

การพัฒนาาระบบชาร์จแบบไร้สัมผัสและระบบการสื่อสารข้อมูล
ผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า
DEVELOPMENT OF CONTACTLESS CHARGING AND DATA
COMMUNICATION SYSTEM VIA SMARTPHONES
: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTER



กิตติโชค บุญคิ้ว
ธาดา พาทีทิน
ปิติกร โกมลวานิช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาาระบบชาร์จแบบไร้สัมผัสและระบบการสื่อสารข้อมูล
ผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า
DEVELOPMENT OF CONTACTLESS CHARGING AND DATA
COMMUNICATION SYSTEM VIA SMARTPHONES
: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF CONTACTLESS CHARGING AND DATA
COMMUNICATION SYSTEM VIA SMARTPHONES
: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาระบบชาร์จแบบไร้สัมผัสและระบบการสื่อสารข้อมูล
ผ่านสมาร์ตโฟน กรณีศึกษาสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า
DEVELOPMENT OF CONTACTLESS CHARGING AND DATA
COMMUNICATION SYSTEM VIA SMARTPHONES: A CASE STUDY OF
ELECTRIC SCOOTER

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกิตติโชค บุญคิ้ว รหัสนักศึกษา 63015014
นายธาดา พาทีทิน รหัสนักศึกษา 63015082
นายปิติกร โคมลวานิช รหัสนักศึกษา 63015110

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.วิศรุต ศรีรัตน์นะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาระบบชาร์จแบบไร้สัมผัสและระบบการสื่อสารข้อมูล
ผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า
DEVELOPMENT OF CONTACTLESS CHARGING AND DATA
COMMUNICATION SYSTEM VIA SMARTPHONES: A CASE STUDY OF
ELECTRIC SCOOTER

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกิตติโชค บุญคิ้ว รหัสนักศึกษา 63015014
นายธาดา พาทีทิน รหัสนักศึกษา 63015082
นายปิติกร โกลมวานิช รหัสนักศึกษา 63015110

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิศรุต ศรีรัตน์นะ
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์นี้ศึกษาขึ้นเพื่อปรับปรุงและต่อยอดการพัฒนาระบบชาร์จแบบไร้สัมผัสและระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยการสร้างชุดจำลองการชาร์จแบตเตอรี่ที่เป็นเหมือนสถานีชาร์จ และได้มีการนำหลักการของระบบนิวเมติกส์เข้ามาเกี่ยวข้องในการชาร์จเพื่อให้เป็นระบบอัตโนมัติและไร้การสัมผัส นอกจากนี้มีการปรับปรุงและต่อยอดการแสดงผลบนจอสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยเป็นการตอบสนองผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการทราบถึงพารามิเตอร์ของการชาร์จแต่ละครั้ง เนื่องจากก่อนหน้านี้มีการสร้างรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นเองในคนบางกลุ่ม โดยการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศและนำมาประกอบเองทำให้การชาร์จแบตเตอรี่เป็นแบบปลั๊กและตำรับตามมาตรฐานในครัวเรือน ทำให้ไม่สามารถรู้ถึงเวลาในการชาร์จและพารามิเตอร์ไม่มีการแสดงให้ทราบ ทำให้เกิดปัญหาหากไม่สามารถรอที่หน้าสถานีชาร์จได้ และอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญ คือการแสดงผลเพื่อทราบระยะทางในการขับขี่จากแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ ปริญญาานิพนธ์นี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการชาร์จแบตเตอรี่แบบไร้สัมผัสและแสดงระดับของแบตเตอรี่ตามระยะทางในการขับขี่บนสมาร์ทโฟนผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ในกรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้านี้ จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากสามารถชาร์จแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติและแสดงพารามิเตอร์ต่างๆได้ทั้งในขณะชาร์จและขับขี่ จากการทดลองพบว่าระบบการชาร์จแบตเตอรี่แบบไร้สัมผัสและการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	DEVELOPMENT OF CONTACTLESS CHARGING AND DATA COMMUNICATION SYSTEM VIA SMARTPHONES: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTER		
Student	Mr. Kittichok Boonkiw	Student ID. 63015014	
	Mr. Tada Pateetin	Student ID. 63015082	
	Mr. Pitikorn Komonwanit	Student ID. 63015110	
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Witsarut Sriratana		
Year	2022		

ABSTRACT

This study aims to develop the contactless charging and data communication systems via smartphones by using electric scooter as a case study. A battery charging simulator was designed as a charging station by adopting the pneumatic principle in order to develop the contactless and fully-automatic charging system. This system was also designed to provide more convenience for Electric vehicle users to see the parameters of each charge from the display on the smartphone screen through the Blynk application. From problem analysis, it was observed that electric vehicles were normally assembled by importing materials aboard. Therefore, the battery charging systems were commonly a standard household plug and socket type that would not be able to display the charging time and necessary parameters such as the distance driving availability based on power remaining of the battery. These problems would also lead to inconvenience if the electric vehicle drivers could not be wait in front of the charging station until finishing the charging process. The contactless battery charging and the battery display system were then developed to overcome such problems by applying the Blynk application via smartphone and using electric scooter as case study. From the experiments, it was found that the developed contactless battery charging system and parameter display can be used effectively and meet the objectives of the study.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความปรึกษาและความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิศรุต ศรีรัตนะ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่และ เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญาานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอด ประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียไม่ได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ สนับสนุนและเป็นแรงบรรดาลใจในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจาก ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดข้อความอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	4
2.1.1 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery).....	7
2.1.2 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium)	9
2.1.3 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH Battery)	10
2.1.4 แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Li-ion Battery).....	11
2.1.5 แบตเตอรี่ประเภทเมทัล-แอร์ (Metal-Air Battery).....	14
2.1.6 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่	19
2.2 แอปพลิเคชันบลิง (Application Blynk)	21
2.3 มอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	23
2.3.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor).....	23
2.3.2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor).....	27
2.3.3 มอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟารุ่นต่าง ๆ.....	34
2.4 ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า	35
2.4.1 Inverter.....	36
2.4.2 Vehicle Control Unit (VCU).....	37
2.4.3 DC-DC Converter.....	38
2.4.4 Battery Management System.....	38
2.5 การคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน.....	39
2.6 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า	41
2.6.1 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด	41
2.6.2 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด	42
2.6.3 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่.....	43
2.6.4 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง.....	44
2.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	45
2.7.1 Node MCU ESP8266.....	45
2.7.2 Hall Effect Sensor.....	45
2.7.3 อาร์เอฟไอดี RFID.....	46
2.7.4 Arduino Nano.....	47
2.7.5 รีเลย์ (Relay).....	47
2.7.6 Arduino Uno R3.....	48
2.7.7 วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down.....	48
2.7.8 เซ็นเซอร์วัดระยะทาง Ultrasonic.....	49
2.7.9 หลอดไฟ LED.....	49
2.7.10 Buzzer บีซเซอร์.....	50
2.7.11 โมดูลควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่.....	50
2.7.12 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย.....	51
2.7.13 โซลินอยด์วาล์ว 5/2.....	51
2.7.14 โซลินอยด์วาล์ว 3/2	52
2.7.15 กระบอกสูบสองทาง.....	52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินการ.....	54
3.1 การออกแบบและระบบชาร์จสวิตเตอร์แบบอัตโนมัติ	54
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของ ระบบชาร์จสวิตเตอร์อัตโนมัติ.....	57
3.2.1 ประกอบโครงสร้างตามที่ออกแบบไว้.....	57
3.2.2 จัดวางอุปกรณ์ควบคุมลงในแผ่นอะคริลิก	57
3.2.3 จัดวางอุปกรณ์นิวมติกส์ลงในแผ่นอะคริลิก.....	58
3.2.4 ตัดแผ่นอะคริลิกมาประกอบตัวหัวชาร์จและใส่ Ultrasonic sensor	58
3.2.5 ประกอบตัวหัวชาร์จ	59
3.2.6 ประกอบตัวรับการชาร์จ.....	59
3.2.7 จัดระเบียบการเดินสายไฟ.....	60
3.2.8 ประกอบทุกส่วนของระบบชาร์จ.....	60
3.2.9 ตัวชาร์จที่สมบูรณ์แล้ว.....	61
3.3 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงผล.....	62
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานในการวัดค่าสถานะต่าง ๆ.....	64
3.4.1 ทดลองวงจรควบคุม RFID.....	64
3.4.2 ทดลองวงจรวัดแรงดันและกระแส.....	65
3.4.3 ทดลองเซ็นเซอร์แจ้งเตือนกันชนด้านหลัง.....	65
3.4.4 ติดตั้งตัว Sensor เข้ากับตัวรถ.....	66
3.4.5 ทำการบัดกรีต่อวงจรเตรียมเข้ากล่อง.....	66
3.4.6 จัดวางอุปกรณ์ที่ทดลองใส่กล่องควบคุม.....	67
3.4.7 ทำการ Upload โปรแกรมลงบอร์ด.....	67
3.4.8 ติดตั้งกล่องควบคุมเข้ากับตัวสวิตเตอร์.....	68
3.5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง.....	68
3.6 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงผล.....	69
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	71
4.1 กล่าวนำ.....	71

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2	ขั้นตอนการทดลองตัวรถสกีเตอร์.....	71
4.2.1	ทดลองในสถานะที่ไม่มีโหลด (No Load).....	71
4.2.2	ทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน.....	72
4.2.3	ทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน.....	72
4.2.4	ทดลองการชาร์จแบบใช้อะแดปเตอร์.....	73
4.2.5	ทดลองการชาร์จแบบใช้เครื่องชาร์จอัตโนมัติ.....	73
4.3	ผลการทดลอง.....	74
4.3.1	ผลการทดลองในสถานะไร้โหลด.....	74
4.3.2	ผลการทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน.....	77
4.3.3	ผลการทดลองการชาร์จแบบอะแดปเตอร์และการชาร์จแบบอัตโนมัติ.....	79
4.3.4	ผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน.....	80
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง.....	83
5.1	กล่าวนำ.....	83
5.1.1	สรุปผลการทดลองในสถานะที่ไม่มีโหลด.....	83
5.1.2	สรุปผลการทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน.....	83
5.1.3	สรุปผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน.....	84
5.2	ปัญหาที่พบขณะทำการทดลอง.....	84
5.3	วิธีการแก้ปัญหา.....	84
5.4	ข้อจำกัดในการใช้งาน.....	85
5.5	ขอเสนอแนะเพิ่มเติม.....	85
บรรณานุกรม.....		86
ภาคผนวก ก	ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	87
ภาคผนวก ข	แอปพลิเคชัน Blynk.....	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า.....	18
2.2 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าชนิดนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน	34
4.1 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 1.....	74
4.2 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 2.....	75
4.3 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 3.....	75
4.4 ค่าเฉลี่ยผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง.....	76
4.5 ตารางการทดลองขับขึ้นเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทดลองครั้งในผู้ที่มีน้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม..	76
4.6 ตารางการทดลองขับขึ้นเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตร.....	78
ในผู้ที่มีน้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม	
4.7 ตารางการทดลองขับขึ้นเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตร.....	78
ในผู้ที่มีน้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม	
4.8 ตารางการทดลองขับขึ้นเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตร.....	79
ในผู้ที่มีน้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม	
4.9 ตารางการทดสอบการชาร์จแต่ละครั้งจากค่าต่ำสุดว่าจะใช้เวลาเท่าไร.....	80
จนแบตเตอรี่เต็มแบบอัตโนมัติ	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพหลักการทำงานของแบตเตอรี่.....	4
2.2 สมรรถนะแบตเตอรี่ในมิติต่าง ๆ	5
2.3 คุณลักษณะด้าน C-rate, SOC และ %DOD ของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ	6
2.4 ประเภทของแอโนด (สีเขียว) และแคโทดสำหรับแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน	12
2.5 โครงสร้างของแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air.....	15
2.6 การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบตเตอรี่ที่ใช้ Zn เป็นขั้วแอโนดและแบตเตอรี่ Zn-Air.....	16
2.7 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ทำได้จริงกับทางทฤษฎี.....	16
2.8 ห่วงโซ่คุณค่าสำหรับแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า	18
2.9 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	20
2.10 ตัวอย่าง App Blynk	21
2.11 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client	21
2.12 ภาพรวมของระบบ Network Blynk และ ข้อมูลหน้าจอที่จะมาแสดงใน App.....	22
2.13 หน้าจอของ App	22
2.14 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน	23
2.15 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	25
2.16 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	26
2.17 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	27
2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	28
2.19 กำลังสูญเสียทั้งหมด(Total Losses) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	29
2.20 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous.....	30
2.21 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส	30
2.22 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance	31
2.23 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Axial Flux.....	32
2.24 ตัวอย่างโรเตอร์แบบ Axial Flux Permanent Magnet Brushless	33
2.25 ตัวอย่างสเตเตอร์แบบ Axial Flux	33
2.26 ส่วนประกอบในการทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง.....	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	37
2.28 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม	38
2.29 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อน	38
2.30 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า	41
2.31 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV)	42
2.32 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV).....	43
2.33 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV)	43
2.34 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV).....	44
2.35 Node MCU ESP8266 V2.0	45
2.36 Hall Effect Sensor ACS 712.....	46
2.37 อาร์เอฟไอดี RFID.....	47
2.38 Arduino Nano.....	47
2.39 Arduino Nano.....	48
2.40 Arduino Uno R3.....	48
2.41 วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down.....	49
2.42 วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down.....	49
2.43 หลอดไฟ LED.....	50
2.44 Buzzer บีซเซอร์.....	50
2.45 โมดูลควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่.....	51
2.46 สวิตซ์িংเพาเวอร์ซัพพลาย.....	51
2.47 โซลินอยด์วาล์ว 5/2.....	52
2.48 โซลินอยด์วาล์ว 3/2.....	52
2.49 กระบอกสูบสองทาง Double-acting cylinder.....	53
3.1 ออกแบบโครงสร้างและตัวหัวชาร์จรูปแบบ 3D.....	54
3.2 ออกแบบโครงสร้างและตัวหัวชาร์จ.....	54
3.3 ออกแบบระบบนิวมेटิกส์.....	55
3.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 แสดงหน้าจอการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk.....	56
3.6 ประกอบชิ้นงานส่วนชาร์จ.....	57
3.7 ประกอบชิ้นงานส่วนระบบควบคุม.....	57
3.8 ประกอบชิ้นงานส่วนระบบนิเวศิกส์.....	58
3.9 ตัดอะคริลิค.....	58
3.10 ประกอบตัวหัวชาร์จ.....	59
3.11 ประกอบตัวรับการชาร์จ.....	59
3.12 ต่อวงจรให้เรียบร้อย.....	60
3.13 ประกอบทุกส่วนของระบบการชาร์จ.....	60
3.14 ระบบการชาร์จที่สมบูรณ์แล้วด้านหน้า.....	61
3.15 ระบบการชาร์จที่สมบูรณ์แล้วด้านหลัง.....	61
3.16 ออกแบบวงจรตัวสวิตเตอร์.....	62
3.17 Flow Chart แสดงการทำงาน RFID.....	63
3.18 Flow Chart แสดงการทำงานชุดวัดค่าและส่งค่าขึ้น Blynk.....	63
3.19 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง.....	64
3.20 ทดลองวงจรวัดแรงดันและกระแส.....	65
3.21 ทดลองระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์วัดระยะทาง.....	65
3.22 ติดตั้ง Sensor กับตัวรถ.....	66
3.23 บัดกรีวงจร.....	66
3.24 จัดอุปกรณ์ใส่กล่องควบคุม.....	67
3.25 Upload โปรแกรมลงบอร์ด.....	67
3.26 ติดตั้งกล่องควบคุมเข้ากับตัวสวิตเตอร์.....	68
3.27 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง.....	68
3.28 แสดงหน้าจอการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk.....	69
4.1 ชาร์จแบตเตอรี่สวิตเตอร์ไฟฟ้าจนเต็ม.....	71
4.2 ทดลองขับสวิตเตอร์ไฟฟ้าในน้ำหนัที่ต่างกัน.....	72
4.3 ทดสอบการแสดงค่าต่าง ๆ.....	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 ชาร์จในรูปแบบอะแดปเตอร์.....	73
4.5 ชาร์จในรูปแบบการชาร์จอัตโนมัติ.....	73
4.6 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง.....	76
4.7 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง.....	76
4.8 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ใช้น้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม.....	77
4.9 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ใช้น้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม.....	78
4.10 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ใช้น้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม.....	79
4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการชาร์จทั้ง2แบบ.....	80
4.12 หน้าแอปพลิเคชันบ่งชี้ในขณะที่ยังไม่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทดลอง.....	81
4.13 หน้าแอปพลิเคชัน Blynk.....	81
4.14 หน้าแอปพลิเคชันในขณะที่ยังเชื่อมต่อกับชุดทดลองแล้ว.....	82
5.1 แผนภูมิแสดงการใช้พลังงานของมอเตอร์กับชุดทดลอง.....	83
5.2 ค่าเฉลี่ยการทดลองซ้ำซ้ำเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตรต่อ 1 ครั้ง.....	84

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปฏิญญานิพนธ์

ด้วยสภาพ สถานการณ์โควิด-19 รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วทำให้ประเทศไทยต้องปรับตัวเพื่อให้รักษาความสามารถทางการแข่งขันในเวทีเศรษฐกิจโลก เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ถือเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่ทำให้วัตถุทางกายภาพสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถเก็บข้อมูลหลากหลายชนิดเป็นปริมาณมหาศาลอย่างที่ไม่เคยทำได้มาก่อน ซึ่งจะช่วยให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัล (Digital Transformation) และเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจดิจิทัลในประเทศไทย

สำนักงาน กสทช. คาดการณ์ว่าเทคโนโลยี IoT จะเข้าไปมีบทบาททางเศรษฐกิจในหลายภาคส่วนของประเทศไทย โดยจากสมมติฐานของสถาบันวิจัย McKinsey Global และ Frost & Sullivan มูลค่าการใช้จ่ายในธุรกิจ IoT จะเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 249 ในปี 2565 เทียบกับปี 2560 จึงได้เตรียมการเพื่อรองรับการพัฒนาของเทคโนโลยี IoT ในหลายด้าน ได้แก่ การจัดทำแนวทางการใช้คลื่นความถี่และมาตรฐานอุปกรณ์ IoT การสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางโทรคมนาคม การศึกษาแนวทางการกำหนดเลขหมายโทรคมนาคม ความมั่นคงทางไซเบอร์ รวมถึงการให้ทุนสนับสนุนโครงการพัฒนา IoT ไปประยุกต์ใช้ในภาคส่วนทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย Internet of Things เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และ วัตถุต่างๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่างๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างอัตโนมัติ ทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลายหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น IoT อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ที่มีการกล่าวถึงไม่นานมานี้ แต่ IoT เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโครงข่ายเพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย IoT จะเปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และรองรับอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิม ในปัจจุบันสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ตามรูปแบบดังนี้ 1) การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น 2) การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3) การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN 4) การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย

สื่อสารดาวเทียม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ แอปพลิเคชัน บรีจ เพื่อ ในกรณีศึกษาของสวิตเตอร์ไฟฟ้า ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อให้เข้ากับนโยบายของ กสทช. ที่วางไว้ว่าธุรกิจ IoT จะเติบโตร้อยละ 249 ในปี 2565 โดยตัวโครงการจะเป็นชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กติดอยู่กับสวิตเตอร์ไฟฟ้าต้นแบบ โดยภายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกเชื่อมชุดคำสั่งที่สื่อสารผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต มีคุณสมบัติ คือ เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะสามารถ มีฟังก์ชันแสดงสถานะของแบตเตอรี่ ระยะเวลาทางที่แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้ และมีการทำระบบการชาร์จแบบอัตโนมัติโดยมีการนำเอาระบบนิเมติกส์เข้ามาช่วย โดยทั้งหมดนี้ จะสั่งการทำงานและแสดงผ่านโทรศัพท์มือถือด้วยแอปพลิเคชันบรีจ ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต และระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าได้ทุกชนิด จึงเป็นที่มาของโมเดล การประยุกต์ แอปพลิเคชัน บรีจ เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของ สวิตเตอร์ไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาระบบการทำงานของแอปพลิเคชันบรีจและหลักการของการเขียนชุดคำสั่ง
2. เพื่อศึกษาทฤษฎีและออกแบบระบบชาร์จสวิตเตอร์แบบอัตโนมัติ
3. เพื่อศึกษาและเพิ่มระบบอัจฉริยะต่างๆให้กับตัวสวิตเตอร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โครงการนี้เป็นการสร้าง การประยุกต์ แอปพลิเคชัน บรีจ เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของสวิตเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาตั้งแต่ส่วนประกอบของ Application Blynk ระบบขับเคลื่อน ระบบแบตเตอรี่ ระบบการสื่อสารด้วยระบบ WIFI การใช้งานโปรแกรม Arduino รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนที่ผ่านมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นโครงการดังกล่าว

1.3.1 พัฒนาระบบ Application Blynk ที่สามารถใช้ได้กับสวิตเตอร์ไฟฟ้า เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก

1.3.2 พัฒนาระบบแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริง สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบแบตเตอรี่ ระยะเวลา ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3.3 ออกแบบและจัดทำระบบชาร์จสวิตเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ช่วยให้เข้าใจหลักการการทำงานของระบบ Application Blynk และการเลือกแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1.4.2 สามารถตรวจสอบปริมาณของแบตเตอรี่ได้ทุกที่ ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 สามารถชาร์จแบตเตอรี่สวิตเตอร์แบบอัตโนมัติ

1.4.4 สามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาระบบการทำงานของ Application Blynk และ Method การรับ - ส่งข้อมูล เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานในเบื้องต้น และอุปกรณ์เสริมที่จะต่อเข้ากับตัวแอป

1.5.2 ศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดของการใช้ Application Blynk ผ่านสมาร์ตโฟน ในระบบปฏิบัติการ Android

1.5.3 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน Arduino ในการเขียนโค้ด เพื่อสื่อสารกับตัวแอปพลิเคชัน

1.5.4 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิเวศสำหรับการชาร์จแบบอัตโนมัติ

1.5.5 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบตเตอรี่ ที่ใช้กับสวิตเตอร์ไฟฟ้า การเก็บประจุ น้ำหนักของโหลด การชาร์จ รวมไปถึงอายุการใช้งานและข้อจำกัดของแบตเตอรี่ชนิดนี้ด้วย

1.5.6 ศึกษาทำความเข้าใจ Node MCU ESP8266 เพื่อใช้ในการประมวลผล การรับ - ส่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขึ้น Server และ การคำนวณระยะทางที่จะสามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้

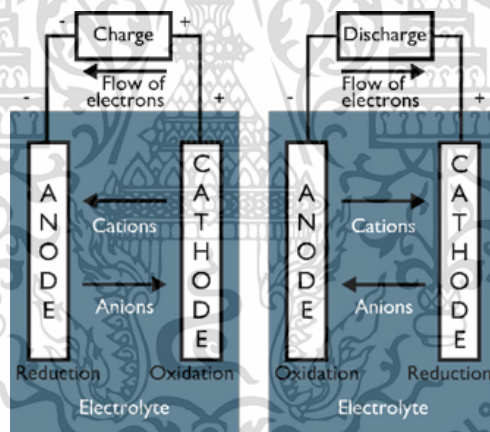
1.5.7 ประกอบชิ้นงาน เดินสายสัญญาณ ติดตั้งและทดสอบการทำงานโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า[1]

แบตเตอรี่ถือเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่สำคัญชิ้นหนึ่งของยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้ากักเก็บพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อน โดยส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่ประกอบด้วยส่วนหลักสามส่วนคือ ขั้วบวก (แคโทด) ขั้วลบ (แอโนด) และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้งาน ขั้วลบหรือขั้วแอโนดเป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยาเคมีส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) และขั้วบวก หรือขั้วแคโทดเป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยาเคมีที่รับอิเล็กตรอน (ปฏิกิริยารีดักชัน) โดยอิเล็กตรอนที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะวิ่งผ่านลวดโลหะก่อให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้น โดยอิเล็กโทรไลต์เป็นสารละลายที่ไม่นำอิเล็กตรอนแต่มีหน้าที่ส่งผ่านไอออนที่จำเป็นต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้อย่างต่อเนื่องจนกว่าแบตเตอรี่จะหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพหลักการทำงานของแบตเตอรี่

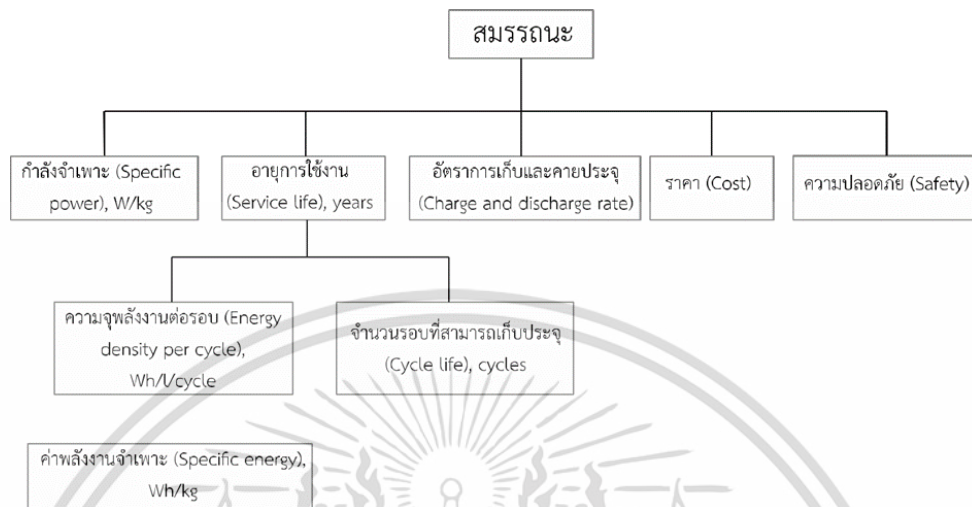
เมื่อพิจารณาประเภทของแบตเตอรี่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แบตเตอรี่แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง หรือ แบตเตอรี่ชนิดปฐมภูมิ (Primary batteries)
2. แบตเตอรี่แบบอัดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ หรือ แบตเตอรี่ชนิดทุติยภูมิ (Rechargeable batteries)

โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าจะเป็นแบตเตอรี่ชนิดทุติยภูมิ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีของขั้วแคโทดและแอโนดที่แตกต่างกันหลายประเภท การวัดสมรรถนะของแบตเตอรี่สามารถวัดได้หลายมิติ โดยมิติที่สำคัญได้แก่ กำลังจำเพาะ (Specific power, W/kg) อายุการใช้งาน (Service life) อัตราการเก็บและคายประจุ (Charge and discharge rate) ราคาและความปลอดภัย (Cost and safety) อายุการใช้งานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่ขึ้นกับความจุ (Capacity, Ah) และจำนวนรอบที่สามารถเก็บประจุ (Charge cycles) ซึ่งค่าความจุจะขึ้นกับค่าพลังงานจำเพาะ (Specific energy, Wh/kg) หรือค่าความหนาแน่นพลังงาน (Energy density, Wh/L) ดังนั้นองค์ประกอบในการพิจารณาสมรรถนะของแบตเตอรี่จึงเขียนได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สมรรถนะแบตเตอรี่ในมิติต่าง ๆ

นอกจากนี้ ค่าจำกัดความอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า มีดังต่อไปนี้

1. C-rate (Charge rate) ซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการอัดประจุหรืออัตราการจ่ายไฟของแบตเตอรี่เทียบกับปริมาณความจุของแบตเตอรี่ที่เต็ม โดย (h)C หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 1/h ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่ทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 1/h ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น 1C หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 1 ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 1 ชั่วโมง 2C หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 1/2 ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 1/2 ชั่วโมง C/4 หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 4 ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 4 ชั่วโมง

2. DOD (Depth of discharge) ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณความจุที่แบตเตอรี่ถูกใช้ไปเทียบกับความจุทั้งหมด เช่น 10% DOD หมายถึง แบตเตอรี่ถูกใช้งานไป 10% และเหลือความจุอยู่ 90% 80% DOD หมายถึง แบตเตอรี่ถูกใช้งานไป 80% และเหลือความจุอยู่ 20% เป็นต้น โดยการใช้งานแบตเตอรี่ในงานแต่ละประเภท DOD ที่แบตเตอรี่ต้องเจอบ่อย ๆ นั้นจะอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากัน เช่นในยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขับเคลื่อนทั้งหมด DOD จะอยู่ระหว่าง 20% ในขณะที่รถประเภทไฮบริดนั้น DOD ของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ 40%

3. SOC (State of charge) ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณความจุที่แบตเตอรี่มีอยู่ เช่น 10% SOC หมายถึง แบตเตอรี่มีความจุอยู่ 10% 80% SOC หมายถึง แบตเตอรี่มีความจุอยู่ 80% โดยการใช้งานแบตเตอรี่ในงานแต่ละประเภท SOC ที่แบตเตอรี่ต้องเจอบ่อย ๆ นั้นจะอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากันเช่นเดียวกับ DOD เช่นยานยนต์

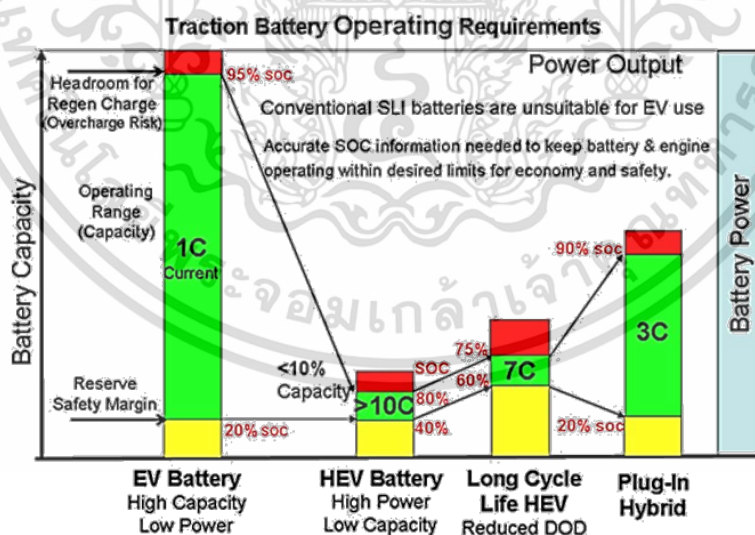
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขับเคลื่อนทั้งหมด SOC จะอยู่ระหว่าง 20-95% ในขณะที่รถประเภทไฮบริด นั้น SOC ของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ระดับ 40-80%

4. P/E Ratio (Power to Energy Ratio) ซึ่งบ่งบอกถึงกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ให้ได้เทียบกับความจุของพลังงานทั้งแบตเตอรี่ เช่น P/E = 2:1 ของแบตเตอรี่ 1 kWh หมายความว่า แบตเตอรี่จะมีศักยภาพในการให้กำลังไฟฟ้าเป็น 2 kW P/E = 1:3 ของแบตเตอรี่ 1 kWh หมายความว่า แบตเตอรี่จะมีศักยภาพในการให้กำลังไฟฟ้าเป็น 1/3 kW

ทั้งนี้แบตเตอรี่ที่มีค่า P/E ratio สูงจะเรียกแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็น High power battery ซึ่งมักจะถูกใช้สำหรับงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงเป็นช่วงสั้นๆ เช่น ใช้สำหรับการติดเครื่องยนต์ หรือสำหรับการเร่งเครื่องยนต์เท่านั้นแต่ไม่ใช่เป็นแหล่งพลังงานหลักในการขับเคลื่อน

การใช้งานแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ นั้นจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานของยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุที่ใช้สร้างแบตเตอรี่ โครงสร้างของแบตเตอรี่ ความจุประจุและค่าความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ชนิดนั้น รวมไปถึงลักษณะการใช้งาน เช่น อุณหภูมิที่ใช้ หรือปริมาณไฟที่ถูกใช้ไป หรืออัตราการอัดประจุ (C-rate) หรือปริมาณประจุของแบตเตอรี่ (SOC) ณ ขณะนั้น ส่วนอายุการใช้งานแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ งาน ความรวดเร็วในการดึงพลังงานไปใช้ (Load level) ชนิดและลักษณะอนุภาคของส่วนประกอบขั้ว ชนิดของอิเล็กโทรไลต์ และ %DOD เป็นต้น



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติด้าน C-rate, SOC และ %DOD ของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ

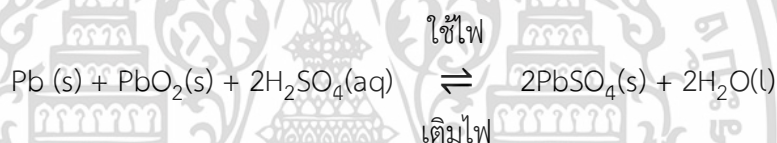
ในช่วงปี ค.ศ. 1880 การใช้แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 20 ปี หลังจากการค้นพบแบตเตอรี่กรดตะกั่วขึ้นเป็นครั้งแรก ถึงแม้ว่ายานยนต์ไฟฟ้าจะได้รับความนิยมลดลงหลังจากมีการใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นานก็หันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้น ประกอบกับราคาของน้ำมันที่ถูกลง และระยะทางขับเคลื่อนที่ไกลขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงปี ค.ศ. 1970 พบว่ามีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น โดยประเภทแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ยังเป็นประเภทกรดตะกั่วเช่นเดิม จนกระทั่งวิวัฒนาการของแบตเตอรี่ได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นอีกหลายประเภท โดยแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมสำหรับใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน ได้แก่

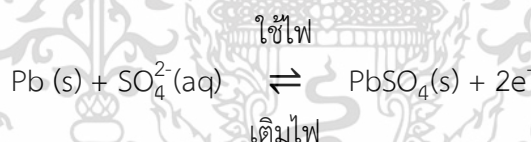
2.1.1 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery)

แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วถูกคิดค้นขึ้นมาครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1859 โดย Gaston Plante และได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยปัจจุบันเป็นแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้กันมากที่สุดในยานยนต์ โดยใช้เป็นแบตเตอรี่สำหรับติดเครื่องยนต์เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากแบตเตอรี่ประเภทนี้มีราคาถูก เนื่องจากวัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่ายและมีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วมีขั้วลบทำจากตะกั่วที่มีลักษณะพรุน (Porous lead) ส่วนขั้วบวกเป็นตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) ที่มีลักษณะพรุนเช่นเดียวกัน โดยมีกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้นเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์และมีปฏิกิริยาเคมีที่เกิดบนขั้วทั้งสองในระหว่างการใช้งาน (จ่ายประจุ) สามารถแสดงได้ดังนี้

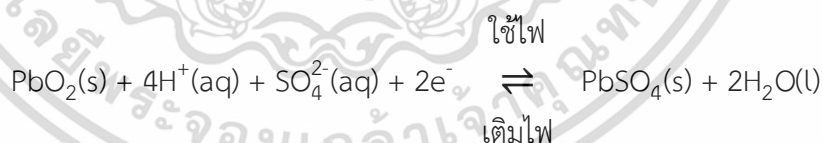
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกคือ



ทั้งนี้ ขณะที่ใช้งานแบตเตอรี่ Pb และ PbO_2 จะทำปฏิกิริยากับ SO_4^{2-} เกิดเป็น $\text{PbSO}_4\text{(s)}$ ที่ทั้งขั้วบวกและขั้วลบ โดยอิเล็กตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ขั้วลบวิ่งผ่านวงจรข้างนอกไปยังขั้วบวก ก่อให้เกิดไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้งาน ส่วน H^+ จะรวมตัวกับ O_2 ที่ถูกปล่อยออกมาจาก PbO_2 กลายเป็นน้ำ ดังนั้น เมื่ออัดประจุแบตเตอรี่ ปฏิกิริยานี้จะเกิดการย้อนกลับทำให้สามารถนำแบตเตอรี่กลับมาใช้งานได้อีก ขั้วทั้งสองนี้มีลักษณะพรุนเพื่อให้มีพื้นที่ผิวที่จะทำปฏิกิริยาซึ่งก่อให้เกิดไฟฟ้าได้มากขึ้นและส่งผลให้มีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น การปล่อยแบตเตอรี่ให้อยู่ในสถานะที่ไฟหมดเป็นเวลานานทำให้เกิดผลึก PbSO_4 ขนาดใหญ่ซึ่งไปอุดตันรูพรุนเหล่านี้ ส่งผลให้ความต้านทานไฟฟ้าของขั้วเพิ่มสูงขึ้นและเกิดการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ในที่สุด นอกจากนี้ บางครั้งเกิดการรวมตัวของ H^+ เป็นก๊าซ H_2 และ O_2 เป็นก๊าซ O_2 แพร่ออกจากแบตเตอรี่ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบเป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมน้ำกลั่นอยู่เสมอเพื่อทดแทน H^+ และ O_2 ที่เสียไป อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่สมัยใหม่นั้นไม่ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยครั้งเนื่องจากกล่องของแบตเตอรี่ ได้ถูกออกแบบมาให้เอื้ออำนวยต่อการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนในก๊อกลั่นตัวเป็นน้ำ (Sealed/valve regulated lead acid battery หรือ Gel battery) แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีความจุพลังงานต่อน้ำหนักและปริมาตรต่ำ การใช้งานในยานยนต์จึงมักใช้สำหรับการติดเครื่องยนต์ในรถยนต์ขนาดทั่วไป แต่ก็เป็นที่นิยมใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นอย่างมาก โดยแบตเตอรี่กรดตะกั่วสามารถแบ่งประเภทย่อยได้อีก 3 ประเภท คือ

