

# ชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย BMS

## Lithium Battery Pack Learning Kit Controlled by BMS

กฤติพงษ์ ยอดสังข์<sup>1</sup> และ เกศราลักษณ์ เนตรแสงศรี<sup>2</sup> และ ธรรมนุญ ขำจิตต์<sup>3</sup>  
Krittiphong Yotsang<sup>1</sup> and Kesarakulak Netsangsi<sup>2</sup> and Thammanoon khamjit<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms 2) หาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเทียมที่จะใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ได้แก่ นักศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบประเมินความเหมาะสม 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms ด้านการออกแบบอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.64 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 ด้านการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ มาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.46 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 โดยรวมพบว่าชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms มีความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ มาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.50 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms ใน 3 รอบ พบว่า ระบบไฟฟ้าทำงานได้ดี การทำงานของอุปกรณ์อื่นๆของแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms ทำงานปกติ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms พบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.45 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 ด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด คือ หัวข้อประโยชน์การใช้งาน อยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.75 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำสุด คือ หัวข้อความสะดวกในการขนย้ายและจัดเก็บได้ง่าย อยู่ในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

**คำสำคัญ :** ประสิทธิภาพ ชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์

<sup>1,2</sup> Automotive Technology Program, Bachelor of Technology, Phetchabun Technical College

## Abstract

This research aims to: (1) design and develop a lithium battery pack learning kit controlled by a Battery Management System (BMS), (2) evaluate the performance of the lithium battery for use with electronic devices, and (3) study user satisfaction with the lithium battery pack learning kit controlled by BMS. The sample group consisted of ten second-year undergraduate students. The research instruments included (1) an assessment of suitability and (2) a user satisfaction questionnaire regarding the lithium battery pack learning kit controlled by BMS. The statistical methods used were mean and standard deviation.

The research findings revealed that: (1) the assessment of the learning kit's suitability showed that the design aspect was rated at the highest level, with a mean score of 4.64 and a standard deviation of 0.49, while the usability aspect was rated at a high level, with a mean score of 4.46 and a standard deviation of 0.51. Overall, the lithium battery pack learning kit controlled by BMS was deemed highly suitable, with a mean score of 4.50 and a standard deviation of 0.50. (2) The performance evaluation of the learning kit over three testing rounds demonstrated that the electrical system functioned well, and the components of the lithium battery pack, along with the BMS, operated normally. (3) The user satisfaction evaluation indicated that overall satisfaction was at a high level, with a mean score of 4.45 and a standard deviation of 0.51. The highest-rated aspect was usability benefits, which was rated at the highest level, with a mean score of 4.75 and a standard deviation of 0.71. The lowest-rated aspect was ease of transportation and storage, which was rated at a high level, with a mean score of 4.12 and a standard deviation of 0.45.

Keywords: Performance, Lithium Battery Pack Learning Kit, Battery Management System (BMS)

## บทนำ

แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ก่อนนั้นมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมาก มันจึงถูกนำมาใช้เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าเข้าระบบไฟ เพื่อให้แสงสว่าง และใช้สำหรับเครื่องมือสื่อสาร เช่น วิทยุ แบตเตอรี่เหล่านี้มักเกิดปัญหาขึ้นเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่หนาวเย็น คือ แบตเตอรี่จะสูญเสียประจุอย่างรวดเร็ว ยกตัวอย่างเช่น การที่เราเปิดไฟทิ้งไว้ขณะเครื่องยนต์ไม่ได้เดินเพื่อทำการชาร์จ แบตเตอรี่จะเกิดการรั่วไหลของกรด ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมได้ ถ้าปัญหาเหล่านี้ไม่ได้ถูกแก้ไข อาจก่อให้เกิดการระเบิดได้ แต่ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้ เทคโนโลยีแบตเตอรี่ก้าวหน้าไปมาก ส่วนใหญ่ถูกพัฒนามาจากพวกสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต หรือ แลปท็อป นี่จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สมาร์ตโฟนอยู่มาจนถึงปัจจุบัน ในขณะที่แบตเตอรี่ที่ใช้ภายในบ้านก็ไม่ได้มีขนาดใหญ่เกินไปกว่ากอนับตรเครดิตการ์ด นี่เป็นเพียงแค่ตัวอย่างเดียวเท่านั้น

