รายงานการวิจัย

การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

The Development of Bio-Gas Detector with Computer Program

เสกสรร ชะนะ

ลัญฉกร นิลทรัตน์

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน (วช.)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

พ.ศ. 2558

ชื่องานวิจัย การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผู้วิจัย เสกสรร ชะนะ และ ลัญฉกร นิลทรัตน์

คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ปี 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนาวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพและบันทึกผลเก็บไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพได้ง่ายและมีความปรอดภัยมากยิ่งขึ้น

จากการทดลองผู้ดำเนินงานวิจัยได้สร้างชุดสาธิตการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ติดตั้งไว้ในส่วนของวงจรควบคุมสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไว้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยออกแบบการทำงานของโปรแกรมให้ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ ผ่านทางอุปกรณ์เซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ติดตั้งไว้มาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมติดต่อสื่อสารระหว่าง ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณภายนอกกับส่วนของการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดลองพบว่า การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพสามารถวัดค่าสัญญาณที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ส่งสัญญาณออกมาเป็นปริมาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จากนั้นทำการเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นค่าของปริมาณ อุณหภูมิ และปริมาณก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาแสดงผลและทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพ ที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในแต่ละวันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยเลือกใช้มูลสุกรในการหมักก๊าซชีวภาพ ทำการทดลองครั้งที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 7 กรกฎาคม 2558 ถึง วันที่ 14 กรกฎาคม 2558 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพจำนวน 200 ปอนด์/ตารางนิ้ว ทดลองครั้งที่ 2 ใช้ระยะเวลา 2 สัปดาห์ตั้งแต่ วันที่ 20 ตุลาคม 2558 ถึง วันที่ 3

พฤศจิกายน 2558 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพจำนวน 300 ปอนด์/ตารางนิ้ว ค่าที่วัดได้จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา จากผลการวิจัยในครั้งนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงทางด้านอุตสาหกรรมหรือด้านเกษตรกรรม เพื่อที่จะทำการแสดงผลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

Research Title	The Development of Bio-Gas Detector with Computer Program
Researcher	Mr.Sakesan Chana and Mr.Lanchakorn Nintarat
Faculty	Industrial Technology
Year	2015

Abstract

This research is for the development of biogas measurement which aims to develop the computer software application for connection to devices that are used to measure the amount of biogas. Also, this application will be used in the production of biogas from excrement of the animal. The application used LabVIEW in the development process to measure and record the amount of biogas stored. Therefore, users of this application can control the production of biogas, more easy and secure. In the experiments of this research, the researchers created a series of demonstration of the determination of biogas that can tell the time and volume of the gas by a set of sensors, signal by using the type sensor as transducer sensors. The sensors will install in the control circuit for the electrical connection to the computer inside the biogas fermenter. Then, the computerize application software will be design to measure the temperature changes that occur within biogas and biogas fermenter. The sensor device via transponders installed browser displayed on a computer screen. By using the LabVIEW application is communication between the devices. The measurement of the external signal analysis and signal processing by a computer program. The results showed the measurement of temperature change that occur within and biogas fermenter can measure signals arising from sensors, sensor signal for transducer sensor which signal into a voltage amount. Then, the researchers use LabVIEW software to transform the electrical signal from sensor to be the readable values of temperature, the amount of biogas that occurred. These values of temperature and the amount of biogas in the biogas fermenter in each will be display and store. This experiment will run within 1 week period.

In the first experimental process, by using the pig manure to biogas fermentation experiments on 7th until 14th of July 2015(A.D.), the amount of biogas produced 200 pounds per square inch. The second trial lasted two weeks from the date of 20th of October 2015(A.D.) until 3rd of November 2015(A.D.), the amount of biogas of 300 pounds per square inch. The measured value will vary according to climate and temperature changes over time. Therefore, the results of this research can also be applied to a real industrial or agricultural in order to display the amount of biogas efficiently.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากหลายส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 และสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านในโปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ให้คำปรึกษางานวิจัย พร้อมกับให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา คณะผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ่งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

คุณค่าและประโยชน์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ หวังว่าคงเป็นแนวทางการศึกษาของผู้ที่มีความสนใจทางด้านพลังงานทดแทน นักวิจัย นักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

ท้ายนี้ประโยชน์อันพึงมีจากการดำเนินงานในครั้งนี้ ขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

เสกสรร ชะนะ และ ลัญฉกร นิลทรัตน์
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ธันวาคม 2558

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพ	4
2.2 วงจรเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	17
2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	19
2.4 เซนเซอร์ก๊าซ ZX-MQ5	30
2.5 โปรแกรม LabVIEW	32
2.6 คู่มือการใช้งานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device รุ่น NI USB-6008/6009	42
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	62
2.8 สรุป	67

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง 68
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพ 72
3.3 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์ 76
3.4 วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ 78
3.5 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 81
3.6 การออกแบบโปรแกรม LabVIEW 85

บทที่ 4 ผลการทดลองละวิจารณ์ผล
4.1 ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์ด้วยโปรแกรม Lab VIEW 91
4.1.1 ผลการทดลองวัดค่าของอุณหภูมิ 92
4.1.2 ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์ก๊าซ 97
4.2 ผลการทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพภายในถังเก็บ 105

บทที่ 5 สรุปข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย 108
5.2 ปัญหาในการดำเนินงานวิจัย 109
5.3 ข้อเสนอแนะ 110

บรรณานุกรม 111
ประวัติผู้วิจัย 114

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2-1	ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่างๆ	7
ตารางที่ 2-2	ปริมาณมูลสดของสัตว์ชนิดต่างๆ	8
ตารางที่ 2-3	ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกของสุกรแต่ละช่วงอายุ	8
ตารางที่ 2-4	ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ	9
ตารางที่ 2-5	องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	10
ตารางที่ 2-6	แสดงรายละเอียดเปรียบเทียบของอุปกรณ์ NI USB-6008 และ อุปกรณ์ NI USB-6008	42
ตารางที่ 2-7	แสดงตัวอย่างโปรแกรม DAQ Assistant Tutorial Locations	49
ตารางที่ 2-8	แสดงสถานะไฟ LED ของอุปกรณ์	51
ตารางที่ 2-9	แสดงเคเบิ้ลของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 และอุปกรณ์เสริม	51
ตารางที่ 2-10	แสดงรายละเอียดของสัญญาณ	52
ตารางที่ 2-11	แสดงโครงสร้างภายนอกช่องสัญญาณอนาล็อกอินพุต	55
ตารางที่ 3-1	การทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่ วันที่ 4 ก.ค. 2558 - 19 ก.ค. 2558	89
ตารางที่ 4-1	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในระยะเวลา 5 วัน	94
ตารางที่ 4-2	ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของอุณหภูมิ	97
ตารางที่ 4-3	การเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถัง (PPM) ในระยะเวลา 4 วัน	100
ตารางที่ 4-4	การคำนวณ PPM ย่อมาจาก (Parts-Per-Million)	102
ตารางที่ 4-5	ผลการทดลองวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนต่ำสุดและค่าสูงสุดในช่วงเวลาแต่ละวัน ตั้งแต่วันที่ 1 – 4 หน่วย PPM (Part Per Million)	104
ตารางที่ 4-6	การเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ ในช่วงระยะเวลา 4 วัน หน่วย PSI (Pound Per Square Inch)	104
ตารางที่ 4-7	ผลการทดลองวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนตามช่วงเวลา ที่มีค่าปริมาณความเข้มของก๊าซชีวภาพต่ำสุดและเวลาสูงสุดในหน่วยการวัด (Pound Per Square Inch : PSI)	106
ตารางที่ 4-8	การทดลองการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้งาน	108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 2-1	ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพแบบพอเพียงในครัวเรือน	15
ภาพที่ 2-2	วงจรสมบูรณ์ของแผงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ รวมถึงกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์	17
ภาพที่ 2-3	วงจรแบ่งแรงดันวัดอุณหภูมิ	18
ภาพที่ 2-4	วงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	18
ภาพที่ 2-5	ผลของซีแบ็ค	20
ภาพที่ 2-6	ผลของเพลเทียร์	21
ภาพที่ 2-7	การเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0^0C ถึง 200^0C ซึ่งจะสมดุลกับการเคลื่อนที่ลงเส้นโค้งแรงเคลื่อนเทอร์โมคัปเปิล	23
ภาพที่ 2-8	โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล	23
ภาพที่ 2-9	วงจรของโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	31
ภาพที่ 2-10	โมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	31
ภาพที่ 2-11	ตัวอย่างเครื่องมือวัดเสมือนที่สร้างจาก Lab VIEW	32
ภาพที่ 2-12	การเข้าสู่โปรแกรม LAB VIEW 2014	33
ภาพที่ 2-13	หน้าจอการเขียนโปรแกรมและหน้าจอแสดงผล	35
ภาพที่ 2-14	Block Diagram ของ LabVIEW	37
ภาพที่ 2-15	Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW	37
ภาพที่ 2-16	Object ที่อยู่บน Front Panel ของ LabVIEW เครื่องมือที่ใช้ออกแบบ	39
ภาพที่ 2-17	Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	39
ภาพที่ 2-18	Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	40
ภาพที่ 2-19	ตัวอย่าง Block Diagram	40
ภาพที่ 2-20	ตัวอย่าง Block Diagram Node	41
ภาพที่ 2-21	เครื่องมือสำหรับ Dam – Data Acquisition	42
ภาพที่ 2-22	DAQ USB Device รุ่น NI USB-6008/6009	43
ภาพที่ 2-23	บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009	44
ภาพที่ 2-24	แผนผังการประกอบแผงสัญญาณอุปกรณ์	46
ภาพที่ 2-25	แผงสัญญาณของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009	48
ภาพที่ 2-26	ภาพด้านบนและด้านหลังของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 2-27	ความเค้นของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009	50
ภาพที่ 2-28	ปลั๊กต่างๆ ของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009	52
ภาพที่ 2-29	แสดงแผงวงจรอนาล็อกอินพุตของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009	54
ภาพที่ 2-30	แผงวงจรของช่องอนาล็อกเอาต์พุต 1 ช่อง	56
ภาพที่ 2-31	การต่อเชื่อม Load	56
ภาพที่ 2-32	ตัวอย่างการเชื่อมต่อโหลด	57
ภาพที่ 2-33	ตัวอย่างการเชื่อมต่อ Internal User-Provided Resistor	58
ภาพที่ 3-1	แสดงลักษณะบ่อโดมคงที่	70
ภาพที่ 3-2	ลักษณะถังหมักแบบราง	72
ภาพที่ 3-3	โครงสร้างระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพ	72
ภาพที่ 3-4	แบบโครงสร้างของถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ	73
ภาพที่ 3-5	ถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ	73
ภาพที่ 3-6	แบบโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ	74
ภาพที่ 3-7	ถังหมักก๊าซชีวภาพ	74
ภาพที่ 3-8	แบบโครงสร้างชุดกรองก๊าซชีวภาพ	75
ภาพที่ 3-9	ชุดกรองก๊าซชีวภาพ	75
ภาพที่ 3-10	วงจร Power Supply 12 VDC สำหรับวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน	76
ภาพที่ 3-11	วงจร Power Supply 12 VDC สำหรับวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน	77
ภาพที่ 3-12	วงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์	77
ภาพที่ 3-13	วงจรตรวจจับอุณหภูมิ	78
ภาพที่ 3-14	ลักษณะวงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ	78
ภาพที่ 3-15	วงจรแบ่งแรงดัน	79
ภาพที่ 3-16	วงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	79
ภาพที่ 3-17	ชุดตรวดจับวัดอุณหภูมิ	80
ภาพที่ 3-18	การติดตั้งชุดตรวจจับวัดอุณหภูมิ	80
ภาพที่ 3-19	โมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	81
ภาพที่ 3-20	วงจรของโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	82
ภาพที่ 3-21	การติดตั้งชุดโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 3-22	อุปกรณ์ชุดเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน	83
ภาพที่ 3-23	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ 9219 และ DAQ 6008 ร่วมกับชุด Sensor ตรวจวัดก๊าซมีเทน	84
ภาพที่ 3-24	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และการแสดงผลข้อมูล	84
ภาพที่ 3-25	การทดลองดูดก๊าซมีเทนโดยใช้ชุดฟอกก๊าซ	84
ภาพที่ 3-26	หน้าต่างโปรแกรม LabVIEW	85
ภาพที่ 3-27	(Block Diagram) โปรแกรม Lab VIEW	86
ภาพที่ 3-28	ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม LabVIEW	86
ภาพที่ 3-29	Block Diagram ของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	87
ภาพที่ 3-30	Block Diagram ของเซนเซอร์วัดก๊าซ	87
ภาพที่ 3-31	DAQ 6008	88
ภาพที่ 3-32	การผสมมูลสุกรลงในถังหมัก	88
ภาพที่ 3-33	การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด	89
ภาพที่ 4-1	ส่วนแสดงผลหน้าจอหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม LabVIEW	91
ภาพที่ 4-2	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 1	92
ภาพที่ 4-3	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 2	92
ภาพที่ 4-4	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 3	93
ภาพที่ 4-5	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 4	93
ภาพที่ 4-6	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 5	94
ภาพที่ 4-7	กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของอุณหภูมิทั้ง 5 วัน	96
ภาพที่ 4-8	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 1	98
ภาพที่ 4-9	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 2	98
ภาพที่ 4-10	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 3	99
ภาพที่ 4-11	กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 4	99
ภาพที่ 4-12	แสดงกราฟของก๊าซมีเทนหน่วย (Part Per Million **:** PPM)	101
ภาพที่ 4-13	Block Diagram ของเซนเซอร์วัดก๊าซโดยใช้โปรแกรม LabVIEW	103
ภาพที่ 4-14	ปริมาณความเข้มก๊าซมีเทนหน่วยการวัด (Pound Per Square Inch : PSI)	106
ภาพที่ 4-15	ปริมาณค่าแรงดันก๊าซมีเทนขณะทำการดูดเข้าถังเก็บ	107

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว จึงก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ปัญหามลพิษที่เกิดจากการใช้พลังงาน และจากของเสียต่าง ๆ ที่นับวันจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งของเสีย (อินทรีย์วัตถุ) ที่เกิดจากขยะชุมชน การทำเกษตรกรรม การถางป่า และจากอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีผลกระทบทางมลพิษอย่างมากต่อ ดิน น้ำ และอากาศ เมื่ออยู่ในสภาวะไร้อากาศของเสียเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน ที่มีผลต่อสภาวะเรือนกระจกของบรรยากาศโลกที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งก๊าซมีเทนในส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานทดแทนได้ ด้วยวิธีการบำบัดของเสียแบบ ไร้อากาศ ที่สามารถลดปัญหาสภาวะเรือนกระจก ได้พลังงานหมุนเวียนที่นำมาใช้ได้ใหม่ เพราะอยู่ในวัฏจักรการสังเคราะห์แสงของพืช และเป็นการบำบัดของเสียไปด้วย ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมจัดว่าเป็นปัญหาสำคัญของโลก การเลือกเทคโนโลยีการบำบัดของเสียจะต้องพิจารณาความเหมาะสม ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การพัฒนาศักยภาพการบำบัดของเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต เมื่อประชากรมีจำนวนมากขึ้นความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้น ภาครัฐได้มีนโยบายในการลดและประหยัดการใช้พลังงานในทุกภาคส่วนซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาด้านพลังงานจากต่างประเทศและสนับสนุนการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ไบโอดีเซล แก๊สโซฮอล์ และก๊าซชีวภาพ โดยก๊าซชีวภาพนี้สามารถผลิตได้จากของเสียที่เป็นอินทรีย์สารต่าง ๆ กระทรวงพลังงานได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นพลังงานทดแทนจากการใช้วัตถุดิบภายในประเทศและสามารถช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมควบคู่กัน (บรรพต ทองมาก, 2546) สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานประเภทหมุนเวียน เช่น พลังงานจากชีวมวล พลังน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ก๊าซชีวภาพ เพื่อทดแทนพลังงานประเภทสิ้นเปลืองที่กำลังจะหมดไป แนวทางในการจัดการพลังงานของประเทศจึงได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนพลังงานทางเลือกมากขึ้น หนึ่งในนั้นคือก๊าซชีวภาพซึ่งปัจจุบันมีการผลิตจากมูลสัตว์ ขยะ

อินทรีย์ และเศษอาหารเป็นจำนวนมากในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน โดยมีวิธีการผลิตและขั้นตอนการผลิตแตกต่างกันตามความรู้ความเข้าใจและการสนับสนุนที่ได้รับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (วิสาขา ภู่จินดา, 2558)

เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ (Biogas) ประกอบด้วยพลังงานจากก๊าซที่ได้จากน้ำเสียทั้งจากกลุ่มอุตสาหกรรมบางประเภทและกลุ่มของเสียจากฟาร์มสัตว์ เช่น ฟาร์มหมู ฟาร์มไก่ เป็นต้นเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพนี้ นอกจากการพัฒนาพลังงานเพื่อใช้แล้วยังเป็นการกำจัดของเสียที่จุดผลิตหรือที่จุดกำเนิด ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงก๊าซจึงมีทั้งผลดีต่อระบบของโรงงานหรือผู้ประกอบการในการทำลายของเสียหรืออุตสาหกรรมทางการเกษตร เช่นฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ โรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร เช่น โรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์รวมถึงโรงฆ่าสัตว์และขยะชุมชน เป็นต้น และยังทำให้เกิดพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งยังไม่มีค่าใช้จ่ายของการขนส่งอีกด้วยปกติเชื้อเพลิงเหลวจะติดไฟง่ายกว่าเชื้อเพลิงแข็ง โดยสามารถฉีดเป็นฝอยละอองเข้าผสมกับอากาศได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอกว่าเข้าผสมกับอากาศ เป็นการเน้นถึงลักษณะของก๊าซชีวภาพเป็นของเหลว ก๊าซชีวภาพเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์ด้วยวิธีทางชีววิทยา (Biological Treatment) ในสภาวะที่ไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้ 1. ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% 2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% 3. ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ (H_2O) ระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้อย่างแพร่หลายมีหลายวิธีด้วยกันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของน้ำเสีย/ของเสีย โดยสรุปเทคโนโลยีที่ใช้ในประเทศไทย ตามแหล่งที่มาของของเสีย/น้ำเสีย (ประทิน กุลลวนิชย์ และคณะ, 2550)

การทดลองและการวัดปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะทำการตรวจวัดที่ระยะเวลาในการกักเก็บที่ต่างกัน เนื่องจากอุณหภูมิจะมีส่วนสำคัญต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อทำการเก็บข้อมูลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ จะต้องเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำที่สุดของแต่ละปี การทดลองจะประกอบด้วยโรงผลิตก๊าซชีวภาพขนาดต่าง ๆ ตามระยะเวลาที่กักเก็บที่แตกต่างกันอย่างน้อย 4 โรง จากนั้นทำการใส่มูลสัตว์และน้ำ ตามจำนวนที่กำหนดไว้แล้วนำผลปริมาตรก๊าซที่วัดได้มาเขียนกราฟเพื่อนำมาใช้คำนวณหาขนาดของปริมาตรที่เก็บก๊าซชีวภาพและปริมาตรถังย่อยสลายต่อไป โดยจะเห็นว่าการทดลองวัด

ปริมาณก๊าซชีวภาพโดยวิธีดังกล่าวมีการลงทุนที่สูง และใช้เวลานาน (สำนักวิชาการพลังงานภาค 4, 2545)

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อสร้างเป็นชุดสาธิตการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพ สำหรับช่วยในกระบวนการตรวจวัดปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่ภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของการเกิดก๊าซชีวภาพสำหรับเป็นการเลือกใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก

1.2.2 เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของระบบชุดสาธิตการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.2.3 เพื่อทดสอบการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 สร้างชุดตรวจก๊าซชีวภาพ 1 ชุด โดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนและอุณหภูมิ

1.3.2 เชื่อมต่อสัญญาณการตรวจวัดและแสดงผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำมาเป็นแนวทางเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานทางเลือก

1.4.2 สามารถลดความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง และยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นงานวิจัยต่อไปในอนาคต

1.4.3 สามารถนำผลงานวิจัยไปเผยแพร่และส่งเสริมให้นักวิจัยและผู้ที่สนใจนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานเรื่องระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW ผู้ดำเนินงานได้ศึกษาทางด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพ

2.2 วงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

2.4 เซนเซอร์ก๊าซ ZX-MQ5

2.5 โปรแกรม LabVIEW

2.6 คู่มือการใช้งานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device รุ่น NI USB-6008/6009

2.1 ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพหรือไบโอก๊าซคือก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึงก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของสารอินทรีย์โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่งกล่าวคือเมื่อไหร่ก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพแต่นี้เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎี

องค์ประกอบส่วนใหญ่ๆจะเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) จะประมาณที่ 50-70% ของก๊าซชีวภาพและสารคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อยู่ที่ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือจะเป็นก๊าซชนิดอื่นๆเช่น ไฮโดเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ (สิริชัย แย้มแบน. 2554 : 9)

ก๊าซชีวภาพที่มีชื่ออื่นอีกคือก๊าซหนองน้ำและมาร์ชก๊าซ (Marsh Gas) ที่เกิดขึ้นกับแหล่งที่มันเกิดกระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยนของเสียประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้า นอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลายเชื้อโรคได้ด้วยการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นการบริหารจัดการของเสียที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) บางส่วนเกิดการเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักจะสะอาดกว่า

2.1.1 ความเป็นมาของการผลิตก๊าซชีวภาพ

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายผุพังของสารอินทรีย์ครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 โดย Robert Boyle และ Stephen Hale โดยทั้งสองได้พูดถึงการกวนตะกอนในลำธารและทะเลสาบซึ่งทำให้มีก๊าซที่สามารถติดไฟได้ลอยขึ้นมาในปี 1859 Sir Humphrey Davy ได้กล่าวไว้ว่าในก๊าซที่เกิดจากขี้วัวนั้นจะมีก๊าซมีเทนอยู่ด้วยในอินเดียในปี 1859 ได้มีการสร้างถังหมักก๊าซในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digester) จะเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกและต่อมาในปี 1985 ในอังกฤษจึงได้มีทำการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาโดยใช้ถังสิ่งปฏิกูลผลิตก๊าซแล้วนำก๊าซไปจุดไฟส่องสว่างตามถนนพอถึงปี 1907 ก็ได้มีการออกสิทธิบัตรสำหรับถังหมักก๊าซชีวภาพในเยอรมนี

ในช่วงทศวรรษที่ 1930 การที่หมักก๊าซในสภาวะไร้อากาศก็จะเริ่มเป็นที่รู้จักในแวดวงนักวิชาการกันมากขึ้นได้มีการวิจัยค้นคว้าและพบจุลินทรีย์ที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาและมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้

ในชนบทในประเทศกำลังพัฒนาการใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนสามารถเป็นทางเลือกสำหรับพลังงานราคาถูกไม่ว่าจะเพื่อแสงสว่างหรือการทำอาหารในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาทั้งรัฐบาลของอินเดียและจีนต่างก็ได้ให้การสนับสนุนการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนซึ่งนอกจากจะลดค่ายังชีพแล้วยังเป็นการลดภาระของโครงข่ายพลังงานของชาติด้วยในประเทศพัฒนาแล้วการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้ยังเป็นการลดการปล่อยมลภาวะรวมถึงก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมที่นับวันจะยิ่งเสื่อมโทรมลงนอกจากนี้ยังมีผลผลิตพลอยได้ต่างๆ เช่นปุ๋ยอินทรีย์

ยิ่งในทุกวันนี้โลกกำลังเผชิญวิกฤติปัญหาสิ่งแวดล้อมและวิกฤติพลังงานก๊าซชีวภาพจึงยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นเพราะเป็นการช่วยแก้ทั้งสองปัญหาปัจจุบันรัฐบาลของหลายๆประเทศรวมถึงประเทศไทยต่างก็ให้การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพและสนับสนุนผู้ที่ทำการผลิตก๊าซชีวภาพในภาพแบบต่างๆ (กรมควบคุมมลพิษ (2542) ,Dourmad et al. (1992)

2.1.2 การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

ประเทศไทยจะได้มีการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมานานกว่า 20 ปีแล้ว แต่ในระยะแรกจำกัดอยู่ในระดับครัวเรือนหรือเกษตรกรรายย่อยๆต่อมาในปี พ.ศ. 2531 คณะจึงทำงานของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยการสนับสนุนจากองค์การ GTZ (Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit) ประเทศเยอรมนีได้จัดตั้ง "โครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมัน" ที่ขึ้นเพื่อศึกษาปัญหาการใช้ระบบก๊าซชีวภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมาพร้อมทั้ง

ปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพให้มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมากขึ้น (จิตรลดา สีเสนและคณะ . 2554 : 18-19)

ปี พ.ศ. 2534 ได้มีการจัดตั้งหน่วยบริการก๊าซชีวภาพสังกัดสถาบันวิจัยและที่จะพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อด้านเนินการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพต่อเนื่องจากโครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมันรวมทั้งเพื่อด้านเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถประยุกต์ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้นและในปลายปี พ.ศ. 2538 กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติหรือ สพช. (ปัจจุบันคือสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานหรือ สนพ. กระทรวงพลังงาน) ได้ให้การสนับสนุนแก่หน่วยบริการก๊าซชีวภาพด้านเนินงาน "โครงการนี้ส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ระยะที่ 1" จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2551 หน่วยจึงบริการก๊าซชีวภาพได้รับการจัดตั้งเป็น "สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่" และต่อมาในปี พ.ศ. 2553 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารีได้พระราชทาน ชื่อหน่วยงานใหม่นี้ขึ้นมาใหม่เป็น "สถาบันวิจัยและจึงพัฒนาพลังงานนครพิงค์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่" ซึ่งจะได้ด้านเนินโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพต่อเนื่องมาจนปัจจุบัน

2.1.3 ปัญหาที่เกิดจากสิ่งขับถ่ายและน้ำเสียจากสัตว์

2.1.3.1 ปัญหากลิ่นเหม็นจากมูลสัตว์

สารประกอบที่จะก่อให้เกิดกลิ่นได้แก่ สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds) กรดไขมันสายโซ่สั้นและสารละเหยที่มีคาร์บอนไนโตรเจนและซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบซึ่งเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่กลิ่นเหล่านี้สามารถกระจายออกทันทีหลังจากมูลถูกขับออกจากตัวสัตว์นอกจากนี้ก๊าซที่เกิดจากมูลสัตว์ยังมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เลี้ยงโดยตรง เช่น

1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถ้ามีมากกว่า 40,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีผลให้ตาลายวิงเวียนเดินโซเซหมดสติ

2 ก๊าซแอมโมเนียส่วนมากจะก่อให้เกิดจากมูลสดของสัตว์ถ้าหากมีความเข้มข้น 100 – 200 ppm ทำให้สัตว์มีอาการจามน้ำลายฟูมปากกินอาหารน้อยลง

3 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หากสัตว์ที่ได้รับจากก๊าซชนิดนี้ประมาณที่ 20 ppm อยู่ตลอดเวลาจะทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทอาเจียนท้องร่วง

2.1.3.2 ปัญหาการเกิดโรคจากมูลสัตว์

การหมักหมมของมูลสัตว์ในฟาร์มนอกจากจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นยังส่งผลต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมเช่นเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรคต่างๆที่อาจติดคนหรือสัตว์เลี้ยงอื่นๆเช่นโรคระบบทางเดินอาหารพยาธิบางชนิดและพาหะนำโรคต่างๆได้แก่แมลงวันแมลงหวี่และยุงเป็นต้น

2.1.3.3 ปัญหาสังคม

การเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรบางแห่งทำให้บริเวณรอบๆมีกลิ่นเหม็นมีแมลงวันชุกชุมหากอยู่ใกล้แหล่งชุมชนทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่น่ารังเกียจดังนั้นการเลี้ยงสัตว์บางแห่งอาจก่อให้เกิดการต่อต้านจากชุมชนและเกิดจากทะเลาะวิวาท

2.1.3.4 ปัญหาต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

การเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ของเกษตรกรมักอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำการปล่อยของเสียที่เกิดจากสัตว์จะไหลลงสู่แม่น้ำลำธารหรือทำให้น้ำในคูคลองเกิดการเน่าเสียได้และถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจทำความเสียหายแก่พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่รอบๆได้นอกจากนี้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากมูลสัตว์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิดจากเจริญเติบโตและแพร่กระจายของพืชน้ำอย่างรวดเร็วส่งผลให้คุณภาพน้ำด้อยลง

ตารางที่ 2-1 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่างๆ

สุกร	น้ำหนักตัว (กก.)	ปริมาณสิ่งขับถ่ายมูลและปัสสาวะ (กก./วัน)
สุกรเล็ก	15	1.04
สุกรหย่านม	30	1.90
สุกรรุ่น	70	4.60
สุกรขุน	90	5.80
แม่สุกรอุ้มท้อง	125	4.03
แม่สุกรเลี้ยงลูก	170	14.90
พ่อพันธ์	10	4.90

ที่มา (สุริยะ สะวานนท์,2538 อ้างถึง Hobson and Robirtson,1977,หน้า 4)

ตารางที่ 2-2 ปริมาณมูลสดของสัตว์ชนิดต่างๆ

ชนิดสัตว์	มูลสด (กิโลกรัม/วัน)
โค–กระบือ	8
สุกร	4
แกะ	4
ไก่	0.03

ที่มา (สุริยะ สะวานนท์,2538 อ้างถึง Hobson and Robirtson,1977,หน้า 4)

ตารางที่ 2-3 ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกของสุกรแต่ละช่วงอายุ

ประเภทสุกร	ไนโตรเจน (N) ที่ขับออก		
	(กก./วัน)	(กก./ปี)	(% N ที่กิน)
แม่สุกร			
สุกรสาวทดแทน	53	18.6	69
ช่วงหลังหย่านมลูก	42	15.3	73
ช่วงตั้งท้อง	40	14.6	77
ช่วงให้นม	79	28.8	57
ลูกสุกร			
ช่วงดูดนม (27 วัน)	1	0.4	14
ช่วงหลังหย่านม (จนถึง 25 กก.)	11	0.4	47
สุกรรุ่นขุม			
25 ถึง 105 กก.	38	13.9	67

ที่มา (สุริยะ สะวานนท์,2538 อ้างถึง Hobson and Robirtson,1977,หน้า 4)

ตารางที่ 2-4 ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ

ชนิดสัตว์	ปริมาณก๊าซ (ลูกบาศก์เมตร) ต่อ	
	กก. ของมูล	ตัว/วัน
สุกร	0.4 - 0.5	0.18
โค	0.1 - 0.3	0.16
ไก่	0.3 - 0.6	0.014
คน&ของเสียจากห้องครัว	0.3 - 0.7	0.028

ที่มา (สุริยะ สะวานนท์,2538 อ้างถึง Hobson and Robirtson,1977,หน้า 4)

2.1.4 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์สภาวะปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียเช่น จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะสร้างมีเทน (Aethane-Producing Bacteria) หรือเมทาโนเจนและจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (Acid-Producing Bacteria) มาช่วยย่อยในสภาวะไร้อากาศในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศเป็นการที่จุลินทรีย์ต่างๆทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ลงจากสิ่งมีชีวิตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนลงเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อยลงเป็นขั้นๆไป (สิริชัย แย้มแบน. 2554 : 7-12)

