

## การพัฒนาชุดฝึกอบรมเทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า

### Developing a Training kits on Brushless DC motor (BLDC) Driving Techniques for Basic electric vehicles

เฉลิมศักดิ์ มีไพบูลย์สกุล<sup>1</sup> สุเมธ มามาตย์<sup>2</sup> อุบลรัตน์ มณีมัย<sup>3</sup> ยุทธวิช ชูสวน<sup>4</sup>

Chalerm Sakdee Meepai Boonsakul<sup>1</sup> Sumat Mamat<sup>2</sup> Ubonrat Maneemai<sup>3</sup> Yutthawit Chusuan<sup>4</sup>

<sup>1</sup> สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 จังหวัดภูเก็ต 83000

Institute of Vocational Education Southern Region 2, Phuket 83000

<sup>2</sup> แผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ จังหวัดกระบี่ 81000

Department of Computer Technical, Technician, Krabi Technical College, Krabi 81000

<sup>3-4</sup> แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ จังหวัดกระบี่ 81000

Department of Electronic, Technician, Krabi Technical College, Krabi 81000

<sup>1</sup> Corresponding Author: E-mail: chalerm sakmee@gmail.com

Received: 15 December. 2023; Revised: 23 January. 2024; Accepted: 10 February. 2024;

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า และเพื่อประเมินความพึงพอใจในการจัดอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านให้กับผู้สอนในสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 ดำเนินการโดยการออกแบบเนื้อหาหลักสูตรที่จะฝึกอบรมแล้วทำการสร้างชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้าพร้อมเอกสารประกอบการอบรม หลังจากนั้นทำการหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และจัดอบรมให้กับกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเสนอชื่อจากวิทยาลัยต้นสังกัดในสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 ที่เปิดสอนระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ แห่งละ 3 คน ที่ยังไม่เปิดสอนในระดับปริญญาตรีสาขาดังกล่าว แห่งละ 2 คน เลือกแบบจำเพาะเจาะจงจากช่างในสถานประกอบการของจังหวัดกระบี่ 3 แห่ง ๆ ละ 1 คน และจากครู/อาจารย์ที่สนใจเข้าร่วมการฝึกอบรมเพิ่มเติม จำนวน 5 คน รวมเป็น 22 คน เครื่องมือประเมินเป็นแบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลการสร้างชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า ได้ชุดฝึกอบรมจำนวน 14 ชุด พร้อมเอกสารประกอบการอบรมชุดละ 3 รายการ คุณภาพของชุดฝึกอบรมในภาพรวมอยู่ในระดับดี 2) ระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อการเข้าร่วมโครงการพบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าทุกด้านมีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุด โดยด้านวิทยากรฝึกอบรมมีค่าระดับความพึงพอใจสูงสุด

**คำสำคัญ :** ชุดฝึกอบรม ยานยนต์ไฟฟ้า ความพึงพอใจ

## Abstract

The purpose of this research is to create a training kits on Brushless DC motor (BLDC) Driving Techniques for the basics of electric vehicles. and to assess satisfaction in organizing brushless motor driving training for instructors in the Institute of Vocational Education southern Region 2. This is carried out by designing the course content to be trained. Then create a training set for driving brushless carbon dioxide (BLDC) motors for the basics of electric vehicles, complete with training documents. After that, the quality was determined by 5 experts and training was provided to the sample group by means of nominations from the parent colleges in the Institute of Vocational Education southern Region 2, which offers bachelor's degrees in automotive technology, with 3 students each, that have not yet been taught at the bachelor's degree level in the said field, 2 people each, specifically selected from technicians in 3 establishments in Krabi Province, 1 person each, and from teachers/instructors interested in participating in additional training, totaling 5 People, a total of 22 people. The assessment tool is a quality assessment by experts. and a questionnaire regarding the level of satisfaction of project participants. Data were analyzed using frequency values. Mean and standard deviation.

The results showed that 1) the result of the construction of a brushless motor driving (BLDC) training package for electric vehicle basics; A total of 14 training sets were obtained, together with 3 training documents. The overall quality of the training sets was in a good level 2) The level of satisfaction of the trainees with their participation in the project. It was found that the overall level was at the highest level, but when considering each aspect, it was found that all aspects had the highest average level. In terms of trainers, the satisfaction level was highest

**Keyword :** Training kits, Electric vehicles, Satisfaction

## 1. บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคตมุ่งสู่กระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดโลกร้อน ยานยนต์สมัยใหม่ จึงเน้นการผลิตยานยนต์ที่ไม่ปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งยานยนต์ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ตอบโจทย์กระแสการรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมนี้ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ที่สำคัญของโลก และมีศักยภาพ ในการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าได้ การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าจึงเป็นเรื่องของการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างการผลิตและเทคโนโลยีที่สำคัญ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาได้อนุมัติโครงการพัฒนาศักยภาพกำลังคนสู่มาตรฐานอาชีพ เพื่อตอบสนองต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต [1] โดยดำเนินการจัดกิจกรรมยกระดับศักยภาพ สถาบันการอาชีวศึกษาให้สามารถจัดการศึกษาหลักสูตรวิชาชีพในการพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะในการทำงาน ของกำลังคนในสถานประกอบการและผู้เรียนอาชีวศึกษาที่สอดคล้องกับมาตรฐานคุณวุฒิวิชาชีพ เพื่อตอบสนองต่อ

การพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต โดยมีเป้าหมายให้สถาบันการอาชีวศึกษาดำเนินการจัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่ให้เอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต

ในการนี้สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 จึงได้มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีที่รองรับการพัฒนาขยายตัวของไฟฟ้าสมัยใหม่เข้าสู่กระบวนการเรียนการสอน ในรูปแบบการสร้างชุดฝึกอบรมและการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ พื้นฐานความรู้ด้านยานยนต์ไฟฟ้าให้แก่ ครู-อาจารย์ ที่สอนทางด้านเทคโนโลยียานยนต์ ให้มีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้า โดยเฉพาะให้มีความรู้ความเข้าใจและมีทักษะในการวิเคราะห์ปัญหาและการแก้ไขปัญหาและการแก้ไขปัญหาการควบคุมการทำงานของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านซึ่งเป็นต้นกำลังหลักของยานยนต์ไฟฟ้าและเป็นพื้นฐานด้านเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการพัฒนาผู้เรียนของสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 รวมทั้ง ช่วยยกระดับความรู้ ทักษะในการทำงานของกำลังคนในสถานประกอบการ ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างและประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า

2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจในการจัดอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านให้กับผู้สอนในสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรที่ใช้ในการหาคุณภาพของชุดฝึกอบรม เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการสอนทางด้านเทคโนโลยียานยนต์ และด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ในสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควตาจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยียานยนต์ 3 คน ด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 2 คน รวมทั้งสิ้น 5 คน

2) ประชากรที่ใช้ในการประเมินผลการฝึกอบรมในครั้งนี้เป็นอาจารย์/ครูผู้สอนสาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ และสาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลในสถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 และช่างจากสถานประกอบการในจังหวัดกระบี่ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเสนอชื่อจากวิทยาลัยต้นสังกัด จากสถานศึกษาที่เปิดสอนระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ แห่งละ 3 คน จากสถานศึกษาที่ยังไม่เปิดสอนแห่งละ 2 คน และเลือกแบบจำเพาะเจาะจงจากช่างในสถานประกอบการของจังหวัดกระบี่ 3 แห่ง ๆ ละ 1 คน นอกจากนั้นยังมีครู/อาจารย์ที่สนใจเข้าร่วมกิจกรรมการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพิ่มเติม จำนวน 5 คน รวม 22 คน เป็นผู้ตอบแบบสอบถามการประเมิน

3.2 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า ดำเนินการโดยประชุมคณะทำงานเพื่อออกแบบเนื้อหาหลักสูตร ออกแบบและสร้างชุดฝึกอบรมต้นแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหาของหลักสูตร ทดสอบการทำงานของชุดฝึกอบรมและสร้างชุดฝึกอบรมเพื่อขยายผลให้ครบตามเป้าหมายรวม 14 ชุด จัดทำเอกสารประกอบการฝึกอบรมให้สอดคล้องกับชุดฝึกอบรม จัดทำสื่อประกอบการฝึกอบรม ทดลองฝึกอบรมโดยใช้สื่อ ชุดฝึกอบรมและเอกสารประกอบการฝึกอบรมที่สร้างขึ้นปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ หากคุณภาพของชุดฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญ และดำเนินการจัดฝึกอบรมและประเมินผลการดำเนินการ

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

1) แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แรงถ่าน สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับคุณภาพของชุดฝึกอบรมเทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แรงถ่าน จำนวน 9 ข้อ

2) แบบประเมินผลการจัดอบรม ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบเครื่องมือในการประเมิน และการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินในครั้งนี้ เป็นแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน

**ตอนที่ 1** เป็นแบบสอบถามข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) ได้แก่ จำแนกตามสถานะของผู้ตอบแบบสอบถาม วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน และประสบการณ์ในการฝึกอบรมด้านยานยนต์ไฟฟ้า

**ตอนที่ 2** เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจต่อโครงการ ของผู้เข้าร่วมโครงการ จำนวน 4 ด้าน คือ 1) ด้านสถานที่และการดำเนินงานทั่วไป 2) ด้านวิทยากรฝึกอบรม 3) ด้านความรู้ความเข้าใจ และทักษะที่ได้จากการฝึกอบรม และ 4) ด้านชุดฝึกอบรมเทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แรงถ่าน รวมจำนวน 33 ข้อ