BMS คืออะไร BMS เป็นระบบที่คอยตรวจจับและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่ และความผิดปกติหรือสิ่งบกพร่องที่พบในแบตเตอรี่ ระบบนี้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียม เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเธียมมีความอ่อนไหวในการชาร์จ ในขณะที่แบตเตอรี่แบบดั้งเดิมจะหยุดชาร์จเมื่อ

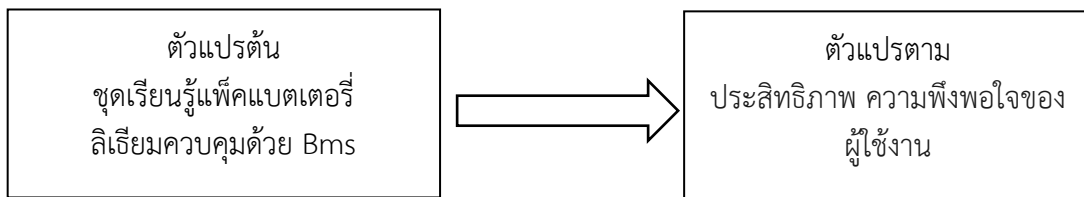
แบตเตอรี่เต็ม แต่แบตเตอรี่ลิเธียมยังคงรับประกันการชาร์จอยู่เรื่อยๆ เปรียบให้เห็นภาพ ก็เหมือนกับการที่เราเติมน้ำเข้าลูกโป่งเรื่อยๆ จนในที่สุดลูกโป่งก็ระเบิดแตก อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ลิเธียมก็มีการป้องกัน ซึ่งมันจะเตือนผู้ใช้งานว่าแบตเตอรี่ชาร์จเต็มแล้ว BMS มี สวิตช์ที่คอยปล่อยแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่ชาร์จเต็มแล้ว เพื่อป้องกันการชาร์จที่มากเกินไป และทำลายแบตเตอรี่ในที่สุด คล้ายๆกับเป็นเบรกเกอร์ในวงจรไฟฟ้า หรือ ฟิวส์ที่คอยตัดกระแสไฟ เพื่อป้องกันระบบที่เหลื่อ

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การออกแบบและสร้างชุดระบบ BMS ใช้กับแบตเตอรี่ลิเธียม มีความสำคัญต่อผู้ใช้แบตเตอรี่ลิเธียมเป็นอย่างมาก เพราะสามารถตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็ม และยัง สามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมได้อีกด้วย ผู้วิจัยได้เห็นว่า อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการใช้แบตเตอรี่ลิเธียมที่ไม่ได้คุณภาพมีความอันตรายเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงจัดทำชุดเรียนรู้แพ็คเกจแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการเรียนรู้และผู้ใช้ใช้งาน

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดเรียนรู้แพ็คเกจแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms
2. เพื่อหาประสิทธิภาพชุดเรียนรู้แพ็คเกจแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดเรียนรู้แพ็คเกจแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms

### กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สื่อการเรียนการสอนเป็น ตัวกลาง ที่ช่วยถ่ายทอดความรู้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยมีบทบาทสำคัญในการ เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น
2. เพิ่มความสนใจและการมีส่วนร่วม
3. ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา
4. ทำให้เนื้อหาที่ยากและซับซ้อนเข้าใจง่ายขึ้น
5. ช่วยให้การเรียนการสอนมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงขึ้น

ทฤษฎีแบตเตอรี่ลิเธียม จากปัญหาความต้องการในการใช้พลังงานของโลกที่เพิ่มมากขึ้นอย่างทวีคูณ และกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอกับความต้องการพลังงานนั้น กอปรกับมีความต้องการในการใช้ พลังงานจากแหล่งที่สะอาดปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานที่ ขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่มาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) เช่น จาก แสงอาทิตย์ ลม น้ำ คลื่น และความร้อนใต้พิภพ เพราะเป็นพลังงานที่สะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีให้ใช้อย่างเหลือเฟือ สำหรับประเทศไทยมีโอกาสพัฒนาพลังงานทดแทน ปริมาณมากจากพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีที่ตั้งของภูมิประเทศที่เหมาะสม เราสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างยั่งยืนตามธรรมชาติได้อย่างคุ้มค่า ตลอดทั้งปี และไม่มีวัน

