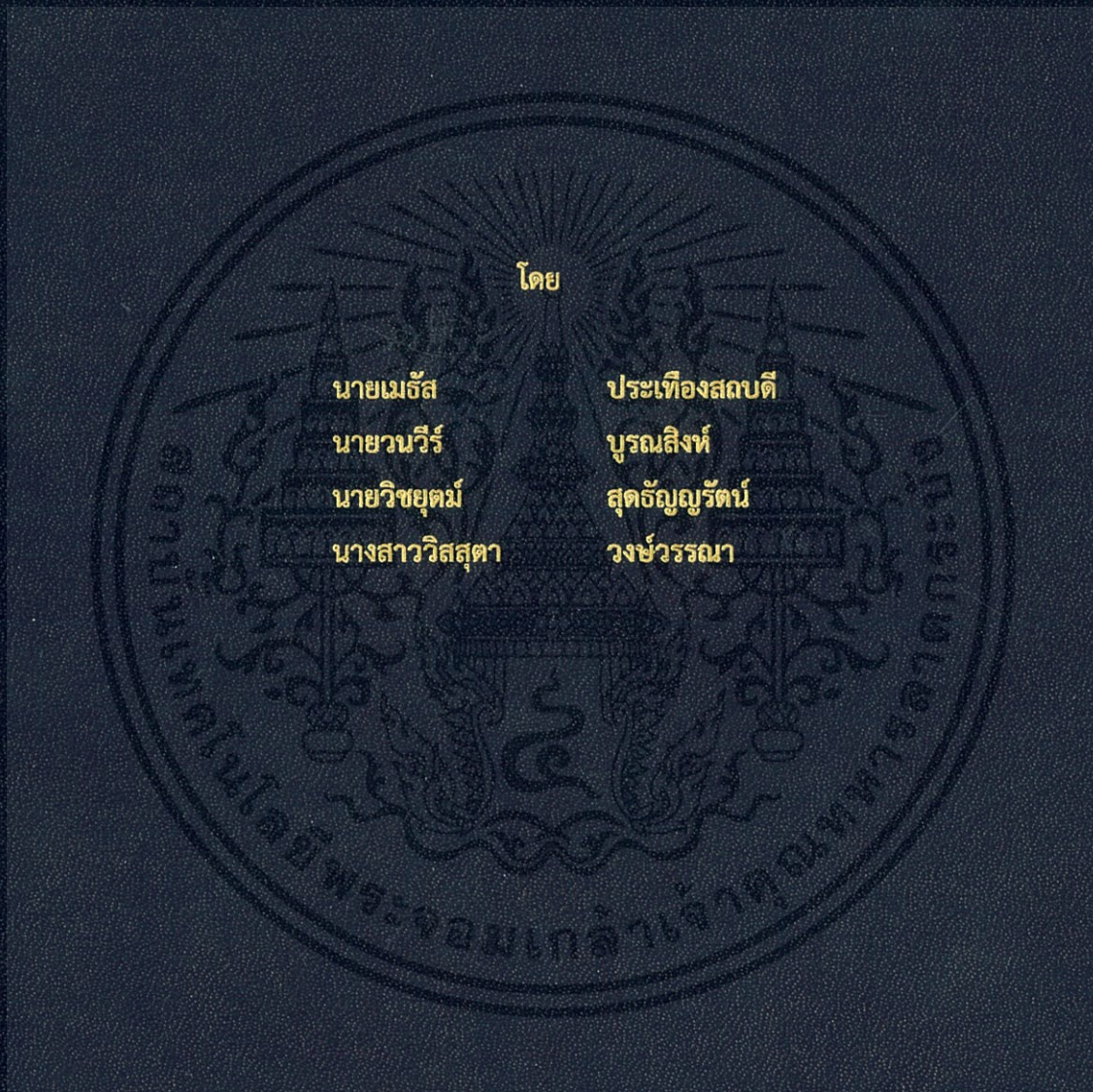


การศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล

A STUDY OF STARTING OPERATION FOR GENERATOR SET
USING REMOTE MONITORING SYSTEM



โดย

นายเมธัส

ประเทืองสลับดี

นายวนวีร์

บุรณสิงห์

นายวิษุทธิ์

สุดธัญญรัตน์

นางสาววิสสุตา

วงษ์วรรณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล

A STUDY OF STARTING OPERATION FOR GENERATOR SET
USING REMOTE MONITORING SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF STARTING OPERATION FOR GENERATOR SET
USING REMOTE MONITORING SYSTEM



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2561

การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล

A STUDY OF STARTING OPERATION FOR GENERATOR SET
USING REMOTE MONITORING SYSTEM



นายเมธัส

นายวนวีร์

นายวิชยุตม์

นางสาววิสสุตา

โดย

ประเทืองสกลบดี

บูรณสิงห์

สุดัฒญ์รัตน์

วงษ์วรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.เปี่ยมภูมิ สฤกพฤกษ์

รศ.พิชิต ล้ายอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล

ผู้จัดทำ

1. นายเมธัส ประเทืองสกลบดี
2. นายวนวีร์ บุรณสิงห์
3. นายวิชยุตม์ สุตัญญรัตน์
4. นางสาววิสสุตา วงษ์วรรณมา




..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมภูมิ สฤกพฤกษ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ พิชิต ลำยอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล

นายเมธัส	ประเทืองสภบดี	
นายวนวีร์	บุรณสิงห์	
นายวิษุวัตม์	สุดัญญรัตน์	
นางสาววิสุตตา	วงษ์วรรณมา	
ผศ.ดร.เปี่ยมภูมิ	สฤกพฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.พิชิต	ลำยอง	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปฏิญญาพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้ระบบตรวจติดตามระยะไกล โดยจะทำการตรวจติดตามในสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าควบคู่กับสภาวะการทำงานปกติ โดยในสภาวะเริ่มทำงานจะพิจารณา กระแสเริ่มต้นจากแบตเตอรี่ การทำงานของไดสตาร์ท และอัตราการไหลของอากาศผ่านไส้กรองอากาศ ส่วนในสภาวะทำงานปกติจะพิจารณา ระดับแรงดันไฟฟ้า ความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น และความเร็วรอบของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระบบตรวจติดตามนี้จะอาศัยการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (Internet of Things: IoTs) เพื่อแสดงผลการทำงานผ่านทางเว็บไซต์ โดยเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลริงสปีก (ThingSpeak) และสำรองการเก็บข้อมูลใน Micro SD card สำหรับการแสดงการแจ้งเตือนสภาวะความผิดปกติที่ตรวจจับและประมวลผลได้จะแสดงผลทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ (Twitter application) โดยสามารถติดตามผลการเริ่มทำงาน และสภาวะการทำงานปกติได้โดยไม่ต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

A Study of Starting Operation for Generator Set using Remote Monitoring System

Mr.Matus	Pratuangsatabadee	
Mr.Wanawee	Buranasing	
Mr.Witchayut	Sudthanyarat	
Ms.Wissuta	Wongwanna	
Asst.Prof.Dr.Piampoom	Sarikprueck	Advisor
Assoc.Prof.Pichit	Lumyong	Co-advisor

2018

Abstract

This project presents a study of starting operation for generator set using remote monitoring system. This study includes the starting operation monitoring system incorporated with the steady state operation monitoring system. As for the starting operation, the various parameters is considered including the battery charging current, the dynamo starter operation, and the air flow rate through the intake air filter. As for the steady state operation, the considering parameters are composed of the terminal voltage, the lubricant turbidity, the speed of the generator set, etc. This proposed monitoring system is processed by the microcontroller. The collected data from various sensors is transferred via an Internet of Things technology (IoT) to database in the ThingSpeak platform and in a micro SD card. The generator set malfunction is monitored and alerted on the Twitter application. Based on these smart functions, the user can therefore remotely monitor the generator set operating status in real time with the internet access.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เปี่ยมภูมิ สฤกพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.พิชิต ล้ำยอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี ทั้งให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด รวมถึงการติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ทั้งสองท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติให้แก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ คุณชาญปกรณ์ ณ นิโรจน์ นักศึกษาปริญญาโทห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องจักรกลไฟฟ้า (Electrical Machines Research Laboratory: EMRL) ที่ให้แนวคิด ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และการช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องจักรกลไฟฟ้า ที่ช่วยเหลือในการทำโครงการ รวมถึงกำลังใจและคำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากที่คณะผู้จัดทำไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ณ ที่นี้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการงาน	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการงาน	3
1.4.1 ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสภาวะเริ่มทำงานของ ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3
1.4.2 ระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3
1.4.3 ระบบเก็บข้อมูล	4
1.4.4 ระบบการส่งข้อมูล	4
1.5 แผนการดำเนินโครงการงาน	5
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการงาน	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	7
2.1.1 เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส (Synchronous Machine)	7
2.2 เครื่องยนต์ดีเซล	9
2.2.1 โครงสร้างของเครื่องยนต์ (Engine Construction)	9
2.2.2 ระบบเชื้อเพลิง	10
2.2.3 ระบบหล่อเย็นและระบบระบายอากาศ	11
2.2.4 ระบบไอเสีย	11
2.2.5 ระบบหล่อลื่น	11
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	11
2.3.1 การสื่อสารในรูปแบบไอสแควร์ซี	12

สารบัญ (ต่อ)

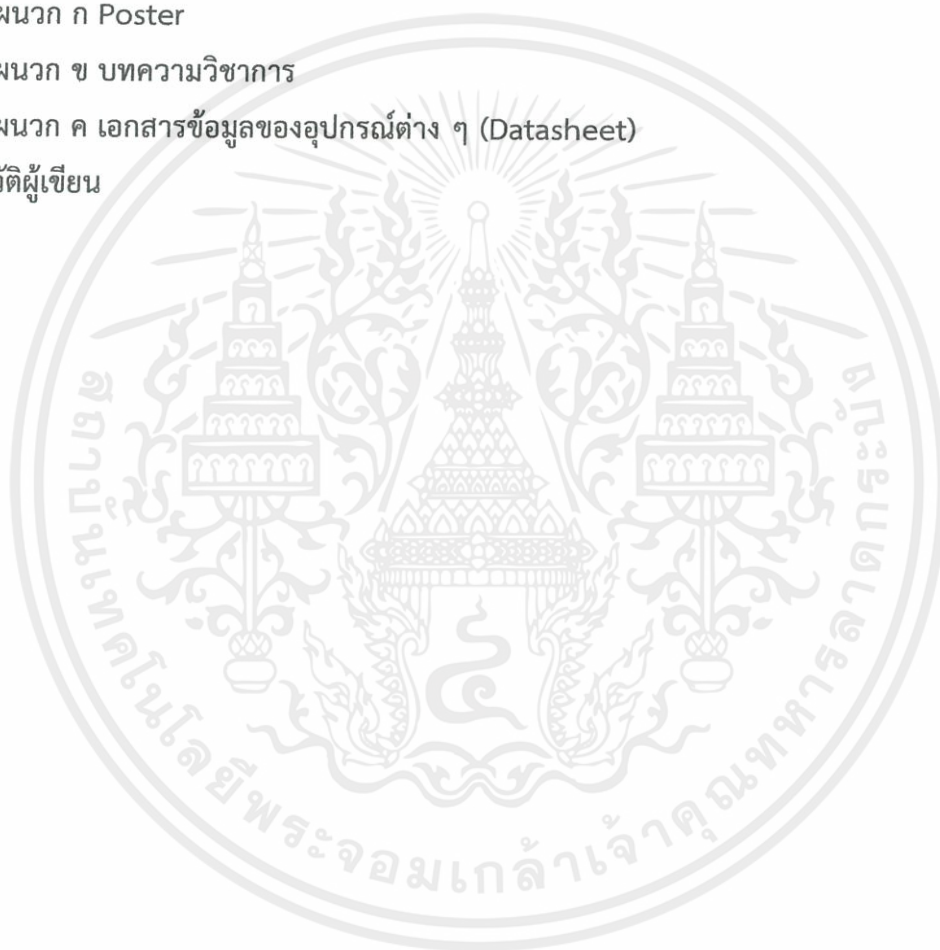
	หน้า
2.4 เซ็นเซอร์	13
2.4.1 เซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ	13
2.4.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วรอบ 2-way Motor Speed Sensor	14
2.4.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	14
2.4.4 เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	16
2.4.5 เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง	16
2.4.6 เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	18
2.4.7 เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ	19
2.4.8 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล	21
2.4.9 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของของไหล	22
2.4.10 เซ็นเซอร์วัดความชื้นของของไหล	22
2.4.11 เทอร์มิสเตอร์	22
2.5 ออปแอมป์และวงจรพื้นฐาน	24
2.5.1 ออปแอมป์	24
2.5.2 วงจรขยายแบบกลับขั้ว	25
2.5.3 วงจรขยายแบบไม่กลับขั้ว	26
2.5.4 วงจรตามแรงดัน	26
2.5.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	27
2.6 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์	29
2.6.1 อินเทอร์เน็ตออฟริงส์	29
2.6.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์	29
บทที่ 3 การออกแบบและประกอบสร้าง	31
3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษา สภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับ การทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	31
3.2 การออกแบบวิธีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	32
3.2.1 ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ	32
3.2.2 อัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้	32
3.2.3 ความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น	32
3.2.4 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.5 ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	32
3.2.6 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	33
3.2.7 กระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	33
3.2.8 ความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	33
3.2.9 อุณหภูมิโครงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	33
3.2.10 แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่	33
3.2.11 กระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่	33
3.2.12 ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย	34
3.2.13 อุณหภูมิและความชื้นของแผงควบคุม	34
3.3 การติดตั้งเซ็นเซอร์ลงบนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	34
3.3.1 เครื่องยนต์ดีเซล	34
3.3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	35
3.3.3 แบตเตอรี่สำหรับเครื่องยนต์	36
3.4 การออกแบบวงจรสำหรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ	36
3.4.1 การออกแบบวงจรส่วนที่ 1	37
3.4.2 การออกแบบวงจรส่วนที่ 2	40
3.5 การออกแบบการแสดงผลบน ThingSpeak platform และเว็บไซต์	44
3.5.1 การออกแบบการแสดงผลบน ThingSpeak platform	44
3.5.2 การออกแบบการแสดงผลบนเว็บไซต์	46
3.6 การออกแบบระบบแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่างๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์	47
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	49
4.1 การทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตาม	49
4.2 ผลการทดสอบการบันทึกข้อมูลใน Micro SD card	49
4.3 ผลการทดสอบการแสดงผลบน ThingSpeak platform	52
4.4 ผลการทดสอบการแสดงผลบนเว็บไซต์	56
4.5 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่างๆ ผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ	62
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	62
5.2 ปัญหา และข้อจำกัด	62
5.3 ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก ก Poster	66
ภาคผนวก ข บทความวิชาการ	68
ภาคผนวก ค เอกสารข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ (Datasheet)	73
ประวัติผู้เขียน	97



สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส	8
2.2 การสร้างแรงดันกระแสสลับ 3 เฟส จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส	9
2.3 โครงสร้างของเครื่องยนต์ดีเซลเผาไหม้ภายใน	10
2.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I ² C bus	13
2.5 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ Ultrasonic Module HC-SR04	14
2.6 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วรอบ 2-way Motor Speed Sensor	14
2.7 กราฟคุณลักษณะของ MQ-9	15
2.8 วงจรการใช้งานพื้นฐานสำหรับ MQ-9	15
2.9 วงจรการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	16
2.10 (a) - (c) แสดงการเกิดปรากฏการณ์ฮอลล์	17
2.11 การวัดค่าความต่างศักย์ฮอลล์	18
2.12 วงจรแบ่งแรงดัน	19
2.13 โครงสร้างของ DHT22 Module	21
2.14 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของของไหล	22
2.15 เซ็นเซอร์วัดความชื้นของของไหล	22
2.16 สัญลักษณ์แทนออปแอมป์	24
2.17 วงจรสมมูลของออปแอมป์	24
2.18 ออปแอมป์ในแบบอุดมคติ	25
2.19 วงจรขยายแบบกลับขั้ว	25
2.20 วงจรขยายแบบไม่กลับขั้ว	26
2.21 วงจรตามแรงดัน	26
2.22 กราฟคุณลักษณะของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	27
2.23 ตัวอย่างของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบบวก	28
2.24 ตัวอย่างของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบลบ	28
2.25 ระบบเปิดปิดไฟภายในบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ต	29
3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกล สำหรับการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการพัฒนาระบบตรวจติดตาม	31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับเครื่องยนต์ดีเซล	34
3.3 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	35
3.4 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับแบตเตอรี่	36
3.5 การออกแบบวงจร Schematic design ของวงจรส่วนที่ 1	38
3.6 วงจรส่วนที่ 1 สเลฟ 1	39
3.7 วงจรส่วนที่ 1 NodeMCU และสเลฟ 4	39
3.8 การออกแบบวงจร Schematic design ของวงจรส่วนที่ 2	42
3.9 วงจรส่วนที่ 2 สเลฟ 2	43
3.10 วงจรส่วนที่ 2 สเลฟ 3 และสเลฟ 5	44
3.11 กราฟของค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาใด ๆ	45
3.12 หน้าปัดแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาปัจจุบัน	45
3.13 ตัวอย่างการแสดงผลใน Channel บน ThingSpeak platform	46
3.14 ตัวอย่างการแสดงผลในรูปแบบกราฟของค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาใดๆ บนเว็บไซต์	46
3.15 ตัวอย่างการแสดงผลในรูปแบบของหน้าปัดแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาปัจจุบันบนเว็บไซต์	47
3.16 ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนที่ถูกโพสต์บนหน้าโฮมของบัญชีผู้ใช้งานของระบบตรวจติดตาม	48
4.1 แผงหลอดไฟชนิดหลอดไส้	49
4.2 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ใน 100 ชั่วโมง	51
4.3 การแสดงผลค่าปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ	52
4.4 การแสดงผลค่าความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น	52
4.5 การแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	53
4.6 การแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	53
4.7 การแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	53
4.8 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	53
4.9 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าเฟส A ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	53
4.10 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54
4.11 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าเฟส B ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54
4.13 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าเฟส C ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54
4.14 การแสดงผลค่าความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54
4.15 การแสดงผลค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์	55
4.16 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่	55
4.17 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่	55
4.18 การแสดงผลค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้	55
4.19 การแสดงผลค่าปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย	55
4.20 การแสดงผลค่าความชื้นของแผงควบคุม	56
4.21 การแสดงผลค่าอุณหภูมิของแผงควบคุม	56
4.22 การแสดงผลค่าความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	56
4.23 การแสดงผลการทดสอบในรูปของกราฟบนเว็บไซต์	57
4.24 การแสดงผลการทดสอบในรูปของหน้าปัดบนเว็บไซต์	57
4.25 การแจ้งเตือนเมื่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือน้อยกว่า 0.5 ลิตร	58
4.26 การแจ้งเตือนเมื่อคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่า 800 PPM	59
4.27 การแจ้งเตือนเมื่อความชื้นของน้ำมันหล่อลื่นมากกว่า 92.5%	59
4.28 การแจ้งเตือนเมื่ออัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้น้อยกว่า 10 L/min.	59
4.29 การแจ้งเตือนเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำกว่า 200 โวลต์	60
4.30 การแจ้งเตือนเมื่อค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อยกว่า 0.8	60
4.31 การแจ้งเตือนเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 11.5 โวลต์	60
4.32 การแจ้งเตือนเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่สูงกว่า 14.4 โวลต์	60
4.33 การแจ้งเตือนเมื่อความถี่ต่ำกว่า 47.5 เฮิร์ต	61
4.34 การแจ้งเตือนเมื่อความถี่สูงกว่า 51.5 เฮิร์ต	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ	5
4.1 ข้อมูลผลการทดสอบช่วงการเริ่มทำงานที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak	50
4.2 ข้อมูลผลการทดสอบการเพิ่มโหลดที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak	50
4.3 ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak (เครื่องยนต์ 10 แรงม้า)	51
4.4 ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความชื้นของน้ำมันหล่อลื่นที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak (เครื่องยนต์ 7 แรงม้า)	52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะในพื้นที่ทุรกันดารหรือสถานประกอบการที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าอย่างขาดไม่ได้ เช่น โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยจะมีการใช้งานชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมักจะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวสร้างพลังงานให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อเป็นแหล่งในการผลิตไฟฟ้าสำรองให้กับอาคาร สถานประกอบการต่าง ๆ เนื่องจากมีการตอบสนองต่อโหลดดี มีความเสถียร สามารถควบคุมได้ และสามารถทำงานได้ทันทีเมื่อแหล่งพลังงานไฟฟ้าหลักเกิดขัดข้อง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่สถานประกอบการนั้น ๆ

ในการใช้งานชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาตามระยะเวลา และในการตรวจสอบการทำงานหรือสถานะของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำเป็นต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้าไปตรวจสอบ ณ จุดที่ทำการติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น เช่น การตรวจสอบความเสถียรของเครื่องยนต์ในการทำงาน ต้องให้เจ้าหน้าที่ไปทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ และเก็บค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น ความถี่ แรงดันไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ในระหว่างสตาร์ทอาจมีปัญหาที่เครื่องยนต์เริ่มทำงานไม่สมบูรณ์ ซึ่งหากไม่ใช่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้าไปตรวจสอบ ก็อาจทำให้ไม่สามารถทราบถึงปัญหาได้ทันที ทำให้เครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้ ในการตรวจสอบเพื่อทำการบำรุงรักษา จะทำให้มีค่าใช้จ่าย และเกิดความลำบากในการเข้าไปยังพื้นที่ติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาถึงปัญหาและความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นกับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะพิจารณาแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรก พิจารณาในช่วงสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือช่วงสตาร์ท เช่น การดึงกระแสจากแบตเตอรี่ การสตาร์ทติดยากหรือไม่ติดจากการอุดตันของหัวฉีด การทำงานของไดสตาร์ท ระดับน้ำมันเครื่อง ไล่กรองอากาศ ตัวควบคุมอากาศไหลเข้าเครื่อง เป็นต้น และในส่วนที่สอง พิจารณาในช่วงสภาวะการทำงานปกติ เช่น แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความร้อนสูงกว่าปกติ การสั่นของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ เป็นต้น โดยปัญหาและความผิดปกติทั้งสองส่วนนี้ หากไม่ได้รับการป้องกันโดยการบำรุงรักษา หรือการแก้ไขอย่างทันเวลา อาจทำให้เกิดความเสียหายกับระบบได้ จากปัญหาและความผิดปกติที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยระบบตรวจติดตามระยะไกล รวมถึงพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน ความผิดปกติที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากข้อมูลที่ตรวจวัดได้โดยไม่ต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งทำให้สามารถวางแผนในการบำรุงรักษาได้อย่างทันทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและค้นคว้าหลักการการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาหลักการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ
3. เพื่อศึกษาและค้นคว้าหลักการใช้งานเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในรูปแบบต่าง ๆ
4. เพื่อศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
5. เพื่อแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งในช่วงสถานะเริ่มทำงานและสถานะการทำงานปกติผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการนี้ คือ การออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมถึงพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความครอบคลุมมากขึ้น เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้มาแสดงสถานะการทำงานและความผิดปกติที่เกิดขึ้น วิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติต่าง ๆ เพื่อแจ้งเตือนการบำรุงรักษาในส่วนต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะติดตั้งระบบตรวจวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ ระบบตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ระบบตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ระบบตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ ระบบตรวจวัดคุณภาพของไอเสีย ระบบตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของแผงควบคุม

ระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะติดตั้งระบบตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบตรวจวัดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบตรวจวัดความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น โดยจะใช้ร่วมกับระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โดยที่ระบบตรวจติดตามชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะใช้การรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยี Internet of Things มีการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล ThingSpeak เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประมวลผลการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังจากนั้นจะทำการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์ซึ่งมีระบบแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ รวมถึงแจ้งเตือนการบำรุงรักษาในส่วนต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะสะดวกต่อการวางแผนในการบำรุงรักษามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1.4.1 ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะใช้บอร์ด Arduino Nano ในการรับค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดซึ่งติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ ดีเซล ซึ่งได้แก่

1.4.1.1 เซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ จะใช้ Ultrasonic sensor โดยติดตั้งที่บริเวณด้านบนของถังเก็บเชื้อเพลิง

1.4.1.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ จะใช้ Flow sensor โดยติดตั้งที่ท่อลำเลียงอากาศเข้าห้องเผาไหม้

1.4.1.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จะใช้ 2-way Motor Speed Sensor Module โดยติดตั้งที่บริเวณมุมเลยของเครื่องยนต์

1.4.1.4 เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ จะใช้วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) โดยติดตั้งที่ขั้วของแบตเตอรี่

1.4.1.5 เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ จะใช้ Hall Effect sensor ซึ่งติดตั้งโดยการคล้องที่สายไฟจากแบตเตอรี่ไปยังแผงควบคุมของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.4.1.6 เซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพไอเสีย จะใช้ MQ-9 Gas sensor ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยติดตั้งที่บริเวณท่อไอเสียของเครื่องยนต์

1.4.1.7 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของแผงควบคุม จะใช้ DHT22 Module ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิทัล โดยติดตั้งภายในตู้ของระบบตรวจติดตาม

1.4.2 ระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะใช้ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมกับระบบตรวจติดตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยระบบตรวจติดตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะใช้บอร์ด Arduino Nano ในการรับค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดซึ่งติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และใช้บอร์ดนี้ในการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเซ็นเซอร์ที่มีการติดตั้งที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่

1.4.2.1 เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะติดตั้งบริเวณขั้วสำหรับต่อสายไฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยหม้อแปลงแรงดันและวงจรแบ่งแรงดันเพื่อลดทอนแรงดัน จากนั้นจึงใช้วงจรชดเชยแรงดัน เพื่อให้บอร์ด Arduino Nano สามารถอ่านค่าและคำนวณหาค่าแรงดันที่วัดได้

1.4.2.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะติดตั้งบริเวณขั้วสำหรับต่อสายไฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยหม้อแปลงกระแสและตัวต้านทานภาระเพื่อลดทอนกระแสและเปลี่ยนเป็นค่าแรงดัน จากนั้นจึงใช้วงจรชดเชยแรงดัน เพื่อให้บอร์ด Arduino Nano สามารถอ่านค่าและคำนวณหาค่ากระแสที่วัดได้

1.4.2.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage comparator) ซึ่งรับสัญญาณมาจากวงจรที่ใช้ในการตรวจวัดแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.4.2.4 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น จะใช้เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของไหล Turbidity sensor โดยติดตั้งที่ถังพักน้ำมันหล่อลื่น

1.4.3 ระบบเก็บข้อมูล

ระบบเก็บข้อมูลจะใช้บอร์ด Arduino Nano ในการบันทึกข้อมูลลง Micro SD card โดยใช้ Micro SD card module ร่วมกับ Real time clock module สำหรับการบันทึกข้อมูลเวลาใด ๆ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประมวลผลการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.4.4 ระบบการส่งข้อมูล

ระบบการส่งข้อมูลจะใช้บอร์ด NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) ในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุ (Wi-Fi) ซึ่งจะทำให้สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล ThingSpeak เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้นมาใช้ในการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์ นอกจากนี้จะใช้บอร์ดนี้ในการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ รวมถึงแจ้งเตือนการบำรุงรักษาในส่วนต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์

ทั้งนี้การรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดแต่ละบอร์ดจะใช้การรับส่งข้อมูลแบบไอสแควร์ซี หรือ Inter-integrated circuit (I²C) ซึ่งบอร์ดทั้งหมดจะเชื่อมต่อกันเป็นระบบบัสโดยใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ Serial data line (SDA) สำหรับรับส่งข้อมูล และ Serial clock line (SCL) สำหรับส่งสัญญาณนาฬิกา โดยที่บอร์ด NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) และบอร์ด Arduino Nano เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสเลฟ (Slave)

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1/2561				ภาคเรียนที่ 2/2561		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาหลักการการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า							
2. ศึกษาและออกแบบวิธีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า							
3. ศึกษาวิธีการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ							
4. จัดทำแบบจำลองเพื่อทดสอบการใช้งานเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ							
5. ศึกษาวิธีการรับส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้ฐานข้อมูล ThingSpeak							
6. ศึกษาและออกแบบระบบการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์							
7. นำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและติดตั้งระบบตรวจติดตามระยะไกลเข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า							
8. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า							
9. ศึกษาและออกแบบจัดทำระบบการแจ้งเตือนสถานะการทำงานและความผิดปกติต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์							
10. รวบรวมข้อมูลและจัดทำปฏิญญาฉบับ							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

1. สามารถเข้าใจถึงหลักการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. สามารถเข้าใจการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ
3. สามารถใช้งานเทคโนโลยี Internet of Things ในรูปแบบต่าง ๆ ได้
4. สามารถตรวจสอบสถานะของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางเทคโนโลยี Internet of Things ได้
5. สามารถแจ้งเตือนความผิดปกติต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งในช่วงสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ได้



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.1 เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส (Synchronous Machine)

เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส คือเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับที่ทำงานด้วยการหมุน และขณะที่หมุนด้วยความเร็วคงที่ จะมีความเร็วรอบเท่ากับความเร็วซิงโครนัสซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วและความถี่ของกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสนี้อาจจะไม่ได้พบเห็นโดยทั่วไปมากนัก แต่ก็ยังคงมีการใช้งานอยู่ในบางอุตสาหกรรม

2.1.1.1 หลักการของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส

รูปด้านล่างแสดงให้เห็นว่ามีขดลวดเหมือนกัน 3 ขด เรียงตัวทำมุม $2\pi/3$ radian ซึ่งกันและกัน ด้านในมีขั้วแม่เหล็กที่หมุนได้วางอยู่ เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำทำให้ขั้วแม่เหล็กหมุนด้วยความเร็วคงที่ เส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดกับขดลวดจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นวงรอบ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่มีค่าความถี่คงที่ขึ้น เท่ากับทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ถ้าจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสให้ขั้วของขดลวด จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กหมุนขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อเครื่องนี้หมุนโดยที่แกนเส้นแรงแม่เหล็กและแกนขั้วแม่เหล็กทำมุมกันคงที่ค่าหนึ่ง จะเกิดแรงบิดขึ้น เท่ากับทำหน้าที่เป็นมอเตอร์

2.1.1.2 คุณสมบัติพื้นฐานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส

ความเร็วซิงโครนัส (n_s) แสดงได้ด้วยสูตรดังต่อไปนี้

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad (\text{Round-per-minute, rpm}) \quad (2.1)$$

โดยที่

f = ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Hz)

P = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

2.1.1.3 ประเภทของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส

เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสมีทั้งแบบ Revolving field ซึ่งมีขั้วแม่เหล็กหมุน และแบบ Revolving armature ซึ่งมีขดลวดอาร์เมเจอร์หมุน แต่เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Revolving field เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสแบบ Revolving field ยังแบ่งออกได้เป็นแบบขั้วยื่น (Salient pole) และแบบไม่มีขั้วยื่น (Non-salient pole)

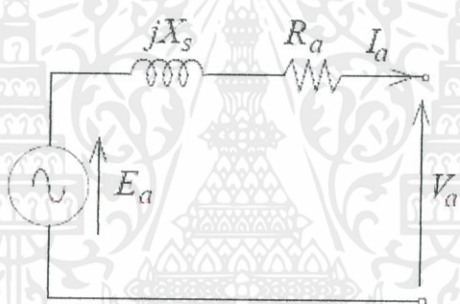
ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส เฟสของกระแสไหลตัดที่ไหลในขดลวดอาร์เมเจอร์จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำด้านกลับของขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งเกิดจากกระแสในขดลวด

อาร์เมเจอร์ที่เปลี่ยนตำแหน่งสัมพันธ์กับขั้วแม่เหล็ก ดังนั้น แรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำต้านกลับ จึงมีอิทธิพลโดยตรงกับขนาดและ การกระจายของเส้นแรงแม่เหล็กในช่องว่างอากาศ นอกจากนี้ กระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์ยังสร้างเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลจากขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะตัดกับ ขดลวดอาร์เมเจอร์เท่านั้น

เมื่อแตกเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์ออกเป็น 2 ส่วน รีแอกแตนซ์ที่เกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กส่วนที่มีผลโดยตรงต่อเส้นแรงแม่เหล็กในช่องว่างอากาศ เรียกว่า รีแอกแตนซ์ต้านกลับของขดลวดอาร์เมเจอร์ (X_a) และรีแอกแตนซ์ที่เกิดจากเส้นแรง แม่เหล็กรั่วไหล (X_l) และเมื่อให้ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์เป็น (R_a) แล้ว วงจรสมมูล ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสจะแสดงได้ตามรูปที่ 2.1 โดยวงจรสมมูลนี้มีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\text{Synchronous Reactance} \quad X_s = X_a + X_l \quad (\text{Ohm}, \Omega) \quad (2.2)$$

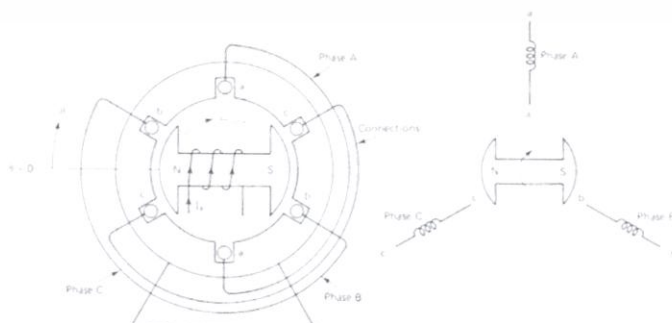
$$\text{Synchronous Impedance} \quad Z_s = \sqrt{R_a^2 + X_s^2} \quad (\text{Ohm}, \Omega) \quad (2.3)$$



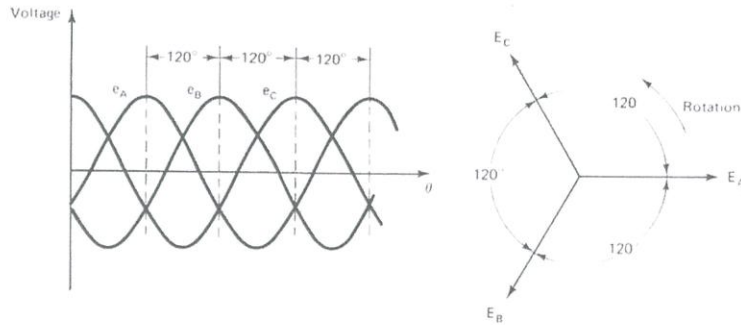
รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

(Source: <http://www.ecpe.nu.ac.th/web/>)

การสร้างแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส จะมีขดลวด อาร์เมเจอร์ 3 ชุด วางในสเตเตอร์ทำมุมต่างกัน 120 องศา ก็จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจาก ขดลวดแต่ละชุดทำมุมเฟสต่างกัน 120 องศา ดังรูปที่ 2.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การสร้างแรงดันกระแสสลับ 3 เฟส จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

(Source: <http://www.ecpe.nu.ac.th/web/>)

ขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเฟสหาได้จาก

$$E_{max} = B_m l \omega r \quad (\text{Volt, V}) \quad (2.4)$$

เมื่อ B_m คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดของขดลวดสนาม (Tesla)

l คือ ความยาวของขดลวดอาร์มาเจอร์ทั้งสองด้านในสเตเตอร์ (m)

ω คือ ความเร็วของมุมในการหมุนของโรเตอร์ (rad/s)

r คือ รัศมีของขดลวดอาร์มาเจอร์ (m)

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับในแต่ละเฟสจะมีค่าเป็น

$$e_A = E_{max} \sin \omega t \quad (2.5)$$

$$e_B = E_{max} \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (2.6)$$

$$e_C = E_{max} \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (2.7)$$

โดยค่า Root-mean-square ของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสจะมีค่า

$$E_{rms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \quad (2.8)$$

ซึ่งสามารถเขียนแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้อยู่ในรูปเฟสเซอร์ได้เป็น

$$E_A = E_{rms} \angle 0^\circ \quad (2.9)$$

$$E_B = E_{rms} \angle -120^\circ \quad (2.10)$$

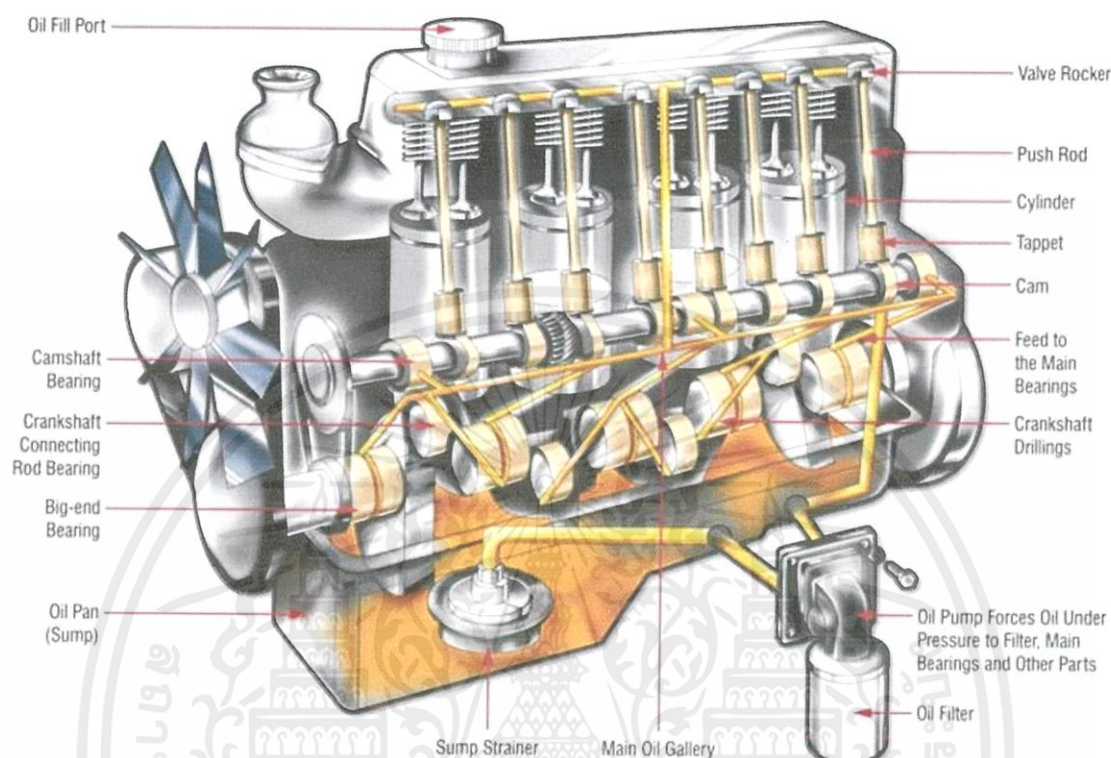
$$E_C = E_{rms} \angle +120^\circ \quad (2.11)$$

2.2 เครื่องยนต์ดีเซล

2.2.1 โครงสร้างของเครื่องยนต์ (Engine Construction)

โครงสร้างของเครื่องยนต์ คือ ส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งนำมาคลวมเข้าด้วยกันให้เป็นรูปร่างของเครื่องยนต์ โครงสร้างของเครื่องยนต์จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่เคลือบที่ซึ่งติดตั้งอยู่

ภายในเสื้อสูบและฝาสูบนอกจากนี้จะเป็นชิ้นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งติดตั้งอยู่ภายนอกเป็นส่วนใหญ่ โครงสร้างของเครื่องยนต์ดีเซลเผาไหม้ภายใน แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของเครื่องยนต์ดีเซลเผาไหม้ภายใน

(Source: <https://www.capitalremanexchange.com/>

[what-is-the-best-type-of-assembly-grease/](https://www.capitalremanexchange.com/what-is-the-best-type-of-assembly-grease/))

2.2.2 ระบบเชื้อเพลิง

โดยทั่วไปถังน้ำมันสำหรับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะออกแบบมาให้สามารถทำงานได้ติดต่อกัน 6-8 ชั่วโมง และในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก มักจะมีถังเชื้อเพลิงอยู่ด้านบน ระบบเชื้อเพลิงมีส่วนประกอบดังนี้

- ท่อส่งผ่านเชื้อเพลิง ได้แก่ท่อส่งเชื้อเพลิงจากถังเชื้อเพลิงไปที่เครื่องยนต์
- ตัวกรองเชื้อเพลิง มีหน้าที่แยกน้ำและสารแปลกปลอมออกจากเชื้อเพลิง เพื่อป้องกันส่วนต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากการสึกหรอหรือการปนเปื้อน
- หัวฉีดเชื้อเพลิง มีหน้าที่ฉีดละอองเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ท่อระบายอากาศของถังเชื้อเพลิง มีหน้าที่ป้องกันความดันที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการเติมหรือการระบายออกของเชื้อเพลิง

- บั้มเชื้อเพลิง ในกรณีที่มีถังเก็บเชื้อเพลิงหลักที่ใช้งานในแต่ละวันและถังเก็บเชื้อเพลิงสำรอง เชื้อเพลิงจะถูกบั้มจากถังเชื้อเพลิงสำรองไปที่ถังเชื้อเพลิงหลักที่ใช้งานในแต่ละวัน

2.2.3 ระบบหล่อเย็นและระบบระบายอากาศ

ในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ระบบหล่อเย็นเป็นระบบที่สำคัญมาก เพราะจะทำให้เครื่องยนต์สามารถสร้างกำลังทางกลให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อย่างต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน หากระบบหล่อเย็นนี้มีปัญหา อาจทำให้เครื่องยนต์น็อกได้ โดยทั่วไปในระบบหล่อเย็นนั้นจะใช้น้ำเป็นตัวหล่อเย็นแล้วขับดันออกมาระบายความร้อนออกจากน้ำที่แผงรังสี โดยจะมีพัดลมเป่าระบายความร้อนที่แผงรังสี

2.2.4 ระบบไอเสีย

ท่อไอเสียโดยทั่วไปมักจะทำจากเหล็กหล่อ หรือเหล็กกล้า ยึดติดกับเครื่องยนต์ด้วยตัวยึดที่มีความยืดหยุ่นสามารถรับแรงสั่นสะเทือนจากเครื่องยนต์ได้

2.2.5 ระบบหล่อลื่น

ในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในให้กำลังทางจากจากเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ภายในเครื่องยนต์ดีเซลต้องมีระบบหล่อลื่นภายในกระบอกสูบ เพื่อลดแรงเสียดทานจากการเสียดสีกันของลูกสูบและกระบอกสูบ ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อน และการสึกหรอของลูกสูบ ดังนั้นระบบหล่อลื่นจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ โดยจะต้องทำการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นเมื่อเริ่มมีสีดำจากเขม่า คราบที่เกิดจากการเผาไหม้เจือปน โดยทั่วไปจะต้องทำการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นทุก ๆ 250 ชั่วโมงที่เปิดใช้งาน

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กซึ่งอยู่ในรูปแบบของวงจรรวม หรือ Integrated circuit (IC) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นให้มีความสามารถในการคำนวณ ประมวลผล และการตัดสินใจต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ โดยสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนสำคัญดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง หรือ Central processing unit (CPU) คือ วงจรอิเล็คทรอนิกส์ มีหน้าที่ในการประมวลผล ซึ่งจะทำงานตามชุดคำสั่งของโปรแกรม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์หนึ่งตัวอาจจะมีหน่วยประมวลผลกลางมากกว่าหนึ่งหน่วยได้

- หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) คือ หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บรวบรวมชุดคำสั่ง หรือโปรแกรมที่ผู้ใช้งานเขียนขึ้น

- หน่วยความจำข้อมูล (Data memory) คือ หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล

- อินพุท/เอาต์พุท พอร์ต (I/O ports) คือ ส่วนที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อรับหรือส่งข้อมูล เช่น การเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อรับสัญญาณหรือข้อมูลต่าง ๆ หรือการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แสดงผลต่าง ๆ

นอกจากส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนข้างต้นแล้ว การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกา (Clock) สำหรับการกำหนดจังหวะในการประมวลผล และการคำนวณต่าง ๆ ดังนั้นการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องมีการต่อกับอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ในอดีตการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์จะเขียนด้วยภาษาแอสเซมบลี (Assembly) เท่านั้น แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาภาษาระดับสูง (High-level language) สำหรับการเขียนโปรแกรม เช่น ภาษาซี (C), ภาษาไพธอน (Python), จาวาสคริปต์ (JavaScript) เป็นต้น ซึ่งเป็นภาษาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ ทำให้ปัจจุบันการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

การนำโปรแกรมที่ผู้ใช้งานเขียนขึ้นส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องใช้คอมไพเลอร์ (Compiler) ในการแปลภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาระดับต่ำ (Low-level language) หรือภาษาเครื่อง (Machine code) เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้งาน

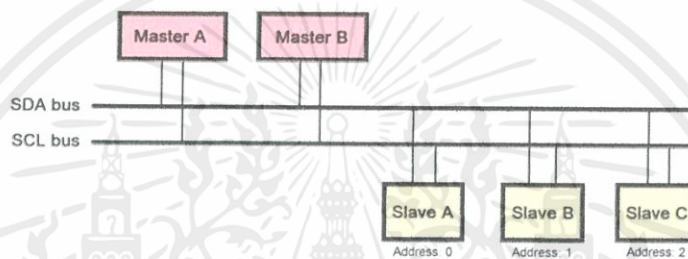
2.3.1 การสื่อสารในรูปแบบไอสแควร์ซี

ไอสแควร์ซี หรือ Inter-integrated circuit (I2C) คือ ระบบการสื่อสารของคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นระบบการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous serial transmission) ดังรูปที่ 2.4 กล่าวคือเป็นระบบการสื่อสารที่ใช้สัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล โดยมีลักษณะเด่นคือ มีการเชื่อมต่อกันเป็นระบบบัส ทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์

หลาย ๆ อุปกรณ์ได้พร้อมกัน ซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสเลฟ (Slave)

- อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่จะส่งสัญญาณสำหรับเริ่มทำการรับส่งข้อมูล สร้างสัญญาณนาฬิกา และส่งสัญญาณสำหรับสิ้นสุดการรับส่งข้อมูล

- อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสเลฟ คือ อุปกรณ์ที่จะถูกกำหนดแอดเดรส (Address) โดยมาสเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสเลฟแต่ละอุปกรณ์จะต้องมีแอดเดรสแตกต่างกัน เพื่อใช้สำหรับการติดต่อสื่อสาร โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์จะสามารถเลือกสเลฟที่ต้องการทำการรับส่งข้อมูลได้



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I²C bus

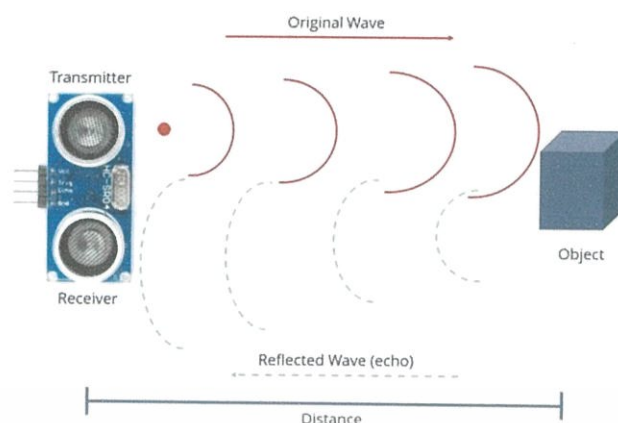
การสื่อสารในรูปแบบไอสแควร์ซี จะใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ สายสัญญาณข้อมูล หรือ Serial data line (SDA) และ สายสัญญาณนาฬิกา หรือ Serial clock line (SCL) ซึ่งสายสัญญาณทั้ง 2 เส้นนี้เป็นสายสัญญาณแบบสองทิศทาง (Bidirectional line) โดยที่ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

ในกรณีที่ระบบมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์มากกว่าหนึ่งอุปกรณ์ จะต้องมีการประสานสัญญาณนาฬิกา (Clock synchronization) ระบบจึงจะสามารถทำงานได้

2.4 เซ็นเซอร์

2.4.1 เซ็นเซอร์ตรวจจับระดับน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ

Ultrasonic Module HC-SR04 เป็นอุปกรณ์ใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด ซึ่งวัดได้ตั้งแต่ 2 cm ถึง 400 cm สำหรับหลักการทำงานของเซ็นเซอร์แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยจะส่งสัญญาณอัลตราโซนิกความถี่ 40 kHz ไปที่วัตถุที่ต้องการวัดและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ Ultrasonic Module HC-SR04

(Source: <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>)

2.4.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วรอบ 2-way Motor Speed Sensor

เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วรอบ 2-way Motor Speed Sensor ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เป็นเซ็นเซอร์แสง จะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบดิจิตอลค่า 1 เมื่อมีวัตถุผ่านเซ็นเซอร์ พร้อม LED แสดงผล ใช้ไฟเลี้ยง 3.3-5V สามารถปรับความไวการตรวจจับได้ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้บนบอร์ด



รูปที่ 2.6 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วรอบ 2-way Motor Speed Sensor

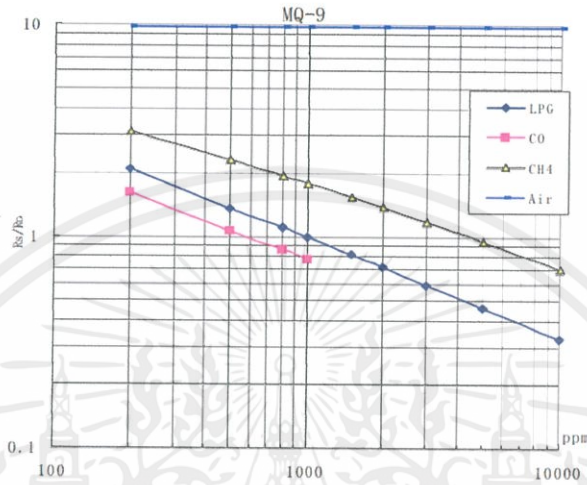
(Source: <https://www.ebay.co.uk/itm/2-Channel-2CH-Speed-Detection-Velocity-Sensor-Module-Slotted-Optical-Switch-/282620715523>)

2.4.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ คือ MQ-9 Gas sensor โดยเซ็นเซอร์ชนิดนี้จะอาศัยการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กับความร้อนที่ขดลวด ทำให้เกิดค่าความต้านทาน (R_s) ขึ้น ซึ่งปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะแปรผกผัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

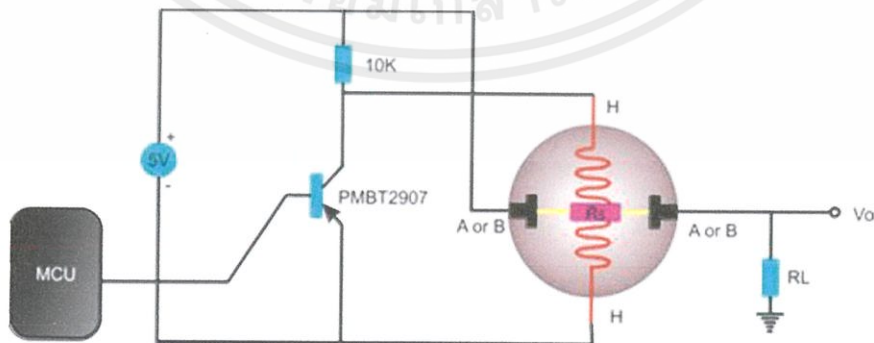
กับค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ในสภาวะที่อุณหภูมิเท่ากับ 20°C ความชื้นเท่ากับ 65% และความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 21% เมื่อกำหนดให้ R_0 คือค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เท่ากับ 100 ppm ในอากาศบริสุทธิ์



รูปที่ 2.7 กราฟคุณลักษณะของ MQ-9

(Source: <https://www.elecrow.com/wiki/images/f/f2/MQ-9.pdf>)

เซ็นเซอร์ชนิดนี้จะทำงานโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อสร้างความร้อนเป็นระยะเวลา 60 วินาที และหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 90 วินาที เช่นนี้สลับกันไป โดยในช่วงเวลา 90 วินาทีที่หยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นช่วงที่ใช้สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการวัดค่าความต้านทานพื้นผิว (R_s) ที่เกิดขึ้น ซึ่งวงจรการใช้งานพื้นฐานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



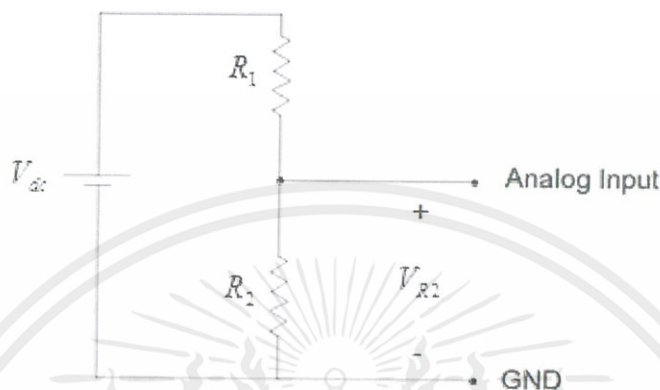
รูปที่ 2.8 วงจรการใช้งานพื้นฐานสำหรับ MQ-9

(Source: <http://www.thaieasyelec.com>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้หลักการของวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับแบ่งแรงดันตามอัตราส่วนของตัวต้านทานทั้ง 2 ตัวที่นำมาต่ออนุกรมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ต้องการวัดได้จากสมการที่ 2.12

$$V_{dc} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) V_{R2} \quad (2.12)$$

2.4.5 เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง

เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์นี้จะใช้ในการวัดค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอยู่ภายในสายตัวนำ โดยการนำตัวเซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ณ บริเวณที่ต้องการทราบค่า

เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

- เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้ตัวต้านทาน (Current sensing resistors)

ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ จะทำการต่ออนุกรมตัวต้านทานที่มีค่าน้อยมากเข้าไปบริเวณที่ต้องการจะวัดค่ากระแสไฟฟ้า เรียกว่า ชันท์ (Shunt) เพื่อที่จะไม่กระทบกับค่าของกระแสไฟฟ้าในวงจร และนำโวลต์มิเตอร์มาต่อขนานกับชันท์เพื่อที่จะวัดแรงดันตกคร่อมของชันท์ และนำค่าแรงดันตกคร่อมชันท์ที่ได้คำนวณกลับออกมาเป็นกระแสจากกฎของโอห์ม (Ohm's law) ดังสมการที่ 2.13

$$I = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}} \quad (2.13)$$

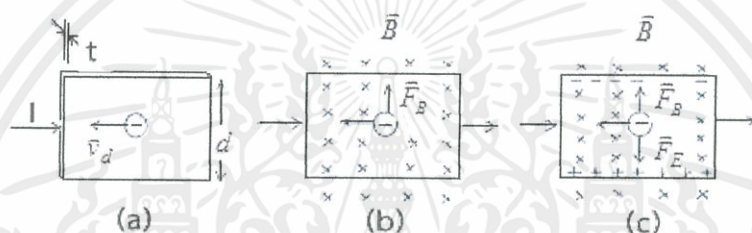
โดยที่

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีหน่วยเป็นแอมป์ (A)

V_{shunt} คือ แรงดันตกคร่อมของขั้ว มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

R_{shunt} คือ ค่าความต้านทานของขั้ว มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

- เซ็นเซอร์ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall Effect sensor) ปรากฏการณ์ฮอลล์ถูกค้นพบในปี 1879 โดยนายเอ็ดวิน เฮอร์เบิร์ต ฮอลล์ (Edwin Herbert Hall) ซึ่งพบว่า เมื่อนำแผ่นตัวนำบางไปวางในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะทำให้พาหะประจุ (Charge carriers) ที่วิ่งอยู่ภายในตัวนำจะเลี้ยวเบนออกจากแนวเดิม ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในทิศตั้งฉากกับทิศทางของกระแสไฟฟ้า ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall Effect)



รูปที่ 2.10 (a) - (c) แสดงการเกิดปรากฏการณ์ฮอลล์

(Source: <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/saowalak/hall/hall.htm>)

$$\vec{F}_B = q\vec{v}_d \times \vec{B} \quad (2.14)$$

โดยที่

\vec{F}_B คือ แรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

q คือ ประจุพาหะ มีหน่วยเป็นคูลอมบ์

\vec{v}_d คือ ความเร็วลอยเลื่อน มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

\vec{B} คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเทสลา (Tesla)

รูปที่ 2.10 (c) แรงแม่เหล็กจะผลักอิเล็กตรอนไปบริเวณขอบด้านหนึ่งทำให้เกิดเป็นประจุลบจำนวนมาก และขอบอีกด้านหนึ่งจะกลายเป็นประจุบวกที่จำนวนเท่ากัน ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า เรียกว่า สนามไฟฟ้าฮอลล์ (Hall field: E_H) ในแผ่นตัวนำบางมีทิศทางจากประจุบวกไปหาประจุลบ ซึ่งสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดแรงไฟฟ้า (\vec{F}_E) กระทำกับอิเล็กตรอน และเมื่อแรงไฟฟ้าเท่ากับแรงทางแม่เหล็ก จะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งในทิศทางสวนกับกระแสไฟฟ้าโดยไม่เลี้ยวเบน

สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดความต่างศักย์ฮอลล์ (Hall potential difference หรือ Hall voltage: V_H) ตามความสัมพันธ์ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_H = E_H d \quad (2.15)$$

โดยที่

V_H คือ ความต่างศักย์ฮอลล์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

E_H คือ สนามไฟฟ้าฮอลล์ มีหน่วยเป็นนิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)

d คือ ความกว้างของแผ่นตัวนำบาง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

โดยสามารถวัดค่าของความต่างศักย์ฮอลล์ได้ โดยการต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมตัวนำบางที่จุดที่ประจุบวกไปรวมกัน (ซ้ายบวก) และจุดที่ประจุลบไปรวมกัน (ซ้ายลบ) ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าของความต่างศักย์ฮอลล์และค่าของกระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัด (กระแสไฟฟ้าซึ่งสร้างสนามแม่เหล็ก) จะสามารถคำนวณหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัดได้



