ระบบควบคุมแบบกลุ่ม

Batch Control System

จินพงษ์ ยิ้มวัน

ณัฐกร พานทอง

พัฒนัทร ถวัลย์ภักดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบควบคุมแบบกลุ่ม
Batch Control System

ชินพงษ์ ยิ้มวัน
ฐณกร พานทอง
ณัฐภัทร สวัสดิ์ภักดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batch Control System

Chinnapong Yimwan
Thanakorn Phanthong
Nuttaphat Sawadpakdee

A THESIS IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN
INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบควบคุมแบบกลุ่ม Batch Control System			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายชินพงษ์	ยิ้มวัน	รหัสนักศึกษา	53010368
	นายฐณกร	พานทอง	รหัสนักศึกษา	53010396
	นายณัฐภัทร	สวัสดิ์ภักดี	รหัสนักศึกษา	53010504
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม			
ปีการศึกษา	2556			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์สักรียา ชิตวงศ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบควบคุมแบบกลุ่ม Batch Control System			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายชินพงษ์	ยิ้มวัน	รหัสนักศึกษา	53010368
	นายฐณกร	พานทอง	รหัสนักศึกษา	53010396
	นายณัฐภัทร	สวัสดิ์ภักดี	รหัสนักศึกษา	53010504
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สักรียา ชิตวงศ์			
ปีการศึกษา	2556			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอเกี่ยวกับการใช้งานระบบควบคุมแบบกลุ่ม การออกแบบและควบคุมระบบควบคุมแบบกลุ่ม โดยใช้โปรแกรม PCS7 เป็นศูนย์การการควบคุมแบบกลุ่ม ในการจัดการการทำงานควบคุมระบบ รวมไปถึงการนำโปรแกรม WinCC Explorer ในการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้งานเป็นระบบโฮสต์สำหรับระบบควบคุมและออกแบบโปรแกรมในการควบคุมระบบควบคุมแบบกลุ่ม ซึ่งในระบบสื่อสารที่ใช้ระหว่างระบบควบคุมกับโฮสต์ สื่อสารกันในระดับฟิลด์ เป็นการสื่อสารแบบโปรฟิบัส ดีพี (PROFIBUS-DP) ซึ่งจะควบคุมกันระหว่างระบบกับคอมพิวเตอร์ประสานงานร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Batch Control System
Authors	Mr.Chinnapong Yimwan
	Mr. Thanakorn Phanthong
	Mr. Nuttaphat Sawadpakdee
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Sakreya Chitwong
Year	2013

Abstract

This project presents using a batch control systems, designing and controling one. The PCS7 program is used as batch control center to manage control operation. WinCC Explorer program is used to design and develope being a host system for controlling and designing program within the batch control system. For this project, communication in field level between control system and host system is Profibus DP for balancing control in batch control systems project.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา และการดูแลติดตามเอาใจใส่ต่องานที่มีความซับซ้อน และต้องใช้ประสบการณ์จากผู้ผ่านงานต่างๆ มากมาย และใช้ความรอบคอบในการพิจารณาจาก รศ.สักรียา ชิตวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ของคณะผู้ทำโครงงานวิจัยเล่มนี้อย่างละเอียดถี่ถ้วน และยังสนับสนุนงบประมาณ อุปกรณ์ เครื่องมือที่จำเป็นต่อการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งคณะวิจัยนี้ต่างมีความสำนึกในความช่วยเหลือที่ดีโดยตลอดมาของการทำโครงงานวิจัยเล่มนี้ขึ้น และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

และขอกราบขอบพระคุณท่านคณาจารย์ท่านอื่นๆที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา ต่อคณะวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นเข้าระบบการศึกษานี้ เพื่อนำความรู้ ประสบการณ์จากทุกท่าน ประกอบกับความรู้อื่นๆที่นอกเหนือจากการเรียน มาเป็นส่วนหนึ่งในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รวมไปถึงบริษัทต่างๆที่เกี่ยวข้องกับคณะวิจัยแต่ละท่านที่คอยให้คำแนะนำ ติชม และข้อเสนอต่างๆเพื่อช่วยเหลือแก่คณะวิจัยนี้ให้สามารถดำเนินงานปริญญานิพนธ์นี้ได้อย่างราบรื่น

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม และนอกภาควิชาฯ ที่คอยสนับสนุนในเรื่องของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดที่ต้องนำข้อมูลที่ได้จากการให้คำแนะนำปรึกษา และสถานที่ในการดำเนินโครงงานนี้ มาใช้ในการช่วยดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงาน สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น ลดข้อผิดพลาดและปัญหาในการทำงานได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังคอยเป็นกำลังใจ และเป็นที่พึ่งพาแก่คณะวิจัยนี้ในเวลายากลำบากจนมิอาจดำเนินการได้โดยเพียงลำพัง จักขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และที่สำคัญคือ บิดา มารดาของคณะผู้จัดทำทุกท่าน ที่คอยเอื้ออำนวยความสะดวกแก่คณะผู้วิจัยโครงงานในการทำงาน ดำเนินการต่างๆ และจัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือ รวมไปถึงความรู้รอบตัวที่ท่านมี ได้มอบแก่คณะผู้วิจัยนี้อย่างหาที่สุดไม่ได้ อีกทั้งยังเป็นผู้ให้กำเนิดแก่คณะผู้วิจัยแต่ละท่าน โดยให้การศึกษา ความรู้ และอนาคตที่ดี ซึ่งอยู่ภายใต้เหตุผลที่เหมาะสม อันเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้โครงงานนี้ออกมาได้เป็นอย่างดี และเต็มที่มากที่สุด รวมไปถึงกำลังใจของท่านที่คอยเกื้อหนุนแก่คณะผู้วิจัยอย่างไม่สิ้นสุด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ทั้งหมดนั้น ทางคณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่บุคคลทั่วไปที่สนใจในงานปริญญานิพนธ์เล่มนี้ และรวมไปถึงผู้มีพระคุณทุกๆท่าน ให้สามารถนำองค์ความรู้ของคณะวิจัยนี้ใช้ประโยชน์ต่อภาคส่วนต่างๆได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูปภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 แนวคิดมาตรฐาน ISA-88 (Introduction to ISA-88).....3
2.2 กระบวนการแบบกลุ่มและอุปกรณ์ที่ใช้ (Batch processes and equipment).....3
2.2.1 กระบวนการแบบกลุ่ม (Batch Processes).....3
2.2.2 รูปแบบของกระบวนการ (Process Model).....4
2.2.3 รูปแบบทางกายภาพ (Physical Model).....5
2.2.4 ลักษณะโครงสร้างของกระบวนการ (Process cell classification).....6
2.3 หลักการของระบบควบคุมแบบกลุ่ม (Batch Control Concept).....10
2.3.1 โครงสร้างระบบควบคุมแบบกลุ่ม (Structure for batch control).....10
2.3.1.1 การควบคุมขั้นพื้นฐาน (Basic Control).....11
2.3.1.2 การควบคุมกระบวนการทำงาน (Procedural Control).....11
2.3.1.3 การควบคุมแบบการประสานการทำงาน (Coordination Control).....13
2.3.2 Equipment entities model.....13
2.3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการควบคุมโมเดลทางกายภาพ และโมเดลควบคุมกระบวนการ.....13
2.3.3 สูตร (Recipes).....14
2.3.3.1 ชนิดของสูตร (Recipes type model).....14
2.3.3.2 ส่วนประกอบของสูตร (Recipes contents).....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 การทำงานและฟังก์ชันของการควบคุมแบบกลุ่ม (Batch control activities and functions)....16
2.4.1 โมเดลดำเนินการควบคุม (Control activity model)....16
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ....18
2.6 โปรฟิบัส (PROFIBUS: Process Field Bus)....19
2.6.1 ความหมายของระบบโปรฟิบัส ดีพี (PROFIBUS-DP)....19
2.6.2 ลักษณะการต่อใช้งานในระบบโปรฟิบัส ดีพี....21
2.7 โปรโตคอลฮาร์ท(HART Protocol)....22
2.7.1 โหมดการสื่อสารของฮาร์ท (Hart Communication Modes)....23
2.7.2 โครงสร้างข้อมูลแบบแพกเก็ต....23
2.8 ทรานสมิตเตอร์....25

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน....27

3.1 การดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์....27
3.1.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์....27
3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้ง....27
3.1.3 ขั้นตอนการทำงาน....27
3.2 ส่วนดำเนินการด้านซอฟท์แวร์....30
3.2.1 ส่วนที่ 1 : การออกแบบโปรแกรมบน PCS7....30
3.2.1.1 การออกแบบโปรแกรมของ Equipment Module....30
3.2.1.1.1 วาล์วเติมน้ำเข้าถัง Units....30
3.2.1.1.2 วาล์วปล่อยน้ำออกจากถัง Units....35
3.2.1.1.3 จำลองการเกิดปฏิกิริยา....40
3.2.1.1.4 ตัวควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์....44
3.2.1.1.5 ตัวควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์....48
3.2.1.1.6 โปรแกรมควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ....53
3.2.1.1.7 โปรแกรมควบคุมการทำงานของวาล์วลม....58
3.2.2 ส่วนที่ 2 : การออกแบบโปรแกรมบน SIMATIC BATCH....66
3.2.2.1 การออกแบบในส่วนของ Batch Control Center....66
3.2.2.2 การออกแบในส่วนของ Recipes Editors....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....75
4.1 คำนำ.....75
4.2 วิธีการทดลอง.....75
4.3 ผลการทดลอง.....75
4.3.1 ทดลองเริ่มต้นกระบวนการ.....75
4.4 สรุป.....78

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....79
5.1 สรุปผลการทดลอง.....79
5.2 วิเคราะห์ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....79

บรรณานุกรม.....80

ภาคผนวก.....81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชนิดโครงสร้างแพกเกตข้อมูลฮาร์ท 24
ตารางที่ 3.1 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 32
ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขก่อนเริ่มทำงาน 32
ตารางที่ 3.3 กลไกลอจิกเกตการควบคุมวาล์ว(ขวา) 33
ตารางที่ 3.4 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 37
ตารางที่ 3.5 ตารางกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน 37
ตารางที่ 3.6 กลไกลอจิกเกตการควบคุมวาล์ว (ขวา) 38
ตารางที่ 3.7 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 41
ตารางที่ 3.8 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน 41
ตารางที่ 3.9 กลไกลอจิกเกตการควบคุมเวลาเกิดปฏิกิริยา (ขวา) 42
ตารางที่ 3.10 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 45
ตารางที่ 3.11 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน 45
ตารางที่ 3.12 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (ขวา) 46
ตารางที่ 3.14 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 49
ตารางที่ 3.15 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน 49
ตารางที่ 3.16 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ (ขวา) 50
ตารางที่ 3.17 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 54
ตารางที่ 3.18 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน 54
ตารางที่ 3.19 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ (ขวา) 55
ตารางที่ 3.20 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC 59
ตารางที่ 3.21 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน 59
ตารางที่ 3.22 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของวาล์วลม (ขวา) 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแบบโครงสร้างของกระบวนการแบบกลุ่ม (PROCESS MODEL).....4
รูปที่ 2.2 รูปแบบกายภาพของกระบวนการแบบกลุ่ม (PHYSICAL MODEL).....5
รูปที่ 2.3 รูปแบบกายภาพของกระบวนการแบบกลุ่ม (PHYSICAL MODEL).....6
รูปที่ 2.4 โครงสร้างแบบเชิงเดี่ยว.....8
รูปที่ 2.5 โครงสร้างแบบหลากหลาย.....9
รูปที่ 2.6 โครงสร้างแบบผลิตเชิงโครงข่าย.....10
รูปที่ 2.7 แสดงลำดับชั้นของการควบคุม ทั้ง 3 ระบบ.....11
รูปที่ 2.8 รูปแบบของกระบวนการควบคุมการทำงาน.....12
รูปที่ 2.9 โครงสร้างของ EQUIPMENT ENTITY.....13
รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PROCEDURE CONTROL, PHYSICAL MODEL และ PROCESS MODEL.....14
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชนิดของ RECIPE.....15
รูปที่ 2.12 แบบจำลองการควบคุมปฏิกิริยา.....17
รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างการเชื่อมต่อของโปรฟิบัส ดีพี.....20
รูปที่ 2.14 การใช้งานระหว่างตัวควบคุมแม่ข่าย (MASTER) กับอุปกรณ์ลูกข่าย (SLAVE).....21
รูปที่ 2.15 วิธีการเชื่อมต่อสายระหว่างตัวหลัก กับลูกข่าย บนสายโปรฟิบัส ดีพี.....22
รูปที่ 3.1 พีแอนด์ไอดี ไดอะแกรม.....28
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของแพลนท์.....29
รูปที่ 3.3 หน้าต่าง PLANT VIEW ของโปรแกรม PCS7.....30
รูปที่ 3.4 FLOW CHART ของการทำงานของวาล์ววัตถุดิบ.....31
รูปที่ 3.5 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมวาล์ววัตถุดิบ (ซ้าย).....33
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่าง BLOCK ที่เกี่ยวข้องกับ SFC จะได้ดังรูปข้างล่าง.....34
รูปที่ 3.7 การต่อบล็อก CFC ของ SFC ที่สร้าง ก. 34
รูปที่ 3.7 การต่อบล็อก CFC ของ SFC ที่สร้าง ข 35
รูปที่ 3.8 FLOW CHART ของการทำงานของวาล์วผลิตภัณฑ์.....36
รูปที่ 3.9 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ (ซ้าย).....38
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อระหว่าง BLOCK ที่เกี่ยวข้องกับ SFC 39
รูปที่ 3.11 ส่วนของ CFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ ส่วน ก. 39
รูปที่ 3.12ส่วนของ CFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ ส่วน ข. 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.13 FLOW-CHART จำลองกระบวนการเกิดปฏิกิริยา 40
รูปที่ 3.14 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย)....42
รูปที่ 3.15 โปรแกรม CFC กระบวนการเกิดปฏิกิริยา 43
รูปที่ 3.16 FLOW-CHART ของการควบคุมการทำงานของ COMPRESSOR....44
รูปที่ 3.17 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (ซ้าย)....46
รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อระหว่าง BLOCK ที่เกี่ยวข้องกับ SFC จะได้ดังรูปข้างล่าง....47
รูปที่ 3.19 CFC การทำงานของคอมเพรสเซอร์....47
รูปที่ 3.20 FLOW-CHART การทำงานของฮีตเตอร์....48
รูปที่ 3.21 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของฮีตเตอร์ (ซ้าย)....50
รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อระหว่าง BLOCK ที่เกี่ยวข้องกับ SFC จะได้ดังรูปข้างล่าง 51
รูปที่ 3.23 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของฮีตเตอร์ ส่วน ก. 52
รูปที่ 3.24 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของฮีตเตอร์ ส่วน ข. 52
รูปที่ 3.25 FLOW-CHART การทำงานของปั๊มน้ำ....53
รูปที่ 3.26 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของปั๊มน้ำ (ซ้าย)....55
รูปที่ 3.27 การเชื่อมต่อระหว่าง BLOCK ที่เกี่ยวข้องกับ SFC จะได้ดังรูปข้างล่าง 56
รูปที่ 3.28 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของปั๊มน้ำ ส่วน ก. 57
รูปที่ 3.29 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของปั๊มน้ำ ส่วน ข. 57
รูปที่ 3.30 FLOW-CHART ของการควบคุมการทำงานวาล์วลม 58
รูปที่ 3.31 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของวาล์วลม (ซ้าย) 60
รูปที่ 3.32 การเชื่อมต่อระหว่าง BLOCK ที่เกี่ยวข้องกับ SFC จะได้ดังรูปข้างล่าง 61
รูปที่ 3.33 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของวาล์วลมส่วน ก. 62
รูปที่ 3.34 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของวาล์วลม ส่วน ข. 62
รูปที่ 3.35 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 1 62
รูปที่ 3.36 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 2 63
รูปที่ 3.37 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 3 63
รูปที่ 3.38 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 4 64
รูปที่ 3.39 หน้าต่างของโครงแบบของ BATCH PROCESS CELL 64
รูปที่ 3.40 โดยขั้นแรกทำการ GENERATE 64
รูปที่ 3.41 ขั้นต่อมาคือ คอมไพล์ BATCH INSTANCE แล้วทำการUPDATE(ปรับ)ไปยัง OS 64
รูปที่ 3.42 หลังจากทำการอัพเดทโปรแกรม OS เรียบร้อยแล้ว 65
รูปที่ 3.44 การอัพเดทสมบูรณ์ 65
รูปที่ 3.45 หน้าต่างของโปรแกรม BATCH CONTROL CENTER 66
รูปที่ 3.46 ส่วนของการกำหนดโปรเจกต์การควบคุมแบบกลุ่ม 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.47 ส่วนกำหนดผลิตภัณฑ์ของโปรเจกต์แบบแบตช์ 67
รูปที่ 3.48 ส่วนกำหนดค่าโครงสร้างของสูตร (HIERARCHICAL) 68
รูปที่ 3.49 ส่วนกำหนด MASTER RECIPE ที่เลือก 68
รูปที่ 3.50 ส่วนสั่งการปล่อย RECIPE ที่ได้สร้างสำเร็จเพื่อเริ่มกระบวนการแบบแบตช์ 69
รูปที่ 3.51 หน้าโปรแกรมกำหนดค่า RECIPE 69
รูปที่ 3.52 ความสัมพันธ์กันของระดับชั้น 70
รูปที่ 3.53 ใช้เครื่องมือบนแถวเครื่องมือในรูปเพื่อทำการสร้างโปรแกรม 70
รูปที่ 3.55 กำหนดที่แถวทางขวาเป็นการทำงานของฮีตเตอร์ และทางด้านซ้ายเป็นของคอมเพรสเซอร์ 70
รูปที่ 3.56 การกำหนด RUP สำหรับส่วนย่อยต่างๆในกระบวนการแบตช์ 71
รูปที่ 3.57 การตั้งชื่อกระบวนงานของแต่ละยูนิตในระดับ ROP 71
รูปที่ 3.58 การะบวนการทั้งหมดของกระบวนการแบบกลุ่มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....71
รูปที่ 3.59 การออกแบบ ROP 72
รูปที่ 3.60 การตั้งค่าของวาล์วเติมวัตถุดิบ ไม่มีพารามิเตอร์ใดๆที่ต้องตั้งค่า 72
รูปที่ 3.61 การตั้งค่าของฮีเตอร์ โดยมีพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดก็คือ อุรหภูมิ ซึ่งจะเหมือนกันกับฝั่งของคอมเพรสเซอร์.....72
รูปที่ 3.62 การตั้งค่าของตัวจำลองปฏิกิริยาจะเป็นการหน่วงเวลาไว้ ซึ่งมีพารามิเตอร์ก็คือ เวลาที่ต้องการหน่วง.....73
รูปที่ 3.63 การตั้งค่าส่วนของวาล์วผลิตภัณฑ์ ไม่มีพารามิเตอร์ ใดๆที่ต้องตั้งค่า 73
รูปที่ 3.64 การกำหนดคุณสมบัติของ RECIPES 73
รูปที่ 3.65 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เลือก PRODUCT 74
รูปที่ 3.66คำสั่งตรวจสอบวามสมบรูณ์ของ RECIPES 74
รูปที่ 4.1 หน้า HMI และโพรซีเยอร์ของการเริ่มต้น 75
รูปที่ 4.2 หน้า HMI และโพรซีเยอร์ และเฟสการทำงานของวาล์ว.....82
รูปที่4.3 หน้า HMI โพรซีเยอร์ เฟสการทำงานฮีตเตอร์และชุดทำความเย็น.....82
รูปที่ 4.4 ตั้งอุณหภูมิตามค่าที่ต้องการและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....83
รูปที่ 4.5 อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเข้าสู่อุณหภูมิที่ตั้ง.....83
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแนวโน้มอุณหภูมิของฮีตเตอร์กับชุดทำความเย็น.....83
รูปที่ 4.7 หน้า HMI โพรซีเยอร์ และเฟสการทำงานเมื่อได้ผลิตภัณฑ์.....84
รูปที่ 4.8 แสดงการเสร็จสิ้นของกระบวนการแบบกลุ่มตามโพรซีเยอร์.....84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้ มีความสำคัญในการเป็นแหล่งข้อมูลเพื่อศึกษาและวิจัย ในการแก้ไขปัญหาต่างๆจากสิ่งที่ได้รับ และพบเห็นตามความเป็นจริงของแวดล้อม โดยเรียนรู้วิธีการ ศึกษาข้อมูล และนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการสร้างองค์ประกอบวิธีในการแก้ปัญหา รวมไปถึงนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ภาคอุสาหกรรมการผลิต ที่สามารถเข้าถึงวิธีการนั้นๆได้อย่างเป็นองค์ความรู้ รวมไปถึงใช้กำหนดวิธีการแต่เดิมให้มีความสอดคล้องต่อมาตรฐานสากล คือมาตรฐาน ISA-88 แก่ภาคอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบควบคุมแบบชุด ให้เกิดความเข้าใจตรงกัน และปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ตามการศึกษาวิจัยเชิงปริญญานิพนธ์ได้เป็นอย่างดี

ซึ่งในส่วนนี้เราได้จัดทำปริญญานิพนธ์เกี่ยวกับ ระบบควบคุมแบบชุด (Batch Control Systems) เพื่อใช้ศึกษาแนวทางกระบวนการผลิตแบบชุด แก่ภาคส่วนอุตสาหกรรมที่มีปัญหาเรื่องการใช้กระบวนการผลิตแบบ Batch ให้มีความสอดคล้องกันตามมาตรฐาน ISA-88 ที่กำหนดไว้ให้ว่าเพื่อการรองรับกับอุปกรณ์ที่ยุ่งยากในการปฏิบัติให้สืบเนื่องต่อกันตามมาตรฐานสากล และทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการยอมรับต่อมาตรฐานเดียวกันนี้ รวมไปถึงเพื่ออำนวยความสะดวกแก่วิธีการผลิตในหลายภาคส่วนของอุตสาหกรรมที่ใช้ได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาวิธีการใช้รูปแบบวิธีการในระบบควบคุมแบบชุด หรือ Batch Control System ให้เป็นไปในทิศทางการใช้งานได้จริง และมีการเลือกอุปกรณ์รวมไปถึงวิธีกำหนดการควบคุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตนั้นๆ
2. เสนอให้เลือกใช้ตามมาตรฐาน ISA-88 ซึ่งเป็นที่ยอมรับของสากล และรวมไปถึงทำให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้จัดสร้างปริญญานิพนธ์ และผู้กำหนดมาตรฐาน ISA นี้ในขณะศึกษา หรือหลังได้จัดสร้างปริญญานิพนธ์นี้สมบูรณ์ไปแล้ว
3. ทำให้ภาคส่วนอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องใช้ระบบควบคุมแบบชุดได้เปลี่ยนแปลงบางส่วนให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานตัวนี้ ทำให้มีความน่าเชื่อถือ และได้รับการยอมรับจากนานาชาติที่อิงตามมาตรฐานสากลนี้ด้วยเช่นกัน

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ตัวอย่างของ Plant ที่กำหนดไว้คือ กระบวนการผลิตแบบ Batch ที่ใช้น้ำในการเป็น Material สำหรับการผลิตตามขั้นตอนวิธีของ Batch เพื่อจำลองวิธีการผลิตแบบ Batch โดยเลียนแบบการผลิตจริงในส่วนภาคอุตสาหกรรม แต่ว่าในการทดลองนี้ เราจะกำหนดขอบเขตของ Material ด้วยน้ำ เพราะการใช้สารเคมีต่างๆ อาจมีปัญหาต่อการควบคุมของระบบได้ และเสียค่าใช้จ่ายโดยเกินความจำเป็น แต่การทดลองนี้เราจะอิงไปยังมาตรฐาน ISA-88 ซึ่งมีข้อกำหนดต่างๆมากมาย และรวมไปถึงการใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องสอดคล้องเป็นมาตรฐานอันหนึ่งอันเดียวกันให้ได้มากที่สุด และรวมไปถึงการเลือกขนาดของท่อที่ใช้ ถัง Reactor ในการนำมาผลิตตามขั้นตอนวิธีแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batch ซึ่งเราใช้แบบจำลองในระดับแนวคิดเป็นอันดับแรก ก่อนจะนำไปสู่การขึ้นระบบจริงที่ได้จากการจำลองจากแนวคิด ให้เป็นกระบวนการจริงที่ขึ้น Plant โดยอิงตามมาตรฐาน ISA-88 ได้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ในส่วนนี้เริ่มแรกเราจะศึกษาเกี่ยวกับ ทฤษฎีของระบบควบคุมแบบ Batch ที่เกี่ยวข้องในส่วนของ ISA-88 หลักการควบคุมแบบชุด (Batch Control) รวมไปถึงแบบจำลองกระบวนการ และรวมไปถึงวิธีการผลิตที่เป็นลำดับขั้น (Sequence) จาก วัตถุดิบ (Raw Material) ไปจนถึงการกำหนดวิธีผลิตให้เป็นไปตามขั้นตอน หรือ Order ที่ระบบได้สั่งให้ผลิต จากนั้นเมื่อศึกษาได้ความเข้าใจ และเล็งเห็นความสำคัญต่อมาตรฐานที่ถูกกำหนดให้ใช้แล้ว สุดท้ายคือศึกษาวิธีการออกแบบระบบควบคุมแบบ Batch ตามมาตรฐาน ISA แล้วจึงดำเนินการขั้นตอนต่อไปคือ การศึกษาโปรแกรมของ Batch Control System

โดยเราใช้โปรแกรม Automation Systems ของ SIEMENS ในการศึกษา ซึ่งต้องมีการกำหนด Hardware ที่ต้องอยู่ในระบบก่อนว่ามีอะไรบ้างที่ต้องการเป็นส่วนควบคุม และส่วนใดที่เป็นส่วนกระทำตามคำสั่งควบคุม แล้วถัดไปจึงกำหนดโปรแกรม ให้วิธีควบคุมการผลิตต่อ Hardware แต่ละชุดว่าต้องทำอะไรในหน้าที่ที่ได้รับจากโปรแกรมแบบ Recipe รวมไปถึงการกำหนดศูนย์กลางควบคุมชุดการผลิตต่างๆ ที่รวมกันเป็น Batch Control Systems นั่นคือการเชื่อมโยงโดยใช้ SFC (Sequential Function Chart) เพราะระบบต้องการความต่อเนื่องถึงกันในการผลิตแต่ละลำดับขั้นต่อกัน และสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการเชื่อมต่อกระบวนการทั้งหมดแต่ละปลีกย่อยที่ทำงานประสานกันคือการศึกษา Protocol ในการสื่อสารระหว่าง Hardware แต่ละ Unit ที่ได้รับ Recipe ส่วนย่อยไม่เหมือนกัน อันนำไปสู่ขั้นตอน Recipe ที่เป็นจุดประสงค์การผลิตที่ปลายทางการผลิตเดียวกันเสมอ และเมื่อกำหนดทางโปรแกรมได้แล้ว จึงนำไปสู่การสร้างระบบจำลองจริงที่ได้จากการศึกษามาทั้งหมด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาต่างๆทำให้เราได้รับความรู้และความสำคัญ ต่อวิธีการนำระบบควบคุมแบบชุดมาใช้ในงานภาคอุตสาหกรรมยา, เคมี, อาหาร, ฯลฯ ล้วนแต่ต้องนำระบบควบคุมนี้มาใช้งานจริง ทำให้เล็งเห็นถึงความสำคัญต่อการนำระบบควบคุมแบบชุดมาใช้ให้เหมาะสม และมีมาตรฐานเป็นอันเดียวกันกับที่ ISA ได้กำหนดไว้ตามเงื่อนไขวิธีการใช้ระบบควบคุมแบบชุด ISA-88 และรวมไปถึงเข้าใจวิธีการทำงานของโปรแกรมที่อิงกับระบบควบคุมแบบชุด ซึ่งสามารถจำแนกประโยชน์ต่างๆที่ได้รับมาเป็นดังนี้

1. ตอบสนองต่อความต้องการในการเลือกใช้วิธีการผลิตโดยระบบควบคุมแบบชุด ได้อย่างเหมาะสมที่สุดเท่าที่เทียบกับมาตรฐานได้
2. นำไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมระบบควบคุมของผู้ผลิตรายอื่นๆที่มีโปรแกรมไม่เหมือนกับที่ผู้ศึกษานี้ได้ใช้งานในการควบคุม และการทำ Configuration กับ Hardware และ Software ได้อย่างตรงตามข้อกำหนดของ ISA
3. ลดอุปสรรคในการผลิตแบบดั้งเดิม ที่อิงมาตรฐานเฉพาะตัวต่อระบบนั้นๆ เมื่อนำมารวมการผลิตเป็นชุดการผลิต หรือการรวมระบบควบคุมแต่ละภาคส่วนให้เป็นชุดต่างๆในส่วนเดียวกัน ลดความยุ่งยากในการกำหนดวิธีการผลิตแบบองค์ประกอบรวมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดมาตรฐาน ISA-88 (Introduction to ISA-88)

ISA-88 คือมาตรฐานชนิดหนึ่งในการกำหนดขั้นตอนวิธีการ เพื่อควบคุมกระบวนการที่เป็นแบบ Batch ให้มีความน่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับในการผลิตเชิงขั้นตอน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับมาตรฐาน ANSI สำหรับกระบวนการควบคุมแบบกลุ่ม (BatchControl System) สมัยใหม่ ซึ่งมาตรฐาน ISA-88 นี้จะกำหนดในเรื่องของเสถียรภาพในตัวระบบควบคุมแบบกลุ่ม ซึ่งมีความต้องการครอบคลุมไปถึงสิ่งต่างๆดังนี้

1. โมเดลควบคุมแบบกลุ่มส่วนเดิม ที่ไม่ได้อยู่ภายใต้มาตรฐานก่อนหน้านี้
2. การผนวกรวมกระบวนการผลิตที่ใช้อุปกรณ์ต่างชนิดกันจากหลายๆผู้ผลิตอุปกรณ์สำหรับกระบวนการๆหนึ่ง
3. ใช้กับกระบวนการที่มีความสามารถในการรองรับโครงสร้างชนิดอื่นๆได้เพิ่มเติมจากเดิมโดยไม่กระทบต่อกระบวนการที่มีอยู่ได้เลย

ด้วยเหตุนี้มาตรฐาน ISA-88 จึงได้มีไว้ขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหามาตรฐานของอุปกรณ์แต่ละค่ายผู้ผลิตที่มีมาตรฐานไม่เหมือนกัน และสามารถใช้งานร่วมกันได้ ให้มีความเป็นมาตรฐานการใช้และการกำหนดกระบวนการที่ต่อเนื่องร่วมกันได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเอาไว้ และให้สอดคล้องกับความต้องการผลิตโดยใช้กระบวนการวิธีแบบกลุ่มนั่นเอง

2.2 กระบวนการแบบกลุ่มและอุปกรณ์ที่ใช้ (Batch processes and equipment)

คำนิยามของกระบวนการแบบกลุ่ม (Batch processes definition)

ความหมายของกระบวนการแบบกลุ่ม (Batch processes) ตามมาตรฐาน ISA-88 ได้ให้นิยามไว้ว่า “กระบวนการที่นำไปสู่การผลิตในปริมาณที่จำกัดของวัสดุ โดยการกำหนดปริมาณวัสดุที่ต้องการเข้าไปเพื่อทำให้ชุดคำสั่งสามารถทำงานให้อยู่ภายใต้ขอบเขตที่จำกัดทั้งเวลาและปริมาณวัสดุแก่การทำงานของอุปกรณ์หนึ่งส่วนหรือมากกว่าหนึ่งส่วน” และ มาตรฐาน ISA-88 ยังได้ให้ความหมายของการควบคุมแบบกลุ่ม (Batch control) นิยามไว้ว่า
“การควบคุมการทำงานและฟังก์ชันจะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการแบบกลุ่ม”

2.2.1 กระบวนการแบบกลุ่ม(Batch Processes)

ในกระบวนการที่มีการจัดเรียงลำดับขั้นตอนในการผลิตทั้งทางเคมี หรือ ทางกายภาพ หรือ ทางชีวภาพในการทำงาน สำหรับทั้งกระบวนการแปลง (Conversion) หรือ การส่งถ่าย (Transport) หรือการกักเก็บ (Storage) ของวัสดุหรือพลังงาน ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสามารถที่จะทำการจัดแบ่งแต่ละกระบวนการเป็นแบบต่อเนื่อง, แบบแยกจากกัน (Discrete) และแบบกลุ่มโดยการจัดแบ่งว่าเป็นลักษณะใดนั้นจะขึนอยู่กับลักษณะเอาต์พุทของกระบวนการนั้นว่าเป็นอย่างไร ถ้าเอาต์พุทของกระบวนการมีการไหลที่ต่อเนื่องกระบวนการจะเป็นแบบต่อเนื่องกันถ้ามีจำกัดปริมาณของเอาต์พุทเป็นส่วนๆ (parts) กระบวนการจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง หรือถ้ามีการจำกัดปริมาณของเอาต์พุทที่ได้จากวัสดุกระบวนการจะเป็นแบบกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะของกระบวนการแบบกลุ่ม (Batch process characteristics)

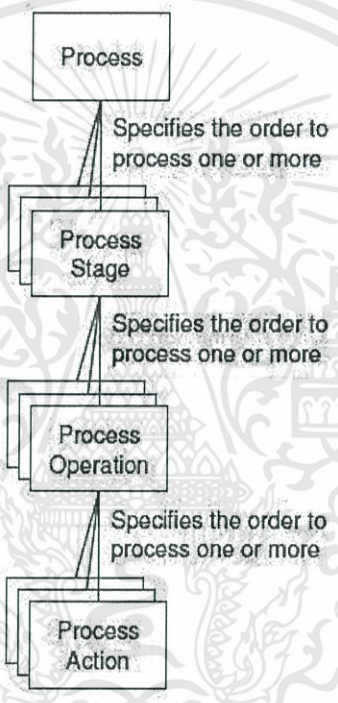
1. กระบวนการแบบกลุ่มเป็นกระบวนการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous) ไม่ใช่ทั้งกระบวนการแบบต่อเนื่องและแบบแยกจากกัน แต่ในกระบวนการจะมีคุณสมบัติของทั้งคู่แฝงอยู่

2. มีวิธีการ (Procedures) ที่หลากหลายในการผลิตได้มากมาย , สามารถยอมรับเงื่อนไขหลายๆเงื่อนไขได้

3. ความหยืดหยุ่นในสถานที่ตั้งทำให้มีความหลากหลายในเส้นทางที่จะผ่านตัวเครื่องมือทำงาน

4. กระบวนการแบบกลุ่มมีความแม่นยำเที่ยงตรงสูงในอุตสาหกรรมพร้อมกับการตรวจสอบและการเก็บข้อมูลที่ครอบคลุม

2.2.2 รูปแบบของกระบวนการ (Process Model)



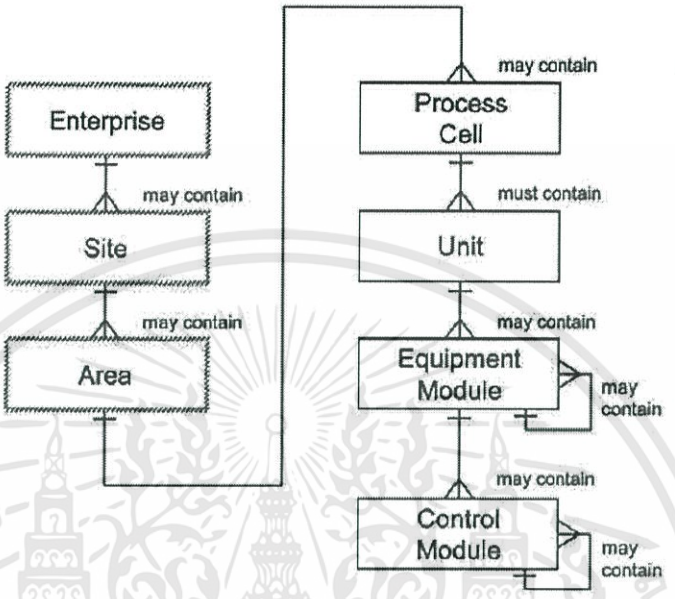
รูปที่ 2.1 รูปแบบโครงสร้างของกระบวนการแบบกลุ่ม (Process Model)

- **แบบจำลองกระบวนการ (Process Model)** คือ รูปแบบลำดับชั้นซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแบ่งขั้นตอนการทำงานของแต่ละชั้นของกระบวนการแบบกลุ่ม
- **กระบวนการ (Process)** คือ ขั้นตอนการทำงานทั้งทางเคมี, ทางกายภาพ หรือ ทางชีวภาพ สำหรับกระบวนการแปลง (Conversion), การส่งถ่าย (Transport) หรือการกักเก็บ (Storage) ของวัสดุหรือพลังงาน **ตัวอย่างเช่น** การผลิตพีวีซี จากกระบวนการ พอลิเมอร์ไรเซชั่นจาก VCM
- **ชั้นกระบวนการ (Process Stages)**เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการที่เป็นอิสระต่อชั้นกระบวนการอื่นๆ และเป็นส่วนที่สร้างกำหนดขั้นตอนในการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือ ทางกายภาพในกระบวนการ**ตัวอย่างเช่น** กระบวนการพอลิเมอร์ไรซ์, การคืนสภาพ VCM หรือ การอบแห้งพีวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การดำเนินการกระบวนการ (Process Operation)**เป็นส่วนหลักของกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือทางกายภาพในวัสดุ**ตัวอย่างเช่น** การทำงานของกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่นของ VCM ไปสู่กระบวนการพีวีซีเช่น การเตรียมรอทำปฏิกริยา, การบรรจุและ การเริ่มปฏิกิริยา

2.2.3 รูปแบบทางกายภาพ(Physical Model)



รูปที่ 2.2 รูปแบบกายภาพของกระบวนการแบบกลุ่ม (Physical Model)

- **ระดับผู้ประกอบการ (Enterprise level)** คือ องค์กรที่ประสานการทำงานหนึ่งหน่วยหรือ มากกว่าหนึ่งหน่วยขึ้นไป

- **ระดับไซต์งาน (Site level)** คือส่วนประกอบย่อยขององค์กรโดยมีส่วนกายภาพ ส่วนภูมิศาสตร์ ส่วนประมวลผล หรือ ลอจิก ภายในองค์กร

- **ระดับพื้นที่ (Area level)** คือ ส่วนประกอบของตำแหน่งการผลิตโดยมีส่วนกายภาพ ส่วนภูมิศาสตร์ ส่วนประมวลผล หรือ ลอจิก ภายในส่วนประกอบย่อยขององค์กรนั้น

- **ระดับหน่วยของกระบวนการ (Process cell level)** คือ ส่วนที่ประกอบด้วยหน่วยต่างๆ , มอดูลอุปกรณ์ และ มอดูลควบคุมเข้าไว้ด้วยกันเพื่อผลิตหนึ่งกลุ่มหรือมากกว่าหนึ่งกลุ่ม และกระบวนการควบคุมพฤติกรรม (Process control activity) จะต้องตอบสนองต่อเงื่อนไขการควบคุม ซึ่งใช้วิธีการและเทคนิคการควบคุมได้หลายแบบ

