

การใช้แอปพลิเคชันบรีงสำหรับเฝ้าติดตามตำแหน่ง และการประมาณ
ระยะทางในการขับขี่สอดคล้องกับน้ำหนักของผู้ขับขี่:

กรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

THE BLYNK APPLICATION FOR MONITORING THE LOCATION AND
DRIVING DISTANCE ESTIMATION OF BATTERY REMAINING
RELATED TO THE WEIGHT OF A LOAD CONDITION: A CASE
STUDY OF ELECTRIC SCOOTERS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE BLYNK APPLICATION FOR MONITORING THE LOCATION AND
DRIVING DISTANCE ESTIMATION OF BATTERY REMAINING
RELATED TO THE WEIGHT OF A LOAD CONDITION: A CASE
STUDY OF ELECTRIC SCOOTERS



CHAKKARIN WATTHANAPOOMSIRI

SUPAKAN WEAWWONG

SUPASETE SGOOLREUNGSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การใช้ริงแอปพลิเคชันสำหรับเฝ้าติดตามตำแหน่ง และการประมาณระยะทางในการขับขี่สอดคล้องกับน้ำหนักของผู้ขับขี่: กรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

THE BLYNK APPLICATION FOR MONITORING THE LOCATION AND DRIVING DISTANCE ESTIMATION OF BATTERY REMAINING RELATED TO THE WEIGHT OF A LOAD CONDITION: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTERS

นักศึกษาผู้จัดทำ

ว่าที่ ร.ต.จักรินทร์ วัฒนภูมิสิริ

รหัสนักศึกษา 62015015

นายศุภกานต์ แววงค์

รหัสนักศึกษา 62015110

นายศุภเศรษฐ์ สกุลเรืองศรี

รหัสนักศึกษา 62015111

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา

2564

| อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| รองศาสตราจารย์ ดร. วิศรุต ศรีรัตน์นะ |  |

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การใช้แอปพลิเคชันบรั้งสำหรับเฝ้าติดตามตำแหน่ง และการประมาณระยะทาง ในการขับขี่สโคตคล้องกับน้ำหนักของผู้ขับขี่: กรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า
THE BLYNK APPLICATION FOR MORNITORING THE LOCATION AND DRIVING DISTANCE ESTIMATION OF BATTERY REMANING RELATED TO THE WEIGHT OF A LOAD CONDITION: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTERS

นักศึกษาผู้จัดทำ ว่าที่ ร.ต.จักรินทร์ วัฒนภูมิสิริ รหัสนักศึกษา 62015015
นายศุภกานต์ แววงค์ รหัสนักศึกษา 62015110
นายศุภเศรษฐ์ สกฤเรื่องศรี รหัสนักศึกษา 62015111

**อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร. วิศรุต ศรีรัตนะ
2564

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการปรับปรุงและต่อยอดแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับระบุตำแหน่งและพลังงานไฟฟ้าภายใต้สภาวะโหลดในกรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า โดยสร้างจอสแสดงผลแบบไร้สายบนแอปพลิเคชัน Blynk ปริญญานิพนธ์นี้สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้า แต่เนื่องจากกระแสของรถยนต์ไฟฟ้ามีมานานแล้วคนบางกลุ่มจึงได้สร้างรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมาเอง วัสดุจะนำเข้าจากต่างประเทศการชาร์จจะคิดเป็นปลั๊กและเต้ารับ มาตรฐานในครัวเรือน ใช้เวลาชาร์จนานและสถานีชาร์จบางแห่งไม่แสดงพารามิเตอร์ในสถานีชาร์จทำให้เกิดปัญหา หากไม่สามารถรถที่หน้าสถานีชาร์จได้ แต่ต้องการรู้ระดับแบตเตอรี่และอีกปัญหาหนึ่งที่ต้องการ คือวิธีแก้ว่ารถขับไปได้ไกลแค่ไหนโดยใช้แบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงระดับแบตเตอรี่และระยะทางในการเดินทางโดยใช้แบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ในสมาร์ตโฟนดังนั้นแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับระบุตำแหน่งและพลังงานไฟฟ้าภายใต้สภาวะโหลดในกรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากสามารถชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่สถานีชาร์จมาตรฐานและสามารถตรวจสอบค่าต่าง ๆ ในกระบวนการชาร์จแบบไร้สาย ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนเวลาในการดึงที่ชาร์จ และไม่ต้องกังวลเรื่องแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่เมื่อขับรถบนท้องถนน

| | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Thesis Title | THE BLYNK APPLICATION FOR MORNTORING THE LOCATION AND DRIVING DISTANCE ESTIMATION OF BATTERY REMANING RELATED TO THE WEIGHT OF A LOAD CONDITION: A CASE STUDY OF ELECTRIC SCOOTERS |
| Authors | Mr. Chakkarin Watthanapoomsiri Mr. Supakan Weawwong Mr. Supasete Sgoolreungsri |
| Thesis Advisor | Assoc. Prof. Dr. Witsarut Sriratana |
| Year | 2021 |

ABSTRACT

This paper presents an improvement and extension of the Blynk application for positioning and electric power under load conditions in a case study of electric scooters. by creating a wireless display on the Blynk application. This project was created to satisfy electric vehicle users. But since the trend of electric cars has been around for a long time, some people have built their own electric cars. Materials are imported from abroad, charging is accounted for plugs and sockets. household standards It takes a long time to charge and some charging stations do not show the parameters in the charging station causing problems. If unable to wait in front of the charging station but want to know the battery level and one more problem need is a solution to how far the car can go with the remaining battery. This project is to show the battery level and travel distance using the remaining battery in the smartphone, so Blynk app for determining the location and electrical power under load conditions in the case study of electric scooter will help solve problems that arise This is because electric vehicles can be charged at standard charging stations, and different values can be monitored in the wireless charging process. So there is no need to change the charging pull time. And don't worry about the remaining battery when driving on the road.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความปรึกษาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิศรุต ศรีรัตนะ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียไม่ได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบรรดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

| | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญรูป..... | VIII |
| | |
| 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)..... | 6 |
| 2.1.2 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium)..... | 8 |
| 2.1.3 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH Battery)..... | 9 |
| 2.1.4 แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Li-ion Battery)..... | 10 |
| 2.1.5 แบตเตอรี่ประเภทเมทัล-แอร์ (Metal-Air Battery)..... | 13 |
| 2.1.6 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่..... | 17 |
| 2.2 แอปพลิเคชันบรีจ (Application Blynk)..... | 18 |
| 2.3 มอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า..... | 20 |
| 2.3.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)..... | 20 |
| 2.3.2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)..... | 24 |
| 2.3.3 มอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ..... | 29 |
| 2.3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟารุ่นต่าง ๆ..... | 30 |
| 2.4 ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า..... | 32 |
| 2.4.1 Inverter..... | 32 |
| 2.4.2 Vehicle Control Unit (VCU)..... | 33 |
| 2.4.3 DC-DC Converter..... | 33 |
| 2.4.4 Battery Management System..... | 34 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5 การคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน | 35 |
| 2.6 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า..... | 36 |
| 2.6.1 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด | 37 |
| 2.6.2 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด | 37 |
| 2.6.3 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่..... | 38 |
| 2.6.4 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง..... | 39 |
| 2.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง..... | 40 |
| 2.7.1 Node MCU ESP8266 | 40 |
| 2.7.2 Hall Effect Sensor | 40 |
| 2.7.3 Global Positioning System (GPS) | 41 |
| บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินการ | 43 |
| 3.1 การออกแบบ..... | 43 |
| 3.1.1 ส่วนของการทำงานภายใน..... | 40 |
| 3.1.2 ส่วนของการแสดงผล..... | 43 |
| 3.2 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของ ชุดอุปกรณ์วัดค่าสถานการณ์ทำงาน | 45 |
| 3.2.1 Node MCU ESP8266 | 45 |
| 3.2.2 Hall Effect Sensor | 45 |
| 3.2.3 Voltage sensor 12v..... | 45 |
| 3.2.4 Global Positioning System (GPS) | 46 |
| 3.2.5 MCP 3008..... | 46 |
| 3.2.6 วงจรแปลงแรงดัน..... | 46 |
| 3.2.7 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง | 46 |
| 3.3 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงผล..... | 47 |
| บทที่ 4 ผลการทดลอง..... | 49 |
| 4.1 กล่าวนำ | 49 |
| 4.2 ขั้นตอนการทดลอง | 49 |
| 4.2.1 ทดลองในสถานะที่ไม่มีโหลด (No Load) | 49 |
| 4.2.2 ทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน..... | 49 |
| 4.2.3 ทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันจริง | 50 |
| 4.3 ผลการทดลอง | 51 |
| 4.3.1 ผลการทดลองในสถานะไร้โหลด | 51 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.2 ผลการ ทดลองในสภาวะที่โหลดต่างกัน | 54 |
| 4.3.3 ผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบรีง | 58 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 58 |
| 5.1 กล่าวนำ | 60 |
| 5.1.1 สรุปผลการทดลองในสภาวะไม่มีโหลด | 60 |
| 5.1.2 สรุปผลการทดลองในสภาวะที่โหลดต่างกัน | 61 |
| 5.1.3 สรุปผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบรีง | 62 |
| 5.2 ปัญหาที่พบขณะทำการทดลอง | 62 |
| 5.3 วิธีการแก้ปัญหา | 62 |
| 5.4 ข้อจำกัดในการใช้งาน | 62 |
| 5.5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม | 62 |
| บรรณานุกรม | 63 |
| ภาคผนวก ก ไมโครคอนโทรลเลอร์ | 64 |
| ภาคผนวก ข แอปพลิเคชัน Blynk | 70 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 ตารางเปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า..... | 16 |
| 2.2 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าชนิดนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน..... | 31 |
| 4.1 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ครั้งที่ 1..... | 51 |
| 4.2 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ครั้งที่ 2..... | 51 |
| 4.3 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ครั้งที่ 3..... | 52 |
| 4.4 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ครั้งที่ 4..... | 52 |
| 4.5 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ครั้งที่ 5..... | 52 |
| 4.6 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า..... | 53 |
| ในสถานะ Unload ทั้งหมด5ครั้ง | |
| 4.7 ตารางการทดลองขับซีเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตร | 54 |
| ในผู้ที่มีน้ำหนัก40-60 กิโลกรัม | |
| 4.8 ตารางการทดลองขับซีเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตร | 55 |
| ในผู้ที่มีน้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม | |
| 4.9 ตารางการทดลองขับซีเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตร | 57 |
| ในผู้ที่มีน้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม | |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 ภาพหลักการทำงานของแบตเตอรี่..... | 4 |
| 2.2 สมรรถนะแบตเตอรี่ในมิติต่าง ๆ..... | 5 |
| 2.3 คุณลักษณะด้าน C-rate, SOC และ%DODของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ | 6 |
| 2.4 ประเภทของแอโนด (สีเขียว) และแคโทดสำหรับแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน | 11 |
| 2.5 โครงสร้างของแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air..... | 14 |
| 2.6 การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบตเตอรี่ที่ใช้ Zn เป็นขั้วแอโนดและแบตเตอรี่ Zn-Air | 14 |
| 2.7 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ทำได้จริงกับทางทฤษฎี..... | 15 |
| 2.8 ห่วงโซ่คุณค่าสำหรับแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า | 16 |
| 2.9 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน | 18 |
| 2.10 ตัวอย่าง App Blynk..... | 19 |
| 2.11 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client | 19 |
| 2.12 ภาพรวมของระบบ Network Blynk และ ข้อมูลหน้าจอที่จะมาแสดงใน App..... | 20 |
| 2.13 หน้าจอของ App..... | 20 |
| 2.14 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน..... | 21 |
| 2.15 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน..... | 22 |
| 2.16 กำลังสูญเสียทั้งหมด)Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน | 23 |
| 2.17 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ | 24 |
| 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ..... | 25 |
| 2.19 กำลังสูญเสียทั้งหมด)Total Losses) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ..... | 26 |
| 2.20 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous | 27 |
| 2.21 กำลังสูญเสียทั้งหมด)Total Losses) ของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส | 27 |
| 2.22 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance | 28 |
| 2.23 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Axial Flux..... | 29 |
| 2.24 ตัวอย่างโรเตอร์แบบ Axial Flux Permanent Magnet Brushless..... | 29 |
| 2.25 ตัวอย่างสเตเตอร์แบบ Axial Flux | 30 |
| 2.26 ส่วนประกอบในการทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง | 32 |
| 2.27 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า | 33 |
| 2.28 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม..... | 34 |
| 2.29 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อน | 34 |
| 2.30 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า..... | 37 |
| 2.31 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด)Hybrid Electric Vehicle, HEV)..... | 37 |
| 2.32 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV) | 38 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.33 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV)..... | 39 |
| 2.34 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)..... | 39 |
| 2.35 Node MCU ESP8266 V2.0..... | 40 |
| 2.36 Hall Effect Sensor ACS 712 | 41 |
| 3.1 โครงสร้างการออกแบบ | 43 |
| 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด | 44 |
| 3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง..... | 45 |
| 3.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง..... | 46 |
| 3.5 แสดงหน้าจอการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk..... | 47 |
| 4.1 ชาร์จแบตเตอรี่สวิตช์เตอร์ไฟฟ้าจนเต็ม | 49 |
| 4.2 ทดลองขับสวิตช์เตอร์ไฟฟ้าในน้ำหนักที่ต่างกัน | 50 |
| 4.3 ระบบนำทาง (GPS)..... | 50 |
| 4.4 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด ครั้ง 5..... | 53 |
| 4.5 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 5 ครั้ง..... | 54 |
| 4.6 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ใช้น้ำหนัก 40-กิโลกรัม 60..... | 55 |
| 4.7 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ใช้น้ำหนัก 61-กิโลกรัม 80..... | 56 |
| 4.8 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ใช้น้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม..... | 57 |
| 4.9 หน้าแอปพลิเคชันบรีงในขณะที่ยังไม่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทดลอง | 58 |
| 4.10 แอปพลิเคชัน Strava..... | 58 |
| 4.11 หน้าแอปพลิเคชันในขณะที่เชื่อมต่อกับชุดทดลองแล้ว..... | 59 |
| 4.12 หน้าแอปพลิเคชันในช่วงที่มีการใช้งาน..... | 59 |
| 5.1 แผนภูมิแสดงการใช้พลังงานของมอเตอร์กับชุดทดลอง | 61 |
| 5.2 ค่าเฉลี่ยการทดลองขับเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ กิโลเมตรทั้งหมด 15 ครั้ง | 61 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญญาประดิษฐ์

ด้วยสภาพการเปลี่ยนแปลงทางสังคม 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 หรือ IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างอัตโนมัติ ทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลายหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น IoT อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ที่มีการกล่าวถึงไม่นานมานี้ แต่ IoT เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโครงข่ายเพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย IoT จะเปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และรองรับอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิม ในปัจจุบันสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ตามรูปแบบดังนี้ 1) การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น 2) การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3) การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN 4) การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสื่อสารดาวเทียม เป็นต้น

การประยุกต์ แอปพลิเคชัน บริ้ง เพื่อระบุตำแหน่งและระยะการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของสก็อตเตอร์ไฟฟ้า ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อให้เข้ากับนโยบายของ กสทช. ที่วางไว้ว่าธุรกิจ IoT จะเติบโตร้อยละ 249 ในปี 2565 โดยตัวโครงการจะเป็นชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กติดอยู่กับสก็อตเตอร์ไฟฟ้าต้นแบบ โดยภายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกป้อนชุดคำสั่งที่สื่อสารผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต มีคุณสมบัติ คือ เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะสามารถ ระบุตำแหน่งของสก็อตเตอร์ไฟฟ้าในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขับเคลื่อน มีฟังก์ชันแสดงสถานะของแบตเตอรี่ ระยะเวลาทางที่แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้ โดยทั้งหมดนี้จะแสดงผ่านโทรศัพท์มือถือด้วยแอปพลิเคชันบรีจ ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต และระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าได้ทุกชนิด จึงเป็นที่มาของโมเดล การประยุกต์แอปพลิเคชัน บรีจ เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาระบบการทำงานของแอปพลิเคชันบรีจและหลักการของการเขียนชุดคำสั่ง
2. เพื่อศึกษาทฤษฎีและสูตรคำนวณค่าน้ำหนักที่ส่งผลต่อปริมาณของแบตเตอรี่ที่ลดลงกับระยะเวลาที่แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้
3. ศึกษาแบบ google maps ในการระบุตำแหน่งของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้าในขณะที่ขับเคลื่อนผ่านโทรศัพท์มือถือในแอปพลิเคชันบรีจ

1.3 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

โครงการนี้เป็นการสร้าง การประยุกต์ แอปพลิเคชัน บรีจ เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาตั้งแต่ส่วนประกอบของ Application Blynk ระบบขับเคลื่อน ระบบแบตเตอรี่ ระบบการสื่อสารด้วยระบบ WIFI การใช้งานโปรแกรม Arduino รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนที่ผ่านมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นโครงการดังกล่าว

- 1.3.1 พัฒนาระบบ Application Blynk ที่สามารถใช้ได้กับสกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก
- 1.3.2 พัฒนาระบบการคำนวณโหลดที่ส่งผลต่อพลังงานที่ใช้ขั้วมอเตอร์เพื่อประเมินระยะเวลาที่สามารถขับเคลื่อนต่อไปได้
- 1.3.3 พัฒนาระบบแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริง สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบแบตเตอรี่ ระยะเวลา และตำแหน่งของสกู๊ตเตอร์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ช่วยให้เข้าใจหลักการการทำงานของระบบ Application Blynk และการเลือกแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 1.4.2 สามารถตรวจสอบปริมาณของแบตเตอรี่ได้ทุกที่ ตลอดเวลา
- 1.4.3 สามารถวางแผนการใช้งาน Application เพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.4.4 สามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.5.1 ศึกษาการทำงานของระบบ Application Blynk และ Method การรับ - ส่งข้อมูล เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานในเบื้องต้น และอุปกรณ์เสริมที่จะต่อเข้ากับตัวแอป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดของการใช้ Application Blynk ผ่านสมาร์ทโฟน ในระบบปฏิบัติการ Android

1.5.3 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน Arduino ในการเขียนโค้ด เพื่อสื่อสารกับตัวแอปพลิเคชัน

1.5.4 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโค้ด ตัวแปรต่างๆ การคำนวณสูตร เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบ ระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนที่สัมพันธ์กับน้ำหนัก

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

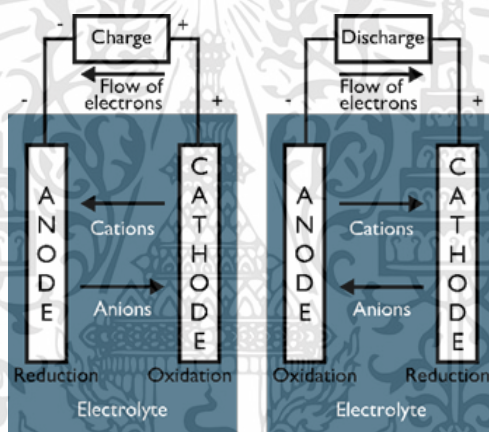


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



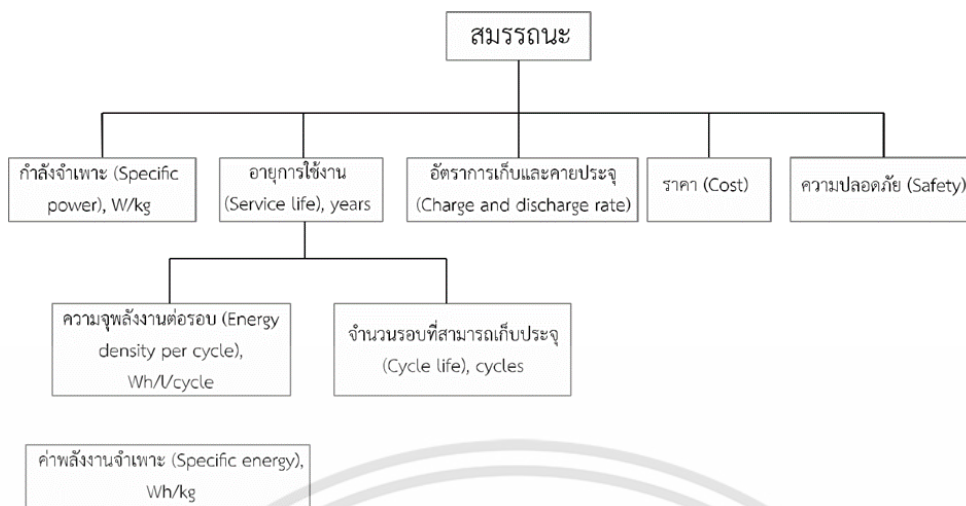
รูปที่ 2.1 ภาพหลักการทำงานของแบตเตอรี่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สมรรถนะแบตเตอรี่ในมิติต่าง ๆ

นอกจากนี้ คำจำกัดความอื่น 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 เช่น ในยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขับเคลื่อนทั้งหมด DOD จะอยู่ระหว่าง 20% ในขณะที่รถประเภทไฮบริดนั้น DOD ของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ 40%

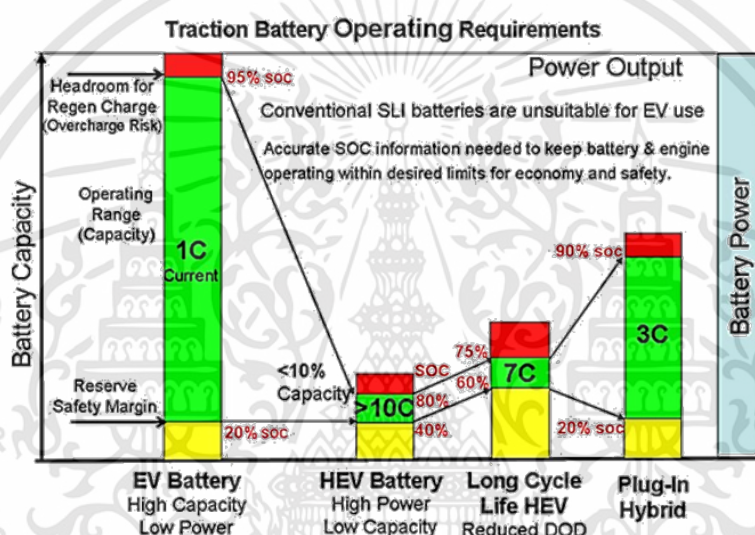
3. SOC (State of charge) ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณความจุที่แบตเตอรี่มีอยู่ เช่น 10% SOC หมายถึง แบตเตอรี่มีความจุอยู่ 10% 80% SOC หมายถึง แบตเตอรี่มีความจุอยู่ 80% โดยการใช้งานแบตเตอรี่ในงานแต่ละประเภท SOC ที่แบตเตอรี่ต้องเจอบ่อย ๆ นั้นจะอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากันเช่นเดียวกับ DOD เช่นยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขับเคลื่อนทั้งหมด SOC จะอยู่ระหว่าง 20-95% ในขณะที่ยานยนต์ประเภทไฮบริด 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ส่วนอายุการใช้งานแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้งาน ความรวดเร็วในการดึงพลังงานไปใช้ (Load level) ชนิดและลักษณะอนุภาคของส่วนประกอบขั้ว ชนิดของอิเล็กโทรไลต์ และ %DOD เป็นต้น



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติด้าน C-rate, SOC และ%DODของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ

ในช่วงปี ค.ศ. 1880 การใช้แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 20 ปี หลังจากการค้นพบแบตเตอรี่กรดตะกั่วขึ้นเป็นครั้งแรก ถึงแม้ว่ายานยนต์ไฟฟ้าจะได้รับความนิยมลดลงหลังจากมีการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้น ประกอบกับราคาของน้ำมันที่ถูกกลง และระยะทางขับเคลื่อนที่ไกลขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงปี ค.ศ. 1970 พบว่ามีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น โดยประเภทแบตเตอรี่ที่ใช้ยังเป็นประเภทกรดตะกั่วเช่นเดิม จนกระทั่งวิวัฒนาการของแบตเตอรี่ได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นอีกหลายประเภท โดยแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมสำหรับใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน ได้แก่

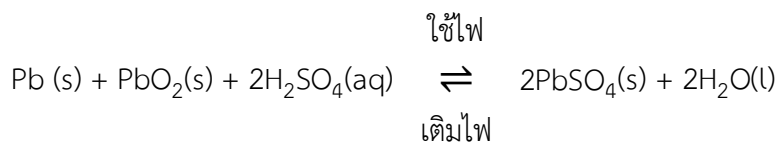
2.1.1 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery)

แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วถูกคิดค้นขึ้นมาครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1859 โดย Gaston Plante และได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยปัจจุบันเป็นแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้กันมากที่สุดในยานยนต์ โดยใช้เป็นแบตเตอรี่สำหรับติดเครื่องยนต์เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากแบตเตอรี่ประเภทนี้มีราคาถูก เนื่องจากวัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่ายและมีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วมีขั้วลบทำจากตะกั่วที่มีลักษณะพรุน (Porous lead) ส่วนขั้วบวกเป็นตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) ที่มีลักษณะพรุน

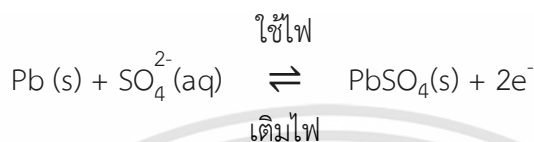
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกัน โดยมีกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้นเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์และมีปฏิกิริยาเคมีที่เกิดบนขั้วทั้งสองในระหว่างการใช้งาน (จ่ายประจุ) สามารถแสดงได้ดังนี้

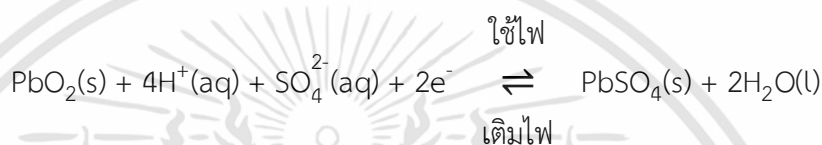
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นคือ