รูปที่ 2.11 การวัดค่าความต่างศักย์ฮอลล์

(Source: <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/saowalak/hall/hall.htm>)

2.4.6 เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ มีส่วนประกอบหลักคือ หม้อแปลงแรงดัน และวงจรแบ่งแรงดัน

2.4.6.1 หม้อแปลงแรงดัน หรือ Voltage Transformer (VT) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าโดยทั่วไป ซึ่งใช้สำหรับลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่มีพิกัดแรงดันต่ำได้ โดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday's law) คือ เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิและขนาดของแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิจะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2.16

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.16)$$

โดยที่

V_1 คือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิ (V)

V_2 คือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิ (V)

N_1 คือ จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (รอบ)

N_2 คือ จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (รอบ)

สำหรับหม้อแปลงแรงดันจะมีจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิมากกว่าจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิซึ่งต่อกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดถูกลดทอนจากระดับแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิซึ่งต่อกับระบบไฟฟ้า

2.4.6.2 วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับลดระดับแรงดันเพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการแบ่งแรงดัน (Voltage division) ของตัวต้านทานซึ่งต่อกันแบบอนุกรมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรแบ่งแรงดัน

ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าแรงดันซึ่งตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวได้ดังสมการที่ 2.17 และ 2.18

$$V_{R1} = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_T \quad (2.17)$$

$$V_{R2} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_T \quad (2.18)$$

2.4.7 เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

เซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ มีส่วนประกอบหลักคือ หม้อแปลงกระแส และตัวต้านทานภาระ

2.4.7.1 หม้อแปลงกระแส หรือ Current Transformer (CT) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่

ใช้สำหรับลดทอนกระแสไฟฟ้าให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่มีพิกัดกระแสต่ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงกระแสจะมีความแตกต่างจากหม้อแปลงกำลัง เนื่องจากลักษณะการใช้งานที่ต่างกัน ซึ่งหม้อแปลงกระแสจะมีขดลวดปฐมภูมิต่ออนุกรมกับสายไฟเพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟนั้น ในอุดมคติ อัตราส่วนระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าปฐมภูมิและค่ากระแสไฟฟ้าทุติยภูมิจะมีค่าเท่ากับส่วนกลับของอัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2.19

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.19)$$

โดยที่

I_1 คือ ขนาดของกระแสไฟฟ้าปฐมภูมิ (A)

I_2 คือ ขนาดของกระแสไฟฟ้าทุติยภูมิ (A)

N_1 คือ จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (รอบ)

N_2 คือ จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (รอบ)

หม้อแปลงกระแสสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิดตามการใช้งานดังนี้

- หม้อแปลงกระแสที่ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องมือวัด (Metering current transformer) หม้อแปลงกระแสชนิดนี้จะมีความแม่นยำสูง

- หม้อแปลงกระแสที่ใช้กับระบบป้องกัน (Protective current transformer) หม้อแปลงกระแสชนิดนี้จะให้ค่าความถูกต้องและแม่นยำได้น้อยกว่าแบบที่ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องมือวัด

โดยทั่วไปหม้อแปลงกระแสจะถูกสร้างให้มีพิกัดกระแสไฟฟ้าทุติยภูมิเท่ากับ 5 แอมป์ หรือ 1 แอมป์ เพื่อเป็นมาตรฐานให้การผลิตเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะนำมาต่อทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส

ในทางปฏิบัติจะต้องพิจารณาถึงค่าความต้านทานของขดลวด และค่ารีแอคแตนซ์รั่วไหล (Leakage reactance) ของขดลวด ซึ่งจะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าทุติยภูมิมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากอัตราส่วนข้างต้น

2.4.7.2 ตัวต้านทานภาระ (Burden resistor) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะทำการวัดค่าในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นหากต้องการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทานภาระ เพื่อใช้ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานภาระ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานภาระจากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานภาระได้จากกฎของโอห์ม (Ohm's law) ดังแสดงในสมการที่ 2.20

$$I_B = \frac{V_B}{R_B} \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

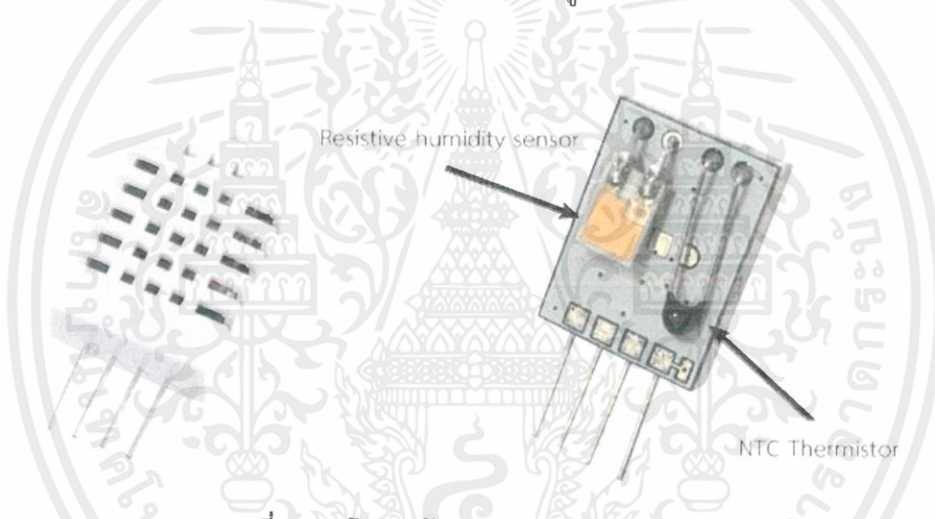
I_B คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานภาระ (A)

V_B คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานภาระ (A)

R_B คือ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานภาระ (Ω)

2.4.8 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล

เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น คือ DHT22 Module ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล โดยการส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์ชนิดนี้ จะมีการส่งข้อมูลแบบดิจิตอลทั้งหมด 40 บิต ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกจะมีจำนวน 16 บิต ซึ่งเป็นค่าของอุณหภูมิ ส่วนที่สองจะมีจำนวน 16 บิต ซึ่งเป็นค่าของความชื้นสัมพัทธ์ และส่วนที่สามจะมีจำนวน 8 บิต ซึ่งเป็นค่าที่ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของ DHT22 Module

(Source: <https://sites.google.com/site/paiboon7355/project-2017/mithunayn>)

โครงสร้างของ DHT22 Module ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 2 ชนิดดังนี้

- เทอร์มิสเตอร์ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ หรือ NTC Thermistor คือ เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ค่าความต้านทานจะมีค่าแปรผกผันกับอุณหภูมิ
- เซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นชนิดความต้านทาน หรือ Resistive humidity sensor มีหลักการทำงานคือ อาศัยการเปลี่ยนแปลงของค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลาง เมื่อมีการดูดซับโมเลกุลของไอน้ำ และไอออนที่แตกตัวจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางมีค่าเพิ่มขึ้น หรือสามารถกล่าวได้ว่า เมื่อความชื้นสูงขึ้น ค่าความต้านทานของตัวกลางจะมีค่าลดลง

2.4.9 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของของไหล

เซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของของไหล (Flow Sensor) ดังรูปที่ 2.14 เป็นเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ ซึ่งในที่นี้คืออัตราการไหลของของไหล ให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า หรือการเคลื่อนที่ทางกล โดยการนับจำนวนพัลส์ของเซ็นเซอร์ซึ่งแปรผันตรงกับอัตราการไหล



รูปที่ 2.14 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของของไหล

(Source: <http://rtnakm.com/2017/12/17/water-flow-sensor-fs300a/>)

2.4.10 เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของของไหล

เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของของไหล (Turbidity sensor) ดังรูปที่ 2.15 โดยตรวจสอบจากการนำและหักเหของแสง ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ ให้เอาต์พุตได้สองแบบ คือ อนุภาคออกแรงดันตั้งแต่ 0.4 ถึง 5 โวลต์ และดิจิตอล High / Low โดยปรับค่าที่ตัวต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 2.15 เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของของไหล

(Source: <http://www.myarduino.net/product/1162/>)

เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ-ec-sensor-turbidity-sensor)

2.4.11 เทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) คือตัวต้านทานชนิดหนึ่งซึ่งค่าความต้านทานจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าความต้านทานมีค่าเปลี่ยนแปลงไป โดยที่เทอร์มิสเตอร์จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานมากกว่าตัวต้านทานโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูงกว่าตัวต้านทานโดยทั่วไป) เทอร์มิสเตอร์ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง อาทิ อุปกรณ์จำกัดกระแสไฟฟ้ากระชาก (Inrush current limiter), เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature sensor), อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินชนิดสามารถรีเซ็ตได้ด้วยตัวเอง (Self-resetting overcurrent protector) เป็นต้น

เทอร์มิสเตอร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ซึ่งได้แก่

- เทอร์มิสเตอร์ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ หรือ Negative temperature coefficient (NTC) คือเทอร์มิสเตอร์ที่ค่าความต้านทานจะมีค่าแปรผกผันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต้านทานจะมีค่าลดลง หรือในทางกลับกัน เมื่ออุณหภูมิต่ำลง ค่าความต้านทานจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้นิยมนำมาใช้งานเป็นอุปกรณ์จำกัดกระแสไฟฟ้ากระชาก หรือเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

- เทอร์มิสเตอร์ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวก หรือ Positive temperature coefficient (PTC) คือเทอร์มิสเตอร์ที่ค่าความต้านทานจะมีค่าแปรผันตรงกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต้านทานจะมีค่าเพิ่มขึ้น หรือในทางกลับกัน เมื่ออุณหภูมิต่ำลง ค่าความต้านทานจะมีค่าลดลง ซึ่งเทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้นิยมนำมาใช้งานเป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินชนิดสามารถรีเซ็ตได้ด้วยตัวเอง

ความแตกต่างระหว่างเทอร์มิสเตอร์กับอาร์ทีดี หรือ Resistance temperature detector (RTD) คือวัสดุที่นำมาใช้ ซึ่งโดยทั่วไปเทอร์มิสเตอร์จะทำมาจากเซรามิก (Ceramic) หรือพอลิเมอร์ (Polymer) ในขณะที่อาร์ทีดีจะทำมาจากโลหะบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงทำให้การตอบสนองต่ออุณหภูมิมีความแตกต่างกัน โดยที่อาร์ทีดีจะสามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่กว้างกว่าได้ ส่วนเทอร์มิสเตอร์จะมีความแม่นยำสูงกว่าแต่สามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่แคบกว่า ซึ่งประมาณ -90°C ถึง 130°C การประมาณความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิแบบเชิงเส้นนั้นจะมีความถูกต้องเฉพาะในช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ เท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้การประมาณความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิด้วยสมการ Steinhart-Hart ซึ่งเป็นสมการกำลังสาม ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.21

$$\frac{1}{T} = A + B \ln R + C (\ln R)^3 \quad (2.21)$$

โดยที่

A, B และ C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Steinhart-Hart ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของ

เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัว

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ มีหน่วยเป็นเคลวิน (K)

R คือ ค่าความต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

2.5 ออปแอมป์และวงจรพื้นฐาน

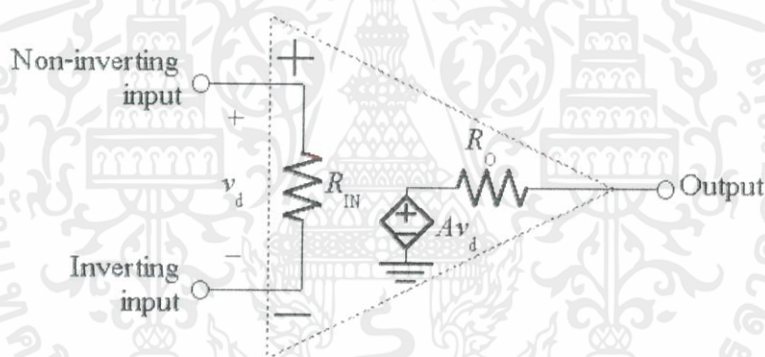
2.5.1 ออปแอมป์

ออปแอมป์ หรือ Operational amplifier (Op-amp) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแรงดัน โดยมีโครงสร้างภายในเป็นวงจรที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวต้านทานทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ และไดโอด จำนวนมาก โดยมีสัญลักษณ์แทนออปแอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์แทนออปแอมป์

(Source: <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/1/electric>)



รูปที่ 2.17 วงจรสมมูลของออปแอมป์

(Source: <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/1/electric>)

ออปแอมป์มีขั้วอินพุต 2 ขั้ว คือ ขั้วอินพุตบวก หรือ Non-inverting terminal และขั้วอินพุตลบ หรือ Inverting terminal และมีขั้วเอาต์พุต 1 ขั้ว

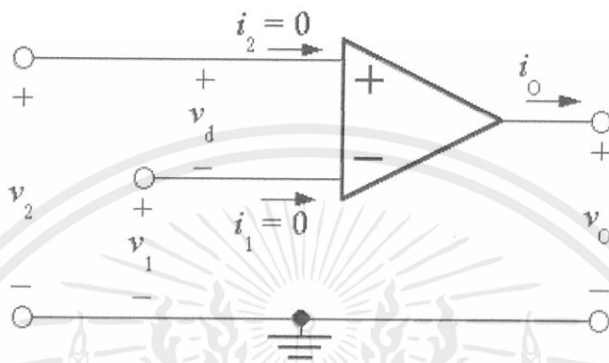
จากวงจรสมมูลของออปแอมป์ ส่วนทางด้านอินพุตของออปแอมป์จะประกอบด้วย ค่าความต้านทาน R_{in} โดยจะมีแรงดันตกคร่อมระหว่างขั้วอินพุตบวกและขั้วอินพุตลบ เท่ากับ v_d และส่วนทางด้านเอาต์พุตจะประกอบด้วยค่าความต้านทาน R_o และแหล่งจ่ายแรงดันที่ควบคุมด้วยแรงดันที่มีค่าเท่ากับ $A v_d$ โดยที่ค่า A คือ อัตราขยายวงเปิด (Open loop gain) ของออปแอมป์

เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์วงจรจึงมีการกำหนดให้ออปแอมป์เป็นออปแอมป์ในแบบอุดมคติ (Ideal Op-amp) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัตราขยายวงเปิดมีค่าเป็นอนันต์
- ค่าความต้านทาน R_{in} มีค่าเป็นอนันต์
- ค่าความต้านทาน R_{in} มีค่าเท่ากับศูนย์

จากคุณสมบัติข้างต้นจะทำให้แอมป์ในแบบอุดมคติ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขั้วอินพุตทั้งสองขั้วมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18

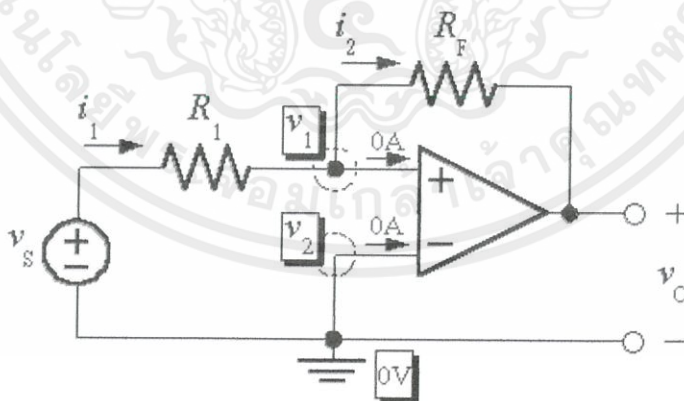


รูปที่ 2.18 ออปแอมป์ในแบบอุดมคติ

(Source: <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/1/electric>)

2.5.2 วงจรขยายแบบกลับขั้ว

วงจรขยายแบบกลับขั้ว (Inverting amplifier) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.19 โดยที่อัตราขยายของวงจรนี้สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.22



รูปที่ 2.19 วงจรขยายแบบกลับขั้ว

(Source: <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/1/electric>)

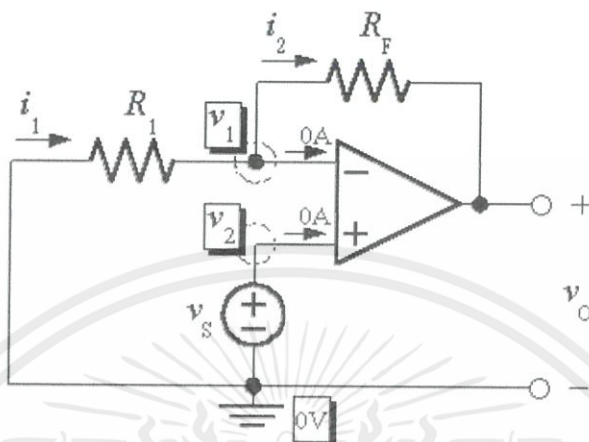
$$\frac{v_0}{v_s} = -\frac{R_F}{R_1} \quad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วงจรขยายแบบไม่กลับขั้ว

วงจรขยายแบบไม่กลับขั้ว (Non-inverting amplifier) สามารถแสดงได้ดังรูปที่

2.20 โดยที่อัตราขยายของวงจรมีค่าสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.23



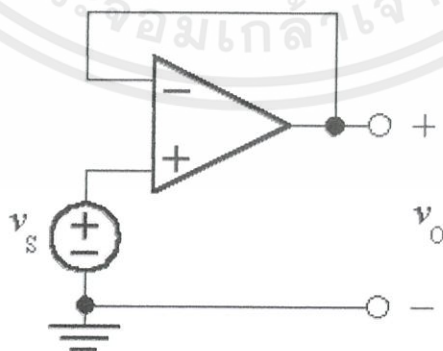
รูปที่ 2.20 วงจรขยายแบบไม่กลับขั้ว

(Source: <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/1/electric>)

$$\frac{v_o}{v_s} = 1 + \frac{R_F}{R_1} \quad (2.23)$$

2.5.4 วงจรตามแรงดัน

วงจรตามแรงดัน (Voltage follower) คือวงจรที่มีอัตราขยายเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.21 โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตและแรงดันอินพุตสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.24



รูปที่ 2.21 วงจรตามแรงดัน

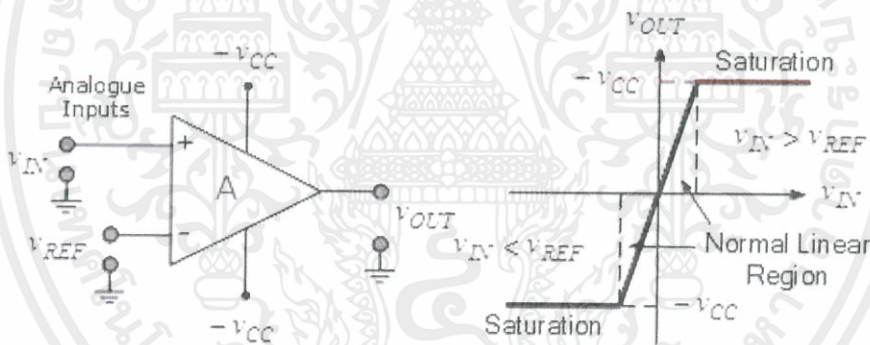
(Source: <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/1/electric>)

$$v_o = v_s \quad (2.24)$$

2.5.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage comparator) คือวงจรที่ใช้เปรียบเทียบระดับแรงดันค่าหนึ่ง (v_{IN}) กับระดับแรงดันอีกค่าหนึ่งหรือเรียกว่าระดับแรงดันอ้างอิง (v_{REF}) และสร้างสัญญาณเอาต์พุตจากผลการเปรียบเทียบนี้

วงจรเปรียบเทียบแรงดันนี้เป็นการนำออปแอมป์มาใช้ในโหมดวงเปิด (Open loop mode) กล่าวคือ เป็นวงจรที่ไม่มีการป้อนกลับทั้งแบบบวกและแบบลบ สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างสถานะอิมิตัวสองสถานะ เนื่องจากในโหมดวงเปิดจะทำให้วงจรมีอัตราขยายเท่ากับอัตราขยายวงเปิดของออปแอมป์ซึ่งมีค่าสูงมาก ดังนั้นค่าแรงดันเอาต์พุต (v_{OUT}) ของวงจรมีค่าอิมิตัวที่ค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟบวก ($+v_{CC}$) และค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟลบ ($-v_{CC}$) ของออปแอมป์ โดยที่ค่าแรงดันเอาต์พุตจะอิมิตัวที่ค่าใดนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของผลการเปรียบเทียบแรงดันอินพุต



รูปที่ 2.22 กราฟคุณลักษณะของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

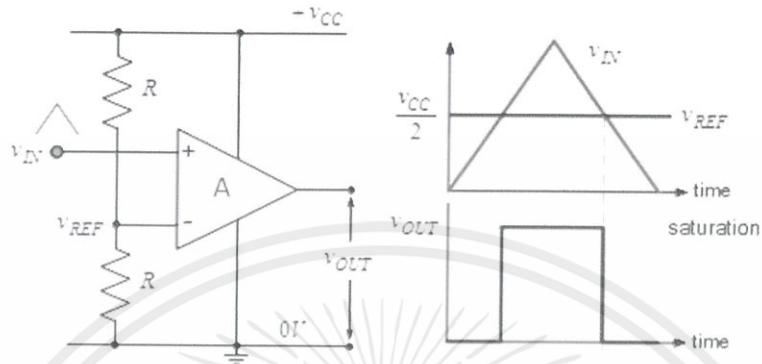
(Source: <https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/op-amp-comparator.html>)

จากรูปที่ 2.22 ถ้าระดับแรงดัน v_{IN} มีค่าน้อยกว่าระดับแรงดันอ้างอิง จะได้ว่าค่าแรงดันที่ขั้วอินพุตบวกมีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันที่ขั้วอินพุตลบ ทำให้ค่าแรงดันเอาต์พุตมีค่าอิมิตัวที่ค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟลบ และถ้าระดับแรงดัน v_{IN} มีค่ามากกว่าระดับแรงดันอ้างอิง จะได้ว่าค่าแรงดันที่ขั้วอินพุตบวกมีค่ามากกว่าค่าแรงดันที่ขั้วอินพุตลบ ทำให้ค่าแรงดันเอาต์พุตมีค่าอิมิตัวที่ค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟบวก ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ข้างต้นได้ดังสมการที่ 2.25

$$v_{OUT} = \begin{cases} -v_{CC}, & v_{IN} < v_{REF} \\ +v_{CC}, & v_{IN} > v_{REF} \end{cases} \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

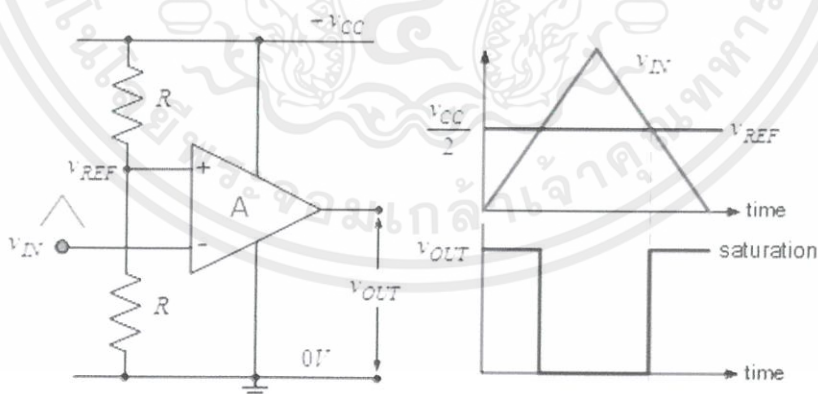
2.5.5.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบบวก (Positive voltage comparator) คือ วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่มีการป้อนแรงดันอินพุตเข้าที่ขั้วอินพุตบวก และมีการป้อนแรงดันอ้างอิงเข้าที่ขั้วอินพุตลบของออปแอมป์ ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบบวกได้ ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบบวก

(Source: <https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/op-amp-comparator.html>)

2.5.5.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบลบ (Negative voltage comparator) คือ วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่มีการป้อนแรงดันอินพุตเข้าที่ขั้วอินพุตลบ และมีการป้อนแรงดันอ้างอิงเข้าที่ขั้วอินพุตบวกของออปแอมป์ ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบลบได้ ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบลบ

(Source: <https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/op-amp-comparator.html>)

2.6 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของฟิงส์

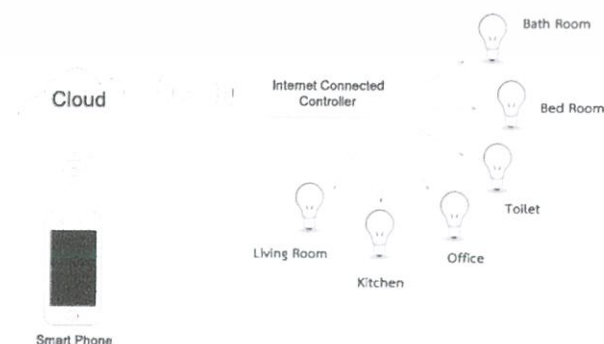
2.6.1 อินเทอร์เน็ตของฟิงส์

อินเทอร์เน็ตของฟิงส์ มาจากคำว่า Internet of Things หรือ IoTs คือระบบโครงข่ายที่เชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ กับมนุษย์ ซึ่งอาศัยการส่งผ่านข้อมูลบนระบบอินเทอร์เน็ต โดยไม่จำเป็นต้องใช้การสื่อสารระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ หรือ มนุษย์กับคอมพิวเตอร์ เมื่ออุปกรณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ถูกติดตั้งกับเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับแพลตฟอร์มของอินเทอร์เน็ตของฟิงส์ แพลตฟอร์มนี้จะรวบรวมและเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์หลาย ๆ ชนิด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ แจ้งเตือน และคาดการณ์ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต

คำว่า ฟิงส์ (Things) จากอินเทอร์เน็ตของฟิงส์สามารถเป็นได้ทั้ง มนุษย์ เช่นผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายหัวใจ ซึ่งจะต้องติดตั้งระบบตรวจติดตามหัวใจ สัตว์ เช่นสัตว์เลี้ยงในฟาร์มที่ถูกติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อบ่งบอกถึงอัตลักษณ์ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่นรถยนต์ที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เพื่อแจ้งคนขับในสถานการณ์ต่าง ๆ หรือจะเป็นสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติหรือสิ่งของที่มนุษย์สร้างขึ้นซึ่งสามารถกำหนดไอพีแอดเดรส (IP Address) และสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

2.6.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของฟิงส์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของฟิงส์ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีการเก็บฐานข้อมูล ทำให้สามารถเรียกดูข้อมูลต่าง ๆ ณ เวลาปัจจุบันได้ หรือแม้กระทั่งสั่งการผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สิ่งต่าง ๆ ทำงานได้ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนการทำงานให้มีความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยเทคโนโลยีนี้สามารถนำมาใช้งานได้ตั้งแต่ในบ้าน เช่น ระบบเปิดปิดไฟภายในบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ต จนกระทั่งประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีระบบตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรภายในโรงงาน ทำให้เจ้าหน้าที่ที่บำรุงรักษาสามารถรู้ได้ทันทีหากมีอุปกรณ์ขัดข้องและยังสามารถนำข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ขัดข้องได้



รูปที่ 2.25 ระบบเปิดปิดไฟภายในบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.25 เป็นตัวอย่างของระบบเปิดปิดไฟภายในบ้านโดยการนำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตออฟริงส์มาประยุกต์ใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน กล่าวคือ ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิดปิด ซึ่งอาจรวมไปถึงการปรับความสว่าง และการปรับโทนสี ของหลอดไฟแต่ละดวงภายในบ้าน ผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ อาทิเช่น โทรศัพท์มือถือ (Smart phone) โดยการสั่งการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมการทำงานของตัวควบคุม ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตอยู่ได้ โดยที่ตัวควบคุมในตัวอย่างระบบนี้จะมีหน้าที่ในการควบคุม การทำงานของหลอดไฟ ตามสถานที่ต่าง ๆ ภายในบ้าน