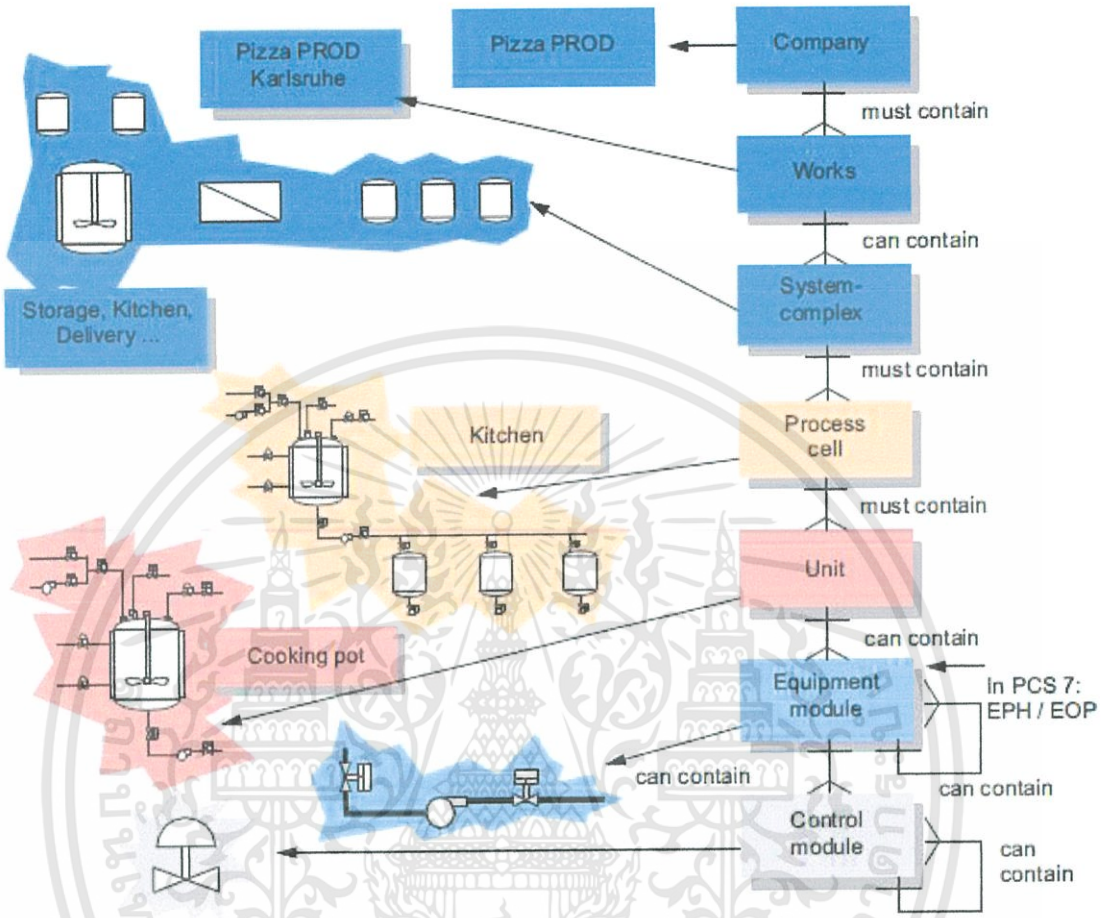
- **ระดับหน่วย (Unit level)** คือส่วนที่ถูกประกอบขึ้นจาก มอดูลอุปกรณ์และ มอดูลควบคุม

- **ระดับมอดูลอุปกรณ์ (Equipment Module level)** คือส่วนอุปกรณ์ทำงานทั้งหมด เช่น ทรานสมิตเตอร์ ปั๊ม คอนโทรลวาล์ว เป็นต้น

- **ระดับมอดูลควบคุม (Control Module level)** คือส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ควบคุมโดยตรง เช่นวาล์วควบคุม (Control Valve) ตัวตรวจวัด (Sensor) แอคชูเอเตอร์ (Actuator) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความเข้าใจมากขึ้นของรูปแบบทางกายภาพของกระบวนการแบบกลุ่ม แสดงได้จากกระบวนการตัวอย่างในที่นี้คือ ห้องครัวดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบกายภาพของกระบวนการแบบกลุ่ม (Physical Model)

ส่วนผู้ประกอบการหรือบริษัทและ ไซต์หรือ บริบทงานและ พื้นที่หรือระบบเชิงผสมเป็นส่วนที่มาตรฐาน ISA-88 จะไม่ได้กล่าวถึงไว้ ซึ่ง ISA-88 จะเน้น 4 ระดับ ข้างล่างคือ ตั้งแต่ระดับหน่วยของกระบวนการเป็นต้นไป

2.2.4 ลักษณะโครงสร้างของกระบวนการ(Process cell classification)

ระดับหน่วยของกระบวนการได้ถูกแบ่งออกเป็น ผลิตภัณฑ์เชิงเดี่ยว (single-product) และ ผลิตภัณฑ์เชิงหลากหลาย (multi-product) ขึ้นอยู่กับจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ แบบผลิตภัณฑ์เชิงเดี่ยวนี้จะผลิตโดยให้ผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันในแต่ละกลุ่ม ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะมีความหลายหลายในวิธีการหรือพารามิเตอร์ต่างๆในการผลิต เพื่อที่จะชดเชยในการผลิตที่อาจใช้อุปกรณ์ที่ไม่เหมือนเดิมหรือ มีการเปลี่ยนวัตถุดิบหลักในการผลิต หรือ สภาพแวดล้อมในการผลิตเปลี่ยนแปลงไป หรือ เพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพขึ้น แบบผลิตภัณฑ์เชิงหลากหลายนี้ จะให้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างซึ่งใช้วิธีการที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนการผลิตหรือการควบคุม ซึ่งมีทางที่เป็นไปได้อยู่ 2 ทาง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

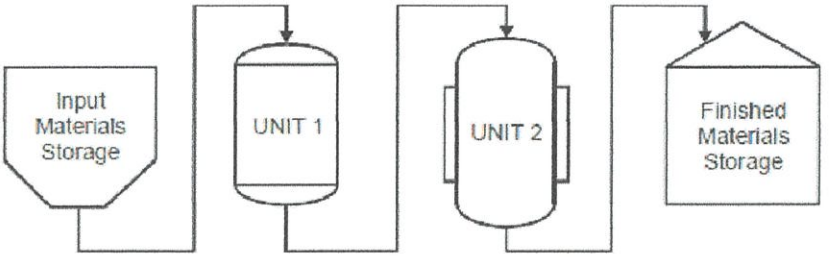
1. ทุกผลิตภัณฑ์จะถูกผลิตด้วยวิธีการที่เหมือนกันแต่จะแตกต่างกันตรงที่สูตรที่ใช้ในการผลิตเช่น ในวัตถุดิบหลักในการผลิตไม่เหมือนกันแต่มีขั้นตอนการผลิตที่เหมือนกัน

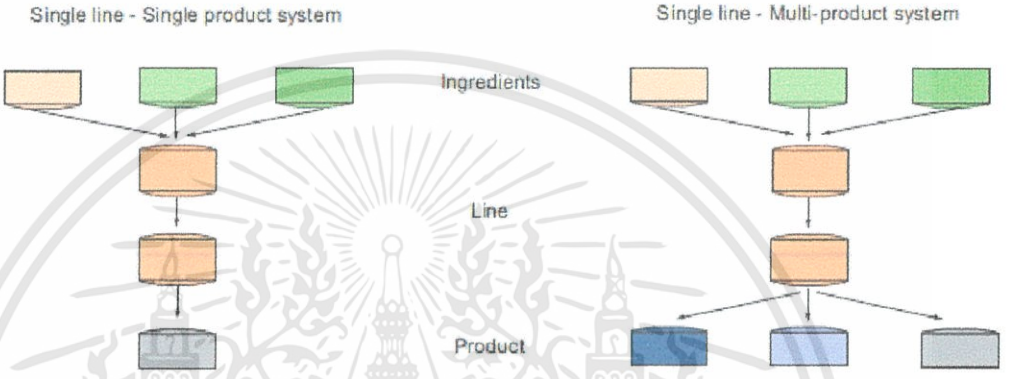
2. ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตใช้คนละวิธีการ

โครงสร้างทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีอยู่ 3 แบบ คือ แบบเชิงเดี่ยว (Single path), แบบหลากหลาย(Multiple path) และแบบผลิตเชิงโครงข่าย (Network path)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบเชิงเดี่ยว



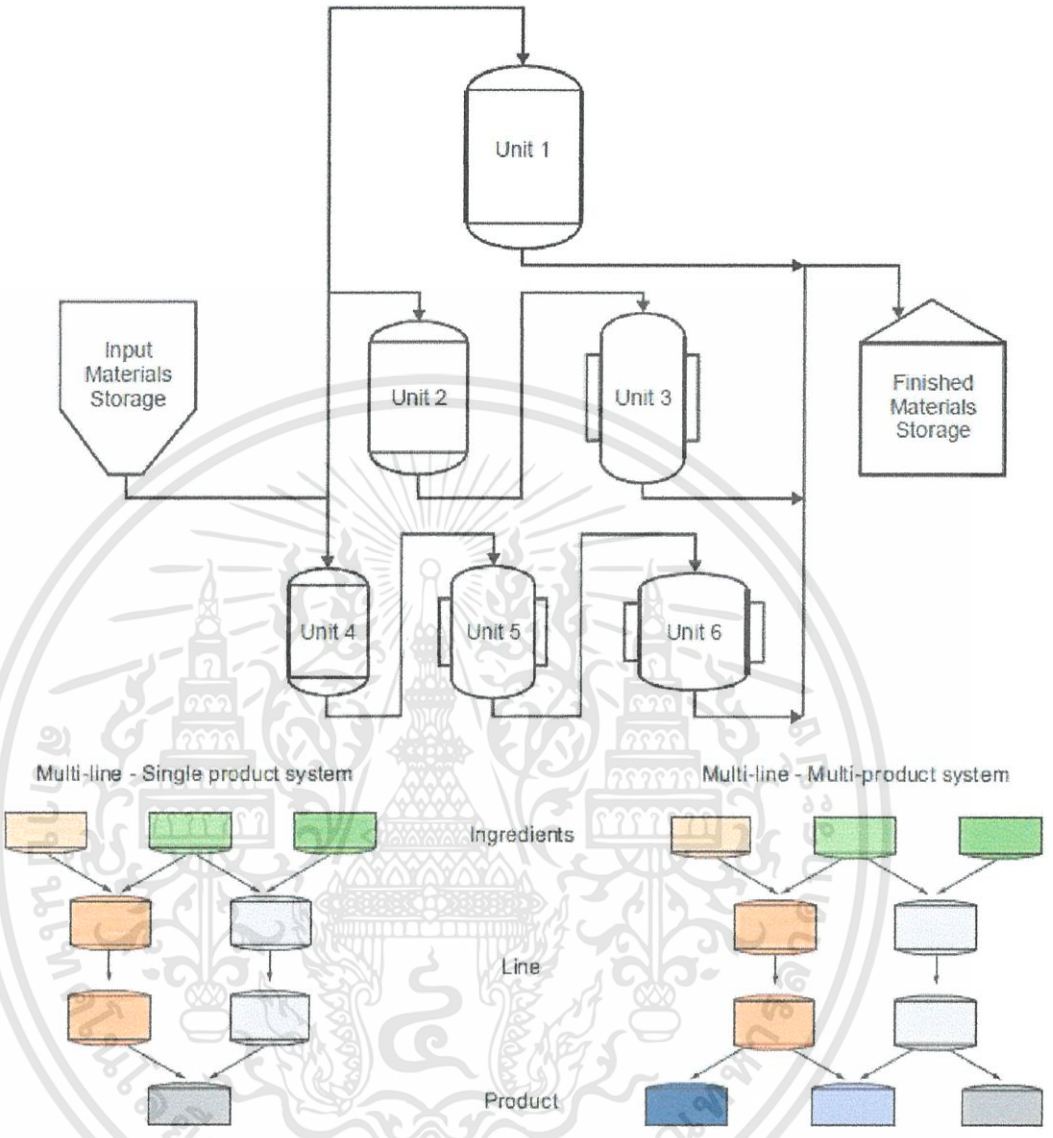


รูปที่ 2.4 โครงสร้างแบบเชิงเดี่ยว

โครงสร้างแบบเชิงเดี่ยว ตามรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าเป็นกลุ่มของหลายๆยูนิตที่จะต้องผ่านตามลำดับขั้นตอนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบหลากหลาย

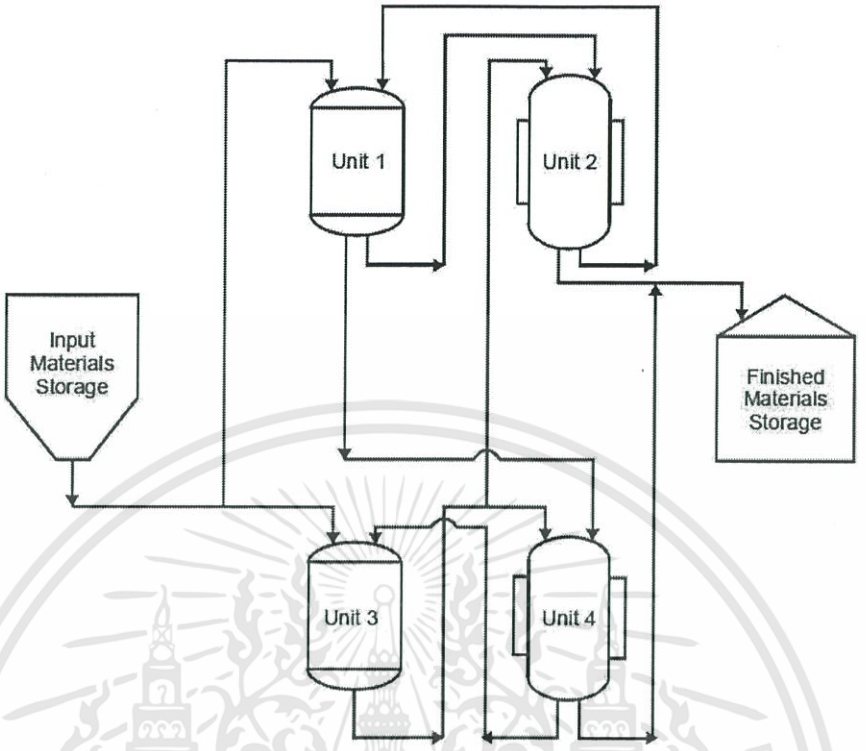


รูปที่ 2.5 โครงสร้างแบบหลากหลาย

โครงสร้างแบบหลากหลายตามรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าประกอบไปด้วยหลายเส้นทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยที่ไม่มีการส่งถ่ายระหว่างผลิตภัณฑ์ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-แบบผลิตเชิงโครงข่าย



รูปที่ 2.6 โครงสร้างแบบผลิตเชิงโครงข่าย

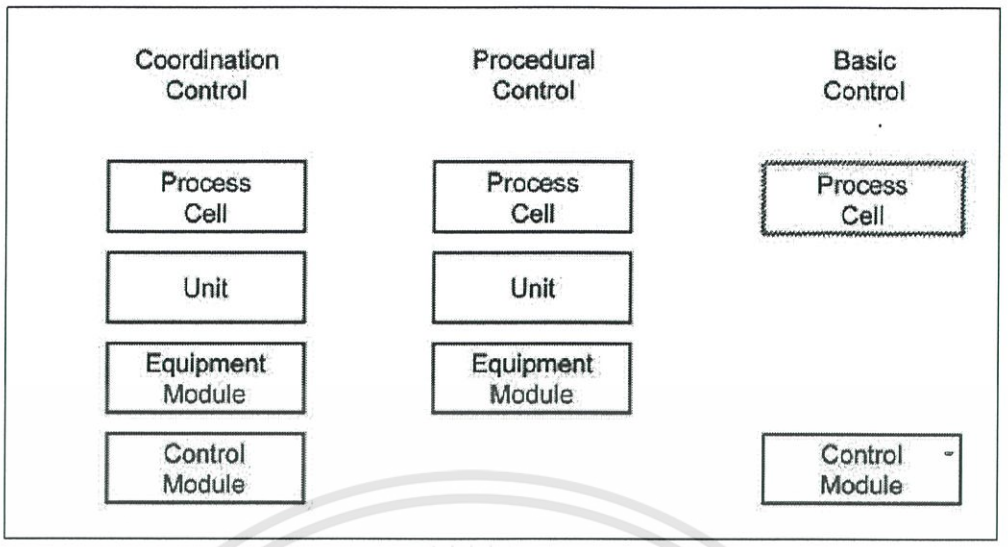
โครงสร้างแบบผลิตเชิงโครงข่ายตามรูปที่ 2.6จะเห็นว่ามีทั้งเส้นทางที่ถูกกำหนด (Fixed) กับเส้นทางที่เปลี่ยนได้ (Variable) ถ้าเป็นเส้นทางที่กำหนดยูนิตทุกยูนิตจะมีลำดับที่เหมือนกัน ถ้าเป็นเส้นทางเปลี่ยนได้ลำดับจะถูกกำหนดจุดเริ่มต้นของกลุ่ม

2.3 หลักการของระบบควบคุมแบบกลุ่ม (Batch Control Concept)

2.3.1 โครงสร้างระบบควบคุมแบบกลุ่ม (Structure for batch control)

ส่วนนี้จะอธิบายรูปแบบโครงสร้างสำหรับส่วนอุปกรณ์ (Equipment) โดยเฉพาะที่พบในสภาพแวดล้อมของการผลิตแบบกลุ่ม ซึ่งจะอธิบายทั้ง 3 ลักษณะของการควบคุมที่ต้องใช้ในการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Manufacturing) ตามรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงลำดับชั้นของการควบคุม ทั้ง 3 ระบบ

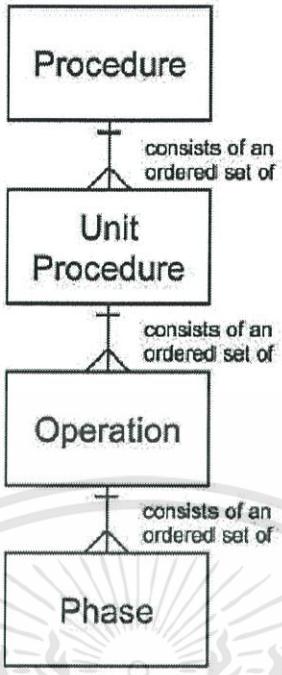
2.3.1.1 การควบคุมขั้นพื้นฐาน (Basic Control)

ในการควบคุมขั้นพื้นฐานจะประกอบไปด้วย 6 ชนิดที่พบได้ทั่วไปของระบบควบคุมคือ การแยกส่วน, ข้อกำหนด, ลำดับขั้น, รูปแบบการเตือน, การทดแทน, และ อินเตอร์ล็อค ตัวอย่างฟังก์ชันที่ใช้ทั่วไปในระบบควบคุมพื้นฐานนี้คือ ระบบควบคุมแบบพีไอดีหรือ อุปกรณ์ควบคุมแบบ เปิด/ปิด เช่น สวิตช์ เป็นต้น

2.3.1.2 การควบคุมกระบวนการทำงาน(Procedural control)

การควบคุมกระบวนการทำงาน จะควบคุมโดยตรงต่อการทำงานของอุปกรณ์ ในการรับคำสั่งตามลำดับเพื่อที่จะดำเนินการตามคำสั่งที่รับมาสู่กระบวนการ ซึ่งการควบคุมกระบวนการทำงานเป็นลักษณะของกระบวนการแบบกลุ่ม (Batch processes) โดยที่ทำให้อุปกรณ์ (Equipment) สามารถดำเนินการได้ในกระบวนการแบบกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 รูปแบบของกระบวนการควบคุมการทำงาน

- **วิธีการ (Procedure)**เป็นส่วนบนสุดของกระบวนการควบคุมการทำงานสำหรับการดำเนินการประมวลผลการทำงานที่สำคัญอย่างเช่นการผลิตแบบเป็นกลุ่ม โดยที่จะได้รับคำสั่งในรูปของชุดคำสั่งของหน่วยกำหนดวิธีการ ตัวอย่างของส่วนวิธีการเช่น การผลิตพีวีซี
- **หน่วยวิธีการ (Unit procedure)**เป็นส่วนรองของกระบวนการควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของแต่ละส่วนในการผลิต โดยประกอบไปด้วยชุดคำสั่งของการดำเนินการ (Operation)ที่ทำให้เกิดการผลิตตามลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องกันภายในยูนิตนั้น ตัวอย่างหน้าที่ของหน่วยวิธีการเช่น การโพลิเมอไรเซชัน VCM หรือ การคืนสภาพ VCM ที่เหลือค้าง หรือ การทำให้พีวีซีแห้ง
- **ส่วนปฏิบัติการ (Operation)** เป็นส่วนดำเนินการหรือ การทำชุดคำสั่งของเฟส (Phase) ต่างๆที่ดำเนินไปตามขั้นตอน (Sequence) ตามที่กำหนดรูปแบบในหน่วยวิธีการ ตัวอย่างการทำต่อสาร VCM เช่น

1) การเตรียมพร้อม (Preparation) : การทำให้ตัวรีแอคเตอร์ หรือถังทำปฏิกิริยาพร้อมรองรับสารที่จะเข้ามาสู่ระบบ โดยการทำให้ถังว่าง หรือการทำสุญญากาศในถังก่อนรับสสารเข้าระบบ

2) การเติม (Charge) : การเติมน้ำดิบ(ไม่มีสารอื่นใดเจือปน)และสารลดแรงตึงผิวของน้ำ

3) การทำปฏิกิริยา (React): ทำการเติมสาร VCM และตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) และให้ความร้อน จนถึงระดับหนึ่งที่สารอิ่มตัวต่อปฏิกิริยาในถัง และรอจนกระทั่งความดันในรีแอคเตอร์ดรอปลงมา เป็นต้น

- **เฟส (Phase)**เป็นส่วนที่เล็กที่สุดในกระบวนการควบคุมการทำงาน ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้กระบวนการดำเนินการได้สำเร็จตามที่กำหนดไว้ในส่วนของการปฏิบัติการตามขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 การควบคุมแบบการประสานการทำงาน (Coordination control)

ในการควบคุมกระบวนการทำงาน (Procedure control) ได้แสดงในส่วนฟังก์ชันสำหรับโอเปอเรเตอร์ ในการควบคุมกระบวนการแบบกลุ่ม แต่ในการควบคุมแบบประสานการทำงานจะแสดงในส่วนฟังก์ชันสำหรับ Supervisor โดยที่การควบคุมระดับนี้จะใช้ก็เมื่อ Process cell สามารถดำเนินการมากกว่าหนึ่งสูตร (Recipe) ที่เวลาเดียวกัน

2.3.2 Equipment entities model

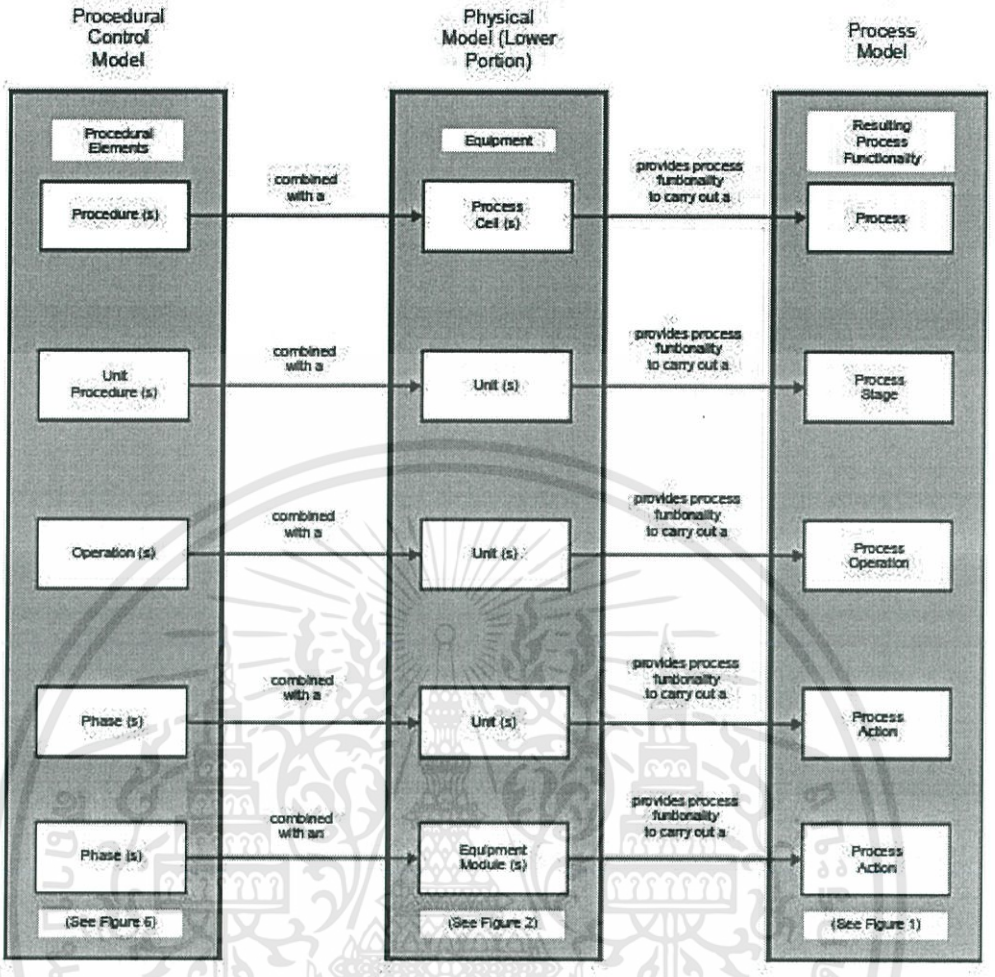
ในส่วนนี้จะเป็นส่วนการทำงานร่วมกันของ Equipment control และ Physical equipment เพื่อดำเนินการควบคุมการทำงานฟังก์ชันการควบคุมหรือชุดของฟังก์ชั่นการควบคุม

รูปที่ 2.9 โครงสร้างของ Equipment entity

2.3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีการควบคุมโมเดลทางกายภาพและโมเดลกระบวนการ

รูปแบบความสัมพันธ์โดยทั่วไประหว่างวิธีการควบคุม (Procedure control), โมเดลทางกายภาพ (Physical model) และโมเดลกระบวนการ (Process model) แสดงได้ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Procedure control, Physical model และ Process model

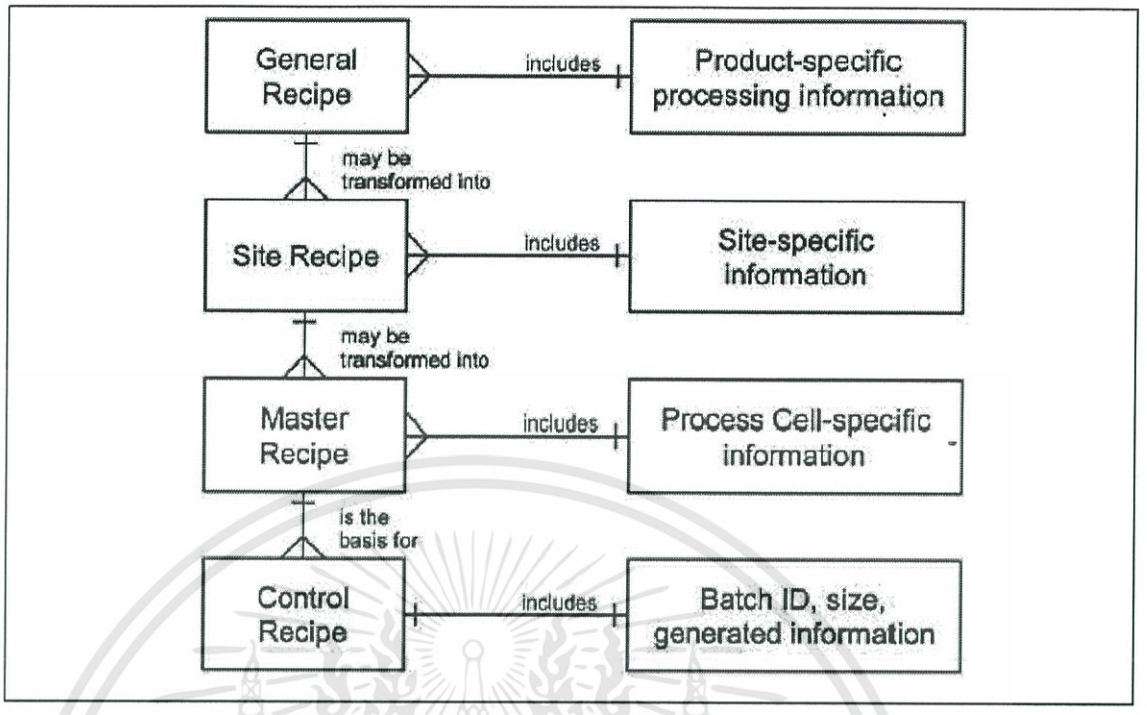
2.3.3 สูตร (Recipes)

เป็นชุดของของข้อมูลที่จำเป็นต่อการผลิตสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการทำงานเฉพาะอย่าง

2.3.3.1 ชนิดของสูตร(Recipes type model)

รูปแบบโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชนิดของสูตรที่ถูกกำหนดโดยในขั้นตอนของผู้ประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชนิดของ Recipe

- **สูตรทั่วไป (General Recipe)**เป็นชนิดสูตรที่อธิบายถึงอุปกรณ์เครื่องมือ (Equipment) และตำแหน่งที่ตั้ง (Site) ของแต่ละกระบวนการ
- **ที่ตั้งสูตร (Site Recipe)**เป็นชนิดของสูตรที่อธิบาย ตำแหน่งที่ตั้ง (Site) ของแต่ละกระบวนการโดยเฉพาะ
- **สูตรส่วนหลัก (Master Recipe)**เป็นชนิดสูตรที่ กำหนดความสามารถของอุปกรณ์และอาจรวมไปถึงข้อมูลเฉพาะของเซลล์กระบวนการ
- **สูตรส่วนควบคุม (Control Recipe)**เป็นชนิดของสูตรที่อธิบายถึงการควบคุมการผลิตของแต่ละ Batch ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งเฉพาะสูตรส่วนควบคุมชนิดนี้เท่านั้น ที่จะใช้สำหรับกำหนดการควบคุมการผลิตแบบกลุ่มเท่านั้น โดยได้สร้างมาจากสูตรส่วนหลักและประยุกต์ใช้เป็นชุดการดำเนินการแบบกลุ่ม (Batch execute) ดังนั้นทั้งสูตรส่วนหลักและสูตรส่วนควบคุมจึงจำเป็นที่สุด

2.3.3.2 ส่วนประกอบของสูตร (Recipes contents)

สูตรประกอบไปด้วยข้อมูลที่สำคัญดังนี้

- **เฮดเดอร์ (Header)** คือ จุดประสงค์ของกระบวนการผลิต รายละเอียดทั่วไปของกระบวนการผลิต เช่น สูตรและการกำหนดรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ผู้ดำเนินการ และวันที่เริ่มดำเนินการ
- **สูตรเฉพาะ (Formula)**เป็นข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต เช่น อินพุตกระบวนการพวกวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิต, พารามิเตอร์กระบวนการ พารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการ และเอาท์พุตของกระบวนการระบุถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้ซึ่งอาจจะไปเป็นอินพุตของกระบวนการอื่นอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความต้องการอุปกรณ์ (Equipment Requirements)**เป็นรายละเอียดอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการกระบวนการผลิตในแต่ละส่วนของการผลิต
- **วิธีการสูตร (Recipe Procedure)**เป็นรายละเอียดที่ระบุโครงสร้างของกระบวนการผลิตการดำเนินการผลิตทั้งหมดมักจะแสดงอยู่ในรูปภาพบล็อกไดอะแกรม
- **ข้อมูลด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (Other information)**เป็นรายละเอียดที่ช่วยสนับสนุนในกระบวนการผลิต แต่ไม่ได้อยู่ในสูตรเช่น รายละเอียดข้อบังคับต่างๆ , ระบบความปลอดภัยในการผลิต , ไดอะแกรมกระบวนการการไหล (Process Flow Diagram) และ ตารางข้อมูลที่สำคัญต่างๆ

2.4 การทำงานและฟังก์ชันของการควบคุมแบบกลุ่ม (Batch control activities and functions)

ในส่วนของฟังก์ชั่นการควบคุมจะเกี่ยวข้องกับการจัดกระบวนการกลุ่ม, การผลิต , และรูปแบบการควบคุมที่ได้กล่าวถึงจากที่ผ่านมา ทั้งในส่วนของความซับซ้อนฟังก์ชันการควบคุมที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของ โครงสร้างของการควบคุมแบบกลุ่มที่อิงไปต่อเนื่องถึงอุปกรณ์เอนทิตี้ รวมไปถึงมีความต่อเนื่องกับระดับชั้นต่างๆ อันได้แก่ โมเดลทางกายภาพ ที่ได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ กับฟังก์ชันการควบคุมที่สัมพันธ์กันกับการควบคุม ในระดับที่สูงขึ้นๆไปของโมเดลทางกายภาพ และตามจุดประสงค์ที่สอดคล้องนั้น ฟังก์ชันการควบคุมต่างๆนี้ได้ถูกรวมกันไว้ และได้จัดจำแนกเป็นส่วนของรูปแบบการควบคุม

ในส่วนของรูปแบบการควบคุมนั้น ได้จำแนกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ การจัดการกำหนดสูตร, การวางแผนการผลิต, การกำหนดต่างๆ, ข้อมูลการบริหารการผลิต, การจัดการบริหารกระบวนการ, หน่วยผลิตพิเศษ, กระบวนการควบคุม, และการป้องกันผลกระทบทางด้านบุคคลกับสิ่งแวดล้อม เจตนารมณ์ของเอกสารส่วนนี้ได้อธิบายความเข้าใจให้เป็นประโยชน์แก่บุคคลที่ข้องเกี่ยวพันกันกับการควบคุมแบบกลุ่ม ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการพิจารณาความต้องการของการนำการควบคุมแบบกลุ่มไปใช้ประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ต่างๆได้**ยกตัวอย่าง**การควบคุมกระบวนการทางเคมี

ฟังก์ชันการควบคุมส่วนมากต้องมีผลทำให้เกิดความสามารถในการจัดการผลผลิตแบบกลุ่มได้ ซึ่งฟังก์ชันควบคุมเหล่านี้ ถูกกำหนดให้อุปกรณ์ในหน้างานกระบวนการผลิตแบบกลุ่ม ต้องถูกควบคุมโดยมันต้องการการดูแลเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แล้วมันต้องผนวกรวมกับ 7 กระบวนการควบคุมทางเคมี ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงแบบจำลองการควบคุมในรูปที่ 12 ต่อไป

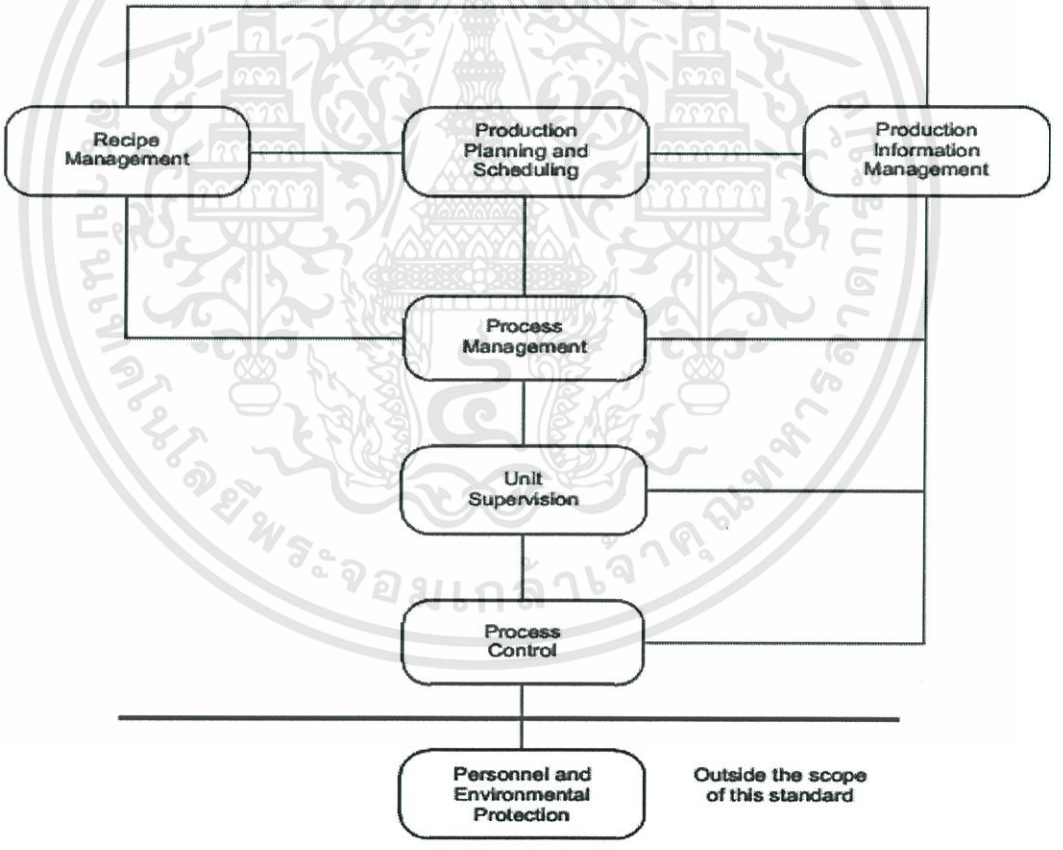
2.4.1 โมเดลดำเนินการควบคุม (Control Activity Model)

แบบจำลองการควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในรูปที่ 12 นี้ ได้แสดงถึงมุมมองโดยรวมของการควบคุมแบบกลุ่มและแสดงเกี่ยวกับความสัมพันธ์กันระหว่างการควบคุมปฏิกิริยาต่าง แต่ก็ไม่ได้มีจุดประสงค์ที่จะต้องแสดงความสัมพันธ์ทั้งหมด โดยความสัมพันธ์เหล่านี้ที่กล่าวถึงจะทำได้โดยใช้ข้อมูลที่ได้จาก ลักษณะผลการควบคุม ซึ่งข้อมูลประกอบกับรูปแบบคร่าวๆจะแสดงอย่างง่ายๆ ในการแจงแจงว่าอันไหนเป็นความสัมพันธ์ และอันไหนไม่ได้กำหนดว่าเป็นความสัมพันธ์กันกับระบบ ซึ่งการกำหนดความสัมพันธ์เหล่านี้จะนำไปสู่ส่วนของการใช้ฟังก์ชันควบคุมแบบกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยการควบคุมปฏิกิริยาที่ได้กล่าวไว้แล้ว และบางส่วนของความสัมพันธ์ได้ถูกแสดงให้เห็นในรูปที่ 12 ซึ่งมันไม่ได้กำหนดไว้ว่าในมาตรฐานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมปฏิกิริยาเกี่ยวเนื่องไปถึงความต้องการที่แท้จริงในการผลิตแบบ Batch ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และความต้องการใช้ฟังก์ชันควบคุมที่เป็นแบบทั่วๆไป แบบไซต์ และแบบสูตรหลักที่มีนัยถึงความต้องการสำหรับการจัดการปฏิกิริยาควบคุมแบบสูตรสำหรับกระบวนการผลิตจะต้องเกิดขึ้นภายในโดเมนเวลาที่มีการวางแผนและดำเนินการต่อเนื่องกันมา ส่วนการวางแผนการผลิต และการจัดตารางเวลาในการกำหนดการควบคุมปฏิกิริยา ซึ่งควบคุมโดยฟังก์ชันควบคุมที่กำหนดไว้ให้แล้ว และประเภทข้อมูลการผลิตต่างๆนั้นต้องมีอยู่ และการสะสมรวมไปถึงจัดเก็บประวัติการทำงานควบคุมแบบกลุ่มซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำด้วย ข้อมูลการควบคุมจัดการการผลิต ที่เป็นโมเดลที่ครอบคลุมไปถึงฟังก์ชันการควบคุมนั้นๆ

