำไปดัดแปลงและใช้โค้ดลอจิกซ้ำสำหรับการควบคุมหัวเผาที่มีการเพิ่มอุปกรณ์สัญญาณเตือนภัยรวมทั้งการเพิ่มเงื่อนไขการหยุดทำงาน เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่ได้นำเสนอ

## 1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

เทคนิคที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้เป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับพีแอลซีชนิดบล็อกรหัสที่ไม่เกิน 256 อินพุต/เอาต์พุตและใช้โปรแกรม CX One เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ ซึ่งภายในโปรแกรม CX One จะประกอบด้วยโปรแกรมย่อยหลายโปรแกรม แต่โปรแกรมที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือโปรแกรม CX Programmer โดยใช้ภาษาแลตเตอร์ในการเขียนโปรแกรม นอกจากนี้ ยังมีการใช้โปรแกรม CX Designer ในการจำลองรูปแบบของ Panel สำหรับการควบคุมเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนรวมถึงการติดต่อกับผู้ใช้งานในส่วนอินพุตและเอาต์พุต สำหรับโปรแกรมเมอร์ที่ร่วมทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคที่ได้นำเสนอเป็นวิศวกรของบริษัท เคียวเอะอิ

จำกัด จำนวน 9 คนที่มีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมที่แตกต่างกัน สำหรับการทดสอบการใช้ซ้ำ เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือมีความต้องการที่จะนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากบริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ไว้ก่อนล่วงหน้าเป็นอันขาด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการดัดแปลงโปรแกรมการควบคุมหัวเผาที่ได้พัฒนาขึ้นด้วยการเพิ่มอุปกรณ์ สัญญาณเตือนภัย และเพิ่มเงื่อนไขการทำงาน มี 2 กรณีที่แตกต่างกัน โดยที่กรณีที่ 1 เป็นเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ ส่วนกรณีที่ 2 เป็นเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา

### 1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 บท ได้แก่

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว ระบบควบคุมเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน หลักการเขียนโปรแกรมแลตเตอร์และคำสั่งพื้นฐานรวมถึงการใช้งานโปรแกรม CX-ONE

บทที่ 3 เทคนิคการเขียนโปรแกรมที่นำเสนอ จะกล่าวถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม การควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน การประยุกต์ใช้เทคนิคที่นำเสนอสำหรับกรณีศึกษา ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอและผลการทดลอง

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงบทสรุปในการทำวิทยานิพนธ์ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป ในส่วนสุดท้ายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นภาคผนวกซึ่งประกอบด้วย ภาคผนวก ก โปรแกรมแลตเตอร์ต้นฉบับสำหรับการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไป ภาคผนวก ข บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

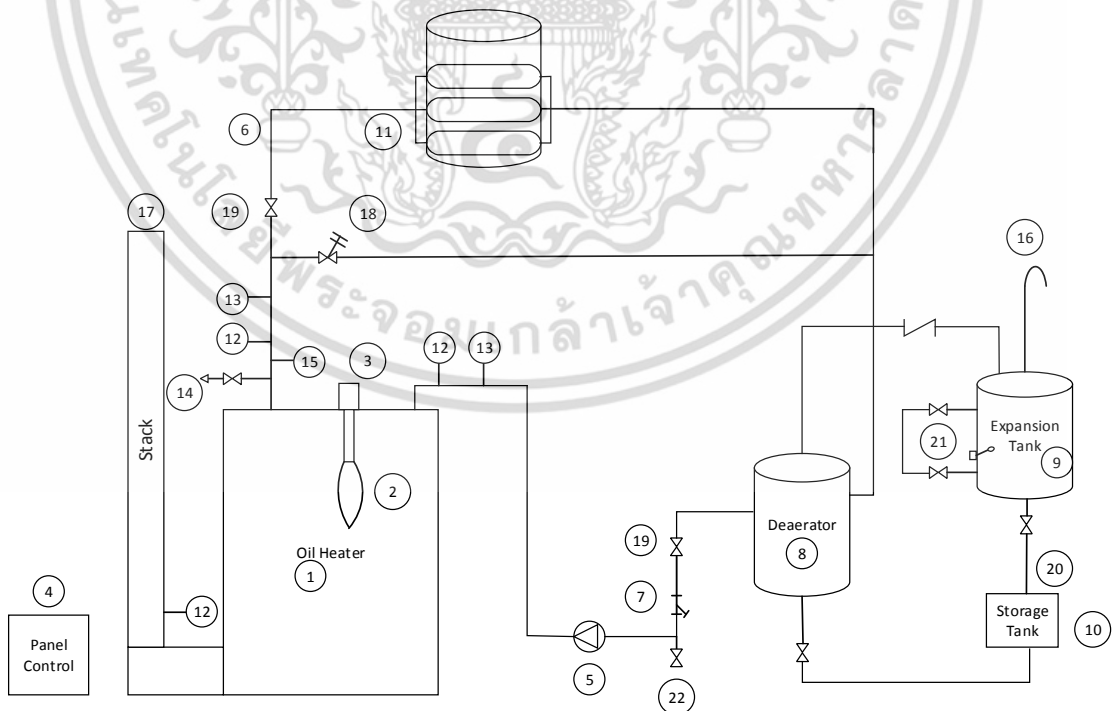
## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว ระบบควบคุมเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน หลักการเขียน Ladder Diagram และคำสั่งพื้นฐาน การใช้งาน โปรแกรม CX-ONE

### 2.2 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว [8-10]

เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน (Thermal Oil Heater) คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง (Heat Exchanger) ที่ใช้น้ำมันเป็นสื่อนำความร้อน โดยน้ำมันร้อน (ที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำและจุดเดือดสูงกว่าน้ำ) ไหลผ่านชุดท่อที่ความเร็วสูงเพื่อดูดซับ (Absorbed) ความร้อนจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงหรือความร้อนจากพลังงานอื่น ๆ และพาความร้อนไปถ่ายเทให้กับวัตถุ แล้วหมุนเวียนกลับมารับความร้อนใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยทำงานที่ความดันบรรยากาศได้ถึงอุณหภูมิ 300 °C น้ำมันจะอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวตลอดเวลาโดยไม่เกิดการเดือดเป็นไอ อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 โดยหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1 ส่วนตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ติดตั้งในระบบของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว นอกเหนือไปจากที่ได้แสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลวในรูปที่ 2.1

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
หมายเลข 1	เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน	จะมีท่อขดน้ำมัน (Heating Coil) ติดตั้งอยู่ในเปลือกของเครื่อง ซึ่งเป็นบริเวณของห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber Or Furnace) (รูปที่ 2.1 หมายเลข 2) ภายนอกหุ้มทับด้วยฉนวนกันความร้อน วัสดุที่ใช้ทำขดท่อน้ำมันจะต้องสามารถทนอุณหภูมิได้สูงประมาณ 350 °C และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี ขนาดของขดท่อน้ำมันต้องออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่ต้องการและเมื่อติดตั้งสร้างเสร็จต้องตรวจสอบความปลอดภัยของขดท่อนั้น โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนอัดความดันประมาณ 1.3-1.5 เท่าของความดันออกแบบ แล้วใช้น้ำสุบตรวจสอบเพื่อหารอยรั่ว
หมายเลข 2	ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber or Furnace)	เป็นบริเวณที่เชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ ก่อให้เกิดพลังงานความร้อน กรณีที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว จะใช้หัวฉีดเป็นตัวควบคุมความร้อน โดยทั่วไป ห้องเผาไหม้แบบนี้มักจะอยู่ภายในเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน แต่ถ้าใช้เชื้อเพลิงแข็ง ห้องเผาไหม้มักจะแยกออกจากเครื่อง การแลกเปลี่ยนความร้อนจากการเผาไหม้จะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับ การออกแบบเตาให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงต่างชนิด
หมายเลข 3	หัวเผา (Burner) หรือระบบป้อนเชื้อเพลิง	คืออุปกรณ์ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และควบคุมการเผาไหม้ ส่วนใหญ่ทำงานโดยอัตโนมัติควบคู่กับระบบควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เช่น น้ำมัน และระบบควบคุมปริมาณลมเข้าห้องเผาไหม้
หมายเลข 4	ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (Control Panel)	เป็นศูนย์กลางการควบคุมอุปกรณ์ความปลอดภัยและอุปกรณ์ในระบบเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
หมายเลข 5	เครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน (Circulating Pump)	มีหน้าที่ส่งของเหลวที่เป็นสื่อนำความร้อนหรือน้ำมันให้หมุนเวียนในระบบอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือจะทำหน้าที่ส่งน้ำมันจากเครื่องไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนหรือแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นก็จะนำน้ำมันที่ผ่านการถ่ายเทความร้อนแล้ววนกลับไปรับความร้อนใหม่ ดังนั้นเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนต้องมีอัตราการไหล (Flow Rate) และความดัน (Discharge Head) ที่เหมาะสม และสามารถเอาชนะความเสียดทาน (Friction Loss) รวมทั้งที่เกิดขึ้นภายในท่อและอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนทั้งหมดในวงจรได้
หมายเลข 6	ระบบท่อหมุนเวียนของเหลว (Circulating Pipe System)	ทำหน้าที่ส่งน้ำมันร้อนจากขดท่อน้ำมันไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและส่วนอื่น ๆ ของระบบ ท่อหมุนเวียนของเหลวจะต้องทนความร้อนได้ดี และต้องมีจุดรองรับท่อเป็นระยะ
หมายเลข 7	ไส้กรอง (Strainer)	ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและตะกอนน้ำมันที่อยู่ในระบบท่อหมุนเวียนของเหลว โดยต้องติดตั้งไส้กรองที่ท่อทางดูดของเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียน โดยมีขนาดไม่เล็กกว่าท่อหมุนเวียนของเหลว
หมายเลข 8	ถังไล่อากาศ (Deaerator) หรือถังไล่อิม	มีหน้าที่ไล่อิมหรือฟองอากาศที่ผสมกับน้ำมันร้อนในระบบออกไป ถ้าฟองอากาศผสมอยู่กับน้ำมันมากเกินไปจะมีผลให้ประสิทธิภาพในการรับและถ่ายเทความร้อนของน้ำมันลดลง
หมายเลข 9	ถังรับการขยายตัว (Expansion Tank)	ทำหน้าที่รองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนในระบบเมื่อน้ำมันอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อน้ำมันอุณหภูมิลดลง น้ำมันในถังรับการขยายตัวจะไหลออกมาเติมทำให้ระบบมีน้ำมันเต็มตลอดเวลา โดยทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิใช้งานที่ 300 °C น้ำมันในระบบจะขยายตัวทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณ 20% ถังรับการขยายตัวจะต้องติดตั้งให้สูงกว่าระบบท่อน้ำมันร้อนเสมอ นอกจากนี้ถังจะต้องมีความจุเพียงพอที่จะรองรับการขยายตัวของน้ำมันร้อนได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
หมายเลข 10	ถังเก็บของเหลว (Storage Tank or Drain Tank)	มีหน้าที่รองรับน้ำมันที่ล้นจากถังรับการขยายตัว ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่น้ำมันร้อนในระบบได้รับความร้อนสูงผิดปกติทำให้เกิดการขยายตัวมากจนล้นถังออกมา และยังมีหน้าที่ถ่ายน้ำมันร้อนออกจากระบบมาเก็บสำรองไว้ในกรณีมีการซ่อมบำรุงระบบ
หมายเลข 11	อุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อนหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)	เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับความร้อนจากน้ำมันร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนต่อไปยังผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความร้อน เช่น เครื่องอบปลา เตารีด คอยล์ต้มน้ำ เป็นต้น
หมายเลข 12	อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor)	ทำหน้าที่อ่านค่าเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของของเหลว (Temperature Indicator and Controller) โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่ท่อทางเข้าและออกของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน และที่ปล่องไอเสีย
หมายเลข 13	มาตรวัดความดันของเหลว (Pressure Indicator or Pressure Gauge)	ต้องติดตั้งที่ท่อทางเข้าและท่อทางออกของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้อย่างน้อย 1.5 เท่าของความดันอนุญาตใช้งานสูงสุด และต้องติดตั้งที่ท่อทางดูระหว่างเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนกับไส้กรอง โดยมาตรวัดความดันต้องอ่านค่าได้ทั้งค่าความดันเกจและค่าสูญญากาศ
หมายเลข 14	ล้นนิรภัย	ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนที่ท่อทางเข้าของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ต้องติดตั้งล้นนิรภัย (Safety Relief Valve) ที่ท่อทางออกของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน และต้องต่อท่อทางออกของล้นนิรภัยเข้าสู่ถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว รวมทั้งต้องไม่มีล้นปิดเปิดที่ท่อทางเข้าและออกของล้นนิรภัย และการติดตั้งล้นนิรภัยอยู่ในระดับที่สูงกว่าถังรับการขยายตัวหรือถังเก็บของเหลว
หมายเลข 15	เครื่องวัดการไหลของของเหลว (Flow Meter)	ต้องติดตั้งที่ท่อทางออกของท่อรับความร้อนทุกท่อของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
หมายเลข 16	อุปกรณ์ไล่ก๊าซ	ทำหน้าที่เปิดไล่อากาศระหว่างที่มีการเตรียมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน เพื่อให้อากาศหมดไปจากของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่อยู่ในระบบ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ไล่ก๊าซ (Air Venting) (หมายเลข 16) ที่ระบบท่อในบริเวณที่มีก๊าซสะสม
หมายเลข 17	ปล่องไอเสีย (Chimney or Stack)	ทำหน้าที่ระบายไอเสียจากห้องเผาไหม้สู่บรรยากาศ
หมายเลข 18	วาล์วบายพาส (By-pass Valve)	ทำหน้าที่ปรับแต่งปริมาณการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนในระบบให้เหมาะสม
หมายเลข 19	วาล์วเปิดปิด (Stop Valve)	ทำหน้าที่เปิดและปิดกั้นการไหลของน้ำมันในระบบ
หมายเลข 20	ท่อให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนขยายตัว (Expansion Line)	เป็นท่อที่ให้ของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนที่ขยายตัวจากระบบท่อจะไหลผ่านไปเก็บจนถึงรับการขยายตัวของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน
หมายเลข 21	ท่อตรวจระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Oil Check Line)	ใช้สำหรับตรวจสอบการเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนก่อนการอุ่น ว่าของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเต็มระบบหรือไม่ ท่อนี้ติดตั้งอยู่ที่ถึงการขยายตัว
หมายเลข 22	วาล์วเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อน (Oil Filing Valve)	ใช้เพื่อเปิดเติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อนำความร้อนเข้าสู่ระบบ ต้องปิดให้สนิทในขณะที่ระบบใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ติดตั้งในระบบของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและระบบหมุนเวียนของเหลว

ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
บันไดและทางเดิน	ต้องติดตั้งบันไดและทางเดินพร้อมราวจับและขอบกันตกสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน หรือถังรับการขยายตัวที่มีความสูงเกิน 3 เมตร
ฝานิรภัย (Access Door)	มีหลักการการทำงานเช่นเดียวกับฝานิรภัยที่ใช้ในหม้อน้ำ กล่าวคือเมื่อมีก๊าซเชื้อเพลิงตกค้างสะสมอยู่ในห้องเตาเผาไหม้มาก อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ฝานิรภัยจะทำหน้าที่ระบายความดันจากการระเบิดออกนอกห้องเผาไหม้ เพื่อป้องกันความเสียหายของโครงสร้างและอุปกรณ์ ฉะนั้นเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ควรติดตั้งฝานิรภัยเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน
ปั๊มเติมน้ำมันร้อน (Filling Pump)	ทำหน้าที่เติมของเหลวที่ใช้เป็นสื่อถ่ายเทความร้อนเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ และใช้เติมเมื่อของเหลวที่ใช้เป็นสื่อถ่ายเทความร้อนในระบบขาดหายไป
ฉนวนกันความร้อน (Insulation)	ต้องจัดให้มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ตัวเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ท่อส่งของเหลว และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 85 °C โดยอุณหภูมิของผิวฉนวนต้องไม่สูงกว่า 60 °C ในขณะที่ใช้งานเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน
วาล์วสามทาง (Three-way Valve)	ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้ได้ อุณหภูมิตามที่ต้องการ
วาล์วระบายอากาศและก๊าซ (Heating Up Valve)	ทำหน้าที่เปิดให้อากาศและก๊าซขึ้นไประบายออกจนถึงรับการขยายตัวในระหว่างการระบายอากาศออกจากระบบ
ท่อน้ำมันล้น (Over Flow Line)	ทำหน้าที่ระบายของเหลวที่ใช้เป็นสื่อถ่ายเทความร้อนที่ขยายตัวมากเกินไป กรณีในถังรับการขยายตัว ให้ระบายออกมายังถังเก็บของเหลว

ภายในเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ว่างของห้องเผาไหม้ โดยมีหัวเผา (Burner) ทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการสันดาปอย่างสมบูรณ์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสันดาปจะถ่ายเทสู่ของเหลวซึ่งเป็นสื่อความร้อน เช่น น้ำมันที่ไหลอยู่ภายในขดท่อน้ำมัน (Heating Coil) ซึ่งติดตั้งอยู่รอบบริเวณห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำมันภายในขดท่อได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเครื่องสูบลวของเหลวหมุนเวียนทำงาน (Circulating Pump) น้ำมันในขดท่อจะถูกพาให้เคลื่อนที่ออกจากเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนไปสู่ระบบท่อภายนอก จากนั้นน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวร้อน หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิน้ำมันลดลงประมาณ 30-50 °C ขึ้นอยู่กับการออกแบบ จากนั้นน้ำมันจะถูกส่งไปที่ถังไล่อากาศ (Deaerator) เพื่อไล่ออกอากาศที่อาจปนอยู่แล้วส่งไปยังถังรับการขยายตัว (Expansion Tank) เพื่อรองรับการขยายตัวของน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูง (ในบางแบบถังไล่อากาศและถังรับการขยายตัวจะอยู่ในชุดเดียวกัน) ปกติถังไล่อากาศและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังรองรับการขยายตัวจะติดตั้งไว้สูงกว่าระดับสูงสุดของระบบท่อน้ำมัน ส่วนน้ำมันที่ออกจากถังรองรับการขยายตัวจะถูกส่งไปยังไส้กรอง (Strainer) เพื่อดักจับสิ่งสกปรก จากนั้นจะถูกดูดเข้าเครื่องสูบของเหลวหมุนเวียนเพื่อส่งต่อไปยังเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนเพื่อรับความร้อนอีกครั้ง โดยระบบจะทำงานเป็นวงจรเช่นนี้ตลอดเวลา ซึ่งจะเห็นว่าระบบการทำงานไม่ยุ่งยากซับซ้อนมาก แต่ความจริงแล้วระบบการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่ดีจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานอีกหลายชนิด เพื่อให้การทำงานถูกต้อง

## 2.3 ระบบควบคุมเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน [11-12]

### 2.3.1 ระบบรักษาความปลอดภัย

ระบบรักษาความปลอดภัย (Safety Control System) ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ก) ลูกลอยรักษาระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อน  
ลูกลอยรักษาระดับของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อน (Level Switch) ทำหน้าที่ป้องกันของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อนในระบบลดลง หรือมีปริมาณไม่เพียงพอ โดยจะติดตั้งไว้ในถังรองรับการขยายตัว

ข) สวิตซ์จำกัดอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อน  
สวิตซ์จำกัดอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อน (Safety Thermostat) ใช้เพื่อป้องกันของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อนด้านขาออกเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน

ค) สวิตซ์จำกัดอุณหภูมิไอเสีย  
สวิตซ์จำกัดอุณหภูมิไอเสีย (Flue Gas Safety Thermostat) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อุณหภูมิไอเสียที่ปล่อยไอเสียมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ตามกฎหมาย หากอุณหภูมิไอเสียสูงมากกว่าปกติแสดงว่าอาจเกิดความผิดปกติในการถ่ายเทความร้อนจากห้องเผาไหม้ไปยังของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อนในท่อขดน้ำมัน (Heating Coil)

ง) สวิตซ์ความดันแตกต่าง  
สวิตซ์ความดันแตกต่าง (Differential Pressure Switch) ทำหน้าที่ตรวจสอบและป้องกันไม่ให้อัตราการไหลของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อนต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

### 2.3.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

ระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน (Temperature Control System) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อนจากเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนให้อยู่ในระดับที่ต้องการใช้งานตลอดเวลา โดยจะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปควบคุมมอเตอร์ (Servomotor) ให้เร่งหรือห้ช้าลง เช่น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยังระบบควบคุมการทำงานของหัวเผาเพื่อสั่งให้ปิดหัวเผา

### 2.3.3 ระบบควบคุมการทำงานของหัวเผา

ระบบควบคุมการทำงานของหัวเผา (Burner Control System) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหัวเผาให้สอดคล้องกับอุณหภูมิของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อนที่ต้องการ และมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการทำงานที่ถูกต้อง ระบบควบคุมการทำงานของหัวเผาต้องทำงานร่วมกับระบบควบคุมอุณหภูมิของของเหลวที่ใช้เป็นสื่อทำความร้อน ระบบควบคุมเชื้อเพลิง และระบบรักษาความปลอดภัย

#### 2.3.4 ระบบควบคุมเชื้อเพลิง

ระบบควบคุมเชื้อเพลิง (Fuel Oil Control System) ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

ก) ขดลวดไฟฟ้าอุ่นเชื้อเพลิง

ขดลวดไฟฟ้าอุ่นเชื้อเพลิง (Fuel Oil Preheater) ทำหน้าที่อุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนืดสูง ให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นก่อนจ่ายเข้าสู่หัวเผา เพื่อลดความหนืดลงให้เหมาะสมกับหัวเผาแบบต่าง ๆ

ข) ปั๊มส่งเชื้อเพลิง

ปั๊มส่งเชื้อเพลิง (Fuel Oil Transfer Pump) ทำหน้าที่ส่งจ่ายและควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนให้หัวเผาให้เหมาะสม

ค) ใส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

ใส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil Filter) ใช้แยกสิ่งสกปรกหรือโคลนออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อไม่ให้เล็ดลอดเข้าไปทำความเสียหายแก่หัวเผา

#### 2.4 หลักการเขียน Ladder Diagram และคำสั่งพื้นฐาน [13-14]

PLC ย่อมาจาก Programmable Logic Controller เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมชนิดหนึ่ง ที่สามารถโปรแกรมการควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ โดยมีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่อกับอินพุตและเอาต์พุตของ PLC การคิดค้น PLC ขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ในการนำมาใช้แทนวงจรควบคุมไฟฟ้าแบบรีเลย์ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งวงจรรีเลย์ดังกล่าวมีความยุ่งยากในการออกแบบและมีขนาดวงจรที่ค่อนข้างใหญ่ กิณเนื้อที่ในการติดตั้งมารวมทั้งต้องมีการเดินสายไฟจำนวนมาก การนำเอา PLC เข้ามาทดแทนสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้

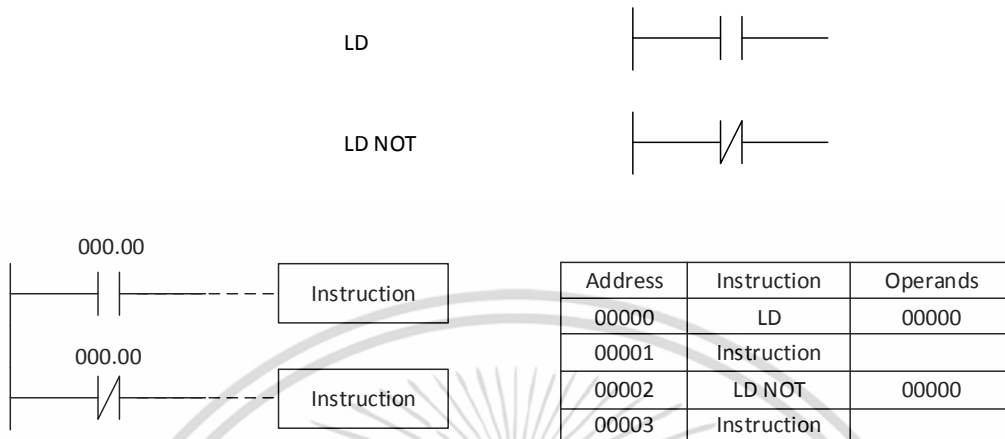
การควบคุมซีควเอนซ์ คือการควบคุมลำดับการทำงานของอุปกรณ์ในระบบให้ดำเนินงานตามเงื่อนไขหรือโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้แล้ว สัญญาณในการควบคุมอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณเปิดให้อุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์วาล์ว และหลอดแสดงผล ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ นอกจากจะพิจารณาเงื่อนไขการทำงานแล้วยังพิจารณาเงื่อนไขการทำงานรวมทั้งถึงช่วงเวลาในการทำงานด้วย

Ladder Diagram จัดเป็นภาษาสัญลักษณ์ที่สามารถดูตามโครงสร้างแล้วเข้าใจการทำงาน แต่เวลาที่ PLC ประมวลผลจะอาศัยชุดคำสั่ง (Instructions) ทำงานโดยวิธีการเขียนลงในส่วนหน่วยความจำและข้อมูลในหน่วยความจำนั้น จะถูกจัดเก็บเป็นรหัส (Code) ไม่สามารถจัดเก็บในลักษณะของ Ladder Diagram ได้โดยตรง ดังนั้นผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องเข้าใจชุดคำสั่ง เพราะชุดคำสั่งนั้นแปลงภาษามาจาก Ladder Diagram นั้นเอง

2.4.1 คำสั่งพื้นฐาน

ก) คำสั่ง Load (LD), Load NOT (LD NOT)

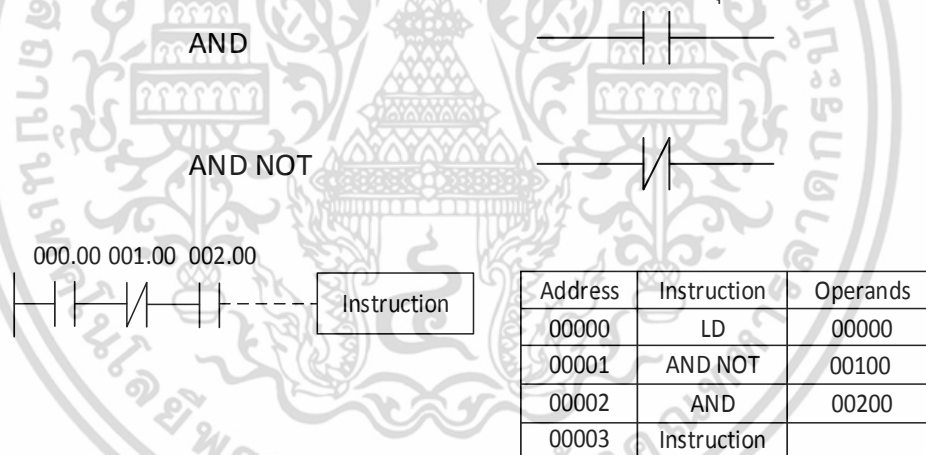
คำสั่ง Load หรือ Load NOT เป็นการรับอินพุตจากส่วนอินพุต



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างคำสั่ง Load และ Load NOT

ข) คำสั่ง AND, AND NOT

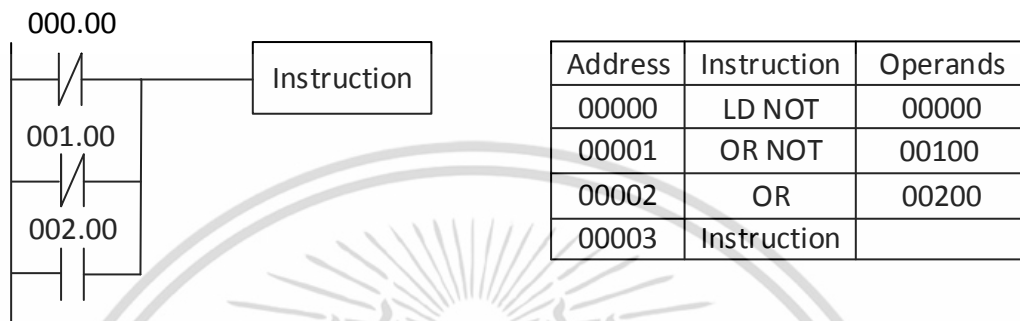
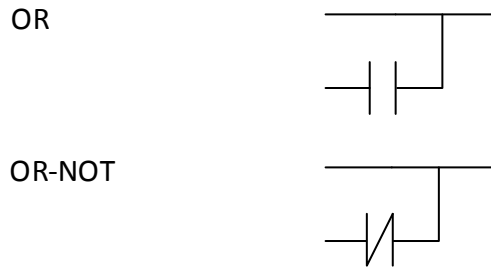
คำสั่ง AND หรือ AND NOT เป็นคำสั่งที่ใช้แทนวงจรรวม



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างคำสั่ง AND และ AND NOT

ค) คำสั่ง OR, OR NOT

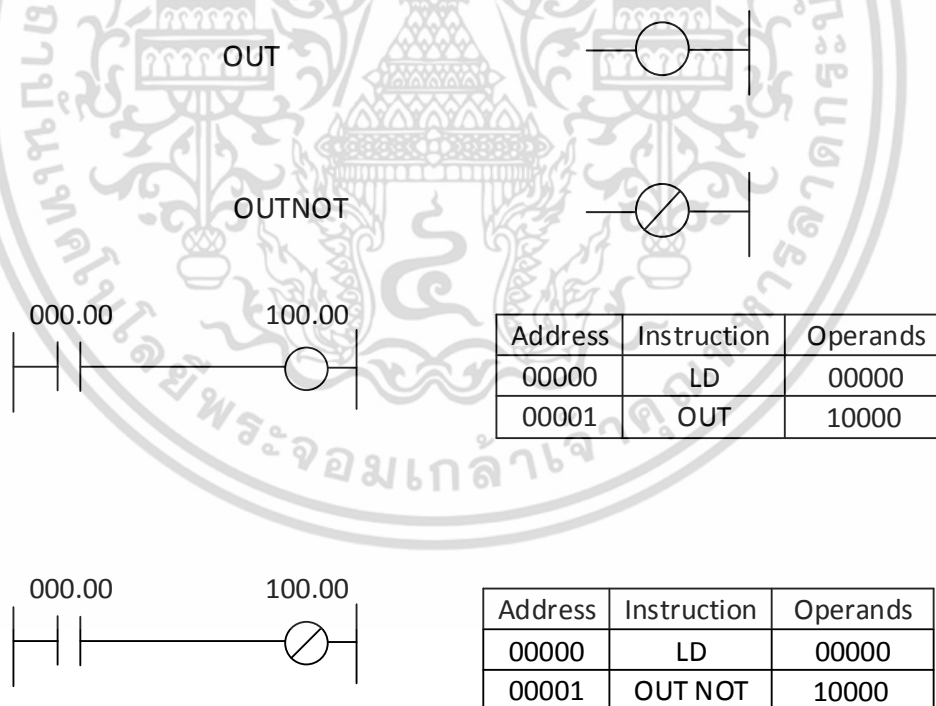
คำสั่ง OR หรือ OR NOT เป็นคำสั่งที่ใช้แทนวงจรรวม



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างคำสั่ง OR และ OR NOT

ง) คำสั่ง OUT, OUT NOT

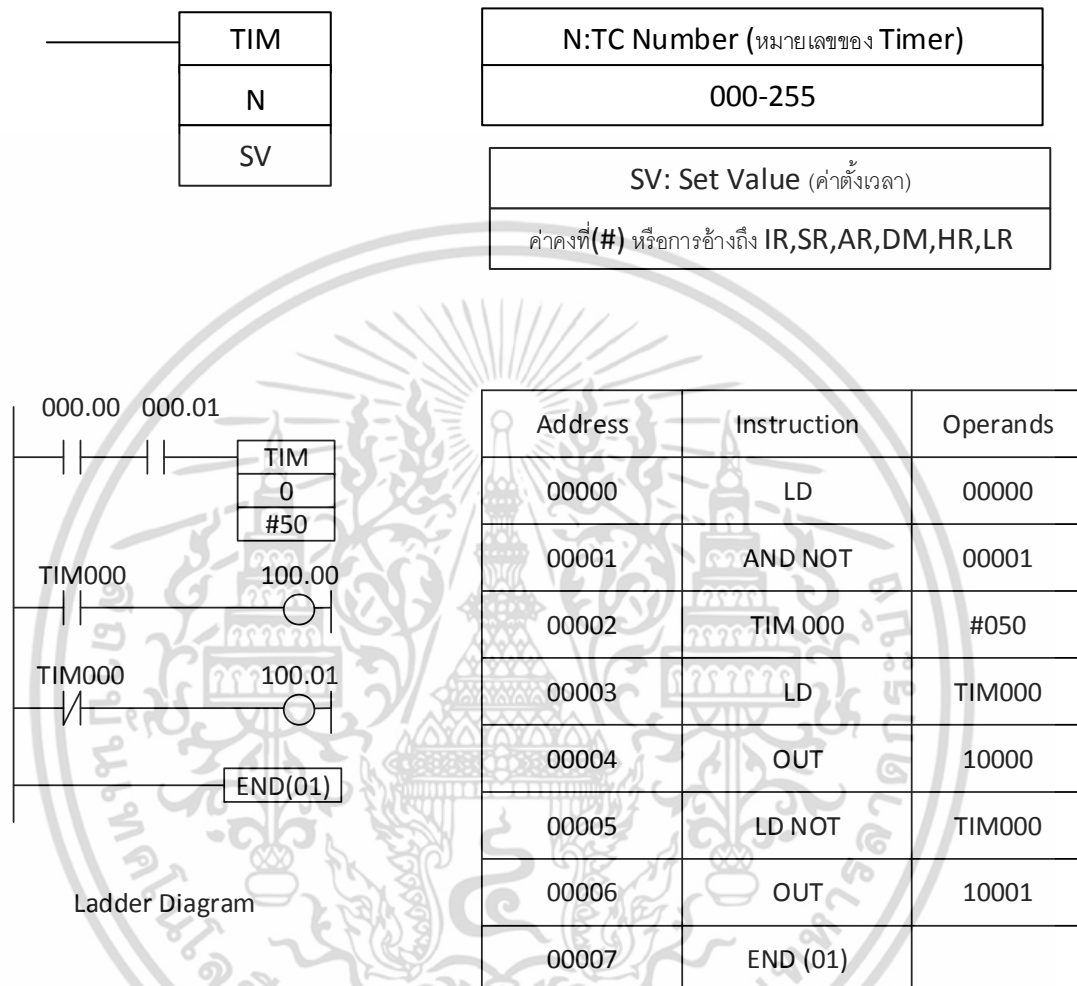
คำสั่ง OUT หรือ OUT NOT เป็นส่งเอาต์พุตไปที่ส่วนเอาต์พุต