หมด อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานจาก แสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ดี(Electrical energy storage) อย่างเช่น แบตเตอรี่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. พันเอก รัตติพล ตันยา และคณะ, 2560:เนื่องจากปัจจุบันยุทธโศปกรณ์ที่มีใช้ในหน่วยงานทหาร มักจะมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ตรวจวัด ต่างๆ และหน่วยประมวลผลคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ และส่วนประกอบดังกล่าวต้องอาศัยแหล่ง พลังงานเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้โดยแหล่งพลังงานดังกล่าวมักจะมาจากแบตเตอรี่เป็นหลักแต่เนื่องจาก แบตเตอรี่นั้นมีคุณสมบัติและอายุการใช้งานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์แบตเตอรี่

2. พิมพ์ ลิ้มทองกุล และคณะ, 2560:จากเซลล์ที่ได้ถูกคัดเลือกและทดสอบ ที่มีวิจัยได้ออกแบบการ จัดเรียงเซลล์ให้ได้กระแสไฟฟ้า รวมถึงค่าแรงดัน และความจุที่ต้องการในพื้นที่ที่กำหนด โดยได้การประกอบ แพ็คแบตเตอรี่ชุดนี้ใช้เซลล์เชื่อมต่อกันในลักษณะขนานกัน 22 เซลล์ และอนุกรมกัน 16 เซลล์เป็น 1 โมดูล (22P16S)

3. “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่มีอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์หรือ อิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่ใช่กรด – เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิระบบลิเทียม สำหรับการใช้งานแบบพกพา.”, มอก. 2218-2548., ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๓๖๐๑ (พ.ศ. ๒๕๔๙)

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ในการศึกษาเรื่อง ชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาข้อมูล ต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษา ขอบเขต เนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทำงาน และอุปกรณ์ในชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ ลิเทียมควบคุมด้วย Bms เพื่อกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ เนื้อหาวิชาและใบประกอบที่จะสร้างขึ้น

1.2 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการสร้างสื่อการเรียนการสอน เพื่อทราบขั้นตอนใน การ ออกแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติ ประโยชน์ของชุดฝึกปฏิบัติ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ และพัฒนา ชุดฝึกปฏิบัติ และการวิเคราะห์ผลการศึกษา จากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ชุดฝึกปฏิบัติที่ พัฒนาขึ้น

1.3 ศึกษาถึงรายละเอียดของสื่อการเรียนการสอนอื่นๆ เช่น ชุดทดลอง ชุดสาธิต หรือ ชุด การสอน ฯลฯ ที่เกี่ยวกับชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้ ศึกษาจึงมี แนวทางที่จะสร้างชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms โดยใช้ อุปกรณ์หลักของระบบ ชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms หลังจากนั้นจึงนำชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ ไปหา ประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อไป

### 2. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัย คือ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ จำนวน 24 คน

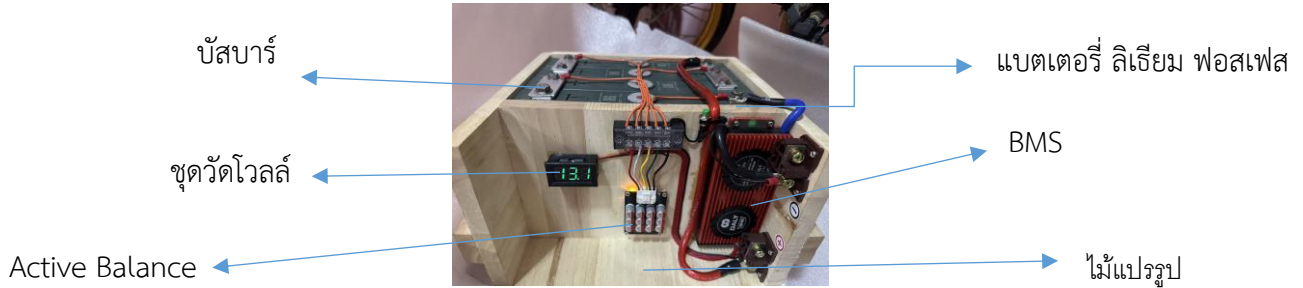
กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ คือ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ จำนวน 10 คน คัดเลือก โดยเฉพาะเจาะจง