การควบคุมแบบสูตรที่ได้สร้างขึ้นมาจากการควบคุมแบบกลุ่ม ที่มีการเริ่มต้นกำกับดูแลหน่วยการทำงานที่ประสานการทำงานอย่างเป็นตามข้อกำหนด และการจัดทำบันทึกรายงานที่ต้องมีด้วย ซึ่งการควบคุมภายใต้การจัดการดูแลกระบวนการผลิต และมีฟังก์ชันการควบคุมมากมายในการจัดการกระบวนการที่หน่วยควบคุมการผลิตในแบบจำลองนั้น ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการจะควบคุมทรัพยากรที่มีอยู่ ให้สามารถใช้ได้เป็นลำดับขั้นตอน และต่อเนื่องกันไปจนถึงปฏิกิริยาที่ผูกพันถึงระดับการควบคุมโพรเซส ซึ่งในโพรเซสควบคุมนั้นเทียบเคียงได้กับการควบคุมด้วยฟังก์ชันที่ใช้กับอุปกรณ์ปกติทั่วไปหรืออุปกรณ์ที่เฉพาะเจาะจงกันได้



รูปที่ 2.12 แบบจำลองการควบคุมปฏิกิริยา

สุดท้าย การควบคุมความปลอดภัยต่อคน และสิ่งแวดล้อมรอบข้างนั้น ซึ่งต้องให้ความสำคัญเป็นสิ่งแรกในการกำกับดูแลกระบวนการผลิต และเน้นไปถึงระบบป้องกันการมีผลกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ในการป้องกันผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ควรจะกำหนดให้ฟังก์ชันควบคุมมีผลต่อเนื่องไปอย่างครอบคลุมให้มากที่สุดเช่นกัน

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือการวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาคในสสารใดๆ ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสสารนั้น

ในอดีตมีแนวคิดเกี่ยวกับอุณหภูมิเกิดขึ้นเป็น 2 แนวทาง คือตามแนวทางของหลักอุณหพลศาสตร์ และตามการอธิบายเชิงจุลภาคทางฟิสิกส์เชิงสถิติอุณหพลศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการวัดในเชิงมหภาค ดังนั้นคำจำกัดความอุณหภูมิในเชิงอุณหพลศาสตร์ในเบื้องแรก ซึ่งกำหนดขึ้นโดยลอร์ดเคลวิน จึงระบุเกี่ยวกับค่าตัวแปรต่างๆ ที่สามารถตรวจวัดได้จากการสังเกต ส่วนฟิสิกส์สถิติจะให้ความเข้าใจในเชิงลึกยิ่งกว่าอุณหพลศาสตร์ โดยอธิบายถึงการสะสมจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่ และตีความพารามิเตอร์ต่างๆ ในอุณหพลศาสตร์ (เชิงมหภาค) ในฐานะค่าเฉลี่ยทางสถิติของพารามิเตอร์ของอนุภาคในเชิงจุลภาค

ในการศึกษาฟิสิกส์เชิงสถิติ สามารถตีความคำนิยามอุณหภูมิในอุณหพลศาสตร์ว่า เป็นการวัดพลังงานเฉลี่ยของอนุภาคในแต่ละองศาอิสระในระบบอุณหพลศาสตร์ โดยที่อุณหภูมินั้นสามารถมองเป็นคุณสมบัติเชิงสถิติ ดังนั้นระบบจึงต้องประกอบด้วยปริมาณอนุภาคจำนวนมากเพื่อจะสามารถบ่งบอกค่าอุณหภูมิอันมีความหมายที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ในของแข็ง พลังงานนี้พบในการสั่นไหวของอะตอมของสสารในสภาวะสมดุล ในแก๊สอุดมคติ พลังงานนี้พบในการเคลื่อนไหวไปมาของอนุภาคโมเลกุลของแก๊ส

ซึ่งอุณหภูมิจัดว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่ง ทั้งในระบบและกระบวนการที่ใช้ในทุกอุตสาหกรรม ซึ่งมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องในกระบวนการนั้นๆเข้าด้วยกัน ทั้งความดัน ของไหล ระดับของเหลวหรือก๊าซ นั่นหมายถึงว่า ถ้าหากสภาพแวดล้อมนั้นอยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ตลอดเวลา อาจทำให้เกิผลกระทบในการวัดและควบคุมตัวแปรต่างให้เป็นไปตามต้องการได้ยาก ฉะนั้นแล้ว ในการทำงานของระบบและกระบวนการต่างๆจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ อุปกรณ์วัดมีอยู่หลากหลายชนิดให้เลือกใช้ ขึ้นกับย่านของอุณหภูมิและตัวกลางที่ใช้ในการวัด และลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์วัเ สามารถแยกคุณลักษณะของการตรวจวัดอุณหภูมิตามหลักการเปลี่ยนแปลง ลักษณะคุณสมบัติและโครงสร้าง แบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ อันได้แก่

1. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล
2. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า
3. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางแสงและการแผ่รังสี
4. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรฟิบัส (PROFIBUS: Process Field Bus)

โปรฟิบัสจัดเป็นมาตรฐานหนึ่งสำหรับใช้ในการติดต่อแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ต่างๆภายในกระบวนการ ที่สามารถช่วยลดจำนวนของสายลง และเพิ่มความเร็วในการสื่อสารข้อมูลได้มากขึ้น โดยยังคงได้ค่าที่ถูกต้อง และมีความเที่ยงตรง

ซึ่งระบบนี้เป็นมาตรฐานระบบเปิดสำหรับกระบวนการผลิต และการควบคุมแบบอัตโนมัติ ที่ไม่ผูกมัดกับผู้ผลิตใดๆ และโปรฟิบัสนี้ต่างเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ (IEC-61158, EN-50170, EN-50240) เพื่อต้องการให้อุปกรณ์ที่ใช้ข้อกำนดมาตรฐานนี้สามารถติดต่อสื่อสาร และใช้งานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการติดต่อกันในอุปกรณ์หลากหลาย ซึ่งโครงสร้างโปรฟิบัสจะมีรูปแบบการติดต่อดังนี้

1. PROFIBUS-DP (Process Field Bus: Decentralized Peripherals)

เป็นระบบติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่าง พีแอลซี (PLC) กับอุปกรณ์ระดับอินพุท-เอาต์พุต (I/O Level) โดยปกติแล้วอุปกรณ์วัดต่างๆมักนิยมใช้ระบบสื่อสารชนิดนี้เป็นส่วนใหญ่

2. PROFIBUS-PA (Process Field Bus: Process Automation)

ถูกออกแบบมาสำหรับเครือข่ายในระบบควบคุมที่ต้องการเน้นความปลอดภัย อาทิ ในพื้นที่ป้องกันอันตรายจากการรั่วไหลของสารเคมีในโรงงานอุตสาหกรรม การระเบิดต่างๆที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงาน

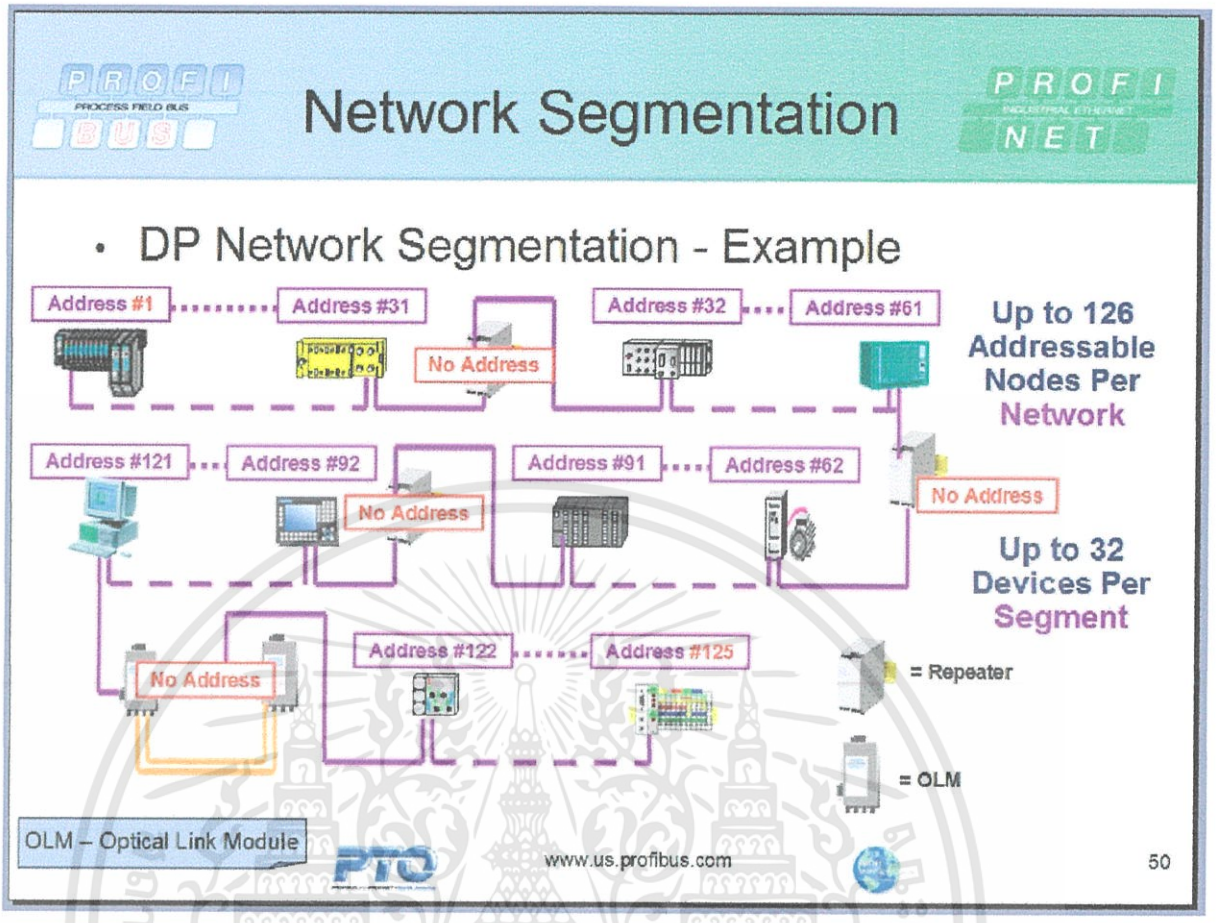
ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงการใช้งาน โปรฟิบัส ดีพี (PROFIBUS DP) เพราะทางคณะผู้วิจัยได้ใช้ วิธีการสื่อสารชนิดนี้เป็นหลัก

2.6.1 ความหมายของระบบโปรฟิบัส ดีพี (PROFIBUS-DP)

ใช้สำหรับการส่งข้อมูลที่ต้องการความเร็วสูงมาก เช่น อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Drivers) พีแอลซี ระบบไฟฟ้ากำลัง และอุปกรณ์อื่นๆที่ต้องการต่อเชื่อมกันด้วยความเร็วสูง

โดยหลักการสื่อสารจะเป็นแบบ แม่ข่ายกับลูกข่าย (Master and Slave) โดยมีแม่ข่าย 1 ตัวเป็นศูนย์กลาง(ส่วนมากใช้ PLC หรือ DCS เป็นศูนย์กลาง) ต่อร่วมกับลูกข่าย ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ปลายทางทีต้องการสื่อสาร ได้ 32 ตัวต่อเซกเมนต์ เมื่อระบบเริ่มต้นทำงาน แม่ข่ายจะเริ่มสำรวจถามไปยังลูกข่ายแต่ละตัวตามลำดับ ซึ่งในระบบสามารถมีแม่ข่ายได้หลายตัว โดยเครือข่ายของแม่ข่ายจะเป็นการสื่อสารอีกแบบหนึ่งที่เรียกยกว่าการสื่อสารแบบส่งต่อ (Token) ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



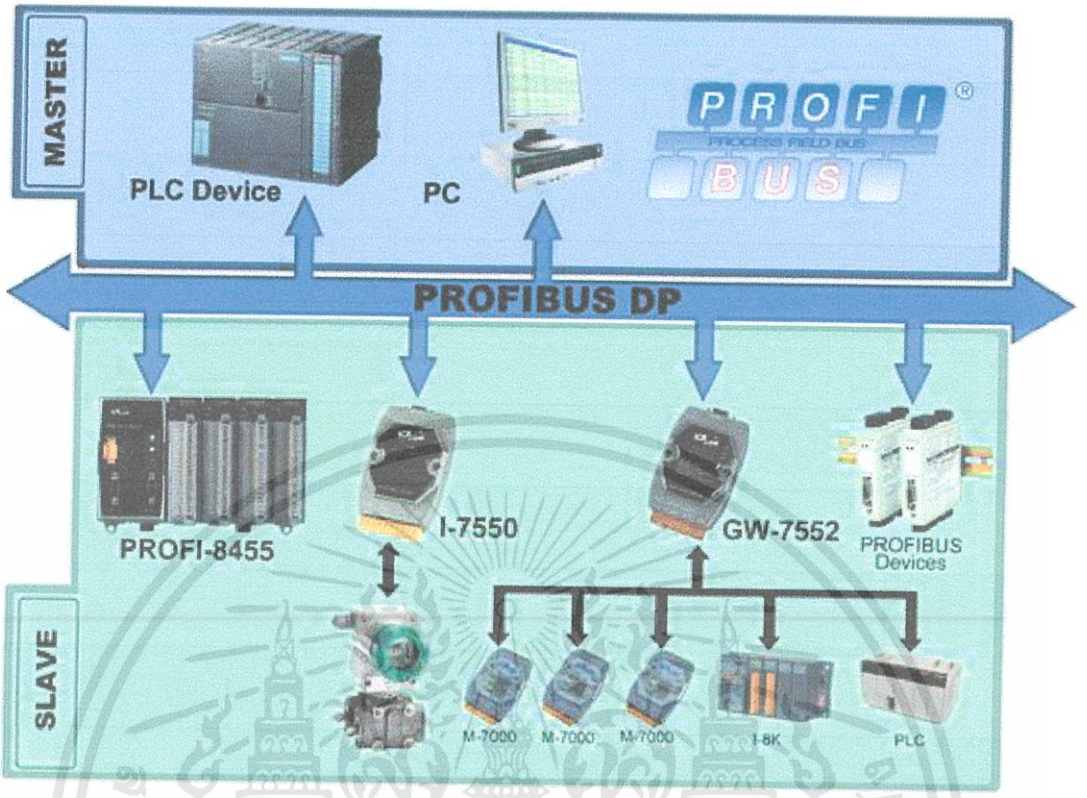
รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างการเชื่อมต่อของโปรฟิบัส ดีพี

คุณสมบัติของระบบโปรฟิบัส ดีพี

- เป็นแบบ ฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical Layer) ตามมาตรฐานการสื่อสารแบบ RS-485 ใช้จำนวนสาย 2 สาย ซึ่งสามารถทนต่อการรบกวนทางไฟฟ้าได้ดี
- ถูกออกแบบมาสำหรับระบบขนาดใหญ่ รองรับได้ทั้งหมด 126 ที่อยู่บัพ (Node Addresses) และต่อกับอุปกรณ์ แอนะล็อก/ดิจิทัล อินพุต-เอาท์พุต ถึง 1000 จุดในโครงข่าย
- ความเร็วสูงสุดในการสื่อสาร 12 Mbps หรือ 1.5 MB/s
- การต่อสายของอุปกรณ์เป็นแบบหัวเชื่อมต่อ ทำให้ลดปัญหาความยุ่งยาก และความผิดพลาดจากการเชื่อมต่อสายแบบเดิม
- ง่ายสำหรับการออกแบบระบบ การติดตั้งระบบ การซ่อมบำรุง และการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ทุกตัวที่อยู่ในระบบ
- มีความยืดหยุ่นมาก สามารถเชื่อมต่อร่วมกับระบบบัสอื่นๆได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

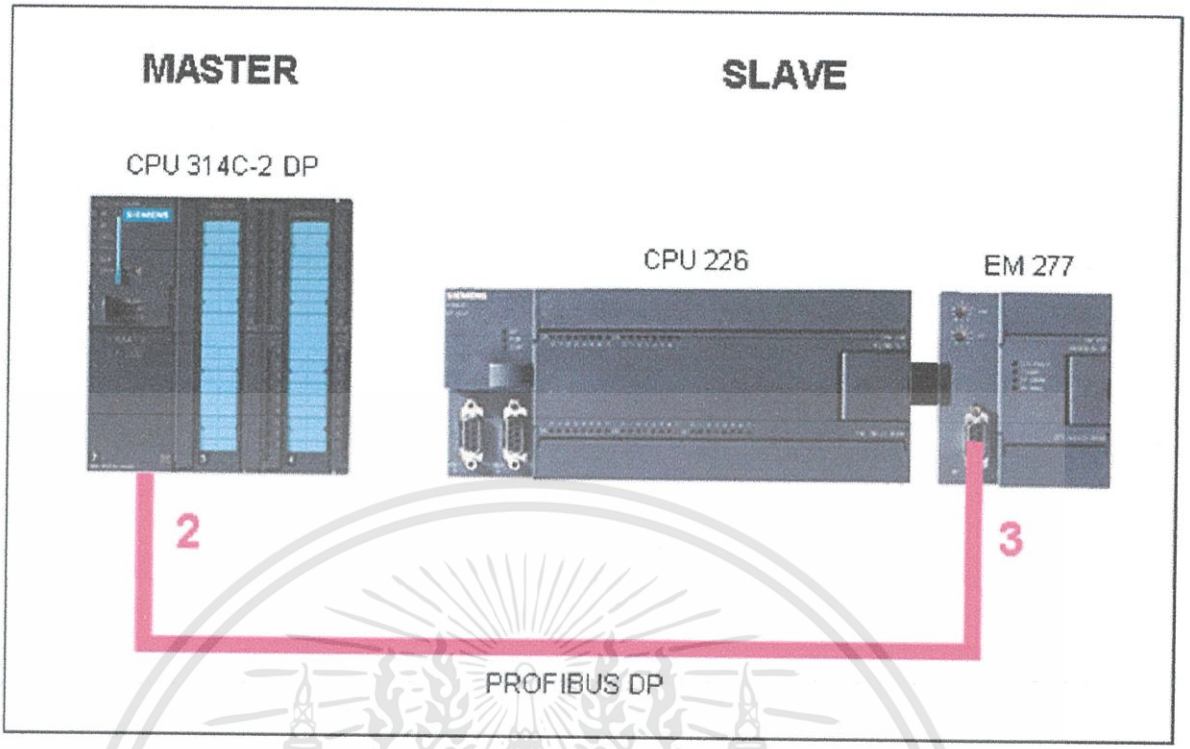
2.6.2 ลักษณะการต่อใช้งานในระบบโปรฟิบัส ดีพี



รูปที่ 2.14 การใช้งานระหว่างตัวควบคุมแม่ข่าย (Master) กับอุปกรณ์ลูกข่าย (Slave)

จากรูปที่ 2.14 แสดงถึงวิธีการใช้งานโปรฟิบัส ดีพี ในการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ลูกข่าย ซึ่งเชื่อมต่อกันได้ตั้งแต่ อุปกรณ์แอนะล็อก/ดิจิทัลอินพุต-เอาท์พุต อุปกรณเครื่องมือวัดที่รองรับโปรฟิบัส ดีพี การต่อกับตัวทวนสัญญาณ (Repeater) ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆในระยะไกล รวมไปถึงตัวแปลงสัญญาณการสื่อสาร (Converter) จากโปรฟิบัส ดีพี ไปเป็นแบบโปรฟิบัส พีเอ (PROFIBUS-PA) และตัวแม่ข่ายที่คอยทำหน้าที่สื่อสารระหว่างอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องกัน และส่งต่อการทำงานระหว่างต้นทาง ไปจนถึงอุปกรณ์สุดท้ายที่จะควบคุม และวัดค่าต่างๆที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการนั้นๆได้จริง ส่วนการเชื่อมต่อ ดูได้จากรูปที่ 2.15ซึ่งเส้นสีชมพูจะเป็นสายโปรฟิบัส ดีพี โดยจะต่อเข้ากันเป็นแบบอนุกรมตั้งแต่ต้นทาง ไปยังอุปกรณ์ทุกตัวที่ต้องการสื่อสารถึงกันในระบบควบคุมของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 วิธีการเชื่อมต่อสายระหว่างตัวหลัก กับลูกข่าย บนสายโปรฟิบัส ดีพี

2.7 โปรโตคอลฮาร์ท(HART Protocol)

เป็นวิธีการสื่อสารอีกรูปแบบหนึ่งในระบบฟิลด์บัส ในระบบควบคุมอัตโนมัติแบบดิจิตอล ซึ่งสามารถสื่อสารข้อมูลถึงกันได้โดยตรงระหว่างอุปกรณ์กับระบบกลางด้วยกระแสวัดมาตรฐานสากลที่ 4-20 มิลลิแอมป์ โดยผ่านสายไฟที่ใช้วัดคุมจากระบบเดิมที่มีอยู่ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในกลุ่มอุตสาหกรรมทั่วโลกจนถึงปัจจุบัน เพื่ออำนวยความสะดวกในการโปรแกรมระหว่างอุปกรณ์วัด หรือควบคุม กับระบบควบคุมส่วนกลาง ซึ่งจะต้องมีข้อตกลงกันโดยใช้ระบบที่เรียกว่าโปรโตคอล หรือข้อตกลงในวิธีการสื่อสาร ที่ชื่อว่า ฮาร์ท (HART: Highway Addressable Remote Transducer Protocol) ซึ่งจะมีตัวสื่อสารอยู่ที่ทรานส์ดิวเซอร์ คือตัวกลางติดต่อระหว่างตัววัดกับระบบควบคุมส่วนกลาง เพื่อที่จะให้ระบบสามารถเข้าใจในการวัดค่า และสะดวกขึ้นในแง่ของการเปลี่ยนอุปกรณ์การสอบเทียบโดยผ่านทางโปรโตคอลฮาร์ท เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์แก่ระบบที่จะต้องการวัดจริงๆ

ถูกออกแบบโดยมูลนิธิฟิลด์บัส ซึ่งอยู่ภายใต้บริษัท โรสเมาท์ คอปอเรชัน โดยแต่เดิมมีมาตรฐานมาจากการใช้โปรฟิบัส ดีพี/พีเอ และทำการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่เพิ่มเติมเพื่อให้สะดวกตามที่กล่าวมาข้างต้น และได้รับความร่วมมือในการออกแบบระบบสื่อสารโปรโตคอลฮาร์ทร่วมกับ บริษัท เบลล์ คอปอเรชั่น จำกัด ในปี 1980 เริ่มแรกจะยังใช้แค่เพียงภาคส่วนภายในองค์กรจนพัฒนาต่อไปเรื่อยๆถึงปี 1986 จึงได้ถูกเริ่มนำมาใช้งานกันอย่างจริงจังในภาคอุตสาหกรรมที่มีระบบควบคุมอัตโนมัติเกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 โหมดการสื่อสารของฮาร์ท (HART Communication Modes)

มีตัวเลือกที่นิยมใช้ในโปรโตคอลชนิดนี้สำหรับการวัดผ่านทางฮาร์ท คือ โหมดวัดแอนะล็อก/ดิจิทัล และโหมดวัดดรอปหลายชุด หรือมัลติดรอป

โดยในโหมดจุดต่อจุด หรือโหมดวัดแอนะล็อก/ดิจิทัล จะส่งสัญญาณการวัดในมาตรฐานกระแสไฟฟ้าวัดที่ระดับ 4-20 มิลลิแอมป์ ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดจะเป็นแบบดิจิทัลไม่ว่าจะวัดแบบแอนะล็อกหรือดิจิทัลจากตัววัดโดยตรง ซึ่งจะมีการใช้ที่อยู่แบบโพลล์ โดยเริ่มที่อยู่แรกสุดคือ 0 จะมีเครื่องมือเชื่อมกับสายวัดนั้นได้แค่เพียงตัวเดียวต่อสายวัดนั้นๆกับค่าเดียวค่าหนึ่ง ส่วนค่านอกเหนือจากนี้จะวัดออกเป็นค่าดิจิทัล อาทิเช่น การวัดความดันจะเป็นรูปสัญญาณไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์ จะแสดงค่าในรูปของค่าความดัน ส่วนของค่าอุณหภูมิจะส่งผ่านเส้นเดียว สัญญาณไฟฟ้าเดียวกันพร้อมๆกับการวัดความดัน แต่จะถูกแปลงค่าไปเป็นแบบดิจิทัลวิ่งร่วมสัญญาณไฟฟ้าเดียวกัน โดยภายใต้การแยกแยะสัญญาณและสื่อสารจากโปรโตคอลฮาร์ทนี้ ซึ่งในโหมดนี้จะเหมือนแค่ว่าเป็นการรับและส่งข้อมูลในลูปเดียวระหว่างอุปกรณ์วัดกับส่วนกลางที่มีการควบคุมโดยใช้ข้อตกลงโปรโตคอลฮาร์ทนี้

ส่วนในโหมดดรอปหลายชุด หรือมัลติดรอป จะใช้ได้เฉพาะสัญญาณที่แปลงเป็นค่าดิจิทัลเท่านั้น โดยลูปค่าแอนะล็อกจะถูกกำหนดไว้ต่ำสุดที่มาตรฐานสื่อสาร 4 มิลลิแอมป์ ซึ่งในโหมดนี้จะมีตัววัดได้มากกว่า 1 ตัววัดขึ้นไป บนสายเพียงเส้นเดียว ซึ่งการแบ่งแอดเดรสโดยวิธีฮาร์ท (HART Revision) ตั้งแอดเดรสแต่ 3-5 จะถูกให้ใช้ได้จากในช่วงการวัดค่า 1-15 มิลลิแอมป์ ส่วนแอดเดรสฮาร์ท 6 และถัดไปจนถึงฮาร์ทที่รองรับแอดเดรสได้สูงสุด 63 แอดเดรสฮาร์ท จะมีฮาร์ทแอดเดรสได้แค่เพียงที่อยู่ร่วมเดียวกันต่อสายวัดนั้นทั้งเส้นที่จะใช้สื่อสารกับระบบได้ โดยต้องรอการทำวิธีสื่อสารทีละอุปกรณ์

2.7.2 โครงสร้างข้อมูลแบบแพกเก็ต

แพกเกตข้อมูลฮาร์ทนั้น จะเป็นตามตารางด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชนิดโครงสร้างแพกเกตข้อมูลฮาร์ท

ชื่อฟิลด์	ขนาด (ไบต์)	จุดประสงค์
Preamble	5-20	ส่วนประสานงานและการส่งข้อมูลตรวจสอบ
Start Byte	1	เลขอ้างอิงตัวแม่ข่าย
Address	1-5	เลขอ้างอิงตัวลูกข่าย, รวมไปถึงตัวแม่ข่ายและการอิงกันต่อเนื่อง
Command	1	ค่าที่ใช้ในการสั่งทำงาน
Number of data bytes	1	ตัวบอกขนาดของฟิลด์ข้อมูล
Status	Master (0) Slave (2)	แสดงสถานะการทำงานและการตอบสนอง
Data	0-253	ข้อมูลที่ระบุในรูปแบบคำสั่งต่างๆ
Checksum	1	ค่าตรวจสอบไบต์เริ่มต้นจนถึงไบต์สิ้นสุดด้วยลอจิกแบบ XOR

ส่วนนำ (Premable)

ค่าสำหรับบันทึกอุปกรณ์วัดตัวใหม่ที่อยู่ในระบบ ขนาดข้อมูล 5 ไบต์สำหรับการบันทึกแอดแดรส เพื่อการทำความเร็วในการสื่อสารที่ดีที่สุด และมีการตอบสนองต่อการวัดโดยตัวแม่ ซึ่งการสื่อสารตัวหลักนั้นจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ใหม่ด้วยค่าไบต์สูงสุด 20 ไบต์ และกำหนดค่าต่างๆให้รองรับกันในระบบก่อนจะสื่อสารกันในระบบฮาร์ท

ตัวอักขระคั่นข้อมูลเริ่ม (Start delimiter)

เป็นไบต์ที่ประกอบด้วยค่าตัวแม่และค่าเฉพาะเริ่มต้นการสื่อสารแพกเกตข้อมูล

ที่อยู่(Address)

ที่อยู่ของอุปกรณ์ในโครงข่ายวัดแบบฮาร์ท ที่กำหนดเป็นตารางข้อมูล โดยแอดเดรสเดิมจะใช้ 4 ไบต์สำหรับกำหนดค่าจำเพาะของแอดเดรส และจำกัดจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้แค่เพียง 16 แอดเดรสต่อตัวหลัก 1 ตัว แต่รูปแบบใหม่ได้ถูกออกแบบมามีขนาด 38 บิตเพื่อเจาะจงที่อยู่ของอุปกรณ์วัดในโครงข่าย ซึ่งจะร้องขอแอดเดรสเป็นคำสั่งโดยค่า 0 หรือค่า 11

คำสั่ง(Command)

คือค่าที่ใช้สั่งการทำงานต่างๆขนาด 1 ไบต์ ซึ่งเป็นคำสั่งที่ถูกสั่งแล้ว โดยค่าคำสั่ง 0 หรือ 11 จากการร้องขอแอดเดรสของอุปกรณ์

จำนวนขนาดไบต์ข้อมูล (Number of Data Bytes)

เลขระบุขนาดการสื่อสารที่จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะ (Status)

ฟิลด์ระบุสถานะของอุปกรณ์ว่ามีการทำงานหรือไม่ทำงานในแอ่ดเดรสไหนบ้างที่ได้รับไป ซึ่งสถานะค่านี้จะมีจากค่าสองไบต์ตอบกลับจากอุปกรณ์วัดเท่านั้น ไม่มีการตอบจากตัวหลักหรือแม่ข่ายที่ใช้ส่งค่ากลับไปสั่งต่อ รวงมถึงเช็คสถานะอุปกรณ์ด้วย

ชนิดข้อมูล (Data)

ข้อมูลต่างที่อยู่ในฟิลด์ที่เกิดขึ้นโดยจากการสื่อสารของอุปกรณ์

ตัวตรวจสอบ (Checksum)

ค่าตรวสอบความผิดพลาดโดยใช้ลอจิก XOR ในการตรวจสอบความถูกต้องของการส่งค่าการวัด การสื่อสารต่างๆ รวมไปถึงไบต์ที่อยู่บนฟิลด์สื่อสารนั้นด้วยว่ามีความถูกต้องต่อการสื่อสารหรือไม่

2.8 ทรานสมิตเตอร์

ทรานสมิตเตอร์ (transmitter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากทรานสดิวเซอร์ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ สัญญาณนิวแมติกส์และสัญญาณทางไฟฟ้า

1. สัญญาณนิวแมติกส์ (pneumatics signal) เป็นสัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของความดันลม ใช้ความดันของลมในการควบคุมกระบวนการ ตัวอย่างสัญญาณมาตรฐานชนิดนิวแมติกส์ ได้แก่ 3-15 psi (BS) 0.2-1 bar (SI) และ 0.2-1 kg/cm2 (Metric)
2. สัญญาณทางไฟฟ้า (electrical signal) เป็นสัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า 1-5 V กระแสไฟฟ้า 4-20 mA และแรงดันไฟฟ้า 0-10 V กระแสไฟฟ้า 0-100 mA

ในทางปฏิบัตินิยมออกแบบทรานสมิตเตอร์หรือตัวแปลงสัญญาณให้เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องมือวัด

2.8.1 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ (Temperature Transmitter)

เป็นอุปกรณ์ที่รับค่าสัญญาณอินพุตจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ อาทิเช่น อาร์ทีดี เทอร์โมคัพเปิล ซึ่งได้จากค่าความร้อนที่ไปกระทำต่อตัวตรวจวัดให้แสดงค่าออกมาเป็นค่าแอนะล็อกในรูปกระแสไฟฟ้าการวัดมาตรฐานที่ 4-20 มิลลิแอมป์หรือใช้ความต่างศักย์สัญญาณมาตรฐาน 1-5 โวลต์ หรือให้ส่งออกมาผ่านทางโปรโตคอลฮาร์ท (HART Protocol) ที่ทรานสมิตเตอร์นั้นรองรับการสื่อสารแบบฮาร์ท สามารถปรับตั้งค่าตัวแปลงสัญญาณชนิดนี้ ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการวัดที่ต้องการใช้ได้หลายวิธี ซึ่งจะขึ้นกับอยู่กับโปรแกรมที่สามารถตั้งค่าได้ผ่านทางโปรโตคอลฮาร์ท หรือการตั้งค่าแบบแมนวลได้ที่ตัวทราสมิตเตอร์ โดยการสอบเทียบระหว่างทรานสมิตเตอร์กับเครื่องวัดอุณหภูมิจำลองได้เช่นกัน สามารถใช้ได้กับการวัดที่ควบคุมกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ (Process Automation) และในงานอุตสาหกรรมอื่นๆที่ต้องการควบคุมคุณภาพการผลิต มีข้อดีคือ

1. สามารถแปลงค่าสัญญาณที่ได้จากการวัดออกมาในรูปแบบต่างๆที่ต้องการนำค่าการวัดนั้นไปใช้ อย่างถูกต้อง แม่นยำสามารถทำได้โดยง่าย
2. ลดปัญหาความไม่แน่นอนของสัญญาณที่ส่งจากระยะไกลที่อาจเกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจากสัญญาณรบกวน ของค่าที่ส่งกลับมายังห้องควบคุมโดยใช้โปรโตคอลสื่อสาร และใช้สายเคเบิลทั่วๆไปในการส่งค่าที่วัดได้จากตัวทรานสมิตเตอร์เพื่อประหยัดต้นทุน และลดความเสี่ยงต่อการดูแลอุปกรณ์ที่หน้างานแก่ผู้ปฏิบัติงานได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการหยุดระบบ

กรณีที่ไม่สามารถติดตั้งใช้งานทรานสมิตเตอร์ ด้วยข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้น ทรานสมิตเตอร์แบบแยกส่วน จะเหมาะสมกว่า เพราะสามารถติดในบริเวณอื่นๆได้ แทนที่จะต้องติดกับตัวระบบโดยตรง เพื่อความเหมาะสมในการดูแล และใช้งาน อาทิ กระบวนการการผลิตไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำ กระบวนการผลิตอัตโนมัติอื่นๆที่ต้องการควบคุมคุณภาพการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 การดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์

3.1.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์

1. ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ SENSE รุ่น TMT199 สำหรับ อาร์ทีดี และ เทอร์โมคัปเปิ้ล ผ่านการส่งสัญญาณแบบ HART Protocol เป็นชนิด 2 สาย ส่งสัญญาณเอาท์พุท 4-20 mA (Tag : B1-TT-02 , B2-TT-03)
2. โซลินอยวาล์วขนาด ½ นิ้ว (4 หุน) รับอินพุทขนาด 24Vdc (Tag : Mat-LV-01, Mat-LV-02, B1-LV-01, B2-LV-02)
3. โฟลทเลเวลสวิทช์ (Float Level Switch) รับอินพุทขนาด 24 Vdc (Tag : LSH01, LSL01, LSH02, LSL02, LSH03, LSL03, LSH04, LSL04)
4. อาร์ทีดี (RTD) ชนิดแพลทตินั่ม 100 โอมห์ (PT100) 3 สาย
5. ชุดระบบทำความเย็น ประกอบด้วย คอมเพลสเซอร์, คอยล์ร้อน, คอยล์เย็น, แคปปิลารี่ทิ้ว, สารทำความเย็น รับอินพุทขนาด 220 Vac (Tag : Exchanger-B2)
6. ฮีตเตอร์ ขนาด 300 W รับอินพุทขนาด 220 Vac (Tag : Heater-B1)
7. บอลวาล์ว ชนิดแมนนวลวาล์ว ขนาด ½ นิ้ว (4 หุน) (Tag : HA001-HA007, Dr001-Dr002)
8. ปั๊มน้ำ รับอินพุทขนาด 24 Vdc (Tag : Pump-001)
9. Controller Siemen SIMATIC S7-400
10. อินพุท&เอาท์พุท โมดูลยี่ห้อ Siemen SIMATIC ET 200M

3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้ง

ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ จากแบบพีแอนด์ไอดีไดอะแกรม (Piping & Instrument Diagram)ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1 โดยทั้งหมดประกอบด้วยกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ และการควบคุมกระบวนการให้เป็นไปตามโพรซีเยอร์ของกระบวนการแบบกลุ่ม (Batch) โดยโครงสร้างที่รองรับอุปกรณ์จะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ดังที่แสดงในรูปที่ 3.2 คือ

- ชั้นที่ 3 ประกอบด้วย แท้งค์วัตถุดิบหลัก (Material) มีเลเวลสวิทช์สูงกับต่ำ ทำ
- ชั้นที่ 2 ประกอบด้วย โซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว แท้งค์ฮีตเตอร์ แท้งค์คูลลิ่ง เลเวลสวิทช์สูงกับต่ำอาร์ทีดี และ ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ
- ชั้นที่ 1 ประกอบด้วยโซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว แท้งค์ผลิตภัณฑ์ (Product) เลเวลสวิทช์สูงกับต่ำและปั๊มน้ำ

3.1.3 ขั้นตอนการทำงาน

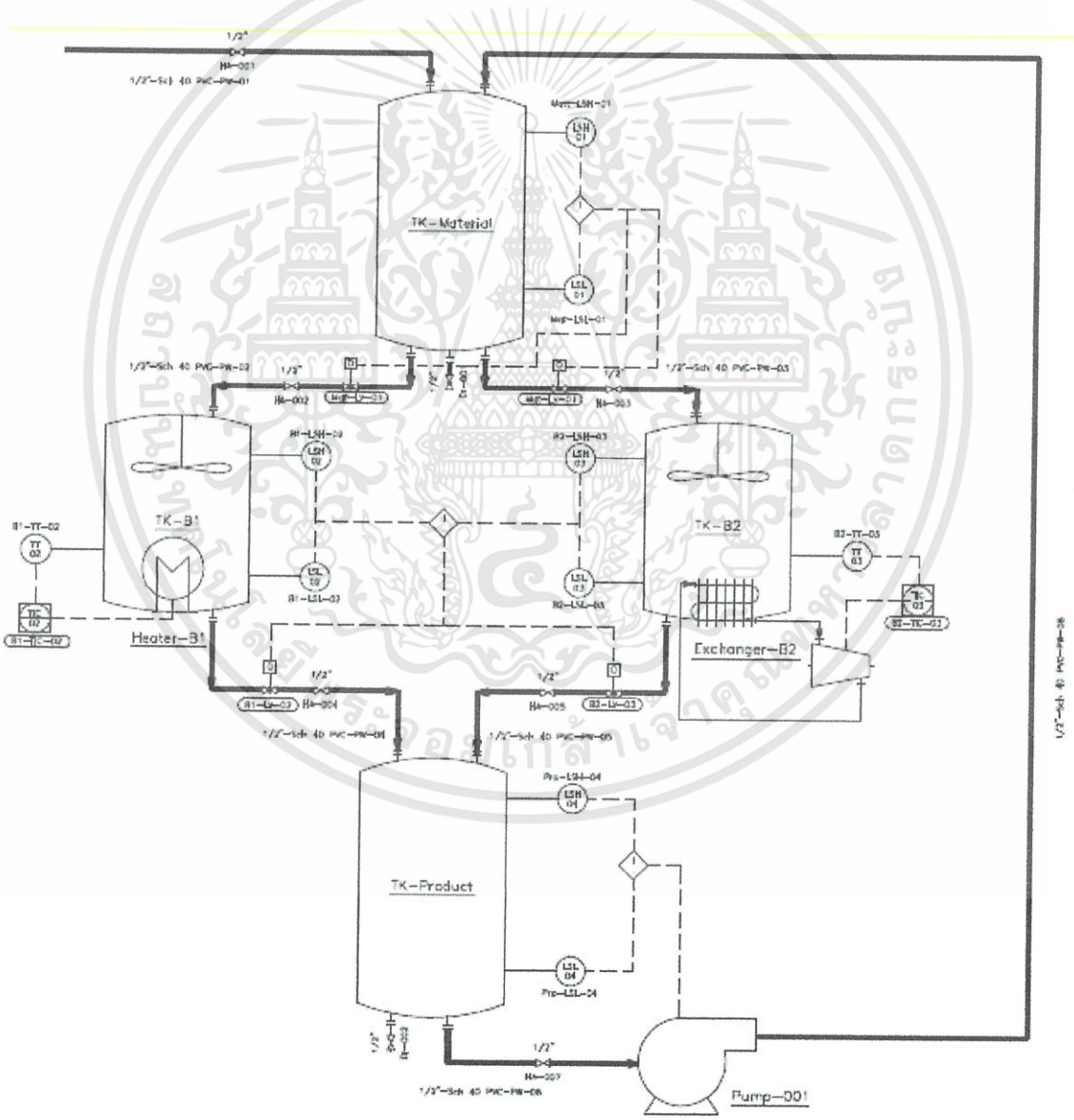
1. จะเริ่มต้นจากชั้นที่ 3 แท้งค์วัตถุดิบหลัก (Material) เมื่อระดับของน้ำ (ทดลองโดยใช้น้ำแทนวัตถุดิบหลัก) ขึ้นมาถึงเลเวลสวิทช์บน โซลินอยด์วาล์วในชั้นที่2 จะเปิดปล่อยน้ำลงมาสู่แท้งค์ฮีตเตอร์และแท้งค์คูลลิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในขั้นที่ 2 เมื่อระดับน้ำขึ้นมาถึงเลเวลสวิทช์บนของแท้งค์ฮีตเตอร์ และแท้งคูลลิ่ง โซลินอยล์วาล์วในชั้นที่ 2 จะปิดโดยอัตโนมัติ จากนั้นฮีตเตอร์ และคอมเพลสเซอร์จะเริ่มทำงานและเข้าสู่อุณหภูมิที่ตั้งไว้ของทั้ง 2 แท้งค์โดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ PID

