

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติของเตาเผาอุตสาหกรรม

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

FOR INDUSTRIAL FURNACE



ธีรภัทร เอนกอนันตวงศ์

ปธานิน แก้วมณีโชค

ศิระวิทย์ อัสวเทศานนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต


ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
FOR INDUSTRIAL FURNACE

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are two traditional Thai stupas (chedis) flanking a central, more ornate structure. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The Thai text around the border reads "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" (King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang).

TERAPAT ANEKANANTAWONG
PATHANIN KAEWMUNEECHOKE
SIRAWIT ASSAWATASANON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
MAJOR RAIL TRANSPORTATION ENGINEERING SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ปริญญาโทปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมขนส่งทางราง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติของเตาเผาอุตสาหกรรม
DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
FOR INDUSTRIAL FURNACE

ผู้จัดทำ

นายธีรภัทร เอนกอนันตวงศ์

รหัสนักศึกษา 62010442

นายปรานิน แก้วมณีโชค

รหัสนักศึกษา 62010522

นายศิริวิทย์ อัสวเทศานนท์

รหัสนักศึกษา 62010869



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. จารุวัตร เจริญสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติของเตาเผาอุตสาหกรรม

นายธีรภัทร เอนกอนันตวงศ์	รหัสนักศึกษา 62010442
นายปธานิน แก้วมณีโชค	รหัสนักศึกษา 62010522
นายศิริระวิทย์ อัครเทศานนท์	รหัสนักศึกษา 62010869
รศ.ดร. จารุวัตร เจริญสุข	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2565	

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติของเตาเผาอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการทำงานและปรับปรุงระบบความปลอดภัยในการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรม โดยจากการสำรวจชุดทดลองเตาเผาอุตสาหกรรม พบจุดบกพร่องในส่วนต่างๆ เช่น การไม่หยุดปล่อยแก๊สขณะไฟดับ การไม่หยุดปล่อยเชื้อเพลิงขณะไฟดับ สิ่งเหล่านี้คือความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุตามมา ซึ่งเคยเกิดอุบัติเหตุขึ้นมาแล้ว และในปัจจุบันยังไม่มีขั้นตอนการเปลี่ยนผ่านจากช่วงการอุ่นเตาไปสู่ช่วงการเดินเบาแบบอัตโนมัติของเตาเผา ปริญญาโทฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมและปรับปรุงระบบความปลอดภัยของเตาเผาอุตสาหกรรม โดยการลดความเสี่ยงที่แก๊สและเชื้อเพลิงจะรั่วไหลสะสม ปรับปรุงเงื่อนไขของระบบควบคุมในช่วงการปล่อยแก๊สและเชื้อเพลิง ผ่านการออกแบบและทดสอบผ่านตัวควบคุมการทำงานให้ทำงานในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และโปรแกรม WinCC ต้องตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ดี สามารถดูแลแนวโน้มของผลการทดลองได้

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR INDUSTRIAL FURNACE

TERAPAT ANEKANANTAWONG	62010442
PATHANIN KAEWMUNEECHOKE	62010522
SIRAWIT ASSAWATASANON	62010869
Assoc.Prof.Dr. JARRUWAT CHAROENSUK	ADVISOR

ABSTRACT

This project concerns with a development of operation control system and improvement of safety system in the operation of industrial furnace. According to a survey, bugs were found in many parts. For example, non-stop release gas during misfire. Non-stop release of fuel during misfire. These are the risks of causing accidents which already had occurred in the past. And at present there is no transition from the preheating phase to the automatic phase. This thesis objective is to develop an operation control system and improve the safety system of industrial furnace by reducing the risk of unburned gas and fuel accumulation. Improved control system conditions during gas and fuel released. Through the design and testing of controller to work in the appropriate temperature range on the TIA PORTAL V13 program and on the WinCC program that must respond well to users-requirement. The trend of the experimental results will be investigated

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ผู้ควบคุมดูแลปริญญาานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำสั่งสอน คำแนะนำและการชี้แนะแนวทาง รวมทั้งปรับปรุง แก้ไขปัญหา ข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อปริญญาานิพนธ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สักรียา ชิตวงศ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ และประสบการณ์การทำงาน

ขอขอบคุณ นายภานุพงศ์ ผู้ที่ให้คำแนะนำ ถ่ายถอดความรู้ และชี้แนะแนวทางในการแก้ไข ปัญหา ทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณคณะผู้ทำวิจัยและผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย ให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางที่ดี อีกทั้งยังให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยตลอดมา

นายธีรภัทร เอนกอนันตวงศ์	62010442
นายปธานิน แก้วมณีโชค	62010522
นายศิระวิทย์ อัสวเทศานนท์	62010869

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vii
สารบัญรูปภาพ.....	viii
รายการคำย่อ.....	xi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.4 ขอบเขตการทดลอง.....	2
1.5 ขั้นตอนการทดลอง.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 Internet of things (IoT).....	3
2.1.1 Industrial internet of things (IIoT).....	3
2.1.2 IoT Gateway.....	3
2.2 Thermocouple.....	4
2.2.1 ประเภทของ Thermocouple.....	5
2.2.2 Thermocouple sheath type K with 316 stainless steel.....	5
2.3 Programmable logic controller (PLC).....	5
2.3.1 ส่วนประกอบหลักของ PLC.....	6
2.3.2 การเขียนตรรกะ (Logic) ควบคุมการประมวลผลบน PLC.....	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Dynamic system.....	8
2.5 Control system.....	8
2.5.1 Feedback control.....	9
2.5.2 PID control.....	9
2.6 Ladder diagram (LAD).....	10
2.1 สัญลักษณ์ของ Ladder diagram (LAD).....	10
2.7 การใช้งานโปรแกรม TIA Portal V13.....	14
2.10 การใช้งานโปรแกรม WinCC.....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 แผนการดำเนินงาน.....	24
3.2 ออกแบบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานในช่วงการอุ่นเตาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และ WINCC.....	25
3.2.1 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขในการทำงานต่างๆบนโปรแกรม TIA PORTAL V13	25
3.2.2 พัฒนาระบบเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และเครื่องจักรบนโปรแกรม WinCC.....	30
3.2.3 ตรวจสอบการทำงานของปุ่มกดและกราฟ.....	34
3.3 ออกแบบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานในช่วงการเดินเบาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และ WINCC.....	35
3.3.1 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขการปล่อย Secondary Air และอัตราการป้อนเชื้อเพลิงช่วงเดินเบาที่กำลังไฟ 200 kw.....	35
3.3.2 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขการปล่อย Secondary Air และอัตราการป้อนเชื้อเพลิงช่วงเดินเบาที่กำลังไฟ 300 kw.....	36
3.3.1 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขในการปล่อย Primary Air.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	39
4.1 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพิ่ม Q1 (m ³ /s).....	39
4.1.1 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 100 °c.....	39
4.1.2 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 200 °c.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3	เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 300 °c	40
4.1.4	เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 400 °c	41
4.1.5	เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 500 °c	41
4.1.6	เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 600 °c	42
4.1.7	เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 700 °c	43
4.1.8	ตารางเปรียบเทียบ T_p ในการปล่อย Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 ต่างๆ.....	43
4.2	ผลการทดลองการในช่วงการอุ่นเตาไปจนถึงการเดินเบา	44
บทที่ 5	การวิจารณ์และอภิปรายผลการทดลอง.....	47
5.1	การออกแบบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานในช่วงการอุ่นเตาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และ WINCC	47
5.2	การพัฒนาระบบการควบคุมการทำงานในช่วงการเดินเบาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และ WINCC	48
บทที่ 6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
6.1	สรุปผลการวิจัย	49
6.2	ข้อเสนอแนะ	49
	เอกสารอ้างอิง	50
	ภาคผนวก	51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบ Tp ที่อุณหภูมิ Temp 9 ต่างๆ	44
--	----



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 หน้าที่การทำงาน IoT Gateway	4
รูปที่ 2.2 องค์ประกอบและการทำงานของ Thermocouple.....	5
รูปที่ 2.3 อุณหภูมิสูงที่สุดที่ Thermocouple แต่ละชนิดสามารถรองรับได้	5
รูปที่ 2.4 แสดงภาพส่วนประกอบหลักของ PLC.....	7
รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ Normally Open (NO).....	10
รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ Normally Close (NC)	11
รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ Coil	11
รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ Positive Edge	11
รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์ Reset.....	11
รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Timer Delay On	11
รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Timer Delay Off.....	11
รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ Greater than or Equal to	12
รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ Less than or Equal to.....	12
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ Equal to.....	12
รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ Add.....	13
รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ Equal to.....	13
รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ Equal to.....	13
รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์ Equal to.....	13
รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์ Counter Up.....	13
รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์ Counter down.....	14
รูปที่ 2.20 การเลือก Project.....	14
รูปที่ 2.21 แถบ Devices	15
รูปที่ 2.22 การเลือกรูปแบบของ Block.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 การสร้าง Block.....	16
รูปที่ 2.23 คำสั่งในการทำงาน.....	16
รูปที่ 2.24 กลุ่มคำสั่ง Basic logic operations	17
รูปที่ 2.25 กลุ่มคำสั่ง Timer operations	17
รูปที่ 2.26 กลุ่มคำสั่ง Counter operations	18
รูปที่ 2.27 กลุ่มคำสั่ง Comparator operations	18
รูปที่ 2.28 กลุ่มคำสั่ง Math operations.....	19
รูปที่ 2.29 กลุ่มคำสั่ง Move operations.....	19
รูปที่ 2.31 การ Compile&Run.....	20
รูปที่ 2.32 Compile&Run สำเร็จ	21
รูปที่ 2.33 การ Monitor.....	21
รูปที่ 2.34 แถบ INST_WINCC.....	22
รูปที่ 2.35 Tag Management.....	22
รูปที่ 2.36 Graphics designer view.....	23
รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานทั้งหมด	24
รูปที่ 3.2 Network 1-3	25
รูปที่ 3.4 Network 7- 8.....	27
รูปที่ 3.5 Network 9-11	28
รูปที่ 3.6 แผนผังการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม	29
รูปที่ 3.7 การสร้างปุ่ม	30
รูปที่ 3.8 การเลือกฟังก์ชันของปุ่มสั่งการทำงาน.....	31
รูปที่ 3.9 เลือก Tag ในการทำงาน	31
รูปที่ 3.10 การแสดงสถานะการทำงานของเรา	32
รูปที่ 3.11 เลือก Tag ในการทำงาน	32
รูปที่ 3.12 การแสดงผลการทำงานของเราในรูปแบบกราฟ.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 การตั้งค่าแกนเวลา.....	33
รูปที่ 3.14 สิ่งการทำงานโดยไม่จุดไฟ	34
รูปที่ 3.15 ระบบควบคุมสั่งหยุดการทำงาน.....	34
รูปที่ 3.16 Network 5-6	35
รูปที่ 3.18 PID ช่วงที่ 1	37
รูปที่ 3.19 PID ช่วงที่ 2.....	37
รูปที่ 3.20 PID ช่วงที่ 3.....	38
รูปที่ 4.1 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 100 °c.....	39
รูปที่ 4.2 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 200 °c.....	40
รูปที่ 4.3 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 300 °c.....	40
รูปที่ 4.4 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 400 °c.....	41
รูปที่ 4.5 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 500 °c.....	42
รูปที่ 4.6 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 600 °c.....	42
รูปที่ 4.7 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 700 °c.....	43
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้ของ Temp 9 (°c) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาทึ).....	45
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอุณหภูมิที่วัดได้บริเวณ Temp 1-5 (°c) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาทึ).....	45
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของ Temp 1-5 (°c) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาทึ)	46

รายการคำย่อ

ชื่อ	คำย่อ
Industrial internet of things	IIoT
Internet of things	IoT
Programmable logic controller	PLC
Primary air	Q1
Secondary air	Q2
Temperature thermocouple 1	Temp 1
Temperature thermocouple 2	Temp 2
Temperature thermocouple 3	Temp 3
Temperature thermocouple 4	Temp 4
Temperature thermocouple 5	Temp 5
Temperature thermocouple 9	Temp 9
Steady state temperature	T_s
Peak temperature	T_p
Liquefied petroleum gas	LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน เรียกได้ว่าเป็นยุคของอุตสาหกรรม 4.0 ระบบควบคุมต่างๆจะถูกติดตั้งระบบเครือข่ายเพื่อให้สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันอย่างอิสระ เพื่อการจัดการกระบวนการทำงานทั้งหมด ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ต้องการ ประสิทธิภาพในการทำงานไม่ได้ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ในการควบคุม และระบบความปลอดภัยในการทำงาน

จากการสำรวจชุดทดลองเตาเผาอุตสาหกรรมที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบจุดที่ต้องปรับปรุงให้เป็นอัตโนมัติในส่วนต่างๆ เช่น การไม่หยุดปล่อยแก๊สขณะไฟดับ การไม่หยุดปล่อยเชื้อเพลิงขณะไฟดับ ซึ่งสิ่งเหล่านี้คือความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุตามมา ซึ่งเคยมีการเกิดอุบัติเหตุมาแล้ว และในปัจจุบันยังไม่มีขั้นตอนการเปลี่ยนผ่านจากช่วงการอุ่นเตาไปสู่ช่วงการเดินเบาแบบอัตโนมัติของเตาเผา

ปัญหานี้พบซ้ำๆ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมและปรับปรุงระบบความปลอดภัยของเตาเผาอุตสาหกรรม โดยการลดความเสี่ยงที่แก๊สและเชื้อเพลิงจะรั่วไหลสะสม ปรับปรุงเงื่อนไขของระบบควบคุมในช่วงการปล่อยแก๊สและเชื้อเพลิง ผ่านการออกแบบและทดสอบผ่านตัวควบคุมการทำงานบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และโปรแกรม WinCC

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบที่ใช้ควบคุมและการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรม
2. เพื่อทดสอบ รวมไปถึงปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติและระบบความปลอดภัยของเตาเผาอุตสาหกรรมที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ อัตราส่วนของเชื้อเพลิง และอากาศในช่วงของการอุ่นเตาและในช่วงการเดินเบาได้อย่างปลอดภัย เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจระบบที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรม
2. สามารถพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรมให้ดียิ่งขึ้น
3. เตาเผาอุตสาหกรรมสามารถทำงานได้อัตโนมัติในช่วงการอุ่นเตาไปสู่ช่วงการเดินเบา
4. สามารถปรับปรุงระบบความปลอดภัยในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการทดลอง

1. พัฒนาระบบควบคุมการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรมบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และโปรแกรม WinCC
2. ปรับปรุงระบบความปลอดภัยในการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรม ในช่วงการอุ่นเตา และช่วงการเดินเบา

1.5 ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรม
2. สืบค้นจุดบกพร่องและวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุง
3. ศึกษาการทำงานของระบบเดิมที่ใช้ในการควบคุมเตาเผาอุตสาหกรรม
4. ออกแบบและทดสอบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรมในช่วงการเริ่มจุดเชื้อเพลิงบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และโปรแกรม WinCC
5. ออกแบบและทดสอบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรมในช่วงการอุ่นเตาและช่วงการเดินเบาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และโปรแกรม WinCC
6. ออกแบบและทดสอบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรมในช่วงการเดินเบาจนถึง 300kw บนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และโปรแกรม WinCC
7. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Internet of things (IoT)

คือการที่อุปกรณ์ต่างๆสามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ต โดยที่เรานั้นไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูล ด้วยเหตุนี้จะทำให้เราสามารถควบคุมระบบต่างๆได้โดยไม่ต้องป้อนข้อมูล และสามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตได้ จนเกิดเป็นอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Smart Devices, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, PLC control เป็นต้น ปัจจุบันมีการแบ่งกลุ่ม Internet of Things ออกตามตลาดการใช้งานเป็น 2 กลุ่มได้แก่ Industrial lot (IIoT) และ Commercial IoT

2.1.1 Industrial internet of things (IIoT)

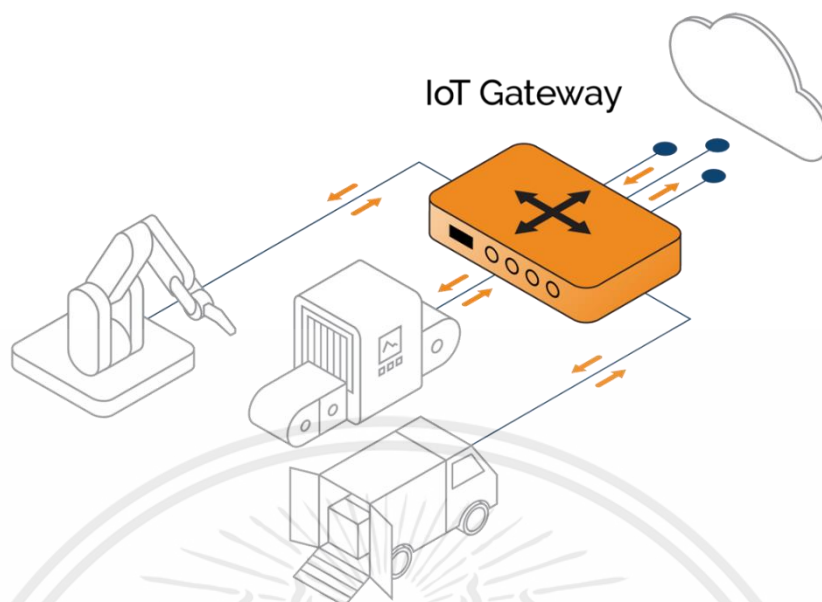
การนำเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ การวิเคราะห์ และคนมาทำงานร่วมกันผ่าน PLC, โครงข่ายที่เชื่อมด้วยเทคโนโลยีการสื่อสาร ส่งผลให้เกิดระบบที่สามารถติดตามผล เก็บข้อมูล และแลกเปลี่ยนความรู้ต่างๆที่สามารถช่วยในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างชาญฉลาดและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ประโยชน์ของ IIoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสาร ประหยัดเวลา ประหยัดกำลังคนในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆที่เกิดขึ้นกับงานในอุตสาหกรรม รวมไปถึงสามารถทำให้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผลการวางแผนในการทำสิ่งต่างๆ เช่น การบำรุงรักษา (Predictive maintenance) การตรวจสอบสถานะเครื่องจักร (Monitor) เพื่อช่วยหลีกเลี่ยงการ Downtime ของเครื่องจักรได้

2.1.2 IoT Gateway

Internet of Things gateway คือ อุปกรณ์หรือโปรแกรมที่ช่วยเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC เข้ากับอุปกรณ์ควบคุม, เซ็นเซอร์ และระบบอัจฉริยะต่างๆ โดยข้อมูลนั้นจะส่งผ่านอุปกรณ์ไปยัง PLC โดยผ่าน IoT Gateway

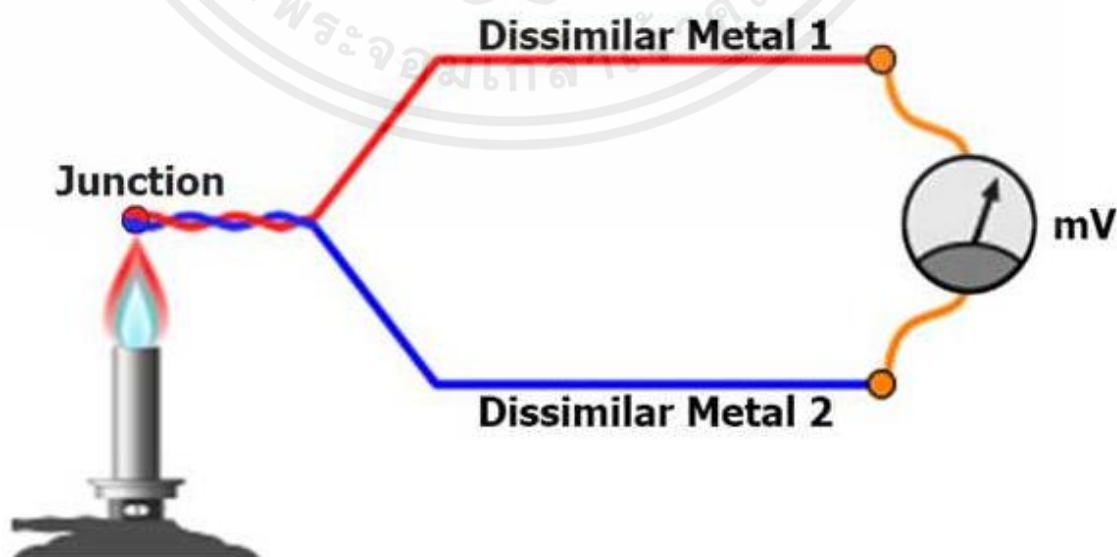
ข้อดีของ IoT Gateway คือสามารถรับประกันความปลอดภัยของข้อมูล เนื่องจาก Gateway นั้นจัดการข้อมูลในทั้งสองทิศทาง จึงทำให้สามารถปกป้องข้อมูลที่รั่วไหลขณะย้ายไปยัง PLC ได้ นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการถูกลบแปลงข้อมูลจากภายนอก ผ่านระบบป้องกันของ Gateway ได้



รูปที่ 2.1 หน้าที่การทำงาน IoT Gateway
(ที่มา <https://www.pngitem.com/>)

2.2 Thermocouple

Thermocouple คืออุปกรณ์ที่สามารถวัดอุณหภูมิ โดยมีหลักการทำงานจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อน เพื่อให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) ซึ่งมาจากโลหะที่เป็นวัสดุในการวัดต่างชนิดกัน 2 ตัวที่นำมาเชื่อมปลายสองข้างเข้าด้วยกัน ซึ่งถ้าโลหะที่นำมาเป็นวัสดุนี้อุณหภูมิและการนำความร้อนต่างกัน ส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น ทำให้ค่าการเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ตามทฤษฎีพื้นฐานของ Seebeck Effect



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 องค์ประกอบและการทำงานของ Thermocouple (ที่มา <https://electricalvoice.com/>)