3. ออกแบบและสร้างชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

3.1 แบตเตอรี่ ลิเธียม ฟอสเฟส LiFePo4 3.2v 100ah จำนวน 4 ก้อน

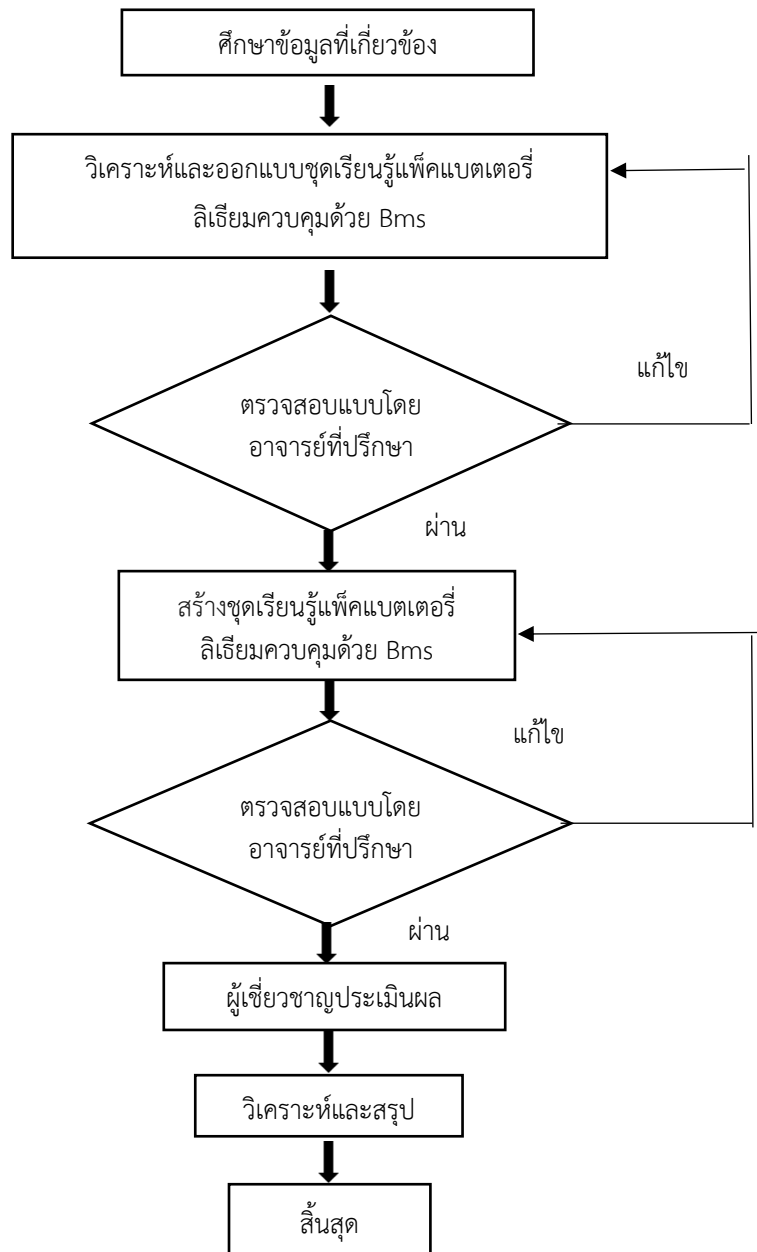
3.2 ติดตั้ง บัสบาร์ BMS 4S 12V 100A Daly และ Active Balance

3.3 ติดตั้ง Ygdgs bitzer คอมเพรสเซอร์ และ ชุดวัดโวลต์ เข้ากับแบตเตอรี่ที่จัดเตรียมไว้



ภาพที่ 2 ชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms

3.4 การจัดทำชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms มีขั้นตอนการศึกษาโครงการดังแผนภูมิ



#### 4. วิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

##### 4.1 หาค่าความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยใช้ ค่าเฉลี่ย [4]

$$\text{สูตร } \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	=	แทนจำนวนข้อมูล

##### 4.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{สูตร S. D} = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	S. D	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x^2$	=	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum x)^2$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	N	=	จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

##### 4.3 การวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยกำหนดเกณฑ์ค่า คะแนนไว้ 5

ระดับ[5]

4.51-5.00	หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก
2.51-3.50	หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย
1.00-1.50	หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

#### ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดเรียนรู้แพ็คเกจเตอร์ลีเทียมควบคุมด้วย Bms ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 จำนวน 10 คน ทั้งนี้ เพื่อให้การศึกษาครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ นำเสนอผลการวิจัย และแปลความหมาย ดังนี้

