



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44

The 44th Electrical Engineering Conference (EECON-44)

17-19 พฤศจิกายน 2564

ณ โรงแรม ที อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- โฟโตนิกส์ (PH)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)
- วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- พลังงานหมุนเวียน (RE)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)



EECON-44
Electrical Engineering Conference



รหัส	ชื่อบทความ	หน้า
บทความวิจัยสาขา GN งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า		
GN33	ไฟฉุกเฉินที่มีฟังก์ชันการส่งข้อมูลแบบไร้สาย วิโรจน์ แสงธงทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	780
GN34	เครื่องผลิตเส้นพลาสติกจากขวดน้ำอัดลม สิทธิพงษ์ เพ็งประเดิม ยรรยง อีสริยอาภรณ์ ธนัชชา เอี่ยมผ่อง และ นิชากร รามสูต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	784
GN35	ถุงลมกดแผลห้ามเลือด ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มณฑวัฒน์ ทรงนิโครธ และ สุทัศน์ อุทอง มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	788
GN36	ผู้ทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช โดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จิรพันธ์ พิมพ์พล, อริยราช พลศรีเมือง, พีระพงศ์ มงคลเมือง, อมรเทพ โพธิ์แก้ว และ อรพิน ชาญนำสิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	792
GN37	การพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุในการส่งและการควบคุมทางทหารด้วยซอฟต์แวร์วีดิโอสตรีมมิ่ง แบบไร้สายในการตัดสินใจ อธิพัชร จารุโรจนอนันต์ และ เปี่ยมภูมิ สฤกษ์ฤกษ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	796
GN38	ต้นแบบระบบบริการอาหารสำหรับผู้ป่วยโควิดในโรงพยาบาลสนาม บัญชา บุรพัฒน์ศิริ สัญชัยยะ ผสมกุลศิลป์ พิเศษภู โภคาร์ต้นกุล ประภาส ผ่องสนาม ชม กัมปาน มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต , สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	800
GN39	การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า พูนศรี วรรณการ สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์ และ พนา ดุสิตากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	804
GN40	อิทธิพลของลักษณะรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงต่อการสร้างน้ำกระเด็นด้วยพลาสมา วุฒิชัย แสงวัง และ คณิตร์ มาตรา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	808
GN41	การออกแบบโปรแกรมแสดงผลการวัดแบตเตอรี่ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า กมลณิษฐ์ ภูธร บัณฑิต ต้นบุญจิตต์ และ อดุลย์ ทวีพันธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	812
GN42	อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพการติดตั้งกระเบื้องพื้น ธนกร ลิ้มสุวรรณ สุชิน ไตรรงค์จิตเหมาะ ชินดนัย บุญเกษม และ วันเฉลิม พิมพ์ใส มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	816

การออกแบบโปรแกรมแสดงผลการวัดแบตเตอรี่ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

Design of Displaying Program of Battery for Electric Vehicles

กมลฉัตร ภูธร¹ บัณฑิต ต้นบุญจิตต์² และ อรุณย์ ทวีรัตน์³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร wanida.pu@rmutp.ac.th

²The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ด

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบการแสดงผลการวัดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเทียมนิเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium nickel manganese cobalt oxide : Li-NMC, NMC) สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ผ่านระบบการจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System : BMS) โดยใช้เชื่อมต่อผ่าน CAN bus รับ-ส่งข้อมูล กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานภายในเซลล์แบตเตอรี่ขณะชาร์จ/ดิชาร์จ ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเก็บข้อมูลและแสดงผล การทดสอบแบตเตอรี่ NMC จำนวน 1 โมดูล ประกอบด้วย เซลล์แบตเตอรี่ 14 เซลล์ แต่ละเซลล์มีแรงดันไฟฟ้า 4.2 VDC หรือ 58.8 VDC ต่อ 1 โมดูล กระแสไฟฟ้า 43 Ah ต่อ 1 โมดูล เงื่อนไขการทดลอง 2 สภาวะ คือ เงื่อนไขการชาร์จแบตเตอรี่ NMC ที่แรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์เริ่มต้นที่ 40% ของความจุสูงสุด และเงื่อนไขการดิชาร์จของแบตเตอรี่อยู่ที่ 100% ทดลองการดิชาร์จด้วยโหลดอิเล็กทรอนิกส์ 600 วัตต์ จากผลการทดลองสอดคล้องกับคุณลักษณะของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

