

ระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II
และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW
CHARGING SYSTEM IN ELECTRIC VEHICLES STANDARD IEC 62196 TYPE II
AND REAL TIME WIRELESS DISPLAY ON LABVIEW PROGRAM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II
และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW
CHARGING SYSTEM IN ELECTRIC VEHICLES STANDARD IEC 62196 TYPE II
AND REAL TIME WIRELESS DISPLAY ON LABVIEW PROGRAM



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARGING SYSTEM IN ELECTRIC VEHICLES STANDARD IEC 62196 TYPE II
AND REAL TIME WIRELESS DISPLAY ON LABVIEW PROGRAM



PARINTORN KAMSUK
WONGSAKORN PINTHONG
APIRAT KHIEWMEESUAN

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 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และ
แสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW

Thesis Title CHARGING SYSTEM IN ELECTRIC VEHICLES STANDARD IEC 62196
TYPE II AND REAL TIME WIRELESS DISPLAY ON LABVIEW PROGRAM

นักศึกษาผู้จัดทำ นายปรินทร์ คำสุข รหัสนักศึกษา 61015049
นายวงศ์ศกร ปิ่นทอง รหัสนักศึกษา 61015096
นายอภิรัตน์ เขียวมีส่วน รหัสนักศึกษา 61015102

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีพล ชื้อสัตย์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายปรินทร คำสุข	รหัสนักศึกษา	61015049
	นายวงศ์ศกร ปิ่นทอง	รหัสนักศึกษา	61015096
	นายอภิรัตน์ เขียวมีส่วน	รหัสนักศึกษา	61015102
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2563		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีพล ชื้อสตัย		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้า ให้สามารถนำไปใช้กับสถานีชาร์จประจุที่เป็นมาตรฐานได้ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ของสถานีชาร์จ และแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เป็นต้น ซึ่งเป็นระบบไร้สายแบบเวลาจริงแสดงผ่านโปรแกรม LabVIEW และโทรศัพท์มือถือด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผู้ใช้สามารถทราบสถานะการชาร์จแบบเวลาจริง ทำให้เกิดความสะดวกและปลอดภัย ในโครงการนี้ได้พัฒนาระบบชาร์จประจุกับรถสามล้อไฟฟ้า ที่มีพิกัดมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปลงถ่านขนาด 1,200 วัตต์ และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟสที่มีแรงดันขนาด 72 โวลต์ 15 แอมแปร์ และจักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง ซึ่งมีพิกัดมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปลงถ่านขนาด 1,000 วัตต์ และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟสที่มีแรงดันขนาด 72 โวลต์ 20 แอมแปร์ จากการทดลองพบว่าระบบที่ออกแบบนี้สามารถใช้งานได้ดี นอกจากสามารถตรวจสอบสถานะทางไฟฟ้าในขณะที่ชาร์จประจุได้แล้ว ยังสามารถตรวจสอบสถานะในขณะที่ขับขี่ได้อีกด้วยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าอื่นได้ทุกชนิด

Thesis Title	Charging system in electric vehicles standard IEC 62196 Type II and real time wireless display on LabVIEW program		
Student	Mr. Parintorn Kamsuk	Student ID. 61015049	
	Mr. Wongsakorn Pinthong	Student ID. 61015096	
	Mr. Apirat Khiewmeesuan	Student ID. 61015102	
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Instrumentation Engineering		
Year	2020		
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Taweeapol Suesut		

ABSTRACT

This thesis presents charging system in electric vehicles based on IEC 62196 Type II standard and real-time wireless display by LabVIEW program. The objective of charging system in this project can be used with a standard charging station. It is also possible to check the operation of the electrical system. such as the charging station voltage and current and voltage from the battery, etc., which is a wireless system in real time, displayed through the LabVIEW program and mobile phones by the application Blynk on the Android and iOS via the Internet. The user can check the charging status in real time conveniently and safety. In this project, a charging system for electric tricycles was developed. It has a 1,200 Watt brushless DC motor rating and uses a 72V 15A lithium phosphate battery and a modified electric motorcycle. It is rated for a 1,000 watt brushless DC motor and a 72V 20A lithium phosphate battery. The experiment results were found that the system designed this works well. In addition to being able to check the electrical status while charging and check the status of driving as well. It can be applied to all types of electric vehicles.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความปรึกษาและความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์.ดร. ทวีพล ชื่อสัตย์ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและ ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาบัตรฉบับนี้

และที่ลืมเสียไม่ได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ สนับสนุนและเป็นแรงบรรดาลใจในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจาก ปริญญาบัตรฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า.....	4
2.1.1 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด.....	4
2.1.2 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด.....	5
2.1.3 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่.....	6
2.1.4 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง.....	7
2.2 ระบบการขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า.....	8
2.2.1 ประเภทมอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า.....	11
2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าวุ่นต่าง ๆ.....	22
2.3 เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า.....	25
2.3.1 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery).....	28
2.3.2 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium).....	30
2.3.3 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH Battery).....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Li-ion Battery)	32
2.3.5 แบตเตอรี่ประเภทเมทัล-แอร์ (Metal-Air Battery).....	36
2.3.6 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่.....	40
2.4 ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า.....	42
2.4.1 Vehicle Control Unit (VCU).....	43
2.4.2 Inverter	43
2.4.3 DC-DC Converter.....	44
2.4.4 Battery Management System.....	44
2.5 เทคโนโลยีการประจุไฟฟ้า	48
2.5.1 การชาร์จประจุไฟฟ้า.....	48
2.5.2 มาตรฐานของอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า	52
2.5.3 การเชื่อมต่อระหว่าง EV Station และ EV Car.....	57
2.6 การคำนวณค่าไฟฟ้า.....	58
2.6.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราการใช้ไฟฟ้า.....	58
2.6.2 การแบ่งประเภทการใช้ไฟฟ้า.....	58
2.6.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า.....	60
2.7 การคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	61
2.8 การจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป.....	63
2.8.1 คุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าในการจดทะเบียน	63
2.8.2 ขั้นตอนการจดทะเบียนรถ.....	65
2.8.3 การแก้ไขจากเครื่องยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือแก้ไขเปลี่ยนแปลงมอเตอร์ ไฟฟ้า	67
2.9 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	68
2.9.1 Node MCU ESP8266	68
2.9.2 Energy Meter	69
2.9.3 LM2596 DC-DC Buck Converter	69
2.9.4 Voltage Divider	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษามาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินการ.....	71
3.1 การออกแบบ.....	71
3.2 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของ Feature box.....	73
3.2.1 Energy Meter	73
3.2.2 Node MCU ESP8266 V3.0	73
3.2.3 LM2596 DC-DC Buck Converter	74
3.2.4 Voltage Divider	74
3.2.5 วงจรมาตรฐาน Type 2 ที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับสถานีชาร์จประจุ.....	74
3.2.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง Feature box.....	75
3.3 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของ การแสดงผล.....	75
3.3.1 แอปพลิเคชัน Blynk	76
3.3.2 โปรแกรม LabVIEW	77
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	78
4.1 กล่าวนำ	78
4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	78
4.3 ผลการทดลอง	81
4.3.1 แอปพลิเคชัน Blynk	81
4.3.2 โปรแกรม LabVIEW	84
4.3.3 เปรียบเทียบผลการทดลอง.....	88
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	90
บรรณานุกรม.....	92
ภาคผนวก ก ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข โปรแกรม LabVIEW	102
ภาคผนวก ค แอปพลิเคชัน Blynk.....	111



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึ๖๗เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าชนิดนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน	23
2.2 ตารางเปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า	39
2.3 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย	56
2.4 โหมดการชาร์จและค่าความต้านทาน	57
2.5 ค่า Amp และ Duty cycle ที่ได้จากสมการ	58
2.6 แสดงขนาดสัดส่วนของรถที่จะรับจดทะเบียน	63
2.7 แสดงส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถที่จะรับจดทะเบียน	64
2.8 กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์	66
4.1 แสดงค่าการเปรียบเทียบแรงดันแบตเตอรี่ระหว่างค่าที่แสดงสถานะแบตเตอรี่ที่ติดอยู่บนรถ กับ ค่าที่แสดงบนหน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk และค่าที่ได้จากการวัดระดับแรงดันด้วยใช้ดิจิตอล มัลติมิเตอร์	88

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า.....	4
2.2 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV).....	5
2.3 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV).....	6
2.4 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV)	6
2.5 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV).....	7
2.6 แรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ	8
2.7 แรงม้าและแรงบิดของเครื่องยนต์.....	9
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กำลัง และความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า..	10
2.9 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า.....	10
2.10 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน	11
2.11 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	13
2.12 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน	14
2.13 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	16
2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	17
2.15 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	18
2.16 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous	19
2.17 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส	19
2.18 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance	20
2.19 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Axial Flux.....	21
2.20 ตัวอย่างโรเตอร์แบบ Axial Flux Permanent Magnet Brushless	22
2.21 ตัวอย่างสเตเตอร์แบบ Axial Flux.....	22
2.22 ภาพหลักการทำงานของแบตเตอรี่.....	25
2.23 สมรรถนะแบตเตอรี่ในมิติต่าง ๆ	26
2.24 คุณลักษณะด้าน C-rate, SOC และ %DOD ของแบตเตอรี่ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานใน ยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ	27
2.25 ประเภทของแอโนด (สีเขียว) และแคโทดสำหรับแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 โครงสร้างของแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air	37
2.27 การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบตเตอรี่ที่ใช้ Zn เป็นขั้วแอโนดและแบตเตอรี่ Zn-Air	37
2.28 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นพลังงานของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ทำได้จริงกับทางทฤษฎี .	38
2.29 ห่วงโซ่คุณค่าสำหรับแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า	40
2.30 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	41
2.31 ส่วนประกอบในการทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง	42
2.32 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	44
2.33 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม.....	45
2.34 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อน.....	45
2.35 การทำงานของ BMS แบบ Passive balance	46
2.36 การคายประจุจากการทำงานของ BMS แบบ Passive balance	46
2.37 การทำงานของ BMS แบบ Active balance	47
2.38 การคายประจุจากการทำงานของ BMS แบบ Active balance	47
2.39 การต่อใช้งาน BMS.....	48
2.40 สายประจุไฟฟ้า ระดับที่ 1	49
2.41 ตัวอย่างเครื่องประจุไฟฟ้า ระดับที่ 2	49
2.42 การชาร์จประจุไฟฟ้าการชาร์จประจุไฟฟ้าแบบปกติ และการชาร์จประจุไฟฟ้าแบบเร็ว	50
2.43 รูปแบบการชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมดต่าง ๆ.....	51
2.44 มาตรฐานของอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า.....	52
2.45 รายละเอียดของ J1772 connector และ EV Socket.....	53
2.46 รายละเอียดของ J1772 Combo connector และ Combo EV Socket	53
2.47 การทำงานร่วมเข้ากันได้ของมาตรฐานของ Combo socket และ Combo connectors	54
2.48 หัวปลั๊กและเต้ารับตามมาตรฐาน CHAdeMO	54
2.49 รายละเอียดของ GB/T 20234.2-2001.....	55
2.50 หัวปลั๊กและเต้ารับแบบ IEC 62196 Type 2 (ก) และแบบ CCS Combo 2 (ข).....	56
2.51 รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่าง EV Station กับ EV car.....	57

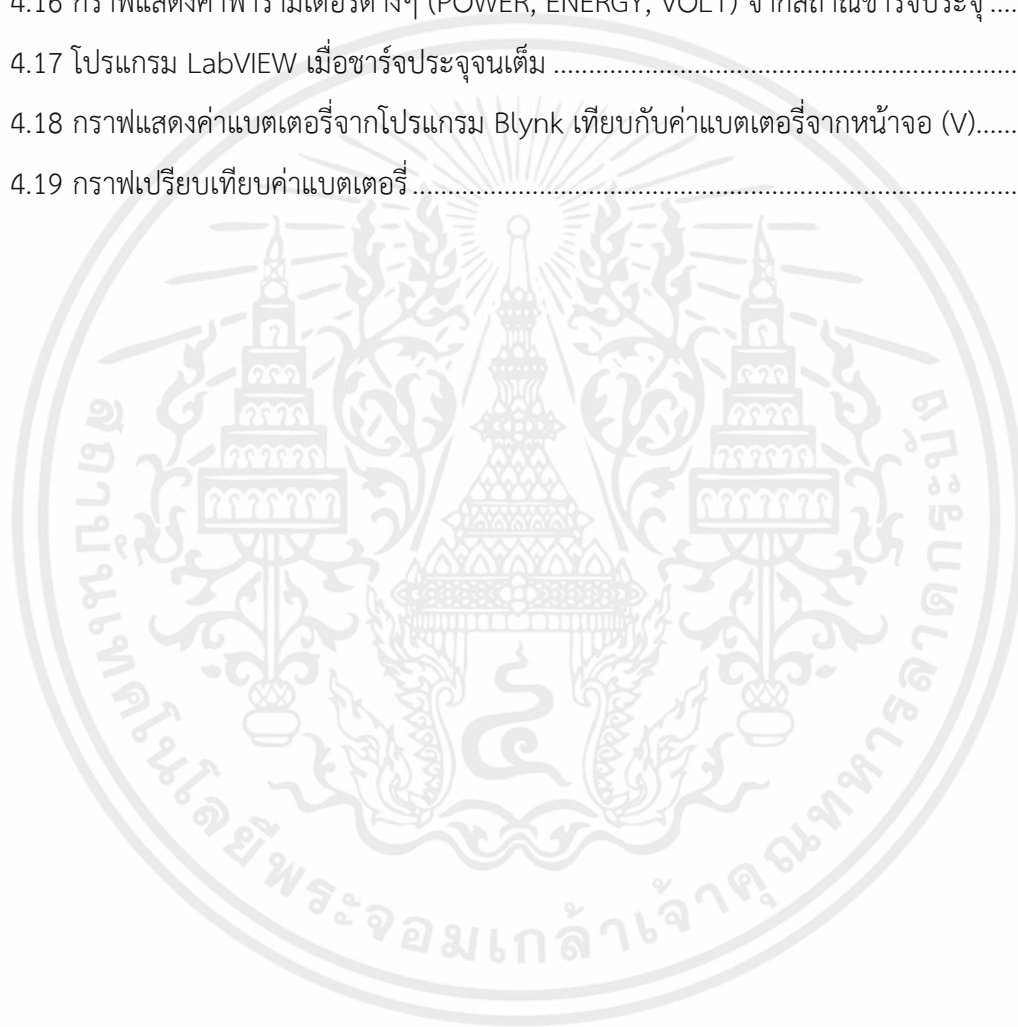
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.52 ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1	60
2.53 ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าผันแปรจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1.....	60
2.54 Node MCU ESP8266 V3.0	68
2.55 Energy Meter PZEM – 004T V.3.....	69
2.56 DC-DC Buck Converter LM2596.....	69
2.57 วงจร Voltage Divider.....	70
3.1 โครงสร้างการออกแบบ.....	71
3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด.....	72
3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง Feature box	73
3.4 ตำแหน่งการเชื่อมต่อ และตัวต้านทานค่าต่าง ๆ ที่ทำให้กระแสเอาต์พุตต่างกัน	74
3.5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง	75
3.6 แสดงหน้าจอการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk.....	76
3.7 หน้าต่าง font panel ของ main Vi (ด้านบน).....	77
3.8 หน้าต่าง font panel ของ main Vi (ด้านล่าง).....	77
4.1 ไฟล์ main ในโฟลเดอร์ Final_Project2.....	78
4.2 ตำแหน่งคำสั่งโปรแกรมเริ่มทำงานบนหน้าต่าง font panel.....	79
4.3 แสดงสถานะโปรแกรมกำลังทำงาน.....	79
4.4 ขั้วต่อจากตัวกล่องไปยังแบตเตอรี่.....	80
4.5 ชื่อ Wi-Fi และรหัสผ่านที่ใช้เพื่อติดต่อสื่อสารระหว่าง Node MCU กับ Server	80
4.6 แอปพลิเคชัน Strava.....	81
4.7 แอปพลิเคชัน Blynk ในขณะที่ไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกับสถานีชาร์จ	82
4.8 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจากแอปพลิเคชัน Strava.....	82
4.9 แอปพลิเคชัน Blynk ในขณะที่ทำการเชื่อมต่อกับสถานีชาร์จ	83
4.10 แอปพลิเคชัน Blynk เมื่อชาร์จประจุจนแบตเตอรี่เต็ม	83
4.11 กราฟแสดงแนวโน้มการใช้งานแบตเตอรี่.....	84
4.12 ทำการตั้งค่า Vmax และ Vmin.....	84

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 โปรแกรม LabVIEW เมื่อแบตเตอรี่มีระดับแรงดันอยู่ในระดับปกติ	85
4.14 โปรแกรม LabVIEW เมื่อแบตเตอรี่มีระดับแรงดันต่ำกว่าระดับที่ตั้งค่าไว้.....	86
4.15 โปรแกรม LabVIEW เมื่อทำการกับสถานีชาร์จ	86
4.16 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (POWER, ENERGY, VOLT) จากสถานีชาร์จประจุ	87
4.17 โปรแกรม LabVIEW เมื่อชาร์จประจุจนเต็ม	87
4.18 กราฟแสดงค่าแบตเตอรี่จากโปรแกรม Blynk เทียบกับค่าแบตเตอรี่จากหน้าจอ (V).....	89
4.19 กราฟเปรียบเทียบค่าแบตเตอรี่.....	89



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันภาวะเศรษฐกิจโลก ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การเข้าสู่ประชาคมอาเซียน ส่งผลให้เกิดการแข่งขันทางเศรษฐกิจที่รุนแรง ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ลดลง นั่นจึงเป็นสาเหตุที่รัฐบาลได้ออกนโยบายสนับสนุนการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมให้เป็นตัวขับเคลื่อนหลักของเศรษฐกิจในประเทศ ซึ่งเป็นโอกาสอันดีที่จะพัฒนาศักยภาพอุตสาหกรรม SMEs ไทยให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืน

ยานยนต์ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่อยู่ในอุตสาหกรรมที่รัฐบาลให้การสนับสนุนโดยจะอยู่ใน 1 ใน 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายใหม่ที่เรียกว่า S – Curve ซึ่งเป็นกลไกในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่สำคัญด้านนวัตกรรมเพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยในอนาคต ซึ่งจะมีการแบ่งเป็น 5 อุตสาหกรรมเดิม (S – Curve) เป็นการลงทุนในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอยู่แล้วในประเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยผลิต โดยการลงทุนชนิดนี้จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะสั้นและระยะกลาง และ 5 อุตสาหกรรมใหม่ (New S – Curve) เป็นรูปแบบของการลงทุนในอุตสาหกรรมใหม่เพื่อเปลี่ยนรูปแบบสินค้าและเทคโนโลยี โดยอุตสาหกรรมเหล่านี้จะเป็นกลไกที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ซึ่งในปัจจุบันรัฐบาลได้ลงทุนติดตั้งสถานีชาร์จประจุหลายแห่งทั่วประเทศ มีทั้งภาครัฐและเอกชนให้การสนับสนุน แต่กระแสของยานยนต์ไฟฟ้าได้เข้ามาก่อนนานแล้ว ทำให้กลุ่มบุคคลบางกลุ่มหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กได้มีการประกอบยานยนต์ไฟฟ้ากันเอง การชาร์จก็เป็นการชาร์จกับปลั๊กมาตรฐานตามบ้านเรือน ทำให้ไม่สามารถนำมาชาร์จกับสถานีชาร์จที่เป็นมาตรฐานได้ อีกทั้งสถานีชาร์จบางแห่งก็ไม่มีหน้าจอมิเตอร์ ทำให้เวลาชาร์จตามที่สาธารณะจำเป็นต้องกะระยะเวลาชาร์จเพื่อที่จะแบ่งปันให้บุคคลอื่นได้ใช้ด้วย หรือ ต้องเสียเวลามาดูสถานะที่ตัวรถหรือค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ขณะทำการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า

ระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW ถูกคิดค้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยตัวโครงการจะทำการเป็นกล่องขนาดเล็กที่สามารถใช้เชื่อมต่อกับยานยนต์ไฟฟ้าได้หลากหลายชนิด โดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลง แก๊ซยานยนต์ไฟฟ้าดั้งเดิมที่ถูกประกอบหรือผลิตมาจากโรงงาน และสามารถถอดออกมาเพื่อเปลี่ยนไปใช้กับคันอื่นได้กรณีมียานยนต์ไฟฟ้าหลายคัน ซึ่งตัวกล่องนี้จะถูกเรียกว่า Feature BOX ซึ่งหมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องที่จะไปช่วยพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าให้มีฟังก์ชันการใช้งานมากขึ้น โดยมีคุณสมบัติคือ เมื่อติดตั้งสามารถนำยานยนต์ไฟฟ้าไปชาร์จกับสถานีชาร์จมาตรฐานได้ทั่วประเทศ มีฟังก์ชันการแจ้งเตือนระดับแบตเตอรี่ ค่าสถานะต่างๆขณะชาร์จผ่าน LabVIEW และเพิ่มความสะดวกด้วยการใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือด้วยแอปพลิเคชัน Blynk ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผู้ใช้สามารถทราบสถานะการชาร์จแบบเวลาจริง ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าได้ทุกชนิด

1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 62196 Type II

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริง สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบไฟฟ้า ด้วยโปรแกรม LabVIEW

1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริง สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบไฟฟ้า ด้วยโทรศัพท์มือถือ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

โครงการนี้เป็นการสร้างระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาตั้งแต่ส่วนประกอบของยานยนต์ไฟฟ้า มาตรฐานการชาร์จ ระบบขับเคลื่อน ระบบแบตเตอรี่ ระบบการสื่อสารทางอุตสาหกรรม การใช้งานโปรแกรม LabVIEW รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนที่ผ่านมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นโครงการดังกล่าว

1.3.1 พัฒนาระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 62196 Type II ที่สามารถใช้ได้กับรถสามล้อไฟฟ้า ที่มีพิกัดมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปลงถ่านขนาด 1,200 วัตต์ และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟสที่มีแรงดันขนาด 72 โวลต์ 15 แอมแปร์

1.3.2 พัฒนาระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 62196 Type II ที่สามารถใช้ได้กับจักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง ซึ่งมีพิกัดมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปลงถ่านขนาด 1,000 วัตต์ และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟสที่มีแรงดันขนาด 72 โวลต์ 20 แอมแปร์

1.3.3 พัฒนาระบบแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริง สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบไฟฟ้า ด้วยโปรแกรม LabVIEW

1.3.4 พัฒนาระบบแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริง สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบไฟฟ้า ด้วยโทรศัพท์มือถือ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ช่วยให้เข้าใจหลักการทำงานของระบบรถยนต์ไฟฟ้า และการเลือกแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 1.4.2 สามารถตรวจสอบความจุของแบตเตอรี่ได้ทุกที่ ตลอดเวลา
- 1.4.3 สามารถวางแผนการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.4.4 สามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.5.1 ศึกษาส่วนประกอบของยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานในเบื้องต้น ชนิดของยานยนต์ไฟฟ้า ชนิดของมอเตอร์ ชนิดของแบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ การคำนวณขนาดแบตเตอรี่กับระยะทางเบื้องต้น เพื่อที่จะสามารถนำระบบมาเชื่อมต่อได้อย่างถูกต้อง
- 1.5.2 ศึกษามาตรฐานการชาร์จแบบต่างๆ โดยเน้นไปที่มาตรฐานการชาร์จโดยใช้หัวปลั๊กแบบ type II ซึ่งจะมีวงจรติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีชาร์จแต่ตัวรถ เพื่อความปลอดภัยในการชาร์จ
- 1.5.3 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน Energy Meter PZEM 004t V3 สำหรับการอ่านค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ RS485
- 1.5.4 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน LabVIEW ในการเขียนฟังก์ชันต่าง ๆ และการติดต่อสื่อสารโดยใช้ Protocol HTTP
- 1.5.5 ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการลดระดับแรงดันโดยใช้วงจร Voltage divider เพื่ออ่านค่าแรงดันแบตเตอรี่
- 1.5.6 ศึกษาทำความเข้าใจ Node MCU ESP8266 เพื่อใช้ในการประมวลผล การรับ - ส่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขึ้น Server และ การคำนวณบิลค่าไฟ
- 1.5.7 ศึกษาทำความเข้าใจการใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk และ Method การรับ - ส่งข้อมูล
- 1.5.8 ประกอบชิ้นงาน เดินสายสัญญาณ ติดตั้งและทดสอบการทำงานโครงการ

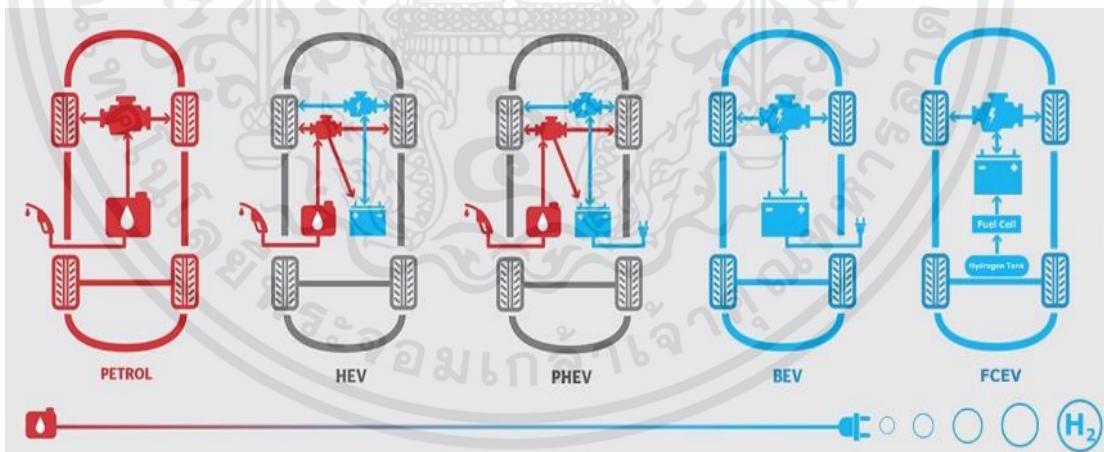
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) หมายถึงยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้แบบสันดาปภายใน โดยจะใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงหรือพลังงานอื่น ๆ โดยยานยนต์ไฟฟ้าจะเก็บพลังงานไฟฟ้าเอาไว้ในแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จไฟกลับเข้าไปใหม่ได้ และนำพลังงานจากแบตเตอรี่มาใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องมีกลไกอะไรมากมายเหมือนการขับเคลื่อนในยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดเผาไหม้เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงาน ทำให้เสียงเงียบในขณะที่ใช้งาน และไม่มีไอเสียจากการเผาผลาญพลังงาน รถยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามชื่อเรียก และกลุ่มของการใช้พลังงานในการขับเคลื่อน ตั้งแต่การใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว การใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงผสมผสานกับการใช้ระบบไฟฟ้า จนถึงการใช้ระบบไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวในการขับเคลื่อน และยังมียานยนต์ที่กำลังพัฒนาอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจน ซึ่งคาดว่าจะเข้ามาถึงตลาดได้ภายในไม่นานนี้ ในปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ



รูปที่ 2.1 ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า

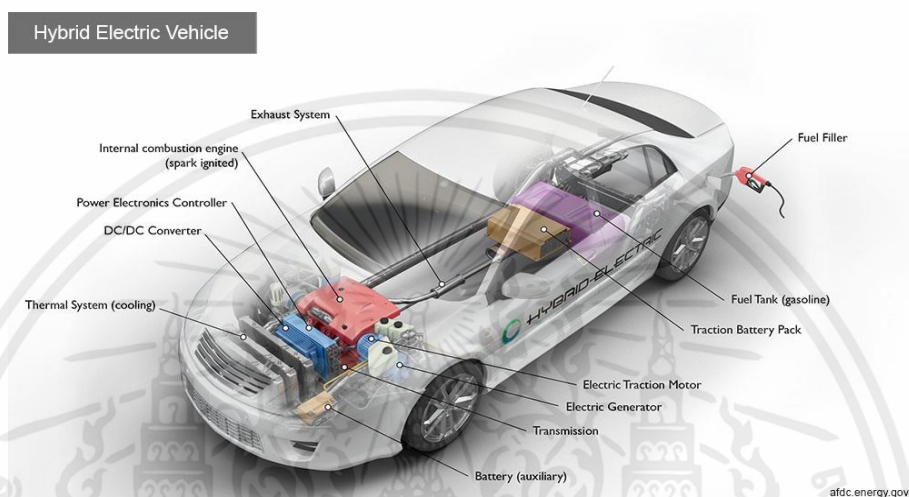
2.1.1 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV) ประกอบด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน ทำงานร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าเสริมกำลังขับเคลื่อนและสนับสนุนการเบรกแบบผันกลับ (Regenerative braking) เพื่อเก็บสำรองพลังงานในรูปพลังงานไฟฟ้า จึงเป็นการผสมผสานระหว่างเครื่องยนต์ กับมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งทำให้ระบบขับเคลื่อนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่ายานยนต์ปกติ กำลังที่ผลิตจากเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้อัตราเร่งของยานยนต์สูงกว่ายานยนต์ที่มีเครื่องยนต์ขนาดเดียวกัน

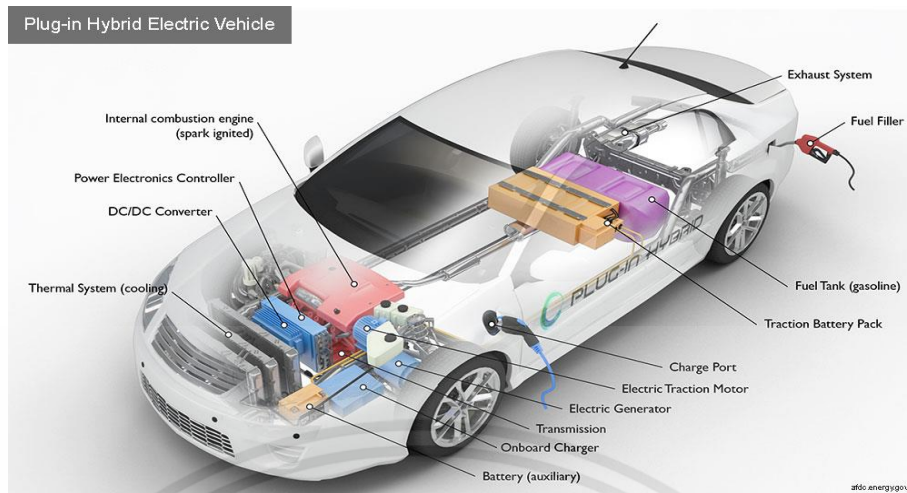
ในปัจจุบัน ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดในตลาดมีอยู่หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่นรูปแบบ Full Hybrid ที่สามารถมีกำลังขับเคลื่อนไฟฟ้าได้ถึง 100% ในขณะที่รูปแบบ Mild Hybrid หมายถึงชุดส่งกำลังแบบไฮบริดที่มีสัดส่วนกำลังขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ ไม่เกิน 40%



รูปที่ 2.2 ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV)

2.1.2 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด

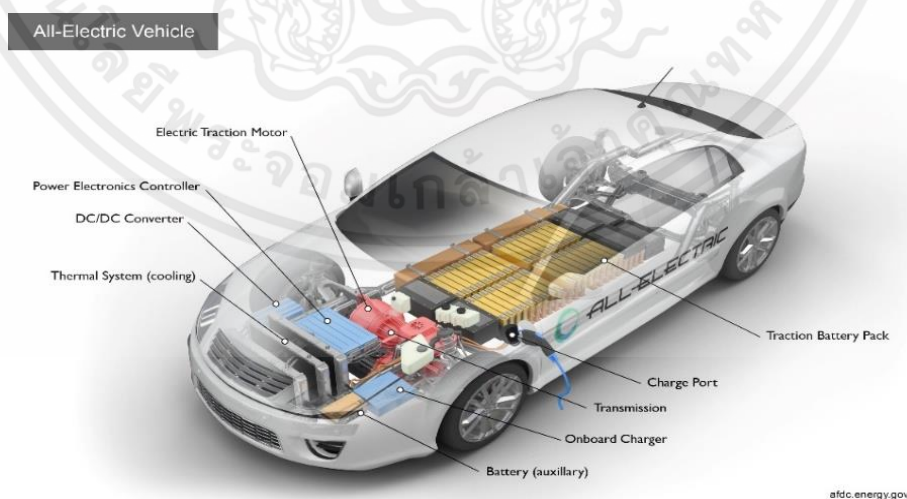
ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนาต่อมาจากยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด โดยสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าได้จากแหล่งภายนอก (Plug-in) ทำใหยานยนต์สามารถใช้พลังงานพร้อมกันจาก 2 แหล่ง ดังรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่ามีแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ขึ้นจากแบบไฮบริดธรรมดา จึงสามารถวิ่งในระยะทางที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้าโดยตรงเพิ่มขึ้น ยานยนต์ไฟฟ้าแบบ PHEV มีการออกแบบอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่รูปแบบ Extended Range EV หรือ (E-REV) ที่เน้นการทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักก่อน และรูปแบบ Blended PHEV ที่มีการทำงานผสมผสานระหว่างเครื่องยนต์และไฟฟ้า ดังนั้นยานยนต์ไฟฟ้าแบบ E-REV สามารถวิ่งด้วยพลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวมากกว่าแบบ Blended PHEV



รูปที่ 2.3 ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)

2.1.3 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่

ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้นกำลังให้ยานยนต์เคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่เท่านั้น ดังรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่ามีความเรียบง่ายในการจัดวางอุปกรณ์มาก ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์ ดังนั้นระยะทางการวิ่งของยานยนต์จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบขนาดและชนิดของแบตเตอรี่ รวมทั้งน้ำหนักบรรทุก อย่างไรก็ตามปัจจุบันบริษัทรถยนต์ได้มีการผลิต และจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ขึ้นในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ที่ดีขึ้นและราคาที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่มีความเป็นไปได้มากขึ้น

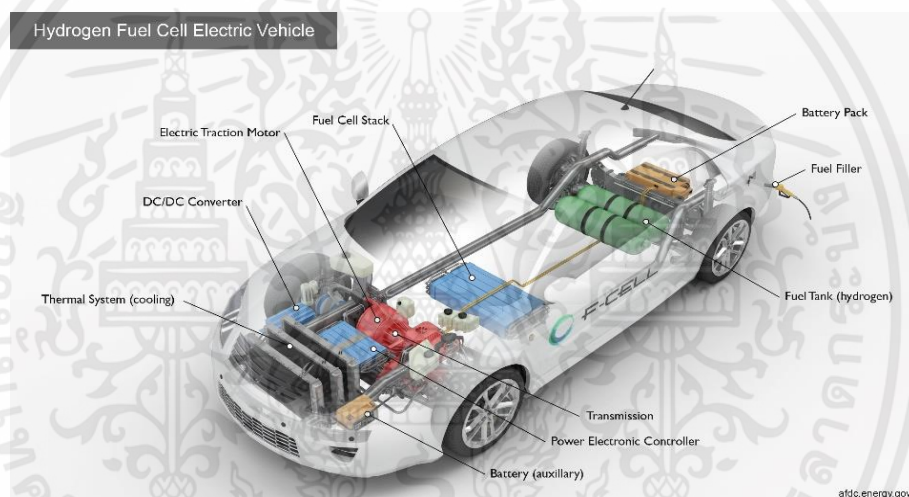


รูปที่ 2.4 ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง

ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่มีชุดเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell stack) ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยใช้แหล่งพลังงานคือแก๊สไฮโดรเจนที่บรรจุในถัง (Fuel tank) ตามรูปที่ 2.5 โดยการขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric traction motor) ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงมีข้อดีหลายๆ ประการ ข้อดีที่สำคัญที่สุดคือ ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงถึง 60% และความจุพลังงานจำเพาะที่สูงกว่าแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่บริษัทรถยนต์เชื่อว่าเป็นคำตอบของพลังงานสะอาดในอนาคต อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการผลิตไฮโดรเจนในปัจจุบันเมื่อเทียบกับเซลล์แบบดั้งเดิมที่ยังมีราคาแพง และโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขนถ่ายและการจัดเก็บไฮโดรเจนที่ต้องใช้ต้นทุนสูง



รูปที่ 2.5 ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)

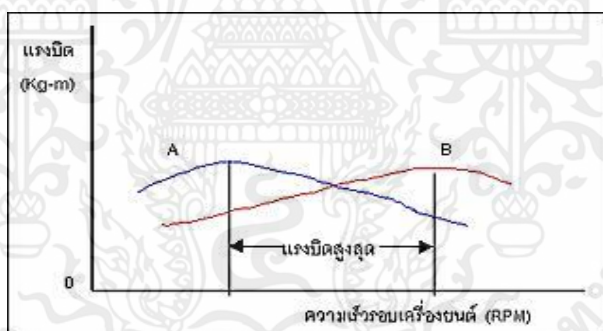
ในโครงการนี้จะเน้นยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) ในขณะที่ประเด็นหลักการทำงานส่วนมากก็ใช้ได้กับยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) และยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (HEV) ด้วย

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

2.2 ระบบการขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ระบบการขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้ามีข้อแตกต่างจากระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงอย่างเห็นได้ชัด คือการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กักเก็บอยู่ในแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานขับเคลื่อนทางกล แทนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดผ่านกระบวนการสันดาปภายใน ทำให้การขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าจึงไม่มีการปลดปล่อยมลพิษที่ปลายท่อ (Tailpipe Emissions) ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งของระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้าที่เหนือกว่าระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง คือ ต้องการชุดเฟืองทดที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า เนื่องจากมอเตอร์ขับเคลื่อนสามารถสร้างแรงบิดที่แปรผันกับความเร็วรอบอย่างเหมาะสมต่อการขับเคลื่อน จึงไม่จำเป็นต้องใช้ชุดเฟืองทดที่มีหลายอัตราทด และโดยส่วนใหญ่ มักจะใช้ชุดเฟืองทดที่มีอัตราทดคงที่

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง แรงบิด (Torque) หมายถึง แรงหมุนของเพลลาเครื่องยนต์เป็นแรงที่ใช้เพื่อส่งกำลังของเครื่องยนต์ไปหมุนเกียร์ เพลลา และ ล้อรถ เพื่อให้รถเคลื่อนที่ไปได้ แรงบิดจะมีค่าแตกต่างกันไปที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิตว่าต้องการให้มีแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง หรือสูง รถที่ใช้เครื่องยนต์ที่มีแรงบิดสูงก็จะมีอัตราเร่งดีกว่ารถที่ใช้เครื่องยนต์ที่มีแรงบิดต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.6



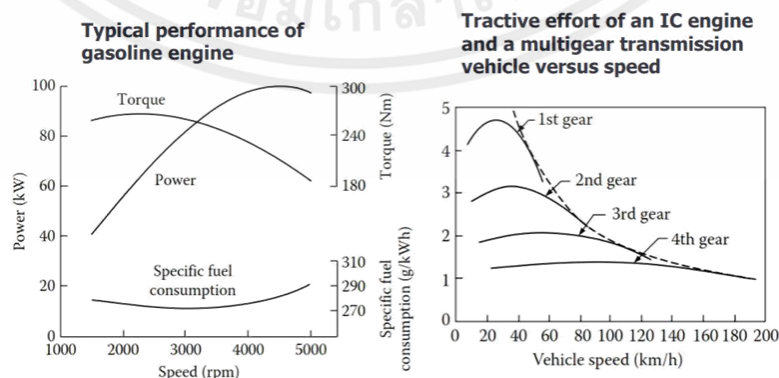
รูปที่ 2.6 แรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

เส้นสีฟ้า (A) แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่มีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบต่ำ และเส้นสีแดง (B) แสดงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่มีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบสูง โดยรถที่ใช้เครื่องยนต์ที่มีแรงบิดสูงสุดในรอบเครื่องต่ำหรือปานกลาง จะออกตัวได้ดีกว่าและให้อัตราเร่งที่ดีกว่าในช่วงความเร็วต่ำหรือความเร็วปานกลาง ในขณะที่รถที่ใช้เครื่องยนต์ที่มีแรงบิดสูงสุดในรอบเครื่องสูง จะให้อัตราเร่งที่ดีกว่าในช่วงความเร็วสูง และมีแนวโน้มที่จะให้ความเร็วสูงสุดที่สูงกว่า แต่ในการออกตัวหรือในช่วงที่ใช้ความเร็วต่ำ สมรรถนะจะด้อยกว่า

แรงม้า (Horse Power) คือ หน่วยสำหรับวัดกำลังของเครื่องยนต์ หน่วยวัดกำลังที่นิยมใช้กัน คือ แรงม้า (HP) และ กิโลวัตต์ (kW) นอกจากนี้ในบางครั้งเราจะเห็นตัวย่อ BHP ซึ่งย่อมาจาก