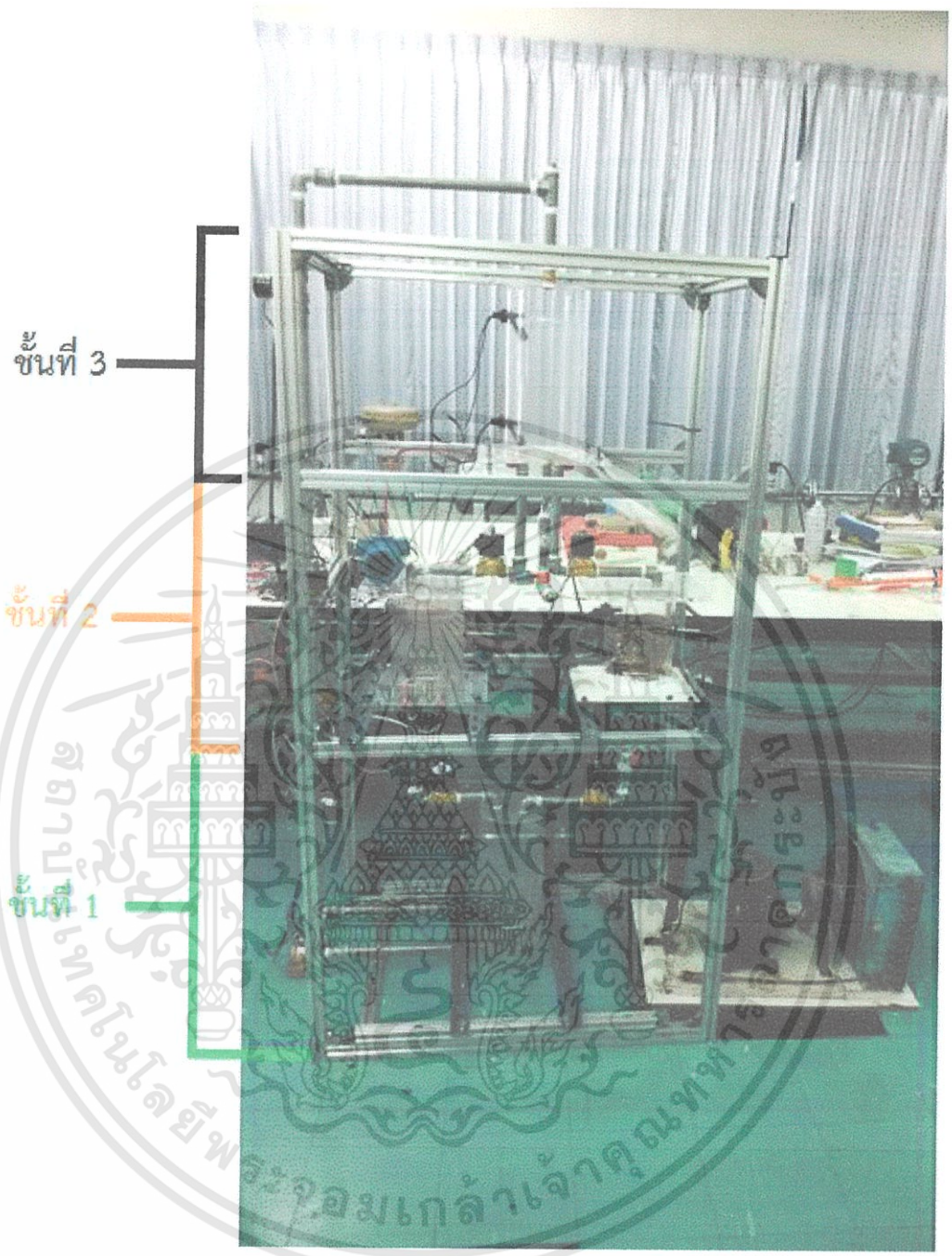
3. หลังจากที่อุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดแล้วจะเข้าสู่กระบวนการทำปฏิกิริยา (Reactor) เมื่อถึงเวลาที่กำหนด (ในที่นี้เป็นการจำลองการทำปฏิกิริยาโดยการจับเวลาไว้เฉยๆ) โซลินอยด์วาลว์ในชั้นที่ 3 จะเปิดปล่อยน้ำลงมาสู่แท้งค์ผลิตภัณฑ์ (Product)

4. ในชั้นที่ 3 เป็นส่วนที่สารทั้งสองมารวมกันแล้วได้เป็นผลิตภัณฑ์ออกมา (ในที่นี้จำลองเป็นน้ำร้อนและน้ำเย็นมาผสมกัน) เมื่อระดับของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ถึงจุดเลเวลสวิทช์บนจะมีการปล่อยผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมา (ในที่นี้จำลองการปล่อยผลิตภัณฑ์ออกเป็นการปั๊มน้ำกลับขึ้นไปเพื่อเตรียมใช้ใหม่) เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปที่ 3.1 พีแอนค์ไอดี ไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของแพลนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

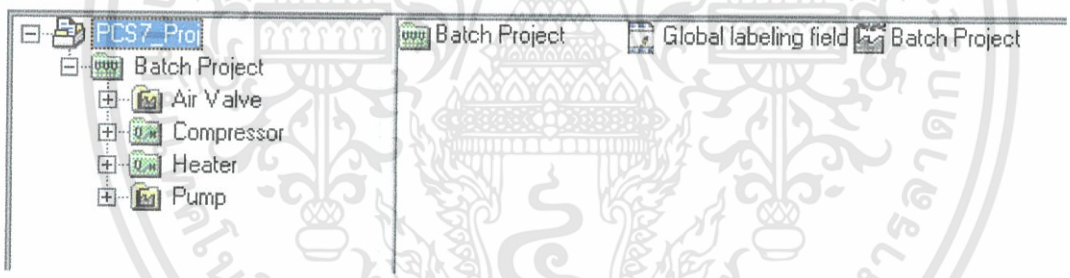
3.2 ส่วนดำเนินการด้านซอฟท์แวร์

3.2.1 ส่วนที่ 1 : การออกแบบโปรแกรมบน PCS7

จากแพลนท์ที่ได้ทำการออกแบบจะสามารถแบ่งอุปกรณ์ต่างๆที่มีความเกี่ยวข้องกันและให้สอดคล้องกับ Physical Model ตามมาตรฐาน ISA-S88 จะสามารถกำหนดได้เป็นดังนี้

1. Process Cell คือ Plant Batch Process
2. Units จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่
   ก. Unit Heater ของน้ำร้อน
   ข. Unit Compressor ของน้ำเย็น
3. Equipment Module จะประกอบไปด้วย
   ก. วาล์วเติมน้ำเข้าถัง Units
   ข. ตัวควบคุมการทำงานของฮีเตอร์
   ค. ตัวควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์
   ง. วาล์วปล่อยน้ำออกจากถัง Units
   จ. จำลองการเกิดปฏิกิริยา
4. ตัวควบคุมปั๊มน้ำ
5. วาล์วปล่อยลมกวน

เมื่อจากข้อมูลจะสามารถสร้างเป็น Plant View ของโปรแกรม PCS7 ตามความสัมพันธ์ได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 หน้าต่าง Plant View ของโปรแกรม PCS7

จากการกำหนดข้างต้นในส่วนที่ต้องสร้างโปรแกรมการทำงานก็คือส่วนของ Equipment Module ในการออกแบบโปรแกรมนั้นจะประกอบไปด้วยโปรแกรม 2 รูปแบบทำงานร่วมกัน คือ

1. SFC (Sequenced Function Chart) เป็นส่วนที่ทำให้โปรแกรมทำงานเป็นลำดับขั้นตอน
2. CFC (Continuous Function Chart) เป็นส่วนที่ทำให้โปรแกรมทำงานเป็นแบบต่อเนื่อง

3.2.1.1 การออกแบบโปรแกรมของ Equipment Module

3.2.1.1.1 วาล์วเติมน้ำเข้าถัง Units

การทำงานของอุปกรณ์ : จะทำการเติมน้ำจากถังน้ำวัตถุดิบ สู่ถังของ Unit ฮีตเตอร์และคอมเพรสเซอร์ โดยจะมีอาศัยวาล์ว 2 ตัวเติมน้ำเข้าถัง Units ทั้ง 2 ถังโดยวาล์วทั้งคู่ทำงานอิสระต่อกัน ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

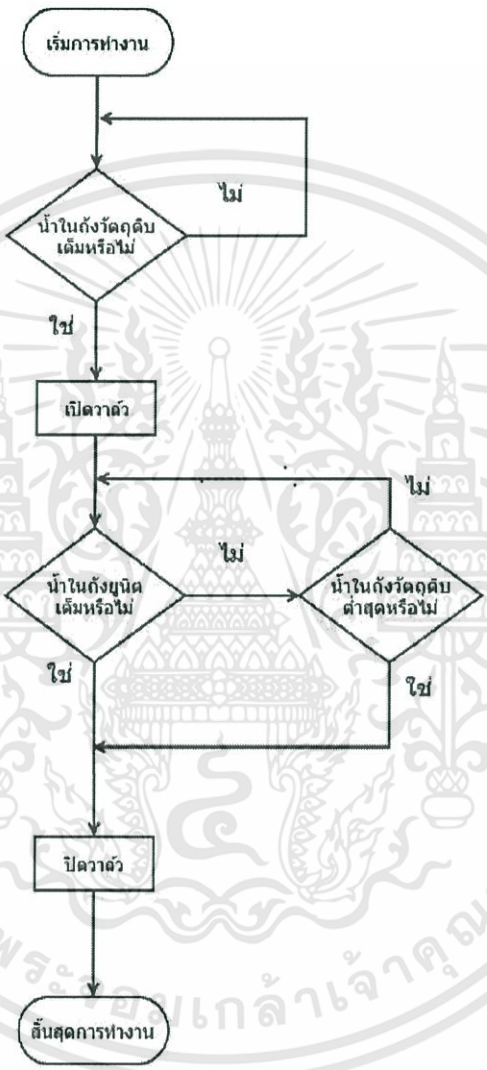
1. วาล์วจะเปิดได้ก็ต่อเมื่อถังน้ำวัตถุดิบต้องเต็ม
2. วาล์วจะปิดเมื่อระดับน้ำในถังวัตถุดิบถึงจุดต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วาล์วจะปิดทันทีเมื่อน้ำในถัง Units ถึงจุดสูงสุดแม้ว่าน้ำในถังวัตถุดิบจะไม่ถึงจุดต่ำสุดก็ตาม

ภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

ผังงานของการทำงานของวาล์ววัตถุดิบ



รูปที่ 3.4 ผังงานของการทำงานของวาล์ววัตถุดิบ

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของตำแหน่งน้ำสูงสุดของถังวัตถุดิบ
2. พารามิเตอร์ของตำแหน่งน้ำต่ำสุดของถังวัตถุดิบ
3. พารามิเตอร์ของตำแหน่งน้ำสูงสุดของถังยูนิตทั้ง 2 ถัง

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของวาล์วให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “Material_Valve”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

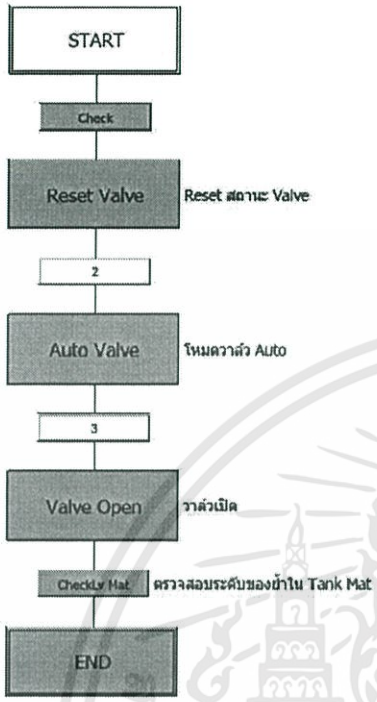
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	LvMatHi	Bool	
	LvMatLo	Bool	
	LvUn1Hi	Bool	
	LvUn2Hi	Bool	
Block Contacts	ValveMat		VlvS

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขก่อนเริ่มทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2
RUN	=	RUN
Ready_TC	<>	Ready_TC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมวาล์ววัตถุดิบ



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข	
Check	LvMatHi_AI LvMatLo_AI	จริง จริง	
Reset Valve	VMatMat_RstLi.Value	จริง	
Auto Valve	VMatMat_ModLiOp.Value VMatMat_AutModLi.Value VMatMat_RstLi.Value	จริง จริง เท็จ	
Valve Open	VMatMat_OpenAut.Value	จริง	
CheckLv Mat	LvMatLo_AI	เท็จ	หรือ
	LvUn1Hi หรือ LvUn2Hi	จริง จริง	
END	VMatMat_RstLi.Value	เท็จ	

รูปที่ 3.5 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมวาล์ววัตถุดิบ (บนซ้าย)

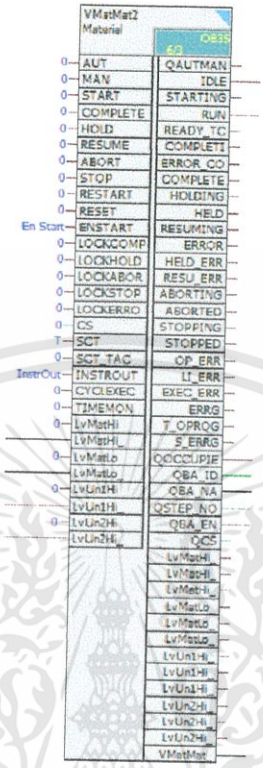
ตารางที่ 3.3 กลไกลอจิกเกตการควบคุมวาล์ว (บนขวา)

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อควบคุมวาล์ววัตถุดิบ ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อ ส่วนประกอบการรับค่าระดับจริงที่ได้จากอุปกรณ์วัดระดับ, ตัวบล็อกวาล์วเพื่อใช้แสดงในส่วนของ HMI ที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอน

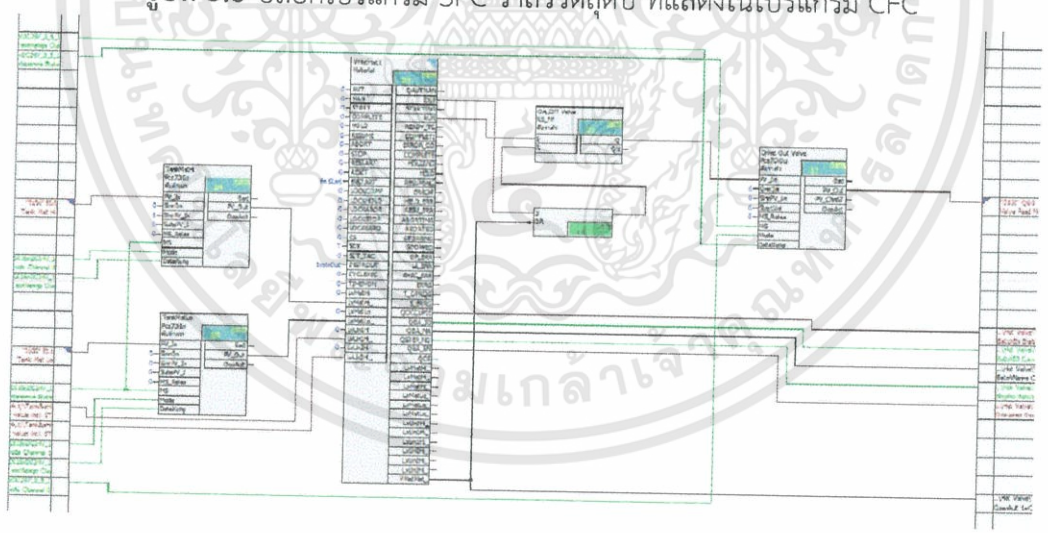
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม CFC ที่ควบคุมวาล์ววัตถุดิบ

จากโปรแกรมชนิด SFC ของวาล์วที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ในโปรแกรม CFC จะได้ดั่งรูปข้างล่าง

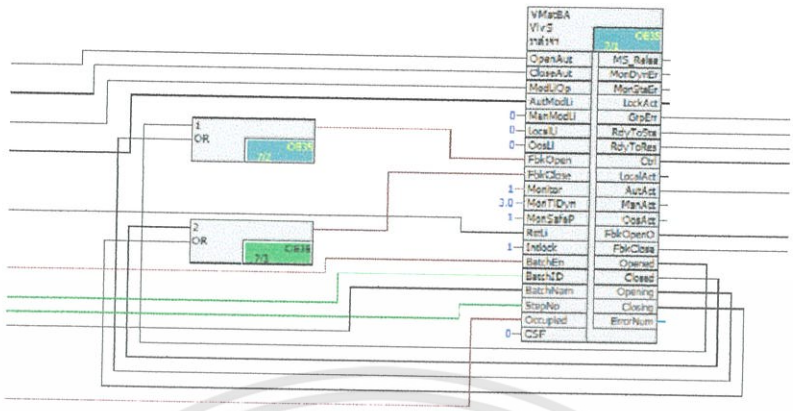


รูปที่ 3.6 บล็อกโปรแกรม SFC วาล์ววัตถุดิบ ที่แสดงในโปรแกรม CFC



รูปที่ 3.7 การต่อบล็อก CFC ของ SFC ที่สร้าง ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การต่อบล็อก CFC ของ SFC ที่สร้าง ข.
สำเร็จขั้นตอนการเตรียมโปรแกรมของวาล์วเติมน้ำเข้าถัง Units

3.2.1.1.2 วาล์วปล่อยน้ำออกจากถัง Units

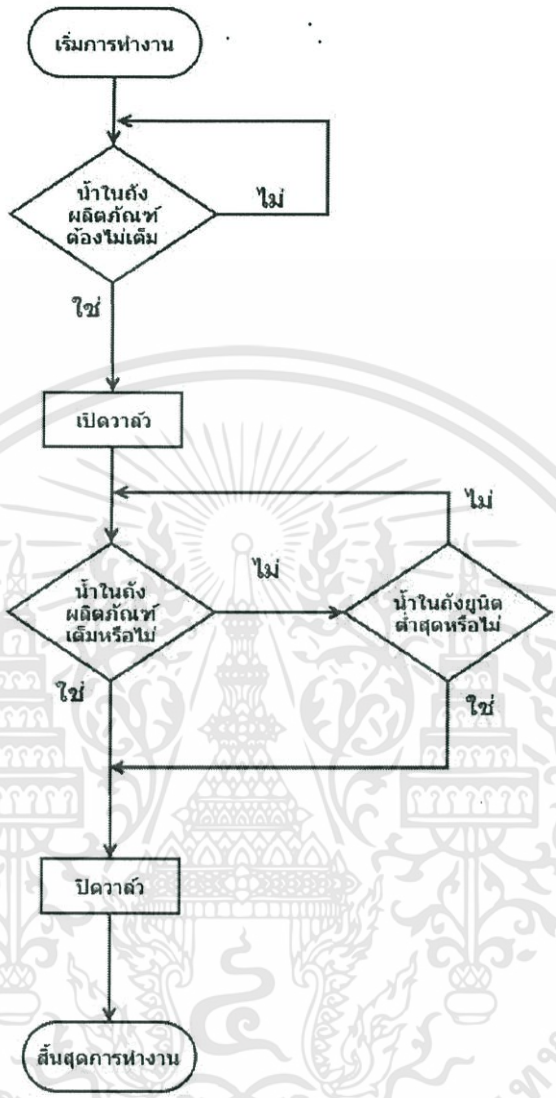
การทำงานของอุปกรณ์ : จะทำการปล่อยน้ำจากถังน้ำ Units สู่ถังของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยวาล์ว 2 ตัวปล่อยน้ำออกจากถัง Units ทั้ง 2 ถัง โดยวาล์วทั้งคู่ทำงานอิสระต่อกัน ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

1. วาล์วจะเปิดได้ก็ต่อเมื่อน้ำในถังผลิตภัณฑ์ต้องไม่เต็ม
2. วาล์วจะปิดเมื่อระดับน้ำในถัง Units ถึงจุดต่ำสุด
3. วาล์วจะปิดทันทีเมื่อน้ำในถังผลิตภัณฑ์ถึงจุดสูงสุดแม้ว่าน้ำในถัง Units จะไม่ถึงจุดต่ำสุดก็ตาม

ภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังงานของการทำงานของวาล์วผลิคภัณฑ์



รูปที่ 3.8 ผังงานของการทำงานของวาล์วผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของตำแหน่งน้ำสูงสุดของถังยูนิต
2. พารามิเตอร์ของตำแหน่งน้ำต่ำสุดของถังยูนิต
3. พารามิเตอร์ของตำแหน่งน้ำสูงสุดของถังผลิตภัณฑ์

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของวาล์วให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “Product_Valve”

ตารางที่ 3.4 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

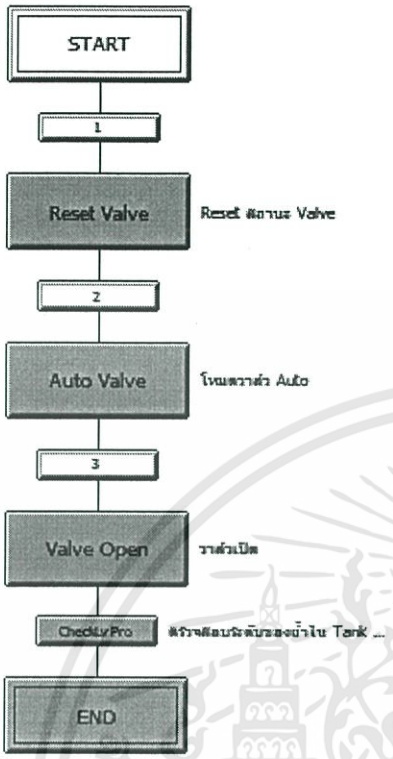
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	LvProHi	Bool	
	LvProLo	Bool	
Block Contacts	ValvePro		VlvS

ตารางที่ 3.5 ตารางกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2	เงื่อนไข
RUN	=	RUN	
Ready_TC	<>	Ready_TC	และ
LvProHi_AI	=	จริง	
LvProLo_AI	=	จริง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข	
Check	LvProHi_AI LvProLo_AI	จริง จริง	
Reset Valve	ValvePro_RstLi.Value	จริง	
Auto Valve	ValvePro _ModLiOp.Value ValvePro _AutModLi.Value ValvePro _RstLi.Value	จริง จริง เท็จ	
Valve Open	VMatMat_OpenAut.Value	จริง	
CheckLv Mat	LvProtLo_AI หรือ LvMatHi_AI	เท็จ จริง จริง	 หรือ
END	ValvePro _RstLi.Value	เท็จ	

รูปที่ 3.9 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ (บนซ้าย)

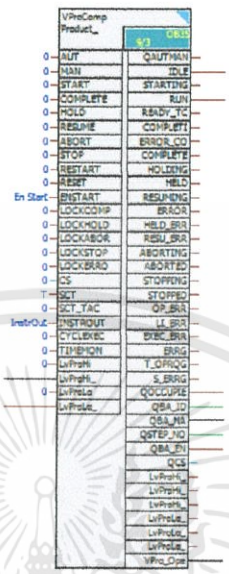
ตารางที่ 3.6 กลไกลอจิกเกตการควบคุมวาล์ว (บนขวา)

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อ ส่วนประกอบการรับค่าระดับจริงที่ได้จากอุปกรณ์วัดระดับ, ตัวบล็อกวาล์วเพื่อใช้แสดงในส่วนของ HMI ที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอน

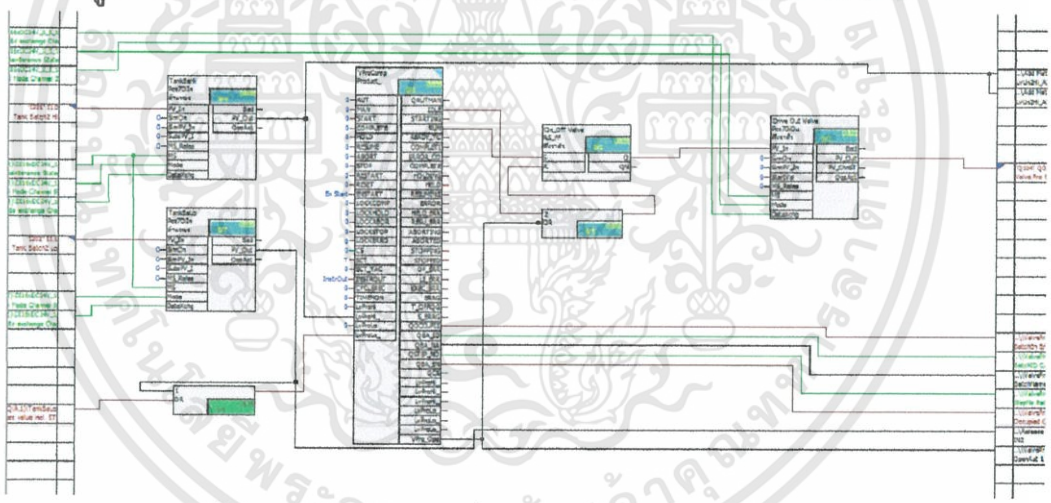
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม CFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์

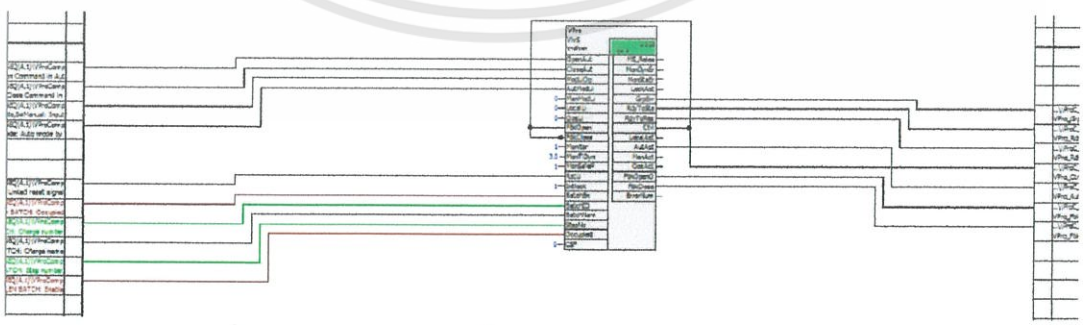
จากโปรแกรมชนิด SFC ของวาล์วที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ในโปรแกรม CFC จะได้เป็นเบล็อกข้างล่างนี้



รูปที่ 3.10 บล็อกโปรแกรม SFC วาล์วผลิตภัณฑ์ ที่แสดงในโปรแกรม CFC



รูปที่ 3.11 ส่วนของ CFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ ส่วน ก.



รูปที่ 3.12 ส่วนของ CFC ที่ควบคุมวาล์วผลิตภัณฑ์ ส่วน ข.

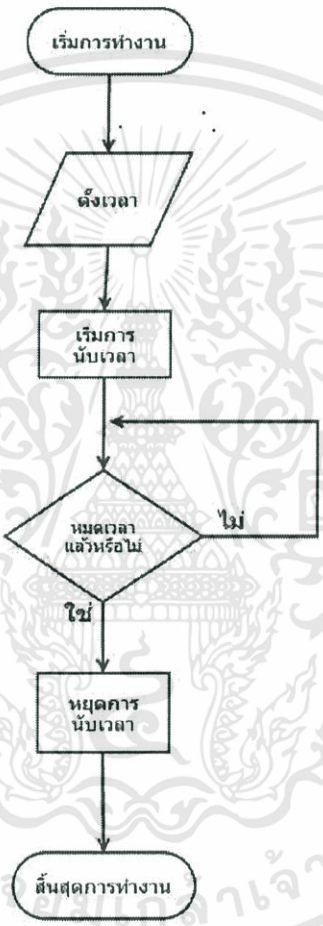
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1.3 จำลองการเกิดปฏิกิริยา

การทำงาน: จะเป็นการจำลองว่าปล่อยให้สะสารทำปฏิกิริยาหลังจากที่ได้มีผ่านการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิมาแล้ว ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

1. หน่วงเวลาตามที่กำหนดแล้วจึงเสร็จกระบวนการภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

ผังงานของการทำงานของจำลองการเกิดปฏิกิริยา



รูปที่ 3.13 ผังงานจำลองกระบวนการเกิดปฏิกิริยา

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของเวลาที่ตั้ง

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของการจำลองปฏิกิริยาให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “Reactor”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

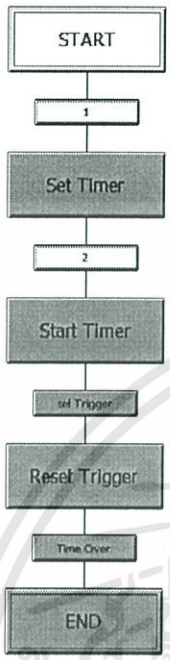
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	Duration	REAL	
Timer	T_Duration		

ตารางที่ 3.8 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2	เงื่อนไข
RUN	=	RUN	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมการจำลองปฏิกิริยา



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข	
Set Timer	T_Duration_TIME0	=	Durarion_Q
Start Timer	T_Duration_I0	=	จริง
Set Trigger	T_Duration_Q0	=	เท็จ
Reset Trigger	T_Duration_I0	=	เท็จ
Time Over	T_Duration_Q0	=	เท็จ
END	T_Duration_I0	=	เท็จ

รูปที่ 3.14 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการเกิดปฏิกิริยา (บนซ้าย)

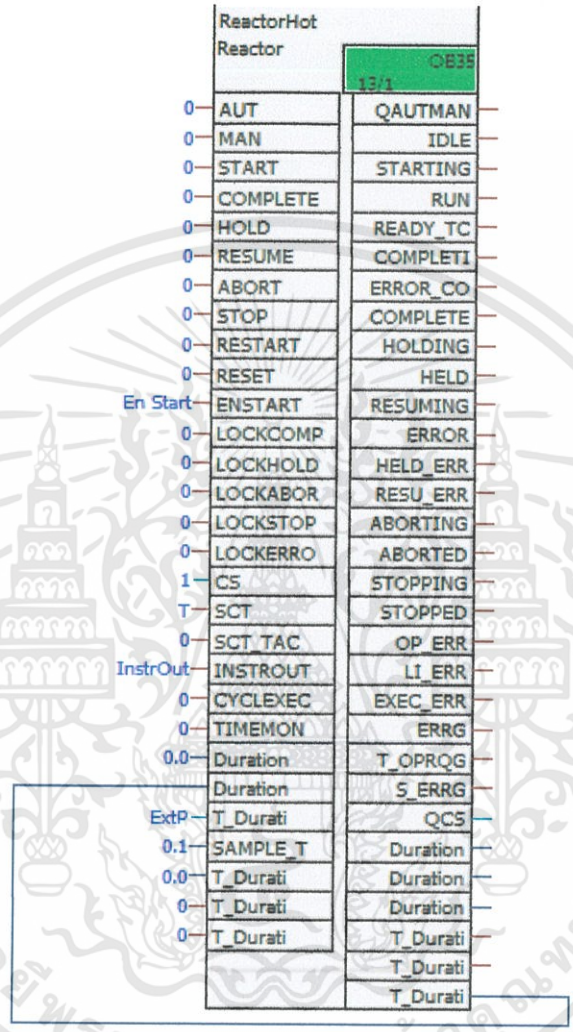
ตารางที่ 3.9 กลไกลอจิกเกตการควบคุมเวลาเกิดปฏิกิริยา (บนขวา)

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อจำลองปฏิกิริยา ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม CFC จำลองปฏิกิริยา

จากโปรแกรมชนิด SFC ของจำลองปฏิกิริยาที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ในโปรแกรม CFC จะได้เป็นบล็อก ข้างล่างนี้



รูปที่ 3.15 โปรแกรม CFC กระบวนการเกิดปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

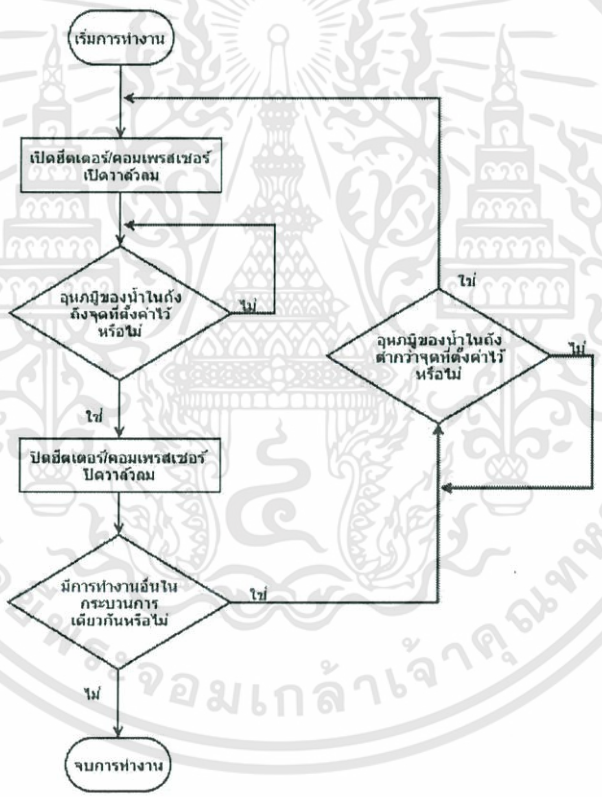
3.2.1.1.4 **ตัวควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์**

การทำงานของอุปกรณ์ : จะทำการลดอุณหภูมิน้ำในถัง Units ตามที่ได้ตั้งไว้ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

1. เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดไว้จะทำการหยุดการทำงาน คอมเพรสเซอร์
2. เปิดวาล์วลมเพื่อเป็นกวนให้อุณหภูมิแพร่กระจายทั่วถังเมื่อ คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงาน
3. หากอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดแล้วไม่มีกระบวนการอื่นๆที่อยู่ในขั้นตอนเดียวกันถือว่าการควบคุมคอมเพราเซอร์เสร็จสิ้น

ภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

ผังงานของการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3.16 ผังงานของการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของอุณหภูมิน้ำในถังยูนิต
2. พารามิเตอร์ของสั่งเปิด/ปิด วาล์วลม,คอมเพรสเซอร์

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานคอมเพรสเซอร์ให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “New_Comp”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

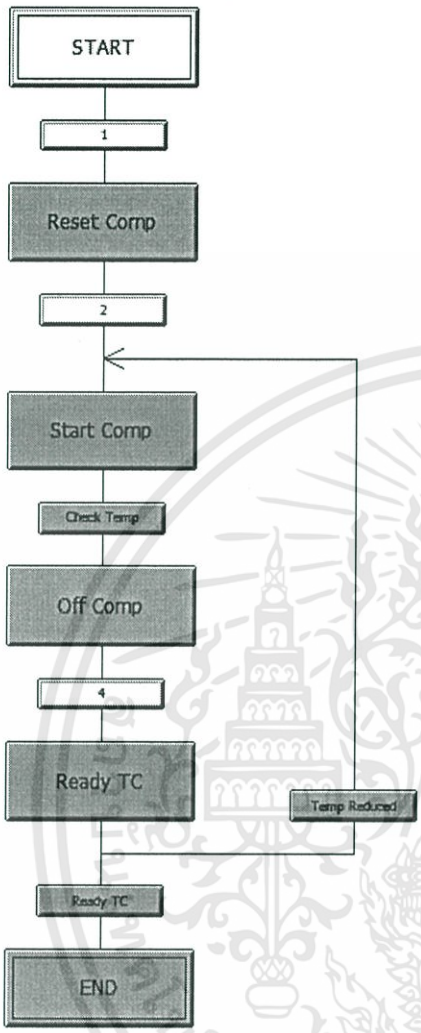
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	Temp CompSta	REAL BOOL	
Control Values	CompConT	BOOL	

ตารางที่ 3.11 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2	เงื่อนไข
RUN RESUMING	= =	RUN Resuming	หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข	
Reset Comp	CompConT	=	เท็จ
Start Comp	CompConT	=	จริง
Check Temp	Temp_AI	<=	Temp_Q
Off Comp	CompConT	=	เท็จ
Ready TC	READT_TC	=	READT_TC
Temp Reduced	Temp_AI	>	Temp_Q
Ready TC	READT_TC	<>	READT_TC
END	CompConT	=	เท็จ

รูปที่ 3.17 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (บนซ้าย)

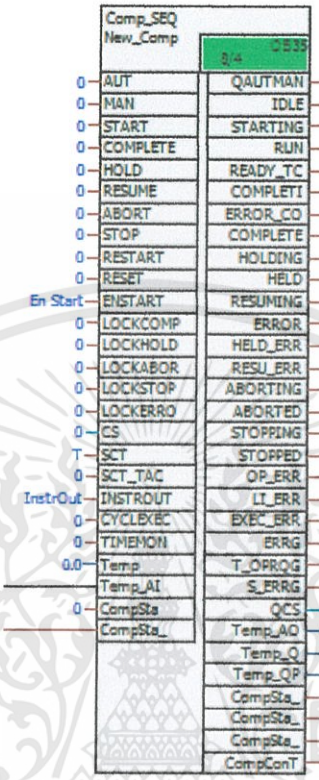
ตารางที่ 3.12 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (บนขวา)

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อ ส่วนประกอบการรับค่าระดับจริงที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ, ที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอน

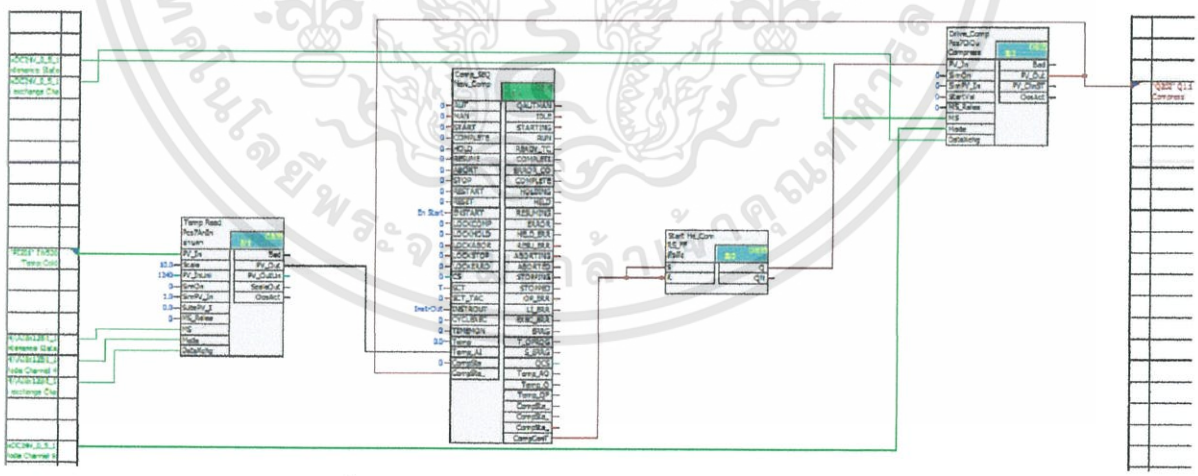
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม CFC ตัวควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์

จากโปรแกรมชนิด SFC ของการทำงานคอมเพรสเซอร์ที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ในโปรแกรม CFC จะได้เป็นบล็อก ข้างล่างนี้



รูปที่ 3.18 บล็อกโปรแกรม SFC การทำงานคอมเพรสเซอร์ ที่แสดงในโปรแกรม CFC



รูปที่ 3.19 CFC การทำงานของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

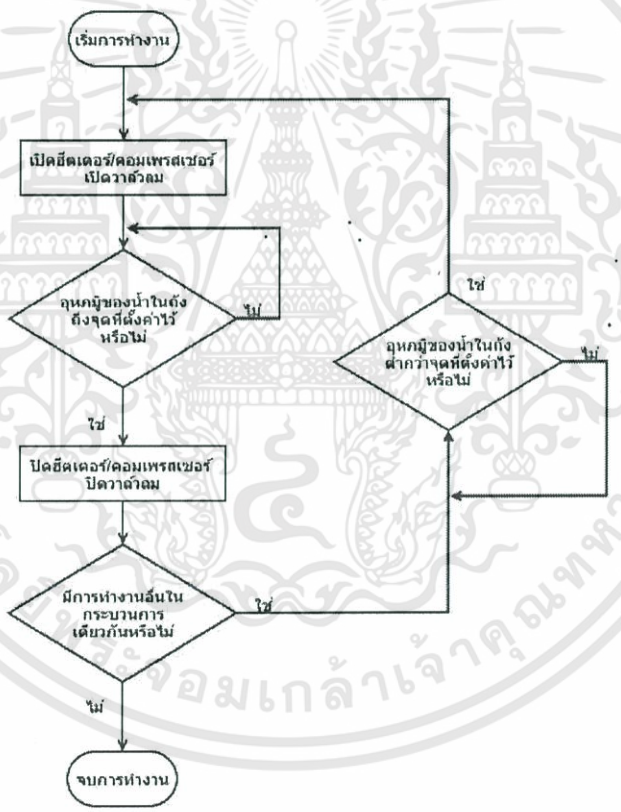
3.2.1.1.5 ตัวควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์

การทำงานของอุปกรณ์ : จะทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในถัง Units ตามที่ได้ตั้งไว้ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

1. เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดไว้จะทำการหยุดการทำงาน ฮีตเตอร์
2. เปิดวาล์วลมเพื่อเป็นกวนให้อุณหภูมิแพร่กระจายทั่วถังเมื่อฮีตเตอร์เริ่มทำงาน
3. หากอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดแล้วไม่มีกระบวนการอื่นๆที่อยู่ในขั้นตอนเดียวกันถือว่าการควบคุมฮีตเตอร์เสร็จสิ้น

ภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

ผังงานของการควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์



รูปที่ 3.20 ผังงานการทำงานของฮีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของอุณหภูมิน้ำในถังยูนิต
2. พารามิเตอร์ของสั่งเปิด/ปิด วาล์วลม,ฮีตเตอร์

ในการควบคุมฮีตเตอร์นี้เนื่องจากอุปกรณ์เป็นแบบ SSR (Solid State Relay) ซึ่งสามารถควบคุมกำลังที่จ่ายให้กับตัวฮีตเตอร์ได้จึงได้เพิ่มตัวควบคุมพีไอดีเข้าไปจึงมีพารามิเตอร์เพิ่มเติมคือ K , Ki , Kd

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานฮีตเตอร์ให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “New_Heater”

ตารางที่ 3.14 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

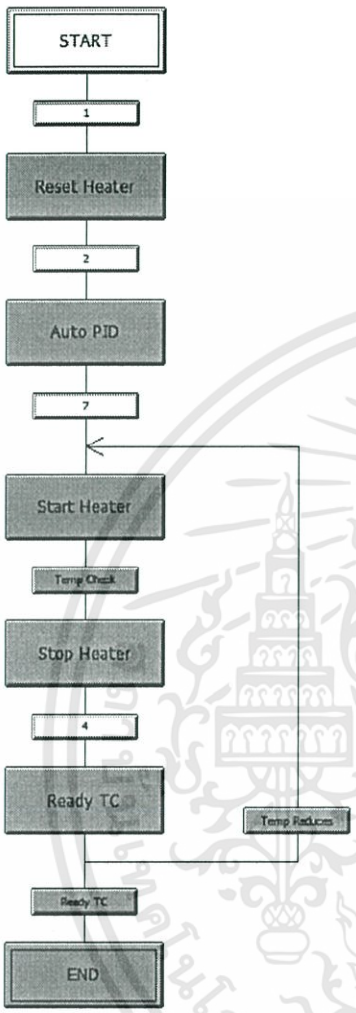
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	Temp HeatSta	REAL BOOL	
Control Values	Heater_On Heater_Off	BOOL BOOL	
Block contacts	HEA_PID		PIDConL

ตารางที่ 3.15 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2	เงื่อนไข
RUN RESUMING	= =	RUN Resuming	หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข	
Reset Heater	Heater_On	=	เท็จ
	Heater_Off	=	จริง
	HEA_PID _ModLiOp.Value	=	เท็จ
	HEA_PID _AutModLi.Value	=	เท็จ
	HEA_PID _AutAct.Value	=	เท็จ
Auto PID	HEA_PID _ModLiOp.Value	=	จริง
	HEA_PID _AutModLi.Value	=	จริง
	HEA_PID _SP_Ext.Value	=	Temp_Q
	HEA_PID _SP_ExtLi.Value	=	จริง
	HEA_PID _SP_LiOp.Value	=	จริง
Start Heater	Heater_On	=	จริง
	Heater_Off	=	เท็จ
	HEA_PID _AutAct.Value	=	จริง
Temp Check	Temp_AI	>=	Temp_Q
Stop Heater	Heater_On	=	เท็จ
	Heater_Off	=	จริง
	HEA_PID _AutAct.Value	=	เท็จ
Ready TC	READT_TC	=	READT_TC
Temp Reduced	Temp_AI	<	Temp_Q
Ready TC	READT_TC	<>	READT_TC
END	Heater_On	=	เท็จ
	Heater_Off	=	เท็จ
	HEA_PID _ModLiOp.Value	=	เท็จ
	HEA_PID _AutModLi.Value	=	เท็จ
	HEA_PID _AutAct.Value	=	เท็จ

รูปที่ 3.21 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของฮีตเตอร์ (บนซ้าย)

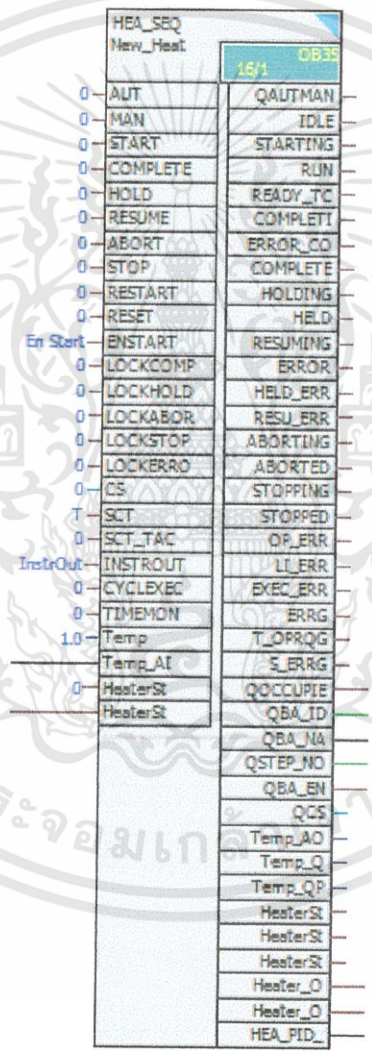
ตารางที่ 3.16 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ (บนขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อ ส่วนประกอบการรับค่าระดับจริงที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและตัวควบคุมพีไอดี ที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอน

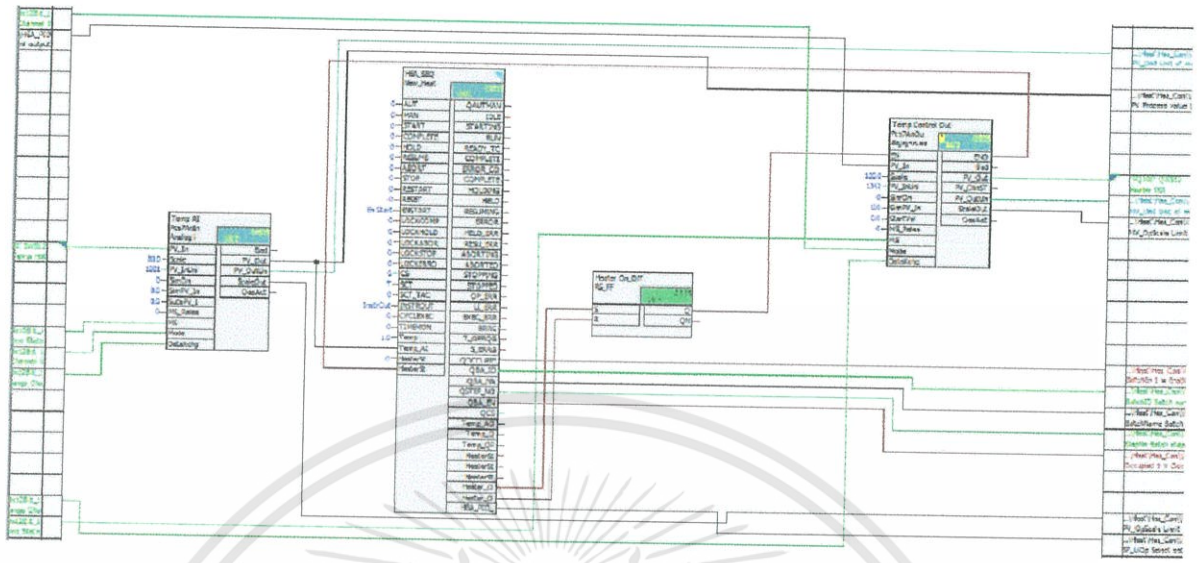
โปรแกรม CFC ตัวควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์

จากโปรแกรมชนิด SFC ของการทำงานฮีตเตอร์ที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ในโปรแกรม CFC จะได้เป็นบล็อก ข้างล่างนี้

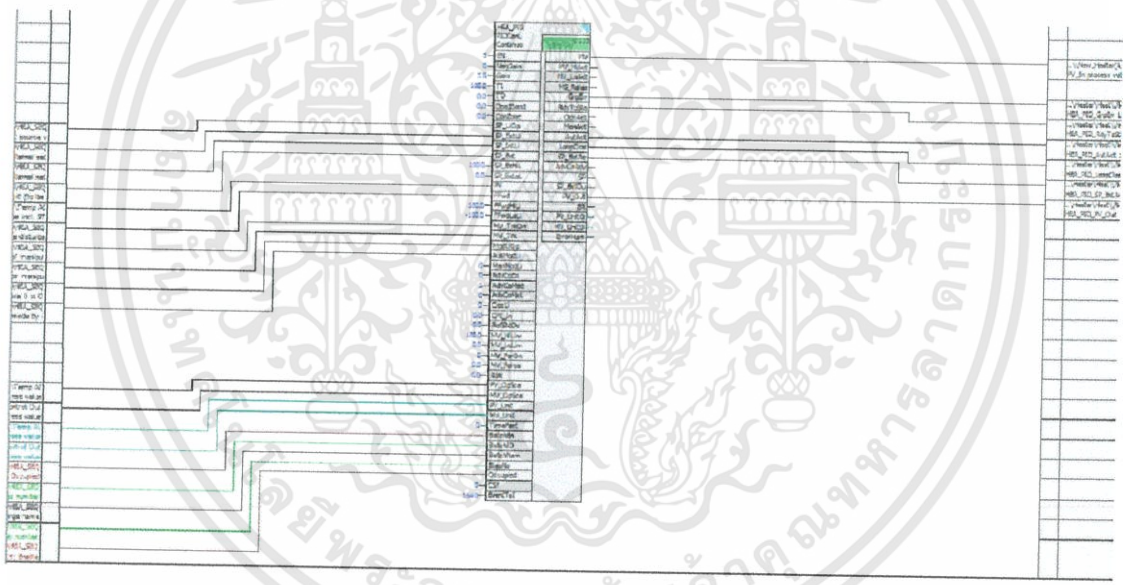


รูปที่ 3.22 บล็อกโปรแกรม SFC การทำงานฮีตเตอร์ ที่แสดงในโปรแกรม CFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของฮีตเตอร์ ส่วน ก.



รูปที่ 3.24 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของฮีตเตอร์ ส่วน ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1.6 โปรแกรมควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

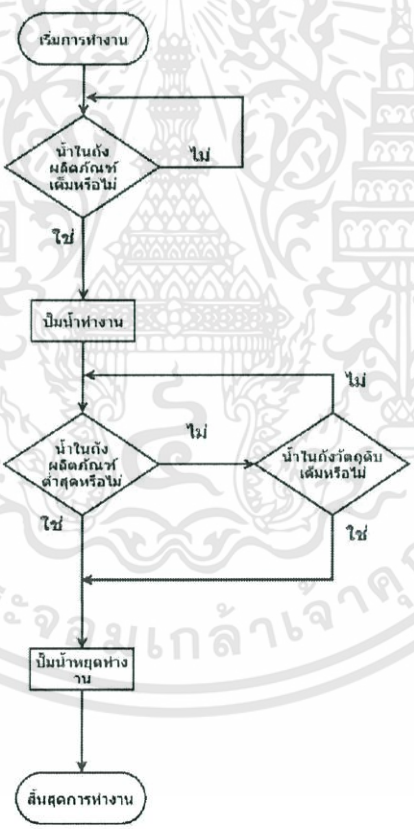
ในส่วนของการทำงานของปั๊มน้ำจะอยู่นอกเหนือการทำงานแบบ Batch แต่ตัวปั๊มเองจะทำงานเองอัตโนมัติ

การทำงานของอุปกรณ์ : จะทำการปั๊มน้ำกลับเข้าไปในถังวัตถุดิบเพื่อให้กระบวนการพร้อมทำงานในคำสั่งต่อไป ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

1. น้ำในถังผลิตภัณฑ์ต้องเต็ม
2. ปั๊มจะหยุดการทำงานเมื่อระดับในถังผลิตภัณฑ์ถึงจุดต่ำสุด
3. หากน้ำในถังวัตถุดิบเต็มปั๊มน้ำจะหยุดการทำงานทันทีแม้น้ำในถังผลิตภัณฑ์จะไม่หมดก็ตาม

ภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

ผังงานของการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ



รูปที่ 3.25 ผังงานการทำงานของปั๊มน้ำ

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ของถังผลิตภัณฑ์
2. พารามิเตอร์การสั่งเปิด/ปิด ปั๊มน้ำ
3. พารามิเตอร์ของระดับน้ำสูงสุดของถังวัตถุดิบ

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “New_Pump”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.17 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

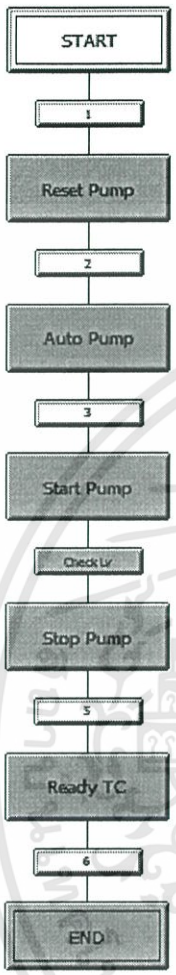
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	LvTkProHi LvTkProLo LvTkMatHi ST_pump SP_pump	BOOL BOOL BOOL BOOL BOOL	
Control Values	On_OffPump	BOOL	
Block contacts	Mot_Pump		MotS

ตารางที่ 3.18 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2	เงื่อนไข	
RUN	=	RUN	หรือ	หรือ
Resuming	=	Resuming		
LvTkProHi_AI	=	จริง	และ	
LvTkProLo_AI	=	จริง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข		
Reset Pump	Mot_Pump_RstLi.Value	=	จริง	
Auto Pump	Mot_Pump _ModLiOp.Value Mot_Pump _AutModLi.Value	= =	จริง จริง	
Start Pump	Mot_Pump _StartAut.Value	=	จริง	
Check Lv	LvPro_Lo_AI LvMat_Hi_AI	= =	เท็จ จริง	หรือ
Stop Pump	Mot_Pump _StartAut.Value Mot_Pump _StopAut.Value	= =	เท็จ จริง	
Ready TC	READY_TC	=	ReadyTC	
END	Mot_Pump _ModLiOp.Value Mot_Pump _AutModLi.Value Mot_Pump_RstLi.Value Mot_Pump _StopAut.Value	= = = =	เท็จ เท็จ เท็จ เท็จ	

รูปที่ 3.26 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของปั๊มน้ำ (ซ้าย)

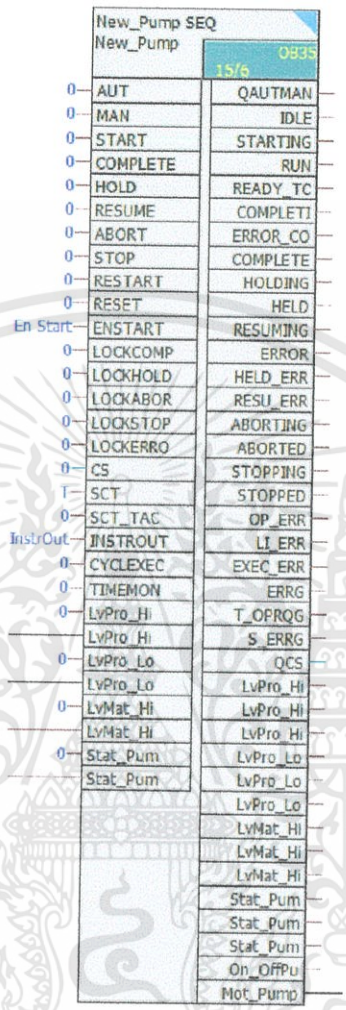
ตารางที่ 3.19 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ (ขวา)

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อควบคุมปั๊มน้ำ ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อ ส่วนประกอบการรับค่าระดับจริงที่ได้จากอุปกรณ์วัดระดับที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

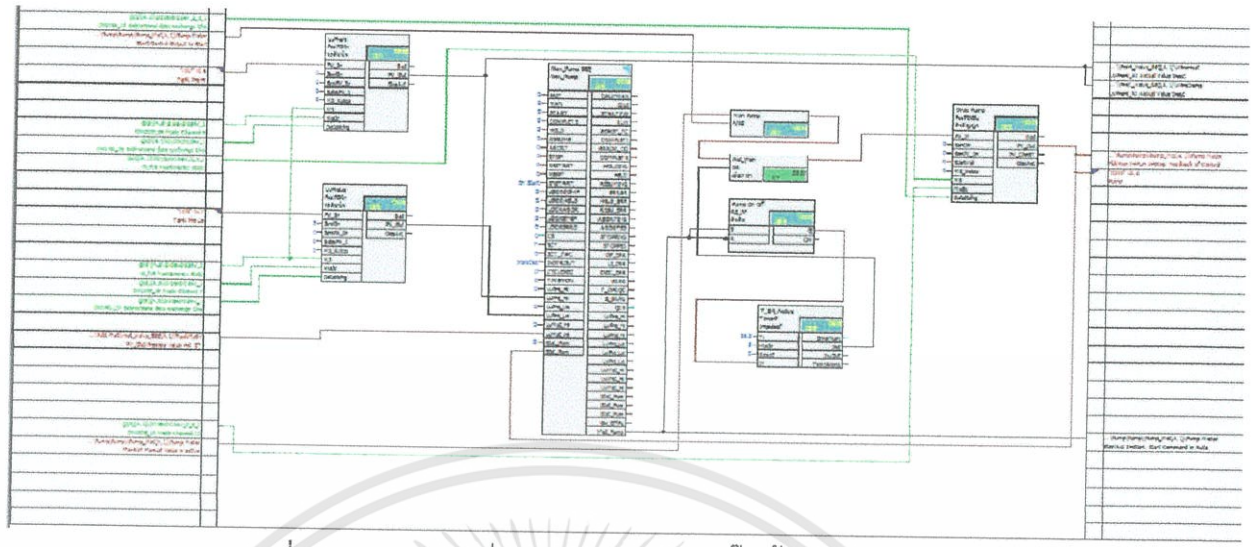
โปรแกรม CFC ควบคุมการทำงานปั๊มน้ำ

จากโปรแกรมชนิด SFC ของการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ใน โปรแกรม CFC จะได้เป็น Blocks ข้างล่างนี้

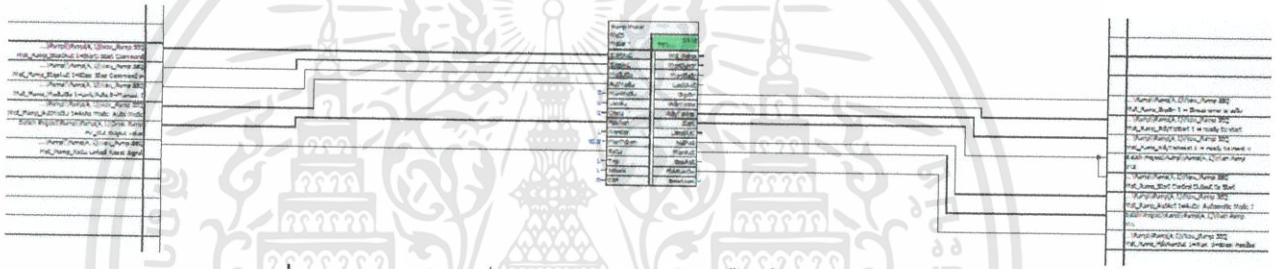


รูปที่ 3.27 Block โปรแกรม SFC การทำงานปั๊มน้ำ ที่แสดงในโปรแกรม CFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของปั๊มน้ำ ส่วน ก.



รูปที่ 3.29 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของปั๊มน้ำ ส่วน ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1.7 โปรแกรมควบคุมการทำงานของวาล์วลม

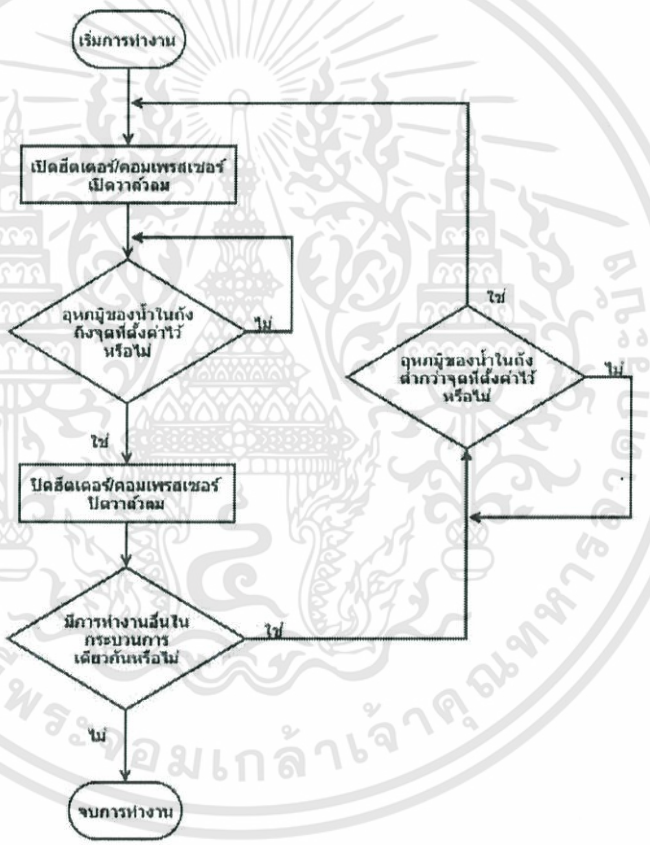
ในส่วนของการทำงานของวาล์วลมจะอยู่นอกเหนือการทำงานแบบ Batch แต่ตัววาล์วเองจะทำงานเองอัตโนมัติ

การทำงานของอุปกรณ์ : จะทำการปล่อยลมเข้ามาในถัง Units ของฮีตเตอร์เพื่อทำให้อุณหภูมิกระจายได้ทั่วถัง ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า :

1. วาล์วจะเปิดได้ก็ต่อเมื่อฮีตเตอร์หรือคอมเพรสเซอร์เริ่มทำงาน
2. วาล์วจะปิดเมื่อฮีตเตอร์และคอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน

ภายใต้การทำงานและเงื่อนไขทั้งหมดสามารถจะออกแบบโปรแกรมได้ดังนี้

ผังงานของการควบคุมการทำงานของวาล์วลม



รูปที่ 3.30 ผังงานของการควบคุมการทำงานวาล์วลม

จากข้อมูลที่มีและผังงานจะสามารถกำหนดพารามิเตอร์สำหรับสร้าง SFC จะได้ดังนี้

1. พารามิเตอร์ของสถานะ การทำงานของฮีตเตอร์และคอมเพรสเซอร์
2. พารามิเตอร์การสั่งเปิด/ปิด ปั๊มวาล์วลม

สร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำให้เป็นไปตามลับดับโดยใช้ชื่อว่า “Air_Valve”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.20 ตารางการเตรียมพารามิเตอร์ต่างๆของ คุณลักษณะ ก่อนสร้างโปรแกรม SFC

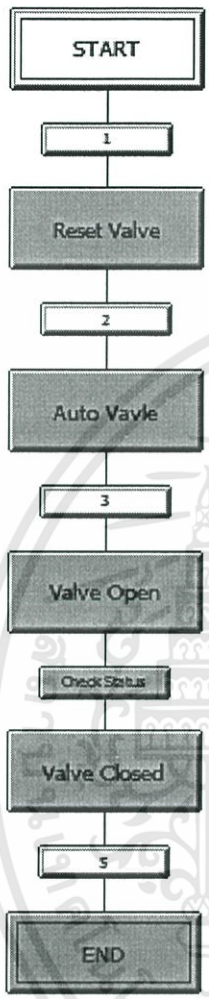
คุณลักษณะ	ชื่อ	Data Type	Block
Set Point	AVlvs_OnOff Heater_On Comp_On	BOOL BOOL BOOL	
Control Values	Control_AVlv	BOOL	
Block contacts	Air_Valve		VlvS

ตารางที่ 3.21 กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการทำงาน

พารามิเตอร์ 1	ความสัมพันธ์	พารามิเตอร์ 2	เงื่อนไข	
RUN	=	RUN	หรือ	หรือ
Resuming	=	Resuming		
Heater_On	=	จริง	หรือ	
Comp_On	=	จริง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SFC ที่ควบคุมการทำงานของวาล์วลม



ชื่อลำดับ	พารามิเตอร์	เงื่อนไข	
Reset Valve	Air_Valve_RstLi.Value	จริง	
Auto Valve	Air_Valve _ModLiOp.Value	จริง	
	Air_Valve _AutModLi.Value	จริง	
	Air_Valve _RstLi.Value	เท็จ	
Valve Open	Air_Valve _OpenAut.Value	จริง	
Check Status	Heater_On	เท็จ	และ
	Comp_On	เท็จ	
Valve Closed	Air_Valve _OpenAut.Value	เท็จ	
	Air_Valve _CloseAut.Value	จริง	
END	Air_Valve _OpenAut.Value	เท็จ	
	Air_Valve _CloseAut.Value	เท็จ	
	Air_Valve _ModLiOp.Value	เท็จ	
	Air_Valve _AutModLi.Value	เท็จ	
	Air_Valve _RstLi.Value	เท็จ	

รูปที่ 3.31 โปรแกรม SFC ที่ควบคุมกลไกการทำงานของวาล์วลม (บนซ้าย)

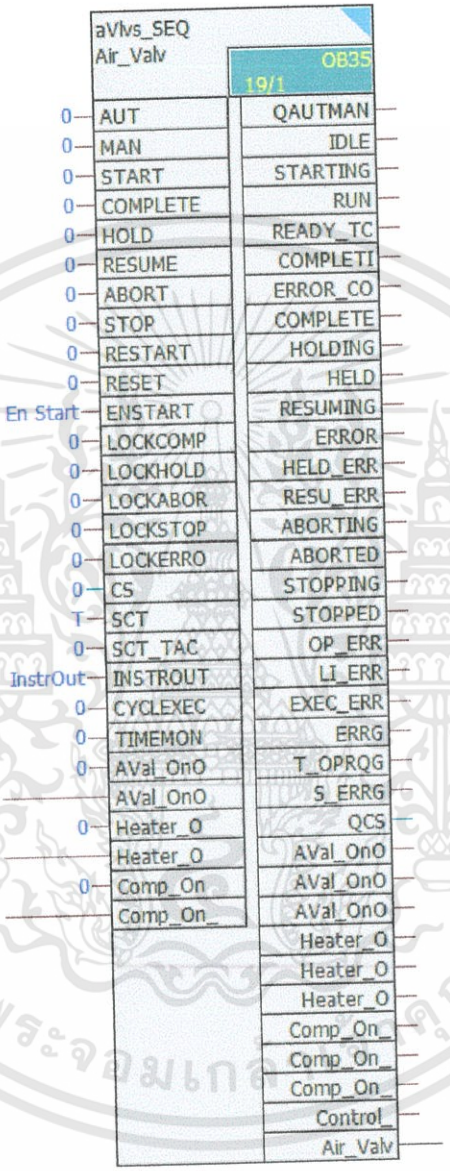
ตารางที่ 3.22 กลไกลอจิกเกตการควบคุมการทำงานของวาล์วลม (บนขวา)

เสร็จขั้นตอนการสร้างโปรแกรมชนิด SFC เพื่อควบคุมวาล์วลมกวน ต่อมาในส่วนของโปรแกรมที่เป็น CFC จะเป็นการสร้างการเชื่อมต่อตัวบล็อก วาล์วเพื่อใช้แสดงในส่วนของ HMI ที่เป็นแบบต่อเนื่องกันกับโปรแกรมส่วนของ SFC เพื่อให้การทำงานเป็นแบบลำดับขั้นตอนโปรแกรม CFC ตัวควบคุมการทำงานของวาล์วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

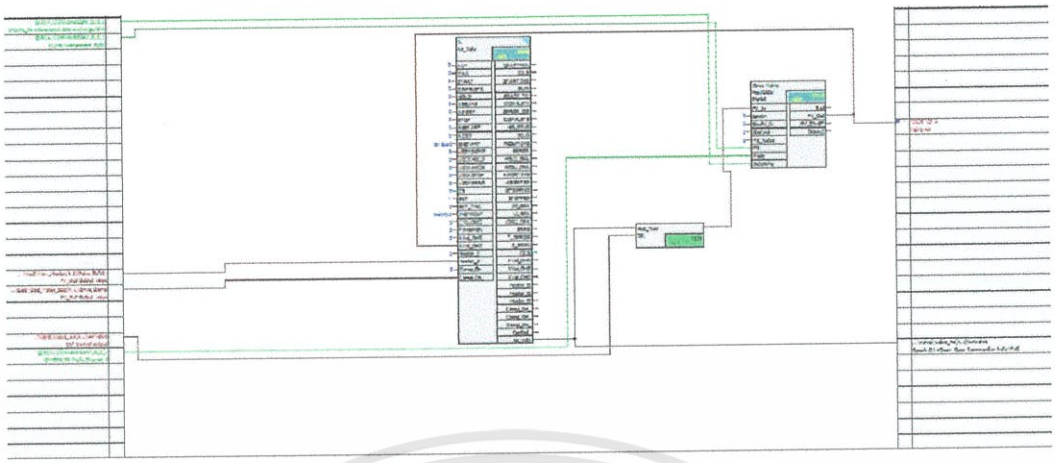
โปรแกรม CFC ควบคุมการทำงานวาล์วลม

จากโปรแกรมชนิด SFC ของการทำงานวาล์วลมกวนที่สร้างไว้เมื่อเลือกใช้ในโปรแกรม CFC จะได้เป็นบล็อก ข้างล่างนี้

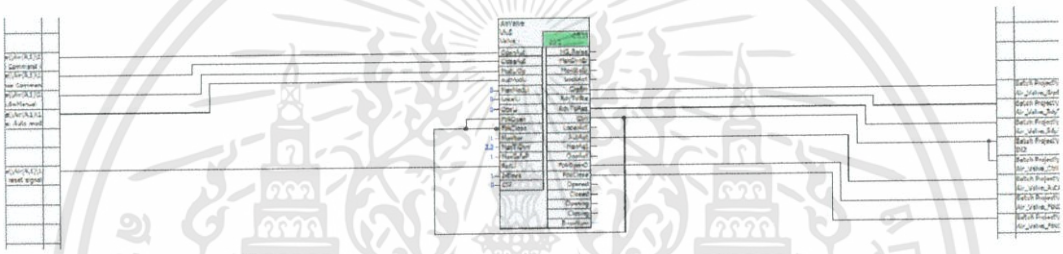


รูปที่ 3.32 บล็อกโปรแกรม SFC การทำงานวาล์วลม ที่แสดงในโปรแกรม CFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของวาล์วลมส่วน ก.



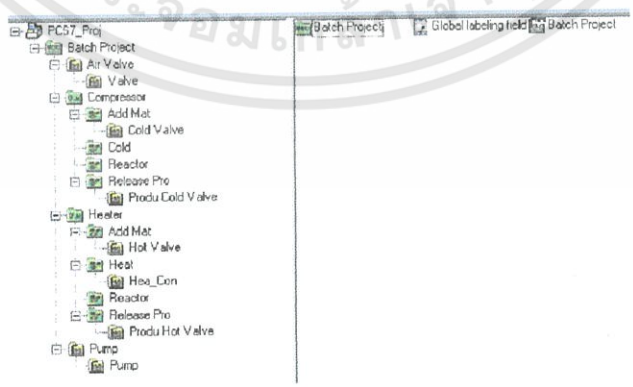
รูปที่ 3.34 CFC การเชื่อมต่อการทำงานของวาล์วลม ส่วน ข.