2.1.5 กระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นดังนี้

2.1.5.1 ไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) สารอินทรีย์ เศษพืชผักเนื้อสัตว์มีองค์ประกอบสำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน แบคทีเรีย จะปล่อยเอ็นไซม์เอกซ์ตราเซลลูลาร์(Extra Cellular Enzyme) มาช่วยละลายโครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (Monomer) เช่น การย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสการย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมันและการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

2.1.5.2 แอซิดิฟิเคชั่นหรือแอซิโดเจเนซิส (Acidification/Acido Genesis) การย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยว (Monomer) เป็นกรดระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid) คาร์บอนไดออกไซด์กรดคาร์บอนแอลกอฮอลล์แอมโมเนียและไฮโดรเจน

2.1.5.3 อะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) จะเปลี่ยนกรดที่ระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเทตซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักในการผลิตมีเทน

2.1.5.4 เมทาไนเซชั่น หรือ เมทาโนเจเนซิส (Methanization/Methanogenesis) กรดอะซิติกและอื่นๆจากขั้น 2 รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนบางส่วนจะเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนเป็นมีเทนโดยเมทาโนเจน (Methanogen)

$CH_3COOH \text{-->} CH_4 + CO_2$ กรดอะซิติกมีเทนคาร์บอนไดออกไซด์

$2CH_3CH_2OH + CO_2 \text{-->} CH_4 + 2CH_3COOH$ เอทานอลคาร์บอนไดออกไซด์มีเทนกรดออะซิติก

$CO_2 + 4H_2 \text{-->} CH_{44} + 2H_2O$ คาร์บอนไดออกไซด์ไฮโดรเจนมีเทนน้ำ

(คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. 2553 : 29-37)

2.1.6 ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพหรือไบโอก๊าซคือก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจนในขณะที่เกิดการย่อยสลายนั้นจะเกิดก๊าซขึ้นกลุ่มหนึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (Methane, CH_4) รองลงมาเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซอื่นๆ ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่มีมากที่สุดมีคุณสมบัติไม่มีสีไม่มีกลิ่นและติดไฟได้เบากว่าอากาศแต่ที่มีกลิ่นเหม็นนั้นเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือ “ก๊าซไข่เน่า” ซึ่งเมื่อจุดไฟแล้วกลิ่นเหม็นจะหมดไป (ชยันต์ กิมยงค์. 2545)

ตารางที่ 2-5 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ชนิด	ปริมาณ (%)
มีเทน	50 - 70
คาร์บอนไดออกไซด์	30 - 50
อื่นๆเช่นไฮโดรเจนออกซิเจนไนโตรเจนไฮโดรเจนซัลไฟด์และไอน้ำ	เล็กน้อย

ที่มา : คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. 2553 : 38)

2.1.7 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆเกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1.7.1 อุณหภูมิในการเดินระบบ (Operating Temperature) เมทาโนเจน ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ถ้าหากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10 °C แบคทีเรียจะหยุดทำงาน

1 อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งออกเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic)

2 อุณหภูมิที่เหมาะที่เมโซฟิลิกทำงานได้ดีคือประมาณ 20°C – 45°C แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือช่วง 37°C – 4°C โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก

3 เทอร์โมฟิลิกทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าโดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50°C – 52°C แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70°C

แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิกนอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วยทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิกเสถียรกว่าแต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่าข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิกคือการที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

2.1.7.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value) ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงระยะของการหมักด้วยเพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลงซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมากและจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการความเข้มข้นของ NH_4จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8

2.1.7.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนขอขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8 – 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมากไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็วส่งผลให้ได้ก๊าซน้อยแต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนียแอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า

pH ซึ่งถ้าหากได้ค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียจะทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้หาก C/N Ratio อยู่นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

มูลสัตว์โดยเฉพาะวัวควายมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาก็ได้แก่พวกดอกจอกผักตบและเศษอาหารขณะที่ฟางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะสูงอย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

2.1.7.4 ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading) ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวันซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไปก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป (เนื่องจากการในช่วงแรกของกระบวนการคือ Acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา) จนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก Methanogen ตายหมดซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมดแต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วยเท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิตทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

2.1.7.5 ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention Time) ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปรวมถึงภาพแบบของระบบถังหมักหากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพนอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไปทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลงขึ้นขณะเดียวกันการที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็นระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 14- 60 วันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆคือค่า TSC อุณหภูมิขนาดและประเภทของ Digester และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติมระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไหร่โดยไม่มีการเติมอาหารเนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมดดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียยังย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

2.1.7.6 ปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC)

Solid Content ของสารอินทรีย์ในการผลิตก๊าซชีวภาพแบ่งเป็นสองระดับคือ

High-Solid (ปริมาณของแข็งสูง) TSC สูงกว่า ~ 20%

Low-Solid (ปริมาณของแข็งต่ำ) TSC ต่ำกว่า ~ 15%

ถังหมักที่ออกแบบสำหรับเติมสารอินทรีย์ High Solid จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบนั้นตะกอน (Slurry) แต่เนื่องจากในระบบ High Solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่าในทางกลับกันถังหมัก Low Solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอนแต่ก็ต้องใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้นกระนั้นก็ดีการที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อยและการผลิตก๊าซเร็วขึ้น

2.1.7.7 การคลุกเคล้า (Mixing) การคลุกเคล้าตะกอนน้ำและสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้นนอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย (Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

2.1.7.8 สารอาหาร (Nutrient) สารอาหารที่แบคทีเรียจึงต้องการเพื่อการเจริญเติบโตนอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้วยังมี ไนโตรเจนซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมาณน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานี สลิบดินัม สังกะสี โคบอลต์ ซิลิเนียมทังเสตน และ นิเกิล เป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในระดับที่สมดุลพอเพียงเพราะฉะนั้น ในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดๆ ลงไป

สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting And Toxic Materials) เช่น กรดไขมันที่ระเหยจะได้ไฮโดรเจนหรือแอมโมเนียรวมถึงธาตุไอออน, สารพิษ, โลหะหนัก, สารทำความสะอาดต่างๆเช่นสบู่น้ำยาล้างต่างๆและยาปฏิชีวนะสามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรียได้

ธาตุไอออนในที่ปริมาณน้อยๆ (เช่นโซเดียม, โปแตสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, ซัลเฟอร์, แอมโมเนียม) สามารถช่วยกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียเช่นกันแต่ถ้าหากปริมาณนั้นมากก็จะส่งผลเป็นพิษได้ยกตัวอย่างเช่นแอมโมเนียในปริมาณ 50-200 มิลิกรัมต่อลิตรจะเป็นผลดีช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่เมื่อใดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 1,500 มิลิกรัมต่อลิตรก็จะเริ่ม

ส่งผลเสียในทางเดียวกันกับโลหะหนักบางประเภท (เช่น ทองแดง, นิเกิล, โครเมียม, สังกะสี, ตะกั่วและอื่นๆ) ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะเป็นพิษ

2.1.7.9 อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความที่เป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัม/ลิตรในภาพของแคลเซียมคาร์บอร์เนต ($CaCO_3$) (สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. 2554)

2.1.8 ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant)

บ่อก๊าซชีวภาพแบ่งตามลักษณะการทำงานลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบและประสิทธิภาพการทำงานได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ดังนี้

1. บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็งบ่อหมักช้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปมี 3 แบบหลักคือ

1.1 แบบยอดโดม (Fined Dome Digester)

1.2 แบบฝาครอบลอย (Floating Drum Digester) หรือแบบอินเดีย (Indian Digester)

1.3 แบบพลาสติกคลุมราง (Plastic Covered Ditch)

2. บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสียแบ่งได้เป็น 2 แบบหลักคือ

2.1 แบบบรรจุตัวกลางในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่าเป็นแบบเอเอฟ (AF) เป็นตัวกลางที่ใช้ทำได้จากวัสดุหลายๆ ชนิดเช่น ก้อนหินหรือ กรวดพลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อนเป็นต้นในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลางที่ถูกตรึงอยู่

2.2 แบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanker) บ่อหมักเร็วแบบนี้ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (Sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักที่เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกิดการเกาะลักษณะการทำงานของบ่อหมักเกิดขึ้นโดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัวไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลล้นออกนอกบ่อตะกอนส่วนที่หนักจะจมลงก้นบ่อ

ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพแบบพอเพียงในครัวเรือน
ที่มา : (กระทรวงพลังงาน, 2556)

2.1.9 ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

2.1.9.1 ประโยชน์ทางด้านพลังงานก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆเช่นฟืนถ่านน้ำมันก๊าซถังไฟฟ้าฯลฯ

2.1.9.2 ประโยชน์ทางด้านการเกษตรกากมูลสัตว์ที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพจะสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่าปุ๋ยพืชสด (ปุ๋ยคอก) ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักแล้วนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ให้กลายเป็นแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่าและยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีในการใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรให้มีสภาพดีขึ้นด้วย

2.1.9.3 ประโยชน์ทางด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อมการนำมูลสัตว์มาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพเป็นการช่วยกำจัดมูลบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงผลที่ได้จากการหมักมูลสัตว์ในบ่อก๊าซชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วยจึงท้าให้ผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นมีสุขภาพอนามัยดีขึ้นและยังเป็นการป้องกันมูลสัตว์ไม่ให้ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ

2.1.10 ข้อดีของการมีบ่อก๊าซชีวภาพ

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน

2.ใช้สิ่งที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์

3. มูลที่ได้จากบ่อล้นเป็นปุ๋ยคุณภาพดีผ่านการหมักทำลายการงอกของเมล็ดพืชและไข่แมลงเชื้อโรคต่างๆไม่มีกลิ่นเหม็น

4. ก๊าซที่ได้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์รอบต่ำและเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในตะเกียงเจ้าพายุได้ด้วย

2.1.11 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อนนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

การปรับปรุงคุณภาพก๊าซ (Gas Purification) ก่อนนำไปใช้งานมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. การดักน้ำในท่อส่งก๊าซ

ปกติก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มักมีความชื้นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัวเมื่อก๊าซชีวภาพไหลผ่านท่อส่งก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้ความชื้น (ไอน้ำ) ในก๊าซกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและสะสมจนอุดตันทางเดินของก๊าซทางแก้ไขควรติดตั้งชุดดักไอน้ำเพื่อกำจัดหรือลดปริมาณน้ำในท่อส่งก๊าซ

2. การปรับลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

การปรับลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพนี้จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็นเช่นในกรณีที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยากคือกรณีมีปริมาณน้อยกว่า 45% อย่างไรก็ดีในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสัตว์นั้นจะไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ดังนั้นการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จึงไม่จำเป็น

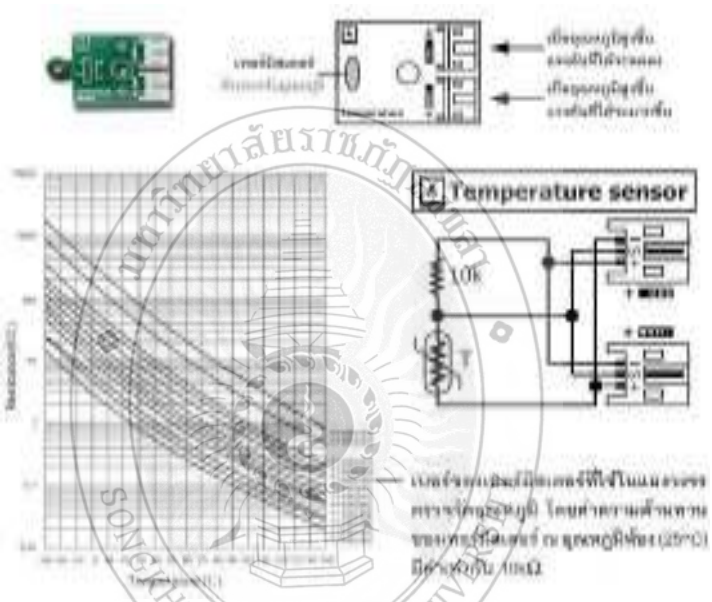
3. การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพนั้นมีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำเพราะจะเปลี่ยนสภาพที่เป็นกรดกำมะถันหรือซัลฟูริค (H_2SO_4) ซึ่งเป็นที่จะสาเหตุของฝนกรดหรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและอุปกรณ์ได้ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนหน้าไปใช้ประโยชน์จึงเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ อีกด้วย (คู่มือไบโอแก๊ซเซฟตี้.กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน,2556 : 8)

2.2 วงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ใช้วัดอุณหภูมิโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าเทอร์มิสเตอร์ หรือตัวต้านทานแปรค่าตาม อุณหภูมิซึ่งเทอร์มิสเตอร์ที่นำมาใช้เป็นแบบแปรค่าผกผันกับอุณหภูมิ (Negative Temperature Coefficient: NTC) เซนเซอร์ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิ รองรับการใช้งานได้สองภาพแบบคือ

1. + ▭▭▭■ แรงดันเพิ่มเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
2. ▭▭▭■ + แรงดันลดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

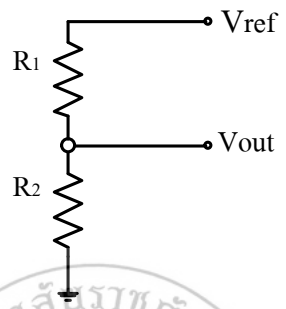


ภาพที่ 2-2 วงจรสมบูรณ์ของแผงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ รวมถึงกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์
ที่มา : http://www.ipstbox.programming.in.th/microbox/6_2_2.html

เนื่องจากค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์นี้จะวัดออกมาเป็นค่าของแรงดัน ดังนั้นการแปลงค่าแรงดันกลับเป็นอุณหภูมิจึงต้องอาศัยการคำนวณค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ และนำไปเปรียบเทียบกับกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ เพื่อคำนวณหาค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

การแปลงค่าแรงดันเป็นอุณหภูมิ ค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดแบบอนาล็อกชนิดต่างๆ จะวัดออกมาเป็นแรงดันระหว่าง 0 ถึง +5V ซึ่งเมื่อผ่านวงจร ADC ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจะทำให้ได้ค่าเป็นแบบจำนวนเต็มที่สอดคล้องกันระหว่าง 0 ถึง 1023 ในบางครั้งจะต้องแปลงค่าแรงดันที่ได้นี้ให้อยู่ในภาพของค่าที่วัดได้จริงจากสภาวะแวดล้อม เช่น ความเข้มของแสงในหน่วยลักซ์ อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส หรือความดังของเสียงในหน่วยเดซิเบล เป็นต้น ตัวอย่างการคำนวณค่าอุณหภูมิ

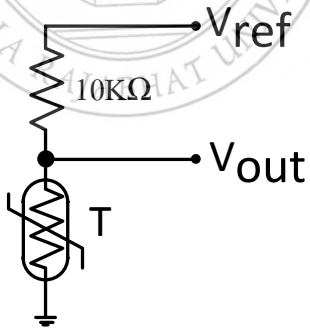
จากแรงดันที่วัดได้ให้อยู่ในภาพองศาเซลเซียส ซึ่งสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยใช้พื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเรื่องการแบ่งแรงดัน โดยพิจารณาวงจรดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 วงจรแบ่งแรงดันวัดอุณหภูมิ

จากกฎการแบ่งแรงดัน เราจะได้ว่า $V_{out} = V_{ref} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ .....สมการที่ 2-1

สมมติว่าทำการเชื่อมต่อแผงวงจรตรวจวัดอุณหภูมิเข้ากับแผงวงจรหลัก โดยต่อเข้ากับช่องจะอุณหภูมิสูง แรงดันลด (+) ดังนั้นวงจรข้างต้นจะสอดคล้องกับวงจรในภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 วงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

จากวงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมินั้น R_1 คือตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม และ R_2 คือความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ (ให้ค่าเป็น R_T) ดังนั้นสมการด้านบนจึงเขียนได้เป็น

$$V_{out} = V_{ref} \times \frac{R_T}{10 \times R_T}$$ .....สมการที่ 2-2

สามารถย้ายข้างหา R_T ได้ดังนี้

$$R_{T(K\Omega)} = \frac{10\,V_{out}}{V_{ref} - V_{out}}$$ .....สมการที่ 2-3

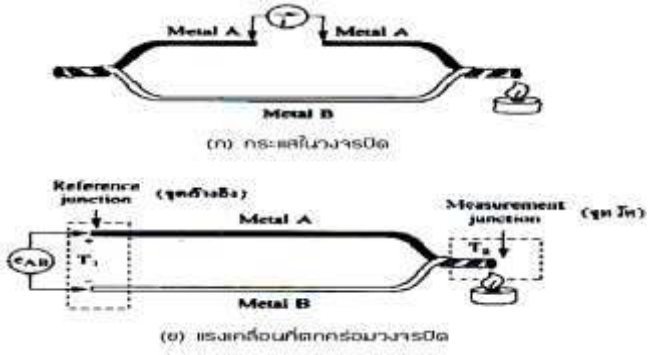
เนื่องจากค่าของ Vout จะไม่ได้ถูกวัดโดยตรงจากโปรแกรม แต่ถูกวัดทางอ้อมจากการใช้คำสั่ง Analog ซึ่งให้ค่าอยู่ที่ระหว่าง 0 และ 1023 ซึ่งค่าที่ได้จะแปรผันตรงกับ Vout ดังนั้นสามารถแทนค่า Vout และ Vref ในสมการด้วยค่าที่อ่านได้จากคำสั่ง Analog และค่า 1023 ตามลำดับ

$$R_{T(K\Omega)} = \frac{10D}{1023 - D}$$ .....สมการที่ 2-4

หลังจากที่ได้ค่า R_T มาแล้วก็นำไปเทียบกับกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์เพื่อหาอุณหภูมิที่แท้จริงต่อไปได้ (พีรพงศ์ ต่อฑีฆะและคณะ. 2547)

2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คือ จะเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยจะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือความร้อนที่จะเป็นแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้า (Emf) หรือเทอร์โมคัปเปิลที่ทำมาจากสารอโลหะตัวนำที่มีต่างๆ ชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) ที่จะนำมาเชื่อมต่อกับปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง จะปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas See Beck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1821 ในภาพที่ 2-5 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว (พรจิตร ประทุมสุวรรณ. 2537 : 66-75)



ภาพที่ 2-5 ผลของซีแบ็ค

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริกเกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั้นเอง

1. ผลของซีแบ๊ค (See Beck Effect) โดยที่จะใช้ทฤษฎีโซลิดสเตด ที่สามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนั้นคือ

$$\sum = \int_{T1}^{T2} (Q_a - Q_b) DT \qquad \text{.....สมการที่ 2-5}$$

สมการนี้อธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

1. ค่า Emf ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า Emf ที่ได้ก็มีค่าเป็นศูนย์

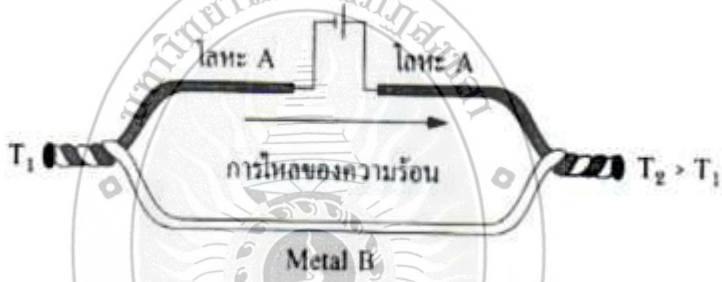
3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า Emf ก็จะเป็นศูนย์โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกัน

$$\Sigma = \alpha\ (T_2 - T_1) \qquad \text{.....สมการที่ 2-6}$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ; K

2. ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากที่จะคิดย้อนกลับไปจากผลของซีแบ็ค นั้นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดจากความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำงานความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือ แม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



ภาพที่ 2-6 ผลของเพลเทียร์

ตารางแสดงแรงเคลื่อนที่ของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Table)

ตารางเทอร์โมคัปเปิลจะให้แรงเคลื่อนที่สำหรับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด เมื่ออ้างอิงกับจุดอ้างอิงโดยที่กำหนดค่า (0^0C) ณ อุณหภูมิที่จุดวัดต่างๆ จะพบว่าอุณหภูมิที่ของ 210^0C เทอร์โมคัปเปิลชนิด j เมื่ออ้างอิงที่ 0^0C จะมีแรงเคลื่อนเป็น

V (210^0C) = 11.3 mV (ชนิด J,0^0C Ref.)

ในทางกลับกัน ถ้าเราวัดแรงเคลื่อนได้ 4.768 Mv กับชนิด s และอุณหภูมิอ้างอิงที่ 0^0C เราพบว่า

T (4.768mv) = 555 ^{0}(ชนิด s,0 ^{0}C Ref.)

แต่บางกรณี แรงเคลื่อนที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าในตาราง จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งสเกล (Interlope) ระหว่างค่าในตาราง ซึ่งหาได้จากสมการแบ่งออกดังนี้

$$T_M = T_L + \left[\frac{T_H - T_l}{V_H - V_L}\right](V_M - V_L)$$ .....สมการที่ 2-7

เมื่อ V_M = คือแรงเคลื่อนที่วัดได้จากมิเตอร์

V_H และ V_L = ค่าแรงเคลื่อนที่ของT_H และ T_Lอ่านได้จากตารางโดย V_H อยู่สูงกว่า V_M และ V_L ต่ำสุด V_M

T_HและT_L = ค่าอุณหภูมิที่ตรงกับค่าแรงเคลื่อน V_H และ V_L ตามลำดับ

การเปลี่ยนจุดอ้างอิงของตาราง (Change of Table Reference)

หากอุณหภูมิอ้างอิงแตกต่างจากตารางเทอร์โมคัปเปิลที่กำหนดไว้เราก็ยังสามารถใช้ค่าจากตารางนี้เป็นฐานในการคำนวณได้ ข้อควรจำคือเมื่อวัดอุณหภูมิเดียวกันแต่เปลี่ยนไปใช้จุดอ้างอิงที่สูงกว่าจะทำให้แรงเคลื่อนทางเอ้าท์พุตถูกกดให้ต่ำลง ดังภาพที่ 2-19

เช่นนำเทอร์โมคัปเปิลชนิด J ซึ่งที่มีจุดอ้างอิงที่ 30^0C ไปวัดที่ 400 ^{0}C วิธีการหาแรงเคลื่อนใหม่ที่ได้คือ ขั้นแรกหาแรงเคลื่อนที่ ณ อุณหภูมิที่ต้องการอ้างอิงใหม่จากตาราง ในที่นี้คือ 30^0C ณ จุดอ้างอิง 0^0C จากภาพผนวก ข. จะพบว่ามีแรงเคลื่อนที่ 1.54 mV (เรียกค่าที่หาได้นี้ว่าตัวประกอบ) หลังจากนั้นก็นำค่านี้ไปลบออกจากแรงเคลื่อนที่จุดวัดที่ 400 ^{0}C เมื่อจุดอ้างอิงเป็น0^0C หรือเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

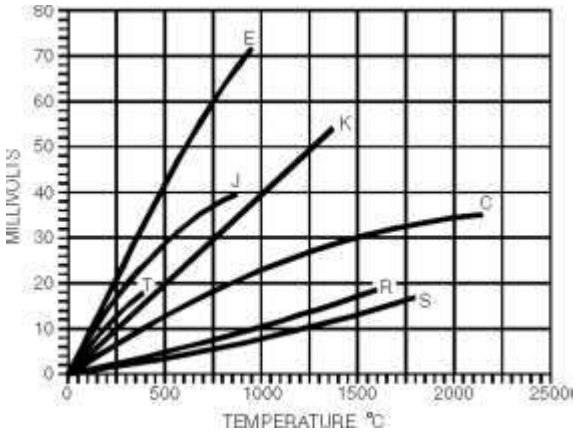
V (30^0C) = 1.54 mV (ชนิด J, 0^0C ref.) ขั้นแรก

V (400^0C) = 21.85mV (ชนิด J, 0^0C ref.) ขั้นที่สอง

นำค่า (ประกอบ) ที่ได้จากขั้นที่สองมาจะลบออกจากขั้นแรก ที่ทำให้ได้แรงเคลื่อนซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างนี้เป็น

V (400^0C) = 20.31 mV (ชนิด J, 30^0C ref.)

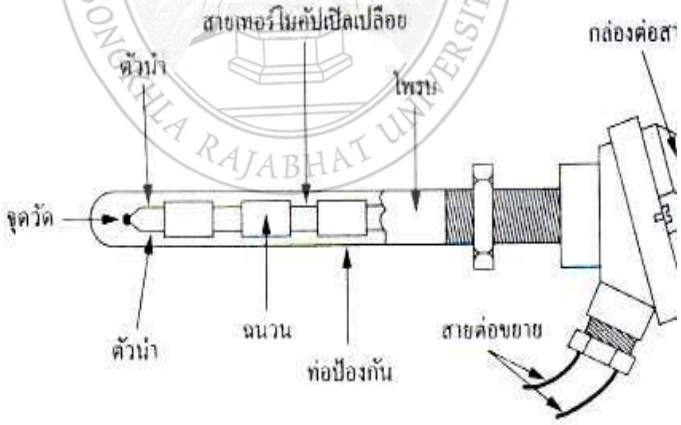
เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของจุดอ้างอิงจะเขียนในแบบใหม่ เช่น V_{j0}จะหมายถึงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลชนิด J อ้างอิงที่ 0 ^{0}C และ V_{j30} หมายถึงของชนิด J อ้างอิงที่ 30^0C



ภาพที่ 2-7 การเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0^0Cถึง 200^0Cซึ่งจะสมดุลกับการเคลื่อนที่ลงเส้นโค้งแรงเคลื่อนเทอร์โมคัปเปิล

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic of Standard Thermocouples)

1. ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนที่จากของเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



ภาพที่ 2-8 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

ที่มา :รัชพล อรรถเสรีวงศ์และคณะ. (2556) : หน้า 8

2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะดังภาพที่ 2-20 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากแสตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอโมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น(Peltier Element) มากกว่าที่จะใช้เป็นโมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ

ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลจะกำหนดได้จากการใช้งานของแต่ละอย่าง และที่มีขนาดจาก 10 ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่คงที่ จนถึงขนาดที่ 30 หรือแม้กระทั่งที่ 0.02 mm ซึ่งที่เป็นสายแบบไมโครไวร์ (Microwire) ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิการกลั่นในงานทางชีววิทยา

3. ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัว จะแตกต่างกันตามกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิ จะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

5. การปรับสภาพของสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic in Application of Thermocouple Standard Type) (พจนาฎ สุวรรณมณี. 2548 : หน้า 151-176)

ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ AST โดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1. เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ประดิษฐ์โดยนาย Le Chatelier ในปี 1886

   ข้อดีของแบบ S

   1. เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดชิง (Oxidizing)
   2. เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (Inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆ ได้ง่าย
   3. นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก

4. วัดที่อุณหภูมิต่อเนื่องจะได้จากช่วงของที่ 0 ถึง 1550^{0}C และที่อุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 17000^{0}C

5. หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด

6. ใช้ในการสอบเทียบตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.740^{0}C) จนถึงแข็งตัวของทองแดง (1064.430^{0}C) ตามมาตรฐาน IPTS 68

ข้อเสียของแบบ S

1. ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ

2. ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (Reducing)

3. ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum)

4. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว

5. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของอโลหะ เช่น จำพวก อาเซนิกซัลเฟอร์ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

2. เทอร์โมคัปเปิลแบบ R เป็นแบบที่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆข้อดีของแบบ R

ข้อดีของระบบ R

1. ให้แรงเคลื่อนทางด้านเอาท์พุตสูงกว่าแบบ S

2. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600^{0}c

3. วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง –50 ถึงประมาณ 1700^{0}C

4. เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็กอุตสาหกรรมแก้ว

5. ทนทานต่อการกัดกร่อนและให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี

ส่วนลักษณะข้อเสียเช่น เดียวกับแบบของ S แต่ละส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้มีความเป็นเชิงเส้นต่ำเพิ่มอุณหภูมิต่ำกว่า 540^{0}C

3. เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ผลิตครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน

ข้อดีของแบบ B

1. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึง 1600^{0}C

2. วัดอุณหภูมิช่างสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึง 1750^{0}C

3. แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R

4. เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกไดซิงและสภาวะเฉื่อยให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (Linearity) ดี

ข้อเสียของแบบ B

1. ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่นๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน

2. ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง

3. ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ

4 ไม่เหมาะกับงานที่มีสภาวะเป็นไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และแบบ S

5 ให้ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสองค่า (Double Value Region) จากอุณหภูมิในช่วงที่ 0^0C - 42^0C (ดังภาพตัวอย่างด่านล่าง) จะทำให้สามารถทราบได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมีอุณหภูมิเป็นเท่าใด เช่นที่อุณหภูมิ 0^0C จะแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42^0C

6. ให้ความชัน (การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่น

4. เทอร์โมคัปเปิลแบบของ J พบว่าหากใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลความคุ้มทุนก็ลดลงไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลราคาถูกลง จึงใช้วัตถุธาตุอื่นที่มีราคาถูกกว่ามากมาทดแทนแพลทินัม โดยรหัสมีสีตามมาตรฐาน BS มีดังนี้ถ้าขั้วบวก จะเป็นสีดำ ขั้วลบจะเป็นสีขาวทั้งตัวจะเป็นสีดำ

ความแน่นอนตามมาตรฐาน BS 1797 Part 30, 1993 ได้แก่

4.1 Class 1 = -40^0Cถึง + 750^0C $\pm 0.004 \times T$ หรือ $\pm 1.5^0$C ; เมื่อ T คือ อุณหภูมิจริง

4.2 Class 2 = -40^0Cถึง + 750^0C $\pm 0.0075 \times T$ หรือ $\pm 2.5^0$C ; เมื่อ T คือ อุณหภูมิจริง

ข้อดีของแบบ J

1. ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนที่ไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี

2. มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์

3. ตามมาตรฐาน BS 7973 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ 210^0C ถึง 1200 ^{0}C

4. เหมาะสมกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดชิงและงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760^0 C

5. นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก

6. เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสียของแบบ J

1. วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T

2. ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0^0C หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538^0C

3. จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง

4. หากที่จะใช้งานนานเกินช่าง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5. เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นที่มาตรฐานตั้งแต่ ปี ค.ศ.1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมและส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ.1916 ยังไม่สามรถสร้างนิกิลลบบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่างๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด K แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงและสอบเทียบ

ด้วยเหตุนี้เทอร์โมคับเปิ้ลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อนที่ อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

5.1 ขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิลที่จะเป็นวัสดุของโรแมกเนติก (เหล็กที่เป็นสารแม่เหล็ก) ที่อุณหภูมิห้อง แต่ที่จุดคิวรีของมัน (Curie Point คือ อุณหภูมิที่มันจะเปลี่ยนจากคุณสมบัติเหล็กไปเป็นแม่เหล็ก) อยู่ในช่วงที่ใช้งานพอดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ทางเอาต์พุตอย่างทันทีทันใด ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าจุดคิวดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะผสม จุคิวรีนี้จะเปลี่ยนคุณสมบัติจากเทอร์โมคัปเปิลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทดลองหาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ไม่ทราบค่า ณ อุณหภูมิที่เราไม่ทราบค่านี้

5.2 ที่อุณหภูมิสูงๆ (ช่วง 200^0Cถึง 600^0C) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่จะมีผลของอีสเตอร์รีซีสเกิดขึ้นขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่

5.3 ที่อุณหภูมิของ 1000^0C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่จะเกิดออกไซต์ ที่เป็นเหตุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อน