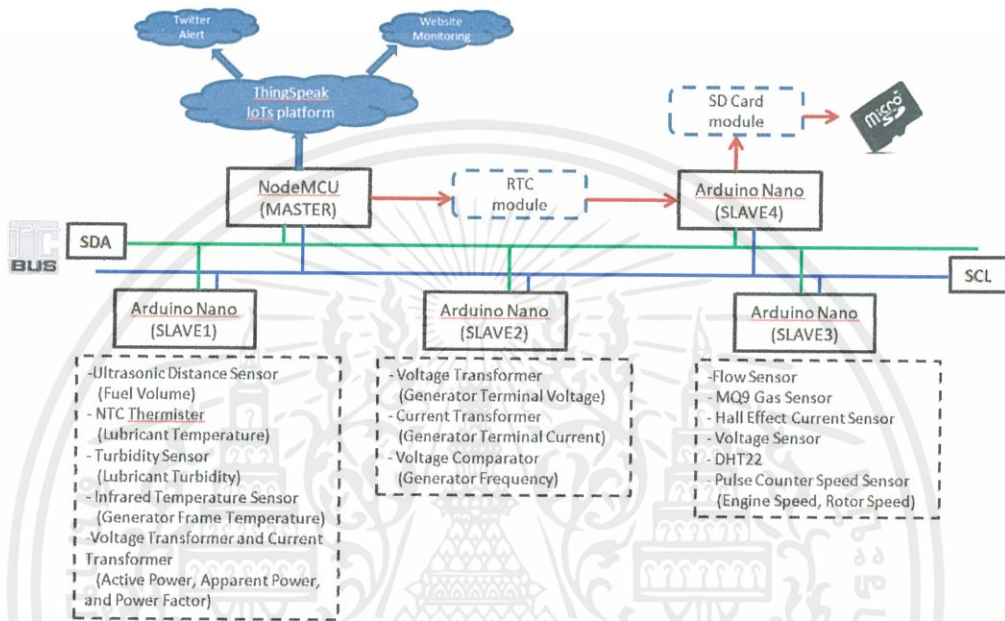


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและประกอบสร้าง

3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกล

สำหรับการศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการพัฒนาระบบตรวจติดตาม
สำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โครงการนี้ได้ออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดข้อมูลต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าระบบนี้ได้แบ่งเซ็นเซอร์ออกเป็น 4 ชุด โดยเซ็นเซอร์แต่ละชุดจะส่งข้อมูลไปยัง Arduino Nano ซึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟทั้ง 4 ตัว จากนั้น Arduino Nano จะส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปยัง NodeMCU ซึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ โดยที่การรับส่งข้อมูลทั้งหมดจะผ่าน I²C bus

เมื่อ NodeMCU รับข้อมูลมาจาก Arduino Nano (สเลฟ 1-3) ทั้งหมดแล้ว จะทำการส่งข้อมูลที่รับมาเป็น 2 ทาง ทางแรกคือ ส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย (Wi-Fi) เพื่อเก็บข้อมูลที่ฐานข้อมูล ThingSpeak จากนั้นจึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาแสดงผลบนเว็บไซต์ และแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางที่สองคือ ส่งข้อมูลไปยัง Arduino Nano (สเลฟ 4) ซึ่งต่อกับ Micro SD card module โดยจะเป็นหน่วยเก็บข้อมูล เพื่อสำรองข้อมูลในกรณีที่ขาดการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะบันทึกข้อมูลพร้อมระบุเวลาของข้อมูลนั้น โดยอาศัย Real time clock module โดยในกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต Real time clock module จะถูกอัปเดตเวลาโดยอัตโนมัติ

3.2 การออกแบบวิธีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.2.1 ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ

ใช้ Ultrasonic Module HC-SR04 สำหรับวัดระดับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในถังน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อตรวจสอบปริมาณคงเหลือ ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเมื่อชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานจะมีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพียงพอตลอดระยะเวลาการทำงานหรือไม่

3.2.2 อัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้

ใช้ Flow Sensor เพื่อตรวจสอบและวัดการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ว่าอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ โดยถ้าอัตราการไหลของอากาศน้อยกว่าค่าปกติ จะสามารถนำไปวิเคราะห์ได้ว่าตัวควบคุมอากาศเข้าอาจมีปัญหา หรืออาจเกิดการอุดตันของไส้กรองอากาศ

3.2.3 ความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น

ใช้ Turbidity Sensor สำหรับตรวจสอบและวัดความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น โดยถ้าค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่นมาก (น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ) จะทำให้เครื่องยนต์สึกหรอได้ง่าย

3.2.4 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

ใช้ NTC Thermistor แบบ Screw type probe ซึ่งติดตั้งเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์ว่ามีค่าเท่ากับอุณหภูมิในสภาวะปกติหรือไม่ ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์จะมีค่าประมาณ 70 - 90 องศาเซลเซียส

3.2.5 ความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ใช้ 2-way Motor Speed Sensor Module โดยติดตั้งเพื่อตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ว่าเครื่องยนต์หมุนที่ความเร็วรอบที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเดินเครื่องใช้งาน จะมีความเร็วรอบประมาณ 3000 รอบต่อนาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพิกัดความเร็วเชิงโคจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.2.6 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ใช้หม้อแปลงแรงดัน และวงจรสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งติดตั้งเพื่อวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่ามีค่าเท่ากับในสภาวะปกติหรือไม่ ซึ่งเกณฑ์ปกติจะมีค่าแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยวัดจากสายเส้นไฟกับสายนิวทรัลจะมีค่าประมาณ 220 โวลต์

3.2.7 กระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ใช้หม้อแปลงกระแส และวงจรสำหรับวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งติดตั้งเพื่อวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่ามีค่าเหมาะสมกับโหลดที่จ่ายอยู่หรือไม่ หรือมีค่าเกินพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไม่

3.2.8 ความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันสำหรับสร้างสัญญาณพัลส์ซึ่งมีความถี่เท่ากับความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งติดตั้งเพื่อวัดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่ามีค่าเหมาะสมหรือไม่ โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการขนานชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้า สำหรับในประเทศไทยความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถขนานเข้ากับระบบไฟฟ้าได้จะต้องมีค่าประมาณ 50 เฮิรตซ์

3.2.9 อุณหภูมิโครงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ใช้ Infrared Temperature Sensor โดยติดตั้งเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิโครงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่ามีค่าเท่ากับในสภาวะปกติหรือไม่ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาจเกิดมาจากการใช้งานเกินพิกัด หรือความเสื่อมสภาพของขดลวด ทำให้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จึงเกิดเป็นความร้อนสูงขึ้น

3.2.10 แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่

ใช้วงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งติดตั้งเพื่อตรวจวัดค่าแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ในสถานะต่าง ๆ ว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือไม่ ซึ่งเกณฑ์ปกติขณะดับเครื่องยนต์จะมีค่าแรงดันประมาณ 12 โวลต์ และในขณะที่เดินเครื่องยนต์หรือขณะชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่จะมีค่าแรงดันประมาณ 14.4 โวลต์

3.2.11 กระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่

ใช้เซ็นเซอร์ปรากฏการณ์ฮอลล์ ซึ่งติดตั้งเพื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ขณะเดินเครื่อง หรือค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จ่ายออกไปยังแผงควบคุม

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ได้ว่ากระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางใด สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่องยนต์หรือไม่ แบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานเหมาะสมกับเครื่องยนต์หรือไม่

3.2.12 ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย

ใช้ MQ-9 Gas sensor โดยติดตั้งเพื่อตรวจวัดปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากเครื่องยนต์ว่ามีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใด เพื่อใช้ในการพิจารณาในเรื่องของความสามารถในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ว่ามีการเผาไหม้สมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ ซึ่งถ้าหากเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณที่มาก ซึ่งเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม โดยการตรวจวัดค่าดังกล่าวอาจนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขเครื่องยนต์ให้มีการเผาไหม้ที่ดีขึ้น

3.2.13 อุณหภูมิและความชื้นของแผงควบคุม

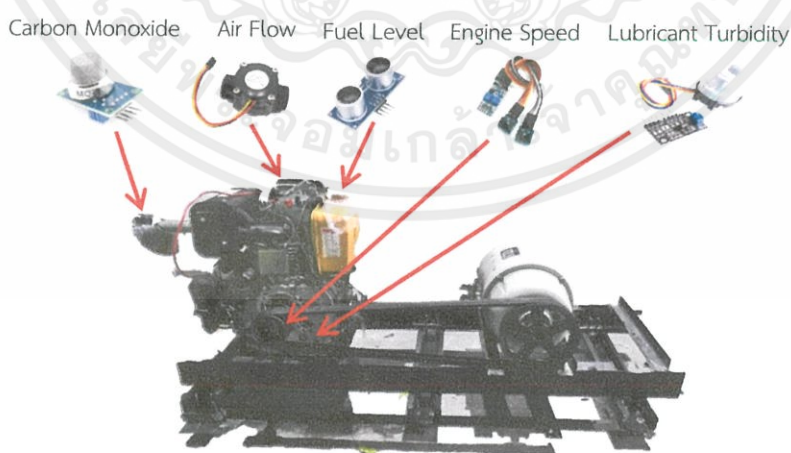
ใช้ DHT22 module โดยติดตั้งเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ของระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งถ้าหากมีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นสัมพัทธ์สูงผิดปกติ อาจส่งผลเสียต่อระบบการทำงานต่าง ๆ ได้

3.3 การติดตั้งเซ็นเซอร์ลงบนชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการติดตั้งอุปกรณ์และเซ็นเซอร์เพื่อทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถพิจารณาชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

3.3.1 เครื่องยนต์ดีเซล

การออกแบบตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ในส่วนของเครื่องยนต์ดีเซลสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับเครื่องยนต์ดีเซล

3.3.1.1 เซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบ 2-way Motor Speed Sensor Module สำหรับตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยติดตั้งบริเวณมุมเลยของเครื่องยนต์

3.3.1.2 MQ-9 Gas sensor สำหรับวัดระดับปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ โดยทำการติดตั้งบริเวณส่วนปลายของท่อไอเสีย

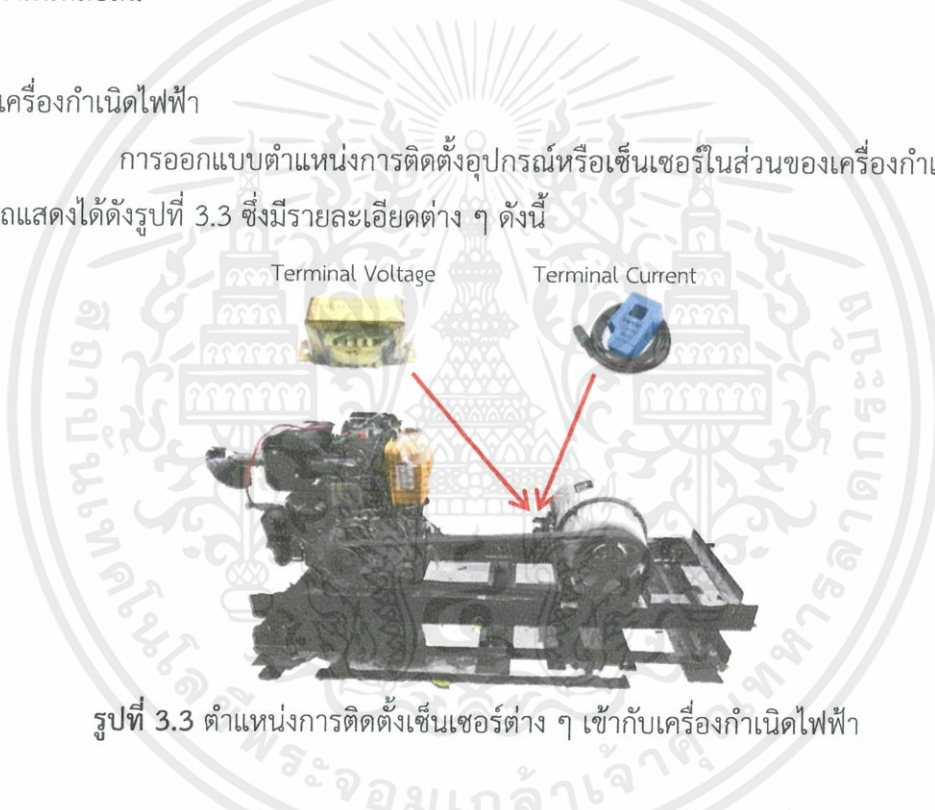
3.3.1.3 Ultrasonic sensor สำหรับวัดระดับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในถังเก็บเชื้อเพลิง โดยติดตั้งที่บริเวณด้านบนของถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3.1.4 Flow sensor สำหรับตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ โดยติดตั้งที่ท่อลำเลียงอากาศเข้าห้องเผาไหม้

3.3.1.5 Turbidity sensor สำหรับตรวจวัดความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น โดยติดตั้งที่ถังพักน้ำมันหล่อลื่น

3.3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การออกแบบตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



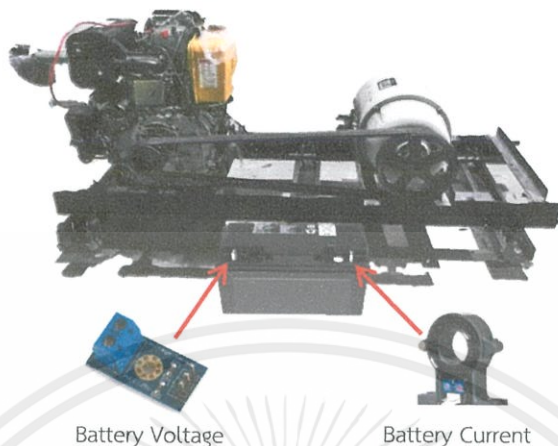
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.3.2.1 สายไฟสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำการติดตั้งสายไฟที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และต่อมายังหม้อแปลงแรงดัน ซึ่งต่ออยู่กับวงจรการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยหม้อแปลงแรงดันที่ใช้งานมีขนาดพิกัดแรงดันปฐมภูมิเท่ากับ 220 โวลต์ และพิกัดแรงดันทุติยภูมิเท่ากับ 9 โวลต์

3.3.2.2 หม้อแปลงกระแสสำหรับวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะติดตั้งด้วยการคล้องบริเวณสายไฟที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยหม้อแปลงกระแสที่ใช้มีพิกัดกระแสปฐมภูมิเท่ากับ 100 แอมแปร์ และพิกัดกระแสทุติยภูมิเท่ากับ 50 มิลลิแอมแปร์

3.3.3 แบตเตอรี่สำหรับเครื่องยนต์

การออกแบบตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ในส่วนของแบตเตอรี่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับแบตเตอรี่

3.3.3.1 เซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ จะติดตั้งโดยการต่อสายจากขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ เข้ากับ Vcc pin และ Gnd pin ของเซ็นเซอร์ตามลำดับ โดยเซ็นเซอร์ที่ใช้งานเป็นวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งมีพิกัดแรงดันอินพุท 25 โวลต์ และพิกัดแรงดันเอาต์พุท 5 โวลต์

3.3.3.2 เซ็นเซอร์ปรากฏการณ์ฮอลล์ ซึ่งติดตั้งโดยการคล้องที่สายไฟจากแบตเตอรี่ไปยังแผงควบคุมของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและไดชาร์จ เพื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ขณะเดินเครื่อง หรือค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จ่ายออกไปยังแผงควบคุมชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเซ็นเซอร์ปรากฏการณ์ฮอลล์ที่ใช้สามารถทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุด 50 แอมแปร์ ซึ่งมีความละเอียดในการวัดเท่ากับ 32 มิลลิโวลต์ต่อแอมแปร์

3.4 การออกแบบวงจรสำหรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ

การออกแบบวงจรสำหรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ คณะผู้จัดทำได้เลือกใช้โปรแกรม Fritzing รุ่น .0.9.3b.64.pc เพื่อนำมาทำการออกแบบในส่วนของวงจรควบคุมระบบ ซึ่งการทำในการออกแบบวงจรด้วยโปรแกรม Fritzing สามารถทำการออกแบบ Schematic Design และออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ หรือ Print Circuit Board design (PCB) ได้ในเวลาเดียวกัน โดยการออกแบบวงจรสำหรับระบบตรวจติดตามเพื่อศึกษาการสตาร์ทของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยคณะผู้จัดทำได้แบ่งวงจรสำหรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ให้ใช้พื้นที่และมีความซับซ้อนน้อยที่สุดได้ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.4.1 การออกแบบวงจรส่วนที่ 1

การออกแบบวงจรส่วนที่ 1 จะประกอบไปด้วยวงจรส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1.1 การออกแบบวงจรสำหรับสเลฟ 1

สเลฟ 1 เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการวัดปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือ อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น อุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่น ความดันน้ำมันหล่อลื่น และอุณหภูมิ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมีหน้าที่ส่งข้อมูลที่วัดได้ไปที่มาสเตอร์ผ่านทาง I²C bus โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับบอร์ดนี้คือ Arduino Nano ซึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟ และได้ออกแบบให้มีช่องสำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus และช่องสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ดังนี้

- Terminal 2: สำหรับเสียบสายจาก NTC Thermistor แบบ Screw type probe ซึ่งใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่นด้วยวิธีการแบ่งแรงดัน และสำหรับเสียบสายจาก NTC Thermistor แบบ Washer type probe ซึ่งใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยวิธีการแบ่งแรงดัน

- Terminal 3: สำหรับเสียบสายจากสวิตช์ลูกลอย ซึ่งใช้ในการตรวจวัดปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือด้วยวิธีการแบ่งแรงดัน และสำหรับเสียบสายเพื่อรับแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์จากแบตเตอรี่

- Terminal 5: สำหรับเสียบสายในกรณีที่ต้องการใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์จากบอร์ด

3.4.1.2 การออกแบบวงจรสำหรับสเลฟ 4

สเลฟ 4 เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการสำรองข้อมูลทั้งหมด ซึ่งบอร์ดนี้จะรับข้อมูลจากมาสเตอร์ผ่านทาง I²C bus และนำข้อมูลเข้าสู่ Micro SD card โดยจะมีช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ Micro SD card module ดังนี้

- Pin Header 3: สำหรับเชื่อมต่อกับ Micro SD card module

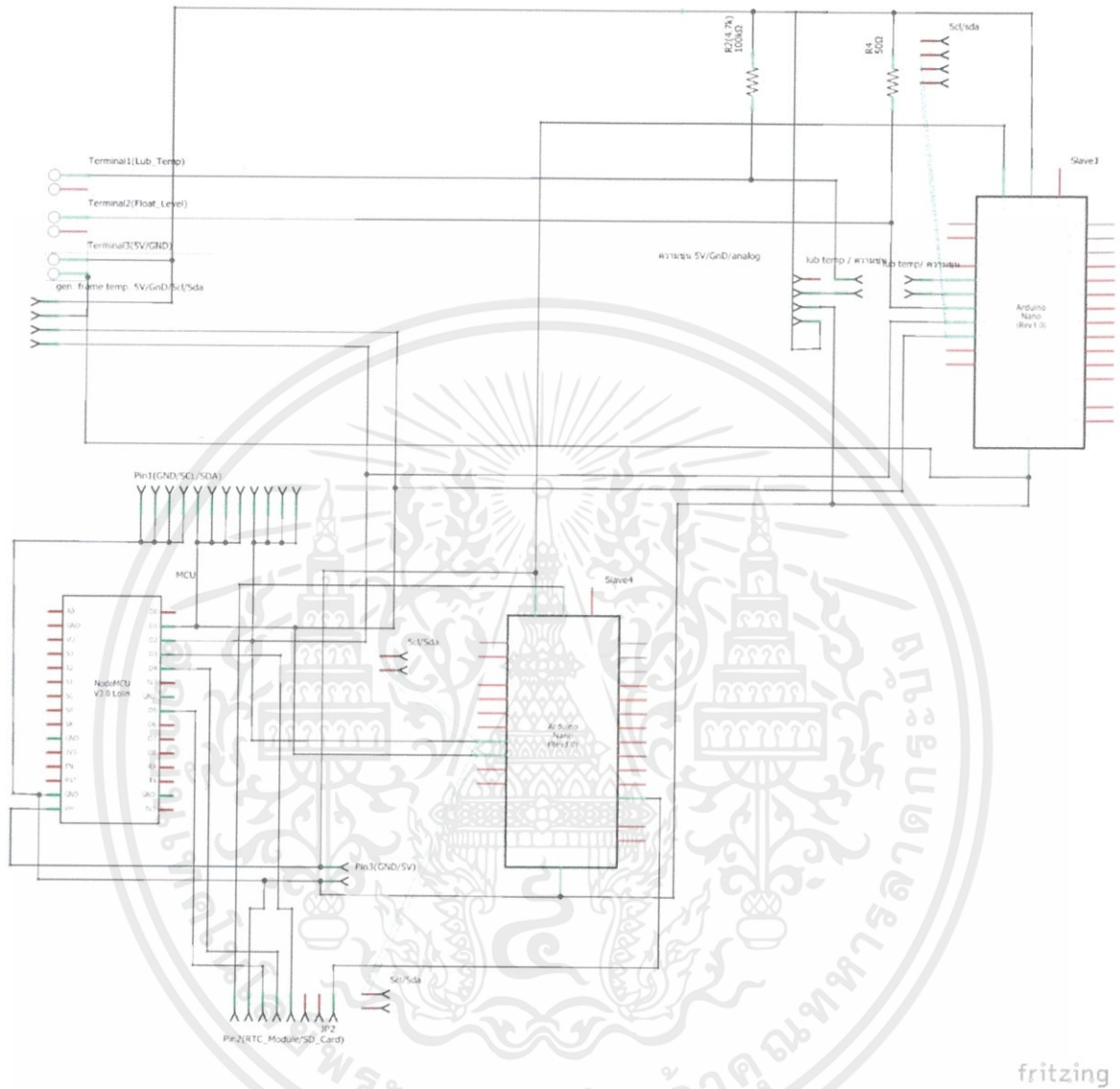
3.4.1.3 การออกแบบวงจรสำหรับมาสเตอร์

มาสเตอร์ จะมีหน้าที่ในการส่งข้อมูลทั้งหมดไปยังฐานข้อมูล ThingSpeak บนระบบอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายด้วยสัญญาณ Wi-Fi ซึ่งจะรับข้อมูลจากสเลฟ 1, สเลฟ 2, สเลฟ 3, และสเลฟ 5 ผ่านทาง I²C bus โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU 1.0 ซึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ และได้ออกแบบให้มีช่องสำหรับเสียบสายจาก Real time clock module และช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus และช่องสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรส่วนที่ 1 ดังนี้

- Pin Header 1: สำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus

- Pin Header 2: สำหรับเชื่อมต่อกับ Real time clock module

- Pin Header 3: สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรส่วนที่ 1 ซึ่งได้แก่ สเลฟ 1, สเลฟ 4, และมาสเตอร์

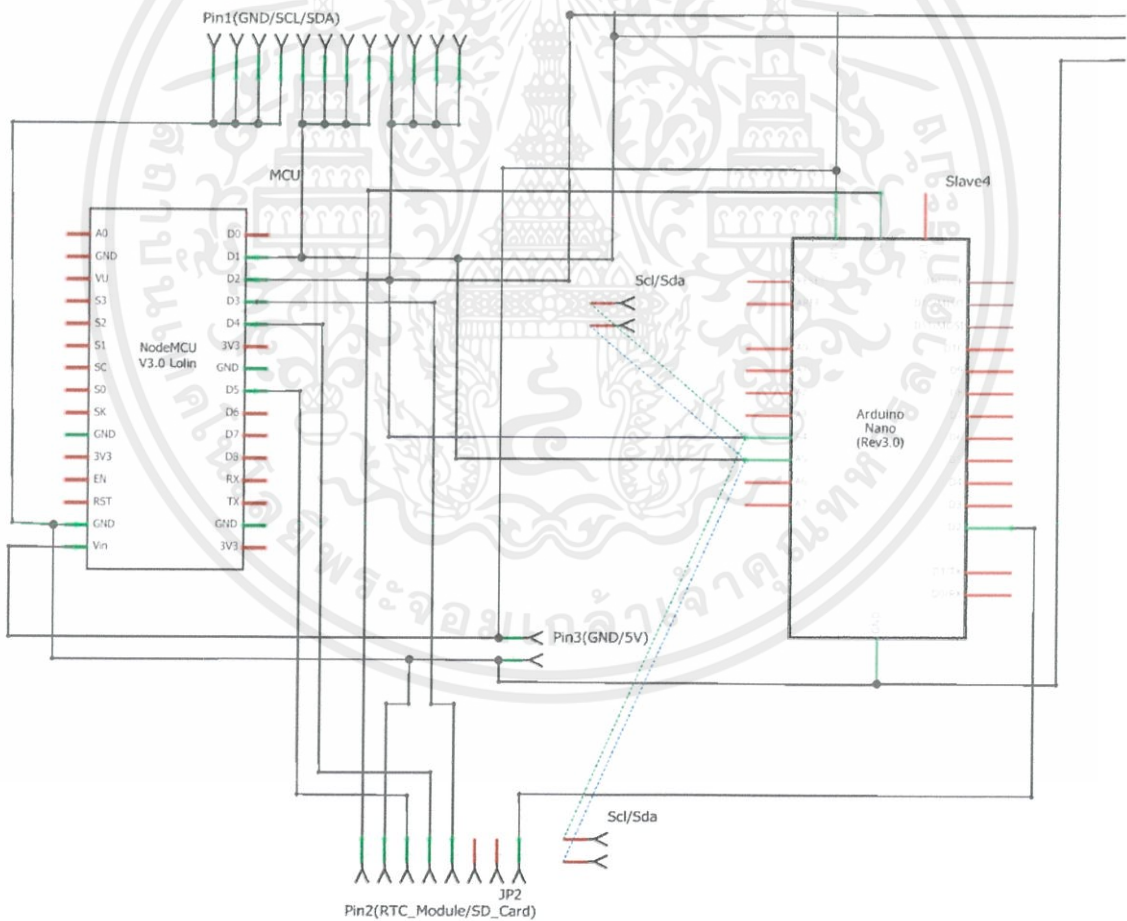


รูปที่ 3.5 การออกแบบวงจร Schematic design ของวงจรส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรส่วนที่ 1 สเลฟ 1



รูปที่ 3.7 วงจรส่วนที่ 1 NodeMCU และสเลฟ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การออกแบบวงจรส่วนที่ 2

การออกแบบวงจรส่วนที่ 2 จะประกอบไปด้วยวงจรส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.4.2.1 การออกแบบวงจรสำหรับสเลฟ 2

สเลฟ 2 เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าปรากฏ และค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการตรวจจับสถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะส่งข้อมูลจากการวัดและข้อมูลจากการคำนวณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง I²C bus ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับบอร์ดนี้คือ Arduino Nano ซึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟ และได้ออกแบบให้มีช่องสำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus และช่องสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ดังนี้

- Terminal 1: สำหรับเสียบสายจากหม้อแปลงแรงดัน ซึ่งใช้ในการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Terminal 2: สำหรับเสียบสายจากหม้อแปลงแรงดัน ซึ่งเป็นช่องสำรองในการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Terminal 3: สำหรับเสียบสายจากหม้อแปลงแรงดัน ซึ่งเป็นช่องสำรองในการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Jack socket 1: สำหรับเสียบสายจากหม้อแปลงกระแส ซึ่งใช้ในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Jack socket 2: สำหรับเสียบสายจากหม้อแปลงกระแส ซึ่งเป็นช่องสำรองในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Jack socket 3: สำหรับเสียบสายจากหม้อแปลงกระแส ซึ่งเป็นช่องสำรองในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Pin Header 1: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากบอร์ดเสริม สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลจากบอร์ดเสริม และสำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus และจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดนี้

3.4.2.2 การออกแบบวงจรสำหรับสเลฟ 3

สเลฟ 3 เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ สถานะของไดชาร์จ ความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย อุณหภูมิและความชื้นของแผงควบคุม และสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้าวัดดิน และมีหน้าที่ส่งข้อมูลที่วัดได้ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง I²C bus ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับบอร์ดนี้คือ Arduino Nano ซึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟ และได้ออกแบบให้มี

ช่องสำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus และช่องสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ดังนี้

- Terminal 1: สำหรับเสียบสายเพื่อรับแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์จากแบตเตอรี่ และสำหรับเสียบสายจากขั้วของตัวต้านทานชั้นที่เพื่อวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานชั้นที่ ซึ่งเป็นวิธีสำรองในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่

- Terminal 2: สำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วชนิดพาสซีฟ ซึ่งใช้ในการตรวจวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์

- Terminal 3: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับการวัดความชื้นของน้ำมันเครื่อง ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก

- Terminal 4: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับการวัดการไหลของอากาศที่เข้าเครื่อง ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัล

- Pin Header 1: สำหรับเสียบสายจาก MQ-9 Gas sensor ซึ่งใช้ในการตรวจวัดความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

- Pin Header 2: สำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์ปรากฏการณ์ฮอลล์ ซึ่งใช้ในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่

- Pin Header 3: สำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งใช้ในการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่

- Pin Header 4: สำหรับเสียบสายจาก DHT22 module ซึ่งใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ของระบบตรวจติดตาม

3.4.2.3 การออกแบบวงจรสำหรับสเลฟ 5

สเลฟ 5 เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการวัดอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นก่อนเข้าแผงรังผึ้ง การวัดอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นหลังจากออกแผงรังผึ้ง การวัดความชื้นของน้ำมันเครื่อง การวัดการไหลของอากาศที่เข้าเครื่อง การวัดการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเครื่อง การวัดการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบหล่อเย็น และมีหน้าที่ส่งข้อมูลที่วัดได้ไปที่มาสเตอร์ผ่านทาง I²C bus ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับบอร์ดนี้คือ Arduino Nano ซึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟ และได้ออกแบบให้มีช่องสำหรับเสียบสายจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ I²C bus และช่องสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด ดังนี้

- Terminal 1: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นก่อนเข้าแผงรังผึ้ง ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก

- Terminal 2: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นหลังจากออกแผงรังผึ้ง ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก

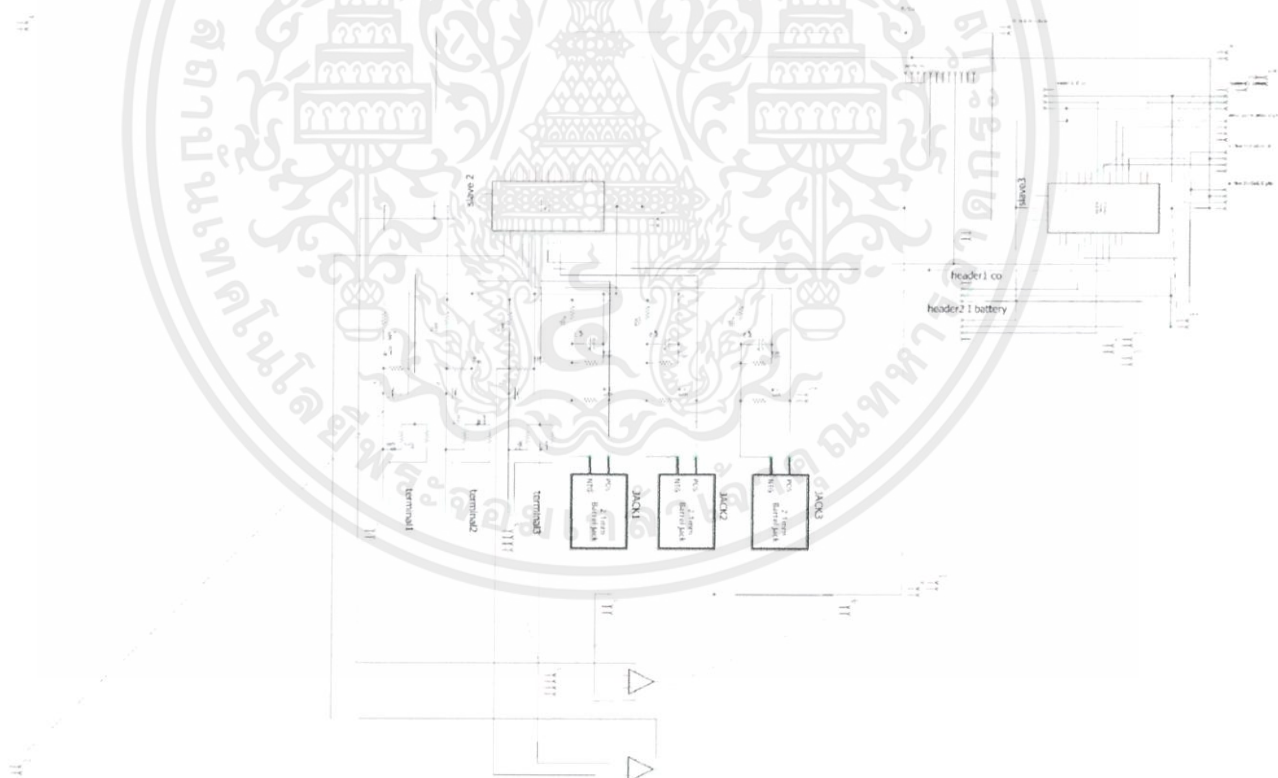
- Terminal 3: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับการวัดความชื้นของน้ำมันเครื่อง ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก

- Terminal 4: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับการวัดการไหลของอากาศที่เข้าเครื่อง ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัล

3.4.2.4 การออกแบบวงจรสำหรับบอร์ดเสริม

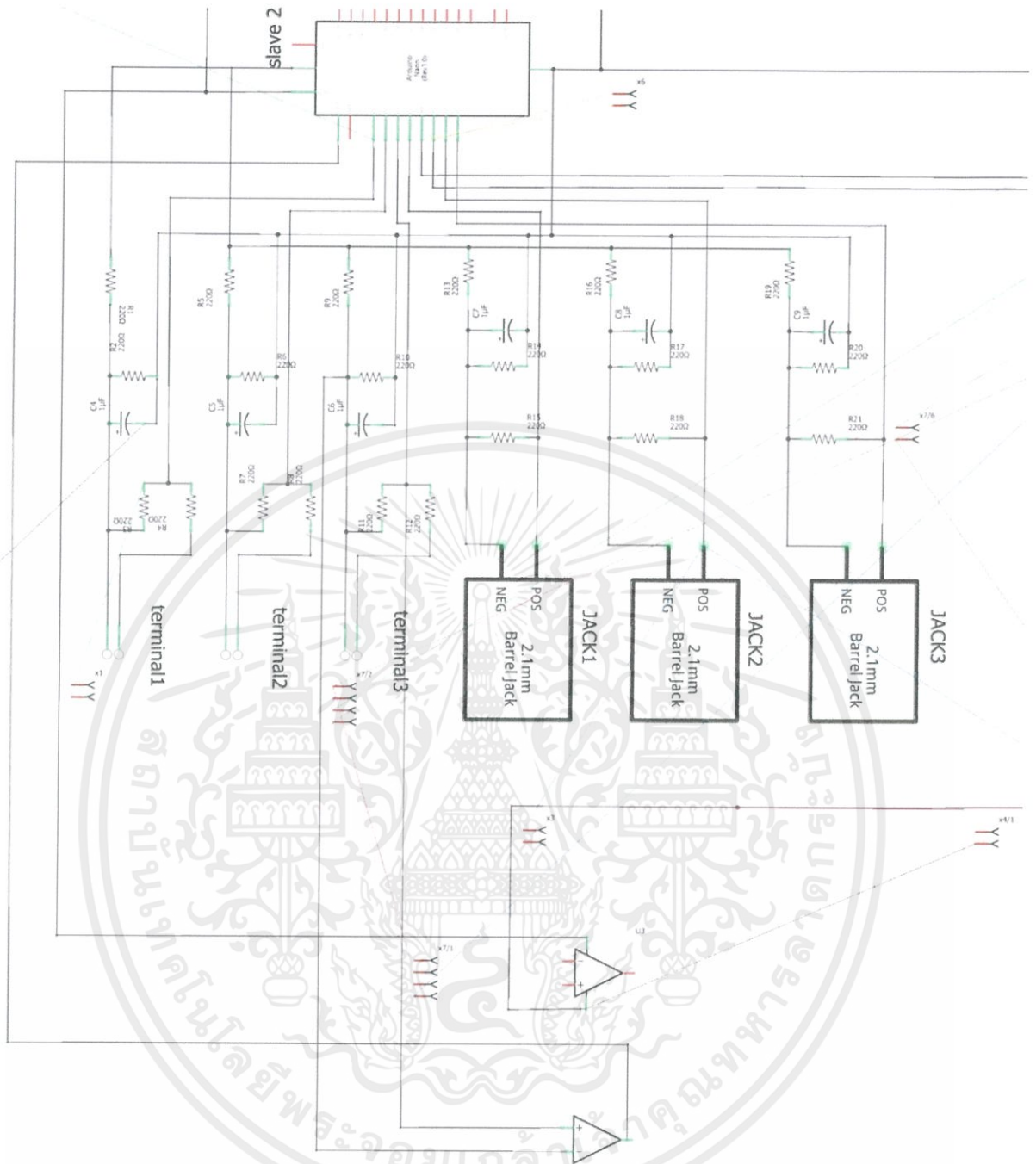
สำหรับบอร์ดนี้เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการวัดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และสถานะของไดชาร์จ ซึ่งจะส่งข้อมูลในรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลไปที่บอร์ดสเลฟ 2 และบอร์ดสเลฟ 3 โดยที่ Schematic design ของบอร์ดเสริมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และได้ออกแบบให้มีช่องสำหรับเสียบสายเพื่อรับและส่งสัญญาณต่าง ๆ ดังนี้

- Terminal 1: สำหรับเสียบสายเพื่อรับแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์จากแบตเตอรี่
- Terminal 2: สำหรับเสียบสายเพื่อรับสัญญาณสถานะของไดชาร์จ และสัญญาณสถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- Terminal 3: สำหรับเสียบสายเพื่อวัดความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- Pin Header 1: สำหรับเสียบสายเพื่อส่งสัญญาณดิจิทัลไปที่บอร์ดสเลฟ 2 และบอร์ดสเลฟ 3 และสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดนี้



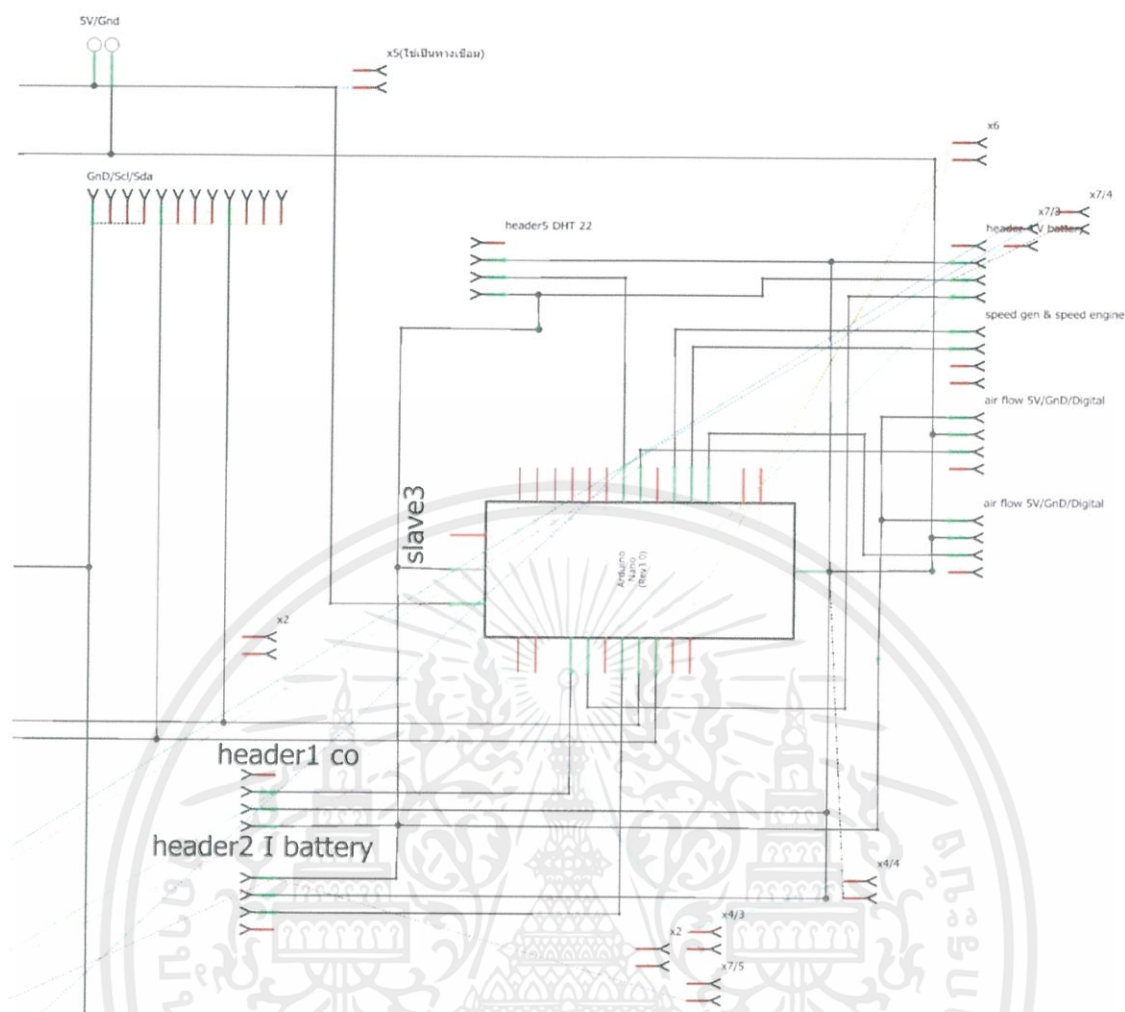
รูปที่ 3.8 การออกแบบวงจร Schematic design ของวงจรส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรส่วนที่ 2 สเลฟ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรส่วนที่ 2 สลอป 3 และสลอป 5

3.5 การออกแบบการแสดงผลบน ThingSpeak platform และเว็บไซต์

3.5.1 การออกแบบการแสดงผลบน ThingSpeak platform

ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ได้ใช้ ThingSpeak เป็นแพลตฟอร์มในการส่งผ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ มาเก็บเป็นฐานข้อมูล โดยในแพลตฟอร์มนี้ได้ออกแบบจำนวนช่องไว้ 3 ช่อง (Channel) โดยในแต่ละ Channel จะแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ ซึ่งสามารถแสดงได้สูงสุด 8 ฟิลด์ (Field) ต่อ 1 Channel ดังนี้

3.5.1.1 Channel 1 จะแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ซึ่งประกอบด้วย 7 ฟิลด์ ได้แก่ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ความชื้นน้ำมันหล่อลื่น อุณหภูมิโครงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ และค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

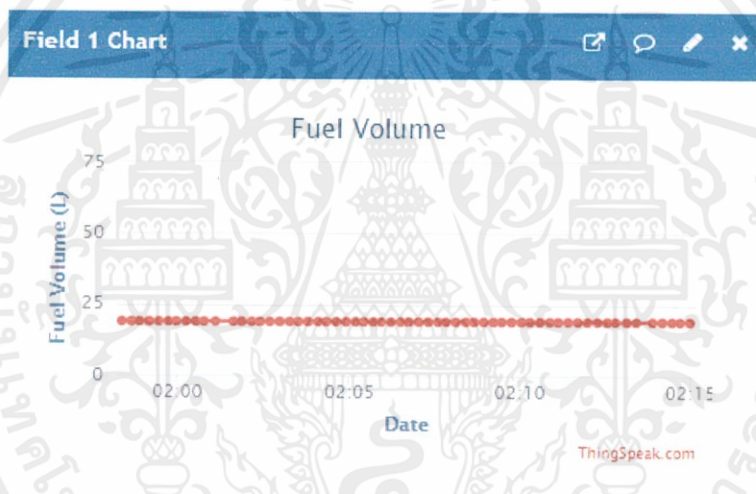
3.5.1.2 Channel 2 จะแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ซึ่งประกอบด้วย 7 ฟิลด์ ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าเฟส A ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าเฟส B ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

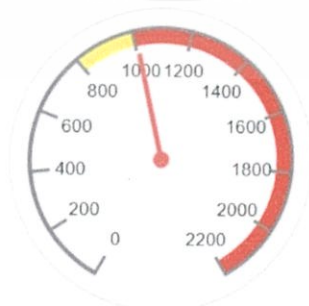
ค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าเฟส C ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และค่าความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.5.1.3 Channel 3 จะแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ซึ่งประกอบด้วย 8 ฟิลด์ ได้แก่ ค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ ค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ค่าความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย ค่าความชื้นของแผงควบคุม ค่าอุณหภูมิของแผงควบคุม และค่าความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โดยในแต่ละ Channel จะแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟของค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 พร้อมทั้งแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาปัจจุบัน ในรูปของหน้าปัด ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งในกรณีของปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือที่หน้าปัดจะแสดงเปอร์เซ็นต์คงเหลือของระดับเชื้อเพลิงในถังเก็บเชื้อเพลิง โดยในรูปที่ 3.13 จะแสดงตัวอย่างการแสดงผลใน Channel บน ThingSpeak platform



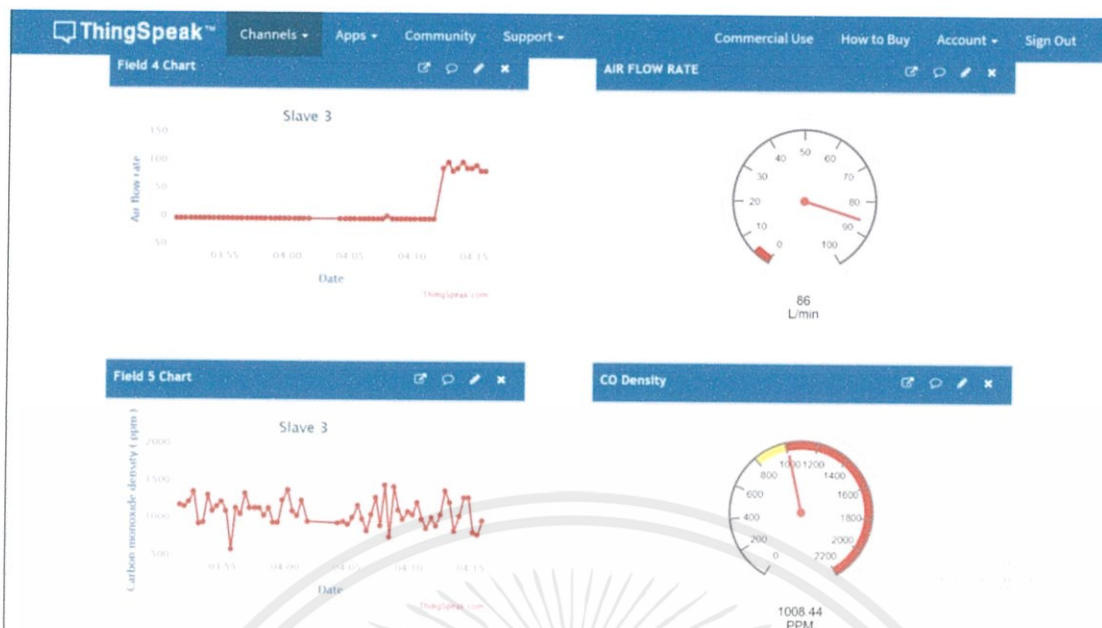
รูปที่ 3.11 กราฟของค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาใด ๆ



1008.44
PPM

รูปที่ 3.12 หน้าปัดแสดงค่าที่ตรวจได้ ณ เวลาปัจจุบัน

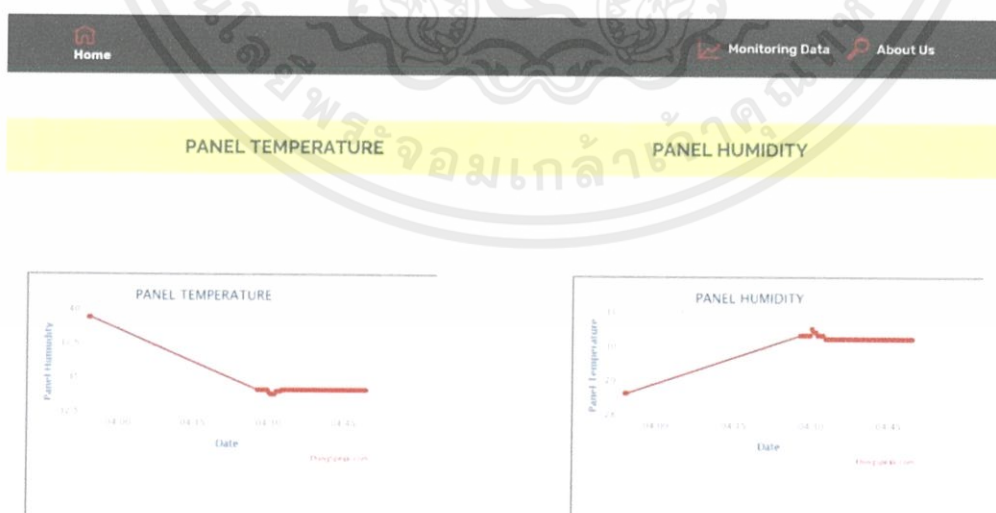
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการแสดงผลใน Channel บน ThingSpeak platform

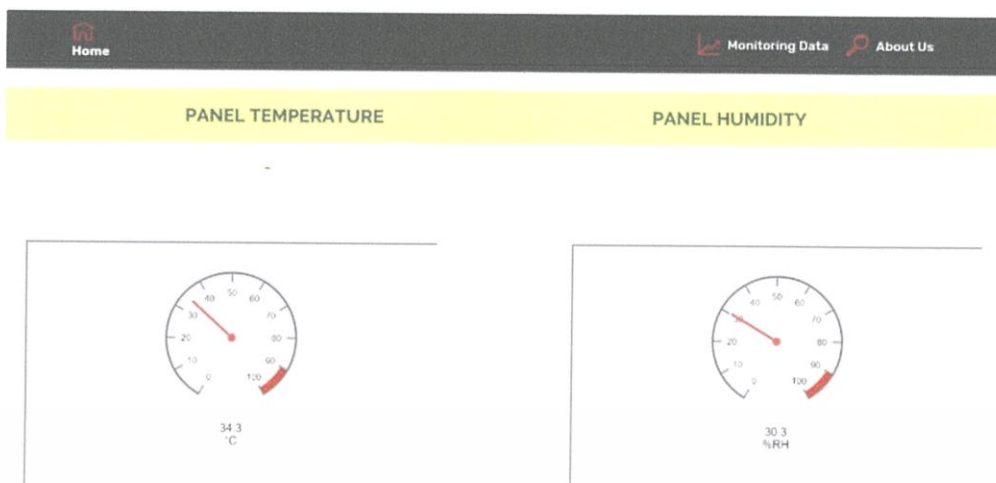
3.5.2 การออกแบบการแสดงผลบนเว็บไซต์

ในการแสดงผลผ่าน ThingSpeak platform นั้นเป็นการแสดงแบบส่วนตัว (Private) ผู้ใช้งานจำเป็นต้องล็อกอินในการทำงาน ดังนั้นระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสถานะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จึงได้ออกแบบให้มีการแสดงผลบนเว็บไซต์ ซึ่งเป็นเว็บไซต์สาธารณะ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยในเว็บนี้้ออกแบบให้มีการแสดงผลในรูปแบบกราฟของค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 และการแสดงผลในรูปของหน้าปัดแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาปัจจุบัน ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการแสดงผลในรูปแบบกราฟของค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาใดๆ บนเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการแสดงผลในรูปแบบของหน้าปัดแสดงค่าที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาปัจจุบันบนเว็บไซต์

3.6 การออกแบบระบบแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์

ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ได้ออกแบบให้มีการแจ้งเตือนหากชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการทำงานผิดปกติ หรือแจ้งเตือนถึงสถานะต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะนำค่าที่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ บน ThingSpeak platform มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับช่วงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทำงานปกติ (Normal operation) ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งถ้าหากค่าที่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ไม่อยู่ในช่วงการทำงานปกติของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบตรวจติดตามการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะแจ้งเตือนโดยการโพสต์ (Post) ข้อความบนหน้าโฮม (Home) ของแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ผ่านฟังก์ชันทวิต (ThingTweet) บน ThingSpeak platform ผู้ใช้งานจะได้รับการแจ้งเตือนหากชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการทำงานผิดปกติ เมื่อผู้ใช้งานได้ติดตาม (Follow) บัญชีผู้ใช้งาน (Account) ของระบบตรวจติดตามนี้ โดยในรูปที่ 3.16 แสดงถึงตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนที่ถูกโพสต์บนหน้าโฮมของบัญชีผู้ใช้งานของระบบตรวจติดตาม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสังเกตสถานะการทำงานผิดปกติต่างๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น



Monitoring-for-generator set

@ForGenerator

This tweet be created for the alert system about the parameters from the diesel generator set of KMITL Electrical engineering 4th-year students in 2018

Joined February 2562

0 Following 1 Follower

Tweets Tweets & replies Media Likes

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 5d
11/4/2019,04:46:25 Air flow is malfunction.

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 5d
11/4/2019,04:46:24 Battery Voltage < 11.5V

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 5d
11/4/2019,04:28:12 Air flow is malfunction.

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 5d
11/4/2019,04:28:11 Battery Voltage < 11.5V

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 5d
11/4/2019,03:52:47 Air flow is malfunction.

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 5d
11/4/2019,03:52:46 Battery Voltage < 11.5V

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนที่ถูกโพสต์บนหน้าโฮมของบัญชีผู้ใช้งานของระบบตรวจติดตาม

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตาม

สำหรับการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตาม จะทำการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดซึ่งเป็นหลอดไฟชนิดหลอดไส้ (Incandescent lamp) ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผงหลอดไฟชนิดหลอดไส้

การทดสอบนี้ได้ทำการบันทึกผลการทดสอบช่วงเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทำการบันทึกผลของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับช่วงการเริ่มทำงาน ได้แก่ ความชื้นของน้ำมันเครื่อง อุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง อัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ อุณหภูมิของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระดับน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิ และความชื้นของชุดตรวจติดตาม ทำการจำลองการจ่ายกระแสไฟฟ้าของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้กับโหลดที่ 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% และ 100% ของพิกัดของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และได้ทำการตรวจวัดค่าความชื้นของน้ำมันเครื่องทุก 10 ชั่วโมงการใช้งาน โดยทำการบันทึกค่าความชื้นของน้ำมันเครื่องตั้งแต่ก่อนการบรรจุลงในเครื่องยนต์ ไปจนถึงชั่วโมงการใช้งานที่ 100

4.2 ผลการทดสอบการบันทึกข้อมูลใน Micro SD card

ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ของระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ จะมีการบันทึกในรูปแบบไฟล์ข้อมูลชนิด Comma separated value (CSV) ซึ่งสามารถเปิดไฟล์ข้อมูลนี้ได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยสามารถแสดงผลการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดได้ดังตารางที่ 4.1 - 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการทดสอบช่วงการเริ่มทำงานที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak

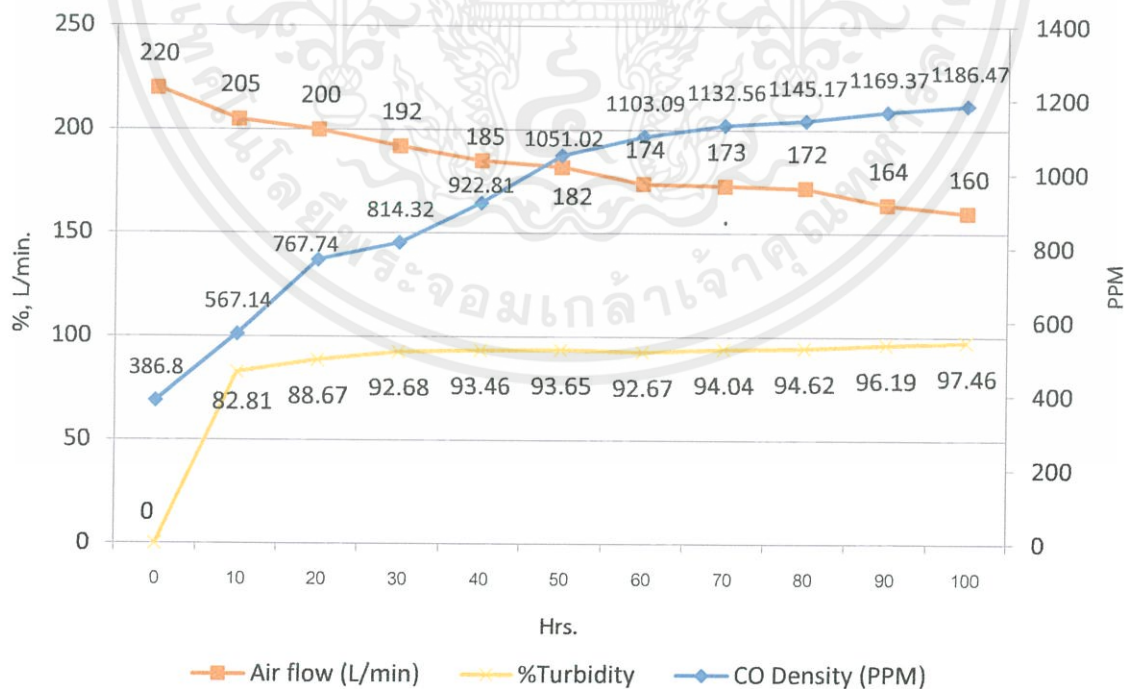
Starting Time (Sec)	Turbidity (%)	Air Flow Rate (L/min)	CO Density (PPM)	Fuel Volume (L)	Panel Temp. (°C)	Panel Humidity (%RH)	Lubricant Temp. (°C)	Generator Temp. (°C)
0	92.97	0	935.6	3.7	29.7	85.9	30.19	30.19
15	93.26	91	1085	3.7	29.7	85.5	30.25	32.58
30	93.26	102	1409	3.7	29.7	85.5	31.69	36.01
45	93.16	86	1250	3.7	29.6	85.4	32.13	39.22
60	93.16	91	866.4	3.7	29.6	85.5	32.31	41.68
75	93.16	102	1066	3.7	29.6	85.5	32.56	42.36
90	93.46	91	1317	3.7	29.6	85.6	32.63	42.36
105	93.36	91	1317	3.7	29.6	85.6	32.81	42.61
120	93.65	96	849.7	3.7	29.5	85.8	33.00	42.8
135	93.65	86	816.9	3.7	29.5	86	33.13	42.92
150	93.55	86	1008	3.7	29.4	85.9	33.81	43.55

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลการทดสอบการเพิ่มโหลดที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak

Load	Va (V)	Ia (A)	Vb (V)	Ib (A)	Vc (V)	Ic (A)	f (Hz)	P (kW)	S (kVA)	P.F.
No load	198.09	0.11	196.65	0.13	196.77	0.18	50	0	0	1
1	197.63	0.42	196.19	0.42	196.49	0.53	50	0.02	0.02	1
2	195.98	0.84	194.55	0.83	197.05	0.9	50	0.06	0.06	0.99
3	194.78	1.32	193.54	1.3	194.69	1.25	50	0.09	0.09	1
4	194.03	1.75	192.62	1.72	193.76	1.64	50	0.12	0.12	1
5	193.36	2.17	191.95	2.13	193.09	2.08	50	0.15	0.15	1
6	191.83	2.63	190.43	2.55	190.44	2.48	50	0.18	0.18	1
7	188.49	3.03	187.12	2.97	188.23	2.82	50	0.21	0.21	1
8	182.57	3.44	181.24	3.36	183.03	3.24	50	0.24	0.24	1

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak (เครื่องยนต์ 10 แรงม้า)

Hrs.	Turbidity Percentage (%)	CO density (PPM)	Air flow rate (L/min.)
0	0	386.8	220
10	82.81	567.14	205
20	88.67	767.74	200
30	92.68	814.32	192
40	93.46	922.81	185
50	93.65	1051.02	182
60	92.67	1103.09	174
70	94.04	1132.56	173
80	94.62	1145.17	172
90	96.19	1169.37	164
100	97.46	1186.47	160



รูปที่ 4.2 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้ใน 100 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่นที่บันทึกในฐานข้อมูล ThingSpeak (เครื่องยนต์ 7 แรงม้า)

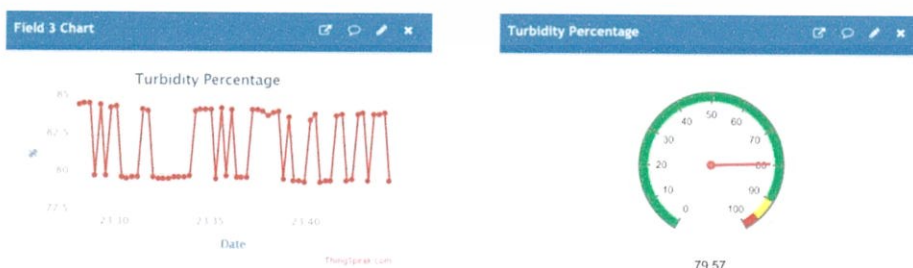
Hrs.	Turbidity Percentage (%)
0	0
10	72.24
20	93.94
30	96.09
40	99.61
50	99.99

4.3 ผลการทดสอบการแสดงผลบน ThingSpeak platform

สำหรับการแสดงผลบน ThingSpeak platform นั้นจะแสดงผลในรูปแบบของกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา และในรูปแบบของหน้าปัดซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน ซึ่งจากการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด สามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ บน ThingSpeak platform ได้ดังรูปที่ 4.3 – 4.22



รูปที่ 4.3 การแสดงผลค่าปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือ

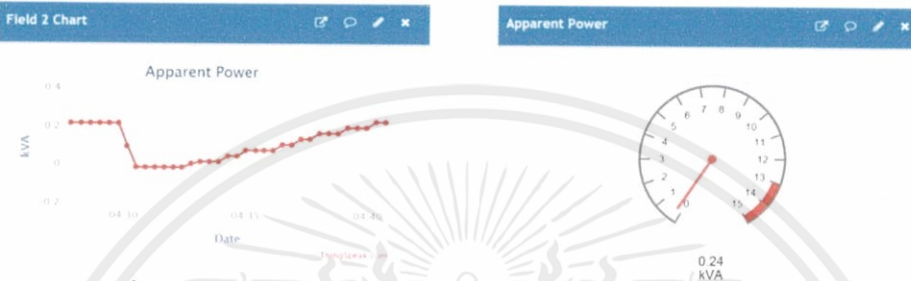


รูปที่ 4.4 การแสดงผลค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น

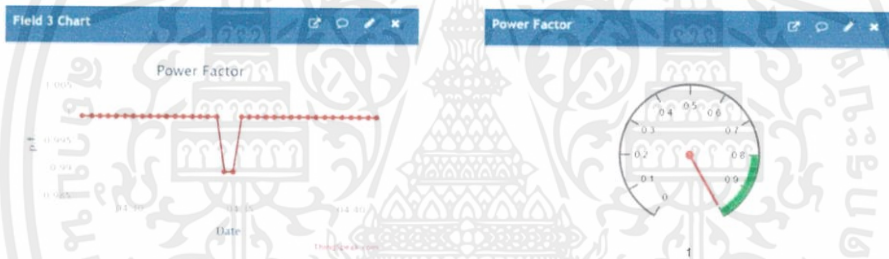
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



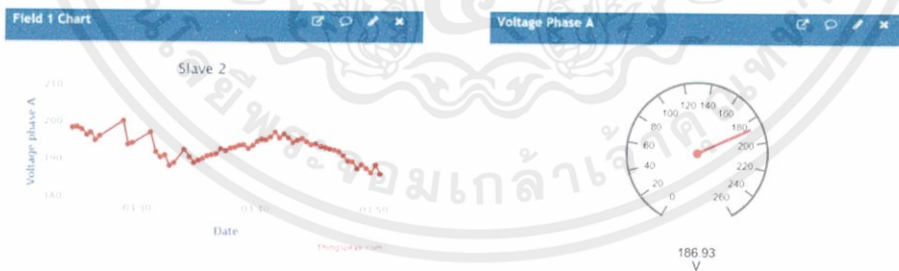
รูปที่ 4.5 การแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 4.6 การแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 4.7 การแสดงผลค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

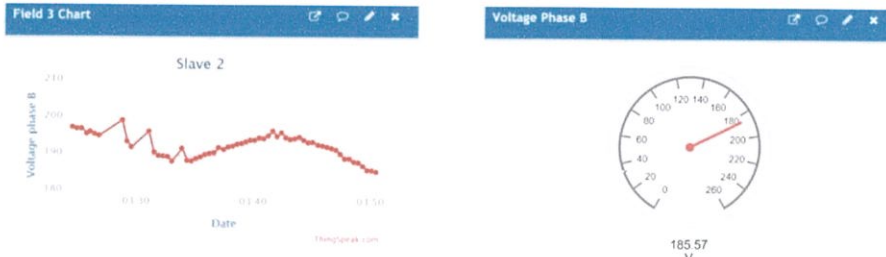


รูปที่ 4.8 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส A ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

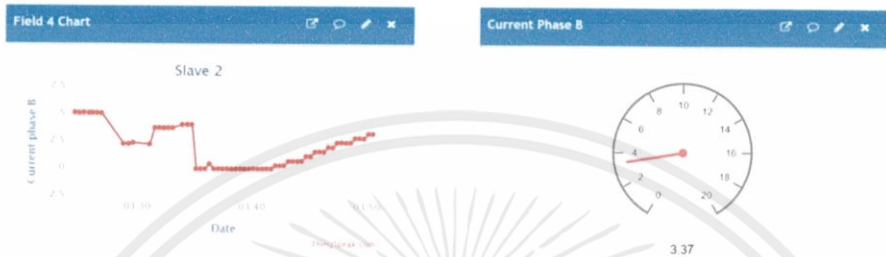


รูปที่ 4.9 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าเฟส A ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส B ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



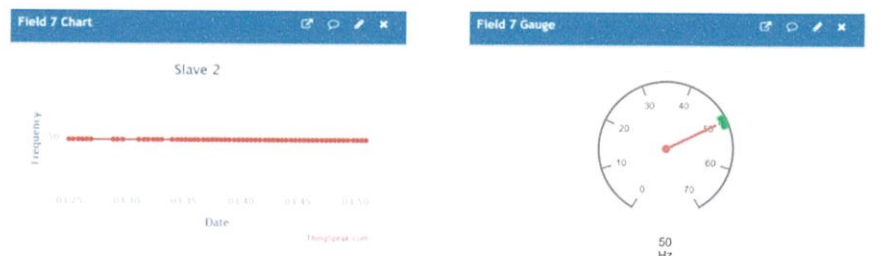
รูปที่ 4.11 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าเฟส B ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 4.12 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฟส C ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

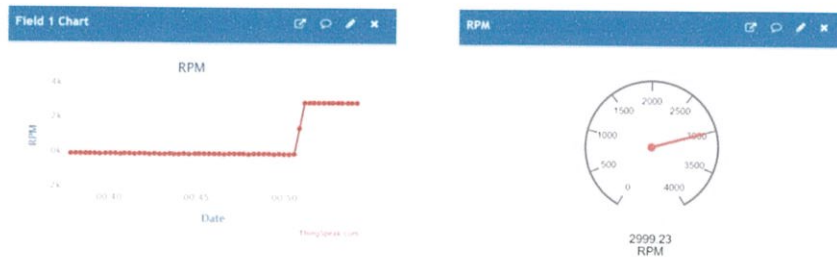


รูปที่ 4.13 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าเฟส C ที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

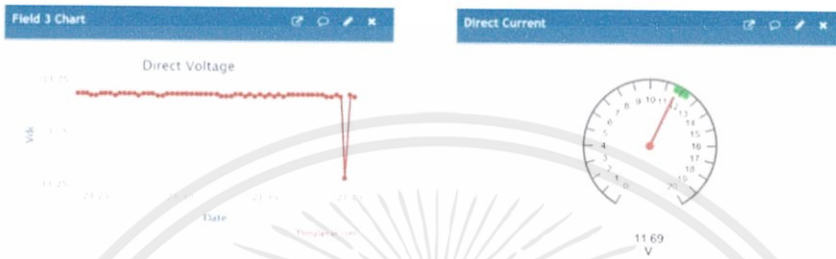


รูปที่ 4.14 การแสดงผลค่าความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



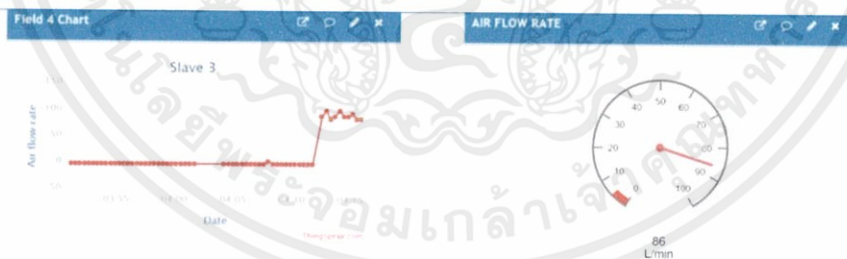
รูปที่ 4.15 การแสดงผลค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 4.16 การแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่



รูปที่ 4.17 การแสดงผลค่ากระแสไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่

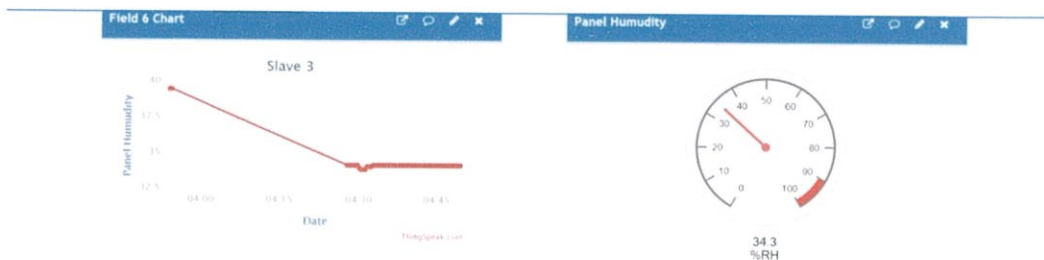


รูปที่ 4.18 การแสดงผลค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้

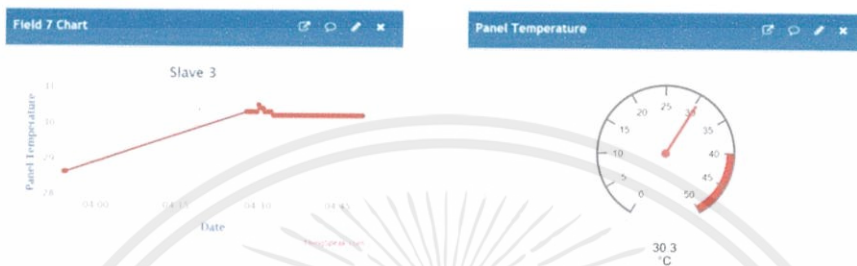


รูปที่ 4.19 การแสดงผลค่าปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสีย

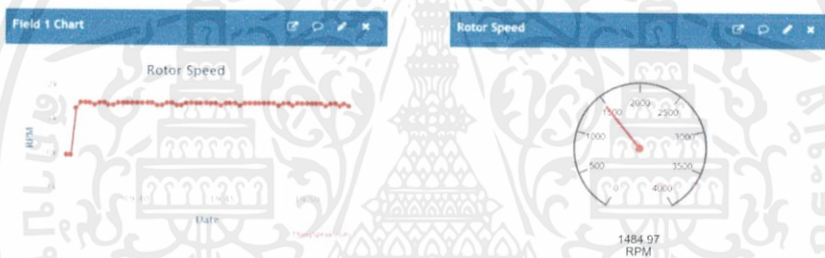
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การแสดงผลค่าความชื้นของแผงควบคุม



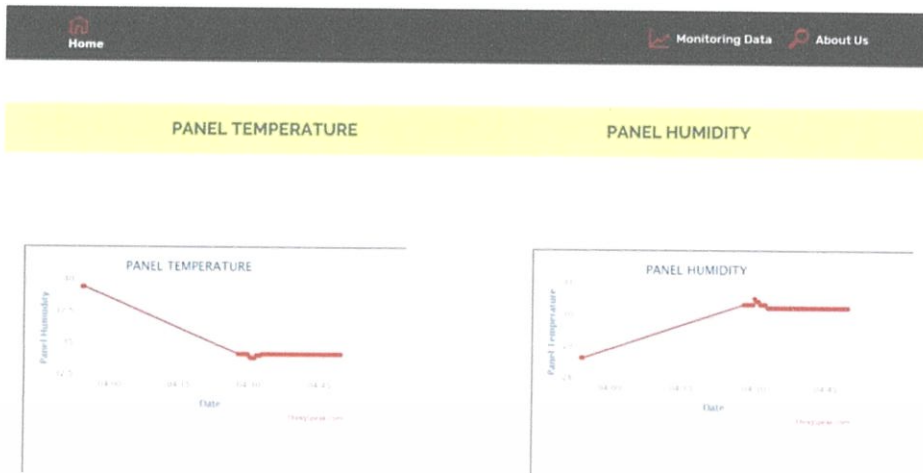
รูปที่ 4.21 การแสดงผลค่าอุณหภูมิของแผงควบคุม



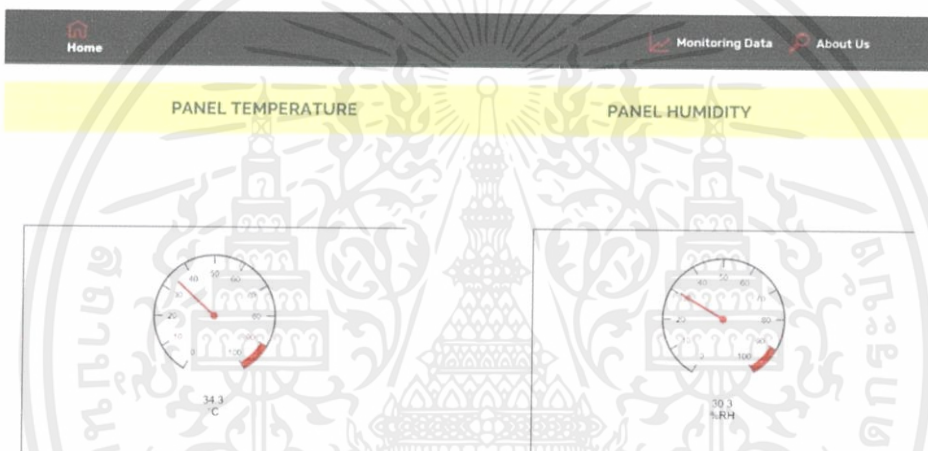
รูปที่ 4.22 การแสดงผลค่าความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.4 ผลการทดสอบการแสดงผลบนเว็บไซต์

สำหรับการแสดงผลบนเว็บไซต์นั้นจะแสดงผลในรูปแบบของกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา และในรูปของหน้าปัดซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน เช่นเดียวกับการแสดงผลบน ThingSpeak platform ซึ่งจากการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด สามารถแสดงภาพรวมของการแสดงผลบนเว็บไซต์ได้ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24



รูปที่ 4.23 การแสดงผลการทดสอบในรูปแบบของกราฟบนเว็บไซต์



รูปที่ 4.24 การแสดงผลการทดสอบในรูปแบบของหน้าปัดบนเว็บไซต์

4.5 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์

เมื่อข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ได้รวบรวมเข้ามาในระบบประมวลผลของระบบตรวจติดตามนี้ หากค่าของข้อมูลอยู่ในสภาวะผิดปกติที่ได้ทำการกำหนดไว้ ระบบตรวจติดตามจะทำการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ สามารถกำหนดสภาวะผิดปกติของข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

- เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 11.5 โวลต์ เนื่องจากชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตามนี้ ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ซึ่งถ้าหากแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 11.5 โวลต์ จะไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ ในสภาวะปกติเมื่อไม่มีการชาร์จประจุแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่จะมีค่าประมาณ 12 – 12.5 โวลต์
- เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่สูงกว่า 14.4 โวลต์ เนื่องจากชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตามนี้ ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าขณะชาร์จประจุมีค่าสูงกว่า 14.4 โวลต์ จะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ภายในแบตเตอรี่เดือด ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

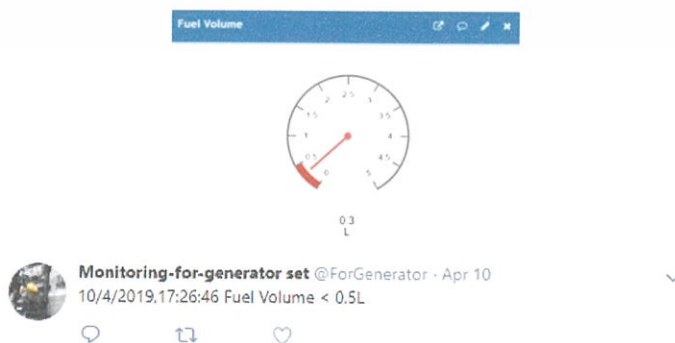
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเกิดอันตรายได้ เช่น แบตเตอรี่เกิดการระเบิด โดยในสภาวะปกติขณะเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและไดซาร์จมีการชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่จะมีค่าประมาณ 13 – 14.4 โวลต์

- เมื่อความถี่ที่ขั้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สูงเกิน 51.5 เฮิรต อาจทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหายได้ เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ออกแบบให้ใช้ไฟฟ้าที่ความถี่ 50 เฮิรต
- เมื่ออัตราการไหลของอากาศต่ำกว่าปกติ เนื่องจากไส้กรองอากาศตัน หรือ บี้มดูดอากาศชำรุด ซึ่งเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติด หรือเดินไม่เรียบ
- เมื่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือน้อยกว่า 0.5 ลิตร เนื่องจากเชื้อเพลิงปริมาณ 3.7 ลิตรจะสามารใช้ในการเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง ซึ่งควรมีการเติมเชื้อเพลิงเพื่อให้ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
- เมื่อค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิน 800 PPM อาจเกิดความผิดปกติภายในเครื่องยนต์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้ ทั้งนี้ค่าที่เกินนี้ยังทำให้สภาวะอากาศโดยรอบสกปรกได้อีกด้วย
- เมื่อคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นต่ำกว่าปกติ อาจทำให้เกิดความร้อนเกินบริเวณเครื่องยนต์ และอาจทำให้เครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้ การชุดกระบอกสูบของสิ่งเจือปนในน้ำมันเครื่อง
- เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำกว่า 200 โวลต์ เนื่องจากชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตามนี้มีพิกัดแรงดันไฟฟ้าประมาณ 200 - 240 โวลต์

หมายเหตุ: การกำหนดสภาวะผิดปกติของข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อความเหมาะสมของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบตรวจติดตาม และเพื่อให้ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

อุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ ที่มีการติดตั้งแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ และได้ทำการติดตามบัญชีผู้ใช้งานของระบบตรวจติดตามนี้ จะได้รับข้อความแจ้งเตือนขึ้นบนอุปกรณ์อัจฉริยะนั้น ซึ่งจากการทดสอบสามารถแสดงข้อความแจ้งเตือนได้ดังรูปที่ 4.25 – 4.33



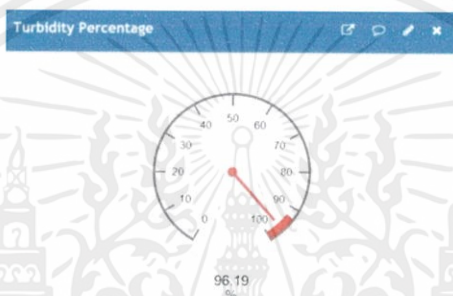
รูปที่ 4.25 การแจ้งเตือนเมื่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือน้อยกว่า 0.5 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Monitoring-for-generator set @ForGenerator · Apr 10
10/4/2019,19:26:26 CO Density > 800PPM

รูปที่ 4.26 การแจ้งเตือนเมื่อคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่า 800 PPM



Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 20s
18/4/2019,21:59:55 Lubricant Turbidity > 92.5 Percent

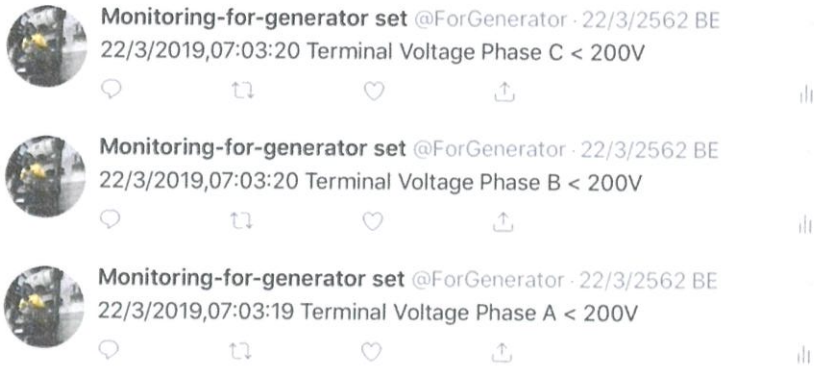
รูปที่ 4.27 การแจ้งเตือนเมื่อความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่นมากกว่า 92.5%



Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 53s
18/4/2019,20:28:19 Air Flow Rate < 10L/min.

รูปที่ 4.27 การแจ้งเตือนเมื่ออัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้น้อยกว่า 10 L/min.

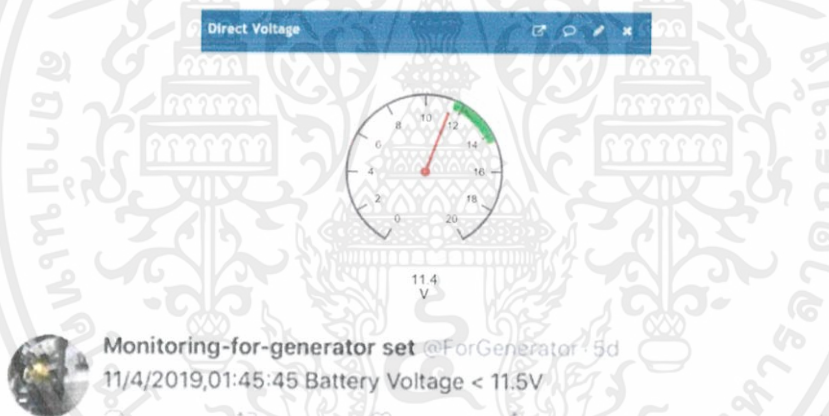
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



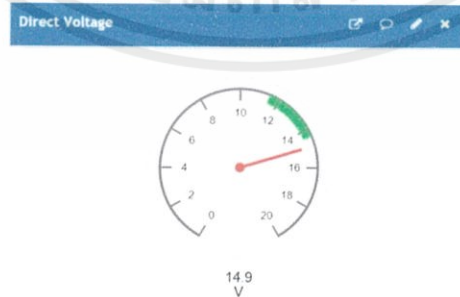
รูปที่ 4.28 การแจ้งเตือนเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำกว่า 200 โวลต์



รูปที่ 4.29 การแจ้งเตือนเมื่อค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อยกว่า 0.8



รูปที่ 4.30 การแจ้งเตือนเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 11.5 โวลต์



รูปที่ 4.31 การแจ้งเตือนเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่สูงกว่า 14.4 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frequency

44.5
Hz

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 2m
18/4/2019,21:21:13 Frequency < 47.5Hz



รูปที่ 4.32 การแจ้งเตือนเมื่อความถี่ต่ำกว่า 47.5 เฮิรท์

Frequency

60
Hz

Monitoring-for-generator set @ForGenerator · 4m
18/4/2019,21:35:40 Frequency > 51.5Hz



รูปที่ 4.33 การแจ้งเตือนเมื่อความถี่สูงกว่า 51.5 เฮิรท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

โครงการการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล ได้ดำเนินการออกแบบและประกอบสร้างระบบตรวจติดตาม และสามารถติดตั้งระบบตรวจติดตามเข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ ซึ่งจากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้สามารถทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ซึ่งได้แก่

- สามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งในสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติ โดยทำการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูล ThingSpeak ได้
- สามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในรูปของกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา และในรูปของหน้าปัดซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน บน ThingSpeak platform และเว็บไซต์ได้
- สามารถบันทึกข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใน Micro SD card ได้ ทั้งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และในกรณีที่ขาดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- สามารถแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ทั้งในสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ได้

ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะได้ทั้งในสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติ โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถวิเคราะห์และวางแผนการบำรุงรักษาได้ทันท่วงที ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตรวจสอบการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5.2 ปัญหา และข้อจำกัด

โครงการการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกลนี้ มีปัญหา และข้อจำกัดดังนี้

- ปัญหาการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่สั้น ทำให้ระบบตรวจติดตามซึ่งมีความเร็วในการประมวลผลข้อมูลประมาณ 1 วินาทีต่อรอบ ไม่สามารถตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ทเครื่องยนต์นี้ได้
- ปัญหาการสอบเทียบค่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จาก MQ-9 Gas sensor เนื่องจากคณะผู้จัดทำไม่สามารถจัดหาเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับสอบเทียบค่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปัญหาเสถียรภาพในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระบบควบคุมจากระยะไกล ถ้าหากระบบขาดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จะทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถควบคุมระบบจากระยะไกลได้

- ข้อจำกัดการเปรียบเทียบของรถยนต์ดีเซลทั้งสองชนิด เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้ทำการนำรถยนต์ดีเซลที่ไม่สมบูรณ์ทั้งสองเครื่องมาเปรียบเทียบการทำงาน จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สภาวะการทำงานของรถยนต์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

- ข้อจำกัดการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้ทำการสร้างชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากรถยนต์ดีเซลและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสที่มีอยู่ขึ้นเอง ซึ่งมีระบบรองรับการสั่นสะเทือนที่ไม่ดีเท่าที่ควร

- ข้อจำกัดการตรวจวัดความชื้นของน้ำมันหล่อลื่นขณะเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากคณะผู้จัดทำไม่สามารถที่จะติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดนี้ลงไปบนเครื่องยนต์ได้ คณะผู้จัดทำจึงจำเป็นต้องทำการตรวจวัดค่าความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น โดยการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ผ่านการเดินเครื่องในทุก ๆ 10 ชั่วโมง

- ข้อจำกัดการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูล ThingSpeak เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้สมัครสมาชิกประเภทที่ไม่มีค่าใช้จ่ายของฐานข้อมูลนี้ ทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูลถูกจำกัดที่ 15 วินาทีต่อรอบ

- ข้อจำกัดการติดตั้งระบบตรวจติดตามเข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากระบบตรวจติดตามนี้มีขนาดใหญ่ทำให้เป็นอุปสรรคในการติดตั้งตามโครงสร้างของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งในส่วนของรถยนต์ดีเซล และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาและข้อจำกัดข้างต้น โครงการการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกลนี้สามารถปรับปรุงแก้ไข และพัฒนา เพื่อความสะดวกในการใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ได้ดังนี้

- การเพิ่มความเร็วในการประมวลผลข้อมูลของระบบตรวจติดตาม โดยการลดกระบวนการที่ไม่จำเป็น และการเพิ่มหน่วยประมวลผลข้อมูล

- การจัดหาเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับสอบเทียบค่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยนำมาทำการสอบเทียบค่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จาก MQ-9 Gas sensor เพื่อให้การวัดค่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียมีความถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือ

- การปรับปรุงเสถียรภาพในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และการเลือกเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตที่มีเสถียรภาพ

- การจัดหาเครื่องยนต์ดีเซลใหม่มาเปรียบเทียบการทำงาน โดยที่เครื่องยนต์ดีเซลจะต้องไม่มีปัญหาในการทำงาน เพื่อนำไปวิเคราะห์การทำงานเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลเดิม

- การปรับปรุงฐานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้รองรับการสั่นสะเทือนที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซลมากขึ้น เพื่อทำให้เกิดความเสถียรของการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- การจัดหาวิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่นเข้ากับห้องน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซล และป้องกันการรั่วไหลของน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซลได้

- การสมัครสมาชิกประเภทที่มีค่าใช้จ่ายของฐานข้อมูล ThingSpeak หรือการเปลี่ยนไปใช้ฐานข้อมูลอื่น เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูลที่สูงขึ้น

- การออกแบบและประกอบสร้างระบบตรวจติดตามให้มีขนาดเล็กลง โดยเฉพาะในส่วนของการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ และการลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็น

นอกจากนี้หลักการการทำงานของระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบและประกอบสร้างระบบตรวจติดตามสำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ อาทิเช่น เครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟริงส์จะสามารถอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mohammad R. Abdulqader, **Diesel Generator Auxiliary Systems and Instruments**, 2nd Ed., Jordan: Najah Engineering Consultants LLC, 2012.
- [2] Muhammad Ali Mazidi, Janice G. Mazidi, and Rolin D. McKinlay, **8051 Microcontroller and Embedded Systems**, 2nd Ed., New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2005.
- [3] Michael Margolis, **Arduino Cookbook**, 2nd Ed., California: O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [4] William H. Hayt, Jack E. Kemmerly, and Steven M. Durbin, **Engineering Circuit Analysis**, 8th Ed., New York: Mc-Graw-Hill, 2012.
- [5] Rajkumar Buyya and Amir Vahid Dastjerdi, **Internet of Things**, Cambridge: Morgan Kaufmann, 2016.
- [6] EURO 3 European Emission Standard, 2000.
- [7] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, **ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า**, พ.ศ. 2559.
- [8] ประณต กุลประสูต, **ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซล**, กรุงเทพฯ: สนพ. แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- [9] ธัญชัย ตรีภาค, **คอมพิวเตอรส์และการเขียนโปรแกรม C และ Java**, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ., 2552.
- [10] กังวาน อัครไชยวศิน และ อรพิน ประวัตติบริสุทธิ์, **คู่มือสร้างเว็บไซต์ด้วย HTML 5 CSS 3 & JavaScript ฉบับสมบูรณ์**, กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, บจก., 2556.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study of Starting Operation for Generator Set using Remote Monitoring System

Mr.Matus Pratuangsatabadee, Mr.Wanawee Buranasing,
Mr.Witchayut Sudthanyarat, Ms.Wissuta Wongwanna

Advisor : Asst.Prof.Dr.Piampoom Sarikprueck, Co-advisor: Assoc.Prof.Pichit Lumyong

Abstract

This project presents a study of starting operation for generator set using remote monitoring system. This study includes the starting operation monitoring system incorporated with the steady state operation monitoring system. As for the starting operation, the various parameters is considered including the battery charging current, the clogging in fuel injector and in the intake pipe, the dynamo starter operation, the lubricant volume level, the intake air filter, and the intake air throttle valve. As for the steady state operation, the considering parameters are composed of the terminal voltage, the generator frame temperature, the engine vibration, the cooling water temperature, etc. This proposed monitoring system is processed by the microcontroller. The collected data from various sensors is transferred via an Internet of Things technology (IoT) to database in the ThingSpeak platform and in a micro SD card. The generator set malfunction is monitored and alerted on the Twitter application. Based on these smart functions, the user can therefore remotely monitor the generator set operating status in real time with the internet access.

