



รายงานการวิจัย

การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานโดยชุดตรวจวัด
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW

Comparison of Biogas from Manure and Energy Crops by Detector with
LabVIEW Computer Program



สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ศรัณย์ อนุรักษ์กุล
เสกสรร ชะนะ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ชื่องานวิจัย การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานโดยชุด
ตรวจวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW
ผู้วิจัย ศรัณย์ ณรงค์กุล และ เสกสรร ชะนะ
คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปี 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสุกรและมัน
สำปะหลัง เพื่อพัฒนาก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนใช้ประโยชน์ในอนาคต โดยใช้โปรแกรม
คอมพิวเตอร์ LabVIEW ซึ่งประกอบด้วยสามส่วน ส่วนแรกเป็นสัญญาณอินพุตที่ต้องการนำมาวัด
สัญญาณจากอุปกรณ์เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์และค่าที่ได้มาทำการแสดงผล ส่วนที่สองจะเป็น
วงจรไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากทางด้านอินพุตแบบอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบดิจิทัลและ
เชื่อมประสานสัญญาณเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านการเชื่อมต่อด้วยพอร์ต USB ส่วนที่สามเป็น
เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม LabVIEW ซึ่งรับสัญญาณแบบดิจิทัลเพื่อแสดงผลบน
จอแสดงผล ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างมี
ประสิทธิภาพเช่นเดียวกับเครื่องมือวัดทั่วไป เพื่อนำไปใช้ศึกษาการควบคุมตรวจเช็คการทำงานของ
ถังหมักก๊าซชีวภาพให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการวัดค่าก๊าซชีวภาพของแต่ละถังได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

ผลการทดลองของการวัดค่าได้สูงสุดและต่ำสุดของก๊าซชีวภาพที่ได้จากมันสำปะหลัง และ
ก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสุกร โดยใช้ชุดทดลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW
เพื่อประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการหาปริมาณของการหาค่าก๊าซชีวภาพได้เป็นอย่างดีโดยการวัด
ค่าจากเซนเซอร์และควบคุมส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้าโดยให้อุปกรณ์ DAQ – 6008 รับ
สัญญาณในช่อง Analog Input จากนั้นส่งค่าที่วัดได้ไปยังโปรแกรม LabVIEW เพื่อเปลี่ยนสัญญาณ
แรงดันไฟฟ้าให้เป็นค่าของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิ จากการทดลองในครั้งนี้
ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงทางด้านอุตสาหกรรมหรือด้านเกษตรกรรม เพื่อที่จะทำการ
แสดงผลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เลข Dlib#	1142823
วันที่	25 เม.ย. 2567
เลขบันทึกหนังสือ	665.776 ด 170

Research Title	Comparison of Biogas from Manure and Energy Crops by Detector with LabVIEW Computer Program
Researcher	Assistant Professor Dr. Sarun Narongkul and Mr.Sakesan Chana
Faculty	Industrial Technology
Year	2017

Abstract

This research has the objectives for comparison in biogas production from pig manure and cassava to develop the biogas to be an alternative energy in the future by there is to apply the computer program such as LabVIEW. Consists of 3 parts; First part is input signal for measurement and display. Second part is an analog to digital converter circuits and to connect the signal into the computer by USB. Third part is a computer with LabVIEW installation to receive a digital signal to display on the monitor. The testing result shows that the tools can work effectively like general measuring tool so the tool is a part of gas value measure and it can control and cooperate with signal measuring tool such as sensor to apply for studying and checking in biogas fermented tank and it makes the user can measure the gas value easily.

The testing result of value measurement at maximum and minimum of cassava and pig manure gas to apply a testing set of LabVIEW to integrate in the applying to control quantity finding of gas by the value measurement from sensor and then it sends the signal in voltage into DAQ – 6008 tool to receive a signal in Analog Input channel and then sending measuring value is to LabVIEW program to transform Voltage signal to be the value of gas and temperature. From this testing can integrate in industry and agriculture to display the biogas quantity efficiently.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากหลายส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก
ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560 และ
สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้
ผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษาทุกท่านในโปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและ
เทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ได้ให้คำปรึกษางานวิจัย
พร้อมทั้งให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา คณะผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

คุณค่าและประโยชน์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ หวังว่าคงเป็นแนวทางการศึกษาของผู้ที่มี
ความสนใจทางด้านพลังงานทดแทน นักวิจัย นักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

ท้ายนี้ ประโยชน์อันพึงมีจากการดำเนินงานในครั้งนี้ ขอมอบแด่มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ศรัณย์ ณรงค์กุล และ เสกสรร ชะนะ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ตุลาคม 2560



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพ	5
2.2 ก๊าซชีวภาพจากพืชเศรษฐกิจ	15
2.3 ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน	19
2.4 ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์	22
2.5 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ - เทอร์โมคัปเปิล	25
2.6 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพชนิดมีเทน	35
2.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW	38
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	47
2.9 สรุป	52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง	53
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพ	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์	61
3.4 วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ	62
3.5 เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซมีเทน	65
3.6 การออกแบบโปรแกรม LabVIEW	69
3.7 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพด้วยมูลสุกรและหัวมันสำปะหลัง	73
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	
4.1 ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW	78
4.2 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซและเซนเซอร์อุณหภูมิระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในวันที่ 1	79
4.3 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซและเซนเซอร์อุณหภูมิระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในวันที่ 5	83
4.4 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซและเซนเซอร์อุณหภูมิจากหัวมันสำปะหลังภายในถังหมักก๊าซชีวภาพรวมทั้ง 5 วัน	87
4.5 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซชีวภาพและเซนเซอร์อุณหภูมิจากมูลสุกรภายในถังหมักก๊าซชีวภาพรวมทั้ง 5 วัน	91
4.6 ผลการทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพภายในถังเก็บ	94
บทที่ 5 สรุปข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	96
5.2 ปัญหาในการดำเนินงานวิจัย	98
5.3 ข้อเสนอแนะ	98
บรรณานุกรม	99
ประวัติผู้วิจัย	103

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2-1 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่างๆ	8
ตารางที่ 2-2 ปริมาณมูลสดของสัตว์ชนิดต่างๆ	8
ตารางที่ 2-3 ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกของสุกรแต่ละช่วงอายุ	9
ตารางที่ 2-4 ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ	9
ตารางที่ 2-5 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	11
ตารางที่ 2-6 พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลัง ปี 2549-2552	18
ตารางที่ 2-7 เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศผู้ผลิตสำคัญ	18
ตารางที่ 2-8 แสดงพื้นที่เพาะปลูกและกำไรสุทธิของข้าวและพืชไร่ที่มีศักยภาพ	21
ตารางที่ 2-9 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่างๆ	23
ตารางที่ 2-10 ปริมาณมูลสดของสัตว์ชนิดต่างๆ	23
ตารางที่ 2-11 ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกของสุกรแต่ละช่วงอายุ	24
ตารางที่ 2-12 ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ	24
ตารางที่ 3-1 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่ วันที่ 4 ส.ค. 2560 - 19 ส.ค. 2560	75
ตารางที่ 3-2 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพหิวมันสำปะหลังตั้งแต่ วันที่ 4 ส.ค. 2560 - 13 ส.ค. 2560	77
ตารางที่ 4-1 ก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิหิวมันสำปะหลังและมูลสุกร วันที่ 1 (5 ก.ย. 2560)	80
ตารางที่ 4-2 ก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิหิวมันสำปะหลังและมูลสุกร วันที่ 5 (9 ก.ย. 2560)	85
ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองช่วงเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและช่วงเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด ของก๊าซชีวภาพจากหิวมันสำปะหลังรวมทั้ง 5 วัน หน่วย: PPM	88
ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของก๊าซชีวภาพ หิวมันสำปะหลังทั้ง 5 วัน หน่วย: PSI	89
ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของอุณหภูมิ	90
ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองช่วงเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและช่วงเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของ ก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน หน่วย: PPM	92
ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของ ก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน หน่วย: PSI	92
ตารางที่ 4-8 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของอุณหภูมิ	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4-9	95



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2-1 ผลซีเบ็คของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน	25
ภาพที่ 2-2 ผลของเพลเทียร์	26
ภาพที่ 2-3 การเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0 °C ถึง 2000 °C ซึ่งจะสมมูลกับการเคลื่อนที่ ลงเส้นโค้งแรง	28
ภาพที่ 2-4 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล	28
ภาพที่ 2-5 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซหุงต้ม 1	36
ภาพที่ 2-6 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซหุงต้ม 2	37
ภาพที่ 2-7 วงจรของโมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	37
ภาพที่ 2-8 โมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	38
ภาพที่ 2-9 ตัวอย่างเครื่องมือวัดเสมือนที่สร้างจาก LabVIEW	39
ภาพที่ 2-10 การเข้าสู่โปรแกรม LABVIEW	40
ภาพที่ 2-11 หน้าจอการเขียนโปรแกรมและหน้าจอแสดงผล	42
ภาพที่ 2-12 Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW	43
ภาพที่ 2-13 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW	43
ภาพที่ 2-14 Object ที่อยู่บน Front Panel ของ LabVIEW เครื่องมือที่ใช้ออกแบบ	45
ภาพที่ 2-15 Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	45
ภาพที่ 2-16 Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	45
ภาพที่ 2-17 ตัวอย่าง Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW	46
ภาพที่ 2-18 ตัวอย่าง Block Diagram Node ของโปรแกรม LabVIEW	47
ภาพที่ 2-19 เครื่องมือสำหรับ Dam – Data Acquisition โปรแกรม LabVIEW	47
ภาพที่ 3-1 แสดงลักษณะบ่อโดมคงที่	55
ภาพที่ 3-2 ลักษณะถังหมักแบบวาง	57
ภาพที่ 3-3 โครงสร้างระบบตรวจสอบปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	57
ภาพที่ 3-4 แบบโครงสร้างของถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ	58
ภาพที่ 3-5 ถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ	58
ภาพที่ 3-6 แบบโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ	59
ภาพที่ 3-7 ถังหมักก๊าซชีวภาพ	59
ภาพที่ 3-8 แบบโครงสร้างชุดกรองก๊าซชีวภาพ	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 3-9 ชุดกรองก๊าซชีวภาพ	60
ภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply 12 VDC สำหรับวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน	61
ภาพที่ 3-11 วงจร Power Supply 5 VDC สำหรับวงจรตรวจจับอุณหภูมิ	61
ภาพที่ 3-12 วงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์	62
ภาพที่ 3-13 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ	63
ภาพที่ 3-14 ลักษณะวงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ	63
ภาพที่ 3-15 วงจรแบ่งแรงดัน	63
ภาพที่ 3-16 วงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	64
ภาพที่ 3-17 ชุดตรวจจับวัดอุณหภูมิ	65
ภาพที่ 3-18 การติดตั้งชุดตรวจจับวัดอุณหภูมิ	65
ภาพที่ 3-19 โมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	65
ภาพที่ 3-20 วงจรของโมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5	66
ภาพที่ 3-21 การติดตั้งชุดโมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ	67
ภาพที่ 3-22 อุปกรณ์ชุดเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน	67
ภาพที่ 3-23 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ 9219 และ DAQ 6008 ร่วมกับชุด Sensor ตรวจวัดก๊าซมีเทน	68
ภาพที่ 3-24 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และการแสดงผลข้อมูล	68
ภาพที่ 3-25 การทดลองดูค่าก๊าซมีเทน โดยใช้ชุดฟลอกก๊าซ	69
ภาพที่ 3-26 หน้าต่างโปรแกรม LabVIEW	69
ภาพที่ 3-27 Block Diagram โปรแกรม Lab VIEW	70
ภาพที่ 3-28 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม LabVIEW	71
ภาพที่ 3-29 Block Diagram ของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	72
ภาพที่ 3-30 Block Diagram ของเซนเซอร์วัดก๊าซ	72
ภาพที่ 3-31 ชุดอินเตอร์เฟส DAQ 6008	73
ภาพที่ 3-32 การใส่หัวมันสำปะหลังและการใส่หลอดสุกรของแต่ละถังหมัก	73
ภาพที่ 3-33 การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้หลอดสุกรทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด	74
ภาพที่ 3-34 การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้หัวมันสำปะหลังทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด	76
ภาพที่ 4-1 ส่วนแสดงผลหน้าจอหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม LabVIEW	78

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4-2 ส่วนแสดงผลค่าอุณหภูมิที่วัดได้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพมันสำปะหลังวันที่ 1	79
ภาพที่ 4-3 ส่วนแสดงผลค่าอุณหภูมิที่วัดได้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรวันที่ 1	79
ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร	82
ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร	82
ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของอุณหภูมิของหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรวันที่ 1	83
ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของหัวมันสำปะหลังอุณหภูมิวันที่ 5	83
ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของมูลสุกรอุณหภูมิวันที่ 5	84
ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร (Part Per Million : PPM) วันที่ 5 (9 ก.ย. 2560)	86
ภาพที่ 4-10 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร (Pound Per Square Inch: PSI) วันที่ 5 (9 ก.ย. 2560)	86
ภาพที่ 4-11 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของอุณหภูมิของหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรวันที่ 5	87
ภาพที่ 4-12 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังรวมทั้ง 5 วัน (หน่วย: PSI)	88
ภาพที่ 4-13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจากหัวมันสำปะหลังรวมทั้ง 5 วัน	90
ภาพที่ 4-14 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน (หน่วย: PSI)	91
ภาพที่ 4-15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน	93
ภาพที่ 4-16 ปริมาณค่าแรงดันก๊าซมีเทนขณะทำการดูดเข้าถังเก็บ	94

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มนุษย์นำพลังงานมาใช้ในการดำรงชีวิตตั้งแต่สมัยโบราณ เริ่มจากการใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากการเสียดสีของไม้หรือหินเพื่อให้เกิดความอบอุ่น แสงสว่างและการหุงต้มอาหาร มนุษย์เริ่มรู้จักทำกังหันวิดน้ำ ทำกังหันลมเพื่อยกของหนักและบดเมล็ดธัญพืช พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมสวัสดิภาพและความผาสุกของประชาชนแต่ละประเทศทั่วโลก พลังงานมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับความมั่นคงของประเทศทั้งทางการเมือง การทหาร เศรษฐกิจและสังคม ปัจจุบันมีการใช้พลังงานมากขึ้น ในการพัฒนาเศรษฐกิจทุกสาขาเช่น อุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง การไฟฟ้า เป็นต้น ปริมาณการใช้พลังงานมีความสัมพันธ์กับฐานะทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ก๊าซหุงต้มเป็นหนึ่งในทางเลือกสำคัญสำหรับประกอบอาหารในครัวเรือน แต่ปัจจุบันนี้เป็น “ยุคพลังงานแพง” ไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ก๊าซ อีกทั้งยังเป็น “ยุคโลกร้อน” สภาวะแวดล้อมทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย กำลังย่ำแย่ลงเรื่อยๆ ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าและประหยัด การใช้พลังงานทดแทน พลังงานจากเศษสิ่งต่างๆ ที่แปรเป็นพลังงาน รวมถึงการใช้พลังงานที่ช่วยลดมลพิษ จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ ทั้งเพื่อเป็นการประหยัด เพื่อเศรษฐกิจชาติ และเพื่อสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยประหยัดและช่วยในด้านสิ่งแวดล้อม (บรรพต ทองมาก, 2546)

ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว จึงก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ปัญหามลพิษที่เกิดจากการใช้พลังงาน และจากของเสียต่างๆ ที่นับวันจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งของเสีย (อินทรีย์วัตถุ) ที่เกิดจากขยะชุมชน การทำเกษตรกรรม การถางป่า และจากอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมากต่อ ดิน น้ำ และอากาศ เมื่ออยู่ในสภาวะไร้อากาศของเสียเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน ที่มีผลต่อสภาวะเรือนกระจกของบรรยากาศโลกที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งก๊าซมีเทนใน ส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานทดแทนได้ ด้วยวิธีการบำบัดของเสียแบบไร้อากาศ ที่สามารถลดปัญหาสภาวะเรือนกระจก ได้พลังงานหมุนเวียนที่นำมาใช้ได้ใหม่ เพราะอยู่ในวัฏจักรการสังเคราะห์แสงของพืช และเป็นการบำบัดของเสียไปด้วย ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อม จัดว่าเป็นปัญหาสำคัญของโลก การเลือกเทคโนโลยีการบำบัดของเสียจะต้องพิจารณาความเหมาะสม ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การพัฒนาศักยภาพการบำบัดของเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการ

ดำรงชีวิต เมื่อประชากรมีจำนวนมากขึ้นความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้น ภาครัฐได้มีนโยบายในการลดและประหยัดการใช้พลังงานในทุกภาคส่วนซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาด้านพลังงานจากต่างประเทศ และสนับสนุนการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ไบโอดีเซล ก๊าซโซฮอสต์ และก๊าซชีวภาพ โดยก๊าซชีวภาพนี้สามารถผลิตได้จากของเสียที่เป็นอินทรีย์สารต่างๆ กระบวนการผลิตพลังงานได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นพลังงานทดแทนจากการใช้วัตถุดิบภายในประเทศและสามารถช่วยแก้ไขปัญหาล้างแวลล้อมควมคู่กัน (กฤษฎา สวนจันทร์ และ รณชัย เอกฉัตร, 2549) สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานประเภทหมุนเวียน เช่น พลังงานจากชีวมวล พลังน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ก๊าซชีวภาพ เพื่อทดแทนพลังงานประเภทสิ้นเปลืองที่กำลังจะหมดไป แนวทางในการจัดการพลังงานของประเทศจึงได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนพลังงานทางเลือกมากขึ้น หนึ่งในนั้นคือก๊าซชีวภาพซึ่งปัจจุบันมีการผลิตจากมูลสัตว์ ขยะอินทรีย์ และเศษอาหารเป็นจำนวนมากในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน โดยมีวิธีการผลิตและขั้นตอนการผลิตแตกต่างกันตามความรู้ความเข้าใจและการสนับสนุนที่ได้รับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (วิสาข่า ภูจินดา, 2558)

เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ (Biogas) ประกอบด้วยพลังงานจากก๊าซที่ได้จากน้ำเสียทั้งจากกลุ่มอุตสาหกรรมบางประเภทและกลุ่มของเสียจากฟาร์มสัตว์ เช่น ฟาร์มหมู ฟาร์มไก่ เป็นต้นเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพนี้ นอกจากการพัฒนาพลังงานเพื่อใช้แล้วยังเป็นการกำจัดของเสียที่จุดผลิตหรือที่จุดกำเนิด ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงก๊าซจึงมีทั้งผลดีต่อระบบของโรงงานหรือผู้ประกอบการในการทำลายของเสียหรืออุตสาหกรรมทางการเกษตร เช่นฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ โรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเช่น โรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์รวมถึงโรงฆ่าสัตว์และขยะชุมชน เป็นต้น และยังทำให้เกิดพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งยังไม่มีค่าใช้จ่ายของการขนส่งอีกด้วยปกติเชื้อเพลิงเหลวจะติดไฟง่ายกว่าเชื้อเพลิงแข็ง โดยสามารถฉีดเป็นฝอยละอองเข้าผสมกับอากาศได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอเข้าผสมกับอากาศ 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. ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ (H_2O) ระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้

แพร่หลายมีหลายวิธีด้วยกันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของน้ำเสีย/ของเสีย โดยสรุปเทคโนโลยีที่ใช้ในประเทศไทย ตามแหล่งที่มาของของเสีย/น้ำเสีย (ประทีน กุลลวนิชย์ และคณะ, 2550)

การทดลองและการวัดปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะทำการตรวจวัดที่ระยะเวลาในการกักเก็บที่ต่างกัน เนื่องจากอุณหภูมิจะมีส่วนสำคัญต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้นในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพเพื่อทำการเก็บข้อมูลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ จะต้องเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำที่สุดของแต่ละปี การทดลองจะประกอบด้วยโรงผลิตก๊าซชีวภาพขนาดต่าง ๆ ตามระยะเวลาที่กักเก็บที่แตกต่างกันอย่างน้อย 4 โรง จากนั้นทำการใส่มูลสัตว์และน้ำ ตามจำนวนที่กำหนดไว้แล้วนำผลปริมาตรก๊าซที่วัดได้มาเขียนกราฟเพื่อนำมาใช้คำนวณหาขนาดของปริมาตรที่เก็บก๊าซชีวภาพและปริมาตรถังย่อยสลายต่อไป โดยจะเห็นว่าการทดลองวัดปริมาณก๊าซชีวภาพโดยวิธีดังกล่าวมีการลงทุนที่สูง และใช้เวลานาน (เสริมพล รัตนสุข และคณะ, 2554)

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน โดยสร้างเป็นชุดสาธิตการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพ สำหรับช่วยในกระบวนการตรวจวัดปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่ภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของการเกิดก๊าซชีวภาพสำหรับเป็นการเลือกใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน

1.2.2 เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของระบบการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW เพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน

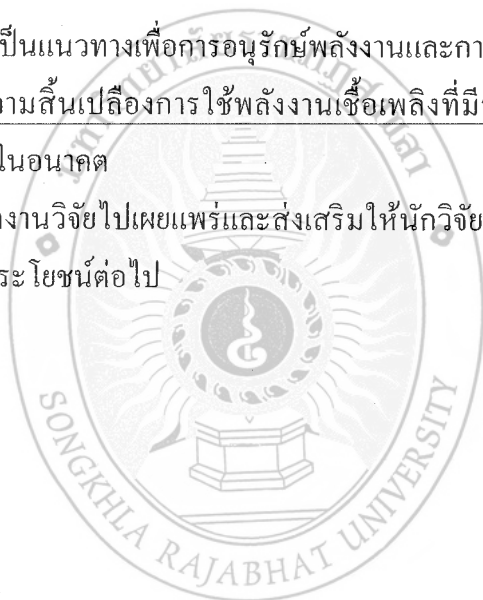
1.2.3 เพื่อทดสอบการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

สร้างชุดตรวจก๊าซชีวภาพ 2 ชุด โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนและอุณหภูมิ เชื่อมต่อสัญญาณการตรวจวัดแสดงผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW เพื่อนำไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการตรวจวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพเพื่อนำมาแสดงผลและบันทึกค่าเก็บไว้ ทำให้ผู้หมักก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาใช้เองในครัวเรือนได้รู้ถึงระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานที่แน่นอนและมีประสิทธิภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถนำมาเป็นแนวทางเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานทางเลือก
- 1.5.2 สามารถลดความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง และยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นงานวิจัยต่อไปในอนาคต
- 1.5.3 สามารถนำผลงานวิจัยไปเผยแพร่และส่งเสริมให้นักวิจัยและผู้ที่มีสนใจนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาหรือใช้ประโยชน์ต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานเรื่องระบบสาธิตพลังงานก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW ผู้ดำเนินงานได้ศึกษาทางด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพ
- 2.2 ก๊าซชีวภาพจากพืชเศรษฐกิจ
- 2.3 ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน
- 2.4 ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์
- 2.5 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ - เทอร์โมคัปเปิล
- 2.6 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพชนิดมีเทน
- 2.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.9 สรุป

2.1 ทฤษฎีการเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพหรือไบโอแก๊สคือแก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึงแก๊สมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของสารอินทรีย์โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะกองมูลสัตว์และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่งกล่าวคือเมื่อไหร่ก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพแต่ก็เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎี

องค์ประกอบส่วนใหญ่ๆ จะเป็นแก๊สมีเทน (CH_4) จะประมาณที่ 50-70% ของก๊าซชีวภาพ และสารคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อยู่ที่ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือจะเป็นแก๊สชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ (สิริชัย แยมแบน. 2554: 9) กระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยนของเสียประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้านอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลายเชื้อโรคได้ด้วยการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นการบริหารจัดการของเสียที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) บางส่วนเกิดการเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพซึ่งมีแก๊สมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก

2.1.1 ความเป็นมาของการผลิตก๊าซชีวภาพ

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายมูลฟุ้งของสารอินทรีย์ครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 โดย Robert Boyle และ Stephen Hale โดยทั้งสองได้พูดถึงการกวนตะกอนในลำธารและทะเลสาบซึ่งทำให้มีก๊าซที่สามารถติดไฟได้ลอยขึ้นมาในปี 1859 Sir Humphrey Davy ได้กล่าวไว้ว่า ในก๊าซที่เกิดจากขี้วัวนั้นจะมีก๊าซมีเทนอยู่ด้วยในอินเดียในปี 1859 ได้มีการสร้างถังหมักก๊าซในสถานะไร้อากาศ (Anaerobic Digester) จะเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกและต่อมาในปี 1985 ในอังกฤษจึงได้มีการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาโดยใช้ถังสิ่งปฏิกูลผลิตก๊าซแล้วนำก๊าซไปจุดไฟส่องสว่างตามถนนพอถึงปี 1907 ก็ได้มีการออกสิทธิบัตรสำหรับถังหมักก๊าซชีวภาพในเยอรมนี

ในช่วงทศวรรษที่ 1930 การที่หมักก๊าซในสถานะไร้อากาศก็จะเริ่มเป็นที่รู้จักในแวดวงนักวิชาการกันมากขึ้น ได้มีการวิจัยค้นคว้าและพบจุลินทรีย์ที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาและมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้

ในชนบทในประเทศกำลังพัฒนาการใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนสามารถเป็นทางเลือกสำหรับพลังงานราคาถูกไม่ว่าจะเพื่อแสงสว่างหรือการทำอาหารในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาทั้งรัฐบาลของอินเดียและจีนต่างก็ได้ให้การสนับสนุนการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนซึ่งนอกจากจะลดค่ายังชีพแล้วยังเป็นการลดภาระของโครงข่ายพลังงานของชาติด้วยในประเทศพัฒนาแล้วการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้ยังเป็นการลดการปล่อยมลภาวะรวมถึงก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมที่นับวันจะยิ่งเสื่อมโทรมลงนอกจากนี้ยังมีผลผลิตพลอยได้ต่างๆ เช่นปุ๋ยอินทรีย์

ยิ่งในทุกวันนี้โลกกำลังเผชิญวิกฤติปัญหาสิ่งแวดล้อมและวิกฤติพลังงานก๊าซชีวภาพจึงยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นเพราะเป็นการช่วยแก้ทั้งสองปัญหาปัจจุบันรัฐบาลของหลายๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทยต่างก็ให้การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพและสนับสนุนผู้ที่ทำการผลิตก๊าซชีวภาพในภาพแบบต่างๆ (ไพบูลย์ แจ่มพงษ์, 2553)

2.1.2 การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

ประเทศไทยจะได้มีการส่งเสริมด้านเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมานานกว่า 20 ปีแล้วแต่ในระยะแรกจำกัดอยู่ในระดับครัวเรือนหรือเกษตรกรรายย่อยๆ ต่อมาในปี พ.ศ. 2531 คณะทำงานของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยการสนับสนุนจากองค์การ GTZ (Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit) ประเทศเยอรมนีได้จัดตั้ง "โครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมัน" ที่ขึ้นเพื่อศึกษาปัญหาการใช้ระบบก๊าซชีวภาพในช่วงเวลาที่ผ่านมามีทั้งปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพให้มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมากขึ้น (จิตรลดา สีเสนและคณะ. 2554: 18-19)

ปี พ.ศ. 2534 ได้มีการจัดตั้งหน่วยบริการก๊าซชีวภาพสังกัดสถาบันวิจัยและที่จะพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อดำเนินการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ต่อเนื่องจากโครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมันรวมทั้งเพื่อดำเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถประยุกต์ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้นและในปี พ.ศ. 2538 กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติหรือ สพช. (ปัจจุบันคือสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานหรือ สนพ. กระทรวงพลังงาน) ได้ให้การสนับสนุนแก่หน่วยบริการก๊าซชีวภาพดำเนินงาน "โครงการนี้ส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ระยะที่ 1" จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2551 หน่วยบริการก๊าซชีวภาพได้รับการจัดตั้งเป็น "สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่" และต่อมาในปี พ.ศ. 2553 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้พระราชทาน ชื่อหน่วยงานใหม่นี้ขึ้นมาใหม่เป็น "สถาบันวิจัยและจึพัฒนาพลังงานนครพิงค์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่" ซึ่งจะได้ดำเนินโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพต่อเนื่องมาจนปัจจุบัน

2.1.3 ปัญหาที่เกิดจากสิ่งขับถ่ายและน้ำเสียจากสัตว์

2.1.3.1 ปัญหากลิ่นเหม็นจากมูลสัตว์

สารประกอบที่จะก่อให้เกิดกลิ่นได้แก่ สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds) กรดไขมันสายโซ่สั้นและสารละลายที่มีคาร์บอนในโตรเจนและซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบซึ่งเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่กลิ่นเหล่านี้สามารถกระจายออกทันทีหลังจากมูลถูกขับออกจากตัวสัตว์นอกจากนี้ก๊าซที่เกิดจากมูลสัตว์ยังมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เลี้ยงโดยตรงเช่น

1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถ้ามีมากกว่า 40,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีผลให้ตาตาขวิงเวียนเดินโซเซหมดสติ

2 ก๊าซแอมโมเนียส่วนมากจะก่อให้เกิดจากมูลสดของสัตว์ถ้าหากมีความเข้มข้น 100 – 200 ppm ทำให้สัตว์มีอาการจามน้ำลายฟูมปากกินอาหารน้อยลง

3 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หากสัตว์ที่ได้รับจากก๊าซชนิดนี้ประมาณที่ 20 ppm อยู่ตลอดเวลาจะทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทอาเจียนท้องร่วง

2.1.3.2 ปัญหาการเกิดโรคจากมูลสัตว์

การหมักหมมของมูลสัตว์ในฟาร์มนอกจากจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นยังส่งผลต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมเช่นเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรคต่างๆ ที่อาจติดคนหรือสัตว์เลี้ยงอื่นๆ เช่น โรคระบบทางเดินอาหารพยาธิบางชนิดและพาหะนำโรคต่างๆ ได้แก่แมลงวันแมลงหวี่และยุง เป็นต้น

2.1.3.3 ปัญหาสังคม

การเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรบางแห่งทำให้บริเวณรอบๆ มีกลิ่นเหม็นมีแมลงวันชุกชุม หากอยู่ใกล้แหล่งชุมชนทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่น่ารังเกียจดังนั้นการเลี้ยงสัตว์บางแห่งอาจก่อให้เกิดการต่อต้านจากชุมชนและเกิดจากทะเลาะวิวาท

2.1.3.4 ปัญหาต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

การเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ของเกษตรกรมักอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำการปล่อยของเสียที่เกิดจากสัตว์จะไหลลงสู่แม่น้ำลำธารหรือทำให้น้ำในคูคลองเกิดการเน่าเสียได้และถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจทำความเสียหายแก่พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่รอบๆ ได้ นอกจากนี้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากมูลสัตว์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิดจากเจริญเติบโตและแพร่กระจายของพืชน้ำอย่างรวดเร็วส่งผลให้คุณภาพน้ำด้อยลง

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
แม่สุกรอุมท้อง	125	4.03
แม่สุกรเลี้ยงลูก	170	14.90
พ่อพันธุ์	10	4.90

ที่มา (กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2552)

ตารางที่ 2-2 ปริมาณมูลสดของสัตว์ชนิดต่างๆ

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

ที่มา (กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2552)

ตารางที่ 2-3 ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกของสุกรแต่ละช่วงอายุ

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

ที่มา (กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2552)

ตารางที่ 2-4 ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ

ชนิดสัตว์	ปริมาณก๊าซ (ลูกบาศก์เมตร) ต่อ	
	น้ำหนักของมูล (กิโลกรัม)	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 (กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2552)

2.1.4 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์สภาวะปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียเช่นจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะสร้างมีเทน (Aethane-Producing Bacteria) หรือเมทาโนเจนและจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (Acid-Producing Bacteria) มาช่วยย่อยในสภาวะไร้อากาศในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศ

เป็นการที่จุลินทรีย์ต่างๆ ทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ลงจากสิ่งมีชีวิตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนลงเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อยลงเป็นขั้นๆ (ศรีนญา บุญฤทธิ์, 2546)