5.4 การใช้โคบอลต์เป็นส่วนโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่นๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูงๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรม ที่กำหนดโดยมาตรฐานIEC 584 (รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น – 270 ^{0}C ถึง + 1,370^{0}C

โดยมีระดับความหนาแน่นนอนซึ่งกำหนดโดยมาตรฐานของ IEC 584 ที่ตารางอ้างอิงสำหรับเทอร์โมคัปเปิลนานาชาติ เป็นดังนี้

1. Class 1 = 40^{0}C ถึง + 1,000^{0}C +_ 0.004 xt หรือ +1.5^{0}C
2. Class 2 = 40^{0}C ถึง + 1,200^{0}C +_ 0.0075 xt หรือ +2.5^{0}C
3. Class 1 = 200^{0}C ถึง + 40^{0}C +_ 0.015 xt หรือ +2.5^{0}C

เมื่อ T อุณหภูมิจริงที่ทำการวัด

รหัสสีดำสำหรับสายเทอร์โมคัปเปิลที่กำหนดโดยมาตรฐาน BS 4973 Part 1993 (รหัสสีตามมาตรฐานอังกฤษสำหรับสายชดเชยแบบคู่ของเทอร์โมคัปเปิล) สำหรับชนิด K ขั้วบวกจะเป็นสีเขียว ขั้วลบจะเป็นสีขาว ถ้าตลอดทั้งตัวจะเป็นสีเขียว ส่วนสายชดเชยสัญญาณ (ชนิด VX) ก็เหมือนกับสีด้านบนที่กล่าวมาโดยสรุป

ข้อดีของแบบ K

1. เป็นแบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุด
2. สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้นจะวัดจาก –180^{0}C ถึงประมาณ 1350^{0}C
3. สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิ หรือสภาวะแบบเฉื่อย (Inert) ได้ดีกว่าแบบอื่นๆ
4. สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
5. ให้อัตราการเปลี่ยนแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าที่ต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่นๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วย

ข้อเสียของแบบ K

1. ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
2. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์
3. ไม่เหมาะกับสภาพงานที่สุญอากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)

4. หลังการใช้งาน 30 ปีทำให้ส่วนประสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

6. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดีของแบบ T

1. ดีกว่าแบบ K ตรงที่จะสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั้นคือเหมาะสมกับการวัดค่าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง

2. ให้ความแน่นอนในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100^0C ความแน่นอนจะเป็น ±1%)

3. มีเถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี

4. การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี

5. วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องจะได้จากช่วง –185^0C ถึง 300^0C และจะวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆได้จากช่วง -250^0C ถึง 400^0C

6. ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

ข้อเสียแบบ T

1 เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ

2. หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370^0C จะทำให้เกิดออกไซมาก

3. ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)

4. เมื่อใช้งานไปนานๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสีจะเพิ่มประมาณ10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

5. คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

7. เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

ข้อดีของแบบ E

1. ให้แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับแบบอื่นๆ ในสภาวะเดียวกัน

2. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800^0C

3. คุณสมบัติอื่นๆ คล้ายกับแบบ K

การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

7.1 ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่เป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พ่วงเอาความร้อนออกจากพื้นที่การวัดเข้ามา

7.2 ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็กๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำการวัด และใช้สายขยาย (Extension Wire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย

7.3 หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสั่นสะเทือนที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย

7.4 เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาวๆ ให้ต่อชีลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิดเกลียว

7.5 หลีกเลี่ยงริเวรที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย

7.6 พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิกัดอุณหภูมิของมัน

7.7 ป้องกันวงจรแปลง Integrate A/D จากการรบกวน

7.8 ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อยๆ

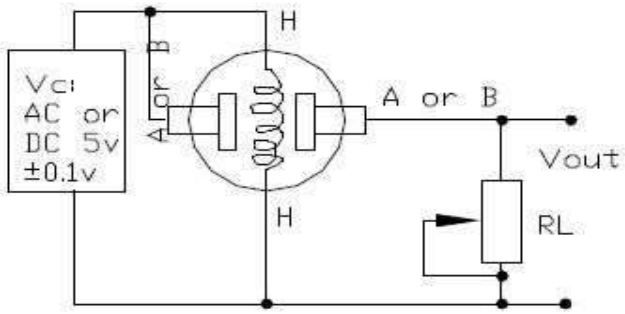
7.9 ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่าๆไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วงๆ

2.4 เซนเซอร์ก๊าซ ZX-MQ5

เป็นโมดูลตรวจวัดก๊าซ ที่ไวต่อก๊าซไวไฟในกลุ่ม LPG, CH_4, Natural Gas, Hydrogen จึงเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจจับการรั่วของก๊าซต่างๆ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลนั้นได้ (พีรพงศ์ ต่อฑีฆะและคณะ. 2547)

โดยเซนเซอร์ MQ-5 นี้จะมีจุดเด่นอยู่ที่มีความไวต่อไอระเหยของแอลกอฮอล์และควันที่ต่ำกว่าเซนเซอร์ MQ-2 จึงสามารถนำไปติดตั้งในบริเวณที่อาจมีควันจากการปรุงอาหาร/สูบบุหรี่ โดยที่ไม่ถูกรบกวนได้

- ใช้แรงดัน 5V
- ให้เอาท์พุตทั้งสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จริง และสัญญาณดิจิตอลสามารถปรับตั้งระดับแจ้งเตือนได้ (ใช้ LM393 เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน)
- เมื่อป้อนแรงดันให้แก่เซนเซอร์ ต้องรอการอุ่นชิพอย่างน้อย 20 วินาที ก่อนทำการวัดค่า



ภาพที่ 2-9 วงจรของโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

ภาพที่ 2-10 โมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

ลักษณะเด่นของเซนเซอร์ก๊าซ ZX-MQ5

- ใช้ในบ้านและโรงงานก๊าซอุปกรณ์ตรวจจับการรั่วไหลเหมาะสำหรับการตรวจจับก๊าซเหลว บิวเทนโพรเพนก๊าซมีเทนก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซอื่นๆ
- ก๊าซที่ใช้บังคับ: ก๊าซมีเทน
- ช่วงการตรวจสอบ: 300 ~ 10000 ppm
- ลักษณะของก๊าซ: isobutane 1000 ppm
- ความไว: R ในอากาศ / R ในgas≥5ทั่วไป
- ต้านทานการตรวจจับ: 1kω ~ 20kωใน isobutane 2000 ppm
- เวลาตอบสนอง: ≤10s
- เวลาการกู้คืน: ≤30s

- ต้านทานความร้อน: 31ω±3ω
- ความร้อนในปัจจุบัน: ≤180ma
- แรงดันความร้อน: 5.0V ± 0.2V
- พลังงานความร้อน: ≤900mw
- สภาพการทำงานอุณหภูมิ: -20 ℃ ~ + 55 ℃
- ความชื้น: ≤95% RH

2.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือจะเรียกย่อๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือที่วัดเสมือน ดังตัวอย่างจากภาพนี้ที่ใช้เป็น Oscilloscope ที่ได้ทำจากการสร้างขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 2-11 ตัวอย่างเครื่องมือวัดเสมือนที่สร้างจาก LabVIEW

ที่มา : http://www.archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enso0552sm_ch2.pdf

มีจุดกำเนิดขึ้นในปี 1983 โดยทางบริษัท National Instrument ได้เริ่มการค้นคว้าศึกษา เพื่อจะหาวิธีการที่จะลดเวลาในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในงานด้านระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นจุด เริ่มของแนวความคิดการสร้าง LabVIEW หลังจากการใช้เวลาศึกษาวิจัยอยู่ 3 ปี ในปี 1986 บริษัทก็ได้ ปล่อย LabVIEW Version 1 สู่ตลาดเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ Macintosh เท่านั้น เพราะแม้ว่าเครื่อง Macintosh จะไม่เป็นที่ใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านวิศวกรรม แต่ด้วยลักษณะการแสดงผลแบบ กราฟิกของเครื่อง

Macintosh ทำให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับ LabVIEW สำหรับ ระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ใช่ GUI ยังไม่มีความเหมาะสมที่จะใช้กับ LabVIEW ทั้งนั้นสำหรับ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ทาง NI ต้องรอจนกระทั่งระบบปฏิบัติการ Windows เกิดขึ้น เสียก่อน

ในปี 1990 ทาง NI ได้ประสบผลสำเร็จในการนำ LabVIEW Version 2 ออกสู่ตลาด โดยได้ปรับแก้และที่จะเขียนระบบควบคุมใหม่ทั้งหมดตามคำแนะนำของผู้ใช้งานโดยเฉพาะการเขียน Compiler ที่ให้เวลาการทำงานของโปรแกรมรวดเร็วขึ้นเท่าเทียมกับการเขียนด้วยภาษาขั้นพื้นฐาน เช่น C และต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านระบบปฏิบัติของ PC มีความพร้อมที่จะใช้งานกับ GUI ทางบริษัทจึงได้ผลิต LabVIEW For Windows และ LabVIEW For SUN เข้าสู่ตลาดในปี 1992

หลังจากนั้นบริษัทก็ได้พัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับเทคโนโลยียิ่งขึ้นตามภาพแบบปฏิบัติการที่จะเปลี่ยนแปลงไปเช่น LabVIEW สำหรับ WindowsNT, Windows 95 รวมถึงการที่สร้าง Version ใหม่เพื่อที่จัดระบบและการเขียนโปรแกรมให้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนสามารถเชื่อมต่อกับ อุปกรณ์ต่างๆมากขึ้นพร้อมทั้งสร้างฟังก์ชันต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น นอกจากนี้ยังสร้างโปรแกรมที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ได้เขียนบน ระบบปฏิบัติการนั้นได้ โดยเริ่มจาก LabVIEW 3 ในปี ค.ศ. 1993, LabVIEW 4 ในปี ค.ศ. 1996 และล่าสุด LabVIEW 2010 ในปี ค.ศ. 2010 ซึ่งเป็นโปรแกรมล่าสุด (กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี. 2557 : 9)

ภาพที่ 2-12 การเข้าสู่โปรแกรม LABVIEW 2014

โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจากคำว่า Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่าเป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและ

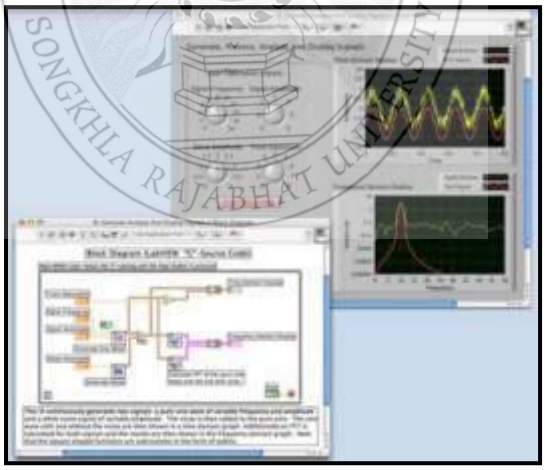
เครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ สิ่งที่ LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือ LabVIEW นี้ เป็นโปรแกรมประเภทนี้ GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็น ภาษาภาพภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อที่จะใช้ในการวัดและการควบคุม โดยที่จุดประสงค์หลักแล้ว บริษัท National Instrument จึงได้เริ่มพัฒนาโปรแกรมที่จะนำมาไปใช้กับระบบเครื่องมือวัดที่มีความง่ายในการเขียนโปรแกรมและมีฟังก์ชั่นเพื่อจะช่วยในการวัดทางวิศวกรรมให้มากที่สุดเพราะด้วยความเป็นมาของบริษัท National Instrument เริ่มจากการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้กับการวัดทางวิศวกรรม ไม่ใช่บริษัทที่จะเริ่มต้นมาจากการผลิต Software เป็นหลัก ดังนั้นคงไม่ผิดนักสำหรับผู้ที่ต้องการจะใช้ประโยชน์สูงสุดจากโปรแกรม LabVIEW คือผู้ที่ต้องการจะนำข้อมูลจากภายนอก เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้ามาในเครื่องเพื่อทำการการวิเคราะห์ข้อมูล ประมวลค่า แสดงผลและในหลาย กรณีใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ ข้อได้เปรียบสูงสุดของ LabVIEW คือการที่จะพยายามทำให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้งานร่วมกับโปรแกรม LabVIEW และ อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อที่จะทำการเก็บข้อมูล (Data Acquisition Card) แล้วสามารถที่จะเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้กลายเป็นเครื่องมือวัดในหลายๆภาพแบบ ไม่ว่าจะเป็น Oscilloscope, Multi-meter, Function Generator, Strain Meter Thermometer หรือเครื่องมือวัดอื่นๆ ตามที่เราต้องการทำให้สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการทำการวัดและเครื่องมือวัดได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งจุดนี้เองที่จะเป็นที่มาของชื่อเครื่องมือวัดเสมือนจริง (Virtual Instrument) และข้อที่จะได้เปรียบเหนือการใช้อุปกรณ์จริงเหล่านั้นคือ Virtual Instrument สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้ โดยการ เปลี่ยน VI ให้เป็นไปตามต้องการเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากนัก

ข้อดีอีกประการหนึ่งในการหนึ่งของการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัดก็คือสามารถใช้ ทำเป็น Data Logger และ PLC (Programmable Logical Controlled) ได้พร้อมกัน ซึ่งโดย

ปกติแล้ว ระบบควบคุมมักจะไม่มีในเครื่องมือวัดจริงขั้นพื้นฐาน หรือ Data Logger แม้ที่จะเก็บข้อมูลได้แต่การสั่งการทำงานกับอุปกรณ์ตัวอื่น จะมีความยุ่งยากในการสั่งการมาก

สำหรับผู้ที่เคยใช้โปรกแรมประเภทที่ใช้ตัวหนังสือ หรือที่เรียกว่า Text Base ทั้งหลาย คงจะทราบถึงความยุ่งยากในการจัดการกับตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลตามอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่นPort หรือ Card ต่างๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด ปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขใน LabVIEW โดยได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมาก หรือ Libraries ไว้สำหรับจัดการกับปัญหาเหล่านั้น ไม่ว่า อุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (Data Acquisition), GPIB (General Purpose Interface Bus หรือก่อนหน้านี้รู้จักกันในชื่อ Hewlett Packard Interface Bus, HP-IB), พอร์ตอนุกรม หรือ Serial Port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมนั้น (Serial Instrument) รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูล ที่จะได้รับด้วยวิธีการต่างๆ นอกจากนี้ใน Libraries เหล่านั้นยังได้บรรจุฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญอีก หลายประการเช่น Signal Generation, Signal Processing, Filters, สถิติ, พีชคณิต และคณิตศาสตร์อื่นๆ ดังนั้น LabVIEW จึงทำให้การวัดและการใช้เครื่องมือวัดกลายเป็นเรื่องง่ายลงไปมาก และทำให้ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเรากลายเป็นเครื่องมือทางด้านการวัดหลายชนิดอยู่ในเครื่องเดียว



ภาพที่ 2-13 หน้าจอการเขียนโปรแกรมและหน้าจอแสดงผล

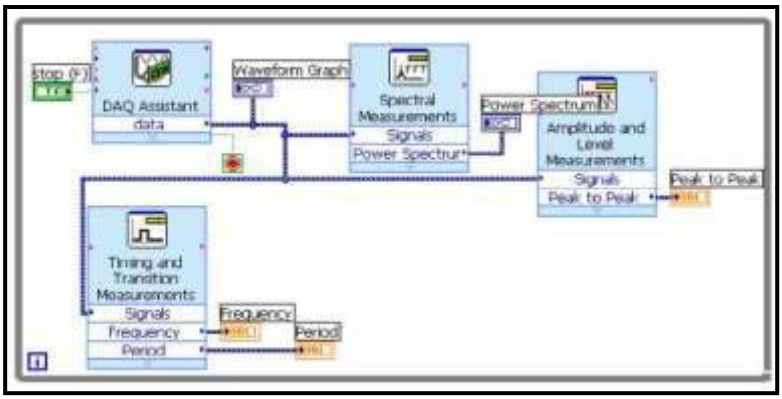
ที่มา : http://www.archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enso0552sm_ch2.pdf

DATA FLOW AND PROGRAMING

เนื่องจาก LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้ภาพภาพ หรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วย ตัวอักษร เหมือนโปรแกรมปกติทั่วไปซึ่งข้อดีข้อแรกก็คือการลดความผิดพลาดด้านการสะกดผิด หรือพิมพ์ผิดออกไป ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งที่สำคัญของการเขียนโปรแกรมแบบ G กับการ เขียนด้วยตัวหนังสือก็คือ การเขียนด้วยภาษา G นี้เป็นการเขียนโดยใช้หลักการของ Data Flow ซึ่ง เมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม เราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใด ผ่านการ ประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และจะให้แสดงผลอย่างไร ซึ่งลักษณะการเขียนภาษา G หรือ Data Flow นี้จะมีลักษณะเหมือนลับการเขียน Block Diagram ซึ่งทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถให้ ความสนใจหลักการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้โดยไม่ต้องจดจำภาพแบบคำสั่งที่ยุ่งยาก เนื่องจาก LabVIEW จะใช้ลักษณะการเขียนแบบของ Block Diagram ซึ่งวิศวกรส่วนใหญ่จะมี ความคุ้นเคยอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้ และถ้าหากเราจำ ได้ถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรม จะต้องเขียน Flow Chart ให้เสร็จสิ้น ก่อน หลังจากตรวจสอบ Flow Chart เรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรม ซึ่งจะมีความสะดวกมากขึ้น ถ้าหากการเขียน Flow Chart ของ LabVIEW ก็คือการเขียนโปรแกรมนั่นเองซึ่งเป็นการลด ขั้นตอนการทำงานลงไปได้เป็นอย่างมากแม้ว่าการเขียนโปรแกรมใน LabVIEW ไม่จำเป็นต้องมี ความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมใดๆมาก่อนเลย แต่การมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมหรือใช้โปรแกรมสำเร็จภาพอื่นๆ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

LabVIEW จะมี Front Panel ซึ่งเปรียบเสมือนที่ได้รับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างภาพแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออสซิลโลสโคป, ปุ่มหมุน (Dial) และ สวิทซ์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์

พื้นที่ส่วนที่เขียนโปรแกรมจะจึงเรียกว่า Block Diagram เปรียบเสมือนลับ Hardware ที่ภายในเครื่องมือวัด โดย LabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยภาพ



ภาพที่ 2-14 Block Diagram ของ LabVIEW

ที่มา : http://www.archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enso0552sm_ch2.pdf

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามที่ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

ภาพที่ 2-15 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่เข้าสู่ระบบในที่นี้คือคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)

2. Analysis หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะ แสดงผลในภาพที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้

3. Presentation คือ การแสดงผลในภาพแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) จึงแสดงผลเฉพาะที่วัดได้รับโดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสำคัญกับเวลา หรือ Spectrum Analysis จะแสดงสัญญาณในภาพความถี่หรือการพิมพ์ออกมา เป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

ส่วนประกอบต่าง ๆ ใน LabVIEW

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดย LabVIEW เราจะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) เพราะ ลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรมในขณะเดียวกันหลังฉากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของ ฟังก์ชัน, Subroutines และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ VI หนึ่งๆ จะประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

1. Front Panel
2. Block Diagram
3. Icon และ Connector

ทั้งสามส่วนนี้จะประกอบกันขึ้นมาเป็นอุปกรณ์เสมือนจริง ลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบทั้งสามมีดังต่อไปนี้ (เจริญ เพชรมุณี. 2547 : 12-19)

1. Front Panel หรือหน้าปัด จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียกว่า User Interface) โดยทั่วไปที่จะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของของเครื่องมือหรือ อุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดทั่วๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตซ์ปิดเปิด, ปุ่มปิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนดสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการเขียนโปรแกรมประเภท Visual ทั้งหลายคงจะเข้าใจกันดีว่า Front Panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรมหรือ VI นั่นเอง

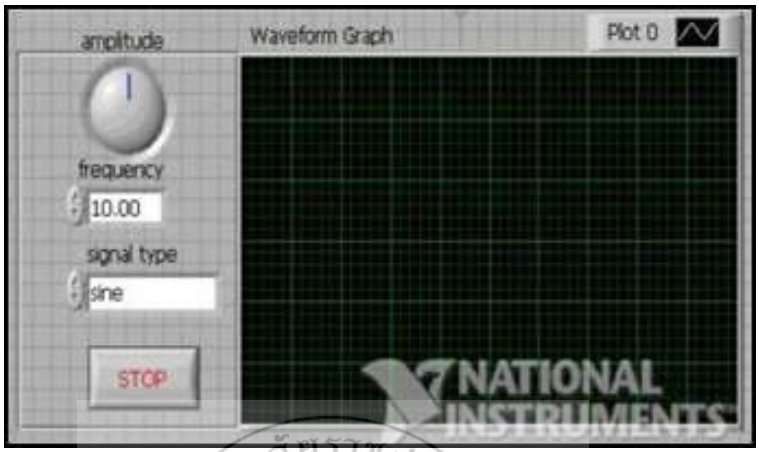
Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. Control คือประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้ (Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่าลงไป หรือใช้เมาส์ คลิ๊กเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น ปุ่มหมุน ปุ่มเลื่อน สวิตซ์ เป็นต้น
2. Indicators คือประเภทที่ใช้แสดงค่าต่างๆ เท่านั้น (Output) ผู้ที่จะใช้ไม่สามารถแก้ไขได้ เช่น กราฟ มิเตอร์ LED
3. Decorations ที่เป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมและ Code บน Block Diagram เลยแต่จะมีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front Panel เท่านั้นนั้นเอง

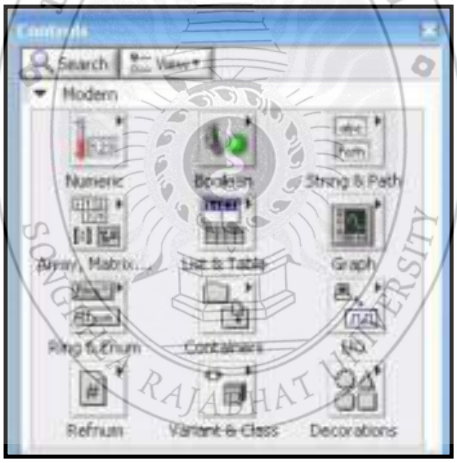
Front Panel

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการออกแบบ Front Panel จะประกอบไปด้วย Control Palette และ Tools Palette ซึ่ง LabVIEW มี Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel ดังภาพที่ 2-15 ซึ่งเป็น ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยจะจัดเป็นกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มของตัวเลข (Numeric) ซึ่งภายในกลุ่มจะมี Control และ Indicator ต่างๆ ที่เกี่ยวกับตัวเลข

Controls Indicators Decorations



ภาพที่ 2-16 Object ที่อยู่บน Front Panel ของ LabVIEW เครื่องมือที่ใช้ออกแบบ



ภาพที่ 2-17 Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

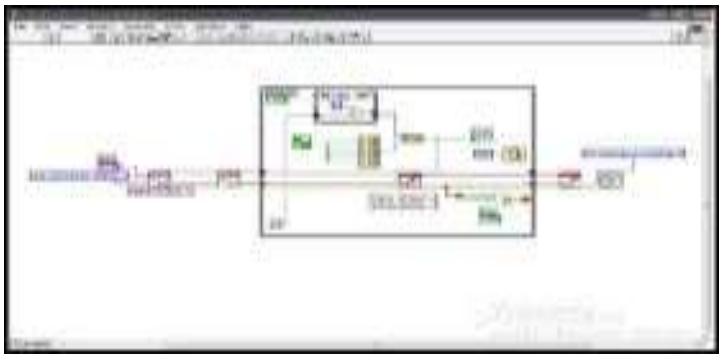
Tools Palette คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะมีใช้ทั้งการออกแบบ Front Panel และ Block Diagram ในส่วนนี้จะกล่าวถึง Tools Palette สำหรับออกแบบ Front Panel

ภาพที่ 2-18 Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

Block Diagram

เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้นอาจมอง Block Diagram นี้เป็นเสมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งจะปรากฏว่าอยู่ในภาพของภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ที่จะถือว่าเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้นโดยผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลาทำให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้นมาก

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในภาพของ Block จะได้รับ การต่อสาย (Wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูล ระหว่าง Block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการและแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้ต่อไป



ภาพที่ 2-19 ตัวอย่าง Block Diagram

Node คือภาพ Icon ที่อยู่บน Block Diagram ซึ่งมี Input และ/หรือ Output และจะทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการรันโปรแกรมโดยแบ่งเป็นสามชนิดหลัก

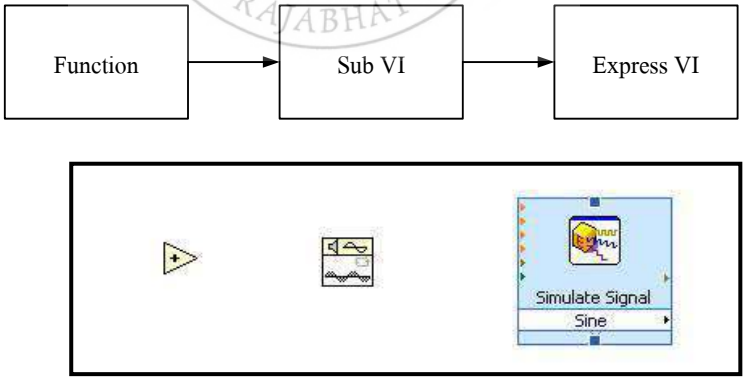
1. Function คือ Node ที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่สามารถที่จะเจาะเข้าไปดูรายละเอียดภายในได้อีกเช่นการบวกการคูณ

2. Sub VI หรือที่ในภาษาทางซอฟต์แวร์ที่อาจจะเรียกว่า Subroutine หรือ Subprogram คือโปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อถูกนามาเรียกใช้ในอีกโปรแกรมหนึ่งสามารถเปิดเข้าไปดู Front Panel และ Block Diagram ได้เมื่อ Double Click ที่ Icon

3. Express VI ที่จะเป็น Sub VI ประเภทพิเศษคือเมื่อเราเลือก Express VI มาวางบน Block Diagram มันจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้เข้าไปป้อนค่า Parameters ต่างตามต้องการและเมื่อป้อนค่าเสร็จมันก็จะสร้างโค้ดไว้ภายในอัตโนมัติตามที่ได้ตั้งค่าไว้ซึ่งความสามารถของ Express VI นี้ทำให้แทบไม่จำเป็นต้องต่อสาย Input เลยเพราะ Parameter ทั้งหมดได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วถูกเก็บไว้ภายในเรียบร้อยแล้วจึงทำให้การเขียน LabVIEW ง่ายและเร็วขึ้นมากสังเกตง่ายๆ Express VI จะมี Icon ขนานใหญ่ที่มีพื้นหลังเป็นสีฟ้า

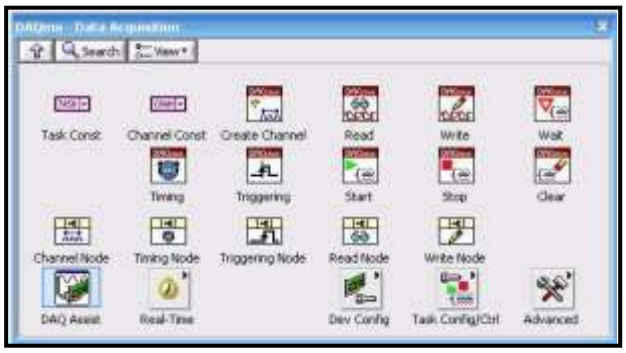
เครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมบน Block Diagram

LabVIEW ใช้ Functions Palette ซึ่งจะมี Function และ SubVI ต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้ผู้ใช้เลือกใช้โดย Function และ SubVI จัดเป็นกลุ่มๆเช่น Numeric Function จะมี Function ต่างๆเกี่ยวกับตัวเลขเช่นบวกลบคูณหารดังภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 ตัวอย่าง Block Diagram Node

ที่มา : http://www.archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enso0552sm_ch2.pd



ภาพที่ 2-21 เครื่องมือสำหรับ Dam – Data Acquisition

ที่มา : http://www.archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enso0552sm_ch2.pdf

2.6 คู่มือการใช้งานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device รุ่น NI USB-6008/6009

คู่มือผู้ใช้เล่มนี้จะอธิบายวิธีการใช้งาน อุปกรณ์เก็บข้อมูล National Instruments USB-6008 และอุปกรณ์เก็บข้อมูลของ National Instruments USB-6009 หรือเรียกสั้นๆ ว่า DAQ (ย่อมาจาก Data Acquisition Devise) และรายละเอียดดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ทำหน้าที่เชื่อมต่อเข้ากับ อนาล็อกอินพุต 8 ช่อง (8 Single-Ended Analog Input Channels หรือ AI) 2 อนาล็อกเอาต์พุต (2 Analog Output หรือ AO) ดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต 12 ช่อง (12 Digital Input/Output Channels หรือ DIO) และ 32-บิต เคาน์เตอร์ ซึ่งเป็นแบบ Full-Speed USB Interface / ดูรายละเอียดในตารางที่ 2-6

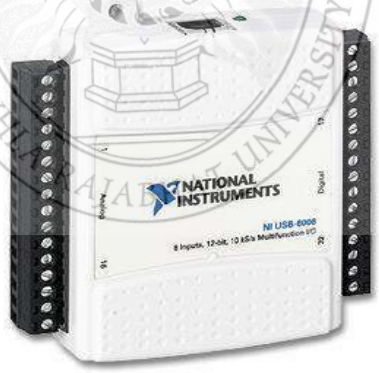
ตารางที่ 2-6 แสดงรายละเอียดเปรียบเทียบของอุปกรณ์ NI USB-6008 และ อุปกรณ์ NI USB-6008

Feature	NI USB-6008	NI USB-6008
All resolution	12 bits differential, 11 bits sing-ended	14 bits differential, 13 bits single-ended
Maximum Al sample rate, Single channel*	10 kS/s	48 kS/s

ตารางที่ 2-6 แสดงรายละเอียดเปรียบเทียบของอุปกรณ์ NI USB-6008 และ อุปกรณ์ NI USB-6008 **(ต่อ)**

Feature	NI USB-6008	NI USB-6008
Maximum Al sample rate, Multiple channels (aggregate)*	10 kS/s	48 kS/s
DIO configuration	Open collector	Each channel individually Programmable as open collector,Or active drive
System-dependent. This document uses NI-DAQmx naming convertions. Open-drain is called open collector and push-pull is called active drive		

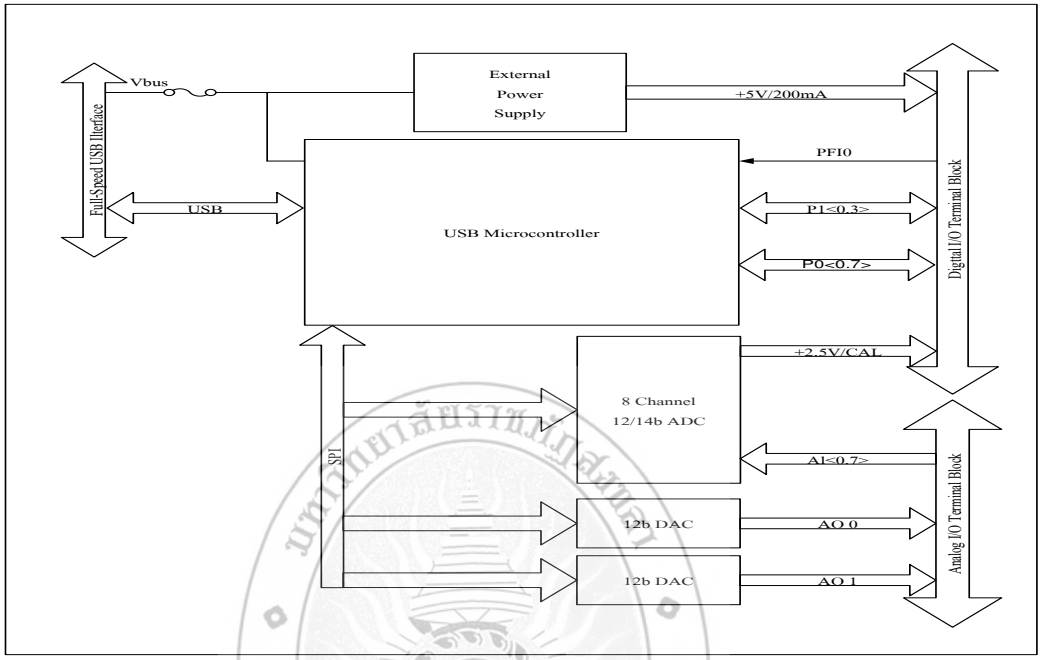
ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf



ภาพที่ 2-22 DAQ USB Device รุ่น NI USB-6008/6009

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

แสดงส่วนประกอบฟังก์ชั่นสำคัญของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009



ภาพที่ 2-23 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009

2.6.1 แนวทางแนะนำเพื่อความปลอดภัย

ปฏิบัติตามขั้นตอนการใช้ NI USB-6008/6009 ตามรายละเอียดที่แนะนำ

คำเตือนห้ามนำอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ไปใช้นอกเหนือจากรายการแนะนำในเอกสารหากนำเครื่องมือไปใช้ผิดประเภทนั้นหมายถึงอันตรายกรณีที่เครื่องมือเสียหาย หรือชำรุด ผู้ใช้ยังคงปลอดภัยเพราะอุปกรณ์มีระบบป้องกันภัยหากอุปกรณ์มีร่องรอยชำรุด ติดต่อบริษัท National Instruments เพื่อส่งซ่อม

คำเตือน ห้าม ดัดแปลงหรือเลียนแบบอุปกรณ์ให้ใช้อุปกรณ์ชิ้นนี้เป็นส่วนประกอบหนึ่งในการติดตั้งเครื่องมือ คุณควรสวมถุงมือ ขณะประกอบอุปกรณ์ชิ้นนี้

คำเตือนห้าม นำอุปกรณ์ชิ้นนี้ใกล้อุณหภูมิสูง หรือ วัตถุไวไฟ หากคุณจำเป็นต้องประกอบอุปกรณ์ชิ้นนี้ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวต้องกระทำในพื้นที่ปิด

2.6.2 แนะนำวิธีใช้งานอุปกรณ์ภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

อุปกรณ์ชิ้นนี้ถูกทดสอบและควบคุมการทำงานภายใต้ มาตรฐานการทำงานเข้าด้วยกันได้ภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ EMC ข้อปฏิบัติและข้อจำกัดที่จะได้รับการพิจารณาอย่างดีแล้วว่าเหมาะสมพอที่จะดูแลความปลอดภัยในการใช้งานภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

อุปกรณ์ชิ้นนี้สามารถนำไปใช้ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรม ประกันภัยจะไม่ครอบคลุมหากติดตั้งผิดวิธี จนเกิดความเสียหายในพื้นที่ชุมชนอุปกรณ์อาจลดประสิทธิภาพลงเพราะคลื่นสัญญาณวิทยุและคลื่นรับโทรทัศน์ กรุณาใช้อุปกรณ์ชิ้นนี้ตามคำแนะนำที่ได้ระบุไว้ในเอกสารกำกับ

ยิ่งไกว่านั้น หากเปลี่ยนแปลง หรือ ดัดแปลงสินค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัท National Instruments เสียก่อน ทางบริษัทจะดำเนินการทางกฎหมาย

คำเตือน เพื่อให้การปฏิบัติงานของอุปกรณ์ตรงตามมาตรฐาน EMC สายเคเบิ้ลจึงควรใช้แบบ ไม่มีฉนวนหุ้ม (Shielded Cables)

คำเตือน อุปกรณ์ชิ้นนี้มีความไวมากต่อ สัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนนำไปใช้จริง กรุณาทดสอบให้มั่นใจเสียก่อน

คำเตือน การเปลี่ยน หรือ ดัดแปลง โดยไม่ได้รับคำยินยอมจากบริษัท National Instruments อาจทำให้ผู้ใช้งานเกิดอันตราย และทางบริษัทจะดำเนินคดีตามกฎหมาย

วิธีแกะหีบห่อของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 บรรจุอยู่ในหีบห่อซึ่งป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ดี ทั้งนี้เพื่อที่จะป้องกันคลื่นรบกวนที่แม่เหล็กไฟฟ้า (ESD) เพราะ ESD อาจทำให้ส่วนประกอบในอุปกรณ์ชิ้นนี้ทำงานผิดปกติ

คำเตือน ห้าม แตะพื้นซึ่งไม่มีเปลือกหุ้ม

หลีกเลี่ยง ESD เพื่อป้องกันอุปกรณ์ทำงานผิดพลาด โดยปฏิบัติตามคำแนะนำต่อไปนี้

1) ต่อสายลงดิน ด้วย แถบสายดิน (Grounding Strap) หรือ วางอุปกรณ์ไว้บนดิน

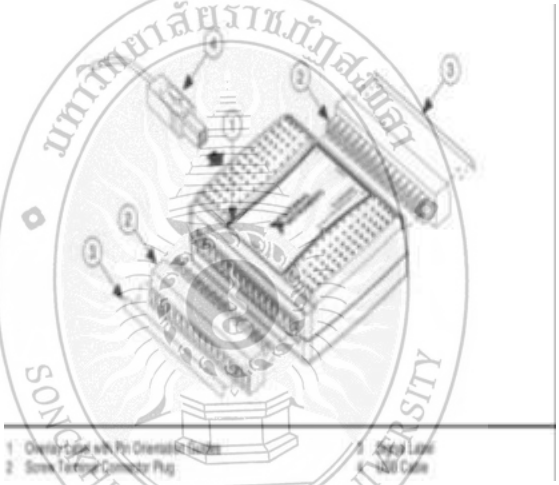
2) จับหีบห่อซึ่งบรรจุสินค้าไว้เพราะทำจากวัสดุป้องกันไฟฟ้าสถิต ขณะแตะส่วนที่เป็นโลหะของคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่จะประกอบสังเกตชิ้นส่วนที่หยิบขึ้นมาว่าสมบูรณ์หรือไม่นำชิ้นส่วนที่ชำรุดติดตั้งเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่จะประกอบเก็บอุปกรณ์เมื่อไม่ต้องการใช้แล้ว กลับลงไปในกล่องบรรจุภัณฑ์เดิม

2.6.3 วิธีติดตั้งอุปกรณ์NI USB-6008/6009

เมื่อจะเริ่มติดตั้งอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

ข้อสังเกตหากเครื่องคอมไม่ลองรับระบบอุปกรณ์วินโดว์ ให้เริ่มต้นที่ Getting Started จากนั้นต่อด้วย NI-DAQmx Bas For Linus And Mac OS X Users หรือ คลิ๊กเข้าไปที่ ni.com/manuals

1. ติดตั้งโปรแกรม ตามขั้นตอนโปรแกรม
2. ติดตั้ง Install NI-DAQmx
3. ติดตั้งปลั๊กต่อเชื่อมภาพทรงหัวสกรูตรงขั้วปลาย (Screw Terminal Connector Plugs) ทั้ง 16 ตำแหน่ง โดยใส่เข้าไปในรูเกลียวตามภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-24 แผนผังการประกอบแผงสัญญาณอุปกรณ์

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

4. ใส่แผงสัญญาณ (Signal labels) ลงไปในช่อง ปลั๊กต่อเชื่อมภาพทรงหัวสกรูตรงขั้วปลายคุณสามารถจะเลือกแผงสัญญาณผ่านการใช้ ชุดตัวเลข (Pin Number) ชื่อว่าสัญญาณหรือช่องว่างสัญญาณให้ดังภาพที่ 2-22 เลือกเพียง 1 แผงสัญญาณ เรียงลำดับการจัดวางให้ถูกต้องดังภาพที่ 2-25
5. เสียบปลาย สาย USB เข้าไปในตัวของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 และปลายสายที่เหลืออีกสายหนึ่งเสียบเข้าไปในช่อง USB Port ในเครื่องคอมพิวเตอร์
6. ให้ดับเบิ้ลคลิ๊ก (Double-Click)ไปที่ไอคอนที่เขียนว่า Measurement & Automation ซึ่งจะปรากฏอยู่ทางด้านซ้าย เมื่อเปิดเดสท็อป คลิ๊กเปิดจะพบ Measurement & Automation Explorer (MAX)

7. คลิ๊กต่อไปที่ My system >> Devices And Interfaces จากนั้น ยืนยันว่าจะต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ที่ลงไป หากหน้าจอไม่ปรากฏให้เห็นสิ่งใดๆ ให้กด <F5> เพื่อรีเฟรชหน้าจอใหม่ จากนั้นจะเห็น MAX แต่หากเครื่องคอมของคุณยังไม่รู้จักอุปกรณ์ชิ้นนี้ ให้เข้าไปขอข้อมูลเพิ่มเติมที่เว็บ nt.com/support/daqmx เพื่อให้ช่วยแก้ไขปัญหา

8. ทดสอบด้วยตัวเอง เมื่อเจอคำว่า MAX แล้ว จะให้คลิ๊กขวาไปที่ NI USB-600X และเลือก Self-Test ในส่วนของ Self-Test จะเป็นการทดสอบอย่างย่อเพื่อที่ยืนยันว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ติดตั้งโปรแกรมสำเร็จแล้ว เมื่อทดสอบสำเร็จ จะมีข้อความยืนยันความสำเร็จ แต่หากทดสอบล้มเหลวให้เข้าไปขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เว็บ nt.com/support/daqmx

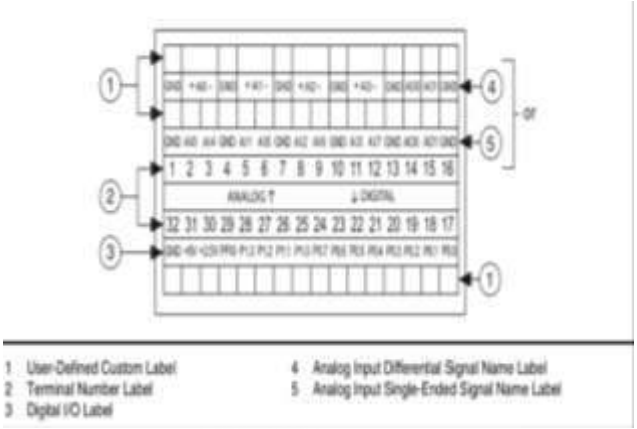
คำเตือน เพื่อให้แน่ใจว่า การทำงานของอุปกรณ์เป็นไปตามหลักมาตรฐาน EMC แนะนำให้ต่อสายไฟชนิดมีเปลือกแบบฉนวนหุ้ม

9. ต่อสายไฟชนิดเปลือกแบบฉนวนหุ้ม (Shielded Wires) ขนาดของลวดนำไฟฟ้าในสายไฟประมาณ 16 ถึง 28 AWG เป็นสายไฟชนิด เคเบิ้ลหลายตัวนำ (Multiconductor Cable) ต่อเข้ากับปลายปลั๊กต่อเชื่อมภาพทรงหัวสกรู เพื่อความปลอดภัย หมุนสกรูให้แน่น ใช้แรงบิดประมาณ 0.22-0.25 N·m (2.0 -2.2 lb·in)) ดูในภาพประกอบที่ 2-24 แสดงปลั๊กต่างๆของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009

ข้อสังเกต หากต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์เซนเซอร์เพิ่มเติมให้เข้าไปที่เว็บ Nt.com/support/daqmx

10. เริ่มทำการทดสอบโปรแกรม MAX ให้คลิ๊กขวา แล้วเลือก NI USB-600X แล้วเลือก Test Panels จากนั้นคลิ๊กไปที่ Start แล้วเริ่มทดสอบ หรือคลิ๊กไปที่ Help หรือคลิ๊กไปที่ Close เมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว

ข้อสังเกต โปรแกรม NI-DAOmxเป็นชุดเครื่องมือสำหรับการใช้งาน สามารถโหลดเพิ่มได้ โดยเข้าไปที่ ni.com/support รายละเอียดให้ปฏิบัติตามโปรแกรม NI-DAQmx หลังจากติดตั้งสำเร็จแล้ว ให้เข้าไปที่ Start >> All Programs >>National Instruments >>NI-DAQ หรือเข้าไปอ่านดูใน ni.com/manuals



ภาพที่ 2-25 แผงสัญญาณของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

2.6.4 การประยุกต์ใช้ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009

คุณสามารถใช้ ระบบรวบรวมข้อมูล DAQ เป็นเครื่องมือช่วยนอกจากนี้ยังมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ NI อีกหลากหลายแบบที่จะช่วยเสริมการทำงานของอุปกรณ์ชิ้นนี้ ดังตารางที่ 2-7 ตัวอย่างโปรแกรม DAO Assistant Tutorial Locations

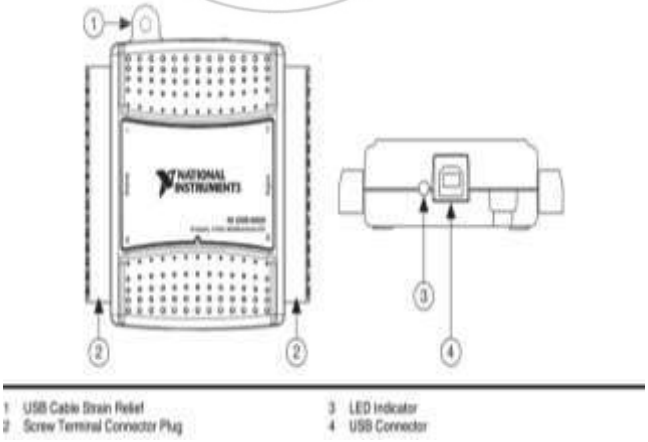
2.6.5 ลักษณะเฉพาะ

ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 คือ เชื่อมต่อเข้ากับตัวช่อง USB ใช้สาย USB กับ ปลั๊กตัวเชื่อมภาพทรงหัวสกรูตรงขั้วปลาย เพื่อสื่อสารประมวลผล รับเข้าส่งออก (I/O)และยังมีสัญญาณไฟ LED คอยกระพริบเตือนดังภาพที่ 2-26

ตารางที่ 2-7 แสดงตัวอย่างโปรแกรม DAQ Assistant Tutorial Locations

NI Application	Tutorial Location
LabVIEW	Go to Help»LabVIEW Help. Next,go to Getting Started with LabVIEW»Getting Started with DAQ»Taking an NI-DAQmxMeassureement in LabVIEW.
LabWindows^{TM}/CVI^{TM}	Go to Help»Contents.Nex,go to Using LabWindows/CVI»DataAaquisition»Taking an NI-DAQmxMcasurement in LabWindows/CVI.
Measurement Studio	Go to NI Measurement Studio Help»Getting Started with the Measurement Studio Class Libraries»Measurement Studio Walkthroughs»Walkthrough:Creating a Measurement Studio NI-DAQmx Application.
LabVIEWSignalExpress	Go to Help»Taking an NI-DAQmxMeasurement in signalExpress.

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

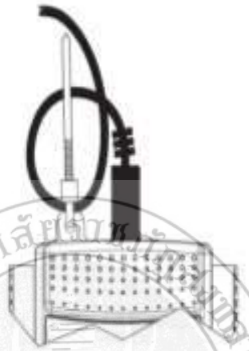


ภาพที่ 2-26 ภาพด้านบนและด้านหลังของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

2.6.6 ตัวเชื่อม USB และความเค้นของสายเคเบิ้ล USB

ลักษณะเฉพาะของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 คือ ที่เชื่อมต่อถ่ายโอนข้อมูลที่ระหว่างเครื่องกับ USB อย่างรวดเร็ว คุณสามารถเตรียมการลดความเค้นของสายเคเบิ้ล USB ได้โดยหมุนเสียบสาย USB ให้แน่น ตามภาพที่ 2-27



ภาพที่ 2-27 ความเค้นของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

2.6.7 ไฟกระพริบ LED

อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 มีไฟกระพริบ LED สีเขียว บอกสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ ดูในตารางประกอบที่ 2-8 เมื่อเชื่อมอุปกรณ์เข้ากับช่อง USB แล้ว จะเห็นแสงไฟจาก LED ไม่กระพริบ แต่จะมีสีเขียวคงที่ นั้นแสดงว่าเครื่องมือเชื่อมต่อและกำลังปฏิบัติงานอยู่

ตารางที่ 2-8 แสดงสถานะไฟ LED ของอุปกรณ์

LED Stat	**Device Status**
Not lit	Device not connected or in suspend
On, not blinking	Device connected but not initialized,or the computer is in standby mode. In order for the device to be recognized,the device must be connected to a computer that Has NI-DAQmx installed on it.
Single-blink	Operating normaly

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

2.6.8 เคเบิ้ลและอุปกรณ์เสริม

ตารางที่ 2-9 แสดงข้อมูลของเคเบิ้ลและอุปกรณ์ที่เสริมซึ่งให้มากับ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 หากต้องการข้อมูลคำสั่งซื้ออุปกรณ์เสริมเพิ่มเติม รวมถึงราคา กรุณาเข้าไปดูในเว็บ ni.com

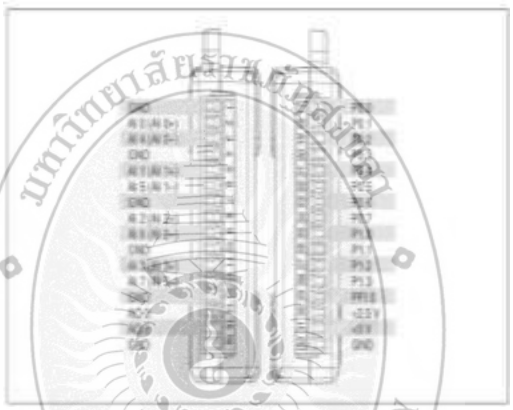
ตารางที่ 2-9 แสดงเคเบิ้ลของอุป,กรณ์ NI USB-6008/6009 และอุปกรณ์เสริม

Accessory	**Part Number**	Description
USB-6008/6009 Accessory Kit	**779371-01**	Four additional screw-terminal connectors,Connector labels,and a screwdriver
USB-6000 Series Prototyping Accessory	779511-01	Unshielded breadboarding accessory for Custom-defined signal conditioning and prototyping. You can use up to two accessories per device.
Hi-Speed USB Cabie	184125-01 184125-02	I m and 2 m lengths

คำเตือน ความสามารถของอุปกรณ์เป็นไปตามมาตรฐาน EMC (Electromagnetic Compatibility requirements) ควรใช้คู่กับสายชนิดมีฉนวนหุ้ม และมีอุปกรณ์เสริมหากเป็นสายเปลือย หรือไม่ใช้อุปกรณ์เสริม ความสามารถของอุปกรณ์อาจไม่ยาวนาน และจะไม่รับประกัน

2.6.9 ปลั๊กต่างๆ และ คำอธิบายลักษณะสัญญาณ

ภาพที่ 2-28 แสดงปลั๊กต่างๆ ของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ชื่อสัญญาณขาเข้าระบบอนาล็อก แสดงรายการชื่อที่ให้เห็นดังภาพที่ 2-28 จะกำหนดให้ AI x แทน ชื่อสัญญาณขาเข้าระบบอนาล็อกที่แตกต่างกันกำหนดให้ AI x+1 แทนรายละเอียดของแต่ละสัญญาณในตารางที่ 2-10



ภาพที่ 2-28 ปลั๊กต่างๆ ของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

ตารางที่ 2-10 แสดงรายละเอียดของสัญญาณ

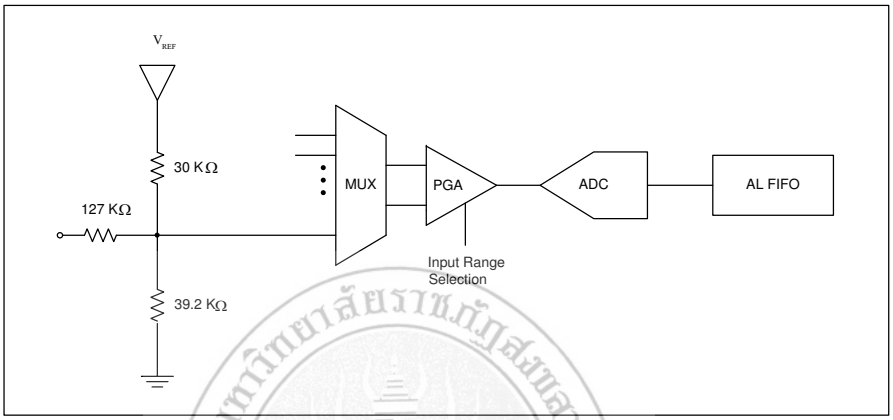
Signal Name	Reference	Direction	Description
GND	-	-	Ground-The reference point for the single-ended analog input measurements, analog output voltages, digital signals, +5 VDC supple, and + 2.5 VDC at the I/O connector, and the bias currant return point for differential mode measurements.

ตารางที่ 2-10 แสดงรายละเอียดของสัญญาณ (ต่อ)

AI <0.7>	Varies	Input	Analog Input Channels 0 to 7– For single-cededmcasuremncts. Cache signal is an analog input voltage channel. For differential measurements. A10 and A14 are the positive and negative inputs of diffcrcntiol and log input channcI0. The following signal pairs also
AO <0,1>	GND	Output	Analog Output Channels 0 and 1-Supplies the voltage output of A0 channel 0 or A0 channel 1. Rater to the Analog Output section for more information.
Po.<0.7>	GND	Input or Output	Port 0 Digital I/O Channels 0 to 7- You can individually configure cache signal as input or output. Rater to the Digital I/O section for more information.
P1. <0.3>	GND	Input or Output	Port 1 Digital I/O Channels 0 to 3- you can individually configure each signal as an input or output. Reter to the Digital I/O section for more information.
PFl 0	GND	Output	PFl 0- This pin is configurable as either a digital trigges or an event counter input. Rcter to PFl 0 section for more infioamation.
+2.5V	GND	Output	+2.5 V External Reference- Provides for wrap-back testing. Reter to the +2.5 V ExtrnalRefernce section for more information
+5V	GND	Output	+5 V Power Source-Provides +5V power ut to 200mA. Reter to the +5V Power Source section for more information

2.6.10 อนาล็อกอินพุต

อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 มี 8 ช่องสัญญาณอนาล็อกอินพุตซึ่งคุณสามารถใช้ช่องเสียบสายอนาล็อกอินพุตได้ทั้ง 4 ช่อง หรือ ช่องเสียบสายอนาล็อกแบบ Single-Ended ได้ทั้ง 8 ช่อง



ภาพที่ 2-29 แสดงแผงวงจรอนาล็อกอินพุตของ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009

บล็อกหลักๆ ของแผงวงจรอนาล็อกอินพุตใน อุปกรณ์ NI USB-6008/6009มีดังต่อไปนี้

MUX อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 มี 1 ช่องสัญญาณอนาล็อกเพื่อเปลี่ยนเป็นดิจิตอล (ADC)/รูท MUX เป็นแบบมัลติ มีช่อง AI ในช่วงเวลา PGA

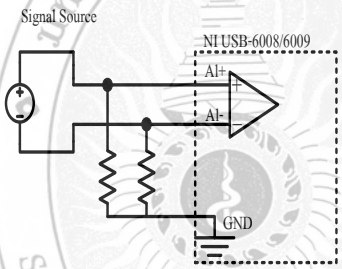
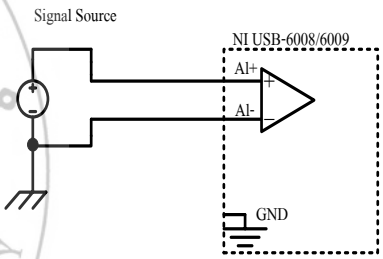
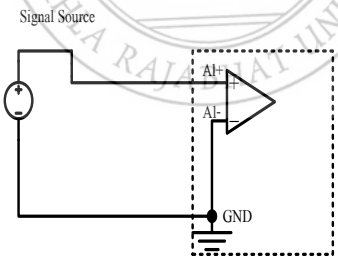
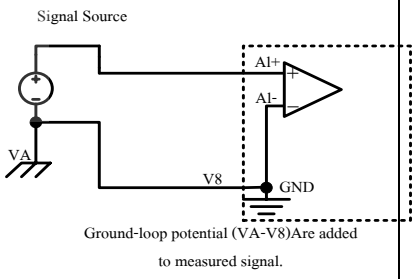
PGA แอมพลิไฟล์โปรแกรมที่เตรียมไว้ คือ 12 4 5 8 10 16 หรือ 20 ใช้เพื่อวัดค่าความต่าง PGA Gain จะคำนวณผลแบบอัตโนมัติตามกำลังไฟที่เลือกใช้งาน

ADC คอนเวอร์เตอร์ที่อนาล็อก-เปลี่ยนเป็น-ดิจิตอล (ADC) สัญญาณ AI ดิจิตอลจะเปลี่ยนเป็นรหัสดิจิตอล

AI FIFO อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 สามารถทำงานได้ทั้งแบบเดี่ยว และแบบมัลติ กับสัญญาณสื่อสารแบบ FIFO เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่าง AI เป็นวิธีการที่ทำให้มั่นใจว่าข้อมูลจะไม่สูญหาย

ผู้ใช้มองเห็นภาพร่างภายนอกของช่อง AI Channels ได้ในอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 สำหรับในตารางที่ 2-6 สรุปคำแนะนำที่ใช้กับโหมดอนาล็อกอินพุต สำหรับใช้กับสัญญาณ Foating Signal Sources และ แหล่งสัญญาณ Gound-Referenced Signal Sources ส่วนในตารางที่ 2-11 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมต่อช่องสัญญาณแบบ Single-Ended หรือ Differential

ตารางที่ 2-11 แสดงโครงสร้างภายนอกช่องสัญญาณอนาล็อกอินพุต

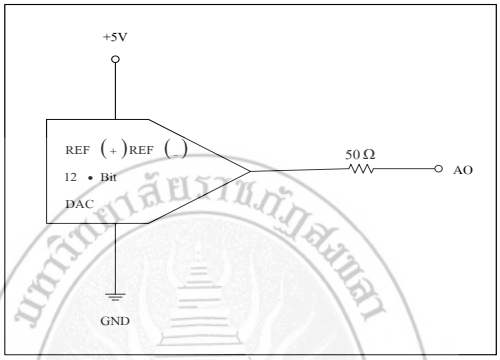
Analog InputMode	**Floating Signal Sources (Not Connected to Building Ground)** Examples: • Ungrounded thermocouples • Signal conditioning with isolatedOutputs • Battery deviccs	**Ground-Referenced Signal Sources** Example: • Plug-in instruments with Non-isolated outputs
Differential(DIFF)		
Referenced Single-Ended(RSE)		

ที่มา : http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf

2.6.11 อนาล็อกเอาต์พุต

อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 มีช่องเสียบอนาล็อกเอาต์พุต 2 ช่องแยกออกจากกันซึ่งกระแสไฟขาออกมีค่าแรงดันตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลท์ ผู้ใช้จะสามารถอัพเดทช่องอนาล็อกเอาต์พุตได้ผ่านโปรแกรม Software-Timed สัญญาณที่เหมาะกับช่องอนาล็อกเอาต์พุตคือ GND

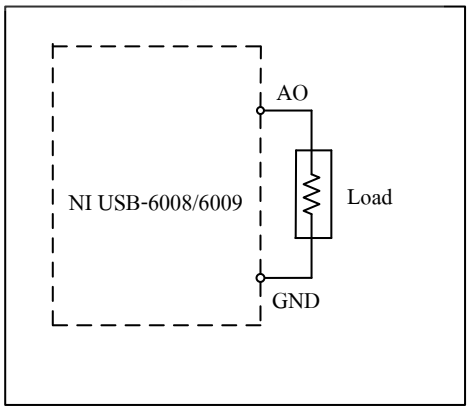
ภาพที่ 2-28 แสดงแผงวงจรช่องอนาล็อกเอาต์พุตของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009



ภาพที่ 2-30 แผงวงจรของช่องอนาล็อกเอาต์พุต 1 ช่อง

อุปกรณ์ของ NI USB-6008/6009 จะมีช่องสัญญาณของอนาล็อกเอาต์พุตหลักๆ ข้อคือ Digitaltoanalog Converter (DAC) ซึ่งจะสลับรหัสดิจิตอลไปเป็นแรงดันอนาล็อก

เชื่อมต่อโหลดอนาล็อกเอาต์พุตเพื่อเชื่อมต่อ ให้ใช้ขั้วบวกต่อเข้าไปในช่อง AO Terminal และต่อสายดิน เข้ากับช่อง GND Terminal ดังภาพที่ 2-31

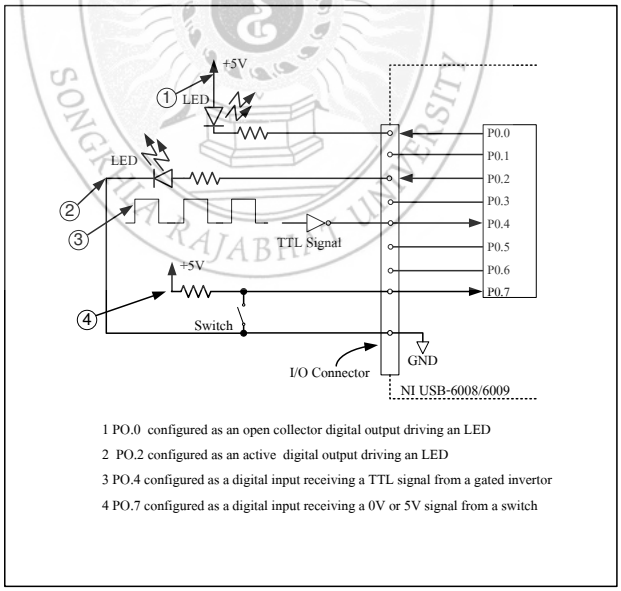


ภาพที่ 2-31 การต่อเชื่อม Load

Minimizing Glitches On The Output Signal เมื่อคุณใช้ DAC เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น คุณอาจสังเกตเห็นข้อบกร่องเล็กน้อยเกิดขึ้นกับสัญญาณเอาต์พุตความผิดปกตินี้ยังถือว่าปกติ หากสวิตซ์ DAC จากแรงดันหนึ่งไปยังอีกแบบ อาจเกิดความผิดปกติจากการปล่อยประจุไฟฟ้า ข้อบกพร่องที่เป็นปัญหาใหญ่ เกิดขึ้นเมื่อบิตของรหัส DAC เปลี่ยนไป ผู้ใช้สามารถสร้างlowpass Deglitching Filter เพื่อลดปัญหาการเกิดข้อบกพร่องเหล่านี้ลงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคลื่นความถี่และสัญญาณเอาต์พุตที่ออกไป สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ผ่านการเข้าไปคลิ๊กที่หัวข้อ Reducting Glitches On The Analog Output Of MO DAQ Device ในเว็บ ni.com/info