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างคำสั่ง OUT และ OUT NOT

## จ) คำสั่ง Timer

คำสั่ง TIMER เป็นคำสั่งนับเวลา โดยพีแอลซีชนิดบล็อกรจะมี Timer ให้ใช้ 256 ตัว



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างคำสั่ง TIMER

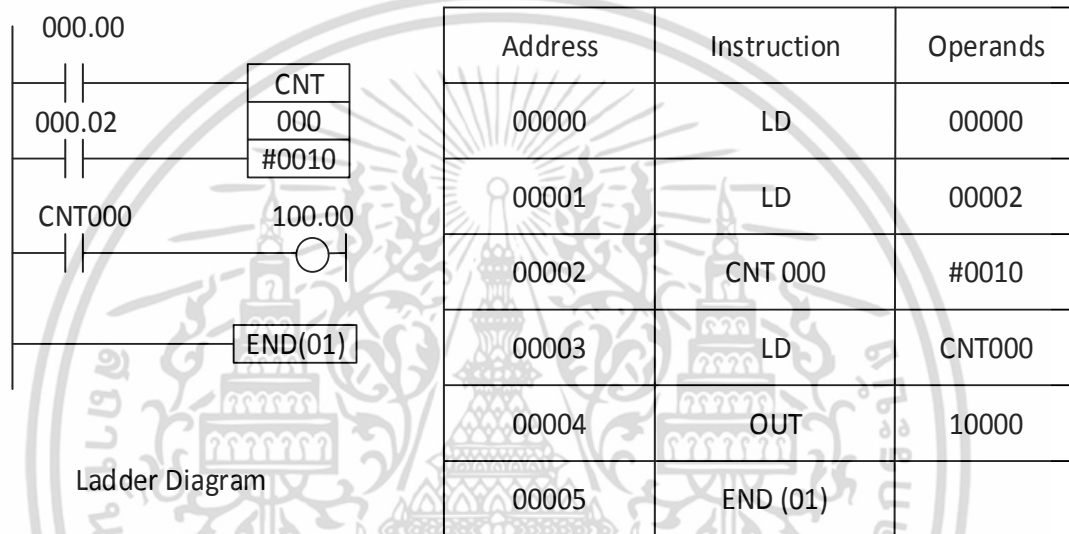
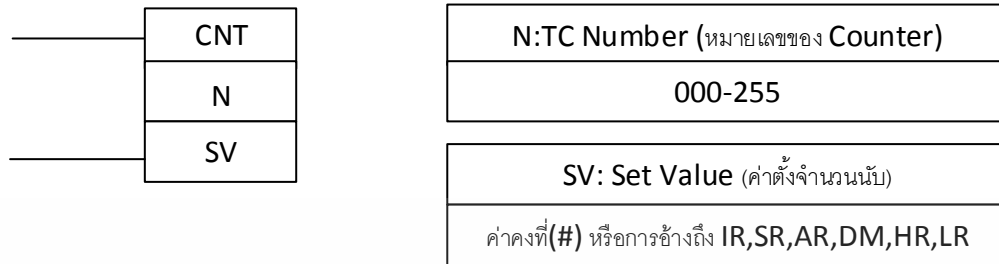
N = Timer Number (เบอร์ 000 - 255) เลือกว่าจะใช้ Timer ตัวที่เท่าใด

SV = Set Value ค่าตั้งเวลา ใช้กำหนดว่าจะให้ Timer ตั้งเวลานานเท่าใด ซึ่งค่าของ SV ที่กำหนดนั้นจะถูกคูณด้วย 0.1 เพื่อแปลงเป็นระยะเวลาจริง โดยที่

1. กำหนด SV เป็นค่าคงที่ #0000-9999 (000.0-999.9 วินาที คูณด้วย 0.1 วินาที)
2. กำหนด SV เป็น แอดเดรส IR, SR, AR, DM, HR, LR โดยใช้ค่าตั้งเวลาที่ เป็นค่าคงที่ 0000-9999 ไว้ในแอดเดรสที่อ้างถึงอีกทีหนึ่ง (ค่าที่กำหนดจะคูณด้วย 0.1 วินาทีเช่นเดียวกับการกำหนดแบบค่าคงที่)

**ฉ) คำสั่ง Counter**

คำสั่ง Counter เป็นคำสั่งนับ โดยพีแอลซีชนิดบล็อกรวมจะมี Counter ให้ใช้ 256 ตัว



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างคำสั่ง Counter

N = Counter Number (เบอร์ 000 - 255) เลือกจะใช้ Counter ตัวที่เท่าใด

SV = Set Value ค่าตั้งจำนวนนับเพื่อใช้กำหนดว่าจะให้ Counter นับสัญญาณอินพุตเป็นจำนวนกี่ครั้งแล้วหน้า Contact เอาต์พุตของ Counter จึงจะเริ่มทำงานโดยที่

1. กำหนด SV เป็นค่าคงที่ #0000-9999
2. กำหนด SV เป็น แอดเดรส IR, SR, AR, DM, HR, LR โดยใส่ค่าตั้งจำนวนนับที่เป็นค่าคงที่ 0000-9999 ไว้ในแอดเดรสที่อ้างถึงอีกทีหนึ่ง

CP = ขานับ เมื่อมีสัญญาณอินพุตในช่วงที่เปลี่ยนสถานะจาก OFF เป็น ON เข้ามาที่ขานี้ Counter จะนับถอยหลังลง 1

R = ขา Reset เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามาที่ขานี้ เอาต์พุตของ Counter จะหยุดทำงานและค่านับของ Counter จะถูก Reset กลับไปเท่ากับค่าตั้งจำนวนนับ (SV)

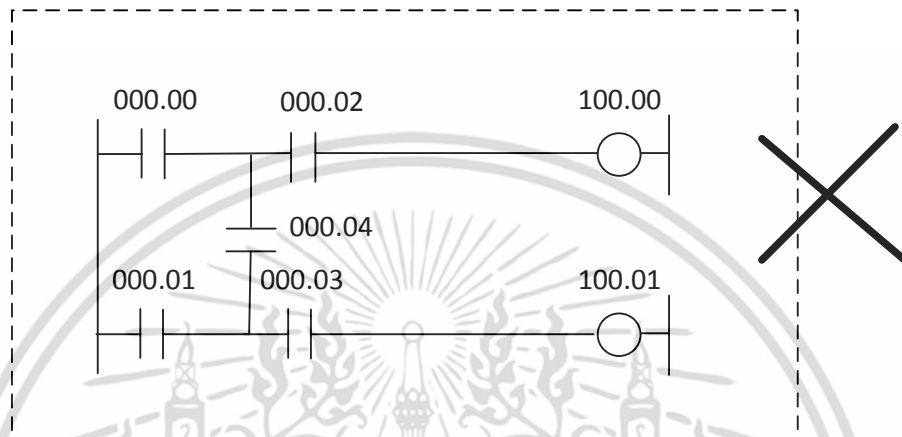
**ข) คำสั่ง End**

การเขียนโปรแกรมทุกครั้ง เมื่อสิ้นสุดการเขียนโปรแกรมแล้วจะต้องจบด้วยคำสั่ง END (01) เสมอ ถ้าไม่มีคำสั่งนี้ เมื่อผู้ใช้ทำการสั่ง Run โปรแกรมที่เขียนขึ้น PLC จะเกิด Error โดยสังเกตที่ PLC ไฟแสดงผล Error/Alarm สีแดงจะติดค้าง และจะมีข้อความ “NO END INST”

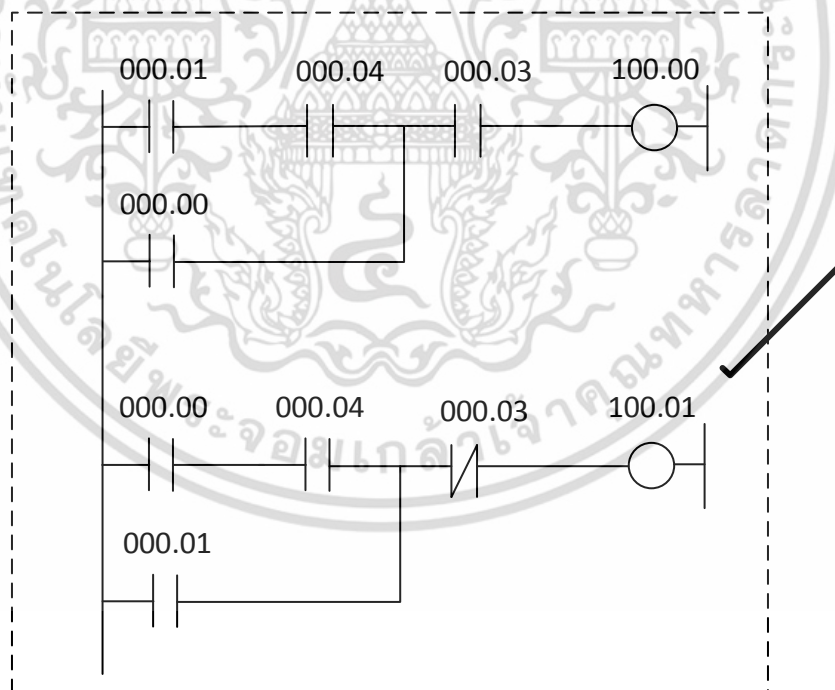
ปรากฏอยู่ที่หน้าจอ LCD นั้นแสดงให้เห็นว่าไม่มีคำสั่ง END (01) ในกรณีนี้โปรแกรมจะไม่สามารถ RUN ได้ เพราะฉะนั้นเมื่อเขียนโปรแกรมจบทุกครั้งควรใส่คำสั่ง END (01) ด้วย

#### 2.4.2 ข้อกำหนดของการเขียน Ladder

ก) จาก Ladder Diagram ดังรูปที่ 2.8 จะไม่สามารถเขียนโปรแกรมได้ จำเป็นต้องแปลงชุด Ladder Diagram ก่อน โดยเขียนใหม่แต่วงจรทำงานเหมือนเดิม ดังรูปที่ 2.9



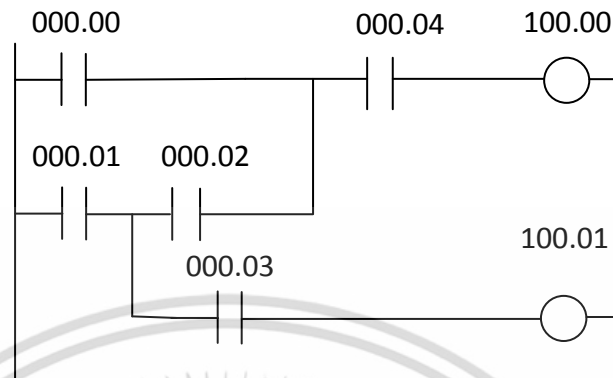
รูปที่ 2.8 Ladder Diagram ที่ผิด



รูปที่ 2.9 Ladder Diagram ที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

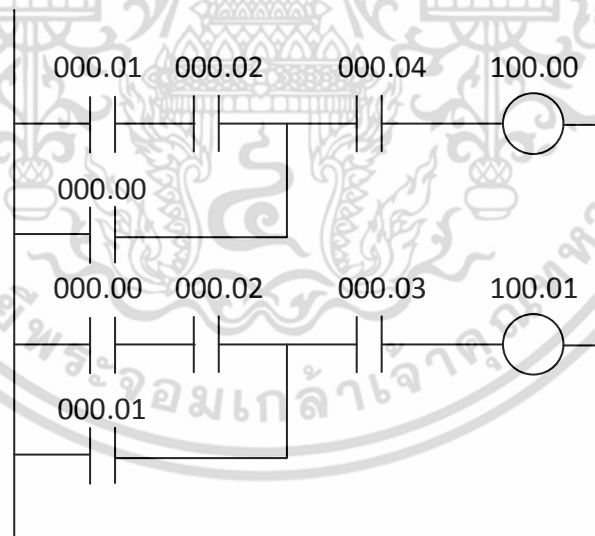
ข) สำหรับ Ladder Diagram การประมวลผลจะพิจารณาการทำงานจากซ้ายไปขวาเท่านั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10



Ladder Diagram A

รูปที่ 2.10 Ladder Diagram ที่ยังไม่ได้จัดเรียง

จาก Ladder Diagram A ถ้าหน้าสัมผัส 000.00, 000.02 และ 000.03 มีสถานะ “ON” ก็ไม่สามารถทำให้เอาต์พุต 100.01 นั้น “ON” ได้เลย ดังนั้น ผู้ใช้จะต้องทำการจัดเรียงโปรแกรมเสียใหม่เพื่อให้การทำงานมีการกระทำจากซ้ายไปขวา ดัง Ladder Diagram B ในรูปที่ 2.11



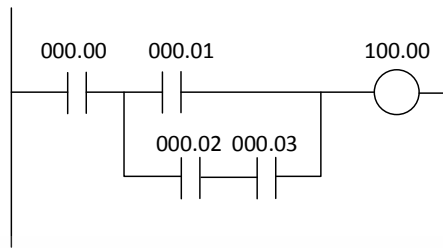
Ladder Diagram B

รูปที่ 2.11 Ladder Diagram ที่จัดเรียงแล้ว

ค) จำนวนหน้าคอนแทคทั้ง NO และ NC ของอินพุต/เอาต์พุต รีเลย์ และไทม์เมอร์ (TIM)/เคาน์เตอร์(CNT) จะมีการโหลดเพื่อนำมาเขียนโปรแกรมเป็นจำนวนเท่าใดก็ได้ตามความประสงค์ของผู้ใช้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามการเขียนโปรแกรมที่ดีจะต้องพยายามประหยัดขนาดของโปรแกรมให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ซึ่งจะเปรียบเทียบให้เห็นใน Ladder Diagram A และ

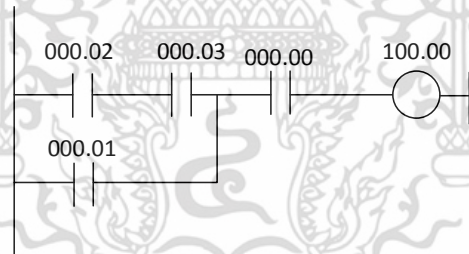
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ladder Diagram B จะสังเกตเห็นได้ว่าการเขียนใน Ladder Diagram B สามารถประหยัดคำสั่งได้ 2 คำสั่ง ในขณะที่โปรแกรมทำงานได้เหมือนกันดังรูปที่ 2.12



Ladder Diagram A

Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	LD	00001
00002	LD	00002
00003	AND	00003
00004	OR AND	
00005	AND LD	
00006	OUT	10000



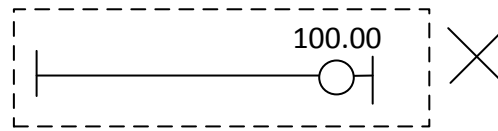
Ladder Diagram B

Address	Instruction	Operands
00000	LD	00002
00001	AND	00003
00002	OR	00001
00003	AND	00000
00004	OUT	10000

รูปที่ 2.12 การเขียน Ladder Diagram ที่มีจำนวนบรรทัดน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) เมื่อต้องการให้เอาต์พุต “ON” ตลอดเวลาจะมีการใช้แฟลค (Flag) ที่เป็นแบบ “ALWAYS ON” (253.13) ใน SR area มาเป็นตัวสร้างเงื่อนไข เนื่องจากไม่สามารถต่อคอยล์เอาต์พุตได้โดยตรงกับ Bus Bar แต่ก็มีข้อยกเว้นเป็นบางคำสั่ง เช่น INTERLOCK CLEAR, JUMPEND และ STEP



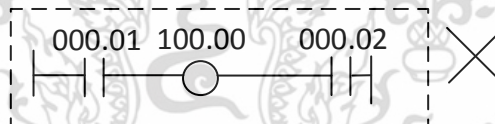
Ladder Diagram ที่ผิด



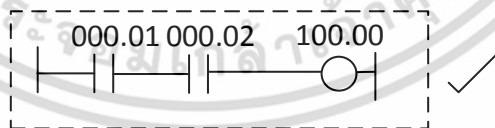
Ladder Diagram ที่ถูก

### รูปที่ 2.13 Ladder Diagram ในการควบคุมเอาต์พุตที่ผิดและถูก

- จ) จำนวนหน้าสัมผัสที่ใช้ในการต่ออนุกรมหรือขนานไม่มีขีดจำกัดจะใช้เท่าใดก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้
- ฉ) เอาต์พุตทุก ๆ ตัวจะมี Auxiliary Contact เพื่อใช้งานในโปรแกรมได้ และสามารถใช้งานจำนวนไม่จำกัด
- ช) ไม่สามารถเขียนโปรแกรมให้หน้าสัมผัสอยู่ตำแหน่งหลังจากคอยล์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



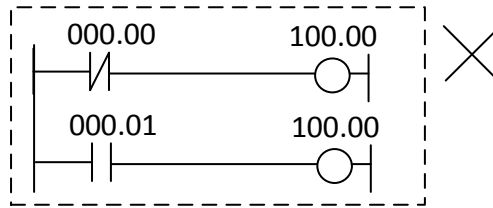
Ladder Diagram ที่ผิด



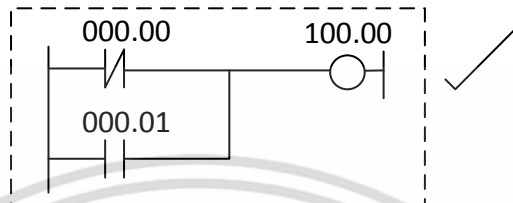
Ladder Diagram ที่ถูก

### รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง Ladder Diagram ที่เขียนเอาต์พุตที่ผิดและถูกแบบที่ 1

- ช) ไม่สามารถเขียนโปรแกรมให้มีเอาต์พุตเบอร์เดียวกันซ้ำหลาย ๆ ครั้งได้ ต้องจัดรูปเสียใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.15



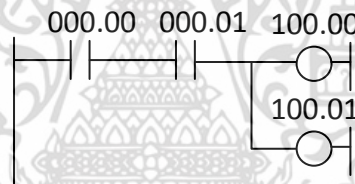
Ladder Diagram ที่ผิด



Ladder Diagram ที่ถูก

### รูปที่ 2.15 ตัวอย่าง Ladder Diagram ที่เขียนเอาต์พุตที่ผิดและถูกแบบที่ 2

ณ) เอาต์พุตคอยล์ สามารถเขียนโปรแกรมให้ต่อขนานได้เลย ในกรณีที่มีการรับเงื่อนไขของหน้าสัมผัสชุดเดียวกัน

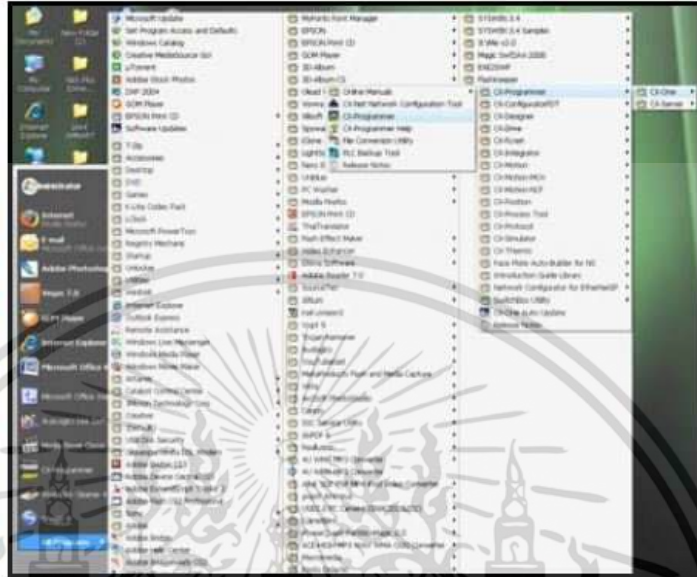


### รูปที่ 2.16 Ladder Diagram ที่เขียนเอาต์พุตให้มีเงื่อนไขชุดเดียวกัน

ณ) PLC จะเริ่มประมวลผลโปรแกรมจาก Address 000.00 จนกระทั่งถึงคำสั่ง END ตำแหน่งแรก โดยที่คำสั่ง END อาจจะมีหลายตำแหน่งในโปรแกรม ที่เป็นเช่นนี้เพื่อจุดประสงค์สำหรับการทดสอบโปรแกรม กรณีแยกโปรแกรมออกเป็นส่วน ๆ และง่ายต่อการตรวจสอบแก้ไขโปรแกรม

## 2.5 การใช้งานโปรแกรม CX-ONE [15-16]

2.5.1 การเปิดโปรแกรม CX-ONE ให้คลิกที่ Start > All Program > Omron > CX-ONE > CX- Programmer > CX > Programmer

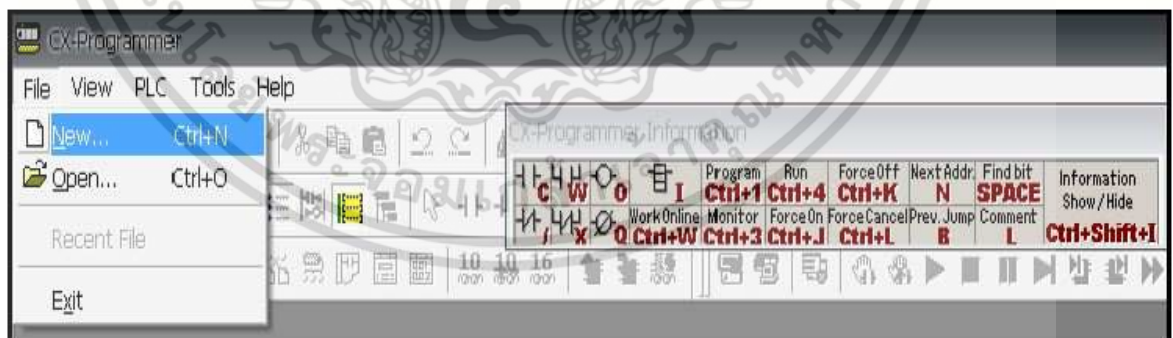


รูปที่ 2.17 การเปิดโปรแกรม CX-ONE

### 2.5.2 การกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการใช้งาน

เมื่อเปิดโปรแกรม CX-ONE แล้วจะมีหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ 2.18 ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมสำหรับการใช้งานดังต่อไปนี้

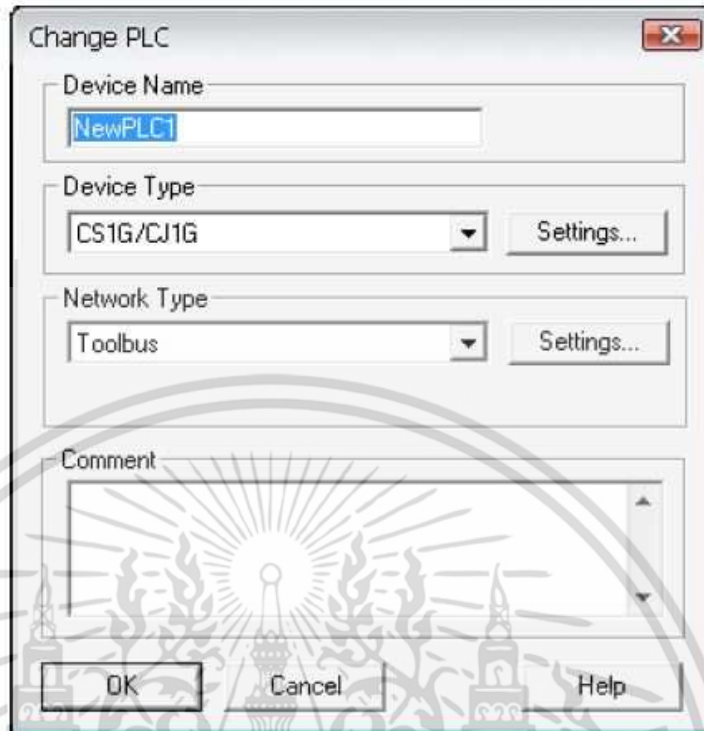
ก) คลิกที่เมนู File > New



รูปที่ 2.18 การตั้งค่าการใช้งาน

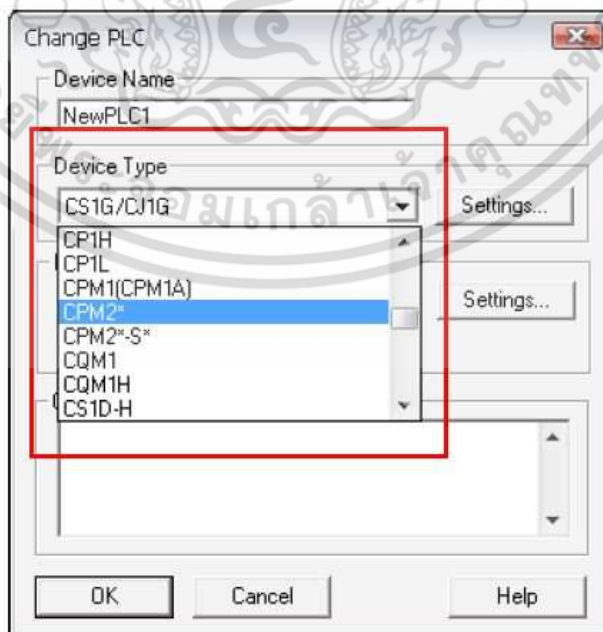
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 หน้าต่าง Change PLC

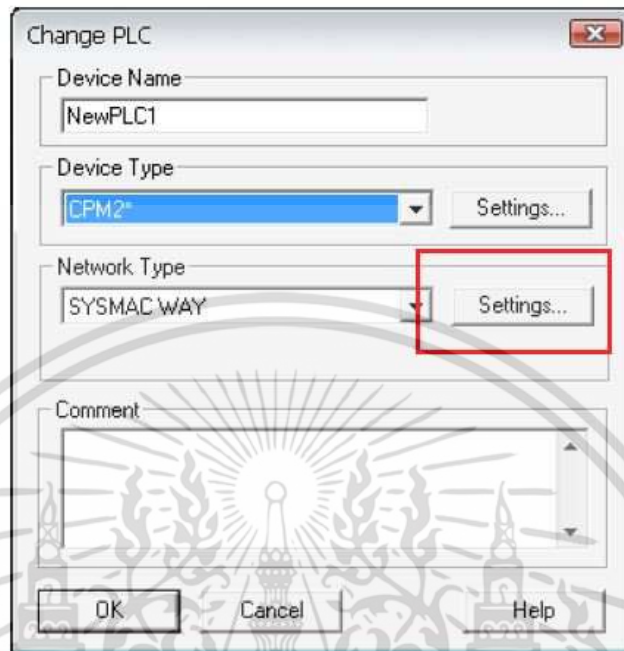
ค) ในช่อง Device Type ให้เลือกรุ่นของ PLC ที่ใช้งานอยู่ (ในที่นี้เลือก CPM2\*) แล้วคลิก OK



รูปที่ 2.20 หน้าต่าง Change PLC สำหรับเลือก Device Type

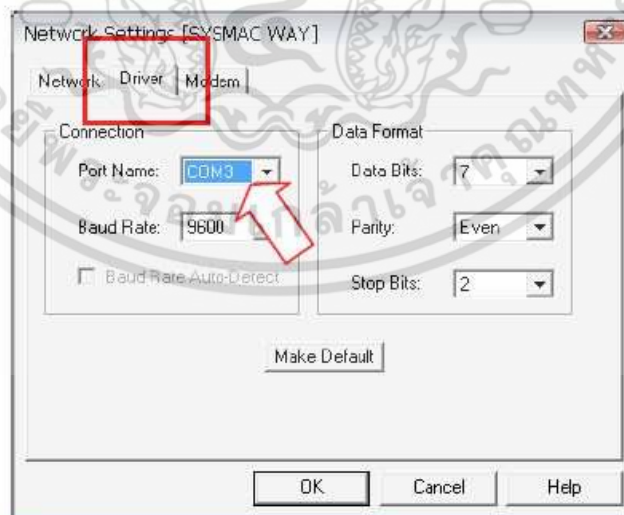
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) คลิกที่ปุ่ม Setting ปุ่มล่างจะปรากฏหน้าต่าง Network Setting



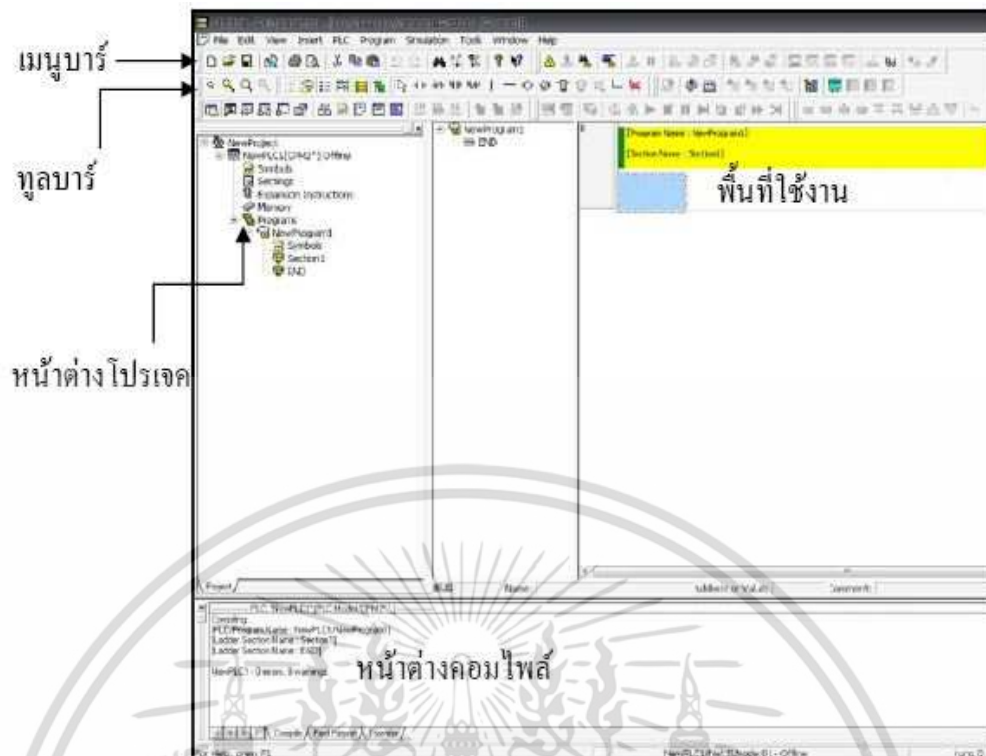
รูปที่ 2.21 การกำหนดพอร์ตสื่อสารเพื่อกำหนด Network Type

จ) คลิกที่แท็บ Driver เพื่อเลือกพอร์ตสื่อสารให้กับ PLC ถ้าเป็นคอมพิวเตอร์ทั่วไปที่มีพอร์ตอนุกรมส่วนใหญ่จะเลือก COM1 ในกรณีที่ใช้ตัวแปลงจาก USB เป็น Serial ต้องเลือกตัวอื่นแล้วคลิก OK จำนวนสองครั้ง



รูปที่ 2.22 การกำหนดพอร์ตสื่อสารเพื่อกำหนด Driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ภาพรวมของโปรแกรม CX-ONE

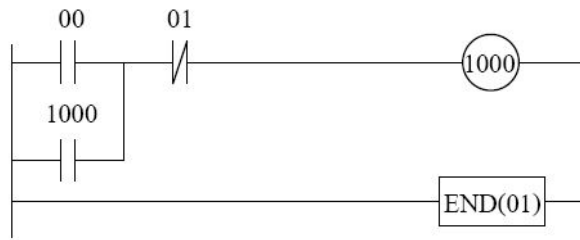
ฉ) ลักษณะของโปรแกรม CX-ONE เมื่อเราเข้าสู่โปรแกรม CX-ONE จะพบหน้าต่างดังต่อไปนี้รูปที่ 2.23 เพื่อความเข้าใจในการใช้งานโปรแกรมจะอธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมดังต่อไปนี้

- เมนูบาร์ (Menu Bar) จะเป็นชื่อรายการคำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรมที่ถูกจัดเรียงไว้เป็นหมวดหมู่ เช่น File , Edit , View , Insert , PLC , Program เป็นต้น
- ทูลบาร์ (Tool Bar) เป็นปุ่มคำสั่งและเครื่องมือต่าง ๆ ของโปรแกรมทูลบาร์ซึ่งจะปรากฏให้ใช้งานได้ผู้ใช้ต้องตั้งค่าใช้งานให้ถูกต้องก่อน
- หน้าต่างโปรเจกต์ (Window Project) เป็นหน้าต่างสำหรับบอกสถานะการทำงาน ของโปรแกรม การกำหนดค่ารวมทั้งการดูค่าต่าง ๆ ของโปรแกรม
- พื้นที่ใช้งาน (Work Area) เป็นพื้นที่สำหรับเขียนโปรแกรมแบ่งเป็น Network หลาย ๆ Network ด้วยกัน โดยผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลด Network ได้ตามต้องการ
- หน้าต่างคอมไพล์ (Window Compile) เป็นหน้าต่างสำหรับบอกสถานะของโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นหลังจากมีการคลิกปุ่มคำสั่งคอมไพล์ที่ทูลบาร์ด้านบนแล้ว

### 2.5.3 การเขียนโปรแกรมเบื้องต้นและการทดสอบการทำงานของโปรแกรม

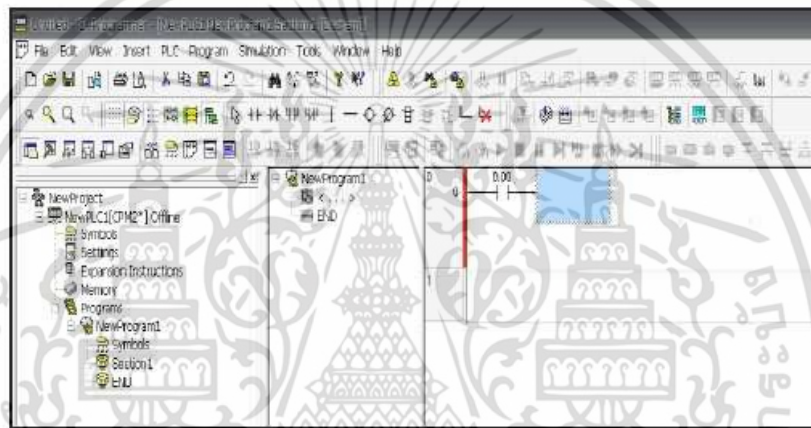
ให้ผู้ใช้คลิกเลือกสัญลักษณ์ที่ทูลบาร์แล้วคลิกที่พื้นที่ใช้งาน หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง New Contact ให้ผู้ใช้ป้อนหมายเลขขั้วขุดหรือเอาต์พุต เมื่อคลิก OK จะปรากฏหน้าต่าง Edit Comment เพื่อให้กรอกรายละเอียดอื่น ๆ ซึ่งผู้ใช้อาจไม่กรอกรายละเอียดในส่วนนี้ก็ได้ การเขียนโปรแกรมจะเป็นเช่นนี้ตลอดในรูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างโปรแกรมแลตเตอร์ที่ต้องการเขียน โดยมีขั้นตอนในการเขียนด้วยโปรแกรม CX-ONE ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