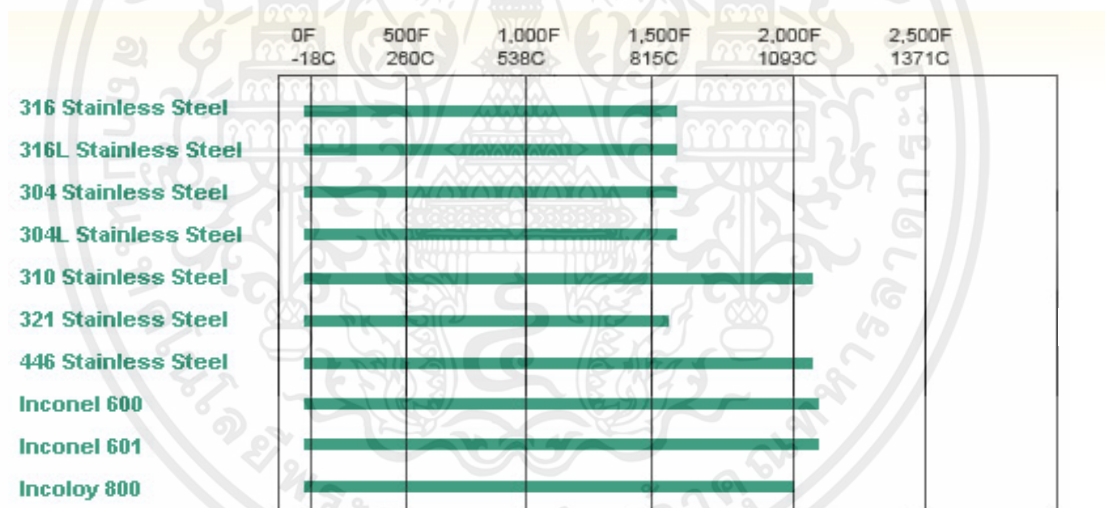
2.2.1 ประเภทของ Thermocouple

การจัดประเภทของ Thermocouple นั้นสามารถแบ่งตามวัสดุที่นำมาใช้ เมื่อชนิดวัสดุที่แตกต่างกัน จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่างกันด้วย

1. Nickel Alloy สำหรับ Thermocouple ชนิด K, J, T
2. Platinum/Rhodium สำหรับ Thermocouple ชนิด B, R, S
3. Tungsten/Rhenium Alloy สำหรับ Thermocouple ชนิด C, D, G

2.2.2 Thermocouple sheath type K with 316 stainless steel

เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิที่ผลิตจากโลหะ Nickel Aluminum และ Nickel Chromium เป็นที่นิยมมากที่สุด มีความแม่นยำสูง ตอบสนองรวดเร็ว และมีช่วงวัดอุณหภูมิที่กว้าง เหมาะสำหรับงานอุณหภูมิระดับกลางไปถึงระดับที่สูง



รูปที่ 2.3 อุณหภูมิสูงสุดที่ Thermocouple แต่ละชนิดสามารถรองรับได้
(ที่มา : <https://www.thumbsup.in.th/>)

2.3 Programmable logic controller (PLC)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมสำหรับการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยจะทำการวิเคราะห์ผ่านข้อมูลที่รับเข้ามา (Input) บนพื้นฐานของตรรกะ (Logic) ที่ถูกกำหนดไว้ในโปรแกรม จากนั้นจะทำการแสดงผลออกมาตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ (Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันเกือบทุกประเภทจะมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ PLC เป็นตัวควบคุม โดยให้ PLC สั่งงานไปที่เครื่องจักร โดย PLC นั้น จะรับข้อมูลจากจากอุปกรณ์วัดต่างๆผ่านทาง Digital Communication Ports (RS485,RS232,MODBUS,PROFIBUS,ETHERNET)

2.3.1 ส่วนประกอบหลักของ PLC

สิ่งที่ทำให้ PLC เป็นที่นิยม คืออุปกรณ์มีชุด Input/Output รวมกับชุดควบคุม นอกจากนั้นภาษาที่ใช้ในการควบคุมนั้นง่ายต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งในการทำงานของ PLC มีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนที่ทำงานประสานกัน โดยจะมีส่วนประกอบหลัก คือ

2.3.1.1 Central processing unit (CPU)

ทำหน้าที่ในการคำนวณและควบคุม เสมือนเป็นสมองของ PLC ภายในประกอบไปด้วยวงจรลอจิกต่างๆ CPU นั้นจะยอมรับค่าที่ถูกรับเข้ามา เพื่อทำการประมวลผลและเก็บข้อมูล โดยจะส่งไปยังหน่วยความจำ (Memory) จากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆที่ถูกกำหนดไว้

2.3.1.2 Memory unit

ทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูลและโปรแกรมที่ใช้ในการทำงานหรือข้อมูลที่ถูกส่งต่อมา จากตัวประมวลผลกลาง (CPU) โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งเป็นบิตของข้อมูล (Data bit) ซึ่งภายในหน่วยความจำ 1 บิตจะมีค่าสถานะทางลอจิกเป็น 1 หรือ 0 แตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับคำสั่งที่ถูกป้อนเข้าไปใน PLC

2.3.1.3 Power supply

ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเหมาะสมในการที่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) หน่วยส่งข้อมูล (Communication interface) นอกจากนี้ power supply ยังจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้การสื่อสารข้อมูลระหว่าง CPU และอุปกรณ์ภายนอก

2.3.1.4 Communication interface

มีหน้าที่รับและส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ โดยสามารถเชื่อมต่อได้หลายอุปกรณ์ทั้งผ่าน TCP, IP และ Serial

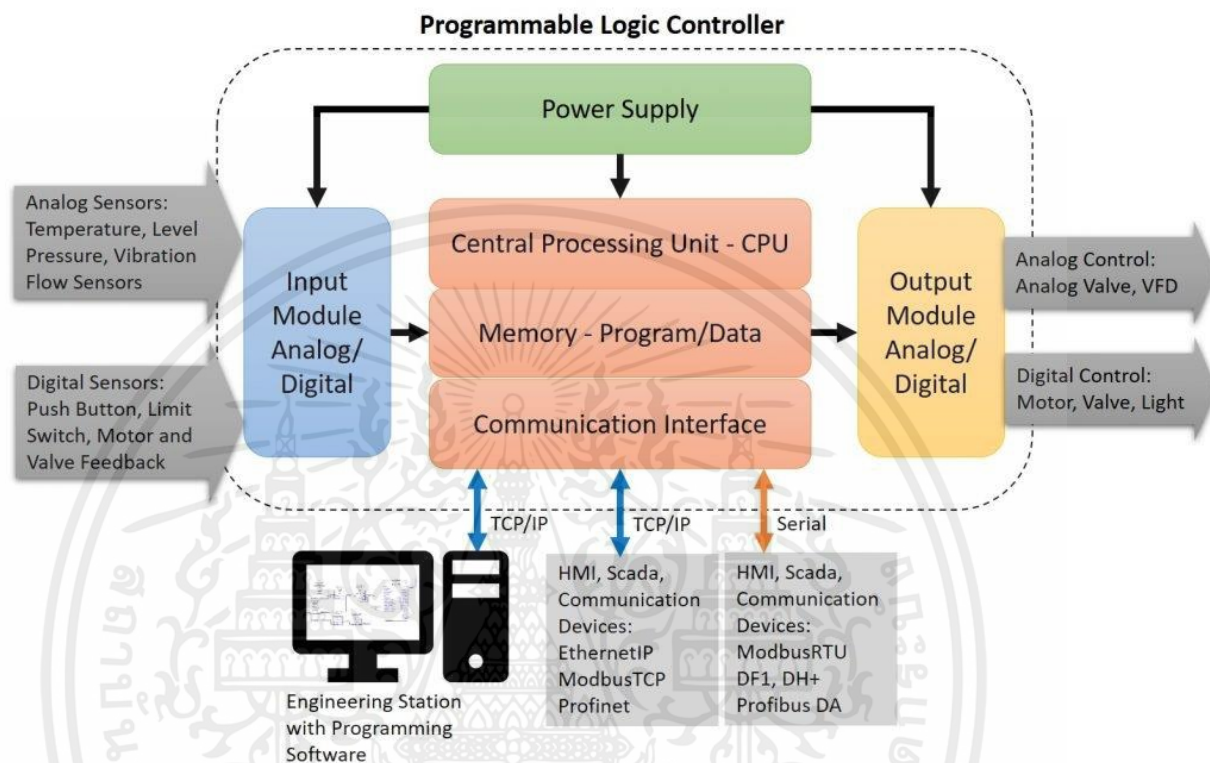
2.3.1.5 Input modules

ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอก เช่น เซ็นเซอร์แบบต่างๆ จากนั้นทำการแปลงสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์ภายนอกให้เหมาะสม แล้วส่งให้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เพื่อจะนำไปประมวลผลต่อไป ที่พบเห็นได้มากที่สุดจะเป็น DC Voltage digital input หรือ discrete input เมื่อรับค่าเข้ามาจะแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าหนึ่งๆ ตั้งแต่ 5V หรือ 24V ซึ่งจะได้ค่าเป็น ON-OFF อย่างไรก็ตาม Input แบบ Analog ก็ยังมีเช่นกัน คือการตรวจจับค่าที่รับเข้ามาเป็นค่าเท่าใด และมีปริมาณเท่าใด ซึ่งจะทำให้การควบคุมระบบมีความซับซ้อนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.3.1.6 Output modules

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่ได้รับจากการประมวลผลบน CPU ให้กลายเป็นสัญญาณควบคุมที่จะส่งออกไปยังช่องของสัญญาณ Output modules โดยสัญญาณนั้นจะส่งเป็นแบบ Digital คือมีเฉพาะ ON-OFF เท่านั้น หรืออาจจะส่งสัญญาณที่สามารถปรับค่าต่างๆให้เข้าหรือออกจากอุปกรณ์นี้ตามต้องการได้ เป็นสัญญาณ Analog



รูปที่ 2.4 แสดงภาพส่วนประกอบหลักของ PLC

(ที่มา : <https://www.nectec.or.th>)

2.3.2 การเขียนตรรกะ (Logic) ควบคุมการประมวลผลบน PLC

การเขียน Logic ต่างๆที่จะสามารถโปรแกรม PLC ได้นั้น มีวิธีให้เลือกหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งมาตรฐาน IEC 1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาการเขียน PLC ออกเป็น 5 แบบ คือ

1. IL (Instruction list) รูปแบบของข้อความ (Instruction List Language) จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความและมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine Code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วยส่วนปฏิบัติการและส่วนที่ถูกดำเนินการ
2. LAD (Ladder diagram) แลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram Language) จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิกซึ่ง มีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้าซึ่งแลตเตอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วยราง (Rail) ซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และขวาของไดอะแกรมเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมี ขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุต

3. FBD (Function block diagram) แบบเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย (Function Block Diagram Language) เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชัน การทำงานในรูปแบบของกราฟิกและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายโดยการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของฟังก์ชัน
4. SFC (Sequential function chart) แบบซีควนซ์ (Sequential Flow Chart Language) จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบเป็นขั้นตอน
5. ST (Structure text) รูปแบบของคำสั่ง (Structure Text Language) จะเป็นภาษาในระดับสูงโดยมีพื้นฐานมาจาก ภาษา Pascal ซึ่งประกอบไปด้วยนิพจน์ และคำสั่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงานเช่น IF, THEN, ELSE เป็นต้นคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำเช่น FOR, WHILE เป็นต้น

2.4 Dynamic system

ระบบไดนามิก (Dynamic system) คือระบบที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงภายในระบบหรือจากปัจจัยภายนอกระบบ ในวิศวกรรมและฟิสิกส์ ระบบไดนามิกนั้นถูกจำลองโดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์และเทคนิคอื่น ๆ เพื่อทำนายพฤติกรรมของระบบตามเวลา

ระบบไดนามิกสามารถแบ่งออกเป็นระบบเชิงเส้น (Linear dynamic system) และระบบเชิงอวกซ์เลชัน (Nonlinear dynamic system) ขึ้นอยู่กับว่าระบบนั้นเป็นระบบที่เชื่อมโยงกันโดยสมการเชิงเส้นหรือไม่ ซึ่งระบบไดนามิกเชิงเส้นมีคุณสมบัติของการเชื่อมโยงโดยการบวกลบสมการ ในขณะที่ระบบไดนามิกเชิงอวกซ์เลชันไม่มีคุณสมบัตินี้

ระบบไดนามิกสามารถพบได้ในหลากหลายประเภทของงานวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เช่น ระบบควบคุมเครื่องบินและหุ่นยนต์ ระบบชีวภาพของเซลล์และสิ่งมีชีวิต การเข้าใจพฤติกรรมของระบบไดนามิกเป็นสิ่งสำคัญในหลายๆ ด้านของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม และเป็นตัวกำเนิดของเครื่องมือและเทคนิคคณิตศาสตร์หลายอย่าง เช่น ทฤษฎีควบคุม (Control theory)

2.5 Control system

ทฤษฎีการควบคุม (Control theory) เป็นสาขาวิชาที่ใช้คณิตศาสตร์และวิศวกรรมในการศึกษาพฤติกรรมของระบบไดนามิก สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมได้ เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเตาอุตสาหกรรม ในทฤษฎีการควบคุมนั้น จะมีการพิจารณาเกี่ยวกับการควบคุมระบบที่ต้องการให้ผลลัพธ์เป็นไปตามต้องการ โดยการนำเสนอแนวคิดที่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมและจำลองพฤติกรรมของระบบได้ และพัฒนาระบบควบคุมให้สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิในเตาอุตสาหกรรม หากอุณหภูมิขึ้นจะต้องให้ระบบควบคุมปรับขึ้นให้เหมาะสม เพื่อให้อุณหภูมิในเตามีค่าอยู่ในช่วงที่ต้องการ การนำทฤษฎีการควบคุมมาใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเตาอุตสาหกรรมนั้น จะเป็นการควบคุมอุณหภูมิในเตา โดยการใช้เซ็นเซอร์ในการวัดอุณหภูมิและส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม จากนั้นระบบควบคุมจะปรับการทำงานของเตาให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต้องการ

การควบคุมแบบ Open-loop หรือการควบคุมแบบไม่มี Feedback คือ การควบคุมโดยไม่มี การวัดผลลัพธ์ของระบบ ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมที่ใช้งานไม่ได้กับระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา หรือมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่คงที่ โดยระบบจะทำงานตามคำสั่งที่กำหนดล่วงหน้า โดยไม่คำนึงถึงผลลัพธ์จริงที่เกิดขึ้น ดังนั้น การควบคุมแบบ Open-loop จะมีความเสี่ยงที่จะทำให้ระบบไม่สามารถทำงานตามคาคหมายได้ หรือไม่สามารถควบคุมผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างการใช้งานของ Open-loop control ในระบบอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับระบบควบคุมแบบ Feedback control โดยอาจจะใช้ในการควบคุมการประกอบชิ้นงานโดยเฉพาะเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมเนียมหรือการแก้ไขความผิดพลาดในกระบวนการผลิต โดยระบบ Open-loop จะทำงานตามขั้นตอนและคำสั่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยไม่สนใจถึงผลลัพธ์จริงที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน แต่ก็ต้องพิจารณาถึงความแม่นยำและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต รวมไปถึงการควบคุมในแต่ละขั้นตอนการผลิต

2.5.1 Feedback control

ระบบควบคุมแบบ Feedback (หรือระบบควบคุมโดยการใช้ค่าความคืบหน้า) เป็นวิธีการควบคุมที่ใช้การวัดผลลัพธ์ของระบบเพื่อปรับเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ เพื่อให้ผลลัพธ์อยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบควบคุมอุตสาหกรรม โดยในกรณีของเตาอุตสาหกรรม เช่น เตาหลอมโลหะ การควบคุมอาจจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา

ระบบควบคุมแบบ Feedback ทำงานโดยการวัดผลลัพธ์ของระบบและส่งกลับมาให้กับตัวควบคุม ซึ่งจะใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อปรับปรุงปัจจัยต่างๆ เพื่อให้ผลลัพธ์เข้ากับค่าที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น หากต้องการควบคุมอุณหภูมิในเตาหลอมโลหะที่อยู่ในช่วง 1200-1300 องศาเซลเซียส โดยระบบควบคุมจะทำการวัดอุณหภูมิในเตาและส่งกลับมาให้ตัวควบคุม จากนั้นตัวควบคุมจะปรับการทำงานของเตาให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต้องการ เช่น ปรับปรุงระดับความร้อนของไฟฟ้าหรือการใช้กำลังไฟฟ้าและอื่นๆ

2.5.2 PID control

Proportional-Integral-Derivative เป็นเทคนิคในการควบคุมระบบไดนามิก (dynamic system) โดยใช้การปรับแต่งพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ Proportional, Integral, และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Derivative เพื่อควบคุมค่าเอาต์พุต (output) ของระบบให้มีความเหมาะสมกับค่าอินพุต (input) ที่กำหนดไว้

สังเกตว่าในการควบคุม PID นั้น มีการใช้ค่าความคลาดเคลื่อน (error) ระหว่างค่าอินพุตและเอาต์พุต โดยจะปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของ PID ให้เหมาะสมกับลักษณะของระบบที่กำลังถูกควบคุม ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามแต่ละระบบ ใน PID, พารามิเตอร์ Proportional (P) คือค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดว่าจะปรับเอาต์พุตไปเท่าไรตรงตามค่าคลาดเคลื่อน โดยทำการคูณค่าคลาดเคลื่อนด้วยค่า P และนำไปปรับเอาต์พุตของระบบ Integral (I) คือค่าที่คำนวณจากค่าคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาที่ผ่านไป โดยนำค่านี้ไปบวกกับการปรับเอาต์พุต Derivative (D) คือการคำนวณอนุพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน ซึ่งช่วยลดความเร็วของการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุตและช่วยป้องกันการแตกต่าของค่าอินพุตและเอาต์พุตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระบบที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.6 Ladder diagram (LAD)

Ladder Diagram (LAD) เป็นวิธีการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC ซึ่งเป็นที่นิยม เนื่องจากอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ สามารถดูตามโครงสร้าง แล้วเข้าใจการทำงานของระบบได้ สามารถแก้ไขได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว โดยมีพื้นฐานมาจากวงจรการควบคุมแบบรีเลย์ โดยจะประกอบด้วยราง (Rail) ทางซ้ายและขวาของไดอะแกรม เพื่อใช้เป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าจากทางซ้ายไปทางขวา

2.6.1 สัญลักษณ์ของ Ladder diagram (LAD)



ปกติหน้าสัมผัสเปิด เมื่อเงื่อนไขเป็นจริงหน้าสัมผัสจะปิดลง

รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ Normally Open (NO)



ปกติปิดหน้าสัมผัสปิด เมื่อเงื่อนไขเป็นจริงหน้าสัมผัสจะเปิดขึ้น

รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ Normally Close (NC)



คอยล์ เป็นลักษณะการสั่งการแบบรีเลย์ ที่เป็น Output

รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ Coil



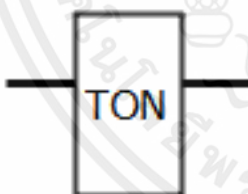
ขอบขาขึ้น จะสั่งการทำงานเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง 1 ครั้ง ต่อ 1 scan time

รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ Positive Edge



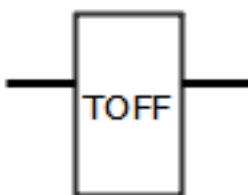
รีเซ็ต จะหยุดการทำงานเมื่อเงื่อนไขที่เข้ามาเป็นจริง

รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์ Reset



Timer จะเริ่มนับเวลาเมื่อเริ่มการจ่ายไฟเข้าให้กับ Timer

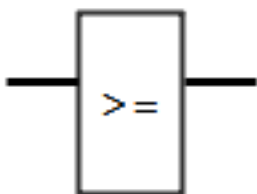
รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Timer Delay On



Timer จะเริ่มนับเวลาเมื่อหยุดการจ่ายไฟเข้าให้กับ Timer

รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Timer Delay Off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จะเป็นจริง เมื่อตัวแปรทั้งผ่านเงื่อนไขการเปรียบเทียบ

รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ Greater than or Equal to



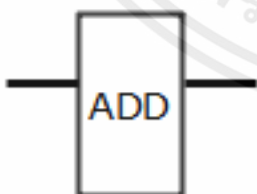
จะเป็นจริง เมื่อตัวแปรทั้งผ่านเงื่อนไขการเปรียบเทียบ

รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ Less than or Equal to



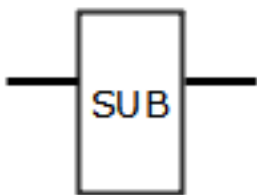
จะเป็นจริง เมื่อตัวแปรทั้งสองมีค่าเท่ากัน

รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ Equal to



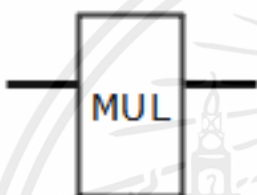
เป็นการนำค่าของตัวแปร มาบวกกัน

รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ Add



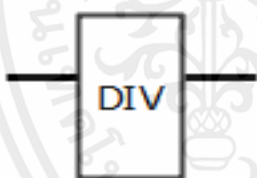
เป็นการนำค่าของตัวแปร มาลบกัน

รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ Equal to



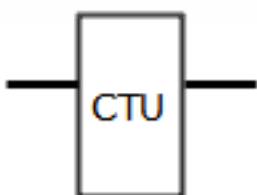
เป็นการนำค่าของตัวแปร มาคูณกัน

รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ Equal to



เป็นการนำค่าของตัวแปร มาหารกัน

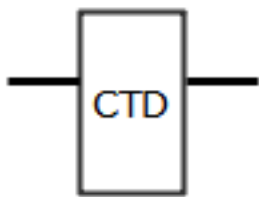
รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์ Equal to



การนับขึ้น เป็นการนับสัญญาณแบบขาขึ้น 1 ครั้ง ต่อ 1 Scan Time โดยเพิ่มตัวเลขขึ้น

รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์ Counter Up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