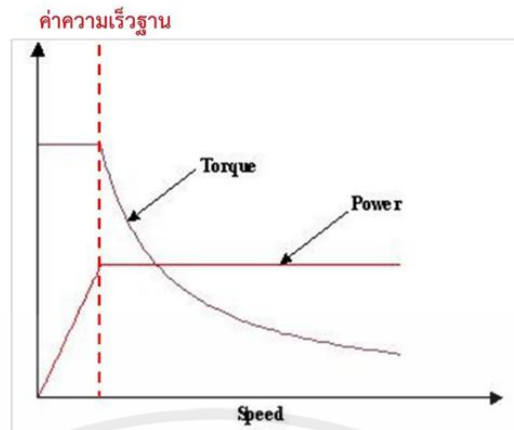
Brake Horse Power ซึ่งหมายถึง กำลังของเครื่องยนต์ที่ได้รับจากเพลลาเครื่องยนต์ซึ่งเท่ากับกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตโดยไม่คำนึงถึงแรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์ ดังแสดงในสมการ $BHP = IHP - FHP$ โดยที่ IHP คือ Indicated Horse Power หมายถึงกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้ และ FHP คือ Friction Horse Power ซึ่งหมายถึงแรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์ กำลังของเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้จากสมการ $HP = K \times \text{Torque} \times \text{RPM}$ โดยที่ K คือ ค่าคงที่, T คือแรงบิด และ RPM คือความเร็วรอบของเครื่องยนต์แรงม้าสูงสุดของเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์แต่ละรุ่นจะมีความเร็วรอบดังกล่าวแตกต่างกันไปแล้วแต่การออกแบบของผู้ผลิต ทั้งนี้ ค่าแรงม้าที่ปรากฏในหนังสือหรือคุณลักษณะของรถยนต์ (Specification) จะหมายถึง BHP เพราะเป็นแรงม้าที่ได้มาจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยตรง

คุณลักษณะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงและมอเตอร์มีลักษณะบางประการที่แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 คุณลักษณะสำคัญของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงคือแรงบิดของเครื่องยนต์จะมีค่าสูงสุดที่ความเร็วรอบค่าหนึ่ง โดยเมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป แรงบิดที่เครื่องยนต์สามารถสร้างได้จะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อให้การใช้งานเครื่องยนต์สัมพันธ์กับช่วงของความเร็วใช้งานยานยนต์ที่กว้าง จึงต้องมีการใช้เกียร์ในการปรับกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนให้เหมาะสม ในขณะที่คุณลักษณะสำคัญของมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า คือ ความสามารถในการสร้างแรงบิดในขณะที่ออกตัวและกำลังขับในขณะที่ขับเคลื่อนที่ความเร็วสูงได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อตอบสนองต่อสมรรถนะการขับขี่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กำลัง และความเร็วรอบของมอเตอร์ถูกแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแรงบิดที่มีค่าสูงสุดและคงที่ในช่วงความเร็วรอบต่ำเพื่อช่วยเอาชนะแรงต้านต่าง ๆ ในช่วงการออกตัว เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าความเร็วฐาน (Base Speed) ของมอเตอร์ ซึ่งเป็นค่าความเร็วอ้างอิงสำหรับกำหนดค่าพิกัดกำลังของมอเตอร์ แรงบิดจะลดต่ำลงและกำลังของมอเตอร์จะมีค่าคงที่ ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าว หากมอเตอร์สามารถสร้างแรงบิดที่สูงในช่วงความเร็วรอบต่ำ จะส่งผลให้ยานยนต์ไฟฟ้ามีอัตราเร่งดีและสามารถออกตัวบนทางชันได้ดี



รูปที่ 2.7 แรงม้าและแรงบิดของเครื่องยนต์

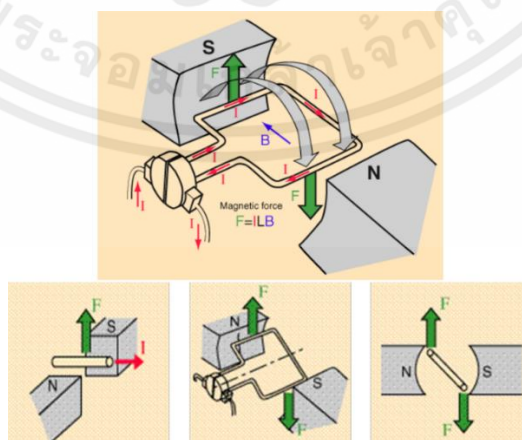
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กำลัง และความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

นอกจากคุณลักษณะด้านแรงบิดและกำลังที่เหมาะสมในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าแล้ว มอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจะต้องมีคุณลักษณะอื่น ๆ เพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น สามารถสร้างกระแสไฟฟ้าย้อนกลับขณะเบรก (Regenerative Braking) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีความทนทานต่อการใช้งานในสภาวะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสภาวะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การสั่นสะเทือน การสัมผัสกับน้ำและความชื้น และการขาดการบำรุงรักษา ซึ่งสภาวะการใช้งานดังกล่าวแตกต่างจากการใช้งานของมอเตอร์อุตสาหกรรมทั่วไป

หากพิจารณานิยามของมอเตอร์พบว่า มอเตอร์คืออุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล ในรูปของการเคลื่อนที่รอบแกนโดยใช้หลักการทางแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กที่อยู่ในมอเตอร์และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยเมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ขดลวดขึ้นซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับแม่เหล็กที่อยู่ใกล้กับขดลวดส่งผลให้เกิดการหมุนของขดลวดรอบแกน



รูปที่ 2.9 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

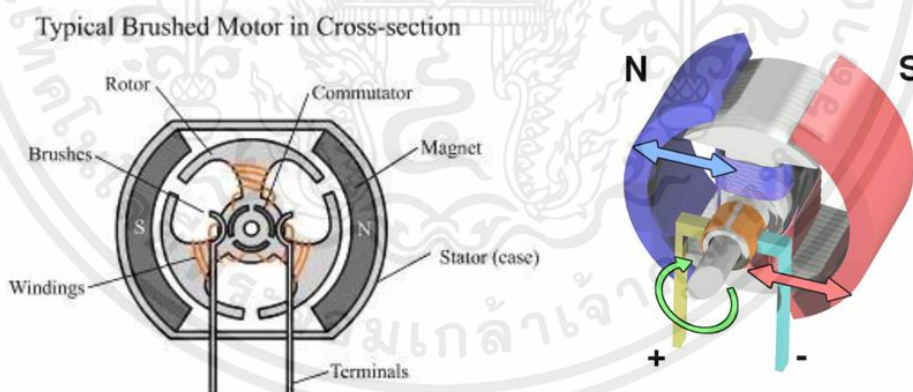
2.2.1 ประเภทมอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

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

2.2.1.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

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

1.) มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน (Brushed DC Motor) มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านประกอบด้วยแกนหมุน (Rotor) โดยมีขดลวดเหนี่ยวนำ (Armature) หลายชุดอยู่รอบ ๆ เพื่อรับกระแสไฟฟ้าจากคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ที่ต่ออยู่กับปลายของขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กผลัดหรือติดกับแม่เหล็กถาวรบนสเตเตอร์ (Stator) ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยคอมมิวเตเตอร์นั้นมีหน้าสัมผัสกับแปรงถ่านเพื่อรับกระแสไฟจากสายส่งไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน

การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายไฟฟ้าผ่านขั้วที่ต่ออยู่กับแปรงถ่านไปยังขดลวด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นซึ่ง หากมีขั้วตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กที่ติดอยู่กับสเตเตอร์ก็จะติดกัน แต่หากมีขั้วเหมือนกันจะผลัดกันส่งผลให้เกิดแรงบิดและทำให้แกนหมุน ทั้งนี้ การจัดวางแปรงถ่านที่สัมพันธ์กับ

การหมุนของคอมมิวเตเตอร์ ทำให้เมื่อแกนหมุนเคลื่อนที่ แปรปร่งถ่านจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ชุดใหม่ ซึ่งจะสร้างสนามแม่เหล็กในทิศทางใหม่ ส่งผลให้เกิดการหมุนของแกนอย่างต่อเนื่อง

มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านมีข้อดีคือมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน แข็งแรง และเชื่อถือได้ สามารถต่อกับแบตเตอรี่ได้โดยตรง มีสายไฟเพียง 2 เส้นที่ต่อเข้าไปยังมอเตอร์ทำให้จัดระเบียบสายไฟได้ง่าย และทนทานต่อการใช้งานในสภาวะสั่นสะเทือน จึงได้รับความนิยมถูกนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าความเร็วต่ำ เช่น รถกอล์ฟไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านนั้นมีข้อเสียบางประการ ได้แก่ แปรงถ่านจะยึดตัวได้น้อยลงเนื่องมาจากการสึกกร่อนของคอมมิวเตเตอร์ นอกจากนี้มอเตอร์ประเภทดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำ ลงเมื่อใช้งานที่ความเร็วรอบสูง เนื่องจากการเสียดสีระหว่างคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน นอกจากนี้การใช้สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำขดลวดในแกนหมุนจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back Voltage) ขึ้นในขดลวดต้านกับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายได้ ซึ่งมีผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดลดลงด้วย ส่งผลให้แรงบิดลดลง ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือ สำหรับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน แรงบิดแปรผันตรงกับกระแส และความเร็วรอบแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นค่าแรงบิดสูงสุดจะถูกจำกัดไว้เพื่อจำกัดพิกัดของกระแสในระบบ ทั้งจากระบบควบคุมมอเตอร์ และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- มีโครงสร้างที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และแข็งแรง สามารถใช้งานโดยต่อกับแบตเตอรี่ ต่อหมุนกลับทางโดยการกลับขั้วได้
- ใช้ในที่สั่นสะเทือน และมีความชื้นได้โดยไม่มีปัญหามากนัก
- มีสายไฟเพียงแค่สองเส้นที่เข้ามอเตอร์ ทำให้ง่ายต่อการจัดสาย บางบริษัทผู้ผลิตใช้มอเตอร์ประเภทนี้เพื่อให้ถอดล้อออกได้เร็ว และเปลี่ยนชุดควบคุมง่ายและรวดเร็ว

ข้อด้อย

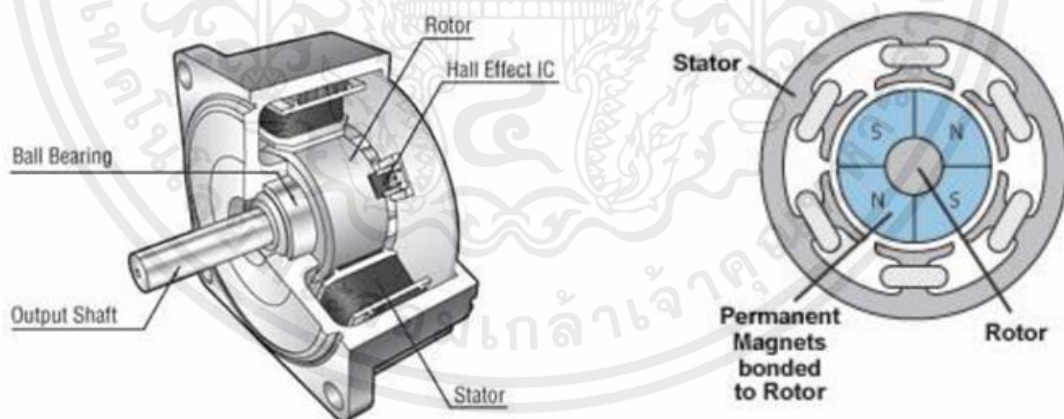
- มีผงฝุ่นที่เกิดจากการสึกหรอของแปรงถ่าน
- เกิดประกายไฟจากกระบวนการ Commutation
- เกิดการรบกวนทางสนามแม่เหล็ก
- เกิดเสียงรบกวนทางกล
- อายุสั้นและประสิทธิภาพต่ำ
- มีขีดจำกัดเรื่องความเร็ว

2.) มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor หรือ BLDC)

ด้วยราคาของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ลดต่ำลง ส่งผลให้ราคาของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านสูงกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านเล็กน้อย จึงทำให้มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านได้รับความนิยมนำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านมีโครงสร้างสลับกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน โดยมีแกนหมุน (Rotor) เป็นแม่เหล็กถาวร และมีขดลวดเหนี่ยวนำอยู่ที่สเตเตอร์ โดยขดลวดเหนี่ยวนำมีจำนวนไม่น้อยกว่าสามชุด มอเตอร์ชนิดนี้จึงสามารถทำงานได้โดยการจ่ายไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละชุดเป็นเฟสสลับกันไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กดึงและผลักแกนหมุนอย่างต่อเนื่อง โดยมีการตรวจจับตำแหน่งเพื่อเริ่มทำงานโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Hall Sensor) ดังแสดงในรูปที่ 2.11 มอเตอร์ชนิดนี้สามารถปรับแรงบิดได้โดยปรับการจ่ายกระแสไฟฟ้า และปรับความเร็วรอบได้โดยการปรับความถี่ในการสลับกระแสไฟฟ้าของขดลวด ซึ่งสามารถเรียกการทำงานของมอเตอร์ที่มีความเร็วในการหมุนตรงกับความเร็วของการหมุนของสนามแม่เหล็กว่าเป็นการทำงานแบบ Synchronous นั่นเอง ถึงแม้ว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านจะมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพที่สูง และไม่ต้องมีแปรงถ่านซึ่งจะสึกหรอเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อเสียคือต้องมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อน สามารถทำงานในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ ของยานยนต์ได้ เช่น สามารถกันน้ำ ทนต่อการสั่นสะเทือน และความร้อนได้ เป็นต้น นอกจากนี้สายไฟที่ต่อเข้ามอเตอร์และชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ยังมีหลายสาย ต่างกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่านที่เพียงจ่ายไฟที่สายไฟทั้งสองด้านก็ทำงานได้ดังนั้นการติดตั้งสายไฟจึงต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรขึ้น



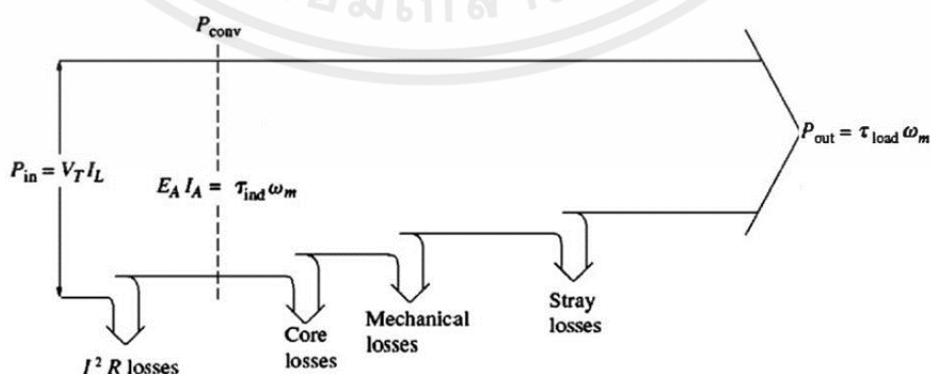
รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

ในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน พบว่ามีลักษณะการสร้างแรงบิดและกำลังคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และจากการที่แกนหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วสูง เมื่อพิจารณาตัวโรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 4 ส่วนด้วยกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลาจะวางอยู่บนแบริ่งเพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้
- 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) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ ให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ ในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน พบว่ามีลักษณะการสร้างแรงบิด และกำลังคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และจากการที่แกนหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วสูง

หากพิจารณากำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แสดงดังรูปที่ 2.12 พบว่ามีการสูญเสียกำลังจากการหมุนของมอเตอร์และแรงเสียดทานภายในมอเตอร์เป็นหลัก



รูปที่ 2.12 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

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

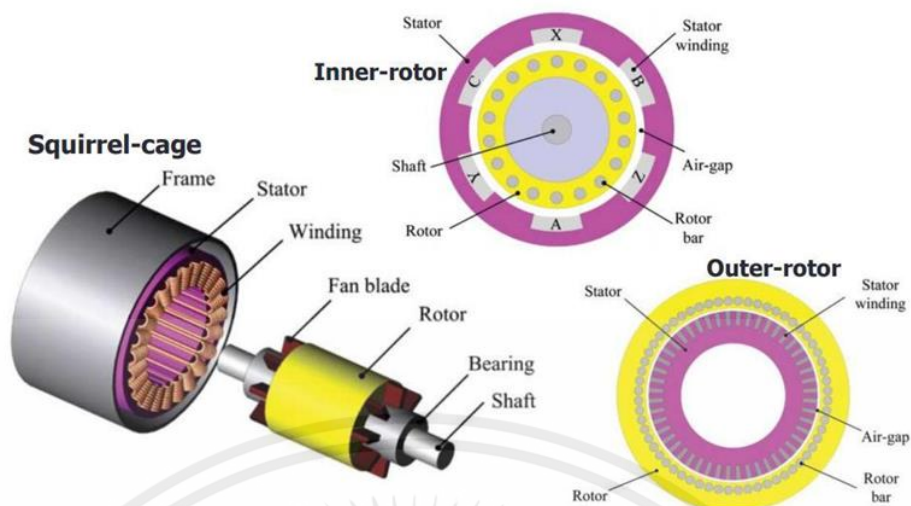
ข้อด้อย

- มีค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สูงกว่า
- ชุดควบคุมการขับเคลื่อนยุ่งยากกว่า

2.2.1.2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมีโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน คือมีขดลวดเหนี่ยวนำอยู่บริเวณสเตเตอร์เพื่อรับพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับแล้วแปลงเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนโรเตอร์นั้นสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ และ มอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous

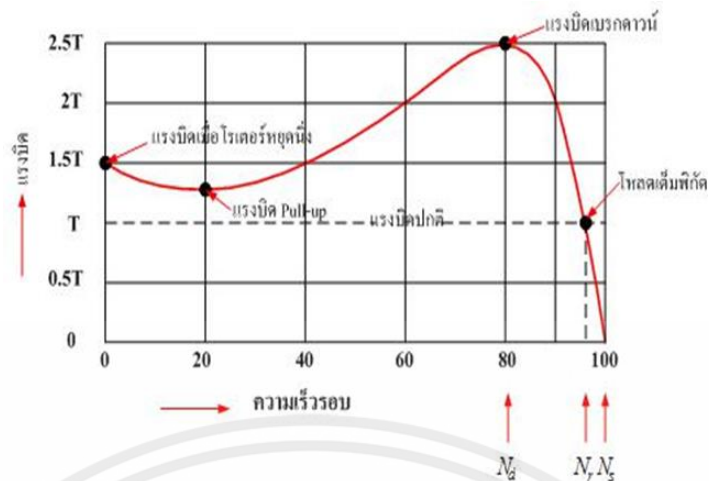
1.) มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) มอเตอร์เหนี่ยวนำมีสเตเตอร์ลักษณะเดียวกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แต่มีความแตกต่างกันที่แกนหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะมีแท่งตัวนำวางตัวเป็นวงรอบแกนเพลลา ซึ่งลักษณะการออกแบบโรเตอร์ดังกล่าวเรียกว่า โรเตอร์แบบกรงกระรอก เนื่องจากโรเตอร์ดังกล่าวประกอบด้วยแท่งตัวนำจำนวนมากที่ถูกฝังอยู่ในแผ่นชั้นเหล็ก ซึ่งอาจเป็นทองแดงหรืออะลูมิเนียม ประกับหัวและท้ายด้วยแผ่นประกบ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 หากพิจารณาหลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ พบว่าเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์สามคู่ที่วางเหลื่อมกันทำมุม 120 องศาตามเฟสทางไฟฟ้า จะเกิดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่หมุนอยู่โดยรอบแกนหมุน แต่สนามแม่เหล็กในแกนหมุนที่จำเป็นเพื่อการหมุนเพลลาไม่ได้เกิดจากการจ่ายกระแสเข้าสู่ขดลวดดังเช่นมอเตอร์กระแสตรง แต่สนามแม่เหล็กในโรเตอร์แบบกรงกระรอกจะเกิดจากการตัดผ่านของโครงตัวนำของแกนหมุนผ่านสนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์ ซึ่งจะสร้างกระแสเหนี่ยวนำขึ้น ส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กในแกนหมุนอีกทอดหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำในแกนหมุนซึ่งพยายามจะวางตัวในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็กต้นทางจากสเตเตอร์เป็นสาเหตุที่สร้างแรงบิดของแกนหมุนในการขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

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

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกในสถานะที่ขับโหลดเต็มพิกัด ดังแสดงในรูปที่ 2.14 จะพบว่าแรงบิดในสถานะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสถานะที่โรเตอร์หยุดนิ่ง เท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกดาว์จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด

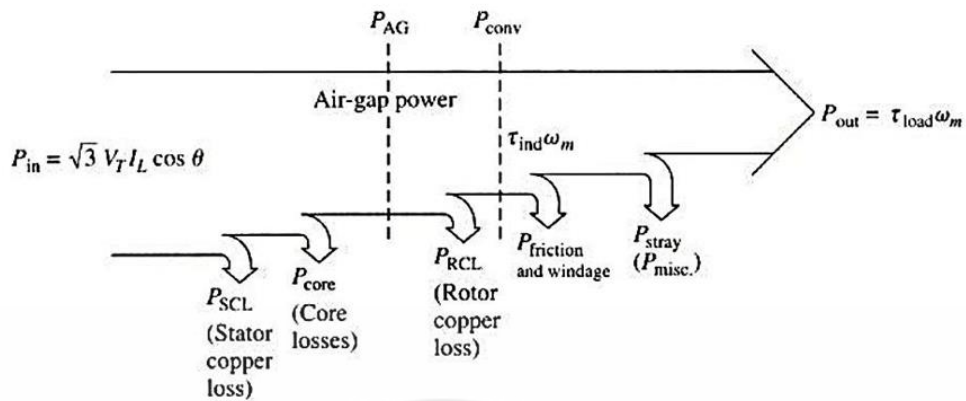


รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

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

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

กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดในมอเตอร์ไฟฟ้าซิงโครนัส แสดงดังรูปที่ 2.15 ซึ่งจะเห็นว่ามีการสูญเสียกำลังจากการหมุนของมอเตอร์และแรงเสียดทานภายในมอเตอร์เป็นหลัก



รูปที่ 2.15 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ใช้เงินลงทุนรวมทั้งการบำรุงรักษาต่ำ
- การควบคุมก็ทำได้ง่าย โดยสามารถต่อเข้ากับสายป้อนได้โดยตรง

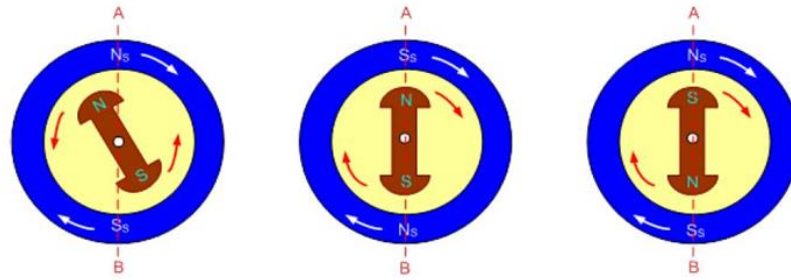
ข้อด้อย

- มอเตอร์เหนี่ยวนำมีกระแสไฟกระชากอินพุตสูงซึ่งเรียกว่ากระแสแม่เหล็กไหลเข้า สิ่งนี้ทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงในเวลาที่ยังสตาร์ทมอเตอร์
- เนื่องจากแรงบิดเริ่มต้นไม่ดีจึงไม่สามารถใช้มอเตอร์สำหรับงานที่ต้องการแรงบิดเริ่มต้นสูง

2.) มอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous (Synchronous AC Motor)

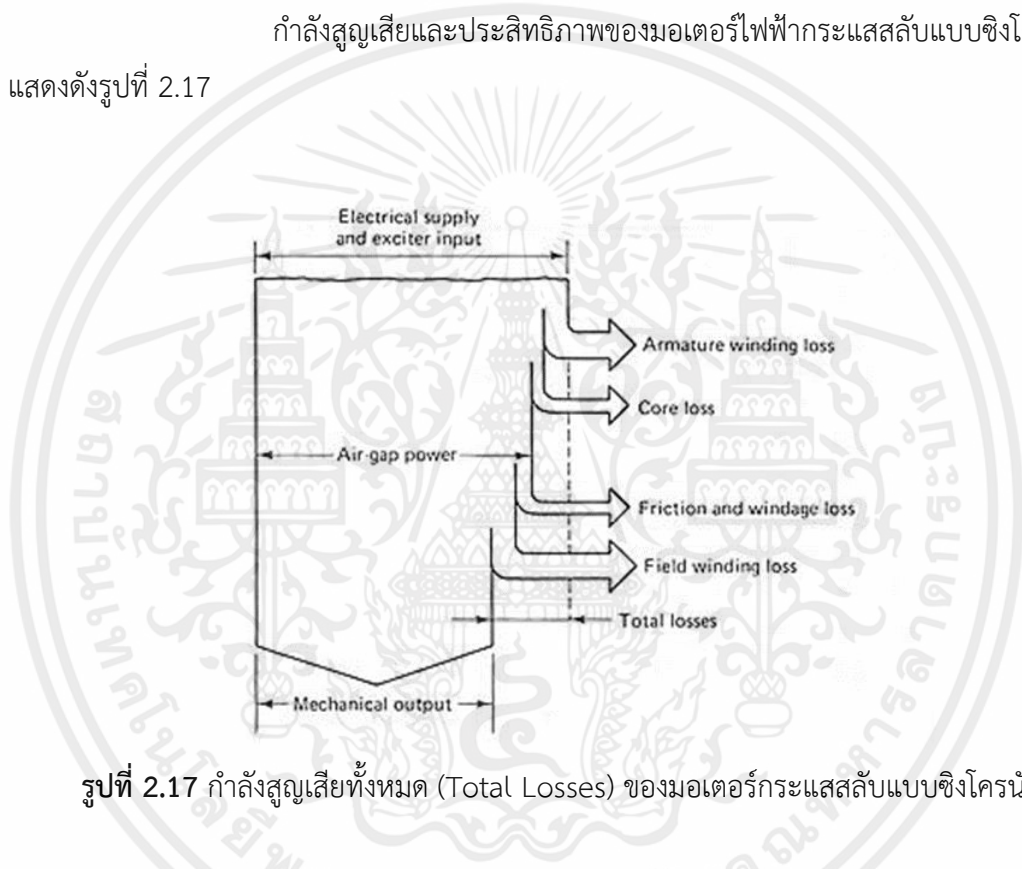
มอเตอร์ชนิดนี้ใช้โรเตอร์แบบขดลวดพันรอบโรเตอร์โดยต่ออนุกรมกัน และจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดเพื่อให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่คงตัว โดยขดลวดสนามแม่เหล็กที่ตัวหมุนนี้จะต่อเข้ากับวงแหวนหรือสลิปริงจำนวน 2 วงเพื่อรับไฟกระแสตรงจากแหล่งจ่ายภายนอก และที่ตัวหมุนยังฝังแท่งตัวนำไว้ที่ผิวของขั้วแม่เหล็กทุก ๆ ขั้ว

หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous เริ่มต้นจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวดสเตเตอร์และหมุนด้วยความเร็ว Synchronous จากนั้นโรเตอร์จะหมุนตามซึ่งทำงานเหมือนกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบกรงกระรอก ครั้นเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวโรเตอร์จะเกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์เช่นเดียวกัน เป็นขั้วแม่เหล็กที่คงตัวโดยจะหมุนเกาะติดกับขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ด้วยความเร็ว Synchronous ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์ชนิดนี้จะตรงกับความเร็วของไฟฟ้ากระแสสลับและจำนวนขดลวดที่สเตเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม



รูปที่ 2.16 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับแบบ Synchronous

กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัส
แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส มีดังต่อไปนี้

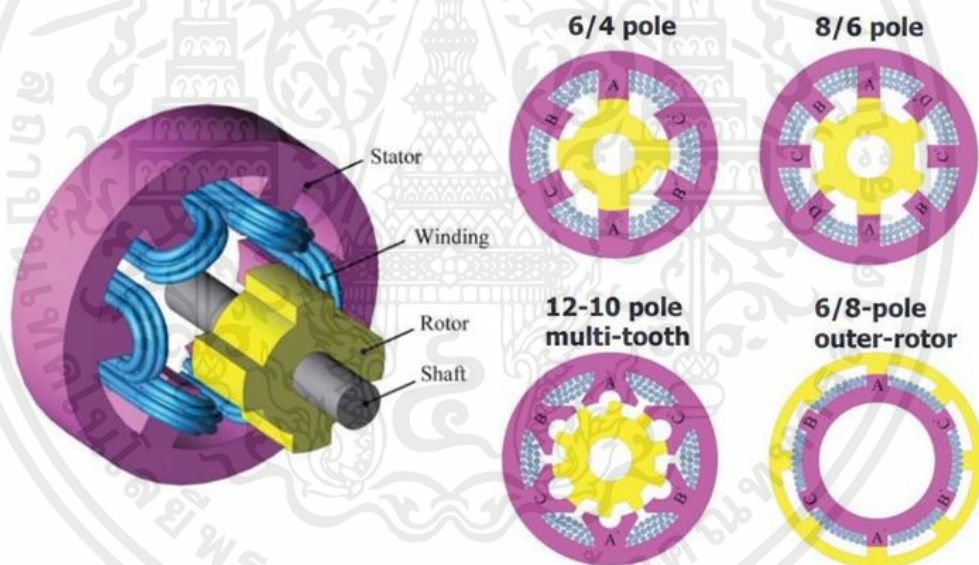
ข้อดี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) มอเตอร์แบบ Switched Reluctance (Switched Reluctance Motors)

มอเตอร์แบบนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แต่วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุนนั้นเป็นเหล็กอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.18 ซึ่งการทำงานอาศัยหลักการของวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กที่จะเคลื่อนตัวเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่มีความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อเนื้อวัสดุของแกนหมุนหลบห่างจากขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กก็จะมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แกนหมุนพยายามจะหมุนเคลื่อนที่เพื่อให้ขั้วของแกนหมุนอยู่ในแนวเดียวกับขั้วแม่เหล็กซึ่งจะทำให้ความต้านทานต่อสนามแม่เหล็กน้อยที่สุด ดังนั้น การสลับจังหวะการสร้างสนามแม่เหล็กที่ขดลวดบนสเตเตอร์แต่ละขั้วอย่างเหมาะสมจะทำให้แกนหมุนเคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่อง จากหลักการข้างต้นส่งผลให้มอเตอร์แบบ Switched Reluctance ต้องการอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแกนหมุน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบไร้อุปกรณ์ตรวจจับขึ้น ประกอบกับราคาของอุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิทัลที่ลดลง จึงทำให้มอเตอร์แบบ Switched Reluctance มีการใช้งานแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.18 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบ Switched Reluctance มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ต้นทุนการผลิตต่ำ
- โครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อน
- พัฒนาเป็นมอเตอร์ความเร็วสูงได้ง่าย
- การบำรุงรักษาน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อด้อย

- ต้องการตำแหน่งโรเตอร์ในการควบคุมการทำงาน
- มีการกระเพื่อมของแรงบิด
- ไม่สามารถใช้งานได้โดยตรง ต้องใช้ชุดขับเคลื่อนทำงานร่วมกัน
- มีจำนวนสายที่ออกจากมอเตอร์มาก
- ใช้จำนวนอุปกรณ์สวิตช์กำลังมาก

2.2.1.3 มอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ

นอกจากมอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีมอเตอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ที่นำมาใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเติมอีก ดังนี้

1.) มอเตอร์แบบ Axial-Flux (Axial-Flux Motors) มอเตอร์ประเภทนี้ใช้เส้นแรงแม่เหล็กแตกต่างจากมอเตอร์แบบอื่น ๆ โดยเส้นแรงแม่เหล็กของมอเตอร์ปกติจะเคลื่อนตัวในแนวรัศมีผ่านช่องอากาศระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ แต่มอเตอร์แบบ Axial-flux นั้น เส้นแรงแม่เหล็กจะไหลขนานกับแกนของมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.19 จึงทำให้สามารถออกแบบโรเตอร์ได้บางและเบา กว่ามอเตอร์แบบอื่น ๆ เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการเปลี่ยนอัตราเร็วอย่างรวดเร็ว (อัตราเร่งสูง)

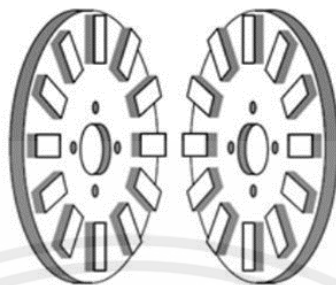


รูปที่ 2.19 โครงสร้างของมอเตอร์แบบ Axial Flux

โรเตอร์ของมอเตอร์แบบ Axial Flux Permanent-Magnet Brushless ลักษณะการวางขั้วแม่เหล็กถาวรทั้งสองแผ่นจะต้องวางสลับขั้วกันดังรูปที่ 2.20 โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Axial Flux ใช้เรซินหล่อทับแม่เหล็กเพื่อความแข็งแรงลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งผ่านจากแผ่นเหล็กแผ่นแรก (ขั้วเหนือ) ข้ามช่องว่างอากาศ (Air Gap) ไปยังอีกแผ่นหนึ่ง (ขั้วใต้) ผ่านแม่เหล็กจนครบวงจรแม่เหล็กเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้จะมีลักษณะการกระจายของเส้นแรงแม่เหล็กเป็นวงรอบปิดโดยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีลักษณะเสริมกันจึงทำให้ได้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กมากขึ้นเป็น 2 เท่า แต่อย่างไรก็ดี เมื่อค่าความหนาแน่นเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux Density) ยิ่งมากขึ้นเท่าใดก็อาจยิ่งทำให้เกิดแรงบิดต้านมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างโรเตอร์แบบ Axial Flux Permanent Magnet Brushless

สเตเตอร์ (Stator) จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ มีหน้าที่ยึดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature-Winding) หรือขดขดลวดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาใช้งาน โดยทั้งสองด้านของสเตเตอร์จะถูกประกบด้วยโรเตอร์ทั้งสองด้านเพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาเป็น 2 เท่า ในการที่นำขดลวดอาร์เมเจอร์มาติดกับขดของ สเตเตอร์นั้นเพื่อลดปัญหาในเรื่อง การฉนวนไฟฟ้า และยึดขดลวดให้แข็งแรงได้ง่าย เนื่องจากไม่ถูกแรงเหวี่ยง หรือการสั่นสะเทือน เนื่องจากการหมุนได้ สเตเตอร์ของมอเตอร์ที่ใช้ลักษณะจะเป็นดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างสเตเตอร์แบบ Axial Flux

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นต่าง ๆ

มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดกระแสสลับสามารถแบ่งออกเป็น Synchronous Motor และ Asynchronous Motor โดยรูปแบบการทำงานของ Synchronous Motor นั้นจะเริ่มต้นการทำงาน โดยที่สนามแม่เหล็กจะต้องหมุนรอบอย่างช้า ๆ กระทั่งขั้วแม่เหล็กเกิดการดูดและล๊อคเข้ากับตัวแม่เหล็กถาวรอีกด้านหนึ่งเสียก่อนแม่เหล็กทั้งสองด้านจึงจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากัน สำหรับเทคโนโลยีดังกล่าวถูกนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนรูปแบบการทำงานของ Asynchronous Motor ในการขับเคลื่อนมีหลักการทำงานคือ แกนฝั่งหนึ่งจะติดด้วยแม่เหล็กถาวร ในขณะที่อีกฝั่งจะเป็น Rotor ไม่สัมผัสกันและไม่ดูดเข้าหากันซึ่งวัสดุที่ใช้อาจเป็นทองแดง หรืออลูมิเนียมก็ได้ และเมื่อแกนแม่เหล็กถาวรหมุนด้วยความเร็วรอบไปรอบ ๆ จะส่งผลให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นอยู่รอบตัว Rotor และทำให้เกิดแรงกระทำจนทำให้หมุนไปกับแกนแม่เหล็กถาวรจนมีความเร็วเท่ากันส่วนมากจะหมุนด้วยความเร็วคงที่ แต่ก็มีประเภทที่มีช่วงแปรผันตามความเร็วพบเห็นได้ในยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการกำลังสูง และมอเตอร์แบบนี้จะทำงานร่วมกับระบบตัดต่อกำลังแบบเกียร์เดี่ยว (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 2.1

ตารางที่ 2.1 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

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าชนิดนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน (ต่อ)

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

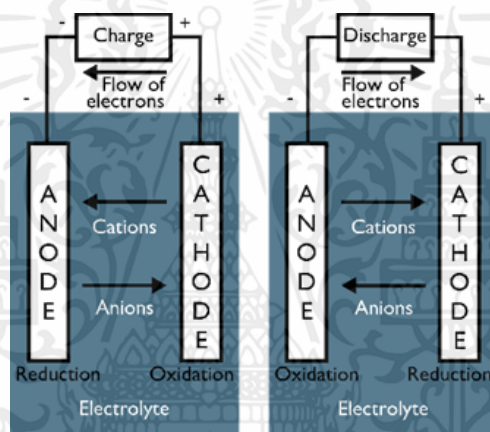
หมายเหตุ

DCM	DC machine
IM	Induction Machine
PM Motor	Permanent magnetization
SRM	Switched Reluctance Machine
SynRM	Synchronous Reluctance Machine
PMaSRM	PM assisted SynRM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

แบตเตอรี่ถือเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่สำคัญชิ้นหนึ่งของยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้ากักเก็บพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อน โดยส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่ประกอบด้วยส่วนหลักสามส่วนคือ ขั้วบวก (แคโทด) ขั้วลบ (แอโนด) และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้งาน ขั้วลบหรือขั้วแอโนดเป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยาเคมีส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) และขั้วบวก หรือขั้วแคโทดเป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยาเคมีที่รับอิเล็กตรอน (ปฏิกิริยารีดักชัน) โดยอิเล็กตรอนที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะวิ่งผ่านลวดโลหะก่อให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้น โดยอิเล็กโทรไลต์เป็นสารละลายที่ไม่นำอิเล็กตรอนแต่มีหน้าที่ส่งผ่านไอออนที่จำเป็นต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้อย่างต่อเนื่องจนกว่าแบตเตอรี่จะหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ภาพหลักการทำงานของแบตเตอรี่

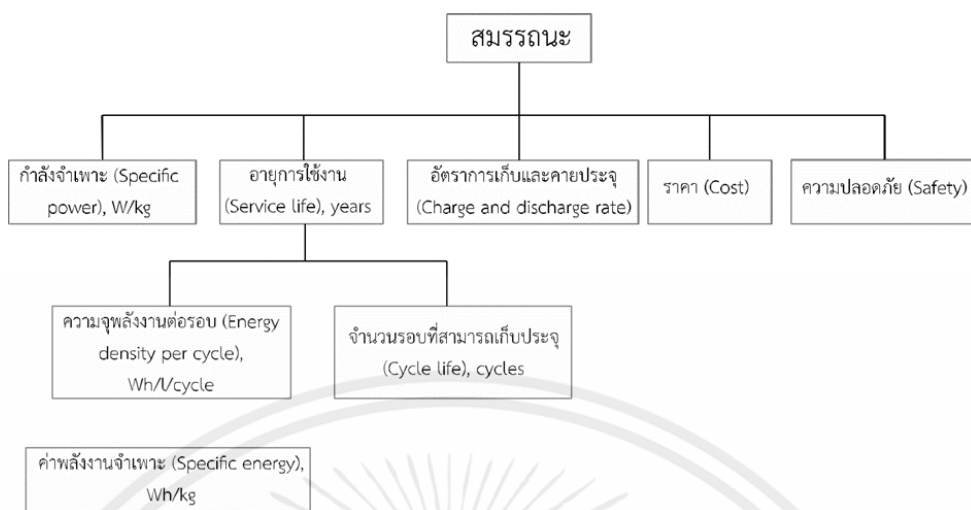
เมื่อพิจารณาประเภทของแบตเตอรี่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

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

โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าจะเป็นแบตเตอรี่ชนิดทุติยภูมิ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีของขั้วแคโทดและแอโนดที่แตกต่างกันหลายประเภท ดังจะได้กล่าวต่อไป

การวัดสมรรถนะของแบตเตอรี่สามารถวัดได้หลายมิติ โดยมีมิติที่สำคัญได้แก่ 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 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 สมรรถนะแบตเตอรี่ในมิติต่าง ๆ

นอกจากนี้ คำจำกัดความอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า มีดังต่อไปนี้

1. C-rate (Charge rate) ซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการอัดประจุหรืออัตราการจ่ายไฟของแบตเตอรี่เทียบกับปริมาณความจุของแบตเตอรี่ที่เต็ม โดย

(h)C หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 1/h ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือ แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่ทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 1/h ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น

1C หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 1 ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือ แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 1 ชั่วโมง

2C หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 1/2 ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือ แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 1/2 ชั่วโมง

C/4 หมายถึง แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสออกไปโดยใช้เวลา 4 ชั่วโมงกว่าจะหมด หรือ แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยอัตรากระแสที่จะทำให้แบตเตอรี่เต็มภายในเวลา 4 ชั่วโมง

2. DOD (Depth of discharge) ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณความจุที่แบตเตอรี่ถูกใช้ไปเทียบกับความจุทั้งหมด เช่น

