ระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

Wireless Induction Motor Operation Monitoring System

เจษฎาภรณ์ เจริญขวัญ

ญาสุมินทร์ อิ่มซะ

สุพัตรา แสนสองชั้น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Induction Motor Operation Monitoring System

JETSADAPHORN CHAROENKHWAN

YASUMIN AIMZA

SUPATTRA SAENSONGCHUN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

Wireless Induction Motor Operation Monitoring System

ผู้จัดทำ	นางสาวเจษฎาภรณ์	เจริญขวัญ	61010178
	นางสาวญาสุมินทร์	อิ่มซะ	61010263
	นางสาวสุพัตรา	แสนสองชั้น	61011431

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

โดย

นางสาวเจษฎาภรณ์ เจริญขวัญ 61010178

นางสาวญาสุมินทร์ อิ่มซะ 61010263

นางสาวสุพัตรา แสนสองชั้น 61011431

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ทัตยา บุคคละนันทน์

ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยนำระบบเครือข่ายไร้สายมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำในปัจจุบัน โดยระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สายที่พัฒนาขึ้นมานั้น ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำผ่านการแจ้งเตือนทางไลน์หรือระบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้

ขั้นตอนในการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ รวมทั้งศึกษาสาเหตุที่ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเกิดความเสียหาย ศึกษาและออกแบบวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้บอร์ดควบคุม ESP32 เซนเซอร์ตรวจวัดกระแส หม้อแปลงไฟฟ้า ออปแอมป์ LM324 และไอซี CD4030BE จากนั้น ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้โปรแกรม Arduino และนำค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้มาแสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk โดยทำการเชื่อมต่อผ่านทางระบบเครือข่ายไร้สาย เพื่อจะได้สามารถตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำจากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้ และสุดท้าย ทดสอบการทำงานของระบบและปรับแก้ไขให้ทำงานตามที่ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Induction Motor Operation Monitoring System

By

Miss Jetsadaphorn Charoenkhwan 61010178

Miss Yasumin Aimza 61010263

Miss Supattra Saensongchun 61011431

Advisor

Assoc.Prof.Dr. Tattaya Pukkalanun

Academic Year 2021

ABSTRACT

This thesis presents the monitoring of the operation of an induction motor. Wireless networking is used to develop the system for monitoring the operation of the induction motors. Clients can monitor the voltage, current, and power factor of an induction motor via a Line notification or a smartphone application.

The procedure of the operation begins with studying the operation of an induction motor as well as the causes of damage to the induction motor. Then, a circuit to monitor the operation of an induction motor using an ESP32 control board, a current sensor, a transformer, an LM324 op-amp, and a CD4030BE IC are studied and designed. After that, the Arduino program is used to write code to check the operation of an induction motor and display the values monitored using the Blynk application by connecting via the wireless network. The operation of an induction motor is remotely monitored by a smartphone application. Finally, test the system's operation and make the appropriate adjustments to ensure that it works properly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินัย ฤกษ์รัตน์ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า และรองศาสตราจารย์ ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์ รวมทั้งอาจารย์ท่านอื่น ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำจนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือและให้ข้อแนะนำในการทำโครงงานนี้ จึงทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้จัดทำสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้จัดทำ

คณะผู้จัดทำ
เจษฎาภรณ์ เจริญขวัญ
ญาสุมินทร์ อิ่มซะ
สุพัตรา แสนสองชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วงจรเรียงกระแส	4
2.1.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น	4
2.1.1.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ	6
2.1.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น	6
2.1.2.1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแท็ปกลาง	7
2.1.2.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	8
2.1.2.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ	9
2.1.2.4 แรงดันริปเปิล	10
2.2 วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า	11
2.2.1 คุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติ	12
2.3 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด	13
2.3.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่มีโหลด	13
2.4 การวัดค่าตัวประกอบกำลังด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.5 Zero crossing หรือ วงจรตรวจจับข้ามศูนย์	16
2.6 Power Factor หรือ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	16
2.6.1 สาเหตุที่ต้องปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น	17
2.6.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น	18
2.6.3 ผลประโยชน์ต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม เมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	18
2.6.3.1 ผลประโยชน์ที่มีต่อผู้ใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	18
2.6.3.2 ผลประโยชน์ที่มีต่อส่วนรวมเมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	19
2.7 ระบบเครือข่ายไร้สาย	19
2.7.1 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย	19
2.8 สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor)	20
2.8.1 หลักการทำงานของสปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor)	20
2.8.2 ปัจจัยที่ทำให้มอเตอร์ได้รับความเสียหาย	21
2.8.3 อาการเสียของมอเตอร์	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	23
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	23
3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	23
3.2.1 บอร์ด IOX ESP32PS	23
3.2.1.1 คุณสมบัติของบอร์ด	24
3.2.2 Switching Power Supply	25
3.2.2.1 คุณสมบัติ	25
3.2.3 หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 เซนเซอร์วัดกระแส Current Sensor 26
3.2.4.1 คุณสมบัติ 26
3.2.5 ไดโอด 26
3.2.6 บริดจ์ไดโอด 27
3.2.7 ออปแอมป์ Op-Amp 27
3.2.8 Exclusive-OR gate 28
3.2.9 ตัวต้านทาน 29
3.2.10 ตัวเก็บประจุ 29
3.2.11 DC to DC Converter: Step-Down 29
3.2.12 Single phase induction motor, Split phase start type 30
3.2.12.1 การใช้งาน 30
3.2.12.2 การตรวจสอบและซ่อมบำรุง 31
3.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง 32
3.3.1 โปรแกรม Arduino IDE 32
3.3.2 Blynk Application 32
3.3.2.1 Blynk Platform 32
3.3.2.2 องค์ประกอบของ Blynk Platform 32
3.3.3 แอปพลิเคชันไลน์ LINE 33
3.4 การออกแบบและการวางแผนการทำงาน 33
3.4.1 การออกแบบและการวางแผนทางด้านฮาร์ดแวร์ 33
3.4.2 การออกแบบและการวางแผนทางด้านซอฟต์แวร์ 34
3.5 วิธีการดำเนินงาน 34
3.5.1 การออกแบบวงจร 34
3.5.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ 35
3.5.3 การต่ออุปกรณ์ต่างๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
3.5.4 การเขียนโปรแกรม Arduino 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.5 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม	37
3.5.6 การออกแบบแอปพลิเคชัน Blynk	44
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
4.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย	45
4.2 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย	45
4.2.1 การแสดงผลของค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้บนแอปพลิเคชัน Blynk	45
4.2.2 การแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนไปยังไลน์เมื่อมอเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง	48
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	49
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	50
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก ข้อมูลจำเพาะของ Single phase induction motor, Split phase start type	54
ภาคผนวก ข บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ IOX ESP32PS	56
ภาคผนวก ค โปรแกรมควบคุมการทำงานและการแสดงผล	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น	4
2.2 แรงดันอินพุตและเอาต์พุต	5
2.3 คลื่นแรงดันเอาต์พุต	5
2.4 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ	6
2.5 แผนภาพของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	7
2.6 ครึ่งวัฏจักรบวกของ V_{in} ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง และไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ	7
2.7 ครึ่งวัฏจักรลบของ V_{in} ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง และไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ	8
2.8 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	8
2.9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	9
2.10 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ	10
2.11 แรงดันริปเปิลของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น	10
2.12 สัญลักษณ์และวงจรเสมือนของออปแอมป์	11
2.13 ออปแอมป์ในอุดมคติ	12
2.14 ลักษณะของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	13
2.15 วงจรแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด	13
2.16 วงจรแบ่งแรงดันที่มีโหลด	14
2.17 อินพุตเกต XOR และเอาต์พุตเกท XOR	14
2.18 สัญญาณที่อินพุตเกต (V และ I) และเอาต์พุตเกท XOR	15
2.19 วงจรนี้ใช้หม้อแปลงกระแส (CT) และแรงดันไฟหรือหม้อแปลงไฟฟ้าศักย์ (PT) เป็นอินพุตของเกต XOR ที่ IC4030	15
2.20 Zero-Cross Detector	16
2.21 Zero crossing	16
2.22 สามเหลี่ยมพลังงาน	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 บอร์ด IOXESP32PS	24
3.2 ตำแหน่งขาของบอร์ด IOX ESP32PS	24
3.3 Switching Power Supply	25
3.4 หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า	25
3.5 เซนเซอร์วัดกระแส	26
3.6 ไดโอด	26
3.7 บริดจ์ไดโอด	27
3.8 ออปแอมป์ LM324	27
3.9 การต่อใช้งานขาของออปแอมป์ LM324	27
3.10 ไอซี CD4030BE	28
3.11 การต่อใช้งานขาของไอซี CD4030BE	28
3.12 การดำเนินการของลอจิกแบบ Exclusive-Or Gate	28
3.13 ตัวต้านทาน	29
3.14 ตัวเก็บประจุ	29
3.15 อุปกรณ์ Step-Down	30
3.16 โปรแกรม Arduino IDE	32
3.17 องค์ประกอบของ Blynk Platform	33
3.18 วงจรตรวจสอบปริมาณของกระแสไฟฟ้า	34
3.19 วงจรตรวจสอบปริมาณของแรงดันไฟฟ้า	35
3.20 วงจรตรวจสอบความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า	35
3.21 แผนผังการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ออกแบบ	35
3.22 ชุดอุปกรณ์ที่เสร็จเรียบร้อย	36
3.23 การต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	36
3.24 Code Arduino (1)	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 Code Arduino (2)	39
3.26 Code Arduino (3)	40
3.27 Code Arduino (4)	42
3.28 Code Arduino (5)	43
3.29 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม	43
3.30 หน้าจอแสดงผลค่าต่าง ๆ ที่วัดได้บนแอปพลิเคชัน Blynk	44
3.31 หน้าจอแสดงการแจ้งเตือนเมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ต่ำกว่า 0.85	44
4.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย	45
4.2 การแสดงผลของค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้บนแอปพลิเคชัน Blynk เทียบกับค่าที่ควรได้จริง	48
4.3 แสดงการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนไปยังไลน์	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ระยะเวลาการถอดชิ้นส่วนตรวจสอบ ตามสภาวะการใช้งานต่าง ๆ	31
3.2 การปรับเทียบค่าของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	40
3.3 การปรับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ควรได้จริงเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ	41
4.1 ผลการทดสอบของค่า Power factor จำนวน 50 รอบ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันนี้จะพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction motor) ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลังในการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีคุณสมบัติที่เป็นข้อดีหลายอย่าง เช่น โครงสร้างแข็งแรง ทนทาน ราคาถูก บำรุงรักษาน้อย แต่ถึงอย่างไร มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำก็ยังสามารถเกิดความเสียหายได้เช่นกัน ความเสียหายที่เกิดขึ้นแบ่งได้ 2 แบบ คือ 1. ความเสียหายของมอเตอร์ที่เกิดจากการเสื่อมสภาพเนื่องจากอายุการใช้งาน 2. ความเสียหายของมอเตอร์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับอายุการใช้งาน แต่เกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความร้อน, ความชื้น, การปนเปื้อนของสิ่งสกปรก, การหล่อลื่นที่แบริ่งไม่เหมาะสม, ความผิดปกติของโหลดทางกล หรือความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เป็นต้น เมื่อมอเตอร์เกิดความเสียหายจะส่งผลให้กระบวนการผลิตเสียหายไปด้วย ดังนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง เพื่อวางแผนซ่อมบำรุงก่อนจะเกิดการชำรุด แต่การตรวจสอบโดยการใช้สายแลนในการแสดงผลอาจเกิดความยุ่งยากเมื่อต้องมีการเคลื่อนย้าย และมีค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นเมื่อต้องเปลี่ยนสายหากสายเกิดการชำรุด ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดนำระบบเครือข่ายไร้สายมาประยุกต์ใช้งาน โดยระบบเครือข่ายไร้สาย คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีรูปแบบในการสื่อสารแบบไม่ใช้สาย โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และคลื่นอินฟราเรดในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ, ทะลุกำแพง, เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย ทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก และยังสามารถตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำจากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและแสดงการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อให้สามารถนำค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) ที่ตรวจสอบได้มาแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยการโปรแกรมข้อมูลลงในบอร์ด IOX ESP32PS

2. เพื่อให้สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและแสดงการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบวงจรที่นำมาใช้ในการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

2. ศึกษาการทำงานของวงจรที่นำมาใช้ในการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

3. ศึกษาการเขียนโปรแกรม Arduino

4. ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันที่นำมาใช้ในการแสดงผล

5. อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ตรวจสอบได้ไปแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และแสดงการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาหลักการการทำงานของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้

3. ออกแบบและวางแผนการสร้างชุดอุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

4. สั่งซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ และสร้างชุดอุปกรณ์ตามแบบที่วางแผนไว้

5. ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับการแสดงผลและควบคุมการเปิด-ปิดแจ้งเตือนทางไลน์

6. เขียนโปรแกรม Arduino เพื่อส่งค่าที่ตรวจสอบได้ไปแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และแสดงการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์โดยการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi

7. ทดสอบชุดอุปกรณ์และแก้ไขหากมีข้อผิดพลาด

8. จัดทำรูปเล่มโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างชุดอุปกรณ์ที่ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สายได้ โดยสามารถนำค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ตรวจสอบได้มาแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และแสดงการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ได้โดยการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi

2. สามารถนำชุดอุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สายไปประยุกต์ใช้งานเพิ่มเติมได้

1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท และ 3 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มาของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ อุปกรณ์ และความรู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ เป็นการเพิ่มเติมความรู้ทฤษฎีและความเข้าใจในอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนจะเริ่มการทำโครงงาน

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นการอธิบายขั้นตอนการทำชุดอุปกรณ์โดยละเอียด ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน เป็นการแสดงผลการทำงานของชุดอุปกรณ์

บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ เป็นบทสรุปภาพรวมของชุดอุปกรณ์ รวมถึงสิ่งที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต

ภาคผนวก ก ข้อมูลจำเพาะของ Single phase induction motor, Split phase start type

ภาคผนวก ข บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ IOX ESP32PS

ภาคผนวก ค โปรแกรมควบคุมการทำงานและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

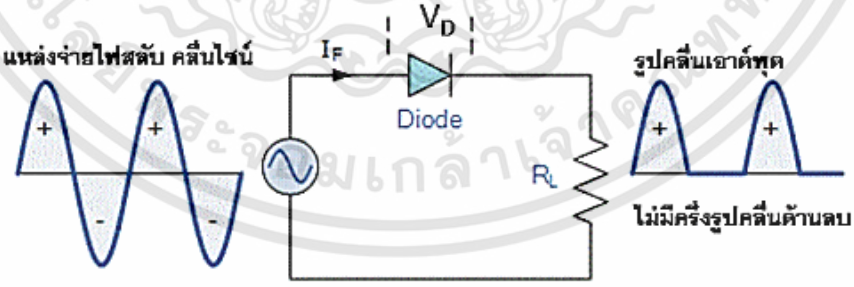
2.1 วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit) คือ วงจรที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลง คือ ไดโอด วงจรเรียงกระแสจะใช้ไดโอดเป็นตัวเรียงกระแสไฟสลับที่มีคลื่นด้านบวกและลบให้เป็นไฟตรง โดยทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งหรือมีเฉพาะคลื่นด้านบวกหรือลบเพียงด้านเดียว

วงจรเรียงกระแสมีทั้งแบบ 3 เฟส และ 1 เฟสตามลักษณะของแรงดันอินพุต และหากแบ่งตามลักษณะของแรงดันเอาต์พุต จะแบ่งได้ 2 แบบ คือ 1. การเรียงกระแสครึ่งคลื่น (Half-ware rectification) และ 2. การเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full-ware rectification)

2.1.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ใช้ไดโอด 1 ตัว ทำหน้าที่เปลี่ยนอินพุต AC (คลื่นไซน์) ให้เป็น DC เฉพาะคลื่นไซเคิลบวกของอินพุตเท่านั้น เพราะว่าไดโอดจะทำงานนำกระแส : ON ได้เมื่อได้รับคลื่นไซน์ ด้านครึ่งไซเคิลบวก เพราะว่าช่วงนั้นไดโอดจะได้รับไบอัสตรง จึงเกิดกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (I_F) ผ่านไดโอดไปสู่โหลด (R_L) แต่เมื่อคลื่นไซน์อินพุตเป็นช่วงครึ่งไซเคิลลบ ไดโอดจะไม่นำกระแส : OFF จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด รูปคลื่นที่เอาต์พุตจึงปรากฏเฉพาะครึ่งไซเคิลบวกเท่านั้น จึงเรียกวงจรเรียงกระแสแบบนี้ว่า วงจรครึ่งคลื่น ดังรูปที่ 2.1



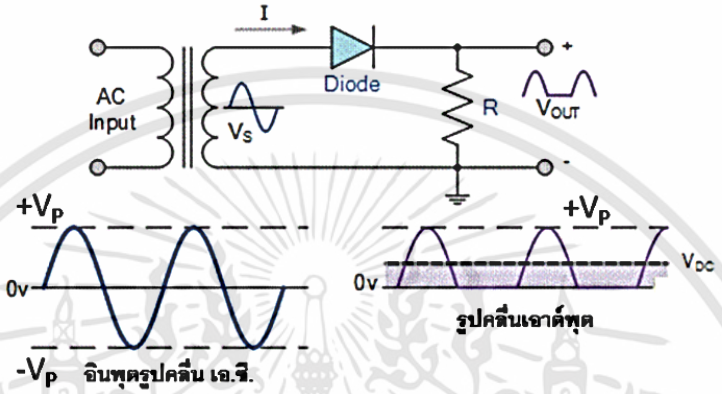
รูปที่ 2.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น

(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

เมื่อพิจารณาจากรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นในรูปที่ 2.2 จะพบว่าค่าสูงสุดของคลื่นไซน์อินพุต คือ $+V_p$ และ $-V_p$ ส่วนค่าสูงสุดของคลื่นเอาต์พุต คือ $+V_p$ ทั้งนี้ เพราะไม่นำค่าแรงดันตก

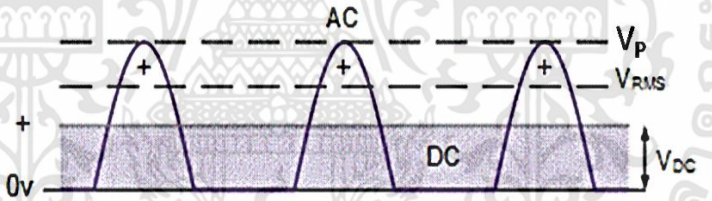
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อมไดโอด 0.6V มาคิด ค่า V_p (Input) จึงเท่ากับ V_p (Output) แต่ค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (V_{DC}) หรือค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (V_{AVE}) จะเขียนแทนด้วยเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และค่าของแรงดันเอาต์พุตที่สามารถหาค่าได้จะมี 3 ค่า คือ 1. แรงดันสูงสุด (V_p) 2. แรงดัน RMS (V_{RMS}) และ 3. แรงดัน DC (V_{DC}) หรือ แรงดันเฉลี่ย (V_{AVE})



รูปที่ 2.2 แรงดันอินพุตและเอาต์พุต

(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)



รูปที่ 2.3 คลื่นแรงดันเอาต์พุต

(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

จากรูปที่ 2.3 คำนวณค่า V_{DC} ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_{DC} = V_{AVE} = 0.318V_p \quad (1)$$

$$V_{DC} = V_{AVE} = 0.45V_s \quad (2)$$

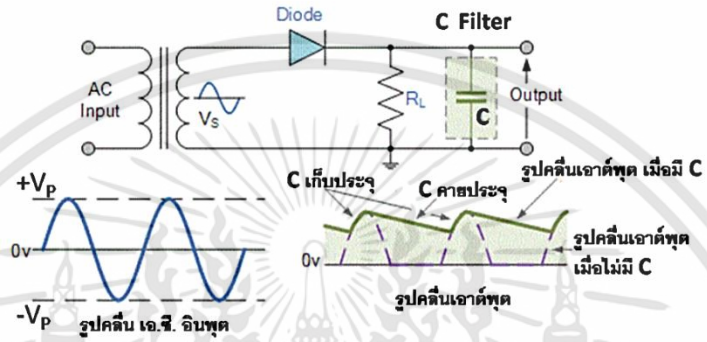
เมื่อ V_s คือ ค่าแรงดัน RMS ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าคลื่นไซน์