2.6.12 Digital I/O

อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 มี 12 ไลน์ดิจิตอล บน 2 พอร์ท สำหรับพอร์ท 0 มี 8 ไลน์ ตั้งแต่ P0 <0..7>และ พอร์ท 1 มี 4 ไลน์ P1 <0..3> GND คือ สัญญาณ Ground-Reference Signal ให้ต่อเข้ากับพอร์ท I/O ผู้ใช้สามารถโปรแกรมทุกไลน์ได้เองทั้งอินพุตและเอาต์พุตภาพที่ 2-31 แสดงตัวอย่างพอร์ท P0 <0..7> ต่อกับสัญญาณดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้ภาพแบบนี้กับพอร์ท P1 <0..3>ได้เหมือนกัน

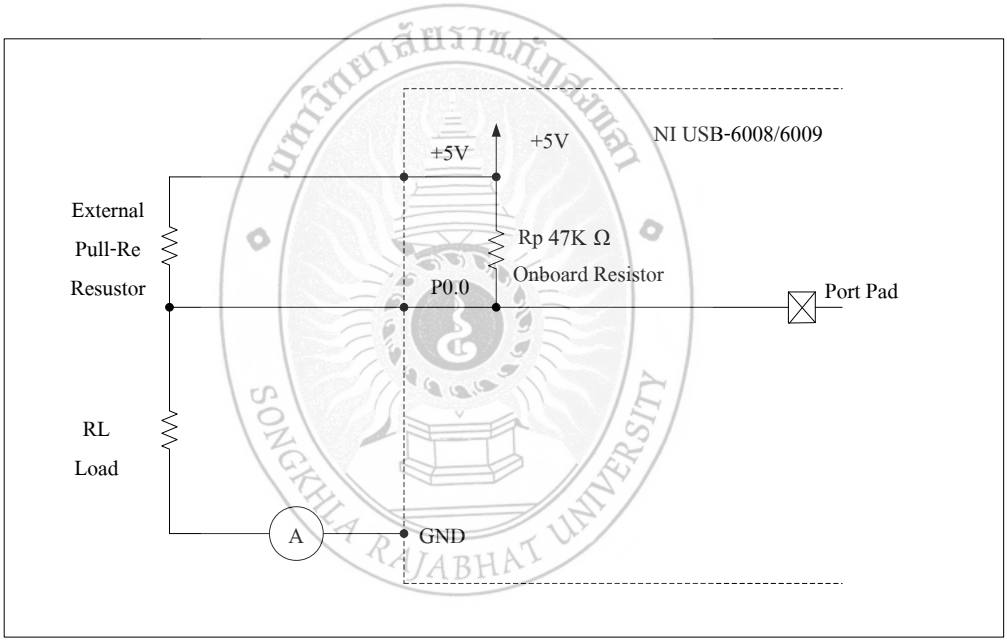


ภาพที่ 2-32 ตัวอย่างการเชื่อมต่อโหลด

คำเตือน ระวังค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต หรือค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตสูงเกินกำหนด ซึ่งควรศึกษาในหัวข้อ ข้อบ่งชี้เฉพาะดังที่เคยกล่าวไปข้างต้น เพราะหากสูงเกินกำหนดอาจทำให้คอมพิวเตอร์ของคุณเสียหาย บริษัท National Instruments จะไม่รับผิดชอบใดๆ ต่อผลเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อผิดพลาด

2.6.13 แหล่งข้อมูลซิงค์ข้อมูล

โครงสร้าง Default ของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ดิจิตอลพอร์ท I/O คือจะเปิดตัวสะสมไฟฟ้า ใช้ไฟ 5 โวลท์ ต่อกับ Onboard 4.7 kΩ Pullup Resistor ซึ่ง Onboard 4.7 kΩ สามารถเพิ่มกระแสไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้นเป็น 8.5 mA ต่อไลน์ ดูในภาพที่ 2-33



ภาพที่ 2-33 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ Internal User-Provided Resistor

พอร์ทของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ใช้กำลังไฟ 3.3 โวลท์ ที่คู่กับ NI-DAQmx API โดยจำกัดแหล่งซิงกระแสไฟ ไว้ที่ ± 8.5 mA หาข้อมูลเพิ่มเติมหากต้องการต่อโครงสร้างภายนอกเป็นแบบ DIO ดูในเอกสารส่วน Knowledgebase Document Configuring NI Devices To Be Open-Drain (Open Collector) Or Push-Pull (Active Drive) หรือโหลดเอกสารนี้ได้จากเว็บ http://www.ni.com

ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้เพื่อวัดค่า Pull-up resistor ที่ผู้ใช้เตรียมไว้

1. ใช้แอมมิเตอร์ต่อเข้ากับ เครื่องมือรับพลังงานไฟฟ้า (Load)

2. ใช้รีซิสเตอร์ หรือ ตัวต้านทานไฟฟ้า (Resistor) จะต่อเข้ากับ ไลน์ดิจิตอลที่เอาต์พุต (Digital Output line) กระแสไฟฟ้าที่ใช้ +5 โวลท์

3. ตั้งค่า P0.0 ไปจนถึงค่าสูงสุด

4. ปรับ รีซิสเตอร์จนกระทั่ง แอมแปร์สามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่เข้ามา อย่างน้อย 8.5 mA

5. เอาทั้ง แอมมิเตอร์และ รีซิสเตอร์ออกจากแผงวงจรของคุณ

6. วัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้า ต่อรีซิสเตอร์ แบบ Pull-Up Resistor ถือเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนนี้

7. เลือกใช้รีซิสเตอร์แบบคงที่เพื่อต่อแบบ Pull-Up Resistor ซึ่งจะทำให้ได้ค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าที่เหมาะสมที่สุด

8. เชื่อมต่อแผงวงจรของอุปกรณ์ด้วยรีซิสเตอร์แบบ Pull-Up resistor ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

I/O Protection เพื่อที่ป้องกันไม่ให้ อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ที่มีกำลังไฟฟ้าเกินจนลัดวงจร หรือ Under Voltage หรือ ESD ผู้ใช้ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิด Fault Conditionas โดยปฏิบัติตามแนวทางต่อไปนี้

1) หากผู้ที่ใช้ต่อกับกระแสไฟของเอาต์พุตแบบไลน์ DIO ห้ามต่อเข้ากับแหล่งสัญญาณภายนอก สัญญาณภาคพื้นดิน หรือ แหล่งพลังงานไฟฟ้า

2) หากผู้ที่ใช้ต่อกระแสไฟของเอาต์พุตแบบไลน์ DIO จะต้องทำความเข้าใจว่า กระแสไฟจำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อสัญญาณ แต่จำกัดกระแสไฟเอาต์พุตไม่ให้มากเกินความต้องการของเครื่องมือ DAQ ที่สามารถรับได้ที่บริษัท National Instruments มีสัญญาณของ Signal Conditioning Solutions สำหรับ Digital Applications หลากหลายตามความต้องการ High Current Drive

3) หากผู้ที่ใช้ต่อกระแสไฟของอินพุตแบบไลน์ DIO ห้าม Drive The line ด้วยแรงดัน-ไฟฟ้าภายนอก เพราะ ไลน์ DIO มีการปฏิบัติงานน้อยกว่าสัญญาณ AI

4) ดูแลอุปกรณ์ DAQ ให้เหมือนคุณดูแลอุปกรณ์ static-sensitive device

เปิดเครื่อง ขณะที่ระบบกำลังเปิดเครื่อง หรือ ตั้งค่าใหม่ ฮาร์ดแวร์จะถูกโปรแกรมเป็นไลน์ DIO เพื่อ High-Impedance Inputs อุปกรณ์ DAQ ไม่ Drive สัญญาณสูง หรือต่ำ แต่ละไลน์มี Pull-Up Resistor อ่อนเชื่อมต่อกัน

DIO แบบคงที่แต่ละไลน์ของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ที่สามารถใช้ไลน์ DI คงที่ หรือเลือกใช้ไลน์ DO ก็ได้ คุณสามารถใช้ไลน์ DIO คงที่ต่อเข้ากับตัวควบคุมสัญญาณดิจิตอลหรือหน้าจอมอนิเตอร์ ทุกตัวอย่างไลน์ DIO แบบคงที่ และ ไลน์ DO จะได้รับการอัพเดทจาก โปรแกรมชุดคำสั่งสำหรับใช้ปฏิบัติงานได้จริง (Software-Time)

ใช้ PFI 0 เป็น Digital Trigger เมื่ออนาล็อกอินพุตปฏิบัติงานตามที่กำหนดไว้แล้ว และสามารถต่อ PFI 0 เป็น Digital Trigger Input เมื่อได้ Digital Trigger Input แล้วงานกับ AI จะเกิดการที่เปลี่ยนแปลง ขอบสูงขึ้น หรือต่ำลง (Rising Or falling Edge) จนกลายเป็น PFI 0 ก่อนจะเริ่มทำงานหากต้องการเริ่มใช้ AI Start Trigger แบบ Digital Source ให้ระบุ PFI 0 แล้วเลือกขอบสัญญาณสูงขึ้น หรือต่ำลง

การใช้ PFI 0 เป็น Event Counter คุณสามารถต่อโครงสร้าง PFI 0 เป็นแหล่งพลังงานขอบดิจิตอล Digital Edges ในกรณีตัวอย่าง คือ Falling Edge Events จะมีเคาน์เตอร์ 32 บิต ที่หาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากหัวข้อ ข้อมูลจำเพาะ

2.6.14 การอ้างอิงจากภายนอกและแหล่งพลังงาน

อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ทำงานได้โดยต่อเชื่อมกับแหล่งพลังไฟฟ้าจากภายนอก ค่าแรงดันไฟฟ้าสัมพันธ์กับกราวด์ (GND)

+2.5 โวลท์ External Reference ของอุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ที่จะสามารถต่อกับกระแสไฟอ้างอิงคุณภาพความบริสุทธิ์สูง (High Purity Reference Voltage Supply) ที่เป็นการต่อแบบ ADC โดยต่อเข้ากับ ตัวควบคุมแบบมัลติแอมป์พลิไฟล์ และวงจรกรองค่าความถี่ผู้ใช้สามารถใช้ +2.5 V Reference Voltage เชื่อมสัญญาณเพื่อทำการทดสอบได้

+5 โวลท์ Power Source อุปกรณ์ NI USB-6008/6009 ที่ใช้กระแสไฟเอาต์พุต 5 โวลท์ 200 Ma ผู้ใช้สามารถต่อพวงกับแหล่งพลังงานไฟภายนอกได้

2.6.15 แรงดันไฟฟ้าที่ปลอดภัย

ใช้แรงดันไฟฟ้าตามข้อกำหนดเท่านั้น Channel-To-GND ±30V Max ดูตารางวัดค่าที่ I Category I ที่ใช้วัดกับการทำงานของแผงวงจร แผงวงจรไม่ต่อแบบตรงกับระบบ Electrical Distribution System เหมือนกับ MAINS Voltage MAINS อาจส่งผลทำให้เสียชีวิตมาตรฐานการวัดค่าแรงดันให้มีความปลอดภัยในส่วนนี้หมายความรวมถึง การวัดระดับสัญญาณ การตรวจอุปกรณ์

ประกอบพิเศษที่นำมาใช้ร่วมกับเครื่องมือ พลังงานไฟฟ้า แผงวงจร แหล่งกำเนิดพลังงาน และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

คำเตือน ห้าม ใช้ โมดูลนี้เชื่อมต่อกับสัญญาณ หรือ ใช้ร่วมกับ Categories II III หรือ IV สภาพแวดล้อม

อุณหภูมิ (IEC 60068-2 และ IEC 600668-2-2)

การใช้งาน 0 ถึง 55 ºC

การเก็บรักษา 40 ถึง 85 ºC

ค่าความชื้น (IEC 60068-2-56)

การใช้งาน 5 ถึง 95% RH ไม่ควบแน่น

การเก็บรักษา 5 ถึง 90% RH ไม่ควบแน่น

ระดับมลพิษ (IEC 60664) 2

มุมอัลติจูดสูงสุด 2,000 เมตรใช้เฉพาะต่อพ่วงภายนอกเท่านั้น

ความปลอดภัยอุปกรณ์ชิ้นนี้ได้มาตรฐานความปลอดภัยตรงตามที่กำหนด ใช้สำหรับตรวจวัดค่า ทำงานเป็นตัวควบคุม และใช้เพื่อการทดลอง

IEC 601010-1 EN 61010-1

UL 61010-1 CSA 61010-1

ข้อสังเกต สำหรับ UL และใบรับประกันความปลอดภัยอื่นๆ สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ Online Product Certification

2.6.16 ความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ภายใต้สภาวะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

อุปกรณ์ชิ้นนี้จะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับมาตรฐาน EMC รับรองเรื่องความปลอดภัย ใช้สำหรับตรวจวัดค่า ควบคุม และใช้เพื่อการทดลอง

EN 61326-1 (IEC 61326-1): Class A emission: Basic IMMUNITY

EN 55011 (CISPR 11): Group 1 Class A emission

AS/NZS CISPR 11: Group 1 Class A emissions

FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions

ข้อสังเกต ในประเทศสหรัฐอเมริกา (ต่อ FCC 47 CFR) กับอุปกรณ์ที่ในคลาส A ใช้เพื่อการค้า อุตสาหกรรมที่ใช้เงินลงทุนไม่มาก และอุตสาหกรรมหนักในประเทศแถบยุโรป เช่น แคนาดา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ (ต่อ CISPR 11) อุปกรณ์ในคลาส A ใช้กับอุตสาหกรรมหนักเท่านั้น

ข้อสังเกต อุปกรณ์ในกลุ่ม 1 (ต่อ CISPR 11) นำไปใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น วงการวิทยาศาสตร์ วงการแพทย์ หรือ คลื่นความถี่ (แม้จะไม่นิยมใช้บ่อยนัก)

ข้อสังเกต สำหรับคำประกาศของ EMC และใบรับรองอื่นๆ หรือข้อมูลเพิ่มเติม สามารถเข้าไปดูเพิ่มเติมได้ที่หัวข้อ Environmental Management

CE Compliance CE อุปกรณ์ชิ้นนี้จะมีความพิเศษสามารถใช้ดัดแปลงร่วมกับอุปกรณ์ที่จะผ่านมาตรฐานรับรองตามหัวข้อต่อไปนี้ได้

2006/95/EC: Low-Voltage Directive (safety)

2004/108/EC: Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบเก็บก๊าซชีวภาพ การผลิตและการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ เพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทนำ โดยทำการศึกษารายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ข้อดี และข้อเสียของการวิจัยในแต่ละเรื่อง เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง (2553) การวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรด โดยกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละอัตราส่วนอินทรียวัตถุ เปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละระยะเวลาเก็บกักต่อและวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก การทดลองนี้ ทำการหมักทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ มูลโค:เปลือกสับปะรด:น้ำกลั่น เท่ากับ 1:0:1, 2:1:3, 1:1:2, 1:2:3 และ 0:1:1 วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยใช้ หลักการแทนที่ของน้ำในการวัดปริมาตรน้ำที่ไหลออกมาจากถังปฏิกิริยา(3 ซ้ำ) และวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง GC-MS โดยใชสถิติในการทดสอบได้แก่ F-test (One-way ANOVA)

ผลการศึกษาพบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรดภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในอัตราส่วนมูลโค : เปลือกสับปะรด : น้ำกลั่น คือ 1:0:1 และระยะเวลาเก็บกัก 30 วันจะทำให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด โดยมีปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 46.19% v/v

บรรพต ทองมาก (2546) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์จากการหมักก๊าซชีวภาพที่หมักด้วยมูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล ศึกษาปริมาณและเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่หมักด้วยมูลสุกกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติ โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 20 ลิตรจำนวน 5 ถัง ในการหมักเก็บน้ำมูลสุกกรก่อนและหลังนำไปวิเคราะห์ค่า COD เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์

จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด COD ที่เกิดจากการหมักมูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและมูลสุกกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติ ดังนี้คือ 9.34 50.00 62.35 49.91 และ 23.8% ตามลำดับ จะเห็นว่ามูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาลมีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์สูงที่สุด และมูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มมีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ต่ำที่สุด ปริมาณแก๊ชชีวภาพรวมที่เกิดจากการหมัก มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มกลูโคสและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติและ มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม ดังนี้คือ 9,700 6,500 5,300 550 และ100 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะเห็นว่ามูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาลผลิตแก๊ชชีวภาพได้มากที่สุด และมูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มผลิตแก๊ชชีวภาพได้น้อยที่สุด ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ใช่ก๊าซมีเทน เพราะก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายกลูโคสและกากน้ำตาลมากกว่าการย่อยสลายอินทรีย์จากมูลสุกกร การผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มลงในมูลสุกกรไม่ได้มีส่วนช่วยให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นแต่ถ้าต้องการก๊าซชีวภาพมากขึ้นควรผสมกากน้ำตาลลงไป

ชยันต์ กิมยงค์ (2545) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร โดยใช้กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศสองขั้นตอนที่มีการไหลวนกลับของน้ำเสีย โดยในกระบวนการนี้มีถังปฏิกรณ์ 2 ถัง ถังปฏิกรณ์ แรกเป็นถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์เป็นถังที่เติมมูลสุกรเพียงครั้งเดียวตลอดการทดลอง (batch reactor) ทำหน้าที่ผลิตกรดอินทรีย์จากมูลสุกรในส่วนที่เป็นของแข็ง และส่งผ่านไปยังถังปฏิกรณ์ที่สอง ถังปฏิกรณ์ที่สองเป็นถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทน เป็นถังแบบมีตัวกลาง (packed bed) ซึ่งมีคุณสมบัติเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ได้ดี ระบบสองขั้นตอนนี้ทำงานโดยการใช้น้ำไหลวนผ่านระหว่างถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ถัง ซึ่งน้ำมีหน้าที่ในการชะสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรด และ

นำไปยังถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของอัตราการไหลวนน้ำระหว่างถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ถัง และความหนาของชั้นมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์

การศึกษาผลของปริมาตรน้ำโดยทดลองที่อัตราการไหลวนน้ำ 2 , 4 และ 6 ลิตรต่อวัน ที่ความหนาชั้นมูลสุกร 10 เซนติเมตร หรือปริมาณมูลสุกรบรรจุ 8.4 กิโลกรัม พบว่าการเพิ่มปริมาตรน้ำในการไหลวนจะช่วยเพิ่มให้มีการพาสารอินทรีย์จากถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ไปกำจดในถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทนได้มากขึ้น ทำให้เกิดก๊าซมีเทนในถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทนได้มากขึ้น การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 40 วันแรก และความสามารถในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดที่อัตราการไหลวนน้ำ 2, 4 และ 6 ลิตรต่อวัน เป็น 3.1, 3.0 และ 3.3 กิโลกรัม ตามลำดับ และผลิตก๊าซชีวภาพได้ 38, 52 และ 135 ลิตร ตามลำดับ ส่วนการศึกษาโดยการเพิ่มความหนาของชั้นมูลสุกรจาก 10 เซนติเมตร เป็น 20 เซนติเมตร ที่อัตราการวนน้ำ 6 ลิตรต่อวัน พบว่าทำให้มีการชะสารอินทรีย์จากมูลสุกรมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการผลิตก๊าซมีเทนในถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทน แต่การเกิดก๊าซมีเทนในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดลดลง เนื่องจากผลความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้คือ ที่อัตราการวนน้ำ 6 ลิตร ความหนาชั้นมูลสุกร 10 เซนติเมตร(มูลสุกรบรรจุ 8.4 กิโลกรัม) โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สารอินทรีย์ระเหย และของแข็งในถังปฏิกรณผลิตกรดอินทรีย์ เป็นร้อยละ 54, 38 และ 33 ตามลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด376 ลิตร และระยะเวลาในการหมักที่ดีที่สุดในการผลิตก๊าซชีภาพคือ 40 วัน

ในการศึกษาการบำบัดมูลสุกรในส่วนที่เป็นของแข็งการดำเนินระบบไม่มีปัญหาเรื่องการอุดตันเนื่องจากมการแยกระหว่างสวนที่เป็นของแข็งและของเหลวออกจากกัน และพบว่าระบบบำบัดสองขั้นตอนมีเสถียรภาพการทำงานดีกว่าแบบขั้นตอนเดียว และจากการวิเคราะห์ทางด้านการเงินโดยเปรียบเทียบระหว่างระบบบ่อแบบราง ระบบบ่อแบบ H-UASB และระบบที่ทำการศึกษาคือระบบสองขั้นตอน คำนวณราคาก๊าซชีวภาพได้ 1.9 , 1.7 และ 3.0 บาทต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซชีวภาพตามลำดับ ระบบสองขั้นตอนถ้าได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเต็มความสามารถ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพลงได้มากเนื่องจากต้นทุนของราคาก่อสร้างระบบนี้มีราคาถูกกว่า

นิสาชล ไชยสุวรรณ (2544) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนราคาก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าที่ผลิตได้ในฟาร์มเลี้ยงสุกร (ฟาร์ม เอส.พี.เอ็ม) การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีและค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากฟาร์มสุกร ส่วนที่สองหาต้นทุนราคาของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากฟาร์มสุกร โดยพิจารณาตัวชี้วัดคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ณ ระดับ

อัตราคิดลดร้อยละ 8 และ 10 และส่วนที่สามหาประสิทธิภาพของเครื่องยนร์ผลิตไฟฟ้าและต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้

การศึกษาในส่วนที่หนึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษารายงานที่ผ่านมาแล้ว ส่วนที่สองเป็นการตรวจวัดข้อมูลเพิ่มเติม วิธีการศึกษาในส่วนที่สองแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้านต่างๆ ส่วนที่สองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้ ส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินโดยใช้ตัวชี้วัด NPV ส่วนที่สี่เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนราคาการผลิตก๊าซชีวภาพ (บาท/m^3 , บาท/GJ) และส่วนที่ห้าเป็นการเปรียบเทียบราคา บาท/GJ กับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆและวิธีการศึกษาในส่วนที่สามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและนำข้อมูลดังกล่าวมาหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า และส่วนที่สามเป็นการศึกษาต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้

ผลกการศึกษาในส่วนที่หนึ่งองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพประกอบด้วยมีเทน (CH_4) 60-70% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 20-30% และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 53-56 ppm และค่าความร้อนต่ำเฉลี่ยของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 24,616 kJ/m^3 ในส่วนที่สองโดยการใช้ตัวชีวัด NPV สำหรับการวิเคราห์รายรับรายจ่ายกับการผลิตก๊าซ ณ ระดับอัตรตราคิดลดร้อยละ 8 และ 10 โดยต้นทุนราคาของก๊าซชีวภาพพบว่าอยู่ในช่วง 1.56-2.43 บาท/m^3 และ 58.09-90.48 บาท/GJ ในการนำก๊าซมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนาเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าผลการศึกษาทดสอบได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ไฟฟ้าอยู่ในช่วง 12.7-15% ส่งผลให้ต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงง 3.24-3.76 บาท/kWh

เอกพจน์ ทระทึก และคณะ (2557) การวิจัย “การประยุกต์ใช้โปรแกรม LabVIEW ควบคุมเครื่องจับเวลาด้วยแสง” ได้ออกแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเครื่องจับเวลาด้วยแสงกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยอาศัยพอร์ต RS-232 เป็นตัวรับสัญญาณจากเครื่องจับเวลาด้วยแสง และใช้พอร์ต USB ในการให้ไฟเลี้ยง 5V แก่วงจร โปรแกรม LabVIEW ที่พัฒนาขึ้นจะมีความละเอียดในระดับมิลลิวินาที มีภาษาไทยอธิบายในบางค่าพารามิเตอร์ สามารถสร้างกราฟกับการทดลองที่ต้องแสดง ซึ่ง LabVIEW เองจะทำงานแบบ Real time จากการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม พบว่าโปรแกรม LabVIEW สามารถจับเวลาเมื่อรถหรือวัตถุผ่านเครื่องจับเวลาด้วยแสง หลังจากนั้นโปรแกรม LabVIEW จะบันทึกเวลาคำานวณผลของค่าพารามิเตอร์ และเขียนกราฟของการทดลองที่ต้องแสดง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้

โปรแกรม LabVIEW ทำการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง คือ การหาอัตราเร็ว การหาความเร่งของรถทดลอง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน การตกอย่างอิสระ โมเมนตัม พลังงานจลน์ ความถาวรของพลังงาน และแพนดูลัมเชิงเดี่ยว ผลของการทดลองที่ได้ค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีทางกลศาสตร์แบบฉบับ

ขรรค์ชัย ตุลละสกุล และคณะ (2554) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องวัดและประมวลผลคลื่นหัวใจจากสัญญาณเสียงของหัวใจใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องต้นแบบรับสัญญาณเสียงของหัวใจผ่านทางคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนที่ยังอยู่ในหูฟัง Stethoscope คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเปลี่ยนแรงกดอากาศจากการเต้นของหัวใจเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งต่อไปยังการ์ดเสียงของคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงไฟฟ้าแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วให้โปรแกรมประมวลผลสัญญาณคลื่นหัวใจที่พัฒนาด้วยโปรแกรม LabVIEW ประมวลผลต่อไป สัญญาณที่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วยยการแปลงฟูเรียร์ช่วงเวลาสั้น ผ่านการติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิกผู้ใช้สามารถเลือกช่วงของสัญญาณที่จะกรองได้และเลือกแสดงค่าพลังงานเสียงของหัวใจได้

ณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห และคณะ (2552) งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์โปรแกรม LabVIEW 7.0 มาใช้ในการรับและประมวลผลสัญญาณการสั่นของสปริงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม ยู. เอช. ที. บรรจุกล่องขั้นสุดท้ายแบบไม่ทำลาย สปริงสั่นแบบเสรีมีตัวหน่วงชนิดของเหลวหนืดกรณีการหน่วงต่ำ (underdamped free vibration) โดยการสั่นนี้เป็นผลให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของนมภายในกล่องต่างกัน เมื่อน้ำนมมีคุณภาพหรือการจับตัวกันเป็นก้อน(curd) ของน้ำนมต่างกัน ทำให้การต้านการเคลื่อนที่ของน้ำนมภายในกล่อง หรือค่าตัวหน่วงการสั่นต่างกัน ผลการทดสอบกับนมบรรจุกล่องตัวอย่าง 6,600 กล่อง จากการวิเคราะห์การสั่นโดยการวัดมุมที่ optical encoder โดยใช้เมนบอร์ดและตัวประมวลผล Pentium Dual Core 2.0 GHz ระบบปฏิบัติการ Windows พบว่าสามารถแยกได้ถูกต้อง 99.92 เปอร์เซนต์ และอัตราการทำงานเฉลี่ย 20 กล่องต่อนาที

ณฐภัค ผ่านสำแดง (2549) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบควบคุมความชื้นในดินสำหรับการปลูกต้นลั่นทมควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW เพื่อช่วยในการให้น้ำต้นลั่นทมแบบอัตโนมัติด้วยการตรวจสอบความชื้นในดินและสามารถเปิดปิดการให้น้ำตามความต้องการได้งานวิจัยชิ้นนี้ปรกกอบด้วย 2 ส่วนคือ (1) ส่วนของวงจรควบคุมการทำงาน (2) ส่วนของการออกแบบโปรแกรมมีฟังก์ชั่นการใช้งานคือส่วนการใช้งานแบบอัตโนมัติและการใช้แบบผู้ใช้กำหนดกับส่วนที่ทำการเลือกการวัดความชื้นในดินวิธีการปลูกแบบธรรมดาและแบบการควบคุมความชื้นในดินโดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยการควบคุมของโปรแกรมนั้นจะเป็นการการตรวจสอบและเปรียบเทียบความชื้นในดินของการปลูกต้นลั่นทมในกระถางดินแบบวิธีการปลูกแบบธรรมดากับการปลูกต้น

ลั่นทมแบบวิธีการควบคุมความชื้นด้วยการใช้โปรแกรม LabVIEW ในการควบคุม เปรียบเทียบค่าความชื้นที่วัดได้ของต้นลั่นทมทั้งสองวิธีการปลูกจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นในดินสำหรับการปลูกต้นลันทมควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถควบคุมความชื้นได้อยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเปรียบเทียบผลการปลูกทั้งสองวิธีการปลูก วิธีการปลูกต้นลั่นทม โดยการควบคุมความชื้นด้วยโปรแกรม LabVIEW จะให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีและสมบูรณ์กว่าวิธีที่ไม่มีการควบคุมความชื้นในดิน

2.8 สรุป

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยมีเทน (CH_4) 60-70% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 20-30% และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 53-56 ppm โดยใช้กระบวนการย่อยสลาย และออกแบบและสร้างเครื่องวัดและประมวลผลโดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยออกแบบการทำงานของโปรแกรมให้ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ ผ่านทางอุปกรณ์เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ติดตั้งไว้มาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมติดต่อสื่อสารระหว่าง ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณภายนอกกับส่วนของการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงทางด้านอุตสาหกรรมหรือด้านเกษตรกรรม เพื่อที่จะทำการแสดงผลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางคณะผู้วิจัยได้มีการวางแผน และกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานโดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง

3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพ

3.3 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์

3.4 วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ

3.5 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการพัฒนาชุดตรวจวัดก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษากระบวนการทำงานของการเกิดก๊าซชีวภาพ เพื่อสร้างชุดสาธิตการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ โดยใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าประเภทเซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และทำการเชื่อมต่อสัญญาณการตรวจวัดนำมาแสดงผลบนหน้าจอด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม LabVIEW โดยมีขั้นตอนและกระบวนการทำงานเสนอตามหัวข้อดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง

คณะทำงานวิจัยได้ทำการศึกษารายละเอียดในการผลิตก๊าซชีวภาพและการตรวจวัดปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ พบว่าโดยทั่วไปการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะทำการตรวจวัดที่ระยะเวลาในการกักเก็บที่ต่างกันเนื่องจากอุณหภูมิจะมีส่วนสำคัญต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อทำการเก็บข้อมูลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ จะต้องเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำที่สุดของแต่ละปี การทดลองจะประกอบด้วยโรงผลิตก๊าซชีวภาพขนาดต่าง ๆ ตามระยะเวลาที่กักเก็บที่แตกต่างกันอย่างน้อย 4 โรง จากนั้นทำการใส่มูลสัตว์และน้ำตามจำนวนที่กำหนดไว้แล้วนำผลปริมาตรก๊าซที่วัดได้มาเขียนกราฟเพื่อนำมาใช้คำนวณหาขนาดของปริมาตรที่เก็บก๊าซชีวภาพและปริมาตรถังย่อยสลายต่อไป โดยจะเห็นว่าการทดลองวัดปริมาณก๊าซชีวภาพโดยวิธีดังกล่าวมีการลงทุนที่สูง และใช้เวลาในการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซมีเทน ที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของอินทรียวัตถุ ซึ่งประกอบด้วย ปุ๋ยคอก โคลนจากน้ำเสีย ขยะประเภทของแข็งจากเมือง หรือ ของเสียชีวภาพจากอาหารสัตว์ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) องค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดเจน (H_2), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ

หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (ไร้ออกซิเจน) โดยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นกรดอินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน เป็นต้น กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ขนาดเล็กให้เป็น กรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจน และขั้น ตอนสุดท้ายกลุ่มแบคทีเรียจะสร้างมีเทนโดยเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (หรือก๊าซชีวภาพ) ซึ่งก๊าซดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้น เหนือผิวน้ำ และจะถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทนต่อไป (โครงการศึกษามาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2554)

3.1.1 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน จะให้องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ดังนี้ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30 -50 % และก๊าซไฮโดเจน (H_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำอีกเล็กน้อย ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ โดยปกติการกำจัดค่า Chemical Oxygen Demand (COD) 1 กิโลกรัม จะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 0.3-0.5 ลบ.ม. ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภท โดยก๊าซมีเทนจะมีค่าความร้อนประมาณ 39.4 เมกะจูล/ลบ.ม. สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตร ซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 kWh