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 ปฏิกิริยานี้จะเกิดการย้อนกลับทำให้สามารถนำแบตเตอรี่กลับมาใช้งานได้ อีก ขั้วทั้งสองนี้มีลักษณะพรุนเพื่อให้พื้นที่ผิวที่จะทำปฏิกิริยาซึ่งก่อให้เกิดไฟฟ้าได้มากขึ้นและส่งผลให้มีความต้านทานไฟฟ้าสูง การปล่อยแบตเตอรี่ให้อยู่ในสถานะที่ไฟหมดเป็นเวลานานทำให้เกิดผลึก PbSO_4 ขนาดใหญ่ซึ่งไปอุดตันรูพรุนเหล่านี้ ส่งผลให้ความต้านทานไฟฟ้าของขั้วเพิ่มสูงขึ้นและเกิดการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ในที่สุด นอกจากนี้ บางครั้งเกิดการรวมตัวของ H^+ เป็นก๊าซ H_2 และ O_2 เป็นก๊าซ O_2 แพร่ออกจากแบตเตอรี่ดังนั้นจึงต้องมีการเติมน้ำกลั่นอยู่เสมอเพื่อทดแทน H^+ และ O_2 ที่เสียไป อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่สมัยใหม่นั้นไม่ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยครั้งเนื่องจากกล่องของแบตเตอรี่ ได้ถูกออกแบบมาให้เื้ออานวยต่อการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนให้กลั่นตัวเป็นน้ำ (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

เป็นแบตเตอรี่ที่สำหรับใช้งานที่ต้องมีการจ่ายกระแสต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยมีการใช้งานอยู่หลายประเภท เช่น สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า รถกอล์ฟ รถ forklift อุปกรณ์ทางการแพทย์ หรือสำหรับเก็บไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น เช่นจากเซลล์แสงอาทิตย์ หรือจากกังหันลม เป็นต้น

2.1.1.3 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว แบบ Stationary

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

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

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

ข้อด้อย

- ความจุของพลังงานต่อน้ำหนักต่ำทำให้มีน้ำหนักมาก
- แบตเตอรี่จะเสื่อมสภาพเร็วหากไม่มีประจุ
- ตะกั่วและกรดซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม
- มีระเบียบที่เข้มงวดในการขนส่งโดยเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วแบบเปียก เพราะอาจเกิดการรั่วซึมของกรดออกจากแบตเตอรี่ได้

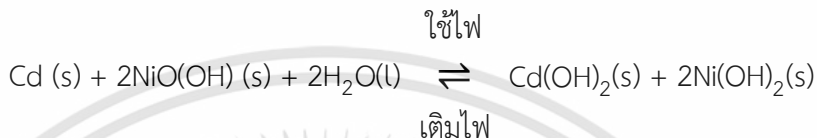
2.1.2 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียมเป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอัลคาไลน์ชนิดแรก โดยชื่ออัลคาไลน์ นั้นมาจากสารอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ซึ่งมีธาตุในหมู่อัลคาไลน์เป็นส่วนประกอบ เช่น สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ (KOH) เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นที่รู้จักในนาม “ไนแคด” โดยไนแคดได้ถูกค้นพบมานานกว่า ศตวรรษโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน แต่ไม่ได้นำเข้าสู่ตลาดจนกระทั่งช่วงเวลา 40 ปีที่ผ่านมา โดยข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดนี้อยู่ที่ไม่ต้องการการดูแลรักษา เช่น การเติมน้ำกลั่น เก็บไว้ได้นานไม่ว่าจะอยู่ในสถานะที่มีประจุไฟฟ้าเต็มหรือไม่สามารถอัดประจุไฟฟ้าได้เร็ว ใช้ได้ที่อุณหภูมิต่ำและค่าความต่างศักย์ขณะใช้งานคงที่

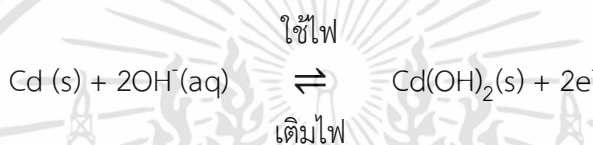
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ประเภทนี้มีข้อเสียคือราคาวัตถุดิบและราคาการผลิตที่สูงกว่าแบตเตอรี่แบบกรดตะกั่วมาก อีกทั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมี Memory effect ซึ่งหมายถึงสภาวะที่แบตเตอรี่เสื่อมเนื่องจากการถูกใช้งานไม่หมดก่อนถูกอัดประจุไฟฟ้าอีกครั้งและมีความสูญเสียทางประจุไฟฟ้ามากกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว องค์ประกอบหลักของแบตเตอรี่ชนิดนี้มี ขั้วลบซึ่งเป็นแคดเมียม (Cd) ขั้วบวกเป็นนิเกิลออกไซด์ (NiO(OH)) โดยมีสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ (KOH) เป็นอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์นี้ ซึ่งต่างจากแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วตรงที่อิเล็กโทรไลต์ไม่ได้ร่วมทำปฏิกิริยากับขั้วแบตเตอรี่โดยตรงเพียงแต่เป็นตัวนำไอออนเท่านั้น

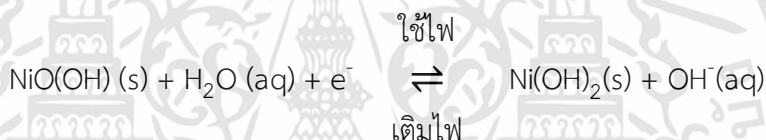
ปฏิกิริยารวมแบบย่อของไนแคดคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกคือ



อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแคดเมียมเป็นสารมีพิษที่ค่อนข้างร้ายแรง การใช้งานและพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงไม่ได้รับการสนับสนุนมากนัก การพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ไนแคดจึงมีอยู่น้อยมาก โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม มีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

- กำลังไฟสูง

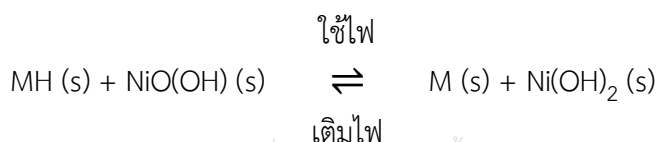
ข้อด้อย

- แคดเมียมที่ใช้เป็นส่วนประกอบ เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
- มีปัญหา Memory Effect จึงไม่สามารถอัดประจุในขณะที่แบตเตอรี่ยังมีประจุ เนื่องจากจะทำให้แบตเตอรี่ไม่จดจำระดับการอัดประจุสูงสุดได้

2.1.3 แบตเตอรี่ประเภทนิเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH Battery)

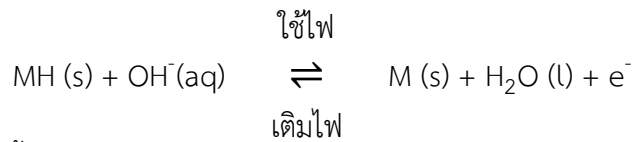
แบตเตอรี่ชนิดนี้อาศัยปฏิกิริยาเคมีที่มีขั้วลบซึ่งเป็นโลหะผสม (M) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเกิดเป็นเมทัลไฮไดรด์ได้ โดยโลหะพวกนี้มักมีตัวย่องทางเคมีอยู่ในรูปแบบของ AB₂ หรือ AB₅ เช่น ZrNi₂ หรือ LaNi₅ ส่งผลให้แบตเตอรี่ประเภทนิเกิล-เมทัลไฮไดรด์มีความจุพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วมาก

ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ

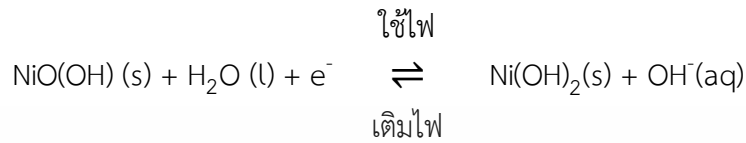


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกคือ



การพัฒนาด้านอายุการใช้งานและความปลอดภัยทำให้แบตเตอรี่แบบนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ได้ถูกนำไปใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทไฮบริดในยุคแรกที่เกิดโดยบริษัท โตโยต้า จำกัด ซึ่งพัฒนาร่วมกับบริษัท Panasonic EV Energy จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทลูกของบริษัท พานาโซนิค จำกัด อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กเนื่องจากราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว ในขณะที่มีความปลอดภัยโดยรวม เช่น ความจุพลังงาน อายุการใช้งาน และการบำรุงรักษา นั้น ยังคงด้อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนซึ่งขณะนี้แบตเตอรี่ทุติยภูมิที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด 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)

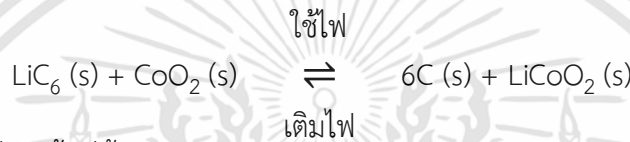
เนื่องจากข้อจำกัดทางความจุพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ ข้างต้น การพัฒนาแบตเตอรี่จึงมุ่งไปสู่การคิดค้นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน โดยแร่ลิเทียมมีข้อได้เปรียบกว่าสารที่ใช้ในแบตเตอรี่ชนิดอื่น ๆ ในด้านพลังงานต่อน้ำหนักเนื่องจากลิเทียมเป็นธาตุที่มีน้ำหนักเบาเกือบที่สุดในตารางธาตุและมีค่าความเสถียรต่ำซึ่งทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความต่างศักย์และความจุพลังงานมากที่สุ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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

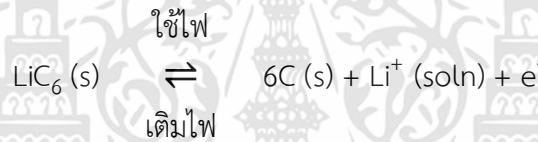
ตาม ในปัจจุบันส่วนแบ่งตลาดของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีมากที่สุดในกลุ่มของแบตเตอรี่แบบอัดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ทั้งหมด

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนในปัจจุบันใช้ LiCoO_2 โลหะออกไซด์อื่น ๆ หรือสารประกอบฟอสเฟต เช่น LiMn_2O_4 (LMO), LiNiO_2 (LNO), Li-Mn-Ni-Co-O_2 (NMC), LiFePO_4 เป็นขั้วบวกและคาร์บอนเป็นขั้วลบ มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของเกลือที่มี Li^+ เป็นส่วนประกอบเป็นนอเล็กโตรไลต์ ปฏิกริยาที่ก่อให้เกิดไฟฟ้าในแบตเตอรี่ชนิดนี้เกิดจากการแพร่ของ Li^+ จากขั้วลบที่มีพลังงานศักย์ทางเคมีสูงไปยังขั้วบวกซึ่งมีพลังงานศักย์ต่ำกว่า หากแต่การแพร่ของสารนั้นจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อประจุรวมของสารที่แพร่ทั้งหมด (ไอออนบวก ไอออนลบ และอิเล็กตรอน) มีค่าเป็นกลาง เนื่องจากอิเล็กโตรไลต์ไม่สามารถเป็นสื่อนำอิเล็กตรอนได้ การแพร่ของ Li^+ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีวงจรภายนอกต่อให้อิเล็กตรอนวิ่งผ่านจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ก่อให้เกิดไฟฟ้าที่เราสามารถนำไปใช้ได้

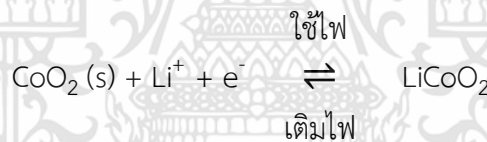
ปฏิกริยารวมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ



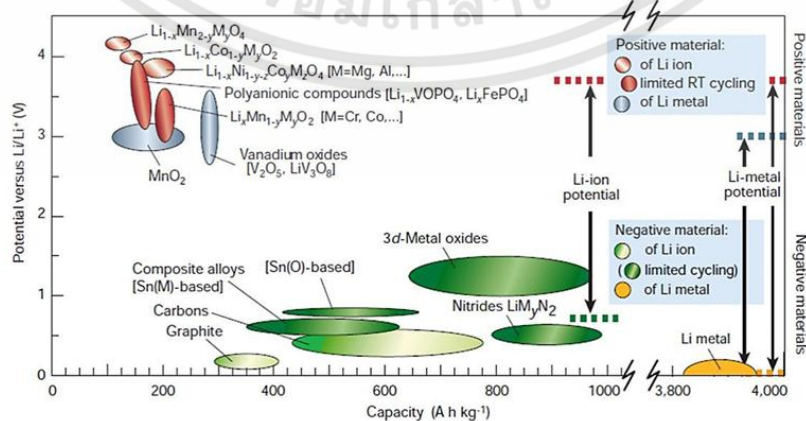
ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบคือ



ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกคือ



นอกจากนี้นักวิจัยได้พัฒนานวัตกรรมวัสดุชนิดใหม่มาใช้ในส่วนต่าง 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นหาวัดุดที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการนำไปใช้ต่อในรถยนต์หรือโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่ที่ดีจะต้องมีน้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพในการถ่ายโอนประจุลิเทียมให้แก่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้ว ยิ่งแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพมากเท่าไร ลิเทียมไอออนก็จะสามารถเข้าสู่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้วระหว่างรอบการอัดประจุแต่ละครั้งได้มากขึ้น ปัจจุบันแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนใช้กราไฟต์ ซึ่งพัฒนามาจากคาร์บอนเพื่อทำเป็นขั้วลบ โดยแต่เดิมนั้นนิยมใช้ขั้วลบที่ทำมาจากซิลิกอนมากกว่าเนื่องจากมีความจุไฟฟ้ามากกว่าประเภทที่ทำจากกราไฟต์ถึง 10 เท่า อย่างไรก็ตามขั้วลบที่ทำจากกราไฟต์นั้นมีความเสถียรมากกว่า

ถึงแม้แบตเตอรี่ลิเทียมจะได้รับความนิยมใช้กับอุปกรณ์หลากหลายรูปแบบ แต่อายุการใช้ก็ยังน้อยเกินไป โดยปัญหา การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นมาจากส่วนประกอบหลัก คือ ขั้วลบ (anode) โดยในแต่ละรอบการประจุไฟ ใหม่ขั้วลบจะมีการพองและยุบตัวสลับกันไปมา เมื่อมีการพองและยุบตัวจากรอบการประจุหลายๆ ครั้ง ก็จะเกิดรอยแตกขึ้นที่ตัวขั้วลบ จนกระทั่งรอยแตกดังกล่าวขยายใหญ่จนแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ทั้งนี้ Scott White นักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Illinois ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอโครงการวิจัยที่จะทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสามารถซ่อมแซมตัวเองได้เมื่อขั้วลบเกิดการแตกร้าว โดยวิธีการที่ถูกนำมาใช้คือ การนำเม็ดพลาสติกขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า microsphere ที่มีการผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษใส่เข้าไปในชั้นกราไฟต์ของขั้วลบในระหว่างขั้นตอนการผลิต หลังจากนั้นเมื่อแบตเตอรี่ลิเทียมก้อนดังกล่าวมีการใช้งานไปจนถึงระยะเวลาที่ขั้วลบจะเกิดรอยแตก ชั้นเคลือบพลาสติกดังกล่าวก็จะแตกออก และโลหะที่เป็นอัลลอยเหลวจะไหลออกมาประสานช่องว่างที่เกิดขึ้นบนรอยแตกของขั้วลบ ทำหน้าที่เป็นเสมือนสะพานให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลข้ามผ่านไปได้ นอกจากนี้ 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 และมีโซเดียมเอไมด์ในอิเล็กโทรไลต์ โดยเหตุผลที่ใช้กราไฟต์เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการเก็บกระแสไฟฟ้าแบบเดิมนั้น อะลูมิเนียมจะถูกกัดกร่อนด้วยโซเดียมเอไมด์ ความหนาแน่นพลังงานในแบตเตอรี่ยังคงเป็นปัญหาต่ออุตสาหกรรมยานยนต์อย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์ รวมไปถึงผู้ผลิตแบตเตอรี่ และผู้ใช้งานเองต้องการแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นพลังงานสูง แต่ขณะเดียวกันแบตเตอรี่ที่พวกเขาต้องการก็ต้องมีขนาดเล็กด้วยและที่สำคัญต้องไม่เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ (ปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนยังมีราคาค่อนข้างสูง) ถ้าเทคโนโลยีนี้สามารถพัฒนาเพิ่มความหนาแน่นของพลังงานได้จริงก็ถือเป็นข่าวดีในวงการยานยนต์ไฟฟ้าเลยทีเดียว

ในปัจจุบันแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนนิยมนำมาใช้ในการเก็บและให้พลังงานในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้มีข้อจำกัดเรื่องช่วงเวลาในการใช้งานและการประจุไฟ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการประจุไฟฟ้าใหม่นานและให้พลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นหลายปีที่ผ่านมาจึงได้มีการวิจัยพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดใหม่ที่จะใช้ทดแทนแบตเตอรี่ประเภทเดิม เช่น การพัฒนาแบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์ (Lithium-air)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเพิ่มช่วงเวลากการใช้งานของยานยนต์ไฟฟ้า 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 ขั้วลบนี้น้ำหนักเบาว่าแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนทำให้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-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

2.1.5 แบตเตอรี่ประเภทเมทัล-แอร์ (Metal-Air Battery)

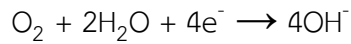
แบตเตอรี่ประเภท Metal-Air ถูกพัฒนาอย่างยาวนานตั้งแต่ช่วงทศวรรษที่ 1960 เนื่องจากในทางทฤษฎีแบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความหนาแน่นพลังงานสูง ทั้งนี้ความพยายามในการพัฒนาแบตเตอรี่ประเภท Metal-air เพื่อใช้ในยานยนต์มีมาตั้งแต่ก่อนปี ค.ศ. 1979 ไม่ว่าจะเป็น Li-Air, Mg-Air, Al-Air หรือ Zn-Air แต่จนถึงปัจจุบันมีเพียงแบตเตอรี่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

ขั้วลบ (แอโนด)

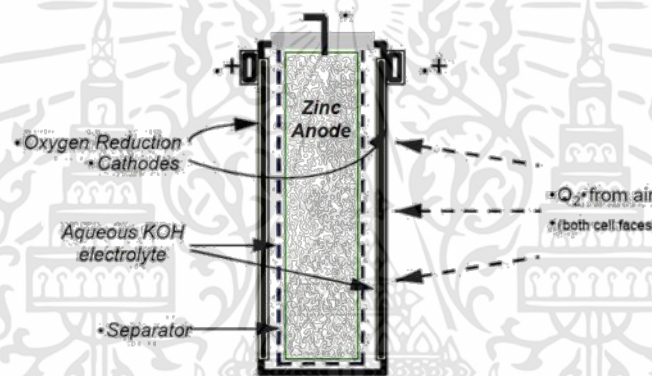


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

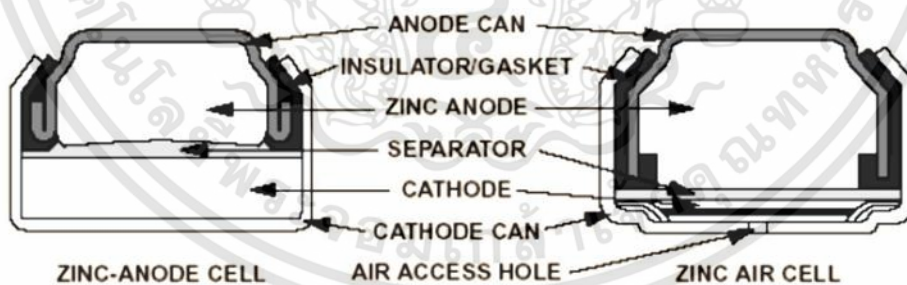
ขั้วบวก (แคโทด)



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 ซึ่งเห็นได้ว่าค่าความจุพลังงานสูงมากเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น สถานภาพปัจจุบันของการพัฒนาแบตเตอรี่ Zn-Air เพื่อใช้กับยานยนต์ไฟฟ้ามี 2 บริษัทที่กำลังอยู่ในขั้นตอนพัฒนา ได้แก่ บริษัท EOS Energy จำกัด และ บริษัท Revolt Technology จำกัด



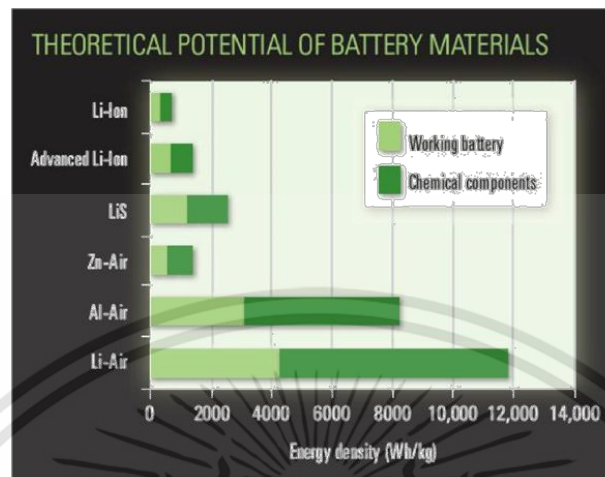
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air



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 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนซึ่งมีค่าความจุพลังงานสูงที่สุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยานยนต์ทั้งหมด มีอายุการใช้งานนานกว่า อัตราประจุไฟฟ้าได้รวดเร็วกว่า ความต่างศักย์สูงกว่าซึ่งส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องต่อแบตเตอรี่หลายเซลล์ และต้องการการดูแลรักษาที่น้อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วและแบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล ทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันสำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Pike Research จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่กรดตะกั่วยังคงได้รับความนิยมสำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากลักษณะของการใช้และกลุ่มผู้ใช้ ซึ่งมักขับขี่ในระยะใกล้ และเป็นตลาดซึ่งคำนึงถึงราคาและค่าใช้จ่ายเมื่อซื้อเป็นหลัก แม้ว่าหากคำนึงถึงระยะยาวแล้วราคาของแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนต่อจำนวนครั้งในการใช้งานจะถูกกว่าเมื่อใช้งานในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย

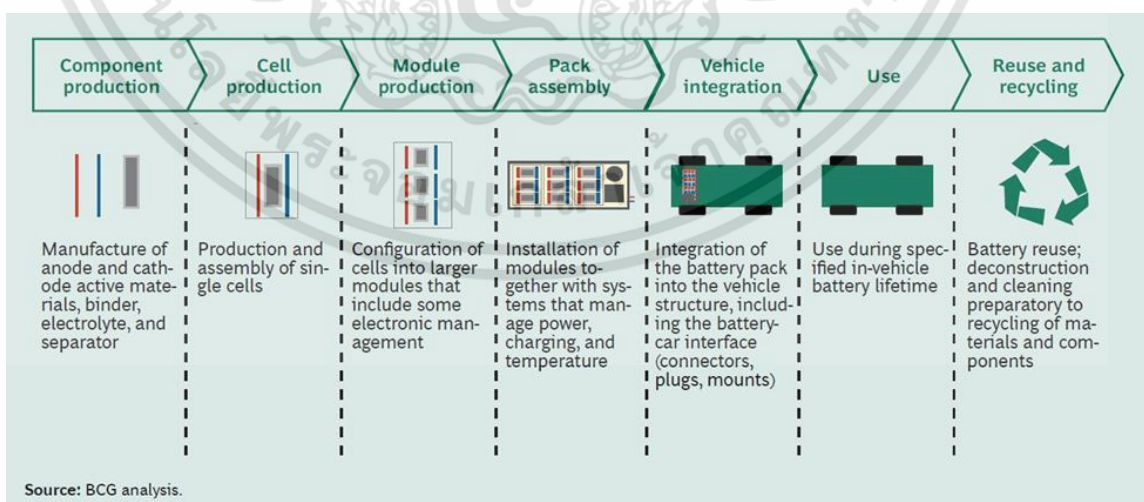
หากพิจารณาถึงห่วงโซ่คุณค่าในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า พบว่ากระบวนการผลิตแบตเตอรี่ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ได้แก่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา 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

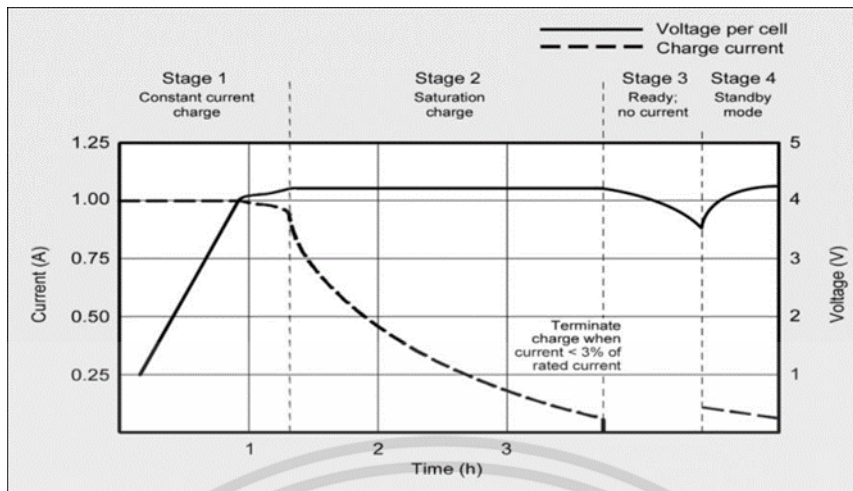
ระยะที่ 1 Constant current charge คือ การอัดประจุไฟฟ้าด้วยกระแสคงที่จนกว่าแรงดันจะเข้าสู่ค่าที่กำหนด

ระยะที่ 2 Saturation charge เมื่อแรงดันเข้าสู่ค่าที่กำหนด แรงดันจะคงที่จนกระทั่งอัดประจุได้เต็ม ในขณะที่เดียวกันนั้น กระแสจะลดลงไปเรื่อย ๆ

ระยะที่ 3 Ready; no current เมื่ออัดประจุจนเต็มแล้ว กระบวนการอัดประจุจะหยุดลง

ระยะที่ 4 Standby mode เมื่ออัดประจุเรียบร้อยแล้ว และแบตเตอรี่ยังไม่ได้ถูกใช้งาน แรงดันจะลดลง จึงมีระยะนี้ไว้เพื่ออัดประจุกลับไปให้เต็มอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น และจะแสดงผลสถานะของแบตเตอรี่ (Cell monitoring) โดยอ่านค่าแรงดันของแต่ละเซลล์และอ่านค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ก่อนส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลให้ผู้ขับขี่ต่อไป สำหรับขั้นตอน การปรับสมดุลของแต่ละเซลล์ (Cell balancing) จะเริ่มจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจสอบค่า แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์และเมื่อต้องการที่จะปรับความสมดุลของแต่ละเซลล์ BMS จะตรวจสอบว่าเซลล์ ใดที่มีค่าแรงดันมากกว่าเซลล์อื่น และเซลล์นั้นจะถูกปรับลดแรงดันลงให้มีค่าแรงดันเท่าเซลล์อื่น ๆ และสำหรับ หน้าที่การป้องกันความเสียหายของเซลล์แบตเตอรี่ (Cell protecting) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะอ่านค่า แรงดันของแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่อ่านได้มีค่าต่ำกว่าที่กำหนด หรืออุณหภูมิที่วัดได้สูงเกิน กว่ากำหนด จะมีสัญญาณเตือนดังขึ้น และหากในขณะที่อัดประจุไฟฟ้า ถ้าแบตเตอรี่เกิดการอัดประจุเกิน (Overcharge) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะส่งสัญญาณไปที่สวิตช์รีเลย์เพื่อตัดวงจรการอัดประจุให้หยุดทำงาน โดยสรุป ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่มีความสำคัญต่อการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและ ปลอดภัย เนื่องจากระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของเซลล์แบตเตอรี่ ปรับความสมดุลของเซลล์แต่ละเซลล์ และตัดการทำงานของแบตเตอรี่หากตรวจพบการทำงานที่ผิดปกติ