V_p คือ แรงดันสูงสุดของคลื่นเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ มีความสำคัญมากเพราะช่วยให้ไฟ DC ที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสจ่ายได้อย่างต่อเนื่อง เรียบ (Smooth) ไม่เป็นคลื่น ทำให้แรงดัน DC ที่ได้จากการเรียงกระแสมีคุณภาพใกล้เคียงกับแรงดัน DC ที่ได้มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง การกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุนี้ ทำได้โดยใช้ตัวเก็บประจุต่อขนานที่โหลดหรือที่เอาต์พุตของวงจร ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ
(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

ตัวเก็บประจุ (C) จะเกิดการเก็บประจุ (Charge) ในช่วงที่แรงดันเอาต์พุตสูงกว่าค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ และตัวเก็บประจุจะคายประจุ (Discharge) ในช่วงที่แรงดันเอาต์พุตต่ำกว่าค่าแรงดันสูงสุด (V_p) การเก็บประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุตัวนี้ จะทำให้รูปคลื่นเอาต์พุตเรียบขึ้น จึงเรียกตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่นี้ว่า Smoothing Capacitor หรือ Filter Capacitor เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่กับที่ไม่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่ จะเห็นว่าต่างกันและทำให้ค่าแรงดัน DC เอาต์พุตต่างกันด้วย วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นที่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่จะมี V_{DC} มากกว่าแบบที่ไม่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่ และจะมีค่าแรงดัน V_{DC} เกือบเท่ากับค่า V_p

2.1.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น เป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีวงจรที่ใช้ไดโอดต่อแบบเต็มคลื่นกับหม้อแปลงมีแท็ปกลาง (ใช้ไดโอด 2 ตัว) และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นที่ต่อไดโอดแบบบริดจ์ (ใช้ไดโอด 4 ตัว) วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น คือ การนำแรงดันไฟสลับครึ่งวัฏจักรบวกและลบมาเรียงกันให้อยู่เฉพาะครึ่งบวกกลายเป็นแรงดันไฟตรงแบบเต็มคลื่น คือ ใน 1 วัฏจักร ประกอบด้วยรูปคลื่นครึ่งบวกจำนวน 2 ลูกคลื่น ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

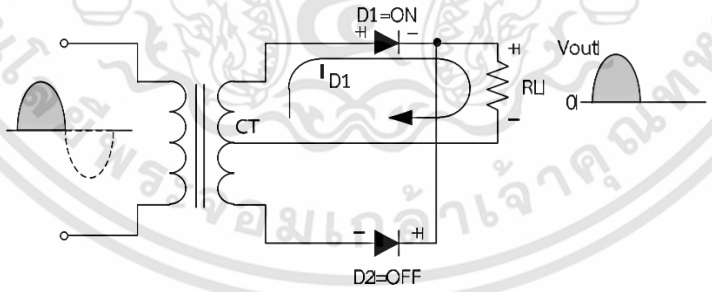
รูปที่ 2.5 แผนภาพของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น
(ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์. (หน้า 59) กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2545)

ดังนั้น แรงดันเฉลี่ยที่โหลด (V_{Out}) ของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจึงเป็น 2 เท่าของแบบครึ่งคลื่นซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (3) คือ

$$V_{AVE} = \frac{2V_p}{\pi} \quad (3)$$

2.1.2.1 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแท็ปกลาง

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแท็ปกลาง (Center-tapped full-wave rectifier) วงจรเรียงกระแสนี้จะใช้หม้อแปลงที่มีขดทุติยภูมิ ซึ่งมีจำนวนรอบเท่ากัน 2 ขด โดยใช้จุดแท็ปกลางเป็นจุดดิน และใช้ไดโอด D_1 เป็นตัวเรียงกระแสครึ่งวัฏจักรบวกของแรงดันจากขดทุติยภูมิขดที่ 1 และไดโอด D_2 เป็นตัวเรียงกระแสครึ่งวัฏจักรบวกของแรงดันจากขดทุติยภูมิขดที่ 2 โดยต่อโหลด (R_L) เข้าที่จุดแคโทดของไดโอดทั้งสอง

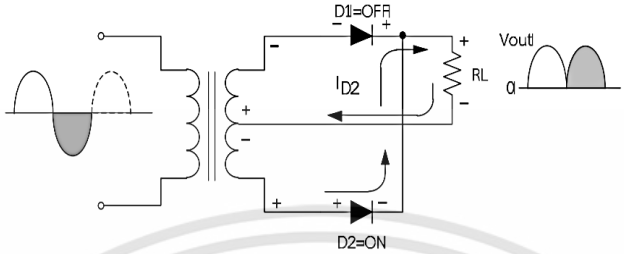


รูปที่ 2.6 ครึ่งวัฏจักรบวกของ V_{in} ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง และไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ
(ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์. (หน้า 59) กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2545)

จากรูปที่ 2.6 แสดงระหว่างครึ่งวัฏจักรบวกของ V_{in} ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรงและไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ เมื่อแรงดันอินพุตที่ขดปฐมภูมิลงหม้อแปลง (V_{in}) เป็นครึ่งวัฏจักรบวก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่ขดทุติยภูมิ คือ ที่แอโนดของไดโอด D_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก (ไบอัสตรง) และที่แอโนดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด D_2 ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ (ไบอัสกลับ) ทำให้ไดโอด D_1 นำกระแสและมีกระแสไหลผ่าน D_1 ไปที่โหลด (R_L) ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมโหลด (V_{Out}) เป็นครึ่งวัฏจักรบวก

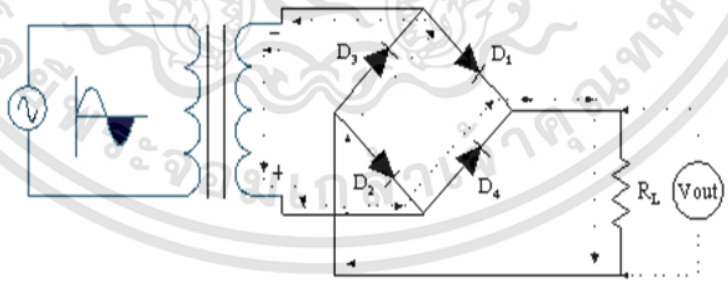


รูปที่ 2.7 ครึ่งวัฏจักรลบของ V_{in} ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง และไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ
(ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์. (หน้า 59) กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2545)

จากรูปที่ 2.7 แสดงระหว่างครึ่งวัฏจักรลบของ V_{in} ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับ และไดโอด D_2 ได้รับไบอัสตรง เมื่อพิจารณาครึ่งวัฏจักรลบ แรงดันอินพุตในรูปแรงดันที่ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงมีแท็ปจะกลับขั้วจากเดิม ทำให้ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสตรง ส่วนไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับ ไดโอด D_1 จะไม่นำกระแส ส่วนไดโอด D_2จะนำกระแสได้ ทำให้มีกระแสผ่านไดโอด D_2 ไปสู่โหลดในทิศทางเดิมเป็นคลื่นรูปไซน์เรียงต่อกับครึ่งรูปคลื่น ทำให้เกิดรูปคลื่นเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นขึ้นที่โหลด (V_{Out})

2.1.2.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Full-wave bridge rectifier)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ จะใช้ไดโอด 4 ตัว เอาต์พุตจึงเกิดจากการทำงานของไดโอดครั้งละ 2 ตัว สลับกันทุกครึ่งไซเคิล ดังรูปที่ 2.8



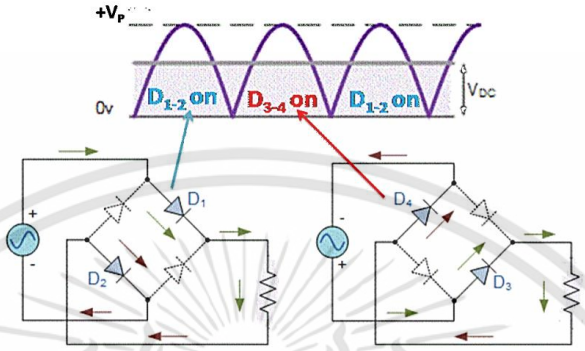
รูปที่ 2.8 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์
(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

การทำงานของวงจรเรียงกระแสบริดจ์อธิบายดังรูปที่ 2.9

1. เมื่อ D_1 และ D_2 นำกระแสหรือได้รับไบอัสตรง (D1-2 on) จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน D_1 ผ่านโหลด (R_L) และผ่าน D_2 ในช่วงครึ่งไซเคิลบวก (+) ของแรงดันอินพุต จะได้รูปคลื่นเอาต์พุตเป็นครึ่งคลื่นในส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อ D_3 และ D_4 นำกระแสหรือได้รับไบอัสตรง (D3-4 on) ไดโอด D1 และ D2 จะไม่นำกระแสหรือได้รับไบอัสกลับ กระแสจะไหลผ่านไปที่โหลดในทิศทางเดิม โดยไหลผ่าน D_3 ผ่านโหลด R_L และผ่าน D_4 จะได้รูปคลื่นเอาต์พุตครึ่งคลื่นในช่วงที่ 2 ของไซเคิลลบ ทำให้ได้คลื่นไฟตรงแบบเต็มคลื่น



รูปที่ 2.9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

การคำนวณค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นหาได้จากสมการต่อไปนี้

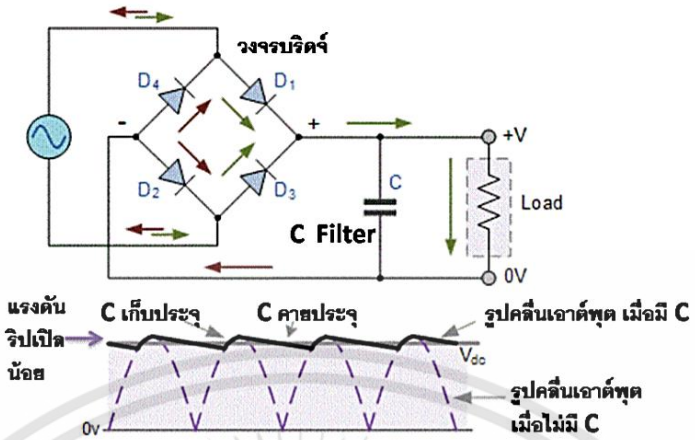
$$V_{DC} = V_{AVE} = \frac{2V_p}{\pi} = 0.636V_p \quad (4)$$

$$V_{DC} = V_{AVE} = 0.9V_{RMS} \quad (5)$$

2.1.2.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ

เมื่อต่อตัวเก็บประจุ (C) ที่เอาต์พุตเพื่อกรองให้รูปคลื่นเอาต์พุตเรียบและมีกระแสไหลผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง ต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าคลื่น DC เอาต์พุตของวงจรจะเรียบมากขึ้นใกล้เคียงกับเส้นตรง ซึ่งเป็นข้อดีเพราะวิธีนี้จะทำให้ค่าแรงดันริปเปิล (Ripple) ที่เอาต์พุตลดลง เนื่องจากแหล่งจ่าย DC ที่ดีนั้น ต้องไม่มีค่าแรงดันริปเปิลหรือมีค่าแรงดันริบเปิลเป็นศูนย์ โดยทั่วไปค่าของตัวเก็บประจุจะต้องมีค่าสูงมากว่า 100μF จึงจะสามารถทำให้ DC เรียบเป็นเส้นตรงได้ แต่ก็ต้องเลือกตัวเก็บประจุที่ทนแรงดันใช้งานได้สูงกว่าค่าแรงดันสูงสุด (V_p) ด้วย เช่น ถ้า V_p ของแหล่งจ่ายเท่ากับ 100 V ควรเลือก C ที่มีค่า 100μF 150 V เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

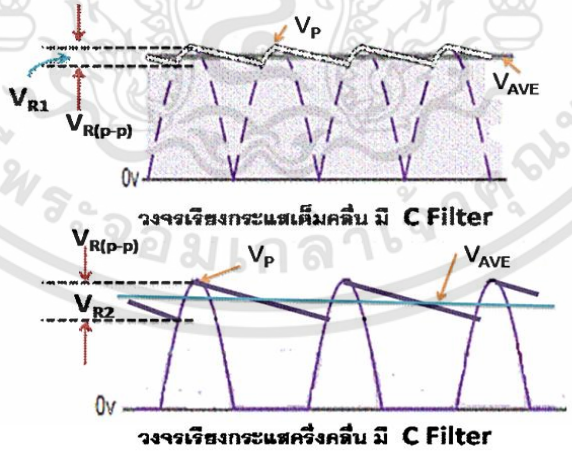


รูปที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ

(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

2.1.2.4 แรงดันริปเปิล

แรงดันริปเปิล (Ripple voltage) คือ คลื่นของแรงดัน AC ที่ปะปนออกมายังรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส เป็นคลื่นแรงดันที่ไม่เรียบ ซึ่งในการแปลงไฟสลับเป็นไฟตรง ไม่ต้องการหรือต้องการให้มีคลื่นนี้น้อยที่สุด ดังนั้นแรงดันริปเปิลจึงควรถูกขจัดออกไปจากเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส วิธีการขจัดทำได้โดยการใช้ตัวเก็บประจุกรองให้เรียบนั่นเอง รูปคลื่นแรงดันริปเปิลและค่าของมันในวงจรแบบครึ่งคลื่นจะมีมากกว่าวงจรเต็มคลื่น ดังแสดงเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แรงดันริปเปิลของวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น

(ที่มา : http://www.g-tech.ac.th/vdo/ELECTRICdoc/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.11 จะเห็นว่า ค่า $V_{R2} > V_{R1}$ และค่า $V_{R(P-P)}$ (Ripple voltage peak to peak) หาได้จากสมการที่ (6)

$$V_{R(P-P)} = 2V_p - V_{AVE} \quad (6)$$

เมื่อ $V_{R(P-P)}$ คือ แรงดันริปเปิล (P-P)

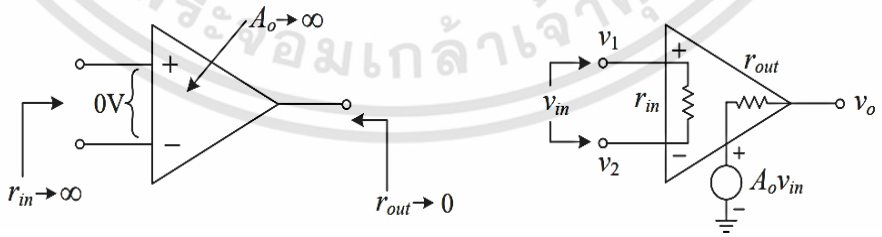
V_p คือ ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุด

V_{AVE} คือ ค่าแรงดันเฉลี่ยที่โหลด (แรงดัน DC)

2.2 วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า

ออปแอมป์ (Operation amplifier, Op-amp) หรือวงจรขยายเชิงดำเนินการ เป็นอุปกรณ์วงจรรวมหรือไอซีประเภทเชิงเส้น (Linear integrated circuit) มีโครงสร้างภายในเป็นวงจรที่ซับซ้อนประกอบไปด้วย ตัวต้านทาน, ทรานซิสเตอร์, ตัวเก็บประจุ และไดโอดจำนวนมาก ถูกออกแบบครั้งแรกในปี 1948 เพื่อช่วยปฏิบัติการด้านคณิตศาสตร์ในเครื่องอนาล็อกคอมพิวเตอร์ (Analog computer) ดังนั้น จึงใช้ชื่อว่า Operational amplifier ซึ่งหมายถึง วงจรขยายดำเนินการ

ออปแอมป์เป็นตัวขยายที่มีการส่งผ่านแบบตรง (Direct-coupling) ที่มีคุณสมบัติ คือ มีความต้านทานจุดเข้า r_{in} (Input resistance) สูงมาก ความต้านทานจุดออก r_{out} (Output resistance) ต่ำมาก มีอัตราขยายวงเปิด (open loop gain) A_o ที่สูงมากและมีความต่างศักย์ของแรงดันตกคร่อมที่จุดเข้าเท่ากับศูนย์ ดังแสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์ในรูปที่ 4.28 ด้วยคุณสมบัติของออปแอมป์ที่สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งสัญญาณไฟตรง (DC signal) และสัญญาณไฟสลับ (AC signal) จึงทำให้ออปแอมป์เป็นบล็อกโครงสร้างที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก เช่น การวัดคุมและควบคุมทางอุตสาหกรรม การสื่อสารและการแพทย์ เป็นต้น



รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์และวงจรเสมือนของออปแอมป์

(ที่มา : https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-03-01.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

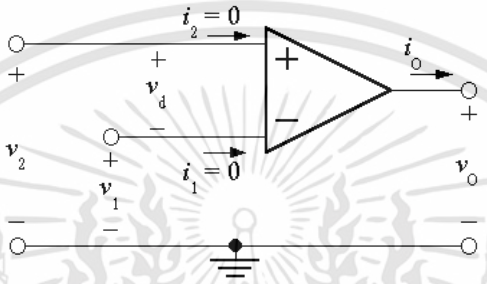
2.2.1 คุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติ

ในออปแอมป์แบบอุดมคตินั้น จะมีคุณลักษณะพื้นฐานดังนี้

1. อัตราขยายวงเปิดมีค่าเป็นอนันต์ ($A_o = \infty$)

2. ความต้านทานอินพุตมีค่าเป็นอนันต์ ($r_{in} = \infty$)

3. ความต้านทานเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ ($r_{out} = 0$)



รูปที่ 2.13 ออปแอมป์ในอุดมคติ

(ที่มา : https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-03-01.pdf)

เนื่องจากออปแอมป์ในอุดมคติมีความต้านทานทางด้านอินพุตมีค่าเป็นอนันต์ ดังนั้นกระแสที่ไหลเข้าทางขั้วอินพุตทั้งสองจึงมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังสมการที่ (7)

$$i_1 = 0,\ i_2 = 0 \tag{7}$$

การต่อออปแอมป์เพื่อใช้งานเป็นวงจรขยายเพื่อให้มีเสถียรภาพนั้น จะต้องต่อออปแอมป์ให้มีการป้อนกลับแบบลบ (Negative feedback) คือ มีการต่อขั้วเอาต์พุตกลับมายังขั้วอินพุตลบของออปแอมป์ ซึ่งอาจจะผ่านวงจรหรืออุปกรณ์หนึ่งก่อนก็ได้ เมื่อออปแอมป์มีการป้อนกลับแบบลบแล้ว จะได้แรงดันระหว่างขั้วอินพุตของออปแอมป์มีค่าประมาณศูนย์ ดังสมการที่ (8)

$$V_D = V_2 - V_1 \cong 0 \tag{8}$$

หรืออาจกล่าวได้ว่าแรงดันที่ขั้วบวกกับแรงดันที่ขั้วลบของออปแอมป์มีค่าเท่ากัน ดังสมการที่ (9)

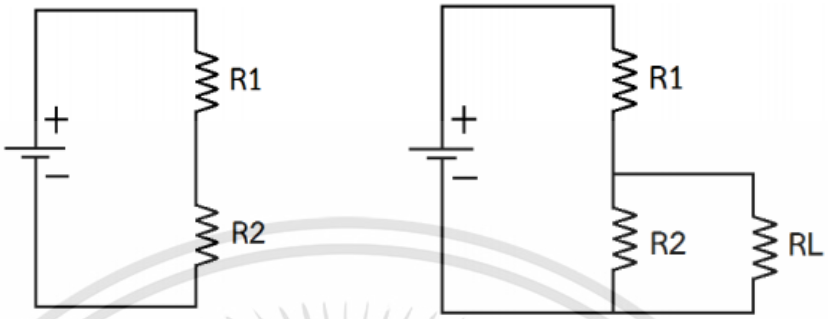
$$V_2 = V_1 \tag{9}$$

2.3 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage divider circuit) หมายถึง วงจรที่ประกอบด้วยความต้านทาน 2 ตัวขึ้นไปต่ออนุกรมกัน และอยู่ระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Power supply) ซึ่งค่าความต้านทานในวงจร จะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจร โดยทั่ว ๆ ไปแล้ววงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าพัฒนามาจากกฎของโอห์ม เพียงแต่การคิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวโดยวิธีของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะรวดเร็วและสะดวกกว่ากฎของโอห์ม วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด และวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด



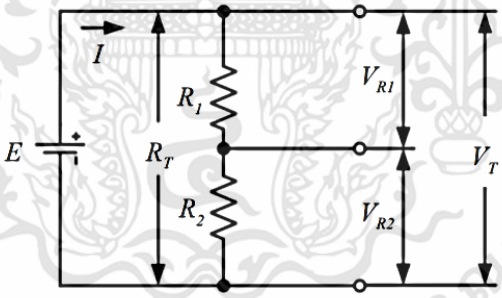
ก.วงจรแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด ข.วงจรแบ่งแรงดันทีมีโหลด