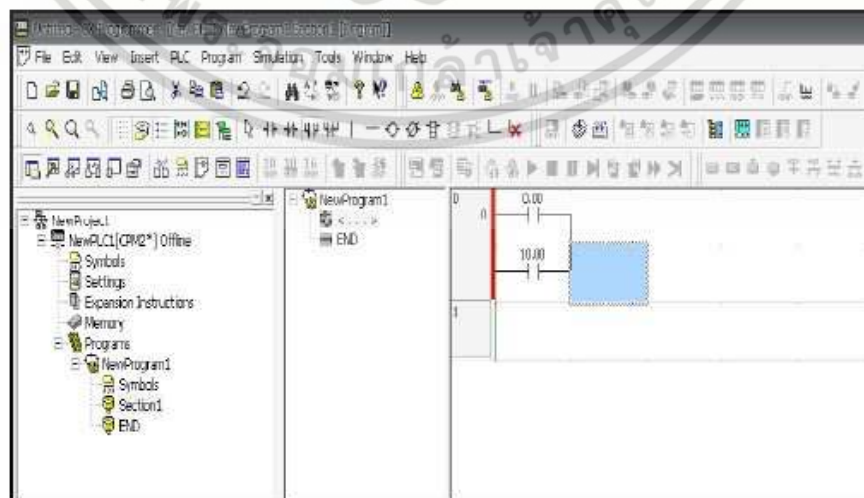
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างโปรแกรมแลคเกอร์ที่ต้องการเขียน

ก) คลิกใน Network ที่ 1 กดปุ่ม Ctrl + Alt + Down เพื่อเพิ่มบรรทัดใน Network ที่ 1 แล้วคลิกสัญลักษณ์หน้าสัมผัสปกติเปิด New Contact แล้วคลิกบนพื้นที่ใช้งานป้อนหมายเลขอินพุต 00 แล้วคลิกปุ่ม OK จำนวนสองครั้ง (ไม่ต้องใส่ Comment)



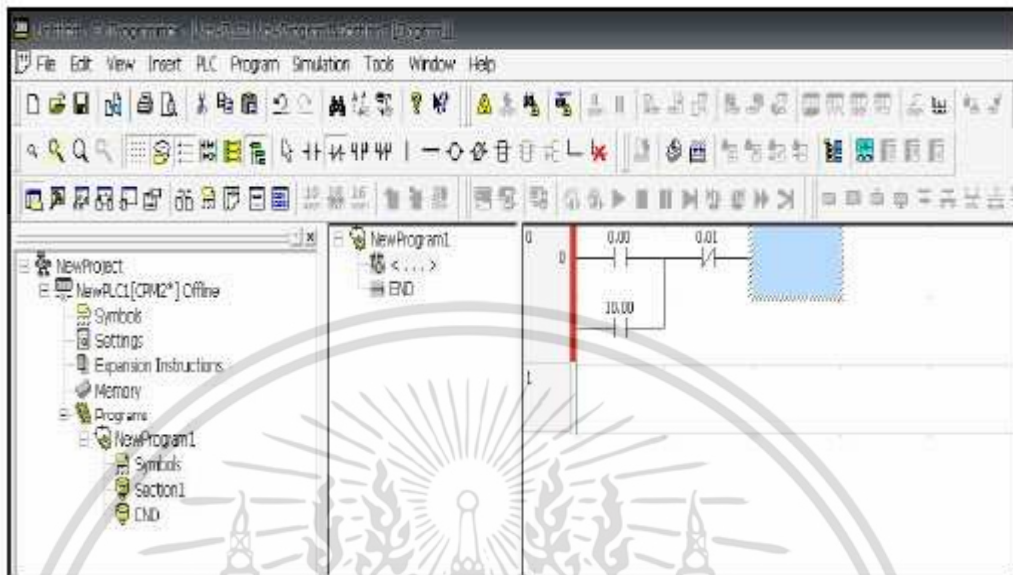
รูปที่ 2.25 การเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสปกติเปิด

ข) คลิกสัญลักษณ์ New Contact OR แล้วคลิกที่พื้นที่ใช้งานบริเวณด้านล่างสัญลักษณ์หน้าสัมผัสปกติเปิด แล้วป้อนหมายเลขของหน้าสัมผัส 1000 แล้วคลิกปุ่ม OK



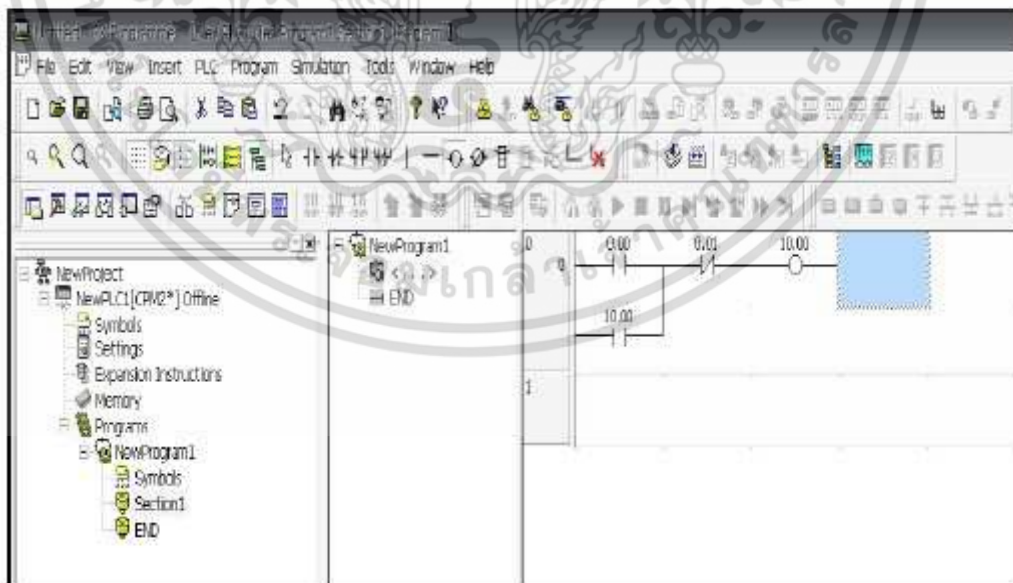
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.26 การเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสแบบขนาน ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) คลิกสัญลักษณ์ New Closed Contact แล้วคลิกที่พื้นที่ใช้งานบริเวณ แล้วป้อนหมายเลขของหน้าสัมผัส 01 แล้วคลิกปุ่ม OK



รูปที่ 2.27 การเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสปิด

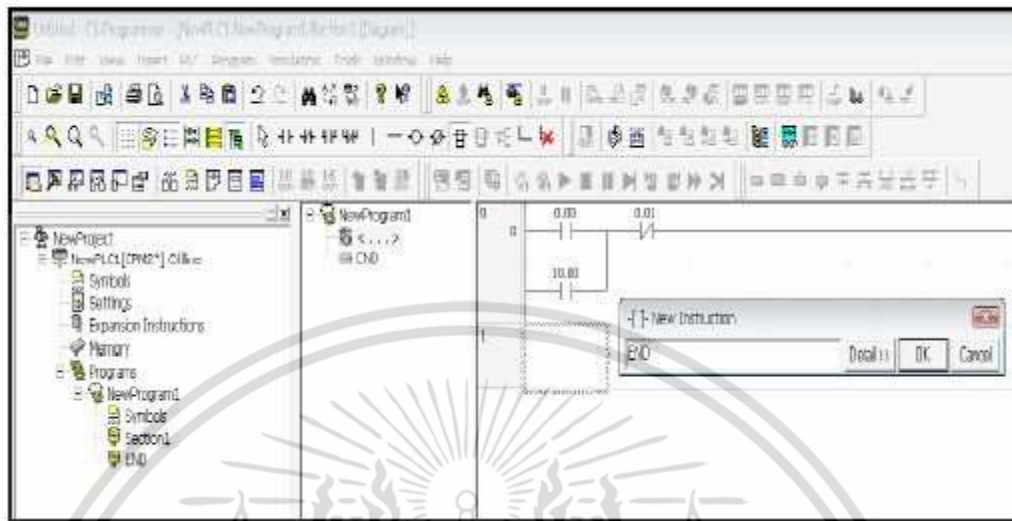
ง) คลิกสัญลักษณ์ New Coil แล้วคลิกที่พื้นที่ใช้งานแล้วป้อนหมายเลขเอาต์พุต 1000 แล้วคลิกปุ่ม OK



รูปที่ 2.28 การเขียนสัญลักษณ์เอาต์พุต

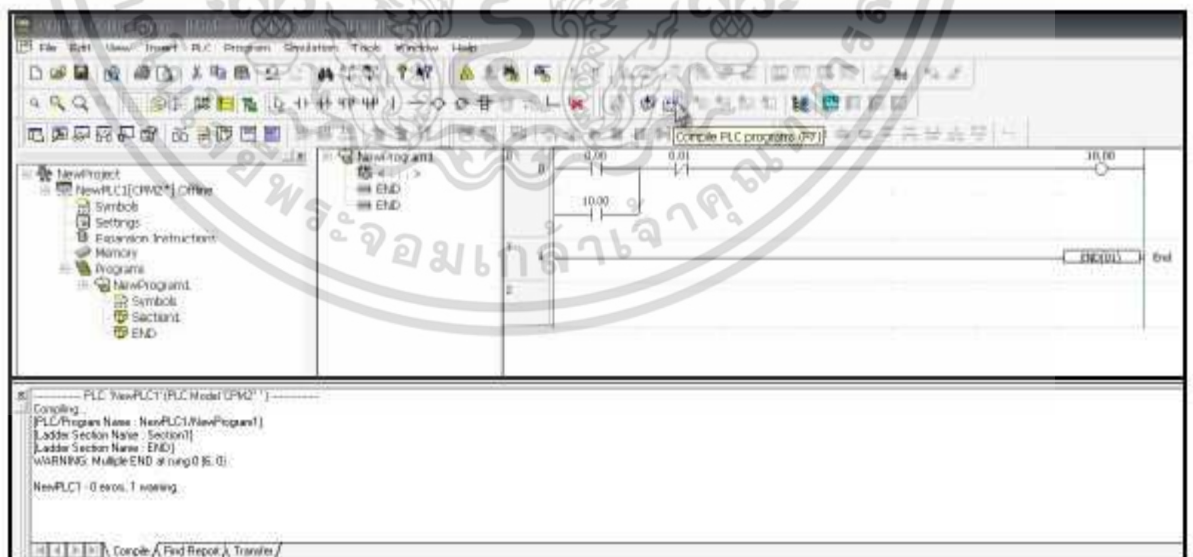
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ) คลิกที่ปุ่ม New PLC Instruction ที่툴บาร์แล้วคลิกที่ Network 2 แล้วพิมพ์หมายเลข 01 ลงในช่องว่างของหน้าต่าง New Instruction แล้วคลิก OK



รูปที่ 2.29 การเขียนคำสั่งจบโปรแกรม

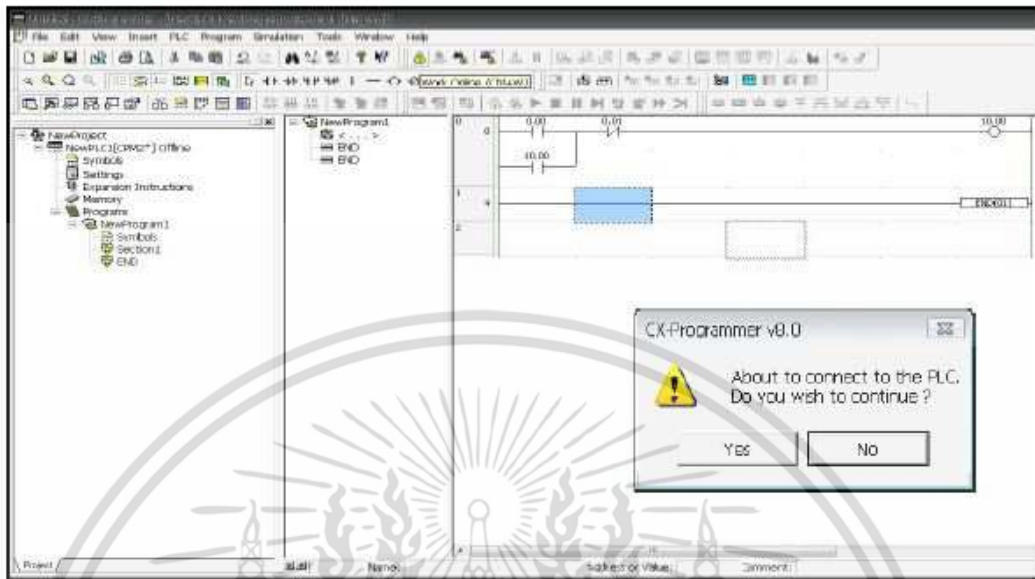
ฉ) การตรวจสอบโปรแกรม ให้คลิกที่ปุ่ม Compile PLC Program ที่툴บาร์ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบและแสดงข้อมูลที่หน้าต่าง Compile บริเวณด้านล่างของโปรแกรม ถ้าปรากฏข้อความ 0 errors แสดงว่าโปรแกรมไม่มีข้อผิดพลาดใด ๆ แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้นโปรแกรมจะแสดงในรูปของข้อความ ให้ดับเบิลคลิกที่ข้อความนั้นเพื่อไปตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดได้



รูปที่ 2.30 โปรแกรมแลตเตอร์สำหรับตัวอย่างโปรแกรมในรูปที่ 2.24

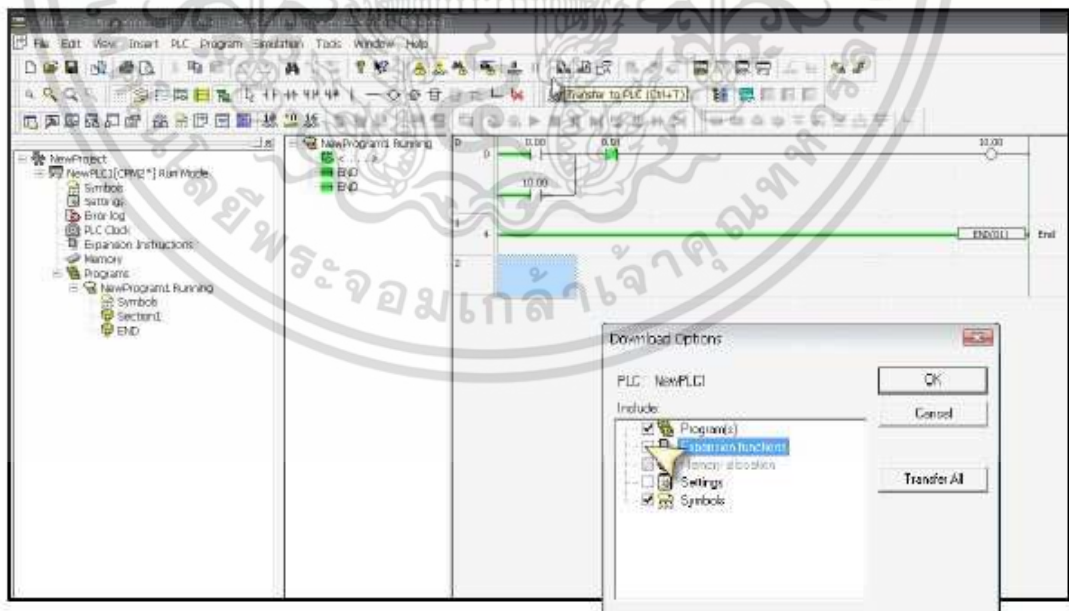
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช) การกำหนดการติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC และโปรแกรม CX-ONE ให้คลิกที่ปุ่ม Work Online ที่ทูลบาร์ จะปรากฏหน้าต่าง CX-Programmer V8.0 ให้คลิกปุ่ม Yes



รูปที่ 2.31 การกำหนดติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC และโปรแกรม CX-ONE

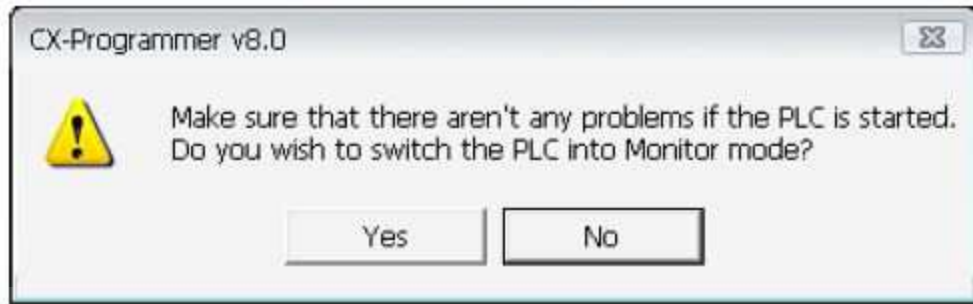
ช) การดาวน์โหลดโปรแกรมลง PLC ให้คลิกปุ่ม Transfer To PLC ที่ทูลบาร์จะปรากฏหน้าต่าง Download Option ให้คลิกเครื่องหมายถูกในช่อง Expansion Function ออกแล้วคลิก OK



รูปที่ 2.32 การเลือกคุณสมบัติขณะดาวน์โหลดโปรแกรม

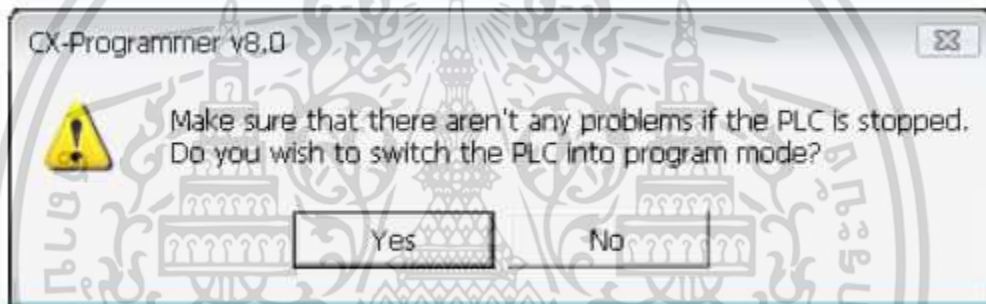
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณ) จะปรากฏหน้าต่าง CX-Programmer V8.0 ให้คลิกปุ่ม Yes



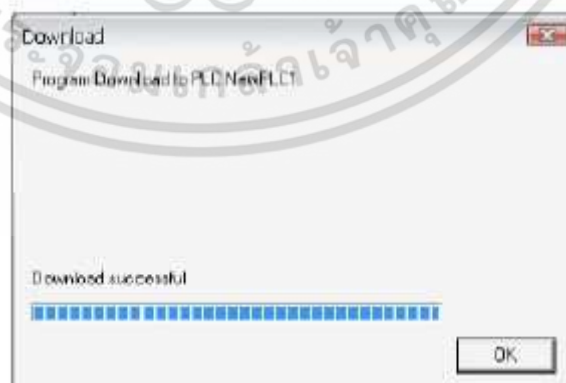
รูปที่ 2.33 การดาวน์โหลดโปรแกรม

ณ) ถ้าโปรแกรมอยู่ในโหมดอื่นที่ไม่ใช่โหมดโปรแกรม โปรแกรมจะให้เปลี่ยนโหมดอัตโนมัติ ให้ผู้ใช้คลิก Yes



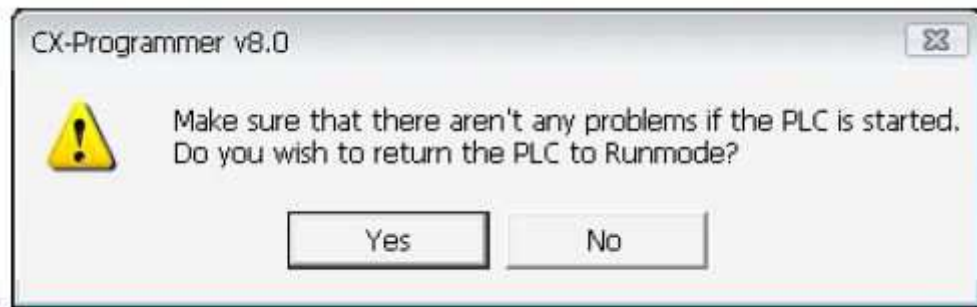
รูปที่ 2.34 การเปลี่ยนโหมดขณะดาวน์โหลดโปรแกรม

ณ) เมื่อดาวน์โหลดโปรแกรมสมบูรณ์แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Download ให้คลิกปุ่ม OK ถ้าการดาวน์โหลดไม่สมบูรณ์จะปรากฏข้อความบอกไว้ เช่น Download Failed



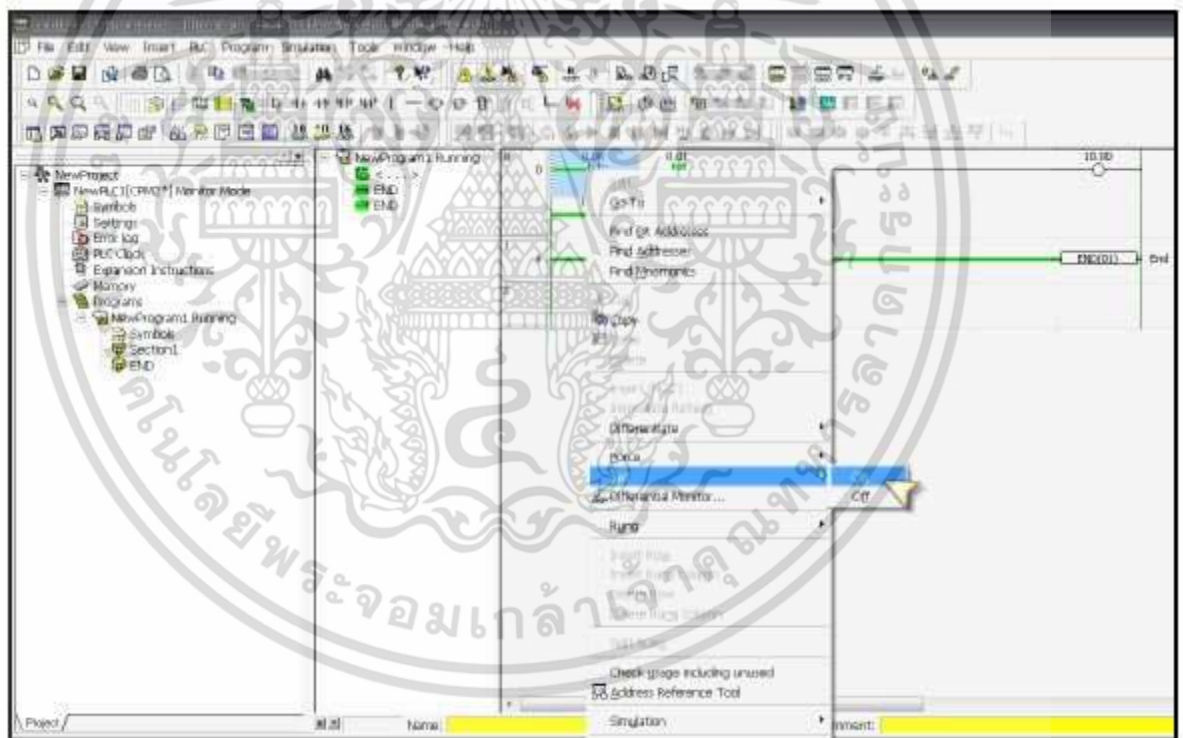
รูปที่ 2.35 การดาวน์โหลดโปรแกรมสมบูรณ์

ณ) หลังจากขั้นตอนในข้อ ณ) โปรแกรมจะถามว่าจะเปลี่ยนสู่โหมด RUN เพื่อทดลองโปรแกรมหรือไม่ ถ้าผู้ใช้ต้องการให้คลิกปุ่ม Yes เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 การเปลี่ยนโหมดเป็นโหมด Run

ฐ) การทดสอบการทำงานของโปรแกรม จะกระทำต่อจากหัวข้อที่ ฎ) โดยให้คลิกขวา อินพุตที่ต้องการแล้วใช้คำสั่ง SET หรือ Force SET แล้วเลือก ON ในกรณีที่ใช้คำสั่ง SET หรือ Force ไม่ปรากฏ ให้คลิกที่ปุ่ม Toggle PLC Monitoring ที่ทูลบาร์ด้านบนเสียก่อน ดังรูปที่ 2.37



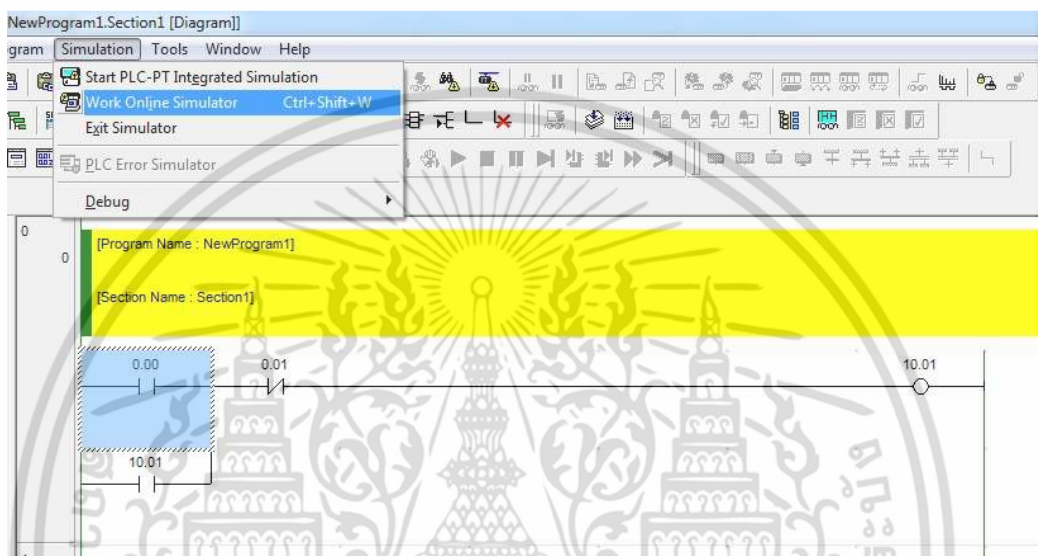
รูปที่ 2.37 การทดสอบโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.4 การจำลองการทำงาน

โปรแกรม CX-ONE เป็นโปรแกรมหนึ่งที่ใช้สามารถจำลองการทำงาน (Simulation) เพื่อเป็นการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมแลตเตอร์ที่เขียนขึ้นมาก่อนนำไปใช้งานจริง ในการใช้โปรแกรม CX-ONE นี้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องต่อพีแอลซีเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม CX-ONE นี้ ขั้นตอนในการจำลองการทำงานมีดังนี้

- ก) ถอดสาย RS-232 ออกจากตัวพีแอลซี
- ข) คลิกที่เมนู Simulation>Work Online Simulator ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 การทดสอบโปรแกรมโดยไม่เชื่อมต่อกับพีแอลซี

- ค) ทดสอบโปรแกรมโดยทำเช่นเดียวกับ ร) ในหัวข้อที่ 2.5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

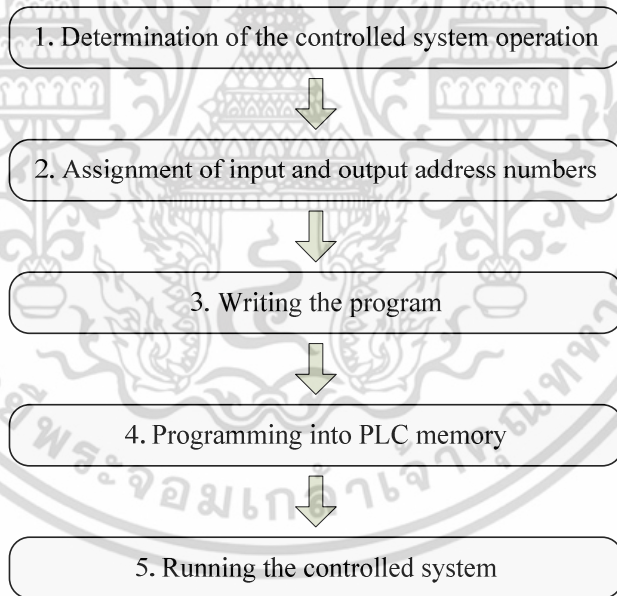
## บทที่ 3

# เทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีที่นำเสนอ

### 3.1 กล่าวนำ

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่ได้ศึกษามีการกำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งเริ่มจากการศึกษาขั้นตอนการจุดระเบิดของหัวเผาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจุดระเบิด การสร้างผังการทำงาน เพื่อวางแผนขั้นตอนการทำงาน กำหนด Address ของอุปกรณ์แต่ละตัวและเขียนผังการทำงานอย่างละเอียด จากนั้นเขียนโปรแกรมควบคุมการจุดระเบิดของหัวเผาเพื่อนำไปทดสอบโปรแกรม และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมที่ทำงานบกพร่อง จนได้โปรแกรมต้นฉบับสำหรับการควบคุมการจุดระเบิดของหัวเผา หลังจากนั้นนำโปรแกรมต้นฉบับไปทดลองใช้กับการควบคุมเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนใน 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ และกรณีที่ 2 เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา ในขั้นสุดท้ายนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ

### 3.2 ขั้นตอนและเทคนิคการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมพีแอลซี

โดยทั่วไปการเขียนโปรแกรมพีแอลซีมีหลักในการเขียนอยู่ 5 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดการทำงานของระบบควบคุม กระทำโดยการเขียนผังลำดับการทำงาน และตรวจสอบอุปกรณ์หรือสัญญาณที่เชื่อมต่อกับพีแอลซี เช่น ดิจิตอลอินพุต อนาล็อกอินพุต พัลส์อินพุต ดิจิตอลเอาต์พุต และอนาล็อกเอาต์พุต

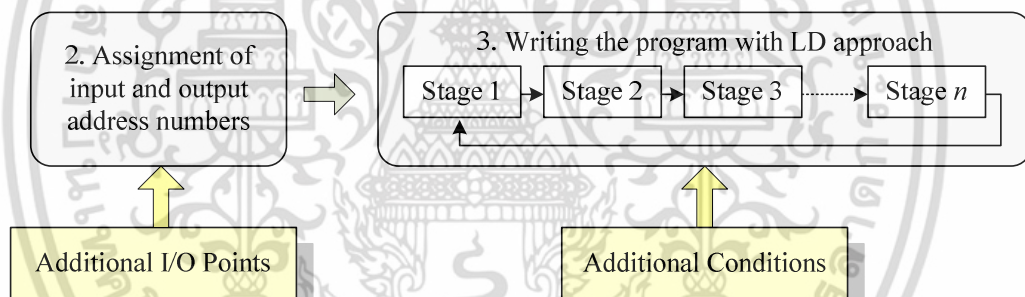
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 การกำหนด Address หรือ I/O Assignment ให้กับอุปกรณ์แต่ละตัวที่เชื่อมต่อกับพีแอลซี ซึ่งพีแอลซีแต่ละยี่ห้อจะมีการกำหนด Address ไม่เหมือนกัน ในกรณีศึกษานี้เป็นพีแอลซียี่ห้อ OMRON จะกำหนด Address อินพุต เริ่มจาก 0.00 และเอาต์พุตเริ่มจาก 100.00

ขั้นที่ 3 การเขียนโปรแกรม ในการเขียนโปรแกรมแยกโปรแกรมออกเป็น ส่วน ๆ เช่น ส่วนของอินพุต ส่วนของเอาต์พุต และส่วนของสัญญาณเตือน เพื่อให้ง่ายแก่การตรวจสอบ รวมทั้งการแก้ไขในกรณีที่พบข้อบกพร่องของโปรแกรม

ขั้นที่ 4 การโหลดโปรแกรมเข้าไปในหน่วยความจำของพีแอลซี ก่อนทำการโหลดโปรแกรมเข้าไปในหน่วยความจำของพีแอลซี จะต้องตรวจสอบโปรแกรมให้ถูกต้อง อาจทำได้โดยการทำการจำลองสถานการณ์หรือใช้ฟังก์ชันวินิจฉัยกับโปรแกรมที่เขียนขึ้น และต้องตรวจสอบการเข้าสายว่าตรงกับอินพุตและเอาต์พุตที่กำหนดไว้หรือไม่

ขั้นที่ 5 การเดินระบบ เมื่อทำการตรวจการเข้าสายอินพุต/เอาต์พุตเรียบร้อยแล้วจำเป็นต้องทดลองดำเนินงานจริงอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบการดำเนินงานทั้งหมด เมื่อไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจึงนำไปใช้ในการดำเนินงานจริงได้



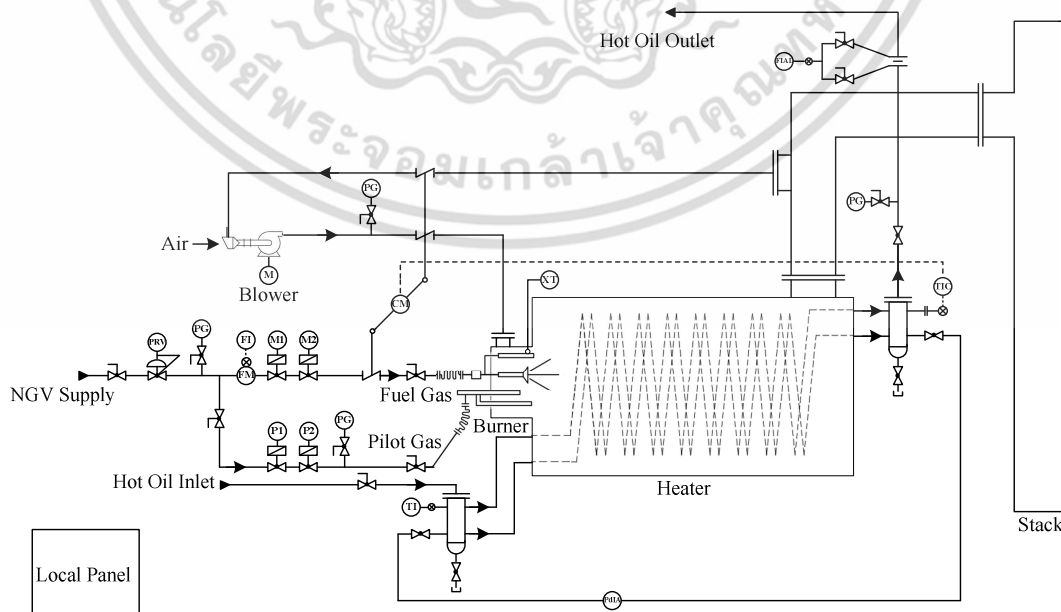
รูปที่ 3.2 แนวคิดของเทคนิคในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีที่นำเสนอ