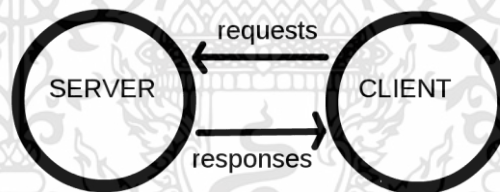
2.2 แอปพลิเคชันบริง (Application Blynk) [2]

Blynk คือ Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เองสามารถใช้งานได้จริง Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้ ง่ายอย่างตาย ไม่ว่าจะ เป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu, Raspberry pi นำมาแสดงบน Application ได้ง่ายอย่างตาย แล้วที่สำคัญ Application Blynk ยังฟรี และ รองรับในระบบ IOS และ Android อีกด้วย



รูปที่ 2.10 ตัวอย่าง App Blynk

ในยุคสมัยก่อน การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกันระหว่าง อุปกรณ์ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมักจะใช้งานในลักษณะของ Server >>> Client ทำให้เกิดข้อจำกัดต่างๆมากมาย ยกตัวอย่าง เราต้องการเปิดปิดไฟ ผ่านหน้าเว็บ เราก็จะให้ Arduino เป็น Server และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (Client) เป็นเครื่องลูก ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นคือทรัพยากร เช่น CPU RAM ROM ของเราอาจจะไม่พอ มักจะเจอปัญหาเอ๋อบ่อย ค้างไปตื้อๆ ก็มี ทำให้การเขียนโปรแกรมเป็นไปได้ยากต้องประหยัดทรัพยากรให้ได้มากที่สุดเพื่อจะให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ และการเชื่อมต่อ Network เป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่มักจะใช้ในวง Lan หรือถ้าต้องการ ควบคุมผ่าน Wan จะต้อง Forward Set ระบบ Network จนปวดหัว



รูปที่ 2.11 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client

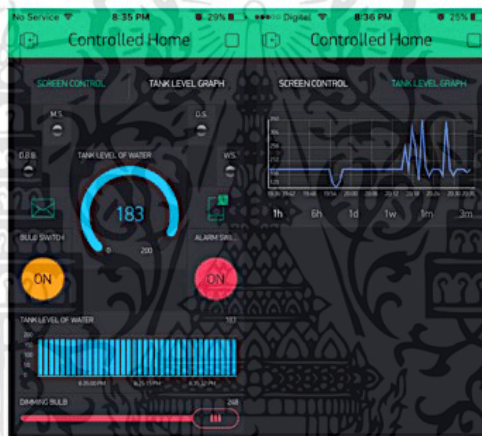
ต่อมาเป็นยุคของ Cloud เกิดขึ้น บวกกับมี Chip Wifi ราคาถูก Esp8266 ถูกผลิตขึ้นมา แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร จึงมีวิธีการคิดว่า ถ้านำข้อมูลไปใส่ลงใน Server เลยละแล้วให้ Device ของเราเรียกเข้าไปแก้ไข หรืออ่านข้อมูลโดยตรง ทำให้ความฉลาดของตัวอุปกรณ์ของเราไม่มีวันสิ้นสุดหมดข้อจำกัดหลายอย่าง Device กลายเป็นแค่ตัวรับ 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 เป็นสะพานให้เชื่อมต่อกันจึงหมดปัญหาและข้อจำกัดทุกอย่างทำให้อุปกรณ์ของเรามีความฉลาดมากขึ้นการออกแบบในลักษณะ รูปที่ 2.12 เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะไม่จำเป็นต้อง Set อุปกรณ์ Network ต่างๆ ความสามารถของ Application Blynk ทำอะไรได้บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ภาพรวมของระบบ Network Blynk และ ข้อมูลหน้าจอที่จะมาแสดงใน App

จากรูปที่ 2.12 เราสามารถเลือก หน้าจอของภาพ คำอธิบาย เกร็ดขั้วต่างๆ ก็สามารถออกแบบได้เองได้อย่างอิสระอีกด้วย ต้องการอะไรไม่ต้องการอะไรเราสามารถเลือกได้ตามตาความของเราได้เลย



รูปที่ 2.13 หน้าจอของ App

2.3 มอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า[3]

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

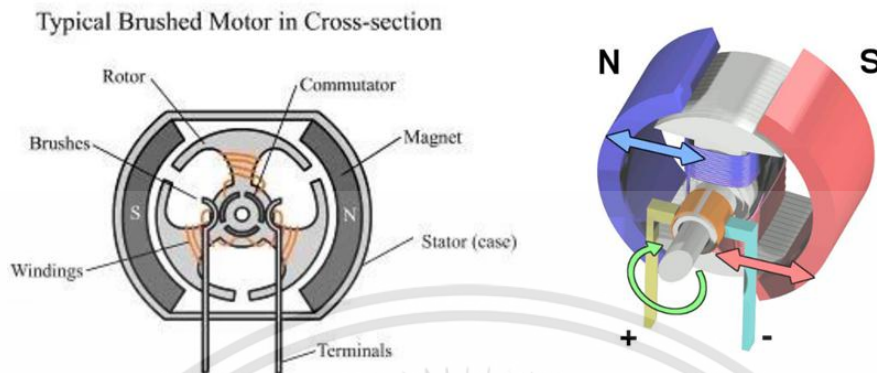
2.3.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

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

1.) มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน (Brushed DC Motor) มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านประกอบด้วยแกนหมุน (Rotor) โดยมีขดลวดเหนี่ยวนำ (Armature) หลายชุดอยู่รอบ ๆ เพื่อรับกระแสไฟฟ้าจากคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ที่ต่ออยู่กับปลายของขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กผลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือดูกับแม่เหล็กถาวรบนสเตเตอร์ (Stator) ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยคอมมิวเตเตอร์นั้นมีหน้าสัมผัสกับแปรงถ่านเพื่อรับกระแสไฟจากสายส่งไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน

การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายไฟผ่านขั้วที่ติดอยู่กับแปรงถ่านไปยังขดลวด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นซึ่งหากมีขั้วตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กที่ติดอยู่กับสเตเตอร์ก็จะดูดกัน แต่หากมีขั้วเหมือนกันจะผลักกันส่งผลให้เกิดแรงบิดและทำให้แกนหมุน ทั้งนี้ การจัดวางแปรงถ่านที่สัมพันธ์กับการหมุนของคอมมิวเตเตอร์ ทำให้เมื่อแกนหมุนเคลื่อนที่ แปรงถ่านจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ชุดใหม่ซึ่งจะสร้างสนามแม่เหล็กในทิศทางใหม่ ส่งผลให้เกิดการหมุนของแกนอย่างต่อเนื่อง

มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านมีข้อดีคือมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน แข็งแรงและเชื่อถือได้ สามารถต่อกับแบตเตอรี่ได้โดยตรง มีสายไฟเพียง 2 เส้นที่ต่อเข้าไปยังมอเตอร์ทำให้จัดระเบียบสายไฟได้ง่าย และทนทานต่อการใช้งานในสภาวะสั่นสะเทือน จึงได้รับความนิยมถูกนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าความเร็วต่ำ เช่น รถกอล์ฟไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านนั้นมีข้อเสียบางประการ ได้แก่ แปรงถ่านจะยึดตัวได้น้อยลงเนื่องมาจากการสึกกร่อนของคอมมิวเตเตอร์ นอกจากนี้มอเตอร์ประเภทดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำลงเมื่อใช้งานที่ความเร็วรอบสูง เนื่องจากการเสียดสีระหว่างคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน นอกจากนี้การใช้สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำขดลวดในแกนหมุนจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back Voltage) ขึ้นในขดลวดต้านกับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายได้ ซึ่งมีผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดลดลง ส่งผลให้แรงบิดลดลง ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือ สำหรับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน แรงบิดแปรผันตรงกับกระแส และความเร็วย้อนแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นค่าแรงบิดสูงสุดจะถูกจำกัดไว้เพื่อจำกัดพิกัดของกระแสในระบบ ทั้งจากระบบควบคุมมอเตอร์ และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- มีโครงสร้างที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และแข็งแรง สามารถใช้งานโดยต่อกับแบตเตอรี่ ต่อหมุนกลับทางโดยการกลับขั้วได้
- ใช้งานที่สั่นสะเทือน และมีความชื้นได้โดยไม่มีปัญหามากนัก
- มีสายไฟเพียงแค่สองเส้นที่เข้ามอเตอร์ ทำให้ง่ายต่อการจัดสาย บางบริษัทผู้ผลิตใช้มอเตอร์ประเภทนี้เพื่อให้ถอดออกได้เร็ว และเปลี่ยนชุดควบคุมง่ายและรวดเร็ว

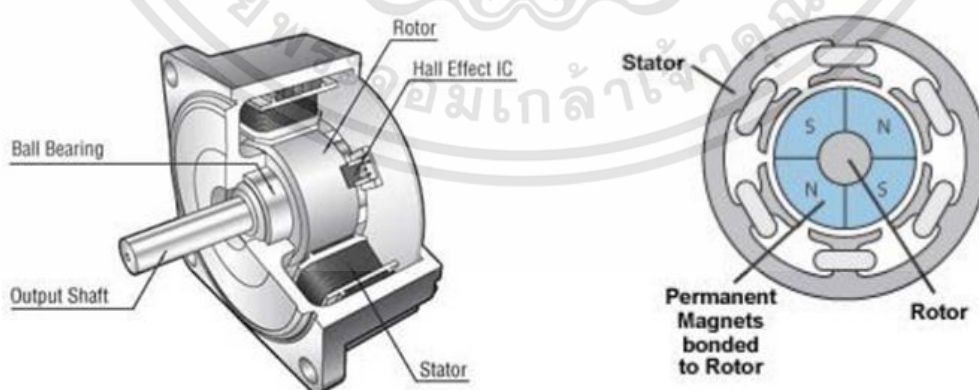
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อด้อย

- มีผองผุ่นที่เกิดจากการสึกหรอของแปรงถ่าน
- เกิดประกายไฟจากกระบวนการ Commutation
- เกิดการรบกวนทางสนามแม่เหล็ก
- เกิดเสียงรบกวนทางกล
- อายุสั้นและประสิทธิภาพต่ำ
- มีขีดจำกัดเรื่องความเร็ว

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

มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านมีโครงสร้างสลับกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน โดยมีแกนหมุน (Rotor) เป็นแม่เหล็กถาวร และมีขดลวดเหนี่ยวนำอยู่ที่สเตเตอร์ โดยขดลวดเหนี่ยวนำมีจำนวนไม่น้อยกว่าสามชุด มอเตอร์ชนิดนี้จึงสามารถทำงานได้โดยการจ่ายไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละชุดเป็นเฟสสลับกันไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กดึงและผลักแกนหมุนอย่างต่อเนื่อง โดยมีการตรวจจับตำแหน่งเพื่อเริ่มทำงานโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Hall Sensor) ดังแสดงในรูปที่ 2.15 มอเตอร์ชนิดนี้สามารถปรับแรงบิดได้โดยปรับการจ่ายกระแสไฟฟ้า และปรับความเร็วรอบได้โดยการปรับความถี่ในการสลับกระแสไฟฟ้าของขดลวด ซึ่งสามารถเรียกการทำงานของมอเตอร์ที่มีความเร็วในการหมุนตรงกับความเร็วของการหมุนของสนามแม่เหล็กกว่าเป็นการทำงานแบบ Synchronous นั่นเอง ถึงแม้ว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านจะมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพที่สูง และไม่ต้องมีแปรงถ่านซึ่งจะสึกหรอเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียคือต้องมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อน สามารถทำงานในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ ของยานยนต์ได้ เช่น สามารถกันน้ำ ทนต่อการสั่นสะเทือน และความร้อนได้ เป็นต้น นอกจากนี้สายไฟที่ต่อเข้ามอเตอร์และชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ยังมีหลายสาย ต่างกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านที่เพียงจ่ายไฟที่สายไฟทั้งสองด้านก็ทำงานได้ดังนั้นการติดตั้งสายไฟจึงต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้น



รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

ในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน พบว่ามีลักษณะการสร้างแรงบิดและกำลังคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และจากการที่แกนหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้เกิดปัญหาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วสูง เมื่อพิจารณาตัวโรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 4 ส่วนด้วยกัน คือ

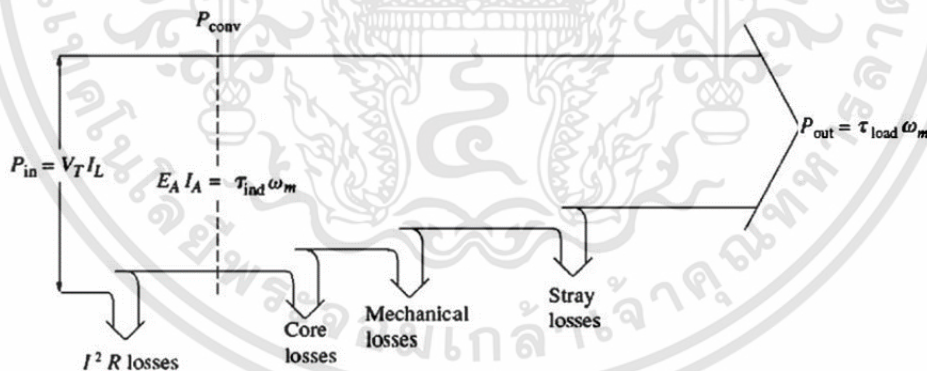
- แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลาจะวางอยู่บนแบร์ริงเพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

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

- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่า ปฏิกริยามอเตอร์ (Motor action)

- ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสล็อต (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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

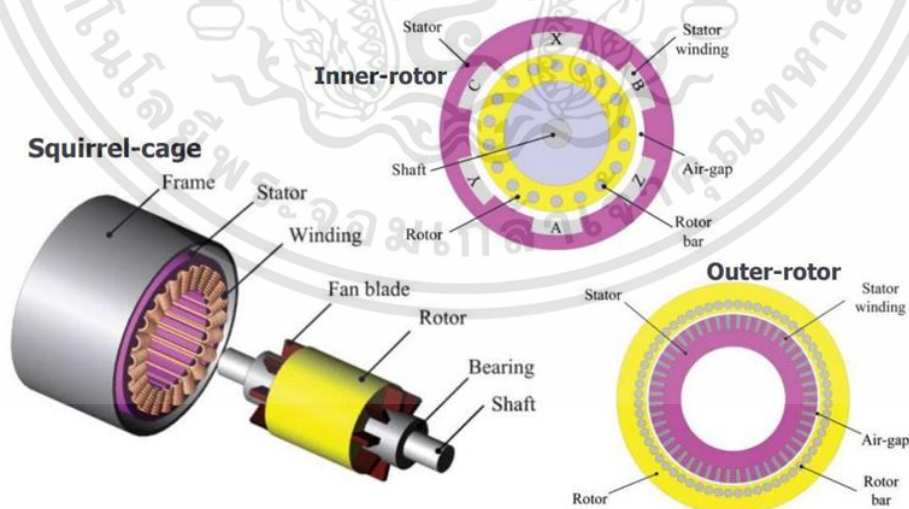
ข้อด้อย

- มีค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สูงกว่า
- ชุดควบคุมการขับเคลื่อนยุ่งยากกว่า

2.3.2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมีโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน คือมีขดลวดเหนี่ยวนำอยู่บริเวณสเตเตอร์เพื่อรับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับแล้วแปลงเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนโรเตอร์นั้นสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ และ มอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous

1.) มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) มอเตอร์เหนี่ยวนำมีสเตเตอร์ลักษณะเดียวกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แต่มีความแตกต่างกันที่แกนหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมีแท่งตัวนำวางตัวเป็นวงรอบแกนเพลลา ซึ่งลักษณะการออกแบบโรเตอร์ดังกล่าวเรียกว่าโรเตอร์แบบกรงกระรอก เนื่องจากโรเตอร์ดังกล่าวประกอบด้วยแท่งตัวนำจำนวนมากที่ถูกฝังอยู่ในแผ่นชั้นเหล็ก ซึ่งอาจเป็นทองแดงหรืออะลูมิเนียม ประกับหัวและท้ายด้วยแผ่นประกับ ดังแสดงในรูปที่ 2.117 หากพิจารณาหลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ พบว่าเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์สามคู่ที่วางเหลื่อมกันทำมุม 120 องศาตามเฟสทางไฟฟ้า จะเกิดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่หมุนรอบแกนหมุน แต่สนามแม่เหล็กในแกนหมุนที่จำเป็นเพื่อการหมุนเพลลาไม่ได้เกิดจากการจ่ายกระแสเข้าสู่ขดลวดดังเช่นมอเตอร์กระแสตรง แต่สนามแม่เหล็กในโรเตอร์แบบกรงกระรอกจะเกิดจากการตัดผ่านของโครงตัวนำของแกนหมุนผ่านสนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์ ซึ่งจะสร้างกระแสเหนี่ยวนำขึ้น ส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กในแกนหมุนอีกทอดหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำในแกนหมุนซึ่งพยายามจะวางตัวในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็กต้นทางจากสเตเตอร์เป็นสาเหตุที่สร้างแรงบิดของแกนหมุนในการขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

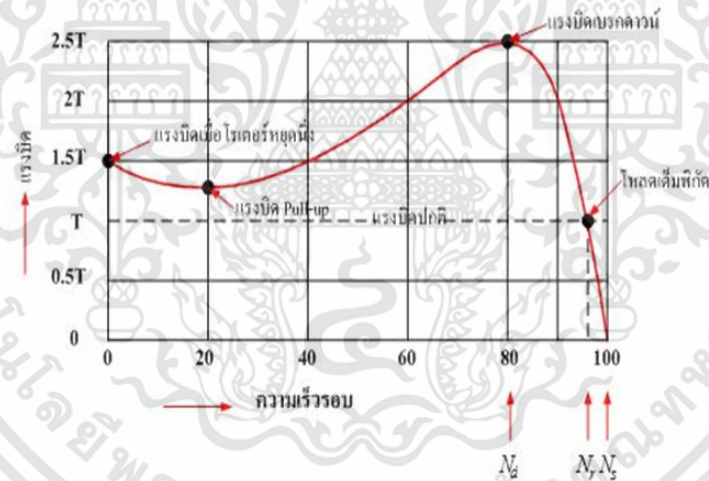


รูปที่ 2.17 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วนำพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกในสถานะที่ซิปโหลดเต็มพิกัด ดังแสดงในรูปที่ 2.18 จะพบว่าแรงบิดในสถานะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสถานะที่โรเตอร์หยุดนิ่ง เท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด



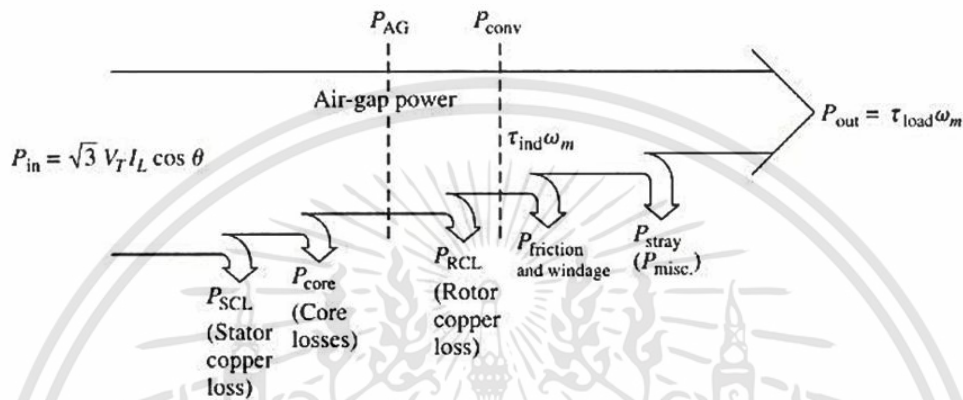
รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วนำของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ที่โหลดเต็มพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะเท่ากับ N_r แต่ถ้าแรงบิดของโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลงจนกระทั่งมอเตอร์สร้างแรงบิดได้เท่ากับแรงบิดของโหลด ในสภาวะดังกล่าวมอเตอร์ยังคงหมุนไปได้ แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงบิดของโหลดเกินกว่า 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด ซึ่งเรียกว่าแรงบิดเบรกดาวน์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว เพราะมอเตอร์ไม่สามารถสร้างแรงบิดขึ้นมาเท่ากับแรงบิดของโหลดได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีขนาดเล็กกว่า 10 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 80% ของความเร็วซิงโครนัส แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดมากกว่า 1000 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 98% ของความเร็วซิงโครนัส

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอกส่วนมากจะนำไปใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกลชนิดต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมเช่น เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องกัด เครื่องเจียรในราบและตั้ง ขับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มไฮดรอลิก ขั้วปั๊มน้ำ ขั้วคอมเพรสเซอร์และงานอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณลักษณะให้แรงบิดในการเริ่มเดินที่ดี และมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ ส่วนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวดจะใช้กับงานหนัก ใช้ความต้านทานภายนอกช่วยในการเริ่มเดินจะได้แรงบิดในตอนเริ่มเดินสูงสุดและกระแสเริ่มเดินจะลดลง

กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดในมอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัส แสดงดังรูปที่ 2.19 ซึ่งจะเห็นว่าการสูญเสียกำลังจากการหมุนของมอเตอร์และแรงเสียดทานภายในมอเตอร์เป็นหลัก



รูปที่ 2.19 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ใช้เงินลงทุนรวมทั้งการบำรุงรักษาต่ำ
- การควบคุมก็สามารถทำได้ง่าย โดยสามารถต่อเข้ากับสายป้อนได้โดยตรง

ข้อด้อย

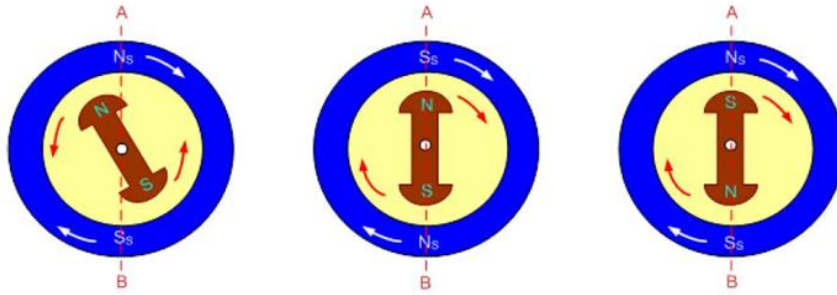
- มอเตอร์เหนี่ยวนำมีกระแสไฟกระชากอินพุตสูงซึ่งเรียกว่ากระแสแม่เหล็กไหลเข้า สิ่งนี้ทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงในเวลาที่ยังสตาร์ทมอเตอร์
- เนื่องจากแรงบิดเริ่มต้นไม่ดีจึงไม่สามารถใช้มอเตอร์สำหรับงานที่ต้องการแรงบิดเริ่มต้นสูง

2.) มอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous (Synchronous AC Motor) มอเตอร์ชนิดนี้ใช้โรเตอร์แบบขดลวดพันรอบโรเตอร์โดยต่อนุกรมกัน และจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดเพื่อให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่คงตัว โดยขดลวดสนามแม่เหล็กที่ตัวหมุนนี้จะต่อเข้ากับวงแหวน หรือสลิปริงจำนวน 2 วงเพื่อรับไฟกระแสตรงจากแหล่งจ่ายภายนอก และที่ตัวหมุนยังฝังแท่งตัวนำไว้ที่ผิวของขั้วแม่เหล็กทุก ๆ ขั้ว

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

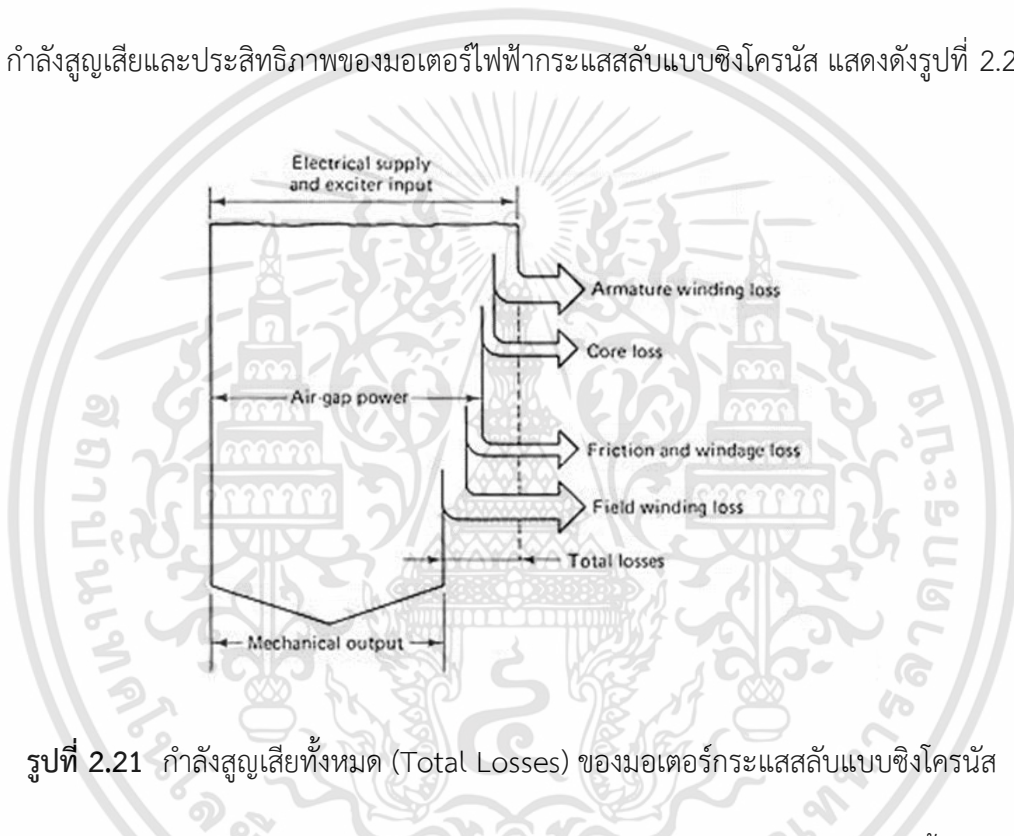
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous

กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัส แสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ความเร็วเฉลี่ยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของแหล่งต้นกำลังและเป็นสัดส่วนกลับกับจำนวนขั้วแม่เหล็กในขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator)
- ความเร็วคงที่ไม่ว่ามีโหลดหรือไม่มีโหลด
- มอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงมากระตุ้น จะมีขนาดใหญ่กว่า 1 แรงม้า และต้องมีไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายผ่าน Slip Rings
- มอเตอร์มีขนาดใหญ่ พิกัด 200–20,000 แรงม้า, ความเร็ว 150-1,800 รอบต่อนาที

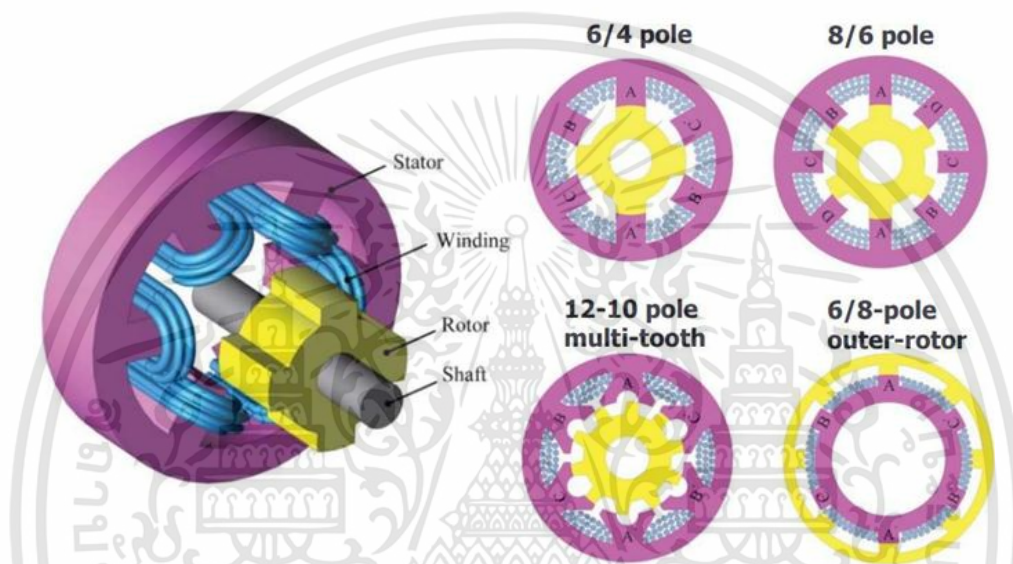
3.) มอเตอร์แบบ Switched Reluctance (Switched Reluctance Motors) มอเตอร์แบบ

นี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แต่วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุนนั้นเป็นเหล็กอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ซึ่งการทำงานอาศัยหลักการของวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กที่จะเคลื่อนตัวเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่มีความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อเนื้อวัสดุของแกนหมุนหลบห่างจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กก็จะมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แกนหมุนพยายามจะหมุนเคลื่อนที่เพื่อให้ขั้วของแกนหมุนอยู่ในแนวเดียวกับขั้วแม่เหล็กซึ่งจะทำให้ความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กน้อยสุด ดังนั้น การสลับจังหวะการสร้างสนามแม่เหล็กที่ขดลวดบนสเตเตอร์แต่ละขั้วอย่างเหมาะสมจะทำให้แกนหมุนเคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่อง จากหลักการข้างต้นส่งผลให้มอเตอร์แบบ Switched Reluctance ต้องการอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแกนหมุน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบไร้อุปกรณ์ตรวจจับขึ้น ประกอบกับราคาของอุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิทัลที่ลดลง จึงทำให้มอเตอร์แบบ Switched Reluctance มีการใช้งานแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ต้นทุนการผลิตต่ำ
- โครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อน
- พัฒนาเป็นมอเตอร์ความเร็วสูงได้ง่าย
- การบำรุงรักษาน้อย

ข้อด้อย

- ต้องการตำแหน่งโรเตอร์ในการควบคุมการทำงาน
- มีการกระเพื่อมของแรงบิด
- ไม่สามารถใช้งานได้โดยตรง ต้องใช้ชุดขับเคลื่อนทำงานร่วมกัน
- มีจำนวนสายที่ออกจากมอเตอร์มาก
- ใช้จำนวนอุปกรณ์สวิตซ์กำลังมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 มอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ

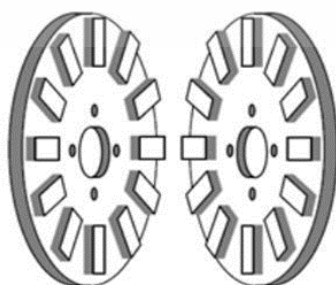
นอกจากมอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีมอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ที่นำมาใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเติมอีก ดังนี้

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

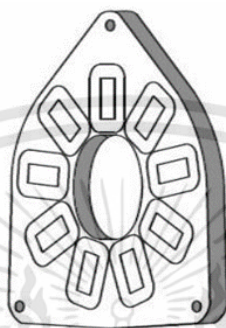
โรเตอร์ของมอเตอร์แบบ Axial Flux Permanent-Magnet Brushless ลักษณะการวางขั้วแม่เหล็กถาวรทั้งสองแผ่นจะต้องวางสลับขั้วกันดังรูปที่ 2.24 โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Axial Flux ใช้เรซินหล่อทับแม่เหล็กเพื่อความแข็งแรงลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งผ่านจากแผ่นเหล็กแผ่นแรก (ขั้วเหนือ) ข้ามช่องว่างอากาศ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



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างโรเตอร์แบบ Axial Flux Permanent Magnet Brushless

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตเตอร์ (Stator) จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่มีหน้าที่ยึดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature-Winding) หรือขดขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาใช้งานโดยทั้งสองด้านของสเตเตอร์จะถูกประกบด้วยโรเตอร์ทั้งสองด้านเพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาเป็น 2 เท่า ในการที่นำขดลวดอาร์เมเจอร์มาติดกับขดของ สเตเตอร์นั้นเพื่อลดปัญหาในเรื่องการฉนวนไฟฟ้า และยึดขดลวดให้แข็งแรงได้ง่าย เนื่องจากไม่ถูกแรงเหวี่ยง หรือการสั่นสะเทือนเนื่องจากการหมุนได้ สเตเตอร์ของมอเตอร์ที่ใช้ลักษณะจะเป็นดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างสเตเตอร์แบบ Axial Flux

2.3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นต่าง ๆ

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

ส่วนรูปแบบการทำงานของ Asynchronous Motor ในการขับเคลื่อนมีหลักการทำงานคือแกนฝั่งหนึ่งจะติดด้วยแม่เหล็กถาวร 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

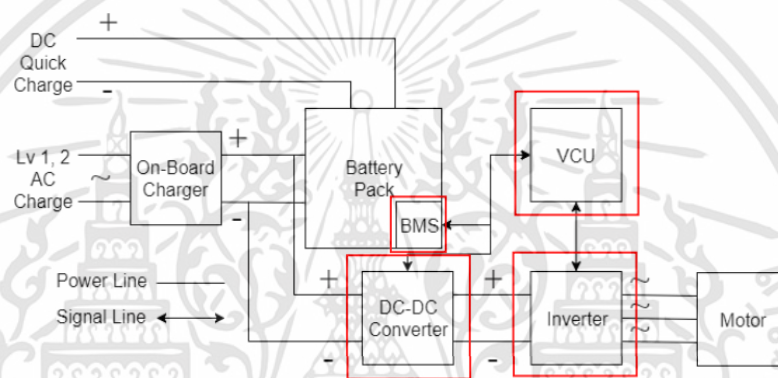
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าชนิดนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

| 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 |
| 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 | – | PMSRM | Lincoln MKZ | 2013 | PM motor |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า[4]

ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า (Power Control Unit : PCU) ถือเป็นอีกหนึ่งส่วนประกอบสำคัญที่ต้องทำงานประสานกับชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังจะทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการขับเคลื่อนของมอเตอร์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานระหว่างมอเตอร์ขับเคลื่อน 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

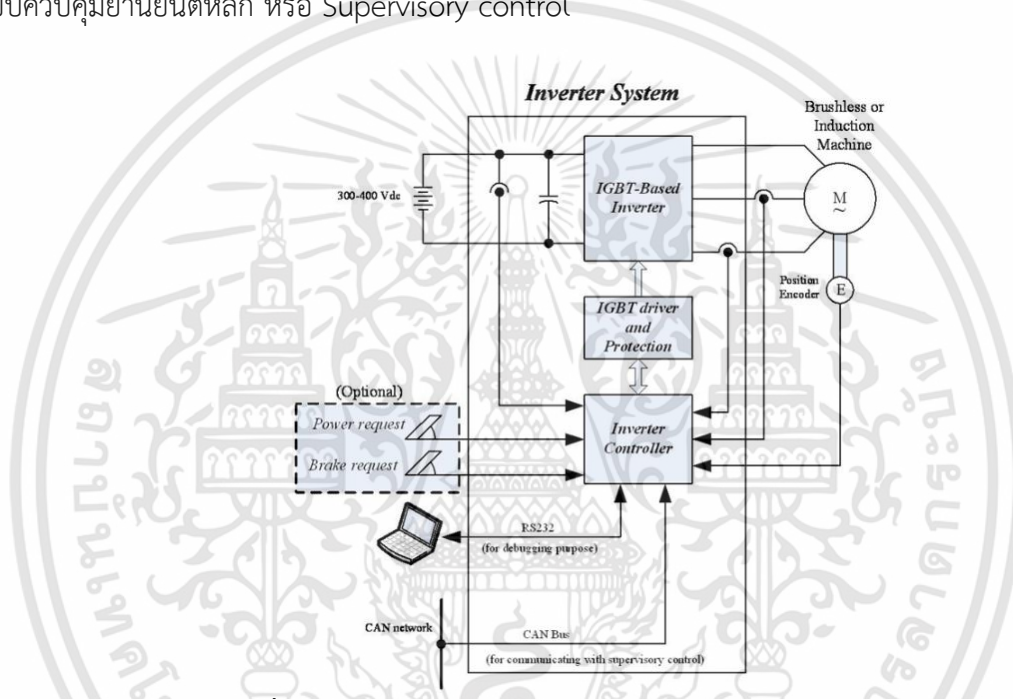
วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.27 จะเป็นชนิดแหล่งจ่ายแรงดันหรือ Voltage-source inverter ซึ่งอินเวอร์เตอร์แบบนี้สามารถต่อชุดแบตเตอรี่เข้าทางขาเข้า (Input) ของอินเวอร์เตอร์ได้โดยตรง โดยทั่วไปวงจรกำลังจะประกอบขึ้นจากสวิตช์กำลังชนิด IGBT เป็นหลัก อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแบตเตอรี่ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่โดยทั่วไปมีรูปคลื่นเป็นแรงดัน PWM การควบคุมแรงดัน PWM ให้เหมาะสมกับมอเตอร์กระแสสลับนี้เป็นหน้าที่หลักของชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ (Inverter controller) ที่จะประมวลผลสัญญาณเข้าและสัญญาณป้อนกลับต่าง ๆ แล้วส่งการทำงานวงจรกำลังผ่านทางวงจรขับ IGBT (IGBT driver) ในวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.35 จะเป็นชนิดแหล่งจ่ายแรงดันหรือ Voltage-source inverter ซึ่งอินเวอร์เตอร์แบบนี้สามารถต่อชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่เข้าทางขาเข้า (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 หรืออาจได้รับจากการสื่อสารผ่านระบบ 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

2.4.3 DC-DC Converter

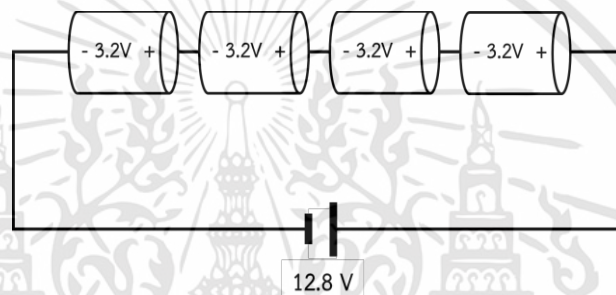
อุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า คือ DC-DC Converter ซึ่งเป็นอุปกรณ์ปรับแรงดันของไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง โดยอุปกรณ์ดังกล่าวในยานยนต์ไฟฟ้าจะใช้เพื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่มีค่าต่ำให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นก่อนส่งต่อไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Converter ที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นเรียกว่า Boost Converter ในขณะที่ Converter ที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเรียกว่า Step Down Converter หรือ Buck Converter

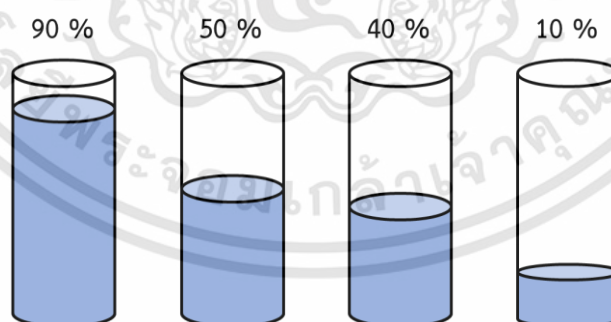
2.4.4 Battery Management System

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

ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน เมื่อแบตเตอรี่ก้อนใดก้อนหนึ่งหมดก่อน (ก้อน 10%) แบตเตอรี่ก้อนนั้นจะเกิดความเสียหายได้ เพราะว่าย้ายกระแสไฟฟ้าเกิดกว่าความจุของตัวเอง เนื่องจากก้อนอื่น ๆ ยังจ่ายกระแสได้อยู่ หรือถ้าเรานำไปชาร์จไฟ ก้อนที่มีความจุมากที่สุด (ก้อน 90%) จะเกิด Over Charge ก็จะทำให้แบตเตอรี่ก้อนนั้นเกิดความเสียหายด้วยเหมือนกัน เนื่องจากก้อนอื่น ๆ ยังชาร์จอยู่ เราจึงต้องมีระบบ BMS (Battery Management System) เข้ามาช่วยจัดการแบตเตอรี่ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่แต่ละก้อนที่มาต่อแบบอนุกรมกันนั้นมีปริมาณเท่ากันตลอดเวลา 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 วัตต์ X 1 ชั่วโมง

คือ มีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 1500 วัตต์ชั่วโมง (Wh)
และใช้ประสิทธิภาพ 80% สำหรับแบตเตอรี่

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

ขั้นตอนที่ 3 : เปลี่ยนการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (Wh) เป็นค่าความจุแบตเตอรี่ (Ah)

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

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

$$\text{- แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah : } 0.1 \times 65 = 6.5\text{A} \text{ ดังนั้น ควรชาร์จด้วยกระแส 6.5A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การชาร์จควรรชาร์จแบตเตอรี่นานกว่าชั่วโมง ค่าได้จากกราฟใน data sheet ของแบตเตอรี่รุ่นที่เราใช้ ส่วนใหญ่เมื่อแบตเตอรี่หมดประจุ จะเหลือความจุแบตเตอรี่ (Ah) ประมาณ 35% ดังนั้นจึงต้องชาร์จเพิ่มอีก 65% เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม

วิธีการคำนวณ

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

จำนวนชั่วโมง ชาร์จ = จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม \div กระแสที่ควรชาร์จ

ตัวอย่าง เช่น

- แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah

จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม = $0.65 \times 65Ah = 42.25Ah$

จำนวนชั่วโมง ชาร์จ = $42.25Ah \div 6.5A = 6.5$ ชม. ≈ 7 ชม.

หมายถึง แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah เมื่อแบตเตอรี่หมด เราควรรชาร์จเพิ่มอีก 42.25Ah โดยชาร์จด้วยกระแส 6.5A เป็นเวลาประมาณ 7 ชม.

- แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V 5Ah

จำนวน Ah ที่ต้องชาร์จเพิ่ม = $0.65 \times 5 Ah = 3.25 Ah$

จำนวนชั่วโมง ชาร์จ = $3.25Ah \div 0.5A = 6.5$ ชม. ≈ 7 ชม.

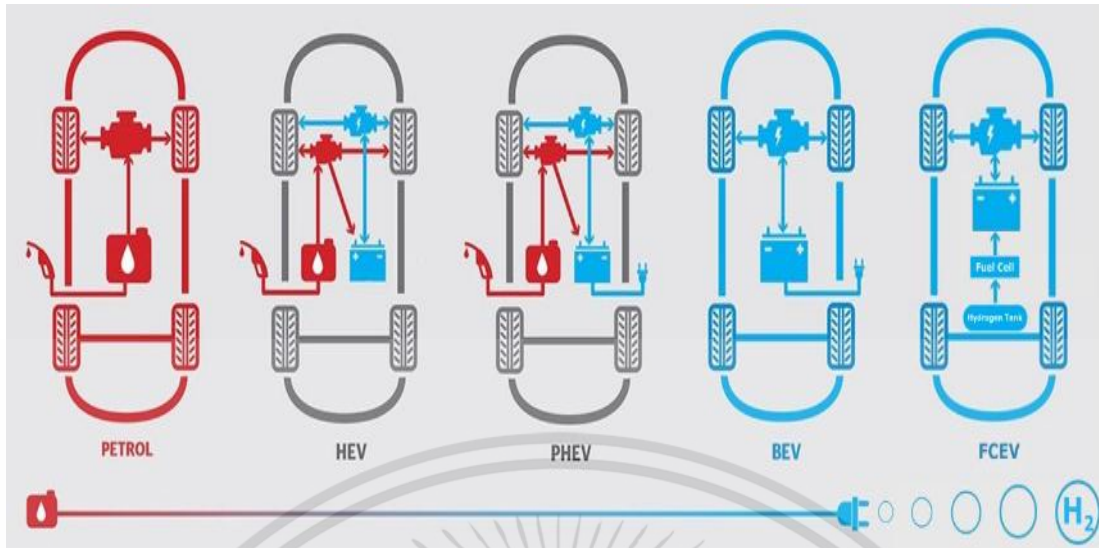
หมายถึง แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V 5Ah เมื่อแบตเตอรี่หมด เราควรรชาร์จเพิ่มอีก 3.25Ah โดยชาร์จด้วยกระแส 0.5A เป็นเวลาประมาณ 7 ชม.

2.6 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า[5]

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) หมายถึงยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้แบบสันดาปภายใน โดยจะใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือพลังงานอื่น ๆ โดยยานยนต์ไฟฟ้าจะเก็บพลังงานไฟฟ้าเอาไว้ในแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จไฟกลับเข้าไปใหม่ได้ และนำพลังงานจากแบตเตอรี่มาใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

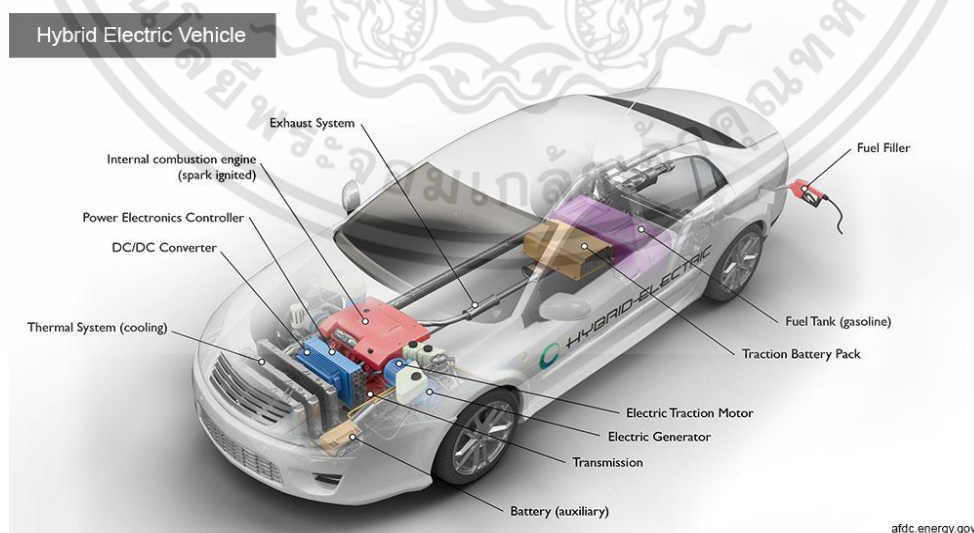


รูปที่ 2.30 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า

2.6.1 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด

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

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

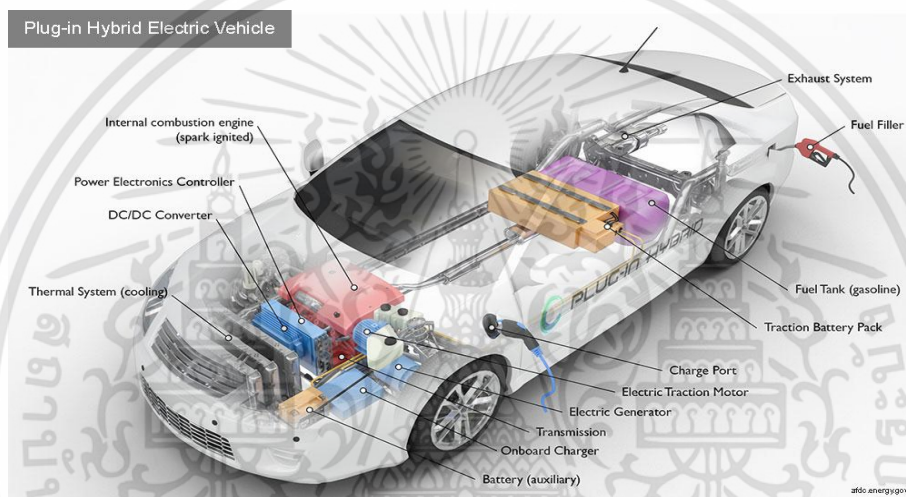


รูปที่ 2.31 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด

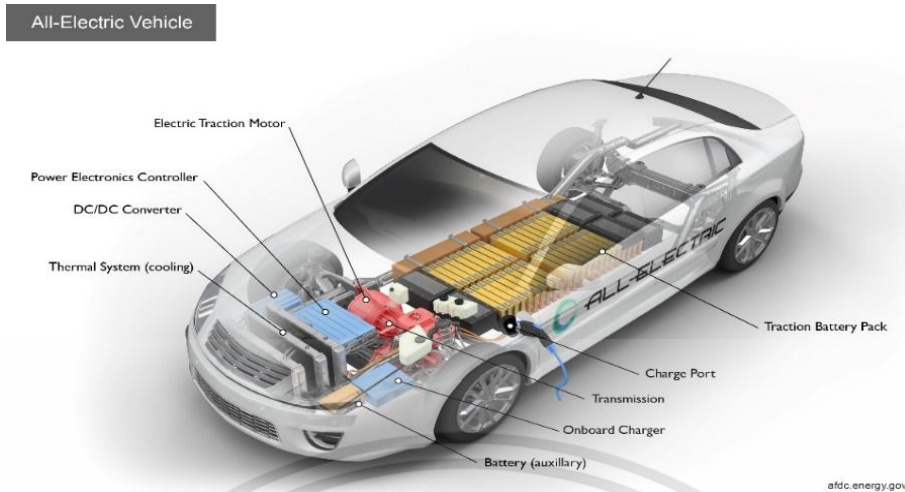
ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนาต่อมาจากยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด โดยสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าได้จากแหล่งภายนอก (Plug-in) ทำให้ยานยนต์สามารถใช้พลังงานพร้อมกันจาก 2 แหล่ง ดังรูปที่ 2.32 จะเห็นได้ว่ามีแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ขึ้นจากแบบไฮบริดธรรมดา จึงสามารถวิ่งในระยะทางที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้าโดยตรงเพิ่มขึ้น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



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

2.6.3 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่

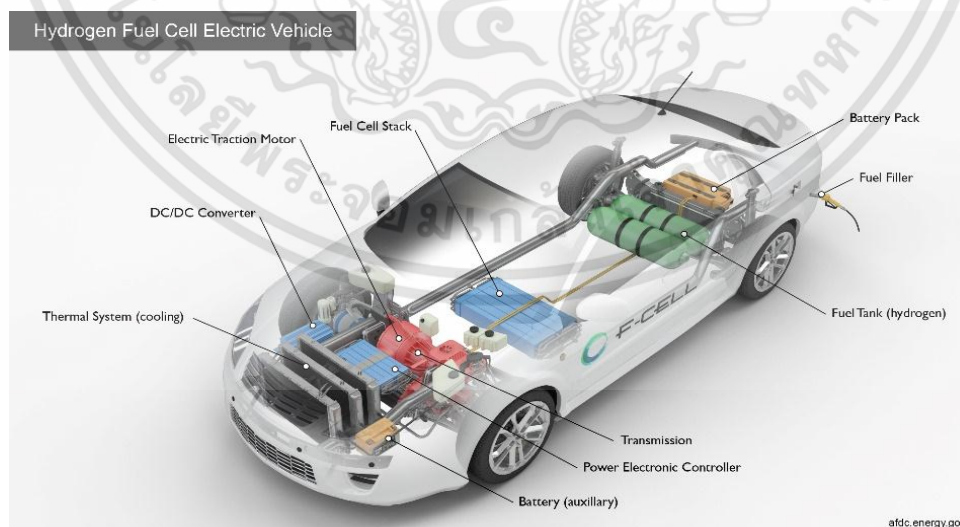
ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้นกำลังให้ยานยนต์เคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่เท่านั้น ดังรูปที่ 2.33 จะเห็นได้ว่ามีความเรียบง่ายในการจัดวางอุปกรณ์มาก ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์ ดังนั้นระยะทางการวิ่งของยานยนต์จึงขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของแบตเตอรี่ รวมทั้งน้ำหนักบรรทุก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันบริษัทรถยนต์ได้มีการผลิต และจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ขึ้นในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ที่ดีขึ้นและราคาที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่มีความเป็นไปได้มากขึ้น



รูปที่ 2.33 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV)

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 อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการผลิตไฮโดรเจนในปัจจุบันเมื่อเทียบกับเซลล์แบบดั้งเดิมที่ยังมีราคาแพง และโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขนถ่ายและการจัดเก็บไฮโดรเจนที่ต้องใช้ต้นทุนสูง



รูปที่ 2.34 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 โดยใช้การควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระโหลด ทั้งนี้ ระบบไฟฟ้ากำลังจะทำหน้าที่ปรับระดับกระแสและแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับคำสั่งจากชุดควบคุมมอเตอร์ตามประเภทของมอเตอร์ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

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 มีเอาต์พุตเซนเซอร์แบบเอาต์พุตแบบอนาล็อกและดิจิตอลให้เลือกใช้ทั้งในคอมพิวเตอร์รถยนต์และระบบควบคุมอุตสาหกรรม

ในเซนเซอร์เอฟเฟกต์ฮอลล์แบบอนาล็อกแรงดันไฟฟ้าจากเอาต์พุตมักเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสนามแม่เหล็กซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งบวกหรือลบ แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นพร้อมความเข้มสนามแม่เหล็กและหากไม่

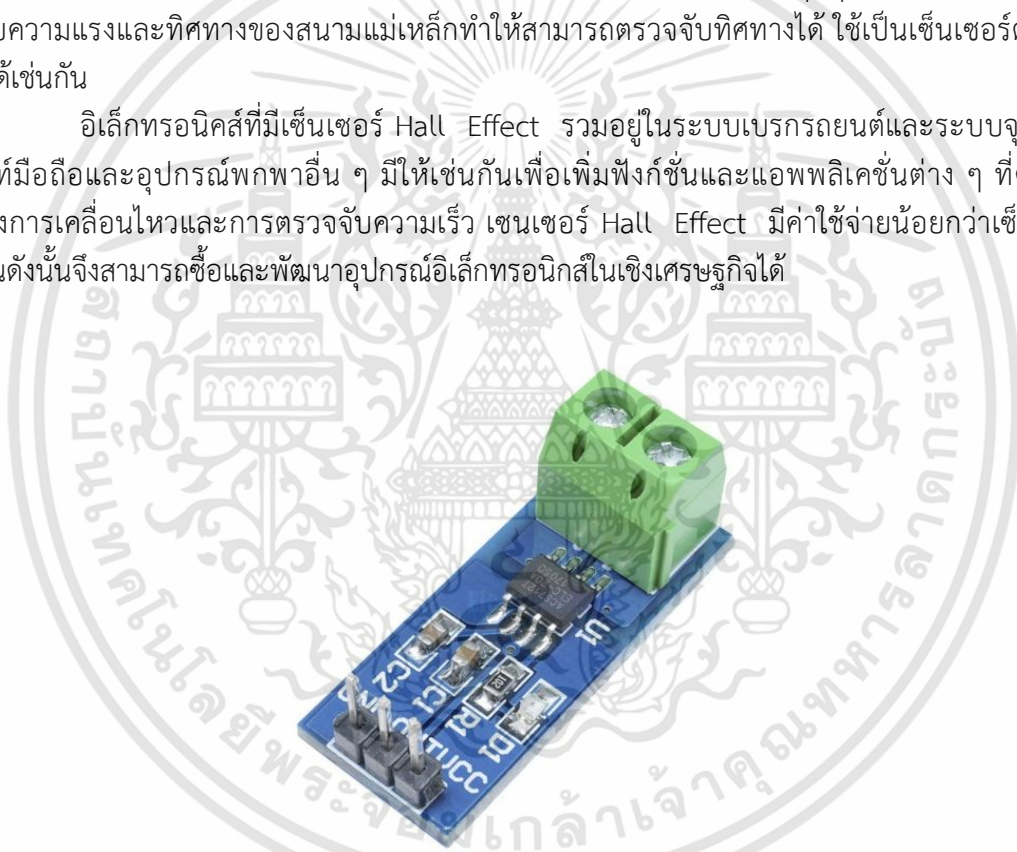
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการเปิดสนามแรงดันไฟฟ้าศูนย์จะแทนค่าของกำลังที่จะผ่าน เอาท์พุทของเซ็นเซอร์เมื่อเทียบกับอินพุทถูกอธิบายโดยฟังก์ชันการถ่ายโอนซึ่งค่านิ่งถึงเอาต์พุทโดยไม่มีสนามแม่เหล็กความไวและช่วงเอาต์พุท

ด้วยเซ็นเซอร์เอฟเฟกต์ฮอลล์เอาต์พุทดิจิตอลเอาต์พุทจะถูกกำหนดโดยสถานะเปิดและปิดเท่านั้น เซ็นเซอร์อะนาล็อกสามารถแปลงเป็นดิจิตอลได้โดยใช้วงจรเฉพาะซึ่งเป็นวงจรทรานซิสเตอร์ มิฉะนั้นเอาต์พุทจะไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเว้นแต่ว่าสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเพียงพอ นอกจากนี้เซ็นเซอร์ดิจิตอลยังสามารถขับเคลื่อนด้วยวัสดุสิ้นเปลืองที่มีการควบคุมหรือไม่ได้รับการควบคุมขึ้นอยู่กับสิ่งที่ใช้

แพ็คเกจวงจรรวมขนาดเล็กเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการติดตั้งเซ็นเซอร์เอฟเฟกต์ฮอลล์พร้อมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง เซ็นเซอร์ที่เกิดขึ้นจริงมีขนาดเล็กเกินไปที่จะมองเห็นและสามารถวางไว้ที่ใดก็ได้บนแผงวงจร ในเวลาเดียวกันพวกเขาสามารถทนต่อการซื้อและการขนส่งที่รุนแรงและอุณหภูมิที่สูงเกินไป ดังนั้น เซ็นเซอร์ Hall Effect สามารถใช้สำหรับการตรวจจับความเร็วในระบบควบคุมอุตสาหกรรม ยังสามารถตรวจจับความแรงและทิศทางของสนามแม่เหล็กทำให้สามารถตรวจจับทิศทางได้ ใช้เป็นเซ็นเซอร์ตำแหน่งเป็นไปได้เช่นกัน

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 Global Positioning System (GPS)[8]

ระบบการหาตำแหน่งทั่วโลก หรือ GPS (Global Positioning System) คือระบบการนำทางด้วยดาวเทียมซึ่งประกอบด้วยดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวง GPS สามารถปฏิบัติการได้ในทุกสภาพอากาศ ทุกที่ในโลก ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน และไม่มีค่าลงทะเบียนหรือค่าธรรมเนียมในการตั้งค่า กระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา (USDOD) แต่เดิมปล่อยดาวเทียมให้โคจรสำหรับการปฏิบัติงานทางทหาร แต่ในทศวรรษ 1980 เป็นต้นมาก็เริ่มกำหนดให้พลเรือนสามารถเข้าถึงการใช้งานดาวเทียมได้ ดาวเทียม GPS โคจรรอบโลกวันละสองรอบในวงโคจรที่แน่นอน ดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งสัญญาณและปัจจัยการโคจรเฉพาะตัวที่ช่วยให้อุปกรณ์ GPS สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถอดรหัสและคำนวณตำแหน่งที่แม่นยำของดาวเทียมดังกล่าวได้ ตัวรับสัญญาณ GPS จะใช้ข้อมูลนี้และวิธีการสามเหลี่ยมระยะในการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของผู้ใช้ โดยหลักแล้ว ตัวรับสัญญาณ GPS จะวัดระยะห่างจากดาวเทียมแต่ละดวงโดยอิงจากระยะเวลาที่ใช้ในการรับสัญญาณที่ส่งมาได้ ด้วยค่าวัดระยะทางที่ได้จากดาวเทียมอื่น ๆ อีกไม่กี่ดวง ตัวรับสัญญาณก็จะสามารถระบุตำแหน่งของผู้ใช้และแสดงตำแหน่งดังกล่าวแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อวัดเส้นทางการวิ่งของคุณ ทำแผนที่สนามกอล์ฟ หาทางกลับบ้าน หรือการผจญภัยในที่ต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

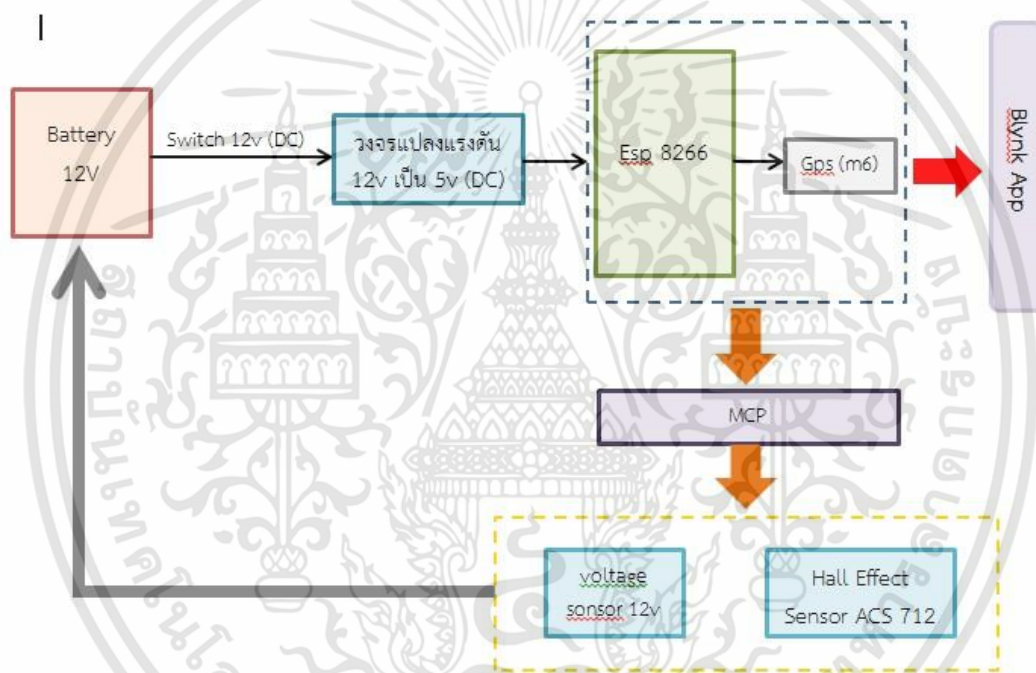
การออกแบบและวิธีการดำเนินการ

3.1 การออกแบบ

หลักการในการออกแบบ การประยุกต์ แอปพลิเคชัน บรีจ เพื่อระบุตำแหน่งและระยะการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของสก็ูเตอร์ไฟฟ้า สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

3.1.1 ส่วนของการทำงานภายใน เป็นอุปกรณ์ในการวัดค่าสถานะต่าง ๆ ภายในสก็ูเตอร์ไฟฟ้า

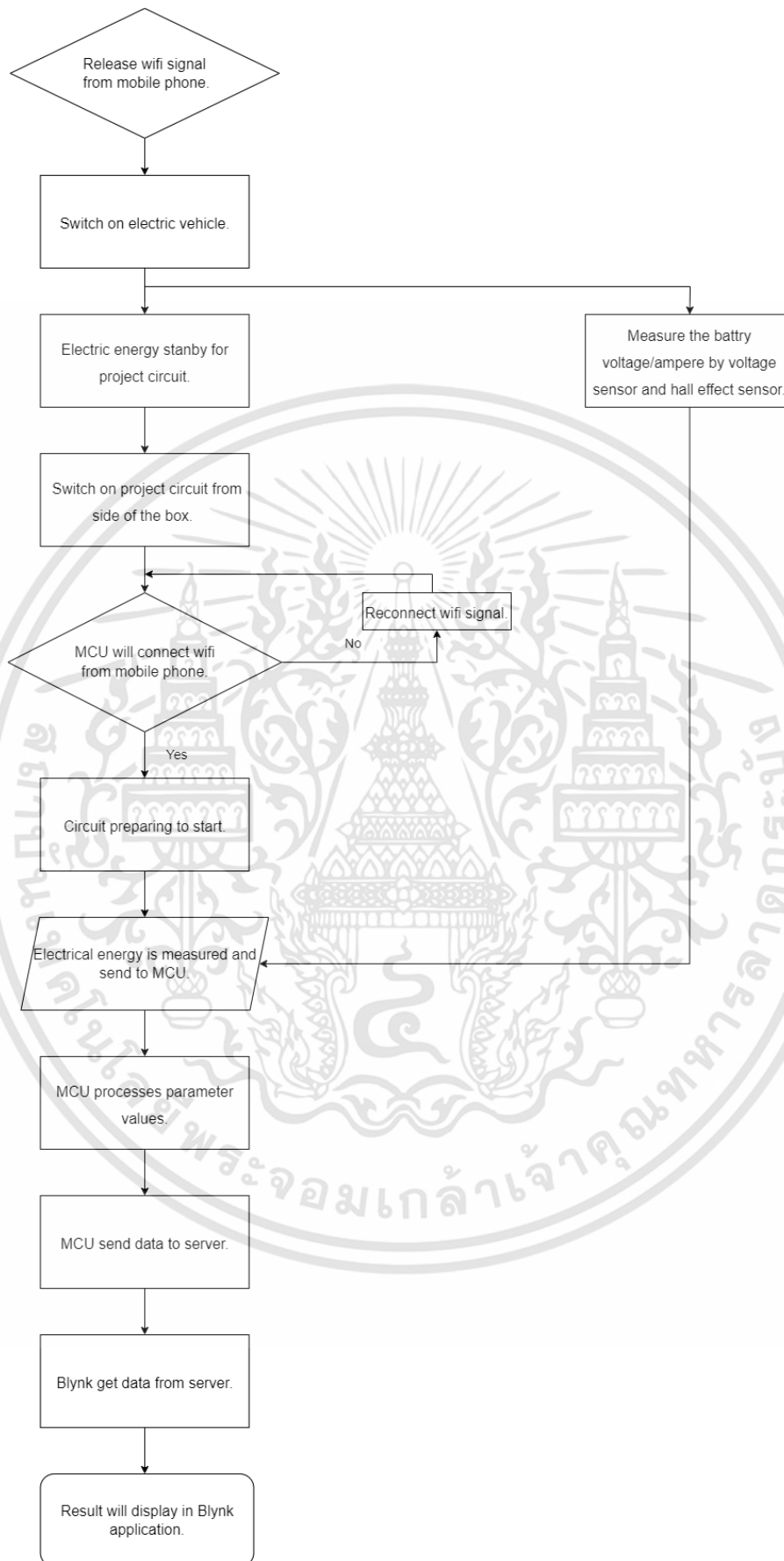
3.1.2 ส่วนของการแสดงผล คือ การรับค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ เพื่อทำการคำนวณค่าต่าง ๆ และแสดงผลไร้สายในแอปพลิเคชันบรีจผ่านหน้าจอตระกูลมือถือ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการออกแบบ

โดยมีขั้นตอนในการทำงานของระบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

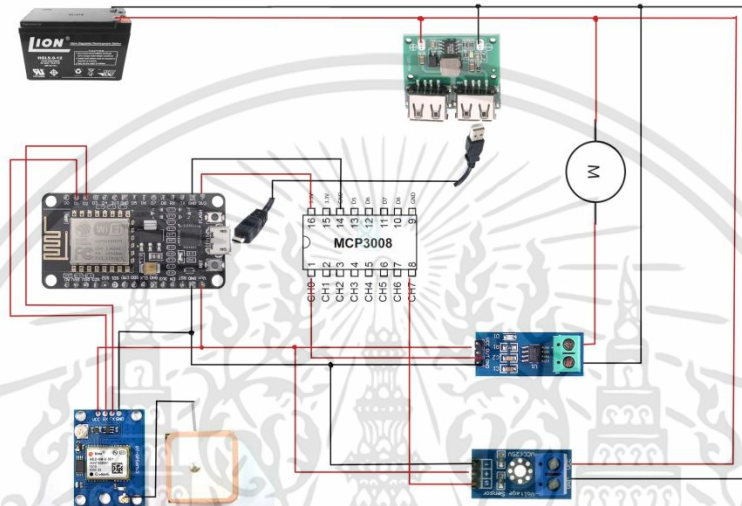


รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของ ชุดอุปกรณ์วัดค่าสถานการณ์ทำงาน

โดยในส่วนของ ชุดอุปกรณ์ในการวัดค่าต่าง ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้สำหรับตรวจวัดค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่และส่งค่าที่ตรวจวัดได้ไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานเพื่อรอการแสดงผลไปยังแอปพลิเคชันบรีง โดยชุดอุปกรณ์ในการวัดค่าเป็นเพียงกล่องขนาดเล็กติดตั้งกับตัวสวิตเตอร์ไฟฟ้า และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสายสัญญาณในการส่งค่าต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องตัดแปลงตัวสวิตเตอร์ไฟฟ้า ภายในกล่องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง

3.2.1 Node MCU ESP8266

เป็นหัวใจหลักของระบบการสื่อสารในการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์กับโปรแกรม LabVIEW โดยจะทำหน้าที่ในการอ่านค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์แล้วส่งข้อมูลไปยัง Server Blynk ซึ่งใช้การสื่อสารแบบ MQTT ติดต่อกับ Server กับ Microcontroller ภายใน Node MCU ESP8266 V3.0 มีชิพ Wi-Fi สามารถทำหน้าที่เป็น AP Router เพื่อกระจาย IP ให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ด้วย

3.2.2 Hall Effect Sensor

เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ติดตั้งกับแผงวงจรซึ่งสามารถวัดสนามแม่เหล็กได้ โดยต่ออนุกรมเข้ากับวงจรเพื่อวัดค่ากระแสที่ใช้งานภายในใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ สามารถทนต่อการขีดตกรันสะเทือนและอุณหภูมิที่สูงเกินไป จากนั้นจะส่งค่าไปคำนวณได้ไปประมาณผลเพื่อแสดงบนแอปพลิเคชันบรีง

3.2.3 Voltage sensor 12v

เป็นโมดูลที่สร้างขึ้นโดยใช้หลักการแบ่งแรงดันสูงให้เหลือแรงดันต่ำ เพื่อให้สามารถต่อเข้ากับบอร์ด Arduino ได้ จะได้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริงส่งไปยังบอร์ด Arduino เพื่อคำนวณปริมาณแบตเตอรี่และแสดงผลผ่านหน้าจอตาวีในแอปบรีง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Global Positioning System (GPS)

ระบบการนำทางด้วยดาวเทียม สามารถปฏิบัติการได้ในทุกสภาพอากาศ ทุกที่ในโลก ตลอด 24 ชั่วโมง ติดตั้งเข้ากับชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino เพื่อแสดงตำแหน่งขณะขับเคลื่อน และระบุตำแหน่งของสวิตเตอร์ไฟฟ้าได้ว่าอยู่ที่ไหนตำแหน่งใดโดยสามารถดูได้ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ตลอดเวลา

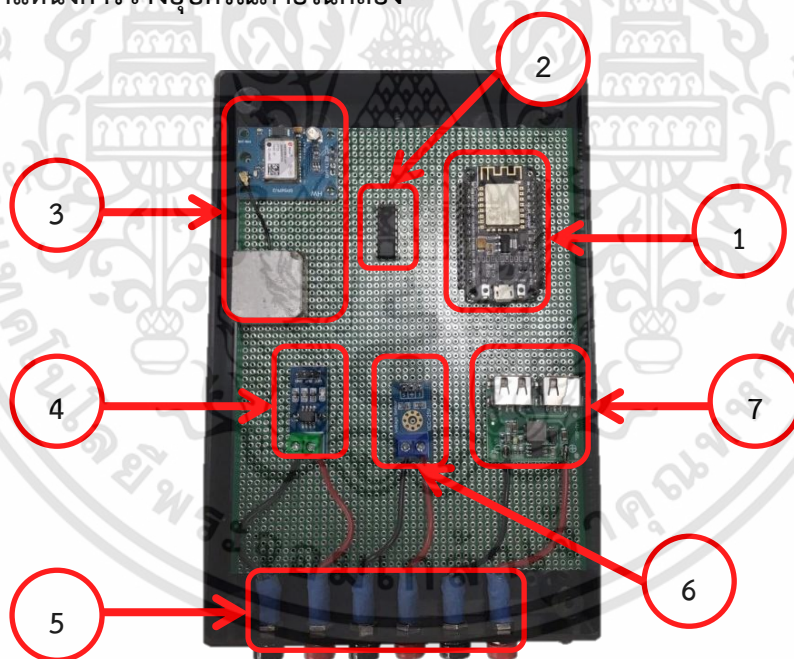
3.2.5 MCP 3008

Mcp 3008 ทำหน้าที่รับขาสัญญาณของตัวบอร์ด Esp 8266 โดยใช้ขา 3.3v กับ GND และรับขาสัญญาณ 5 ของตัวอุปกรณ์ Voltage Sensor มาที่ขา CH0 และ รับขาสัญญาณ out ของอุปกรณ์ Current Sensor มาที่ขา CH1

3.2.6 วงจรแปลงแรงดัน

Dual 3A DC-DC Buck Regulator โมดูลชาร์จ 12v/12v ถึง 5v โมดูลชาร์จ (HW-681) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ของสวิตเตอร์ไฟฟ้ามาแปลงให้เป็น 5v เพื่อส่งแรงดันไปเลี้ยงตัวบอร์ด esp8266

3.2.7 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง

ในการออกแบบระบบการทำงานภายในกล่องเป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำให้สวิตเตอร์ไฟฟ้ามมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องตัดแปลงตัวรถ เพียงแต่ต้องทำกล่องเพื่อจัดเก็บอุปกรณ์แล้วนำไปติดตั้งที่รถ โดยมีตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ภายในกล่องดังนี้

หมายเลข 1 คือ Node MCU ESP8266

หมายเลข 2 คือ MCP 3008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 3 คือ Global Positioning System (GPS)

หมายเลข 4 คือ Hall Effect Sensor

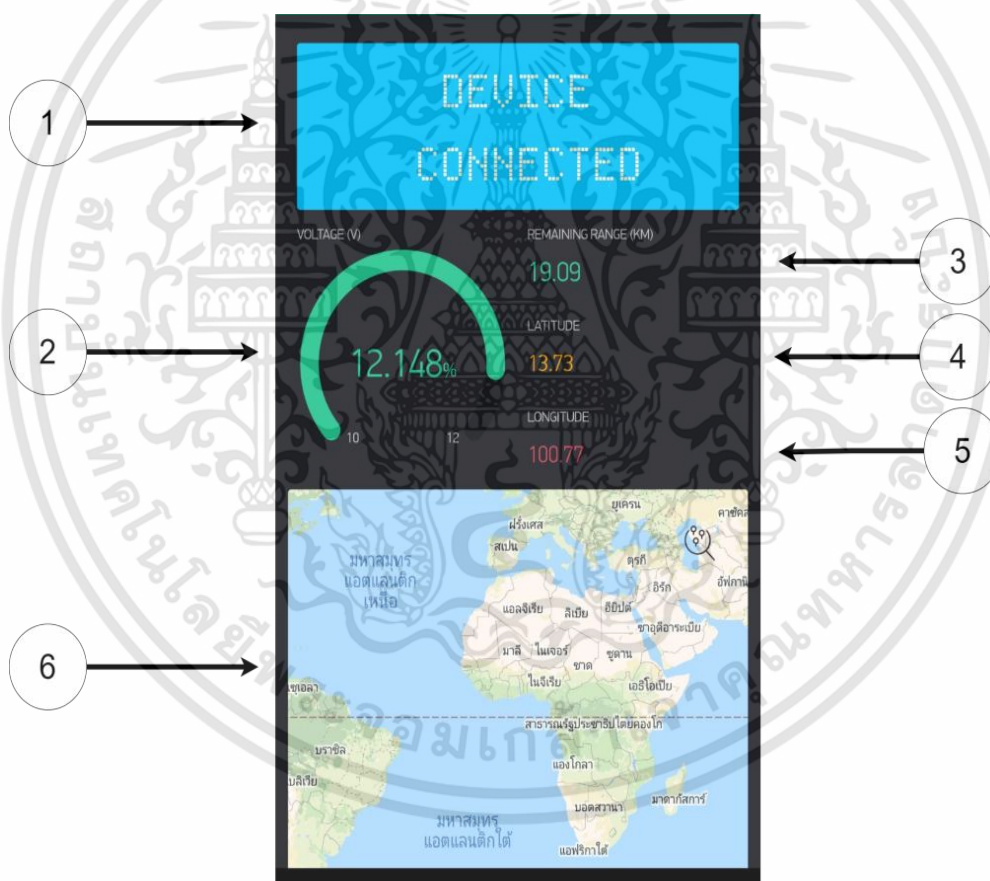
หมายเลข 5 คือ ช่องต่อสัญญาณมายังกล่อง โดยจะมีสัญญาณจาก Voltage Hall Effect Sensor และ ไฟ 12v DC

หมายเลข 6 คือ Voltage sensor 12v

หมายเลข 7 คือ วงจรแปลงแรงดัน 12v เป็น 5v (DC)

3.3 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลจะออกแบบเพื่ออ่านค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ จาก Server เพื่อทำการคำนวณ และแสดงผลไว้สายบนแอปพลิเคชัน Blynk การตั้งค่าหน้าจอกการใช้งาน เพื่อแสดงค่าต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยมีหน้าจอกการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงหน้าจอกการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk

จากรูปที่ 3.5 สามารถบอกตำแหน่งการแสดงผลที่หน้าจอได้ดังนี้

หมายเลข 1 แสดงสถานะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

หมายเลข 2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลือในแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 3 แสดงระยะทางที่รถจะสามารถขับเคลื่อนได้จากพลังงานที่เหลือ

หมายเลข 4 แสดงตำแหน่งละติจูด

หมายเลข 5 แสดงตำแหน่งลองจิจูด

หมายเลข 6 แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์บน google map



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

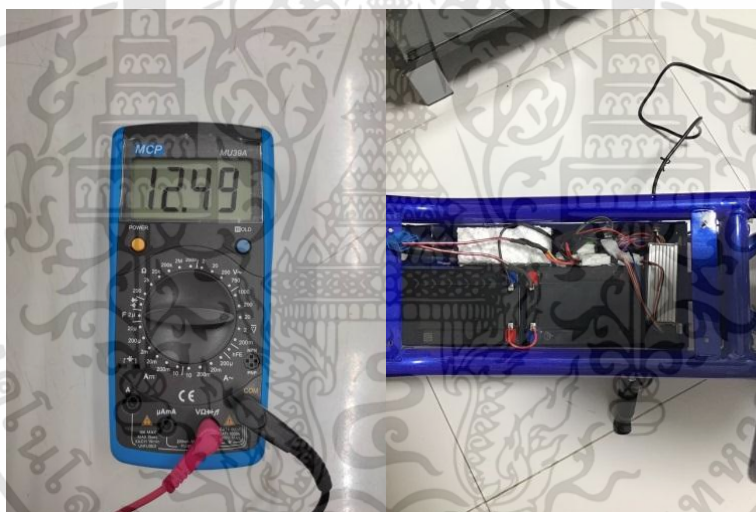
4.1 กล่าวนำ

การทดลอง การประยุกต์แอปพลิเคชันบรีงเพื่อระบุตำแหน่งและระยะการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนักในกรณีศึกษาของสก็ูเตอร์ไฟฟ้า ประกอบไปด้วย การทดลองในสภาวะที่ไม่มีโหลด ทดลองในสภาวะมีโหลดที่ต่างกันออกไป คำนวณระยะทางที่แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ ระบุตำแหน่งตาม Gps และแสดงผลไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบรีง

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 ทดลองในสภาวะที่ไม่มีโหลด (No Load)

เริ่มจากการชาร์จแบตเตอรี่ของสก็ูเตอร์ให้เต็มและวัดค่าแบตเตอรี่จذبันท์กเพื่อทำการทดลองในขั้นแรก

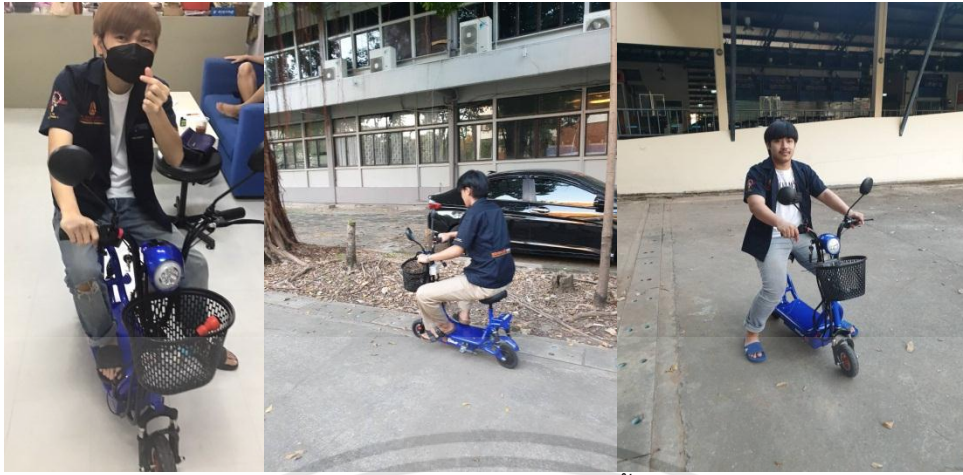


รูปที่ 4.1 ชาร์จแบตเตอรี่สก็ูเตอร์ไฟฟ้าจนเต็ม

เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม ดังรูปที่ 4.1 แล้วเริ่มปิดสก็ูเตอร์ไฟฟ้าให้กินกระแสไปจนหมดหรือจนกว่ามอเตอร์จะหยุดทำงาน โดยเก็บค่ากระแส (A) และ โวลต์ (V) ที่ลดลงเรื่อย ๆ จากนั้นจดและบันทึกราคาที่ได้ไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์คำนวณระยะทางที่แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้

4.2.2 ทดลองในสภาวะที่โหลดต่างกัน

เริ่มจากการทดลองขับสก็ูเตอร์ไฟฟ้าในระยะทางที่เท่ากันแต่น้ำหนักของผู้ขับขี่ต่างกันออกไปดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ทดลองขับสกูตเตอร์ไฟฟ้าในน้ำหนัที่ต่างกัน

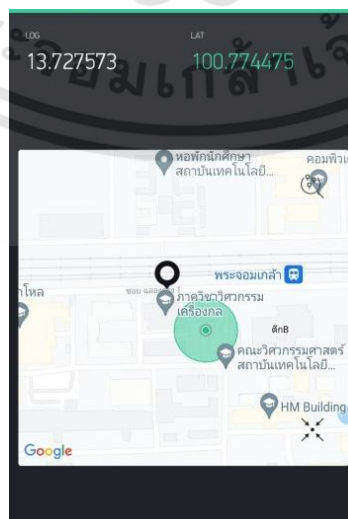
โดยระยะทางที่ทำการทดลองคือ 3 กิโลเมตร ในน้ำหนัที่ต่างกันออกไป โดยน้ำหนัจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือระหว่าง 40 – 60, 61 – 80 และ 81 – 100 กิโลกรัม

4.2.3 ทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันปริง

แอปพลิเคชันปริงที่จะแสดงผลผ่านโทรศัพท์มือถือจะประกอบไปด้วย การคำนวณระยะทางที่แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ และระบบ GPS โดยในส่วนของการคำนวณระยะทาง คือนำค่าแรงดันของแบตเตอรี่สูงสุดมาลบกับค่าแรงดันต่ำสุดของแบตเตอรี่ที่สามารถนำมาขับมอเตอร์ของสกูตเตอร์ไฟฟ้าและนำค่าที่ได้มาหารด้วยจำนวนการกินแรงดันต่อ 1 กิโลเมตร โดยค่าการสูญเสียพลังงานต่อ 1 กิโลเมตร หาได้จากการทดลองขับซึ่งจริง

ในส่วนของการทดลองอุปกรณ์นำทาง (GPS) ได้ทำการทดลองโดยมีการเปรียบเทียบระหว่างตัวอุปกรณ์นำทางที่ชุดทดลองก็ระบบนำทางในโทรศัพท์ โดยผลการทดลองจะแสดงดังรูป 4.3 จะเห็นว่าตำแหน่งของชุดทดลองที่แสดงในแผนที่บนแอปพลิเคชันปริงมีความคลาดเคลื่อนกับสถานที่จริง

หมายเหตุ : ในการทดลองระบบ GPS จำเป็นจะต้องทดลองในภูมิอากาศและสถานที่ที่เหมาะสม



รูปที่ 4.3 ระบบนำทาง (GPS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองเมื่อทำการเชื่อมต่อ Node MCU ESp8266 เข้ากับ Wi-Fi Hotspot จากโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว ในขณะเดียวกัน ในแอปพลิเคชัน Blynk จะแสดงสถานะ DEVICE CONNECTED และค่าที่เซนเซอร์วัดได้จากแบตเตอรี่ พร้อมทั้งแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลือในแบตเตอรี่ ระยะทางที่รถจะสามารถขับเคลื่อนได้จากพลังงานที่เหลือ ตำแหน่งละติจูด ตำแหน่งลองจิจูด ตำแหน่งของอุปกรณ์บน google map

4.3.1 ผลการทดลองในสภาวะไร้โหลด

โดยทำตารางแล้วจดบันทึกผล เก็บการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 1 ชั่วโมง ทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.1 – 4.5

ตารางที่ 4.1 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 1

| การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 1 | | | | |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| ระยะเวลาทดลอง (Hr) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (A) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (A) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดแรงดัน (V) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (V) |
| 1 | 1.65 | 1.72 | 12.00 | 12.00 |
| 2 | 1.68 | 1.55 | 11.36 | 11.75 |
| 3 | 1.67 | 1.55 | 11.19 | 11.54 |
| 4 | 1.62 | 1.42 | 11.00 | 11.29 |
| 5 | 1.61 | 1.54 | 10.79 | 10.97 |
| 6 | 1.58 | 1.45 | 10.59 | 10.87 |
| 7 | 1.60 | 1.40 | 10.36 | 10.66 |
| 8 | 1.62 | 1.38 | 10.05 | 10.32 |
| 9 | 1.60 | 1.22 | 9.34 | 9.73 |

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 2

| การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 2 | | | | |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| ระยะเวลาทดลอง (Hr.) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (A) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (A) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดแรงดัน (V) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (V) |
| 1 | 1.62 | 1.69 | 12.00 | 12.00 |
| 2 | 1.65 | 1.52 | 11.33 | 11.72 |
| 3 | 1.64 | 1.52 | 11.16 | 11.51 |
| 4 | 1.59 | 1.39 | 10.97 | 11.26 |
| 5 | 1.58 | 1.51 | 10.76 | 10.94 |
| 6 | 1.55 | 1.42 | 10.56 | 10.84 |
| 7 | 1.57 | 1.37 | 10.33 | 10.63 |
| 8 | 1.59 | 1.35 | 10.02 | 10.29 |
| 9 | 1.57 | 1.19 | 9.31 | 9.70 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 3

| การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 3 | | | | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| ระยะเวลาทดลอง (Hr.) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จาก มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (A) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (A) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดแรงดัน (V) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (V) |
| 1 | 1.67 | 1.74 | 12.00 | 12.00 |
| 2 | 1.70 | 1.57 | 11.38 | 11.77 |
| 3 | 1.69 | 1.57 | 11.21 | 11.56 |
| 4 | 1.64 | 1.44 | 11.02 | 11.31 |
| 5 | 1.63 | 1.56 | 10.81 | 10.99 |
| 6 | 1.60 | 1.47 | 10.61 | 10.89 |
| 7 | 1.62 | 1.42 | 10.38 | 10.68 |
| 8 | 1.64 | 1.40 | 10.07 | 10.34 |
| 9 | 1.62 | 1.24 | 9.36 | 9.75 |

ตารางที่ 4.4 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 4

| การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 4 | | | | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| ระยะเวลาทดลอง (Hr.) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จาก มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (A) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (A) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดแรงดัน (V) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (V) |
| 1 | 1.60 | 1.67 | 12.00 | 12.00 |
| 2 | 1.63 | 1.50 | 11.31 | 11.70 |
| 3 | 1.62 | 1.50 | 11.14 | 11.49 |
| 4 | 1.57 | 1.37 | 10.95 | 11.24 |
| 5 | 1.56 | 1.49 | 10.74 | 10.92 |
| 6 | 1.53 | 1.40 | 10.54 | 10.82 |
| 7 | 1.55 | 1.35 | 10.31 | 10.61 |
| 8 | 1.57 | 1.33 | 10.00 | 10.27 |
| 9 | 1.55 | 1.17 | 9.29 | 9.68 |

ตารางที่ 4.5 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 5

| การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ครั้งที่ 5 | | | | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| ระยะเวลาทดลอง (Hr.) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จาก มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (A) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (A) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดแรงดัน (V) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (V) |
| 1 | 1.63 | 1.70 | 12.00 | 12.00 |
| 2 | 1.66 | 1.53 | 11.51 | 11.90 |
| 3 | 1.65 | 1.53 | 11.17 | 11.52 |
| 4 | 1.60 | 1.40 | 11.11 | 11.40 |
| 5 | 1.59 | 1.52 | 10.65 | 10.83 |
| 6 | 1.56 | 1.43 | 10.66 | 10.94 |
| 7 | 1.58 | 1.38 | 10.39 | 10.69 |
| 8 | 1.60 | 1.36 | 10.05 | 10.32 |

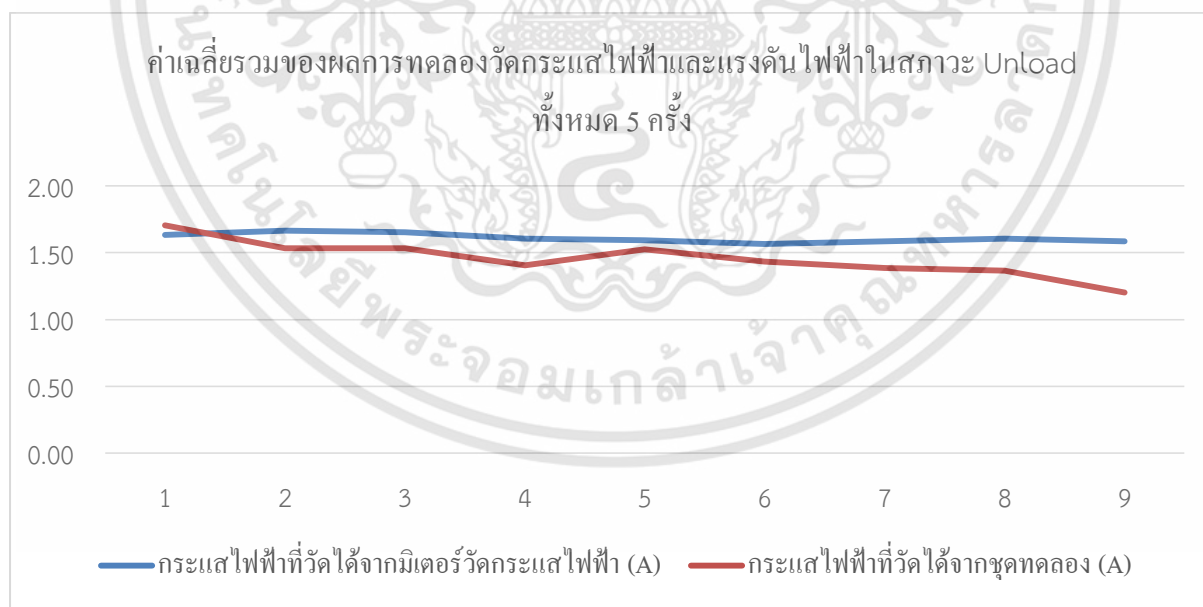
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำค่าที่เก็บได้ทั้ง 5 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ย ดังตารางค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ทั้งหมด 5 ครั้ง

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ทั้งหมด 5 ครั้ง

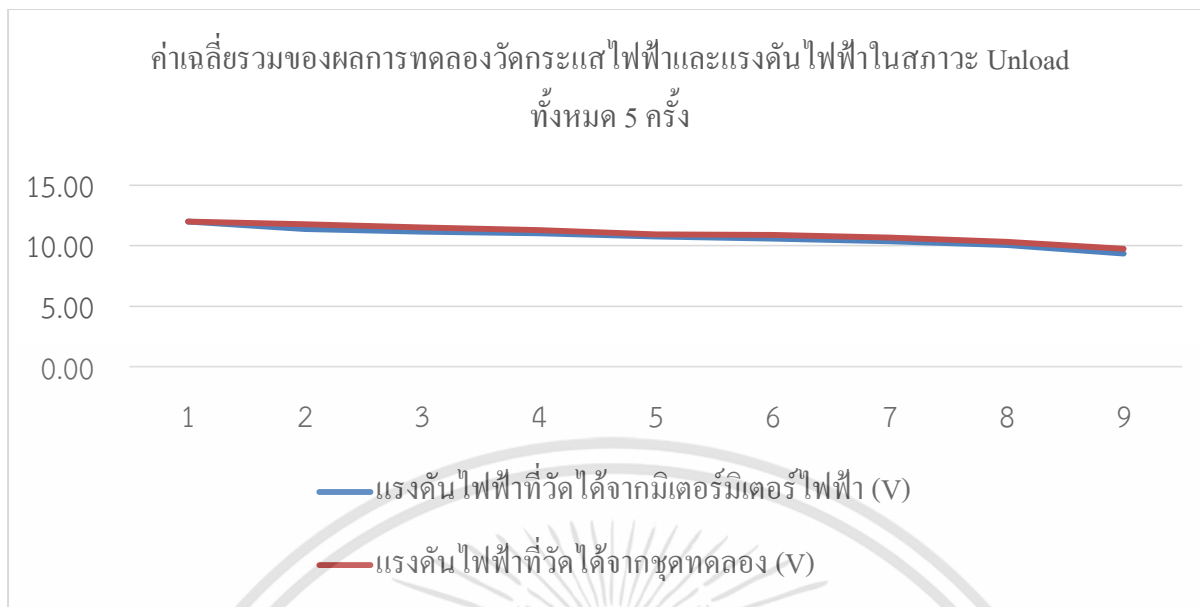
| ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาวะ Unload ทั้งหมด 5 ครั้ง | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| ระยะเวลาทดลอง (Hr.) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า (A) | กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (A) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์วัดแรงดัน (V) | แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดทดลอง (V) |
| 1 | 1.63 | 1.70 | 12.00 | 12.00 |
| 2 | 1.66 | 1.53 | 11.38 | 11.77 |
| 3 | 1.65 | 1.53 | 11.17 | 11.52 |
| 4 | 1.60 | 1.40 | 11.01 | 11.30 |
| 5 | 1.59 | 1.52 | 10.75 | 10.93 |
| 6 | 1.56 | 1.43 | 10.59 | 10.87 |
| 7 | 1.58 | 1.38 | 10.35 | 10.65 |
| 8 | 1.60 | 1.36 | 10.04 | 10.31 |
| 9 | 1.58 | 1.20 | 9.36 | 9.75 |

โดยสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าในสภาวะ Unload ทั้งหมด 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยรวมของผลการทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าในสถานะ Unload ทั้งหมด 5 ครั้ง

4.3.2 ผลการ ทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน

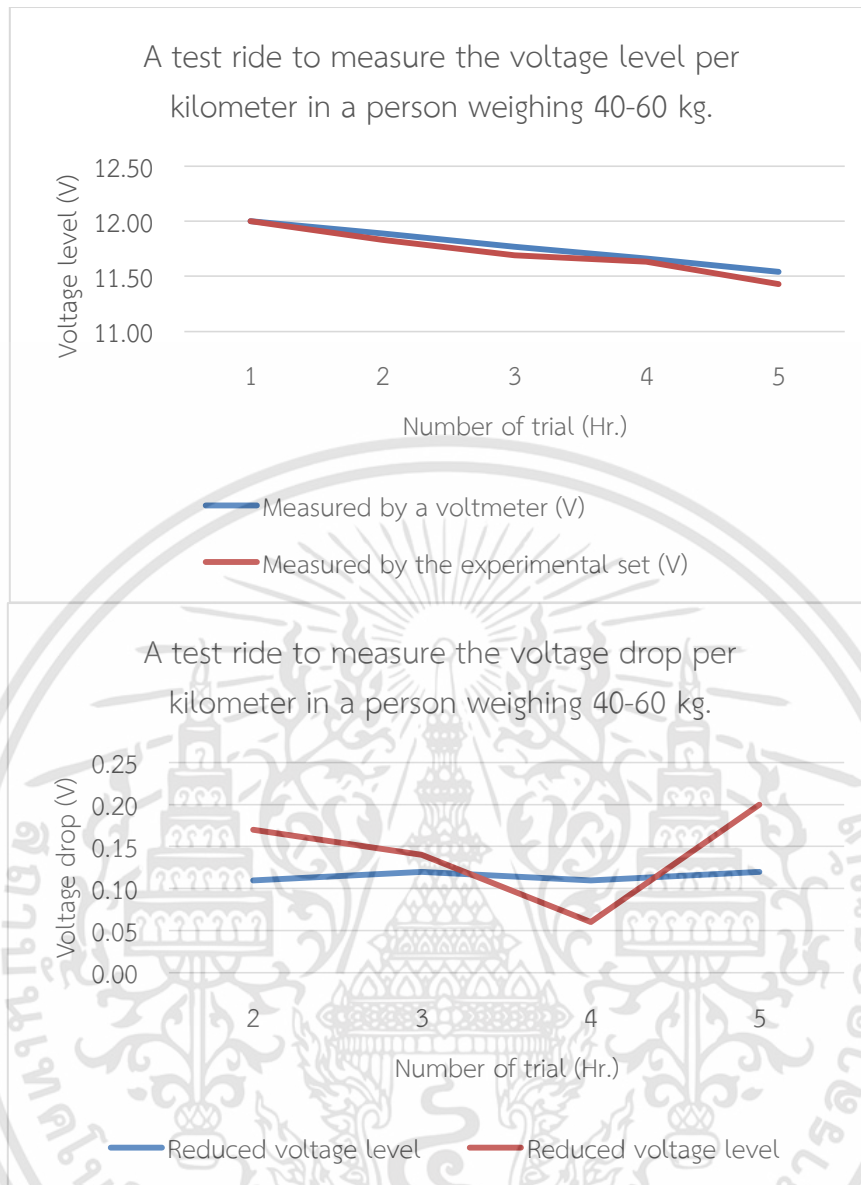
เริ่มทดลองที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร โดยน้ำหนักจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือระหว่าง 40 – 60 , 61 – 80 และ 81 – 100 กิโลกรัม จดบันทึกการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทำงานของแบตเตอรี่ ดังตารางที่ 4.7 – 4.9

ตารางที่ 4.7 ตารางการทดลองซ้ำๆ เพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตรในผู้ที่มีน้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม

| A test ride to measure the voltage drop per kilometer in a person weighing 40-60 kg. | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| The number of trials | The experiment voltage level measured | | Reduced voltage level | |
| | Measured by a voltmeter (V) | Measured by the experimental set (V) | Voltmeter (V) | Experimental set (V) |
| 1 | 12.00 | 12.00 | 0 | 0 |
| 2 | 11.89 | 11.83 | 0.11 | 0.17 |
| 3 | 11.77 | 11.69 | 0.12 | 0.14 |
| 4 | 11.66 | 11.63 | 0.11 | 0.06 |
| 5 | 11.54 | 11.43 | 0.12 | 0.20 |

จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองมาแสดงในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



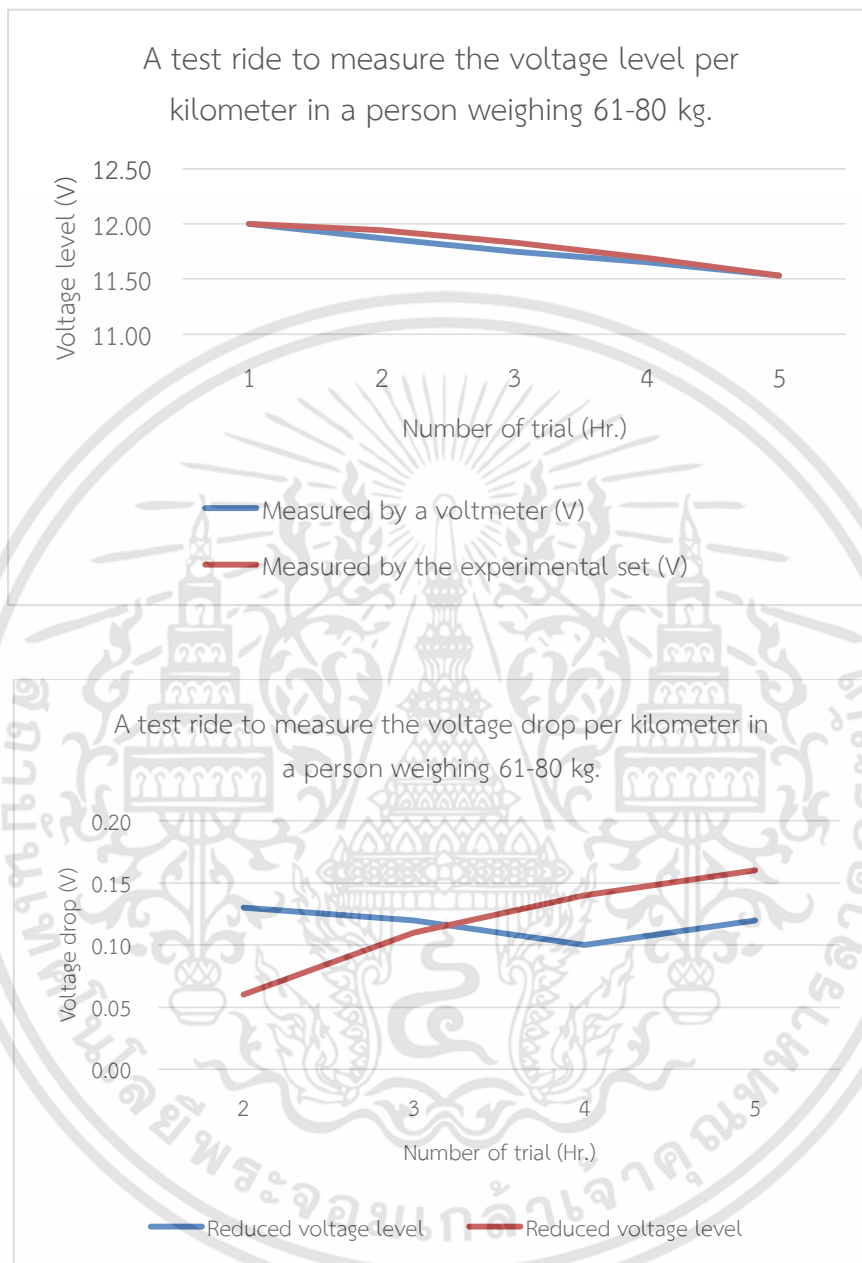
รูปที่ 4.6 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ที่มีน้ำหนัก 40-60 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.8 ตารางการทดลองซ้ำเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตรในผู้ที่มีน้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม

| A test ride to measure the voltage drop per kilometer in a person weighing 61-80 kg. | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| The number of trials | The experiment voltage level measured | | Reduced voltage level | |
| | Measured by a voltmeter (V) | Measured by the experimental set (V) | Voltmeter (V) | Experimental set (V) |
| 1 | 12.00 | 12.00 | 0 | 0 |
| 2 | 11.87 | 11.94 | 0.13 | 0.06 |
| 3 | 11.75 | 11.83 | 0.12 | 0.11 |
| 4 | 11.65 | 11.69 | 0.10 | 0.14 |
| 5 | 11.53 | 11.53 | 0.12 | 0.16 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองมาแสดงในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงดังรูปที่ 4.7



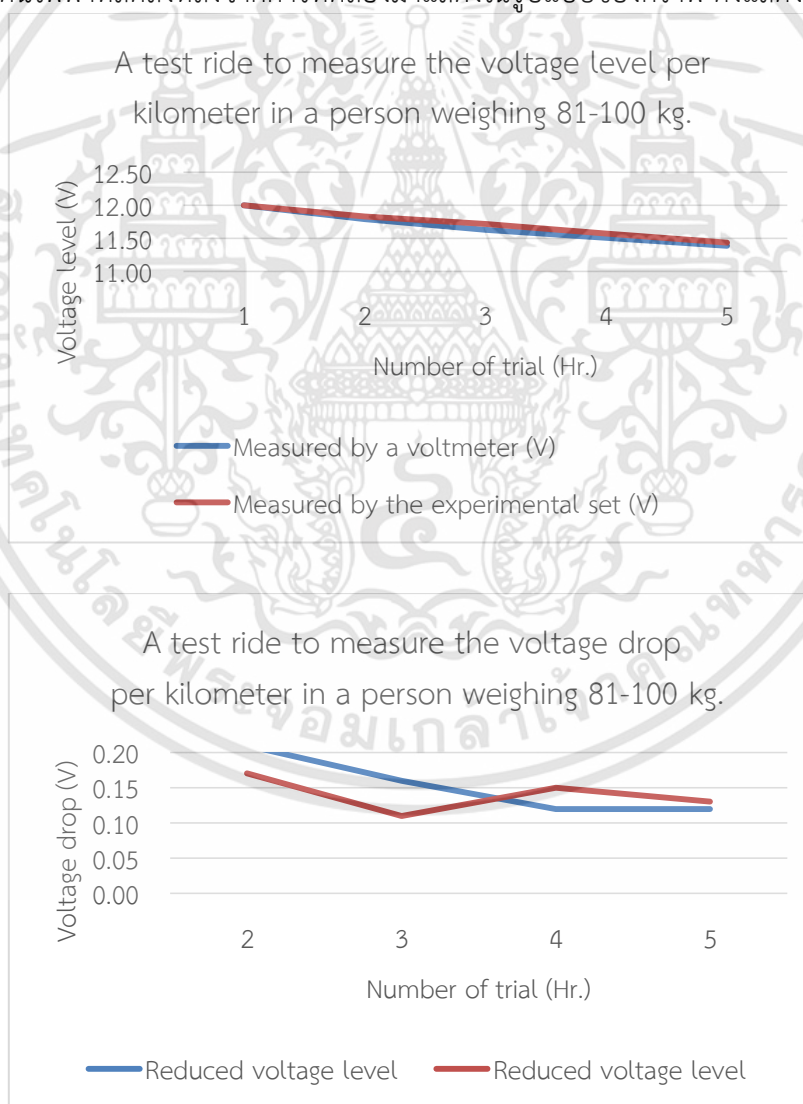
รูปที่ 4.7 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ที่น้ำหนัก 61-80 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ตารางการทดลองขี่เพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตรในผู้ที่มีน้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม

| A test ride to measure the voltage drop per kilometer in a person weighing 81-100 kg. | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| The number of trials | The experiment voltage level measured | | Reduced voltage level | |
| | Measured by a voltmeter (V.) | Measured by the experimental set (V.) | Voltmeter (V.) | Experimental set (V.) |
| 1 | 12.00 | 12.00 | 0 | 0 |
| 2 | 11.79 | 11.83 | 0.21 | 0.17 |
| 3 | 11.63 | 11.72 | 0.16 | 0.11 |
| 4 | 11.51 | 11.57 | 0.12 | 0.15 |
| 5 | 11.39 | 11.44 | 0.12 | 0.13 |

จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองมาแสดงในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงดังรูปที่ 4.7

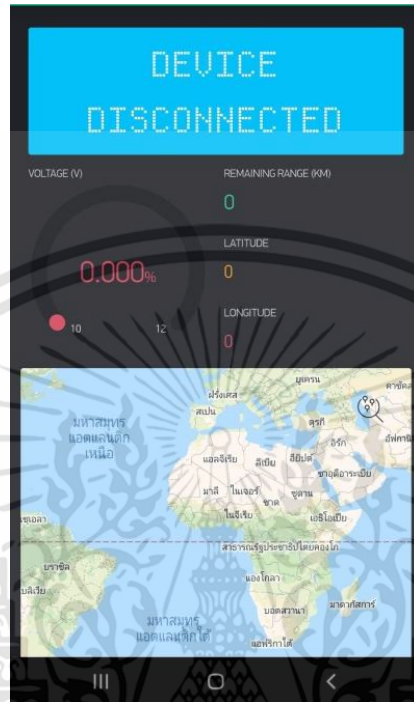


รูปที่ 4.8 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากการทดลองในผู้ที่มีน้ำหนัก 81-100 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

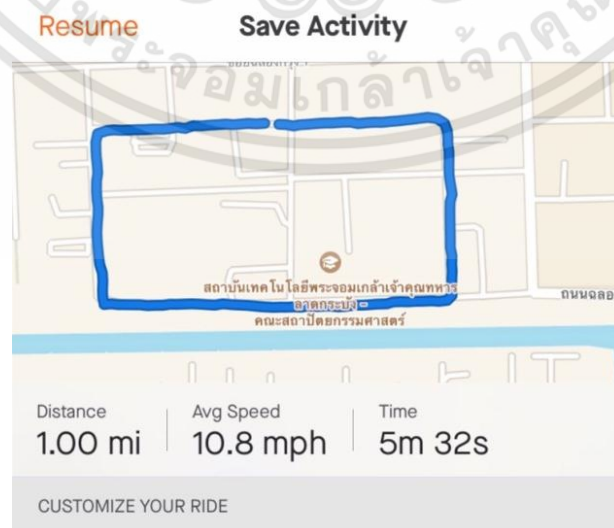
4.3.3 ผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน

- 1) เมื่อไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกลับชุดอุปกรณ์หน้าแอปพลิเคชันจะแสดงคำว่า DISCONNECT



รูปที่ 4.9 หน้าแอปพลิเคชันบรีงในขณะที่ยังไม่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทดลอง

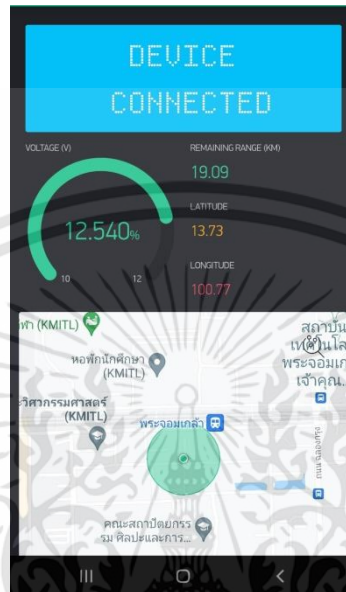
- 2) จากนั้นทำการทดสอบการใช้งานจากแบตเตอรี่ โดยสามารถดูค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ระยะทางที่ใช้ และความเร็วเฉลี่ย ได้จากแอปพลิเคชัน Strava



รูปที่ 4.10 แอปพลิเคชัน Strava

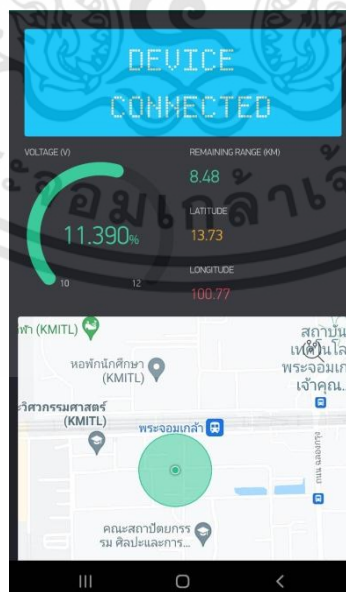
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หลังจากที่มีการใช้งานแบตเตอรี่ และทำการเชื่อมต่อกับชุดทดลองที่ติดตั้งอยู่กับสวิตเตอร์ไฟฟ้า จนกระทั่งมีกระแสไฟฟ้าไหล หน้าจอจะแสดงผลคำว่า DEVICE CONNECTED ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และแผนที่แสดงตำแหน่ง (GPS) ที่ระบุตำแหน่งของสวิตเตอร์ไฟฟ้าว่าอยู่ตำแหน่งไหน แสดงขึ้นมาบนหน้าจอแอปพลิเคชันบรีง



รูปที่ 4.11 หน้าแอปพลิเคชันในขณะที่เชื่อมต่อกับชุดทดลองแล้ว

4) เมื่อมีการใช้งานไปอย่างต่อเนื่องค่าสถานะที่แสดงบนแอปพลิเคชันบรีงก็จะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ เช่น ค่าของแบตเตอรี่ที่ลดลง ระยะทางของแบตเตอรี่ที่สามารถขับเคลื่อนไปได้ และตำแหน่งของสวิตเตอร์ที่แสดงผ่าน GPS



รูปที่ 4.12 หน้าแอปพลิเคชันในช่วงที่มีการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

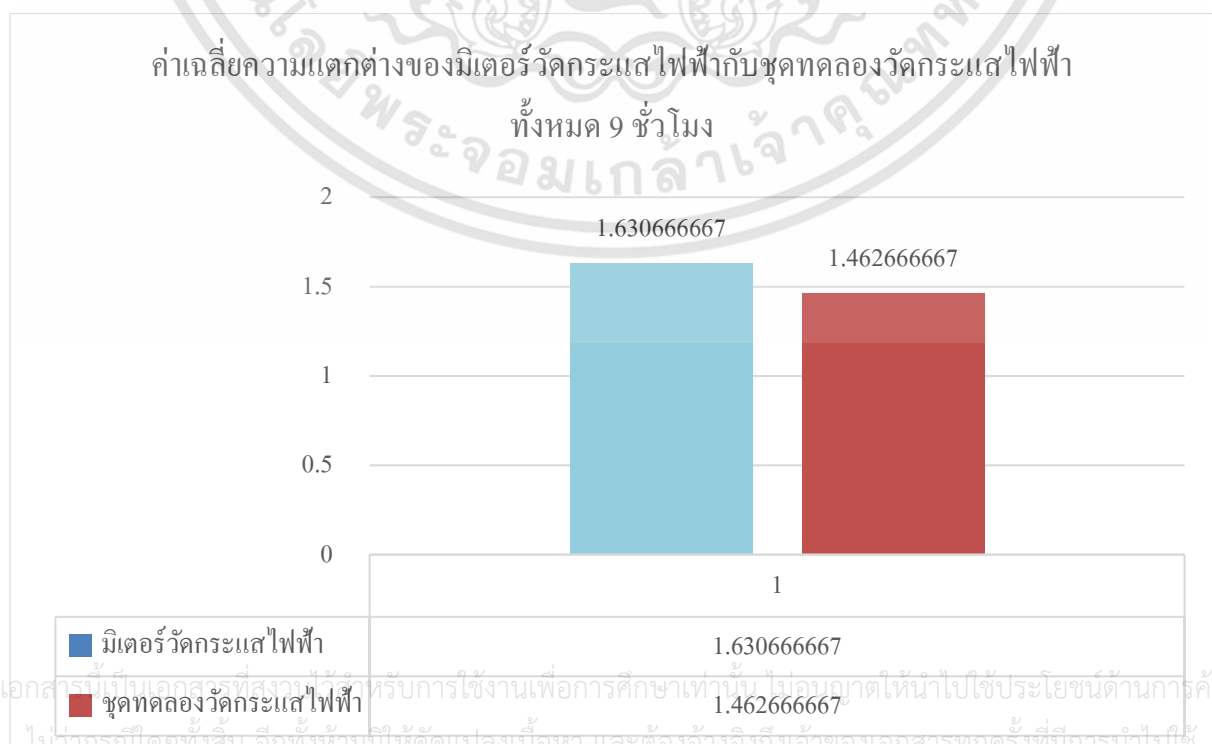
สรุปผลการทดลอง

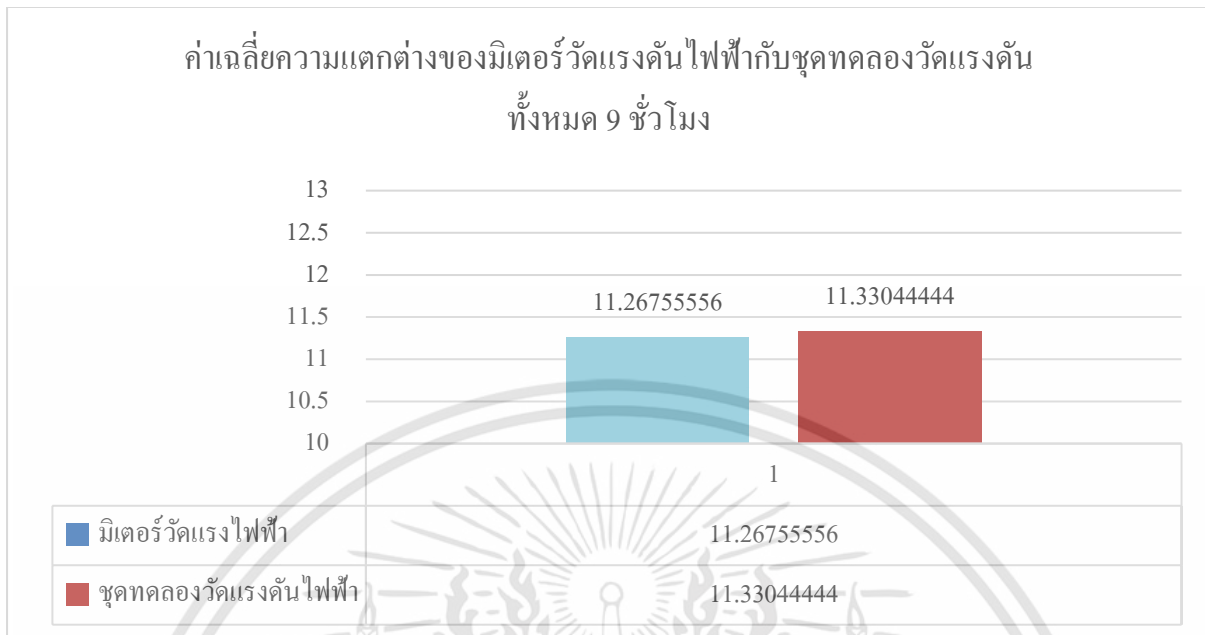
การจัดทำปริญญาณิพนธ์เรื่องการประยุกต์แอปพลิเคชันบรีงเพื่อระบุตำแหน่งและระยะเวลาการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับน้ำหนัก ในกรณีศึกษาของสก็ูเตอร์ไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบการทำงานของแอปพลิเคชันบรีงและหลักการของการเขียนชุดคำสั่ง ศึกษาทฤษฎีและสูตรคำนวณค่าน้ำหนักที่ส่งผลต่อปริมาณของแบตเตอรี่ที่ลดลงกับระยะทางที่แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ ศึกษาระบบ google maps ในการระบุตำแหน่งของสก็ูเตอร์ไฟฟ้าในขณะขับเคลื่อนผ่านโทรศัพท์มือถือในแอปพลิเคชันบรีง ทั้งยังได้ทำการใช้งานจริงจากผู้ทดลองที่มีน้ำหนักที่ต่างกันออกไปเพื่อที่จะหาค่าการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของการกินกระแสของแบตเตอรี่เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการใช้งาน คำนวณระยะทางที่แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้ รวมไปถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ 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

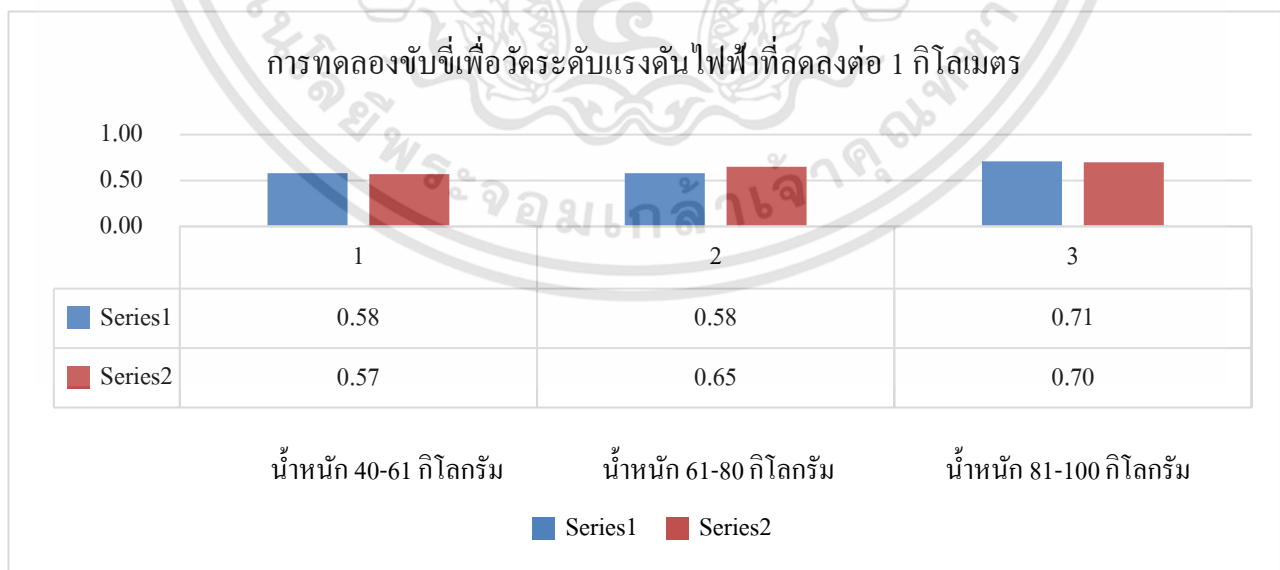




รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงการใช้พลังงานของมิเตอร์กับชุดทดลอง

5.1.2 สรุปผลการทดลองในสถานะที่โหลดต่างกัน

จากทฤษฎีแล้วเมื่อน้ำหนักของผู้ทดลองเพิ่มขึ้นโหลดของมอเตอร์ก็จะเพิ่มขึ้นตาม ทำให้มอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าใช้พลังงานมากขึ้นด้วย และทำให้พลังงานในแบตเตอรี่ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่จากการทดลองใช้งานจริงกลับไม่เป็นดังทฤษฎี เพราะน้ำหนักของผู้ทดลองในแต่ละช่วงที่มีการใช้งานจริงกลับกินกระแสค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าน้ำหนักของผู้ทดลองที่ต่างกันมีผลน้อยต่อการกินกระแสของมอเตอร์และเมื่อนำมาทำในรูปแบบแผนภูมิเพื่อให้เข้าใจได้อย่างง่าย จะแสดงดัง รูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยการทดลองซ้ำเพื่อวัดระดับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงต่อ 1 กิโลเมตรทั้งหมด 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 สรุปผลการทดลองในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบรีจ

หน้าของแอปพลิเคชันบรีจที่แสดงจะโชว์ สถานการณ์เชื่อมต่อของอุปกรณ์ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหลือในแบตเตอรี่ ระยะทางที่รถจะสามารถขับเคลื่อนได้จากพลังงานที่เหลือ แสดงตำแหน่งละติจูด แสดงตำแหน่งลองจิจูด และแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์บน Google map

5.2 ปัญหาที่พบขณะทำการทดลอง

- 1) Port ของ ESP 8266 มีขา Analog ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน
- 2) ในการทดลอง GPS มีสัญญาณรบกวนทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณได้
- 3) Battery เกิดการเสื่อมสภาพหลังจากที่ทดลอง

5.3 วิธีการแก้ปัญหา

- 1) นำ MCP 3008 มาต่อเพื่อเพิ่มขา Analog
- 2) ทดลองในสถานที่ปลอดโปล่งและทำการทดลองในวันที่สภาพอากาศดี
- 3) เมื่อตรวจเช็คจนมั่นใจแล้วว่าปัญหาเกิดจากแบตเตอรี่จึงทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่

5.4 ข้อจำกัดในการใช้งาน

- 1) หากทำการขับขี่ในสถานที่ปิด หรือไม่เอื้ออำนวย เช่น อาคารขนาดใหญ่ โกดัง ระบบจะไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้
- 2) ในการส่งและรับสัญญาณตัวอุปกรณ์กับชุดทดลองต้องอยู่ห่างกันไม่มาก

5.5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

หากต้องการนำไปพัฒนาต่อในอนาคต ชุดทดลองนี้สามารถพัฒนาได้โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในเพื่อลดข้อจำกัดในการทำงาน โดยอาจจะเปลี่ยนตัวส่งสัญญาณ GPS ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าตัวเดิม และขยายโครงข่าย WiFi เพื่อขยายขอบเขตของการรับส่งสัญญาณให้ได้ไกลมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2559-2560). การศึกษาเทคโนโลยีอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า. หน้า 40-59. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2564. 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 2564. จาก <https://www.ab.in.th/article/68/app>.
- [3] ประกาศกรมการขนส่งทางบกเรื่องกำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2560. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2564. จาก <https://www.dlt.go.th>.
- [4] คู่มือตรวจสอบความปลอดภัยของยานยนต์ไฟฟ้า. หน้าที่ 7-9. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2564. จาก <http://online.anyflip.com/lymyo/nbip/mobile/index.html>.
- [5] รถไฟฟ้า EV คืออะไร-สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มข. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2564. จาก <http://erdi.cmu.ac.th>
- [6] การใช้งาน Node MCU V2 ESP8266. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2564. จาก <http://www.robotsiam.com>
- [7] Hall Effect Sensorคืออะไร. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2564. จาก <http://www.netinbag.com>
- [8] Garmin ประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2564. จาก <http://www.garmin.com>

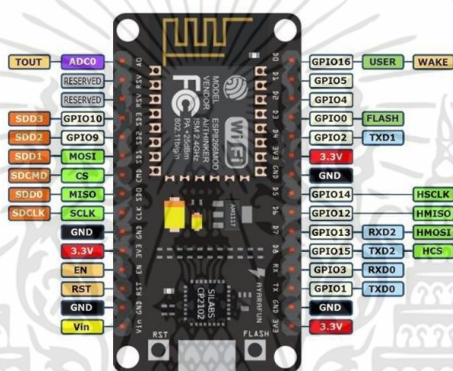
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.2 การติดตั้งบอร์ด ESP2866 ลงบนโปรแกรม Arduino IDE

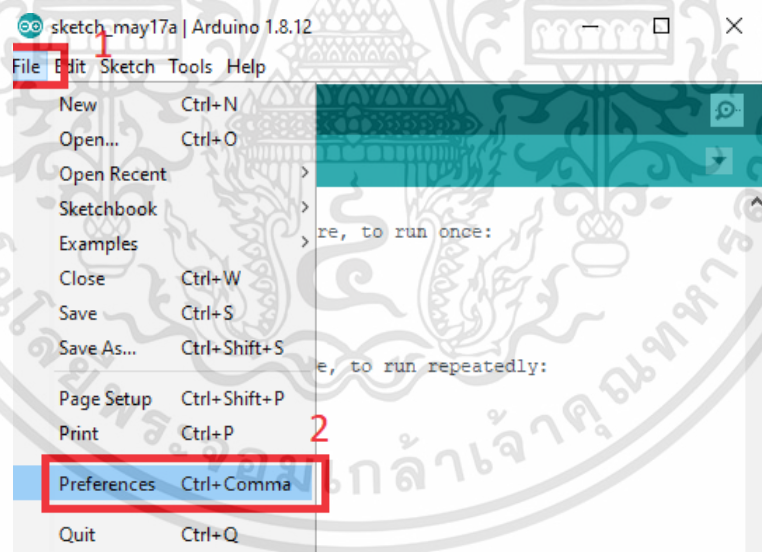
โดยการเริ่มใช้งานจำเป็นต้องทำการติดตั้งบอร์ด ESP2866 ลงบนโปรแกรม Arduino IDE โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE ฟรีได้ที่ <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



ก.2 โปรแกรม Arduino IDE

เมื่อทำการติดตั้ง Arduino IDE เรียบร้อยแล้ว ให้เปิด Arduino IDE ขึ้นมา

1) ไปที่ File เลือก Preferences

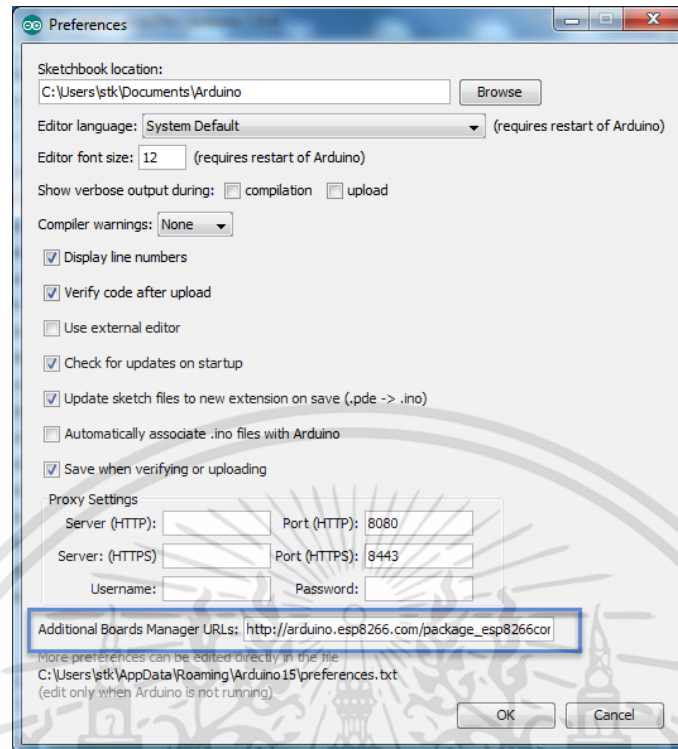


ก.3 การตั้งค่าการใช้งาน

ใส่ URL ลงใน Addition Board Manager แล้วกด OK

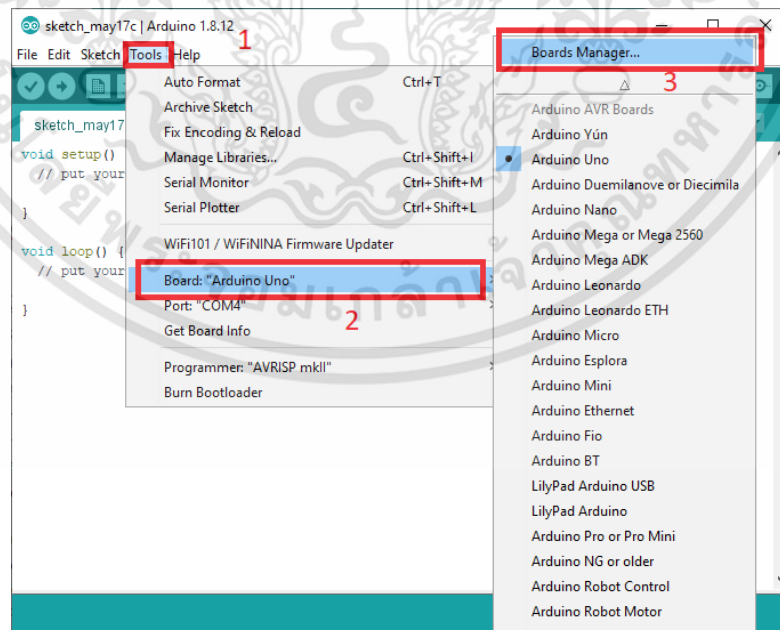
URLs คือ http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.4 การเพิ่ม URL ลงใน Addition Board Manager

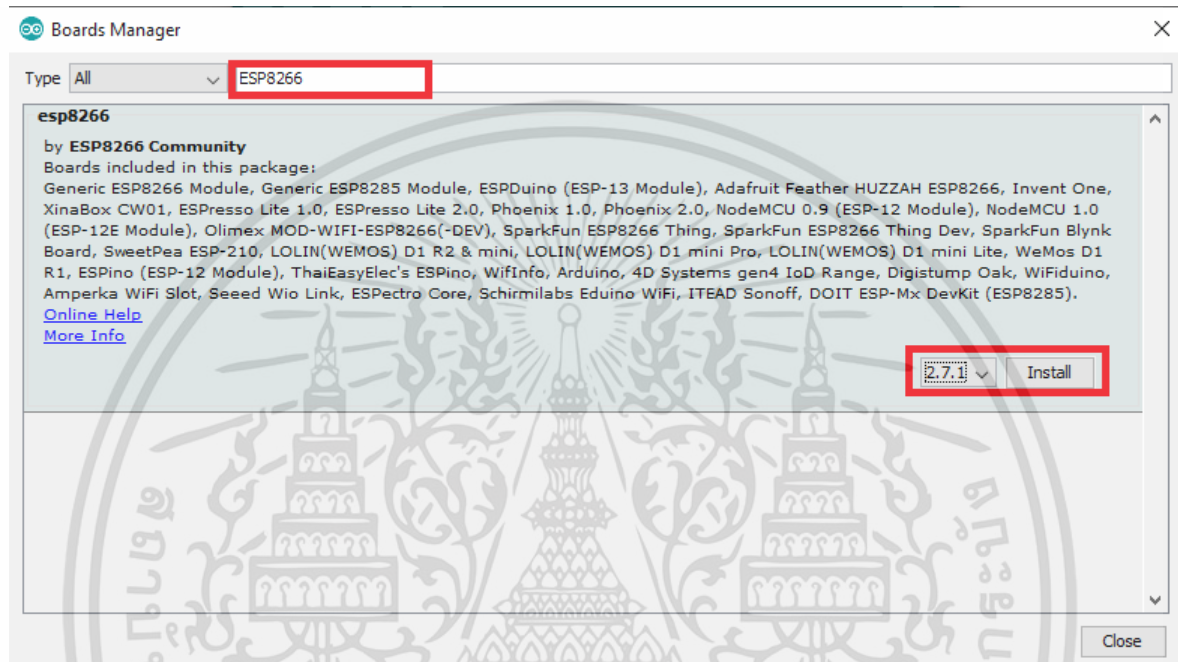
3) เพิ่มบอร์ด ESP8266 ลงบนโปรแกรมโดยไปที่แถบเครื่องมือแล้วเลือก Tools ตามด้วย Board: “....” แล้วเลือก Boards Manager...