รูปที่ 2.14 ลักษณะของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

(ที่มา : http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636_11062312120245.pdf)

2.3.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด เป็นวงจรในสภาวะที่ยังไม่ต่อโหลดเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า โดยจะมีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่กับวงจร ในสภาวะนี้ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายสู่โหลด (Load) ที่ต่ออยู่ภายนอก ลักษณะดังรูปที่ 2.15



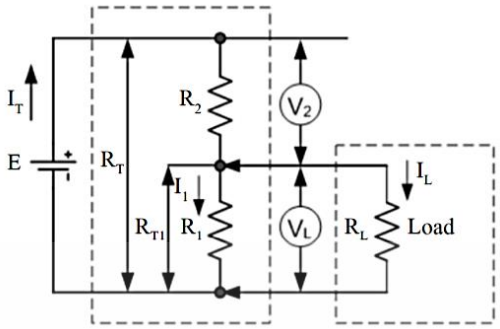
รูปที่ 2.15 วงจรแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด

(ที่มา : http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636_11062312120245.pdf)

2.3.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่มีโหลด

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่มีโหลด เป็นสภาวะของวงจรที่ต่อโหลดเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเกิดขึ้น โดยกระแสที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัวที่ทำหน้าที่แบ่งแรงดันวงจร เรียกว่า กระแสบรีดเดอร์ (Bleeder current) ซึ่งในวงแบ่งแรงดันนี้ ค่ากระแสบรีดเดอร์ควรมีค่าน้อยประมาณ 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ของกระแสโหลด มีการต่อวงจร ดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

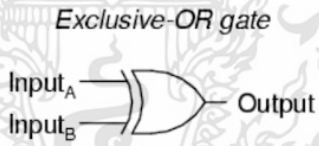


รูปที่ 2.16 วงจรแบ่งแรงดันที่มีโหลด

(ที่มา : http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636_11062312120245.pdf)

2.4 การวัดค่าตัวประกอบกำลังด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

นำ Op-amp มาใช้ในวงจร zero crossing เพื่อตรวจจับการเลื่อนเฟสระหว่างเฟสของกระแสไฟฟ้าและเฟสของแรงดันไฟฟ้า โดย Op-amp จะแปลงสัญญาณคลื่นไซน์ที่มาจาก CT และ PT เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม จากนั้น เชื่อมต่อคลื่นสี่เหลี่ยมทั้งสองนี้กับอินพุตเกต XOR ซึ่งจะได้เอาต์พุตเกท XOR เป็น 1 ก็ต่อเมื่ออินพุตมีสัญญาณต่างกัน ดังนั้นเมื่อโหลดเป็นตัวต้านทาน เอาต์พุตเกท XOR เท่ากับ 0 เพราะทั้งเฟสแรงดันและกระแสไฟเริ่มต้นและสิ้นสุดในเวลาเดียวกัน แต่เมื่อโหลดเป็นแบบตัวเหนี่ยวนำหรือแบบตัวเก็บประจุ เอาต์พุต XOR จะเป็น 1 เนื่องจากเฟสระหว่างแรงดันและกระแสมีความแตกต่างกัน



A	B	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

รูปที่ 2.17 อินพุตเกต XOR และเอาต์พุตเกท XOR

(ที่มา : https://th.fmuser.net/content/?21155.html)

ดังนั้น สามารถหาตัวประกอบกำลังโดยการวัด "ON-time" ของเอาต์พุต XOR และใส่ไว้ในสูตรตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ดังสมการที่ (10)

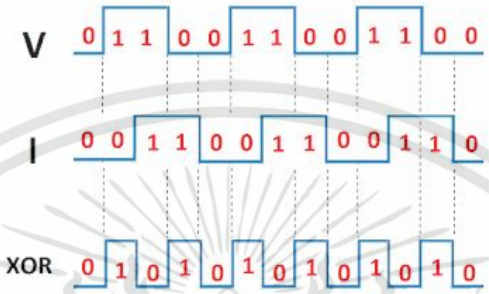
$$PF = COS (f * dt * 360) \quad (10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย PF คือ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor)

f คือ ความถี่ (Frequency) หน่วย Hz

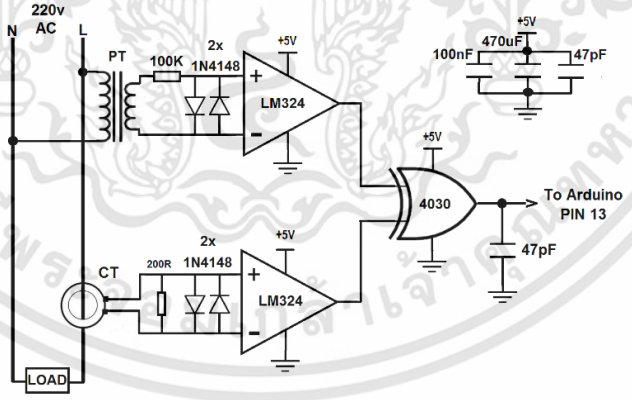
dt คือ เวลาระหว่างสองเฟส (Time difference between two phases and/or XOR output ON-time) หน่วย sec



รูปที่ 2.18 สัญญาณที่อินพุตเกต (V และ I) และเอาต์พุตเกท XOR

(ที่มา : https://mousa-simple-projects.blogspot.com/2017/12/power-factor-measurment-using-arduino 18.html)

เอาต์พุต XOR คือตัวเลขระหว่าง 0 ถึง 1 หมายถึงการเปลี่ยนเฟสระหว่างเฟสแรงดันและเฟสกระแสในเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ



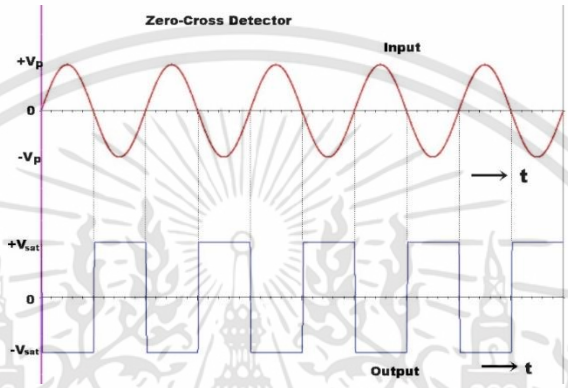
รูปที่ 2.19 วงจรนี้ใช้หม้อแปลงกระแส (CT) และแรงดันไฟหรือหม้อแปลงไฟฟ้าศักย์ (PT) เป็นอินพุตของเกต XOR ที่ IC4030

(ที่มา : https://mousa-simple-projects.blogspot.com/2017/12/power-factor-measurment-using-arduino_18.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

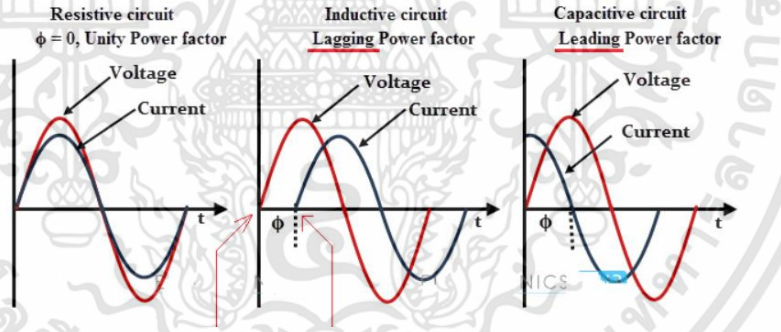
2.5 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์

วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ หรือ Zero crossing คือ การตรวจจับแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนจากระดับบวกเป็นระดับลบและระดับลบเป็นระดับบวก โดยทำการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุตกับแรงดันอ้างอิงที่เป็นศูนย์ (V_{ref}) ซึ่งจะเปลี่ยนเอาต์พุตทั้ง $+V_{sat}$ หรือ $-V_{sat}$ โดยเปลี่ยนจาก LOW เป็น HIGH หรือกลับกันเมื่ออินพุตข้ามแรงดันอ้างอิงที่เป็นศูนย์



รูปที่ 2.20 Zero-Cross Detector

(ที่มา : https://th.fmuser.net/content/?21155.html)



รูปที่ 2.21 Zero crossing

(ที่มา : https://th.fmuser.net/content/?21155.html)

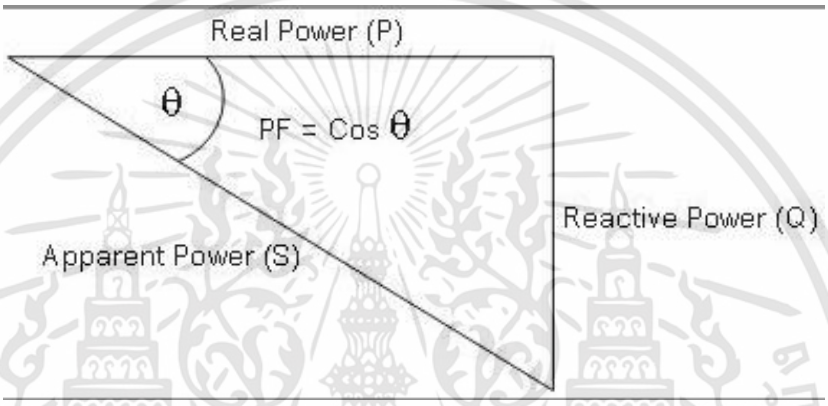
จากรูปที่ 2.21 จุดที่ลูกศรสีแดงชี้ คือ จุด Zero crossing ที่จะต้องเอาวงจรไปตรวจจับเพื่อหาความแตกต่างของเวลาของ Volt zero point และ Amp zero point ซึ่งความต่างของ zero point ทั้งสองจุดนี้ คือ มุมของ Power factor

2.6 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือ Power Factor (PF.) คือ ค่าตัวเลขอัตราส่วนของ P หารด้วยค่า S เขียนเป็นสมการได้ว่า $PF = \frac{P}{S}$ โดยกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง (Real Power) ใช้สัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“ P ” มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt : W) กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power) ใช้สัญลักษณ์ “ S ” มีหน่วยเป็น วีเอ หรือโวลต์-แอมป์ (VA) กำลังงานสูญเสียหรือส่วนเกินที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Reactive Power) ใช้สัญลักษณ์ “ Q ” มีหน่วยเป็นวาร์ (VAR) ค่าของ Power Factor คือ ตัวเลขที่บอกถึงกำลังงานไฟฟ้าที่เกิดการทำงานขึ้นจริงและสามารถใช้ประโยชน์ได้จริงเทียบกับขนาดของกำลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้านั้น ซึ่งกำลังงานส่วนเกินที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ก็คือ Q สามารถอธิบายเป็นรูปสามเหลี่ยมพลังงานได้ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 สามเหลี่ยมพลังงาน

(ที่มา : http://www.tic.co.th/index.php?op=tips-detail&id=303)

จากนิยามของค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่าระบบไฟฟ้าใดที่มีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำจะทำให้เกิดการสูญเสียทั้งในระบบไฟฟ้าและของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง ซึ่ง Q เป็นกำลังงานที่สูญเสียในระบบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จะเป็นภาระให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงสายส่งในระบบด้วย ดังนั้นในกรณีระบบที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ จะมีประสิทธิภาพของการจ่ายไฟฟ้าต่ำกว่าระบบที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูง รวมถึงก่อให้เกิดการสูญเสียและสิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ

2.6.1 สาเหตุที่ต้องปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ มีผลทำให้ระบบการจ่ายไฟฟ้ามีคุณภาพต่ำไปด้วย เนื่องจากประโยชน์ที่จะได้รับจากกำลังไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์) ในระบบไฟฟ้าจะต่ำกว่า ซึ่งทำให้การไฟฟ้าจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของอุปกรณ์จำหน่ายและอุปกรณ์ส่งไฟฟ้าให้สูงขึ้น เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณพลังไฟฟ้าส่วนที่ไม่จำเป็นหรือรีแอคตีฟ (กิโลวาร์) ที่เกิดขึ้นด้วย อันไม่เป็นผลดีต่อประเทศชาติโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นสามารถทำให้มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นได้ โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (กิโลวาร์) แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้น เมื่อต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการสร้างสนานแม่เหล็กที่ก่อให้เกิดกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ เช่น มอเตอร์ เข้าด้วยกันกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟที่จ่ายจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือการไฟฟ้าจะลดลงหรือหมดไปขึ้นอยู่กับปริมาณกำลังไฟฟ้าที่จ่ายโดยตัวเก็บประจุไฟฟ้านั้น

2.6.3 ผลประโยชน์ต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม เมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและเพิ่มความสามารถในการรับโหลดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้เพิ่มขึ้นทั้งของผู้ใช้ไฟฟ้า ระบบจำหน่าย ระบบส่งไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะเป็นการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าและของประเทศชาติโดยรวมอันจะก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าซึ่งจะสามารถพิจารณาความสามารถในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยสรุปได้ดังนี้

2.6.3.1 ผลประโยชน์ที่มีต่อผู้ใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

1. สามารถประหยัดค่าพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (กิโลวาร์) ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 0.85 จะต้องเสียค่าปรับ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในอัตรา 56.07 บาท/กิโลวาร์ ซึ่งเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่ามากกว่า 0.85 จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ลงได้

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถประหยัดการลงทุนในการขยายระบบไฟฟ้าลงได้ เนื่องจากเมื่อมีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแล้วจะเป็นการเพิ่มความสามารถของสายไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าในการรับโหลดได้เพิ่มขึ้น

3. เมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแล้ว จะเป็นการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟฟ้าและหม้อแปลงอีกทั้งแรงดันไฟฟ้าตกจะน้อยลง (แรงดันไฟฟ้าดีขึ้น)

ซึ่งผลข้างต้นจะนำมาซึ่งประโยชน์ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้ และยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า ที่สามารถแสดงเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.2 ผลประโยชน์ที่มีต่อส่วนรวมเมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

1. การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มากกว่า 0.85 จะทำให้ระบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น จะเป็นการประหยัดการลงทุนในการขยายระบบไฟฟ้า

2. ผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่อส่วนรวมนั้นก็คือการสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ โดยสามารถลดการสูญเสีย พลังงานไฟฟ้าที่เกิดเนื่องจากการลดค่ากระแสไฟฟ้าในสายส่งและอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งเป็นการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศได้

2.7 ระบบเครือข่ายไร้สาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN = Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีรูปแบบในการสื่อสารแบบไม่ใช้สาย โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และ คลื่นอินฟราเรดในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ, ทะลุกำแพง, เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนั้นระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบ LAN แบบใช้สาย การที่ไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบ LAN แบบใช้สาย ที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

2.7.1 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. Mobility improves productivity & service มีความคล่องตัวสูง ดังนั้นไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปที่ไหนหรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใด ก็ยังมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายตลอดเวลา ตราบใดที่ยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูล

2. Installation speed and simplicity สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล

3. Installation flexibility สามารถขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย เพราะเพียงแค่มีพีซีการ์ดมาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊กหรือพีซี ก็สามารถเข้าสู่เครือข่ายได้ทันที

4. Reduced cost-of-ownership ลดค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน ซึ่งมีราคาสูง เพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษา รวมทั้งการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่า เนื่องจากมีความง่ายในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Scalability เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งานโดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น ระหว่างตึก

2.8 สปลิตเฟสมอเตอร์

2.8.1 หลักการทำงานของสปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor)

สปลิตเฟสมอเตอร์เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ที่มีขนาดแรงม้าไม่สูงนัก มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ สเตเตอร์ โรเตอร์ ฝาปิดหัวท้าย และสวิตช์แรงเหวี่ยง โดยที่สเตเตอร์มีขดลวดพันอยู่ 2 ชุด ได้แก่ ขดลวดชุดรัน (Run winding) และขดลวดชุดสตาร์ท (Start winding) โดยขดลวดชุดสตาร์ทจะต่ออนุกรมกับสวิตช์แรงเหวี่ยง (Centrifugal switch) แล้วไปต่อขนานกับขดลวดชุดรัน เมื่อสปลิตเฟสมอเตอร์เริ่มทำงาน จะมีความเร็วรอบเพิ่มขึ้นประมาณ 75% ของความเร็วรอบสูงสุด สวิตช์แรงเหวี่ยงจะเปิดวงจรขดลวดชุดสตาร์ตออก คงเหลือแต่ขดลวดชุดรันทำงานเพียงชุดเดียว ซึ่งสปลิตเฟสมอเตอร์เหมาะกับงานประเภทที่ต้องการแรงบิดปานกลาง เช่น หินเจียระไน เครื่องเลื่อยตัดเหล็ก สว่านแท่น และเครื่องปั๊มน้ำที่ระดับไม่สูงมาก เป็นต้น

เมื่อป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดแต่ละชุด เนื่องจากขดลวดทั้งสองชุดมีค่ารีแอกแตนซ์ต่างกัน ดังนั้น กระแสไฟฟ้าในขดลวดแต่ละชุดจึงต่างเฟสกัน (Out of phase) กระแสไฟฟ้าของขดลวดชุดรัน จะล้าหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายประมาณ 90 องศา แต่กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดชุดสตาร์ตเกือบจะอินเฟสกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

การต่างเฟสกันของกระแสไฟฟ้าในขดลวดทั้งสองชุด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส สนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์นี้จะตัดกับตัวนำในโรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมีกระแสไฟฟ้าไหลในโรเตอร์ ทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นที่โรเตอร์ ผลลัพธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดสเตเตอร์และที่เกิดขึ้นจากขดลวดโรเตอร์ ทำให้เกิดแรงบิดโรเตอร์จึงหมุนได้ และหมุนไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุน และเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นประมาณ 75% ของความเร็วรอบสูงสุด สวิตช์แรงเหวี่ยงจะเปิดวงจรขดลวดชุดสตาร์ทออกจากวงจร ขดลวดชุดรันจะทำงานเพียงชุดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ปัจจัยที่ทำให้มอเตอร์ได้รับความเสียหาย

ปัจจัยที่ทำให้ตัวมอเตอร์ได้รับความเสียหายนั้น มีอยู่ 2 ปัจจัย ซึ่งในที่นี้เราจะไม่กล่าวถึงอายุการใช้งานปกติ หรือรอบการซ่อมบำรุงรักษา เราจะดูที่ปัจจัยที่ทำให้มอเตอร์เสียหรือพังก่อนเวลาอันควร โดยปัจจัยหลัก 2 อย่างคือ

1. ทางด้านสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่น แรงสั่นสะเทือน ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายทางด้านกายภาพของตัวมอเตอร์ เกิดสนิม ลูกปืนแตก

2. ทางด้านระบบไฟฟ้า เช่น แรงดันไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ มีสัญญาณรบกวนมาก ทำให้เกิดความร้อนที่ตัวขดลวด และทำให้ตัวมอเตอร์สั่น หรือระบบไฟฟ้าขัดข้องเฟสบางเฟส หายทำให้มอเตอร์ไหม้ แกนโรเตอร์ล็อก

2.8.3 อาการเสียของมอเตอร์

1. ขั้วของสายไฟ เป็นสาเหตุที่น้อยที่สุด เปอร์เซ็นต์ที่มอเตอร์จะเสียจากสาเหตุนี้พบได้ 10% ในบางครั้งการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าจะต้องมีการขัน terminal ทุก 1 ปี ซึ่งในบางครั้งในการขัน terminal นี้อาจจะทำให้เกิดปัญหาเนื่องจากการขันไม่แน่นและอาจทำให้เกิดการอาร์ก (Arc) ขึ้นที่ขั้วต่อสายไฟได้ ฉะนั้นแล้ว การขันนอตที่เป็นการแก้ปัญหาอาจจะกลายเป็นปัญหาที่ทำให้เกิดการ Phase loss หรือทำให้ไฟมาไม่ถึงได้ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ไม่หมุนหรือหมุนช้าลง ถ้ามีอินเวอร์เตอร์และคอนเวอร์เตอร์ ก็จะเป็นตัว pole ว่าตอนนี้ เฟสไม่ครบหรือไฟมาไม่ครบ แม้กระทั่งมาจากในส่วนที่เป็นการเปลี่ยนมอเตอร์ การสลับมอเตอร์ตัวสแปร์มาใช้อาจจะเกิดปัญหานี้ได้เช่นกัน ซึ่งในการขัน terminal นี้จำเป็นจะต้องมีวิศวกรเข้ามาตรวจสอบว่าขันแน่นหรือเปล่า ซึ่งถ้าตัวมอเตอร์ใหญ่ ๆ จำเป็นจะต้องใช้ประแจทอร์คในการขัน

