

การศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า
โดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

Efficiency study of electric vehicle batteries
Using the battery life indicator



นายบริรักษ์ โรงสะอาด

นายวีระยุทธ สุภาธร

นายสรวิศ ชวกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Efficiency study of electric vehicle batteries

Using the battery life indicator



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHELOR'S DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2565

การศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

โดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

Efficiency study of electric vehicle batteries

Using the battery life indicator



โดย

นายบริรักษ์ โรงสะอาด

นายวีระยุทธ สุภาพร

นายสรวิศ ชวกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย

ผศ. ชัยทัต มณีอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

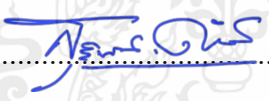
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

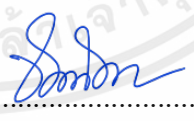
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของ
แบตเตอรี่

ผู้จัดทำ

1. นายบริรักษ์ โรงสะอาด
2. นายวีระยุทธ สุภาจร
3. นายสรวิศ ชวกุล


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์)

การศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า
โดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

นายปรีรักษ์ โรงสะอาด

นายวีระยุทธ สุภาธร

นายสรวิศ ชวกุล

ศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนภายในรถยนต์ไฟฟ้า วัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์สุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า และเพื่อศึกษาพฤติกรรมการอัดประจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยการประยุกต์ใช้วิธีการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ในการวิเคราะห์ ซึ่งตัวแปรที่นำมาใช้วิเคราะห์เป็นพารามิเตอร์จากการอัดประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่ ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า เมื่ออายุการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการอัดประจุไฟฟ้าต่อแรงดันไฟฟ้าจะลดลง ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าได้

Efficiency study of electric vehicle batteries
Using the battery life indicator

Borirug Rongsaad

Weerayut Supasorn

Sorawit Chawakul

Prof. Dr. Surin Khamfoi Advisor

Asst. Prof. Chaitat Maneein Co-Advisor

Year 2022

ABSTRACT

The thesis research is to study the health of lithium-ion batteries inside electric vehicles. The objectives are to predict the health of electric vehicle batteries and The study the behavior of electric vehicle charging that affects electric vehicle battery health. By applying the method of increasing the electric capacity inside the battery to analyze the parameters used in the analysis are parameters from electric vehicle charging, including voltage, current, and charging time. Which from the study and analysis of experimental results found that as the service life of electric vehicles increases the charge to voltage ratio is reduced. Which can be used as an indicator of the health of electric vehicle batteries. It was also found that charging at a lower voltage than the rated voltage of the battery tends to prolong battery life.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพล โพธิ์พงศวิวัฒน์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในห้อง REAL (Renewable Energy Application Laboratory) ทุกๆท่าน ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องตลอดมา ขอขอบคุณพี่ต้น พี่ปิ่น พี่โพลล์ น้องพลุ๊ค ช่างเปรม ช่างต่อ ช่างอัน ช่างเต๋า เพื่อนทะเล เพื่อนนพเก้า เพื่อนอินอาม ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน ในทุกๆ เวลา ด้วยความเต็มใจ จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณสถานที่ห้องพัก REAL (Renewable Energy Application Laboratory) ที่คอยเป็นที่พักเวลาพวกเราเหนื่อยล้าจากการเรียน เป็นที่กินอาหารเวลาพวกเราหิว เป็นที่พักผ่อนเวลาพวกเราว่าง เป็นที่ที่เราได้พบเจอเพื่อนๆ และตีวหนังสือ

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอขอบคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุน ในด้านการเงิน และให้กำลังใจอีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	3
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินการโครงการ	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	6
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 บทนำ	8
2.2 ที่มาของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม	10
2.3 ชนิดของแบตเตอรี่ลิเทียม	12
2.4 การอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่	20
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการอัดประจุไฟฟ้า	21
2.6 ประเภทของการอัดประจุไฟฟ้า	22
2.7 การใช้งานแบตเตอรี่ให้เหมาะสม	24
2.8 การเรียงแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้า	25
2.9 สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า PEA Volta	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 แอปพลิเคชัน PEA Volta	29
2.11 การอัดประจุแบตเตอรี่	33
2.12 วิธีการวัดร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่โดยใช้วิธีการนับคูลอมบิก	35
2.11.1 บทนำ	35
2.12.2 วิธีการนับคูลอมบิก	35
2.12.3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการนับคูลอมบิก	36
2.13 วิธีการวัดร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้วิธีการวัดวงจรสมมูล	36
2.13.1 บทนำ	36
2.13.2 วิธีการวัด	37
2.13.3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการวัด	37
2.14 วิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับการประมาณร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่	38
2.14.1 บทนำ	38
2.14.2 กระบวนการจัดการข้อมูล (Data Processing)	39
2.14.3 การประมาณค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ โดยใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (ICA) พิจารณาเฉพาะแบตเตอรี่ชนิด NMC	40
2.15 สรุป	42
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง	43
3.1 บทนำ	43
3.2 ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลการอัดประจุแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า	43
3.3 การเก็บข้อมูลเพิ่มเติม	44
3.4 เลือกรูปแบบที่จะทำการคำนวณการประมาณค่าสุขภาพของแบตเตอรี่	45
3.5 เก็บข้อมูลการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจากอุปกรณ์ OBD II	48
3.6 ศึกษาประสิทธิภาพการวัด SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้น ของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	50
4.1 บทนำ	50
4.2 การหาค่าสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) โดยใช้ข้อมูลจากตู้ชาร์จขนาด 50 kW	50
4.2.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่เทียบกับแรงดันไฟฟ้า	50
4.2.2 กราฟการหาค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated)	51
4.3 การหาค่าสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) ที่มาจากข้อมูลอุปกรณ์ OBD II	52
4.3.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่เทียบกับแรงดันไฟฟ้า	52
4.3.2 กราฟแสดง SOH จริง เทียบกับ SOH estimate โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)	53
4.3.3 กราฟแสดงความแม่นยำการคาดการณ์สุขภาพแบตเตอรี่ โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)	54
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลการทดลอง	55
5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาการวิจัยโครงการ	56
5.3 ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินการโครงการ	57
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก ข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในปริณิษณานิพนธ์	60
ภาคผนวก ข บทความทางวิชาการ	80
ภาคผนวก ค โปสเตอร์นำเสนอผลงาน	85
ประวัติผู้เขียน	87



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	รูปแสดงจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในภูมิภาคต่างๆ	1
1.2	รูปแสดงรถยนต์พลังงานไฟฟ้า รุ่น MG ZS (2022)	2
2.1	การวางแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Lithium-ion) ในรถยนต์ไฟฟ้า	8
2.2	กราฟแสดง SoH ซึ่งจะลดลงตามความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่	9
2.3	รูปแสดงการเก็บประจุลิเทียมไอออนในแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่แคโทดทำมาจาก Titanium Desulphide	10
2.4	รูปแสดงการเก็บประจุลิเทียมไอออนในแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่แคโทดทำมาจาก Cobalt Oxide	11
2.5	รูปแสดงการเก็บประจุลิเทียมไอออนในแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่แอโนดทำมาจาก Petroleum Coke และแคโทดทำมาจาก Cobalt Oxide	12
2.6	แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)	13
2.7	รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนฟอสเฟต	13
2.8	แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)	14
2.9	รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)	15
2.10	รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO)	16
2.11	รถยนต์ไฟฟ้า รุ่น Tesla Model S (2019)	17
2.12	รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide : NMC)	18
2.13	รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ (Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide : NCA)	19
2.14	รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต (Lithium Titanate : LTO)	20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.15 รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในแบตเตอรี่และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	22
2.16 ลักษณะของแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้า	25
2.17 แบตเตอรี่ที่เรียงกันอยู่บริเวณฐานของตัวถังของรถยนต์ไฟฟ้า	25
2.18 หัวชาร์จมาตรฐานทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ AC-type (ซ้าย), CCS Combo 2 Standard (กลาง) และ CHAdeMO Standard (ขวา) ของ PEA VOLTA Charging Station	26
2.19 ตำแหน่งติดตั้งสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าของ กฟภ.หัวหิน	27
2.20 ตำแหน่งติดตั้งสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าของ กฟภ.เขาย้อย	28
2.21 ตำแหน่งติดตั้งสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าของ กฟภ.รังสิต	29
2.22 คิวอาร์โค้ดสำหรับดาวโหลดแอปพลิเคชัน PEA Volta	30
2.23 รูปแสดงหน้าหลักหลังจากเข้าแอปพลิเคชัน (ซ้าย) หน้าต่างลงทะเบียนผู้ใช้บริการ (กลาง) หน้าต่างอีเมลเพื่อยืนยันอีเมลของคุณ (ขวา)	30
2.24 หน้าต่างแสดงการเติมเงินและแสดงยอดเงินคงเหลือที่สามารถใช้งานได้ (ซ้าย) หน้าต่างแสดงการเลือกการเติมเงิน (กลาง) หน้าต่างแสดง QR Code สำหรับระบบการเติมเงินตามราคา que เลือก (ขวา)	31
2.25 หน้าต่างแสดงแผนที่ตู้ชาร์จของ PEA Volta (ซ้าย) หน้าต่างเพื่อถ่าย QR Code ที่แสดงบริเวณหน้าตู้ชาร์จ PEA Volta (กลาง) หน้าต่างเลือกประเภทหัวชาร์จ (ขวา)	32
2.26 หน้าต่างแสดงให้เชื่อมต่อหัวชาร์จเข้ากับรถยนต์ไฟฟ้า และเริ่มชาร์จ (ซ้าย) หน้าต่างแสดงข้อมูลการชาร์จ และการยกเลิกการชาร์จ หากต้องการหยุดการชาร์จ (กลาง) หน้าต่างแสดงค่าใช้จ่ายในการชาร์จ (ขวา)	32
2.27 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 25 kW	33
2.28 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 50 kW	34
2.29 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 120 kW	34
2.30 รูปกราฟแสดงค่าร้อยละการการอัดประจุ(พลังงาน) (State of Charge) ที่อัดเข้าสู่แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในแบตเตอรี่และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	37
2.32 กราฟแสดงความจุไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่เซลล์แบตเตอรี่ NMC ตลอดรอบการชาร์จทั้ง 17 เดือน (บน) และกราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าคงที่ เทียบกับแรงดันไฟฟ้าตลอดรอบการชาร์จทั้ง 17 เดือน (ล่าง)	39
2.33 กราฟแสดงค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH) เทียบกับ PCC (Partial Discharge Capacity)	41
3.1 กราฟแสดงการอัดประจุแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าที่กำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน	43
3.2 กราฟโพรไฟล์การชาร์จรถ MG-ZS ที่ตู้ขนาด 50 kW	44
3.3 รูปแสดงวิธีการเก็บข้อมูลจากตู้อัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า	45
3.4 รูปแสดงข้อมูลที่ได้จากการดึงข้อมูลจากตู้อัดประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้า	45
3.5 กราฟแสดงการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าวุ่น MG-ZS ด้วยตู้ชาร์จขนาด 50 kW	47
3.6 รูปแสดงพารามิเตอร์ที่ได้จากอุปกรณ์ OBD II	49
4.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่ (Ah) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)	50
4.2 กราฟแสดงค่าประมาณความจุไฟฟ้า (Ah) เทียบกับ ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (SoH Estimate)	51
4.3 กราฟแสดง SOH (State of Health) เทียบกับ รอบการชาร์จ (Cycle of Charge)	52
4.4 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่ เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)	52
4.5 กราฟแสดงร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่จริง (SOH actual) เทียบกับร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ที่ได้จากการประมาณค่า (SOH estimate)	53
4.6 กราฟแสดงค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน (%) เทียบกับ ความจุไฟฟ้า (Ah)	54
5.1 กราฟแสดงร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่จริง (SOH actual) เทียบกับ ระยะทางที่รถวิ่ง	56

สารบัญตาราง

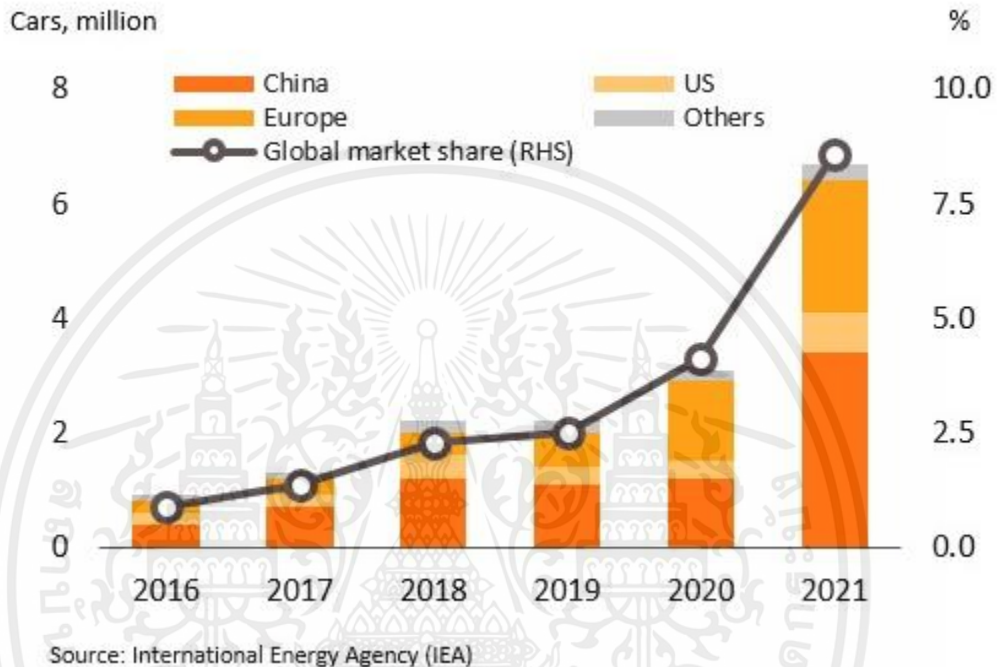
ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	5
2.1 ตารางแสดงข้อมูลของแบตเตอรี่ 1 โมดูล ของ BMW i3 และ Nissan Leaf EV	38
2.2 ตารางแสดงเซลล์แบตเตอรี่ กับอุณหภูมิและระดับ State of Charge (SoC) ที่แตกต่างกัน	39



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา



รูปที่ 1.1 รูปแสดงจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในภูมิภาคต่างๆ

ในปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวและพบเห็นได้อย่างมากมาย ในการดำรงชีวิตของทุกคนบนโลก ปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อคือ การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลก ซึ่งส่วนใหญ่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จากการคมนาคมขนส่งและการปล่อยก๊าซเสียจากโรงงานต่างๆ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้จะทำหน้าที่ปกคลุมชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับปัญหาภาวะโลกร้อน คือการที่อุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการแปรปรวนของสภาพอากาศทั่วโลก ทำให้การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสิ่งที่ทุกคนทั่วโลกตระหนักร่วมกันว่าต้องช่วยกัน ทำให้รถยนต์ไฟฟ้ากลับมาเป็นเทรนด์ที่ทำให้ทุกคนเกิดความสนใจอีกครั้ง ถึงแม้ว่ารถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีข้อจำกัดหลายประการ แต่รถยนต์ประเภทนี้ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นได้อธิบายถึงประสิทธิภาพที่สูง

กว่าของรถยนต์ไฟฟ้า และสร้างมลพิษน้อยกว่ารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแบบอื่นๆ เมื่อมองในมุมที่กว้างขึ้นไปอีก การใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้า จะช่วยให้ประเทศชาติลดการปล่อยก๊าซ ที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้อย่างบรรลุเป้าหมาย ทำให้ในปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าทั่วโลกเติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดด แสดงดังรูปที่ 1.1 รวมไปถึงอุตสาหกรรมแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า แต่ก็ยังมีข้อให้ศึกษาอีกมากมายเกี่ยวกับแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแต่ละรุ่นนั้นก็มีการรองรับกำลังการชาร์จสูงสุดแตกต่างกัน เช่น MG ES (2023) สามารถรองรับกำลังการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุด 89 kW, MG EP (2021) สามารถรองรับกำลังการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุด 50 kW, Tesla Model 3 สามารถรองรับกำลังการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงได้สูงสุด 250 kW ซึ่งตัวชาร์จที่จ่ายกำลังสูงสุดแตกต่างกัน ทำให้รถยนต์ไฟฟ้ารับกำลังการชาร์จได้แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า หรือ SoH (State of Health) การประมาณการอายุของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าที่แม่นยำ ส่งผลต่อการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า และออกแบบการจัดการแบตเตอรี่ในการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าได้ดีขึ้น

นอกจากนี้เรายังคำนึงถึงความสะดวกสบาย และง่ายต่อผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในการประมาณการร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) ซึ่งปกติแล้วเราต้องนำรถยนต์ไปเข้าศูนย์บริการรถยนต์ไฟฟ้าแล้วทำการตรวจสอบแบตเตอรี่เราถึงจะทราบได้ว่า ร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) ของรถยนต์ไฟฟ้าของเรานั้นเหลืออยู่ร้อยละเท่าใด งานวิจัยเล่มนี้จะแสดงถึงการประมาณการร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) จากข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องเขาไปตรวจเช็คแบตเตอรี่ที่ศูนย์รถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 1.2 รูปแสดงรถยนต์พลังงานไฟฟ้า รุ่น MG ZS (2022)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณร้อยละของสุขภาพของแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) ขณะอัดประจุด้วยไฟฟ้ากระแสตรงแบบคงที่
2. เพื่อคาดการณ์ร้อยละของสุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) จากการใช้งานของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ที่แม่นยำมากขึ้น โดยใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพคาดการณ์ร้อยละของสุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) โดยใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

การศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ในปริภูมิตฤษฎีฉบับนี้ จะมุ่งเน้นศึกษาในด้านของการวัดอายุของแบตเตอรี่ จากข้อมูลของตู้ชาร์จ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยมีขอบเขตและข้อกำหนดคือ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าของรถยนต์พลังงานไฟฟ้ารุ่น MG ZS (2022) ที่ได้มาจาก ฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจาก PEA Volta Platform ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) เพื่อประมาณค่า SOH ที่ถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทำโครงการ และหาค่าตัวแปรของแบตเตอรี่ผ่านการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจาก PEA Volta Platform ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
2. ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรที่ได้จากการทดลองดึงข้อมูลจากแบตเตอรี่ เพื่อเชื่อมโยงกับวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่า SOH ที่แม่นยำ
3. ศึกษาวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการประมาณค่า SOH ที่แม่นยำ โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)

4. ทำการทดลองการประมาณค่า SOH เพื่อเปรียบเทียบกับ SOH ที่เหลืออยู่ในรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบที่เรามีข้อมูลครบทุกส่วน และทำการทดสอบฟังก์ชันการประมาณค่า SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) กับรถยนต์คันอื่นในรุ่นเดียวกันน MG ZS (2022))

5. เก็บข้อมูลที่ได้จากรถ MG ZS (2022) จากเครื่อง OBD II

6. ทำการประมาณ SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากรถ

7. ทำการศึกษาประสิทธิภาพการประมาณค่า SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)

8. รวบรวมข้อมูลการทดลองและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินการโครงการ

ทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทำความเข้าใจในทฤษฎีตลอดจน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งภายในและต่างประเทศ พร้อมทั้งดำเนินการตั้งแต่ สิงหาคม 2565 ถึง เมษายน 2566 รวมเป็นระยะเวลา 9 เดือน โดยมีแผนการดำเนินโครงการแสดงตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2			
	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1. ศึกษาความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทำโครงการและหาค่าตัวแปรของแบตเตอรี่ผ่านการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจาก PEA Volta Platform ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค									
2. ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรที่ได้จากการทดลองดึงข้อมูลจากแบตเตอรี่ เพื่อเชื่อมโยงกับวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่า SOH ที่แม่นยำ									
3. ศึกษาวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการประมาณค่า SOH ที่แม่นยำ โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)									
4. ทำการทดลองการประมาณค่า SOH เพื่อเปรียบเทียบกับ SOH ที่เหลืออยู่ในรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบที่เรา มีข้อมูลครบทุกส่วน และทำการทดสอบฟังก์ชันการประมาณค่า SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การ									

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2			
	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย.
เพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) กับรถยนต์คันอื่นใน รุ่นเดียวกัน (MG EP (2021) และ MG ZS (2022))									
5. เก็บข้อมูลที่ได้จากรถ MG ZS (2022) จากเครื่อง OBD II									
6. ทำการประมาณ SOH โดยวิธีการ ประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของ ความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากรถ									
7. ทำการศึกษาประสิทธิภาพการ ประมาณค่า SOH โดยวิธีการ ประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของ ความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)									
8. รวบรวมข้อมูลการทดลองและ จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์									

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. โครงการวิจัยนี้ทำให้เกิดความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทำโครงการ และวิธีการ ขั้นตอน ในการเข้าถึงข้อมูลและการดึงค่าต่างๆจากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

2. โครงการวิจัยนี้ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเชื่อมโยงตัวแปรและการลดลงของประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (State of Health, SOH) ผ่านข้อมูลต่างๆของรถยนต์ไฟฟ้าที่วิเคราะห์ได้จากฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าของ PEA Volta จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3. โครงการวิจัยนี้ทำให้เกิดการประมาณค่า State of Health (SOH) ของแบตเตอรี่โดยอาศัยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) ได้แม่นยำมากขึ้น

4. โครงการนี้สามารถนำไปวิเคราะห์แบตเตอรี่ที่ควรจะบำรุงรักษาหรือทำการเปลี่ยนได้ เช่น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานประกันภัยรถยนต์ และทางวิศวกรรมไฟฟ้าด้านอื่นๆ เพื่อต่อยอดได้

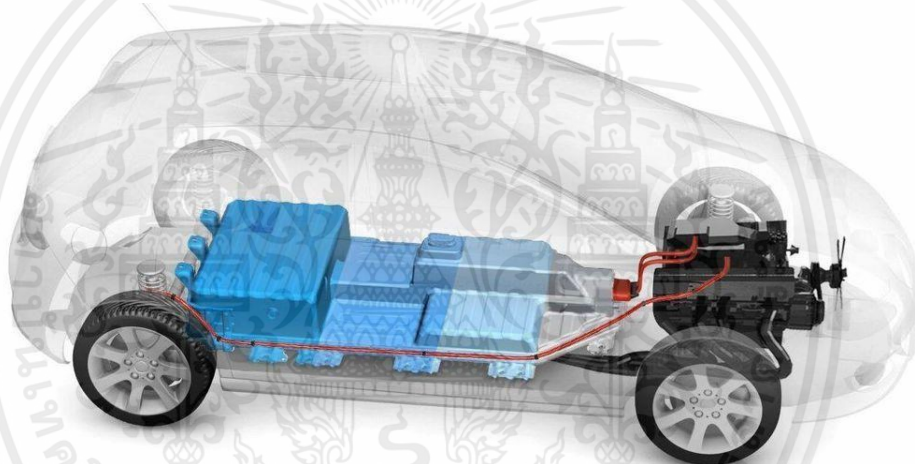


บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

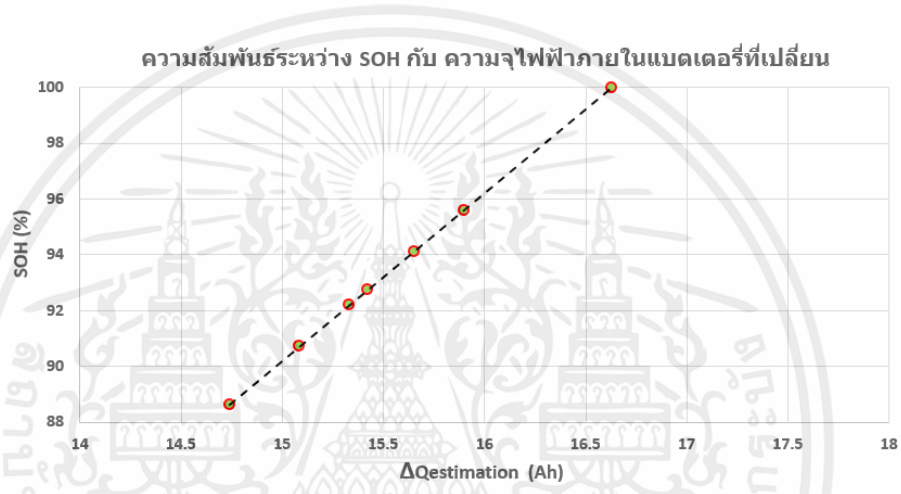
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่และเนื้อหาองค์ความรู้ที่นำไปใช้ประกอบการศึกษาและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยจะเน้นเนื้อหาไปทางด้านแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า, วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)



รูปที่ 2.1 การวางแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Lithium-ion) ในรถยนต์ไฟฟ้า

แบตเตอรี่ไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) มีหลายประเภท แต่สำหรับแบตเตอรี่ไฟฟาลิเทียมไอออน (Lithium-ion battery) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเป็นมาตรฐานสูงในการให้พลังงานและมีน้ำหนักเบา ทำให้เหมาะสำหรับการใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการน้ำหนักเบาและแรงดันไฟฟ้าสูง ที่สำคัญยังมีองค์ประกอบไม่มีโลหะหนัก เช่น ทองแดง ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย และมีอายุการใช้งานที่นานกว่าแบตเตอรี่อื่นๆ เลยทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม อายุการใช้งานก็ยาวนาน เนื่องจากการพัฒนามาหลายรุ่นของแบตเตอรี่ จึงทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีประจุไฟฟ้าที่สูงกว่า และเก็บประจุไฟฟ้าได้นาน (Low Discharge) กว่าแบตเตอรี่เจเนอเรชันอื่นๆ ทั้งยังมีประสิทธิภาพในเรื่องของการชาร์จที่สูงกว่า, ใช้งานได้นาน, ให้พลังงานสูง, คงที่ และชาร์จได้เร็ว ส่วนประกอบของธาตุลิเทียมนั้นมีเซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่สูงกว่าเซลล์จากโลหะอื่นๆ เป็นสาเหตุให้แบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ แบตเตอรี่ ลิเทียม

ไอออน จึงกลายเป็นต้นกำเนิดของชุมพลังงานที่มีความเสถียรที่สุด ถือเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่จะเข้ามาแทนที่พลังงานเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเซลล์แห้ง แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้น ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อธรรมชาติ เช่น ของเหลว, กรด, และตะกั่ว จึงสามารถรับประกันเรื่องของความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่นๆ นอกจากนี้แบตเตอรี่ ลิเทียมไอออนจะเป็นขั้นกว่าของการพัฒนาแหล่งกำเนิดพลังงานในอุตสาหกรรมรถยนต์แล้ว ยังเป็นมิตรต่อธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่โลกต้องเผชิญกับภาวะโลกร้อน การเลือกแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมาเป็นแกนหลักในด้านพลังงานไฟฟ้าของรถยนต์ ถือได้ว่าเป็นทางเลือกที่จะก่อประโยชน์ได้อย่างสูงสุด



รูปที่ 2.2 กราฟแสดง SoH ซึ่งจะลดลงตามความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

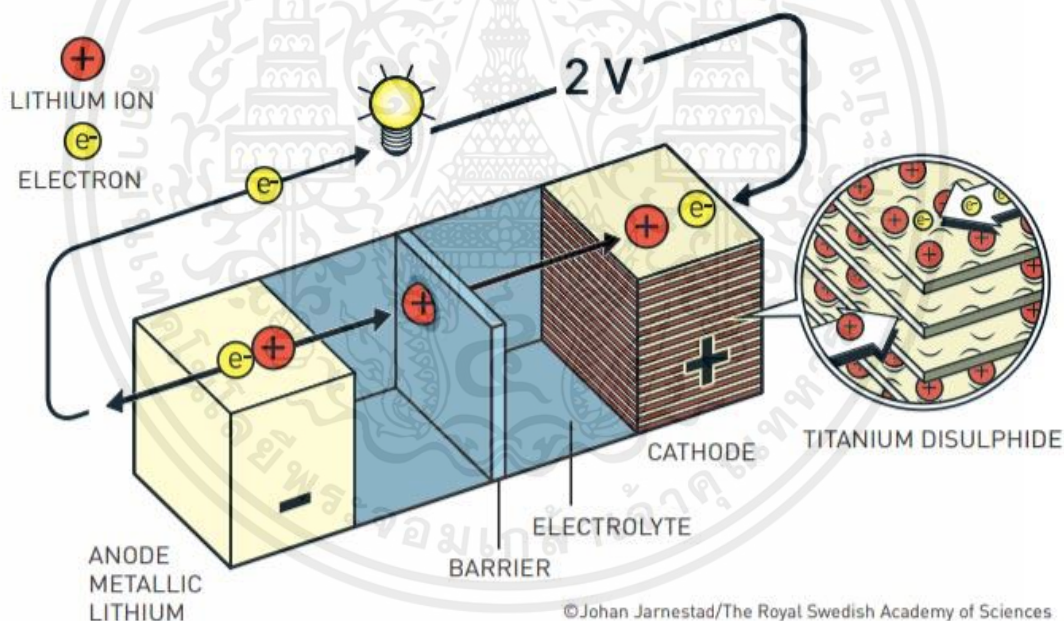
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนในรถยนต์ไฟฟ้า เมื่อเราใช้งานไประยะเวลาหนึ่งค่า SOH ของแบตเตอรี่หรือก็คือ State of Health ซึ่งจะลดลงตามความจุของแบตเตอรี่ซึ่งสัมพันธ์กับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า ตามรูปที่ 2.2 การประมาณค่า SOH ที่ถูกต้องและแม่นยำจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคต อาทิเช่น งานการประมาณระยะเวลาในการเปลี่ยนแบตเตอรี่, งานการประมาณราคาคัดลอกของรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต, งานการประกันรถยนต์ไฟฟ้า ฯลฯ

ในระหว่างการใช้งานเป็นเวลานาน ความจุและกำลังไฟของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) จะลดลงทีละน้อย ดังนั้น ความรู้เกี่ยวกับสถานะสุขภาพของแบตเตอรี่ (State of Health, SOH) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการใช้งานจริง เช่นเดียวกับกรณีของรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) เพื่อให้มั่นใจได้ถึงการทำงานที่ปลอดภัยและเชื่อถือได้ ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแอปพลิเคชันที่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ SOH ซึ่งสามารถระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความจุของแบตเตอรี่หรือความต้านทานของแบตเตอรี่

จากข้อมูลที่เราได้ เราได้ทำการค้นคว้า และหาวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำเครื่องมือ วิธีการต่างๆ มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่เราได้จากตัวชาร์จเจอร์ไฟฟ้า วิธีที่เลือกที่จะนำมาใช้คือ วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องด้วยเป็นวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูล ที่ทำได้โดยใช้ข้อมูลที่เราได้จากตัวชาร์จเจอร์ไฟฟ้า, เป็นวิธีที่มีงานวิจัยอ้างอิงรองรับมีความน่าเชื่อถือ

2.2 ที่มาของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม [7]

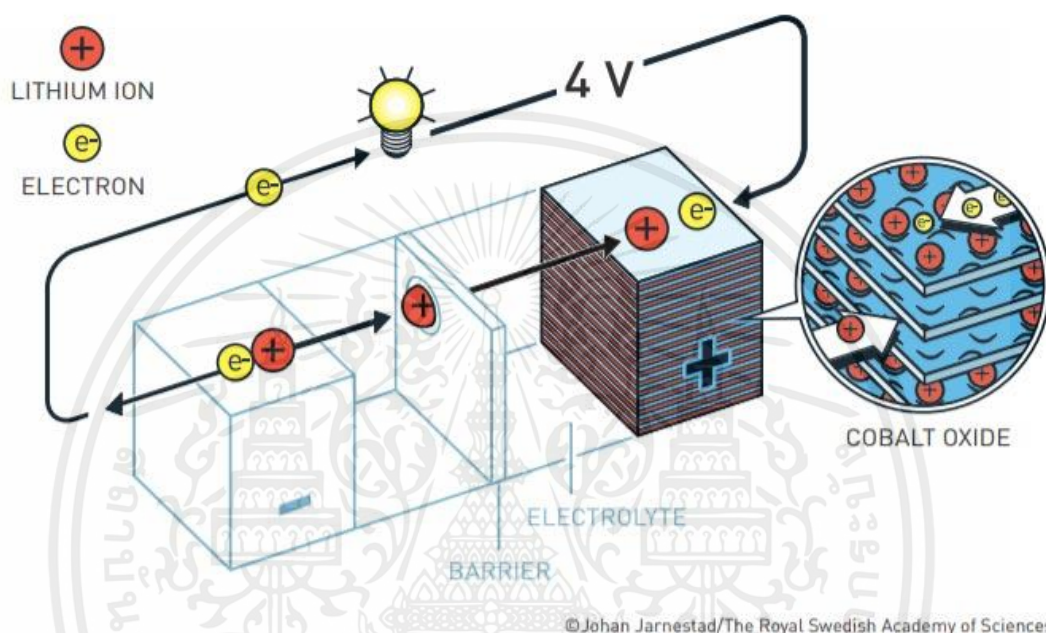
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery) เป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กและความจุสูง ซึ่งถูกเสนอแนวคิดพื้นฐานไว้ในช่วงวิกฤติการณ์น้ำมัน ปี 1973 โดย Stanley Whittingham ในฐานะเทคโนโลยีพลังงานที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง ซึ่งในช่วงแรก ได้ใช้ Titanium Disulphide วัสดุที่สามารถเก็บลิเทียมไอออนไว้ในระดับโมเลกุลเป็นวัสดุในการผลิตขั้วแคโทดของแบตเตอรี่ลิเทียม ตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแสดงการเก็บประจุลิเทียมไอออนในแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่แคโทดทำมาจาก Titanium Disulphide

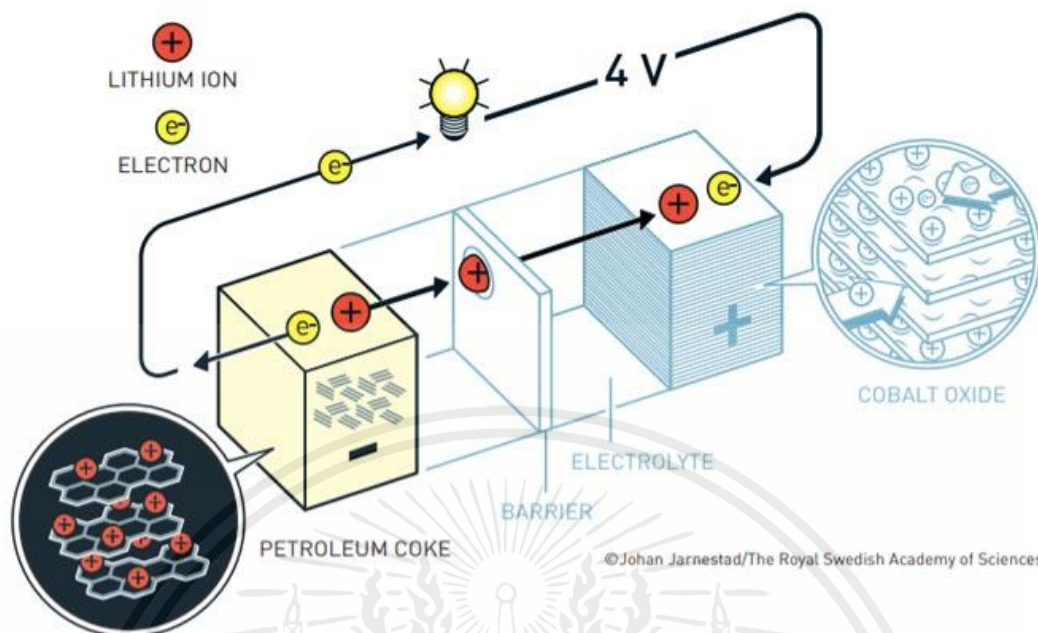
จากรูปที่ 2.3 ที่ขั้วแอโนดส่วนขั้วแคโทด ผลิตจาก Metallic Lithium ซึ่งสามารถปล่อยอิเล็กตรอนได้มาก ได้เป็นแบตเตอรี่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดสูง อย่างไรก็ตาม ในช่วงต้น แบตเตอรี่ลิเทียมระเบิดได้ง่าย จึงไม่ปลอดภัยที่จะนำมาใช้งาน และผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียง 2 โวลต์เท่านั้น

ถัดมา John Goodenough ตั้งสมมุติฐานว่า หากเปลี่ยนมาใช้ Metal Oxide แทน Metal Sulphide แบตเตอรี่ลิเทียมจะมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น และถัดมาในปี 1980 ได้สาธิตการใช้ Cobalt Oxide ร่วมกับชั้นลิเทียมไอออนบางๆ ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าเดิมถึง 2 เท่า



รูปที่ 2.4 รูปแสดงการเก็บประจุลิเทียมไอออนในแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่แคโทดทำมาจาก Cobalt Oxide

จากนั้นในปี 1985 Akira Yoshino ได้ใช้แคโทดของ John B. Goodenough เป็นพื้นฐานในการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนออกสู่ตลาด และเปลี่ยนมาใช้ Petroleum Coke วัสดุที่มีคุณสมบัติคล้าย Cobalt Oxide แทนที่ลิเทียมในขั้วแอโนด ได้เป็นแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนน้ำหนักเบา ชาร์จได้มากกว่าร้อยครั้ง และเป็นรูปแบบที่ถูกใช้งานถึงปัจจุบัน



รูปที่ 2.5 รูปแสดงการเก็บประจุลิเทียมไอออนในแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่แอโนดทำมาจาก Petroleum Coke และแคโทดทำมาจาก Cobalt Oxide

นับจากนั้น ตั้งแต่ปี 1991 เป็นต้นมา แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ได้กลายเป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย และอุปกรณ์พกพา โดยในช่วงแรก แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ถูกใช้ในอุตสาหกรรมทหาร และอากาศยานเป็นหลัก จากรูปที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 แบตเตอรี่ลิเทียมถูกประดิษฐ์ขึ้นมาจากเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell) ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดเซลล์ปฐมภูมิคือ แบตเตอรี่ชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง

2.3 ชนิดของแบตเตอรี่ลิเทียม (Types of Lithium Battery) [7]

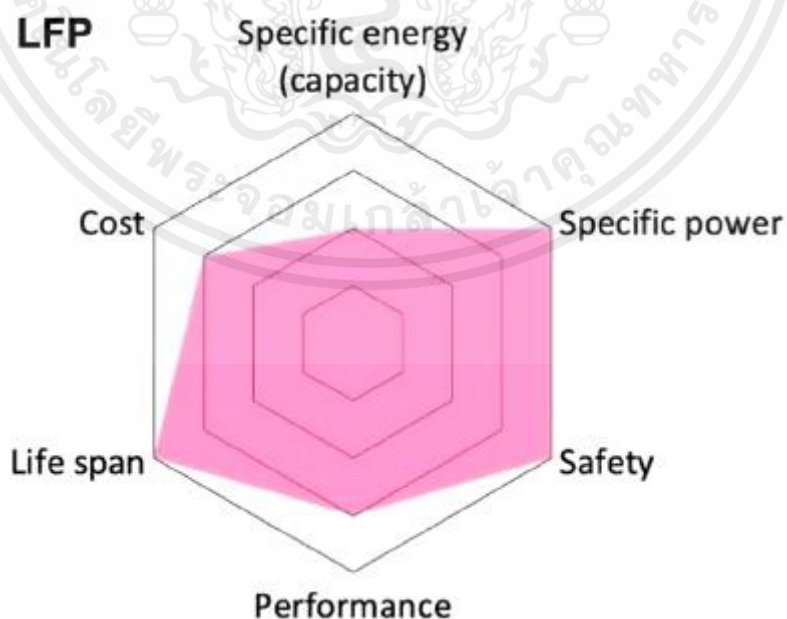
ประเภทหรือชนิดของแบตเตอรี่ลิเทียมนั้น ส่วนใหญ่เรียกชนิดตามองค์ประกอบของแคโทด แต่ก็มีที่เรียกตามองค์ประกอบของแอโนดด้วยเช่นกัน ดูจากภายนอกเราไม่สามารถจำแนกได้ ดังนั้นเราจึงควรตรวจสอบให้แน่ชัดและศึกษารายละเอียดให้แน่ใจก่อนเลือกซื้อและนำไปใช้งาน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัย ประสิทธิภาพสูงสุดและมีคุณสมบัติตรงตามแต่ละประเภทการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ชนิดของแบตเตอรี่ลิเทียมมี 6 ชนิดหลักๆ ได้แก่

1. แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)



รูปที่ 2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)

แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate) หรือ LiFePO_4 หรือ LFP หรือเราอาจจะรู้จักกันในชื่อ LiPO หรือที่บ้านเรานิยมเรียกกันว่า แบตลิโป เป็นแบตเตอรี่ลิเทียมที่มีใช้ทั่วไปและใช้อยู่มากที่สุด ใช้ฟอสเฟตเป็นแคโทด ใช้กราฟไฟต์เป็นแอโนด แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต มีรอบอายุการใช้งานที่นาน ไม่ค่อยมีปัญหาด้านความร้อน มีประสิทธิภาพด้านเคมีไฟฟ้าที่ดี แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต 1 cell มีความต่างศักย์หรือแรงดันไฟฟ้าประมาณ 3.2 Volt ถ้าต้องการนำไปใช้งานเป็นระบบ 12 Volt ต้องเอามาต่ออนุกรมกัน 4 cell จะได้ 12.8 Volt จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต จึงนำมาใช้อย่างแพร่หลายที่สุด รวมถึงไฟถนนโซล่าเซลล์ เพราะสามารถใช้ 4 cell แล้วนำมาใช้แทนแบตเตอรี่แบบตะกั่วหรือแบบ deep cycle ได้



รูปที่ 2.7 รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเด่นของแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)

- อายุการใช้งานนาน ปกติแล้วแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตมีอายุการใช้งาน 2,000 cycles หรือมากกว่า
- deep of discharge สูง ปกติแล้วแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตมี deep of discharge สูง ประมาณ 80% สูงถึง 100% สำหรับผู้ผลิตบางรายโดยไม่ได้ทำให้แบตเตอรี่เสียหาย
- ปลอดภัยและทนต่ออุณหภูมิได้สูง

ข้อด้อยของแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)

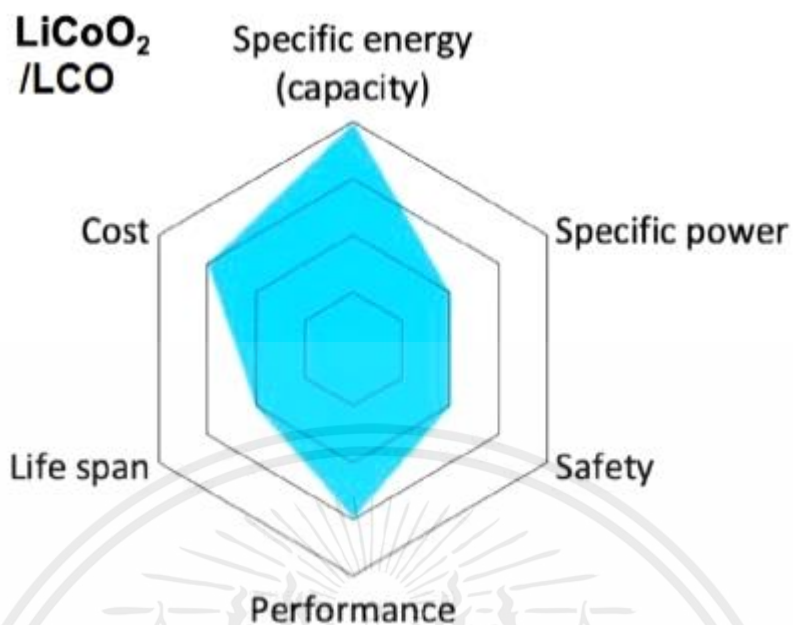
- แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตมีค่าพลังงานจำเพาะไม่สูง
- ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ
- ไม่ค่อยเหมาะใช้งานที่มีการใช้งานแบบกระแสวิกฤตสูงๆ (high cranking applications) เป็นเพราะด้วยคุณสมบัติ ข้อด้อย 2 ข้าง ข้างบนจึงทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตไม่ค่อยเหมาะใช้งานที่มีการใช้งานแบบกระแสวิกฤตสูงๆ เช่น การสตาร์ทเครื่องยนต์

2. แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)



รูปที่ 2.8 แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)

แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ หรือ LCO หรือที่บ้านเรานิยมเรียกว่า แบตลิเทียมไอออน (ซึ่งไม่ถูกต้องมากนัก เพราะแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นคำที่กว้าง ที่กำลังกล่าวถึงทั้งหมดล้วนเป็นลิเทียมไอออน) มีค่าพลังงานจำเพาะ (specific power) สูงแต่มีกำลังงานจำเพาะ (specific energy) ต่ำ กล่าวคือสามารถจ่ายไฟได้นานแต่จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่กินไฟสูงได้ไม่ดี จึงเหมาะและมีใช้ในงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต โน้ตบุ๊ก กล้องถ่ายรูป ที่ต้องการกำลังน้อยๆแต่อยู่ได้นานๆ โดยที่ แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ 1cell มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 3.7 Volt



รูปที่ 2.9 รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)

ข้อดีของแบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)

- มีค่าพลังงานจำเพาะสูง สามารถจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่กินไฟต่ำได้นาน

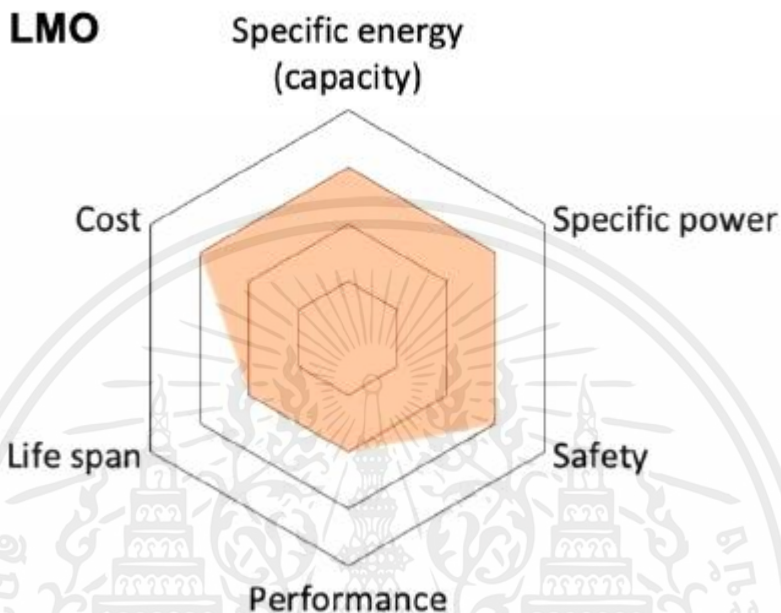
ข้อด้อยของแบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)

- มีอายุการใช้งานสั้น ประมาณ 500 – 1,000 cycles
- วัสดุดิบ โคบอลต์ มีราคาค่อนข้างสูง
- ทนความร้อนได้ต่ำจึงมีปัญหาเรื่องความปลอดภัยอยู่พอสมควร
- ไม่เหมาะใช้งานกับอุปกรณ์ที่กินไฟสูง

3. แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO)

แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO) หรือ LMO ใช้ส่วนผสมของธาตุลิเทียมแมงกานีสออกไซด์เป็นแคโทด ซึ่งองค์ประกอบของธาตุสามชนิดนี้ เมื่อรวมกันจะสร้างให้เกิดโครงสร้างแบบ 3 มิติ ทำให้การไหลของไอออนดีขึ้น มีความต้านทานภายในต่ำลง เพิ่มกระแสได้มากขึ้นและมีค่าการทนต่อความร้อนได้มากขึ้นด้วย การค้นพบแบตเตอรี่ LMO (ประมาณ ค.ศ. 1981) ถือเป็นความสำเร็จก้าวสำคัญในวงการแบตเตอรี่ ด้วยความที่มีความต้านทานภายในเซลล์ต่ำจึงสามารถชาร์จแบบเร็ว (fast charge) และจ่ายกระแสสูง (high discharge current) ได้ แบตเตอรี่ LMO

สามารถที่จ่ายกระแสได้ถึง 20-30 A โดยที่ค่าความร้อนไม่ขึ้นสูงมากได้ แต่แบตเตอรี่ LMO ก็มีค่าการเก็บพลังงานได้น้อย และอายุการใช้งานที่ไม่ได้ยาวมากนัก แบตเตอรี่ชนิด LMO มีใช้งาน ในอุปกรณ์ประเภทเครื่องมือไร้สาย (power tools) อุปกรณ์ทางการแพทย์ รถไฟฟ้าและรถไฮบริดบางรุ่น



รูปที่ 2.10 รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO)

ข้อเด่นของแบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO)

- ชาร์จเร็ว
- มีค่าพลังงานจำเพาะสูงกว่าแบตเตอรี่ LCO
- ขนาดเล็กกว่า LCO
- จ่ายกระแสได้สูง

ข้อด้อยของแบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO)

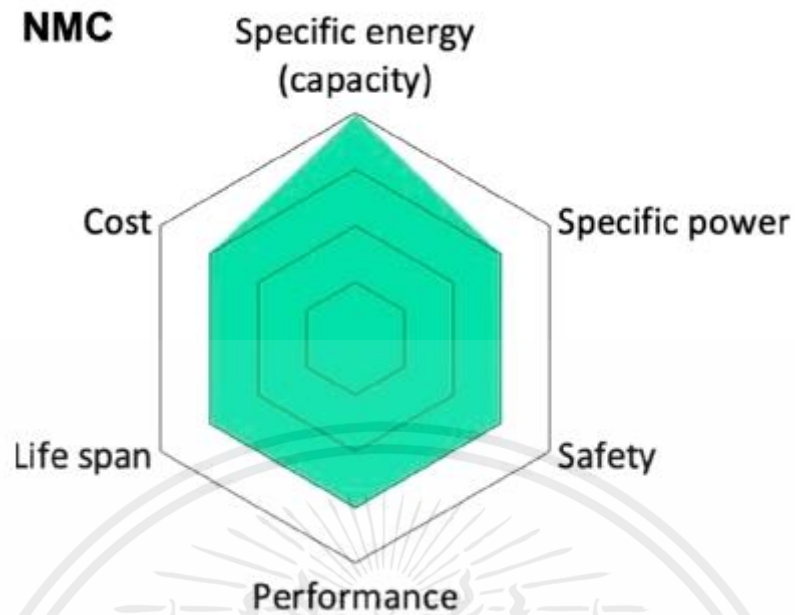
- มีอายุการใช้งานได้สั้น เพียง 300-700 cycles เท่านั้น และสั้นที่สุดในบรรดาแบตเตอรี่ลิเทียมทั้งหมด

4. แบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ ((Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide : NMC)



รูปที่ 2.11 รถยนต์ไฟฟ้า รุ่น Tesla Model S (2019)

แบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ หรือ NMC ด้วยการเพิ่มนิเกิล Ni ซึ่งมีความจุพลังงานจำเพาะ (Specific Capacity ; Ah/kg) สูง เข้าไปในส่วนประกอบของแคโทด ทำให้แบตเตอรี่ NMC มีค่าพลังงานจำเพาะสูงขึ้น ผลที่ได้คือได้เซลล์ที่มีความต่างศักย์หรือแรงดันไฟฟ้าสูงถึงประมาณ 4 Volt/cell เดิมทีเดียวแบตเตอรี่ชนิด NMC ไม่ได้มีส่วนผสมของแมงกานีส ต่อมานักวิจัยจึงได้เพิ่มแมงกานีสเข้าไปเพื่อเพิ่มความเสถียร ผลก็คือแบตเตอรี่ NMC มีทั้งความเสถียรและใช้งานได้ในงานแรงดันสูง (high voltage applications) การปรับเปลี่ยนส่วนผสมระหว่าง นิเกิล แมงกานีส และโคบอลต์ ทำให้เกิดชนิดย่อยและคุณสมบัติที่แตกต่างกันและยังคงเป็นจุดขายของผู้ผลิตแต่ละราย เช่น รุ่น NMC111 (ส่วนผสมเท่ากัน) รุ่น NMC442 รุ่น NMC622 หรือ รุ่น NM811 ในปัจจุบันแบตเตอรี่ NMC มีความต้องการสูงในอุตสาหกรรมรถยนต์ EV เพราะด้วยคุณสมบัติ มีค่าพลังงานสูง จ่ายกระแสได้สูง มีเสถียรภาพ และทนต่ออุณหภูมิได้ดีมาก มีใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าหลายรุ่น เช่น Tesla Model S, Nissan Leaf, Chevrolet Volt, BMW i3



รูปที่ 2.12 รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide : NMC)

ข้อเด่นของแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide : NMC)

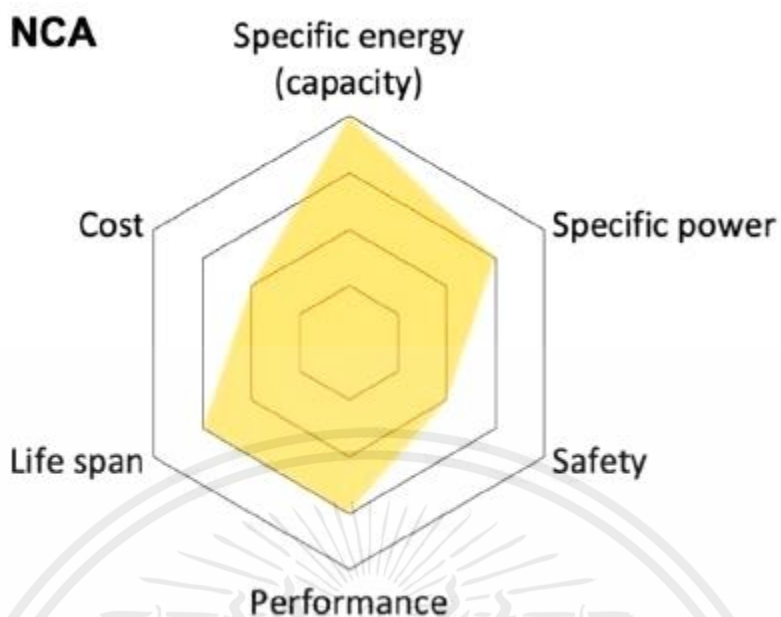
- มีค่าพลังงานจำเพาะสูง
- สามารถจ่ายกระแสได้มาก
- ชาร์จเร็ว
- มีอายุการใช้งานนาน และปลอดภัย

ข้อด้อยของแบตเตอรี่แบบเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide : NMC)

- แรงดันไฟฟ้าต่อเซลล์ต่ำกว่า LCO เล็กน้อย

5. แบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ ((Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide : NCA)

แบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ หรือ NCA มีคุณสมบัติคล้ายกับ NMC คือเก็บไฟได้มากและจ่ายไฟได้นาน แต่มีข้อเสียคือด้านความปลอดภัยยังไม่ค่อยสูงต้องมีระบบตรวจเช็คความปลอดภัยอยู่ตลอดเวลาเมื่อนำมาใช้ในรถ EV จนถึงปัจจุบันมี Tesla เพียงเจ้าเดียวที่ใช้แบตเตอรี่ NCA มีในรุ่น Model 3 และ Model S รุ่นแรก (2012)



รูปที่ 2.13 รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ (Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide : NCA)

ข้อดีแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ ((Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide : NCA)

- มีค่าพลังงานจำเพาะสูง
- สามารถจ่ายกระแสได้มาก
- ชาร์จเร็ว
- มีอายุการใช้งานนาน

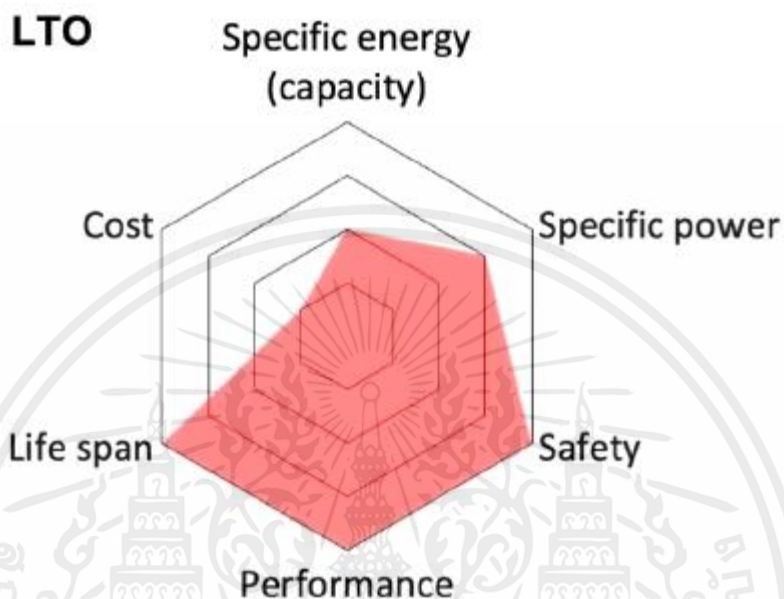
ข้อด้อยแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์อลูมิเนียมออกไซด์ ((Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide : NCA)

- ความปลอดภัยต่ำกว่าชนิดอื่น
- ราคาสูง

6. แบตลิเทียมไททาเนต (Lithium Titanate : LTO)

แบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต หรือ LTO ที่เปลี่ยนอาร์โนดจากกราไฟต์เป็นลิเทียมไททาเนต ส่วนแคโทดมีทั้งเป็น LMO หรือ LMC ผลคือได้แบตเตอรี่ที่ทั้ง ชาร์จเร็วกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ อายุการใช้งานนาน และมีความปลอดภัยขึ้น แบตลิเทียมไททาเนต (LTO) มีใช้ใน รถยนต์ EV เวอร์ชันที่มีใช้

ภายในประเทศญี่ปุ่นเอง เช่น รถยนต์ไฟฟ้า Mitsubishi i-MiEV , Honda Fit EV , Tosa Electric Concept Bus นอกจากนี้ยังมีใช้ในเครื่องมือทางการทหาร ไฟถนนโซล่าเซลล์ รถ EV สถานีชาร์จรถ EV UPS เครื่องมือสื่อสาร รวมไปถึงอุปกรณ์ทางอวกาศ



รูปที่ 2.14 รูปแสดงประสิทธิภาพในการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต (Lithium Titanate : LTO)

ข้อดีแบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต (Lithium Titanate : LTO)

- ชาร์จเร็ว
- มีช่วงอุณหภูมิใช้งานที่กว้างมาก
- มีอายุการใช้งานนาน
- มีความปลอดภัยและความเสถียรสูงที่สุด

ข้อด้อยแบตเตอรี่ลิเทียมไททาเนต (Lithium Titanate : LTO)

- มีค่าพลังงานจำเพาะต่ำ แบตเตอรี่จึงมีขนาดใหญ่
- ราคาสูงมาก

2.4 การอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ [7]

แบตเตอรี่ทุติยภูมิได้แก่ แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead Acid) และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion) สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้หากนำมาอัดประจุไฟฟ้าเข้าไปอีกครั้งหลังจากการใช้งาน

ดังนั้นแบตเตอรี่จึงสามารถจ่ายพลังงานได้หลายๆ ครั้งตลอดอายุการใช้งาน ความสำคัญของการอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ก็คือ การเกิดปฏิกิริยาแบตเตอรี่ทุติยภูมิอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ก่อให้เกิด ความเสียหายจากการอัดประจุที่เกินกว่าคงตรอนแบตเตอรี่ ในการอัดประจุแบตเตอรี่นั้น พลังงานที่เราอัดประจุเข้าไปจะมากกว่าพลังงานที่เราได้รับออกมาจากแบตเตอรี่ นั่นเป็นเพราะว่าพลังงานในการอัดประจุ แบตเตอรี่ส่วนหนึ่งจะสูญหายไปในแบตเตอรี่ เนื่องจากความต้านทานภายในในแบตเตอรี่และการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ใช่การเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าไปสู่พลังงานเคมี เช่น การเกิดแก๊สใน แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid) ทำให้ประสิทธิภาพของการอัดประจุไม่ถึง 100% ดังนั้นหากจะต้องการใช้แบตเตอรี่อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องทำการอัดประจุจนถึงสถานะการอัดประจุกระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด (overcharge) คือสถานะประจุของแบตเตอรี่ที่อัดประจุ (state of charge) ของแบตเตอรี่ใกล้เคียงกับ 100% ไม่สามารถรู้ได้ว่าแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุจนเต็มทีเวลาใด การอัดประจุที่สถานะกระแสไฟฟ้าสูงเกิน (overcharge) นั้นจะทำให้มีความร้อนสูญเสียมากกว่าปกติ รวมไปถึงความดันที่จะเกิดขึ้นจาก แก๊สที่ผลิตภายในแบตเตอรี่ แต่ก็สามารถที่จะทำให้ใช้แบตเตอรี่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงต้องมีการ ควบคุมการอัดประจุกระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด (overcharge) เพื่อที่จะป้องกันและควบคุมไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้น การอัดประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ภายใต้ผลของอุณหภูมิและความดันต่างจากการอัดประจุที่กระแสไฟฟ้าคงที่เล็กน้อยก็ถือเป็นการอัดประจุแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ กระแสไฟฟ้าอัดประจุจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเข้าสู่สถานะกระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด (Overcharge) เมื่อกระแสไฟฟ้าลดลง ปฏิกิริยาจะลดลงด้วย ทำให้แก๊สที่เกิดขึ้นและอุณหภูมิต่ำกว่าแบบกระแสไฟฟ้าคงที่

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการอัดประจุไฟฟ้า [7]

การอัดประจุที่เหมาะสมเป็นกระบวนการอัดประจุที่จะทำให้การอัดประจุเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการพิจารณาหาจุดอัดประจุที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญเพื่อที่จะทำให้พลังงานที่อัดประจุไม่สูญเปล่าไป ปัจจัยที่มีผลต่อการอัดประจุมุ่งดังนี้

1. วิธีการอัดประจุ (Charging method)

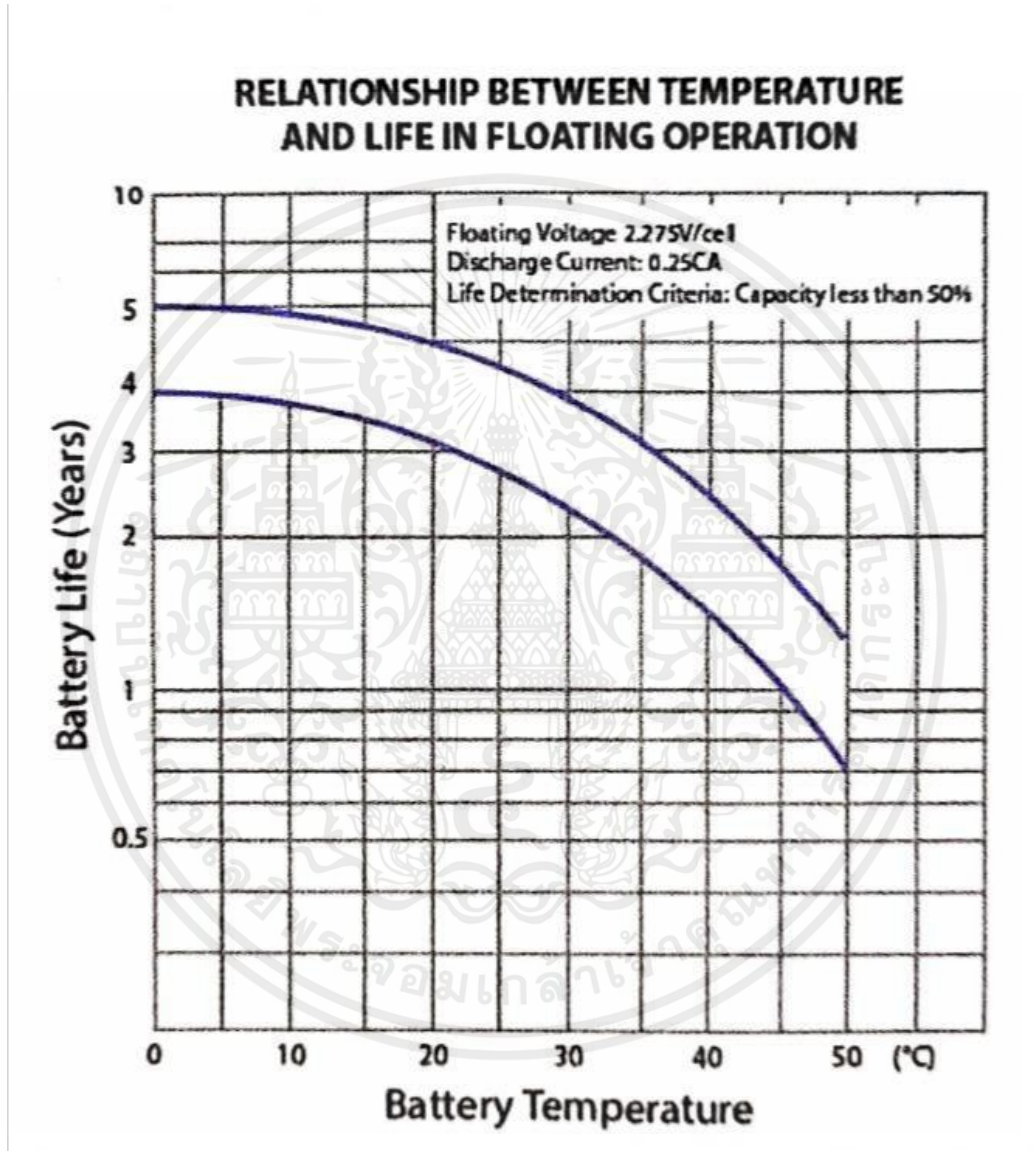
วิธีการอัดประจุนั้นขึ้นกับสถานะที่แบตเตอรี่ถูกอัดประจุไฟฟ้าด้วยขนาดกระแสไฟฟ้าเท่าใด หากการอัดประจุนั้นใช้ขนาดกระแสไฟฟ้ามัก จะทำให้เวลาในการอัดประจุลดลงแต่อาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้น

2. สถานะการอัดประจุของแบตเตอรี่ (State of charge : SOC)

สถานะในการอัดประจุของแบตเตอรี่เป็นตัวบ่งชี้ว่าการอัดประจุนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ในกรณีที่แบตเตอรี่ยังเต็มอยู่จะไม่มี ความเหมาะสมในการอัดประจุ เพราะพลังงานในการอัดประจุไม่ได้ถูกใช้ในการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานเคมีแต่จะเป็นความร้อนสูญเสีย

3. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีผลในการเร่งปฏิกิริยาการอัดประจุให้ดีขึ้น การอัดประจุที่อุณหภูมิสูงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการอัดประจุที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 2.15 รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในแบตเตอรี่และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

2.6 ประเภทของการอัดประจุไฟฟ้า [7]

การอัดประจุแบตเตอรี่ทุติยภูมินั้นมีอยู่หลายวิธี หลักการของการอัดประจุก็คือการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการคายประจุ การอัดประจุแรงดันไฟฟ้าคงที่นิยมใช้

กับทั่วไป แต่ก็ยังมีการอัดประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่ใช้อยู่ สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกเครื่องอัดประจุก็คือการถูกคายประจุ เวลาในการอัดประจุ อุณหภูมิที่สูงขึ้นและจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่

1. การอัดประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่

การอัดประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่หมายถึงการอัดประจุไฟฟ้าโดยคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าอย่างเดียว ไม่คำนึงถึงกระแสไฟฟ้าขณะอัดประจุไฟฟ้า ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ใช้อัดประจุไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าเครื่องอัดประจุกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่ ดังนั้นเมื่อเริ่มต้นอัดประจุ ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นและจะลดลงเมื่อแบตเตอรี่มีสถานะในการอัดประจุของแบตเตอรี่ (State of charge : SOC) เข้าใกล้ 100 % เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่สูงขึ้น เครื่องอัดประจุที่ใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ ก็คือ แบบ fast charge จะอัดประจุที่แรงดันสูง กระแสไฟฟ้าที่อัดประจุจึงสูง ตามเวลาที่ใช้อัดประจุจะเร็วแต่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของแบตเตอรี่ ทำให้อายุการใช้งานลดลง อีกแบบหนึ่งคือการอัดประจุแบบ float charge คือการอัดประจุที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่เล็กน้อย กระแสไฟฟ้าอัดประจุจึงไม่สูง แต่ก็ใช้เวลาในการอัดประจุค่อนข้างนานในการอัด ประจุแบบ float charge นิยมใช้ในการอัดประจุแบบต่อเนื่องเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้สำรองไฟต่างๆ เช่น ups ไฟฉุกเฉิน จะเห็นได้ว่ามีข้อดีข้อเสียที่ต่างกัน ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ให้การอัดประจุแบบ แรงดันไฟฟ้าคงที่นี้ให้เป็นแบบ Dual step charging คือเริ่มแรกจะอัดประจุแบบ fast charge ก่อน เพื่อ แก้ไขจุดอ่อนในเรื่องเวลาในการอัดประจุเมื่อเวลาผ่านไปเมื่อสถานะในการอัดประจุของแบตเตอรี่ (State of charge : SOC) เริ่มสูงขึ้นก็ให้เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบ float เพื่อทำให้กระแสไฟฟ้าที่สถานะ overcharge ไม่สูงมากเพื่อยืดอายุการใช้งานให้สูงขึ้น การอัดประจุแบบ Dual step Charging จะมีประสิทธิภาพสูงมาก

2. การอัดประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่

การอัดประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่นั้นเป็นวิธีอัดประจุที่ควรที่จะนำมาใช้งานมากที่สุด เพราะเป็น วิธีที่คืนพลังงานให้แก่แบตเตอรี่ได้เร็วโดยไม่ส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การอัดประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่นี้จะทำงานได้ดีกับการต่ออนุกรมกันของเซลล์แบตเตอรี่ที่ไม่สมดุล การอัดประจุแบบ กระแสไฟฟ้าคงที่นั้นเป็นการอัดประจุที่ทำการรักษาระดับของกระแสไฟฟ้าคำนึงถึงกระแสไฟฟ้าสูงเกิน พิกัด (Overcharge) หรืออุณหภูมิที่เกิดขึ้น ค่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ความจุในแบตเตอรี่สูงขึ้น และ จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแบตเตอรี่เข้าสู่สภาวะกระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด ดังนั้นในการอัดประจुरुูปแบบ กระแสไฟฟ้าคงที่จึงต้องมีการควบคุมการอัดประจุกรณีเกิดกระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด การเลือกระดับของ กระแสไฟฟ้าอัดประจุนั้นเป็นการตัดสินใจที่สำคัญมากเพราะจะส่งผลไปยัง อายุการใช้งาน

โดยทั่วไป ซึ่ง แบตเตอรี่แต่ละชนิดก็จะมีขีดจำกัดของกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในการอัดประจุอยู่ โดยทั่วไปทางผู้ผลิต จะต้องบอกกระแสไฟฟ้าในการอัดประจุสูงสุดไว้เพื่อใช้ในการออกแบบหรือเลือกกระแสไฟฟ้าอัดประจุ การใช้งานจริงนั้นก็จะมีทั้งแบบกระแสอัดประจุระดับเดียวและแบบกระแสไฟฟ้าอัดประจุหลายระดับ ใน แบบหลายระดับนั้นเริ่มแรกก็จะอัดประจุที่ระดับสูง (high charge) หรืออัดประจุระดับกลาง (medium charge) ก่อน เมื่อแบตเตอรี่ใกล้จะเต็ม ก็จะมีการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าอัดประจุเป็นแบบอัดประจุระดับต่ำ (low charge)

2.7 การใช้งานแบตเตอรี่ที่เหมาะสม [7]

1. การจ่ายกระแสไฟฟ้า (Discharge) ควรหลีกเลี่ยงการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงเกิน พิกัดจากการใช้งานเกินพิกัดของแบตเตอรี่จะส่งผลทำให้อายุของแบตเตอรี่สั้นลง เพราะฉะนั้นควร ให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าประมาณ 70-80% ของความจุแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่ 24 โวลต์ ควร มีการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าประมาณ 20.4 โวลต์หรือประมาณ 85% ของความจุ แบตเตอรี่ โดยความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสภาพของแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่ที่แห้งและสะอาด จะมีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ดี

2. การคายประจุของแบตเตอรี่ (Normal Charge) ควรระวังไม่ให้อุณหภูมิของอิเล็กโทรไลต์สูงเกิน 50 °C หรือเกินพิกัดของตัวแบตเตอรี่ ถ้าหากอุณหภูมิสูงเกินไป ควรลด กระแสไฟฟ้าในการอัดประจุเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของของอิเล็กโทรไลต์สูงขึ้น และต้องตรวจสอบ ให้แน่ใจว่าในการต่อกับขั้วแบตเตอรี่ต้องแน่นกระชับ ต่อขั้วถูกต้อง ขณะอัดประจุไฟฟ้าห้ามถอดหรือ ขยับปลั๊กเพราะอาจทำให้เกิดประกายไฟซึ่งจะเป็นอันตรายต่อขั้วต่อ

3. การอัดประจุไฟแบบกระตุ้น (Equalizing Charge) เป็นการอัดประจุด้วยกระแสไฟฟ้าสูงเกินพิกัด สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดเพื่อกำจัดการสะสมของสารซัลเฟต (SO) บนแผ่นธาตุประจุ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาซัลเฟชัน (Sulfation) หรือซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่สมบูรณ์ ของแบตเตอรี่ ควรมีการอัดประจุไฟแบบกระตุ้น (Equalizing Charge) ทุก 6 เดือนหรือหลังจาก 20 ครั้งของการอัดประจุเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับเซลล์ภายในแบตเตอรี่ประมาณ 10%

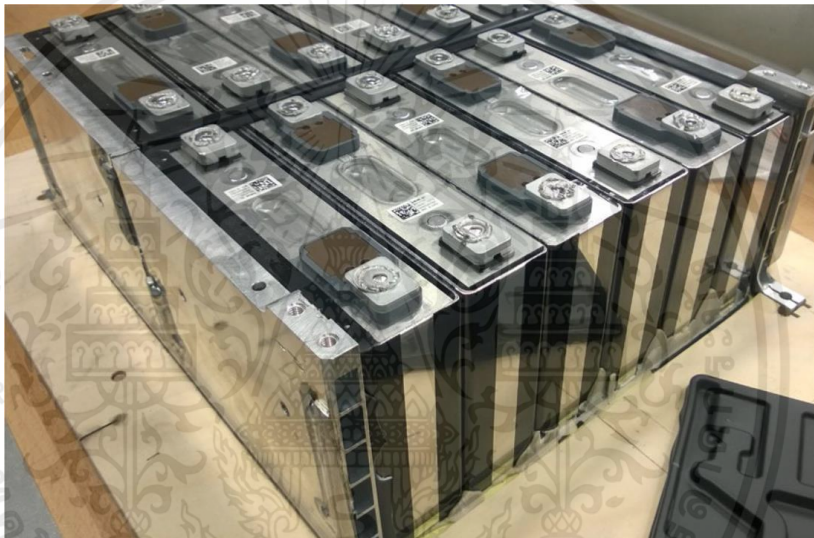
4. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้แบตเตอรี่จนหมดแล้วค่อยอัดประจุไฟเพื่อป้องกันไม่ให้ เกิดอัตราการคายประจุในอัตราที่สูงซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็ว

5. ในการเก็บรักษาสภาพแบตเตอรี่นั้น ไม่ควรเก็บในที่ๆ อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งปฏิกิริยาเคมีภายในให้ไอออนต่างเคลื่อนที่ไวมากขึ้น มีความไวต่อปฏิกิริยามาก ขึ้น และส่งผลให้อายุของแบตเตอรี่สั้นลง

6. สำหรับแบตเตอรี่แบบลิเทียม (Lithium) ถ้าจำเป็นจะต้องเก็บแบตเตอรี่ไว้เป็นเวลานานโดยไม่ได้ใช้งาน ให้อัดประจุไว้ที่ประมาณ 40% ของความจุของแบตเตอรี่แล้วเก็บไว้ในที่เย็น

2.8 การเรียงแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้า [4]

การเรียงแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้าเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมาก เพราะจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า การเรียงแบตเตอรี่ถูกต้องจะช่วยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแบตเตอรี่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และป้องกันการสูญเสียพลังงานของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.16 ลักษณะของแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.17 แบตเตอรี่ที่เรียงกันอยู่บริเวณฐานของตัวถังของรถยนต์ไฟฟ้า

ขั้นตอนการเรียงแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้าได้แก่ :

- ขั้นที่ 1 ตรวจสอบความสะอาดของแบตเตอรี่และช่องแบตเตอรี่ว่ามีการสะสมสิ่งสกปรกหรือไม่ หากมีให้ทำความสะอาดก่อน
- ขั้นที่ 2 ตรวจสอบความสมบูรณ์แบตเตอรี่และตรวจสอบเครื่องมือเชื่อมต่อแบตเตอรี่ว่าพร้อมใช้งานหรือไม่
- ขั้นที่ 3 ตรวจสอบขนาดและชนิดของแบตเตอรี่ที่ใช้ และตรวจสอบค่าไฟฟ้าที่กำลังส่งออกจากแบตเตอรี่
- ขั้นที่ 4 วางแบตเตอรี่ในช่องแบตเตอรี่ในรถยนต์ โดยต้องวางในตำแหน่งที่เหมาะสมตามคำแนะนำจากผู้ผลิต
- ขั้นที่ 5 ต่อสายไฟจากแบตเตอรี่ให้ตรงกับขั้วบวกและลบของเครื่องยนต์และระบบไฟฟ้าในรถยนต์
- ขั้นที่ 6 ปิดฝาของช่องแบตเตอรี่ให้แน่นหนาและตรวจสอบว่าแบตเตอรี่ได้รับการติดตั้งอย่างมั่นคง

2.9 สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า PEA Volta (PEA VOLTA Charging Station) [6]



รูปที่ 2.18 หัวชาร์จมาตรฐานทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ AC-type (ซ้าย), CCS Combo 2 Standard (กลาง) และ CHAdeMO Standard (ขวา) ของ PEA VOLTA Charging Station

PEA VOLTA Charging Station ให้บริการหัวชาร์จมาตรฐาน 3 รูปแบบ คือ หัวชาร์จ AC Type 2 (43 kW) หัวชาร์จแบบ DC CHAdeMo (50 kW) และ CCS Combo II (50 kW) ซึ่งเครือข่ายสถานี PEA VOLTA เปิดให้บริการตลอดเส้นทางหลัก เพื่อรองรับการเดินทางทั่วประเทศ ครอบคลุมทั้งเส้นทางสายเหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก และตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเริ่มตั้งแต่กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีสถานีให้บริการอยู่ภายในสำนักงานใหญ่ PEA

เครื่องอัดประจุไฟฟ้าเป็นแบบ Multi-Standard (CHAdeMO, CCS Combo2, AC-Type2) ตามมาตรฐานนานาชาติ รองรับรถยนต์ไฟฟ้าที่ติดตั้งหัวจ่ายกระแสไฟฟ้าตามมาตรฐานยุโรปและ

ญี่ปุ่น การอัดประจุไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว (Quick Charge) ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ที่นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง วิ่งได้ระยะทางประมาณ 250 กิโลเมตร ซึ่งตัวอย่างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่จะกล่าวถึงในโครงการเล่มนี้ จะกล่าวถึงเครื่องอัดประจุแบบ Multi-Standard 50 kW โดยเป็นผลิตภัณฑ์ของ ABB และ Lafon ซึ่งประกอบไปด้วย 3 หัวอัดประจุไฟฟ้า ดังนี้

- CHAdeMO Standard (50 kW)
- CCS Combo 2 Standard (50 kW)
- AC Connector T2 (43kW)

ตัวอย่างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหัวหิน

การติดตั้งเครื่องอัดประจุไฟฟ้า ABB แบบ Multi-Standard ขนาด 50 W การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหัวหิน ตำบลหนองแก อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย หัวอัดประจุ 3 แบบ โดยมีหม้อแปลงจ่ายแรงดันขนาด 100 KVA, 22 400/230V ที่ทำการ ติดตั้งใหม่โดยในสถานีนี้จะต่อเข้ากับ Feeder ที่ 6 ของสถานีไฟฟ้าหัวหิน 3



รูปที่ 2.19 ตำแหน่งติดตั้งสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าของ กฟภ.หัวหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขาย้อย

การติดตั้งเครื่องอัดประจุหั่ว ABB แบบ Multi-Standard ขนาด 50 kW ที่การไฟฟ้าส่วน ภูมิภาคเขาย้อย ตำบลสระพัง อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี 1 เครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย หัวอัดประจุ 3 แบบ โดยมีหม้อแปลงจ่ายแรงดันขนาด 100 kVA, 22kV - 400/230V ที่ทำการติดตั้งใหม่ โดยในสถานีนี้อาจจะต่อเข้ากับ Feeder ที่ 1 ของสถานีไฟฟ้าเขาย้อย 1



รูปที่ 2.20 ตำแหน่งติดตั้งสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าของ กฟภ.เขาย้อย

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศรีสิต

การติดตั้งเครื่องอัดประจุหั่ว Lafon แบบ Multi-Standard ขนาด 50 kW ที่การไฟฟ้าส่วน ภูมิภาคศรีสิต ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอลองหลวง ปทุมธานี จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย หัวอัดประจุไฟฟ้าจำนวน 3 แบบ โดยตัวเครื่องอัดประจุจะต่อเข้ากับหม้อแปลงจ่ายแรงดันขนาด 100KVA, 22kV - 400/230V โดยในสถานี จะต่อเข้ากับ Feeder ที่ 4 ของสถานีไฟฟ้าบางซันท์



รูปที่ 2.21 ตำแหน่งติดตั้งสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าของ กฟภ.รังสิต

2.10 แอปพลิเคชัน PEA Volta (PEA Volta Application)

PEA VOLTA Platform เป็น Digital Platform สำหรับบริหารจัดการ การอัดประจุไฟฟ้าที่ PEA พัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า รวมถึงผู้ประกอบการ สถานีอัดประจุไฟฟ้าและบริการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ด้วยความมุ่งมั่นที่จะส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ปัจจุบันผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าสามารถใช้งาน PEA VOLTA Charging Station และชำระค่าบริการได้ผ่านแอปพลิเคชัน PEA VOLTA ซึ่งประกอบด้วยฟีเจอร์ต่างๆ สะดวก แอปเดียวครบจบทุกเรื่องการชาร์จ

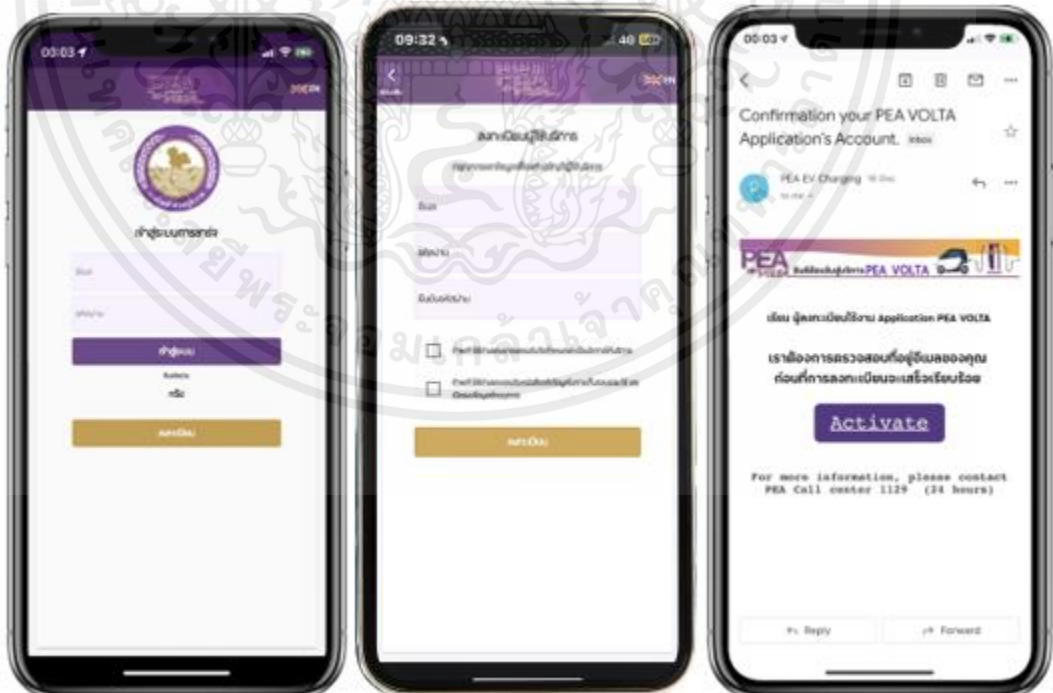
- วิธีการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน PEA Volta เพื่อใช้งานในการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

ขั้นที่ 1 ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน PEA Volta ซึ่งสามารถดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรมได้จาก App Store บนระบบ ios และ Google Play บนระบบ Android และค้นหาคำว่า “PEA VOLTA” และกดติดตั้งแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ เมื่อติดตั้งแอปพลิเคชันเรียบร้อยแล้ว จากนั้นกดเข้าแอปพลิเคชันเพื่อเริ่มใช้งาน



รูปที่ 2.22 คิวอาร์โค้ดสำหรับดาวโหลดแอปพลิเคชัน PEA Volta

ขั้นที่ 2 ลงทะเบียนใช้งาน โดยการคลิกปุ่มลงทะเบียนเพื่อใช้งาน จากนั้นกรอกข้อมูลเพื่อสร้างบัญชีผู้ใช้งาน และยอมรับข้อกำหนดและเงื่อนไข จากนั้นเข้าอีเมลที่ทำการลงทะเบียน เลือกยืนยันอีเมลของคุณ เมื่อยืนยันอีเมลแล้วจะสามารถเข้าสู่ระบบ เพื่อใช้งานแอปพลิเคชันได้



รูปที่ 2.23 รูปแสดงหน้าหลักหลังจากเข้าแอปพลิเคชัน (ซ้าย) หน้าต่างลงทะเบียนผู้ให้บริการ (กลาง) หน้าต่างอีเมลเพื่อยืนยันอีเมลของคุณ (ขวา)

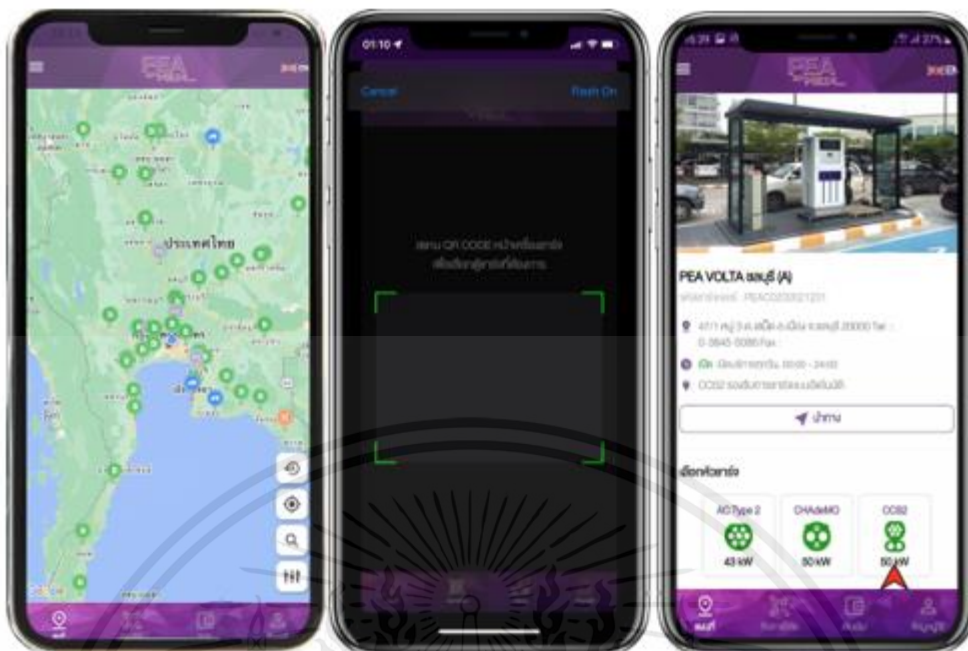
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 เติมเงินเพื่อใช้งาน ทำการคลิกปุ่ม “เติมเงิน” ที่แถบด้านล่าง จากนั้นคลิกปุ่มสีเขียว “เติมเงิน” ซึ่งสามารถเติมเงินได้โดยการเติมเงิน ผ่านการสแกน Thai QR Code ผ่าน Internet banking เลือกมูลค่าการเติมเงิน 200 / 500 / 1,000 บาท และกดเติมเงิน ระบบจะสร้าง QR Code ให้ตามมูลค่า ที่เลือกเติมเงิน และนำ QR Code นี้ไปชำระผ่านระบบ internet banking หลังจากชำระผ่านระบบ internet banking แล้วหลังจากนั้นสามารถเช็kyอดเงินคงเหลือ ในแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 2.24 หน้าต่างแสดงการเติมเงินและแสดงยอดเงินคงเหลือที่สามารถใช้งานได้ (ซ้าย) หน้าต่างแสดงการเลือกการเติมเงิน (กลาง) หน้าต่างแสดง QR Code สำหรับระบบการเติมเงินตามราคา que เลือก (ขวา)

ขั้นที่ 4 ชาร์จไฟฟ้าที่สถานี หลังจากเติมเงินในระบบเรียบร้อยแล้ว QR Code ที่แถบด้านล่าง ต่อมาสแกน QR Code ที่แสดงหน้าเครื่องชาร์จที่สถานีชาร์จเพื่อเริ่มต้นการชาร์จ จากนั้นกดเลือกประเภทหัวชาร์จ และทำการกด “เริ่มการชาร์จ”



รูปที่ 2.25 หน้าต่างแสดงแผนที่ตู้ชาร์จของ PEA Volta (ซ้าย) หน้าต่างเพื่อถ่าย QR Code ที่แสดงบริเวณหน้าตู้ชาร์จ PEA Volta (กลาง) หน้าต่างเลือกประเภทหัวชาร์จ (ขวา)



รูปที่ 2.26 หน้าต่างแสดงให้เชื่อมต่อหัวชาร์จเข้ากับรถยนต์ไฟฟ้า และเริ่มชาร์จ (ซ้าย) หน้าต่างแสดงข้อมูลการชาร์จ และการยกเลิกการชาร์จ หากต้องการหยุดการชาร์จ (กลาง) หน้าต่างแสดงค่าใช้จ่ายในการชาร์จ (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

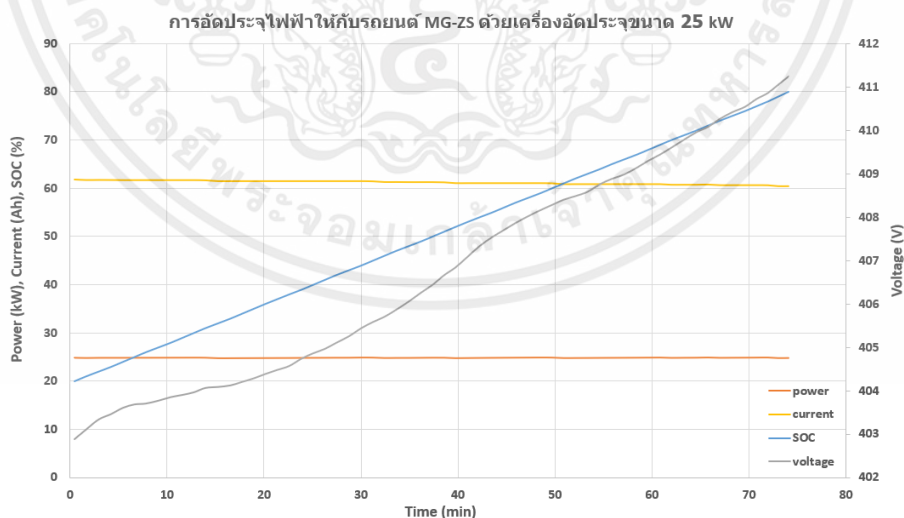
ในขณะที่ชาร์จ บนแอปพลิเคชันจะแสดงข้อมูลการชาร์จ และเมื่อต้องการหยุดให้กดปุ่ม “หยุดการชาร์จ” ระบบจะสรุปผลการชาร์จ และค่าใช้จ่ายในการชาร์จ แสดงดังรูปที่ 2.26

2.11 การอัดประจุแบตเตอรี่

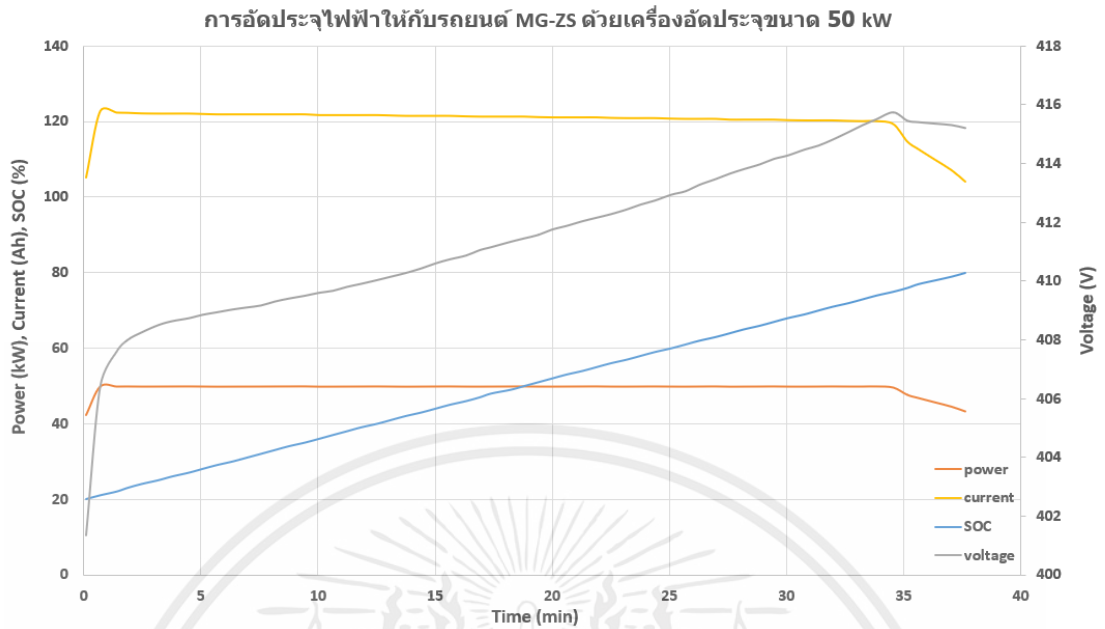
ในระหว่างการชาร์จแบตเตอรี่แหล่งจ่ายไฟ DC ภายนอกถูกนำไปใช้กับแบตเตอรี่ ขั้วลบของแหล่งจ่ายกระแสตรงเชื่อมต่อกับแผ่นขั้วลบหรือขั้วบวกของแบตเตอรี่และขั้วบวกของขั้วแหล่งที่มาเชื่อมต่อกับแผ่นขั้วบวกหรือขั้วลบของแบตเตอรี่

ตอนนี้เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงภายนอกอิเล็กทรอนิกส์จะถูกฉีดเข้าไปในขั้วบวก ปฏิบัติการลดจะเกิดขึ้นในขั้วบวกแทนแคโทด ที่จริงแล้วในกรณีที่มีการคายประจุของแบตเตอรี่ปฏิบัติการลดลงจะเกิดขึ้นที่แคโทด เนื่องจากปฏิบัติการลดลงนี้วัสดุขั้วบวกจะคืนอิเล็กตรอนและกลับสู่สถานะก่อนหน้าเมื่อแบตเตอรี่ไม่ได้ถูกปล่อยออกมา ในฐานะที่เป็นขั้วบวกของแหล่ง DC คือเชื่อมต่อกับแคโทดอิเล็กทรอนิกส์ของขั้วไฟฟ้านี้จะถูกดึงดูดโดยขั้วบวกของแหล่งจ่ายกระแสตรง เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แคโทดและวัสดุแคโทดคืนสถานะเดิม (เมื่อไม่ปล่อยประจุออกมา) นี่เป็นพื้นฐานโดยรวมของการชาร์จแบตเตอรี่

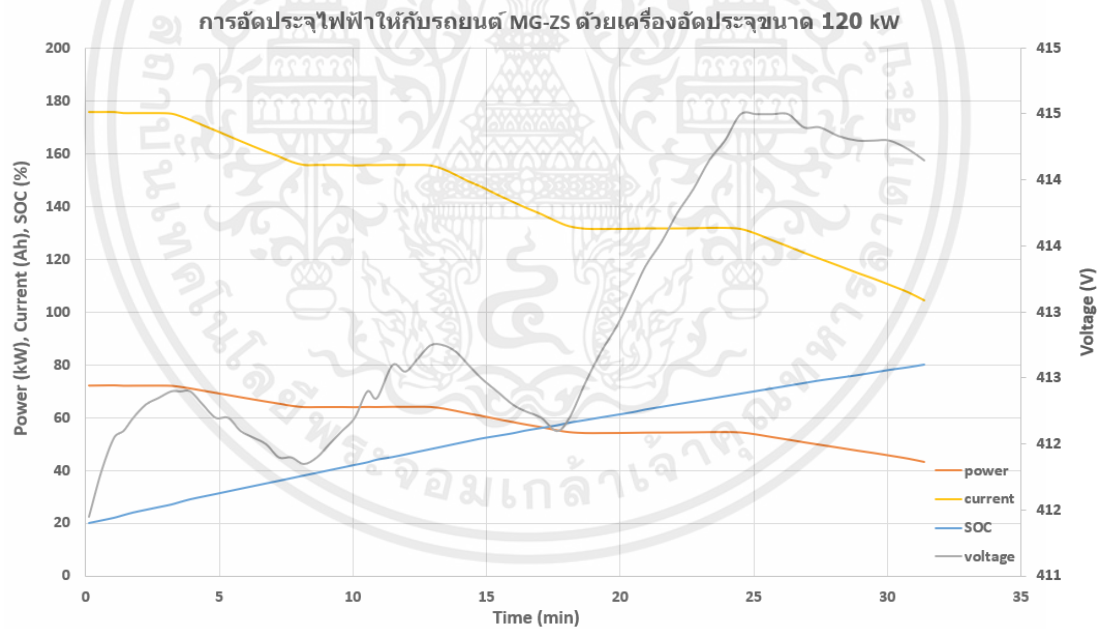
ในระหว่างการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ที่ขนาดต่างกัน ต้องคำนึงกำลังสูงสุดที่รถยนต์ไฟฟ้าของเราสามารถรับได้ ซึ่งส่งผลต่อเวลาในการชาร์จและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่โดยตรง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.27, รูปที่ 2.28 และรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.27 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 25 kW



รูปที่ 2.28 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 50 kW



รูปที่ 2.29 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับตู้อัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 120 kW

2.12 วิธีการวัดร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่โดยใช้วิธีการนับคูลอมบิก (Enhanced Coulombic Counting Method for SoC and SoH Estimation Based on Coulombic Efficiency) [3]

2.12.1 บทนำ

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่จะลดลงเมื่อรอบการชาร์จ/คายประจุเพิ่มขึ้น ดังนั้น ระบบการจัดการแบตเตอรี่ (BMS) จึงมีความสำคัญต่อการประมาณสถานะของแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ BMS จึงมีการนำเสนอวิธีการประมาณค่าที่แม่นยำสำหรับสถานะของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ข้อเสียเปรียบหลักของวิธีการนับคูลอมบิก (CCM) สำหรับการประเมินสถานะของประจุ (SoC) คือข้อผิดพลาดของค่าเริ่มต้น ในการแก้ปัญหานี้ ได้มีการใช้วิธีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (OCV) ซึ่งรวมถึงแบตเตอรี่ เพื่ออัปเดตค่าเริ่มต้น ในเอกสารฉบับนี้ มีการเสนอวิธีการเพิ่มค่าคูลอมบิก (ECC) เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของการประมาณค่า SoC เนื่องจากอายุการใช้งานของแบตเตอรี่โดยการชาร์จ/คายประจุซ้ำๆ หลายครั้ง เวลาในการชาร์จ/คายประจุจึงลดลงและสามารถกำหนดเป็นฟังก์ชันของประสิทธิภาพคูลอมบิกได้ เมื่อใช้สมการพลังงานกับแบตเตอรี่ แสดงสถานะของสุขภาพ (SoH) สามารถประมาณได้ตามการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานภายใน ในฟังก์ชันที่เสนอ หลังจากเสร็จสิ้นการชาร์จ/คายประจุในวัฏจักร k ความต้านทานภายใน ประสิทธิภาพคูลอมบิก และมีการคำนวณความจุและผลลัพธ์เหล่านั้นจะถูกใช้ใน $k + 1$ รอบ วิธีการที่เสนอได้รับการตรวจสอบโดยระบบกักเก็บพลังงานขนาด 3 กิโลวัตต์ และผลการทดลองเปรียบเทียบจะถูกนำเสนอด้วยประสิทธิภาพของมันเป็นออกมา

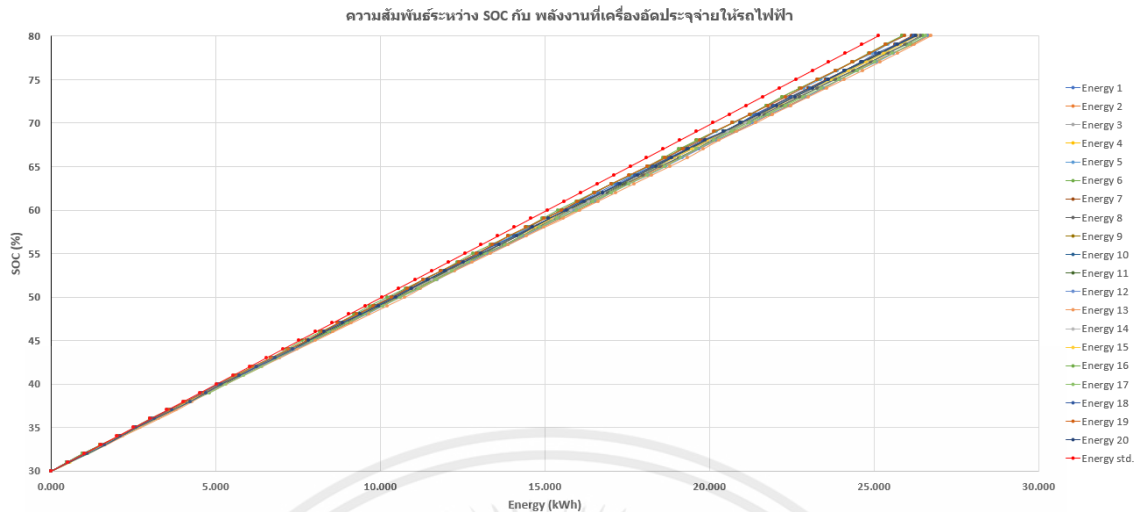
2.12.2 วิธีการนับคูลอมบิก

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาโดยการเทียบการอัดประจุ(พลังงาน) ที่อัดเข้าสู่แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ต่อการเพิ่มขึ้นต่อ 1 SoC และทำการพล็อตกราฟเทียบดังรูปที่ 2.27 จากนั้นใช้ความสัมพันธ์ของพลังงานที่อัดเข้าไป ที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อเทียบหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ จากความสัมพันธ์ด้านล่าง

$$SOH \text{ estimation} = \frac{\Delta E_{\text{estimation}}}{\max(\Delta E)} \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่ ΔE คือการอัดพลังงานเฉลี่ยที่เปลี่ยนไป

$$\Delta E = E(\text{เฉลี่ยในรอบล่าสุด}) - E(\text{เฉลี่ยในรอบที่ } SOH \text{ มีค่า } 100\%) \quad (2)$$



รูปที่ 2.30 รูปกราฟแสดงค่าร้อยละการการอัดประจุ(พลังงาน) (State of Charge) ที่อัดเข้าสู่แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

2.12.3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการนับจุลอมบิก

เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการนับค่าร้อยละของการอัดประจุแบตเตอรี่ (State of Charge) เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (State of Health) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง เนื่องจากการเกิดค่าความสูญเสียของตัวแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน จากระบบการทำความเย็นของแบตเตอรี่

2.13 วิธีการวัดร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้วิธีการวัดวงจรสมมูล [2]

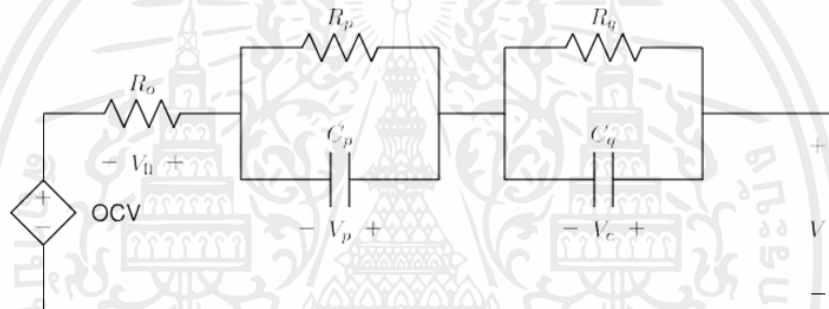
2.13.1 บทนำ

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) ถูกนำมาใช้มากขึ้นในการใช้งานที่หลากหลาย การประเมินสถานะสุขภาพ (SOH) ของแบตเตอรี่ Li-ion อย่างแม่นยำมีความสำคัญต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด และมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการใช้งานต่างๆ เช่น รถยนต์ไฟฟ้า (EV) แบบจำลองวงจรสมมูลทางไฟฟ้า (EEC) 2-RC มักใช้เพื่อจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ แต่ไม่ได้ใช้เพื่อจับการเสื่อมสภาพของเซลล์แบตเตอรี่เมื่อเวลาผ่านไป บทความนี้ใช้โมเดล 2-RC เพื่อบันทึกการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ Li-ion แบบจำลองที่นำเสนอไม่ได้ขึ้นกับเวลาเท่านั้น แต่ยังจับผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ด้วย วิธีการที่นำเสนอนี้ประเมินค่า SOH ได้อย่างแม่นยำและยังมีความยืดหยุ่นอย่างมากสำหรับเซลล์ต่างๆ ที่มีสารเคมีต่างกัน เราสรุปเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางโมเดล N-RC เพื่อประเมิน SOH ของแบตเตอรี่ เปรียบเทียบแบบจำลองที่เสนอ (2-RC) กับแบบจำลอง 1-RC และจากผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลข เราแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง 2-RC มีประสิทธิภาพดีกว่า 1-RC และลดต้นทุนการคำนวณลงอย่างมาก

ในการทำงานเดียวกัน รุ่น 2-RC มีประสิทธิภาพดีกว่าวงจร 3-RC และลำดับที่สูงกว่า นอกจากนี้ เรายังแสดงให้เห็นว่าแนวทางที่เสนอสามารถจับไดนามิกของแบตเตอรี่ได้ดีกว่าสำหรับค่าสิ่งที่มีขนาดเล็กของพหุนามเฉพาะเจาะจง (ที่เกี่ยวข้องกับสมการ Arrhenius) เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทาง 1-RC ที่มีข้อผิดพลาดของค่าเฉลี่ยกำลังสองของรูทเฉลี่ยลดลงอย่างมาก (มากถึง 60%) (RMSE) สุดท้ายค่าเฉลี่ยการทดสอบ RMSE สำหรับ 2-RC คือ 52.4%

2.13.2 วิธีการวัด

บทความนี้นำเสนอโมเดล EEC แบบไดนามิกที่ปรับและบันทึกไดนามิกของ SOH เมื่อเวลาผ่านไป และสามารถทำนายการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ได้อย่างน่าเชื่อถือ โมเดลนี้อ้างอิงจากโมเดล 2-RC EEC ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (OCV) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของสถานะประจุ (SOC) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าได้



รูปที่ 2.31 วงจรสมมูลของแบตเตอรี่

2.13.3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการวัด

วิธีนี้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงมากในวัดหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ เพราะว่าจะทำการวัดโดยตรงที่ขั้วของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า แต่กลับเป็นวิธีที่ค่อนข้างวุ่นวายเนื่องจากการวัดแต่ละครั้งจำเป็นต้องถอดขั้วของแบตเตอรี่จากแบตเตอรี่ที่อยู่ภายในรถยนต์ไฟฟ้า ทำให้ต้องเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อทำการตรวจวัดค่าร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่

2.14 วิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับการประมาณร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Incremental Capacity Analysis Solution on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation) [1]

2.14.1 บทนำ

ในวิธีการนี้ เซลล์แบตเตอรี่แบบ NMC ใช้ในเซลล์แบตเตอรี่ของ BMW i3 EV และเซลล์แบตเตอรี่แบบ LMO ที่ใช้ใน Nissan Leaf EVs ที่ได้ถูกนำไปงานใช้แล้ว หลังจากผ่านการใช้งาน ถูกซื้อและแยกชิ้นส่วนสำหรับทั้งสองประเภท แสดงดังรูปที่ 2.15

โมดูลสำหรับแบตเตอรี่ดังกล่าวประกอบด้วยเซลล์แบตเตอรี่ที่เชื่อมต่อกัน 12 โมดูลสำหรับแบตเตอรี่ของ BMW i3 EV ข้อมูลของเซลล์แบตเตอรี่ และเงื่อนไขที่ใช้ระหว่างการชาร์จและการคายประจุของเซลล์แบตเตอรี่ โดยที่ C คืออัตราส่วนของกระแสที่เกิดขึ้นจริงสัมพันธ์และความจุเล็กน้อย ตัวอย่างเช่น ถ้าระบุความจุ 63.0 Ah กระแส 0.5-C เท่ากับ 31.5 A สามารถดูได้ในตารางที่ ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงข้อมูลของแบตเตอรี่ 1 โมดูล ของ BMW i3 และ Nissan Leaf EV

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงข้อมูลของแบตเตอรี่ 1 โมดูล ของ BMW i3 และ Nissan Leaf EV

Battery type	NMC	LMO
Nominal capacity	63 Ah	32.5 Ah
Maximum charging voltage	4.125 V	4.150 V
Minimum discharge voltage	3.000 V	2.500 V
Cut-off charging current (5% of 1-C)	3.15 A	1.63 A
Charge rate	0.5-C	
Discharge rate	1.0-C	
Temperature	25 °C	

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงเซลล์แบตเตอรี่ กับอุณหภูมิและระดับ State of Charge (SoC) ที่แตกต่างกัน

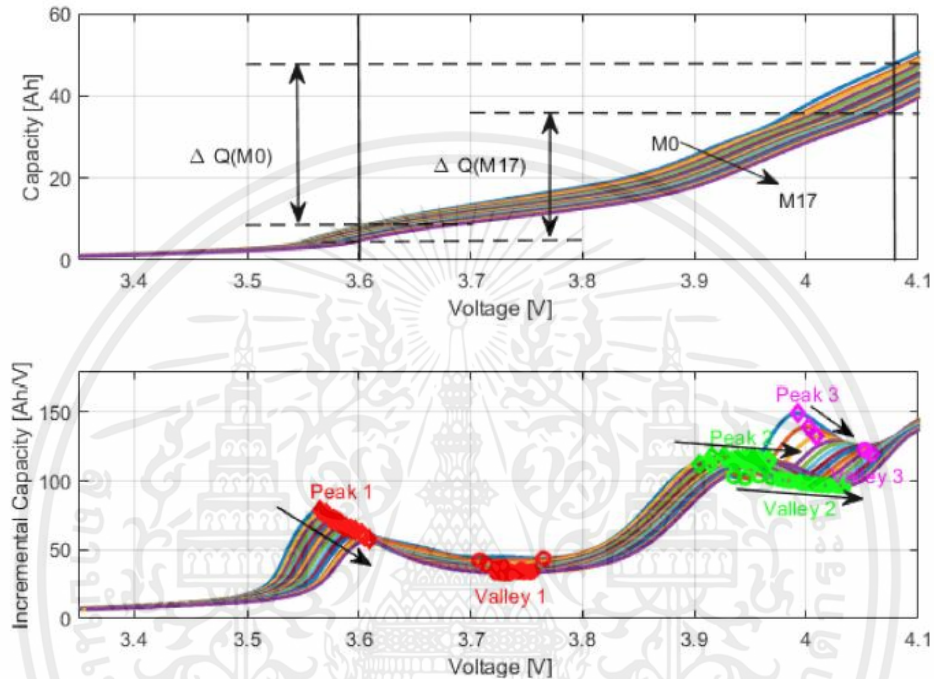
Temperature / SoC	10%	50%	90%
7 °C		Cell 6	
35 °C		Cell 1	
40 °C		Cell 2	
45 °C	Cell 4	Cell 3	Cell 5

จากตารางที่ 2.2 ในแต่ละเดือน จะทำการทดสอบความจุของเซลล์แบตเตอรี่แต่ละโมดูล และวัดความจุของเซลล์โดยใช้เงื่อนไขของการชาร์จและการคายประจุที่จะกล่าวถึงในหัวข้อ 2.11.2 และ 2.11.3



2.14.2 กระบวนการจัดการข้อมูล (Data Processing)

วิธีการการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อการประมาณค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ในระดับเซลล์ และรถยนต์ โดยที่ IC (Incremental Capacity) ถูกกำหนดให้เป็นค่าความจุไฟฟ้า หรือใช้ตัวแปร q มีหน่วยเป็น แอมป์ชั่วโมง (Amp-hour, Ah)



รูปที่ 2.32 กราฟแสดงความจุไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่เซลล์แบตเตอรี่ NMC ตลอดรอบการชาร์จทั้ง 17 เดือน (บน) และกราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าคงที่ เทียบกับแรงดันไฟฟ้าตลอดรอบการชาร์จทั้ง 17 เดือน (ล่าง)

เกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้า v [V]

$$IC = \frac{dq}{dv} \approx \frac{\Delta q}{\Delta v} \quad (3)$$

การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าคงที่ที่ $\Delta v = 40 \text{ mV}$ ในทุกๆ ช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จาก สมการ (4), โดยที่ คือ กระแสไฟฟ้าในช่วงการอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่

$$q = \frac{1}{3600} \int idt \quad (4)$$

สำหรับการพิจารณาเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้าที่เลือกใช้ จากรูปที่ 2.22 (บน) จะเห็นได้ว่าจะมีช่วงที่ความชันของกราฟเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงความชันในช่วงนี้ จะสามารถนำมาหาค่าของ Δv เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึง ความแตกต่างระหว่างค่าความจุไฟฟ้าสูงสุด และต่ำสุดบนกราฟดังรูปที่ 2.22 (ล่าง) และในทางกลับกัน ความสามารถในการระงับเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าแบบสุ่มเนื่องจากการอัดประจุ แต่สำหรับ Δv ซึ่งเกินขอบเขตของบทความนี้ เพราะฉะนั้นเพื่อลงรายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่อง 40 mV กลายเป็นการประนีประนอมที่ดีระหว่างทั้งสอง จากข้อพิจารณาดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงการกระโดดของค่า IC แรงดันไฟฟ้า และความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ได้รับการปรับให้เรียบโดยใช้การตัวกรองเฉลี่ยที่มีระยะเวลา 200 วินาที ก่อนถูกนำมาใช้ควรสังเกตด้วยว่าใช้การคำนวณ IC เท่านั้น ระหว่างโหมดการชาร์จกระแสคงที่เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันแบตเตอรี่เนื่องจากความต้านทาน

2.14.3 การประมาณค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ โดยใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (ICA) พิจารณาเฉพาะแบตเตอรี่ชนิด NMC

หากใช้วิธี ICA ในการพิจารณาระดับเซลล์สามารถใช้ในการพิจารณาการประมาณร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH) ได้โดยการพิจารณาความแตกต่างของค่ายอดในรูปที่ 2.22 (ล่าง) และสมการ (5) และถ้าหากในการพิจารณาระดับรถยนต์ไฟฟ้า สามารถใช้การวิเคราะห์ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ โดยพิจารณาเฉพาะช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันของกราฟความจุไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างการอัดประจุ โดยจากกราฟแสดงให้เราเห็นในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชันในรูปที่ 2.22 (บน) และสมการ (6) เทียบเท่ากับช่วงที่เป็นช่วงสูงสุดในรูปที่ 2.22 (ล่าง)

$$\Delta Q = V(4.00) - V(3.60) \quad (5)$$

$$\Delta Q = V(4.08) - V(3.60) \quad (6)$$

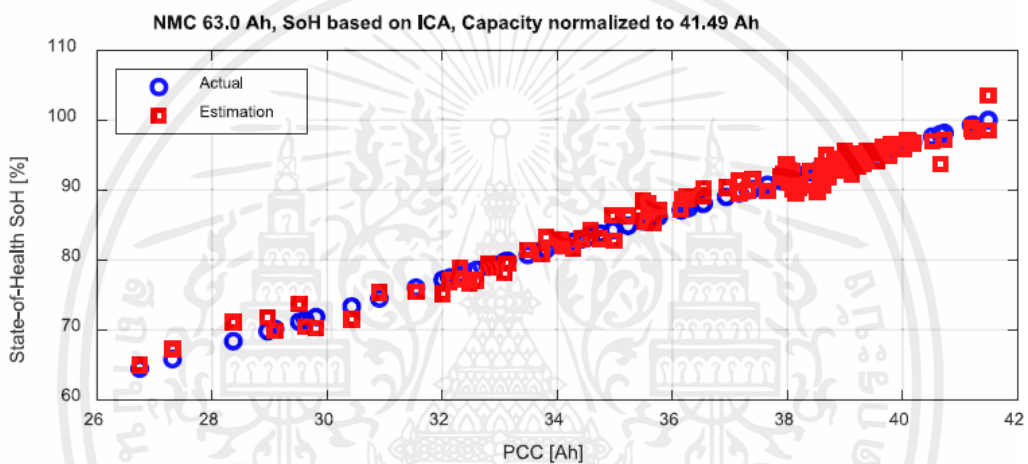
สำหรับค่าที่ได้จากการทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) และค่าจริงของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Actual State of Health, SOH Actual) ซึ่งหาได้มาจากการประมาณค่า PCC (Patial Discharge Capacity) ตามสมการที่ (6) ซึ่งนำไปสู่

การประมาณค่า SOH (SOH Estimation) ได้ตามสมการที่ (7) และสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของ SOH ได้ตามสมการที่ (9)

$$SOH\ estimation = \frac{\Delta Q_{estimation}}{\max(\Delta Q)} \times 100\% \quad (7)$$

$$SOH\ actual = \frac{\Delta Q_{actual}}{\max(\Delta Q)} \times 100\% \quad (8)$$

$$SOH\ error = (SOH\ estimation) - (SOH\ actual) \quad (9)$$



รูปที่ 2.33 รูปกราฟแสดงค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH) เทียบกับ PCC (Partial Discharge Capacity)

2.15 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงคุณสมบัติต่างๆของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน, การอัดประจุเข้าแบตเตอรี่, ปัจจัยที่มีผลต่อการอัดประจุไฟฟ้า, ทฤษฎีการใช้งานแบตเตอรี่ให้เหมาะสม, การเรียงแบตเตอรี่ให้เหมาะสมในรถยนต์ไฟฟ้า, ตลอดจนสถานีการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า, แอปพลิเคชัน PEA Volta และวิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับการประมาณร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Incremental Capacity Analysis Solution on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation) โดยในปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการนำวิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับการประมาณร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ ไปใช้ในด้านเทคนิค และวิธีการจัดการข้อมูลจะนำเสนอในบทที่ 3 ต่อไป

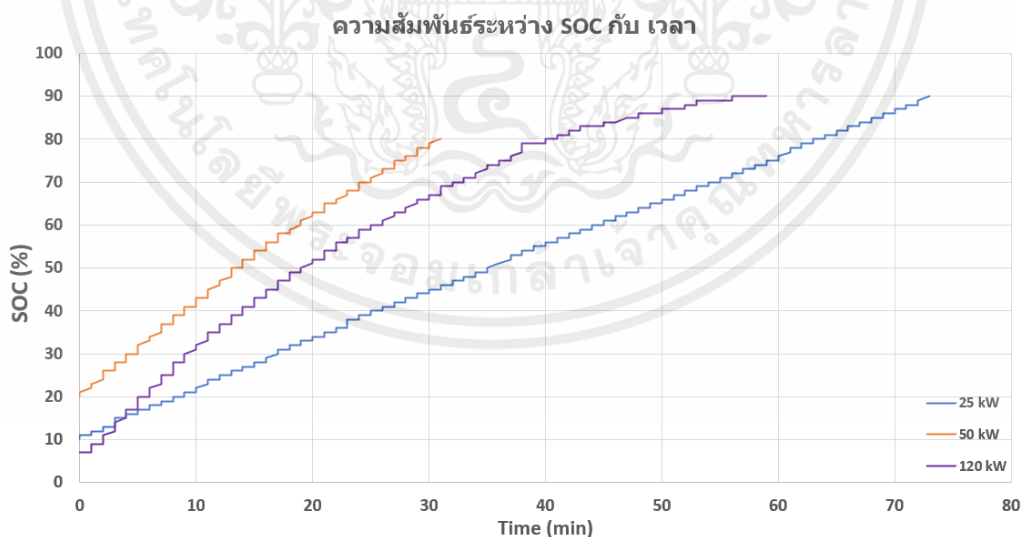
บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

3.1 บทนำ

ในปัจจุบันเราจะเห็นได้ว่าการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้านั้นแพร่หลาย นับได้ว่าแบตเตอรี่ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในหลากหลายภาคส่วน แต่ทว่าแบตเตอรี่ยังมีข้อจำกัดก็คือราคาค่อนข้างแพงและเสียหายได้ง่าย หากบำรุงรักษาผิดวิธี โดยไม่ได้ดูแลรักษาอย่างเคร่งครัด จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการเสื่อมสภาพได้ ซึ่งการที่มีผู้ใช้งานแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้นในวงกว้าง อาจมีผู้ใช้งานหลายรายที่ไม่รู้เชิงลึกในด้านการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่หรือด้านไฟฟ้ากำลัง ซึ่งทำให้การตรวจสอบทางไฟฟ้าที่เคยทดลองมาแต่เดิมนั้นเข้าใจได้ยากต่อผู้ใช้โดยทั่วไป การใช้งานแบตเตอรี่ครุฑที่จะมีการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆให้อยู่ในพิกัดที่คู่มือกำหนด เพื่อรักษาคุณภาพและช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ วิธีหนึ่งที่จะช่วยตรวจสอบการใช้งานแบตเตอรี่ที่เหมาะสมนั้นสามารถใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (ICA) ใ้ช่วยต่อการใช้งานในการวินิจฉัยว่าแบตเตอรี่ที่ใช้งานอยู่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานไปในอนาคตได้หรือไม่

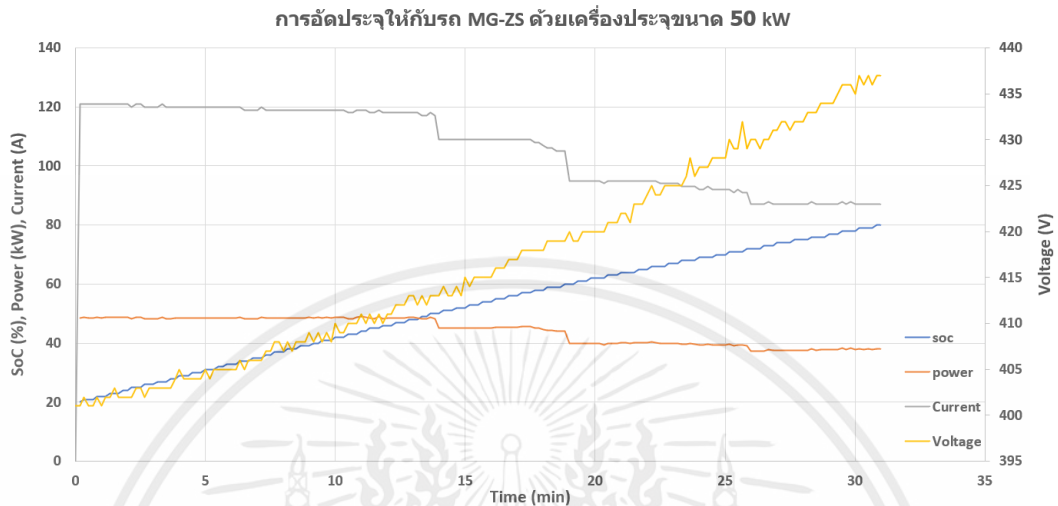
3.2 ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลการอัดประจุแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงการอัดประจุแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าที่กำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน

ได้นำรถยนต์ไฟฟ้ารุ่น MG-ZS ที่จะใช้ในการทดลองการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ไปชาร์จไฟที่ตู้ชาร์จต่างขนาดกัน โดยจะมีขนาดของตู้ชาร์จได้แก่ ขนาด 25 kW, 50 kW และ 180 kW จากนั้นได้เก็บ

ข้อมูลโพรไฟล์ในการชาร์จที่ดูแต่ละขนาด คือ ค่าตัวแปรของแบตเตอรี่ ที่ผ่านการดึงข้อมูลมาจากรฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ค่าของ SoC, Power, Voltage และ Energy

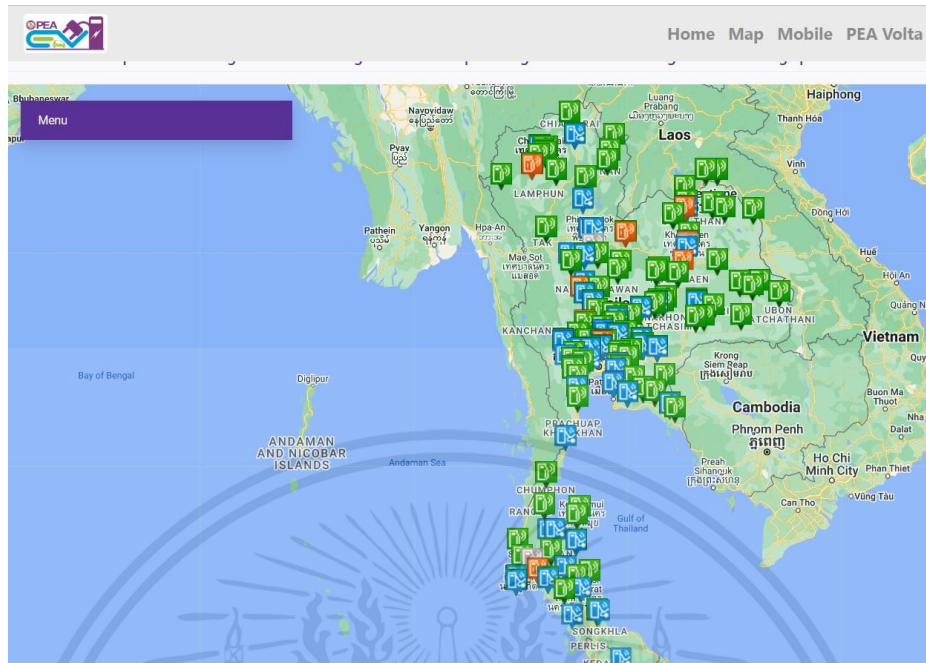


รูปที่ 3.2 กราฟแสดงโพรไฟล์การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้ารุ่น MG-ZS ที่ตู้ขนาด 50 kW

จากการศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ จะทำการวิเคราะห์โดยการเลือกตู้ชาร์จที่นำมาใช้ในการทดลองที่มีขนาด 50 kW เนื่องจากขนาดตู้ชาร์จมีโพรไฟล์ในการชาร์จของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมกับขนาดกำลังไฟฟ้าที่รถยนต์สามารถรับได้ และยังมีความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่อคณะผู้ทำการทดลอง จึงทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้

3.3 การเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

เราได้รับการอนุญาตการเก็บข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ของ PEA Volta เพื่อเข้าถึงข้อมูลระบบหลังบ้าน และทำการดึงข้อมูลโพรไฟล์ในการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจากผู้ใช้งานจริงขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ ค่าตัวแปรของแบตเตอรี่ที่ผ่านการดึงข้อมูลมาจากรฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ SoC, Power, Volt และ Energy ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 และแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 ระบบที่ใช้ในการดึงข้อมูลผู้ใช้งานจริงขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	23438950.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	23438950.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	23438950.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4	23438950.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
5	23438951.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
6	23438951.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
7	23438951.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
8	23438951.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
9	23438951.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
10	23438951.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
11	23438952.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
12	23438952.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
13	23438952.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
14	23438952.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
15	23438952.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
16	23438953.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
17	23438953.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
18	23438953.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
19	23438953.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
20	23438953.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
21	23438954.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
22	23438954.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
23	23438954.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
24	23438954.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
25	23438954.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
26	23438955.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
27	23438955.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
28	23438955.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
29	23438955.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
30	23438955.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
31	23438956.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
32	23438956.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
33	23438956.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
34	23438956.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
35	23438956.00	V411398527	154411	0.200202	49873.76	100.00	0.63755	4.56178	0.00000	12.6177	66.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

รูปที่ 3.4 รูปแสดงข้อมูลที่ได้จากการดึงข้อมูลจากตู้ชาร์จขณะที่อัดประจุแบตเตอรี่ไฟฟ้า

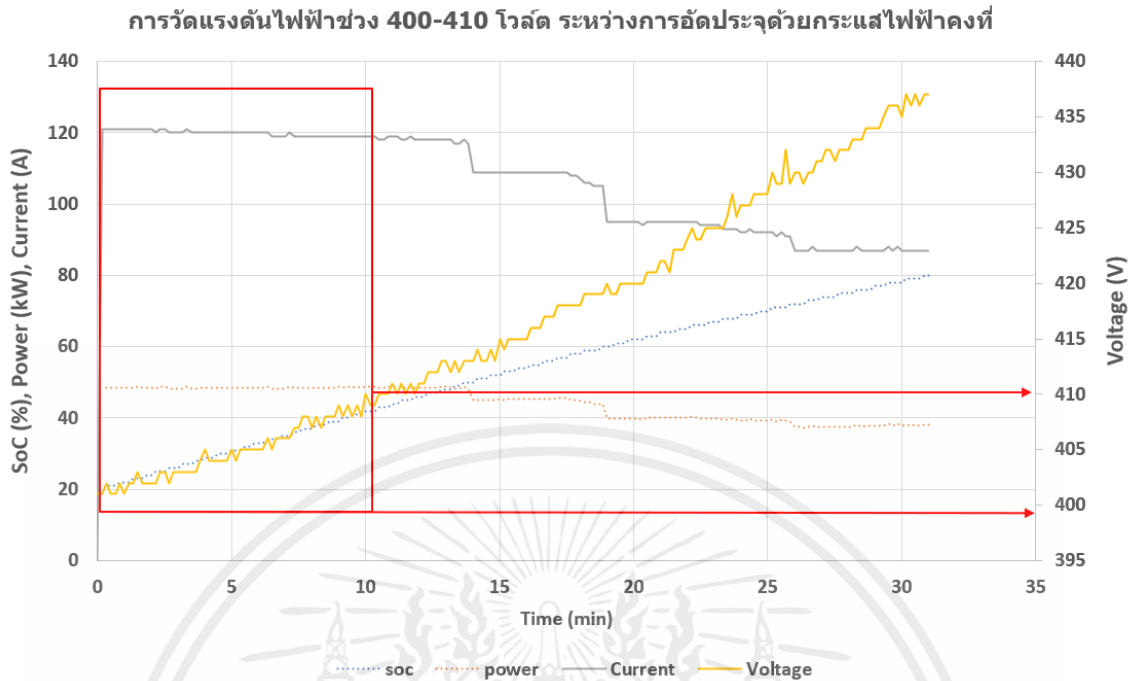
3.4 เลือกวิธีที่จะทำการคำนวณการประมาณค่าสุขภาพของแบตเตอรี่

จากข้อมูลที่เรานำมาจากตู้ชาร์จขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ State of Charge (SoC), พลังงานไฟฟ้า (Energy), กำลังไฟฟ้า (Power), แรงดันไฟฟ้า (Voltage), กระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Current), และเวลาที่จะทำการบันทึกค่าทุกๆ 10 วินาที (time) เราทำการหาวิธีที่จะนำมาใช้ในการนำมาประเมินค่าของสุขภาพของแบตเตอรี่ที่เหมาะสม โดยทำการสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยศึกษาจากงานวิจัย (Journal) ทางวิชาการของต่างประเทศ นั่นคือวิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับการประมาณร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทดลองหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) ซึ่งหาได้มาจากการประมาณค่า PCC (Partial Discharge Capacity) หรือ ΔQ estimation โดยใช้บทความทางวิชาการ Incremental Capacity Analysis Applied on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation ซึ่งเป็นบทความที่จะนำมาอ้างอิงในการทดลองของการแสดงวิธีการประมาณค่าสุขภาพของแบตเตอรี่

นำข้อมูลที่ได้จากการไปเก็บข้อมูลจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ของตู้ชาร์จที่มีขนาด 50 kW โดยใช้ทฤษฎีวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) โดยช่วงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือช่วงที่มีการชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current) เนื่องจากเป็นช่วงที่สามารถบ่งบอกการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ารุ่น MG-ZS ด้วยตัวชาร์จขนาด 50 kW

จากกราฟข้างต้น จะสังเกตเห็นได้ว่า กราฟของ Current (A) จะมีช่วงของกระแสจากการอัดประจุของตู้ที่มีขนาด 50 kW ที่ค่อนข้างคงที่ในระดับแรงดันระหว่าง 400 V ถึง 410 V ดังนั้นจึงสามารถหาสมการที่จะใช้ในการทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) โดยสมการ (10)

$$\Delta Q_{estimation} = q(410V) - q(400V) \quad (10)$$

$\Delta Q_{estimation}$ คือ หาได้จากกราฟระหว่าง กระแสไฟฟ้า (A) กับ แรงดัน (V) ซึ่งดูจากกราฟของกระแสที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแส ในระดับแรงดันจาก 400 V ไปถึงระดับแรงดัน 410 V

จากนั้นทำการหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$SOH_{estimation} = \frac{\Delta Q_{estimation}}{\max(\Delta Q)} \times 100\% \quad (11)$$

3.5 เก็บข้อมูลการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจากอุปกรณ์ OBD II

นำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD II มาแปลงค่าต่างได้ดังนี้

1. Speed
2. Voltage
3. Current
4. Cell Max Volt
5. Cell Min Volt
6. Max-Min Volt
7. Battery Temp
8. SoC
9. M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13, M14, M15,
M16, M17, M18
10. DateStamp
11. TimeStamp
12. SoH
13. ODO

```

Speed,Voltage,Current,Cell Max Volt,Cell Min Volt,Max-Min Volt,Battery Temp,Soc,M_1,M_2,M_3,M_4,M_5,M_6,M_7,M_8,M_9,M10,M11,M12,M13,M14,M15,M16,M17,M18,DateStamp,TimeStamp, SoH, ODO =
0.0,408.5,0.0,3.788,3.772,0.016,30.0,59.0,-,3.777,3.782,-,3.778,3.784,-,3.774,3.783,-,-,16:10:2022,09:15:29.01,41,98532 km
-0.01,408.5,0.0,3.788,3.771,0.017,30.0,59.0,-,3.777,3.782,-,3.778,3.784,-,3.774,3.783,3.776,3.784,-,16:10:2022,09:15:32
0.0,408.5,0.0,3.788,3.772,0.016,30.0,59.0,-,3.777,3.782,-,3.778,3.784,-,3.774,3.783,3.776,3.784,3.773,3.787,16:10:2022,09:15:36
0.0,408.5,0.0,3.788,3.772,0.016,30.0,59.0,3.780,3.787,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,-,3.774,3.783,3.776,3.784,3.773,3.787,16:10:2022,09:15:39
-0.01,408.5,0.0,3.788,3.772,0.016,30.0,59.0,3.780,3.787,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,-,3.774,3.783,3.776,3.784,3.773,3.787,16:10:2022,09:15:43
0.0,408.5,0.0,3.788,3.772,0.016,30.0,59.0,3.780,3.787,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,-,3.774,3.784,3.776,3.784,3.773,3.787,16:10:2022,09:15:46
0.0,408.5,0.0,3.789,3.772,0.017,30.0,59.0,3.780,3.787,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,-,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:15:50
0.0,408.5,0.0,3.789,3.772,0.017,30.0,59.0,3.780,3.787,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,-,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:15:53
0.0,408.5,-0.025,3.789,3.772,0.017,30.0,59.0,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:15:57
0.0,408.5,-0.025,3.789,3.772,0.017,30.0,59.0,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.784,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:00
0.0,408.5,0.0,3.789,3.772,0.017,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:04
0.0,408.5,-0.025,3.789,3.772,0.017,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:07
0.0,403.75,0.0,3.789,3.772,0.017,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:11
0.0,403.75,0.0,3.789,3.773,0.016,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.785,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:14
0.0,408.5,0.0,3.789,3.773,0.016,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.785,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:18
0.0,408.5,0.0,3.789,3.772,0.017,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.785,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:21
0.0,408.5,0.55,3.789,3.772,0.017,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.774,3.784,3.777,3.784,3.773,3.788,16:10:2022,09:16:25
0.0,409.75,-26.825,3.802,3.788,0.014,30.0,59.1,3.780,3.788,3.777,3.782,3.779,3.784,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.802,3.813,3.807,3.814,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:28
0.0,413.5,-75.2,3.833,3.816,0.017,30.0,59.1,3.780,3.788,3.822,3.828,3.825,3.831,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.802,3.813,3.807,3.814,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:31
0.0,414.0,-74.7,3.838,3.82,0.018,30.0,59.2,3.831,3.839,3.822,3.828,3.825,3.831,3.778,3.785,3.772,3.789,3.775,3.784,3.825,3.836,3.807,3.814,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:35
-0.01,414.5,-73.55,3.842,3.824,0.018,30.0,59.2,3.831,3.839,3.822,3.828,3.825,3.831,3.778,3.785,3.823,3.842,3.828,3.836,3.827,3.840,3.807,3.814,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:38
0.0,414.75,-74.45,3.844,3.826,0.018,30.0,59.3,3.831,3.839,3.822,3.828,3.835,3.841,3.778,3.785,3.823,3.842,3.828,3.836,3.827,3.840,3.807,3.814,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:42
0.0,415.0,-75.325,3.848,3.829,0.019,30.0,59.3,3.840,3.848,3.835,3.841,3.835,3.841,3.839,3.845,3.823,3.842,3.828,3.836,3.827,3.840,3.835,3.844,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:46
0.0,415.25,-74.575,3.85,3.832,0.019,30.0,59.4,3.842,3.850,3.837,3.843,3.835,3.841,3.839,3.845,3.823,3.842,3.836,3.846,3.827,3.840,3.838,3.847,3.809,3.823,16:10:2022,09:16:49
0.0,415.5,-75.45,3.853,3.833,0.02,30.0,59.4,3.842,3.850,3.837,3.843,3.835,3.841,3.839,3.845,3.823,3.842,3.836,3.846,3.827,3.840,3.841,3.850,3.838,3.854,16:10:2022,09:16:53
-0.01,415.75,-74.675,3.855,3.837,0.018,30.0,59.5,3.842,3.850,3.837,3.843,3.835,3.841,3.844,3.851,3.836,3.855,3.841,3.851,3.840,3.852,3.842,3.851,3.839,3.855,16:10:2022,09:16:56
0.0,416.0,-74.375,3.857,3.838,0.019,30.0,59.5,3.842,3.850,3.837,3.843,3.847,3.853,3.847,3.853,3.836,3.855,3.841,3.851,3.840,3.852,3.842,3.851,3.839,3.855,16:10:2022,09:17:00
0.0,416.25,-75.05,3.859,3.839,0.02,30.0,59.6,3.851,3.858,3.837,3.843,3.847,3.853,3.848,3.856,3.836,3.855,3.841,3.851,3.843,3.857,3.842,3.851,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:03
0.0,416.5,-74.9,3.861,3.841,0.02,30.0,59.6,3.851,3.858,3.837,3.843,3.847,3.853,3.848,3.856,3.843,3.862,3.841,3.851,3.843,3.857,3.846,3.857,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:07
0.0,416.75,-75.625,3.863,3.842,0.021,30.0,59.7,3.851,3.858,3.837,3.843,3.847,3.853,3.852,3.860,3.843,3.862,3.841,3.851,3.847,3.860,3.846,3.857,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:10
0.0,416.75,-75.2,3.865,3.845,0.02,30.0,59.7,3.851,3.858,3.837,3.843,3.847,3.853,3.852,3.860,3.843,3.862,3.841,3.851,3.847,3.860,3.846,3.857,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:14
0.0,417.0,-75.425,3.867,3.846,0.021,30.0,59.8,3.851,3.858,3.837,3.843,3.857,3.863,3.852,3.860,3.843,3.862,3.841,3.851,3.847,3.860,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:17
-0.01,417.25,-74.11,3.867,3.848,0.019,30.0,59.8,3.859,3.867,3.854,3.859,3.857,3.863,3.857,3.864,3.843,3.862,3.841,3.851,3.851,3.865,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:21
0.0,417.25,-74.125,3.87,3.848,0.022,30.0,59.9,3.860,3.868,3.854,3.859,3.857,3.863,3.857,3.864,3.843,3.862,3.841,3.851,3.851,3.865,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:24
0.0,417.5,-74.0,3.87,3.851,0.019,30.0,59.9,3.860,3.868,3.854,3.859,3.861,3.867,3.860,3.867,3.843,3.862,3.841,3.851,3.854,3.869,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:28
0.0,417.5,-74.5,3.873,3.852,0.021,30.0,60.0,3.860,3.868,3.854,3.859,3.861,3.867,3.860,3.866,3.843,3.862,3.841,3.851,3.854,3.869,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:32
0.0,417.75,-73.975,3.874,3.853,0.021,30.0,60.1,3.860,3.868,3.854,3.859,3.861,3.867,3.860,3.870,3.843,3.862,3.856,3.869,3.857,3.872,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:35
0.0,418.0,-74.625,3.875,3.855,0.02,30.0,60.1,3.860,3.868,3.862,3.867,3.861,3.867,3.863,3.870,3.843,3.862,3.856,3.869,3.857,3.872,3.852,3.862,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:38
0.0,418.25,-74.575,3.877,3.855,0.022,31.0,60.2,3.860,3.868,3.862,3.867,3.861,3.867,3.863,3.870,3.843,3.862,3.858,3.869,3.857,3.872,3.861,3.872,3.845,3.861,16:10:2022,09:17:42

```

รูปที่ 3.6 รูปแสดงพารามิเตอร์ที่ได้จากอุปกรณ์ OBD II

3.6 ศึกษาประสิทธิภาพวัด SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)

การศึกษาข้อมูลเพื่อวัดประสิทธิภาพวัด SOH โดยวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า จะนำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4

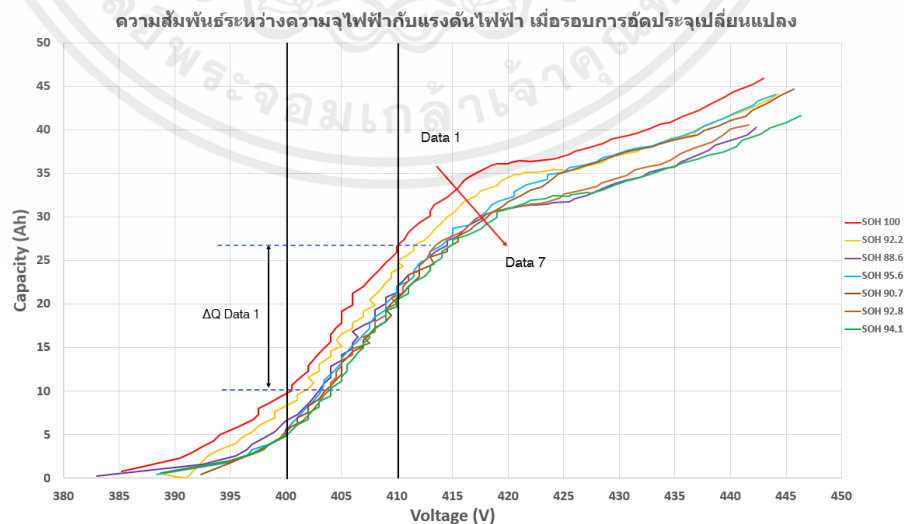
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองแบตเตอรี่ที่เกิดจากการวิเคราะห์กราฟ ซึ่งจะแบ่งการวิเคราะห์กราฟออกเป็นสองหัวข้อ โดยหัวข้อแรกเกิดจากการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้ามาพล็อตกราฟเพื่อดูแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความจุภายในแบตเตอรี่เทียบกับแรงดันไฟฟ้า และหัวข้อที่สองเกิดจากการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้ามาทำการหาค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่กับค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ที่แท้จริงจากแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า

4.2 การหาค่าสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) โดยใช้ข้อมูลจากตู้ชาร์จขนาด 50 kW

4.2.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่เทียบกับแรงดันไฟฟ้า

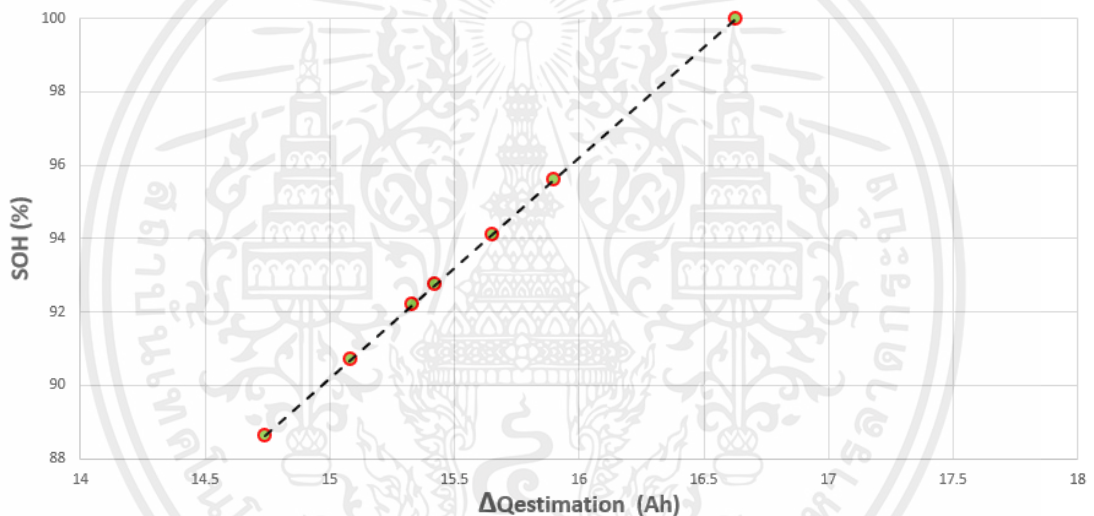


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่ (Ah) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

โดยช่วงที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นช่วงที่มีการชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่แบตเตอรี่จะเท่ากันตลอดในย่านการวิเคราะห์ส่วนประจุจะมากหรือน้อยขึ้นกับเวลาในการชาร์จซึ่งสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้าที่มีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาในการชาร์จเพิ่มขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์สุขภาพของแบตเตอรี่ โดยนำความจุไฟฟ้าในย่านการด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่มาวิเคราะห์ตามสมการที่ (10)

4.2.2 กราฟการหาค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated)

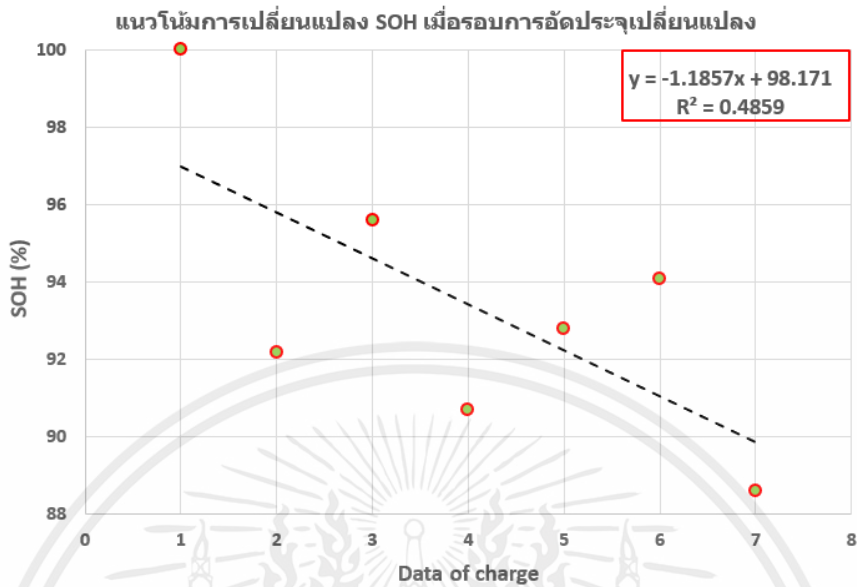
4.2.2.1 กราฟแสดงค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ เทียบกับ ความจุไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าประมาณความจุไฟฟ้า (Ah) เทียบกับ ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimate)

จากกราฟข้างต้นเกิดจากการนำข้อมูลจากสูตร $\Delta Q_{estimation}$ มาคำนวณหาค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ ในสูตร $SOH_{estimation} = \frac{\Delta Q_{estimation}}{\max(\Delta Q)} \times 100\%$ เพื่อหาค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ เพื่อนำมาพล็อตกราฟ แสดงค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ เทียบกับ ความจุไฟฟ้าภายในรถยนต์ไฟฟ้า

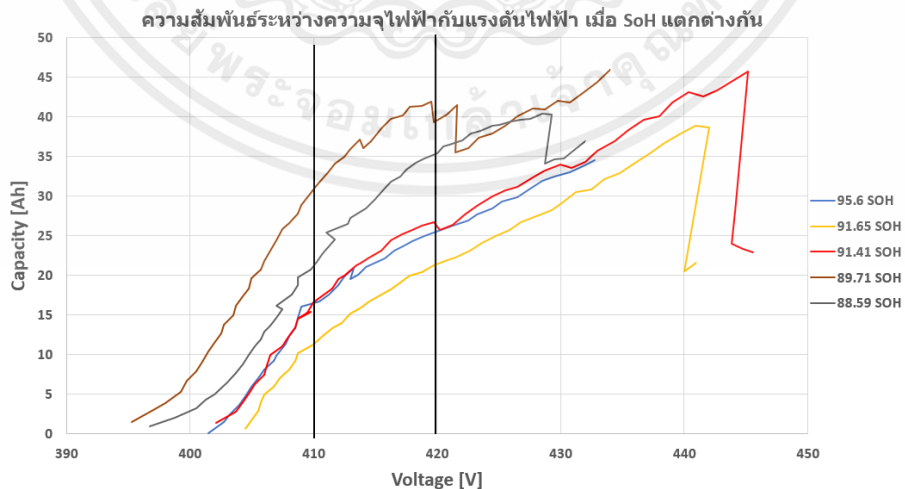
4.2.2.1 กราฟแสดง SOH เทียบกับ ข้อมูลการชาร์จ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ SOH (State of Health) เทียบกับ ข้อมูลการชาร์จ (Data of Charge)

4.3 การหาค่าสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) ที่มาจากข้อมูลอุปกรณ์ OBD II

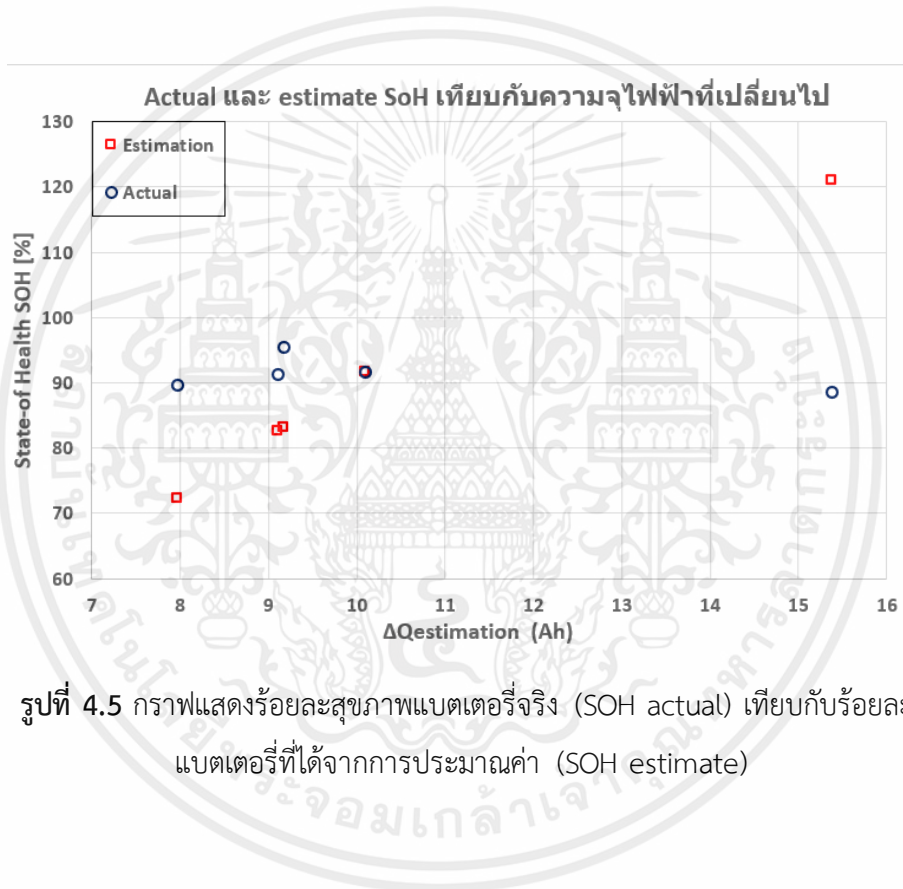
4.3.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่เทียบกับแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่ เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

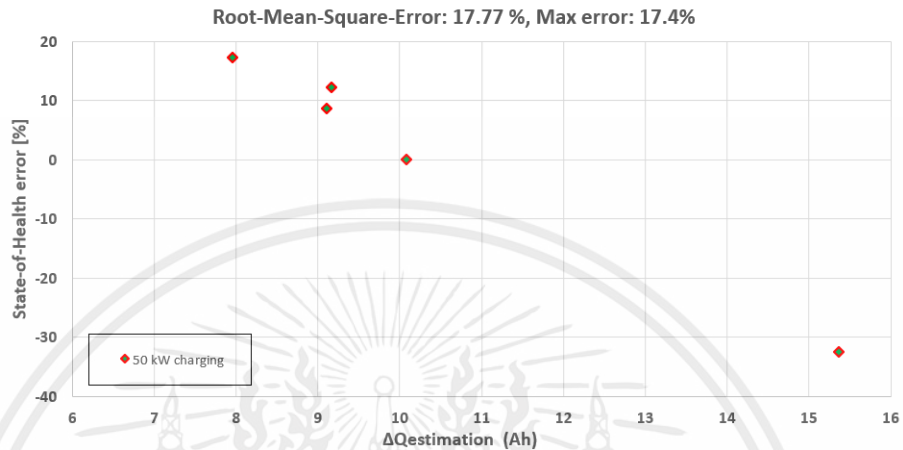
ดังรูปที่ 4.4 เป็นกราฟที่แสดงข้อมูลจากรถจริงที่ได้บันทึกจากอุปกรณ์ OBD II ซึ่งข้อมูล ที่นำมาใช้ได้แก่ Voltage ,Current, Time และ SOH จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ มาหาค่าร้อยละสุขภาพของ แบตเตอรี่ (SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุ ไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)

4.3.2 กราฟแสดง SOH จริง เทียบกับ SOH estimate โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การ วิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่จริง (SOH actual) เทียบกับร้อยละสุขภาพ แบตเตอรี่ที่ได้จากการประมาณค่า (SOH estimate)

4.3.3 กราฟแสดงความแม่นยำการคาดการณ์สุขภาพแบตเตอรี่โดยกระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน (%) เทียบกับ ความจุไฟฟ้า (Ah)

บทที่ 5

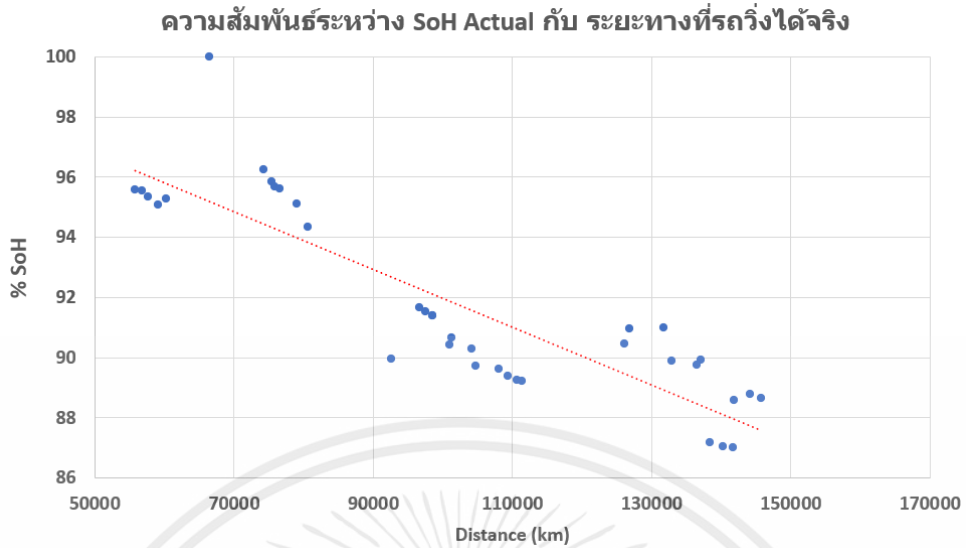
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการการศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนภายในรถยนต์ไฟฟ้า วัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์สุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า และเพื่อศึกษาพฤติกรรมการอัดประจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยการทดลองในปริญญาานิพนธ์นี้ใช้การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่รวบรวมข้อมูลมาได้จากตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า และใช้การประยุกต์ใช้วิธีการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ในการวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการสรุป และการพิจารณาผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากศึกษาการคาดการณ์สุขภาพแบตเตอรี่โดยใช้ข้อมูลจากตู้อัดประจุไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) พบว่าใช้คาดการณ์อายุแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้าได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากมีปัจจัยทางภายนอกที่ส่งผลให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนสูงไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิขณะชาร์จที่แตกต่างกัน การชาร์จในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การทดลองด้วย SOC ที่สูงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีกด้วย

นอกจากนี้การทดลองเทียบสุขภาพของแบตเตอรี่ที่ได้จากการคาดการณ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) กับสุขภาพของแบตเตอรี่ที่ได้จากอุปกรณ์ OBD 2 ผลปรากฏว่าเกิดความคลาดเคลื่อนสูงมีค่า MAE (Mean Absolute Error) เท่ากับ 17.4 มีค่า RMSE (Root-mean-square-error) เท่ากับ 17.77 ซึ่งข้อมูลที่น่าจะใช้คำนวณที่ใช้เป็นค่าที่มาจาก OBD 2 ทั้งหมด ซึ่งผู้ทดลองยังพบว่าข้อมูลบางส่วนที่ได้จากอุปกรณ์ OBD 2 ก็มีคลาดเคลื่อนด้วยเช่นกัน เช่น ค่า SOH กับ ระยะทางที่วิ่งได้ เป็นต้น ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจจะมาจากอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกค่าด้วยเช่นกัน



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่จริง (SOH actual) เทียบกับ ระยะทางที่วิ่งได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาการวิจัยโครงการ

1. การคาดการณ์ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเพิ่มขึ้นของความจุของไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องอัดประจุในการวิเคราะห์สุขภาพของแบตเตอรี่ไม่มีความเหมาะสมเนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากวิธีนี้อาจจะเหมาะสมกับการคาดการณ์ร้อยละของแบตเตอรี่ในระดับเซลล์มากกว่า อาจจะต้องมีการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ในระดับเซลล์ก่อนจากนั้นค่อยนำค่าที่เครื่องประจุไฟฟ้าไปใช้คาดการณ์ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ต่อไป

2. ในการเก็บข้อมูลที่มาใช้ในการศึกษาควรมีการควบคุมตัวแปรต่างๆเพิ่ม เช่น รถที่ใช้ในเก็บข้อมูลควรจะเป็นคันเดียวกัน ช่วงเวลาที่ใช้ชาร์จเวลาเดียวกัน เปอร์เซ็นแบตเตอรี่ที่เริ่มชาร์จเท่ากัน เป็นต้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากระบบ

3. การเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลจากตัวรถต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานรองรับ ข้อมูลที่ได้สามารถพิสูจน์ตามหลักความเป็นจริงและแนะนำให้มีการเก็บข้อมูลโดยตลอดเพื่อให้ข้อมูลไม่ขาดช่วงขณะใช้งาน

4. สำหรับบุคคลที่สนใจศึกษาการคาดการณ์ร้อยละของแบตเตอรี่ด้วยวิธี ควรเริ่มจากขนาดเซลล์ก่อนจากนั้นค่อยเทียบเซลล์กับแบตเตอรี่ทั้งคัน

5.3 ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินการโครงการ

1. ในการเก็บข้อมูลนั้นทำได้ยากเนื่องจากจะต้องอาศัยข้อมูลจากเครื่องอัดประจุ
2. การหาวิธีที่ใช้วิเคราะห์หาร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีนั้นทำได้ยาก
3. จะต้องติดต่อกับหน่วยงานภายนอกเพื่อช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล
4. อุปสรรคในการเก็บข้อมูลนั้นมีปัญหาในการเก็บค่าในบางครั้ง



บรรณานุกรม

- [1] E. Schaltz, D. I. Stroe, K. Norregaard, L. S. Kofod and A. Christensen, "Incremental Capacity Analysis Applied on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation", IEEE Transactions on Industry Applications, 2019.
- [2] SHEHLA AMIR, MONEEBA GULZAR and MUHAMMAD O. TARAR, "Dynamic Equivalent Circuit Model to Estimate State-of-Health of Lithium-Ion Batteries", IEEE Transactions on Industry Applications, 2020.
- [3] JEONG LEE AND JEHYUK WON, "Enhanced Coulomb Counting Method for SoC and SoH Estimation Based on Coulombic Efficiency", IEEE Transactions on Industry Applications, 2023
- [4] T. B. Reddy, Linden's handbook of batteries, 3rd ed. New York: McGraw Hill, 2022.
- [5] จิตภา ประกิจถุธานนท์ ชนกนารถ พิทักษ์ธนากร และชญญา รุจิวนารมย์, "วิธีการวินิจฉัยแบตเตอรี่," **ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556
- [6] ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง. "วิธีการใช้งาน PEA VOLTA," [Online] Available: <http://www.peavoltaev.pea.co.th/วิธีใช้งาน-pea-volta/> (6 เมษายน 2566)
- [7] สวทช. "มารู้จักแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน," [Online] Available: <http://www.nstda.or.th/nstda-knowledge/18892-lithium-ion-battery/> (6 เมษายน 2566)
- [8] Xyanyde. "GADGET REVIEW: Nonda Zus OBD2 Vehicle Diagnostic and Alert Device via Mobile Screen," [Online] Available: <https://droidsans.com/review-obd-ii-car-health-monitoring/> (6 เมษายน 2566)



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



WHAT IS OBD2?

OBD2 (OBD II) or On-board Diagnostic is a device used to scan the data of the vehicle with OBD2 plugged in.



The OBD2 that we brought to review, this time belongs to the brand. ZUS, which has the ability to connect to mobile via Bluetooth to send or display various information of the car to the mobile screen in real-time, allowing us to check and record data easily.



HOW TO INSTALL OBD2

New Cars Nowadays, there is already an OBD2 port available, most of which are hidden under the driver's side console (you have to dig it up). Its port looks like this.



Once we find it, we can plug in the OBD2. When I start the engine, The device is ready to use.

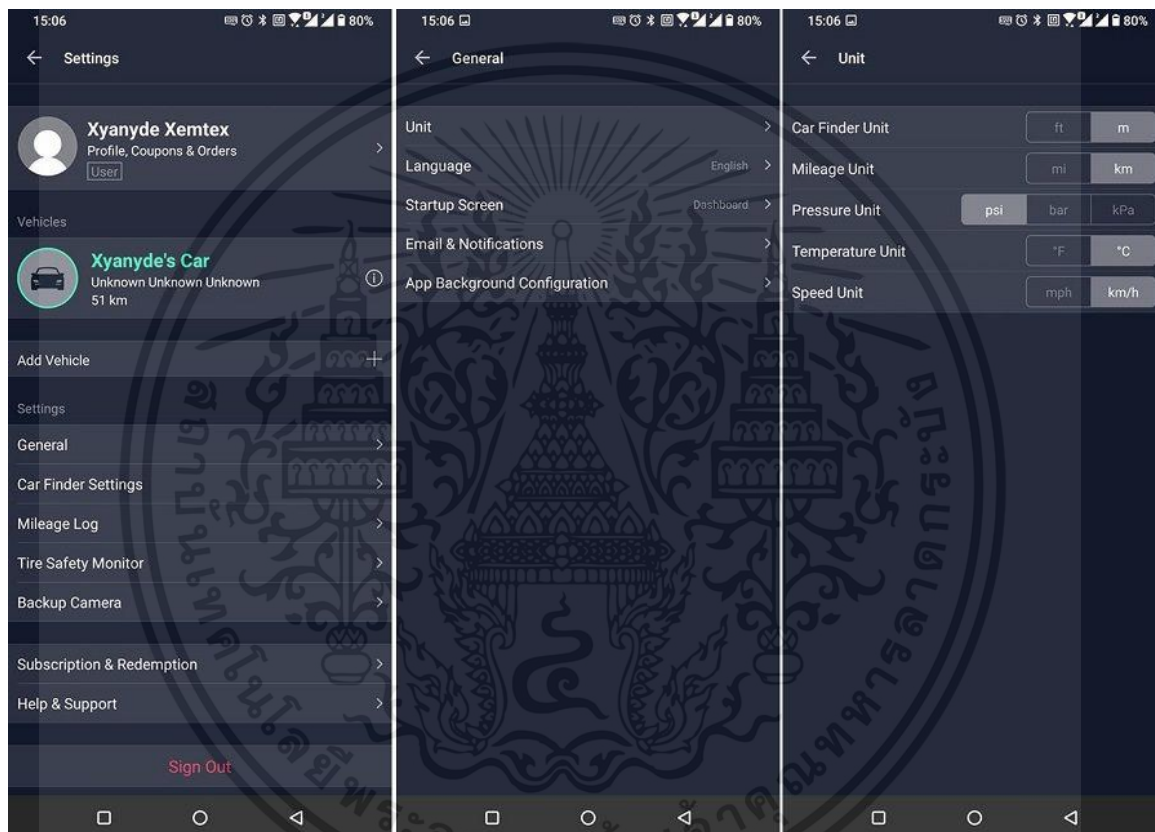


But before we connect OBD2 to your phone, we have to install the app, which can be downloaded from Google Play or App Store to install it for free. The app is called **ZUS – Free OBD2 Offer**.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZUS APP

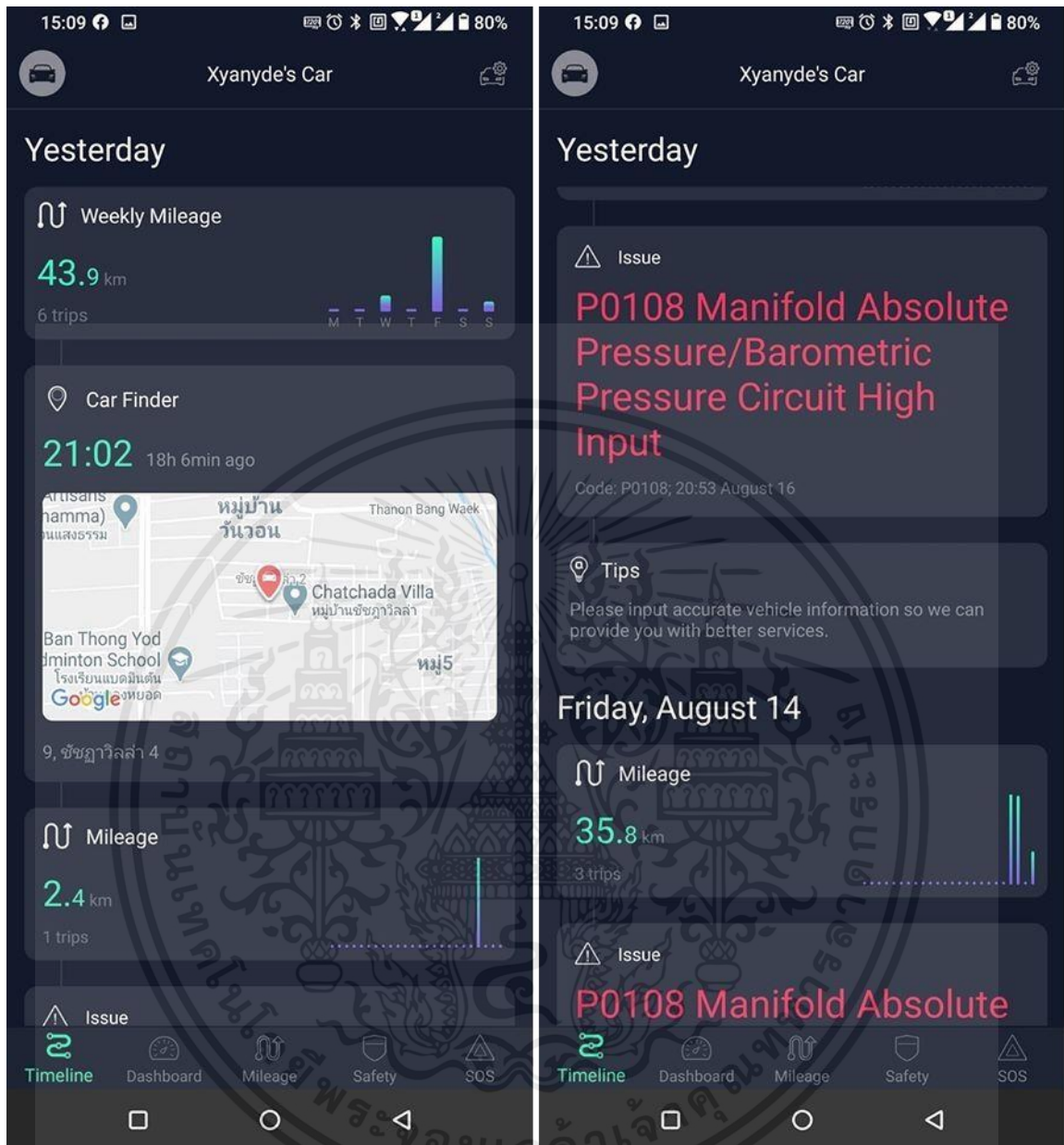
The first connection was also nothing difficult. After installing the app on your phone, start the car. Open the app and pair your device. When entering the ZUS app, in the upper left corner (car image). Once we press it, we can set various functions here, such as selecting the model used, naming the connected car, entering the car image, changing the units of measurement (miles, kilometers, Fahrenheit, Celsius, etc.).



The bottom bar uses features, which include the following options:

TIMELINE

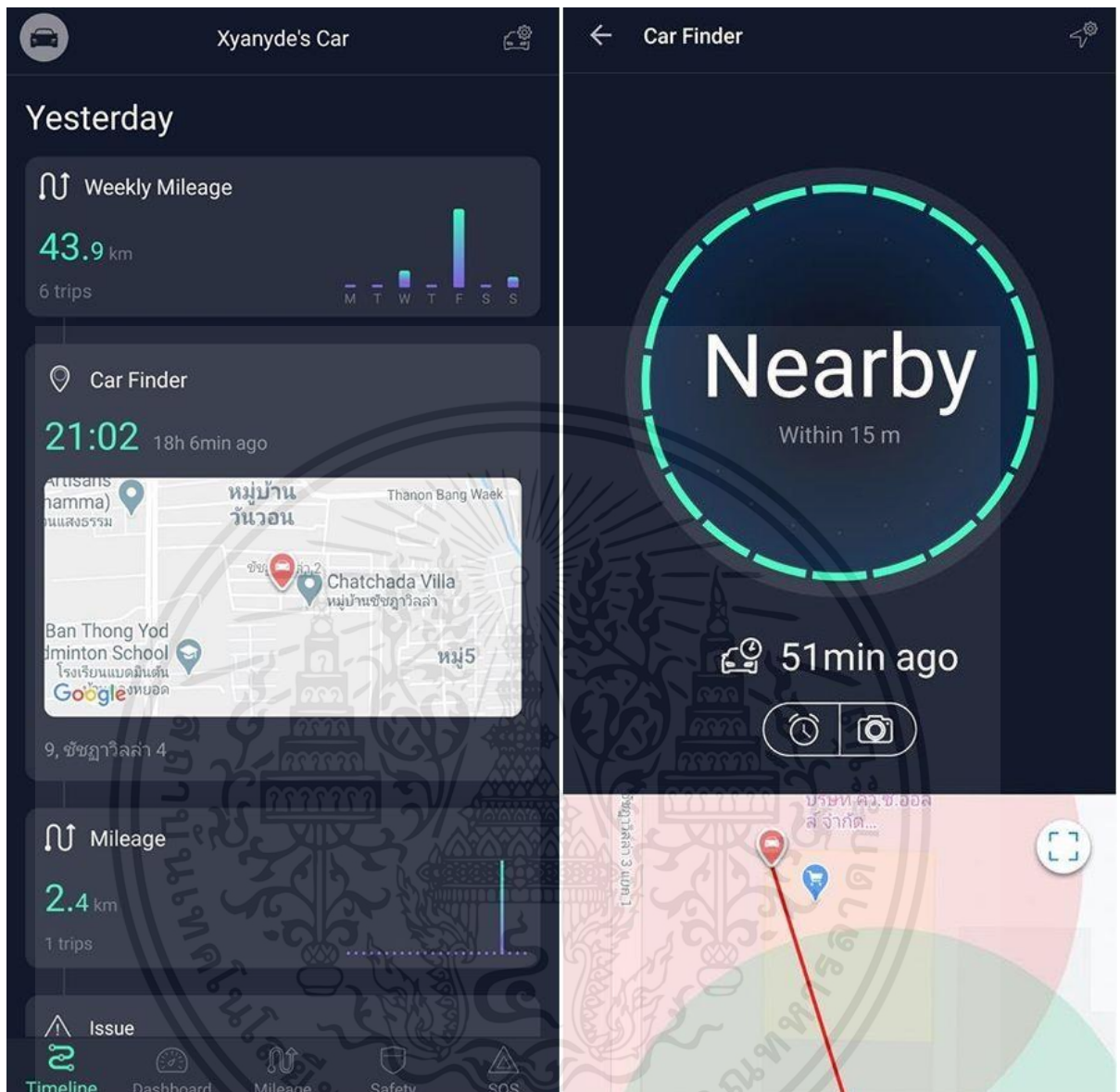
All activities recorded with ZUS each time the car is started will appear on the Timeline page in order of the most recent date, including the driving distance from the start to the time of stopping, the parking location, the problem of the scanned car (red letters).



CAR FINDER

On the Timeline page, there is information about the parking lot (Car Finder) after the last shutdown. This information records the position of the vehicle before we turn it off. If we press on it, we will see a screen that will tell us how far away we are from where we are parked right now, which is useful. If you park your car in a wide parking lot, you may be distracted by where you parked it, **but if you park it in a mall on several floors or under a building without a GPS signal, this feature will not work.**

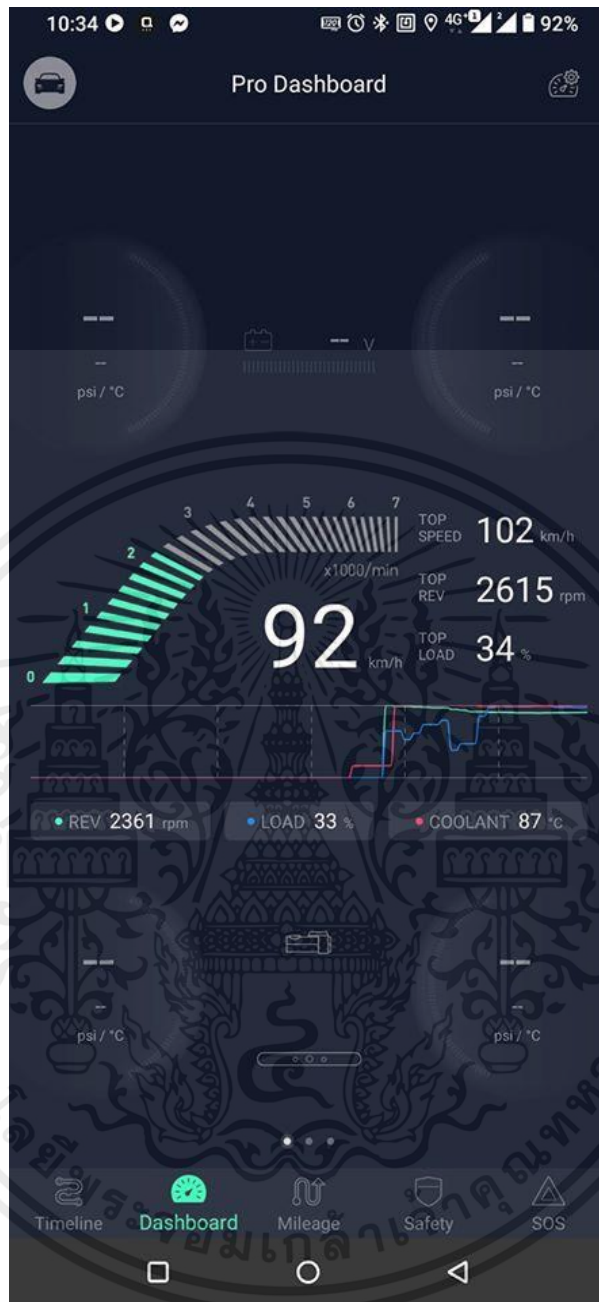
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DASHBOARD

Real-time display of vehicle information whether speed, engine speed, engine temperature, or pressure on all 4 tires (additional equipment required)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The dashboard can also be broken down by swiping left to see how much performance the engine has been driving for, how long it has stopped, how many times the engine is fully accelerated, how many times the brakes are strong.

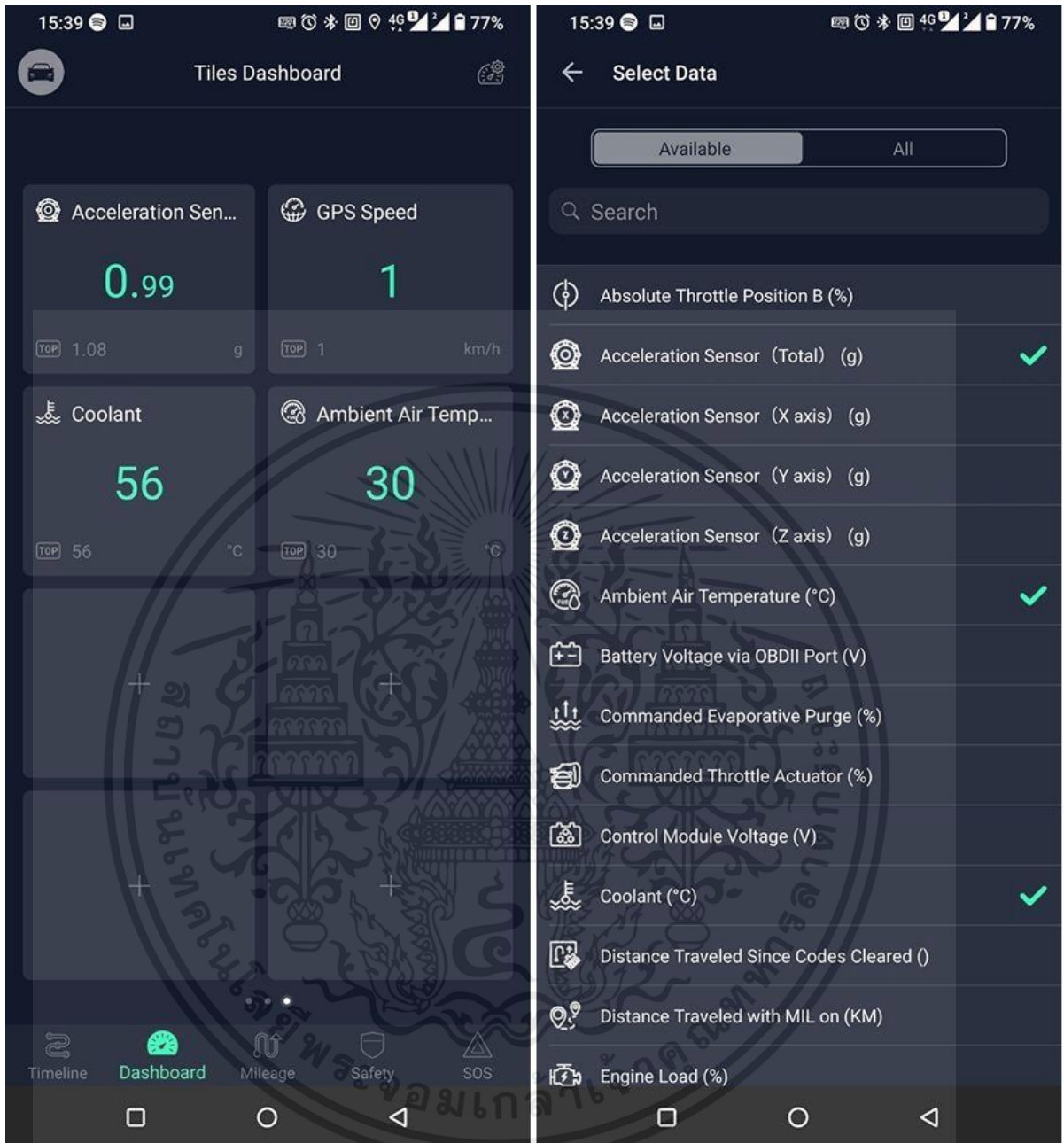
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Idling is a dormant car.

The last page shows other information that we can add ourselves if needed, such as acceleration, speed, GPS positioning, vehicle battery level, etc.

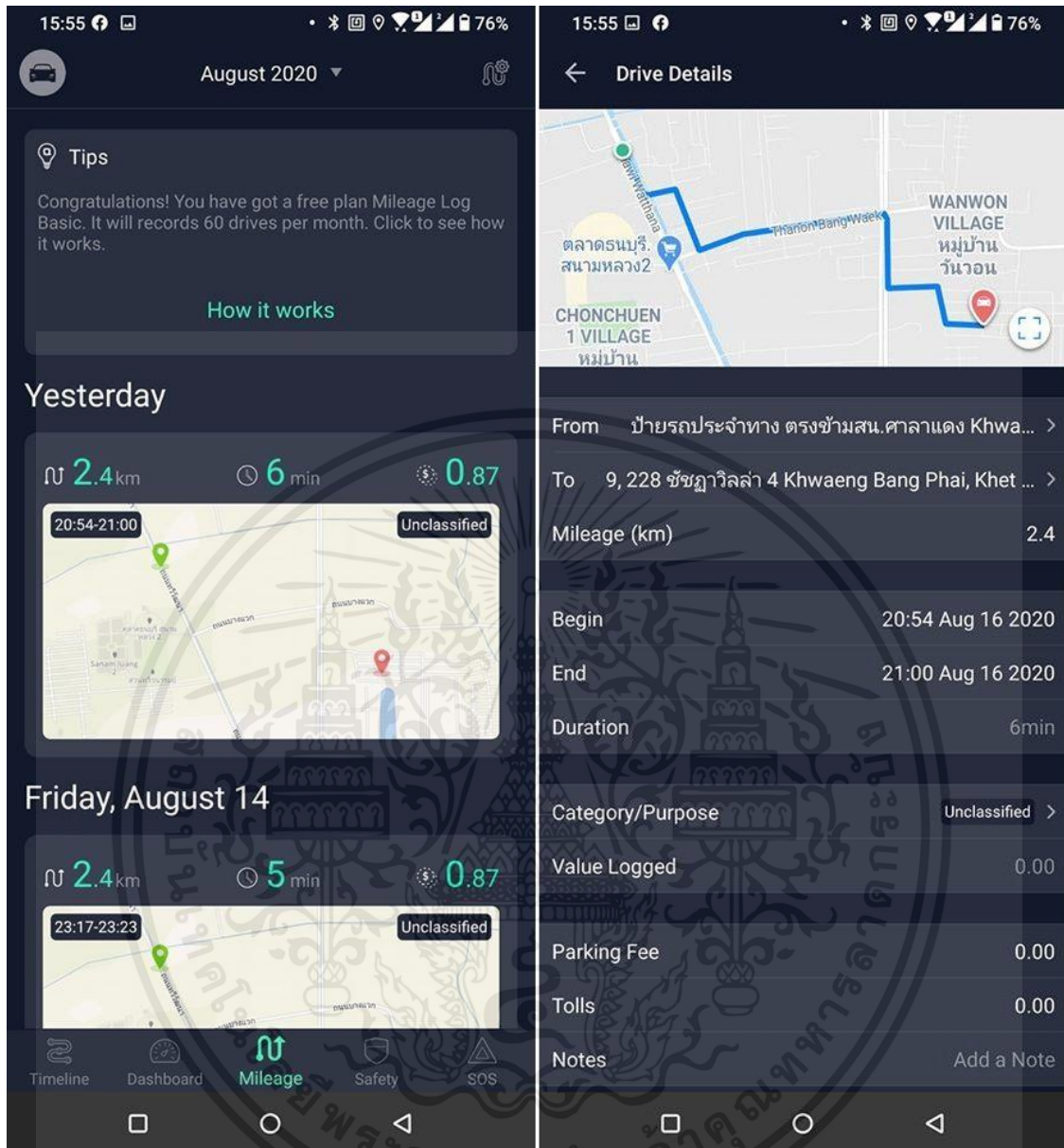
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MILEAGE

This page will provide information on all the routes we drive from the start of the car to the engine stopping. We can see where you've been and what route you've taken, how long you've been driving, and how long. You can also put the parking fee / toll fee that must be paid on that trip in case you can browse later (if you are afraid that someone will sneak to see where you have been, you can press Remove to delete that trip).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

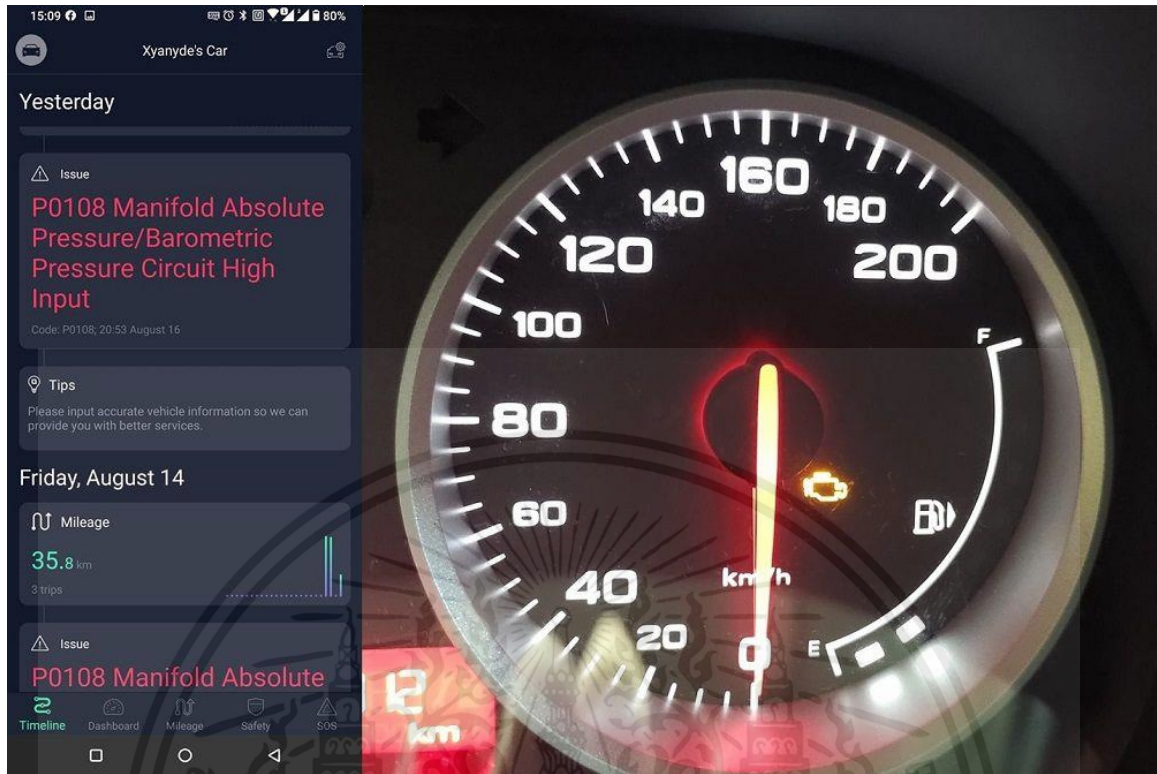


For the Save Path feature You must also open the app before leaving the car, as it will not start automatically, and you must allow the app to access the location at any time. Because sometimes driving for a long time and the app will close itself on the way, causing it to not continue recording data.

SAFETY

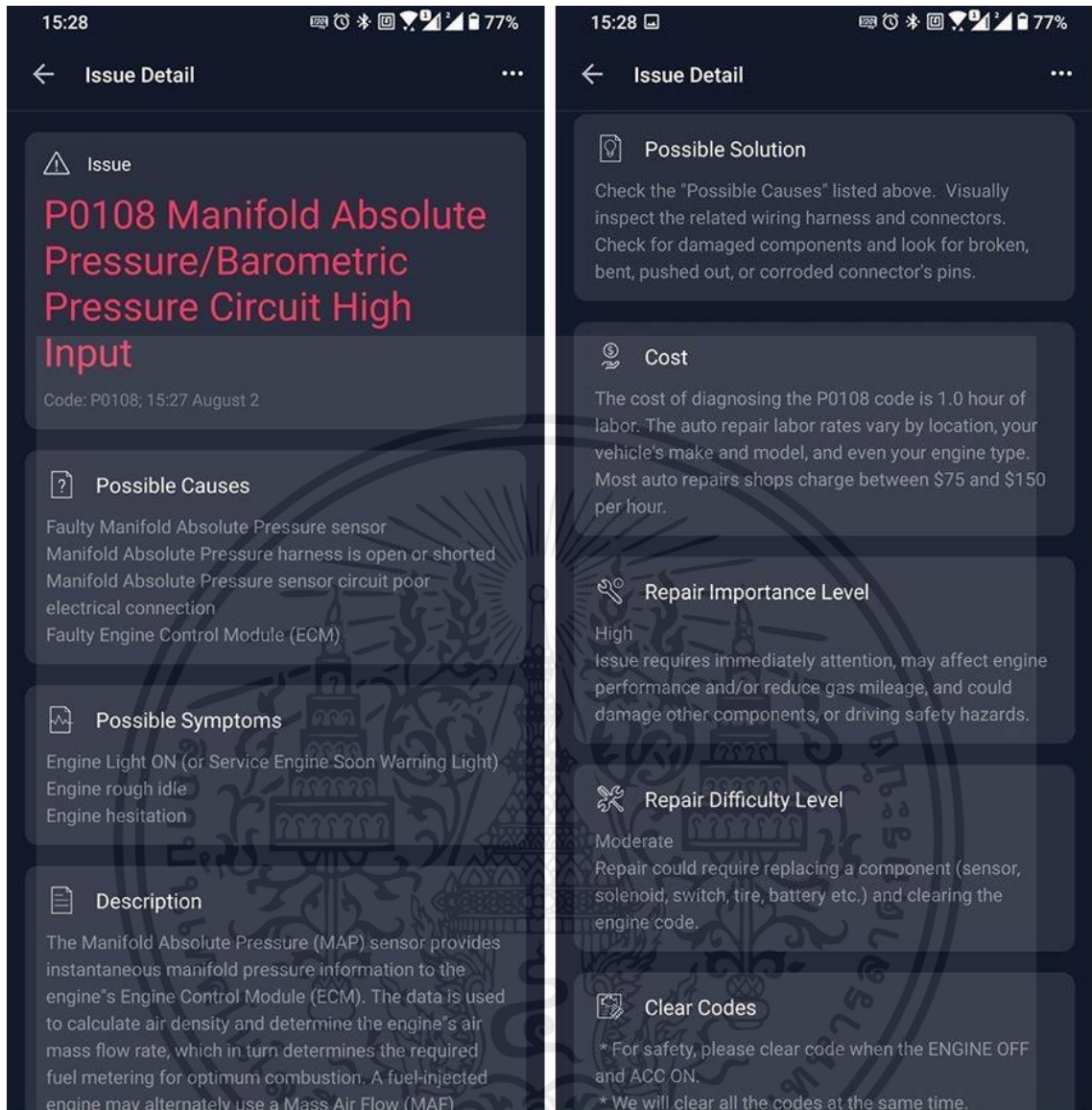
This page is a compilation of problems that occur every time the car is started, and the integrity of the vehicle is scanned. If there is a problem with the car, a red letter will appear warning that there is something wrong with our car.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



When you click on it, you will have information to see what the problem may be caused by. For example, the car I was using had its engine lights on. This app will tell you what could be the cause of this kind of fire. **But those alerts use jargon that, if you're not a technician, won't understand what they warn (and it's also in English).** In addition, there is an estimate of the repair cost or various service fees of the problem that arises as well, but the service fee will be used by the United States, so it is not useful to users of other countries.

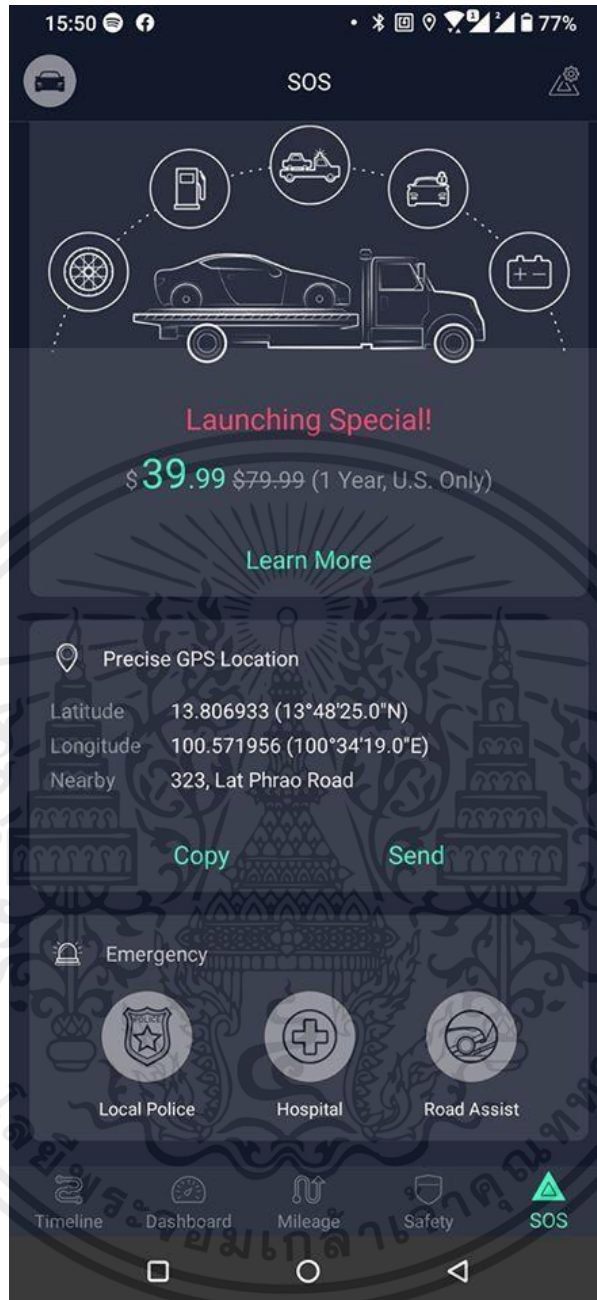
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทบทครั้งที่มีการนำไปใช้



SOS

This page will use emergency services such as calling the police, calling an ambulance, or calling a forklift. Therefore, it is not useful to users of other countries as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



WARNING

Plugging OBD2 into your car will always consume battery power, but it doesn't use a lot. Using the car in everyday life is definitely not a problem. **But if you have business to go to another province or overseas. If you don't drive for a long time (about 3-4 weeks), it is recommended to remove OBD2 first.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUMMARIZE

The OBD2 from Nonda ZUS that we reviewed this time is in the **promotion range for free from the full price of 60 dollars (about 1,900 baht), but we had to pay about 280 baht for the delivery ourselves**, so I ordered it to use it. The main benefit of OBD2 from this ZUS is to scan the car's health to see if there is anything wrong. In order for us to take it to the center or into the garage, the technician can check the machine for safety, use it to record the route of each day, how far to drive, how long it lasts, and also to observe your own driving habits. How many times do we press the gas pedal hard and brake defectively, or if you want to use your mobile phone as a cool dashboard screen?





42.5 kWh*
Useable Battery



220 km
Real Range



193 Wh/km
Efficiency

Real Range

between 155 - 340 km

City - Cold Weather	230 km	City - Mild Weather	340 km
Highway - Cold Weather	155 km	Highway - Mild Weather	195 km
Combined - Cold Weather	190 km	Combined - Mild Weather	250 km

Indication of real-world range in several situations. Cold weather: 'worst-case' based on -10°C and use of heating. Mild weather: 'best-case' based on 23°C and no use of A/C. For 'Highway' figures a constant speed of 110 km/h is assumed. The actual range will depend on speed, style of driving, weather and route conditions.

Performance

Acceleration 0 - 100 km/h	8.2 sec	Total Power	105 kW (143 PS)
Top Speed	140 km/h	Total Torque	353 Nm
Electric Range	220 km	Drive	Front

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Battery

Nominal Capacity*	44.5 kWh	Useable Capacity*	42.5 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	NCM
Number of Cells	No Data	Pack Configuration	No Data
Architecture	400 V	Nominal Voltage	No Data

Charging

Home / Destination		Fast Charging	
Charge Port	Type 2	Fastcharge Port	CCS
Port Location	Front Side - Middle	FC Port Location	Front Side - Middle
Charge Power	6.6 kW AC	Fastcharge Power (max)	76 kW DC
Charge Time (0->220 km)	7h45m	Fastcharge Time (22->176 km)	35 min
Charge Speed	29 km/h	Fastcharge Speed	260 km/h

Bidirectional Charging (V2X)

Vehicle-to-Load (V2L)		Vehicle-to-Home (V2H)	
V2L Capability	Not Available	V2H Capability AC	Not Available
Max. Output Power	Not Available	Max. Output Power	Not Available
Exterior Outlet(s)	Not Available	V2H Capability DC	Not Available
Interior Outlet(s)	Not Available	Max. Output Power	Not Available
Vehicle-to-Grid (V2G)		V2G Capability AC	Not Available
V2G Capability AC	Not Available	Max. Output Power	Not Available
Max. Output Power	Not Available	V2G Capability DC	Not Available
		Max. Output Power	Not Available

Energy Consumption

EVDB Real Range		NEDC Ratings	
Range	220 km	Range	335 km
Vehicle Consumption	193 Wh/km	Rated Consumption	No Data
CO2 Emissions	0 g/km	Vehicle Consumption	127 Wh/km
Vehicle Fuel Equivalent	2.2 l/100km	CO2 Emissions	0 g/km
		Rated Fuel Equivalent	No Data
		Vehicle Fuel Equivalent	1.4 l/100km
WLTP Ratings		Range	263 km
Range	263 km	Rated Consumption	186 Wh/km
Rated Consumption	186 Wh/km	Vehicle Consumption	162 Wh/km
Vehicle Consumption	162 Wh/km	CO2 Emissions	0 g/km
		Rated Fuel Equivalent	2.1 l/100km
		Vehicle Fuel Equivalent	1.8 l/100km

Rated = official figures as published by manufacturer. Rated consumption and fuel equivalency figures include charging losses.
Vehicle = calculated battery energy consumption used by the vehicle for propulsion and on-board systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Real Energy Consumption

between 125 - 274 Wh/km

City - Cold Weather	185 Wh/km	City - Mild Weather	125 Wh/km
Highway - Cold Weather	274 Wh/km	Highway - Mild Weather	218 Wh/km
Combined - Cold Weather	224 Wh/km	Combined - Mild Weather	170 Wh/km

Indication of real-world energy use in several situations. Cold weather: 'worst-case' based on -10°C and use of heating. Mild weather: 'best-case' based on 23°C and no use of A/C. For 'Highway' figures a constant speed of 110 km/h is assumed. The energy use will depend on speed, style of driving, climate and route conditions.

Safety (Euro NCAP)

Safety Rating	★★★★★	Rating Year	2019
Adult Occupant	90%	Vulnerable Road Users	64%
Child Occupant	85%	Safety Assist	70%

Dimensions and Weight

Length	4314 mm	Cargo Volume	448 L
Width	1809 mm	Cargo Volume Max	No Data
Width with mirrors	No Data	Cargo Volume Frunk	No Data
Height	1644 mm	Roof Load	75 kg
Wheelbase	2585 mm	Tow Hitch Possible	No Data
Weight Unladen (EU)	1566 kg	Towing Weight Unbraked	0 kg
Gross Vehicle Weight (GVWR)	1966 kg	Towing Weight Braked	0 kg
Max. Payload	475 kg	Vertical Load Max	No Data

Miscellaneous

Seats	5 people	Car Body	SUV
Isofix	Yes, 2 seats	Segment	JB - Small
Turning Circle	11.2 m	Roof Rails	Yes
Platform	No Data	EV Dedicated Platform	No Data

* = estimated value. Average energy consumption and range based on moderate drive style and climate. Real-life values may differ significantly. Pricing information might not be actual for some regions. No rights can be derived from the information on this site.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Home and Destination Charging (0 -> 100%)

Charging is possible by using a regular wall plug or a charging station. Public charging is always done through a charging station. How fast the EV can charge depends on the charging station (EVSE) used and the maximum charging capacity of the EV. The table below shows all possible options for charging the MG ZS EV. Each option shows how fast the battery can be charged from empty to full.

Europe

Charging an EV in Europe differs by country. Some European countries primarily use 1-phase connections to the grid, while other countries are almost exclusively using a 3-phase connection. The table below shows all possible ways the MG ZS EV can be charged, but some modes of charging might not be widely available in certain countries.

Type 2 (Mennekes - IEC 62196)				
				
Charging Point	Max. Power	Power	Time	Rate
Wall Plug (2.3 kW)	230V / 1x10A	2.3 kW	21h45m	10 km/h
1-phase 16A (3.7 kW)	230V / 1x16A	3.7 kW	13h30m	16 km/h
1-phase 32A (7.4 kW)	230V / 1x29A	6.6 kW †	7h45m	28 km/h
3-phase 16A (11 kW)	230V / 1x16A	3.7 kW †	13h30m	16 km/h
3-phase 32A (22 kW)	230V / 1x29A	6.6 kW †	7h45m	28 km/h

† = Limited by on-board charger, vehicle cannot charge faster.

Fast Charging (10 -> 80%)

Rapid charging enables longer journeys by adding as much range as possible in the shortest amount of time. Charging power will decrease significantly after 80% state-of-charge has been reached. A typical rapid charge therefore rarely exceeds 80% SoC. The rapid charge rate of an EV depends on the charger used and the maximum charging power the EV can handle. The table below shows all details for rapid charging the MG ZS EV.

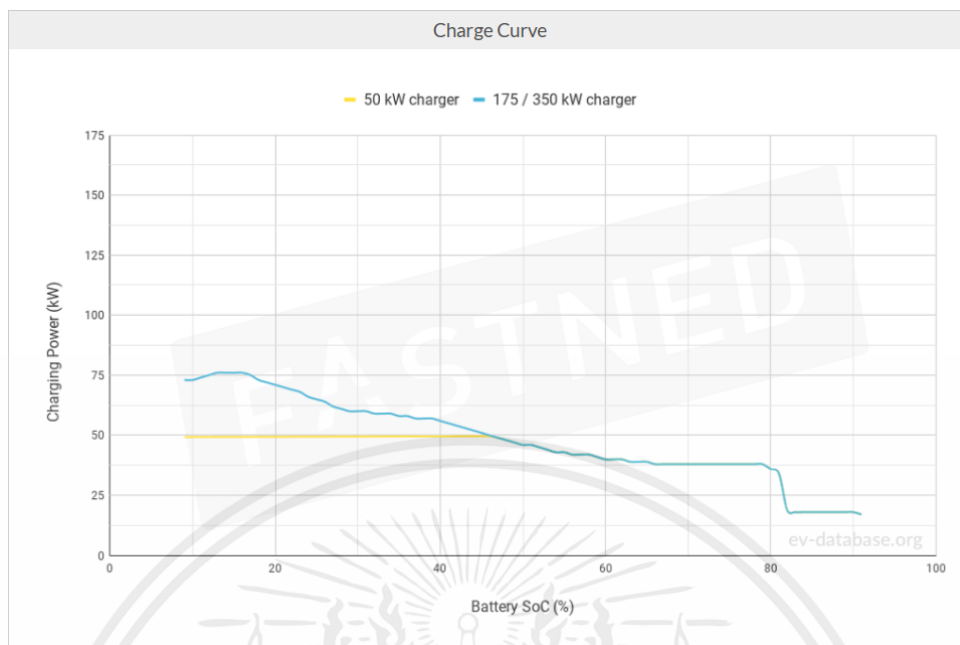
Read more about rapid charging of the MG ZS EV on the Fastned website.

- Max. Power: maximum power provided by charge point
- Avg. Power: average power provided by charge point over a session from 10% to 80%
- Time: time needed to charge from 10% to 80%
- Rate: average charging speed over a session from 10% to 80%

Europe

Combined Charging System (CCS Combo 2)				
				
Charging Point	Max. Power	Avg. Power	Time	Rate
CCS (50 kW DC)	50 kW	45 kW †	42 min	220 km/h
CCS (175 kW DC)	76 kW †	53 kW †	35 min	260 km/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

Efficiency study of electric vehicle batteries Using the battery life indicator

บริษัท โรงสะอาด¹ วีระยุทธ สุภากร² และ สรวิศ ชวกุล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ถลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: Chawakul.so@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนภายในรถยนต์ไฟฟ้า วัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์สุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า และเพื่อศึกษาพฤติกรรมการอัดประจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยการประยุกต์ใช้วิธีการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ในการวิเคราะห์ ซึ่งตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์เป็นพารามิเตอร์จากการอัดประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่ ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า เมื่ออายุการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัตราการอัดประจุไฟฟ้าต่อแรงดันไฟฟ้าจะลดลง ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสุขภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าได้

คำสำคัญ: การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าสุขภาพแบตเตอรี่, แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า และเวลาที่ใช้ในการอัดประจุ

Abstract

The paper research is to study the health of lithium-ion batteries inside electric vehicles. The objective is to predict the health of electric vehicle batteries. and to study the behavior of electric vehicle charging that affects electric vehicle battery health. By applying the method of increasing the electric capacity inside the battery to analyze the parameters used in the analysis are parameters from electric vehicle charging, including voltage, current, and charging time. which from the study and analysis of experimental results found that as the service life of electric vehicles increases the charge to voltage ratio is reduced.

Keywords: Increasing in capacity, Battery health, Voltage, Current and Charging time.

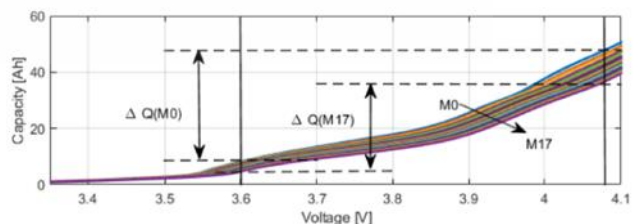
1. บทนำ

บทความนี้นำเสนอการประมาณค่าร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) ซึ่งปกติแล้วเราต้องทำการวัดความต้านทานของแบตเตอรี่เราถึงจะทราบได้ว่า ร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า (State of Health, SOH) ของรถยนต์ไฟฟ้าของเรานั้นเหลืออยู่ร้อยละเท่าใด โดยศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ในปริณิธานฉบับนี้ มุ่งเน้นศึกษาในด้านการวัดอายุของแบตเตอรี่ จากข้อมูลของคู่อัดประจุ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าของรถยนต์พลังงานไฟฟ้ารุ่น MG-ZS ที่ได้มาจากฐานข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจาก PEA Volta Platform ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) เพื่อประมาณค่า SOH ที่ถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น

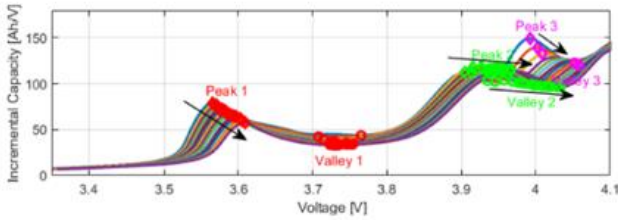
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (ICCA) เพื่อใช้ในการประมาณค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่

วิธีการการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า ในรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อการประมาณค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ในระดับเซลล์และรถยนต์ โดยที่ IC (Incremental Capacity) ถูกกำหนดให้เป็นค่าความจุไฟฟ้า หรือใช้ตัวแปร q มีหน่วยเป็น แอมป์ชั่วโมง (Amp-hour, Ah)



รูปที่ 1 ความจุไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่เซลล์แบตเตอรี่ ตลอดรอบการชาร์จทั้ง 17 ครั้ง



รูปที่ 2 การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าคงที่ เทียบกับแรงดันไฟฟ้า

พิจารณาเฉพาะช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันของกราฟความจุไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างการอัดประจุ โดยจากกราฟแสดงให้เห็นในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชันในรูปที่ 1 และสมการ (4) เทียบเท่ากับช่วงที่เป็นช่วงสูงสุดในรูปที่ 2

$$\Delta Q = V(4.08) - V(3.60) \quad (1)$$

ค่าที่ได้จากการทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) ซึ่งหาได้จากการประมาณค่า PCC (Patial Discharge Capacity) ตามสมการที่ (1) พิจารณากราฟตามรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งนำไปสู่การประมาณค่า SOH ได้ตามสมการที่ (2) และสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของ SOH ได้ตามสมการที่ (3)

$$SOH_{Estimation} = \frac{\Delta Q_{estimation} \times 100\%}{\Delta Q_{maximum}} \quad (2)$$

$$\%Error = \frac{(SOH_{estimation} - SOH_{estimation}) \times 100}{SOH_{Actual}} \quad (3)$$

3. การออกแบบการทดลอง

3.1 ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลการอัดประจุแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า

นำรถยนต์ไฟฟ้ารุ่น MG-ZS ที่จะใช้ในการทดลองการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ไปชาร์จไฟที่ตู้อัดประจุต่างขนาดกัน โดยจะมีขนาดของตู้อัดประจุได้แก่ขนาด 25 kW, 50 kW และ 180 kW จากนั้นได้เก็บข้อมูลโปรไฟล์ในการชาร์จที่ตู้แต่ละขนาด คือข้อมูลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ค่าของ SoC, Power, Voltage และ Energy



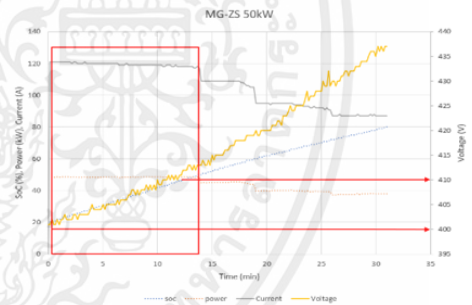
รูปที่ 3 โปรไฟล์การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้ารุ่น MG-ZS ที่ตู้ขนาด 50 kW

จากการศึกษาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีชี้วัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ทำการวิเคราะห์โดยเลือกตู้อัดประจุ 50 kW มาทำการทดลอง เนื่องจากขนาดตู้อัดประจุมีโปรไฟล์ในการชาร์จของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมกับขนาดกำลังไฟฟ้าที่รถยนต์สามารถรับได้และยังมีความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่อคณะผู้ทำการทดลอง

3.2 เลือกวิธีที่จะทำการคำนวณการประมาณค่าสุขภาพของแบตเตอรี่

นำค่า SoC, Energy, Power, Voltage, Current และ Time นำมาใช้ในการประเมินค่าของสุขภาพของแบตเตอรี่ โดยทำการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย (Journal) ทางวิชาการต่างประเทศ คือวิธีการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทดลองหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) ใช้บทความทางวิชาการ Incremental Capacity Analysis Applied on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation นำมาอ้างอิงในการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการไปเก็บข้อมูลจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ของตู้อัดประจุที่มีขนาด 50 kW โดยใช้ทฤษฎีวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) ช่วงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือช่วงที่มีการชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current) เนื่องจากเป็นช่วงที่สามารถบ่งบอกการเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 4 อัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า รุ่น MG-ZS ด้วยตู้อัดประจุ 50 kW

สังเกตเห็นได้ว่า กราฟของ Current (A) จะมีช่วงของกระแสจากการอัดประจุของตู้อัดประจุ 50 kW ที่ค่อนข้างคงที่ในระดับแรงดันระหว่าง 400 V ถึง 410 V ดังนั้นจึงสามารถหาสมการที่จะใช้ในการทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) ดังต่อไปนี้

$$\Delta Q_{estimation} = q(410V) - q(400V) \quad (4)$$

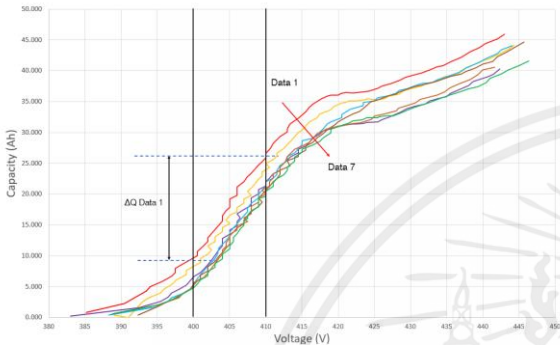
$\Delta Q_{estimation}$ คือ หาได้จากกราฟระหว่าง กระแสไฟฟ้า (A) กับ แรงดัน (V) ซึ่งดูจากกราฟของกระแสที่ไม่มีเปลี่ยนแปลงของกระแส ในระดับแรงดันจาก 400 V ไปถึงระดับแรงดัน 410 V จากนั้นทำการหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated) หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$SOH_{\text{estimation}} = \frac{\Delta Q_{\text{estimation}}}{\max(\Delta Q)} \times 100\% \quad (5)$$

4. ผลการทดลอง

4.1 หาค่าสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated)

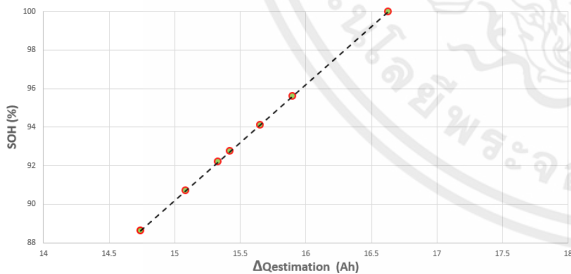
โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) ใช้ตู้อัดประจุ 50 kW



รูปที่ 5 ความจุของแบตเตอรี่ (Ah) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

วิเคราะห์ช่วงที่มีการชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้างคงที่ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่แบตเตอรี่เท่ากันตลอดในช่วงการวิเคราะห์ ส่วนประจุจะมากหรือน้อยขึ้นกับเวลาที่ในการชาร์จ จึงนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์สุขภาพของแบตเตอรี่ ในสมการที่ (5)

4.2 กราฟการหาค่าทดลองของค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (Estimated State of Health, SOH Estimated)

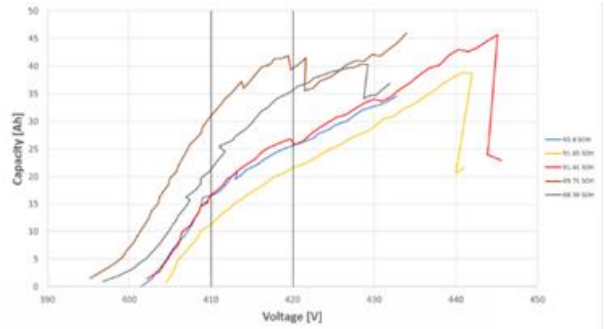


รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าประมาณความจุไฟฟ้า (Ah) เทียบกับ ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (%)

4.3 หาค่าสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated)

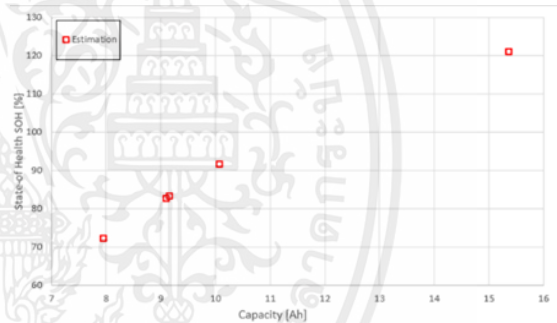
โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) จากข้อมูลอุปกรณ์ OBD II

4.3.1 กราฟแสดงค่าความจุของแบตเตอรี่เทียบกับแรงดันไฟฟ้า



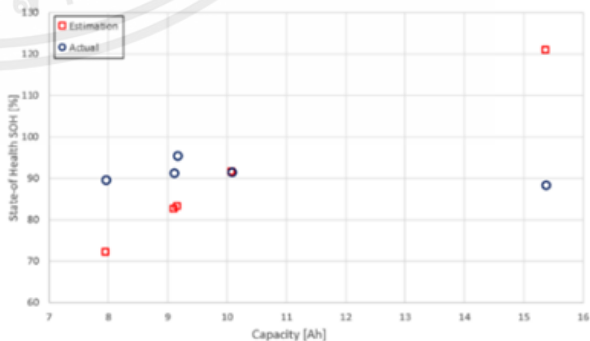
รูปที่ 7 ความจุของแบตเตอรี่ (Ah) เทียบกับ แรงดันไฟฟ้า (V)

รูปที่ 7 เป็นกราฟที่แสดงข้อมูลจากรถจริงที่ได้บันทึกจากอุปกรณ์ OBD II ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ได้แก่ Voltage, Current, Time และ SOH นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (SOH Estimated) โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) จะได้กราฟดังต่อไปนี้



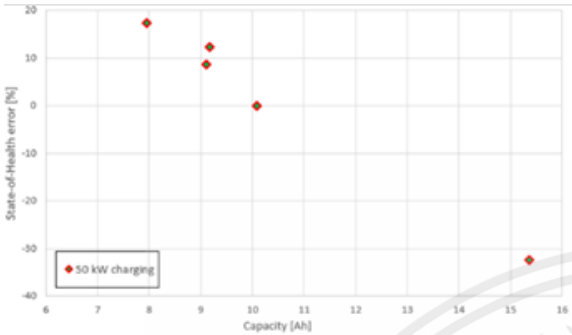
รูปที่ 8 ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ (%) เทียบกับ ความจุไฟฟ้า (Ah)

4.3.2 กราฟแสดง SOH จริง เทียบกับ SOH estimate โดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)



รูปที่ 9 ร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่จริง (%) เทียบกับ ร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่ที่ได้จากการประมาณค่า (%)

4.3.3 กราฟแสดงความแม่นยำการคาดการณ์สุขภาพแบตเตอรี่โดยกระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA)

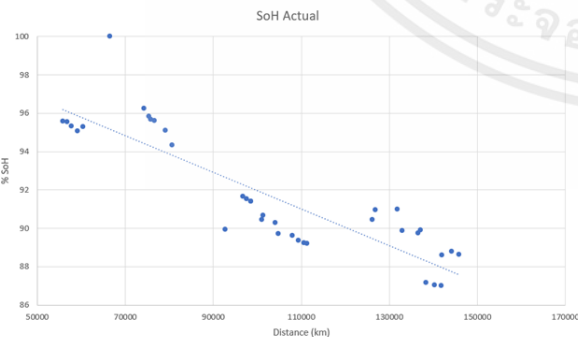


รูปที่ 10 ร้อยละของความคลาดเคลื่อน (%) เทียบกับ ความจุไฟฟ้า (Ah)

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการประเมินสุขภาพแบตเตอรี่โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องอัดประจุไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการวิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (ICAA) พบว่าใช้การคาดการณ์อายุแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้าได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากมีปัจจัยทางภายนอกที่ส่งผลให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนสูงไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิขณะชาร์จที่แตกต่างกัน การชาร์จในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การทดลองด้วย SOC ที่สูงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีกด้วย

นอกจากนี้การทดลองเทียบสุขภาพของแบตเตอรี่ที่ได้จากการคาดการณ์โดยใช้วิธีการประยุกต์การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความจุไฟฟ้า (ICAA) กับสุขภาพของแบตเตอรี่ที่ได้จากอุปกรณ์ OBD 2 ผลปรากฏว่าเกิดความคลาดเคลื่อนสูงมีค่า MAE เท่ากับ 17.4 มีค่า RMSE เท่ากับ 17.77 ซึ่งข้อมูลที่มีมาใช้ในการคำนวณที่ใช้เป็นค่าที่มาจาก OBD 2 ทั้งหมด ซึ่งผู้ทดลองยังพบว่าข้อมูลบางส่วนที่ได้จากอุปกรณ์ OBD 2 ก็มีความคลาดเคลื่อนด้วยเช่นกัน เช่น ค่า SOH กับ ระยะทางที่วิ่งได้ เป็นต้น ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจจะมาจากอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกค่าด้วยเช่นกัน



รูปที่ 11 กราฟแสดงร้อยละสุขภาพแบตเตอรี่จริง (SOH actual) เทียบกับ ระยะทางที่วิ่ง

6. ข้อเสนอแนะในการพัฒนาการวิจัยโครงการ

1. การคาดการณ์ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่โดยใช้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเพิ่มขึ้นของความจุของไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องอัดประจุในการวิเคราะห์สุขภาพของแบตเตอรี่ไม่มีความเหมาะสมเนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากวิธีนี้อาจจะเหมาะกับการคาดการณ์ร้อยละของแบตเตอรี่ในระดับเซลล์มากกว่า อาจจะต้องมีการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ในระดับเซลล์ก่อนจากนั้นค่อยนำค่าที่เครื่องประจุไฟฟ้าไปใช้คาดการณ์ร้อยละสุขภาพของแบตเตอรี่ต่อไป
2. ในการเก็บข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาคณะจะมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ เช่น รถที่ใช้ในเก็บข้อมูลควรจะเป็นคันเดียวกัน ช่วงเวลาที่ใช้ชาร์จเวลาเดียวกัน เปรี่เช่นแบตเตอรี่ที่เริ่มชาร์จเท่ากัน เป็นต้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากระบบ
3. การเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลจากตัวรถต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานรองรับ ข้อมูลที่ได้สามารถพิสูจน์ตามหลักความเป็นจริงและแนะนำให้มีการเก็บข้อมูลโดยตลอดเพื่อให้ข้อมูลไม่ขาดช่วงขณะใช้งาน
4. สำหรับบุคคลที่สนใจศึกษาการคาดการณ์ร้อยละของแบตเตอรี่ด้วยวิธีการเริ่มจากขนาดเซลล์ก่อนจากนั้นค่อยเทียบเซลล์กับแบตเตอรี่ทั้งคัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพล โปธิ์พงษ์วิวัฒน์ ที่ให้ความรู้ ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการมาด้วยดีตลอด และได้ตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] E. Schaltz, D. I. Stroe, K. Norregaard, L. S. Kofod and A. Christensen, "Incremental Capacity Analysis Applied on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation", IEEE Transactions on Industry Applications, 2019.

[2] SHEHLA AMIR, MONEEBA GULZAR and MUHAMMAD O. TARAR, "Dynamic Equivalent Circuit Model to Estimate State-of-Health of Lithium-Ion Batteries", IEEE Transactions on Industry Applications, 2020.

[3] JEONG LEE AND JEHYUK WON, "Enhanced Coulomb Counting Method for SoC and SoH Estimation Based on Coulombic Efficiency", IEEE Transactions on Industry Applications, 2023



ภาคผนวก ค

โปสเตอร์นำเสนอผลงาน

Efficiency study of electric vehicle batteries using battery life indicators

Borirug Rongsaad¹, Weerayut Supasorn², Sorawit Chawakul³,
Prof. Dr. Surin Khomfoi⁴ and Chaitat Maneein⁵

Department of Electrical Engineering, School of Engineering, KMITL.
E-mail: surin.kh@kmitl.ac.th⁴, chaitat.maneein@gmail.com⁵

Abstract

The thesis research is to study the health of lithium-ion batteries inside electric vehicles. The objective is to predict the health of electric vehicle batteries, and to study the behavior of electric vehicle charging that affects electric vehicle battery health. By applying the method of increasing the electric capacity inside the battery to analyze the parameters used in the analysis are parameters from electric vehicle charging, including voltage, current, and charging time, which from the study and analysis of experimental results found that as the service life of electric vehicles increases the charge to voltage ratio is reduced, which can be used as an indicator of the health of electric vehicle batteries. It was also found that charging at a lower voltage than the rated voltage of the battery tends to prolong battery life.

Introduction

In the recent years the study of battery performance is an important issue for the development of batteries for electric vehicles. The project to study the efficiency of electric vehicle batteries using battery life indicators, for estimation State of Health (SOH) battery health percentage. What percentage of our electric vehicle battery health (State of Health (SOH)) is left? This paper presents an estimation of the State of Health (SOH) battery health percentage from electric vehicle charging data, without the need for him to check the battery at the electric vehicle center. By relying on techniques and techniques applied to analyze the increase of electric capacity (Incremental Capacity Analysis Applied, ICAA) to estimate SOH values that are more accurate and accurate.

Methodology

- ΔQ can be found on the graph between charge (Ah) and voltage (V). Look at the graph showing the change in the minimum voltage level from 400 V to the maximum voltage level 410 V.

$$\Delta Q = q(410) - q(400)$$

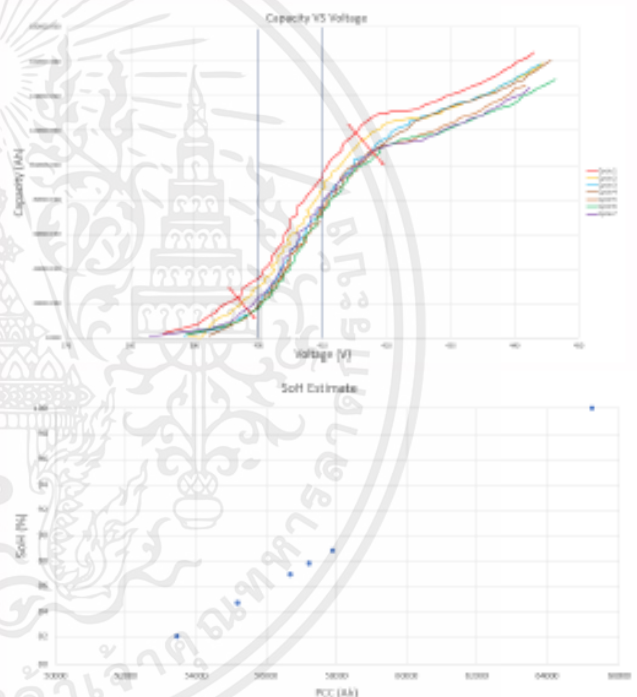
- The actual SoH and the estimated SoH are obtained from

$$SoH_{\text{estimation}} = \frac{\Delta Q_{\text{estimation}}}{\max(\Delta Q)} \times 100\%$$

- The SoH error value is obtained from

$$SoH_{\text{error}} = SoH_{\text{estimation}} - SoH_{\text{actual}}$$

Results



Conclusion

The parameters provided by the charging cabinet can be used to analyze the health of the battery by evaluating the battery charge and voltage. As the electric vehicle operating time increases, the internal capacity of the battery per voltage decreases. It is an indication that the health of electric vehicle batteries is also decreasing. It has also been found that the behavior of charging electric vehicles with different charging cabinets can increase battery life.

References

- [1] E. Schaltz, D. I. Stroe, K. Norregaard, L. S. Kofod and A. Christensen, "Incremental Capacity Analysis Applied on Electric Vehicles for Battery State-of-Health Estimation", IEEE Transactions on Industry Applications, 2019.
- [2] T. B. Reddy, Linden's handbook of batteries, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2022.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายปรีรักษ์ โรงสะอาด
วัน-เดือน-ปีเกิด 6 กรกฎาคม 2543
ที่อยู่ 112 หมู่ที่ 15 ตำบลสถาน อ.เชียงของ จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2561 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเชียงของวิทยาคม จังหวัดเชียงราย
 ปีการศึกษา 2565 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท กัลป์ เอ็นเนอร์จี ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) แผนกซ่อมบำรุงรักษา ประจำโรงไฟฟ้าหนองแขง 2 ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2566



ชื่อ-นามสกุล นายวีระยุทธ สุภาธร
วัน-เดือน-ปีเกิด 9 ตุลาคม 2543
ที่อยู่ 138 หมู่ที่ 9 ตำบลแก้งเหนือ อ.เขมราฐ จ.อุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2561 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนเขมราฐพิทยาคม จังหวัดอุบลราชธานี
 ปีการศึกษา 2565 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่ ฝ่ายกองก่อสร้างสถานีไฟฟ้าระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2566



ชื่อ-นามสกุล นายสรวิศ ชวกุล
วัน-เดือน-ปีเกิด 12 กรกฎาคม 2544
ที่อยู่ 24/41 ซอยรามอินทรา 34 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2561 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม กรุงเทพฯ
 ปีการศึกษา 2565 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ซิโน-ไทย เอ็นจีเนียริ่งแอนด์คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) แผนกงานระบบ ประจำไซต์ก่อสร้างรถไฟฟ้าโมโนเรล สายสีชมพู ระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 31 กรกฎาคม 2566