10% DOD หมายถึง แบตเตอรี่ถูกใช้งานไป 10% และเหลือความจุอยู่ 90%

80% DOD หมายถึง แบตเตอรี่ถูกใช้งานไป 80% และเหลือความจุอยู่ 20% เป็นต้น

โดยการใช้งานแบตเตอรี่ในงานแต่ละประเภท DOD ที่แบตเตอรี่ต้องเจอบ่อย ๆ นั้นจะอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากัน เช่นในยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขับเคลื่อนทั้งหมด DOD จะอยู่ระหว่าง 20% ในขณะที่รถประเภทไฮบริดนั้น DOD ของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ 40%

3. SOC (State of charge) ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณความจุที่แบตเตอรี่มีอยู่ เช่น

10% SOC หมายถึง แบตเตอรี่มีความจุอยู่ 10%

80% SOC หมายถึง แบตเตอรี่มีความจุอยู่ 80%

โดยการใช้งานแบตเตอรี่ในงานแต่ละประเภท SOC ที่แบตเตอรี่ต้องเจอบ่อย ๆ นั้นจะอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากันเช่นเดียวกับ DOD เช่นยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ขับเคลื่อนทั้งหมด SOC จะอยู่ระหว่าง 20-95% ในขณะที่รถประเภทไฮบริด นั้น SOC ของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ระดับ 40-80%

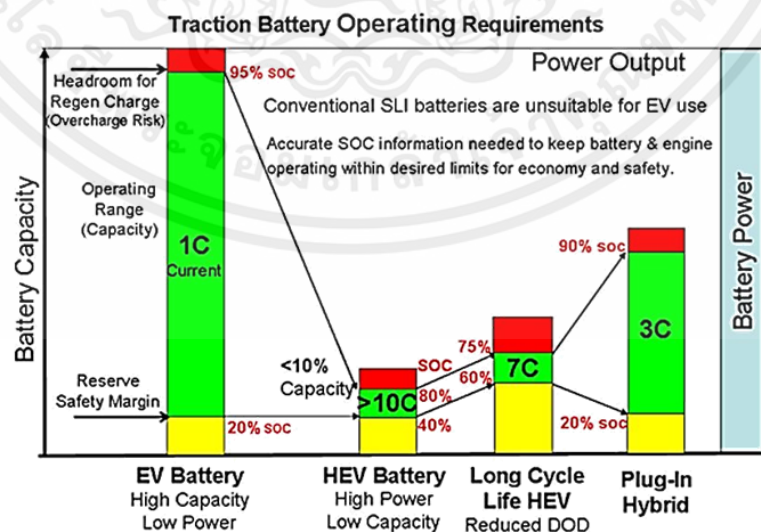
4. P/E Ratio (Power to Energy Ratio) ซึ่งบ่งบอกถึงกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ให้ได้เทียบกับความจุของพลังงานทั้งแบตเตอรี่ เช่น

P/E = 2:1 ของแบตเตอรี่ 1 kWh หมายความว่า แบตเตอรี่จะมีศักยภาพในการให้กำลังไฟฟ้าเป็น 2 kW

P/E = 1:3 ของแบตเตอรี่ 1 kWh หมายความว่า แบตเตอรี่จะมีศักยภาพในการให้กำลังไฟฟ้าเป็น 1/3 kW

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

การใช้งานแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ นั้นจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานของยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.24 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 2.24 คุณลักษณะด้าน C-rate, SOC และ%DODของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ

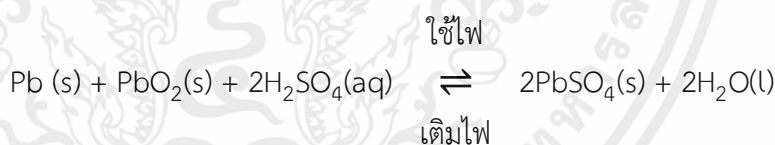
ในช่วงปี ค.ศ. 1880 การใช้แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 20 ปี หลังจากการค้นพบแบตเตอรี่กรดตะกั่วขึ้นเป็นครั้งแรก ถึงแม้ว่ายานยนต์ไฟฟ้าจะได้รับความนิยมลดลงหลังจากมีการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้น ประกอบกับราคาของน้ำมันที่ถูกลง และระยะทางขับเคลื่อนที่ไกลขึ้น

อย่างไรก็ตามในช่วงปี ค.ศ. 1970 พบว่ามีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น โดยประเภทแบตเตอรี่ที่ใช้ยังเป็นประเภทกรดตะกั่วเช่นเดิม จนกระทั่งวิวัฒนาการของแบตเตอรี่ได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นอีกหลายประเภท โดยแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมสำหรับใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันได้แก่

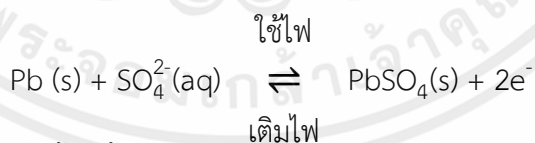
2.3.1 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery)

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

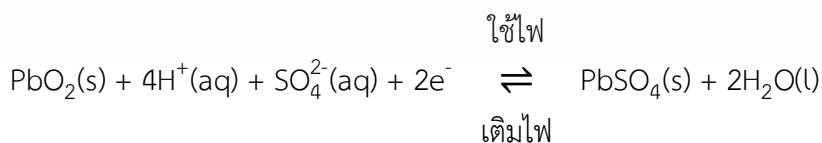
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกคือ



ทั้งนี้ ขณะที่ใช้งานแบตเตอรี่ Pb และ PbO_2 จะทำปฏิกิริยากับ SO_4^{2-} เกิดเป็น $PbSO_4(s)$ ที่ทั้งขั้วบวกและขั้วลบ โดยอิเล็กตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ขั้วลบวิ่งผ่านวงจรข้างนอกไปยังขั้วบวก ก่อให้เกิดไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้งาน ส่วน H^+ จะรวมตัวกับ O_2 ที่ถูกปล่อยออกมาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PbO_2 กลายเป็นน้ำ ดังนั้น เมื่ออัดประจุแบตเตอรี่ ปฏิกิริยานี้จะเกิดการย้อนกลับทำให้สามารถนำแบตเตอรี่กลับมาใช้งานได้อีก ขั้วทั้งสองนี้มีลักษณะพรุนเพื่อให้มีพื้นที่ผิวที่จะทำปฏิกิริยาซึ่งก่อให้เกิดไฟฟ้าได้มากขึ้นและส่งผลให้มีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น การปล่อยแบตเตอรี่ให้อยู่ในสถานะที่ไฟหมดเป็นเวลานานทำให้เกิดผลึก $PbSO_4$ ขนาดใหญ่ซึ่งไปอุดตันรูพรุนเหล่านี้ ส่งผลให้ความต้านทานไฟฟ้าของขั้วเพิ่มสูงขึ้นและเกิดการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ในที่สุด นอกจากนี้บางครั้งเกิดการรวมตัวของ H^+ เป็นก๊าซ H_2 และ O_2 เป็นก๊าซ O_2 แพร่ออกจากแบตเตอรี่ดังนั้นจึงต้องมีการเติมน้ำกลั่นอยู่เสมอเพื่อทดแทน H^+ และ O_2 ที่เสียไป อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่สมัยใหม่นั้นไม่ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยครั้งเนื่องจากกล่องของแบตเตอรี่ ได้ถูกออกแบบมาให้เอื้ออำนวยต่อการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนให้กลั่นตัวเป็นน้ำ (Sealed/valve regulated lead acid battery หรือ Gel battery) แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีความจุพลังงานต่อน้ำหนักและปริมาตรต่ำ การใช้งานในยานยนต์จึงมักใช้สำหรับการติดเครื่องยนต์ในรถยนต์ขนาดทั่วไป แต่ก็เป็นที่นิยมใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นอย่างมาก โดยแบตเตอรี่กรดตะกั่วสามารถแบ่งประเภทย่อยได้อีก 3 ประเภท คือ

2.3.1.1 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว สำหรับติดเครื่องยนต์

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

2.3.1.2 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว แบบ Deep cycle หรือ Traction battery

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

2.3.1.3 แบตเตอรี่กรดตะกั่ว แบบ Stationary

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

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

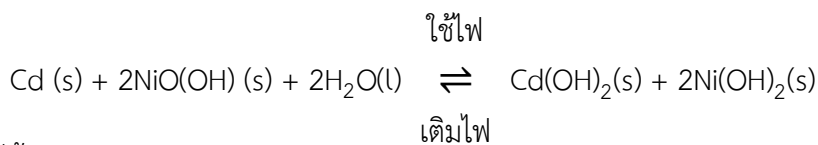
2.3.2 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-Cadmium)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียมเป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอัลคาไลน์ชนิดแรก โดยชื่ออัลคาไลน์นั้นมาจากสารอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ซึ่งมีธาตุในหมู่อัลคาไลน์เป็นส่วนประกอบ เช่น สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ (KOH) เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นที่รู้จักในนาม “นิแคด” โดยนิแคดได้ถูกค้นพบมานานกว่าศตวรรษโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน แต่ไม่ได้นำเข้าสู่ตลาดจนกระทั่งช่วงเวลา 40 ปีที่ผ่านมา โดยข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดนี้อยู่ที่ไม่ต้องการการดูแลรักษา เช่น การเติมน้ำกลั่น เก็บไว้ได้นานไม่ว่าจะอยู่ในสถานะที่มีประจุไฟฟ้าเต็มหรือไม่สามารถอัดประจุไฟฟ้าได้เร็ว ใช้ได้ที่อุณหภูมิต่ำและค่าความต่างศักย์ขณะใช้งานคงที่ อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ประเภทนี้มีข้อเสียคือราคาวัตถุดิบและราคาการผลิตที่สูงกว่าแบตเตอรี่แบบกรดตะกั่วมากอีกทั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมี Memory effect ซึ่งหมายถึงสภาวะที่แบตเตอรี่เสื่อมเนื่องจากการถูกใช้งานไม่หมดก่อนถูกอัดประจุไฟฟ้าอีกครั้งและมีความสูญเสียทางประจุไฟฟ้ามากกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว

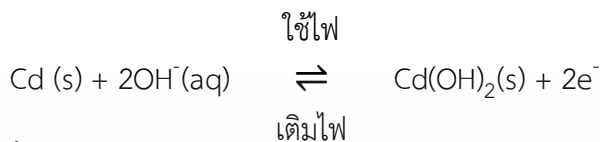
องค์ประกอบหลักของแบตเตอรี่ชนิดนี้มี ขั้วลบซึ่งเป็นแคดเมียม (Cd) ขั้วบวกเป็น นิกเกิลออกไซด์ (NiO(OH)) โดยมีสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำ (KOH) เป็นอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์นี้ ซึ่งต่างจากแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วตรงที่อิเล็กโทรไลต์ไม่ได้ร่วมทำปฏิกิริยากับขั้วแบตเตอรี่โดยตรงเพียงแต่เป็นตัวนำไอออนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

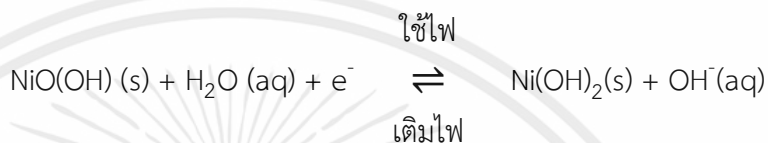
ปฏิกิริยารวมแบบย่อของไนแคดคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกคือ



อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแคดเมียมเป็นสารมีพิษที่ค่อนข้างร้ายแรง การใช้งานและพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงไม่ได้รับการสนับสนุนมากนัก การพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่ในแคดจึงมีอยู่น้อยมาก

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม มีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

- กำลังไฟสูง

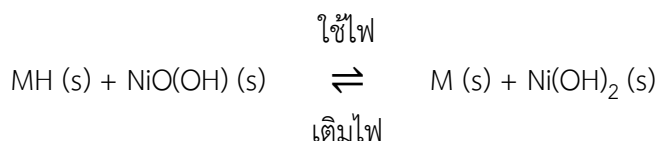
ข้อด้อย

- แคดเมียมที่ใช้เป็นส่วนประกอบ เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
- มีปัญหา Memory Effect จึงไม่สามารถอัดประจุในขณะที่แบตเตอรี่ยังมีประจุเนื่องจากจะทำให้แบตเตอรี่ไม่จดจำระดับการอัดประจุสูงสุดได้

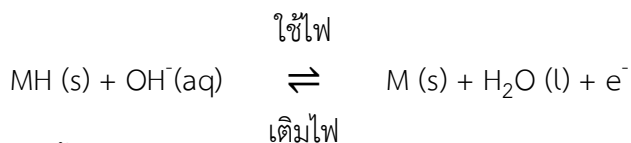
2.3.3 แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH Battery)

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

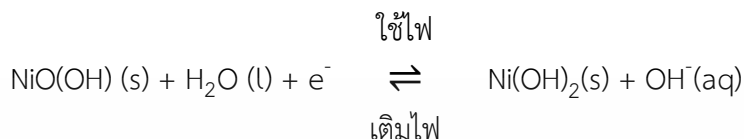
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่ขั้วบวกคือ



การพัฒนาด้านอายุการใช้งานและความปลอดภัยทำให้แบตเตอรี่แบบนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ได้ถูกนำไปใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าประเภทไฮบริดในยุคแรกๆ ที่ผลิตโดยบริษัท โตโยต้า จำกัด ซึ่งพัฒนาร่วมกับบริษัท Panasonic EV Energy จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทลูกของบริษัท พานาโซนิค จำกัด อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กเนื่องจากราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว ในขณะเดียวกันประสิทธิภาพโดยรวม เช่น ความจุพลังงาน อายุการใช้งาน และการบำรุงรักษา นั้น ยังคงด้อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนซึ่งขณะนี้ เป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องจากแบตเตอรี่ ประเภทนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ จะเสื่อมสภาพหากไม่ถูกใช้งาน

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ มีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

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

ข้อด้อย

- ราคาค่อนข้างสูง
- มีปัญหา Memory Effect จึงไม่สามารถอัดประจุในขณะที่แบตเตอรี่ยังมีประจุเนื่องจากจะทำให้แบตเตอรี่ไม่จดจำระดับการอัดประจุสูงสุดได้

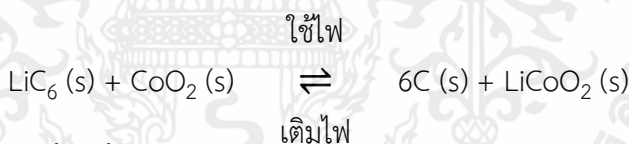
2.3.4 แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Li-ion Battery)

เนื่องจากข้อจำกัดทางความจุพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ ข้างต้น การพัฒนาแบตเตอรี่จึงมุ่งไปสู่การคิดค้นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน โดยแรลลิเทียมมีข้อได้เปรียบกว่าสารที่ใช้ในแบตเตอรี่ชนิดอื่น ๆ ในด้านพลังงานต่อน้ำหนักเนื่องจากลิเทียมเป็นธาตุที่มีน้ำหนักเบาเกือบที่สุดในตารางธาตุและมีค่าความเสถียรต่ำซึ่งทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความต่างศักย์และความจุพลังงานเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

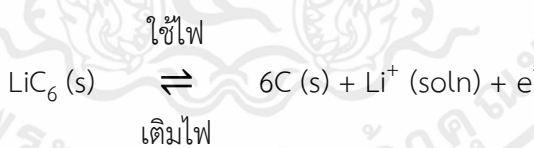
มากที่สุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนยังไม่มีปัญหาเรื่อง memory effect อีกทั้งยังมีความสูญเสียทางประจุไฟฟ้าต่ำในขณะที่ไม่ใช้งาน ทั้งนี้ บริษัท Sony จำกัด ได้นำเสนอแบตเตอรี่ชนิดนี้ออกสู่ตลาดเมื่อปี ค.ศ. 1991 และภายในระยะเวลาอันสั้นความต้องการของตลาดได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการใช้งานสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบพกพา แม้ว่าแบตเตอรี่ชนิดนี้จะใช้ได้ไม่ดีเทียบเท่ากับแบตเตอรี่ประเภทไนแคดหรือนิกเกิล-เมทัลไฮไดรตในช่วงอุณหภูมิต่ำและค่ากำลังต่อน้ำหนักและปริมาตรจะไม่สูงนักก็ตาม ในปัจจุบันส่วนแบ่งตลาดของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีมากที่สุดในกลุ่มของแบตเตอรี่แบบอัดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ทั้งหมด

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนในปัจจุบันใช้ LiCoO_2 โลหะออกไซด์อื่น ๆ หรือสารประกอบฟอสเฟตเช่น LiMn_2O_4 (LMO), LiNiO_2 (LNO), Li-Mn-Ni-Co-O_2 (NMC), LiFePO_4 เป็นขั้วบวกและคาร์บอนเป็นขั้วลบ มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ของเกลือที่มี Li^+ เป็นส่วนประกอบเป็นอิเล็กโทรไลต์ ปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดไฟฟ้าในแบตเตอรี่ชนิดนี้เกิดจากการแพร่ของ Li^+ จากขั้วลบที่มีพลังงานศักย์ทางเคมีสูงไปยังขั้วบวกซึ่งมีพลังงานศักย์ต่ำกว่า หากแต่การแพร่ของสารนั้นจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อประจุรวมของสารที่แพร่ทั้งหมด (ไอออนบวก ไอออนลบ และอิเล็กตรอน) มีค่าเป็นกลาง เนื่องจากอิเล็กโทรไลต์ไม่สามารถเป็นสื่อนำอิเล็กตรอนได้ การแพร่ของ Li^+ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีวงจรภายนอกต่อให้อิเล็กตรอนวิ่งผ่านจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ก่อให้เกิดไฟฟ้าที่เราสามารถนำไปใช้ได้

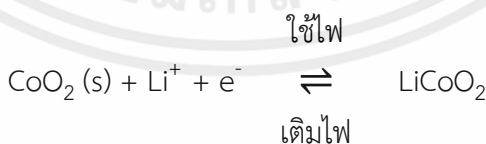
ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ



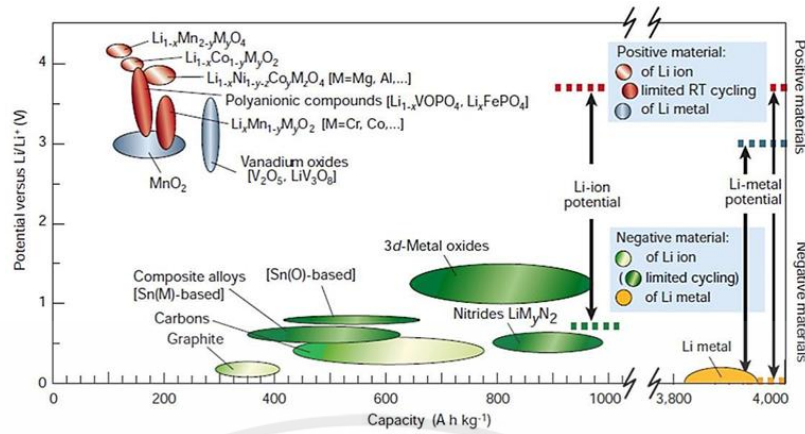
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกคือ



นอกจากนี้นักวิจัยได้พัฒนานำวัสดุชนิดใหม่มาใช้ในส่วนต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน เช่น Li-Mn-Ni-Co-O_2 ใช้เป็นวัสดุสำหรับขั้วบวกและ Metal-based oxide หรือวัสดุประเภท โลหะ เช่น ดีบุก (Sn) หรือซิลิกอน (Si) เพื่อใช้เป็นขั้วลบแทนที่คาร์บอนดังแสดงในรูปที่ 2.25 เพื่อพัฒนาแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและราคาถูกลง



รูปที่ 2.25 ประเภทของแอโนด (สีเขียว) และแคโทดสำหรับแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน

การค้นหาววัสดุที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากจะช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการนำไปใช้ต่อในรถยนต์หรือโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่ที่ดีต้องมีน้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพในการถ่ายโอนประจุลิเทียมให้แก่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้ว ยิ่งแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพมากเท่าไร ลิเทียมไอออนก็จะสามารถเข้าสู่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้วระหว่างรอบการอัดประจุแต่ละครั้งได้มากขึ้น ปัจจุบันแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนใช้กราไฟต์ ซึ่งพัฒนามาจากคาร์บอนเพื่อทำเป็นขั้วลบ โดยแต่เดิมนั้นนิยมใช้ขั้วลบที่ทำมาจากซิลิกอนมากกว่า เนื่องจากมีความจุไฟฟ้ามากกว่าประเภทที่ทำจากกราไฟต์ถึง 10 เท่า อย่างไรก็ตามขั้วลบที่ทำจากกราไฟต์นั้นมีความเสถียรมากกว่า

ถึงแม้แบตเตอรี่ลิเทียมจะได้รับความนิยมใช้กับอุปกรณ์หลากหลายรูปแบบ แต่อายุการใช้งานก็ยังน้อยเกินไป โดยปัญหา การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นมาจากส่วนประกอบหลัก คือ ขั้วลบ (anode) โดยในแต่ละรอบการประจุไฟ ใหม่ นั้น ขั้วลบจะมีการพองและยุบตัวสลับกันไปมา เมื่อมีการพองและยุบตัวจากรอบการประจุหลายๆ ครั้ง ก็จะเกิดรอยแตกขึ้นที่ตัวขั้วลบ จนกระทั่งรอยแตกดังกล่าวขยายใหญ่จนแยกออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ทั้งนี้ Scott White นักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Illinois ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอโครงการวิจัยที่จะทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสามารถซ่อมแซมตัวเองได้เมื่อขั้วลบเกิดการแตกร้าว โดยวิธีการที่ถูกนำมาใช้คือ การนำเม็ดพลาสติกขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า microspheres ที่มีการผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษ ใส่เข้าไปในชั้นกราไฟต์ของขั้วลบในระหว่างขั้นตอนการผลิต หลังจากนั้นเมื่อแบตเตอรี่ลิเทียมก่อนดังกล่าวมีการใช้งานไปจนถึงระยะเวลาที่ขั้วลบจะเกิดรอยแตก ชั้นเคลือบพลาสติกดังกล่าวก็จะแตกออก และโลหะที่เป็นอัลลอยเหลวจะไหลออกมาประสานช่องว่างที่เกิดขึ้นบนรอยแตกของขั้วลบ ทำหน้าที่เป็นเสมือนสะพานให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลข้ามผ่านไปได้ นอกจากนี้ Scott White ยังได้นำเสนอวิธีการช่วยบรรเทาอาการแบตเตอรี่ระเบิดอันเกิดจากการลัดวงจรอีกด้วย โดยการใช้เม็ดพลาสติกที่ทำจากโพลีเอทิลีน (polyethylene) ฝังไว้ทั้งในส่วนของขั้วแบตเตอรี่และภายในวงจรของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่เกิดการลัดวงจร จนกระทั่งมีความร้อนสะสมถึงระดับ 105 องศาเซลเซียส ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ดโพลีเอทิลีนที่ฝังอยู่ก็จะละลายไปเคลือบในส่วนของแผงวงจร ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลเข้าสู่แผงวงจรได้ทำให้เกิดความร้อนสะสม และช่วยระงับการเกิดระเบิดของแบตเตอรี่ได้

นอกจากนี้ บริษัท Leyden Energy ได้พัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดใหม่ที่มีความหนาแน่นของพลังงาน 225 วัตต์-ชั่วโมง ต่อกิโลกรัม หรือเกือบสองเท่าของแบตเตอรี่ลิเทียมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งมักจะมีค่าความหนาแน่นพลังงานน้อยกว่า 120 วัตต์- ชั่วโมงต่อกิโลกรัม แบตเตอรี่ชนิดนี้ใช้กราฟไฟต์เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้า และมีซีเดียมเอไมต์ในอิเล็กโทรไลต์ โดยเหตุผลที่ใช้กราฟไฟต์เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการเก็บกระแสไฟฟ้าแบบเดิมนั้น อะลูมิเนียมจะถูกกัดกร่อนด้วยซีเดียมเอไมต์ ความหนาแน่นพลังงานในแบตเตอรี่ยังคงเป็นปัญหาต่ออุตสาหกรรมยานยนต์อยู่มาก เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์ รวมไปถึงผู้ผลิตแบตเตอรี่ และผู้ใช้งานเองต้องการแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นพลังงานสูง แต่ขณะเดียวกันแบตเตอรี่ที่พวกเขาต้องการก็ต้องมีขนาดเล็กด้วยและที่สำคัญต้องไม่เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ (ปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนยังมีราคาค่อนข้างสูง) ถ้าเทคโนโลยีนี้สามารถพัฒนาเพิ่มความหนาแน่นของพลังงานได้จริงก็ถือเป็นข่าวดีในวงการยานยนต์ไฟฟ้าเลยทีเดียว

ในปัจจุบันแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนนิยมนำมาใช้ในการเก็บและให้พลังงานในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้มีข้อจำกัดเรื่องช่วงเวลาในการใช้งานและการประจุไฟ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการประจุไฟใหม่นานและให้พลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นหลายปีที่ผ่านมาจึงได้มีการวิจัยพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดใหม่ที่จะใช้ทดแทนแบตเตอรี่ประเภทเดิม เช่น การพัฒนาแบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์ (Lithium-air) แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเพิ่มช่วงเวลาการใช้งานของยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากความหนาแน่นพลังงานสูง โดยตามทฤษฎีแล้วจะเทียบเท่ากับความหนาแน่นพลังงานของน้ำมันเชื้อเพลิง

แบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์ ถูกพัฒนาขึ้นที่ 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 ขั้วลบนี้เบากว่าแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนทำให้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียม-แอร์มีความหนาแน่นพลังงานสูง

จากผลการวิจัยได้พิสูจน์ว่าความหนาแน่นกระแสของแบตเตอรี่แบบลิเทียม-แอร์ มีค่า 600 mAh/g ซึ่งมากกว่าค่าความหนาแน่นกระแสของแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 ถึง 150 mAh/g แต่ข้อจำกัดของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ จำนวนครั้งในการอัดประจุใหม่ซึ่งสามารถอัดประจุได้เพียงประมาณ 50 ครั้ง โดยปัญหาสำคัญของการอัดประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่แบบลิเทียม-แอร์นี้คือการที่จะต้องเปลี่ยนลิเทียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นให้กลับไปเป็นลิเทียม ซึ่งในปัจจุบันนักวิจัยสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนได้โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 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
- ต้องมีอุปกรณ์และโครงสร้างด้านความปลอดภัย จึงทำให้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนไม่ทนทานเท่ากับแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม

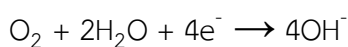
2.3.5 แบตเตอรี่ประเภทเมทัล-แอร์ (Metal-Air Battery)

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

ขั้วลบ (แอโนด)



ขั้วบวก (แคโทด)

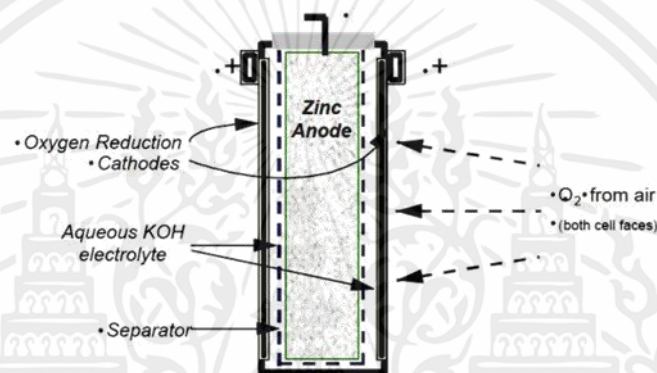


ในทางทฤษฎีแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air มีความหนาแน่นพลังงานสูงถึง 1,330 Wh/kg

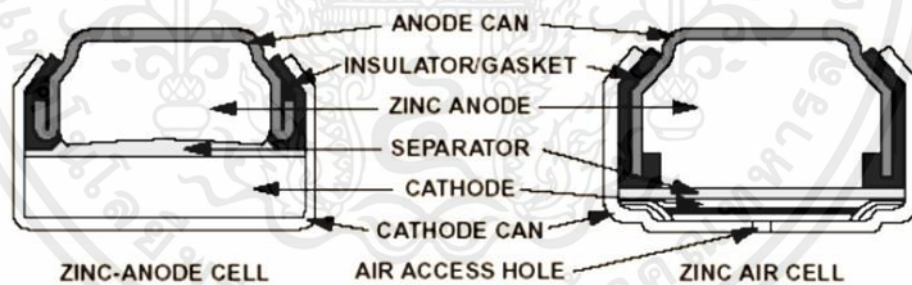
โดยโครงสร้างของแบตเตอรี่ Zn-Air ดังแสดงในรูปที่ 2.26 ในระหว่างการคายประจุสังกะสีที่แอโนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำปฏิกิริยาเกิดออกไซด์ของสังกะสีและที่ขั้วแคโทดออกซิเจนจะถูกออกซิไดซ์เป็นไฮดรอกไซด์ โดยเซลล์ประเภทนี้ต้องมีทางให้ออกซิเจนซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทดผ่านเข้ามาทำปฏิกิริยาระหว่างการคายประจุดังแสดงในรูปที่ 2.27 ทั้งนี้แบตเตอรี่ Zn-Air เชิงพาณิชย์มีจำหน่ายแล้ว ตัวอย่างเช่น บริษัท Energizer และ Duracell จำกัด โดยแบตเตอรี่ Zn-Air ของบริษัท Energizer จำกัด มีค่าความหนาแน่นพลังงาน 890 Wh/L และค่าพลังงานจำเพาะ 345 Wh/kg ซึ่งเห็นได้ว่าคุณสมบัติสูงมากเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น สถานภาพปัจจุบันของการพัฒนาแบตเตอรี่ Zn-Air เพื่อใช้กับยานยนต์ไฟฟ้ามี 2 บริษัทที่กำลังอยู่ในขั้นตอนพัฒนา ได้แก่ บริษัท EOS Energy จำกัด และ บริษัท Revolt Technology จำกัด



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air

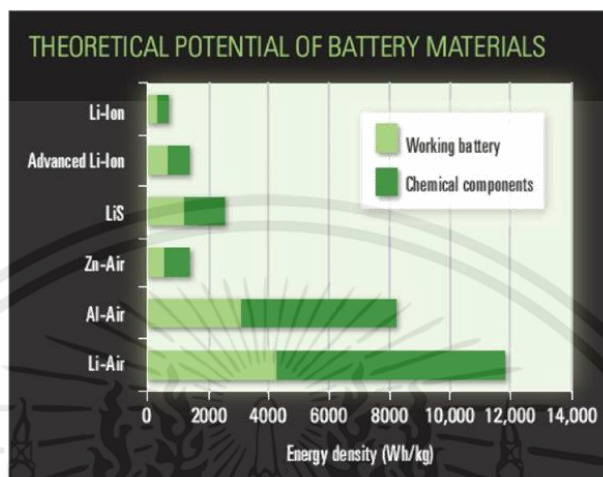


รูปที่ 2.27 การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบตเตอรี่ที่ใช้ Zn เป็นขั้วแอโนดและแบตเตอรี่ Zn-Air

นอกจากแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air แล้ว แบตเตอรี่ประเภท Li-Air เป็นแบตเตอรี่อีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความสนใจในการนำมาพัฒนาเพื่อใช้กับยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้โดยทฤษฎีแล้ว แบตเตอรี่ Li-Air มีความหนาแน่นพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ Zn-Air ประมาณ 9 เท่า (ค่าความหนาแน่นพลังงานทางทฤษฎีของแบตเตอรี่ Li-Air เท่ากับ 11,148 Wh/kg) ทั้งนี้สมรรถนะของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ประเภท สามารถเปรียบเทียบกับทฤษฎีดังแสดงในรูปที่ 2.28 ในการพัฒนาแบตเตอรี่ Li-Air สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า บริษัท IBM จำกัด ได้ประกาศว่าจะพัฒนาแบตเตอรี่ Li-Air สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าโดยมีเป้าหมายให้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ 500 ไมล์ (ประมาณ 800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลเมตร) ต่อการเก็บประจุ 1 ครั้งภายใต้ชื่อโครงการ Battery 500 โดยแบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความหนาแน่นพลังงานทางทฤษฎีสูงถึง 1300 Wh/kg ซึ่งสถานะปัจจุบันอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา และ บริษัท IBM จำกัด คาดว่าจะสามารถพัฒนาให้ใช้ได้จริงภายในช่วงปี ค.ศ. 2020-2030



รูปที่ 2.28 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ทำได้จริงกับทางทฤษฎี

โดยสรุป หากพิจารณาเปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.2 พบว่ามีเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่มีความเหมาะสมกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว เช่น แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนซึ่งมีความจุพลังงานสูงที่สุดสุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยานยนต์ทั้งหมด มีอายุการใช้งานนานกว่า อัตราประจุไฟฟ้าได้รวดเร็วกว่า ความต่างศักย์สูงกว่าซึ่งส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องต่อแบตเตอรี่หลายเซลล์ และต้องการการดูแลรักษาที่น้อยกว่าแบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วและแบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล ทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันสำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Pike Research จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่กรดตะกั่วยังคงได้รับความนิยมสำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากลักษณะของการใช้และกลุ่มผู้ซื้อ ซึ่งมักซบซึบในระยะใกล้ และเป็นตลาดซึ่งคำนึงถึงราคาและค่าใช้จ่ายเมื่อซื้อเป็นหลัก แม้ว่าหากคำนึงถึงระยะยาวแล้วราคาของแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนต่อจำนวนครั้งในการใช้งานจะถูกกว่าเมื่อใช้งานในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย

หากพิจารณาถึงห่วงโซ่คุณค่าในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า พบว่ากระบวนการผลิตแบตเตอรี่ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.29 ได้แก่

1. การผลิตชิ้นส่วนของเซลล์ เช่น ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด เป็นต้น
2. การผลิตและการประกอบเซลล์แบตเตอรี่
3. การผลิตโมดูลแบตเตอรี่ หมายถึง การเชื่อมต่อเซลล์แบตเตอรี่เข้าด้วยกันเป็นโมดูล

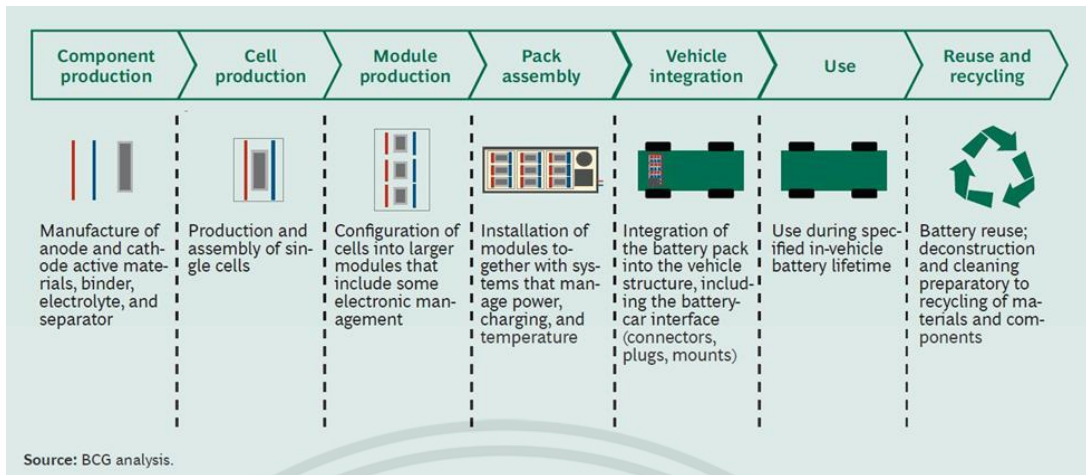
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การประกอบแพ็คแบตเตอรี่ หมายถึง การติดตั้งโมดูลแบตเตอรี่เข้าด้วยกันกับระบบบริหารจัดการการอัดประจุไฟฟ้า การจ่ายประจุไฟฟ้า และการควบคุมอุณหภูมิระหว่างใช้งาน
5. การติดตั้งแพ็คแบตเตอรี่เข้ากับยานยนต์ไฟฟ้า
6. การใช้งานแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า
7. การนำกลับมาใช้ใหม่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพและไม่เหมาะสมกับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 2.2 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% ⁵		
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 ท่วงโซ่คุณค่าสำหรับแบตเตอรี่สำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

2.3.6 เทคโนโลยีระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

ในการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย จำเป็นต้องอาศัยการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ โดยอุปกรณ์หนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการพลังงาน เรียกว่า “ระบบ บริหารจัดการแบตเตอรี่” 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Cell protection คือการตัดการทำงานของแบตเตอรี่ เมื่ออยู่ในสถานะอันตราย เช่น แรงดันเกิน (Over-voltage) กระแสเกิน (Over-current) อุณหภูมิสูงเกิน (Over-temperature) และ แรงดันต่ำ (Undervoltage) เป็นต้น

3. Cell balancing คือการปรับให้เซลล์แต่ละเซลล์มีพลังงานเท่าๆ กันระหว่างการอัดและคายประจุไฟฟ้า

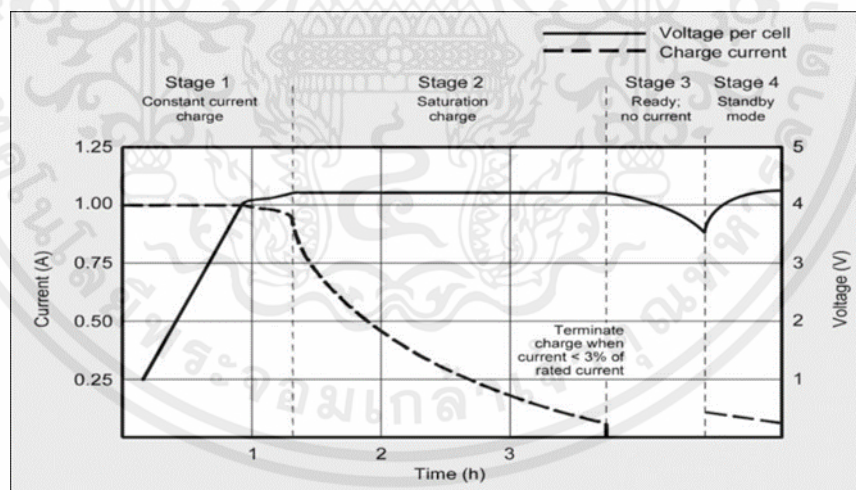
ในการใช้งานแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน ซึ่งเป็นประเภทแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าจะต้อง มีการอัดประจุไฟฟ้าตามวัฏจักร ดังแสดงในรูปที่ 2.30 ซึ่งแบ่งการอัดประจุไฟฟ้าออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 Constant current charge คือ การอัดประจุไฟฟ้าด้วยกระแสคงที่ จนกว่าแรงดันจะเข้าสู่ค่าที่กำหนด

ระยะที่ 2 Saturation charge เมื่อแรงดันเข้าสู่ค่าที่กำหนด แรงดันจะคงที่จนกระทั่งอัดประจุได้เต็ม ในขณะที่เดียวกันนั้น กระแสจะลดลงไปเรื่อย ๆ

ระยะที่ 3 Ready; no current เมื่ออัดประจุจนเต็มแล้ว กระบวนการอัดประจุจะหยุดลง

ระยะที่ 4 Standby mode เมื่ออัดประจุเรียบร้อยแล้ว และแบตเตอรี่ยังไม่ได้ถูกใช้งาน แรงดันจะลดลง จึงมีระยะนี้ไว้เพื่ออัดประจุกลับไปให้เต็มอีกครั้ง



รูปที่ 2.30 ขั้นตอนการอัดประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

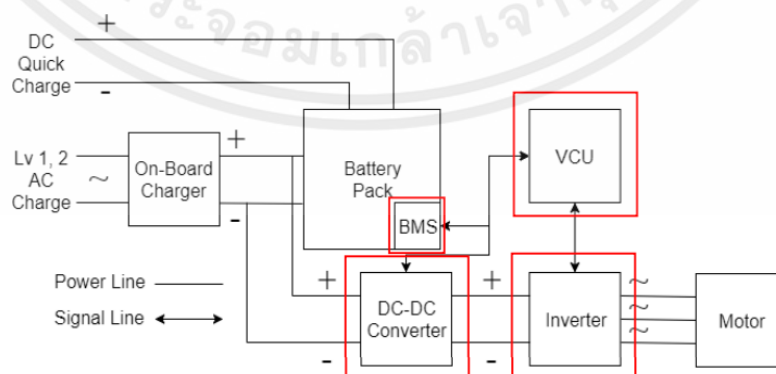
ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น และจะแสดงผลสถานะของแบตเตอรี่ (Cell monitoring) โดยอ่านค่าแรงดันของแต่ละเซลล์ และอ่านค่าอุณหภูมิของของ แบตเตอรี่ก่อนส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลให้ผู้ขับขี่ต่อไป สำหรับขั้นตอน การปรับสมดุลของแต่ละเซลล์ (Cell balancing) จะเริ่มจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจสอบค่า แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์และเมื่อต้องการที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับความสมดุลของแต่ละเซลล์ BMS จะตรวจสอบว่าเซลล์ ไตที่มีค่าแรงดันมากกว่าเซลล์อื่น และเซลล์นั้นจะถูกปรับลดแรงดันลงให้มีค่าแรงดันเท่าเซลล์อื่น ๆ และสำหรับ หน้าที่การป้องกันความเสียหายของเซลล์แบตเตอรี่ (Cell protecting) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะอ่านค่า แรงดันของแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่อ่านได้มีค่าต่ำกว่าที่กำหนด หรืออุณหภูมิที่วัดได้สูงเกินกว่าที่กำหนด จะมีสัญญาณเตือนดังขึ้น และหากในขณะที่อัดประจุไฟฟ้า ถ้าแบตเตอรี่เกิดการอัดประจุเกิน (Overcharge) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะส่งสัญญาณไปที่สวิตช์รีเลย์เพื่อตัดวงจรการอัดประจุให้หยุดทำงาน โดยสรุป ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่มีความสำคัญต่อการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย เนื่องจากระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของเซลล์แบตเตอรี่ ปรับความสมดุลของเซลล์แต่ละเซลล์ และตัดการทำงานของแบตเตอรี่หากตรวจพบการทำงานที่ผิดปกติ

