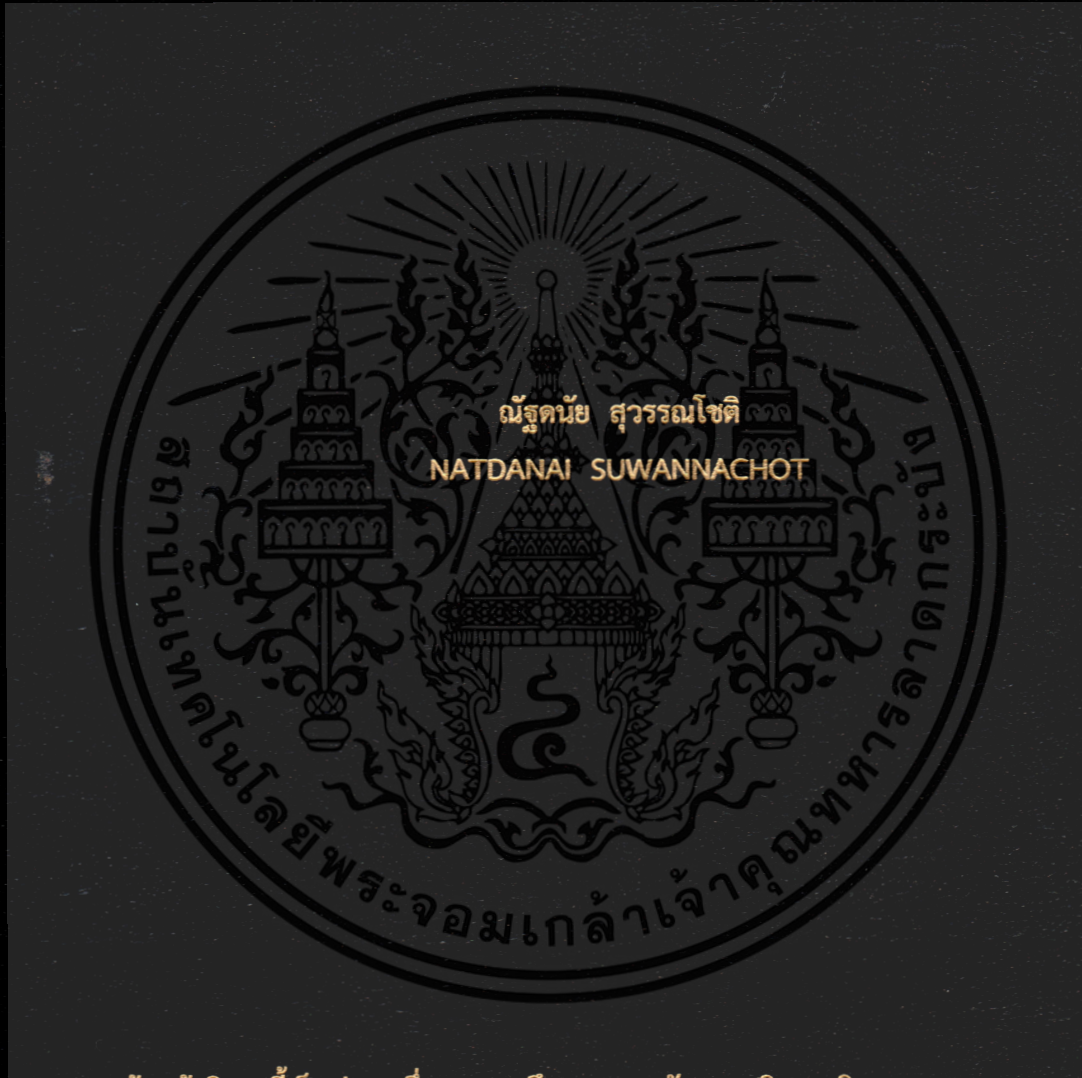


ระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือน

BIOGAS COMPRESSION SYSTEM FOR APPLICATIONS IN HOUSEHOLDS



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-EN-M-167-506

ระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือน

BIOGAS COMPRESSION SYSTEM FOR APPLICATIONS IN HOUSEHOLDS



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIOGAS COMPRESSION SYSTEM FOR APPLICATIONS IN HOUSEHOLDS



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ENVIRONMENTAL AND ENERGY ENGINEERING FOR
SUSTIANABILITY
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

KMITL-2018-EN-M-167-506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

หัวข้อ ระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือน
Title Biogas Compression System for Applications in Households
นักศึกษา นายณัฐดนัย สุวรรณโชติ
รหัสประจำตัว 58601249
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ดร.ชดชนก อัทธมพงศ์
หมายเลขการค้นคว้าอิสระ KMITL-2018-EN-M-167-506

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ชลิดา	อู่ตะเภา	
ผศ.ดร.ภาสกร	ชั้นทองทิพย์	
ดร.ชดชนก	อัทธมพงศ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ ที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 เวลา 13.00-14.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง HM-301 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อค้นคว้าอิสระ	ระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือน
นักศึกษา	นายณัฐดนัย สุวรรณโชติ
รหัสประจำตัว	58601249
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ	ดร.ชตชนก อัทธมพงศ์

บทคัดย่อ

ก๊าซชีวภาพนับเป็นพลังงานทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ใช้ทดแทนก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือที่เรียกว่า ก๊าซหุงต้ม ซึ่งก๊าซชีวภาพต้องเป็นพลังงานที่สามารถพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา ใช้งานง่าย และง่ายต่อการเข้าถึง ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีระบบที่สามารถกักเก็บก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักในระดับครัวเรือนที่แพร่หลาย และก๊าซชีวภาพที่ถูกผลิตออกมาอยู่ในอัตราเดียวกับอัตราการผลิต และก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน เพื่อออกแบบและสร้างระบบบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในครัวเรือน และเพื่อทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถึงก๊าซหุงต้มตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยการทำงานของเครื่องจะถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) เมื่อผู้ใช้งานกดจำนวนเงินที่ต้องการหรือปริมาณแรงดันที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม START เครื่องจะเริ่มทำการบรรจุก๊าซโดยเครื่องจะหยุดจ่ายก๊าซอัตโนมัติเมื่อก๊าซถูกบรรจุครบตามจำนวนเงินหรือปริมาณ ก๊าซชีวภาพครบตามจำนวนที่ต้องการบรรจุ โดยบรรจุใส่ถังก๊าซหุงต้มขนาด 15 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่าสามารถบรรจุก๊าซชีวภาพได้สูงสุดที่ความดัน 8 บาร์ หรือเท่ากับราคาก๊าซชีวภาพ 300 บาท ในเวลาเฉลี่ย 18.21 นาที ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้ในงานวิจัยนี้สามารถเก็บบรรจุก๊าซชีวภาพตามความต้องการของผู้ใช้งาน อำนวยความสะดวกในการใช้งาน และมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพ

Independent Study	Biogas Compression System for Applications in Households.
Student	Mr. Natdanai Suwannachot
Student ID.	58601249
Degree	Master of Engineering
Program	Environmental and Energy Engineering for Sustainability
Year	2018
Advisor	Dr. Chodchanok Attaphong

ABSTRACT

Biogas is an alternative renewable energy source which is used as a replacement for liquefied petroleum gas (i.e., LPG). The biogas should be ready for use, simply useable and accessible. Nowadays, biogas compression systems on a household scale have not been widely used and the biogas usage rate is the same as the production rate. As the biogas is the flammable gas, the safety issue should be considered. Therefore, the objectives of this study are to study the method for biogas storage at household levels, to develop the suitable biogas compression system for household usage, and to examine the system as the user requirement. Programmable Logic Controller (so-called PLC) was implemented and installed into the proposed biogas compression system to control an amount of biogas delivered into gas tanks according to money paid or manually-setting pressure. The system can be initiated by pressing a button 'START', it will deliver biogas into an equipped gas tank until money paid or manually-set pressure has been reached. The experimental results showed that by installing a 15-kg gas tank, the system successfully delivered biogas, regarding pressure rating up to 8 bar, delivering biogas worth 300 Bahts within approximately 18.21 minutes. Hence, the system acceptably delivers as the user need; furthermore, it can be used easily, and biogas can be stored safely in the compression system.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำวิจัยระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือน ขอขอบพระคุณ ดร.ชดชนก อัทธพงษ์เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้การสนับสนุนทุกอย่างในการทำวิจัยนี้ รวมถึงการตรวจและแก้ไขเนื้อหาให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณดร.ภาสกร ชันทองทิพย์ รศ.ดร.อุมา สีนุญเรือง และผศ.ดร.ชลิตา อุตะภา ที่ได้ถ่ายทอดทักษะและความรู้ที่มีประโยชน์และเป็นพื้นฐานอันดีเพื่อนำมาใช้ในการวางแผน ค้นคว้า และจัดทำระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือนนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยอบรมสั่งสอน คอยเลี้ยงดู คอยให้การสนับสนุนด้านการศึกษาหาความรู้ เป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอด อำนวยผลให้ผู้ศึกษาได้ประสบความสำเร็จในครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืนทุกคน ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา สนับสนุน เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือให้ประสบผลสำเร็จ

ท้ายที่สุดนี้หากมีความผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขอภัยเป็นอย่างสูงในการจัดทำวิจัยครั้งนี้ และผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลที่สนใจหรือมีความต้องการที่จะศึกษารายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบการอัดก๊าซชีวภาพสำหรับการนำมาใช้ในครัวเรือนนี้ด้วย

ณัฐดนัย สุวรรณโชติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ก๊าซชีวภาพ (Biogas).....	3
2.1.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ.....	4
2.1.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ.....	5
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ.....	6
2.1.4 สมการก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas).....	7
2.1.5 ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ.....	8
2.2 กฎของก๊าซ.....	9
2.2.1 กฎของบอยล์ (Boyle's Law).....	9
2.2.2 กฎของชาร์ลส์ (Charles's Law).....	9
2.2.3 กฎของเกย์ ลูสแซก (Gay Lussac's Law).....	10
2.3 อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน (Pressure, P).....	10
2.3.1 ประเภทของความดัน (Types of Pressure).....	11
2.3.2 เครื่องมือวัดความดัน.....	11
2.4 ถังบรรจุก๊าซหุงต้ม.....	12
2.5 พีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC).....	15
2.6 เครื่องอัดอากาศ (Compressor).....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเที่ยงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.1 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor).....	17
2.6.2 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)	17
2.6.3 เครื่องอัดอากาศชนิดไดอะแฟรม (Diaphragm Compressor)	17
2.6.4 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Sliding Rotary Compressor).....	18
2.6.5 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดหมุน (Roots Compressor)	18
2.6.6 เครื่องอัดอากาศชนิดกังหัน (Radial and Axial Flow Compressor)	18
2.7 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	24
3.1 การออกแบบ/เครื่องมือ.....	25
3.1.1 การออกแบบชุดเครื่องมือบรรจุก๊าซชีวภาพ	25
3.1.1.1 การออกแบบตู้บรรจุก๊าซชีวภาพ	25
3.1.1.2 การออกแบบชุดคำสั่งควบคุมและเครื่องมือวัด.....	26
3.1.1.3 การออกแบบชุดควบคุมการบรรจุก๊าซชีวภาพ.....	29
3.1.2 การออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ	30
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	32
3.2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ	32
3.2.2 การทดสอบชุดควบคุม	33
3.2.3 วิธีการทดสอบโดยการใช้งานจริง.....	35
3.2.4 วิธีการวัดผลโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก	39
3.3 แผนการดำเนินการ	40
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์.....	42
4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (Loop Test)	42
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ	43
4.2.1 ผลการทดสอบการใช้โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ	44
4.3 ผลการทดสอบบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม	45
4.3.1 ผลการทดสอบความดันและน้ำหนักในการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม	47
4.3.2 ผลการทดสอบความดันและเวลาในการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	50
5.2 สิ่งที่ได้จากงานวิจัย.....	50
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก คู่มือการติดตั้งโปรแกรม.....	55
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	72



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	6
2.2 วัสดุและสัดส่วนที่ใช้ทำตัวถังบรรจุก๊าซหุงต้ม	13
3.1 แผนการดำเนินงานของวิจัย.....	41
4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (อนาล็อกอินพุต)	42
4.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (ดิจิทัลเอาต์พุต)	43
4.3 ผลการทดสอบการใช้โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ.....	45
4.4 ผลการทดสอบบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม.....	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ.....	5
2.2 ประเภทของความดัน.....	11
2.3 Pressure Gauge	12
2.4 Pressure Transmitter.....	12
2.5 ส่วนประกอบของถังก๊าซหุงต้ม.....	14
2.6 ตัวอย่างถังก๊าซและขนาดการบรรจุถัง	15
2.7 Programmable Logic Controller (PLC).....	17
2.8 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor).....	18
2.9 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor).....	19
2.10 เครื่องอัดอากาศชนิดไดอะแฟรม (Diaphragm Compressor).....	19
2.11 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Sliding Rotary Compressor).....	19
2.12 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดหมุน (Roots Compressor).....	20
2.13 เครื่องอัดอากาศชนิดกังหัน (Radial and Axial Flow Compressor).....	20
2.14 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve).....	21
3.1 ระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ.....	24
3.2 ขนาดของเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ.....	25
3.3 ส่วนประกอบภายในตู้บรรจุก๊าซชีวภาพ.....	26
3.4 ลูปฟังก์ชันการทำงานควบคุมแรงดันก๊าซชีวภาพ.....	27
3.5 รูปแบบการกำหนดชื่อลูปเครื่องมือวัดและระบบควบคุม.....	28
3.6 ชื่อเรียกเครื่องมือวัด.....	29
3.7 การต่อสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต	30
3.8 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ	31
3.9 ตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ	32
3.10 การทดสอบเครื่องมือวัด	34
3.11 การทดสอบลูปการทำงาน (Loop Test).....	34
3.12 วงจรชุดควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) และเครื่องอัดอากาศ (Compressor).....	35
3.13 การติดตั้งเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพเข้ากับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 การติดตั้งหัวจ่ายก๊าซเข้ากับถังก๊าซหุงต้ม	36
3.15 การกำหนดแรงดันก๊าซชีวภาพที่ต้องการ	37
3.16 การกำหนดจำนวนเงินที่ต้องการ	37
3.17 การเริ่มทำงาน	38
3.18 การหยุดการทำงาน	38
3.19 การทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพถึงค่าที่กำหนดไว้	38
3.20 การกำหนดค่าเริ่มต้นใหม่	39
3.21 น้ำหนักก่อนบรรจุก๊าซชีวภาพ	39
3.22 น้ำหนักหลังจากบรรจุก๊าซชีวภาพ	40
4.1 โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ	44
4.2 กราฟแสดงความดันและน้ำหนักในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังบรรจุน้ำหนัก 15 กิโลกรัม	47
4.3 กราฟแสดงความดันและเวลาในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังบรรจุน้ำหนัก 15 กิโลกรัม	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันจำนวนประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการขยายตัวของเศรษฐกิจและเทคโนโลยีหลายประเทศที่เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ความต้องการใช้ทรัพยากรของมนุษย์เพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนของทรัพยากรต่างๆมีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ทรัพยากรบางประเภทเริ่มลดลงโดยเฉพาะทรัพยากรพลังงาน เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินที่เริ่มหมดไปจนใกล้ภาวะวิกฤตพลังงาน ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงเป็นแหล่งของพลังงานที่ได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในอนาคต ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวภาพ ซึ่งรวมถึงก๊าซชีวภาพ โดยสามารถผลิตได้จากแหล่งวัตถุดิบที่หลากหลาย เช่น วัตถุดิบจากการเกษตรและปศุสัตว์ วัสดุเหลือทิ้งจาก และวัตถุดิบจากครัวเรือน เป็นต้น ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีพื้นที่การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงเป็นทางเลือกที่สามารถทดแทนพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ซึ่งก๊าซชีวภาพต้องเป็นพลังงานที่สามารถพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา ใช้งานง่าย และง่ายต่อการเข้าถึง ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีระบบที่สามารถกักเก็บก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักที่แพร่หลาย ด้วยเหตุนี้ก๊าซชีวภาพที่ถูกผลิตออกมาจึงถูกใช้ในอัตราเดียวกับอัตราการผลิต และก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน เพื่อออกแบบและสร้างระบบบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในครัวเรือน และเพื่อทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซหุงต้มตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยระบบบรรจุก๊าซชีวภาพสามารถบรรจุก๊าซชีวภาพตามความต้องการของผู้ใช้งานสำหรับอำนวยความสะดวกในการใช้งาน และมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างระบบบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในครัวเรือน

1.2.3 เพื่อทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซหุงต้มตามความต้องการของผู้ใช้งาน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดลอง ณ บ่อหมักก๊าซชีวภาพ หมู่ที่ 5 ตำบลปรก อำเภอร่องใหญ่ จังหวัด นครศรีธรรมราช โดยสามารถแบ่งการออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1.3.1 การศึกษาระบบบรรจุก๊าซชีวภาพโดยการทำงานของเครื่องควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี
- 1.3.2 การศึกษาวิธีการบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน
- 1.3.3 การศึกษาการออกแบบและสร้างระบบบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในครัวเรือน
- 1.3.4 การทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซหุงต้มตามความต้องการของผู้ใช้งาน

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

- 1.4.1 ออกแบบชุดเครื่องมือบรรจุก๊าซชีวภาพและโปรแกรมส่วนควบคุมการบรรจุก๊าซชีวภาพ
- 1.4.2 สร้างระบบบรรจุก๊าซชีวภาพโดยมีโปรแกรมเป็นส่วนควบคุมและแสดงผลทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานทำการป้อนปริมาณแรงดันที่ต้องการบรรจุลงถังก๊าซหุงต้มแล้วกดปุ่ม START ระบบบรรจุก๊าซจะเริ่มทำการบรรจุการก๊าซชีวภาพจนแรงดันก๊าซถึงแรงดันที่กำหนดไว้แล้ว ระบบบรรจุก๊าซจะหยุดบรรจุก๊าซอย่างอัตโนมัติ
- 1.4.3 ทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพด้วยการชั่งน้ำหนัก โดยก่อนบรรจุก๊าซชีวภาพจะชั่งน้ำหนักถังเปล่า และจะชั่งน้ำหนักอีกครั้งเมื่อบรรจุก๊าซชีวภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นดูผลต่างของน้ำหนักระหว่างก่อนและหลังบรรจุก๊าซชีวภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซหุงต้มตามความต้องการของผู้ใช้งาน
- 1.5.2 ผู้ใช้งานสามารถทราบปริมาณก๊าซชีวภาพที่บรรจุลงถังเก็บได้
- 1.5.3 เพิ่มความสะดวกในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพและการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีววิทยา (Biological Treatment) ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปจะ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซอื่นๆ เนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่คงตัวและไม่ติดไฟ ดังนั้น คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซมีเทน

ก๊าซชีวภาพเกิดจากกระบวนการการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ทั้งจากพืช สัตว์หรือแม้แต่ของเสียจากสัตว์ รวมถึงขยะมูลฝอยที่เป็นขยะอินทรีย์ โดยกระบวนการย่อยสลายทั้งหมดเกิดขึ้นจากการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในสภาวะที่ไร้อากาศ ก๊าซชีวภาพสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ถ้ามีสภาพที่เหมาะสม และเมื่อองค์ประกอบต่างๆครบถ้วน เช่น แแบคทีเรีย สารอินทรีย์ อาหารเสริม และสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่เหมาะสมแต่ไม่มีออกซิเจน กระบวนการสร้างก๊าซชีวภาพก็สามารถเกิดได้ตามธรรมชาติโดยทันที ในธรรมชาตินั้นก๊าซชีวภาพจะเกิดในบ่อที่มีการหมัก ก้นแม่น้ำ ทะเลสาบ ลำไส้คน และวัว ไร่นาข้าวที่มีน้ำท่วมขัง ในเปลือกไม้ที่อัดขึ้น ใต้ท้องทะเลลึก เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเกิดในสภาวะที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นเป็นกระบวนการที่เกิดในธรรมชาติ ซึ่งอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับที่กำหนดโดยธรรมชาติ แต่ในเชิงวิศวกรรมแล้ววิศวกรจะสร้างระบบขึ้นมาเพื่อควบคุมสิ่งแวดล้อมต่างๆให้เหมาะสมให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้รวดเร็วตามที่ต้องการ หรืออีกนัยหนึ่งคือวิศวกรที่ออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพคือ ผู้ที่เข้าใจธรรมชาติของสารอินทรีย์และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของแบคทีเรียกลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนและทำการสร้างสภาวะดังกล่าวเพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ตามที่วิศวกรนั้นๆต้องการ

ในการผลิตก๊าซชีวภาพเชิงอุตสาหกรรม วัตถุดิบที่ใช้ก็คือ สารอินทรีย์ (Organic Matter) ที่อยู่ในน้ำเสียหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทางเภสัชกร ชุมชน และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น น้ำเสียที่ออกจากโรงงานแปรงสีฟันล้าง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ โรงฆ่าสัตว์ ขยะชุมชนเฉพาะส่วนที่เป็นขยะอินทรีย์ ฟาร์มสุกร เป็นต้น โดยน้ำเสียหรือของเสียดังกล่าวจะถูกบดเข้าระบบบำบัดน้ำเสียหรือของเสีย ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลผลิตจากการบำบัด นอกจากนี้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากก็จะเหลือกลายเป็นกากตะกอนอินทรีย์ ซึ่งจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงปุ๋ยอินทรีย์และสามารถนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินได้ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีปริมาณวัตถุดิบเป็นจำนวนมากมายไม่ว่าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน น้ำตาล และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยกระบวนการแปรรูปผลิตผลทางเกษตรเหล่านี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งและยังจะให้ผลผลิตที่เป็นก๊าซชีวภาพกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้อีก

2.1.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพเกิดในสภาวะที่ไร้อากาศ ซึ่งอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศหรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาชีวเคมีหลายขั้นตอน ประกอบด้วย 4 ปฏิกิริยาหลักดังนี้

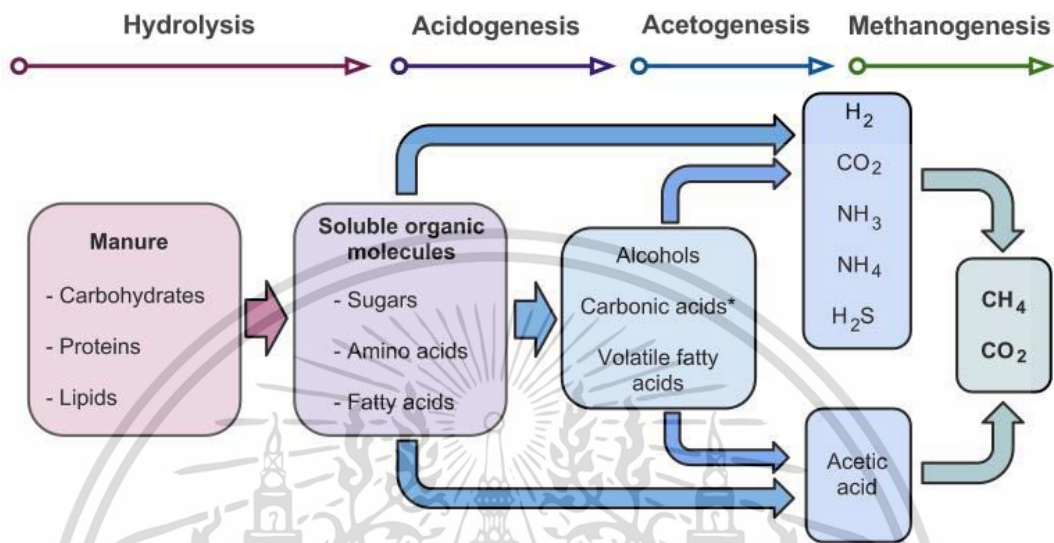
ขั้นตอนที่ 1 ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ ได้แก่ โพรตีนคาร์โบไฮเดรตและไขมัน จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ความเร็วของกระบวนการย่อยสลายขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาจากแบคทีเรีย รวมถึงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิ และการสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิกิริยาอะซิโตเจเนซิส (Acidogenesis) เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเดี่ยวที่ได้จากกระบวนการไฮโดรลิซิส โดยจะถูกแบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acidogenic Bacteria) ดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่เซลล์ และใช้เป็นแหล่งก๊าซคาร์บอนและแหล่งพลังงาน โดยกระบวนการหมัก (Fermentation) ผลของปฏิกิริยาจะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยวให้กลายเป็นกรดระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid) เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดไพรูวิก กรดไอโซบิวทิริก กรดวาเลอริก กรดโอโซวาเลอริก และกรดบิวทิริก เป็นต้น (Banerjee, et al. 1998)