Introduction

- The generator set needs to be monitored by human all times. This leads to highly expense on the human labor.
- During the starting operation, there may be a problem such as the engine is not working properly, the clogging in fuel injector and in the intake pipe which if these problems are not protected by immediate maintenance, it may cause damage to the system.
- This project is to design the remote monitoring system for the starting operation of the generator set with real time detecting malfunction.

Methodology

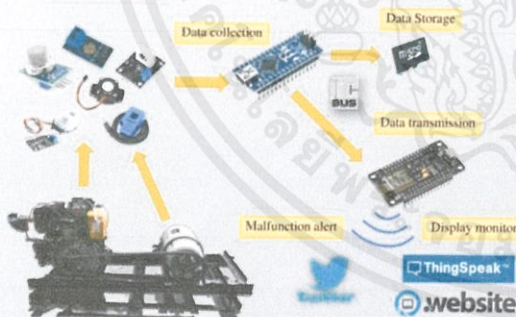


Fig.1 Methodology overview

Results

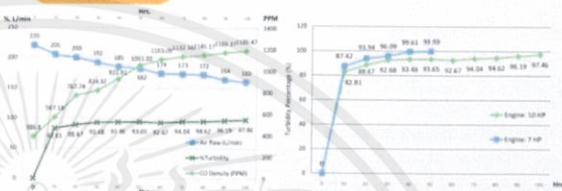


Fig.2 The 100 hours trend data of air flow, turbidity and CO density for diesel engine



Fig.3 The collected data for diesel engine in ThingSpeak platform



Fig.4 Gauges from ThingSpeak and Alert via Twitter application

Conclusion

- This monitoring system measures the important parameters for generator set especially starting state of diesel engine and sends all measured data to ThingSpeak platform every 15 seconds for checking the diesel engine performance of 10 HP diesel engine and 7 HP diesel engine.
- The important parameters for starting state have relativity that CO density is increased and air flow rate is decreased when lubricant turbidity is increased.
- This monitoring system is also able to alert users by posting the message to Twitter application homepage if the sensors data entering to ThingSpeak platform match with the uncommon condition.

References

- [1] Mohammad R. Abdulqader, Diesel Generator Auxiliary Systems and Instruments, 2nd Ed., Jordan, Najah Engineering Consultants LLC, 2012.
- [2] Muhammad Ali Mazidi, Janice G. Mazidi, and Rolin D. McKinlay, 8051 Microcontroller and Embedded Systems, 2nd Ed., Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 2005.
- [3] Rajkumar Buyya and Amir Vahid Dastjerdi, Internet of Things, Cambridge, Morgan Kaufmann, 2016.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล

A STUDY OF STARTING OPERATION FOR GENERATOR SET USING REMOTE MONITORING SYSTEM

เมธัส ประเทืองสถบตี วณวีร์ บุณลสิงห์ วิชยุตม์ สุธัญญรัตน์ และ วิสสุตา วงษ์วรณา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

บทคัดย่อ

บทความวิชาการฉบับนี้นำเสนอการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ระบบตรวจติดตามระยะไกล โดยจะทำการตรวจติดตามในสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าควบคู่กับสภาวะการทำงานปกติ โดยในสภาวะเริ่มทำงานจะพิจารณา กระแสเริ่มต้นจากแบตเตอรี่ การทำงานของไดสตาร์ท และอัตราการไหลของอากาศผ่านไส้กรองอากาศ ส่วนในสภาวะการทำงานปกติจะพิจารณา ระดับแรงดันไฟฟ้า ความชื้นของน้ำมันหล่อลื่น และความเร็วรอบของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระบบตรวจติดตามนี้จะอาศัยการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟฟิงส์ (Internet of Things: IoTs) เพื่อแสดงผลการทำงานผ่านทางเว็บไซต์ โดยเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลริงส์ปิก (ThingSpeak) และสำรองการเก็บข้อมูลใน Micro SD card สำหรับการแสดงการแจ้งเตือนสภาวะความผิดปกติที่ตรวจจับและประมวลผลได้จะแสดงผลทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ (Twitter application) โดยสามารถติดตามผลการเริ่มทำงาน และสภาวะการทำงานปกติได้โดยไม่ต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Abstract

This journal presents a study of starting operation for generator set using remote monitoring system. This study includes the starting operation monitoring system incorporated with the steady state operation monitoring system. As for the starting operation, the various parameters is considered including the battery charging current, the dynamo starter operation, and the air flow rate through the intake air filter. As for the steady state operation, the considering parameters are composed of the terminal voltage, the lubricant turbidity, the speed of the generator set, etc. This proposed monitoring system is processed by the microcontroller. The collected data from various sensors is transferred via an Internet of Things technology (IoT) to database in the ThingSpeak platform and in a micro SD card. The generator set malfunction is monitored and alerted on the Twitter application. Based on these smart functions, the user can therefore remotely monitor the generator set operating status in real time with the internet access.

1. บทนำ

ในปัจจุบันชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกล ในการใช้งานชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาตามระยะเวลา และในการตรวจสอบการทำงานหรือสถานะของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำเป็นต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้าไปตรวจสอบ ณ จุดที่ทำการติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายและเกิดความลำบากแก่เจ้าหน้าที่ เมื่อพิจารณาถึงปัญหาและความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นกับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยพิจารณาแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรก พิจารณาในช่วงสภาวะเริ่มทำงาน หรือช่วงสตาร์ท และในส่วนที่สอง พิจารณาในช่วงสภาวะการทำงานปกติ ซึ่งปัญหาและความผิดปกติทั้งสองส่วนนี้ หากไม่ได้รับการป้องกันโดยการบำรุงรักษาหรือการแก้ไขอย่างทันเวลา อาจทำให้เกิดความเสียหายกับระบบได้ จากปัญหาและความผิดปกติที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล รวมถึงพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน ความผิดปกติที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากข้อมูลที่ตรวจวัดได้ โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งทำให้สามารถวางแผนในการบำรุงรักษาได้อย่างทันท่วงที

1.1 ขอบเขตการดำเนินงาน

ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการนี้ คือ การออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมถึงพัฒนาระบบตรวจติดตามสำหรับการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความครอบคลุมมากขึ้น เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้มาแสดงสถานะการทำงานและความผิดปกติที่เกิดขึ้น วิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติต่าง ๆ เพื่อแจ้งเตือนการบำรุงรักษาในส่วนต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยที่ระบบตรวจติดตามชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะใช้การรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยี Internet of Things มีการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล ThingSpeak เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประมวลผลการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังจากนั้นจะทำการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งมีระบบแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะสะดวกต่อการวางแผนในการบำรุงรักษามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

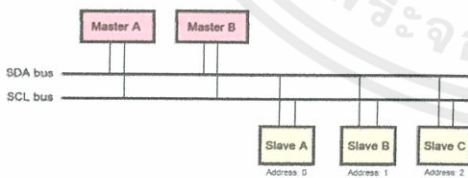
ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลักในพื้นที่ห่างไกลและเป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองในสถานที่ต่าง ๆ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือระบบไฟฟ้าในบริเวณนั้นเกิดการขัดข้อง ซึ่งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมี 2 ส่วนที่สำคัญ คือ เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องยนต์ทำหน้าที่สร้างต้นกำลังทางกลให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงานทางกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการที่เรียกว่า กฎของฟาราเดย์ คือ แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะถูกสร้างขึ้นในตัวนำ เมื่อตัวนำอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งก็คือการหมุนของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการหมุนสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด พิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะบอกเป็นโวลต์-แอมป์ (VA) ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏที่เครื่องจ่ายออกมาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กซึ่งอยู่ในรูปแบบของวงจรรวม หรือ Integrated circuit (IC) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นให้มีความสามารถในการคำนวณ ประมวลผล และการตัดสินใจต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ โดยสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการของผู้ใช้งาน

2.3 การสื่อสารในรูปแบบไอส์แคร์ซี

ไอส์แคร์ซี หรือ Inter-integrated circuit (I²C) คือ ระบบการสื่อสารของคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นระบบการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous serial transmission) ดังรูปที่ 2.1 กล่าวคือเป็นระบบการสื่อสารที่ใช้สัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล โดยมีลักษณะเด่นคือ มีการเชื่อมต่อกันเป็นระบบบัส ทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลาย ๆ อุปกรณ์ได้พร้อมกัน ซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสเลฟ (Slave)



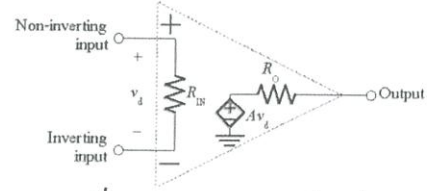
รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I²C bus

การสื่อสารในรูปแบบไอส์แคร์ซี จะใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ สายสัญญาณข้อมูล หรือ Serial data line (SDA) และ สายสัญญาณนาฬิกา หรือ Serial clock line (SCL)

2.4 ออปแอมป์

ออปแอมป์ หรือ Operational amplifier (Op-amp) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรรขยายแรงดัน โดยมีโครงสร้างภายในเป็นวงจรรที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวต้านทานทรานซิสเตอร์

ตัวเก็บประจุ และไดโอดจำนวนมาก การศึกษาเบื้องต้นสามารถแทนออปแอมป์ด้วยจรรยาสมมูลดังแสดงในรูปที่ 2.2



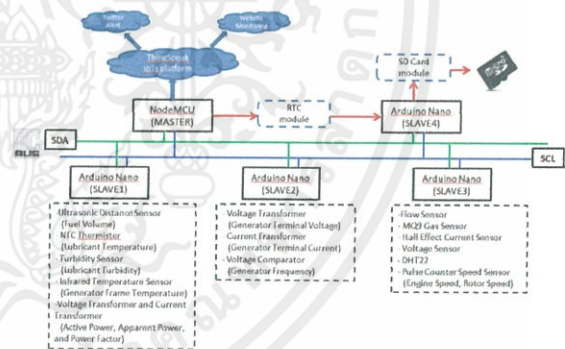
รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของออปแอมป์

ตัวอย่างการนำออปแอมป์มาใช้งานในวงจร เช่น วงจรรขยายแบบกลับขั้ว (Inverting amplifier) วงจรรขยายแบบไม่กลับขั้ว (Noninverting amplifier) วงจรตามแรงดัน (Voltage follower) วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage comparator) เป็นต้น

2.5 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของฟิงส์

อินเทอร์เน็ตของฟิงส์ มาจากคำว่า Internet of Things หรือ IoTs คือ ระบบโครงข่ายที่เชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ กับมนุษย์ ซึ่งอาศัยการส่งผ่านข้อมูลบนระบบอินเทอร์เน็ตโดยไม่จำเป็นต้องใช้การสื่อสารระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ หรือมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ เมื่ออุปกรณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ถูกติดตั้งกับเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับแพลตฟอร์มของอินเทอร์เน็ตของฟิงส์ แพลตฟอร์มนี้จะรวบรวมและเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์หลาย ๆ ชนิด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ แจ้งเตือน และคาดการณ์ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต

3. การออกแบบและประกอบสร้าง



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกล

สำหรับการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

โครงการนี้ได้ออกแบบระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดข้อมูลต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าระบบนี้ได้แบ่งเซ็นเซอร์ออกเป็น 4 ชุด โดยเซ็นเซอร์แต่ละชุดจะส่งข้อมูลไปยัง Arduino Nano ซึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟทั้ง 4 ตัว จากนั้น Arduino Nano จะส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปยัง NodeMCU ซึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ โดยที่การรับส่งข้อมูลทั้งหมดจะผ่าน I²C bus

เมื่อ NodeMCU รับข้อมูลมาจาก Arduino Nano (สเลฟ 1-3) ทั้งหมดแล้ว จะทำการส่งข้อมูลที่รับมาเป็น 2 ทาง ทางแรกคือ ส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย (Wi-Fi) เพื่อเก็บข้อมูลที่ฐานข้อมูล ThingSpeak จากนั้นจึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาแสดงผลบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เว็บไซต์ และแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ผ่านทางแอปพลิเคชัน ทวิตเตอร์ และทางที่สองคือ ส่งข้อมูลไปยัง Arduino Nano (สเลฟ 4) ซึ่งต่อกับ Micro SD card module โดยจะเป็นหน่วยเก็บข้อมูล เพื่อสำรองข้อมูลในกรณีที่เกิดการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะบันทึกข้อมูลพร้อมระยะเวลาของข้อมูลนั้น โดยอาศัย Real time clock module โดยในกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต Real time clock module จะถูกอัปเดตเวลาโดยอัตโนมัติ

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบการบันทึกข้อมูลใน Micro SD card

ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ของระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับการศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ จะมีการบันทึกในรูปแบบไฟล์ข้อมูลชนิด Comma separated value (CSV) ซึ่งสามารถเปิดไฟล์ข้อมูลนี้ได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยสามารถแสดงข้อมูลผลการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดซึ่งเป็นโหลดไฟชนิดหลอดไส้ ได้ดังตารางที่ 4.1 - 4.3

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการทดสอบช่วงการเริ่มทำงาน

Starting Time (hrs)	Turbidity (%)	Air Flow Rate (L/min)	CO Density (PPM)	Fuel Volume (L)	Fuel Sump Temp (°C)	Fuel Viscosity (cSt)	Engine Temp (°C)	Generator Temp (°C)
0	92.97	0	935.6	3.7	29.7	85.9	30.19	39.99
10	93.26	91	1085	3.7	29.7	85.5	30.25	40.05
30	93.26	102	1409	3.7	29.7	85.5	31.69	41.49
60	93.16	86	1250	3.7	29.6	85.4	32.13	41.92
90	93.16	91	856.4	3.7	29.6	85.5	32.31	42.11
73	93.16	102	1066	3.7	29.6	85.5	32.56	42.36
90	93.46	91	1217	3.7	29.6	85.6	32.63	42.56
108	93.36	91	1317	3.7	29.6	85.6	32.81	42.61
130	92.65	96	849.7	3.7	29.5	85.8	33.06	42.8
135	93.65	86	816.9	3.7	29.5	86	33.13	42.92
150	93.55	86	1008	3.7	29.4	85.9	33.81	43.55

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลผลการทดสอบการเพิ่มโหลด

Load	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _o (V)	I _o (A)	V _o (V)	I _o (A)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	Eff (%)	
No load	198.09	0.11	196.65	0.13	196.77	0.18	50	0	1	
1	197.63	0.42	196.19	0.42	196.49	0.53	50	0.02	0.02	1
2	195.98	0.84	194.85	0.83	197.05	0.9	50	0.06	0.06	0.99
3	194.78	1.32	193.54	1.3	194.69	1.25	50	0.09	0.09	1
4	194.03	1.76	192.62	1.72	193.76	1.64	50	0.12	0.12	1
5	193.36	2.17	191.95	2.13	193.09	2.08	50	0.15	0.15	1
6	191.83	2.63	190.43	2.55	190.44	2.48	50	0.18	0.18	1
7	188.49	3.03	187.12	2.97	188.23	2.82	50	0.21	0.21	1
8	182.27	3.44	181.24	3.36	183.03	3.24	50	0.24	0.24	1

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และค่าอัตราการไหลของอากาศเข้าห้องเผาไหม้

Hrs.	Turbidity Percentage (%)	CO density (PPM)	Air flow rate (L/min.)
0	0	386.8	220
10	82.81	567.14	205
20	88.67	767.74	200
30	92.68	814.32	192
40	93.46	922.81	185
50	93.65	1051.02	182
60	92.67	1103.09	174
70	94.04	1132.56	173
80	94.62	1145.17	172
90	96.19	1169.37	164
100	97.46	1186.47	160

4.2 ผลการทดสอบการแสดงผลบน ThingSpeak platform

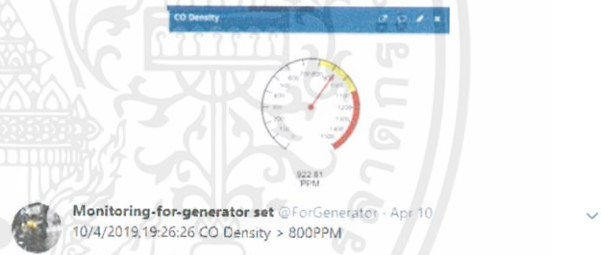
สำหรับการแสดงผลบน ThingSpeak platform นั้นจะแสดงผลในรูปของกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา และในรูปของหน้าปัดซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน ซึ่งจากการทดสอบเดินเครื่องชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด สามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ บน ThingSpeak platform ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การแสดงผลค่าความขุ่นของน้ำมันหล่อลื่น

4.3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์

เมื่อข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ได้รวบรวมเข้ามาในระบบประมวลผลของระบบตรวจติดตามนี้ หากค่าของข้อมูลอยู่ในสภาวะผิดปกติได้ทำการกำหนดไว้ ระบบตรวจติดตามจะทำการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ สามารถกำหนดสภาวะผิดปกติของข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์เกิน 800 PPM ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การแจ้งเตือนเมื่อค่าความหนาแน่นของคาร์บอนมอนอกไซด์เกิน 800 PPM

5. สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยระบบตรวจติดตามระยะไกล ได้ดำเนินการออกแบบและประกอบสร้างระบบตรวจติดตาม และสามารถติดตั้งระบบตรวจติดตามเข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ ซึ่งจากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้สามารถทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ซึ่งได้แก่ สามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งในสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติ โดยทำการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูล ThingSpeak ได้ สามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในรูปของกราฟของข้อมูลเทียบกับเวลา และในรูปของหน้าปัดซึ่งจะแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน บน ThingSpeak platform และเว็บไซต์ได้ สามารถบันทึกข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใน Micro SD card ได้ ทั้งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อ

เอกภพ นเอกภพที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และในกรณีที่ขาดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และสามารถแจ้งเตือนสถานะผิดปกติต่าง ๆ ทั้งในสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันทวีตเตอร์ได้

ระบบตรวจติดตามระยะไกลสำหรับสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะได้ทั้งในสภาวะเริ่มทำงานและสภาวะการทำงานปกติ โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ที่จุดติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถวิเคราะห์และวางแผนการบำรุงรักษาได้ทันทีทั้งนี้ ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตรวจสอบการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิชาการเรื่อง การศึกษาสภาวะเริ่มทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ระบบตรวจติดตามระยะไกล สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เปี่ยมภูมิ สฤตพฤษย์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.พิชิต สายอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี ทั้งให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์มาโดยตลอด รวมถึงการติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องของบทความ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ทั้งสองท่านเป็นอย่างยิ่ง ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากที่คณะผู้จัดทำไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ณ ที่นี้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mohammad R. Abdulqader, Diesel Generator Auxiliary Systems and Instruments, 2nd Ed., Jordan: Najah Engineering Consultants LLC, 2012.
- [2] Muhammad Ali Mazidi, Janice G. Mazidi, and Rolin D. McKinlay, 8051 Microcontroller and Embedded Systems, 2nd Ed., New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2005.
- [3] Michael Margolis, Arduino Cookbook, 2nd Ed., California: O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [4] William H. Hayt, Jack E. Kemmerly, and Steven M. Durbin, Engineering Circuit Analysis, 8th Ed., New York: Mc-Graw-Hill, 2012.
- [5] Rajkumar Buyya and Amir Vahid Dastjerdi, Internet of Things, Cambridge: Morgan Kaufmann, 2016.
- [6] EURO 3 European Emission Standard, 2000.
- [7] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า, พ.ศ. 2559.

[8] ประณต กุลประสูตร, ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซล, กรุงเทพฯ: สนพ. แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

[9] ธนัญชัย ตรีภาค, คอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม C และ Java, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ., 2552.

[10] กังวาน อัสวีไชยวดี และ อรพิน ประวัตินิรุทธิ์, คู่มือสร้างเว็บไซต์ด้วย HTML 5 CSS 3 & JavaScript ฉบับสมบูรณ์, กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, บจก., 2556.

ประวัติผู้เขียน



นายเมธัส ประเทืองสกลดี
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนเซนต์ดอมินิก
การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นายวินวีร์ บูรณ์สิงห์
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนเทพศิรินทร์
การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นายวิษยุตม์ สุดธัญญรัตน์
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนจุฬาภรณ-
ราชวิทยาลัย พิษณุโลก
การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นางสาววิสดา วงษ์วรรณ
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี
การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Digital relative humidity & temperature sensor RHT03

1. Feature & Application:

- *High precision
- *Capacitive type
- *Full range temperature compensated
- *Relative humidity and temperature measurement
- *Calibrated digital signal
- *Outstanding long-term stability
- *Extra components not needed
- *Long transmission distance, up to 100 meters
- *Low power consumption
- *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

RHT03 output calibrated digital signal. It applies exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(100m) enable RHT03 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	RHT03
Power supply	3.3-5.5V DC
Output signal	digital signal via MaxDetect 1-wire bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH (Max +-5%RH); temperature +-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Interchangeability	fully interchangeable

4. Dimensions: (unit—mm)

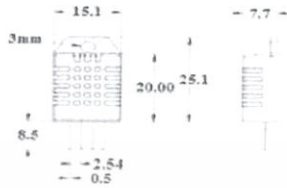
MaxDetect Technology Co., Ltd.

- 1 -

<http://www.humiditycn.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

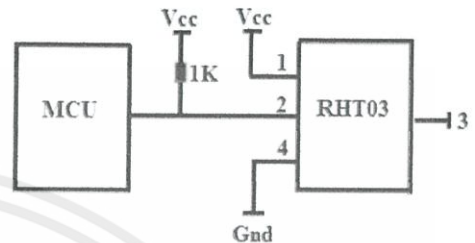
Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn , sales@humiditycn.com



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	GND
4	GND

5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

MaxDetect 1-wire bus is used for communication between MCU and RHT03. (MaxDetect 1-wire bus is specially designed by MaxDetect Technology Co., Ltd. , it's different from Maxim/Dallas 1-wire bus, so it's incompatible with Dallas 1-wire bus.)

Illustration of MaxDetect 1-wire bus:

DATA=16 bits RH data+16 bits Temperature data+8 bits check-sum

Example: MCU has received 40 bits data from RHT03 as

0000 0010 1000 1100 0000 0001 0101 1111 1110 1110

16 bits RH data 16 bits T data check sum

Here we convert 16 bits RH data from binary system to decimal system,

0000 0010 1000 1100 → 652

Binary system Decimal system

RH=652/10=65.2%RH

Here we convert 16 bits T data from binary system to decimal system,

0000 0001 0101 1111 → 351

Binary system Decimal system

T=351/10=35.1°C

When highest bit of temperature is 1, it means the temperature is below 0 degree Celsius.

Example: 1000 0000 0110 0101, T= minus 10.1°C

16 bits T data

Sum=0000 0010+1000 1100+0000 0001+0101 1111=1110 1110

Check-sum=the last 8 bits of Sum=1110 1110

MaxDetect Technology Co., Ltd.

- 2 -

<http://www.humiditycn.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn , sales@humiditycn.com

When MCU send start signal, RHT03 change from standby-status to running-status. When MCU finishes sending the start signal, RHT03 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature to MCU. Without start signal from MCU, RHT03 will not give response signal to MCU. One start signal for one response data from RHT03 that reflect the relative humidity and temperature. RHT03 will change to standby status when data collecting finished if it don't receive start signal from MCU again.

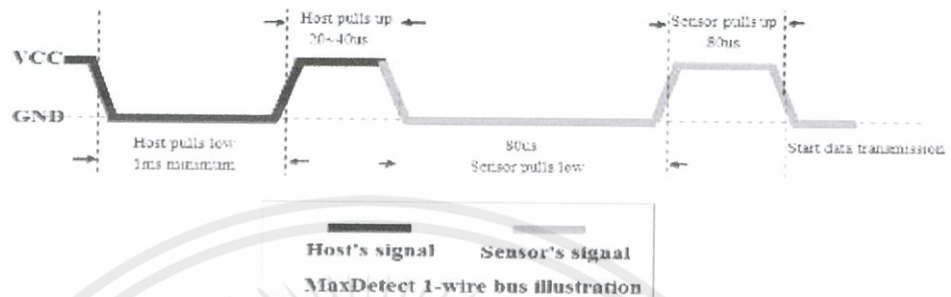
See below figure for overall communication process, the interval of whole process must beyond 2 seconds.



1) Step 1: MCU send out start signal to RHT03 and RHT03 send response signal to MCU

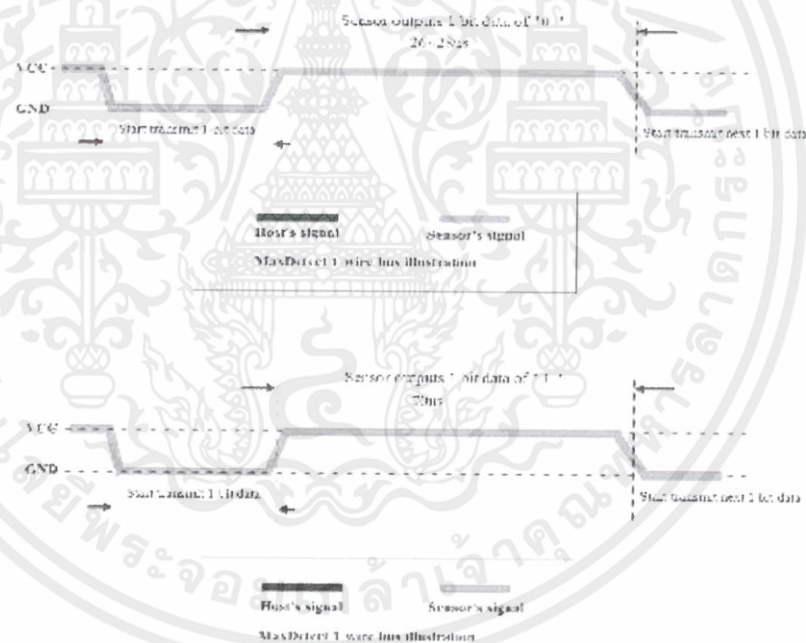
Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and RHT03 begins, MCU will pull low data-bus and this process must beyond at least 1~10ms to ensure RHT03 could detect MCU's signal, then MCU will pulls up and wait 20~40us for RHT03's response.