2.4 ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า

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 ยังสามารถปรับแต่งรูปแบบการทำงานย่อยเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการขับเคลื่อนหรือการประหยัดพลังงานได้อีกจากที่กล่าวมาข้างต้น การทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลังจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ย่อยต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 2.31 ส่วนประกอบในการทำงานของชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง

2.4.1 Vehicle Control Unit (VCU)

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

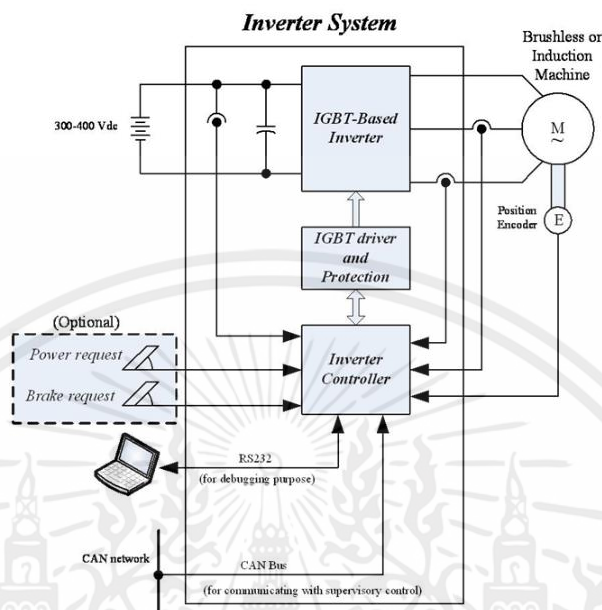
2.4.2 Inverter

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

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.35 จะเป็นชนิดแหล่งจ่ายแรงดันหรือ Voltage-source inverter ซึ่งอินเวอร์เตอร์แบบนี้สามารถต่อชุดแบตเตอรี่เข้าทางขาเข้า (Input) ของอินเวอร์เตอร์ได้โดยตรง โดยทั่วไปวงจรกำลังจะประกอบขึ้นจากสวิตช์กำลังชนิด IGBT เป็นหลัก อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแบตเตอรี่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่โดยทั่วไปมีรูปคลื่นเป็นแรงดัน PWM การควบคุมแรงดัน PWM ให้เหมาะสมกับมอเตอร์กระแสสลับนี้เป็นหน้าที่หลักของชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ (Inverter controller) ที่จะประมวลผลสัญญาณเข้าและสัญญาณป้อนกลับต่าง ๆ แล้วสั่งการทำงานวงจรกำลังผ่านทางวงจรขับ IGBT (IGBT driver) ในอินเวอร์เตอร์พิกัดกำลังค่อนข้างสูงที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้านั้น มักจะมีวงจรป้องกันในตัวเองเพื่อไม่ให้สวิตช์กำลังเกิดความเสียหายโดยง่าย อินเวอร์เตอร์ที่มีสมรรถนะสูง ๆ นั้น โดยทั่วไปใช้หลักการควบคุมแบบเวกเตอร์ (Vector control) เพื่อให้สมรรถนะไดนามิกส์ที่ดี หลักการสำคัญของการควบคุมแบบเวกเตอร์คือการควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ได้ตามต้องการ ซึ่งเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้กับการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

คำสั่งสัญญาณเข้าสำคัญที่จะต้องกล่าวถึงคือ ความต้องการกำลัง (Power request) และความต้องการเบรก (Brake request) ซึ่งสัญญาณนี้อาจส่งมาจาก คันเร่งหรือคันเบรกโดยตรง ซึ่งเหมาะสมกับระบบยานยนต์ไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อน หรืออาจได้รับการสื่อสารผ่านระบบ CAN bus

แม้ว่าโครงข่าย CAN bus โดยทั่วไปจะเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญในระบบยานยนต์ไฟฟ้า แต่คำสั่งเร่งและเบรก มักจะถูกส่งมาจากระบบควบคุมยานยนต์หลัก หรือ Supervisory control



รูปที่ 2.32 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

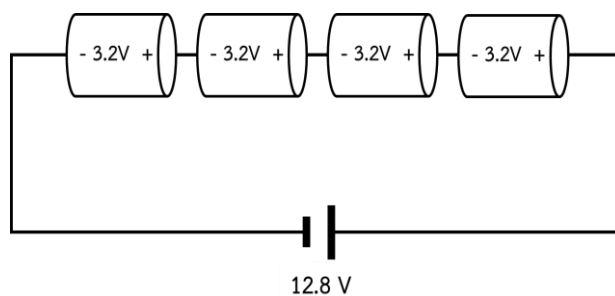
2.4.3 DC-DC Converter

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

2.4.4 Battery Management System

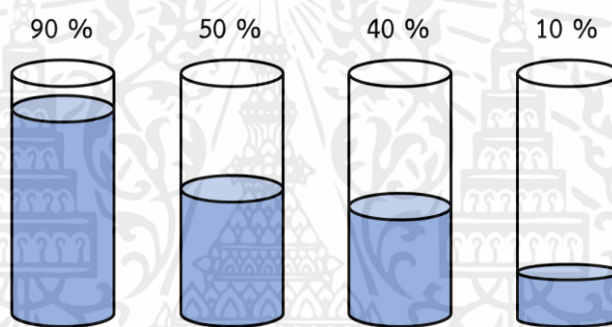
Battery Management System (BMS) หรือ ระบบการจัดการแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ในการ Maintain balance cell battery เพื่ออัดไฟให้เต็มมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ โดยการวัดกระแส และการวัดแรงดัน

เมื่อเราต้องการแบตเตอรี่ที่มีแรงดันมากขึ้น เราจึงต้องนำแบตเตอรี่หลาย ๆ ก้อนมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่เราต้องการ เช่น เมื่อต้องการแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟสที่แรงดัน 12V จะต้องต่ออนุกรมกัน ทั้งหมด 4 ก้อน จะได้ $3.2V \times 4S = 12.8V$ (แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟส 3.2V ต่อก้อน) ดังแสดงในรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

จากรูปที่ 2.33 เราจะได้แรงดันไฟฟ้าจากการต่อแบตเตอรี่แบบนี้ คือ 12 โวลต์ ดูแล้วไม่น่าจะมีปัญหาอะไร แต่ในความเป็นจริง ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อนจะไม่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อน

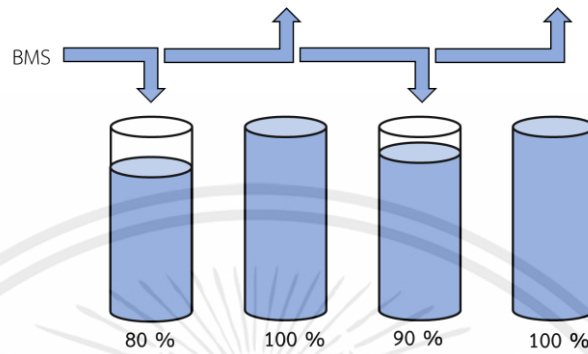
ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน เมื่อแบตเตอรี่ก้อนใดก้อนหนึ่งหมดก่อน (ก้อน 10%) แบตเตอรี่ก้อนนั้นจะเกิดความเสียหายได้ เพราะจ่ายกระแสไฟฟ้าเกิดกว่าความจุของตัวเอง เนื่องจากก้อนอื่น ๆ ยังจ่ายกระแสได้อยู่ หรือถ้าเรานำไปชาร์จไฟ ก้อนที่มีความจุมากที่สุด (ก้อน 90%) จะเกิด Over Charge ก็จะทำให้แบตเตอรี่ก้อนนั้นเกิดความเสียหายด้วยเหมือนกัน เนื่องจากก้อนอื่น ๆ ยังชาร์จอยู่ เราจึงต้องมีระบบ BMS (Battery Management System) เข้ามาช่วยจัดการแบตเตอรี่ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละก้อนที่มาต่อแบบอนุกรมกันนั้นมีปริมาณเท่ากันตลอดเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และยืดอายุของแบตเตอรี่

BMS จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า หรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อให้ได้แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละก้อนเท่ากันอยู่เสมอ (เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เท่ากัน หมายความว่าปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่จะเท่ากันด้วย) BMS จะมีอยู่ด้วยกันสองแบบ ซึ่งการทำงานจะต่างกัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

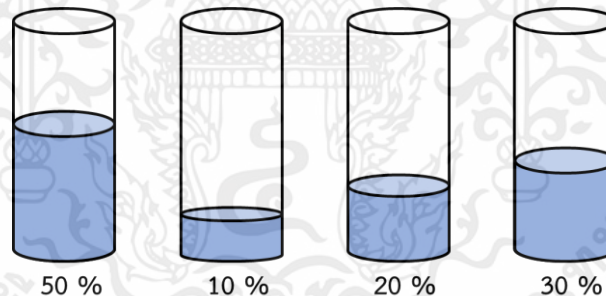
2.4.4.1 Passive balance

BMS แบบ Passive balance จะทำงานก็ต่อเมื่อมีแบตเตอรี่ เซลล์ใดเซลล์หนึ่งเต็ม BMS จะบายพาสกระแสไฟฟ้าของเซลล์นั้นทิ้งไป ดังแสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 การทำงานของ BMS แบบ Passive balance

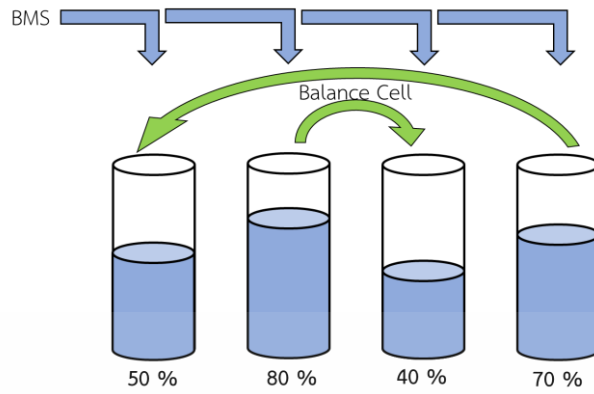
แต่เมื่อนำแบตเตอรี่ไปต่อใช้งาน วงจร BMS จะไม่ได้ทำหน้าที่อะไร ทำให้การคายประจุของแต่ละเซลล์ไม่ Balance กัน ส่งผลให้บางเซลล์ยังมีพลังงานเหลืออยู่ไม่ได้ใช้งาน ซึ่งจะทำให้การใช้งานแบตเตอรี่ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.36 การคายประจุจากการทำงานของ BMS แบบ Passive balance

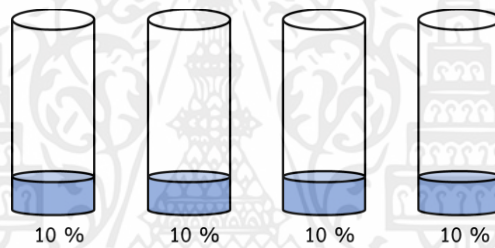
2.4.4.2 Active balance

BMS แบบ Active balance จะทำงานก็ต่อเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ต่างกัน หมายความว่า จะทำงานตลอดเวลาทั้งตอนชาร์จ และการนำไปต่อกับโหลด โดยเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ต่างกัน BMS จะทำการนำกระแสไฟฟ้าจากเซลล์ที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าไปชาร์จให้กับเซลล์ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าดังแสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 การทำงานของ BMS แบบ Active balance

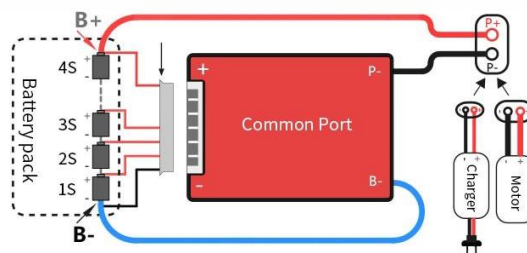
ทำให้ขณะที่นำไปใช้งานแบตเตอรี่ในทุกเซลล์จะคายประจุจนหมดพร้อม ๆ กัน ส่งผลทำให้ BMS แบบ Active balance มีประสิทธิภาพสูงกว่า BMS แบบ Passive balance



รูปที่ 2.38 การคายประจุจากการทำงานของ BMS แบบ Active balance

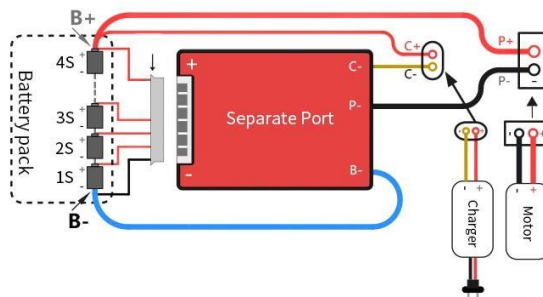
การใช้งานจริงในบางงานเราอาจไม่จำเป็นต้องใช้ Active balance ก็ได้ ใช้แค่ Passive balance ก็เพียงพอแล้ว เพราะราคาถูกว่าเยอะ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานแต่ละประเภท

ส่วนสายที่ต่อใช้งานจากตัว BMS จะมีทั้งแบบที่ใช้จุดต่อไปใช้งานร่วมกับจุดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ (Common Port) และแบบที่ใช้จุดต่อไปใช้งานแยกกับจุดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ (Separate Port) ขึ้นอยู่กับความต้องการในการเลือกใช้



(ก) แบบที่ใช้จุดต่อไปใช้งานร่วมกับจุดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ (Common Port)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) แบบที่ใช้จุดต่อไปใช้งานแยกกับจุดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ (Separate Port)

รูปที่ 2.39 การต่อใช้งาน BMS

2.5 เทคโนโลยีการประจุไฟฟ้า

การอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า เป็นการเชื่อมต่อยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่ออัดประจุพลังงานให้กับแบตเตอรี่เปรียบเทียบกับ การเติมน้ำมันของยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ลดลงไปตามการใช้งาน และหากพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่หมดลง ยานยนต์ไฟฟ้าก็ไม่สามารถขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าได้อีก ซึ่งในกรณียานยนต์ไฟฟ้าชนิดแบตเตอรี่ (BEV) จะไม่สามารถขับเคลื่อนต่อไปได้อีก แต่ในกรณียานยนต์ไฟฟ้าชนิด PHEV จะยังสามารถใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อขับเคลื่อนยานยนต์ต่อไปได้แต่ก็จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ผู้ใช้ยานยนต์ไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องทำการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เป็นระยะเพื่อเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ให้เพียงพอต่อการใช้งาน

2.5.1 การชาร์จประจุไฟฟ้า

การชาร์จประจุไฟฟ้าแบ่งตามระดับพลังงานที่ใช้ในการประจุแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.5.1.1 การชาร์จประจุไฟฟ้าแบบปกติ (Normal Charge)

เป็นการชาร์จประจุโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับโดยชาร์จผ่าน On Board Charger ซึ่งเป็นตัวบริหารระบบการชาร์จที่ติดตั้งอยู่ภายในรถยนต์ไฟฟ้านั้น ๆ ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยขนาดของ On Board Charger จะขึ้นอยู่กับขนาดของแบตเตอรี่ หรือยี่ห้อรถยนต์ ซึ่งมีผลในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า การประจุไฟฟ้า แบบปกติ (Normal Charging) แบ่งเป็น 2 ระดับ

1) การประจุไฟฟ้า ระดับที่ 1 (AC level 1 Charging) เป็นการประจุในรูปแบบมาตรฐานสำหรับประจุในที่อยู่อาศัย เป็นระดับที่ 1 จากสามระดับที่ระบุโดยมาตรฐาน SAE J1772

ซึ่งจะใช้ไฟกระแสสลับขนาด 120 VAC เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด การประจุไฟฟ้า ระดับที่ 1 จะกำหนดระดับของกำลังไฟฟ้าเทียบเท่ากับการใช้พลังงานในเครื่องปรับอากาศ การประจุไฟฟ้า ระดับ 1 เป็นการชาร์จโดยใช้ไฟฟ้า 1 เฟสและมีกำลังในการชาร์จมากที่สุด (Maximum Power) คือ 3kW และใช้เวลาในการชาร์จประจุประมาณ 8-12 ชั่วโมง เหมาะแก่การชาร์จแบบปล่อยทิ้งไว้หรือชาร์จข้ามคืน



รูปที่ 2.40 สายประจุไฟฟ้า ระดับที่ 1

2) การประจุไฟฟ้า ระดับที่ 2 (AC Level 2 Charging) การประจุในระดับที่ 2 นี้ จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงถึง 80 แอมป์ AC (วงจรรับกระแสไฟขนาด 100 แอมป์) โดยจะมีชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์โดยผ่านอุปกรณ์ on-board charger ที่จะแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เพื่อจ่ายเข้าไปในแบตเตอรี่ การประจุนี้ใช้ได้กับทั้งไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส มี (Maximum Power) คือ 14kW และใช้เวลาในการชาร์จประจุประมาณ 4 - 6 ชั่วโมง การชาร์จแบบนี้จะเหมาะสำหรับการชาร์จตามสถานีการชาร์จต่าง ๆ เช่น ในห้างสรรพสินค้า ในที่ทำงาน



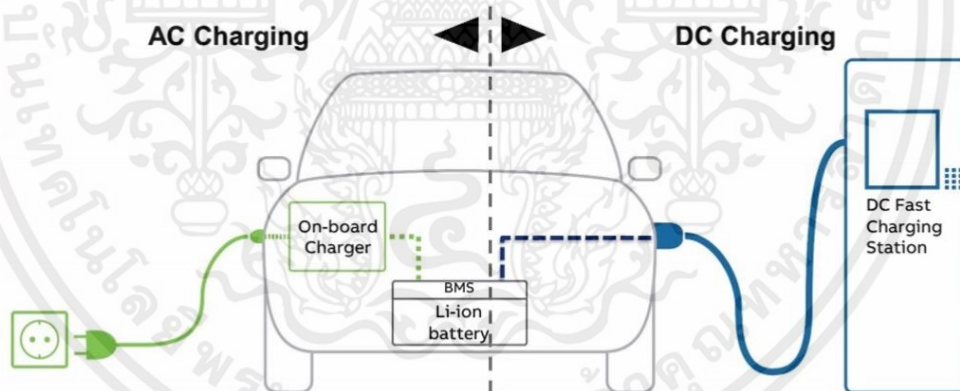
รูปที่ 2.41 ตัวอย่างเครื่องประจุไฟฟ้า ระดับที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 การชาร์จประจุไฟฟ้าแบบเร็ว (Quick Charge)

การประจุไฟฟ้าแบบเร็ว (Quick Charging) หรือ DC Fast Charging เป็นการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วจ่ายเข้าแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยตรง เทียบได้กับการประจุไฟฟ้าระดับที่ 3 ตามมาตรฐาน SAE กรณีนี้ช่วยให้อัตราการประจุไฟฟ้าเร็วขึ้นประมาณ 75% - 80% และใช้เวลาในการประจุเพียง 20 - 30 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแบตเตอรี่ด้วย แต่ด้วยค่ากระแสที่สูง จึงเป็นอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า แบบ Off board (ต่างกับแบบ On board ในสองกรณีที่ผ่านมา) ทั้งนี้ เพราะด้วยค่ากระแสที่สูง และจะมีความร้อนเกิดขึ้นจากการสูญเสียพลังงานทางไฟฟ้าในปริมาณมาก อุปกรณ์จึงต้องเป็นแบบ Off board อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าแบบ DC Fast charging ทำงานกับระบบไฟฟ้า แบบ 3 เฟส ขนาด 208 V หรือ 480 V มี (Maximum Power) มากถึง 200kW และใช้เวลาประมาณ 12 นาที – 2 ชั่วโมงในการชาร์จประจุ แบบนี้จะเหมาะกับจุดพักรถต่าง ๆ ที่จะมาแทนปั้มน้ำมัน

แบบ Level 1 และ 2 จะใช้มาตรฐานของ Society of Automotive Engineers (SAE) ส่วนในแบบ Level 3 จะใช้ของ Combined Charging System (CCS) , CHAdeMO (CHARge de MOve) และ Supercharger (for Tesla vehicles)



รูปที่ 2.42 การชาร์จประจุไฟฟ้าการชาร์จประจุไฟฟ้าแบบปกติ และการชาร์จประจุไฟฟ้าแบบเร็ว

2.5.1.3 การแบ่งประเภทการชาร์จตาม Mode

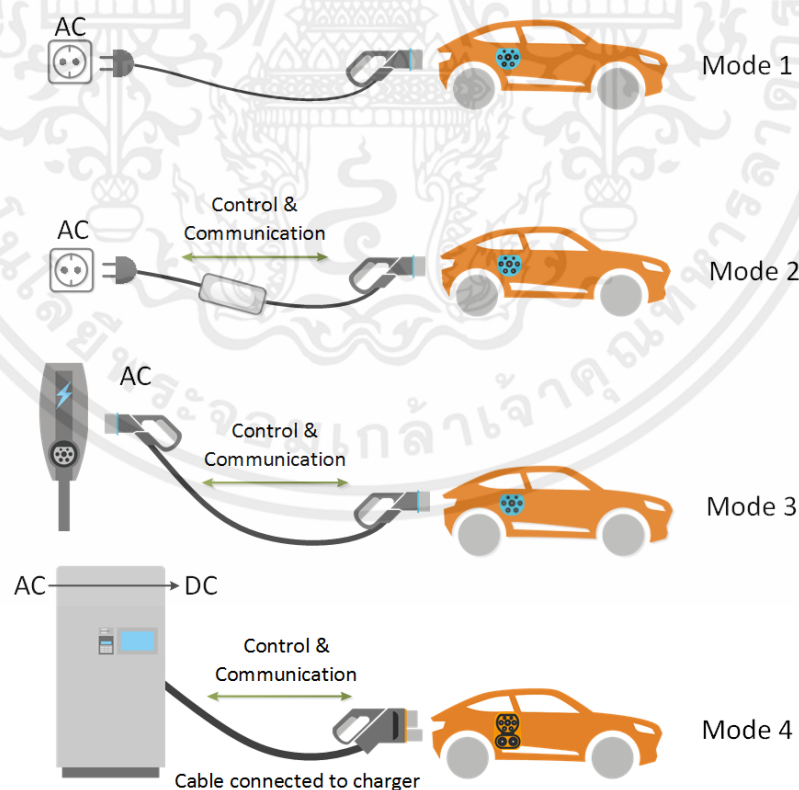
เป็นแบ่งการชาร์จโดยใช้ Protocol ที่บอกถึงความปลอดภัยระหว่างรถยนต์ไฟฟ้า และสถานีชาร์จประจุเป็นตัวแบ่งซึ่งการแบ่งชนิดนี้นิยมใช้กันทั่วโลก โดยแบ่งได้ 4 Mode ดังนี้
Mode 1 ยานยนต์ไฟฟ้าจะเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าผ่านเต้ารับจากที่อยู่อาศัยโดยตรง เป็นการอัดประจุไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย มีการติดตั้งสายดิน อุปกรณ์การตัดไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันการเกิด

กระแสไฟฟ้ารั่ว เนื่องจากการอัดประจุไฟฟ้าในโหมด 1 ใช้เวลาดำเนินการนานอาจทำให้เกิดความร้อนที่ตัวรับ และสายไฟฟ้าทำให้เกิดอันตราย จึงจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว

Mode 2 ยานยนต์ไฟฟ้าจะเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าผ่านตัวรับจากที่อยู่อาศัยโดยตรง เป็นการอัดประจุไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แบบ 1 เฟส หรือ 3 เฟส จะมีอุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยในการอัดประจุไฟฟ้าติดตั้งมาพร้อมกับสายเคเบิล ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายมากกว่าโหมด 1

Mode 3 ยานยนต์ไฟฟ้าจะเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีแผงควบคุมวงจรในการอัดประจุไฟฟ้า และควบคุมความปลอดภัยในการอัดประจุไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ได้ดีกว่า โหมด 1 และโหมด 2 ซึ่งการอัดประจุไฟฟ้าโหมดนี้สามารถพบเห็นได้ทั่วไปตามสถานีบริการอัดประจุไฟฟ้าสาธารณะที่สามารถจอดรอเป็นระยะเวลานานได้ เช่น ห้างสรรพสินค้าที่ทำงาน เป็นต้น

Mode 4 ยานยนต์ไฟฟ้าจะเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เข้าสู่แบตเตอรี่โดยตรง โดยเครื่องจะมีระบบควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า ควบคุมความปลอดภัย และสายเคเบิลที่ติดตั้งมากับเครื่องอัดประจุไฟฟ้า จึงทำให้การอัดประจุไฟฟ้าโหมดนี้มีความรวดเร็ว และมีความปลอดภัยมากที่สุด สามารถพบเห็นได้ในสถานีบริการอัดประจุไฟฟ้า

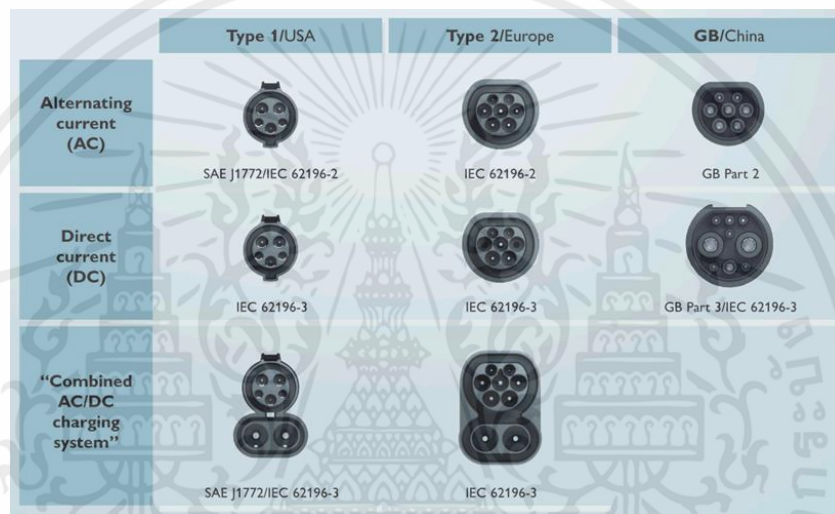


รูปที่ 2.43 รูปแบบการชาร์จประจุไฟฟ้าในโหมดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 มาตรฐานของอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า

มาตรฐานของสถานีประจุไฟฟ้า ในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็น ยุโรป อเมริกา ญี่ปุ่น และ จีน มีการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยกำหนดตามการใช้งาน เนื่องจากแต่ละประเทศมีความแตกต่างด้านระดับแรงดันของไฟฟ้า, รูปแบบของเครื่องมือและอุปกรณ์ จึงมีส่วนทำให้มาตรฐานและการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของยานยนต์ไฟฟ้าแตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 2.44 มาตรฐานของอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าประกอบด้วยสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และ จีน และจะมีลักษณะของอุปกรณ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละประเภทของการประจุไฟฟ้า



รูปที่ 2.44 มาตรฐานของอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า

2.5.2.1 เทคโนโลยีของสหภาพยุโรป : มาตรฐาน IEC 62196

มาตรฐาน IEC62196 เป็นมาตรฐานที่ควบคุมในส่วนของหัวปลั๊ก เติร์รับ มาตรฐานนี้ โดยเบื้องต้นกล่าวถึงโหมดการประจุ การกำหนดค่าการเชื่อมต่อและข้อกำหนดที่เฉพาะเจาะจงซึ่งรวมถึงในส่วนของความปลอดภัยของทั้งยานยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า (EVSE) เช่น ไฟจะไม่เข้าระบบ (ประจุไม่เข้า) หากการต่อสายยังไม่เรียบร้อยและขณะประจุรถจะต้องไม่มีการเคลื่อนที่

มาตรฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Charging modes) ที่ใช้ในสหภาพยุโรป

- 1) SAE J1772 (Northern America) ชื่อหัวปลั๊ก Yazaki connector
- 2) VDE-AR-E 2623-2-2 (Europe) ชื่อหัวปลั๊ก Mennekes connector
- 3) JEVS G105-1993 (Japan) ชื่อหัวปลั๊ก CHAdeMO
- 4) Scame connector (Italy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 เทคโนโลยีของสหรัฐอเมริกา : มาตรฐาน SAE J1772

SAE J1772 (IEC ประเภท 1) เป็นมาตรฐานของอเมริกาเหนือ สำหรับหัวปลั๊กไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ดูแลโดย SAE International ที่มีชื่ออย่างเป็นทางการว่า "SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1772, SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler" เป็นมาตรฐานที่ครอบคลุมในเรื่องของข้อมูลทั่วไปด้านกายภาพ, ด้านไฟฟ้า, การสื่อสาร และข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพสำหรับระบบประจุไฟฟ้า และอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า รวมไปถึงข้อกำหนดลักษณะของระบบการประจุนยานยนต์ไฟฟ้า ข้อกำหนดในตัวฟังก์ชันและส่วนประกอบของหัวปลั๊กไฟฟ้า

มาตรฐาน J1772 ของเต้ารับและหัวปลั๊ก ในมาตรฐานนี้จะพูดถึงการเชื่อมต่อจากสถานีประจุไฟฟ้า จากโครงข่ายไฟฟ้าและบ้านอยู่อาศัย เน้นความปลอดภัยสูงขณะประจุมิมีการตั้งค่าในการประจุอยู่ที่ 80A ใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 240 V ในปัจจุบันพบว่าการใช้งานอยู่ในการประจุไฟฟ้าระดับ 1 แต่การใช้งานจริงน้อยกว่า 30 A และมาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานที่ผู้ผลิตรายานยนต์ไฟฟ้าใช้ไปทั่วโลกนิยมใช้



รูปที่ 2.45 รายละเอียดของ J1772 connector และ EV Socket

มาตรฐาน J1772 Combo (AC/DC) มีความซับซ้อนมากขึ้น ตัวอย่างเช่น สายเคเบิลที่ใช้ในการจ่ายพลังงานที่ใช้ DC ให้กับยานยนต์ไฟฟ้า และต้องมีฉนวนไฟฟ้าสำหรับการแยกแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำสุด $1.25 \text{ M}\Omega$ นอกจากนี้โปรโตคอลการสื่อสารสถานีและการประจุนยานยนต์ไฟฟ้า และต้องได้รับการปกป้องการลัดวงจรและการปล่อยไฟฟ้าสถิตที่อาจเกิดขึ้นได้ มาตรฐาน J1772 Combo socket ที่ทำงานร่วมกันได้ดังรูปที่ 2.47 ที่แสดงถึงปลั๊กมาตรฐาน J1772 (AC) และ ปลั๊กแบบ Combo (AC/DC) ว่าเสียบเข้าได้กับเต้ารับที่กำหนด



รูปที่ 2.46 รายละเอียดของ J1772 Combo connector และ Combo EV Socket

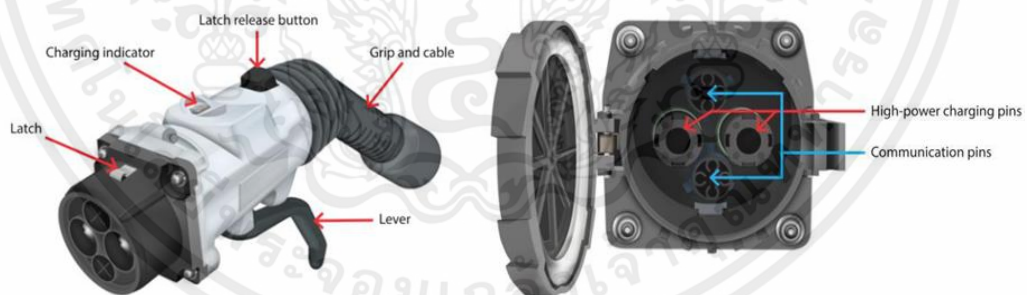
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.47 การทำงานร่วมเข้ากันได้ของมาตรฐานของ Combo socket และ Combo connectors

2.5.2.3 เทคโนโลยีของญี่ปุ่น : มาตรฐาน CHAdeMO

CHAdeMO เป็นมาตรฐานที่ถูกสร้างขึ้นโดยบริษัท The Tokyo Electric Power Company, Nissan, Mitsubishi และบริษัท Fuji Heavy Industries (The Manufacturer of Subaru vehicles) ซึ่งเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบรวดเร็วของยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศญี่ปุ่น ลักษณะหัวปลั๊กเป็นตามรูปที่ 2.48 ในส่วนของ Communication pins จะเป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณผ่านโปรโตคอล CAN bus ส่วน High Power Charging pins จะเป็นตัวรับพลังงานระดับสูงที่ใช้ในการประจุ โดยถูกออกแบบมาเพื่อส่งกำลังไฟฟ้าสูงถึง 62.5 กิโลวัตต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านขั้วไฟฟ้าพิเศษ ทำให้ในการผลิตและออกแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อนั้น มุ่งเน้นในการติดตั้งเครื่องประจุไฟฟ้าและอุปกรณ์เชื่อมต่อที่มีความรวดเร็ว ตัวเต้ารับก็มีลักษณะเดียวกันดังรูปที่ 2.48



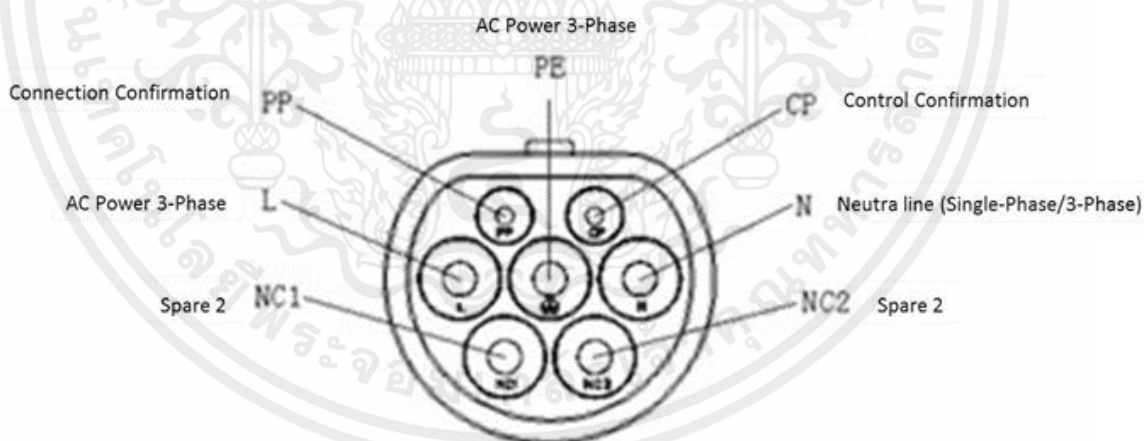
รูปที่ 2.48 หัวปลั๊กและเต้ารับตามมาตรฐาน CHAdeMO

ในส่วนของอุปกรณ์เชื่อมต่อของ CHAdeMO นั้นจริง ๆ แล้วเป็นรูปแบบของ DC Fast charging ที่มีไฟฟ้าแรงสูง มีขนาดมากกว่า 500 VDC และมีกระแสไฟฟ้าสูงถึง 125 แอมป์ อุปกรณ์จึงต้องใช้มาตรฐานทั้ง 2 รูปแบบ กล่าวคือใช้มาตรฐาน DC Fast charging ของญี่ปุ่นคือ CHAdeMO และมาตรฐาน AC Level 2 ของ SAE J1772

2.5.2.4 เทคโนโลยีของจีน : มาตรฐาน GB/T

เป็นมาตรฐานระดับชาติที่ออกโดย Standardization Administration of China (SAC) และคณะกรรมการแห่งชาติจีนของ ISO และ IEC มีชื่อว่า GB ซึ่งย่อมาจาก Guobiao ถูกมาตรฐานที่จีนใช้บังคับมีคำนำหน้า "GB" มาตรฐานที่แนะนำมีคำนำหน้า "GB /" และตามด้วยหมายเลขของมาตรฐานนั้น เช่น "GB-XXXX" หรือ "GB/T-XXXX" ซึ่งมาตรฐาน GB เป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ต้องได้รับการรับรองจากประเทศจีน หรือ China Compulsory Certificate (CCC) ถ้าไม่มีมาตรฐาน GB ที่สอดคล้องกับการรับรองของ China Compulsory Certificate (CCC) จะไม่อนุญาตให้ใช้งาน

ข้อกำหนดของมาตรฐานของจีน ในส่วนของ GB/T 20234 ตามรูปที่ 2.49 ที่เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของหัวปลั๊กและมาตรฐาน EV ในประเทศจีน จะมีลักษณะคล้ายกับหัวปลั๊กของมาตรฐาน IEC 62196 จากเยอรมนี ซึ่งมาตรฐานของ GB/T นั้นจะสนับสนุนทั้ง AC Charging ระดับที่ 2 และระดับที่ 3 รวมถึงการสนับสนุน AC แบบสามเฟส และรองรับแรงดันไฟฟ้า 250 V และ 400 V DC ในขณะที่รูปแบบพินมีลักษณะคล้ายกับตัวเชื่อมต่อของมาตรฐาน IEC แต่ฟังก์ชันการทำงานจะไม่เหมือนกัน ส่วนข้อแตกต่างประการหนึ่ง คือ ช่องเสียบ GB/T ของจีนใช้สัญญาณ CAN BUS ในการควบคุมมากกว่าโปรโตคอลควบคุม PLC



รูปที่ 2.49 รายละเอียดของ GB/T 20234.2-2001

2.5.2.5 มาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ก็ได้ระบุถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 7 ด้าน ซึ่งเป็นการอิงมาตรฐาน IEC และ ISO เป็นหลัก และแยกเป็นสามหมวดได้ดังระบุในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย

	หมวดของมาตรฐาน	มาตรฐานชุดหลักที่อิง
1. ด้านสมรรถนะ	ด้านตัวยานยนต์	ISO 13064
2. ระบบสื่อสารของยานยนต์ไฟฟ้า		ISO 15118
3. แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	ด้านอุปกรณ์ต่อเชื่อมและ โครงสร้างพื้นฐาน	IEC 61982/62660
4. หัวปลั๊กและเต้ารับของยานยนต์ไฟฟ้า		IEC 62196
5. ระบบการประจุไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า (charging system)		IEC 61851
6. ความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า	การให้ความรู้และ ระมัดระวัง	ISO 6469
7. ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า(EMC)		CISPR

มาตรฐานการประจุไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย สำหรับการประจุไฟฟ้ากระแสสลับ คือ IEC 62196 Type 2 และสำหรับการประจุไฟฟ้ากระแสตรง คือ CCS Combo 2 โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.52



(ก) IEC 62196 Type 2



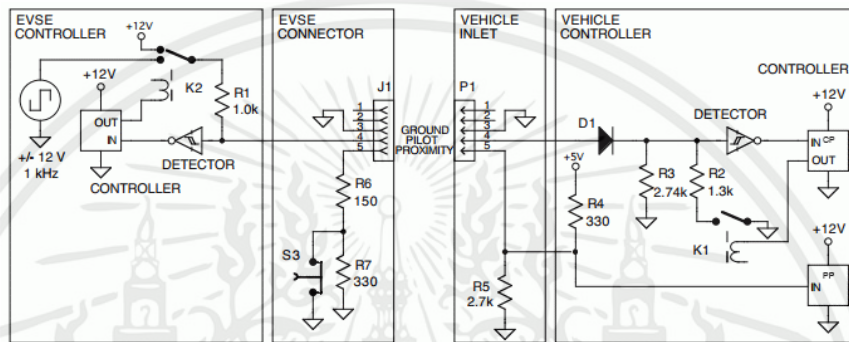
(ข) CCS Combo 2

รูปที่ 2.50 หัวปลั๊กและเต้ารับแบบ IEC 62196 Type 2 (ก) และแบบ CCS Combo 2 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การเชื่อมต่อระหว่าง EV Station และ EV Car

เมื่อเราเสียบปลั๊กเข้ากับเต้าชาร์จแล้วจะยังไม่มีกระแสหรือแรงดันไหลออกมาจากสถานีเนื่องจากมาตรฐาน SAE J1772 นั้นมีมาตรฐานความปลอดภัย คือ ถ้าตัวรถไม่ส่งสัญญาณมาสั่งให้สถานีจ่ายกระแสไฟฟ้า สถานีก็จะไม่จ่ายกระแสออกมาดังนั้นจึงต้องทำการต่อความต้านทานเข้าไปเพื่อให้สัญญาณควบคุมหรือ Cp นั้น ตรงกับโหมดการชาร์จ สถานีจึงจะยอมจ่ายกระแสออกมาโดยจะมีโหมดต่าง ๆ กับค่าความต้านทานการดังตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.51 รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่าง EV Station กับ EV car

ตารางที่ 2.4 โหมดการชาร์จและค่าความต้านทาน

State	Pilot High	Pilot Low	Frequency	EV resistance	Description
State A	+ 12 V	N / A	Dc	N / A	Not Connected
State B	+ 9 V	-12 V	1KHz	2.74K	EV Connected (Ready)
State C	+6 V	-12V	1KHz	822	EV Charge
State D	+3 V	-12 V	1KHz	246	EV charge Vent. Required
State E	0V	0V	N / A		Error
State F	N / A	-12 V	N / A		Unknow / Error

แต่สัญญาณ Cp นั้นยังสามารถควบคุมการจ่ายกระแสของสถานีชาร์จประจุได้โดยการควบคุม Duty Cycle ของสัญญาณโดยใช้สมการดังนี้

ถ้ากระแสไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 6A – 51A ; $Amps = Duty\ Cycle \times 0.6$

ถ้ากระแสไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 51A – 80A ; $Amps = (Duty\ Cycle - 64) \times 2.5$

โดยค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้จะแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่า Amp และ Duty cycle ที่ได้จากสมการ

Amp	Duty Cycle	Amp	Duty Cycle
6A	10%	40A	66%
12A	20%	48A	80%
18A	30%	65A	90%
24A	40%	75A	94%
30A	50%	80A	96%

2.6 การคำนวณค่าไฟฟ้า

2.6.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราการใช้ไฟฟ้า

ตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในด้านไฟฟ้าจะประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (I) และ ความต้านทานไฟฟ้า (R) ซึ่งทั้ง 3 ตัวแปรสามารถนำมาใช้ในการวัดอัตราการใช้ไฟฟ้าได้อีก 2 ตัวคือ กำลังไฟฟ้า (P) และ วัดต่อชั่วโมง (Wh) ซึ่งค่าที่ควรทราบจริง ๆ เพื่อใช้ในการวัดอัตราการใช้ไฟฟ้าจะมีอยู่ 2 ตัว คือ แรงดันไฟฟ้า (V) และ กระแสไฟฟ้า (I) ส่วนค่าอื่น ๆ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

- ค่ากำลังไฟฟ้า (P) : หาได้จากสูตร $P = V \times I$ หน่วยวัตต์ (W)
- วัดต่อชั่วโมง (Wh) : หาได้จากสูตร $P \times T$ ซึ่ง T คือเวลาในหน่วยวินาทีแต่ในความเป็นจริงค่ากำลังไฟฟ้าจะแปรผันไปตามค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าซึ่งทั้ง 2 ค่าก็แปรผันตามเวลาที่ใช้งาน ดังนั้น การวัดต่อชั่วโมง จะใช้เป็นการจับเวลาให้ครบ 1 วินาที แล้วนำค่ากำลังไฟฟ้ามารวมกันไปเรื่อย ๆ หน่วยวัตต์ (W)

ซึ่งในการคำนวณค่าไฟฟ้าจะใช้หน่วย ยูนิต เป็นหน่วยในการคำนวณ ซึ่ง 1 ยูนิต มีค่าเท่ากับ 1 KWh หรือ 1000Wh ดังนั้นหากต้องการหาค่ายูนิต ในนำวัดต่อชั่วโมงหารด้วย 1000 จะได้เป็นค่า ยูนิตออกมา

2.6.2 การแบ่งประเภทการใช้ไฟฟ้า

2.6.2.1 ประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับบ้านเรือนที่อยู่อาศัย รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.6.2.2 ประเภทที่ 2 (กิจการขนาดเล็ก)

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กร ปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.6.2.3 ประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง)

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่น ๆ ตลอดจน บริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.6.2.4 ประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่)

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่น ๆ ตลอดจน บริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.6.2.5 ประเภทที่ 5 (กิจการเฉพาะอย่าง)

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและกิจการให้เข้าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.6.2.6 ประเภทที่ 6 (องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร)

สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว แต่ไม่รวมถึง ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ

2.6.2.7 ประเภทที่ 7 (สูบน้ำเพื่อการเกษตร)

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยงานราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่ม เกษตรกร กลุ่มเกษตรกรที่หน่วยงานราชการรับรอง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.6.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงการคิดค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 1 เท่านั้น ซึ่งการคิดค่าไฟฟ้านั้นค่าที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 ค่า ได้แก่ ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

2.6.3.1 ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน

เรทราคาที่ใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยจะนำข้อมูลมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แสดงดังรูปที่ 2.52

1.1 อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน		8.19
15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 15)	2.3488	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25)	2.9882	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35)	3.2405	
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	3.6237	
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 - 150)	3.7171	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	4.2218	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน		38.22
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 150)	3.2484	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	4.2218	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	

รูปที่ 2.52 ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1

2.6.3.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

เรทราคาที่ใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยจะนำข้อมูลมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยอ้างอิงข้อมูล ณ วันที่ 28 ตุลาคม 2563 แสดงดังรูปที่ 2.53

ประเภทที่ 1	<input checked="" type="radio"/> บ้านอยู่อาศัยอัตรา 1.1 (อัตราปกติ แบบก้าวหน้า)
	<input type="radio"/> บ้านอยู่อาศัยอัตรา 1.2 (อัตราปกติ แบบก้าวหน้า)
	<input type="radio"/> บ้านอยู่อาศัยอัตรา 1.3 (อัตรา TOU)
ผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าพลังงาน	0 หน่วยต่อเดือน
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดย อัตโนมัติ (Ft)	-12.43 สตางค์ / หน่วย

รูปที่ 2.53 ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าผันแปรจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเภทที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.2 ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% (Vat)

เป็นการนำค่าไฟฟ้าพื้นฐาน มารวมกับค่าไฟฟ้าผันแปร แล้วคูณด้วย ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% หรือ 0.07 ซึ่งจะทำให้ได้ภาษีมูลค่าเพิ่มของค่าไฟฟ้า

โดยค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระทั้งหมดให้กับการไฟฟ้าเกิดจากการนำค่าทั้งหมดมารวมกัน คือ ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน ค่าไฟฟ้าผันแปร และภาษีมูลค่าเพิ่ม

2.7 การคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

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

ขั้นตอนที่ 1 : หาค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการทำงาน

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

ขั้นตอนที่ 2 : หาค่าการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (Wh)

เช่น มีการใช้งานมอเตอร์ขนาด 1500 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
จะได้ $1500 \text{ วัตต์} \times 1 \text{ ชั่วโมง}$

คือ มีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 1500 วัตต์ชั่วโมง (Wh)

และใช้ประสิทธิภาพ 80% สำหรับแบตเตอรี่

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

ขั้นตอนที่ 3 : เปลี่ยนการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (Wh) เป็นค่าความจุแบตเตอรี่ (Ah)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

วิธีการคำนวณ

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

ตัวอย่าง เช่น

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

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

วิธีการคำนวณ

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

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

ตัวอย่าง เช่น

- แบตเตอรี่รถยนต์ 12V 65Ah

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

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

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

- แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ 12V 5Ah

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

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

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

2.8 การจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป

การจดทะเบียนรถเป็นการขออนุญาตใช้รถต่อนายทะเบียน โดยรถต้องมีสภาพมั่นคง แข็งแรง มีลักษณะ ขนาด และเครื่องอุปกรณ์ ส่วนควบของรถ ถูกต้องตามที่กฎกระทรวงตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2552 กำหนดและต้องมีกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าและความเร็วตามที่กฎหมายกำหนด และผ่านการตรวจสภาพจากนายทะเบียน หรือจากสถานตรวจสภาพที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการการขนส่งทางบก ซึ่งขั้นตอนการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับรถใหม่นั้นมีขั้นตอนเช่นเดียวกับรถยนต์ทั่วไปเพียงแต่มีเอกสารเพิ่มเติมบางส่วน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.8.1 คุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าในการจดทะเบียน

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้าต้องมีคุณลักษณะเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ดังนี้

2.8.1.1 ขนาดสัดส่วนของรถ

ขนาดสัดส่วนของรถต้องเป็นไปตามกฎกระทรวง กำหนดลักษณะ ขนาดหรือกำลังของเครื่องยนต์และของรถที่จะรับจดทะเบียนเป็นรถประเภทต่าง ๆ พ.ศ. 2548

ตารางที่ 2.6 แสดงขนาดสัดส่วนของรถที่จะรับจดทะเบียน

ชนิดรถ	ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)
รถจักรยานยนต์	ไม่เกิน 1.1 x 2.5 x 2 เมตร
รถยนต์สาธารณะ	ไม่เกิน 2.5 x 6 x 2 เมตร
รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	ไม่เกิน 1.5 x 4 x 2 เมตร
รถยนต์ส่วนบุคคล (เกินเจ็ดและไม่เกินเจ็ดคน)	ไม่เกิน 2.55 x 12 x 4 เมตร (กรณีกว้างไม่เกิน 2.3 เมตร ให้มีความสูงได้ไม่เกิน 3.2 เมตร)
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	ไม่เกิน 2.55 x 12 x 4 เมตร (กรณีกว้างไม่เกิน 2.3 เมตร ให้มีความสูงได้ไม่เกิน 3 เมตร)

2.8.1.2 ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ

ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถต้องเป็นไปตามกฎกระทรวงกำหนด ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ พ.ศ. 2551 ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางที่ 2.7 แสดงส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถที่จะรับจดทะเบียน

รถยนต์	รถจักรยานยนต์
โครงสร้างและตัวถัง ที่มีความมั่นคงแข็งแรง ปลอดภัย และสามารถรองรับการทำงานของรถ ขณะที่มีน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้ในทุกสภาพการใช้งาน	
เครื่องกำเนิดพลังงาน สามารถขับเคลื่อนรถขณะที่มีน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุก ด้วยความเร็วที่ เหมาะสมในสภาพการใช้งานตามปกติ	
ระบบส่งกำลัง สามารถส่งกำลังรถขณะที่มี น้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้อย่างเหมาะสม และปลอดภัย	ระบบส่งกำลัง สามารถส่งกำลังรถขณะที่มี น้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้อย่างเหมาะสม และ ปลอดภัย และมีอุปกรณ์ป้องกันผู้ขับขี่รถและคน โดยสารไม่ให้ได้รับอันตรายจากการทำงาน เช่น ฝาครอบโซ่ หรือบังโซ่ เป็นต้น
ระบบบังคับเลี้ยว สามารถบังคับรถได้อย่างคล่องตัว สะดวก และปลอดภัย	
ระบบห้ามล้อหลักสามารถลดความเร็วหรือ หยุดรถที่วิ่งอยู่ให้หยุดนิ่งได้อย่างปลอดภัย ติดตั้งในตำแหน่งที่ผู้ขับขี่รถสามารถใช้การได้ สะดวก ระบบห้ามล้อขณะจอดสามารถทำให้ รถหยุดนิ่งในขณะที่จอดได้	ระบบห้ามล้อ สามารถลดความเร็วหรือหยุดรถที่ วิ่งอยู่ให้หยุดนิ่งได้อย่างปลอดภัย ติดตั้งใน ตำแหน่งที่ผู้ขับขี่รถสามารถใช้การได้สะดวก
ระบบเชื้อเพลิงหรือระบบพลังงานอื่น สามารถเก็บและส่งเชื้อเพลิงหรือพลังงานอื่นไปยังเครื่อง กำเนิดพลังงานให้สามารถขับเคลื่อนรถได้อย่างปลอดภัย	

2.8.1.3 กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถ

กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถต้องเป็นไปตามประกาศกรมขนส่ง
ทางบก เรื่อง กำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถ ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์
พ.ศ. 2560 ดังนี้

ข้อ 1 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด รถยนต์บริการธุรกิจ รถยนต์บริการ
ทัศนาจร รถยนต์บริการให้เช่า รถยนต์ส่วนบุคคล ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด
(Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 15 กิโลวัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถให้มีความเร็ว
สูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ในกรณีรถตามวรรคหนึ่ง เป็นรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้างและรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
ไม่เกินเจ็ดคน ที่มีน้ำหนักรถไม่รวมน้ำหนักของแบตเตอรี่ น้อยกว่า 450 กิโลกรัม หรือรถยนต์บรรทุก
ส่วนบุคคล ที่มีน้ำหนักรถไม่รวมน้ำหนักของแบตเตอรี่ น้อยกว่า 600 กิโลกรัม ที่ขับเคลื่อนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 4 กิโลวัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถ ให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ ให้รถดังกล่าวติดเครื่องหมายตามแบบ ที่กำหนดท้ายประกาศนี้บริเวณท้ายรถทางด้านซ้ายในที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

ข้อ 3 รถยนต์รับจ้างสามล้อและรถยนต์สามล้อส่วนบุคคลที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 4 กิโลวัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถ ให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อ 4 รถจักรยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 250 วัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อ 6 มอเตอร์ไฟฟ้าของรถตามข้อ 2 ข้อ 3 และข้อ 4 ต้องสามารถขับเคลื่อนรถ ในขณะที่มีน้ำหนักกรรวมน้ำหนักบรรทุกทุก (Gross Vehicle Weight) ตามที่ผู้ผลิตกำหนดด้วยความเร็วสูงสุด ตามที่กำหนดในประกาศนี้ ได้ต่อเนื่องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที

ข้อ 7 รถตามข้อ 2 วรรคหนึ่ง ที่จดทะเบียนไว้แล้วก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับและมี การแจ้งไม่ใช้รถตลอดไปหรือทะเบียนเป็นอันระงับ หากเจ้าของรถนำมาจดทะเบียนใหม่ ให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ที่มีกำลังไม่น้อยกว่า 15 กิโลวัตต์ ที่สามารถขับเคลื่อนรถให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตร ต่อชั่วโมงต่อไปได้

2.8.2 ขั้นตอนการจดทะเบียนรถ

รถยนต์ใหม่ที่จะทำการจดทะเบียนผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าจะต้องขึ้นบัญชีกับกรมการขนส่งทางบก และดำเนินการขั้รับรองแบบรถกับกรมการขนส่งทางบกก่อนจึงจะสามารถนำรถไปดำเนินการส่งบัญชีรถและผ่านการตรวจสภาพเพื่อดำเนินการจดทะเบียนต่อไปได้

2.8.2.1 การรับรองแบบส่วนควบหรือเครื่องอุปกรณ์ของรถตามกฎหมายว่าด้วย

รถยนต์

เพื่อให้ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล อาศัยอำนาจตามกฎกระทรวง กำหนดส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ พ.ศ. 2551 ให้อธิบดีกรมการขนส่งทางบกออกประกาศ กำหนดส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ที่ต้องผ่านการรับรองแบบ และกำหนดคุณสมบัติ คุณสมบัติ และการติดตั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การรับรองแบบส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ สำหรับรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ โดยผู้ผลิตรถต้องมีหลักฐานการผ่านการรับรองมาตรฐานการผลิต เช่น มาตรฐาน ISO9001 เป็นต้น เพื่อเป็นการยืนยันว่ารถแบบเดียวกันผลิตที่เดียวกันจะมีคุณภาพและมาตรฐานในการผลิตเหมือนกัน และต้องมีผลทดสอบ

ความเร็วที่กำหนดเป็นเวลา 30 นาที จึงจะสามารถดำเนินการขอรับการรับรอง แบบต่อไปได้ ซึ่งปัจจุบัน (พ.ศ. 2563) มีส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ที่ประกาศบังคับใช้แล้ว สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า 3 เรื่อง และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า 3 เรื่อง ดังนี้

ตารางที่ 2.8 กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์

รถยนต์	รถยนต์ไฟฟ้า	รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งมาตรฐาน และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการรับรองแบบมาตรฐาน สำหรับรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2559 (UN R.28)	✓	✓
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้ง มาตรฐานความเร็ว และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการรับรองแบบมาตรฐานความเร็วสำหรับรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2556 (UN R.39)	✓	✓
เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์การติดตั้งกระจกกันลมหน้า และส่วนประกอบของตัวถังรถที่เป็นกระจก และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการรับรองแบบการติดตั้งกระจกกันลมหน้า และส่วนประกอบของตัวถังรถที่เป็นกระจก พ.ศ. 2558 (UN R.43)	✓	-
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งอุปกรณ์มองภาพของรถจักรยานยนต์ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการรับรองแบบอุปกรณ์มองภาพ และแบบการติดตั้งอุปกรณ์มองภาพของรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2557 (UN R.81)	-	✓

2.8.2.2 การส่งบัญชีรับและะจำหน่ายรถ

ผู้ใดสั่งหรือนำรถหรือเครื่องยนต์สำหรับรถเข้ามาในราชอาณาจักร เพื่อจำหน่ายหรือผลิตหรือประกอบรถ หรือเครื่องยนต์สำหรับรถขึ้นใหม่เพื่อจำหน่าย ผู้นั้นต้องส่งบัญชี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจำเดือนในการรับและจำหน่ายรถหรือเครื่องยนต์สำหรับรถ ให้แก่นายทะเบียนภายในวันที่ 15 ของเดือนถัดไป และเจ้าของรถต้องแสดงถึงแหล่งที่มาของรถ สามารถแบ่งได้ 2 ส่วนหลัก คือ 1.รถ นำเข้ามาใช้งานในราชอาณาจักร จะต้องมียุทธยานการนำเข้าได้แก่ ใบรับรองการนำเข้าจากกรมศุลกากร (แบบ 32) สำเนาใบขนส่งสินค้าขาเข้าบัญชีแสดงรายการสินค้า และใบเสร็จรับเงินอากรขาเข้า 2.รถผลิตภายในประเทศ จะต้องมีหลักฐานหนังสือรับรองหลักฐานการส่งบัญชีรถ

2.8.2.3 การตรวจสภาพ

เมื่อแบบรถที่ต้องการจดทะเบียนได้รับการรับรองและส่งบัญชีเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถนำรถคันที่ต้องการจดทะเบียนเข้ารับการตรวจต่อไปได้ ซึ่งในขั้นตอนการตรวจสภาพนี้ เจ้าหน้าที่จะทำการตรวจสอบ หมายเลขระบบส่งกำลัง หมายเลขตัวถัง ลักษณะ ขนาด สัดส่วน ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ ให้ถูกต้องครบถ้วนตามที่กฎหมายว่าด้วยรถยนต์กำหนด ซึ่งเป็นไปตามระเบียบกรมการขนส่งทางบก ว่าด้วยการตรวจสภาพรถและเกณฑ์ การวินิจฉัยผลการตรวจสภาพรถ ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2555

2.8.2.4 ดำเนินการจดทะเบียน

- 1) ยื่นแบบคำขอจดทะเบียนรถที่กรอกรายงานและลงลายมือชื่อผู้ยื่นคำขอเรียบร้อยแล้วพร้อมหลักฐาน
- 2) นำรถเข้ารับการตรวจสภาพ ได้ที่งานตรวจสภาพรถยนต์ สำนักขนส่งจังหวัดทั่วประเทศ
- 3) ยื่นขอตัดบัญชีรถ ที่ส่วนควบคุมบัญชีรถและเครื่องยนต์
- 4) ชำระค่าธรรมเนียม และค่าภาษีประจำปี ที่งานทะเบียน

2.8.3 การแก้ไขจากเครื่องยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือแก้ไขเปลี่ยนแปลงมอเตอร์ไฟฟ้า

รถที่เคยจดทะเบียนไว้แล้ว และมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงจากเครื่องยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือ แก้ไขมอเตอร์ไฟฟ้า ให้เจ้าของรถยื่นเอกสารหลักฐานดังต่อไปนี้ประกอบคำขอดำเนินการทางทะเบียน และภาษีรถด้วย โดยมีเงื่อนไขการพิจารณา ดังนี้

2.8.3.1 หนังสือรับรองของวิศวกร

ซึ่งได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมเครื่องกลและสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าตามขอบเขตและความสามารถที่กฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมกำหนด รับรองว่ารถมีความมั่นคงแข็งแรง มีความปลอดภัยในการใช้งานและรับรองความปลอดภัย ของระบบไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) รายละเอียดการออกแบบหรือดัดแปลงพร้อมรายการคำนวณที่แสดงถึงคุณสมบัติของรถ การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า และแบตเตอรี่ที่ใช้ขับเคลื่อน รวมถึงระบบเบรก ระบบบังคับเลี้ยว การกระจายน้ำหนัก ระบบส่งกำลังและสมรรถนะของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) กำลังพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้า
- 3) ขนาดแรงเคลื่อนและความจุของแบตเตอรี่
- 4) น้ำหนักรถไม่รวมแบตเตอรี่ น้ำหนักแบตเตอรี่ น้ำหนักถรรวมแบตเตอรี่ น้ำหนักถรรวมน้ำหนักบรรทุก
- 5) ความเร็วสูงสุด
- 6) ระยะทางที่วิ่งได้ โดยแสดงการคำนวณความสัมพันธ์กันระหว่างขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า และความจุแบตเตอรี่ แปรผันมาเป็นความเร็วและระยะทางที่ได้
- 7) วงจรการควบคุมระบบไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า รวมถึงลักษณะและขนาดของสายไฟที่ใช้ในระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสม

2.8.3.2 ผลทดสอบ

ที่แสดงถึงความสามารถขับเคลื่อนรถในขณะที่มีน้ำหนักถรรวมน้ำหนักบรรทุก ตามที่ผู้ผลิตกำหนดด้วยความเร็วสูงสุดตามที่กำหนดในประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง กำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2560 ได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ได้แก่ ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษา หรือหน่วยงานที่กรมการขนส่งทางบกยอมรับ เช่น สถาบันยานยนต์ เป็นต้น

2.9 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 Node MCU ESP8266

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



รูปที่ 2.54 Node MCU ESP8266 V3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 Energy Meter

Energy Meter มีหน้าที่สำคัญในการอ่านค่าพลังงานที่ปล่อยจากสถานีชาร์จประจุ โดยวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ วัดค่ากำลังไฟฟ้า และวัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Wh) ซึ่งสามารถนำค่าเหล่านี้ไปใช้คำนวณค่าไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.55 Energy Meter PZEM – 004T V.3

2.9.3 LM2596 DC-DC Buck Converter

วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down หรือเรียกอีกแบบว่า Buck Converter (บัคคอนเวอร์เตอร์) ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตซ์ชิง – ตัวเหนี่ยวนำ (L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ IC ตระกูล 78xx / 317 ทัวไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแส Output เพิ่มขึ้น

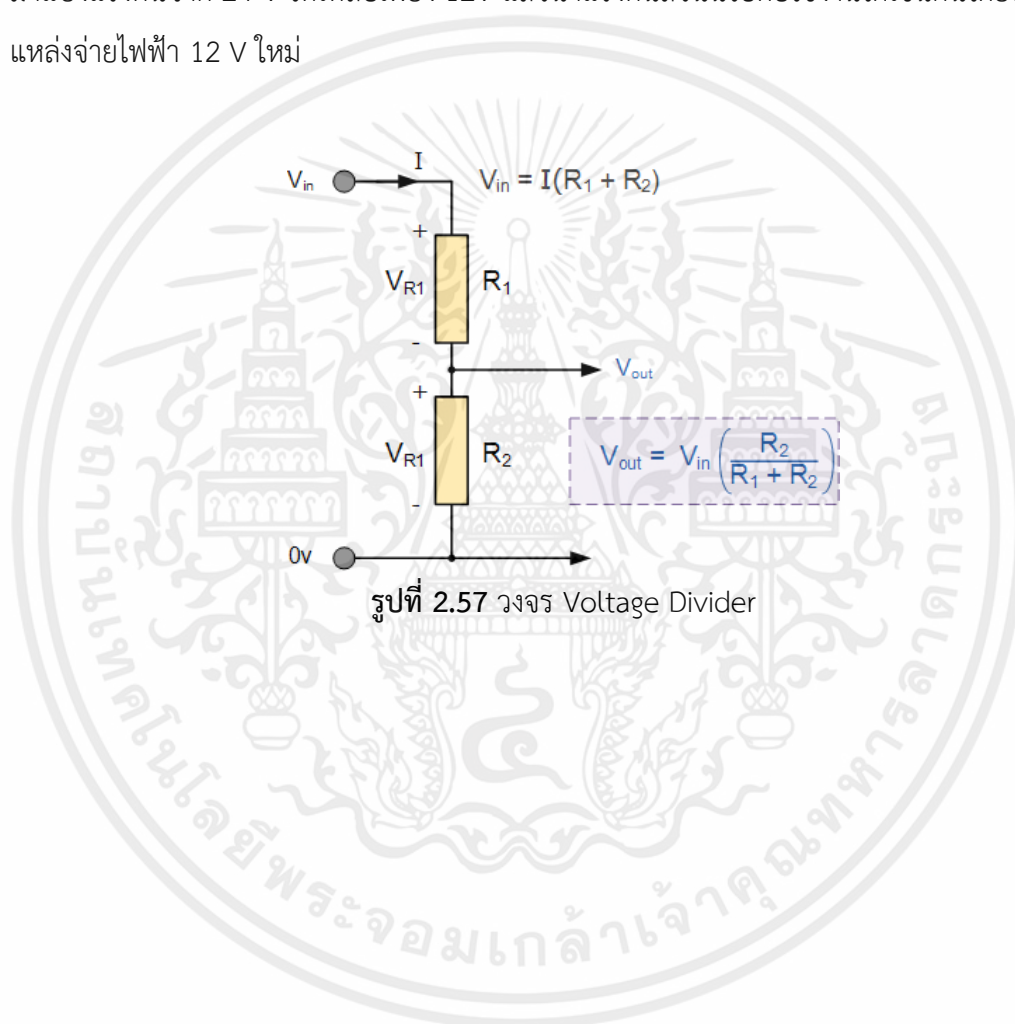


รูปที่ 2.56 DC-DC Buck Converter LM2596

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 Voltage Divider

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า “โวลต์เตจ ดีไวเดอร์” (Voltage Dividers) ใช้หลักการของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit) เนื่องจากวงจรอนุกรมมีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานหรือโหลดไม่เท่ากัน แต่เมื่อนำแรงดันที่ตกคร่อมโหลดทุกตัวในวงจรมารวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้แก่วงจร จากหลักการนี้ หากเรามีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 V แต่แรงดันดังกล่าวมีค่ามากเกินไปเราไม่ต้องการ เราต้องการเพียงแค่ 12 V เราก็สามารถใช้ตัวต้านทานมาแบ่งแรงดันจาก 24 V ให้เหลือเพียง 12V แล้วนำแรงดันส่วนนี้ไปต่อใช้งานได้เช่นกันโดยไม่ต้องซื้อแหล่งจ่ายไฟฟ้า 12 V ใหม่



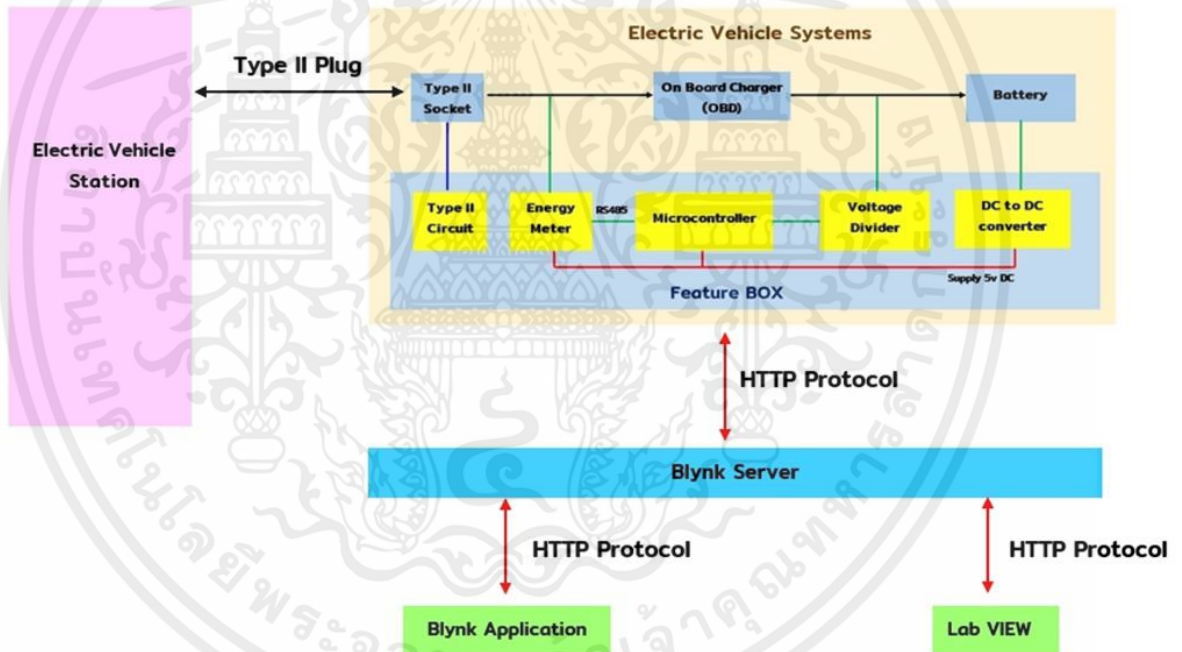
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและวิธีการดำเนินการ

3.1 การออกแบบ

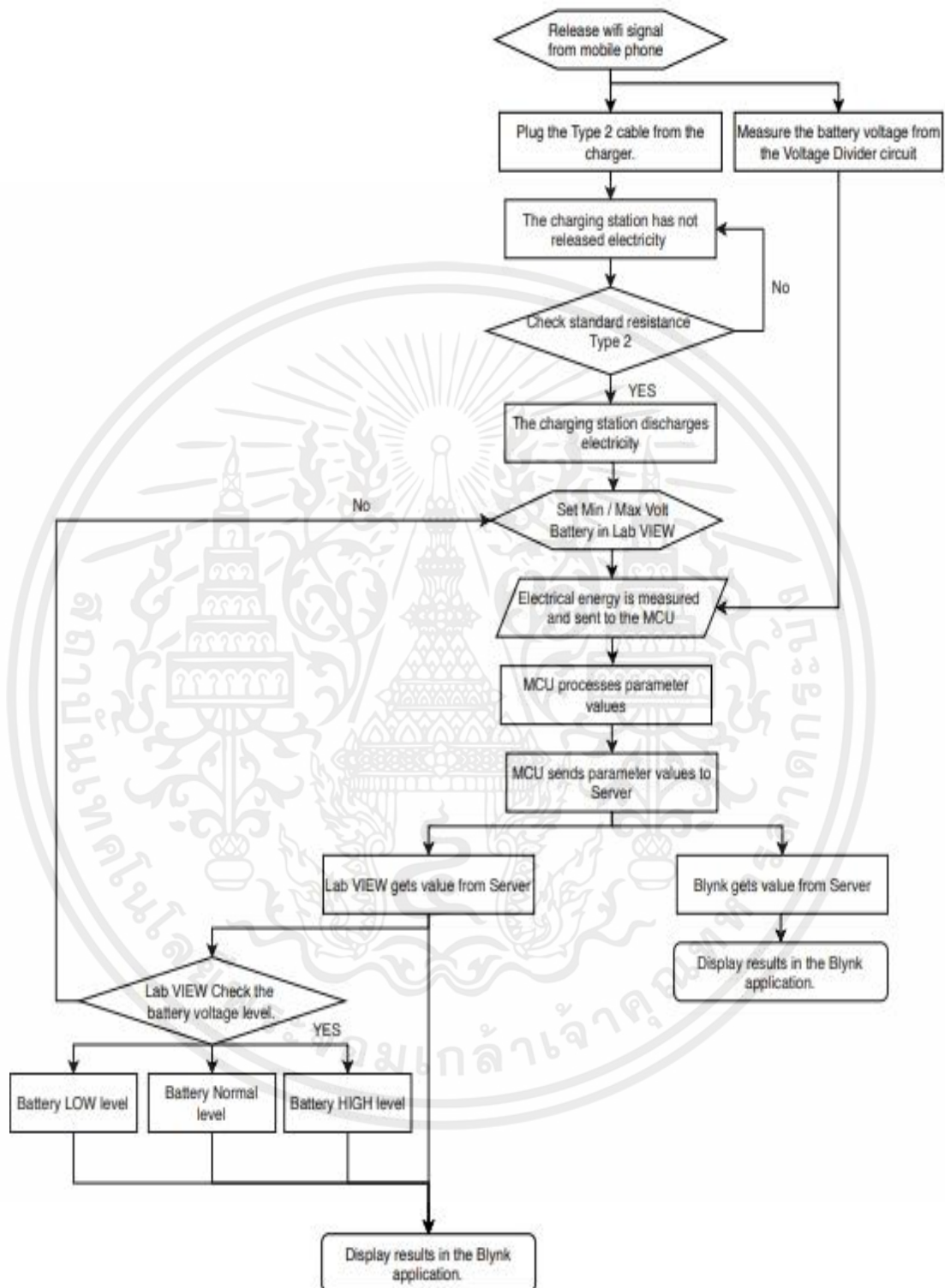
หลักการในการออกแบบระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW สามารถแบ่งส่วนการทำงานได้ 2 ส่วน คือ ส่วนของการทำงานภายใน Feature box ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการวัดค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ และ ส่วนของการแสดงผล คือ การรับค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ เพื่อทำการคำนวณค่าต่าง ๆ และแสดงผลไร้สายบนโปรแกรม LabVIEW และแอปพลิเคชัน Blynk ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขั้นตอนในการทำงานของระบบดังนี้

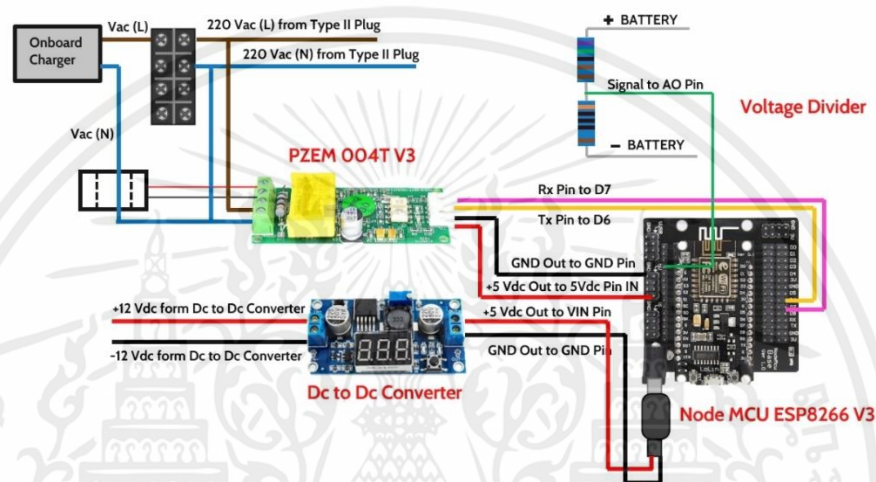


รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของ Feature box

โดยในส่วนของ Feature box ออกแบบเพื่อทำการตรวจวัดค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ และส่งค่าที่ตรวจวัดได้ไปยังส่วนของ Server Blynk เพื่อรอการนำเสนอแสดงผลต่อไป โดยการติดตั้งกล่อง Feature box เป็นเพียงการดึงข้อมูลต่าง ๆ จากตัวรถผ่านสายสัญญาณที่อยู่ภายในรถ ไม่ได้มีการดัดแปลงโครงสร้างรถ มีเพียงกล่องขนาดเล็กที่ต้องติดตั้งเพิ่มไว้ในตัวรถ โดยภายในกล่องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง Feature box

3.2.1 Energy Meter

Energy Meter PZEM – 004T V.3 ทำหน้าที่ในการอ่านค่าสัญญาณต่าง ๆ ที่ออกมาจากสถานีชาร์จ เช่น แรงดัน กระแส กำลังงาน เป็นต้น โดยมีการส่งค่าต่าง ๆ ผ่านการต่อสายแบบ RS485 ไปยัง Node MCU ESP8266 V 3.0 เพื่ออ่านค่าสัญญาณต่าง ๆ ในการอ่านค่าเพื่อให้สะดวกยิ่งขึ้น จำเป็นต้องใช้ไลบรารี PZEM004T เพื่ออ่านค่าที่วัดได้ โดยจะแสดงผลผ่าน IDE Arduino

3.2.2 Node MCU ESP8266 V3.0

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

3.2.3 LM2596 DC-DC Buck Converter

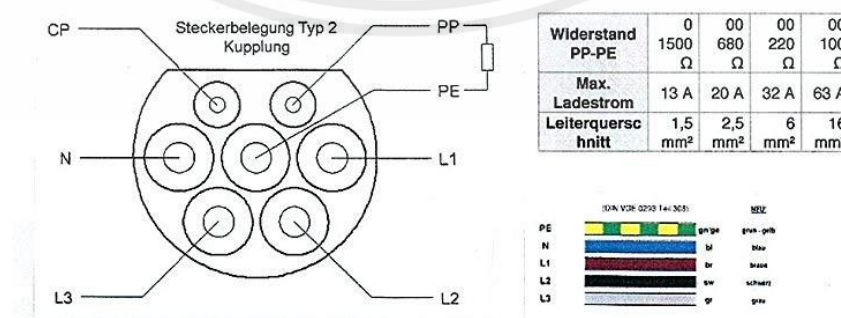
ในส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำเป็นที่จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายไฟได้สม่ำเสมอ เพราะถ้าหากแหล่งจ่ายไฟจ่ายกระแสหรือแรงดันออกมาไม่นิ่งพอ มีการแกว่งของสัญญาณ อาจทำให้เอาต์พุตหรือสัญญาณที่ออกมาเกิดความผิดเพี้ยนเพิ่มขึ้นได้ โดยภายในกล่อง Feature box LM2596 DC-DC Buck Converter จะมีหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 24 โวลต์ เป็น 15 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในกล่อง และเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.4 Voltage Divider

วงจร Voltage Divider มีความสำคัญอย่างมากในการวัดแรงดันไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าสูง ๆ เพราะว่าการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าเราจะไม่โครคอนโทรลเลอร์ในการอ่านค่าสัญญาณอนาล็อก ดังนั้นเราจึงต้องลดระดับแรงดันลง เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอ่านค่าได้ โดยแปลงแรงดันแบตเตอรี่จาก 84 VDC ให้เหลือเพียง 3.3 VDC เพื่อส่งไปยัง ADC ของ Node MCU ESP8266 V 3.0 เพื่ออ่านค่าสัญญาณ โดยแรงดันเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของตัวต้านทานคูณกับแรงดันอินพุต

3.2.5 วงจรมาตรฐาน Type 2 ที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับสถานีชาร์จประจุ

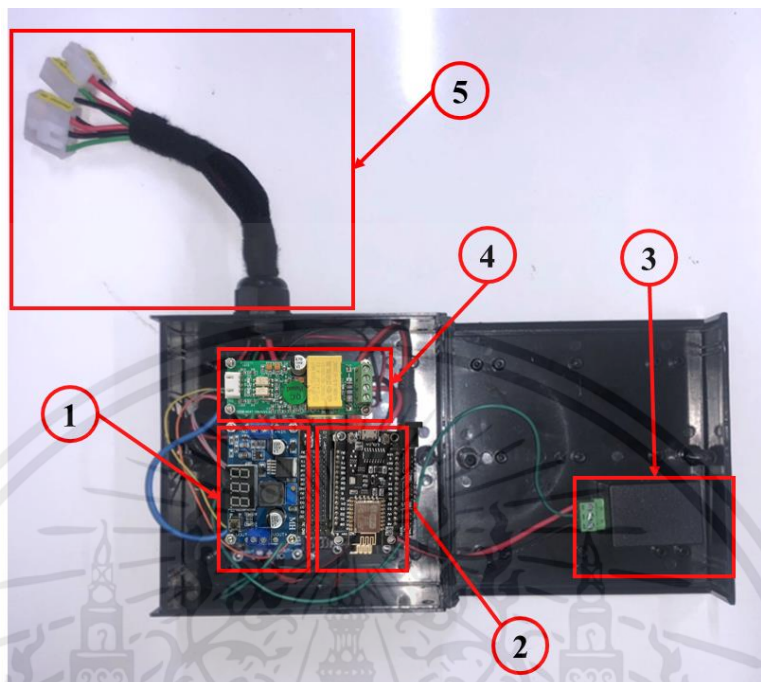
วงจรมาตรฐาน Type 2 เป็นวงจรที่สำคัญเป็นอย่างมากในการเชื่อมต่อระหว่างสถานีชาร์จประจุและวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งค่าความต้านทานแต่ละค่าจะไปสั่งให้สถานีจ่ายกระแสต่างกัน โดยจะต่อตัวต้านทานระหว่างขา PP และ PE เช่น ถ้าต่อตัวต้านทาน 1.5K Ω สถานีจะสามารถจ่ายกระแสสูงสุดที่ 13 A ถ้าต่อตัวต้านทาน 680 Ω สถานีจะสามารถจ่ายกระแสสูงสุดที่ 20 A เป็นต้น และถ้าต่อตัวต้านทานที่ไม่ได้ระบุในมาตรฐานก็จะไม่สามารถทำให้สถานีจ่ายกระแสได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการเชื่อมต่อ และตัวต้านทานค่าต่าง ๆ ที่ทำให้กระแสเอาต์พุตต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง Feature box



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภายในกล่อง

ในการออกแบบระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II เป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลงตัวรถ เพียงแต่ต้องทำกล่องเพื่อจัดเก็บอุปกรณ์แล้วนำไปติดตั้งที่รถ โดยมีตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ภายในกล่องดังนี้

หมายเลข 1 คือ DC – DC Buck Converter

หมายเลข 2 คือ Node MCU ESP8266 V 3.0

หมายเลข 3 คือ Voltage Divider Circuit

หมายเลข 4 คือ Energy Meter PZEM – 004T V.3

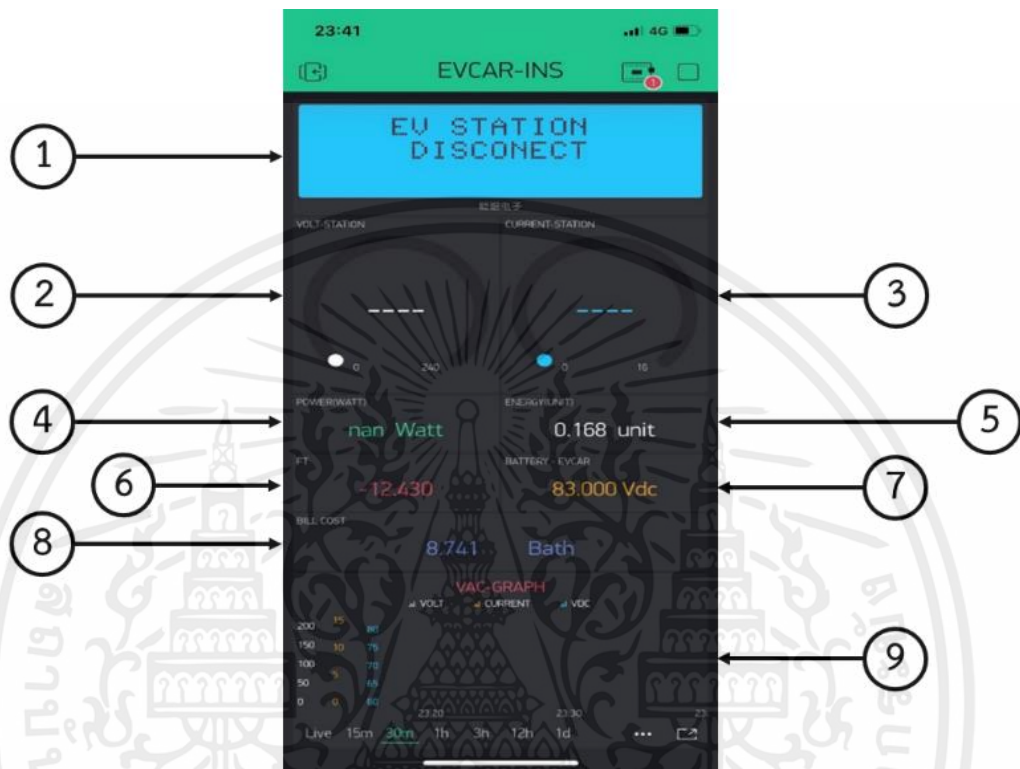
หมายเลข 5 คือ เป็นสายสัญญาณที่เข้ามายัง Feature BOX โดยจะมีสัญญาณจาก ON Board Charger, สายจาก ON Board Charger และสายสัญญาณจาก Voltage Divider Circuit

3.3 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลจะออกแบบเพื่ออ่านค่าสถานะต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ จาก server เพื่อทำการคำนวณ และแสดงผลไว้สายบนโปรแกรม LabVIEW และแอปพลิเคชัน Blynk

3.3.1 แอปพลิเคชัน Blynk

เป็นการตั้งค่าหน้าจอกการใช้งาน เพื่อแสดงค่าต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยมีหน้าจอกการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงหน้าจอกการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk

จากรูปที่ 3.6 สามารถบอกตำแหน่งการแสดงผลที่หน้าจอได้ดังนี้

หมายเลข 1 แสดงสถานะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

หมายเลข 2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

หมายเลข 3 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

หมายเลข 4 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

หมายเลข 5 แสดงจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าจากสถานีชาร์จ

หมายเลข 6 แสดงค่า Ft ที่ใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า

หมายเลข 7 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

หมายเลข 8 แสดงค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่

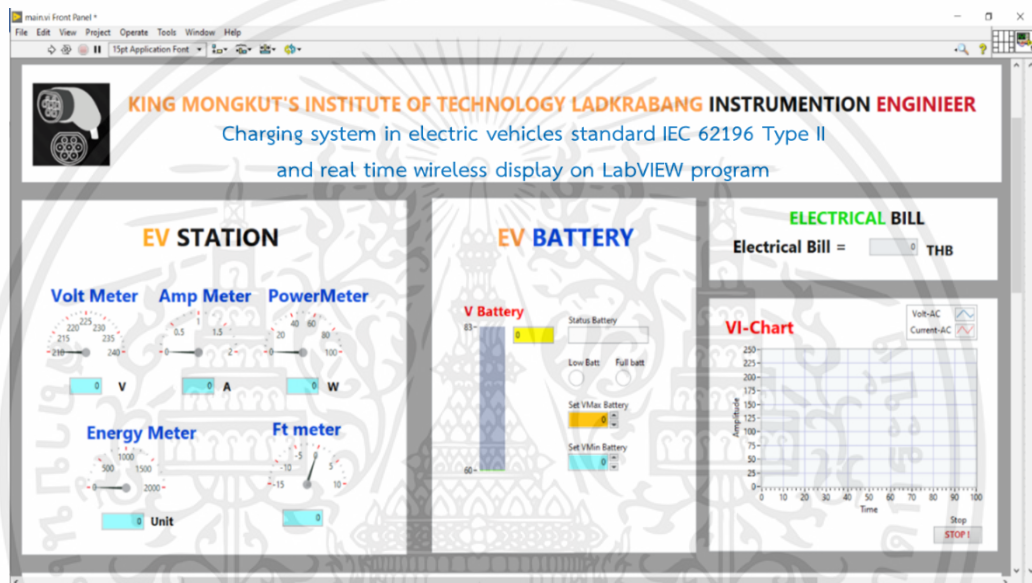
หมายเลข 9 กราฟแสดงค่าการใช้งานต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

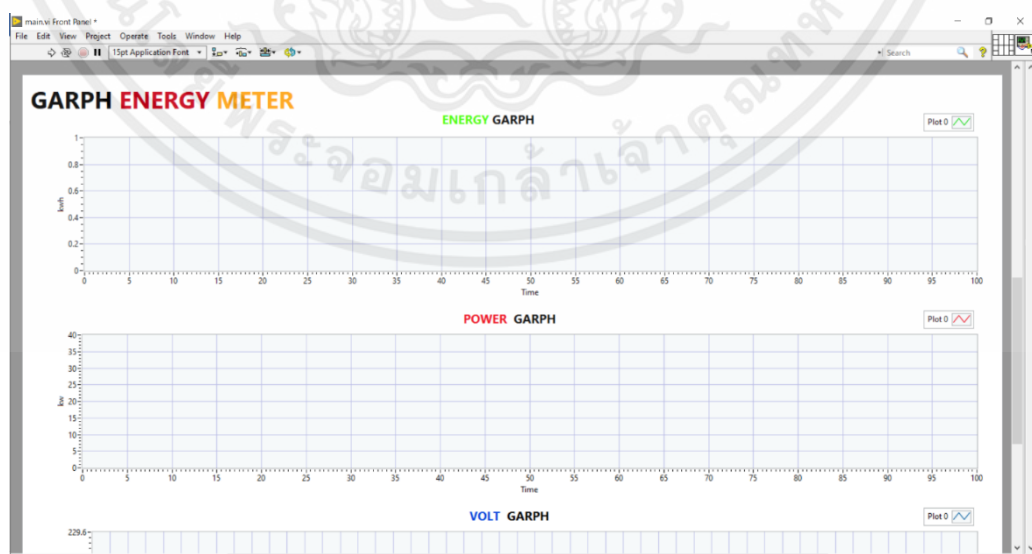
3.3.2 โปรแกรม LabVIEW

เป็นการตั้งค่าต่าง ๆ ที่มาจากแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อแสดงผลเป็นกราฟฟิก จะต้องมีการเขียนโปรแกรมที่ยุ่งยาก แต่เราเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้การเขียนเป็นฟังก์ชันบล็อก และแสดงเป็นกราฟฟิกด้วยตัวโปรแกรมเอง ทำให้สะดวกต่อการพัฒนา

ซึ่งเมื่อเราเขียน Block Diagram เสร็จเรียบร้อยแล้ว หน้า font panel ของเราก็จะมีกราฟฟิกขึ้นมาด้วย ซึ่งเราสามารถจัด หรือ ตกแต่งเป็นหน้า User Interface ที่สวยงามได้ แสดงผลดังรูปที่ 3.7 และ 3.8



รูปที่ 3.7 หน้าต่าง font panel ของ main Vi (ด้านบน)



รูปที่ 3.8 หน้าต่าง font panel ของ main Vi (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4






















ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

การทดลองระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II และแสดงผลไร้สายแบบเวลาจริงบนโปรแกรม LabVIEW ประกอบไปด้วยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของสถานีชาร์จประจุ กระแสไฟฟ้าที่สถานีประจุปล่อยออกมา กำลังงานของสถานีชาร์จประจุ แรงดันของแบตเตอรี่ การแจ้งเตือนเมื่อแบตเตอรี่หมดหรือแบตเตอรี่เต็ม จากโปรแกรม LabVIEW การ Logger ของค่า Alarm ต่าง ๆ การแสดงผลในส่วนของโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

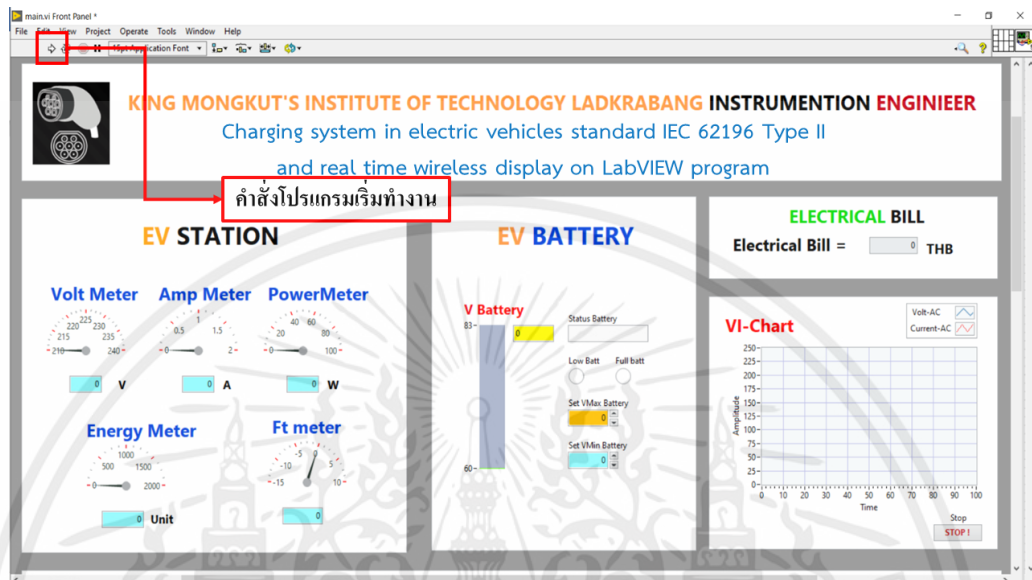
4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดโฟลเดอร์ Final_Project2 แล้วดับเบิลคลิกที่ไฟล์ main เพื่อเปิดโปรแกรม

 BlynkGetRepeust_Mainvi	8/3/2020 10:59 PM	LabVIEW Instrument	13 KB
 BlynkGetUpdateWithLabVIEW	6/2/2020 2:43 PM	LabVIEW Instrument	17 KB
 CAL_Cost(Subvi)	8/5/2020 10:22 PM	LabVIEW Instrument	23 KB
 COST(subvi)	8/16/2020 11:41 PM	LabVIEW Instrument	113 KB
 DAQ_IVDC(Subvi)	9/4/2020 3:33 PM	LabVIEW Instrument	21 KB
 DAQ_Parameter(Subvi)	5/22/2020 4:35 AM	LabVIEW Instrument	23 KB
 DataLogger	5/21/2020 10:44 AM	LabVIEW Instrument	5 KB
 DataVolt	6/5/2020 10:33 PM	Microsoft Excel W...	222 KB
 GetBlynk_AC(subvi)	8/20/2020 11:47 PM	LabVIEW Instrument	11 KB
 GetBlynkHttp (SubVI)	6/5/2020 8:03 PM	LabVIEW Instrument	28 KB
 GetBlynk-VAC(subvi)	8/20/2020 11:48 PM	LabVIEW Instrument	30 KB
 GetHttp-blynk(main)	8/17/2020 12:19 AM	LabVIEW Instrument	23 KB
 LabVIEW_FinalProject.lvps	5/21/2020 2:28 PM	LVLPS File	1 KB
 Line_Notify1(Subvi)	5/22/2020 3:59 AM	LabVIEW Instrument	26 KB
 main	9/4/2020 3:33 PM	LabVIEW Instrument	109 KB
 Porject1_stateMachine_EVmonitor.aliases	6/25/2020 8:51 PM	ALIASES File	1 KB
 Porject1_stateMachine_EVmonitor.lvps	6/2/2020 1:04 PM	LVLPS File	1 KB
 Porject1_stateMachine_EVmonitor	6/2/2020 1:04 PM	LabVIEW Project	10 KB
 SimmulateVIP(subvi)	6/3/2020 8:48 PM	LabVIEW Instrument	24 KB
 StateVariable1	5/21/2020 1:48 PM	LabVIEW Instrument	5 KB
 TapControl	5/21/2020 2:28 PM	LabVIEW Instrument	8 KB

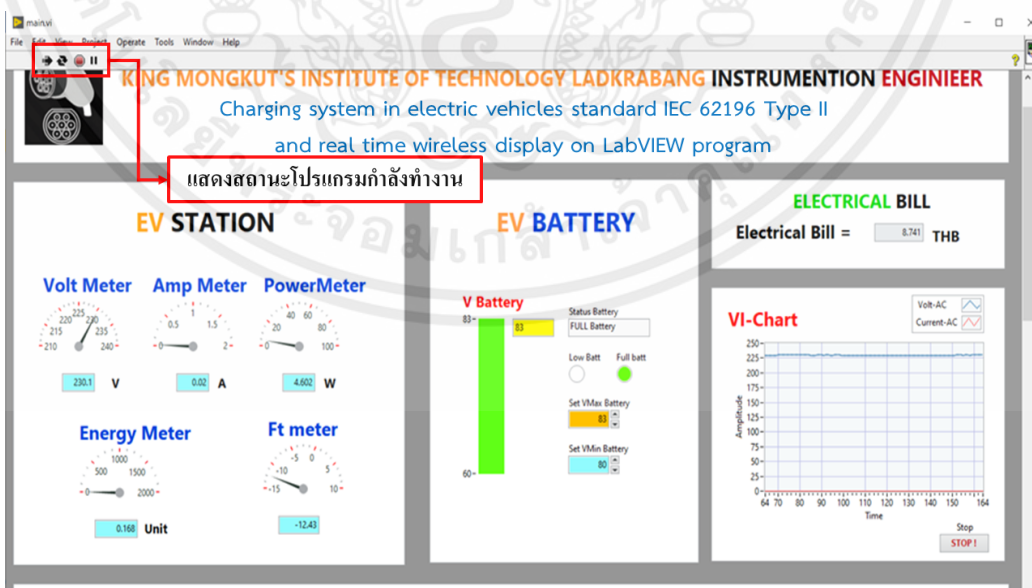
รูปที่ 4.1 ไฟล์ main ในโฟลเดอร์ Final_Project2

2. เมื่อเปิดไฟล์ที่ชื่อ main แล้ว จะพบหน้าต่างดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นหน้าต่าง font panel ของระบบชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน Type 2 และแสดงผลไร้สายบน LabVIEW แต่ระบบยังไม่เริ่มทำงาน ถ้าต้องการให้โปรแกรมเริ่มทำงานให้คลิกที่ลูกศรสีขาวด้านซ้ายบน



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งคำสั่งโปรแกรมเริ่มทำงานบนหน้าต่าง font panel

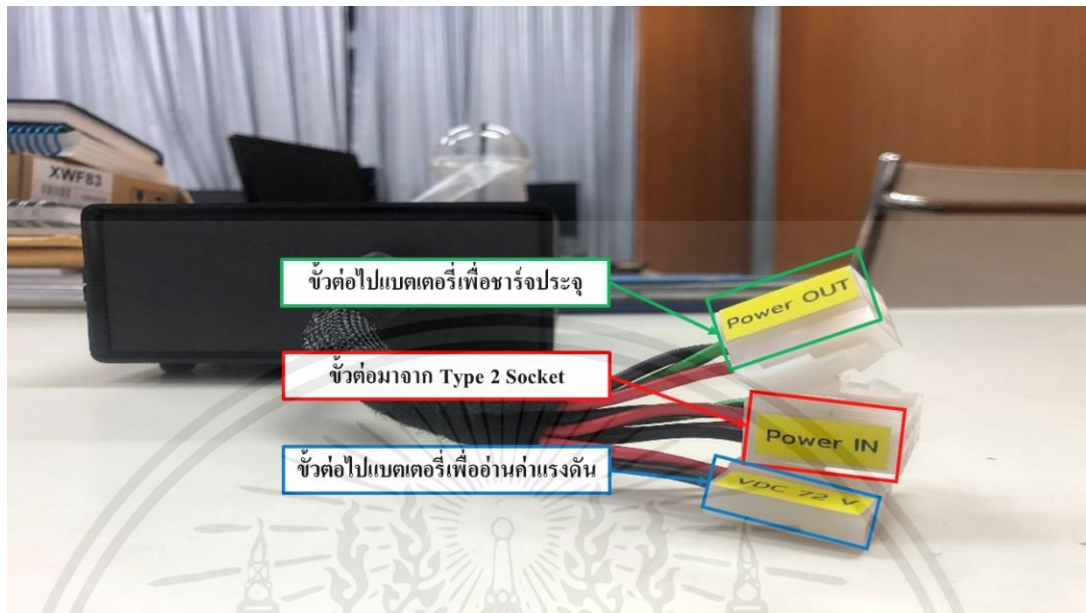
3. เมื่อกดคำสั่งโปรแกรมเริ่มทำงานแล้วหน้าต่าง font panel ลูกศรสีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งหมายความว่าระบบกำลังทำงานอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงสถานะโปรแกรมกำลังทำงาน

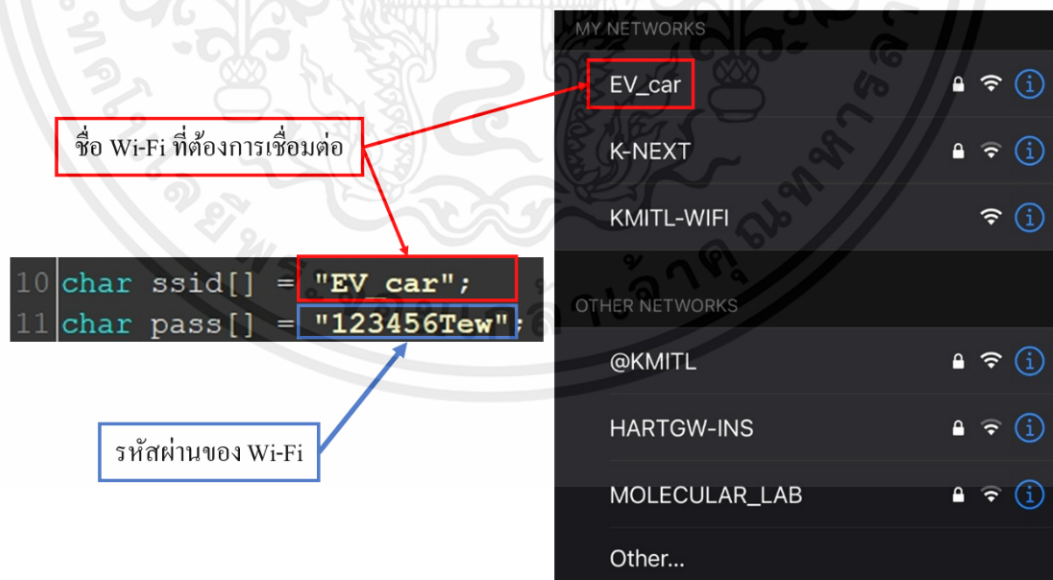
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เชื่อมต่อสายจากตัวกล่องเข้ากับสายของแบตเตอรี่



รูปที่ 4.4 ขั้วต่อจากตัวกล่องไปยังแบตเตอรี่

5. เชื่อมต่อกับ Wi-Fi ที่ชื่อ “EV_car” ซึ่ง Node MCU จะเชื่อมต่อให้อัตโนมัติอยู่แล้วหากอยู่ในพื้นที่ ๆ มีสัญญาณ



รูปที่ 4.5 ชื่อ Wi-Fi และรหัสผ่านที่ใช้เพื่อติดต่อสื่อสารระหว่าง Node MCU กับ Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ติดตั้งแอปพลิเคชันเพื่อช่วยในการบันทึกค่าที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง โดยในการทดลองนี้จะใช้แอปพลิเคชัน Strava ในการบันทึกค่าความเร็ว และระยะทางในการทดสอบ



รูปที่ 4.6 แอปพลิเคชัน Strava

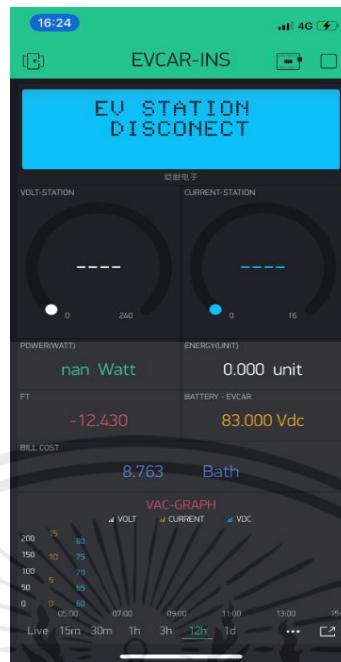
7. ทำการทดลองบันทึกผลการทดลอง

4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองเมื่อทำการเชื่อมต่อ Node MCU ESP8266 เข้ากับ Wi-Fi Hotspot จากโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว ในโปรแกรม LabVIEW ส่วนของ EV Battery จะแสดงค่าที่เซนเซอร์วัดได้จากแบตเตอรี่ในขณะเดียวกัน ในแอปพลิเคชัน Blynk ก็จะต้องแสดงค่าแบตเตอรี่ที่เท่ากัน แต่ส่วนของ EV Station ที่วัดค่าแรงดัน ค่ากระแส ค่ากำลังงาน ค่าพลังงาน จะขึ้นเป็นค่า nan ซึ่งหมายถึงไม่สามารถระบุค่าได้ หรือ ไม่ได้ซาร์จประจุ กราฟต่าง ๆ ก็จะไม่แสดงผลเช่นเดียวกัน

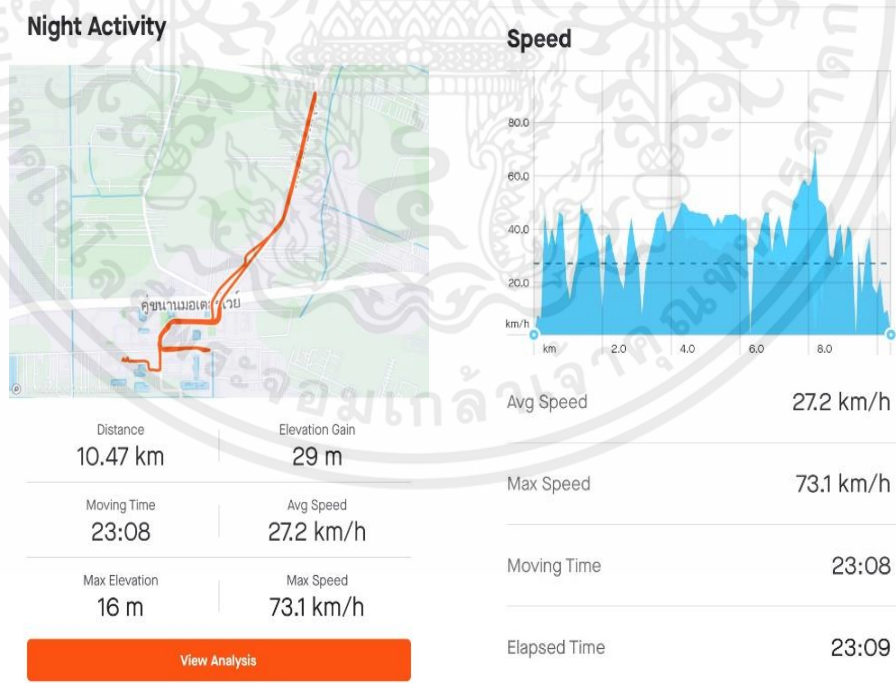
4.3.1 แอปพลิเคชัน Blynk

1) เมื่อไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกับสถานีซาร์จประจุในแอปพลิเคชัน Blynk จะแสดงคำว่า DISCONNECT แต่ยังสามารถดูสถานะแบตเตอรี่ได้



รูปที่ 4.7 แอปพลิเคชัน Blynk ในขณะที่ไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกับสถานีชาร์จ

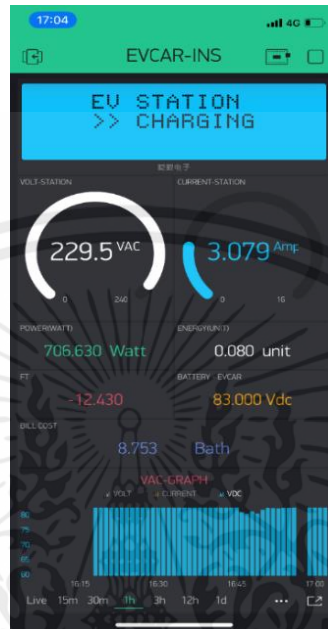
2) จากนั้นทำการทดสอบการใช้งานจากแบตเตอรี่ โดยสามารถดูค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ระยะทางที่ใช้ และความเร็วเฉลี่ย ได้จากแอปพลิเคชัน Strava



รูปที่ 4.8 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจากแอปพลิเคชัน Strava

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หลักจากที่มีการใช้งานแบตเตอรี่ และทำการเชื่อมสถานีชาร์จประจุ จนกระทั่งมีกระแสไฟฟ้าไหล หน้าจอจะแสดงผลคำว่า CHARGING ซึ่งจะมีกราฟ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงขึ้นมา



รูปที่ 4.9 แอปพลิเคชัน Blynk ในขณะที่ทำการเชื่อมต่อกับสถานีชาร์จ

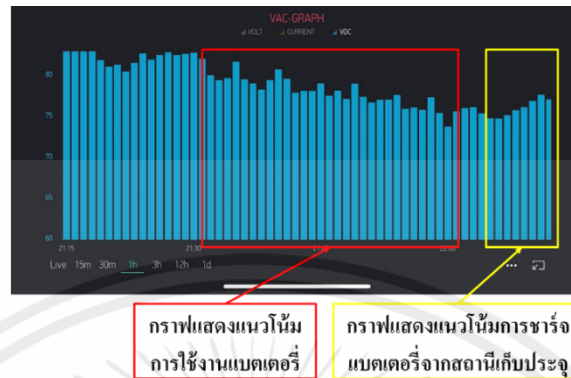
4) เมื่อชาร์จประจุจนแบตเตอรี่เต็มแล้วบนหน้าจอจะแสดงว่า FULL BATTERY แต่ค่าพารามิเตอร์จะยังคงอยู่จนกว่าจะถอดหัวชาร์จ Type 2 ออก



รูปที่ 4.10 แอปพลิเคชัน Blynk เมื่อชาร์จประจุจนแบตเตอรี่เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

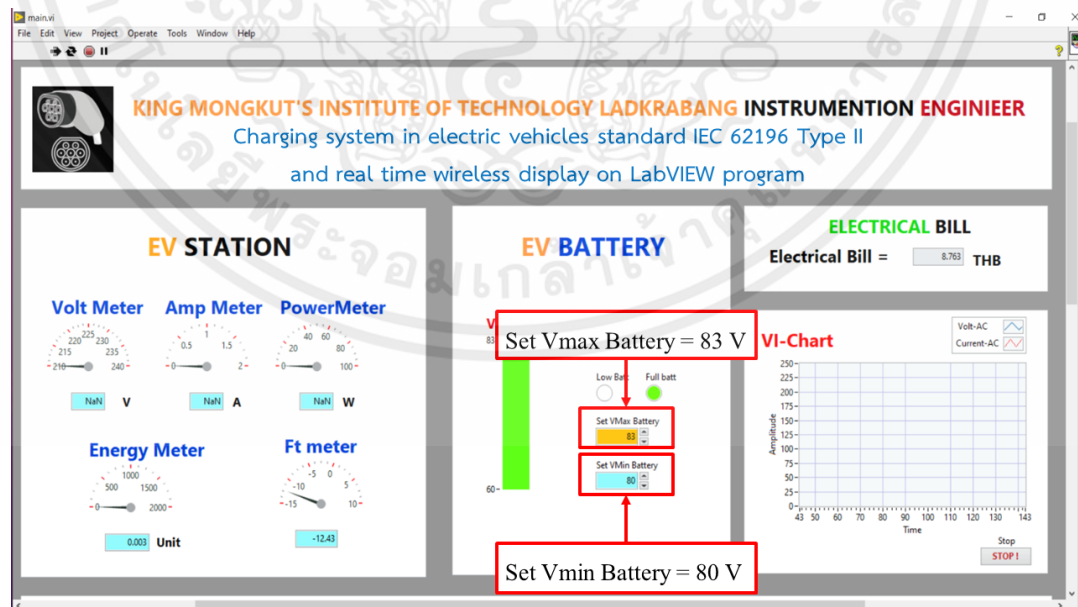
4) เราสามารถดูกราฟแสดงแนวโน้มการใช้งานแบตเตอรี่ได้ที่ด้านล่างของหน้าจอ



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงแนวโน้มการใช้งานแบตเตอรี่

4.3.2 โปรแกรม LabVIEW

เมื่อทำการเชื่อมต่อ Node MCU ESP8266 เข้ากับ Wi-Fi Hotspot จากโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วให้ทำการตั้งค่า Set Vmax Battery และ Set Vmin Battery เพื่อเป็นค่าระดับในการแจ้งเตือนแบตเตอรี่ ซึ่งเนื่องจากการทดลองจึงกำหนด Set Vmax Battery = 83V และ Set Vmin Battery = 80V เพื่อทดลองว่าตัวโปรแกรมสามารถใช้งานได้และมีการแจ้งเตือนตามวัตถุประสงค์ ถ้าแบตเตอรี่เกินกว่าระดับที่ตั้ง จะแสดงคำว่า FULL battery และมีไฟเขียวแสดงขึ้นบนจอในตำแหน่ง Full battery

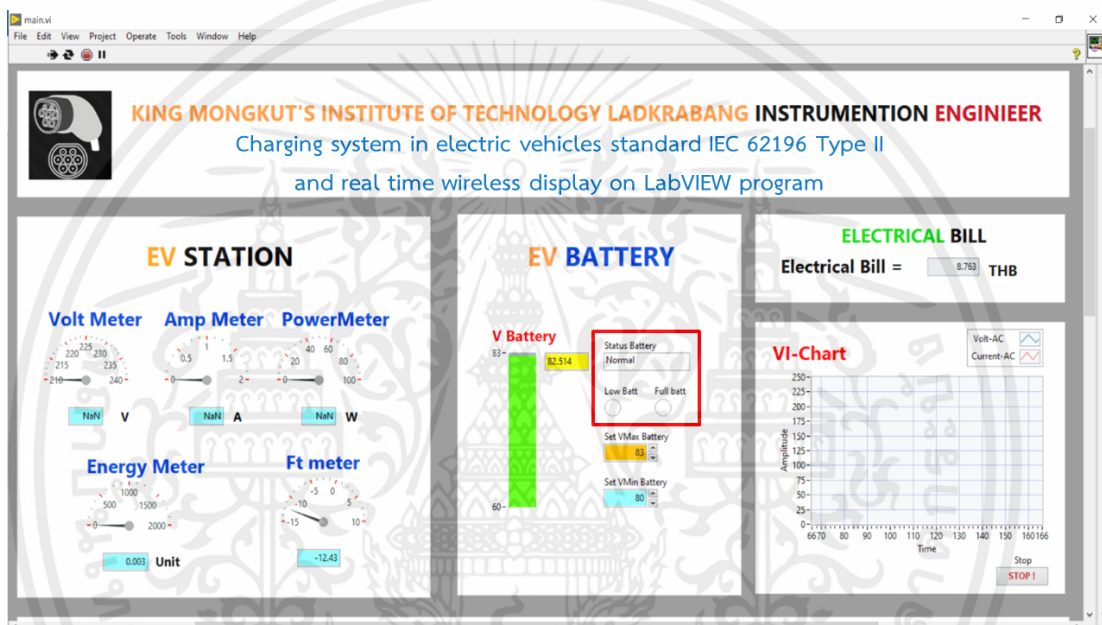


รูปที่ 4.12 ทำการตั้งค่า Vmax และ Vmin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

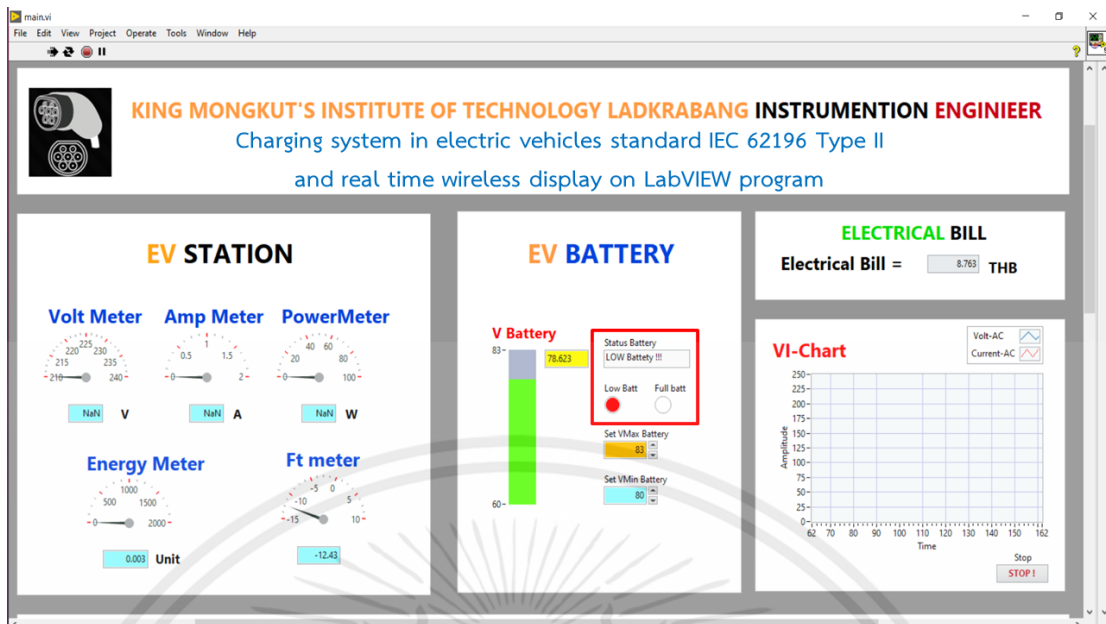
เมื่อนำรถไปใช้งานในระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้แบตเตอรี่มีการใช้งานและให้มีระดับแรงดันลดลงโดยที่คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กกับตัวมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าอยู่คนละจุดกัน แต่ผู้ใช้งานมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าจำเป็นต้องปล่อยสัญญาณ Hotspot ตลอดเวลาที่ใช้งานเพื่อให้ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากเซนเซอร์ส่งค่าไปยัง Server โดยโปรแกรม LabVIEW จะทำการอ่านค่าพารามิเตอร์ได้ดังนี้

เมื่อระดับแรงดันอยู่ระหว่างค่าที่ตั้งค่าไว้ใน Set Vmax และ Set Vmin ในช่อง Status battery จะแสดงคำว่า Normal ซึ่งเป็นค่าระดับแรงดันที่สามารถใช้งานได้ปกติ ส่วนสัญญาณไฟจะไม่แสดงขึ้นมาเพื่อบอกว่าระดับแรงดันอยู่ในระดับปกติ



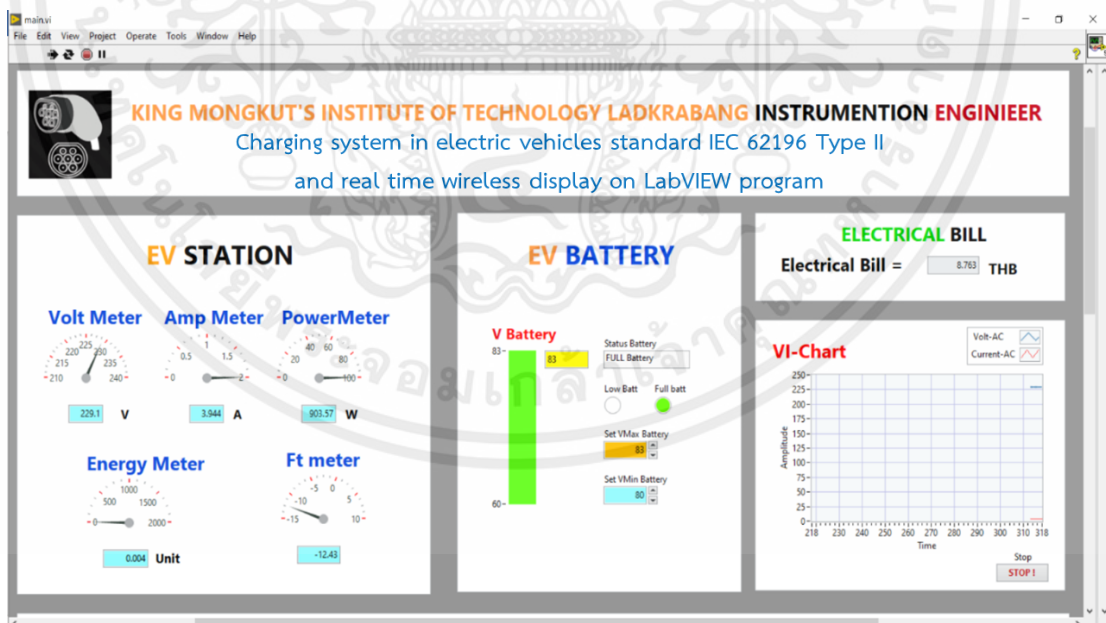
รูปที่ 4.13 โปรแกรม LabVIEW เมื่อแบตเตอรี่มีระดับแรงดันอยู่ในระดับปกติ

แต่เมื่อระดับแรงดันของแบตเตอรี่ลดเกินกว่าค่า Set Vmin จะทำให้มีการแจ้งเตือนเป็นสัญญาณไฟ สีแดง และที่ช่อง Status battery จะแสดงคำว่า Low battery แต่ความเป็นจริงสามารถใช้งานได้จนกว่า BMS จะตัดแต่ก็มีความเสี่ยงที่จะทำให้แบตเตอรี่พังได้



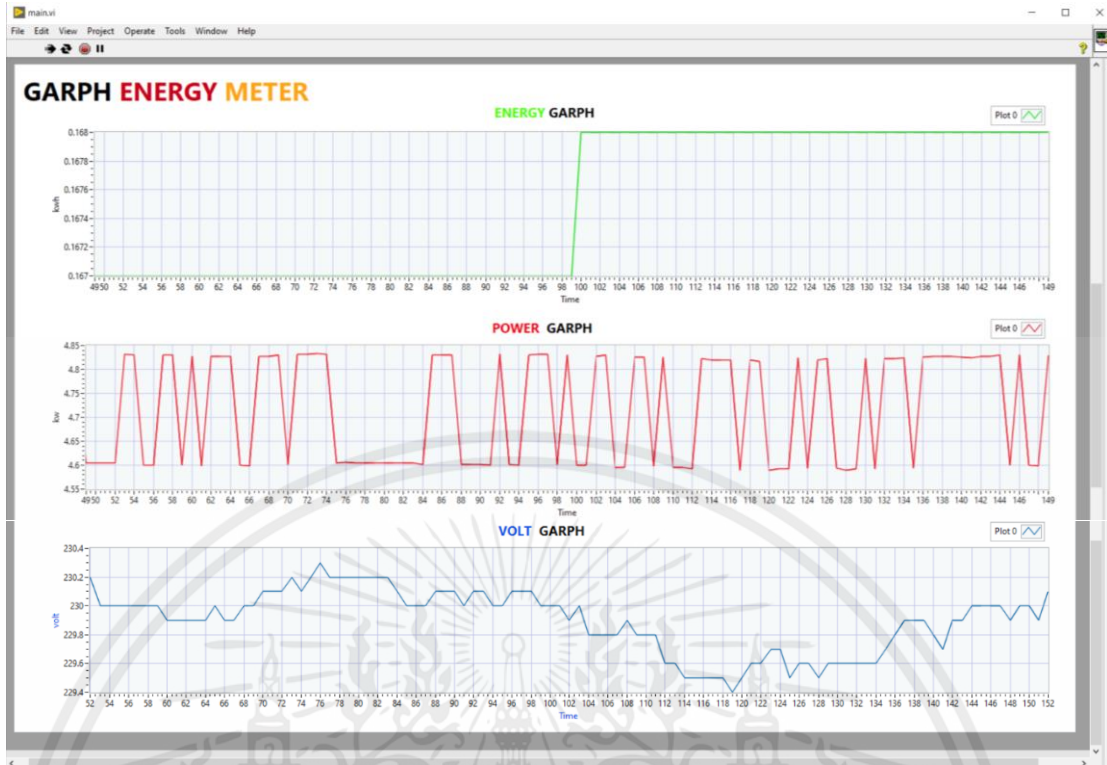
รูปที่ 4.14 โปรแกรม LabVIEW เมื่อแบตเตอรี่มีระดับแรงดันต่ำกว่าระดับที่ตั้งค่าไว้