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิกิริยาอะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) เป็นกระบวนการที่นำกรดอินทรีย์ชนิดโมเลกุลเล็กจากกระบวนการอะซิโตเจเนซิสเปลี่ยนให้กลายเป็นอะซิเตท ฟอร์มเมท ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการสร้างก๊าซมีเทน โดยใช้ Acetogenesis Bacteria ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการหลีกเลี่ยงการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยและก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณที่สูงพอที่จะยับยั้งกระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (Thiele. 1991)

ขั้นตอนที่ 4 ปฏิกิริยาเมทาโนเจเนซิส (Methanogenesis) ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะสร้างจากกรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดโดยแบคทีเรียสร้างก๊าซมีเทน (Methane Former Bacteria) การสร้างก๊าซมีเทนมีได้ 2 แบบ แบบแรกจะเกิดจากการเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทน โดยคิดเป็น 70% ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นได้ในระบบ อีกแบบหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทน แบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างก๊าซมีเทนเจริญเติบโตได้ช้าและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตค่อนข้างมาก ช่วงค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรีย โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชประมาณ 6.8 - 7.2 (Yadvika et al. 2004) นอกจากนี้อุณหภูมิก็มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเช่นกัน อีกทั้งแบคทีเรียในกลุ่มนี้ต้องการสารอาหารที่โครงสร้างไม่ซับซ้อนในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำรงชีพ ดังนั้นการเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างก๊าซมีเทนจึงขึ้นอยู่กับการทำงานของแบคทีเรียในขั้นตอนไฮโดรไลซิสและการสร้างกรด โดยแบคทีเรียทุกกลุ่มต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กัน (Green Energy Net. 2009)



รูปที่ 2.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ (Abdurahman and Azhari, 2017)

2.1.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วย ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซอื่นๆ โดยมีปริมาณก๊าซแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 2.1 โดยปริมาณค่าความร้อนเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของก๊าซชีวภาพ ซึ่งปริมาณค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพมีค่าแปรผันตามปริมาณก๊าซมีเทนที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพ ถ้าก๊าซชีวภาพมีปริมาณก๊าซมีเทนอยู่ประมาณ 65-70% จะมีค่าความร้อนประมาณ 21-25 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าก๊าซชีวภาพมีปริมาณก๊าซมีเทนลดลงเหลือประมาณ 50-55% ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพจะลดลงเหลือประมาณ 18-20 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซมีเทนหรือระดับความบริสุทธิ์ของก๊าซชีวภาพ (คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิตการควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพกรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบ	ความเข้มข้น
CH ₄	53.5 %
CO ₂	30.3 %
O ₂	2.5 %
H ₂ S	9.7 ppm
ก๊าซอื่นๆ	13.8 %

ที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิตการควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ
กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ (ชัยศรี และโกวิท. 2555)

2.1.3.1 อุณหภูมิ (Temperature)

โดยทั่วไปช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียมีอยู่ 3 ช่วง คือ

- 1) กลุ่มแบคทีเรีย Phychrophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำ (5-15 องศาเซลเซียส)
- 2) กลุ่มแบคทีเรีย Mesophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (35-37 องศาเซลเซียส)
- 3) กลุ่มแบคทีเรีย Thermophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง (50-55 องศาเซลเซียส)

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นในอัตราสูงมากในช่วงอุณหภูมิปานกลางและอุณหภูมิสูง

2.1.3.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ถ้าต่ำกว่า 5 จะมีอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน แต่แบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์สามารถทนต่อสภาพเป็นกรดได้ต่ำถึง 4.5 โดยไม่เป็นอันตราย

2.1.3.3 อัลคาลินิตี (Alkalinity) ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ถ้าค่าอัลคาลินิตีต่ำจะมีแนวโน้มเป็นกรดได้ง่าย ซึ่งค่าอัลคาลินิตีที่เหมาะสมต่อระบบหมักก๊าซชีวภาพมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃)

2.1.3.4 กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Acid) จะถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทน แต่ถ้าใช้ไม่ทันจะเกิดการสะสมของกรด ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ทำให้เกิดอันตรายต่อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรีย โดยทั่วไปปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในถังหมักไม่ควรเกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อาจทนได้ถึง 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.3.5 สารอาหาร (Nutrients) ก๊าซไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมในระบบเพื่อให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ และการผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีควรมีอัตราส่วน COD:N:P เท่ากับ 100:2.2:0.4 หรือ BOD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.2

2.1.3.6 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Substances) การสะสมของสารบางชนิด เช่น กรดอินทรีย์ระเหยง่าย แอมโมเนียซัลไฟด์ และโลหะหนักบางตัว เช่น โซเดียม โปแตสเซียม สามารถทำให้การย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

2.1.3.7 การกวน (Mixing) การกวนผสมในถังหมักมีความสำคัญ เพราะจะทำให้แบคทีเรียมีโอกาสพบอาหารได้ทั่วถึง และสารอาหารต่าง ๆ ที่แบคทีเรียขับออกจะเกิดการกระจายได้ดีขึ้น

2.1.4 สมการก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas)

ในการวัดปริมาณของก๊าซจะขึ้นอยู่กับความดันอุณหภูมิและปริมาตรต่อโมล ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ก๊าซเมื่ออยู่ในสถานะที่ความดันต่ำ (น้อยกว่า 4 บาร์สมบูรณ์) และอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติโมเลกุลของก๊าซไม่เกิดแรงดึงดูดหรือแรงผลักระหว่างกันพฤติกรรมของก๊าซจะเป็นก๊าซอุดมคติ (คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิตการควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพกรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553) ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$PV = nRT \quad (2.1)$$

โดยที่

P = ความดัน (กิโลพาสคาล)

V = ปริมาตร (ลบ.ม)

n = จำนวนโมลของก๊าซ (โมล)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ (universal gas constant)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน) (องศาเคลวิน = องศาเซลเซียส + 273.75)

แต่ถ้าก๊าซในระบบมีความดันสูงมากและอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤติก๊าซจะมีพฤติกรรมที่เป็นก๊าซจริง (Real gas) ซึ่งสมการสถานะคล้ายกับสมการสถานะของก๊าซอุดมคติโดยจะมีค่าแฟกเตอร์การอัดได้ (Compressibility factor, Z) ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$PV = ZRT \quad (2.2)$$

แต่ในที่นี้สถานะการใช้งานของก๊าซชีวภาพในระบบผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ในสถานะความดันไม่เกิน 50 กิโลพาสคาลเกจ (500 มิลลิบาร์เกจ) ดังนั้นสามารถใช้สมการก๊าซอุดมคติหรือ $Z=1$ มาอธิบายพฤติกรรมของก๊าซชีวภาพได้ (คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิตการควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพกรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553)

2.1.5 ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น (Density) คือ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรจะแปรผันตามปัจจัยของคุณสมบัติของสารนั้น เช่น ของไหลความหนาแน่นจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความดัน ส่วนของแข็งชนิดเดียวกันจะมีความหนาแน่นต่างกันไปตามสภาพของโครงสร้างและรูพรุนในเนื้อของวัสดุ นั้นๆ (คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิตการควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553) ดังแสดงในสมการที่ 2.3

$$\rho = \frac{m}{MW \times V} = \frac{P}{RT} \quad (2.3)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม)

R (universal gas constant) = 8.314×10^{-5} (ลบ.ม . บาร์ / โมล . เคลวิน)

T = อุณหภูมิ (เคลวิน)

P = ความดัน (บาร์สมบูรณ์)

m = มวล (กก.)

MW = มวลโมเลกุล

จากนิยาม ก๊าซ 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP (Standard Temperature and Pressure) ความดัน 1atm (1.013 บาร์สมบูรณ์) และที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (273.15 เคลวิน) ดังนั้นถ้าอุณหภูมิของก๊าซเปลี่ยนเป็น 25 องศาเซลเซียส ก๊าซ 1 โมล จะมีปริมาตรดังแสดงในสมการที่ 2.4 (คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิตการควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553)

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (2.4)$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{T_1}{T_2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_2 = 22.4 \times \frac{(25+273.15)}{(0+273.15)}$$

$$V_2 = 24.45 \text{ ลิตร}$$

2.2 กฎของก๊าซ

2.2.1 กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซ โดยผู้ที่ค้นพบกฎนี้คือโรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle) พบว่า “เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ความดันสัมบูรณ์ของก๊าซจะแปรผกผันกับปริมาตรของก๊าซ” หมายความว่า เมื่อความดันสัมบูรณ์มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาตรของก๊าซลดลง

P = ความดันสัมบูรณ์

V = ปริมาตรก๊าซ

T = อุณหภูมิ

$$\text{ที่อุณหภูมิคงที่ } P \propto \frac{1}{V}$$

หรืออาจเขียนได้ว่า $PV = k$ เมื่อ k แทนค่าคงที่ โดยจะพบว่าที่อุณหภูมิคงที่ ผลคูณระหว่างความดันสัมบูรณ์กับปริมาตรของก๊าซใด ๆ มีค่าคงที่ ซึ่งถ้าความดันของก๊าซเปลี่ยนแปลงจาก P_1 เป็น P_2 ปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยนจาก V_1 เป็น V_2 (ปรียา. 2554) ดังแสดงในสมการที่ 2.5

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad (2.5)$$

2.2.2 กฎของชาร์ลส์ (Charles's Law)

เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซ โดยผู้ที่ค้นพบกฎนี้คือ Jacques Charles พบว่า “ถ้าให้ความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิจริงของก๊าซ” สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ที่ความดันคงที่ } V \propto T$$

โดยที่ $\frac{V}{T} = k$ ซึ่ง k เป็นค่าคงที่ เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ ถ้าปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนจาก V_1 เป็น V_2 และอุณหภูมิของก๊าซเปลี่ยนจาก T_1 เป็นที่ T_2 (ปรียา. 2554) จะได้ดังแสดงในสมการที่ 2.6

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (2.6)$$

2.2.3 กฎของเกย์ ลุสแซก (Gay Lussac's Law)

เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของก๊าซ โดยผู้ที่ค้นพบกฎนี้คือ Gay Lussac พบว่า “ถ้าให้ปริมาตรและมวลของก๊าซคงที่ ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของสารสัมบูรณ์ของก๊าซ” สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ที่ปริมาตรคงที่} \quad P \propto T$$

โดยที่ $\frac{P}{T} = k$ ซึ่ง k เป็นค่าคงที่ เมื่อปริมาตรและมวลของก๊าซคงที่ ถ้าความดันของก๊าซเปลี่ยนจาก P_1 เป็น P_2 และอุณหภูมิของก๊าซเปลี่ยนจาก T_1 เป็นที่ T_2 จะได้ดังแสดงในสมการที่ 2.7

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2.7)$$

เมื่อรวมกฎของบอยล์ ชาร์ลส์ และเกย์ลุสแซกเข้าด้วยกัน จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซเมื่อมวลของก๊าซมีค่าคงที่ (ปรียา. 2554) ดังแสดงในสมการที่ 2.8

$$PV \propto T$$

หรืออาจเขียนได้ว่า

$$\frac{PV}{T} = k \quad (2.8)$$

2.3 อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน (Pressure, P)

ความดัน หมายถึง แรง (Force, F) ที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Area, A) ความดันของก๊าซเกิดจากโมเลกุลของก๊าซชนผนังภาชนะ เนื่องจากก๊าซมีคุณสมบัติในการฟุ้งกระจาย ดังนั้นความดันของก๊าซมีค่าเท่ากันหมดไม่ว่าจะวัดที่ส่วนใดในภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ประเภทของความดัน (Types of Pressure)

แบ่งออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

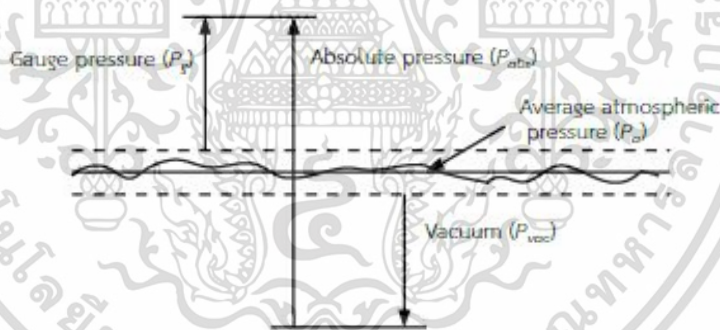
2.3.1.1 ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure, P_{atm}) คือ ความดันสภาวะอากาศปกติ 1 P_{atm} มีค่าเท่ากับ 1.01325 บาร์ ในระบบ SI หรือ 14.73 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระบบอังกฤษหรือ 101.325 กิโลปาสคาล

2.3.1.2 ความดันเกจ (Gauge Pressure, P_g) คือ ค่าที่อ่านได้จากเกจวัดความดัน จะมีค่าเป็นศูนย์ในสภาวะปกติหรือความดันบรรยากาศ

2.3.1.3 ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure, P_{abs}) มีค่าเท่ากับ 101.325 กิโลปาสคาล ที่ความดันบรรยากาศ 1 atm ค่าความดันสัมบูรณ์จะใช้สำหรับการคำนวณทาง Thermodynamic เช่น Boiler Efficiency

2.3.1.4 ความดันแตกต่าง (Differential Pressure, d) เป็นค่าความแตกต่างของความดันระหว่างจุดสองจุด จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อความดันทั้งสองจุดที่วัดมีค่าเท่ากัน ซึ่งนิยมใช้ความดันแตกต่างกันเพื่อคำนวณหาอัตราการไหล

2.3.1.5 ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure, P_{vac}) เป็นค่าความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ



รูปที่ 2.2 ประเภทของความดัน (นวกัทร และ ทวีพล. 2555)

2.3.2 เครื่องมือวัดความดัน

2.3.2.1 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) สามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์และความดันสุญญากาศ โดยอ่านค่าความดันที่หน้าปัดหรือที่เรียกว่าแบบอนาล็อกหรือแบบเข็ม ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Pressure Gauge

ที่มา : <http://www.directindustry.com/prod/pci-instruments-ltd/product-123801-1612620.html>

2.3.2.2 Pressure Transmitter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันและแปลงค่าความดันเป็นค่าสัญญาณไฟฟ้า 4-20 mA หรือ 0-5 VDC จะมีหน้าจอแสดงผลออกเป็นตัวเลขหรือที่เรียกว่าดิจิตอล ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Pressure Transmitter

ที่มา : <https://www.yokogawa.com/us/solutions/products-platforms/field-instruments/pressure-transmitters/gauge-pressure/ejx530a/>

2.4 ถังบรรจุก๊าซหุงต้ม

ถังก๊าซหุงต้มตามมาตรฐาน มอก.27-2528 เป็นภาชนะสำหรับบรรจุเชื้อเพลิงชนิดก๊าซไว้ภายใน ซึ่งมีลักษณะหนาพิเศษเหมาะสำหรับกักเก็บเชื้อเพลิงที่มีความดันสูงและสามารถเคลื่อนย้ายได้ โดยความจุ (capacity) ของถังคิดจากปริมาตรของน้ำเต็มถัง เป็นลูกบาศก์เดซิเมตร ความจุตั้งแต่ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร แต่ไม่เกิน 500 ลูกบาศก์เดซิเมตร สามารถทนแรงดันแตกได้สูงกว่า 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือมากกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และความดันของก๊าซที่บรรจุลงถึงนั้นจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีแรงดันประมาณ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมี 2 แบบ คือ ถังแบบ 2 ส่วนและถังแบบ 3 ส่วน

1) ถังสองส่วน ขนาดบรรจุตั้งแต่ 1.25 – 16 กิโลกรัม ประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนก้น แต่ละส่วนทำด้วยเหล็กกล้าชิ้นเดียว เมื่อนำมาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกันแล้ว จะมีรอยเชื่อมตามแนวเส้นรอบวงได้ 1 รอย

2) ถังสามส่วน ขนาดบรรจุตั้งแต่ 18 – 50 กิโลกรัม ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนก้น เช่นเดียวกับกับถังสองส่วน และส่วนกลางจะเป็นรูปทรงกระบอกเชื่อมประกอบกันเป็นถัง สำหรับส่วนกลางทำด้วยเหล็กแผ่นม้วนจะมีรอยเชื่อมได้ 1 รอย เป็นเส้นตรงขนานไปกับแนวแกนของถัง การประกอบถังสามส่วนจะทำให้ได้ถังที่มีปริมาตรมากตามต้องการ

วัสดุที่ใช้ทำถังต้องเป็นเหล็กกล้าเนื้อแน่น (killed steel) คุณภาพดีและสม่ำเสมอ ต้องไม่มีรอยต่อ รอยแตก ร้าว รอยแยกเป็นชั้นๆ หรือรอยตำหนิอื่นๆ อาจทำให้เกิดผลเสียขึ้นได้ (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. 2544) และจะต้องมีส่วนประกอบทางเคมีตามเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 วัสดุและสัดส่วนที่ใช้ทำถังบรรจุก๊าซหุงต้ม

ธาตุ	ค่าสูงสุดที่กำหนดไว้
คาร์บอน	ไม่เกิน 0.20%
แมงกานีส	ไม่เกิน 0.60%
ซิลิคอน	ไม่เกิน 0.30%
กำมะถัน	ไม่เกิน 0.05%
ฟอสฟอรัส	ไม่เกิน 0.05%
ไนโอเบียม	ไม่เกิน 0.04%

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. 2544

ส่วนประกอบของถังบรรจุก๊าซหุงต้ม มีดังนี้

1) โกร่งกำบังลิ้นและหูหิ้ว ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลิ้นวาล์วถึงถูกกระทบกระแทกและใช้สำหรับหิ้ว

2) ลิ้นวาล์ว ทำหน้าที่ เปิด-ปิด ก๊าซ

3) ฐานถัง ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ถังกระแทกกับพื้นและเพื่อให้ตั้งถังบนพื้นได้อย่างมั่นคง

4) เครื่องปรับความดันก๊าซหรือหัวปรับก๊าซ ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันก๊าซให้เหลือเพียง 0.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ในครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ตัวถัง ทำด้วยเหล็กเหนียวพิเศษ ทนต่อความดันสูงอย่างน้อย 480 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทนต่อแรงอัดมากถึง 1300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะระเบิดที่ 1600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แต่ในการบรรจุก๊าซจะใช้ความดันเพียง 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เท่านั้น ถังก๊าซที่นิยมใช้มีขนาดตั้งแต่ 4 กิโลกรัม 7 กิโลกรัม 15 กิโลกรัม และ 48 กิโลกรัม ซึ่งมีส่วนประกอบของถังก๊าซหุงต้ม ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และตัวอย่างถังก๊าซและขนาดการบรรจุถัง ดังแสดงในรูปที่ 2.6



ที่มา : <http://www.homegasstove.com/blog/ส่วนประกอบ-ถังก๊าซ>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างถังก๊าซและขนาดการบรรจุถัง
ที่มา : <http://changpheakgas.yellowpages.co.th/>

2.5 พีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC)

พีแอลซีเป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม มีต้นกำเนิดจากประเทศสหรัฐอเมริกา ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยประวัติของพีแอลซีมีดังนี้

ค.ศ.1969 พีแอลซีได้ถูกพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกโดย บริษัท Bedford Associates โดยใช้ชื่อว่า Modular Digital Controller (Modicon) ให้กับโรงงานผลิตรถยนต์ในอเมริกาชื่อ General Motors Hydramatic Division บริษัท Allen-Bradley ได้เสนอระบบควบคุมโดยใช้ชื่อว่าพีแอลซี

ค.ศ.1970-1979 ได้มีการพัฒนาให้พีแอลซีมีการประมวลผลที่เร็วมากขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของไมโครโพรเซสเซอร์ ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับพีแอลซีโดยระบบแรกคือ Modbus ของ Modicon เริ่มมีการใช้สัญญาณเข้าและสัญญาณออกที่เป็นสัญญาณอนาล็อก

ค.ศ.1980-1989 มีความพยายามที่จะสร้างมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลของพีแอลซี โดยบริษัท General Motor ได้สร้างโปรโตคอลที่เรียกว่า Manufacturing Automation Protocol (MAP) โดยขนาดของพีแอลซีจะลดลงเรื่อย ๆ และผลิตซอฟต์แวร์ที่สามารถโปรแกรมพีแอลซีด้วยภาษา symbolic โดยสามารถโปรแกรมผ่านทางคอมพิวเตอร์แทนที่จะโปรแกรมผ่านทาง handheld หรือ programing terminal

ค.ศ.1990-ปัจจุบัน ภาษาที่ใช้ในการโปรแกรมพีแอลซีที่มีมาตรฐานเดียวกันโดยใช้มาตรฐาน IEC1131-3 (ทวิซ ชูเมื่อง. 2549) สามารถเขียนได้ 5 ภาษา ได้แก่

1) Instruction List (IL) จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษาเอกสาร์นี้เป็นเอกสาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand)

2) Ladder Diagrams (LD) จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลตเตอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วยราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์ที่เป็นสัญญาณออก

3) Function Block Diagrams (FBD) เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชันการทำงานในรูปของกราฟิกเช่นเดียวกันและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม

4) Sequential Function Chart (SFC) จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบซีควенซ์ ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วยคำสั่งในการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอนและเงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละขั้นตอน นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงาน เช่น Alternative step sequence และ Parallel step sequence เป็นต้น

5) Structured Text (ST) จะเป็นภาษาในระดับสูงโดยมีพื้นฐานมาจากภาษาปาสคาล โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน

โครงสร้างพื้นฐานพีแอลซี ประกอบด้วย

1) หน่วยรับข้อมูล (Input Unit) ปัจจุบันพีแอลซีได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถรับสัญญาณได้ในรูปแบบ ON/OFF หรือสัญญาณแบบดิจิทัลและสัญญาณแบบอนาล็อกที่เป็นสัญญาณมาตรฐานต่างๆ เช่น 4-20 มิลลิแอมป์ 1-5 โวลต์ หรือ 0-10 โวลต์ ซึ่งอุปกรณ์รับข้อมูลที่ให้สัญญาณ ได้แก่ สวิตช์แบบไม่สัมผัสกับวัตถุและ เซนเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ เป็นต้น

2) หน่วยส่งข้อมูล (Output Unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์และโซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น

3) หน่วยประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่ควบคุมและจัดการระบบการทำงานทั้งหมดภายในระบบพีแอลซี เช่น การสั่งให้ระบบพีแอลซีทำงานตามคำสั่งที่ถูกโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำซีพียู

4) หน่วยความจำ ใช้เป็นที่เก็บโปรแกรมและข้อมูล ซึ่งหน่วยความจำภายในพีแอลซี แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Program Memory (ROM) สำหรับเก็บโปรแกรมจัดการระบบและ Random Access Memory (RAM) สำหรับเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข (ทวิซ ชูเมื่อง. 2549)



รูปที่ 2.7 Programmable Logic Controller (PLC) (Yokogawa Thailand. 2559)

2.6 เครื่องอัดอากาศ (Compressor)

เครื่องอัดอากาศทำหน้าที่ในการอัดอากาศให้มีแรงดันสูงตามต้องการ แบ่งออกเป็น 6 ชนิด ตามหน้าที่การทำงานดังนี้

2.6.1 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor)

นิยมใช้งานมากเนื่องจากมีราคาไม่สูงมากและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยปั๊มลมชนิดนี้สามารถสร้างความดันหรือแรงดันลมได้ตั้งแต่ 1 บาร์ ไปจนถึง 1,000 บาร์ โดยแรงอัดจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของการอัด ยิ่งชั้นในการอัดมากก็จะสามารถสร้างแรงอัดได้สูงขึ้นไปด้วย สำหรับเครื่องอัดลมแบบลูกสูบจะแบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆได้อีก เช่น booster air compressor และ high pressure air compressor แต่เครื่องอัดอากาศประเภทนี้จะมีข้อเสียคือเสียงดังขณะเครื่องทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.8

2.6.2 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)

นิยมและเหมาะที่จะนำมาใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเครื่องอัดอากาศประเภทนี้จะให้การผลิตที่มีคุณภาพสูง ซึ่งตัวเครื่องจะไม่มีลิ้นในการเปิดปิดเหมือนกับเครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ แต่จะมีเกลียวหรือสกรู 2 อันประกบกันแล้วใช้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนเพื่อให้เกิดแรงอัดอากาศขึ้น เครื่องอัดอากาศชนิดสกรูจะมีขนาดใหญ่กว่าแบบลูกสูบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังแรงอัดของเครื่องนั้นๆด้วย ยิ่งกำลังสูงตัวเครื่องอัดอากาศก็จะมีขนาดใหญ่ตาม เครื่องอัดอากาศประเภทนี้สามารถจ่ายลม 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และยังสามารถทำความดันได้สูงถึง 13 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.9

2.6.3 เครื่องอัดอากาศชนิดไดอะแฟรม (Diaphragm Compressor)

หลักการทำงานของลูกสูบและหัวดูดอากาศแยกออกจากกัน ทำให้ลมที่ถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัดอากาศจะไม่สัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ ส่วนลมที่ได้ก็จะมีผลผสมกับน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะไม่สามารถสร้างแรงดันได้สูงมากเหมือนเครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบและเครื่องอัดอากาศชนิดสกรู แต่ข้อดี คือ 1) ลมที่ได้ออกมาจะเป็นลมที่สะอาดไม่มีการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น จึงมีการนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเฉพาะด้าน เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น 2) มีเสียงเงียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าเครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบเหมาะกับการอุตสาหกรรมที่ต้องการความเงียบและเสียงรบกวนน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.10

2.6.4 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Sliding Rotary Compressor)

การทำงานของระบบหมุนจะเรียบ มีความสม่ำเสมอ สามารถที่จะอัดอากาศได้อย่างคงที่ ไม่มีตัววาล์วที่ใช้ในการทำเปิดปิดทำให้มีไวด์ต่อความร้อน เพราะฉะนั้นหากต้องการใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีจะต้องผลิตด้วยความประณีตเป็นพิเศษ อีกทั้งตัวปั๊มลมประเภทใบพัดเลื่อนยังสามารถกระจายแรงลม ได้ตั้งแต่ 4 ไปจนถึง 10 ลูกบาศก์เมตรต่ออนาที ส่วนความดันทำได้ที่ 4 ไปจนถึง 10 บาร์ ตัวเครื่องของปั๊มลมประเภทใบพัดเลื่อนจะมีใบพัดติดอยู่กับชุดขับเคลื่อนการหมุน เรียกว่าโรเตอร์ โดยจะวางให้เยื้องศูนย์กลางภายในของเรือนสูบ เมื่อมีการหมุนของโรเตอร์ใบพัดก็จะอัดอากาศจากพื้นที่กว้างไปสู่ที่แคบกว่า ดูอากาศเข้าด้วยการหมุนที่คงที่และอัดอากาศออกทางช่องที่ลมออก ดังแสดงในรูปที่ 2.11

2.6.5 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดหมุน (Roots Compressor)

การทำงานของเครื่องอัดอากาศประเภทนี้จะมีใบพัดหมุน 2 ตัว เมื่อโรเตอร์ 2 ตัวทำการหมุนจะทำให้ลมถูกดูดเข้าไปจากฝั่งหนึ่งไปอีกฝั่งหนึ่ง โดยอากาศที่ถูกดูดเข้าไปนั้นจะไม่มีเปลี่ยนแปลง ปริมาตร ทำให้อากาศที่ไม่ถูกบีบหรืออัดตัวแต่อากาศจะมีการอัดตัวตอนที่เข้าไปเก็บในถังลม เครื่องอัดอากาศประเภทนี้ต้องอาศัยการระบายความร้อนและอุณหภูมิที่ดี ไม่มีลิ้น ไม่ต้องการหล่อลื่นขณะทำงานและมีต้นทุนการผลิตที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 2.12

2.6.6 เครื่องอัดอากาศชนิดกังหัน (Radial and Axial Flow Compressor)

มีอัตราการจ่ายลมที่มาก เนื่องจากลักษณะจะเป็นใบพัดกังหันดูดลมเข้าจากอีกด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งตามแกนด้วยการหมุนที่มีความเร็วสูงและลักษณะของใบพัดก็เป็นส่วนสำคัญเรื่องอัตราการจ่ายลม เครื่องอัดอากาศประเภทนี้สามารถกระจายแรงลมได้ตั้งแต่ 170 - 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่ออนาที ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.8 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor)

ที่มา : <https://www.aps-compressor.com/14994828/piston-air-compressor-ปั๊มลมลูกสูบ>
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



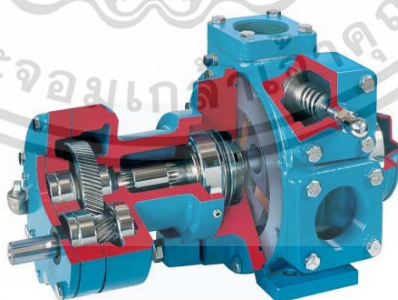
รูปที่ 2.9 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)

ที่มา : <https://www.aps-compressor.com/14986567/screw-air-compressor-ปั๊มลมสกรู>



รูปที่ 2.10 เครื่องอัดอากาศชนิดไดอะแฟรม (Diaphragm Compressor)

ที่มา : http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_1-1.htm



รูปที่ 2.11 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Sliding Rotary Compressor)

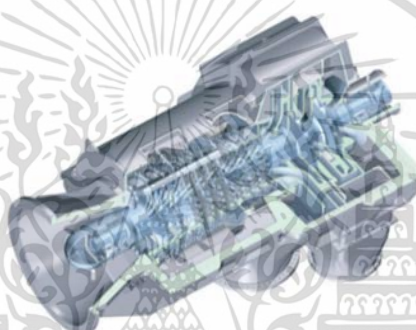
ที่มา : <http://www.kaowna.co.th/ปั๊มลม-air-compressor>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 เครื่องอัดอากาศชนิดไบพัดหมุน (Roots Compressor)

ที่มา : <http://www.xn--12c5csalj0b2c7d4h.net/>

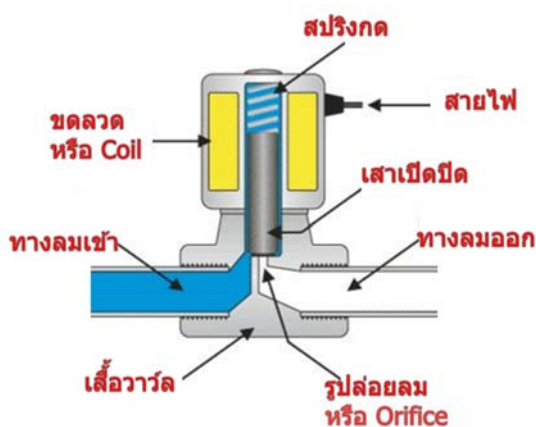


รูปที่ 2.13 เครื่องอัดอากาศชนิดกังหัน (Radial and Axial Flow Compressor)

ที่มา : <http://www.kaowna.co.th/บี้มลม-air-compressor>

2.7 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์ (Relay) ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์วาล์วจะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็กทำให้แท่งเหล็กขุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กขุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

ที่มา : <http://www.mtecairsuspension.com/วาล์วไฟฟ้า-solenoid-valve>

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Baron et al. (2008) ได้ทำการวิจัยการบีบอัดก๊าซชีวภาพ ซึ่งวิจัยนี้ได้มีการสร้างแนวคิดและวิธีการบีบอัดที่หลากหลายขึ้นและเราได้ตัดสินใจเลือกวิธีการบีบอัดให้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด กลไกการบีบอัดที่ดีที่สุดได้รับการพิจารณาให้เป็นปั๊มจักรยานที่มีการดัดแปลงเนื่องจากราคาไม่แพงใช้งานง่ายและสามารถเข้าถึงแรงกดที่ต้องการได้ด้วยระยะเวลา เป้าหมายที่ดีที่สุดคือการบีบอัดพลังงานเทียบเท่า 6 ชั่วโมง ลงในภาชนะเก็บที่พกพาได้และเป็นอุปกรณ์มาตรฐาน การออกแบบประกอบด้วย การบีบอัดและกระบอกสูบหลายกระบอก ซึ่งช่วยให้สามารถสลับโหมดแรงดันสูงได้ สามารถบีบอัดได้ถึง 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยระยะเวลาที่เหมาะสมและใช้กำลังป้อนที่เหมาะสม จากการทดสอบเราสังเกตเห็นว่าต้องใช้เวลาเฉลี่ย 4.5 นาที ในการบีบอัดก๊าซชีวภาพถึง 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และบีบอัดก๊าซชีวภาพเป็นระยะเวลา 10 นาที ในการบีบอัดก๊าซชีวภาพ 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เทคนิคการประดิษฐ์ค่อนข้างเรียบง่ายและเป็นสากลเช่นเดียวกับวัสดุที่ใช้ทั้งหมด

Ray et al. (2013) เป็นโครงการที่ดำเนินการโดย Engineering of Bhubaneswar เมือง Odisha ประเทศอินเดีย เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ การบีบอัดและการจัดเก็บที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นก๊าซหุงต้มในครัวเรือนในชนบท ก๊าซชีวภาพถูกผลิตขึ้นในถังกากชนิดถังลอยโดยการย่อยสลายกากของเสียจากครัวเรือน ซึ่งมีการออกแบบคอมเพรสเซอร์คั่นโยกเท้าจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถยืนและบีบอัดโดยใช้คั่นโยกเท้า ระบบวาล์วสามารถบีบอัดก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 4 บาร์ ในถังขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร นอกจากคอมเพรสเซอร์แล้วยังมีภาชนะที่ใช้ซิลิกาเจลสำหรับการกำจัดไอน้ำจากก๊าซชีวภาพและยังมีภาชนะบรรจุเส้นใยเพื่อทำหน้าที่เป็นเครื่องกรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ควบคู่ไปกับการป้อนก๊าซชีวภาพไปยังระบบบีบอัด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถบีบอัดก๊าซชีวภาพลงในภาชนะได้ความดัน 4 บาร์ และใช้เวลาในการทำงาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nallamothu et al. (2012) ในงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างสถานที่ผลิตก๊าซชีวภาพในวิทยาลัยเพื่ออัดบรรจุขวดและทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการบีบก๊าซเข้าถังซึ่งเป็นไปได้เฉพาะหลังจากที่เอา ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ส่วนประกอบไอน้ำเพื่อลดสิ่งสกปรก การทดลองแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่มีอยู่ใน ก๊าซชีวภาพดิบและก๊าซชีวภาพบริสุทธิ์เท่ากับ $68 \pm 2.52 \%$ และ $90 \pm 1.53 \%$ ตามลำดับ การบีบอัดก๊าซชีวภาพที่บริสุทธิ์ได้ดำเนินการโดยใช้เครื่องทำความเย็นแบบลูกสูบและบรรจุลงในถังก๊าซหุงต้มตามปกติ การบีบอัดก๊าซชีวภาพสามารถอัดก๊าซชีวภาพได้ถึงความดันสัมบูรณ์ที่ 5 บาร์ ใช้เวลา 12-14 นาที เพื่อประเมินผลกระทบของการบำบัดก๊าซชีวภาพที่มีต่อความร้อนบริสุทธิ์ โดยใช้ก๊าซชีวภาพ เพื่อให้ความร้อน 500 มิลลิลิตร และใช้เวลา 4.54 ± 0.03 และ 5.62 ± 0.02 นาที ตามลำดับ

ปิยะพงษ์ สิงห์บัว และรัชพล สันติวรกร (2554) การศึกษาพัฒนาระบบอัดก๊าซชีวภาพและการดัดแปลงรถจักรยานยนต์เพื่อให้ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงได้ รวมไปถึงเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซลีนและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์ โดยทำการพัฒนาระบบอัดก๊าซชีวภาพและอัดก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุขนาด 4 และ 15 กิโลกรัม ซึ่งได้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่บรรจุในถังเท่ากับ 0.2 และ 0.53 กิโลกรัม ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เมื่อผ่านระบบอัดก๊าซชีวภาพแล้ว พบว่ามีการลดลงของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 15.63 % จากนั้นได้ทำการดัดแปลงรถจักรยานยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

สิริเดช กุลหิรัญบวร (2559) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดก๊าซชีวภาพขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยการทดลองระยะเวลาที่ใช้อัดก๊าซชีวภาพเข้าถังเก็บก๊าซหุงต้ม ขนาด น้ำหนักก๊าซบรรจุ 15 กิโลกรัม ในแต่ละช่วงมีความดัน คือ 50 100 และ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้คอมเพรสเซอร์แบบปิดสนิท (Hermetic compressor) ขนาด 1/2 แรงม้า พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดก๊าซชีวภาพเข้าถังเก็บก๊าซหุงต้ม คือ 3.44 10.00 และ 17.20 นาที ตามลำดับ ช่วงความดันแสดงให้เห็นว่าเครื่องอัดก๊าซชีวภาพขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในครัวเรือนได้ดี

ซึ่งปัจจุบันนี้ยังไม่มีระบบที่สามารถกักเก็บก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักที่แพร่หลาย ด้วยเหตุนี้ก๊าซชีวภาพที่ถูกผลิตออกมาต้องถูกใช้ในอัตราเดียวกับอัตราการผลิต และก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน ออกแบบและสร้างระบบบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในครัวเรือน และทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซหุงต้มตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยการทำงานของเครื่องจะถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี เมื่อผู้ใช้งานกดจำนวนเงินที่ต้องการหรือปริมาณแรงดันที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม START เครื่องจะเริ่มทำ

การบรรจุก๊าซชีวภาพ โดยเครื่องจะหยุดจ่ายก๊าซชีวภาพอัตโนมัติเมื่อก๊าซชีวภาพถูกบรรจุครบตามจำนวนที่ต้องการ และบรรจุใส่ถังก๊าซหุงต้มขนาด 15 กิโลกรัม โดยจะมีวิธีการดำเนินงานในบทถัดไป



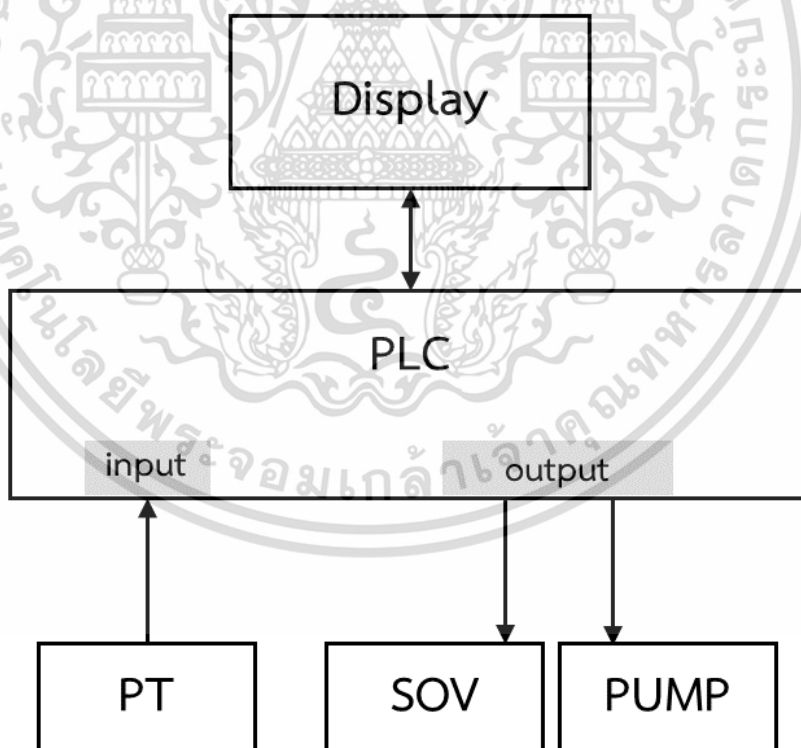
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

ระบบบรรจุก๊าซชีวภาพทำหน้าที่บรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการดัดแปลงเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) มาประยุกต์ใช้ในการบรรจุก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งภายในตู้บรรจุก๊าซชีวภาพประกอบด้วย

- 1) ระบบควบคุมการจ่ายก๊าซชีวภาพ (PLC) ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการการจ่ายก๊าซจากบ่อหมักไปยังถังเก็บก๊าซให้เหมาะสมกับความดันถังก๊าซ
- 2) โซลีนอยด์วาล์ว (SOV) และปั๊ม (PUMP) ทำหน้าที่ในการปิด-เปิดการไหลของก๊าซ
- 3) เครื่องมือวัดความดัน (PT) ทำหน้าที่วัดปริมาณแรงดันก๊าซชีวภาพที่ได้ทำการบรรจุลงถังและส่งสัญญาณที่ได้เป็นอนาล็อก 4-20 มิลลิแอมป์ ไปยังชุดควบคุม
- 4) จอแสดงผล (Display) เป็นส่วนที่ใช้ในการรับค่าจากผู้ใช้งานและแสดงปริมาณแรงดันภายในถังบรรจุก๊าซหุงต้ม



รูปที่ 3.1 ระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบ/เครื่องมือ

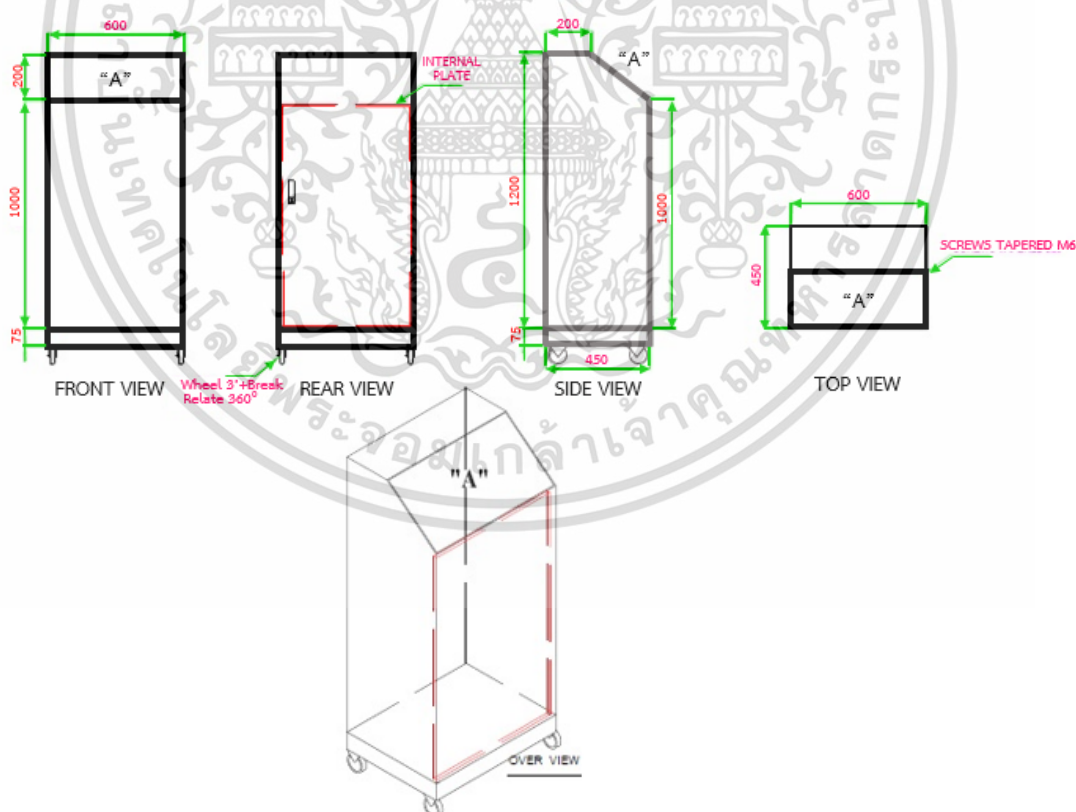
การออกแบบระบบบรรจุก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบชุดเครื่องมือบรรจุก๊าซชีวภาพ และการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ ดังนี้

3.1.1 การออกแบบชุดเครื่องมือบรรจุก๊าซชีวภาพ

การออกแบบเป็นขั้นตอนที่สำคัญซึ่งจะต้องคำนึงถึงหลักการ ทฤษฎีโดยจะดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบบรรจุก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับใช้ในครัวเรือนตลอดจนคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานการติดตั้งที่จะใช้กับบ่อก๊าซชีวภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

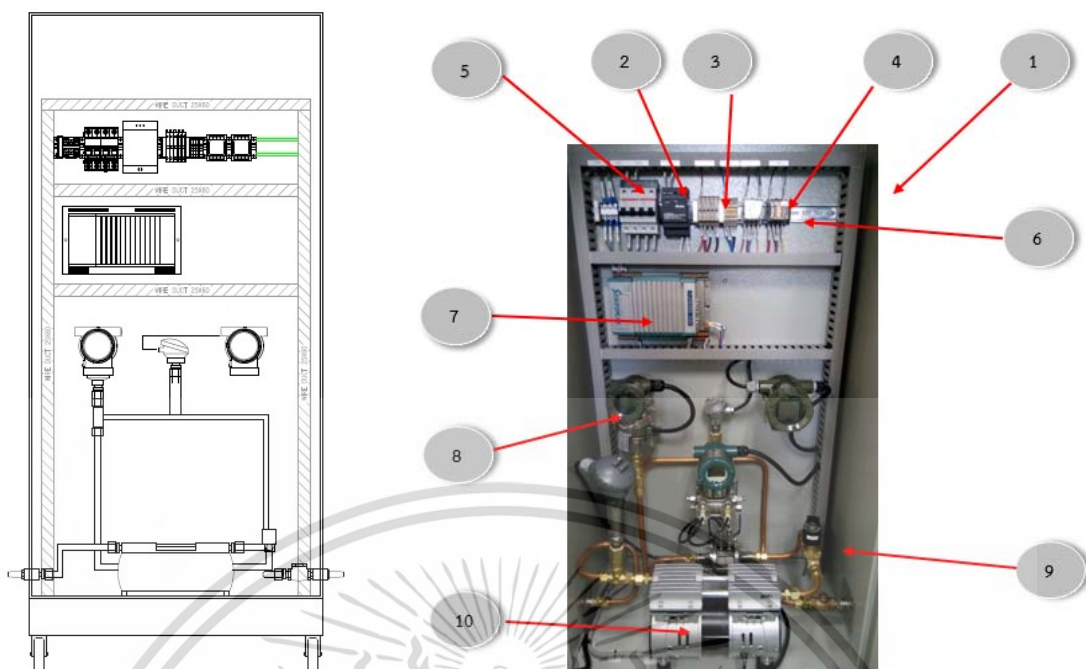
3.1.1.1 การออกแบบตู้บรรจุก๊าซชีวภาพ

ตู้บรรจุก๊าซชีวภาพมีขนาดความกว้าง 450 x ยาว 600 x สูง 1200 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ภายในตู้ประกอบไปด้วยเครื่องอัดอากาศ เช่น เซอร์วิวดแรงดัน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ แหล่งจ่ายไฟ 24 โวลต์ กระแสตรงใช้สำหรับจ่ายให้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ภายในตู้ และพีแอลซี โดยมีพิวส์ขนาด 1 แอมแปร์ ต่อก่อนเข้าอุปกรณ์เพื่อป้องกันการลัดวงจร โดยมีไฟฟ้า 220 โวลต์ และกระแสสลับใช้สำหรับมอเตอร์และโซลินอยด์วาล์วโดยส่วนประกอบภายในตู้บรรจุก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ขนาดของเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบภายในตู้บรรจุก๊าซชีวภาพ

หมายเลขที่ 1 โครงสร้างและตู้ 600x450x1200 มม.

หมายเลขที่ 2 Switch power supply

หมายเลขที่ 3 Terminal fuse

หมายเลขที่ 4 Terminal disconnect

หมายเลขที่ 5 Circuit breaker 2P 16A

หมายเลขที่ 6 Relay contactor + socket

หมายเลขที่ 7 STARDOM PLC

หมายเลขที่ 8 Pressure transmitter (HART)

หมายเลขที่ 9 Solenoid valve 1/2"

หมายเลขที่ 10 Air compressor

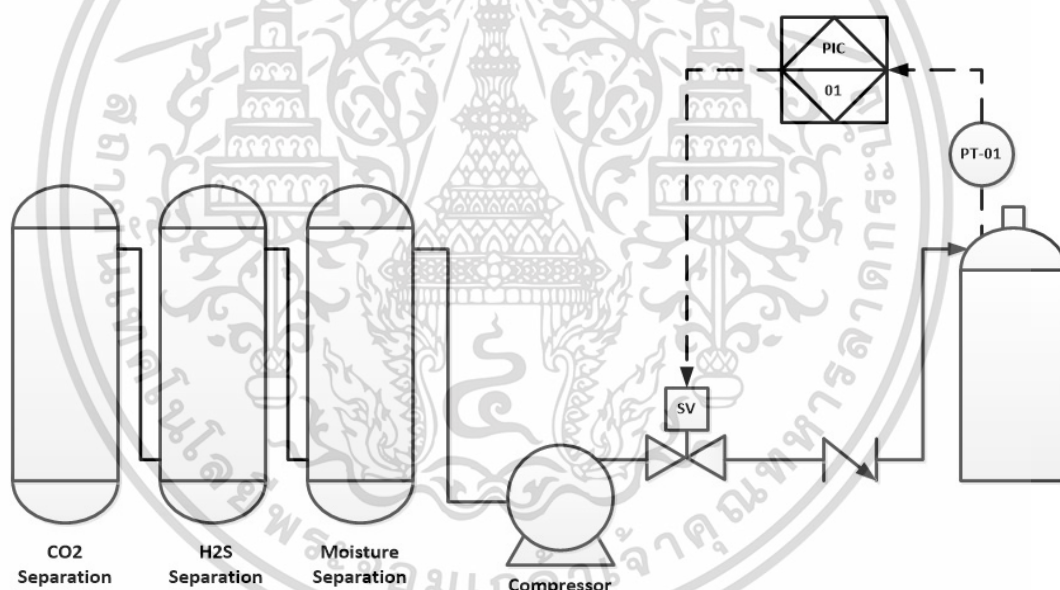
3.1.1.2 การออกแบบชุดคำสั่งควบคุมและเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดทุกตัวในระบบควบคุมกระบวนการผลิตจะต้องมีการกำหนดรายละเอียดและตัวแปรต่างๆให้เหมาะกับการนำไปใช้งาน ข้อมูลต่างๆเหล่านี้จะมีความสำคัญมากในการออกแบบเครื่องมือวัดและระบบควบคุม เพราะการออกแบบจะต้องมีการเพิ่มลดหรือมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลอยู่บ่อยครั้ง ข้อมูลเหล่านี้เป็นส่วนที่ใช้แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดและระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

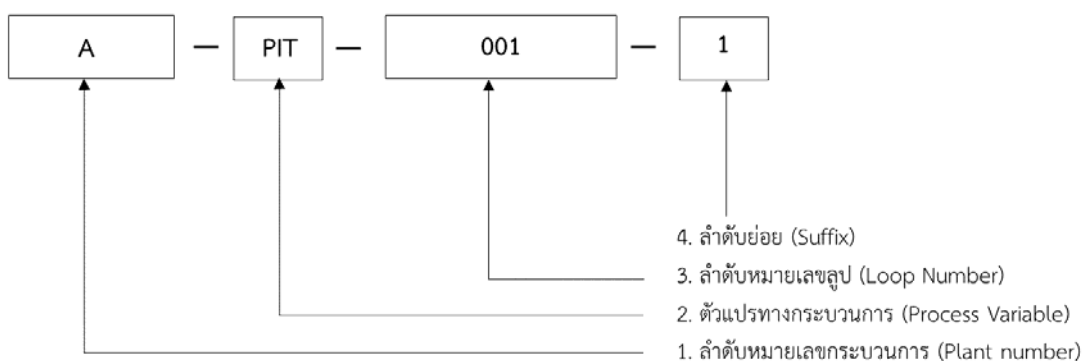
ควบคุมที่ถูกกำหนดตามความต้องการไว้ในแผนภาพกระบวนการผลิต เครื่องมือวัดและระบบควบคุม จะประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

1) ชื่อลูปรการทำงาน (Loop Name) จะเป็นข้อมูลลำดับแรกสำหรับเครื่องมือวัดและระบบควบคุมที่ใช้กำหนดชื่อของลูปรการทำงาน ชื่อของลูปรการทำงานจะมีอักษรหลักเป็นตัวแปรทางกระบวนการที่ใช้แสดงวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ลูปรการทำงานจะเป็นส่วนประกอบย่อยของฟังก์ชันการควบคุม (Control Function) ซึ่งในแต่ละฟังก์ชันการควบคุมอาจจะสามารถมีลูปรการทำงานของเครื่องมือวัดได้หลายลูปร ปกติลูปรการทำงานประกอบด้วย 3 ส่วน คือ อุปกรณ์การวัด (sensing element) ตัวควบคุม (controller) และอุปกรณ์สุดท้าย (final element) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งในกระบวนการบรรจุก๊าซชีวภาพจะมีการทำงาน 3 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกเครื่องมือวัดจะทำการแปลงตัวแปรจากกระบวนการผลิตไปเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ และส่งไปยังระบบควบคุม ขั้นตอนที่สองระบบควบคุมจะทำการประมวลผลและส่งสัญญาณออกเป็นสัญญาณดิจิทัลไปยังวาล์วควบคุม และขั้นตอนสุดท้ายระบบควบคุมจะส่งสัญญาณดิจิทัลเพื่อปิดหรือเปิดวาล์ว



รูปที่ 3.4 ลูปรฟังก์ชันการทำงานควบคุมแรงดันก๊าซชีวภาพ

จากรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นสามารถแสดงรูปแบบของการกำหนดชื่อลูปรเครื่องมือวัดและระบบควบคุมได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 รูปแบบการกำหนดชื่อลูปเครื่องมือวัดและระบบควบคุม

จากรูปที่ 3.5 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

(1) ลำดับหมายเลขกระบวนการผลิตจะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งาน หมายเลขกระบวนการผลิตเหล่านี้จะไม่ถูกแสดงลงในแผนภาพกระบวนการผลิต

(2) ตัวแปรทางกระบวนการจะเป็นอักษรหลักที่ใช้เป็นชื่อของลูป ดังนี้

“F” ลูปการทำงานเกี่ยวกับการไหล (Flow)

“L” ลูปการทำงานเกี่ยวกับระดับ (Level)

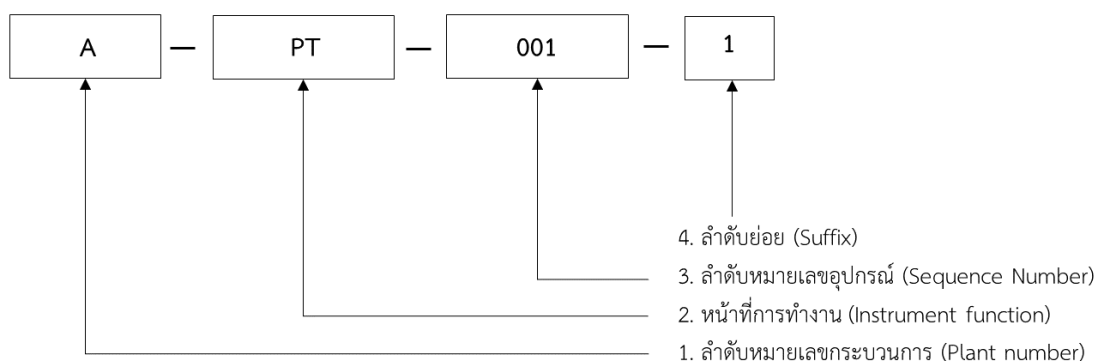
“P” ลูปการทำงานเกี่ยวกับความดัน (Pressure)

“T” ลูปการทำงานที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ (Temperature)

(3) ลำดับหมายเลขลูปเป็นตัวเลขที่ใช้แสดงลำดับของลูปเรียงต่อกันไป โดยจะต้องไม่ซ้ำกัน

(4) ลำดับย่อยจะเป็นตัวที่ใช้แยกลูปที่มีลำดับหมายเลขซ้ำกัน จะใช้ในกรณีที่น่าไปใช้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์เตรียมพร้อม (Stand by) ในกระบวนการ เช่น บั๊มหรือถัง เป็นต้น โดยทั่วไปจะใช้เป็นอักษรหนึ่งหลักหรือสองหลัก เช่น A, B, AA, AB เป็นต้น

2) ชื่อเครื่องมือวัด (Tag Name) ในลูปการทำงานเป็นข้อมูลที่ใช้แสดงชื่อของเครื่องมือวัดที่อยู่ในลูปการทำงานทั้งหมด โดยชื่อของเครื่องมือจะแสดงหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดแต่ละตัวที่อยู่ในลูปการควบคุมอย่างละเอียด ในการแสดงรายละเอียดของหน้าที่การทำงานจะถูกกำหนดไปบนหมายเลขประจำเครื่องมือซึ่งมีรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ชื่อเรียกเครื่องมือวัด

จากรูปที่ 3.6 หมายเลขประจำเครื่องมือวัดจะเป็นเพียงตัวอย่างเพียงรูปแบบหนึ่งเท่านั้นในการใช้งานจริง ผู้ใช้สามารถจัดลำดับหรือจำนวนตัวอักษรในแต่ละลำดับตามต้องการได้ดังนี้

(1) ลำดับหมายเลขกระบวนการผลิตจะเป็นตัวเลขที่กำหนดหรือแบ่งแยกกระบวนการผลิต อาจจะใช้เป็นจำนวนสองหลักหรือสามหลักขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เช่น 01, 02, 03 หรือ 001, 123 เป็นต้น ลำดับหมายเลขกระบวนการผลิตจะไม่แสดงบนแผนภาพกระบวนการผลิตแต่จะถูกแสดงในฐานข้อมูลของอุปกรณ์เครื่องมือวัด (instrument data base) เท่านั้น

(2) หน้าที่การทำงานจะใช้เป็นตัวกำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัด จำนวนหลักที่ใช้จะขึ้นอยู่กับรายละเอียดข้อกำหนดในการกำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดของผู้นำไปใช้งาน

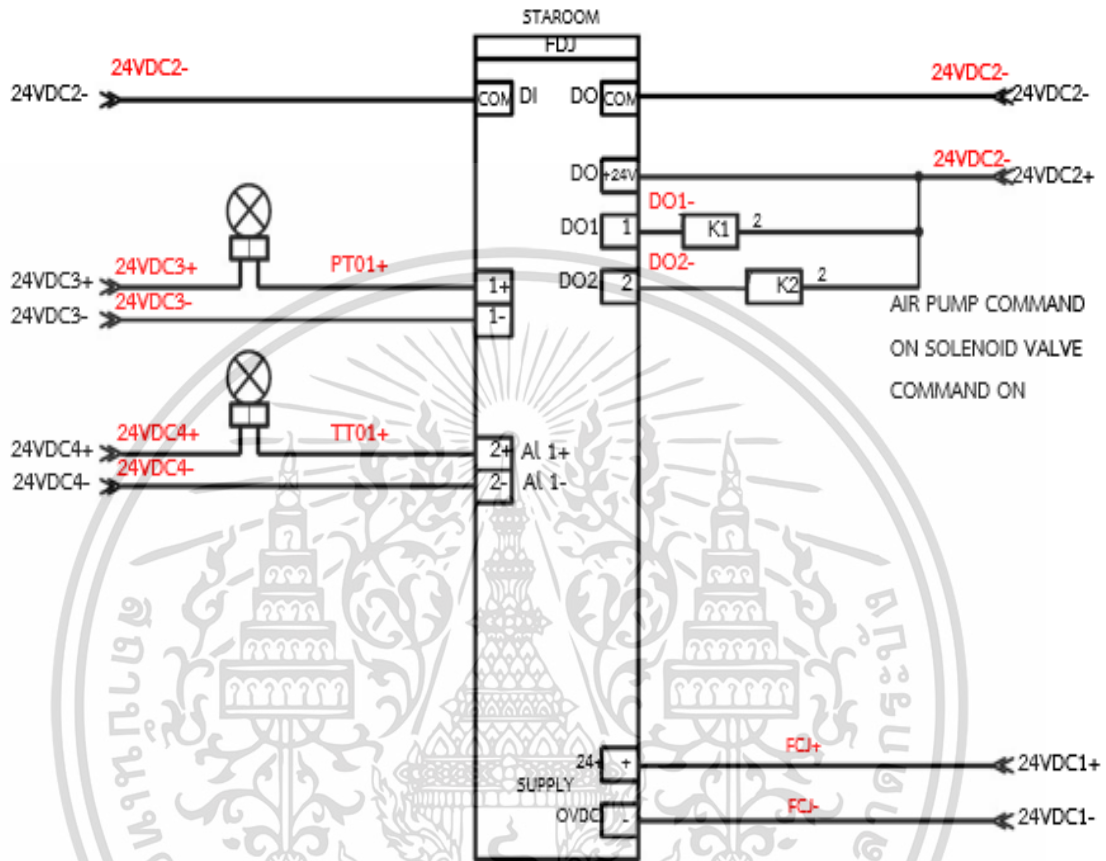
(3) ลำดับหมายเลขเครื่องมือวัดจะถูกใช้เป็นหมายเลขประจำอุปกรณ์

(4) ลำดับย่อยจะเป็นตัวอักษรที่ใช้แยกหมายเลขลำดับที่ซ้ำกัน

3.1.1.3 การออกแบบชุดควบคุมการบรรจุก๊าซชีวภาพ

ในรูปการทำงานเครื่องมือวัดและอุปกรณ์สุดท้ายชนิดของสัญญาณเข้า (input) และสัญญาณออก (output) จะถูกต่อเข้ากับระบบควบคุม จะเห็นได้ว่าค่าความดันก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ สำหรับส่งต่อไปยังส่วนอินพุตของระบบควบคุม (input card) และในส่วนของระบบควบคุมจะเปลี่ยนสัญญาณกระแสไฟฟ้าเป็นสัญญาณแรงดันมาตรฐาน 1-5 โวลต์ ด้วยความต้านทานขนาด 250 โอห์ม จากนั้นสัญญาณจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำไปประมวลผลต่อไปและสั่งการออกจากส่วนเอาต์พุต (output card) เพื่อใช้บังคับควบคุมไปยังอุปกรณ์สุดท้าย (final element) ออกไปเป็นสัญญาณดิจิทัลเอาต์พุต (digital output) ใช้แทนสัญญาณปิดและเปิด โดยเครื่องมือวัดแรงดัน (PT01) ทำหน้าที่ในการวัดแรงดันก๊าซชีวภาพ ซึ่งถูกต่อเข้ากับบอานาล็อกอินพุต บีม (K1) ทำหน้าที่เปิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิดเครื่องอัดก๊าซชีวภาพซึ่งถูกต่อเข้ากับบิติจิทัลเอาต์พุต และวาล์วควบคุม (K2) ทำหน้าที่เปิดปิดการไหลของก๊าซชีวภาพซึ่งถูกต่อเข้ากับบิติจิทัลเอาต์พุต โดยต่อสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 3.7

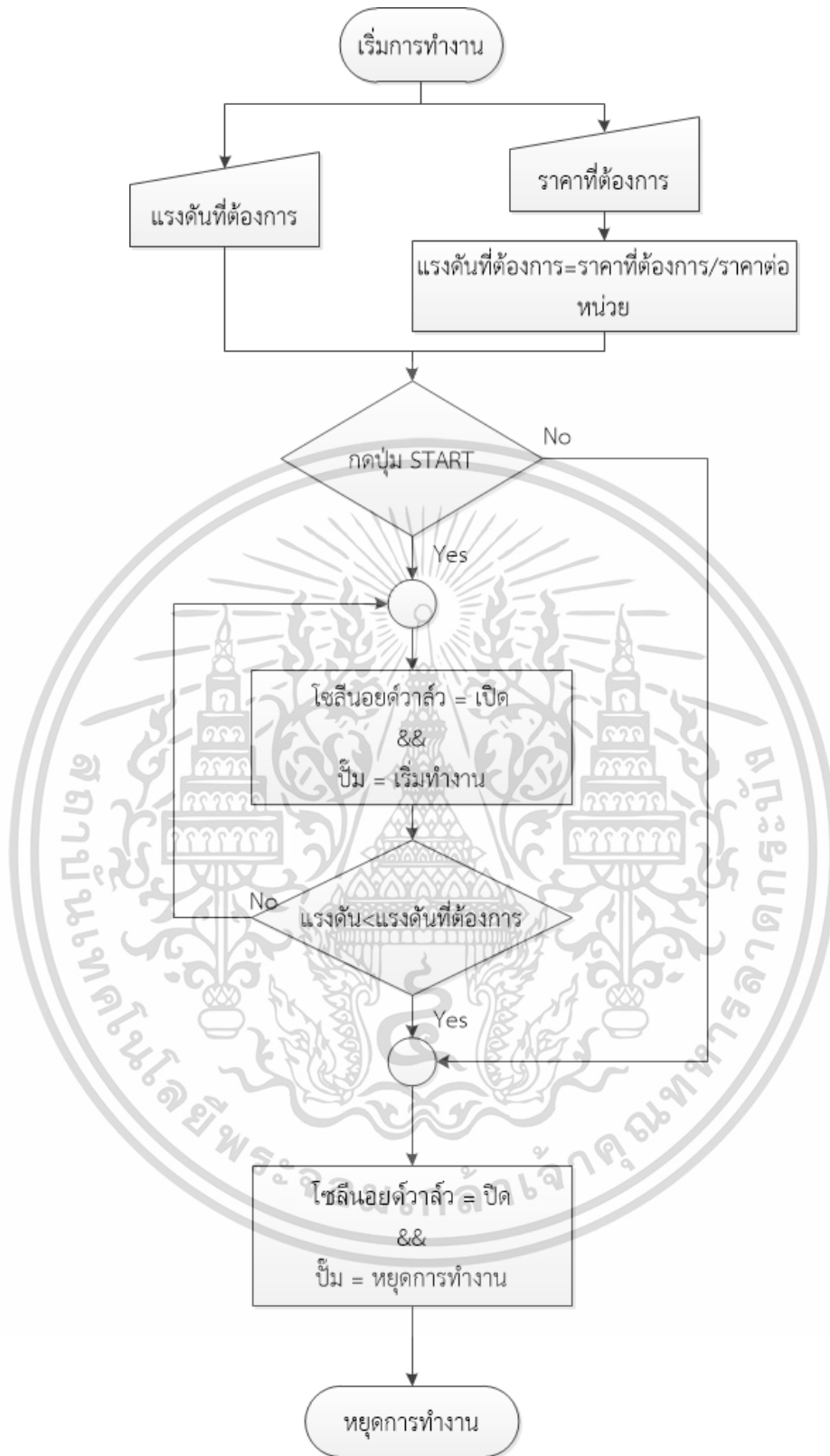


รูปที่ 3.7 การต่อสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

3.1.2 การออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

การออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานทำการป้อนปริมาณแรงดันที่ต้องการบรรจุลงถึงก๊าซหุงต้ม แล้วกดปุ่ม START ระบบบรรจุก๊าซชีวภาพจะเริ่มทำการบรรจุการก๊าซชีวภาพจนถึงแรงดันที่กำหนดไว้แล้วระบบบรรจุก๊าซชีวภาพจะหยุดบรรจุก๊าซอย่างอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 3.8 และตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

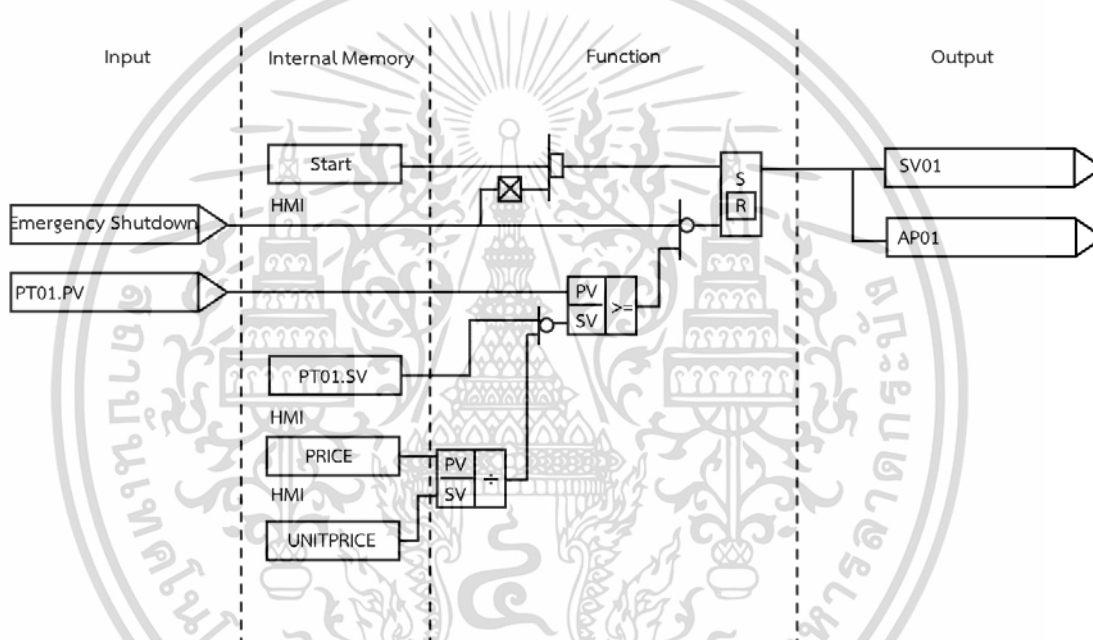


รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานระบบรอกู้ชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 มีขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ ดังต่อไปนี้

- 1) ผู้ใช้งานกำหนดปริมาณแรงดันก๊าซชีวภาพตามต้องการ แรงดันจะถูกบันทึกในตัวแปร PT01.SV หรือให้ผู้ใช้งานกำหนดจำนวนเงินตามต้องการแล้วโปรแกรมจะคำนวณมาเป็นปริมาณแรงดันที่ต้องบรรจุ
- 2) เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม START โซลีนอยด์วาล์ว (SV01) จะถูกเปิด และปั๊ม (AP01) จะเริ่มทำงาน จนกระทั่งปริมาณแรงดันจากอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดัน (PT01.PV) มากกว่าหรือเท่ากับปริมาณแรงดันที่ผู้ใช้งานต้องการ โซลีนอยด์วาล์วจะถูกปิด และปั๊มจะหยุดการทำงาน
- 3) หรือเมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม STOP โซลีนอยด์วาล์วจะถูกปิด และปั๊มจะหยุดการทำงาน



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

จากรูปที่ 3.9 เมื่อผู้ใช้งานกำหนดปริมาณแรงดันที่ต้องการหรือราคาที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม START ซึ่งไม่มีการกดปุ่มหยุดฉุกเฉิน เมื่อโซลีนอยด์วาล์วเปิดและปั๊มเริ่มทำงานจนกว่าปริมาณแรงดันก๊าซชีวภาพในถังบรรจุก๊าซหุงต้มจะเท่ากับปริมาณแรงดันที่กำหนดไว้ โซลีนอยด์วาล์วจึงจะปิดและปั๊มหยุดการทำงาน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 นำแผ่นเหล็กที่ได้มาประกอบกันเป็นตู้เหมือนกับที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.2.1.2 ติดตั้งเครื่องอัดแรงดันอากาศและยึดติดกับโครงสร้างตู้

3.2.1.3 ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแรงดันและเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ

3.2.1.4 นำท่อทองแดงที่ได้จัดเตรียมไว้ตัดให้ได้ขนาดพอดีกับตู้

3.2.1.5 ติดตั้งท่อทองแดงเข้ากับเครื่องอัดแรงดันอากาศฝั่งขาเข้าเครื่องอัดอากาศ

3.2.1.6 ติดตั้งท่อทองแดงเข้ากับเครื่องอัดแรงดันอากาศฝั่งขาออกไปยังอุปกรณ์วัดแรงดันและวัดอุณหภูมิ

3.2.1.7 ติดตั้งท่อทองแดงออกจากอุปกรณ์วัดแรงดันเข้ากับโซลินอยด์วาล์ว

3.2.1.8 ติดตั้งท่อทองแดงออกจากโซลินอยด์วาล์วมายังบริเวณด้านข้างของตู้ ตามที่แสดงดังรูปที่ 3.3 เพื่อออกไปยังถังก๊าซหุงต้ม

3.2.1.9 ติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ เครื่องควบคุมอัตโนมัติ เทอร์มินอลล์ฟิวส์ และแหล่งจ่ายไฟ 24 โวลต์

3.2.1.10 ติดตั้งสายสัญญาณไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.7 และทำการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

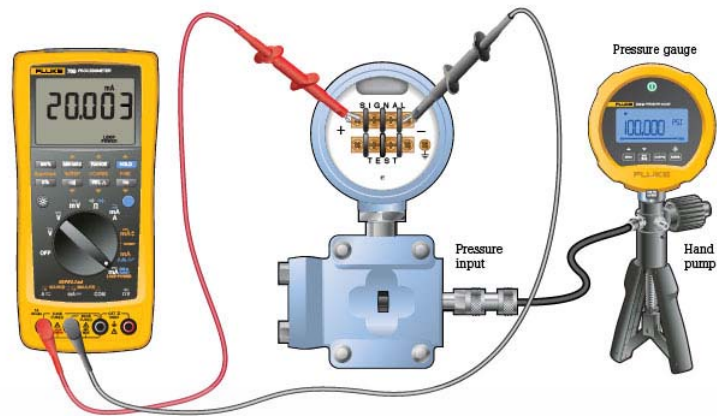
3.2.2 การทดสอบชุดควบคุม

การทดสอบรูปการทำงาน (Loop Test) เป็นการทดสอบหลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จ เพื่อทดสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของโปรแกรมรวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้งสายสัญญาณก่อนนำไปใช้งานเพื่อเป็นการยืนยันว่าอุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริง โดยมีการทดสอบดังนี้

(1) ทดสอบสัญญาณอินพุตโดยการจำลองตัวแปรทางกระบวนการ การจำลองจะป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 4 มิลลิแอมป์ 12 มิลลิแอมป์ และ 20 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 แล้วตรวจสอบความถูกต้องพร้อมบันทึกผลการทดลอง

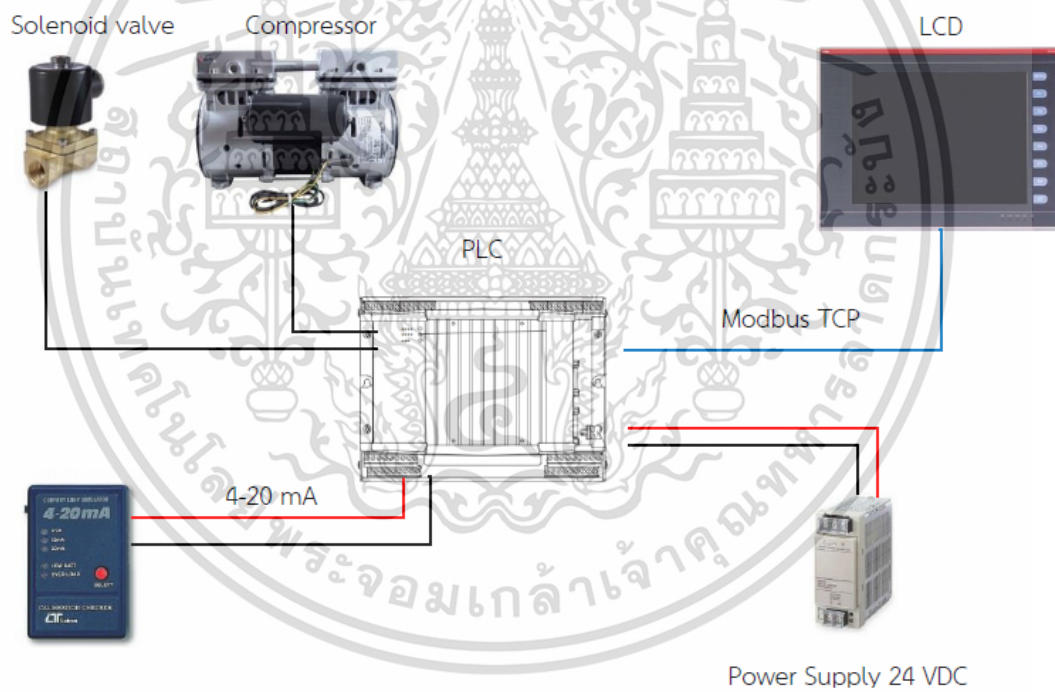
(2) ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรควบคุมให้เป็นไปตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

(3) สำหรับโซลินอยด์วาล์วและเครื่องอัดแรงดันอากาศ จะทำการเปิดปิดวาล์วจากระบบควบคุม ตรวจสอบการทำงานของโซลินอยด์วาล์วและเครื่องอัดแรงดันอากาศ



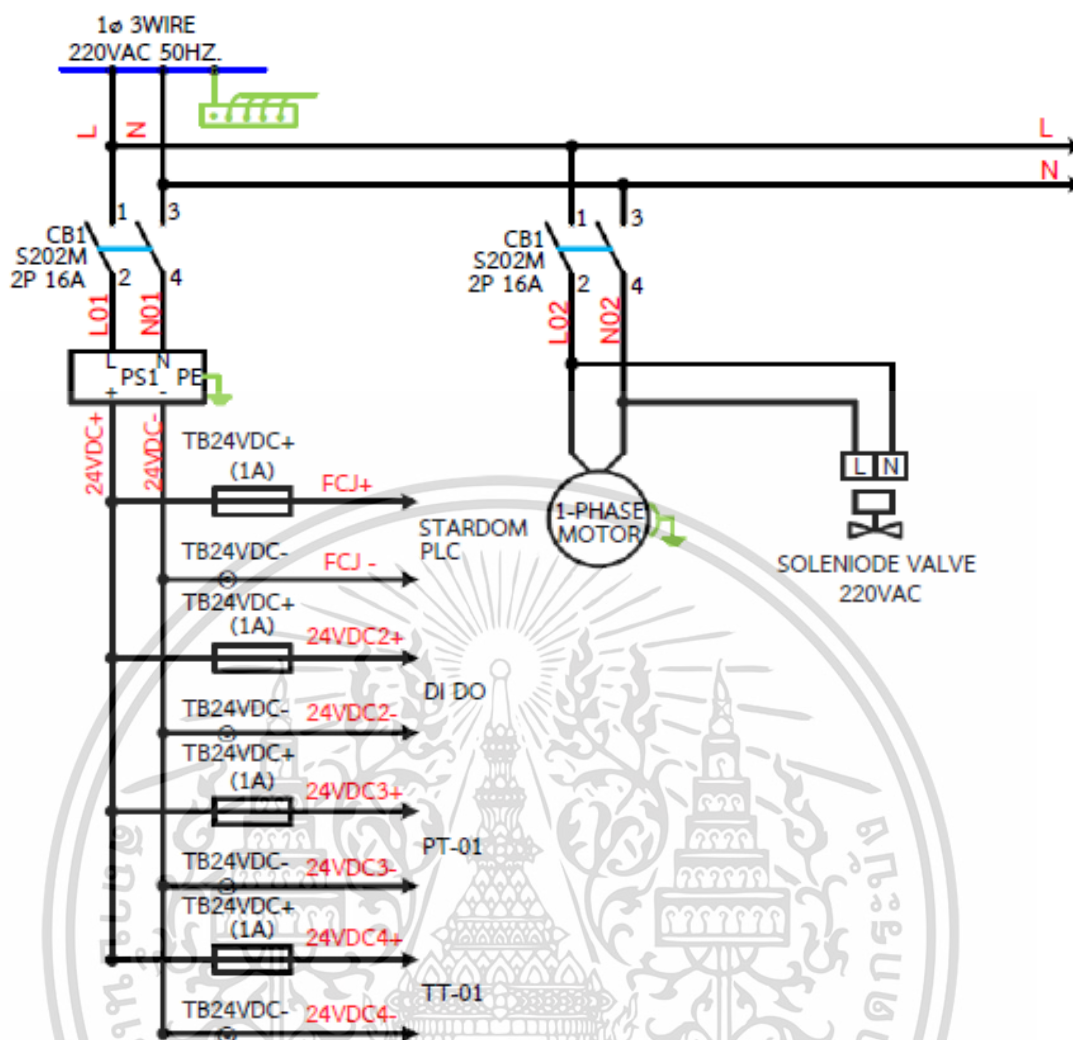
รูปที่ 3.10 การทดสอบเครื่องมือวัด

ที่มา : <http://en-us.fluke.com/training/training-library/test-tools/process-tools/using-loop-power-for-process-instrument-and-4-20-ma-loop-testing.html>



รูปที่ 3.11 การทดสอบลูปการทำงาน (Loop Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรชุดควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) และเครื่องอัดอากาศ (Compressor)

3.2.3 วิธีการทดสอบโดยการใช้งานจริง

3.2.3.1 ติดตั้งท่อส่งก๊าซฝั่งขาเข้าของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพเข้ากับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.13

3.2.3.2 ติดตั้งหัวจ่ายก๊าซเข้ากับถังก๊าซหุงต้มและเปิดวาล์วที่หัวถังก๊าซหุงต้ม ดังแสดงในรูปที่ 3.14

3.2.3.3 กำหนดปริมาณก๊าซชีวภาพสามารถกำหนดได้สองวิธีการด้วยกัน โดยกำหนดปริมาณแรงดันก๊าซที่ต้องการและปริมาณแรงดันก๊าซจะต้องไม่เกินความสามารถของถังบรรจุก๊าซนั้นๆ โดยการกดปุ่ม “Pressure” เพื่อกำหนดปริมาณแรงดันที่ต้องการหรือกดปุ่ม “Money” เพื่อกำหนดจำนวนเงินที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และ รูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

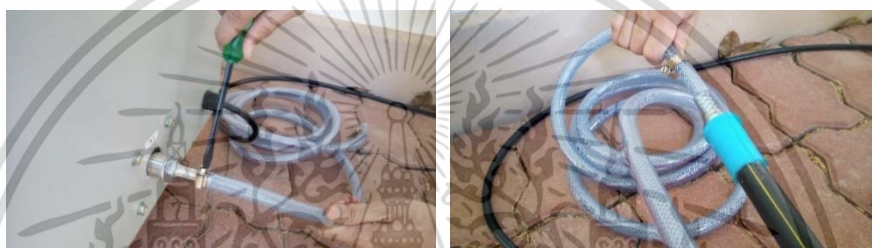
3.2.3.4 กดปุ่ม START เพื่อเริ่มการบรรจุก๊าซชีวภาพ สถานะการทำงานจะเปลี่ยนจาก STOP เป็น START ดังแสดงในรูปที่ 3.17

3.2.3.5 เมื่อต้องการจะหยุดการทำงานชั่วคราวให้กดปุ่ม STOP เพื่อเป็นการหยุดการทำงานชั่วคราว ดังแสดงในรูปที่ 3.18

3.2.3.6 ระบบจะทำการบรรจุก๊าซชีวภาพจนถึงค่าที่กำหนดและเครื่องจะทำการหยุดโดยอัตโนมัติ สถานะการทำงานจะเปลี่ยนสถานะกลับเป็น STOP อีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.19

3.2.3.7 เมื่อบรรจุก๊าซชีวภาพถึงค่าที่กำหนด ให้กดปุ่ม CLEAR เพื่อเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.20

3.2.3.8 ปิดวาล์วที่ตัวถังบรรจุก๊าซหุงต้มและนำหัวจ่ายก๊าซออกจากถังบรรจุก๊าซหุงต้ม

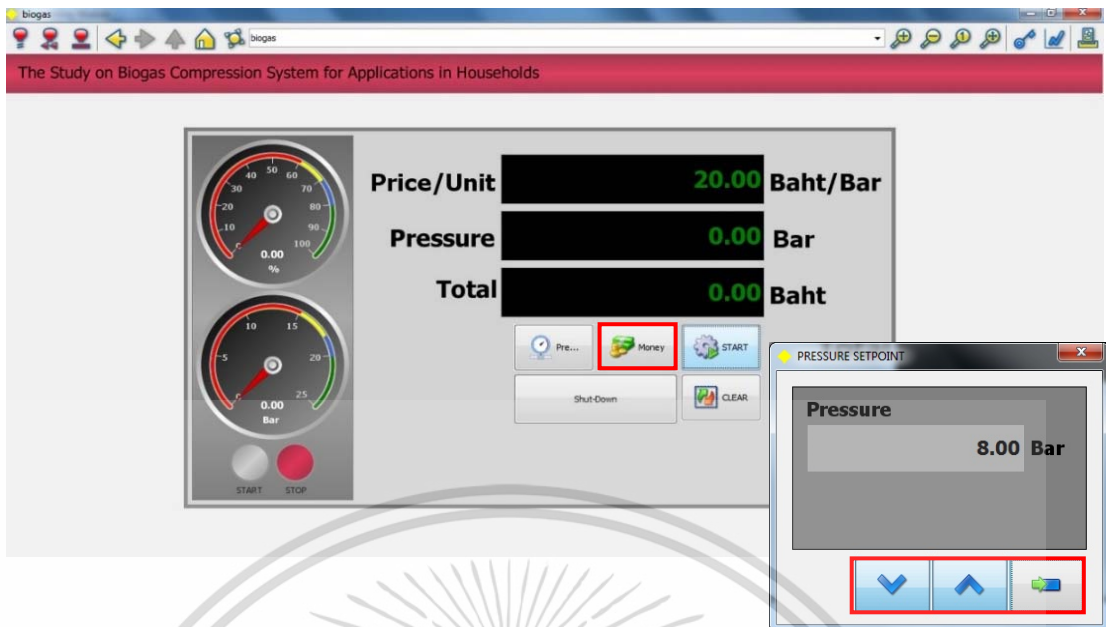


รูปที่ 3.13 การติดตั้งเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพเข้ากับบอหมักก๊าซชีวภาพ

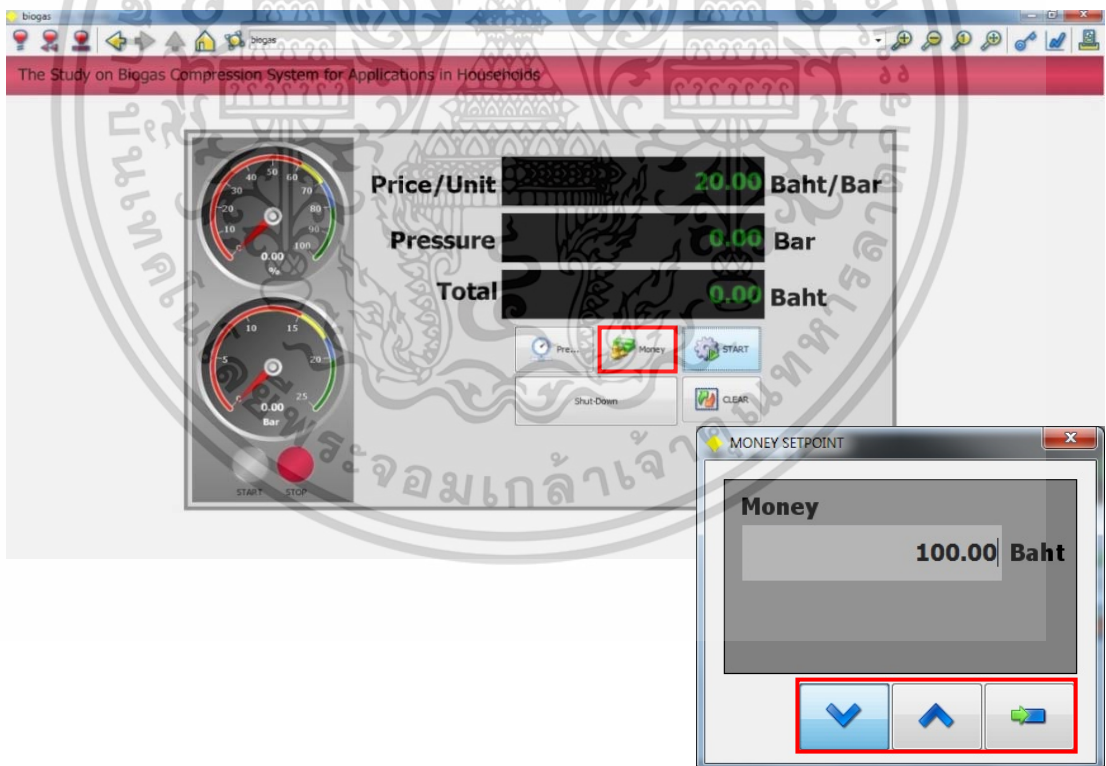


รูปที่ 3.14 การติดตั้งหัวจ่ายก๊าซเข้ากับถังก๊าซหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

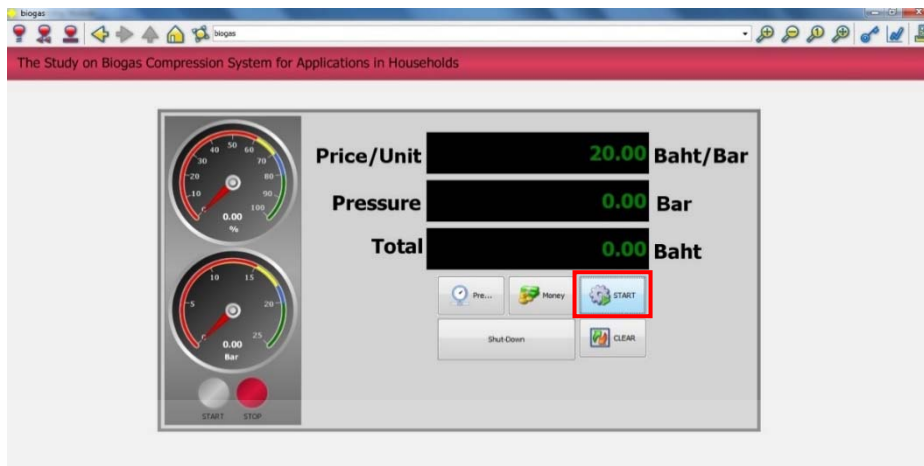


รูปที่ 3.15 การกำหนดปริมาณแรงดันก๊าซชีวภาพที่ต้องการ



รูปที่ 3.16 การกำหนดจำนวนเงินที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



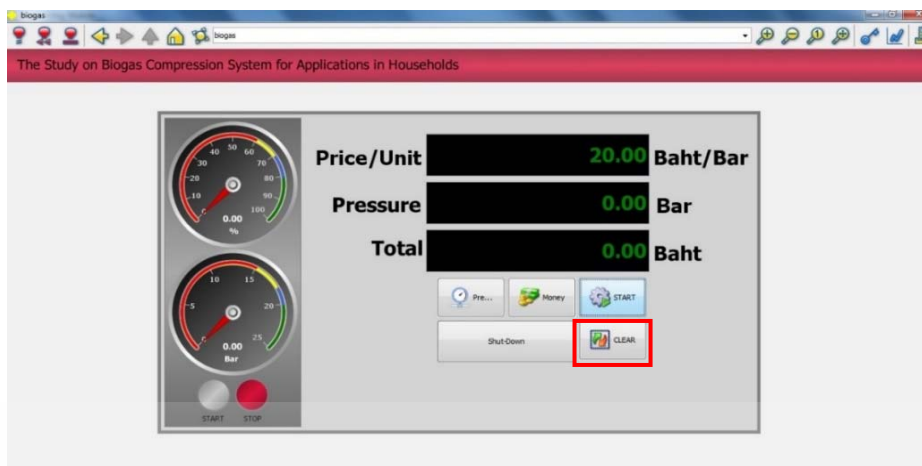
รูปที่ 3.17 การเริ่มทำงาน



รูปที่ 3.18 การหยุดการทำงาน



รูปที่ 3.19 การทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพถึงค่าที่กำหนดไว้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้จัดทำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 การกำหนดค่าเริ่มต้นใหม่

3.2.4 วิธีการวัดผลโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก

การทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพสามารถดำเนินการโดยชั่งน้ำหนักของถังก๊าซหุงต้มแล้วบันทึกค่า จากนั้นติดตั้งถังก๊าซหุงต้มเข้ากับระบบบรรจุก๊าซชีวภาพแล้วกำหนดปริมาณแรงดันหรือจำนวนเงินตามความต้องการแล้วกดปุ่ม START เพื่อเริ่มการบรรจุก๊าซชีวภาพและทำการจับเวลาโดยบันทึกเวลา 8 ครั้ง คือ เมื่อความดันที่ 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 บาร์ จากนั้นระบบบรรจุก๊าซชีวภาพจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพถึงค่าที่กำหนดไว้ และนำถังก๊าซหุงต้มที่ทำการบรรจุก๊าซชีวภาพแล้วไปชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูลน้ำหนักก๊าซชีวภาพที่บรรจุได้ โดยตัวอย่างแสดงการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังบรรจุก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.21 และรูปที่ 3.22 จากนั้นคูณผลต่างของน้ำหนักกระหว่างก่อนและหลังบรรจุก๊าซชีวภาพ โดยทำการทดสอบดังที่กล่าวมาข้างต้น เป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของการบรรจุก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3.21 น้ำหนักก่อนบรรจุก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 น้ำหนักหลังจากบรรจุก๊าซชีวภาพ

3.3 แผนการดำเนินการ

การวางแผนการทำงานของงานวิจัยนี้ดำเนินการทดลอง ณ บ่อหมักก๊าซชีวภาพ หมู่ที่ 5 ตำบลปริก อำเภอนาทองใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช เริ่มต้นจากการ ศึกษา ค้นคว้า ข้อมูลความเป็นไปได้ในการทำงานด้านต่างๆ มีรายละเอียดดังตาราง เริ่มต้นดำเนินการเดือน สิงหาคม พ.ศ.2559 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แผนการทำเนิงานของวิจัย

กิจกรรม	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ค	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	
1. นำเสนอหัวข้อวิจัย	59	59	59	59															
2. ศึกษาค้นคว้าหาเก็บรวบรวมข้อมูล																			
3. วิเคราะห์ข้อมูล																			
4. ออกแบบระบบ																			
5. พัฒนาและติดตั้ง																			
6. ทดสอบการทำงาน																			
7. ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด																			
8. สอบระบบ																			
9. ส่งระบบพร้อมรูปเล่มฉบับสมบูรณ์																			

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบระบบบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซขนาด 15 กิโลกรัม จากระบบก๊าซชีวภาพจากการหมักของมูลสุกร โดยการทำงานของเครื่องจะถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี เพื่อบรรจุก๊าซชีวภาพตามความต้องการของผู้ใช้งาน อำนวยความสะดวกในการใช้งาน และมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (Loop Test)

ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม เป็นผลการทดสอบหลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จ เพื่อทดสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของโปรแกรมรวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของการติดตั้งสายสัญญาณก่อนนำไปใช้งานเพื่อเป็นการยืนยันว่าอุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริง โดยทำการทดสอบสัญญาณอินพุต โดยการจำลองตัวแปรทางกระบวนการ การจำลองจะป้อนกระแสไฟฟ้า กระแสตรง 4 มิลลิแอมป์ 12 มิลลิแอมป์ และ 20 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (อนาล็อกอินพุต) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (ดิจิทัลเอาต์พุต) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (อนาล็อกอินพุต)

ชื่อ อุปกรณ์	ย่านวัด ต่ำสุด	ย่านวัด สูงสุด	หน่วยวัด	0% (4mA)	50% (12mA)	100% (20mA)	ผลการ ทดสอบ
PT-01	0	25	Bar	0.01	49.97	99.98	ผ่าน
TT-01	0	100	°C	0.01	49.99	99.97	ผ่าน

จากตารางที่ 4.1 การทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (อนาล็อกอินพุต) สรุปได้ดังนี้ อุปกรณ์วัดแรงดันก๊าซ (PT-01) ช่วงการวัดที่ 0 ถึง 25 บาร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 4 มิลลิแอมป์ 12 มิลลิแอมป์ และ 20 มิลลิแอมป์ ที่ 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบเป็น 0.01 49.97 และ 99.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลปรากฏว่า มีค่าความผิดพลาด (Error) ไม่เกินร้อยละ ± 1 และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (TT-01) ช่วงการวัดที่ 0 ถึง 100 องศา เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 4 มิลลิแอมป์ 12 มิลลิแอมป์ และ 20 มิลลิแอมป์ ที่ 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบเป็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.01 49.99 และ 99.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลปรากฏว่า มีค่าความผิดพลาด (Error) ไม่เกินร้อยละ ± 1 ดังนั้นสามารถนำอุปกรณ์วัดแรงดันก๊าซและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิไปใช้ในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังบรรจุก๊าซหุงต้มได้ (ทวิช ชูเมือง, 2549 และ YOKOGAWA, 2006)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (ดิจิตอลเอาท์พุท)

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	เปิด	ปิด	ผลการทดสอบ
DO-01	เครื่องอัดแรงดันอากาศ	เปิด	ปิด	ผ่าน
DO-02	โซลินอยด์วาล์ว	เปิด	ปิด	ผ่าน

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบอุปกรณ์การทำงานของชุดควบคุม (ดิจิตอลเอาท์พุท) สรุปได้ดังนี้ เครื่องอัดแรงดันอากาศ (DO-01) เมื่อทำการเปิดและปิดจากระบบควบคุม ผลการทดสอบเป็น เปิด และ ปิด ตามลำดับ โซลินอยด์วาล์ว (DO-02) เมื่อทำการเปิดและปิดจากระบบควบคุม ผลการทดสอบเป็น เปิด และ ปิด ตามลำดับ ดังนั้นสามารถนำเครื่องอัดแรงดันอากาศและโซลินอยด์วาล์วไปใช้ในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังบรรจุก๊าซหุงต้มได้

