ฑีรพรรษฎ์ ศรีอ่อน : ระบบประเมินสถานะสุขภาพและอายุการใช้งานคงเหลือของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ผลการตอบสนองเชิงพลศาสตร์ระหว่างการชาร์จ (THE STATE OF HEALTH AND REMAINING USEFUL LIFE OF LITHIUM-ION BATTERY PREDICTION SYSTEM USING THE CHARGING DYNAMICS RESPONSE ANALYSIS)
อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล, 159 หน้า.

คำสำคัญ : แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน การเสื่อมสภาพ การคัดแยก dynamic time warping

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีบทบาทในชีวิตประจำวันของผู้คนในปัจจุบันซึ่งเห็นได้จากการใช้งานแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเพื่อกักเก็บและจ่ายพลังงานให้อุปกรณ์ใช้งานส่วนบุคคล ระบบสำรองพลังงาน รวมไปถึงรถยนต์ที่เป็นหนึ่งระบบที่สำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน ในการใช้งานแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจะแสดงพฤติกรรมการเสื่อมสภาพทั้งในสภาวะการทำงานและในสภาวะการที่ไม่มีการใช้งาน การเสื่อมสภาพดังกล่าวส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บพลังงาน ความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าระหว่างการดิสชาร์จ ความสามารถในการรับการชาร์จที่มีแนวโน้มลงลดตามอายุของแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าค่าความต้านทานในซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเกิดความร้อนระหว่างการทำงานจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดเวลาการใช้งานอันนำไปสู่ความเสี่ยงต่อการลุกไหม้ของแบตเตอรี่เมื่อหมดอายุการทำงาน ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการตรวจจับแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพในระดับที่แตกต่างกันด้วยค่าการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วและกำลังไฟฟ้าสำหรับการชาร์จที่ประกอบด้วยกระบวนการประมาณค่า state of charge (SOC) กระบวนการประมาณค่ากำลังไฟฟ้าการชาร์จ (charging power, P_{chg}) และกระบวนการตรวจจับแพ็กแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพในระดับต่างกันด้วยขั้นวิธี dynamics time warping (DTW) จากผลการวิจัยพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแพ็กแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพแตกต่างกันจะมีค่าแรงดันที่สูงกว่าในระหว่างการชาร์จแบบกระแสคงที่-แรงดันคงที่ (constant voltage – constant current) กำลังไฟฟ้าการชาร์จของแพ็กแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพในระดับใกล้เคียงกันจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแพ็กที่มีการเสื่อมสภาพในระดับที่แตกต่างกัน แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง XGBOOST สามารถใช้เพื่อการประมาณค่า SOCI ได้โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9969 0.9514 และ 0.9524 สำหรับชุดข้อมูล train test และ unseen ตามลำดับ พร้อมกับมีค่าคุณลักษณะในการประมาณได้แก่ V_{OCV} ค่า P_{chg} ต่ำสุดที่ได้จากช่วงเวลาสังเกต 60 s ค่า VT รวมจากช่วงเวลาสังเกตกว้าง 15 s ผลรวม P_{chg} จากช่วงเวลาสังเกตเท่ากับ 30 s VT สูงสุดจากช่วงเวลาสังเกต 4 s P_{chg} ต่ำสุดจากช่วงเวลาสังเกต 30 s P_{chg} ต่ำสุดจากช่วงเวลาสังเกต 45 s การตรวจจับแพ็กแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพในระดับความรุนแรงที่

แตกต่างกันด้วยวิธีการ dynamic time warping สามารถคัดแยกแพ็กแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพแตกต่างกันออกจากแพ็กแบตเตอรี่ที่มีเซลล์เสื่อมสภาพในระดับใกล้เคียงกันได้อย่างชัดเจน โดยมี accuracy เท่ากับ 0.97 precision เท่ากับ 1.00 recall เท่ากับ 0.96 และ F1 score เท่ากับ 0.98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา ทีรพรรษฐ์.....

ปีการศึกษา 2568 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

THEERAPHAT SRI-ON : THE STATE OF HEALTH AND REMAINING USEFUL LIFE OF LITHIUM-ION BATTERY PREDICTION SYSTEM USING THE CHARGING DYNAMICS RESPONSE ANALYSIS.
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JIRAPHON SRISERTPOL, Ph.D., 159 PP.

Keywords: LITHIUM ION BATTERY/DEGRADATION/ANOMALY DETECTION/DYNAMIC TIME WARPING

Lithium-ion batteries play a significant role in people's daily lives today, as demonstrated by their use for energy storage and power supply in personal electronic devices, backup power systems, and, most notably, in vehicles, which constitute a crucial system in the modern era. Lithium-ion batteries exhibit degradation behaviors both under operational conditions and during periods of inactivity. Such degradation affects their energy storage capacity, discharge power capability, and charging acceptance, all of which tend to decline as the battery ages. In addition, it has been observed that the internal resistance a variable that directly influences the rate of heat generation during operation increases over time, thereby elevating the risk of battery ignition at the end of its service life. This research proposes a method for detecting battery packs with cells exhibiting varying degrees of degradation, utilizing terminal voltage responses and charging power, encompassing state of charge (SOC) estimation, charging power (P_{chg}) estimation, and the detection of battery packs with different levels of cell degradation through the dynamic time warping (DTW) algorithm. The results reveal that the terminal voltage of battery packs containing cells with different levels of degradation is higher during constant current-constant voltage (CC–CV) charging. The charging power of battery packs with cells of similar degradation levels is lower compared to those with significantly varied degradation levels. Furthermore, the XGBOOST machine learning model can be employed to estimate SOCI, achieving R^2 values of 0.9969, 0.9514, and 0.9524 for training, test, and unseen datasets, respectively. The significant features used for estimation include open circuit voltage, minimum charging power, summation of terminal voltage, summation of charging power, terminal voltage, and charging power. Detection of battery packs with cells

exhibiting varying degrees of degradation using the dynamic time warping method effectively distinguishes packs with severely degraded cells from those with similarly degraded cells, with an accuracy of 0.97, a precision of 1.00, a recall of 0.96, and an F1 score of 0.98.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechatronics Engineering
Academic Year 2025

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....