สรุปการเตรียมโปรแกรมของ Equipment Module

จากโปรแกรมที่ได้ออกแบบจะเป็นการเตรียมความพร้อมในการควบคุมอุปกรณ์นั้นๆของโปรแกรมแต่ยังทำงานเป็นแบบกระบวนการแบบกลุ่ม ไม่ได้จำเป็นต้องตั้งค่าโปรแกรมเหล่านั้นให้เป็นชนิดและรูปแบบตามมาตรฐาน ISA – S88 เสียก่อนซึ่งจะมีวิธีการดำเนินการต่อไป

การตั้งค่าโปรแกรมให้เป็นรูปแบบกลุ่ม ตาม ISA-S88

ที่หน้าต่าง Plant View ของโปรแกรม PCS7 ที่ได้ทำการสร้างเป็นลำดับชั้นเอาไว้



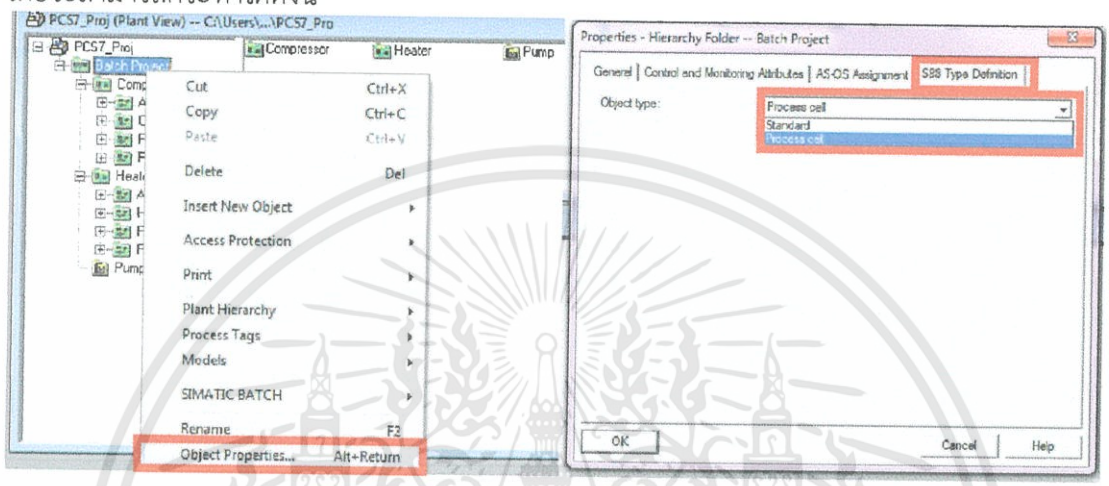
รูปที่ 3.35 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลำดับชั้นที่ได้แบ่งเอาไว้ทำการตั้งค่าเพื่อให้เป็นไปตาม ISA-S88 ตามรูปแบบของ Physical Model ได้ดังนี้

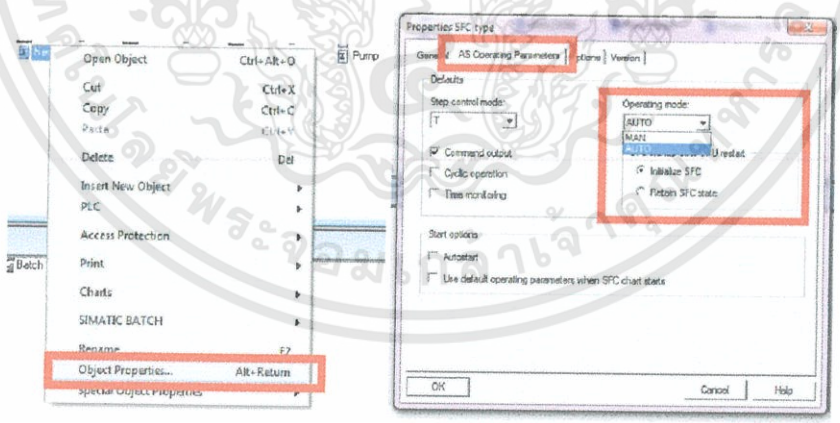
1. Batch Project เป็น Process Cell
2. Compressor , Heater เป็น Units
3. Add Mat , Cold , Reactor , Release Pro , Heat เป็น Equipment Module

โดยวิธีสามารถกระทำได้ดังนี้



รูปที่ 3.36 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 2

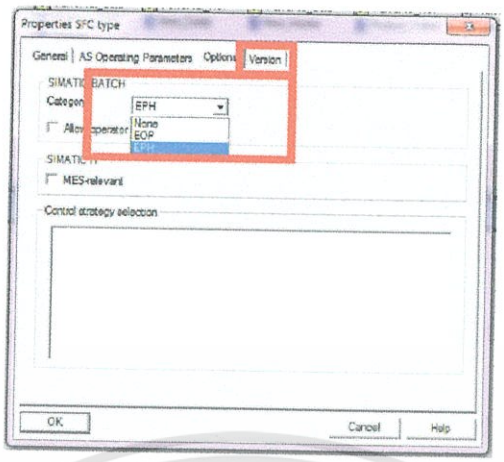
คลิ๊กขวาที่ชั้นที่ต้องการตามรูปประกอบที่ Batch Project คือ Process cell
เมื่อทำการตั้งให้ลำดับชั้นที่สร้างเป็นชนิดต่างๆของ ISA- S88 แล้วจากโปรแกรม SFC ของส่วน Equipment Module ที่ออกแบบไว้ต้องทำการตั้งค่าให้เป็นไปตาม ISA-S88 เช่นกัน



รูปที่ 3.37 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 3

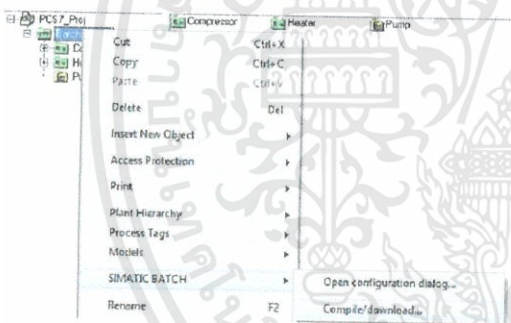
คลิ๊กขวาที่โปรแกรม SFC ที่สร้างไว้ ตั้งค่าให้ทำโปรแกรมนั้นทำงานแบบอัตโนมัติ และตั้งประเภทโปรแกรมให้เป็น EPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 หน้าโปรแกรม PCS7 ส่วนที่ 4

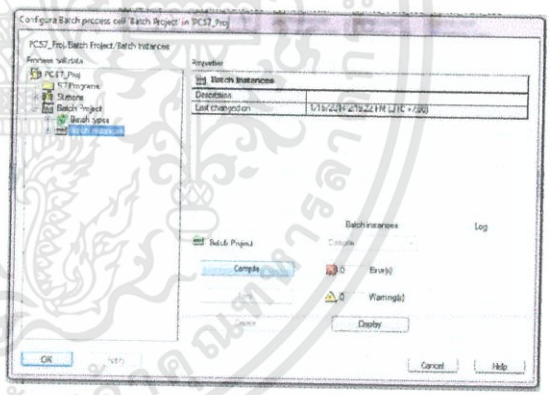
เมื่อทำการตั้งค่าข้างต้นเสร็จสิ้นขั้นทำการคอมไพล์ โปรแกรมทางด้านโครงแบบฮาร์ดแวร์ , โปรแกรม CFC เพื่อทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมและโครงแบบของฮาร์ดแวร์ และส่วนของ OS ซึ่งจะเป็นส่วนของหน้าต่างที่เป็นรูปภาพเพื่อให้ผู้ใช้งานได้สะดวกขึ้น โดยวิธีการกระทำจะไม่ได้กล่าวไว้นะที่นี้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก และในส่วนที่สำคัญคือการคอมไพล์ในส่วนของ Batch ที่ชั้น Batch Project คลิ๊กขวา



รูปที่ 3.39

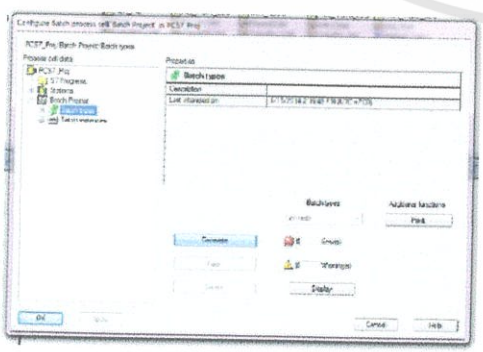
ที่หน้าต่างของโครงแบบ

ของ Batch Process Cell



รูปที่ 3.41

ขั้นต่อมาคือ คอมไพล์ Batch Instance แล้วทำการ Update ไปยัง OS

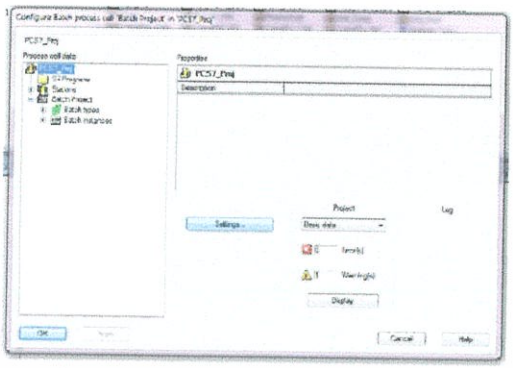


รูปที่ 3.40

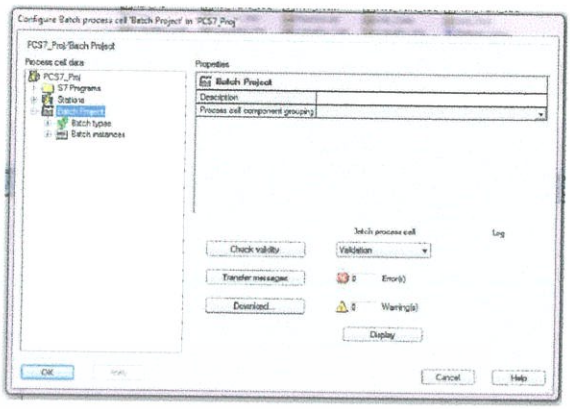
โดยขั้นแรกทำการ Generate

ในส่วนของ Batch Type

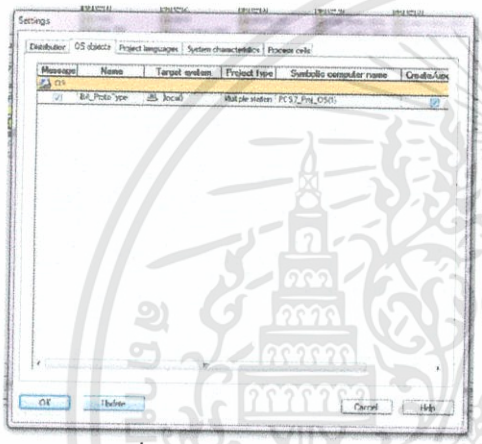
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 หลังจากทำการอัพเดทโปรแกรม OS เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.44 การอัพเดทสมบูรณ์



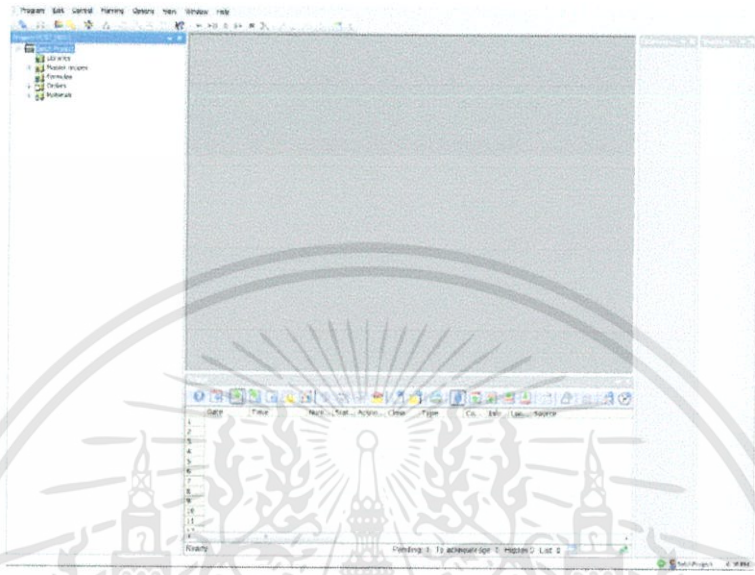
รูปที่3.43 แล้วในส่วนสุดท้ายที่ Batch Project เสร็จ

เมื่อกระทำทุกขั้นตอนเสร็จสิ้นจะเป็นการสิ้นสุดขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมบน PCS7 ซึ่งจะสรุปได้ว่าเป็น การเตรียมความพร้อมของโปรแกรมควบคุมในอุปกรณ์ส่วนต่างๆให้เรียบร้อย แต่ยังไม่สามารถนำไปควบคุมแพลนท์ ทดลองได้ต้องมีส่วนของการดำเนินการที่เป็นลำดับขั้นตอน หรือสูตรเสียก่อนซึ่งต้องให้เป็นตาม ISA-S88 ในส่วนของ Procedural Model ซึ่งจะอยู่ในส่วนของการใช้โปรแกรม Batch Control Center ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนที่ 2 : การออกแบบโปรแกรมบน SIMATIC BATCH

จะเป็นส่วนการโปรแกรมควบคุมกระบวนการให้เป็นไปตามกระบวนงานที่ได้ออกแบบไว้โดยเลือกการทำงานในแต่ละกระบวนงานจากโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ก่อนหน้าบน PCS7



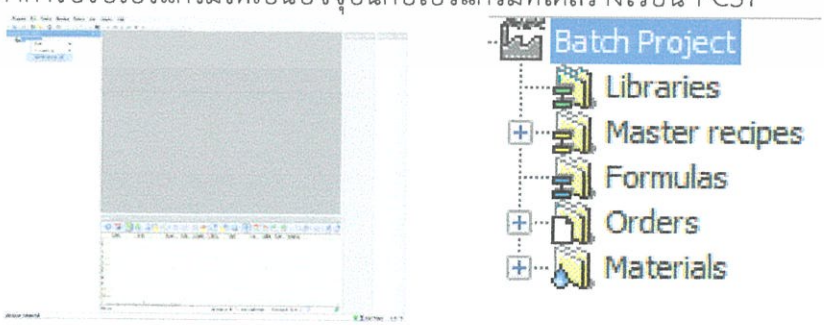
รูปที่ 3.45 หน้าต่างของโปรแกรม Batch Control Center

จากแนวคิดของกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้านี้ จะสามารถนำมาสร้างเป็นกระบวนงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISA-S88 ในส่วนของ Procedural Model ซึ่งส่วนประกอบสำคัญก็คือ “สูตร” ของการสร้างผลิตภัณฑ์ในโปรแกรม SIMATIC BATCH จะแบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. Batch Control Center
2. Recipe Editor

3.2.2.1 การออกแบบในส่วนของ Batch Control Center

จะเป็นส่วนของการสร้างพารามิเตอร์ , สั่งควบคุมกระบวนงาน , สูตรและบันทึกข้อมูลของกระบวนการ ซึ่งจะเป็นส่วนแรกที่ต้องเริ่มก่อนที่จะเข้าไปทำในส่วนที่ 2 โดยในขั้นแรกเริ่มต้องทำการปรับโปรแกรมให้เป็นปัจจุบันกับโปรแกรมที่ได้สร้างไว้บน PCS7



รูปที่ 3.46 ส่วนของการกำหนดโปรเจกต์การควบคุมแบบกลุ่ม

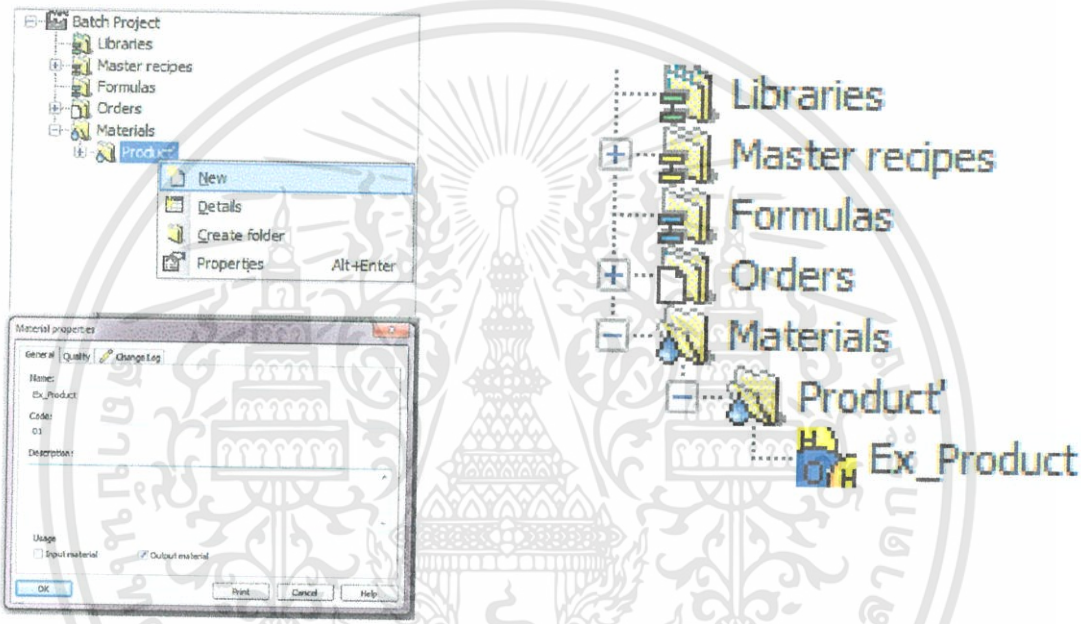
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของรายการเลือกจะมีอยู่ด้วยกัน 6 ส่วน แต่ในส่วนที่ใช้ในการสร้างเพื่อควบคุมให้เป็นไปตามกระบวนการตัวอย่างที่ได้ออกแบบและสร้างเพื่อศึกษา จะใช้อยู่ด้วยกัน 3 ส่วนคือ

1. Master recipes
2. Orders
3. Materials

1. ส่วนของ Materials

เป็นส่วนของการสร้างพารามิเตอร์ที่จะไว้เป็นส่วนนำเข้าหรือส่งออกของกระบวนการโดยในกรณีศึกษานี้จะมีการสร้างในส่วนของ พารามิเตอร์ส่งออก เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์

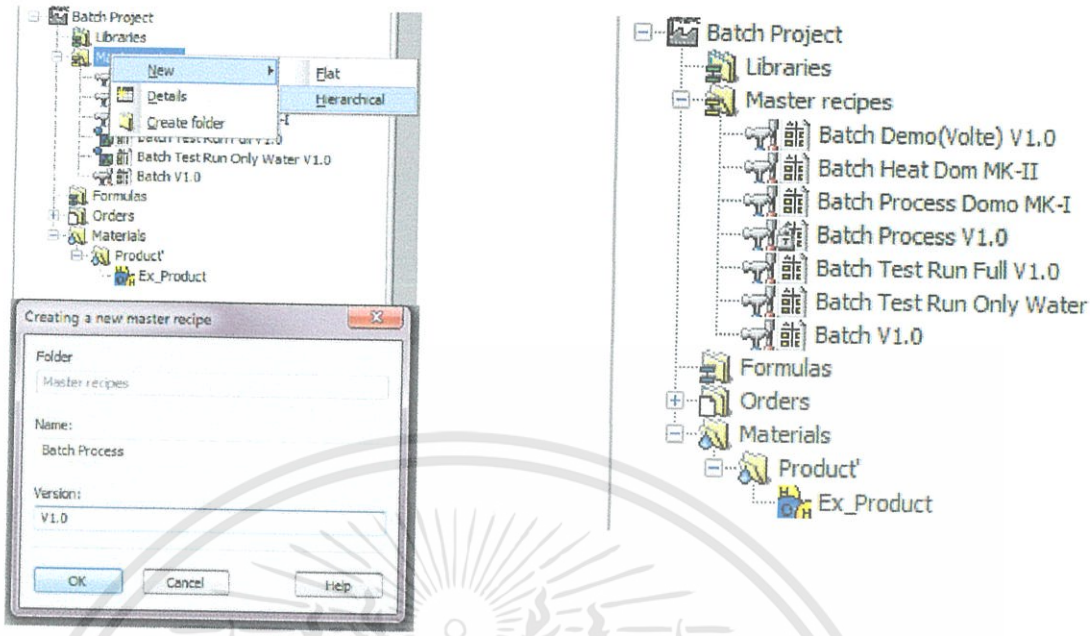


รูปที่ 3.47 ส่วนกำหนดผลิตภัณฑ์ของโปรเจกต์แบบแบตช์

2. ส่วนของ Master recipes

เป็นการสร้างพารามิเตอร์เพื่อจะใช้ในการออกแบบสูตร ซึ่งเมื่อออกแบบเสร็จสิ้นในการสั่งให้กระบวนการเริ่มทำงานต้องทำการเลือกพารามิเตอร์ที่สร้างไว้นี้

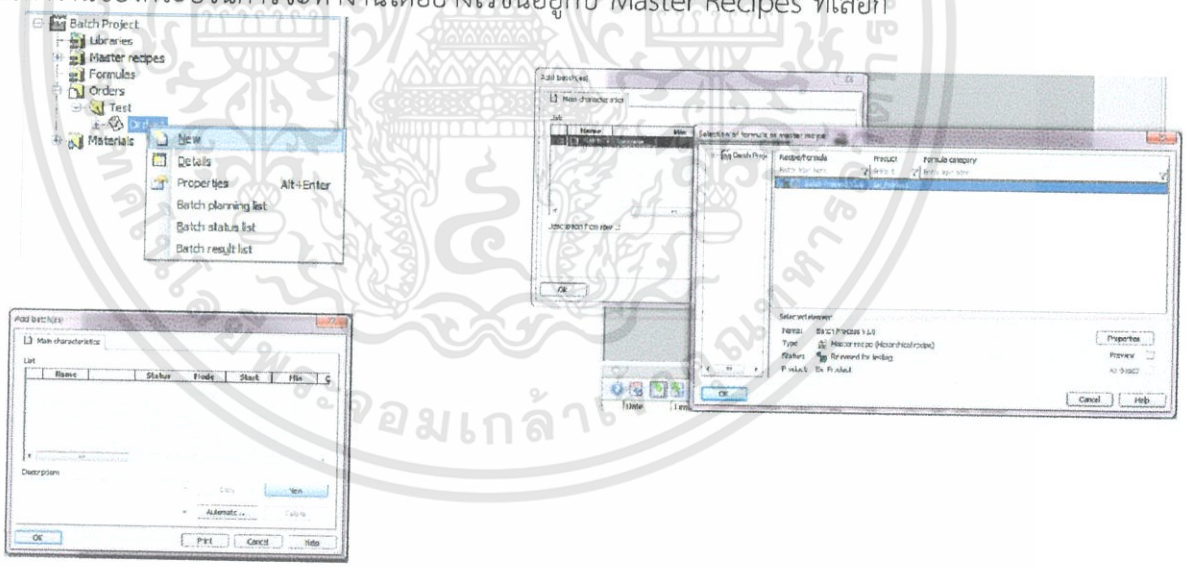
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.48 ส่วนกำหนดค่าโครงสร้างของสูตร

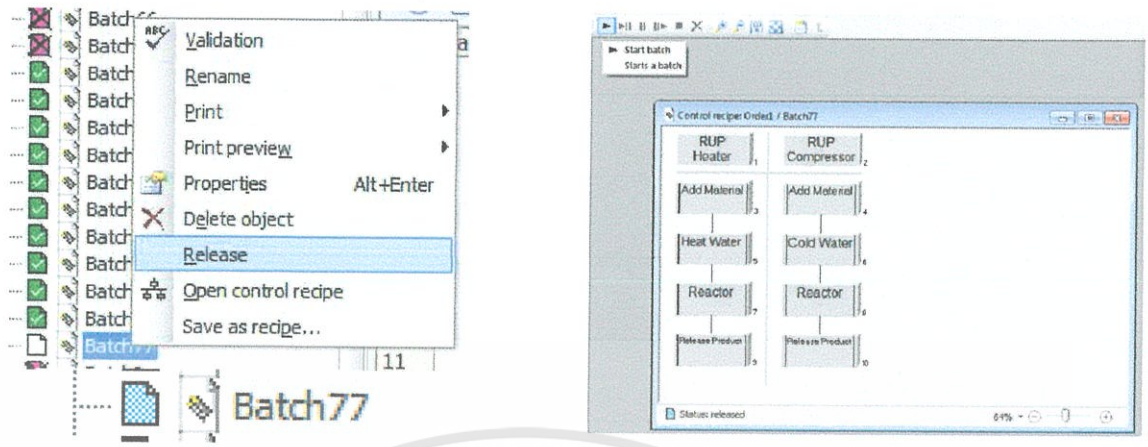
3. ส่วนของ Orders

เป็นการส่วนของการประกาศคำสั่งเพื่อให้กระบวนการเริ่มทำงาน โดยการทำงานของกระบวนการจะทำงานได้อย่างไรขึ้นอยู่กับ Master Recipes ที่เลือก



รูปที่3.49 ส่วนกำหนด Master Recipe ที่เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

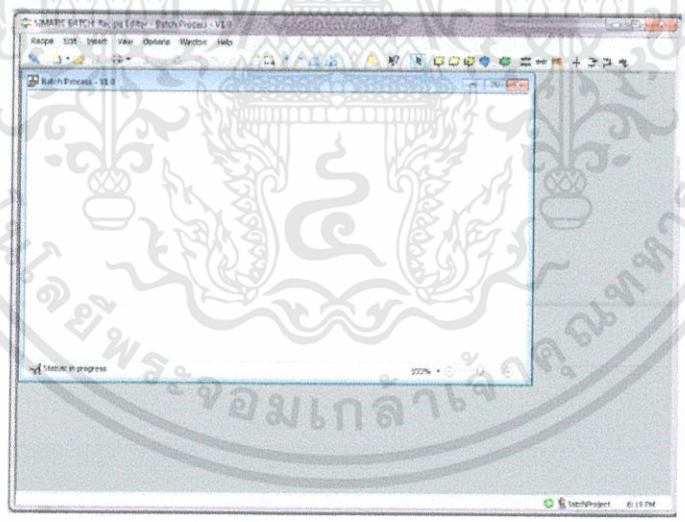


รูปที่ 3.50 ส่วนสั่งการปล่อย Recipe ที่ได้สร้างสำเร็จเพื่อเริ่มกระบวนการแบบกลุ่ม

เมื่อทำการเลือกสูตรที่ต้องการได้แล้วขั้นตอนสุดท้ายคือทำการปลดปล่อยคำสั่งเพื่อพร้อมสำหรับการควบคุมกระบวนการ

3.2.2.2 การออกแบบในส่วนของ Recipes Editors

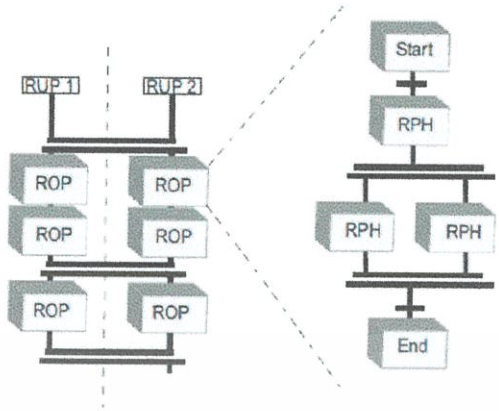
จะเป็นส่วนของการออกแบบ Master recipes ที่ได้สร้างตัวแปรเอาไว้ใน Batch Control Center ซึ่งในการสร้างสูตรนี้จะต้องออกแบบให้เป็นไปตาม Procedural Model ของมาตรฐาน ISA – S88



รูปที่ 3.51หน้าโปรแกรมกำหนดค่า Recipe

โปรแกรมจะมีการแบ่งระดับชั้นของโปรแกรมไว้ 2 ชั้น คือ 1. RUPs and Recipes Operations จะเป็นชั้นที่จะแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการ, ยูนิต โดยที่จะประกอบไปด้วย Recipe Unit Procedure (RUP) ที่มีส่วนประกอบคือ Recipe Operations (ROPs) 2. Recipe Phases เป็นส่วนของการสร้างลำดับของ ROP ตั้งจุดเริ่มต้น ถึง จุดสิ้นสุดรวมถึงเงื่อนไขในแต่ละ ROPs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

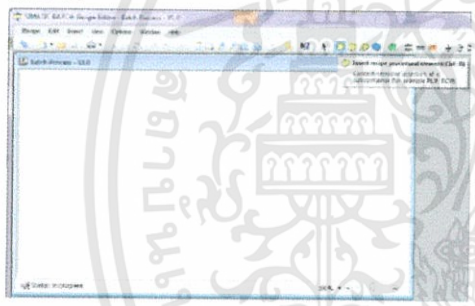


รูปที่ 3.52

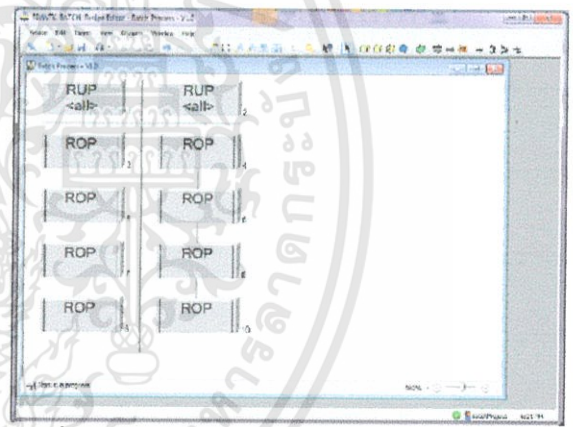
ความสัมพันธ์กันของระดับชั้น

1. **การออกแบบชั้นที่ 1 : RUP**

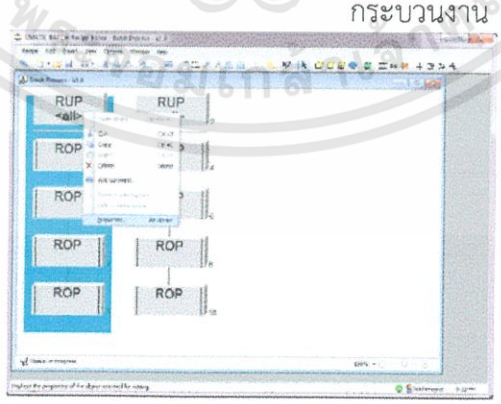
จากลักษณะของการควบคุมที่กล่าวไว้ในบทก่อนหน้าจะสามารถนำมาสร้างเป็นกระบวนงานได้ดังนี้



รูปที่ 3.53 ใช้เครื่องมือบนแถวเครื่องมือในรูป เพื่อทำการสร้างโปรแกรม



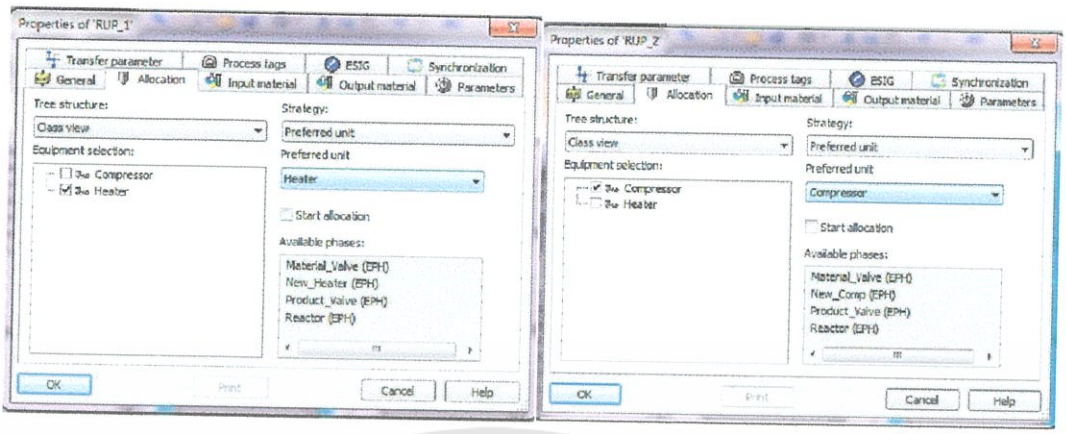
รูปที่ 3.54 สร้างกล่องสำหรับกำหนดกระบวนงาน



รูปที่ 3.55

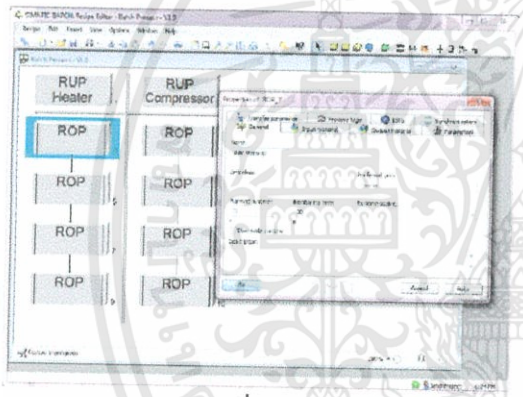
กำหนดที่แถวทางขวาเป็นการทำงานของฮีตเตอร์ และทางด้านซ้ายเป็นของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



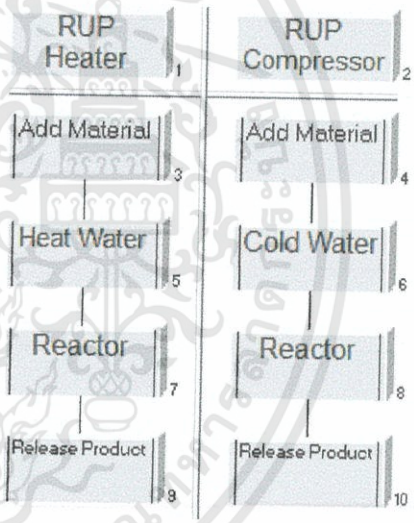
รูปที่ 3.56 การกำหนด RUP สำหรับส่วนย่อยต่างๆในกระบวนการแบตช์

เมื่อกำหนดเสร็จแล้วต่อไปจะเป็นขั้นตอนการกำหนด ROP ของแต่และแถวว่าในแต่ละยูนิตมีการทำงานอย่างไรบ้างซึ่งการทำงานได้ของแต่ละยูนิตได้กล่าวไปแล้วในบทก่อนหน้านี้



รูปที่ 3.57

การตั้งชื่อกระบวนงานของแต่ละยูนิตในระดับ ROP



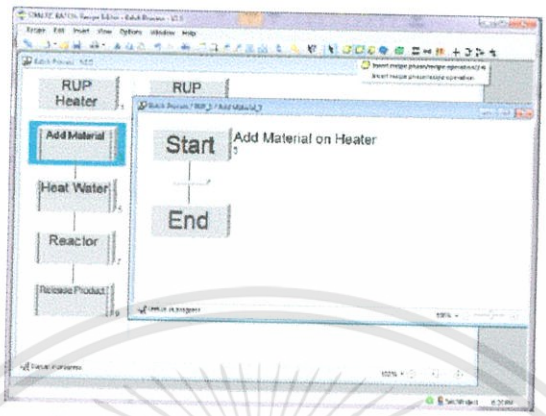
รูปที่ 3.58

การะบวนการทั้งหมดของกระบวนการแบบกลุ่มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

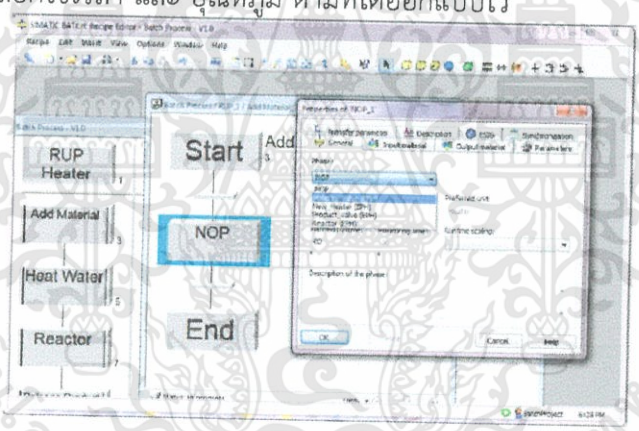
2. การออกแบบชั้นที่ 2 : ROP

จะเป็นการสร้างกระบวนงานการทำงานของแต่ละ ROP ว่ามีกระบวกการอย่างไรตั้งแต่จุดเริ่มจนถึงจุดสิ้นสุด

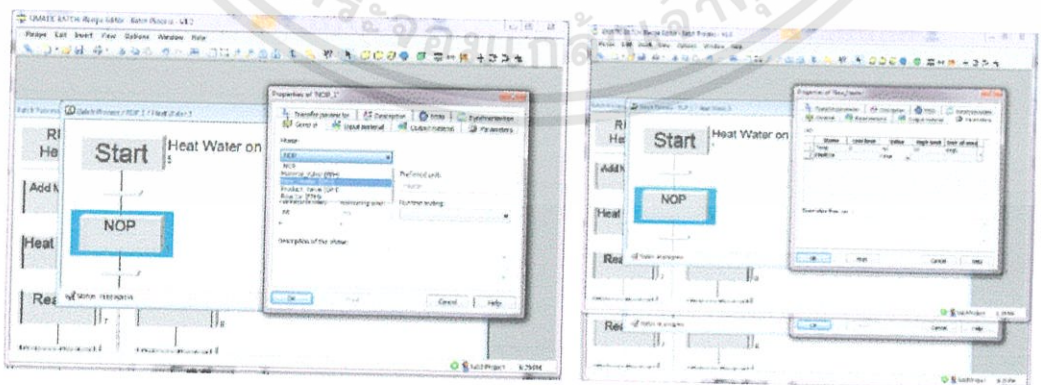


รูปที่ 3.59 การออกแบบ ROP

ทั้ง 2 ยูนิตกระบวนงานจะเหมือนกันแต่ต่างกันที่พารามิเตอร์ในส่วนของปฏิกิริยา,ฮีตเตอร์ และคอมเพรสเซอร์ โดยเลือกใช้เวลา และ อุณหภูมิ ตามที่ได้ออกแบบไว้



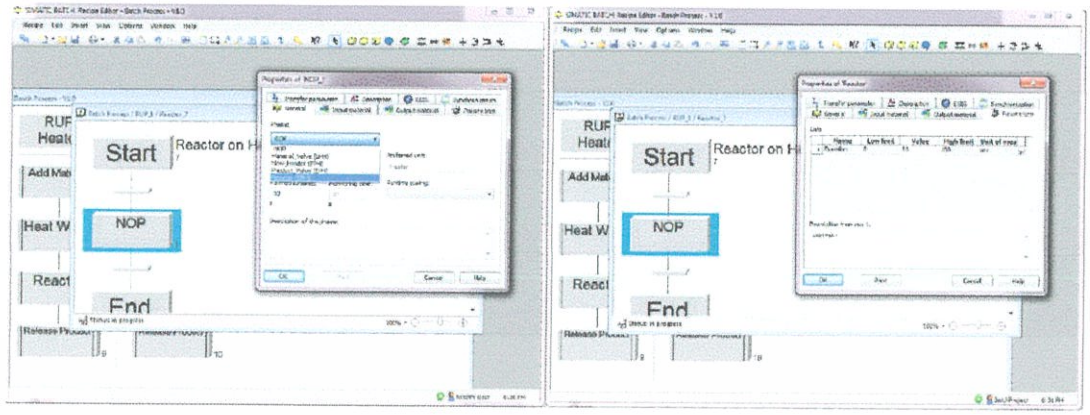
รูปที่ 3.60 การตั้งค่าของวาล์วเติมวัตถุดิบ ไม่มีพารามิเตอร์ใดๆที่ต้องตั้งค่า



รูปที่ 3.61

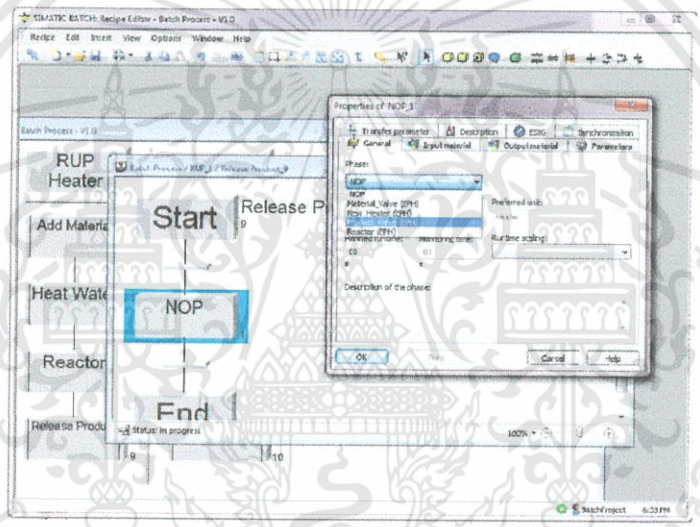
การตั้งค่าของฮีเตอร์ โดยมีพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดก็คือ อุรหภูมิ ซึ่งจะเหมือนกันกับฝั่งของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.62

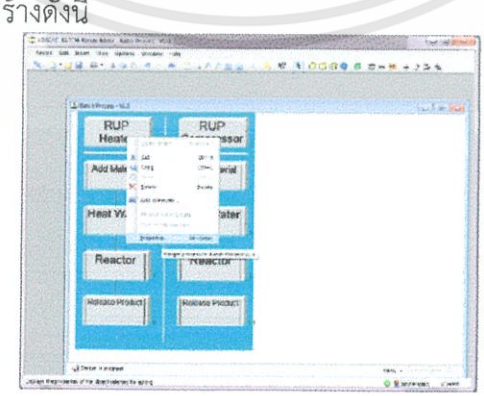
การตั้งค่าของตัวจำลองปฏิกิริยาจะเป็นการหน่วงเวลาไว้ ซึ่งมีพารามิเตอร์ก็คือ เวลาที่ต้องการหน่วง



รูปที่ 3.63

การตั้งค่าส่วนของวาล์วผลิตภัณฑ์ ไม่มีพารามิเตอร์ ใดๆที่ต้องตั้งค่า

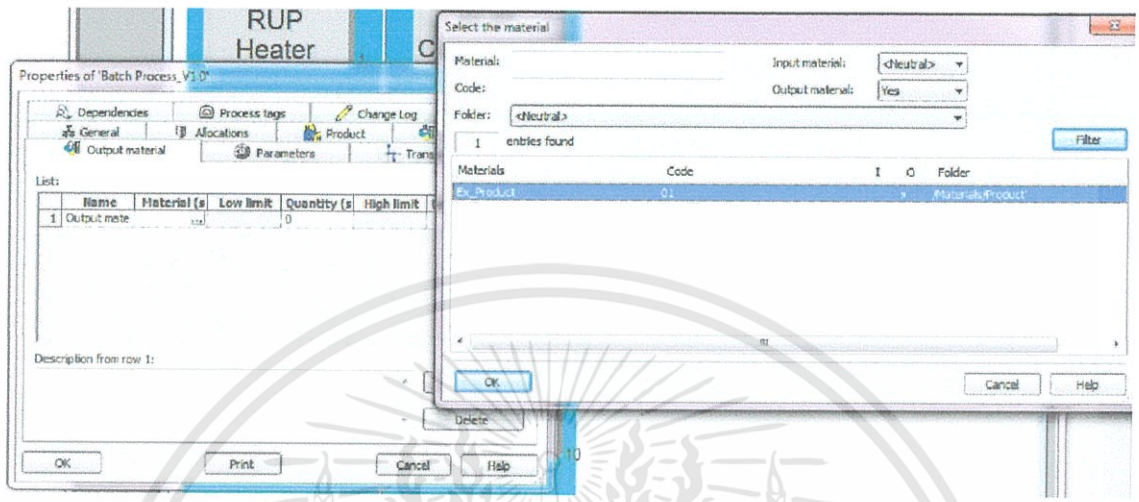
หลังจากทำการกำหนดเฟสการทำงานของแต่ละ ROP เสร็จสิ้นแล้วในส่วนสุดท้ายคือกำหนดคุณสมบัติของ Recipes ที่สร้างดังนี้