2.1.1.1 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว สำหรับติดเครื่องยนต์

Starting Lighting Ignition หรือ SLI Battery เป็นแบตเตอรี่กรดตะกั่วที่มีสัดส่วนการใช้งานมากที่สุด โดยถูกใช้สำหรับงานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง เป็นระยะสั้น เช่น สำหรับติดเครื่องยนต์ในรถยนต์ หรือติดเครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักร ทั้งนี้ แบตเตอรี่สำหรับติดเครื่องยนต์จะมีอายุการใช้งานสั้นประมาณ 1.5 - 3 ปี

2.1.1.2 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว แบบ Deep cycle หรือ Traction battery

เป็นแบตเตอรี่ที่สำหรับใช้งานที่ต้องการการจ่ายกระแสต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยมีการใช้งานอยู่หลายประเภท เช่น สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า รถกอล์ฟ รถ forklift อุปกรณ์ทางการแพทย์ หรือสำหรับเก็บไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น เช่น จากเซลล์แสงอาทิตย์ หรือจากกังหันลม เป็นต้น

2.1.1.3 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว แบบ Stationary

แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบมาให้สามารถจ่ายกระแสต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้ต่างจากแบตเตอรี่ประเภท deep cycle โดยที่มักใช้งานในสถานะประจุถูกอัดอยู่เต็มอยู่ตลอดเวลา และมีการใช้งานเป็นครั้งคราวเท่านั้น มักใช้เพื่อการสำรองไฟฟ้าเวลาฉุกเฉิน (UPS) และใช้งานอยู่กับที่ ดังนั้นความจุพลังงานต่อน้ำหนักจึงไม่มีความสำคัญเท่าแบตเตอรี่ประเภท deep cycle ที่ต้องการเคลื่อนที่จึงมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่นที่ความจุเดียวกันแบตเตอรี่ชนิดนี้ได้ถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งานนานกว่า 3 ปี และอาจจะใช้งานได้ยาวนานถึง 5-10 ปี

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นและมีความซับซ้อนน้อยจึงสามารถผลิตได้ง่าย
- มีการพัฒนามานานแล้ว จึงมีความเชื่อถือได้และหาข้อมูลต่าง ๆ ได้ง่าย
- มีความทนทานหากใช้งานอย่างถูกต้อง
- มีระดับการคายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge) ต่ำ
- ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนักโดยเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วแบบแห้ง
- ไม่เกิดปัญหา Memory Effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถคายประจุ (Discharge) ได้มาก
- มีขนาดให้เลือกหลากหลาย

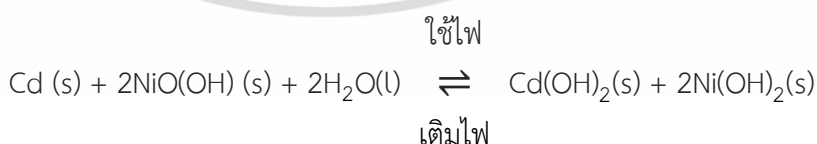
ข้อด้อย

- ความจุของพลังงานต่อน้ำหนักต่ำทำให้มีน้ำหนักมาก
- แบตเตอรี่จะเสื่อมสภาพเร็วหากไม่มีประจุ
- ตะกั่วและกรดซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม
- มีระเบียบที่เข้มงวดในการขนส่งโดยเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วแบบเปียก เพราะอาจเกิดการรั่วซึมของกรดออกจากแบตเตอรี่ได้

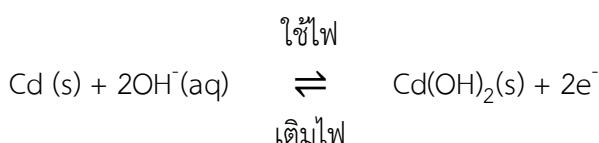
2.1.2 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียมเป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอัลคาไลน์ชนิดแรก โดยชื่ออัลคาไลน์ นั้นมาจากสารอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ซึ่งมีธาตุในหมู่อัลคาไลน์เป็นส่วนประกอบ เช่น สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ (KOH) เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นที่รู้จักในนาม “ไนแคด” โดยไนแคดได้ถูกค้นพบมานานกว่า ศตวรรษโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน แต่ไม่ได้นำเข้าสู่ตลาดจนกระทั่งช่วงเวลา 40 ปีที่ผ่านมา โดยข้อดีของ แบตเตอรี่ชนิดนี้อยู่ที่ไม่ต้องการการดูแลรักษา เช่น การเติมน้ำกลั่น เก็บไว้ได้นานไม่ว่าจะอยู่ในสถานะที่มี ประจุไฟฟ้าเต็มหรือไม่สามารถอัดประจุไฟฟ้าได้เร็ว ใช้ได้ที่อุณหภูมิต่ำและค่าความต่างศักย์ขณะใช้งานคงที่ อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ประเภทนี้มีข้อเสียคือราคาวัตถุดิบและราคาการผลิตที่สูงกว่าแบตเตอรี่แบบกรดตะกั่ว มากอีกทั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมี Memory effect ซึ่งหมายถึงสภาวะที่แบตเตอรี่เสื่อมเนื่องจากการถูกใช้งานไม่ หมดก่อนถูกอัดประจุไฟฟ้าอีกครั้งและมีความสูญเสียทางประจุไฟฟ้ามากกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว องค์ประกอบหลักของแบตเตอรี่ชนิดนี้มี ขั้วลบซึ่งเป็นแคดเมียม (Cd) ขั้วบวกเป็นนิกเกิลออกไซด์ (NiO(OH)) โดยมีสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ (KOH) เป็นอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์นี้ ซึ่งต่าง จากแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วตรงที่อิเล็กโทรไลต์ไม่ได้ร่วมทำปฏิกิริยากับขั้วแบตเตอรี่โดยตรงเพียงแต่เป็นตัวนำ ไอออนเท่านั้น

ปฏิกิริยารวมแบบย่อของไนแคดคือ

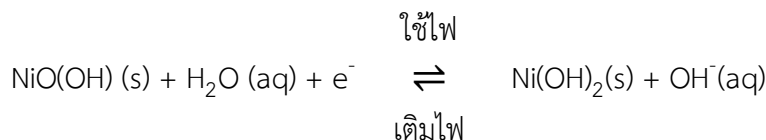


ปฏิกิริยาที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแคดเมียมเป็นสารมีพิษที่ค่อนข้างร้ายแรง การใช้งานและพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงไม่ได้รับการสนับสนุนมากนัก การพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่ในแคดจึงมีอยู่น้อยมาก

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม มีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

- กำลังไฟสูง

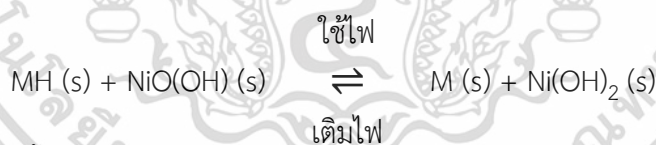
ข้อด้อย

- แคดเมียมที่ใช้เป็นส่วนประกอบ เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
- มีปัญหา Memory Effect จึงไม่สามารถอัดประจุในขณะที่แบตเตอรี่ยังมีประจุ เนื่องจากจะทำให้แบตเตอรี่ไม่จดจำระดับการอัดประจุสูงสุดได้

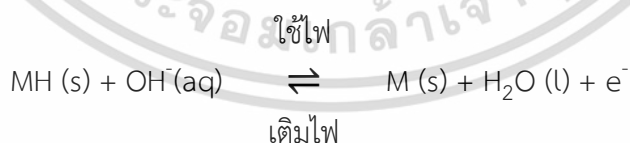
2.1.3 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH Battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้อาศัยปฏิกิริยาเคมีที่มีขั้วลบซึ่งเป็นโลหะผสม (M) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเกิดเป็นเมทัลไฮไดรด์ได้ โดยโลหะพวกนี้มักมีตัวย่องทางเคมีอยู่ในรูปแบบของ AB_2 หรือ AB_5 เช่น ZrNi_2 หรือ LaNi_5 ส่งผลให้แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์มีความจุพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วมาก

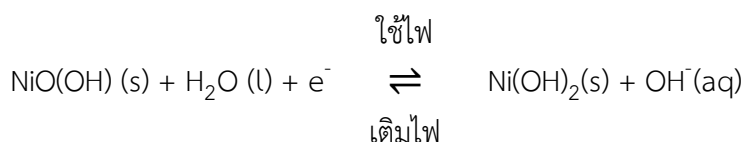
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกคือ



การพัฒนาด้านอายุการใช้งานและความปลอดภัยทำให้แบตเตอรี่แบบนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ได้ถูกนำไปใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทไฮบริดในยุคแรกทีผลิตโดยบริษัท โตโยต้า จำกัด ซึ่งพัฒนาร่วมกับบริษัท Panasonic EV Energy จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทลูกของบริษัท พานาโซนิค จำกัด อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่เอากสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นที่นิยมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กเนื่องจากราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว ในขณะที่เดียวกันประสิทธิภาพโดยรวม เช่น ความจุพลังงาน อายุการใช้งาน และการบำรุงรักษา นั้น ยิ่งคงต่อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนซึ่งขณะนี้ยังเป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องจากแบตเตอรี่ ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ จะเสื่อมสภาพหากไม่ถูกใช้งาน

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ มีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

- กำลังไฟสูง
- ใช้เมทัลไฮไดรด์ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- มีความหนาแน่นพลังงานหรือค่าพลังงานต่อน้ำหนักสูง
- อายุการใช้งานนาน มีจำนวนวัฏจักรการอัดประจุ (Charge) และคายประจุ (Discharge) สูง

ข้อด้อย

- ราคาค่อนข้างสูง
- มีปัญหา Memory Effect จึงไม่สามารถอัดประจุในขณะที่แบตเตอรี่ยังมีประจุ เนื่องจากจะทำให้แบตเตอรี่ไม่จดจำระดับการอัดประจุสูงสุดได้

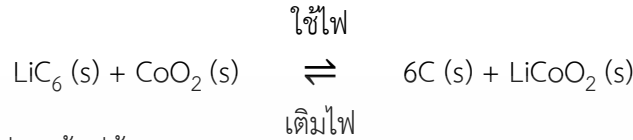
2.1.4 แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Li-ion Battery)

เนื่องจากข้อจำกัดทางความจุพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ ข้างต้น การพัฒนาแบตเตอรี่จึงมุ่งไปสู่การคิดค้นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน โดยแร่ลิเทียมมีข้อได้เปรียบกว่าสารที่ใช้ในแบตเตอรี่ชนิดอื่น ๆ ในด้านพลังงานต่อน้ำหนักเนื่องจากลิเทียมเป็นธาตุที่มีน้ำหนักเบาเกือบที่สุดในตารางธาตุและมีค่าความเสถียรต่ำซึ่งทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความต่างศักย์และความจุพลังงานมากที่สุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนยังไม่มีปัญหาเรื่อง memory effect อีกทั้งยังมีความสูญเสียทางประจุไฟฟ้าต่ำในขณะไม่ใช้งาน ทั้งนี้ บริษัท Sony จำกัด ได้นำเสนอแบตเตอรี่ชนิดนี้ออกสู่ตลาดเมื่อปี ค.ศ. 1991 และภายในระยะเวลาอันสั้นความต้องการของตลาดได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการใช้งานสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบพกพา แม้ว่าแบตเตอรี่ชนิดนี้จะใช้ได้ไม่ดีเทียบเท่ากับแบตเตอรี่ประเภทไนแคดหรือนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ในช่วงอุณหภูมิต่ำและค่ากำลังต่อน้ำหนักและปริมาตรจะไม่สูงนักก็ตาม ในปัจจุบันส่วนแบ่งตลาดของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีมากที่สุดในกลุ่มของแบตเตอรี่แบบอัดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ทั้งหมด

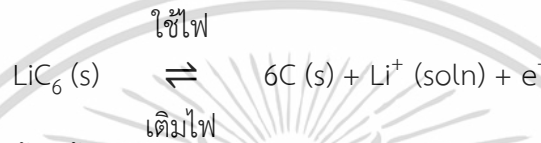
แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนในปัจจุบันใช้ LiCoO_2 โลหะออกไซด์อื่น ๆ หรือสารประกอบฟอสเฟต เช่น LiMn_2O_4 (LMO), LiNiO_2 (LNO), Li-Mn-Ni-Co-O_2 (NMC), LiFePO_4 เป็นขั้วบวกและคาร์บอนเป็นขั้วลบ มีสารละลายอินทรีย์ของเกลือที่มี Li^+ เป็นส่วนประกอบเป็นนอเล็กโตรไลต์ ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดไฟฟ้าในแบตเตอรี่ชนิดนี้เกิดจากการแพร่ของ Li^+ จากขั้วลบที่มีพลังงานศักย์ทางเคมีสูงไปยังขั้วบวกซึ่งมีพลังงานศักย์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำกว่า หากแต่การแพร่ของสารนั้นจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อประจุมของสารที่แพร่ทั้งหมด (ไอออนบวก ไอออนลบ และอิเล็กตรอน) มีค่าเป็นกลาง เนื่องจากอิเล็กโตรไลต์ไม่สามารถเป็นสื่อนำอิเล็กตรอนได้ การแพร่ของ Li^+ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีวงจรภายนอกต่อให้อิเล็กตรอนวิ่งผ่านจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ก่อให้เกิดไฟฟ้าที่เราสามารถนำไปใช้ได้

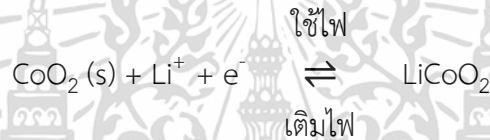
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ



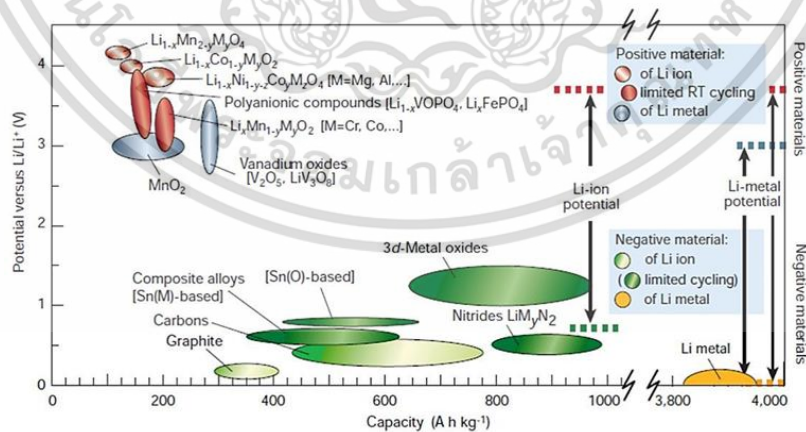
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกคือ



นอกจากนี้ก็ยังได้พัฒนานาวัสดุชนิดใหม่มาใช้ในส่วนต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน เช่น Li-Mn-Ni-Co-O_2 ใช้เป็นวัสดุสำหรับขั้วบวกและ Metal-based oxide หรือวัสดุประเภท โลหะ เช่น ดีบุก (Sn) หรือซิลิกอน (Si) เพื่อใช้เป็นขั้วลบแทนที่คาร์บอนดังแสดงในรูปที่ 2.4 เพื่อพัฒนาแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและราคาถูกลง



รูปที่ 2.4 ประเภทของแอโนด (สีเขียว) และแคโทดสำหรับแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน

การค้นคว้าวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการนำไปใช้ต่อในรถยนต์หรือโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่ที่ดีจะต้องมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพในการถ่ายโอนประจุลิเทียมให้แก่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้ว ยิ่งแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพมากเท่าไร ลิเทียมไอออนก็จะสามารถเข้าสู่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้วระหว่างรอบการอัดประจุแต่ละครั้งได้มากขึ้น ปัจจุบันแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนใช้กราไฟต์ ซึ่งพัฒนามาจากคาร์บอนเพื่อทำเป็นขั้วลบ โดยแต่เดิมนั้นนิยมใช้ขั้วลบที่ทำมาจากซิลิกอนมากกว่าเนื่องจากมีความจุไฟฟ้ามากกว่าประเภทที่ทำจากกราไฟต์ถึง 10 เท่า อย่างไรก็ตามขั้วลบที่ทำจากกราไฟต์นั้นมีความเสถียรมากกว่า

ถึงแม้แบตเตอรี่ลิเทียมจะได้รับความนิยมใช้กับอุปกรณ์หลากหลายรูปแบบ แต่อายุการใช้ก็ยังมีน้อยเกินไป โดยปัญหา การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นมาจากส่วนประกอบหลัก คือ ขั้วลบ (Anode) โดยในแต่ละรอบการประจุไฟ ใหม่ นั้น ขั้วลบจะมีการพองและยุบตัวสลับกันไปมา เมื่อมีการพองและยุบตัวจากรอบการประจุหลาย ๆ ครั้ง ก็จะทำให้เกิดรอยแตกขึ้นที่ตัวขั้วลบ จนกระทั่งรอยแตกดังกล่าวขยายใหญ่จนแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ทั้งนี้ Scott White นักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Illinois ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอโครงการวิจัยที่จะทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสามารถซ่อมแซมตัวเองได้ เมื่อขั้วลบเกิดการแตกร้าว โดยวิธีการที่ถูกนำมาใช้คือ การนำเม็ดพลาสติกขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า Microsphere ที่มีการผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษใส่เข้าไปในชั้นกราไฟต์ของขั้วลบในระหว่างขั้นตอนการผลิต หลังจากนั้นเมื่อแบตเตอรี่ลิเทียมก่อนดังกล่าวมีการใช้งานไปจนถึงระยะเวลาที่ขั้วลบจะเกิดรอยแตก ชั้นเคลือบพลาสติกดังกล่าวก็จะแตกออก และโลหะที่เป็นอัลลอยเหลวจะไหลออกมาประสานช่องว่างที่เกิดขึ้นบนรอยแตกของขั้วลบ ทำหน้าที่เป็นเสมือนสะพานให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลข้ามผ่านไปได้นอกจากนี้ Scott White ยังได้นำเสนอวิธีการช่วยบรรเทาอาการแบตเตอรี่ระเบิดอันเกิดจากการลัดวงจรอีกด้วย โดยการใช้เม็ดพลาสติกที่ทำจากโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ผังไว้ทั้งในส่วนของขั้วแบตเตอรี่และภายในวงจรของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่เกิดการลัดวงจร จนกระทั่งมีความร้อนสะสมถึงระดับ 105 องศาเซลเซียส ตัวเม็ดโพลีเอทิลีนที่ผังอยู่ก็จะละลายไปเคลือบในส่วนของแผงวงจร ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลเข้าสู่แผงวงจรได้ทำให้ไม่เกิดความร้อนสะสม และช่วยระงับการเกิดระเบิดของแบตเตอรี่ได้

นอกจากนี้ บริษัท Leyden Energy ได้พัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดใหม่ที่มีความหนาแน่นของพลังงาน 225 วัตต์-ชั่วโมง ต่อกิโลกรัม หรือเกือบสองเท่าของแบตเตอรี่ลิเทียมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งมักจะมี ความหนาแน่นพลังงานน้อยกว่า 120 วัตต์- ชั่วโมงต่อกิโลกรัม แบตเตอรี่ชนิดนี้ใช้กราไฟต์เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้า และมีโซเดียมเอไมต์ในอิเล็กโทรไลต์ โดยเหตุผลที่ใช้กราไฟต์เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการเก็บกระแสไฟฟ้าแบบเดิมนั้น อะลูมิเนียมจะถูกกัดกร่อนด้วยโซเดียมเอไมต์ ความหนาแน่นพลังงานในแบตเตอรี่ยังคงเป็นปัญหาต่ออุตสาหกรรมยานยนต์อยู่มาก เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์ รวมไปถึงผู้ผลิตแบตเตอรี่ และผู้ใช้งานเองต้องการแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นพลังงานสูง แต่ขณะเดียวกันแบตเตอรี่ที่พวกเขาต้องการก็ต้องมีขนาดเล็กด้วยและที่สำคัญต้องไม่เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ (ปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนยังมีราคาค่อนข้างสูง) ถ้าเทคโนโลยีนี้สามารถพัฒนาเพิ่มความหนาแน่นของพลังงานได้จริงก็ถือเป็นข่าวดีในวงการยานยนต์ไฟฟ้าเลยทีเดียว

ในปัจจุบันแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนนิยมนำมาใช้ในการเก็บและให้พลังงานในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้มีข้อจำกัดเรื่องช่วงเวลาในการใช้งานและการประจุไฟ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการประจุไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่นานและให้พลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นหลายปีที่ผ่านมาจึงได้มีการวิจัยพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดใหม่ที่จะใช้ทดแทนแบตเตอรี่ประเภทเดิม เช่น การพัฒนาแบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์ (Lithium-air) แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเพิ่มช่วงเวลาการใช้งานของยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากความหนาแน่นพลังงานสูง โดยตามทฤษฎีแล้วจะเทียบเท่ากับความหนาแน่นพลังงานของน้ำมันเชื้อเพลิง

แบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์ถูกพัฒนาขึ้นที่ Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT โดย Ming Au นักวิทยาศาสตร์จาก Savannah River National Laboratory นักวิจัยประเมินว่าแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถอยู่ได้นานกว่าแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนประมาณ 5 – 10 เท่า ที่น้ำหนักเท่ากันและให้พลังงานเป็น 2 เท่าในปริมาตรเดียวกัน โดยแบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์ ประกอบด้วยประจุบวกที่ทำมาจากลิเทียมและประจุลบที่มาจากวัสดุที่มีรูพรุนทำหน้าที่สร้างออกซิเจนจากอากาศโดยรอบ เมื่อลิเทียมรวมตัวกับออกซิเจนจะเกิดเป็นลิเทียมออกไซด์และปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งออกซิเจนนี้ไม่จำเป็นต้องเก็บในแบตเตอรี่ ชั่วลงนี้เบากว่าแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนทำให้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์มีความหนาแน่นพลังงานสูง

จากผลการวิจัยได้พิสูจน์ว่าความหนาแน่นกระแสของแบตเตอรี่แบบลิเทียม-แอร์ มีค่า 600 mAh/g ซึ่งมากกว่าค่าความหนาแน่นกระแสของแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 ถึง 150 mAh/g แต่ข้อจำกัดของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ จำนวนครั้งในการอัดประจุใหม่ซึ่งสามารถอัดประจุได้เพียงประมาณ 50 ครั้ง โดยปัญหาสำคัญของการอัดประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่แบบลิเทียม-แอร์นี้คือการที่จะต้องเปลี่ยนลิเทียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นให้กลับไปเป็นลิเทียม ซึ่งในปัจจุบันนักวิจัยสามารถเปลี่ยนได้โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ไม่สามารถนำมาใช้กับกรณีนี้ได้ เนื่องจากลิเทียมออกไซด์นี้ถูกสร้างภายในแบตเตอรี่ และยิ่งกว่านั้นนักวิจัยจะต้องเผชิญกับปัญหาในกระบวนการอัดประจุและการเอาน้ำออกจากออกซิเจน ที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาของลิเทียมกับน้ำ

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน มีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

- มีค่าพลังงานต่อน้ำหนักสูง
- ไม่มีปัญหา Memory Effect
- มีอัตราการคายประจุตามธรรมชาติเมื่อไม่ได้ใช้งาน (Self-Discharge) ต่ำกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่น

ข้อด้อย

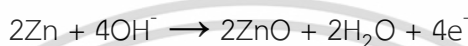
- อายุการใช้งานค่อนข้างสั้น
- ความต้านทานภายในเซลล์ (Cell Internal Resistance) จะเพิ่มขึ้นตามรอบการอัดประจุ และตามอายุของแบตเตอรี่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการคายประจุลดลงเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 แบตเตอรี่ประเภทเมทัล-แอร์ (Metal-Air Battery)

แบตเตอรี่ประเภท Metal-Air ถูกพัฒนาอย่างยาวนานตั้งแต่ช่วงทศวรรษที่ 1960 เนื่องจากในทางทฤษฎีแบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความหนาแน่นพลังงานสูง ทั้งนี้ความพยายามในการพัฒนาแบตเตอรี่ประเภท Metal-air เพื่อใช้ในยานยนต์มีมาตั้งแต่ก่อนปี ค.ศ. 1979 ไม่ว่าจะเป็น Li-Air, Mg-Air, Al-Air หรือ Zn-Air แต่จนถึงปัจจุบันมีเพียงแบตเตอรี่ Zn-Air เท่านั้นที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบจริงกับยานยนต์ไฟฟ้า โดย ชั่วโมงการทำงานของแบตเตอรี่ Zn-Air ในระหว่างใช้งานสามารถแสดงได้ดังนี้

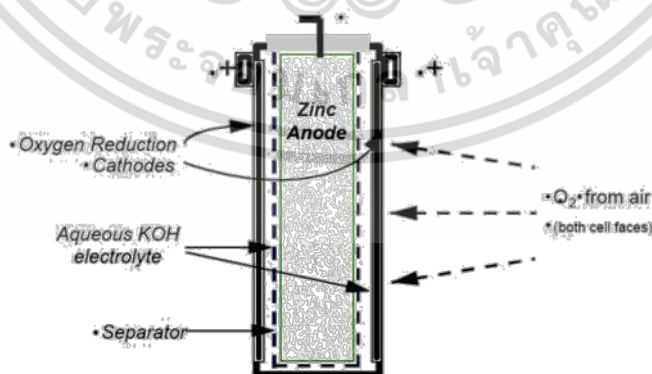
ขั้วลบ (แอโนด)



ขั้วบวก (แคโทด)

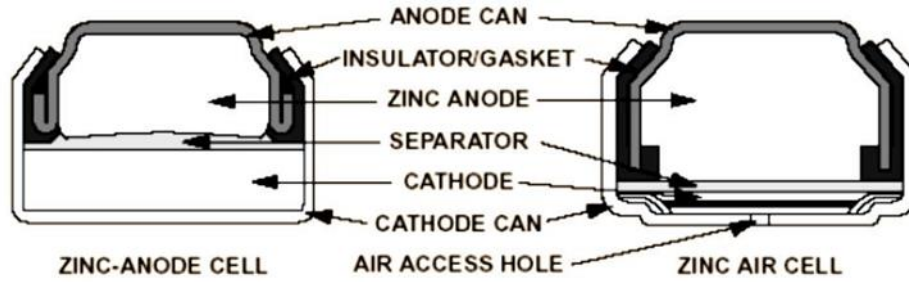


ในทางทฤษฎีแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air มีความหนาแน่นพลังงานสูงถึง 1,330 Wh/kg โดยโครงสร้างของแบตเตอรี่ Zn-Air ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ในระหว่างการคายประจุสังกะสีที่แอโนดจะทำปฏิกิริยาเกิดออกไซด์ของสังกะสีและที่ขั้วแคโทดออกซิเจนจะถูกออกซิไดซ์เป็นไฮดรอกไซด์ โดยเซลล์ประเภทนี้ต้องมีทางให้ออกซิเจนซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทดผ่านเข้ามาทำปฏิกิริยาระหว่างการคายประจุดังแสดงในรูปที่ 2.6 ทั้งนี้แบตเตอรี่ Zn-Air เชิงพาณิชย์มีจำหน่ายแล้ว ตัวอย่างเช่น บริษัท Energizer และ Duracell จำกัด โดยแบตเตอรี่ Zn-Air ของบริษัท Energizer จำกัด มีค่าความหนาแน่นพลังงาน 890 Wh/L และค่าพลังงานจำเพาะ 345 Wh/kg ซึ่งเห็นได้ว่าคุณสมบัติสูงมากเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น สถานภาพปัจจุบันของการพัฒนาแบตเตอรี่ Zn-Air เพื่อใช้กับยานยนต์ไฟฟ้ามี 2 บริษัทที่กำลังอยู่ในขั้นตอนพัฒนา ได้แก่ บริษัท EOS Energy จำกัด และ บริษัท Revolt Technology จำกัด



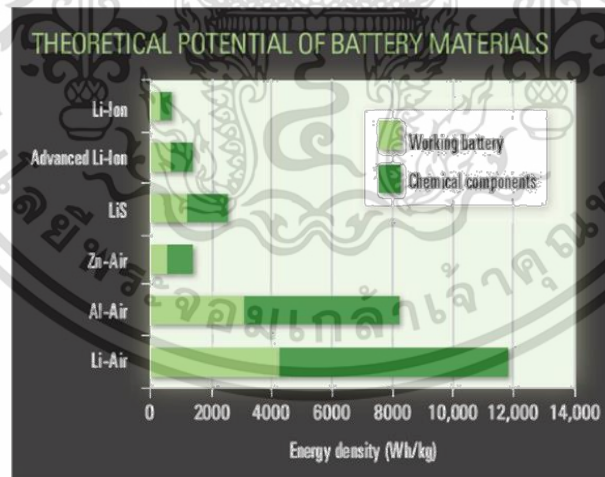
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบตเตอรี่ที่ใช้ Zn เป็นขั้วแอโนดและแบตเตอรี่ Zn-Air

นอกจากแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air แล้ว แบตเตอรี่ประเภท Li-Air เป็นแบตเตอรี่อีกประเภทหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจในการนำมาพัฒนาเพื่อใช้กับยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้โดยทฤษฎีแล้วแบตเตอรี่ Li-Air มีความหนาแน่นพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ Zn-Air ประมาณ 9 เท่า (ค่าความหนาแน่นพลังงานทางทฤษฎีของแบตเตอรี่ Li-Air เท่ากับ 11,148 Wh/kg) ทั้งนี้สมรรถนะของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ประเภท สามารถเปรียบเทียบกับทฤษฎีดังแสดงในรูปที่ 2.7 ในการพัฒนาแบตเตอรี่ Li-Air สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า บริษัท IBM จำกัด ได้ประกาศว่าจะพัฒนาแบตเตอรี่ Li-Air สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าโดยมีเป้าหมายให้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ 500 ไมล์ (ประมาณ 800 กิโลเมตร) ต่อการเก็บประจุ 1 ครั้งภายใต้ชื่อโครงการ Battery 500 โดยแบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความหนาแน่นพลังงานทางทฤษฎีสูงถึง 1300 Wh/kg ซึ่งสถานะปัจจุบันอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา และ บริษัท IBM จำกัด คาดว่าจะสามารถพัฒนาให้ใช้ได้จริงภายในช่วงปี ค.ศ. 2020-2030



รูปที่ 2.7 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ทำได้จริงกับทางทฤษฎี

โดยสรุป หากพิจารณาเปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่ามีเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่มีความเหมาะสมกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว เช่น แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนซึ่งมีค่าความจุพลังงานสูงที่สุดสุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยานยนต์ทั้งหมด มีอายุการใช้งานนานกว่า อัตราประจุไฟฟ้าได้รวดเร็วกว่า ความต่างศักย์สูงกว่าซึ่งส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องชาร์จบ่อยครั้งเหมือนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า หรือรถแท็กซี่ไฟฟ้า เมื่ออยู่ในโหมดขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การมีข้อดีเหล่านี้ก็มาพร้อมกับข้อเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ นั่นคือ การที่แบตเตอรี่เหล่านี้มีน้ำหนักมากและต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อนในการชาร์จ ซึ่งอาจทำให้ต้นทุนการดำเนินงานสูงขึ้นได้ ดังนั้น การพัฒนาแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้จริงจึงต้องคำนึงถึงข้อดีและข้อเสียเหล่านี้ควบคู่กันไปด้วย

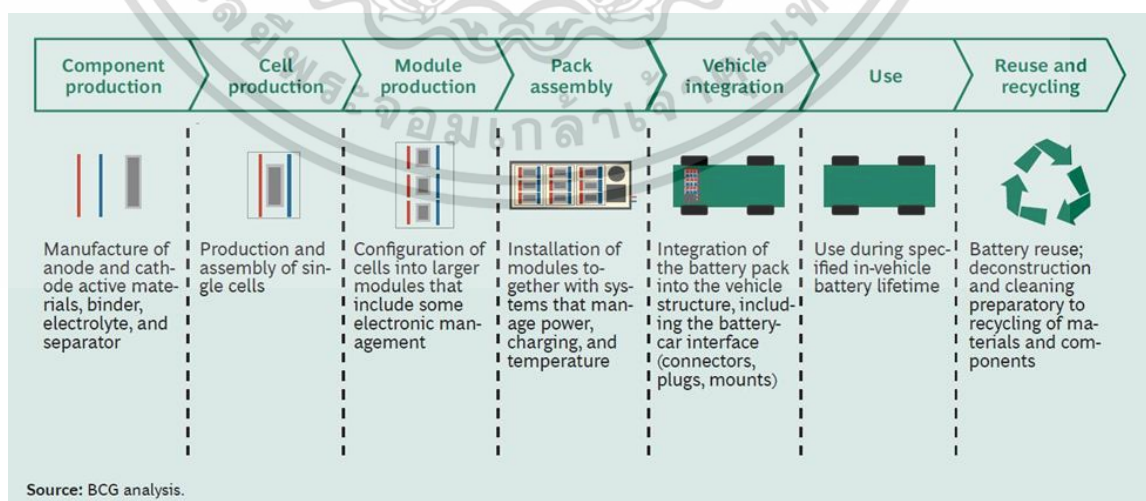
ต่อแบตเตอรี่หลายเซลล์ และต้องการการดูแลรักษาที่น้อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วและแบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล ทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันสำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Pike Research จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่กรดตะกั่วยังคงได้รับความนิยมสำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากลักษณะของการใช้และกลุ่มผู้ซื้อ ซึ่งมักขับเคลื่อนในระยะใกล้ และเป็นตลาดซึ่งคำนึงถึงราคาและค่าใช้จ่ายเมื่อซื้อเป็นหลัก แม้ว่าหากคำนึงถึงระยะยาวแล้วราคาของแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนต่อจำนวนครั้งในการใช้งานจะถูกลงเมื่อใช้งานในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย

หากพิจารณาถึงห่วงโซ่คุณค่าในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า พบว่ากระบวนการผลิตแบตเตอรี่ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ได้แก่

1. การผลิตชิ้นส่วนของเซลล์ เช่น ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด เป็นต้น
2. การผลิตและการประกอบเซลล์แบตเตอรี่
3. การผลิตโมดูลแบตเตอรี่ หมายถึง การเชื่อมต่อเซลล์แบตเตอรี่เข้าด้วยกันเป็นโมดูล
4. การประกอบแพ็คเกจแบตเตอรี่ หมายถึง การติดตั้งโมดูลแบตเตอรี่เข้าด้วยกันกับระบบบริหารจัดการการอัดประจุไฟฟ้า การจ่ายประจุไฟฟ้า และการควบคุมอุณหภูมิระหว่างใช้งาน
5. การติดตั้งแพ็คเกจแบตเตอรี่เข้ากับยานยนต์ไฟฟ้า
6. การใช้งานแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า
7. การนำกลับมาใช้ใหม่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพและไม่เหมาะสมกับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า

Specifications	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Specific energy density (Wh/kg)	30–50	45–80	60–120	150–190	100–135	90–120
Internal resistance ¹ (mΩ)	< 100 12V pack	100–200 6V pack	200–300 6V pack	150–300 7.2V	25–75 ² per cell	25–50 ² per cell
Cycle life ⁴ (80% discharge)	200–300	1000 ³	300–500 ³	500–1,000	500–1,000	1,000–2,000
Fast-charge time	8–16h	1h typical	2–4h	2–4h	1h or less	1h or less
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Low. Cannot tolerate trickle charge		
Self-discharge/month (room temp)	5%	20% ⁵	30% ⁵	<10% ⁶		
Cell voltage (nominal)	2V	1.2V ⁷	1.2V ⁷	3.6V ⁸	3.8V ⁸	3.3V
Charge cutoff voltage (V/cell)	2.40 Float 2.25	Full charge detection by voltage signature		4.20		3.60
Discharge cutoff voltage (V/cell, 1C)	1.75	1.00		2.50 – 3.00		2.80
Peak load current Best result	5C ⁹ 0.2C	20C 1C	5C 0.5C	>3C <1C	>30C <10C	>30C <10C
Charge temperature	–20 to 50°C	0 to 45°C		0 to 45°C ¹⁰		
Discharge temperature	–20 to 50°C	–20 to 65°C		–20 to 60°C		
Maintenance requirement	3–6 months ¹¹ (topping chg.)	30–60 days (discharge)	60–90 days (discharge)	Not required		
Safety requirements	Thermally stable	Thermally stable, fuse protection common		Protection circuit mandatory ¹²		
In use since	Late 1800s	1950	1990	1991	1996	1999



รูปที่ 2.8 ห่วงโซ่คุณค่าสำหรับแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

ในการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย จำเป็นต้องอาศัยการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ โดยอุปกรณ์หนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการพลังงาน เรียกว่า “ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ หรือ Battery Management System (BMS)” ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีหน้าที่ในการจัดการ ให้มีการใช้พลังงานที่กักเก็บภายในแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและลดความเสี่ยงที่แบตเตอรี่จะเกิดความเสียหายจากการใช้งานให้มากที่สุดผ่านกระบวนการตรวจสอบและควบคุมกระบวนการอัดและคายประจุของ แบตเตอรี่ ทั้งนี้กระบวนการตรวจสอบและควบคุมการใช้งานแบตเตอรี่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยป้องกันไม่ให้เกิดการอัดประจุมากเกินไป (Overcharging) เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่
- ตรวจสอบการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่โดย ตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมด
- ตรวจสอบค่า SOC ของแบตเตอรี่เพื่อควบคุมการอัดและจ่ายประจุไฟฟ้า
- ให้กำลังไฟฟ้าโดยใช้แรงดันต่ำสุด ผ่านอุปกรณ์แปลงผันพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC conversion) เพื่อยืดอายุการใช้งาน