3.1.2 รูปแบบการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตเป็นพลังงาน

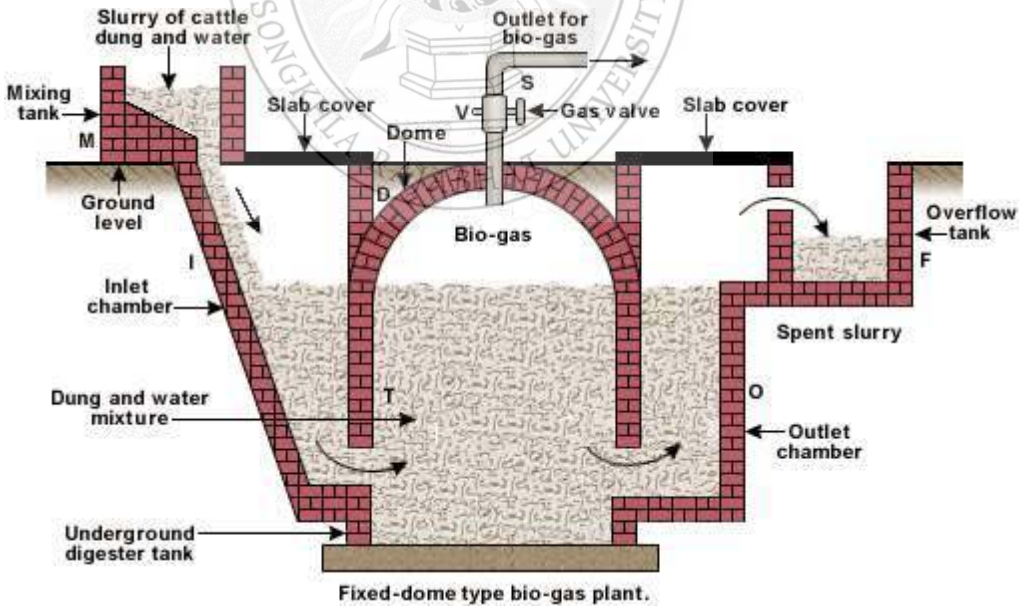
การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนเป็นรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์โดยการเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง สามารถใช้ประโยชน์ในภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม และสามารถผันแปรพลังงานความร้อนที่ได้ซึ่งเป็นพลังงานกล ให้สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าที่นำไปใช้งานได้สะดวกมากขึ้น

3.1.3 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มปศุสัตว์ (สำนักวิชาการพลังงานภาค 4, 2556)

ก๊าซที่เกิดขึ้นในฟาร์มปศุสัตว์ ส่วนหนึ่งมีผลต่อสภาพอากาศและบรรยากาศของโลก เพราะเป็นก๊าซเรือนกระจก (GHGs) การผลิตก๊าซชีวภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดของเสียภายในฟาร์ม ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แก่ผลิตกระแสไฟฟ้า ทดแทนก๊าซหุงต้ม และสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งทดแทนในระบบผลิตน้ำร้อนสำหรับการใช้หัวกกลูกสุกรทดแทนก๊าซชีวภาพได้อีกด้วย รูปแบบเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมให้นำมาใช้จัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันได้แก่

3.1.3.1 บ่อโดมคงที่ (Fixed Dome)

เป็นบ่อหมักก๊าซที่ส่งเสริมให้มีการใช้ในฟาร์มสุกรขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่เก็บก๊าซมีลักษณะเป็นโดม ซึ่งข้อดีของระบบนี้คือประหยัดพื้นที่บริเวณฟาร์ม เนื่องจากถังหมักอยู่บริเวณใต้พื้นผิวดิน จึงทำให้สามารถระบายน้ำมูลสุกรจากโรงเรือนไปสู่บ่อหมักโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง อุณหภูมิในบ่อหมักค่อนข้างคงที่ทำให้การหมักของมูลสัตว์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง สำหรับข้อเสียของระบบนี้คือ ในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินสูงการทำงานและการสร้างบ่อหมักจะค่อนข้างลำบากและในบริเวณส่วนโค้งของถังหมักจะต้องใช้เทคนิคและความชำนาญสูง



ภาพที่ 3-1 ลักษณะบ่อโดมคงที่

ส่วนประกอบของบ่อโดมคงที่มีดังนี้

1) บ่อเติมมูลสัตว์ (Mixing Chamber) เป็นพื้นที่สำหรับการผสมมูลสัตว์กับน้ำก่อนเติมลงในบ่อหมัก

2) บ่อหมัก (Digester Chamber) เป็นพื้นที่สำหรับรับมูลสัตว์และน้ำจากบ่อเติมมูลสัตว์มาหมักให้เกิดก๊าซมีเทนและก๊าซอื่นๆ ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นจะผลักดันให้มูลสัตว์และน้ำที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักไหลไปอยู่ก้นบ่อ

3) บ่อล้น (Expansion Chamber) เป็นพื้นที่สำหรับรับมูลสัตว์และน้ำที่ถูกก๊าซผลักดันจากบ่อหมัก โดยการทำงานจะเป็นระบบไดนามิก คือเมื่อก๊าซเกิดขึ้นภายในบ่อหมักก๊าซจะมีแรงผลักดันมูลสัตว์และน้ำที่อยู่ส่วนด้านล่างให้ทะลักขึ้นไปเก็บไว้ในบ่อล้น เมื่อนำก๊าซไปใช้น้ำในบ่อล้นจะไหลย้อนกลับเข้าไปในบ่อหมักเพื่อผลักดันก๊าซให้มีความดันเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้

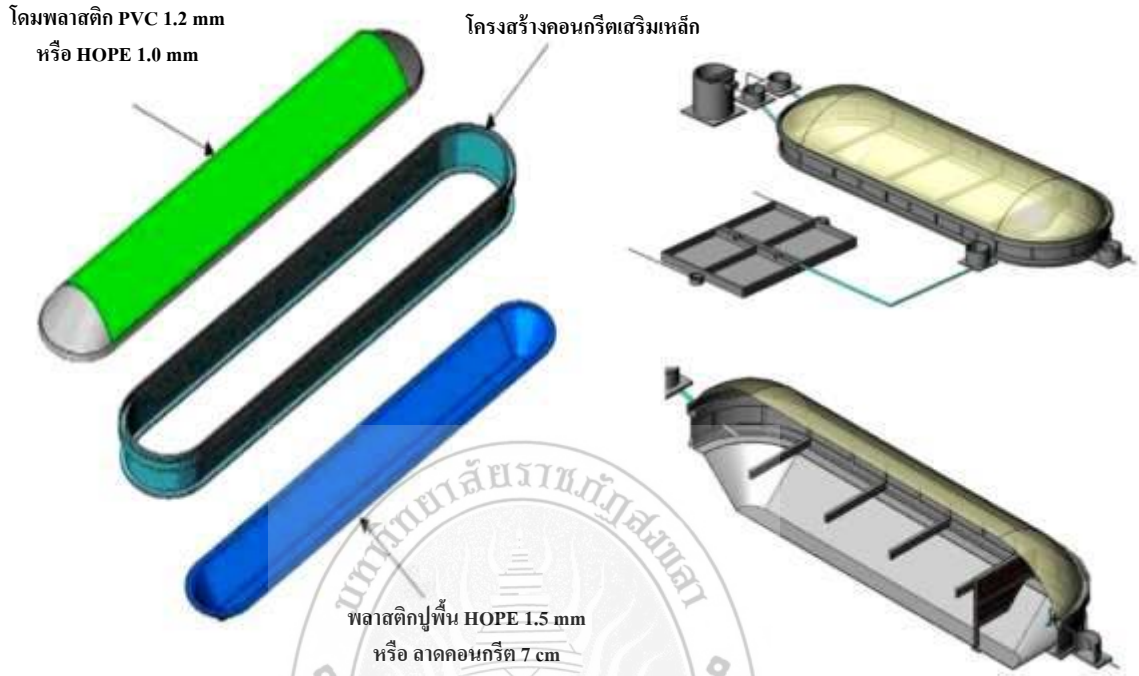
3.1.3.2 บ่อหมักแบบราง

มีลักษณะเป็นบ่อคอนกรีตที่มีการบังคับการไหลของน้ำเสียให้เป็นแบบทิศทางเดียว ด้านบนของบ่อหมักรางจะติดตั้งโดมพลาสติก PVC หรือ HDPE เพื่อทำหน้าที่เก็บกักก๊าซชีวภาพ สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ ภายในบ่อหมักรางจะมีการติดตั้งท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพเพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ การเดินระบบบ่อหมักรางจะต้องมีการดึงกากที่ผ่านการย่อยสลายสมบูรณ์ประมาณวันละ 1% ของปริมาตรบ่อหมักราง เพื่อป้องกันการสะสมของตะกอนในระบบมากเกินไป จึงทำให้ระบบบ่อหมักรางไม่จำเป็นต้องขุดลอกเหมือนกับระบบ Anaerobic Covered Lagoon โดยตะกอนที่สูบออกมาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกนำไปตากให้แห้งในลานตากตะกอน อีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปหมุนเวียนกลับสู่บ่อรวบรวมน้ำเสีย บ่อหมักรางนิยมสร้างจากคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยสามารถสร้างได้ทั้งบนดินหรือใต้ดิน โดยจะต้องทำให้มูลสัตว์ไหลเข้าสู่ระบบได้ง่าย ซึ่งส่วนประกอบสำคัญประกอบด้วย

1. โดมพลาสติก ทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บก๊าซนิยมใช้พลาสติกพีวีซีหนา 1.2 มม. หรือพลาสติก HDPE หนา 1.0 มม.

2. โครงสร้างผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก

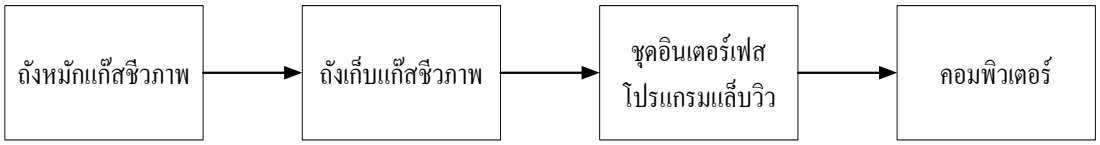
3. พลาสติกปูพื้นหรือการดากด้วยคอนกรีตอาจใช้พลาสติก HDPE หนา 1.0-1.5 มม. ปูพื้นหรืออาจใช้การดาดคอนกรีตหนา 7 ซม โดยก้นบ่อหมักรางต้องมีความลาดชันประมาณ 1%



ภาพที่ 3-2 ลักษณะถังหมักแบบราง

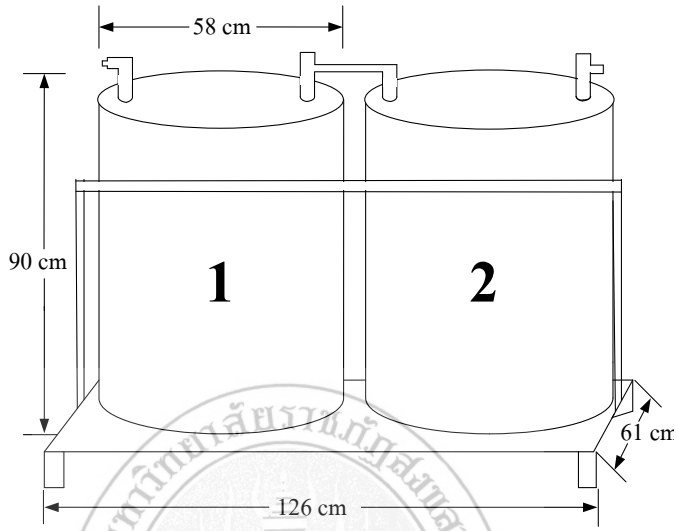
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพ

การออกแบบลักษณะโครงสร้างของระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพได้ทำการออกแบบตามลักษณะในการใช้ประโยชน์ที่สะดวกรวดเร็วปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน โดยระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพได้ออกแบบมาเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่ 1 ถังหมักเพื่อใส่มูลสุกร ส่วนที่ 2 ถังเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อทำการกักเก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากถังหมัก และส่วนที่ 3 ชุดอินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและโปรแกรม LabVIEW และส่วนที่ 4 ส่วนหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิ และปริมาณก๊าซชีวภาพผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ แสดงดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 โครงสร้างระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพ

3.2.1 การออกแบบชุดโครงสร้างถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ

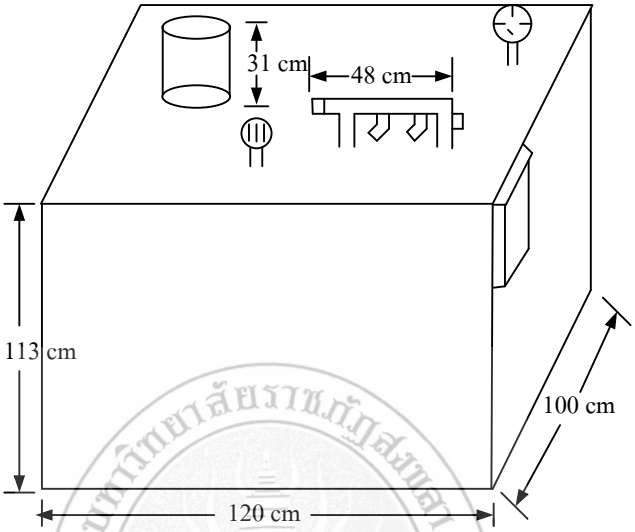


ภาพที่ 3-4 แบบโครงสร้างของถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ

ภาพที่ 3-5 ถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ

จากภาพที่ 3-4 เป็นการแสดงแบบโครงสร้างของถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ ประกอบไปด้วยถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ 2 ถัง มีความจุถังละ 200 ลิตร สำหรับดำเนินการกักเก็บก๊าซชีวภาพ มีความกว้างด้านบนถัง 58 เซนติเมตร มีความสูง 90 เซนติเมตร ฐานรองของถังยาว 126 เซนติเมตร และด้านกว้างของฐานรองกว้าง 61 เซนติเมตร และภาพที่ 3-5 เป็นลักษณะของถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ

3.2.2 การออกแบบชุดโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ



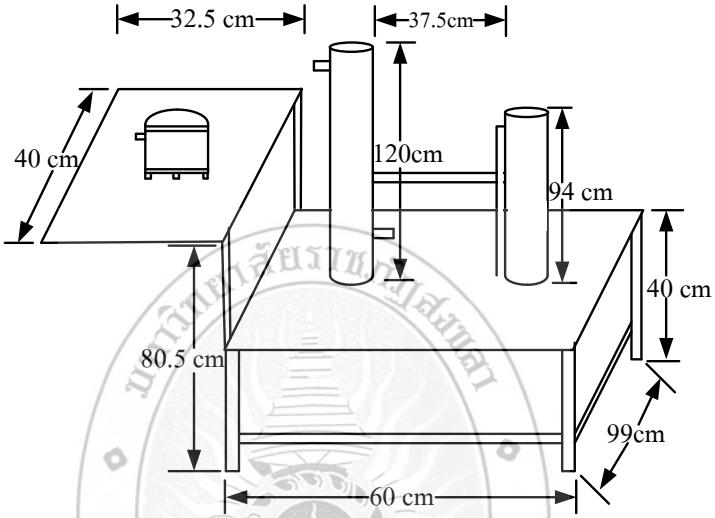
ภาพที่ 3-6 แบบโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ

ภาพที่ 3-7 ถังหมักก๊าซชีวภาพ

จากภาพที่ 3-6 เป็นแบบโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ และภาพที่ 3-7 ลักษณะของถังหมักก๊าซชีวภาพมีขนาดของถังหมักที่ความจุ 1,000 ลิตร มีความกว้างของถัง 120 เซนติเมตร และความสูงของ

ถัง 113 เซนติเมตร เป็นถังที่บรรจุส่วนประกอบการหมักมูลสัตว์ และมีท่อพีวีซีจำนวน 2 ท่อประกอบไปด้วยท่อเติมมูลมูลสัตว์ และท่อส่งก๊าซชีวภาพไปยังถังเก็บ

3.2.3 การออกแบบชุดโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ



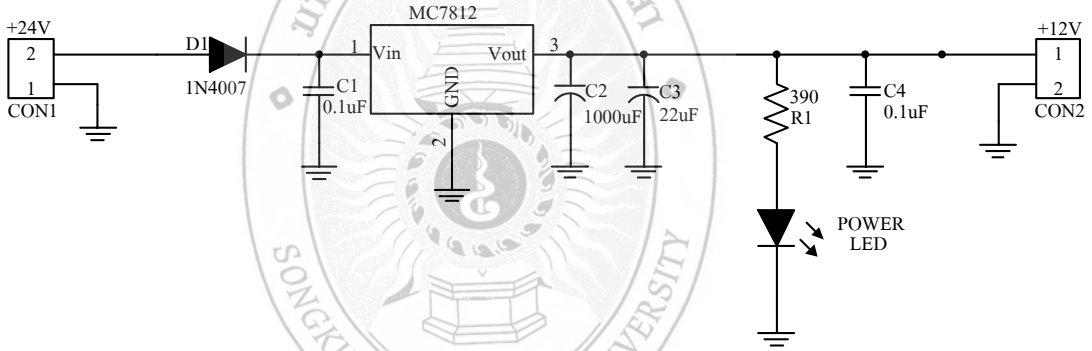
ภาพที่ 3-8 แบบโครงสร้างชุดกรองก๊าซชีวภาพ

ภาพที่ 3-9 ชุดกรองก๊าซชีวภาพ

จากภาพที่ 3-8 เป็นโครงสร้างชุดกรองก๊าซชีวภาพ และภาพที่ 3-9 ลักษณะของงชุดกรองก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ท่อเหล็กสำหรับส่งก๊าซชีวภาพ โครงสร้างเป็นใยเหล็กมีความหนา 0.5 เซนติเมตร มีความสูงที่ 94 เซนติเมตร ท่อสูงเป็นท่อพีวีซี สำหรับใช้ในการผสมผงโซดาไฟ มีความสูงที่ 120 เซนติเมตร และคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในการดูดก๊าซชีวภาพ เข้าถังเก็บก๊าซชีวภาพ เพื่อทำให้ก๊าซชีวภาพมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ฐานรองคอมเพรสเซอร์มีความกว้างที่ 40 เซนติเมตร และมีความยาว 32.5 เซนติเมตร

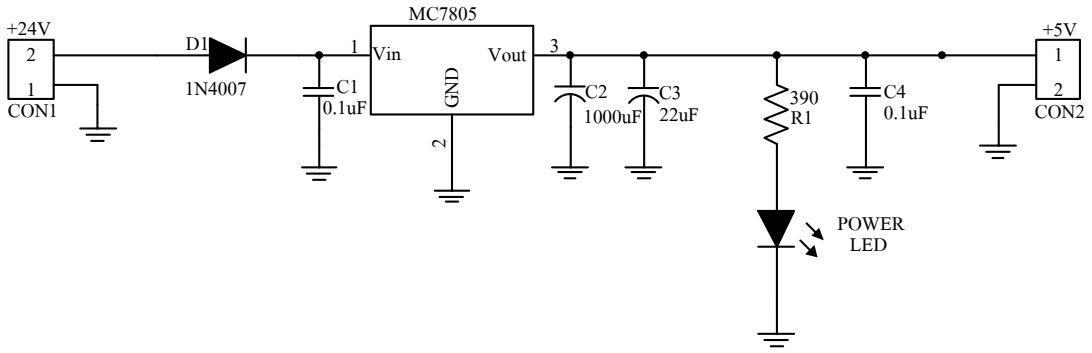
3.3 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์

การใช้งานของแหล่งจ่ายไฟจะใช้เพาเวอร์ซัพพลาย INPUT AC 220 V และ OUTPUT DC 24 V สำหรับจ่ายไฟให้แก่วงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน การทำงานมีดังต่อไปนี้



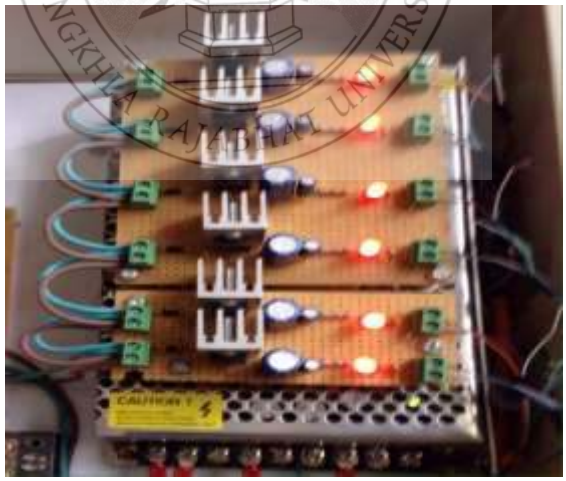
ภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply 12 V_{DC} สำหรับวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน

จากภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply 12 V_{DC} สำหรับวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน การทำงานของวงจรเริ่มจากการปรับระดับแรงดัน 220V_{AC} ให้ลดลงเหลือ 24 V_{AC} โดยจะปรับระดับแรงดัน 24 V_{AC} เป็นไฟกระแสตรงโดยใช้ไดโอด 1N4007 และถูกกรองระดับแรงดันกระแสตรงให้เรียบมากขึ้น โดยใช้คาปาซิเตอร์ที่มีความจุ 0.1uF และใช้ IC 7812 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ 12V_{DC} และมีคาปาซิเตอร์ 1,000uF ทำหน้าที่กรองแรงดันทางด้านเอาท์พุตให้เรียบมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำ 12V_{DC} เลี้ยงวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3-11 วงจร Power Supply 5Vdc สำหรับวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

จากภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply $5V_{DC}$ สำหรับวงจรตรวจจับอุณหภูมิ การทำงานของวงจรเริ่มจากการปรับระดับแรงดัน $220V_{AC}$ ให้ลดลงเหลือ 24 V_{AC} โดยจะปรับระดับแรงดัน 24 V_{AC} เป็นไฟกระแสตรงโดยใช้ไดโอด 1N4007 และถูกกรองระดับแรงดันกระแสตรงให้เรียบมากขึ้นโดยใช้คาปาซิเตอร์ที่มีความจุ 0.1uF และใช้ IC 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ $5V_{DC}$ และมีคาปาซิเตอร์ 1,000uF ทำหน้าที่กรองแรงดันทางด้านเอาท์พุตให้เรียบมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำ $5V_{DC}$ เลี้ยงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ



ภาพที่ 3-12 วงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์

3.4 วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ

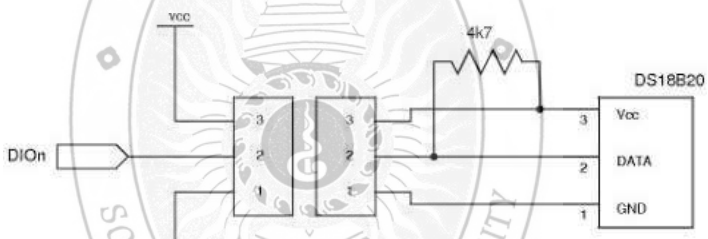
เป็นการออกแบบโดยใช้อุปกรณ์เซนเซอร์เป็นตัววัดหาค่าของอุณหภูมิ ที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ เพื่อทำการศึกษากระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิ และหาช่วงเวลาของค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด

3.4.1 วงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าเทอร์มิสเตอร์ หรือตัวต้านทานแปรค่าตามอุณหภูมิ ซึ่งเทอร์มิสเตอร์ที่จะนำมาใช้เป็นแบบแปรค่าผกผันกับอุณหภูมิ (Negative Temperature Coefficient : NTC) เซนเซอร์ที่จะนำมาใช้ตรวจวัดอุณหภูมิ รองรับการใช้งานได้ 2 แบบคือ

+▮▮▮▮ แรงดันเพิ่มเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

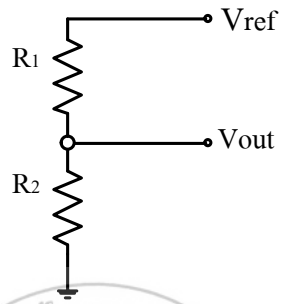
▮▮▮▮+ แรงดันลดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพที่ 3-13 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ

ภาพที่ 3-14 ลักษณะวงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ

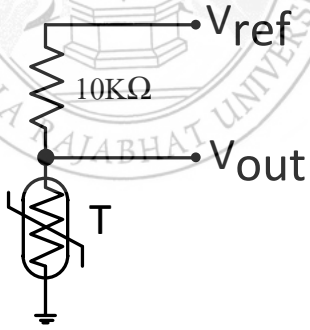
ตัวอย่างการคำนวณค่าอุณหภูมิจากแรงดันที่วัดได้ให้อยู่ในภาพองศาเซลเซียส ซึ่งสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกันโดยใช้วงจรไฟฟ้าเรื่องการแบ่งแรงดัน โดยพิจารณาวงจรดังภาพที่ 3-15 และ 3-16



ภาพที่ 3-15 วงจรแบ่งแรงดัน

จากกฎการแบ่งแรงดัน เราจะได้ว่า $V_{out} = V_{ref} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ .....สมการที่ 3-1

ทำการเชื่อมต่อแผงวงจรตรวจวัดอุณหภูมิเข้ากับแผงวงจรหลัก โดยต่อเข้ากับช่องอุณหภูมิสูง แรงดันลด (+▮▮▮▮▮) ดังนั้นวงจรข้างต้นจะสอดคล้องกับวงจรดังภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-16 วงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

จากวงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมินั้น R_1 คือตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม และ R_2 คือความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ (ให้ค่าเป็น R_T) ดังนั้นสมการด้านบนจึงเขียนได้เป็น

$$V_{out} = V_{ref} \times \frac{R_T}{10 \times R_T}$$ .....สมการที่ 3-2

สามารถย้ายข้างหา RT ได้ดังนี้

$$RT_{(K\Omega)} = \frac{10\,V_{out}}{V_{ref} - V_{out}}$$ .....สมการที่ 3-3

เนื่องจากค่าของแรงดัน Vout จะไม่ได้ถูกวัดโดยตรงจากโปรแกรม แต่ถูกวัดทางอ้อมจากการใช้คำสั่งอนาล็อกซึ่งให้ค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1023 ค่าที่ได้จะแปรผันตรงกับแรงดัน Vout ดังนั้นเราจึงสามารถแทนค่าแรงดัน Vout และแรงดันอ้างอิง Vref ในสมการด้วยค่าที่อ่านได้จากคำสั่งอนาล็อกและค่า 1023 ตามลำดับ ดังนี้

$$RT_{(K\Omega)} = \frac{10D}{1023 - D}$$ .....สมการที่ 3-4

โดยค่า D คือค่าที่ถูกคืนมาจากคำสั่ง Analog

หลังจากที่ได้ค่า RT มาแล้วก็สามารถที่จะนำไปเทียบกับกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์เพื่อหาอุณหภูมิที่แท้จริงต่อไปได้

3.4.2 ชุดตรวจจับวัดอุณหภูมิ

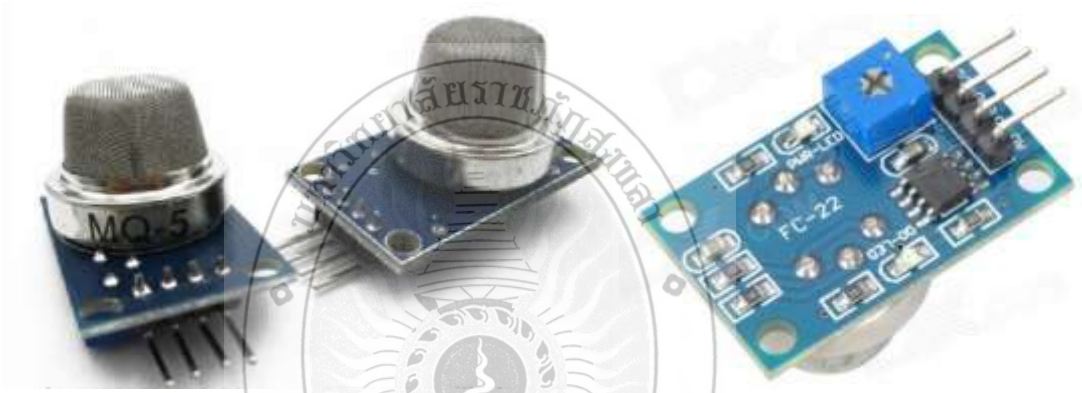
ภาพที่ 3-17 ชุดตรวจจับวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 3-18 การติดตั้งชุดตรวจจับวัดอุณหภูมิ

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

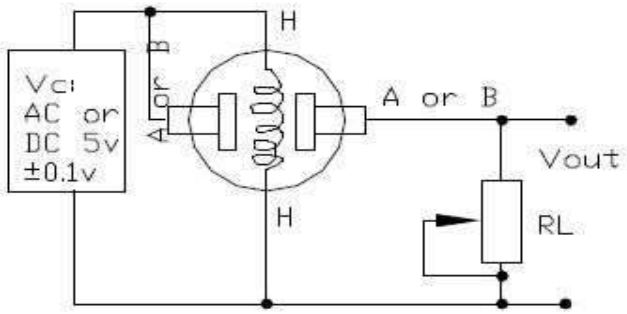
จากภาพที่ 3-17 แสดงชุดตรวจวัดอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ โดยทำการออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์อุณหภูมิเข้ากับอุปกรณ์ Data Acquisition Devise เพื่อส่งสัญญาณเข้ามาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม LabVIEW และภาพที่ 3-18 แสดงการติดตั้งชุดตรวจวัดอุณหภูมิประกอบเข้ากับชุดโมดูลควบคุมวงจรเซนเซอร์ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ

3.5 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3-19 โมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

โมดูลเซนเซอร์ก๊าซมีเทนใช้สำหรับทำการตรวจสอบปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยมีความสำคัญสำหรับการเลือกวัสดุมาทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน ใช้หลักการทำความสะอาดอากาศต่ำ การนำความร้อนดีบุกไดออกไซด์ (SnO_2) เมื่อสภาพแวดล้อมซึ่งในเซนเซอร์ก๊าซการนำความเข้มข้นของก๊าซเซนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นในอากาศเพิ่ม โดยใช้วงจรการเปลี่ยนแปลงในการนำความร้อนของก๊าซที่สอดคล้องกับเอาท์พุทของสัญญาณ โมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 เป็นเซนเซอร์ที่สามารถตรวจสอบหาค่าความเข้มของก๊าซมีเทนได้รวดเร็ว และสามารถนำมาสร้างสัญญาณอนาล็อกเพื่อส่งเข้ามายังคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 3-20 วงจรของโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

โมดูลตรวจวัดก๊าซที่ไวต่อก๊าซไวไฟในกลุ่ม LPG, CH_4, Natural Gas, Hydrogen จึงเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจจับการรั่วของก๊าซต่างๆ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลนั้นได้