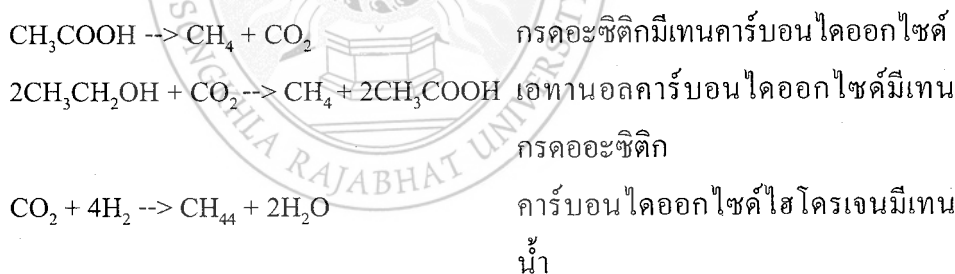
2.1.5 กระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นดังนี้

2.1.5.1 ไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) สารอินทรีย์ เศษพืชผักเนื้อสัตว์มีองค์ประกอบสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน แบคทีเรีย จะปล่อยเอนไซม์เอกซ์ตราเซลลูลาร์ (Extra Cellular Enzyme) มาช่วยละลายโครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (Monomer) เช่นการย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสการย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมันและการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

2.1.5.2 แอซิติฟิเคชันหรือแอซิโดเจเนซิส (Acidification/Acids Genesis) การย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยว (Monomer) เป็นกรดระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid) คาร์บอนไดออกไซด์กรดคาร์บอนแอลกอฮอล์แอมโมเนียและไฮโดรเจน

2.1.5.3 อะซิโดเจเนซิส (Acetogenesis) จะเปลี่ยนกรดที่ระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเตตซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักในการผลิตมีเทน

2.1.5.4 เมทาไนเซชัน หรือ เมทาโนเจเนซิส (Methanization/Methanogenesis) กรดอะซิติกและอื่นๆ จากขั้น 2 รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนบางส่วนจะเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนเป็นมีเทนโดยเมทาโนเจน (Methanogen)



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

2.1.6 ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพหรือไบโอแก๊สคือแก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจนในขณะที่เกิดการย่อยสลายนั้นจะเกิดแก๊สขึ้นกลุ่มหนึ่งส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (Methane, CH_4) รองลงมาเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สอื่นๆ แก๊สมีเทนเป็นแก๊สที่มีมากที่สุดมีคุณสมบัติไม่มีสีไม่มีกลิ่นและติดไฟได้มากกว่าอากาศแต่ที่มีกลิ่นเหม็นนั้นเกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือ “แก๊สไข่เน่า” ซึ่งเมื่อจุดไฟแล้วกลิ่นเหม็นจะหมดไป (ชยันต์ กิมยงต์. 2545)

ตารางที่ 2-5 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ชนิด	ปริมาณ (%)
มีเทน	50 - 70
คาร์บอนไดออกไซด์	30 - 50
อื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไอน้ำ	เล็กน้อย

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

2.1.7 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

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

1 อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งออกเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic)

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

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

แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิกนอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วยทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิกเสถียรกว่าแต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่าข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิกคือการใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

2.1.7.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value) ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงระยะของการหมักด้วยเพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลงซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะทำให้หยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมากและจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5

ในช่วงท้ายของกระบวนการความเข้มข้นของ NH_4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้นโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8

2.1.7.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8 – 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมากไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็วส่งผลให้ได้ก๊าซน้อยแต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆ ก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนียแอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากได้ค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียจะทำให้จำนวน Methanogen ลดลงนอกจากนี้หาก C/N Ratio อยู่เหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่น คาร์บอน ไดออกไซด์สูงขึ้น

ผลลัพธ์โดยเฉพาะวัวควายมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดรองลงมาได้แก่พวกคอกจอกผักตบและเศษอาหารขณะที่ฟางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะสูงอย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

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

2.1.7.5 ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention Time) ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่ต่างกันไปรวมถึงสภาพแบบของระบบถังหมักหากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพนอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไปทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลงขึ้นขณะเดียวกันการที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น

ระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณ 14- 60 วันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือค่า TSC อุณหภูมิขนาดและประเภทของ Digester และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติมระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไรโดยไม่มีการเติมอาหารเนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมดดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่แบคทีเรียยังย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

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 จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบน้ำนั้นตะกอน (Slurry) แต่เนื่องจากในระบบ High Solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่าในทางกลับกันถังหมัก Low Solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอนแต่ก็ต้องใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้นกระนั้นก็คือการที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อยและการผลิตก๊าซเร็วขึ้น

2.1.7.7 การคลุกเคล้า (Mixing) การคลุกเคล้าตะกอนน้ำและสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้นนอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย (Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

2.1.7.8 สารอาหาร (Nutrient) สารอาหารที่แบคทีเรียจึงต้องการเพื่อการเจริญเติบโต นอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้วยังมี ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โบแทสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมาณน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส ลิบรินัม สังกะสี โคบอลต์ ซีลีเนียม ทังสเตน และ นิกเกิล เป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในระดับที่สมดุลพอเพียงเพราะฉะนั้น ในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดๆ ลงไป

สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting And Toxic Materials) เช่น กรดไขมันที่ระเหยจะได้อิโพรเจนหรือแอมโมเนียรวมถึงธาตุไอออน, สารพิษ, โลหะหนัก, สารทำความสะอาดต่างๆ เช่นสบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะสามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรียได้

ธาตุไอออนในปริมาณน้อยๆ (เช่น โซเดียม, โบแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, ซัลเฟอร์, แอมโมเนีย) สามารถช่วยกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียเช่นกันแต่ถ้าหากปริมาณนั้น

มากก็จะส่งผลเป็นพิษได้ยกตัวอย่างเช่นแอมโมเนียในปริมาณ 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเป็นผลดีช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่เมื่อใดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรก็จะเริ่มส่งผลเสียในทางเดียวกันกับโลหะหนักบางประเภท (เช่น ทองแดง, นิกเกิล, โครเมียม, สังกะสี, ตะกั่วและอื่นๆ) ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะเป็นพิษ

2.1.7.9 อัลคาลินิตี (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตีที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัม/ลิตรในภาพของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) (สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. 2554)

2.1.8 ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

2.1.8.1 ประโยชน์ทางด้านพลังงานก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืนถ่าน น้ำมันก๊าด พลังงานไฟฟ้า ฯลฯ

2.1.8.2 ประโยชน์ทางการเกษตรรากมูลสัตว์ที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพจะสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่าปุ๋ยพืชสด (ปุ๋ยคอก) ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักแล้วนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ให้กลายเป็นแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่าและยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีในการใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรให้มีสภาพดีขึ้นด้วย

2.1.8.3 ประโยชน์ทางด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อมการนำมูลสัตว์มาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพเป็นการช่วยกำจัดมูลบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงผลที่ได้จากการหมักมูลสัตว์ในบ่อก๊าซชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วยจึงทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นมีสุขภาพอนามัยดีขึ้นและยังเป็นการป้องกันมูลสัตว์ไม่ให้ถูกชะล้างลงไปในพื้นที่ธรรมชาติ

2.1.9 ข้อดีของการมีบ่อก๊าซชีวภาพ

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน
2. ใช้สิ่งที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์
3. มูลที่ได้จากบ่อเป็นปุ๋ยคุณภาพดีผ่านการหมักทำลายการงอกของเมล็ดพืชและไข่แมลงเชื้อโรคต่างๆ ไม่มีกลิ่นเหม็น
4. ก๊าซที่ได้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์รอบต่ำและเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในตะเกียงเจ้าพายุได้ด้วย

2.1.10 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อนนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

การปรับปรุงคุณภาพก๊าซ (Gas Purification) ก่อนนำไปใช้งานมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. การคักน้ำในท่อส่งก๊าซ

ปกติก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มักมีความชื้นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัวเมื่อก๊าซชีวภาพไหลผ่านท่อส่งก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้ความชื้น (ไอน้ำ) ในก๊าซกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและสะสมจนอุดตันทางเดินของก๊าซทางแก้ไขควรติดตั้งชุดคักไอน้ำเพื่อกำจัดหรือลดปริมาณน้ำในท่อส่งก๊าซ

2. การปรับลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

การปรับลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพนี้จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็นเช่นในกรณีที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยากคือกรณีมีปริมาณน้อยกว่า 45% อย่างไรก็ตามในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสัตว์นั้นจะไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ดังนั้นการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จึงไม่จำเป็น

3. การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพนั้นมีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำเพราะจะเปลี่ยนสภาพที่เป็นกรดกำมะถันหรือซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเป็นที่เสียดของฝนกรดหรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและอุปกรณ์ได้ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนนำไปใช้ประโยชน์จึงเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ อีกด้วย (คู่มือไบโอแก๊สเซฟตี้: กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2556)

2.2 ก๊าซชีวภาพจากพืชเศรษฐกิจ

ก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง มันสำปะหลัง จัดได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย มีการปลูกกันมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก เพราะมีพื้นที่ และอุณหภูมิที่เหมาะสม จังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ นครราชสีมา ชลบุรี ระยอง ปราจีนบุรี ชัยภูมิ เนื้อที่เพาะปลูกของ 5 จังหวัดนี้เมื่อรวมกันแล้วประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง

จากการที่มีการปลูกมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก ทำให้มีโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังให้เป็นแป้งเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งในขั้นตอนของกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้แป้งนั้น จะก่อให้เกิดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น น้ำเสีย และกากของเสีย (กากมันสำปะหลัง เศษเหง้า เปลือกและดินทราย) ในส่วนของกากของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง เช่น เปลือกและกากมันสำปะหลัง ถึงแม้ว่าจะสามารถนำไปขายทำเป็นปุ๋ย และอาหารสัตว์ แต่ราคาขายของเปลือก และกากมันสำปะหลังจะขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ดังนั้นการนำของเสียจากมันสำปะหลังมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นแนวความคิดใหม่ที่จะลดปัญหาเรื่องมลพิษ และ

สร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการที่มีความเกี่ยวข้องกับพืชเศรษฐกิจชนิดนี้ (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, 2554)

2.2.1 ลักษณะของต้นมันสำปะหลัง

2.2.1.1 ต้นมันสำปะหลัง จัดเป็นไม้พุ่ม มีลำต้นตั้งตรง และเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีความสูงของลำต้นประมาณ 1-5 เมตร มีการแตกกิ่ง กิ่งที่แตกจากลำต้นหลักเรียกว่า “กิ่งชุดแรก” ส่วนกิ่งที่แตกจากกิ่งชุดแรกเรียกว่า “กิ่งชุดที่สอง” ต้นมันสำปะหลังจะแตกกิ่งเป็นแบบ 2 กิ่ง หรือ 3 กิ่ง ตามลำต้นจะเห็นรอยก้านใบที่หลุดร่วงไปเรียกว่า “รอยแผลใบ” และในระหว่างแผลใบจะเรียกว่า “ความยาวของชั้น” ส่วนที่อยู่เหนือรอยแผลใบมีตา ทุกส่วนของต้นเมื่อนำมาสับจะมีน้ำยางสีขาวไหลออกมา และรากสะสมอาหารเป็นแห่งหน่ออยู่ใต้ดิน มีประมาณ 5-10 รากต่อต้น

2.2.1.2 รากมันสำปะหลัง (หัวมันสำปะหลัง) ระบบรากเป็นแบบรากฝอย รากจะเกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูกและขยายใหญ่เป็นหัว โดยหัวมันสำปะหลังเมื่อนำมาตัดตามขวางจะมีส่วนประกอบดังนี้ คือ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน และส่วนสะสมแป้งหรือที่เรียกว่าไส้กลาง ส่วนอีกข้อมูลหนึ่งระบุว่ารากมันสำปะหลังจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ รากจริง และรากสะสมอาหาร (ทั่วไปเรียกว่าหัว) ที่มีปริมาณแป้งประมาณ 15-40% รากสะสมอาหารจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-15 เซนติเมตร และยาวประมาณ 15-100 เซนติเมตร

2.2.1.3 ใบมันสำปะหลังใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ และเกิดเวียนสลับรอบลำต้น ลักษณะของใบเป็นรูปโล่ ขอบใบแยกเป็นแฉกประมาณ 3-9 แฉก เว้าลึกเกือบถึงโคนใบ ในแต่ละแฉกมีลักษณะเป็นรูปขอบขนานแกมรูปไข่กลับ แกมรูปใบหอก หรือแกมรูปดาบ ปลายใบแหลม โคนใบสอบ ส่วนขอบใบเรียบ มีขนาดกว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ด้านบนเกลี้ยง บางที่เป็นสีแดง ส่วนด้านล่างเป็นสีเขียวนวล และอาจมีขนเล็กน้อยตามเส้นใบ ก้านใบเป็นสีแดงเข้ม ยาวประมาณ 5-30 เซนติเมตร ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ หูใบมักเป็นแฉกรูปหอก 3-5 แฉก ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ร่วงได้ง่าย

2.2.1.4 ดอกมันสำปะหลัง ออกดอกเป็นช่อกระจะ โดยจะออกตามซอกใบและปลายกิ่ง ยาวประมาณ 3-10 เซนติเมตร ช่อดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่บนต้นเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่ง ใบประดับเป็นรูปยาวแคบ ร่วงง่าย ในแต่ละช่อจะมีดอกย่อยจำนวนมาก โดยช่อดอกจะเป็นแบบ Panicle ดอกเพศผู้มีก้านดอกยาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยงดอกยาว 3-8 มิลลิเมตร เชื่อมติดกันเป็นรูปประฆัง ที่ปลายแยกเป็นแฉกสามเหลี่ยม 5 แฉก แต่ไม่มีกลีบดอก ภายในดอกเพศผู้มีก้านเกสรเพศผู้ อับละอองเกสรเพศผู้ เกสรเพศผู้มี 10 อัน เรียงเป็น 2 วง สั้นและยาวสลับกัน ก้านเกสรไม่ติดกัน อับเรณูมีขนาดเล็ก ส่วนดอกเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าดอกเพศผู้ มีก้านดอกยาวประมาณ 1-2.5 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ ติดกันที่โคนเพียงเล็กน้อย ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

รังไข่มีเส้น 6 เส้น และไม่มีขน ยาวประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ท่อรังไข่เชื่อมติดกัน ปลายแยกเป็นกลุ่ม 3 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะแยกเป็นแขนงเล็กๆ น้อยๆ อีกจำนวนมาก ดอกเพศเมียจะไม่มีกลีบดอก และดอกจะประกอบไปด้วยรังไข่ 3 คาร์เพล ในแต่ละคาร์เพลมี 1 ออวูล

เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ จากกากมันสำปะหลัง มีส่วนประกอบของระบบดังนี้

1. บ่อผสมกากมันสำปะหลัง เพื่อทำการกวนผสมกากมันสำปะหลังให้เข้ากับน้ำ
2. บ่อหมักกรด ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยแบคทีเรียสร้างกรด (Acidforming bacteria) ซึ่งจะได้ผลผลิตเป็นกรดอะซิติก
3. บ่อผลิตก๊าซชีวภาพ ทำหน้าที่ผลิตก๊าซชีวภาพ โดยแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogens Bacteria) จะทำหน้าที่เปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นก๊าซมีเทน คาร์บอน ไดออกไซด์ และน้ำ
4. บ่อคั่งตะกอน ทำหน้าที่คั่งกากตะกอนส่วนเกินออกจากระบบซึ่งตะกอนส่วนเกินนี้เมื่อทำการตากแห้งจะสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้ เนื่องจากมีธาตุไนโตรเจนที่สูง หรือนำกากตะกอนส่วนเกินนี้ไปผสมเป็นอาหารสัตว์ก็ได้

ข้อดีของการนำของเสียจากกากมันสำปะหลังมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพนั้นมีมากมาย และมีระบบการจัดการที่ไม่ยุ่งยาก ถ้าหากผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมมันสำปะหลังซึ่งมีอยู่มากมายในประเทศไทย ได้นำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้ ปริมาณการเกิดมลพิษภายในประเทศไทยจะต้องลดลงอย่างแน่นอน ซึ่งก็เข้ากับสถานการณ์ของโลกที่กำลังเผชิญหน้ากับภาวะโลกร้อน และการขาดแคลนพลังงาน ที่จะเกิดในอนาคตอันใกล้

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชไร่ที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย จากราคารับซื้อมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นจาก 1,290 บาท/ตัน เป็น 1,320 บาท/ตันในปี 2552 ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มจาก 6.9 ล้านไร่ในปี 2549 เป็น 8.6 ล้านไร่ในปี 2552 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) อย่างไรก็ตาม ถ้าดูผลผลิตต่อพื้นที่ พบว่าไม่เพิ่มขึ้น โดยผลผลิตต่อไร่อยู่ที่ 3.6 ตันในปี 2552 นอกจากนี้ ในระหว่างปี 2551-2552 เกิดการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพูสร้างความเสียหายต่อการปลูก ผลผลิต และปริมาณท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของประเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คาดการณ์ว่า ในปี 2553 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังน่าจะเหลือเพียง 7.6 ล้านไร่ ลดลงร้อยละ 12 ผลผลิตมันสำปะหลัง ของประเทศเหลือ 20.2 ล้านตัน ลดลงร้อยละ 28

ตารางที่ 2-6 พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลัง ปี 2549-2552

รายละเอียด	2549	2550	2551	2552	2553
พื้นที่เพาะปลูก(ล้านไร่)	6.9	7.5	7.8	8.6	7.6
พื้นที่เก็บเกี่ยว(ล้านไร่)	6.7	7.2	7.4	8.3	-
ผลผลิต(ล้านตัน)	22.6	26.4	25.2	30.1	20.2
ผลผลิตต่อไร่(ตัน/ไร่)	3.4	3.7	3.4	3.6	3.0

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543

หมายเหตุ: ข้อมูลพยากรณ์จาก เอกสารภาวะเศรษฐกิจ ปี 2553 แนวโน้ม ปี 2554,

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2554

ประเทศไทยไม่ใช่ผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับหนึ่งของโลก (ตารางที่ 2) และประชากรไทยไม่บริโภคมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ประเทศไทยจึงส่งออกผลผลิตแปรรูปมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งต่อเนื่องกันมาหลายปี การส่งออกในปี 2552 มีมูลค่า 47,800 ล้านบาท แม้มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ (มันเส้น มันอัดเม็ด แป้ง) ไม่สูงเมื่อเทียบกับการส่งออกข้าวหรือยาง แต่การใช้มันสำปะหลังในประเทศก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศมูลค่ามากกว่า 300,000 ล้านบาท และมีการจ้างงานประมาณ 1 ล้านคน ทั้งนี้ไม่นับรวมเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังของประเทศอีก 2.6 ล้านคน

ตารางที่ 2-7 เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศผู้ผลิตสำคัญ (พ.ศ. 2552)

ประเทศ	พื้นที่ (ล้านไร่)	ผลผลิตทั้งหมด (ล้านไร่)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ (ตันต่อไร่)
ทั่วโลก	115	224	1.9
ไทย	8.6	30	3.6
ไนจีเรีย	24.4	46	1.9
อินเดีย	1.5	8	5.3
บราซิล	12.2	27	2.2

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543

หมายเหตุ: ประเทศอินเดียให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุดแต่มีพื้นที่เพาะปลูกน้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่น

2.3 ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน

2.3.1 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน

ทางออกที่น่าจับตามองปัจจุบันทางออกในการเยียวยาปัญหาพลังงานเป็นเรื่องที่กำลังได้รับความสนใจจากสาธารณชน เพราะเกี่ยวข้องกับวิถีการดำเนินชีวิตของคนเราทั้งทางตรงและทางอ้อม ราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เราต้องแบกรับภาระค่าครองชีพที่สูงขึ้นเป็นเงาตามตัว นักวิชาการด้านเศรษฐกิจได้คาดการณ์ว่าในปีพ.ศ. 2553 ราคาน้ำมันจะถืบตัวสูงขึ้น จนผู้บริโภคไม่มีกำลังซื้อ หากยังเป็นไปตามเงื่อนไขของกลุ่มประเทศ คำน้ำมัน หรือกลุ่ม โอเปค (OPEC) ที่มีอัตราการผลิตน้ำมันคงที่เช่น ในปัจจุบันคือ 24 พันล้านบาร์เรลต่อปี ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในอนาคตประมาณปี พ.ศ. 2583 สังคมโลกคงต้องเผชิญหน้ากับสภาวะการขาดแคลนน้ำมันอย่างแน่นอน สังคมโลกกำลังตื่นตัวในการหาทางออกเพื่อบรรเทาภาวะวิกฤตินี้ โดยการแสวงหาแหล่งพลังงาน ทดแทน เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก ที่จะนำมาใช้ทดแทนพลังงานประเภทใช้แล้วหมดไป เช่นน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน การหาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยได้ จึงได้คิดค้นวิธีการที่จะนำความร้อนจากดวงอาทิตย์ แรงขับเคลื่อนของสายน้ำ เกลียวคลื่น และแรงลม รวมทั้งความร้อนใต้พิภพ มาประยุกต์ให้เกิดเป็นแหล่งพลังงานจากธรรมชาติ ผันให้เกิดเป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้บริโภคโดยถ่านหินถ่าน การลดปริมาณการใช้แหล่งพลังงานจากฟอสซิล นอกจากจะเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยชะลอปัญหาการขาดแคลนน้ำมันแล้ว ยังเป็นการถนอมและยืดอายุโลกใบใหญ่นี้ เพราะผลพวงของการบริโภคเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและชั้นบรรยากาศโลกไม่ว่าจะเป็นปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือการที่โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น เพราะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น ข้อมูลจากโครงการพลังงานยั่งยืน ไทย-เดนมาร์ก ระบุว่า รถยนต์เผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณ 1 แกลลอน หรือประมาณ 3.8 ลิตร จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกมาประมาณ 22 ปอนด์ หรือ 10 กิโลกรัมซึ่งเข้าสู่ชั้นบรรยากาศโลกหนทางเดียวที่จะบรรเทาสภาวะนี้ได้ คือ การหยุดเผาผลาญเชื้อเพลิงจากฟอสซิล แล้วเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือกที่ได้จากธรรมชาติมากขึ้น แนวทางหนึ่งที่หลายประเทศกำลังดำเนินการอยู่ในเวลานี้คือ การนำพืชผลทางการเกษตร ซึ่งเป็น วัตถุประสงค์ที่มีในประเทศมาผลิตให้เกิดเป็นพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศลงได้ แม้จะเป็นเพียงบางส่วน แต่ก็นับว่าเป็นประโยชน์มหาศาลกับประเทศ เพราะแทนที่จะสูญเสียเงินตราออก นอกประเทศทั้งหมด เรากลับนำเงินนั้นมาเป็นแหล่งรายได้หมุนเวียนให้กับเกษตรกรในประเทศ ช่วยให้มีวิถีทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เพราะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชผลทางการ เกษตรที่มีราคาตกต่ำและล้นตลาด นอกจากนี้ ยังช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้อีกทางหนึ่ง

ก๊าซชีวภาพ ไม่เพียงแต่จะสามารถผลิตได้จากน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ หรือโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังสามารถผลิตได้จากพืชบางชนิดอีกด้วย เช่น หญ้าเนเปียร์ (หรือหญ้าเลี้ยงช้าง) อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ซึ่งพืชเหล่านี้ จะถูกเรียกว่า "พืชพลังงาน"

จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการที่ได้รับรองมาตรฐานของ ERDI - CMU ได้นำมาพัฒนาคุณภาพด้านเทคโนโลยี "CMU - CSTR" ขึ้น เพื่อนำมาใช้กับการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน โดยเฉพาะหญ้าเนเปียร์ เพื่อรองรับสภาวะการขาดแคลนพลังงานในอนาคต และส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สร้างความยั่งยืนให้กับสถานการณ์ด้านพลังงานในประเทศไทย

คุณสมบัติของเทคโนโลยี

- มีลักษณะเป็นถังปฏิกรณ์ที่มีการกวนอย่างทั่วถึงภายในถัง
- เหมาะสำหรับวัตถุดิบทั้งของเหลวที่มีสารแขวนลอยสูงและของแข็ง
- คุณภาพของเทคโนโลยี ได้ผ่านการวิจัย ค้นคว้า โดยทีมนักวิจัยผู้เชี่ยวชาญของ ERDI - CMU ใน ห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้มาตรฐาน
- ประสิทธิภาพของระบบ โดยการทดสอบการเดินระบบ CMU-CSTR มากกว่า 2 ปี
- ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
- ไม่มีความยุ่งยากในการดูแลบำรุงรักษาประโยชน์ที่ได้รับ
- สามารถนำก๊าซชีวภาพไปผลิตเป็นพลังงานทดแทน
- ช่วยลดภาวะโลกร้อน
- ลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ
- รองรับการผลิตพลังงานในอนาคต

ประเทศไทยมีแผนนโยบายพลังงานที่ต้องการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น โดยต้องการลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล ที่ลดน้อยลงเรื่อยๆ โดยเมื่อต้นปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ทำโครงการนำร่องส่งเสริมเกษตรกรขยายพื้นที่เพาะปลูกหญ้าเนเปียร์ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้มีปริมาณเพิ่มขึ้น หญ้าเนเปียร์ ก่อนหน้านี้นิยมปลูกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ ปัจจุบันนิยมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานมากขึ้น เป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทที่ทุกคนสนใจเพิ่มขึ้น เป็นพืชพลังงานที่สามารถตอบโจทย์ในเรื่องของพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานสะอาดได้คืออีกด้วย

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นพืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ ช้าง แพะ และแกะ หญ้าพันธุ์นี้โตเร็ว ลำต้นสูง และมีลำต้นที่อ่อน ใบไม่คมไม่มีขน ให้ผลผลิตต่อไร่สูง มีผลผลิตตลอดทั้งปี ทนแล้งได้ดี เก็บเกี่ยวง่าย สามารถเก็บเกี่ยวได้ปีละ 5 - 6 ครั้ง โดยปลูกครั้งเดียว

สามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 6-7 ปี ใช้เงินลงทุนต่อไร่ต่อปีน้อย และให้รายได้ต่อปีสูงกว่าข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง

ตารางที่ 2-8 แสดงพื้นที่เพาะปลูกและกำไรสุทธิของข้าวและพืชไร่ที่มีศักยภาพ

พืช	ต้นทุนเฉลี่ยต่อ ไร่ต่อปี (บาท)	รายได้เฉลี่ยต่อ ไร่ต่อปี (บาท)	รายได้สุทธิเฉลี่ย ต่อปี (บาท)	เงื่อนไข	แหล่งข้อมูล
ข้าวนาปี	5,910.00	8,250.00	2,340.00	ผลผลิต 750 กก./ไร่ ราคา ตันละ 11,000 บาท	ศูนย์พัฒนา ความรู้การซื้อ ขายสินค้า เกษตรล่วงหน้า
อ้อย	9,808.40	11,865.00	2,056.60	ผลผลิต 11.3 ตัน/ไร่ ราคา ตันละ 1,050 บาท	สำนักงาน คณะกรรมการ อ้อยและน้ำตาล
มันสำปะหลัง	5,500.00	7,565.80	2,065.80	ผลผลิต 3.439 ตัน/ไร่ ราคา ตันละ 2,200 บาท	สถาบันพัฒนา มันสำปะหลัง แห่งประเทศไทย
พืช	ต้นทุนเฉลี่ยต่อ ไร่ต่อปี (บาท)	รายได้เฉลี่ยต่อ ไร่ต่อปี (บาท)	รายได้สุทธิเฉลี่ย ต่อปี (บาท)	เงื่อนไข	แหล่งข้อมูล
หญ้าเนเปียร์	6,932.50	10,500.00	3,567.50	ผลผลิต 35 ตัน/ไร่ ราคา ตันละ 300 บาท	รวบรวมข้อมูล จากแหล่งต่างๆ

2.4 ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์

2.4.1 ปัญหาที่เกิดจากสิ่งขับถ่ายและน้ำเสียจากสัตว์

2.4.1.1 ปัญหากลิ่นเหม็นจากมูลสัตว์

สารประกอบที่จะก่อให้เกิดกลิ่นได้แก่ สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds) กรดไขมันสายโซ่สั้นและสารละลายที่มีคาร์บอนไนโตรเจนและซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบซึ่งเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่กลิ่นเหล่านี้สามารถกระจายออกทันทีหลังจากมูลถูกขับออกจากตัวสัตว์นอกจากนี้ก๊าซที่เกิดจากมูลสัตว์ยังมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เลี้ยงโดยตรงเช่น

2.4.1.1.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถ้ามีมากกว่า 40,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีผลให้ตายวิงเวียนเดินโซเซหมดสติ

2.4.1.1.2 ก๊าซแอมโมเนียส่วนมากจะก่อให้เกิดจากมูลสดของสัตว์ถ้าหากมีความเข้มข้น 100 – 200 ppm ทำให้สัตว์มีอาการจามน้ำลายฟูมปากกินอาหารน้อยลง

2.1.3.1.3 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หากสัตว์ที่ได้รับจากก๊าซชนิดนี้จะมีประมาณที่ 20 ppm อยู่ตลอดเวลาจะทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทอาเจียนท้องร่วง

2.4.1.2 ปัญหาการเกิดโรคจากมูลสัตว์

การหมักของมูลสัตว์ในฟาร์มนอกจากจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นยังส่งผลต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมเช่นเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรคต่างๆ ที่อาจติดคนหรือสัตว์เลี้ยงอื่นๆ เช่นโรคระบบทางเดินอาหารพยาธิบางชนิดและพาหะนำโรคต่างๆ ได้แก่แมลงวันแมลงหวี่และยุงเป็นต้น

2.4.1.3 ปัญหาต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

การเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ของเกษตรกรมักอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำการปล่อยของเสียที่เกิดจากสัตว์จะไหลลงสู่น้ำลำธารหรือทำให้น้ำในคูคลองเกิดการเน่าเสียได้และถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจทำความเสียหายแก่พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่รอบๆ ใต้นอกจากนี้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากมูลสัตว์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิดจากเจริญเติบโตและแพร่กระจายของพืชน้ำอย่างรวดเร็วส่งผลให้คุณภาพน้ำด้อยลง (มรกต ตันติเจริญ และคณะ, 2547)

ตารางที่ 2-9 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสุกรที่ระยะต่างๆ

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

ที่มา : ศุภวัฑฒย์ ชาติอาจารย์มงคล, 2553

ตารางที่ 2-10 ปริมาณมูลสดของสัตว์ชนิดต่างๆ

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

ที่มา : ศุภวัฑฒย์ ชาติอาจารย์มงคล, 2553

ตารางที่ 2-11 ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับออกของสุกรแต่ละช่วงอายุ

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

ที่มา : ศุภวิทย์ ชาติอาจารย์มงคล, 2553

ตารางที่ 2-12 ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ

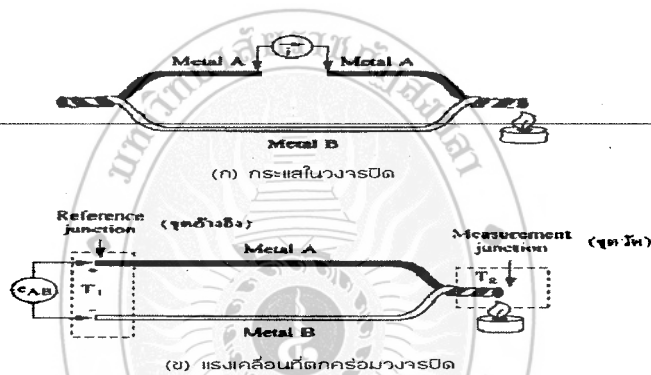
ชนิดสัตว์	ปริมาณก๊าซ (ลูกบาศก์เมตร) ต่อ	
	กิโลกรัม ของมูล	ตัว/วัน
สุกร	0.4 - 0.5	0.18
โค	0.1 - 0.3	0.16
ไก่	0.3 - 0.6	0.014
คนและของเสียจากห้องครัว	0.3 - 0.7	0.028

ที่มา : ศุภวัฒน์ ชาติอาจารย์มงคล, 2553



2.5 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ - เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คือ จะเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยจะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือความร้อนที่จะเป็นแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้า (Emf) หรือเทอร์โมคัปเปิลที่ทำมาจากสารอโลหะตัวนำที่มีต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) ที่จะนำมาเชื่อมต่อกับปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยให้เปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิแตกต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง จะปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1821 ในภาพที่ 2-5 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีเบ็คดังกล่าว (พรจิตร์ ประทุมสุวรรณ. 2537: 66-75)