ในรูปที่ 3.2 แสดงแนวคิดของเทคนิคที่นำเสนอสำหรับการเขียนโปรแกรมพีแอลซี เมื่อพิจารณารูปที่ 3.1 จะอยู่ในขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 คือการกำหนด Address และเขียนโปรแกรม เมื่อต้องเขียนโปรแกรมพีแอลซีสำหรับการควบคุมกระบวนการที่มีคล้าย ๆ กัน โดยใช้พีแอลซีรุ่นเดียวกันสามารถนำโปรแกรมต้นฉบับที่เขียนไว้กลับมาใช้อีกครั้ง เพื่อที่จะลดระยะเวลาในการเขียนโปรแกรมในขั้นตอนการใช้อุปกรณ์และการตัดแปลงโปรแกรมต้นฉบับ ขั้นแรกควรตรวจสอบการใช้อุปกรณ์หรือสัญญาณที่เพิ่มขึ้น และกำหนด Address เพิ่มให้แก่อุปกรณ์ใหม่ที่เพิ่มเข้ามา จากนั้นเริ่มเขียนโปรแกรมตาม Flow Chart ที่ได้รับมาจากลูกค้าซึ่ง ใน Flow Chart จะลำดับการทำงานของอุปกรณ์ใหม่ว่าเริ่มทำงานช่วงใด หยุดทำงานเมื่อไร ซึ่งโปรแกรมเมอร์ก็ต้องนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมต้นฉบับว่าควรเพิ่มในขั้นตอนใด เมื่อวิเคราะห์ได้แล้วก็เขียนโปรแกรมเพิ่ม จากนั้นก็ทำการทดสอบระบบ

### 3.3 การควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายกระบวนการทางความร้อนรวมไปถึงอาหาร เคมี และเภสัชกรรม ฟังก์ชันหลักของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนคือการรักษาค่าอุณหภูมิเอาต์พุตให้ได้ตามค่าที่ต้องการ นอกจากการรักษาอุณหภูมิเอาต์พุตแล้วยังต้องควบคุมการทำงานและระบบความปลอดภัยที่ได้ออกแบบมาสำหรับการรักษาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและการทำงานที่ปลอดภัย และฟังก์ชันที่สำคัญที่สุดของการควบคุมระบบเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนคือการป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของก๊าซซึ่งจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ หรือการทำงานผิดปกติ การจุดระเบิดก็อาจทำให้เกิดการระเบิดได้ ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการไล่อากาศในห้องเผาไหม้ของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนก่อนจะทำการจุดระเบิด การไล่อากาศก่อนการจุดระเบิดหรือ Pre-Purging และการไล่อากาศหลังจากการจุดระเบิดหรือ Post-Purging เป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะถ้าไม่มีการ Pre-Purging และ Post-Purging อาจจะมีเชื้อเพลิงค้างอยู่ในห้องเผาไหม้ เมื่อทำการจุดระเบิดมีโอกาสสูงที่จะเกิดการระเบิดและเกิดความเสียหายตามมา นอกจากนี้ยังมีการป้องกันอันตรายในส่วนอื่น ๆ อีกเพื่อความมั่นใจ และเมื่อเกิดการความผิดปกติขึ้น ก็จะเข้าสู่กระบวนการ Shutdown ตามเงื่อนไขที่เขียนไว้ในโปรแกรม ในเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนจะมีหัวเผาทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำมัน การควบคุมหัวเผาจะประกอบด้วยระบบความปลอดภัยของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนและการควบคุมค่าอุณหภูมิเอาต์พุตของน้ำมันด้านขาออก (Hot Oil Outlet) ในรูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพแสดง P&ID ของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนแบบทั่วไป

ขั้นตอนที่สำคัญของการควบคุมหัวเผามี 5 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบข้อผิดพลาดก่อนการเริ่มทำงาน การ Pre-Purging การจุดนำร่อง (Pilot Trial) การจุดระเบิดหลัก (Main Burner Trial) และการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ในการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนแบบทั่วไปดังรูปที่ 3.3 โดยใช้พีแอลซีชนิดบล็อกลสามารถกำหนดจำนวนอินพุต/เอาต์พุตของพีแอลซีก่อนที่จะเขียนโปรแกรมทั้งหมด 43 อินพุต/เอาต์พุต ซึ่งประกอบด้วย 19 อินพุตและ 24 เอาต์พุต ดังแสดงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนแบบทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 Address ที่ใช้อ้างอิงสำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีการควบคุมหัวเผาแบบทั่วไป

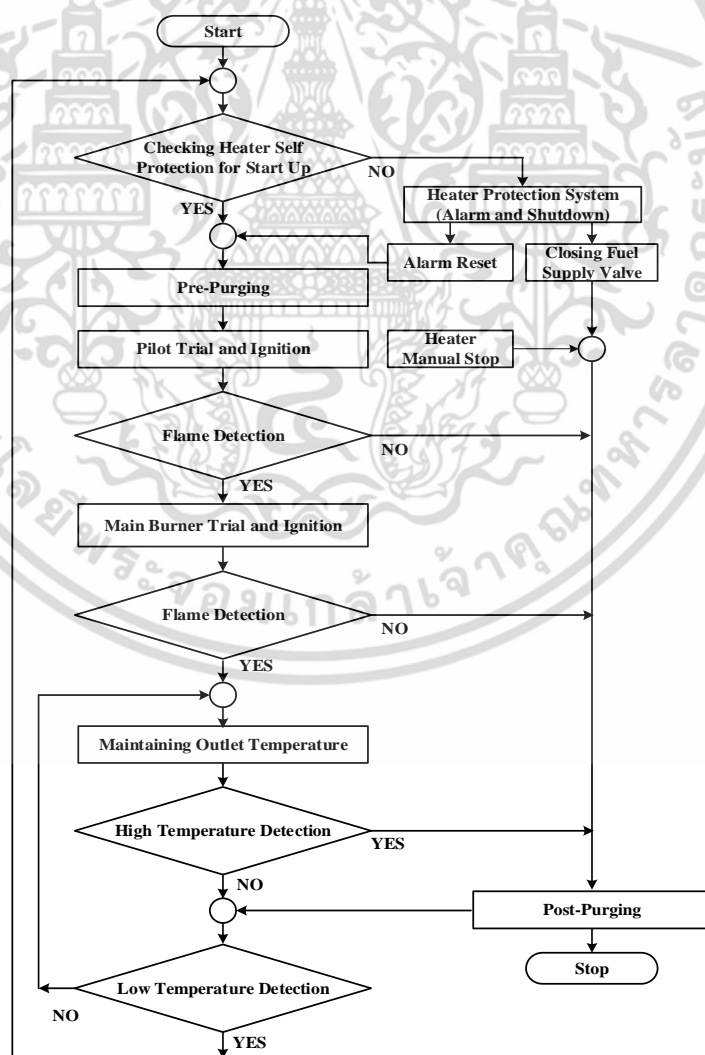
Address	Input/Output	Comment
0.00	Input	Blower Run
0.01	Input	Blower Over Load
0.02	Input	Temp HH
0.03	Input	Flame Detector
0.04	Input	Oil Diff Press. L
0.05	Input	Boiler Start PB.
0.06	Input	Boiler Stop PB.
0.07	Input	Boiler Reset PB.
0.08	Input	Emergency Stop
0.09	Input	Buzzer Stop PB.
0.10	Input	Alarm Reset PB.
0.11	Input	Lamp Test PB.
1.00	Input	Pre Purge Abnormal
1.01	Input	Oill Flow L
1.02	Input	Feedback 100%
1.03	Input	Feedback 1%
1.04	Input	Temp H
1.05	Input	Temp L
1.06	Input	Blower Auto Select
100.00	Output	Blower Run Auto
100.01	Output	Ignition ON
100.02	Output	Main Fuel SV. Open
100.03	Output	Pilot Fuel SV. Open
100.04	Output	Purging Run Lamp
100.05	Output	Purging Completed Run Lamp
100.06	Output	Pilot Lamp
100.07	Output	Pilot Completed Lamp
101.00	Output	Run Lamp
101.01	Output	Run Completed Lamp
101.02	Output	Post Purge ON Lamp
101.03	Output	Buzzer
101.04	Output	Blower Over Load ANN.
101.05	Output	Emergency Stop ANN.
101.06	Output	Temp HH ANN.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Address	Input/Output	Comment
101.07	Output	Oil Flow L ANN.
102.00	Output	Oil Diff Flow L ANN.
102.01	Output	Flame Fail
102.02	Output	Pre Purge Abnormal ANN.
102.03	Output	Start Lamp ON
102.04	Output	Stop Lamp ON
102.05	Output	MV 100%
102.06	Output	MV 1%
102.07	Output	Auto Mode

### 3.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคที่นำเสนอสำหรับกรณีศึกษา

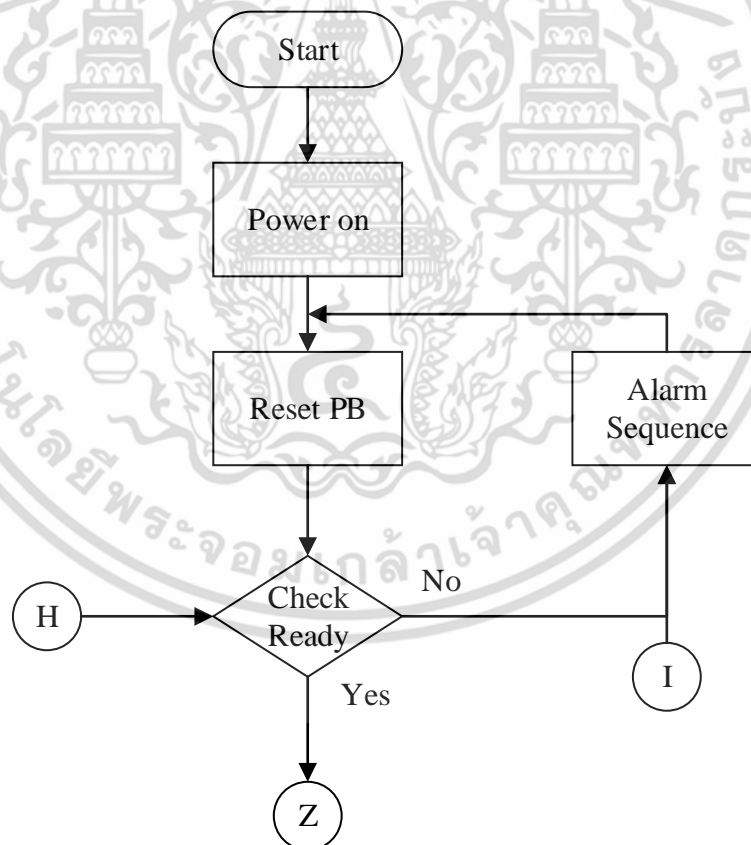


รูปที่ 3.4 แผนผังลำดับการทำงานของกรควบคุมหัวเผาโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

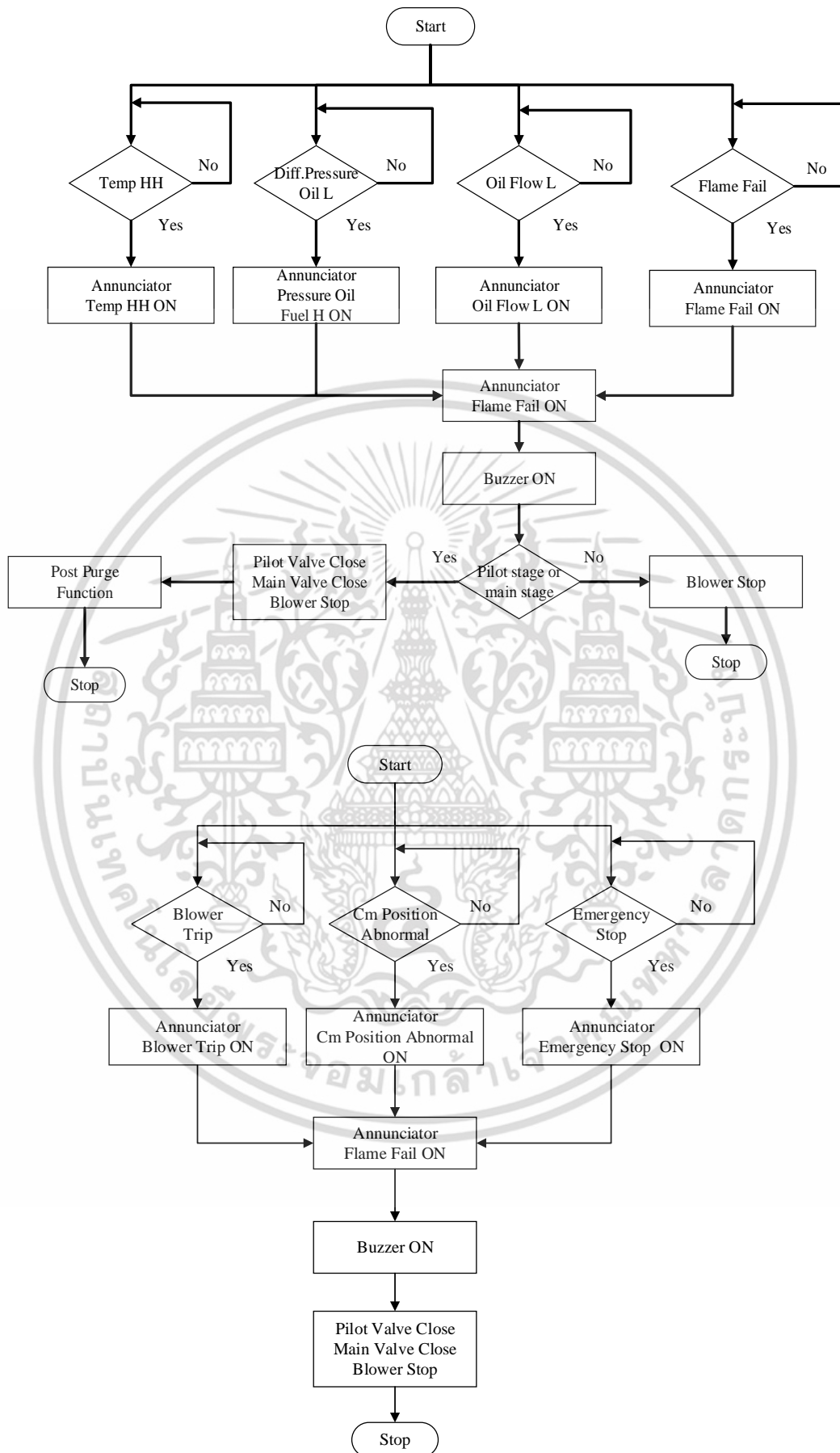
จากแนวคิดของเทคนิคในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีที่นำเสนอด้รูปที่ 3.2 เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ฟังก์ชันหลักของการควบคุมระบบหัวเผาในรูปที่ 3.3 ควรคำนึงถึงความปลอดภัยในการเริ่มทำงาน การดำเนินงาน และการหยุดทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ซึ่งนำมาเขียนเป็นแผนผังลำดับการทำงาน (Flow Chart) ได้ดังรูปที่ 3.4 และจากแผนผังลำดับการทำงานนี้สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 8 ขั้นตอน เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจและการเขียนโปรแกรม ซึ่งการควบคุมหัวเผาส่วนใหญ่จะมีการควบคุมที่เหมือน ๆ กันในการดำเนินงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความปลอดภัย พีแอลซีจะตรวจสอบความปลอดภัยก่อนเริ่มการทำงานเสมอ ถ้ามี Interlock เกิดขึ้นก็จะไม่สามารถเริ่มงานได้ Interlock ทั้งหมดจะต้องถูกกำหนดเป็นเงื่อนไขในโปรแกรมพีแอลซี เพื่อให้พีแอลซีได้ตรวจสอบความผิดปกติ พีแอลซีจะตรวจสอบความปลอดภัยตลอดเวลาไม่ใช่เฉพาะแค่เวลาก่อนเริ่มงานเท่านั้น แต่จะรวมไปถึงระหว่างการทำงานและการหยุดทำงาน เมื่อมี Interlock เกิดขึ้น ก็จะมีสัญญาณเตือนภัยดังขึ้นและมีไฟกระพริบแสดงถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากอะไร จากนั้นเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนจะหยุดการดำเนินงาน หากเกิดเหตุผิดปกติก่อนที่จะจุดนําร่อง ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องทำในขั้นตอน Post-Purge แต่ถ้าเกิดเหตุผิดปกติหลังจากการจุดนําร่องไปแล้ว จะต้องมีการ Post-Purge ด้วยเพื่อไล่ก๊าซที่เหลือในห้องเผาไหม้



รูปที่ 3.5 แผนผังลำดับการทำงานในการตรวจสอบความปลอดภัย

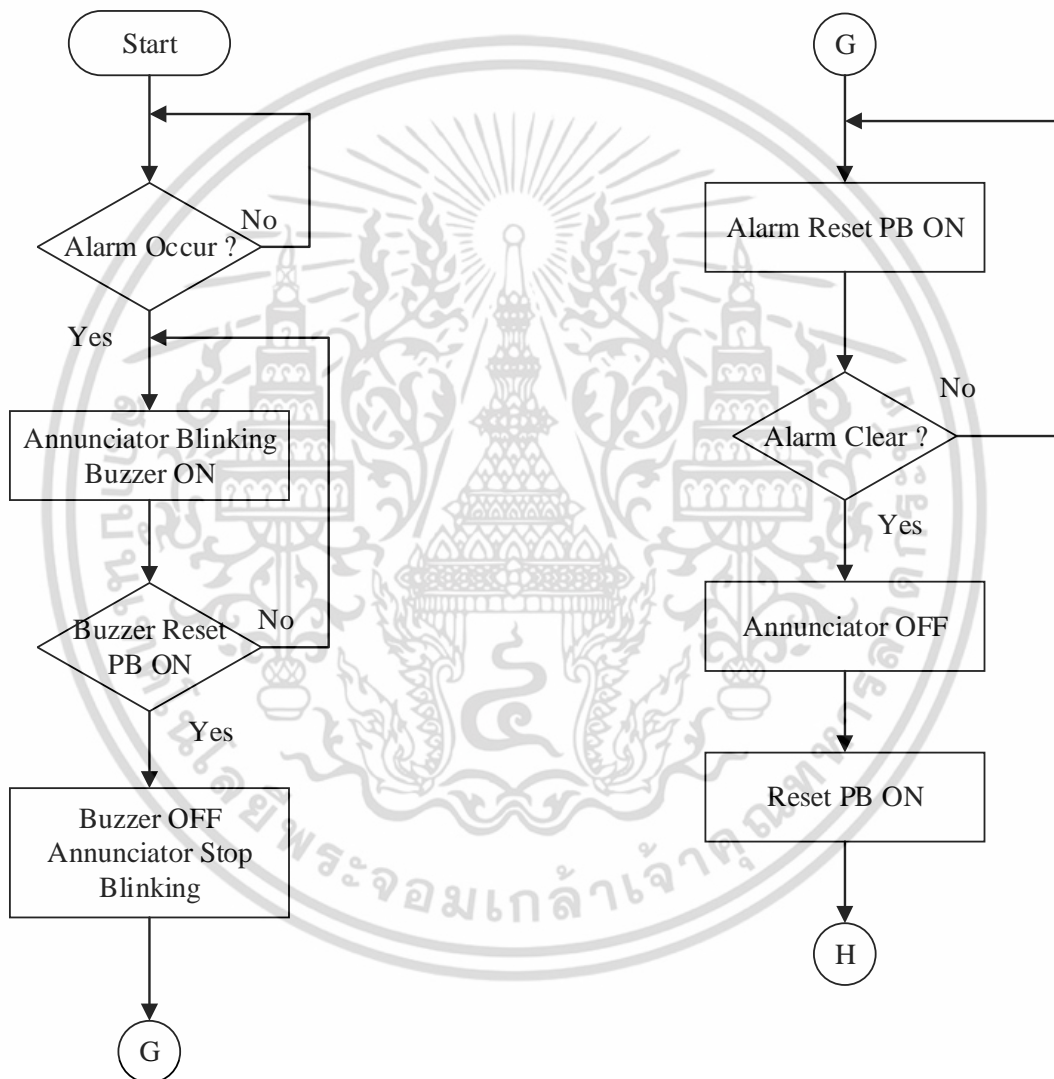
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังลำดับการทำงานการทำงานเมื่อมี Interlock เกิดขึ้น

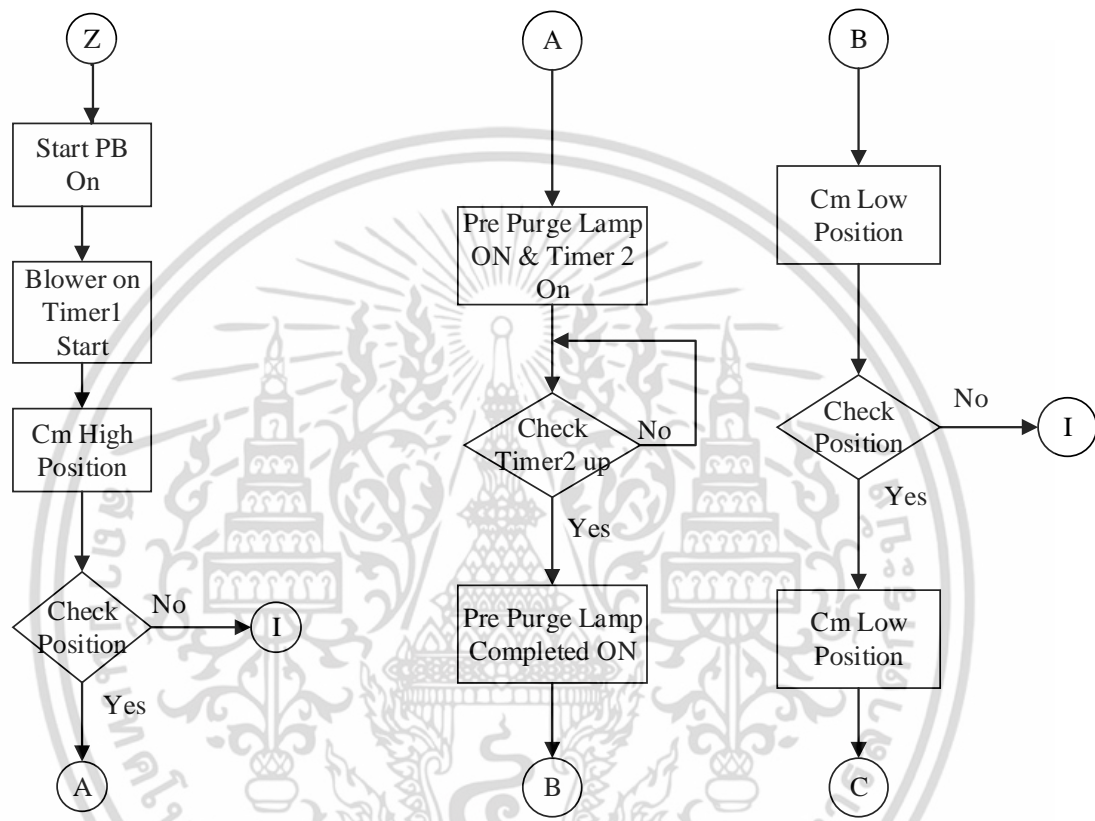
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 Alarm Reset เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น Annunciator จะมีไฟสว่างพร้อมกับมีเสียงเตือนภัย ไฟแอลซีจะแยกแยะสัญญาณว่ามีความผิดปกติมาจากส่วนใดแล้วส่งสัญญาณไป Annunciator ที่มีข้อความเตือนในส่วนที่ผิดปกติและหลอดไฟจะกระพริบในส่วนนั้น เมื่อผู้ดำเนินงาน กดปุ่ม Buzzer Stop การกระพริบก็จะเปลี่ยนเป็นสว่างค้างอยู่จนกว่าจะกด Alarm Reset ถ้าเหตุการณ์ผิดปกติได้รับการแก้ไขแล้ว ไฟที่ Annunciator ก็จะหายไปแต่ ถ้าเหตุการณ์ผิดปกติยังไม่ได้ รับการแก้ไข หลอดไฟที่ Annunciator ก็ยังสว่างอยู่ เมื่อเหตุการณ์ผิดปกติได้รับการแก้ไขแล้ว จะต้องกดปุ่ม Reset จึงสามารถเริ่มการทำงานต่อไปได้



รูปที่ 3.7 แผนผังลำดับการทำงานของเครื่องรีเซ็ต Interlock

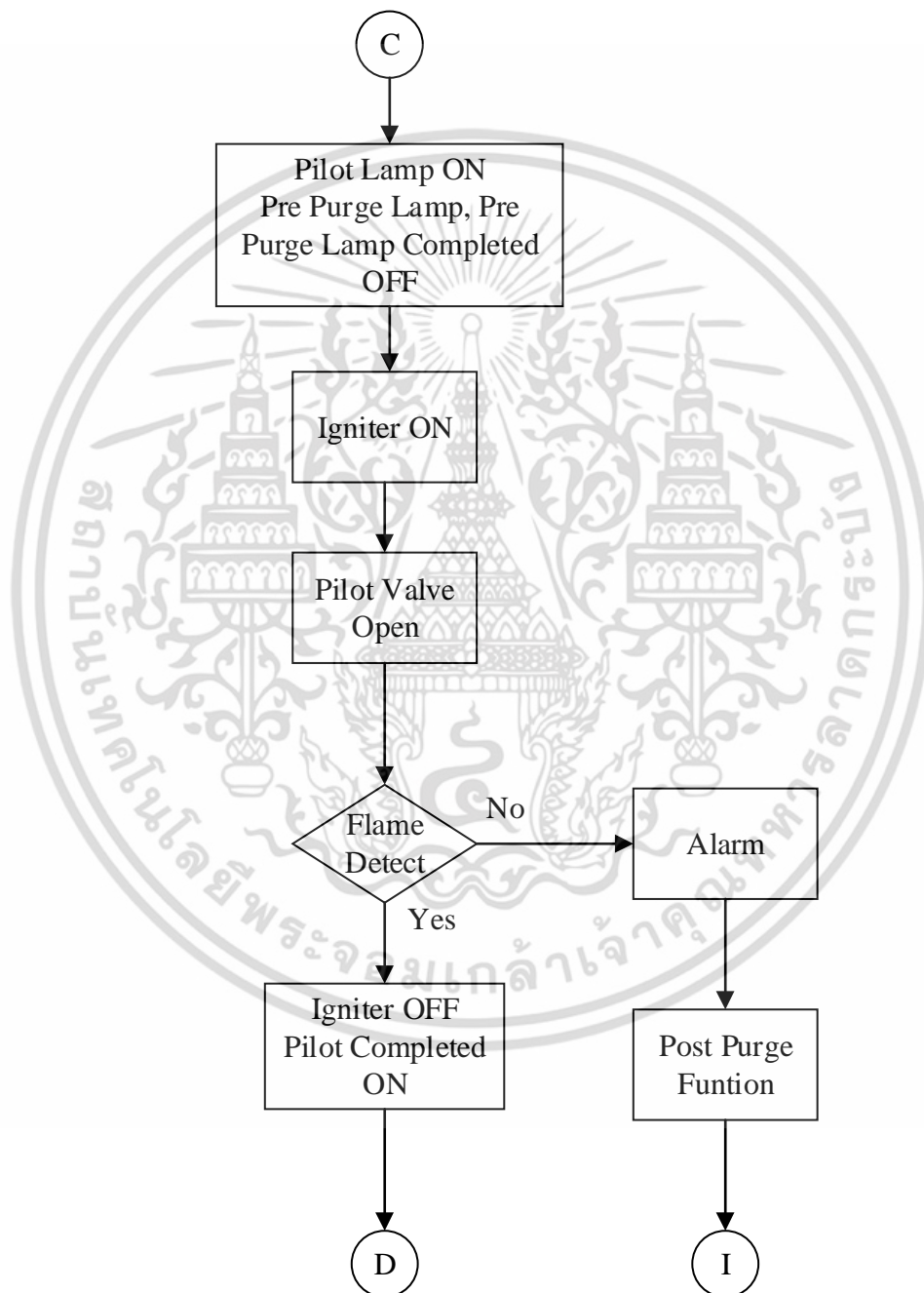
ขั้นที่ 3 Pre-Purging เมื่อไม่มีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น ก็จะสามารถเริ่มงานได้โดยกดปุ่ม Start โดยที่ Blower จะเริ่มทำงานโดย Control Motor จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ High Position เพื่อเปิดช่องลม (ไล่อากาศที่ค้างอยู่ในห้องเผาไหม้) และในขณะเดียวกัน Pre Purge Lamp ที่หน้าตู้คอนโทรลจะสว่าง และ Timer จะเริ่มนับเวลาโดยระยะเวลาที่กำหนดไว้สำหรับ Timer ความยาวนานของเวลาจะขึ้นอยู่กับขนาดของห้องเผาไหม้ เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วหลอดไฟ Pre Purge Completed Lamp จะสว่างนอกจากนี้ Control Motor จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ Low Position



รูปที่ 3.8 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Pre-purging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

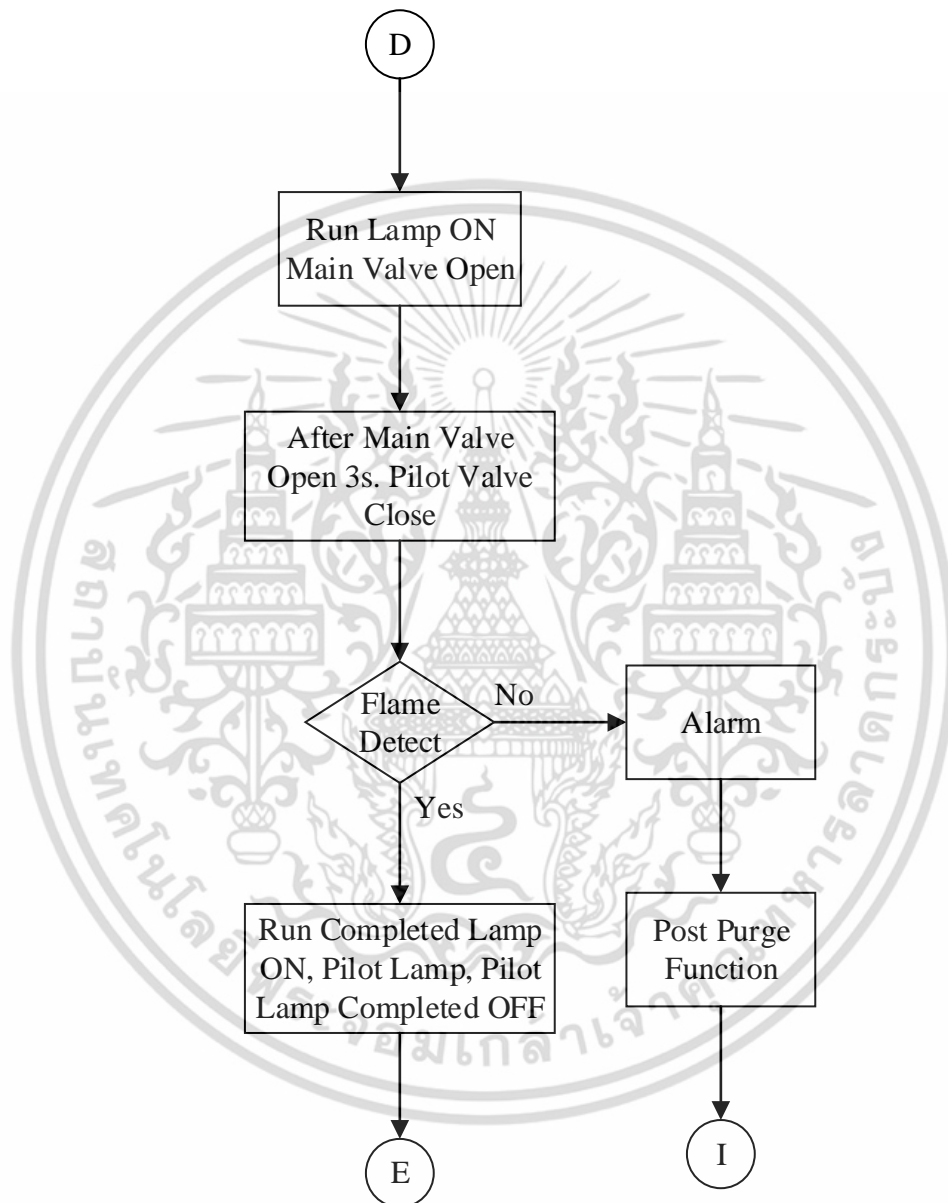
ขั้นที่ 4 Ignite Pilot หลังจากที่ Control Motor เคลื่อนที่ไปอยู่ที่ Low Position หลอดไฟ Pre Purge Lamp จะสว่าง และหลอดไฟ Pre Purge Completed Lamp จะดับ ตัวสปาร์คจะทำงาน (Igniter ON) จากนั้นเปิด Pilot Valve เพื่อทำการจุดนำร่องโดยมีการจับเวลาโดยใช้ Timer เพื่อตรวจสอบว่าจุดสำเร็จหรือไม่ โดยที่เวลาที่ใช้ในการกำหนดค่าสำหรับ Timer นี้ไม่ควรเกิน 10 วินาที ถ้าจุดนำร่องสำเร็จ (จะเกิดเปลวไฟเล็ก ๆ ขึ้น) ตัวสปาร์คจะหยุดทำงาน (Igniter OFF) Pilot Completed Lamp จะสว่างขึ้น



รูปที่ 3.9 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Ignite Pilot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