รูปที่3.64การกำหนดคุณสมบัติของ Recipes

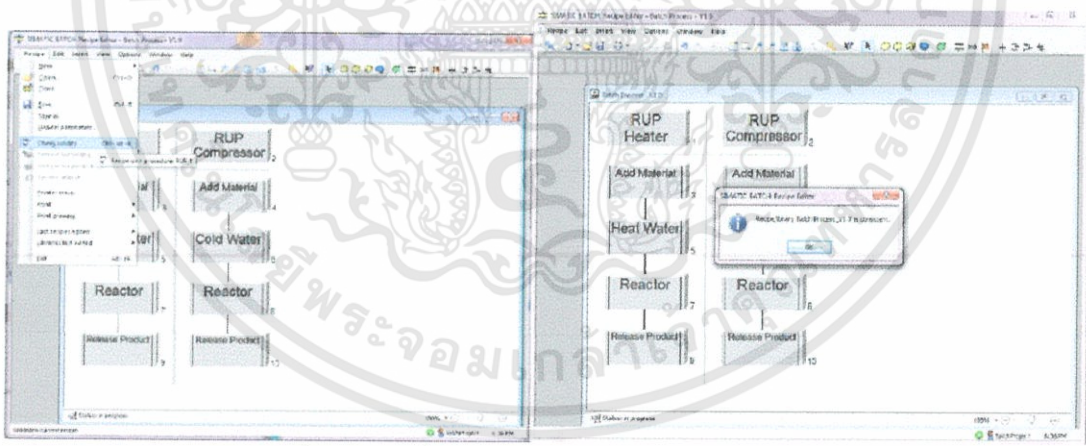
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ช่อง Product เลือกพารามิเตอร์ Product ที่เคยสร้างไว้ในโปรแกรม Batch Control Center กำหนดปริมาณอ้างอิง กำหนดปริมาณต่ำสุดและสูงของการสั่งทำงานในแต่ละชุดของการทำงานและกำหนดส่วนส่งออกโดยเลือกให้ผลิตภัณฑ์เป็นส่วนนำออกของกระบวนการ



รูปที่ 3.65 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เลือก Product

หลังจากกำหนดคุณสมบัติของ Recipes เรียบร้อยแล้วขั้นตอนสุดท้ายคือตรวจสอบความสมบูรณ์ของ Recipes หาก Recipes ถูกต้องสมบรูณ์ตามที่ได้สร้างไว้ ก็พร้อมที่จะใช้งานในการควบคุมกระบวนการแล้ว



รูปที่ 3.66 คำสั่งตรวจสอบวามสมบรูณ์ของ Recipes

สิ้นสุดการออกแบบในส่วนของการสร้าง Recipes ซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในกระบวนการแบบกลุ่มเพราะหากไม่มีมันแล้วกระบวนการจะไม่สามารถดำเนินงานใดๆได้เลยโดยการออกแบบนั้นต้องเป็นไปตามมาตรของ ISA-S88 และต้องสอดคล้องกับกระบวนที่จะนำไปควบคุมด้วยมิเช่นนั้นอาจเกิดปัญหาได้

สรุปการส่วนการออกแบบโปรแกรมของ SIMATIC BATCH จะเป็นส่วนของการออกแบบจัดการกระบวนงาน และการเก็บค่า ของการควบคุมแบบกลุ่ม โดยมีมาตรฐานของ ISA-S88 มากำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 คำนำ

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลอง และผลการทดลองในการใช้ HART Protocol ในการควบคุมระบบ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการวัดและควบคุมกระบวนการคือ กระบวนการวัดและควบคุมอุณหภูมิ และการควบคุมระบบให้เป็นไปตามโพรซีเยอร์ (Procedure) ตามหลักการของระบบควบคุมแบบกลุ่ม (Batch Control System)

4.2 วิธีการทดลอง

การทดลองการทำงานของระบบสามารถแยกออกได้ 4 ส่วนหลัก ดังนี้

(1) การตั้งค่าซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ก่อนเริ่มใช้งานโปรแกรม PCS7

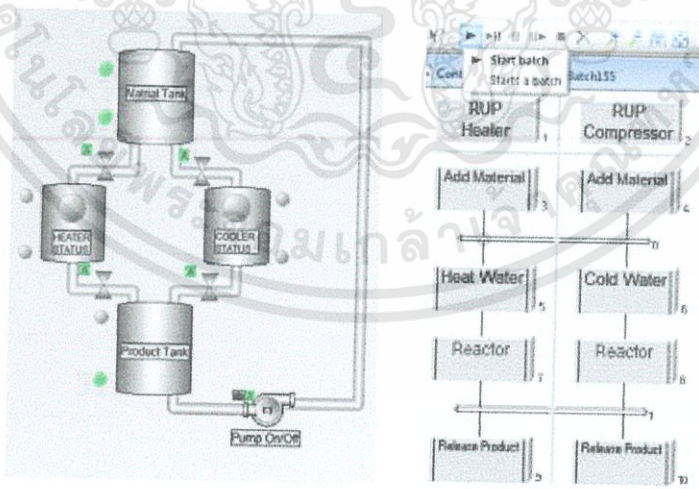
(2) ออกแบบและสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการแบบกลุ่มซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ตรงส่วนดำเนินการด้านซอฟต์แวร์

(3) ออกแบบและสร้างกระบวนการทำงานแบบกลุ่มตามโพรซีเยอร์ที่กำหนดเอาไว้

4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองทั้งหมดจะมีการกำหนดโพรซีเยอร์ของการทำงานของกระบวนการแบบกลุ่มเอาไว้ ซึ่งในการทดลองจะทำตามโพรซีเยอร์ที่วางเอาไว้ ซึ่งได้ทำการตั้งค่าซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เอาไว้แล้ว ซึ่งจะแบ่งผลการทดลองที่ได้ไว้ดังนี้

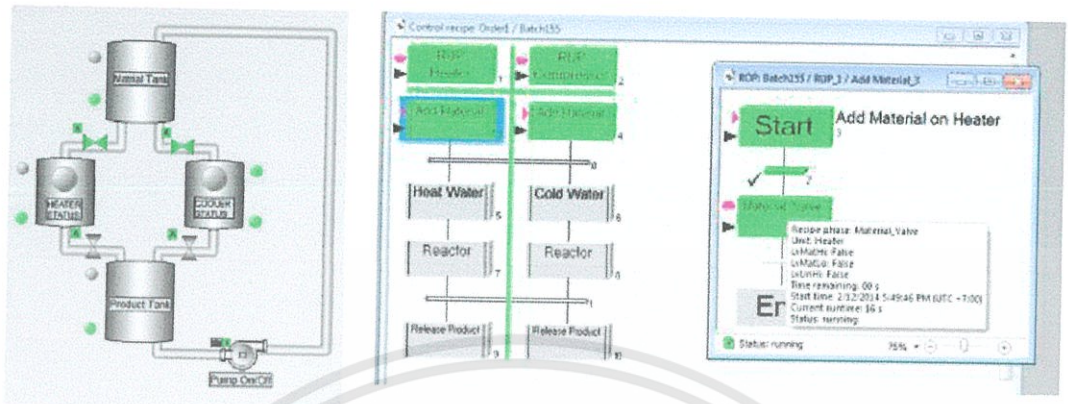
4.3.1 ทดลองการเริ่มต้นกระบวนการ



รูปที่ 4.1 หน้า HMI และโพรซีเยอร์ของการเริ่มต้น

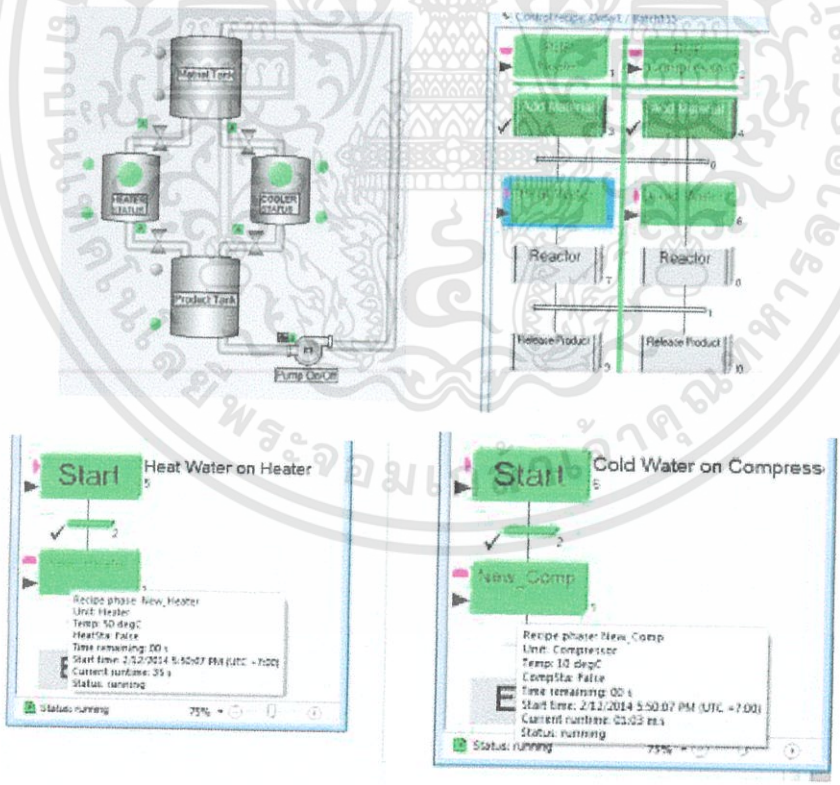
จากรูปที่4.1 เมื่อระดับของน้ำขึ้นมาจนถึงตำแหน่งเลเวลสวิตช์บนของถังมาเทอเรียล สังเกตุว่าไฟเขียวที่หน้า HMI ของถังมาเทอเรียลติดทั้งคู่แสดงว่ามี ของเหลวอยู่เต็มถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หน้า HMI และโพรซีเยอร์ และเฟสการทำงานของวาล์ว

จากรูปที่4.2 เมื่อถังมาเทอเรียลมีระดับน้ำที่เต็มจะทำให้โซลีนอยด์วาล์ววัตถุดิบเปิด จากนั้นน้ำจะไหลไปที่ถังแบตช์ ทั้ง 2 ถัง เมื่อระดับน้ำขึ้นถึงเลเวลสวิทช์บนแล้ว วาล์ววัตถุดิบจะปิดทันที

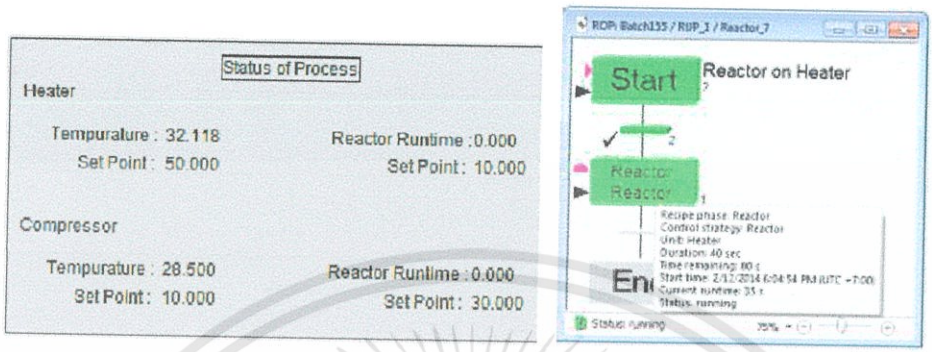


รูปที่ 4.3 หน้า HMI โพรซีเยอร์ เฟสการทำงานฮีตเตอร์และชุดทำ

จากรูปที่ 4.3 เมื่อระดับน้ำในถังแบตช์ถึงเลเวลสวิทช์บนทั้ง 2 ถังแล้ว วาล์ววัตถุดิบจะปิดจากนั้นฮีตเตอร์กับระบบทำความเย็นจะเริ่มทำงานทันที โดยที่ตั้งอุณหภูมิการทำความร้อนไว้ที่ 50

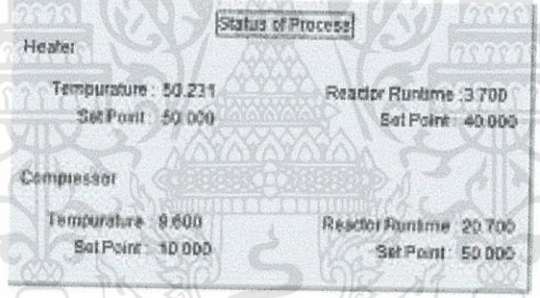
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส และความเย็นไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส และหลังจากที่อุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดแล้ว ฮีตเตอร์กับชุดทำความเย็นจะหยุดการทำงานและเข้าสู่เฟสของกระบวนการทำปฏิกิริยา (โดยในที่นี้จำลองการทำปฏิกิริยาโดยการจับเวลาแทน) ตามรูปที่4.4



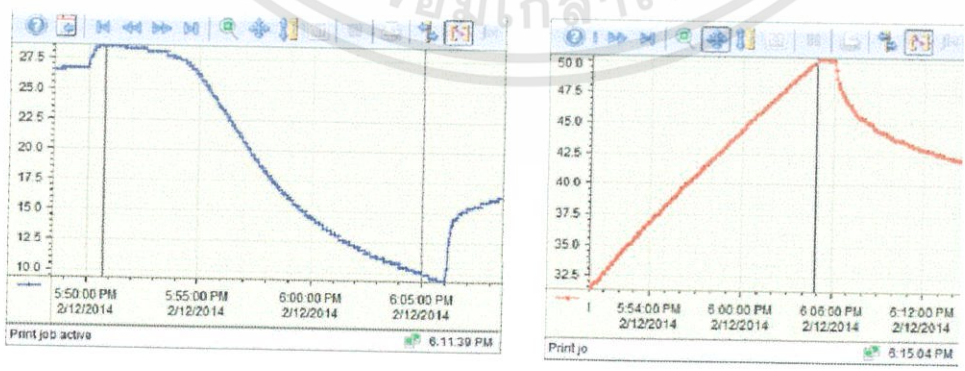
รูปที่ 4.4 ตั้งอุณหภูมิตามค่าที่ต้องการและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ผลที่ได้จากการตั้งอุณหภูมิและอุณหภูมิจริงที่วัดได้แสดงได้ดังรูปที่4.5



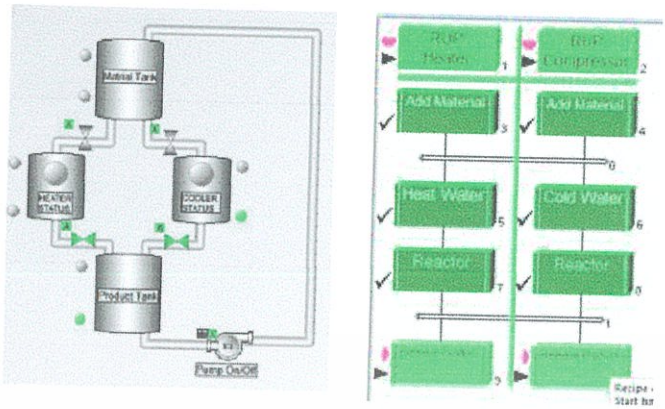
รูปที่ 4.5 อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเข้าสู่อุณหภูมิที่ตั้ง

แสดงกราฟของอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.6



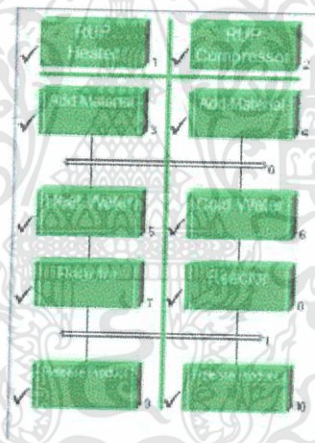
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแนวโน้มอุณหภูมิของฮีตเตอร์กับชุดทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 หน้า HMI โพรซีเยอร์ และเฟสการทำงานเมื่อได้ผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.7 เป็นการปล่อยผลิตภัณฑ์ที่เสร็จสิ้นกระบวนการแล้วเข้ามาเก็บไว้ในถังเก็บผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นการทำปฏิกิริยาของถังแบตช์ทั้งสองถัง โซลินอยล์วาล์วผลิตภัณฑ์จะเปิดออกทันที เมื่อเลเวลของน้ำในถังผลิตภัณฑ์ถึงเลเวลสวิทช์บน โซลินอยด์วาล์วผลิตภัณฑ์จะปิดทันที เป็นเสร็จสิ้นกระบวนการตามโพรซีเยอร์ ตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการเสร็จสิ้นของกระบวนการแบบกลุ่มตามโพรซีเยอร์

4.4 สรุป

จากการทดลองที่ผ่านมาการตั้งค่าซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ก่อนการเริ่มใช้งานโปรแกรม PCS7 และการออกแบบและสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการแบบกลุ่มนั้นซึ่งได้ยึดหลักตามโพรซีเยอร์ที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งจะเห็นจากผลการทดลองว่าการทำงานของกระบวนการนั้นเป็นไปตามโพรซีเยอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและใช้งานกระบวนการควบคุมแบบกลุ่ม การตั้งค่าอุปกรณ์วัดต่างๆ ตัวอุปกรณ์ควบคุม รวมไปถึงการใช้โปรแกรมควบคุมในส่วนของ CFC และ SFC สำหรับการกำหนดบริบทแนวทางการเชื่อมต่อการควบคุมแต่ละส่วนของอุปกรณ์ให้สัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องในการทำงาน และกำหนดลำดับขั้นตอนในการควบคุมจากวัตถุดิบ อันนำไปสู่กระบวนการผลิตที่มีหน้าที่แยกได้หลากหลายองค์ประกอบ จนจบสิ้นที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกกำหนดรูปแบบโครงสร้ามตาม Recipe ที่ได้ออกแบบว่าควรให้ระบบนี้ทำการอะไรบ้างอย่างมีหน้าที่เฉพาะหลายๆหน้าที่ในระบบจนนำไปสู่จุดหมายของผลิตภัณฑ์ที่ได้กำหนดไว้แล้วซึ่งการศึกษานี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของทฤษฎีที่เกี่ยวกับมาตรฐานของ ISA-88 ซึ่งได้กำหนดวิธีการควบคุมชนิดกลุ่มไว้ว่า จะผลิตองค์ประกอบใดๆจากวัตถุดิบ เวลา และองค์ประกอบอื่นๆที่จำกัด ให้สามารถตอบสนองต่อการผลิตได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถปรับปรุงเพิ่มเติมระบบให้สามารถทำหน้าที่ได้หลากหลายขึ้น โดยใช้แค่เพียงขีดจำกัดแห่งวัตถุดิบ เวลา และสภาพแวดล้อมที่ระบบสามารถตอบสนองการทำงานได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด

ในส่วนของการทดลองนี้ ได้ทำการทดลองโดยการนำวัตถุดิบสมมติ คือ น้ำ ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจกระบวนการทำงานของระบบควบคุมแบบกลุ่ม เบื้องต้นทำการศึกษาวิธีควบคุมให้เป็นไปตาม Procedure โดยผ่านการควบคุมจาก Recipe ที่นำไปสู่การสั่งให้ระบบผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบ เงื่อนไขต่างๆ ให้เป็นไปตามขั้นตอนการผลิต เสมือนกับอุตสาหกรรมการผลิตยา อาหาร ฯลฯ ที่มีสูตรในการผลิตที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวแตกต่างกันไป และการแบ่งหน้าที่เฉพาะในระหว่างกระบวนการผลิตแบบแยกกันทำคนละส่วน เพื่อจุดหมายเดียวกันคือการได้ผลผลิตหนึ่ง ที่มาจากการผลิตจากหลายหน่วยการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมายเดียวกันได้

5.2 วิเคราะห์ปัญหาและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์การวัดและเตรื่องมือต่างๆ ในเชิงอุตสาหกรรมนั้นมีความยุ่งยากและซับซ้อนอย่างเช่น การตั้งค่าอุปกรณ์อุปกรณ์การวัดและตัวควบคุม การใช้งานโปรแกรม PCS7 การตั้งค่าคอนฟิกของตัวฮาร์ดแวร์ให้มีความสัมพันธ์กับตัวฮาร์ดแวร์ ตลอดจนการออกแบบวิธีการควบคุมและการออกแบบโพร์ซีเยอร์ของระบบควบคุมแบบกลุ่ม เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ ผู้ออกแบบจำเป็นตั้งค่าพารามิเตอร์ให้มีความเหมาะสมกับระบบ เพื่อให้ได้ผลการตอบสนองที่ดีและมีประสิทธิภาพจำเป็นจะต้องใช้ผู้ออกแบบที่มีความชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

C.de Prada, I. Grossman, D.sarabia, S.Cristea, **A strategy for predictive control of a mixed continuous batch process**, Mellon University, Pittsburgh, , United States of America, 2009,Journal of Process Control, Elsevier by ScienceDirect.com.

William M. Hawkins & Thomas G. Fisher, **Batch Control Systems Design**, Application and Implementation, 2nd Edition.

SIMATIC Process Control Systems PCS7, **SIMATIC BATCH v8.0 Getting Started**, SIEMENS Corporation, Germany.

Batch Control Part1: Models and Terminology, ANSI/ISA 88.00.01-1995, ISA Standard Committee.

Randy Dwiggins, **ISA-88 Batch Control: Standard Summary and Update** ISA Tarheel Capital,SEP 21,2010, ISA Standard Committee.

ระบบควบคุมแบบพีไอดี,วิกิพีเดียประเทศไทย สารานุกรมออนไลน์เสรี
http://th.wikipedia.org/ระบบควบคุมแบบพีไอดี

J. Weigmann, G. Kilian: **Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1**, ISBN 978-3-89578-218-3

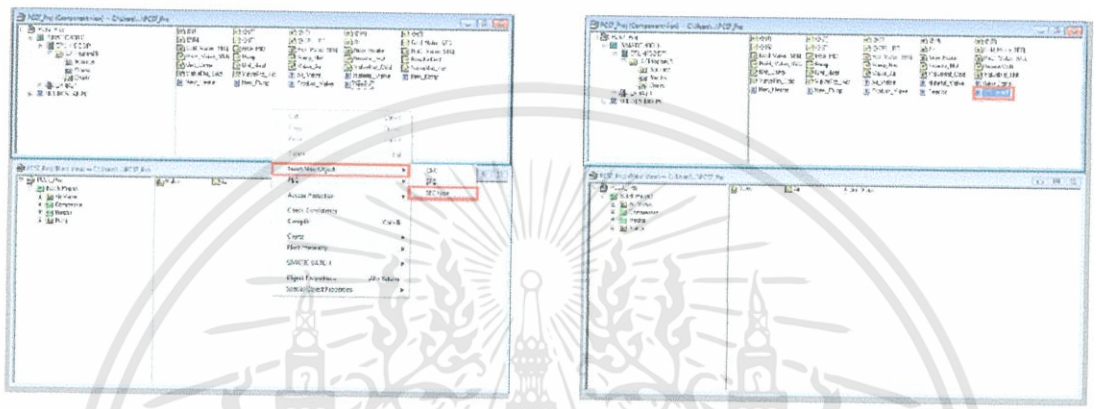
HART,Analog Services, Inc.
http://www.analogservices.com/about_part0.htm

Highway Addressible Remote Transducer Protocols(HART Protocol), Wikipedia English by Translation to Thai Language.
http://en.wikipedia.org/wiki/Highway_Addressable_Remote_Transducer_Protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

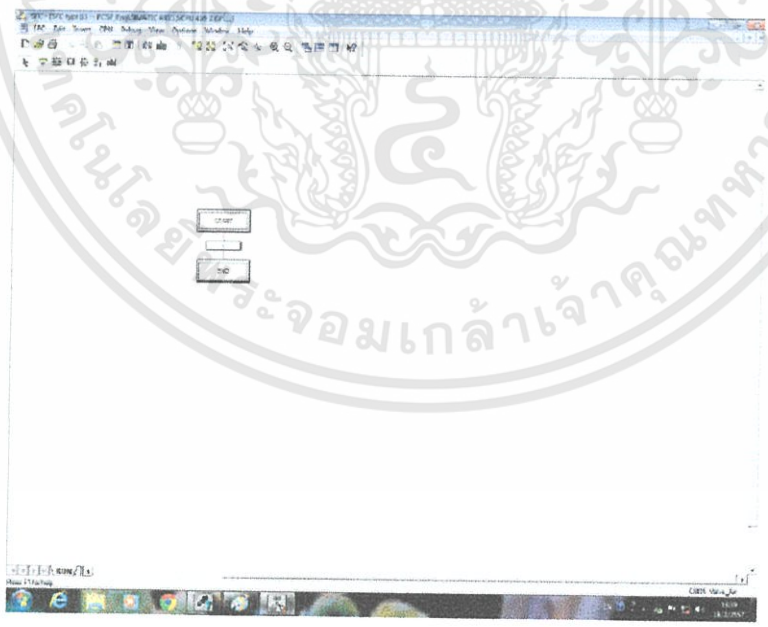
ภาคผนวก
การใช้โปรแกรม SFC

ในกระบวนการแบบกลุ่มนี้จะใช้โปรแกรม SFC เป็นส่วนประกอบหลักของการควบคุมอุปกรณ์โดยในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงวิธีการใช้โปรแกรม SFC พอสังเขป



รูปที่ ก.1 หน้าต่างโปรแกรม PCS 7 สำหรับเปิดต่อไปยัง SFC

ที่หน้าต่างของโปรแกรม PCS7 ในส่วนย่อยของชาร์ท ทำการสร้างอ็อบเจกต์ใหม่เป็น SFC Type เมื่อทำการคลิกเข้าไปในโปรแกรม SFC Type ที่ได้สร้างขึ้นจะเข้าสู่โปรแกรม SFC เพื่อออกแบบการทำงานของมัน

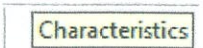


รูปที่ ก.2 ส่วนที่สร้าง Sequential โดยใช้โปรแกรม SFC

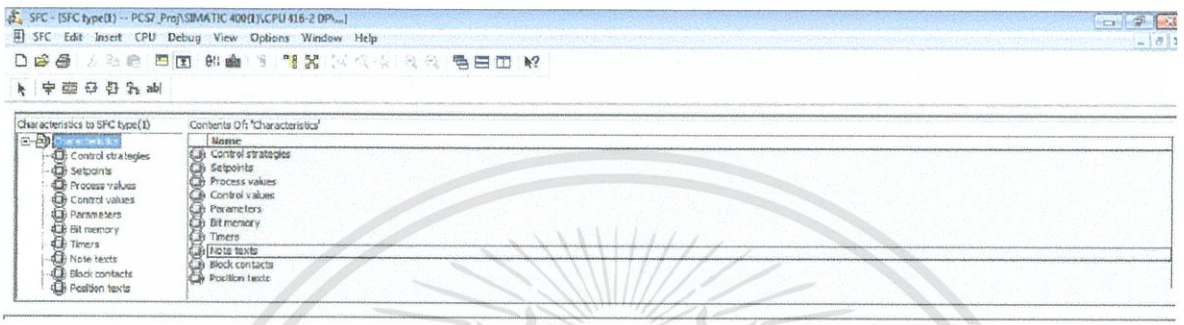
ในโปรแกรม SFC นี้จะมีเครื่องมือที่จะใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุมที่แทบเครื่องมือของโปรแกรมจะสามารพแบ่งเป็น 2 ประเภทได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 ส่วนกำหนดค่าพื้นฐานและส่วนเลือกใช้

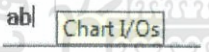
ก.1.1) 

เป็นเครื่องมือใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของโปรแกรมที่สร้าง โดยจะเป็นส่วนที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆที่จะใช้ในกระบวนการของอุปกรณ์นั้นๆ

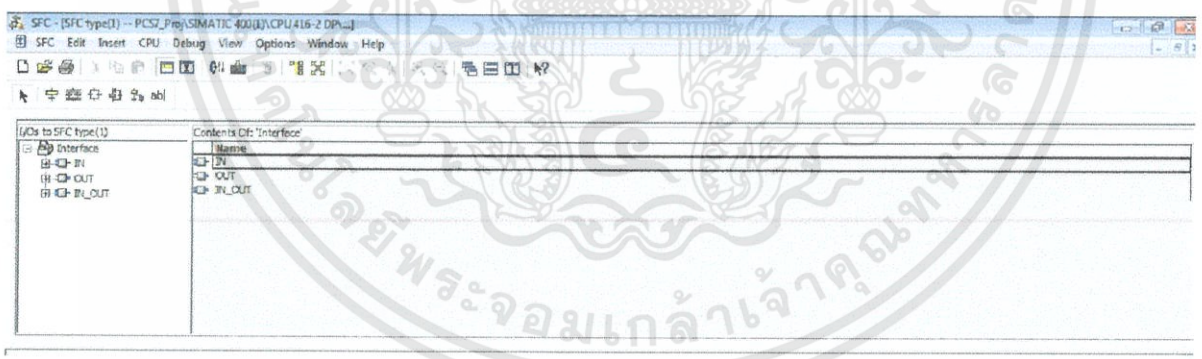


รูปที่ ก.3 หน้าต่างโปรแกรม PCS 7 รายละเอียดค่า SFC

ซึ่งการเลือกส่วนย่อยของเครื่องมือนี้นั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการที่จะนำไปควบคุม

ก.1.2) 

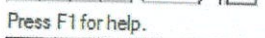
เป็นเครื่องมือที่จะชุดของพารามิเตอร์ส่วนนำเข้า และ นำออก ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในโปรแกรมที่จะสร้างและส่วนเพิ่มเติมหากมีการกำหนดคุณลักษณะมาก่อน



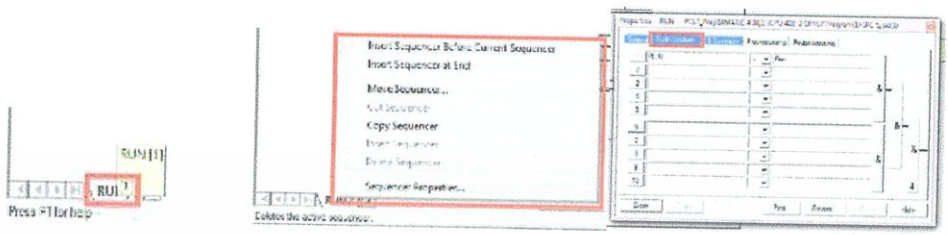
รูปที่ ก.4หน้าต่างโปรแกรม PCS 7 ในส่วนลอจิกเกต

ในการเลือกใช้พารามิเตอร์ต่างๆก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบกระบวนการและส่วนประกอบต่างๆที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.3) 

จะเป็นส่วนของกำหนดคุณสมบัติของโปรแกรมในหน้าต่างนี้ ว่าต้องการให้มีเงื่อนไขการทำงานอย่างไรและสร้างโปรแกรมในการทำงานส่วนอื่นได้ด้วย

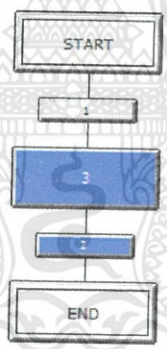


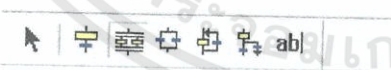
รูปที่ ก.5 การกำหนดลอจิกในการทำงานตามคุณสมบัติเงื่อนไข

การจะกำหนดเงื่อนไขก่อนการเริ่มโปรแกรมนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของการทำงานของกระบวนการว่าที่ได้ออกแบบไปจะเป็นอย่างไร

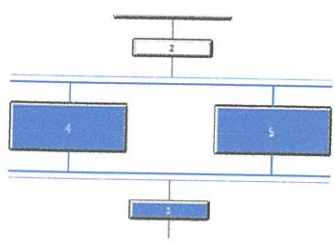
ก.2 ส่วนออกแบบลำดับการทำงาน

ก.2.1) เป็นการสร้างลำดับขั้นของการทำงาน

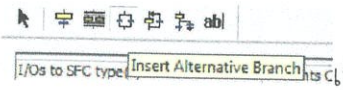




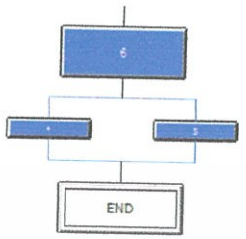
ก.2.2) เป็นการแยกการทำงานออกเป็น 2 ทางทำงานพร้อมกันโดยเมื่อการดำเนินงานมาถึงลำดับนี้ จำเป็นต้องรอให้การทำงานทั้ง 2 ทางเสร็จสิ้นทั้งคู่ถึงจะไปยังลำดับถัดไปได้

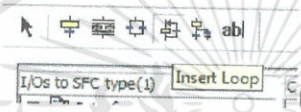


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

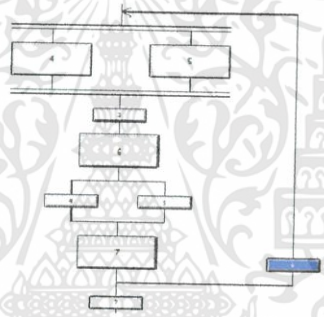
ก.2.3) 

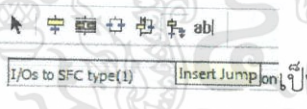
เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการดำเนินงานของกระบวนการเมื่อมาถึงลำดับนี้หากตรงกับเงื่อนไขใดก็ให้ทำงานในเงื่อนไข



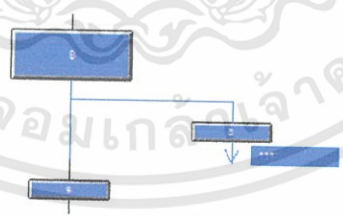
ก.2.3.1) 

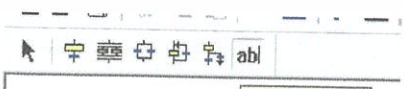
เป็นการสร้างเงื่อนไขย้อนกลับ



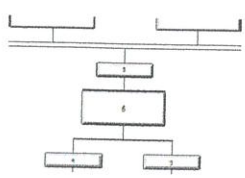
ก.2.3.2) 

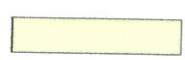
เป็นการสร้างเงื่อนไขลัดไปยังจุดอื่น



ก.2.3.3) 

สร้างกล่องข้อความเพื่ออธิบายต่างๆ

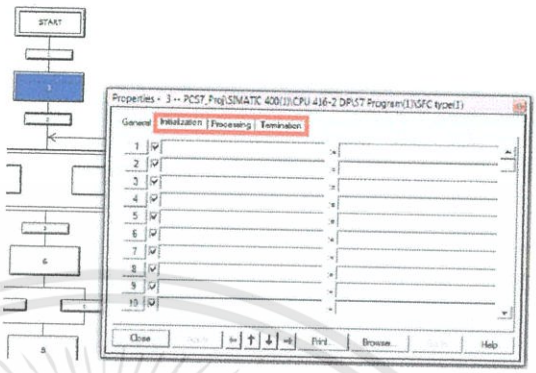




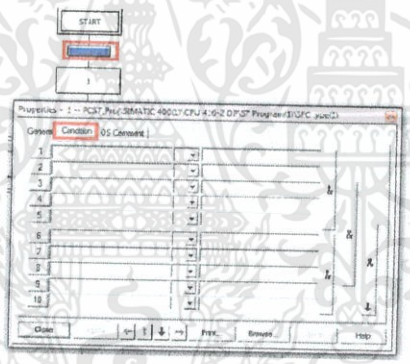
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยลักษณะของการทำงานนั้น

1. สี่เหลี่ยมใหญ่จะเป็นการสั่งการทำงานเมื่อการดำเนินงานมาถึงลำดับนี้



2. สี่เหลี่ยมเล็กจะเป็นเงื่อนไขกำหนด เมื่อการดำเนินงานมาถึงลำดับนี้ หากเงื่อนไขไม่ตรงตามที่วางไว้จะไม่สามารถไปยังลำดับต่อไปได้



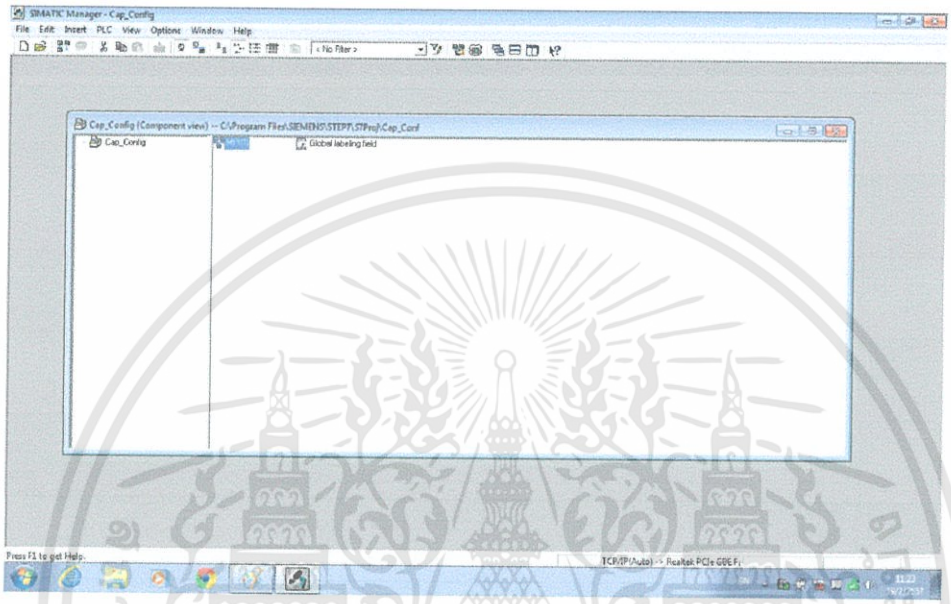
จากที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นในการนำไปใช้งานจริงในการออกแบบโปรแกรมได้กล่าวไว้แล้วในส่วนดำเนินงานทางด้านซอฟแวร์ซึ่งสามารถกลับไปศึกษาเพิ่มเติมหรือเอกสารอ้างอิงที่ให้ไว้ในส่วนของบรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

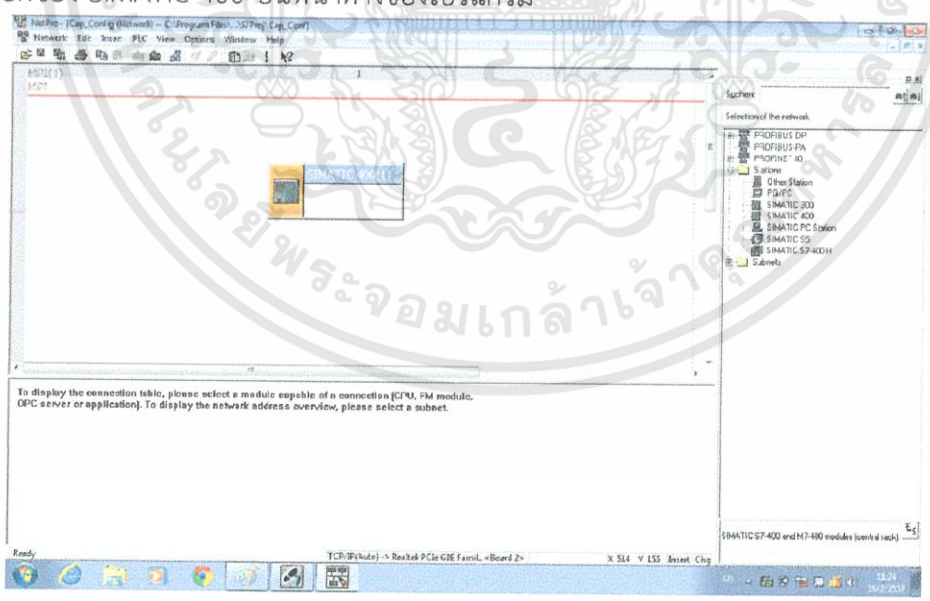
ก.3 คอนฟิกส่วนระบบอัตโนมัติ (Automation Station)