ภาพที่ 2-1 ผลซีเบ็คของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริกเกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตลอดที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

1. ผลของซีเบ็ค (Seebeck Effect) โดยที่จะใช้ทฤษฎีโซลิตัสเตด ที่สามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนี้คือ

$$\Sigma = \int_{T_1}^{T_2} (Q_a - Q_b) DT$$

สมการที่ 2-1

สมการนี้อธิบายผลของซีเบ็ค ซึ่งพบว่า

1. ค่า Emf ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ
2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า Emf ที่ได้ก็มีค่าเป็นศูนย์
3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า Emf ก็จะเป็นศูนย์โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกัน

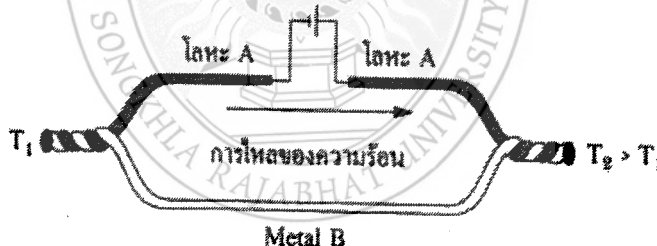
$$\Sigma = \alpha (T_2 - T_1)$$

สมการที่ 2-2

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ; K

2. ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากที่จะคิดย้อนกลับไปจากผลของซีเบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะพบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดจากความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำงานความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือ แม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



ภาพที่ 2-2 ผลของเพลเทียร์

ตารางแสดงแรงเคลื่อนที่ของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Table) ตารางเทอร์โมคัปเปิลจะให้แรงเคลื่อนที่สำหรับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด เมื่ออ้างอิงกับจุดอ้างอิง โดยที่กำหนดค่า (0°C) ณ อุณหภูมิที่จุดวัดต่างๆ จะพบว่าอุณหภูมิที่ของ 210°C เทอร์โมคัปเปิลชนิด j เมื่ออ้างอิงที่ 0°C จะมีแรงเคลื่อนเป็น

$$V(210^{\circ}\text{C}) = 11.3 \text{ mV (ชนิด } j, 0^{\circ}\text{C Ref.)}$$

ในทางกลับกัน ถ้าเราวัดแรงเคลื่อนได้ 4.768 Mv กับชนิด s และอุณหภูมิอ้างอิงที่ 0°C เราพบว่า

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

แต่บางกรณี แรงเคลื่อนที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าในตาราง จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งสเกล (Interlope) ระหว่างค่าในตาราง ซึ่งหาได้จากสมการแบ่งออกดังนี้

$$T_M = T_L + \left[\frac{T_H - T_L}{V_H - V_L} \right] (V_M - V_L) \quad \text{สมการที่ 2-3}$$

เมื่อ	V_M	=	คือแรงเคลื่อนที่วัดได้จากมิเตอร์
	V_H และ V_L	=	ค่าแรงเคลื่อนที่ของ T_H และ T_L อ่านได้จากตาราง โดย V_H อยู่สูงกว่า V_M และ V_L ต่ำสุด V_M
	T_H และ T_L	=	ค่าอุณหภูมิที่ตรงกับค่าแรงเคลื่อน V_H และ V_L ตามลำดับ

การเปลี่ยนจุดอ้างอิงของตาราง (Change of Table Reference)

หากอุณหภูมิอ้างอิงแตกต่างจากตารางเทอร์โมคัปเปิลที่กำหนดไว้เราก็ยังสามารถใช้ค่าจากตารางนี้เป็นฐานในการคำนวณได้ ข้อควรจำคือเมื่อวัดอุณหภูมิเดียวกันแต่เปลี่ยนไปใช้จุดอ้างอิงที่สูงกว่าจะทำให้แรงเคลื่อนทางเอาท์พุตถูกกดให้ต่ำลง ดังภาพที่ 2-19

เช่นนำเทอร์โมคัปเปิลชนิด J ซึ่งมีจุดอ้างอิงที่ 30°C ไปวัดที่ 400°C วิธีการหาแรงเคลื่อนใหม่ที่ได้อีกคือ ชั้นแรกหาแรงเคลื่อนที่ ณ อุณหภูมิที่ต้องการอ้างอิงใหม่จากตาราง ในที่นี้คือ 30°C ณ จุดอ้างอิง 0°C จากภาพผนวก ข. จะพบว่ามีความแรงเคลื่อนที่ 1.54 mV (เรียกค่าที่หาได้นี้ว่าตัวประกอบ) หลังจากนั้นก็นำค่านี้ไปลบออกจากแรงเคลื่อนที่จุดวัดที่ 400°C เมื่อจุดอ้างอิงเป็น 0°C หรือเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

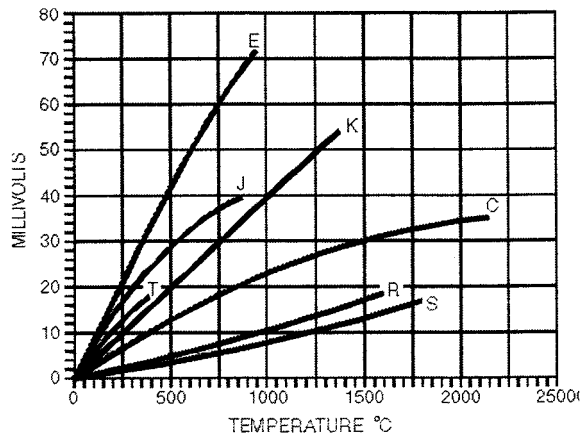
$$V(30^{\circ}\text{C}) = 1.54\text{ mV (ชนิด J, } 0^{\circ}\text{C ref.) ชั้นแรก}$$

$$V(400^{\circ}\text{C}) = 21.85\text{ mV (ชนิด J, } 0^{\circ}\text{C ref.) ชั้นที่สอง}$$

นำค่า (ประกอบ) ที่ได้จากชั้นที่สองมาจะลบออกจากชั้นแรก ที่ทำให้ได้แรงเคลื่อนซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างนี้เป็น

$$V(400^{\circ}\text{C}) = 20.31\text{ mV (ชนิด J, } 30^{\circ}\text{C ref.)}$$

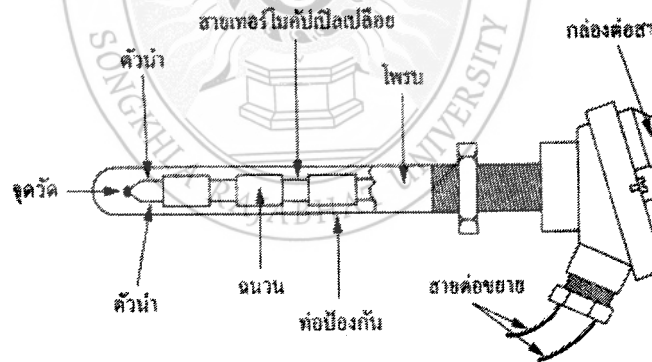
เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของจุดอ้างอิงจะเขียนในแบบใหม่ เช่น V_{j30} จะหมายถึงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลชนิด J อ้างอิงที่ 0°C และ V_{j30} หมายถึงของชนิด J อ้างอิงที่ 30°C



ภาพที่ 2-3 การเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0°C ถึง 2000°C ซึ่งจะสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ลงเส้นโค้งแรงเคลื่อนเทอร์โมคัปเปิล

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic of Standard Thermocouples)

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



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

ที่มา : เกรียงศักดิ์ เกษทองมา และคณะ, (2546)

2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะดังภาพที่ 2-20 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ด้านทานต่อการเกิดออกไซด์ ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝึกหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากสเตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนา

ของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอร์โมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (Peltier Element) มากกว่าที่จะใช้เป็น โมดูลเปิดวัดอุณหภูมิ

ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลจะกำหนดได้จากการใช้งานของแต่ละอย่าง และที่มีขนาดจาก 10 ในสถานะแวดล้อมที่ไม่คงที่ 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) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณ โดยใช้โอปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic in Application of Thermocouple Standard Type) (เกรียงศักดิ์ เกษทองมา และคณะ, 2546) ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTM โดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1. เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ประดิษฐ์โดยนาย Le Chatelier ในปี 1886

ข้อดีของแบบ S

1. เหมาะกับการใช้งานในสถานะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง (Oxidizing)
2. เหมาะกับการใช้งานในสถานะงานเฉื่อย (Inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดได้ง่าย

3. นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก

4. วัดที่อุณหภูมิต่อเนื่องจะได้จากช่วงของที่ 0 ถึง 1550°C และที่อุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 17000°C

5. หากอยู่ภายใต้สถานะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด

6. ใช้ในการสอบเทียบตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.740°C) จนถึงแข็งตัวของทองแดง (1064.430°C) ตามมาตรฐาน IPTS 68

ข้อเสียของแบบ S

1. ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ
2. ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (Reducing)
3. ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum)
4. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว
5. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของอโลหะ เช่น กำพวด อาเซนิกซัลเฟอร์ฟอสฟอรัส เพราะจะมี

อายุการใช้งานสั้นลง

2. เทอร์โมคัปเปิลแบบ R เป็นแบบที่เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ ข้อดีของแบบ R ข้อดีของระบบ R

1. ให้แรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุตสูงกว่าแบบ S
2. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600°C
3. วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง -50 ถึงประมาณ 1700°C
4. เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็กอุตสาหกรรมแก้ว
5. ทนทานต่อการกัดกร่อนและให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี

ส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบของ S แต่แต่ละส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้มีความเป็นเชิงเส้นต่ำ เพิ่มอุณหภูมิต่ำกว่า 540°C

3. เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ผลิตครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน ข้อดีของแบบ B

1. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึง 1600°C
2. วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึง 1750°C
3. แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R

4. เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกไซด์ซิงและสภาวะเฉื่อยให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (Linearity) ดี

ข้อเสียของแบบ B

1. ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่าแบบอื่นๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน
2. ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
3. ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ
4. ไม่เหมาะกับงานที่มีสภาวะเป็นไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และแบบ S
5. ให้ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสองค่า (Double Value Region) จากอุณหภูมิในช่วงที่ $0^{\circ}\text{C} - 42^{\circ}\text{C}$ (ดังภาพตัวอย่างด้านล่าง) จะทำให้สามารถทราบได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมีอุณหภูมิเป็นเท่าใดเช่นที่อุณหภูมิ 0°C จะแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42°C

6. ให้ความชื้น (การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่น

4. เทอร์โมคัปเปิลแบบของ J พบว่าหากใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลความคุ้มทุนก็ลดลงไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลราคาถูกลง จึงใช้วัสดุธาตุอื่นที่มีราคาถูกกว่ามากมาทดแทนแพลทินัม โดยรหัสมีสีตามมาตรฐาน BS มีดังนี้ถ้าขั้วบวก จะเป็นสีดำ ขั้วลบจะเป็นสีขาว ทั้งตัวจะเป็นสีดำ

ความแม่นยำตามมาตรฐาน BS 1797 Part 30, 1993 ได้แก่

4.1 Class 1 = -40°C ถึง $+750^{\circ}\text{C} \pm 0.004 \times T$ หรือ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$; เมื่อ T คือ อุณหภูมิจริง

4.2 Class 2 = -40°C ถึง $+750^{\circ}\text{C} \pm 0.0075 \times T$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$; เมื่อ T คือ อุณหภูมิจริง

ข้อดีของแบบ J

1. ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนที่ไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี

2. มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์

3. ตามมาตรฐาน BS 7973 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ 210°C ถึง 1200°C

4. เหมาะสมกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงและงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760°C

5. นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก

6. เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสียของแบบ J

1. วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T

2. ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C

3. จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง

4. หากที่จะใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5. เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นที่มาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ.1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมและส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ.1916 ยังไม่สามารถสร้างนิกเกิลบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่างๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด K แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงและสอบเทียบ

ด้วยเหตุนี้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช่โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อนที่ อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

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

5.2 ที่อุณหภูมิสูงๆ (ช่วง 200°C ถึง 600°C) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่จะมีผลของฮิสเตอร์รีซิสเกิดขึ้นขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่

5.3 ที่อุณหภูมิของ 1000°C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่จะเกิดออกไซด์ ที่เป็นเหตุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อน

5.4 การใช้โคบอลต์เป็นส่วนโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่นๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูงๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรม ที่กำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น -270°C ถึง $+1,370^{\circ}\text{C}$

โดยมีระดับความหนาแน่นนอนซึ่งกำหนดโดยมาตรฐานของ IEC 584 ที่ตารางอ้างอิงสำหรับเทอร์โมคัปเปิลนานาชาติ เป็นดังนี้

1. Class 1 = 40°C ถึง $+1,000^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \text{ xt}$ หรือ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
2. Class 2 = 40°C ถึง $+1,200^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \text{ xt}$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
3. Class 1 = 200°C ถึง $+40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \text{ xt}$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$

เมื่อ T อุณหภูมิจริงที่ทำกรวัด

รหัสสี่ตัวสำหรับสายเทอร์โมคัปเปิลที่กำหนดโดยมาตรฐาน BS 4973 Part 1993 (รหัสสีตามมาตรฐานอังกฤษสำหรับสายชนิดแบบคู่ของเทอร์โมคัปเปิล) สำหรับชนิด K ขั้วบวกจะเป็นสีเขียว ขั้วลบจะเป็นสีขาว ถ้าตลอดทั้งตัวจะเป็นสีเขียว ส่วนสายชนิดเซย์สัญญาณ (ชนิด VX) ก็เหมือนกับสีด้านบนที่กล่าวมาโดยสรุป

ข้อดีของแบบ K

1. เป็นแบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุด
2. สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้นจะวัดจาก -180°C ถึงประมาณ 1350°C
3. สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซ์ หรือสถานะแบบเฉื่อย (Inert) ได้ดีกว่าแบบอื่นๆ
4. สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
5. ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าที่ต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่นๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วย

ข้อเสียของแบบ K

1. ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
2. ไม่เหมาะกับการทำงานที่มีไอของซัลเฟอร์
3. ไม่เหมาะกับการใช้งานที่สูญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)
4. หลังการใช้งาน 30 ปีทำให้ส่วนประสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป
6. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดีของแบบ T

1. ดีกว่าแบบ K ตรงที่จะสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดค่าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง
2. ให้ความแน่นอนในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100°C ความแน่นอนจะเป็น $\pm 1\%$)
3. มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิต่ำ
4. การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี
5. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องจะได้จากช่วง -185°C ถึง 300°C และจะวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง -250°C ถึง 400°C
6. ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

ข้อเสียแบบ T

1. เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกลดน้อยกว่าแบบอื่นๆ
2. หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370°C จะทำให้เกิดออกซิไ้มาก

3. ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)

4. เมื่อใช้งานไปนานๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสีจะเพิ่มประมาณ 10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

5. คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

7. เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

ข้อดีของแบบ E

1. ให้แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับแบบอื่นๆ ในสถานะเดียวกัน

2. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800°C

3. คุณสมบัติอื่นๆ คล้ายกับแบบ K

การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

7.1 ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่เป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พวงเอาความร้อนออกจากพื้นที่การวัดเข้ามา

7.2 ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็กๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำการวัด และใช้สายขยาย (Extension Wire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย

7.3 หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสัมผัสที่เย็นที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย

7.4 เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาวๆ ให้ต่อชิลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิิจิตอลโวลท์มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิคเกลียว

7.5 หลีกเลี่ยงริเวอร์ที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย

7.6 พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิกัดอุณหภูมิของมัน

7.7 ป้องกันวงจรแปลง Integrate A/D จากการรบกวน

7.8 ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อยๆ

7.9 ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่าๆ ไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วงๆ

2.6 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซชีวภาพชนิดมีเทน

2.6.1 เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG หลักการทำงานของเครื่องตรวจจับก๊าซ LPG การตรวจสอบก๊าซรั่วจะอยู่ในรูปของปริมาณความเข้มข้น โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าเช่น ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความต้านทานของเครื่องตรวจวัดก๊าซ โดยถ้าระดับความเข้มข้นของ ก๊าซที่ตรวจสอบ ได้มีความเข้มข้นสูงเกินระดับความปลอดภัยที่ตั้งค่าไว้ เครื่องจะส่งสัญญาณเตือนไปยัง ผู้ใช้งาน อาจจะเป็นในรูปของสัญญาณแสง สัญญาณเสียง

- สำหรับก๊าซไวไฟ เครื่องตรวจวัดมีกระบอกในหน่วยของค่า LEL (Lower explosive limit) หรือ UEL (Upper explosive limit) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงระดับความเข้มข้นต่ำและสูงที่สามารถทำให้ ก๊าซติดไฟได้เมื่อมีแหล่งกำเนิดประกายไฟ

- สำหรับก๊าซพิษ เครื่องตรวจวัดจะระบุความปลอดภัยในหน่วย TLV (Threshole limit value) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซพิษที่สามารถปฏิบัติงานต่อเนื่องได้อย่างปลอดภัย ภายในระยะเวลา ภายในเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน 9

ประเภทของเครื่องตรวจสอบก๊าซรั่ว จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

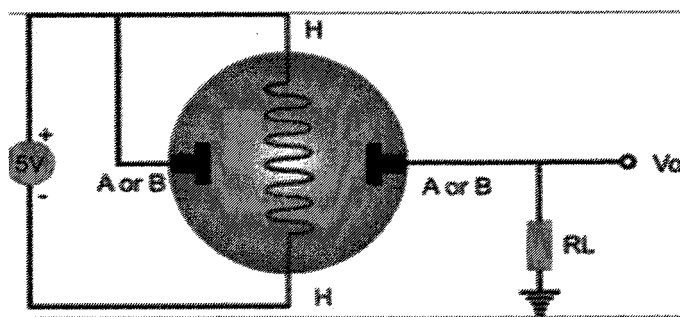
1. ชนิดเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor type) หลักการทำงานของ อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ฟิสิกส์ของสารกึ่งตัวนำที่อยู่ในรูปของก๊าซตัวนำ และเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่า ความต้านทานหรือความเข้มของก๊าซที่ตรวจสอบ

2. ชนิดคอนแทคต์คอมบัสชั่น (Contact combustion type) หลักการทำงานของ อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ของขดลวดเช่น ทองคำขาว ที่มีมีการเคลือบสารตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ และเมื่อสารตัวเร่งปฏิกิริยาทำปฏิกิริยากับก๊าซ ความร้อนของทองคำขาวจะสูงขึ้น ทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้นตาม ความเข้มข้นของก๊าซเซนเซอร์คือ ตัวอุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การ เปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทางการ เคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่ สอดคล้องและ เหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ ถ้าเป็นการวัดแบบสัมผัสกับตัวแปรโดยตรง เรียกตัวตรวจรู้แบบปฐม (Primary sensors) หรือตัวตรวจรู้ขั้นต้น หากมีการตรวจรู้ โดยผ่านส่วนอื่น ก่อน เช่น สเตรณเกจตรวจรับแรงกดที่ต้องรับแรงถ่ายถอดจากแท่งโลหะที่รับแรง โดยตรงอีกทอด โดย ใช้สเตรณเกจแปะติดกับแท่งโลหะนั้น เราจะได้เรียกสเตรณเกจในกรณีนี้ว่าเป็น ตัว ตรวจรู้ทุติยภูมิ (Secondary sensor) หรือตัวตรวจจับชั้นรอง การตรวจรู้จะอาศัยผลการเปลี่ยนแปลง ของพารามิเตอร์ในตัวเซนเซอร์เองที่สามารถตรวจวัดได้ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแส ความต้านทาน ความจุ และความเหนี่ยวนำ เป็นต้น เมื่อค่าตัวแปรเปลี่ยนแปลงแล้ว พารามิเตอร์ดังกล่าวจะเปลี่ยนตาม ทำให้สามารถวัดและทราบ

ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตาม ใด ซึ่งเราอาจวัดได้โดยใช้มิเตอร์หรือวงจรบริดจ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการวัดตัวแปรด้วยวิธีทางไฟฟ้าโดยเรา จะทำการเทียบหรือปรับแต่งปริมาณทางไฟฟ้านี้แทนค่าตัวแปรที่ทำการวัดอีกทีเราจึงอาจเรียกว่าเป็น การวัดโดยวิธีอ้อมได้ กระบวนการนี้เรียกว่าการตรวจจับ (Sensing) กรณีนี้ค่าพารามิเตอร์จะถูกรับรู้ เรียกว่า เซนเซอร์จะเห็นว่าพารามิเตอร์และเซนเซอร์แท้จริงคืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เดียวกันต่าง ตรงที่เราจะกล่าวถึงหลักการทำงานหรือกล่าวถึงลักษณะการใช้งาน ปัจจุบันทรานสดิวเซอร์และ 11 เซนเซอร์เป็นค่ากลางๆ ที่ใช้ร่วมกันโดยทรานสดิวเซอร์อาจจะรวมทั้งตัวเซนเซอร์และวงจรการ ปรับแต่งสัญญาณต่างๆ เข้าเป็นหน่วยเดียวกัน แล้วนำไปใช้ได้ทันที เช่น ทรานสดิวเซอร์ความดัน (Pressure Transducer) เมื่อมีความดันเข้ามาจะทำให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสที่แปรเป็น สัดส่วนกับความดัน เป็นต้น

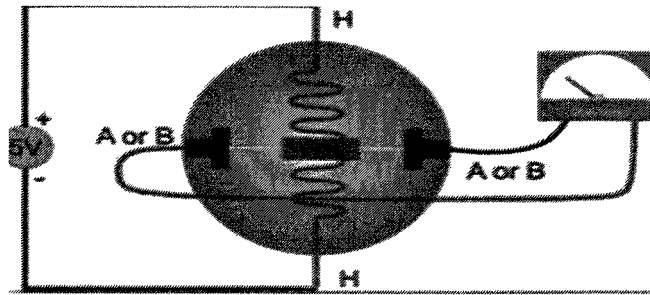
2.6.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG และควีน

การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG จากภาพที่ 2.4 และ 2.5 เซนเซอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซ LPG ในอากาศซึ่งเมื่อเราเริ่มจ่ายพลังงานเข้าให้เซนเซอร์ที่ขา H ทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวดทำให้สารเคมีภายในตัว เซนเซอร์สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซ LPG ได้ และเมื่อ เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG ได้จะทำให้ค่า ความต้านทานระหว่าง ขา A และ ขา B เปลี่ยนแปลง (ขา A และ B เป็นขาที่ไม่ตายตัวเราสามารถ กำหนดเองได้โดยเลือกขาใดเป็นขา A ขาที่อยู่ฝั่งตรงข้ามก็จะเป็นขา B) และ โดยเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับ ปริมาณ LPG ได้มากจะทำให้ค่าความต้านทาน RS ลดลง หรือค่าความต้านทานแปรผกผันกับ ปริมาณของก๊าซ LPG ซึ่งใน Data Sheet ของ เซนเซอร์ได้ระบุไว้ว่าที่ความต้านทาน RS 10-60 K จะมีค่าของก๊าซ LPG 10,000 – 200 ppm (พจนานุกรม สุวรรณมณี, 2546)



ภาพที่ 2-5 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซหุงต้ม 1

ที่มา : (พจนานุกรม สุวรรณมณี, 2546)



ภาพที่ 2-6 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับก๊าซหุงต้ม 2

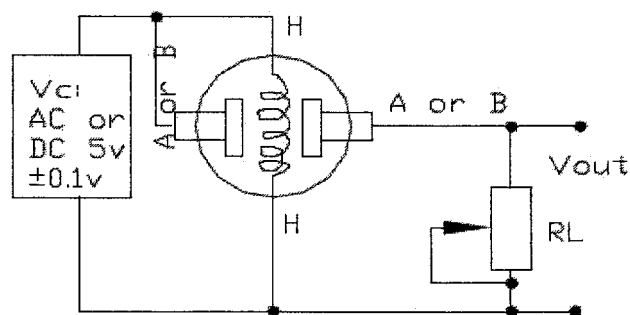
ที่มา : (พจนานุกรม สุวรรณมณี, 2546)

2.6.2 เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG ZX-MQ5

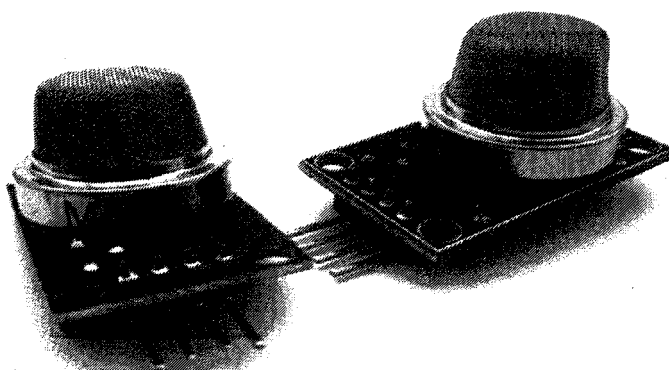
เป็นโมดูลตรวจวัดก๊าซ ที่ไวต่อก๊าซไวไฟในกลุ่ม LPG, CH₄, Natural Gas, Hydrogen จึงเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจจับการรั่วของก๊าซต่างๆ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลนั้นได้ (พิรพงษ์ ต่อทิษะและคณะ. 2547)

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

- ใช้แรงดัน 5V
- ให้เอาที่พุดทั้งสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จริง และสัญญาณดิจิตอลสามารถปรับตั้งระดับแจ้งเตือนได้ (ใช้ LM393 เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน)
- เมื่อป้อนแรงดันให้แก่เซนเซอร์ ต้องรอการอุ่นซีพอย่างน้อย 20 วินาที ก่อนทำการวัดค่า



ภาพที่ 2-7 วงจรของโมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5



ภาพที่ 2-8 โมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

ลักษณะเด่นของเซนเซอร์ก๊าซ ZX-MQ5

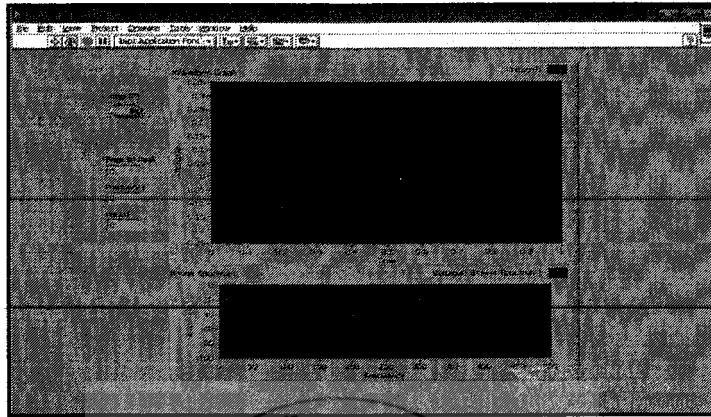
- ใช้ในบ้านและโรงงานก๊าซอุปกรณ์ตรวจจับการรั่วไหลเหมาะสำหรับการตรวจจับก๊าซเหลว บิวเทน โพรเพน ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซอื่นๆ

- ก๊าซที่ใช้บังคับ: ก๊าซมีเทน
- ช่วงการตรวจสอบ: 300 ~ 10000 ppm
- ลักษณะของก๊าซ: isobutane 1000 ppm
- ความไว: R ในอากาศ / R ใน gas ≥ 5 ทั่วไป
- ด้านทานการตรวจจับ: 1kW ~ 20kW ใน isobutane 2000 ppm
- เวลาตอบสนอง: $\leq 10s$
- เวลาการกู้คืน: $\leq 30s$
- ด้านทานความร้อน: $31\Omega \pm 3\Omega$
- ความร้อนในปัจจุบัน: $\leq 180ma$
- แรงดันความร้อน: $5.0V \pm 0.2V$
- พลังงานความร้อน: $\leq 900mw$
- สภาพการทำงานอุณหภูมิ: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ความชื้น: $\leq 95\% \text{ RH}$

2.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือจะเรียกย่อๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึง

เครื่องมือที่วัดเสมือน ดังตัวอย่างจากภาพนี้ที่ใช้เป็น Oscilloscope ที่ได้ทำจากการสร้างขึ้นบน หน้าจอ คอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2-9 ตัวอย่างเครื่องมือวัดเสมือนที่สร้างจาก LabVIEW

ที่มา : (กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี, 2550)

มีจุดกำเนิดขึ้นในปี 1983 โดยทางบริษัท National Instrument ได้เริ่มการค้นคว้าศึกษา เพื่อหาวิธีการที่จะลดเวลาในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในงานด้านระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นจุดเริ่มของแนวความคิดการสร้าง LabVIEW หลังจากการใช้เวลาศึกษาวิจัยอยู่ 3 ปี ในปี 1986 บริษัทก็ได้ปล่อย LabVIEW Version 1 สู่อตลาดเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ Macintosh เท่านั้น เพราะแม้ว่าเครื่อง Macintosh จะไม่เป็นที่ใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านวิศวกรรม แต่ด้วยลักษณะการแสดงผลแบบกราฟิกของเครื่อง Macintosh ทำให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับ LabVIEW สำหรับระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ใช่ GUI ยังไม่มีความเหมาะสมที่จะใช้กับ LabVIEW ทั้งนี้สำหรับ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ทาง NI ต้องรอนจนกระทั่งระบบปฏิบัติการ Windows เกิดขึ้น เสียก่อน

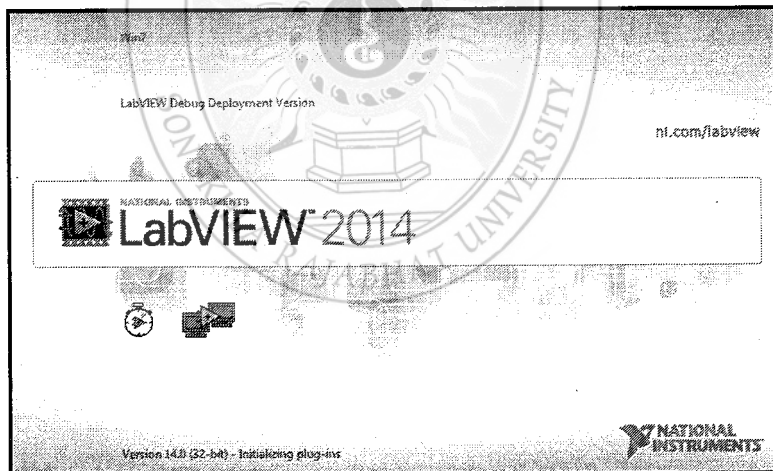
ในปี 1990 ทาง NI ได้ประสบผลสำเร็จในการนำ LabVIEW Version 2 ออกสู่ตลาด โดยได้ปรับแก้และที่จะเขียนระบบควบคุมใหม่ทั้งหมดตามคำแนะนำของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการเขียน Compiler ที่ให้เวลาการทำงานของโปรแกรมรวดเร็วขึ้นเท่าเทียมกับการเขียนด้วยภาษาขั้นพื้นฐาน เช่น C และต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านระบบปฏิบัติการของ PC มีความพร้อมที่จะใช้งานกับ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

หลังจากนั้นบริษัทก็ได้พัฒนา โปรแกรมให้เหมาะสมกับเทคโนโลยียิ่งขึ้นตามภาพแบบปฏิบัติการที่จะเปลี่ยนแปลงไปเช่น LabVIEW สำหรับ WindowsNT, Windows 95 รวมถึงการที่สร้าง Version ใหม่เพื่อที่จัดระบบและการเขียนโปรแกรมให้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนสามารถเชื่อมต่อกับ อุปกรณ์ต่างๆ มากขึ้นพร้อมทั้งสร้างฟังก์ชันต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมาก

ขึ้น นอกจากนี้ยังสร้างโปรแกรมที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ได้เขียนบนระบบปฏิบัติการนั้นได้ โดยเริ่มจาก LabVIEW 3 ในปี ค.ศ. 1993, LabVIEW 4 ในปี ค.ศ. 1996 และล่าสุด LabVIEW 2010 ในปี ค.ศ. 2010 ซึ่งเป็นโปรแกรมล่าสุด (กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี, 2550)

โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นมานำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัด สำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจากคำว่า Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทาง วิศวกรรมดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและ

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



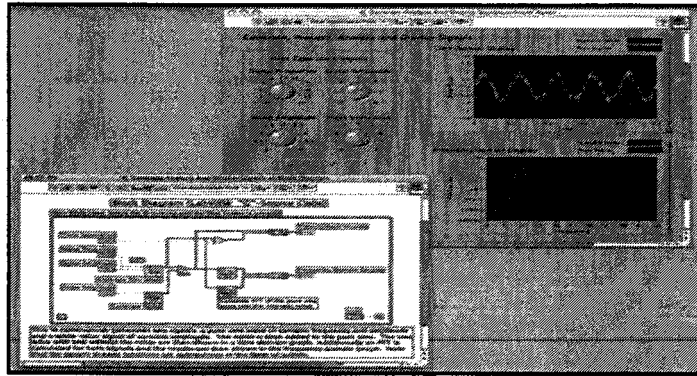
ภาพที่ 2-10 การเข้าสู่โปรแกรม LABVIEW

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อที่จะใช้ในการวัดและการควบคุม โดย ที่จุดประสงค์หลักแล้ว บริษัท National Instrument จึงได้เริ่มพัฒนาโปรแกรมที่จะนำมาไปใช้กับระบบ เครื่องมือวัดที่มีความง่ายในการเขียนโปรแกรมและมีฟังก์ชันเพื่อจะช่วยในการวัดทางวิศวกรรมให้มากที่สุดเพราะด้วยความเป็นมาของบริษัท National Instrument เริ่มจากการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้กับการวัดทางวิศวกรรม ไม่ใช่บริษัทที่จะเริ่มต้นมาจากการผลิต Software เป็น

หลัก ดังนั้นคงไม่ผิดนักสำหรับผู้ที่ต้องการจะใช้ประโยชน์สูงสุดจากโปรแกรม LabVIEW คือผู้ที่ต้องการจะนำข้อมูลจากภายนอก เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้ามาในเครื่องเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลประมวลผล และแสดงผลและในหลาย กรณีใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ ข้อได้เปรียบสูงสุดของ LabVIEW คือการที่จะพยายามทำให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้งานร่วมกับโปรแกรม LabVIEW และ อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อที่จะทำการเก็บ ข้อมูล (Data Acquisition Card) แล้วสามารถที่จะเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้ กลายเป็นเครื่องมือวัดในหลายๆ ภาพแบบ ไม่ว่าจะ เป็น Oscilloscope, Multi-meter, Function Generator, Strain Meter Thermometer หรือเครื่องมือวัดอื่นๆ ตามที่เราต้องการทำให้สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการทำการวัดและเครื่องมือวัดได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งจุดนี้เองที่จะเป็นที่มาของชื่อเครื่องมือวัดเสมือนจริง (Virtual Instrument) และ ข้อที่จะได้เปรียบเหนือการใช้อุปกรณ์จริงเหล่านั้นคือ Virtual Instrument สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้ โดยการ เปลี่ยน VI ให้เป็นไปตามต้องการเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากนัก

ข้อดีอีกประการหนึ่งในการหนึ่งของการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัดก็คือสามารถใช้ ทำเป็น Data Logger และ PLC (Programmable Logical Controlled) ได้พร้อมกัน ซึ่งโดยปกติแล้ว ระบบควบคุมมักจะไม่มีการวัดจริงขึ้นพื้นฐาน หรือ Data Logger แม้ที่จะเก็บข้อมูลได้แต่การสั่งการทำงานกับอุปกรณ์ตัวอื่น จะมีความยุ่งยากในการสั่งการมาก

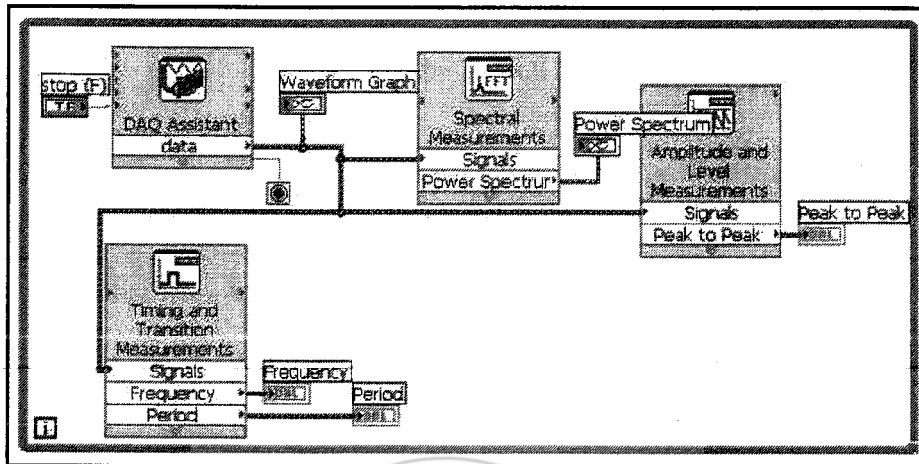
สำหรับผู้ที่เคยใช้โปรแกรมประเภทที่ใช้ตัวหนังสือ หรือที่เรียกว่า Text Base ทั้งหลาย คงจะทราบถึงความยุ่งยากในการจัดการกับตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลตามอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น Port หรือ Card ต่างๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด ปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขใน LabVIEW โดยได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมาก หรือ Libraries ไว้สำหรับจัดการกับปัญหาเหล่านั้น ไม่ว่าจะ อุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (Data Acquisition), GPIB (General Purpose Interface Bus หรือ ก่อนหน้านี้รู้จักกันในชื่อ Hewlett Packard Interface Bus, HP-IB), พอร์ตอนุกรม หรือ Serial Port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมนี้ (Serial Instrument) รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูล ที่จะได้รับด้วยวิธีการต่างๆ นอกจากนี้ใน Libraries เหล่านี้ยังได้บรรจุฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญอีก หลายประการเช่น Signal Generation, Signal Processing, Filters, สถิติ, พีชคณิต และ คณิตศาสตร์อื่นๆ ดังนั้น LabVIEW จึงทำให้การวัดและการใช้เครื่องมือวัดกลายเป็นเรื่องง่ายลงไปมาก และทำให้ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเรากลายเป็นเครื่องมือทางด้านการวัดหลายชนิดอยู่ในเครื่องเดียว



ภาพที่ 2-11 หน้าจอการเขียน โปรแกรมและหน้าจอแสดงผล
ที่มา : (กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี, 2550)

เนื่องจาก LabVIEW เป็น โปรแกรมที่ใช้ภาพภาพ หรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษรเหมือนโปรแกรมปกติทั่วไปซึ่งข้อดีข้อแรกก็คือการลดความผิดพลาดด้านการสะกดผิดหรือพิมพ์ผิดออกไป ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งที่สำคัญของการเขียนโปรแกรมแบบ G ก็กับการเขียนด้วยตัวหนังสือก็คือ การเขียนด้วยภาษา G นี้เป็นการเขียน โดยใช้หลักการของ Data Flow ซึ่งเมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม เราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใด ผ่านการประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และจะแสดงผลอย่างไร ซึ่งลักษณะการเขียนภาษา G หรือ Data Flow นี้จะมีลักษณะเหมือนกับการเขียน Block Diagram ซึ่งทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถให้ความสนใจหลักการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้โดยไม่ต้องจดจำภาพแบบคำสั่งที่ยุ่งยาก เนื่องจาก LabVIEW จะใช้ลักษณะการเขียนแบบของ Block Diagram ซึ่งวิศวกรส่วนใหญ่จะมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้ และถ้าหากเราจำได้ถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรม จะต้องเขียน Flow Chart ให้เสร็จสิ้นก่อน หลังจากตรวจสอบ Flow Chart เรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรม ซึ่งจะมีความสะดวกมากขึ้น ถ้าหากการเขียน Flow Chart ของ LabVIEW ก็คือการเขียนโปรแกรมนั่นเองซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการทำงานลงไปได้เป็นอย่างมากแม้ว่าการเขียนโปรแกรมใน LabVIEW ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมใดๆ มาก่อนเลย แต่การมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมหรือใช้โปรแกรมสำเร็จภาพอื่นๆ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

LabVIEW จะมี Front Panel ซึ่งเปรียบเสมือนที่ ได้รับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างภาพแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออสซิลโลสโคป, ปุ่มหมุน (Dial) และ สวิตช์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2-12 Block Diagram ของ โปรแกรม LabVIEW

ที่มา : (กิจ โปษุทธ์ ชิวพันธุ์ศรี, 2550)

LabVIEW อาศัยหลักการการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถ ออกแบบตามที่ ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ



ภาพที่ 2-13 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่เข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)
2. Analysis หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในภาพที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้
3. Presentation คือ การแสดงผลในภาพแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบน หน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) จึงแสดงผลเฉพาะที่วัดได้รับโดยไม่ จำเป็นต้องรู้ ความสำคัญกับเวลา หรือ Spectrum Analysis จะแสดงสัญญาณในภาพความถี่หรือการ พิมพ์ออกมา เป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

ส่วนประกอบต่างๆ ใน LabVIEW

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดย LabVIEW เราจะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรมในขณะเดียวกันหลังจากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของ ฟังก์ชัน, Subroutines และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ VI หนึ่งๆ จะประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนคือ

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

ทั้งสามส่วนนี้จะประกอบกันขึ้นมาเป็นอุปกรณ์เสมือนจริง ลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบทั้งสามมีดังต่อไปนี้ (เจริญ เพชรมณี, 2547: 12-19)

1. Front Panel หรือหน้าปัด จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียกว่า User Interface) โดยทั่วไปที่จะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิดเปิด, ปุ่มปิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนดสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการเขียน โปรแกรมประเภท Visual ทั้งหมดคงจะเข้าใจกันคือว่า Front Panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรมหรือ VI นั้นเอง

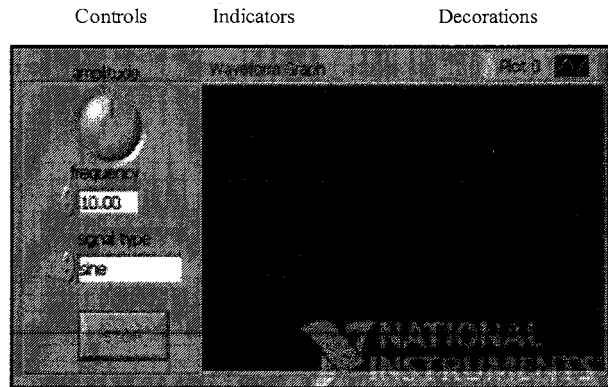
Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่ 3 ประเภท คือ

Control คือประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้ (Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่าลงไป หรือใช้เมาส์คลิก เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น ปุ่มหมุน ปุ่มเลื่อน สวิตช์ เป็นต้น

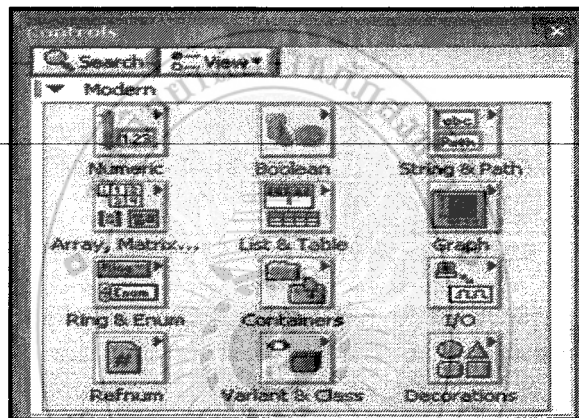
Indicators คือประเภทที่ใช้แสดงค่าต่างๆ เท่านั้น (Output) ผู้ที่จะใช้ไม่สามารถแก้ไขได้ เช่น กราฟ มิเตอร์ LED

Decorations ที่เป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมและ Code บน Block Diagram เลยแต่จะมีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front Panel เท่านั้นนั่นเอง

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

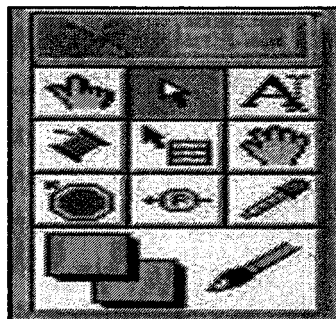


ภาพที่ 2-14 Object ที่อยู่บน Front Panel ของ LabVIEW เครื่องมือที่ใช้ออกแบบ



ภาพที่ 2-15 Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

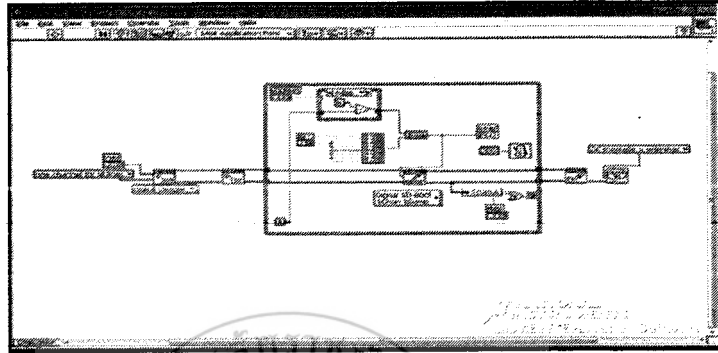
Tools Palette คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะมีใช้ทั้งการออกแบบ Front Panel และ Block Diagram ในส่วนนี้จะกล่าวถึง Tools Palette สำหรับออกแบบ Front Panel



ภาพที่ 2-16 Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในภาพของ Block จะได้รับ

การต่อสาย (Wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง Block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการและแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้ต่อไป



ภาพที่ 2-17 ตัวอย่าง Block Diagram โปรแกรม LabVIEW

Node คือภาพ Icon ที่อยู่บน Block Diagram ซึ่งมี Input และ/หรือ Output และจะทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการรัน โปรแกรม โดยแบ่งเป็นสามชนิดหลัก

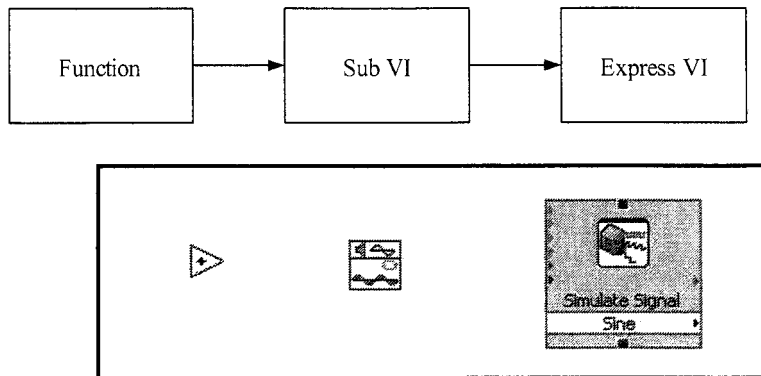
1. Function คือ Node ที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่สามารถที่จะเจาะเข้าไปดูรายละเอียดภายในได้อีกเช่นการบวกการคูณ

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

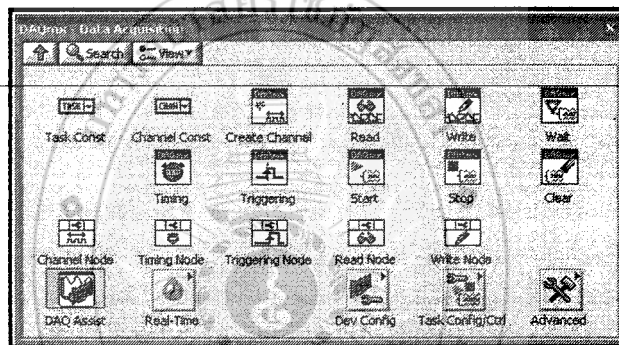
3. Express VI ที่จะเป็น Sub VI ประเภทพิเศษคือเมื่อเราเลือก Express VI มาวางบน Block Diagram มันจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้เข้าไปป้อนค่า Parameters ต่างตามต้องการและเมื่อป้อนค่าเสร็จมันก็จะสร้างโค้ดไว้ภายในอัตโนมัติตามที่ได้ตั้งค่าไว้ซึ่งความสามารถของ Express VI นี้ทำให้แทบไม่จำเป็นต้องต่อสาย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

เครื่องมือที่ใช้ในการเขียน โปรแกรมบน Block Diagram

LabVIEW ใช้ Functions Palette ซึ่งจะมี Function และ SubVI ต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้ผู้ใช้เลือกใช้โดย Function และ SubVI จัดเป็นกลุ่มๆ เช่น Numeric Function จะมี Function ต่างๆ เกี่ยวกับตัวเลขเช่นบวกลบคูณหารดังภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-18 ตัวอย่าง Block Diagram Node
ที่มา : (เจริญ เพชรมณี, 2547)



ภาพที่ 2-19 เครื่องมือสำหรับ Dam = Data Acquisition โปรแกรม LabVIEW
ที่มา : (เจริญ เพชรมณี, 2547)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบเก็บก๊าซชีวภาพ การผลิตและการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ เพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทนำ โดยทำการศึกษารายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ข้อดี และข้อเสียของการวิจัยในแต่ละเรื่อง เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง (2553) การวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับประรด โดยกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละอัตราส่วนอินทรีย์วัตถุ เปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละระยะเวลาเก็บกักต่อและวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก การทดลองนี้ ทำการหมักทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ มูลโค:เปลือกสับประรด:น้ำกลั่น เท่ากับ 1:0:1, 2:1:3, 1:1:2, 1:2:3 และ 0:1:1 วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยใช้ หลักการแทนที่ของน้ำในการวัด

ปริมาณน้ำที่ไหลออกมาจากถังปฏิกิริยา(3 ชั่วโมง) และวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้สถิติในการทดสอบ ได้แก่ F-test (One-way ANOVA)

ผลการศึกษาพบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับประดากายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในอัตราส่วนมูลโค : เปลือกสับประดะ : น้ำกลั่น คือ 1:0:1 และระยะเวลาเก็บกัก 30 วันจะทำให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด โดยมีปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 46.19% v/v

บรรพต ทองมาก (2546) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์จากการหมักก๊าซชีวภาพที่หมักด้วยมูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล ศึกษาปริมาณและเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่หมักด้วยมูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็ม มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติ โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 20 ลิตรจำนวน 5 ถัง ในการหมักเก็บน้ำมูลสุกรก่อนและหลังนำไปวิเคราะห์ค่า COD เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์

จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด COD ที่เกิดจากการหมักมูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและมูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติ ดังนี้คือ 9.34% 50.00% 62.35% 49.91% และ 23.8% ตามลำดับ จะเห็นว่ามูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาลมีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์สูงที่สุด และมูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มมีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ต่ำที่สุด ปริมาณแก๊สชีวภาพรวมที่เกิดจากการหมัก มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มกลูโคส และกากน้ำตาล มูลสุกรปกติและ มูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็ม ดังนี้คือ 9,700 6,500 5,300 550 และ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะเห็นว่ามูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาลผลิตแก๊สชีวภาพได้มากที่สุด และมูลสุกรผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มผลิตแก๊สชีวภาพได้น้อยที่สุด ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ใช่ก๊าซมีเทน เพราะก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายกลูโคสและกากน้ำตาลมากกว่าการย่อยสลายอินทรีย์จากมูลสุกร การผสมน้ำจูลินทรีย์อีเอ็มลงในมูลสุกรไม่ได้มีส่วนช่วยให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นแต่ถ้าต้องการก๊าซชีวภาพมากขึ้นควรผสมกากน้ำตาลลงไป

ชยันต์ กิมยงค์ (2545) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร โดยใช้กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศสองขั้นตอนที่มีการไหลวนกลับของน้ำเสีย โดยในกระบวนการนี้มีถึงปฏิกรณ์ 2 ถัง ถังปฏิกรณ์ แรกเป็นถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์เป็นถังที่เติมมูลสุกรเพียงครั้งเดียวตลอดการทดลอง (batch reactor) ทำหน้าที่ผลิตกรดอินทรีย์จากมูลสุกรในส่วนที่

เป็นของแข็ง และส่งผ่านไปยังถังปฏิกรณ์ที่สอง ถังปฏิกรณ์ที่สองเป็นถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทน เป็นถังแบบมีตัวกลาง (packed bed) ซึ่งมีคุณสมบัติเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ได้ดี ระบบสองชั้นตอนนี้ทำงานโดยการใช้น้ำไหลวนผ่านระหว่างถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ถัง ซึ่งน้ำมีหน้าที่ในการชะสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรด และนำไปยังถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของอัตราการไหลวนน้ำระหว่างถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ถัง และความหนาของชั้นมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์

การศึกษาผลของปริมาณน้ำโดยทดลองที่อัตราการไหลวนน้ำ 2 , 4 และ 6 ลิตรต่อวัน ที่ความหนาชั้นมูลสุกร 10 เซนติเมตร หรือปริมาณมูลสุกรบรรจุ 8.4 กิโลกรัม พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำในการไหลวนจะช่วยให้มีการพาสารอินทรีย์จากถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ไปกำจัดในถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทนได้มากขึ้น 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 เนื่องจากผลความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นสถานะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้คือ ที่อัตราการวนน้ำ 6 ลิตร ความหนาชั้นมูลสุกร 10 เซนติเมตร (มูลสุกรบรรจุ 8.4 กิโลกรัม) โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สารอินทรีย์ระเหย และของแข็งในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ เป็นร้อยละ 54, 38 และ 33 ตามลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมด 376 ลิตร และระยะเวลาในการหมักที่ดีที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือ 40 วัน

ในการศึกษาการบำบัดมูลสุกรในส่วนที่เป็นของแข็งการดำเนินระบบไม่มีปัญหาเรื่องการอุดตันเนื่องจากการแยกระหว่างส่วนที่เป็นของแข็งและของเหลวออกจากกัน และพบว่าระบบบำบัดสองชั้นตอนมีเสถียรภาพการทำงานดีกว่าแบบชั้นตอนเดียว และจากการวิเคราะห์ทางการเงินโดยเปรียบเทียบระหว่างระบบบ่อแบบราง ระบบบ่อแบบ H-UASB และระบบที่ทำการศึกษาคือระบบสองชั้นตอน คำนวณราคาก๊าซชีวภาพได้ 1.9 , 1.7 และ 3.0 บาทต่อลูกบาศก์เมตรก๊าซชีวภาพตามลำดับ ระบบสองชั้นตอนถ้าได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเต็มความสามารถ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพลงได้มาก เนื่องจากต้นทุนของราคาก่อสร้างระบบนี้มีราคาถูกกว่า

นิสาชล ไชยสุวรรณ (2544) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนราคาก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าที่ผลิตได้ในฟาร์มเลี้ยงสุกร (ฟาร์ม เอส.พี.เอ็ม) การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่หนึ่งศึกษาหาค่าประกอบทางเคมีและค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากฟาร์มสุกร ส่วนที่สองหาต้นทุนราคาของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากฟาร์มสุกร โดยพิจารณาตัวชี้วัดคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 8 และ 10 และส่วนที่สามหาประสิทธิภาพของเครื่องย่นร์ผลิตไฟฟ้าและต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้

การศึกษาในส่วนที่หนึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษารายงานที่ผ่านมาแล้ว ส่วนที่สองเป็นการตรวจวัดข้อมูลเพิ่มเติม วิธีการศึกษาในส่วนที่สองแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายในการลงทุนด้านต่างๆ ส่วนที่สองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้ ส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินโดยใช้ตัวชี้วัด NPV ส่วนที่สี่เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนราคาการผลิตก๊าซชีวภาพ (บาท/m³ , บาท/GJ) และส่วนที่ห้าเป็นการเปรียบเทียบราคาบาท/GJ กับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ และวิธีการศึกษาในส่วนที่สามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและนำข้อมูลดังกล่าวมาหาประสิทธิภาพของเครื่องย่นร์ผลิตไฟฟ้า และส่วนที่สามเป็นการศึกษาด้านต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้

ผลการศึกษาในส่วนที่หนึ่งองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพประกอบด้วยมีเทน (CH₄) 60-70% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 20-30% และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) 53-56 ppm และค่าความร้อนต่ำเฉลี่ยของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 24,616 kJ/m³ ในส่วนที่สองโดยการชี้วัด NPV สำหรับการวิเคราะห์รายรับรายจ่ายกับการผลิตก๊าซ ณ ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 8 และ 10 โดยต้นทุนราคาของก๊าซชีวภาพพบว่ายู่ในช่วง 1.56-2.43 บาท/m³ และ 58.09-90.48 บาท/GJ ในการนำก๊าซมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนาเครื่องย่นร์ผลิตไฟฟ้าผลการศึกษาทดสอบได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องย่นร์ไฟฟ้าอยู่ในช่วง 12.7-15% ส่งผลให้ต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วง 3.24-3.76 บาท/kWh

เอกพจน์ ทระทิก และคณะ (2557) รายงานการวิจัย “การประยุกต์ใช้โปรแกรม LabVIEW ควบคุมเครื่องจับเวลาด้วยแสง” ได้ออกแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเครื่องจับเวลาด้วยแสงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยพอร์ต RS-232 เป็นตัวรับสัญญาณจากเครื่องจับเวลาด้วยแสง และใช้พอร์ต USB ในการให้ไฟเลี้ยง 5V แก่วงจร โปรแกรม LabVIEW ที่พัฒนาขึ้นจะมีความละเอียดในระดับมิลลิวินาที มีภาษาไทยอธิบายในบางค่าพารามิเตอร์ สามารถสร้างกราฟกับการทดลองที่ต้องแสดง ซึ่ง LabVIEW เองจะทำงานแบบ Real time จากการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมพบว่าโปรแกรม LabVIEW สามารถจับเวลาเมื่อรถหรือวัตถุผ่านเครื่องจับเวลาด้วยแสง หลังจากนั้นโปรแกรม LabVIEW จะบันทึกเวลาคำนวณผลของค่าพารามิเตอร์ และเขียนกราฟของการทดลองที่ต้องแสดง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้

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

ณัฐคนัย ดัชนีวิรุฬห์ และคณะ (2552) รายงานวิจัยการประยุกต์โปรแกรม LabVIEW 7.0 มาใช้ในการรับและประมวลผลสัญญาณการสั่นของสปริง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม ยู. เอช. ที. บรรจุกล่องขึ้นสุดท้ายแบบไม่ทำลาย สปริงสันแบบเสรีมีตัวหน่วงชนิดของเหลวหนืดกรณีการหน่วงต่ำ (underdamped free vibration) โดยใช้วิธีการทดลองใช้เมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลร่วมกับการ์ด DAQ รับสัญญาณ (PCI-6221 ของ National Instrument) และเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม LabVIEW 7.0 และสร้างเป็น executable ด้วย application builder รับ และประมวลผลมุมการหมุนของชุดสั่นที่ใช้ optical encoder ติดที่ปลายเพลาสั่นในการวัด ความละเอียดของมุมที่วัดได้โดยการคำนวณการสั่นเป็นผลให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของนมภายในกล่องต่างกัน เมื่อน้ำนมมีคุณภาพหรือการจับตัวกันเป็นก้อน (curd) ของน้ำนมต่างกัน ทำให้การต้านการเคลื่อนที่ของน้ำนมภายในกล่อง หรือค่าตัวหน่วงการสั่นต่างกัน ผลการทดสอบกับนมบรรจุกล่องตัวอย่าง 6,600 กล่อง จากการวิเคราะห์การสั่นโดยการวัดมุมที่ optical encoder โดยใช้ เมนบอร์ดและตัวประมวลผล Pentium Dual Core 2.0 GHz ระบบปฏิบัติการ Windows พบว่าสามารถแยกได้ถูกต้อง 99.92 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการทำงานเฉลี่ย 20 กล่องต่อนาที

ณัฐภักดิ์ ผ่านสำแดง (2549) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบควบคุมความชื้นในดินสำหรับการปลูกต้นลิ้นทมควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW เพื่อช่วยในการให้น้ำต้นลิ้นทมแบบอัตโนมัติด้วยการตรวจสอบความชื้นในดินและสามารถเปิดปิดการให้น้ำตามความต้องการได้ งานวิจัยชิ้นนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ (1) ส่วนของวงจรควบคุมการทำงาน (2) ส่วนของการออกแบบโปรแกรมมีฟังก์ชันการใช้งานคือส่วนการใช้งานแบบอัตโนมัติและการใช้แบบผู้ใช้ กำหนดกับส่วนที่ทำการเลือกการวัดความชื้นในดินวิธีการปลูกแบบธรรมชาติและแบบการควบคุมความชื้นในดินโดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยการควบคุมของโปรแกรมนั้นจะเป็นการการตรวจสอบและเปรียบเทียบความชื้นในดินของการปลูกต้นลิ้นทมในกระถางดินแบบวิธีการปลูกแบบธรรมชาติกับการปลูกต้นลิ้นทมแบบวิธีการควบคุมความชื้นด้วยการใช้โปรแกรม LabVIEW ในการควบคุม เปรียบเทียบค่าความชื้นที่วัดได้ของต้นลิ้นทมทั้งสองวิธีการปลูกจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นในดินสำหรับการปลูกต้นลิ้นทมควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ออกแบบและสร้างนั้นสามารถ

ควบคุมความชื้นได้อยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเปรียบเทียบผลการปลูกทั้งสองวิธีการปลูก วิธีการปลูกต้น
 ถิ่นทม โดยการควบคุมความชื้นด้วยโปรแกรม LabVIEW จะให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีและสมบูรณ์
 กว่าวิธีที่ไม่มีการควบคุมความชื้นในดิน

ราชศักดิ์ มานิมนต์ และคณะ (2546) เสนอเครื่องมือวัดความชื้นในดินโดยวิธีวัดค่าความ
 ต้านทาน หลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการนำไปใช้งานของเครื่องวัดความชื้น
 ปริมาณของแรงดันไฟฟ้าที่วัดคร่อม probe หากปริมาณของแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากแสดงว่าดินที่
 นำมาทดสอบนั้นมีค่าความต้านทานมาก นั่นแสดงว่าปริมาณความชื้นในดินก็จะมีค่าน้อย ในทาง
 ตรงกันข้ามหากปริมาณของแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยแสดงว่าดินที่นำมาทดสอบนั้นมีค่าความต้านทาน
 น้อยนั่นแสดงว่าปริมาณความชื้นในดินก็จะมีค่ามาก ดังนั้นปริมาณของแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จะ
 ผกผันกับความชื้นในดิน จากผลการวิเคราะห์ พบว่าการวัดความชื้นในดินโดยวิธีวัดค่าความ
 ต้านทาน หากดินมีความชื้นในช่วง 12 – 20% จะไม่สามารถแยกแยะได้อย่างละเอียดว่าเป็นปริมาณ
 ความชื้นที่เปอร์เซ็นต์เท่าใด

2.9 สรุป

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร รวมถึง
 องค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยมีเทน (CH_4) 60-70% คาร์บอนไดออกไซด์
 (CO_2) 20-30% และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 53-56 ppm โดยใช้กระบวนการย่อยสลาย และ
 ออกแบบและสร้างเครื่องวัดและประมวลผลโดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยออกแบบการทำงานของ
 โปรแกรมให้ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถัง
 หมักก๊าซชีวภาพ ผ่านทางอุปกรณ์เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ติดตั้งไว้มาแสดงผลบนหน้าจอ
 คอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมติดต่อสื่อสารระหว่าง ส่วนของอุปกรณ์
 ตรวจวัดสัญญาณภายนอกกับส่วนของการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณผ่านโปรแกรม
 คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงทางด้านอุตสาหกรรมหรือด้าน
 เกษตรกรรม เพื่อที่จะทำการแสดงผลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางคณะผู้วิจัยได้มีการวางแผน และกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบสารสนเทศพลังงานก๊าซชีวภาพ
- 3.3 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์
- 3.4 วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ
- 3.5 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน
- 3.6 การออกแบบโปรแกรม LabVIEW
- 3.7 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพด้วยมูลสุกรและหัวมันสำปะหลัง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการพัฒนาชุดตรวจวัดก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษากระบวนการทำงานของการเกิดก๊าซชีวภาพ เพื่อสร้างชุดสารสนเทศตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ โดยใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าประเภทเซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และทำการเชื่อมต่อสัญญาณการตรวจวัดนำมาแสดงผลบนหน้าจอด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม LabVIEW โดยมีขั้นตอนและกระบวนการทำงานเสนอตามหัวข้อดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง

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

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

หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (ไร้ออกซิเจน) โดยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นกรดอินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน เป็นต้น กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ขนาดเล็กให้เป็น กรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจน และขั้นตอนสุดท้ายกลุ่มแบคทีเรียจะสร้างมีเทน โดยเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (หรือก๊าซชีวภาพ) ซึ่งก๊าซดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ และจะถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทนต่อไป (กระทรวงพลังงาน, โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, 2552)

3.1.1 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน จะให้องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ดังนี้ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% และก๊าซไฮโดรเจน (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

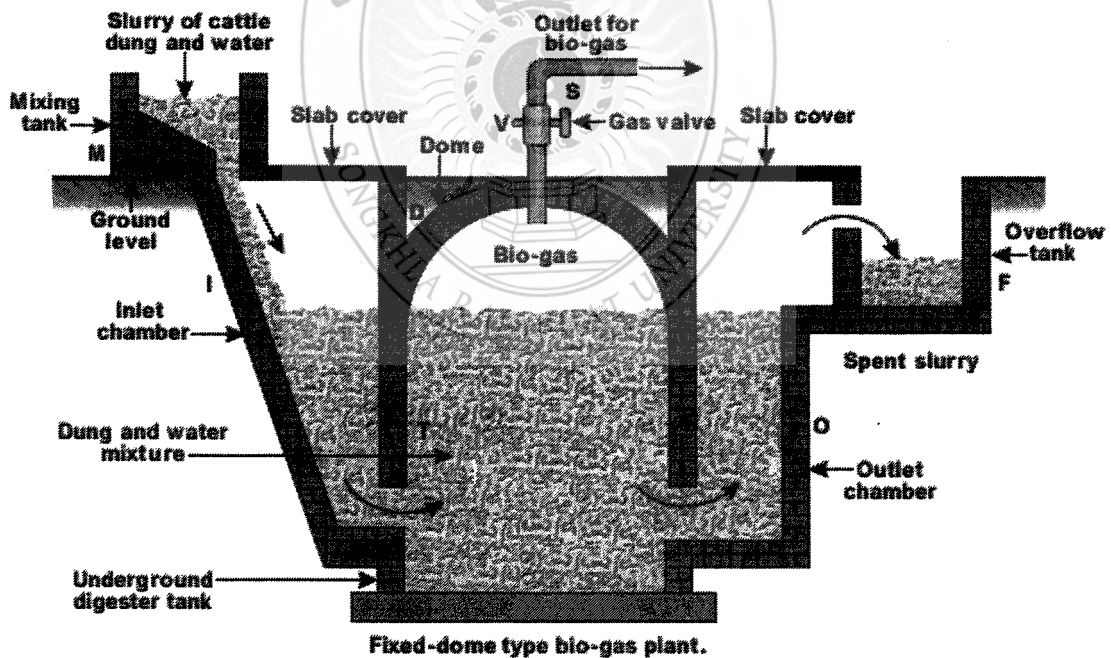
การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนเป็นรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์โดยการเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง สามารถใช้ประโยชน์ในภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม และสามารถผันแปรพลังงานความร้อนที่ได้ซึ่งเป็นพลังงานกล ให้สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าที่นำไปใช้งานได้สะดวกมากขึ้น

3.1.3 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มปศุสัตว์ (สำนักวิชาการพลังงานภาค 4, 2556)

ก๊าซที่เกิดขึ้นในฟาร์มปศุสัตว์ ส่วนหนึ่งมีผลต่อสภาพอากาศและบรรยากาศของโลก เพราะเป็นก๊าซเรือนกระจก (GHGs) การผลิตก๊าซชีวภาพจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดของเสียภายในฟาร์ม ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แก่ผลิตกระแสไฟฟ้า ทดแทนก๊าซหุงต้ม และสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งทดแทนในระบบผลิตน้ำร้อนสำหรับการใช้หัวกกลูกสุกรทดแทนก๊าซชีวภาพได้อีกด้วย รูปแบบเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมให้นำมาใช้จัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ได้แก่

3.1.3.1 บ่อโดมคงที่ (Fixed Dome)

เป็นบ่อหมักก๊าซที่ส่งเสริมให้มีการใช้ในฟาร์มสุกรขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่เก็บก๊าซมีลักษณะเป็นโดม ซึ่งข้อดีของระบบนี้คือประหยัดพื้นที่บริเวณฟาร์มเนื่องจากถังหมักอยู่บริเวณใต้พื้นผิวดิน จึงทำให้สามารถระบายน้ำมูลสุกรจากโรงเรือนไปสู่บ่อหมักโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง อุณหภูมิในบ่อหมักค่อนข้างคงที่ทำให้การหมักของมูลสัตว์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง สำหรับข้อเสียของระบบนี้คือ ในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินสูงการทำงานและการสร้างบ่อหมักจะค่อนข้างลำบากและในบริเวณส่วนโค้งของถังหมักจะต้องใช้เทคนิคและความชำนาญสูง



ภาพที่ 3-1 ลักษณะบ่อโดมคงที่

ที่มา: กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, (2552)

ส่วนประกอบของบ่อโคมกที่มีดังนี้

1) บ่อเติมมูลสัตว์ (Mixing Chamber) เป็นพื้นที่สำหรับการผสมมูลสัตว์กับน้ำก่อนเติมลงในบ่อหมัก

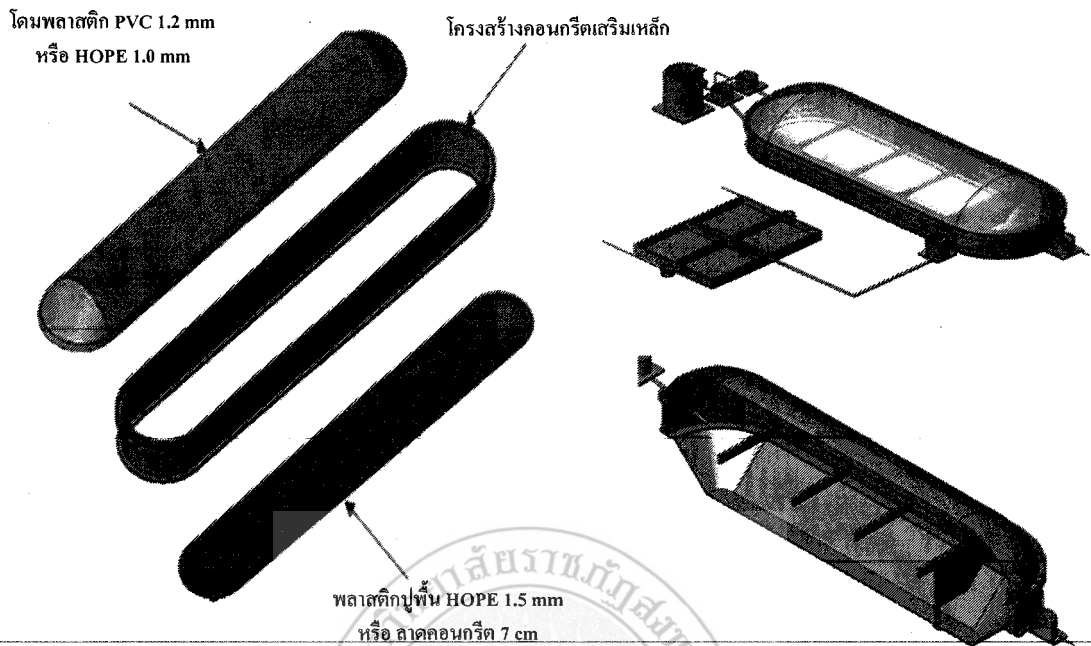
2) บ่อหมัก (Digester Chamber) เป็นพื้นที่สำหรับรับมูลสัตว์และน้ำจากบ่อเติมมูลสัตว์มาหมักให้เกิดก๊าซมีเทนและก๊าซอื่นๆ ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นจะผลักดันให้มูลสัตว์และน้ำที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักไหลไปอยู่ก้นบ่อ

3) บ่อล้น (Expansion Chamber) เป็นพื้นที่สำหรับรับมูลสัตว์และน้ำที่ถูกก๊าซผลักดันจากบ่อหมัก โดยการทำงานจะเป็นระบบไดนามิก คือเมื่อก๊าซเกิดขึ้นภายในบ่อหมักก๊าซจะมีแรงผลักดันมูลสัตว์และน้ำที่อยู่ส่วนด้านล่างให้ทะลักขึ้นไปเก็บไว้ในบ่อล้น เมื่อนำก๊าซไปใช้น้ำในบ่อล้นจะไหลย้อนกลับเข้าไปในบ่อหมักเพื่อผลักดันก๊าซให้มีความดันเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้

3.1.3.2 บ่อหมักแบบราง

มีลักษณะเป็นบ่อคอนกรีตที่มีการบังคับการไหลของน้ำเสียให้เป็นแบบทิศทางเดียว ด้านบนของบ่อหมักรางจะติดตั้งโคมพลาสติก PVC หรือ HDPE เพื่อทำหน้าที่เก็บกักก๊าซชีวภาพ สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ ภายในบ่อหมักรางจะมีการติดตั้งท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพเพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ การเดินระบบบ่อหมักรางจะต้องมีการติดตั้งฉากที่ผ่านการย่อยสลายสมบูรณ์ประมาณวันละ 1% ของปริมาณบ่อหมักราง เพื่อป้องกันการสะสมของตะกอนในระบบมากเกินไป จึงทำให้ระบบบ่อหมักรางไม่จำเป็นต้องขูดลอกเหมือนกับระบบ Anaerobic Covered Lagoon โดยตะกอนที่สูบออกมาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกนำไปตากให้แห้งในลานตากตะกอน อีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปหมუნเวียนกลับสู่บ่อรวบรวมน้ำเสีย บ่อหมักรางนิยมสร้างจากคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยสามารถสร้างได้ทั้งบนดินหรือใต้ดิน โดยจะต้องทำให้มูลสัตว์ไหลเข้าสู่ระบบได้ง่าย ซึ่งส่วนประกอบสำคัญประกอบด้วย

1. โคมพลาสติก ทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บก๊าซนิยมใช้พลาสติกพีวีซีหนา 1.2 มิลลิเมตร หรือพลาสติก HDPE หนา 1.0 มิลลิเมตร
2. โครงสร้างผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. พลาสติกปูพื้นหรือการลาดด้วยคอนกรีตอาจใช้พลาสติก HDPE หนา 1.0-1.5 มิลลิเมตร ปูพื้นหรืออาจใช้การลาดคอนกรีตหนา 7 เซนติเมตร โดยก้นบ่อหมักรางต้องมีความลาดชันประมาณ 1%

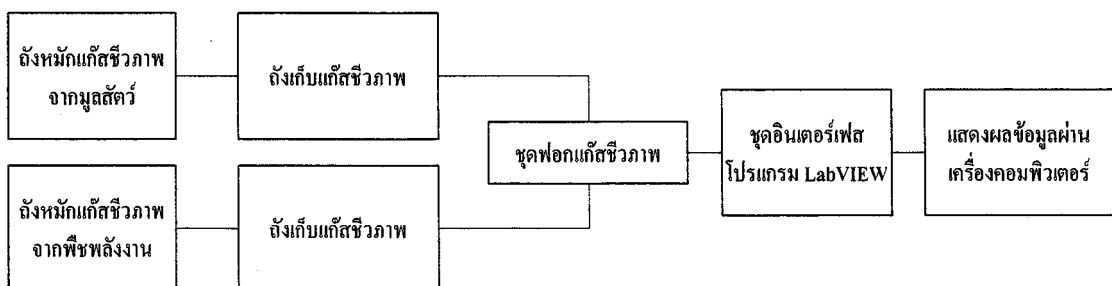


ภาพที่ 3-2 ลักษณะถังหมักแบบวาง

ที่มา: กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ, (2552)

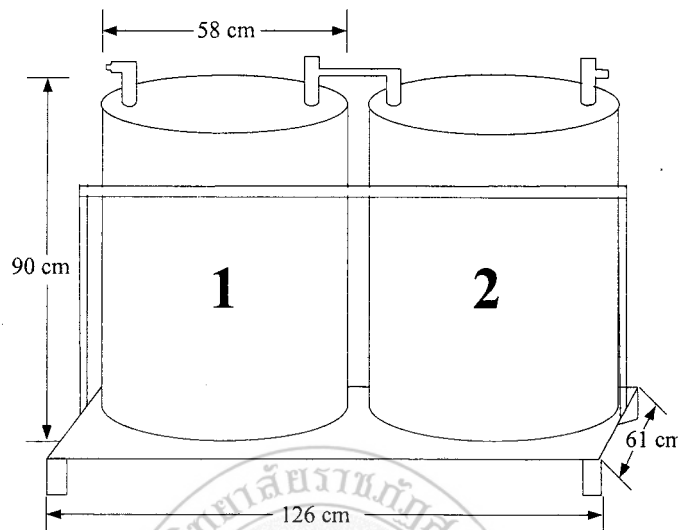
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบสาริตพลังงานก๊าซชีวภาพ

ลักษณะโครงสร้างของระบบสาริตพลังงานก๊าซชีวภาพ ได้ออกแบบที่ตรงตามลักษณะรูปร่างในการใช้ประโยชน์ใช้สอยที่สะดวกรวดเร็วปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน โดยระบบสาริตพลังงานก๊าซชีวภาพได้ออกแบบมาเป็น 5 ส่วน ส่วนที่ 1 ถังหมักเพื่อใส่มูลสัตว์และถังหมักเพื่อใส่พืชพลังงาน ส่วนที่ 2 ถังเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อกักเก็บก๊าซชีวภาพที่มาจากถังหมักทั้ง 2 ชนิด ส่วนที่ 3 ชุดฟอกก๊าซชีวภาพ ส่วนที่ 4 ชุดอินเตอร์เฟซสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและโปรแกรม LabVIEW ส่วนที่ 5 การแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณก๊าซชีวภาพผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 โครงสร้างระบบตรวจสอบปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.2.1 การออกแบบชุดโครงสร้างถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ



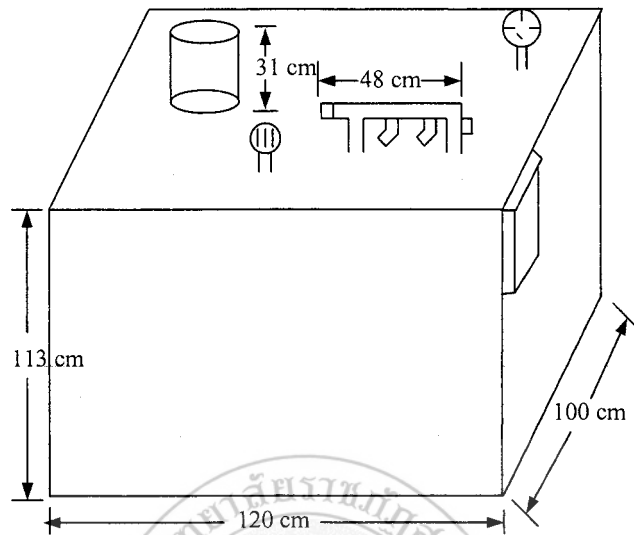
ภาพที่ 3-4 แบบโครงสร้างของถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ



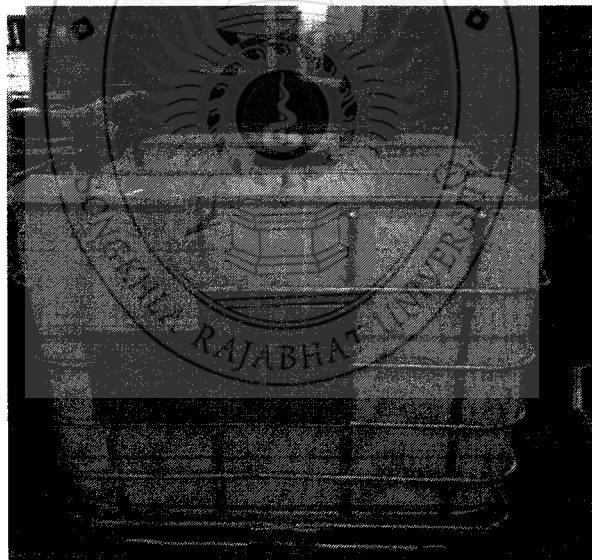
ภาพที่ 3-5 ถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ

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 การออกแบบชุด โครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ



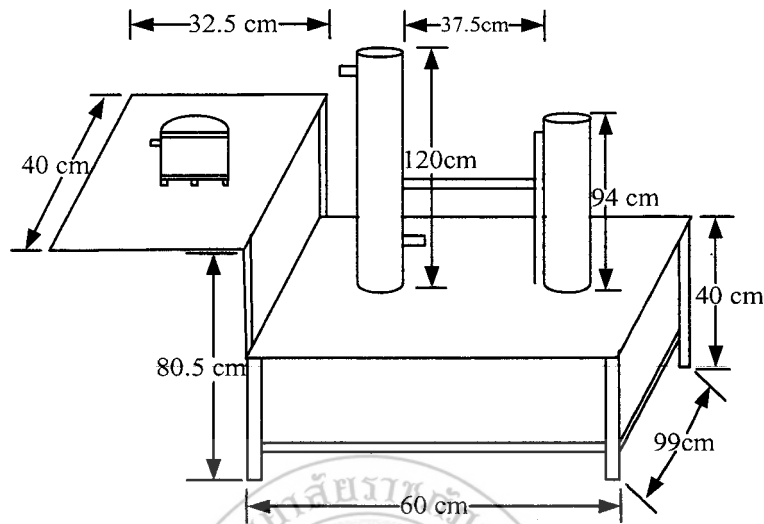
ภาพที่ 3-6 แบบโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ



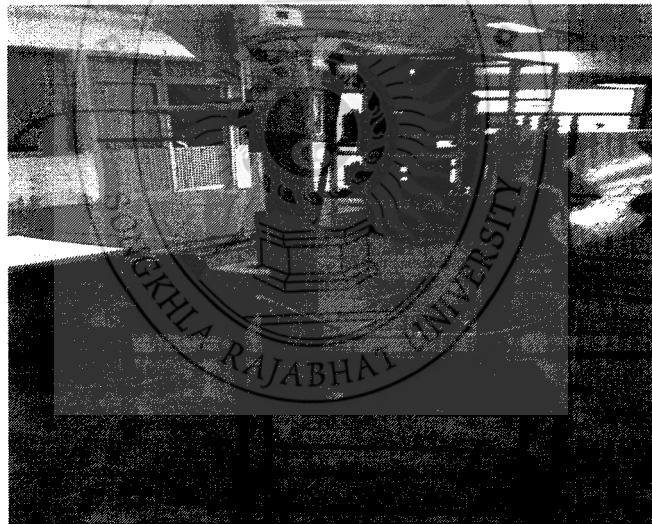
ภาพที่ 3-7 ถังหมักก๊าซชีวภาพ

จากภาพที่ 3-6 เป็นแบบโครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ และภาพที่ 3-7 ลักษณะของถังหมักก๊าซชีวภาพมีขนาดของถังหมักที่ความจุ 1,000 ลิตร มีความกว้างของถัง 120 เซนติเมตร และความสูงของถัง 113 เซนติเมตร เป็นถังที่บรรจุส่วนประกอบการหมักมูลสัตว์ และมีท่อพีวีซีจำนวน 2 ท่อ ประกอบไปด้วยท่อเติมมูลสัตว์ และท่อส่งก๊าซชีวภาพไปยังถังเก็บ

3.2.3 การออกแบบชุด โครงสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3-8 แบบ โครงสร้างชุดกรองก๊าซชีวภาพ

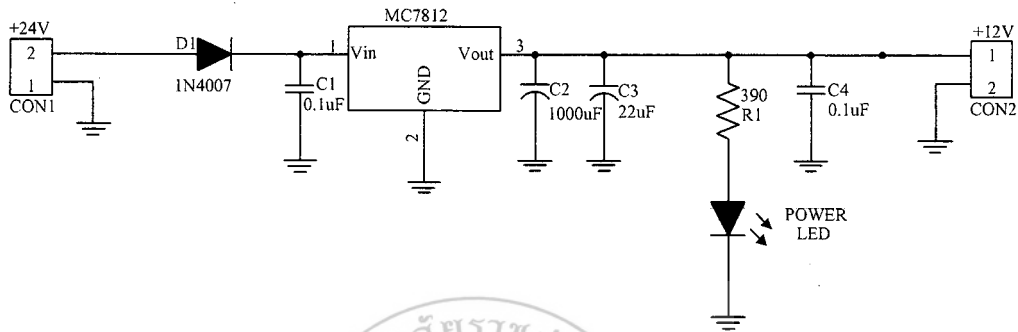


ภาพที่ 3-9 ชุดกรองก๊าซชีวภาพ

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

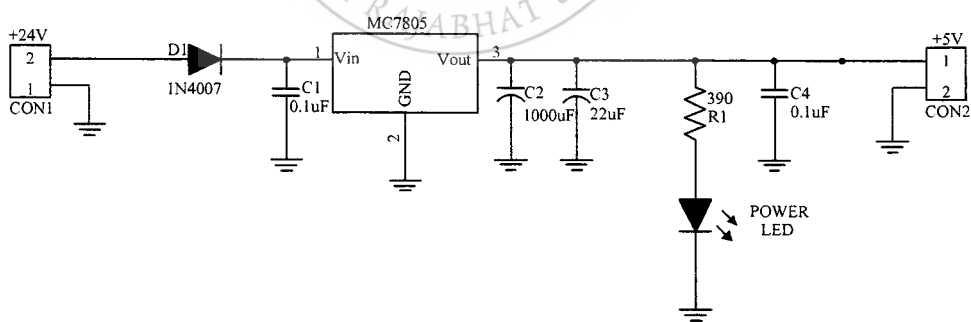
3.3 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์

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



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

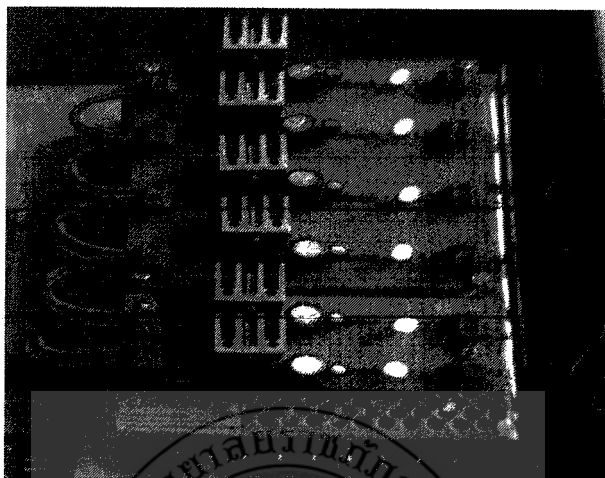
จากภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply 12 V_{DC} สำหรับวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน การทำงานของวงจรเริ่มจากการปรับระดับแรงดัน 220V_{AC} ให้ลดลงเหลือ 24 V_{AC} โดยจะปรับระดับแรงดัน 24 V_{AC} เป็นไฟกระแสตรงโดยใช้ไดโอด 1N4007 และถูกกรองระดับแรงดันกระแสตรงให้เรียบมากขึ้นโดยใช้คาปาซิเตอร์ที่มีความจุ 0.1uF และใช้ IC 7812 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ 12V_{DC} และมี คาปาซิเตอร์ 1,000uF ทำหน้าที่กรองแรงดันทางด้านเอาต์พุตให้เรียบมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำ 12V_{DC} เพียงวงจรเซนเซอร์ก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3-11 วงจร Power Supply 5 VDC สำหรับวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

จากภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply 5V_{DC} สำหรับวงจรตรวจจับอุณหภูมิ การทำงานของวงจรเริ่มจากการปรับระดับแรงดัน 220V_{AC} ให้ลดลงเหลือ 24 V_{AC} โดยจะปรับระดับแรงดัน 24 V_{AC} เป็นไฟกระแสตรงโดยใช้ไดโอด 1N4007 และถูกกรองระดับแรงดันกระแสตรงให้เรียบมากขึ้นโดยใช้ คาปาซิเตอร์ที่มีความจุ 0.1uF และใช้ IC 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ 5V_{DC} และ

มีคาปาซิเตอร์ 1,000 μ F ทำหน้าที่กรองแรงดันทางด้านเอาต์พุตให้เรียบมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำ 5V_{DC} เลี้ยงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ



ภาพที่ 3-12 วงจรภาคจ่ายไฟสำหรับวงจรเซนเซอร์

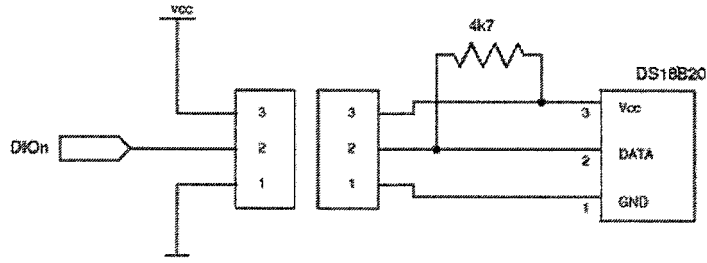
3.4 วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ

เป็นการออกแบบโดยใช้อุปกรณ์เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าของอุณหภูมิ ที่อยู่ในถังหมักก๊าซชีวภาพ เพื่อทำการศึกษากระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิ และหาช่วงเวลาของค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด

3.4.1 วงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

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

- + ■■■■ แรงดันเพิ่มเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- + แรงดันลดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

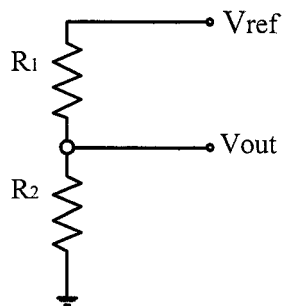


ภาพที่ 3-13 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ




ภาพที่ 3-14 ลักษณะวงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ

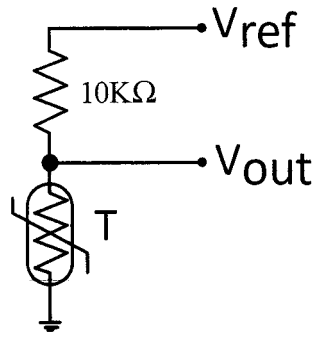
ตัวอย่างการคำนวณค่าอุณหภูมิจากแรงดันที่วัดได้ให้อยู่ในภาพองศาเซลเซียส ซึ่งสำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกันโดยใช้วงจรไฟฟ้าเรื่องการแบ่งแรงดัน โดยพิจารณาวงจрдังภาพที่ 3-15 และ 3-16



ภาพที่ 3-15 วงจรแบ่งแรงดัน

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

ทำการเชื่อมต่อแผงวงจรตรวจวัดอุณหภูมิเข้ากับแผงวงจรหลัก โดยต่อเข้ากับช่องอุณหภูมิสูงแรงดันลด (+) ดังนั้นวงจรข้างต้นจะสอดคล้องกับวงจรดังภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-16 วงจรของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

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

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

สามารถย้ายข้างหา R_T ได้ดังนี้

$$R_{T(K\Omega)} = \frac{10 V_{out}}{V_{ref} - V_{out}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3-3}$$

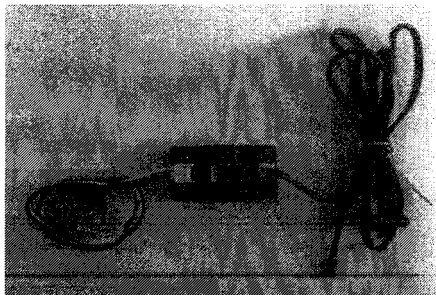
เนื่องจากค่าของแรงดัน V_{out} จะไม่ได้ถูกวัดโดยตรงจากโปรแกรม แต่ถูกวัดทางอ้อมจากการใช้คำสั่งอนาล็อกซึ่งให้ค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1023 ค่าที่ได้จะแปรผันตรงกับแรงดัน V_{out} ดังนั้นเราจึงสามารถแทนค่าแรงดัน V_{out} และแรงดันอ้างอิง V_{ref} ในสมการด้วยค่าที่อ่านได้จากคำสั่งอนาล็อกและค่า 1023 ตามลำดับ ดังนี้

$$R_{T(K\Omega)} = \frac{10D}{1023 - D} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3-4}$$

โดยค่า D คือค่าที่ถูกคืนมาจากคำสั่ง Analog

หลังจากที่ได้ค่า R_T มาแล้วก็สามารถที่จะนำไปเทียบกับกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์เพื่อหาอุณหภูมิที่แท้จริงต่อไปได้

3.4.2 ชุดตรวจวัดจับวัดอุณหภูมิ



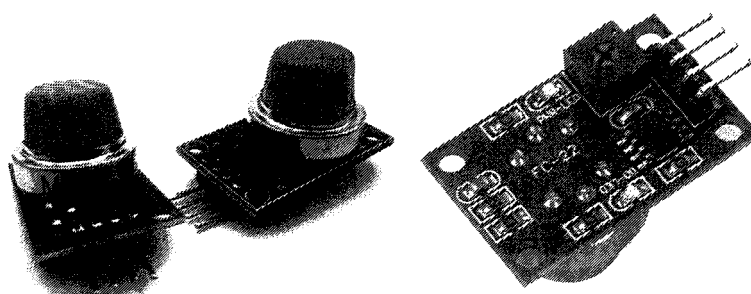
ภาพที่ 3-17 ชุดตรวจวัดจับวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3-18 การติดตั้งชุดตรวจวัดจับวัดอุณหภูมิ

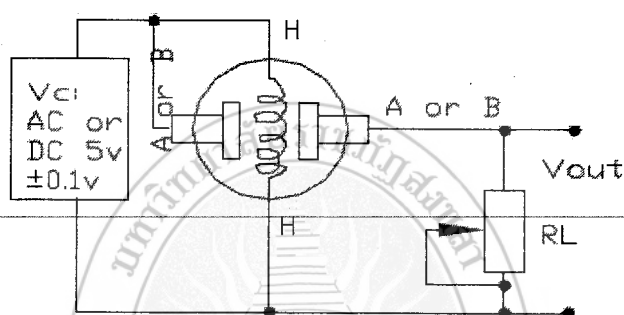
จากภาพที่ 3-17 แสดงชุดตรวจวัดอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ โดยทำการออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์อุณหภูมิเข้ากับอุปกรณ์ Data Acquisition Device เพื่อส่งสัญญาณเข้ามาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม LabVIEW และภาพที่ 3-18 แสดงการติดตั้งชุดตรวจวัดอุณหภูมิประกอบเข้ากับชุด โมดูลควบคุมวงจรเซนเซอร์ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิภายใน ถังหมักก๊าซชีวภาพ

3.5 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3-19 โมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

โมดูลเซนเซอร์ก๊าซมีเทนใช้สำหรับทำการตรวจสอบปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยมีความสำคัญสำหรับการเลือกวัสดุมาทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน ใช้หลักการทำความสะอาดอากาศต่ำ การนำความร้อนดีบุกไดออกไซด์ (SnO_2) เมื่อสภาพแวดล้อมซึ่งในเซนเซอร์ก๊าซ การนำความเข้มข้นของก๊าซเซนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นในอากาศเพิ่ม โดยใช้วงจรการเปลี่ยนแปลงในการนำความร้อนของก๊าซที่สอดคล้องกับเอาต์พุตของสัญญาณ โมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 เป็นเซนเซอร์ที่สามารถตรวจสอบหาความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้รวดเร็ว และสามารถนำมาสร้างสัญญาณอนาล็อกเพื่อส่งเข้ามายังคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 3-20 วงจรของ โมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5

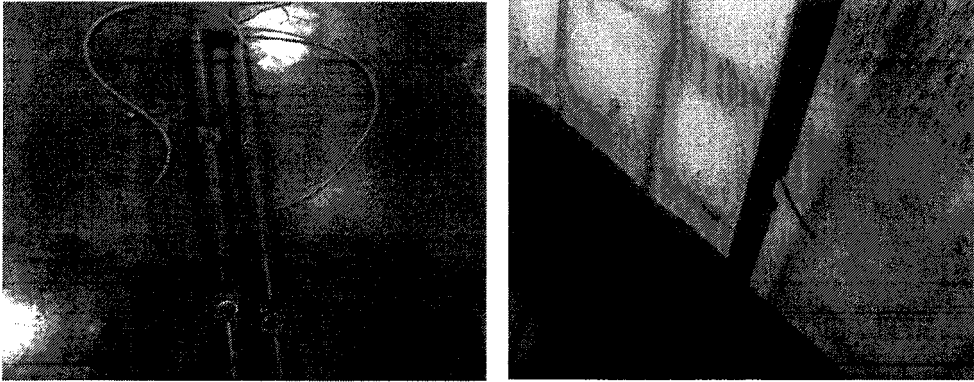
โมดูลตรวจวัดก๊าซที่ไวต่อก๊าซไวไฟในกลุ่ม LPG, CH_4 , Natural Gas, Hydrogen จึงเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจจับการรั่วของก๊าซต่างๆ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลนั้นได้

