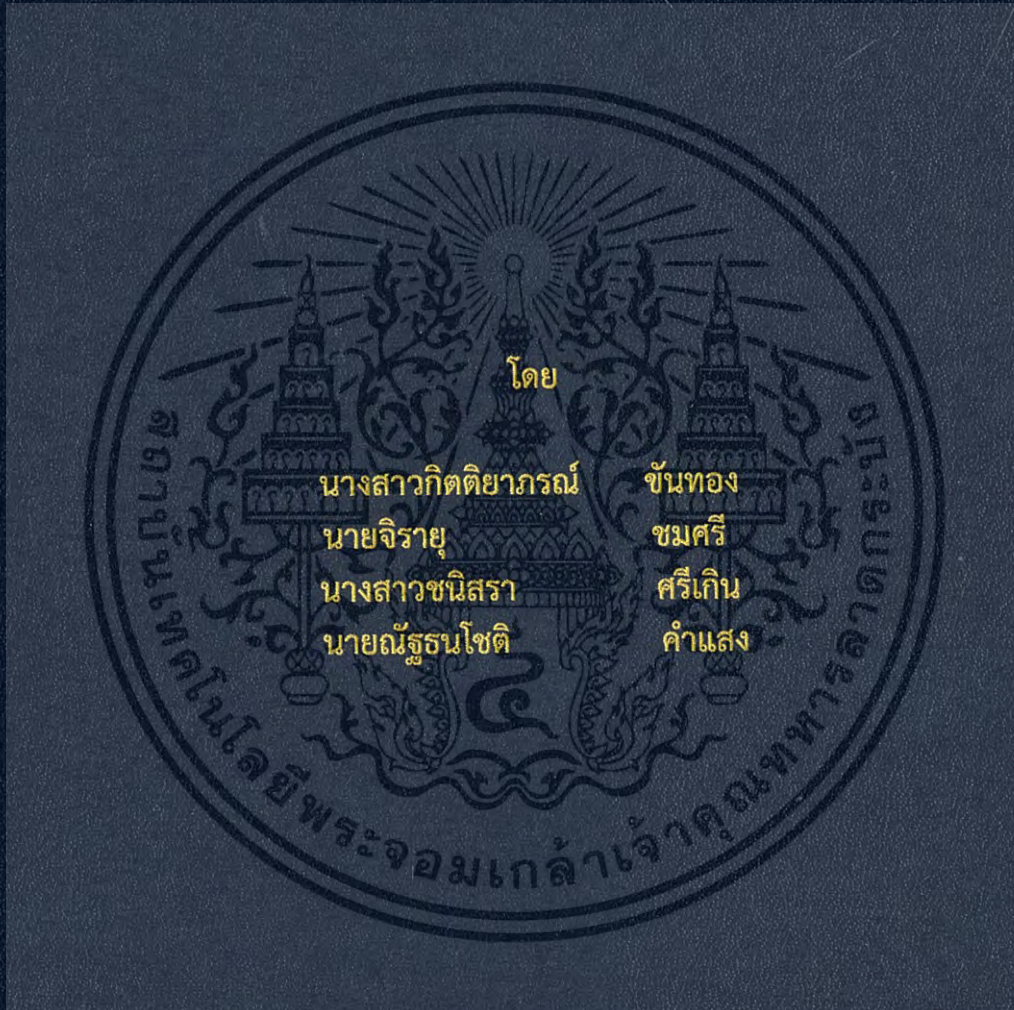


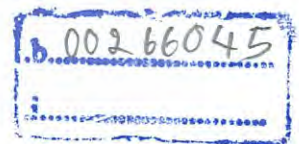
การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจ
ติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN INDUCTION MOTOR
CONDITION MONITORING SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจ
ติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN INDUCTION MOTOR
CONDITION MONITORING SYSTEM



TB00232

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN INDUCTION MOTOR CONDITION
MONITORING SYSTEM



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

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจ
ติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN INDUCTION MOTOR CONDITION
MONITORING SYSTEM



นางสาวกิตติยาภรณ์ ชันทอง
นายจิรายุ ชมศรี
นางสาวชนิสรา ศรีเกิน
นายณัฐธินโชติ คำแสง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล

รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกิตติยาภรณ์ ชื่นทอง
2. นายจิรายุ ชมศรี
3. นางสาวชนิสรา ศรีเกิน
4. นายณัฐธนโชติ คำแสง



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์.ดร.เฉลิมชาติ มานพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจ
ติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

นางสาวกิตติยาภรณ์	ชั้นทอง	
นายจิรายุ	ชมศรี	
นางสาวชนิสรา	ศรีเกิน	
นายณัฐชนโชติ	คำแสง	
ผศ.ดร.นิรุช	จิรสวรรณกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.เฉลิมชาติ	มานพ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2560		

บทคัดย่อ

ปัญญานิพนธ์นี้ เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์โดยนำระบบสนับสนุนความจริงเสมือนมาสร้างความน่าสนใจให้กับ การแสดงข้อมูล การทำงานของระบบ คือ เริ่มจากผู้ใช้งานเปิดแอปพลิเคชันในอุปกรณ์สมาร์ตโฟน แอปพลิเคชันจะเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพื่อรับข้อมูลจากโมดูลวัดค่าสำเร็จรูปและเซนเซอร์มาแสดง ในหน้าส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ซึ่งส่งผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะประมวลผลและส่งค่าไปยัง แอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ และแอปพลิเคชันจะมีการแจ้งเตือนเมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีการทำงานผิดปกติผ่านแอปพลิเคชันและจอแอลซีดี โดยระบบนี้มีอุปกรณ์ คือ โมดูลสำเร็จรูปวัด กำลังไฟฟ้า แรงดันและกระแส เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เครื่องส่งสัญญาณไร้สาย จอแอลซีดีแสดงผล วงจรควบคุม และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN INDUCTION MOTOR CONDITION MONITORING SYSTEM

Asst.Prof.Dr.Nirudh	Jirasuwankul	
Ms.Kittiyaporn	Khantong	
Mr.Chirayu	Chomsri	
Ms.Chanissara	Srikern	
Mr.Nuttanachot	Comsang	
Asst.Prof.Dr.Nirudh	Jirasuwankul	Advisor
Assoc.Prof.Dr.Chalermchart Manop		Co-Advisor

ABSTRACT

This project applies the Augment Reality technology to create an induction motor monitoring system and to prevent motor failure. This system consists of a set of three phase voltage and current sensors that are implemented with power and energy measurement IC. Those have been controlled by Arduino microcontroller and connected to internet via Wi-Fi communication module. Operating process of the system starts by opening an application on smartphone, then connecting to the Wi-Fi module to receive data from the sensors and data processing unit. The application will show the real-time data on user interface. The application has been designed with GUI function interactively on-the-fly through AR and alarm when the system detects fault.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ดีจากความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆหลายท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล และ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ ที่ได้ช่วยเหลือและคอยให้คำแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ปริญญาโทเล่มนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ อีกทั้งยังให้ยืมอุปกรณ์และสถานที่ทำการทดลองโครงการนี้

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในระหว่างการทำงานรวมทั้งเพื่อนๆที่ช่วยเหลือให้ความคิดเห็นและแนวทางการความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญาโทเล่มนี้ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดวิจัย	2
1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	7
2.2 ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality)	13
2.3 โปรแกรมยูนิตี้ทรีดี (Unity3D)	17
2.4 ไลบรารีวีฟูเรีย เอสดีเค (VuforiaSDK)	18
2.5 โปรแกรมวิชวล สตูดิโอ (Visual Studio)	18
2.6 ภาษาซีชาร์ป (C#)	19
2.7 แพลตฟอร์มไฟร์เบส (Firebase)	20
2.8 การใช้ LINE Notify กับ ESP8266	20
2.9 อาร์ดูโน้ (Arduino)	22
2.10 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)	24
2.11 จอแสดงผล Liquid Crystal Display (LCD)	26
2.12 โมดูลสำเร็จรูป PZEM-004T	28
2.13 บอร์ดประมวลผล NodeMCU Version3 (ESP8266-12E)	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.14 ตรวจสอบขุณภูมิ LM35	31
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา	32
3.1 การออกแบบระบบเฟ้าะวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	32
3.2 หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์	33
3.3 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์	37
3.4 การออกแบบการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในกรณีต่างๆ	64
3.5 อุปกรณ์การทดลอง	68
3.6 วิธีการทดลอง	69
บทที่ 4 ผลการทดลอง	70
4.1 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส สมดุล	70
4.2 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ (Under Voltage)	72
4.3 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส สูงกว่าปกติ (Over Voltage)	74
4.4 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ไม่สมดุล (Unbalance Voltage)	76
4.5 กรณีโหลดเกิน (Overload)	78
4.6 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ (Under Voltage) และโหลดเกิน (Overload)	80
4.7 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส สูงกว่าปกติ (Over Voltage) และโหลดเกิน (Overload)	82
4.8 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage) และโหลดเกิน (Overload)	84
4.9 กรณีโหลดเกิน (Overload) และอุณหภูมิเกิน (Over Temperature)	86
4.10 ผลการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify	88
บทที่ 5 สรุปผลทดสอบและข้อเสนอแนะ	91
5.1 บทสรุปของโครงการ	91
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข	92
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ	92
อ้างอิง	93
ภาคผนวก	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข.	100
ประวัติผู้เขียน	107



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 มอเตอร์บีบแรงในสถานีจ่ายก๊าซ เกิดความร้อน ทำให้เกิดประกายไฟลุกไหม้	1
1.2 มอเตอร์ไหม้ เนื่องจากแรงดันต่ำกว่าและกระแสในมอเตอร์สูง	2
2.1 สเตเตอร์ในมอเตอร์	7
2.2 โรเตอร์แบบกรงกระรอก	8
2.3 โรเตอร์แบบพันขดลวด	8
2.4 วงจรสมมูลที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	9
2.5 การใช้ AR Book	14
2.6 การจำลองส่วนในนาฬิกาของ Tissot	14
2.7 การใช้แว่น AR ขณะขับรถ BMW	15
2.8 AR Code	15
2.9 Map AR ที่แสดงข้อมูลสถานที่ต่างๆ	16
2.10 องค์ประกอบของเทคโนโลยี Augmented Reality	16
2.11 Unity3D	17
2.12 หน้าต่างโปรแกรม Unity3D	17
2.13 Vuforia SDK	18
2.14 Visual Studio	18
2.15 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio 2017	19
2.16 ภาษาC#	19
2.17 Firebase	20
2.18 การเริ่มต้นใช้งาน LINE Notify	21
2.19 การขอรหัส Access TOKEN	21
2.20 หน้าแสดงรหัส Access TOKEN ที่ออก	22
2.21 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (Arduino)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 แสดง layout และ Pin out Arduino Board (Arduino Uno R3)	23
2.23 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	24
2.24 การต่อวงจรสำหรับการสื่อสารแบบ I2C	25
2.25 ลำดับการทำงานของ การสื่อสารแบบ I2C	26
2.26 จอ Liquid Crystal Display	27
2.27 การเชื่อมต่อบอร์ดเสริม I2C เพื่อลดจำนวนพอร์ต	28
2.28 โมดูล PZEM-004T	28
2.29 การต่อวงจรของโมดูล PZEM-004T	29
2.30 NodeMCU Version 3	30
2.31 Pin Definition ของ NodeMCU Version 3	31
2.32 LM35	31
3.1 ภาพรวมของระบบ	32
3.2 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino	34
3.3 วงจร Arduino เชื่อมต่อกับ NodeMCU	35
3.4 วงจร Arduino เชื่อมต่อกับ จอ LCD	35
3.5 วงจร NodeMCU เชื่อมต่อกับ เซนเซอร์อุณหภูมิ	36
3.6 วงจรรวมทั้งหมด	37
3.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบที่ใช้ (ต่อ)	38
3.8 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบที่ใช้(ต่อ)	42
3.9 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบที่ใช้(ต่อ)	42
3.10 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบที่ใช้(ต่อ)	43
3.11 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบที่ใช้(ต่อ)	43
3.12 รายละเอียดหน้าเข้าสู่ระบบ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 รายละเอียดหน้าลงทะเบียน	44
3.14 รายละเอียดหน้าลิ้มรสผ่าน	45
3.15 รายละเอียดหน้าเมนู	46
3.16 รายละเอียดหน้า AR Camera (ส่วนเลือกมาตรฐาน)	47
3.17 รายละเอียดหน้า AR Camera (ส่วนกรอกข้อมูล)	48
3.18 รายละเอียดหน้า AR Camera (ส่วนแสดงข้อมูล)	48
3.19 รายละเอียดหน้า AR Camera (ส่วนแสดงอีเวนต์)	49
3.20 รายละเอียดหน้า AR Camera (ส่วนแสดงข้อมูล real-time)	49
3.21 รายละเอียดหน้า How to	53
3.22 รายละเอียดหน้า Warning	53
3.23 รายละเอียดหน้า Overview	54
3.24 รายละเอียดหน้า Monitoring	55
3.25 รายละเอียดหน้า Credit	56
3.26 แผนผังการทำงานการเข้าสู่ระบบ	57
3.27 แผนผังการทำงานการสมัครสมาชิก	57
3.28 แผนผังการทำงานการลิ้มรสผ่าน	58
3.29 แผนผังการตั้งค่ามาตรฐาน	59
3.30 แผนผังการรับข้อมูลจาก Database	59
3.31แผนผังการทำงานของการแจ้งเตือนสถานะของแรงดันไฟฟ้า	60
3.32แผนผังการทำงานของการแจ้งเตือนสถานะของกระแสไฟฟ้า	61
3.33 Flowchart การทำงานของ Arduino	62
3.34 Flowchart การทำงานของ NodeMCU	63
3.35 แผนภาพการจำลองสภาวะผิดปกติกรณีต่างๆ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.36 แผนภาพการจำลองสภาวะผิดปกติกรณีต่างๆ	67
3.37 วงจรการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	68
3.38 QR Code	69
3.39 การใช้งานแอปพลิเคชัน	69
4.1 หน้าแสดงสถานะค่าทางไฟฟ้าบนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสมดุล	70
4.2 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสมดุล	70
4.3 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสมดุล เฟส1	71
4.4 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสมดุล เฟส2	71
4.5 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสมดุล เฟส3	71
4.6 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ	72
4.7 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ	72
4.8 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCDกรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ เฟส 1	73
4.9 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ เฟส 2	73
4.10 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ เฟส 3	73
4.11 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ	74
4.12 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ	74
4.13 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCDกรณีแรงดันสูงกว่าปกติ เฟส 1	75
4.14 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ เฟส 2	75
4.15 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCDกรณีแรงดันสูงกว่าปกติ เฟส 3	75
4.16 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุล	76
4.17 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุล	76
4.18 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลเฟส1	77
4.19 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลเฟส2	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลเฟส3	77
4.21 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกิน	78
4.22 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกิน	78
4.23 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCDกรณีโหลดเกินเฟส1	79
4.24 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCDกรณีโหลดเกินเฟส2	79
4.25 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCDกรณีโหลดเกินเฟส3	79
4.26 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน	80
4.27 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน	81
4.28 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกินเฟส1	81
4.29 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกินเฟส2	81
4.30 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกินเฟส3	81
4.31 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน	82
4.32 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน	82
4.33 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส1	83
4.34 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส2	83
4.35 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกินเฟส3	83
4.36 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน	84
4.37 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน	84
4.38 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกินเฟส 1	85
4.39 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกินเฟส 2	85
4.40 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกินเฟส 3	85
4.41 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน	86
4.42 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการ เดือน สิงหาคม 2560 ถึง ธันวาคม 2560	4
1.2 แผนการดำเนินโครงการ เดือน มกราคม 2561 ถึง เมษายน 2561	5
2.1 ระดับแรงดันใช้งานของมอเตอร์เหนี่ยวนำตามมาตรฐาน IEC 60034-1	12
2.2 ระดับฉนวนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ความร้อนสูงสุด	13
2.3 หน้าที่การทำงานแต่ละพอร์ตของ Arduino	23
2.4 รายละเอียดของจอ Liquid Crystal Display แต่ละพอร์ตแบบขนาน	27
2.5 รายละเอียดของจอ Liquid Crystal Display แต่ละพอร์ตแบบอนุกรม I2C	28
3.1 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino เฟส R	33
3.2 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino เฟส S	33
3.3 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino เฟส T	34
3.4 การเชื่อมต่อขาของ Arduino กับ NodeMCU	35
3.5 การเชื่อมต่อขาของ Arduino กับ จอ LCD	36
3.6 การเชื่อมต่อขาของ Arduino กับ เซนเซอร์อุณหภูมิ	36
3.7 เงื่อนไขเมื่อเกิดกรณีผิดปกติต่างๆ	64
3.8 ขนาดพิกัดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	65
3.9 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสต่ำกว่าปกติ (Under Voltage)	65
3.10 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสสูงกว่าปกติ (Over Voltage)	65
3.11 กรณีกรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage)	66
3.12 กรณีไหลตเกิน (Overload)	66
4.1 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส สมดุล	70
4.2 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ	72
4.3 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส สูงกว่าปกติ	74
4.4 กรณีแรงดันไม่สมดุล	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในโรงงานอุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย หรืออาจพบเห็นได้ทั่วไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีอยู่หลายประการคือ มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองและมลภาวะมาก ราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการบำรุงรักษา เนื่องจากไม่มีแปรงถ่าน และซีคอมมิวเตเตอร์เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง อีกทั้งยังสามารถควบคุมความเร็วรอบได้ ดังนั้นการตรวจติดตามการทำงานนั้นถือเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นต่อตัวมอเตอร์เอง ต่อผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน และต่อกระบวนการการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น หากมอเตอร์หยุดการทำงานอย่างกะทันหันในโรงงานจะส่งผลให้เกิดผลเสียต่อธุรกิจเป็นอย่างมาก หรืออุณหภูมิของมอเตอร์สูงขึ้นอย่างผิดปกติเป็นสัญญาณเตือนว่าอาจมีสาเหตุจากการเสื่อมสภาพของฉนวนขดลวดทองแดง หรือ ความผิดปกติในระบบไฟฟ้าในการจ่ายแรงดัน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานสั้นและมีประสิทธิภาพไม่ดี จึงเป็นสาเหตุให้มีการศึกษาค้นคว้าและทดลองการตรวจสอบและติดตามพฤติกรรมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อบอกสถานะของมอเตอร์ที่กำลังทำงานแบบออนไลน์อย่างเที่ยงตรง อีกทั้งเพื่อความสะดวก ปลอดภัย ง่ายต่อการเข้าใจ และรวดเร็วในการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ จึงได้นำระบบสนับสนุนความจริงเสมือนเข้ามาเพื่อให้ผู้ใช้ทุกกลุ่มสามารถเข้าใจสถานะการทำงานของมอเตอร์ในปัจจุบันได้โดยง่ายโดยระบบสนับสนุนความจริงจะแสดงผลผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือบนแอปพลิเคชัน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถตรวจติดตามมอเตอร์ได้โดยตรงและสามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว



รูปที่ 1.1 มอเตอร์ป้อนแรงในสถานีจ่ายก๊าซ เกิดความร้อน ทำให้เกิดประกายไฟลุกไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่1.2 มอเตอร์ไหม้ เนื่องจากแรงดันต่ำกว่าและกระแสในมอเตอร์สูง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
2. ศึกษาตัวแปรต่างๆและมาตรฐานการวัดที่มีผลกระทบต่อมอเตอร์
3. ศึกษากระบวนการทำเครื่องวัด และระบบเครื่องมือวัด
4. ศึกษากระบวนการรับ-ส่งข้อมูลโดยใช้ Arduino และ Wi-Fi
5. ศึกษาการทำระบบสนับสนุนความจริงเสมือน Augmented Reality (AR)

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดวิจัย

โครงการเล่มนี้เป็นการศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยใช้แอปพลิเคชันที่มีระบบสนับสนุนความจริงเสมือนเป็นตัวช่วยในการแสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้สะดวก และรวดเร็ว

1. ติดตามค่าตัวแปรที่วัดได้จากมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส คือ กระแส แรงดัน และอุณหภูมิ
2. แสดงผลค่าการวัดที่หน้าจอ LCD และส่งข้อมูลการวัดโดยใช้อินเทอร์เน็ต
3. นำเสนอข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือในระบบAndroid โดยมีระบบสนับสนุนความจริงเสมือน

1.4 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

เริ่มต้นจากการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ โดยศึกษา ทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของมอเตอร์ในแบบต่างๆที่มีความ ความแตกต่างกันไปของมอเตอร์ในแต่ละตัว จากนั้นทำการศึกษการสร้างเครื่องมือสำหรับวัด มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยเลือกใช้ไมโครวัดค่าสำเร็จรูป จากนั้นศึกษาการรับส่งข้อมูลจาก เครื่องวัดไปยังแอปพลิเคชันบนระบบมือถือ Android พร้อมกับ การสร้างระบบเสมือนจริง Augmented Reality หรือ AR หลังจากทำการศึกษาแล้วจึงเริ่มลงมือทำการทดลองและออกแบบ เครื่องมือวัดสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ร่วมกับ AR โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อ แสดงผลข้อมูลการติดตามและเฝ้าระวังมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ เดือน สิงหาคม 2560 ถึง ธันวาคม 2560

เดือน หัวข้อการดำเนินโครงการ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ					
2. ศึกษาทฤษฎี โครงสร้างและการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส					
3. ศึกษาโครงสร้าง อุปกรณ์ และการทำงานของเครื่องมือวัดมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส					
4. ศึกษาการส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันด้วยอินเทอร์เน็ต					
5. ศึกษาและเรียนรู้ การทำแอปพลิเคชันด้วยภาษา C# บนระบบ Android					
6. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน Augment Reality (AR)					
7. ออกแบบและเขียนแอปพลิเคชันโดยการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน Augment Reality (AR) มาร่วมกับเครื่องมือวัดมอเตอร์ การออกแบบและสร้างระบบเฟิร์มแวร์ และตรวจการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินโครงการ เดือน มกราคม 2561 ถึง เมษายน 2561

เดือน หัวข้อการดำเนินโครงการ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
7. ออกแบบและเขียนแอปพลิเคชันโดยการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน Augment Reality (AR) มาร่วมกับเครื่องมือวัดมอเตอร์ การออกแบบและสร้างระบบเฝ้าระวัง และตรวจการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส				
8. จัดทำเครื่องวัดมอเตอร์ และทำการทดสอบโดยใช้งานจริงกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส				
9. ทำการทดลองอุปกรณ์จริง ทดสอบประสิทธิภาพ และสรุปผลที่ได้				
10. นำเสนอผลงาน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติและการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
2. สามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดกับไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับแอปพลิเคชันบน Android
4. ได้รับความรู้และความสามารถในการเขียนแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษา C# บนระบบปฏิบัติการ Android
5. ได้รับความรู้เกี่ยวกับระบบสนับสนุนความจริงเสมือนและเทคโนโลยีต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

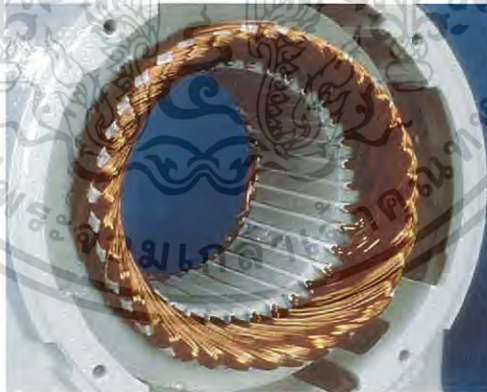
2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับที่นิยมใช้มากที่สุด อาศัยสนามแม่เหล็กหมุนซึ่งเกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 เฟสให้กับขดลวด 3 เฟส โดยจะหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส สนามแม่เหล็กจะหมุนติดกับตัวนำในโรเตอร์ ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ และเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในโรเตอร์ แต่จะหมุนไม่เท่ากับความเร็วซิงโครนัส จึงเรียกว่า Asynchronous Machine ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือ สร้างขึ้นได้ง่าย ทนทาน ราคาไม่แพง มีประสิทธิภาพสูง ต้องการการดูแลบำรุงรักษาต่ำ และสามารถที่จะเริ่มหมุน (Start) ได้ง่าย ส่วนข้อเสียคือเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบได้ยาก กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มหมุนมีค่าสูงมาก

โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักได้แก่

1. สเตเตอร์ (Stator) หรือส่วนที่อยู่กับที่

ใช้หลักการเหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนกันและอัดเป็นแท่งสำหรับเป็นร่องสอดขดลวด 3 เฟส



รูปที่ 2.1 สเตเตอร์ในมอเตอร์

2. โรเตอร์ (Rotor) หรือส่วนที่หมุน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด

2.1 โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel-cage Rotor) มอเตอร์เหนี่ยวนำใช้โรเตอร์ชนิดนี้มากถึง 90% เนื่องจากโรเตอร์ชนิดนี้สร้างได้ง่ายและทนทานที่สุด โดยทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก และทำให้เป็นร่องสอดเพื่อบรรจุตัวนำโรเตอร์ที่เป็นแท่งทองแดงหรืออะลูมิเนียมหรืออัลลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor) โรเตอร์ชนิดนี้พบมากในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีการพันขดลวดสองชั้น ภายในต่อแบบสตาร์ ปลายขดลวดต่อเข้ากับสลีปริง ถ้านำมาต่อกับความต้านทาน จะเป็นการเพิ่มแรงบิดขณะเริ่มหมุนมอเตอร์นั้นได้



รูปที่ 2.2 โรเตอร์แบบกรงกระรอก



รูปที่ 2.3 โรเตอร์แบบพันขดลวด

2.1.1 ความเร็วซิงโครนัส

เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสให้กับขดลวดอาร์มาเจอร์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเคลื่อนตัดตัวนำที่อยู่ในโรเตอร์ ความเร็วชนิดนี้เรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous speed : n_s) หาได้จากสมการ

$$n_s = \frac{120f}{P} \quad (2.1)$$

เมื่อ f : ความถี่ไฟฟ้าป้อนเข้า

P : จำนวนขั้วแม่เหล็ก

2.1.2 ความเร็วโรเตอร์และความเร็วสลีป

โรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะหมุนในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ แต่หมุนด้วยความเร็วที่น้อยกว่านั้นคือไม่เท่ากับความเร็วซิงโครนัส โดยความแตกต่างระหว่างความเร็วของสเตเตอร์และความเร็วโรเตอร์ถูกเรียกว่า ความเร็วสลีป หาได้จากสมการ

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

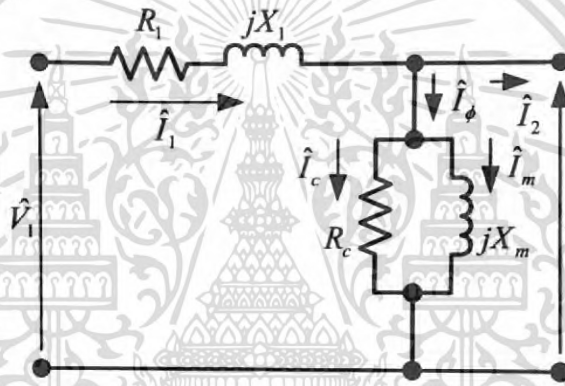
เมื่อ s : ความเร็วสลลิป

n_s : ความเร็วซิงโครนัสหรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์

n_r : ความเร็วโรเตอร์

2.1.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสที่ป้อนเข้าสเตเตอร์

จากวงจรสมมูลที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะได้ความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สเตเตอร์ (Stator induced emf : E_1) กับกระแสที่สเตเตอร์จากแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาร์มาเจอร์



รูปที่ 2.4 วงจรสมมูลที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จะได้สมการ

$$V_1 = E_1 + I_1(R_1 + jX_1) \quad (2.3)$$

เมื่อ V_1 : แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าขดลวดอาร์มาเจอร์

E_1 : แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สเตเตอร์

I_1 : กระแสไฟฟ้าที่สเตเตอร์

R_1 : Stator resistance

X_1 : Stator leakage reactance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 กำลังไฟฟ้า

กำลังงานไฟฟ้าอินพุต ($P_{i/p}$) ที่จ่ายให้กับขดลวดทั้ง 3 เฟสของสเตเตอร์ จะมีกำลังที่สูญเสีย 2 ส่วน ได้แก่การสูญเสียที่ขดลวด และการสูญเสียในแกนเหล็ก โดยส่วนที่เหลือคือกำลังเอาต์พุตของสเตเตอร์ซึ่งเท่ากับกำลังอินพุตของโรเตอร์ (P_2) แต่ในการหมุนของโรเตอร์ยังมีกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ขดลวดโรเตอร์ ผลต่างของกำลังอินพุตของโรเตอร์และการสูญเสียที่ขดลวดจะได้เป็นกำลังทางกลที่เกิดขึ้นหรือโรเตอร์เอาต์พุต (P_m) และนอกจากเกิดกำลังสูญเสียที่ขดลวดแล้ว ยังมี การสูญเสียเนื่องจากแรงลมและความฝืดเกิดขึ้นอีกด้วย จึงจะได้เป็นกำลังเอาต์พุตของมอเตอร์จริง โดยที่ กำลังงานไฟฟ้าอินพุต หาได้จาก

$$P_{i/p} = 3V_1 I_1 \cos\theta_1 \quad (2.4)$$

เมื่อ θ_1 เป็นมุมระหว่างแรงดันอินพุต V_1 กับ กระแสที่ป้อนเข้าขดลวด I_1 กำลังอินพุตของโรเตอร์ หาได้จาก

$$P_2 = P_{i/p} - \text{Stator Losses} \quad (2.5)$$

กำลังทางกลที่เกิดขึ้นหรือโรเตอร์เอาต์พุตทั้งหมด หาได้จาก

$$P_m = P_2 - P_{cu,2} \quad (2.6)$$

โดยที่ $P_{cu,2}$ คือ ความสูญเสียในขดลวดทองแดงที่โรเตอร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$P_{cu,2} = 3|I_2|^2 R_2 \quad (2.7)$$

เมื่อ I_2 คือ กระแสที่โรเตอร์โอนย้ายมาที่ด้านสเตเตอร์

R_2 คือ ความต้านทานที่โรเตอร์โอนย้ายมาที่ด้านสเตเตอร์

และกำลังเอาต์พุตของมอเตอร์ หาได้จาก

$$P_{o/p} = P_m - P_{mech,loss} \quad (2.8)$$

เมื่อ $P_{mech,loss}$ คือ Mechanical loss of Induction Motor

2.1.5 การติดตามและเฝ้าระวังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

ในระบบอุตสาหกรรมมีการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำจำนวนมาก ซึ่งโดยปกติจะถูกใช้งานเป็นเวลานาน ขดลวดทองแดงจะมีความร้อนสูง ส่งผลให้ฉนวนในมอเตอร์เสื่อมลง อายุการใช้งานมอเตอร์ก็จะลดลงด้วย จากปกติที่สามารถใช้ได้ถึง 20 ปี สาเหตุที่ทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งควรนำมาติดตามและเฝ้าระวังความผิดปกติที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้ใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วทั้ง โดยจะมีการติดตามผลและเฝ้าระวังในจุดที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหา ได้แก่ แรงดัน (Voltage Monitoring) กระแส (Current Monitoring) และอุณหภูมิ (Temperature Monitoring)

1. การติดตามและเฝ้าระวังด้านแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า (Voltage Monitoring)

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้มอเตอร์เสียหายอาจเกิดมาจากแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าผิดปกติ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ ความผิดปกตินี้ประกอบด้วย

1.1 แรงดันเกิน (Over-Voltage) การจ่ายแรงดันที่สูงเกินไปให้มอเตอร์เป็นการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กเข้าสู่สภาวะอิ่มตัว เป็นเหตุให้มอเตอร์ต้องดึงกระแสไฟฟ้ามากขึ้น ผลที่ตามมาคือเกิดความร้อนและอายุการใช้งานก็จะสั้นลงตามไปด้วย ซึ่งมาตรฐาน NEMA MG-1 ระบุว่ามอเตอร์สามารถใช้งานได้ที่แรงดันไม่สูงกว่า 110% ของพิกัด ส่วนมาตรฐาน IEC 60034-1 ระบุให้ใช้ไม่สูงกว่า 105% ของพิกัด

1.2 แรงดันต่ำ (Under-Voltage) การจ่ายแรงดันที่ต่ำเกินไป กระแสไฟฟ้าจะถูกป้อนมากขึ้น เพื่อให้กำลังไฟฟ้าจ่ายคงเดิม ทำให้เกิดความร้อนสูงที่ขดลวดในมอเตอร์ ส่งผลให้ความเป็นฉนวนลดลงและอายุการใช้งานสั้นลงด้วย หรืออีกสาเหตุอาจเกิดจากระยะห่างระหว่างมอเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ซึ่งมาตรฐาน NEMA MG-1 ระบุว่ามอเตอร์สามารถใช้งานได้ที่แรงดันไม่ต่ำกว่า 90% ของพิกัด ส่วนมาตรฐาน IEC 60034-1 ระบุให้ใช้ไม่ต่ำกว่า 95% ของพิกัด

1.3 แรงดันไม่สมดุล (Unbalance-Voltage)

ความไม่สมดุลของระดับแรงดันไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสไม่เท่ากันด้วย ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของขดลวด หากว่าความไม่สมดุลเกินกว่าที่ยอมรับได้ อาจสร้างความเสียหายต่อมอเตอร์ตามมา

$$\text{แรงดันเฉลี่ยแต่ละเฟส} = \frac{V_{ab} + V_{bc} + V_{ca}}{3} \quad (2.9)$$

จากนั้นหาความต่างที่มากที่สุดระหว่างแรงดันเฉลี่ยแต่ละเฟสที่คำนวณกับแรงดันแต่ละเฟส

จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\%VB = (\text{ความต่างของแรงดันที่มากที่สุด} \div \text{แรงดันเฉลี่ยแต่ละเฟส}) \times 100\% \quad (2.10)$$

โดยที่ %VB คือ Voltage Unbalance

ตารางที่ 2.1 ระดับแรงดันใช้งานของมอเตอร์เหนี่ยวนำตามมาตรฐาน IEC 60034-1

แรงดันไฟฟ้าที่พิกัด (Rated Voltage)	ระดับแรงดันต่ำสุด (Minimum Voltage)		ระดับแรงดันสูงสุด (Maximum Voltage)		ความถี่ไฟฟ้าที่พิกัด (Rated Frequency)
	95%	110%	95%	110%	
220	209	198	231	242	50
230	219	207	242	253	60
380	361	342	399	418	60
460	437	414	483	506	60

2. การติดตามและเฝ้าระวังด้านกระแสไฟฟ้า (Current Monitoring)

การขับภาระทางกลเกินกำลังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง เมื่อกระแสที่ไหลเกินค่าที่พิกัดจะทำให้มีความร้อนเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องเฝ้าระวัง โดยมาตรฐาน NEMA MG-1 ระบุว่าเมื่อมอเตอร์ทำงานที่แรงดันพิกัด ความถี่ที่พิกัด และกำลังขาออกที่พิกัด กระแสไฟฟ้าจะไม่เปลี่ยนแปลงจาก Nameplate เกิน 10% กล่าวคือกระแสขณะขับโหลดเต็มพิกัดสามารถมีค่าได้ไม่ต่ำกว่า 90% หรือไม่สูงกว่า 110% ของค่าที่ Nameplate ส่วนมาตรฐาน IEC 60034-1 ไม่ได้ระบุช่วงที่เปลี่ยนแปลงได้ของกระแสไฟฟ้าที่ Nameplate แต่ให้ค่าพิกัดที่ Nameplate เป็นค่าที่แน่นอน

3. การติดตามและเฝ้าระวังด้านอุณหภูมิ (Temperature Monitoring)

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้อายุการใช้งานมอเตอร์ลดลงคือการใช้งานมอเตอร์ที่ความร้อนสูงเป็นเวลานาน มีการระบายความร้อนที่จำกัด หรือมาจากแรงดันที่เปลี่ยนแปลงทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ฉนวนขดลวดเสื่อมสภาพลง ดังนั้นจึงต้องมีการติดตามผลอุณหภูมิเพื่อป้องกันความเสียหาย ซึ่งจะมีการแบ่งระดับชั้นทางความร้อนของฉนวนสำหรับมอเตอร์ ตามตารางจากมาตรฐาน IEC 85

ตารางที่ 2.2 ระดับฉนวนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ความร้อนสูงสุด

Insulation Class	Maximum Temperature (°C)
O or Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	220

โดยที่อุณหภูมิสูงสุดนั้นหมายถึงอุณหภูมิห้องสูงสุดรวมกับอุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้และค่าเผื่อทางอุณหภูมิซึ่งคือค่าที่เผื่อไว้ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของขดลวดและอุณหภูมิ การวัดอุณหภูมิทำในขณะสภาวะคงตัว (Steady State) โดยตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ที่กลางมอเตอร์สำหรับมอเตอร์แบบเปิด ส่วนมอเตอร์แบบปิดจะอยู่ที่ตำแหน่งระหว่างกึ่งกลางถึงตำแหน่งที่ได้รับผลกระทบความร้อนจากพัดลมน้อยที่สุด

2.2 ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality)

Augmented Reality หรือ ระบบความจริงเสมือน คือ เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมา มีการผสมผสานกับโลกจริงเข้ากับภาพที่ถูกสร้างขึ้น แสดงผ่านการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ และซอฟต์แวร์ เช่น แสดงภาพผ่านสมาร์ทโฟน เป็น รูปภาพ วิดีโอ ภาพกราฟิก ภาพสามมิติ หรือข้อความ ซึ่งอาจมีเสียงเป็นส่วนประกอบ

ปัจจุบัน AR เริ่มมีบทบาทมากขึ้นกับชีวิตประจำวันและการทำงานเพื่อความสะดวก ในยุคที่มีการสื่อสารการรับส่งข้อมูลถึงผู้ใช้อย่างรวดเร็ว ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการแพทย์ การบันเทิง การศึกษา การท่องเที่ยว วิศวกรรมและอุตสาหกรรม เช่น

1. ด้านการศึกษา สื่อการสอนของเด็ก AR Book ที่นำการกล้องจากสมาร์ทโฟนส่องไปยังหนังสือก็จะปรากฏเป็นภาพสามมิติที่มีเสียง และการเคลื่อนไหวของภาพบนจอในตำแหน่งและทิศทางเดียวกับที่กล้องจับได้ ทำให้เด็กสนใจมากขึ้นกับการอ่านหนังสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การใช้ AR Book

2. การสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ เช่น บริษัท Tissot สามารถให้ลูกค้าจำลองสวมใส่สินค้าที่เหมือนจริง ผ่านหน้าจคอมพิวเตอร์ที่มีกล้อง ให้ตัดสินใจก่อนกดเลือกสั่งซื้อ



รูปที่ 2.6 การจำลองสวมใส่นาฬิกาของ Tissot

3. การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น บริษัท BMW ได้มีการนำเทคโนโลยีมาร่วมกับแว่น AR เพื่อสวมใส่ขณะขับรถ ซึ่งเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยจะจำลองการขับรถในแบบสามมิติ และสามารถให้ข้อมูลในระหว่างการเดินทาง ความเร็วขณะขับรถ และมีการเตือนอันตรายเมื่ออยู่บริเวณจุดอันตราย เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ซึ่งจะปรากฏบนกระจกแว่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การใช้แว่น AR ขณะขับรถ BMW

2.2.1 ประเภทของเทคโนโลยี Augmented Reality

เทคโนโลยี Augmented Reality แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการใช้งานในแต่ละวัตถุประสงค์ ตามความเหมาะสม ซึ่งแตกต่างกันออกไป ดังนี้

1. Marker Based Augmented Reality หรือ AR Code คือ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker (สัญลักษณ์) เป็นหลักในการทำงาน โดยใช้กล้องถ่ายรูป ส่งไปที่ Maker จะปรากฏเป็นภาพสามมิติ ซึ่งมีความนิยมเนื่องจากสามารถจดจำได้ง่ายและใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลน้อย และถูกต้องแม่นยำ



รูปที่ 2.8 AR Code

2. Marker-less Based Augmented Reality คือ การวิเคราะห์จากคุณลักษณะต่างๆ ณ จุดๆนั้นในภาพ เช่น แอปพลิเคชันที่ใช้ร่วมกับ อุปกรณ์ GPS ซึ่งมีข้อมูลต่างๆบันทึกอยู่ตามสถานที่ที่ตั้ง เช่น การทำ Map AR การค้นหาข้อมูลสถานที่ต่างๆ ร้านค้าในบริเวณใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 Map AR ที่แสดงข้อมูลสถานที่ต่างๆ

2.2.2 องค์ประกอบของเทคโนโลยี Augmented Reality

1. Maker หรือ AR Code คือ สัญลักษณ์ที่ใช้กำหนดหรือเป็นตัวระบุสิ่งที่เราต้องการ
2. Eye คือ ส่วนที่ใช้จับภาพ กับ Maker หรือ AR Code เช่น กล้องจากโทรศัพท์มือถือ
3. AR Engine คือ ส่วนประมวลผล โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรม
4. Display ส่วนแสดงผล แสดงบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ หรือ บนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของเทคโนโลยี Augmented Reality

2.2.3 หลักการทำงานเทคโนโลยี Augmented Reality

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นการวิเคราะห์ภาพหรือตัว Marker เมื่อกล้องจับภาพที่ต้องการแล้วทำการค้นหาจากฐานข้อมูล
2. คำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) เมื่อกล้อง และ Marker จับภาพได้ภาพที่ได้จะแสดงในตำแหน่งรูปแบบเมตริกซ์ ซึ่งใช้อ้างอิงตำแหน่งในกล้องกับ Marker
3. 3D Rendering การเพิ่มข้อมูลที่เราต้องการ ลงไปเพื่อให้ได้ภาพที่แสดงบนกล้อง จากขั้นตอน วิเคราะห์ภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ บอกตำแหน่งที่ต้องการแสดง

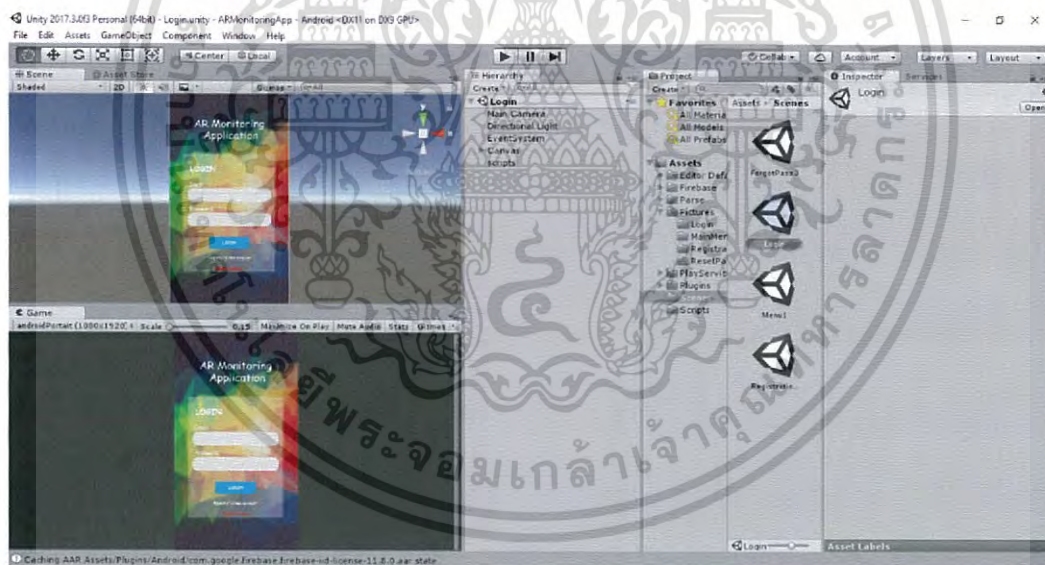
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โปรแกรมยูนิตี้ทรีดี (Unity3D)



รูปที่ 2.11 Unity3D

Unity3D คือ เครื่องมือที่และชุดซอฟต์แวร์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้สร้างเกมมากยิ่งขึ้น โดยสามารถสร้างเกมได้ทั้งแบบ 3 มิติ และ 2 มิติ ซึ่งตัวโปรแกรมสามารถทำงานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows และ OS X และผลงานที่ทำขึ้นยังสามารถสร้างเพื่อใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม เช่น Windows phone 8, OS X, Android, iOS, Website, Blackberry 10, Windows, Windows Store Apps, Mac, Linux, Web player, Oculus Rift, PS3, PS4, PSVITA, PS mobile, Xbox one, Xbox 360 และ Wii U



รูปที่ 2.12 หน้าต่างโปรแกรม Unity3D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โลบราลีวูเฟเรีย เอสดีเค (Vuforia SDK)



รูปที่ 2.13 Vuforia SDK

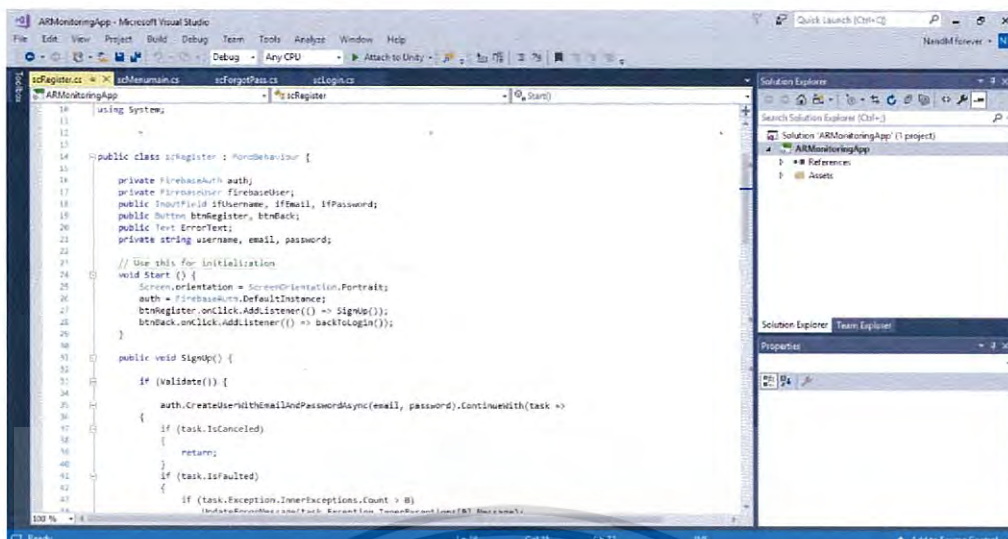
SDK ที่ใช้สำหรับสร้างโปรแกรมที่แสดงผลในรูปแบบ Augmented Reality ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรม Unity3D ได้ โดย Vuforia จะใช้เทคโนโลยี Computer Vision ในการจดจำและตรวจจับรูปภาพ (Image Targets) และโครงสร้าง 3 มิติเสมือน โดยการใช้งานเริ่มจากสมัครสมาชิกที่เว็บไซต์ <https://developer.vuforia.com>

2.5 โปรแกรมวิชวล สตูดิโอ (Visual Studio)



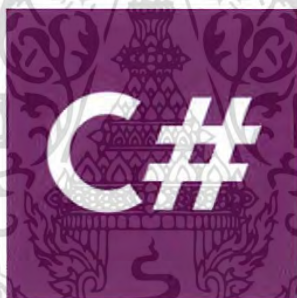
รูปที่ 2.14 Visual Studio

เครื่องมือที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรม โดยได้รวบรวมเครื่องมือต่างๆที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมเข้าไว้ด้วยกัน (ซึ่งการใช้งานร่วมกับ Unity3D จะใช้ในส่วนของ Visual C#)



รูปที่ 2.15 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio 2017

2.6 ภาษาซีชาร์ป (C#)



รูปที่ 2.16 ภาษา C#

ภาษาที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมที่สนับสนุนกระบวนการการเขียนโปรแกรมมากกว่า 1 กระบวนทัศน์ (ภาษาโปรแกรมหลายกระบวนทัศน์ หรือ Multi-paradigm programming languages) ซึ่งที่มีรูปแบบในการเขียนที่ตายตัว และยังสามารถเขียนภาษาในรูปแบบฟังก์ชัน และเชิงวัตถุ โดยภาษา C# ถือเป็นภาษาที่เขียนได้ง่าย เนื่องจากภาษา C# ถูกพัฒนามาจากภาษา C และ C++ ซึ่งถือว่าเป็นภาษาขั้นพื้นฐานที่นักพัฒนาโปรแกรมคุ้นเคย และยังแก้ปัญหาข้อผิดพลาดของภาษา C และ C++ จึงทำให้ภาษา C# เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แพลตฟอร์มไฟร์เบส (Firebase)



รูปที่ 2.17 Firebase

เป็นแพลตฟอร์มที่มีเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับนักพัฒนาโปรแกรม ถูกพัฒนาโดย Google โดยในปัจจุบัน Firebase เปิดให้ใช้งานบริการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น

Realtime Database สามารถจัดเก็บและเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างผู้ใช้อุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์แบบเรียลไทม์ โดยมี cloud เป็นตัวกลางในการเก็บข้อมูลและรับข้อมูล เป็น NoSQL database โดยสามารถซิงค์อัปเดตข้อมูลในระดับมิลลิวินาที และสามารถดูข้อมูลล่าสุดที่อัปเดตได้ ถึงแม้จะออฟไลน์ก็ตาม

Authentication ใช้สำหรับจัดการผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน โดยมีวิธีการตรวจสอบหลายวิธี เช่น การใช้อีเมลในการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม เป็นต้น และยังมีบริการอื่นๆอีกมากมาย โดยเริ่มต้นการใช้งาน Firebase ได้โดยการสมัครสมาชิก ที่ <https://firebase.google.com>

2.8 การใช้ LINE Notify กับ ESP8266

LINE Notify เป็นบริการของ LINE Application ซึ่งสามารถเขียนคำสั่งเพื่อแจ้งเตือนไปยัง Account ที่ต้องการได้ โดยใช้ ESP8266 / ESP8255 เชื่อมต่อ WiFi และทำการส่งข้อมูลที่กำหนดแจ้งเตือนไปยัง LINE ของผู้ใช้ ผ่านทาง Application Program Interface หรือ API ซึ่งเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับโปรแกรมประยุกต์เอง หรือเชื่อมต่อกับระบบปฏิบัติการ ข้อจำกัดของ LINE Notify คือสามารถแจ้งเตือนได้เฉพาะผู้ที่ขอใช้ หรือกลุ่มที่ขอใช้ เป็นสมาชิกเท่านั้น ไม่สามารถเลือกห้องสนทนาได้



รูปที่ 2.18 การเริ่มต้นใช้งาน LINE Notify

การเริ่มต้นใช้งาน LINE Notify

ก่อนที่จะเริ่มใช้งานต้องทำการเพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อนก่อน โดยสามารถสแกน QR Code ได้ตามรูป จากนั้นทำการขอ Access TOKEN เพื่อเป็นรหัสสำหรับเข้าใช้งาน ซึ่งจะแทนอีเมลล์และรหัสผ่านของเราได้ โดยถ้ารหัสนี้ถูกเปิดเผย ควรขอ Access TOKEN ใหม่ เมื่อได้รหัสแล้วก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ใช้การแจ้งเตือนต่างๆได้

ออก Access Token (สำหรับผู้พัฒนา)

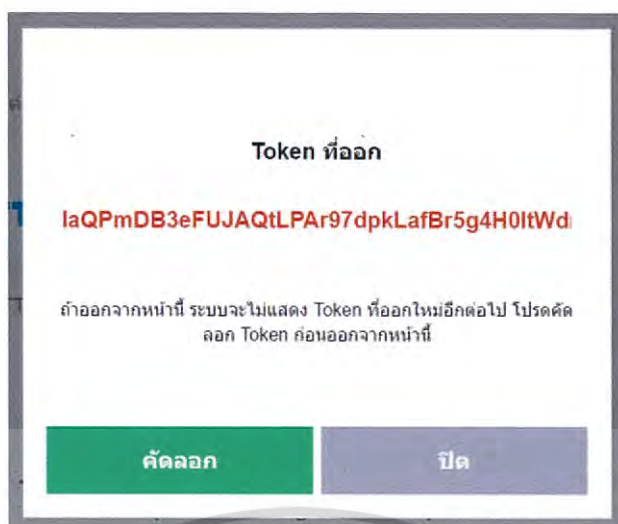
เมื่อใช้ Access Token แบบบุคคล จะสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนได้โดยไม่ต้องลงทะเบียนกับเว็บเซอร์วิส

ออก Token

ดาวน์โหลดเอกสารการพัฒนา

รูปที่ 2.19 การขอรหัส Access TOKEN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 หน้าแสดงรหัส Access TOKEN ที่ออก

2.9 อาร์ดูโน้ (Arduino)



รูปที่ 2.21 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (Arduino)

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ในรูปแบบ Open Source ที่ประกอบไปด้วย ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่งออกแบบมาเพื่อการใช้งานที่ง่ายและสะดวก สามารถนำตัวบอร์ดและโปรแกรมที่สร้างขึ้น มาพัฒนาเพื่อต่อยอดกับอุปกรณ์ต่างๆได้ โดย Arduino จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน

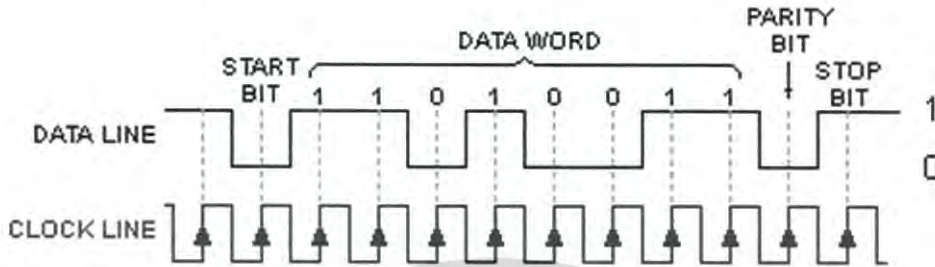
1. ซอฟต์แวร์ (Software) Arduino IDE เครื่องสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม ที่ใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ภาษา C/C++ จากนั้นทำการคอมไพล์ (Compile) เพื่อสามารถอัปโหลดลงตัวบอร์ด

2. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ ส่วนบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆได้ ซึ่งมีรุ่นที่หลากหลาย แต่ละรุ่นก็จะแตกต่างกัน เช่น ขนาด แรงดัน จำนวนของขาที่เชื่อมต่อ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

เป็นการส่งข้อมูลแบบเลื่อนข้อมูลส่งไปที่ละบิต บนสายสัญญาณเส้นเดียว การสื่อสารนี้จะไม่มีวงจรสัญญาณนาฬิกาทั้งตัวรับและส่ง แต่จะใช้เป็นการตั้งค่าความเร็วในการส่งสัญญาณหรือ baud rate ให้เท่ากัน



รูปที่ 2.23 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปการส่งข้อมูล บิตเริ่มต้นมีลอจิกเป็น LOW ขนาด 1 บิต เป็นการส่งสัญญาณว่าเป็นส่วนต้นของข้อมูล เพื่อส่งบิตข้อมูล มีขนาด 8 บิต โดยจะมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลด้วย Parity bit ถ้าค่าไม่ตรงแสดงว่าข้อมูลที่ส่งไม่สมบูรณ์ สุดท้ายเป็น บิตหยุด มีลอจิกเป็น HIGH เป็นการระบุว่าเป็นส่วนสุดท้ายของข้อมูล

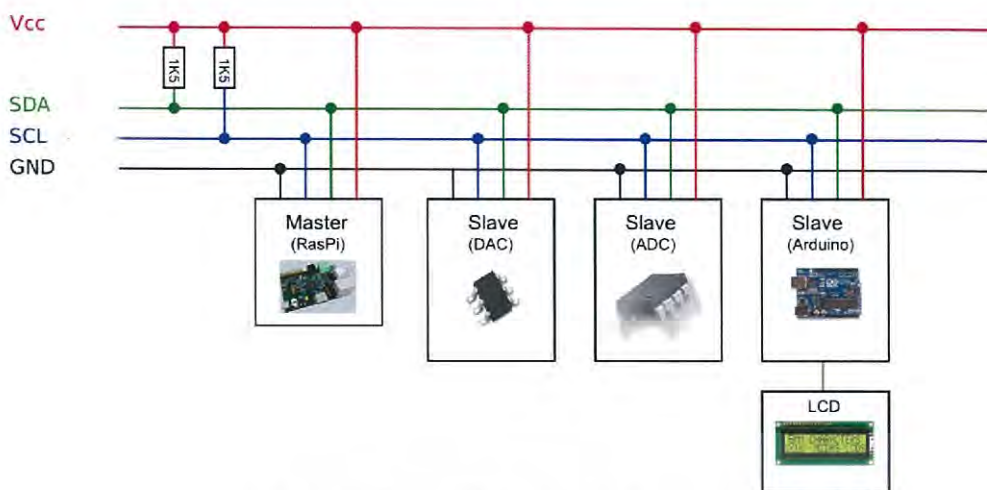
คำสั่งที่ใช้ในโปรแกรม Arduino IDE สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม

1. serial.begin(rate) เป็นคำสั่งกำหนดอัตรา baud ของการรับส่งข้อมูล มีหน่วยเป็น (bits per second :bps baud rate)
2. serial.available() เป็นคำสั่งตรวจสอบบัฟเฟอร์รับข้อมูล โดยจะคืนค่าจำนวนไบต์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์
3. serial.read() เป็นคำสั่งส่งออกค่าที่รับจากพอร์ตอนุกรม
4. serial.flush() เป็นคำสั่งเคลียร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม
5. serial.print() เป็นคำสั่งพิมพ์ข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม ใช้ร่วมกับ serial monitor ได้
6. serial.println() เป็นคำสั่งพิมพ์ข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม ใช้เพื่อขึ้นบรรทัดใหม่

2.10.1 การสื่อสารแบบ Inter-Integrated Circuit หรือ I²C

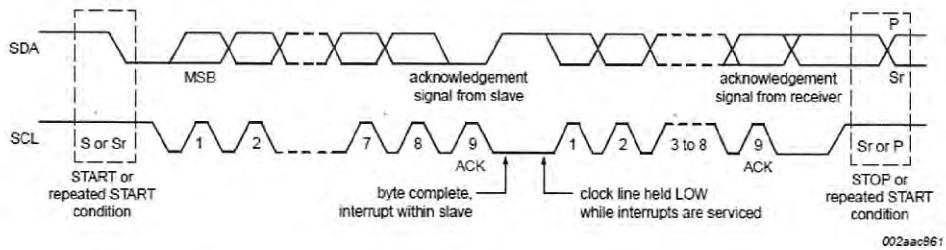
เป็นการส่งข้อมูลระหว่างไอซีหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถติดต่อกันได้หลายตัว แต่สื่อสารกันทีละคู่ โดยจะมีส่วนที่ออกคำสั่งเรียกว่า Master และส่วนตอบรับคำสั่งเรียกว่า Slave การสื่อสารชนิดนี้ใช้สายเพียง 2 เส้น คือ SDA (Serial Line Data) และ SCL (Serial Clock) ก็สามารถสื่อสารกันได้ ซึ่งมีลำดับการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 การต่อวงจรสำหรับการสื่อสารแบบ I²C

1. สถานะเริ่มแรกที่ยังไม่ได้ส่งข้อมูล อุปกรณ์มีลอจิก HIGH เมื่อเริ่มส่งข้อมูล SDA จะลดแรงดันลงเป็นลอจิก LOW ส่วน SCL ยังมีลอจิก HIGH อยู่อีกประมาณ 0.6 ไมโครวินาที จึงค่อยลดแรงดันลง
2. ตอนนี้ SCL มีลอจิก LOW ระหว่างรอสัญญาณขาขึ้นของนาฬิกา SDA จะเริ่มกำหนดค่า bit แรก Master จะส่งค่า bit แรกพร้อมกับสัญญาณนาฬิกา Slave จะเริ่มอ่านค่าในจังหวะที่ SCL มีลอจิก HIGH และส่งรูปแบบนี้ไปอีกจนถึง 7 bit
3. bit ที่ 8 เป็นตัวระบุว่าจะให้ Slave รอคำสั่ง หรือรออ่านคำสั่งจาก Slave ส่วน bit ที่ 9 จะเป็นการตอบรับจาก Slave ที่มี Address ตรงกับที่ Master ส่งไป ถ้ามีการดึงสัญญาณ SDA ลงเป็นลอจิก LOW แสดงว่า Slave พร้อมจะสื่อสาร แต่ถ้า SDA มีลอจิก HIGH หมายถึง Slave ไม่มีการสื่อสารกับ Master
4. สมมติว่า Slave ตอบรับ SCL จะถูกดึงลงเป็นเวลาสั้นๆ ส่วน SDA จะคงเดิม จนกว่า Slave จะส่งค่า bit มา
5. Master จะปล่อยสัญญาณ SCL ออกมาเพื่ออ่านค่าสัญญาณ SDA จนครบ 8 bit แรก แล้ว Master จะดึงสัญญาณเป็นลอจิก LOW เพื่อบ่งบอกว่า จะรอ Data อีก 8 bit ต่อไป เมื่อครบ 16 bit Slave จะไม่ตอบสนอง แล้วเพราะไม่ต้องการส่งข้อมูลอีก SDA จะเป็นลอจิก HIGH
6. Master จะสั่งให้หยุดส่งสัญญาณ ทั้ง SDA และ SCL จะเป็นลอจิก HIGH ซึ่งคือ Stop bit นั้นหมายถึงส่งข้อมูลครบ Byte แรก ของ Slave ที่ Master สื่อสารด้วย



รูปที่ 2.25 ลำดับการทำงานของสื่อสารแบบ I²C

2.11 จอแสดงผล Liquid Crystal Display (LCD)

จอ Liquid Crystal Display เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่ง ทำมาจากผลึกคริสตัลเหลวที่ประกบด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่น ด้านในของแผ่นแก้วเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าสำหรับแสดงตัวอักษร จอชนิดนี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในการนำมาใช้งานกับระบบสมองกล ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบหลักตามการแสดงผลได้แก่

1. Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรแบบตายตัว ที่นิยมใช้กันมี 2 ขนาดได้แก่ จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงจอมีทั้งหมด 2 แถว แต่ละแถวบรรจุตัวอักษรได้ 16 ตัว และ จอ LCD ขนาด 20x4 ซึ่งหมายถึงจอมีทั้งหมด 4 แถว บรรจุตัวอักษรได้ 20 ตัว
2. Graphic LCD เป็นจอที่สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ โดยการกำหนดจุดบนหน้าจอขึ้นแสง ซึ่งระบุขนาดด้วยจำนวนจุด Pixels เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดในแนวนอน 128 จุด และในแนวตั้ง 64 จุด

ในปริยญาณพนธ์เล่มนี้จะเลือกใช้ Character LCD เนื่องจากใช้งานง่าย และต้องการแสดงผลข้อมูลที่ไม่ซับซ้อน โดยจอชนิดนี้แบ่งการเชื่อมต่อเป็น 2 ชนิด คือแบบขนาน (Parallel) และ แบบอนุกรม (Serial) ซึ่งมีบอร์ดเสริมที่สื่อสารแบบ I²C ทำให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น

1. แบบขนาน (Parallel) 16 ขา



รูปที่ 2.26 จอ Liquid Crystal Display

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของจอ Liquid Crystal Display แต่ละพอร์ตแบบขนาน

Pin No.	Symbol	Description
1	VSS/GND	Ground
2	VDD	+5VDC
3	VO/VEE	LCD Control สำหรับปรับความเข้มตัวอักษร
4	RS	เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกเขียนอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์
5	RW	เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกโหมดเขียนหรืออ่านข้อมูล
6	E/EN	เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณ Pulse เมื่อต้องการเขียนข้อมูล
7	DB0	Data Pins 8-Bit
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	เป็นขา Vcc สำหรับ LED Backlight (5V)
16	K	เป็นขา Gnd สำหรับ LED Backlight (Gnd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบอนุกรม I2C 4 ขา



รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่อบอร์ดเสริม I2C เพื่อลดจำนวนพอร์ต

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของจอ Liquid Crystal Display แต่ละพอร์ตแบบอนุกรม I2C

Pin No.	Symbol	Description
1	GND	Ground
2	VCC	+5VDC
3	SDA	Serial Data
4	SCL	Serial Clock

2.12 โมดูลสำเร็จรูป PZEM-004T

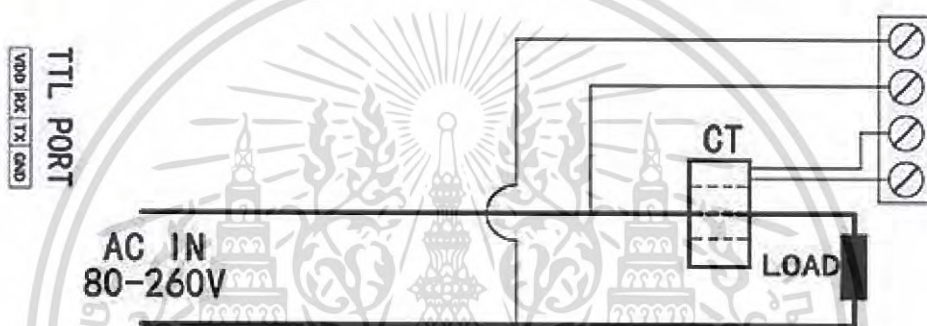


รูปที่ 2.28 โมดูล PZEM-004T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูล PZEM-004T เป็นโมดูลที่สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจริง พลังงานไฟฟ้าให้อัตโนมัติ สามารถเก็บข้อมูลสำรองไว้ใช้ขณะไม่ได้จ่ายไฟฟ้า โดยมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

- สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ในช่วง 80 – 260 โวลต์
- สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้จากหม้อแปลงกระแส (CT Transformer) ในช่วง 0 – 100 แอมแปร์
- ทำงานได้ที่ความถี่ในช่วง 45 – 65 เฮิร์ตซ์
- สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ด้วย UART หรือ Serial



รูป 2.29 การต่อวงจรของโมดูล PZEM-004T

การแสดงผลค่าที่วัดได้จากโมดูล

1. แรงดันวัดได้ในช่วง 80 – 260 โวลต์
 - แสดงผลเป็น 110.0 – 220.0
2. กระแสวัดได้ในช่วง 0 – 100 แอมแปร์
 - แสดงผลเป็น 00.00 – 99.99
3. กำลังไฟฟ้าวัดได้ในช่วง 0 – 22 กิโลวัตต์
 - ในช่วง 0 – 10 กิโลวัตต์ แสดงผลเป็น 0.000 – 9.999
 - ในช่วง 10 – 22 กิโลวัตต์ แสดงผลเป็น 10.00 – 22.00
4. พลังงานไฟฟ้าวัดได้ในช่วง 0 – 9999 kWh
 - ในช่วง 0 - 10 kWh แสดงผลเป็น 0.000 – 9.999
 - ในช่วง 10 - 100 kWh แสดงผลเป็น 10.00 – 99.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในช่วง 100 -1000 kWh แสดงผลเป็น 100.0 – 999.9

- ในช่วง 1000 - 9999 kWh แสดงผลเป็น 1000 – 9999

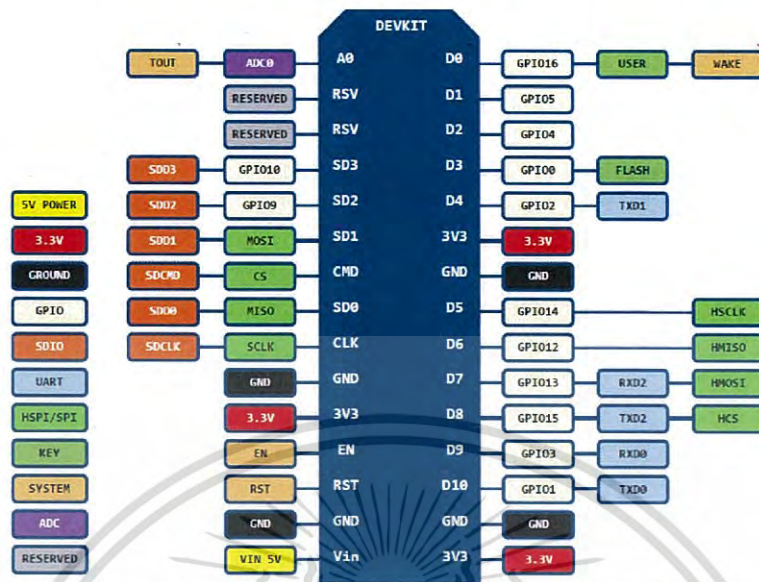
2.13 บอร์ดประมวลผล NodeMCU Version3 (ESP8266-12E)



รูปที่ 2.30 NodeMCU Version 3

NodeMCU เป็นบอร์ดสำหรับประมวลผลโปรแกรมต่างๆ โดยใช้ ESP8266 เป็น CPU ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE เขียนด้วยภาษา C++ ได้ หรือสามารถใช้ภาษา Lua เขียนโปรแกรมสั่งงานบนเฟิร์มแวร์ของ NodeMCU ได้ ข้อดีของบอร์ดนี้คือสามารถเชื่อมต่อ WiFi ทำให้อัพโหลดข้อมูลขึ้นบนอินเทอร์เน็ตได้ทันที มีพื้นที่หน่วยความจำสูงถึง 4 MB ซึ่งเพียงพอสำหรับการเขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ และใช้ความถี่สูงถึง 40 MHz ทำให้ประมวลผลโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว ข้อได้เปรียบของบอร์ดนี้เมื่อเทียบกับบอร์ด Arduino คือมีขนาดเล็กกว่า เขียนโปรแกรมได้มากกว่า ทำงานเร็วกว่า

PIN DEFINITION



D0(GPIO16) can only be used as gpio read/write, no interrupt supported, no pwm/i2c/iw supported.

รูปที่ 2.31 Pin Definition ของ NodeMCU Version 3

2.14 ตรวจสอบอุณหภูมิ LM35



รูปที่ 2.32 LM35

เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55°C ถึง 150°C รองรับแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 4-30 โวลต์ และรองรับกระแสได้ไม่เกิน 114 มิลลิแอมป์ ความถูกต้องของการวัด $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ โดยให้เอาต์พุตเป็นอนาล็อก 10 มิลลิโวลต์ต่อองศาเซลเซียส ประกอบด้วย ขา Vin Vout และ Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแอนดรอยด์ แสดงผลบนแอปพลิเคชันและใช้เทคโนโลยีระบบสนับสนุนความจริงเสมือนช่วยในการแสดงผลที่น่าสนใจยิ่งขึ้น

3.2 หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์ เราจะแบ่งวงจรออกเป็น 4 วงจร ดังต่อไปนี้

3.2.1 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino

วงจรนี้เป็นส่วนวัดค่าทางไฟฟ้าได้แก่แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าจริง โดยส่วนวัดแรงดันจะทำการวัดคร่อมระหว่างแหล่งจ่ายไฟเทียบกับสายนิวทรัล ส่วนวัดกระแสจะใช้ Current Transformer คล้องสายจากแหล่งจ่ายที่ละเฟส เข้าโมดูลวัด จากนั้นโมดูลทำการแปลงค่าเป็นค่าดิจิทัล ส่งต่อไปยัง Arduino ด้วยวิธี Serial Communication ซึ่งมีการเชื่อมต่อดังนี้

- PZEM-004T ที่วัดเฟส R

ตารางที่ 3.1 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino เฟส R

PZEM-004T	Arduino
5V	5V
5	Rx
3	Tx
GND	GND

- PZEM-004T ที่วัดเฟส S

ตารางที่ 3.2 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino เฟส S

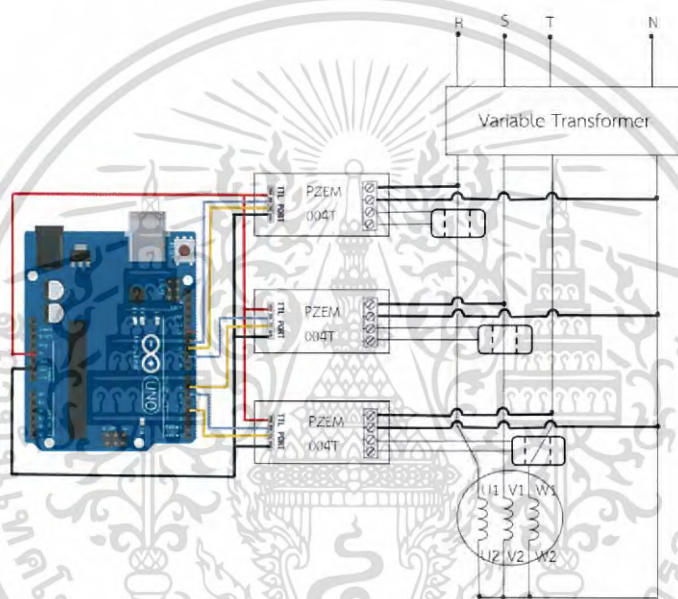
PZEM-004T	Arduino
5V	5V
9	Rx
6	Tx
GND	GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PZEM-004T ที่วัดเฟส T

ตารางที่ 3.3 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino เฟส T

PZEM-004T	Arduino
5V	5V
11	Rx
10	Tx
GND	GND



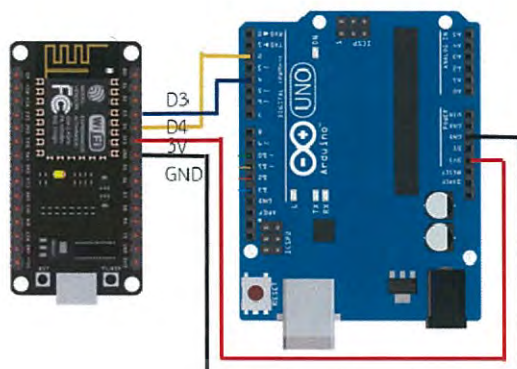
รูปที่ 3.2 วงจรโมดูล PZEM-004T เชื่อมต่อกับ Arduino

Arduino จะทำการประมวลผลและส่งค่าต่อไปยังส่วนอื่นๆ ดังที่กล่าวในหัวข้อถัดไป

3.2.2 วงจร Arduino เชื่อมต่อกับ NodeMCU

วงจรมีเป็นวงจรเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างบอร์ด Arduino และ บอร์ด NodeMCU ใช้วิธี Serial Communication เพื่อส่งข้อมูลเป็นตัวเลขที่วัดได้จากโมดูล PZEM-004T จาก Arduino ไปยัง NodeMCU จากนั้นจะทำการอัปโหลดข้อมูลขึ้นสู่ Firebase สำหรับใช้ในการดึงค่าขึ้นแอปพลิเคชันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



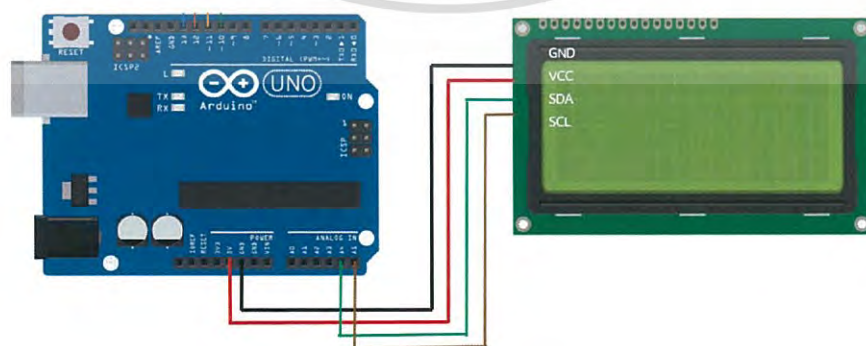
รูปที่ 3.3 วงจร Arduino เชื่อมต่อกับ NodeMCU

ตารางที่ 3.4 การเชื่อมต่อขาของ Arduino กับ NodeMCU

ขา NodeMCU	ขา Arduino
3V	3V
GND	GND
D3	4
D4	2

3.2.3 วงจร Arduino เชื่อมต่อกับ จอ LCD

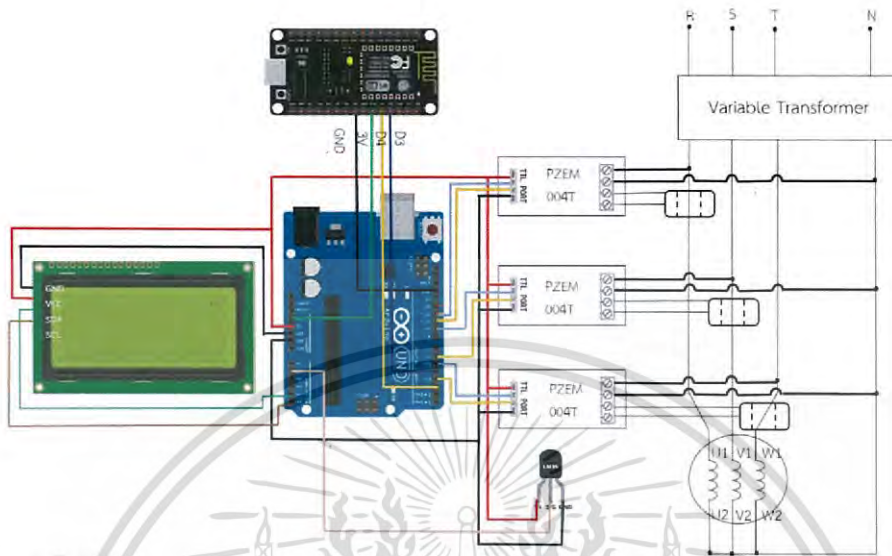
วงจรมีเป็นวงจรสำหรับส่งค่าแสดงบนจอ LCD ใช้การเชื่อมต่อแบบ I²C ค่าที่วัดได้ และค่าที่ทำการประมวลผลแล้วจะแสดงและแจ้งเตือนบนจอ LCD แบบเรียลไทม์ เพื่อให้ทราบข้อมูลได้ทันทั่วทั้ง



รูปที่ 3.4 วงจร Arduino เชื่อมต่อกับ จอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเชื่อมต่อทุกวงจรเข้าด้วยกันจะได้วงจรดังรูป

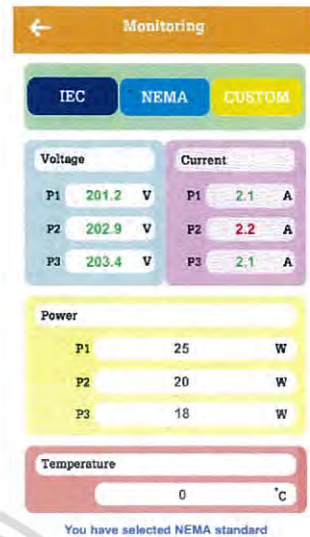
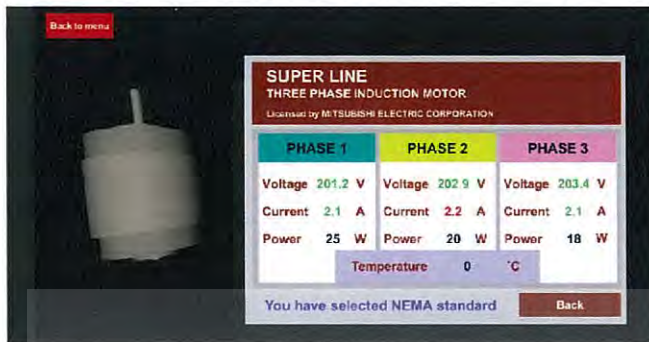


รูปที่ 3.6 วงจรรวมทั้งหมด

3.3 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์

การออกแบบแอปพลิเคชันเพื่อใช้ติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนที่ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality ในการแสดงผลการติดตาม และส่วนที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality ในการติดตาม ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้จะมีรูปแบบการแสดงผลที่เหมือนกัน เพียงแต่จุดประสงค์และวิธีการใช้งานจะแตกต่างกัน นั่นคือถ้าเป็นส่วนที่มีการใช้เทคโนโลยี AR จะต้องใช้กล้องส่อง QR code อยู่ตลอดเวลา จึงจะแสดงหน้าต่างแอปพลิเคชันขึ้นมา ซึ่งจะต่างกับกรณีที่ไม่ได้ใช้ AR จะสามารถตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนก็ตาม โดยขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันจะมีขั้นตอนคร่าวๆคือ เมื่อผู้ใช้งานเกิดแอปพลิเคชันขึ้นมาผู้ใช้งานจะต้องทำการใส่อีเมลและรหัสผ่านที่ได้ทำการสมัครสมาชิกไว้ ซึ่งถ้าหากยังไม่ได้สมัครสมาชิกต้องทำการสมัครสมาชิกก่อน หรือถ้าหากลืมรหัสผ่านก็สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านใหม่ได้ เมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จจะพบกับหน้าต่างเมนูซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกโหมดที่ใช้ในการติดตามการทำงานได้ ทั้งแบบที่ใช้ AR โดยเข้าไปที่ AR Camera และไม่ใช่ AR ให้เข้าไปที่ Monitoring ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกชนิดของมาตรฐานที่ใช้ในการติดตามการทำงาน และสามารถดูข้อมูลของพารามิเตอร์ต่างๆได้แบบเรียลไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.7 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบที่ใช้ AR และ (ข) แบบไม่ใช้ AR

3.3.1 แนวคิดในการพัฒนา

ในปัจจุบันรูปแบบการดำเนินการทำกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้าน การธนาคาร การรักษาความปลอดภัย หรือการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงาน ล้วนแล้วแต่มีอินเทอร์เน็ตเข้ามาเป็นส่วนเกี่ยวข้องทั้งสิ้น ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวก และเพิ่มความเร็วในการดำเนินการได้เป็นอย่างดี ประกอบกับการเฝ้าระวังและติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั้นมีความสำคัญมาก เพราะถ้าหากอุปกรณ์เกิดความเสียหายอาจจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต หรือระบบสาธารณูปโภคได้ ย่อมทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้นำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดมาแสดงผลที่แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยมี cloud เป็นตัวกลางในการรับค่าส่งค่า และเก็บข้อมูล ทำให้การเฝ้าระวังและติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสมีความสะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส มีเครื่องมือ และภาษาที่ใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชัน ดังนี้

3.3.2.1 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบการเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ส่วนของการเขียนโปรแกรมที่ใช้กับวงจรวัด และส่วนของการรับส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันกับวงจรวัด ซึ่งสามารถสรุปภาษาที่ใช้ในการพัฒนาได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ใช้เขียนคำสั่งบนโปรแกรม Arduino IDE เพื่อใช้งานกับ Arduino และ NodeMCU
2. ภาษาซีชาร์ป (C#) ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันในโปรแกรม Unity3D
3. ภาษาเจสัน (JSON) ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันกับดาต้าเบส หรือระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับดาต้าเบส

3.3.2.2 ระบบปฏิบัติการ

แอปพลิเคชันระบบการเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีเวอร์ชันตั้งแต่ 4.4 (Kit Kat) ขึ้นไป

3.3.2.3 ซอฟต์แวร์

1. Unity3D เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแอปพลิเคชัน ที่มีจุดเด่นในเรื่องของการออกแบบและกราฟฟิก
2. Microsoft Visual Studio เป็นเครื่องมือที่ใช้เขียน source code โดยสามารถทำงานร่วมกับ Unity3D ได้
3. Arduino IDE เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้กับ Arduino และ NodeMCU
- 4.) Firebase คือ cloud storage ที่สามารถใช้พัฒนา Realtime application ได้เป็นอย่างดี

3.3.3 รายละเอียดเชิงเทคนิค

3.3.3.1 รายละเอียดส่วนนำเข้า (Input)

1. ผู้ใช้เรียกใช้งานแอปพลิเคชันโดยการเปิดโปรแกรม
2. ผู้ใช้งานป้อนอีเมล และรหัสผ่านเพื่อลงทะเบียนเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน
3. ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลขอบเขตของการแจ้งเตือน ทั้งแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าตามที่ต้องการ

3.3.3.2 รายละเอียดส่วนนำออก (Output)

1. แอปพลิเคชันจะนำข้อมูลสถานะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ณ เวลานั้นๆ ที่หน้าจอสมาาร์ทโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 โครงสร้างของซอฟต์แวร์

ในส่วนโครงสร้างของซอฟต์แวร์นี้จะอธิบายในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ และส่วนการสื่อสารข้อมูลระหว่างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

3.3.4.1 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของแอปพลิเคชันระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสได้แบบ Real time โดยผู้ใช้งานจะต้องเข้าสู่ระบบโดยใช้อีเมลและรหัสผ่านที่ผู้ใช้ได้ทำการลงทะเบียนไว้ หรือถ้ายังไม่ได้ทำการลงทะเบียน ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบได้ทันที และผู้ใช้งานยังสามารถที่จะดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆพร้อมทั้งบ่งบอกสถานะแบบ Real time ได้ทั้งแบบที่แสดงผลแบบ AR และแบบปกติที่ไม่ใช่ AR อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถดูวิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน คำเตือนก่อนการใช้งาน และภาพรวมของการทำงานในการเฝ้าระวังและติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสได้อีกด้วย โดยส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของแอปพลิเคชันมีดังต่อไปนี้

1. หน้าเข้าสู่ระบบ จะประกอบด้วย Input field ทั้ง 2 อัน เพื่อให้ผู้ใช้กรอกอีเมลและรหัสผ่านที่ผู้ใช้ได้ทำการสมัครไว้ แต่ถ้าหากผู้ใช้งานยังไม่ได้ทำการลงทะเบียนเพื่อใช้งานแอปพลิเคชัน ผู้ใช้สามารถกดปุ่มลงทะเบียนเพื่อทำการสมัครสมาชิกได้ หรือถ้าหากผู้ใช้ที่ได้ลงทะเบียนไว้แล้ว แต่ลืมรหัสผ่านที่ใช้ในการลงทะเบียน ผู้ใช้สามารถกดปุ่มลืมรหัสผ่านได้ โดยระบบจะทำการส่งข้อมูลการเปลี่ยนรหัสผ่านใหม่ไปยังอีเมลที่ท่านใช้ในการสมัคร

2. หน้าลงทะเบียน จะประกอบด้วย Input field สำหรับใส่ Username, Email และ Password และมีปุ่มเพื่อให้ผู้ใช้ทำการยืนยันการลงทะเบียน

3. หน้าลืมรหัสผ่าน จะปรากฏ Input field สำหรับใส่อีเมล และมีปุ่มกดยืนยัน เพื่อให้ระบบส่งอีเมลสำหรับการเปลี่ยนรหัสผ่านใหม่ไปให้ โดยอีเมลที่ทำการกรอกลงไปจะต้องเป็นอีเมลที่ใช้ในการลงทะเบียนก่อนหน้านี้

4. หน้าเมนู จะประกอบด้วยปุ่มสำหรับให้ผู้ใช้เลือกใช้งาน ประกอบด้วยปุ่ม AR Camera, How to, Warning, Overview, Monitoring และปุ่ม Credit โดยผู้ใช้งานสามารถออกจากระบบได้โดยกดที่ปุ่มออกจากระบบ

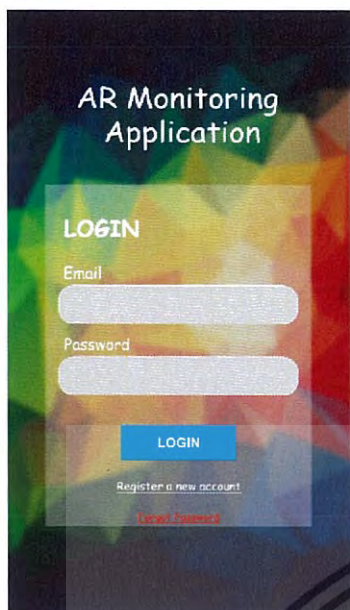
5. หน้า AR Camera จะเป็นหน้าที่แสดงการทำงานของกล้องเพื่อใช้ในการส่องวัตถุที่เป็นตัวแทนสำหรับแสดงการทำงานของระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งถ้าผู้ใช้ส่องแล้วจะเป็นหน้าที่ให้เลือกมาตรฐานที่จะใช้ทำการตรวจติดตามการทำงาน เมื่อทำการเลือกแล้วจะพบกับหน้าที่แสดงสถานะการทำงานแบบใช้แถบสีในการบ่งบอก พร้อมทั้งระบุค่าที่ผิดปกติของมอเตอร์ที่ใช้ อีกทั้งยังมีปุ่มเพื่อใช้สำหรับดูสถานะต่างๆที่เกิดขึ้น กับดูข้อมูล Real time โดยผู้ใช้งานสามารถกลับไปหน้าเมนูได้โดยกดที่ปุ่มกลับสู่เมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

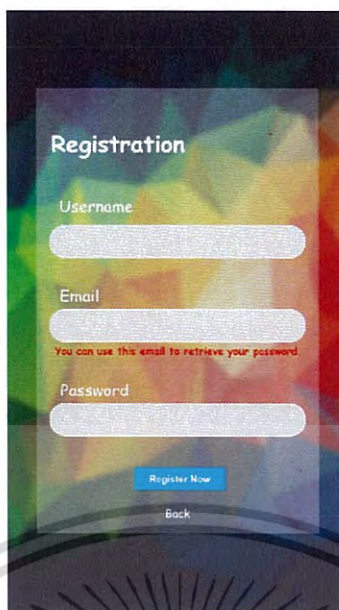
6. หน้า How to จะประกอบด้วยวิธีการใช้งานต่างๆ โดยที่ผู้ใช้สามารถเลื่อนเพื่อดูวิธีการใช้ต่างๆได้
7. หน้า Warning จะเป็นหน้าที่แสดง Text เกี่ยวกับข้อควรระวังก่อนการใช้งานแอปพลิเคชัน
8. หน้า Overview จะเป็นหน้าที่แสดงรูปของวงจรและรายละเอียดของระบบการแผ่รังสีและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
9. หน้า Monitoring จะเป็นหน้าที่มีปุ่มเพื่อให้ผู้ใช้เลือกโหมดการตรวจติดตามการทำงาน เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกแล้วจะปรากฏหน้าที่แสดงข้อมูลพร้อมทั้งสถานะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบ Real time
10. หน้า Credit เป็นหน้าที่แสดงรายชื่อของที่ปรึกษาและผู้พัฒนาโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.8 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ต่อ)

(ก) หน้าเข้าสู่ระบบ (ข) หน้าลงทะเบียน และ (ค) หน้ารีเซ็ตรหัสผ่าน



(ง)



(จ)

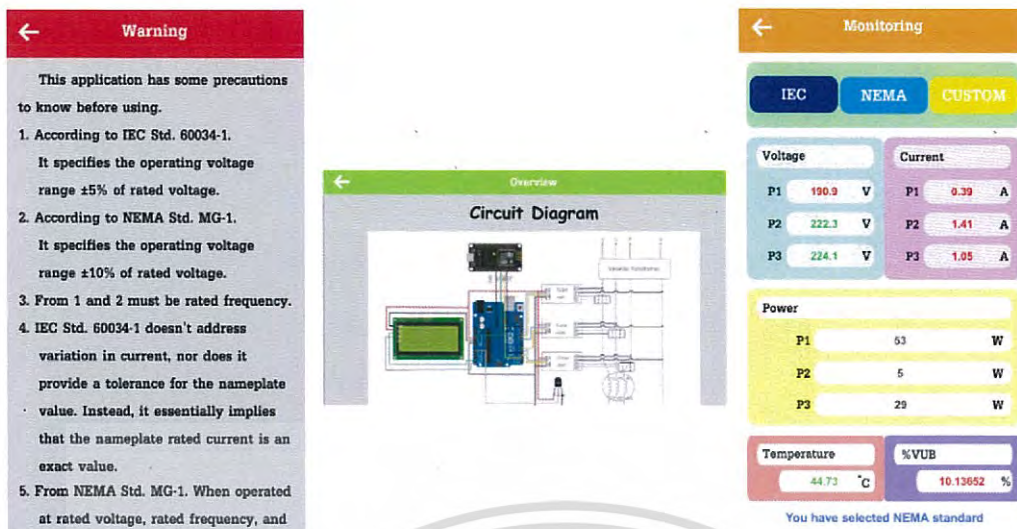


(ฉ)

รูปที่ 3.9 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ต่อ)

(ง) หน้าเมนู, (จ) หน้า AR Camera และ (ฉ) หน้า How to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.10 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ต่อ)

(ง) หน้า Warning, (จ) หน้า Overview และ (ฉ) หน้า Monitoring



(ง)

รูปที่ 3.11 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (ต่อ)

(ง) หน้า Credit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าลงทะเบียนจะประกอบด้วย Input field สำหรับกรอก Username, Email และ Password ของผู้ใช้งานโปรแกรมครั้งแรก โดยกำหนดให้ Username เป็นชื่อของผู้ใช้งานที่ใช้สำหรับแอปพลิเคชันนี้, Email จะต้องเป็นอีเมลของผู้ใช้จริงและสามารถใช้งานได้จริง เนื่องจากต้องมีการยืนยันตัวตนโดยใช้อีเมลที่ทำการลงทะเบียนไว้ และในช่อง Password ผู้ใช้สามารถกรอกรหัสผ่านได้เองโดยใช้ภาษาอังกฤษและตัวเลข

เมื่อผู้ใช้งานทำการเข้าสู่หน้าลงทะเบียน ผู้ใช้งานจำเป็นที่จะต้องทำการกรอกข้อมูลของผู้ใช้ให้ครบทุกช่อง ถ้าผู้ใช้งานกรอกข้อมูลไม่ครบทุกช่องแล้วทำการกดปุ่ม Register Now แอปพลิเคชันจะไม่ทำการลงทะเบียนให้กับผู้ใช้ พร้อมกับแสดงข้อความแจ้งเตือนเป็นสีแดงที่ด้านล่างสุดของหน้าลงทะเบียนว่า “Please enter your information” ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้ว เมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Register Now โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลของผู้ใช้และทำการส่งอีเมลยืนยันตัวตนไปยังอีเมลของผู้ใช้ที่ได้ทำการกรอกไปในหน้าการลงทะเบียน และมีข้อความแจ้งเตือนการลงทะเบียนที่ด้านล่างสุดของหน้าการลงทะเบียนด้วยตัวอักษรสีแดงว่า “Successfully Registered, Please verify your email.” เป็นระยะเวลา 3 วินาที

และในหน้าการลงทะเบียนจะมีปุ่มที่เป็นตัวอักษรเขียนว่า Back เพื่อใช้สำหรับเปลี่ยน Scene จากหน้าการลงทะเบียน ไปยังหน้าการเข้าสู่ระบบ

3.3.4.2.3 หน้าลิ้มรสผ่าน



รูปที่ 3.14 รายละเอียดหน้าลิ้มรสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าลืมรหัสผ่านจะประกอบด้วย Input field สำหรับกรอกอีเมลของผู้ใช้ที่เคยลงทะเบียนไว้แล้ว เพื่อให้โปรแกรมทำการส่งอีเมลที่ใช้ในการเปลี่ยนรหัสผ่านไปยังอีเมลของผู้ใช้ ซึ่งโปรแกรมจะทำการตรวจสอบหลังจากที่ผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Reset Password ว่าผู้ใช้กรอกข้อมูลลงใน Input field หรือไม่ ถ้าผู้ใช้อย่างไม่ได้ทำการกรอกอีเมล โปรแกรมจะไม่ทำการส่งอีเมลสำหรับเปลี่ยนรหัสผ่านไปให้ พร้อมกับแสดงข้อความแจ้งเตือนเป็นสีแดงที่ด้านล่างสุดของหน้าการลืมรหัสผ่านว่า “Please enter your registered email” เป็นเวลา 3 วินาที ในทางตรงกันข้ามถ้าผู้ใช้ทำการกรอกอีเมลแล้วกดปุ่ม Reset Password โปรแกรมจะทำการส่งอีเมลสำหรับเปลี่ยนรหัสผ่านไปยังอีเมลที่ผู้ใช้ได้กรอกลงไป พร้อมกับมีข้อความแจ้งเตือนที่ด้านล่างสุดของหน้าการลืมรหัสผ่านเป็นตัวอักษรสีแดงว่า “Password reset email sent!” เป็นเวลา 3 วินาที

นอกจากนี้ในหน้าของการลืมรหัสผ่านยังมีปุ่ม Back เพื่อใช้สำหรับเปลี่ยนหน้า scene จากหน้าการลืมรหัสผ่านกลับไปยังหน้าการเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 3.15 รายละเอียดหน้าเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าเมนูจะเป็นหน้าที่ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกแล้วเท่านั้นถึงจะสามารถเข้ามาได้ จะเป็นหน้าที่มีปุ่มใช้สำหรับการเปลี่ยนหน้าไปยังหน้าต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย

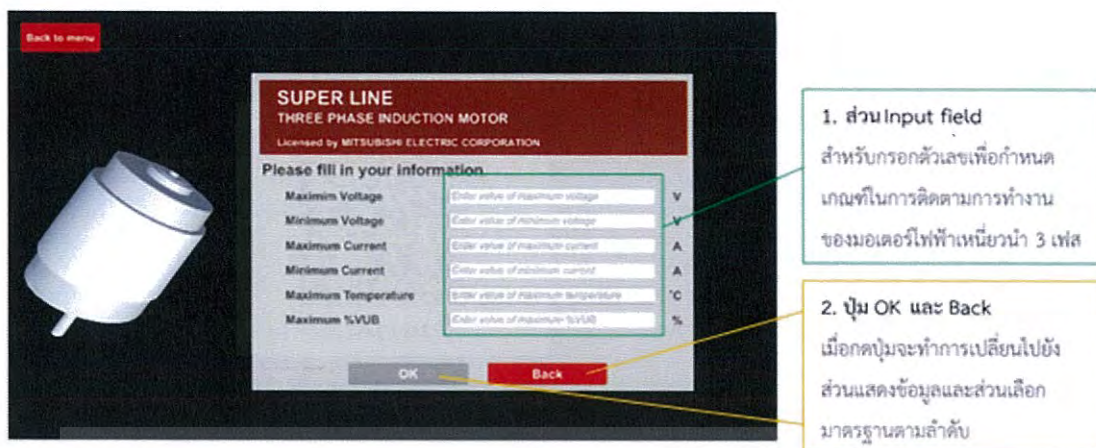
1. ปุ่มลงชื่อออก มีหน้าที่ Logout บัญชีของผู้ใช้ที่ได้ทำการ Login เอาไว้พร้อมกับเปลี่ยนหน้า จาก scene ของหน้าเมนู ไปยัง scene ของหน้าการเข้าสู่ระบบ
2. ปุ่ม AR Camera มีหน้าที่เปลี่ยน scene จากหน้าเมนู ไปยัง หน้า AR Camera
3. ปุ่ม How to มีหน้าที่เปลี่ยน scene จากหน้าเมนู ไปยัง หน้า How to
4. ปุ่ม Warning มีหน้าที่เปลี่ยน scene จากหน้าเมนู ไปยัง หน้า Warning
5. ปุ่ม Monitoring มีหน้าที่เปลี่ยน scene จากหน้าเมนู ไปยังหน้า Monitoring
6. ปุ่ม Overview มีหน้าที่เปลี่ยน scene จากหน้าเมนู ไปยัง หน้า Overview
7. ปุ่ม Credit มีหน้าที่เปลี่ยน scene จากหน้าเมนู ไปยัง หน้า Credit

3.3.4.2.5 หน้า AR Camera

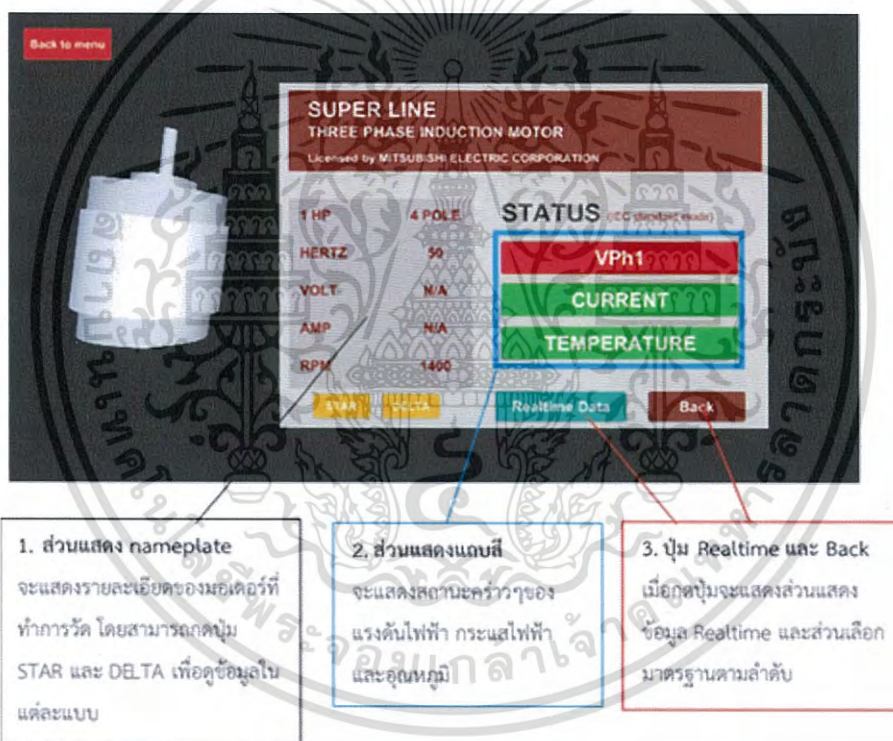


รูปที่ 3.16 รายละเอียดหน้า AR Camera (ส่วนเลือกมาตรฐาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 รายละเอียดหน้าจอ AR Camera (ส่วนกรอกข้อมูล)

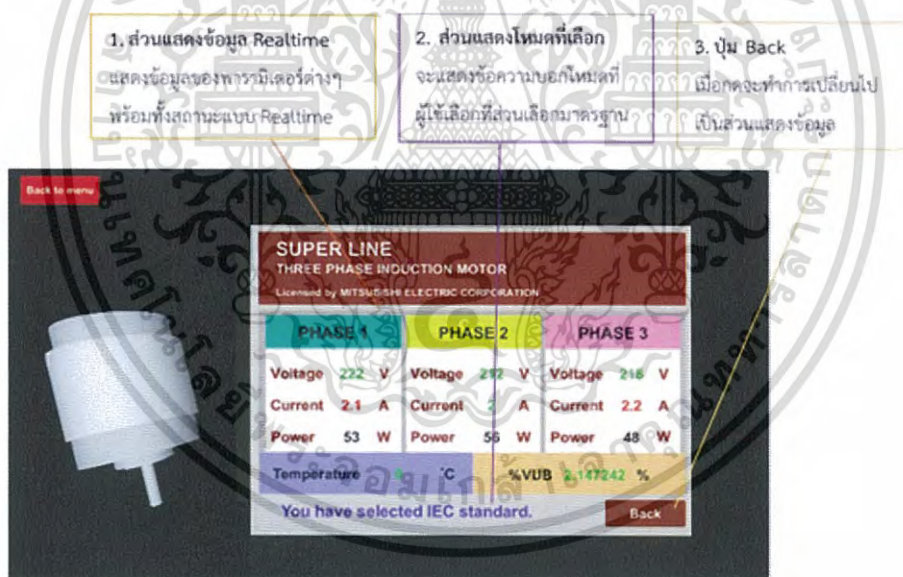


รูปที่ 3.18 รายละเอียดหน้าจอ AR Camera (ส่วนแสดงข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 รายละเอียดหน้าจอ AR Camera (ส่วนแสดงอีเวนท์)



รูปที่ 3.20 รายละเอียดหน้าจอ AR Camera (ส่วนแสดงข้อมูล real-time)

หน้า AR Camera จะเป็นหน้าที่มีหน้าอื่น ๆ ซึ่งเป็นส่วนย่อยๆของหน้านี้ซ่อนอยู่ จะเป็นหน้าที่ต้องใช้กล้องสมาร์ทโฟนและ QR code ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่จะทำการตรวจติดตามการทำงาน โดยผู้ใช้จะต้องนำกล้องส่องไปยัง QR code จะปรากฏออกมาเป็นหน้า AR Camera ในส่วนของการเลือกมาตรฐาน ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยปุ่มจำนวน 3 ปุ่มเพื่อใช้สำหรับเลือกโหมดต่างๆที่จะใช้ทำการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยถ้าผู้ใช้ทำการเลือกปุ่มเอกส IEC หรือ NEMA โปรแกรมนั้นจะเปลี่ยนส่วนการนำเสนองานจากส่วนของการเลือกมาตรฐานไปเป็นส่วนการค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงข้อมูล แต่ถ้าผู้ใช้งานทำการเลือกตัวเลือก Custom เมื่อกดเข้าไปจะพบกับส่วนของการกรอกข้อมูลเพื่อใช้สำหรับกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ทำการตรวจสอบ ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย Input field สำหรับกรอกข้อมูลต่างที่ต้องการ นั่นคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด, ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด, ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด, ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำสุด, ค่าอุณหภูมิสูงสุด และค่าเปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลสูงสุด โดยจะมีปุ่ม Enter ทำการรอให้ผู้กรอกข้อมูลลงในช่องให้ครบถ้วน ถ้าหากยังไม่ครบถ้วน ปุ่ม Enter จะไม่สามารถกดเพื่อเข้าสู่ส่วนแสดงข้อมูลได้ แต่ถ้าผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้ว ปุ่ม Enter จะกลายเป็นสีเขียวและสามารถกดเพื่อนำค่าที่กรอกไปเข้าเงื่อนไขการคำนวณได้ เมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม IEC หรือ NEMA หรือ CUSTOM โปรแกรมจะทำการส่งให้ผู้ไปยังส่วนแสดงข้อมูลของหน้า AR Camera ในส่วนแสดงข้อมูลจะประกอบด้วยรายละเอียดป้ายรายชื่อของตัวมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยสามารถเลือกดูได้ทั้งกรณีการต่อวงจรแบบวายและแบบเดลต้า โดยกดไปที่ปุ่ม Star หรือ Delta ที่ด้านล่างของส่วนแสดงข้อมูลป้ายรายชื่อ นอกเหนือจากนี้ยังมีส่วนของแถบแสดงสถานะแบบคร่าวๆของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิ โดยบอกเป็นแถบสีและข้อความอยู่บนแถบสี ซึ่งถ้าหากพารามิเตอร์มีค่าอยู่ในช่วงที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด แถบสีจะปรากฏเป็นสีเขียว พร้อมกับแสดงข้อความเป็นชื่อชนิดของพารามิเตอร์นั้นๆ แต่ถ้าค่าพารามิเตอร์ที่รับมาไม่อยู่ในช่วงที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด แถบสีจะแสดงเป็นสีแดง พร้อมทั้งบอกสาเหตุที่ผิดปกติ โดยสถานะที่จะแจ้งของแรงดันไฟฟ้าเมื่อผิดปกติจะแจ้งที่แถบสีด้านบนสุดของทั้ง 3 แถบสี ประกอบด้วย

1. VPh1 หมายถึง มีความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่เฟส 1
2. VPh2 หมายถึง มีความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่เฟส 2
3. VPh3 หมายถึง มีความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่เฟส 3
4. VUB หมายถึง มีความผิดปกติในเรื่องของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

ในส่วนของกระแสไฟฟ้าจะทำการแจ้งเตือนสถานะที่แถบตรงกลางของทั้ง 3 แถบสี โดยเมื่อมีความผิดปกติของกระแสไฟฟ้า จะมีข้อความเขียนแจ้งเตือนบนแถบสีดังต่อไปนี้

1. IPH1 หมายถึง มีความผิดปกติของกระแสไฟฟ้าที่เฟส 1
2. IPH2 หมายถึง มีความผิดปกติของกระแสไฟฟ้าที่เฟส 2
3. IPH3 หมายถึง มีความผิดปกติของกระแสไฟฟ้าที่เฟส 3

สุดท้ายในส่วนของการแจ้งเตือนอุณหภูมิจะทำการแจ้งเตือนที่แถบสีด้านล่างสุดของแถบสีทั้ง 3 แถบสี โดยเมื่อมีความผิดปกติของอุณหภูมิ โปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนเป็นสีแดงบนแถบสีของอุณหภูมิ

ในส่วนแถบสีทั้ง 3 แถบสีนี้ ผู้ใช้สามารถทำการตรวจสอบชนิดของความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ โดยทำการกดเข้าไปที่แถบสีที่ต้องการตรวจสอบ ถ้าผู้ใช้ต้องการดูชนิดสถานะที่เกิดขึ้นของแรงดันไฟฟ้า ผู้ใช้สามารถกดเข้าไปที่แถบสีด้านบนสุดของทั้ง 3 แถบสีได้ โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนจากส่วนแสดงข้อมูลไปเป็นส่วนแสดงอีเวนต์ของแรงดันไฟฟ้า หรือถ้าผู้ใช้ต้องการดูชนิดสถานะที่เกิดขึ้นของกระแสไฟฟ้า หรืออุณหภูมิก็สามารถทำได้เหมือนกับในกรณีของแรงดันไฟฟ้า โดยในส่วนแสดงอีเวนต์จะประกอบด้วย Panel สำหรับใส่ List ของข้อความที่จะทำการแจ้งเตือน โดยข้อความที่จะแจ้งจะมีรูปแบบดังนี้

ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: ข้อความแสดงชนิดของการแจ้งเตือน
โดยถ้าเป็นอีเวนต์ของแรงดันไฟฟ้า จะมีข้อความแสดงชนิดของการแจ้งเตือนแสดงดังต่อไปนี้

1. กรณีแรงดันไฟฟ้าเฟส 1 มีค่าแรงดันเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Over voltage in phase 1”

2. กรณีแรงดันไฟฟ้าเฟส 2 มีค่าแรงดันเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Over voltage in phase 2”

3. กรณีแรงดันไฟฟ้าเฟส 3 มีค่าแรงดันเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Over voltage in phase 3”

4. กรณีแรงดันไฟฟ้าเฟส 1 มีค่าแรงดันต่ำกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Under voltage in phase 1”

5. กรณีแรงดันไฟฟ้าเฟส 2 มีค่าแรงดันต่ำกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Under voltage in phase 2”

6. กรณีแรงดันไฟฟ้าเฟส 3 มีค่าแรงดันต่ำกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Under voltage in phase 3”

7. กรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Voltage unbalance in phase 1”

อีเวนต์ของกระแสไฟฟ้าจะมีข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้อย่างต่อไปนี้

1. กรณีกระแสไฟฟ้าเฟส 1 มีค่ากระแสเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมดมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Over current in phase 1”

2. กรณีกระแสไฟฟ้าเฟส 2 มีค่ากระแสเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมตมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Over current in phase 2”

3. กรณีกระแสไฟฟ้าเฟส 3 มีค่ากระแสเกินกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมตมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Over current in phase 1”

4. กรณีกระแสไฟฟ้าเฟส 1 มีค่ากระแสต่ำกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมตมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Under current in phase 1”

5. กรณีกระแสไฟฟ้าเฟส 2 มีค่ากระแสต่ำกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมตมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Under current in phase 2”

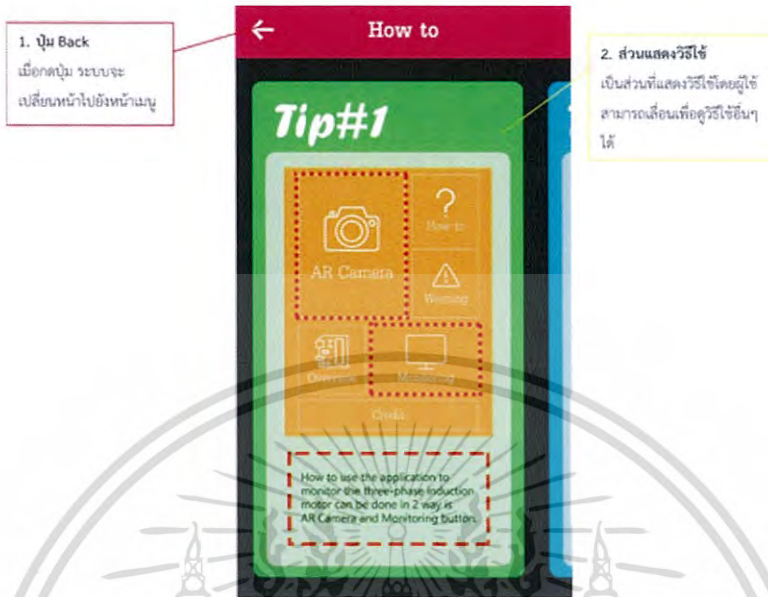
6. กรณีกระแสไฟฟ้าเฟส 3 มีค่ากระแสต่ำกว่าที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด

“ปี-เดือน-วัน เวลา โหมตมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือก: Under current in phase 3”

นอกจากส่วนของ Panel ที่ใช้แสดง List ของข้อความแล้ว จะมีปุ่ม Back เพื่อเปลี่ยนส่วนของการแสดงอีเวนที่กลับไปยังส่วนการแสดงผลข้อมูลได้

โดยในส่วนการแสดงผลข้อมูลจะมีปุ่ม Real time ใช้สำหรับเปลี่ยนหน้าจากส่วนแสดงข้อมูลไปยังส่วนของแสดงข้อมูล Real time โดยในส่วนนี้จะประกอบด้วยข้อความที่จะแสดงข้อมูลที่ได้รับจาก Firebase Real time Database มาแสดงผล โดยจะเปลี่ยนแปลงค่าให้ตรงกับค่าล่าสุดที่รับมา และที่ข้อความจะมีการแสดงสีที่ตัวข้อความ โดยจะเป็นสีเขียวเมื่อพารามิเตอร์นั้นมีสถานะปกติตามที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด และเป็นสีแดงเมื่อค่าพารามิเตอร์มีค่าอยู่นอกเหนือจากช่วงที่ผู้ใช้หรือมาตรฐานกำหนด โดยค่าพารามิเตอร์ที่แสดงจะประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส และยังมีอุณหภูมิกับค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลอีกด้วย

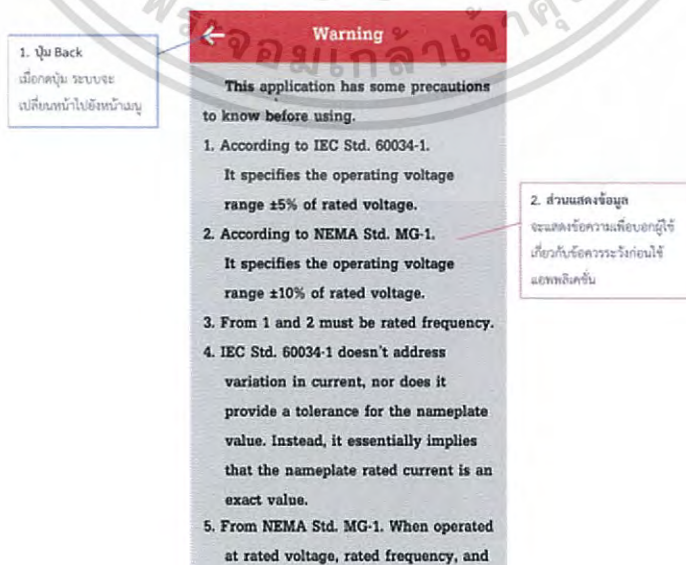
3.3.4.2.6 หน้า How to



รูปที่ 3.21 รายละเอียดหน้า How to

ในหน้านี้จะประกอบด้วย Panel ที่มีข้อความแสดงวิธีการใช้แอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้สามารถเลื่อนในแนวนอนเพื่อดูวิธีใช้อื่นๆได้ ในหน้านี้จะมีปุ่ม Back อยู่ที่มุมซ้ายบนเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนหน้าไปยังหน้าเมนูได้

3.3.4.2.7 หน้า Warning

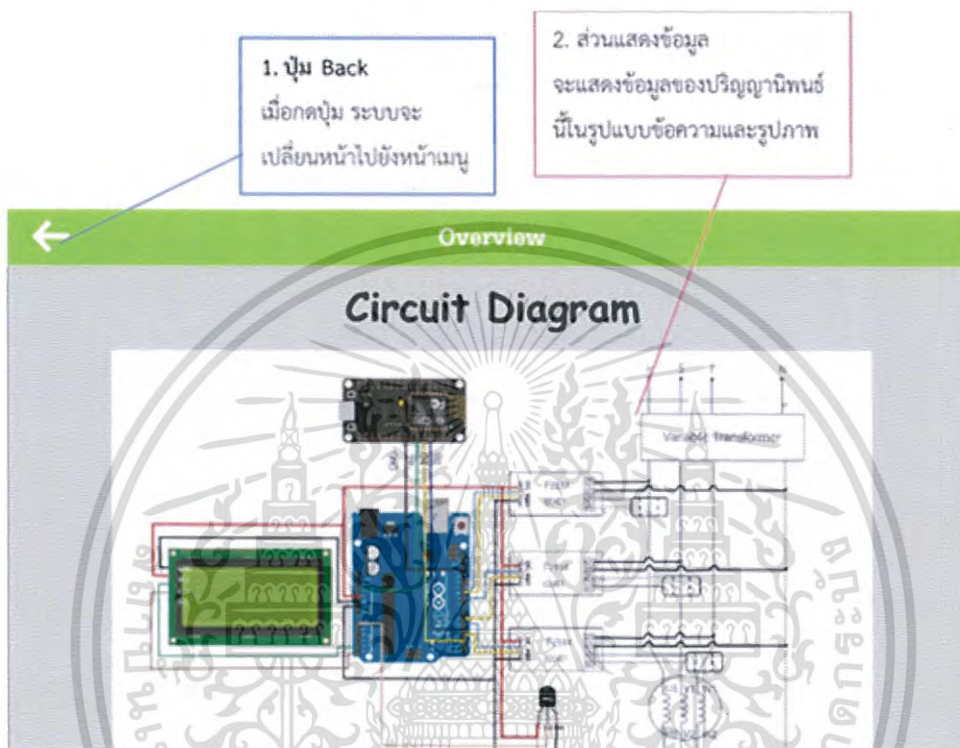


รูปที่ 3.22 รายละเอียดหน้า Warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้านี้จะบอกรายละเอียดเกี่ยวกับข้อควรระวังก่อนที่จะเริ่มใช้แอปพลิเคชันนี้ โดยผู้ใช้สามารถเลื่อนเพื่อดูรายละเอียดอื่นๆเพิ่มเติม และผู้ใช้สามารถออกจากหน้านี้โดยกดปุ่ม Back ที่มุมซ้ายบน

3.3.4.2.8 หน้า Overview



รูปที่ 3.23 รายละเอียดหน้า Overview

ในหน้านี้นี้เป็นหน้าที่บอกรายละเอียดภาพรวมแบบคร่าวๆเกี่ยวกับโปรเจกต์ทั้งหมด ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในหน้านี้ผู้ใช้สามารถเลื่อนเพื่ออ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้

3.3.4.2.9 หน้า Monitoring

The screenshot shows a 'Monitoring' screen with a back arrow, three standard selection buttons (IEC, NEMA, CUSTOM), and several data panels: Voltage (P1: 190.9 V, P2: 222.3 V, P3: 224.1 V), Current (P1: 0.39 A, P2: 1.41 A, P3: 1.05 A), Power (P1: 53 W, P2: 5 W, P3: 29 W), Temperature (44.73 °C), and %VUB (10.13652 %). A message at the bottom states 'You have selected NEMA standard'.

1. ปุ่ม Back
เมื่อกดปุ่ม ระบบจะเปลี่ยนหน้าไปยังหน้าเมนู

2. ปุ่มเลือกมาตรฐาน
เมื่อกดปุ่ม จะทำการแสดงส่วนแสดงข้อมูล พร้อมทั้งเรียกใช้เกณฑ์การวัดตามมาตรฐานที่กำหนด และถ้ากดปุ่ม custom จะแสดงส่วนของการกรอกข้อมูล

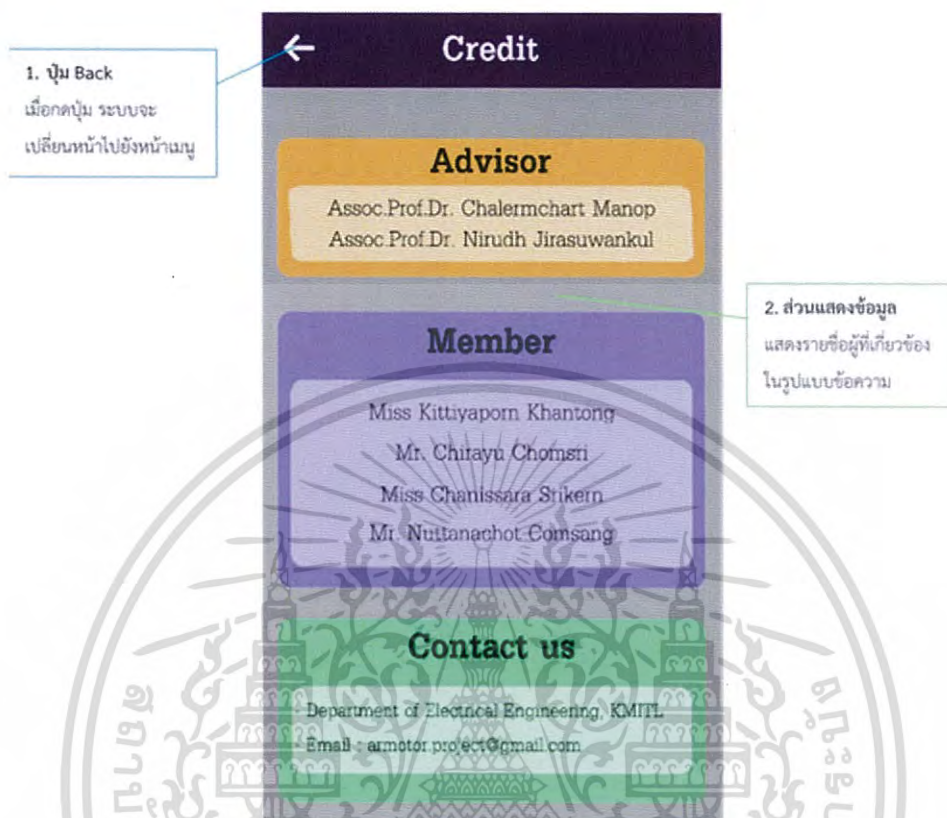
3. ส่วนแสดงข้อมูล
จะแสดงข้อมูลพารามิเตอร์พร้อมทั้งแสดงสถานะ

4. ส่วนแสดงชื่อโหมด
แสดงข้อความว่าผู้ใช้กำลังใช้โหมดใดอยู่หลังจากที่กดปุ่มเลือกโหมดแล้ว

รูปที่ 3.24 รายละเอียดหน้า Monitoring

ในส่วนของหน้า Monitoring เมื่อเริ่มเข้าสู่หน้านี้ผู้ใช้จะเห็นเพียงแค่ปุ่มเพียง 3 ปุ่ม ในหน้านี้เท่านั้นคือปุ่ม IEC, NEMA และ CUSTOM โดยทั้งปุ่ม IEC และ NEMA จะทำการรอคำสั่งจากผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม โปรแกรมจะใช้เงื่อนไขที่ผู้พัฒนาได้ตั้งไว้ตามมาตรฐานกำหนดในการกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือนและแสดงส่วนของการแสดงผลพารามิเตอร์ต่างๆออกมา แต่ในส่วนของปุ่ม CUSTOM จะต่อกับสองปุ่มก่อนหน้านี้นี้ตรงที่ปุ่มนี้จะแสดงผลในส่วนของการกรอกค่าพารามิเตอร์ต่างๆก่อน ซึ่งจะประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้าสูงสุด, แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด, กระแสไฟฟ้าสูงสุด, กระแสไฟฟ้าต่ำสุด, อุณหภูมิสูงสุด และค่าแรงดันไม่สมดุลสูงสุด โดยจะมีปุ่มตกลงเพื่อทำการยืนยันการกำหนดค่า ซึ่งจะสามารถกดได้ก็ต่อเมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลครบทุกช่องแล้วโปรแกรมจะทำการแสดงส่วนของการแสดงผลพารามิเตอร์ต่างๆออกมา โดยที่ตัวอักษรของพารามิเตอร์ที่แสดงจะใช้สีแสดงสถานะต่างๆของพารามิเตอร์ โดยผู้พัฒนาเลือกใช้สีเขียวแทนสถานะที่ปกติ และใช้สีแดงแทนสถานะที่ผิดปกติ ซึ่งผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Back ที่มุมซ้ายบนเพื่อกลับไปยังหน้าเมนู

3.3.4.2.10 หน้า Credit



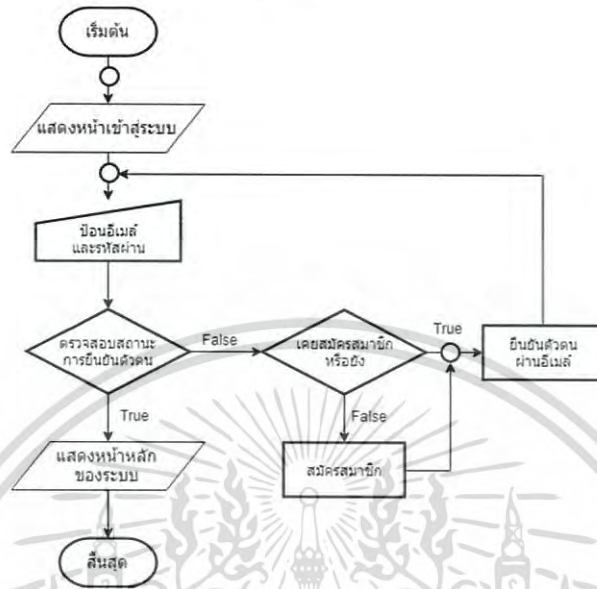
รูปที่ 3.25 รายละเอียดหน้า Credit

ในส่วนของหน้า Credit นี้จะแสดงในส่วนของรายชื่อของอาจารย์ที่ปรึกษา รายชื่อสมาชิกกลุ่ม และที่อยู่ติดต่อของผู้พัฒนา ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Back กลับไปยังหน้าเมนูได้โดยปุ่มจะอยู่ที่มุมซ้ายบนของหน้านี้

3.3.5 แผนผังการทำงานของระบบ

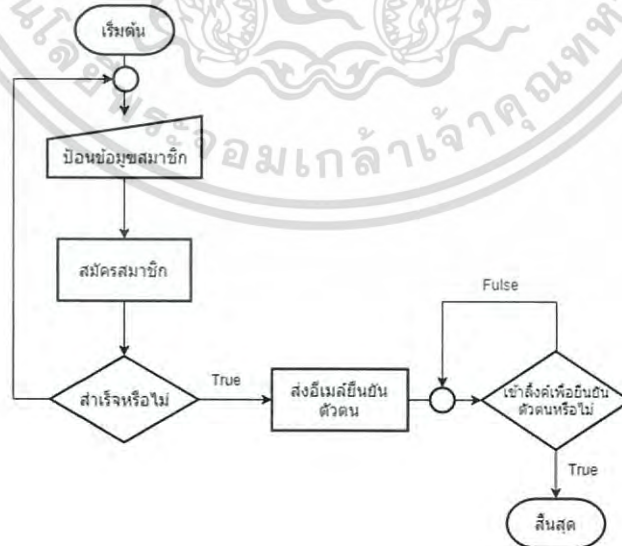
3.3.5.1 ส่วนสมาชิก ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

3.3.5.1.1 การเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 3.26 แผนผังการทำงานการเข้าสู่ระบบ

3.3.5.1.2 การสมัครสมาชิก



รูปที่ 3.27 แผนผังการทำงานการสมัครสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

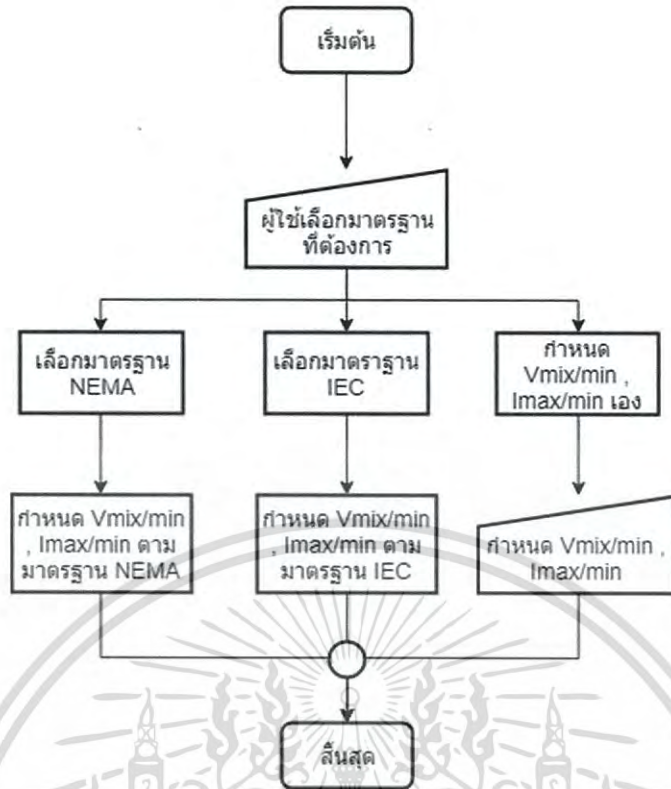
3.3.5.1.3 การลืมหีสผ่าน



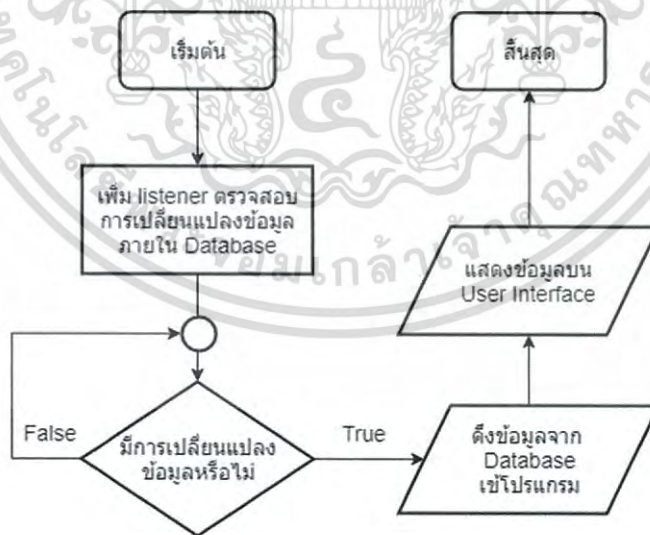
รูปที่ 3.28 แผนผังการทำงานการลืมหีสผ่าน

3.3.5.2 ส่วนรับข้อมูลจากฐานข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนการตั้งค่ามาตรฐาน และ ส่วนการรับข้อมูลจาก Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



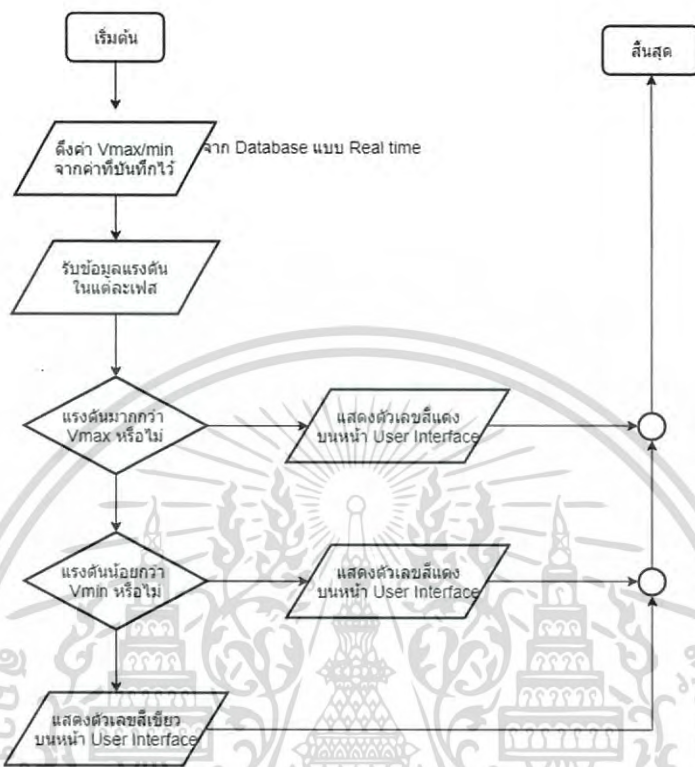
รูปที่ 3.29 แผนผังการตั้งค่ามาตรฐาน



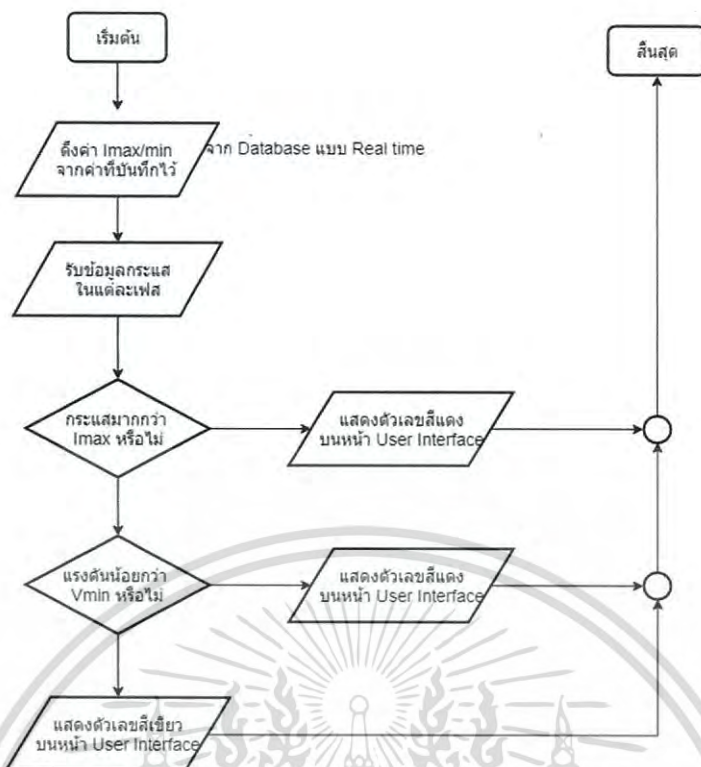
รูปที่ 3.30 แผนผังการรับข้อมูลจาก Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.3 ส่วนของการแจ้งเตือน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การแจ้งเตือนสถานะของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.31 แผนผังการทำงานของแจ้งเตือนสถานะของแรงดันไฟฟ้า



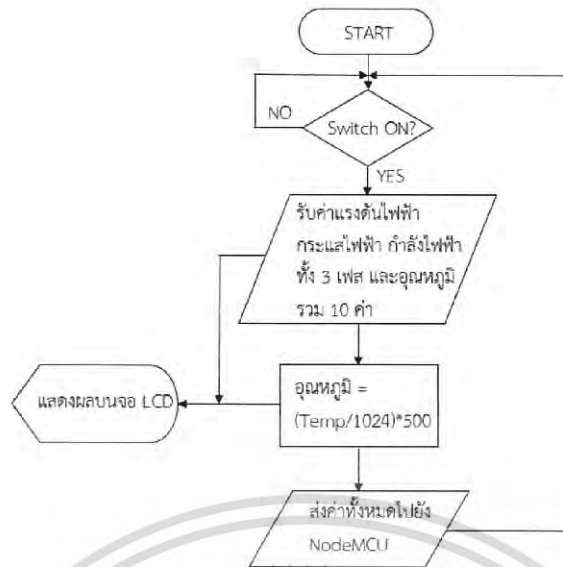
รูปที่ 3.32 แผนผังการทำงานของการทำงานของสถานะของกระแสไฟฟ้า

3.3.6 การเขียนคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE

ในการเขียนคำสั่งในโปรแกรม เราจะแบ่งคำสั่งเป็น 2 ส่วน คือคำสั่งสำหรับบอร์ด Arduino และคำสั่งสำหรับบอร์ด NodeMCU

1. การเขียนคำสั่งสำหรับบอร์ด Arduino

ในส่วนนี้จะเป็นการวัดค่าจากโมดูล PZEM-004T กับเซนเซอร์อุณหภูมิ แสดงผลบนจอ LCD และทำการส่งค่าที่วัดได้ไปยัง NodeMCU ผ่านทางพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 3.33 Flowchart การทำงานของ Arduino

จาก Flowchart จะเห็นว่าเมื่อจ่ายไฟให้บอร์ด Arduino จอ LCD จะเริ่มทำงาน โมดูล PZEM-004T ทั้ง 3 โมดูล เริ่มทำการวัดค่าทางไฟฟ้า 3 เฟส ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า รวมทั้งเซนเซอร์อุณหภูมิ LM 35 ก็ทำการวัดค่าเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจาก LM 35 วัดค่าเป็นอนาล็อก จึงต้องทำการแปลงค่าก่อนแสดงผล ค่าทั้งหมดจะถูกแสดงผลบนจอ LCD ขนาด 20*4 ทีละเฟส จนครบและวนกลับทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตามลำดับดังนี้

Phase 1
‘แรงดันไฟฟ้า’ (V)
‘กระแสไฟฟ้า’ (A)
‘กำลังไฟฟ้า’ (W)

Phase 2
‘แรงดันไฟฟ้า’ (V)
‘กระแสไฟฟ้า’ (A)
‘กำลังไฟฟ้า’ (W)

Phase 3
‘แรงดันไฟฟ้า’ (V)
‘กระแสไฟฟ้า’ (A)
‘กำลังไฟฟ้า’ (W)

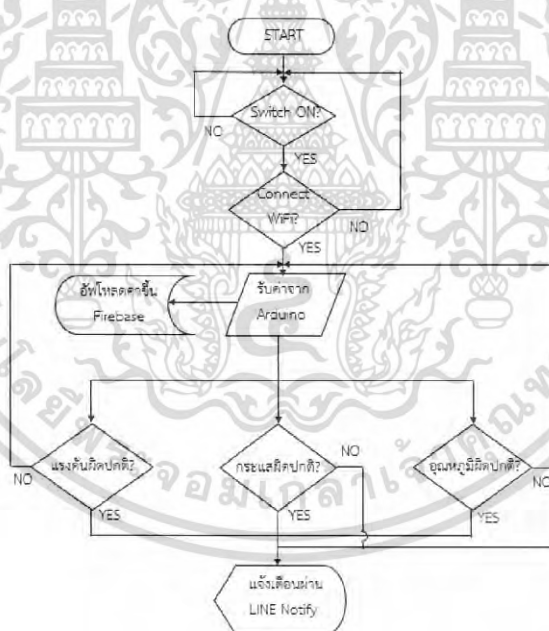
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temp = 'อุณหภูมิ' *C

ส่วนต่อมาเป็นส่วนส่งค่าจาก Arduino ไปยัง NodeMCU ทางพอร์ตอนุกรม เราจะทำการส่งทุกค่า เป็นจำนวนทั้งหมด 10 ค่า โดยจะส่งทีละค่าจนครบ และวนกลับเพื่อส่งค่าที่วัดใหม่ไปเรื่อยๆ

3.3.7 การเขียนคำสั่งสำหรับบอร์ด NodeMCU

ในส่วนนี้จะ เป็นกระบวนการรับค่าจาก NodeMCU เพื่ออัปเดตข้อมูลขึ้น Database ซึ่งในงานปริญญาโทครั้งนี้ใช้บริการ Firebase จาก google สำหรับเป็นฐานข้อมูลให้แอปพลิเคชัน AR ดึงค่าไปแสดงแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ยังมีการแจ้งเตือนสถานะผิดปกติผ่าน LINE Notify อีกด้วย



รูปที่ 3.34 Flowchart การทำงานของ NodeMCU

จาก Flowchart เริ่มต้นด้วยรับค่าจาก Arduino ทั้งหมด 10 ค่า จากนั้นเชื่อมต่อ WiFi แล้วสร้างฟังก์ชันเพื่อส่งค่าขึ้นฐานข้อมูล หรือ Firebase เมื่อส่งค่าครบจึงทำการอัปเดตค่าและทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ โดยในส่วนนี้จะต้องทำการสร้างฟังก์ชันเวลาขึ้นมาเพื่ออัปเดตค่าพร้อมเวลาและวันเดือนปีสำหรับอ้างอิงการแจ้งเตือนได้ ซึ่งเวลาในการอัปเดตขึ้น Firebase ในแต่ละชุดข้อมูลใช้เวลา 2-3 วินาทีเท่านั้น ส่วนต่อมาเป็นส่วนแจ้งเตือนไปยัง LINE Application หลังจากรับค่ามา ก็เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการประมวลผล จากมาตรฐาน IEC-60034 กล่าวว่าแรงดันที่ใช้งานควรไม่เกินในช่วงน้อยกว่าแรงดันพิกัด 5% หรือมากกว่าแรงดันพิกัด 5% และส่วนของกระแสที่ไม่ควรเกินที่พิกัด ในที่นี้ใช้แรงดันพิกัด 220 โวลต์ (วัดแรงดันไลน์เทียบ Ground) และกระแสพิกัด 2 แอมแปร์ ต่อแบบสตาร์มีนิวทรอล เราจึงสร้างเงื่อนไขเมื่อเกิดกรณีผิดปกติต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.7 เงื่อนไขเมื่อเกิดกรณีผิดปกติต่างๆ

กรณีผิดปกติ	ข้อความที่แจ้งเตือน
แรงดันเฟส R เกิน 105%	Over Voltage @ Phase 1
แรงดันเฟส S เกิน 105%	Over Voltage @ Phase 2
แรงดันเฟส T เกิน 105%	Over Voltage @ Phase 3
แรงดันเฟส R ต่ำกว่า 95%	Under Voltage @ Phase 1
แรงดันเฟส S ต่ำกว่า 95%	Under Voltage @ Phase 2
แรงดันเฟส T ต่ำกว่า 95%	Under Voltage @ Phase 3
แรงดันไม่สมดุลเกิน 5%	Unbalance Voltage
กระแสเฟส R เกิน 100%	Overload
กระแสเฟส S เกิน 100%	Overload
กระแสเฟส T เกิน 100%	Overload
อุณหภูมิเกิน 130 °C	Over Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในกรณีต่างๆ

ในการทดสอบระบบเฟื่อาระวังและติดตามการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส กรณีต่างๆ จะใช้ขนาดพิกัดมอเตอร์ตาม Nameplate ดังนี้

ตารางที่ 3.8 ขนาดพิกัดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

1 HP (0.75 kW)		4 POLE				TYPE	SF-JR
Hz	50	50	50	60	60	FRAME	80M
V	220	380	415	220	440	RATING	S1
A	3.30	1.90	1.95	3.00	1.70	TH.CLASS	130(B)
Min ⁻¹	1400	1400	1410	1700	1720	AMB TEMP	40 °C
PF	0.80	0.80	0.74	0.85	0.78	BEARING	6204ZZ
IEC 60034-1	JEC-2137-2000						6203ZZ
IP 44	IC411				SERIAL		

3.4.1 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสต่ำกว่าปกติ (Under Voltage)

จากมาตรฐาน IEC-60034-1 ระบุว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์ต้องไม่ต่ำกว่า 95% ของแรงดันพิกัดนั้นคือ ไม่ต่ำกว่า 209 โวลต์

ตารางที่ 3.9 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสต่ำกว่าปกติ (Under Voltage)

แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ	แรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส		
	เฟส R	เฟส S	เฟส T
3 เฟส	< 209	< 209	< 209

3.4.2 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสสูงกว่าปกติ (Over Voltage)

จากมาตรฐาน IEC-60034-1 ระบุว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์ต้องไม่สูงกว่า 105% ของแรงดันพิกัดนั้นคือ ไม่สูงกว่า 231 โวลต์

ตารางที่ 3.10 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสสูงกว่าปกติ (Over Voltage)

แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ	แรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส		
	เฟส R	เฟส S	เฟส T
3 เฟส	> 231	> 231	> 231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage)

กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล กำหนดให้ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ 1 เฟส เพื่อให้เกิดแรงดันไม่สมดุลเกิน 5%

ตารางที่ 3.11 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage)

แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล	แรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส		
	เฟส R	เฟส S	เฟส T
1 เฟส >5%	<204	220	220

3.4.4 กรณีโหลดเกิน (Overload)

จากกระแสที่พิกัดของมอเตอร์คือ 2 แอมแปร์ จะทำการทดสอบโดยการใช้โหลดเกินกระแสที่พิกัด

ตารางที่ 3.12 กรณีโหลดเกิน (Overload)

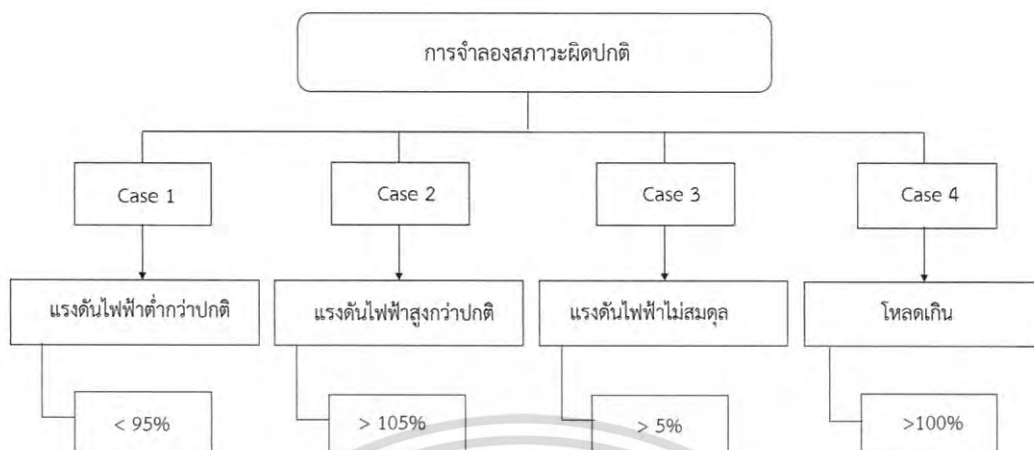
โหลด	กระแสไฟฟ้า (A)
50%	1.0
100%	2.0
>100%	>2.0

3.4.5 กรณีอุณหภูมิเกิน (Over Temperature)

จากมาตรฐาน IEC 85 มอเตอร์ที่ใช้ฉนวนคลาส B สามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุด 130 °C โดยมีอุณหภูมิห้องสูงสุด 40 °C อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้ 80 °C และมีค่าเผื่อทางอุณหภูมิอีก 10 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 แผนภาพการจำลองการทดสอบสภาวะผิดปกติกรณีต่างๆ



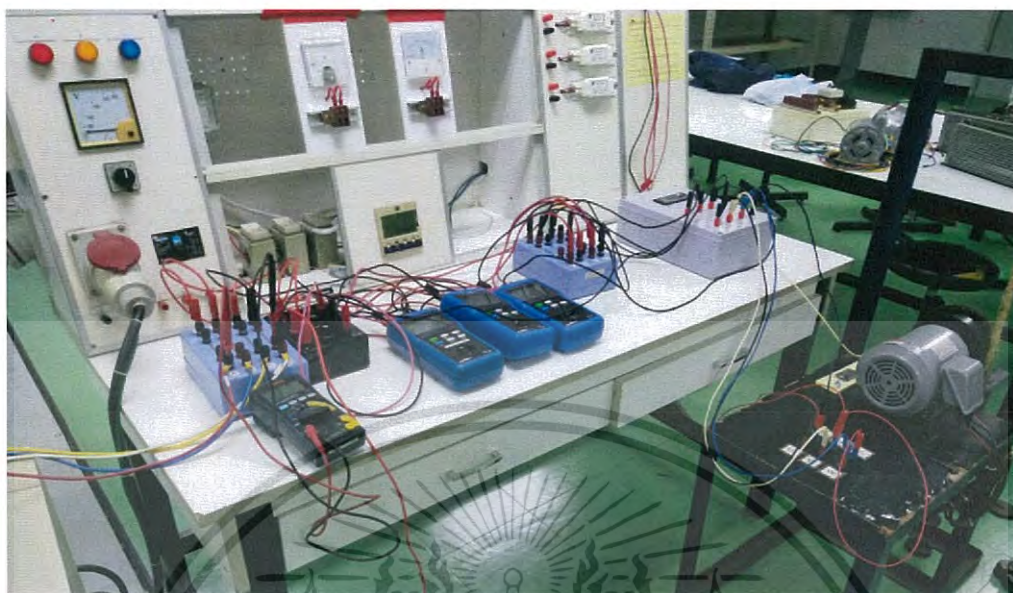
รูปที่ 3.35 แผนภาพการจำลองสภาวะผิดปกติกรณีต่างๆ



รูปที่ 3.36 แผนภาพการจำลองสภาวะผิดปกติกรณีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 3.37 วงจรการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	1	เครื่อง
2. Variable Transformer 3 เฟส	1	เครื่อง
3. โมดูล PZEM-004T	3	โมดูล
4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ LM 35	1	ชิ้น
5. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	1	บอร์ด
6. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU	1	บอร์ด
7. จอ LCD 20x4	1	เครื่อง
8. ตุ่มเหล็ก	8	กิโลกรัม
9. สายไฟ	60	เส้น
10. Fuse	3	ตัว
11. Junction box	2	กล่อง
12. Power supply 9 V	1	ชุด
13. ตาชั่งสปริงแบบแขวนพร้อมเชือก และตะขอเกี่ยวตุ้มน้ำหนัก	1	ชุด
14. Rheostat	2	เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วิธีการทดลอง

ต่ออุปกรณ์ต่างๆตามรูปที่ 3.6 โดยต่อมอเตอร์แบบสตาร์มีนิวทรอล ใช้ Variable Transformer 3 เฟสจ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านโมดูล PZEM-004T เพื่อทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ต่อมาติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิ LM-35 จากนั้นทำการปรับแรงดันและจ่ายโหลดตามสถานะที่ผิดปกติต่างๆ เราจะสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบติดตามและเฝ้าระวังการทำงานของมอเตอร์ได้จากแอปพลิเคชัน AR โดยกดเลือกฟังก์ชัน AR Camera ส่องไปที่ QR Code ในรูปที่ 3.38 และตรวจสอบการแจ้งเตือนของ LINE Notify ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.39 การใช้งานแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

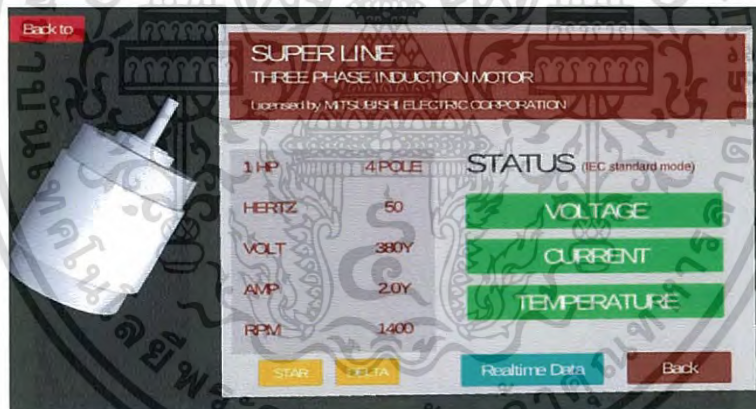
ผลการทดลอง

4.1 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส สมดุล

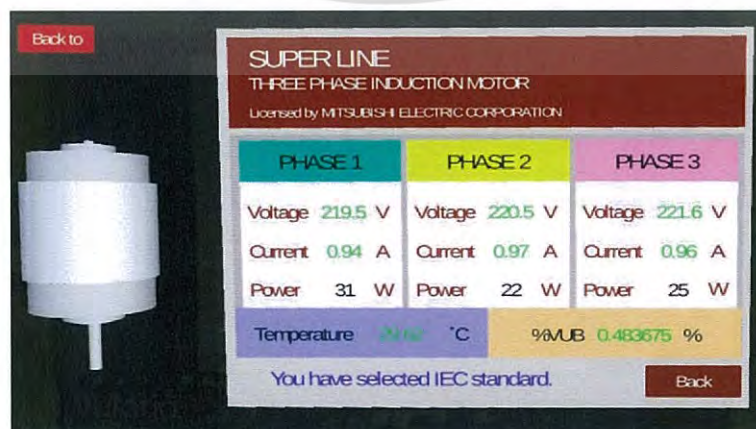
4.1.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.1 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส สมดุล

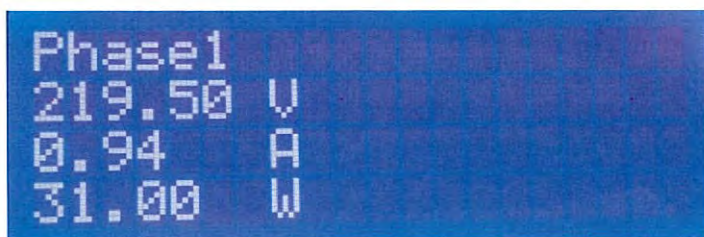
ครั้งที่	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V _R	V _S	V _T	I _R	I _S	I _T	P _R	P _S	P _T
1	219.5	220.5	221.6	0.94	0.97	0.96	31	22	25
2	219.4	220.5	221.4	0.94	0.97	0.97	29	23	25
3	219.2	220.4	221.4	0.97	0.97	0.96	23	23	25
4	219.3	220.5	221.3	0.93	0.97	0.96	30	24	23
5	219.4	220.6	221.7	0.93	0.97	0.97	31	23	26



รูปที่ 4.1 หน้าแสดงสถานะค่าทางไฟฟ้าบนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสมดุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.2 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสมดุล โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

Phase1
219.50 V
0.94 A
31.00 W
  
```

รูปที่ 4.3 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสมดุล เฟส 1



```

Phase2
220.50 V
0.97 A
22.00 W
  
```

รูปที่ 4.4 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสมดุล เฟส 2



```

Phase3
221.60 V
0.96 A
25.00 W
  
```

รูปที่ 4.5 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสมดุล เฟส 3

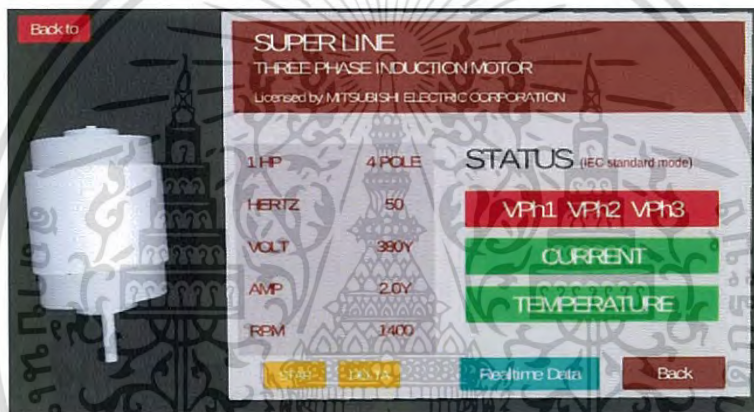
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ (Under Voltage)

4.2.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.2 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ

ครั้งที่	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V _R	V _S	V _T	I _R	I _S	I _T	P _R	P _S	P _T
1	205.4	206.2	207.5	0.82	0.83	0.85	24	18	21
2	205.3	206.1	207.6	0.81	0.84	0.85	25	19	22
3	205.3	205.9	207.7	0.81	0.84	0.86	25	19	23
4	205.1	205.7	207.3	0.82	0.83	0.85	24	18	23
5	205.0	205.8	207.2	0.81	0.84	0.86	23	19	22

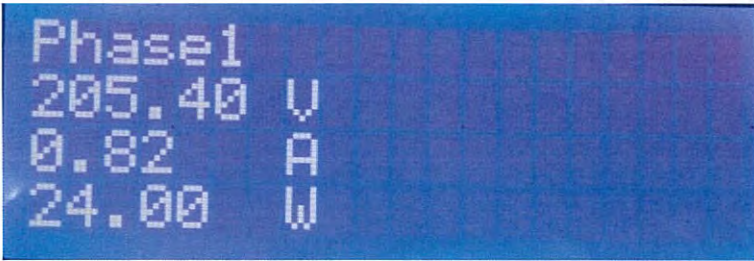


รูปที่ 4.6 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ



รูปที่ 4.7 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Phase1		
205.40	V	
0.82	A	
24.00	W	

รูปที่ 4.8 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ เฟส 1



Phase2		
206.20	V	
0.83	A	
18.00	W	

รูปที่ 4.9 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ เฟส 2



Phase3		
207.50	V	
0.85	A	
21.00	W	

รูปที่ 4.10 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ เฟส 3

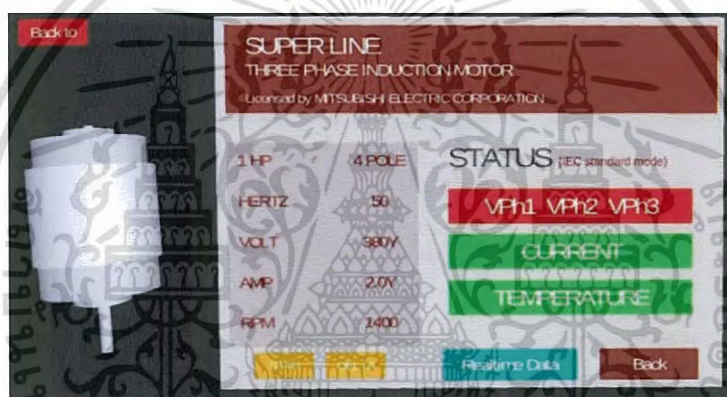
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส สูงกว่าปกติ (Over Voltage)

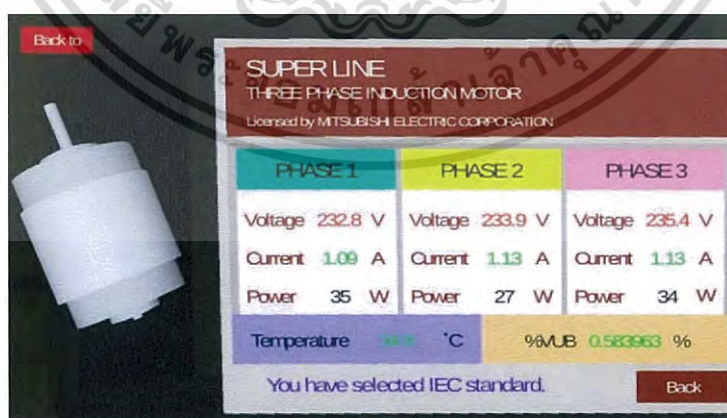
4.3.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.3 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส สูงกว่าปกติ

ครั้งที่	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V_R	V_S	V_T	I_R	I_S	I_T	P_R	P_S	P_T
1	233.0	233.9	235.5	1.09	1.12	1.13	36	27	34
2	232.8	233.9	235.4	1.09	1.13	1.13	35	27	34
3	232.8	234.2	235.4	1.10	1.13	1.13	37	28	34
4	233.0	234.1	235.2	1.09	1.13	1.13	36	27	36
5	233.1	234.2	234.2	1.10	1.13	1.13	37	27	37

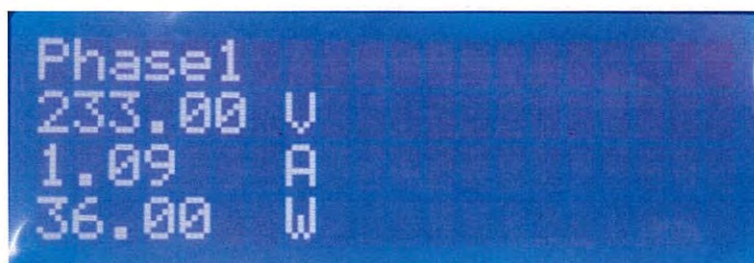


รูปที่ 4.11 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ



รูปที่ 4.12 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ เฟส 1



รูปที่ 4.14 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ เฟส 2



รูปที่ 4.15 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ เฟส 3

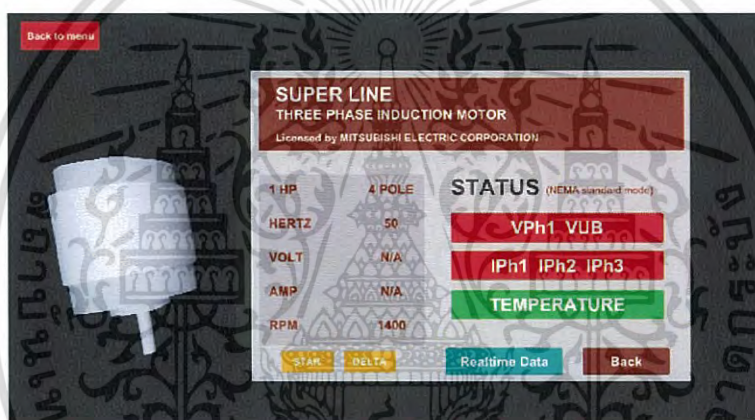
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ไม่สมดุล (Unbalance Voltage)

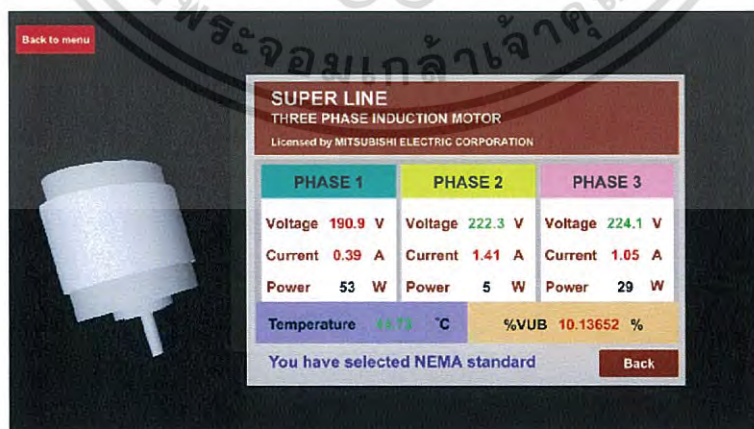
4.4.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.4 กรณีแรงดันไฟฟ้าปกติ 3 เฟส ไม่สมดุล

ครั้งที่	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V _R	V _S	V _T	I _R	I _S	I _T	P _R	P _S	P _T
1	190.9	222.3	224.1	0.39	1.41	1.05	53	5	29
2	191.1	222.4	224.1	0.41	1.41	1.33	53	5	29
3	192.5	223.4	225.2	0.43	1.46	1.36	54	6	30
4	190.8	222.1	223.8	0.38	1.39	1.01	52	5	28
5	190.5	221.9	222.6	0.38	1.40	1.33	52	5	89

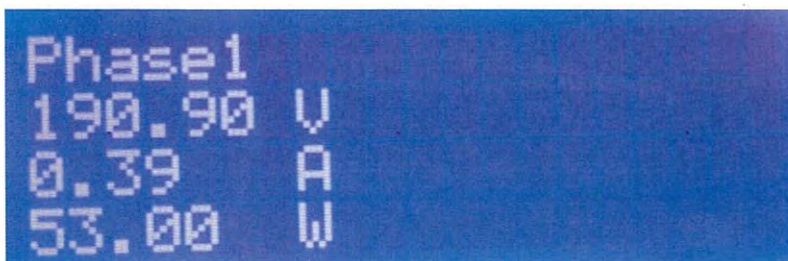


รูปที่ 4.16 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุล



รูปที่ 4.17 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุล เฟส 1



รูปที่ 4.19 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุล เฟส 2



รูปที่ 4.20 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุล เฟส 3

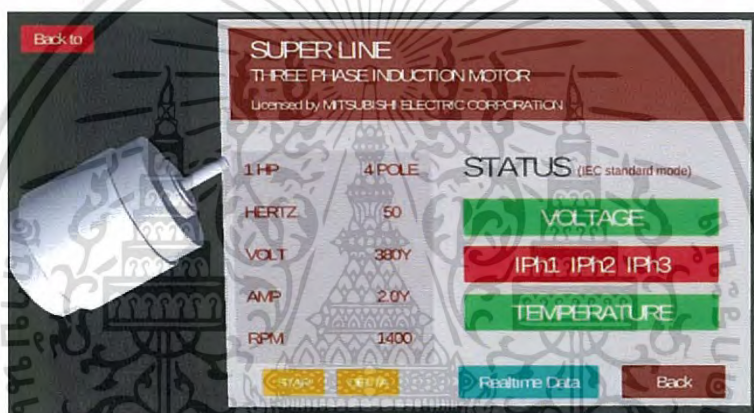
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 กรณีโหลดเกิน (Overload)

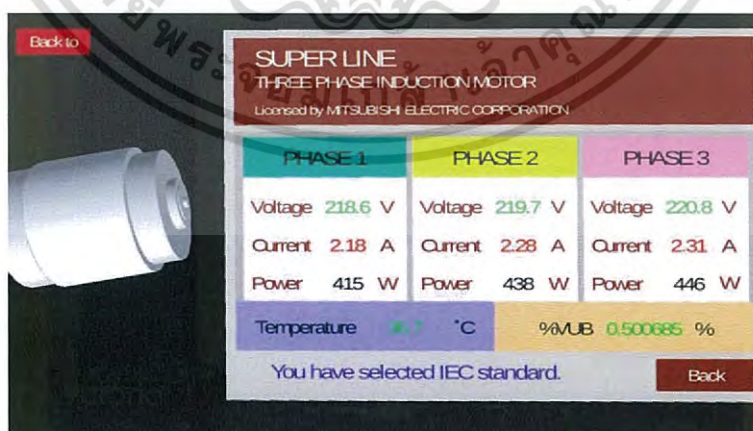
4.5.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.5 กรณีโหลดเกิน

Load (%)	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V_R	V_S	V_T	I_R	I_S	I_T	P_R	P_S	P_T
0	219.2	220.4	221.4	0.97	0.97	0.96	23	23	25
50	218.4	219.6	221.1	0.94	1.00	1.02	63	65	72
100	217.0	218.0	218.8	1.91	2.01	2.04	353	372	382
>100	218.5	219.8	220.5	2.15	2.26	2.31	412	436	442

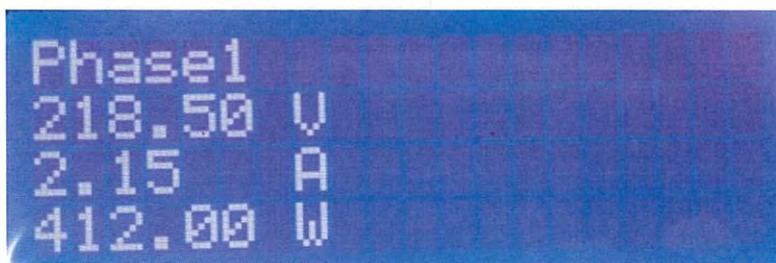


รูปที่ 4.21 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกิน



รูปที่ 4.22 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกิน

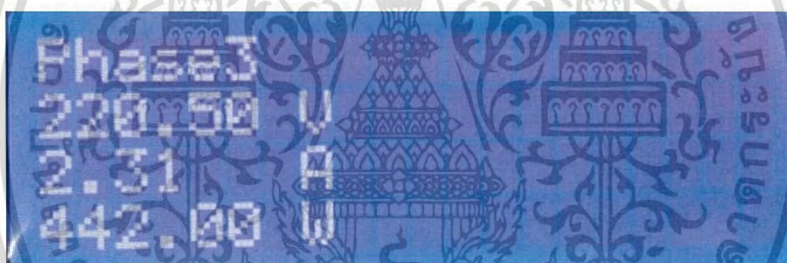
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกิน เฟส1



รูปที่ 4.24 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกิน เฟส2



รูปที่ 4.25 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกิน เฟส3

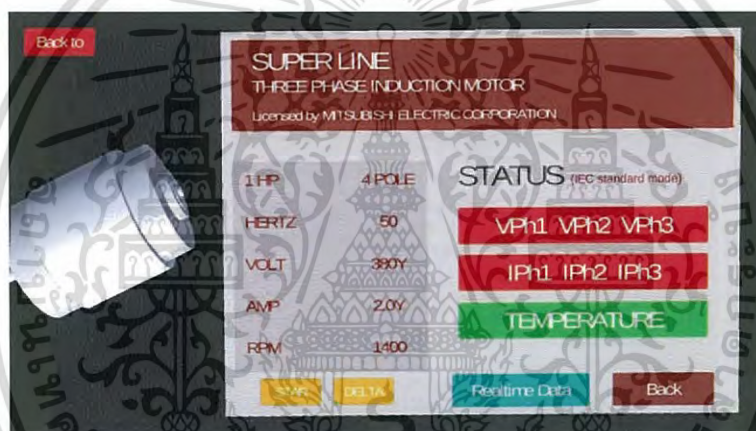
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ (Under Voltage) และโหลดเกิน (Overload)

4.6.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

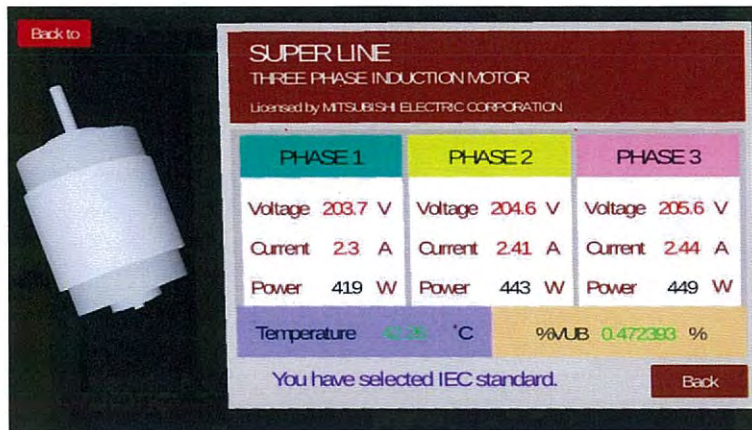
ตารางที่ 4.6 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ต่ำกว่าปกติ (Under Voltage) และโหลดเกิน (Overload)

Load (%)	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V _R	V _S	V _T	I _R	I _S	I _T	P _R	P _S	P _T
0	205.3	205.9	207.7	0.81	0.84	0.86	25	19	23
50	205.4	206.5	207.5	0.94	1.01	1.03	108	113	123
100	204.1	205.3	206.0	1.95	2.08	2.11	350	374	382
>100	203.8	204.6	205.6	2.43	2.40	2.46	421	447	451

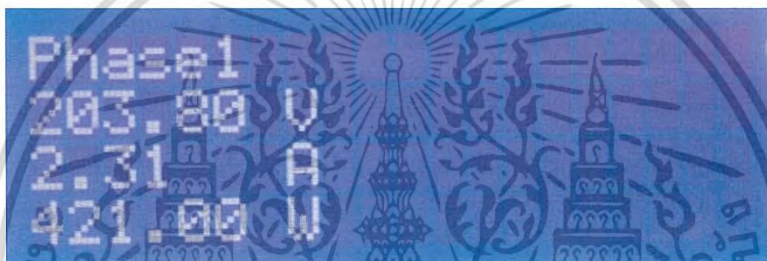


รูปที่ 4.26 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR

กรณีแรงดันต่ำก่าปกติและโหลดเกิน



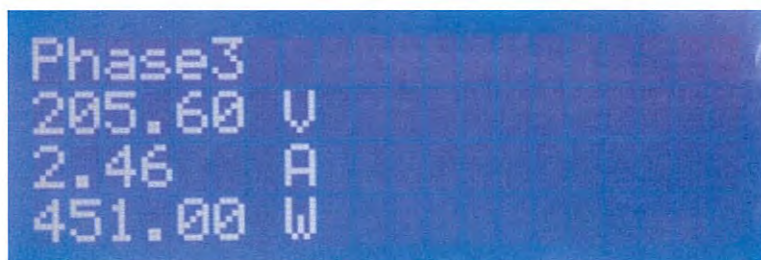
รูปที่ 4.27 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR
กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน



รูปที่ 4.28 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส 1



รูปที่ 4.29 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส 2



รูปที่ 4.30 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส 3

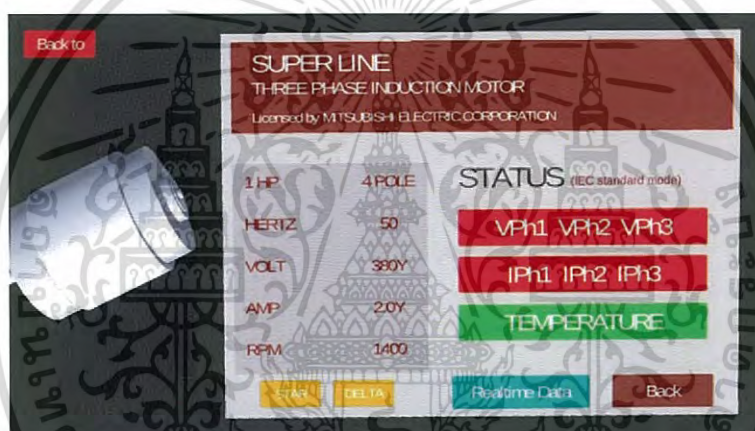
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส สูงกว่าปกติ (Over Voltage) และโหลดเกิน (Overload)

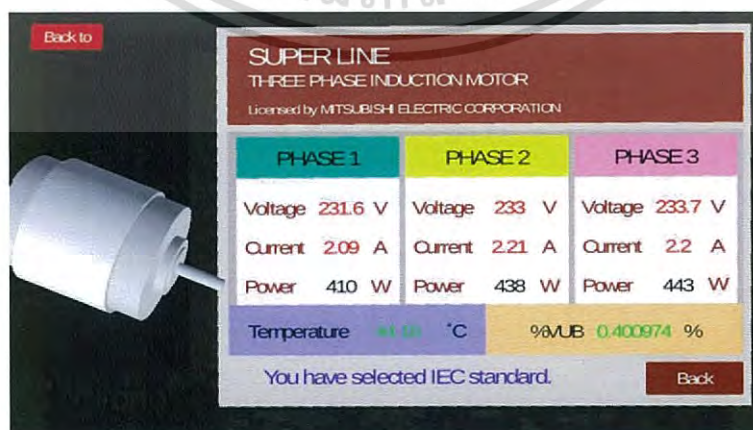
4.7.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.7 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส สูงกว่าปกติ (Over Voltage) และโหลดเกิน (Overload)

Load (%)	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V _R	V _S	V _T	I _R	I _S	I _T	P _R	P _S	P _T
0	232.1	233.8	234.0	1.07	1.10	1.09	34	25	32
50	232.0	233.6	233.9	1.09	1.11	1.12	37	28	38
100	231.7	233.3	234.1	1.94	2.07	2.08	376	398	407
>100	231.7	233.2	234.0	2.04	2.16	2.16	399	420	426

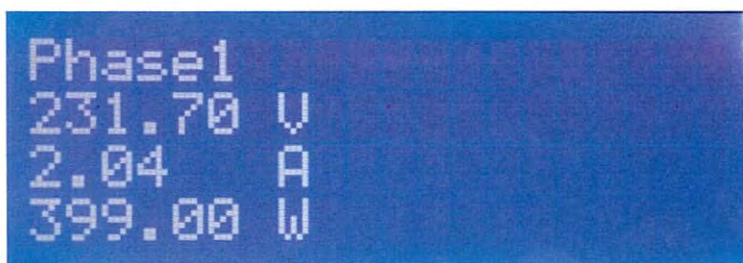


รูปที่ 4.31 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน



รูปที่ 4.32 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส 1



รูปที่ 4.34 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส 2



รูปที่ 4.35 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและโหลดเกิน เฟส 3

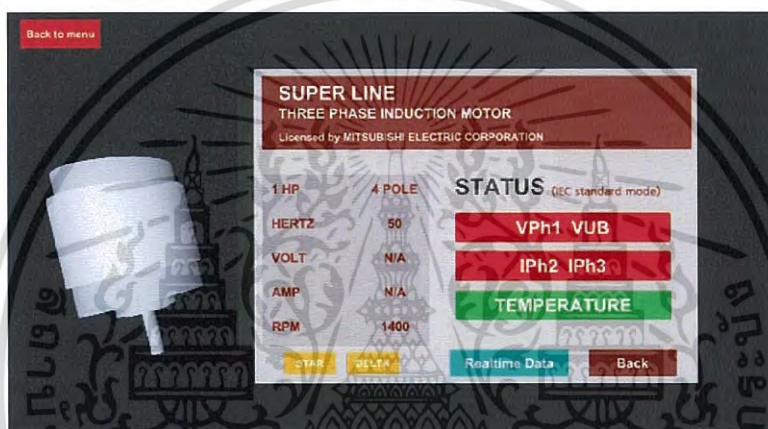
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage) และโหลดเกิน (Overload)

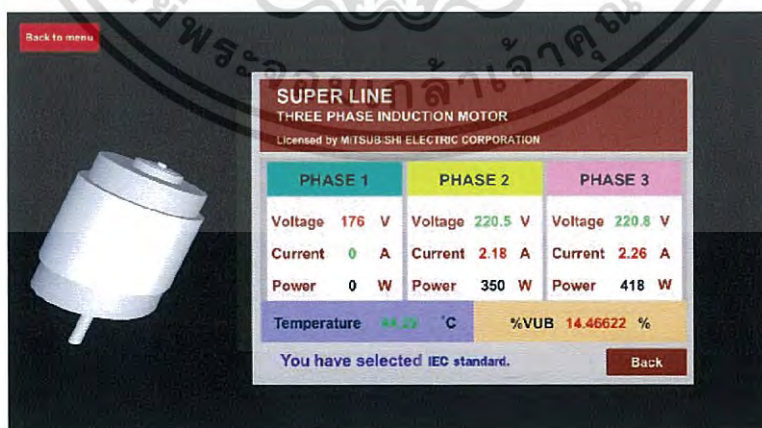
4.8.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

ตารางที่ 4.8 กรณีแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage) และโหลดเกิน (Overload)

Load (%)	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V_R	V_S	V_T	I_R	I_S	I_T	P_R	P_S	P_T
0	190.8	222.2	222.5	0	1.40	1.33	0	4	89
>100	176.0	220.5	220.8	0	2.18	2.26	0	350	418

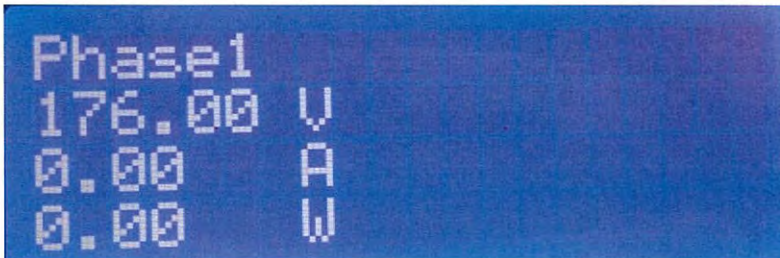


รูปที่ 4.36 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน



รูปที่ 4.37 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



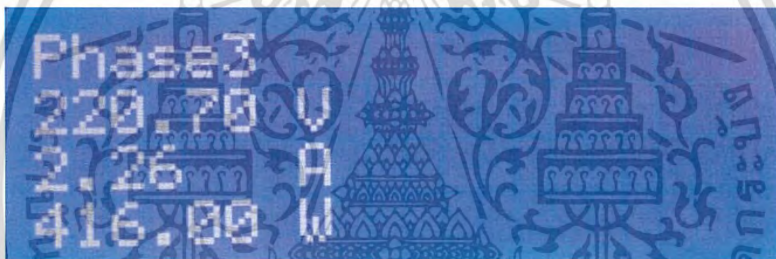
Phase1	
176.00	U
0.00	A
0.00	W

รูปที่ 4.38 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน เฟส 1



Phase2	
220.50	U
2.18	A
350.00	W

รูปที่ 4.39 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน เฟส 2



Phase3	
220.70	U
2.26	A
416.00	W

รูปที่ 4.40 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีแรงดันไม่สมดุลและโหลดเกิน เฟส 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

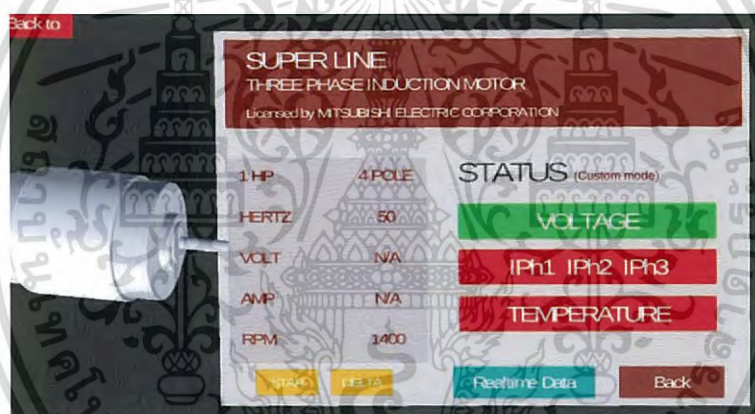
4.9 กรณีโหลดเกิน (Overload) และอุณหภูมิเกิน (Over Temperature)

4.9.1 ผลจากโมดูล PZEM-004T

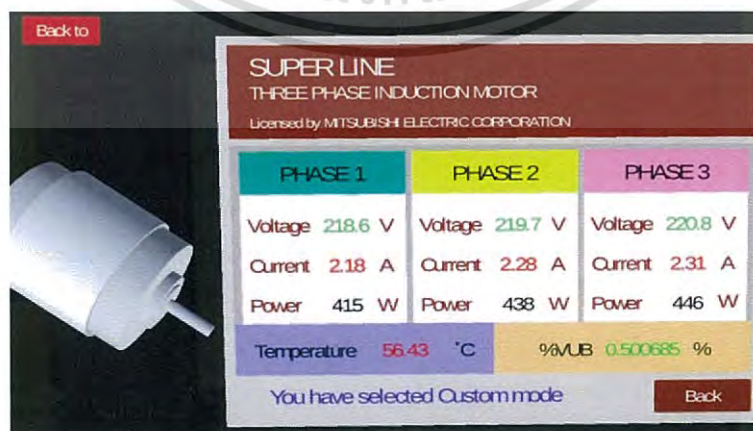
ตารางที่ 4.9 กรณีโหลดเกิน (Overload) และอุณหภูมิเกิน (Over Temperature)

Load (%)	Voltage (V)			Current (A)			Power (W)		
	V _R	V _S	V _T	I _R	I _S	I _T	P _R	P _S	P _T
0	219.4	220.5	221.1	0.96	0.97	0.95	25	23	24
50	218.7	219.8	220.6	0.95	1.00	1.02	65	67	70
100	218.0	219.0	219.8	1.95	2.03	2.05	357	371	380
>100	218.5	219.5	220.8	2.18	2.27	2.30	414	436	443

หมายเหตุ เนื่องจากกรณีอุณหภูมิเกิน ไม่สามารถทดสอบและวัดค่าตามมาตรฐานได้ การทดสอบนี้จึงกำหนดให้มีการเร่งเต็มที่ 50 องศาเซลเซียสแทน

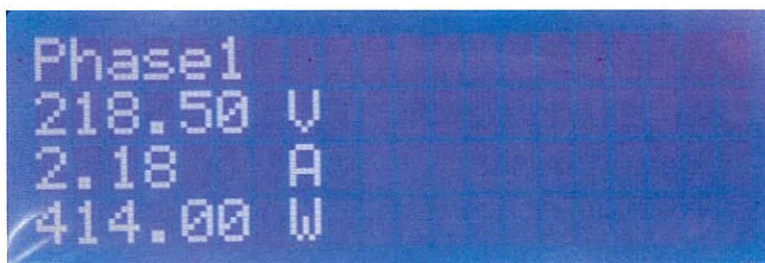


รูปที่ 4.41 หน้าแสดงสถานะแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน



รูปที่ 4.42 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน AR กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน เฟส 1



รูปที่ 4.44 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน เฟส 2



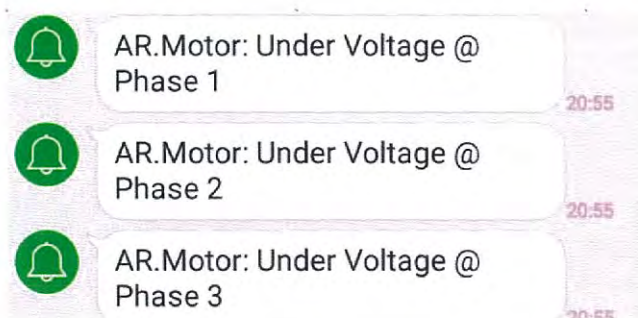
รูปที่ 4.45 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน เฟส 3



รูปที่ 4.46 หน้าแสดงผลแบบเรียลไทม์บนจอ LCD กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

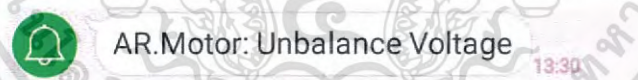
4.10 ผลการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify



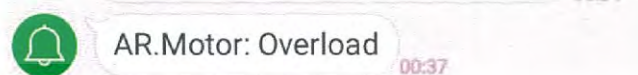
รูปที่ 4.47 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติ



รูปที่ 4.48 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีแรงดันสูงกว่าปกติ

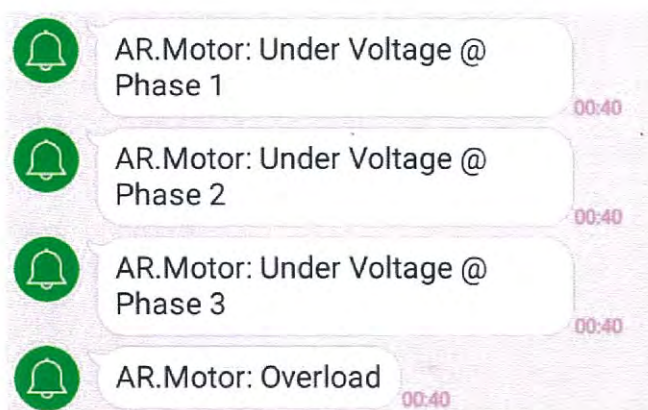


รูปที่ 4.49 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีแรงดันไม่สมดุล



รูปที่ 4.50 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีโหลดเกิน

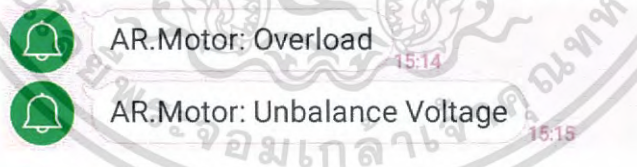
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



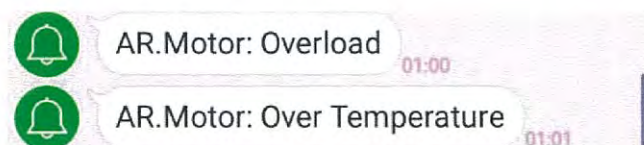
รูปที่ 4.51 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีแรงดันต่ำกว่าปกติและโหลดเกิน



รูปที่ 4.52 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีแรงดันสูงกว่าปกติและกรณีโหลดเกิน



รูปที่ 4.53 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีแรงดันไม่สมดุลและกรณีโหลดเกิน



รูปที่ 4.54 แจ้งเตือนผ่าน LINE Notify กรณีโหลดเกินและอุณหภูมิเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลทดสอบและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนนอกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส พบว่ามีประสิทธิภาพที่เพียงพอต่อการตรวจติดตามการทำงาน สามารถแสดงค่าบนแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว มีการแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติได้ตรงตามที่ใช้หรือมาตรฐานกำหนด และสามารถนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มานำเสนอในรูปแบบระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกและควมมีประสิทธิภาพในการตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสให้แก่ผู้ใช้ ซึ่งในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรที่ตรงกับความต้องการ การเขียนคำสั่งเพื่อใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ การเลือกชนิดการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ การเขียนแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถประยุกต์ใช้กับระบบสนับสนุนความจริงเสมือน การเขียนคำสั่งเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับฐานข้อมูล การเขียนคำสั่งเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับฐานข้อมูล ตลอดจนออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.1 บทสรุปของโครงการ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ มีการศึกษาและใช้ความรู้ในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไมโครลวดค่าทางไฟฟ้าและทำการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ภาษา C ในการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณและส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังต้องใช้ความรู้ในการเขียนแอปพลิเคชันและการเขียนระบบสนับสนุนความจริงเสมือนด้วยภาษา C# และการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับฐานข้อมูลด้วยภาษา JSON โดยได้ทำการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่เรียบง่าย มีการออกแบบการติดตามการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสให้รองรับกับสถานการณ์ที่หลากหลาย ทำให้สามารถทำการเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานได้อย่างรวดเร็วไม่ว่าผู้ใช้จะใช้งานแอปพลิเคชันนี้ที่ไหนก็ตาม ในส่วนของการศึกษาหาข้อมูลในการทำโครงการครั้งนี้ได้ใช้แหล่งที่มาของข้อมูลที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นหนังสือ อินเทอร์เน็ตที่มีความน่าเชื่อถือ วารสารบทความทางวิชาการ สอบถามกับอาจารย์ที่ปรึกษา และในสำนักหอสมุด เป็นต้น ทำให้คณะผู้จัดทำมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการเขียนแอปพลิเคชันและการติดต่อสื่อสารกับฐานข้อมูลมากขึ้น รู้จักการทำงานร่วมกันกับผู้อื่น ได้ฝึกความรับผิดชอบในการทำงาน มีประสบการณ์ในการทำงานภายใต้ความกดดัน และสามารถนำความรู้ในการเรียนมาประยุกต์ใช้กับโครงการได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

1. เนื่องจากการทดลองส่วนเชื่อมต่อข้อมูลจำเป็นต้องใช้งานอินเทอร์เน็ต เพื่อให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อัปโหลดข้อมูลขึ้นฐานข้อมูล แต่อินเทอร์เน็ตของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจำเป็นต้องมีการ Authentication ในเว็บเบราว์เซอร์ก่อน ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ จึงต้องทำการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตส่วนตัวที่ไม่มีการ Authentication แทน
2. เนื่องจาก Firebase Realtime Database มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่จัดเก็บข้อมูลและขนาดในการโหลดข้อมูล ทำให้ไม่สามารถแสดงค่าแบบเรียลไทม์ได้ จึงต้องทำการอัปเดตบัญชีให้สามารถจัดเก็บและโหลดได้มากขึ้นก่อน ซึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
3. เนื่องจาก Firebase Realtime database เพิ่งเปิดให้บริการเมื่อ ตุลาคม ปี พ.ศ. 2560 จึงทำให้มีการแก้ไขและอัปเดตบ่อยครั้ง ซึ่งอาจทำให้การส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์เกิดปัญหาขึ้นได้ แก้ไขโดยการติดตามข้อมูลข่าวสารจากทาง Firebase และทำการแก้ไขคำสั่งในแอปพลิเคชัน

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1. เพิ่มรูปแบบการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสให้ครอบคลุมมากขึ้น เช่น ความเร็วรอบ, การสั่นสะเทือน เป็นต้น
2. เพิ่มความสามารถของแอปพลิเคชันให้สามารถรองรับระบบปฏิบัติการอื่นๆ เช่น iOS, Windows phone เป็นต้น
3. เพิ่มเทคโนโลยีที่สามารถทำการวิเคราะห์การทำงานของมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ เช่น ระบบปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น
4. เพิ่มระบบควบคุมการทำงานโดยใช้อินเทอร์เน็ต เช่น สามารถปิดระบบการทำงานของมอเตอร์ได้ด้วยสมาร์ตโฟน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things
5. เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลเพื่อความแม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

อ้างอิง

- [1] พิเชิต ล้ายอง, เครื่องจักรกลไฟฟ้า, ครั้งที่พิมพ์.2 กรุงเทพฯ, สนพ.มีน เซอร์วิส ซัพพลาย, 2554.
- [2] ไชยชาญ หินเกิด, เครื่องกลไฟฟ้า 2, ครั้งที่พิมพ์.3 กรุงเทพฯ, สนพ.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, 2543.
- [3] บทความ “ArduinoUnoR3,” แนะนำการใช้งาน, www.thaieasyelec.com.
- [4] บทความ “Character LCD Display กับ Arduino,” แนะนำการทำงาน, www.thaieasyelec.com.
- [5] สุวัตชัย กล้าเกิดผล, “การวิเคราะห์ความผิดปกติในมอเตอร์,” www.tgipmt.com, 2557.
- [6] ปนัดดา ศรีจันทร์, “ปัญหาแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลของมอเตอร์ไฟฟ้า,” www.thailandindustry.com, 2556.
- [7] บทความ “การส่งข้อมูลผ่าน Intent ระหว่าง Activity,” www.akexorcist.com.
- [8] สิริวิช ทัดสวน, ศุภเดช ตะเพียนทอง, และธีรยุทธ รัตนสิทธิ์, “การพัฒนาระบบเฝ้าติดตามมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย (SMS),” วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, ปีที่2, ฉบับที่ 1, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์, 2559.
- [9] Peter Tavner, Li Ran, Jim Penman, and Howard Sedding, “Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines,” The Institute of Engineering and Technology, 2006.
- [10] ABB Motor and Generator, Low Voltage Motors Guide. (2014). www.abb.com/motors&generators.
- [11] Jonathan Lonower, Krystian Babilinski, “Augmented Reality for Developers”, Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนนอกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตาม การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN INDUCTION MOTOR CONDITION MONITORING SYSTEM

นางสาวกิตติยาภรณ์ ขันทอง, นายจิรายุ ชมศรี, นางสาวชนิสรา ศรีเก็น, นายณัฐชน โชติ คำแสง

อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ, ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ลาดกองรัง1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3515 E-Mail: power@kmitl.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนนอกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์โดยนำระบบสนับสนุนความจริงเสมือนมาสร้างความน่าสนใจให้กับการแสดงผล การทำงานของระบบ คือ เริ่มจากผู้ใช้งานเปิดแอปพลิเคชันในอุปกรณ์สมาร์ตโฟน แอปพลิเคชันจะเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเพื่อรับข้อมูลจากโมดูลวัดค่าสำเร็จรูปและเซนเซอร์มาแสดงในหน้าส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ซึ่งส่งผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะประมวลผลและส่งค่าไปยังแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ และแอปพลิเคชันจะมีการแจ้งเตือนเมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีการทำงานผิดปกติผ่านแอปพลิเคชันและจอแอลซีดี โดยระบบนี้มีอุปกรณ์คือ โมดูลสำเร็จรูปวัดกำลังไฟฟ้าแรงดันและกระแสเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เครื่องส่งสัญญาณไร้สาย จอแอลซีดี แสดงผล วงจรควบคุม และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

คำสำคัญ : มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส, ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน, ระบบเฝ้าระวัง

Abstract

This project applies the Augment Reality technology to create an induction motor monitoring system and to prevent motor failure. This system consists of a set of three phase voltage and current sensors that are implemented with power and energy measurement IC. Those have been controlled by Arduino microcontroller and connected to internet via Wi-Fi communication module. Operating

process of the system starts by opening an application on smartphone, then connecting to the Wi-Fi module to receive data from the sensors and data processing unit. The application will show the real-time data on user interface. The application has been designed with GUI function interactively on-the-fly through AR and alarm when the system detects fault.

Keywords : 3-phase induction motor, Augmented Reality, Monitoring system

1. บทนำ

ปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่อาศัย หรืออาจพบเห็นได้ทั่วไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีอยู่หลายประการคือ มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองและมลภาวะมาก ราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการบำรุงรักษาเนื่องจากไม่มีแปรงถ่าน และซีคอมมิวเตเตอร์เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง อีกทั้งยังสามารถควบคุมความเร็วรอบได้ ดังนั้นการตรวจติดตามการทำงานนั้นถือเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งเพื่อป้องกันความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นต่อตัวมอเตอร์เอง ต่อผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน และต่อกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น หากมอเตอร์หยุดการทำงานอย่างกะทันหันในโรงงานจะส่งผลให้เกิดผลเสียต่อธุรกิจเป็นอย่างมาก หรืออุณหภูมิของมอเตอร์สูงขึ้นอย่างผิดปกติเป็นสัญญาณเตือนว่าอาจมีสาเหตุจากการเสื่อมสภาพของฉนวนขดลวดทองแดง หรือ ความผิดปกติในระบบไฟฟ้าในการจ่ายแรงดัน เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุให้มีการศึกษาค้นคว้าและทดลองการตรวจสอบและติดตามพฤติกรรมการทำงานของ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาและการวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่วารณี่ใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อบอกสถานะของมอเตอร์ที่กำลังทำงานแบบออนไลน์อย่างเที่ยงตรง อีกทั้งเพื่อความสะดวกปลอดภัย ง่ายต่อการเข้าใจ และรวดเร็วในการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ จึงได้นำระบบสนับสนุนความจริงเสมือนเข้ามาเพื่อให้ผู้ใช้ทุกกลุ่มสามารถเข้าใจสถานะการทำงานของมอเตอร์ในปัจจุบันได้โดยง่าย โดยระบบสนับสนุนความจริงจะแสดงผลผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือบนแอปพลิเคชัน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถตรวจติดตามมอเตอร์ได้โดยตรงและสามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การติดตามและเฝ้าระวังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

ในระบบอุตสาหกรรมมีการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำจำนวนมาก ซึ่งโดยปกติจะถูกใช้งานเป็นเวลานาน ขดลวดทองแดงจะมีความร้อนสูง ส่งผลให้ฉนวนในมอเตอร์เสื่อมลง อายุการใช้งานมอเตอร์ก็จะลดลงด้วย จากปกติที่สามารถใช้ได้ถึง 20 ปี สาเหตุที่ทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งควรนำมาติดตามและเฝ้าระวังความผิดปกติที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้ใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาได้ทัน่วงที โดยจะมีการติดตามผลและเฝ้าระวังในจุดที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหา ได้แก่ แรงดัน (Voltage Monitoring) กระแส (Current Monitoring) และ อุณหภูมิ (Temperature Monitoring)

2.1.1 การติดตามและเฝ้าระวังด้านแรงดัน ไฟฟ้าป้อนเข้า (Voltage Monitoring) สาเหตุหนึ่งที่ทำให้มอเตอร์เสียหายอาจเกิดมาจากแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าผิดปกติ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน of มอเตอร์ ความผิดปกตินี้ประกอบด้วย

- แรงดันเกิน (Over-Voltage) การจ่ายแรงดันที่สูงเกินไปให้มอเตอร์เป็นการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กเข้าสู่ภาวะอิ่มตัว เป็นเหตุให้มอเตอร์ต้องดึงกระแสไฟฟ้ามากขึ้น ผลที่ตามมาคือเกิดความร้อนและอายุการใช้งานก็จะสั้นลงตามไปด้วย ซึ่งมาตรฐาน NEMA MG-1 ระบุว่ามอเตอร์สามารถใช้งานได้ที่แรงดันไม่สูงกว่า 110% ของพิกัด ส่วนมาตรฐาน IEC 60034-1 ระบุให้ใช้ไม่สูงกว่า 105% ของพิกัด

- แรงดันต่ำ (Under-Voltage) การจ่ายแรงดันที่ต่ำเกินไป กระแสไฟฟ้าจะถูกป้อนมากขึ้น เพื่อให้กำลังไฟฟ้าย่างคงเดิม ทำให้เกิดความร้อนสูงที่ขดลวดในมอเตอร์ ส่งผลให้ความเป็นฉนวนลดลงและอายุการใช้งานสั้นลงด้วย หรืออีกสาเหตุอาจเกิดจากระยะห่างระหว่างมอเตอร์กับแหล่งจ่าย

ไฟฟ้า ซึ่งมาตรฐาน NEMA MG-1 ระบุว่ามอเตอร์สามารถใช้งานได้ที่แรงดันไม่ต่ำกว่า 90% ของพิกัด ส่วนมาตรฐาน IEC 60034-1 ระบุให้ใช้ไม่ต่ำกว่า 95% ของพิกัด

- แรงดันไม่สมดุล (Unbalance-Voltage) ความไม่สมดุลของระดับแรงดันไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสไม่เท่ากันด้วย ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของขดลวด หากว่าความไม่สมดุลเกินกว่าที่ยอมรับได้ อาจสร้างความเสียหายต่อมอเตอร์ตามมา

$$\text{แรงดันเฉลี่ยแต่ละเฟส} = \frac{V_{ab} + V_{bc} + V_{ca}}{3} \quad (2.1)$$

จากนั้นหาความต่างที่มากที่สุดระหว่างแรงดันเฉลี่ยแต่ละเฟสที่คำนวณกับแรงดันแต่ละเฟส โดยคิดความต่างของแรงดันที่มากที่สุดหารด้วยแรงดันเฉลี่ยแต่ละเฟสโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ก.1 ระดับแรงดันใช้งานของมอเตอร์เหนี่ยวนำตามมาตรฐาน IEC 60034-1

แรงดันไฟฟ้าที่พิกัด	ระดับแรงดันต่ำสุด		ระดับแรงดันสูงสุด		ความถี่ที่พิกัด
	95%	110%	95%	110%	
220	209	198	231	242	50
230	219	207	242	253	60
380	361	342	399	418	60
460	437	414	483	506	60

- แรงดันไม่สมดุล (Unbalance-Voltage) ความไม่สมดุลของระดับแรงดันไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสไม่เท่ากันด้วย ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของขดลวด หากว่าความไม่สมดุลเกินกว่าที่ยอมรับได้ อาจสร้างความเสียหายต่อมอเตอร์ตามมา

2.1.2 การติดตามและเฝ้าระวังด้านกระแสไฟฟ้า (Current Monitoring) การขับภาระทางกลเกินกำลังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง เมื่อกระแสที่ไหลเกินค่าที่พิกัดจะทำให้มีความร้อนเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องเฝ้าระวัง โดยมาตรฐาน NEMA MG-1 ระบุว่าเมื่อมอเตอร์ทำงานที่แรงดันพิกัด ความถี่ที่พิกัด และกำลังขาออกที่พิกัด กระแสไฟฟ้าจะไม่เปลี่ยนแปลงจาก Nameplate เกิน 10% กล่าวคือกระแสขณะขับโหลดเต็มพิกัดสามารถมีค่าได้ไม่ต่ำกว่า 90% หรือไม่สูงกว่า 110% ของค่าที่ Nameplate ส่วนมาตรฐาน IEC 60034-1 ไม่ได้ระบุข้อที่เปลี่ยนแปลง

ได้ของกระแสไฟฟ้าที่ Nameplate แต่ให้ค่าพีคที่ Nameplate เป็นค่าที่แน่นอน

2.1.3 การติดตามและเฝ้าระวังด้านอุณหภูมิ (Temperature Monitoring) สาเหตุหนึ่งที่ทำให้อายุการใช้งานมอเตอร์ลดลงคือการใช้งานมอเตอร์ที่ความร้อนสูงเป็นเวลานาน มีการระบายความร้อนที่จำกัด หรือมาจากแรงดันที่เปลี่ยนแปลงทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จนวนขดลวดเสื่อมสภาพลง ดังนั้นจึงต้องมีการติดตามผลอุณหภูมิเพื่อป้องกันความเสียหาย ซึ่งจะมีการแบ่งระดับชั้นทางความร้อนของฉนวนสำหรับมอเตอร์ ตามตารางจากมาตรฐาน IEC 85

2.2 Augmented Reality

Augmented Reality หรือ ระบบความจริงเสมือน คือ เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมามีการผสมผสานกับโลกจริงเข้ากับภาพที่ถูกสร้างขึ้นแล้วแสดงผ่านการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆและ ซอฟต์แวร์ เช่น แสดงภาพผ่านสมาร์ตโฟน เป็น วิดีโอ ภาพกราฟิกภาพสามมิติ ภาพสองมิติ หรือข้อความ ซึ่งอาจมีเสียงเป็นส่วนประกอบ ปัจจุบัน AR เริ่มมีบทบาทมากขึ้นกับชีวิตประจำวันและการทำงานเพื่อความสะดวกในยุคที่มีการสื่อสารการรับส่งข้อมูลถึงผู้ใช้อย่างรวดเร็ว ซึ่งใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการแพทย์ การบันเทิง การศึกษา การท่องเที่ยว วิศวกรรม และอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.2.1 หลักการทำงานเทคโนโลยี Augmented Reality

2.2.1 การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis)เป็นการวิเคราะห์ภาพหรือตัว Marker เมื่อกดกล้องจับภาพที่ต้องการ จะทำการค้นหากฎฐานข้อมูล

2.2.2 คำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) เมื่อกดกล้อง และ Marker จับภาพได้ ภาพที่ได้จะแสดงในตำแหน่งรูปแบบเมตริกซ์ซึ่งใช้อ้างอิงตำแหน่งในกล้องกับ Maker

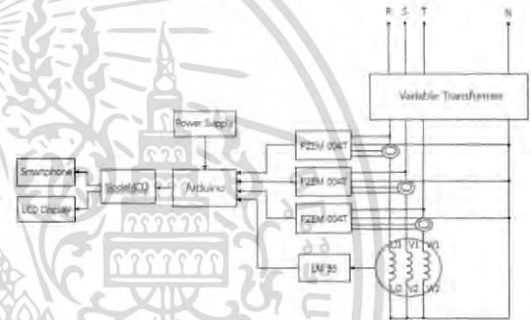
2.2.3 3D Rendering การเพิ่มข้อมูลที่เรากำลังต้องการลงไปเพื่อให้ได้ภาพที่ต้องการแสดงบนกล้อง จากขั้นตอนวิเคราะห์ภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ ซึ่งสามารถบอกตำแหน่งที่ต้องการแสดง

3. การออกแบบและการพัฒนา

หลักการงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 ออกแบบฮาร์ดแวร์ และส่วนที่ 2 ออกแบบซอฟต์แวร์ ในการออกแบบระบบเฝ้าระวังและติดตามการ

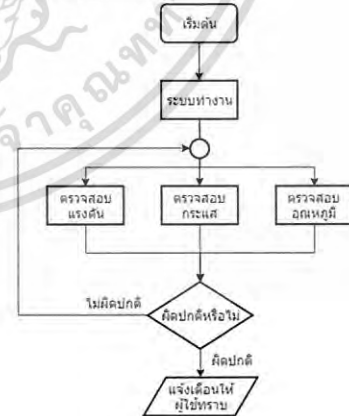
ทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ดังรูปที่ 1 เลือกใช้โมดูล PZEM 004T วัดค่าทางไฟฟ้าที่ต้องการ เช่น กระแสแรงดัน ที่รับมาจาก มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยมี Current Transformer หม้อแปลงกระแส และ Voltage Transformer หม้อแปลงแรงดัน ทำหน้าที่แปลงระดับกระแสและแรงดันเป็นค่าที่เหมาะสม และเซนเซอร์อุณหภูมิ LM 35 วัดความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ เพื่อทำการส่งค่าต่างๆไปยังบอร์ดควบคุม ทำการประมวลผลและคำนวณค่าต่างๆ จากนั้นแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดีที่หน้าตัวมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพื่อแสดงค่าที่วัดได้ และใช้ NodeMCU เป็นตัวส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังสมาร์ตโฟนบนระบบแอนดรอยด์ แสดงผลบนแอปพลิเคชันและใช้เทคโนโลยีระบบสนับสนุนความจริงเสมือนช่วยในการแสดงผลให้น่าสนใจยิ่งขึ้น

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์



รูปที่ ก.1 ภาพรวมของระบบ

3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์



รูปที่ ก.2 แผนผังโครงสร้างการทำงานของระบบซอฟต์แวร์

4. ผลการทดลอง

ในการทดลอง มีการวัดค่าทางไฟฟ้า อุณหภูมิ และแจ้งเตือนผ่านระบบสนับสนุนความจริงเสมือน โดยสามารถแสดงค่าได้ทั้ง 3 เฟส ในรูปที่ 3 สถานะการทำงาน

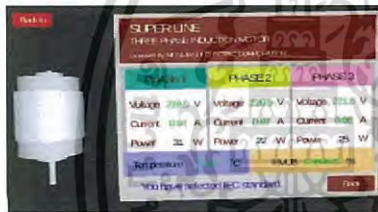
ของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์ไม่มีความผิดปกติ แถบจะเป็นสีเขียว เมื่อมีความผิดปกติใด แถบจะแสดงเป็นสีแดง ดังรูปที่ 4 และในรูปที่ 5 และ 6 ข้อมูลค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้ โดยมีแรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิ เป็นตัวเลข



รูปที่ ก.3 สถานะการทำงานของมอเตอร์ปกติ



รูปที่ ก.4 สถานะการทำงานของมอเตอร์ผิดปกติ



รูปที่ ก.5 ข้อมูลที่วัดได้เมื่อมอเตอร์ปกติ



รูปที่ ก.6 ข้อมูลที่วัดได้เมื่อมอเตอร์ผิดปกติ

5. สรุป

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน ออกแบบสร้างระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส พบว่ามีประสิทธิภาพที่เพียงพอต่อการตรวจติดตามการทำงาน สามารถแสดงค่าบนแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว มีการแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติได้ตรงตามที่ใช้หรือมาตรฐานกำหนด และสามารถนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มานำเสนอในรูปแบบระบบเฝ้าระวังและตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความสะดวกและความมีประสิทธิภาพในการตรวจติดตามการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสให้แก่ผู้ใช้ ซึ่งในการทำปริญญาโท ในครั้งนี้ต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรที่ตรงกับความต้องการ การเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ การเลือกชนิดการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ การเขียนแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถประยุกต์ใช้กับระบบสนับสนุนความจริงเสมือน การเขียนคำสั่งเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับฐานข้อมูล การเขียนคำสั่งเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับฐานข้อมูล ตลอดจนออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารอ้างอิง

- [1] พิชิต ลำยอง, เครื่องจักรกลไฟฟ้า, ครั้งที่พิมพ์ 2 กรุงเทพฯ, สอนพ.มีน เซอร์วิซ ซัพพลาย, 2554.
- [2] Peter Tavner, Li Ran, Jim Penman, and Howard Sedding, "Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines," The Institute of Engineering and Technology, 2006
- [3] สิริวิช ทัดสวน, ศุภเดช ตะเพียนทอง, และธีรยุทธ รัตนสิทธิ์, "พัฒนาระบบเฝ้าติดตามมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย (SMS)," วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์, 2559.
- [4] Jonathan Lonower, Krystian Babilinski, "Augmented Reality for Developers," Birmingham: Packt Publishing L



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 1/2^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10 with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-48 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications

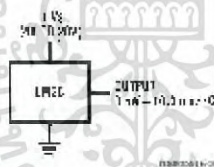
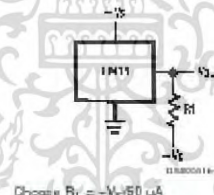


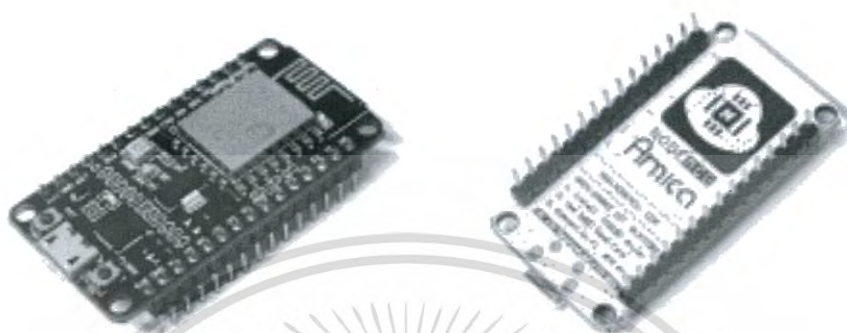
FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_{OUT}/60\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1.500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

NodeMCU ESP8266



Front View

Front View

Specifications of ESP-12E WiFi Module

Wireless Standard	IEEE 802.11 b/g/n
Frequency Range	2.412 - 2.484 GHz
Power Transmission	802.11b : $+18 \pm 2$ dBm (at 11 Mbps) 802.11g : $+14 \pm 2$ dBm (at 54 Mbps) 802.11n : $+13 \pm 2$ dBm (at HT20, MCS7)
Receiving Sensitivity	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
Wireless Form	On-board PCB Antenna
IO Capability	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Electrical Characteristic	3.3 V Operated 15 mA output current per GPIO pin 12 - 200 mA working current Less than 200 uA standby current
Operating Temperature	-40 to +125 °C
Serial Transmission	110 - 921600 bps, TCP Client 5
Wireless Network Type	STA / AP / STA + AP
Security Type	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Encryption Type	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Firmware Upgrade	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
Network Protocol	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
User Configuration	AT + Order Set, Web Android / iOS, Smart Link APP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC digital display Multifunction Meter

Product Type: PZEM-004(V3.0)

A. Function

1. Electrical parameter measurement function (voltage, current, active power, energy).
2. Overload alarm function (over power alarm threshold the power flash and the buzzer beeping to alarm).
3. Power alarm threshold preset function (can set power alarm threshold).
4. The reset function of energy key.
5. Store data when power off (store the accumulated energy before power off).
6. Bright red digital display function (display voltage, current, active power, energy).
7. Serial communication function (with TTL serial interface itself, can communicate with a variety of terminal through the pin board, read and set the parameters).

B. Front display and key

I. Display Interface

Display interface is formed by four bright red digital tubes, used to display the voltage, current, power, energy parameters.

II. Display Format

1. Power: Test Range: 0 ~ 22kW
 Within 0 ~ 10kW, the display format is 0.000 ~ 9.999;
 Within 10 ~ 22kW, the display format is 10.00 ~ 22.00.
2. Energy: Test Range: 0 ~ 9999kWh
 Within 0 ~ 10kWh, the display format is 0.000 ~ 9.999;
 Within 10 ~ 100kWh, the display format is 10.00 ~ 99.99;
 Within 100 ~ 1000kWh, the display format is 100.0 ~ 999.9;
 1000 ~ 9999kWh and above, the display format is 1000 ~ 9999.
3. Voltage: Test Range: 80 ~ 260VAC
 Display Format is 110.0 ~ 220.0.
4. Current: Test Range: 0 ~ 100A
 Display Format is 00.00 ~ 99.99.

III. Key

There is a key on the panel, it can be used to reset energy.

The method of reset energy: Long press the key for 5 seconds until the digital on energy display window flicker, then release the key. Short press the key again, then the energy data is cleared and quit the flickering state, now the reset operation is completed; if long press for 5 seconds again until no longer flicker, it means exit the reset state.

C. Wiring diagram

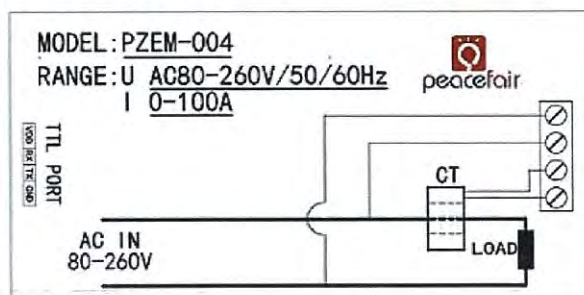


Figure 1 Wiring diagram

The wiring of this module is divided into two parts: the voltage and current test input terminal wiring and the serial communication wiring, as shown in Figure 1; according to the actual needs of the clients, with different TTL pin board to achieve communicate with different terminals.

D. Display Interface

The whole meter panel display window is formed by four windows, they are voltage, current, power and energy; the following are brief description of each parameter display:

1. Voltage Display

Measure and display the current power frequency grid voltage.

2. Current display

Measure and display the current load (appliances) current. There is supplementary instruction that the current test value is from the beginning of 10mA, but this module belongs to high power test equipment, if you care about the mA level current testing accuracy, it is not be recommended.

3. Energy display

Measure and display the current accumulative power consumption. There is supplementary instruction that the minimum unit of the energy metering is 0.001kWh, which means it begins to accumulate from 1Wh, relatively speaking, the resolution is rather high, for the low-power (within 100W) load test, you can observe the accumulative process rather intuitively.

4. Power display

Measure and display the current load power. There is supplementary instruction that the power test value is from the beginning of 0.001kW, which means it begins to test from 1W, but this module belongs to high power test equipment, if you have the requirement of the testing within 1W, it is not be recommended.

E. Serial communication

This module is equipped with TTL serial data communication interface, you can read and set the relevant parameters via the serial port; but if you want to communicate with a device which has USB or RS232 (such as computer), you need to be equipped with different TTL pin board (USB communication needs to be equipped with TTL to USB pin board; RS232 communication needs to be equipped with TTL to RS232 pin board), the specific connection type as shown in Figure 2. In the below table are the communication protocols of this module:

NO.	function	Head	Data1- Data5	Sum
1	voltage	B0	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the voltage value)	1A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		A0	00 E6 02 00 00 (Meter reply the voltage value is 230.2V)	88
2	current	B1	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the current value)	1B
		A1	00 11 20 00 00 (Meter reply the current value is 17.32A)	D2
3	Active power	B2	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the active power value)	1C
		A2	08 98 00 00 00 (Meter reply the active power value is 2200w)	42
4	Read energy	B3	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the energy value)	1D
		A3	01 86 9f 00 00 (Meter reply the energy value is 99999wh)	C9
5	Set the module address	B4	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to set the address, the address is 192.168.1.1)	1E
		A4	00 00 00 00 00 (Meter reply the address was successfully set)	A4
6	Set the power alarm threshold	B5	C0 A8 01 01 14 (computer sends a request to set a power alarm threshold)	33
		A5	00 00 00 00 00 (Meter reply the power alarm threshold was successfully set)	A5

Illustration of the communication protocol example:

1. Set the communication address: 192.168.1.1

Send command: B4 C0 A8 01 01 00 1E

Reply data: A4 00 00 00 00 00 A4

Note: The above example illustrate that setting the communication address as 192.168.1.1 (the user can set their own address based on their preferences and needs), sending commands and replying data automatically are as shown above, the data are expressed in hexadecimal; the last byte of the sending and replying data are 1E and A4, belong to cumulative sum. At sending commands: $B4 + C0 + A8 + 01 + 01 + 00 = 21E$ (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is 21E, take the last two bytes 1E to be used the cumulative sum data in sending commands; data in reply: $A4 + 00 + 00 + 00 + 00 + 00 = A4$ (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is A4, which is the cumulative sum data in reply.

The explanation of the cumulative sum is now finished, the following parameter examples are the same as this, there is no explanation any more.

2. Set the power alarm threshold: 20 KW

Send command: B5 C0 A8 01 01 14 33

Reply data: A5 00 00 00 00 00 A5

Note: 14 in the sending command is the alarm value (14 is a hexadecimal data representation, which converted to decimal is 20). What you should note is the power alarm value of this module is based on KW units, which means the minimum alarm value is 1KW, the maximum value is 22KW.

3. Read the current voltage

Send command: B0 C0 A8 01 01 00 1A

Reply data: A0 00 E6 02 00 00 88

Note: Reply voltage data is D1D2D3 = 00 E6 02, 00 E6 represent the integer-bit of the voltage, 02 represent the decimal of the voltage, the decimal is one digit, converts 00 E6 to decimal is 230; converts 02 to decimal is 2, so the current voltage value is 230.2V.

4. Read the current current

Send command: B1 C0 A8 01 01 00 1B

Reply data: A1 00 11 20 00 00 D2

Note: Reply current data is D2D3 = 11 20, 11 represent the integer-bit of the current, 20 represent the decimal of the current, the current decimal is two digits, converts 11 to decimal is 17; converts 20 to decimal is 32, so the current current value is 17.32 A.

5. Read the current power

Send command: B2 C0 A8 01 01 00 1C

Reply data: A2 08 98 00 00 00 42

Note: Reply power data is D1D2 = 08 98, converts 08 98 to decimal is 2200, so the current voltage value is 2200W.

6. Read the energy

Send command: B3 C0 A8 01 01 00 1D

Reply data: A3 01 86 9F 00 00 C9

Note: Reply energy data is D1D2D3 = 01 86 9F, converts 01 86 9F to decimal is 99999, so the accumulated power is 99999Wh.

F. Illustration of the communication

1. Connect hard wire according to the wiring diagram in figure 1 and 2.
2. After connect the wire, please choose the communication port, this module's upper computer software support communication port: COM2\COM3\COM4, you can check through device manager, if it is not the above communication port, you should amend it through port.

G. Precautions

1. This module is suitable for indoor, please do not use outdoor.
2. Applied load should not exceed the rated power.
3. Wiring order can't be wrong.

H. Specification parameters

1. Working voltage: 80 ~ 260VAC
2. Test voltage: 80 ~ 260VAC
3. Rated power: 100A/22000W
4. Operating frequency: 45-65Hz
5. Measurement accuracy: 1.0 grade

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวกิตติยาภรณ์ ชันทอง
วัน เดือน ปีเกิด 22 สิงหาคม 2538

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย เพชรบูรณ์

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอหล่มสัก
ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 28 กรกฎาคม 2560



ชื่อ-นามสกุล นายจิรายุ ชมศรี
วัน เดือน ปีเกิด 18 ตุลาคม 2537

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2555 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนชลราษฎรอำรุง ชลบุรี

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน สถานีไฟฟ้าแรงสูงบางพลี การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย
ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 28 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ-นามสกุล นางสาวนิตรา ศรีเกิน
วัน เดือน ปีเกิด 12 มกราคม 2538

ประวัติการศึกษา

- ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร
- ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ฝึกงานภาคฤดูร้อน สถานีไฟฟ้าแรงสูงบางพลี การทำฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 28 กรกฎาคม 2560



ชื่อ-นามสกุล นายณัฐธนโชติ คำแสง
วัน เดือน ปีเกิด 4 กุมภาพันธ์ 2539

ประวัติการศึกษา

- ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร
- ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ฝึกงานภาคฤดูร้อน สถานีไฟฟ้าแรงสูงบางพลี การทำฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 28 กรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้