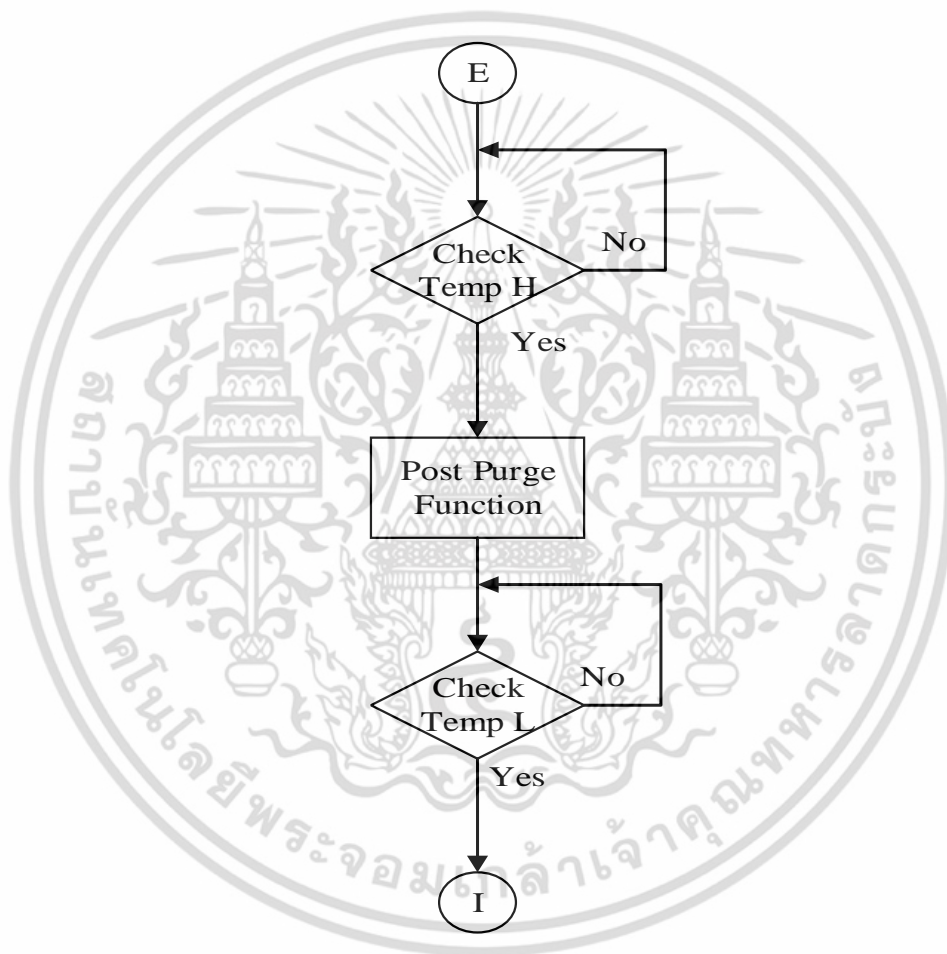
ขั้นที่ 5 Light Burner เมื่อจุดนําร่องเสร็จเรียบร้อยแล้วหลอดไฟ Run Lamp จะสว่าง พร้อมทั้งทำการเปิด Main Valve เพื่อจ่ายเชื้อเพลิงหลักให้เกิดการลุกไหม้ด้วยเปลวไฟที่จุดนําร่องไว้ ส่วน Pilot Valve จะปิด (Main Valve กับ Pilot Valve จะเปิดพร้อมกันแค่ 3-5 วินาที) ในกรณีที่จุดสำเร็จหลอดไฟ Run Completed Lamp จะสว่าง ส่วนหลอดไฟ Pilot Lamp และหลอดไฟ Pilot Completed Lamp จะดับ



รูปที่ 3.10 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Light Burner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

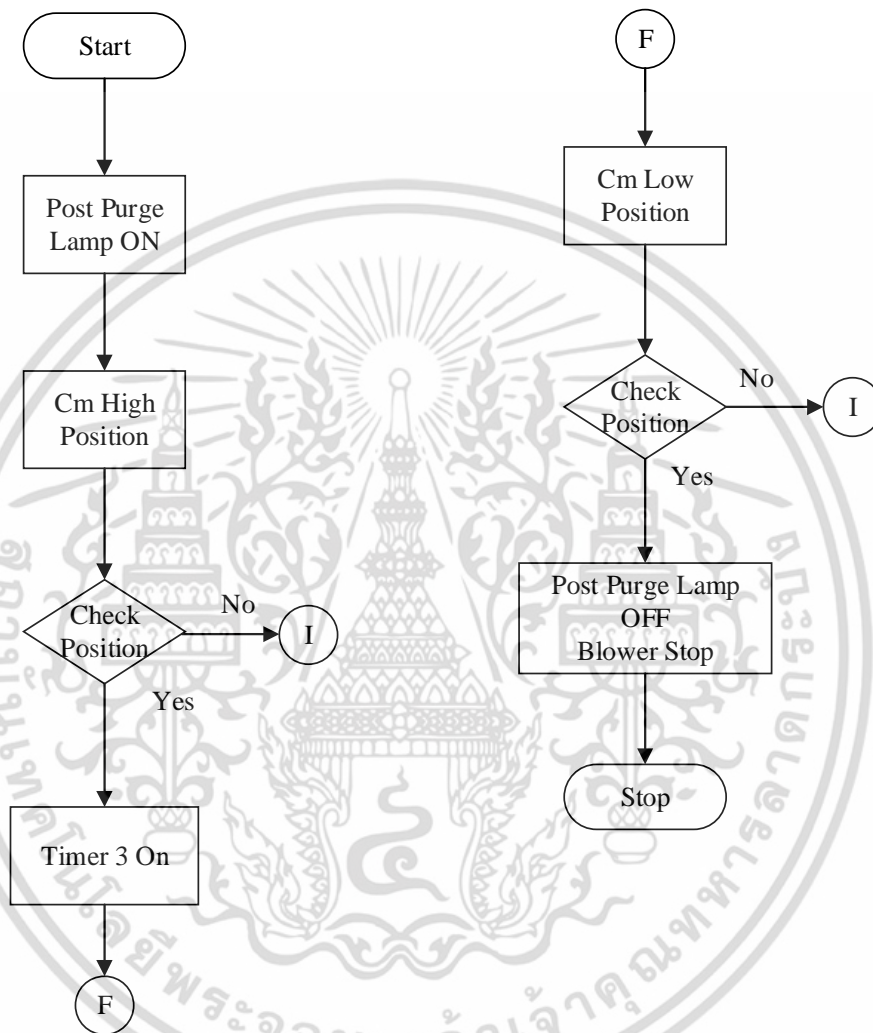
ขั้นที่ 6 Maintain Outlet Temperature เมื่อหลอดไฟ Run Completed Lamp สว่างเรียบร้อยแล้ว Temp Controller จะยังคงเป็น Manual Mode อยู่จะรอจนกว่าเปลวไฟจะนิ่งคงที่เสียก่อน (จะใช้เวลาประมาณ 30-60 วินาที) แล้วจะเปลี่ยนเข้าสู่ Auto Mode และ Controller จะเป็นตัวควบคุมให้ Control Motor มีการเปิดหรือปิดเพื่อควบคุมอัตราส่วนเชื้อเพลิงกับอากาศที่จะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่อเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนมีอุณหภูมิสูง (Temp H) Controller จะส่งสัญญาณมาให้กับโปรแกรมข้ามไปยัง Post Purge เมื่อ Post Purge ทำงานเรียบร้อยแล้วก็จะรอจนกว่าอุณหภูมิต่ำ (Temp L) เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ก็จะทำงานอัตโนมัติอีกครั้ง โดยเริ่มจากขั้นที่ 1 (ไม่จำเป็นต้องกดปุ่ม Reset)



รูปที่ 3.11 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Maintain Outlet Temperature

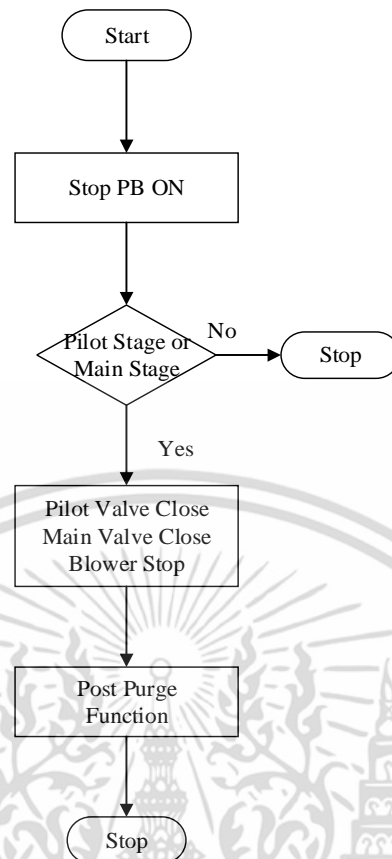
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 7 Post-Purging เป็นการไล่อากาศที่ค้างอยู่ในห้องเผาไหม้ ในกรณีที่กำเนิดน้ำมันร้อนหยุดการทำงานซึ่งการทำงานของขั้นที่ 7 นี้เริ่มจากการปิด Valve เชื้อเพลิงทั้งหมดและ Post Purge Lamp ส่องสว่าง ส่วน Control Motor จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ High Position เพื่อเปิดช่องลมและ Timer จะนับเวลา เมื่อ Timer Up หลอดไฟที่ส่องสว่างของ Post Purge Lamp จะดับ และ Control Motor จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ Low Position



รูปที่ 3.12 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Post-Purging

ขั้นที่ 8 Heater Manual Stop ขั้นนี้เป็นการหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนโดยผู้ดำเนินงาน (Operater) ซึ่งสามารถทำได้ในทุก ๆ ขั้นโดยเริ่มจากผู้ดำเนินงานกดปุ่ม Stop และโปรแกรมจะเช็คกับผู้ดำเนินงานกดปุ่ม Stop ก่อนที่เครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนทำงานถึงขั้น Ignite Pilot หรือไม่ ถ้ากดก่อน Blower จะหยุดทำงาน แต่ถ้ากดหลัง ขั้น Ignite Pilot Main Valve และ Pilot Valve ปิด และเข้าสู่ Post-Purging



รูปที่ 3.13 แผนผังลำดับการทำงานในขั้น Heater Manual Stop

จากแผนผังลำดับการทำงานของการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไปและแผนผังลำดับการทำงานในแต่ละขั้นทั้ง 8 ขั้นดังรูปที่ 3.4-3.13 สามารถเขียนโปรแกรมแลคเตอร์ต้นฉบับได้ดังแสดงในภาคผนวก ก. โดยโปรแกรมดังกล่าวนี้พัฒนาโดยผู้เขียน ซึ่งผู้เขียนได้ทำการทดลองในการเขียนโปรแกรมดังกล่าว พร้อมทั้งทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าเวลาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยเวลาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมแลคเตอร์ต้นฉบับทั้ง 3 ครั้งแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยในการเขียนโปรแกรมแลคเตอร์ต้นฉบับ

ครั้งที่	เวลาในการเขียนโปรแกรม(ชม)
1	36
2	32
3	28
ค่าเฉลี่ย	32

จากตารางที่ 3.2 พบว่า ผู้เขียนใช้เวลาเฉลี่ย 32 ชั่วโมงในการเขียนโปรแกรมแลคเตอร์ต้นฉบับสำหรับการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไป

### 3.5 ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ

เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเทคนิคที่ได้นำเสนอ ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการใช้ซ้ำและการตัดแปลงโปรแกรมแลตเตอร์ต้นฉบับ (ในภาคผนวก ก.) ด้วยการเพิ่มอุปกรณ์อินพุตรวมทั้งเงื่อนไขการแจ้งเตือนและการหยุดทำงานในกรณีที่แตกต่างกัน 2 กรณี โดยมีขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ ดังนี้

เมื่อผู้เขียนได้พัฒนาโปรแกรมต้นฉบับและทำการทดสอบโปรแกรมดังกล่าวด้วยโปรแกรม Simulation แล้วผลออกมาถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น จากนั้นส่งโปรแกรมต้นฉบับและโปรแกรม Simulation ของทั้ง 2 กรณีพร้อมกับ Address ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมไปให้กับผู้เข้าร่วมทดสอบ 9 คนซึ่งมีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมที่แตกต่างกัน โดยผู้เข้าร่วมทดสอบนำโปรแกรมต้นฉบับไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณี พร้อมทั้งทดสอบกับโปรแกรม Simulation และมีการบันทึกเวลาตั้งแต่เริ่มเขียนโปรแกรมรวมถึงเวลาในการทดสอบโปรแกรมด้วยโดยใช้แบบฟอร์มการบันทึกผล ดังรูปที่ 3.14

#### แบบฟอร์มการบันทึกผล

1. ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ.....เพศ.....อายุ.....

แผนก.....ตำแหน่ง.....ประสบการณ์การทำงาน.....

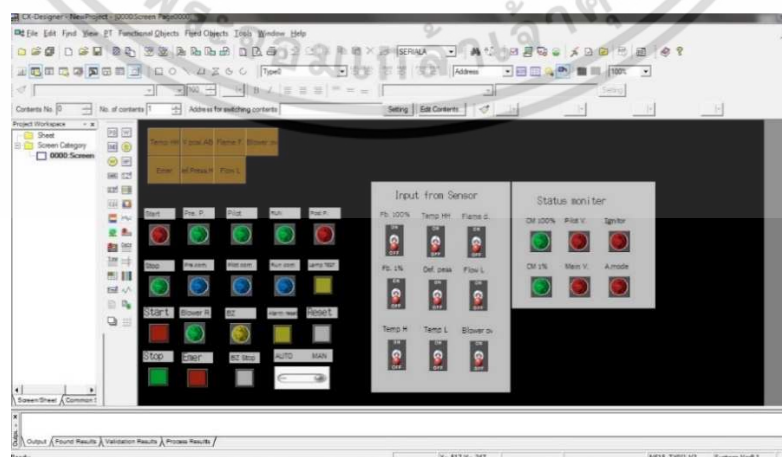
ปี เบอร์โทรศัพท์.....E-Mail.....

2. ผลการทดลอง

กรณีที่ 1 ใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมและทดสอบความถูกต้องโดยโปรแกรม Simulation เป็นเวลา.....ชั่วโมง

กรณีที่ 2 ใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมและทดสอบความถูกต้องโดยโปรแกรม Simulation เป็นเวลา.....ชั่วโมง

รูปที่ 3.14 แบบฟอร์มการบันทึกผล



รูปที่ 3.15 ภาพหน้าจอของโปรแกรม Simulation ที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

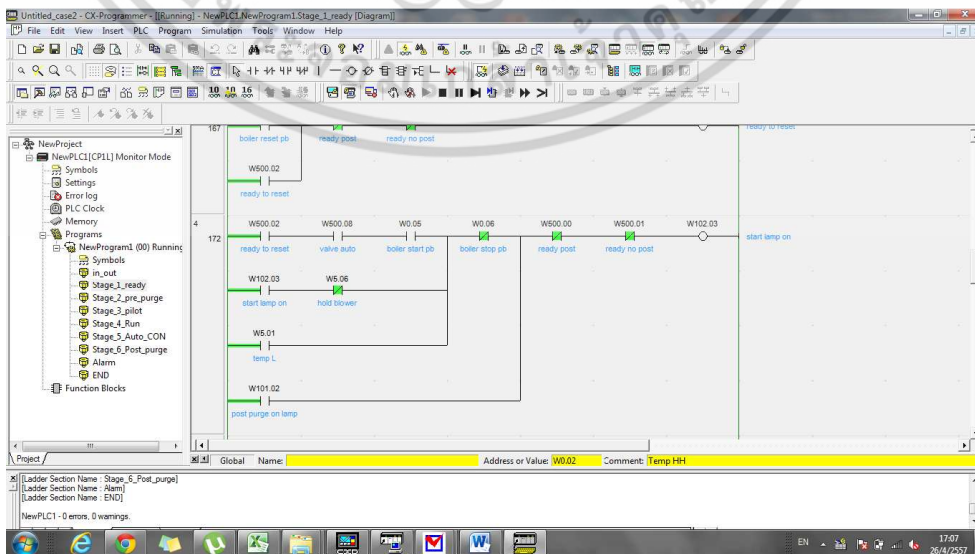
จากรูปที่ 3.15 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Simulation ที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมแลตเตอร์ โดยมีสวิตซ์แทนอินพุตจากเซ็นเซอร์ และหลอดไฟแทนสถานะของเอาต์พุตและแอนนังซิเอเตอร์ โดยเริ่มทดสอบตั้งแต่ขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 8 ตามลำดับ จนมั่นใจว่าได้โปรแกรมที่ถูกต้องสมบูรณ์

หลังจากที่เขียนโปรแกรมและทดสอบโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็นำโปรแกรมที่ได้ไปทดสอบว่าสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมได้จริงหรือไม่ การทดสอบครั้งนี้ทดสอบโดยวิศวกร 9 คนซึ่งเป็นพนักงานของบริษัท เคียวเอะอิ จำกัด โดยวิศวกรแต่ละคนมีประสบการณ์การทำงานต่างกัน การทดสอบครั้งนี้ผู้ร่วมทดสอบจะได้รับไฟล์โปรแกรมต้นฉบับ (ภาคผนวก ก.) แผนผังลำดับการทำงาน (Flow Chart) รวมทั้งเงื่อนไขการทำงานและโปรแกรม Simulation ของกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณี

สำหรับอุปกรณ์และเงื่อนไขที่เพิ่มขึ้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.3 และค่า Address อินพุต/เอาต์พุต ที่ได้กำหนดไว้จะสามารถใช้ได้กับพีแอลซีของบริษัท OMRON รุ่น CP1L-M60DR-A โดยใช้โปรแกรม CX-Programmer ในการเขียนและดีบั๊ก (Debug) โปรแกรมโดยใช้ภาษาแลตเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.16 และใช้โปรแกรม CX-Designer จำลองระบบการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3.15

ตารางที่ 3.3 จำนวนอินพุต/เอาต์พุตและเงื่อนไขที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนของโปรแกรมต้นฉบับ

กรณี	จำนวนอินพุต/เอาต์พุต	เพิ่มเงื่อนไขการแจ้งเตือนและเงื่อนไขในการหยุดทำงาน	
		ขั้นตอนของโปรแกรม	จำนวนเงื่อนไขที่เพิ่ม
1	53 (Input: 23, Output: 30)	1	7
		3	1
		4	1
		6	1
2	57 (Input: 27, Output: 30)	1	8
		4	2
		6	4

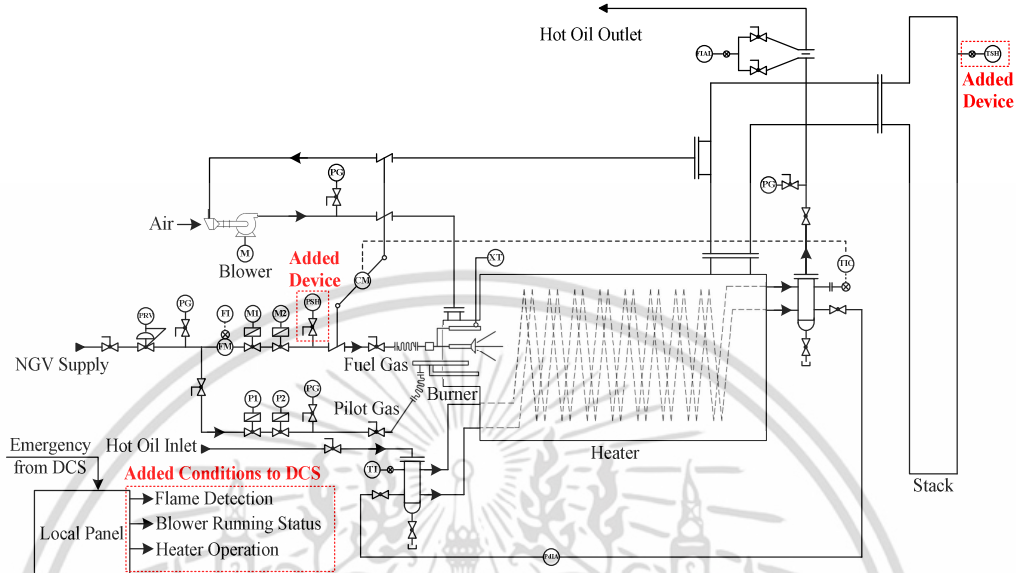


รูปที่ 3.16 ภาพหน้าจอของโปรแกรม CX-Programmer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 ตัวอย่างการใช้ซ้ำและดัดแปลงโปรแกรมต้นฉบับในกรณีที่ 1

รูปที่ 3.17 แสดง P&ID ของการควบคุมหัวเผาที่มีการเพิ่มอุปกรณ์อินพุตและเงื่อนไขการแจ้งเตือนและการหยุดทำงานในกรณีที่ 1 โดยเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนมีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.17 P&ID ของการควบคุมหัวเผาในกรณีที่ 1

จากรูปที่ 3.17 สามารถสรุปอุปกรณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งเงื่อนไขของการแจ้งเตือนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 1 ได้ดังตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 หน้าที่ของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 1

อุปกรณ์	หน้าที่
Pressure Gauge With Alarm (Fuel Pressure HH)	มีไว้สำหรับตรวจสอบในกรณีที่ ค่าความดันของเชื้อเพลิงสูงมากเกินไปหรือไม่ ถ้าแรงดันของเชื้อเพลิงสูงมากจะส่งผลเสียคือทำให้ควบคุมอุณหภูมิได้ยากและจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดค่ามลพิษในอากาศมาก
RTD (Stack Temp HH)	มีไว้เพื่อวัดอุณหภูมิของปล่องควัน ในกรณีที่เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำมันเสียหาย เช่นเซ็นเซอร์จาก Stack Temp จะทำงานแทน (เฉพาะในกรณีที่เกิด Interlock เท่านั้นจะไม่เกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิของน้ำมัน)
Oil Diff.Press HH (ในกรณีนี้ จะใช้เซ็นเซอร์ตัวเดียวกับ Oil Diff.Press L)	มีไว้เพื่อตรวจสอบว่าน้ำมันร้อนมีการอุดตันในท่อหรือไม่
Emergency from DCS	มีไว้สำหรับเกิดกรณีฉุกเฉินที่จำเป็นต้องหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนแต่ไม่มีผู้ดำเนินงานอยู่ที่หน้าเครื่อง ก็สามารถสั่งหยุดได้จาก DCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 เงื่อนไขของการแจ้งเตือนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 1

การแจ้งเตือน	เงื่อนไข
Fuel Pressure HH ANN.	เกิดขึ้นเมื่อค่าความดันของเชื้อเพลิงสูงเกินไป
Stack Temp HH ANN.	เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของปล่องควันสูงเกินไป
Oil Diff.Press HH ANN.	เกิดขึ้นเมื่อที่น้ำมันร้อนมีการอุดตัน
Heater Run Status DCS.	เกิดขึ้นเมื่อเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนทำงาน
Blower Run Status	เกิดขึ้นเมื่อBlower เริ่มทำงาน
Flame Detector to DCS.	เกิดขึ้นเมื่อมีเปลวไฟในห้องเผาไหม้ของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน

ตารางที่ 3.6 Address ที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 1

Address	Input/Output	Comment
1.07	Input	Fuel Pressure HH
1.08	Input	Stack Temp HH
1.09	Input	Oil Diff.Press HH
1.10	Input	Emergency From DCS
103.00	Output	Fuel Pressure HH ANN.
103.01	Output	Stack Temp HH ANN.
103.02	Output	Oil Diff.Press HH ANN.
103.03	Output	Heater Run Status DCS.
103.04	Output	Blower Run Status
103.05	Output	Flame Detector to DCS.

ตารางที่ 3.7 Address ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 1

Address	Input/Output	Comment
0.00	Input	Blower Run
0.01	Input	Blower Over Load
0.02	Input	Temp HH
0.03	Input	Flame Detector
0.04	Input	Oil Diff Press. L
0.05	Input	Boiler Start PB.
0.06	Input	Boiler Stop PB.
0.07	Input	Boiler Reset PB.
0.08	Input	Emergency Stop
0.09	Input	Buzzer Stop PB.
0.10	Input	Alarm Reset PB.
0.11	Input	Lamp Test PB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

Address	Input/Output	Comment
1.00	Input	Pre Purge Abnormal
1.01	Input	Oil Flow L
1.02	Input	Feed Back 100%
1.03	Input	Feed Back 1%
1.04	Input	Temp H
1.05	Input	Temp L
1.06	Input	Blower Auto Select
1.07	Input	Fuel Pressure HH
1.08	Input	Stack Temp HH
1.09	Input	Oil Diff.Press HH
1.10	Input	Emergency From DCS
100.00	Output	Blower Run Auto
100.01	Output	Ignition ON.
100.02	Output	Main Fuel1-2 SV. Open
100.03	Output	Pilot Fuel 1-2 SV. Open
100.04	Output	Purging Run Lamp
100.05	Output	Purging Completed Run Lamp
100.06	Output	Pilot Lamp
100.07	Output	Pilot Completed Lamp
101.00	Output	Run Lamp
101.01	Output	Run Completed Lamp
101.02	Output	Post Purge ON Lamp
101.03	Output	Buzzer
101.04	Output	Blower Over Load ANN.
101.05	Output	Emergency Stop ANN.
101.06	Output	Temp HH ANN.
101.07	Output	Oil Flow L ANN.
102.00	Output	Oil Diff flow L ANN.
102.01	Output	Flame Fail
102.02	Output	Pre Purge Abnormal ANN.
102.03	Output	Start Lamp ON.
102.04	Output	Stop Lamp ON.
102.05	Output	MV 100%
102.06	Output	MV 1%
102.07	Output	Auto Mode

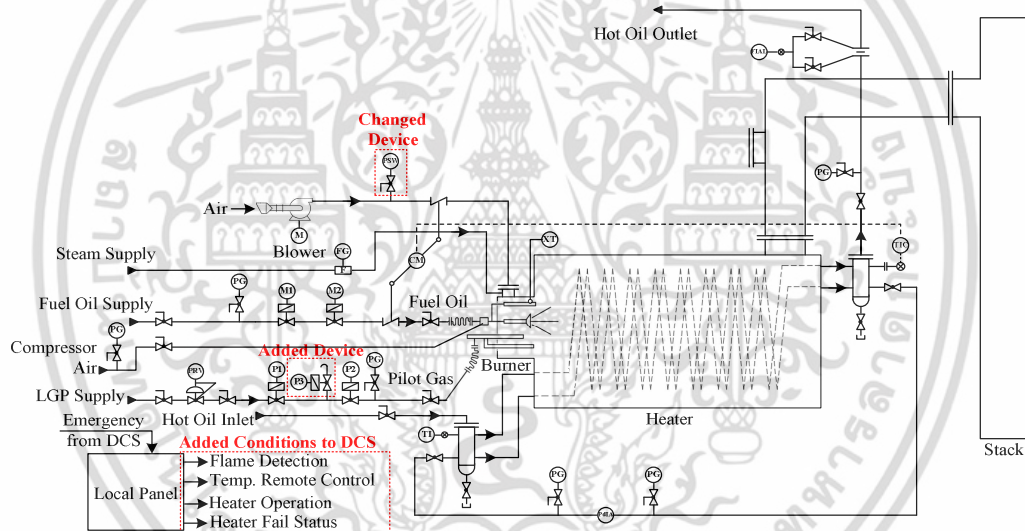
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

Address	Input/Output	Comment
103.00	Output	Fuel Pressure HH ANN.
103.01	Output	Stack Temp HH ANN.
103.02	Output	Oil Diff.Press HH ANN.
103.03	Output	Heater Run Status DCS.
103.04	Output	Blower Run Status
103.05	Output	Flame Detector to DCS.

### 3.5.2 ตัวอย่างการใช้ซ้ำและตัดแปลงโปรแกรมต้นฉบับในกรณีที่ 2

รูปที่ 3.18 แสดง P&ID ของการควบคุมหัวเผาที่มีการเพิ่มอุปกรณ์อินพุตและเงื่อนไขการแจ้งเตือนและการหยุดทำงานในกรณีที่ 2 โดยเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนมีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.18 P&amp;ID ของการควบคุมหัวเผาในกรณีที่ 2

จากรูปที่ 3.18 สามารถสรุปอุปกรณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งเงื่อนไขของการแจ้งเตือนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 2 ได้ดังตารางที่ 3.8 และตารางที่ 3.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 หน้าที่ของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 2

อุปกรณ์	หน้าที่
Pressure Switch (Pressure Switch L)	มีไว้สำหรับตรวจสอบว่า Blower ทำงานปกติหรือไม่
Solenoid Valve (Pilot Fuel 3 SV. Open)	เป็นวาล์วสำหรับระบายก๊าซไม่ให้ค้างอยู่ในท่อ
Remote Set Point From DCS	เมื่อพีแอลซีรับอินพุตนี้เข้ามาจะสามารถตั้งค่า Set Point จาก DCS ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

อุปกรณ์	หน้าที่
Emergency from DCS	มีไว้สำหรับเกิดกรณีฉุกเฉินที่จำเป็นต้องหยุดการทำงานของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนแต่ไม่มีผู้ดำเนินงานอยู่ที่หน้าเครื่องก็สามารถสั่งหยุดได้จาก DCS
Main fuel Valve 1 Auto (New Toggle Switch)	มีไว้สำหรับตรวจสอบสถานะ Toggle switch ว่าอยู่ในสถานะ Auto หรือไม่ ถ้า Toggle switch ไม่อยู่ในสถานะ Auto จะไม่สามารถดำเนินงานได้
Main Fuel Valve 2 Auto (New Toggle Switch)	มีไว้สำหรับตรวจสอบสถานะ Toggle switch ว่าอยู่ในสถานะ Auto หรือไม่ ถ้า Toggle switch ไม่อยู่ในสถานะ Auto จะไม่สามารถดำเนินงานได้
Pilot LPG Valve 1 Auto (New Toggle Switch)	มีไว้สำหรับตรวจสอบสถานะ Toggle switch ว่าอยู่ในสถานะ Auto หรือไม่ ถ้า Toggle switch ไม่อยู่ในสถานะ Auto จะไม่สามารถดำเนินงานได้
Pilot LPG Valve 2 Auto (New Toggle Switch)	มีไว้สำหรับตรวจสอบสถานะ Toggle switch ว่าอยู่ในสถานะ Auto หรือไม่ ถ้า Toggle switch ไม่อยู่ในสถานะ Auto จะไม่สามารถดำเนินงานได้
Pilot LPG Valve 3 Auto (New Toggle Switch)	มีไว้สำหรับตรวจสอบสถานะ Toggle switch ว่าอยู่ในสถานะ Auto หรือไม่ ถ้า Toggle switch ไม่อยู่ในสถานะ Auto จะไม่สามารถดำเนินงานได้
Remote Set Point to DCS	เมื่อพีแอลซีรับสัญญาณอินพุตมาจาก Remote Set Point From DCS แล้วพีแอลซีก็จะส่งสัญญาณไปที่ DCS เพื่อบอกว่าพร้อมที่จะรับสัญญาณจาก DCS

ตารางที่ 3.9 เงื่อนไขของการแจ้งเตือนที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่ 2

การแจ้งเตือน	เงื่อนไข
Heater Operating to DCS	เกิดขึ้นเมื่อเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนดำเนินงานอยู่
Heater Fail to DCS	เกิดขึ้นเมื่อเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนเกิด Interlock
Flame Detector to DCS	เกิดขึ้นเมื่อมีเปลวไฟในห้องเผาไหม้ของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน
Pressure Switch L ANN.	เกิดขึ้นเมื่อแรงดันของลม Blower ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 Address ที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 2

Address	Input/Output	Comment
1.07	Input	Remote Set Point From DCS
1.08	Input	Emergency From DCS
1.09	Input	Pressure Switch L
1.10	Input	Main Fuel Valve 1 Auto
1.11	Input	Main Fuel Valve 2 Auto
2.00	Input	Pilot LPG Valve 1 Auto
2.01	Input	Pilot LPG Valve 2 Auto
2.02	Input	Pilot LPG Valve 3 Auto
103.00	Output	Pilot Fuel 3 SV. Open
103.01	Output	Pressure Switch L ANN.
103.02	Output	Remote Set Point to DCS
103.03	Output	Heater Operating to DCS
103.04	Output	Heater Fail to DCS
103.05	Output	Flame Detector to DCS.

ตารางที่ 3.11 Address ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 2

Address	Input/Output	Comment
0.00	Input	Blower Run
0.01	Input	Blower Over Load
0.02	Input	Temp HH
0.03	Input	Flame Detector
0.04	Input	Oil Diff Press. L
0.05	Input	Boiler Start PB.
0.06	Input	Boiler Stop PB.
0.07	Input	Boiler Reset PB.
0.08	Input	Emergency Stop
0.09	Input	Buzzer Stop PB.
0.10	Input	Alarm Reset PB.
0.11	Input	Lamp Test PB.
1.00	Input	Pre Purge Abnormal
1.01	Input	Oil Flow L
1.02	Input	Feed Back 100%
1.03	Input	Feed Back 1%
1.04	Input	Temp H
1.05	Input	Temp L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Address	Input/Output	Comment
1.06	Input	Blower Auto Select
1.07	Input	Remote Set Point From DCS
1.08	Input	Emergency From DCS
1.09	Input	Pressure Switch L
1.10	Input	Main Fuel Valve 1 Auto
1.11	Input	Main Fuel Valve 2 Auto
2.00	Input	Pilot LPG Valve 1 Auto
2.01	Input	Pilot LPG Valve 2 Auto
2.02	Input	Pilot LPG Valve 3 Auto
100.00	Output	Blower Run Auto
100.01	Output	Ignition ON
100.02	Output	Main Fuel 1-2 SV. Open
100.03	Output	Pilot Fuel 1-2 SV. Open
100.04	Output	Purging Run Lamp
100.05	Output	Purging Complete Run Lamp
100.06	Output	Pilot Lamp
100.07	Output	Pilot Complete Lamp
101.00	Output	Run Lamp
101.01	Output	Run Complete Lamp
101.02	Output	Post Purge ON Lamp
101.03	Output	Buzzer
101.04	Output	Blower Over Load ANN.
101.05	Output	Emergency Stop ANN.
101.06	Output	Temp HH ANN.
101.07	Output	Oil Flow L ANN.
102.00	Output	Oil Diff Flow L ANN.
102.01	Output	Flame Fail
102.02	Output	Pre Purge Abnormal ANN.
102.03	Output	Start Lamp ON
102.04	Output	Stop Lamp ON
102.05	Output	MV 100%
102.06	Output	MV 1%
102.07	Output	Auto Mode
103.00	Output	Pilot Fuel 3 SV. Open
103.01	Output	Pressure Switch L ann.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Address	Input/Output	Comment
103.02	Output	Remote Set Point to DCS
103.03	Output	Heater Operating to DCS
103.04	Output	Heater Fail to DCS
103.05	Output	Flame Detector to dcs.