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า จะมีความซับซ้อนมากกว่าระบบเดียวกันของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามีจำนวนเซลล์แบตเตอรี่มากกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้า อื่น ๆ มาก อีกทั้งแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าจะถูกใช้งานที่สภาวะกระแสและแรงดันสูงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ กำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อการขับเคลื่อน ดังนั้นระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะต้องมีหน้าที่หลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. Cell monitoring คือการแสดงผลค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ เช่น แรงดัน อุณหภูมิ และ State of Charge (SOC) เป็นต้น
2. Cell protection คือการตัดการทำงานของแบตเตอรี่ เมื่ออยู่ในสภาวะอันตราย เช่น แรงดันเกิน (Over-voltage) กระแสเกิน (Over-current) อุณหภูมิสูงเกิน (Over-temperature) และแรงดันต่ำ (Undervoltage) เป็นต้น
3. Cell balancing คือการปรับให้เซลล์แต่ละเซลล์มีพลังงานเท่าๆ กันระหว่างการอัดและคายประจุไฟฟ้า

ในการใช้งานแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน ซึ่งเป็นประเภทแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าจะต้อง มีการอัดประจุไฟฟ้าตามวัฏจักร ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งแบ่งการอัดประจุไฟฟ้าออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่

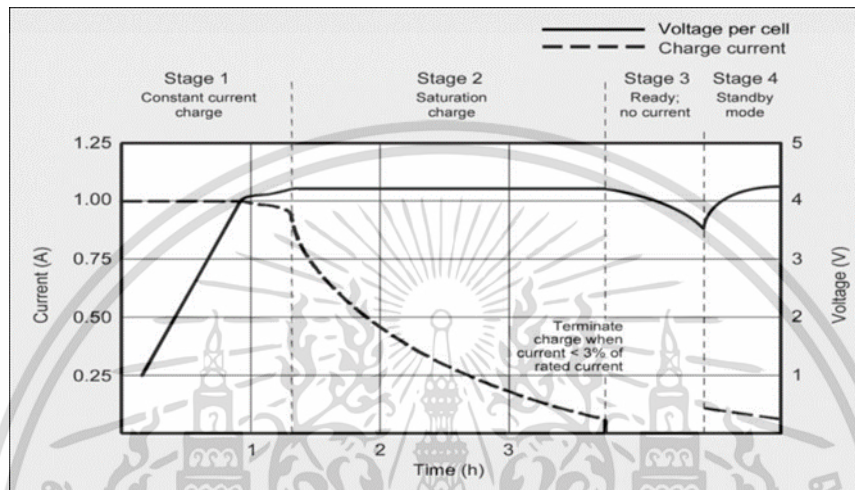
ระยะที่ 1 Constant current charge คือ การอัดประจุไฟฟ้าด้วยกระแสคงที่จนกว่าแรงดันจะเข้าสู่ค่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ 2 Saturation charge เมื่อแรงดันเข้าสู่ค่าที่กำหนด แรงดันจะคงที่จนกระทั่งอัดประจุได้เต็ม ในขณะเดียวกันนั้น กระแสจะลดลงไปเรื่อย ๆ

ระยะที่ 3 Ready; no current เมื่ออัดประจุจนเต็มแล้ว กระบวนการอัดประจุจะหยุดลง

ระยะที่ 4 Standby mode เมื่ออัดประจุเรียบร้อยแล้ว และแบตเตอรี่ยังไม่ได้ถูกใช้งาน แรงดันจะลดลง จึงมีระยะนี้ไว้เพื่ออัดประจุกลับไปให้เต็มอีกครั้ง



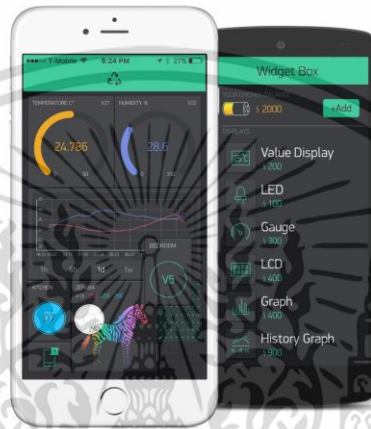
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น และจะแสดงผลสถานะของแบตเตอรี่ (Cell monitoring) โดยอ่านค่าแรงดันของแต่ละเซลล์และอ่านค่าอุณหภูมิของ แบตเตอรี่ก่อนส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลให้ผู้ขับขี่ต่อไป สำหรับ ขั้นตอน การปรับสมดุลของแต่ละเซลล์ (Cell balancing) จะเริ่มจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจสอบค่า แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์และเมื่อต้องการที่จะปรับความสมดุลของแต่ละเซลล์ BMS จะตรวจสอบว่าเซลล์ ใดที่มีค่าแรงดันมากกว่าเซลล์อื่น และเซลล์นั้นจะถูกปรับลดแรงดันลงให้มีค่าแรงดันเท่า เซลล์อื่น ๆ และสำหรับ หน้าที่การป้องกันความเสียหายของเซลล์แบตเตอรี่ (Cell protecting) ระบบบริหารจัดการ แบตเตอรี่จะอ่านค่า แรงดันของแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่อ่านได้มีค่าต่ำเกินกว่า กำหนด หรืออุณหภูมิที่วัดได้สูงเกิน กว่ากำหนด จะมีสัญญาณเตือนดังขึ้น และหากในขณะที่อัดประจุไฟฟ้า ถ้า แบตเตอรี่เกิดการอัดประจุเกิน (Overcharge) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะส่งสัญญาณไปที่สวิตช์รีเลย์เพื่อ ตัดวงจรการอัดประจุให้หยุดทำงาน โดยสรุป ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่มีความสำคัญต่อการใช้งาน ยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและ ปลอดภัย เนื่องจากระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของเซลล์ แบตเตอรี่ ปรับความสมดุลของเซลล์แต่ละเซลล์ และตัดการทำงานของแบตเตอรี่หากตรวจพบการทำงานที่ ผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

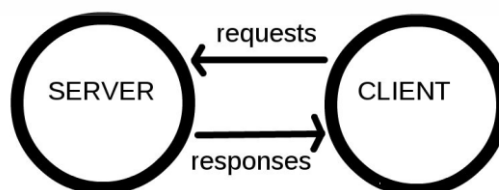
2.2 แอปพลิเคชันบรีจ (Application Blynk) [2]

Blynk คือ Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เองสามารถใช้งานได้จริงแบบ Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้ ง่ายตายไม่ว่าจะเป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Node mcu, Raspberry pi นำมาแสดงบน Application ได้ง่ายตายแล้วที่สำคัญ Application Blynk ยังฟรี และ รองรับในระบบ IOS และ Android อีกด้วย



รูปที่ 2.10 ตัวอย่าง App Blynk

ในยุคสมัยก่อน การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกันระหว่าง อุปกรณ์ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมักจะใช้งานใน ลักษณะของ Server >>> Client ทำให้เกิดข้อจำกัดต่างๆมากมาย ยกตัวอย่าง เราต้องการเปิดปิดไฟ ผ่าน หน้าเว็บ เราก็จะให้ Arduino เป็น Server และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (Client) เป็นเครื่องลูก ข้อจำกัดที่เกิดขึ้น คือทรัพยากร เช่น CPU RAM ROM ของเราอาจจะไม่พอ มักจะเจอปัญหาเอ๋อบ่อย ค้างไปดื้อๆ ก็มี ทำให้ การเขียนโปรแกรมเป็นไปได้ยากต้องประหยัดทรัพยากรให้ได้มากที่สุดเพื่อจะให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ และการเชื่อมต่อ Network เป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่มักจะใช้ในวง Lan หรือถ้าต้องการ ควบคุมผ่าน Wan จะต้อง Forward Set ระบบ Network จนปวดหัว



รูปที่ 2.11 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเป็นยุคของ Cloud เกิดขึ้น บวกกับมี Chip Wifi ราคาถูก Esp8266 ถูกผลิตขึ้นมา แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร จึงมีวิธีการคิดว่า ถ้านำข้อมูลไปใส่ลงใน Server เลยละแล้วให้ Device ของเราเรียกเข้าไปแก้ไข หรืออ่านข้อมูลโดยตรง ทำให้ความฉลาดของตัวอุปกรณ์ของเราไม่มีวันสิ้นสุดหมดข้อจำกัดหลายอย่าง Device กลายเป็นแค่ตัวรับ Data และส่ง Data มาแสดงเท่านั้น ทำให้ Chip Esp8266 จึงได้รับความนิยมในปัจจุบัน วิธีการทำงานของ Blynk เริ่มจาก อุปกรณ์ เช่น Arduino esp8266 Esp32 Rasberry Pi เชื่อมต่อไปยัง Server ของ Blynk โดยตรง สามารถรับส่งข้อมูลหากันได้คอมพิวเตอร์ Smartphone ก็จะสามารถเชื่อมต่อกับ Server ของ Blynk โดยตรง กลายเป็นว่า มี Server เป็นสะพานให้เชื่อมต่อกันทั้งหมดปัญหาและข้อจำกัดทุกอย่างทำให้อุปกรณ์ของเรามีความฉลาดมากขึ้นการออกแบบในลักษณะ รูปที่ 2.12 เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะไม่จำเป็นต้อง Set อุปกรณ์ Network ต่างๆ ความสามารถของ Application Blynk ทำอะไรได้บ้าง



รูปที่ 2.12 ภาพรวมของระบบ Network Blynk และ ข้อมูลหน้าจอที่จะมาแสดงใน App

จากรูปที่ 2.12 เราสามารถเลือก หน้าจอของภาพ คำอธิบาย เกจวัดต่างๆ ก็สามารถออกแบบได้เองได้อย่างอิสระอีกด้วย ต้องการอะไรไม่ต้องการอะไรเราสามารถเลือกได้ตามความของเราได้เลย



รูปที่ 2.13 หน้าจอของ App

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

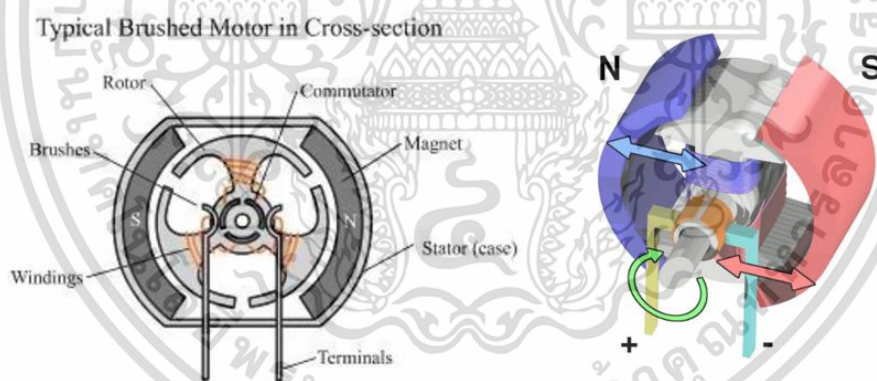
2.3 มอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า[3]

หากพิจารณาประเภทของมอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า พบว่า มีการใช้งานมอเตอร์ใน 2 รูปแบบ คือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) และ มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor) ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดและประเภทย่อยของมอเตอร์ทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

2.3.1 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงเป็นรูปแบบของมอเตอร์ที่มีความซับซ้อนในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าน้อย เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงสามารถรับไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่าย เช่น แบตเตอรี่ และสามารถทำงานได้ โดยไม่ต้องการระบบไฟฟ้ากำลังเพิ่มเติม โดยมอเตอร์กระแสตรงที่ได้รับความนิยมนำมาใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า สามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยได้อีก 2 ประเภท คือ มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และ มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

1. มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน (Brushed DC Motor) มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านประกอบด้วยแกนหมุน (Rotor) โดยมีขดลวดเหนี่ยวนำ (Armature) หลายชุดอยู่รอบ ๆ เพื่อรับกระแสไฟฟ้าจากคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ที่ต่ออยู่กับปลายของขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กผลัดหรือคู่กับแม่เหล็กถาวรบนสเตเตอร์ (Stator) ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยคอมมิวเตเตอร์นั้นมีหน้าสัมผัสกับแปรงถ่านเพื่อรับกระแสไฟจากสายส่งไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน

การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายไฟฟ้าผ่านขั้วที่ต่ออยู่กับแปรงถ่านไปยังขดลวด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นซึ่งหากมีขั้วตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กที่ติดอยู่กับสเตเตอร์ก็จะดูดกัน แต่หากมีขั้วเหมือนกันจะผลักกันส่งผลให้เกิดแรงบิดและทำให้แกนหมุน ทั้งนี้ การจัดวางแปรงถ่านที่สัมพันธ์กับการหมุนของคอมมิวเตเตอร์ ทำให้เมื่อแกนหมุนเคลื่อนที่ แปรงถ่านจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ชุดใหม่ซึ่งจะสร้างสนามแม่เหล็กในทิศทางใหม่ ส่งผลให้เกิดการหมุนของแกนอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านมีข้อดีคือมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน แข็งแรงและเชื่อถือได้ สามารถต่อกับแบตเตอรี่ได้โดยตรง มีสายไฟเพียง 2 เส้นที่ต่อเข้าไปยังมอเตอร์ทำให้จัดระเบียบสายไฟได้ง่าย และทนทานต่อการใช้งานในสภาวะสั่นสะเทือน จึงได้รับความนิยมถูกนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าความเร็วต่ำ เช่น รถกอล์ฟไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านนั้นมีข้อเสียบางประการ ได้แก่ แปรงถ่านจะยึดตัวได้น้อยลงเนื่องมาจากการสึกกร่อนของคอมมิวเตเตอร์ นอกจากนี้มอเตอร์ประเภทดังกล่าว ยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำ ลงเมื่อใช้งานที่ความเร็วรอบสูง เนื่องจากการเสียดสีระหว่างคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน นอกจากนี้การใช้นามแม่เหล็กเหนียวนำขดลวดในแกนหมุนจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back Voltage) ขึ้นในขดลวดต้านกับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายได้ ซึ่งมีผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดลดลง ด้วย ส่งผลให้แรงบิดลดลง ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือ สำหรับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน แรงบิดแปรผันตรงกับกระแส และความเร็วรอบแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นค่าแรงบิดสูงสุดจะถูกจำกัดไว้เพื่อจำกัดพิกัดของกระแสในระบบ ทั้งจากระบบควบคุมมอเตอร์ และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- มีโครงสร้างที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และแข็งแรง สามารถใช้งานโดยต่อกับแบตเตอรี่ ต่อหมუნกลับทางโดยการกลับขั้วได้
- ใช้งานที่สั่นสะเทือน และมีความชื้นได้โดยไม่มีปัญหามากนัก
- มีสายไฟเพียงแค่สองเส้นที่เข้ามอเตอร์ ทำให้ง่ายต่อการจัดสาย บางบริษัทผู้ผลิตใช้มอเตอร์ประเภทนี้เพื่อให้ถอดล้อออกได้เร็ว และเปลี่ยนชุดควบคุมง่ายและรวดเร็ว

ข้อด้อย

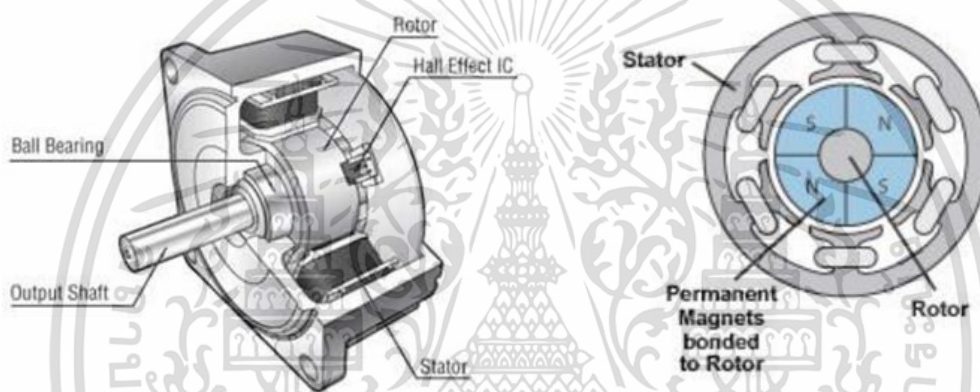
- มีฝุ่นที่เกิดจากการสึกหรอของแปรงถ่าน
- เกิดประกายไฟจากกระบวนการ Commutation
- เกิดการรบกวนทางสนามแม่เหล็ก
- เกิดเสียงรบกวนทางกล
- อายุสั้นและประสิทธิภาพต่ำ
- มีขีดจำกัดเรื่องความเร็ว

2.) มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor หรือ BLDC) ด้วยราคาของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ลดต่ำลง ส่งผลให้ราคาของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านสูงกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านเล็กน้อย จึงทำให้มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านได้รับความนิยมนำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านมีโครงสร้างสลับกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน โดยมีแกนหมุน (Rotor) เป็นแม่เหล็กถาวร และมีขดลวดเหนียวนำอยู่ที่สเตเตอร์ โดยขดลวดเหนียวนำมีจำนวนไม่น้อยกว่าสามชุด มอเตอร์ชนิดนี้จึงสามารถทำงานได้โดยการจ่ายไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละชุดเป็นเฟสสลับกันไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กดึงและผลักแกนหมุนอย่างต่อเนื่อง โดยมีการตรวจจับตำแหน่งเพื่อ

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มทำงานโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Hall Sensor) ดังแสดงในรูปที่ 2.15 มอเตอร์ชนิดนี้สามารถปรับแรงบิดได้โดยปรับการจ่ายกระแสไฟฟ้า และปรับความเร็วรอบได้โดยการปรับความถี่ในการสลับกระแสไฟฟ้าของขดลวด ซึ่งสามารถเรียกการทำงานของมอเตอร์ที่มีความเร็วในการหมุนตรงกับความเร็วของการหมุนของสนามแม่เหล็กกว่าเป็นการทำงานแบบ Synchronous นั่นเอง ถึงแม้ว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านจะมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพที่สูง และไม่ต้องมีแปรงถ่านซึ่งจะสึกหรอเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน แต่อย่างไรก็มีข้อเสียคือต้องมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อน สามารถทำงานในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ ของยานยนต์ได้ เช่น สามารถกันน้ำ ทนต่อการสั่นสะเทือน และความร้อนได้ เป็นต้น นอกจากนี้สายไฟที่ต่อเข้ามอเตอร์และชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ยังมีหลายสาย ต่างกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านที่เพียงจ่ายไฟที่สายไฟทั้งสองด้านก็ทำงานได้ดังนั้นการติดตั้งสายไฟจึงต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้น



รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

ในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน พบว่ามีลักษณะการสร้างแรงบิดและกำลังคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และจากการที่แกนหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วสูง เมื่อพิจารณาตัวโรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 4 ส่วนด้วยกัน คือ

- แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลาวางอยู่บนแบริ่งเพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

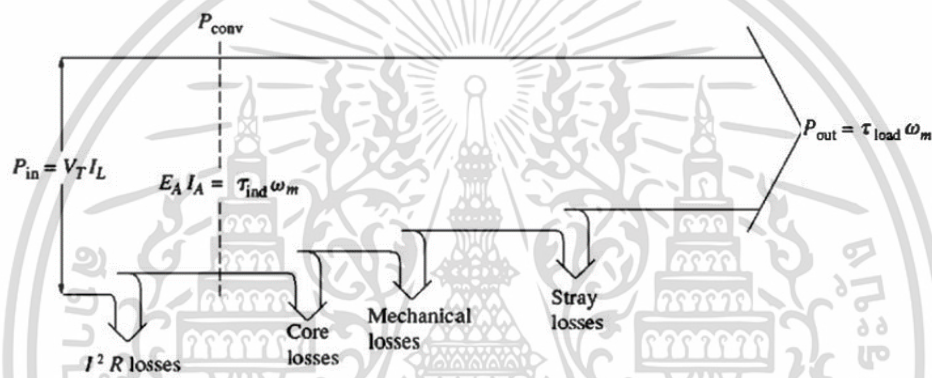
- แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลาเป็นรูปกลมทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้ออกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่า ปฏิกริยามอเตอร์ (Motor action)

- ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ ให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ ในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน พบว่ามีลักษณะการสร้างแรงบิด และกำลังคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และจากการที่แกนหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วสูง

หากพิจารณากำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แสดงดังรูปที่ 2.16 พบว่ามีการสูญเสียกำลังจากการหมุนของมอเตอร์และแรงเสียดทานภายในมอเตอร์เป็นหลัก



รูปที่ 2.16 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ใช้งานได้ในช่วงความเร็ว 0 – 100,000 รอบต่อนาที
- ให้แรงบิดดีที่ความเร็วสูง
- แรงบิดและขนาดดีกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน
- การกระจายความร้อนในขดลวดสเตเตอร์ ดีกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน
- ประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน

ข้อด้อย

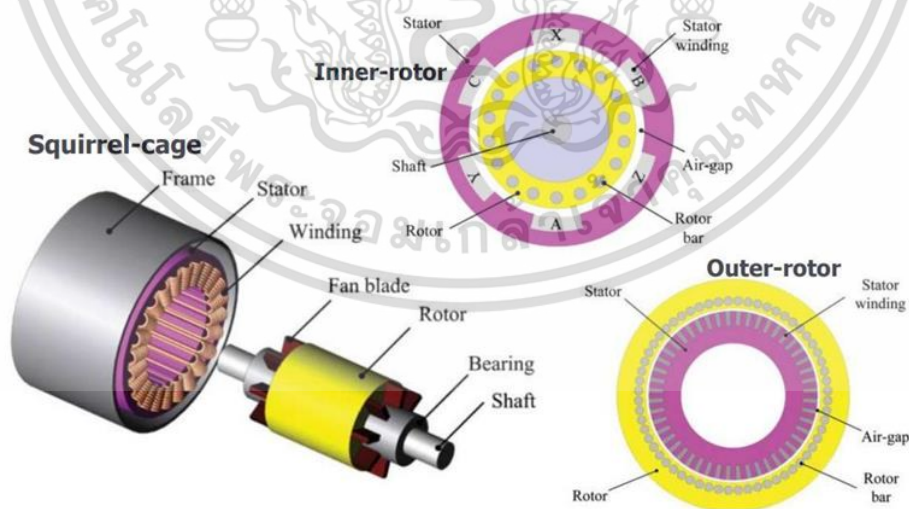
- มีค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สูงกว่า
- ชุดควบคุมการขับเคลื่อนยุ่งยากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมีโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน คือมีขดลวดเหนี่ยวนำอยู่บริเวณสเตเตอร์เพื่อรับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับแล้วแปลงเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนโรตอร์นั้นสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ และ มอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous

1.) มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) มอเตอร์เหนี่ยวนำมีสเตเตอร์ลักษณะเดียวกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แต่มีความแตกต่างกันที่แกนหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมีแท่งตัวนำวางตัวเป็นวงรอบแกนเพลลา ซึ่งลักษณะการออกแบบโรตอร์ดังกล่าวเรียกว่าโรตอร์แบบกรงกระรอก เนื่องจากโรตอร์ดังกล่าวประกอบด้วยแท่งตัวนำจำนวนมากที่ถูกฝังอยู่ในแผ่นชั้นเหล็ก ซึ่งอาจเป็นทองแดงหรืออะลูมิเนียม ประกับหัวและท้ายด้วยแผ่นประกับ ดังแสดงในรูปที่ 2.117 หากพิจารณาหลักการการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ พบว่าเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์สามคู่ที่วางเหลื่อมกันทำมุม 120 องศาตามเฟสทางไฟฟ้า จะเกิดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่หมุนอยู่โดยรอบแกนหมุน แต่สนามแม่เหล็กในแกนหมุนที่จำเป็นเพื่อการหมุนเพลลาไม่ได้เกิดจากการจ่ายกระแสเข้าสู่ขดลวดตั้งเช่นมอเตอร์กระแสตรง แต่สนามแม่เหล็กในโรตอร์แบบกรงกระรอกจะเกิดจากการตัดผ่านของโครงตัวนำของแกนหมุนผ่านสนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์ ซึ่งจะสร้างกระแสเหนี่ยวนำขึ้น ส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กในแกนหมุนอีกทอดหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำในแกนหมุนซึ่งพยายามจะวางตัวในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็กต้นทางจากสเตเตอร์เป็นสาเหตุที่สร้างแรงบิดของแกนหมุนในการขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

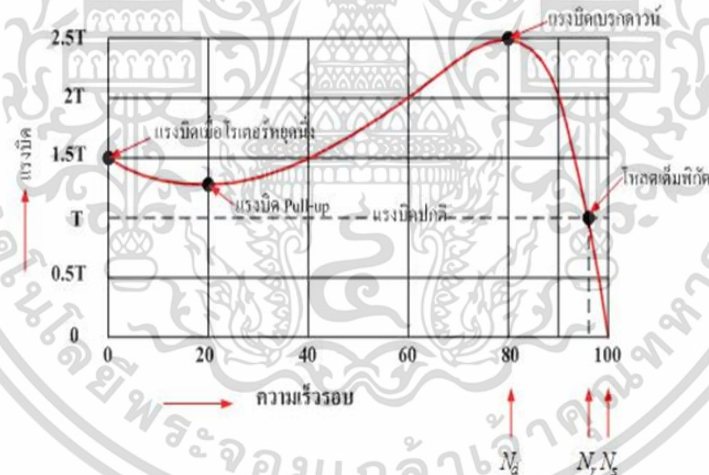


รูปที่ 2.17 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ พบว่าแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบจนถึงจุดที่ความแตกต่างของความเร็วการหมุนของสนามแม่เหล็กกับแกนหมุนเป็นเอกลักษณ์ หลังจากนั้นแรงบิดจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออยู่ในเขตนี้เรียกว่าเขตความเร็วรอบสูงหรือเขตความเร็วรอบต่ำ ซึ่งถ้าความเร็วรอบสูงเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนสูงเกินไปและไม่อาจใช้งานได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปรงถ่าน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนแตกต่างกันมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้แรงบิดลดลง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าแรงบิดสามารถถูกควบคุมได้โดยการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวด ซึ่งส่งผลให้การควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำมีความซับซ้อนค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม มอเตอร์เหนี่ยวนำถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในยานยนต์ไฟฟ้าเนื่องจากโครงสร้างส่วนประกอบมีความเรียบง่าย มีความทนทานสูงเมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสตรงมีความปลอดภัยเนื่องจากชุดควบคุมมอเตอร์มีหน้าที่เพียงสร้างกำลังขับ ดังนั้น หากชุดควบคุมมอเตอร์เสีย มอเตอร์ก็จะหยุดการทำงานเท่านั้นโดยไม่มีแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานจ่ายไปยังมอเตอร์แต่อย่างใด นอกจากนี้ มอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าย้อนกลับขณะเบรก (Regenerative Braking) ได้โดยไม่ต้องการอุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม ซึ่งหากเป็นมอเตอร์กระแสตรงจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์พิเศษเพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้าย้อนกลับเพิ่มเติม

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วยุโรปของมอเตอร์พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกในสถานะที่ขับโหลดเต็มพิกัด ดังแสดงในรูปที่ 2.18 จะพบว่าแรงบิดในสถานะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสถานะที่โรเตอร์หยุดนิ่ง เท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกดาว์นจะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด



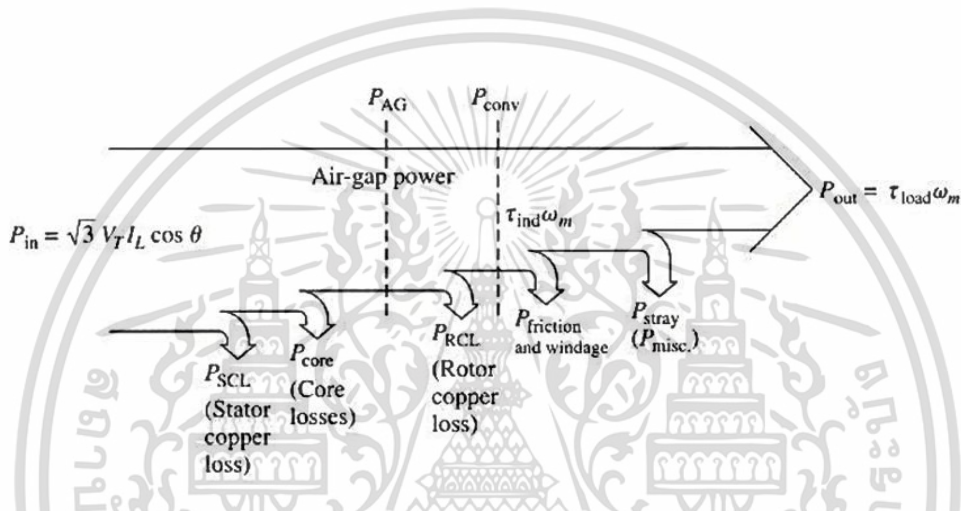
รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วยุโรปของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ที่โหลดเต็มพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะเท่ากับ N_r แต่ถ้าแรงบิดของโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลงจนกระทั่งมอเตอร์สร้างแรงบิดได้เท่ากับแรงบิดของโหลด ในสถานะดังกล่าวมอเตอร์ยังคงหมุนไปได้ แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงบิดของโหลดเกินกว่า 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด ซึ่งเรียกว่าแรงบิดเบรกดาว์น จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว เพราะมอเตอร์ไม่สามารถสร้างแรงบิดขึ้นมาเท่ากับแรงบิดของโหลดได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีขนาดเล็กกว่า 10 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาว์นจะมีค่าประมาณ 80 % ของความเร็วซิงโครนัส แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดมากกว่า 1000 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาว์นจะมีค่าประมาณ 98 % ของความเร็วซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอกส่วนมากจะนำไปใช้เป็นตัวกำลังขับเคลื่อนเครื่องกลชนิดต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมเช่น เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องกัด เครื่องเจียรไนราบและตั้ง ขับปั๊มไฮดรอลิก ขับปั๊มน้ำ ขับคอมเพรสเซอร์และงานอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณลักษณะให้แรงบิดในการเริ่มเดินที่ดี และมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ ส่วนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบฟันขวิดลวดจะใช้กับงานหนัก ใช้ความต้านทานภายนอกช่วยในการเริ่มเดินจะได้แรงบิดในตอนเริ่มเดินสูงสุดและกระแสเริ่มเดินจะลดลง

กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดในมอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัส แสดงดังรูปที่ 2.19 ซึ่งจะเห็นว่าการสูญเสียกำลังจากการหมุนของมอเตอร์และแรงเสียดทานภายในมอเตอร์เป็นหลัก



รูปที่ 2.19 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ใช้เงินลงทุนรวมทั้งการบำรุงรักษาต่ำ
- การควบคุมก็ทำได้ง่าย โดยสามารถต่อเข้ากับสายป้อนได้โดยตรง

ข้อด้อย

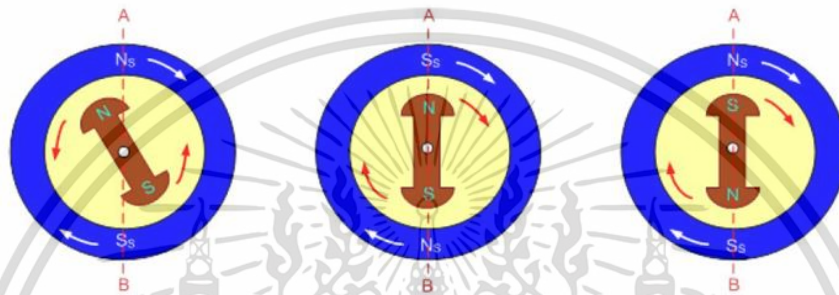
- มอเตอร์เหนี่ยวนำมีกระแสไฟกระชากอินพุตสูงซึ่งเรียกว่ากระแสแม่เหล็กไหลเข้า สิ่งนี้ทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงในเวลาที่สตาร์ทมอเตอร์
- เนื่องจากแรงบิดเริ่มต้นไม่ดีจึงไม่สามารถใช้มอเตอร์สำหรับงานที่ต้องการแรงบิดเริ่มต้นสูง

2.) มอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous (Synchronous AC Motor) มอเตอร์ชนิดนี้ใช้

โรเตอร์แบบขดลวดพันรอบโรเตอร์โดยต่ออนุกรมกัน และจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดเพื่อให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่คงตัว โดยขดลวดสนามแม่เหล็กที่ตัวหมุนนี้จะต่อเข้ากับวงแหวน หรือสลิงปริงจำนวน 2 วงเพื่อรับไฟกระแสตรงจากแหล่งจ่ายภายนอก และที่ตัวหมุนยังฝังแท่งตัวนำไว้ที่ผิวของขั้วแม่เหล็กทุก ๆ ขั้ว

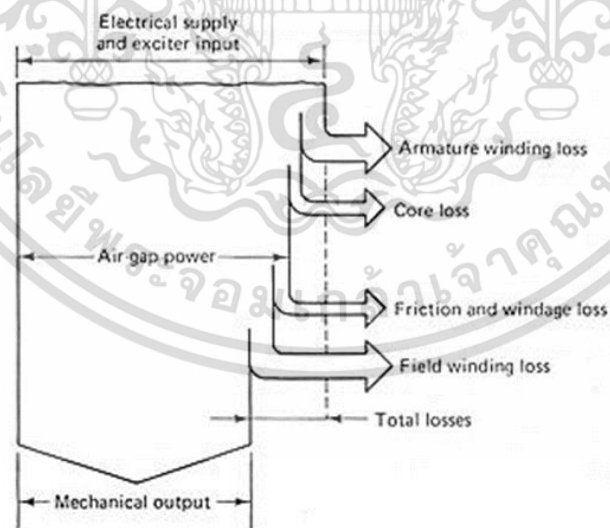
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous เริ่มต้นจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวดสเตเตอร์และหมุนด้วยความเร็ว Synchronous จากนั้นโรเตอร์จะหมุนตามซึ่งทำงานเหมือนกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบกรงกระรอก ครั้นเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวโรเตอร์จะเกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์เช่นเดียวกัน เป็นขั้วแม่เหล็กที่คงตัวโดยจะหมุนเกาะติดกับขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ด้วยความเร็ว Synchronous ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์ชนิดนี้จะตรงกับความเร็วของไฟฟ้ากระแสสลับและจำนวนขดลวดที่สเตเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม



รูปที่ 2.20 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous

กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัส แสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส

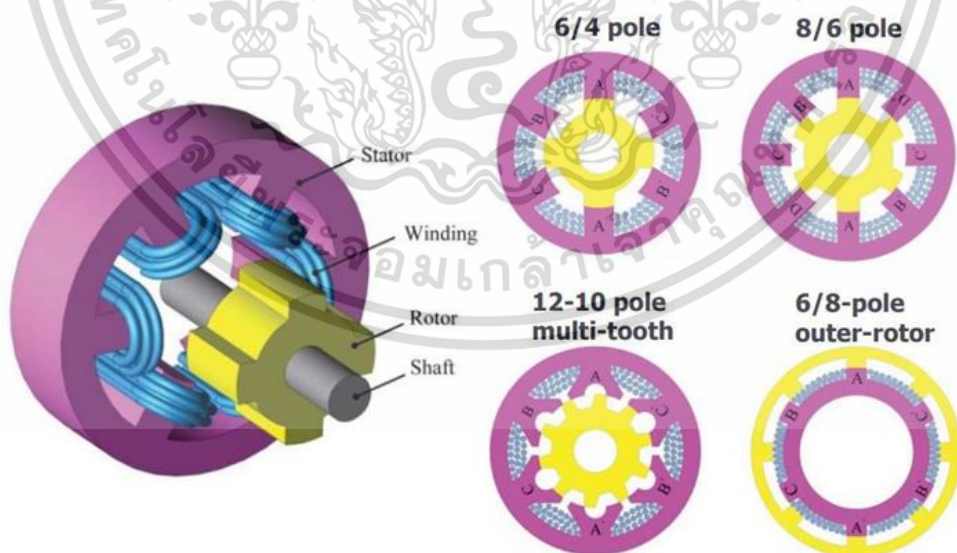
โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วเฉลี่ยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของแหล่งต้นกำลังและเป็นสัดส่วนกลับ กับจำนวนขั้วแม่เหล็กในขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator)
- ความเร็วคงที่ไม่่ว่ามีโหลดหรือไม่มีโหลด
- มอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงมากระตุ้น จะมีขนาดใหญ่กว่า 1 แรงม้า และต้องมี ไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายผ่าน Slip Rings
- มอเตอร์มีขนาดใหญ่ พิกัด 200–20,000 แรงม้า, ความเร็ว 150-1,800 รอบต่อนาที

3.) มอเตอร์แบบ Switched Reluctance (Switched Reluctance Motors) มอเตอร์แบบนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แต่วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุนนั้นเป็นเหล็กอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ซึ่งการทำงานอาศัยหลักการของวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กที่จะเคลื่อนตัวเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่มีความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อเนื้อวัสดุของแกนหมุนหลบห่างจากขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กก็จะมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แกนหมุนพยายามจะหมุนเคลื่อนที่เพื่อให้ขั้วของแกนหมุนอยู่ในแนวเดียวกับขั้วแม่เหล็กซึ่งจะทำให้ความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ดังนั้น การสลับจังหวะการสร้างสนามแม่เหล็กที่ขดลวดบนสเตเตอร์แต่ละขั้วอย่างเหมาะสมจะทำให้แกนหมุนเคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่อง จากหลักการข้างต้นส่งผลให้มอเตอร์แบบ Switched Reluctance ต้องการอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแกนหมุน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบไร้อุปกรณ์ตรวจจับขึ้น ประกอบกับราคาของอุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิทัลที่ลดลง จึงทำให้มอเตอร์แบบ Switched Reluctance มีการใช้งานแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance มีดังต่อไปนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

- ต้นทุนการผลิตต่ำ
- โครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อน
- พัฒนาเป็นมอเตอร์ความเร็วสูงได้ง่าย
- การบำรุงรักษาน้อย

ข้อด้อย

- ต้องการตำแหน่งโรเตอร์ในการควบคุมการทำงาน
- มีการกระเพื่อมของแรงบิด
- ไม่สามารถใช้งานได้โดยตรง ต้องใช้ชุดขับเคลื่อนทำงานร่วมกัน
- มีจำนวนสายที่ออกจากมอเตอร์มาก
- ใช้จำนวนอุปกรณ์สวิตซ์กำลังมาก

2.3.3 มอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ

นอกจากมอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีมอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ที่นำมาใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเติมอีก ดังนี้

1.) มอเตอร์แบบ Axial-Flux (Axial-Flux Motors) มอเตอร์ประเภทนี้ใช้เส้นแรงแม่เหล็กแตกต่างจากมอเตอร์แบบอื่น ๆ โดยเส้นแรงแม่เหล็กของมอเตอร์ปกติจะเคลื่อนตัวในแนวรัศมีผ่านช่องอากาศระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ แต่มอเตอร์แบบ Axial-flux นั้น เส้นแรงแม่เหล็กจะไหลขนานกับแกนของมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.23 จึงทำให้สามารถออกแบบโรเตอร์ได้บางและเบากว่ามอเตอร์แบบอื่น ๆ เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการเปลี่ยนอัตราเร็วอย่างรวดเร็ว (อัตราเร่งสูง)



รูปที่ 2.23 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Axial Flux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรเตอร์ของมอเตอร์แบบ Axial Flux Permanent-Magnet Brushless ลักษณะการวางขั้วแม่เหล็กถาวรทั้งสองแผ่นจะต้องวางสลับขั้วกันดังรูปที่ 2.24 โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Axial Flux ใช้เรซินหล่อทับแม่เหล็กเพื่อความแข็งแรงลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งผ่านจากแผ่นเหล็กแผ่นแรก (ขั้วเหนือ) ข้ามช่องว่างอากาศ (Air Gap) ไปยังอีกแผ่นหนึ่ง (ขั้วใต้) ผ่านแม่เหล็กจนครบวงจรแม่เหล็กเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้จะมีลักษณะการกระจายของเส้นแรงแม่เหล็กเป็นวงรอบปิดโดยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีลักษณะเสริมกันจึงทำให้ได้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กมากขึ้นเป็น 2 เท่า แต่อย่างไรก็ดี เมื่อค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux Density) ยิ่งมากขึ้นเท่าใดก็อาจยิ่งทำให้เกิดแรงบิดต้านมากขึ้นตามไปด้วย

รูปที่ 2.24 ตัวอย่างโรเตอร์แบบ Axial Flux Permanent Magnet Brushless

สเตเตอร์ (Stator) จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ มีหน้าที่ยึดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature-Winding) หรือขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาใช้งานโดยทั้งสองด้านของสเตเตอร์จะถูกประกบด้วยโรเตอร์ทั้งสองด้านเพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาเป็น 2 เท่า ในการที่นำขดลวดอาร์เมเจอร์มาติดกับขดของ สเตเตอร์นั้นเพื่อลดปัญหาในเรื่องการฉนวนไฟฟ้า และยึดขดลวดให้แข็งแรงได้ง่าย เนื่องจากไม่ถูกแรงเหวี่ยง หรือการสั่นสะเทือนเนื่องจากการหมุนได้ สเตเตอร์ของมอเตอร์ที่ใช้ลักษณะจะเป็นดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างสเตเตอร์แบบ Axial Flux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นต่าง ๆ

มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดกระแสสลับสามารถแบ่งออกเป็น Synchronous Motor และ Asynchronous Motor โดยรูปแบบการทำงานของ Synchronous Motor นั้นจะเริ่มต้นการทำงานโดยที่สนามแม่เหล็กจะต้องหมุนรอบอย่างช้า ๆ กระทั่งขั้วแม่เหล็กเกิดการดูดและล๊อคเข้ากับขั้วแม่เหล็กถาวรอีกด้านหนึ่งเสียก่อนแม่เหล็กทั้งสองด้านจึงจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากัน สำหรับเทคโนโลยีดังกล่าวถูกนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf

ส่วนรูปแบบการทำงานของ Asynchronous Motor ในการขับเคลื่อนมีหลักการทำงานคือ แกนฝั่งหนึ่งจะติดด้วยแม่เหล็กถาวร ในขณะที่อีกฝั่งจะเป็น Rotor ไม่สัมผัสกันและไม่ดูดเข้าหากันซึ่งวัสดุที่ใช้ อาจเป็นทองแดง หรืออลูมิเนียมก็ได้ และเมื่อแกนแม่เหล็กถาวรหมุนด้วยความเร็วรอบไปรอบ ๆ จะส่งผลให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นอยู่รอบตัว Rotor และทำให้เกิดแรงกระทำจนทำให้หมุนไปกับแกนแม่เหล็กถาวรจนมีความเร็วเท่ากันส่วนมากจะหมุนด้วยความเร็วคงที่ แต่ก็มีประเภทที่มีช่วงแปรผันตามความเร็วพบเห็นได้ในยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการกำลังสูง และมอเตอร์แบบนี้จะทำงานร่วมกับระบบตัดต่อกำลังแบบเกียร์เดียว (Single-Stage Helical Gearbox) ดังจะเห็นได้ในยานยนต์ไฟฟ้า MINI E ของบริษัท BMW

สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3 เฟส แบบไร้แปรงถ่าน (DC Brushless Motor) โดยมีมุมของแต่ละเฟสต่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า นิยมใช้กับรถจักรยานและจักรยานยนต์ไฟฟ้ามากที่สุดในปัจจุบัน โดยโครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้แตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน คือ เป็นมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ นอกจากนี้โครงสร้างยังประกอบไปด้วยแม่เหล็กถาวรกำลังสูงเป็นจำนวนมากจึงสามารถสร้างแรงบิดได้สูงอีกทั้งยังมีราคาที่ไม่สูงมากนัก แต่หากเปรียบเทียบสมรรถนะด้านกำลัง พบว่ายังไม่สามารถให้กำลังสูงเทียบเท่ากับมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous และ Asynchronous

จากการสำรวจมอเตอร์ประเภทต่าง ๆ ที่มีการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้า พบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจะเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำหรือมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าชนิดนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

Companies/ models	Year	Types of EMs	Companies/ models	Year	Types of EMs
All EV models	1839– 1989	DCM	VW CityStormer	1989	PM motor
Concept or G-Van	1989	DCM	BMW 325	1992	PM motor
Fiat Panda Elettra	1990	DCM	BMW 316i	1995	PM motor
Bertone Blitz	1992	DCM	Toyota Prius	1997–2004 2010–2011	PM motor

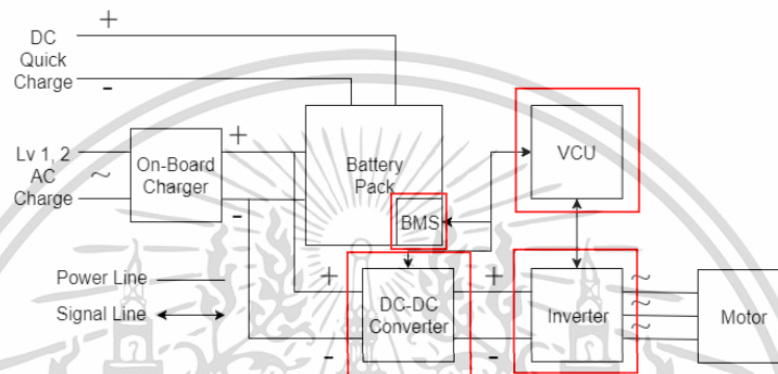
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peugeot/Berlingo-Saxo	1995	DCM	Honda EV Plus	1997	PM motor
Peugeot 106 – Partner	1999	DCM	Nissan Altar EV	1997	PM motor
Reva EV	2001	DCM	Toyota RAV4	1998	PM motor
Kewet Buddy	2007	DCM	Honda Insight	2000	PM motor
Nissan Micra HK10	1990	IM	Honda Civic HEV	2003–13	PM motor
Ford Ecostar	1992	IM	Ford Escape HEV	2005	PM motor
BMW 518i	1994	IM	Honda Accord	2006	PM motor
GM EV1	1996–9	IM	Toyota Camry	2007	PM motor
GM S-10	1997–8	IM	Chevrolet Tahoe	2008	PM motor
Ford Electric Ranger	1998–9	IM	Mitsubishi i-MiEV	2009	PM motor
Fiat Seicento Elettra	1998	IM	Chrysler Aspen	2009	PM motor
BMW X5	2003	IM	Volvo V70 PHEV	2009	PM motor
Ford Think City	2008–10	IM	BMW Active	2010	PM motor
Tesla Roadster	2008	IM	Nissan Leaf	2010	PM motor
Mini E	2009	IM	Chevrolet Volt	2011	PM motor
Micro-Vett Fiat 500	2009	IM	Ford Fusion HEV	2011	PM motor
Ford Focus EV	2010	IM	Peugeot 308	2011	PM motor
REVA NXR	2011	IM	Saab 9-3 epower	2011	PM motor
Chevrolet Malibu Eco	2013	IM	Volvo C30 DRIVE	2011	PM motor
Chloride Lucas	N/A	SRM	Audi A8	2012	PM motor
Renault Kangoo	2003	SM	Toyota Prius PHEV	2012	PM motor
Renault Fluence ZE	2011	SM	Ford Focus	2012	PM motor
ABB	–	SynRM	Volkswagen Jetta	2013	PM motor
Brusa	–	PMaSRM	Lincoln MKZ	2013	PM motor

2.4 ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า[4]

ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า (Power Control Unit : PCU) ถือเป็นอีกหนึ่งส่วนประกอบสำคัญที่ต้องทำงานผสมกับชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังจะทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการขับเคลื่อนของมอเตอร์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานระหว่างมอเตอร์ขับเคลื่อน และแบตเตอรี่ ซึ่งในการทำงานร่วมกับมอเตอร์นั้น ชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังจะทำงานใน 4 รูปแบบหลัก (Four-Quadrant Operation) ประกอบด้วย 1) การขับเคลื่อนเดินหน้า 2) การสร้างพลังงานไฟฟ้าย้อนกลับ (Regenerative Braking) ขณะเดินหน้า 3) การขับเคลื่อนถอยหลัง และ 4) การสร้างพลังงานไฟฟ้าย้อนกลับ (Regenerative Braking) ขณะถอยหลัง ซึ่งในการทำงานในแต่ละรูปแบบดังกล่าว ยังสามารถปรับแต่งรูปแบบการทำงานย่อยเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการขับเคลื่อนหรือการประหยัดพลังงานได้อีก จากที่กล่าวมาข้างต้น การทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ย่อยต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบในการทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง

2.4.1 Inverter

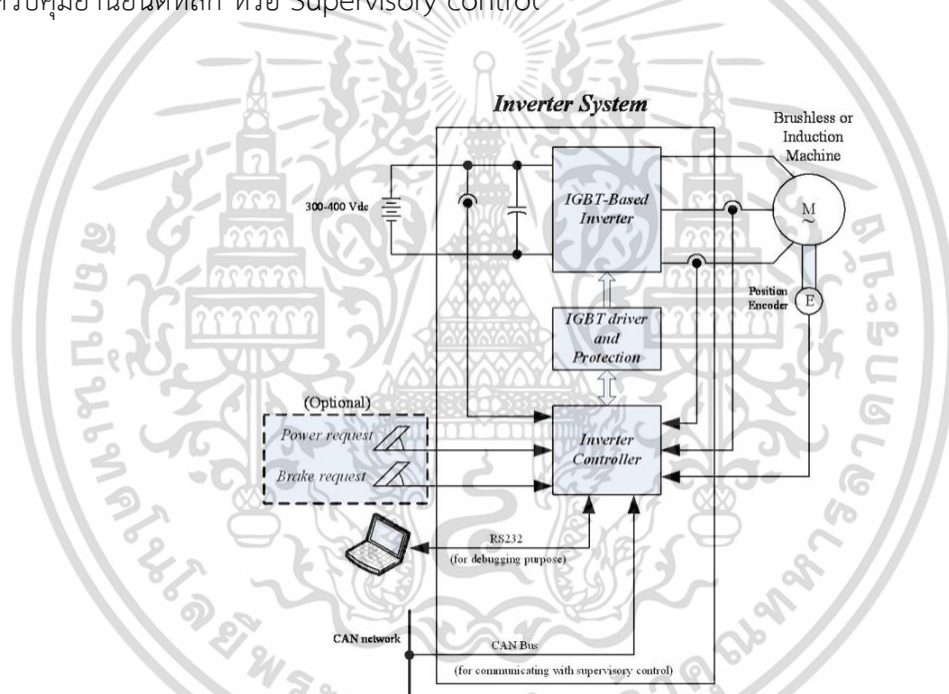
อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยอาศัยเทคนิคที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ PWM (Pulse width modulation) ซึ่งหมายถึง การแปรความกว้างของพัลส์ที่ใช้เปิด-ปิดทรานซิสเตอร์ เพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยจะใช้อินเวอร์เตอร์ 1 ชุด ขับมอเตอร์ 1 ตัว ซึ่งชุดอินเวอร์เตอร์ดังกล่าวจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อน (Cooling System) เพื่อระบายความร้อนออกจากตัวอินเวอร์เตอร์ เนื่องจากในขณะที่ย้ายกระแส อินเวอร์เตอร์จะเกิดความร้อนสะสมสูงที่ชุด IGBT ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องระบายความร้อนออกจากอินเวอร์เตอร์เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.27 จะเป็นชนิดแหล่งจ่ายแรงดันหรือ Voltage-source inverter ซึ่งอินเวอร์เตอร์แบบนี้สามารถต่อชุดแบตเตอรี่เข้าทางขาเข้า (Input) ของอินเวอร์เตอร์ได้โดยตรง โดยทั่วไปวงจรกำลังจะประกอบขึ้นจากสวิตช์กำลังชนิด IGBT เป็นหลัก อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแบตเตอรี่ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่โดยทั่วไปมีรูปคลื่นเป็นแรงดัน PWM การควบคุมแรงดัน PWM ให้เหมาะสมกับมอเตอร์กระแสสลับนี้เป็นหน้าที่หลักของชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ (Inverter controller) ที่จะประมวลผลสัญญาณเข้าและสัญญาณป้อนกลับต่าง ๆ แล้วสั่งการทำงานวงจรกำลังผ่านทางวงจรขับ IGBT (IGBT driver) ในวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.35 จะเป็นชนิดแหล่งจ่ายแรงดันหรือ Voltage-source inverter ซึ่งอินเวอร์เตอร์แบบนี้สามารถต่อชุดแบตเตอรี่เข้าทางขาเข้า (Input) ของอินเวอร์เตอร์ได้โดยตรง โดยทั่วไปวงจรกำลังจะประกอบขึ้นจากสวิตช์กำลังชนิด IGBT เป็นหลัก อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแบตเตอรี่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่โดยทั่วไปมีรูปคลื่นเป็นแรงดัน PWM การควบคุมแรงดัน PWM ให้เหมาะสมกับมอเตอร์กระแสสลับนี้เป็นหน้าที่หลักของชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ (Inverter controller) ที่จะประมวลผลสัญญาณเข้าและสัญญาณป้อนกลับต่าง ๆ แล้วสั่งการทำงานวงจรกำลังผ่านทางวงจรขับ IGBT (IGBT driver) ใน

คำสั่งสัญญาณเข้าสำคัญที่จะต้องกล่าวถึงคือ ความต้องการกำลัง (Power request) และความต้องการเบรก (Brake request) ซึ่งสัญญาณนี้อาจส่งมาจาก คันเร่งหรือคันเบรกโดยตรง ซึ่งเหมาะสมกับระบบยานยนต์ไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อน หรืออาจได้รับการสื่อสารผ่านระบบ CAN bus แม้ว่าโครงข่าย CAN bus โดยทั่วไปจะเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญในระบบยานยนต์ไฟฟ้า แต่คำสั่งเร่งและเบรก มักจะถูกส่งมาจากระบบควบคุมยานยนต์หลัก หรือ Supervisory control



รูปที่ 2.27 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

2.4.2 Vehicle Control Unit (VCU)

Vehicle Control Unit (VCU) ถือเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากทำหน้าที่ในการควบคุมและตรวจสอบการทำงานของหน่วยควบคุมส่วนอื่น ๆ ทั้งหมดของตัวรถ อาทิเช่น หน่วยควบคุมของมอเตอร์ไฟฟ้า, ระบบ Regenerative Braking รวมถึงระบบ Power Supply ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่ง Vehicle Control Unit (VCU) นั้นเปรียบเทียบกับ Electronic Control Unit (ECU) ในยานยนต์เครื่องยนต์สันดาป

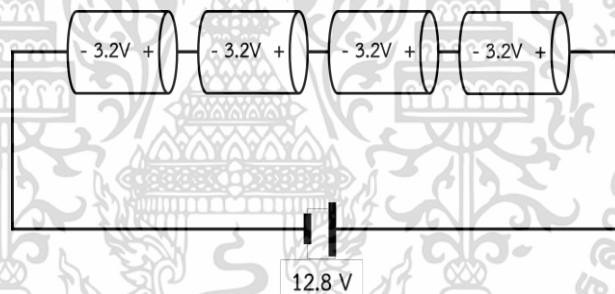
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 DC-DC Converter

อุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า คือ DC-DC Converter ซึ่งเป็นอุปกรณ์ปรับแรงดันของไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง โดยอุปกรณ์ดังกล่าวในยานยนต์ไฟฟ้าจะใช้เพื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่มีค่าต่ำให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นก่อนส่งต่อไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ ซึ่ง Converter ที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นเรียกว่า Boost Converter ในขณะที่ Converter ที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเรียกว่า Step Down Converter หรือ Buck Converter

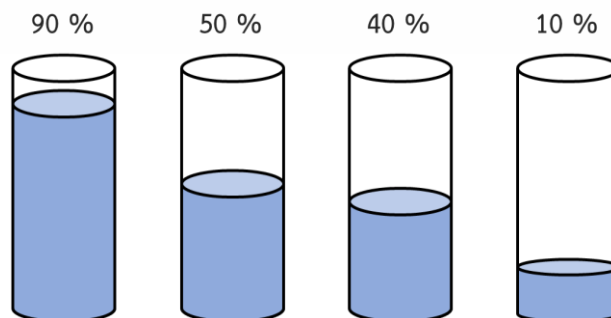
2.4.4 Battery Management System

Battery Management System (BMS) หรือ ระบบการจัดการแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ในการ Maintain balance cell battery เพื่ออัดไฟให้เต็มมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ โดยการวัดกระแส และการวัดแรงดัน เมื่อเราต้องการแบตเตอรี่ที่มีแรงดันมากขึ้น เราจึงต้องนำแบตเตอรี่หลาย ๆ ก้อนมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่เราต้องการ เช่น เมื่อต้องการแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟสที่แรงดัน 12V จะต้องต่ออนุกรมกัน ทั้งหมด 4 ก้อน จะได้ $3.2V \times 4S = 12.8V$ (แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟส 3.2V ต่อ ก้อน) ดังแสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

จากรูปที่ 2.28 เราจะได้แรงดันไฟฟ้าจากการต่อแบตเตอรี่แบบนี้ คือ 12 โวลต์ ดูแล้วไม่น่าจะมีปัญหาอะไร แต่ในความเป็นจริง ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อนจะไม่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน เมื่อแบตเตอรี่ก้อนใดก้อนหนึ่งหมดก่อน (ก้อน 10%) แบตเตอรี่ก้อนนั้นจะเกิดความเสียหายได้ เพราะว่าจ่ายกระแสไฟฟ้าเกิดกว่าความจุของตัวเอง เนื่องจากก้อนอื่น ๆ ยังจ่ายกระแสได้อยู่ หรือถ้าเรานำไปชาร์จไฟ ก้อนที่มีความจุมากที่สุด (ก้อน 90%) จะเกิด Over Charge ก็จะทำให้แบตเตอรี่ก้อนนั้นเกิดความเสียหายด้วยเหมือนกัน เนื่องจากก้อนอื่น ๆ ยังชาร์จอยู่ เราจึงต้องมีระบบ BMS (Battery Management System) เข้ามาช่วยจัดการแบตเตอรี่ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละก้อนที่มาต่อแบบอนุกรมกันนั้นมีปริมาณเท่ากันตลอดเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และยืดอายุของแบตเตอรี่ BMS จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า หรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อให้แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละก้อนเท่ากันอยู่เสมอ (เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เท่ากัน หมายความว่าปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่จะเท่ากันด้วย)

2.5 การคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

การคำนวณขนาดความจุ (Ah) ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า มีความสำคัญอย่างมาก จำเป็นต้องคำนวณเพื่อดูว่าต้องใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีขนาดความจุแบตเตอรี่ (Ah) เท่าไหร่ (ตัวอย่างเช่น หากต้องการใช้งานจักรยานไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ BLDC 48V 1500 วัตต์) เราสามารถทำการหาได้จาก 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : หาค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการทำงาน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ; กำลังไฟฟ้า} &= \text{แรงดันไฟฟ้า} \times \text{กระแสไฟฟ้า} \\ 1500 &= 48 \times \text{กระแสไฟฟ้า} \\ \text{กระแสไฟฟ้า} &= (1500 \div 48) = 31.25 \text{ แอมแปร์ (ตามทฤษฎี)} \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 2 : หาค่าการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (Wh)

เช่น มีการใช้งานมอเตอร์ขนาด 1500 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

จะได้ $1500 \text{ วัตต์} \times 1 \text{ ชั่วโมง}$

คือ มีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ $1500 \text{ วัตต์ชั่วโมง (Wh)}$

และใช้ประสิทธิภาพ 80% สำหรับแบตเตอรี่

จะได้ $1500 \div 0.8 = 1875 \text{ วัตต์ชั่วโมง (Wh)}$

ขั้นตอนที่ 3 : เปลี่ยนการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (Wh) เป็นค่าความจุแบตเตอรี่ (Ah)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ; การใช้พลังงาน} &= \text{แรงดันไฟฟ้า} \times \text{ความจุ} \\ 1875 &= 48 \times \text{ความจุ} \\ \text{ความจุ} &= (1875 \div 48) \\ &= 39.06 \text{ Ah (ประมาณ 40 Ah)} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการใช้งานมอเตอร์ 1500 วัตต์เป็นเวลา 1 ชม. จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 48V 40 Ah และหากจักรยานไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 35 กม./ชม. จะสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทาง 35 กม. หากต้องการเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 70 กม. จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 48V 80Ah และหากต้องการเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 105 กม. จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 48V 120Ah

โดยปกติแบตเตอรี่รถยนต์ 12V และแบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V โหมดการชาร์จ ทั้ง Float charge (stand-by use) คือการชาร์จที่แรงดัน 13.6V - 13.8V และ Equal charge (cycle use) คือการชาร์จที่แรงดัน 14.2 - 14.9V เราจะชาร์จที่ 10 % ของความจุแบตเตอรี่ (Ah)

วิธีการคำนวณ

$$\text{กระแสที่ควรชาร์จ} = 10\% \times \text{ขนาดความจุแบตเตอรี่ (Ah)}$$

ตัวอย่าง เช่น

- แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah : $0.1 \times 65 = 6.5A$ ดังนั้น ควรชาร์จด้วยกระแส 6.5A
- แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 100Ah : $0.1 \times 100 = 10A$ ดังนั้น ควรชาร์จด้วยกระแส 10A
- แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V 5Ah : $0.1 \times 5 = 0.5A$ ดังนั้น ควรชาร์จด้วยกระแส 0.5A

การชาร์จควรชาร์จแบตเตอรี่นานกี่ชั่วโมง ดูค่าได้จากกราฟใน data sheet ของแบตเตอรี่รุ่นที่เราใช้ ส่วนใหญ่เมื่อแบตเตอรี่หมดประจุ จะเหลือความจุแบตเตอรี่ (Ah) ประมาณ 35% ดังนั้นจึงต้องชาร์จเพิ่มอีก 65% เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม

วิธีการคำนวณ

$$\text{จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม} = 65\% \times \text{ขนาดแบตเตอรี่ (Ah)}$$

$$\text{จำนวนชั่วโมง ชาร์จ} = \text{จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม} \div \text{กระแสที่ควรชาร์จ}$$

ตัวอย่าง เช่น

- แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah

$$\text{จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม} = 0.65 \times 65Ah = 42.25Ah$$

$$\text{จำนวนชั่วโมง ชาร์จ} = 42.25Ah \div 6.5A = 6.5 \text{ ชม.} \approx 7 \text{ ชม.}$$

หมายถึง แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah เมื่อแบตเตอรี่หมด เราควรชาร์จเพิ่มอีก 42.25Ah

โดยชาร์จด้วยกระแส 6.5A เป็นเวลาประมาณ 7 ชม.

- แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V 5Ah

$$\text{จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม} = 0.65 \times 5 \text{ Ah} = 3.25 \text{ Ah}$$

$$\text{จำนวนชั่วโมง ชาร์จ} = 3.25Ah \div 0.5A = 6.5 \text{ ชม.} \approx 7 \text{ ชม.}$$

หมายถึง แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V 5Ah เมื่อแบตเตอรี่หมด เราควรชาร์จเพิ่มอีก

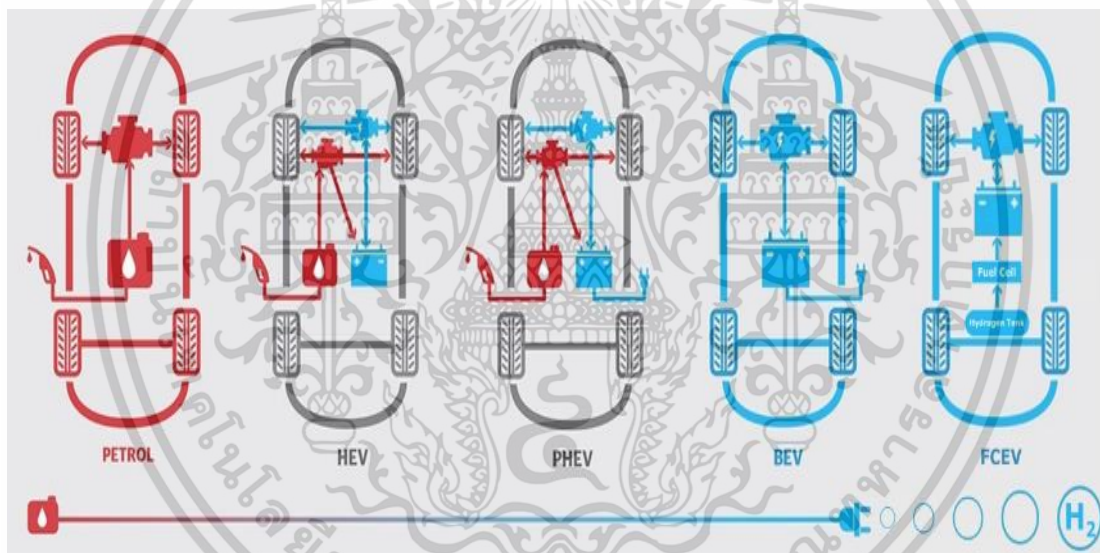
3.25Ah โดยชาร์จด้วยกระแส 0.5A เป็นเวลาประมาณ 7 ชม.

2.6 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า[5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) หมายถึงยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้แบบสันดาปภายใน โดยจะใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือพลังงานอื่น ๆ โดยยานยนต์ไฟฟ้าจะเก็บพลังงานไฟฟ้าเอาไว้ในแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จไฟกลับเข้าไปใหม่ได้ และนำพลังงานจากแบตเตอรี่มาใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องมีกลไกลอะโรมาคมเหมือนการขับเคลื่อนในยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดเผาไหม้เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงาน ทำให้เสียงเงียบในขณะที่ใช้งาน และไม่มีไอเสียจากการเผาผลาญพลังงาน รถยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามชื่อเรียก และกลุ่มของการใช้พลังงานในการขับเคลื่อน ตั้งแต่การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมผสานกับการใช้ระบบไฟฟ้า จนถึงการใช้ระบบไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวในการขับเคลื่อน และยังมียานยนต์ที่กำลังพัฒนาอีกชนิดหนึ่งซึ่งขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจน ซึ่งคาดว่าจะเข้ามาถึงตลาดได้ภายในไม่นานนี้ ในปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ



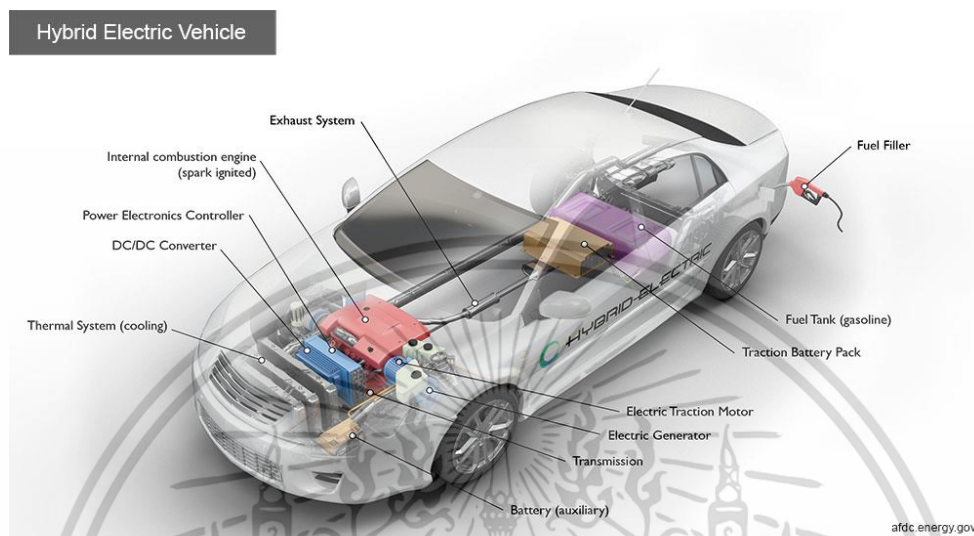
รูปที่ 2.30 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า

2.6.1 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV) ประกอบด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน ทำงานร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าเสริมกำลังขับเคลื่อนและสนับสนุนการเบรกแบบผันกลับ (Regenerative braking) เพื่อเก็บสำรองพลังงานในรูปพลังงานไฟฟ้า จึงเป็นการผสมผสานระหว่างเครื่องยนต์กับมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.31 ซึ่งทำให้ระบบขับเคลื่อนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่ายานยนต์ปกติ กำลังที่ผลิตจากเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้อัตราเร่งของยานยนต์สูงกว่ายานยนต์ที่มีเครื่องยนต์ขนาดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบัน ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดในตลาดมีอยู่หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่นรูปแบบ Full Hybrid ที่สามารถมีกำลังขับเคลื่อนไฟฟ้าได้ถึง 100% ในขณะที่รูปแบบ Mild Hybrid หมายถึงชุดส่งกำลังแบบไฮบริดที่มีสัดส่วนกำลังขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ ไม่เกิน 40%

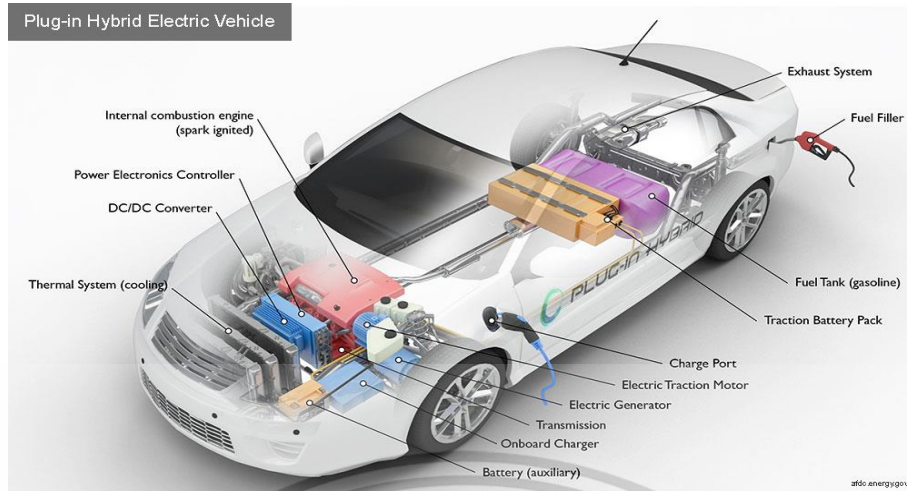


รูปที่ 2.31 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV)

2.6.2 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด

ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนาต่อมาจากยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด โดยสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าได้จากแหล่งภายนอก (Plug-in) ทำให้ยานยนต์สามารถใช้พลังงานพร้อมกันจาก 2 แหล่ง ดังรูปที่ 2.32 จะเห็นได้ว่ามีแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ขึ้นจากแบบไฮบริดธรรมดา จึงสามารถวิ่งในระยะทางที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้าโดยตรงเพิ่มขึ้น ยานยนต์ไฟฟ้าแบบ PHEV มีการออกแบบอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่รูปแบบ Extended Range EV หรือ (E-REV) ที่เน้นการทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักก่อน และรูปแบบ Blended PHEV ที่มีการทำงานผสมผสานระหว่างเครื่องยนต์และไฟฟ้า ดังนั้นยานยนต์ไฟฟ้าแบบ E-REV สามารถวิ่งด้วยพลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวมากกว่าแบบ Blended PHEV

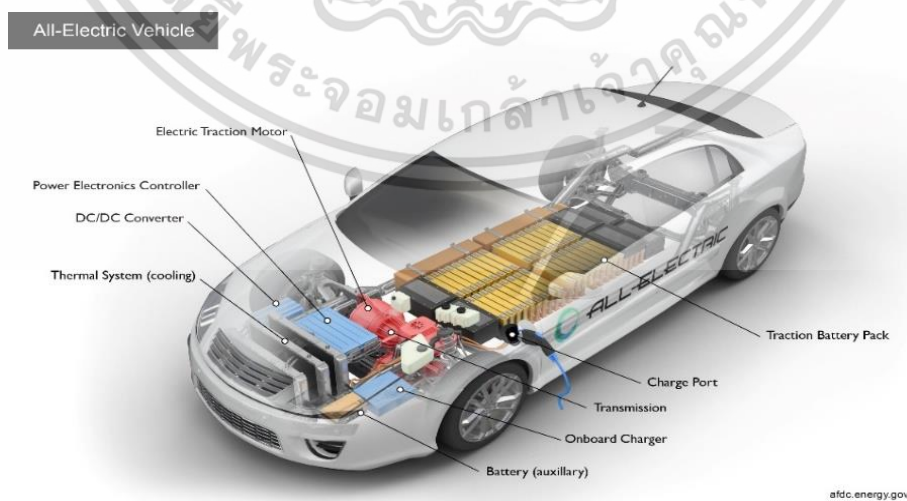
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)

2.6.3 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่

ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้นกำลังให้ยานยนต์เคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่เท่านั้น ดังรูปที่ 2.33 จะเห็นได้ว่ามีความเรียบง่ายในการจัดวางอุปกรณ์มาก ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์ ดังนั้นระยะทางการวิ่งของยานยนต์จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบขนาดและชนิดของแบตเตอรี่ รวมทั้งน้ำหนักบรรทุกทุก อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันบริษัทรถยนต์ได้มีการผลิต และจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ขึ้นในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ที่ดีขึ้นและราคาที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่มีความเป็นไปได้มากขึ้น

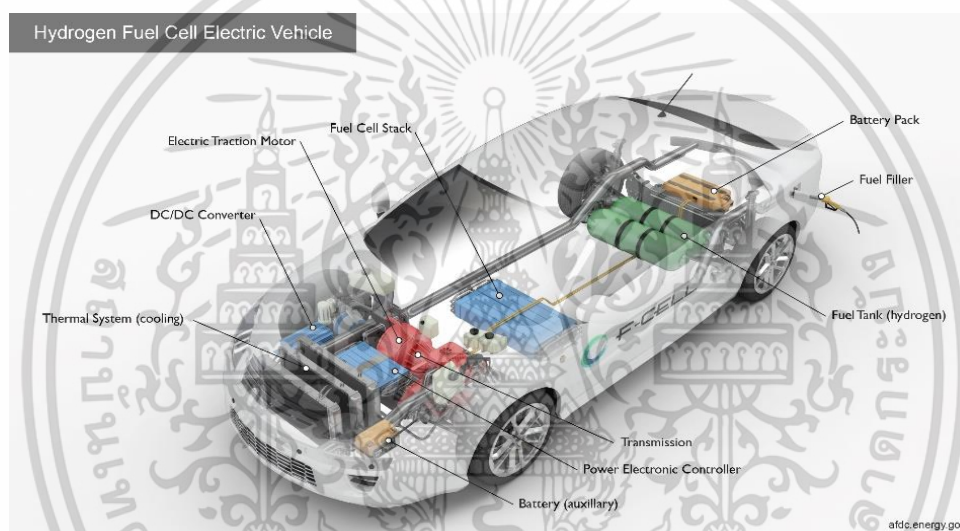


รูปที่ 2.33 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง

ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่มีชุดเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell stack) ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยใช้แหล่งพลังงานคือแก๊สไฮโดรเจนที่บรรจุในถัง (Fuel tank) ตามรูปที่ 2.34 โดยการขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric traction motor) ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงมีข้อดีหลายๆ ประการ ข้อดีที่สำคัญที่สุดคือ ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงถึง 60% และความจุพลังงานจำเพาะที่สูงกว่าแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่บริษัทรถยนต์เชื่อว่าเป็นคำตอบของพลังงานสะอาดในอนาคต อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการผลิตไฮโดรเจนในปัจจุบันเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแบบดั้งเดิมที่ยังมีราคาแพง และโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขนถ่ายและการจัดเก็บไฮโดรเจนที่ต้องใช้ต้นทุนสูง



รูปที่ 2.34 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)

ในโครงการนี้จะเน้นยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) ในขณะที่ประเด็นหลักการทำงานส่วนมากก็ใช้ได้กับยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) และยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (HEV) ด้วย

หากพิจารณาระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนด้วยกัน คือ 1) มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction Motor) 2) ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) 3) ระบบควบคุม (Controller) และ 4) ระบบประจุพลังงาน (Charging System) ซึ่งมอเตอร์ขับเคลื่อนจะทำหน้าที่เป็นต้นกำลังหลักแทนเครื่องยนต์ โดยมอเตอร์จะถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมมอเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมแรงบิดและกำลังขับ โดยการใช้การควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระโหลด ทั้งนี้ ระบบไฟฟ้ากำลังจะทำหน้าที่ปรับระดับกระแสและแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับคำสั่งจากชุดควบคุมมอเตอร์ตามประเภทของมอเตอร์ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 Node MCU ESP8266[6]

NodeMCU เป็นบอร์ดที่ใช้ ESP8266 เป็น CPU สำหรับประมวลผลโปรแกรมต่างๆ มีข้อดีกว่า Arduino ตรงที่ตัวมันมีขนาดเล็กกว่า มีพื้นที่เขียนโปรแกรมลงไปมากกว่า และสามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้ บนบอร์ดรุ่นนี้ใช้ ESP8266 12E มีพื้นที่หน่วยความจำรวมสูงถึง 4MB เพียงพอสำหรับการเขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ อีกทั้งภายในยังเป็น ARM ขนาดย่อๆ ใช้ความถี่สูงถึง 40MHz ทำให้สามารถประมวลผลโค้ดโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว เหมาะมากสำหรับงาน Smart Home และ IoT



รูปที่ 2.35 Node MCU ESP8266 V2.0

2.7.2 Hall Effect Sensor[7]

เซนเซอร์ Hall Effect เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ติดตั้งกับแผงวงจรซึ่งสามารถวัดสนามแม่เหล็กได้ มันถูกออกแบบมาตามหลักการของเอฟเฟกต์ฮอลล์ซึ่งมีสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับกระแสไฟฟ้าในวงจรทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในอีกด้านหนึ่ง เซนเซอร์สามารถอยู่ในรูปแบบของชิปตัวเดียวพร้อมกับส่วนประกอบเพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จำเป็นต้องใช้เครื่องขยายเสียงสำหรับสัญญาณเพื่อทำการวัดค่าที่แม่นยำเช่นกัน มีเอาต์พุตเซ็นเซอร์แบบเอาต์พุตแบบอนาล็อกและดิจิตอลให้เลือกใช้ทั้งในคอมพิวเตอร์รถยนต์และระบบควบคุมอุตสาหกรรม

ในเซนเซอร์เอฟเฟกต์ฮอลล์แบบอนาล็อกแรงดันไฟฟ้าจากเอาต์พุตมักเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสนามแม่เหล็กซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งบวกหรือลบ แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นพร้อมความเข้มสนามแม่เหล็กและหากไม่มีการเปิดสนามแรงดันไฟฟ้าศูนย์จะแทนค่าของกำลังที่จะผ่าน เอาต์พุตของเซ็นเซอร์เมื่อเทียบกับอินพุตถูกอธิบายโดยฟังก์ชันการถ่ายโอนซึ่งคำนึงถึงเอาต์พุตโดยไม่มีสนามแม่เหล็กความไวและช่วงเอาต์พุต

ด้วยเซ็นเซอร์เอฟเฟกต์ฮอลล์เอาต์พุตดิจิตอลเอาต์พุตจะถูกกำหนดโดยสถานะเปิดและปิดเท่านั้น เซนเซอร์อนาล็อกสามารถแปลงเป็นดิจิตอลได้โดยใช้วงจรเฉพาะซึ่งเป็นวงจรทรานซิสเตอร์ มิฉะนั้นเอาต์พุตจะไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเว้นแต่ว่าสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเพียงพอ นอกจากนี้เซ็นเซอร์ดิจิตอลยังสามารถขับเคลื่อนด้วยวัสดุสิ้นเปลืองที่มีการควบคุมหรือไม่ได้รับการควบคุมขึ้นอยู่กับสิ่งที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพ็คเกจจอร์รวมขนาดเล็กเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการติดตั้งเซ็นเซอร์ฮอลล์เอฟเฟกต์ฮอลล์พร้อมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง เซ็นเซอร์ที่เกิดขึ้นจริงมีขนาดเล็กเกินไปที่จะมองเห็นและสามารถวางไว้ที่ใดก็ได้บนแผงวงจร ในเวลาเดียวกันพวกเขาสามารถทนต่อการขีดข่วนและอุณหภูมิที่สูงเกินไป ดังนั้น เซ็นเซอร์ Hall Effect สามารถใช้สำหรับการตรวจจับความเร็วในระบบควบคุมอุตสาหกรรม ยังสามารถตรวจจับความแรงและทิศทางของสนามแม่เหล็กทำให้สามารถตรวจจับทิศทางได้ ใช้เป็นเซ็นเซอร์ตำแหน่ง เป็นไปได้เช่นกัน

อิเล็กทรอนิกส์ที่มีเซ็นเซอร์ Hall Effect รวมอยู่ในระบบเบรกถยนต์และระบบจุดระเบิด โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์พกพาอื่น ๆ มีให้เช่นกันเพื่อเพิ่มฟังก์ชันและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่ต้องการ ตำแหน่งการเคลื่อนไหวและการตรวจจับความเร็ว เซ็นเซอร์ Hall Effect มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเซ็นเซอร์ที่คล้ายกันดังนั้นจึงสามารถซื้อและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเชิงเศรษฐกิจได้



รูปที่ 2.36 Hall Effect Sensor ACS 712

2.7.3 อาร์เอฟไอดี RFID (Radio Frequency Identification)

คือ การระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ มีลักษณะเป็นป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (RFID Tag) ที่สามารถอ่านค่าได้โดยผ่านคลื่นวิทยุ เพื่อตรวจสอบ ติดตามและบันทึกข้อมูลที่ติดอยู่กับป้าย ในกรณีที่เป็นฉลากสินค้า RFID ก็จะถูกนำมาใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เพื่อให้สามารถทราบถึงที่มาที่ไปของสินค้าชิ้นนั้นได้ ทั้งข้อมูลผู้ผลิต วันที่ผลิต ส่วนประกอบ รวมถึงตำแหน่งของสินค้านั้นๆ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการสัมผัส (Contact-less) หรือต้องเห็นของสิ่งนั้น ทำงานโดยใช้เครื่องอ่านที่สื่อสารกับป้ายด้วยคลื่นวิทยุในการอ่านและเขียนข้อมูล ซึ่ง RFID จะมี 3 องค์ประกอบหลักด้วยกันดังนี้

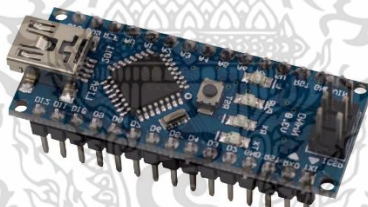
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 อาร์เอฟไอดี RFID

2.7.4 Arduino Nano

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์ ATmega328P-AU เป็นไอซีหลัก ซึ่งภายในตัวไอซีจะขา INPUT และ OUTPUT แบบดิจิตอลจำนวน 14 ขา (สามารถใช้เป็นขา PWM output จำนวน 6 ขา) นอกจากนั้นยังมีขาแบบ Analog ให้อ่านค่าจำนวน 8 ขา บนบอร์ดยังมีสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายสำหรับผู้เริ่มต้น เช่น ขั้ว USB แบบ MiniUSB ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์, ขั้วต่อ ICSP และปุ่ม Reset เป็นต้น บอร์ด NANO 3.0 สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE ได้ทุกเวอร์ชัน ขนาดของ Flash Memory คือ 32 กิโลไบต์ (โดยถูกจองด้วยโปรแกรม bootloader เป็นจำนวน 0.5 กิโลไบต์) ขนาดของ SRAM คือ 2 กิโลไบต์ และขนาดของ EEPROM คือ 1 กิโลไบต์

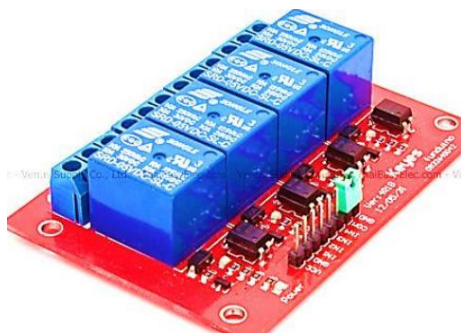


รูปที่ 2.38 Arduino Nano

2.7.5 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

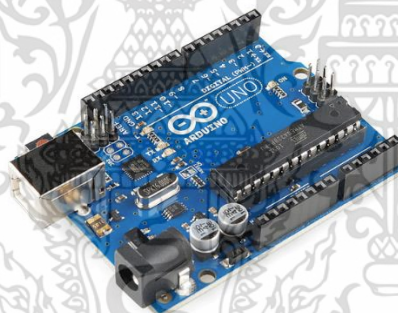
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 Relay

2.7.6 Arduino Uno R3

เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย



รูปที่ 2.40 Arduino Uno R3

2.7.7 วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down

หรือเรียกอีกแบบว่า Buck Converter (บัคคอนเวอร์เตอร์) ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตชิง-ตัวเหนี่ยวนำ(L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ IC ตระกูล 78xx / 317 ทัวไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแส Output เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down

2.7.8 เซ็นเซอร์วัดระยะทาง Ultrasonic Module HC-SR04

เซ็นเซอร์วัดระยะทางด้วย Ultrasonic ใช้หลักการ ส่งคลื่นเสียงความถี่ต่ำ Ultrasonic ไปเมื่อคลื่นเสียงกระทบกับวัตถุจะมีการสะท้อนกลับมา เซ็นเซอร์จับเวลาที่ส่งคลื่นเสียงออกไปจนถึงคลื่นเสียงสะท้อนกลับมา เมื่อนำมาคำนวณกับเวลาที่เสียงเดินทางในอากาศ ก็จะได้ระยะทางออกมาโมดูล Ultrasonic ตรวจจับวัตถุ คำนวณระยะทางโดยใช้คลื่น มีลักษณะเป็นกรวยและไม่ใช่เส้นตรง จึงเหมาะสำหรับใช้ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วย



รูปที่ 2.42 วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down

2.7.9 หลอดไฟ LED

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำพวกสารกึ่งตัวนำ ที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าที่ตัวมัน โดยปกติหลอดชนิดนี้สามารถเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และประสิทธิภาพในการให้แสงก็ยิ่งดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กๆ หลอด LED สามารถให้แสงได้หลายๆ ความยาวคลื่น เช่นสามารถให้แสงสีแดง ,แสงสีน้ำเงิน ,แสงสีเขียว ,แสงสีขาว ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 หลอดไฟ LED

2.7.10 Buzzer บีซเซอร์

คือ ลำโพงแบบแม่เหล็กหรือ แบบเปียโซที่มีวงจรถ่ายความถี่ (oscillator) อยู่ภายในตัว ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5V สามารถสร้างเสียงเตือนหรือส่งสัญญาณที่เป็นรูปแบบต่างๆเราอาจจะเคยได้ยินเสียงบีซเซอร์อยู่บ่อยๆ เช่น เสียง บีบที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ก็ใช้บีซเซอร์ในการส่งสัญญาณให้ทราบสถานะของคอมพิวเตอร์ให้ทราบว่ามีปัญหาอะไร



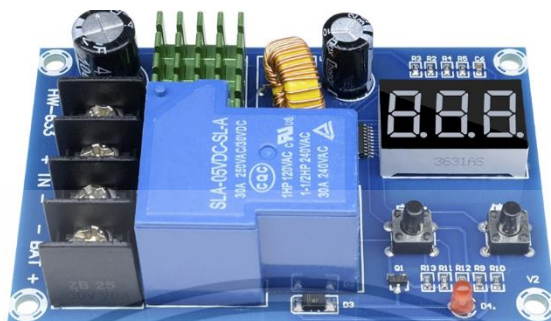
รูปที่ 2.44 Buzzer บีซเซอร์

2.7.11 โมดูลควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ Lithium XH-M604 Battery Charge Control

Module DC 6V-60V Digital Overcharge Protection Switch

รูปด้านบนเป็นแผงผังของหลักการควบคุม หลังจากตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าแล้วบอร์ดหลักจะควบคุมสายไฟสายใดสายหนึ่งของเครื่องชาร์จผ่านรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิดและปิดเอาต์พุตของเครื่องชาร์จ ตัวอย่างเช่นในการชาร์จแบตเตอรี่ 12V ช่วงแรงดันไฟฟ้าในการชาร์จคือ 10.8 ~ 14.4 ตั้งแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 10.8V (เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะต่ำกว่า 12V หลังจากทีแบตเตอรี่หมดตามปกติ 10.8V คือค่าอ้างอิงแรงดันไฟฟ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

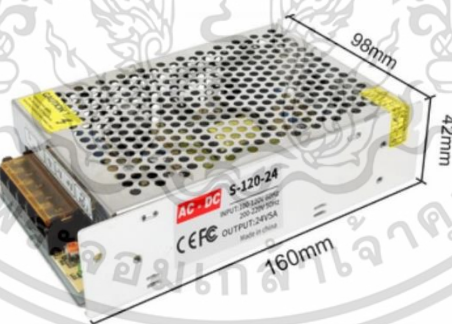
ที่ต้องชาร์จหลังจากแบตเตอรี่หมด) แรงดันไฟฟ้าหยุดถูกตั้งไว้ที่ 14.4 V. เมื่อตรวจพบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เกิน 14.4V รีเลย์จะตัดเครื่องชาร์จโดยไม่จำเป็นต้องดึงที่ชาร์จด้วยมือและตัดไฟโดยอัตโนมัติซึ่งไม่เพียงช่วยประหยัดพลังงาน แต่ยังช่วยยืดอายุการใช้งานของ แบตเตอรี่และป้องกันการเสียหาย



รูปที่ 2.45 โมดูลควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

2.7.12 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ AC ให้เป็นไฟฟ้าแรงดันไฟต่ำ DC เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์หรือใช้ในปั๊มน้ำ DC12V หรือ DC 24V โดยไฟ 220 เป็น 12V หรือ 24V ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำ เช่นเดียวกัน แต่สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงและน้ำหนักร่น้อย อีกทั้งสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย



รูปที่ 2.46 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย

2.7.13 โซลินอยด์วาล์ว 5/2

ทาง ใช้ควบคุมการไหลของลมได้ทั้งไปและกลับ การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 5/2 เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์วาล์วขดลวดโซลินอยด์จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดการผลักแกนสปริงเอาชนะแรงสปริงจึงเกิดการไหลของลมไปยังยังกระบอกลมจึงทำให้กระบอกลมยืดออกทำให้แรงดันลมที่ค้างอยู่ภายในกระบอกลมก็就会被ปล่อยทิ้งและเมื่อหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าสปริงก็จะดันให้แกนสปริงเคลื่อนที่กลับมาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

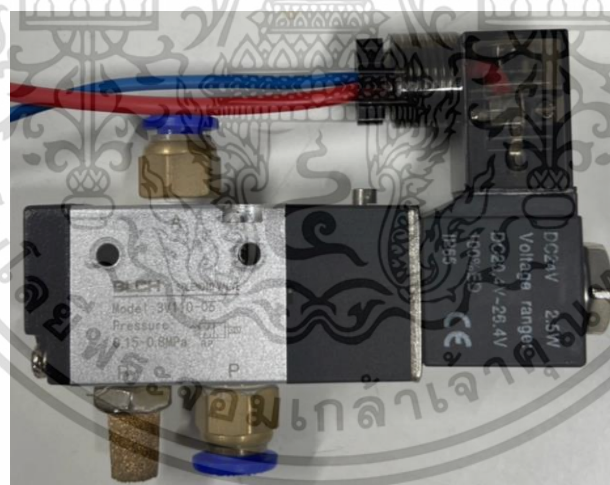
ยังตำแหน่งเดิมทำให้กระบอกลมมีการหดเข้าแล้วดันลมที่ค้างอยู่ในกระบอกลมอีกด้านหนึ่งจะถูกปล่อยทิ้ง โซลินอยด์วาล์ว 5/2 ทาง แบ่งตามการควบคุมวาล์วได้



รูปที่ 2.47 โซลินอยด์วาล์ว 5/2

2.7.14 โซลินอยด์วาล์ว 3/2

มีลักษณะการทำงานโดยใช้คอยล์ไฟฟ้าเป็นตัว เปิด-ปิด ในการทำงานเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับขดลวดคอยล์แกนสปูนจะถูกแรงสปริงดันให้ปิดทางลมเข้าและเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดคอยล์แกนสปูนจะถูกดูดให้ชนะแรงสปริงและทำการเปิดทางเข้าทำให้ลมสามารถไหลผ่านไปได้นั่นเอง โซลินอยด์วาล์ว 3/2 มีให้เลือกทั้งเป็นแบบ Single Solenoid และ Double Solenoid



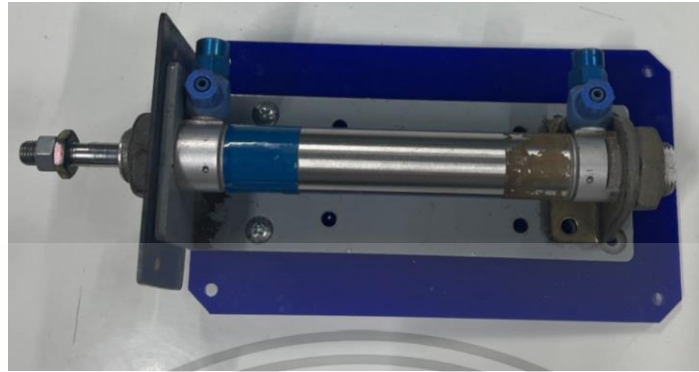
รูปที่ 2.48 โซลินอยด์วาล์ว 3/2

2.7.15 กระบอกสูบสองทาง (Double-acting cylinder)

กระบอกสูบชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานที่สามารถสั่งงานได้ทั้งสองทิศทางด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกที่หัวหรือที่ท้ายกระบอกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าหรือออกเมื่อจ่ายลมอัดเข้าที่ท้ายกระบอกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกและเกิดการระบายลมที่ค้างในกระบอกสูบออกทางด้านหัวกระบอกสูบเมื่อไม่มีลมอัดจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะหยุดค้างอยู่ ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่เคลื่อนที่และสามารถใช้มือดึงก้านสูบได้เคลื่อนไปมาได้โดยอิสระ



รูปที่ 2.49 กระบอกสูบสองทาง Double-acting cylinder



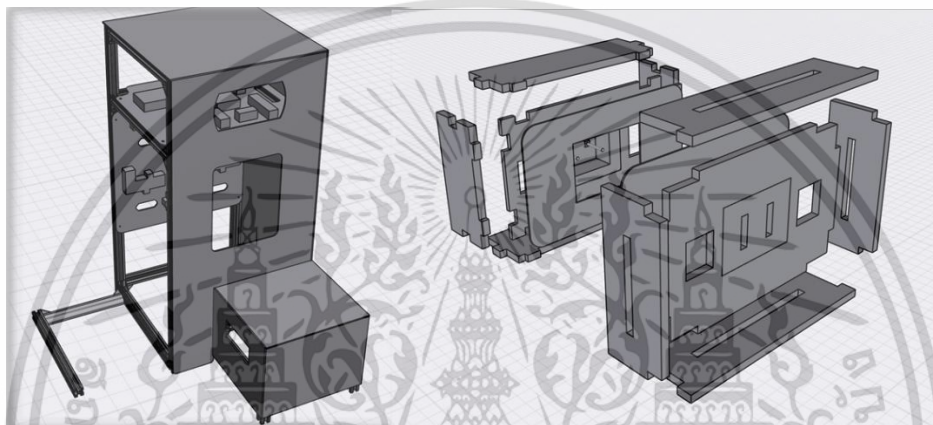
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

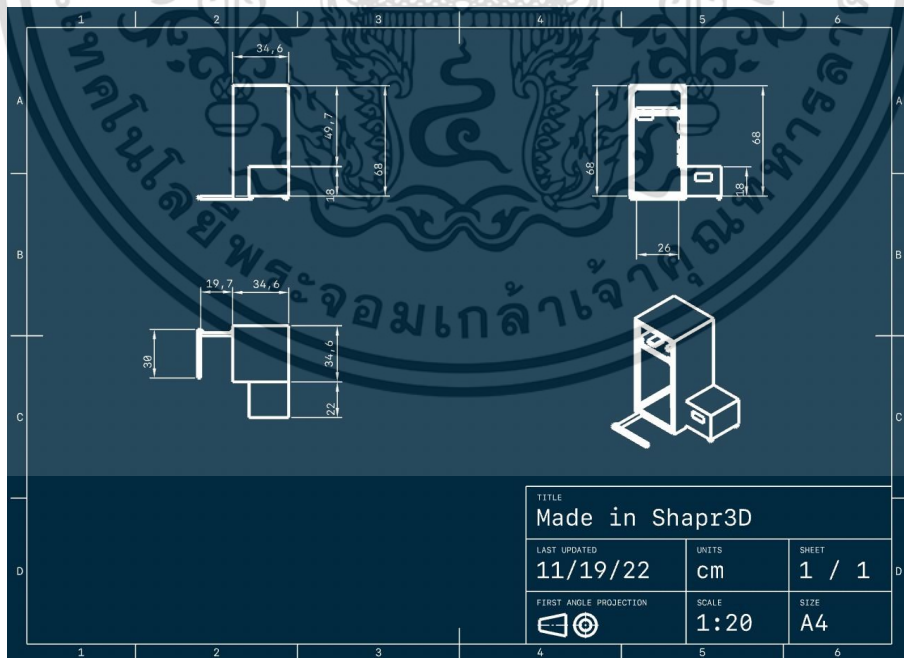
การออกแบบและวิธีการดำเนินการ

3.1 การออกแบบโครงสร้างและระบบชาร์จสวิตเตอร์แบบอัตโนมัติ

หลักการในการออกแบบระบบชาร์จสวิตเตอร์ไฟฟ้าและการพัฒนาระบบอัจฉริยะของตัวสวิตเตอร์ไฟฟ้า ในกรณีศึกษาของสวิตเตอร์ไฟฟ้า

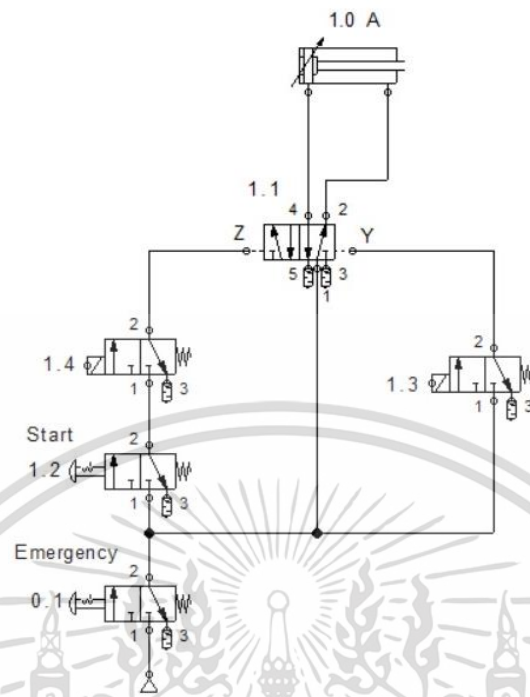


รูปที่ 3.1 ออกแบบโครงสร้างและตัวหัวชาร์จรูปแบบ 3D



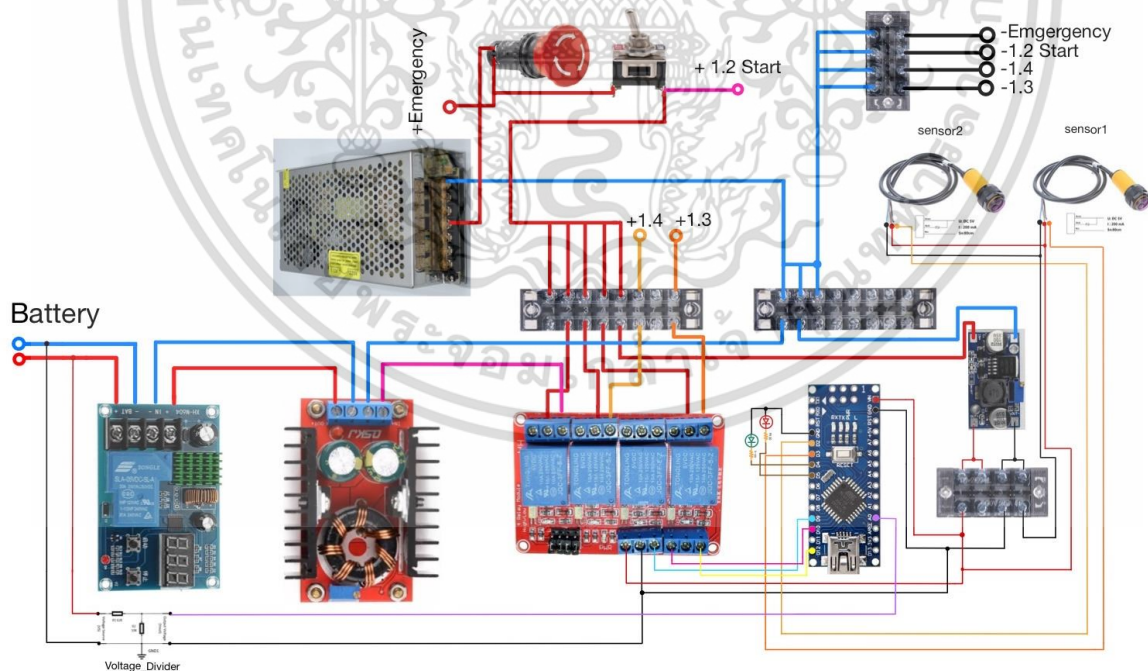
รูปที่ 3.2 ออกแบบโครงสร้างและตัวหัวชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ออกแบบระบบนิวมอเตอร์

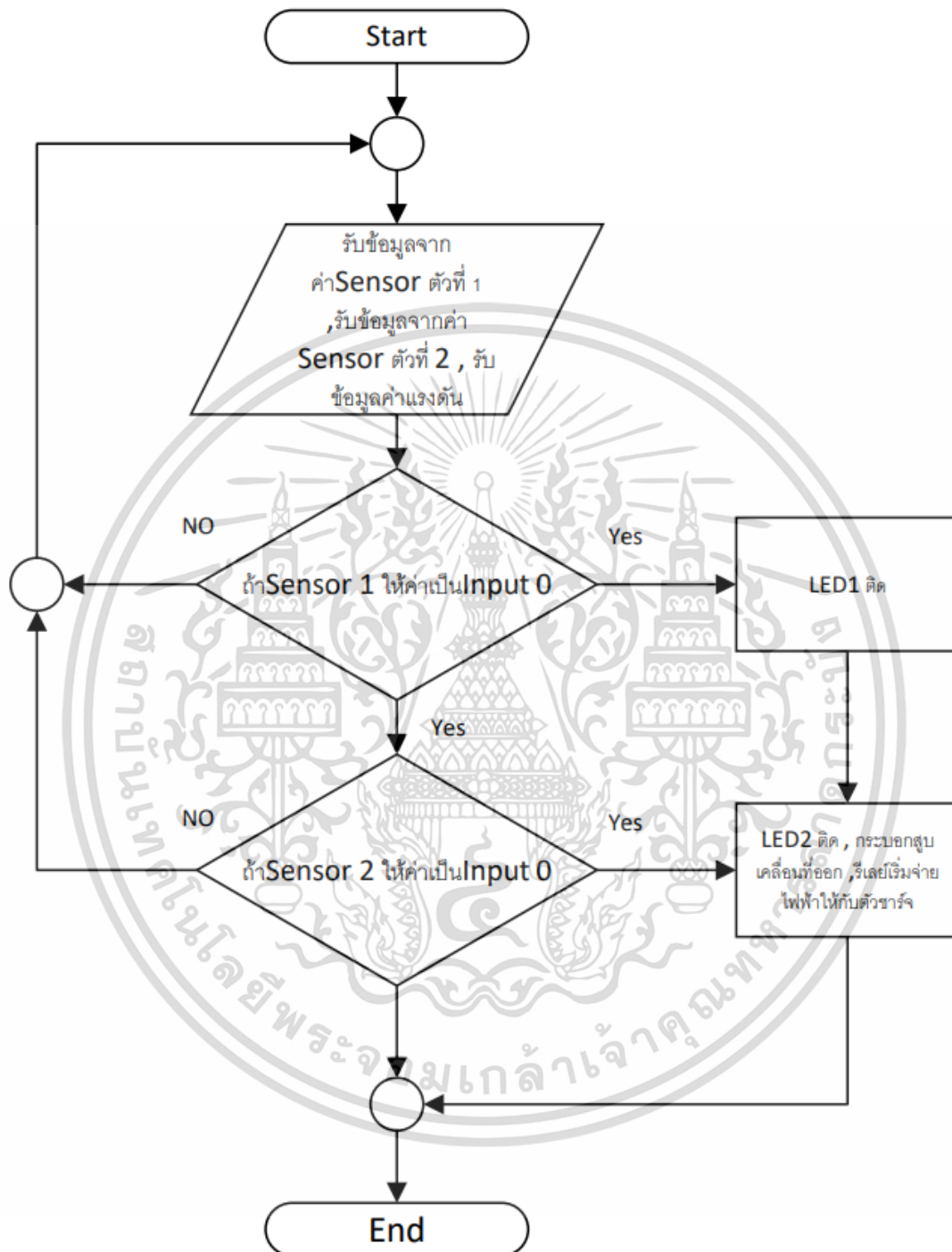
ออกแบบระบบควบคุมในส่วนของที่ชาร์จ



รูปที่ 3.4 ออกแบบระบบควบคุมตัวที่ชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขั้นตอนในการทำงานของระบบดังนี้



รูปที่ 3.5 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบการชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของ ระบบชาร์จสวิตเตอร์อัตโนมัติ

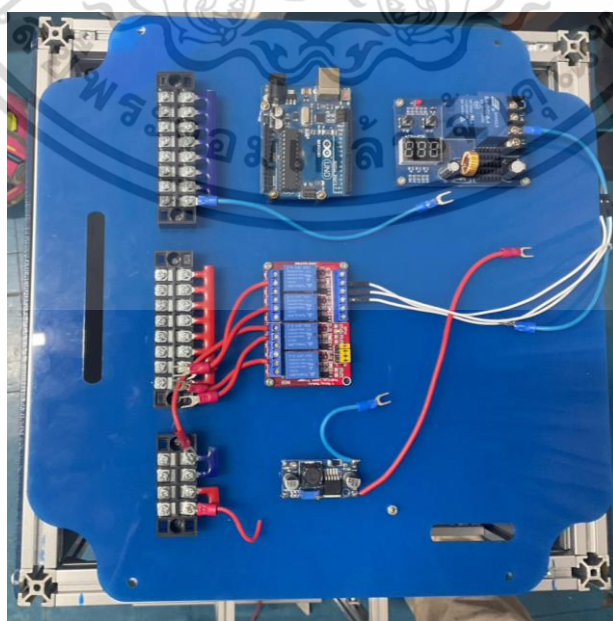
โดยในส่วนของ ชุดการชาร์จสวิตเตอร์อัตโนมัตินั้นถูกออกแบบเพื่อป้องกันการติดต่อของไวรัสโควิด-19 หรืออนาคตอาจมีโรคระบาดใหม่ๆเกิดขึ้นอีกจึงออกแบบมาเพื่อป้องกันการติดต่อของโรคต่างๆ โดยการทำงานจะเป็นการนำสวิตเตอร์มาจอดในจุดที่กำหนดของตัวชาร์จ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับรถได้จะสั่งให้ระบบนิวเมติกส์ทำงานเคลื่อนกระบอบอกสูบตัวหัวชาร์จมาเชื่อมเข้ากับตัวรถ

3.2.1 ประกอบโครงสร้างตามทีออกแบบไว้



รูปที่ 3.6 ประกอบชิ้นงานส่วนชาร์จ

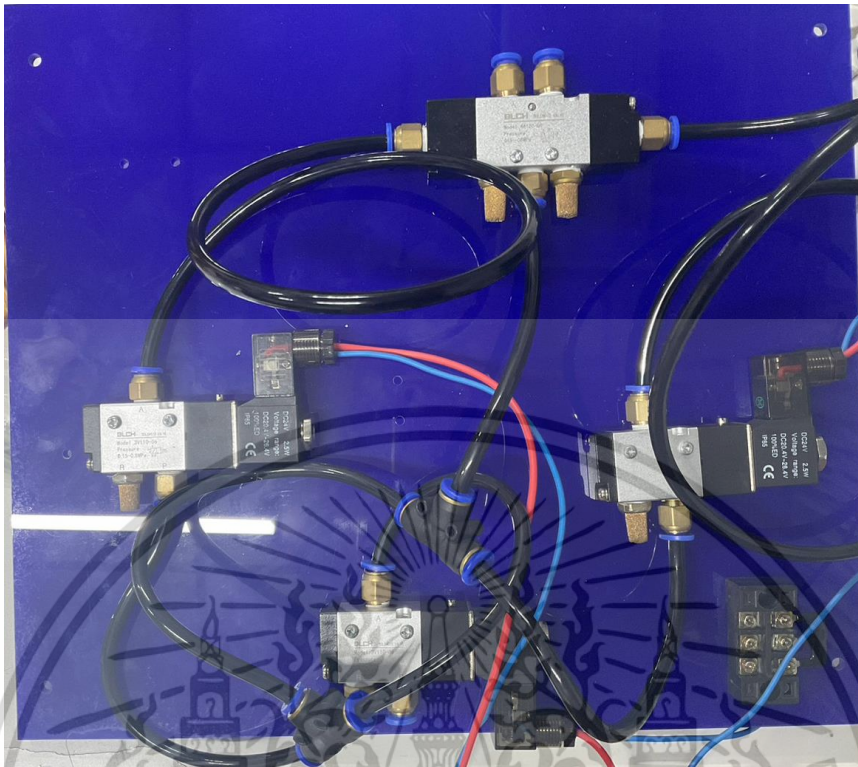
3.2.2 จัดวางอุปกรณ์ควบคุมลงในแผ่นอะคริลิก



รูปที่ 3.7 ประกอบชิ้นงานส่วนระบบควบคุม

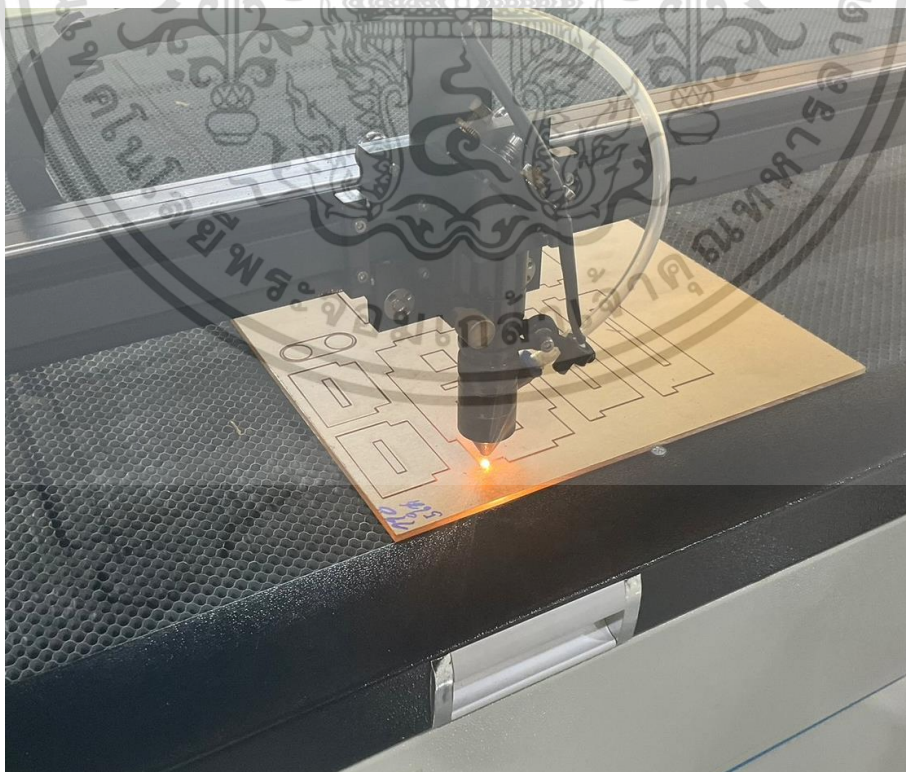
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เอาต์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 จัดวางอุปกรณ์นิวเมติกส์ลงในแผ่นอะคริลิก



รูปที่ 3.8 ประกอบชิ้นงานส่วนระบบนิวเมติกส์

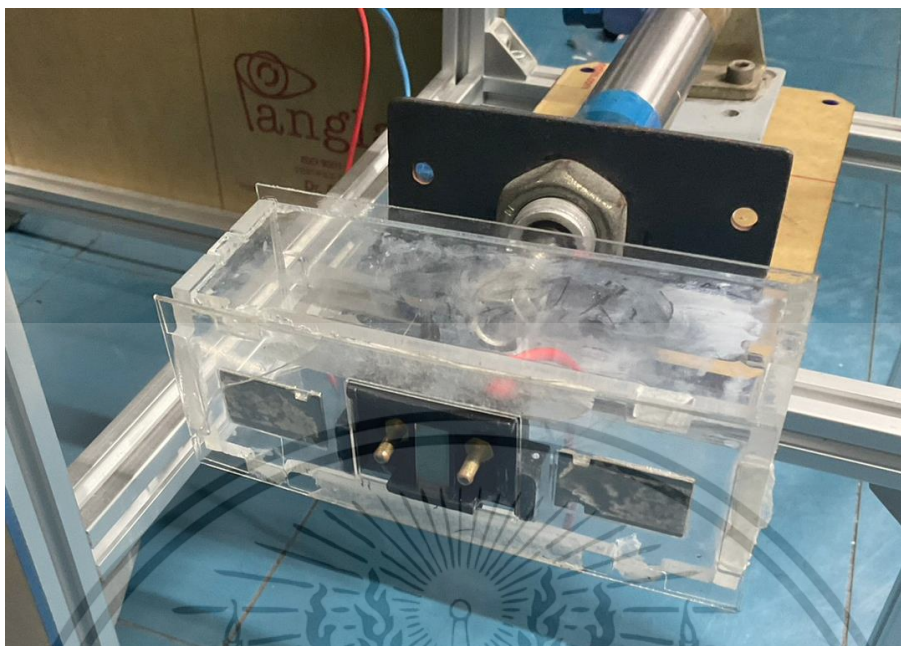
3.2.4 ตัดแผ่นอะคริลิกมาประกอบตัวหัวชาร์จและใส่ Ultrasonic sensor



รูปที่ 3.9 ตัดอะคริลิก

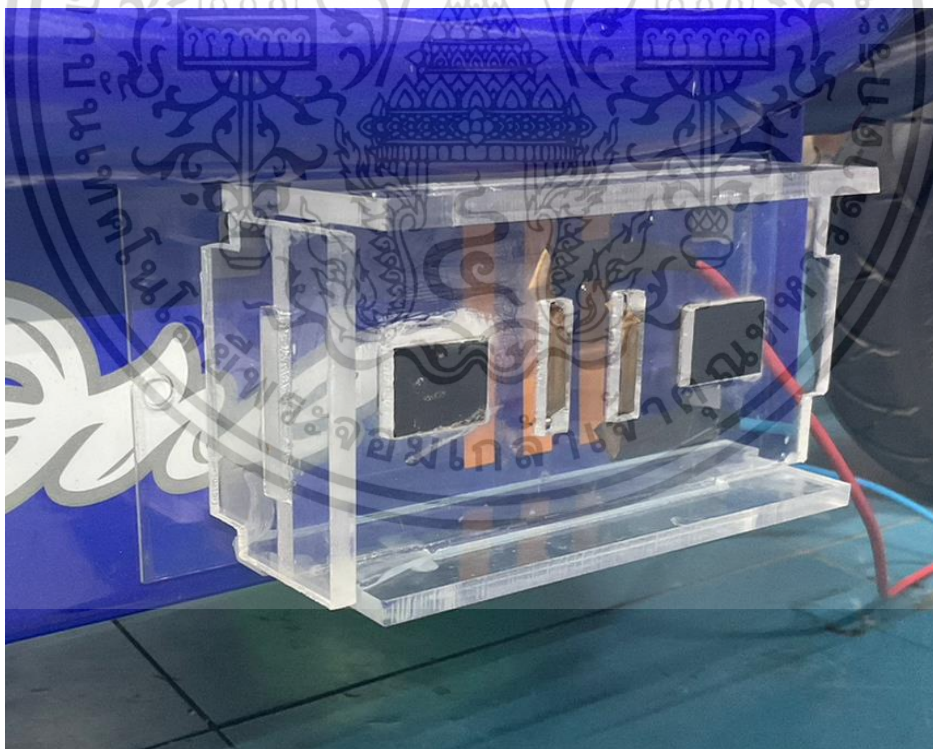
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ประกอบตัวหัวชาร์จ



รูปที่ 3.10 ประกอบตัวหัวชาร์จ

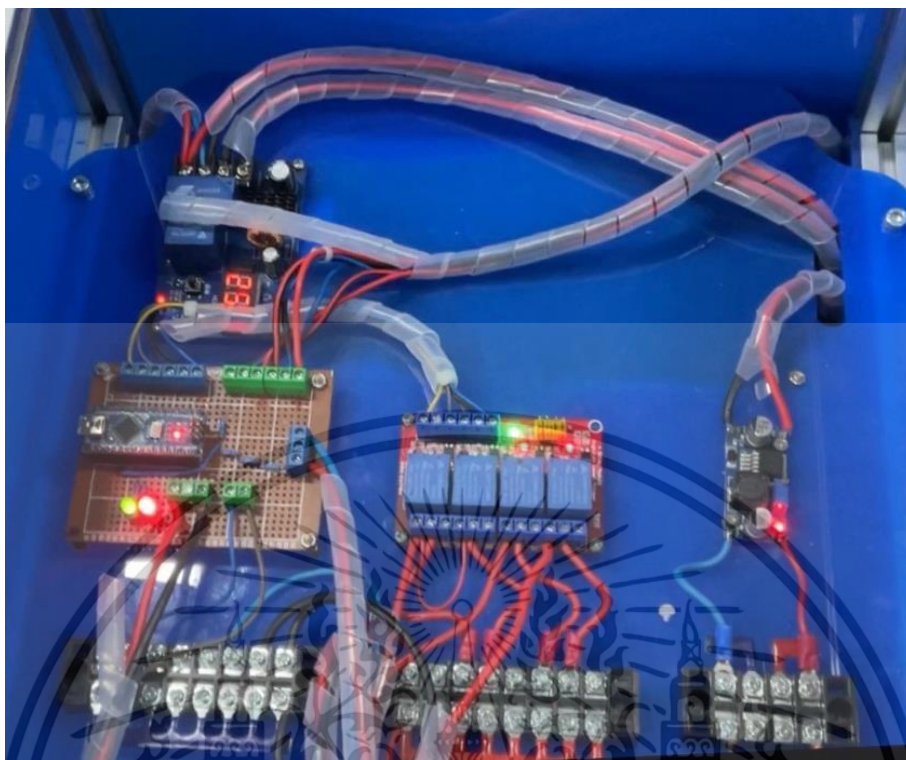
3.2.6 ประกอบตัวรับการชาร์จ



รูปที่ 3.11 ประกอบตัวรับการชาร์จ

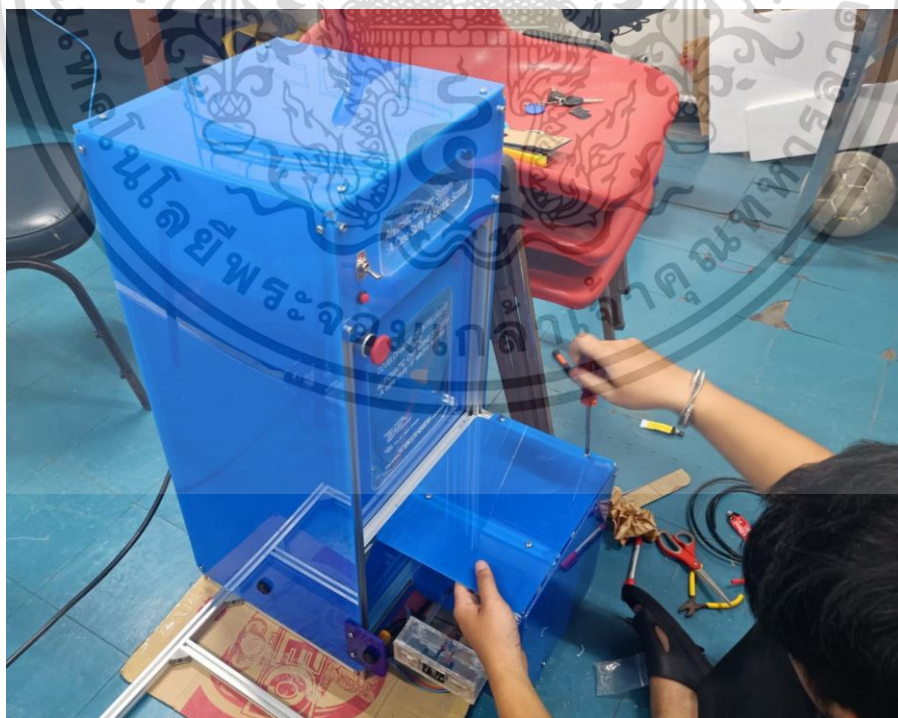
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 จัดระเบียบการเดินสายไฟ



รูปที่ 3.12 ต่อวงจรให้เรียบร้อย

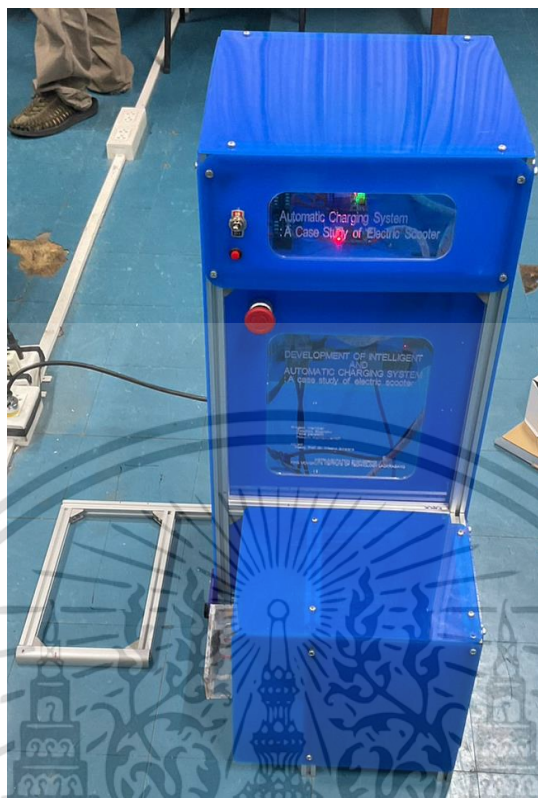
3.2.8 ประกอบทุกส่วนของระบบชาร์จ



รูปที่ 3.13 ประกอบทุกส่วนของระบบการชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 ตัวชาร์จที่สมบูรณ์แล้ว



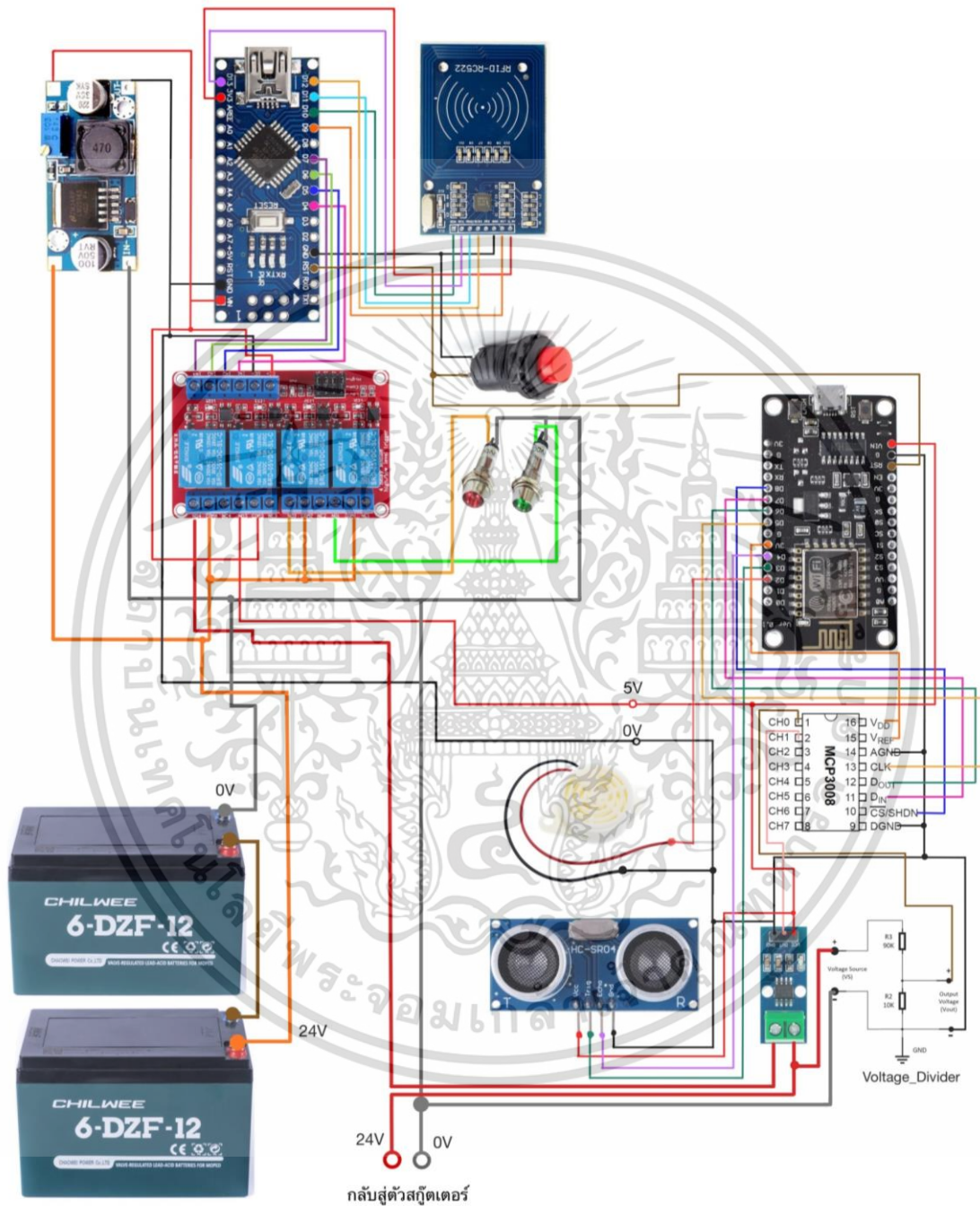
รูปที่ 3.14 ระบบการชาร์จที่สมบูรณ์แล้วด้านหน้า



รูปที่ 3.15 ระบบการชาร์จที่สมบูรณ์แล้วด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

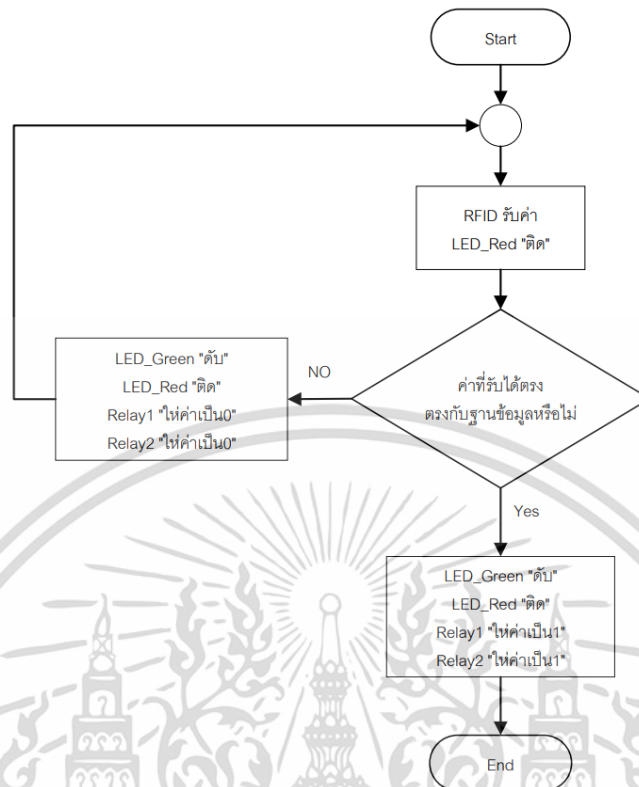
3.3 การออกแบบการพัฒนาระบบอัจฉริยะของตัวสก็ูตเตอร์ไฟฟ้า ในกรณีศึกษาของสก็ูตเตอร์ไฟฟ้า



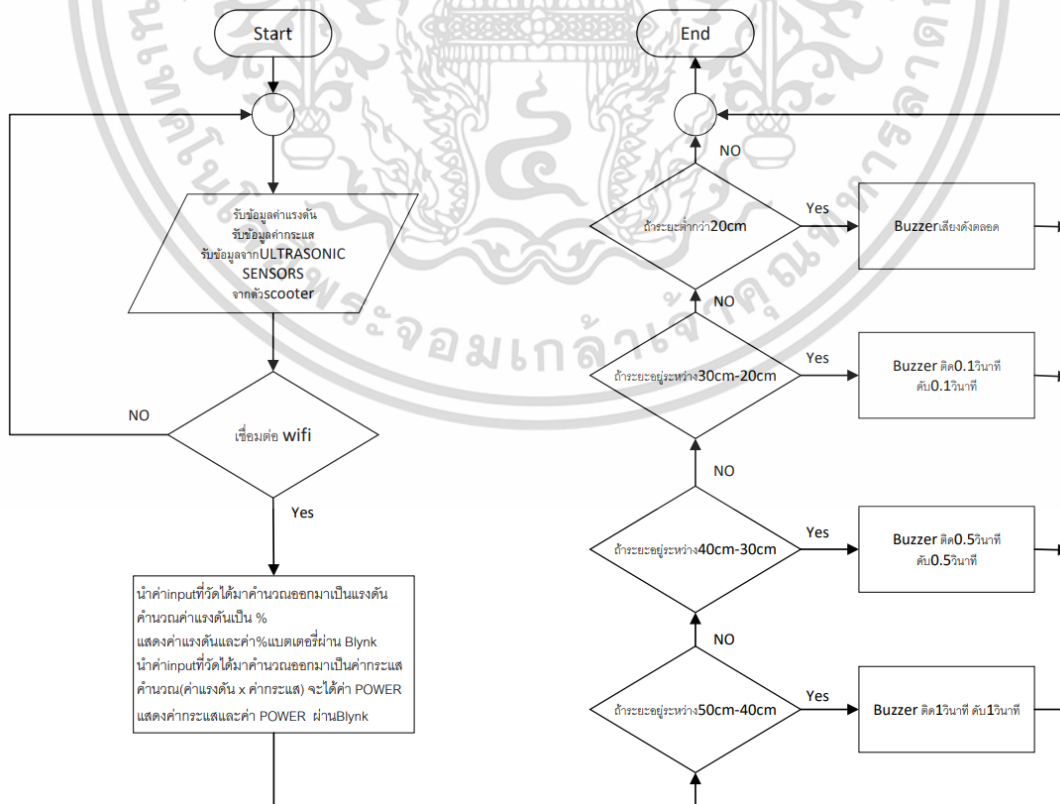
รูปที่ 3.16 ออกแบบวงจรตัวสก็ูตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขั้นตอนในการทำงานของระบบดังนี้



รูปที่ 3.17 Flow Chart แสดงการทำงาน RFID



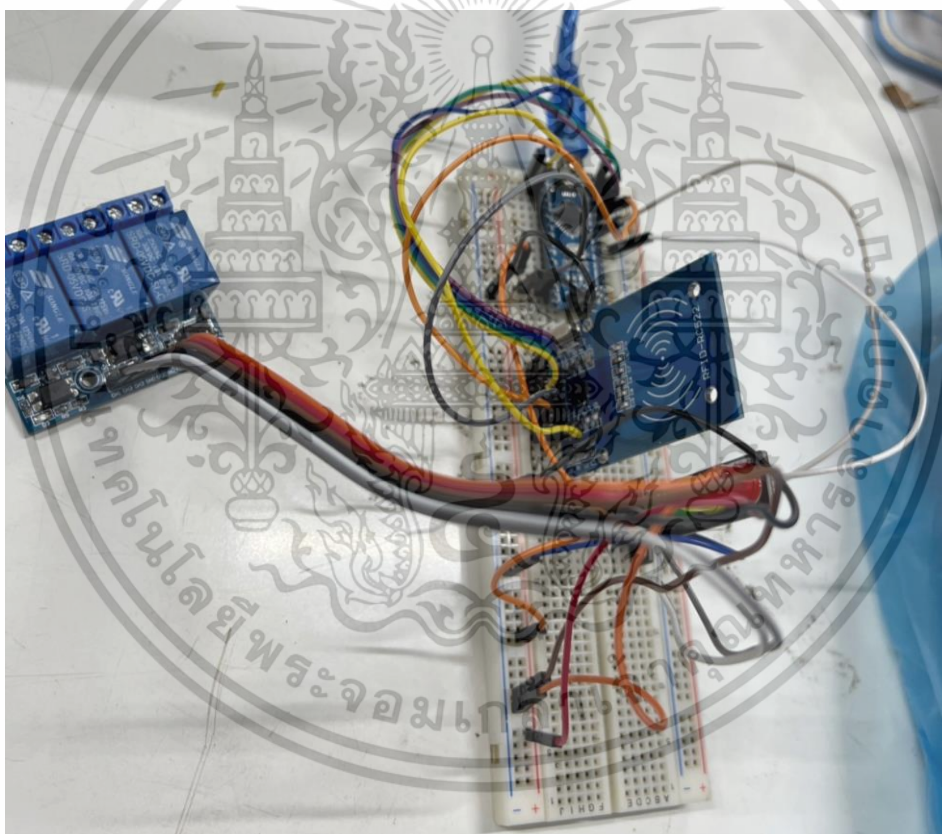
รูปที่ 3.18 Flow Chart แสดงการทำงานชุดวัดค่าและส่งค่าขึ้น Blynk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานในการวัดค่าสถานะต่างๆ และนำค่าส่งขึ้นที่Application Blynk ภาคนิสกึ่งเตอร์ไฟฟ้า

อุปกรณ์และขั้นตอนการทำงานในส่วนของ ชุดอุปกรณ์วัดค่าสถานะการทำงานตัวสวิตเตอร์โดยในส่วน ของ ชุดอุปกรณ์ในการวัดค่าต่าง ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้สำหรับตรวจวัดค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ และส่งค่าที่ตรวจวัดได้ไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานเพื่อรอการแสดงผลไปยังแอปพลิเคชันบรีง โดยชุด อุปกรณ์ในการวัดค่าเป็นเพียงกล่องขนาดเล็กติดตั้งกับตัวสวิตเตอร์ไฟฟ้า และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และ สายสัญญาณในการส่งค่าต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลงตัวสวิตเตอร์ไฟฟ้า ภายในกล่องมีการเชื่อมต่อ อุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.18

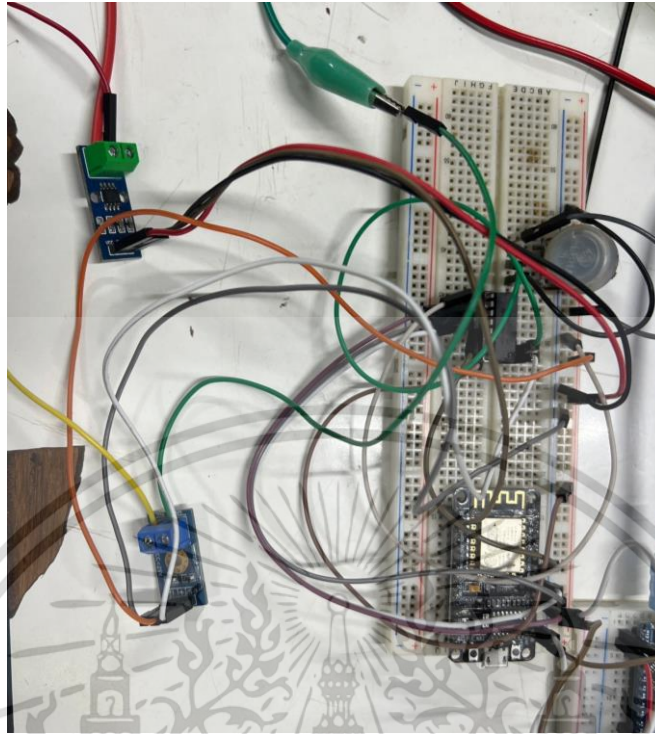
3.4.1 ทดลองวงจรควบคุม RFID



รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง

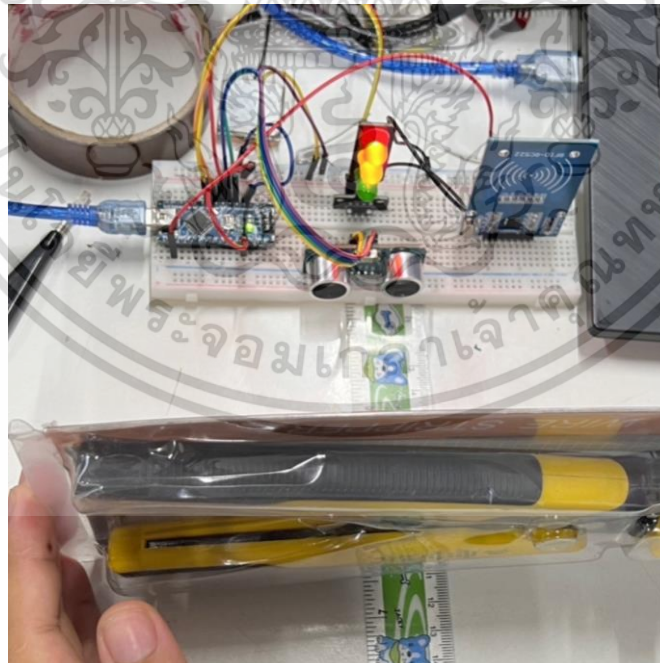
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ทดลองวงจรวัดแรงดันและกระแส



รูปที่ 3.20 ทดลองวงจรวัดแรงดันและกระแส

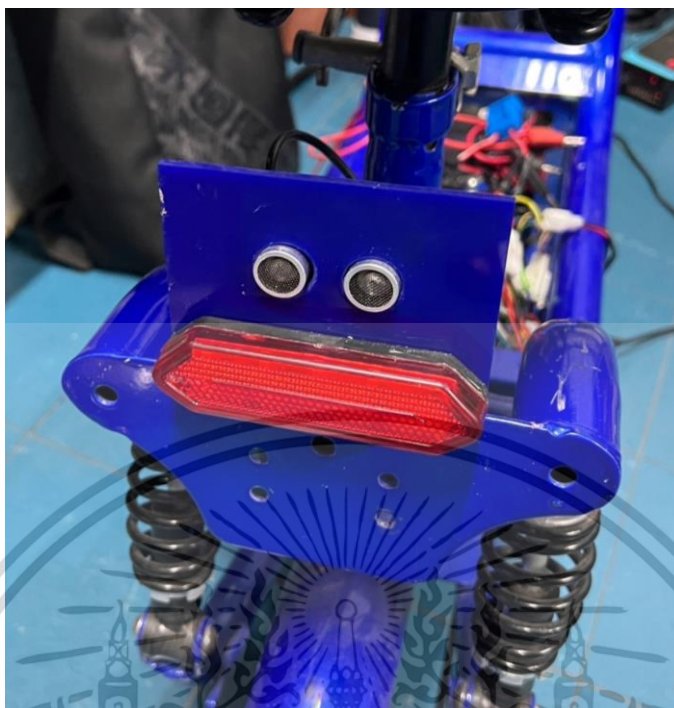
3.4.3 ทดลองเซ็นเซอร์แจ้งเตือนกันชนด้านหลัง



รูปที่ 3.21 ทดลองระยะเวลาการตรวจจับของเซ็นเซอร์วัดระยะทาง

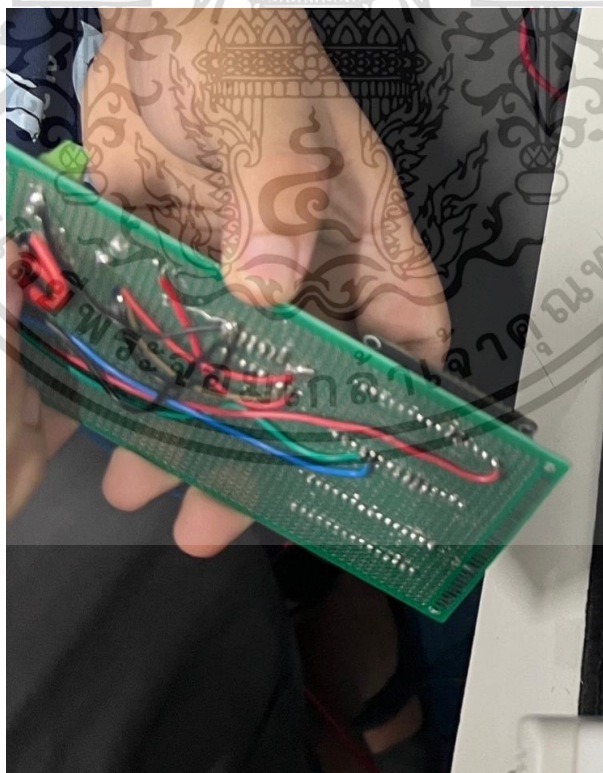
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ติดตั้งตัวSensor เข้ากับตัวรถ



รูปที่ 3.22 ติดตั้ง Sensor กับตัวรถ

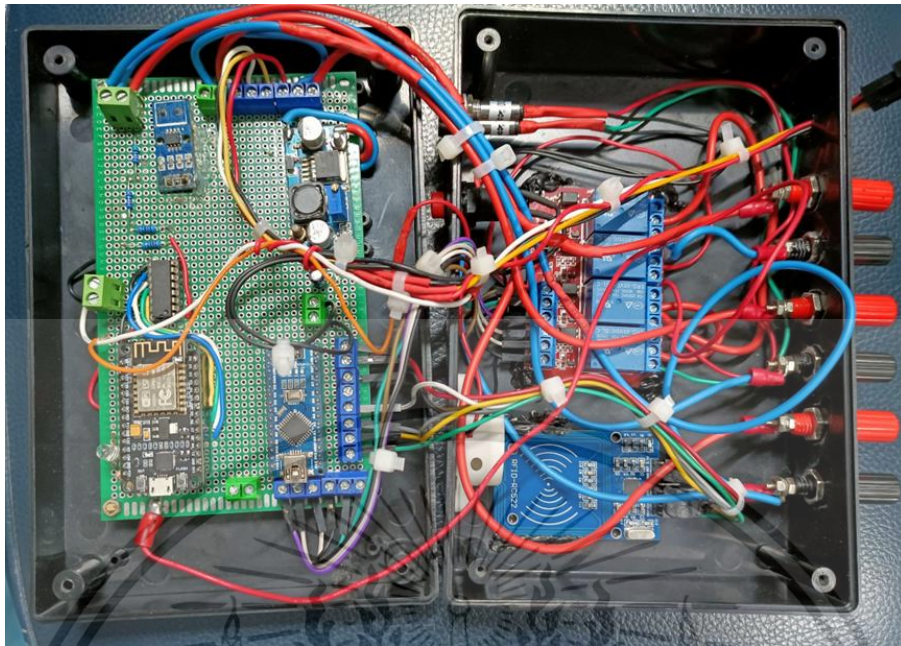
3.4.5 ทำการบัดกรีต่อวงจรเตรียมเข้ากล่อง



รูปที่ 3.23 บัดกรีวงจร

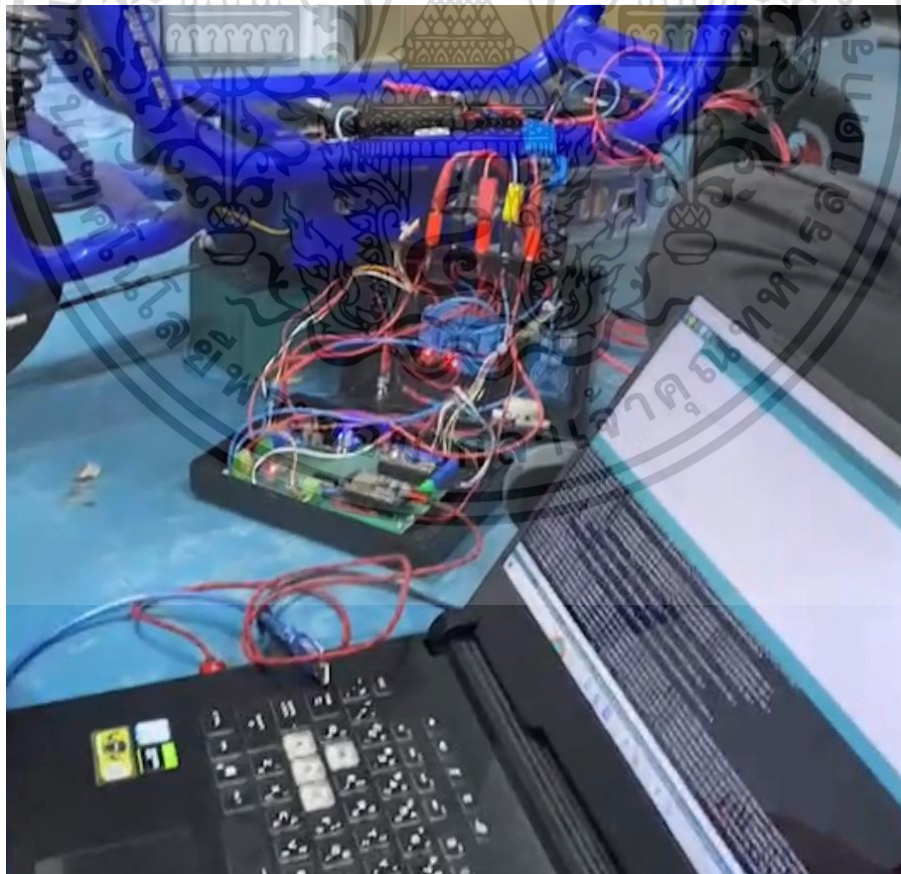
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 จัดวางอุปกรณ์ที่ทดลองใส่กล่องควบคุม



รูปที่ 3.24 จัดอุปกรณ์ใส่กล่องควบคุม

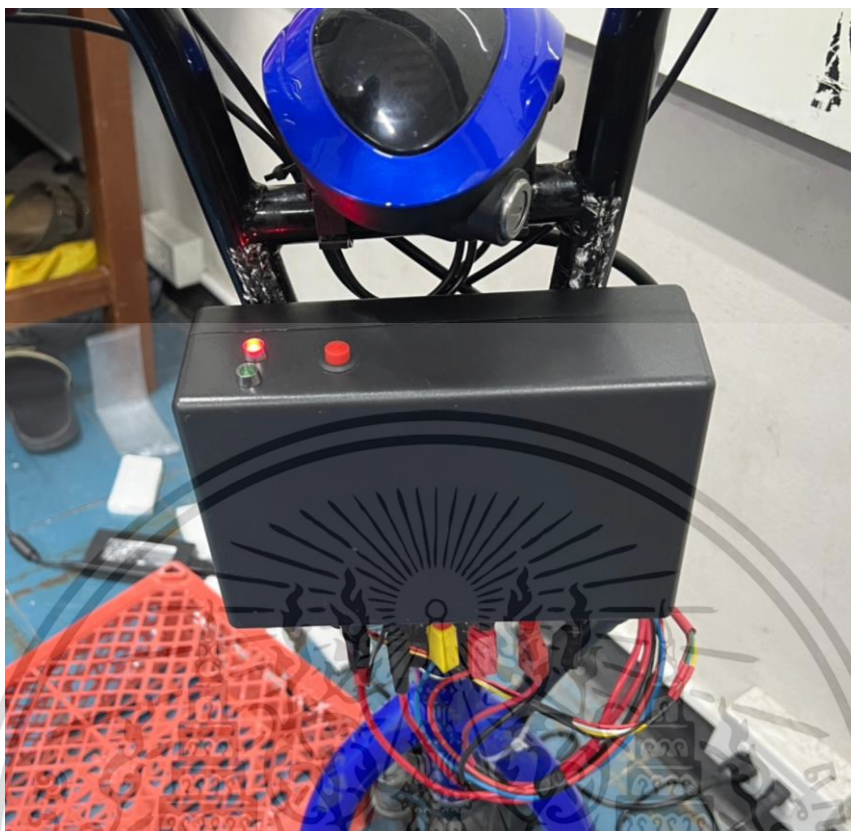
3.4.7 ทำการ Upload โปรแกรมลงบอร์ด



รูปที่ 3.25 Upload โปรแกรมลงบอร์ด

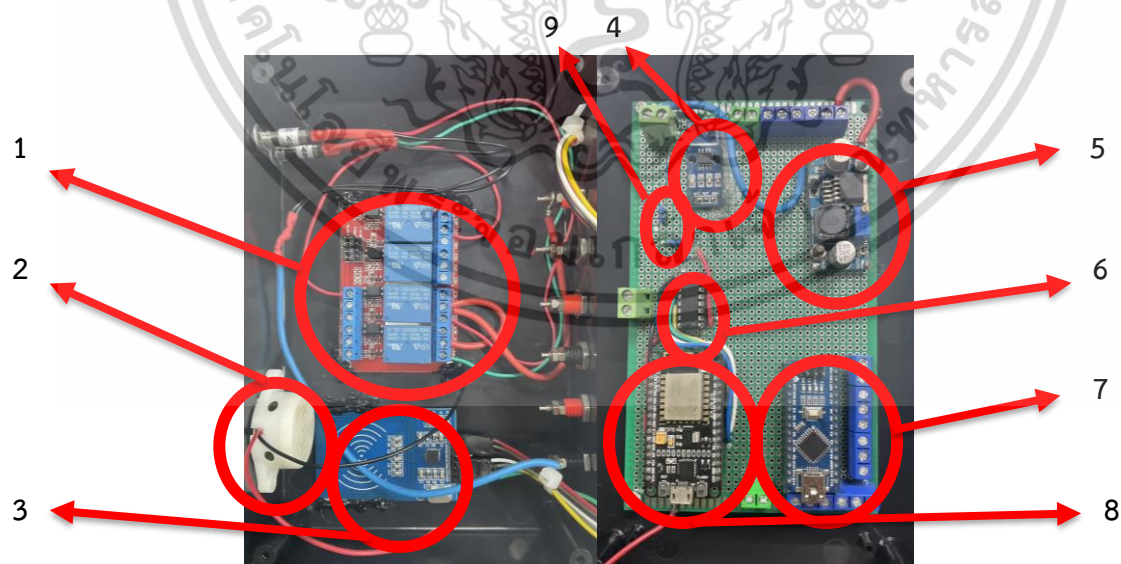
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 ติดตั้งกล่องควบคุมเข้ากับตัวสก็ูเตอร์



รูปที่ 3.26 ติดตั้งกล่องควบคุมเข้ากับตัวสก็ูเตอร์

3.5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง



รูปที่ 3.27 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการทำงานภายในกล่องเป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำให้สวิตเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพต้องทำกล่องเพื่อจัดเก็บอุปกรณ์แล้วนำไปติดตั้งที่รถ โดยมีตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ภายในกล่องดังนี้

หมายเลข 1 คือ Relay

หมายเลข 2 คือ Buzzer บัซเซอร์

หมายเลข 3 คือ อาร์เอฟไอดี RFID (Radio Frequency Identification)

หมายเลข 4 คือ Hall Effect Sensor

หมายเลข 5 คือ วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down

หมายเลข 6 คือ MCP 3008

หมายเลข 7 คือ Arduino Nano

หมายเลข 8 คือ Node MCU ESP8266

หมายเลข 9 คือ Voltage divider 30 V

3.6 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลจะออกแบบเพื่ออ่านค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ จาก Server เพื่อทำการคำนวณ และแสดงผลไร้สายบนแอปพลิเคชัน Blynk ในกรณีแสดงค่าต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยมีหน้าจอกการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.28 แสดงหน้าจอกการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.28 สามารถบอกตำแหน่งการแสดงผลที่หน้าจอได้ดังนี้

หมายเลข 1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่

หมายเลข 2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลือในแบตเตอรี่

หมายเลข 3 แสดงค่ากำลัง(วัตต์)ขณะใช้งาน

หมายเลข 4 แสดงค่ากระแสที่ใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

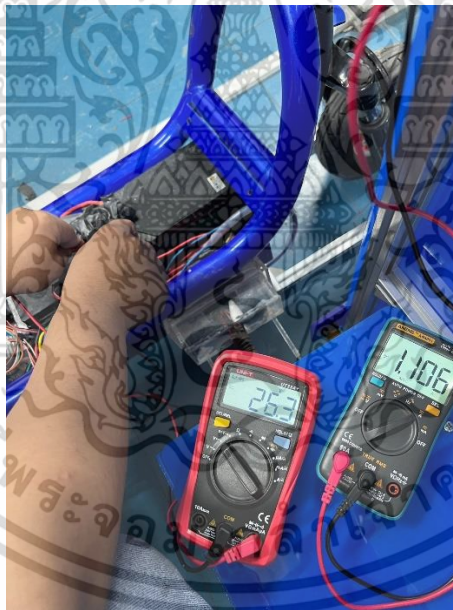
4.1 กล่าวนำ

การทดลอง การประยุกต์แอปพลิเคชันบรีจ ระยะเวลาขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนักในกรณีศึกษาของ สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ประกอบไปด้วย การทดลองในสถานะที่ไม่มีโหลด ทดลองในสถานะมีโหลดที่ต่างกันออกไป แสดงผลไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบรีจ และผลการทดลองการชาร์จแบบจากAdapterและจากตัวเครื่องชาร์จอัตโนมัติ

4.2 ขั้นตอนการทดลองตัวรถสกู๊ตเตอร์

4.2.1 ทดลองในสถานะที่ไม่มีโหลด (No Load)

เริ่มจากการชาร์จแบตเตอรี่ของสกู๊ตเตอร์ให้เต็มและวัดค่าแบตเตอรี่จذبบันทึกเพื่อทำการทดลองในขั้นแรก



รูปที่ 4.1 ชาร์จแบตเตอรี่สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าจนเต็ม

เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม ดังรูปที่ 4.1 แล้วเริ่มบิดสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าให้กินกระแสไปจนหมดหรือจนกว่ามอเตอร์จะหยุดทำงาน โดยเก็บค่ากระแส (A) และ โวลต์ (V) ที่ลดลงเรื่อย ๆ จากนั้นจดและบันทึกค่าที่ได้ไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์คำนวณระยะที่ที่แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ทดลองในสภาวะที่โหลดต่างกัน

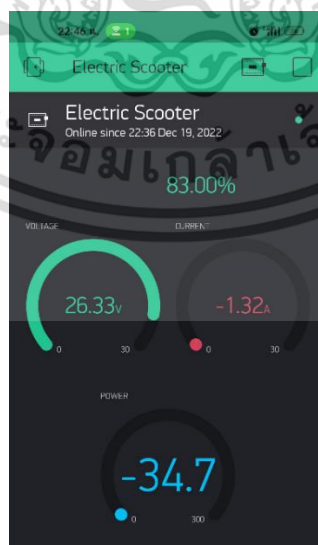
เริ่มจากการทดลองขับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในระยะทางที่เท่ากันแต่น้ำหนักของผู้ขับขี่ต่างกันออกไป



รูปที่ 4.2 ทดลองขับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในน้ำหนักที่ต่างกัน

โดยระยะทางที่ทำการทดลองคือ 3 กิโลเมตร ในน้ำหนักที่ต่างกันออกไป โดยน้ำหนักจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือระหว่าง 40 – 60 , 61 – 80 และ 81 – 100 กิโลกรัม

4.2.3 ทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน

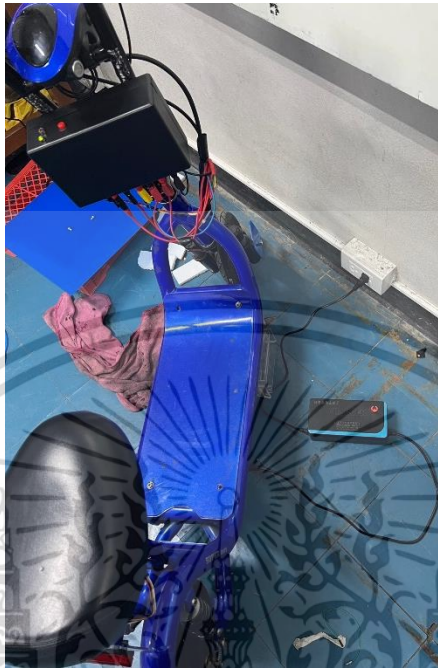


รูปที่ 4.3 ทดสอบการแสดงผลค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ทดลองการชาร์จแบบใช้อะแดปเตอร์

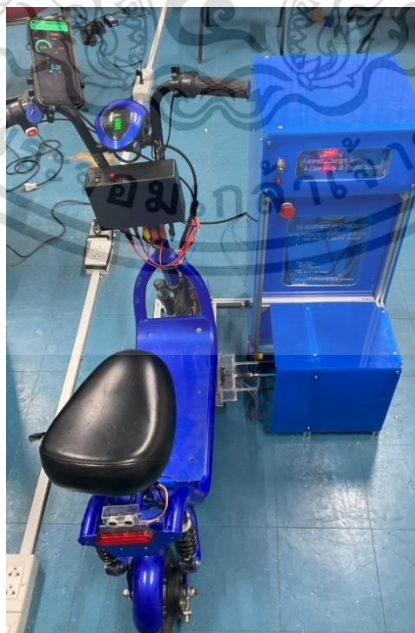
เริ่มจากการชาร์จตัวรถสวิตเตอร์เข้ากับตัวอะแดปเตอร์เพื่อหาค่าผลการทดลองและนำไปใช้เปรียบเทียบกับวิธีการชาร์จสวิตเตอร์แบบเครื่องชาร์จอัตโนมัติ



รูปที่ 4.4 ชาร์จในรูปแบบอะแดปเตอร์

4.2.5 ทดลองการชาร์จแบบใช้เครื่องชาร์จอัตโนมัติ

เริ่มจากการนำตัวสวิตเตอร์ไปจอดในที่จุดกำหนดของตัวที่ชาร์จอัตโนมัติจากนั้นเก็บค่าเพื่อใช้เปรียบเทียบกับวิธีการชาร์จแบบอะแดปเตอร์



รูปที่ 4.5 ชาร์จในรูปแบบการชาร์จอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองเมื่อทำการเชื่อมต่อ Node MCU ES8266 เข้ากับ Wi-Fi Hotspot จากโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว ในขณะเดียวกัน ในแอปพลิเคชัน Blynk ค่าที่เซนเซอร์วัดได้จากแบตเตอรี่ พร้อมทั้งแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลือในแบตเตอรี่

4.3.1 ผลการทดลองในสภาวะไร้โหลด

โดยทำตารางแล้วจดบันทึกผล เก็บการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 10 นาที ทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.1 – 4.3

ตารางที่ 4.1 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 1

การทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสในสภาวะ Unload ครั้งที่ 1					
ระยะเวลาการทดลอง	กระแสที่วัดได้จากมิเตอร์	กระแสที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก	
ครั้งที่	ระยะเวลา	วัดกระแสไฟฟ้า (A)	ชุดทดลอง (A)	มิเตอร์วัดแรงดัน(V)	ชุดทดลอง (V)
1	0	4.3	4.42	25	24.93
2	10	3.3	3.42	24.9	24.83
3	20	3.3	3.42	24.8	24.74
4	30	3	3.04	24.7	24.67
5	40	3	3.09	24.5	24.42
6	50	3	2.99	24.4	24.35
7	60	3.1	3.04	24.2	24.2
8	70	3.1	3.23	24	23.96
9	80	3.1	3.18	23.8	23.73
10	90	3.2	3.33	23.5	23.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 2

การทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสในสภาวะ Unload ครั้งที่ 2					
ระยะเวลาการทดลอง		กระแสที่วัดได้จากมิเตอร์	กระแสที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก
ครั้งที่	ระยะเวลา(นาที)	วัดกระแสไฟฟ้า (A)	ชุดทดลอง (A)	มิเตอร์วัดแรงดัน(V)	ชุดทดลอง (V)
1	0	4.2	4.41	24.9	24.92
2	10	3.2	3.39	24.8	24.82
3	20	3.2	3.4	24.7	24.73
4	30	2.9	3.03	24.6	24.66
5	40	2.9	3.08	24.4	24.43
6	50	2.9	2.98	24.3	24.34
7	60	3	3.3	24.1	24.32
8	70	3	3.22	23.9	23.94
9	80	3	3.17	23.7	23.69
10	90	3.1	3.32	23.4	23.39

ตารางที่ 4.3 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 3

การทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสในสภาวะ Unload ครั้งที่ 3					
ระยะเวลาการทดลอง		กระแสที่วัดได้จากมิเตอร์	กระแสที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก
ครั้งที่	ระยะเวลา(นาที)	วัดกระแสไฟฟ้า (A)	ชุดทดลอง (A)	มิเตอร์วัดแรงดัน(V)	ชุดทดลอง (V)
1	0	4.4	4.44	25.2	24.94
2	10	3.4	3.42	25	24.84
3	20	3.4	3.43	24.9	24.76
4	30	3.2	3.05	24.9	24.68
5	40	3.2	3.12	24.7	24.45
6	50	3.2	3	24.6	24.36
7	60	3.3	3.5	24.4	24.35
8	70	3.3	3.26	24.2	23.97
9	80	3.3	3.19	23.9	23.72
10	90	3.3	3.34	23.6	23.43

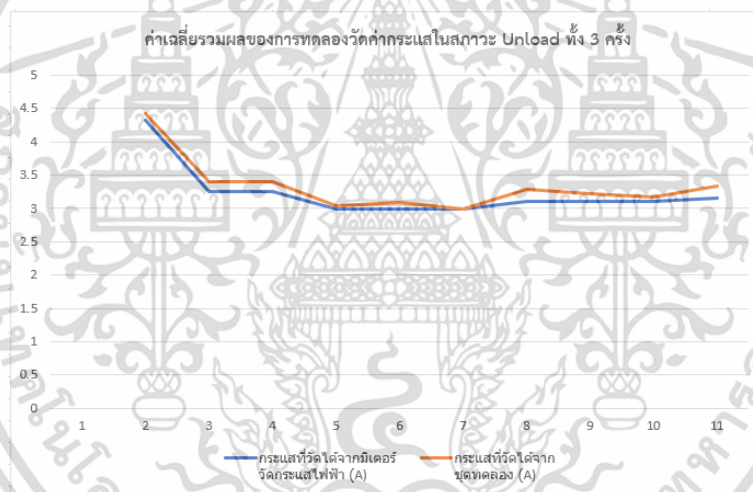
จากนั้นนำค่าที่เก็บได้ทั้ง 3 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ย ดังตารางค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

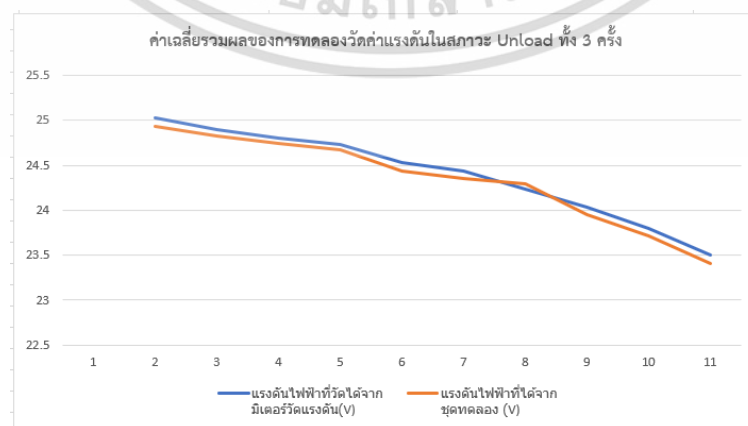
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง

ค่าเฉลี่ยรวมผลของการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสในสถานะ Unload ทั้ง 3 ครั้ง					
ระยะเวลาการทดลอง		กระแสที่วัดได้จากมิเตอร์	กระแสที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก	แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก
ครั้งที่	ระยะเวลา(นาที)	วัดกระแสไฟฟ้า (A)	ชุดทดลอง (A)	มิเตอร์วัดแรงดัน(V)	ชุดทดลอง (V)
1	0	4.33	4.42	25.03	24.93
2	10	3.26	3.41	24.9	24.83
3	20	3.26	3.41	24.8	24.74
4	30	3	3.04	24.73	24.67
5	40	3	3.09	24.53	24.43
6	50	3	2.99	24.43	24.35
7	60	3.1	3.28	24.23	24.29
8	70	3.1	3.23	24.03	23.95
9	80	3.1	3.18	23.8	23.71
10	90	3.16	3.33	23.5	23.41

โดยสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง



รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

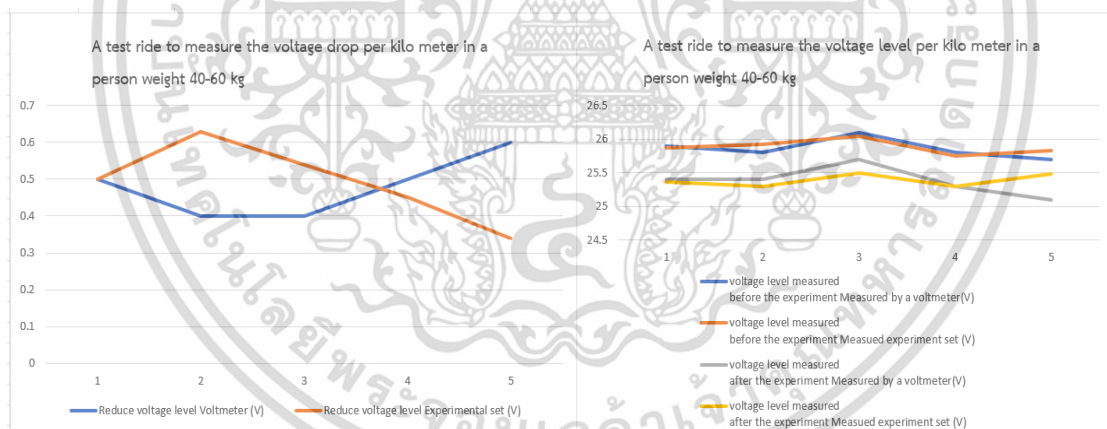
4.3.2 ผลการทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน

เริ่มทดลองที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร โดยน้ำหนักจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือระหว่าง 40 – 60 , 61 – 80 และ 81 – 100 กิโลกรัม จดบันทึกการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทำงานของแบตเตอรี่ ดังตารางที่ 4.5 – 4.7

ตารางที่ 4.5 ตารางการทดลองซ้ำซ้ำเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทดลอง 1 กิโลเมตรต่อ1ครั้งในผู้ที่มีน้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม

A test ride to measure the voltage drop per kilo meter in a person weight 40-60 kg						
The number of trials	voltage level measured before the experiment		voltage level measured after the experiment		Reduce voltage level	
	Measured by a voltmeter(V)	Measued experiment set (V)	Measured by a voltmeter(V)	Measued experiment set (V)	Voltmeter (V)	Experimental set (V)
1	25.9	25.87	25.4	25.37	0.5	0.5
2	25.8	25.93	25.4	25.3	0.4	0.63
3	26.1	26.04	25.7	25.5	0.4	0.54
4	25.8	25.75	25.3	25.3	0.5	0.45
5	25.7	25.83	25.1	25.49	0.6	0.34

จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองมาแสดงในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงดังรูปที่ 4.6



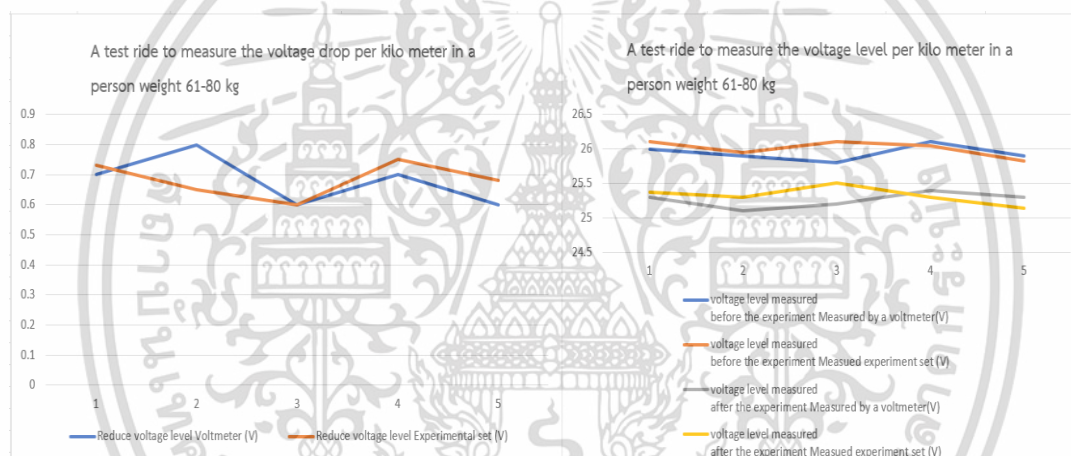
รูปที่ 4.8 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ที่มีน้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางการทดลองซ้ำซ้ำเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทดลอง 1 กิโลเมตรต่อ1ครั้งในผู้ที่มีน้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม

A test ride to measure the voltage drop per kilo meter in a person weight 61-80 kg						
The number of trials	voltage level measured before the experiment		voltage level measured after the experiment		Reduce voltage level	
	Measured by a voltmeter(V)	Measued experiment set (V)	Measured by a voltmeter(V)	Measued experiment set (V)	Voltmeter (V)	Experimental set (V)
1	26	26.1	25.3	25.37	0.7	0.73
2	25.9	25.95	25.1	25.3	0.8	0.65
3	25.8	26.1	25.2	25.5	0.6	0.6
4	26.1	26.05	25.4	25.3	0.7	0.75
5	25.9	25.82	25.3	25.14	0.6	0.68

จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองมาแสดงในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงดังรูปที่ 4.7



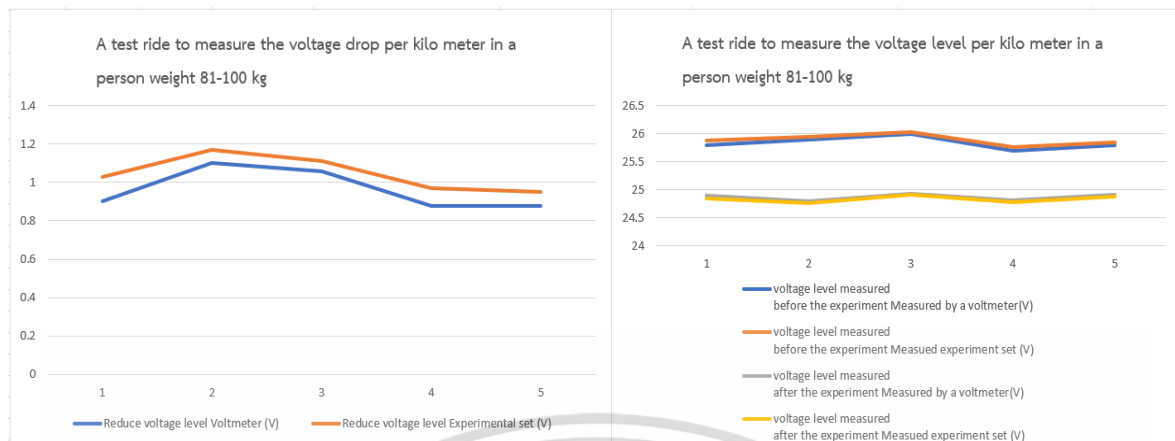
รูปที่ 4.9 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ที่มีน้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.7 ตารางการทดลองซ้ำซ้ำเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทดลอง 1 กิโลเมตรต่อ1ครั้งในผู้ที่มีน้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม

A test ride to measure the voltage drop per kilo meter in a person weight 81-100 kg						
The number of trials	voltage level measured before the experiment		voltage level measured after the experiment		Reduce voltage level	
	Measured by a voltmeter(V)	Measued experiment set (V)	Measured by a voltmeter(V)	Measued experiment set (V)	Voltmeter (V)	Experimental set (V)
1	25.8	25.88	24.9	24.85	0.9	1.03
2	25.9	25.94	24.8	24.77	1.1	1.17
3	26	26.03	24.94	24.92	1.06	1.11
4	25.7	25.76	24.82	24.79	0.88	0.97
5	25.8	25.84	24.92	24.89	0.88	0.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองมาแสดงในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.10 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ที่น้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม

4.3.3 ผลการทดลองการชาร์จแบบอะแดปเตอร์และการชาร์จแบบอัตโนมัติ

โดยทำตารางแล้วจดบันทึกผล เก็บค่าของการชาร์จแต่ละครั้งจากค่าต่ำสุดว่าจะใช้เวลาเท่าไรจนแบตเตอรี่เต็ม ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ตารางการทดสอบการชาร์จแต่ละครั้งจากค่าต่ำสุดว่าจะใช้เวลาเท่าไรจนแบตเตอรี่เต็มแบบอะแดปเตอร์

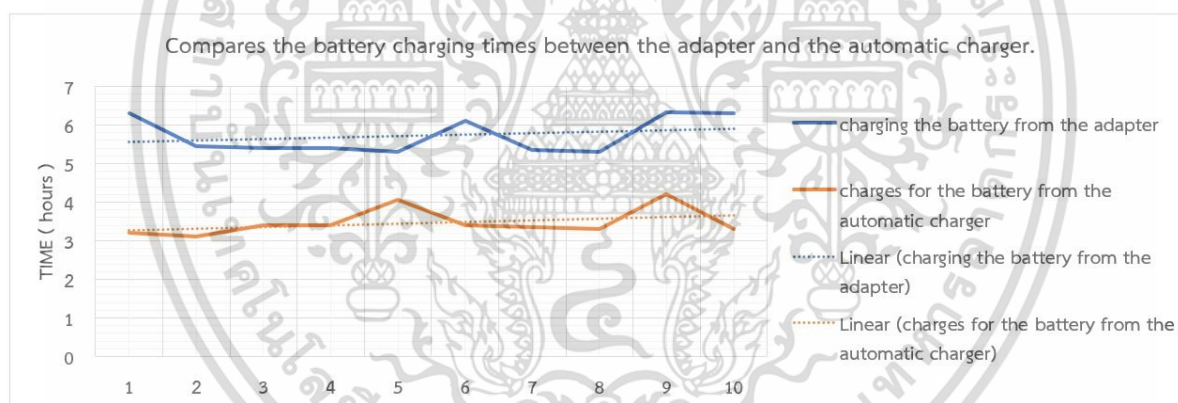
Table of charging the battery from the adapter				
Num	Charge the Battery 24V 12AH			Time to charge the battery
	Lowest voltage measured by multimeter	Maximum voltage measured by multimeter	charging voltage	
1	23.2 V	27.1 V	24V 2A	6 hours 30 minutes
2	23.5 V	26.3 V	24V 2A	5 hours 45 minutes
3	22.6 V	27.0 V	24V 2A	5 hours 40 minutes
4	23.0 V	27.1 V	24V 2A	5 hours 40 minutes
5	23.2 V	26.9 V	24V 2A	5 hours 30 minutes
6	22.3 V	27.1 V	24V 2A	6 hours 10 minutes
7	23.0 V	27.0 V	24V 2A	5 hours 35 minutes
8	21.9 V	26.9 V	24V 2A	5 hours 30 minutes
9	22.6 V	27.3 V	24V 2A	6 hours 33 minutes
10	23.2 V	27.0 V	24V 2A	6 hours 30 minutes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ตารางการทดสอบการชาร์จแต่ละครั้งจากค่าต่ำสุดว่าจะใช้เวลาเท่าไรจนแบตเตอรี่เต็มแบบอัตโนมัติ

Table of charges for the battery from the automatic charger				
Num	Charge the Battery 24V 12AH			Time to charge the battery
	Lowest voltage measured by multimeter	Maximum voltage measured by multimeter	charging voltage	
1	23.2 V	26.9 V	24V 5A	3 hours 20 minutes
2	23.3 V	27.0 V	24V 5A	3 hours 10 minutes
3	23.2 V	27.2 V	24V 5A	3 hours 40 minutes
4	23.0 V	27.1 V	24V 5A	3 hours 40 minutes
5	22.9 V	27.0 V	24V 5A	4 hours 05 minutes
6	23.3 V	27.1 V	24V 5A	3 hours 40 minutes
7	23.0 V	27.0 V	24V 5A	3 hours 35 minutes
8	23.0 V	26.9 V	24V 5A	3 hours 30 minutes
9	22.7 V	27.3 V	24V 5A	4 hours 20 minutes
10	23.2 V	27.0 V	24V 5A	3 hours 30 minutes

จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งสองตารางมาแสดงในรูปแบบกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 4.11



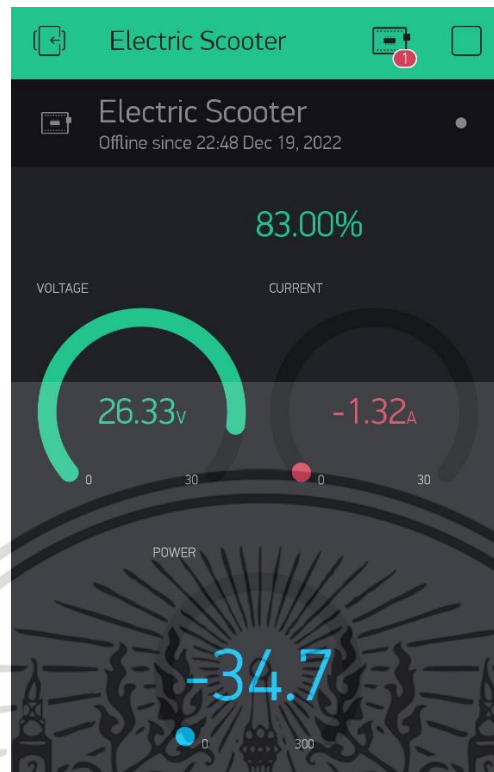
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการชาร์จทั้ง 2 แบบ

4.3.4 ผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบรีจ

1) เมื่อไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกลับชุดอุปกรณ์หน้าแอปพลิเคชันบรีจจะแสดงคำว่า

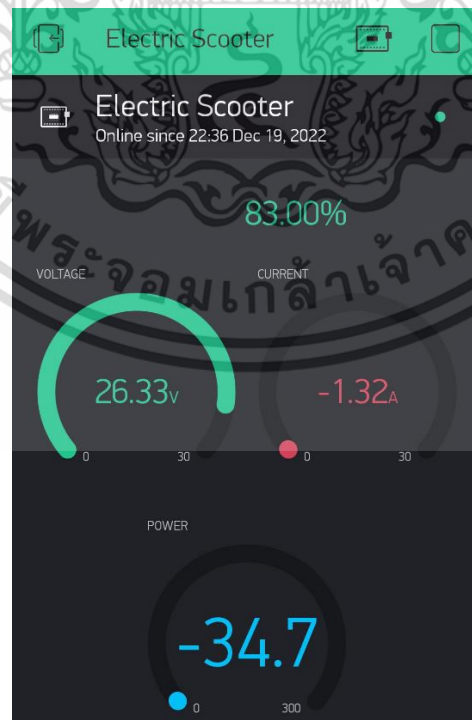
DISCONNECT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 หน้าแอปพลิเคชันบรั้งในขณะที่ยังไม่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทดลอง

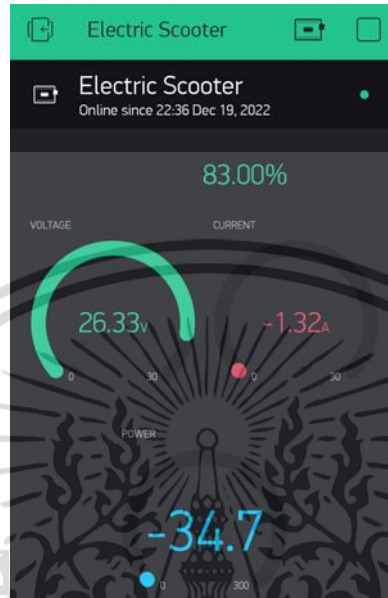
2) จากนั้นทำการทดสอบการใช้งานจากแบตเตอรี่ โดยสามารถดูค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น แรงดัน กระแส และวัตต์



รูปที่ 4.13 หน้าแอปพลิเคชัน Blynk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หลักจากที่มีการใช้งานแบตเตอรี่ และทำการเชื่อมต่อกับชุดทดลองที่ติดตั้งอยู่กับสวิตเตอร์ไฟฟ้า จนกระทั่งมีกระแสไฟฟ้าไหล หน้าจอจะแสดงผลคำว่า Online since ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงขึ้นมาบนหน้าแอปพลิเคชันบรีง



รูปที่ 4.14 หน้าแอปพลิเคชันในขณะที่เชื่อมต่อกับชุดทดลองแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

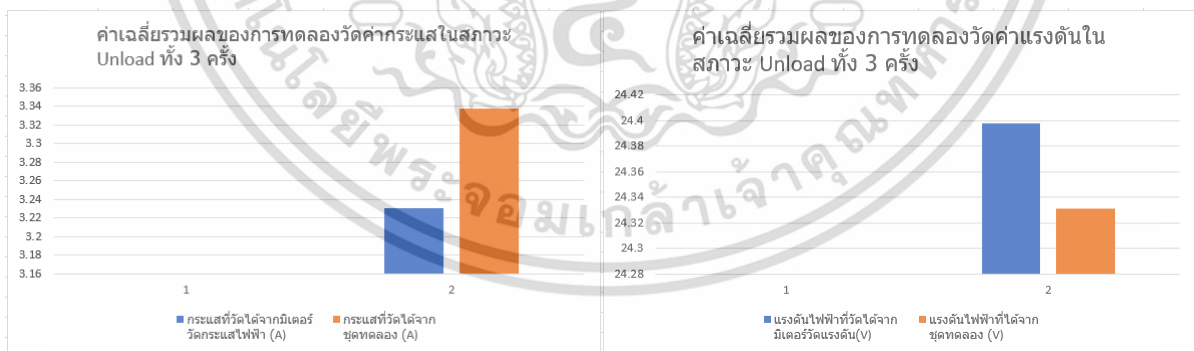
สรุปผลการทดลอง

การจัดทำปริญญาานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาระบบอัจฉริยะและการชาร์จแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาสถานีเตออร์ไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบการทำงานของแอปพลิเคชันบรีงและหลักการของการเขียนชุดคำสั่ง ศึกษาทฤษฎีการออกแบบโครงการตัวที่ชาร์จอัตโนมัติรวมถึงระบบควบคุมทั้งไฟฟ้าและนิวเมติกส์ที่ใช้ในการควบคุมตัวชาร์จสถานีเตออร์อัตโนมัติและสูตรคำนวณค่าน้ำหนักที่ส่งผลต่อปริมาณของแบตเตอรี่ที่ลดลง ทั้งยังได้ทำการใช้งานจริงจากผู้ทดลองที่มีน้ำหนักที่ต่างกันออกไปเพื่อที่จะหาค่าการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของการกินกระแสของแบตเตอรี่เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการใช้งาน รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการทดลองในสถานะไม่มีโหลด

จากการทดลองในสถานะไม่มีโหลด พบว่า ความแตกต่างระหว่างมิเตอร์ที่ใช้วัดกับชุดทดลอง มีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อยโดยในทุกๆชั่วโมงความต่างจะมีระยะที่เท่าๆกัน คือ กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์ต่างจากกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลองเพียง บวกลบ 0.5 เท่านั้น ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์ต่างจากแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลองเพียง บวกลบ 0.5 เท่านั้น ซึ่งจะเห็นว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี และเมื่อนำมาทำในรูปแบบแผนภูมิเพื่อให้เข้าใจได้อย่างง่าย จะแสดงดัง รูปที่ 5.1



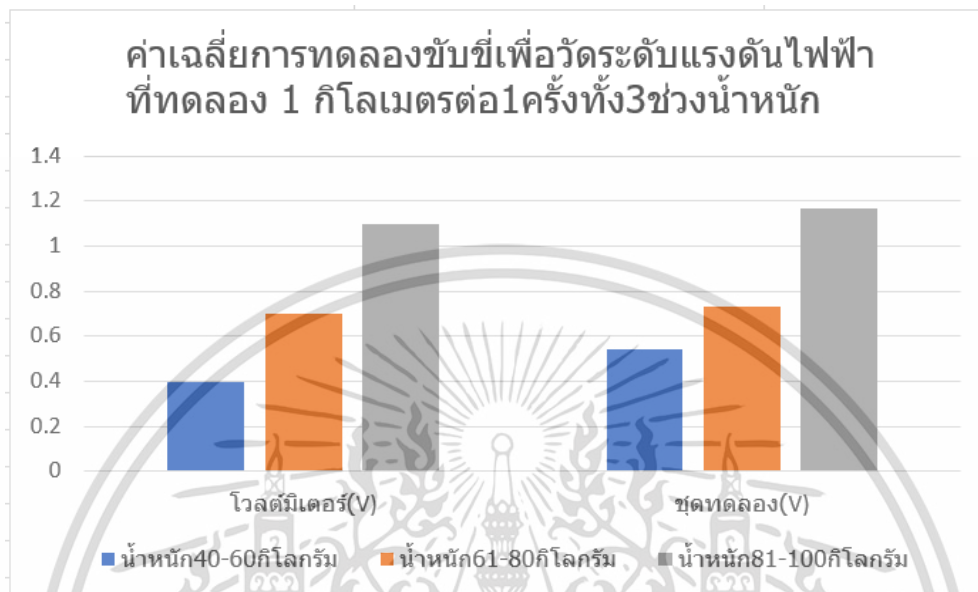
รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงการใช้พลังงานของมิเตอร์กับชุดทดลอง

5.1.2 สรุปผลการทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน

จากทฤษฎีแล้วเมื่อน้ำหนักของผู้ทดลองเพิ่มขึ้นโหลดของมอเตอร์ก็จะเพิ่มขึ้นตาม ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าใช้พลังงานมากขึ้นด้วย และทำให้พลังงานในแบตเตอรี่ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่จากการทดลองใช้งานจริงกลับไม่เป็นดังทฤษฎี เพราะน้ำหนักของผู้ทดลองในแต่ละช่วงที่มีการใช้งานจริงกลับกินกระแสค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้น้ำหนักของผู้ทดลองที่ต่างกันมีผลน้อยต่อการกินกระแสของมอเตอร์และเมื่อนำมาทำในรูปแบบแผนภูมิเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย จะแสดงดัง รูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยการทดลองซ้ำๆ เพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตรต่อ1ครั้ง

5.1.3 สรุปผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบรีง

หน้าจอของแอปพลิเคชันบรีงที่แสดงจะโชว์ สถานการณ์เชื่อมต่อของอุปกรณ์ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลือในแบตเตอรี่ เป็นเปอร์เซ็นต์ แสดงค่ากระแส และ วัดด

5.2 ปัญหาที่พบขณะทำการทดลอง

- 1) หัวชาร์จสามารถชาร์จได้แต่ยังต้องพัฒนาเพื่อนเพิ่มเสถียรภาพในการชาร์จ
- 2) Ultrasonic sensor ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนทำให้กับรับส่งค่าไม่เสถียรเท่าที่ควร
- 3) ปลั๊กกล้วยตัวผู้หลวมทำให้วงจรอาจมีการดับได้

5.3 วิธีการแก้ปัญหา

- 1) ออกแบบหัวชาร์จให้มีเสถียรภาพที่ดีในการเชื่อมต่ออัตโนมัติ
- 2) ถอดสายตัวsensorก่อนเปิดใช้งาน
- 3) จัดหาปลั๊กกล้วยที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหรือปลั๊กชนิดอื่นที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อจำกัดในการใช้งาน