2. พัดลมระบายความร้อน สาเหตุนี้เป็นตัวการทำให้มอร์เตอร์เสียและมีโอกาสเกิดขึ้นได้ 15% ซึ่งพัดลมระบายความร้อนหลาย ๆ คนอาจจะมองว่าเป็นเรื่องไม่สำคัญ ทำให้อาจจะเกิดการละเลยจนไม่ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) ซึ่งความจริงแล้ว มอเตอร์นั้นอยู่ได้เพราะมีพัดลม ถ้าเกิดว่าพัดลมระบายความร้อนนั้นมีเส้นใยหรือมีสิ่งที่ไปพันมอเตอร์ก็อาจจะทำให้มอเตอร์ร้อนเนื่องจากใบพัดไม่ทำงาน มอเตอร์ก็จะไหม้เนื่องจากมอเตอร์ร้อนจัด ฉะนั้นแล้ว การที่มอเตอร์ร้อนจัดนั้นถือว่าไม่เป็นผลดี ถึงแม้ว่าจะนำไปซ่อมแล้วก็ตาม แต่ว่าตัวขดลวดอาจจะเสื่อมสภาพไปแล้วก็ได้ ซึ่งอาจจะทำให้สเตเตอร์นั้นเสื่อมสภาพตามไปด้วย ซึ่งโดยปกติแล้วเสียงการทำงานของมอเตอร์จะเป็นตัวบ่งบอกอาการเสียของใบพัด ถ้ามอร์เตอร์นั้นปกติดีก็จะทำงานนิ่งๆ ไม่ค่อยมีเสียง แต่ถ้ามอเตอร์เริ่มทำงานผิดปกติก็จะเริ่มมีเสียงแหลมขึ้นมา ถ้าใบพัดเสียสมดุล คือ ใบพัดอาจจะหักหรือแตกแตก ทำให้เสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของมอเตอร์ที่เกิดขึ้นมานั้นไม่ปกติ และถ้ายังไม่เริ่มการแก้ไข มอเตอร์ก็จะหยุดแบบทันทีทันใด หรือเรียกว่าเกิดอาการ Breakdown ขึ้น

3. ขดลวด มีอัตราการเสียอยู่ 25% โดยขดลวดอาจเกิดการเสียเองได้ ซึ่งอาจเกิดจากตัววานิชที่เคลือบมอเตอร์นั้นเสื่อมสภาพ ทำให้เกิดการช็อตกันระหว่างเส้นขดลวด สามารถตรวจสอบได้จากการวัดฉนวนของมอเตอร์ถ้าค่าความต้านทานของมอเตอร์น้อยลงก็แสดงว่าขดลวดเริ่มเสื่อมสภาพแล้ว

4. แบริ่ง (Bearing) มีอัตราการเสียอยู่ที่ 50% ซึ่งมอเตอร์ส่วนใหญ่เกิดการเสียมาจากแบริ่งแตก โดยแบริ่งแตกนั้นเกิดขึ้นมาได้จากหลายปัจจัยซึ่งหนึ่งในนั้นก็คืออายุการใช้งานของแบริ่ง ซึ่งอายุการใช้งานของแบริ่งโดยเฉลี่ยแล้วมีอายุการทำงานอยู่ที่ 30,000 ชั่วโมง หรืออยู่ที่ประมาณ 3 ปี 4 เดือน ฉะนั้นแล้วทุก 3 ปี 4 เดือนจะต้องทำการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่หรือว่าจะเป็นการนำมอเตอร์สแปร์มาใช้ก็แล้วแต่ จากนั้น นำมอเตอร์ที่ใช้งานแล้วไปทำการฟื้นฟูสภาพให้มีประสิทธิภาพการทำงานกลับมาสมบูรณ์เหมือนเดิมให้ได้มากที่สุดหรือเรียกว่า overhaul นั่นเอง โดยการป้องกันไม่ให้ตัวแบริ่งเกิดการเสียหายหรือว่าชำรุด สามารถทำการเปลี่ยนในทุก ๆ 3 ปีได้เลย เพราะในตัวแบริ่งนั้นจะมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 3 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนของการดำเนินงานได้วางแผนไว้ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการการทำงานของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้
3. ออกแบบและวางแผนการสร้างชุดอุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย
4. สั่งซื้ออุปกรณ์ต่างๆ
5. สร้างชุดอุปกรณ์ตามแบบที่วางแผนไว้
6. ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับการแสดงผลและควบคุมการเปิด-ปิดแจ้งเตือนทางไลน์
7. เขียนโปรแกรม Arduino เพื่อส่งค่าที่ตรวจสอบได้ไปแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และแสดงการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์โดยการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi
8. ทดสอบชุดอุปกรณ์และแก้ไขหากมีข้อผิดพลาด
9. จัดทำรูปเล่มโครงงาน

3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 บอร์ด IOX ESP32PS

เลือกใช้บอร์ด IOX ESP32PS ดังรูปที่ 3.1 เพราะเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth 4.2 นอกจากนี้ ยังรองรับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE และยังสามารถใช้เครื่องมือเขียนโปรแกรมตัวอื่นได้อีกหลายแบบ โดยบอร์ด IOX ESP32PS จะทำหน้าที่รับค่าจากวงจรเพื่อนำมาประมวลผล และบอร์ดจะส่งค่าไปแสดงผลบนแอปพลิเคชันโดยการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 คุณสมบัติของบอร์ด

- เป็นบอร์ดพัฒนา ESP32 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ที่มีหน่วยประมวลผลแบบ 2 core หรือมี 2 แกนสมอง ความเร็ว 240 MHz

- โมดูล ESP32-WROOM-32E ภายในใช้ชิป ESP32 ECO V3

- มาพร้อม Wi-Fi (2.4G) และบลูทูธ 4.2 ในตัว

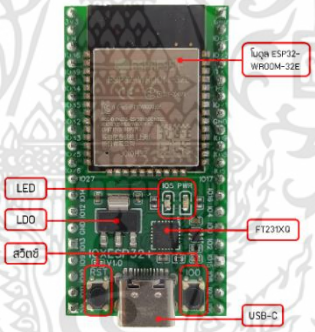
- มีพื้นที่เก็บโปรแกรม (Flash) ขนาด 4 MB และแรม (SRAM) ขนาด 520 kB

- รองรับการเชื่อมต่อ I2C จำนวน 2 ช่อง, SPI จำนวน 2 ช่อง, UART จำนวน 3 ช่อง, I2S จำนวน 2 ช่อง, ADC จำนวน 16 ช่อง (ใช้งานได้ 8 ช่อง หากใช้ Wi-Fi), DAC จำนวน 2 ช่อง, CAN จำนวน 1 ช่อง

- ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3V เป็นหลักในการทำงาน มีไอซี LDO แปลงไฟ 5V จาก USB-C เป็น 3.3V เลี้ยงวงจรทั้งบอร์ด

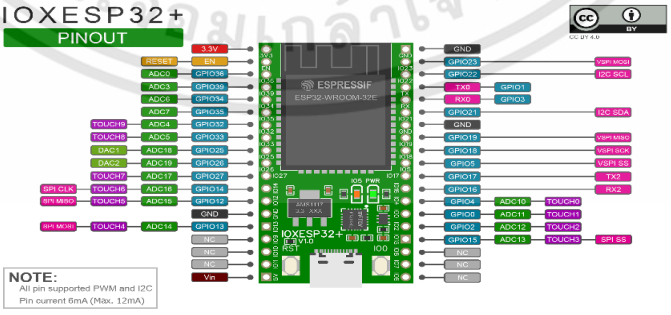
- เสาอากาศแบบ PCB บนโมดูล ESP32 (ไม่ต้องต่อเสา Wi-Fi เพิ่ม)

- มีขาทั้งหมด 38 ขา ข้างละ 19 ขา โดยการจัดขาของบอร์ดอ้างอิงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 บอร์ด IOX ESP32PS

(ที่มา : https://docs.ioxesp32.com/)



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งขาของบอร์ด IOX ESP32PS

(ที่มา : https://docs.ioxesp32.com/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Switching Power Supply

ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำได้ ซึ่งในการทำชุดอุปกรณ์นี้ ได้เลือกใช้ Switching Power Supply 5V 5.5A มาเป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.3

3.2.2.1 คุณสมบัติ

- Input: 110 – 240V/AC
- Output: 5V/DC 5.5A
- ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟ 5V ที่กระแสสูงสุดไม่เกิน 5.5A

รูปที่ 3.3 Switching Power Supply

(ที่มา : https://thai.alibaba.com/product-detail/Hot-Sale-Power-Single-Output-5V-60805240996.html)

3.2.3 หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า

เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟสลับที่ด้านส่งออกทางขดลวดทุติยภูมิให้มีค่าแรงดันน้อยกว่าค่าแรงดันที่ป้อนเข้ามา ซึ่งในการทำชุดอุปกรณ์นี้ ได้เลือกใช้หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า

(ที่มา : https://www.vongjorn.com/product/1816/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เซนเซอร์วัดกระแส Current Sensor

เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจจับและแปลงกระแสเป็นแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ง่าย ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับกระแสที่ไหลผ่านทิศทางการวัด ซึ่งในการทำชุดอุปกรณ์นี้ ได้เลือกใช้ Clamp meter type CT sensor 50A/1V SCT-013-020 ดังรูปที่ 3.5 สำหรับวัดค่ากระแสที่เกิดขึ้นในวงจรหรือในระบบไฟฟ้า สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับสายไฟโดยตรง

3.2.4.1 คุณสมบัติ

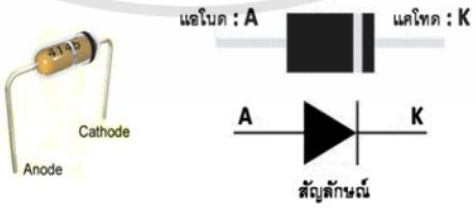
- Non-Invasive current sensor (เซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบไร้สัมผัส)
- Rated input Current: 50A
- Rated output Voltage: 1V

รูปที่ 3.5 เซนเซอร์วัดกระแส

(ที่มา : http://www.satorshop.com/product/834/sct-013-050-ct-0-50a-output-0-1v-non-invasive-current-sensor)

3.2.5 ไดโอด

เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ p-n สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode ; A) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด p และแคโทด (Cathode ; K) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด n ดังรูปที่ 3.6



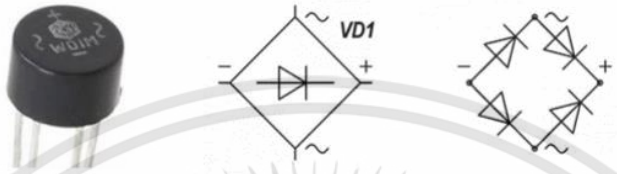
รูปที่ 3.6 ไดโอด

(ที่มา : http://www.psptech.co.th/ไดโอดdiodeคืออะไร-15184.page)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 บริดจ์ไดโอด

บริดจ์ไดโอด (Bridge Diode) คือ ไดโอด 4 ตัว ต่อแบบผสมอยู่ในตัวเดียวกัน ทำหน้าที่เรียงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีขาต่อใช้งาน 4 ขา เป็นขาต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ขา ขาต่อกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ขั้วบวก 1 ขาและขั้วลบ 1 ขา ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บริดจ์ไดโอด

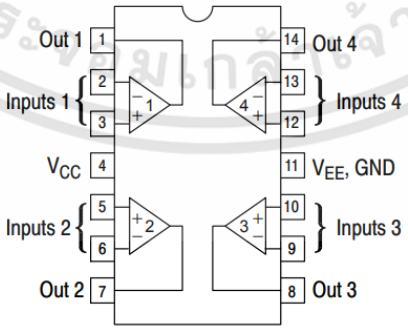
(ที่มา : https://electroexp.com/th/chto-takoe-diodnyj-most.html)

3.2.7 ออปแอมป์

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแรงดัน โดยออปแอมป์มีโครงสร้างภายในเป็นวงจรที่ซับซ้อน ประกอบไปด้วย ตัวต้านทาน ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ และไดโอดจำนวนมาก ซึ่งในการทำชุดอุปกรณ์นี้ ได้เลือกใช้ออปแอมป์ LM324 ในการต่อวงจร ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 ออปแอมป์ LM324

(ที่มา : https://www.chatchaielec.com/shop/ic/3225-lm324ka324kia324p-dip-14.html)



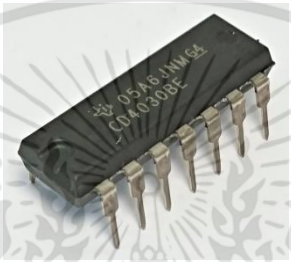
รูปที่ 3.9 การต่อใช้งานขาของออปแอมป์ LM324

(ที่มา : https://www.chatchaielec.com/shop/ic/3225-lm324ka324kia324p-dip-14.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

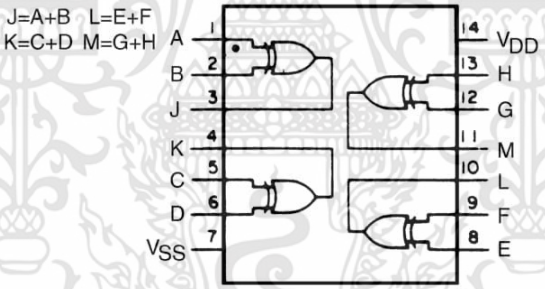
3.2.8 Exclusive-OR gate

เป็นเกตที่มีอินพุตตั้งแต่สองอินพุตขึ้นไป เอาต์พุตของเอ็กซ์คลูซีพออร์เกต สังเกตจากการดูค่าอินพุต ถ้าอินพุตเหมือนกันจะเป็น 0 ถ้าอินพุตต่างกันจะเป็น 1 ซึ่งในการทำชุดอุปกรณ์นี้ ได้เลือกใช้ไอซี CD4030BE ในการต่อวงจร เนื่องจากเป็นไอซีที่มีลอจิกแบบ Exclusive-Or Gate เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเฟสระหว่างวงจรตรวจสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้ากับวงจรตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.10



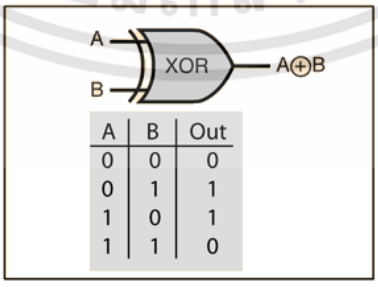
รูปที่ 3.10 ไอซี CD4030BE

(ที่มา : https://www.chatchaielec.com/shop/ic/3225-lm324ka324kia324p-dip-14.html)



รูปที่ 3.11 การต่อใช้งานขาของไอซี CD4030BE

(ที่มา : https://www.chatchaielec.com/shop/ic/3225-lm324ka324kia324p-dip-14.html)



รูปที่ 3.12 การดำเนินการของลอจิกแบบ Exclusive-Or Gate

(ที่มา : https://www.chatchaielec.com/shop/ic/3225-lm324ka324kia324p-dip-14.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 ตัวต้านทาน

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ในกรณีที่มีความต้านทานมากจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลง ในทางกลับกัน หากมีความต้านทานน้อยจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่ลดแรงดันและจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ตัวต้านทาน

(ที่มา : https://www.ai-corporation.net/2021/11/11/resistor/)

3.2.10 ตัวเก็บประจุ

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เก็บสะสมประจุไฟฟ้าไว้ที่ตัวและคายประจุไฟฟ้าออกมาให้กับวงจร ซึ่งในการทำชุดอุปกรณ์นี้ ได้เลือกใช้ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุคงที่ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ ดังรูปที่ 3.14

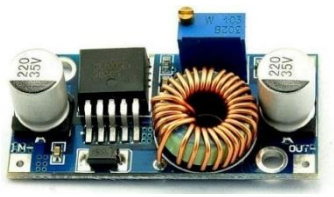
รูปที่ 3.14 ตัวเก็บประจุ

(ที่มา : https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7205-capacitor)

3.2.11 DC to DC Converter: Step-Down

วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down หรือเรียกอีกอย่างว่า Buck converter (บัคคอนเวอร์เตอร์) เป็นวงจรที่ลดแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยนำมาใช้ลดแรงดันไฟตรงจาก 5 โวลต์ ให้เหลือเพียง 3 โวลต์เพื่อนำไปเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ Step-Down

(ที่มา : https://www.igetsolarcell.com/category/step-up-step-down)

3.2.12 Single phase induction motor, Split phase start type

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิตมอเตอร์แบบขาตั้ง, ชนิด Split phase start มอเตอร์แบบเปิด, ค่าป้องกันน้ำและฝุ่น IP20 มีขนาด1/4 HP มอเตอร์ประสิทธิภาพระดับ IE1

3.2.12.1 การใช้งาน

การใช้งานครั้งแรก

(1) เพลามอเตอร์ต้องสามารถหมุนได้ด้วยมือ โดยไม่ติดขัด

(2) ตรวจเช็คว่ามีการติดตั้งฟิวส์ขนาดเหมาะสมไว้แล้ว

(3) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ต่อสายไฟและสายดินแล้ว

(4) ตรวจสอบทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้ตรงกับเครื่องจักรที่ใช้

(5) ตรวจเช็คว่าการเชื่อมต่อกับเครื่องจักรแน่นหนาและแข็งแรงเพียงพอ

การใช้งานทั่วไป

(1) ลดโหลดในขณะทำการสตาร์ทให้น้อยที่สุด แล้วค่อยเพิ่มโหลดเมื่อมอเตอร์

(2) ตรวจวัดกระแสในขณะทำงานว่าเกินกว่าที่ระบุไว้ในป้ายระบุสินค้าหรือไม่ หากเกินให้ปรับลดโหลดลง มิฉะนั้นอาจทำให้ขดลวดมอเตอร์ไหม้ได้

(3) ตรวจสอบว่าไม่มีเสียงดังผิดปกติ ในตลับลูกปืน

(4) หากเกิดไฟดับ ให้ทำการสับสวิตช์ตัดไฟ เพื่อป้องกันมอเตอร์โอเวอร์โหลด หรืออันตรายอื่นๆ เนื่องจากมอเตอร์รับโหลดกะทันหันเมื่อไฟมา

(5) หยุดมอเตอร์ทันทีหากเกิดความผิดปกติขึ้น

คำเตือน : มอเตอร์อาจเกิดความเสียหายได้หากระยะเวลาในการสตาร์ทนานเกินไป หรือทำการสตาร์ทอย่างต่อเนื่องหลายครั้งติดต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12.2 การตรวจสอบและซ่อมบำรุง

ระยะเวลาการตรวจสอบและซ่อมบำรุง

(1) มอเตอร์ที่มีการใช้งานน้อยจะมีความชื้นเนื่องจากหยุดเป็นเวลานาน การตรวจสอบประจำวันจึงมีความสำคัญ ในทางกลับกันการถอดชิ้นส่วน ตรวจสอบนั้นไม่จำเป็นต้องทำบ่อยครั้ง

(2) มอเตอร์ที่ใช้งานต่อเนื่อง เช่น ปั๊มและพัดลม ควรหมั่นทำการถอดชิ้นส่วนตรวจสอบ

(3) ทำการบันทึกผลการตรวจสอบประจำวัน, การตรวจสอบประจำเดือนและการถอดชิ้นส่วนตรวจสอบ เพื่ออ้างอิงและวางแผนการซ่อมบำรุงในอนาคต

(4) จัดแผนและทำการถอดชิ้นส่วนตรวจสอบตามการใช้งาน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการถอดชิ้นส่วนตรวจสอบ ตามสภาวะการใช้งานต่าง ๆ

สถานที่ติดตั้ง	ใช้งานน้อย	ใช้งานต่อเนื่อง
ในบริเวณที่มีฝุ่นมาก	ทุกๆ 1-2 ปี	ทุกปี
ในบริเวณที่สะอาด	ทุกๆ 2-3 ปี	ทุกๆ 1-3 ปี

การตรวจสอบประจำวัน

(1) เสียง - ใช้ก้านฟังเสียง ฟังส่วนต่างๆของมอเตอร์ ว่ามีเสียงผิดปกติหรือไม่

(2) กลิ่น – ตรวจสอบว่ามีกลิ่นไหม้ เนื่องจากการใช้งานเกินกำลังหรือจากการระบายอากาศที่ไม่ดีหรือไม่

(3) ภายนอก – ตรวจสอบว่ามีสิ่งแปลกปลอมปิดกั้นการระบายอากาศ หรือสภาพภายนอกของมอเตอร์มีความผิดปกติอื่นๆ หรือไม่

การตรวจสอบประจำเดือน

(1) วัดความต้านทานของฉนวนด้วยเครื่องวัดเมกกะโอห์ม ว่าต้องมีค่ามากกว่า 1 MΩ โดยวัดแต่ละปลายสายไฟหรือขั้วต่อไฟของมอเตอร์เทียบกับสายดิน

(2) ทำการซ่อมแซมสีที่หลุดล่อนเพื่อป้องกันสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอดชิ้นส่วนตรวจสอบ

(1) ทำความสะอาดตลับลูกปืนและเบ้า

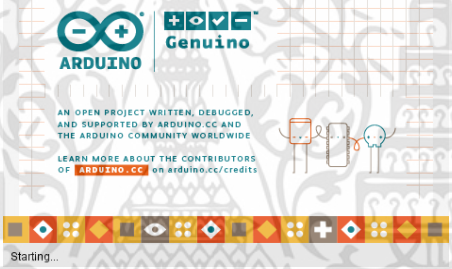
(2) ตรวจสอบขดลวดว่าเชือกรัดยังแน่นหรือไม่ และทำความสะอาดขดลวดหากมีฝุ่นหรือสิ่งสกปรก

(3) ตรวจสอบ ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหาย และทำความสะอาด ชิ้นส่วนที่สกปรก

3.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 โปรแกรม Arduino IDE

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโค้ดและอัปโหลดโปรแกรมที่เขียนเข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 โปรแกรม Arduino IDE

(ที่มา : http://kbx.makerasia.com/blog/2019/arduinoide/)

3.3.2 Blynk Application

เป็นแอพลิเคชันในสมาร์ทโฟนที่มี widgets ต่าง ๆ สำหรับการแสดงผลและการควบคุมอุปกรณ์

3.3.2.1 Blynk Platform

Blynk Platform เป็น Open Source แพลตฟอร์มอย่างหนึ่ง ซึ่งออกแบบมาสำหรับงาน IoT ที่จะทำให้อุปกรณ์ต่างๆเชื่อมต่อเข้ากับระบบผ่านอินเทอร์เน็ตได้โดยง่าย สามารถควบคุมการทำงานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

3.3.2.2 องค์ประกอบของ Blynk Platform

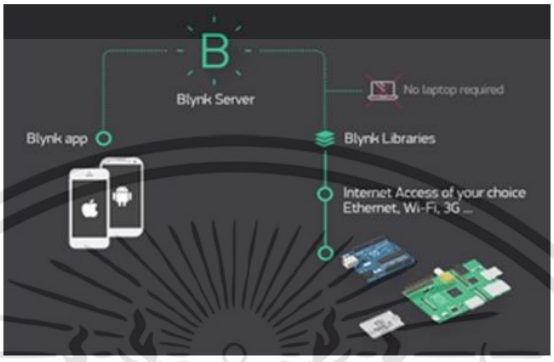
Blynk มีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน ดังรูปที่ 3.18 ซึ่งประกอบด้วย

- Blynk app คือ แอพลิเคชันใน Smartphone ที่มี widgets ต่าง ๆ สำหรับการแสดงผลและการควบคุมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Blynk Server คือ ตัวกลางในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งหมด สามารถใช้ Blynk Cloud ของทาง Blynk platform หรือตั้ง Server เองผ่าน Single Board computer เช่น Raspberry Pi หรือบอร์ดอื่น ๆ ได้

- Blynk Libraries คือ ชุด Libraries สำหรับพัฒนาโปรแกรมใน platform ของอุปกรณ์ต่าง ๆ



รูปที่ 3.17 องค์ประกอบของ Blynk Platform

(ที่มา : https://www.ab.in.th/article/68/app-blynk-nodemcu-esp8266)

วิธีการทำงานของ Blynk เริ่มจาก อุปกรณ์ เช่น Arduino ESP8266 หรือ ESP32 เชื่อมต่อไปยัง Server ของ Blynk โดยตรงแล้วสามารถรับส่งข้อมูลหากันได้ จากนั้นคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนก็จะเชื่อมต่อกับ Server ของ Blynk โดยตรง ทำให้มี Server เป็นสะพานให้เชื่อมต่อหากัน

3.3.3 แอปพลิเคชันไลน์ LINE

Line (ไลน์) เป็นแอปพลิเคชันตัวหนึ่ง ที่ใช้ในการติดต่อพูดคุยสื่อสารกับอีกบุคคลหนึ่ง ซึ่งใช้อินเทอร์เน็ตในการพูดคุยติดต่อสื่อสาร ซึ่งไลน์สามารถใช้แชทหรือใช้โทรหาผู้อื่นได้ ใช้ได้ทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS, Android, Windows Phone, PC และ BlackBerry โดยฟีเจอร์ของ LINE ประกอบด้วย การส่งข้อความ, การสนทนาด้วยเสียง, การเปลี่ยนพื้นหลังแบ็กกราวนด์หน้าห้องแชต, การสนทนาแบบกลุ่ม, Official LINE และการส่งสติ๊กเกอร์

3.4 การออกแบบและการวางแผนการทำงาน

3.4.1 การออกแบบและการวางแผนทางด้านฮาร์ดแวร์

1. ศึกษาและเลือกบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน
2. ศึกษาและเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการ
3. เลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ออกแบบวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

5. ออกแบบแผนผังการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ

6. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

3.4.2 การออกแบบและการวางแผนทางด้านซอฟต์แวร์

1. ศึกษาการเขียนโปรแกรม Arduino

2. ศึกษาวิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงผลบนสมาร์ทโฟน

3. เขียนโปรแกรม Arduino

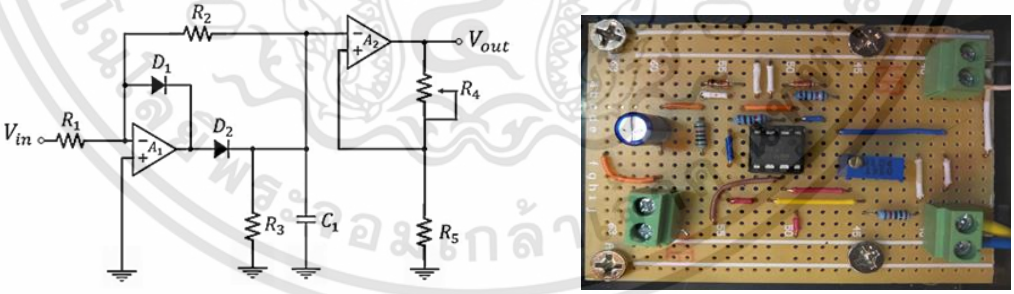
4. สร้างแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงผลค่าต่าง ๆ บนสมาร์ทโฟน

5. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและแอปพลิเคชันกับชุดอุปกรณ์

3.5 วิธีการดำเนินงาน

3.5.1 การออกแบบวงจร

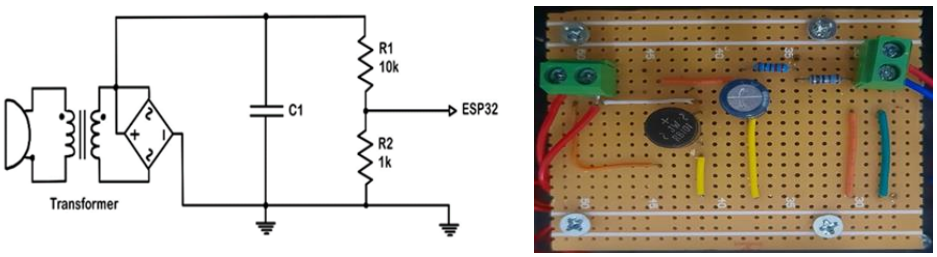
ออกแบบวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ โดยอาศัยหลักการของวงจรเรียงกระแส โดยวงจรเรียงกระแสจะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยใช้ไดโอดเป็นตัวเรียงกระแส จากนั้น ทำการขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้โดยการใช้ออปแอมป์และใช้ตัวเก็บประจุเพื่อลดการกระเพื่อม (Ripple) ของสัญญาณ



รูปที่ 3.18 วงจรตรวจสอบปริมาณของกระแสไฟฟ้า

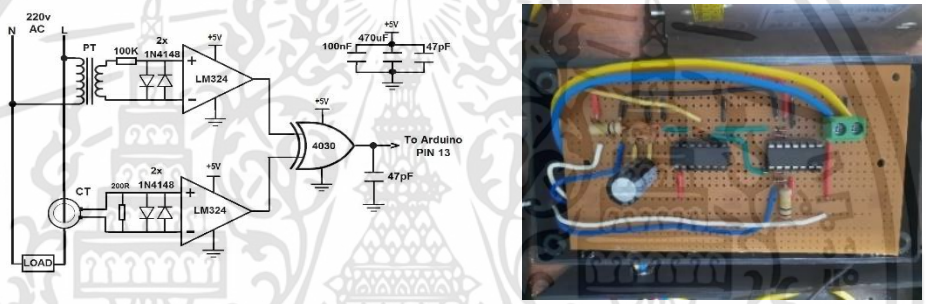
ออกแบบวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณของแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ โดยอาศัยหลักการของวงจรแบ่งแรงดัน โดยนำตัวต้านทาน 2 ตัว มาต่ออนุกรมกัน ซึ่งค่าความต้านทานจะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 วงจรตรวจสอบปริมาณของแรงดันไฟฟ้า

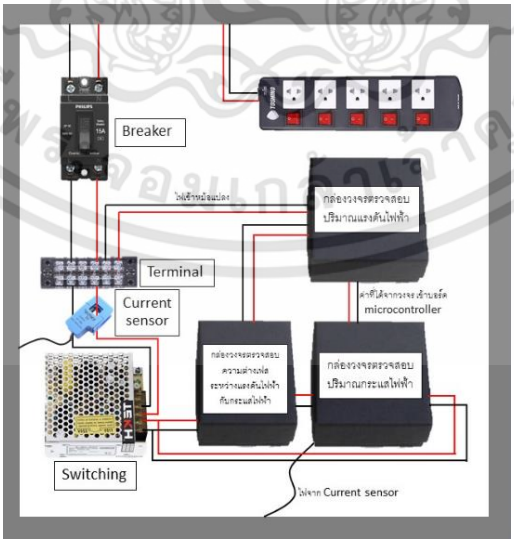
ออกแบบวงจรที่ใช้ตรวจสอบความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าโดยใช้ไอซีที่มีลอจิกแบบ Exclusive-OR gate เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเฟสระหว่างวงจรตรวจสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้ากับวงจรตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้า ถ้าเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าไม่ต่างกัน ลอจิกที่ได้จะเป็น 0 แต่ถ้าเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าต่างกัน ลอจิกที่ได้จะเป็น 1



รูปที่ 3.20 วงจรตรวจสอบความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

3.5.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์

ทำการออกแบบแผนผังการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนลงมือปฏิบัติจริง ดังรูปที่ 3.22



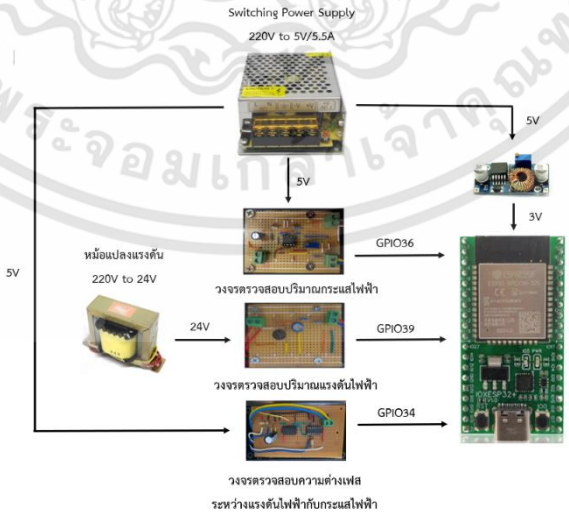
รูปที่ 3.21 แผนผังการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 ชุดอุปกรณ์ที่เสร็จเรียบร้อย

3.5.3 การต่ออุปกรณ์ต่างๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายในชุดอุปกรณ์จะมี Switching power supply ซึ่งต่อกับไฟบ้าน ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ไปเป็นแรงดันไฟตรง 5 โวลต์ และยังทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับวงจรตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้า วงจรตรวจสอบความต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า และวงจรลดแรงดันแบบ Step-Down โดยวงจรลดแรงดันแบบ Step-Down จะทำการลดแรงดันจาก 5 โวลต์ ให้เหลือเพียง 3 โวลต์ เพื่อนำไปเข้าบอร์ด ESP32 ส่วนวงจรตรวจสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้า จะใช้แหล่งจ่ายไฟจากหม้อแปลงไฟฟ้า โดยจะจ่ายแรงดันไฟตรง 24 โวลต์ให้กับวงจร โดยในการเชื่อมต่อวงจรแต่ละวงจรกับบอร์ด ESP32 เป็นดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 การต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การเขียนโปรแกรม Arduino

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากวงจรมาประมวลผล และส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลบนสมาร์ทโฟน โดยแบ่งการเขียนโปรแกรมออกเป็นสองส่วน คือ void setup ( ) และ void loop ( )

ฟังก์ชัน setup ( ) จะเขียนที่ส่วนต้นของโปรแกรม เป็นฟังก์ชันที่ทำงานเพียงครั้งเดียว จะทำงานทุกครั้งที่มีการรีเซตหรือรีบูตเครื่องใหม่เท่านั้น เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการประกาศค่าเริ่มต้น ตำแหน่งพอร์ตที่ใช้งาน กำหนดโหมดการทำงานของขาต่าง ๆ รวมถึงฟังก์ชันที่อยู่ไลบารี่ที่ใช้งาน ส่วนฟังก์ชัน loop ( ) จะทำงานวนต่อเนื่องกันตลอดเวลา ภายในฟังก์ชันจะมีโค้ดที่ใช้โปรแกรมการทำงานของบอร์ด เพื่อรับค่าจากพอร์ตและนำไปประมวลผลแล้วสั่งเอาต์พุตออกไปที่ขาต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ด

3.5.5 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

3.5.5.1 คำสั่ง #define เป็นคำสั่งที่ใช้บอก preprocessor ให้แก้ไขโค้ดในลักษณะ find and replace

3.5.5.2 คำสั่ง #include ใช้สั่งให้รวมไฟล์อื่น ๆ เข้ากับไฟล์โปรแกรมหลักก่อนแล้วจึงทำการคอมไพล์โปรแกรม

3.5.5.3 คำสั่ง Serial.begin (อัตราเร็วในการส่งข้อมูล) ใช้กำหนดอัตราเร็วในการส่งข้อมูล

3.5.5.4 คำสั่ง analogReadResolution (ค่าความละเอียด) ใช้กำหนดค่าความละเอียดของ analog ที่อ่านได้

3.5.5.5 คำสั่ง pinMode (int pin, int mode) ใช้กำหนดโหมดการทำงานให้กับขา GPIO โดย int pin คือ การกำหนดหมายเลขขา GPIO ที่ต้องการควบคุม ส่วน int mode คือ โหมดที่ต้องการกำหนดให้ขา GPIO ซึ่งสามารถเป็นได้ดังนี้

INPUT คือ การกำหนดให้ขา GPIO มีสถานะเป็นอินพุต รอรับค่าเข้ามา

OUTPUT คือ การกำหนดให้ขา GPIO มีสถานะเป็นเอาต์พุต รอเขียนค่าออกไป

3.5.5.6 คำสั่ง Blynk.begin (auth, ssid, pass) ใช้สั่งให้ Blynk Server ดึงข้อมูล auth, ssid และ pass เพื่อเริ่มเชื่อมต่อ โดย auth คือ รหัส Auth Token ที่ได้มาจากการสร้างบัญชีในแอปพลิเคชัน Blynk, ssid คือ ชื่อ Wi-Fi ที่ใช้เชื่อมต่อ และ pass คือ รหัส Wi-Fi ที่ใช้เชื่อมต่อ

3.5.5.7 คำสั่ง analogRead (ขา GPIO หรือ ตัวแปรที่กำหนด) ใช้อ่านค่า ADC (Analog to Digital Converter) ของขา GPIO หรือ ตัวแปรที่กำหนด โดย ADC ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้า การใช้ ADC จะมีเรื่องของความเร็วในการวัดและความละเอียดในการวัด สำหรับบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESP32 สามารถใช้งาน ADC ได้ที่ความละเอียด 12 บิต หรือค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 0 – 4095 โดยค่าแรงดันที่วัดได้สูงสุดจะเรียกว่า แรงดันอ้างอิง ถ้ากำหนดให้แรงดันอ้างอิงเท่ากับ 3.3V หากวัดแรงดัน ได้ 3.3V จะอ่านค่าจาก ADC ได้ 4095 และหากวัดแรงดันได้ 1.62 จะอ่านค่าจาก ADC ได้ 2048 ทั้งนี้ค่าที่อ่านได้อาจจะไม่เที่ยงตรงบ้างเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง

3.5.5.8 คำสั่ง Serial.print (" ") ใช้แสดงข้อความออกมาทาง Serial monitor

3.5.5.9 คำสั่ง Serial.print (ตัวแปร) ใช้ส่งข้อมูลของตัวแปรที่กำหนดออกมาทาง Serial monitor

3.5.5.10 คำสั่ง Blynk.virtualWrite(VirtualPin, Data) เป็นฟังก์ชันสำหรับส่งข้อมูล โดย VirtualPin คือ ขาที่กำหนดในแอปพลิเคชัน Blynk ส่วน Data คือ ข้อมูลของตัวแปรที่ต้องการส่งไปยังขา VirtualPin ในแอปพลิเคชัน Blynk

3.5.5.11 คำสั่ง Blynk.run ใช้สั่งให้ Blynk ทำงาน

3.5.5.12 คำสั่ง pulseIn (pin, value, timeout) เป็นฟังก์ชันที่ใช้วัดความกว้างเพาส์สัญญาณ (Pulse width) หลักการทำงานจะอาศัยการตรวจวัดสัญญาณ HIGH หรือ LOW ที่ส่งเข้าขาของบอร์ด และเซตขานั้นให้เป็น input port

pin คือ กำหนดขาของบอร์ดที่ให้ส่งสัญญาณเข้า

value คือ พารามิเตอร์ที่กำหนดให้บอร์ดตรวจวัดสัญญาณ HIGH หรือ LOW ก่อน

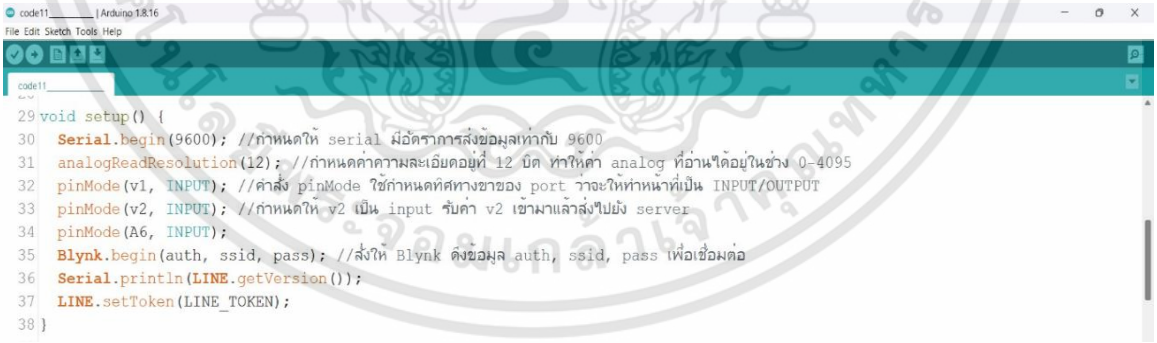
timeout คือช่วงเวลาสูงสุดที่ฟังก์ชันนี้ยังทำงานอยู่ หากไม่กำหนดพารามิเตอร์นี้ เช่นในกรณีที่กำหนด default ไว้ที่ 1 วินาที หรือ 1,000,000 ไมโครวินาที นั่นหมายความว่าถ้าความกว้างเพาส์สัญญาณที่จะวัดมากกว่า 1 วินาที ฟังก์ชันนี้จะไม่ทำงานและส่งค่า 0 ออกมาแทน

3.5.5.13 คำสั่ง delay (เวลาที่ต้องการหน่วง) ใช้กำหนดเวลาที่ต้องการหน่วงการทำงาน โดย 1000 คือ 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 Code Arduino (1)

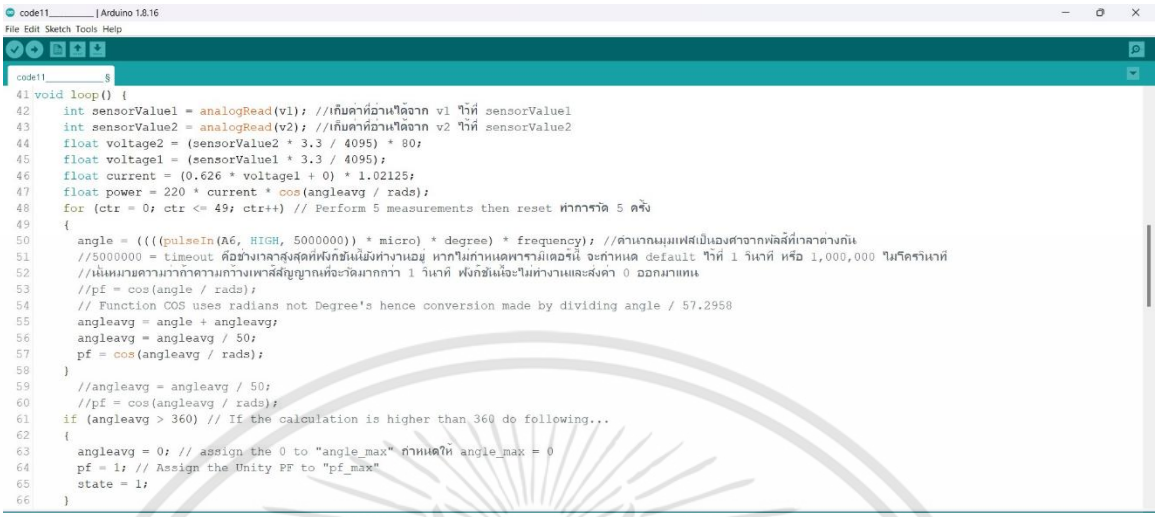
จากรูปที่ 3.24 จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นการเรียกใช้งานไลบรารีที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 2 เป็นการเชื่อมต่อบอร์ดกับแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งการจะเชื่อมต่อได้นั้น จะต้องมีการกำหนดรหัส Auth Token ที่ได้มาจากการสร้างบัญชีในแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งรหัสจะถูกส่งไปยัง e-mail ที่ได้สมัครไว้ โดยรหัส Auth Token จะทำให้บอร์ดกับ Blynk App สื่อสารกันได้ นอกจากนั้น ยังต้องกำหนดชื่อและรหัส Wi-Fi ที่ใช้เชื่อมต่อด้วย และในส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่ใช้สำหรับประกาศตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณและเก็บค่าต่าง ๆ



รูปที่ 3.25 Code Arduino (2)

จากรูปที่ 3.25 เป็นการกำหนดโหมดการทำงานให้กับขาของบอร์ด และเป็นการดึงข้อมูลรหัส Auth Token ที่ใช้เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Blynk, ชื่อ Wi-Fi ที่ใช้เชื่อมต่อ, รหัส Wi-Fi ที่ใช้เชื่อมต่อ และรหัส LINE_TOKEN ที่ใช้เชื่อมต่อไปยังไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
41 void loop() {
42     int sensorValue1 = analogRead(v1); //เก็บค่าที่อ่านได้จาก v1 ไว้ที่ sensorValue1
43     int sensorValue2 = analogRead(v2); //เก็บค่าที่อ่านได้จาก v2 ไว้ที่ sensorValue2
44     float voltage2 = (sensorValue2 * 3.3 / 4095) * 80;
45     float voltage1 = (sensorValue1 * 3.3 / 4095);
46     float current = (0.626 * voltage1 + 0) * 1.02125;
47     float power = 220 * current * cos(angleavg / rads);
48     for (ctr = 0; ctr <= 49; ctr++) // Perform 5 measurements then reset ทำการวัด 5 ครั้ง
49     {
50       angle = ((((pulseIn(A6, HIGH, 5000000)) * micro) * degree) * frequency); //คำนวณมุมเฟสเป็นองศาจากพัลส์ที่เวลาต่างกัน
51       //5000000 = timeout คือช่วงเวลาสูงสุดที่ฟังก์ชันนี้จะรอ หากไม่กำหนดพารามิเตอร์นี้ จะกำหนด default ไว้ที่ 1 วินาที หรือ 1,000,000 ไมโครวินาที
52       //เน้นหมายความว่าถ้าความถี่สัญญาณที่จะวัดมากกว่า 1 วินาที ฟังก์ชันนี้จะไม่ทำงานและส่งค่า 0 ออกมาแทน
53       //pf = cos(angle / rads);
54       // Function COS uses radians not Degree's hence conversion made by dividing angle / 57.2958
55       angleavg = angle + angleavg;
56       angleavg = angleavg / 50;
57       pf = cos(angleavg / rads);
58     }
59       //angleavg = angleavg / 50;
60       //pf = cos(angleavg / rads);
61     if (angleavg > 360) // If the calculation is higher than 360 do following...
62     {
63       angleavg = 0; // assign the 0 to "angle_max" กำหนดให้ angle_max = 0
64       pf = 1; // Assign the Unity PF to "pf_max"
65       state = 1;
66     }
```

รูปที่ 3.26 Code Arduino (3)

จากรูปที่ 3.26 บรรทัดที่ 44 เป็นการการแปลงค่าจาก analog ไปเป็นค่าแรงดันไฟตรง เนื่องจากบอร์ด ESP 32 จะอ่านค่าเป็น analog ที่อยู่ในช่วง 0 – 4095 หรือที่ความละเอียด 12 บิต ดังนั้น จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่า analog ที่บอร์ด ESP 32 อ่านได้ไปเป็นค่าแรงดันไฟตรง โดยใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ดังนี้

เมื่อค่า analog สูงสุดที่บอร์ด ESP 32 อ่านได้มีค่า 4095 ซึ่งเทียบได้กับแรงดันไฟตรง 3.3 โวลต์ เมื่อนำมาแปลงเป็นแรงดันไฟตรงจะได้ $\frac{3.3}{4095}$ x ค่า analog ที่บอร์ดอ่านได้

จากรูปที่ 3.26 บรรทัดที่ 43 เมื่อทำการแปลงค่าจาก analog ไปเป็นค่าแรงดันไฟตรงเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟตรงที่ได้เป็นค่าแรงดันไฟสลับโดยใช้วิธีการเทียบค่า ซึ่งจากการเทียบค่าพบว่า แรงดันไฟตรงที่ได้มีการลดระดับจากแรงดันไฟสลับ 80 เท่า ดังนั้น สามารถทราบค่าของแรงดันไฟสลับได้โดยการนำค่าแรงดันไฟตรงที่ได้ไปคูณด้วย 80

ตารางที่ 3.2 การปรับเทียบค่าของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

	ทดสอบรอบที่ 1		ทดสอบรอบที่ 2		ทดสอบรอบที่ 3		ค่าเฉลี่ย	
	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)
ไม่เปิดไฟ	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0.001	0
เปิด 1 ดวง	0.318	0.22	0.313	0.22	0.314	0.22	0.315	0.22
เปิด 2 ดวง	0.736	0.46	0.735	0.46	0.737	0.46	0.736	0.46
เปิด 3 ดวง	1.152	0. 70	1.151	0.70	1.156	0.70	1.153	0.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.26 บรรทัดที่ 45 เป็นการคำนวณหาค่ากระแสจากการแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของสมการเส้นตรง y = mx + b ซึ่งกำหนดให้ y คือ กระแสไฟฟ้า , m คือ ความชันที่หาได้จาก $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ และ x คือ แรงดันไฟฟ้า โดยได้ทำการทดสอบทั้งหมด 3 รอบ ดังตารางที่ 3.2 จากนั้น นำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด และนำค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าและค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาสมการ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการเปิดไฟ 2 ดวงเทียบกับค่าเฉลี่ยของการไม่เปิดไฟ จะได้

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.46 - 0}{0.736 - 0.001} \approx 0.626$$

และนำค่า m ที่ได้ไปแทนในสมการเส้นตรง y = mx + b โดยใช้ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าและค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าแบบเปิดไฟ 2 ดวงไปแทนในสมการ จะได้

$$0.46 = 0.626\ (0.736) + b$$

$$b = 0$$

ดังนั้น จะได้สมการกระแสไฟฟ้า คือ 0.626 (แรงดันไฟฟ้า) + 0

ตารางที่ 3.3 การปรับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ควรได้จริงเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ

		รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4	ค่าเฉลี่ย
	กระแสที่ควรได้จริง (แอมแปร์)	กระแสที่ได้จากการทดสอบ (แอมแปร์)	กระแสที่ได้จากการทดสอบ (แอมแปร์)	กระแสที่ได้จากการทดสอบ (แอมแปร์)	กระแสที่ได้จากการทดสอบ (แอมแปร์)	กระแสที่ได้จากการทดสอบ (แอมแปร์)
ไม่เปิดไฟ	0	0	0	0	0	0
เปิด 1 ดวง	0.22	0.145	0.209	0.184	0.150	0.172
เปิด 2 ดวง	0.46	0.401	0.391	0.400	0.396	0.397
เปิด 3 ดวง	0.77	0.680	0.661	0.653	0.655	0.662250

เมื่อทำการทดสอบ พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ควรได้จริงมีความแตกต่างกันเล็กน้อย จึงทำการปรับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ควรได้จริงเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ โดยได้ทำการทดสอบทั้งหมด 4 รอบ ดังตารางที่ 3.3 จากนั้น นำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด เมื่อนำไปพล็อตกราฟและคำนวณหาความชันโดยอาศัยหลักการของสมการเส้นตรง y = mx + b ซึ่งกำหนดให้ y คือ กระแสไฟฟ้า, m คือ ความชันที่หาได้จาก $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ และ x คือ

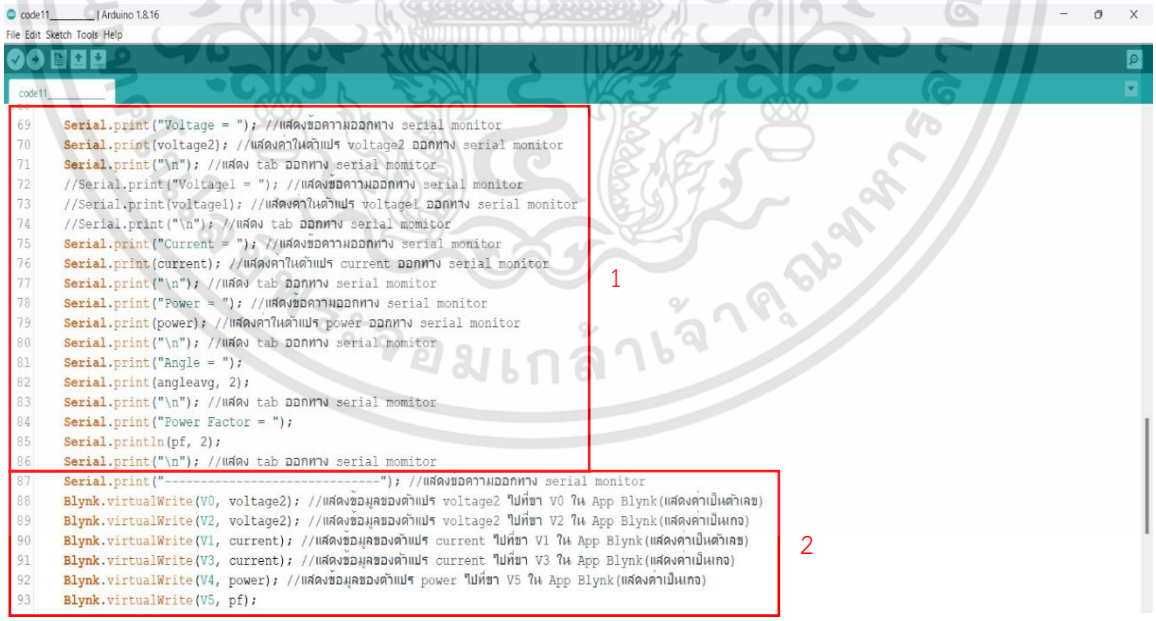
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนหลอดไฟ พบว่า ความชันของกระแสไฟฟ้าที่ควรได้จริง คือ 0.24 และความชันของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ คือ 0.2451 ทำให้ทราบความแตกต่างของค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ควรได้จริงว่ามีความแตกต่างกันอยู่ 1.02125 เท่า

ดังนั้น จะได้สมการกระแสไฟฟ้า คือ (0.626 (แรงดันไฟฟ้า) + 0) x 1.02125

ในส่วนของบรรทัดที่ 46 เป็นการคำนวณหาค่าของกำลังไฟฟ้าจากสูตร $P = V \times I \times \cos\theta$ โดยสามารถหามุม θ ได้จากวัดความกว้างเพาส์ของสัญญาณ (Pulse width) โดยเมื่อทำการตรวจพบสัญญาณขาขึ้น (HIGH) ก็จะเริ่มนับเวลาโดยจะเริ่มนับเวลาในหน่วยไมโครวินาที และรอจนกว่าจะตรวจพบสัญญาณขาลง (LOW) ถึงจะหยุดนับเวลา จากนั้น นำช่วงเวลาที่ต้องการวัดไปคูณด้วย 10^{-6} ก่อนเพื่อแปลงไปเป็นหน่วยวินาที และคูณด้วย 360 เพื่อแปลงมุมเฟสเป็นองศา หลังจากนั้นคูณด้วยความถี่ของไฟฟ้าซึ่งก็คือ 50 Hz จึงจะได้มุม θ ออกมา

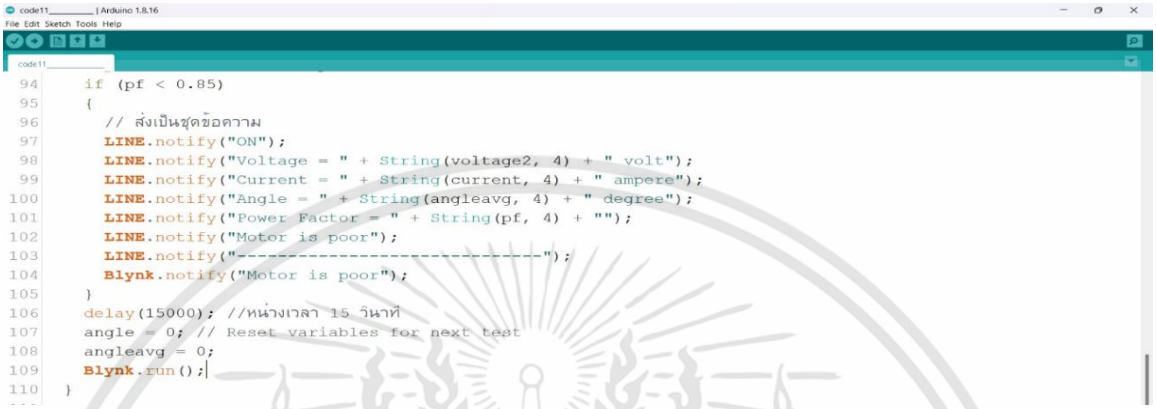
จากนั้นทำการคำนวณหาค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจากสูตร $\cos\left(\frac{\text{angle}}{\text{rads}}\right)$ และที่ต้องนำมาหารด้วยเรเดียนก่อน เนื่องจากว่าการคำนวณฟังก์ชัน cos ในโปรแกรม Arduino จะต้องใช้มุมเรเดียนแทนมุมองศา โดยนำมาหารด้วย 57.295779513 เพราะว่า 1 เรเดียน เท่ากับ 57.295779513 องศา ซึ่งได้สั่งให้โปรแกรมทำการวัดมุมทั้งหมด 50 รอบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อค่าที่จะนำมาใช้ในการคำนวณจะได้มีความใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด



รูปที่ 3.27 Code Arduino (4)

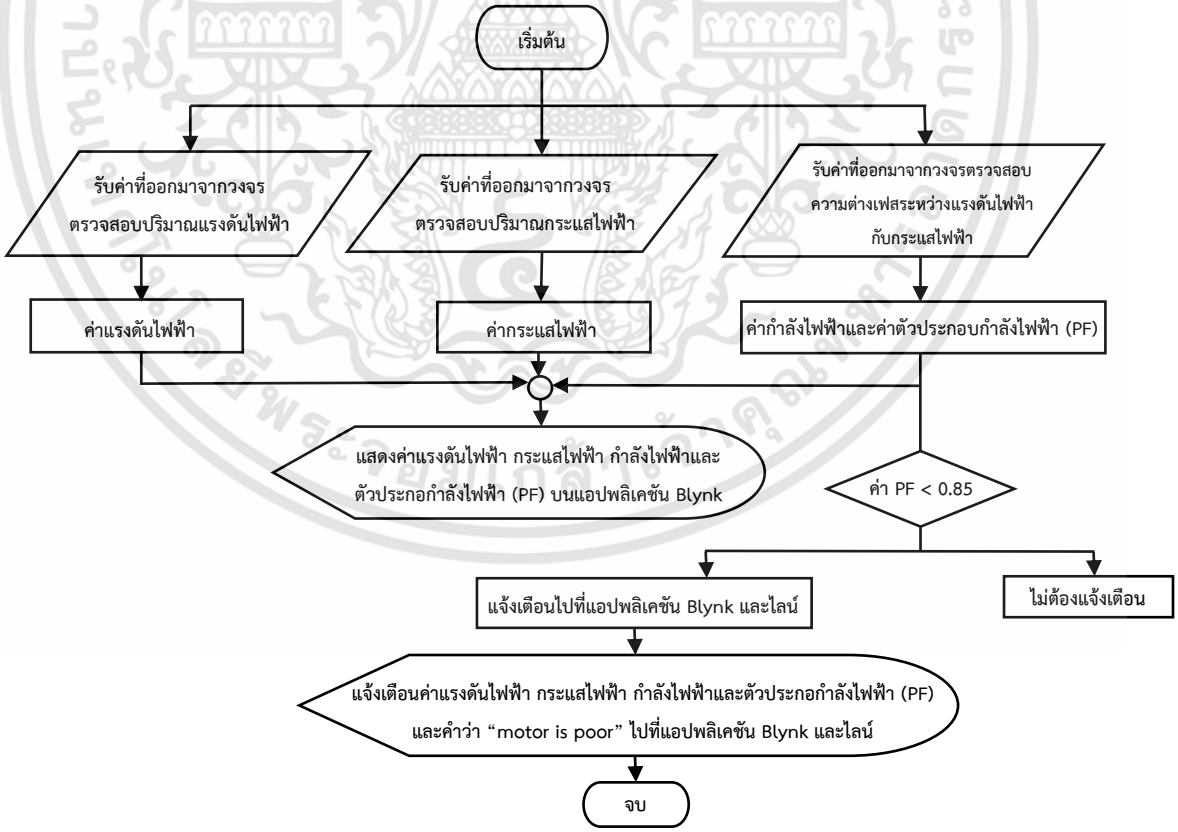
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.27 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการสั่งให้โปรแกรมแสดงข้อความออกมาทาง serial monitor และในส่วนที่ 2 เป็นการสั่งให้แสดงผลข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ออกมาทางแอปพลิเคชัน Blynk



รูปที่ 3.28 Code Arduino (5)

จากรูปที่ 3.28 เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการแสดงการแจ้งเตือน โดยกำหนดไว้ว่า ถ้าค่า pf ที่ได้มีค่าต่ำกว่า 0.85 ให้แสดงการแจ้งเตือนไปที่ไลน์และแอปพลิเคชัน Blynk โดยจะทำการตรวจสอบใหม่ทุก 15 วินาที

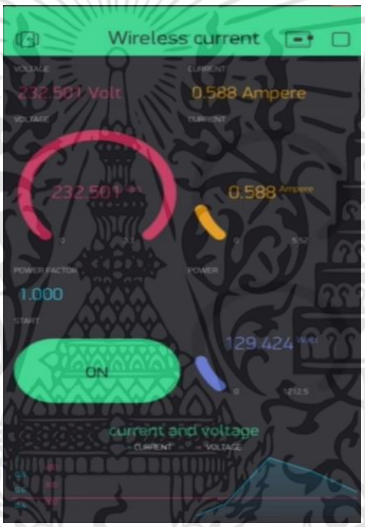


รูปที่ 3.29 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม

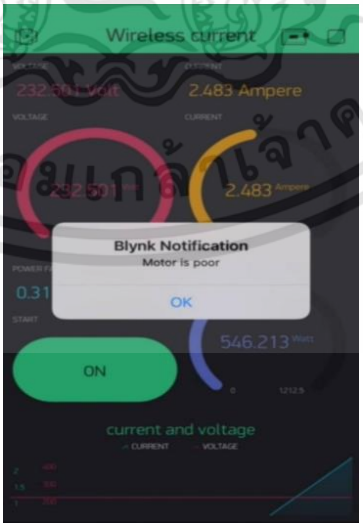
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 การออกแบบแอปพลิเคชัน Blynk

เป็นขั้นตอนการออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลบนสมาร์ทโฟน โดยออกแบบให้แอปพลิเคชัน Blynk ทำการแสดงผลของค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้ โดยให้มีการแสดงผลของค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ซึ่งให้แสดงผลออกมาเป็นตัวเลขที่มีแถบเกจบอกระดับของค่าที่วัดได้ และให้แสดงผลออกมาในรูปแบบของ Super Chart โดยให้แสดงค่าของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังให้มีการแจ้งเตือนมาที่แอปพลิเคชัน Blynk และไลน์ เมื่อมอเตอร์มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.85 โดยให้แจ้งเตือนว่า “motor is poor” ดังรูปที่ 3.30 และ 3.31



รูปที่ 3.30 หน้าจอแสดงผลค่าต่าง ๆ ที่วัดได้บนแอปพลิเคชัน Blynk



รูปที่ 3.31 หน้าจอแสดงการแจ้งเตือนเมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.85

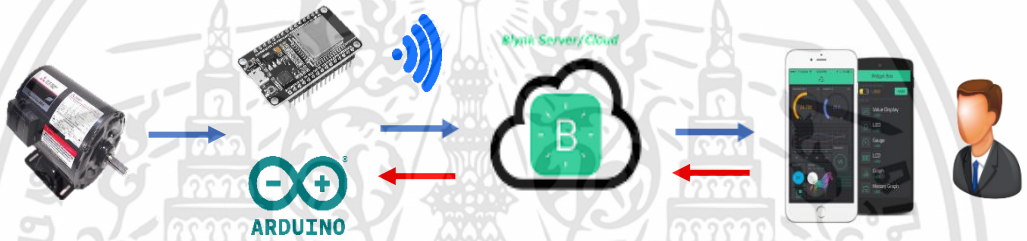
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

ค่าของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ออกมาจากมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะถูกส่งไปแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk ผ่านการสื่อสารระหว่างบอร์ด ESP32 กับ Server ของ Blynk โดยการเชื่อมต่อผ่านทาง Wi-Fi จากนั้น สมาร์ทโฟนก็จะเชื่อมต่อไปยัง Server ของ Blynk ทำให้ค่าต่าง ๆ ที่ออกมาจากมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถไปแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

4.2 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไร้สาย

4.2.1 การแสดงผลของค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้บนแอปพลิเคชัน Blynk

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงค่าของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ออกมาจากมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งค่าที่ได้จากการลองทดสอบจำนวน 50 รอบ พบว่า ในแต่ละครั้งค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ควรได้จริงเล็กน้อย โดยค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเมื่อไม่ใส่โหลดให้มอเตอร์มีค่า Error เฉลี่ยอยู่ที่ 0.700823774% และเมื่อใส่โหลดให้มอเตอร์มีค่า Error เฉลี่ยอยู่ที่ 0.552341663% ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และในรูปที่ 4.2 แต่สามารถปรับแก้ได้โดยการปรับเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าที่ควรได้จริง เพื่อให้ค่าที่ได้ออกมามีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบของค่า Power factor จำนวน 50 รอบ

ค่า Power factor เมื่อไม่ใส่โหลดให้มอเตอร์			ค่า Power factor เมื่อใส่โหลดให้มอเตอร์		
ค่าจริง	ค่าทดสอบ	Error (%)	ค่าจริง	ค่าทดสอบ	Error (%)
0.285	0.287	0.701754386	0.315	0.31	1.587301587
0.289	0.292	1.038062284	0.315	0.311	1.26984127
0.288	0.29	0.694444444	0.315	0.313	0.634920635
0.289	0.29	0.346020761	0.314	0.315	0.318471338
0.289	0.291	0.692041522	0.315	0.316	0.317460317
0.29	0.29	0	0.315	0.311	1.26984127
0.289	0.287	0.692041522	0.316	0.312	1.265822785
0.288	0.285	1.041666667	0.315	0.311	1.26984127
0.288	0.289	0.347222222	0.315	0.31	1.587301587
0.289	0.29	0.346020761	0.315	0.313	0.634920635
0.289	0.291	0.692041522	0.315	0.312	0.952380952
0.289	0.293	1.384083045	0.314	0.313	0.318471338
0.285	0.288	1.052631579	0.315	0.316	0.317460317
0.287	0.288	0.348432056	0.315	0.317	0.634920635
0.288	0.291	1.041666667	0.314	0.315	0.318471338
0.288	0.29	0.694444444	0.314	0.315	0.318471338
0.289	0.292	1.038062284	0.316	0.316	0
0.289	0.29	0.346020761	0.315	0.314	0.317460317
0.287	0.285	0.696864111	0.315	0.315	0
0.288	0.289	0.347222222	0.315	0.318	0.952380952
0.288	0.289	0.347222222	0.315	0.318	0.952380952
0.289	0.282	2.422145329	0.315	0.312	0.952380952
0.287	0.291	1.393728223	0.314	0.313	0.318471338
0.287	0.288	0.348432056	0.315	0.313	0.634920635
0.288	0.288	0	0.315	0.315	0
0.288	0.29	0.694444444	0.316	0.315	0.316455696

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

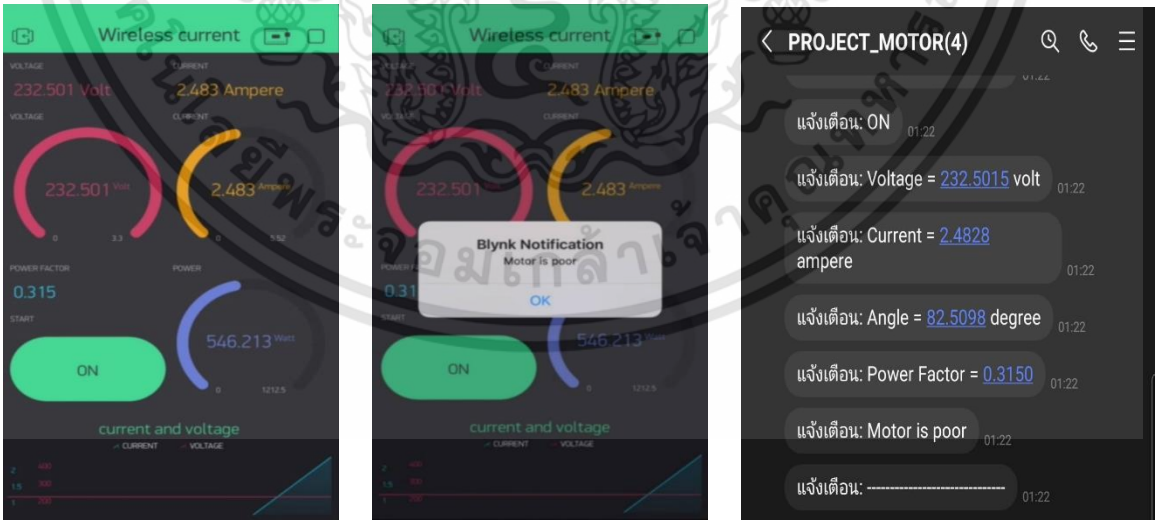
ค่า Power factor เมื่อไม่ใส่โหลดให้มอเตอร์			ค่า Power factor เมื่อใส่โหลดให้มอเตอร์		
ค่าจริง	ค่าทดสอบ	Error (%)	ค่าจริง	ค่าทดสอบ	Error (%)
0.289	0.285	1.384083045	0.315	0.314	0.317460317
0.29	0.285	1.724137931	0.314	0.315	0.318471338
0.29	0.285	1.724137931	0.315	0.316	0.317460317
0.29	0.291	0.344827586	0.315	0.316	0.317460317
0.288	0.291	1.041666667	0.315	0.313	0.634920635
0.288	0.287	0.347222222	0.315	0.312	0.952380952
0.289	0.288	0.346020761	0.315	0.312	0.952380952
0.287	0.288	0.348432056	0.315	0.313	0.634920635
0.287	0.291	1.393728223	0.315	0.315	0
0.286	0.285	0.34965035	0.315	0.316	0.317460317
0.285	0.286	0.350877193	0.315	0.315	0
0.288	0.289	0.347222222	0.316	0.315	0.316455696
0.288	0.282	2.083333333	0.315	0.314	0.317460317
0.289	0.288	0.346020761	0.315	0.313	0.634920635
0.289	0.29	0.346020761	0.315	0.316	0.317460317
0.288	0.286	0.694444444	0.315	0.314	0.317460317
0.285	0.286	0.350877193	0.316	0.313	0.949367089
0.285	0.285	0	0.314	0.315	0.318471338
0.287	0.287	0	0.315	0.317	0.634920635
0.287	0.287	0	0.315	0.315	0
0.288	0.285	1.041666667	0.315	0.316	0.317460317
0.289	0.29	0.346020761	0.315	0.314	0.317460317
0.289	0.292	1.038062284	0.315	0.314	0.317460317
0.289	0.29	0.346020761	0.315	0.313	0.634920635
ค่าเฉลี่ยของ Error		0.700823774	ค่าเฉลี่ยของ Error		0.552341663

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 การแสดงผลของค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบได้บนแอปพลิเคชัน Blynk เทียบกับค่าที่ควรได้จริง

4.2.2 การแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนไปยังไลน์เมื่อมอเตอร์มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าที่กำหนด

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนไปยังไลน์ เมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.85 โดยจะแจ้งเตือนว่า “motor is poor” เพื่อเป็นการแจ้งให้ทราบว่าตอนนี้มอเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ควรรีบมาตรวจสอบก่อนที่มอเตอร์จะเกิดการชำรุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนไปยังไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมา เริ่มจากขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนของการศึกษาทฤษฎีและหลักการพร้อมทำความเข้าใจกับขอบเขตของโครงงาน โดยแบ่งส่วนของการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของฮาร์ดแวร์ ในส่วนนี้ได้ศึกษาถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ ความเสียหายต่าง ๆ ของมอเตอร์ว่ามีอะไรบ้าง และอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างชุดอุปกรณ์ รวมทั้งศึกษาหลักการทำงานของวงจรต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบชุดอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2. ส่วนของซอฟต์แวร์ ในส่วนนี้เป็นส่วนของการเขียนโปรแกรมเพื่อการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด ESP32 กับแอปพลิเคชัน Blynk โดยการใช้โปรแกรม Arduino IDE เพื่อนำค่าต่าง ๆ ที่ออกมาจากมอเตอร์เหนี่ยวนำมาแสดงผลตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ รวมทั้งการออกแบบหน้าจอแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย

3. เมื่อทำการสร้างชุดอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงได้นำมาทดสอบการทำงาน พบว่า ชุดอุปกรณ์สามารถทำงานได้จริง บอร์ด ESP32 สามารถส่งค่าของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามาแสดงผลผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ได้ และเมื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนด ก็สามารถแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนไปยังไลน์ได้ ซึ่งถึงแม้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมีค่าต่ำกว่า 0.85 ก็ไม่ได้หมายความว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำนี้ทำงานได้ไม่ดี เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านั้นจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสโหลดขณะใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์นี้กินกระแสไฟฟ้าเพียง 2.4 แอมแปร์ ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่าน้อย ดังนั้น การกำหนดเงื่อนไขค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะต้องศึกษาคุณสมบัติของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นด้วย และการที่ผู้จัดทำกำหนดเงื่อนไขค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าไว้ที่ 0.85 เนื่องจากการไฟฟ้าได้มีการกำหนดให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ดีควรมีค่าสูงกว่า 0.85 ขึ้นไป เพราะจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและเป็นการลดค่าไฟได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำจะใช้แรงดันและกระแสมากกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. จากการทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อส่งค่าให้กับ server พบว่าในการเชื่อมต่อของบอร์ด ESP32 เกิดปัญหาอยู่บ่อยครั้ง ทั้งการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด ESP32 กับแอปพลิเคชัน Blynk หรือเครือข่าย Wi-Fi กับแอปพลิเคชัน Blynk ที่เชื่อมต่อกันไม่พบ หรือหลุดการเชื่อมต่อบ่อยครั้ง

2. อุปกรณ์ชำรุด โดยขั้วเสียบ USB ของบอร์ด ESP32 พัง ทำให้ไม่สามารถโปรแกรมข้อมูลลงไปใหม่ได้ จึงต้องทำการเปลี่ยนบอร์ดใหม่ ทำให้การทำงานมีความล่าช้าและไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้

3. บอร์ด ESP32 ที่ซื้อมาเปลี่ยนไม่ได้มาตรฐาน เพราะเมื่อทำการโปรแกรมข้อมูลลงไปใหม่ ค่าที่ได้มีความผิดเพี้ยนและมีการแสดงผลข้อมูลที่ไม่ได้กำหนดในโปรแกรม

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ศึกษาวิธีการลดข้อผิดพลาดในการเชื่อมต่อและใช้เครือข่ายที่มีความเสถียรมากที่สุดในการเชื่อมต่อ

2. ศึกษาคุณสมบัติของบอร์ดที่ใช้ให้ดี รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติของบอร์ดอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยจะได้เลือกใช้บอร์ดที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด

3. เมื่อเกิดปัญหาระหว่างการดำเนินงาน ถ้ายังมีความรู้ความเข้าใจไม่เพียงพอ ควรขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการดำเนินงานและจะได้แก้ปัญหาได้ตรงจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] บอร์ด IOX ESP32PS (ออนไลน์). (2563). สืบค้นจาก : https://www.gravitechthai.com/product-detail.php

[2] วงจรของบอร์ด IOX ESP32PS (ออนไลน์). (2561). สืบค้นจาก : https://dl.ioxesp32.com/IOXESP32/Schematic/ESPIOX32_Schematic_2020-05-27_02-27-33.pdf

[3] รู้จักกับ IOX ESP32PS (ออนไลน์). (2563). สืบค้นจาก : https://docs.ioxesp32.com/

[4] Switching Power Supply คืออะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร? (ออนไลน์). (2563). สืบค้นจาก : https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID

[5] Blynk Platform คืออะไร (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก : https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-iot-with-blynk

[6] การควบคุมอินพุตเอาต์พุตพื้นฐาน (ออนไลน์). (2561). สืบค้นจาก : https://www.ioxhop.com/article/67/esp32-เบื้องต้น-บทที่-6-การควบคุมอินพุตเอาต์พุตพื้นฐาน

[7] ใช้งาน ESP32 เริ่มต้นใช้งาน ติดตั้งโปรแกรมเบื้องต้น ESP32 (ออนไลน์). (2563). สืบค้นจาก : https://www.myarduino.net/article/226/-esp32สอนใช้งาน-esp32-เริ่มต้นใช้งาน-ติดตั้งโปรแกรมเบื้องต้น-esp32

[8] เริ่มการใช้งาน Blynk (ออนไลน์). (2559). สืบค้นจาก : https://www.praphas.com/forum/index.php?topic=337.0

[9] หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (Voltage Transformer) (ออนไลน์). (2563). สืบค้นจาก :https://www.pmk.co.th/shop/ct-AA-measuring-voltage-transformer

[10] ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส) (ออนไลน์). (2563). สืบค้นจาก : https://blog.thaieasyelec.com/basic-knowledge-about-current-sensor

[11] วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก : https://powerelectronics-21052112.blogspot.com/2019/05/rectifier-circuit.html

[12] วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (ออนไลน์). (2560). สืบค้นจาก : https://www.star- circuit.com/article/FULL-WAVE-RECTIFICATIONING.html

[13] ออปแอมป์ (Operational Amplifiers, Op-Amp) (ออนไลน์). (2561). สืบค้นจาก : https://bannok-elec.blogspot.com/2013/05/operational-amplifiersop-amp.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (ออนไลน์). (2560). สืบค้นจาก : https://mousa-simple-project.blogspot.com/2017/12/power-factor-measurment-using-arduino_18.html

[15] ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก : http://www.tic.co.th/index.php? op= tips-detail&id=303

[16] ประโยชน์ของ Power Factor (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก : http://www.onlinesolution .co.th/Power-Factor.pdf

[17] การปรับปรุง Power Factor (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก : https://www.mea.or.th/profile/

[18] วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (ออนไลน์). (2564). สืบค้นจาก : https://th.fmuser.net/content/?21155.html

[19] สปลิต-เฟสมอเตอร์ (ออนไลน์). (2560). สืบค้นจาก : http://www.csmt-shop.com/15792851/ สปลิต-เฟสมอเตอร์

[20] พฤติกรรมอาการเสียของมอเตอร์เครื่องจักรในอุตสาหกรรม (ออนไลน์). (2564). สืบค้นจาก : https://factorium.tech/article-elactric-motor

[21] อุปกรณ์ลดแรงดัน Step down (ออนไลน์). (2565). สืบค้นจาก : https://www.cybertice.com /product/71/xl4005-5a-dc-dc-4v-35v-to-1-25v-32v-adjustable-step-down-module

[22] ระบบเครือข่ายไร้สาย (ออนไลน์). (2558). สืบค้นจาก : https://www.dol.go.th/it/Pages

[23] Line Application (ออนไลน์). (2558). สืบค้นจาก : https://www.guru.sanook.com/8790/

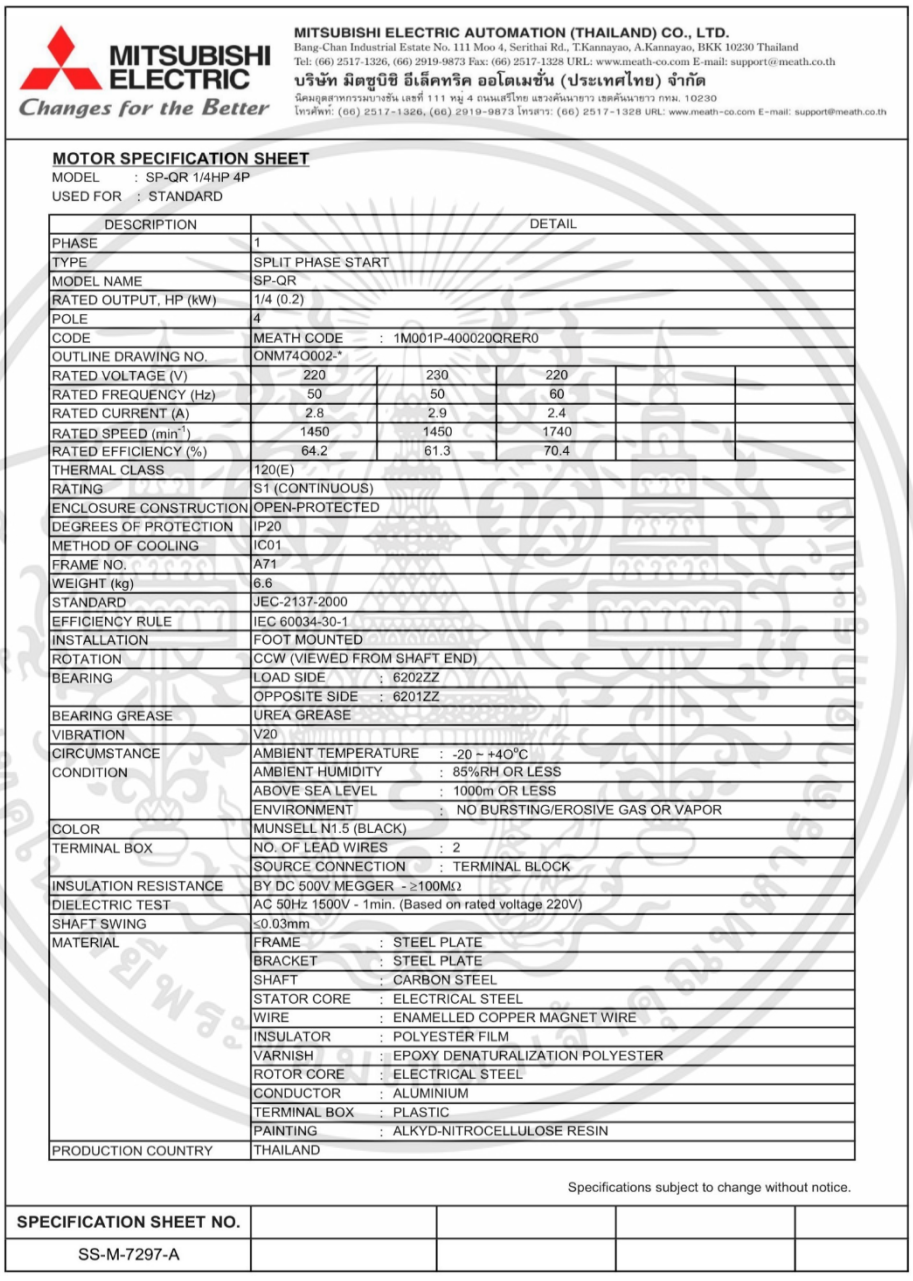
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำเพาะของ Single phase induction motor, Split phase start type



MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION (THAILAND) CO., LTD.
Bang-Chan Industrial Estate No. 111 Moo 4, Serithai Rd., T.Kannayao, A.Kannayao, BKK 10230 Thailand
Tel: (66) 2517-1326, (66) 2919-9873 Fax: (66) 2517-1328 URL: www.meath-co.com E-mail: support@meath.co.th
บริษัท มิตซูบิชิ อีเล็คทริค ออโตเมชั่น (ประเทศไทย) จำกัด
นิคมอุตสาหกรรมบางชัน เลขที่ 111 หมู่ 4 ถนนเสรีไทย แขวงคันนายาว เขตคันนายาว กทม. 10230
โทรศัพท์: (66) 2517-1326, (66) 2919-9873 โทรสาร: (66) 2517-1328 URL: www.meath-co.com E-mail: support@meath.co.th

MOTOR SPECIFICATION SHEET

MODEL : SP-QR 1/4HP 4P
USED FOR : STANDARD

DESCRIPTION	DETAIL				
PHASE	1				
TYPE	SPLIT PHASE START				
MODEL NAME	SP-QR				
RATED OUTPUT, HP (kW)	1/4 (0.2)				
POLE	4				
CODE	MEATH CODE : 1M001P-400020QRER0				
OUTLINE DRAWING NO.	ONM74O002-*				
RATED VOLTAGE (V)	220	230	220		
RATED FREQUENCY (Hz)	50	50	60		
RATED CURRENT (A)	2.8	2.9	2.4		
RATED SPEED (min^{-1})	1450	1450	1740		
RATED EFFICIENCY (%)	64.2	61.3	70.4		
THERMAL CLASS	120(E)				
RATING	S1 (CONTINUOUS)				
ENCLOSURE CONSTRUCTION	OPEN-PROTECTED				
DEGREES OF PROTECTION	IP20				
METHOD OF COOLING	IC01				
FRAME NO.	A71				
WEIGHT (kg)	6.6				
STANDARD	JEC-2137-2000				
EFFICIENCY RULE	IEC 60034-30-1				
INSTALLATION	FOOT MOUNTED				
ROTATION	CCW (VIEWED FROM SHAFT END)				
BEARING	LOAD SIDE : 6202ZZ				
	OPPOSITE SIDE : 6201ZZ				
BEARING GREASE	UREA GREASE				
VIBRATION	V20				
CIRCUMSTANCE CONDITION	AMBIENT TEMPERATURE : -20 ~ +40°C				
	AMBIENT HUMIDITY : 85%RH OR LESS				
	ABOVE SEA LEVEL : 1000m OR LESS				
	ENVIRONMENT : NO BURSTING/EROSIVE GAS OR VAPOR				
COLOR	MUNSELL N1.5 (BLACK)				
TERMINAL BOX	NO. OF LEAD WIRES : 2				
	SOURCE CONNECTION : TERMINAL BLOCK				
INSULATION RESISTANCE	BY DC 500V MEGGER - ≥100MΩ				
DIELECTRIC TEST	AC 50Hz 1500V - 1min. (Based on rated voltage 220V)				
SHAFT SWING	≤0.03mm				
MATERIAL	FRAME : STEEL PLATE				
	BRACKET : STEEL PLATE				
	SHAFT : CARBON STEEL				
	STATOR CORE : ELECTRICAL STEEL				
	WIRE : ENAMELLED COPPER MAGNET WIRE				
	INSULATOR : POLYESTER FILM				
	VARNISH : EPOXY DENATURALIZATION POLYESTER				
	ROTOR CORE : ELECTRICAL STEEL				
	CONDUCTOR : ALUMINIUM				
	TERMINAL BOX : PLASTIC				
	PAINTING : ALKYD-NITROCELLULOSE RESIN				
PRODUCTION COUNTRY	THAILAND				

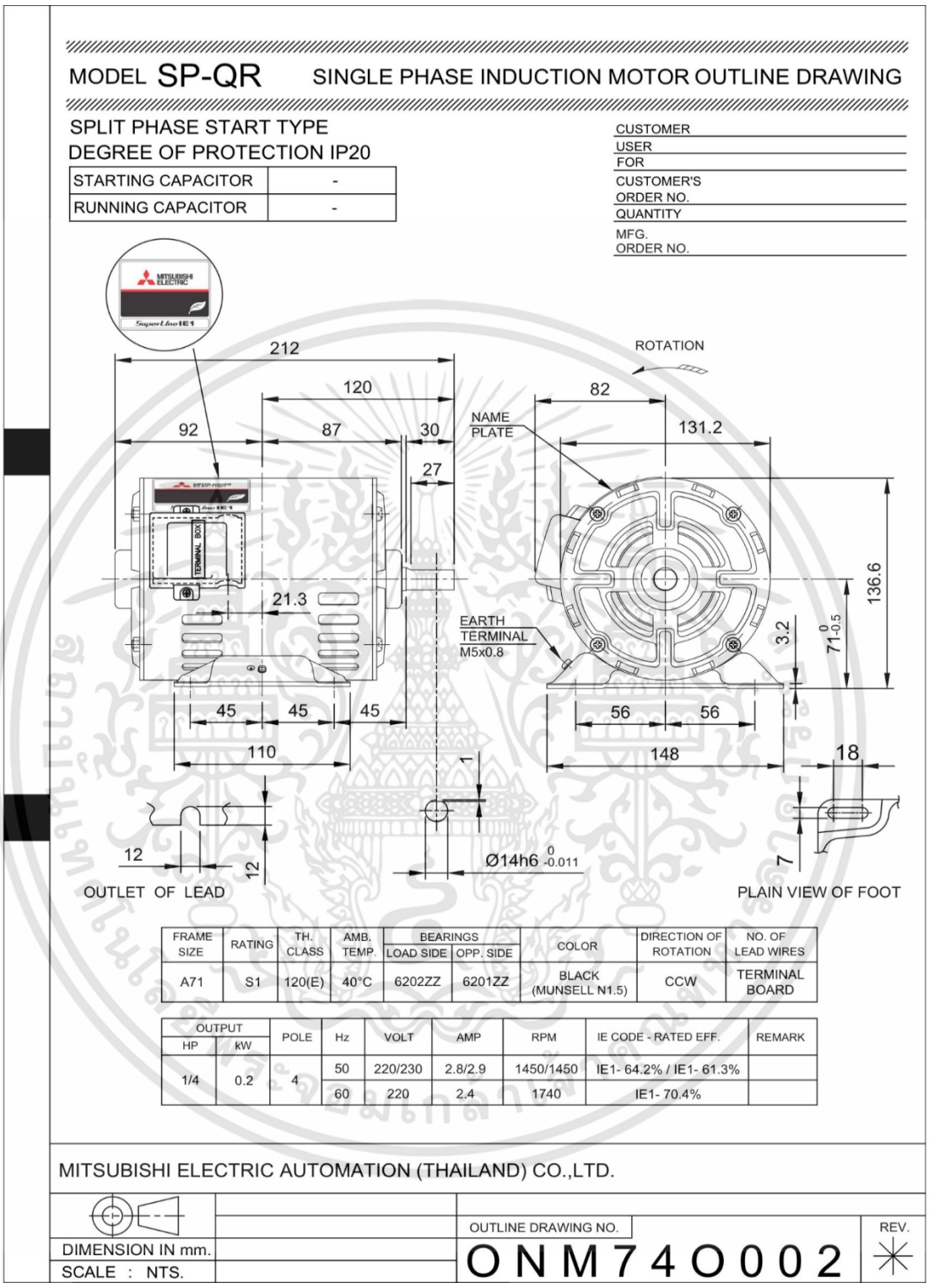
Specifications subject to change without notice.

SPECIFICATION SHEET NO.				
SS-M-7297-A				

รูปที่ ก.1 คุณสมบัติของมอเตอร์

ที่มา : https://elearnkrutung.blogspot.com/2016/12/split-phase-motor.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



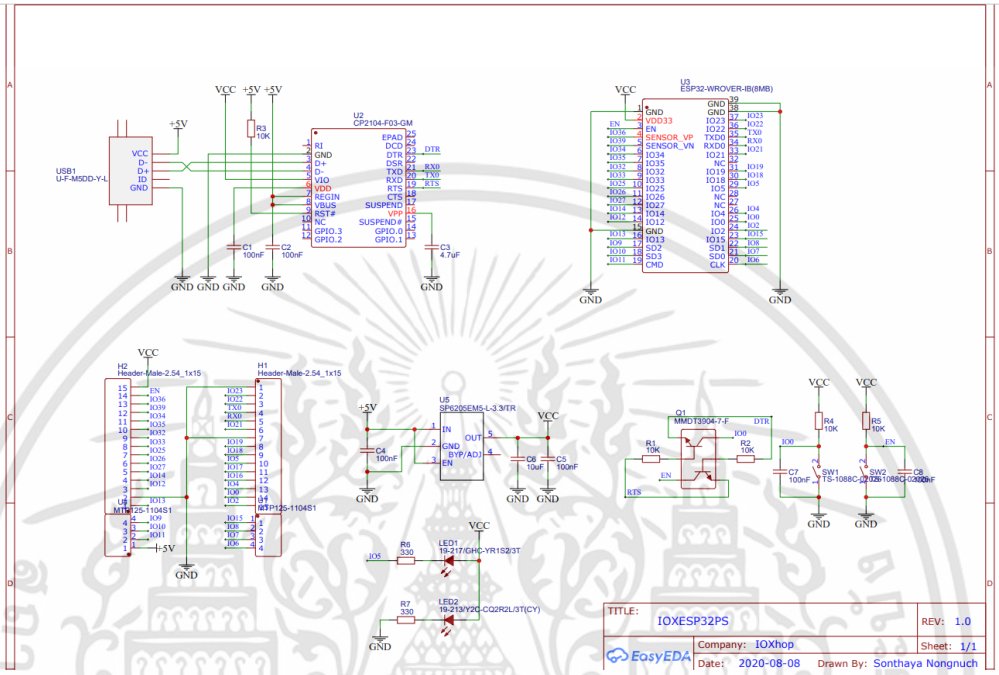
รูปที่ ก.2 โมเดลของมอเตอร์

ที่มา : https://elearnkrutung.blogspot.com/2016/12/split-phase-motor.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

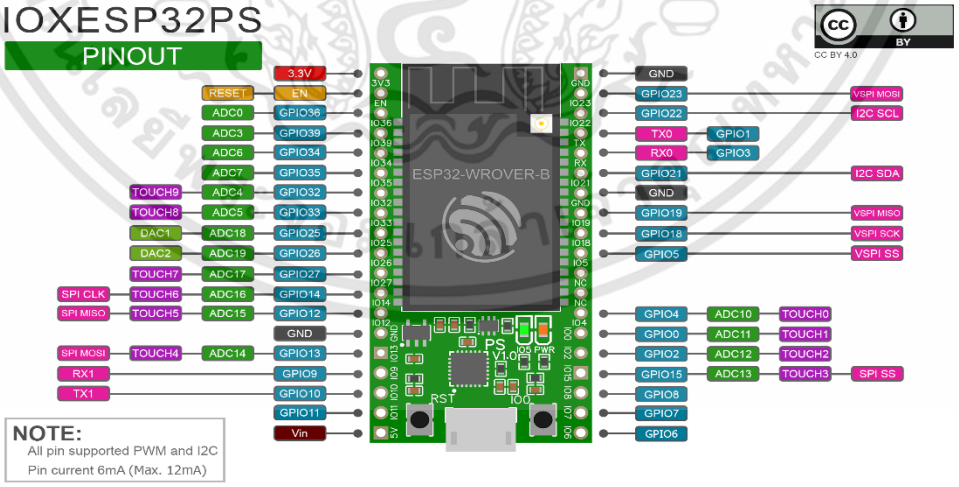
ภาคผนวก ข

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ IOX ESP32PS



รูปที่ ข.1 วงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ IOX ESP32PS

(ที่มา : https://docs.ioxesp32.com/)



รูปที่ ข.2 ขาใช้งานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ IOX ESP32PS

(ที่มา : https://docs.ioxesp32.com/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปรแกรมควบคุมการทำงานและการแสดงผล