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

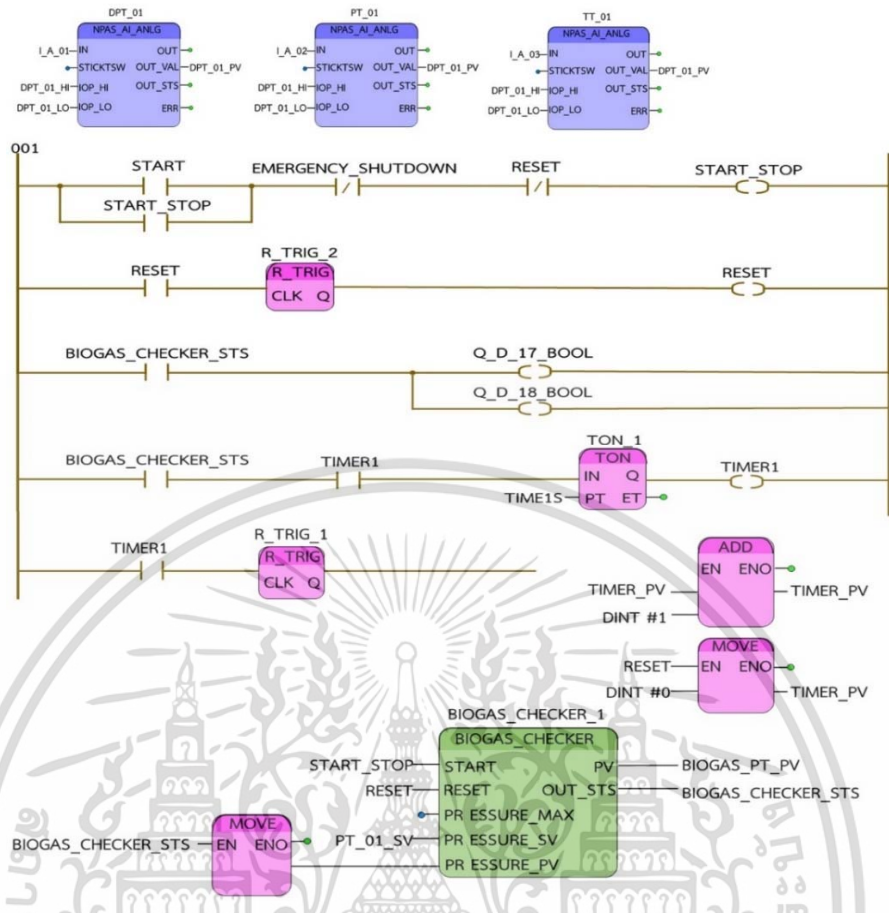
โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานทำการป้อนปริมาณแรงดันที่ต้องการบรรจุลงถังก๊าซหุงต้ม แล้วกดปุ่ม START ระบบบรรจุก๊าซชีวภาพจะเริ่มทำการบรรจุการก๊าซชีวภาพจนถึงปริมาณแรงดันที่กำหนดไว้แล้วระบบบรรจุก๊าซชีวภาพจะหยุดบรรจุก๊าซอย่างอัตโนมัติ โดยมีโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ ดังแสดงรูปที่ 4.1

```

1 IF START THEN
2     IF PRESSURE_PV <= PRESSURE_SV THEN
3         OUT_STS := TRUE;
4         PV := PRESSURE_PV;
5     ELSE
6         OUT_STS := FALSE;
7         START := FALSE;
8         PV := PRESSURE_PV;
9     END_IF;
10 ELSE
11     OUT_STS := FALSE;
12 END_IF;
13
14 IF RESET THEN
15     PV := 0.0;
16     PRESSURE_PV := 0.0;
17 END_IF;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

4.2.1 ผลการทดสอบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

การทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยทำการทดสอบโปรแกรม 3 ครั้ง เพื่อความแม่นยำและถูกต้องของโปรแกรม เมื่อผู้ใช้งานกดจำนวนเงินที่ต้องการหรือปริมาณแรงดันที่ต้องการ ซึ่งมีผลการทดสอบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ

การทดสอบ ระบบ	โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ			
	จำนวนเงิน		ปริมาณก๊าซชีวภาพ	
	ตรงตามความ ต้องการผู้ใช้งาน	ไม่ตรงตามความ ต้องการผู้ใช้งาน	ตรงตามความ ต้องการผู้ใช้งาน	ไม่ตรงตามความ ต้องการผู้ใช้งาน
ครั้งที่ 1	✓		✓	
ครั้งที่ 2	✓		✓	
ครั้งที่ 3	✓		✓	

จากตารางที่ 4.3 เมื่อผู้ใช้งานกดจำนวนเงินที่ต้องการหรือปริมาณแรงดันที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม START เครื่องจะเริ่มทำการบรรจุก๊าซชีวภาพโดยเครื่องจะหยุดจ่ายก๊าซอัตโนมัติเมื่อก๊าซถูกบรรจุครบตามจำนวนเงินหรือปริมาณก๊าซชีวภาพครบตามจำนวนที่ต้องการบรรจุ โดยบรรจุใส่ถังก๊าซหุงต้มขนาด 15 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่าสามารถบรรจุก๊าซชีวภาพตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานทั้ง 3 ครั้ง ทั้งตรงตามจำนวนเงินและปริมาณก๊าซชีวภาพ

4.3 ผลการทดสอบบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถึงบรรจุก๊าซหุงต้ม

จากการศึกษากระบวนการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถึงบรรจุขนาด 15 กิโลกรัม ความดันไม่เกิน 8 บาร์ ได้มีการออกแบบการทำงานของระบบควบคุมด้วยพีแอลซี โดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งาน ก๊าซชีวภาพที่ถูกดูดเข้ามาจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพจะไหลผ่านระบบกรองก๊าซชีวภาพก่อนเข้าสู่เครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ ซึ่งผลการทดลองเป็น ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม

ความดัน	น้ำหนักถึงเปล่า (กก.)	น้ำหนักรวม(กิโลกรัม)						น้ำหนักก๊าซชีวภาพ(กิโลกรัม)						เวลาบรรจุ/นาที						
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		
		เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	เฉลี่ย	S.D	
1 บาร์	16.20	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.05	0	0.53	0.54	0.53	0.53	0.53	0.0058
2 บาร์	16.20	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30	0	0.10	0.10	0.10	0.10	0	0.10	0	1.56	1.55	1.56	1.57	1.56	0.01
3 บาร์	16.20	16.35	16.35	16.35	16.35	16.35	0	0.15	0.15	0.15	0.15	0	0.15	0	3.23	3.24	3.23	3.23	3.23	0.0058
4 บาร์	16.20	16.40	16.40	16.40	16.40	16.40	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0	0.20	0	5.25	5.25	5.25	5.26	5.25	0.0058
5 บาร์	16.20	16.45	16.45	16.45	16.45	16.45	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0	7.55	7.54	7.55	7.56	7.55	0.01
6 บาร์	16.20	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	0	0.30	0.30	0.30	0.30	0	0.30	0	10.45	10.46	10.45	10.45	10.45	0.0058
7 บาร์	16.20	16.55	16.55	16.55	16.55	16.55	0	0.35	0.35	0.35	0.35	0	0.35	0	14.20	14.19	14.20	14.23	14.20	0.0208
8 บาร์	16.20	16.60	16.60	16.60	16.60	16.60	0	0.40	0.40	0.40	0.40	0	0.40	0	18.20	18.21	18.20	18.22	18.21	0.01

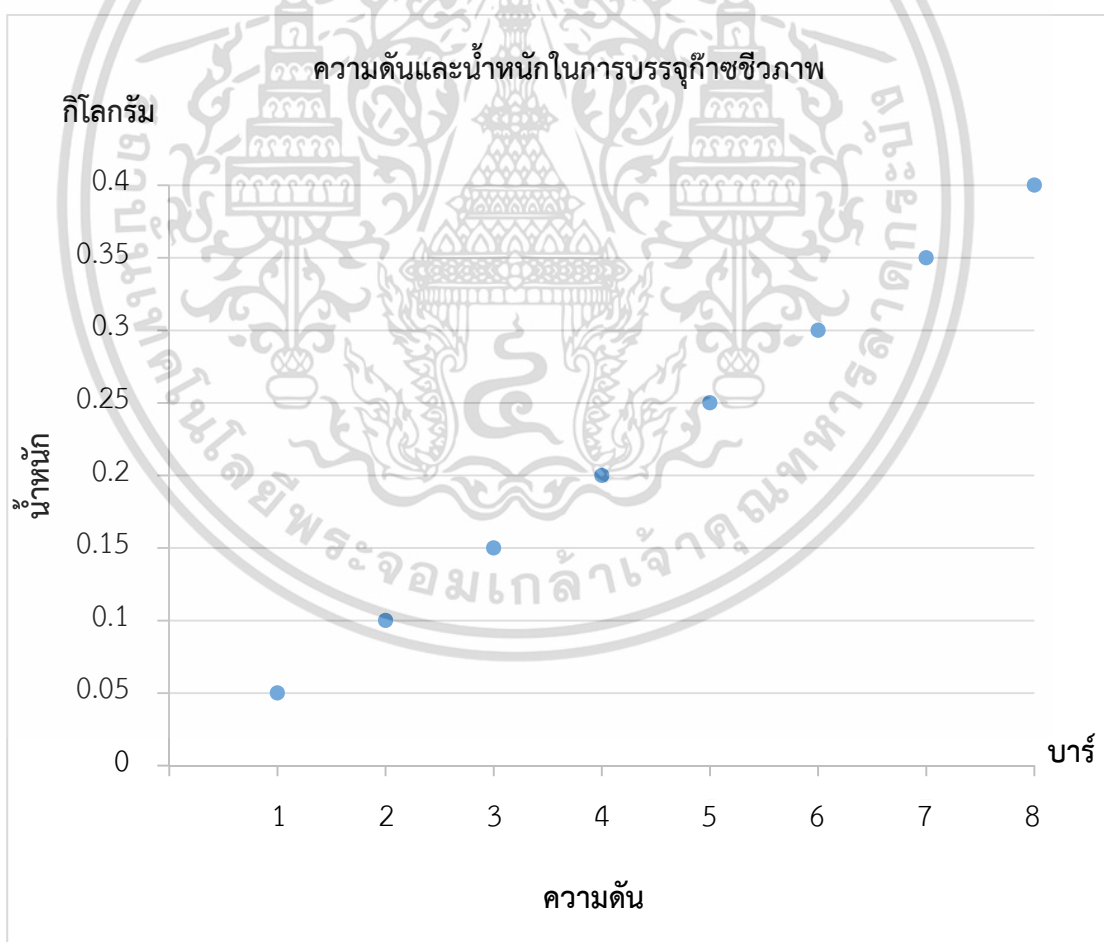
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาร่วมกัน ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 การทดสอบบรรจุก๊าซชีวภาพ โดยทำการทดสอบที่ความดันต่างๆ ทั้งหมด 8 ความดันคือ 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 บาร์ โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง ในแต่ละความดัน และนำผลมาหาค่าเฉลี่ย จากการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังขนาด 15 กิโลกรัม พบว่าในแต่ละความดันจะมีน้ำหนักที่เท่ากันและเวลาที่ใช้ในการบรรจุก๊าซใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถบรรจุก๊าซชีวภาพได้ที่ความดันสูงสุด คือ 8 บาร์ และได้น้ำหนักของก๊าซชีวภาพสูงสุดเฉลี่ย 0.40 กิโลกรัม โดยใช้เวลาในการบรรจุเฉลี่ย 18.21 นาที

4.3.1 ผลการทดสอบความดันและน้ำหนักในการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม

การทดสอบระบบการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุขนาด 15 กิโลกรัม โดยถังเปล่ามีน้ำหนัก 16.20 กิโลกรัม สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพได้ความดันสูงสุด 8 บาร์ เมื่อความดันถึง 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 บาร์ และได้น้ำหนักของก๊าซชีวภาพ คือ 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 และ 0.40 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อเพิ่มความดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพจะทำให้น้ำหนักของก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.2

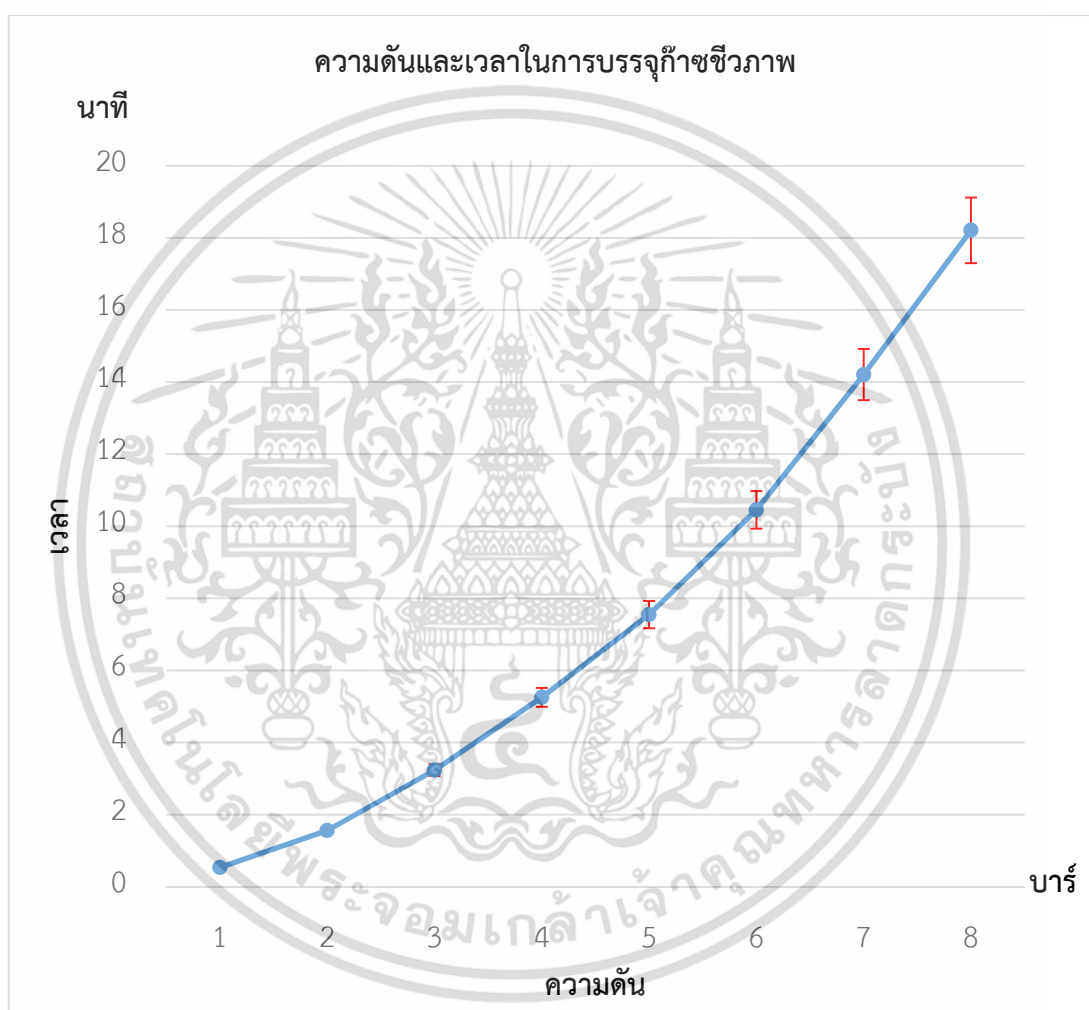


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความดันและน้ำหนักในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังบรรจุขนาด 15 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดสอบความดันและเวลาในการบรรจุก๊าซชีวภาพเข้าถังบรรจุก๊าซหุงต้ม

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ ทำการจับเวลา และบันทึก ที่ความดัน 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 บาร์ ใช้เวลาในการบรรจุเฉลี่ยคือ 0.53 1.56 3.23 5.25 7.55 10.45 14.20 และ 18.21 นาที ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพทำให้เวลาในการบรรจุเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อต้องการบรรจุก๊าซชีวภาพในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เวลาที่จะแปรผันตามปริมาณก๊าซชีวภาพที่ต้องการ จึงทำให้เวลาเพิ่มเมื่อเพิ่มความดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความดันและเวลาในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังบรรจุขนาด 15 กิโลกรัม

ผลจากทดสอบใช้งานจริงของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพพบว่า การทำงานของกระบวนการบรรจุก๊าซชีวภาพ สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ถูกต้อง คือ สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้

งานในครัวเรือน โดยระบบบรรจุก๊าซชีวภาพสามารถบรรจุก๊าซชีวภาพตามความต้องการของผู้ใช้งาน
สำหรับอำนวยความสะดวกในการใช้งาน และมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ โดยมีรายละเอียดดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว สามารถสรุปผลการระบบบรรจุก๊าซชีวภาพและข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากยิ่งขึ้นได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบบรรจุก๊าซชีวภาพ โดยการทำงานของเครื่องจะถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี โดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งาน ก๊าซชีวภาพที่ถูกดูดเข้ามาจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพจะไหลผ่านระบบกรองก๊าซก่อนเข้าสู่เครื่องบรรจุก๊าซชีวภาพ เมื่อผู้ใช้งานกดจำนวนเงินที่ต้องการหรือปริมาณแรงดันที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม START เครื่องจะเริ่มทำการบรรจุก๊าซโดยเครื่องจะหยุดจ่ายก๊าซอัตโนมัติเมื่อก๊าซถูกบรรจุครบตามจำนวนเงินหรือปริมาณก๊าซชีวภาพครบตามจำนวนที่ต้องการบรรจุ และนำถังก๊าซหุงต้มที่ทำการบรรจุก๊าซชีวภาพแล้วไปชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูลน้ำหนักก๊าซชีวภาพที่บรรจุได้ จากการทดสอบใช้งานจริงของระบบบรรจุก๊าซชีวภาพพบว่า การทำงานของกระบวนการบรรจุก๊าซชีวภาพ สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ถูกต้อง คือ สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพจากการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและครัวเรือน สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในครัวเรือน สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพตามความต้องการของผู้ใช้งานสำหรับอำนวยความสะดวกในการใช้งาน และมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพ โดยบรรจุใส่ถังก๊าซหุงต้มขนาด 15 กิโลกรัม โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง ในแต่ละความดันเพื่อความแม่นยำของระบบ ซึ่งระบบบรรจุก๊าซชีวภาพสามารถบรรจุก๊าซชีวภาพได้สูงสุดที่ความดัน 8 บาร์ หรือเท่ากับราคาก๊าซชีวภาพ 300 บาท ในเวลาเฉลี่ย 18.21 นาที เมื่อเพิ่มความดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพจะทำให้น้ำหนักของ ก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพจะทำให้เวลาในการบรรจุเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อต้องการบรรจุก๊าซชีวภาพในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เวลา ก็จะแปรผันตามปริมาณก๊าซชีวภาพที่ต้องการ

5.2 สิ่งที่ได้จากงานวิจัย

5.2.1 แนวทางในการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังก๊าซชีวภาพตามจำนวนเงินหรือปริมาณก๊าซชีวภาพตามจำนวนที่ต้องการบรรจุ

5.2.2 อำนวยความสะดวกในการใช้งานและมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพ

5.2.3 ทางเลือกในการบรรจุก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาใช้ในครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเลือกใช้ thermal mass flowmeter ในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพแทนการชั่งน้ำหนัก เพื่อความแม่นยำที่ดีขึ้น

5.3.2 ควรออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถลดความดันในการบรรจุก๊าซชีวภาพได้จำนวน 15 บาร์ จะทำให้สามารถบรรจุก๊าซชีวภาพได้มากขึ้น

5.3.3 ควรพัฒนาและประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

5.3.4 ควรปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเพื่อให้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นและลดสัดส่วนของก๊าซอื่นๆก่อนบรรจุลงถังก๊าซหุงต้ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554. **พลังงานก๊าซชีวภาพ**. กรุงเทพฯ : เอเชียคอสโตร์ แดนซ์ จำกัด.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. **คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพและการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัย ค้นคว้า พลังงาน กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน.