คำสำคัญ: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต, ยานยนต์ไฟฟ้า, ระบบการจัดการพลังงานของแบตเตอรี่, สถานะการประจุแบตเตอรี่, ปริมาณแบตเตอรี่ที่ถูกใช้ไป

Abstract

This paper presents Design of Displaying Program of Battery for Electric Vehicles monitored by the Battery Management System (BMS). In this paper, LabVIEW is applied to acquire parametric information such as current, voltage, and temperature. The experiment condition is defined as follows: i) the battery module, which consists of 4.2-voltage batteries, 14 cells, and 43 Ah (One module is empirically set as 58.8 voltages); and ii) the experiments are classified into two classes: the initial voltage of the battery is set as 40% of the maximum capacity in case of the charge condition. In another condition, the initial voltage of the battery is set as 100% with a 600-Watt electronic load. In the case of a discharge condition, the voltage is continuously decreased

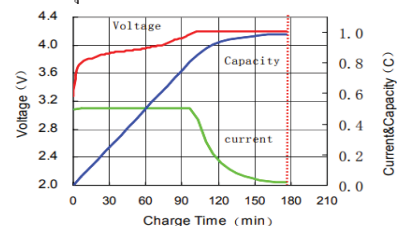
with the stable level of current distribution. It corresponds to normal battery characteristics.

Keywords: Lithium-Iron-Phosphate Battery or NMC Battery, Electric Vehicle, Battery Management System, State of Charge (SOC), Depth of discharge

1. บทนำ

ระบบการจัดการพลังงานของแบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แบตเตอรี่ใช้งานอย่างเต็มประสิทธิภาพ ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอยู่กับระยะทางการใช้งาน ปัจจุบันแบตเตอรี่ที่นำมาใช้เป็นแบตเตอรี่ โดยเชื่อมต่อเซลล์แบตเตอรี่ NMC หลายเซลล์แบบอนุกรมรวมเป็น 1 โมดูล ภายในของแบตเตอรี่จะมีระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management system ; BMS) ทำหน้าที่รักษาสมดุลเซลล์แบตเตอรี่ (Maintain balance cell battery) เพื่ออัดไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ให้เต็มมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ โดยตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ อุณหภูมิของเซลล์ การวัดกระแสความต้านทานต่อเซลล์ นำไปวิเคราะห์การวัดสถานะการชาร์จ (State of Charge : SoC) สถานะสุขภาพของเซลล์ (SoH) เพื่อรักษาเซลล์แบตเตอรี่ได้ดีกว่า

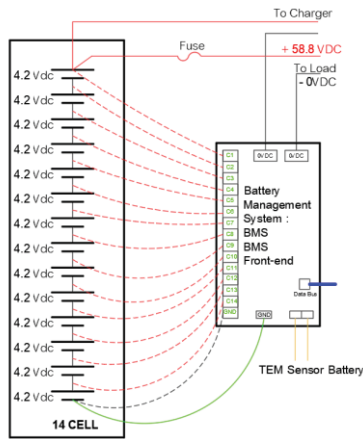
จากรูปที่ 1 แสดงสถานะการประจุแบตเตอรี่ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสขณะชาร์จ (เส้นสีแดง) ค่าแรงดันของแต่ละเซลล์แบตเตอรี่แบบต่อเนื่องตั้งแต่สถานะเริ่มชาร์จไปจนถึงแรงดันสูงสุด 100% ของเซลล์ (4.2 VDC) (เส้นสีเขียว) ค่ากระแสไฟฟ้าในขณะชาร์จ พบว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้าภายในเซลล์แบตเตอรี่เกือบถึงแรงดันสูงสุดในแต่ละเซลล์ กระแสขณะชาร์จแบตเตอรี่จะลดลงจนเกือบ 0 A แสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่ได้รับประจุเต็มแล้ว เครื่องชาร์จจัดการทำงาน