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

- ใช้แรงดัน 5Vdc
- ให้เอาต์พุตทั้งสัญญาณอนาล็อกซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จริง และสัญญาณดิจิตอลสามารถปรับตั้งระดับแฉ่งเตือนได้ (ใช้ LM393 เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน)

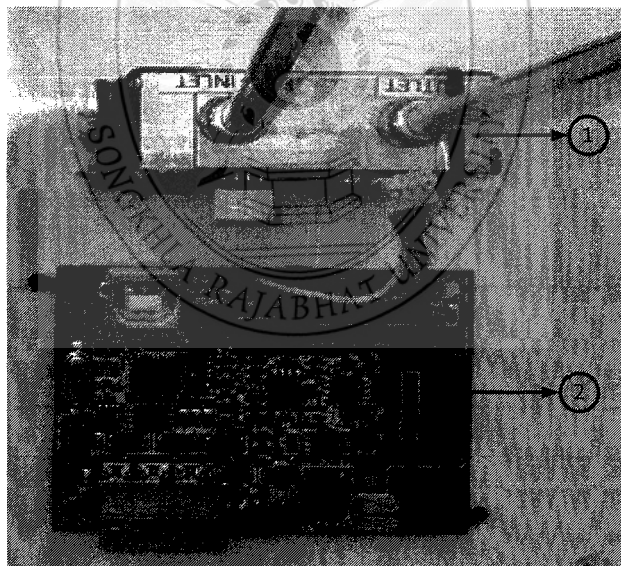
- เมื่อป้อนแรงดันให้แก่เซนเซอร์ ต้องรอการอุ่นชิพอย่างน้อย 20 วินาที ก่อนทำการวัดค่า

3.5.1 การติดตั้งชุดโมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน



ภาพที่ 3-21 การติดตั้งชุดโมดูลตรวจวัดก๊าซมีเทน ZX-MQ5 ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ

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



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

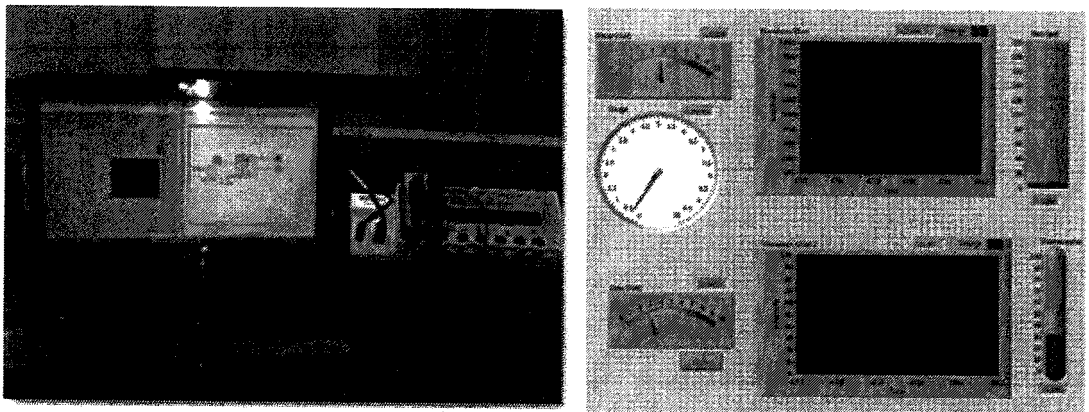
หมายเลข 2 : Board Smart MODUL สำหรับประมวลผลสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เช่นเซอร์ก๊าสมีเทน

ภาพที่ 3-22 อุปกรณ์ชุดเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน

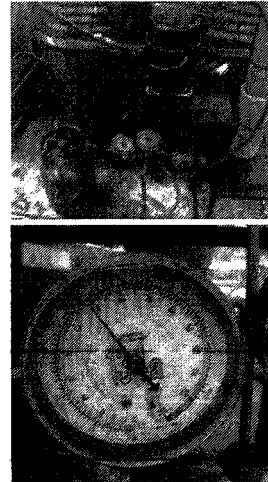
จากภาพที่ 3-22 อุปกรณ์ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในขณะที่ทำคูก๊าซ โดยใช้ชุดฟอกก๊าซเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาบรรจุในถังเก็บก๊าซ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานลักษณะเดียวกันกับชุดทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ในการคูก๊าซมีเทนผ่านชุดฟอกก๊าซเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์และสามารถทำการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนผ่านชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน 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



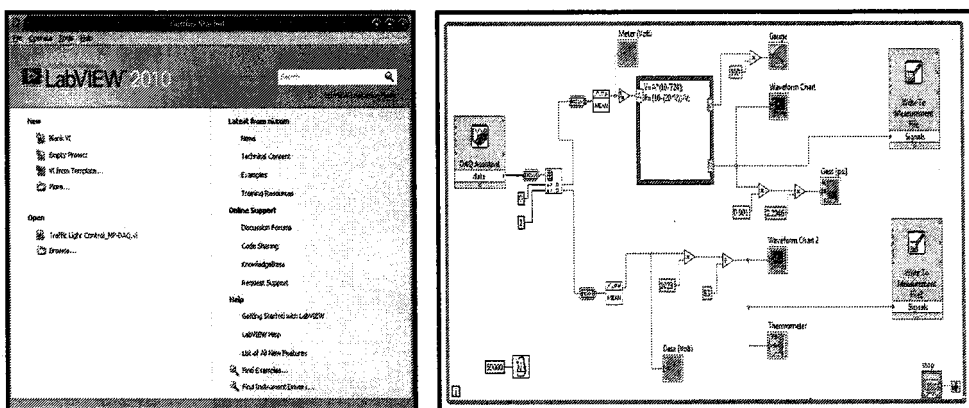
ภาพที่ 3-24 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ DAQ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และการแสดงผลข้อมูล



ภาพที่ 3-25 การทดลองหาค่าความร้อนจำเพาะของโลหะโดยใช้ชุดฟอกก๊าซ

จากภาพที่ 3-25 การทดลองหาค่าความร้อนจำเพาะของโลหะโดยใช้ชุดฟอกก๊าซคอมพิวเตอร์เครื่องทำความเย็นทำการฟอกก๊าซที่มีเทนที่ได้จากการหมักด้วยมูลสุกรมาเก็บยังถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม จากนั้นทำการตรวจวัดแรงดันก๊าซที่มีเทนภายในถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มด้วยอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันมีหน่วยการวัดในอัตราร้อยต่อตารางนิ้ว นำค่าที่ได้จากการวัดมาทำการเปรียบเทียบค่าจากชุดเซนเซอร์วัดก๊าซที่มีเทน และปรับค่าให้มีค่าใกล้เคียงกันกับอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันด้วยการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ในส่วนฟังก์ชันของโปรแกรม LabVIEW

3.6 การออกแบบโปรแกรม LabVIEW

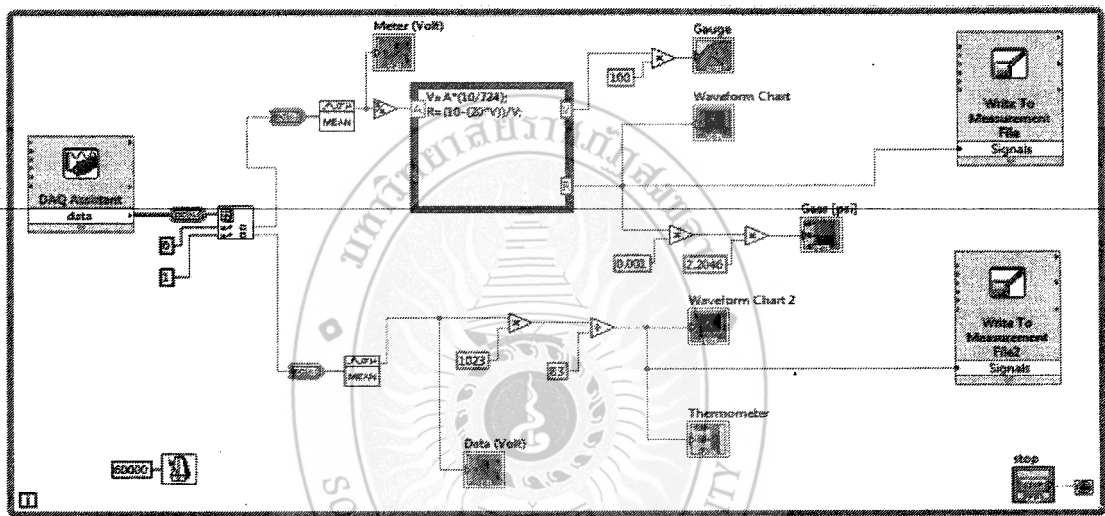


ภาพที่ 3-26 หน้าต่าง โปรแกรม LabVIEW

จากภาพที่ 3-26 หน้าจอแสดงผลขณะทำการวัดอุณหภูมิและก๊าซ โดยมี การแสดง 2 ส่วน คือ Front Panel และ Block Diagram

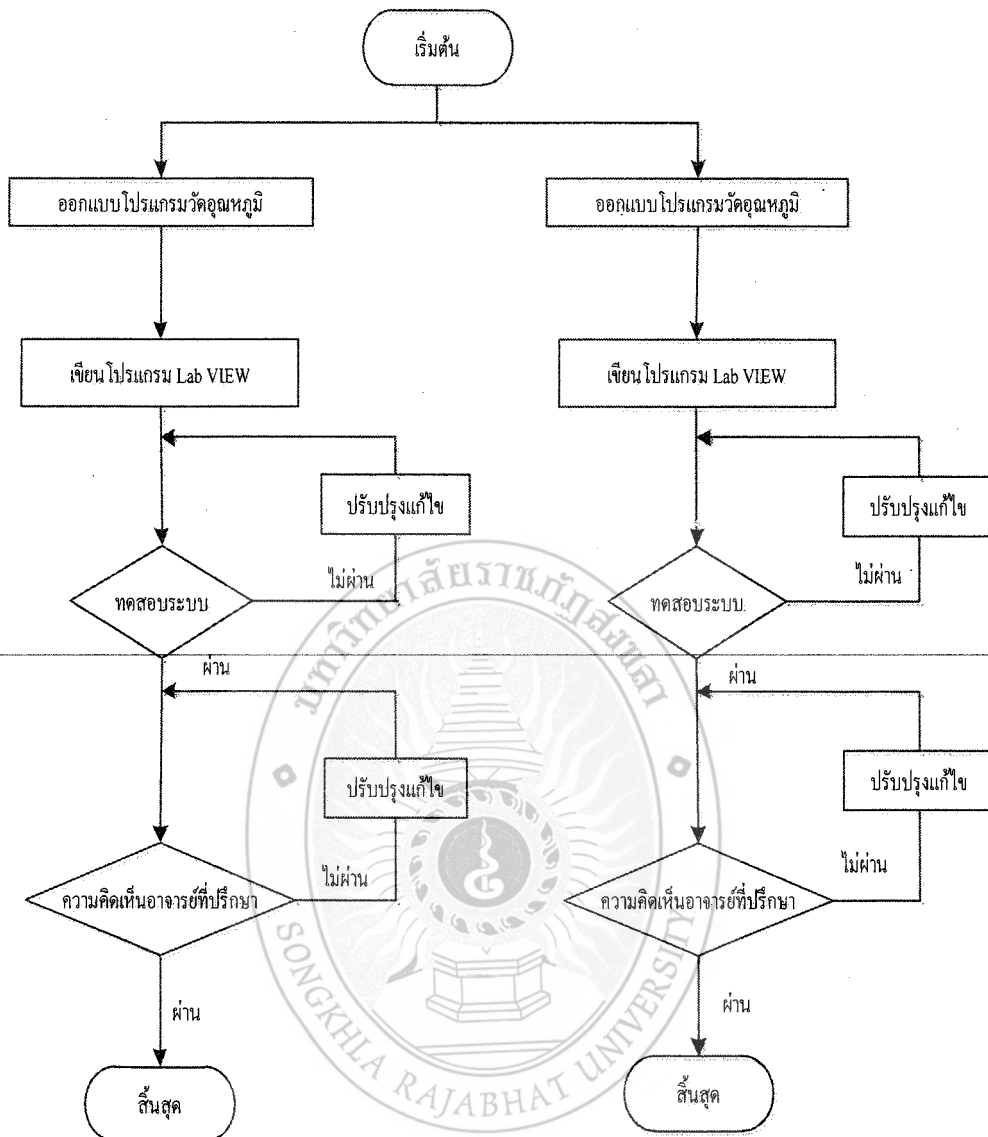
3.6.1 การเขียนโปรแกรมด้วย Lab VIEW

การออกแบบโปรแกรมสำหรับใช้ควบคุมวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและก๊าซ ภายในถึงหมักก๊าซชีวภาพผ่านเซนเซอร์โดยการใช้โปรแกรม Lab VIEW ทำงานโดยการรับ สัญญาณอินพุตมาจากเซนเซอร์เข้ามายัง DAQ-6008 เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าที่วัดได้ แล้วแสดง ค่าผ่าน Front Panel เพื่อทำการบันทึกค่า โดยมี การเขียน โปรแกรม ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้



ภาพที่ 3-27 (Block Diagram) โปรแกรม LabVIEW

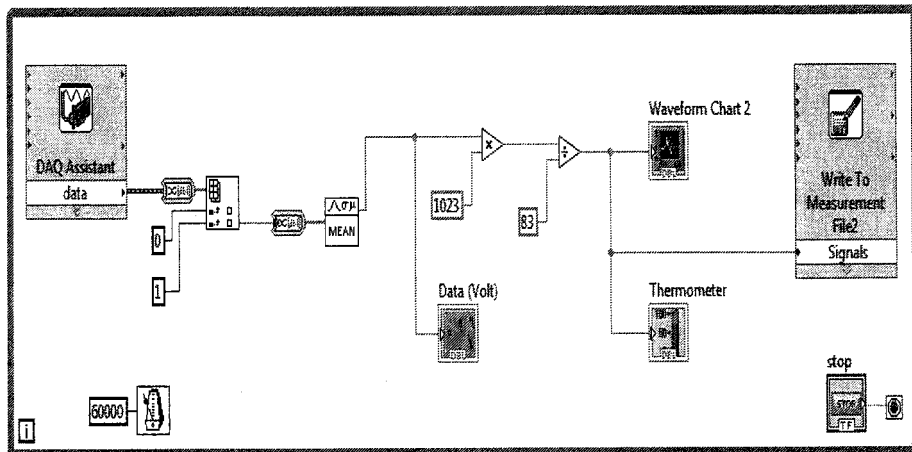
ขั้นตอนการดำเนินงานทางด้าน โปรแกรม LabVIEW เขียนเป็นผังงาน ได้ดังภาพที่ 3-28



ภาพที่ 3-28 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม LabVIEW

3.6.2 การเขียนโปรแกรมสำหรับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

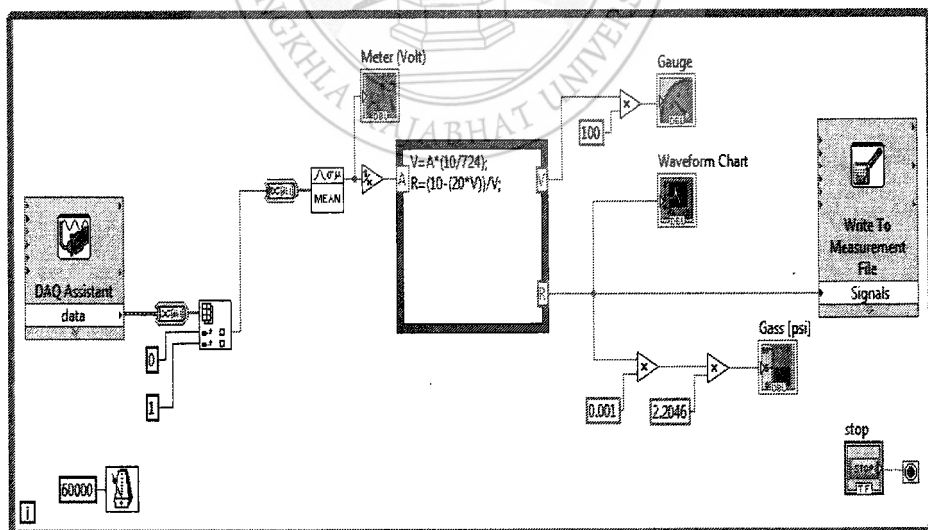
ในส่วนนี้จะสั่งงานรับสัญญาณอินพุตมาจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเข้าช่อง AIO GND ผ่าน DAQ Assistant เข้า Index Array ช่อง 1 แล้วเข้าสมการแปลงสัญญาณที่ได้ทำการ Sub VI ไว้ให้เป็นค่าองศาเซลเซียส จากนั้นส่งสัญญาณเข้า Slide กับ Waveform Chart เพื่อดูสัญญาณที่ออกมาจากเซนเซอร์ แล้วทำการบันทึกค่าผ่าน Write To Measurement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



ภาพที่ 3-29 Block Diagram ของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

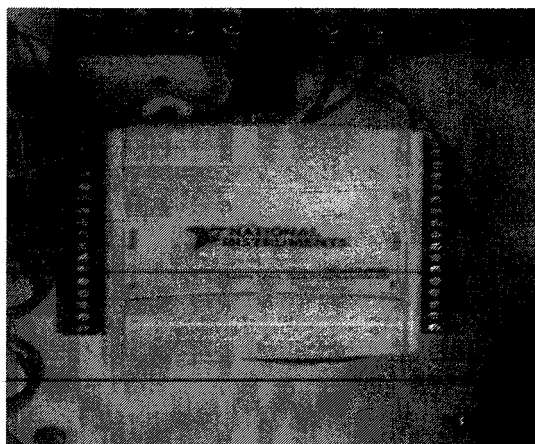
3.6.3 การเขียนโปรแกรมสำหรับเซนเซอร์วัดก๊าซ

ในส่วนนี้จะตั้งงานรับสัญญาณอินพุตมาจากเซนเซอร์ก๊าซเข้าช่อง 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 ชุดอินเทอร์เฟซ (DAQ 6008) ของโปรแกรม Lab VIEW



ภาพที่ 3-31 ชุดอินเทอร์เฟซ DAQ 6008

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

3.7 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพด้วยมูลสุกรและหัวมันสำปะหลัง

3.7.1 ทำการทดลองโดยใช้มูลสุกรและหัวมันสำปะหลังที่ผสมกับน้ำลงในแต่ละถังไปในถังหมัก



ภาพที่ 3-32 การใส่หัวมันสำปะหลังและการใส่มูลสุกรของแต่ละถังหมัก

จากภาพที่ 3-32 ขั้นตอนการจัดเตรียมมูลสุกร 120 กิโลกรัม และหัวมันสำปะหลัง 120 กิโลกรัม หัวมันสำปะหลัง ไล่ลงไปในถัง 1000 ลิตร ก่อน 15 วัน เพื่อที่จะให้ย่อยสลาย และใส่มูลสุกรตามลงไปในวันที่ 4 ส.ค. 2560 จัดเตรียมส่วนผสม แล้วใส่น้ำในอัตราส่วน 1:1 กิโลกรัม/ลิตร ส่วนหัวมันสำปะหลังให้ใส่กากน้ำตาล 6:120 กากน้ำตาล/น้ำ เพื่อที่จะให้ย่อยสลายได้ปริมาณก๊าซรวดเร็วยิ่งขึ้น เริ่มการหมักในช่วงแรก แล้วเมื่อในวันที่ 7 ส.ค. 2560 ได้ทำการเติมมูลสุกร และหัวมันสำปะหลังอย่างละ 30 กิโลกรัม แล้วใส่น้ำในอัตราส่วน 1:1 กิโลกรัม/ลิตร ในส่วนของหัวมันสำปะหลังได้เพิ่มกากน้ำตาล 2:40 กากน้ำตาล/น้ำ เริ่มการหมักในช่วงที่ 2 ต่อมาในวันที่ 13 ส.ค. 2560 ได้ทำการเติมมูลสุกร และหัวมันสำปะหลังอย่างละ 20 กิโลกรัม แล้วใส่น้ำในอัตราส่วน 1:1 กิโลกรัม/ลิตร เริ่มการหมักในช่วงที่ 3 รวมทั้งหมดของการเติมมูลสุกร และหัวมันสำปะหลังอย่างละ 170 กิโลกรัม



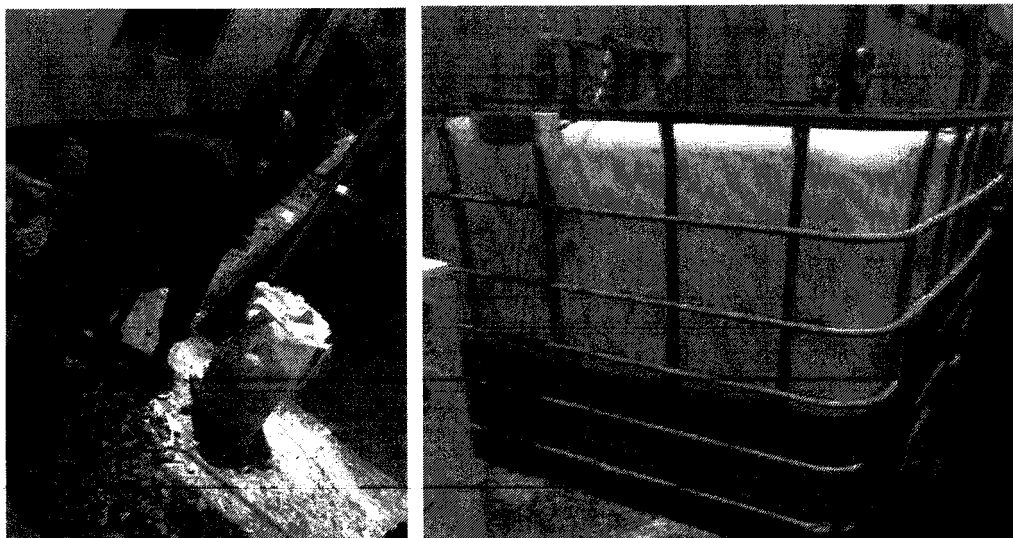
ภาพที่ 3-33 การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด

การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรและหัวมันสำปะหลังใช้ระยะเวลาในการหมักโดยกำหนดระยะเวลาใน 15 วัน เพราะถึงที่ได้ทำการหมักเริ่มมีปริมาณก๊าซชีวภาพมากพอที่จะทำการวัดค่าปริมาณจากมูลสุกร และหัวมันสำปะหลังที่จะทำการการศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้ ทั้งอุณหภูมิและก๊าซมีเทน แล้วทำการบันทึกข้อมูลความเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซมีเทนที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ ในแต่ละวันค่าที่วัดได้จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิอากาศและปริมาณความเข้มข้นที่เกิดจากการผสมมูลสุกรและหัวมันสำปะหลัง

ตารางที่ 3-1 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่ วันที่ 4 ส.ค. 2560 - 13 ส.ค. 2560

วันที่ (4-13)	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 3-33 เป็นการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกรผสมกับน้ำลงไปในถังหมัก โดยดำเนินการจัดเตรียมมูลสุกรตามปริมาณที่กำหนดไว้ และจัดเตรียมส่วนผสมในอัตราส่วน มูลสุกร 1 ส่วน ต่อ น้ำ 1 ส่วน ในอัตราที่เท่ากันให้มีปริมาณร้อยละ 50 ของขนาดถังหมัก จากนั้นทำการทดลองและหมักทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้จนเกิดเป็นก๊าซชีวภาพโดยใช้อุปกรณ์ชุดไมโครเซนเซอร์ก๊าซมีเทนตรวจวัดทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังหมักตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดแสดงดังภาพที่ 3-33 และดำเนินการทดลองหมักหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่ วันที่ 4 ส.ค. 2560 - 13 ส.ค. 2560 เป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นทำการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพภายในถังหมักและบันทึกผลข้อมูลตามระยะเวลาการเกิดก๊าซชีวภาพดังกล่าวด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังตารางที่ 3-1 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพจะพบว่าวันที่ 4 ส.ค. 2560 เริ่มทำการหมักก๊าซชีวภาพโดยการ ใช้มูลสุกรจำนวน 120 กิโลกรัม น้ำ 100 ลิตร วันที่ 7 ส.ค. 2560 ทำการเติมมูลสุกร และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย วันที่ 13 ส.ค. 2560 ทำการเติมมูลสุกร และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย



ภาพที่ 3-34 การหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้หัวมันสำปะหลังทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด

จากภาพที่ 3-34 เป็นการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้หัวมันสำปะหลังผสมกับน้ำลงไป ในถังหมักโดยดำเนินการจัดเตรียมมูลสุกรตามปริมาณที่กำหนดไว้ และจัดเตรียมส่วนผสมใน อัตราส่วน มูลสุกร 1 ส่วน ต่อ น้ำ 1 ส่วน ในอัตราที่เท่ากันให้มีปริมาตรร้อยละ 50 ของขนาดถังหมัก จากนั้นทำการทดลองและหมักทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้จนเกิดเป็นก๊าซชีวภาพ โดยใช้ อุปกรณ์ชุดโมดูลเซนเซอร์ก๊าซมีเทนตรวจวัดทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังหมักตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดแสดงดังภาพที่ 3-33 และดำเนินการทดลองหมักหมัก ก๊าซชีวภาพโดยใช้มูลสุกร ตั้งแต่วันที่ 4 ก.ค. 2560 - 19 ก.ค. 2560 เป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นทำ การวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพภายในถังหมักและบันทึกผลข้อมูลตามระยะเวลาการเกิดก๊าซชีวภาพ ดังกล่าวด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังตารางที่ 3-1 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพจะพบว่าวันที่ 4 ก.ค. 2560 เริ่มทำการหมักก๊าซชีวภาพโดยการใส่มูลสุกรจำนวน 120 กิโลกรัม น้ำ 100 ลิตร วันที่ 7 ก.ค. 2560 ทำการเติมมูลสุกร และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย วันที่ 13 ก.ค. 2560 ทำการเติมมูลสุกร และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย

ตารางที่ 3-2 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพหิวมันสำปะหลังตั้งแต่วันที่ 4 ส.ค. 2560 - 13 ส.ค. 2560

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

จากตารางที่ 3-2 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพจะพบว่า

วันที่ 4 ส.ค. 2560 เริ่มทำการหมักก๊าซ โดยการใส่หิวมัน 120 ก.ก. น้ำ 120 ลิตร และใส่กากน้ำตาล 6 ลิตร น้ำเปล่า 120 ลิตร

วันที่ 7 ส.ค. 2560 ทำการเติมหิวมัน และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลายและใส่กากน้ำตาล 2 ลิตร น้ำเปล่า 40 ลิตร

วันที่ 13 ส.ค. 2560 ทำการเติมหิวมัน และทำการกวนภายในถัง เพื่อเร่งให้เกิดการย่อยสลาย

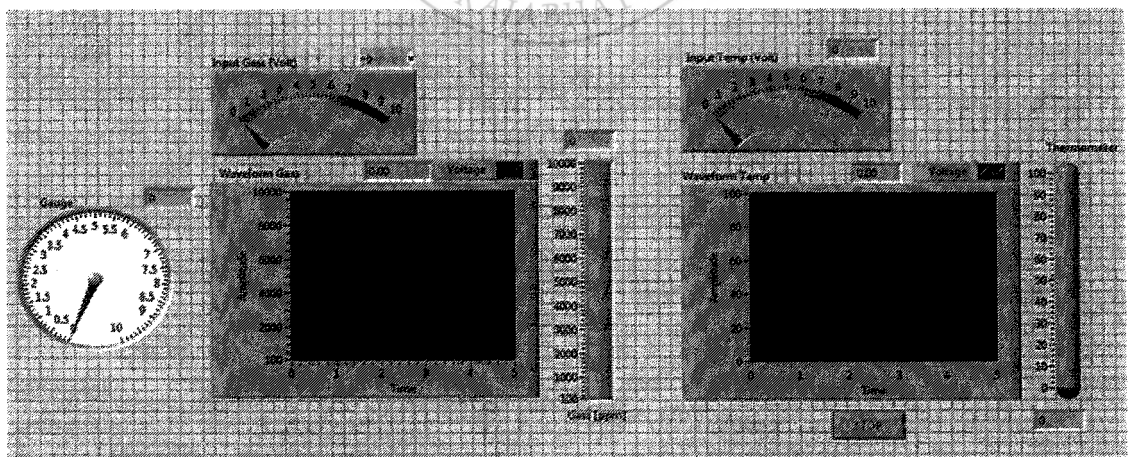
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร โดยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนาวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพและบันทึกผลเก็บไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพได้ง่ายและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดการทดลองเพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดก๊าซชีวภาพ ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนของการทดลองโครงการวิจัย เพื่อทำการทดสอบชุดสาริตการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ตามผลการทดลอง และทราบถึงข้อบกพร่องเพื่อที่จะได้นำมาแก้ไข พัฒนาให้มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้งานได้จริง โดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW

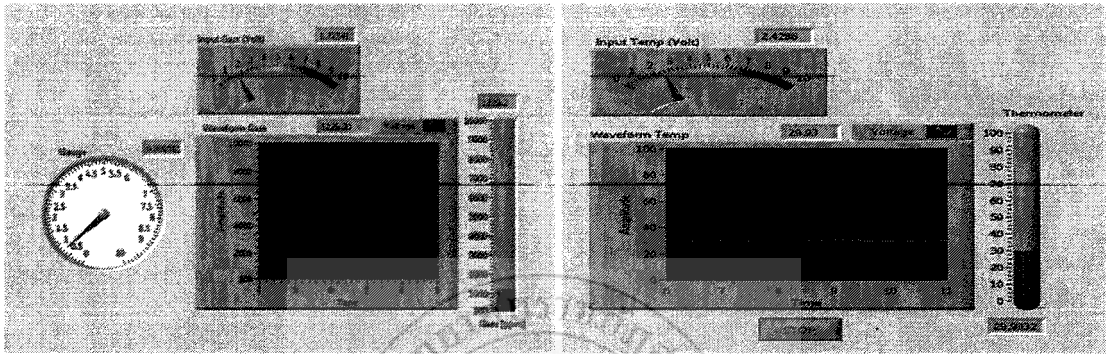
ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์แต่ละตัวจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนเพื่อที่จะใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และก๊าซมีเทนที่จะอยู่ภายในถังผลิตก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยการแสดงค่าผ่าน (Front Panel) ของโปรแกรมดังนี้



ภาพที่ 4-1 ส่วนแสดงผลหน้าจอหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม LabVIEW

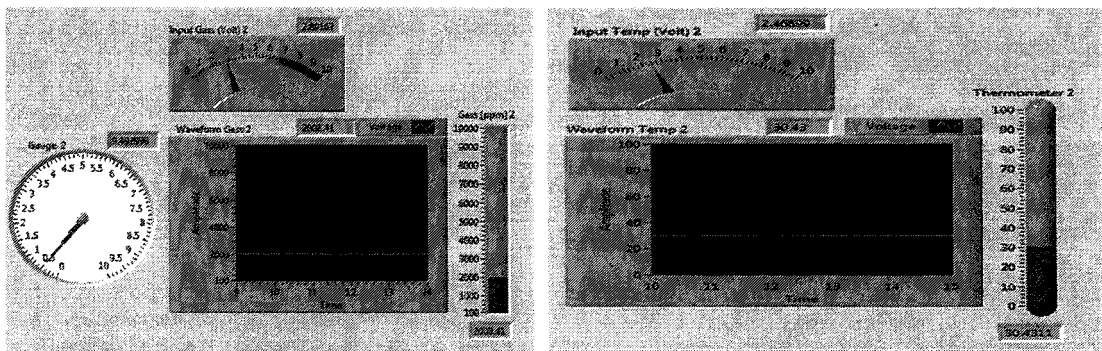
4.2 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซและเซนเซอร์อุณหภูมิระหว่างห้วงมันสำปะหลังและมูลสุกรภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในวันที่ 1