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายการคอนฟิกของตัวควบคุม S7-400 ซึ่งเป็นส่วนระบบอัตโนมัติ บนโปรแกรม PCS7 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดโปรแกรม PCS7 ที่หน้าต่างเลือกไอคอน MPI เพื่อเข้าไปในส่วนของ NetPro



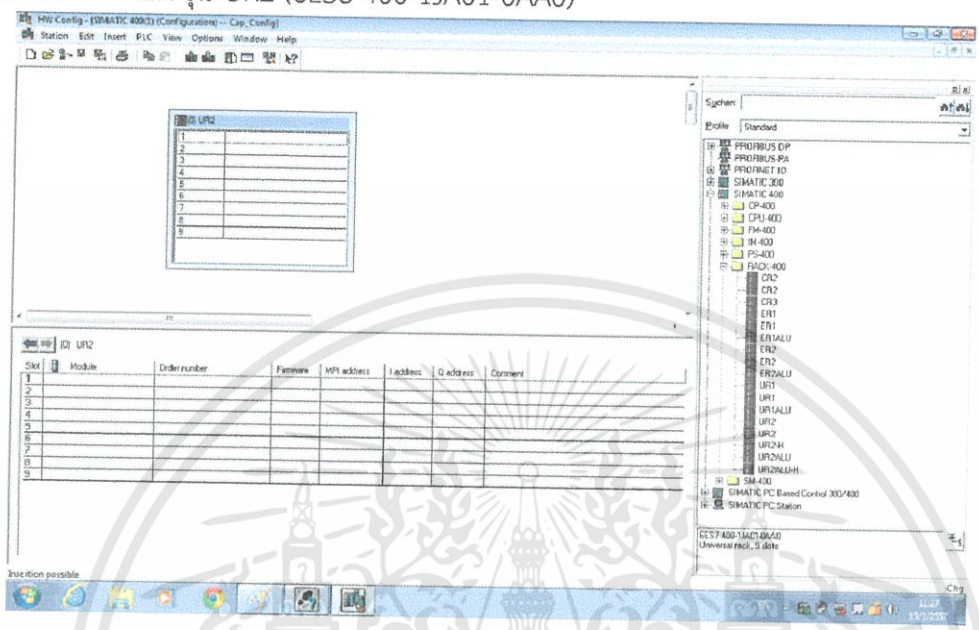
2. ที่ Netpro ในส่วนของสารบัญแฟ้มด้านขวาเลือกในส่วน Stations รุ่น SIMATIC 400 จะปรากฏบล๊อคของ SIMATIC 400 บนหน้าต่างของโปรแกรม



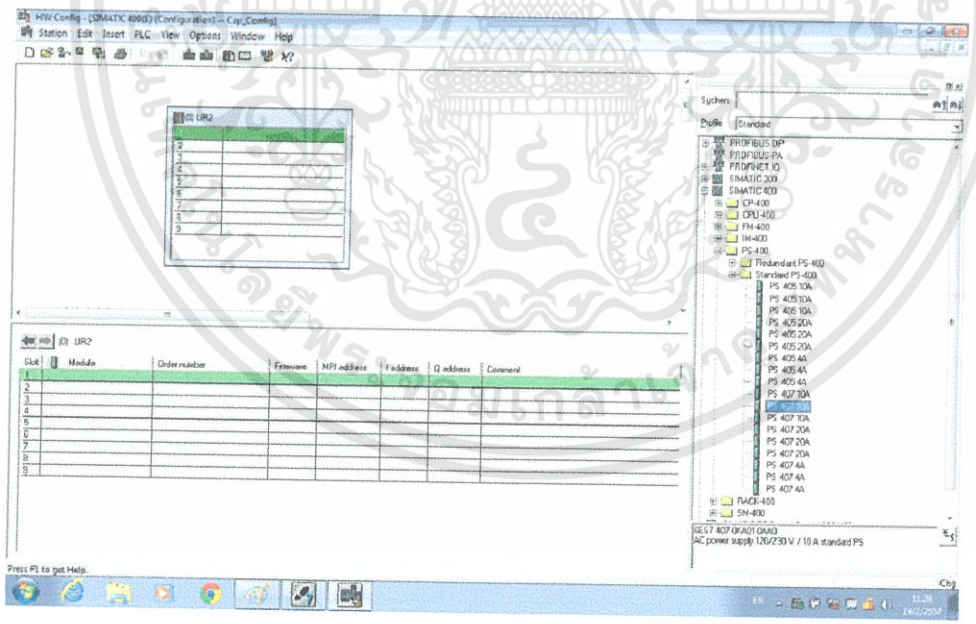
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คลิกที่ SIMATIC 400 เพื่อจะเข้าสู่ส่วน HW Config โดยจะมีสารบัญแฟ้มทางด้านขวาให้เลือกใช้ในการคอนฟิกให้ตรงกับอุปกรณ์จริงที่มี

3.1 เลือก RACK รุ่น UR2 (6ES8 400-1JA01-0AA0)

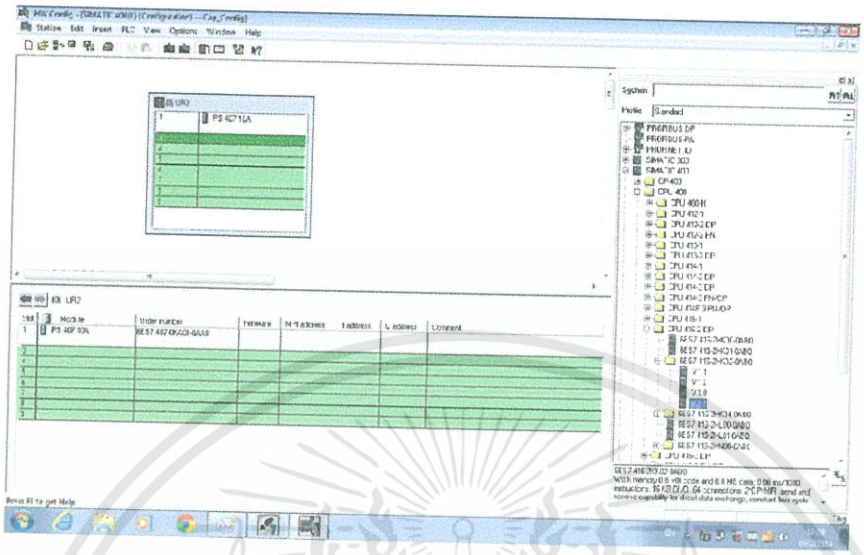


3.2 เลือก PS-400 ส่วนย่อย Standard PS-400 เลือก PS 407 10A (6ES7 400-0KA01-0AA0) เลือกวางที่ช่องแรกของ RACK

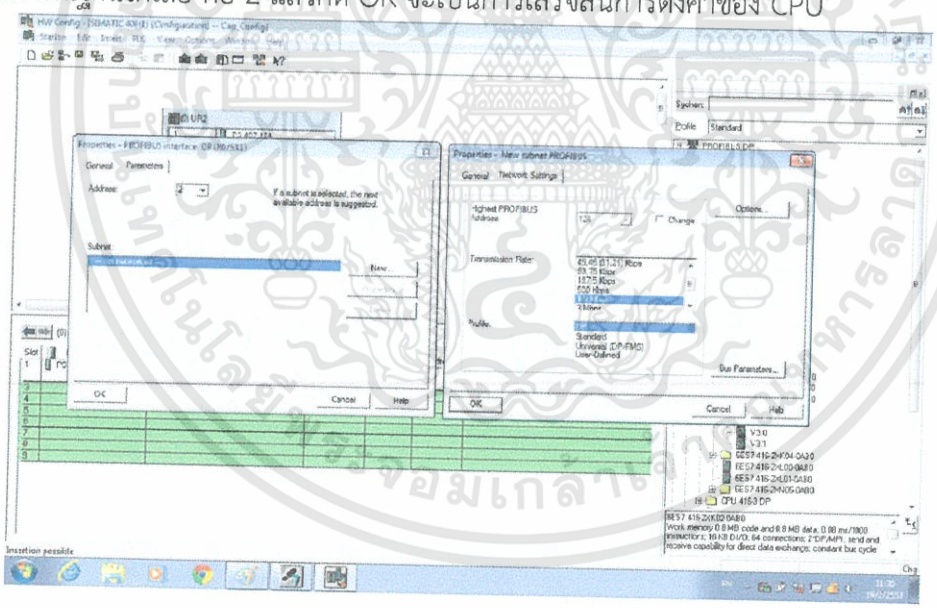


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เลือก SIMATIC 400 ส่วนย่อย CPU 416-2 DP เลือก 6ES7 416-2XK02-0AB0 (V.3.1) ใส่ในช่องที่ 3 ของ RACK

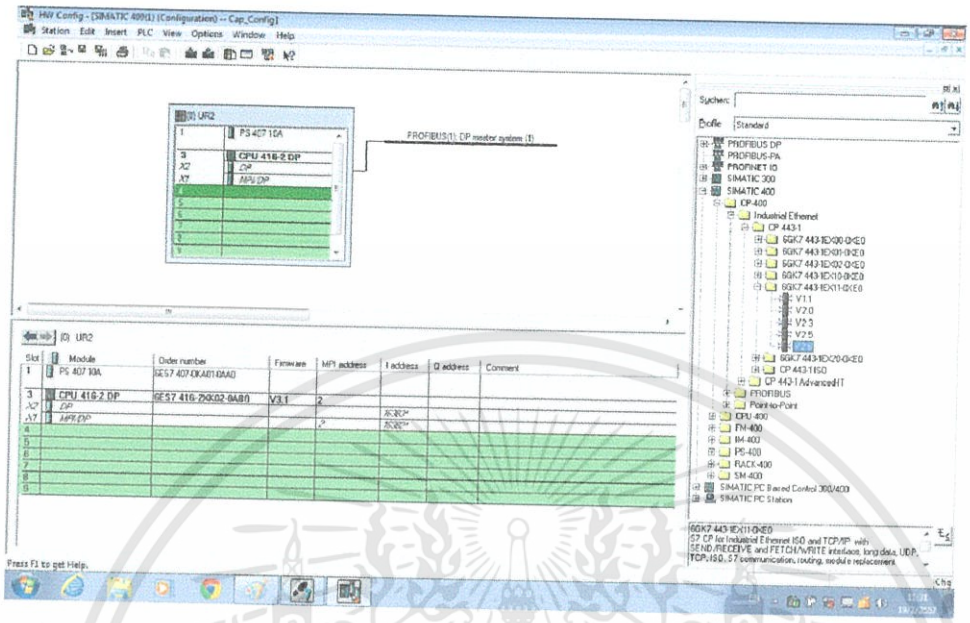


3.4 เมื่อทำการเลือก CPU แล้วจะมีให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของ PROFIBUS Interface โดยทำการสร้าง Subnet ใหม่แล้วเลือก Transmission Rate เป็น 1.5 Mbps และ Profile เป็น DP แล้วกด OK ในส่วน Address ใช่ค่าพื้นฐานได้เลย คือ 2 แล้วกด OK จะเป็นการเสร็จสิ้นการตั้งค่าของ CPU

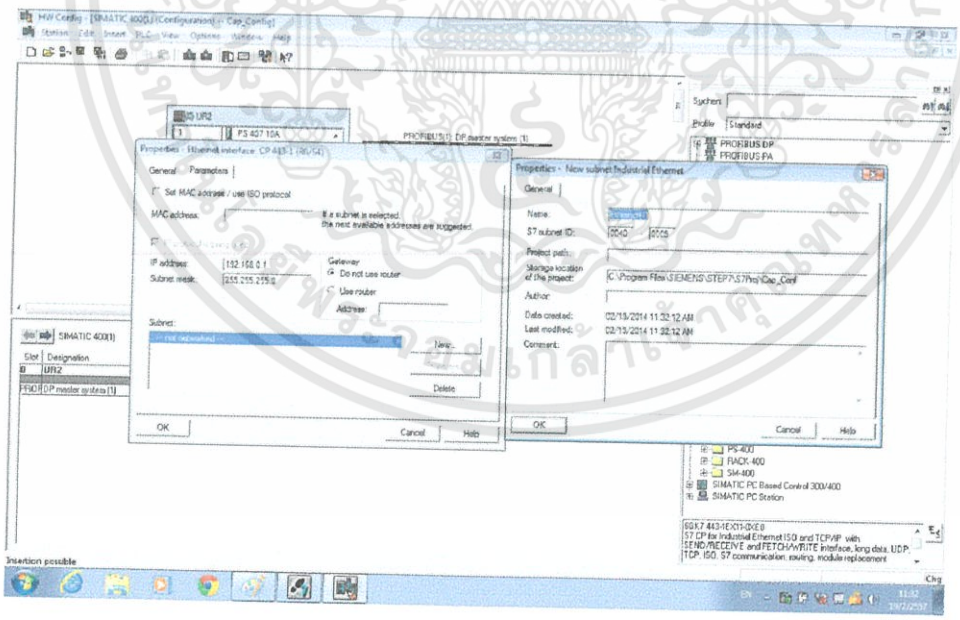


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เลือก CP-400 ในส่วนย่อย Industrial Ethernet ส่วน CP433-1 เลือก 6GK7 443-1EX11-0XE0 (V. 2.6)

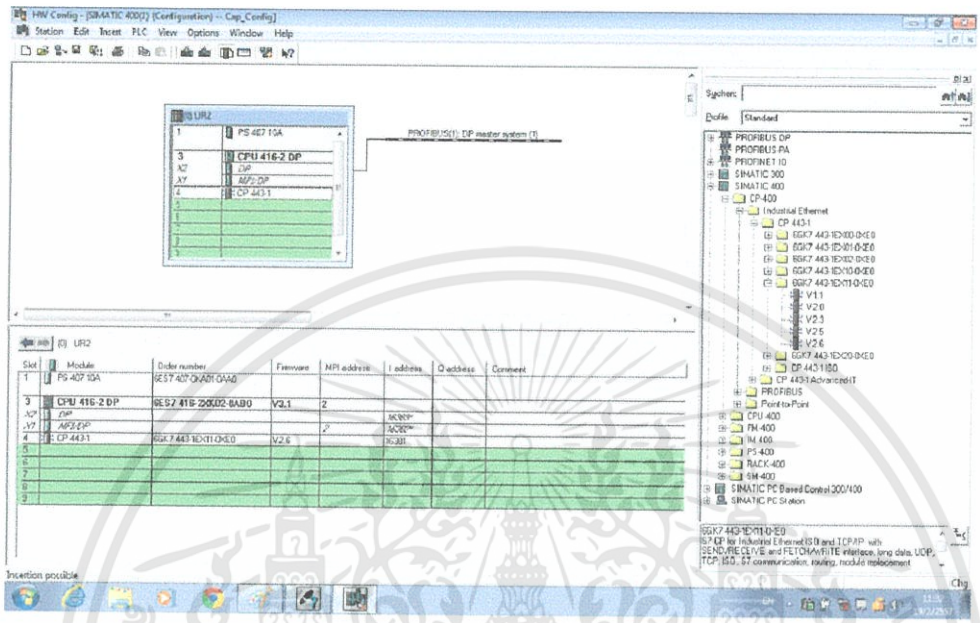


3.6 เมื่อทำการเลือก Industrial Ethernet จะมีให้ตั้งค่า IP Address โดยสามารถใช่ค่าเริ่มต้นของโปรแกรมได้เลย ในส่วน MAC Address ให้ใส่ของตัวโมดูล 443 สามารถดูได้ที่ตัวอุปกรณ์จริงได้เลยและทำการสร้าง Subnet ใหม่แล้วกด OK

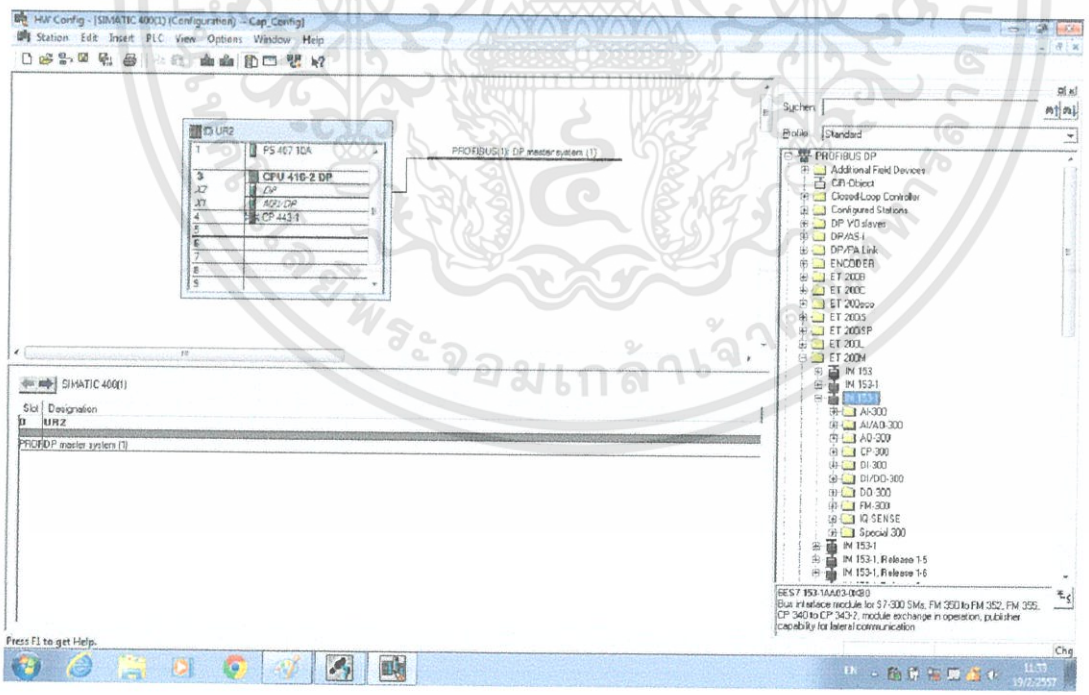


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเสร็จขั้นตอนทั้งหมดข้างต้นจะเป็นการคอนฟิกพื้นฐานของตัวควบคุม S7-400 โดยในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคอนฟิกในส่วนของโมดูล I/O โดยเป็นแบบ REMOTE เพราะตัวอุปกรณ์ไม่ได้เป็นโมดูลเดียวกับตัวควบคุม โดยจะเชื่อมต่อกันผ่าน PROFIBUS Protocol

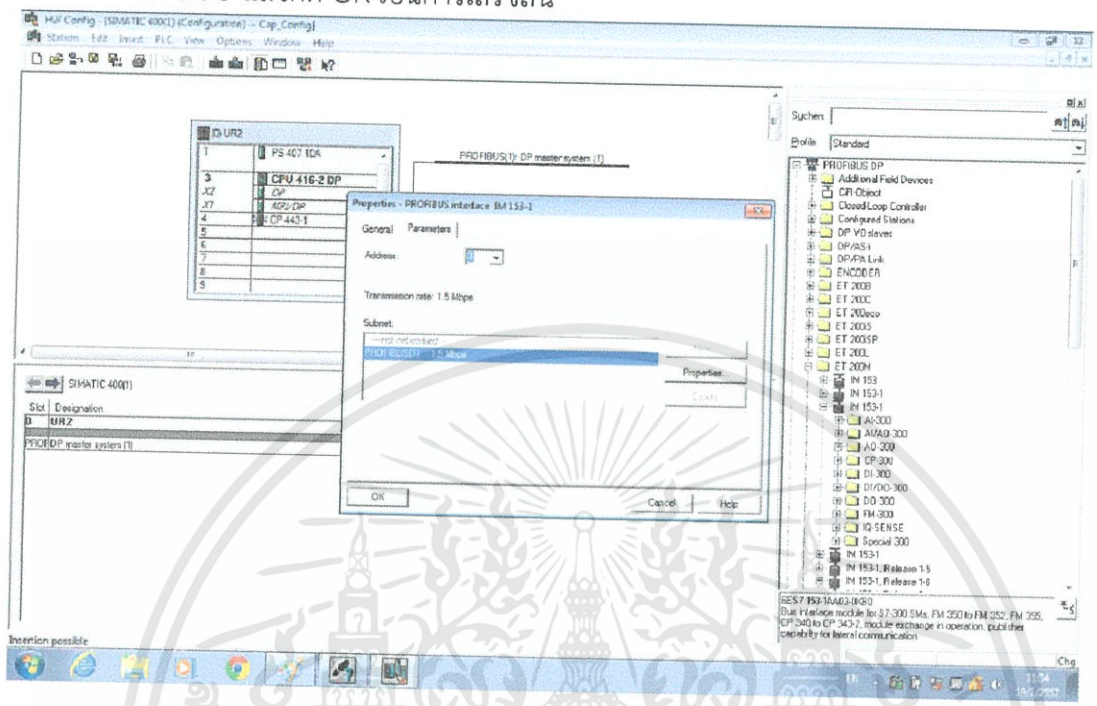


4. คลิกที่เส้นของ PROFIBUS (1) DP master system (1) แล้วที่สารบัญแฟ้มเลือกที่ PROFIBUS-DP ส่วนย่อย ET 200M เลือก IM 153-1

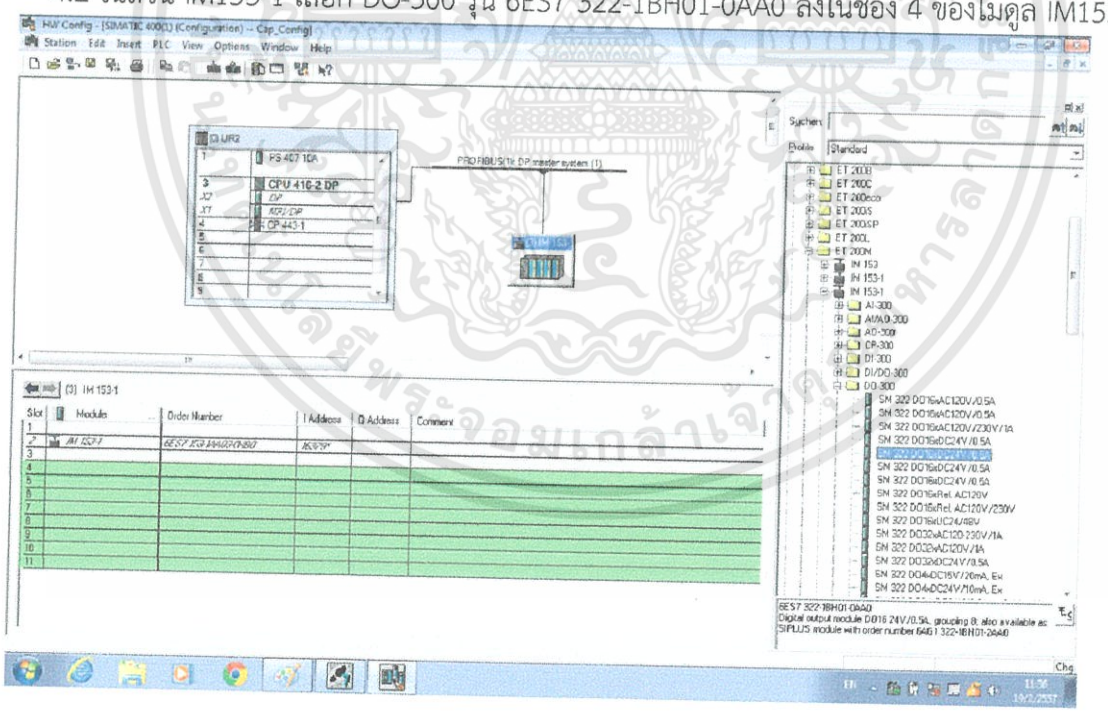


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 เมื่อเลือก IM 153-1 จะมีหน้าต่างให้ตั้งค่าการเลือกใช้ Subnet เดียวกันกับ CPU แล้วเปลี่ยน Address เป็น 3 แล้วกด OK เป็นการเสร็จสิ้น

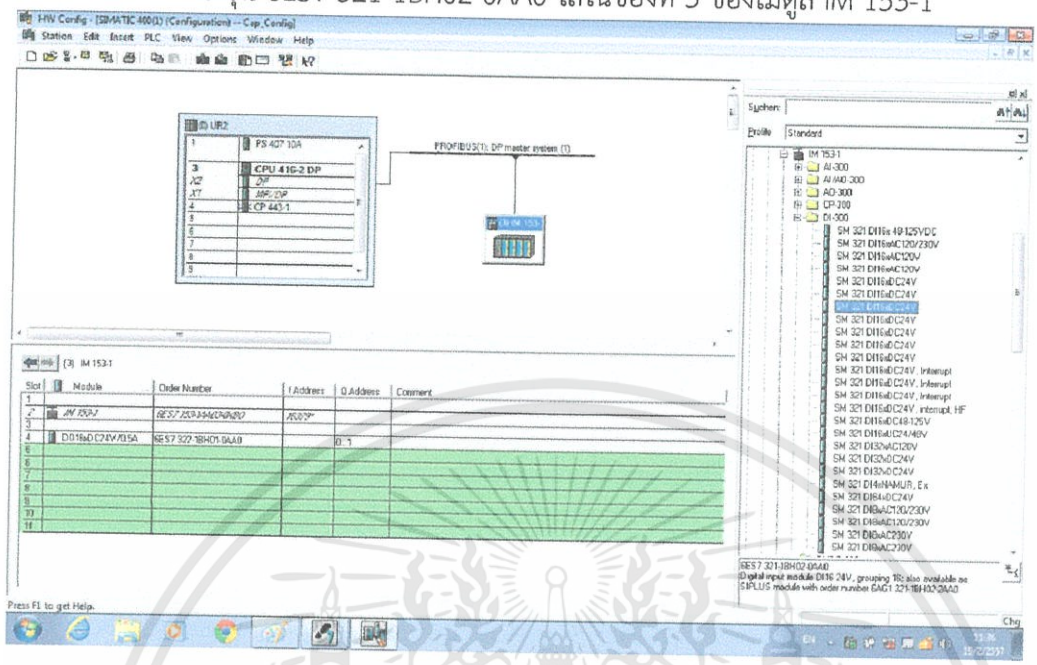


4.2 ในส่วน IM153-1 เลือก DO-300 รุ่น 6ES7 322-1BH01-0AA0 ลงในช่อง 4 ของโมดูล IM153-1

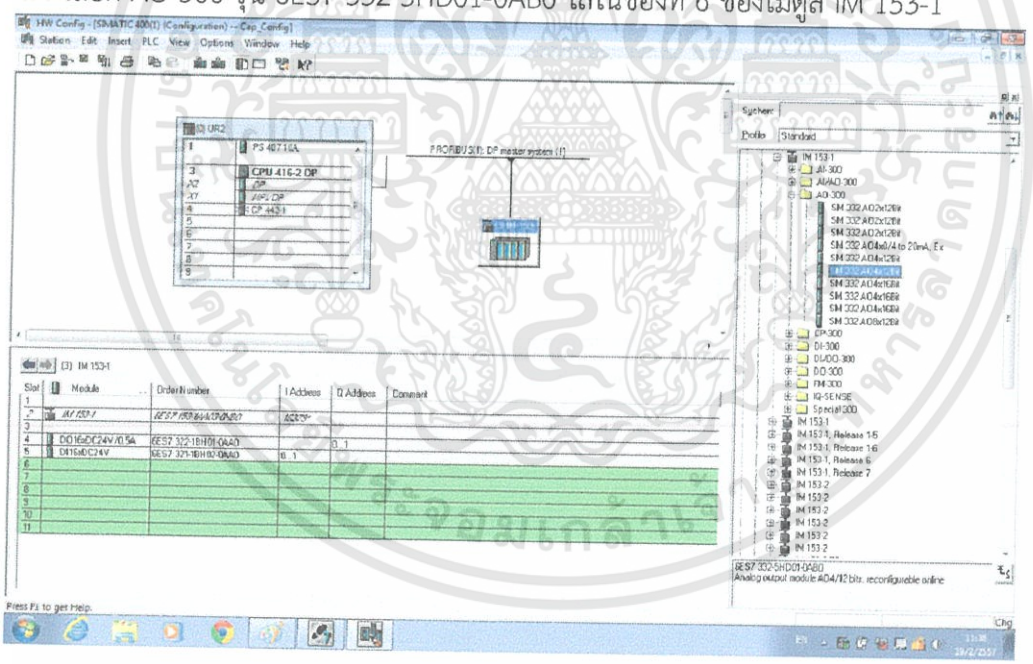


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เลือก DI-300 รุ่น 6ES7 321-1BH02-0AA0 ใส่ในช่องที่ 5 ของโมดูล IM 153-1

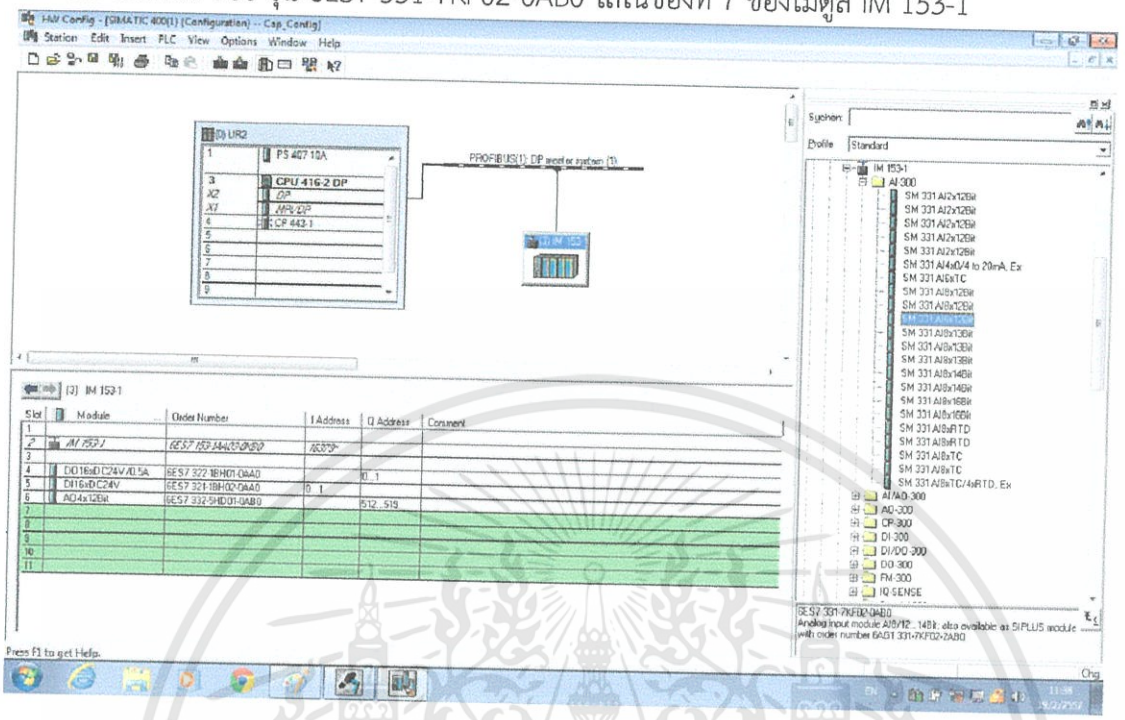


4.4 เลือก AO-300 รุ่น 6ES7 332-5HD01-0AB0 ใส่ในช่องที่ 6 ของโมดูล IM 153-1

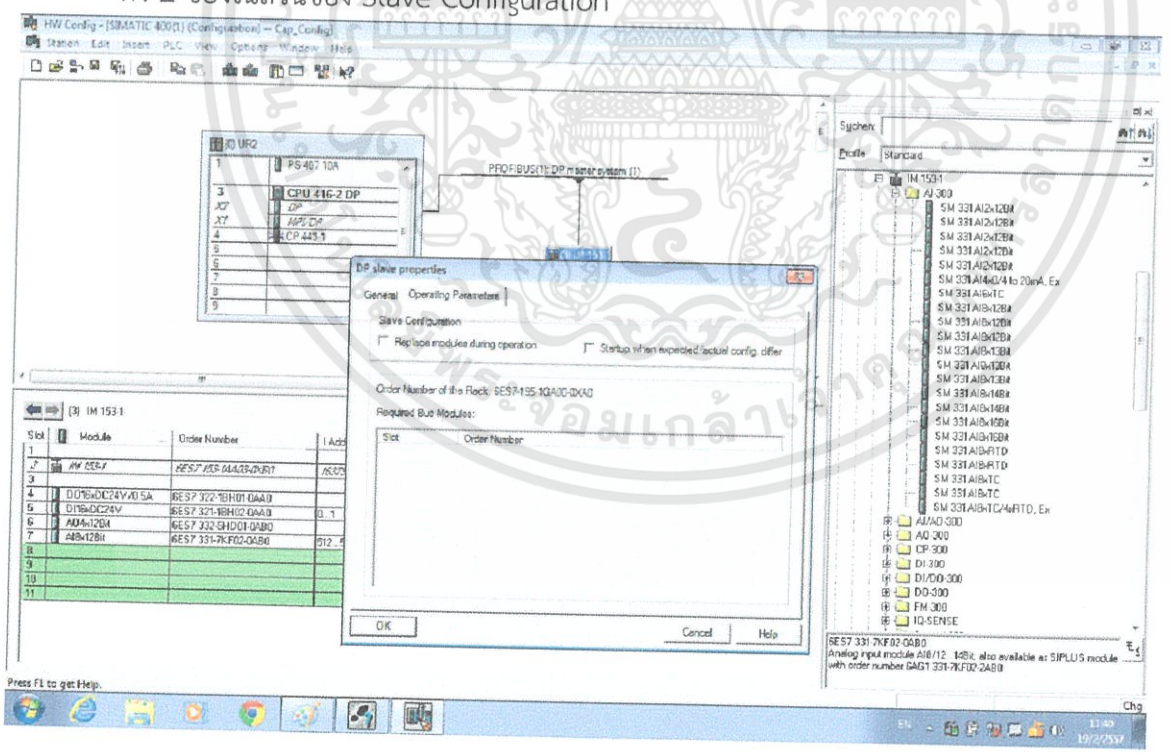


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 เลือก AI-300 รุ่น 6ES7 331-7KF02-0AB0 ใส่ในช่องที่ 7 ของโมดูล IM 153-1



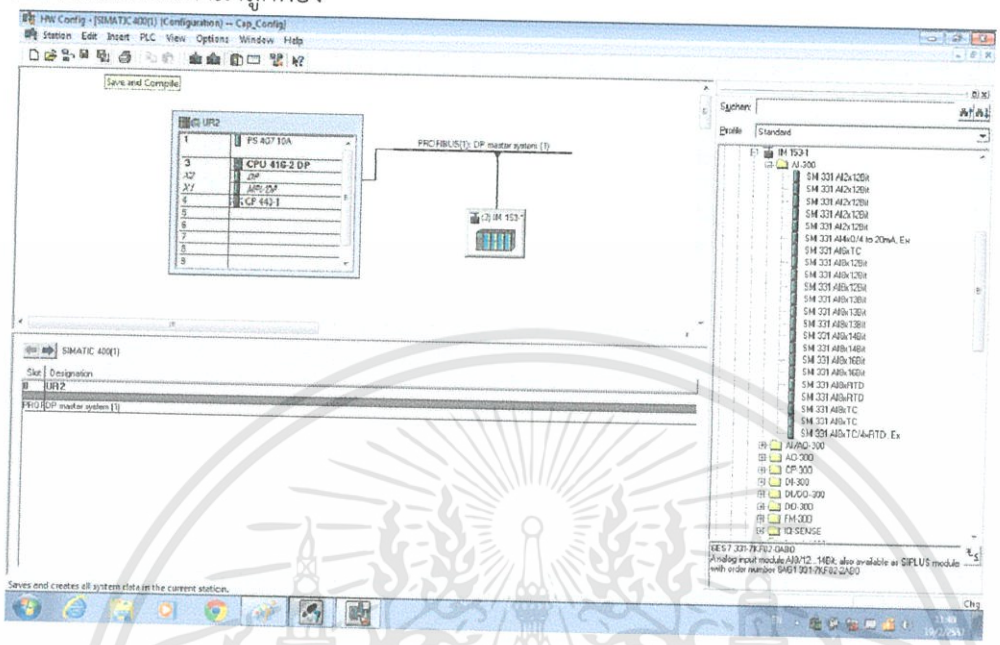
4.6 เลือกที่บล็อกของ IM 153-1 เลือกที่ Operating Parameters เอาเครื่องหมายถูกออกจากช่องทั้ง 2 ช่องในส่วนของ Slave Configuration



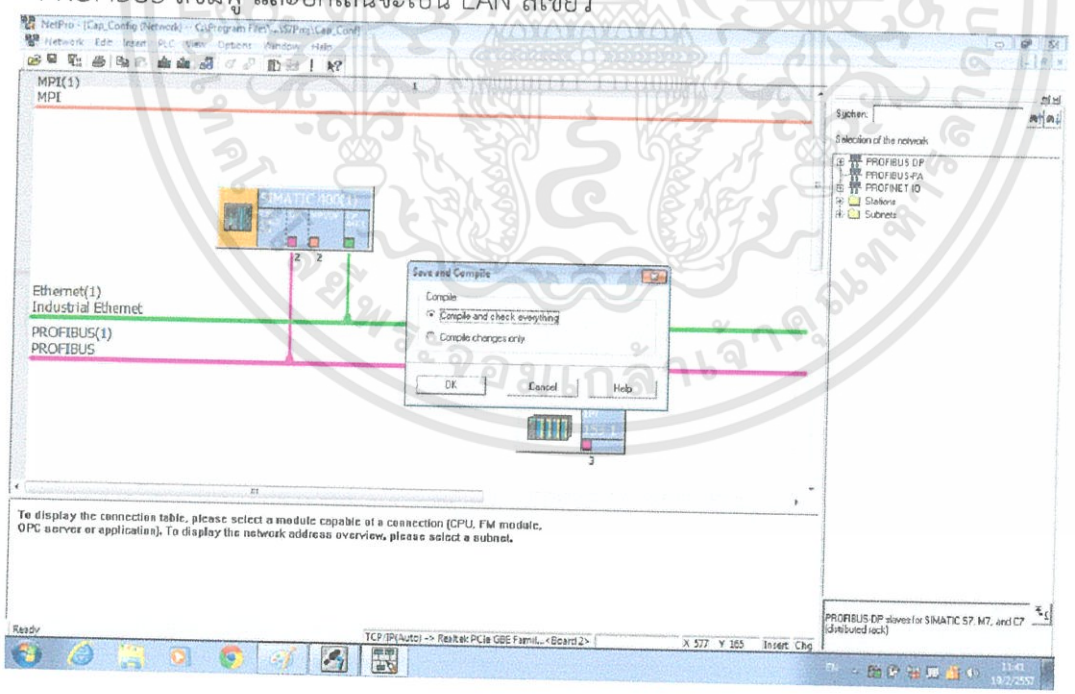
หมายเหตุ :หากไม่ทำในขั้นตอนนี้จะไม่สามารถ Download คอนฟิกลงส่วนอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อทำการคอนฟิกเสร็จตามข้างต้นขั้นตอนสุดท้ายทำการคอมไพล์โปรแกรม หากไม่มีความผิดพลาด แสดงว่าการคอนฟิกที่ทำมาถูกต้อง



6. กลับไปที่ NetPro จะมีแผนภาพของ SIMATIC 400 และ ET 200M อยู่ที่มีเชื่อมต่อกันด้วย PROFIBUS สีชมพู และอีกเส้นจะเป็น LAN สีเขียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้