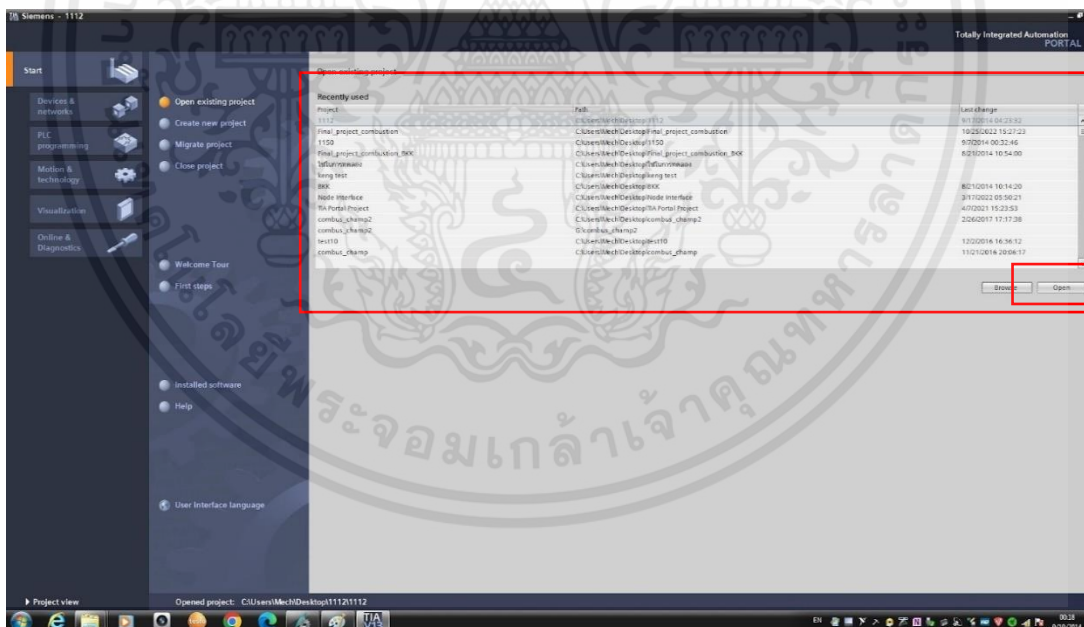
การนับลง เป็นการนับสัญญาณแบบขาขึ้น 1 ครั้ง ต่อ 1 Scan Time โดยลบตัวเลขลงเรื่อยๆ

รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์ Counter down

2.7 การใช้งานโปรแกรม TIA Portal V13

TIA Portal V13 มีระบบที่สามารถประมวลผลได้ภายใน Organization block (OB), Function (FC) และ Function Block (FB) ซึ่งลักษณะการทำงานของฟังก์ชันนี้จะเป็นการปฏิบัติทางลอจิกพื้นฐาน เช่น การใช้ Timer Counter และฟังก์ชันการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ โดยจะควบคุมด้วยภาษา LAD, FBD, STL ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้งาน TIA PORTAL V13 ในการสร้าง Block การเลือกใช้กลุ่มคำสั่ง การ Compile&Run ในเบื้องต้น โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

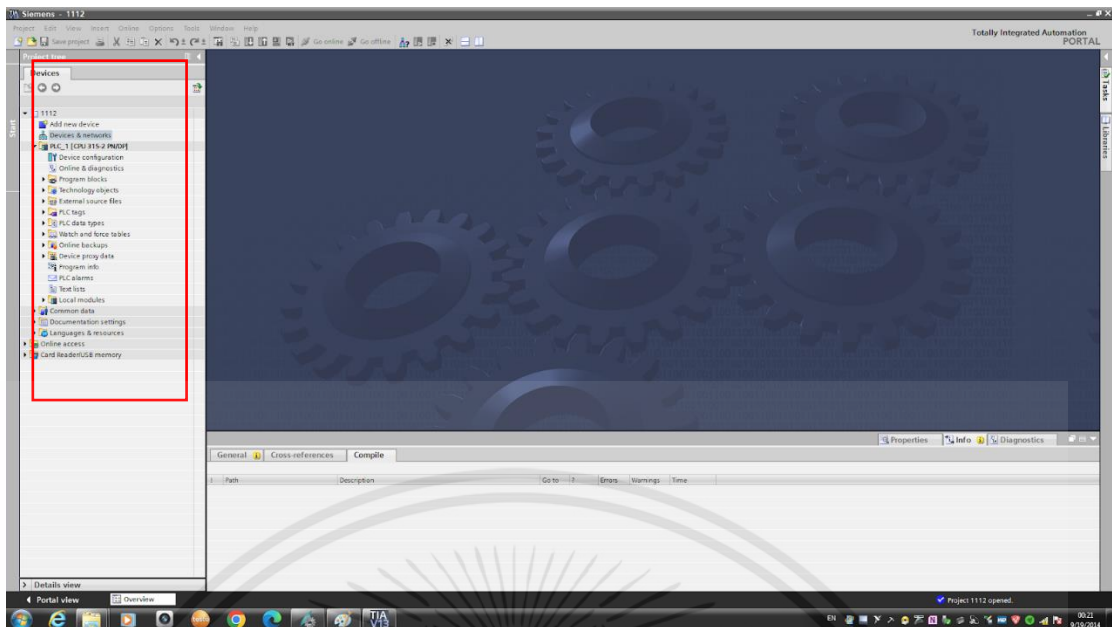
1. ทำการเลือก Project ที่ต้องการแก้ไข จากนั้นคลิกไปที่ Open



รูปที่ 2.20 การเลือก Project

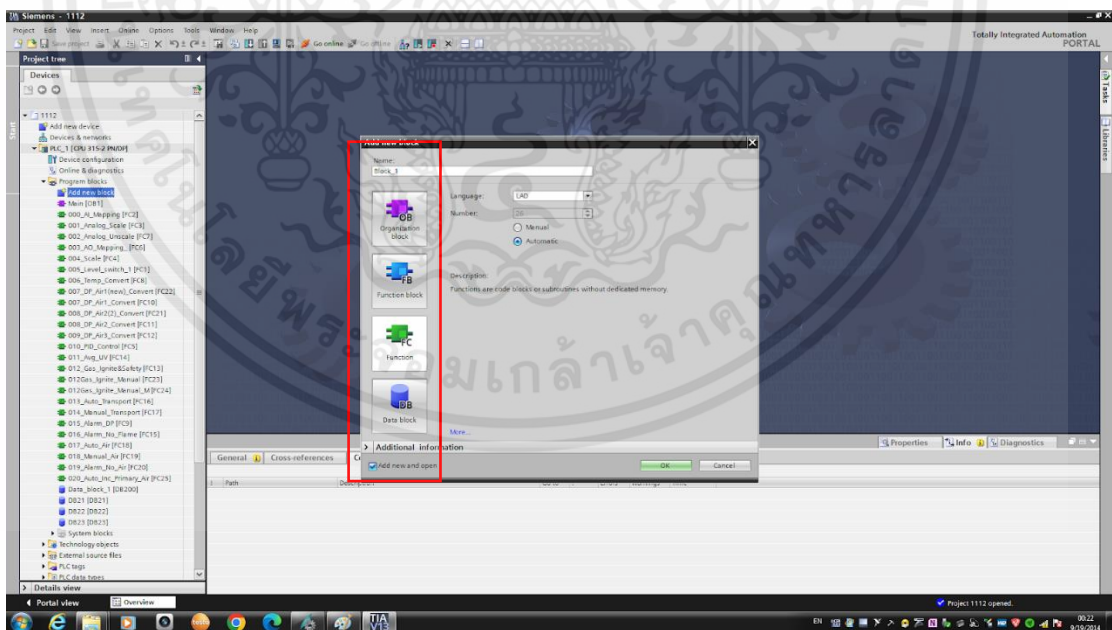
2. แถบ Devices แสดงถึงกลุ่มเครื่องมือต่างๆ เช่น Program blocks PLC tags

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



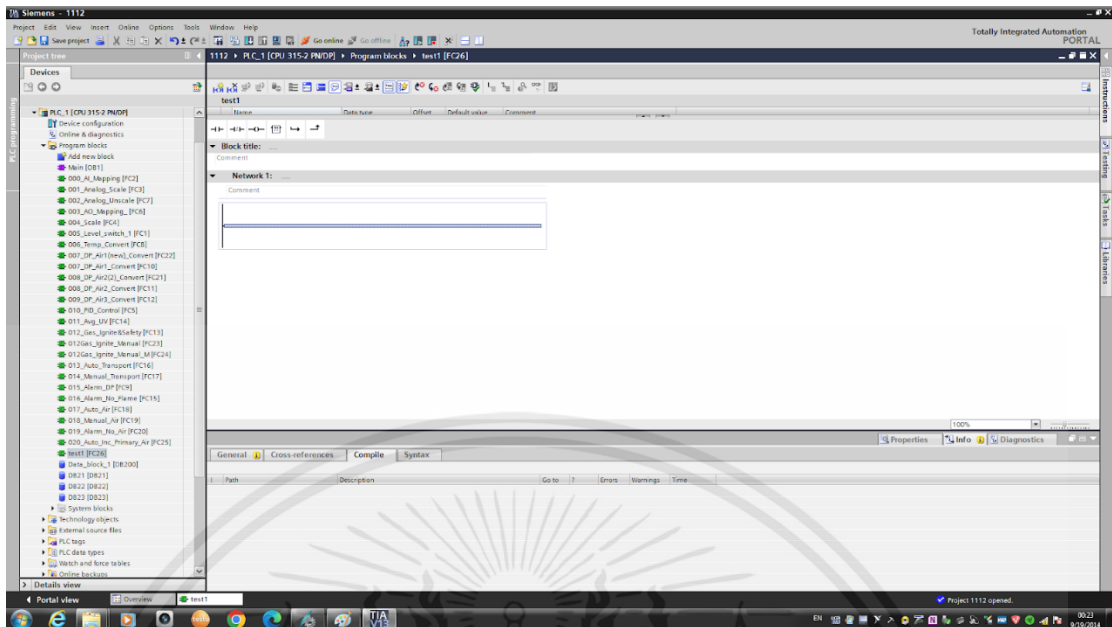
รูปที่ 2.21 แถบ Devices

3. การสร้าง Block สำหรับเขียนฟังก์ชันการทำงาน ให้ไปที่ Program blocks > Add new block เลือกรูปแบบของ Block จากนั้นทำเลือก Language ที่จะใช้เขียนฟังก์ชัน แล้วคลิก OK



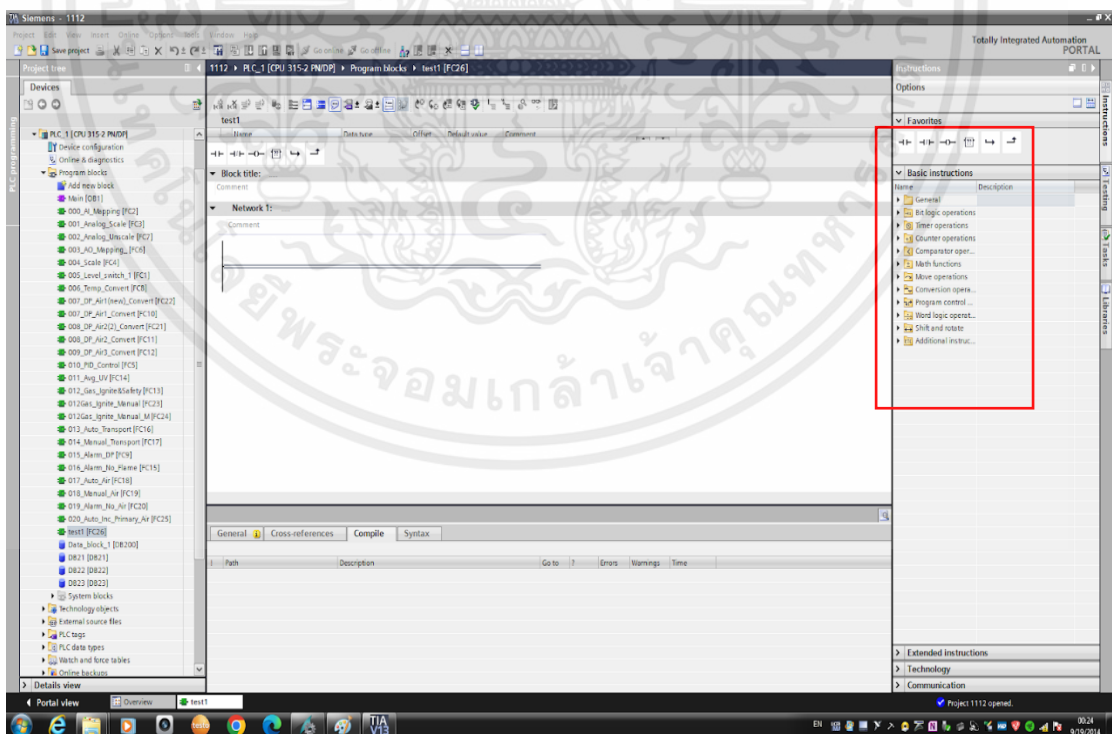
รูปที่ 2.22 การเลือกรูปแบบของ Block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การสร้าง Block

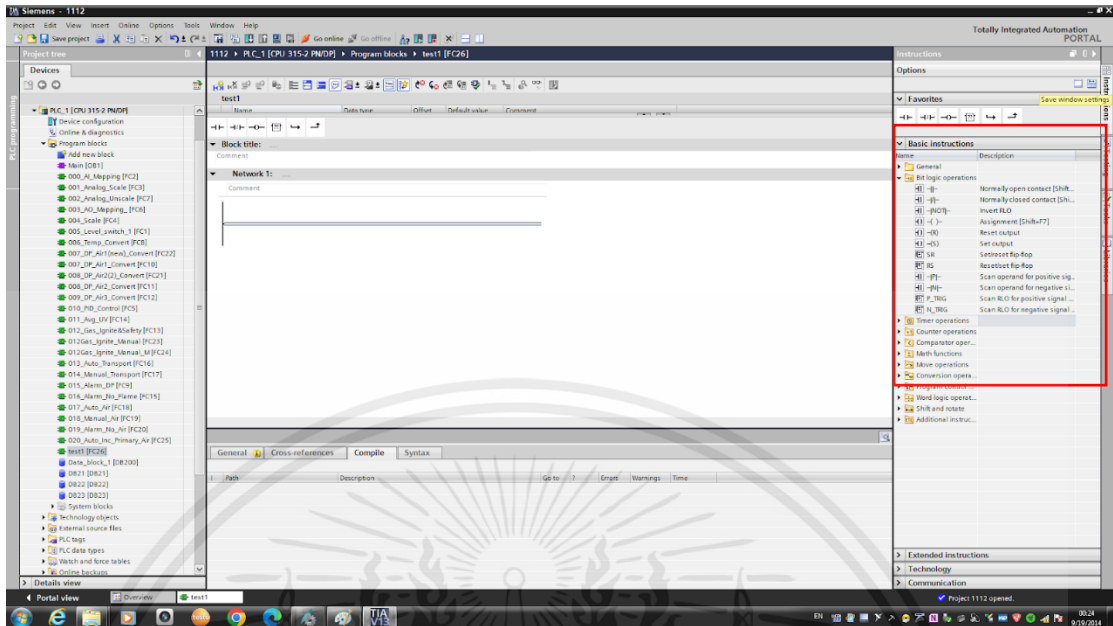
4. การเรียกใช้คำสั่งในการทำงาน ให้คลิกไปที่ Instructions จากนั้นเลือกใช้งานคำสั่งที่ต้องการ โดยจะมีกลุ่มคำสั่งต่างๆดังนี้



รูปที่ 2.23 คำสั่งในการทำงาน

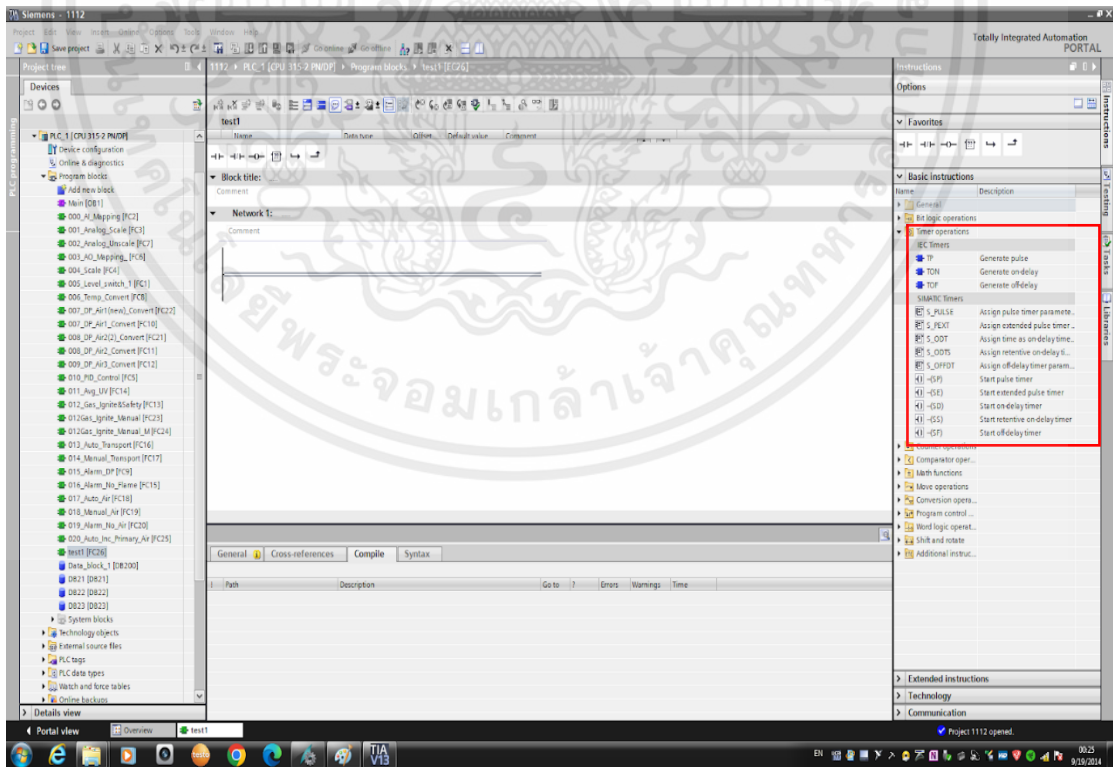
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 กลุ่มคำสั่ง Basic logic operations ทำงานในรูปแบบของรีเลย์



รูปที่ 2.24 กลุ่มคำสั่ง Basic logic operations

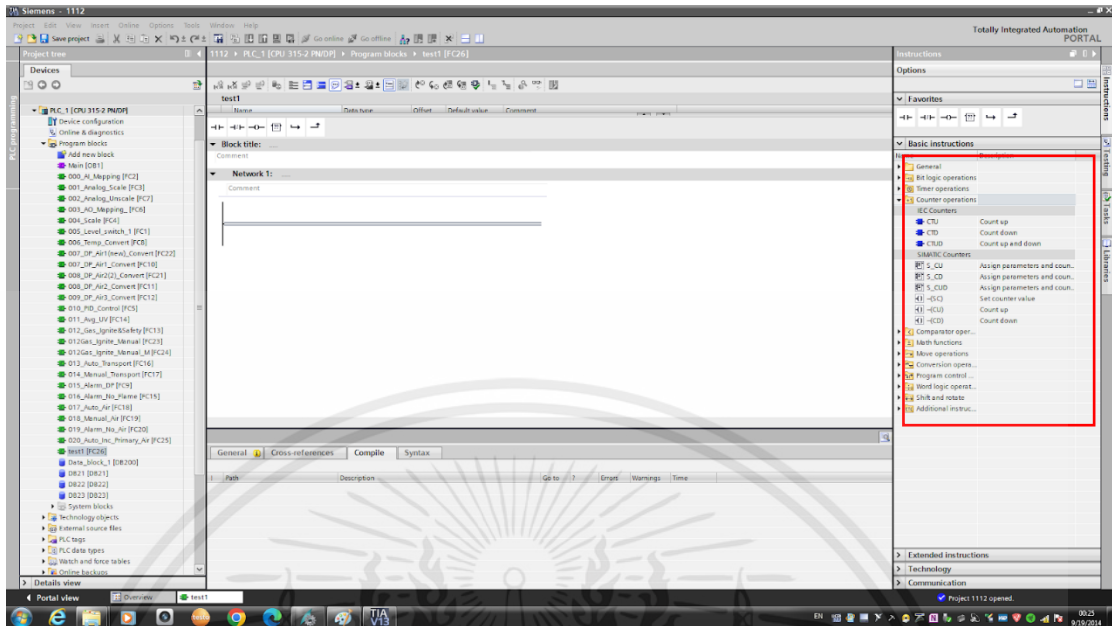
4.2 กลุ่มคำสั่ง Timer operations ทำงานในรูปแบบของการจับเวลา



รูปที่ 2.25 กลุ่มคำสั่ง Timer operations

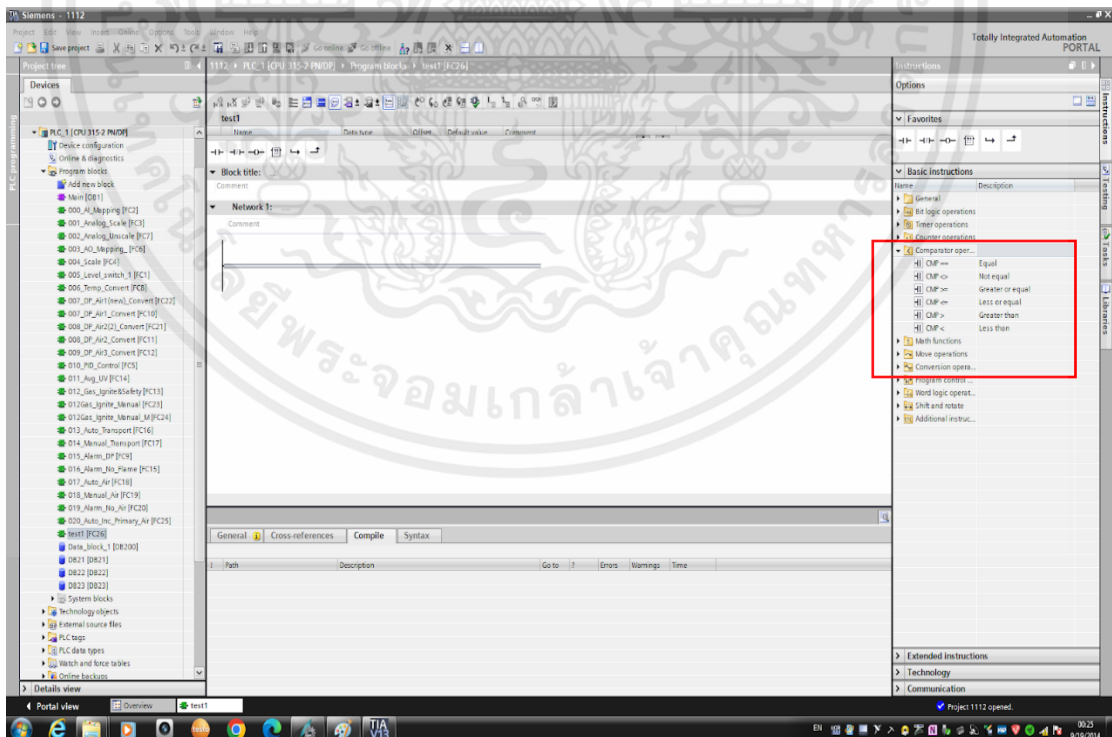
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 กลุ่มคำสั่ง Counter operations ทำงานในรูปแบบของการนับจำนวน