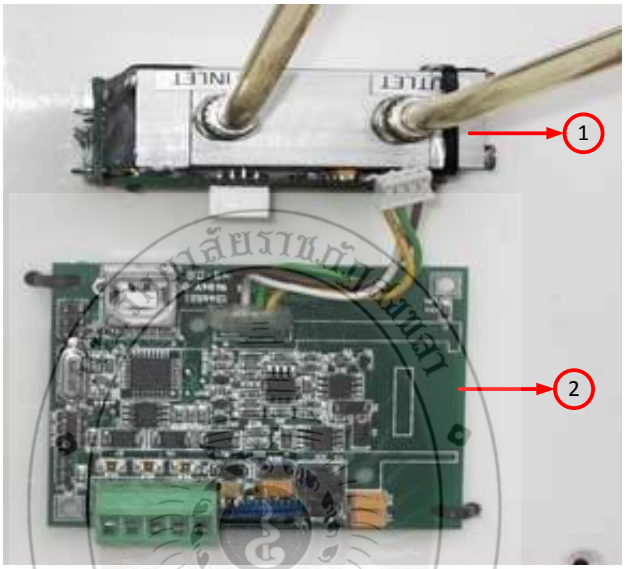
โดยเซนเซอร์ MQ-5 นี้มีจุดเด่นที่มีความไวต่อ ไอระเหยของแอลกอฮอล์และควันต่ำกว่าเซนเซอร์ MQ-2 จึงสามารถนำไปติดตั้งในบริเวณที่อาจมีควันจากการปรุงอาหาร/สูบบุหรี่ โดยที่ไม่ถูกรบกวนได้

- ใช้แรงดัน 5Vdc
- ให้เอาท์พุตทั้งสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จริง และสัญญาณดิจิตอลสามารถปรับตั้งระดับแจ้งเตือนได้ (ใช้ LM393 เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน)
- เมื่อป้อนแรงดันให้แก่เซนเซอร์ ต้องรอการอุ่นชิพอย่างน้อย 20 วินาที ก่อนทำการวัดค่า

3.5.1 การติดตั้งชุดโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน

ภาพที่ 3-21 การติดตั้งชุดโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ

จากภาพที่ 3-21 การติดตั้งชุดโมดูลตรวจวัดวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะทำการออกแบบให้ตัวโมดูลตรวดวัดก๊าซมีเทนติดตั้งภายในท่อพีวีซี จำนวน 3 โมดูล ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพภายในถังหมักแบ่งออกเป็น 3 ระดับตามความสูงของตัวถัง เพื่อนำสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละระดับมาหารวมของปริมาณก๊าซชีวภาพในถังทั้งหมด



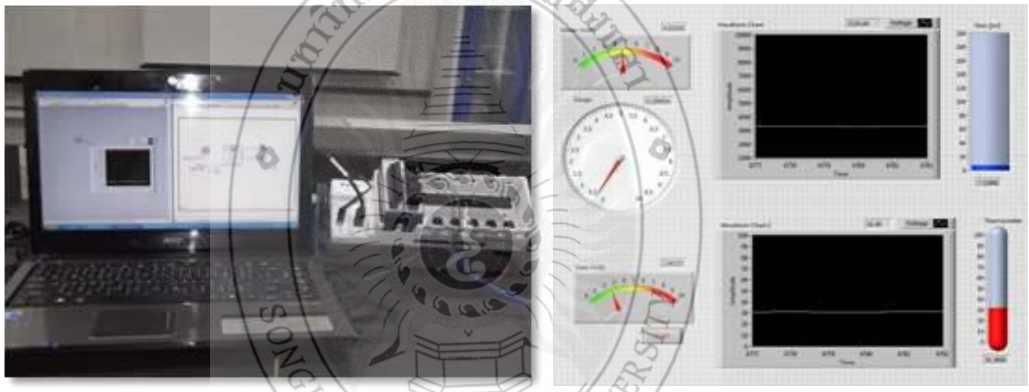
หมายเลข 1 : Sensor sample cell with gas inlet and outlet สำหรับใช้ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน

หมายเลข 2 : Board Smart MODUL สำหรับประมวลผลสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ก๊าซมีเทน

ภาพที่ 3-22 อุปกรณ์ชุดเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน

จากภาพที่ 3-22 อุปกรณ์ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในขณะที่ทำดูดก๊าซ โดยใช้ชุดฟอกก๊าซเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาบรรจุในถังเก็บก๊าซ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ชุดคอมเพรสเซอร์ที่ใช้งานลักษณะเดียวกันกับชุดทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ในการดูดก๊าซมีเทนผ่านชุดฟอกก๊าซเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์และสามารถทำการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนผ่านชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากชุด Sensor ตรวจวัดก๊าซมีเทนเข้ามายังอุปกรณ์ DAQ 9219 และ DAQ 6008 เพื่อนำสัญญาณที่วัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนมาทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 3-23 และภาพที่ 3-24

ภาพที่ 3-23 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ 9219 และ DAQ 6008 ร่วมกับชุด Sensor ตรวจวัดก๊าซมีเทน



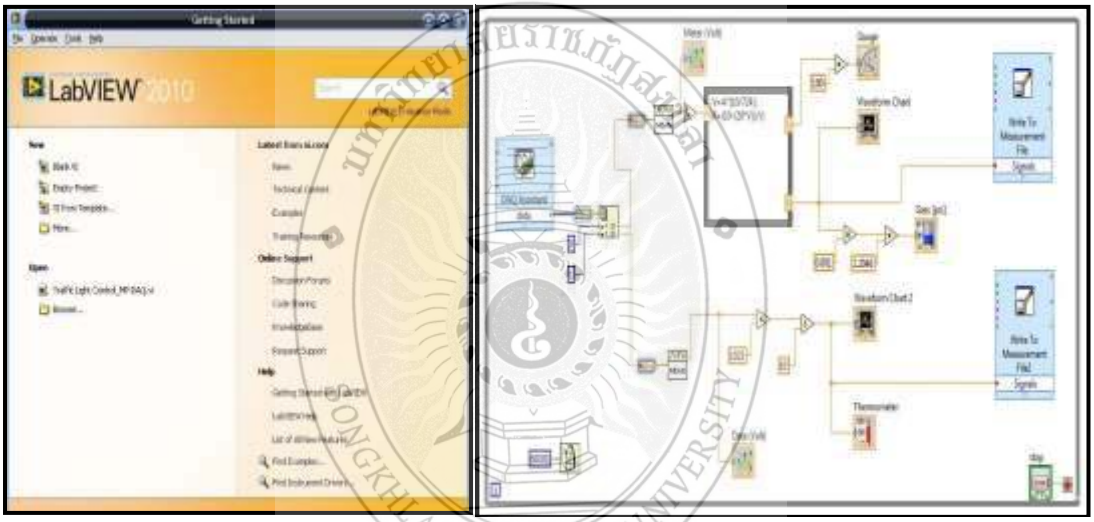
ภาพที่ 3-24 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และการแสดงผลข้อมูล

ภาพที่ 3-25 การทดลองดูดก๊าซมีเทนโดยใช้ชุดฟอกก๊าซ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

จากภาพที่ 3-25 การทดลองดูดก๊าซมีเทนโดยใช้ชุดฟอกก๊าซคอมเพรสเซอร์เครื่องทำความเย็น ทำการฟอกก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักด้วยมูลสุกรมาเก็บยังถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม จากนั้นทำการตรวจวัดแรงดันก๊าซมีเทนภายในถังก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มด้วยอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันมีหน่วยการวัดในอัตราส่วนปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำค่าที่ได้จากการวัดมาทำการเปรียบเทียบค่าจากชุดเซนเซอร์วัดก๊าซมีเทน และปรับค่าให้มีค่าใกล้เคียงกันกับอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันด้วยการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ในส่วนฟังก์ชั่นของโปรแกรม LabVIEW

3.6 การออกแบบโปรแกรม LabVIEW

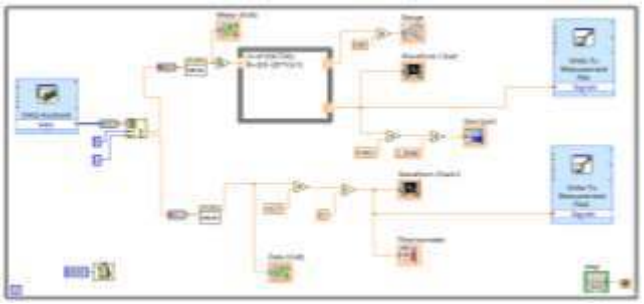


ภาพที่ 3-26 หน้าต่างโปรแกรม LabVIEW

จากภาพที่ 3-26 หน้าจอแสดงผลขณะทำการวัดอุณหภูมิและก๊าซโดยมีการแสดง 2 ส่วน คือ Front Panel และ Block Diagram

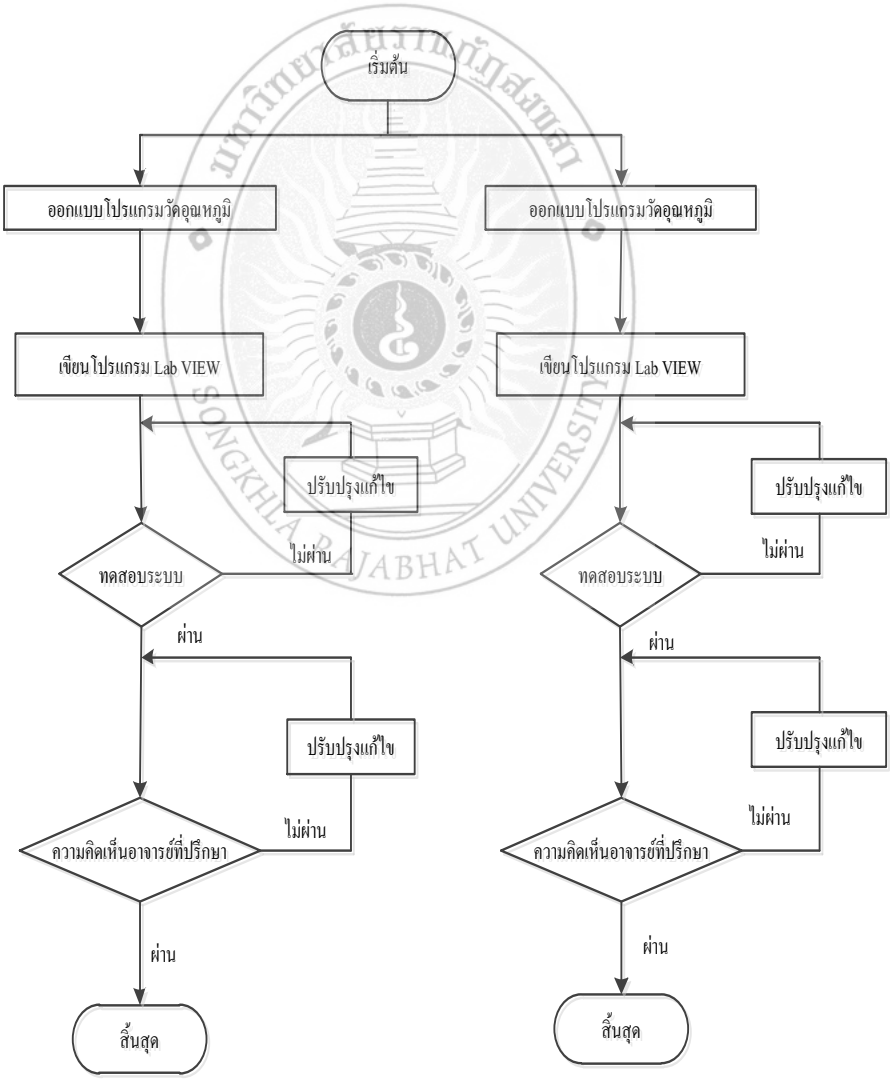
3.6.1 การเขียนโปรแกรมด้วย Lab VIEW

การออกแบบโปรแกรมสำหรับใช้ควบคุมวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและก๊าซภายในถังหมักก๊าซชีวภาพผ่านเซนเซอร์โดยการใช้โปรแกรม Lab VIEW สั่งงานโดยการรับสัญญาณอินพุตมาจากเซนเซอร์เข้ามายัง DAQ-6008 เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าที่วัดได้ แล้วแสดงค่าผ่าน Front Panel เพื่อทำการบันทึกค่า โดยมีการเขียนโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 3-27 (Block Diagram) โปรแกรม Lab VIEW

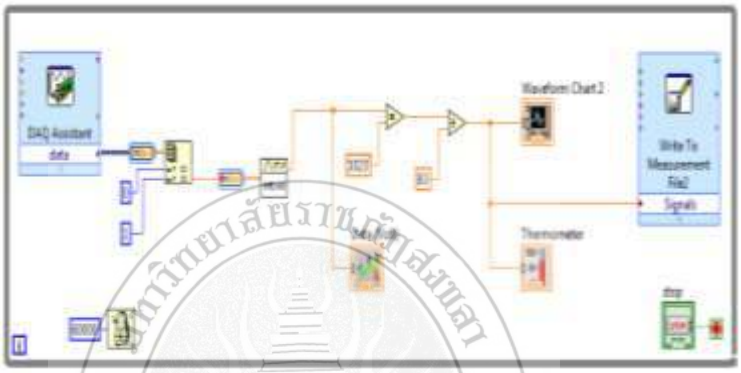
ขั้นตอนการดำเนินงานทางด้านโปรแกรม LabVIEW เขียนเป็นผังงานได้ดังภาพที่ 3-28



ภาพที่ 3-28 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม LabVIEW

3.6.2 การเขียนโปรแกรมสำหรับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

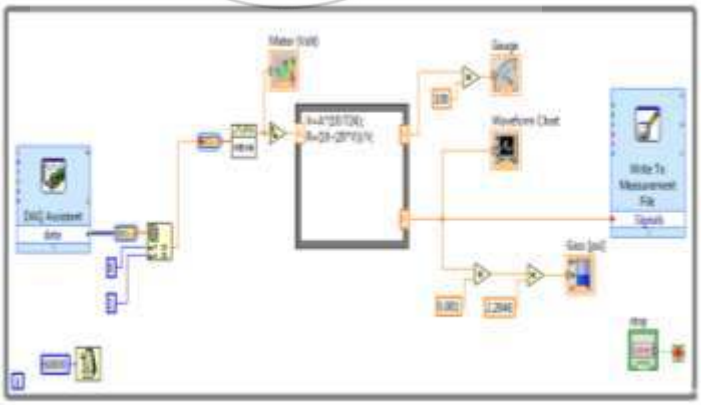
ในส่วนนี้จะสั่งงานรับสัญญาณอินพุตมาจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเข้าช่อง AI0 GND ผ่าน DAQ Assistant เข้า Index Array ช่อง 1 แล้วเข้าสมการแปลงสัญญาณที่ได้ทำการ Sub VI ไว้ให้เป็นค่าองศาเซลเซียส จากนั้นส่งสัญญาณเข้า Slide กับ Waveform Chart เพื่อดูสัญญาณที่ออกมาจากเซนเซอร์ แล้วทำการบันทึกค่าผ่าน Write To Measurement File Temperature ดังภาพที่ 3-29



ภาพที่ 3-29 Block Diagram ของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

3.6.3 การเขียนโปรแกรมสำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซ

ในส่วนนี้จะสั่งงานรับสัญญาณอินพุตมาจากเซนเซอร์ก๊าซเข้าช่อง AI1 GND ผ่าน DAQ Assistant เข้า Index Array ช่อง 0 แล้วเข้าสมการแปลงสัญญาณที่ได้ทำการ Sub VI ไว้ให้เป็นค่าองศาเซลเซียส จากนั้นส่งสัญญาณเข้า Slide กับ Waveform Chart เพื่อดูสัญญาณที่ออกมาจากเซนเซอร์ แล้วทำการบันทึกค่าผ่าน Write To Measurement File Temperature ดังภาพที่ 3-30



ภาพที่ 3-30 Block Diagram ของเซนเซอร์วัดก๊าซ

3.6.4 ชุดอินเตอร์เฟส (DAQ 6008) ของโปรแกรม Lab VIEW

ภาพที่ 3-31 DAQ 6008

จากภาพที่ 3-31 ชุดอินเตอร์เฟส DAQ 6008 ที่เชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์เซนเซอร์เข้ามาประมวลผลสัญญาณด้วยโปรแกรม LabVIEW เป็นการต่อสัญญาณจากภายนอกเพื่อทำการรับสัญญาณอินพุตแบบอนาล็อกจากเซนเซอร์ของเซนเซอร์อุณหภูมิเข้าช่อง AI0 GND และเซนเซอร์ก๊าซเข้าช่อง AI1 GND ส่วนนี้จะอยู่ทางฝั่งอนาล็อกโดยใช้แรงดันขนาด 5 V จาก DAQ 6008 ทางฝั่งดิจิตอลไปเลี้ยงให้เซนเซอร์ทั้งสองตัวทำงาน

3.6.5 ทำการทดลองโดยใส่มูลสุกรและหัวมันสำปะหลังที่ผสมกับน้ำลงในแต่ละถังไปในถังหมัก

ภาพที่ 3-32 การผสมมูลสุกรลงในถังหมัก

ภาพที่ 3-33 การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 3-1 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่ วันที่ 4 ก.ค. 2558 - 19 ก.ค. 2558

วันที่ (4-14)	อัตราส่วน (มูลสุกร:น้ำ) กิโลกรัม/ลิตร	อัตราส่วน กากน้ำตาล/น้ำ ลิตร/ลิตร	ปริมาณ (มูลสุกร) กิโลกรัม	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	หมายเหตุ
4	1:1	6:120	120	32	เริ่มการหมัก
5	-	-	-	31	
6	-	-	-	33	
7	1:1	2:40	30	30	เติมมูลสุกร
8	-	-	-	33	
9	-	-	-	32	
10	-	-	-	30	
11	-	-	-	33	
12	-	-	-	31	
13	1:1		20	31	เติมมูลสุกร

จากภาพที่ 3-32 เป็นการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรผสมกับน้ำลงไปในถังหมัก โดยดำเนินการจัดเตรียมมูลสุกรตามปริมาณที่กำหนดไว้ และจัดเตรียมส่วนผสมในอัตราส่วน มูลสุกร 1 ส่วน ต่อ น้ำ 1 ส่วน ในอัตราที่เท่ากันให้มีปริมาณร้อยละ 50 ของขนาดถังหมัก จากนั้น ทำการทดลอง และหมักทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้จนเกิดเป็นก๊าซชีวภาพโดยใช้อุปกรณ์ชุดโมดูลเซนเซอร์ก๊าซมีเทนตรวจวัดทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังหมักตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดแสดงดังภาพที่ 3-33 และดำเนินการทดลองหมักหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่วันที่ 4 ก.ค. 2558 - 19 ก.ค. 2558 เป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นทำการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพภายในถังหมัก และบันทึกผลข้อมูลตามระยะเวลาการเกิดก๊าซชีวภาพดังกล่าวด้วนโปรแกรม LabVIEW ดังตารางที่ 3-1 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพจะพบว่าวันที่ 4 ก.ค. 2558 เริ่มทำการหมักก๊าซชีวภาพโดยการใช้มูลสุกร จำนวน 120 ก.ก. น้ำ 100 ลิตร วันที่ 7 ก.ค. 2558 ทำการเติมมูลสุกร และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย วันที่ 13 ก.ค. 2558 ทำการเติมมูลสุกร และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย

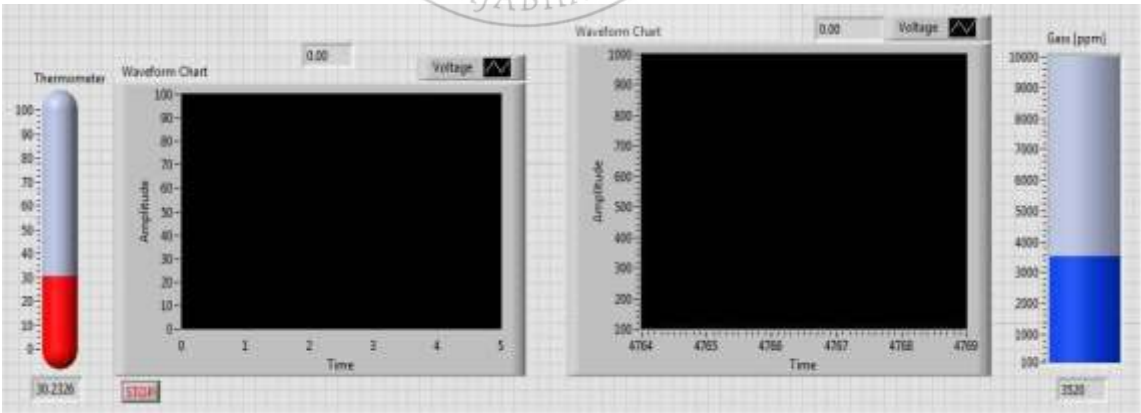
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนาวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพและบันทึกผลเก็บไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพได้ง่ายและมีความปรอดภัยมากยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดการทดลองเพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดก๊าซชีวภาพ ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนของการทดลองโครงการวิจัย เพื่อทำการทดสอบชุดสาธิตการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ตามผลการทดลอง และทราบถึงข้อบกพร่องเพื่อที่จะได้นำมาแก้ไข พัฒนาให้มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้งานได้จริงโดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์ด้วยโปรแกรม Lab VIEW

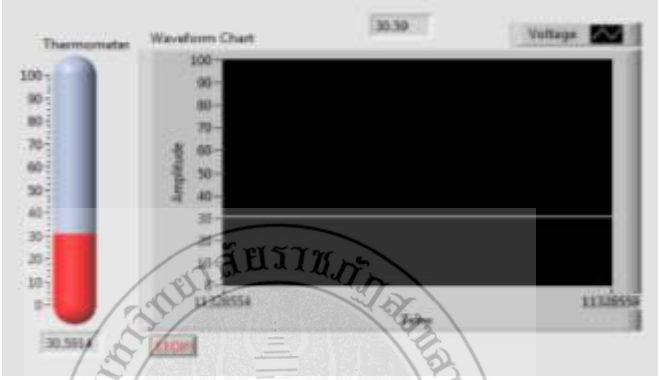
ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์แต่ละแบบจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนเพื่อที่จะใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และปริมาณก๊าซชีวภาพภายในถังหมักด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยการแสดงค่าผ่านหน้าจอแสดงผลหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม แสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ส่วนแสดงผลหน้าจอหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม LabVIEW

4.1.1 ผลการทดลองวัดค่าของอุณหภูมิ

ผลการทดลองการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ และทำการบันทึกค่าโดยใช้โปรแกรม LabVIEW จะสังเกตได้ว่าในวันที่ 1-5 ค่าของอุณหภูมิจะแตกต่างกันออกไปแสดงภาพที่ 4-2

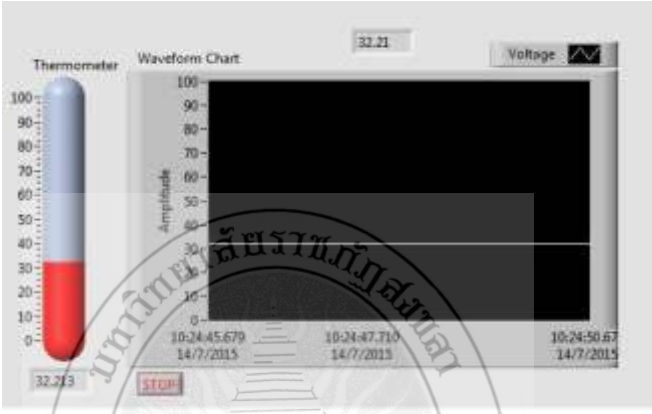


ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 1

จากภาพที่ 4-2 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 1 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 30.50 °C

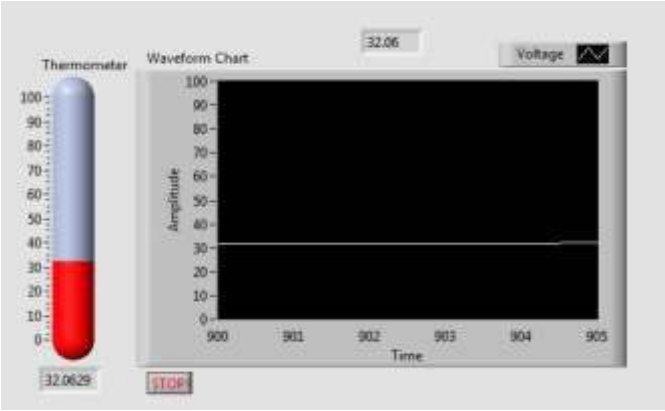
ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 2

จากภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 2 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 35.52 °C



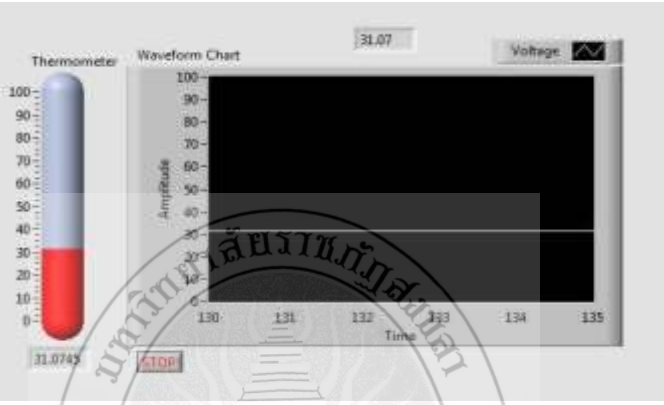
ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 3

จากภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 3 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 32.21 °C



ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 4

จากภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 4 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 32.06 °C



ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 5

จากภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 5 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 31.07 °C

ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ภายในระยะเวลา 5 วัน โดยนำผลการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นทำการบันทึกค่าเก็บเป็นฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม LabVIEW การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิในแต่ละวันแสดงดังตารางที่ 4-1

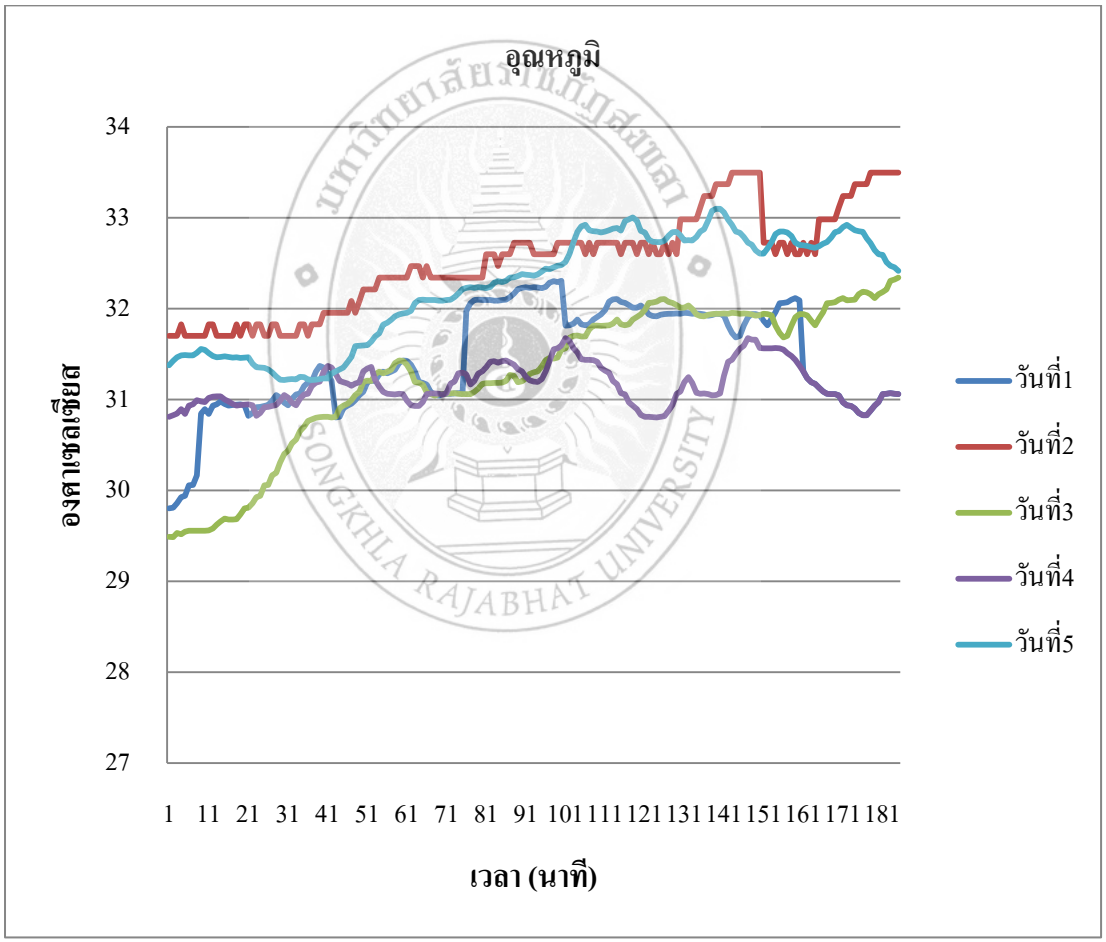
ตารางที่ 4-1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในระยะเวลา 5 วัน

เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
08.00	29.803	31.699	29.489	30.809	31.376
08.30	29.808	31.699	29.487	30.827	31.425
09.00	29.858	31.699	29.533	30.846	31.464
09.30	29.925	31.828	29.518	30.894	31.486

ตารางที่ 4-1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในระยะเวลา 5 วัน (ต่อ)

เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
10.00	29.941	31.699	29.545	30.843	31.490
10.30	30.055	31.699	29.556	30.932	31.484
11.00	30.061	31.699	29.557	30.946	31.486
11.30	30.167	31.699	29.556	30.994	31.514
12.00	30.846	31.699	29.557	30.979	31.555
12.30	30.894	31.699	29.558	30.972	31.544
13.00	30.843	31.828	29.560	31.019	31.511
13.30	30.932	31.828	29.579	31.032	31.478
14.00	30.946	31.699	29.625	31.035	31.464
14.30	30.978	31.699	29.657	31.037	31.467
15.00	30.950	31.699	29.690	31.000	31.477
15.30	30.934	31.699	29.681	30.978	31.469
16.00	30.939	31.699	29.680	30.950	31.463
16.30	30.945	31.828	29.683	30.934	31.464
17.00	30.946	31.699	29.734	30.939	31.459
17.30	30.937	31.828	29.803	30.945	31.463
18.00	30.819	31.828	29.808	30.946	31.466
18.30	30.851	31.699	29.858	30.937	31.393
19.00	30.917	31.828	29.925	30.819	31.357
19.30	30.918	31.828	29.941	30.851	31.351
20.00	30.929	31.699	30.055	30.917	31.347
20.30	30.939	31.699	30.061	30.918	31.329

จากตารางที่ 4-1 แสดงการวัดค่าอุณหภูมิที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ เป็นระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง เวลา 20.30 น. โดยเลือกบันทึกค่าในช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบผลในแต่ละวัน และเป็นการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรมที่ออกแบบด้วย เนื่องจากสถานที่ทดลองงานวิจัยตั้งอยู่บริเวณภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งเป็นสถานที่ราชการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบโปรแกรมให้ทำการบันทึกค่าในช่วงเวลาดังกล่าว จากนั้นนำผลการวัดค่าอุณหภูมิที่ได้ในระยะเวลา 5 วันมาทำการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของอุณหภูมิทั้ง 5 วัน

จากภาพที่ 4-7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั้ง 5 วัน เมื่อเทียบกับเวลา (นาที) โดยเริ่มทำการบันทึกดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จะได้เห็นว่าทุก ๆ นาทีกราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอกบวกกับอุณหภูมิภายในถังหมักของก๊าซชีวภาพแต่ละวัน

ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์อุณหภูมิภายใน 5 วัน ในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงแสดงดังตารางที่ 4-2