- ชัยวัฒน์ โฮลิ้ม และนัฐพงศ์ เพชรคง. 2557. “เครื่องจำหน่ายก๊าซชีวภาพบรรจุถังอัตโนมัติแบบหยอดเหรียญ.” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พัฒนา และโกวิท สุวรรณหงษ์. 2555. **การผลิตแก๊สชีวภาพจากซากชีวมวลในร่องสวนของชุมชน ในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ทวีช ชูเมือง. 2549. **การออกแบบเครื่องมีวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม**. เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ดวงกลมสมัย จำกัด.
- นวกัษรา หนูนา และทวีพล ชื่อสัตย์. 2555. **ตำราเรียน การวัดและเครื่องมือ ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : งานบริการการเรียนการสอน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน). 2555. **รู้ทัน ต้องเข้าใจ LPG**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.pttplc.com/th/Media-Center/Energy-Knowledge/KnowledgeLibrary/Natural%20Gas%20Knowledge/LPG_BOOKLET.pdf.
- ปรียา อนุพงษ์องอาจ. 2554. **ก๊าซชีวภาพ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.rsu.ac.th/science/physics/pom/physics1/gas/gas.pdf>
- ปิยะพงษ์ สิงห์บัว และรัชพล สันติวารการ. 2554. “การอัดก๊าซชีวภาพและใช้ประโยชน์ในรถจักรยานยนต์.” **วารสารวิจัย มข. (บศ.)**. 11(1) : 39-50.
- พลกฤษณ์ คุ่มกล้า. 2557. **การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2544. **ถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว**. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สิริเดช กุลหิรัญบวร. 2559. “การพัฒนาเครื่องอัดแก๊สชีวภาพขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน.” **วารสารวิทยาศาสตร์มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์**. 17(1) : 21-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สุทัศน์ ยกส้าน. 2553. **ก๊าซชีวภาพ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.eng.chula.ac.th/newsletter/index.php?q=node/192>

Dave Baron. et. al. 2008. “Biogas Compressor Project.” A special project, Bachelor of Engineering in Department of Mechanical Engineering, University of Michigan.

Huibin , L. and Xuehua, L. 2011. “Applications of Frequency Conversion Technology in Air – compressor Units Control System,” **Procedia Engineering**. 15 : 944-948.

Nallamothu, R.B. et. al. 2013. “Biogas Purification, Compression and Bottling.”

Global Journal of Engineering, Design & Technology. 2(6) : 2319 – 7293.

Ray, N.H.S. et. al. 2013. “Anaerobic Digestion of Kitchen Wastes: Biogas Production and Pretreatment of Wastes, A Review.” International Journal of Scientific and Research Publications. 3(11) : 2250-3153.

Yokogawa. 2006. Yokogawa Factory Acceptance Test Procedure. Bangkok : Yokogawa (Thailand) Ltd.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

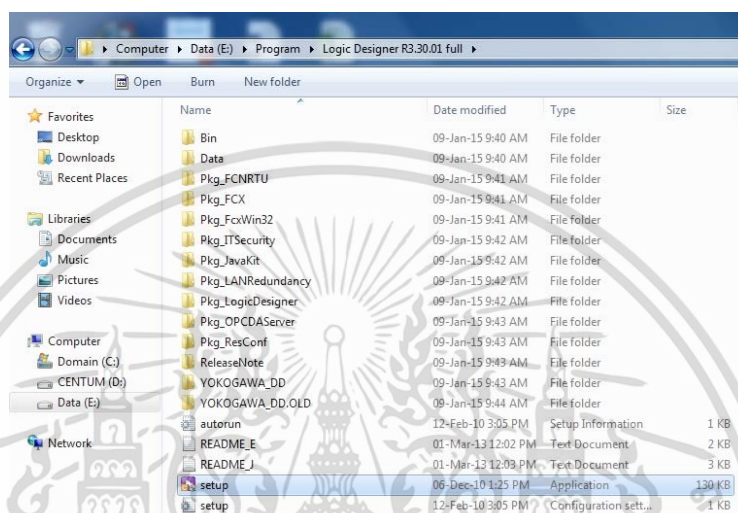


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดตั้งโปรแกรมจะประกอบด้วย 4 โปรแกรม ได้แก่ Resource Configurator, Logic Designer, FCN/FCJ Simulator และ FAST/TOOLS

ก.1 การติดตั้งโปรแกรมที่ใช้กับพีแอลซี

ก.1.1 ติดตั้งไฟล์ “setup.exe”



รูปที่ ก.1.1 ไฟล์ที่ใช้ในการติดตั้ง

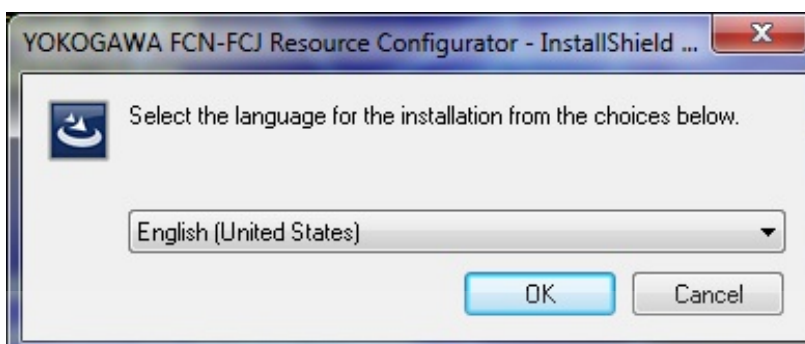
ก.1.2 หลังจากดับเบิลคลิกที่ไฟล์ setup.exe จะปรากฏหน้าต่างดังรูป ให้คลิก “Install Resource Configurator”



รูปที่ ก.1.2 หน้าต่างแสดงโปรแกรมที่ใช้ในการติดตั้ง

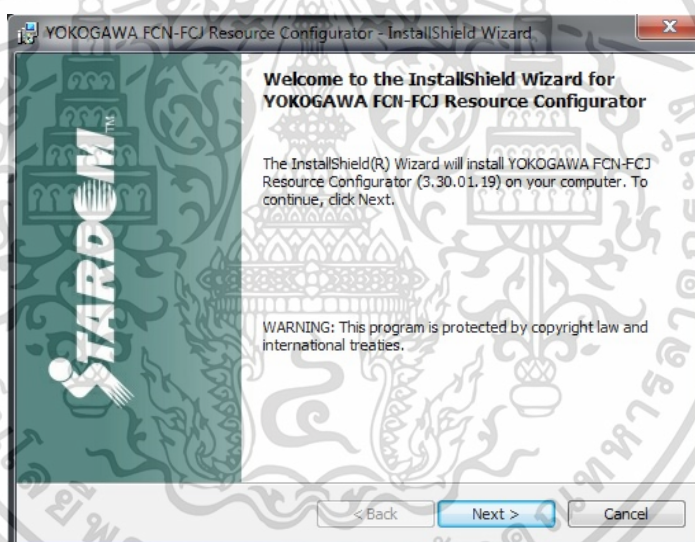
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.3 คลิกเลือก “OK”



รูปที่ ก.1.3 เลือกภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

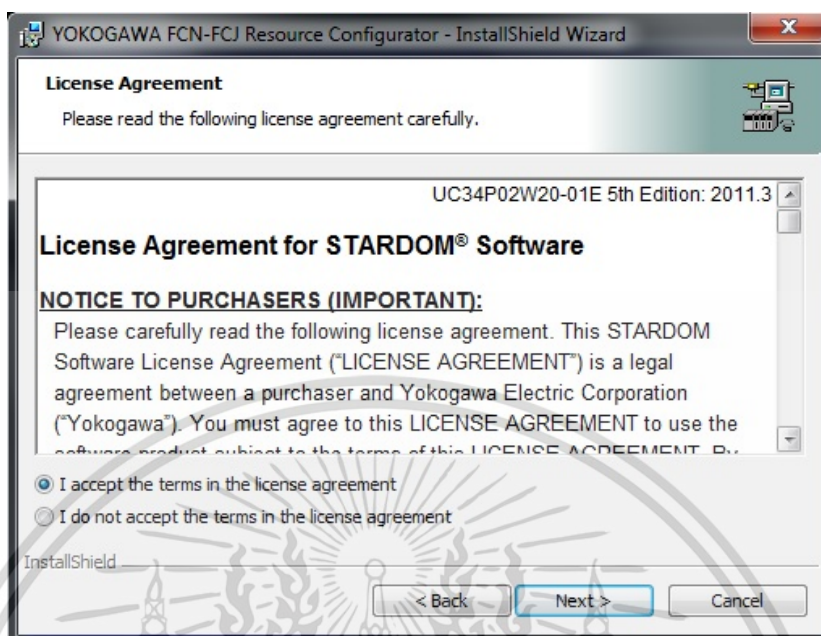
ก.1.4 คลิกเลือกปุ่ม “Next” เพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป



รูปที่ ก.1.4 หน้าต่างแสดงการยืนยันเพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป

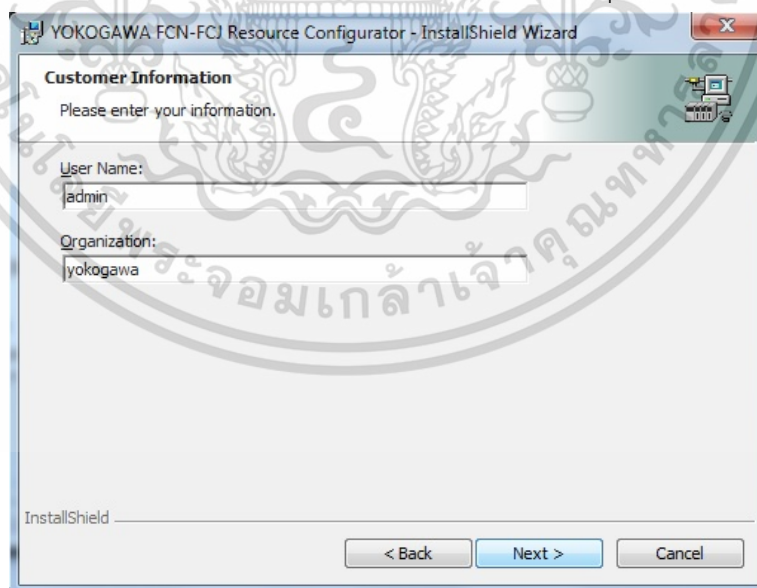
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.5 เลือก “I accept the terms in the license agreement” และคลิกปุ่ม “Next”



รูปที่ ก.1.5 หน้าต่างแสดงการยืนยันและยอมรับเงื่อนไขการติดตั้งโปรแกรม Resource Configurator

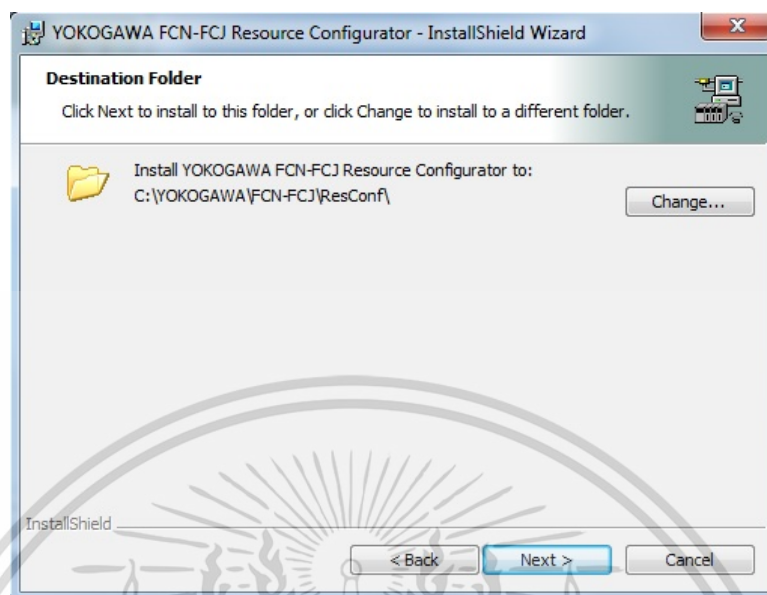
ก.1.6 กำหนด “User Name” และ “Organization” และกดปุ่ม “Next”



รูปที่ ก.1.6 กำหนดชื่อและหน่วยงานของผู้ใช้งาน

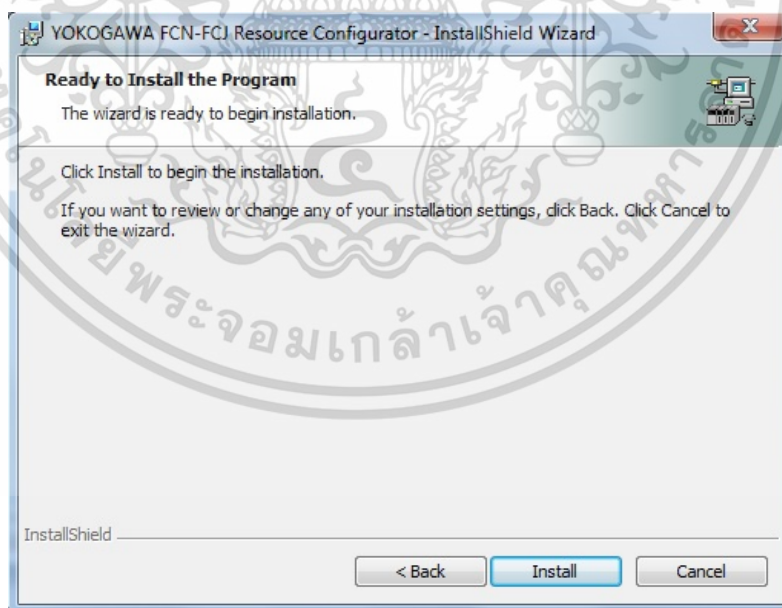
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.7 คลิก “Next” เพื่อติดตั้งต่อไป



รูปที่ ก.1.7 เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม Resource Configurator

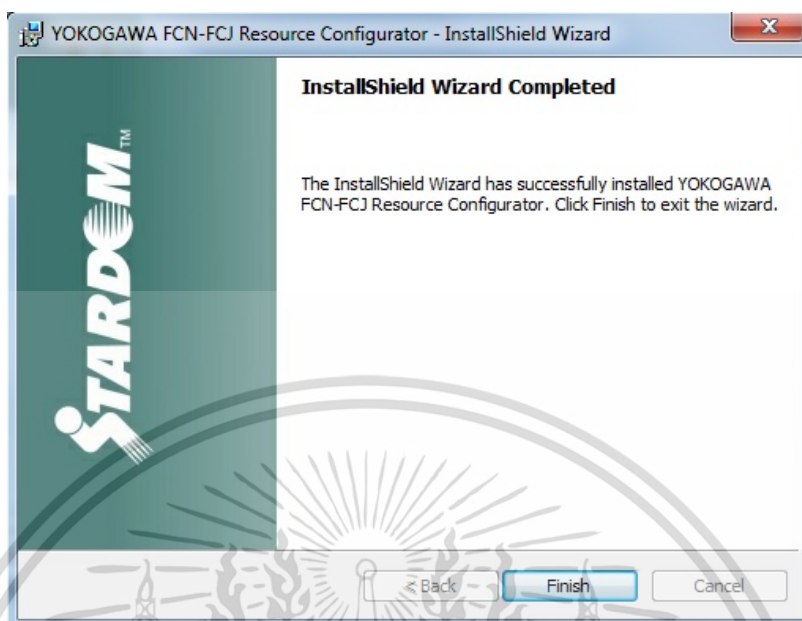
ก.1.8 คลิก “Install” เพื่อติดตั้ง



รูปที่ ก.1.8 หน้าต่างแสดงการติดตั้งโปรแกรม Resource Configurator

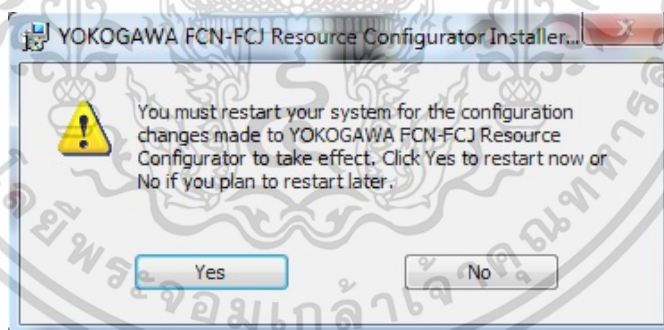
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.9 คลิก “Finish” เพื่อสิ้นสุดการติดตั้ง “Resource Configurator”



รูปที่ ก.1.9 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม Resource Configurator

ก.1.10 คลิก “No” เพื่อรีสตาร์ทภายหลัง



รูปที่ ก.1.10 ต่างแสดงยืนยันการรีสตาร์ทคอมพิวเตอร์

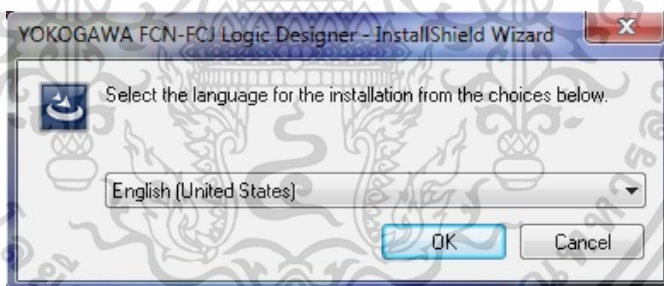
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.11 คลิก “Install Logic Designer”



รูปที่ ก.1.11 หน้าต่างแสดงโปรแกรมที่ใช้ในการติดตั้ง

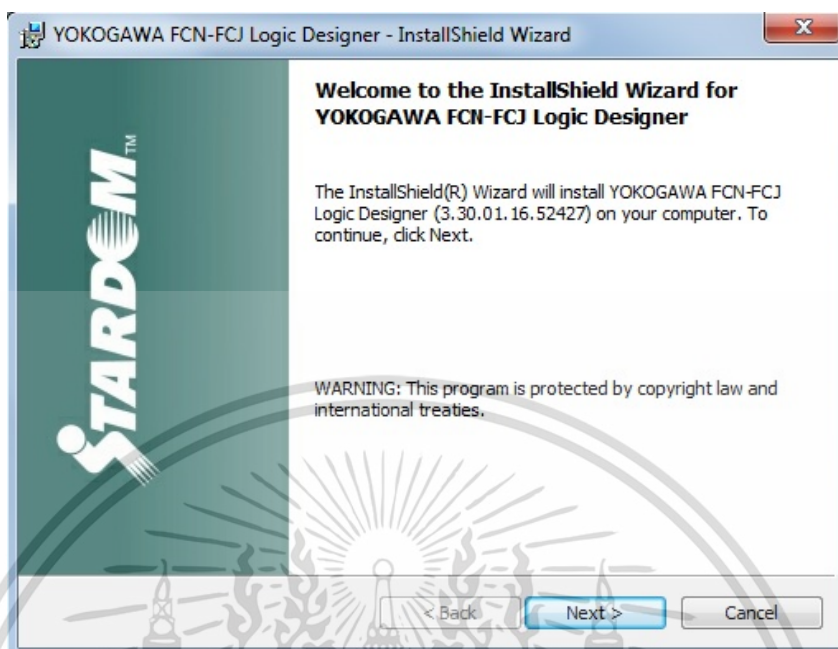
ก.1.12 คลิกเลือก “OK”



รูปที่ ก.1.12 เลือกภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

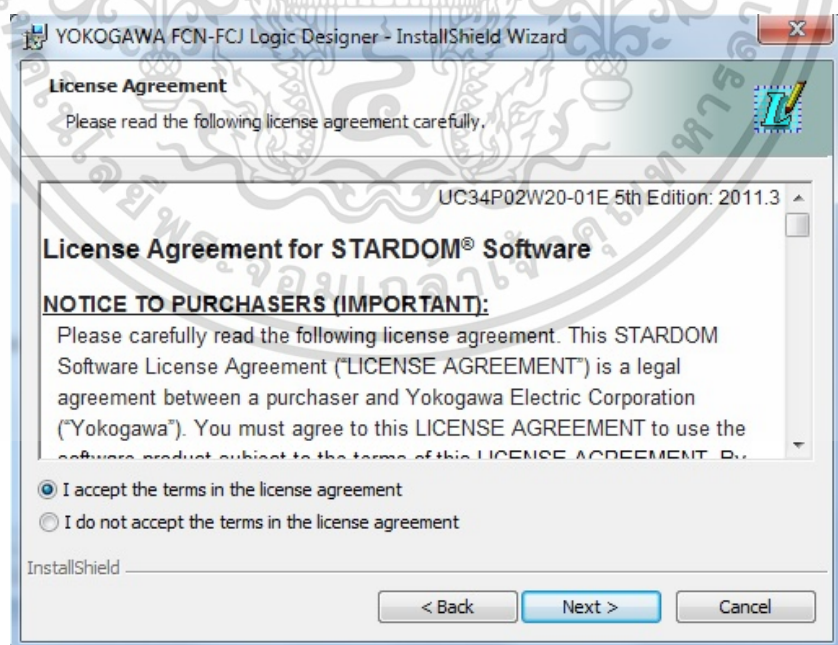
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.13 คลิกเลือกปุ่ม “Next” เพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป



รูปที่ ก.1.13 หน้าต่างแสดงการยืนยันเพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป

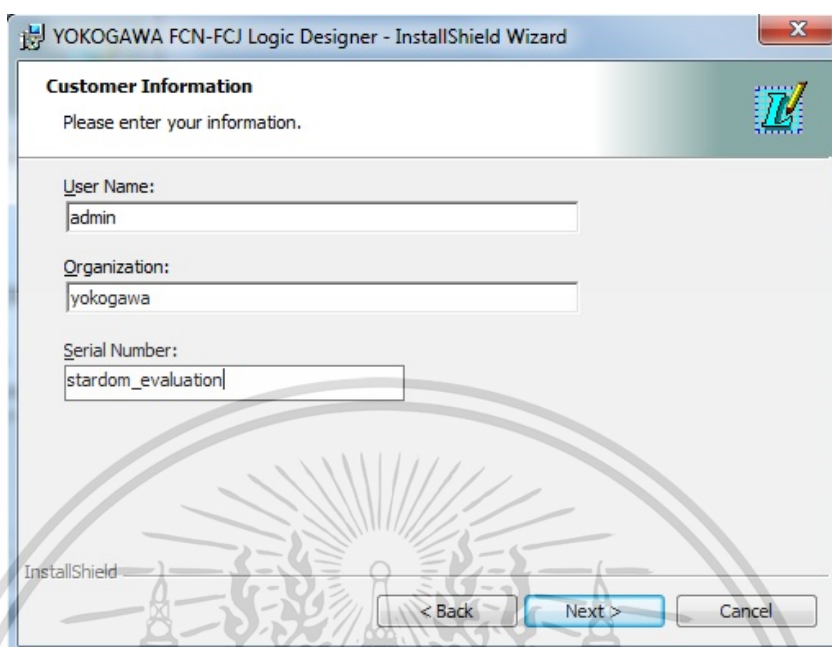
ก.1.14 เลือก “I accept the terms in the license agreement” และคลิกปุ่ม “Next”



รูปที่ ก.1.14 หน้าต่างแสดงการยืนยันและยอมรับเงื่อนไขการติดตั้งโปรแกรม Logic Designer

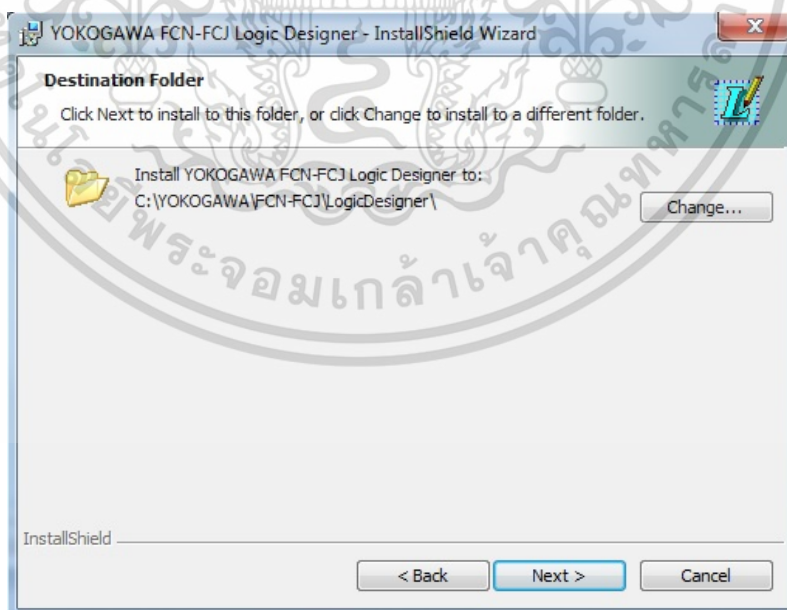
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.15 กำหนด “User Name”, “Organization”, “Serial Number” และกดปุ่ม “Next”



รูปที่ ก.1.15 กำหนดชื่อและหน่วยงานของผู้ใช้งาน

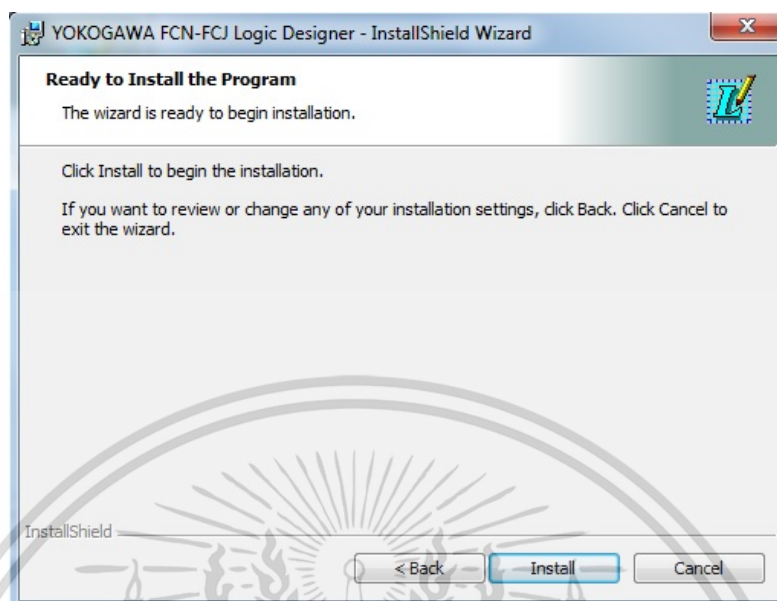
ก.1.16 คลิก “Next” เพื่อติดตั้งต่อไป



รูปที่ ก.1.16 เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม Logic Designer

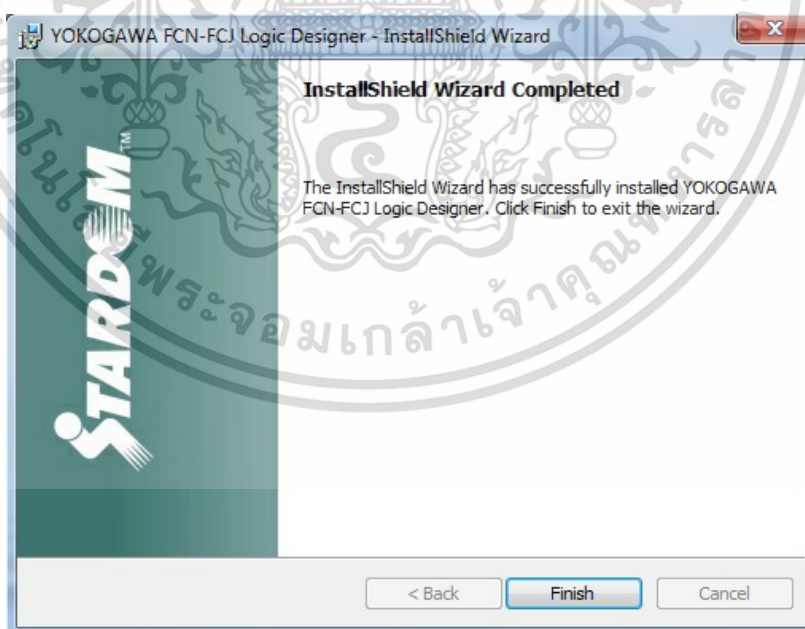
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.17 คลิก “Install” เพื่อติดตั้ง



รูปที่ ก.1.17 หน้าต่างแสดงการติดตั้งโปรแกรม Logic Designer

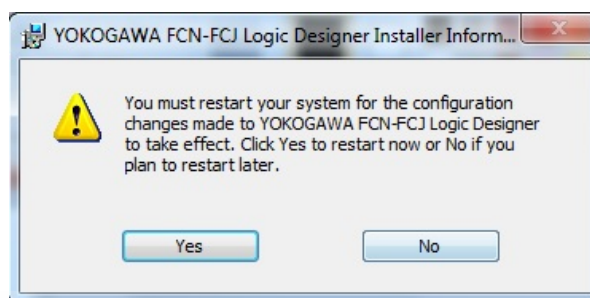
ก.1.18 คลิก “Finish” เพื่อสิ้นสุดการติดตั้ง “Logic Designer”



รูปที่ ก.1.18 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม Logic Designer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.19 คลิก “No” เพื่อรีสตาร์ทภายหลัง



รูปที่ ก.1.19 ต่างแสดงยืนยันการรีสตาร์ทคอมพิวเตอร์

ก.1.20 คลิก “FCN/FCJ Simulator”



รูปที่ ก.1.20 หน้าต่างแสดงโปรแกรมที่ใช้ในการติดตั้ง

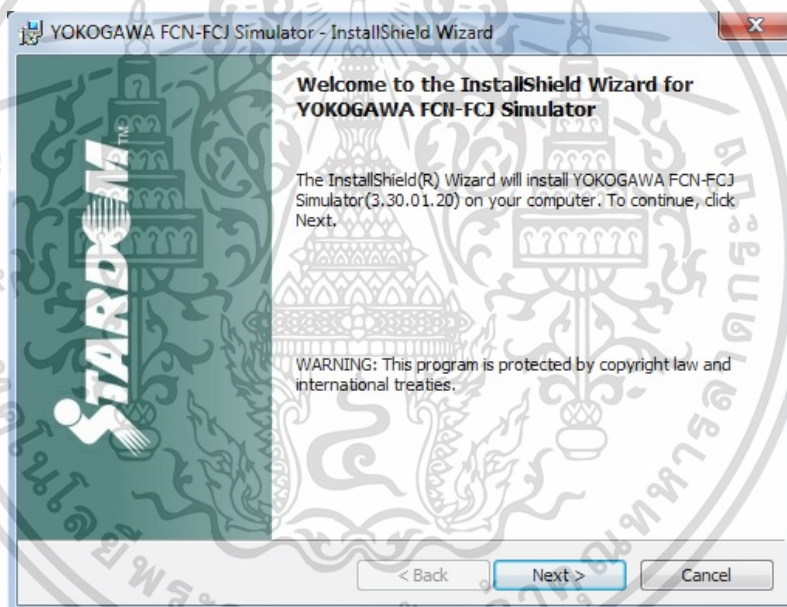
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.21 คลิกเลือก “OK”



รูปที่ ก.1.21 เลือกภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

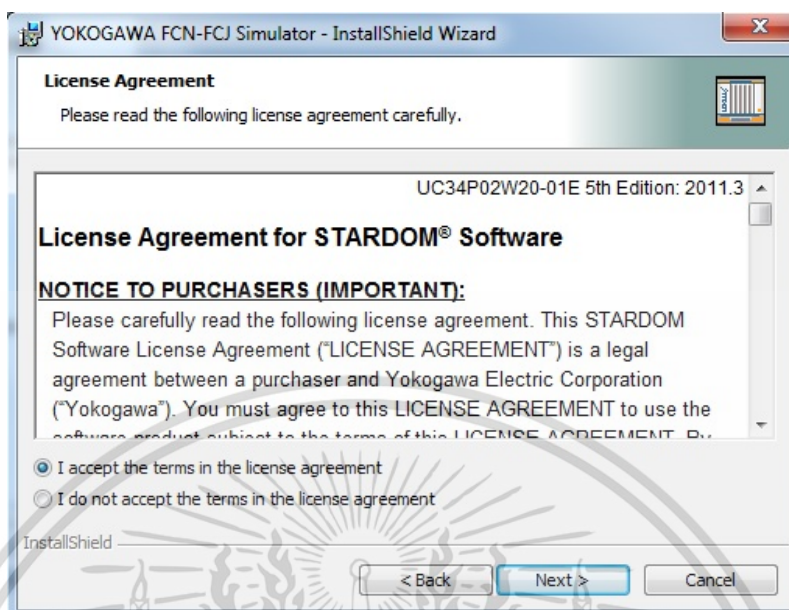
ก.1.22 คลิกเลือกปุ่ม “Next” เพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป



รูปที่ ก.1.22 หน้าต่างแสดงการยืนยันเพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป

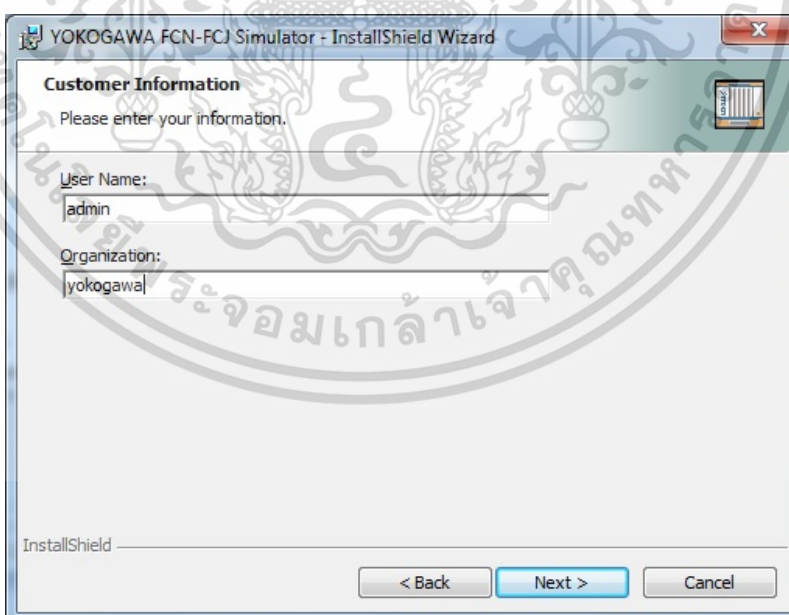
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.23 เลือก “I accept the terms in the license agreement” และคลิกปุ่ม “Next”



รูปที่ ก.1.23 หน้าต่างแสดงการยืนยันและยอมรับเงื่อนไขการติดตั้งโปรแกรม FCN-FCJ Simulator

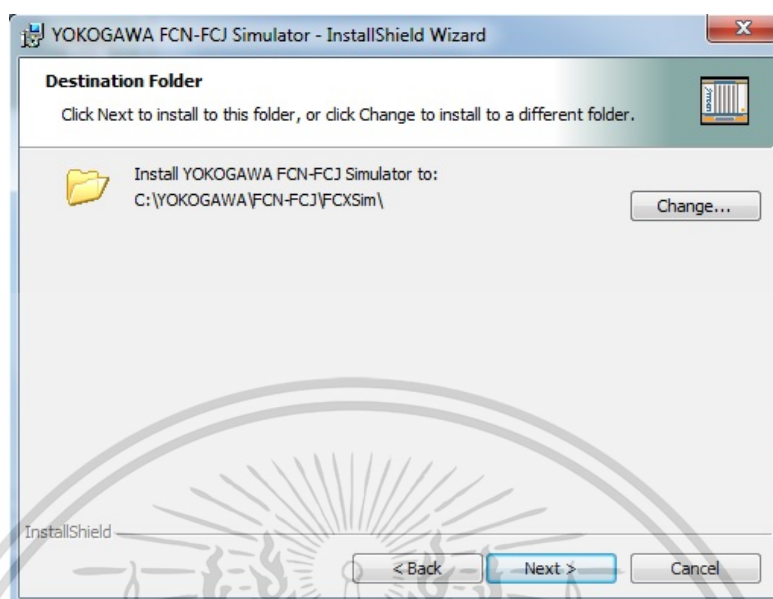
ก.1.24 กำหนด “User Name” และ “Organization” และคลิกปุ่ม “Next”



รูปที่ ก.1.24 กำหนดชื่อและหน่วยงานของผู้ใช้งาน

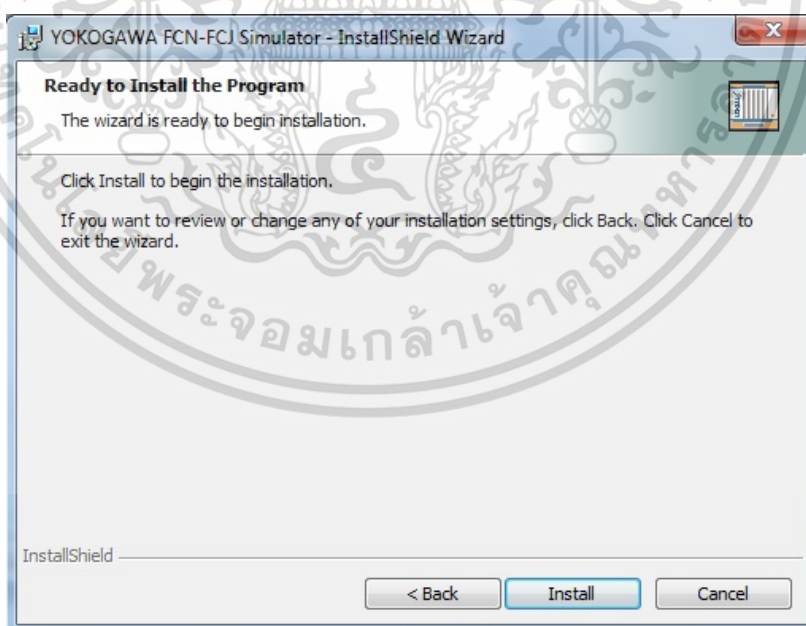
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.25 คลิก “Next” เพื่อติดตั้งต่อไป



รูปที่ ก.1.25 เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม FCN-FCJ Simulator

ก.1.26 คลิก “Install” เพื่อติดตั้ง



รูปที่ ก.1.26 หน้าต่างแสดงการติดตั้งโปรแกรม FCN-FCJ Simulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.27 คลิก “Finish” เพื่อสิ้นสุดการติดตั้ง “FCN-FCJ Simulator”



รูปที่ ก.1.27 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม FCN-FCJ Simulator

ก.1.28 รีสตาร์ทคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

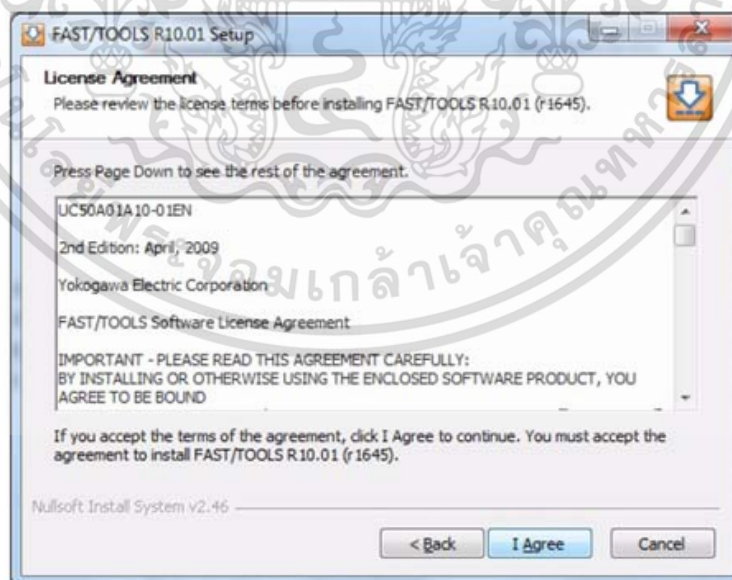
ก.2 การติดตั้งโปรแกรมส่วนแสดงผลกับผู้ใช้งาน

ก.2.1 คลิกปุ่ม “Next” เพื่อเริ่มการติดตั้งโปรแกรม “FAST/TOOLS”



รูปที่ ก.2.1 หน้าต่างแสดงการยืนยันเพื่อดำเนินการติดตั้งต่อไป

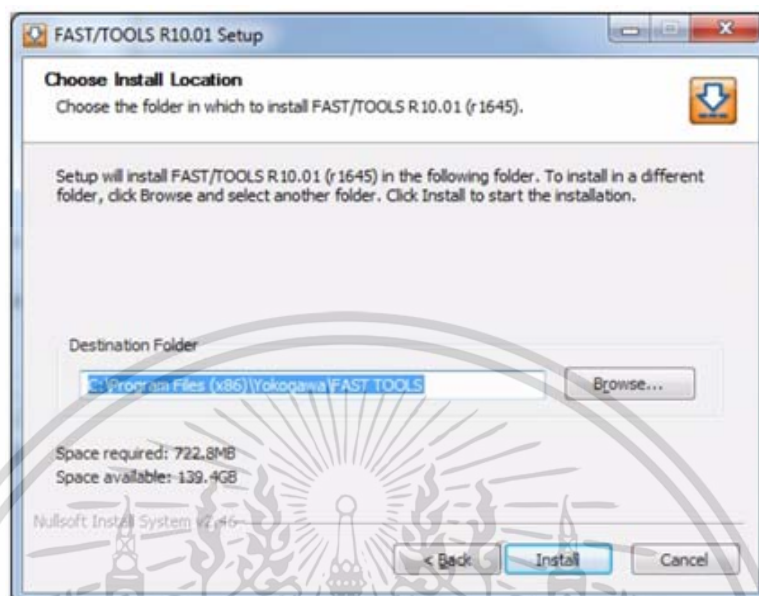
ก.2.2 คลิกปุ่ม “I Agree” เพื่อยอมรับการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ก.2.2 หน้าต่างแสดงการยืนยันและยอมรับเงื่อนไขการติดตั้งโปรแกรม FAST/TOOLS

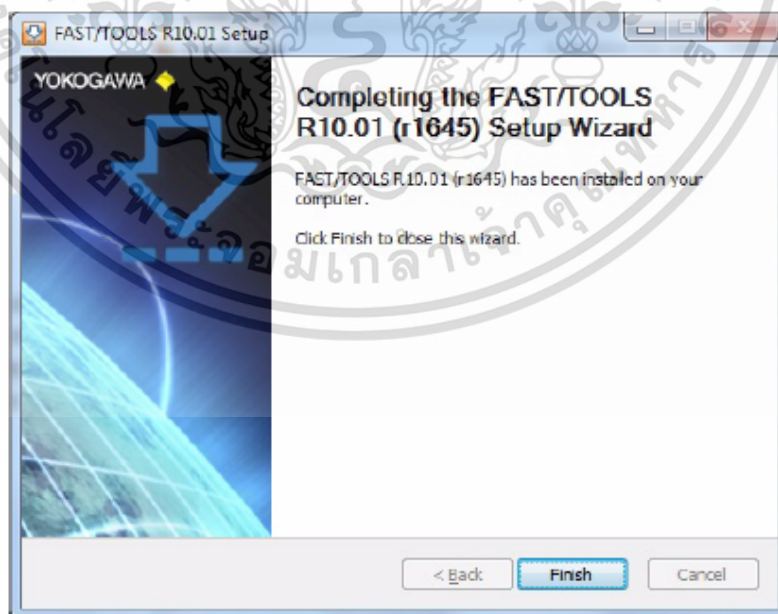
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.3 เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรมและคลิกปุ่ม “Install” เพื่อติดตั้งโปรแกรม FAST/TOOLS



รูปที่ ก.2.3 เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม FAST/TOOLS

ก.2.4 เมื่อโปรแกรมติดตั้งเสร็จเรียบร้อยคลิกปุ่ม “Finish” เพื่อสิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ก.2.4 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม FAST/TOOLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายณัฐดนัย สุวรรณโชติ
 วัน เดือน ปีเกิด 25 กันยายน 2532 ที่นครศรีธรรมราช
 ที่อยู่ 20 หมู่ 9 ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง นครศรีธรรมราช 80110
 โทร.08-4913-7825
 ประวัติการศึกษา 2554 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
 ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย
 พ.ศ.2552-2554 ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์
 Electrical Devices Control System Via A Computer Network



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้