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของแรงดัน กระแสขณะชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียม

2. ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่ NMC ยี่ห้อ Amita รุ่น EV-001 สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

โครงสร้างภายในแบตเตอรี่ NMC ดังรูปที่ 2 มีลักษณะเซลล์เป็น ถูกแพะหรือพอนซ์เซลล์ (pouch cell) ต่ออนุกรมจำนวน 14 เซลล์ ประกอบเป็น 1 โมดูล แต่ละเซลล์มีแรงดันไฟฟ้า 4.2 VDC (58.8 VDC ต่อ 1 โมดูล) กระแส 43 Ah ต่อ 1 โมดูล มี BMS ทำหน้าที่รักษาสมดุลภายในแบตเตอรี่ ป้องกันความเสียหายที่เกิดการชาร์จ/ดิชาร์จ และ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าพิสัยของ BMS เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่



รูปที่ 2 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ NMC

ในส่วนประกอบและโครงสร้างภายนอก ดังรูปที่ 3 เป็นพลาสติก แข็งทำหน้าที่เป็นฉนวน ด้านข้างประกอบด้วยสแตนเลสเพื่อป้องกันการ กระแทกและระบายความร้อน

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่ NMC รุ่น EV-001

1.	Model No.	EV-001	
2.	Component Cell	120155250NH02	
3.	Connection Structure	14S1P	
4.	Typical Capacity	43Ah	
5.	Cycle Life	3C1C >3000	
6.	Voltage	Average.	50.4V
		Max.	58.8V
		Min.	33.6V
7.	Weight	16 Kg	
8.	Energy/Rated Capacity	2.16 KWh	
9.	Charge	Max. Current	8.8A / 176A
		Max. Continuous Current	8.8A
		Transient Peak Current	176A
10.	Operating Temperature	Charging	0~55°C
		Discharging	0~55°C

11.	Storage Temperature	0~45°C
12.	Humidity Range	< RH 45~85%
13.	Battery Management Unit	Yes

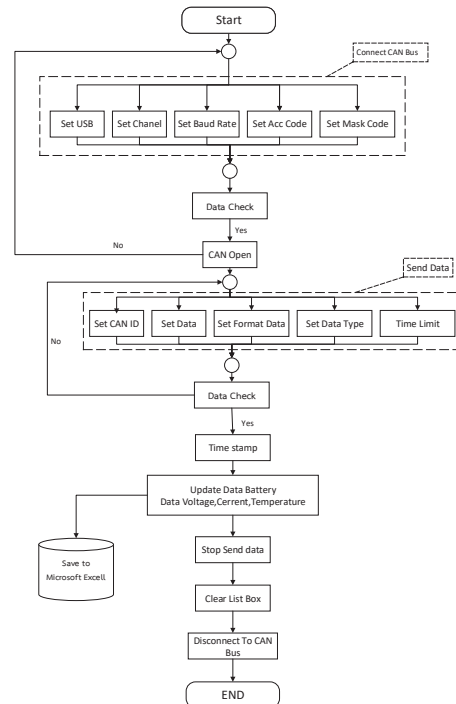
3. การออกแบบวิธีรับ-ส่งข้อมูล ของแบตเตอรี่ NMC จาก BMS ผ่าน CAN bus ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW

จากรูปที่ 4 เป็นขั้นตอนการออกแบบการรับ-ส่งข้อมูลจาก BMS สื่อสารข้อมูลผ่าน CAN Bus รับ-ส่งข้อมูล กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานภายในเซลล์แบตเตอรี่ขณะชาร์จ/ดิชาร์จ ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเก็บข้อมูลและแสดงผล มี ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อระบบรับ-ส่งข้อมูล