และเมื่อนำมอเตอร์ไซค์ไปชาร์จที่สถานีชาร์จประจุที่หน้าต่าง EV STATION จากที่หน้าจจะแสดงคำว่า NaN ทุกอันจะมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงขึ้นมาตามค่าที่ On board changger สามารถชาร์จให้กับแบตเตอรี่ได้แสดงดังรูป 4.15



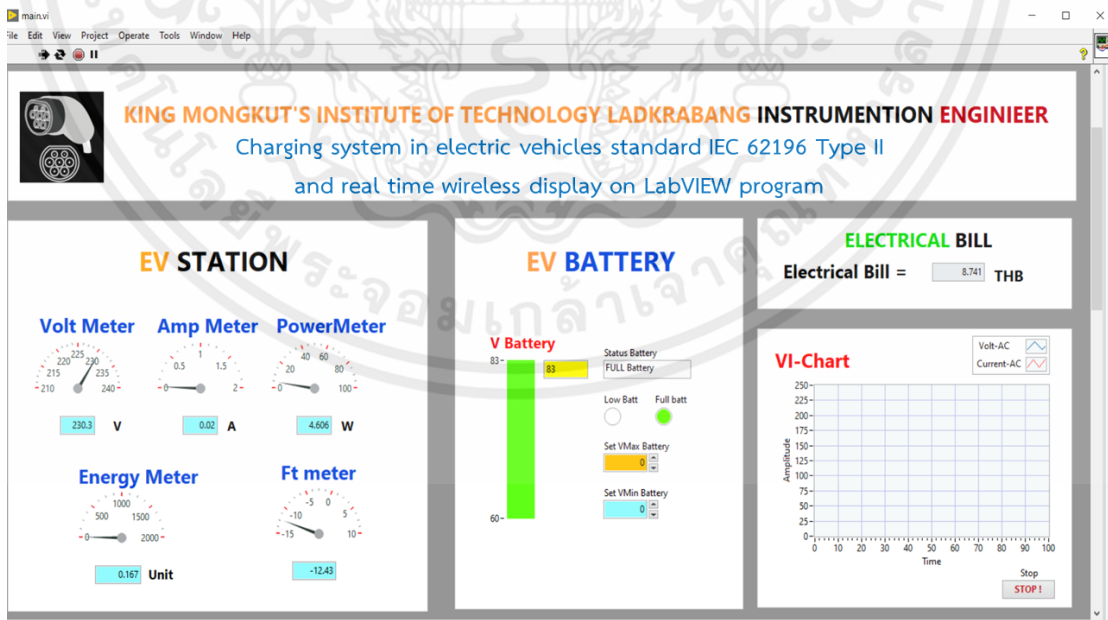
รูปที่ 4.15 โปรแกรม LabVIEW เมื่อทำการกับสถานีชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (POWER, ENERGY, VOLT) จากสถานีชาร์จประจุ

เมื่อชาร์จประจุจนเต็มแล้วค่า Amp Meter จะอยู่ใกล้ค่า 0 มากที่สุด และแสดงคำว่า FULL battery และมีไฟเขียวแสดงขึ้นบนจอในตำแหน่ง Full battery



รูปที่ 4.17 โปรแกรม LabVIEW เมื่อชาร์จประจุจนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 เปรียบเทียบผลการทดลอง

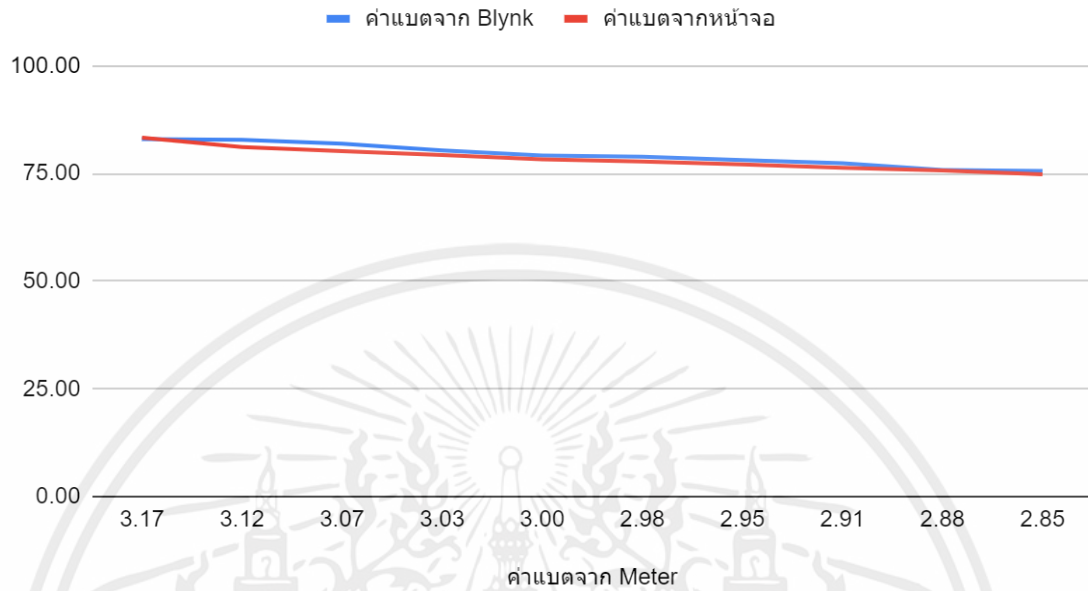
โดยผลทดลองการวัดระดับแบตเตอรี่จะทำการเปรียบเทียบกันระหว่างค่าที่แสดงสถานะแบตเตอรี่ที่ติดอยู่บนรถ กับค่าที่แสดงบนหน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk (ตัวเลขที่แสดงในแอปพลิเคชัน Blynk และโปรแกรม LabVIEW เป็นเลขเดียวกัน) และค่าที่ได้จากการวัดระดับแรงดันด้วยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการเปรียบเทียบแรงดันแบตเตอรี่ระหว่างค่าที่แสดงสถานะแบตเตอรี่ที่ติดอยู่บนรถ กับค่าที่แสดงบนหน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk และค่าที่ได้จากการวัดระดับแรงดันด้วยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

รอบที่	ค่าแบตเตอรี่จาก Meter (V)	ค่าแบตเตอรี่จาก โปรแกรม Blynk (V)	ค่าแบตเตอรี่จาก หน้าจอ (V)	ค่าแบตเตอรี่จาก การคำนวณ (V)
1	3.17	83.00	83.30	83.42
2	3.12	82.84	81.16	82.11
3	3.07	81.95	80.20	80.79
4	3.03	80.33	79.30	79.74
5	3.00	79.20	78.30	78.95
6	2.98	78.88	77.80	78.42
7	2.95	78.10	77.10	77.63
8	2.91	77.40	76.30	76.58
9	2.88	75.80	75.70	75.79
10	2.85	75.6	74.80	75.00

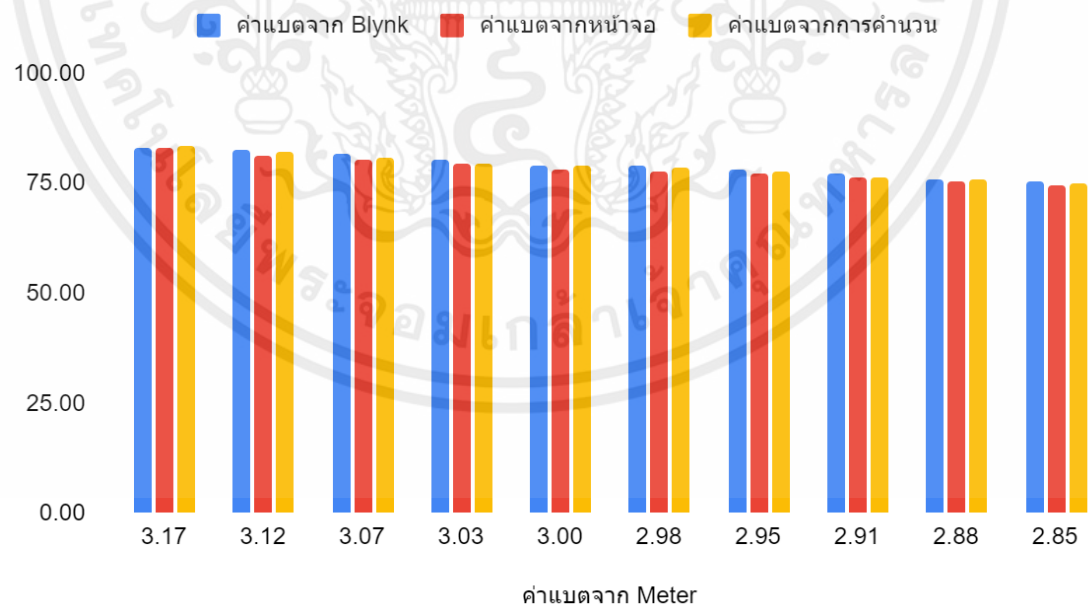
โดยสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้

ค่าแบริดจาก Blynk and ค่าแบริดจากหน้าจอ



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าแบริดเตอริ์จากโปรแกรม Blynk เทียบกับค่าแบริดเตอริ์จากหน้าจอ (V)

ค่าแบริดจาก Blynk, ค่าแบริดจากหน้าจอ , ค่าแบริดจากการคำนวณ



รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบค่าแบริดเตอริ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากสถานีชาร์จประจุ (แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังงานไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า) และระดับแรงดันในแบตเตอรี่ลิเธียม (18650) โดยใช้โมดูล PZEM 004t V.3 เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดในส่วนของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในสถานีชาร์จประจุ และใช้วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 84 โวลต์ ให้ลดลงเหลือ 3.3 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าแรงดันที่ Node MCU ESP8266 สามารถอ่านค่าได้ จากนั้นค่าต่าง ๆ จะถูกประมวลผลด้วย Node MCU ESP8266 เช่น กำลังไฟฟ้า จะเป็นการนำค่าแรงดันไฟฟ้า และ กระแสไฟฟ้าจากเซนเซอร์ PZEM 004t V.3 คำนวณการคิดค่าไฟฟ้า โดยมาตรฐานของการไฟฟ้า ซึ่ง จะอยู่ในหมวดที่ 1 คือ บ้านเรือนทั่วไป และมีค่าบริการอยู่ที่ 8.19 บาท หากใช้ไฟไม่เกิน 150 หน่วย เป็นต้น จากนั้นค่าต่าง ๆ ที่ถูกประมวลผลจะถูกส่งไปยัง Server ซึ่งหากต้องการดึงค่าต่าง ๆ ออกมา จำเป็นที่จะต้องใช้ Protocol HTTP โดยจะต้องอ้างอิง Method ในการส่ง และอ่านค่า ซึ่งในโครงการ นี้จะทำการดึงค่าเข้าไปสู่โปรแกรม LabVIEW และแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อสามารถตรวจสอบสถานะ ค่าต่าง ๆ ได้

ในขั้นตอนแรกจำเป็นที่จะต้องให้ Node MCU ESP8266 เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เป็น Public ก่อน หรือก็คือเครือข่ายที่สามารถต่อกับอินเทอร์เน็ตภายนอกได้ ในที่นี้จะใช้เป็นการ ปลดปล่อย Wi-Fi Hotspot จากโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้มือถือโทรศัพท์ไฟฟ้า เมื่อเข้าโปรแกรม LabVIEW ที่ได้มีการเขียนโปรแกรมแสดงผลและรับค่าจาก Server ไว้แล้ว และกดให้โปรแกรมเริ่มทำงาน ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะถูกส่งมาที่โปรแกรม LabVIEW โดยค่าที่ส่งมานั้นคือ แรงดันไฟฟ้าจาก แบตเตอรี่ เมื่อผู้ใช้ใช้งานไปสักพักจะเห็นความเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันแบตเตอรี่ พร้อมทั้งมี การแจ้งเตือนเมื่อระดับแรงดันนั้นอยู่สูงหรือต่ำกว่าที่ตั้งค่าไว้ เมื่อนำรถมาชาร์จที่สถานีชาร์จประจุ บน หน้าต่าง EV Station จะแสดงค่าพารามิเตอร์จากสถานีชาร์จประจุว่า ชาร์จด้วยระดับแรงดันเท่าไร กระแสที่ปล่อยจาก On Board Charger เป็นเท่าไร และมีการคำนวณค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเมื่อชาร์จ ประจุ อีกทั้งยังมีกราฟแสดงสถานะค่าต่าง ๆ เพื่ออาจจะนำค่าต่าง ๆ ไปวิเคราะห์และพัฒนาโครงการ นี้ต่อไป

ในส่วนของแอปพลิเคชัน Blynk จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหมือนกับโปรแกรม LabVIEW แต่จะเพิ่มหน้าจอแสดงผลว่าหากทำการชาร์จประจุ ตัวรถจะอยู่ในสถานะอะไร (Disconnect, Changing และ Full battery) เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน โดยได้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากแอปพลิเคชัน Blynk ตรวจสอบค่าจากมอไซค์ไฟฟ้า และวงจร Voltage Divider ซึ่งค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันมาก ทดสอบโดยการนำรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าไปใช้งานรอบคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นจำนวน 10 รอบ โดยบันทึกค่าทุกครั้งหลังวิ่งครบรอบ และมีกราฟแสดงค่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อใช้วิเคราะห์การทำงานหรือประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ได้ในการพัฒนาครั้งต่อไป

ในการทดลองนี้จุดประสงค์หลักคือ การนำค่าต่าง ๆ ที่วัดได้จากเซนเซอร์ส่งขึ้นไปเก็บเป็นข้อมูลอยู่บน Server และสามารถเรียกใช้งานเมื่อไรก็ได้ โดยจะใช้กับแพลตฟอร์มอะไรก็ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน ในโครงการนี้จะใช้เป็นโปรแกรม LabVIEW และแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งการดึงค่าต่าง ๆ มาใช้งานจำเป็นที่จะต้องรู้ Method ในการสื่อสารว่าต้องมีรูปแบบอย่างไร ดึงออกมาแล้วต้องกรองข้อมูลแบบไหนถึงจะได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับระบบชาร์จประจุในยานยนต์ไฟฟ้ามาตรฐาน IEC 62196 Type II ซึ่งเป็นมาตรฐานที่รถไฟฟ้าทุกคันต้องมี ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับระบบการสื่อสารด้วย โครงการนี้ได้นำความรู้ในศาสตร์ด้านต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาในสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม หลักสูตรบัณฑิตพันธุ์ใหม่ ที่เน้นทางด้านยานยนต์ไฟฟ้า เช่น รายวิชาเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และระบบการวัด , Advance Battery Storage, Data Communication & Network และอีกมากมายมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

โครงการนี้ยังสามารถต่อยอดและยังมีสิ่งที่สามารถปรับปรุงได้อีกหลายสิ่ง ไม่ว่าจะเป็น การติดเซนเซอร์ GPS แล้วระบุตำแหน่งของตัวรถขณะใช้งาน การระบุพิกัดของสถานีชาร์จประจุเมื่อมียานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียง การระบุแรงดันไฟฟ้าของ BMS โดยสามารถบอกได้ถึงระดับของแบตเตอรี่ก่อน การนำกราฟการชาร์จแบตเตอรี่มาวิเคราะห์ถึงอายุการใช้งานที่เหลือและการ Service เนื่องจากโครงการนี้ออกแบบมาเป็นแบบ Plug to play นั้นหมายความว่าสามารถถอดหรือเพิ่มอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นฟังก์ชันเสริมโดยที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขระบบยานยนต์ไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม หากไม่ต้องการใช้ก็เพียงถอดอุปกรณ์ออกเพียงเท่านั้น

บรรณานุกรม

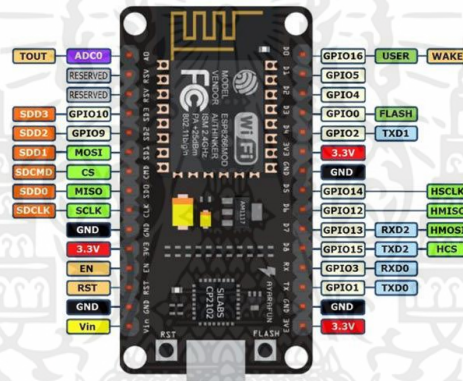
- [1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2559-2560). การศึกษาเทคโนโลยีอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า. หน้า 40- 59. ค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน 2563. จาก <https://www.thaiauto.or.th/2012/th/services/ev/pdf/research/2017/การศึกษาเทคโนโลยีอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า.pdf>.
- [2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2560). การศึกษาเทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์ไฟฟ้า. หน้า 2-1 - 3-25. ค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน 2563. จาก <https://www.thaiauto.or.th/2012/th/services/ev/pdf/research/2017/การศึกษาเทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์ไฟฟ้า.pdf>.
- [3] กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี. “Lab VIEW สำหรับการสร้างระบบ Data Acquisition และ Machine Vision”. พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า 1 – 255. ค้นเมื่อ มีนาคม 2563.
- [4] ประกาศกรมการขนส่งทางบกเรื่องกำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2560. ค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน 2563. จาก <https://www.dlt.go.th>.
- [5] Ail Bahrami. EV Charging Definitions, Modes, Levels, Communication Protocols and Applied Standards Technical Report. Retrieved November 1 , 2020. From <https://www.researchgate.net>.
- [6] Ail Bahrami. EV Charging Definitions. Modes, Levels, Communication Protocols and Applied Standards Technical Report. Retrieved November 1, 2020. From <https://www.researchgate.net>.
- [7] Zou Danping, Liu Juan, Chen Yuchun, Liu Yuhang, and Chu Zhongjianvol. “Research on Electric Energy Metering and Charging System for Dynamic Wireless Charging of Electric Vehicle”. in Nari Group Corporation/State Grid Electric Power Research Institute Beijing. China.

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 คือ ไมโครชิปที่เป็นรูปแบบ TCP/IP มีหน้าที่สำหรับเชื่อมต่อ WI-FI



ก.1 Pin OUT ของ Node MCU ESP8266 V3.0

คุณสมบัติของ Node MCU ESP8266 V3.0

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การติดตั้งบอร์ด ESP2866 ลงบนโปรแกรม Arduino IDE

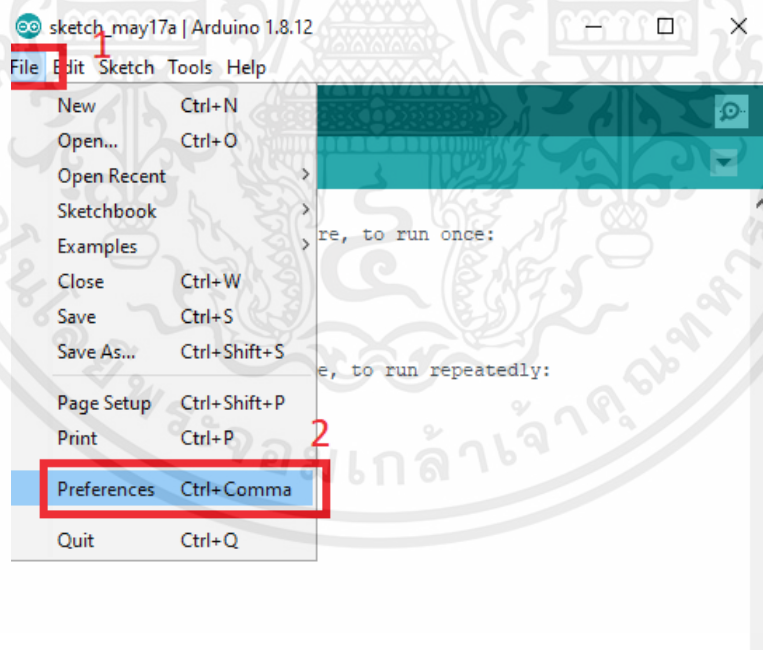
โดยการเริ่มใช้งานจำเป็นต้องทำการติดตั้งบอร์ด ESP2866 ลงบนโปรแกรม Arduino IDE โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE ฟรีได้ที่ <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



ก.2 โปรแกรม Arduino IDE

เมื่อทำการติดตั้ง Arduino IDE เรียบร้อยแล้ว ให้เปิด Arduino IDE ขึ้นมา

1) ไปที่ File เลือก Preferences

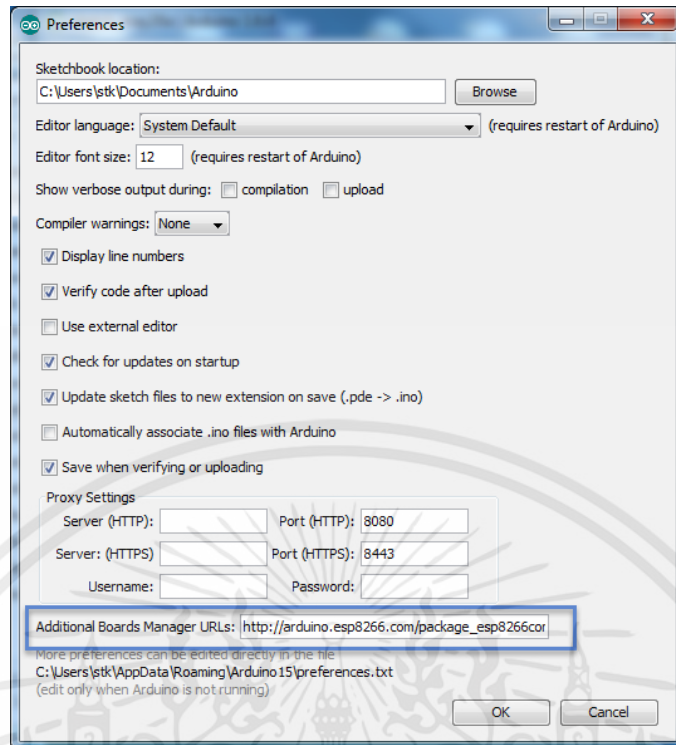


ก.3 การตั้งค่าการใช้งาน

2) ใส่ URL ลงใน Addition Board Manager แล้วกด OK

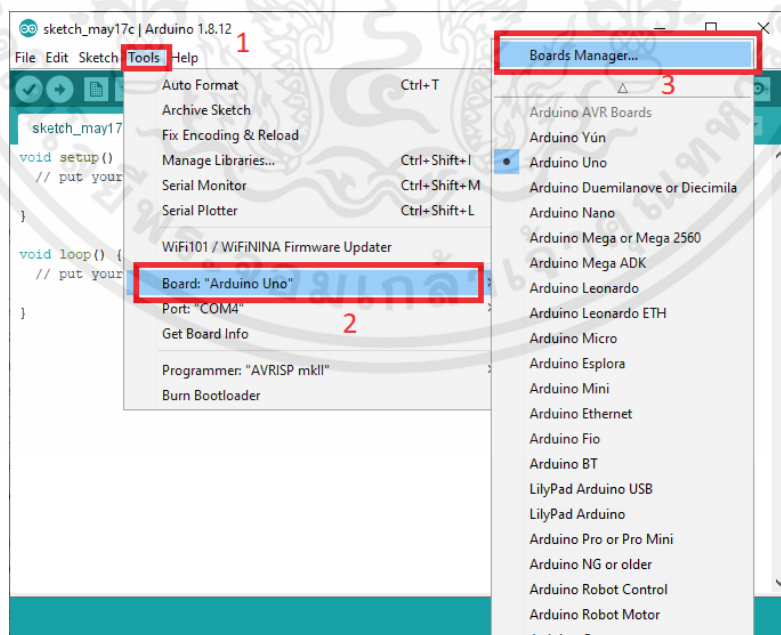
URLs คือ http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.4 การเพิ่ม URL ลงใน Addition Board Manager

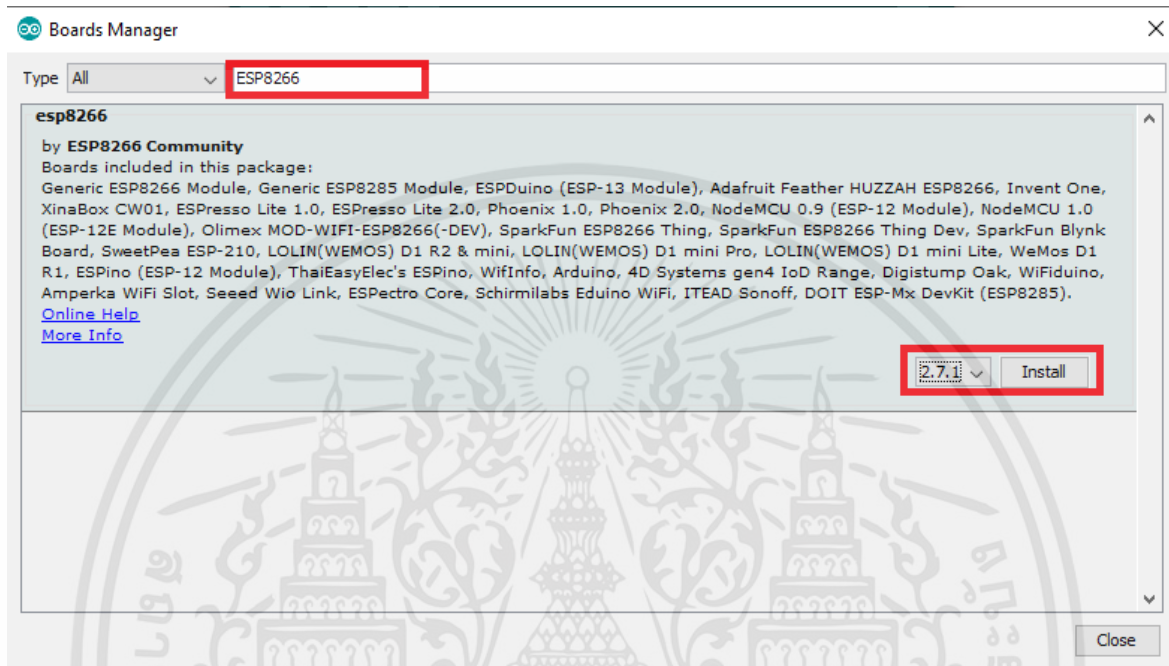
- 3) เพิ่มบอร์ด ESP8266 ลงบนโปรแกรมโดยไปที่แถบเครื่องมือแล้วเลือก Tools ตามด้วย Board: “...” แล้วเลือก Boards Manager...



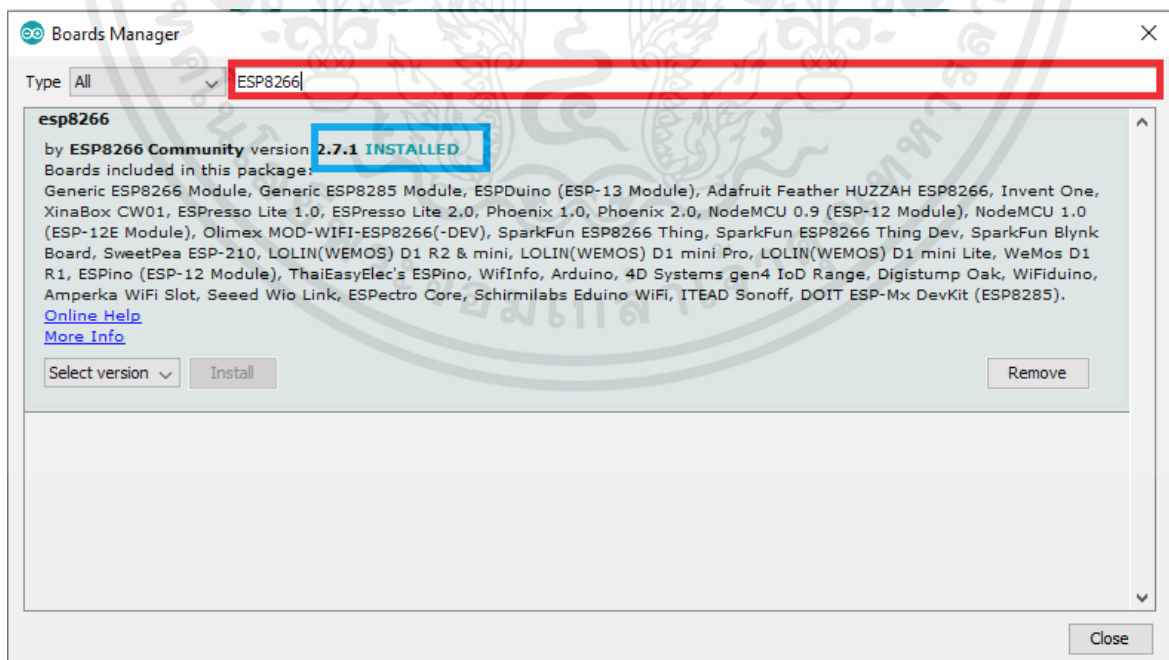
ก.5 เพิ่มบอร์ด ESP8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