รูปที่ 2.26 กลุ่มคำสั่ง Counter operations

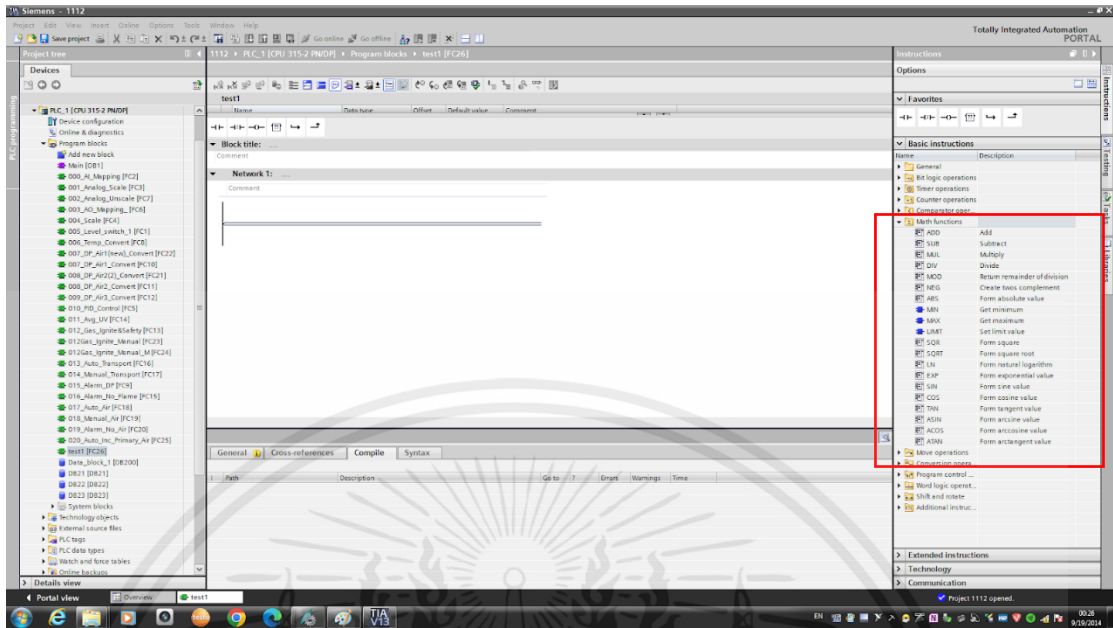
4.4 กลุ่มคำสั่ง Comparator operations ทำงานในรูปแบบของการเปรียบเทียบ



รูปที่ 2.27 กลุ่มคำสั่ง Comparator operations

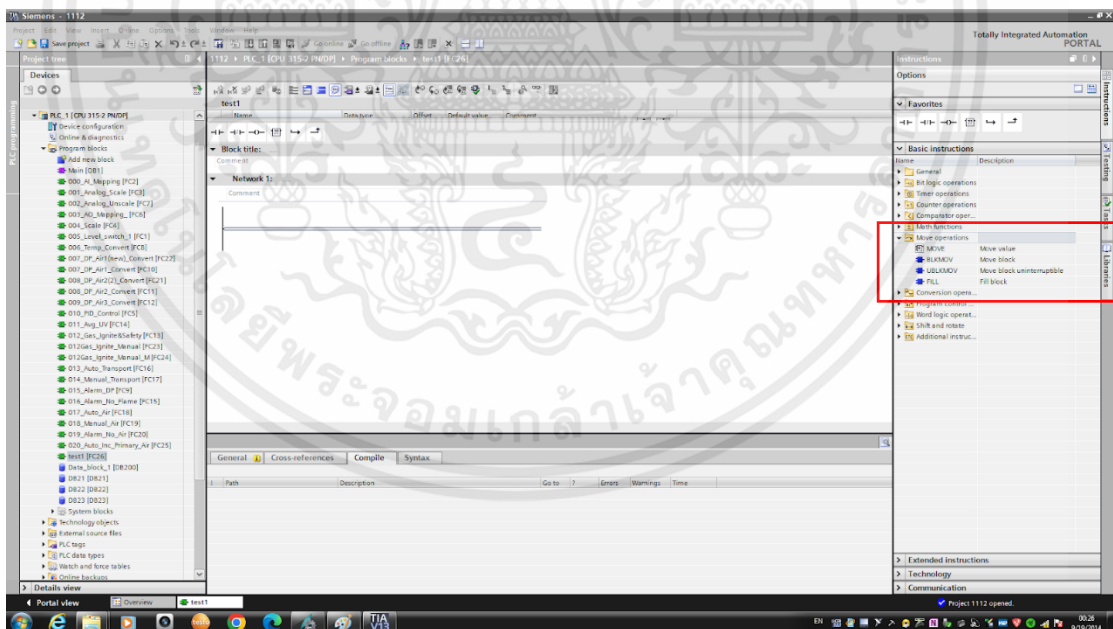
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 กลุ่มคำสั่ง Math operations ทำงานในรูปแบบของการคำนวณ



รูปที่ 2.28 กลุ่มคำสั่ง Math operations

4.6 กลุ่มคำสั่ง Move operations ทำงานในรูปแบบของการย้ายค่า

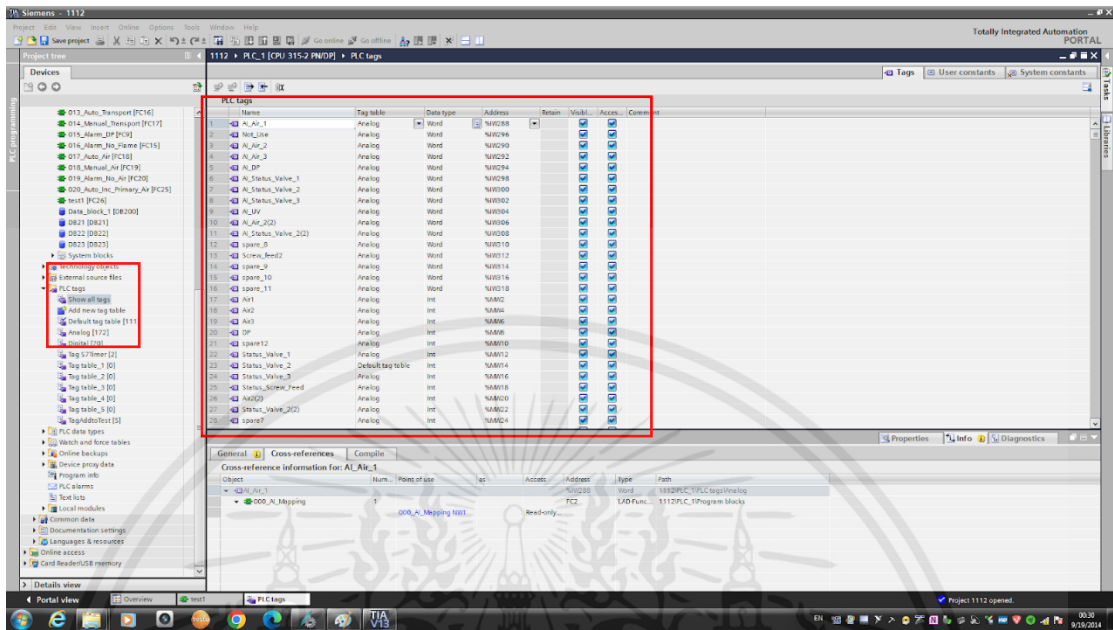


รูปที่ 2.29 กลุ่มคำสั่ง Move operations

- การอ้างอิง Address ให้ไปที่ PLC tags > Show all tags จะปรากฏ Name จากนั้นจะเลือก Name ที่ต้องการทราบ Address และหากต้องการทราบเพิ่มเติมว่า Address นั้น

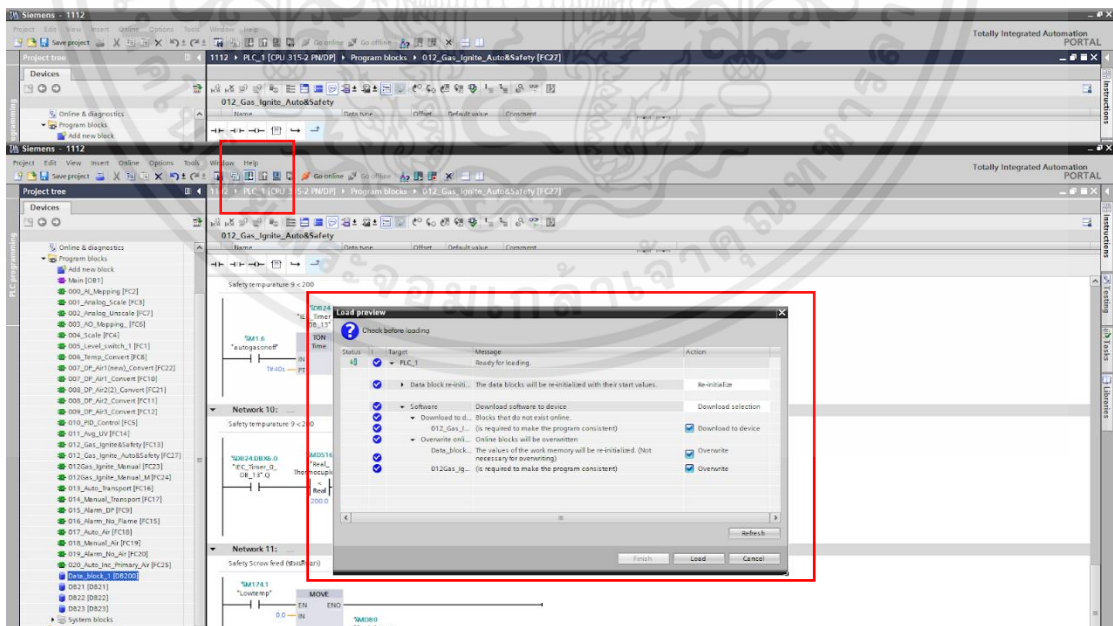
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกเรียกไปใช้งานที่ไหนบ้างให้คลิกไปที่ Cross-references จะปรากฏจุดที่ถูกนำไปใช้ Point of use



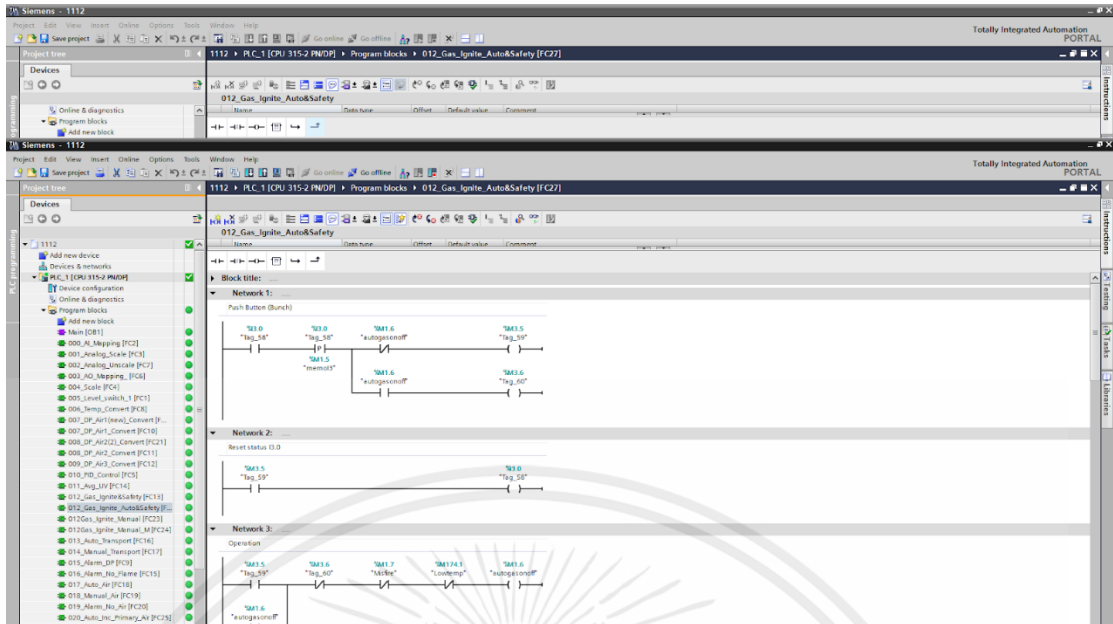
รูปที่ 2.30 การอ้างอิง Address

6. การ Compile&Run ให้คลิกไปที่ Download จะปรากฏหน้าต่าง Load preview ให้ทำการเลือก Download to device และ Overwrite จากนั้นคลิกไปที่ Load



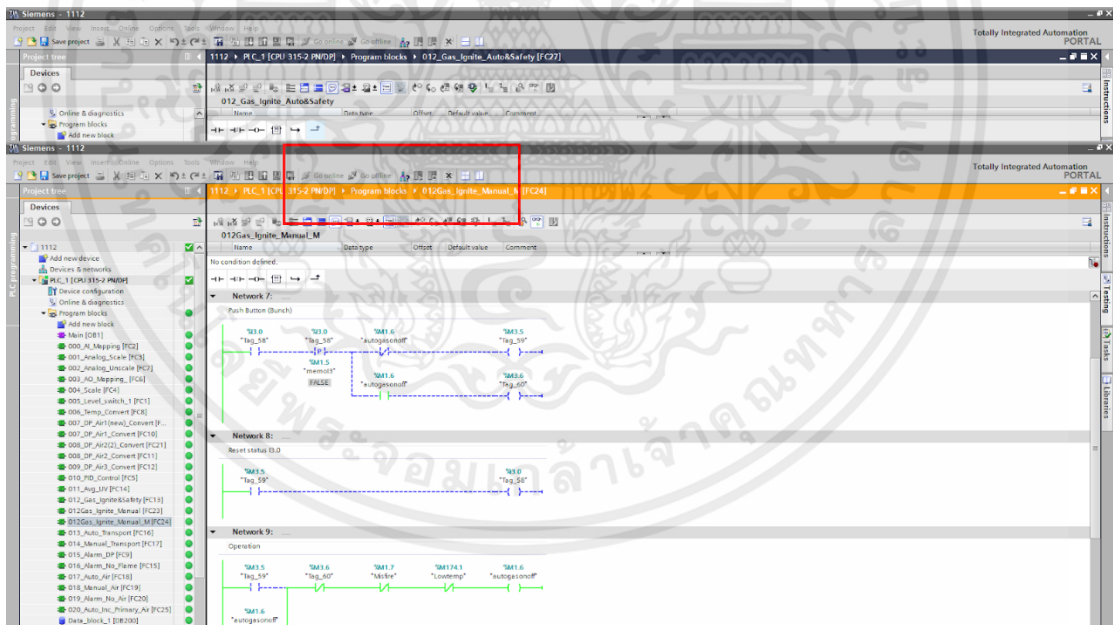
รูปที่ 2.31 การ Compile&Run

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 Compile&Run สำเร็จ

7. การ Monitor ของการทำงานให้คลิกไปที่ Go online จากนั้นคลิกไปที่ Monitor



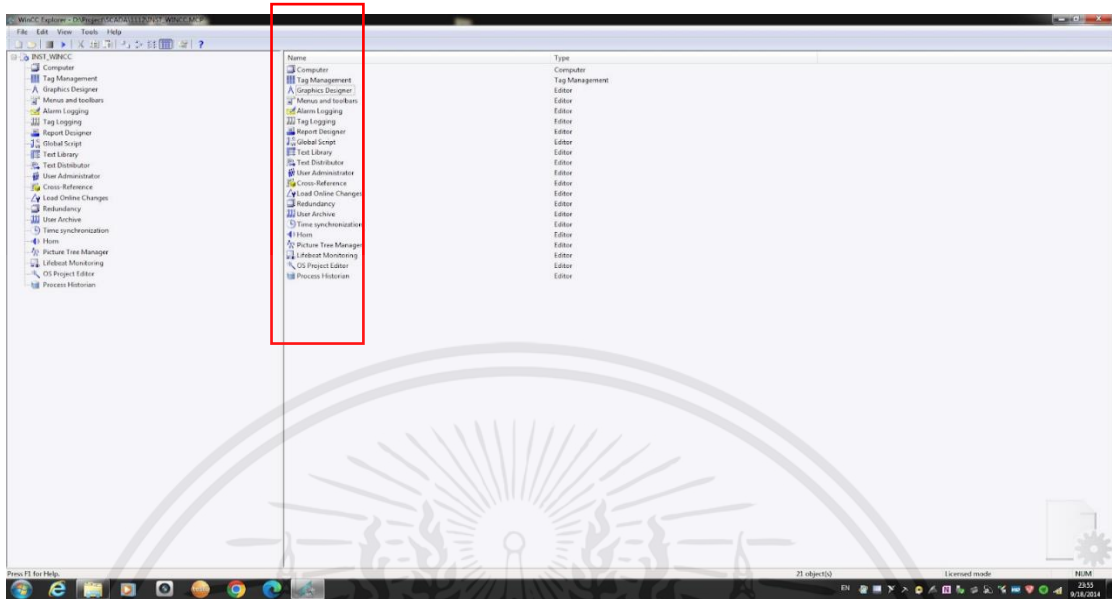
รูปที่ 2.33 การ Monitor

2.10 การใช้งานโปรแกรม WinCC

WinCC เป็นโปรแกรมควบคุมดูแลการเก็บข้อมูลรูปแบบ Scada และเป็นระบบที่เอาไว้เชื่อมต่อกันระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร ในหัวข้อนี้จะกล่าวการใช้งาน WinCC ในเบื้องต้น โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

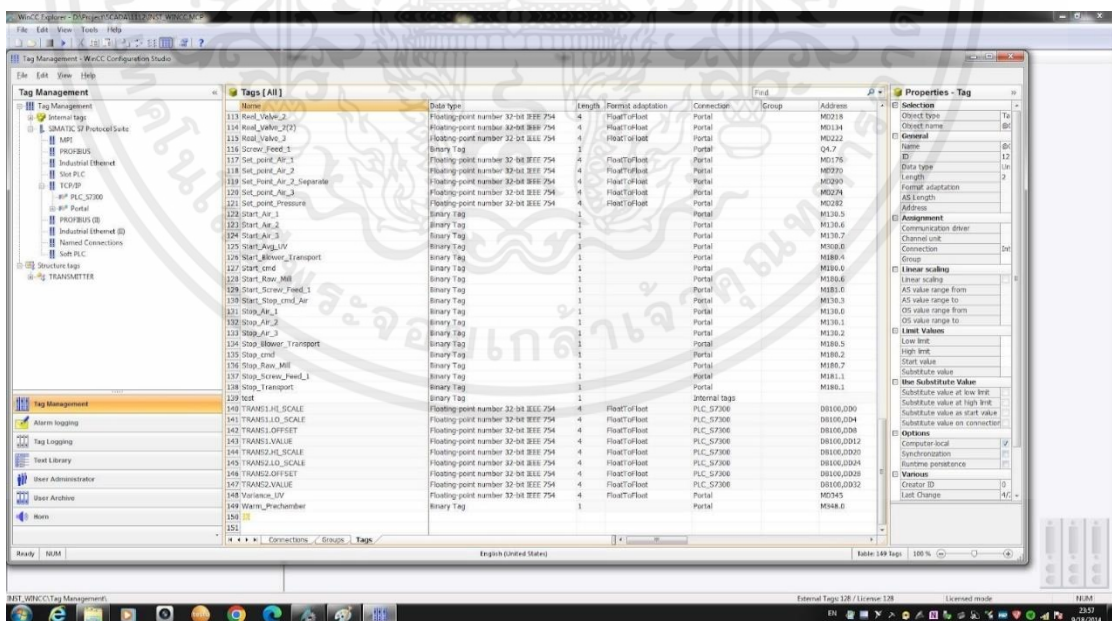
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แถบ INST_WINCC แสดงถึงกลุ่มเครื่องมือต่างๆ เช่น Tag Management Tag Logging Graphics Designer



รูปที่ 2.34 แถบ INST_WINCC

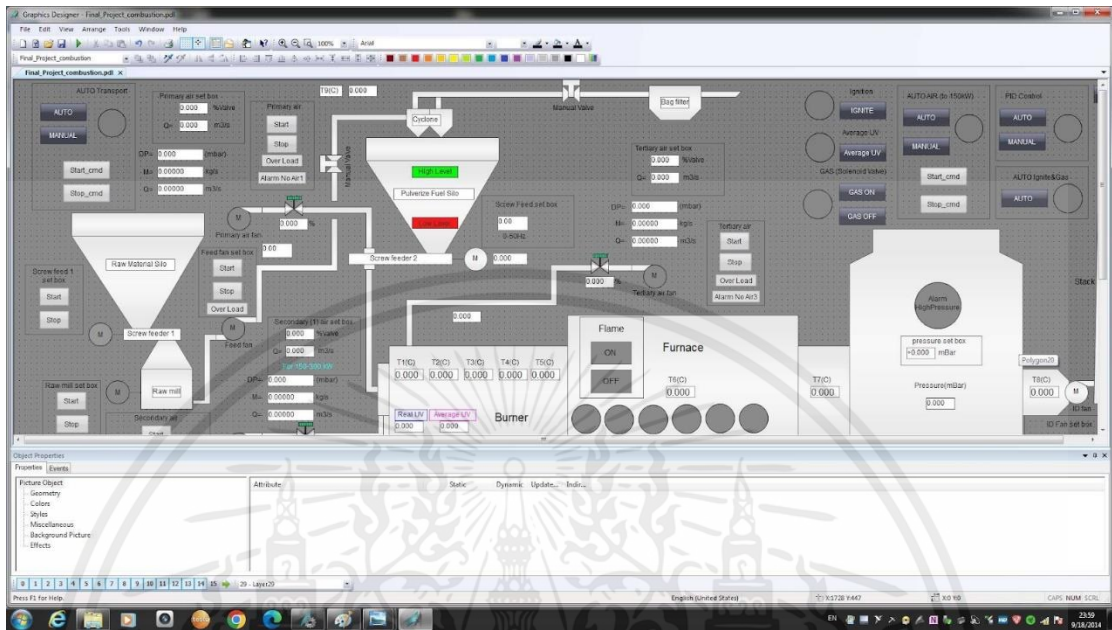
2. เมื่อคลิกไปที่ Tag Management > Internal tags จะปรากฏ Tag Name และ Address สำหรับการอ้างอิง หากต้องการสร้าง Tag ใหม่ จำเป็นต้องระบุ Data type และการต่อ Connection



รูปที่ 2.35 Tag Management

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อคลิกไปที่ Graphics Designer จะแสดงระบบที่สามารถเชื่อมต่อกันระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร ซึ่งสามารถออกแบบได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ตั้งแต่กล่องข้อความ ปุ่มกด การรับอินพุต เอาต์พุต รวมไปถึงการแสดงเทรนด์ของชุดข้อมูลแบบ Realtime



รูปที่ 2.36 Graphics designer view

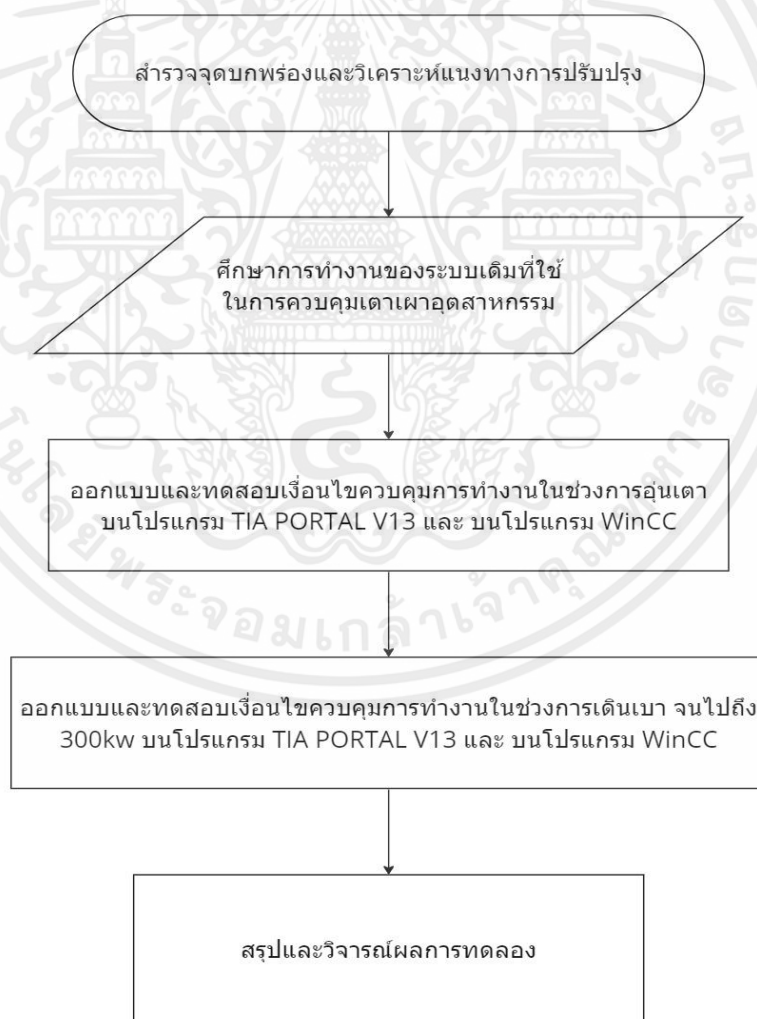
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์งานเตาเผาอุตสาหกรรม ในช่วงการอุ่นเตา และช่วงการเดินเบาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และการสร้างปุ่มในการเตาเผาอุตสาหกรรมบนโปรแกรม WinCC รวมไปถึงสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของ Thermocouple ที่ตำแหน่งต่างๆ ให้สามารถตรวจสอบการทำงานของเตาเผาอุตสาหกรรมได้อย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น

3.1 แผนการดำเนินงาน



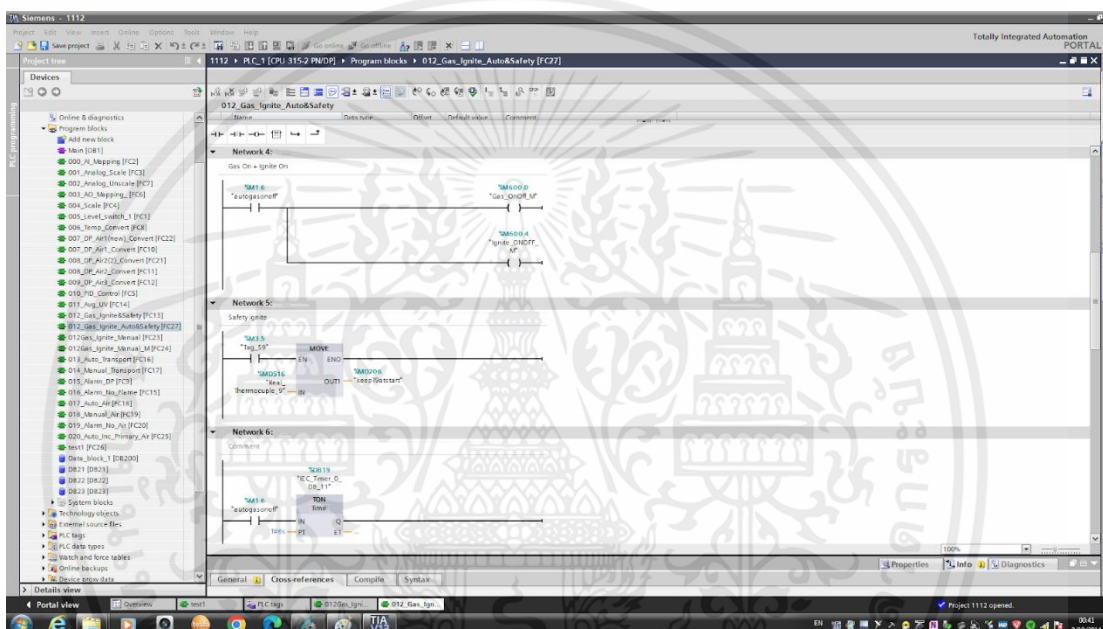
รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 เงื่อนไขในการสั่งตัวสั่งการทำงานของ LPG และ Igniter

3.2.1.2.1 Network 3

1. สร้าง Normally Open (%M3.5), Coil (%M3.0) และ Normally Open (%I1.6) เพื่อเป็นตัวสั่งการทำงานให้ M1.6 เป็นสถานะทำงานอยู่ตลอดเวลา
2. สร้าง Normally Close (%M1.6), Normally Close (%M1.7) และ Normally Close (%M174.1) เป็นเงื่อนไขตัดการทำงานของ M1.6 จากสถานะทำงานอยู่ตลอดเวลาเป็นสถานะไม่ทำงาน



รูปที่ 3.3 Network 4-6

3.2.1.3 เงื่อนไขในการสั่งการทำงานของ LPG กับ Igniter

3.2.1.3.1 Network 4

1. สร้าง Normally Open (%M1.6) , Coil (%M600.0) และ Coil (%M600.4) เพื่อเป็นตัวสั่งการทำงานของ Gas LPG และการจุดติดไฟ(Ignite) โดย Normally Open (%M1.6) จะทำงานหรือไม่จะขึ้นอยู่กับ Network 3

3.2.1.4 เงื่อนไขความปลอดภัยในการจุดติด LPG

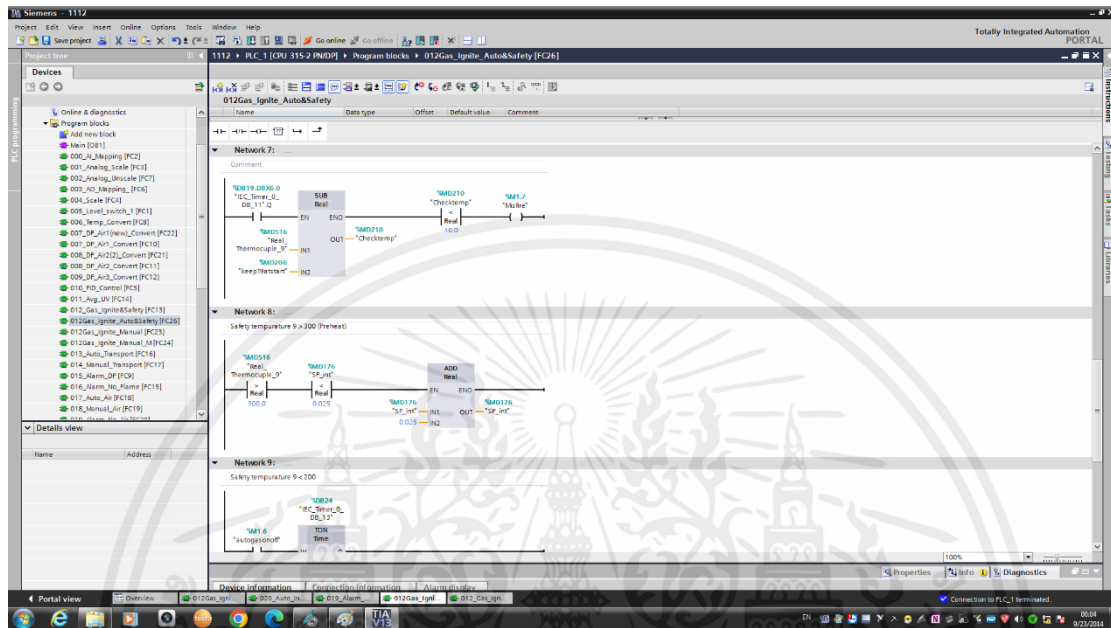
3.2.1.4.1 Network 5

1. สร้าง Normally Open (%M3.5) และฟังก์ชันการทำงาน Move โดยมีค่า Input เป็น (%MD516) และ Output เป็น (%MD206) เพื่อเก็บค่า Real_Thermocouple_9 (%MD516)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.4.2 Network 6

1. สร้าง Normally Open (%M1.6) และฟังก์ชันการทำงาน Timer Delay On (%DB19) เพื่อเป็นตัวหน่วงเวลาในการเก็บค่า Real_Thermocouple_9 (%MD206)



รูปที่ 3.4 Network 7- 8

3.2.1.4.3 Network 7

1. สร้าง Normally Open (“IEC_Timer_0_DB_11”.Q) เพื่อเป็นการหน่วงเวลาตัวสั่งการทำงานของ ฟังก์ชัน Subtract เพื่อนำค่า Real_Thermocouple_9 (%MD516) ลบกับ Real_Thermocouple_9 ที่เก็บไว้ (%MD206) จะได้ Output เป็นผลต่างของ Real_Thermocouple_9 (%MD210) ที่ หน่วงเวลาไว้ 6 วินาที
2. สร้างฟังก์ชัน Less than เพื่อเป็นตัวนำผลต่างของ Real_Thermocouple_9 (%MD210) ว่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 องศา ในเวลา 6 วินาทีหรือไม่ แสดงให้ทราบถึงการติดไฟหรือจุดไม่ติด และสร้าง Coil (%M1.7) เพื่อเป็นตัวตัดการทำงานการใน Network 3

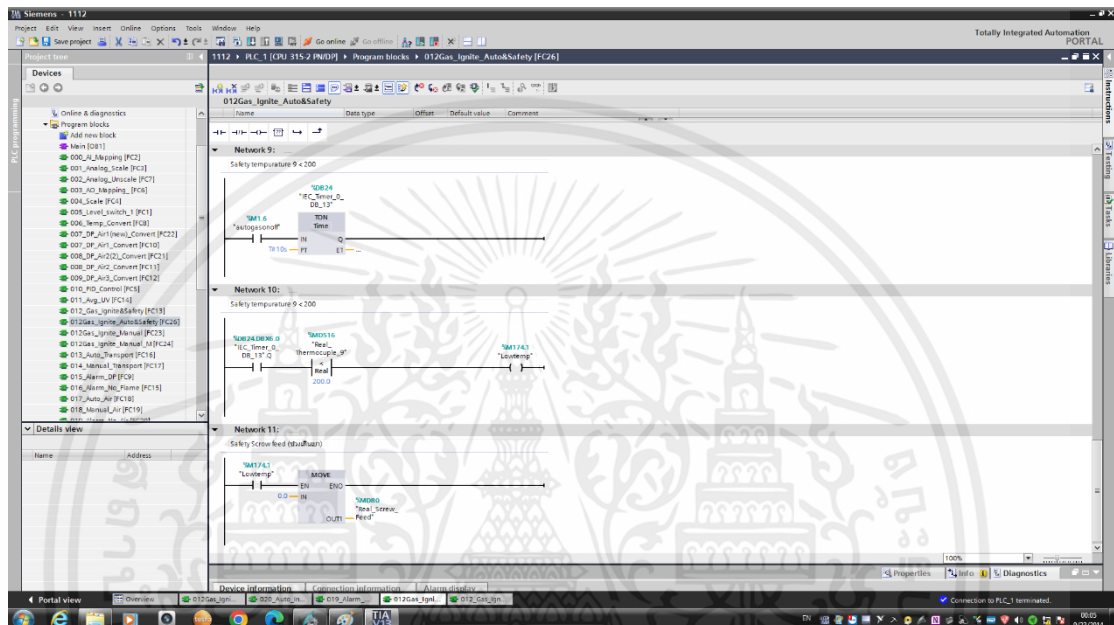
3.2.1.5 เงื่อนไขในรักษา Sensor thermocouple 9

3.2.1.5.1 Network 8

1. สร้างฟังก์ชัน Greater than เพื่อนำ Real_Thermocouple_9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(%MD516) มาตรวจสอบอุณหภูมิว่าเกิน 300 หรือไม่ และสร้างฟังก์ชัน Less than เพื่อเป็นตัวกำหนดค่า Maximum ของ Q1 (%MD176) จากนั้นสร้างฟังก์ชัน Add โดยตัว Input1 เป็น Q1 (%MD176) Input 2 เป็นค่าที่บวกเพิ่มขึ้นมา ตัว Output จะเป็น Q1 (%MD176) คือค่าที่บวกเพิ่มขึ้นแล้ว เพื่อรักษาอุณหภูมิของ Sensor Thermocouple 9 ไม่ให้สูงมากเกินไปจนเกิดความเสียหาย



รูปที่ 3.5 Network 9-11

3.2.1.6 เจ็อนไซในการเผาไหม้ของเตาเผาอุตสาหกรรม (ชีวมวล)

3.2.1.6.1 Network 9

1. สร้าง Normally Open (%M1.6) และ ฟังก์ชัน Timer Delay On (%DB24) เพื่อหน่วงเวลา 10 วินาที ให้ผ่านช่วงการทำงานการจุดติดก๊าซ LPG ไปก่อน

3.2.1.6.2 Network 10

1. สร้าง Normally Open (“IEC_Timer_0_DB_13”.Q) เพื่อเป็นการหน่วงเวลาตัวสั่งการทำงานของ ฟังก์ชัน Less than Real_Thermocouple_9 (%MD516) เพื่อเป็นตัวตรวจสอบว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 200 หรือไม่ และสร้าง Coil (%MD174.1) เพื่อเป็นตัวตัดการทำงานการใน Network 3

3.2.1.7 เจ็อนไซในการหยุดจ่ายเชื้อเพลิงชีวมวล

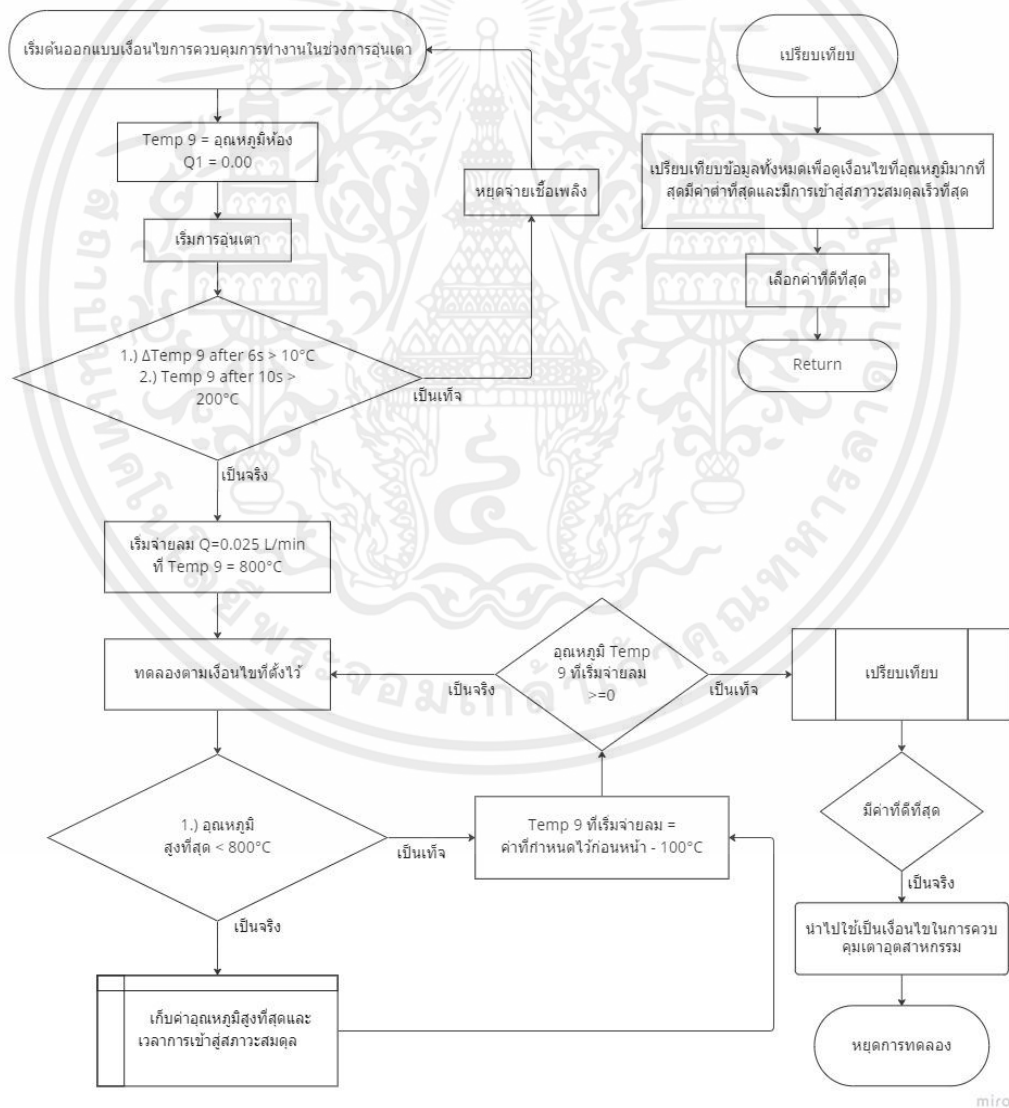
3.2.1.7.1 Network 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สร้าง Normally Open (%M174.1) และสร้างฟังก์ชัน Move ตัว Input เป็น 0.0 กับ ตัว Output เป็น Real_Screw_Feed (%MD80) เพื่อเป็นการหยุดการทำงานของ Screwfeed โดย Normally Open (%M174.1) จะทำงานหรือไม่จะขึ้นอยู่กับ Network 10

3.2.1.8 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอุ่นเตาอุตสาหกรรม

การหาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสม จะมีขั้นตอนในการทดสอบตาม flowchart ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งค่าที่เหมาะสมในการอุ่นเตาอุตสาหกรรมจะขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิหลังการเข้าสู่สภาวะสมดุลที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่สูงที่สุดเมื่อเริ่มอุ่นเตาอุตสาหกรรมไม่เกินมาตรฐานที่ thermocouple สามารถรองรับได้ โดยจะมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.6 แผนผังการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

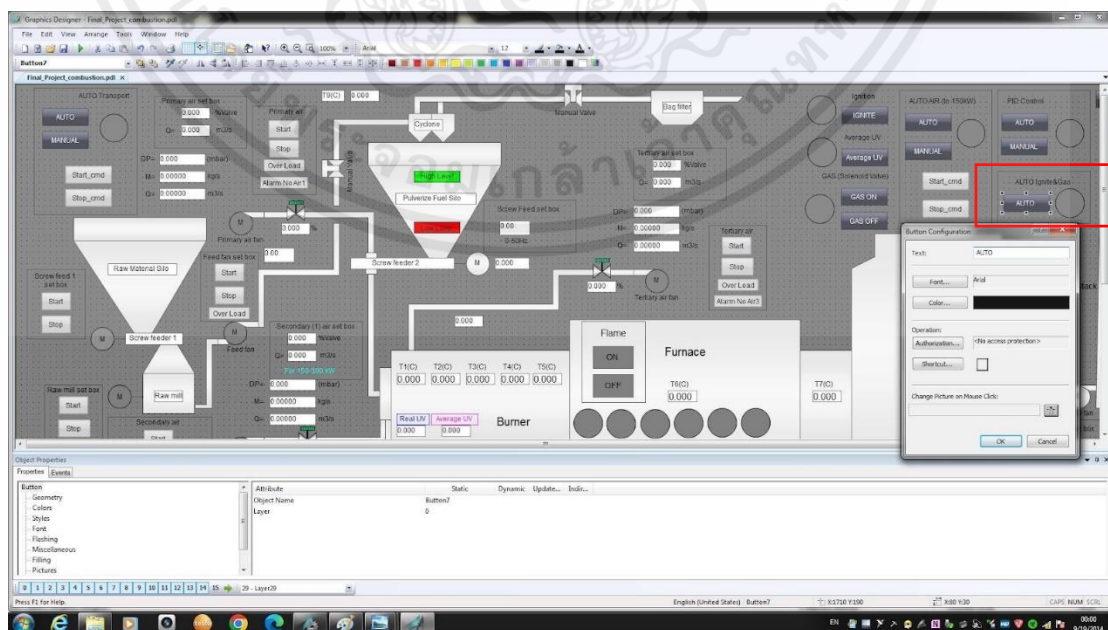
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ออกแบบค่าที่เหมาะสมในการอุ่นเตาอุตสาหกรรม กำหนดค่าที่เหมาะสมในการจุดเตาอุตสาหกรรมไว้ที่ลมอัด = 200 L/min และ แก๊สLPG = 8 L/min โดยมีเงื่อนไขหลักหลังจากเริ่มอุ่นเตาอุตสาหกรรม คือ เมื่อทำการเริ่มอุ่นเตาอุตสาหกรรม ผลต่างของอุณหภูมิ ณ ที่ Temp 9 เมื่อเวลาต่างกันต้องมากกว่า 10 °c และในระหว่างการอุ่นเตาอุตสาหกรรม อุณหภูมิที่ Temp 9 สามารถอ่านได้ต้องไม่ต่ำกว่า 200 °c
2. เริ่มจ่าย Q1 เท่ากับ 0.025 m³/sec เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 800 °c
3. ถ้าอุณหภูมิสูงสุดที่ Temp 9 อ่านได้ มีค่าเกิน 850 °c จะไม่สามารถใช้งานค่านั้นได้ เนื่องจากเกินกว่าขอบเขตของ thermocouple ที่สามารถรับได้ และเมื่ออุณหภูมิ Temp 9 ที่อ่านค่าได้ ลดลงต่ำกว่า 200 °c จะไม่สามารถใช้ได้เช่นกัน เนื่องจากพิจารณาว่าเสี่ยงต่อการไฟดับ
4. ทดสอบที่ Q1 เท่ากับ 0.025 m³/sec และลดอุณหภูมิการเริ่มปล่อย Q1 100 °c
5. ทดลองจนกว่าอุณหภูมิที่เริ่มปล่อย Q1 มีค่าน้อยกว่า 0 °c
6. นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบและนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการอุ่นเตา