#### 1. ผลการออกแบบและสร้างชุดเรียนรู้แพ็คเกจเตอร์ลีเทียมควบคุมด้วย Bms

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสม และความเป็นไปได้ของการออกแบบและสร้างชุดเรียนรู้แพ็คเกจเตอร์ลีเทียมควบคุมด้วย Bms

รายการประเมิน	ความเหมาะสม		เกณฑ์
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ส่วนที่ 1 ด้านการออกแบบ	4.64	0.49	มากที่สุด
ส่วนที่ 2 ด้านการใช้งาน	4.46	0.51	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.50	0.50	มาก

จากตารางที่ 1 ความเหมาะสมของด้านการออกแบบ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ผลการประเมินความเหมาะสมของ ด้านการใช้งานชุดเรียนรู้แพ็ค แบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 เมื่อรวมทั้ง 2 ด้าน พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50

## 2. ผลการหาประสิทธิภาพของชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms การวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าในแพ็คแบตเตอรี่ลิเธียม (ควบคุมด้วย BMS, แรงดัน 12V และกระแส 100Ah)

ครั้งที่	เวลา (นาท)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	พลังงานที่ใช้ไป (Wh)	สถานะ BMS	หมายเหตุ
1	0	12.6	0	0	ปกติ	เริ่มทดสอบ
2	10	12.4	8	96	ปกติ	โหลดเริ่มทำงาน
3	20	12.2	12	240	ปกติ	โหลดเพิ่มขึ้น
4	30	11.9	15	435	ปกติ	โหลดสูงสุด
5	40	11.6	10	535	ปกติ	ลดโหลดบางส่วน
6	50	11.3	5	563	ปกติ	โหลดต่ำ
7	60	11.0	3	573	ปกติ	เตรียมปิดโหลด
8	70	10.8	1	576	เตือนแรงดันต่ำ	ใกล้หมดประจุ
9	80	10.5	0	576	ตัดการจ่ายไฟ	ปิดโหลด

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms พบว่า แบตเตอรี่ลิเธียม 12V 100Ah สามารถจ่ายพลังงานรวมประมาณ 576Wh ก่อนที่ BMS จะตัดการจ่ายไฟ BMS ทำงานได้ตามปกติ และสามารถควบคุมแรงดันต่ำได้โดยแจ้งเตือนก่อนตัดการจ่ายไฟ การลดแรงดันจาก 12.6V จาก 10.5V แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการคายประจุของเซลล์แบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าที่โหลดใช้มีผลต่ออัตราการคายประจุ หากโหลดสูง (15A) แรงดันลดเร็วขึ้น การใช้งานแบตเตอรี่ควรอยู่ในช่วงแรงดันที่ปลอดภัย ( $\geq 10.8V$ ) เพื่อยืดอายุการใช้งานของเซลล์

### 3. ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms

ตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
<b>1.ด้านการออกแบบ</b>			
1.1 ชุดฝึกใช้งานประมาณสร้างน้อย	4.32	0.66	มาก
1.2 ฐานชุดฝึกมีความแข็งแรง	4.33	0.52	มาก
1.3 วัสดุในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.66	0.67	มากที่สุด
1.4 การจัดวางชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms มีความเหมาะสม	4.22	0.47	มาก
1.5 ชุดฝึกมีความสะดวกในการขนย้ายและจัดเก็บได้ง่าย	4.12	0.45	มาก
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	4.34	0.55	มาก
<b>2. ด้านการใช้งาน</b>			
2.1 ชุดฝึกระบบใช้งานได้ง่าย	4.65	0.69	มากที่สุด
2.2 ชุดฝึกทำให้เข้าใจในการทำงานได้ง่ายขึ้น	4.66	0.63	มากที่สุด
2.3 ความปลอดภัยในการใช้ชุดฝึกระบบ	4.57	0.77	มากที่สุด
2.4 ความสะดวกในการดำเนินการสอน	4.18	0.24	มาก
2.5 ประโยชน์การใช้งาน	4.75	0.71	มากที่สุด
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	4.56	0.47	มากที่สุด
<b>ค่าเฉลี่ยโดยรวม</b>	4.45	0.51	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจโดยรวมต่อชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms อยู่ในระดับความพึงพอใจ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 4.45 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 เมื่อพิจารณาในข้อย่อย พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุดคือ ประโยชน์การใช้งาน ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71 และด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำสุดคือ ชุดฝึกมีความสะดวกในการขนย้ายและจัดเก็บได้ง่าย ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.45