ผลการทดลองการวัดค่าของเซนเซอร์อุณหภูมิที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจะสังเกตได้ว่าในวันที่ 1-5 ค่าของอุณหภูมิจะแตกต่างกันออกไปดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4-2 ส่วนแสดงผลค่าอุณหภูมิที่วัดได้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพมันสำปะหลังวันที่ 1

จากภาพที่ 4-2 ทางซ้ายมือกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพของห้วงมันสำปะหลังวันที่ 1 ซึ่งตรงกับวันอังคารที่ 5 กันยายน 2560 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้ ทางด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลาและแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของมวลก๊าซชีวภาพมีหน่วยเป็น PPM จากภาพที่วัดได้คือ 1579.34 PPM และจากภาพที่ 4-2 ทางขวามือเป็นกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 1 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 32.82 °C



ภาพที่ 4-3 ส่วนแสดงผลค่าอุณหภูมิที่วัดได้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรวันที่ 1

จากภาพที่ 4-3 ทางซ้ายมือกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพของมูลสุกรหลังวันที่ 1 ซึ่งตรงกับวันอังคารที่ 5 กันยายน 2560 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้ ทางด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลาและแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของมวลก๊าซชีวภาพมีหน่วยเป็น PPM จากภาพที่วัดได้คือ 1558.28 PPM และจากภาพที่ 4-3 ทางขวามือเป็นกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 1 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพโดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาที) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 32.70 °C

ตารางที่ 4-1 ก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร วันที่ 1 (5 ก.ย. 2560)

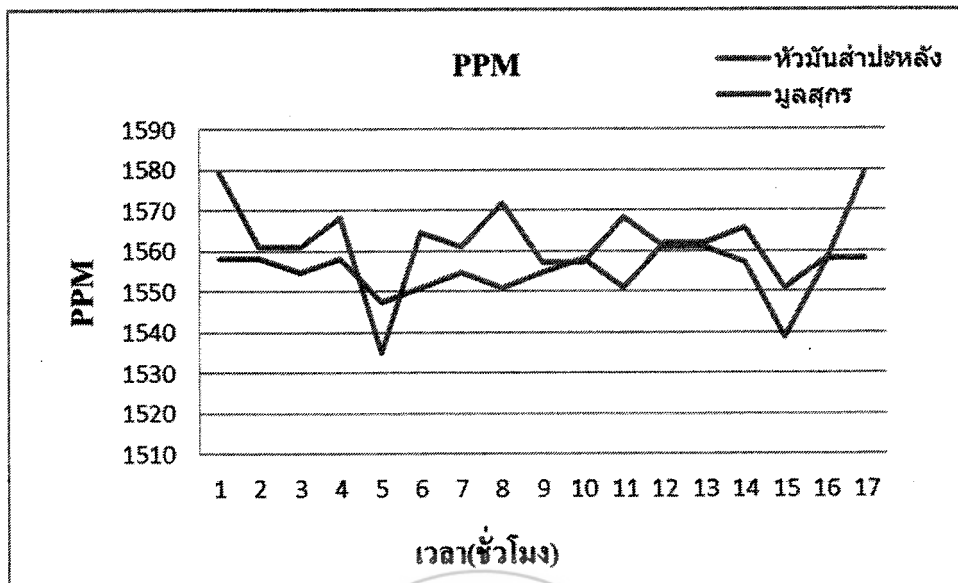
เวลา	หัวมันสำปะหลังวันที่ 1			มูลสุกรวันที่ 1		อุณหภูมิ°C
	แรงดันก๊าซ		อุณหภูมิ°C	แรงดันก๊าซ		
	หน่วย (PPM)	หน่วย (PSI)		หน่วย (PPM)	หน่วย (PSI)	
08.00	1579.34	224.62	32.82	1558.28	221.63	32.70
08.30	1560.90	222.00	32.95	1558.28	221.63	32.89
09.00	1560.90	222.00	33.07	1554.60	221.11	32.82
09.30	1568.27	223.05	32.82	1558.28	221.63	32.82
10.00	1535.08	218.33	32.76	1547.22	220.06	32.76
10.30	1564.59	222.53	33.01	1550.91	220.58	33.14
11.00	1560.90	222.00	33.07	1554.60	221.11	32.70
11.30	1571.96	223.58	33.14	1550.91	220.58	32.89
12.00	1557.21	221.48	33.01	1554.60	221.11	32.70
12.30	1557.21	221.48	32.95	1558.28	221.63	32.63
13.00	1568.27	223.05	33.07	1550.91	220.58	32.89
13.30	1560.90	222.00	33.58	1561.97	222.15	33.20
14.00	1560.90	222.00	32.82	1561.97	222.15	32.89
14.30	1557.21	221.48	33.20	1565.66	222.68	32.82

ตารางที่ 4-1 ก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร วันที่ 1 (5 ก.ย. 2560) (ต่อ)

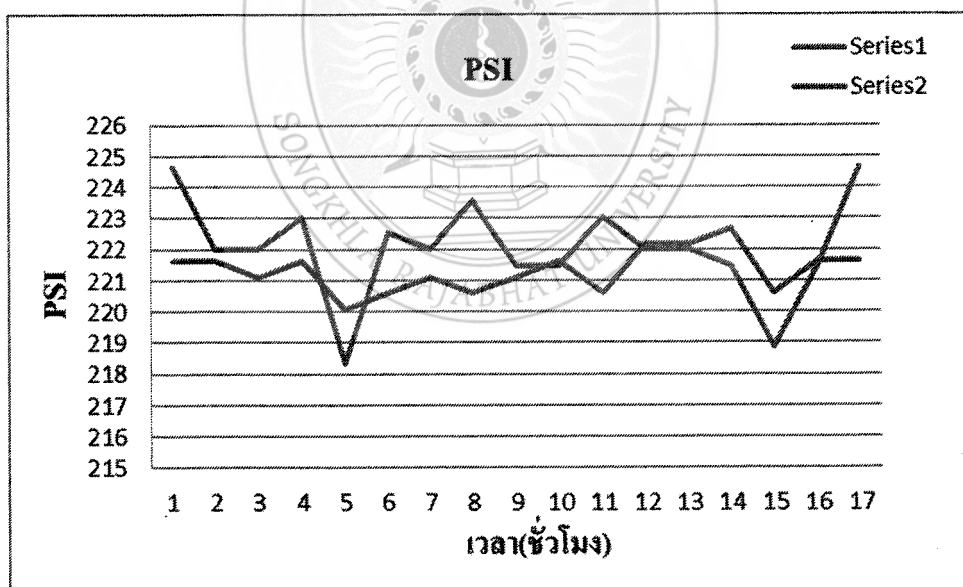
เวลา	หัวมันสำปะหลังวันที่ 1			มูลสุกรวันที่ 1		
	แรงดันก๊าซ		อุณหภูมิ°C	แรงดันก๊าซ		อุณหภูมิ°C
	หน่วย (PPM)	หน่วย (PSI)		หน่วย (PPM)	หน่วย (PSI)	
15.00	1538.76	218.85	33.07	1550.91	220.58	32.95
15.30	1557.21	221.48	33.20	1558.28	221.63	32.89
16.00	1579.34	224.63	33.20	1558.28	221.63	32.70

ผลการทดลองวัดค่าก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร ในวันที่ 1 (5 ก.ย. 2560) ด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ภายในช่วงเวลา 08.00 – 16.00 น. โดยนำผลการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นทำการบันทึกค่าเก็บเป็นฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม LabVIEW การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิภายในระยะเวลา 1 วันแสดงดังตารางที่ 4-1 โดยผู้วิจัยเลือกบันทึกค่าในช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบผลในแต่ละวัน และเป็นการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรมที่ออกแบบด้วย เนื่องจากสถานที่ทดลองงานวิจัยตั้งอยู่บริเวณภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งเป็นสถานที่ราชการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบโปรแกรมให้ทำการบันทึกค่าในช่วงเวลาดังกล่าว จากนั้นนำผลการวัดค่าอุณหภูมิที่ได้ในระยะเวลา 5 วันมาทำการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 4-4 ถึง 4-6

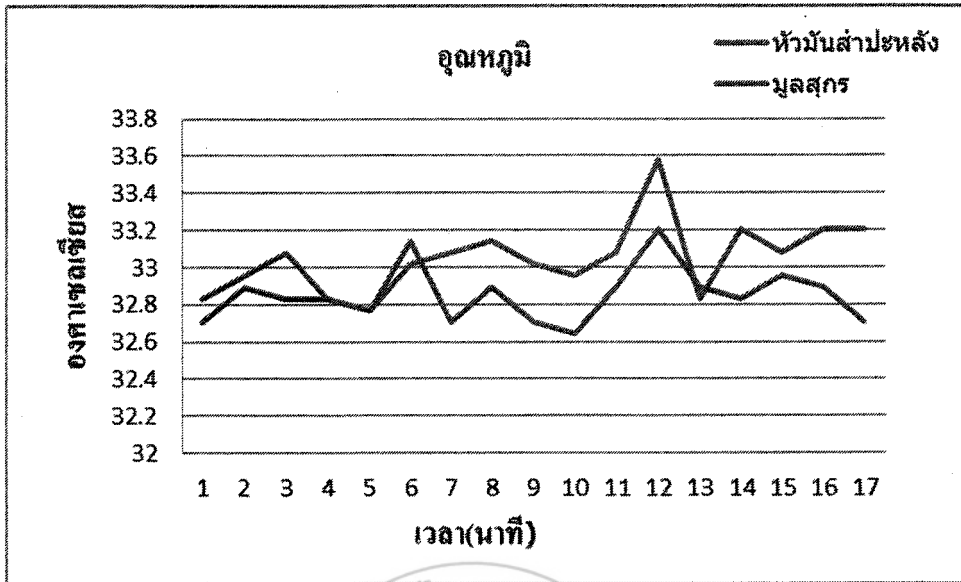
จากภาพที่ 4-4 ถึง 4-6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร ในวันที่ 1 (5 ก.ย. 2560) ด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ภายในช่วงเวลา 08.00 – 16.00 น. เมื่อเทียบกับเวลา (นาทิต) โดยเริ่มทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จะได้เห็นว่าทุก ๆ นาทิตกราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอกบวกกับอุณหภูมิภายในถังหมักของก๊าซชีวภาพแต่ละวัน



ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างห้วงน้ำสำปะหลังและมุลสุกร
(Part Per Million : PPM) วันที่ 1 (5 ก.ย. 2560)

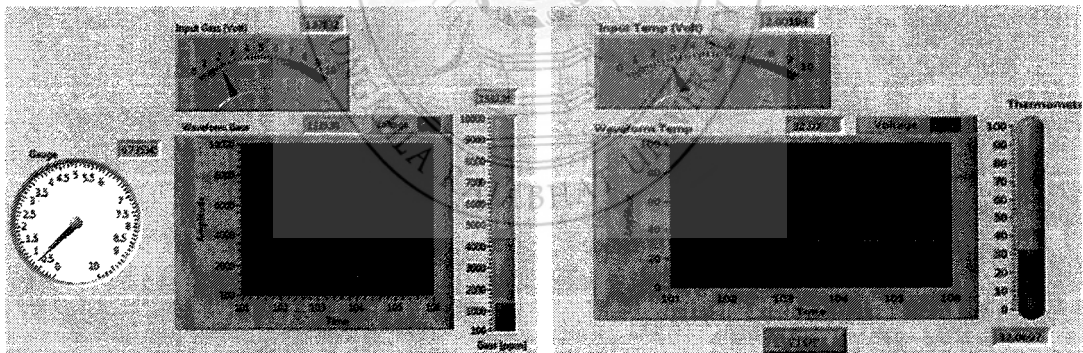


ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างห้วงน้ำสำปะหลังและมุลสุกร
(Pound Per Square Inch: PSI) วันที่ 1 (5 ก.ย. 2560)



ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของอุณหภูมิของหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรวันที่ 1

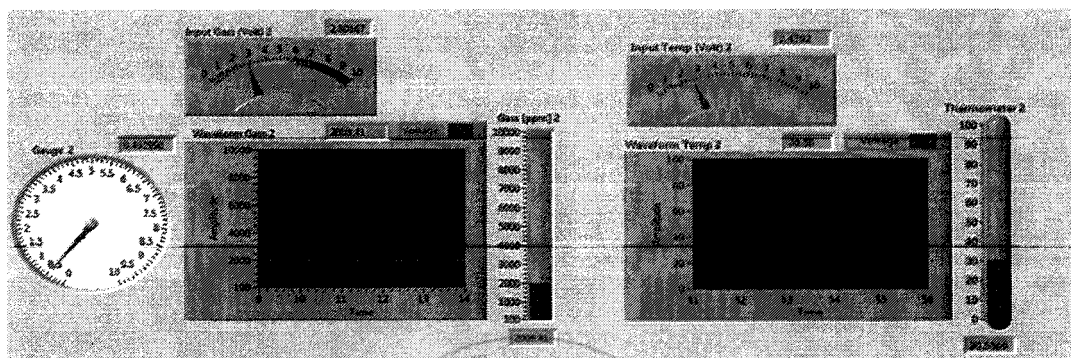
4.3 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซและเซนเซอร์อุณหภูมิระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรภายในถังหมักก๊าซชีวภาพในวันที่ 5



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของหัวมันสำปะหลังอุณหภูมิวันที่ 5

จากภาพที่ 4-7 ทางซ้ายมือกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพของหัวมันสำปะหลังวันที่ 5 ซึ่งตรงกับวันเสาร์ที่ 9 กันยายน 2560 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงดังภาพโดยกำหนดแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลาและแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของมวลก๊าซชีวภาพมีหน่วยเป็น PPM จากภาพที่วัดได้คือ 1520.73 PPM และจากภาพที่ 4-7 ทางขวามือเป็นกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 5 จะแสดงให้เห็นการ

เปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพ โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาทื) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 32.77 °C



ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของมลสารอุณหภูมิวันที่ 5

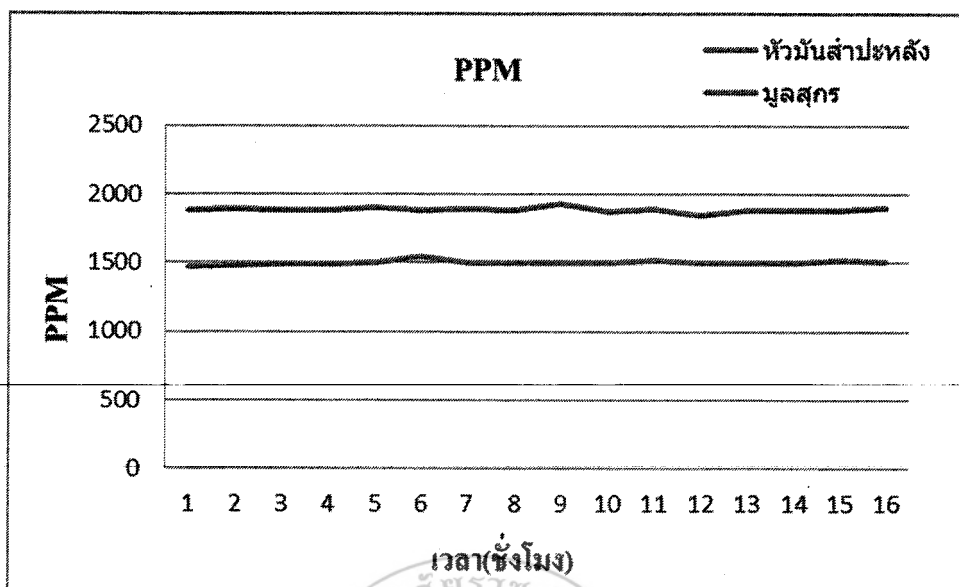
จากภาพที่ 4-8 ทางซ้ายมือกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพของหัวมันสำปะหลังวันที่ 5 ซึ่งตรงกับวันเสาร์ที่ 9 กันยายน 2560 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงดังภาพ โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้ ทางด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลาและแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของมลภาวะชีวภาพมีหน่วยเป็น PPM จากภาพที่วัดได้คือ 1885.94 PPM และจากภาพที่ 4-8 ทางขวามือเป็นกราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิวันที่ 5 จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอ Front Panel ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังภาพ โดยกำหนดแกนไว้ดังนี้คือ ด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา (นาทื) และด้านแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากภาพค่าที่วัดได้คือ 31.24 °C

ผลการทดลองวัดค่าก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร ในวันที่ 5 (9 ก.ย. 2560) ด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ภายในช่วงเวลา 08.00 – 16.00 น. โดยนำผลการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นทำการบันทึกค่าเก็บเป็นฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม LabVIEW การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิภายในระยะเวลา 1 วันแสดงดังตารางที่ 4-2 โดยผู้วิจัยเลือกบันทึกค่าในช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบผลในแต่ละวัน และเป็นการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรมที่ออกแบบด้วย เนื่องจากสถานที่ทดลองงานวิจัยตั้งอยู่บริเวณภายในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งเป็นสถานที่ราชการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบโปรแกรมให้ทำการบันทึกค่าในช่วงเวลาดังกล่าว จากนั้นนำผลการวัดค่าอุณหภูมิที่ได้ในระยะเวลา 5 วันมาทำการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 4-7 ถึง 4-9

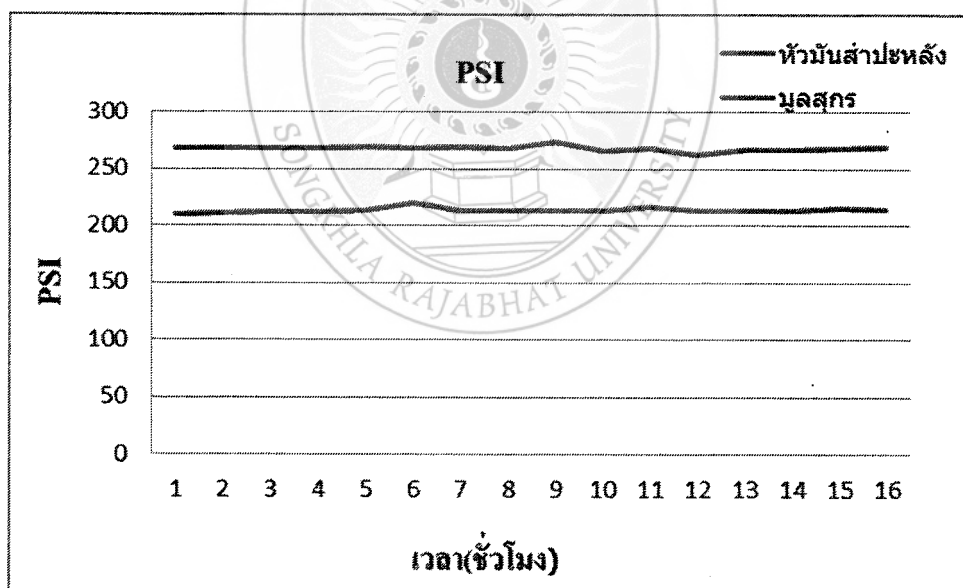
ตารางที่ 4-2 ก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร วันที่ 5 (9 ก.ย. 2560)

เวลา	หัวมันสำปะหลังวันที่ 5			มูลสุกรวันที่ 5		
	แรงดันก๊าซ		อุณหภูมิ°C	แรงดันก๊าซ		อุณหภูมิ°C
	หน่วย (PPM)	หน่วย (PSI)		หน่วย (PPM)	หน่วย (PSI)	
08.00	1472.75	268.23	32.77	1885.94	268.23	31.24
08.30	1480.13	268.76	32.77	1889.64	268.76	31.31
09.00	1491.20	267.71	32.52	1882.25	267.71	31.37
09.30	1487.51	268.23	32.70	1885.94	268.23	31.37
10.00	1494.90	269.81	32.83	1897.02	269.81	31.24
10.30	1542.87	267.71	32.58	1882.25	267.71	31.24
11.00	1494.90	269.28	32.89	1893.33	269.28	31.56
11.30	1494.90	268.23	33.27	1885.94	268.23	31.43
12.00	1498.59	274.01	33.52	1926.55	274.01	30.74
12.30	1494.90	266.13	34.28	1871.18	266.13	30.92
13.00	1520.73	268.76	34.53	1889.64	268.76	31.24
13.30	1502.28	262.46	34.34	1845.34	262.46	31.43
14.00	1502.28	267.18	34.02	1878.56	267.18	31.43
14.30	1502.28	267.18	35.03	1878.56	267.18	31.18
15.00	1517.04	268.23	34.65	1885.94	268.23	31.37
15.30	1505.97	269.81	34.53	1897.02	269.81	31.81
16.00	1480.13	268.76	32.77	1889.64	268.76	31.24

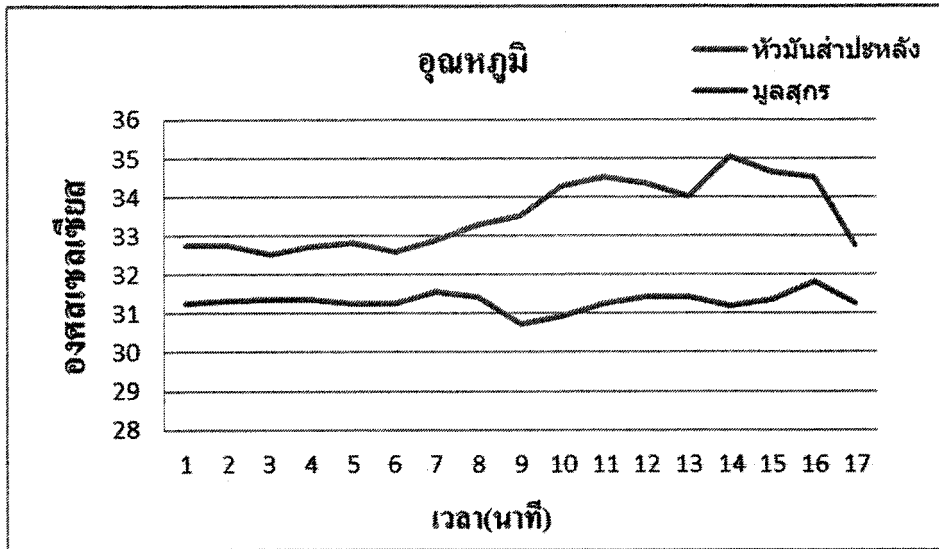
จากภาพที่ 4-9 ถึง 4-11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร ในวันที่ 5 (9 ก.ย. 2560) ด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ภายในช่วงเวลา 08.00 – 16.00 น. เมื่อเทียบกับเวลา (นาฬิกา) โดยเริ่มทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จะเห็นว่าทุกๆ นาฬิกากราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอกบวกกับอุณหภูมิภายในถังหมักของก๊าซชีวภาพแต่ละวัน



ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร
(Part Per Million : PPM) วันที่ 5 (9 ก.ย. 2560)



ภาพที่ 4-10 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบระหว่างหัวมันสำปะหลังและมูลสุกร
(Pound Per Square Inch: PSI) วันที่ 5 (9 ก.ย. 2560)

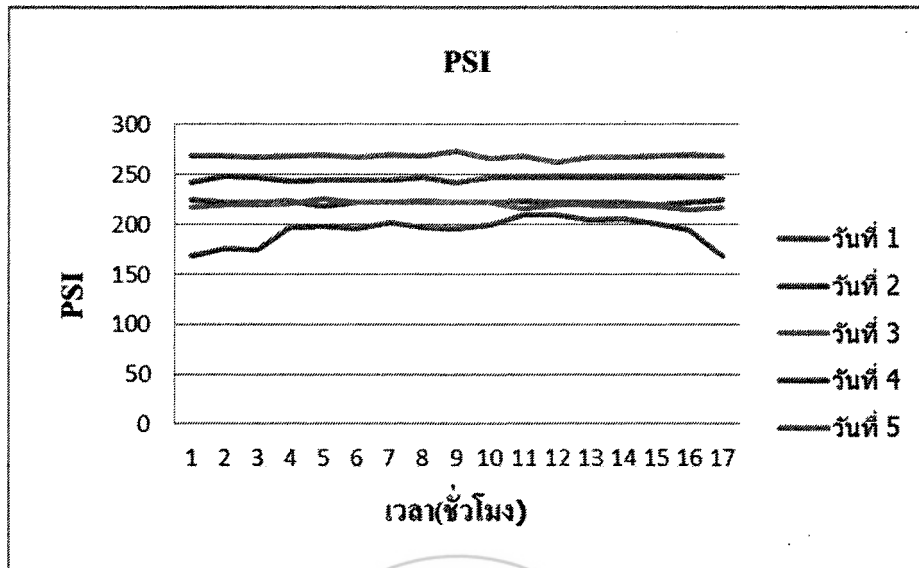


ภาพที่ 4-11 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของอุณหภูมิของหัวมันสำปะหลังและมูลสุกรวันที่ 5

4.4 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซและเซนเซอร์อุณหภูมิจากหัวมันสำปะหลังภายในถังหมักก๊าซชีวภาพรวมทั้ง 5 วัน

จากภาพที่ 4-12 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักของหัวมันสำปะหลังวันที่ 1 ถึง วันที่ 5 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงดังภาพ โดยทางด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา และแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของมวลก๊าซมีหน่วยเป็น PSI (Pound Per Square Inch: PSI) จากภาพค่าก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในแต่ละวันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยทุกๆ ชั่วโมง ในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงของมวลก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักหัวมันสำปะหลังภายในถังบวกกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายนอก และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เซนเซอร์วัดได้จะมีหน่วยเป็น (Part Per Million : PPM) คือ การเทียบอัตราส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่อยู่ภายในถังเก็บกับอากาศภายนอกก่อนที่จะทำการบันทึกเก็บค่าจะต้องทำการเทียบกับสมการในโปรแกรม LabVIEW โดยเทียบค่าตามคุณสมบัติของเซนเซอร์ก๊าซที่ได้กำหนดมาให้ค่าต่ำสุดจะเริ่มต้นที่ 1000 PPM (Part Per Million : PPM) จากนั้นทำการเลือกผลการทดลองการเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพในช่วงเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและช่วงเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดภายในถังหมักของหัวมันสำปะหลังแสดงดังตารางที่ 4-3

จากภาพที่ 4-12 เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของหน่วยการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพ PPM (Part Per Million) โดยทำการเปรียบเทียบค่าจากอัตราส่วนที่กำหนดให้ค่าแรงดันก๊าซชีวภาพ 1 PPM จะมีค่าเท่ากับ 0.01 กิโลกรัม เมื่อคูณค่าแรงดันกับหน่วย (Pound Per Square Inch : PSI) ซึ่งมีค่าแรงดันก๊าซชีวภาพเท่ากับ 2.2046 ปอนด์ต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 4-12 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังรวมทั้ง 5 วัน (หน่วย: PSI)

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองช่วงเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและช่วงเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังรวมทั้ง 5 วัน หน่วย (Part Per Million : PPM)

วันที่ทดลอง	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (PPM)	เวลา	หน่วย (PPM)	เวลา
1	1535.08	10.00 น.	1579.34	16.00 น.
2	1177.26	08.00 น.	1446.54	14.30 น.
3	1509.25	15.30 น.	1564.59	12.30 น.
4	1708.93	08.00 น.	1742.26	08.30 น.
5	1494.90	12.30 น.	1505.97	15.30 น.

จากตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพโดยใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาทำการบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพ และจากตารางที่ 4-5 ทำการแปลงค่าจากหน่วยการวัดตามคุณลักษณะอุปกรณ์เซนเซอร์ PPM (Part Per Million) เป็นหน่วยการวัด PSI (Pound Per Square Inch) หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นหน่วยวัดความดัน โดยกำหนดให้ค่าหนึ่งปอนด์ต่อตารางนิ้วหมายถึง ค่าความดันซึ่งเป็นผลจากแรงหนึ่ง

แรงปอนด์กระทำต่อพื้นที่หนึ่งตารางนิ้ว เป็นค่าการวัดความดันที่เป็นค่ามาตรฐานในระบบเอสไอ ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้ในการวัดค่าแรงดันที่อยู่ในถังบรรจุก๊าซหุงต้ม แอลพีจี ที่ใช้งานทั่วไปตามบ้านเรือน และเพื่อให้เป็นหน่วยการวัดที่เข้าใจได้ง่ายขึ้นสำหรับบุคลากรทั่วไปที่มีความสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติมจากโครงการวิจัยเรื่องนี้ด้วย

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของก๊าซชีวภาพหุ้มมันสำปะหลังทั้ง 5 วัน หน่วย (Pound Per Square Inch : PSI)

วันที่ทดลอง	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (PSI)	เวลา	หน่วย (PSI)	เวลา
1	218.33	10.00 น.	224.63	16.00 น.
2	167.44	08.00 น.	205.74	14.30 น.
3	214.66	15.30 น.	222.53	16.00 น.
4	242.53	08.00 น.	247.78	08.30 น.
5	266.13	12.30 น.	269.81	15.30 น.

จากตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดลองวัดค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซชีวภาพโดยใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาทำการบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพ แสดงเป็นหน่วยการวัด PSI (Pound Per Square Inch) การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยการวัดระหว่าง (Part Per Million : PPM) และหน่วยการวัดค่าความดันในถังหมักก๊าซมีเทน (Pound Per Square Inch : PSI) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งมีค่าแรงดันก๊าซเท่ากับ 2.2046 ปอนด์ต่อกิโลกรัม

ตัวอย่างสมการในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าหน่วยการวัดระหว่างหน่วย PPM เป็นหน่วย PSI

$$1 \text{ PPM} = 0.01 \text{ kg/m}^2$$

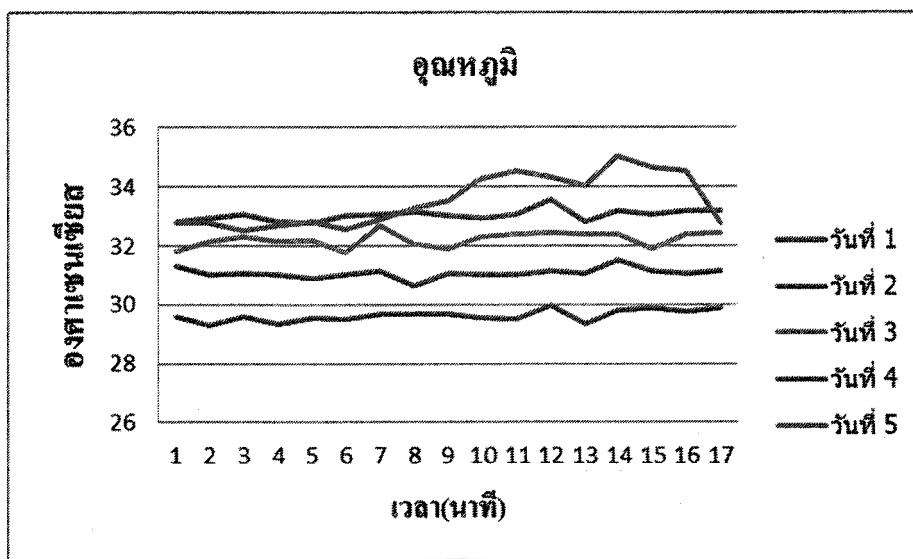
$$1 \text{ kg/m}^2 = 14.223 \text{ (PSI)}$$

$$\text{ยกตัวอย่างเช่น ค่าปริมาณ (PPM)} = 1579.39 \text{ PPM} \times 0.01 \text{ kg/m}^2$$

$$= 15.79 \text{ kg/m}^2$$

$$= 15.79 \text{ kg/m}^2 \times 14.233 \text{ lb/im}^2$$

$$\text{เมื่อแปลงค่าเป็นหน่วย PSI} = 229.58 \text{ PSI (Pound Per Square Inch)}$$



ภาพที่ 4-13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจากห้วยมันสำปะหลังรวมทั้ง 5 วัน

จากภาพที่ 4-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากห้วยมันสำปะหลังทั้ง 5 วัน เมื่อเทียบกับเวลา (นาทื) โดยเริ่มทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จะเห็นว่าในช่วงเวลาทุกๆ นาทื ค่าของอุณหภูมิที่วัดค่าได้จากเซนเซอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอกบวกกับอุณหภูมิภายในถังหมักของก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน

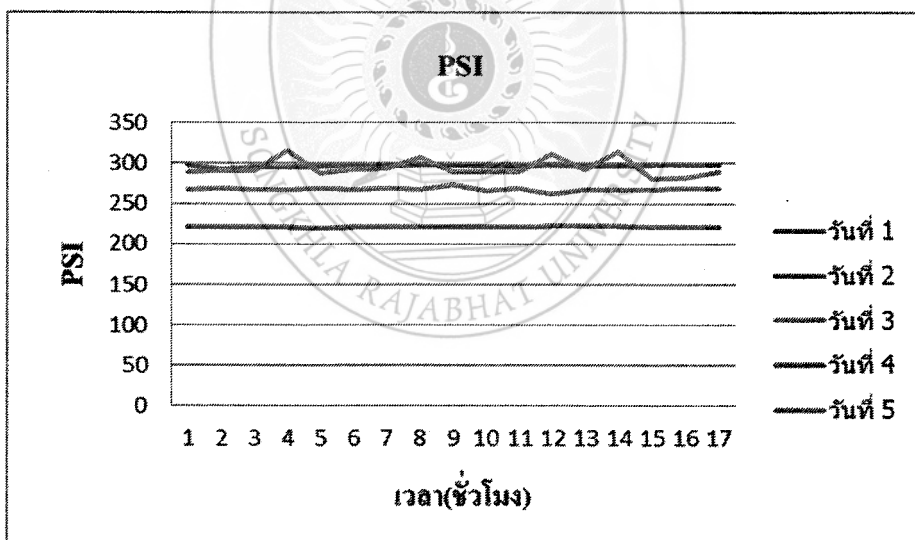
ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์อุณหภูมิภายใน 5 วัน ในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของอุณหภูมิ

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

4.5 ผลการทดลองวัดค่าจากเซนเซอร์ก๊าซชีวภาพและเซนเซอร์อุณหภูมิจากมูลสุกรภายในถังหมักก๊าซชีวภาพรวมทั้ง 5 วัน

จากภาพที่ 4-14 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักจากมูลสุกรหลังวันที่ 1 ถึง วันที่ 5 จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงดังภาพ โดยทางด้านแกน X จะกำหนดให้เป็นเวลา และแกน Y จะกำหนดให้เป็นค่าของมวลก๊าซมีหน่วยเป็น PSI (Pound Per Square Inch: PSI) จากภาพค่าก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในแต่ละวันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยทุกๆ ชั่วโมง ในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงของมวลก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักมูลสุกรภายในถังบวกกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายนอก และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เซนเซอร์วัดได้จะมีหน่วยเป็น (Part Per Million : PPM) คือ การเทียบอัตราส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่อยู่ภายในถังเทียบกับอากาศภายนอกก่อนที่จะทำการบันทึกเก็บค่าจะต้องทำการเทียบกับสมการในโปรแกรม LabVIEW โดยเทียบค่าตามคุณสมบัติของเซนเซอร์ก๊าซที่ได้กำหนดมาให้ค่าต่ำสุดจะเริ่มต้นที่ 1000 PPM (Part Per Million : PPM) จากนั้นทำการเลือกผลการทดลองการเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพในช่วงเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและช่วงเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดภายในถังหมักจากมูลสุกรแสดงดังตารางที่ 4-6



ภาพที่ 4-14 กราฟแสดงค่าก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน (หน่วย: PSI)

จากภาพที่ 4-14 แสดงปริมาณค่าก๊าซชีวภาพที่ได้รับจากอุปกรณ์เซนเซอร์ก๊าซชีวภาพ แล้วนำมาแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ PSI (Pound Per Square Inch : PSI) เมื่อเริ่มทำการบันทึกเก็บค่าปริมาณของก๊าซชีวภาพภายในถังหมักจากมูลสุกร จะเห็นได้ว่าทุกๆ ชั่วโมงในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงของมวลก๊าซที่เกิดจากการหมักที่ได้จากถังหมักก๊าซชีวภาพของมูลสุกร

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองช่วงเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและช่วงเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน หน่วย (Part Per Million : PPM)

วันที่ทดลอง	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (PPM)	เวลา	หน่วย (PPM)	เวลา
1	1550.91	13.00 น.	1565.66	14.30 น.
2	2074.55	08.30 น.	2096.68	15.30 น.
3	2045.05	08.00 น.	2225.75	09.30 น.
4	1712.63	10.00 น.	1734.77	14.30 น.
5	1882.25	09.00 น.	1887.02	15.30 น.

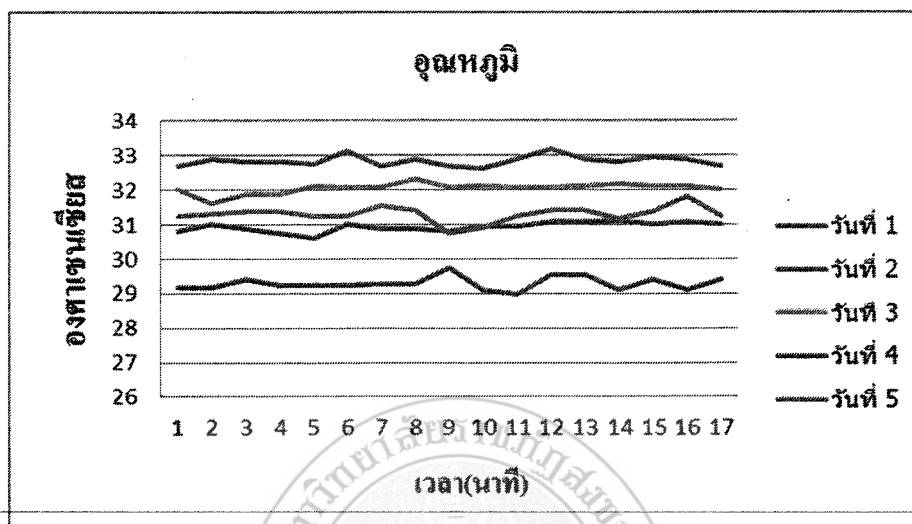
จากตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพโดยใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาทำการบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซมีเทน และจากตารางที่ 4-7 ทำการแปลงค่าจากหน่วยการวัดตามคุณลักษณะอุปกรณ์เซนเซอร์ PPM (Part Per Million) เป็นหน่วยการวัด PSI (Pound Per Square Inch) หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน หน่วย (Pound Per Square Inch : PSI)

วันที่ทดลอง	ค่าที่วัดได้ต่ำสุด		ค่าที่วัดได้สูงสุด	
	หน่วย (PSI)	เวลา	หน่วย (PSI)	เวลา
1	269.81	08.13 น.	278.68	14.30 น.
2	292.44	08.25 น.	328.73	15.30 น.
3	356.34	08.12 น.	384.56	14.38 น.
4	392.64	08.41 น.	426.48	14.12 น.
5	427.24	08.06 น.	464.22	13.46 น.

จากตารางที่ 4-7 แสดงผลการทดลองวัดค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซชีวภาพโดยใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในถังหมักก๊าซชีวภาพตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด

และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาทำการบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร แสดงเป็นหน่วยการวัด PSI (Pound Per Square Inch)



ภาพที่ 4-15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของมูลสุกรรวมทั้ง 5 วัน

จากภาพที่ 4-15 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร ทั้ง 5 วัน เมื่อเทียบกับเวลา (นาทื) โดยเริ่มทำการบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศา เซลเซียส) จะได้เห็นว่าในช่วงเวลาทุกๆ นาทื ค่าของอุณหภูมิที่วัดค่าได้จากเซนเซอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอกบวกกับอุณหภูมิภายในถังหมักของก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน

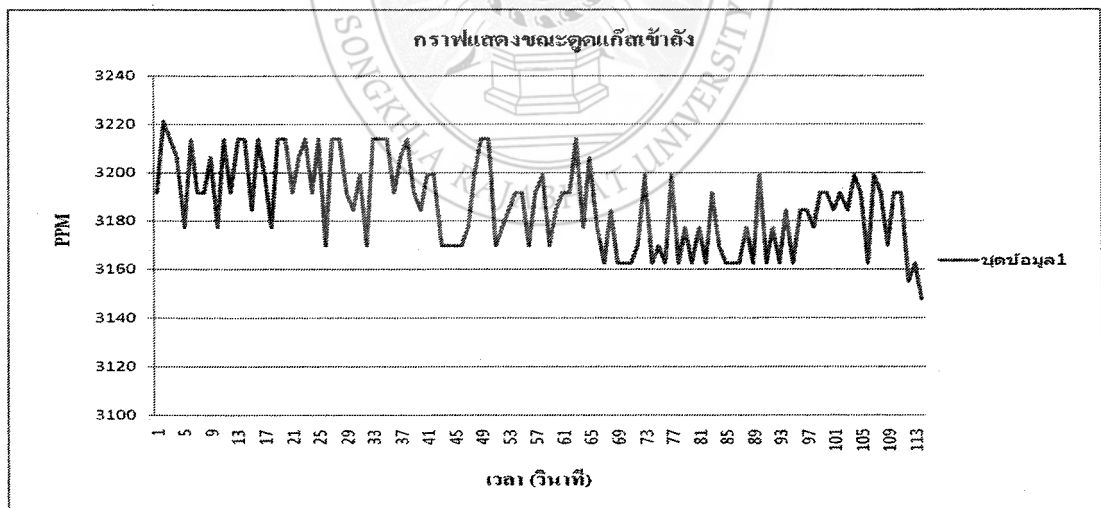
ผลการทดลองวัดค่าของเซนเซอร์อุณหภูมิภายใน 5 วัน ในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุด และเวลาที่วัดค่าได้สูงสุด มาบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงแสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลการทดลองเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดของอุณหภูมิ

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

4.6 ผลการทดสอบการบรรจุก๊าซชีวภาพภายในถังเก็บ

การทดลองดูค่าชีวภาพโดยใช้ชุดฟอกก๊าซชีวภาพจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เครื่องทำความเย็นทำการฟอกก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักด้วยมูลสุกรมาเก็บยังถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม จากนั้นทำการตรวจวัดแรงดันก๊าซมีเทนภายในถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มด้วยอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันมีหน่วยการวัดในอัตราส่วนปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำค่าที่ได้จากการวัดมาทำการเปรียบเทียบค่าจากชุดเซนเซอร์วัดก๊าซมีเทน และปรับค่าให้มีค่าใกล้เคียงกันกับอุปกรณ์เกจสำหรับวัดค่าความดันด้วยการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ในส่วนฟังก์ชันของโปรแกรม LabVIEW อุปกรณ์ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในขณะที่ทำการดูก๊าซ โดยใช้ชุดฟอกก๊าซเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาบรรจุในถังเก็บก๊าซ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานลักษณะเดียวกันกับชุดทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ในการดูก๊าซมีเทนผ่านชุดฟอกก๊าซเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์และสามารถทำการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนผ่านชุดเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทน Smart Module Premium ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซมีเทนเข้ามายังอุปกรณ์ DAQ 9219 และ DAQ 6008 เพื่อนำสัญญาณที่วัดค่าปริมาณก๊าซมีเทนมาทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลบนหน้าจอกอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-16 ปริมาณค่าแรงดันก๊าซมีเทนขณะทำการดูแก๊สเข้าถังเก็บ

จากภาพที่ 4-16 แสดงปริมาณค่าแรงดันก๊าซมีเทนขณะทำการดูแก๊สเข้าถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม โดยขณะที่ทำการดูก๊าซมีเทนเข้าถังเก็บก๊าซแอลพีจี เมื่อเริ่มทำการดู

ก๊าซเข้าถังเก็บ จะเห็นได้ว่าช่วงระยะเวลาทุกๆ วินาทีกราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าปริมาณแรงดันสูงสุด และมีค่าแรงดันลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าต่ำสุด

ตารางที่ 4-9 การทดลองการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้งาน

ถังเก็บก๊าซแอลพีจี ขนาด 4 กก. 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 4-9 แสดงการทดลองการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากการหมักด้วยมูลสัตว์และผ่านกระบวนการทดลองดูดก๊าซมีเทน โดยใช้ชุดฟอกก๊าซคอมเพรสเซอร์เครื่องทำความเย็นทำการฟอกก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักด้วยมูลสุกรมาเก็บยังถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัม ไปใช้งานไปใช้งานพบว่า ถังเก็บก๊าซแอลพีจีชนิดหุงต้มขนาด 4 กิโลกรัมถึงที่ 1 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 20 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 12 นาที ถึงที่ 2 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 15 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 12 นาที ถึงที่ 3 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 10 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 11 นาที ถึงที่ 4 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 10 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 10 นาที ถึงที่ 5 ใช้เวลาในการดูดก๊าซมีเทนเป็นระยะเวลา 5 นาที ได้ปริมาณก๊าซมีเทน 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว (PSI) นำไปใช้งานในการหุงต้มได้เป็นระยะเวลา 8 นาที

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน โดยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ในการพัฒนาวัดค่าปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพและบันทึกผลเก็บไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพได้ง่ายและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้หมักก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาใช้เองในครัวเรือนได้รู้ถึงระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานที่แน่นอนและมีประสิทธิภาพ สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองผู้ดำเนินงานวิจัยได้สร้างชุดสถิติการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่สามารถบอกระยะเวลาและปริมาณในการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยจัดทำชุดอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ติดตั้งไว้ในส่วนของวงจรควบคุมสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไว้ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยออกแบบการทำงานของโปรแกรมให้ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงาน ผ่านทางอุปกรณ์เซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ติดตั้งไว้มาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมติดต่อสื่อสารระหว่าง ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณภายนอกกับส่วนของการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดลองพบว่า การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานสามารถวัดค่าสัญญาณที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ที่ส่งสัญญาณออกมาเป็นปริมาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จากนั้นทำการเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นค่าของปริมาณอุณหภูมิและปริมาณก๊าซชีวภาพสำหรับนำมาแสดงผลและทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและก๊าซชีวภาพที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานในแต่ละวัน ผลการทดลองวัดค่าของเซ็นเซอร์แต่ละแบบจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนเพื่อที่จะใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของ

อุณหภูมิ และปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานภายในถังหมักด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยการแสดงค่าผ่านหน้าจอแสดงผลหลัก (Front Panel) ของโปรแกรม

การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์เป็นระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง เวลา 16.00 น. มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังทั้ง 5 วัน เมื่อเทียบกับเวลา (นาฬิกา) โดยเริ่มทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จะได้เห็นว่าในช่วงเวลาทุกๆ นาฬิกา ค่าของอุณหภูมิที่วัดค่าได้จากเซนเซอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอกบวกกับอุณหภูมิภายในถังหมักของก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน ค่าของอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 29.487 องศาเซลเซียส ณ เวลา 09.27 น. และค่าของอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 33.497 องศาเซลเซียส ณ เวลา 12.23 น. ในส่วนของอุณหภูมิที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรได้ทำการวัดค่าในช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง เวลา 16.00 น. เป็นระยะเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการวัดค่าของอุณหภูมิที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลัง ได้ค่าของอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 29.803 องศาเซลเซียส ณ เวลา 09.32 น. และค่าของอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 34.586 องศาเซลเซียส ณ เวลา 12.45 น.

ผลการทดลองการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 โดยในแต่ละวันจะนำเวลาที่วัดค่าได้ต่ำสุดและเวลาที่วัดค่าได้สูงสุดมาทำการบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพ โดยค่าของปริมาณก๊าซชีวภาพค่าที่วัดได้ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 167.44 ปอนด์ต่อกิโลกรัม (Pound Per Square Inch : PSI) ณ วันที่ 2 ของการทดลอง เวลา 08.00 น. และค่าของปริมาณก๊าซชีวภาพค่าที่วัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 269.81 ปอนด์ต่อกิโลกรัม (Pound Per Square Inch : PSI) ณ วันที่ 5 ของการทดลอง เวลา 15.30 น. ในส่วนการทดลองการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรได้ทำการวัดค่าในช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง เวลา 16.00 น. เป็นระยะเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการวัดค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่อยู่ภายในถังหมักก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลัง ได้ค่าของปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร โดยค่าที่วัดได้ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 269.81 ปอนด์ต่อกิโลกรัม (Pound Per Square Inch : PSI) ณ เวลา 08.13 น. และปริมาณก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรค่าที่วัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 464.22 ปอนด์ต่อกิโลกรัม (Pound Per Square Inch : PSI) ณ เวลา 13.46 น. โดยจากการทดลองบันทึกค่าการเกิดก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และจากพืชพลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW จะสังเกตได้ว่าค่าที่วัดได้จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิอากาศและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา

5.2 ปัญหาในการดำเนินงานวิจัย

5.2.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณก๊าซมีเทนเป็นอุปกรณ์เฉพาะที่ไม่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปจึงส่งผลให้ใช้เวลานานในการจัดเตรียมอุปกรณ์ดังกล่าว และการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ประเภทเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์ ทางคณะผู้วิจัยยังขาดเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง จึงต้องทำการทดลองเปรียบเทียบค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ดังกล่าวด้วยการออกแบบโปรแกรม LabVIEW และการหาค่าสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการเปรียบเทียบแทน

5.2.2 งานวิจัยที่ทำครั้งนี้ต้องทำการบันทึกข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อนที่สะสมเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นต้องสั่งซื้ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ตัวใหม่ซึ่งใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อประมาณ 2 เดือนเพื่อมาทดสอบการทำงานและออกแบบการเขียนโปรแกรม จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ด้านการตรวจวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพทางด้านอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในด้านเกษตรกรรม

5.3.2 ควรจะมีการพัฒนาในด้านการควบคุมระยะไกลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูล เพื่อส่งผลให้มีความสะดวกเพิ่มมากขึ้นในด้านเกษตรกรรมที่ทำการผลิตก๊าซชีวภาพที่มีสถานที่ตั้งห่างไกลจากที่พักอาศัย

5.3.3 ควรมีการนำผลจากการวิจัยที่ได้ไปเผยแพร่ให้แก่ชุมชนที่มีการเลี้ยงสุกรเป็นลักษณะของฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เพื่อทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลในการผลิตก๊าซชีวภาพและวิธีการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่มีใช้งานในสภาพแวดล้อมจากสถานที่ปฏิบัติงานจริง

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.(ม.ป.ป.).โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซ. [ออนไลน์] 2556. แหล่งที่มา: <http://eppo.go.th/div2/gas/html>. สืบค้นวันที่ 20 พฤษภาคม 2560
- กระทรวงพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ. [ออนไลน์] 2552. สืบค้นวันที่ 7 พฤษภาคม 2560. แหล่งที่มา: <http://www.thaibiogas.com>.
- เกรียงศักดิ์ เกษทองมา และ สุรชัย ฎุกาเมฆ. (2546) . การศึกษาและออกแบบสร้างชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Track ราคาถูก. โครงการวิจัย วท.บ. (ฟิสิกส์) . มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- กฤษณา สวนจันทร์ และรณชัย เอกฉัตร. (ม.ป.ป.). ก๊าซชีวภาพ (Biogas). กรุงเทพฯ. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (เอกสารเผยแพร่).
- กิจไพบูลย์ ชีวพันธุ์ศรี. 2550. การออกแบบแอปพลิเคชันในระบบกราฟิกด้วย LabVIEW. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ. 200 หน้า
- กิจไพบูลย์ ชีวพันธุ์ศรี. 2550. การสร้างระบบอัตโนมัติด้วย LabVIEW ร่วมกับ Data Acquisition และ Machine Vision. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ. 278 หน้า
- คู่มือไบโอแก๊สเซฟตี้. 2556. กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. หน้า 8
- คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. หน้า 29-37
- เจริญ เพชรมณี. 2547. เรียนลัด LabVIEW. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ. 216 หน้า
- จิตรลดา สีเสนและณานินท์ ลักขณานุรักษ์. 2554. การผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายขนาดเล็กเซลล์เดี่ยว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมเคมี). มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ชยันต์ กิมยงค์. 2545. การพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์แบบสองชั้นตอนที่มี การไหลวนกลับของน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เชิงชาย วรฤทธิ์และพงศธร ชัชวาศิมล. 2545. การสร้างระบบเก็บก๊าซชีวภาพสำหรับตามบ้าน. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยรามคำแหง

- ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์และคณะ. 2554. การผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ร่วมกับวัชพืชน้ำในพื้นที่อำเภออัมพวา. จังหวัดสมุทรสงคราม. หน้า 19-21
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525. คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 89-121
- ชนวัฒน์ คำนวนิชกุล. 2553. จลนพลศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอาหารในถังหมักแบบกวนผสมบูรณ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ชนินทร์ ธรรมรักษ์. 2554. เครื่องควบคุมภาระทางไฟฟ้าด้วยโปรแกรม LabVIEW, วิทยานิพนธ์, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ธีรพล จินดาวงศ์. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- บรรพต ทองมาก. 2546. การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- ประทีน กุลละวณิชย์, นันทิยา เปปะตัง, อรอมล เหล่าปิตินันท์, อรรณพ นพรัตน์, และภาวิณี ชัยประเสริฐ. 2550. ภาพรวมเชิงสถานภาพและศักยภาพของเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในประเทศไทย. วารสารวิจัยและพัฒนา มธจ. 30(4). หน้า 693-700.
- ไพบูลย์ แจ่มพงษ์. 2553. การจัดการขยะโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน บริเวณ ตลาดน้ำอัมพวา. กรุงเทพมหานคร: สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- พลังงานทางเลือก. 2553. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://chitia-02.synthasite.com>. สืบค้นวันที่ 28 พฤษภาคม 2560.
- พีรพงศ์ ต่อทิฆะและคณะ. 2547. การพัฒนาชุดทดลองเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่มีการแสดงผลกราฟิกเพื่อใช้ในการเรียนรู้. ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- พจนานู สุวรรณมณี. 2546. เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. ที.เอส.บี. โปรดักส์. กรุงเทพฯ. หน้า 131-161
- พรจิตร ประทุมสุวรรณ. 2541. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรมเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ เรือนแก้วการพิมพ์. กรุงเทพฯ. หน้า 66-75

- มรกต ตันติเจริญ และคณะ. (2547). การผลิตก๊าซชีวภาพจากสาหร่ายหรือไบโสมผสมกับมูลวัว. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ณัฐคนัย ตันตวิรุฬห์ และคณะ. (2552). รายงานวิจัยการประยุกต์โปรแกรม LabVIEW 7.0 มาใช้ในการรับและประมวลผลสัญญาณการสั่งของสปริง. วิทยาสารกำแพงแสน ปีที่ 7 ฉบับที่ 3 2552. หน้า 56-65.
- วิสาชา ภูจินดาและว่าที่เรือตรีวิวัฒน์ แก้วดวงเล็ก. 2558. **คู่มือ เทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนและชุมชน**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักวิจัย สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 39 หน้า
- สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. 2554. การผลิตก๊าซชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- สุดประเสริฐ โปยมรัตน์. 2558. **เซ็นเซอร์แก๊ส ZX-MQ5**. แหล่งที่มา: http://www.projectelec.com/222-mq-5_วัดก๊าซหุงต้มก๊าซธรรมชาติ.html. สืบค้นวันที่ 2 มิถุนายน 2560.
- เสาวลักษณ์ ภูมิวิสนะ. (2535). **แนวคิดในการวางแผนการวิจัยด้านพลังงานทดแทน: ก๊าซชีวภาพ**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 106 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2543. การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์. แหล่งที่มา: <http://www.nepo.go.th/vrs/VRS47-07-BioGas.html>. สืบค้นวันที่ 22 พฤษภาคม 2560.
- เสริมพล รัตนสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. (2554). การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน . สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพมหานคร. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- ศรินญา บุญฤทธิ์. การศึกษาการย่อยสลายมูลสัตว์แบบไร้อากาศ. มหาวิทยาลัยมหานคร. เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ. 2549. สถานีเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศุภวัฒน์ ชาติอาจารย์มงคล, เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง “**กรณีศึกษาการระเบิดของก๊าซชีวภาพ (Biogas)**” กรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2553, แหล่งที่มา: <http://www2.diw.go.th/safety/>. สืบค้นวันที่ 22 มกราคม 2560.

เอกพจน์ ฤทธิ์ทิพย์ และคณะ (2557). รายงานการวิจัย “การประยุกต์ใช้โปรแกรม LabVIEW ควบคุมเครื่องจับเวลาด้วยแสง” โครงการวิจัย วท.บ. (ฟิสิกส์). มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

National Instruments. 2557. คู่มือการใช้งานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device รุ่น NI USB-6008/6009. แหล่งที่มา: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m>. สืบค้นวันที่ 2 มิถุนายน 2560.

Boe,k., Karakashev, D., Trably, E. and angelidaki, I. (2008). “**Effect of post-Digestion Temperature on Serial CSTR Biogas Reactor Performance**”, Water Research, Vol. 43, No. 3, pp. 669-676.

Ranade, D.R., Yeole, T.Y. and Godbole, S.H. (1987). “**Production of Biogas from Market Waste**”, Journal of Biomass, Vol. 13, No.3, pp.147-153

Solomon , Sabrie. 1994. **Sensors and Control System in Manufacturing**. New York. McGraw-Hill Inc.

Usher , M.J. and Keating D.A. 1996. **Sensors and Transducers**. Second Edition. London. Macmillan Press Ltd.

J.Michael Jacob.1995. **Industrial Control Electronics**. Singapore. Prentice Hall international Editions.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล

ผศ.ดร.ศรัณย์ ณรงค์กุล

Asst.Prof.Dr.Sarun Narongkul

เพศ ชาย

เกิดวันที่ 11 สิงหาคม 2523

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ติดต่อ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 ถ.กาญจนวนิช

ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

โทรศัพท์ 08-1690-6520

โทรสาร 074-336-960

ประวัติการศึกษา

ระดับ สาขา สถาบัน

ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า (แขนงวิศวกรรมโทรคมนาคม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอม

เกล้า พระนครเหนือ

ปริญญาเอก สาขาไฟฟ้าศึกษา (แขนงวิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม

เกล้า พระนครเหนือ

ผลงานทางวิชาการ

ก.งานวิจัย

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทเรื่อง “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการระบบโทรศัพท์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล”, สาขาวิชาไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548

วิทยานิพนธ์ปริญญาเอกเรื่อง “การพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยมสำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมไมโครเวฟ” สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดอินเทอร์เฟซโปรแกรม LabVIEW ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์” แหล่งทุนงบประมาณสนับสนุน สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 2551

งานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์” แหล่งทุนงบประมาณสนับสนุน 2557 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ข. บทความวิจัย

Sarun Choocadee, Somsak Akatimagool. Development of efficient EM Simulation Tool for Capacitive and Inductive Obstacle Analysis in Waveguide. ECTI-EEC Transactions on Electrical Eng., Electronics, and Communications, Thailand, 2011.

Somsak Akatimagool, Sarun Choocadee. Chapter title: Wave Iterative Method for Electromagnetic Simulation. Book title: Wave Propagation / Book 2 (ISBN 980-953-307-493-6), InTech Publications Open Access Company, Rijeka, Croatia, 2012.

Sarun Choocadee, Somsak Akatimagool. The Simulation, Design and Implementation of Bandpass Filters in Rectangular Waveguides. International Journal of Electrical and Electronic Engineering, Scientific & Academic Publishing USA, Vol.2, No.3, pp.152-157, Online June 2012, DOI: 10.5923/j.eee.20120203.08.

Sarun Choocadee, Somsak Akatimagool. The Simulation, Design and Implementation of Bandpass Filters in Rectangular Waveguides. International Journal of Electrical and Electronic Engineering, Scientific & Academic Publishing USA, Vol.2, No.3, pp.152-157, Online June 2012, DOI: 10.5923/j.eee.20120203.08.

Sarun Choocadee, Sugchai Tantivivat and Somsak Akatimagool. The Development of Simulation Tools for Design of Waveguide Filter using Resonant Iris Circuit. Applied Mechanics and Materials Vols. 313-314 (2013) pp 971-975 Online available since 2013/Mar/25 at www.scientific.net © (2013) Trans Tech Publications, Switzerland doi: 10.4028 / www.scientific.net / AMM.313-314.971

Sarun Choocadee and Somsak Akatimagool. Waveguide Filter Design (WFD) Tool in the Teaching of Microwave Engineering. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 2, กรกฎาคม-ธันวาคม 2553.

ศรัณย์ ชูคติ และสมศักดิ์ อรรถทิมากุล. การพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและวิเคราะห์ห้วงจรกรองความถี่ภายในที่นำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 22 ฉบับที่ 3, กันยายน-ธันวาคม 2555.

อลงกรณ์ พรหมที, พินิจ เนื่องภิรมย์, ศรัณย์ ชูคติ และ สมศักดิ์ อรรถทิมากุล. โปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโพรงตัวนำโดยวิธีของโมเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 24 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2557. หน้า 257 – 267.

ค. เอกสารประกอบการสอนและการอบรม

เอกสารประกอบการอบรมการใช้คอมพิวเตอร์เพื่องานอุตสาหกรรม

เอกสารประกอบการอบรมการอบรมเชิงปฏิบัติการการประกอบคอมพิวเตอร์

เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

ง. งานวิจัยที่สนใจ

1 ด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2 ด้านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสมองกลฝังตัว

3 ด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน

4 ด้านการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนเพื่อการเกษตร

ภาระงานสอนในปัจจุบัน

1 วิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

2 วิชาการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานไฟฟ้า

3 วิชาไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

4 วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศในการบริหารงานอุตสาหกรรม

5 วิชาการบริหารโครงการทางไฟฟ้า

6 วิชาคณิตศาสตร์วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ งานสอนนักศึกษาในสาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม สัปดาห์ละ 17 คาบ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล

นายเสกสรร ชะนะ

Mr.Sakesan Chana

เพศ ชาย

เกิดวันที่ 12 พฤษภาคม 2523

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

สถานที่ติดต่อ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 ถ.กาญจนวนิช

ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

โทรศัพท์ 08-6894-3862

โทรสาร 074-336-960

ประวัติการศึกษา

ระดับ สาขา สถาบัน

ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า (แขนงวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

ผลงานทางวิชาการ

ก.งานวิจัย

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทเรื่อง “ชุดทดลองพัลส์เทคนิค หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
ชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ.2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา”

งานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์”
แหล่งทุนงบประมาณสนับสนุน 2557 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ข. บทความวิจัย

บทความเรื่อง การประยุกต์ใช้แนวคิด “สอนน้อยเรียนมาก” ผู้จัดการการเรียนรู้ทางด้าน
เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาวิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ และวิชาระบบควบคุม
อัตโนมัติงบประมาณของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประจำปี 2557

บทความเรื่อง “การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรกรองแบบพาสซีฟโดยใช้
ฟังก์ชันนิจูโอของแม่ทแยง” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษจากงาน
ประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 25 ประจำปี 2558

ค. การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

SARUN CHOOCADDEE and SAKESAN CHANA. The Development of Efficient Simulation Tools for Waveguide Filter in C-Band satellite communication. The 2015 International Conference on Control, Automation and Artificial Intelligence (CAAI 2015), Phuket Thailand, , 23-24 August 2015

ง. การประชุมวิชาการระดับชาติ

เสกสรร ชะนะ, กัณตภณ มหาหมัด, สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์, และพลศักดิ์ โกษิยาภรณ์. ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการวัดเครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้าของนักศึกษาวิชาเอกเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 6 (TechEd-6), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ประเทศไทย, 27-28 พฤศจิกายน 2556 หน้า 360-366.

สมมาตร จำเริญ, เสกสรร ชะนะ. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรกรองแบบพาสซีฟโดยใช้ฟังก์ชันจับคู่ของ MATLAB. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25 ณ. มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 10-12 มิถุนายน 2558

เสกสรร ชะนะ, ศรัณย์ ชุคดี, นิพนธ์ มณีโชติ. การพัฒนาชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 7, วันที่ 12-13 พฤษภาคม 2559 หน้า 623-636.

งานวิจัยที่สนใจ

- 1 ด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- 2 ด้านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสมองกลฝังตัว
- 3 ด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน
- 4 ด้านการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนเพื่อการเกษตร

ผลงานอื่นๆ

- 1 เอกสารประกอบการสอน วิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม
- 2 เอกสารประกอบการสอน วิชาเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 3 เอกสารประกอบการสอน วิชาวงจรดิจิทัล
4. วิทยากรจัดอบรม การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ย อี เอ็ม บอล ใน

งานวิศวกรรม

ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ งานสอนนักศึกษาในสาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม สัปดาห์ละ 17 คาบ