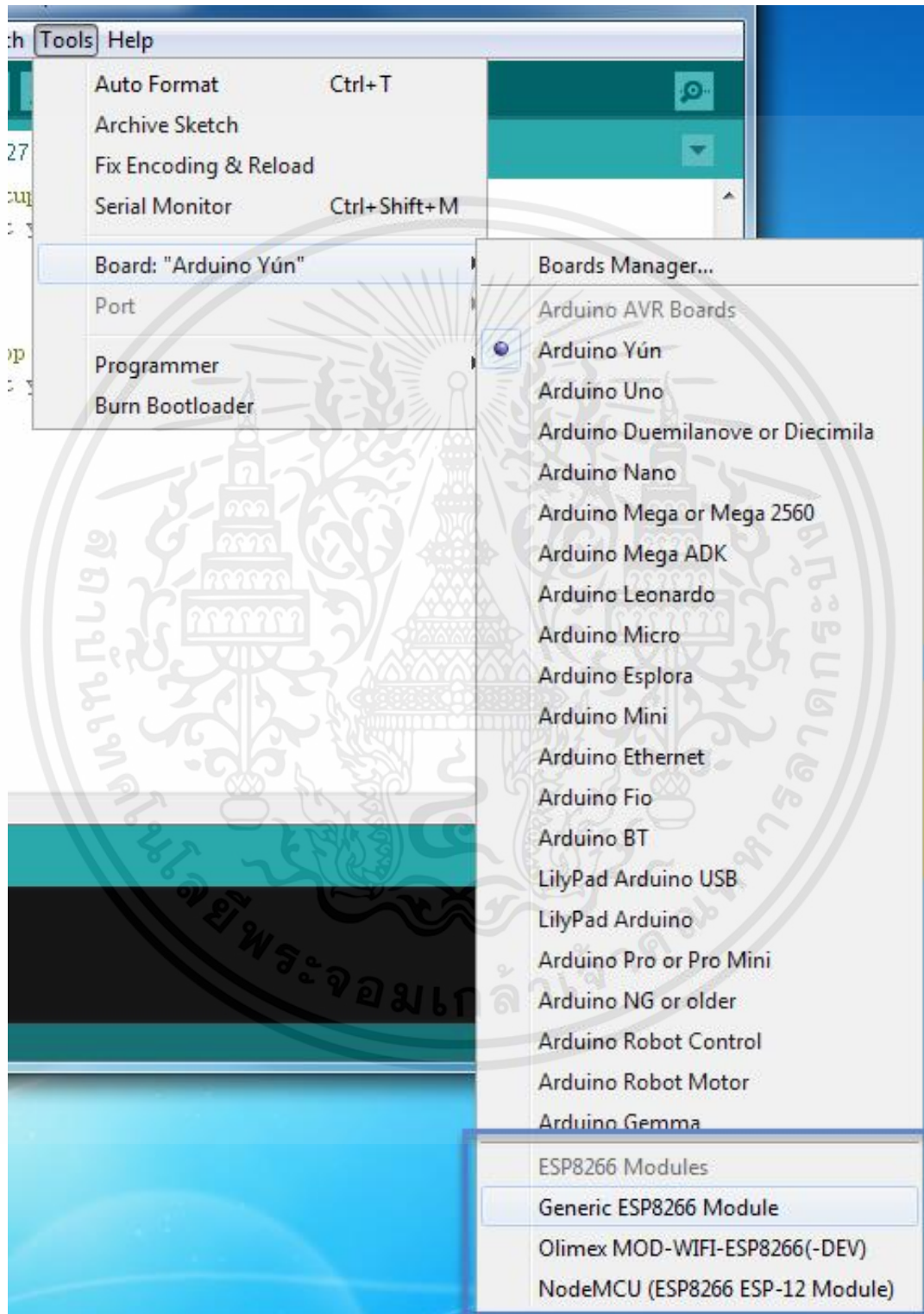
ก.6 การติดตั้งบอร์ด ESP8266



ก.7 การติดตั้งเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ก.8 เลือกการใช้งานบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 โปรแกรมที่ใช้ในการส่งค่าไปยังส่วนแสดงผล

```

#include <PZEM004Tv30.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define min(a,b) ((a)<(b)?(a):(b))
#endif

PZEM004Tv30 pzem(12,13); // (RX,TX) connect to TX,RX of PZEM

char auth[] = "FJXXgHpl1qgMzYOR3OL_wuc4ieUgYyIJ";

char ssid[] = "EV_car";
char pass[] = "123456Tew";

BlynkTimer timer;
float voltage_blynk=0;
float current_blynk=0;
float power_blynk=0;
float energy_Blynk=0;
float pf_Blynk =0;
int analogPin = A0;
float calBill(float Unit, float ft, bool over_150_Unit_per_month = false);

void sendSensor()
{
  float voltage = pzem.voltage();
  if(voltage != NAN){
    Serial.print("Voltage: "); Serial.print(voltage); Serial.println("V"); voltage_blynk
    =voltage;
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else {
    Serial.println("Error reading voltage");
}

float current = pzem.current();
if(current != NAN){
    Serial.print("Current: "); Serial.print(current); Serial.println("A"); current_blynk=current;
} else {
    Serial.println("Error reading current");
}

float power = pzem.power();
if(current != NAN){
    Serial.print("Power: "); Serial.print(power); Serial.println("W"); power_blynk=power;
}
else {
    Serial.println("Error reading power");
}

float energy = pzem.energy();
if(current != NAN){
    Serial.print("Energy: "); Serial.print(energy); Serial.println("Unit"); energy_Blynk =
energy;
}
else {
    Serial.println("Error reading energy");
}

float pf = pzem.pf();
if(current != NAN){
    Serial.print("Pf: "); Serial.print(pf); Serial.println(""); energy_Blynk = pf;
}
else {
    Serial.println("Error reading energy");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    Blynk.virtualWrite(V4, voltage_blynk);
    Blynk.virtualWrite(V5, current_blynk );
    Blynk.virtualWrite(V6, power_blynk);
    Blynk.virtualWrite(V7, energy_Blynk);
    Blynk.virtualWrite(V9, pf_Blynk);

}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    //Blynk.begin(auth, ssid, pass);
    // You can also specify server:
    Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk.jpnet.co.th", 8080);
    //Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8080);

    timer.setInterval(1000L, sendSensor);
}
double mapf(double val, double in_min, double in_max, double out_min, double
out_max) {
    return (val - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
void loop()
{
    Blynk.run();
    timer.run();

    int val = map(analogRead(A0), 0, 1023, 0, 1000);
    float valf = val/1000.0;
    float vdc = mapf(valf, 0.0, 1.0, 0.0, 74.0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.println(vdc);  
Blynk.virtualWrite(V10, vdc);  
  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการจัดการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) นั่น คือผู้ใช้พัฒนาโปรแกรมไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือ คำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และภาษาที่ใช้ในโปรแกรมจะเรียกว่าเป็น ภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดภาษาพื้นฐาน เช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมดโดยจะช่วยอำนวยความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มากโดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น Port หรือ Card ต่างๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด

ข.1 วิธีการใช้งานโปรแกรม LabVIEW

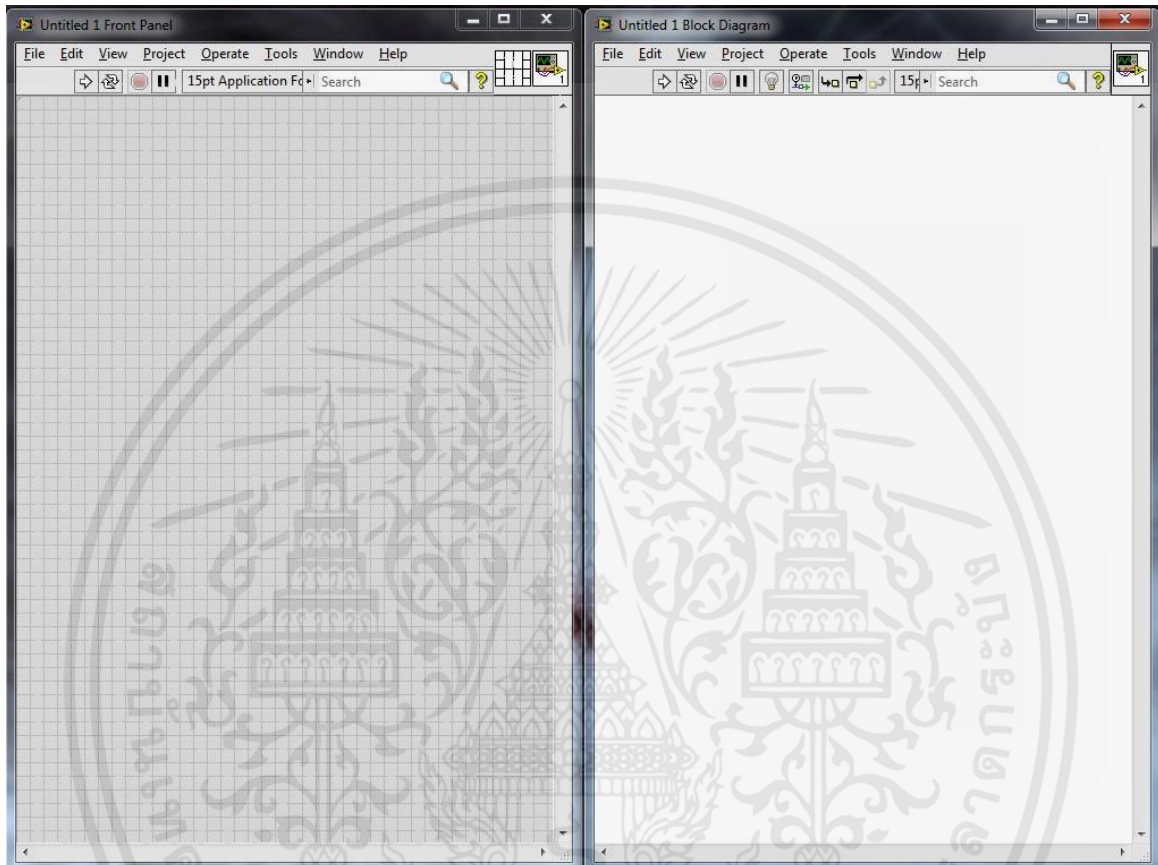
1) เปิดโปรแกรม LabVIEW



ข.1 โปรแกรม LabVIEW

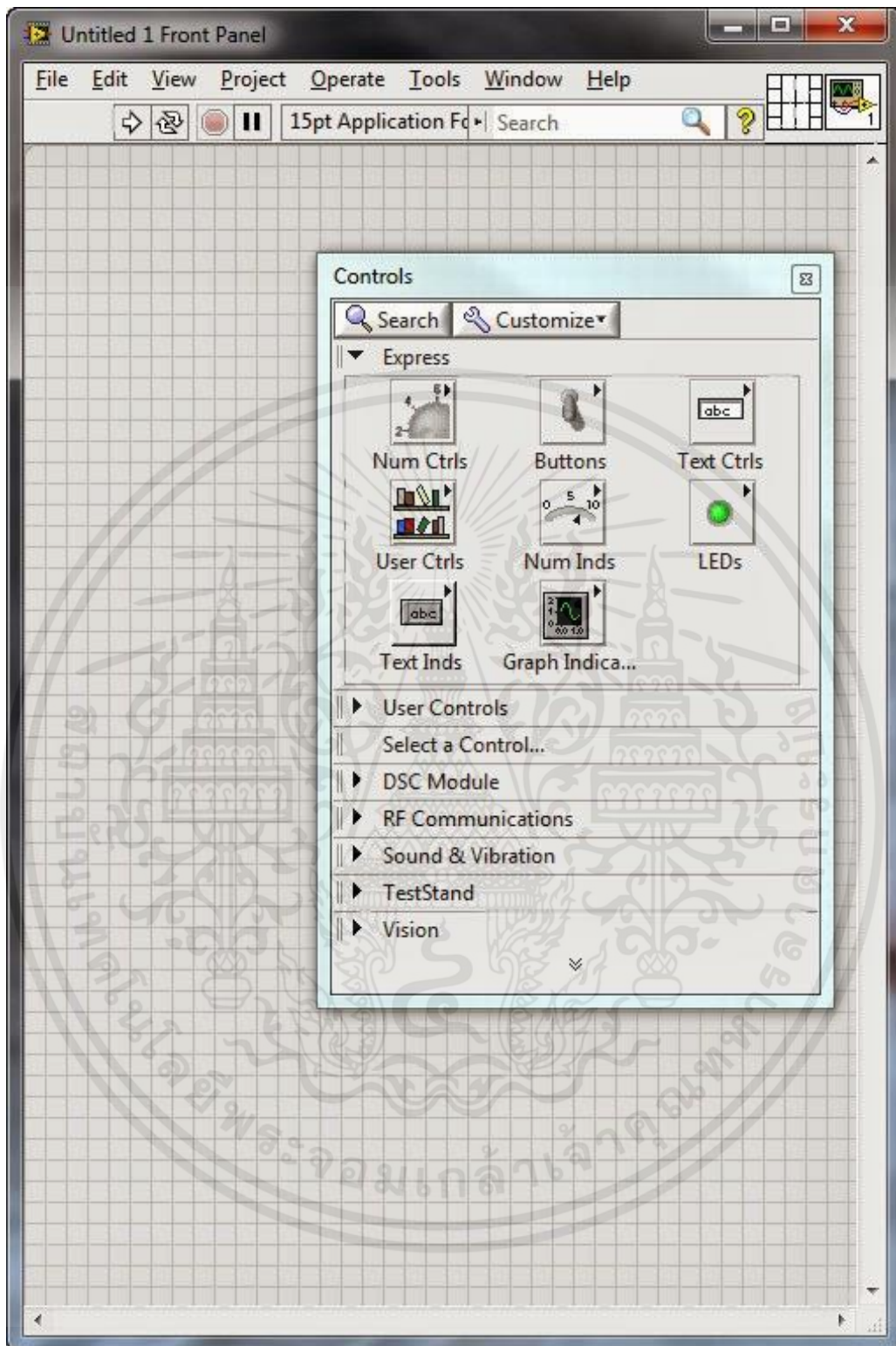
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ในส่วนของการเขียนโปรแกรมแลบวิวนั้นจะมีสองหน้าต่างแสดงอยู่คือ Front Panel และ Block Diagram แต่เมื่อคลิก Blank VI นั้นจะมีหน้าต่างเดียวคือ ส่วน Front Panel ถ้าต้องการเปิดหน้าต่าง Block Diagram ทำได้โดยเลือก Window แล้วเลือกที่ Show Block Diagram



ข.2 Front Panel และ Block Diagram

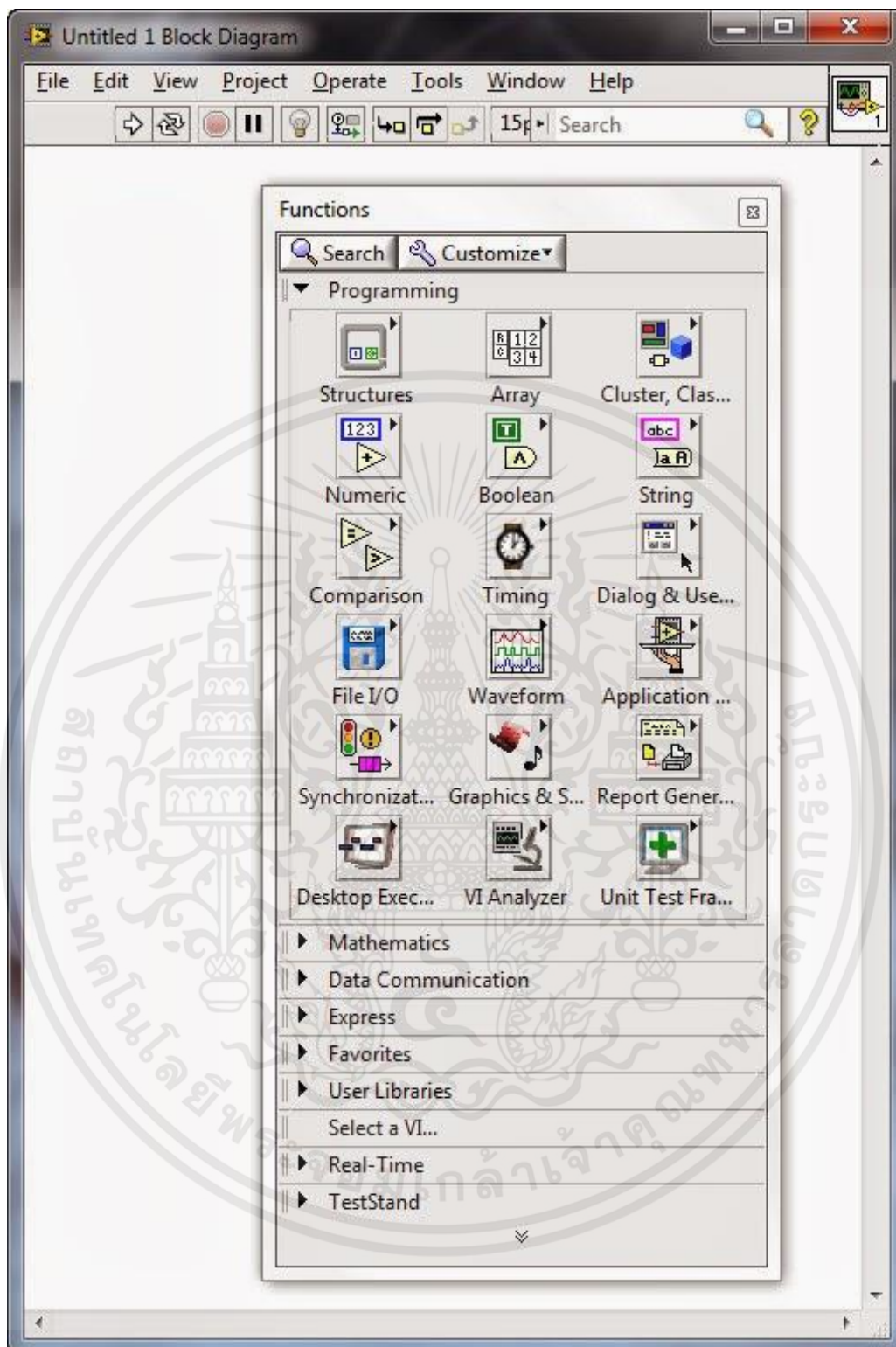
3) หน้าต่างส่วน Front Panel จะทำหน้าที่สำหรับการแสดงผลการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม และสามารถสั่งการโปรแกรม หรือส่งค่าต่าง ๆ ไปในโปรแกรมได้ด้วย หรือเรียกย่อๆว่า เป็น GUI,HMI, MMI นั้นเอง และเมื่อคลิกขวาที่หน้าต่าง Front Panel จะเจอ Tools ต่างๆ



ข.3 การใช้งานหน้าต่าง Front Panel

4) มาในส่วนของ Block Diagram จะเป็นส่วนของการเขียนคำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรมนั้นเอง และเมื่อคลิกขวาที่หน้าต่าง Block Diagram จะเจอ Tools ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



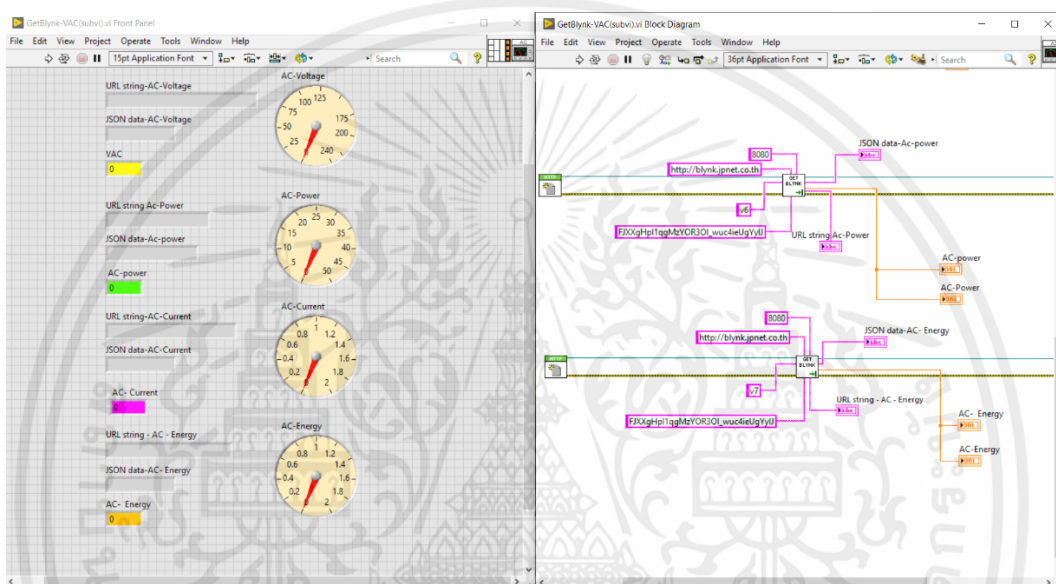
ข.4 การใช้งานหน้าต่าง Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 หน้าต่างการใช้งานที่ออกแบบโดยโปรแกรม LabVIEW

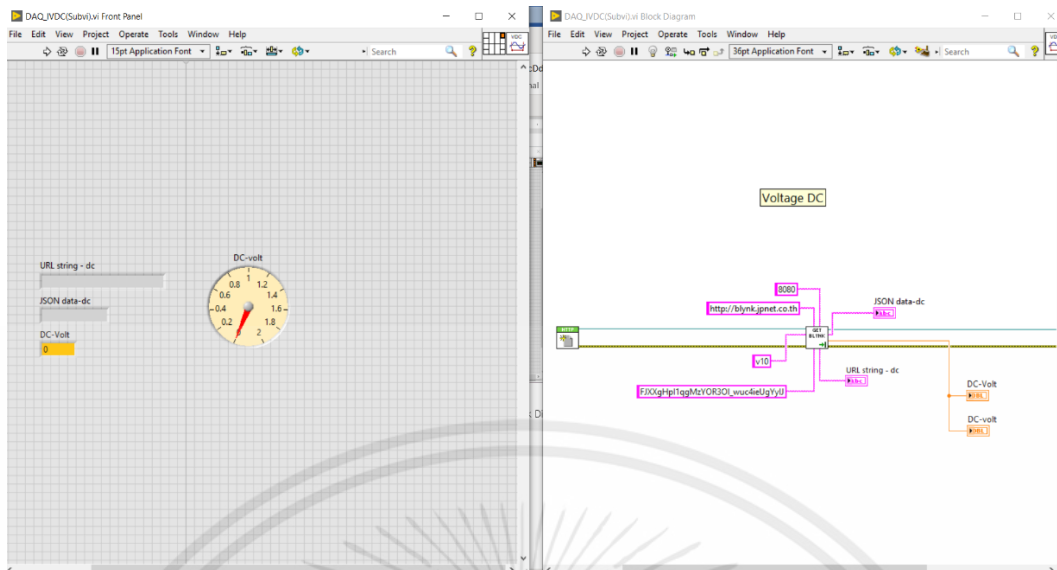
1) ส่วนของ Sub Vi คือ การเขียนโปรแกรมเป็นฟังก์ชันย่อย ๆ แล้วทำให้อยู่ในรูปของบล็อก ๆ หนึ่ง เราสามารถเรียกใช้งานฟังก์ชันนั้นได้โดยการนำบล็อกไปวางใน Main Vi ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้มีการเขียน Sub Vi อยู่ 3 Sub Vi ดังนี้

1. GetBlynk_VAC (Subvi) : เป็นฟังก์ชันในการดึงค่าจากแอปพลิเคชัน Blynk ในส่วนของการอ่านค่าจากเซนเซอร์ PZEM 004T V3 มาแสดงผลให้อยู่ในรูปของกราฟฟิก



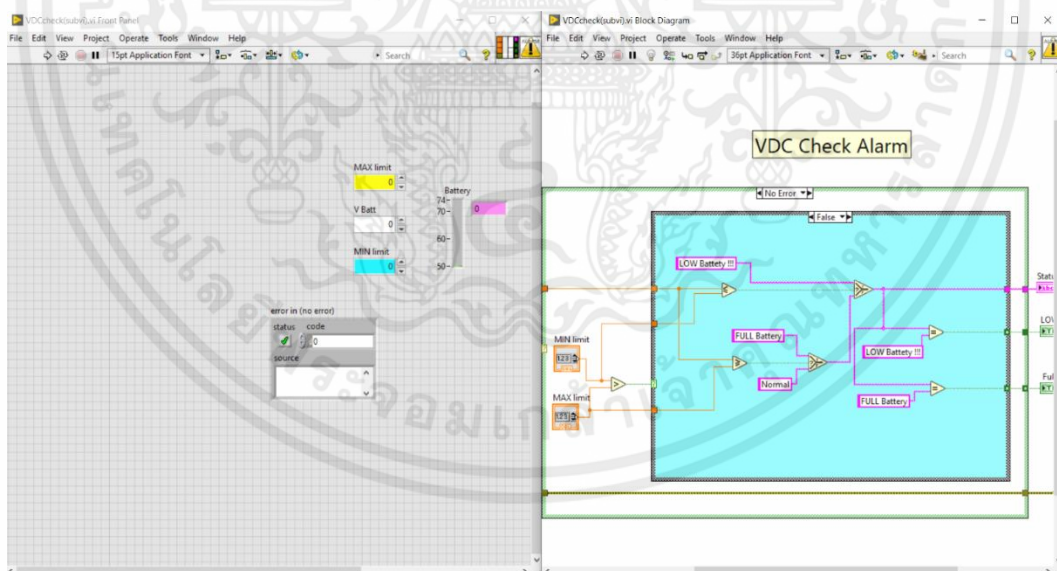
ข.5 หน้าต่าง font panel และ Block Diagram ของฟังก์ชัน GetBlynk_VAC(Subvi)

2. DAQ_IV (Subvi) : เป็นฟังก์ชันในการดึงค่าจากแอปพลิเคชัน Blynk ในส่วนของการอ่านค่าจากแรงดันแบตเตอรี่ มาแสดงผลให้อยู่ในรูปของกราฟฟิก



ข.6 หน้าต่าง front panel และ Block Diagram ของฟังก์ชัน DAQ_IV(Subvi)

3. VDCcheck(SubVi) : เป็นฟังก์ชันที่เขียนขึ้นมาเพื่อแจ้งเตือนระดับแรงดันของแบตเตอรี่ ซึ่งมีการนำอินพุตจาก DAQ_IV(Subvi) มาคำนวณ, แสดงผลให้อยู่ในรูปของกราฟฟิก และส่งค่าไปเก็บที่ Logger



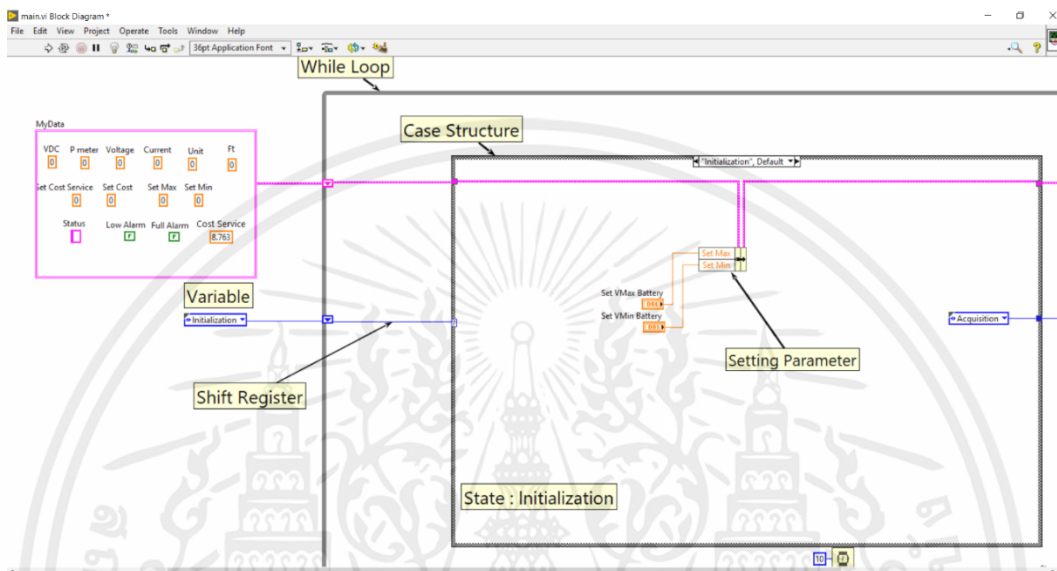
ข.7 หน้าต่าง front panel และ Block Diagram ของฟังก์ชัน VDCcheck(SubVi)

2) ส่วนของ main Vi คือ การเขียนฟังก์ชันหลักโดยอาจมีการนำ Sub Vi ที่เขียนไว้มาใส่ใน main Vi ได้ โดยการเขียน Block Diagram จะใช้หลักการของ State Machine หรือ การเขียนโปรแกรมเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

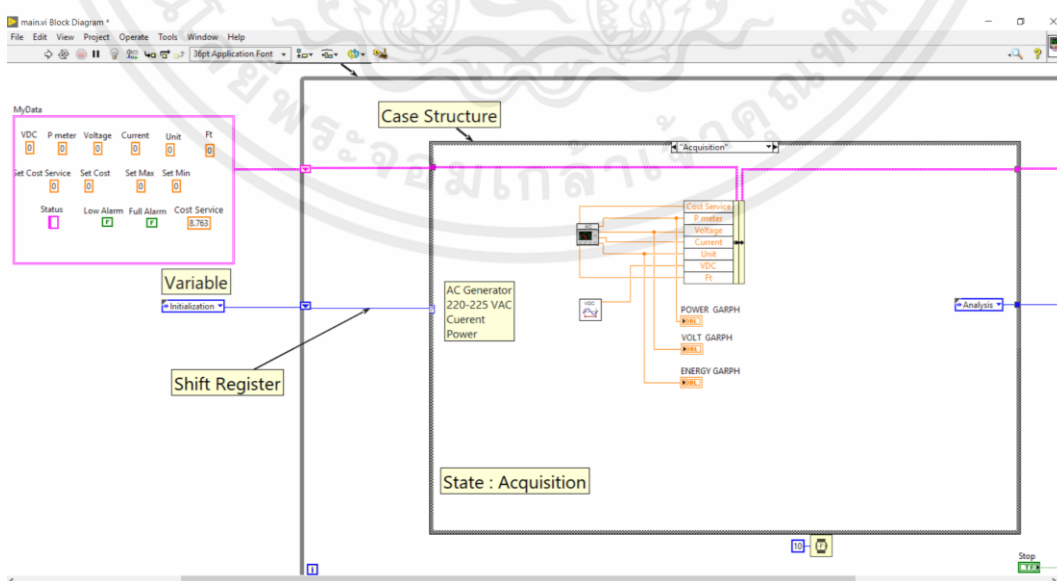
ลำดับขั้นตอนโดยแบ่งเป็น State ต่างๆ มีทั้ง front panel และ Block Diagram เหมือนกับ Sub Vi ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะมี State อยู่ 5 State ดังนี้

1. Initialization : เป็น State ที่ใช้เก็บค่า input ที่ได้จากการป้อนค่าต่างๆ ในโปรแกรม LabVIEW เท่านั้น



ข.8 หน้าต่าง Block Diagram ของ State Initialization

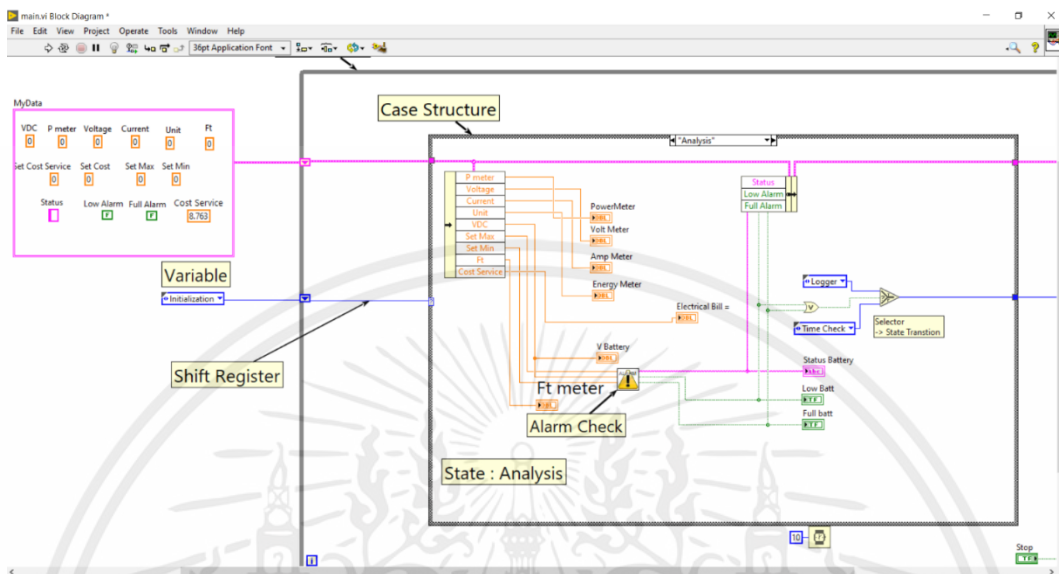
2. Acquisition : เป็น State ที่ใช้เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากภายนอกโปรแกรม เช่น ค่าแรงดันจากแบตเตอรี่ในแอปพลิเคชัน Blynk เป็นต้น



ข.9 หน้าต่าง Block Diagram ของ State Acquisition

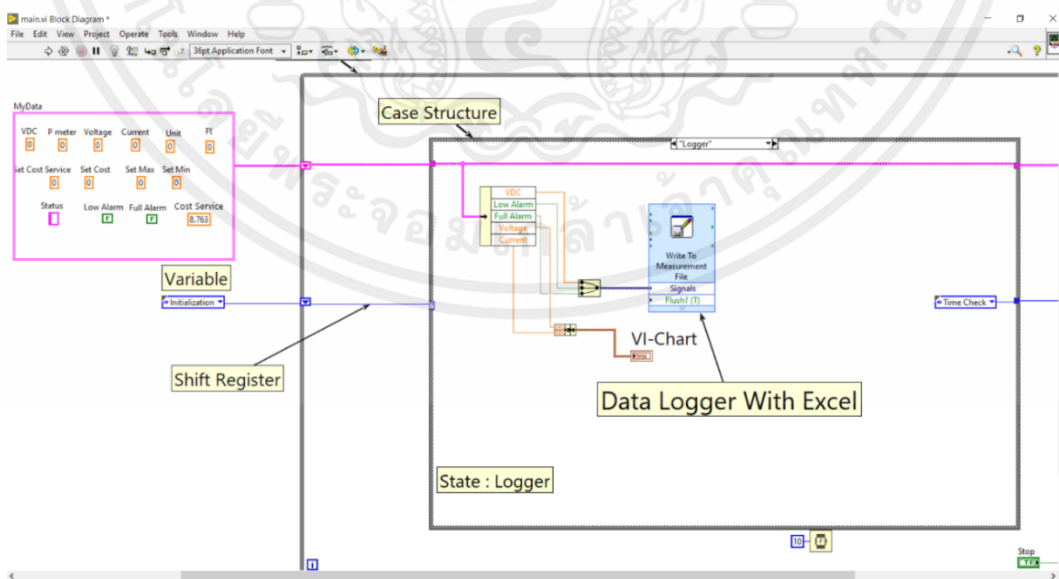
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Analysis : เป็น State ที่นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มี มาคำนวณ หรือ วิเคราะห์ค่าต่างๆ เพื่อนำผลลัพธ์ไปเก็บใน Logger หรือ แจ้งเตือน



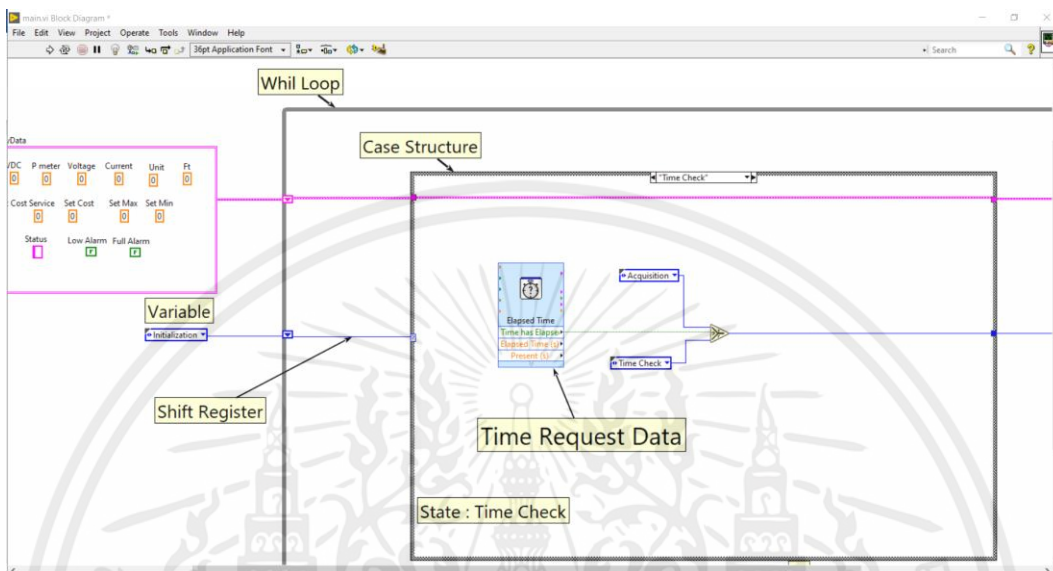
ข.10 หน้าต่าง Block Diagram ของ State Analysis

4. Logger : เป็น state ที่ใช้เก็บค่าต่างๆซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นการเก็บค่าของการแจ้งเตือนเมื่อมีแรงดันเกิน 72 V (แบตเตอรี่เต็ม) และเตือนเมื่อมีแรงดันลดลงกว่า 54 V (แบตเตอรี่หมด) ซึ่งมีการเก็บเป็นไฟล์ XLXS (Excel) แล้วทำรีพอร์ตออกมา



ข.11 หน้าต่าง Block Diagram ของ State Logger

5. Time check : คือ State ที่ใช้กำหนดค่าเวลาในการเรียกเก็บหรือดึงข้อมูลจากเวลาหลัก ซึ่งถ้าเราเก็บทุกค่า LabVIEW อ่านได้คอมพิวเตอร์ของเราจะทำงานหนักและหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์อาจเต็มได้ แต่ถ้าเราต้องการนำค่าทุกค่าที่อ่านได้มาวิเคราะห์จริงจัง ก็ควรเก็บทุกค่าที่ LabVIEW อ่านได้



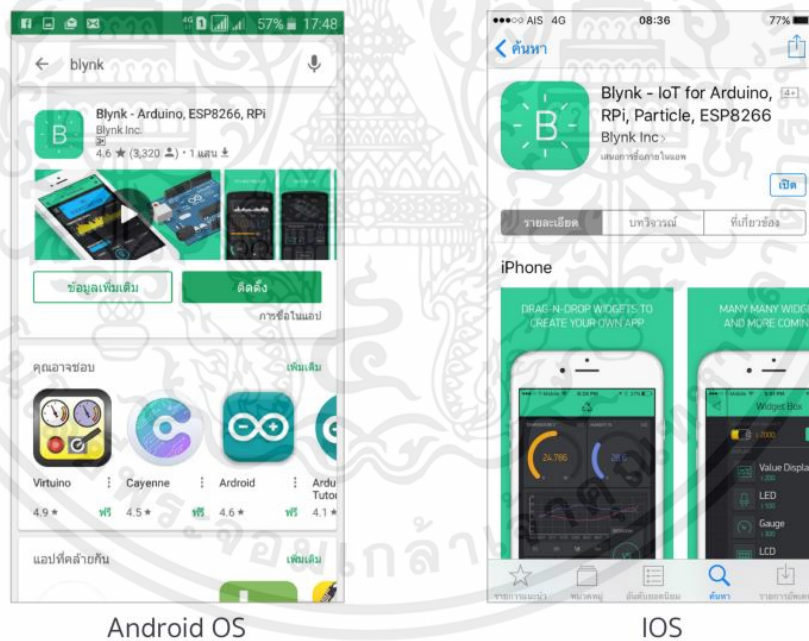
ข.12 หน้าต่าง Block Diagram ของ State Time check

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แอปพลิเคชัน Blynk

แอปพลิเคชัน Blynk คือแอปพลิเคชันสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับงาน IOT หรือ internet of things ซึ่งเป็นแผงควบคุมระบบดิจิทัลที่ผู้ใช้สามารถสร้างส่วนต่อประสานกราฟิกสำหรับโครงการของผู้ใช้โดยการลากและวางเครื่องมือ (widgets) ที่มีให้เลือกอยู่หลากหลาย เป็นเรื่องที่ย่างมากในการตั้งค่าทุกอย่าง อีกทั้งแอปพลิเคชันนี้ยังสามารถใช้งานได้อย่าง Real time ได้แล้ว เพียงเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตได้ ไม่ว่าจะเป็นพวกบอร์ด Arduino, Esp8266, Esp32, NodeMCU, หรือ Raspberry Pi เป็นต้น ซึ่งจะนำค่าต่าง ๆ มาแสดงบนแอปพลิเคชัน และที่สำคัญแอปพลิเคชัน Blynk สามารถดาวน์โหลดฟรีได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android โดยการค้นหาให้พิมพ์คำว่า “Blynk” ใน App Store หรือ Play Store



ค.1 แอปพลิเคชัน Blynk

ค.1 วิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk

การทำงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้

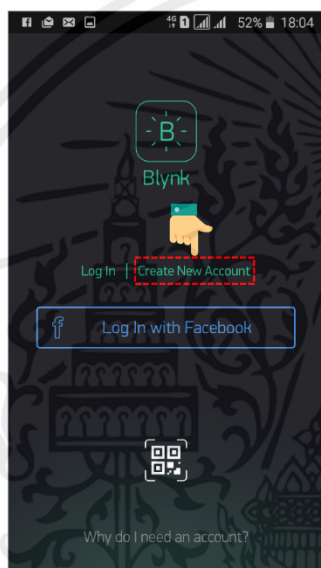
Blynk App คือแอปพลิเคชันที่สามารถติดตั้งในมือถือของเราเองเพื่อสร้าง Interface ในการควบคุมหรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ Internet of Things

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 โดยอีเมลที่กรอก “ต้องใช้งานได้จริง” เพราะระบบจะส่งรหัส Token ไปให้ตามอีเมล



สร้างผู้ใช้งานใหม่

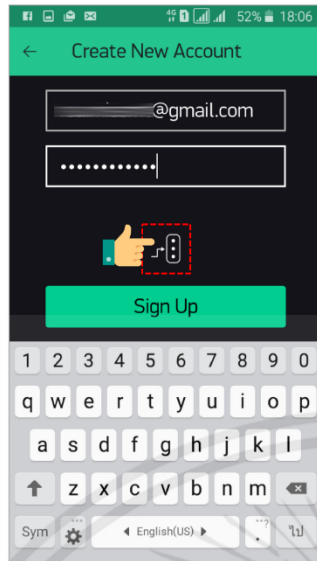


ระบุที่อยู่อีเมลและรหัสผ่าน

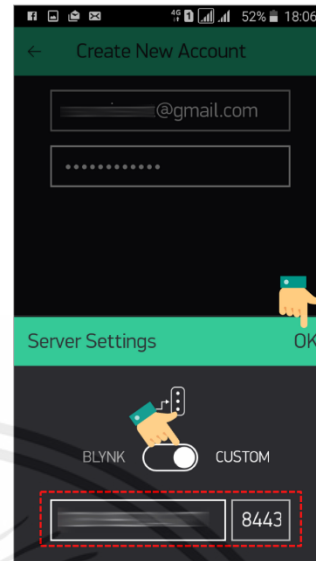
ค.2 รูปแสดงการสร้างผู้ใช้งานใหม่

ถ้าใครใช้ Server ของ Blynk ให้ข้ามขั้นตอนนี้ไป แต่ถ้าท่านตั้ง Blynk Server เอง จะต้องเพิ่มขั้นตอนขึ้นมาอีกเล็กน้อย ท่านต้องเข้าไปที่ Server Setting เพื่อไประบุ Ip ของ Server ที่ท่านติดตั้งเอง และกำหนดพอร์ตเป็น 8443 หรือ 9443 ขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของ Server ที่ติดตั้งไว้ ถ้าเป็นเวอร์ชันใหม่ๆ จะใช้พอร์ตเป็น 9443 หลังจากกำหนดค่า Server แล้ว ก็ให้คลิกที่ปุ่ม Sign Up ก็จะมีพบกับหน้าสร้างโครงการใหม่ “New Project”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



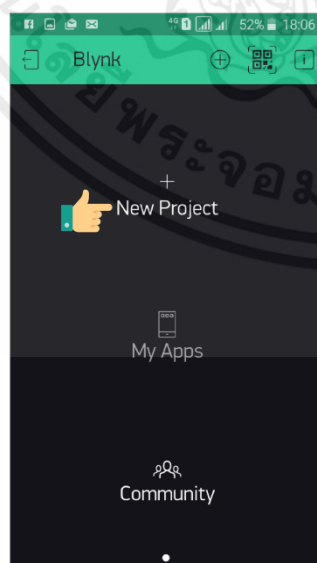
เลือกตั้งค่า Server



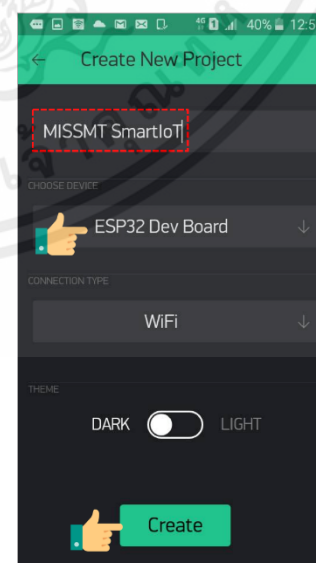
ระบุ IP Server และพอร์ต

ค.3 รูปแสดงการตั้งค่า Server ที่จะเชื่อมต่อ

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างโปรเจกต์ใหม่ ให้คลิกที่ “New Project” แล้วใส่ชื่อโครงการให้เรียบร้อยจากตัวอย่างจะตั้งชื่อโครงการเป็น “MISSMT SmartIoT” แล้วเลือกประเภทของบอร์ดพัฒนา ผู้เขียนใช้บอร์ด ESP32 จึงเลือกเป็น “ESP32 Dev Board” ถ้าใครใช้บอร์ด NodeMCU หรือ ESP8266 ก็เลือกบอร์ดให้ถูกรุ่นด้วยนะครับ เพราะจะทำให้ Blynk ทำงานผิดพลาดได้ถ้าเลือกบอร์ดผิดรุ่น บอร์ดแต่ละรุ่นวางตำแหน่งขา GPIO ไม่เหมือนกันนะครับ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “Create” จะเป็นสร้างโปรเจกต์



สร้างโปรเจกต์ใหม่



สร้างโปรเจกต์

ค.4 รูปแสดงการสร้างโปรเจกต์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่สร้างโปรเจกต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะได้รับรหัส Token ที่ Blynk Server ส่งมาให้ รหัสนี้ก็คือตัวแทนของบอร์ดพัฒนานั่นเอง 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 ทำให้ลดค่าจ่ายส่วนนี้ลงได้มาก (รายชื่อ Server Blynk ฟรี สามารถหาได้ที่ <https://gist.github.com/TridentTD/636066a9ba76ce860e2c62bff258036a>)

โดยหน้าจอแสดงผลมีการตั้งค่า ดังนี้

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



ค.5 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดแรงดันของสถานีการชาร์จประจุ

2) การตั้ง Widget อ่านค่ากระแสจากสถานีชาร์จ

- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าจอ
- (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

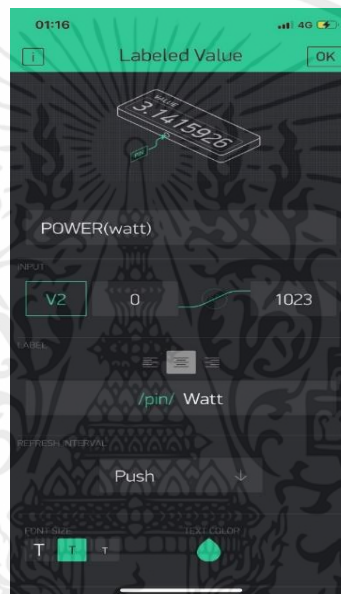


ค.6 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดกระแสของสถานีการชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

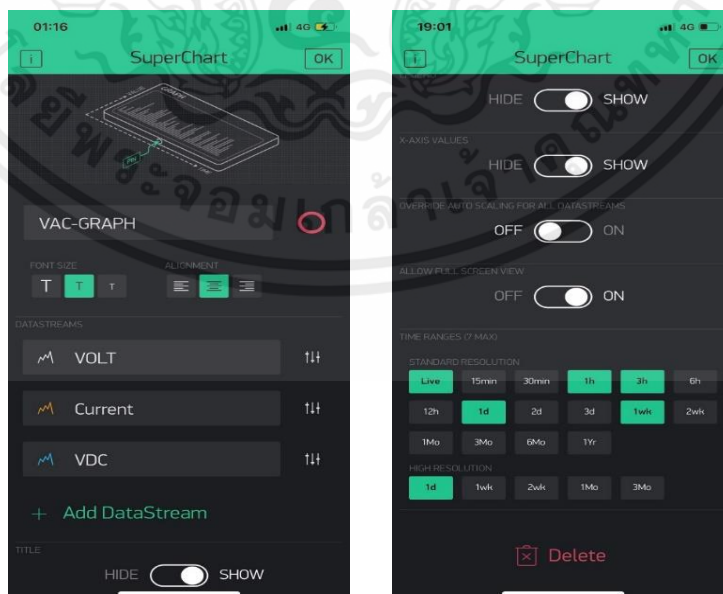
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น ENERGY (UNIT)
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V4 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด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



ค.8 แสดงการตั้งค่าของ Widget การวัดพลังงานไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

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

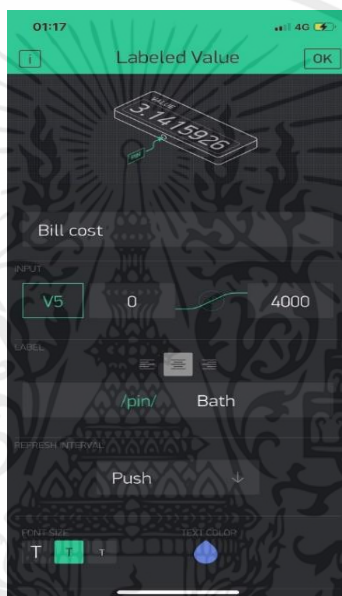


ค.9 แสดงการตั้งค่าของ Widget การสร้างกราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของสถานีการชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การตั้ง Widget อ่านค่า Bill cost จาก LabVIEW

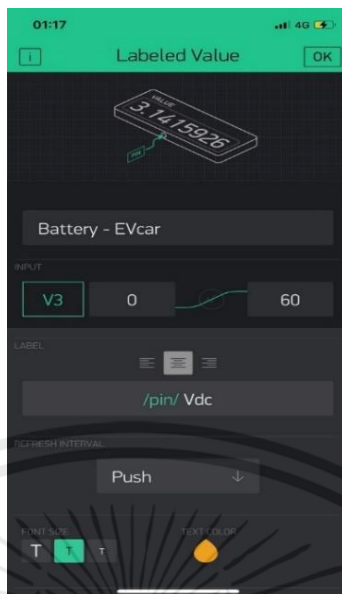
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Bill cost
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V5 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด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



ค.10 แสดงการตั้งค่าของ Widget การแสดงบิลค่าไฟฟ้า

7) การตั้ง Widget เพื่อทำกราฟแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

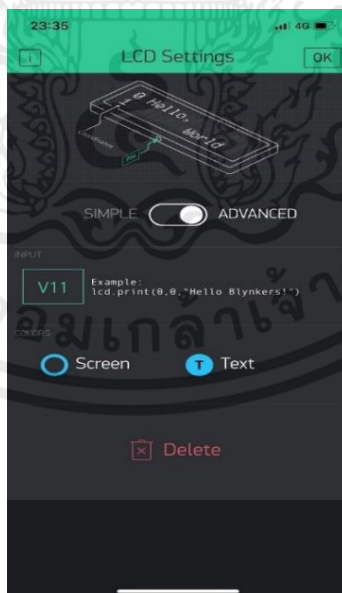
- (1) เลือกหน้า Widget ที่ต้องการนำมาแสดง โดยคลิกแล้วลากวางบนหน้าว่าง
- (2) ตั้งชื่อ ของ Widget นั้นๆ ในตัวอย่างนี้จะใช้เป็น Battery-EV
- (3) เลือก INPUT โดยตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็น V3 (ใช้พอร์ตเดียวกันกับที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE) และใส่ย่านการวัด
- (4) ใส่ Label หรือหน่วยของปริมาณที่เราต้องการจะวัด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



ค.11 แสดงการตั้งค่าของ Widget การแสดงค่าแรงดันจากแบตเตอรี่

8) การตั้ง Widget เพื่อแสดงผลการชาร์จจากสถานีชาร์จประจุ

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



ค.12 แสดงการตั้งค่าของ Widget แสดงผลการชาร์จจากสถานีชาร์จประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้