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงการออกแบบ โปรแกรม LabVIEW แสดงผลกระแส,แรงดันและอุณหภูมิภายในของแบตเตอรี่ ประกอบด้วย แรงดันในแต่ละเซลล์ 14 ค่า กระแสของแบตเตอรี่ 1 ค่า และอุณหภูมิ 2 ค่าการบันทึกข้อมูลไว้ใน Microsoft Excel แสดงระยะเวลาที่กำหนด จำนวนครั้ง วัน/เดือน/ปี, เวลา, กระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิ กำหนดเวลาบันทึกทุกๆ 1 วินาที โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้



รูปที่ 4 การออกแบบการเก็บข้อมูลและแสดงผลแบตเตอรี่ NMC

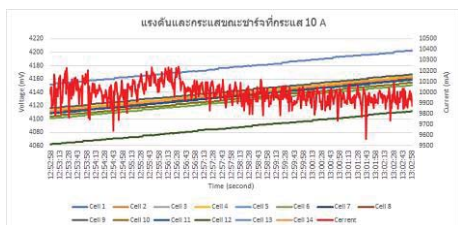
- 1) เซตค่าเชื่อมต่อ CAN bus ป้อนข้อมูล Port USB, Chanel CAN, Baud Rate, Acc. Code และ Mask Code
- 2) LabVIEW ตรวจสอบการเชื่อมต่อเข้ากับ CAN bus จนกว่าข้อมูลที่รับจะตรงกัน จึงเปลี่ยนสถานะเป็น CAN Open (ไฟสีเขียวติด) แสดงว่า Connect CAN bus สำเร็จ
- 3) เปิดข้อมูล CAN ID, Data, Format Data, Data Type และ Time Limit ผ่าน CAN ID จาก BMS ของแบตเตอรี่
- 4) เมื่อข้อมูลทั้งหมดตรงกับ CAN ID ข้อมูลจาก BMS ของแบตเตอรี่จะตอบกลับมาจำนวน 8 bytes ถูกเก็บใน List และบันทึกที่โปรแกรม Excel อัปเดตข้อมูลตามจำนวนเวลาที่ใส่ค่าไว้ใน Time Limit
- 5) สามารถ Clear ลบข้อมูลใน List ทั้งหมด เพื่อรอการทดลองต่อไป
- 6) Cancel เพื่อยกเลิกใช้งานและ Disconnect CAN bus

4. ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ NMC รุ่น EV-001 สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผล กระแส แรงดัน และ อุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงภายในเซลล์แบตเตอรี่ NMC ขณะชาร์จ/ดิสชาร์จ เก็บบันทึกข้อมูลในรูปแบบของ Microsoft Excel ทุก 1 วินาที โดยการทดลองมีอุปกรณ์ใช้ทดลอง ขณะชาร์จด้วยเครื่องชาร์จ On Board Chargers รุ่น PA3K3 W72FM40 กระแสชาร์จสูงสุด 40 แอมป์ และทดลองการดิสชาร์จด้วยเครื่อง BK 8510 600W Programmable DC Electronic Load ดิสชาร์จที่กระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 10 แอมป์

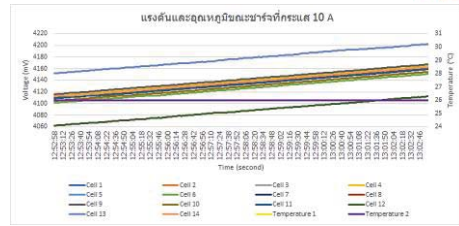
4.1 ทดลองการชาร์จที่กระแสชาร์จ 10 แอมป์ (0.25C)

ทดลองชาร์จที่ 0.25C เก็บข้อมูลทุกๆ 1 วินาที จากรูปที่ 5 พบว่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์เพิ่มขึ้นในลักษณะลิเนียร์เท่าๆกัน มีเซลล์แบตเตอรี่ เซลล์ที่ 13 มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าเซลล์อื่น และเซลล์แบตเตอรี่ เซลล์ที่ 12 ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเซลล์อื่น เมื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ NMC เมื่อแรงดันไฟฟ้าภายในเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง เข้าใกล้ Limit ของเซลล์แบตเตอรี่คือ 4200 mV (100%) กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จให้กับแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลงจนเข้าใกล้ 0 แอมป์