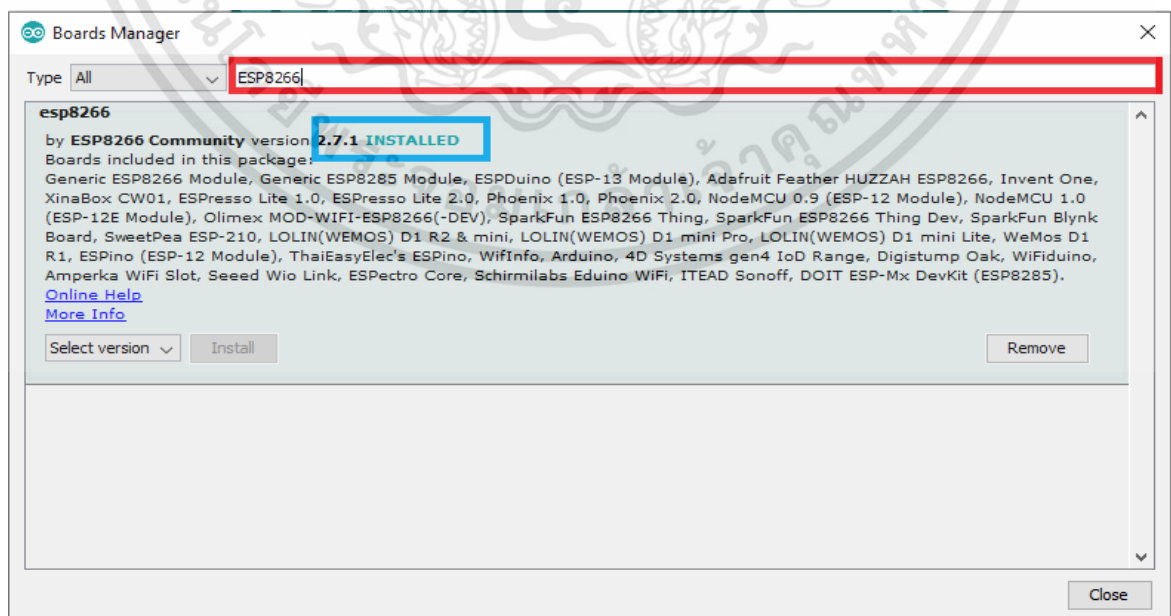
ก.5 เพิ่มบอร์ด ESP8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



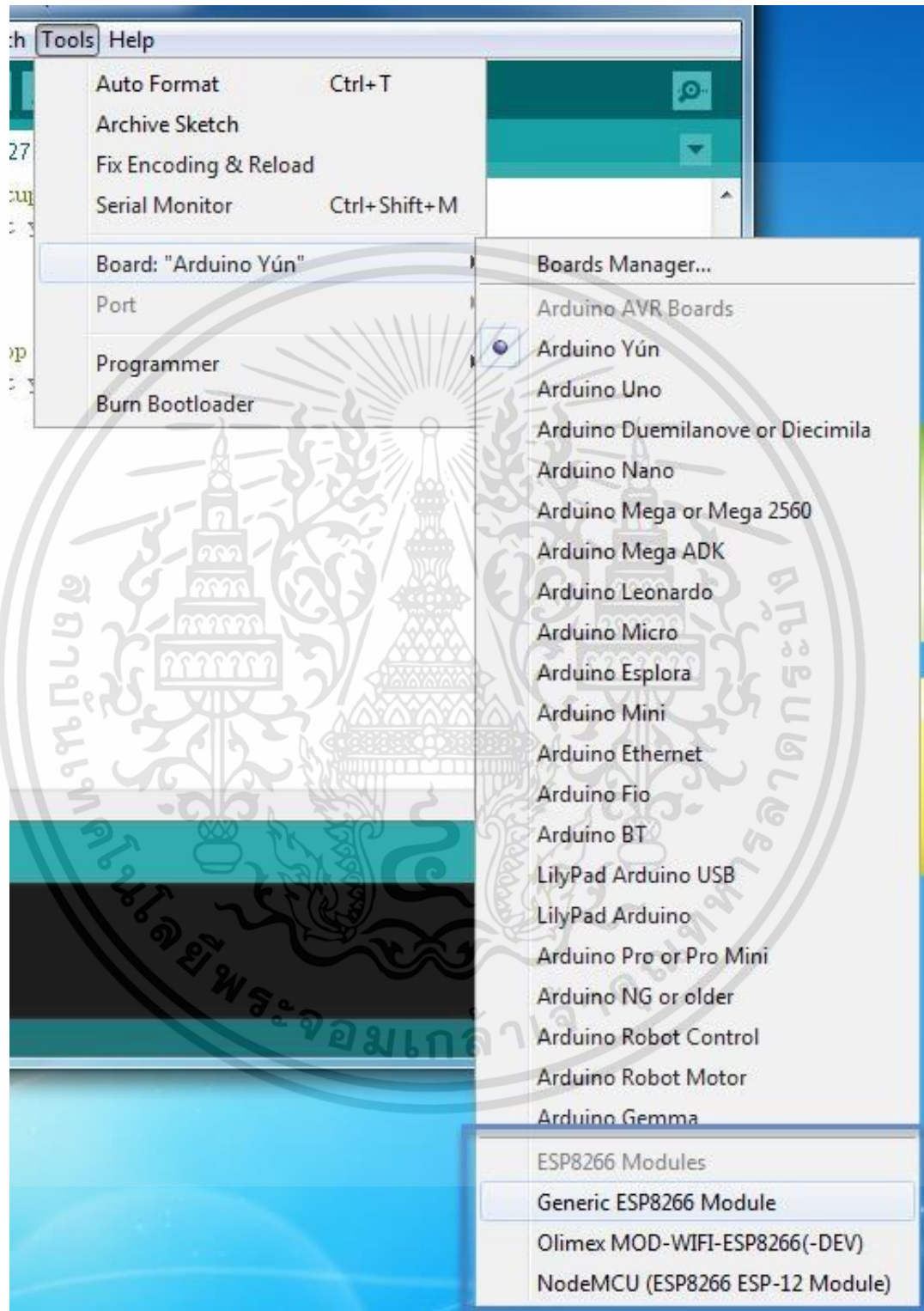
ก.6 การติดตั้งบอร์ด ESP8266



ก.7 การติดตั้งเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ก.8 เลือกการใช้งานบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 โปรแกรมที่ใช้ในการส่งค่าไปยังส่วนแสดงผล

กระแส

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h> //เรียกใช้ library ของ ESP8266WiFi
#include <BlynkSimpleEsp8266.h> //เรียกใช้ library Blynk
#include <Filters.h> //This library does a massive work check it's .cpp file
#define ACS_Pin A0 //Sensor data pin on A0 analog input
```

```
//กำหนด Token เพื่อเชื่อมต่อ Blynk application
char auth[] = "0TtfaZd1oaZyLMU8C76_vsMTQ9QTvypi";

//สั่งให้ Board เชื่อมต่อ Wifi
char ssid[] = "ILYSB1";
char pass[] = "supaset";
#include <SoftwareSerial.h> //เรียกใช้ library ของ SoftwareSerial
int analogInput = A0; //กำหนดขา input
float ACS_Value; //Here we keep the raw data values
float testFrequency = 50; // test signal frequency (Hz)
float windowLength = 40.0/testFrequency; // how long to average the signal, for
statistist

float intercept = 0; // to be adjusted based on calibration testing
float slope = 0.0752; // to be adjusted based on calibration testing
```

//Please check the ACS712 Tutorial video by SurtrTech to see how to get them because it depends on your sensor, or look below

```
float Amps_TRMS; // estimated actual current in amps
```

```
unsigned long printPeriod = 1000; // in milliseconds
```

```
// Track time in milliseconds since last reading
```

```
unsigned long previousMillis = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void setup() {
  Serial.begin( 9600 ); // Start the serial port
  pinMode(ACS_Pin,INPUT); //Define the pin mode
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  Blynk.virtualWrite(V7,Amps_TRMS); //กำหนดขา output
}

void loop() {
  RunningStatistics inputStats; // create statistics to look at the raw test signal
  inputStats.setWindowSecs( windowLength ); //Set the window length

  while( true ) {
    ACS_Value = analogRead(ACS_Pin); // read the analog in value:
    inputStats.input(ACS_Value); // log to Stats function

    if((unsigned long)(millis() - previousMillis) >= printPeriod) { //every second we do the
calculation
      previousMillis = millis(); // update time

      Amps_TRMS = intercept + slope * inputStats.sigma();

      Serial.print( "\t Amps: " );
      Serial.print( Amps_TRMS );

    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จีพีเอส

```

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h> //เรียกใช้ library ของ ESP8266WiFi
#include <BlynkSimpleEsp8266.h> //เรียกใช้ library Blynk
#include <Filters.h> //This library does a massive work check it's .cpp file
#define ACS_Pin A0 //Sensor data pin on A0 analog input

//กำหนด Token เพื่อเชื่อมต่อ Blynk application
char auth[] = "0TtfaZd1oaZyLMU8C76_vsMTQ9QTvypi";

//สั่งให้ Board เชื่อมต่อ Wifi
char ssid[] = "ILYSB1";
char pass[] = "supaset";
#include <SoftwareSerial.h> //เรียกใช้ library ของ SoftwareSerial
int analogInput = A0; //กำหนดขา input
float ACS_Value; //Here we keep the raw data values
float testFrequency = 50; // test signal frequency (Hz)
float windowLength = 40.0/testFrequency; // how long to average the signal, for statist

float intercept = 0; // to be adjusted based on calibration testing
float slope = 0.0752; // to be adjusted based on calibration testing

//Please check the ACS712 Tutorial video by SurtrTech to see how to get them
because it depends on your sensor, or look below
float Amps_TRMS; // estimated actual current in amps
unsigned long printPeriod = 1000; // in milliseconds

// Track time in milliseconds since last reading
unsigned long previousMillis = 0;

void setup() {
  Serial.begin( 9600 ); // Start the serial port
  pinMode(ACS_Pin,INPUT); //Define the pin mode

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Blynk.begin(auth, ssid, pass);
Blynk.virtualWrite(V7,Amps_TRMS);          //กำหนดขา output
}
void loop() {
  RunningStatistics inputStats;             // create statistics to look at the raw test signal
  inputStats.setWindowSecs( windowLength ); //Set the window length
  while( true ) {
    ACS_Value = analogRead(ACS_Pin);        // read the analog in value:
    inputStats.input(ACS_Value);            // log to Stats functio
    if((unsigned long)(millis() - previousMillis) >= printPeriod) { //every second we do the
calculation
      previousMillis = millis(); // update time
      Amps_TRMS = intercept + slope * inputStats.sigma()
      Serial.print( "\t Amps: " );
      Serial.print( Amps_TRMS );
    }
  }
}

```

โวลต์

```

#define BLYNK_PRINT Serial
.h> //เรียกใช้ library ของ ESP8266WiFi
#include <Blynk.h>
#include <ESP8266WiFi kSimpleEsp8266.h> //เรียกใช้ library Blynk

//กำหนด Token เพื่อเชื่อมต่อ Blynk application
char auth[] = "0TtfaZd1oaZyLMU8C76_vsMTQ9QTVypi";

//สั่งให้ Board เชื่อมต่อ Wifi
char ssid[] = "ILYSB1";
char pass[] = "supasete";

#include <SoftwareSerial.h> //เรียกใช้ library ของ SoftwareSerial

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int analogInput = A0; //กำหนดขา input
float correctionfactor = 0;
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;
float R1 = 300;
float R2 = 141.5;
int Vp = 0;

//กำหนดตัวแปร Blynk application
void setup() {
  pinMode(analogInput, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  Blynk.virtualWrite(V6,vin); //กำหนดขา output
}
void loop() {
  int value = analogRead(analogInput);
  vout = (value * 5.0) / 1023.0;
  vin = vout / (R2/(R1+R2));
  vin = vin - correctionfactor;
  int vp=map(vin,10.5,12.8 ,0,100); //แสดงค่า output เป็น %
  Serial.print("INPUT V= ");
  Serial.println(vin,4);
  Blynk.virtualWrite(V6,vp); //สั่งให้แสดงการทำงานที่ขา V6

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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



Android OS

IOS

ค.1 แอปพลิเคชัน Blynk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 วิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk

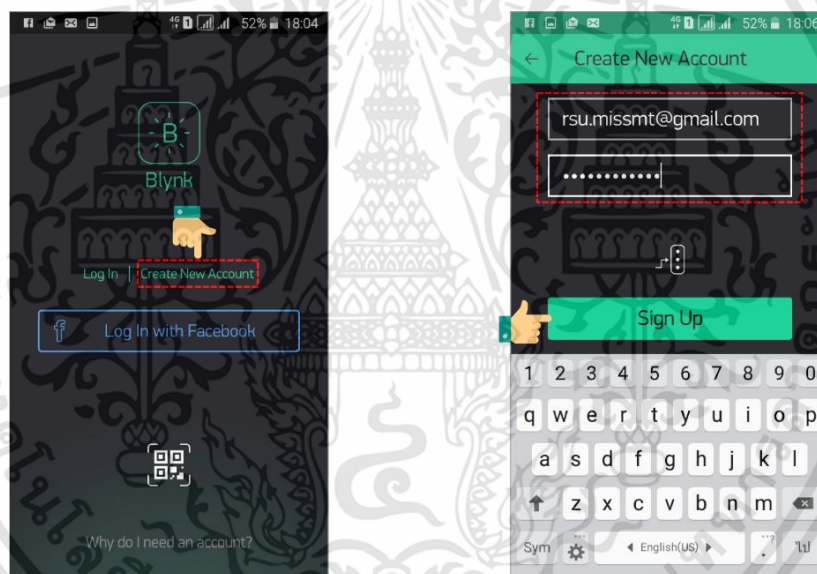
การทำงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้

Blynk App คือแอปพลิเคชันที่สามารถติดตั้งในมือถือของเราเองเพื่อสร้าง Interface ในการควบคุมหรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ Internet of Things

Blynk Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์ Internet of Things (ในส่วนนี้ทางเราได้ให้บริการฟรี)

Blynk Libraries ออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ Internet of Things ต่าง ๆ ให้สามารถสื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

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



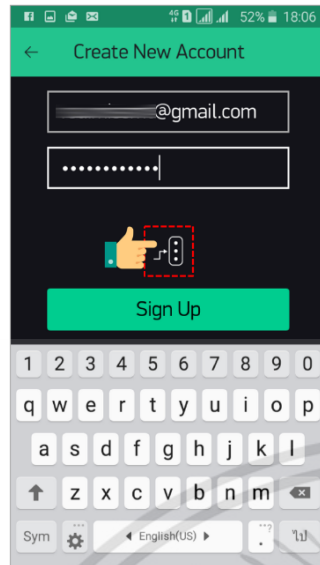
สร้างผู้ใช้งานใหม่

ระบุที่อยู่อีเมลและรหัสผ่าน

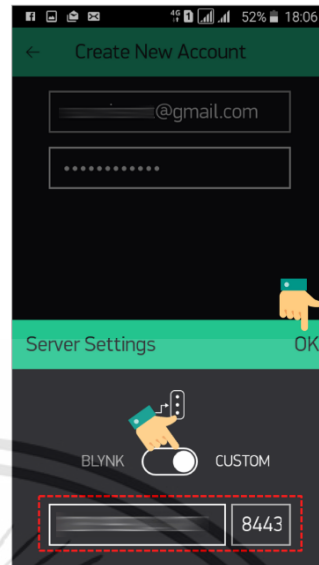
ค.2 รูปแสดงการสร้างผู้ใช้งานใหม่

ถ้าใครใช้ Server ของ Blynk ให้ข้ามขั้นตอนนี้ไป แต่ถ้าท่านตั้ง Blynk Server เอง จะต้องเพิ่มขั้นตอนนี้ขึ้นมาอีกเล็กน้อย ท่านต้องเข้าไปที่ Server Setting เพื่อไประบุ Ip ของ Server ที่ท่าน ติดตั้งเอง และกำหนดพอร์ตเป็น 8443 หรือ 9443 ขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของ Server ที่ติดตั้งไว้ ถ้าเป็น เวอร์ชันใหม่ๆ จะใช้พอร์ตเป็น 9443 หลังจากกำหนดค่า Server แล้ว ก็ให้คลิกที่ปุ่ม Sign Up ก็จะมี หน้าสร้างโครงการใหม่ “New Project”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



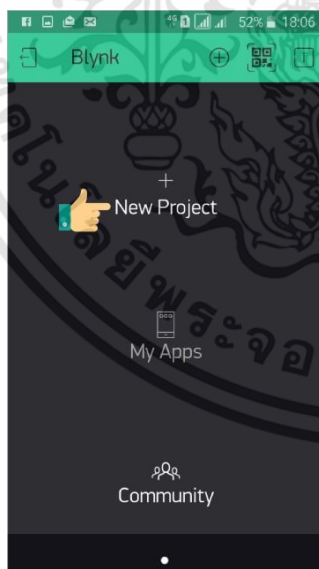
เลือกตั้งค่า Server



ระบุ IP Server และพอร์ต

ค.3 รูปแสดงการตั้งค่า Server ที่จะเชื่อมต่อ

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างโปรเจกต์ใหม่ ให้คลิกที่ “New Project” แล้วใส่ชื่อโครงการให้ เรียบร้อย จากตัวอย่างจะตั้งชื่อโครงการเป็น “MISSMT SmartIoT” แล้วเลือกประเภทของบอร์ด พัฒนา ผู้เขียนใช้บอร์ด ESP32 จึงเลือกเป็น “ESP32 Dev Board” ถ้าใครใช้บอร์ด NodeMCU หรือ ESP8266 ก็เลือกบอร์ดให้ถูกรุ่นด้วยนะครับ เพราะจะทำให้ Blynk ทำงานผิดพลาดได้ถ้าเลือกบอร์ด ผิดรุ่น บอร์ดแต่ละรุ่นวางตำแหน่งขา GPIO ไม่เหมือนกันนะครับ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “Create” จะเป็น สร้างโปรเจกต์



สร้างโปรเจกต์ใหม่



สร้างโปรเจกต์

ค.4 รูปแสดงการสร้างโปรเจกต์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่สร้างโปรเจกต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะได้รับรหัส Token ที่ Blynk Server ส่งมาให้ รหัสนี้ก็คือตัวแทนของบอร์ดพัฒนานั้นเอง Blynk Server จะรู้จักบอร์ดเราได้และรู้ว่าตัวไหนอยู่ที่ไหน ก็อาศัยรหัส Token เป็นตัวอ้างอิง

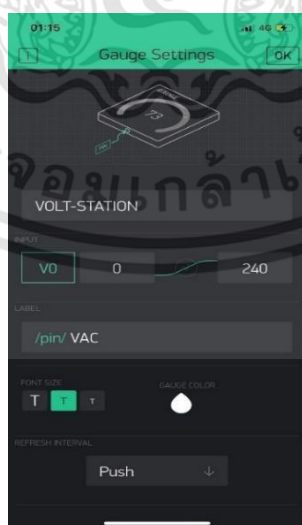
หลังจากทำการติดตั้ง Blynk Application ใน Smart Phone และทำการสร้างบัญชีการใช้งานใน Local Blynk Server (ใช้งานได้ฟรี) ของทางเราเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการดาวน์โหลดและติดตั้ง Blynk Library ลงในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อเริ่มใช้งานระบบต่อไป

ค.2 การตั้งค่าในแอปพลิเคชัน Blynk

การสร้าง Server ที่เป็น local จะทำให้เราได้รับ Energy ที่มากที่สุด ซึ่งปัจจุบันมีการปล่อย Server ให้ใช้กันฟรี ๆ มากขึ้น ทำให้ไม่ต้องซื้อคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์มาสร้าง Server เอง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ลงได้มาก

โดยหน้าจอแสดงผลมีการตั้งค่า ดังนี้

- 1) การตั้ง Widget อ่านค่าแรงดันจากสถานีชาร์จ
 - (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าจอ
 - (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 ที่มุมขวบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า

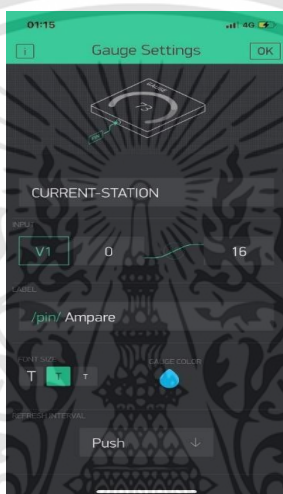


ค.5 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดแรงดันของสถานีการชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การตั้ง Widget อ่านค่ากระแสจากสถานีชาร์จ

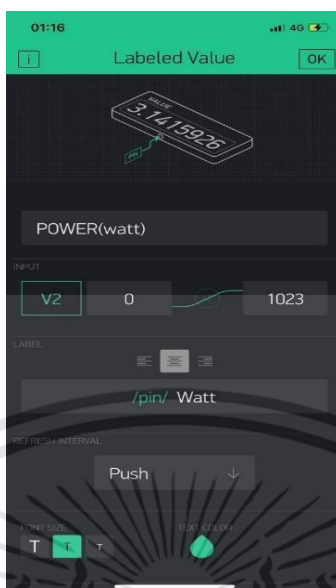
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น CURRENT- STATION
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V1 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัดในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น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



ค.6 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดกระแสของสถานีการชาร์จประจุ

3) การตั้ง Widget อ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

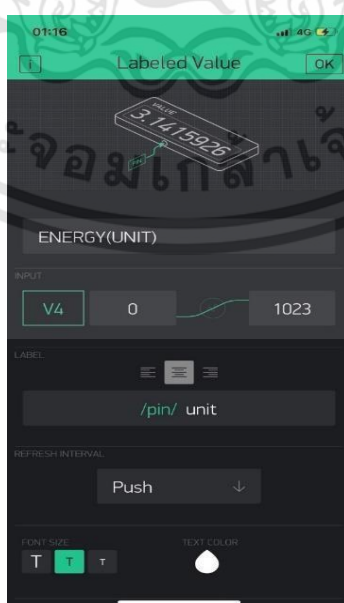
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น POWER (Watt)
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V2 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด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



ค.7 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดกำลังไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

4) การตั้ง Widget อ่านค่าพลังงานไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (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

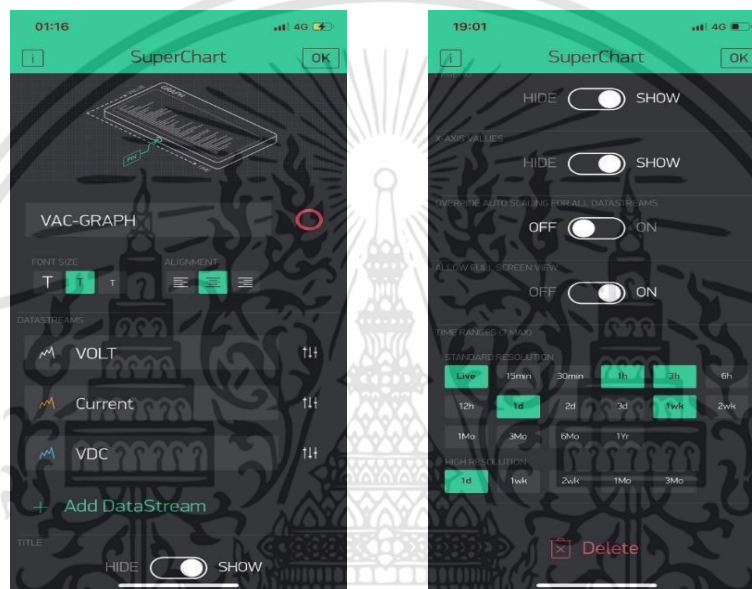


ค.8 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดพลังงานไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การตั้ง Widget เพิ่มทำกราฟแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

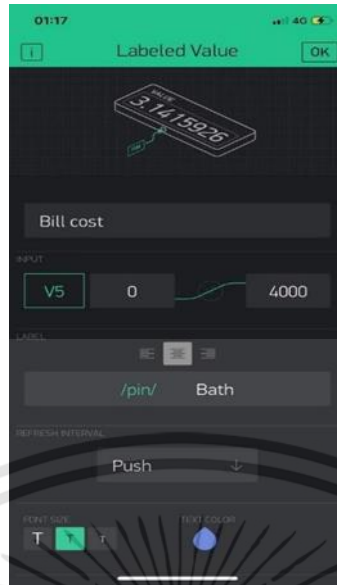
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น IV – GARPH
- (3) เลือก INPUT โดยเลือกใช้ตัวแปรที่เคยสร้าง Widget ไว้ ซึ่งเลือกมาได้หลายตัว
- (4) สามารถตั้งค่าความละเอียดของการแสดงผลได้
- (5) คลิก OK ที่มุมขวาบนเพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่า



ค.9 แสดงการตั้งค่าของ Widget การสร้างกราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

6) การตั้ง Widget อ่านค่า Bill cost จาก LabVIEW

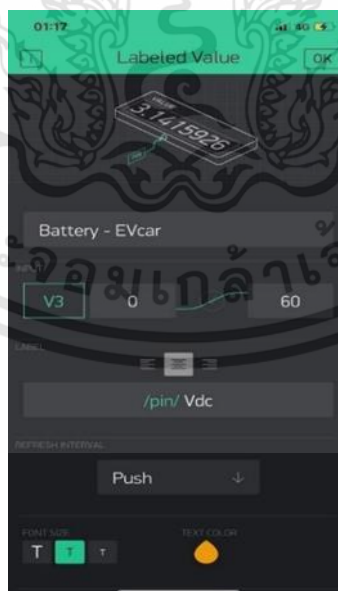
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Bill cost
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V5 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด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



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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ค.12 แสดงการตั้งค่าของ Widget แสดงผลการชาร์จจากสถานีชาร์จประจุ