```
#define BLYNK_PRINT Serial //คำสั่ง define สั่งให้แก้ไขโค้ดในลักษณะ find and replace โดยตัวแปร BLYNK_PRINT จะถูกแทนที่ด้วย Serial
#define LINE_TOKEN "jQmZYYC98Zzta1decx2Vsi53yktQsdnV1fq1gywb0bO"  // TOKEN
#include <WiFi.h> //เรียกใช้งาน library ที่เกี่ยวข้อง
#include <WiFiClient.h> //เรียกใช้งาน library ที่เกี่ยวข้อง
#include <BlynkSimpleEsp32.h> //เรียกใช้งาน library ที่เกี่ยวข้อง
#include <TridentTD_LineNotify.h>
#include <math.h>
char auth [] = "SbBnez2kw6NsWp8bZfkPYcW5n2CkTqW2"; //รหัส auth token
char ssid [] = "TSOM"; //ชื่อ Wi-Fi ที่เชื่อมต่อ
char pass [] = "most1234"; //รหัส Wi-Fi
int v1 = A0; //v1 คือ แรงดันที่ออกมาจากวงจรเรียงกระแสและขยายสัญญาณ
int v2 = A3; //v2 คือ แรงดันที่ออกมาจากวงจรแบ่งแรงดัน
int pin = A7;
int sensorValue1;
int sensorValue2;
int ctr;
float voltage2;
float voltage1;
float current;
float power;
float rads = 57.295779513; // 1 radian = approx 57 deg
float degree = 360;
float frequency = 50;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
float micro = 1 * pow (10, -6); //แปลงจาก microsec เป็น sec เนื่องจาก pulsein จะนับเวลาในหน่วย
microsec
float angle;
float angleavg;
float pf;
int state = 0;
void setup () {
  Serial.begin(9600); //กำหนดให้ serial มีอัตราการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600
  analogReadResolution (12); //กำหนดค่าความละเอียดอยู่ที่ 12 บิต ทำให้ค่า analog ที่อ่านได้อยู่ในช่วง
0-4095
  pinMode (v1, INPUT); //คำสั่ง pinMode ใช้กำหนดทิศทางขาของ port ว่าจะให้ทำหน้าที่เป็น
INPUT/OUTPUT
  pinMode (v2, INPUT); //กำหนดให้ v2 เป็น input รับค่า v2 เข้ามาแล้วส่งไปยัง server
  pinMode (A7, INPUT);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass); //สั่งให้ Blynk ดึงข้อมูล auth, ssid, pass เพื่อเชื่อมต่อ
  Serial.println(LINE.getVersion());
  LINE.setToken(LINE_TOKEN);
}
void loop () {
int sensorValue1 = analogRead(v1); //เก็บค่าที่อ่านได้จาก v1 ไว้ที่ sensorValue1
    int sensorValue2 = analogRead(v2); //เก็บค่าที่อ่านได้จาก v2 ไว้ที่ sensorValue2
    float voltage2 = (sensorValue2 * 3.3 / 4095) * 80;
    float voltage1 = (sensorValue1 * 3.3 / 4095);
    float current = (0.626 * voltage1 + 0) * 1.02125;
    float power = 220 * current * cos (angleavg / rads);
    for (ctr = 0; ctr <= 49; ctr++) // Perform 5 measurements then reset ทำการวัด 50 ครั้ง
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    angle = ((((pulseIn (A7, HIGH, 5000000)) * micro) * degree) * frequency); //คำนวณมุมเฟสเป็นองศาจากพัลส์ที่เวลาต่างกัน
    //5000000 = timeout คือช่วงเวลาสูงสุดที่ฟังก์ชันนี้ยังทำงานอยู่ หากไม่กำหนดพารามิเตอร์นี้ จะกำหนด default ไว้ที่ 1 วินาที หรือ 1,000,000 ไมโครวินาที
    //นั่นหมายความว่าถ้าความกว้างเพาส์สัญญาณที่จะวัดมากกว่า 1 วินาที ฟังก์ชันนี้จะไม่ทำงานและส่งค่า 0 ออกมาแทน
    //pf = cos (angle / rads);
    // Function COS uses radians not Degree's hence conversion made by dividing angle / 57.2958
     angleavg = angle + angleavg;
   }
   angleavg = angleavg / 50;
   pf = cos (angleavg / rads) * 1.0140;
   if (angleavg > 360) // If the calculation is higher than 360 do following...
   {
    angleavg = 0; // assign the 0 to "angle_max" กำหนดให้ angle_max = 0
    pf = 1; // Assign the Unity PF to "pf_max"
    state = 1;
   }
   else if (angleavg == 0) // If the calculation is higher than 360 do following...
   {
    angleavg = 0; // assign the 0 to "angle_max"
    pf = 1; // Assign the Unity PF to "pf_max"
    state = 2;
   }
   Serial.print("Voltage = "); //แสดงข้อความออกทาง serial monitor
   Serial.print(voltage2); //แสดงค่าในตัวแปร voltage2 ออกทาง serial monitor
   Serial.print("\n"); //แสดง tab ออกทาง serial monitor
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    //Serial.print("Voltage1 = "); //แสดงข้อความออกทาง serial monitor
    //Serial.print(voltage1); //แสดงค่าในตัวแปร voltage1 ออกทาง serial monitor
    //Serial.print("\n"); //แสดง tab ออกทาง serial monitor
    Serial.print("Current = "); //แสดงข้อความออกทาง serial monitor
    Serial.print(current); //แสดงค่าในตัวแปร current ออกทาง serial monitor
    Serial.print("\n"); //แสดง tab ออกทาง serial monitor
    Serial.print("Power = "); //แสดงข้อความออกทาง serial monitor
    Serial.print(power); //แสดงค่าในตัวแปร power ออกทาง serial monitor
    Serial.print("\n"); //แสดง tab ออกทาง serial monitor
    Serial.print("Angle = ");
    Serial.print(angleavg, 2);
    Serial.print("\n"); //แสดง tab ออกทาง serial monitor
    Serial.print("Power Factor = ");
    Serial.println(pf, 2);
    Serial.print("state = ");
    Serial. println(state);
    Serial.print("\n"); //แสดง tab ออกทาง serial monitor
    Serial.print("----------------------------"); //แสดงข้อความออกทาง serial monitor
    Blynk.virtualWrite(V0, voltage2); //แสดงข้อมูลของตัวแปร voltage2 ไปที่ขา V0 ใน App
Blynk(แสดงค่าเป็นตัวเลข)
    Blynk.virtualWrite(V2, voltage2); //แสดงข้อมูลของตัวแปร voltage2 ไปที่ขา V2 ใน App
Blynk(แสดงค่าเป็นเกจ)
    Blynk.virtualWrite(V1, current); //แสดงข้อมูลของตัวแปร current ไปที่ขา V1 ใน App Blynk(
แสดงค่าเป็นตัวเลข)
    Blynk.virtualWrite(V3, current); //แสดงข้อมูลของตัวแปร current ไปที่ขา V3 ใน App Blynk(
แสดงค่าเป็นเกจ)
    Blynk.virtualWrite(V4, power); //แสดงข้อมูลของตัวแปร power ไปที่ขา V4 ใน App Blynk(
แสดงค่าเป็นเกจ)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Blynk.virtualWrite(V5, pf);
    if (pf < 0.85) {
      // ส่งเป็นชุดข้อความ
      LINE.notify("ON");
      LINE.notify("Voltage = " + String (voltage2, 4) + " volt");
      LINE.notify("Current = " + String (current, 4) + " ampere");
      LINE.notify("Angle = " + String (angleavg, 4) + " degree");
      LINE.notify("Power Factor = " + String (pf, 4) + "");
      LINE.notify("Motor is poor");
      Blynk.notify("Motor is poor");
    }
    LINE.notify("----------------------------");
    Delay (1000); //หน่วงเวลา 1 วินาที
    angle = 0; // Reset variables for next test
    angleavg = 0;
  Blynk.run ();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้