รูปที่ 5 ผลของกระแส และแรงดันขณะชาร์จ ที่ 0.25C

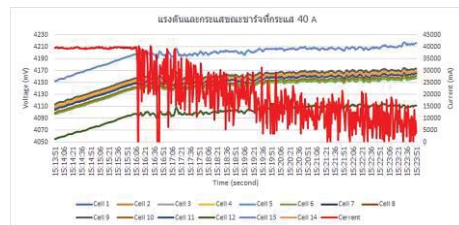
จากรูปที่ 6 แสดงผลการชาร์จแบตเตอรี่ ที่ 0.25C เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิของแบตเตอรี่ พบว่าอุณหภูมิภายในอยู่ที่ 26 °C



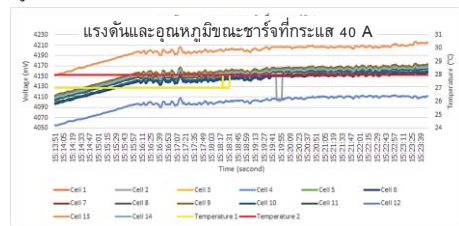
รูปที่ 6 ผลของแรงดัน และอุณหภูมิขณะชาร์จ ที่ 0.25C

4.2 ทดลองการชาร์จที่กระแสชาร์จ 40 แอมป์ (0.9C)

ทดลองชาร์จที่ 0.9C พบว่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์เพิ่มขึ้นเร็วกว่าการชาร์จที่ 0.25C มีการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าภายในเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง เข้าใกล้ Limit ของเซลล์แบตเตอรี่คือ 4200 mV (100%) กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จให้กับแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลงจนเข้าใกล้ 0 แอมป์ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลของกระแส และแรงดันขณะชาร์จ ที่ 0.9C

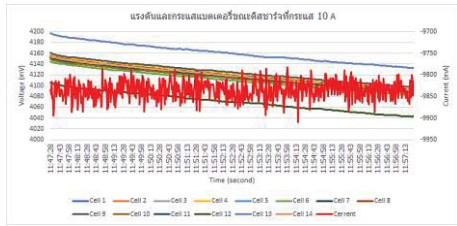


รูปที่ 8 ผลของแรงดัน และอุณหภูมิขณะชาร์จ ที่ 0.9C

จากรูปที่ 8 แสดงผลการชาร์จแบตเตอรี่ ที่ 0.9C เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิของแบตเตอรี่ พบว่าอุณหภูมิภายในที่ 28 °C

4.3 ทดลองการดิสชาร์จที่กระแสดิชาร์จ 10 แอมป์ (0.25C)

จากรูปที่ 9 ทดสอบอัตราการดิสชาร์จที่ 0.25 C ด้วยเครื่อง BK 8510 600W Programmable DC Electronic Load พบว่าแรงดันไฟฟ้าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนเข้าใกล้ Limit ต่ำสุดที่รักษามวลของเซลล์แบตเตอรี่ที่ไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (1680 mVต่อเซลล์) เมื่อมีเซลล์แบตเตอรี่เซลล์ใดเซลล์หนึ่งถึง Limit ต่ำสุดก่อน BMS จะหยุดการดิสชาร์จเพื่อรักษาความปลอดภัยของการดิสชาร์จ (Depth of Discharge :DoD) เพื่อรักษาคุณสมบัติสมบูรณ์ของแบตเตอรี่ ในการดิสชาร์จกระแสของแบตเตอรี่จะคงที่ แต่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเรื่อยๆจนถึงมีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ใดเซลล์หนึ่งมีค่า 1680 mV BMS จะหยุดการดิสชาร์จ อุณหภูมิภายในการดิสชาร์จที่ 26 °C