3.2.2 พัฒนาระบบเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และเครื่องจักรบนโปรแกรม WinCC

ถัดจากการออกแบบค่าสั่งที่ใช้ในการอุ่นเตา ทำการออกแบบระบบเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และเครื่องจักร บนโปรแกรม WinCC เพื่อให้สามารถสั่งการได้ง่าย โดยมีขั้นตอนต่างๆ

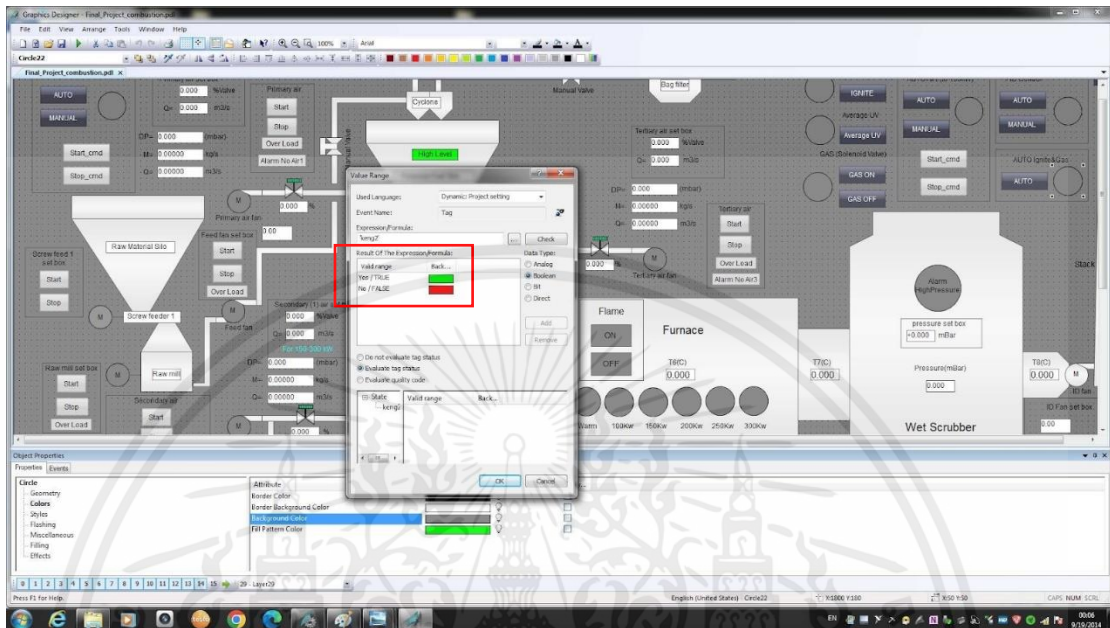
1. ทำการสร้างปุ่มสำหรับการอุ่นเตาอัตโนมัติโดยตั้งชื่อที่ Button Configuration > ตั้ง Text ของปุ่มว่า AUTO



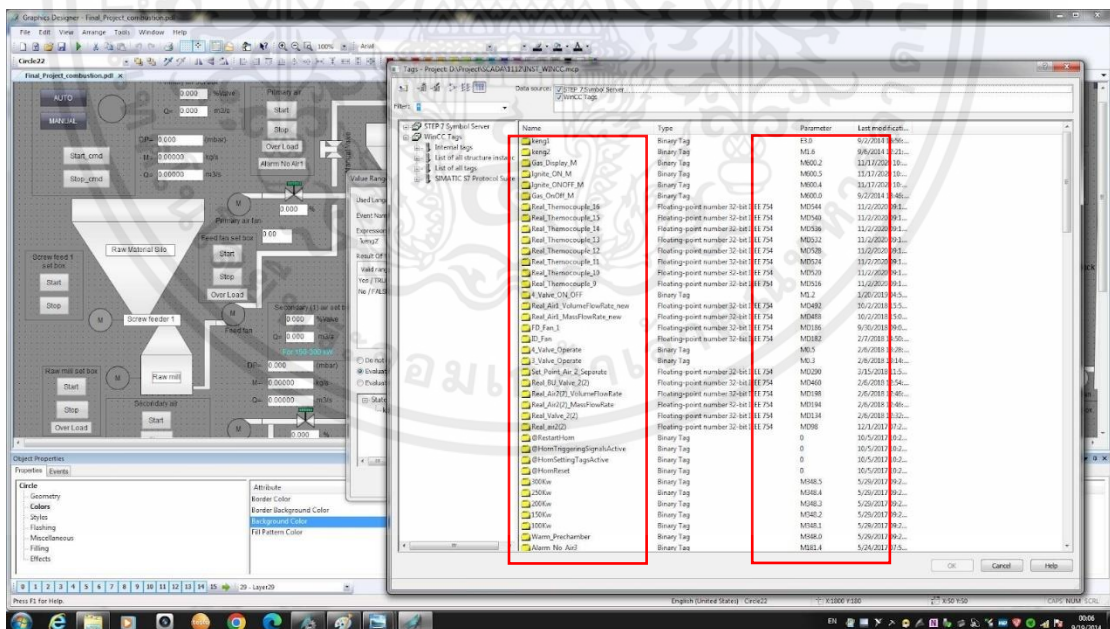
รูปที่ 3.7 การสร้างปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การแสดงสถานะการทำงานของเตา คลิกขวาที่กรอบแสดงสถานะการทำงานของเตา > Properties > Colors > Background Color โดยตั้งการแสดงผลสถานะเชื่อมกับ Tag Auto_Status หากมีการทำงานให้แสดงสีเขียว หากหยุดทำงานให้แสดงสีแดง



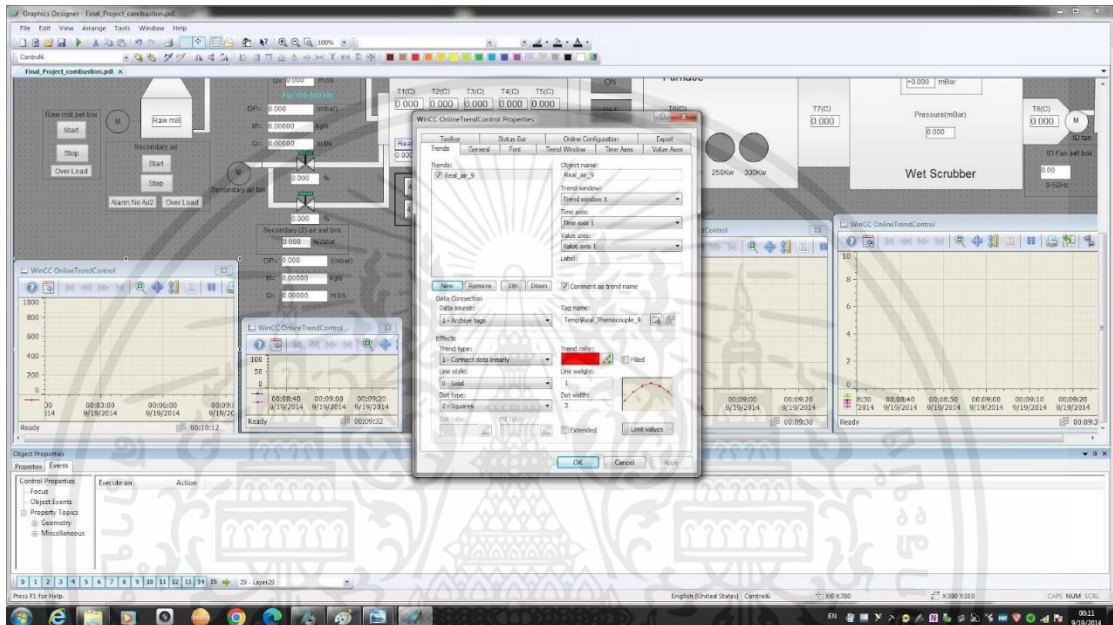
รูปที่ 3.10 การแสดงสถานะการทำงานของเตา



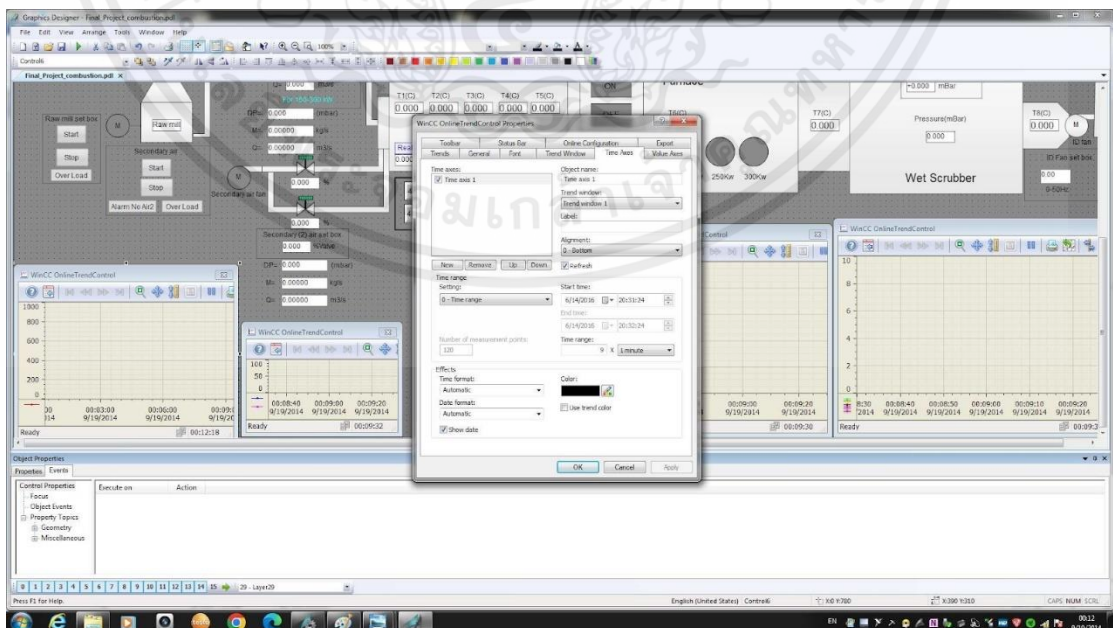
รูปที่ 3.11 เลือก Tag ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตั้งค่าการแสดงผลการทำงานของเตาในรูปแบบกราฟ หลังจากสร้าง Online Trend ขึ้นมาให้คลิกไปที่ Properties > Trends > เลือก Tag Real_air_9 สำหรับการแสดงค่า Temp 9 และตั้งค่าให้เป็นกราฟเส้นตรงสีแดงเชื่อมแต่ละจุด สำหรับการดูแนวโน้ม ทำการตั้งเวลาในแท็บ Time Axes > Time range ให้ Range อยู่ที่ 9 นาทีซึ่งเป็นเวลาสำหรับการอุ่นเตา ตั้งค่า Range ของอุณหภูมิที่จะแสดง ที่แท็บ Value Axes > Value range โดยตั้งไว้ที่ 0-1000 °C



รูปที่ 3.12 การแสดงผลการทำงานของเตาในรูปแบบกราฟ

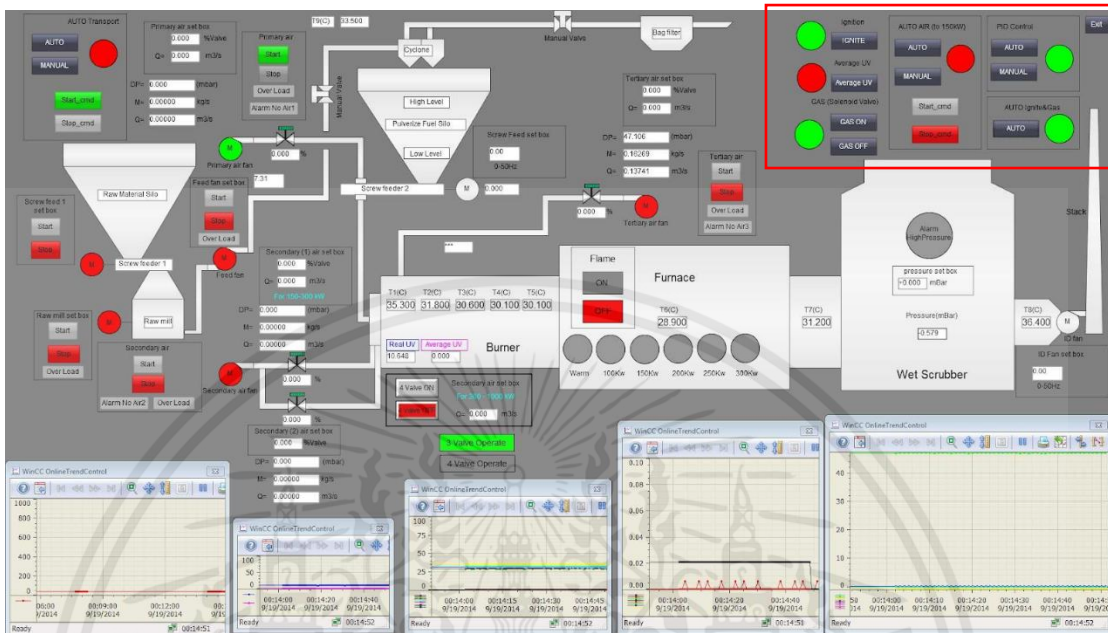


รูปที่ 3.13 การตั้งค่าแกนเวลา

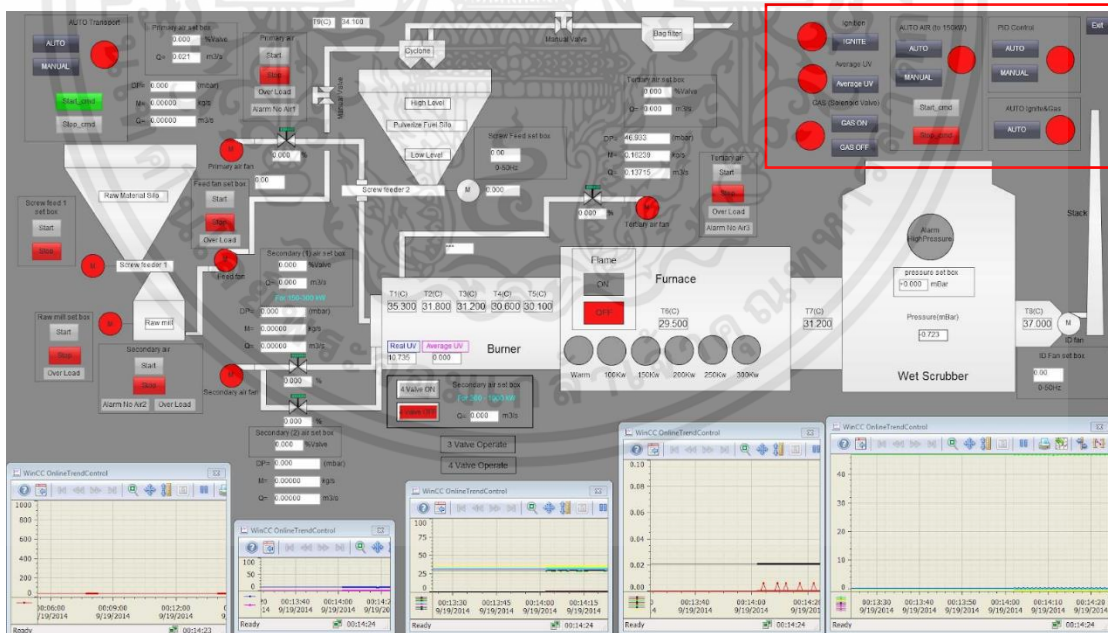
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ตรวจสอบการทำงานของปั๊มกวดและกราฟ

ทดสอบป้อนคำสั่งที่เงื่อนไขการจุดไฟไม่ติด เช็คการรับค่าและส่งค่าของปั๊มกวดในเบื้องต้น



รูปที่ 3.14 สั่งการทำงานโดยไม่จุดไฟ

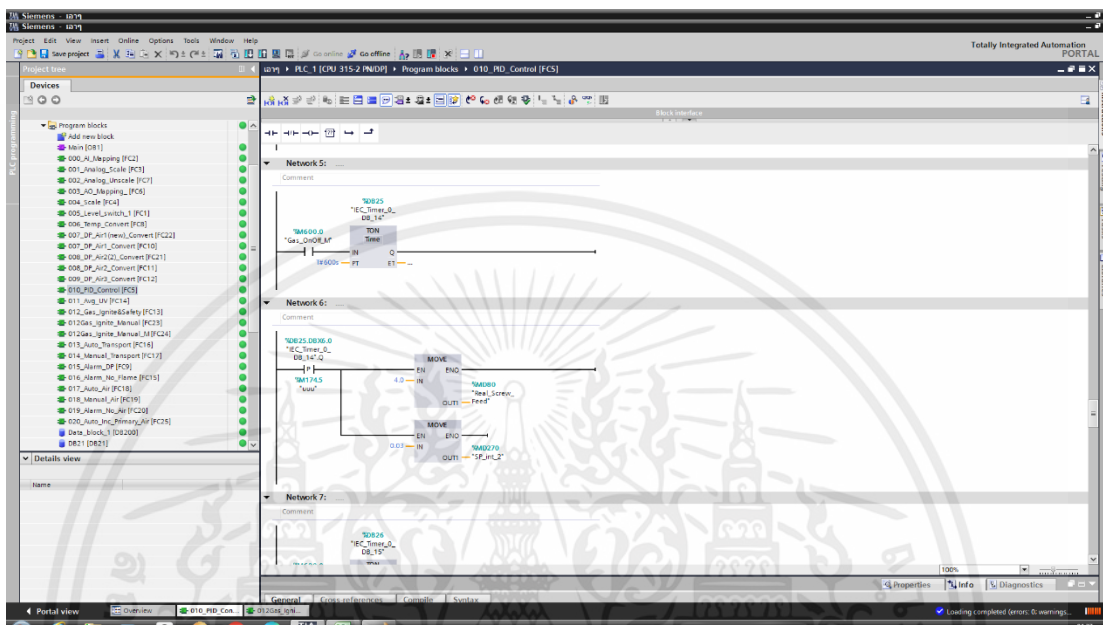


รูปที่ 3.15 ระบบควบคุมสั่งหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ออกแบบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานในช่วงการเดินเบาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และ WINCC

ทำการออกแบบเงื่อนไขต่างๆในช่วงการเดินเบาโดยทำการตั้งค่าลมที่จ่ายและอัตราการป้อนเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับค่ากำลังไฟที่ต้องการของเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลสด



รูปที่ 3.16 Network 5-6

3.3.1 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขการปล่อย Secondary Air และอัตราการป้อนเชื้อเพลิงช่วงเดินเบาที่กำลังไฟ 200 kw

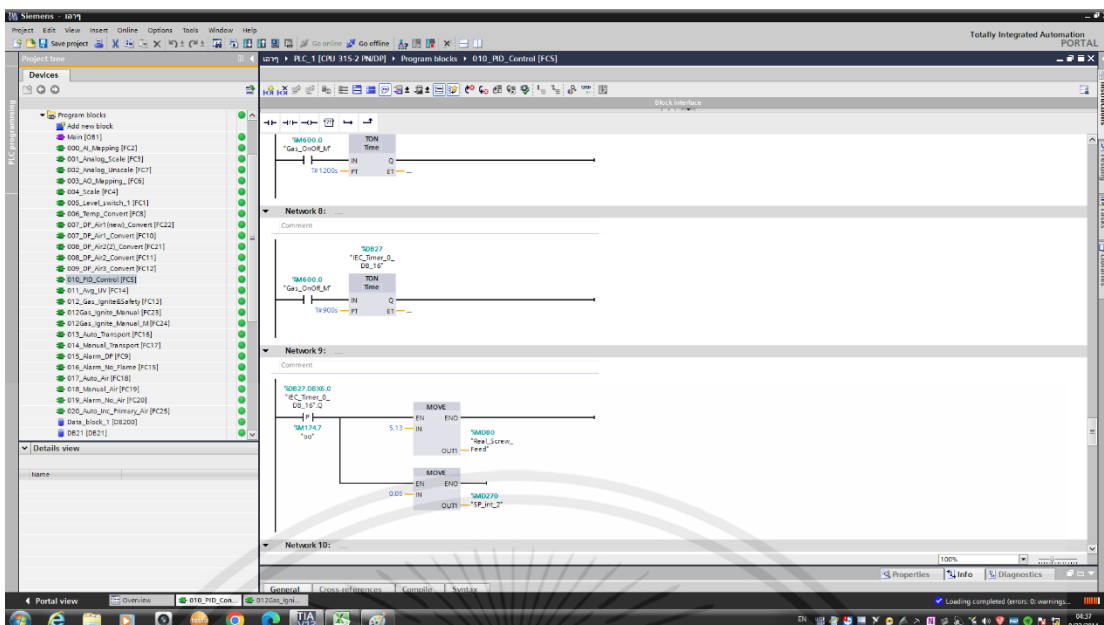
3.3.1.1 Network 5

1. สร้าง Normally Open (%M600.0) และ ฟังก์ชัน Timer Delay On (%DB14) เพื่อหน่วงเวลา 600 วินาที ให้ผ่านช่วงการทำงานการอุ่นเตาแก๊ส

3.3.1.2 Network 6

1. สร้าง Normally Open (“IEC_Timer_0_DB_14”.Q) เพื่อเป็นการปรับอัตราการปล่อย Q2 อัตราการป้อนเชื้อเพลิง ให้สอดคล้องที่ 200 kw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 Network 8-9

3.3.2 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขการปล่อย Secondary Air และอัตราการป้อนเชื้อเพลิงช่วงเดินเบาที่กำลังไฟ 300 kw