### 3.6 ผลการทดลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคการเขียนโปรแกรมแลตเตอร์ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ได้รับความร่วมมือจากวิศวกร 9 คนที่มีประสบการณ์การเขียนโปรแกรมที่ต่างกัน โดยวิศวกรทั้ง 9 คนได้มีการใช้ซ้ำและดัดแปลงโปรแกรมต้นฉบับเพื่อเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมหัวเผาทั้ง 2 กรณี ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อ 3.5.1 และ 3.5.2 ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.12 โดยมีค่าเฉลี่ยในการเขียนโปรแกรมในกรณีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 13.4 ชั่วโมง และ 12.2 ชั่วโมงตามลำดับ

ตารางที่ 3.12 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเขียนโปรแกรมแต่ละกรณี

ลำดับ	ประสบการณ์ทำงาน	ชม.ในการเขียนกรณีที่1 (โดยประมาณ)	ชม.ในการเขียนกรณีที่2 (โดยประมาณ)
1	น้อยกว่า 1 ปี	20	19
2	น้อยกว่า 1 ปี	26	24
3	น้อยกว่า 1 ปี	28	24
4	1-2 ปี	10	9
5	1-2 ปี	12	12
6	1-2 ปี	7	7
7	3-5 ปี	8	6
8	มากกว่า 5 ปี	4	3
9	มากกว่า 5 ปี	6	6
	ค่าเฉลี่ย	13.4	12.2

ตารางที่ 3.12 พบว่าค่าเวลาเฉลี่ยในการเขียนโปรแกรมของทั้ง 2 กรณี เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 3.2 ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 32 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้เทคนิคที่นำเสนอจะใช้เวลาน้อยกว่ากรณีพื้นฐาน ซึ่งในกรณีที่ 1 และ 2 มีเงื่อนไขในการทำงานมากกว่ากรณีพื้นฐาน จากการดำเนินการตามขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของกระบวนการควบคุมหัวเผาสำหรับเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน โดยการเขียนโปรแกรมในกรณีพื้นฐานจะใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมและทดสอบโปรแกรม 32 ชั่วโมง สำหรับกรณีที่ 1 เป็นเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนโดยใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ ใช้เวลา 13.4 ชั่วโมง และกรณีที่ 2 เป็นเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนโดยใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา ใช้เวลา 12.2 ชั่วโมง ดังนั้น การใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมที่นำเสนอสามารถช่วยลดเวลาในการเขียนโปรแกรมให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 4.1 ผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ผู้เขียนได้นำเสนอเทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีอย่างง่ายและมีแบบแผน โดยใช้ภาษาแลดเดอร์เพื่อลดระยะเวลาในการเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเทคนิคที่นำเสนอจึงมีการยกตัวอย่างการดัดแปลงและการใช้ซ้ำโปรแกรมแลดเดอร์ต้นฉบับที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไป ด้วยการเพิ่มอุปกรณ์อินพุตพุตรวมทั้งเงื่อนไขการแจ้งเตือนและการหยุดทำงานในกรณีที่แตกต่างกัน 2 กรณี โดยกรณีที่ 1 เป็นการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ ส่วนกรณีที่ 2 เป็นการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนที่มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา จากผลการทดสอบพบว่าเทคนิคที่นำเสนอทำให้มีการใช้เวลาในการเขียนโปรแกรม PLC น้อยลงจากเดิม แต่ทั้งนี้ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับลำดับการดำเนินงานของโปรแกรมการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน เพื่อนำไปกำหนด Address ของอุปกรณ์และแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นขั้นตอนย่อยแล้วทำการเขียนโปรแกรมตาม Flow Chart หลังจากนั้นทดสอบโปรแกรม ปรับปรุงพัฒนาจนได้โปรแกรมต้นฉบับของการดำเนินงานควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ในกรณีที่ต้องเขียนโปรแกรมควบคุมหัวเผาตามความต้องการของลูกค้าที่แตกต่างกัน แต่หลักการทำงานของ การควบคุมหัวเผานั้นเหมือนกัน ก็สามารถใช้โปรแกรมเดิมที่มีการเขียนโปรแกรมแบบแบ่งออกเป็นช่วง ๆ ได้ และนำความต้องการของลูกค้าเจ้าใหม่มาวิเคราะห์ว่ามีอะไรที่เพิ่มหรือลดในช่วงใดของโปรแกรม หลังจากนั้นลงมือเขียนโปรแกรมเฉพาะช่วงนั้น ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงได้ เพราะไม่จำเป็นต้องไปเขียนใหม่ทั้งหมด

### 4.2 ข้อเสนอแนะ

จากเทคนิคการเขียนโปรแกรมพีแอลซีโดยใช้ภาษาแลดเดอร์อย่างง่ายและมีแบบแผนที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ทำให้ง่ายต่อการใช้ซ้ำและการดัดแปลงโปรแกรมที่มีอยู่รวมทั้งเป็นการลดระยะเวลาในการเขียนโปรแกรม โดยมีการควบคุมหัวเผาของเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อนเป็นกรณีศึกษา ผู้ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเขียนโปรแกรมพีแอลซีในลักษณะอื่น ๆ ได้อีก เช่น Function Block diagram (FBD) หรือ Sequential Function Chart (SFC) เป็นต้น นอกจากนี้ อาจนำเทคนิคในการเขียนโปรแกรมที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้กับการควบคุมกระบวนการอื่น ๆ ที่ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุม

## เอกสารอ้างอิง

- [1] A. J. Crispin, **Programmable Logic Controllers and Their Engineering Applications**, McGraw-Hill, 1997.
- [2] M. Hollender, **Collaborative Process Automation Systems**, ISA, 2010.
- [3] M. B. Younis and G. Frey, **A Formal Method Based Re-Implementation Concept for PLC Programs and Its Application**, IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, pp.1340-1347, 2006.
- [4] E. Estevez, M. Marcos, E. Irisarri, F. Lopez, I. Sarachaga and A. Burgos, **A Novel Approach to Attain the True Reusability of the code between different PLC Programming Tools**, IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, pp.315-322, 2008.
- [5] A. Hanif, M. A. Choudhry and T. Mehmood, **A Systematic Approach to Develop PLC Program for Automation of a Backwash Water Treatment Plant**, 9th International Multitopic Conference, pp.1-6, 2005.
- [6] L. H. Wei, Y. Z. Jian, W. Wu and L. Mou, **The Application of PLC in SBMBR Sewage Treatment Automatic Control of the System**, International Conference on Networking, Sensing and Control, pp.422-426, 2011.
- [7] P. K. Bhowmik and S. K. Dhar, **Boiler Gas Burner Management System Automation Using PLC**, 7<sup>th</sup> International Conference on Electrical and Computer Engineering, pp.925-928, 2012.
- [8] กรมโรงงานอุตสาหกรรม, **คู่มือการใช้งานและดูแลรักษาหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อน**, กรุงเทพฯ, 2553.
- [9] กรมโรงงานอุตสาหกรรม, **คู่มือประกอบการอบรมผู้ควบคุมประจำหม้อน้ำและหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อน**, กรุงเทพฯ
- [10] บริษัทไทยสตีลไมเซอร์วิสเซนต์ซ์ฟลายจำกัด, **คู่มือการใช้หม้อต้มน้ำร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ**, กรุงเทพฯ, 2544.
- [11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **คู่มือการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับหม้อน้ำ**, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2552.
- [12] ศูนย์วิศวกรรมคุณภาพ, **คู่มือการปรับตั้งหัวเผา**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2547.
- [13] รศ.กฤษดา วิเศษธีรานนท์, **การควบคุมซีเควนซ์ และ PLC**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น
- [14] พิศนุรัตน์ เขจร, **PLC กับการควบคุมแบบซีเควนซ์**, พิศนุรัตน์ เขจร, 2556
- [15] บริษัท ออมรอน อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด, **การใช้งาน PLC ระดับ 1**, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2552
- [16] สุเจียร เกียรติสุนทร, **หลักการงานและเทคนิคการประยุกต์ใช้งาน PC/PLC**, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

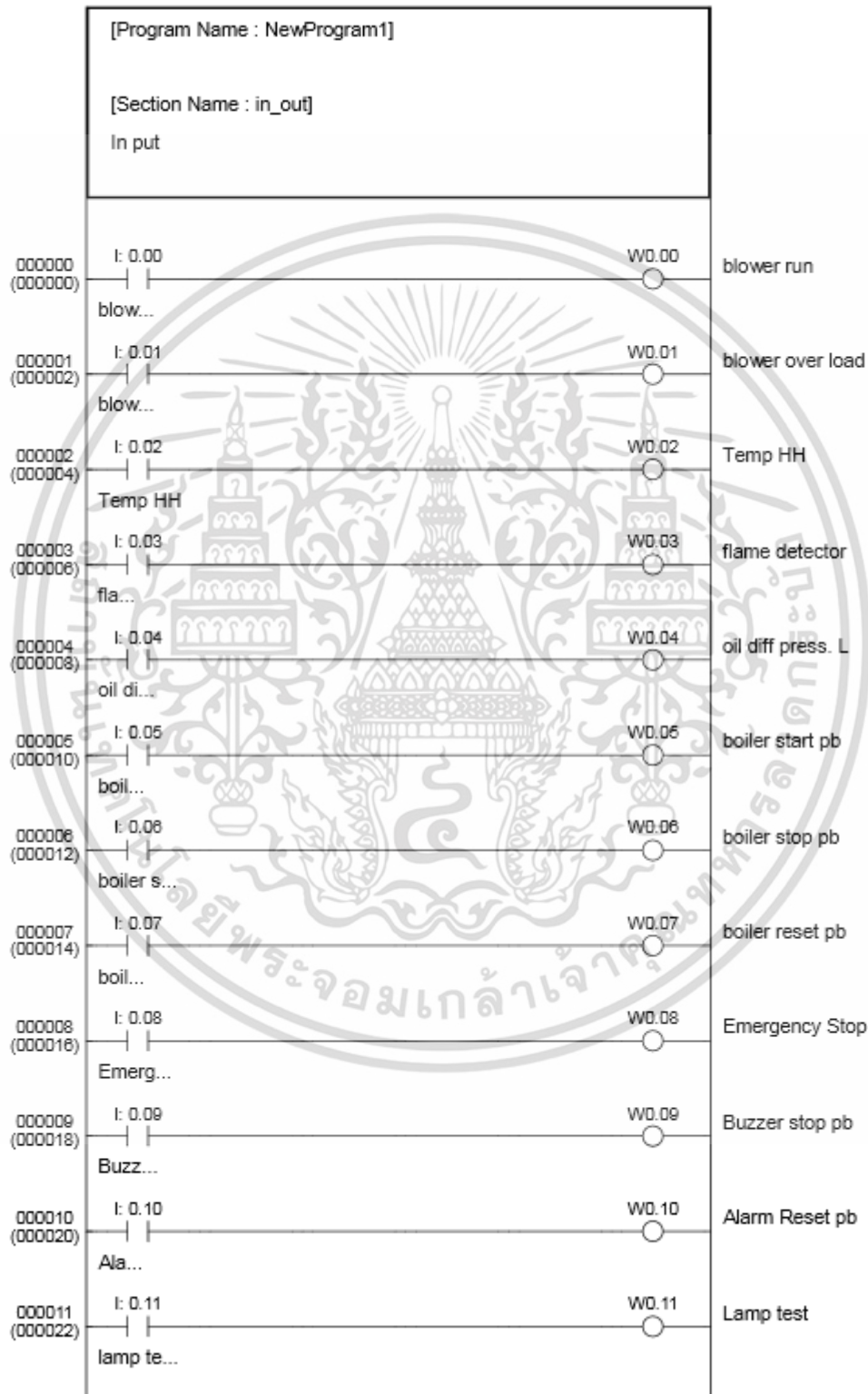


## ภาคผนวก

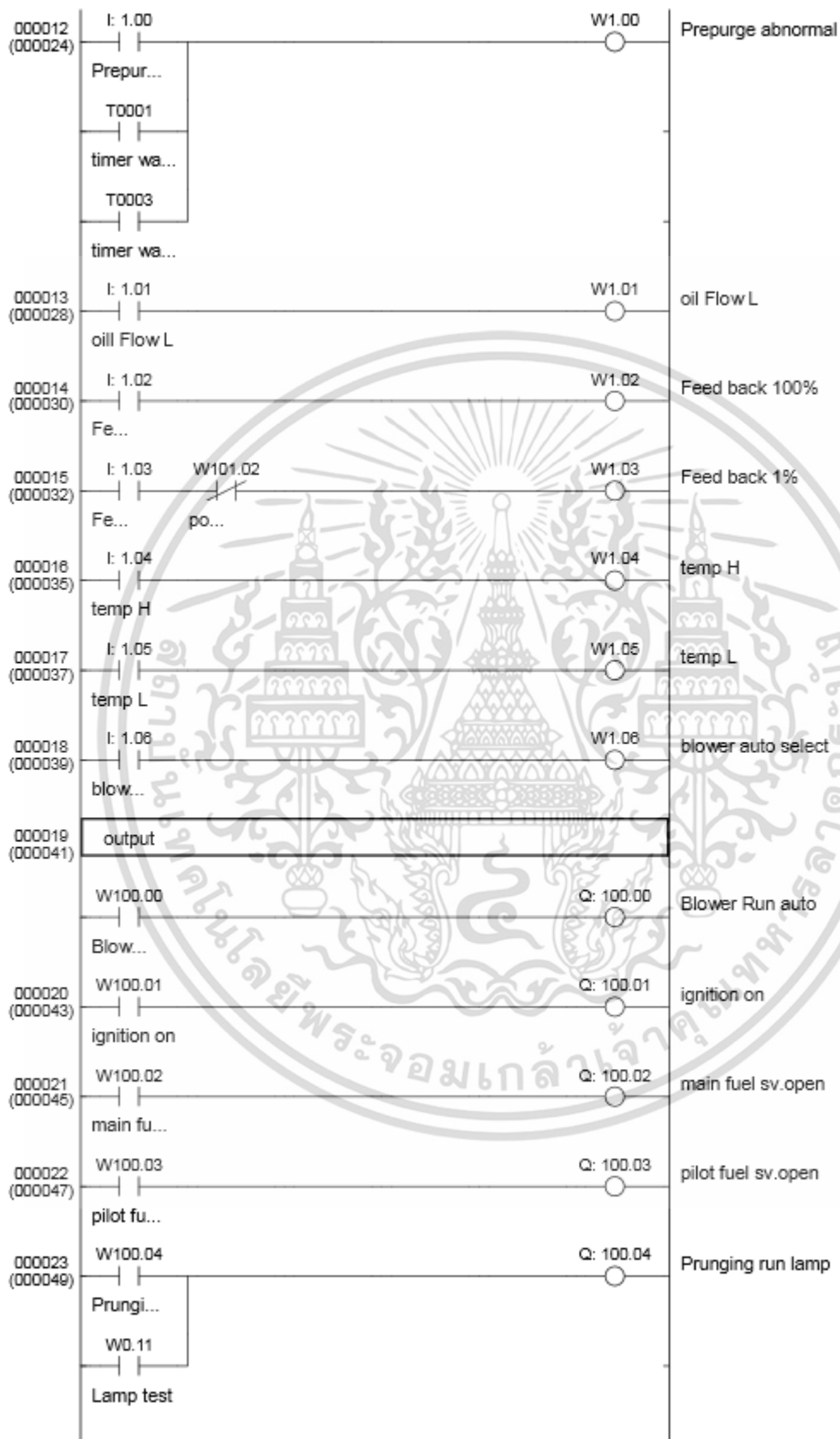
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

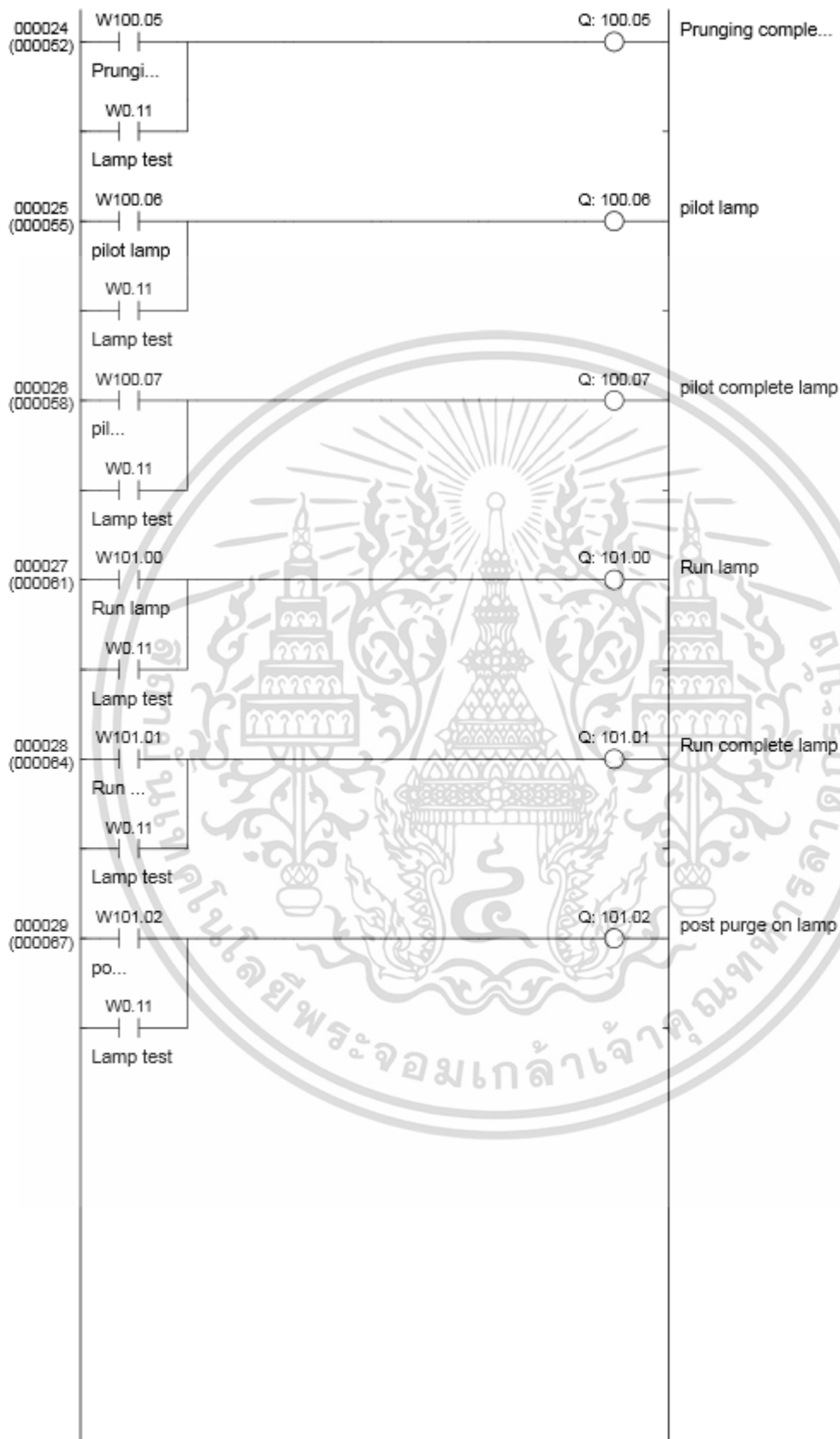
## โปรแกรมแลตเตอร์ต้นฉบับสำหรับการควบคุมหัวเผาโดยทั่วไป



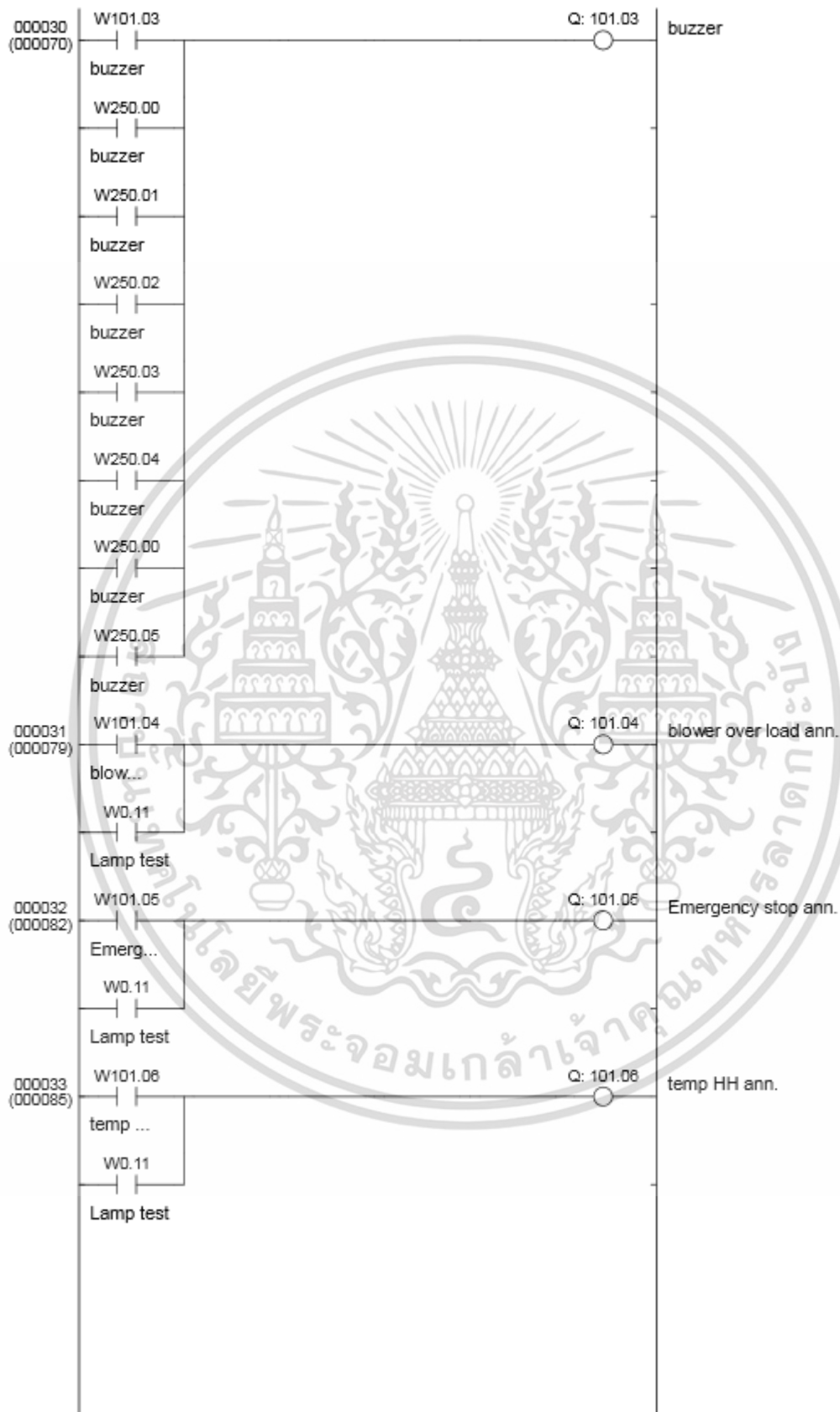
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



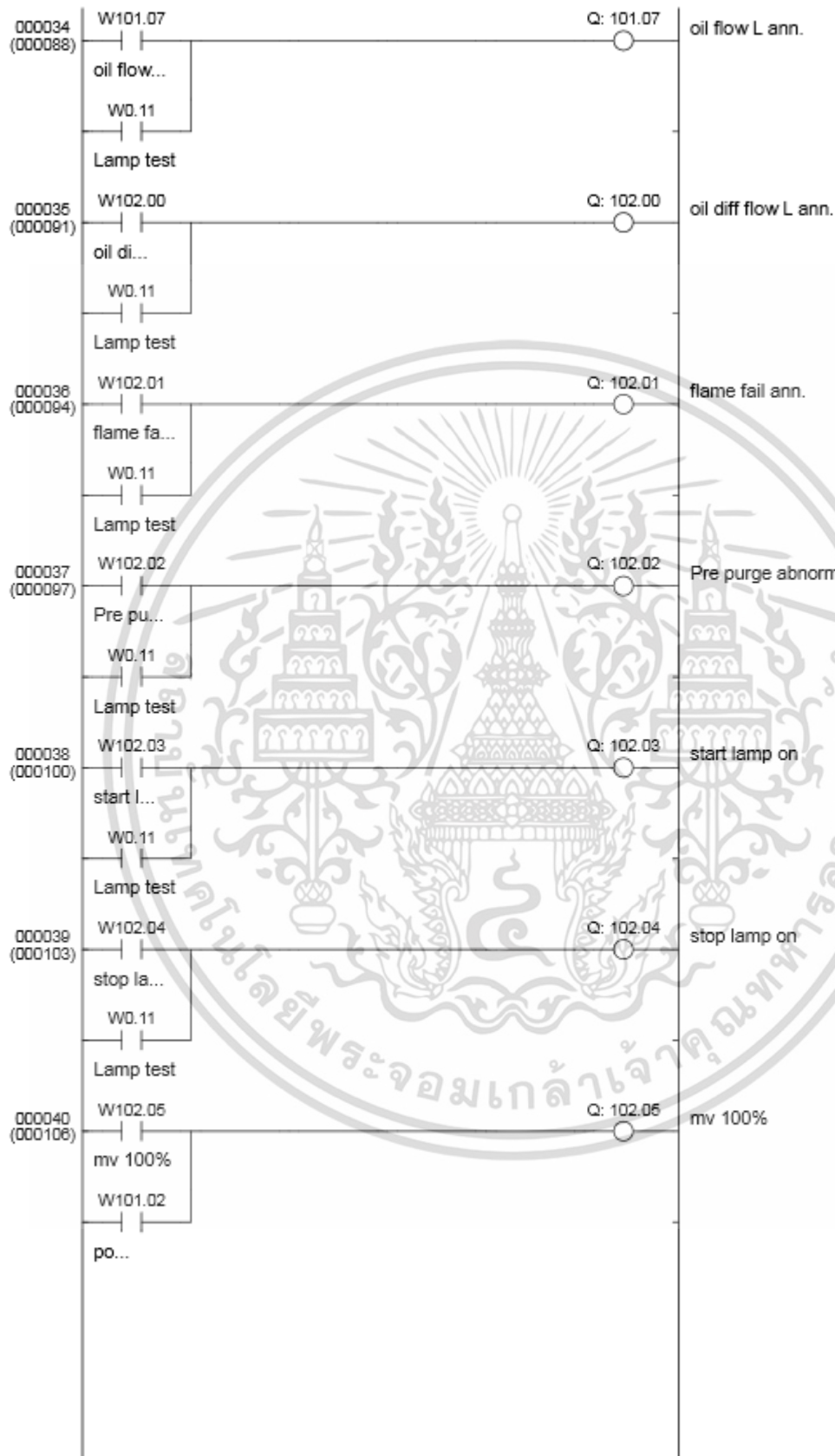
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



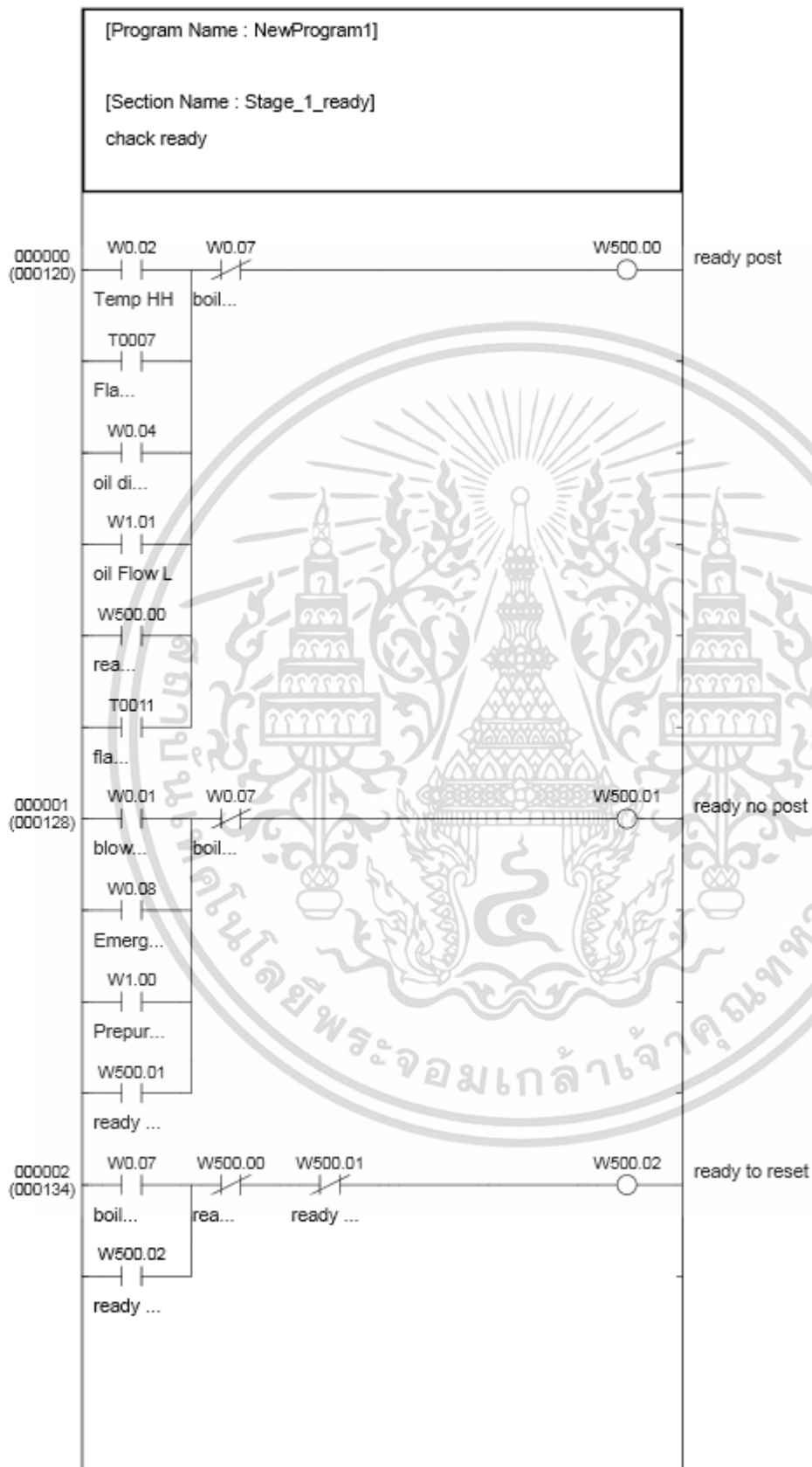
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



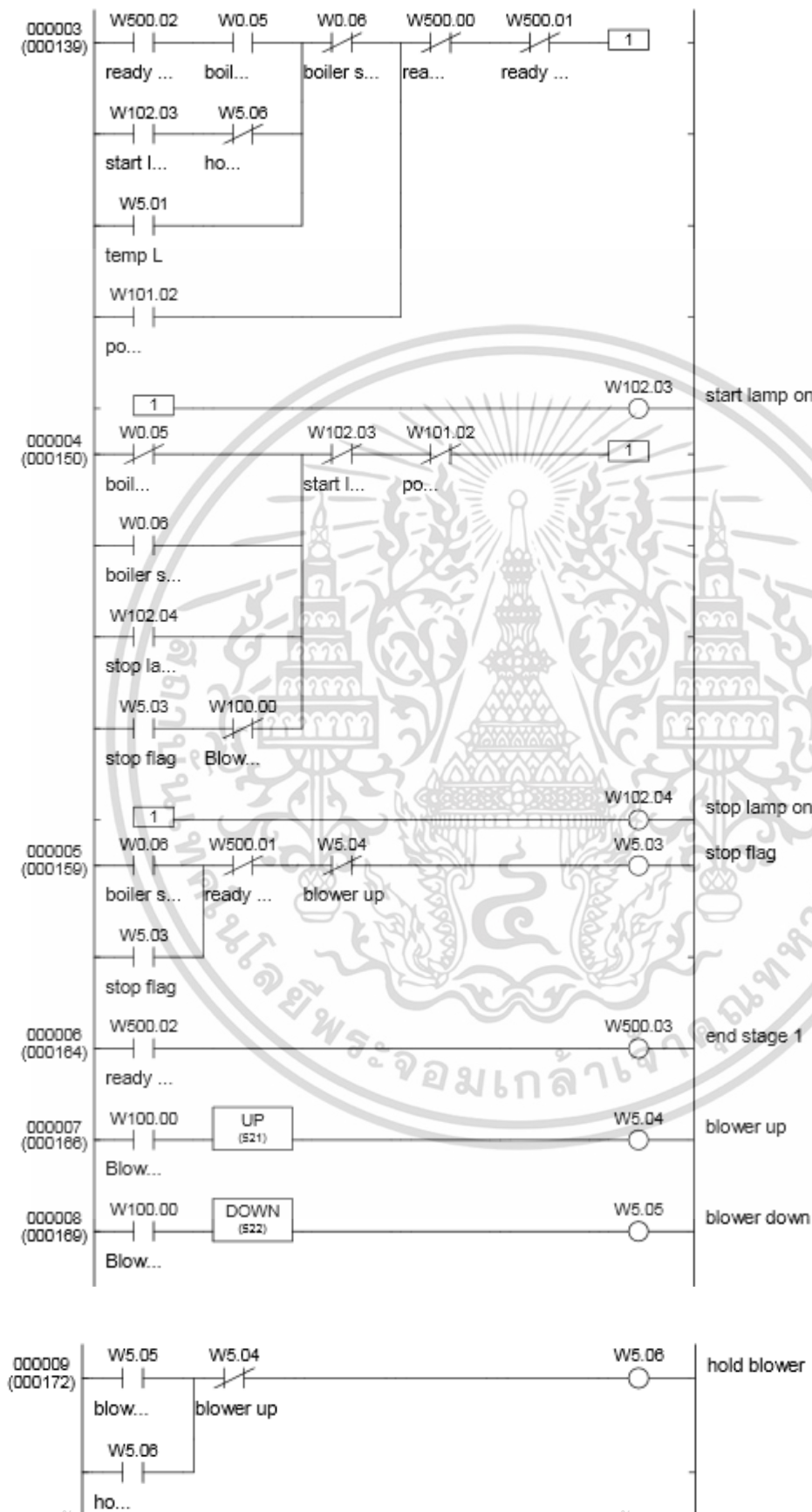
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