รูปที่ 9 ผลของกระแส และแรงดันขณะชาร์จที่ 0.25C

4.3 ผลการเปรียบเทียบการชาร์จที่ 0.25C และ 0.9C

สุมักแรงดันไฟฟ้าที่เซลล์แบตเตอรี่ 1 เซลล์ (เส้นสีฟ้า) ทดลองชาร์จด้วยกระแส 0.9C (เส้นสีส้ม) ทดลองชาร์จด้วยกระแส 0.25C พบว่าแรงดันไฟฟ้าในเซลล์แบตเตอรี่ที่ชาร์จด้วย 0.9C แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่า ดังรูปที่ 10



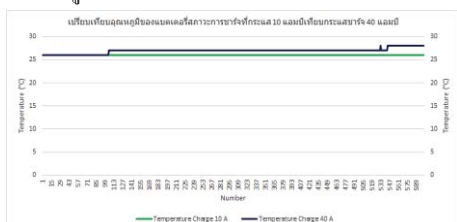
รูปที่ 10 แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แบตเตอรี่ที่การชาร์จ 0.25C และ 0.9C

จากรูปที่ 11 เปรียบเทียบการชาร์จพบว่ากระแสไฟฟ้า (เส้นสีแดง) กระแสชาร์จที่ 0.9C BMS ของแบตเตอรี่จะตัดกระแสชาร์จเมื่อแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แบตเตอรี่ถึง Limit ก่อน แต่ในสภาวะการชาร์จที่ 4200 mV ก่อน



รูปที่ 11 กระแสไฟฟ้าของเซลล์แบตเตอรี่ขณะชาร์จที่ 0.25C และ 0.9C

จากรูปที่ 12 แสดงอุณหภูมิภายในแบตเตอรี่ที่การชาร์จ 0.25C และ 0.9C พบว่า เมื่อกระแสชาร์จสูงส่งผลให้อุณหภูมิภายในของแบตเตอรี่ NMC สูงขึ้นด้วย



รูปที่ 12 อุณหภูมิของเซลล์แบตเตอรี่ขณะชาร์จที่ 0.25C และ 0.9C

5. สรุป

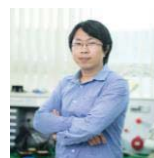
จากผลการทดลองการวัดแบตเตอรี่ลิเทียมนิกเกิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ ยี่ห้อ Amita รุ่น EV-001 สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ผ่าน CAN bus ใช้โปรแกรม LabVIEW เก็บข้อมูลและแสดงผล แรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่จำนวน 1 ค่า และอุณหภูมิภายในจำนวน 2 ค่า เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงภายในของแบตเตอรี่ NMC ขณะชาร์จ/คิซชาร์จ เพื่อใช้เป็นข้อมูลไปวิเคราะห์สถานะ SOC และ SOH ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละโมดูล เพื่อทำนายเปอร์เซ็นต์ความเสื่อมสภาพ และอายุการใช้งาน ในอนาคต ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามคุณลักษณะที่สมบูรณ์ของแบตเตอรี่

เอกสารอ้างอิง

- [1] พิมพ์ ลิ้มทองกุล, จิราวรรณ มงคลธนทรศ, มานพ มาสมทบ, ภัทกร รัตนวรรณ, ธัญญา แพรวพิพัฒน์, วิเศษ ลายลักษณ์และกิตติพงษ์ เกษมสุข, “การวิจัยแบตเตอรี่ต้นแบบสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า”, [Online]. Available: <http://thaiauto.or.th/> [Accessed: 15 สิงหาคม 2563]
- [2] K. W. E. Cheng, B. P. Divakar, Hongjie Wu, Kai Ding, and Ho Fai Ho, “ระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery-Management System : BMS) และระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ที่สัมพันธ์กับความจุ (State of Charge : SOC) มาใช้สำหรับการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า”, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5609223?tp=&number=5609223> [Accessed : 3 สิงหาคม 2563].



กมลฉัตร ภู่อสร อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, งานวิจัย Battery Management System, Big data analytics, Energy Management



บัณฑิต ต้นบุญจิตต์ Research Assistant (TGGS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, งานวิจัย Power electronics and electrical drives application,



อดุลย์ ทวินันท์ อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ด, งานวิจัย Battery management system,