When RHT03 detect the start signal, RHT03 will pull low the bus 80us as response signal, then RHT03 pulls up 80us for preparation to send data. See below figure:



2). Step 2: RHT03 send data to MCU

When RHT03 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0". See below figures:



MaxDetect Technology Co., Ltd.

- 4 -

<http://www.humiditycn.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn, sales@humiditycn.com



Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

Attention:

If signal from RHT03 is always high-voltage-level, it means RHT03 is not working properly, please check the electrical connection status.

7. Electrical Characteristics:

Items	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The RHT03 sensor can recover after working in abnormal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere RHT03's sensitive-elements and debase RHT03's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the RHT03 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the RHT03 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

RHT03 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase RHT03's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

* Avoid using the sensor under dew condition.

* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of RHT03 may cause personal injury.

MaxDetect Technology Co., Ltd.

- 5 -

<http://www.humiditycn.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn, sales@humiditycn.com

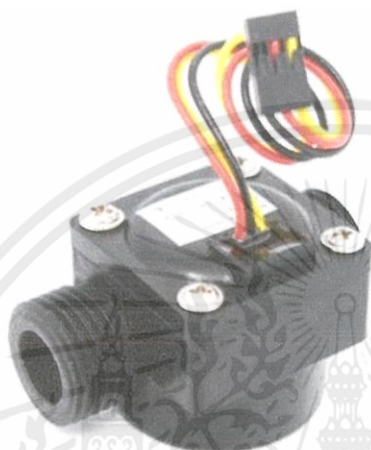
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G 1/2 Water Flow sensor

Introduction

Water flow sensor consists of a plastic valve body, a water rotor, and a hall-effect sensor. When water flows through the rotor, rotor rolls. Its speed changes with different rate of flow. The hall-effect sensor outputs the corresponding pulse signal.

Model:[POW110D3B](#)



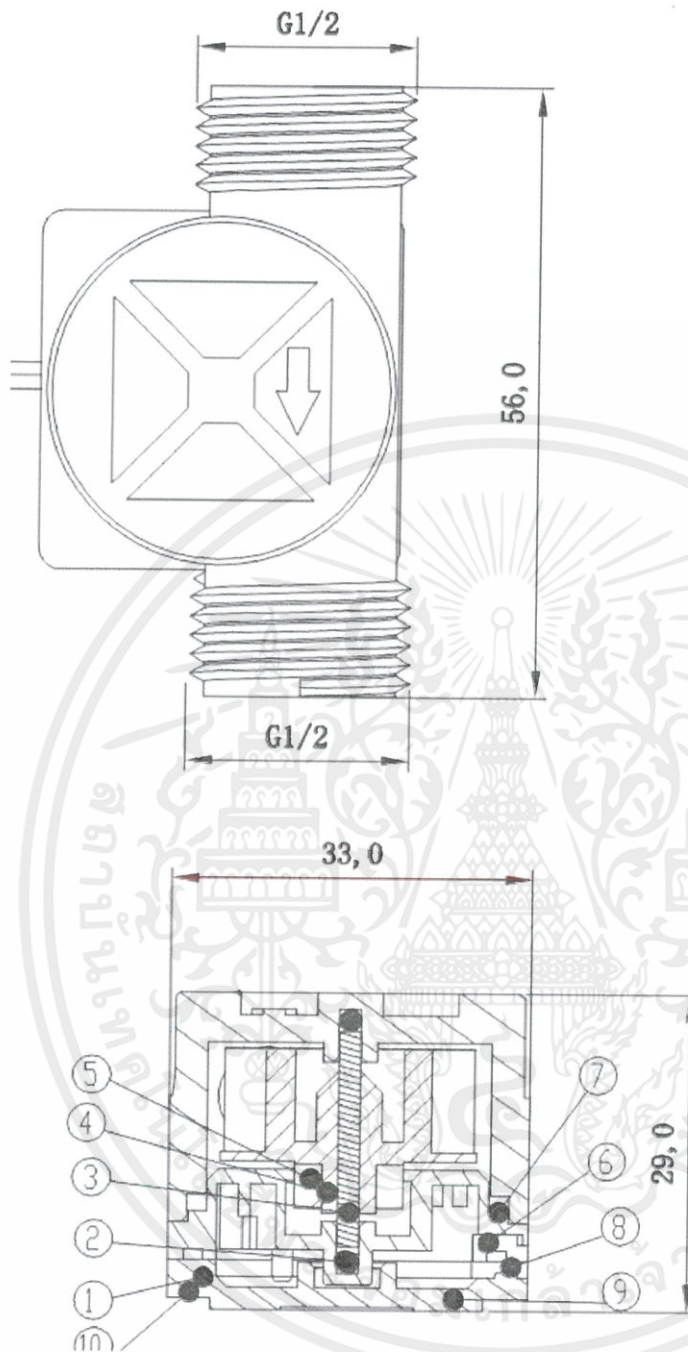
Specification

Working voltage	5V-24V
Maximum current	15 mA (DC 5V)
Weight	43 g
External diameters	20mm
Flow rate range	1~30 L/min
Operating temperature	0°C~80°C
Liquid temperature	<120°C
Operating humidity	35%~90%RH
Operating pressure	under 1.2Mpa
Store temperature	-25°C~+80°C

Mechanic Dimensions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit:mm



Sensor Components

No.	Name	Quantity	Material	Note
1	Valve body	1	PA66+33%glass fiber	
2	Stainless steel bead	1	Stainless steel SUS304	
3	Axis	1	Stainless steel SUS304	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Impeller	1	POM	
5	Ring magnet	1	Ferrite	
6	Middle ring	1	PA66+33%glass fiber	
7	O-seal ring	1	Rubber	
8	Electronic seal ring	1	Rubber	
9	Cover	1	PA66+33%glass fiber	
10	Screw	4	Stainless steel SUS304	3.0*11
11	Cable	1	1007 24AWG	

Usage Example

Note: This example is abstracted from the forum, which was done by Charles Gantt. Thanks for his contribution. Let's see how it works.

Reading Water Flow rate with Water Flow Sensor

This is part of a project I have been working on and I thought I would share it here since there have been a few threads on how to read water flow rate in liters per hour using the Water Flow Sensor found in the Seeed Studio Depo. It uses a simple rotating wheel that pulses a hall effect sensor. By reading these pulses and implementing a little math, we can read the liquids flow rate accurate to within 3%. The threads are simple G1/2 so finding barbed ends will not be that hard.

Hardware Installation

You will need Seeeduino / Arduino , Water Flow Sensor, 10K resistor, a breadboard and some jumper wires.

Wiring up the Water Flow Sensor is pretty simple. There are 3 wires: Black, Red, and Yellow. Black to the Seeeduino's ground pin Red to Seeeduino's 5v pin The yellow wire will need to be connected to a 10k pull up resistor. and then to pin 2 on the Seeeduino.

SPECIFICATION

Customer Title : XiDi Technology

Product Name: Split-core current

Manufacture Model : SCT-013-000

transformer

Characteristics: open size:13mm×13mm

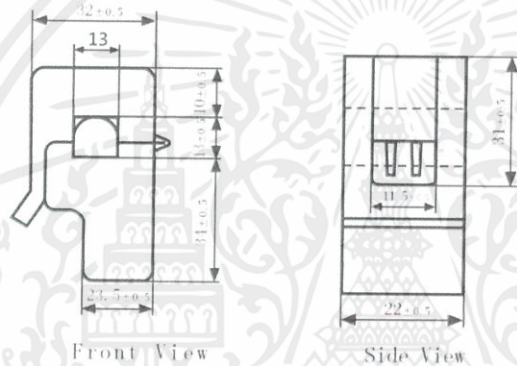
1m leading wire

Core material:Ferrite

Fire resistance property:in accordance with
UL 94 V0

Dielectric strength: 1000V AC/1min 5mA
(between shell and output)

Outline size diagram: (in mm)



TVS: Transient voltage Suppressor

Current output type

Schematic Diagram

Typical table of technical parameters:

input current	output voltage	non linearity	build in sampling resistance (Rt)
0-100A	0-50mV	±3%	Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
100A:0.05A	Grade-B	25℃~70℃	1000V AC/1min 5mA

Customer Sign:

Beijing YaoHuadechang Electronic Co.,Ltd

Phone: 0355 7929499 803

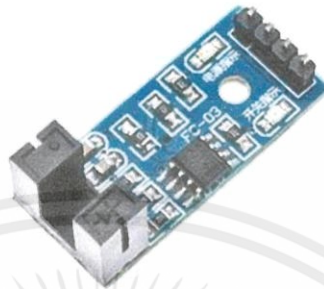
Cell: 13693334514

Contact Name: Engineer Chen

Approve Sign:Chenjianping

2011-7-26

Lm393 Motor Speed Measuring Sensor Module For Arduino



Widely used in motor speed detection, pulse count, the position limit, etc. The DO output interface can be directly connected to a micro-controller IO port, if there is a block detection sensor, such as the speed of the motor encoder can detect.

DO modules can be connected to the relay, limit switch, and other functions, it can also with the active buzzer module, compose alarm.

Main technical characteristics:

- Dimensions: 32 x 14 x 7mm.
- The sensor reading slot has a width of 5mm.
- Two outputs, one Digital and one Analog.
- LED power indicator.
- LED indicator of the output pulses of pin D0.

Features

- Using imported trough type optical coupling sensor, groove width 5 mm.
- The output state light, lamp output level, the output low level light.
- Covered : output high level; Without sunscreen : the output low level.
- The comparator output, signal clean, good waveform, driving ability is strong, for more than 15 ma.
- The working voltage of 3.3 V to 5 V
- Output form: digital switch output (0 and 1)
- A fixed bolt hole, convenient installation
- Small board PCB size: 3.2 cm x 1.4 cm
- Use the LM393 wide voltage comparator Module

USES:

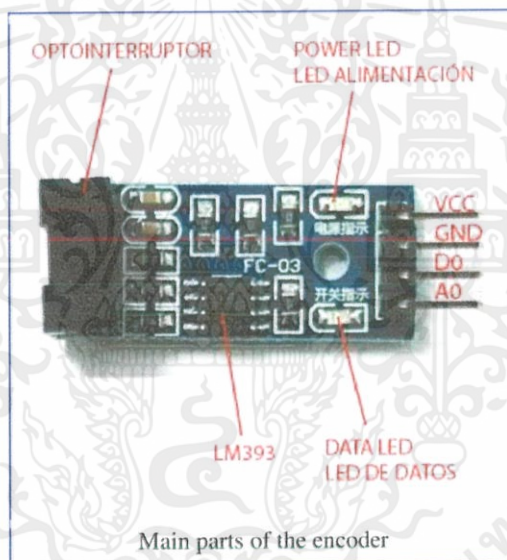
- The module without slot, the receiving tube conduction, module DO output low level, shade, the DO output high level;

- the DO output interface can be directly connected to a microcontroller IO port, if there is a block detection sensor, such as the speed of the motor encoder can detect.
- DO modules can be connected to the relay, limit switch, and other functions, can also with the active buzzer module, alarm. Product connection details: The positive 3.3-1, VCC power supply 5 v2, GND connect power cathode
- DO TTL switch signal output4, AO the module does not work Shipping list: A speed measuring sensor module

This IR speed module sensor with the comparator LM393, we can calculate the speed of rotation of the wheels of our robot. If we place a ring gear that rotates attached to our wheel. It could also be used as an optical switch.

The basic operation of this sensor is as follows; If anything is passed between the sensor slot, it creates a digital pulse on the DO pin. This pulse goes from 0V to 5V and is a digital TTL signal. Then with Arduino we can read this pulse.

Here are the different parts:



Wiring specification:

- VCC Connect the positive 3.3 5 v power supply
- GND Connect power negative
- DO TTL switch signal output
- AO This module does not work
- The module do not have Analog output.

HC-SR04 User Guide

1. Ultrasonic Distance Measurement Principles

The transmitter emits a 8 bursts of an directional 40KHz ultrasonic wave when triggered and starts a timer. Ultrasonic pulses travel outward until they encounter an object, The object causes the the wave to be reflected back towards the unit. The ultrasonic receiver would detect the reflected wave and stop the stop timer. The velocity of the ultrasonic burst is 340m/sec. in air. Based on the number of counts by the timer, the distance can be calculated between the object and transmitter The TRD Measurement formula is expressed as: $D = C \times T$ which is know as the time/rate/distance measurement formula where D is the measured distance, and R is the propagation velocity (Rate) in air (speed of sound) and T represents time. In this application T is divided by 2 as T is double the time value from transmitter to object back to receiver.

2. Product Features

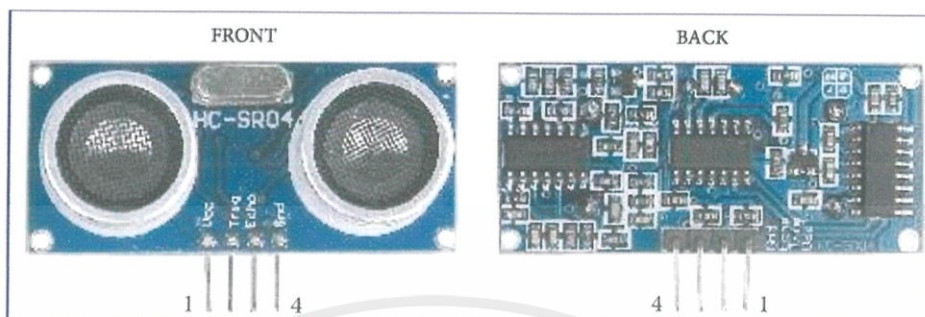
Features

- Stable performance (Xtal.)
- Accurate distance measurement
- High-density SMD Board
- Close Range (2cm)

Uses

- Robotics barrier
- Object distance measurement
- Level detection
- Security systems
- Vehicle detection/avoidance

3. Product Views



4. Module Pin Assignments

	Pin Symbol	Pin Function Description
1	VCC	5V power supply
2	Trig	Trigger Input pin
3	Echo	Receiver Output pin
4	GND	Power ground

5. Electrical Specifications

WARARNING

Do Not connect Module with Power Applied! Always apply power after connecting Connect "GND" Terminal first

Electrical Parameters	HC-SR04 Ultrasonic Module
Operating Voltage	5VDC
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Max. Range	4m
Nearest Range	2cm
Measuring Angle	15 Degrees
Input Trigger Signal	10us min. TTL pulse
Output Echo Signal	TTL level signal, proportional to distance
Board Dimensions	1-13/16" X 13/16" X 5/8"
Board Connections	4 X 0.1" Pitch Right Angle Header Pins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Module Operation

Set Trig and Echo Low to initialize module. Place a minimum 10us High level pulse to "Trigger" (module will automatically send eight 40KHz acoustic bursts). At the same time, Gate the microcontroller timer to start timing.

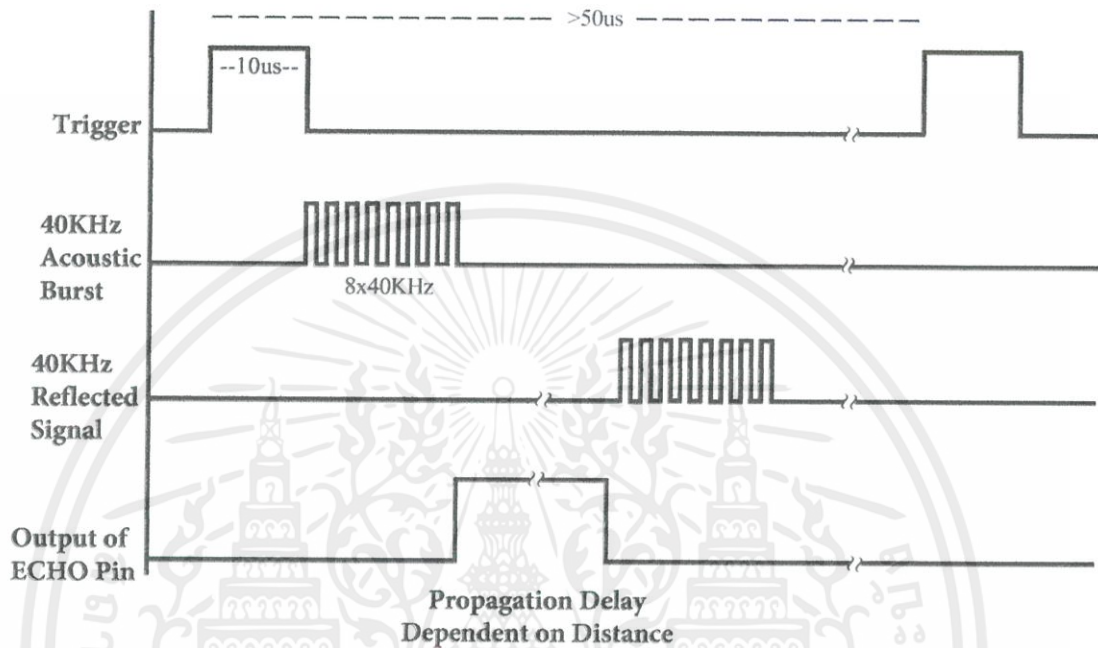
Wait to capture the rising edge output of ECHO port to stop the timer. Now read the time of the counter, which is the ultrasonic propagation time in the air. According to the formula: $\text{Distance} = (\text{ECHO high level time} \times \text{ultrasonic velocity (Speed of Sound in air 340m/sec)}) / 2$, you can calculate the distance to the obstacle.

For best results and maximum range, the Object should be larger than 0.5M² the nearer the target object, the smaller it may be



7. Module Timing

HC-SR04 ULTRASONIC MODULE



Trigger 10µs min. start measurement from microcontroller.

Max Rep. Rate: 50µs

ECHO Output pulse to microcontroller, width is the time from last of 8 40KHz bursts to detected reflected signal (microcontroller Timer gate signal)

Distance in cm = echo pulse width in µs/58

Distance in inch = echo pulse width in µs/148

Information obtained from or supplied by Mpja.com or Marlin P. Jones and Associates inc. is supplied as a service to our customers and accuracy is not guaranteed nor is it definitive of any particular part or manufacturer. Use of information and suitability for any application is at users own discretion and user assumes all risk.

MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas

Sensitive material of MQ-9 gas sensor is SnO₂, which with lower conductivity in clean air. It make detection by method of cycle high and low temperature, and detect CO when low temperature (heated by 1.5V). The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. When high temperature (heated by 5.0V), it detects Methane, Propane etc combustible gas and cleans the other gases adsorbed under low temperature. Please use simple electrocircuit, Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration.

MQ-9 gas sensor has high sensitivity to Carbon Monoxide, Methane and LPG. The sensor could be used to detect different gases contains CO and combustible gases, it is with low cost and suitable for different application.

Character

- * Good sensitivity to CO/Combustible gas
- * High sensitivity to Methane, Propane and CO
- * Long life and low cost
- * Simple drive circuit

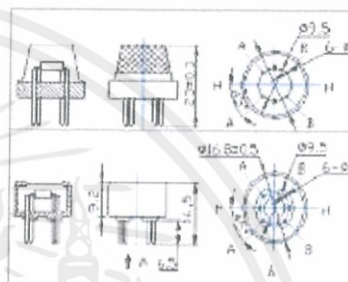
Application

- * Domestic gas leakage detector
- * Industrial gas detector
- * Portable gas detector

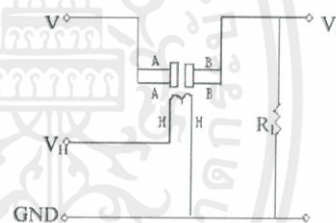
Technical Data

Model No.		MQ-9	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite	
Detection Gas		CO and combustible gas	
Concentration		10-1000ppm CO 100-10000ppm combustible gas	
Circuit	Loop Voltage	V _c	≤10V DC
	Heater Voltage	V _H	5.0V±0.2V AC or DC (High) 1.5V±0.1V AC or DC (Low)
	Heater Time	T _L	60±1S (High) 90±1S (Low)
	Load Resistance	R _L	Adjustable
Character	Heater Resistance	R _H	31Ω±3Ω (Room Tem.)
	Heater consumption	P _H	≤350mW
	Sensing Resistance	R _s	2KΩ-20KΩ (in 100ppm CO)
	Sensitivity	S	R _s (in air)/R _s (100ppm CO) ≥5
	Slope	α	≤0.6(R _{300ppm} /R _{100ppm} CO)
Condition	Tem. Humidity	20°C±2°C; 65%±5%RH	
	Standard test circuit	V _c : 5.0V±0.1V; V _H (High) : 5.0V±0.1V; V _H (Low) : 1.5V±0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Configuration



Basic test loop



The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be put 2 voltage, heater voltage (V_H) and test voltage (V_C). V_H used to supply certified working temperature to the sensor, while V_C used to detect voltage (V_R) on load resistance (R_L) whom is in series with sensor. The sensor has light polarity, V_c need DC power. V_c and V_H could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better

performance, suitable R_L value is needed:

$$\text{Power of Sensitivity body (Ps): } P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

Tel: 86-371-67169070/80 Fax: 86-371-67169090

Email: sales@hwsensor.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Resistance of sensor(Rs): $R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L$

Sensitivity Characteristics

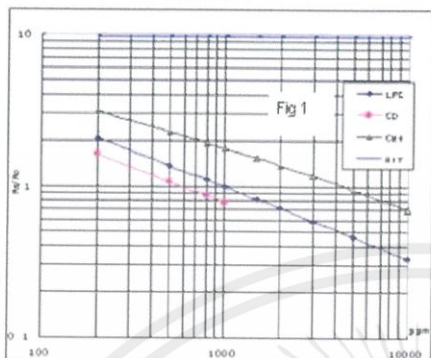


Fig.1 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-9, ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_o), abscissa is concentration of gases. R_s means resistance in different gases, R_o means resistance of sensor in 1000ppm LPG. All test are under standard test conditions.

Influence of Temperature/Humidity

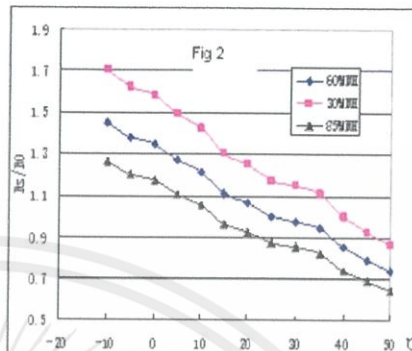
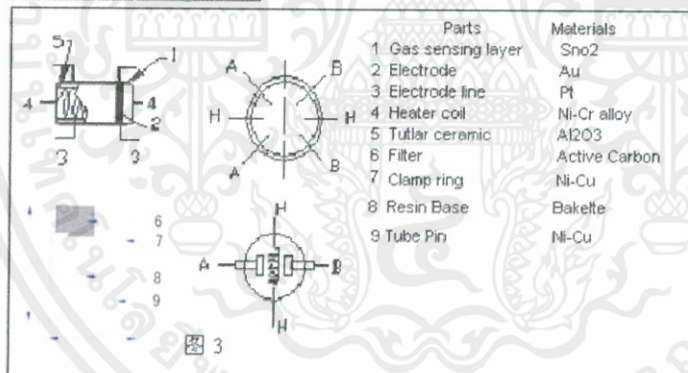


Fig.2 shows the typical temperature and humidity characteristics. Ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_o), R_s means resistance of sensor in 1000ppm Propane under different tem. and humidity. R_o means resistance of the sensor in environment of 1000ppm Propane, 20°C/65%RH

Structure and configuration



Structure and configuration of MQ-9 gas sensor is shown as Fig. 3, sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Tel: 86-371-67169070/80

Fax: 86-371-67169090

Email: sales@hwsensor.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notification**1 Following conditions must be prohibited****1.1 Exposed to organic silicon steam**

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , Cl_2 , HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when spattered or dipped in water.

1.5 Freezing

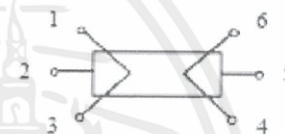
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1、3 pins or 4、6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2、4 pins

**2 Following conditions must be avoided****2.1 Water Condensation**

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor's sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, it will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stibility before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then repture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/ Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature: $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

Tel: 86-371-67169070/80

Fax: 86-371-67169090

Email: sales@hwsensor.com

RS Technical Specification A

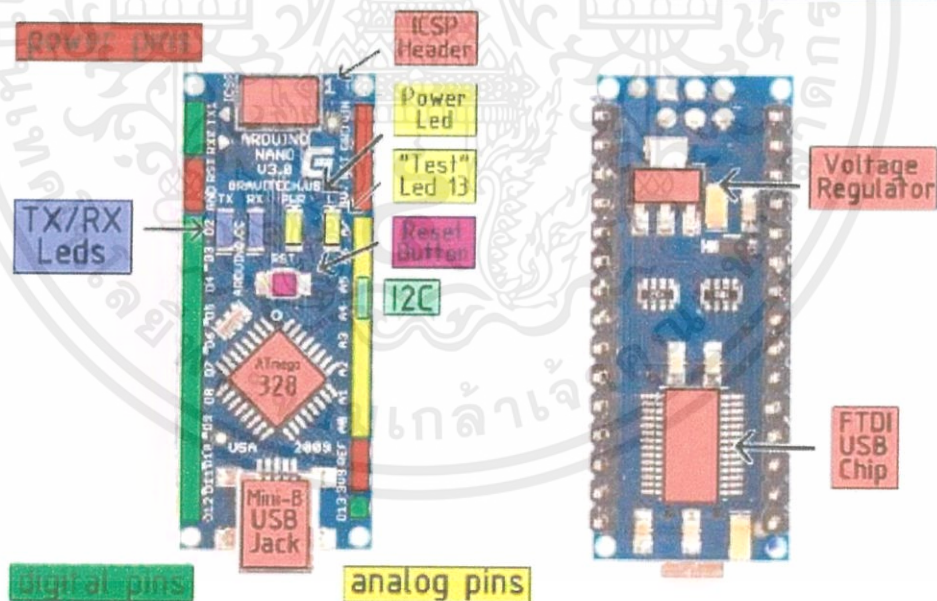
Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). *Note:* since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

Summary

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

the board



radiospares

RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power

The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

The FTDI FT232RL chip on the Nano is only powered if the board is being powered over USB. As a result, when running on external (non-USB) power, the 3.3V output (which is supplied by the FTDI chip) is not available and the RX and TX LEDs will flicker if digital pins 0 or 1 are high.

Memory

The ATmega168 has 16 KB of flash memory for storing code (of which 2 KB is used for the bootloader); the ATmega328 has 32 KB, (also with 2 KB used for the bootloader). The ATmega168 has 1 KB of SRAM and 512 bytes of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)); the ATmega328 has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM.

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Nano can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the FTDI USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Nano has 8 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega168 ports](#).



radiospares RADIONICS



Communication

The Arduino Nano has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega168 and ATmega328 provide UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An FTDI FT232RL on the board channels this serial communication over USB and the [FTDI drivers](#) (included with the Arduino software) provide a virtual com port to software on the computer. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the FTDI chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Nano's digital pins.

The ATmega168 and ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega168 or ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Nano can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Diecimila, Duemilanove, or Nano w/ ATmega168" or "Arduino Duemilanove or Nano w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega168 or ATmega328 on the Arduino Nano comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Nano is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the FT232RL is connected to the reset line of the ATmega168 or ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Nano is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Nano. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.



radiospares RADIONICS

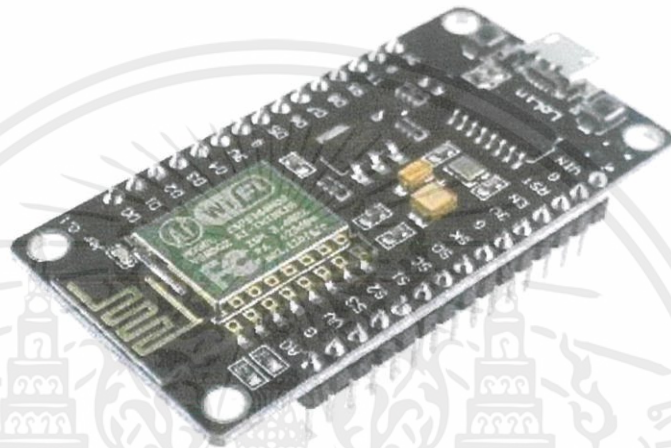




Handson Technology

User Manual V1.2

ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit



The ESP8266 is the name of a micro controller designed by Espressif Systems. The ESP8266 itself is a self-contained WiFi networking solution offering as a bridge from existing micro controller to WiFi and is also capable of running self-contained applications.

This module comes with a built in USB connector and a rich assortment of pin-outs. With a micro USB cable, you can connect NodeMCU devkit to your laptop and flash it without any trouble, just like Arduino. It is also immediately breadboard friendly.

ประวัติผู้เขียน



นายเมธัส ประเทืองสกลบดี

การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนเซนต์ดอมินิก

การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นายวนวิร์ บุณสิงห์

การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนเทพศิรินทร์

การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นายวิษุทธิ์ สุตัญญรัตน์

การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก

การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นางสาววิสุตา วงษ์วรรณนา

การศึกษาระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนอุตรดิตถ์ตรุณี

การศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้