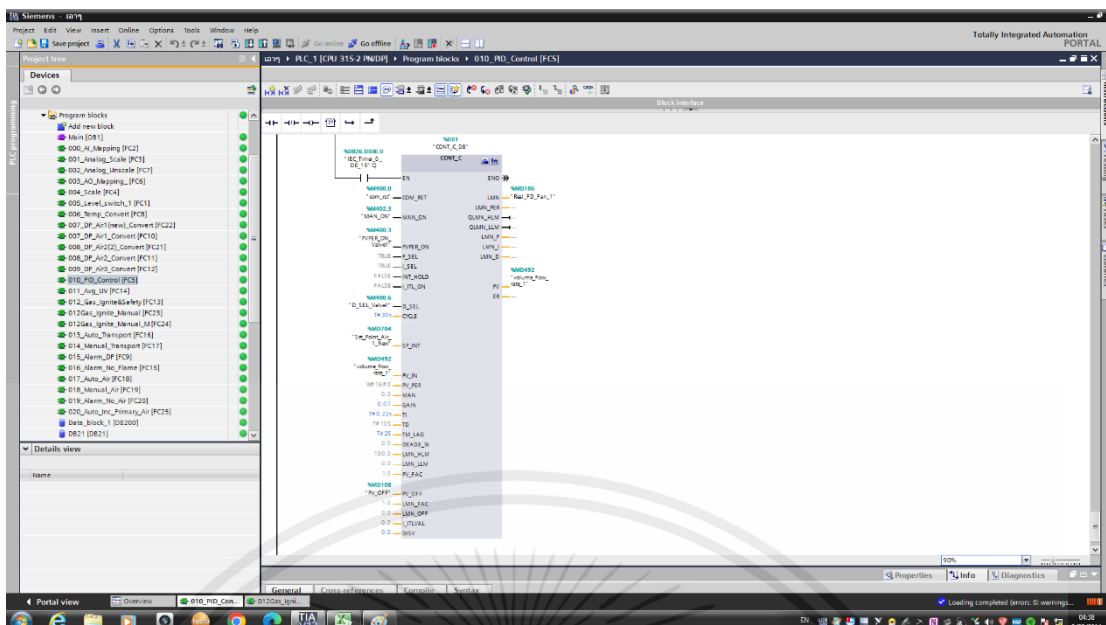
3.3.2.1 Network 8

1. สร้าง Normally Open (%M600.0) และฟังก์ชัน Timer Delay On (%DB16) เพื่อหน่วงเวลา 900 วินาที สำหรับเปลี่ยนไปเป็นช่วงการเดินเบา 300 kw (%DB16) เพื่อหน่วงเวลา 900 วินาที สำหรับเปลี่ยนเป็นช่วงเดินเบาที่ 300 kw

3.3.2.2 Network 9

1. สร้าง Normally Open (“IEC_Timer_0_DB_16”.Q) เพื่อเป็นการปรับค่าอัตราการปล่อย Q2 และอัตราการป้อนเชื้อเพลิงให้สอดคล้องที่ 300 kw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 PID ช่วงที่ 3

3.3.1 ออกแบบและพัฒนาเงื่อนไขในการปล่อย Primary Air

ทำการปล่อย Primary Air โดยการควบคุมจาก PID ให้เป็น 3 ช่วง

3.3.3.1 ช่วงที่ 1

ให้ PID ควบคุมการทำงานของ Primary Air ในช่วงจุดเตาโดยใช้ค่า Gain ที่ 0.7 ในการควบคุมลมไม่ให้ Tp สูงเกินที่รับไหว

3.3.3.2 ช่วงที่ 2

ให้ PID ควบคุมการทำงานของ Primary Air ในช่วงอุ่นเตาโดยการปรับค่า DISV แทนที่จะปรับค่า Gain ทำให้ Primary Air มีความเสถียรมากยิ่งขึ้น

3.3.3.3 ช่วงที่ 3

ให้ PID ควบคุมการทำงานของ Primary Air ในช่วงเดินเบาโดยกลับมาใช้ค่า Gain ที่ 0.7 ในการควบคุมลมไม่ให้ Tp สูงเกินที่รับไหว

บทที่ 4

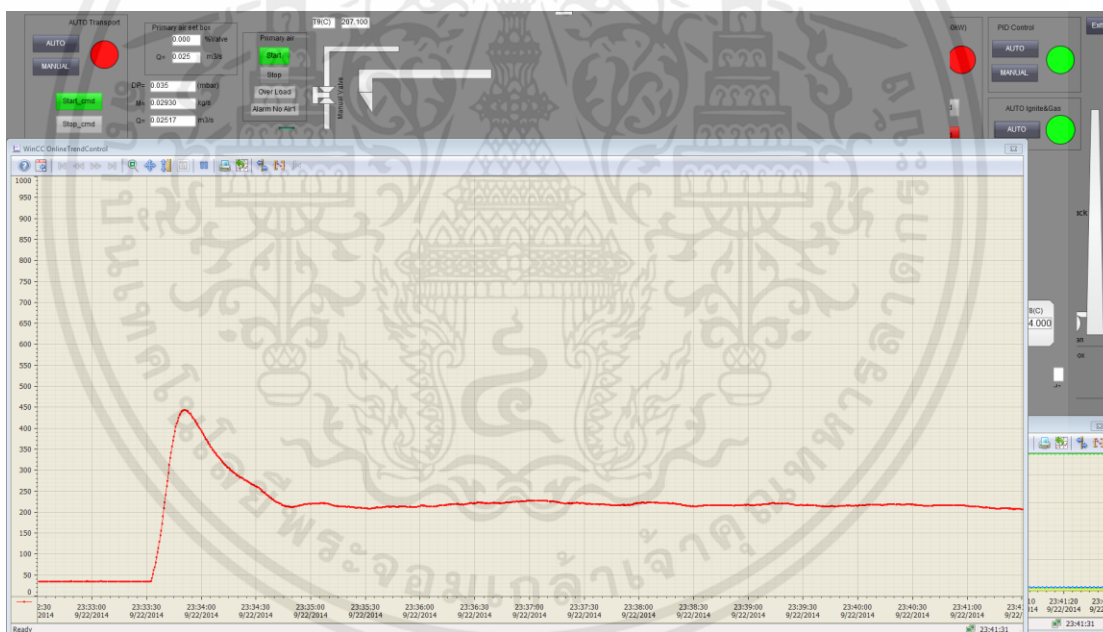
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพิ่ม Q1 (m^3/s)

การทดลองหาอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ยังผ่านเงื่อนไขของการรักษาอุณหภูมิไม่ให้ต่ำกว่า 200 เพื่อรักษา Sensor Thermocouple 9 โดยจะเพิ่ม Q1 เท่ากับ $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$ เนื่องจากเป็นค่าที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการเริ่มต้นเตา โดยในการทดลองจะเริ่มเพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 ต่างๆ ดังนี้

4.1.1 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ $100 \text{ }^\circ\text{C}$

เมื่ออุณหภูมิที่ thermocouple 9 วัดได้ $100 \text{ }^\circ\text{C}$ จะทำการเพิ่มลม Q1 ซึ่งเป็นลม Primary air อยู่ที่ $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$ เพื่อให้ลมที่เปิดนั้นมาหล่อเย็นอุณหภูมิของ Thermocouple 9 จากการทดลองพบว่า T_p จะมีค่าสูงสุดที่ $443 \text{ }^\circ\text{C}$ ซึ่งไม่เกินค่าสูงสุดที่ thermocouple สามารถรับได้

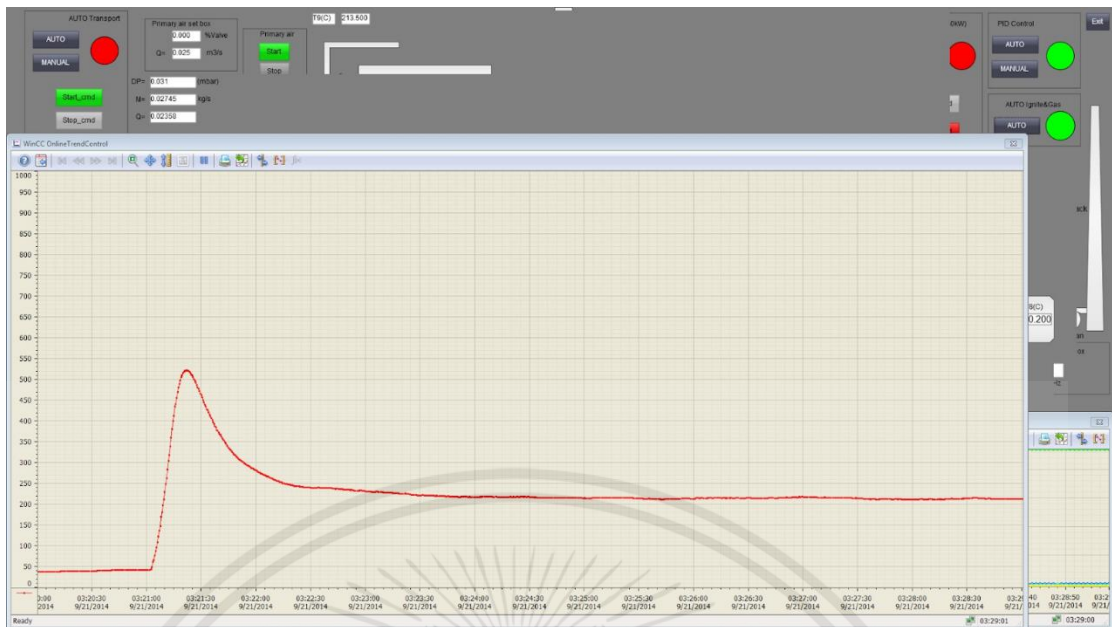


รูปที่ 4.1 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ $100 \text{ }^\circ\text{C}$

4.1.2 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ $200 \text{ }^\circ\text{C}$

ในทำนองเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิที่ thermocouple 9 มีอุณหภูมิ $200 \text{ }^\circ\text{C}$ จะทำการปล่อยลม Q1 ซึ่งเป็นลม Primary air ซึ่งมีค่า $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$ เพื่อให้ลมที่เปิดนั้นมาหล่อเย็นอุณหภูมิของ Thermocouple 9 จากรูปที่ 4.2 พบว่า T_p จะมีค่าสูงสุดที่ $521 \text{ }^\circ\text{C}$ ซึ่งไม่เกินค่าสูงสุดที่ thermocouple สามารถรับได้เช่นเดียวกับการปล่อย Q1 ที่ $100 \text{ }^\circ\text{C}$

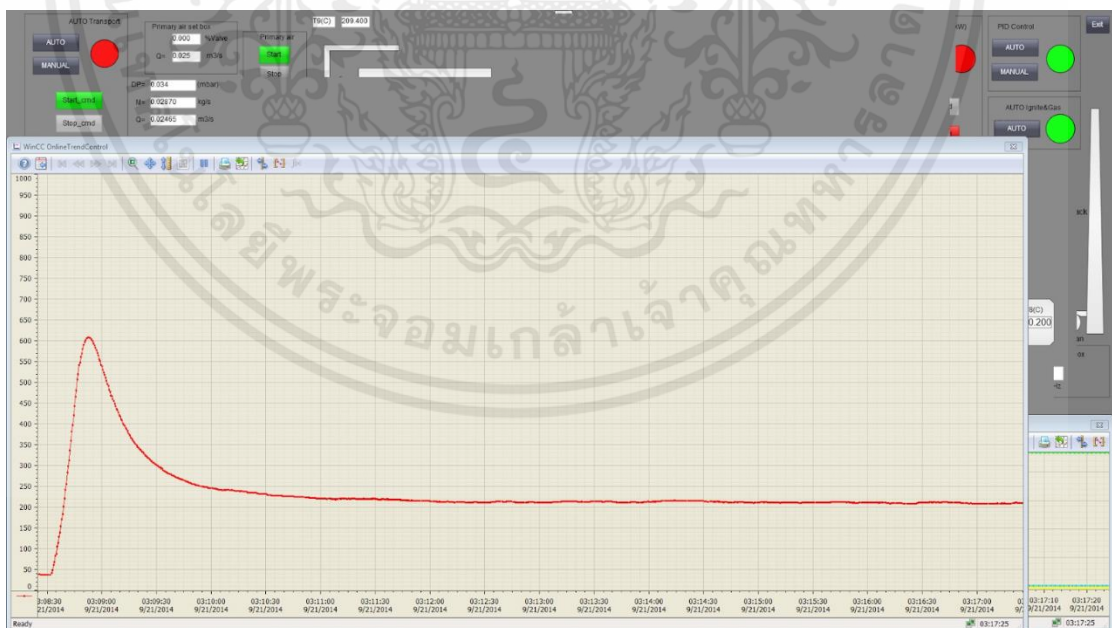
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 200 °c

4.1.3 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 300 °c

ขณะที่ Thermocouple 9 มีอุณหภูมิ 300 °c จะปล่อยลม Q1 ที่ปริมาตร 0.025 m³/s เช่นเดียวกับเงื่อนไขก่อนหน้า จากรูปที่ 4.3 พบว่า T_p จะมีค่าสูงสุดที่ 587 °c ซึ่งไม่เกินค่าสูงสุดที่ thermocouple สามารถรับได้เช่นเดียวกับการปล่อย Q1 ที่ 100 °c และ 200 °c

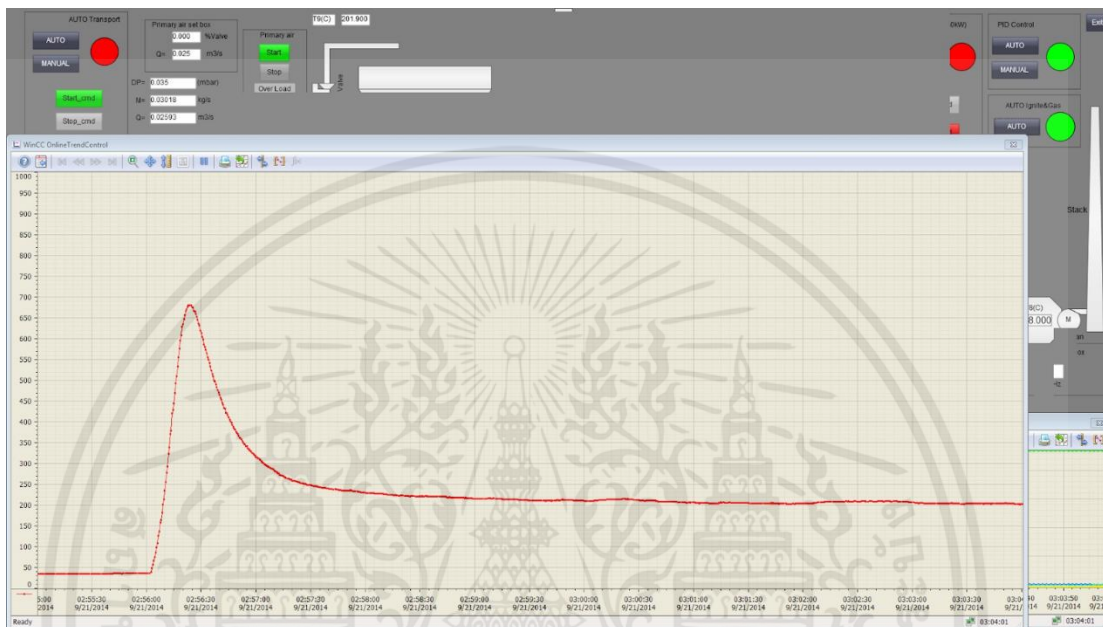


รูปที่ 4.3 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 300 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 400 °c

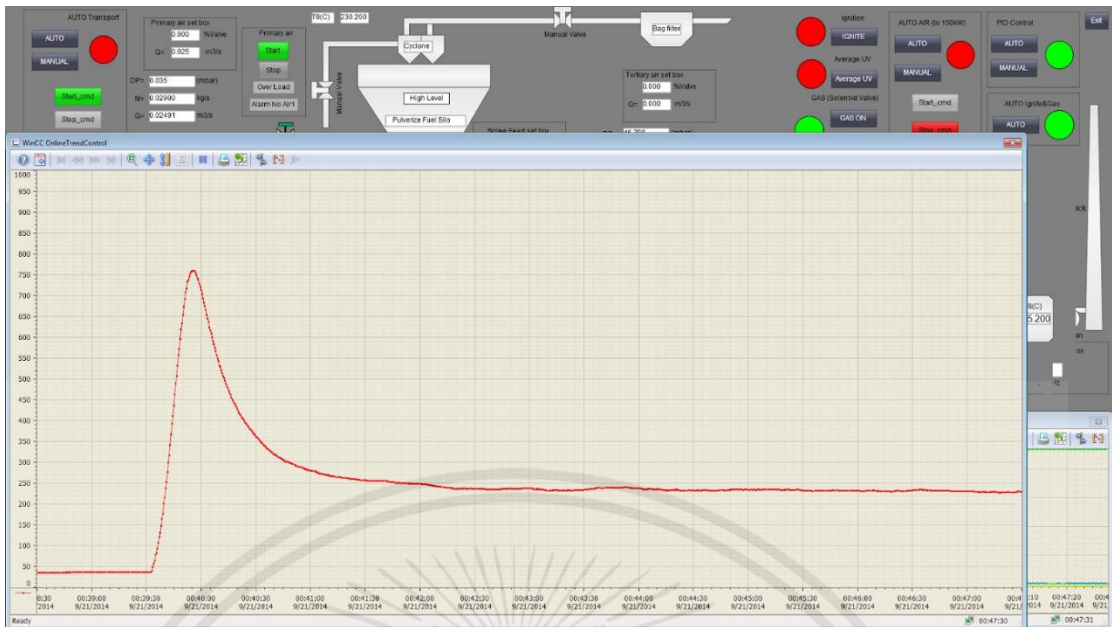
ทำการทดลองเช่นเดียวกับเงื่อนไขก่อนหน้า เมื่ออุณหภูมิที่บริเวณ thermocouple 9 วัดได้ 400 °c จะทำการเพิ่มลม Q1 ที่มีค่าเท่ากับกับเงื่อนไขอื่น ๆ คือ 0.025 m³/s หลังจากการทดลองพบว่า T_p จะมีค่าสูงสุดที่ 681 °c ซึ่งไม่เกินที่อุณหภูมิ thermocouple สามารถรับได้ จึงสามารถใช้เงื่อนไขนี้ได้



รูปที่ 4.4 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 400 °c

4.1.5 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 500 °c

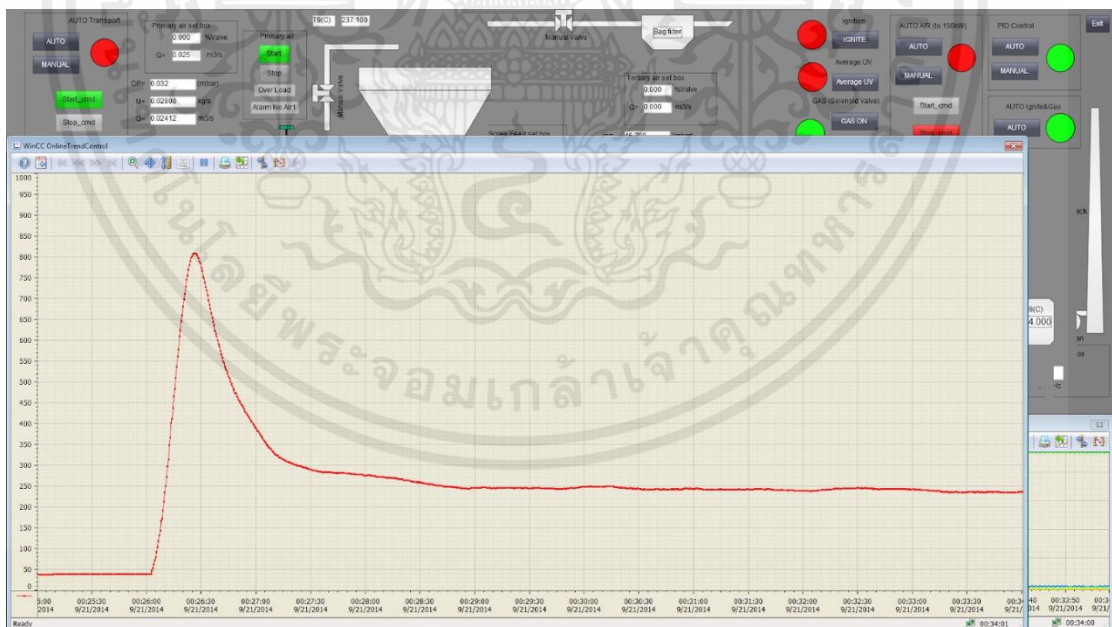
จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการทดลองปล่อยลม Q1 ที่ 0.025 m³/s เมื่ออุณหภูมิ Temp 9 มีค่า 500 °c ทำให้ T_p จะค่า 759 °c จึงทำให้เงื่อนไขข้างต้นไม่สามารถนำมาใช้ได้



รูปที่ 4.5 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 500 °c

4.1.6 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 600 °c

เมื่อทำการปล่อยลม Q1 ที่ 0.025 m³/s เมื่ออุณหภูมิ Temp 9 มีค่า 600 °c จะทำให้ T_p จะค่า 808 °c ซึ่งเกินกว่าที่อุปกรณ์จะรับได้ จึงทำให้เงื่อนไขข้างต้นนี้ ไม่สามารถนำมาใช้ได้

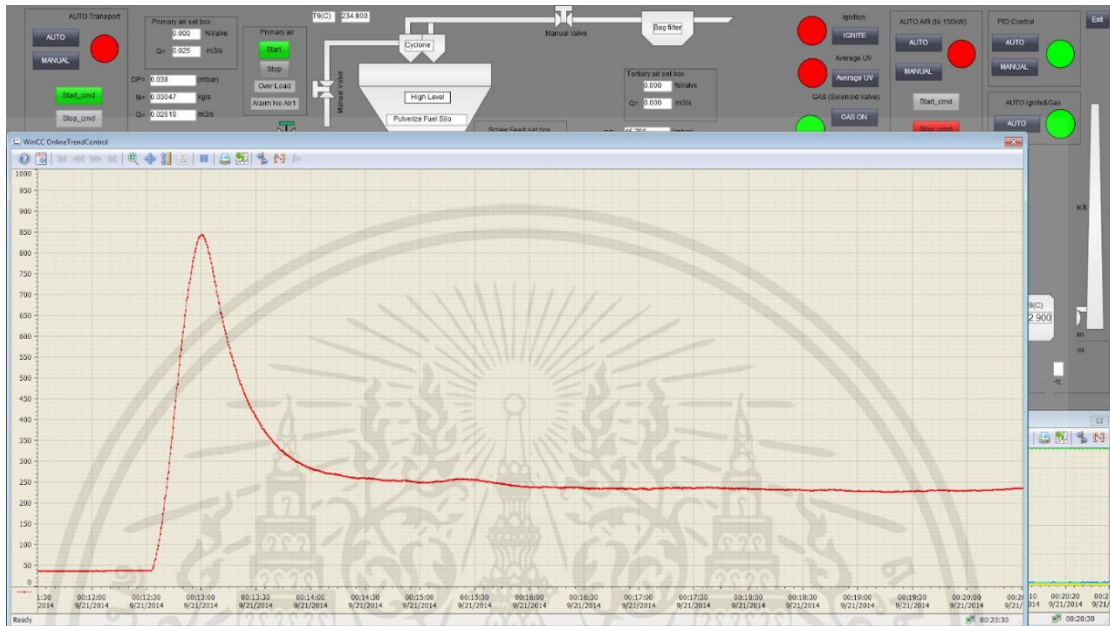


รูปที่ 4.6 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 600 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 700 °C