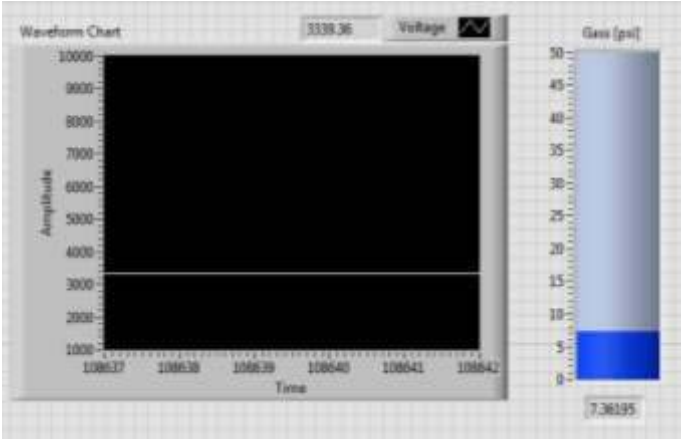
ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของอุณหภูมิ

วันที่	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (องศา)	เวลา	หน่วย (องศา)	เวลา
1	29.803	9.32	32.308	11.10
2	31.996	9.28	33.497	12.23
3	29.487	9.27	32.342	12.30
4	30.809	9.34	31.677	11.13
5	31.252	10.04	33.098	11.55

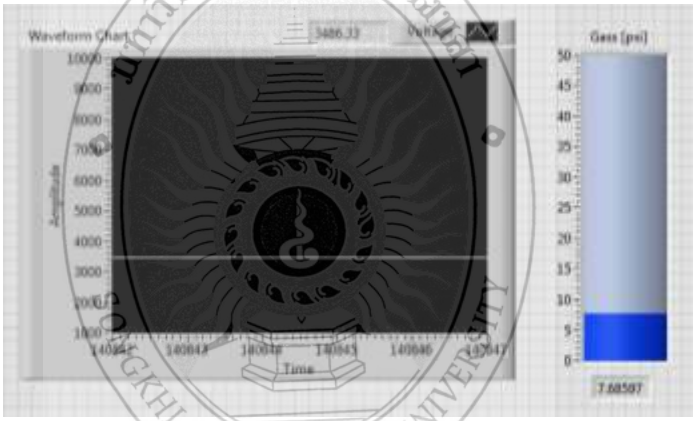
4.1.2 ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์ก๊าซ

ผลการทดลองการวัดค่าของเซนเซอร์ก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจะสังเกตได้ว่าในวันที่ 1-4 ค่าของก๊าซมีเทนจะแตกต่างกันออกไปแสดงดังภาพที่ 4-8 ถึง 4-11 โดยแสดงค่าเวลา (ชั่วโมง) และค่าแรงดันภาพในถังหมัก Part Per Million : PPM ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่แสดงความเข้มของปริมาณก๊าซมีเทนที่อุปกรณ์เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้

จากภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มของก๊าซมีเทนที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel จากการออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าความเข้มของปริมาณมวลก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยใช้หน่วยของการวัดเป็นแบบ PPM : Part Per Million ที่อุปกรณ์เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้ จากภาพค่าที่วัดได้คือ 3339.36 PPM



ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 1

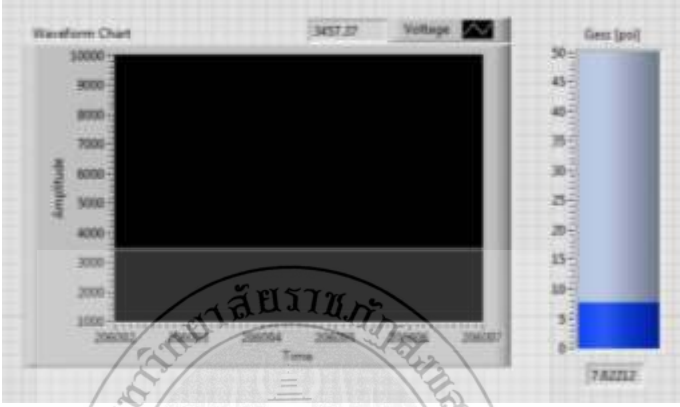


ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 2

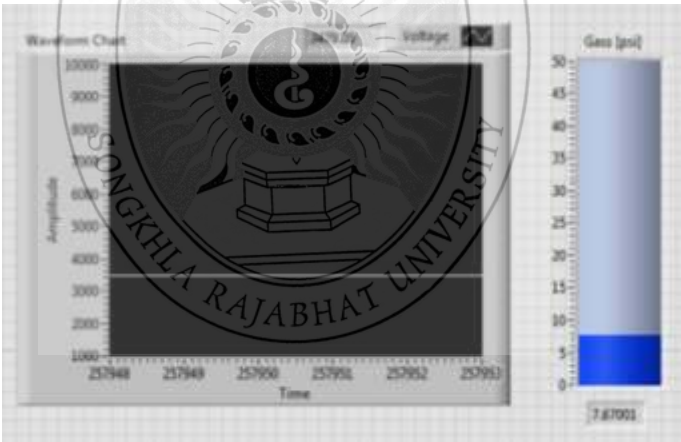
จากภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มของก๊าซมีเทนที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel จากการออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าความเข้มของปริมาณมวลก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยใช้หน่วยของการวัดเป็นแบบ PPM : Part Per Million ที่อุปกรณ์เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้ จากภาพค่าที่วัดได้คือ 3486.33 PPM

จากภาพที่ 4-10 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มของก๊าซมีเทนที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel จากการออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้าน

แกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าความเข้มของปริมาณมวลก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยใช้หน่วยของการวัดเป็นแบบ PPM : Part Per Million ที่อุปกรณ์เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้ จากภาพค่าที่วัดได้คือ 3457.37 PPM



ภาพที่ 4-10 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 3



ภาพที่ 4-11 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 4

จากภาพที่ 4-11 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซมีเทนวันที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มของก๊าซมีเทนที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel จากการออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าความเข้มของปริมาณมวลก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยใช้หน่วยของการวัดเป็นแบบ PPM : Part Per Million ที่อุปกรณ์เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้ จากภาพค่าที่วัดได้คือ 3479.09 PPM จากผลการทดลองวัดค่าปริมาณความเข้มของเซนเซอร์ก๊าซมีเทนด้วยเซนเซอร์

ก๊าซภายใน 1-4 วัน ในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงลงเป็นหน่วย (Part Per Million : PPM) แสดงดังตารางที่ 4-3

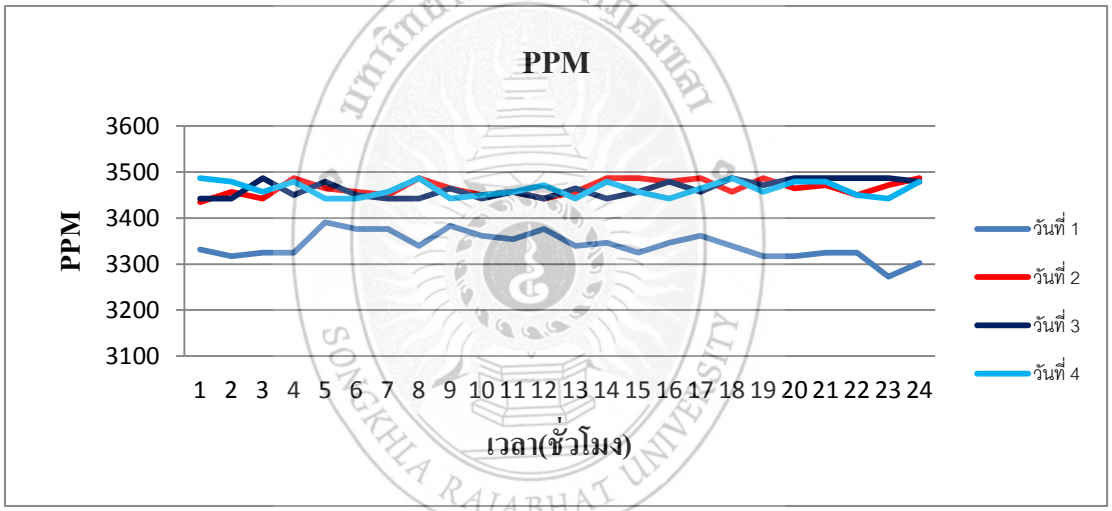
ตารางที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถัง (PPM) ในระยะเวลา 4 วัน

เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
08.00	3331.808	3434.981	3442.350	3486.567
08.30	3317.069	3457.089	3442.350	3479.198
09.00	3324.439	3442.350	3486.567	3457.089
09.30	3324.439	3486.567	3449.720	3479.198
10.00	3390.764	3464.459	3479.198	3442.350
10.30	3376.025	3457.089	3449.720	3442.350
11.00	3376.025	3449.720	3442.350	3457.089
11.30	3339.178	3486.567	3442.350	3486.567
12.00	3383.395	3464.459	3464.459	3442.350
12.30	3361.286	3449.720	3442.350	3449.720
13.00	3353.917	3457.089	3457.089	3457.089
13.30	3376.025	3442.350	3442.350	3471.828
14.00	3339.178	3457.089	3464.459	3442.350
14.30	3346.547	3486.567	3442.350	3479.198
15.00	3324.439	3486.567	3457.089	3457.089
15.30	3346.547	3479.198	3479.198	3442.350
16.00	3361.286	3486.567	3457.089	3464.459
16.30	3339.178	3457.089	3486.567	3486.567
17.00	3317.069	3486.567	3471.828	3457.089
17.30	3317.069	3464.459	3486.567	3479.198

ตารางที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถัง (PPM) ในระยะเวลา 4 วัน (ต่อ)

เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
18.00	3324.439	3471.828	3486.567	3479.198
18.30	3324.439	3449.720	3486.567	3449.720

จากนั้นนำผลการวัดค่าปริมาณแรงดันก๊าซมีเทนด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพที่ได้ทำการบันทึกค่าเก็บไว้ในฐานข้อมูลด้วยการใช้โปรแกรม LabVIEW ในระยะเวลาทดลองเป็นจำนวน 5 วัน ทำการเปรียบเทียบปริมาณค่าความเข้มก๊าซมีเทนแสดงดังภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 แสดงกราฟของก๊าซมีเทนหน่วย (Part Per Million : PPM)

จากภาพที่ 4-12 แสดงกราฟของก๊าซมีเทนที่แสดงหน่วยของการวัดตามคุณลักษณะอุปกรณ์เซนเซอร์ (Part Per Million : PPM) เมื่อเริ่มทำการบันทึกเก็บค่าปริมาณของก๊าซมีเทนภายในถังเก็บก๊าซชีวภาพ จะสังเกตเห็นได้ว่าในระยะเวลาทุก ๆ ชั่วโมงในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงของมวลก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักมูลสุกรภายในถังร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายนอก และปริมาณก๊าซมีเทนที่อุปกรณ์เซนเซอร์ทำการตรวจวัดได้จะมีหน่วยเป็น PPM (Part Per Million) คือ การเทียบอัตราส่วนปริมาณก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังเก็บก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบค่ากับอากาศภายนอกก่อนที่จะทำการบันทึกค่าเก็บไว้ จะต้องทำการเทียบกับสมการในโปรแกรม LabVIEW ดังตารางที่ 4-4

โดยเทียบค่าตามคุณสมบัติของเซนเซอร์ก๊าซมีเทน ที่กำหนดจากปริมาณค่าต่ำ และปริมาณค่าสูงสุดโดยจะเริ่มต้นค่าในการอ้างอิงที่ 1000 (Part Per Million : PPM)

ตารางที่ 4-4 การคำนวณ PPM ย่อมาจาก (Parts-Per-Million) สามารถคำนวณได้จากดูเทียบตาราง

PPM	ส่วนผสมในน้ำ 1 ลิตร
0.1	0.0001 กรัม
0.5	0.0005 กรัม
1	0.001 กรัม
5	0.005 กรัม
10	0.01 กรัม
25	0.025 กรัม
50	0.05 กรัม
100	0.1 กรัม
200	0.2 กรัม
500	0.5 กรัม
1000	0.1 กรัม

จากตารางที่ 4-4 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยการวัดระหว่าง (Part Per Million : PPM) และหน่วยการวัดค่าความดันในถังหมักก๊าซมีเทน (Pound Per Square Inch : PSI) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งมีค่าแรงดันก๊าซเท่ากับ 2.2046 ปอนด์ต่อกิโลกรัม

ตัวอย่างสมการในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยการวัดระหว่างหน่วย PPM เป็นหน่วย PSI

1 PPM = 0.01 kg/m2

1 kg/m2 = 14.223 (PSI)

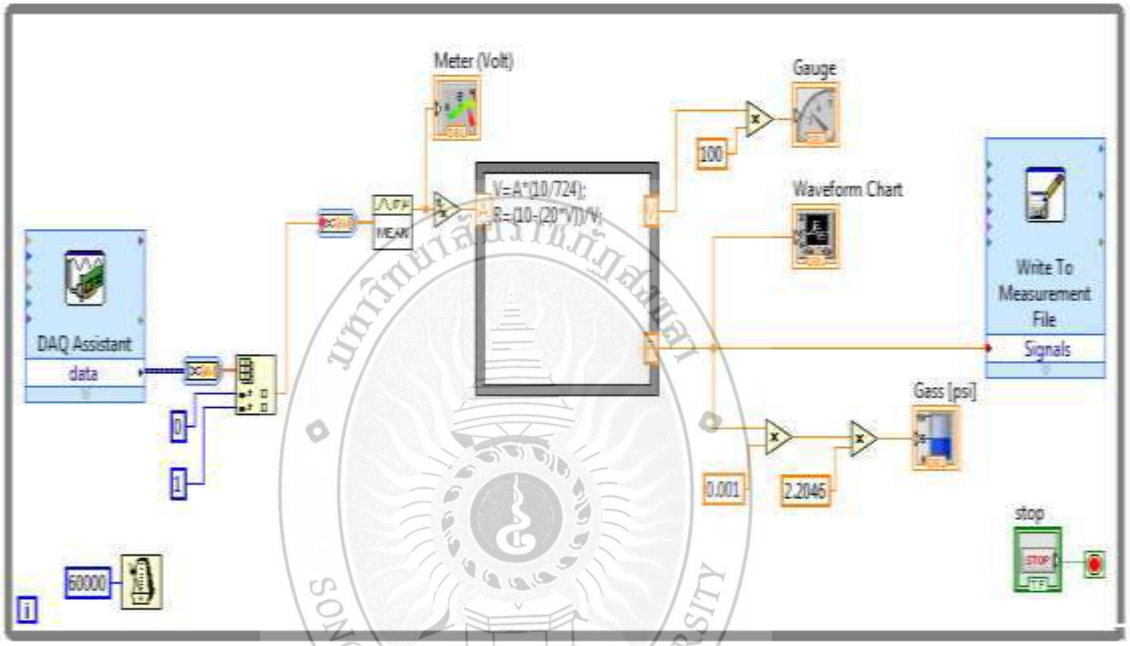
ยกตัวอย่างเช่น ค่าปริมาณ (PPM) = 1579.39 PPM × 0.01 kg/m2

= 15.79 kg/m2

= 15.79 kg/m2 × 14.233 lb/im2

เมื่อแปลงค่าเป็นหน่วย PSI = 229.58 PSI (Pound Per Square Inch)

จากนั้นนำสมการที่ใช้ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยการวัดระหว่าง (Part Per Million : PPM) และหน่วย (Pound Per Square Inch : PSI) มาทำการออกแบบสมการเพื่อใช้ในการปรับค่าสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW ดังภาพที่ 4-13



ภาพที่ 4-13 Block Diagram ของเซนเซอร์วัดก๊าซโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

จากภาพที่ 4-13 แสดงการออกแบบสมการในการเปรียบเทียบค่าหน่วยการวัดระหว่างหน่วย (Part Per Million : PPM) และหน่วย (Pound Per Square Inch : PSI) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW ทำการกำหนดขนาดสัญญาณทางไฟฟ้าที่รับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทนมีค่าเป็นแรงดันไฟฟ้า (Voltage)

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนต่ำสุดและค่าสูงสุดในช่วงเวลาแต่ละวัน ตั้งแต่วันที่ 1 – 4 หน่วย PPM (Part Per Million)

วันที่	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (PPM)	เวลา	หน่วย (PPM)	เวลา
1	3250.743	09.57	3412.872	15.51
2	3427.611	09.34	3493.936	18.02
3	3434.981	22.54	3486.567	09.31
4	3427.611	08.53	3486.567	09.28

ตารางที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในช่วงระยะเวลา 4 วัน หน่วย PSI (Pound Per Square Inch)

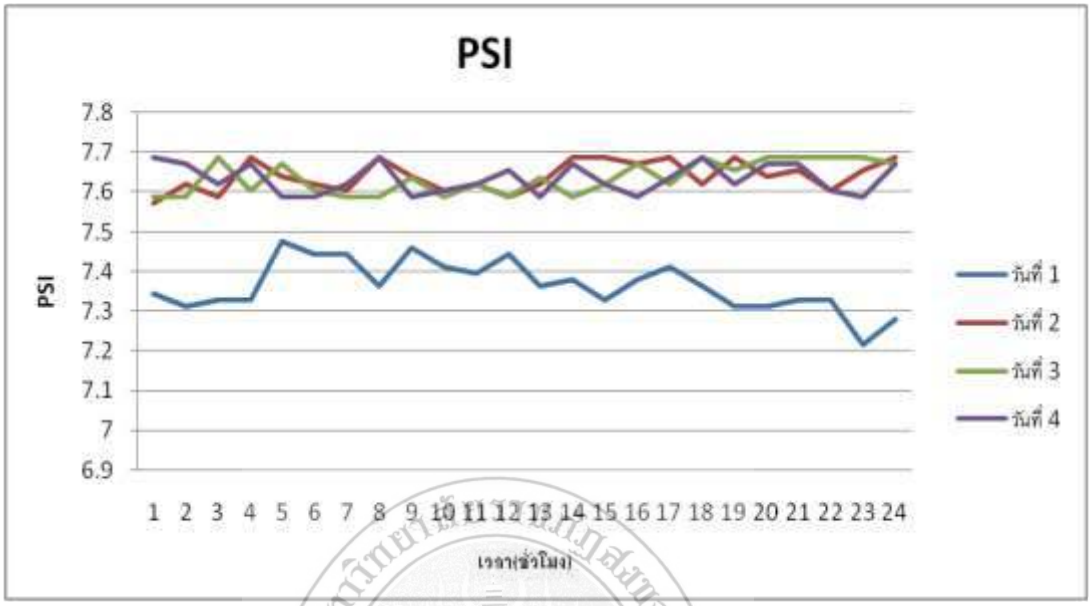
เวลา	**วันที่ 1**	**วันที่ 2**	**วันที่ 3**	**วันที่ 4**
08.00	7.345	7.573	7.589	7.686
08.30	7.313	7.621	7.589	7.670
09.00	7.329	7.589	7.686	7.621
09.30	7.329	7.686	7.605	7.670
10.00	7.475	7.638	7.670	7.589
10.30	7.443	7.621	7.605	7.589
11.00	7.443	7.605	7.589	7.621
11.30	7.362	7.686	7.589	7.686
12.00	7.459	7.638	7.638	7.589
12.30	7.410	7.605	7.589	7.605
13.00	7.394	7.621	7.621	7.621
13.30	7.443	7.589	7.589	7.654
14.00	7.362	7.621	7.638	7.589

ตารางที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในช่วงระยะเวลา 4 วัน หน่วย PSI (Pound Per Square Inch) (ต่อ)

เวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
14.30	7.378	7.686	7.589	7.670
15.00	7.329	7.686	7.621	7.621
15.30	7.378	7.670	7.670	7.589
16.00	7.410	7.686	7.621	7.638
16.30	7.362	7.621	7.686	7.686
17.00	7.313	7.686	7.654	7.621
17.30	7.313	7.638	7.686	7.670
18.00	7.329	7.654	7.686	7.670
18.30	7.329	7.605	7.686	7.605

จากตารางที่ 4-6 แสดงผลการทดลองวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนโดยใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 4 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาทำการบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซมีเทน และจากตารางที่ 4-5 ทำการแปลงค่าจากหน่วยการวัดตามคุณลักษณะอุปกรณ์เซนเซอร์ PPM (Part Per Million) เป็นหน่วยการวัด PSI (Pound Per Square Inch) หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นหน่วยวัดความดัน โดยกำหนดให้ค่าหนึ่งปอนด์ต่อตารางนิ้วหมายถึง ค่าความดันซึ่งเป็นผลจากแรงหนึ่งแรงปอนด์กระทำต่อพื้นที่หนึ่งตารางนิ้ว เป็นค่าการวัดความดันที่เป็นค่ามาตรฐานในระบบเอสไอ ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้ในการวัดค่าแรงดันที่อยู่ในถังบรรจุก๊าซหุงต้ม แอลพีจี ที่ใช้งานทั่วไปตามบ้านเรือน และเพื่อให้เป็นหน่วยการวัดที่เข้าใจได้ง่ายขึ้นสำหรับบุคลากรทั่วไปที่มีความสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติมจากโครงการวิจัยเรื่องนี้ด้วย

จากภาพที่ 4-14 เป็นการเทียบอัตราส่วนของหน่วยการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทน PPM (Part Per Million) โดยทำการเปรียบเทียบค่าจากอัตราส่วนที่กำหนดให้ค่าแรงดันก๊าซมีเทน 1 PPM จะมีค่าเท่ากับ 0.01 กิโลกรัม เมื่อคูณค่าแรงดันกับหน่วย (Pound Per Square Inch : PSI) ซึ่งมีค่าแรงดันก๊าซมีเทนเท่ากับ 2.2046 ปอนด์ต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 4-14 ปริมาณความเข้มก๊าซมีเทนหน่วยการวัด (Pound Per Square Inch : PSI)

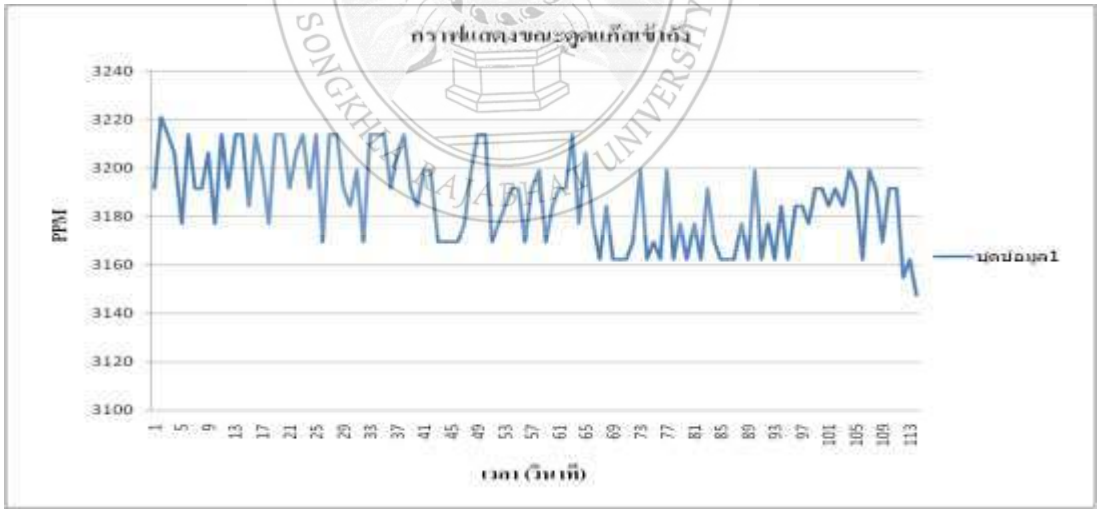
ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนตามช่วงเวลาที่มีค่าปริมาณความเข้มของก๊าซชีวภาพต่ำสุดและเวลาสูงสุดในหน่วยการวัด (Pound Per Square Inch : PSI)

วันที่	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (PSI)	เวลา	หน่วย (PSI)	เวลา
1	7.166	09.57	7.524	15.51
2	7.556	09.34	7.702	18.02
3	7.572	22.54	7.686	09.31
4	7.556	08.53	7.686	09.28

จากตารางที่ 4-7 แสดงผลการทดลองวัดค่าปริมาณความเข้มก๊าซมีเทนโดยใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 4 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาทำการบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซมีเทน แสดงเป็นหน่วยการวัด PSI (Pound Per Square Inch)

4.2 ผลการทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพภายในถังเก็บ

การทดลองดูดก๊าซมีเทนโดยใช้ชุดฟอกก๊าซคอมเพรสเซอร์เครื่องทำความเย็นทำการฟอกก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักด้วยมูลสุกรมาเก็บยังถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม จากนั้นทำการตรวจวัดแรงดันก๊าซมีเทนภายในถังก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มด้วยอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันมีหน่วยการวัดในอัตราส่วนปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำค่าที่ได้จากการวัดมาทำการเปรียบเทียบค่าจากชุดเซนเซอร์วัดก๊าซมีเทน และปรับค่าให้มีค่าใกล้เคียงกันกับอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันด้วยการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ในส่วนฟังก์ชั่นของโปรแกรม LabVIEW อุปกรณ์ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในขณะที่ทำดูดก๊าซ โดยใช้ชุดฟอกก๊าซเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาบรรจุในถังเก็บก๊าซ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ชุดคอมเพรสเซอร์ที่ใช้งานลักษณะเดียวกันกับชุดทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ในการดูดก๊าซมีเทนผ่านชุดฟอกก๊าซเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์และสามารถทำการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนผ่านชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากชุด Sensor ตรวจวัดก๊าซมีเทนเข้ามายังอุปกรณ์ DAQ 9219 และ DAQ 6008 เพื่อนำสัญญาณที่วัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนมาทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-15 ปริมาณค่าแรงดันก๊าซมีเทนขณะทำการดูดเข้าถังเก็บ

จากภาพที่ 4-15 แสดงปริมาณค่าแรงดันก๊าซมีเทนขณะทำการดูดเข้าถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม โดยขณะที่ทำการดูดก๊าซมีเทนเข้าถังเก็บก๊าซแอลพีจี เมื่อเริ่มทำการดูดก๊าซเข้าถังเก็บ จะเห็นได้ว่าช่วงระยะเวลาทุกๆ วินาทีกราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าปริมาณแรงดันสูงสุด และมีค่าแรงดันลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าต่ำสุด

ตารางที่ 4-8 การทดลองการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้งาน

ถังเก็บก๊าซแอลพีจี ขนาด 4 ก.ก. ลำดับที่	เวลาในการดูด (นาที)	ปริมาณการอัด (Psi) ปอนด์/ตารางนิ้ว	การใช้งาน (นาที)
1	20	70	12
2	15	70	12
3	15	70	11
4	10	70	10
5	5	70	8

จากตารางที่ 4-8 แสดงการทดลองการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากการหมักด้วยมูลสัตว์และผ่านกระบวนการทดลองดูดก๊าซมีเทนโดยใช้ชุดฟอกก๊าซคอมเพรสเซอร์เครื่องทำความเย็นทำการฟอกก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักด้วยมูลสุกรมาเก็บยังถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม ไปใช้งาน ไปใช้งานพบว่า ถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัมถังที่ 1 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 20 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 12 นาที ถังที่ 2 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 15 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 12 นาที ถังที่ 3 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 10 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 11 นาที ถังที่ 4 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 10 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 10 นาที ถังที่ 5 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 5 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 8 นาที

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนาวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพและบันทึกผลเก็บไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพได้ง่ายและมีความปรอดภัยมากยิ่งขึ้น สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองผู้ดำเนินงานวิจัยได้สร้างชุดสาธิตการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ติดตั้งไว้ในส่วนของวงจรควบคุมสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไว้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยออกแบบการทำงานของโปรแกรมให้ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ ผ่านทางอุปกรณ์เซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ติดตั้งไว้มาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมติดต่อสื่อสารระหว่าง ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณภายนอกกับส่วนของการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดลองพบว่า การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพสามารถวัดค่าสัญญาณที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ส่งสัญญาณออกมาเป็นปริมาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จากนั้นทำการเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นค่าของปริมาณอุณหภูมิและปริมาณก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาแสดงผลและทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและก๊าซชีวภาพที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน ผลการทดลองวัดค่าของเซ็นเซอร์แต่ละแบบจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนเพื่อที่จะใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และปริมาณก๊าซชีวภาพภายในถังหมักด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยการแสดงค่าผ่านหน้าจอแสดงผลหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม

การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์เป็นระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง เวลา 20.30 น. ค่าของอุณหภูมิค่าที่วัดได้ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 29.48717 องศาเซลเซียส ณ เวลา 09.27 น. และค่าของอุณหภูมิค่าที่วัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 33.49727 องศาเซลเซียส ณ เวลา 12.23 น.

ผลการทดลองการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพโดยแสดงค่าเวลา (ชั่วโมง) เทียบกับค่าแรงดันภาพในถังหมัก Part Per Million : PPM ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่แสดงความเข้มของปริมาณก๊าซมีเทนที่อุปกรณ์เซ็นเซอร์ทำการตรวจวัดได้มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันของก๊าซมีเทนภายในถัง (PPM) ในระยะเวลา 4 วัน ค่าปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 3250.743 PPM ณ เวลา 09.57 น. และค่าปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 3493.936 PPM ณ เวลา 18.02 น. จากนั้นทำการเทียบอัตราส่วนของหน่วยการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทน PPM (Part Per Million) เป็นหน่วย (Pound Per Square Inch : PSI) ผลการทดลองวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนตามช่วงเวลาที่มีค่าปริมาณความเข้มของก๊าซชีวภาพต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 7.166 PSI ณ เวลา 09.57 น. และค่าปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 7.702 PSI ณ เวลา 18.02 น. จากนั้นทำการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลสุกรและแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ครั้งเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่สร้างขึ้น ครั้งที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 7 กรกฎาคม 2558 ถึง วันที่ 14 กรกฎาคม 2558 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพจำนวน 200 ปอนด์/ตารางนิ้ว ทดลองครั้งที่ 2 ใช้ระยะเวลา 2 สัปดาห์ตั้งแต่ วันที่ 20 ตุลาคม 2558 ถึง วันที่ 3 พฤศจิกายน 2558 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพจำนวน 300 ปอนด์/ตารางนิ้ว ค่าที่วัดได้จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา

5.2 ปัญหาในการดำเนินงานวิจัย

5.2.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณก๊าซมีเทนเป็นอุปกรณ์เฉพาะที่ไม่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปจึงส่งผลให้ใช้เวลานานในการจัดเตรียมอุปกรณ์ดังกล่าว และการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ ทางคณะผู้วิจัยยังขาดเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง จึงต้องทำการทดลองเปรียบเทียบค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ดังกล่าวด้วยการออกแบบโปรแกรม LabVIEW และการหาค่าสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการเปรียบเทียบแทน

5.2.2 งานวิจัยที่ทำครั้งนี้ต้องทำการบันทึกข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อนที่สะสมเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความ

จำเป็นต้องสั่งซื้ออุปกรณ์เซนเซอร์ตัวใหม่ซึ่งใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อประมาณ 2 เดือนเพื่อมาทดสอบการทำงานและออกแบบการเขียนโปรแกรม จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ด้านการตรวจวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพทางด้านอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในด้านเกษตรกรรม

5.3.2 ควรจะมีการพัฒนาในด้านการควบคุมระยะไกลผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูล เพื่อส่งผลให้มีความสะดวกเพิ่มมากขึ้นในด้านเกษตรกรรมที่ทำการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีสถานที่ตั้งห่างไกลจากที่พักอาศัย

5.3.3 ควรมีการนำผลจากการวิจัยที่ได้ไปเผยแพร่ให้แก่ชุมชนที่มีการเลี้ยงสุกรเป็นลักษณะของฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เพื่อทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลในการผลิตก๊าซชีวภาพและวิธีการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่มีใช้งานในสภาพแวดล้อมจากสถานที่ปฏิบัติงานจริง

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY