การศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย

นายธีระวัฒน์ บุญทะวงศ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย

นายธีระวัฒน์ บุญทะวงศ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย

โดย นายธีระวัฒน์ บุญทะวงศ์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

--- คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

--- ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ เรืองตระกูล)

--- อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์)

--- กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)

ชื่อ : นายธีระวัฒน์ บุญทะวงศ์
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ในการประจุและคายประจุต่ออุณหภูมิบรรยากาศ และ 2) เพื่อศึกษาความร้อนของแบตเตอรี่ต่ออุณหภูมิบรรยากาศ โดยทำการทดลองกับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนประเภท 18650, 21700 และ 26650 ภายใต้เงื่อนไขการประจุและคายประจุที่ อัตรา 0.5C และ 1C ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมที่ 35°C, 40°C และ 45°C เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อประสิทธิภาพการทำงานและการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่

ผลการศึกษาพบว่า ความจุของแบตเตอรี่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิแวดล้อม เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ทำงานได้ดีขึ้นที่อุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น ในขณะที่ แบตเตอรี่ 26650 มีค่าความจุสูงสุด นอกจากนี้ ยังพบว่า อุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะทำการประจุและคายประจุเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิแวดล้อม โดยเฉพาะแบตเตอรี่ 21700 ที่มีแนวโน้มเกิดความร้อนสูงกว่าประเภทอื่น และที่ อัตราการประจุและคายประจุ 1C จะก่อให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่มากกว่าที่อัตรา 0.5C ซึ่งอาจมีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ในระยะยาว

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า อุณหภูมิแวดล้อมและอัตราการประจุ/คายประจุมีผลกระทบโดยตรงต่ออุณหภูมิและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณาในการออกแบบระบบระบายความร้อนและการเลือกใช้แบตเตอรี่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงจากความร้อนสะสมและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้น

(มีจำนวนทั้งสิ้น 73 หน้า)

คำสำคัญ : แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน อุณหภูมิแวดล้อม อัตราการประจุและคายประจุ

______________________________ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Theerawat Boonthawong

Independent Study Title : Study of atmospheric temperature affecting lithium batteries in Thailand

Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Tongchana Thongtip

Academic Year : 2024

ABSTRACT

This research aims (1) to study the charging and discharging behavior of batteries in relation to ambient temperature and (2) to examine the heat generation of batteries under different ambient temperatures. The study was conducted on lithium-ion batteries of types 18650, 21700, and 26650 under charging and discharging rates of 0.5C and 1C while maintaining ambient temperatures at 35°C, 40°C, and 45°C. The objective was to analyze the impact of ambient temperature on battery performance and heat generation.

The results indicate that battery capacity tends to increase with higher ambient temperatures due to improved electrochemical reactions within the cells. However, among the tested battery types, the 18650 battery exhibited the lowest capacity, while the 26650 battery demonstrated the highest capacity. Additionally, battery temperature increased with higher ambient temperatures during both charging and discharging processes. Notably, the 21700 battery exhibited higher heat generation compared to other battery types. Furthermore, at a 1C charge/discharge rate, batteries generated more heat than at a 0.5C rate, which could negatively impact battery lifespan over the long term.

The findings suggest that ambient temperature and charge/discharge rates significantly affect the temperature and performance of lithium-ion batteries. These factors should be carefully considered when designing cooling systems and selecting batteries for specific environmental conditions. Proper thermal management can help mitigate excessive heat accumulation and extend battery lifespan, enhancing both safety and efficiency in battery applications.

(Total 73 Pages)

Keywords: Lithium-ion battery, Ambient temperature, Charging and discharging rate

____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือ ความกรุณา ความอนุเคราะห์ เอาใจใส่เป็นอย่างดี จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ กำลังใจ ให้ความเมตตาเอาใจใส่ เสียสละเวลา คอยชี้แนะแนวทางในการทำสารนิพนธ์และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิจัยมาโดยตลอดเวลา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ เรืองตระกูล ประธานกรรมการสอบสอบสารนิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์ กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงสารนิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ ประเมิน และข้อแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสื่อการสอน นี้ ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์ และนักศึกษาสาขาวิชาช่างยนต์ จากวิทยาลัยการอาชีพเวียงสระ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัว ญาติเพื่อนพี่น้องที่ได้สนับสนุนในด้านกำลังใจ คำแนะนำ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณบูรพาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ธีระวัฒน์ บุญทะวงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย........ ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ........ ค
กิตติกรรมประกาศ .... ง
สารบัญ........ จ
สารบัญตาราง........ ซ
สารบัญรูปภาพ........ ฌ
บทที่ 1 บทนำ........ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย........ 2
1.4 ประโยชน์คาดว่าที่จะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง........ 3
2.1 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ 3
2.2 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด........ 5
2.3 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 10
2.4 ปัจจัยการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน........ 13
2.5 ค่า SOC, DOD ของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 15
2.6 กระแส ความต้านทาน และแรงดันแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 17
2.7 ทฤษฎีการชาร์จและดิสชาร์จลิเธียมไอออน........ 18
2.8 ความร้อนที่เกิดจากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน........ 19

2.9 ผลกระทบของแบตเตอรี่เนื่องจากอุณหภูมิ 20
2.10 เทอร์โมคัปเปิล 21
2.11 อุณหภูมิบรรยากาศภายในประเทศไทย 23
2.12 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 25
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
บทที่ 3 29
3.1 ศึกษาข้อมูล ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 29
3.2 การออกแบบหลักการการศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อน 32
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 33
3.4 ดำเนินการทดลอง และเก็บผล 37
บทที่ 4 40
4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 35℃ 40
4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 40℃ 42
4.3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 45℃ 44
4.4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุและคายประจุที่ 0.5 C.... 46
4.5 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุและคายประจุที่ 1 C 47
4.6 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุ และคายประจุ ที่ 0.5 C 48
4.7 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุ และคายประจุ ที่ 1 C 50
บทที่ 5 52
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 52
5.2 อภิปรายผล 52
5.3 ข้อเสนอแนะ 53
บรรณานุกรม 54

ภาคผนวก ก ผลบันทึกการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อม (Temp Ambient) แบตเตอรี่ (Capaity) และอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temp Battery)... 57

ประวัติผู้เขียน.. 73

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 11
ตารางที่ 2 ผลการทดลองหาค่าความจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะการประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ........ 59
ตารางที่ 3 ผลการทดลองหาค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะการประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ 60
ตารางที่ 4 ผลการทดลองหาค่าความจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะคายประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ 61
ตารางที่ 5 ผลการทดลองหาค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะคายประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ 62

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ [1] 5
ภาพที่ 2-2 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบเปียก [2] 8
ภาพที่ 2-3 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบปิดผนึก [3] 9
ภาพที่ 2-4 แบตเตอรี่สำหรับอุตสาหกรรม [4] 9
ภาพที่ 2-5 โครงสร้างแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก [5] 10
ภาพที่ 2-6 โครงสร้างแบตเตอรี่ลิเธียม a) แบบแท่งกลม b) แบบแท่งเหลี่ยม c) แบบเพาช์เซลล์ [6] 11
ภาพที่ 2-7 องค์ประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมและหลักการทำงาน [7] 12
ภาพที่ 2-8 กฎของจูน [8] 14
ภาพที่ 2-9 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง SOC และ DOD [9] 16
ภาพที่ 2-10 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล [10] 23
ภาพที่ 2-11 สถิติอุณหภูมิตามฤดูกาลของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย [11] 24
ภาพที่ 2-12 สิทธิบัตร Lithium Ion Battery With Thermal Runaway Protection : US20170214103A1 [12] 26
ภาพที่ 2-13 สิทธิบัตร Lithium ion battery temperature management system : CN110931896A [13] 26
ภาพที่ 3-1 แผนการดำเนินงานวิจัย 29
ภาพที่ 3-2 รูปแบบการติดตั้งสาย Thermocouple type K ที่ติดกับแบตเตอรี่ 32
ภาพที่ 3-3 รูปแบบวงจรการทดลอง 32
ภาพที่ 3-4 แบตเตอรี่ Lithium-ion ยี่ห้อ Vapcell โมเดล 18650 33
ภาพที่ 3-5 แบตเตอรี่ Lithium-ion ยี่ห้อ Vapcell โมเดล 26650 33
ภาพที่ 3-6 แบตเตอรี่ Lithium-ion ยี่ห้อ Vapcell โมเดล 2170 34
ภาพที่ 3-7 ตู้ควบคุมบรรยากาศ (Environmental Chamber) 34
ภาพที่ 3-8 เครื่องวัดแบตเตอรี่ (Battery Tester) 35
ภาพที่ 3-9 เครื่องบันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Data Logger) 35
ภาพที่ 3-10 แท่นทดสอบแบตเตอรี่ทรงกระบอก (Cylindrical Battery Testing Fixture) 36
ภาพที่ 3-11 Thermocouple type k 36
ภาพที่ 3-12 ฮีตเตอร์ครีบแบบเหลี่ยมขนาด 600 W 36
ภาพที่ 3-13 ฮีตเตอร์แบบครีบตัวยูขนาด 3,000 W 37
ภาพที่ 3-14 เครื่องวัด/ควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล 37
ภาพที่ 3-15 วิธีดำเนินการทดลอง 38

ภาพที่ 3-16 ตารางบันทึกผล 39
ภาพที่ 4-1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35℃ 40
ภาพที่ 4-2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 35℃...... 41
ภาพที่ 4-3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35℃ 41
ภาพที่ 4-4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 35℃....... 42
ภาพที่ 4-5 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 40℃ 42
ภาพที่ 4-6 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 40℃.... 43
ภาพที่ 4-7 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 40℃............. 43
ภาพที่ 4-8 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 40℃........ 44
ภาพที่ 4-9 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 45℃ 44
ภาพที่ 4-10 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5C ที่ 45℃... 45
ภาพที่ 4-11 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 45℃........... 45
ภาพที่ 4-12 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 45℃..... 46
ภาพที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C..... 46
ภาพที่ 4-14 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C........... 47
ภาพที่ 4-15 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C 48
ภาพที่ 4-16 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C............. 48
ภาพที่ 4-17 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C.................... 49
ภาพที่ 4-18 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C 50
ภาพที่ 4-19 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C........................ 51
ภาพที่ 4-20 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C 51

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากวิกฤติการณ์น้ำมันอย่างต่อเนื่องทำให้หลายประเทศทั่วโลกเริ่มมีการตื่นตัวทางด้านการวางแผนการใช้พลังงาน เช่น ประเทศไทย ที่เปลี่ยนไปใช้พลังงานไฟฟ้า จากนั้นเป็นต้นมาทำให้เกิดเป็นแนวคิดอย่างแพร่หลายในการ สร้างสังคมคาร์บอนต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะสังคมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนใน ปริมาณต่าง ๆ โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) รวมถึงการหาพลังงานทดแทนใหม่ ๆ มาใช้ ยานยนต์ไฟฟ้าจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในปัจจุบัน มีองค์ประกอบหลัก ๆ ที่สำคัญหลายอย่าง แต่ที่คงยังให้พลังงานหลักสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าคือ แบตเตอรี่ และยังคงเป็นแหล่งพลังงานหลักของยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันและอีกสิบปีข้างหน้า

อีกทั้งเมื่อนำรถไฟฟ้ามาใช้งานในประเทศไทยมีภูมิอากาศส่วนใหญ่เป็นแบบร้อนชื้นตามการแบ่งเขตภูมิอากาศแบบเคิปเปน ส่วนปลายใต้สุดและตะวันออกสุดของประเทศมีภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 18–45 เซลเซียส ประเทศไทยมี 3 ฤดูกาล ฤดูแรกเป็นฤดูฝนหรือฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ฝนตกหนักที่สุดในเดือนสิงหาคมและกันยายน ฤดูหนาวหรือฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีอากาศแห้งและอุณหภูมิไม่ร้อนมาก ยกเว้นภาคใต้ที่มีฝนตกหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ส่วนฤดูร้อนหรือฤดูก่อนมรสุมกินเวลาตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีอากาศร้อน สำหรับภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลางและตะวันออกของประเทศไทย เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมเป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของปี ปกติอุณหภูมิมักสูงถึง 45 เซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิใช้งานของแบตเตอรี่ และในอดีตที่ผ่านมายังไม่มีข้อมูลจากการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิบรรยากาศที่กระทบต่อการใช้งานของแบตเตอรี่ที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทยเลย

ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าควรจะมีการศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ที่ใช้กับยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถนำผลมาทำการวิเคราะห์ในการประจุและคายประจุแบตเตอรี่เพื่อเก็บข้อมูลตามอุณหภูมิบรรยากาศ ใช้ผลมาวิเคราะห์อุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ สามารถนำผลการทดลองในสภาวะบรรยากาศ ประเทศไทย มาเป็นข้อมูล โดยระบบควบคุมอุณหภูมิคงที่จะทำงานโดยใช้ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ให้ความร้อนโดยอุปกรณ์ให้ความร้อนใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งต้นแบบตู้ควบคุมอุณหภูมิบรรยากาศนี้ ออกแบบให้สามารถ

ควบคุมอุณหภูมิบรรยากาศที่สภาวะการทำงานที่แตกต่างกันได้ เพื่อให้มีความเหมือนในการใช้งานจริง การควบคุมอุณหภูมิบรรยากาศ เพื่อที่จะให้ตัวแบตเตอรี่มีผลอุณหภูมิบรรยากาศที่แตกต่างและมีผลการศึกษาที่มีประสิทธิภาพที่ชัดเจน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ในการประจุและคายประจุต่ออุณหภูมิบรรยากาศ

1.2.2 เพื่อศึกษาความร้อนของแบตเตอรี่ต่ออุณหภูมิบรรยากาศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน INR 18650, INR 2170, INR 26650

1.3.2 ใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 40 องศาเซลเซียส 45 องศาเซลเซียส

1.3.3 การประจุแบตเตอรี่ (C-Rating) 0.5 C, 1 C

1.4 ประโยชน์คาดว่าที่จะได้รับ

1.4.1 สามารถรู้พฤติกรรมของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับอุณหภูมิบรรยากาศในประเทศไทย

1.4.2 สามารถรู้อุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับอุณหภูมิบรรยากาศในประเทศไทย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อน คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งขั้นตอนดังนี้

2.1 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่
2.2 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด
2.3 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน
2.4 ปัจจัยการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน
2.5 ค่า SOC, DOD ของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน
2.6 กระแส ความต้านทาน และแรงดันแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน
2.7 ทฤษฎีการชาร์จและดิสชาร์จลิเธียมไอออน
2.8 ความร้อนที่เกิดจากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน
2.9 ผลกระทบของแบตเตอรี่เนื่องจากอุณหภูมิ
2.10 เทอร์โมคัปเปิล
2.11 อุณหภูมิบรรยากาศภายในประเทศไทย
2.12 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่

ในยุคปัจจุบัน แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนกลายเป็นส่วนสำคัญของเทคโนโลยีสมัยใหม่ ไม่ว่าจะเป็นในโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์แบบพกพา รถยนต์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ความสำคัญของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนนี้ไม่ได้มีเพียงแค่ในเรื่องของความสามารถในการจัดเก็บพลังงานที่สูง แต่ยังรวมถึงความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย โดยเฉพาะอุณหภูมิบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลง

อุณหภูมิบรรยากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่อแบตเตอรี่เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดการกับปัญหานี้ เช่น ทฤษฎีเคมีไฟฟ้าและทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน ที่ช่วยในการวิเคราะห์และพัฒนาวัสดุแบตเตอรี่ใหม่ ๆ ที่สามารถทำงานได้ดีในสภาพอุณหภูมิที่หลากหลาย

2.1.1 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อแบตเตอรี่ลิเธียม

อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญในการทำงานและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสามารถส่งผลต่อกระบวนการเคมีภายในแบตเตอรี่ได้อย่างมีนัยสำคัญ

อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปสามารถทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง และอาจทำให้เกิดความเสียหายที่ไม่สามารถย้อนกลับได้

2.1.1.1 ผลกระทบของอุณหภูมิสูง

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะเกิดขึ้นเร็วขึ้น อุณหภูมิที่สูงทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่เกิดขึ้นเร็วขึ้น ซึ่งสามารถเร่งการเสื่อมสภาพของสารเคมีที่ใช้ในการทำขั้วบวก ขั้วลบ และอิเล็กโทรไลต์ ส่งผลให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงอย่างมาก ซึ่งตัวอย่างผลกระทบของอุณหภูมิสูงส่งผลต่อแบบเตอรี่ลิเธียมมีดังต่อไปนี้

2.1.1.1.1 การเสื่อมสภาพเร็วขึ้น

1) อุณหภูมิสูงทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่เกิดขึ้นเร็วขึ้น ทำให้สารเคมีเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

2) เกิดการเสื่อมสภาพของวัสดุที่ใช้ในการทำขั้วบวกและขั้วลบรวมถึงสารอิเล็กโทรไลต์

3) อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง

2.1.1.1.2 ประสิทธิภาพการทำงานลดลง

1) การเสื่อมสภาพของสารเคมีภายในแบตเตอรี่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเก็บประจุและการจ่ายไฟลดลง

2) ความสามารถในการจ่ายพลังงานลดลง

2.1.1.1.3 ความเสี่ยงในการเกิดความร้อนเกิน (Thermal Runaway)

1) อุณหภูมิสูงอาจทำให้แบตเตอรี่ร้อนเกินไปและเกิดความร้อนเกินซึ่งสามารถทำให้แบตเตอรี่ระเบิดหรือเกิดไฟลุกได้

2.1.1.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่ำ

ในทางกลับกัน อุณหภูมิต่ำก็ส่งผลกระทบต่อแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนในลักษณะที่แตกต่างกัน อุณหภูมิต่ำทำให้สารเคมีภายในแบตเตอรี่เคลื่อนที่ช้าลง ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายพลังงานลดลง ความต้านทานภายในแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้น ทำให้การจ่ายไฟไม่เต็มประสิทธิภาพและทำให้ความสามารถในการเก็บประจุลดลง ซึ่งตัวอย่างผลกระทบของอุณหภูมิต่ำส่งผลต่อแบบเตอรี่ลิเธียมมีดังต่อไปนี้

2.1.1.2.1 ความสามารถในการจ่ายพลังงานลดลง

1) อุณหภูมิต่ำทำให้สารเคมีภายในแบตเตอรี่เคลื่อนที่ช้าลง ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายพลังงานลดลง

2) ความต้านทานภายในแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น ทำให้การจ่ายไฟไม่เต็มประสิทธิภาพ

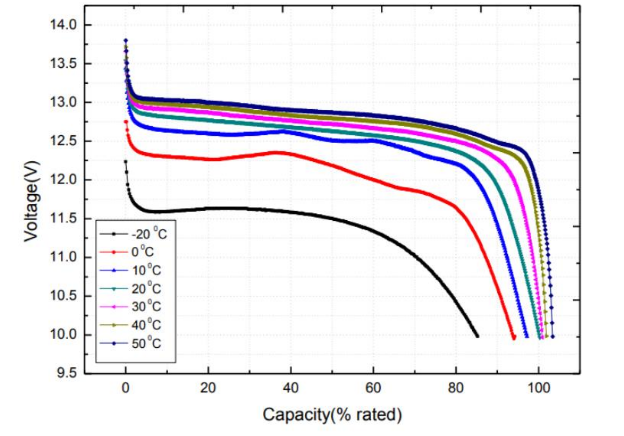
2.1.1.2.2 กระบวนการชาร์จช้าลง

1) อุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการชาร์จแบตเตอรี่ช้าลง และอาจทำให้การชาร์จไม่เต็มประสิทธิภาพ

2) อาจเกิดการตกผลึกของลิเธียมในกระบวนการชาร์จ ทำให้เกิดความเสียหายต่อขั้วแบตเตอรี่

2.1.1.2.3 ความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพของวัสดุ

1) วัสดุบางชนิดอาจเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้นในอุณหภูมิต่ำ เช่น อิเล็กโทรไลต์ที่สามารถแข็งตัวได้ในอุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 2-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ [1]

2.1.2 การจัดการผลกระทบ

เพื่อจัดการผลกระทบของอุณหภูมิต่อแบตเตอรี่ลิเธียม มีการพัฒนาเทคโนโลยีและกลยุทธ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ระบบระบายความร้อน (Cooling Systems) : ใช้ในการรักษาอุณหภูมิภายในแบตเตอรี่ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

2.1.2.2 การปรับปรุงวัสดุแบตเตอรี่ (Battery Material Improvements) : การพัฒนาวัสดุใหม่ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงและต่ำ

2.1.2.3 การออกแบบโครงสร้างแบตเตอรี่ (Battery Design) : การออกแบบโครงสร้างภายในแบตเตอรี่เพื่อให้การกระจายความร้อนเป็นไปอย่างเหมาะสม

การทำความเข้าใจผลกระทบของอุณหภูมิต่อแบตเตอรี่ลิเธียมเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น

2.2 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead–Acid Battery) สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1859 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส กัสตง ปล็องเต (Gaston. Planté) แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบบชาร์จไฟได้ชนิดที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งมีอัตราส่วนพลังงานต่อน้ำหนักที่ต่ำมาก และอัตราส่วนพลังงานต่อปริมาณที่ต่ำ แต่มีอัตราส่วนกำลังงานต่อน้ำหนักค่อนข้างสูง นั่นหมายถึงมีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟกระชากที่สูง ด้วยคุณสมบัติข้างต้นรวมกับราคาที่ค่อนข้างถูก ทำให้เป็นที่น่าสนใจสำหรับการใช้งานในเครื่องยนต์ที่ต้องใช้กระแสสูงสำหรับการจุดเครื่องยนต์.

เนื่องจากแบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ จึงใช้กันอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่าในปัจจุบันการจ่ายไฟกระชากสูงไม่มีความจำเป็น และการออกแบบอื่น ๆ ก็ต้องการความหนาแน่นของพลังงานที่สูงขึ้น. การออกแบบตะกั่วกรดในรูปแบบขนาดใหญ่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการจัดเก็บในอุปกรณ์สำรองพลังงานในอาคารโทรศัพท์มือถือ, การดำเนินงานความพร้อมสูงเช่นโรงพยาบาล, และระบบไฟฟ้าแบบ Stand-Alone.

2.2.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

2.2.1.1 แผ่นตะกั่ว (Lead Plates) เป็นส่วนประกอบสำคัญในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า (Electrodes) มีสองชนิด ได้แก่ ขั้วบวก (Positive plate) และขั้วลบ (Negative Plate) ประกอบด้วยแผ่นตะกั่วที่มีสารตะกั่วออกไซด์ (Lead Oxide) เคลือบอยู่

2.2.1.1.1 ลักษณะและคุณสมบัติของแผ่นตะกั่ว

1) ขั้วบวก (Positive Plate) ทำจากตะกั่วไดออกไซด์ (Lead Dioxide หรือ PbO2) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าและมีปฏิกิริยาทางเคมีกับกรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid) เพื่อปล่อยและเก็บพลังงานไฟฟ้า

2) ขั้วลบ (Negative Plate) ทำจากตะกั่วบริสุทธิ์ (Pure Lead หรือ Pb) ที่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเช่นกัน

2.2.1.1.2 การทำงานของแผ่นตะกั่วในแบตเตอรี่

เมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จหรือใช้งาน จะมีการแลกเปลี่ยนไอออนและอิเล็กตรอนระหว่างแผ่นตะกั่วและอิเล็กโทรไลต์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่สามารถเก็บและปล่อยพลังงานไฟฟ้าได้ ปฏิกิริยาเคมีหลักที่เกิดขึ้นมีดังนี้

1) ขณะชาร์จ (Charging)

$$PbO_2+2H_2SO_4+Pb \rightarrow 2PbSO_4+2H_2O \tag{2-1}$$

2) ขณะจ่ายไฟ (Discharging)

$$2PbSO_4+2H_2O \rightarrow PbO_2+2H_2SO_4+Pb \tag{2-2}$$

2.2.1.1.3 คุณสมบัติเด่นของแผ่นตะกั่ว

1) ทนทานและแข็งแรง ตะกั่วมีคุณสมบัติที่ทนทานและแข็งแรง ทำให้แผ่นตะกั่วในแบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ยาวนาน

2) ประสิทธิภาพสูง แผ่นตะกั่วสามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ดี ทำให้มีประสิทธิภาพในการเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้า

2.2.1.2 อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ในแบตเตอรี่ตะกั่วกรดคือสารละลายที่ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการนำไฟฟ้าระหว่างแผ่นตะกั่วขั้วบวกและขั้วลบ โดยทั่วไปอิเล็กโทรไลต์ในแบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะเป็นกรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid, H_2SO_4) ที่ละลายในน้ำ

2.2.1.2.1 หน้าที่และบทบาทของอิเล็กโทรไลต์

1) นำไฟฟ้า อิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการนำไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนและกระแสไฟฟ้าในวงจร

2) สนับสนุนปฏิกิริยาเคมี อิเล็กโทรไลต์ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่จำเป็นในการชาร์จและจ่ายไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งของไอออนที่จำเป็นในการแลกเปลี่ยนในปฏิกิริยาเคมี

2.2.1.2.2 ปฏิกิริยาเคมีในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

ในขณะที่แบตเตอรี่กำลังชาร์จหรือจ่ายไฟฟ้า จะมีปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นตะกั่วดังนี้

1) ขณะชาร์จ (Charging)

$$PbSO4+PbO2+2H2SO4 \rightarrow 2PbSO4+2H2O \tag{2-3}$$

2) ขณะจ่ายไฟ (Discharging)

$$2PbSO4+2H2O \rightarrow PbSO4+PbO2+2H2SO4 \tag{2-4}$$

2.2.1.2.3 คุณสมบัติสำคัญของอิเล็กโทรไลต์

1) ความเข้มข้น ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกในอิเล็กโทรไลต์จะส่งผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีของแบตเตอรี่

2) ความเสถียร อิเล็กโทรไลต์ควรมีความเสถียรในการเก็บรักษาพลังงานและไม่เกิดการระเหยหรือเสื่อมสภาพง่าย

อิเล็กโทรไลต์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือ

2.2.1.3 แผ่นกั้น (Separator) ในแบตเตอรี่ตะกั่วกรดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญทำหน้าที่แยกแผ่นตะกั่วขั้วบวกและขั้วลบออกจากกัน เพื่อป้องกันการลัดวงจร (Short Circuit) ในขณะที่ยังคงยอมให้ไอออน (Ions) ผ่านไปได้เพื่อสนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่

2.2.1.3.1 ลักษณะและคุณสมบัติของแผ่นกั้น

1) วัสดุ แผ่นกั้นมักทำจากวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า (Non-Conductive Materials) เช่น แผ่นใยแก้ว (Glass Mat), โพลิเมอร์ (Polymers) หรือเซลลูโลส (Cellulose)

2) ความพรุน แผ่นกั้นต้องมีโครงสร้างที่มีความพรุน (Porous Structure) เพื่อให้ไอออนสามารถผ่านไปมาได้โดยง่าย ในขณะเดียวกันก็ต้องป้องกันการสัมผัสกันของแผ่นตะกั่วบวกและลบ

3) ความต้านทานการกัดกร่อน แผ่นกั้นต้องมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริกและมีความทนทานต่อการใช้งานในระยะยาว

2.2.1.3.1 หน้าที่ของแผ่นกั้น

1) ป้องกันการลัดวงจร แผ่นกั้นทำหน้าที่แยกแผ่นตะกั่วขั้วบวกและขั้วลบออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรที่อาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพหรือเสียหาย

2) สนับสนุนการนำไอออน แผ่นกั้นต้องยอมให้ไอออนจากอิเล็กโทรไลต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปมาได้ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่จำเป็นในการชาร์จและจ่ายไฟฟ้าของแบตเตอรี่

3) เสริมสร้างโครงสร้าง แผ่นกั้นยังช่วยเสริมสร้างโครงสร้างภายในแบตเตอรี่ให้มั่นคงและทนทานมากขึ้น

2.2.1.3.1 การทำงานของแผ่นกั้นในแบตเตอรี่

ในแบตเตอรี่ตะกั่วกรด เมื่อมีการชาร์จหรือจ่ายไฟฟ้า ไอออนจากอิเล็กโทรไลต์จะเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกั้นเพื่อทำปฏิกิริยาเคมีกับแผ่นตะกั่วบวกและลบ โดยไม่เกิดการสัมผัสกันโดยตรงของแผ่นตะกั่วเหล่านั้น

แผ่นกั้นเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ด้วยการป้องกันการลัดวงจรและสนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่จำเป็น

2.2.2 ประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด

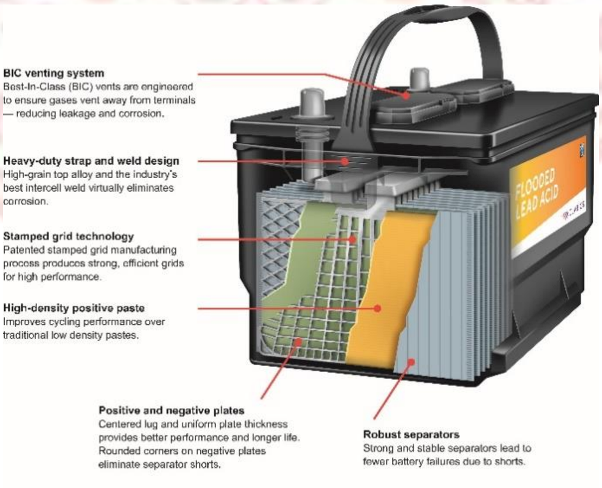
แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid Battery) แบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะการใช้งานและการออกแบบ ซึ่งหลัก ๆ มีดังนี้

2.2.2.1 แบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Lead-Acid Battery)

แบตเตอรี่แบบเปียกมีอิเล็กโทรไลต์ในรูปแบบของเหลว (น้ำกรด) ที่อยู่ในภาชนะที่สามารถเปิดเติมน้ำกลั่นได้ มีสองประเภทหลัก:

2.2.2.1.1 แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ (Automotive Battery) ใช้สำหรับรถยนต์, รถบรรทุก, และยานพาหนะอื่น ๆ แบตเตอรี่ชนิดนี้ออกแบบมาให้มีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อสตาร์ทเครื่องยนต์

2.2.2.1.2 แบตเตอรี่สำหรับการใช้งานแบบลึก (Deep Cycle Battery) ออกแบบมาเพื่อการใช้งานที่ต้องการการจ่ายกระแสไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องในระยะเวลานาน เช่น ในรถกอล์ฟ, รถยก, และระบบพลังงานแสงอาทิตย์



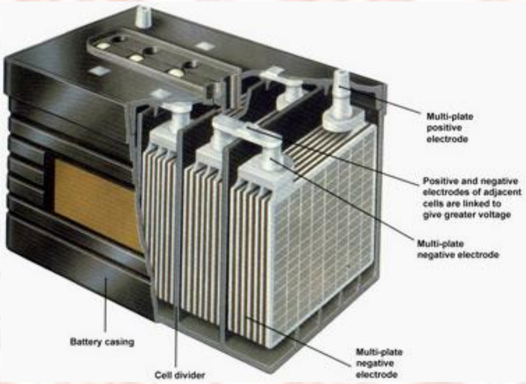
ภาพที่ 2-2 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบเปียก [2]

2.2.2.2 แบตเตอรี่แบบปิดผนึก (Sealed Lead-Acid Battery)

แบตเตอรี่แบบปิดผนึกเป็นแบตเตอรี่ที่ไม่มีการระเหยของน้ำและไม่ต้องการการเติมน้ำกลั่น มีสองประเภทหลัก

2.2.2.2.1 แบตเตอรี่เจล (Gel Cell Battery) อิเล็กโทรไลต์ถูกแปรสภาพเป็นเจล ทำให้แบตเตอรี่มีความเสถียรสูงและสามารถใช้งานได้ในทิศทางใดก็ได้ แบตเตอรี่ชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความทนทานต่อการสั่นสะเทือนและการเคลื่อนย้าย

2.2.2.2.2 แบตเตอรี่แบบแผ่นกรองแก้วดูดซับ (Absorbent Glass Mat - AGM Battery) อิเล็กโทรไลต์ถูกดูดซับในแผ่นกรองแก้ว ทำให้แบตเตอรี่มีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงและสามารถใช้งานในทิศทางใดก็ได้ เหมาะสำหรับการใช้งานในรถยนต์สมัยใหม่และระบบสำรองไฟ (UPS)



ภาพที่ 2-3 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบปิดผนึก [3]

2.2.2.3 แบตเตอรี่สำหรับอุตสาหกรรม (Industrial Lead-Acid Battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้ออกแบบมาเพื่อการใช้งานในงานอุตสาหกรรม เช่น ในระบบไฟฟ้าสำรอง, ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน, และระบบการเก็บพลังงานจากพลังงานทดแทน

ภาพที่ 2-4 แบตเตอรี่สำหรับอุตสาหกรรม [4]

2.2.2.4 แบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก (Valve Regulated Lead-Acid - VRLA Battery)

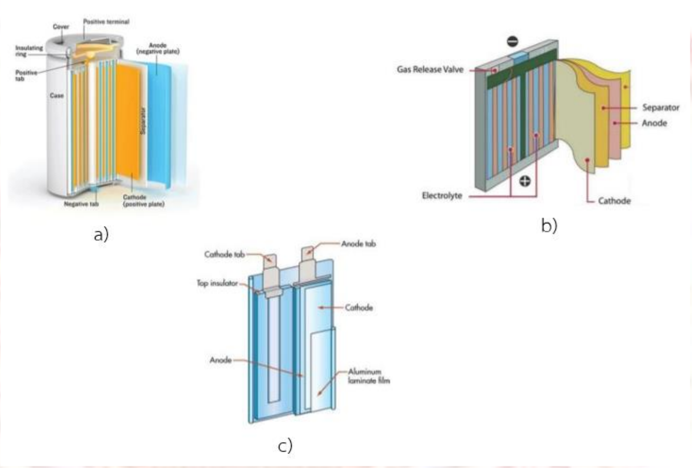
แบตเตอรี่ VRLA เป็นแบตเตอรี่ที่มีการควบคุมการระบายไอออน มีอายุการใช้งานยาวนานและไม่ต้องการการบำรุงรักษา ใช้ในระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน, ระบบสำรองไฟฟ้า, และอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก

ภาพที่ 2-5 โครงสร้างแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก [5]

2.3 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

โดยทั่วไป แบตเตอรี่ชนิดลิเธียม จะประกอบไปด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Cell) ที่ประกอบ ไปด้วยโครงสร้าง 3 ชั้น ที่ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุหุ้ม (Case) ดังแสดงในภาพที่ 2-6 โครงสร้างหลัก 3 ชั้น ประกอบไปด้วย แผ่น วัสดุแคโทด (อิเล็กโทรดขั้วบวก) แผ่นวัสดุแอโนด (อิเล็กโทรดขั้วลบ) อยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์หรือสารละลายเกลือของลิเธียม โดยมีแผ่นวัสดุเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาดเล็ก (Microporous Membrane) แยกขั้วทั้งสองออกจากกัน (Separator) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจร เซลล์ไฟฟ้าเคมีนี้ถูกประกอบเข้า ด้วยกันในกรอบโลหะ (Metal Case) หรือวัสดุห่อหุ้มอื่น เช่น พลาสติก ตารางที่ 2-1 อธิบายหน้าที่ และประเภทขององค์ประกอบ โดยแต่ละประเภทจะมีรูปแบบการจัดวางของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิด ของแบตเตอรี่ มีทั้งประเภทที่ประจุไฟใหม่ได้ (Rechargeable) และประจุไฟใหม่ไม่ได้ (Non-Rechargeable) ขั้วอิเล็กโทรดบวก หรือแคโทดจะประกอบไปด้วยสารจะประกอบไปด้วยสารประกอบลิเธียม ส่วนมากจะเป็นสารประกอบลิเธียมเมทัลออกไซด์ (Lithium-Metal-Oxide) เช่น ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์ และลิเธียมแมงกานีสออกไซด์ เป็นต้น สารประกอบลิเธียมชนิดอื่น ๆ เช่น ลิเธียมไอรอนฟอสเฟสและลิเธียมไททาเนต เป็นต้น ดังภาพที่ 2-7 ส่วนวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นขั้วแอโนด คือ คาร์บอนชนิดต่างๆ ได้แก่ แกรไฟต์ (Graphite) คาร์บอนแข็ง (Hard Carbon) หรือ แกรฟีน (Graphene) นอกจากนี้ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นสารประกอบของ เกลือของลิเธียม ซึ่งจะละลายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น Lithium Hexafluorophosphate (LiPF6) Lithium Perchlorate (LiClO4) และ Lithium Hexafluoro Arsenate (LiAsF6) เป็นต้น ดังตารางที่ 2-1

สรุปหน้าที่ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในแบตเตอรี่ลิเธียม ในส่วนของวัสดุหุ้มอาจทำ จากโลหะ เช่น อะลูมิเนียม เหล็กกล้าไร้สนิม หรือเป็นชั้นฟิล์มของอะลูมิเนียม-พลาสติก ส่วนแผ่นแยกหรือวัสดุเมมเบรน อาจทำมาจากโพลีโพรพิลีน หรือโพลีเอทิลีน เป็นต้น ดังภาพที่ 2-6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้าง ภายในของเซลล์แบตเตอรี่ชนิดแท่งกลม – Cylindrical แบตเตอรี่ชนิดแท่งเหลี่ยมที่มีวัสดุหุ้มแข็ง Prismatic Hard Case และแบตเตอรี่ชนิดพอนซ์เซลล์ Pouch Cell หรือแบบกระเป๋าเหลี่ยมและมีวัสดุหุ้มเป็น อะลูมิเนียมแผ่นฟอยล์ และพลาสติกซึ่งมีความยืดหยุ่นกว่าแบตเตอรี่ 2 ชนิดแรกจะมีแผ่นขั้วอิเล็กโทรดสลับกัน ไปม้วนแบบเจลลี่โรล (Jellyroll) ส่วนแบตเตอรี่แบบเพาช์เซลล์จะเป็นการประกบแผ่นวัสดุขั้วอิเล็กโทรดแบบ แซนวิช (Sandwich)



ภาพที่ 2-6 โครงสร้างแบตเตอรี่ลิเธียม a) แบบแท่งกลม b) แบบแท่งเหลี่ยม c) แบบเพาช์เซลล์ [6]

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

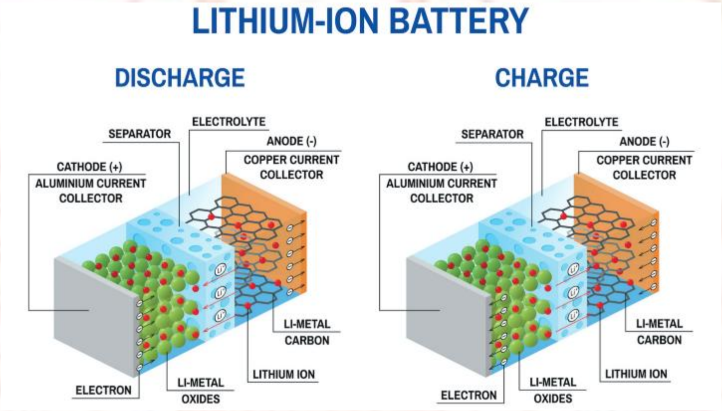
องค์ประกอบ	หน้าที่	วัสดุ
แคโทด	- ปล่อยอิออนของลิเธียมไปยังขั้วแอโนดระหว่างการคายประจุ - รับอิออนของลิเธียมระหว่างการประจุไฟฟ้าใหม่	ลิเธียมเมทัลออกไซด์/สารประกอบลิเธียม
แอโนด	- รับอิออนของลิเธียมจากแคโทดระหว่างการคายประจุ - ปล่อยอิออนของลิเธียมระหว่างการประจุไฟฟ้าใหม่	แกรไฟต์สารละลาย/คาร์บอน/กราฟีน
อิเล็กโทรไลต์	- เป็นตัวกลางให้อิออนของลิเธียมเคลื่นอที่ผ่านระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด	เกลือของลิเธียม/สารละลลายอินทรีย์
แผ่นแยก	- ป้องกันการลัดวงจรระหว่างขั้วแคโทดและขั้วแอโนด - ให้อิออนของลิเธียมเคลื่อนที่ผ่านรูพรุนของตัวเนื้อวัสดุ	โพลี่โพรพิลีน/โพลี่เอทิลีน
ตัวเชื่อมต่อ	- เหนี่ยวนำอิเล็กตรอนไปยังแคโทดและจากแอโนด	ทองแดง/อะลูมิเนียม

แบตเตอรี่ลิเธียมมีหลักการทำงาน คือ ไอออนของลิเธียมจะเคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังแคโทด ระหว่างการคายประจุ (Discharge) ซึ่งทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า และจะเคลื่อนที่กลับในทางตรงข้ามเมื่อมีการ ประจุไฟใหม่ (Charging) ด้วยหลักการดังกล่าวจึงสามารถให้กระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ เคมีไฟฟ้าดังสมการแสดงด้านล่าง

Positive electrode $$LiCoO2 \underset{discharge}{\overset{charge}{\rightleftarrows}} Li_{1-x}+CoO_2 + xLi^+ + xe^- \qquad (2\text{-}5)$$

Negative electrode $$C + xLi^+ + xe^- \underset{discharge}{\overset{charge}{\rightleftarrows}} CL_{ix} \qquad (2\text{-}6)$$

Battery as a whole $$LiCoO2 \underset{discharge}{\overset{charge}{\rightleftarrows}} Li_{1-x} + CoO_2 + CLi_x \qquad (2\text{-}7)$$



ภาพที่ 2-7 องค์ประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมและหลักการทำงาน [7]

2.3.1 ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรระวังของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.3.1.1 ข้อดีของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.3.1.1.1 ความหนาแน่นพลังงานสูง (High Energy Density) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนมีความสามารถในการเก็บพลังงานในปริมาณมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักและขนาด ทำให้เหมาะสำหรับอุปกรณ์พกพาและรถยนต์ไฟฟ้า

2.3.1.1.2 การคายประจุต่ำ (Low Self-Discharge) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะคายประจุในอัตราที่ต่ำเมื่อไม่ได้ใช้งาน ทำให้สามารถเก็บประจุได้นานกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น

2.3.1.1.3 ไม่มีผลกระทบความจำ (No Memory Effect) สามารถชาร์จและใช้งานได้เต็มที่ทุกครั้งโดยไม่ต้องกังวลเรื่องผลกระทบความจำ (Memory Effect) ที่พบในแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (NiCd)

2.3.1.1.4 อายุการใช้งานยาวนาน (Long Cycle Life) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนสามารถชาร์จและใช้งานได้หลายรอบ (Cycles) โดยที่ประสิทธิภาพการเก็บพลังงานลดลงช้ากว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น

2.3.1.1.5 การบำรุงรักษาต่ำ (Low Maintenance) ไม่ต้องการการบำรุงรักษาเฉพาะทางบ่อย ๆ เหมือนกับแบตเตอรี่ชนิดอื่น เช่น การเติมน้ำกลั่นในแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮดราย (NiMH)

2.3.1.2 ข้อเสียของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.3.1.2.1 ความเสี่ยงจากการระเบิดและไฟไหม้ (Risk of Explosion and Fire) หากแบตเตอรี่เสียหายหรือถูกชาร์จผิดวิธี อาจเกิดการระเบิดหรือไฟไหม้ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่

2.3.1.2.2 ราคาแพง (High Cost) วัสดุและกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนมีค่าใช้จ่ายสูง ทำให้มีราคาสูงกว่าชนิดอื่น

2.3.1.2.3 อ่อนไหวต่ออุณหภูมิ (Temperature Sensitivity) การทำงานในอุณหภูมิสูงหรือต่ำมากอาจทำให้ประสิทธิภาพลดลงหรือเสียหายได้ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนควรถูกเก็บและใช้งานในอุณหภูมิที่เหมาะสม

2.3.1.2.4 การลดประสิทธิภาพตามอายุการใช้งาน (Degradation Over Time) แม้ว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะมีอายุการใช้งานยาวนาน แต่ประสิทธิภาพการเก็บพลังงานจะลดลงตามระยะเวลาการใช้งาน

2.3.1.3 ข้อควรระวังในการใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.3.1.3.1 หลีกเลี่ยงการชาร์จหรือใช้งานในอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป (Avoid Extreme Temperatures) การใช้งานในอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้นหรือเกิดความเสียหาย

2.3.1.3.2 หลีกเลี่ยงการชาร์จเกิน (Avoid Overcharging) การชาร์จเกินสามารถทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายและเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้หรือระเบิด ควรใช้เครื่องชาร์จที่มีมาตรฐานและถูกต้อง

2.3.1.3.3 ไม่ควรคายประจุจนหมด (Avoid Deep Discharge) การคายประจุจนหมดสามารถทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้น ควรหลีกเลี่ยงการใช้แบตเตอรี่จนหมดประจุทุกครั้ง

2.3.1.3.4 เก็บแบตเตอรี่ในที่แห้งและเย็น (Store in a Cool, Dry Place) การเก็บแบตเตอรี่ในสภาพแวดล้อมที่แห้งและเย็นจะช่วยยืดอายุการใช้งาน

2.3.1.3.5 ตรวจสอบแบตเตอรี่เป็นประจำ (Regular Inspection) ควรตรวจสอบแบตเตอรี่เป็นประจำเพื่อหาความเสียหายหรือการบวมของแบตเตอรี่ และหยุดใช้งานหากพบปัญหา

2.3.1.3.6 ใช้เครื่องชาร์จที่ถูกต้องและมีมาตรฐาน (Use Appropriate Chargers) การใช้เครื่องชาร์จที่ถูกต้องและมีมาตรฐานจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหาย

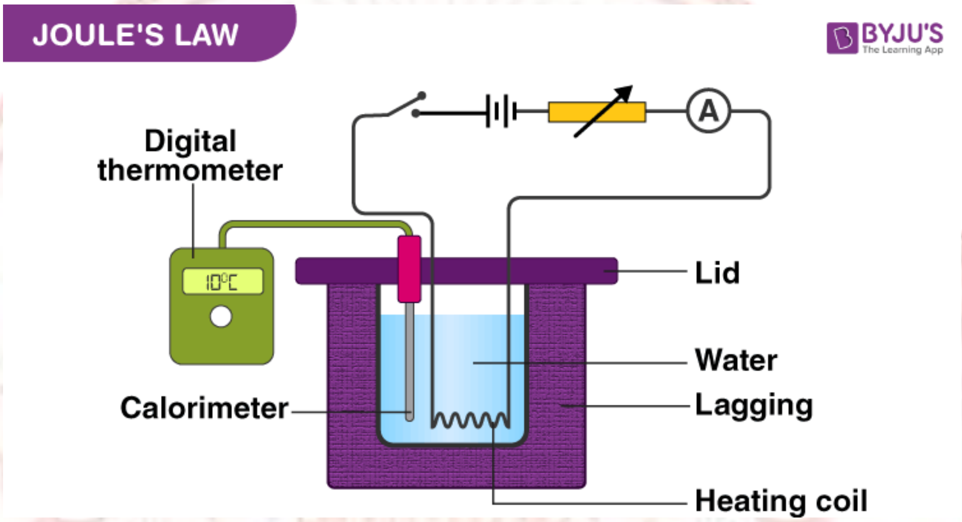
2.4 ปัจจัยการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนอาจเกิดความร้อนจากหลายปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของแบตเตอรี่ ปัจจัยหลัก ๆ ที่ทำให้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเกิดความร้อนมีดังหัวข้อต่อไปนี้

2.4.1 ปัจจัยการเกิดความร้อนของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.4.1.1 การชาร์จและคายประจุเร็ว (Fast Charging and Discharging) การชาร์จหรือคายประจุที่มีอัตราเร็วสูงเกินไปทำให้เกิดความร้อนสะสม เนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอออนลิเธียมและปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในอัตราที่สูง

2.4.1.2 ความต้านทานภายใน (Internal Resistance) ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ที่สูงสามารถทำให้เกิดความร้อนเมื่อมีการชาร์จหรือคายประจุ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานภายในทำให้เกิดความร้อนตามหลักการของจูล (Joule's Law) [8]



ภาพที่ 2-8 กฎของจูน [8]

2.4.1.3 การลัดวงจร (Short Circuit) การลัดวงจรภายในแบตเตอรี่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในปริมาณมากในช่วงเวลาสั้น ๆ ทำให้เกิดความร้อนสูงและอาจทำให้แบตเตอรี่ระเบิดหรือไฟไหม้

2.4.1.4 การชาร์จเกิน (Overcharging) การชาร์จแบตเตอรี่เกินความจุที่กำหนดทำให้เกิดความร้อนและสามารถทำให้เกิดการแตกตัวของอิเล็กโทรไลต์ภายในแบตเตอรี่ นำไปสู่ความเสียหายและอันตราย

2.4.1.5 การคายประจุจนหมด (Deep Discharge) การคายประจุจนหมดทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์แบตเตอรี่และเพิ่มความต้านทานภายใน ซึ่งทำให้เกิดความร้อนมากขึ้นในระหว่างการชาร์จและคายประจุ

2.4.1.6 การใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (High Temperature Environment) การใช้งานหรือเก็บแบตเตอรี่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงทำให้เกิดความร้อนสะสม เนื่องจากแบตเตอรี่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ทนทานต่ออุณหภูมิสูง

2.4.1.7 ปฏิกิริยาเคมีภายใน (Internal Chemical Reactions) ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการชาร์จและคายประจุทำให้เกิดความร้อน การเคลื่อนที่ของไอออนลิเธียมและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบตเตอรี่ที่ทำให้เกิดความร้อน

2.4.2 การจัดการและลดความร้อนในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.4.2.1 การควบคุมอัตราการชาร์จและคายประจุ (Control Charging and Discharging Rates) ใช้การชาร์จและคายประจุในอัตราที่เหมาะสมเพื่อลดความร้อนสะสม

2.4.2.2 การระบายความร้อน (Heat Dissipation) การออกแบบระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพ เช่น การใช้วัสดุนำความร้อนและพัดลมระบายความร้อน

2.4.2.3 การตรวจสอบความต้านทานภายใน (Monitoring Internal Resistance) การตรวจสอบและบำรุงรักษาแบตเตอรี่เพื่อให้ความต้านทานภายในอยู่ในระดับต่ำ

2.4.2.4 การป้องกันการลัดวงจร (Short Circuit Protection) ใช้ระบบป้องกันการลัดวงจรและการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าเพื่อป้องกันการเกิดความร้อนสูง

2.4.2.5 การใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Suitable Environment) หลีกเลี่ยงการใช้งานหรือเก็บแบตเตอรี่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง

การจัดการและลดความร้อนในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้งาน

2.5 ค่า SOC, DOD ของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

SOC (State of Charge) และ DOD (Depth of Discharge) เป็นค่าวัดสำคัญที่ใช้ในการประเมินสถานะและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยทั่วไปอายุการใช้งานที่ถือว่าสิ้นสุดของแบตเตอรี่ลิเธียม-ไอออน หมายถึง ค่าความจุของแบตเตอรี่ลดลง 20% ถึง 30% ของค่าความจุเริ่มต้น ซึ่งอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียม-ไอออนขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยนี้

2.5.1 SOC (State of Charge)

State of Charge (SOC) คือค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่เมื่อเปรียบเทียบกับความจุสูงสุด โดยปกติจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์

2.5.1.1 สูตรในการคำนวณ SOC สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SOC(\%) = \left(\frac{\text{ความจุปัจจุบัน}\ (Current\ Capacity)}{\text{ความจุสูงสุด}\ (Maximum\ Capacity)}\right)\ x\ 100 \qquad (2\text{-}5)$$

2.5.1.1 การใช้งาน SOC

2.5.1.1.1 ใช้ในการตรวจสอบระดับพลังงานที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่

2.5.1.1.2 ใช้ในการควบคุมและการจัดการพลังงานในระบบต่าง ๆ เช่น รถยนต์ไฟฟ้า สมาร์ทโฟน และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ

2.5.1.1.3 ใช้ในการประเมินอายุการใช้งานและการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่

2.5.2 DOD (Depth of Discharge)

Depth of Discharge (DOD) คือค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณพลังงานที่ใช้ไปจากแบตเตอรี่เมื่อเปรียบเทียบกับความจุสูงสุด โดยปกติจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์

2.5.2.1 สูตรในการคำนวณ DOD สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$DOD(\%) = \left(\frac{\text{ความจุที่ใช้ไป } (Used\ Capacity)}{\text{ความจุสูงสุด } (Maximum\ Capacity)}\right) x\ 100 \quad (2\text{-}6)$$

2.5.1.2 การใช้งาน DOD

2.5.1.2.1 ใช้ในการวัดการใช้งานของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาหนึ่ง

2.5.1.2.2 ใช้ในการคาดการณ์อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ เนื่องจากการคายประจุเต็มรอบ (Full Cycle) จะทำให้อายุการใช้งานลดลง

2.5.1.2.3 ใช้ในการจัดการการชาร์จและการคายประจุเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

2.5.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.5.3.1 วงจรการชาร์จและการคายประจุ (Charging and Discharging Cycles)

2.5.3.1.1 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนมีอายุการใช้งานที่วัดเป็นจำนวนรอบการชาร์จและการคายประจุ (Charge/Discharge Cycles) SOC และ DOD เป็นตัวบ่งชี้การใช้งานของแบตเตอรี่ในแต่ละรอบ

2.5.3.1.2 การคายประจุที่ DOD สูง (เช่น 80-100%) จะลดจำนวนรอบการชาร์จ/คายประจุที่แบตเตอรี่สามารถรับได้ โดยที่ DOD ต่ำ (เช่น 20-30%) จะช่วยยืดอายุการใช้งาน

2.5.3.2 ความจุที่เสื่อมลง (Capacity Fade)

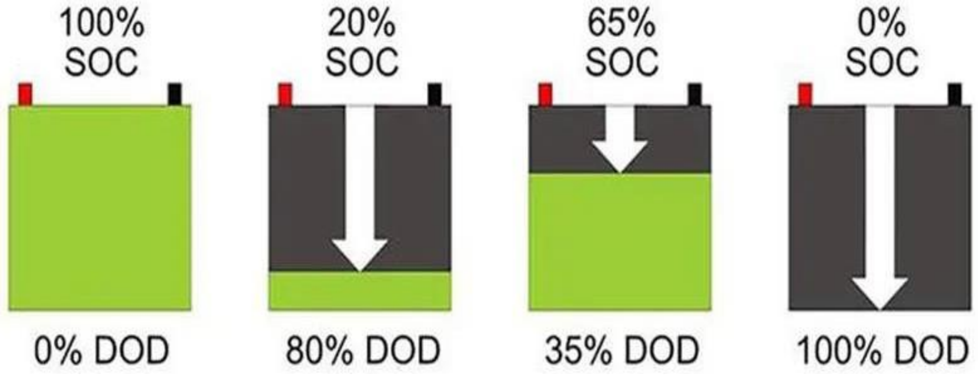
2.5.3.2.1 ความจุของแบตเตอรี่จะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากการเสื่อมสภาพทางเคมี SOC และ DOD สามารถใช้ในการติดตามการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ได้

2.5.3.2.2 การคายประจุเต็มรอบบ่อยครั้งจะเร่งการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่

2.5.3.3 การจัดการพลังงาน (Energy Management)

2.5.3.3.1 การจัดการ SOC และ DOD เป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลังงาน เช่นในรถยนต์ไฟฟ้า ระบบสำรองพลังงาน และอุปกรณ์พกพา

2.5.3.3.2 การควบคุม SOC และ DOD อย่างเหมาะสมช่วยป้องกันการชาร์จเกินและการคายประจุเกิน ซึ่งสามารถทำให้แบตเตอรี่เสียหาย



ภาพที่ 2-9 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง SOC และ DOD [9]

2.6 กระแส ความต้านทาน และแรงดันแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.6.1 กระแสไฟฟ้า (Current)

กระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเป็นปริมาณของการไหลของประจุไฟฟ้าผ่านวงจร ซึ่งมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere, A) หรือมิลลิแอมแปร์ (Milliampere, mA)

2.6.1.1 กระแสชาร์จ (Charging Current) คือกระแสที่ไหลเข้าไปในแบตเตอรี่ระหว่างการชาร์จ

2.6.1.2 กระแสคายประจุ (Discharging Current) คือกระแสที่ไหลออกจากแบตเตอรี่เมื่อใช้งาน

2.6.1.3 C-rate เป็นการวัดอัตรากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถรับหรือส่งได้เมื่อเปรียบเทียบกับความจุของมัน เช่น 1C หมายถึงการชาร์จหรือคายประจุด้วยกระแสที่เท่ากับความจุของแบตเตอรี่ ถ้าแบตเตอรี่มีความจุ 2000 mAh, 1C จะเท่ากับ 2000 mA หรือ 2 A

2.6.2 ความต้านทานภายใน (Internal Resistance)

ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนคือความต้านทานที่ประจุไฟฟ้าต้องผ่านภายในแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm, Ω)

2.6.2.1 ผลของความต้านทานภายใน

2.6.2.1.1 ความต้านทานภายในสูงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในรูปแบบของความร้อน

2.6.2.1.2 ส่งผลให้แรงดันที่เอาต์พุตลดลงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านวงจร

2.6.2.1.3 เพิ่มความร้อนสะสมภายในแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้น

2.6.3 แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนคือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt, V)

2.6.3.1 แรงดันที่กำหนด (Nominal Voltage) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนทั่วไปมีแรงดันที่กำหนดอยู่ที่ประมาณ 3.6-3.7 V ต่อเซลล์

2.6.3.2 แรงดันสูงสุด (Maximum Voltage) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะชาร์จได้ถึงแรงดันสูงสุดที่ประมาณ 4.2 V ต่อเซลล์

2.6.3.3 แรงดันต่ำสุด (Cut-off Voltage) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนไม่ควรคายประจุจนแรงดันต่ำกว่า 2.5-3.0 V ต่อเซลล์เพื่อป้องกันการเสียหาย

2.6.4 การใช้งานและผลกระทบ

2.6.4.1 การจัดการพลังงาน (Energy Management) การควบคุมกระแสชาร์จและคายประจุ, ความต้านทานภายใน, และแรงดันของแบตเตอรี่เป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

2.6.4.2 ความปลอดภัย (Safety) การป้องกันการชาร์จเกินและการคายประจุเกิน, การระบายความร้อน และการควบคุมแรงดันเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันการระเบิดหรือไฟไหม้ของแบตเตอรี่

2.7 ทฤษฎีการชาร์จและดิสชาร์จลิเธียมไอออน

ทฤษฎีการชาร์จและดิสชาร์จ (Charge and Discharge Theory) ของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของไอออนลิเธียม (Li+) ระหว่างขั้วบวก (Cathode) และขั้วลบ (Anode) ผ่านอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในทั้งสองทิศทางขึ้นอยู่กับว่ากำลังชาร์จหรือดิสชาร์จแบตเตอรี่

2.7.1 ทฤษฎีการชาร์จแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Charging Theory)

2.7.1.1 การชาร์จ (Charging) เมื่อแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนถูกชาร์จ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งเข้าสู่แบตเตอรี่ ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วลบ (Anode) และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วบวก (Cathode)

2.7.1.2 กระบวนการเคมี (Chemical Processes)

ขั้วลบ (Anode): ลิเธียมไอออน (Li+) ถูกแทรกเข้าไปในโครงสร้างของกราฟีน (Graphite) โดยปฏิกิริยาเคมีจะเป็น

$$C+Li^{+}+e^{-}\longrightarrow LiC_{6} \qquad (2\text{-}7)$$

ขั้วบวก (Cathode): ลิเธียมไอออนจะถูกดึงออกจากโครงสร้างของวัสดุ เช่น $LiCoO_2$ และจะปล่อยอิเล็กตรอน (e-) ผ่านวงจรภายนอก:

$$LiCoO_{2}\longrightarrow Li_{1-x}CoO_{2}+xLi^{+}+xe^{-} \qquad (2\text{-}8)$$

2.7.1.2 ขั้นตอนการชาร์จ (Charging Stages)

2.7.1.2.1 Constant Current (CC) Stage: ในขั้นตอนแรกของการชาร์จแบตเตอรี่จะถูกชาร์จด้วยกระแสคงที่จนกว่าแรงดันจะถึงค่าที่กำหนด (ประมาณ 4.2 V ต่อเซลล์)

2.7.1.2.2 Constant Voltage (CV) Stage: เมื่อแรงดันถึงค่าที่กำหนด กระแสจะถูกลดลงและแรงดันจะคงที่จนกระทั่งกระแสชาร์จลดลงถึงระดับที่ปลอดภัย

2.7.2 ทฤษฎีการดิสชาร์จแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Discharging Theory)

2.7.2.1 การดิสชาร์จ (Discharging) เมื่อแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนถูกใช้งาน (ดิสชาร์จ) ไฟฟ้าจะถูกส่งออกจากแบตเตอรี่ ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วลบและปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วบวก

2.7.2.2 กระบวนการเคมี (Chemical Processes)

ขั้วลบ (Anode): ลิเธียมไอออนจะถูกปล่อยออกจากโครงสร้างของกราฟีนและจะปล่อยอิเล็กตรอน

$$LiC_{6}\longrightarrow C+Li^{+}+e^{-} \qquad (2\text{-}9)$$

ขั้วบวก (Cathode): ลิเธียมไอออนจะถูกแทรกเข้าไปในโครงสร้างของวัสดุเช่น $LiCoO_2$

$$Li_{1-x}CoO_2+xLi^{+}+xe^{-}\longrightarrow LiCoO_2 \quad (2\text{-}10)$$

2.7.2.3 ขั้นตอนการดิสชาร์จ (Discharging Stages)

2.7.2.3.1 ในขั้นตอนการดิสชาร์จ กระแสจะถูกดึงออกจากแบตเตอรี่โดยที่แรงดันจะลดลงตามระยะเวลาการใช้งาน จนกระทั่งแรงดันถึงค่าต่ำสุดที่กำหนด (ประมาณ 2.5-3.0 V ต่อเซลล์)

2.8 ความร้อนที่เกิดจากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

ความร้อนที่เกิดจากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium-Ion Battery) เป็นปัญหาที่สำคัญและมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของแบตเตอรี่ ความร้อนนี้สามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ปฏิกิริยาเคมีภายใน, การชาร์จและการคายประจุ, และการลัดวงจร

2.8.1 สาเหตุของความร้อนในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.8.1.1 ปฏิกิริยาเคมีภายใน (Internal Chemical Reactions) ในระหว่างการชาร์จและการคายประจุ แบตเตอรี่จะมีการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ ปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถสร้างความร้อนขึ้นมาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการชาร์จหรือคายประจุอย่างรวดเร็ว

2.8.1.2 ความต้านทานภายใน (Internal Resistance) ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่จะทำให้เกิดความร้อนเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ความต้านทานภายในอาจเพิ่มขึ้นเมื่อแบตเตอรี่เสื่อมสภาพหรือมีการใช้งานหนัก

2.8.1.3 การลัดวงจร (Short Circuit)การลัดวงจรภายในแบตเตอรี่เกิดจากการที่ขั้วบวกและขั้วลบสัมผัสกันโดยตรง ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสูงและความร้อนขึ้นมาก ซึ่งอาจทำให้แบตเตอรี่เกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้

2.8.1.4 การชาร์จและคายประจุอย่างรวดเร็ว (Rapid Charging and Discharging) จะทำให้เกิดความร้อนมากกว่าการชาร์จหรือคายประจุอย่างช้า ๆ

2.8.2 ผลกระทบของความร้อนในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.8.2.1 การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ (Battery Degradation) ความร้อนสามารถเร่งการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานสั้นลง ความร้อนยังสามารถทำลายโครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ ทำให้เกิดปัญหาทางเคมีและไฟฟ้า

2.8.2.2 ความเสี่ยงต่อความปลอดภัย (Safety Risks) ความร้อนที่สูงเกินไปสามารถทำให้เกิดการลุกไหม้หรือระเบิด ซึ่งเป็นปัญหาที่อันตรายอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกรณีที่แบตเตอรี่ถูกใช้งานในอุปกรณ์ที่มีการระบายความร้อนไม่เพียงพอ

2.8.2.3 ลดประสิทธิภาพการทำงาน (Reduced Performance) ความร้อนสูงสามารถลดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ทำให้ความจุไฟฟ้าลดลงและแบตเตอรี่ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างเต็มที่

2.8.3 การจัดการความร้อนในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

2.8.3.1 การระบายความร้อน (Thermal Management) การออกแบบระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพ เช่น การใช้วัสดุที่นำความร้อนได้ดี, การใช้พัดลมหรือระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว

2.8.3.2 การควบคุมการชาร์จและคายประจุ (Charge and Discharge Control) การควบคุมกระแสไฟฟ้าในการชาร์จและคายประจุเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนมากเกินไป รวมถึงการใช้เทคโนโลยีการชาร์จแบบช้า ๆ

2.8.3.3 การตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Monitoring and Control) การใช้เซ็นเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิและระบบควบคุมเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป

2.8.3.4 การออกแบบแบตเตอรี่ที่ทนทานต่อความร้อน (Heat-Resistant Battery Design) การพัฒนาแบตเตอรี่ที่มีความทนทานต่อความร้อนและมีความสามารถในการจัดการความร้อนที่ดี

ความร้อนที่เกิดจากแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเป็นปัญหาที่สำคัญที่ต้องการการจัดการและการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อรักษาความปลอดภัยและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ในระยะยาว

2.9 ผลกระทบของแบตเตอรี่เนื่องจากอุณหภูมิ

อุณหภูมิส่งผลกระทบอย่างมากต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ทุกประเภท รวมถึงแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนและแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ผลกระทบนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากอุณหภูมิสูงและต่ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.9.1 ผลกระทบของอุณหภูมิสูง

2.9.1.1 การเสื่อมสภาพเร็วขึ้น (Accelerated Degradation)

2.9.1.1.1 อุณหภูมิสูงทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่เกิดเร็วขึ้น ซึ่งอาจเร่งการเสื่อมสภาพของวัสดุและสารเคมีภายในแบตเตอรี่

2.9.1.1.2 เพิ่มการเกิดปฏิกิริยาของอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจทำให้แบตเตอรี่สูญเสียความจุและประสิทธิภาพอย่างรวดเร็ว

2.9.1.2 ความเสี่ยงต่อความปลอดภัย (Safety Risks)

2.9.1.2.1 อุณหภูมิสูงสามารถทำให้แบตเตอรี่เกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการชาร์จหรือคายประจุในอุณหภูมิสูง

2.9.1.3 ลดประสิทธิภาพการทำงาน (Reduced Performance)

2.9.1.3.1 อุณหภูมิสูงสามารถทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่ลดลง เช่น ลดความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าและความจุไฟฟ้า

2.9.1.4 ความเสียหายทางกายภาพ (Physical Damage)

2.9.1.4.1 วัสดุภายในแบตเตอรี่อาจเสียหายจากการขยายตัวของวัสดุเมื่ออุณหภูมิสูง ซึ่งอาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายทางกายภาพ

2.9.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่ำ

2.9.2.1 ประสิทธิภาพการทำงานลดลง (Reduced Performance)

2.9.2.1.1 อุณหภูมิต่ำทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ช้าลง ส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าลดลงและความจุไฟฟ้าลดลง

2.9.2.1.2 อิเล็กโทรไลต์อาจกลายเป็นของแข็งหรือมีความหนืดสูง ทำให้การเคลื่อนที่ของไอออนช้าลงและลดประสิทธิภาพการทำงาน

2.9.2.2 การชาร์จช้าลง (Slower Charging)

2.9.2.2.1 อุณหภูมิต่ำทำให้การชาร์จแบตเตอรี่ช้าลงและมีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากอิเล็กโทรไลต์มีความต้านทานสูงขึ้น

2.9.2.3 ความเสียหายจากการชาร์จในอุณหภูมิต่ำ (Damage from Charging at Low Temperatures)

2.9.2.3.1 การชาร์จแบตเตอรี่ในอุณหภูมิต่ำมากอาจทำให้เกิดการสะสมของลิเธียมที่ขั้วลบ (Lithium Plating) ซึ่งอาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายและเกิดความไม่ปลอดภัย

2.9.3 การจัดการผลกระทบจากอุณหภูมิ

2.9.3.1 ระบบระบายความร้อน (Cooling Systems) การใช้ระบบระบายความร้อน เช่น พัดลม, ฮีตซิงค์, หรือระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว เพื่อควบคุมอุณหภูมิของแบตเตอรี่ให้เหมาะสม

2.9.3.2 การควบคุมการชาร์จและคายประจุ (Charge and Discharge Control) การควบคุมกระแสไฟฟ้าในการชาร์จและคายประจุ เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนสูงและการเสียหายของแบตเตอรี่ในอุณหภูมิต่ำ

2.9.3.3 การตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Monitoring and Control) การใช้เซ็นเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิและระบบควบคุมอุณหภูมิ เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป

2.9.3.4 การออกแบบแบตเตอรี่ให้เหมาะสม (Battery Design) การออกแบบแบตเตอรี่ให้มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงและต่ำ เช่น การใช้วัสดุที่ทนทานและการปรับปรุงโครงสร้างภายในแบตเตอรี่

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทำงานและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การจัดการและควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการรักษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของแบตเตอรี่

2.10 เทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดยหลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลอาศัยปรากฏการณ์ซีเบ็ค (Seebeck Effect) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเชื่อมต่อโลหะสองชนิดที่ต่างกันเข้าด้วยกันและมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างจุดเชื่อมต่อสองจุด ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็กในวงจร

2.10.1 หลักการทำงาน

เมื่อโลหะสองชนิดที่แตกต่างกันถูกเชื่อมต่อกันที่ปลายหนึ่ง (เรียกว่า จุดเชื่อมร้อนหรือ Hot Junction) และปลายอื่นๆ ถูกเชื่อมต่อที่จุดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน (เรียกว่า จุดเชื่อมเย็นหรือ Cold Junction) จะเกิดแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็กที่เรียกว่า แรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Voltage) แรงดันนี้จะแปรผันตามอุณหภูมิและสามารถวัดได้เพื่อนำไปคำนวณอุณหภูมิที่ต้องการวัด

2.10.2 ประเภทของเทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมคัปเปิลมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำ ข้อกำหนด และช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้ โดยแต่ละประเภทมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ประเภทหลัก ๆ ได้แก่

2.10.2.1 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (Type K)

- วัสดุ: โครเมล (Chromel) และอลูเมล (Alumel)
- ช่วงอุณหภูมิ: -200°C ถึง 1,372°C
- ข้อดี: ราคาถูก ทนทาน และมีความเสถียร

2.10.2.2 เทอร์โมคัปเปิลชนิด J (Type J)

- วัสดุ: ไอร์ออน (Iron) และคอนสแตนทาน (Constantan)
- ช่วงอุณหภูมิ: -40°C ถึง 750°C
- ข้อดี: ราคาถูก แต่มีช่วงการวัดที่จำกัดและไม่ทนทานเท่าชนิด K

2.10.2.3 เทอร์โมคัปเปิลชนิด T (Type T)

- วัสดุ: คอปเปอร์ (Copper) และคอนสแตนทาน (Constantan)
- ช่วงอุณหภูมิ: -200°C ถึง 350°C
- ข้อดี: มีความแม่นยำสูงที่อุณหภูมิต่ำ

2.10.2.4 เทอร์โมคัปเปิลชนิด E (Type E)

- วัสดุ: โครเมล (Chromel) และคอนสแตนทาน (Constantan)
- ช่วงอุณหภูมิ: -200°C ถึง 900°C
- ข้อดี: มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าเทอร์โมคัปเปิลชนิดอื่น ๆ ที่อุณหภูมิต่ำ

2.10.2.5 เทอร์โมคัปเปิลชนิด S, R, B (Type S, R, B)

- วัสดุ: แพลทินัม (Platinum) และโรเดียม (Rhodium)
- ช่วงอุณหภูมิ: ประมาณ 0°C ถึง 1,700°C (ชนิด S), 0°C ถึง 1,760°C (ชนิด R), และ 0°C ถึง 1,820°C (ชนิด B)
- ข้อดี: ความแม่นยำสูง เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิสูง

2.10.3 ข้อดีของเทอร์โมคัปเปิล

2.10.3.1 สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วงกว้างมาก ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำถึงอุณหภูมิสูง

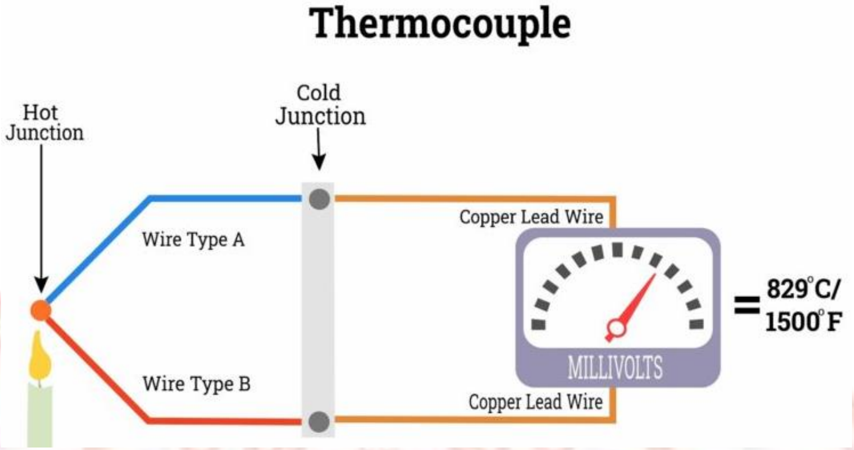
2.10.3.2 ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น การสั่นสะเทือนและการช็อก

2.10.3.3 ราคาถูกเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิอื่น ๆ

2.10.4 ข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิล

2.10.4.1 ความแม่นยำต่ำกว่าอาร์ทีดี (RTD) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอื่น ๆ ในบางช่วงอุณหภูมิ

2.10.4.2 ต้องการการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาความแม่นยำในการวัด



ภาพที่ 2-10 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล [10]

2.11 อุณหภูมิบรรยากาศภายในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ภูมิอากาศในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีลักษณะเป็นแบบร้อนชื้นหรือภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) ตามการแบ่งเขตภูมิอากาศแบบเคิพเพิน ในขณะที่ภาคใต้และทางตะวันออกสุดของภาคตะวันออกเป็นเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Am) ทั่วประเทศมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 19-38 องศาเซลเซียส อากาศจะร้อนที่สุดช่วงกลางเดือนเมษายน หลังจากนั้น ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ประเทศไทยเข้าสู่ฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ พื้นที่ทั้งประเทศได้รับปริมาณฝนอย่างเพียงพอ ยกเว้นบางพื้นที่เท่านั้น แต่ระยะเวลาของฤดูฝนและปริมาณฝนมีความแตกต่างกันไปตามภูมิภาคและระดับความสูง

2.11.1 อุณหภูมิในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน สภาวะอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล พื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินบริเวณตั้งแต่ภาคกลาง และภาคตะวันออกตอนบนขึ้นไปจนถึงภาคเหนือจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวและระหว่างกลางวันกับกลางคืน โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่าย ปกติจะสูงถึงเกือบ 40 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบปี ส่วนฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้ามืดจะลดลงอยู่ในเกณฑ์หนาวถึงหนาวจัด โดยเฉพาะเดือนธันวาคมถึงมกราคมเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวมากที่สุดในรอบปี ซึ่งในช่วงดังกล่าวอุณหภูมิอาจลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นเทือกเขาหรือบนยอดเขาสูง สำหรับพื้นที่ซึ่งอยู่ติดทะเลได้แก่ภาคตะวันออกตอนล่าง และภาคใต้ความผันแปรของอุณหภูมิในช่วงวันและฤดูกาลจะน้อยกว่า โดยฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัดและฤดูหนาวอากาศไม่หนาวจัดเท่าพื้นที่ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน

อุณหภูมิ

ภาค	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว	ร้อน	ฝน	หนาว
	อุณหภูมิ			สูงสุด			ต่ำสุด		
เหนือ	28.0	27.3	23.1	35.8	32.2	30.8	21.4	23.7	17.1
อีสาน	28.5	27.7	23.9	35.0	32.3	30.3	23.0	24.2	18.3
กลาง	29.6	28.3	26.1	35.5	32.8	31.7	24.6	24.8	21.1
ตะวันออก	28.9	28.1	26.4	33.9	32.1	31.7	25.0	25.0	21.8
อ่าวไทย	28.1	27.7	26.3	32.8	32.1	29.9	23.2	23.7	22.0
อันดามัน	28.3	27.4	26.8	34.0	31.4	31.9	23.7	24.1	22.9
30 ปี 2514-2543									

ภาพที่ 2-11 สถิติอุณหภูมิตามฤดูกาลของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย [11]

2.11.2 ฤดูกาลในแต่ละภาคของประเทศไทย

ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้น โดยแบ่งออกเป็นสามฤดูหลัก ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว อุณหภูมิบรรยากาศจะแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นภูมิภาคหลัก ๆ ดังนี้

2.11.2.1 ภาคเหนือ

2.11.2.1.1 ฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 30-40°C

2.11.2.1.2 ฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.1.3 ฤดูหนาว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 20-30°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 10-15°C โดยในบางพื้นที่เช่นเชียงรายและเชียงใหม่ อุณหภูมิอาจต่ำถึง 0°C หรือต่ำกว่านั้นในช่วงเวลากลางคืน

2.11.2.2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.11.2.2.1 ฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 30-40°C

2.11.2.2.2 ฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.2.3 ฤดูหนาว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 20-30°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 10-15°C โดยในบางพื้นที่เช่นนครพนมและหนองคาย อุณหภูมิอาจต่ำถึง 5°C หรือต่ำกว่านั้นในช่วงเวลากลางคืน

2.11.2.3 ภาคกลาง

2.11.2.3.1 ฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 30-40°C

2.11.2.3.2 ฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.3.3 ฤดูหนาว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 15-20°C

2.11.2.4 ภาคตะวันออก

2.11.2.4.1 ฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 30-40°C

2.11.2.4.2 ฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.4.3 ฤดูหนาว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 15-20°C

2.11.2.5 ภาคใต้

2.11.2.5.1 ฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 30-35°C

2.11.2.5.2 ฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-30°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.5.3 ฤดูหนาว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-30°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.6 กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

2.11.2.6.1 ฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 30-40°C

2.11.2.6.2 ฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-30°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20-25°C

2.11.2.6.3 ฤดูหนาว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25-35°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 15-20°C

2.11.3 ข้อควรทราบ

2.11.3.1 ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในช่วงฤดูหนาว โดยบางพื้นที่อาจมีน้ำค้างแข็งในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำมาก

2.11.3.2 ภาคใต้มีฝนตกตลอดทั้งปีเนื่องจากอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรและได้รับผลกระทบจากลมมรสุม

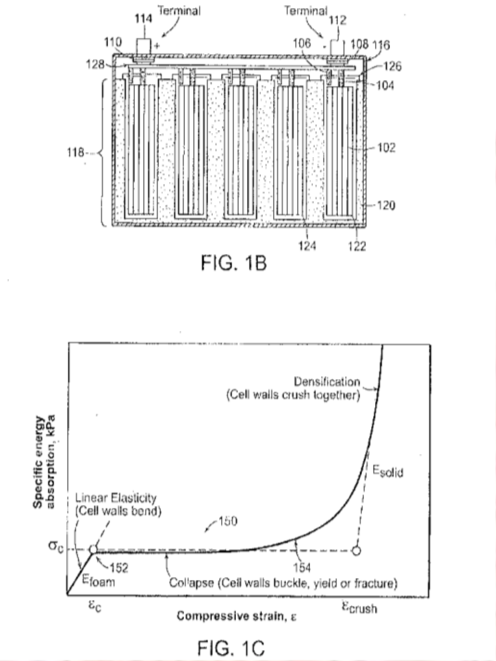
2.11.3.3 กรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีอุณหภูมิสูงและชื้นตลอดปี แต่มีฝนตกมากในช่วงฤดูฝน

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมีผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ ดังนั้นการรู้จักลักษณะอุณหภูมิของแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญ

2.12 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

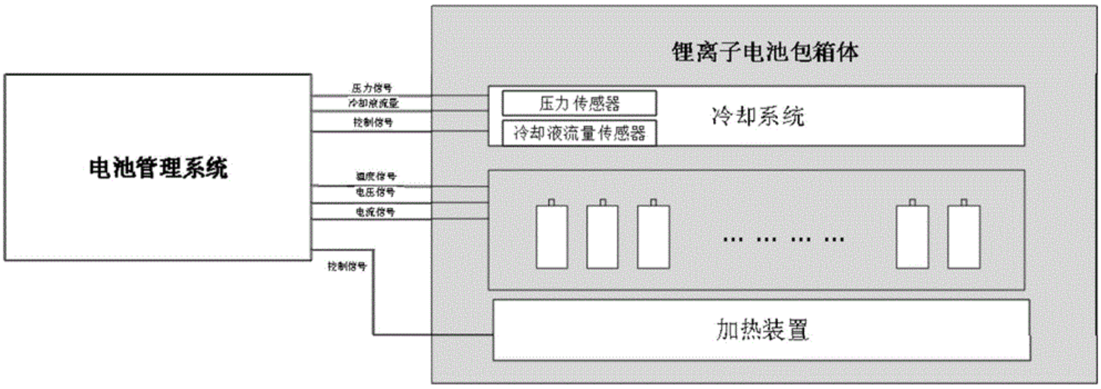
การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาสิทธิบัตร อนุสิทธิบัตรภายในประเทศและนานาชาติ เอกสารและงานวิจัย การศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อน ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.12.1 สิทธิบัตร Lithium Ion Battery With Thermal Runaway Protection โดยมีผู้ประดิษฐ์และออกแบบคือ Tord Per Jens Onnerud หมายเลขการตีพิมพ์ US20170214103A1 วันที่ตีพิมพ์ 21 พฤษภาคม 2015



ภาพที่ 2-12 สิทธิบัตร Lithium Ion Battery With Thermal Runaway Protection : US20170214103A1 [12]

2.12.2 สิทธิบัตร Lithium ion battery temperature management system โดยมีผู้ประดิษฐ์และออกแบบคือ **史晨欣** หมายเลขการตีพิมพ์ CN110931896A วันที่ตีพิมพ์ 28 พฤศจิกายน 2019



ภาพที่ 2-13 สิทธิบัตร Lithium ion battery temperature management system : CN110931896A [13]

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณฐพล บุญไสย์ และคณะ (2565) ได้ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมความร้อน, อุณหภูมิ, และประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนภายใต้สภาวะอุณหภูมิแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง ผลการวิจัยพบว่า เมื่อทำการอัดประจุของแบตเตอรี่ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการอัดประจุของแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิสูงจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น รวมถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่มากขึ้นซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพพลังงานของแบตเตอรี่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงขึ้นตามลำดับ ดังนั้นแบตเตอรี่ที่อยู่ในอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง จึงสามารถอัดประจุของแบตเตอรี่เต็มได้เร็วและมีประสิทธิภาพพลังงานของแบตเตอรี่มากกว่าแบตเตอรี่ที่อยู่ในอถณหภูมิสภาพแวดล้อมต่ำ

ภาคภูมิ และ ไพศาล (พ.ศ.2564) ทดลองเกี่ยวกับการการระบายความร้อนให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ของไหลเฟอร์โร (Ferrofluid) เป็นของไหลหล่อเย็น จากการทดลอง พบว่าของไหลเฟอร์โรที่ความเข้มข้น 0.015% เมื่อเปรียบเทียบกับของเหลวชนิดอื่น ประสิทธิภาพการถ่ายเทความมากกว่าของไหลชนิดอื่น 20-30%

นันทรัตน์ (2556) การศึกษาประสิทธิภาพทางไฟฟ้าเคมีแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่ใช้ลิเธียมไอรอนฟลูออโรฟอสเฟตเป็นขั้วแคโทด โดยสังเคราะห์ผง LiFePO_4 F ด้วยวิธี Solid-State แล้วนำมาผ่านกระบวนการทางความร้อน จากนั้นนำไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของผงอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด นำผงไปขึ้นรูปเป็นขั้วแคโทดและประกอบเซลล์แบตเตอรี่ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่ด้วยเครื่อง Charge-Discharge โดยผลที่ได้พบว่าการสังเคราะห์ผง LiFePO_4 F ด้วยวิธี Solid-state มีโครงสร้างผลึกแบบ Triclinic P1 และลักษณะโครงสร้างเป็นแบบ Tavorite ที่มีขนาดของอนุภาคในระดับนาโนเมตรเฉลี่ยประมาณ 700 นาโนเมตร โดยโครงสร้างภายในผลึกของแบตเตอรี่ที่ผ่านการชาร์จและดิสชาร์จเป็นจำนวน 30 รอบ จะมีระนาบผลึกที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะส่งผลโดยตรงต่อ Capacity loss ที่เกิดขึ้นในตอนชาร์จ เนื่องจากลิเธียมไอออนมีการเคลื่อนที่ออกจากโครงสร้างขั้วแคโทด อย่างรวดเร็วจำทำให้ระนาบผลึกมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ขนาดของอนุภาค จนาดของผลึกและปริมาตรหน่วยเซลล์ เปลี่ยนแปลงไปด้วยและจะส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยตรง ซึ่งแบตเตอรี่ที่ผ่านการทดสอบการชาร์จแบบใช้กระแสคงที่ที่อัตราการชาร์จ 0.5C และ 2C จะมีความจุแบตเตอรี่ในตอนชาร์จครั้งแรกที่ 129 mAh/g และ 102 mAh/g เมื่อผ่านการทดสอบเป็นจำนวน 30 รอบพบว่าเหลือความจุแบตเตอรี่ 114 mAh/g และ 63 mAh/g หรือเหลือความจุเพียง 88 เปอร์เซ็นต์ และ 61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สราวุฒิ และคณะ (2564) ได้ศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ด้วยโมดูลการทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กตริกร่วมกับการใช้ของไหลเฟอร์โรเป็นของไหลหล่อเย็น ในการออกแบบการทดลองจะศึกษาตัวแปรตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน ได้แก่ ใช้น้ำและของไหลเฟอร์โรเป็นของไหล หล่อเย็น อัตราการไหลของของไหลหล่อเย็น ความเข้มข้นของอนุภาคเฟอร์โรต่อน้ำที่อัตราส่วน 0.005% และ 0.015% โดยปริมาตร เพื่อออกแบบและทำนายคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของของไหลและเพื่อหาลักษณะการไหลที่ เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตของไหลหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อน ส่วนภาระ

ทางด้านร้อนจะเป็นชุดแบตเตอรี่ที่ใช้เซลล์ แบตเตอรี่ทรงกลมชนิด 18650 ขนาดแรงดัน 3.7 – 4.2 โวลต์และ ความจุขนาด 3.4 แอมป์ต่อชั่วโมง จะต่อเขาด้วยกัน แบบอนุกรมและขนาน โดยต่อแบบอนุกรม 6 ก้อนและต่อแบบขนาน 10 แพค เพื่อให้ได้แรงดันระหว่าง 22.2 – 25.2 โวลต์ ที่ความจุ 34,000 แอมป์ต่อชั่วโมง จากการทดลองพบว่า ของไหลเฟอร์โรที่ความเข้มข้น 0.015% เป็นของไหลหล่อ เย็นประสิทธิภาพการถ่ายเทความมากกว่าของไหลเฟอร์โรความเข้มข้น 0.005% และน้ำ ประมาณ 20% และ 30% ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองดังกล่าวนี้จะสามารถผลิตน้ำเย็นก่อนไหลเข้าสู่ชุดแบตเตอรี่ จากผลการทดลองนี้ สามารถนำไปใช้พัฒนาระบบระบายความร้อนให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าได้ในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อนภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน โดยทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยจะมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

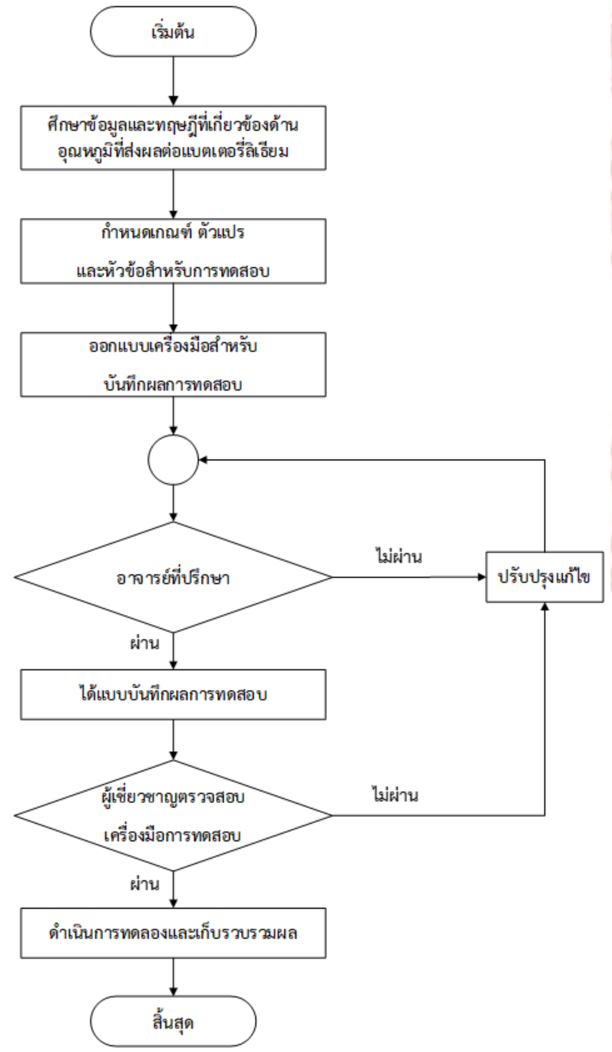
3.1 ศึกษาข้อมูล ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.2 การออกแบบหลักการการศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 ดำเนินการทดลอง และเก็บผล

3.1 ศึกษาข้อมูล ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 3-1 แผนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อเตรียมทำการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเรื่องแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย

จากการศึกษาพบว่า ประเทศไทยในฐานะประเทศที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในหลายภาคส่วน ทั้งการคมนาคม การเกษตร และเทคโนโลยีต่าง ๆ การใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทยจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมและสนับสนุนการเติบโตดังกล่าว ซึ่งแบตเตอรี่ลิเธียมได้รับการยอมรับในวงกว้างว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงในการจัดเก็บพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1.1 การใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า (EVs) : หนึ่งในการใช้งานที่โดดเด่นของแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทยคือในยานยนต์ไฟฟ้า การส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าของรัฐบาลไทยได้ถูกผลักดันอย่างต่อเนื่อง ผ่านนโยบายต่าง ๆ เช่น การสนับสนุนด้านภาษีและการให้สิทธิประโยชน์ทางการเงินแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค การใช้แบตเตอรี่ลิเธียมในรถยนต์ไฟฟ้าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บพลังงาน ทำให้รถยนต์สามารถวิ่งได้ไกลขึ้นและมีความปลอดภัยสูงขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียมมีความสามารถในการเก็บพลังงานที่มีความหนาแน่นสูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

3.1.1.2 การจัดเก็บพลังงานในระบบพลังงานหมุนเวียน : การใช้แบตเตอรี่ลิเธียมในระบบจัดเก็บพลังงาน (Energy Storage Systems - ESS) เพื่อรองรับการผลิตและการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์และลม ในประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงในการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์และลม การใช้แบตเตอรี่ลิเธียมช่วยในการเก็บพลังงานส่วนเกินที่ผลิตได้ในช่วงเวลาที่มีแสงแดดหรือมีลมแรง แล้วปล่อยพลังงานออกมาใช้ในช่วงเวลาที่ไม่มีการผลิตพลังงานหมุนเวียน ซึ่งช่วยเพิ่มความเสถียรให้กับระบบไฟฟ้าและลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล

3.1.1.3 การใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพา : อีกหนึ่งการใช้ที่เห็นได้ชัดในประเทศไทยคือในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพา เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพาอื่น ๆ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนได้รับความนิยมสูงเนื่องจากมีความหนาแน่นของพลังงานสูง น้ำหนักเบา และมีอายุการใช้งานยาวนาน ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถใช้งานอุปกรณ์ได้นานขึ้นโดยไม่ต้องชาร์จบ่อยครั้ง

3.1.1.4 การใช้ในระบบแบตเตอรี่เพื่อการสำรองพลังงาน : ในด้านการสำรองพลังงานและการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม เช่น การใช้แบตเตอรี่ลิเธียมเพื่อสำรองไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้งานในกรณีฉุกเฉิน ซึ่งช่วยให้โรงงานสามารถดำเนินการผลิตได้อย่างต่อเนื่องแม้ในช่วงที่ไฟฟ้าดับ นอกจากนี้ การใช้แบตเตอรี่ลิเธียมยังช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้าโดยการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่ค่าไฟฟ้าต่ำ

แบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทยได้ถูกนำมาใช้ในหลายภาคส่วนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน การใช้งานที่หลากหลายทั้งในยานยนต์ไฟฟ้า ระบบจัดเก็บพลังงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และการสำรองพลังงาน ช่วยให้ประเทศไทยสามารถก้าวสู่การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนและการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย การศึกษาและการพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในอนาคต.

3.1.2 ศึกษาข้อมูลภูมิอากาศพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศไทยที่มีผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียม

จากการศึกษาพบว่า ประเทศไทยมีภูมิอากาศที่หลากหลายและแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาค ซึ่งภูมิอากาศเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของภูมิอากาศต่อแบตเตอรี่ลิเธียมจึงเป็นเรื่องสำคัญในการพัฒนาและการใช้งานแบตเตอรี่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในประเทศไทย ซึ่งแต่ละภูมิภาคมีผลกระทบต่อแบตเตอรี่ลิเธียมดังนี้

3.1.2.1 ภาคเหนือ : ภาคเหนือของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้นมีสามฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ในฤดูหนาว อุณหภูมิสามารถลดต่ำลงได้มาก โดยเฉพาะในพื้นที่ภูเขา เช่น เชียงใหม่และเชียงราย ซึ่งอุณหภูมิอาจต่ำถึง 0°C หรือต่ำกว่าในบางครั้ง การที่อุณหภูมิต่ำขนาดนี้อาจมีผลทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมลดลง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถทำให้ความจุของแบตเตอรี่ลดลงและอัตราการคายประจุเร็วขึ้น นอกจากนี้ การชาร์จแบตเตอรี่ในสภาพอุณหภูมิต่ำมากอาจทำให้เกิดปัญหาการชาร์จไม่เต็มและการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ได้

3.1.2.2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา มีฤดูร้อนที่ร้อนจัดและแห้งแล้ง ฤดูฝนที่มีฝนตกหนัก และฤดูหนาวที่เย็นสบาย อุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนสามารถสูงถึง 40°C ซึ่งอุณหภูมิสูงเช่นนี้สามารถทำให้แบตเตอรี่ลิเธียมร้อนเกินไป การทำงานในสภาพแวดล้อมที่ร้อนจัดสามารถทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้น เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดปัญหาความร้อนสะสม (thermal runaway) และลดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังนั้นการจัดการความร้อนและการระบายความร้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมในภูมิภาคนี้

3.1.2.3 ภาคกลาง : ภาคกลางมีภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้นเช่นเดียวกับภาคเหนือ มีฤดูร้อนที่ร้อนจัด ฤดูฝนที่มีฝนตกชุก และฤดูหนาวที่เย็นสบาย แต่อุณหภูมิโดยทั่วไปจะไม่ต่ำมากเช่นภาคเหนือ ในฤดูร้อน อุณหภูมิสามารถสูงถึง 40°C หรือมากกว่า ซึ่งมีผลกระทบต่อแบตเตอรี่ลิเธียมเช่นเดียวกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครที่มีการใช้แบตเตอรี่ลิเธียมในยานยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การจัดการความร้อนและการใช้เทคโนโลยีการระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญในการเพิ่มอายุการใช้งานและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

3.1.2.4 ภาคตะวันออก : ภาคตะวันออกมีภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้นที่มีฝนตกชุกตลอดปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน การใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงอาจทำให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนและการเสื่อมสภาพของวัสดุในแบตเตอรี่ นอกจากนี้ การใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีฝนตกชุกอาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ดังนั้นการออกแบบและการเลือกวัสดุที่ทนทานต่อความชื้นและการกัดกร่อนจึงเป็นสิ่งสำคัญ

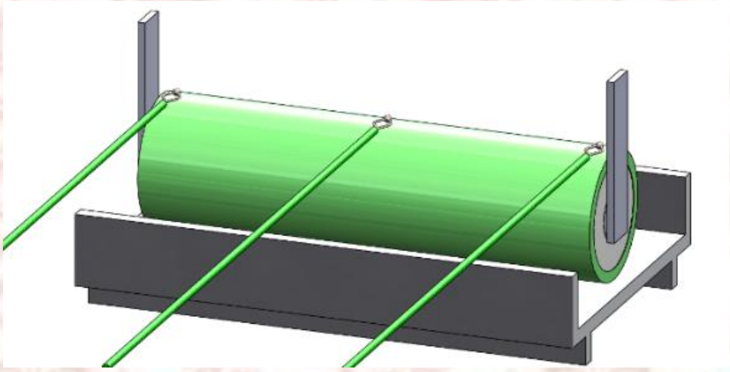
3.1.2.5 ภาคใต้ : ภาคใต้ของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน มีฝนตกตลอดปีและมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างคงที่ แต่เนื่องจากความชื้นสูงและฝนตกชุก การใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมในภาคใต้จึงต้องการการป้องกันการกัดกร่อนและการเสื่อมสภาพจากความชื้น นอกจากนี้ อุณหภูมิที่คงที่และไม่สูงเกินไปในภาคใต้สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดความร้อนสะสมในแบตเตอรี่ ทำให้การใช้งานแบตเตอรี่ลิเธียมในภาคใต้มีความเสถียรมากขึ้น

การศึกษาและเข้าใจผลกระทบของภูมิอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยต่อแบตเตอรี่ลิเธียมเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีและการใช้งานแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การจัดการความร้อน การป้องกันการกัดกร่อน และการเลือกวัสดุที่ทนทานต่อสภาพ

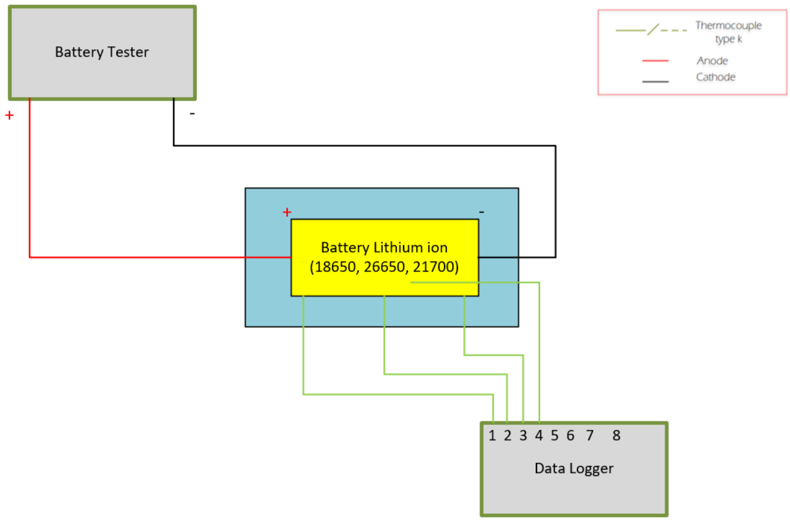
อากาศที่หลากหลายจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต.

3.2 การออกแบบหลักการการศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อน

ออกแบบหลักการทดลองขึ้นเพื่อต้องการหาค่าความร้อนของแบตเตอรี่ลิเทียมเพื่อทำการหาค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่เพื่อที่จะนำค่าความร้อนไปวิเคราะห์ผล โดยใช้แบตเตอรี่ลิเทียมจำนวน 3 โมเดล จากนั้นทำการทดสอบโดยเครื่อง Battery Tester เพื่อให้แบตเตอรี่เกิดความร้อนและใช้ตู้ควบคุมบรรยากาศในการทดลอง เพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นทำการวัดค่า โดยใช้ Thermocouple type K ทำการวัดจุดแต่ละจุดของแบตเตอรี่ เพื่อทำการพล๊อตกราฟ และ วิเคราะห์ว่าอุณหภูมิบรรยากาศส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทยได้อย่างไร



ภาพที่ 3-2 รูปแบบการติดตั้งสาย Thermocouple type K ที่ติดกับแบตเตอรี่



ภาพที่ 3-3 รูปแบบวงจรการทดลอง

โดย Thermocouple type K ที่ใช้จะติดวัดทั้งหมด 4 จุดดังนี้

หมายเลข 1 คือสายที่ต่อจาก Data Logger ไปติดกับ Battery lithium ion ด้านซ้าย

หมายเลข 2 คือสายที่ต่อจาก Data Logger ไปติดกับ Battery lithium ion ตรงกลาง

หมายเลข 3 คือสายที่ต่อจาก Data Logger ไปติดกับ Battery lithium ion ด้านขวา

หมายเลข 4 คือสายที่ต่อจาก Data Logger ไปติดกับภายในตู้ควบคุมบรรยากาศ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเรื่อง การศึกษาผลกระทบอุณหภูมิบรรยากาศที่ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดความร้อน ประกอบด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ ในการศึกษาโครงการดังต่อไปนี้

3.3.1 แบตเตอรี่ลิเธียม

แบตเตอรี่ชนิด Lithium-ion ใช้ในการทำสอบเพื่อหาค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการประจุไฟและการคายประจุ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบตเตอรี่ลิเธียมดังต่อไปนี้

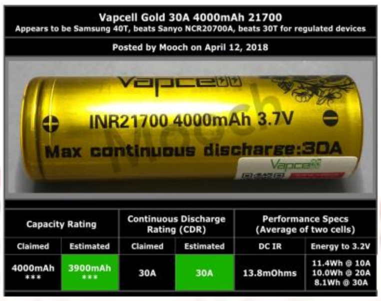
3.3.1.1 แบตเตอรี่ Lithium-ion 18650

ภาพที่ 3-4 แบตเตอรี่ Lithium-ion ยี่ห้อ Vapcell โมเดล 18650

3.3.1.1 แบตเตอรี่ Lithium-ion 26650

ภาพที่ 3-5 แบตเตอรี่ Lithium-ion ยี่ห้อ Vapcell โมเดล 26650

3.3.1.1 แบตเตอรี่ Lithium-ion 2170



ภาพที่ 3-6 แบตเตอรี่ Lithium-ion ยี่ห้อ Vapcell โมเดล 2170

3.3.2 ตู้ควบคุมบรรยากาศในการทดลอง (Environmental Chamber)

การใช้ตู้ควบคุมบรรยากาศสำหรับจำลองสภาพอากาศในประเทศไทยเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการทดสอบและพัฒนาแบตเตอรี่ลิเธียมให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย

ภาพที่ 3-7 ตู้ควบคุมบรรยากาศ (Environmental Chamber)

3.3.3 เครื่องวัดแบตเตอรี่ (Battery Tester)

เครื่องวัดแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและทดสอบประสิทธิภาพและสถานะของแบตเตอรี่ อุปกรณ์นี้สามารถวัดค่าต่าง ๆ เช่น แรงดันไฟฟ้า (Voltage), กระแสไฟฟ้า (Current), ความต้านทานภายใน (Internal Resistance), และความจุของแบตเตอรี่ (Capacity) การใช้แบตเตอรี่เทสเตอร์ช่วยให้สามารถประเมินสภาพและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ได้อย่างแม่นยำ และช่วยในการวินิจฉัยปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับแบตเตอรี่

ภาพที่ 3-8 เครื่องวัดแบตเตอรี่ (Battery Tester)

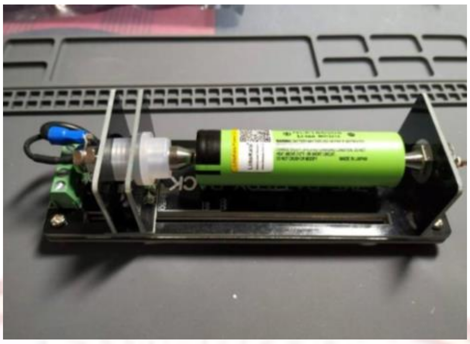
3.3.4 เครื่องบันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Data Logger)

การใช้เครื่องบันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Data Logger) ในการทดสอบแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทยเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินและพัฒนาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกช่วยให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของแบตเตอรี่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้อย่างละเอียด ช่วยสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียมให้มีความทนทานและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในประเทศไทย

ภาพที่ 3-9 เครื่องบันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Data Logger)

3.3.5 แท่นทดสอบแบตเตอรี่ทรงกระบอก (Cylindrical Battery Testing Fixture)

การใช้แท่นทดสอบแบตเตอรี่ทรงกระบอก (Cylindrical Battery Testing Fixture) เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย การประยุกต์ใช้แท่นทดสอบนี้ช่วยให้สามารถทำการทดสอบในสภาวะต่าง ๆ เช่น การชาร์จและคายประจุในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน การทดสอบความปลอดภัยและการเกิดความร้อนสะสม และการทดสอบความต้านทานภายใน



ภาพที่ 3-10 แท่นทดสอบแบตเตอรี่ทรงกระบอก (Cylindrical Battery Testing Fixture)

3.3.6 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ

เซ็นเซอร์อุณหภูมิใช้ในการเก็บค่าอุณหภูมิความร้อนของตัวแบตเตอรี่ Lithium-ion และ ค่าอุณหภูมิความร้อนของอากาศโดยรอบภายในบรรจุภัณฑ์

ภาพที่ 3-11 Thermocouple type k

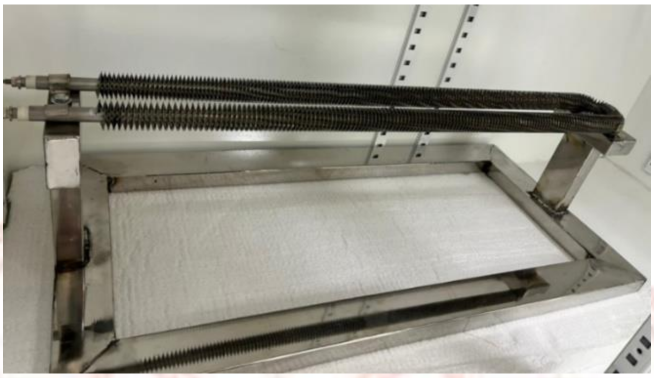
3.3.7 ฮีตเตอร์

ใช้จำลองอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกรถยนต์ที่กระทำกับโมดูลแบตเตอรี่ ใช้จำลองอุณหภูมิของสิ่งต่างๆอาทิเช่น ความร้อนที่เกิดจากตัวผู้โดยสาร รวมไปถึงแสงแดดที่เข้ามาภายในห้องโดยสาร และค่าความร้อนอื่นๆภายในห้องโดยสาร

3.3.7.1 ฮีตเตอร์ครีบ แบบเหลี่ยม 600W

ภาพที่ 3-12 ฮีตเตอร์ครีบแบบเหลี่ยมขนาด 600 W

3.3.7.1 ฮีตเตอร์ครีบตัวยู 3000W



ภาพที่ 3-13 ฮีตเตอร์แบบครีบตัวยูขนาด 3,000 W

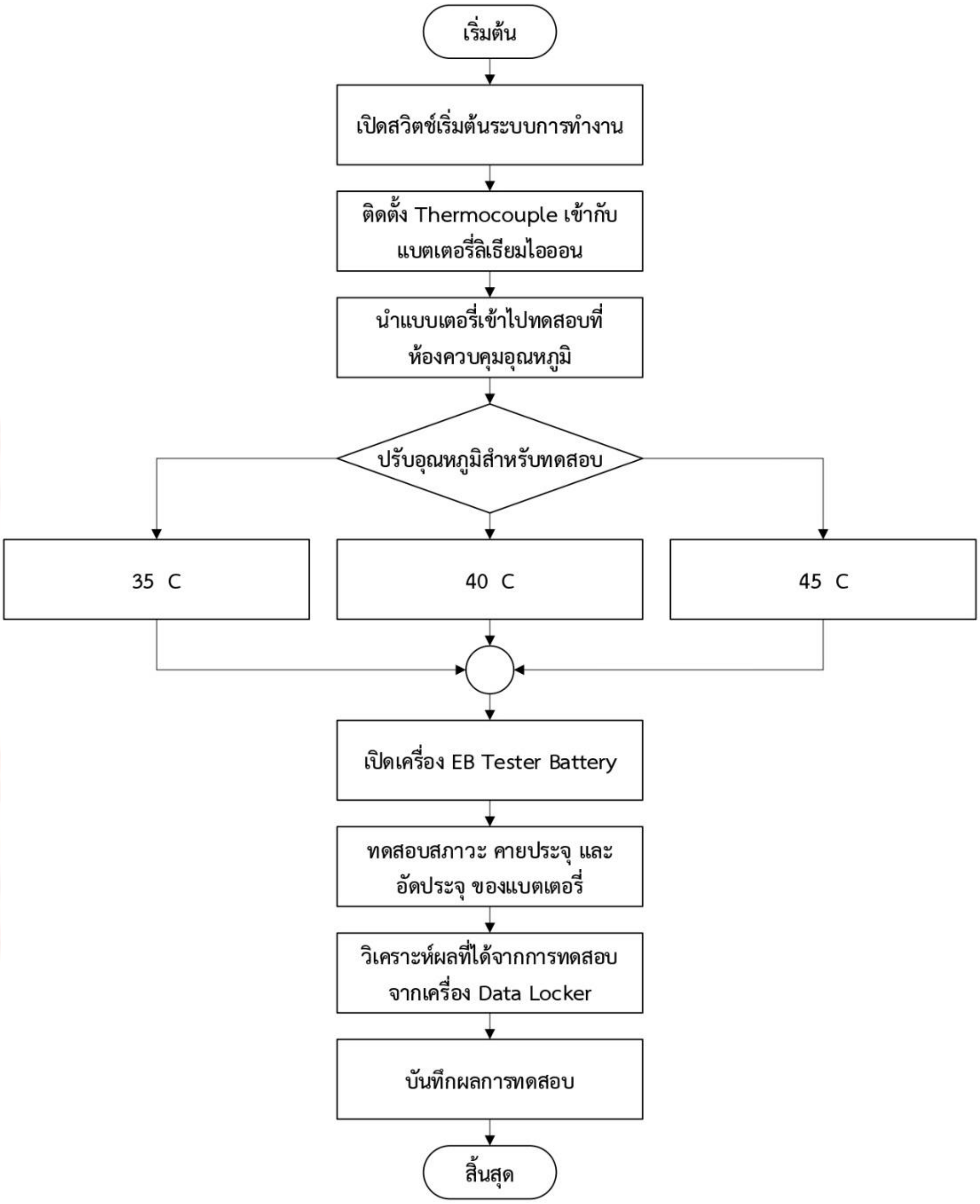
3.3.8 เครื่องวัด/ควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล

วัดและควบคุมอุณหภูมิโดยจะแสดงวผลผ่านจอดิจิตอล บนอุปกรณ์ ในที่นี้จะใช้ในการตัดต่อและควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์

ภาพที่ 3-14 เครื่องวัด/ควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล

3.4 ดำเนินการทดลอง และเก็บผล

ทำการทดลองโดยการควบคุมให้อุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิ และตู้จำลองสภาพอากาศให้คงที่ โดยการทดลองจะปรับอุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิ ให้มีค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 35°C 40°C และ 45°C ตามลำดับ โดยจะทำการปรับอุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิ และสังเกตที่จอแสดงผลอุณหภูมิ จากนั้นจดบันทึกค่าและทำซ้ำ โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-15 วิธีดำเนินการทดลอง

จดค่าบันทึกผลอุณหภูมิ และความดัน แต่ละจุด ของระบบการจัดการความร้อนของแบตเตอรี่ แสดงดังภาพที่ 3-16

	Charge																	
	capacity																	
battery	35 C						40 C						45 C					
	C Rating						C Rating						C Rating					
	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy
18650																		
26650																		
21700																		

	Charge																	
	temperature			temperature			temperature			temperature			temperature			temperature		
	35 C			35 C			40 C			40 C			45 C			45 C		
	C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C		
battery	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ
18650																		
26650																		
21700																		

	Discharge																	
	capacity																	
battery	35 C						40 C						45 C					
	C Rating						C Rating						C Rating					
	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy
18650																		
26650																		
21700																		

	Discharge																	
	temperature			temperature			temperature			temperature			temperature			temperature		
	35 C			35 C			40 C			40 C			45 C			45 C		
	C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C		
battery	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ
18650																		
26650																		
21700																		

ภาพที่ 3-16 ตารางบันทึกผล

โดย

Charge	คือ	การประจุของแบตเตอรี่ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ
Discharge	คือ	การคายประจุของแบตเตอรี่ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ
Capacity	คือ	ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่วัดได้ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิ อัตราการประจุ และอัตราการคายประจุ
Temperature	คือ	อุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการประจุ และการคายประจุ
Battery	คือ	ชนิดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 18650, 26650 และ 21700
C Rating	คือ	อัตราของกระแสและระยะเวลา ที่แบตเตอรี่ประจุและคายประจุ
ขั้วบวก	คือ	อุณหภูมิที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่
ตรงกลาง	คือ	อุณหภูมิที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแบตเตอรี่
ขั้วลบ	คือ	อุณหภูมิที่ขั้วลบของแบตเตอรี่

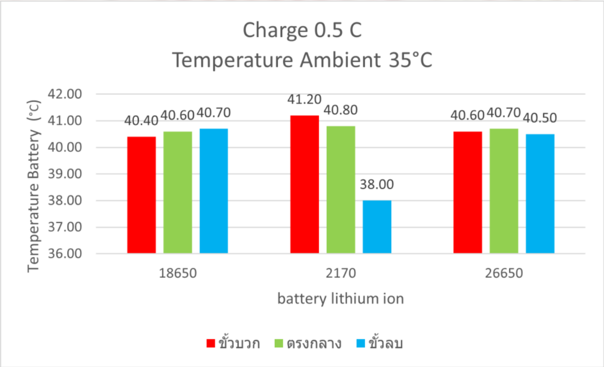
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การทดลองครั้งนี้แสดงถึงผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อม (Temp Ambient) ต่อความจุของแบตเตอรี่ (Capacity) และอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temp Battery) ขณะทำการ ประจุและคายประจุ ที่อัตรา 0.5 C และ 1 C โดยใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3 ประเภท ได้แก่ 18650, 2170 และ 26650 และทำการทดสอบภายใต้อุณหภูมิแวดล้อมที่แตกต่างกัน ได้แก่ 35°C, 40°C และ 45°C

4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 35°C

4.1.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35°C

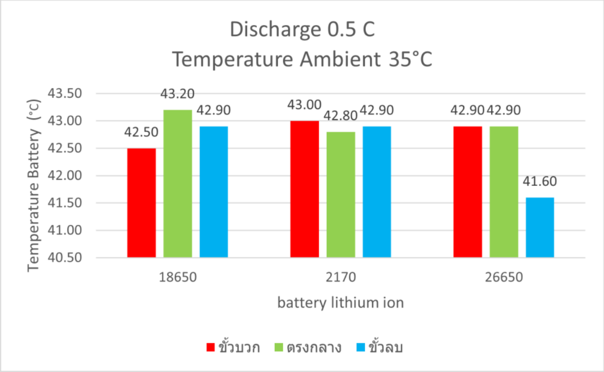
ภาพที่ 4-1 แสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ถูกทดสอบ ณ บริเวณ ขั้วบวก ตรงกลาง และขั้วลบของแบตเตอรี่ ขณะประจุที่ 0.5 C ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้คงที่ที่ 35°C ผลการทดสอบพบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2170 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 41.20°C ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ขนาด 18650 และ 26650 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 40.40°C และ 40.60°C ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 2170 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 38.00°C



ภาพที่ 4-1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35°C

4.1.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 35°C

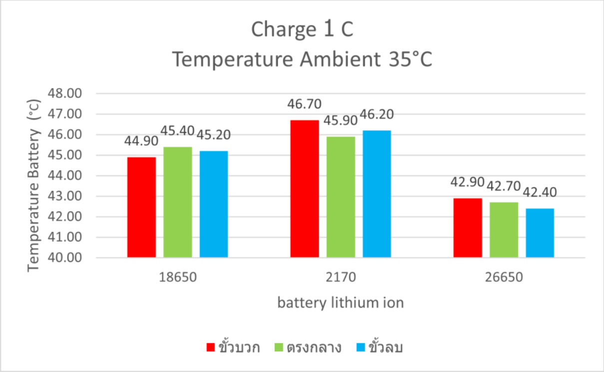
ภาพที่ 4-2 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 35°C พบว่า อุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุสูงกว่าขณะชาร์จในทุกขนาดแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่บริเวณตรงกลาง 43.20°C ในขณะที่แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวก 43.00°C และแบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวกและตรงกลาง 42.90°C ขณะที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในกลุ่มอยู่ที่ 41.60°C



ภาพที่ 4-2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 35°C

4.1.3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 35°C

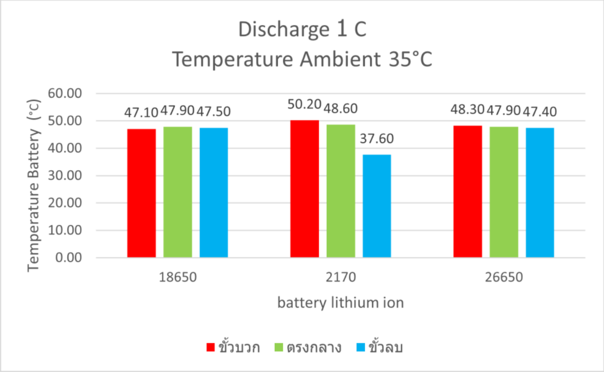
ภาพที่ 4-3 แสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ถูกทดสอบ ณ บริเวณ ขั้วบวก ตรงกลาง และขั้วลบของแบตเตอรี่ ขณะประจุที่ 1 C ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้คงที่ที่ 35°C ผลการทดสอบพบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2170 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 50.20°C ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ขนาด 18650 และ 26650 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 47.10°C และ 48.30°C ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 2170 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 37.60°C



ภาพที่ 4-3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35°C

4.1.4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 35°C

ภาพที่ 4-4 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 35°C พบว่า อุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุสูงกว่าขณะชาร์จในทุกขนาดแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่บริเวณตรงกลาง 43.20°C ในขณะที่แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวก 43.00°C และแบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวกและตรงกลาง 42.90°C ขณะที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในกลุ่มอยู่ที่ 41.60°C

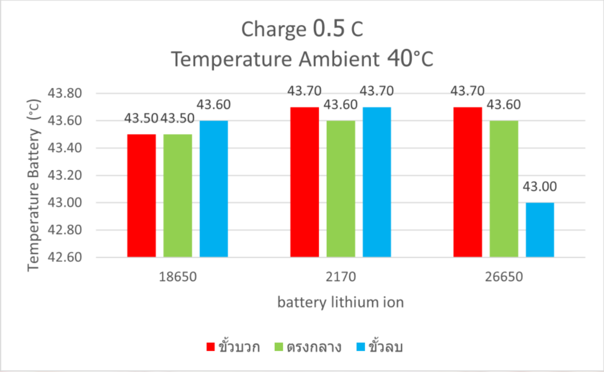


ภาพที่ 4-4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 35°C

4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 40°C

4.2.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 40°C

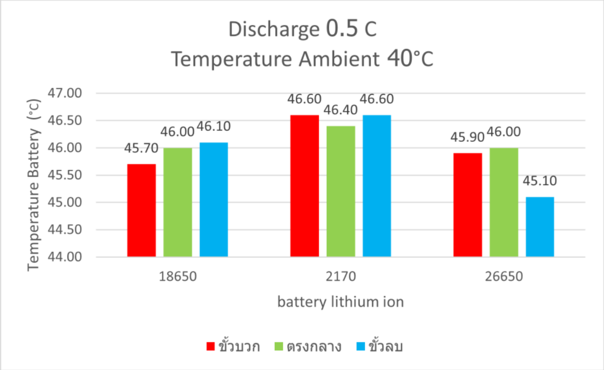
ภาพที่ 4-5 แสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ถูกทดสอบ ณ บริเวณ ขั้วบวก ตรงกลาง และขั้วลบของแบตเตอรี่ ขณะประจุที่ 0.5 C ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้คงที่ที่ 40°C ผลการทดสอบพบว่า แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2170 และ 26650 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 43.70°C ซึ่งสูงกว่า แบตเตอรี่ขนาด 18650 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 43.50°C ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 26650 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 43.00°C



ภาพที่ 4-5 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 40°C

4.2.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 40°C

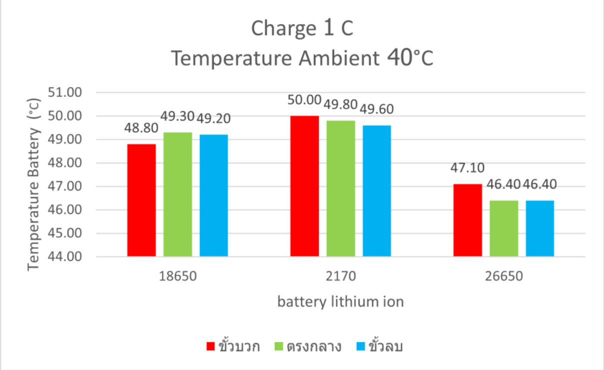
ภาพที่ 4-6 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 40°C พบว่า แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2170 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 43.70°C ซึ่งสูงกว่า แบตเตอรี่ขนาด 18650 และ 26650 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 45.70°C และ 45.90 ตามลำดับ ขณะที่ อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 26650 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 45.10°C



ภาพที่ 4-6 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 40°C

4.2.3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 40°C

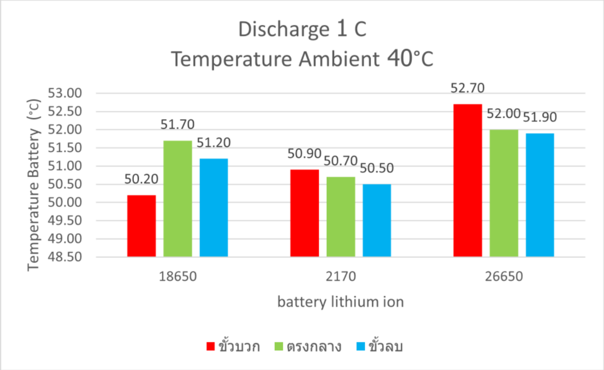
ภาพที่ 4-7 แสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ถูกทดสอบ ณ บริเวณ ขั้วบวก ตรงกลาง และขั้วลบของแบตเตอรี่ ขณะประจุที่ 1 C ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้คงที่ที่ 40°C ผลการทดสอบพบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2170 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 50.00°C ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ขนาด 18650 และ 26650 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 48.80°C และ 47.10°C ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 26650 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 46.40°C



ภาพที่ 4-7 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 40°C

4.2.4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 40°C

ภาพที่ 4-8 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 40°C พบว่า อุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุสูงกว่าขณะชาร์จในทุกขนาดแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่บริเวณตรงกลาง 51.70°C ในขณะที่แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวก 50.90°C และแบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวก 52.70°C ขณะที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในกลุ่มอยู่ที่ 50.50°C

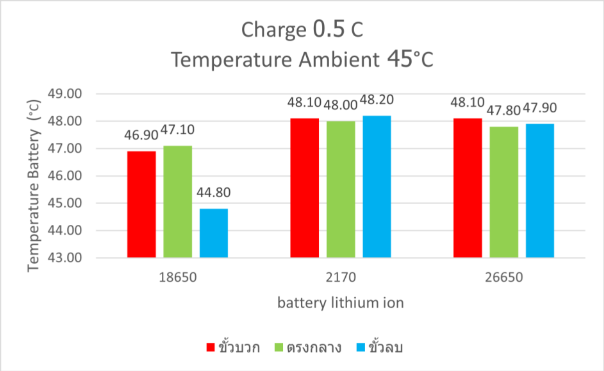


ภาพที่ 4-8 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 40°C

4.3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 45°C

4.3.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 45°C

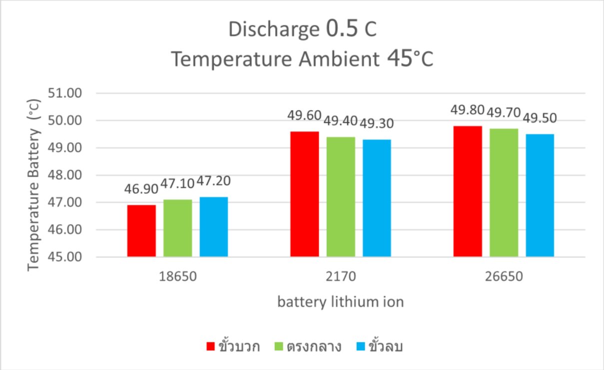
ภาพที่ 4-9 แสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ถูกทดสอบ ณ บริเวณ ขั้วบวก ตรงกลาง และขั้วลบของแบตเตอรี่ ขณะประจุที่ 0.5 C ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้คงที่ที่ 45°C ผลการทดสอบพบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2170 และ 26650 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 48.10°C ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ขนาด 18650 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 46.90°C ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 18650 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 44.80°C



ภาพที่ 4-9 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 45°C

4.3.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 45°C

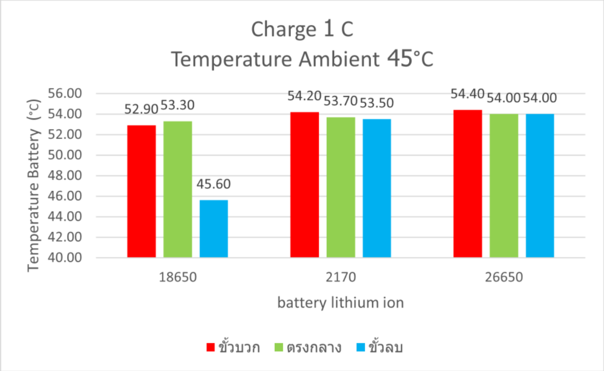
ภาพที่ 4-10 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 45°C พบว่า แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 26650 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 49.80°C ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ขนาด 18650 และ 2170 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 46.90°C และ 49.60 ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 18650 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 47.20°C



ภาพที่ 4-10 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5C ที่ 45°C

4.3.3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 45°C

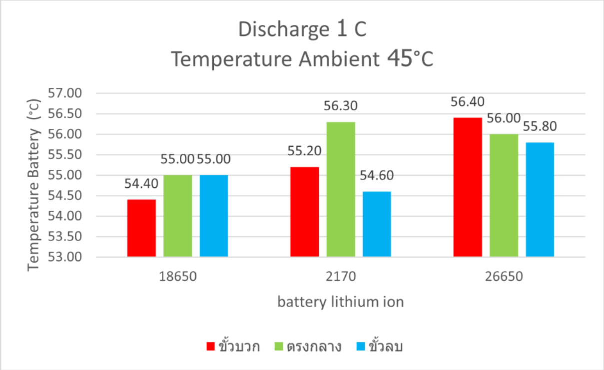
ภาพที่ 4-11 แสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ถูกทดสอบ ณ บริเวณ ขั้วบวก ตรงกลาง และขั้วลบของแบตเตอรี่ ขณะประจุที่ 1 C ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมให้คงที่ที่ 45°C ผลการทดสอบพบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 26650 มีอุณหภูมิขั้วบวกสูงสุดที่ 54.40°C ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ขนาด 18650 และ 2170 ที่มีอุณหภูมิขั้วบวกอยู่ที่ 52.90°C และ 54.20°C ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิของขั้วลบในแบตเตอรี่ 18650 ต่ำสุดในกลุ่ม อยู่ที่ 45.60°C



ภาพที่ 4-11 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 45°C

4.3.4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 45°C

ภาพที่ 4-12 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 45°C พบว่า อุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุสูงกว่าขณะชาร์จในทุกขนาดแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่บริเวณตรงกลาง 55.00°C ในขณะที่แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ตรงกลาง 56.30°C และแบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ขั้วบวก 56.40°C ขณะที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในกลุ่มอยู่ที่ 54.60°C



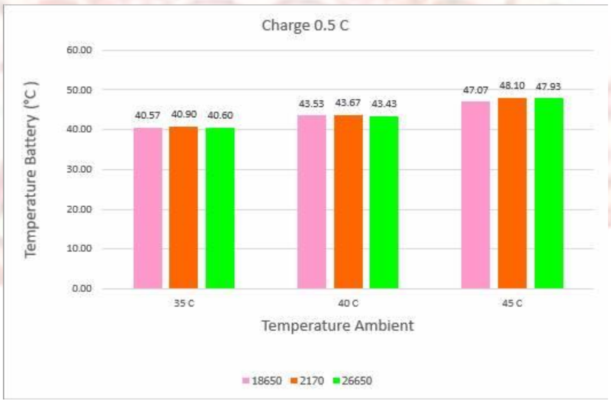
ภาพที่ 4-12 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 45°C

4.4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุและคายประจุที่ 0.5 C

4.4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C

ภาพที่ 4-13 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะทำการ ประจุที่ 0.5 C สามารถสังเกตเห็นว่า เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของแบตเตอรี่ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการรับประจุที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมในแบตเตอรี่

1) แบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40.57°C ที่อุณหภูมิแวดล้อม 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 43.53°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 47.07°C ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40.90°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 43.67°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 48.10°C ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40.60°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 43.43°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 47.93°C ที่ 45°C

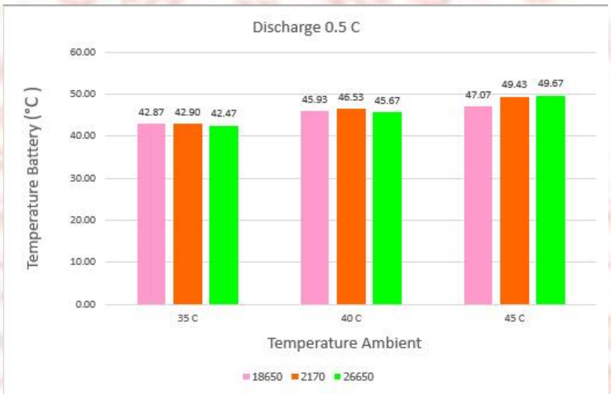


ภาพที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C

4.4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C

ภาพที่ 4-14 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะทำการ คายประจุที่ 0.5 C สามารถสังเกตเห็นว่า เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของแบตเตอรี่ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการคายประจุที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมในแบตเตอรี่

1) แบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 42.87°C ที่อุณหภูมิแวดล้อม 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 43.93°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 47.07°C ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 42.90°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 46.53°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 49.43°C ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 42.47°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 45.67°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 49.67°C ที่ 45°C



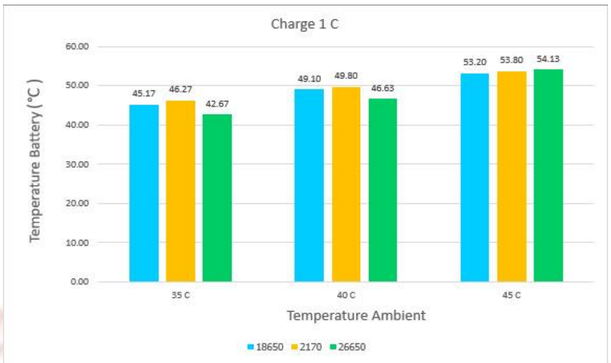
ภาพที่ 4-14 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C

4.5 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุและคายประจุที่ 1 C

4.5.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C

ภาพที่ 4-15 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะทำการ ประจุที่ 1 C สามารถสังเกตเห็นว่า เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของแบตเตอรี่ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการรับประจุที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมในแบตเตอรี่

1) แบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 45.17°C ที่อุณหภูมิแวดล้อม 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 49.10°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 53.20°C ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 46.27°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 49.80°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 58.80°C ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 42.67°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 46.63°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 54.13°C ที่ 45°C

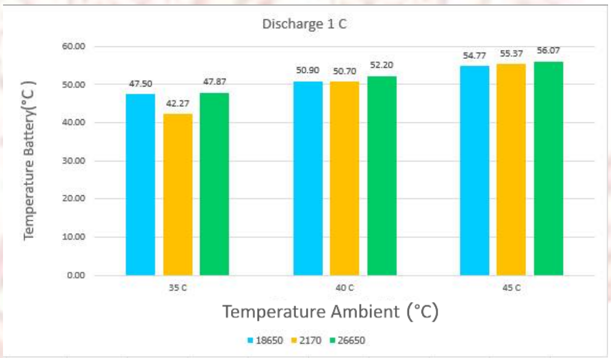


ภาพที่ 4-15 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C

4.5.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C

ภาพที่ 4-16 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะทำการ คายประจุที่ 1 C สามารถสังเกตเห็นว่า เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของแบตเตอรี่ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการคายประจุที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมในแบตเตอรี่

1) แบตเตอรี่ 18650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 47.50°C ที่อุณหภูมิแวดล้อม 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 50.90°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 54.77°C ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 42.27°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 50.70°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 55.37°C ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 47.87°C ที่ 35°C และเพิ่มขึ้นเป็น 52.20°C ที่ 40°C และสูงสุดที่ 56.07°C ที่ 45°C



ภาพที่ 4-16 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C

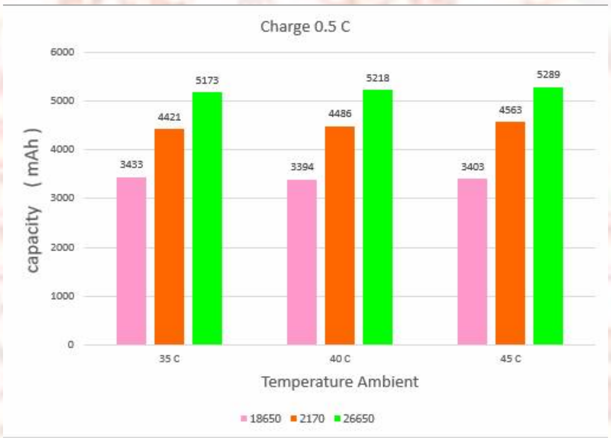
4.6 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุ และคายประจุ ที่ 0.5 C

4.6.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C

ภาพที่ 4-17 แสดงถึงค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละประเภทที่อุณหภูมิแวดล้อมแตกต่างกัน สามารถสังเกตได้ว่า แบตเตอรี่ทุกประเภทมีแนวโน้มให้ค่าความจุเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น

ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยทางเคมีของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยปกติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ทำให้กระบวนการรับประจุมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้แบตเตอรี่สามารถกักเก็บพลังงานได้มากขึ้น

1) แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำสุดในบรรดาแบตเตอรี่ที่ทดสอบ โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุอยู่ที่ 3433 mAh และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40°C ความจุลดลงเล็กน้อยเป็น 3394 mAh ก่อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 3403 mAh ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีค่าความจุสูงกว่า 18650 โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุ 4421 mAh และเพิ่มขึ้นเป็น 4486 mAh ที่ 40°C และสูงขึ้นเป็น 4563 mAh ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 เป็นแบตเตอรี่ที่มีค่าความจุสูงสุดในทุกช่วงอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นที่ 5173 mAh ที่ 35°C, เพิ่มขึ้นเป็น 5218 mAh ที่ 40°C และสูงสุดที่ 5289 mAh ที่ 45°C

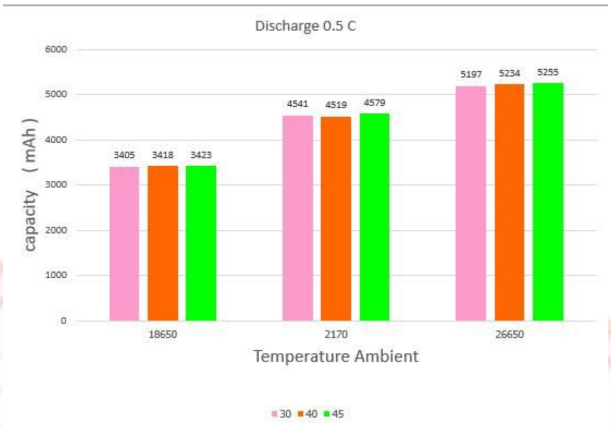


ภาพที่ 4-17 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C

4.6.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C

ภาพที่ 4-18 แสดงถึงค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละประเภทที่อุณหภูมิแวดล้อมแตกต่างกัน สามารถสังเกตได้ว่า แบตเตอรี่ทุกประเภทมีแนวโน้มให้ค่าความจุเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยทางเคมีของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยปกติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ทำให้กระบวนการรับประจุมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้แบตเตอรี่สามารถกักเก็บพลังงานได้มากขึ้น

1) แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำสุดในบรรดาแบตเตอรี่ที่ทดสอบ โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุอยู่ที่ 3405 mAh และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40°C ความจุเพิ่มขึ้นเป็น 3418 mAh ก่อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 3423 mAh ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีค่าความจุสูงกว่า 18650 โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุ 4541 mAh และเพิ่มขึ้นเป็น 4519 mAh ที่ 40°C และสูงขึ้นเป็น 4579 mAh ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 เป็นแบตเตอรี่ที่มีค่าความจุสูงสุดในทุกช่วงอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นที่ 5197 mAh ที่ 35°C, เพิ่มขึ้นเป็น 5234 mAh ที่ 40°C และสูงสุดที่ 5255 mAh ที่ 45°C



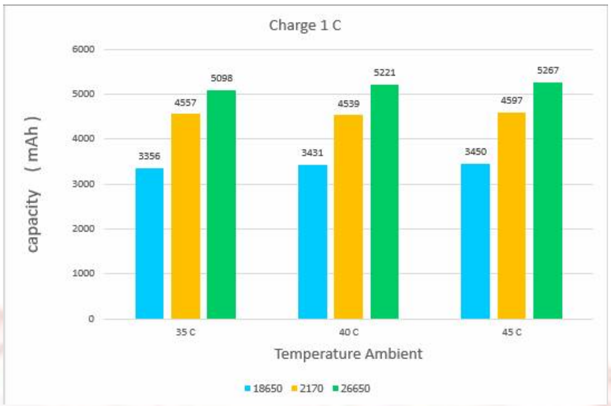
ภาพที่ 4-18 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C

4.7 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุ และคายประจุ ที่ 1 C

4.7.1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C

ภาพที่ 4-19 แสดงถึงค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละประเภทที่อุณหภูมิแวดล้อมแตกต่างกัน สามารถสังเกตได้ว่า แบตเตอรี่ทุกประเภทมีแนวโน้มให้ค่าความจุเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยทางเคมีของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยปกติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ทำให้กระบวนการรับประจุมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้แบตเตอรี่สามารถกักเก็บพลังงานได้มากขึ้น

1) แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำสุดในบรรดาแบตเตอรี่ที่ทดสอบ โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุอยู่ที่ 3356 mAh และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40°C ความจุเพิ่มขึ้นเป็น 3431 mAh ก่อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 3450 mAh ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีค่าความจุสูงกว่า 18650 โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุ 4557 mAh และลดลงเล็กน้อยเป็น 4539 mAh ที่ 40°C และสูงขึ้นเป็น 4597 mAh ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 เป็นแบตเตอรี่ที่มีค่าความจุสูงสุดในทุกช่วงอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นที่ 5098 mAh ที่ 35°C, เพิ่มขึ้นเป็น 5221 mAh ที่ 40°C และสูงสุดที่ 5267 mAh ที่ 45°C



ภาพที่ 4-19 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C

4.7.2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C

ภาพที่ 4-20 แสดงถึงค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละประเภทที่อุณหภูมิแวดล้อมแตกต่างกัน สามารถสังเกตได้ว่า แบตเตอรี่ทุกประเภทมีแนวโน้มให้ค่าความจุเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยทางเคมีของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยปกติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ทำให้กระบวนการรับประจุมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้แบตเตอรี่สามารถกักเก็บพลังงานได้มากขึ้น

1) แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำสุดในบรรดาแบตเตอรี่ที่ทดสอบ โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุอยู่ที่ 3372 mAh และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40°C ความจุเพิ่มขึ้นเป็น 3388 mAh ก่อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 3395 mAh ที่ 45°C
2) แบตเตอรี่ 2170 มีค่าความจุสูงกว่า 18650 โดยที่ อุณหภูมิ 35°C มีค่าความจุ 4364 mAh และเพิ่มขึ้นเป็น 4478 mAh ที่ 40°C และลดลงเล็กน้อยเป็น 4411 mAh ที่ 45°C
3) แบตเตอรี่ 26650 เป็นแบตเตอรี่ที่มีค่าความจุสูงสุดในทุกช่วงอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นที่ 4930 mAh ที่ 35°C, เพิ่มขึ้นเป็น 5225 mAh ที่ 40°C และสูงสุดที่ 5284 mAh ที่ 45°C

ภาพที่ 4-20 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย สามารถสรุปผลการดำเนินงานและมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมที่มีต่อความจุและอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนประเภท 18650, 2170 และ 26650 ภายใต้กระบวนการประจุและคายประจุที่อัตรา 0.5C และ 1C โดยทำการทดสอบภายใต้อุณหภูมิแวดล้อม 35°C, 40°C และ 45°C ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ความจุของแบตเตอรี่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์แบตเตอรี่ที่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้แบตเตอรี่สามารถเก็บพลังงานได้มากขึ้น

5.1.2 แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่นในทุกช่วงอุณหภูมิ ในขณะที่แบตเตอรี่ 26650 มีค่าความจุสูงสุด

5.1.3 อุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะทำการประจุและคายประจุเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิแวดล้อม โดยมีแนวโน้มที่อุณหภูมิของแบตเตอรี่ 2170 จะสูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่น

5.1.4 ที่อัตราการประจุและคายประจุ 1C ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่มากกว่าที่อัตรา 0.5C ซึ่งอาจส่งผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ในระยะยาว

5.2 อภิปรายผล

จากผลการทดลองสามารถอภิปรายได้ว่าอุณหภูมิแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์แบตเตอรี่สามารถเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น ส่งผลให้การประจุและคายประจุสามารถดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้แบตเตอรี่เกิดความร้อนสะสม ซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมสภาพของวัสดุภายในและลดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ ในส่วนของความแตกต่างระหว่างประเภทของแบตเตอรี่ พบว่าแบตเตอรี่ 26650 มีค่าความจุสูงสุดในทุกช่วงอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับขนาดและความสามารถในการกักเก็บพลังงานที่สูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่น ในขณะที่แบตเตอรี่ 18650 มีค่าความจุต่ำสุด อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิของแบตเตอรี่ 2170 มีแนวโน้มสูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่นเมื่อทำการประจุและคายประจุที่ 1C ซึ่งอาจเป็นผลมาจากโครงสร้างทางเคมีและระบบการกระจายความร้อนของแบตเตอรี่ ดังนั้น จึงสรุปได้ การถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิบรรยากาศจะส่งผลกระทบต่อแบตเตอรี่ลิเธียมที่ทำการทดลอง เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้อย่างมีนัยยะสำคัญ

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษานี้สามารถเสนอแนะแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

5.3.1 ควรทำการทดสอบที่อัตราการประจุและคายประจุอื่นๆ เช่น 0.2C หรือ 2C เพื่อตรวจสอบผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมในช่วงที่แตกต่างกัน

5.3.2 ควรทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมที่ต่ำกว่า 35°C เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของแบตเตอรี่ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ

5.3.3 ควรศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ในระยะยาวเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสม

5.3.4 ควรมีการวิเคราะห์ทางกลไกของการเกิดความร้อนสะสมในแบตเตอรี่เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. Energy Conservation Technology. (2566). อุณหภูมิอากาศมีผลต่อการใช้งานแบตเตอรี่หรือไม่ ?. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2567.
   สืบค้นจาก https://www.energy-conservationtech.com/content/25983/
2. Auto Batteries. (2023). Standard Flooded. Accessed 11 July 2024.
   From: https://www.autobatteries.com/battery-technology/standard-flooded
3. Upsbatterycenter. (2014). Sealed Lead Acid Batteries – The Basics. Accessed 11 July 2024.
   From: https://blog.upsbatterycenter.com/sealed-lead-acid-batteries-the-basics/
4. Plant Automation Technology. (2017). Industrial Lead Acid batteries. Accessed 11 July 2024.
   From: https://www.plantautomation-technology.com/products/orizen-international-pty-ltd/industrial-lead-acid-batteries
5. Wisdom Industrial Power Co., Ltd. (2019). What is valve regulated lead acid battery ?. Accessed 11 July 2024.
   From: https://www.bullsbattery.com/industry-news/what-is-valve-regulated-lead-acid-battery.html
6. Grepow Inc. (2017). What Is Lipo Battery Pack Construction ?. Accessed 11 July 2024.
   From: https://genstattu.com/blog/what-is-lipo-battery-pack-construction
7. Gerald. (2024). How Does a Lithium Ion Battery Work?. Accessed 12 July 2024.
   From: https://www.ufinebattery.com/blog/how-does-a-lithium-ion-battery-work/
8. Wikipedia. (2022). Joule heating. Accessed 12 July 2024.
   From: https://en.wikipedia.org/wiki/Joule_heating
9. Rahul J. (2023). Why are SoC and DoD so important for battery life?. Accessed 12 July 2024.
   From: https://www.linkedin.com/pulse/why-soc-dod-so-important-battery-life-rahul-jalthar
10. Vikrant Adams. (2023). Understanding Thermocouples: A Guide to the Different Types. Accessed 13 July 2024.
    From: https://yogelectroprocess.com/understanding-thermocouples-a-guide-to-the-different-types/

11. วิรัช มณีสาร. (2538). ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2567.
สืบค้นจาก https://th.wikipedia.org/wiki/ภูมิอากาศไทย
12. Tord Per Jens Onnerud. (2015). Lithium Ion Battery With Thermal Runaway Protection. Accessed 13 July 2024.
From: https://patents.google.com/patent/US20170214103A1/en
13. **史晨欣**. (2019). Lithium ion battery temperature management system. Accessed 13 July 2024.
From: https://patents.google.com/patent/CN110931896A/en
14. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). แนวทางการจัดการพลังงานและเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน. กระทรวงพลังงาน.
15. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2564). รายงานการศึกษาวิจัยเรื่องผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
16. ชัยวัฒน์ ทองสุข. (2561). ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
17. ธีรศักดิ์ วงศ์พิทักษ์. (2562). การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและความร้อนของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน. วารสารวิจัยพลังงาน, 16(2), 55–68.
18. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2565). คู่มือการจัดการพลังงานแบตเตอรี่ลิเธียมและผลกระทบจากอุณหภูมิแวดล้อม. สำนักวิจัยและพัฒนา มจธ.
19. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2563). การศึกษาการจัดเก็บพลังงานในระบบแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิที่แตกต่างกัน. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
20. Bandhauer, T. M., Garimella, S., & Fuller, T. F. (2011). A critical review of thermal issues in lithium-ion batteries. Journal of The Electrochemical Society, 158(3), R1–R25. https://doi.org/10.1149/1.3515880
21. Chen, K., Ma, J., Zheng, Y., Yang, Z., & Song, J. (2020). Thermal management of lithium-ion batteries utilizing thermoelectric coolers and heat pipes. Energy Reports, 6, 182–193. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.192
22. Chen, Y., Yang, J., & Wang, C. Y. (2021). Practical modeling of lithium-ion battery temperature dependence. Journal of The Electrochemical Society, 168(2), 020512. https://doi.org/10.1149/1945-7111/abe7f5
23. Pesaran, A. (2001). Battery thermal models for hybrid vehicle simulations. Journal of Power Sources, 110(2), 377–382. https://doi.org/10.1016/S0378-7753(02)00196-1

24. Rao, Z., & Wang, S. (2011). A review of power battery thermal energy management. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(9), 4554–4571. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.096
25. Wang, T., Tseng, K. J., Zhao, J., & Wei, Z. (2014). Thermal investigation of lithium-ion battery module with different cell arrangements. Applied Energy, 134, 229–238. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.103
26. Wu, W., Zhang, G., & Cui, X. (2019). Investigation on thermal runaway characteristics of lithium-ion battery based on temperature and voltage response. Journal of Power Sources, 437, 226925. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.226925

This is Mendeley biography

ภาคผนวก ก

ผลบันทึกการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อม (Temp Ambient) แบตเตอรี่ (Capaity) และอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temp Battery)

ผลบันทึกการทดลอง

การบันทึกผลการทดลอง การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อม (Temp Ambient) ต่อความจุของแบตเตอรี่ (Capacity) และอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temp Battery) ที่แสดงดังตารางที่ 2 ถึงตาราง 5 สัญลักษณ์ย่อที่ทางคณะผู้จัดทำใช้มีดังต่อไปนี้

Charge	คือ	การประจุของแบตเตอรี่ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ
Discharge	คือ	การคายประจุของแบตเตอรี่ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ
Capacity	คือ	ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่วัดได้ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิ อัตราการประจุ และอัตราการคายประจุ
Temperature	คือ	อุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการประจุ และการคายประจุ
Battery	คือ	ชนิดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 18650, 26650 และ 21700
C Rating	คือ	อัตราของกระแสและระยะเวลา ที่แบตเตอรี่ประจุและคายประจุ
ขั้วบวก	คือ	อุณหภูมิที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่
ตรงกลาง	คือ	อุณหภูมิที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแบตเตอรี่
ขั้วลบ	คือ	อุณหภูมิที่ขั้วลบของแบตเตอรี่

ตารางที่ 2 ผลการทดลองหาค่าความจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะการประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ

capacity

battery	35 C						40 C						45 C					
	C Rating						C Rating						C Rating					
	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy
18650	40.57	3433	13.47	45.17	3356	13.74	43.53	3394	13.31	49.10	3431	13.96	47.07	3403	13.31	53.20	3450	13.95
2170	40.90	4421	17.76	46.27	4557	18.78	43.67	4486	17.76	49.80	4539	1864	48.10	4563	18.07	53.80	4597	18.78
26650	40.60	5173	20.74	42.67	5098	21.36	43.43	5218	20.99	46.63	5221	21.89	47.93	5289	21.02	54.13	5267	21.70

ตารางที่ 3 ผลการทดลองหาค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะการประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ

temperature

battery	35 C			35 C			40 C			40 C			45 C			45 C		
	C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C		
	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ
18650	40.40	40.60	40.70	44.90	45.40	45.20	43.50	43.50	43.60	48.80	49.30	49.20	46.90	47.10	44.80	52.90	53.30	45.60
2170	41.20	40.80	38.00	46.70	45.90	46.20	43.70	43.60	43.70	50.00	49.80	49.60	48.10	48.00	48.20	54.20	53.70	53.50
26650	40.60	40.70	40.50	42.90	42.70	42.40	43.70	43.60	43.00	47.10	46.40	46.40	48.10	47.80	47.90	54.40	54.00	54.00

ตารางที่ 4 ผลการทดลองหาค่าความจุของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะคายประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ

capacity

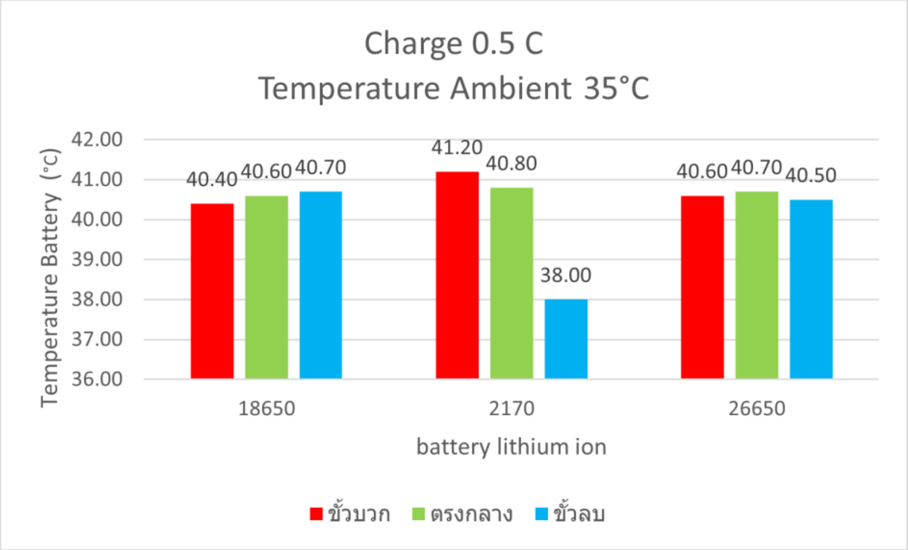
battery	35 C						40 C						45 C					
	C Rating						C Rating						C Rating					
	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy	0.5C	capacity	energy	1C	capacity	energy
18650	42.87	3405	11.85	47.50	3372	11.18	45.93	3418	11.95	50.90	3388	11.36	47.07	3423	11.98	54.77	3395	11.44
2170	42.90	4541	15.92	42.27	4364	14.31	46.53	4519	15.57	50.70	4478	15.10	49.43	4579	16.14	55.37	4411	14.71
26650	42.47	5197	18.04	47.87	4930	15.88	45.67	5234	18.11	52.20	5225	17.29	49.67	5255	18.36	56.07	5284	17.55

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหาค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขณะคายประจุที่อุณหภูมิแวดล้อมต่าง ๆ

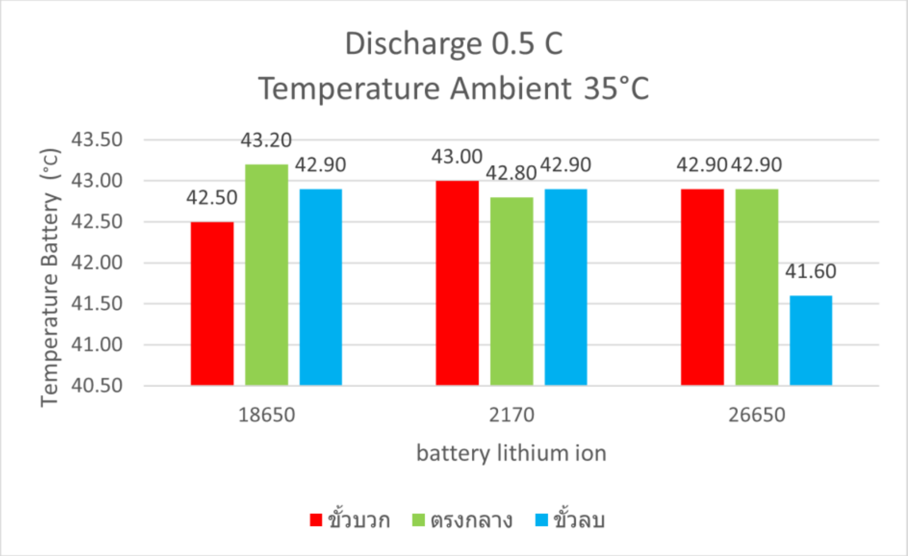
temperature

battery	35 C			35 C			40 C			40 C			45 C			45 C		
	C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C			C Rating 0.5 C			C Rating 1.0 C		
	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ตรงกลาง	ขั้วลบ
18650	42.50	43.20	42.90	47.10	47.90	47.50	45.70	46.00	46.10	50.20	51.70	51.20	46.90	47.10	47.20	54.40	55.00	55.00
2170	43.00	42.80	42.90	50.20	48.60	37.60	46.60	46.40	46.60	50.90	50.70	50.50	49.60	49.40	49.30	55.20	56.30	54.60
26650	42.90	42.90	41.60	48.30	47.90	47.40	45.90	46.00	45.10	52.70	52.00	51.90	49.80	49.70	49.50	56.40	56.00	55.80

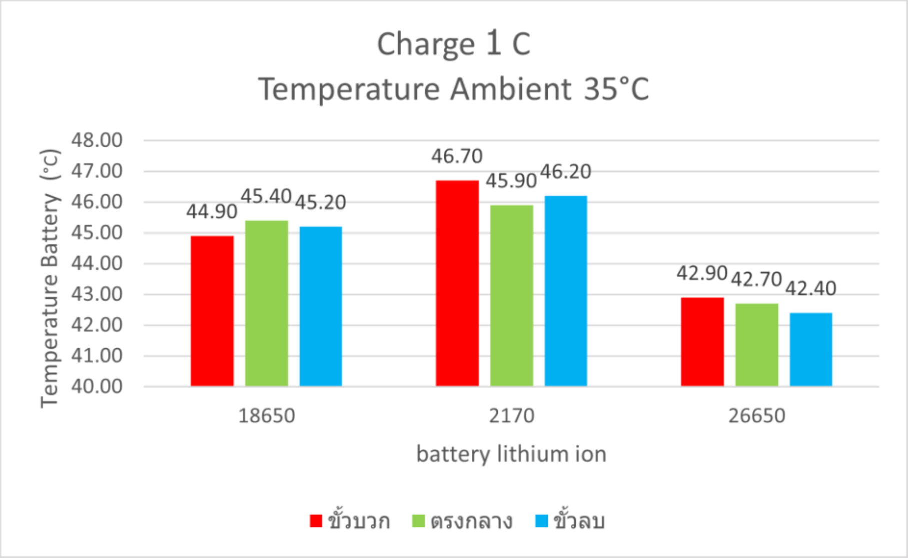
จากตารางบันทึกผลการทดลอง แสดงถึงผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อม (Temp Ambient) ต่อความจุของแบตเตอรี่ (Capacity) และอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temp Battery) ขณะทำการประจุและคายประจุสามารถสรุปผลการทดลองเป็นกราฟได้ดัง ภาพที่ ข-1 ถึง ข-7



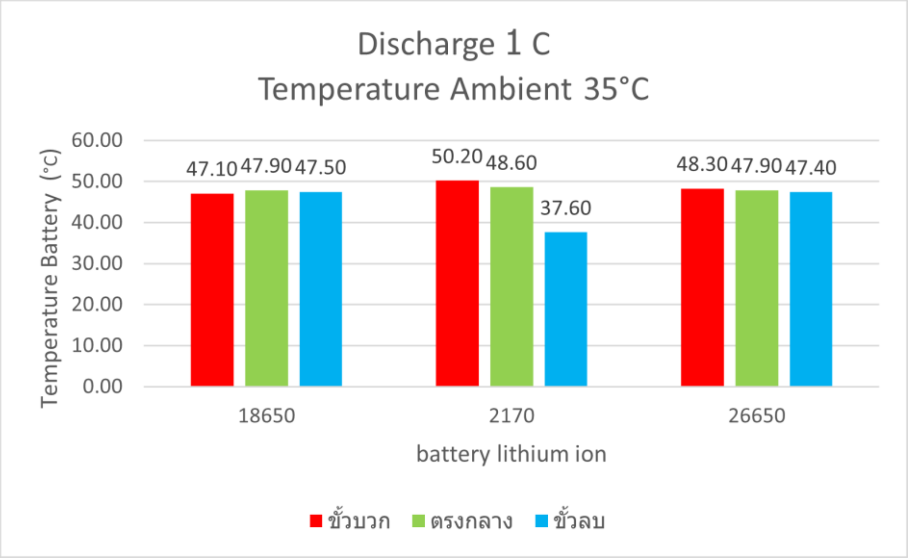
ภาพที่ ก-1 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35°C



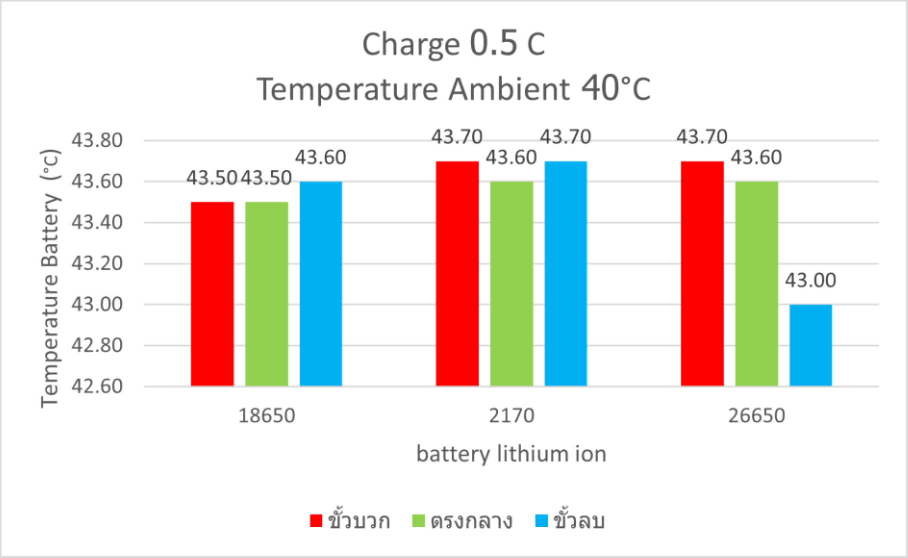
ภาพที่ ก-2 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 35°C



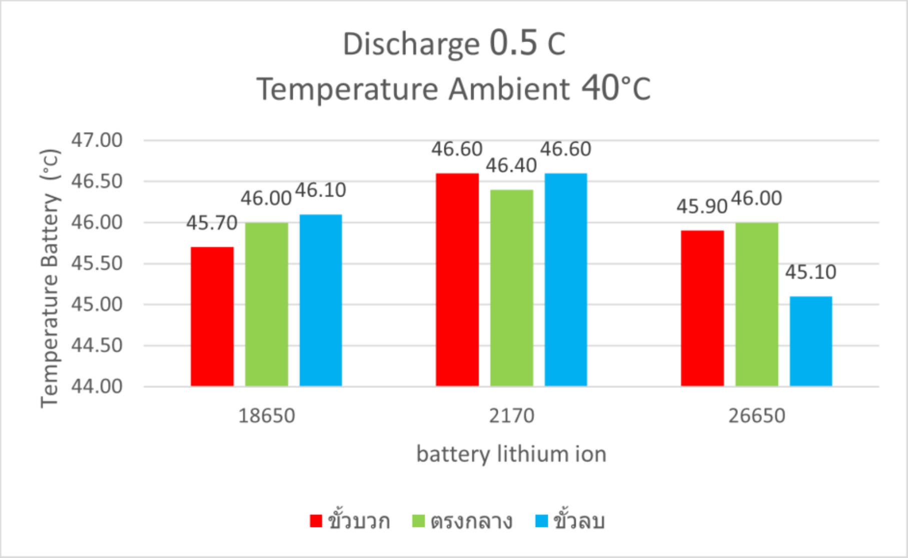
ภาพที่ ก-3 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 35°C



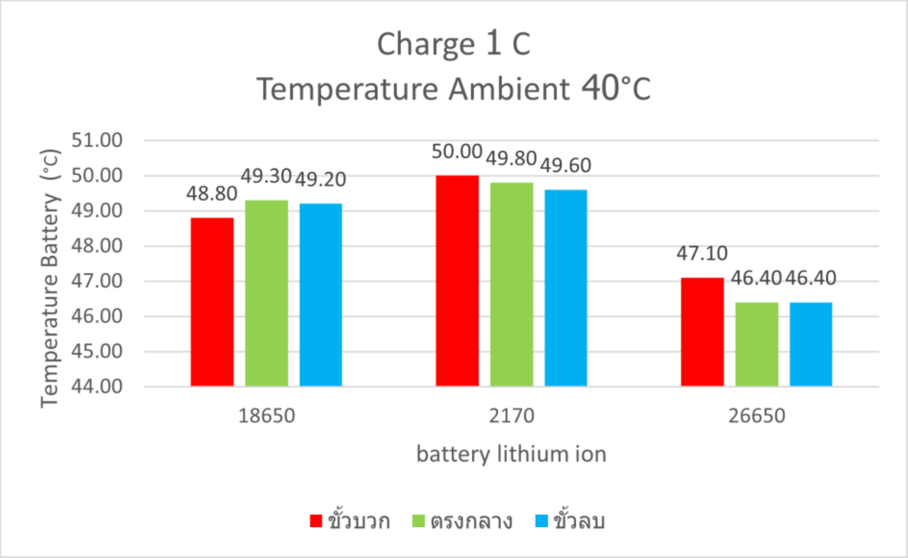
ภาพที่ ก-4 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 35°C



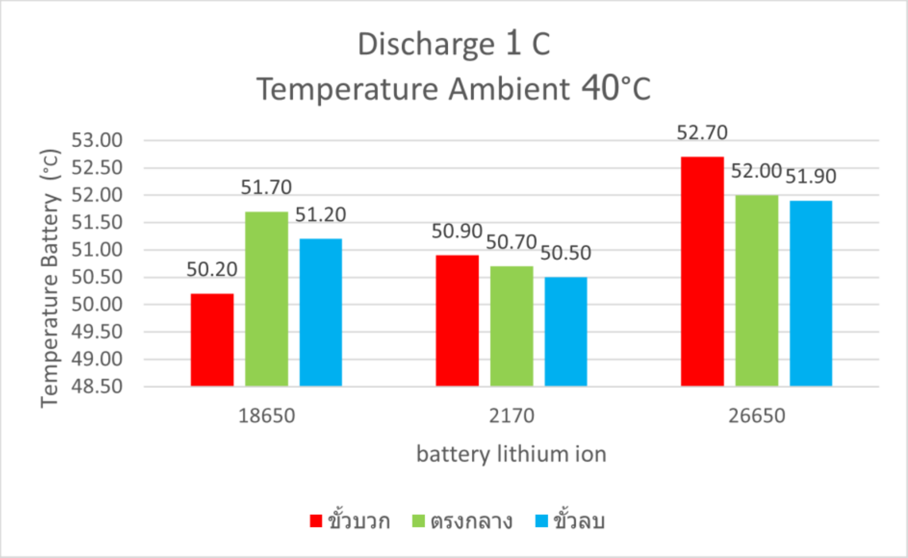
ภาพที่ ก-5 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 40°C



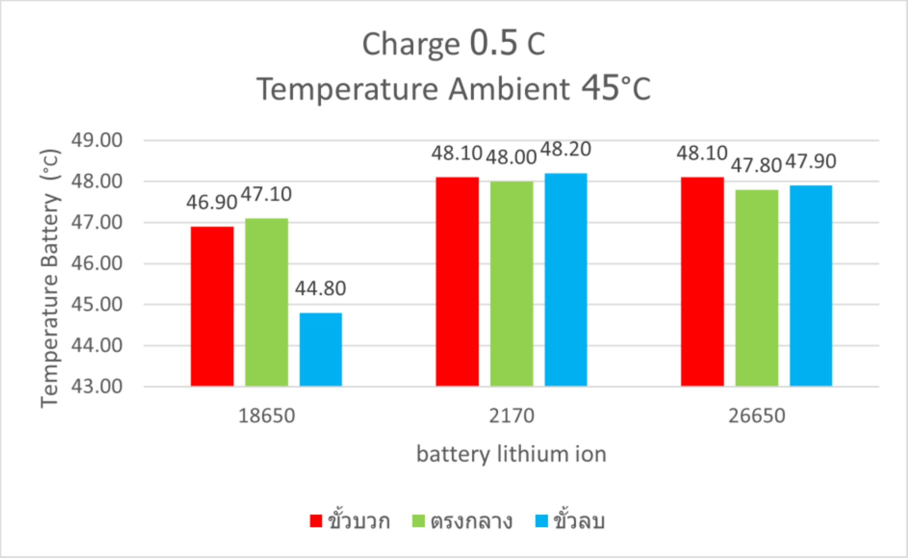
ภาพที่ ก-6 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5 C ที่ 40°C



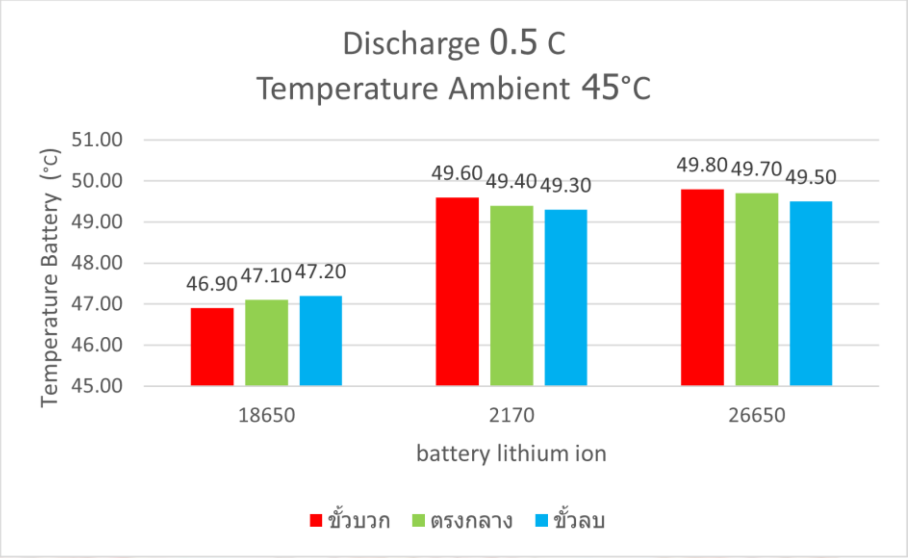
ภาพที่ ก-7 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 40°C



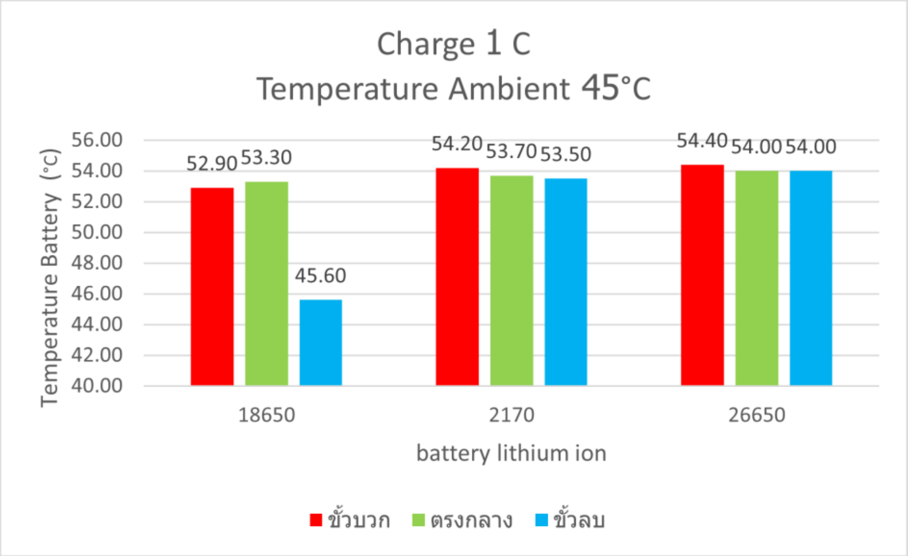
ภาพที่ ก-8 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 40°C



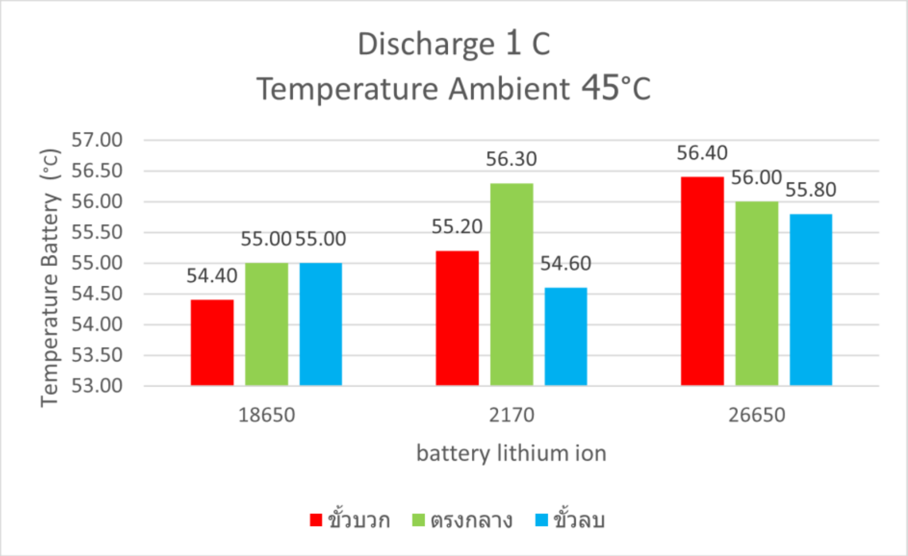
ภาพที่ ก-9 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 0.5 C ที่ 45°C



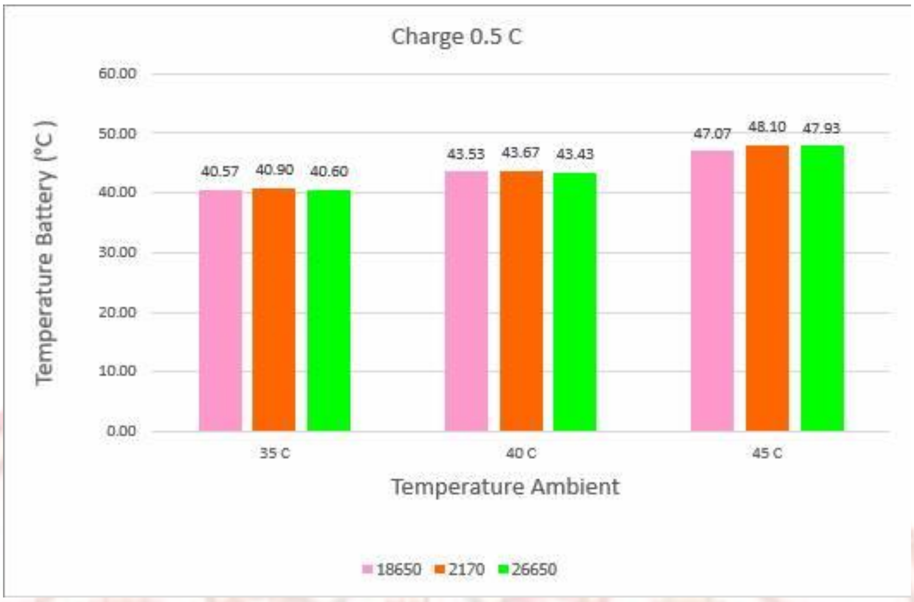
ภาพที่ ก-10 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 0.5C ที่45°C



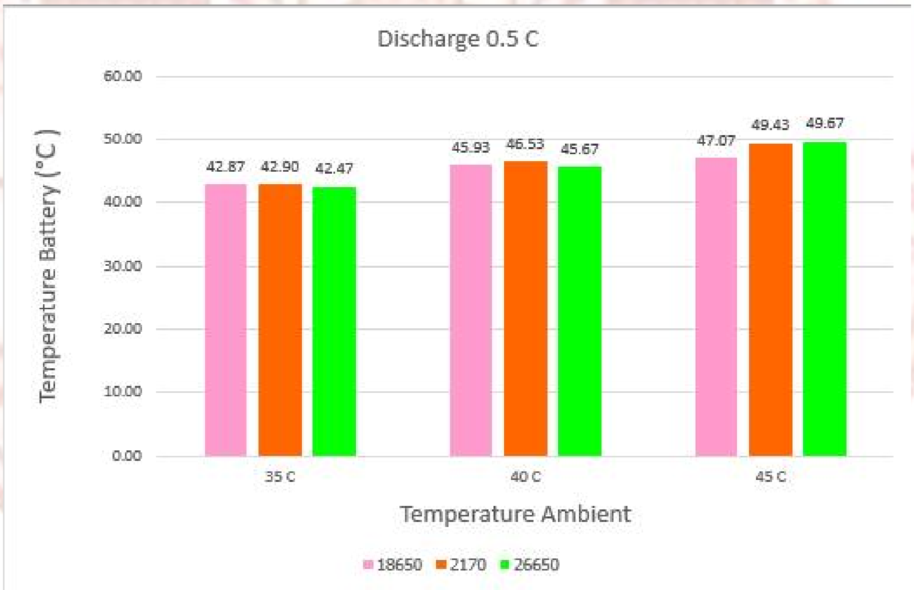
ภาพที่ ก-11 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุ 1 C ที่ 45°C



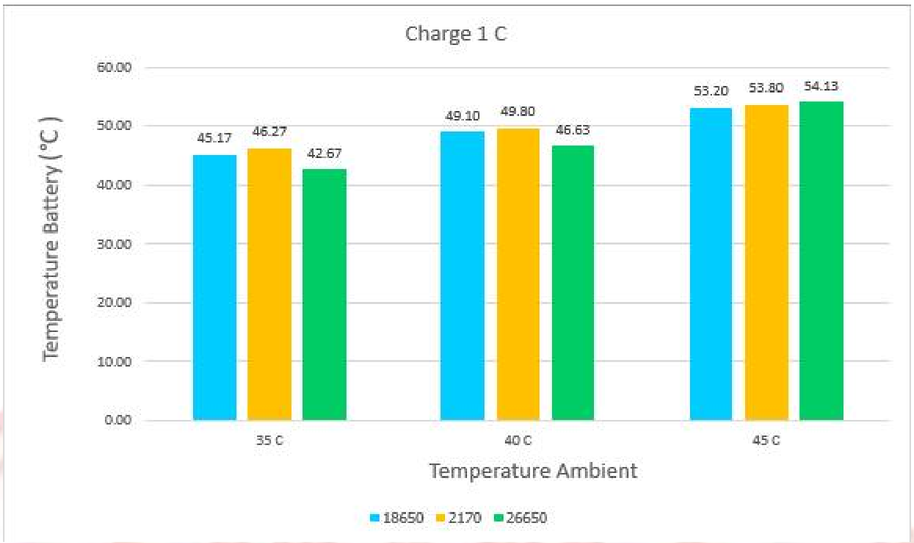
ภาพที่ ก-12 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุ 1 C ที่ 45°C



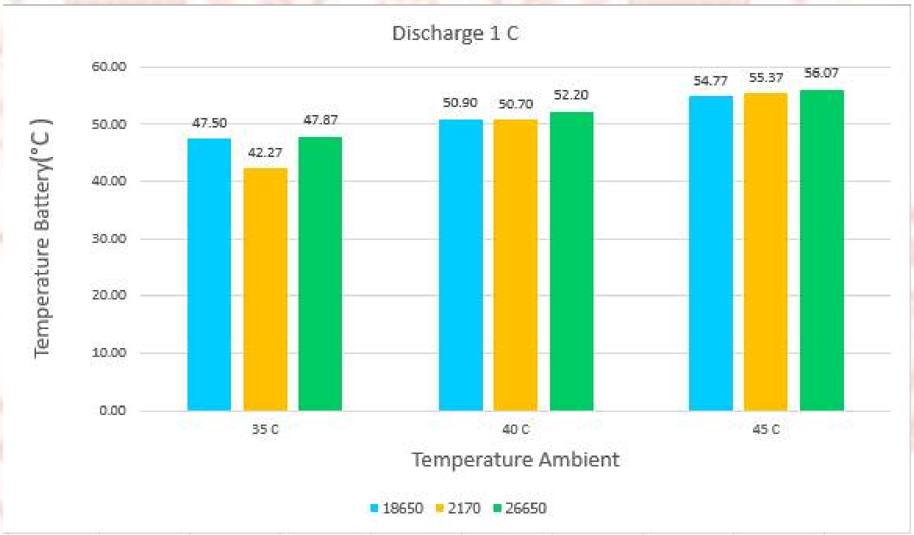
ภาพที่ ก-13 ค่าเฉลี่ยผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C



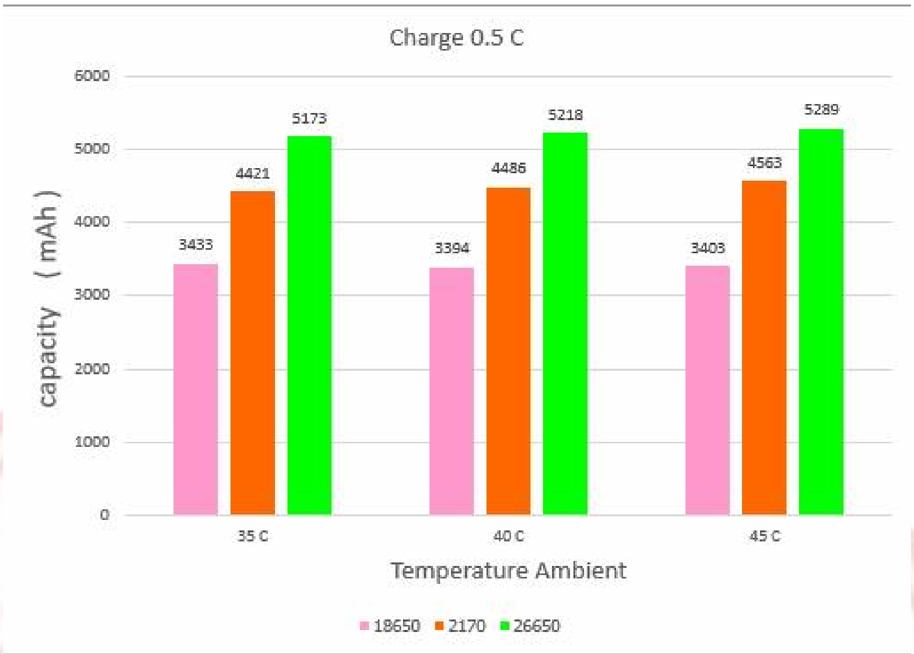
ภาพที่ ก-14 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C



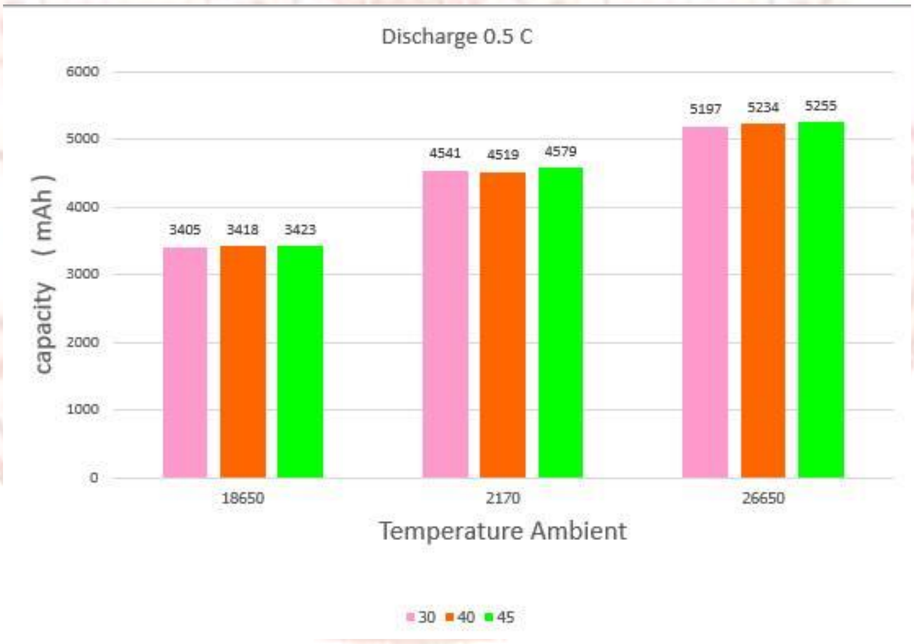
ภาพที่ ก-15 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C



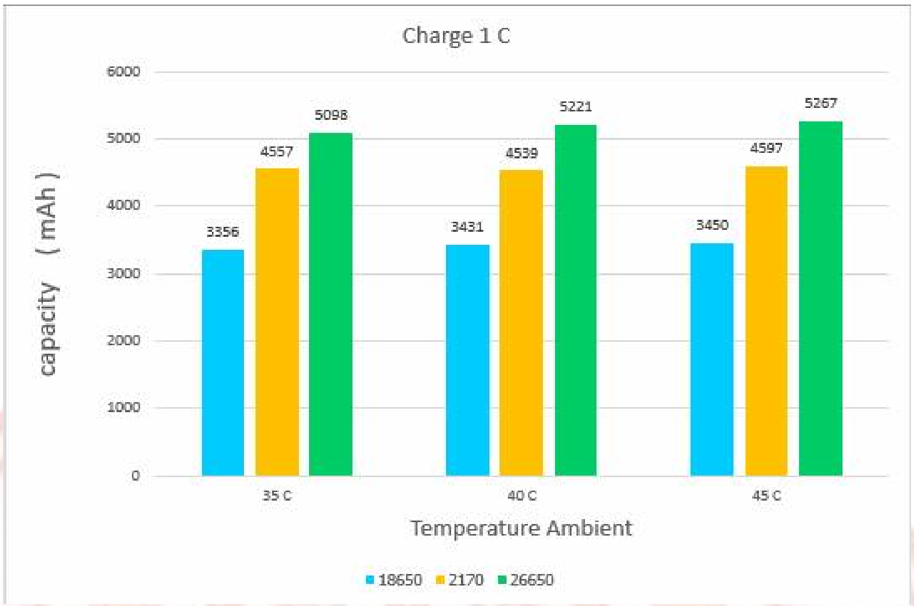
ภาพที่ ก-16 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C



ภาพที่ ก-17 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 0.5 C



ภาพที่ ก-18 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 0.5 C



ภาพที่ ก-19 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะประจุที่ 1 C

ภาพที่ ก-20 ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อความจุของแบตเตอรี่ขณะคายประจุที่ 1 C

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธีระวัฒน์ บุญทะวงศ์
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การศึกษาอุณหภูมิบรรยากาศที่ส่งผลต่อแบตเตอรี่ลิเธียมในประเทศไทย
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ประวัติ	เกิดวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ.2532

ที่อยู่ 19 หมู่ 2 ตำบลกะหรอ อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

เบอร์ติดต่อ : 095-2899851

Email : dearsweetheart1989@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา	ท่าศาลา
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	ท่าศาลาประสิทธิ์ศึกษา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ระดับปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์ นนทบุรี