ในการทำงานเดียวกันกับเงื่อนไขอื่นๆ เมื่อทำการปล่อยลม Q1 ที่ 0.025 m³/s เมื่ออุณหภูมิ Temp 9 มีค่าถึง 700 °C จะทำให้ T_p จะค่า 842 °C ซึ่งเกินกว่าที่อุปกรณ์จะรับได้ จึงทำให้เงื่อนไขข้างต้นนี้ ไม่สามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกับเงื่อนไขที่ 500 °C และ 600 °C



รูปที่ 4.7 เพิ่ม Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 เท่ากับ 700 °C

4.1.8 ตารางเปรียบเทียบ T_p ในการปล่อย Q1 ที่อุณหภูมิ Temp 9 ต่างๆ

จากการทดลองที่เงื่อนไขต่างๆ นำผลที่ได้จากการทดลองมาทำเป็นตารางเปรียบเทียบ T_p ที่อุณหภูมิ Temp 9 ต่างๆเพื่อจะให้เห็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบ T_p ที่อุณหภูมิ Temp 9 ต่างๆ

Temp 9 (°c) ที่เริ่มปล่อย Q1	T_p (°c)
800	-
700	842
600	808
500	759
400	681
300	587
200	521
100	443
0	misfire

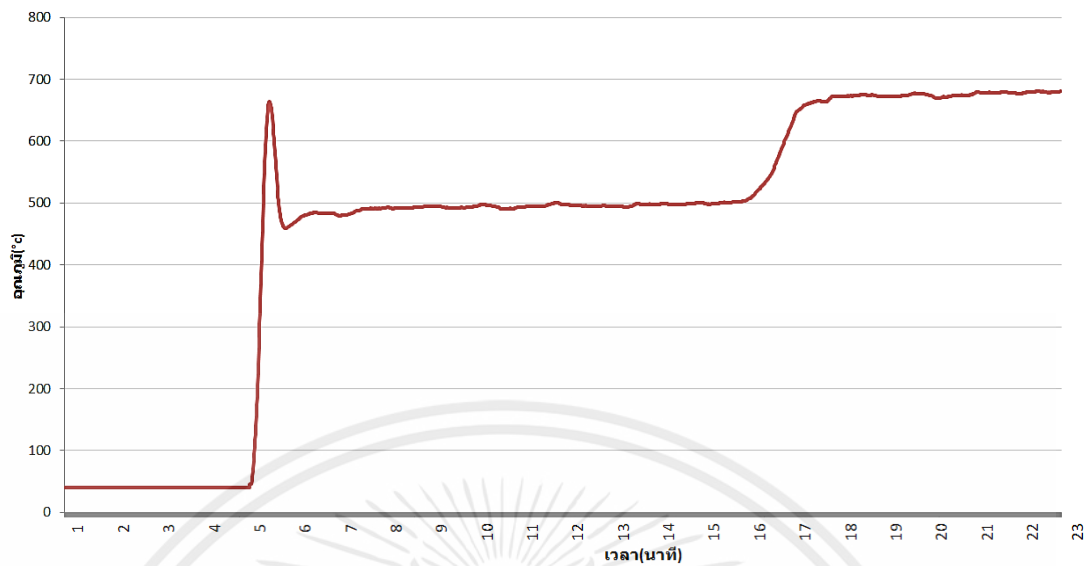
จากการทดลองพบว่า การเพิ่ม Q1 ขณะอุณหภูมิ Temp 9 ที่ 100-400 °c ให้ค่า T_p ที่ผ่านเงื่อนไขคือ Temp 9 น้อยกว่า 700 °c ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลมีการปล่อย Volatile ที่ประมาณ 150 °c จึงทำให้มั่นใจได้ว่าเชื้อเพลิงชีวมวลจะสามารถจุดติดได้ในช่วง $Temp_s > 150$ °c จึงนำค่าจากการทดลองช่วง 100-400 °c ไปเป็นเงื่อนไขในการทดลอง หากพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่สูงที่สุดในการอุ่นเตา การเลือกใช้เงื่อนไขในการจุดเตาที่ 400 °c จะทำการอุ่นเตามีประสิทธิภาพสูงสุด

4.2 ผลการทดลองการในช่วงการอุ่นเตาไปจนถึงการเดินเบา

ในขั้นตอนการอุ่นเตา และขั้นตอนการเดินเบา นั้น เป็นขั้นตอนสำคัญในการใช้งานเตาเผาอุตสาหกรรม หลังจากทำการพัฒนาระบบอัตโนมัติในการควบคุมทั้งสองช่วงที่กล่าวมานั้น จะสามารถทำให้ช่วยให้ใช้งานเตาเผาอุตสาหกรรมได้สะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้นโดยจะสามารถลดระยะเวลาในการอุ่นเตาและเดินเบาได้ ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 4.8 ที่จะสามารถควบคุมให้อุณหภูมิภายในของเตาเผา นั้น เพิ่มสูงยิ่งขึ้นได้ตามกำลังไฟที่ต้องการให้กับเตาเผาอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

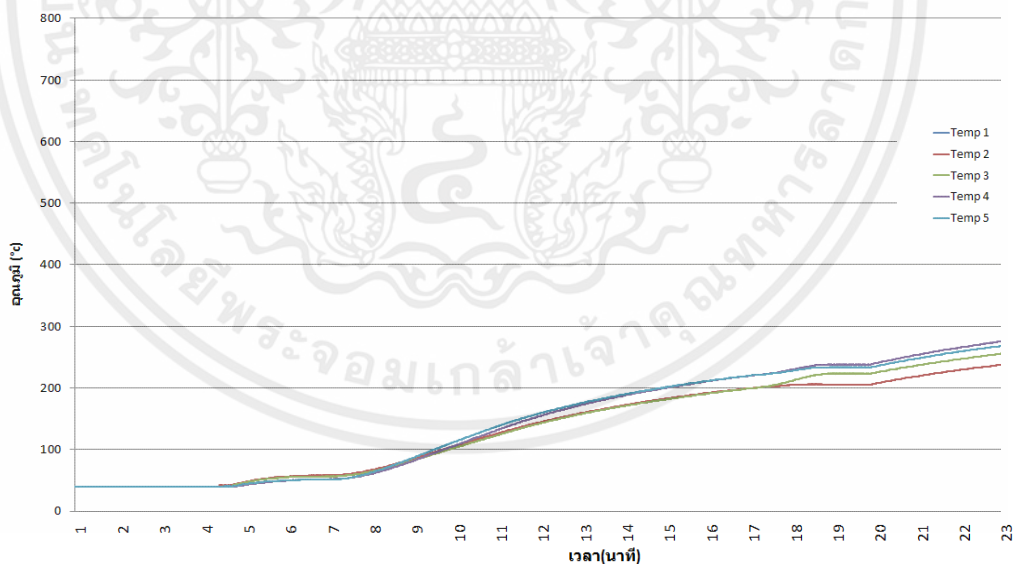
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้ของ Temp 9 (°C) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาที)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้ของ Temp 9 (°C) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาที)

จากกราฟในรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า c

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้ของ Temp 9 (°C) และเวลาที่เปลี่ยนแปลง (นาที)



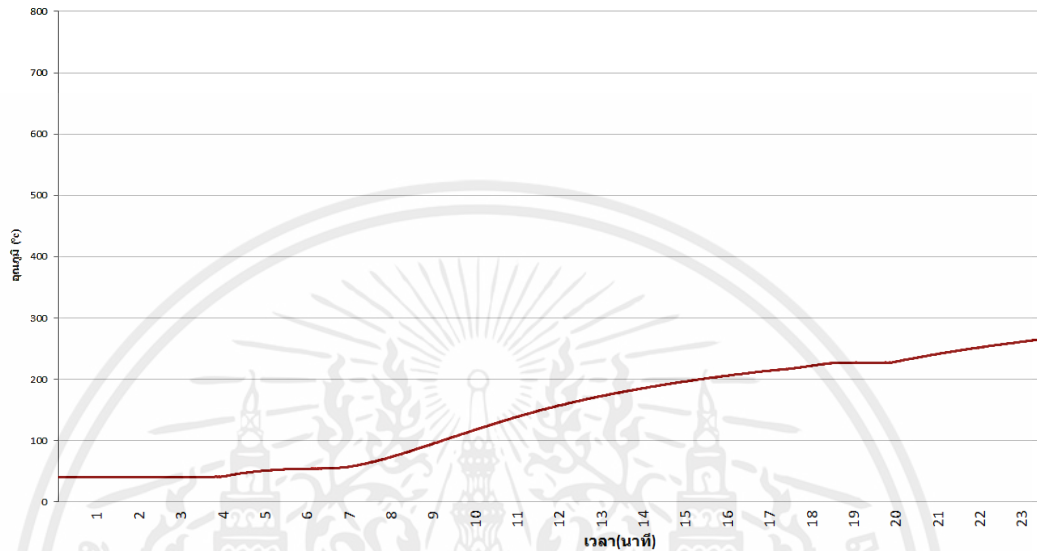
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอุณหภูมิที่วัดได้บริเวณ Temp 1-5 (°C) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาที)

จากกราฟในรูปที่ 4.9 และ 4.10 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในเตาเผาบริเวณ Temp 1-5 จะเพิ่มขึ้นช้าๆ ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิของ Temp 9 โดยในช่วง 10 นาทีแรกของการอุ่นเตาจะมีอุณหภูมิ Temp 1 ถึง Temp 5 ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจาก LPG เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่หลังจากช่วง 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาทีแรก เมื่อเข้าสู่ช่วงการเดินเบา จะมีการปล่อยเชื้อเพลิงหลัก ซึ่งก็คือซีมวอลบด ส่งผลให้อุณหภูมิ Temp 1-5 มีแนวโน้มในการเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ไวกว่าในช่วง 10 นาทีแรกของการอุ่นเตา โดยอุณหภูมิ Temp 1 ถึง Temp 5 จะเพิ่มสูงขึ้นตามกำลังไฟ (kw) ที่ป้อนเข้าไป

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของ Temp 1 - Temp 5 (°c) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาที)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของ Temp 1-5 (°c) และเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิจารณ์และอภิปรายผลการทดลอง

5.1 การออกแบบเงื่อนไขการควบคุมการทำงานในช่วงการอุ่นเตาบนโปรแกรม TIA PORTAL V13 และ WINCC

ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติของเตาอุตสาหกรรม และปรับปรุงความปลอดภัยในการใช้งานตามวัตถุประสงค์ของรายงาน โดยในช่วงแรกนั้นผู้จัดทำคิดว่าการตรวจจับเปลวไฟที่ปล่อยออกมา นั้น สามารถตรวจจับได้ง่ายผ่าน Flame sensor แต่เมื่อได้ศึกษาเตาอุตสาหกรรมโดยลึกแล้ว พบว่ามีเงื่อนไขต่างๆมากมายที่เกิดขึ้นที่ทำให้ไม่สามารถใช้ Flame sensor ในการตรวจจับได้ เช่น ปริมาณเปลวไฟ ที่เริ่มจุดเตาช่วงอุ่นเตานั้นมีปริมาณน้อย และไม่สามารถนำ Flame sensor เข้าไปติดตั้งโดยตรงเนื่องจากมีคุณสมบัติการทนความร้อนที่ต่ำ จากการประเมินความเป็นไปได้ ผู้จัดทำจึงได้มองการพัฒนาเตาอุตสาหกรรมโดยการทำงานผ่านโปรแกรม TIA PORTAL V13 โดยใช้ค่าอุณหภูมิจาก Thermocouple ที่ระบบเดิมมีอยู่แล้ว อีกทั้งยังสามารถทนความร้อนได้สูง ผ่านการควบคุม Network ซึ่งจะเป็นการควบคุมการจุดเตาอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ การตัดแก๊ส LPG หากจุดไม่ติดหรืออุณหภูมิที่ตรวจวัด ไม่ตรงตามเงื่อนไขความปลอดภัย โดยการนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆมาผนวกรวมกับเงื่อนไขของอุปกรณ์และความรู้ความสามารถของผู้จัดทำ จึงได้ขอบเขตและเงื่อนไขที่เหมาะสมในการควบคุมเตาอุตสาหกรรม จากการทดลองซ้ำในเงื่อนไขต่างๆที่เป็นไปได้ ผู้จัดทำมีความเห็นตรงกันว่า การปรับปรุงและพัฒนาความปลอดภัย และระบบอัตโนมัติของเตาอุตสาหกรรมนี้ สามารถพัฒนาออกมาได้อย่างดีเยี่ยมตามวัตถุประสงค์ของรายงาน

จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ Temp 9 จาก Thermocouple มาตั้งเงื่อนไข พบว่าระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไข แต่จะมีปัญหาค่า error บางส่วนจากปัจจัยภายนอกที่อยู่ นอกเหนือการควบคุม เช่น บั้มลมรั่วทำให้อัตราการไหลของอากาศน้อยกว่าความเป็นจริง ส่งผลให้อัตราส่วนการผสมกันของอากาศและเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ ซึ่งส่งผลต่อค่า Temp 9 ที่รับมาจาก Thermocouple การสึกหรอของอุปกรณ์ต่างๆที่ผ่านการใช้งานมานาน อุปกรณ์มีความชำรุด รวมไปถึงโปรแกรม TIA PORTAL และ โปรแกรม WinCC ที่ใช้ในการควบคุมเงื่อนไขไม่ได้รับการอัปเดตให้เป็นปัจจุบันทำให้ไม่สามารถเข้าถึงเครื่องมือที่ทันสมัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การพัฒนาระบบการควบคุมการทำงานในช่วงการเดินเบาบนโปรแกรม TIA

PORTAL V13 และ WINCC

การพัฒนาระบบอัตโนมัติในการควบคุมช่วงเดินเบาของเตาอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการใช้งาน Inverter เพื่อช่วยในการสั่งการมอเตอร์ในการบีบลม Q1 เข้าไปสู่ระบบ และใช้งาน Screw feed เพื่อป้อนเชื้อเพลิงเข้าไปในเตาเผา ซึ่งการพัฒนาที่มีปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่สองข้อที่สามารถเห็นได้ชัดเจนคือปัญหาที่เกิดจาก Inverter และ ปัญหาที่เกิดจาก Screw feed

ปัญหาที่เกิดจาก Inverter ที่ควบคุมการทำงานของ มอเตอร์ Q1 ไม่สามารถทำงานที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆในระยะเวลาอันได้ เนื่องจากจะเกิดการ Overload ของกระแสไฟ ส่งผลให้ Inverter หยุดการทำงาน ในส่วนนี้ผู้จัดทำได้ทำการปรับค่า กระแสไฟสูงสุดที่มอเตอร์สามารถรับได้ให้มากขึ้น และเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์ขึ้น ส่งผลให้สามารถควบคุม Q1 ให้เข้าใกล้อุณหภูมิสูงสุดที่ Thermocouple รับไหวได้ประมาณ 681 °c

ในส่วนของปัญหาที่เกิดจาก Screw feed คือไม่สามารถทำงานที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆได้ เนื่องจากมอเตอร์ไม่สามารถเอาชนะความเสียดทานสถิตย์ การใช้งานจึงต้องเริ่มที่กำลังไฟ 200 kw ส่งผลให้เชื้อเพลิงจะถูกเติมเข้ามาอย่างกระหน่ำ ทำให้ในช่วงต้นของช่วงการเดินเบาเชื้อเพลิงจะมีการสะสมอยู่ภายในเตา แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิ Temp 1-5 ภายในเตาจะสูงขึ้นประกอบกับการใช้ Q2 มาช่วยในเตา ปัญหาในการสะสมของเชื้อเพลิงก็จะหายไป

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากสิ่งที่ได้พัฒนาระบบการควบคุมอัตโนมัติของเตาเผาอุตสาหกรรม คือพัฒนาในช่วงขั้นตอนการอุ่นเตาและขั้นตอนการเดินเบา คือจะสามารถเปิด-ปิดเตาเผาอุตสาหกรรมได้อย่างอัตโนมัติในช่วงอุ่นเตา โดยจะสามารถตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานของเตาได้แบบ Real-time และกระบวนการทำงานต่างๆของเตาเผาอุตสาหกรรม จะถูกควบคุมโดยมีคำสั่งการทำงานมาจากโปรแกรม TIA Portal V13 และถูกควบคุมการทำงานโดยโปรแกรม WinCC ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานคือ จะมีการเปิดวาล์ว LPG แบบอัตโนมัติ โดยจะทำการผสมกับ Compress Air เมื่อผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะมีการจุด Ignite เพื่อเริ่มทำการอุ่นเตา หลังจากที่เริ่มจุดเตาแล้ว จะมีการเช็คเงื่อนไขในการจุดว่าจุดติดหรือไม่ เพื่อป้องกันการสะสมของแก๊สภายในเตาเผา และเพิ่มมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งาน ให้มากยิ่งขึ้น

เมื่ออุ่นเตาเป็นเวลา 10 นาที จะป้อนเชื้อเพลิงเข้าไปในเตาเผา เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเดินเบา ในขั้นตอนนี้จะทำให้อุณหภูมิของเตาเผานั้นเพิ่มสูงมากขึ้น และทำให้สามารถดำเนินการเผาได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในแต่ละขั้นตอนนี้ จะมีการเช็คเงื่อนไขการทำงานตลอดเวลา ซึ่งจะมาจากที่เขียนไว้ใน PLC TIA Portal V13 เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้น โดยขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น จะถูกควบคุมแบบอัตโนมัติบน WinCC ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการเพิ่มมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งาน และทำให้การควบคุมเตาเผาอุตสาหกรรมนั้นทำได้ง่าย และสะดวกมากยิ่งขึ้น ดังนั้นโครงการพัฒนาระบบอัตโนมัติของเตาเผาอุตสาหกรรมนี้ สำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการและสามารถนำสิ่งที่ได้ทำไปต่อยอดได้ยิ่งขึ้นไปในอนาคต

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบหน้าจอควบคุมและสั่งการทำงานบนโปรแกรม WinCC มีข้อจำกัดในการเพิ่ม Tag Address ของเซนเซอร์ได้น้อย ใช้แพลตฟอร์มอื่นจะได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า
2. Inverter ที่ควบคุมการทำงานของลม Q1 มีขนาดที่เล็กสามารถรองรับโหลดกระแสไฟได้น้อย ถ้าใช้ Inverter ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะสามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น
3. ตัวอุปกรณ์ในแลปทดลองมีอายุการใช้งานที่มาก อุปกรณ์หลายอย่างชำรุด การเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่จะทำให้ระบบทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มคำสั่งของโปรแกรม Step7 (Tia Portal). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://mechatronic2day.blogspot.com/2013/09/9-step-7.html> (วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2565)
- [2] กิตติพงศ์ แก้วมณี. (2563). การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิในเตาอุตสาหกรรมโดยใช้ PLC และ HMI. วารสารวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, 5(1), 24-31.
- [3] จันคง นันทพล. การประยุกต์ใช้ PLC ในการควบคุมหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดผง. 2560.
- [4] ธนวิษณุ พงศ์เพ็ชร. (2561). การออกแบบระบบควบคุม PLC สำหรับเตาอบผิวเหล็กในโรงงานเหล็ก. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี, 12(1), 25-33. 2561.
- [5] ณัฐวุฒิ วังทอง. (2562). การปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิเตาอุตสาหกรรมโดยใช้ตัวควบคุม PID. วารสารวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, 4(2), 35-41. 2563.
- [6] ณัฐพล ต้นสังวร, ชีรเชษฐ์ สุรพันธุ์. การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus. NECTEC. กรุงเทพมหานคร. 2564.
- [7] Ladder Diagram Symbols and Meanings. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.edrawmax.com/article/ladder-diagram-symbols.html> (วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2565)
- [8] Mercado, E. M. Rendon, and H. J. Duarte, "Design and implementation of a fuzzy logic controller for temperature control in a polymerization reactor using a programmable logic controller," *Journal of Applied Research and Technology*, no. 6, pp. 1077-1088, 2015.
- [9] Lee, C. H. Kim, and B. H. Lee, "Design of temperature control system using programmable logic controller for extrusion die," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 30, no. 6, pp. 2527-2534, 2016.

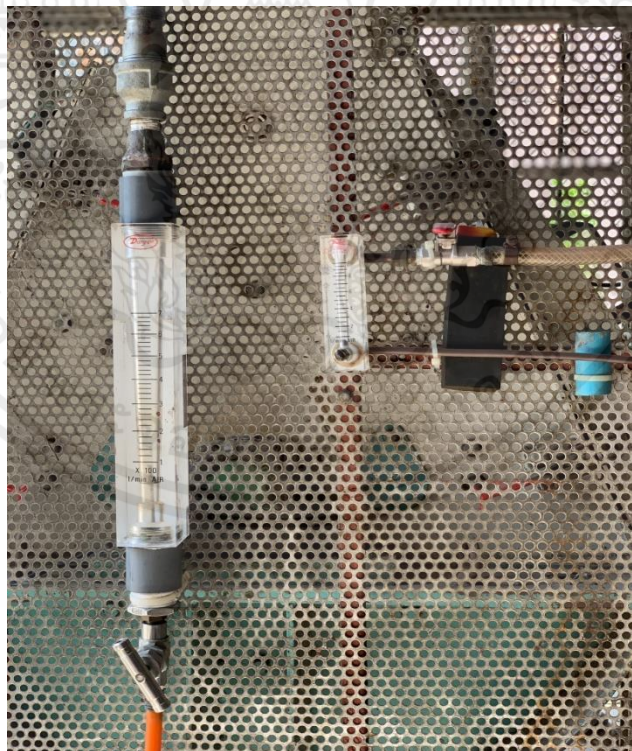


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดหัวเผาของเตาเผา มีจุดเชื่อมต่อระหว่าง Compress Air, LPG, Spark plug และ ลม Q1



ภาพชุดอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายลม Compress Air และ LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพการสะสมของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเตาอุตสาหกรรม เนื่องจากการจุดไม่ติดของไฟซึ่ง
การสะสมของเชื้อเพลิงนี้อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้