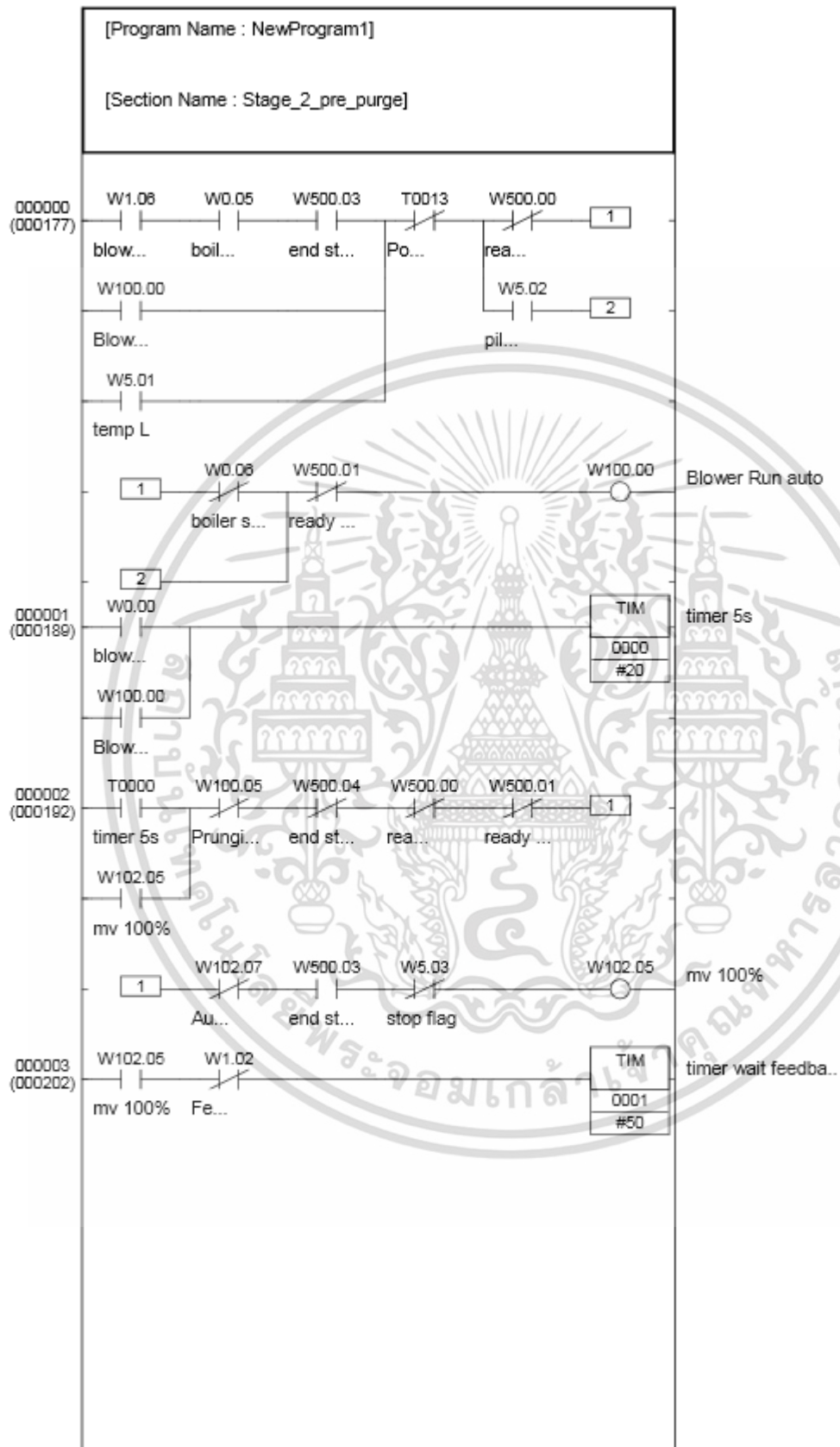
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



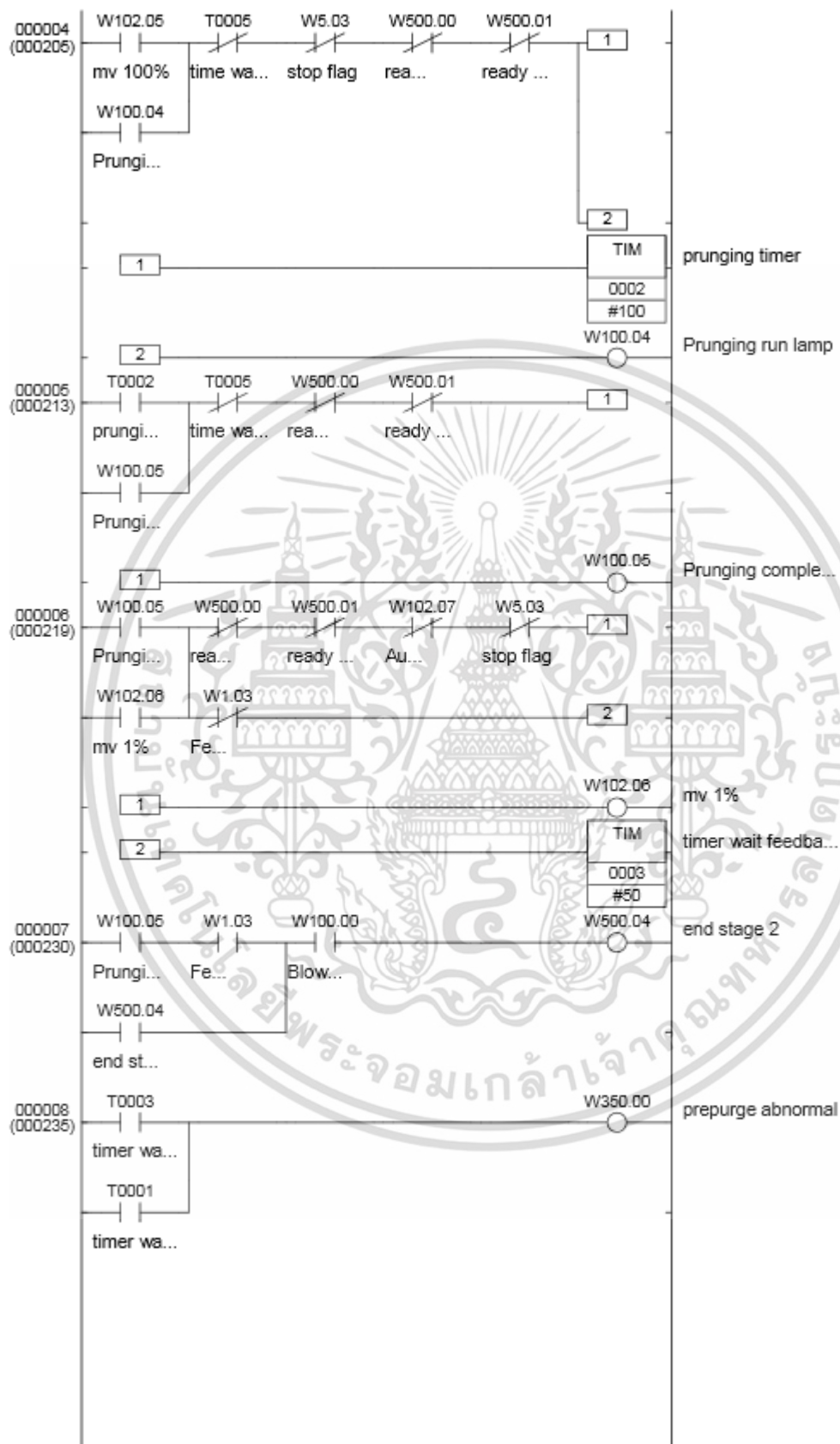
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



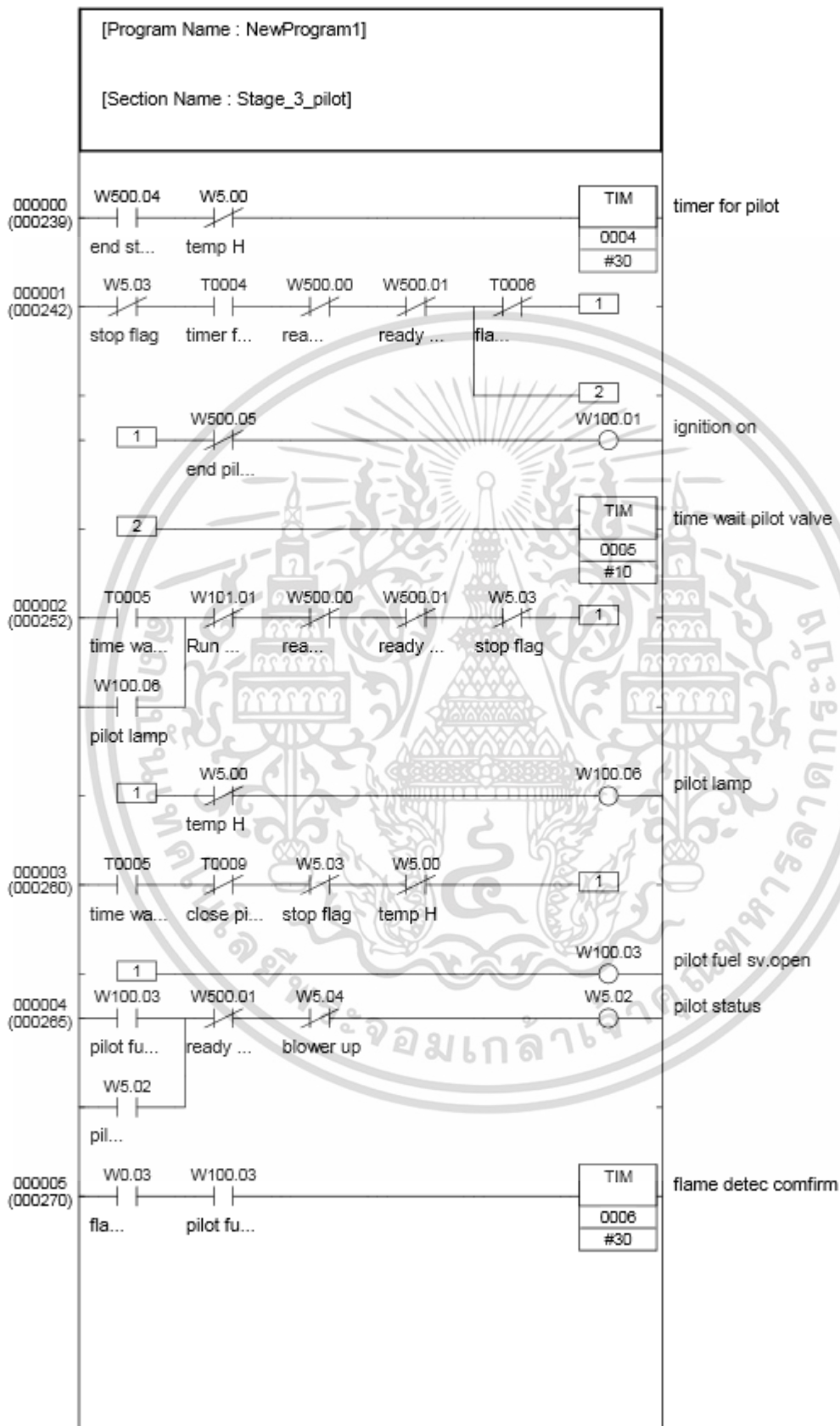
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



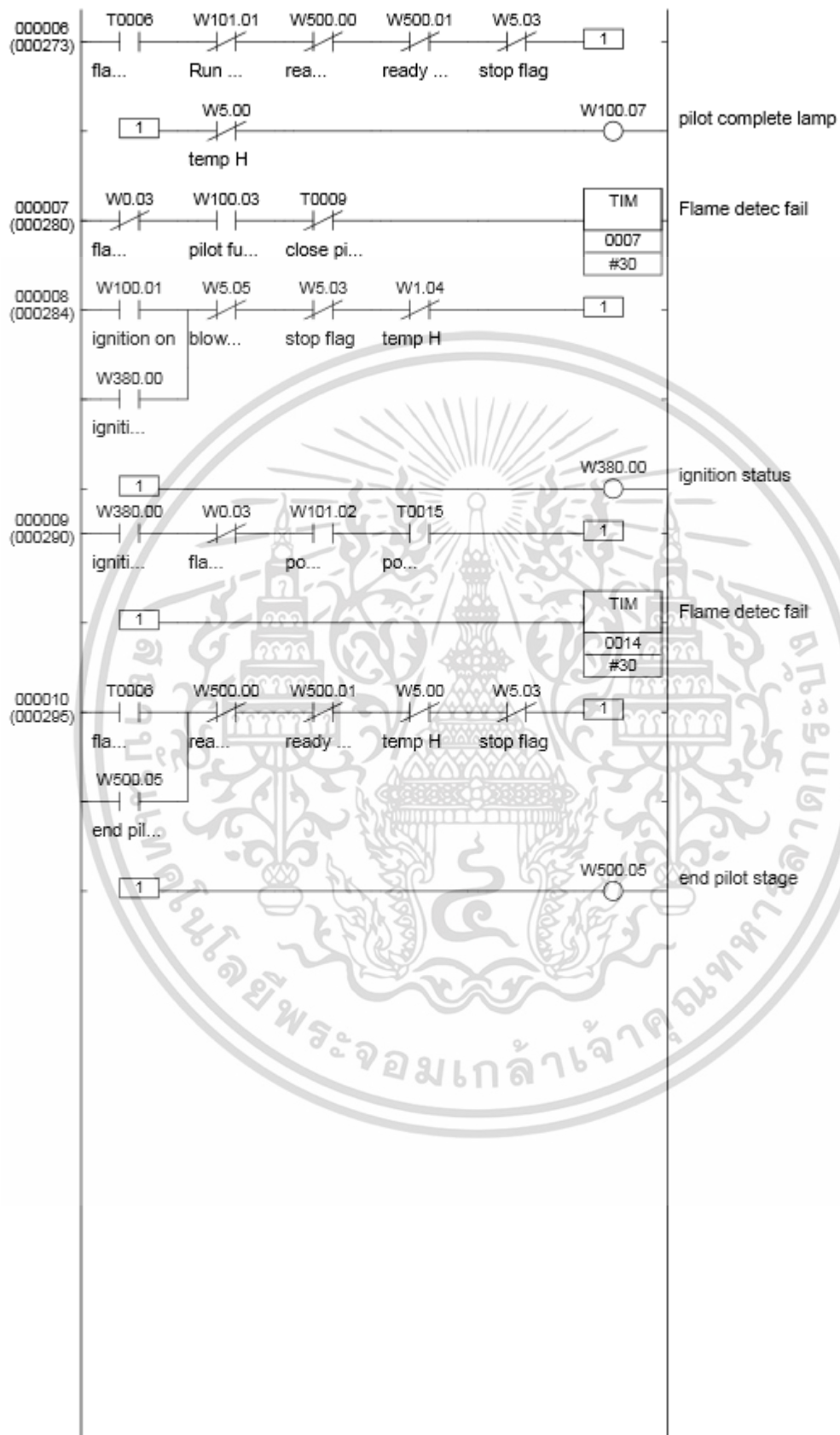
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



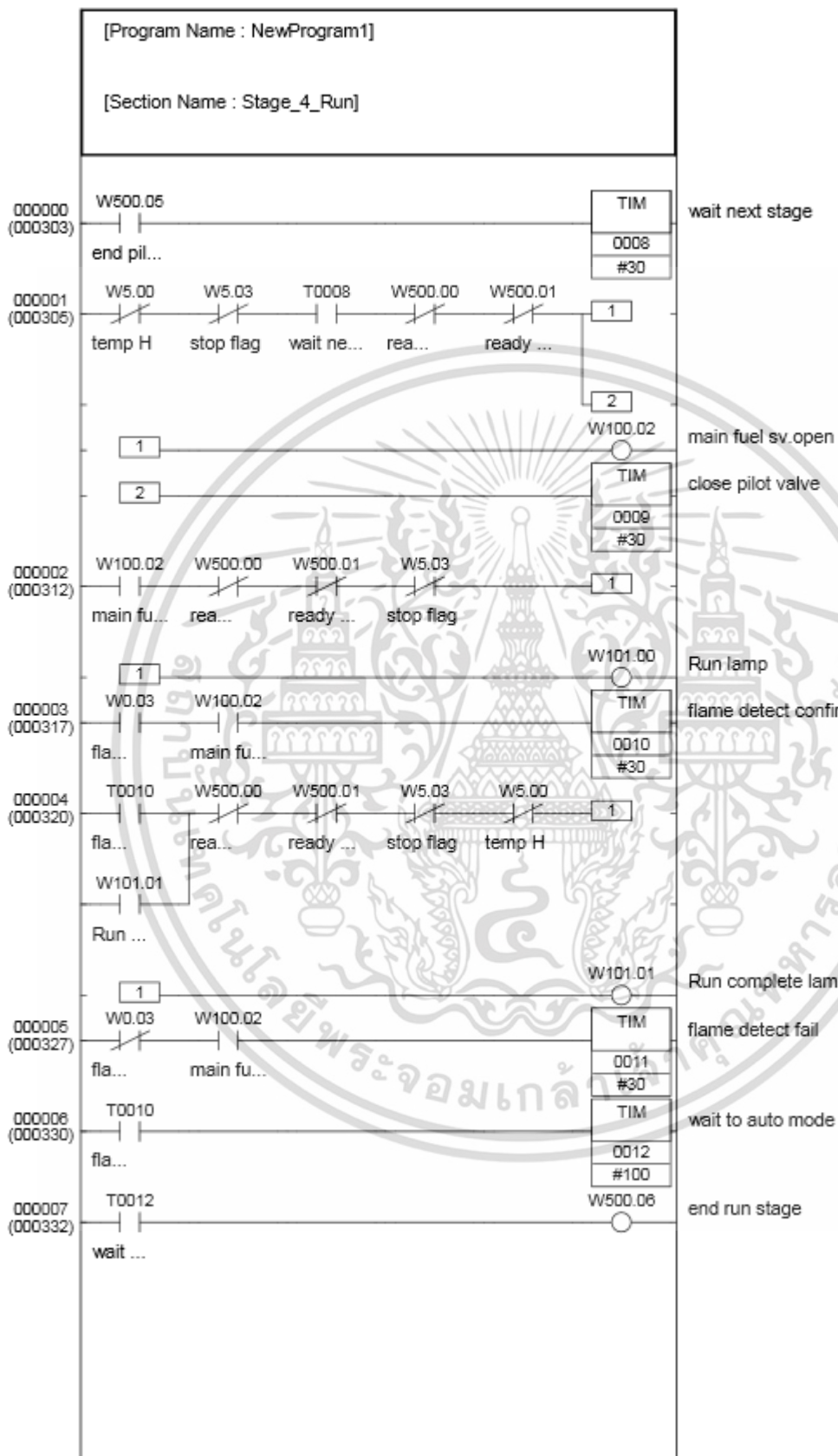
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



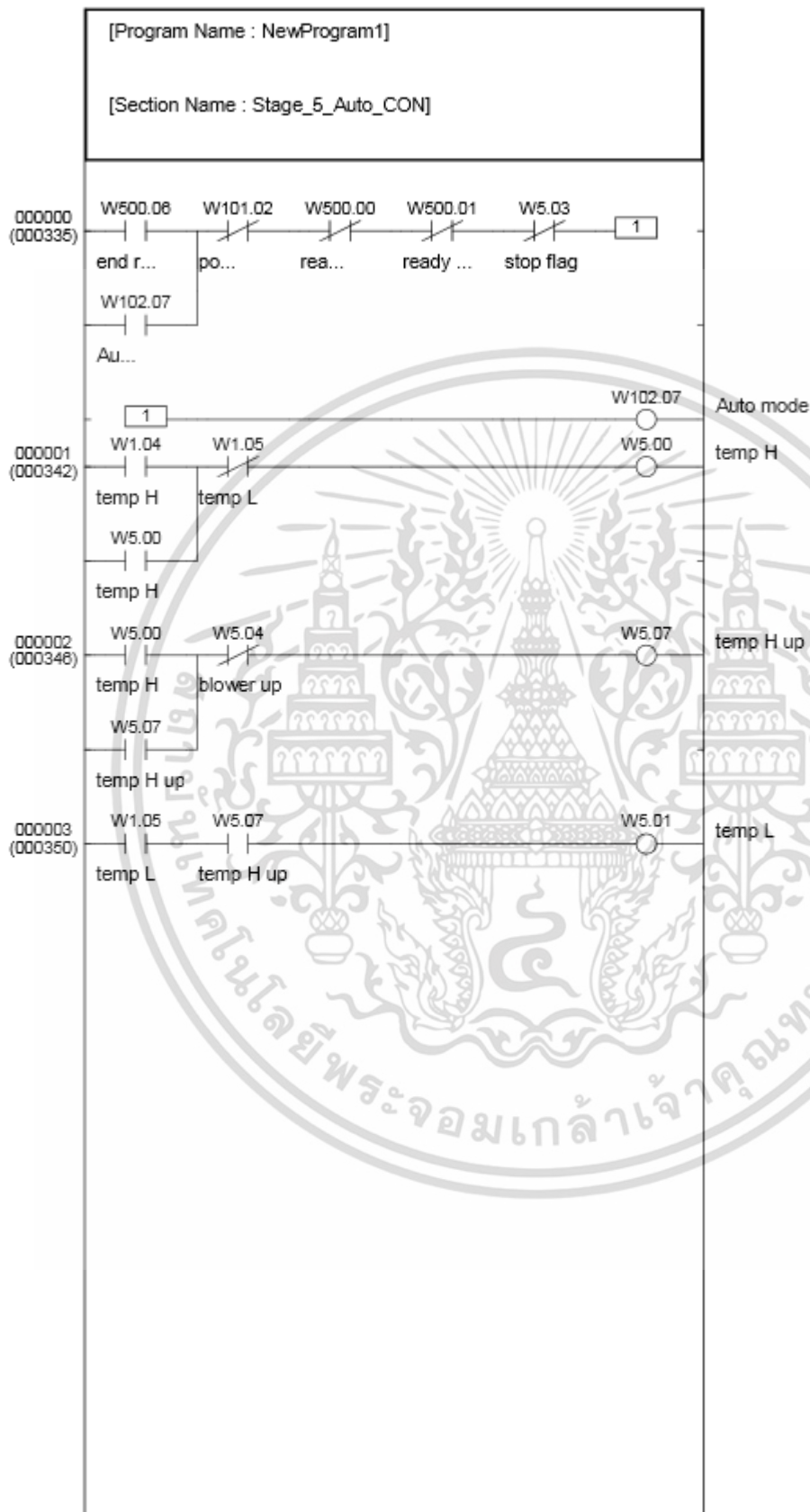
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



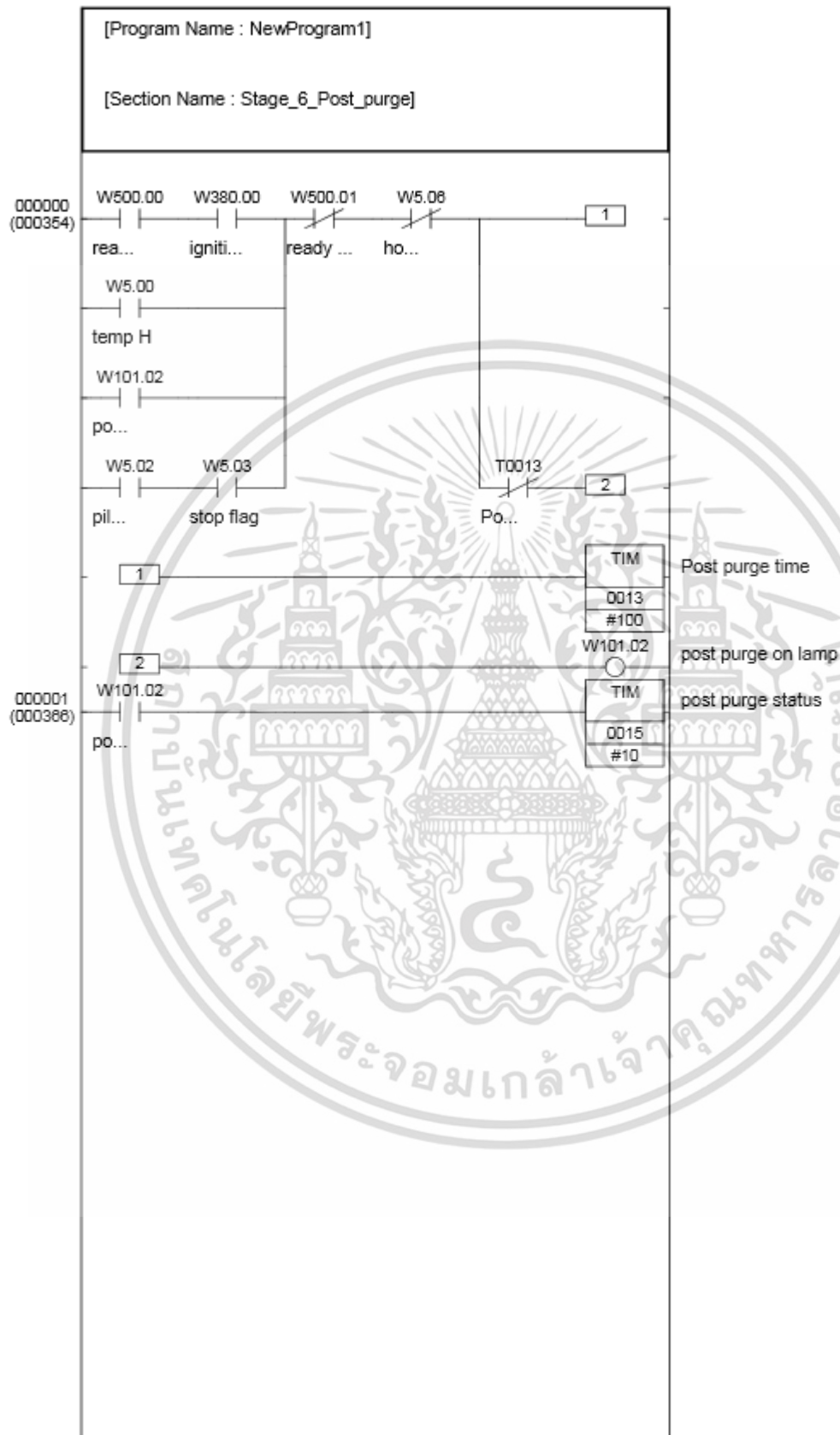
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



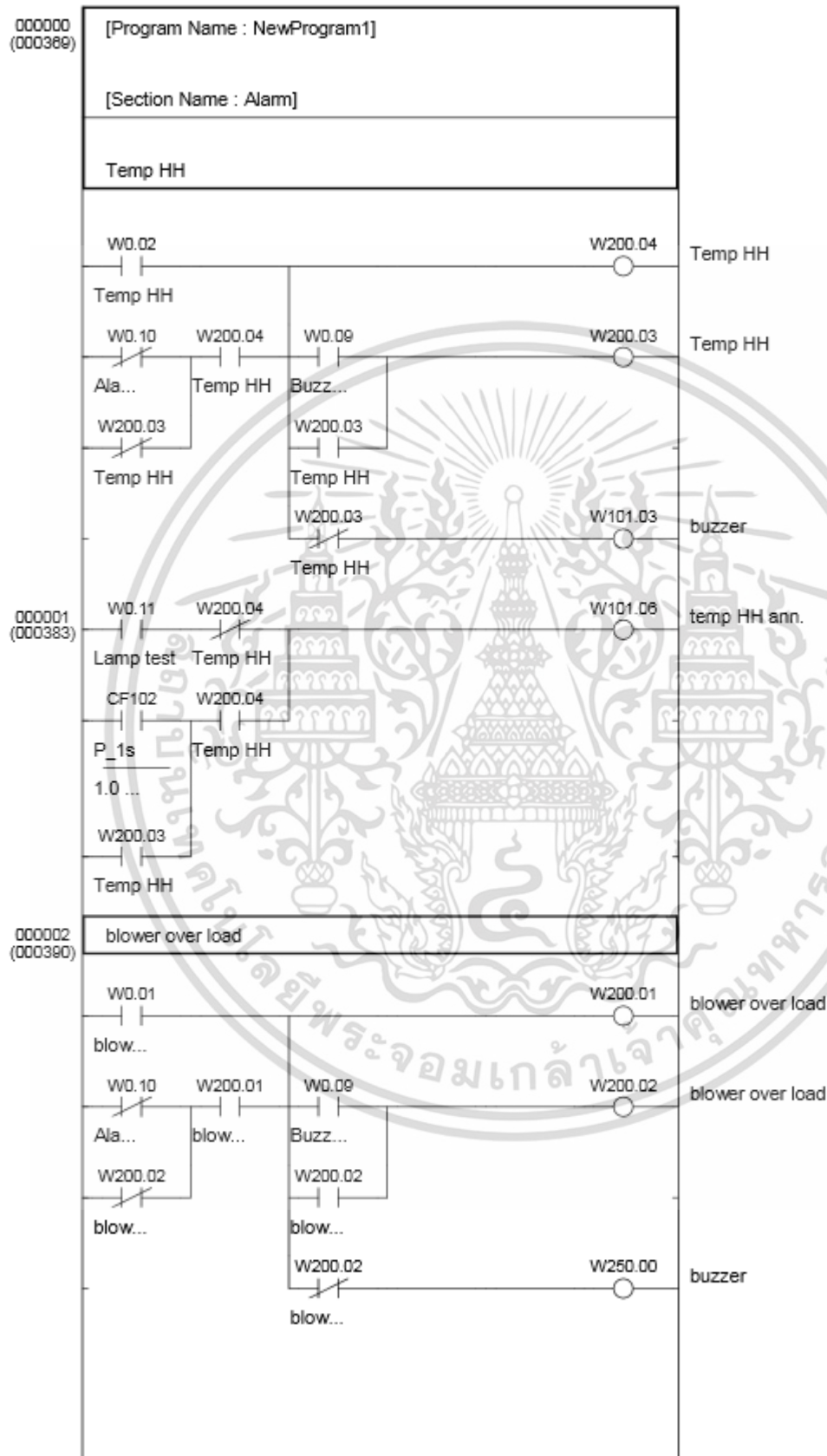
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



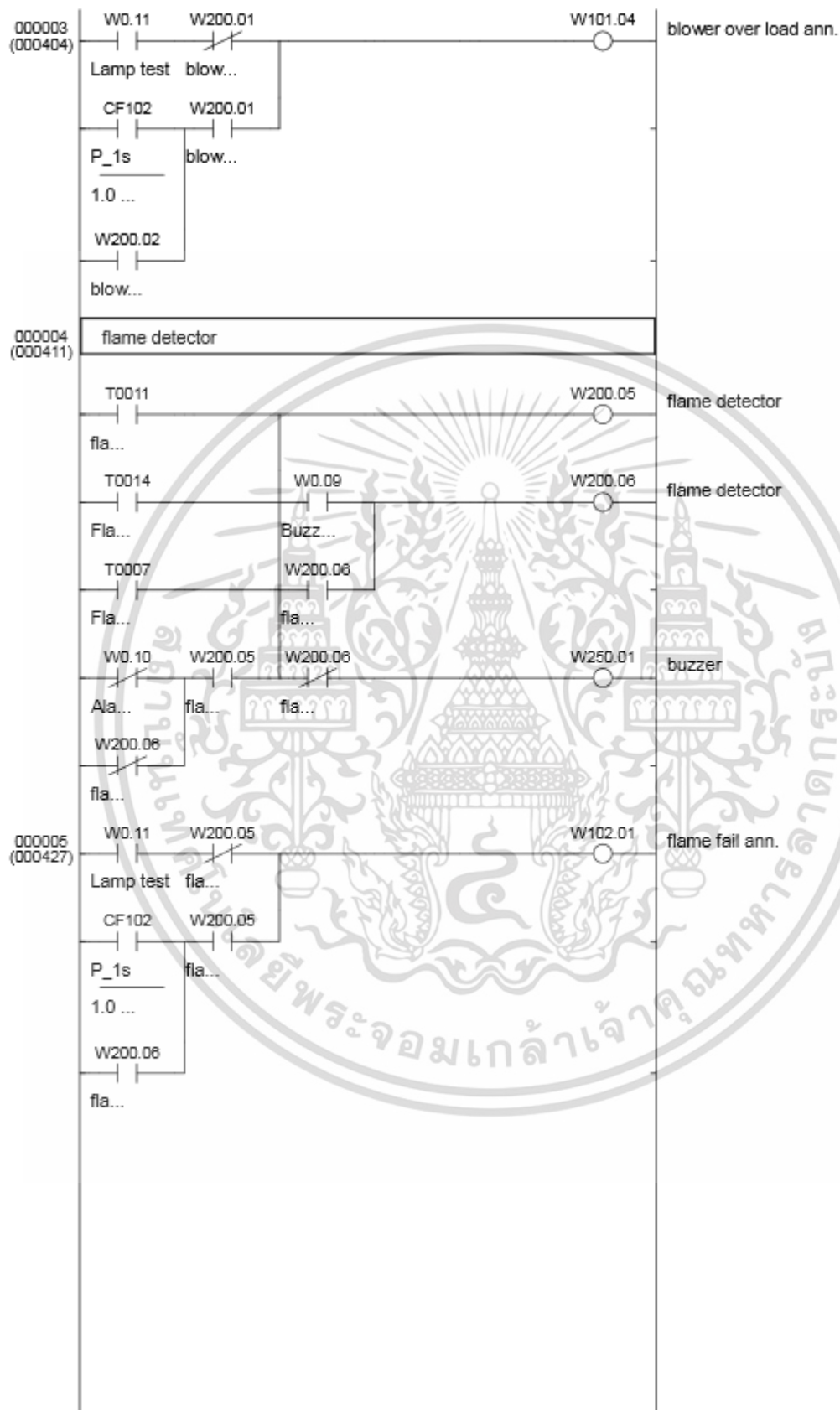
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



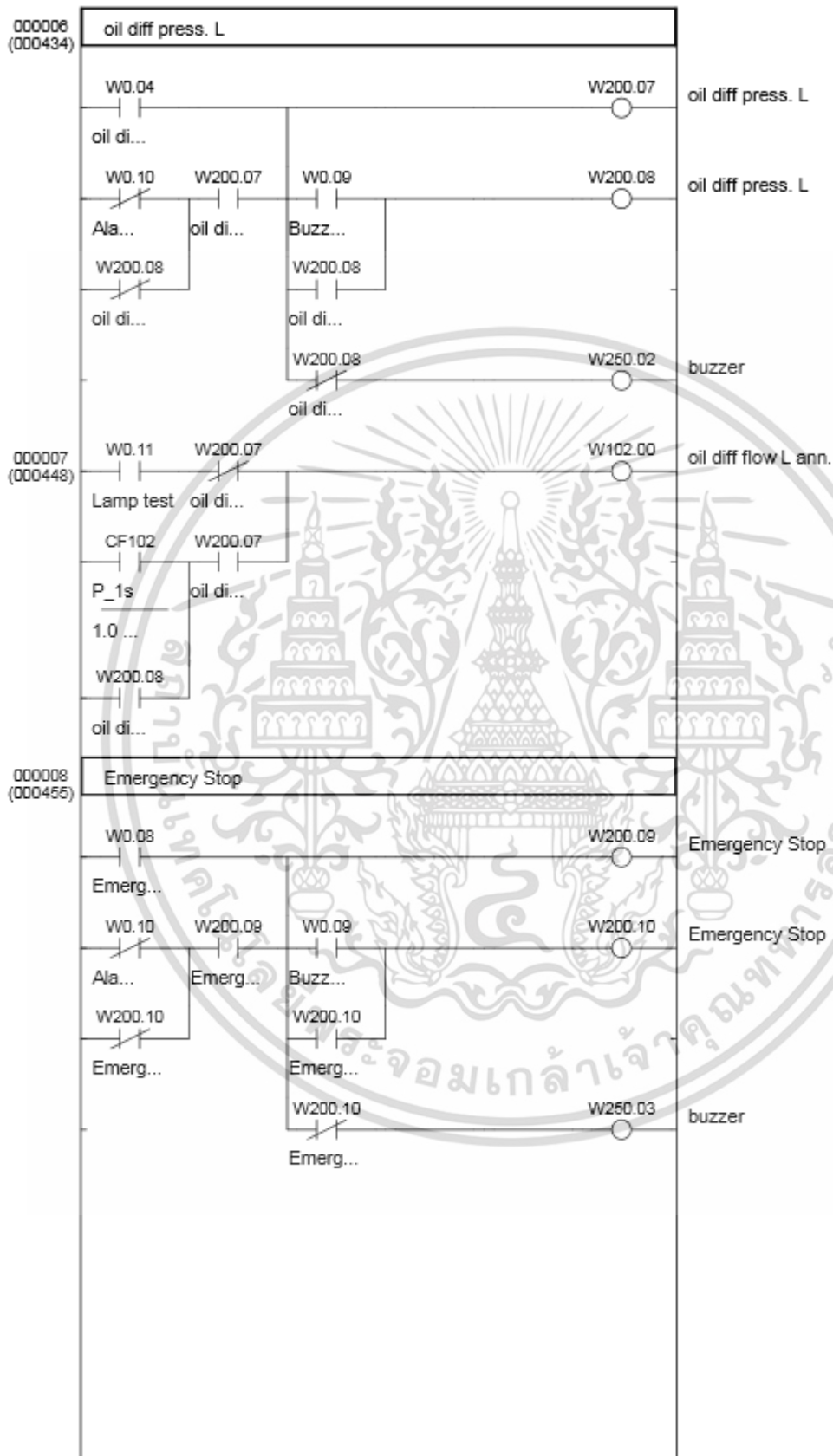
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