#### สรุปผลการวิจัย

ความเหมาะสมของด้านการออกแบบ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ผลการประเมินความเหมาะสมของ ด้านการใช้งานชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมควบคุมด้วย Bms พบว่ามีความเหมาะสมอยู่เกณฑ์ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 เมื่อรวมทั้ง 2 ด้าน พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50



ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms พบว่า แบตเตอรี่ลิเธียม 12V 100Ah สามารถจ่ายพลังงานรวมประมาณ 576Wh ก่อนที่ BMS จะตัดการจ่ายไฟ BMS ทำงานได้ตามปกติ และสามารถควบคุมแรงดันต่ำได้โดยแจ้งเตือนก่อนตัดการจ่ายไฟ การลดแรงดันจาก 12.6V จาก 10.5V แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมคายประจุของเซลล์แบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าที่โหลดใช้มีผลต่ออัตราการคายประจุ หากโหลดสูง (15A) แรงดันลดเร็วขึ้น การใช้งานแบตเตอรี่ควรอยู่ในช่วงแรงดันที่ปลอดภัย ( $\geq 10.8V$ ) เพื่อยืดอายุการใช้งานของเซลล์

ความพึงพอใจโดยรวมต่อชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย Bms อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 4.45 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 เมื่อพิจารณาในข้อย่อย พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุดคือ ประโยชน์การใช้งาน ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71 และด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำสุดคือ ชุดฝึกมีความสะดวกในการขนย้ายและจัดเก็บได้ง่าย ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45

### อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าชุดเรียนรู้แพ็คแบตเตอรี่ลิเธียมควบคุมด้วย BMS มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการพัฒนาอุปกรณ์เรียนรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่ลิเธียม การออกแบบชุดเรียนรู้ ได้รับการประเมินว่าเหมาะสมมาก เนื่องจากโครงสร้างและฟังก์ชันต่าง ๆ สามารถรองรับการเรียนรู้ทางเทคนิคได้เป็นอย่างดี การใช้งานจริง พบว่าแบตเตอรี่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ และ BMS ทำหน้าที่ควบคุมได้ดี โดยสามารถป้องกันการคายประจุเกินและช่วยยืดอายุการใช้งานของเซลล์ ข้อจำกัด ที่พบคือ ความสะดวกในการขนย้ายและจัดเก็บ ซึ่งได้รับคะแนนต่ำสุดในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

### ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มความสะดวกในการขนย้ายและจัดเก็บ โดยปรับปรุงโครงสร้างให้มีน้ำหนักเบาขึ้น หรือออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย
2. เพิ่มระบบป้องกันแรงดันต่ำเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนได้เอง
3. พัฒนาโมดูลเสริม เช่น ระบบวิเคราะห์การทำงานของ BMS แบบเรียลไทม์ หรือแสดงข้อมูลผ่านจอ LCD

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ขวลิต แซงทอง. (2554). ความหมายสื่อการเรียนการสอน. เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง สื่อการเรียนการสอน, 54 1-2. <https://shorturl.asia/pceUL>
- [2] Cusenza, Maria Anna และคณะ "การประเมินพลังงานและสิ่งแวดล้อมของชุดแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบเสียบปลั๊ก" วารสารการผลิตที่สะอาดขึ้น 215 (2019): 634-649
- [3] Yoshio, Masaki และคณะ "Si เคลือบคาร์บอนเป็นวัสดุขั้วบวกของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน" Journal of The Electrochemical Society 149.12 (2002): A1598
- [4] Thungthong, Teerapat, et al. "การ เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตระหว่างระบบทำความเย็นด้วยอากาศระบบทำความเย็นแบบทางอ้อมและระบบทำความเย็นแบบจุ่ม" Kasetsart Engineering Journal 35.114 (2022): 43-52.
- [5] Ceder, Gerbrand และ Anton Van der Ven "แผนภาพเฟสของออกไซด์โลหะทรานซิชันลิเทียม: การตรวจสอบจากหลักการเบื้องต้น" Electrochimica Acta 45.1-2 (1999): 131-150