- 1) ต้องจอดรถในจุดการชาร์จให้ได้มุมและองศาที่พอดี
- 2) ในการส่งและรับสัญญาณตัวอุปกรณ์กับชุดทดลองต้องอยู่ห่างกันไม่มาก

5.5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

หากต้องการนำไปพัฒนาต่อในอนาคต ชุดทดลองนี้สามารถพัฒนาได้โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในเพื่อลดข้อจำกัดในการทำงาน ขยายโครงข่าย Wifi เพื่อขยายขอบเขตของการรับส่งสัญญาณให้ได้ไกลมากขึ้น และพัฒนาตัวหัวชาร์จและตัวรับการชาร์จให้มีประสิทธิภาพที่เสถียรกว่าเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2559-2560). การศึกษาเทคโนโลยีอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า. หน้า 40-59. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2565. จาก [https://www.thaiauto.or.th/2012/th/services/ev/pdf/research/2017/การศึกษาเทคโนโลยีอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า.\(pdf.\)](https://www.thaiauto.or.th/2012/th/services/ev/pdf/research/2017/การศึกษาเทคโนโลยีอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า.(pdf.))
- [2] ร้านจำหน่าย microcontroller Sensor Module. App สำเร็จรูป Blynk Nodemcu esp8266 (ตอนที่1Blynkคืออะไร). สืบค้นเมื่อ15 พฤศจิกายน 2565. จาก <https://www.ab.in.th/article/68/app>.
- [3] ประกาศกรมการขนส่งทางบกเรื่องกำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2560. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565. จาก <https://www.dlt.go.th>.
- [4] คู่มือตรวจสอบความปลอดภัยของยานยนต์ไฟฟ้า. หน้าที่ 7-9. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565. จาก <http://online.anyflip.com/lymyo/nbip/mobile/index.html>.
- [5] รถไฟฟ้า EV คืออะไร-สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มข. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565. จาก <http://erdi.cmu.ac.th>
- [6] การใช้งาน Node MCU V2 ESP8266. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565. จาก <http://www.robotsiam.com>
- [7] Hall Effect Sensorคืออะไร. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565. จาก <http://www.netinbag.com>
- [8] Garmin ประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2565. จาก <http://www.garmin.com>

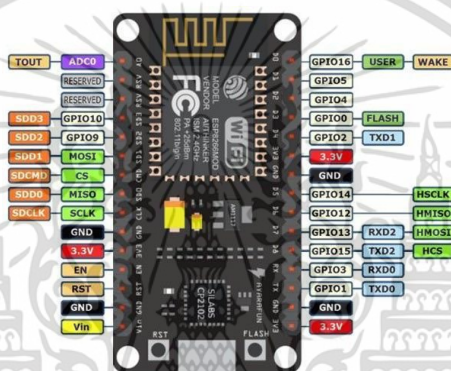
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ไมโครคอนโทรลเลอร์

ก.1 คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 V3.0

NodeMCU ก็คือบอร์ดคล้าย ๆ กับบอร์ด Arduino แต่ตัว NodeMCU จะมีความสามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ได้ เพราะภายในบอร์ดของ NodeMCU จะมี ESP8266 ซึ่งมีความสามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi อยู่ในตัว และเป็นแพลตฟอร์ม IoT สามารถใช้เขียนโปรแกรมลงยังบอร์ดเหมือนกับบอร์ด Arduino โดย ESP8266 คือไมโครชิปที่เป็นรูปแบบ TCP/IP มีหน้าที่สำหรับเชื่อมต่อ WI-FI



ก.1 Pin OUT ของ Node MCU ESP8266 V3.0

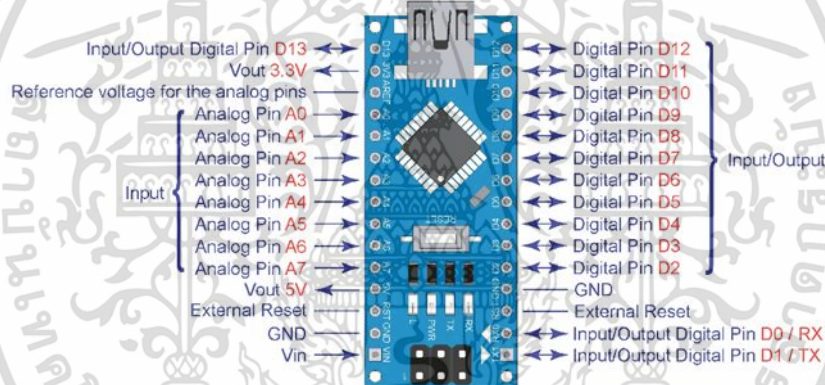
คุณสมบัติของ Node MCU ESP8266 V3.0

1. Microcontroller : Tensilica 32 – bit RISC CPU Xtensa LX106
2. Operating Voltage : 3.3V
3. Input Voltage : 7-12V
4. Digital I/O Pins (DIO) : 16 Pin
5. Analog input Pins (ADC) : 1 Pin
6. UARTs : 1
7. SPIs : 1
8. Flash Memory : 4MB
9. SRAM : 64 KB
10. Clock Speed : 80 MHz
11. USB-TTL based on CP2102 is included onboard, Enabling Plug n Play

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านไปใช้บนเว็บไซต์ท่านสามารถ
 ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO 3.0

บอร์ด NANO เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไอซีเบอร์ ATmega328P-AU เป็นไอซีหลัก ซึ่งภายในตัวไอซีจะขา INPUT และ OUTPUT แบบดิจิตอลจำนวน 14 ขา (สามารถใช้เป็นขา PWM output จำนวน 6 ขา) นอกจากนั้นยังมีขาแบบ Analog ไว้ให้ใช้งานจำนวน 8 ขา บนบอร์ดยังมีสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายสำหรับผู้เริ่มต้น เช่น ขั้ว USB แบบ MiniUSB ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์, ขั้วต่อ ICSP และปุ่ม Reset เป็นต้น บอร์ด NANO 3.0 สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE ได้ทุกเวอร์ชัน ขนาดของ Flash Memory คือ 32 กิโลไบต์ (โดยถูกจองด้วยโปรแกรม bootloader เป็นจำนวน 0.5 กิโลไบต์) ขนาดของ SRAM คือ 2 กิโลไบต์ และขนาดของ EEPROM คือ 1 กิโลไบต์



ก.2 Pin OUT ของ Arduino NANO 3.0

คุณสมบัติของ Arduino NANO 3.0

1.ขา INPUT/OUTPUT แบบ DIGITAL จะมีจำนวนขาใช้งานทั้งหมด 14 ขา ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นขา INPUT หรือขา OUTPUT ก็ได้ ตามการเขียนโปรแกรม โดยขานี้จะทำงานที่ระดับแรงดัน 5 โวลต์ดีซี กระแสที่สามารถจ่ายและรับได้ 20 มิลลิแอมป์ โครงสร้างภายในขาจะมีตัวต้านทานแบบพูลอัพต่ออยู่ ค่าประมาณ 20-50 กิโลโอห์ม นอกจากนั้นในบางขายังสามารถกำหนดฟังก์ชันพิเศษได้ เช่น

- ขา D0 (RX) และขา D1 (TX) ใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมในระดับ TTL
- ขา D2 และขา D3 เป็นขา Interrupt จากภายนอก ตามฟังก์ชัน attach Interrupt()
- ขา PWM ได้แก่ ขา D3,D5,D6,D9,D10 และ D11 เป็นขา OUTPUT ขนาด 8 บิต ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน analog Write()

- ขา D10 (SS), ขา D11 (MOSI), ขา D12 (MISO) และขา D13 (SCK) เป็นขาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบ SPI โดยการใช้ไลบรารี SPI

- ขา D13 เป็นขาที่ต่ออยู่กับ LED บนบอร์ด โดยถ้ากำหนดเป็นขา OUTPUT และมีค่าเป็น High ตัว LED จะติด แต่ถ้ากำหนดเป็น Low ตัว LED จะดับ

2.ขา INPUT แบบ ANALOG จะมีจำนวนขาใช้งานทั้งหมด 8 ขา ซึ่งในแต่ละขาจะมีระดับแรงดันสูงสุด 5 โวลต์ เมื่อเทียบกับกราวด์ และมีความละเอียดขนาด 10 บิต

3.ขา Vin เป็นขารับแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก ถ้าทำการจ่ายไฟเข้าที่ขานี้ ไม่ควรทำการจ่ายไฟผ่านขั้ว USB

4.ขา Vout 5V เป็นขาจ่ายไฟบวกขนาด 5 โวลต์ดีซี

5.ขา Vout 3.3V เป็นขาจ่ายไฟบวกขนาด 3.3 โวลต์ดีซี กระแสสูงสุด 50 มิลลิแอมป์

6.ขา GND เป็นขากราวด์ของวงจร

ก.3 การติดตั้งบอร์ด ESP2866 ลงบนโปรแกรม Arduino IDE

โดยการเริ่มใช้งานจำเป็นต้องทำการติดตั้งบอร์ด ESP2866 ลงบนโปรแกรม Arduino IDE โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE ฟรีได้ที่ <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

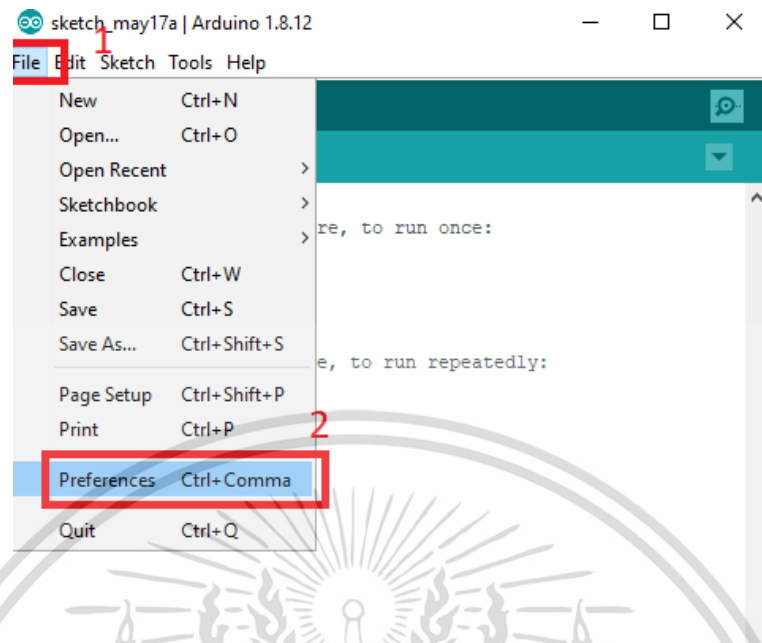


ก.2 โปรแกรม Arduino IDE

เมื่อทำการติดตั้ง Arduino IDE เรียบร้อยแล้ว ให้เปิด Arduino IDE ขึ้นมา

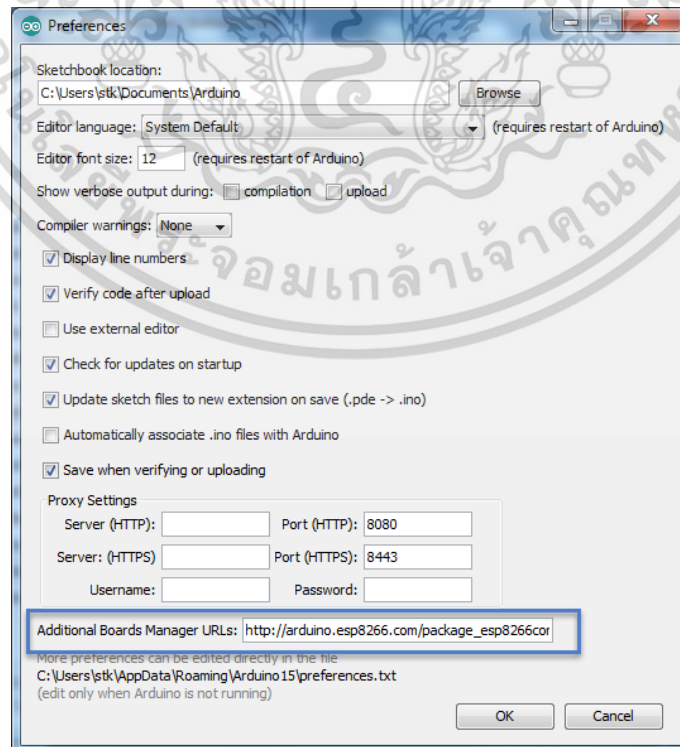
1) ไปที่ File เลือก Preferences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.3 การตั้งค่าการใช้งาน

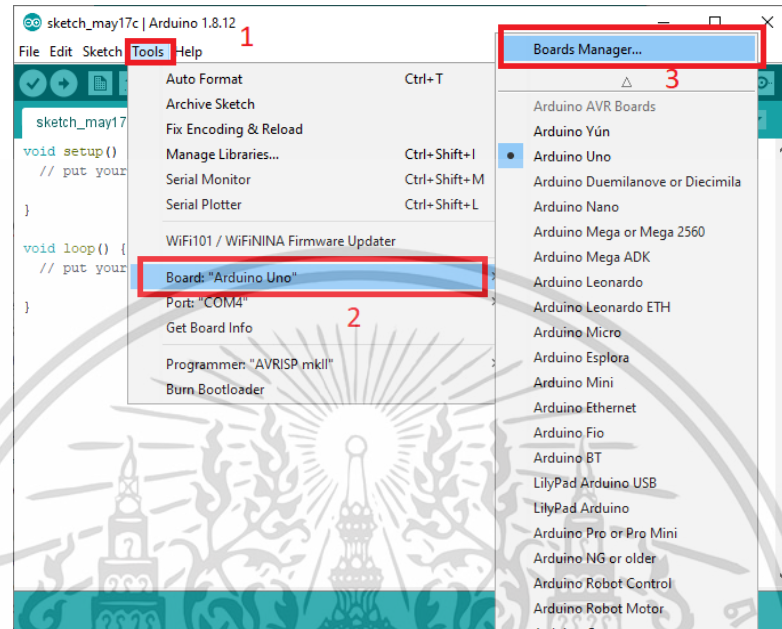
ใส่ URL ลงใน Addition Board Manager แล้วกด OK
 URLs คือ http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json



ก.4 การเพิ่ม URL ลงใน Addition Board Manager

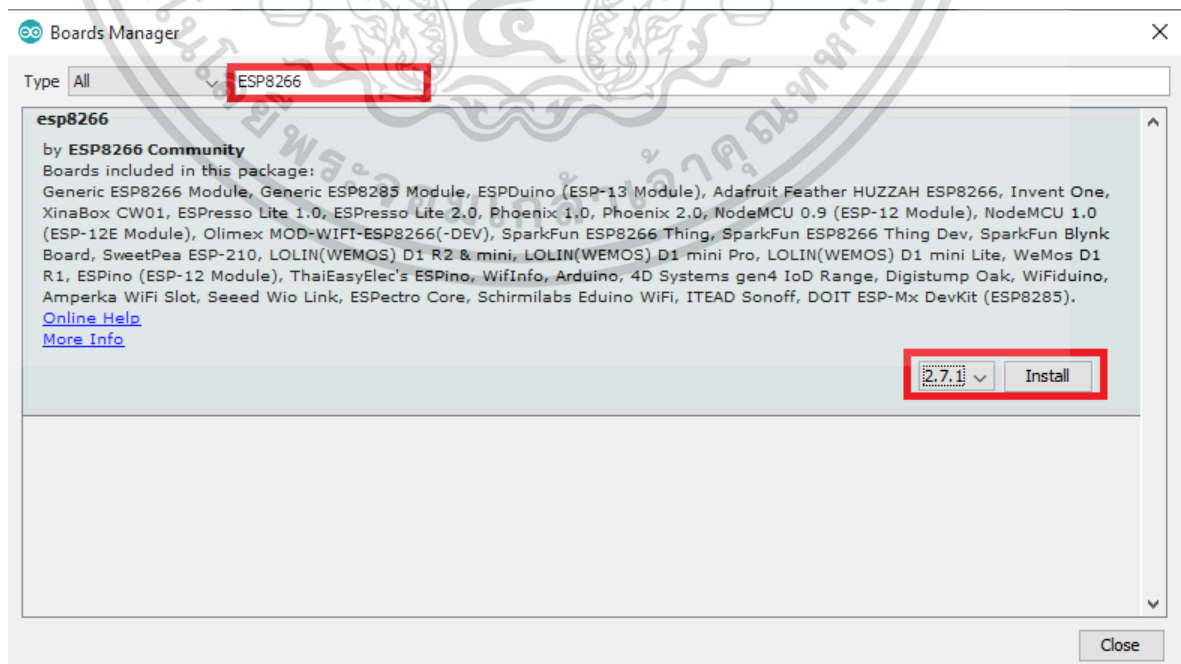
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เพิ่มบอร์ด ESP8266 ลงบนโปรแกรมโดยไปที่แถบเครื่องมือแล้วเลือก Tools ตามด้วย Board:
 “...” แล้วเลือก Boards Manager...



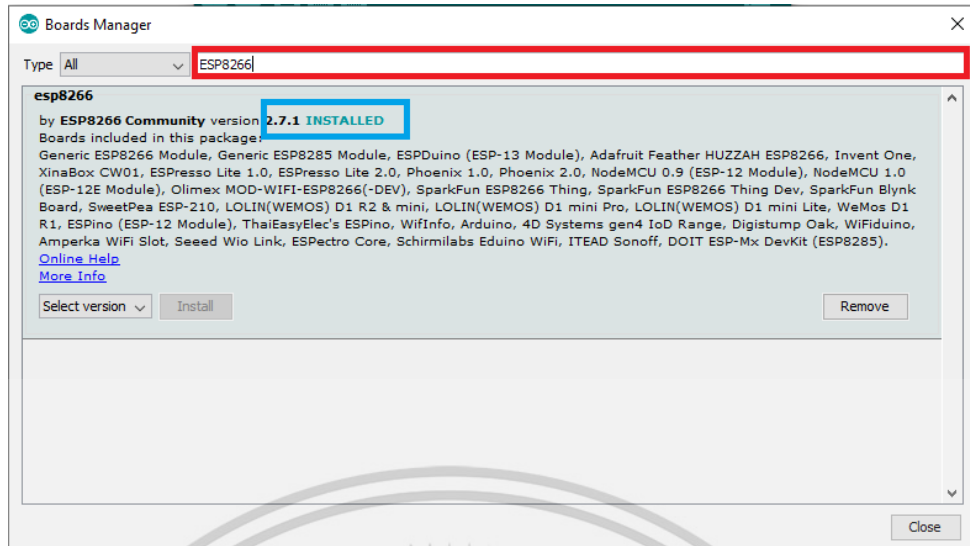
ก.5 เพิ่มบอร์ด ESP8266

4) ให้ค้นหา ESP8266 ในช่อง search จะเห็น esp8266 by ESP8266 Community และทำการติดตั้ง โดยเวอร์ชันจะเป็นเวอร์ชันล่าสุด ทำการ Install เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะมีข้อความขึ้นว่า INSTALLED สีฟ้า ๆ ทำการปิดหน้าต่าง



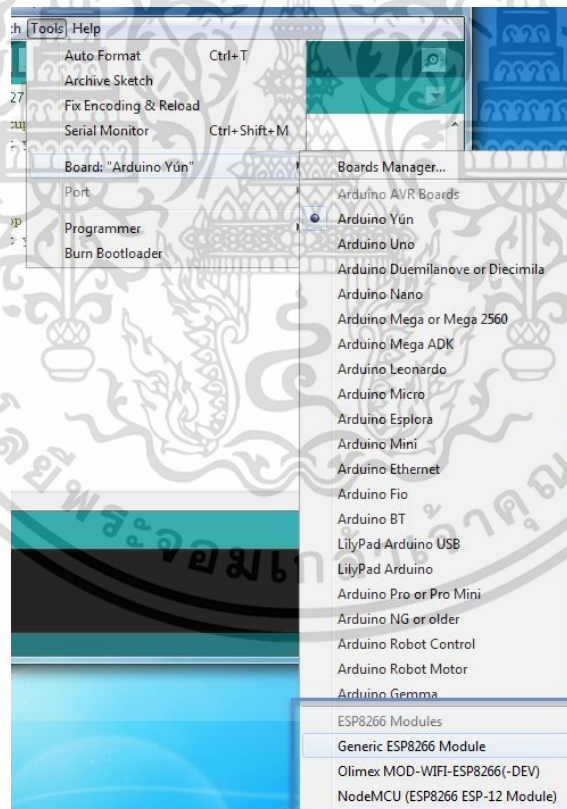
ก.6 การติดตั้งบอร์ด ESP8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.7 การติดตั้งเสร็จสิ้น

5) เลือกการใช้งานบอร์ดโดยให้ไปที่แถบเครื่องมือ Tools เลือก Board: “...” เลือก NodeMCU (ESP8266 ESP12) >> บอร์ด ESP8266 ที่เป็นบอร์ด NodeMCU ที่เราจะใช้งานนั่นเอง



ก.8 เลือกการใช้งานบอร์ด

ก.3 โปรแกรมที่ใช้ในการส่งค่าไปยังส่วนแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แอปพลิเคชัน Blynk

แอปพลิเคชัน Blynk คือแอปพลิเคชันสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับงาน IOT หรือ internet of things ซึ่งเป็นแผงควบคุมระบบดิจิทัลที่ผู้ใช้สามารถสร้างส่วนต่อประสานกราฟิกสำหรับโครงการ ของผู้ใช้โดยการลากและวางเครื่องมือ (widgets) ที่มีให้เลือกอยู่หลากหลาย เป็นเรื่องที่ย่างมากใน การตั้งค่าทุกอย่าง อีกทั้งแอปพลิเคชันนี้ยังสามารถใช้งานได้อย่าง Real time ได้แล้ว เพียงเชื่อมต่อ อุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตได้ ไม่ว่าจะเป็นพวกบอร์ด Arduino, Esp8266, Esp32, NodeMCU, หรือ Raspberry Pi เป็นต้น ซึ่งจะนำค่าต่าง ๆ มาแสดงบนแอปพลิเคชัน และที่สำคัญ แอปพลิเคชัน Blynk สามารถดาวน์โหลดฟรีได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android โดยการค้นหา ให้พิมพ์คำว่า “Blynk” ใน App Store หรือ Play Store



ค.1 แอปพลิเคชัน Blynk

ค.1 วิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk

การทำงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้

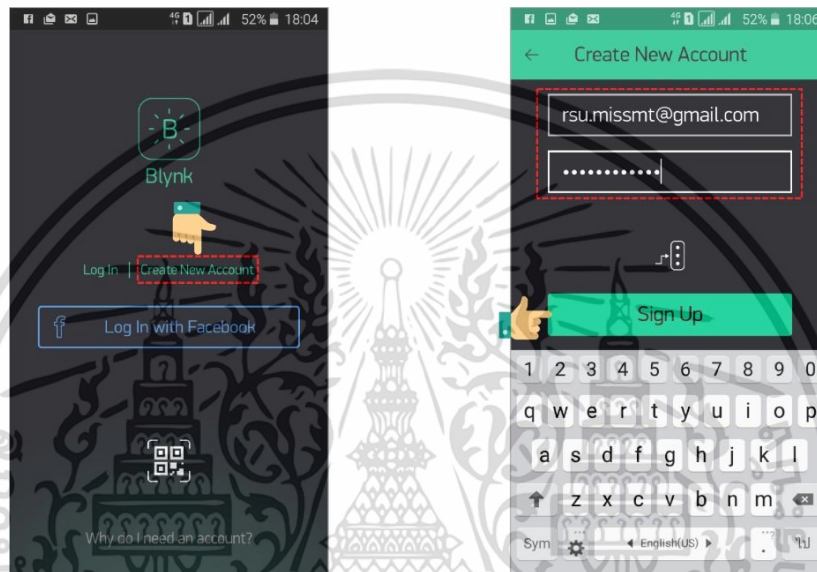
Blynk App คือแอปพลิเคชันที่สามารถติดตั้งในมือถือของเราเองเพื่อสร้าง Interface ในการ ควบคุม หรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ Internet of Things

Blynk Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์ Internet of Things เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of Things (ในส่วนนี้ทางเราได้ให้บริการฟรี)

Blynk Libraries ออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ Internet of Things ต่าง ๆ ให้สามารถสื่อสาร กันได้
อย่างมีประสิทธิภาพ

หลังจากทำการดาวน์โหลด Blynk Application และติดตั้งเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเปิด Application
ขึ้นมา และคลิกที่ Create New Account แล้วใส่อีเมลและรหัสผ่านที่ต้องการ โดย อีเมลที่กรอก “ต้องใช้งาน
ได้จริง” เพราะระบบจะส่งรหัส Token ไปให้ตามอีเมล



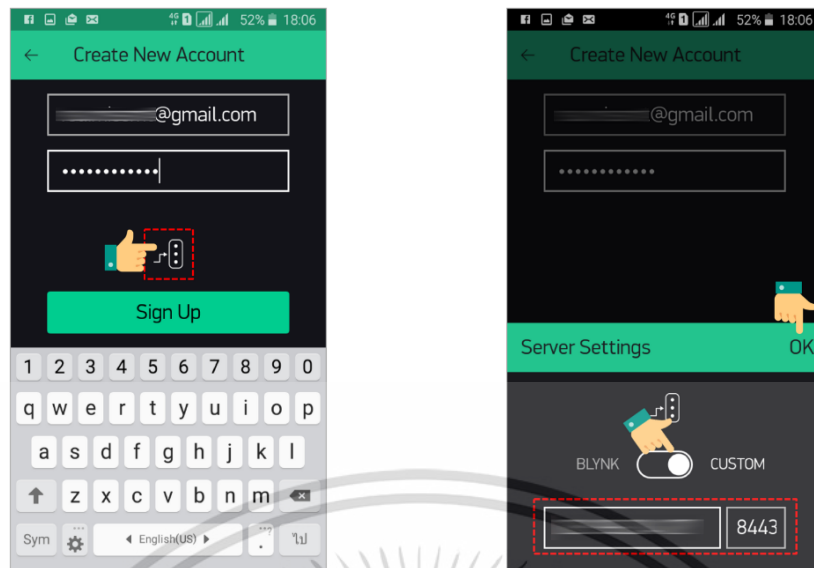
สร้างผู้ใช้งานใหม่

ระบุที่อยู่อีเมลและรหัสผ่าน

ค.2 รูปแสดงการสร้างผู้ใช้งานใหม่

ถ้าใครใช้ Server ของ Blynk ให้ข้ามขั้นตอนนี้ไป แต่ถ้าท่านตั้ง Blynk Server เอง จะต้อง เพิ่ม
ขั้นตอนนี้ขึ้นมาอีกเล็กน้อย ท่านต้องเข้าไปที่ Server Setting เพื่อไประบุ Ip ของ Server ที่ท่าน ติดตั้งเอง และ
กำหนดพอร์ตเป็น 8443 หรือ 9443 ขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของ Server ที่ติดตั้งไว้ ถ้าเป็น เวอร์ชันใหม่ๆ จะใช้
พอร์ตเป็น 9443 หลังจากกำหนดค่า Server แล้ว ก็ให้คลิกที่ปุ่ม Sign Up ก็จะได้พบกับหน้าสร้างโครงการใหม่
“New Project”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

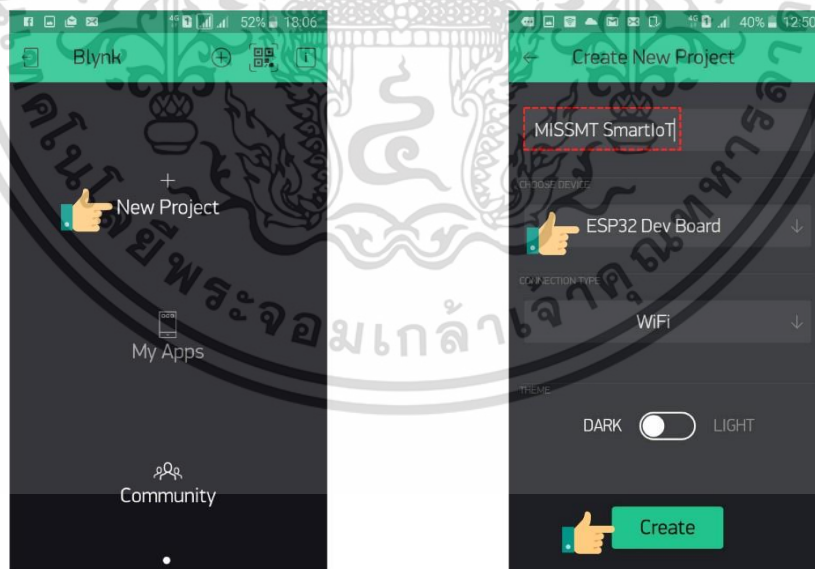


เลือกตั้งค่า Server

ระบุ IP Server และพอร์ต

ค.3 รูปแสดงการตั้งค่า Server ที่จะเชื่อมต่อ

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างโปรเจกต์ใหม่ ให้คลิกที่ “New Project” แล้วใส่ชื่อโครงการให้ เรียบร้อย จากตัวอย่างจะตั้งชื่อโครงการเป็น “MISSMT SmartIoT” แล้วเลือกประเภทของบอร์ด พัฒนา ผู้เขียนใช้ บอร์ด ESP32 จึงเลือกเป็น “ESP32 Dev Board” ถ้าใครใช้บอร์ด NodeMCU หรือ ESP8266 ก็เลือกบอร์ด ให้ถูกรุ่นด้วยนะครับ เพราะจะทำให้ Blynk ทำงานผิดพลาดได้ถ้าเลือกบอร์ด ผิดรุ่น บอร์ดแต่ละรุ่นวาง ตำแหน่งขา GPIO ไม่เหมือนกันนะครับ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “Create” จะเป็น สร้างโปรเจกต์



สร้างโปรเจกต์ใหม่

สร้างโปรเจกต์

ค.4 รูปแสดงการสร้างโปรเจกต์ใหม่

หลังจากที่สร้างโปรเจกต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะได้รับรหัส Token ที่ Blynk Server ส่งมาให้ รหัสนี้ก็คือ ตัวแทนของบอร์ดพัฒนานั่นเอง Blynk Server จะรู้จักบอร์ดเราได้และรู้ว่าตัวไหนอยู่ที่ไหน ก็อาศัยรหัส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Token เป็นตัวอ้างอิง

หลังจากทำการติดตั้ง Blynk Application ใน Smart Phone และทำการสร้างบัญชีการใช้งานใน Local Blynk Server (ใช้งานได้ฟรี) ของทางเราเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการดาวน์โหลดและติดตั้ง Blynk Library ลงในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อเริ่มใช้งานระบบต่อไป

ค.2 การตั้งค่าในแอปพลิเคชัน Blynk

การสร้าง Server ที่เป็น local จะทำให้เราได้รับ Energy ที่มากที่สุด ซึ่งปัจจุบันมีการปล่อย Server ให้ใช้กันฟรี ๆ มากขึ้น ทำให้ไม่ต้องซื้อคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์มาสร้าง Server เอง ทำให้ลดค่าใช้จ่าย ส่วนนี้ลงได้มาก (รายชื่อ Server Blynk ฟรี สามารถหาได้ที่ <https://gist.github.com/TridentTD/636066a9ba76ce860e2c62bff258036a>)

โดยหน้าจอแสดงผลมีการตั้งค่า ดังนี้

- 1) การตั้ง Widget อ่านค่าแรงดันจากสถานีชาร์จ
 - (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
 - (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้น ๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น VOLT – STATION
 - (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V0 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
 - (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น VAC
 - (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า



ค.5 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดแรงดันของสถานีการชาร์จประจุ

- 2) การตั้ง Widget อ่านค่ากระแสจากสถานีชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น CURRENT- STATION
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V1 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัดในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Ampere
- (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า



ค.6 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดกระแสของสถานีการชาร์จประจุ

- 3) การตั้ง Widget อ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ
 - (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
 - (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น POWER (Watt)
 - (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V2 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
 - (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Watt
 - (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า

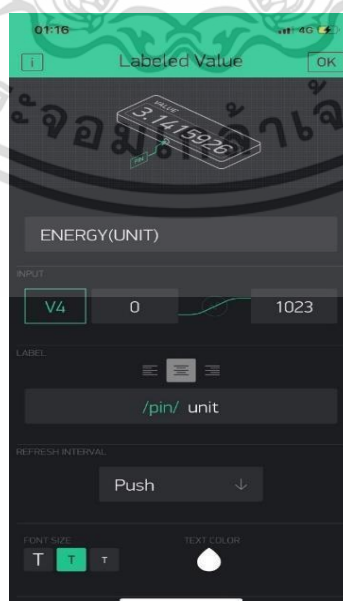
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค.7 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดกำลังไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

4) การตั้ง Widget อ่านค่าพลังงานไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าจอ
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น ENERGY (UNIT)
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V4 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น kWh
- (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า

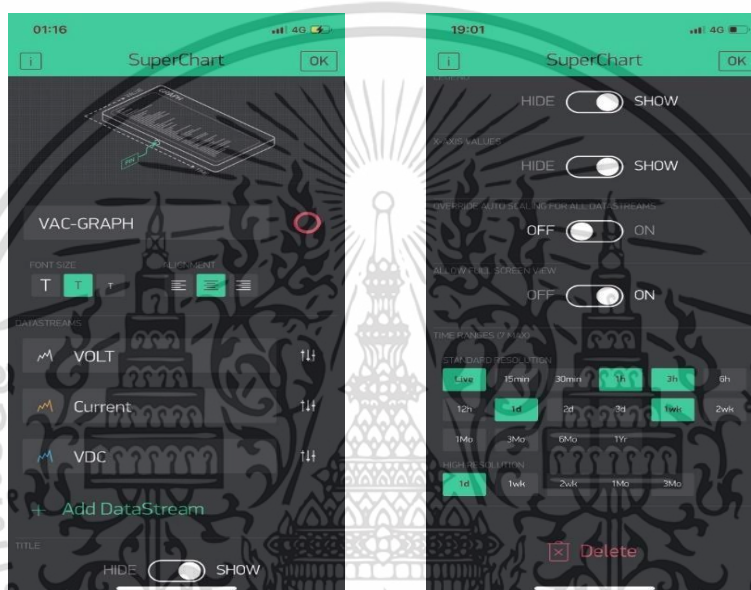


ค.8 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดพลังงานไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การตั้ง Widget เพิ่มทำกราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าจอ
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น IV – GARPH
- (3) เลือก INPUT โดยเลือกใช้ตัวแปรที่เคยสร้าง Widget ไว้ ซึ่งเลือกมาได้หลายตัว
- (4) สามารถตั้งค่าความละเอียดของการแสดงผลได้
- (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า

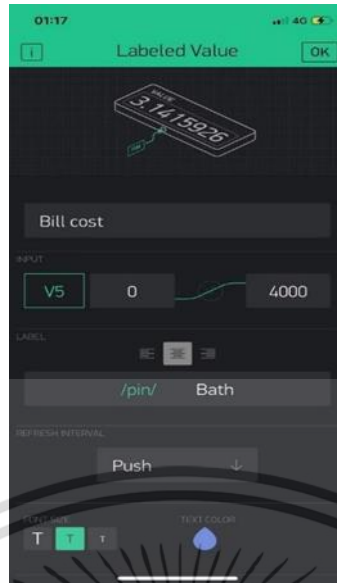


ค.9 แสดงการตั้งค่าของ Widget การสร้างกราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

6) การตั้ง Widget อ่านค่า Bill cost จาก LabVIEW

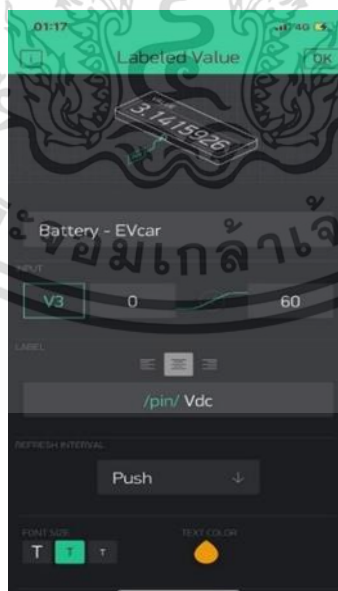
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าจอ
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Bill cost
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V5 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Bath
- (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค.10 แสดงการตั้งค่าของ Widget การแสดงบิลค่าไฟฟ้า

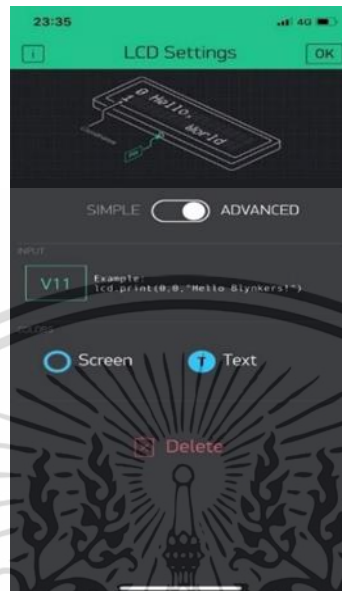
- 7) การตั้ง Widget เพื่อทำกราฟแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าจอ
 - (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Battery-EV
 - (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V3 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
 - (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น VDC
 - (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า



ค.11 แสดงการตั้งค่าของ Widget การแสดงค่าแรงดันจากแบตเตอรี่

8) การตั้ง Widget เพื่อแสดงผลการชาร์จจากสถานีชาร์จประจุ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (1) เลือกหน้า Widget LCD โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) เปลี่ยนจากโหมด SAMPLE เป็น ADVANCED
- (3) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า



ค.12 แสดงการตั้งค่าของ Widget แสดงผลการชาร์จจากสถานีชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้