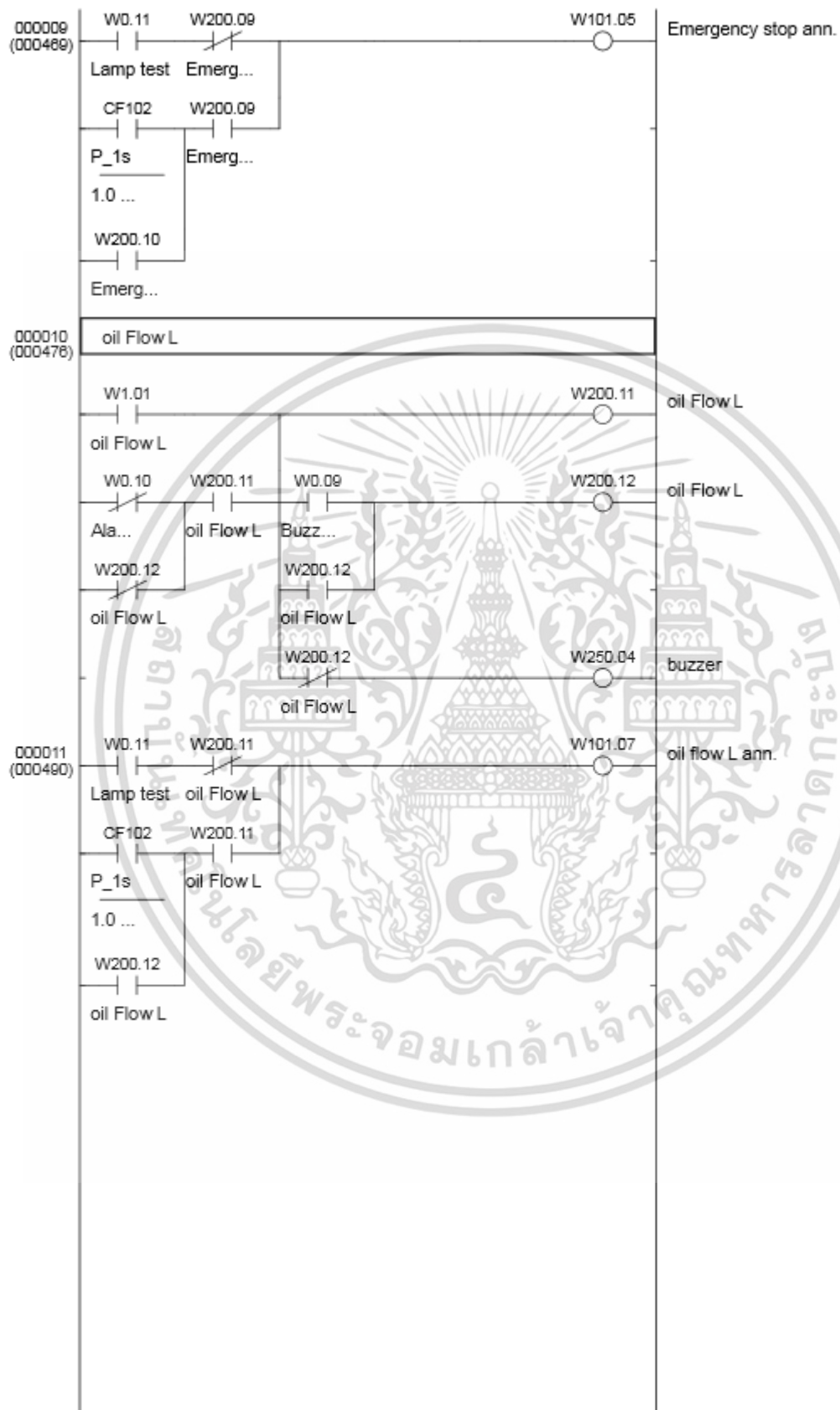
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



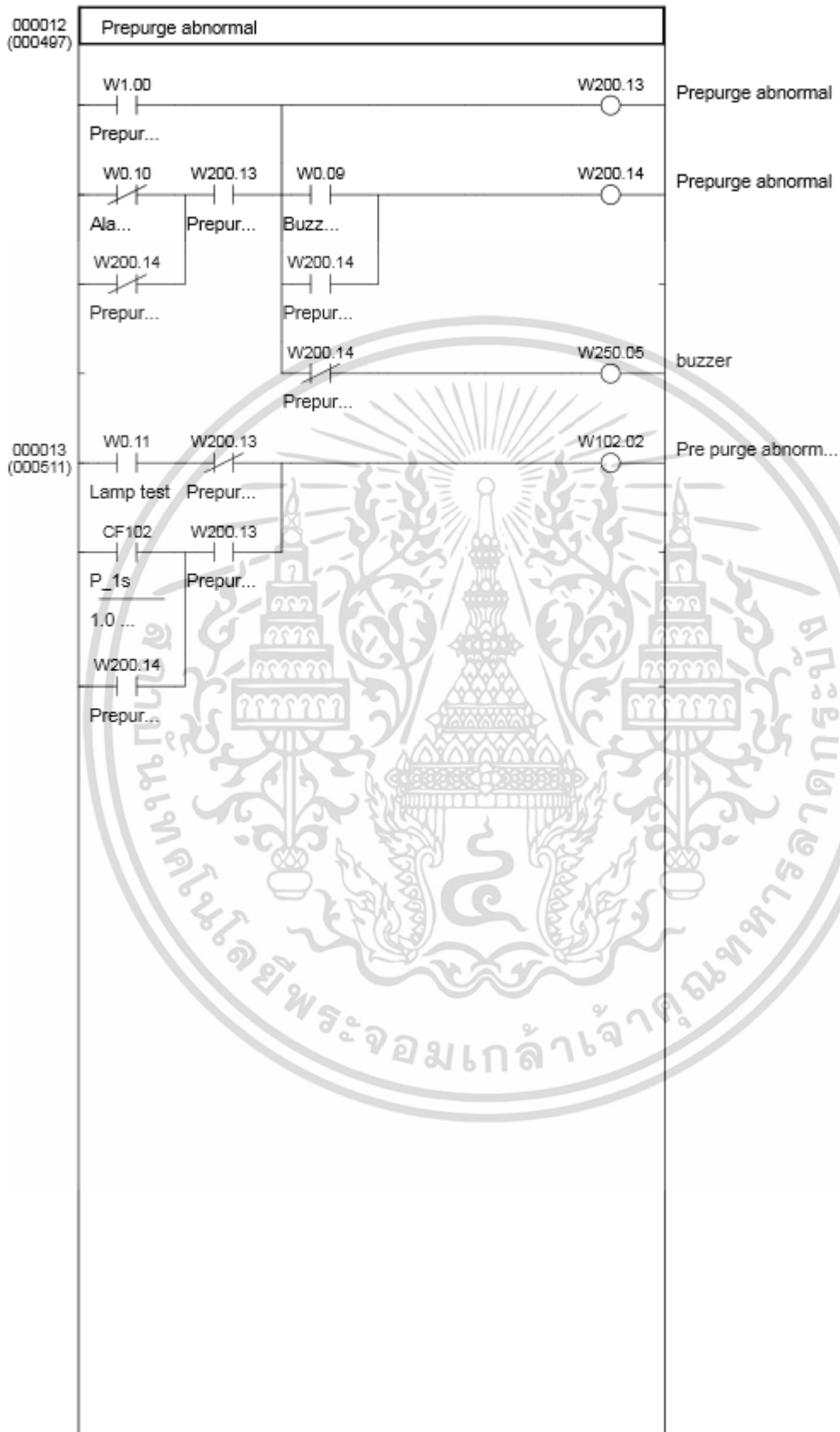
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

## บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติในวิทยานิพนธ์นี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

[1] Supakit Khaefoi, Krit Smerpitak, Sawai Pongswatd, Amphawan Julsereewong, “Simplified and Systematic PLC Programming Technique: A Case Study of Burner Control for Thermal Oil Heater”, *ICIC Express Letters, Part B: Application*, Vol. 6, No. 4, April 2015, pp. 1025-1035



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volume 6, Number 4, April 2015

ISSN 2185-2766



## ICIC Express Letters, Part B: Applications

*An International Journal of Research and Surveys*

Editors-in-Chief

Yan Shi, Tokai University, Japan

Ramesh Agarwal, Washington University, USA

Indexed by *Ei Compendex (Elsevier)*  
*Scopus (Elsevier)*  
*INSPEC (IET)*

Published by ICIC International

<http://www.ijicic.org/icicelb.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ICIC EXPRESS LETTERS, Part B: Applications

Volume 6, Number 4, April 2015

### CONTENTS

A Feasibility Study of Automatic Response Analyzer in Classroom Using Image Processing and Cards <i>Hiroshi Kamada and Kazuaki Masuda</i>	919
New Town Development in Terminal District of THSR-Miao-Li Station <i>Ching-Jung Chang, Li-Wen Huang, Wan-Chun Chiu and Ying-Yu Su</i>	927
Magnetic Fluid Hyperthermia for Living Tissue with a Spherical Heat Source <i>Song-Yih Lin, Hsin-Yi Lai and Cha'o-Kuang Chen</i>	935
Multiple Phase-Corrected Filtered-Error LMS Algorithm and Its Application to the Active Control of Ship Interior Noise <i>Naoaki Shibata and Shunsuke Ishimitsu</i>	943
Road Marking Line Detection Based on Boundary Constraints Hough Transform <i>Wei Yang, Lang Wei and Jingyu Liu</i>	951
Symbolization of Human Motion: Case of Simple Walking Motion <i>Takuma Akiduki, Zhong Zhang, Takashi Imamura and Hirotsuka Takahashi</i>	959
Development of a New Robust Driver Inattention Detection System <i>Zhong Zhang, Md Rizal Othman, Takashi Imamura, Tetsuo Miyake and Lang Wei</i>	967
A Study of System Extension for New Web-Log Analysis Method <i>Young-Chul Kim, Su-Seok Seo and Jong-Ho Lee</i>	975
Strategy of Community Support in Supercomputing <i>Bu-Young Ahn, Ji-Hoon Jang, Myung-Il Kim, Sun-Il Ahn, Noo-Ri On and Jong-Hyun Hong</i>	983
Integrated Network Design for Collaborative Courier Services <i>Friska Natalia Ferdinand, Young Jin Kim and Chang Seong Ko</i>	989
Carton Assignment Heuristics for a Zone-Based Pick-to-Light Distribution Center <i>Shieghyun Koh, Byung Soo Kim and Chol-Hong Kim</i>	997
The Effects of Message Directionality and Brand Image's Level on Consumer Attitude <i>Jae Sin Oh, Jae Ik Shin, Dae Yul Jeong and Ki Han Chung</i>	1003
Modeling and Methodologies for Automated Manufacturing Systems Control <i>Feng Li, Chen-Huei Hsieh, Chi-Sheng Tsai, Jin-Yan Tsai and Nikola Radakovic</i>	1009
Detecting and Handling Alarms on Process Variables for S7-300 PLC-Based Monitoring System <i>Teerawat Thepmanee, Rudtawat Vinitchaykul, Krit Smerpitak and Sawai Pongswatd</i>	1017
Simplified and Systematic PLC Programming Technique: A Case Study of Burner Control for Thermal Oil Heater <i>Supakit Khaefoi, Krit Smerpitak, Sawai Pongswatd and Amphawan Julserewong</i>	1025

(Continued)

## SIMPLIFIED AND SYSTEMATIC PLC PROGRAMMING TECHNIQUE: A CASE STUDY OF BURNER CONTROL FOR THERMAL OIL HEATER

SUPAKIT KHAEIFOI, KRIT SMERPITAK, SAWAI PONGSWATD  
AND AMPHAWAN JULSEREEWONG

Faculty of Engineering  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand  
k.supakit42@gmail.com; { kskrit; klsawai; kcampaw }@kmitl.ac.th

Received March 2014; accepted May 2014

**ABSTRACT.** *This article presents a technique to simplify and systematize programmable logic controller (PLC) programming for ease of engineering. A PLC-based burner control for thermal oil heater is examined as an illustrative case study. Based on the proposed method, two example cases of PLC programming for the modified burner control by adding input devices and alarm and shutdown conditions are described. Performance of the proposed technique is demonstrated through experimental tests done by nine engineers with difference experiences for ladder-logic-based PLC programming. Experimental results show that the proposed technique provides ease of reusing and modifying the existing ladder logic code and saving of time for writing the programs.*

**Keywords:** PLC, Programmable logic controller, Programming, Burner control, Thermal oil heater

1. **Introduction.** A programmable logic controller (PLC), one of computerized automation controllers, is normally used in the automobile/discrete manufacturing industry [1]. A modular PLC combines central processing unit (CPU) modules with a flexible number of analog or digital input/output (I/O) modules via a backplane bus [2]. It is designed for multiple input and output arrangements. Depending on the size of the process, more or fewer I/O cards are required. The PLC gets the process measurements via analog or digital input cards. The results of the control logic are then written to analog or digital output cards. Programs to control machine or system operation are typically stored in battery-backed or non-volatile memory. Usually, PLC programming is different from conventional procedural programming in several ways. PLC programming is conceptual about transition from states to states in order of actions. Moreover, PLC logic is concerned with setting/resetting/testing boolean/numeric state variables and timers. There are five languages used to program the PLC in IEC 61131-3 standard: instruction list (IL), structured text (ST), ladder diagram (LD) or commonly known as ladder logic, function block diagram (FBD), and sequential function chart (SFC) [3,4].

Usually, PLC programming based on the LD approach is well suited to the requirements of small systems [5-7]. The LD approach is a graphic diagram based on the circuit diagrams of relay logic hardware. This graphic language mimics a relay logic electrical schematic familiar to electrical technicians and engineers. However, the programs written in the language of LD are generally thought to be difficult to modify and not suited to support of modern flexible manufacturing processes.

The aim of this paper is to introduce a simplified and systematic technique for LD-based PLC programming for saving time required for writing programs. The technique for the development of PLC programs to control a burner of thermal oil heater is described as

a case study. Two example cases of PLC LD programming to control the modifications of the studied burner by adding input devices and alarm and shutdown conditions are explained to show the usefulness of the proposed technique. Results from experimental tests done by nine engineers with different PLC programming experiences are included.

**2. Proposed PLC Programming Technique.** In order to use the PLC to supervise system operation, a systematic approach for PLC programming generally involves five major steps as shown in Figure 1. The first step is a determination of the controlled system operation. The sequence of the operation can be simply determined by the process flow diagram. After identifying all input and output devices to be connected to the PLC, the second step is assignment of input and output address numbers (or I/O points) for the particular PLC being used. Next is writing of the program by following the system sequence determined in the first step. All of the codes for each portion should fall into orderly sections and keep each part of the code separately to easily visualize the overall execution of the program and to help to debug the program if something is wrong. The fourth step is storing the program into the PLC memory. After completion of the programming, the program should be checked for any code errors by means of diagnostic function or simulation of the whole operation. In the last step, the input and output wiring is correctly connected according to the I/O assignment. Once confirmed, the actual operation of the PLC to control the system operations can be started.

Figure 2 shows a concept of the proposed technique based on the systematic approach in Figure 1. It is associated with procedures in Step 2 and Step 3 to provide ease of

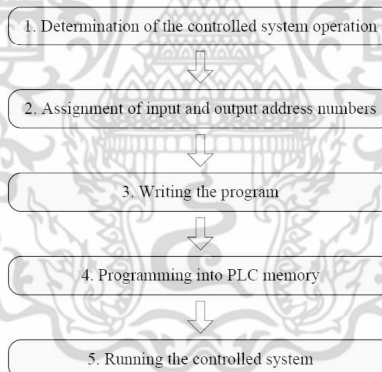


FIGURE 1. Systematic approach for PLC programming

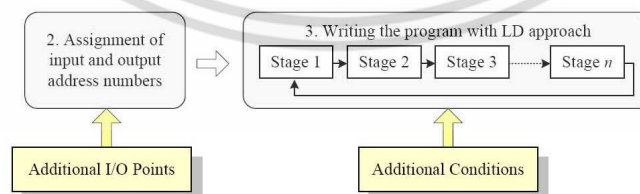


FIGURE 2. Concept of the proposed technique for PLC programming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

reusing and modifying LD programs implemented on PLC. Reusing the existing program is related to utilizing codes or function modules of the software in the same control platform. When an entire program is first laid out, sequential operation of the controlled system is divided into portions. Keeping each portion separately allows the person working with the program to easily reuse. A programmer can generate each portion as all-use section of the LD that can be modified once.

**3. Studied Heater Burner Control.** Thermal fluid (hot oil) heaters are widely used in many process heat applications including food, chemical and pharmaceutical processing. The primary function of process heaters is to maintain the desired outlet temperature at the desired charge rate. Besides maintaining outlet temperature, control and safety systems are designed to maintain efficient combustion of fuel and safe operation. The most important function of the heater control system is to prevent the possibility of an accumulation of combustible gas followed by accidental or improper ignition sequence resulting in an explosion. Correct pre-ignition purging of the heater is crucial to the safe operation of the heater. The heaters have numerous safety features to ensure they always operate within prescribed limits. They will shutdown if an abnormal operating condition develops. A burner used in the heater transfers energy into the process through the combustion of fuel. A burner control involves providing ignition system with safe operation and maintaining the desired outlet temperature. Figure 3 shows a piping and instrumentation diagram (P&ID) of the typical heater burner control. The major steps in burner control are checking heater self protection for start up, pre-purging, pilot trial and ignition, main burner trial and ignition, and maintaining temperature control action. For I/O assignment of the PLC before writing the program, there are 43 I/O points including 19 input points and 24 output points.

**4. Applying Proposed Technique for Case Study.** The main function of the burner control system of Figure 3 is to allow and ensure the safe start-up, operation, and shutdown of the heater. A process flow diagram of the heater burner control is depicted in Figure 4.

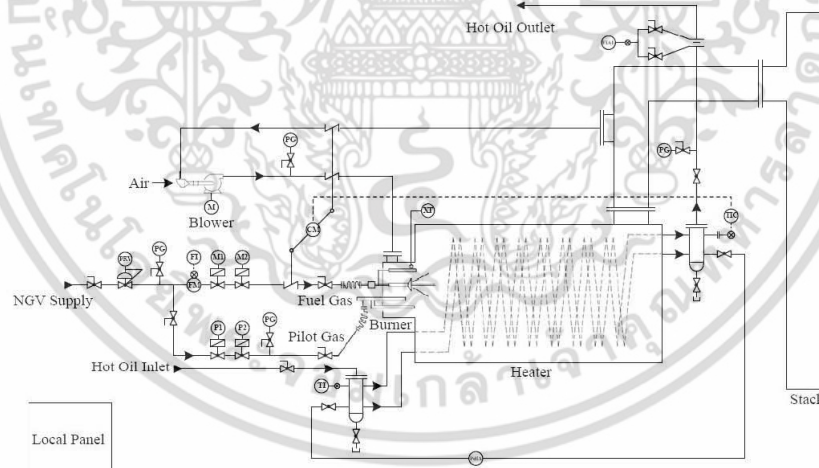


FIGURE 3. P&ID of typical heater burner control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

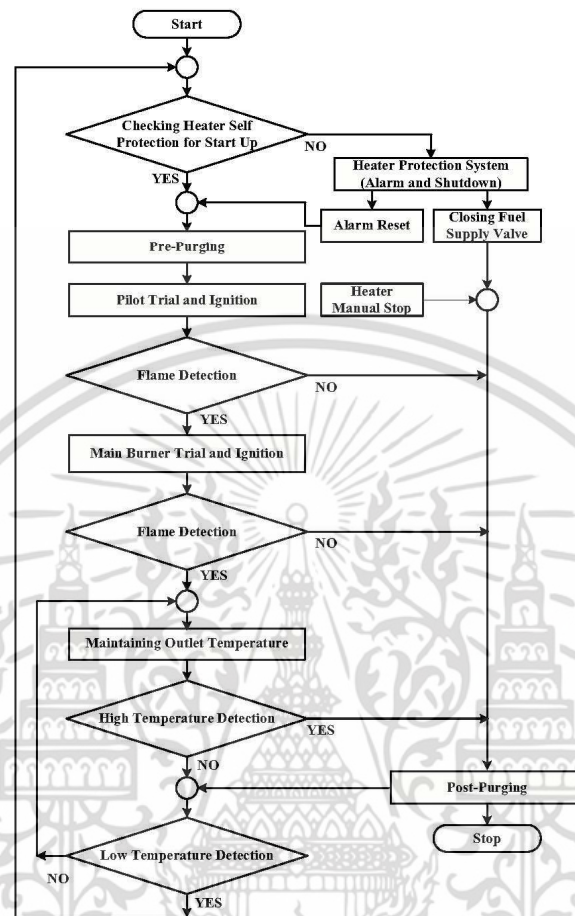


FIGURE 4. Process flow diagram of heater burner control

According to the process flow diagram of Figure 4, the sequential operations are organized and divided into eight portions. The following sequence of operations is typical of most process heaters.

**Stage 1 Check Permissives and Alarm & Shutdown:** Initially, the PLC will check that all the permissives and interlocks are in place to allow start up. The heater self protections are in safe conditions. The interlocks are used in the configuration of the operating procedure and logic so as to ensure the safe sequential operation of the heater particularly in start-up and during operation. The permissives are integral parts of the start-up and light-off procedure. The main importance of the interlocks is to detect the need for partial or total shutdown of the heater. Alarms required for the fuel gas are common for all systems. Alarms and shutdowns provided by the heater's instrumentation offer added safety and permissives to allow the system to transition from different stages of heater operation in

a proper and safe manner. These are high/low main fuel gas pressure, and high/low pilot gas pressure. These are required to keep the operating pressure of the burners within the designed parameters provided by the burner manufacturers. Other measurements and alarms should be provided in order to protect the heater itself from improper operation. A high stack temperature will warn of possible leakage in the convection section, resulting in an uncontrolled fire, while a low alarm will protect from possible acid gas condensation. A high-high stack temperature will cause a shutdown of the burner.

**Stage 2 Alarm Reset:** When an alarm signal is occurred, it will initiate an annunciator providing visual and audio indications. The buzzer is activated; in the meantime, it will send output direct to the alarm lamp, which makes the lamp light flicking. After pressing an acknowledged push button, the buzzer is silenced but the lamp light is still steady on. Once an alarm condition has been corrected and the reset button is pressed, then the alarm is reset.

**Stage 3 Pre-Purging:** When all interlocks are cleared and permissives are at their correct status, the pre-purging procedure is started by 'the Burner Start Switch'. The system will typically wait for the operator to request the heater to start, although all permissives are in place and the heater is ready to purge. Once the pre-purging is requested, a pre-set timer will commence, and the air dumper is opened. Assuming the timing is not interrupted by interlock activation, it will continue until completion. Once finished, it will notify the operator that 'Pre-Purging is completed' has been accomplished.

**Stage 4 Ignite Pilot:** Typical each burner is provided with its own pilot and ignition system. Once the pre-purging is completed, the operator will be notified that the system is ready to start the pilot. The pilot header and bleed valve will energize. Instantaneously, the individual local pilot firing valve will open and the ignition transformers will be energized. The pilot valves and the ignition transformers will only be energized for a maximum of 10 seconds. If the pilot flame is not detected within this time, the individual pilot isolation valve will be closed, and then the post-purging will be initiated.

**Stage 5 Light Burner:** Before the burner is lit, the PLC will continue to check the permissives to ensure that it is safe to light the burner. The two main permissives are that there is sufficient flow in the process coils and the pilot burner is proven.

**Stage 6 Maintain Outlet Temperature:** Once the system is ready to be ramped up to operating conditions. This is generally performed manually until the process variable is close to the set point, and then the temperature controller can be switched to automatic mode.

**Stage 7 Post-Purging:** Prior to re-ignition of the burner after the burner shutdown or flame failure, a post purging shall be accomplished. Once the post-purging is requested, a pre-set timer will initiate. All fuel valves are closed, and the air dumper is opened. It will notify the operator that 'Post-Purging is operated'. Once finished, it will notify the operator that 'Pre-Purging is completed'.

**Stage 8 Heater Manual Stop:** This procedure is initiated by the 'Heater Stop Switch'. Once the stop is requested before processing of Stage 3, the blower is stopped. Otherwise, the main and pilot valves are stopped and then the post-purging is requested to operate.

Based on the proposed programming technique, the PLC program for use to control the studied heater burner of Figure 3 was developed by using the CX-Programmer in the language of LD. This developed LD code is referred as 'the existing ladder logic code' in this paper, which was reused and modified in our experimental tests. The time required for writing the existing ladder logic code is 32 hr.

**5. Experimental Results.** In order to demonstrate the effectiveness of the proposed technique, two different cases of the modification of the studied heater burner control in Figure 3 are defined as application examples for PLC programming by using the proposed

technique. The studied burner control is modified by adding address numbers of I/O assignment and the conditions of alarm and shutdown.

Figures 5 and 6 show the P&IDs of the modified heater burner controls for Case 1 and Case 2, respectively. Based on the proposed systematic architecture of PLC program with eight stages, the changes of two cases in some stages can be summarized in Table 1. The I/O address number assignments of Case 1 and Case 2 were set to support the PLCs modeled OMRON CP1L-M60DR-A and MITSUBISHI FX3G-40MR, respectively. The OMRON CX-Programmer was used for writing and debugging the developed LD-based programs as shown in Figure 7. The OMRON CX-Designer was employed for simulation of the system operations as shown in Figure 8.

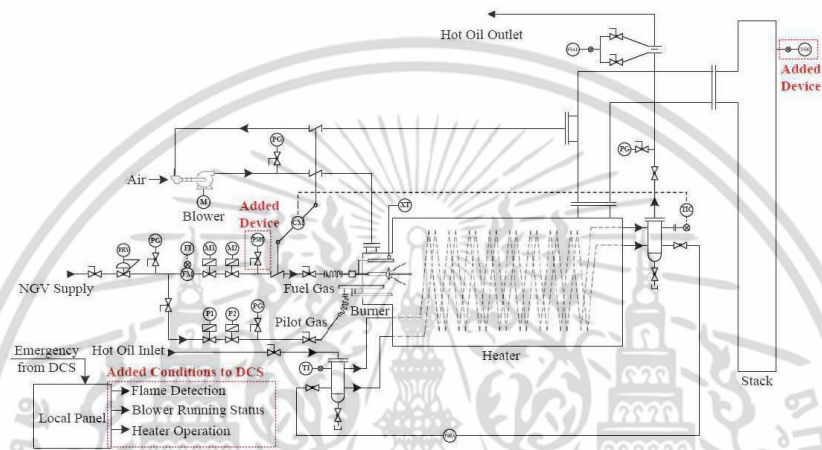


FIGURE 5. P&ID of the modified heater burner control of Figure 3 for Case 1

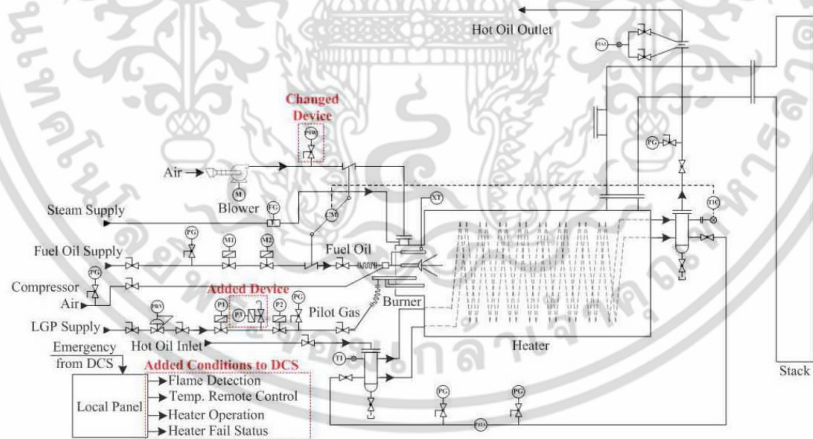


FIGURE 6. P&ID of the modified heater burner control of Figure 3 for Case 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1. Changes of two cases in some stages of the proposed PLC program architecture

Case	Number of I/O Assignment (input: 23, output: 30)	Added Alarm and Shutdown Conditions	
		Stage of the Program	Number of Conditions
1	53 (input: 23, output: 30)	1	7
		3	1
		4	1
		6	1
2	57 (input: 27, output: 30)	1	8
		4	2
		6	4

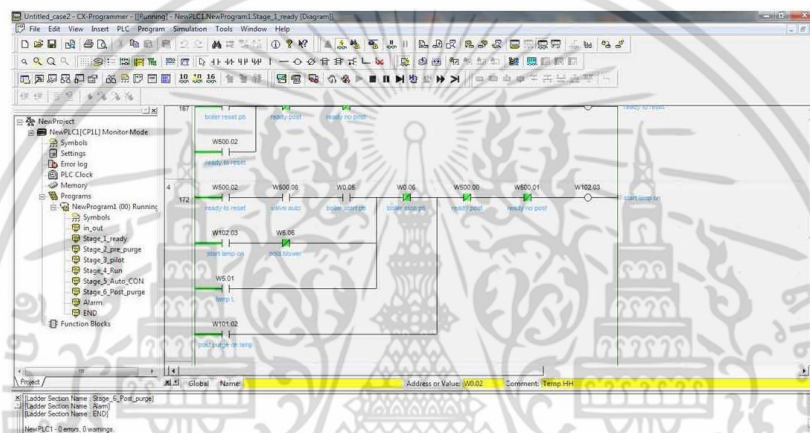


FIGURE 7. Screenshot of CX-Programmer used for writing and debugging of the programs

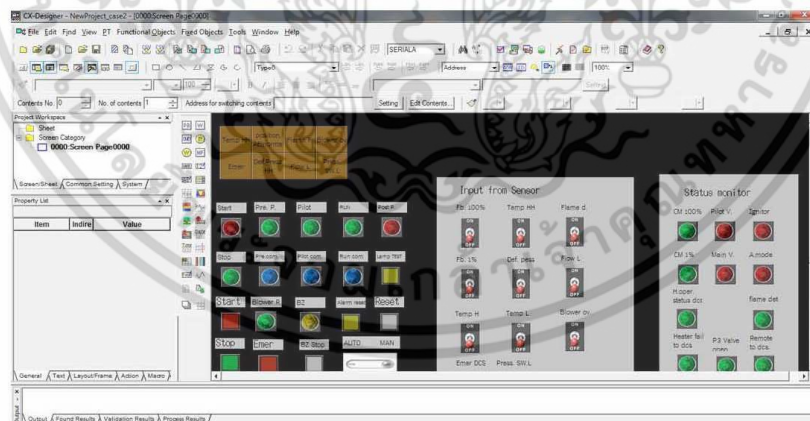


FIGURE 8. Screenshot of CX-Designer used for simulation of system operations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 2. Experimental results of PLC programming done by nine engineers

No.	Sex	Experience for PLC Programming	Time Used for Programming for Case 1	Time Used for Programming for Case 2
1	Male	Less than 1 year	20 hr	19 hr
2	Male	Less than 1 year	26 hr	24 hr
3	Male	Less than 1 year	28 hr	24 hr
4	Male	Between 1-2 years	7 hr	7 hr
5	Female	Between 1-2 years	10 hr	9 hr
6	Female	Between 1-2 years	12 hr	12 hr
7	Male	Between 4-5 years	8 hr	6 hr
8	Male	More than 5 years	6 hr	6 hr
9	Male	More than 5 years	4 hr	3 hr

Table 2 gives the results obtained from experimental tests done by nine engineers for PLC programming by modifying and reusing the existing ladder logic code for use to control the modified burner systems as defined of Case 1 and Case 2. The nine engineers are working at a company providing PLC programming services for industrial automation in Thailand.

From Table 2, it is seen that the times used for writing, debugging, and simulating the PLC programs for use to control the modified burner systems of Case 1 and Case 2 are less than 32 hr. This means that the proposed technique can reduce the time required for PLC programming and offer the ease of reuse and modification of existing ladder logic code.

**6. Conclusion.** In this paper, the simplified and systematic technique for PLC programming has been introduced. The proposed technique has been applied to control the burner of thermal oil heater as the case study. The usefulness of the proposed method has been verified by the experimental tests for writing PLC programs for two different cases of the modified heater burner controls. The results confirm that the proposed programming technique offers not only saving of time for writing programs but also ease of reusing and modifying the existing ladder logic code.

#### REFERENCES

- [1] A. J. Crispin, *Programmable Logic Controllers and Their Engineering Applications*, McGraw-Hill, 1997.
- [2] M. Hollender, *Collaborative Process Automation Systems*, ISA, 2010.
- [3] M. B. Younis and G. Frey, A formal method based re-implementation concept for PLC programs and its application, *IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, pp.1340-1347, 2006.
- [4] E. Estevez, M. Marcos, E. Irisarri, F. Lopez, I. Sarachaga and A. Burgos, A novel approach to attain the true reusability of the code between different PLC programming tools, *IEEE International Workshop on Factory Communication Systems*, pp.315-322, 2008.
- [5] A. Hanif, M. A. Choudhry and T. Mehmood, A systematic approach to develop PLC program for automation of a backwash water treatment plant, *International Multitopic Conference*, pp.1-6, 2005.
- [6] L. H. Wei, Y. Z. Jian, W. Wu and L. Mou, The application of PLC in SBMBR sewage treatment automatic control of the system, *International Conference on Networking, Sensing and Control*, pp.422-426, 2011.
- [7] P. K. Bhowmik and S. K. Dhar, Boiler gas burner management system automation using PLC, *International Conference on Electrical and Computer Engineering*, pp.925-928, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศุภกิจ แคน้อย
วัน-เดือน-ปีเกิด	วันที่ 24 ธันวาคม 2530
ที่อยู่	36 หมู่ 1 ต.นครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2548 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ และ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด จากคณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปี การศึกษา 2552
ประวัติการทำงาน	ตุลาคม 2555 ถึง ปัจจุบัน : System Engineer บริษัท เคียวเอะอิ จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้