**ตอนที่ 3** เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ลักษณะแบบสอบถามเป็นปลายเปิด (Open - Ended) โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้เสนอแนะความคิดเห็นโดยอิสระ

ทั้งแบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม และแบบประเมินผลการจัดอบรมในตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือเป็นแบบสอบถามชนิดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยผ่านกระบวนการหาดัชนีความสอดคล้อง IOC : Item Objective Congruence Index (Rovinelli & Hambleton, 1977) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถในด้านการสร้างเครื่องมือวิจัย โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยค่าความพึงพอใจ กำหนดเป็นช่วงคะแนน ดังต่อไปนี้

- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจ/ความคิดเห็นว่าผลของโครงการอยู่ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจ/ความคิดเห็นว่าผลของโครงการอยู่ในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจ/ความคิดเห็นว่าผลของโครงการอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจ/ความคิดเห็นว่าผลของโครงการอยู่ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจ/ความคิดเห็นว่าผลของโครงการอยู่ในระดับน้อยที่สุด

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลผลการฝึกอบรมโดยการแจกแบบสอบถามผ่าน Google form หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม เพื่อให้ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมตอบ ได้แบบสอบถามที่ตอบครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวน 22 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100

### 3.5 วิเคราะห์ที่ได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1) การคำนวณหาข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากแบบสอบถามตอนที่ 1 ที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) ใช้วิธีการหาค่าความถี่ (Frequency)

2) การคำนวณหาระดับคุณภาพของชุดฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญ และระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรม จากแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean :  $\bar{X}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) วิเคราะห์ในรูปแบบตารางประกอบคำอธิบาย โดยมีเกณฑ์การแปลผลรายละเอียด ดังนี้ [2]

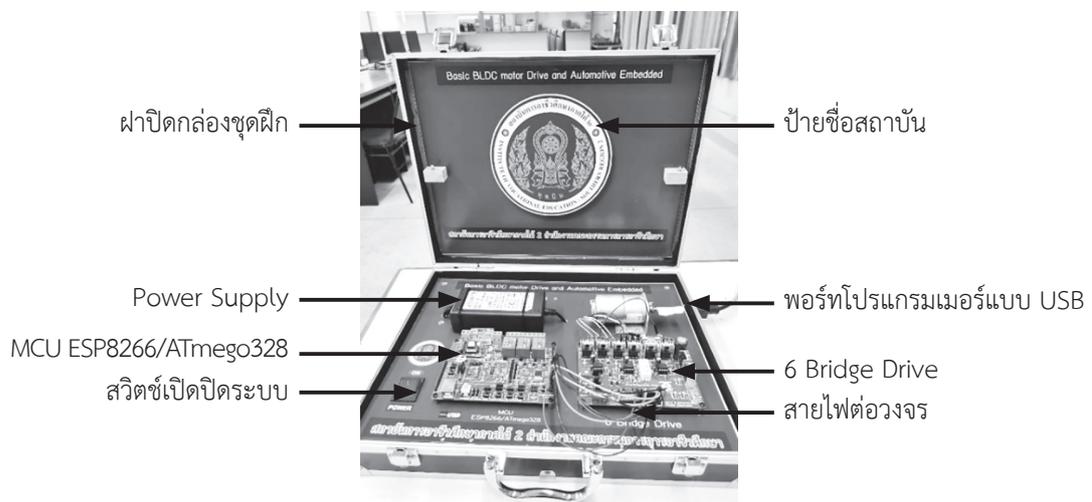
คะแนนเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ	ระดับความพึงพอใจ
4.50 – 5.00	ดีมาก	มากที่สุด
3.50 – 4.49	ดี	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด	น้อยที่สุด

3) ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ของผู้เข้าร่วมโครงการพัฒนาบุคลากรทางการศึกษา ครูพิเศษสอนแบบสอบถามตอนที่ 3 ที่มีลักษณะเป็นปลายเปิด (Open-Ended) โดยการหาค่าความถี่ (Frequency)

#### 4. ผลการวิจัย

##### 4.1 ผลการสร้างชุดฝึกอบรมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า

###### 1) รูปแบบของชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 1 ชุดฝึกอบรมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า

ชุดฝึกอบรมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) สำหรับพื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นประกอบด้วย มอเตอร์ BLDC ขนาด 25W โดยมีสายมาตรฐาน 3+5 เส้น ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ 6 Bridge ขนาด 100W พร้อมชุดวัดกระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 และ ATmega328 พร้อมชุดสวิตซ์ซิงค์ และรีเลย์ 3 ชุด เพาเวอร์ซัพพลาย 24V 5A และสวิตซ์พาวเวอร์เปิดปิดใช้งานชุดทดลอง

# บทความวิจัย

## 2) รายละเอียดของหลักสูตรการฝึกอบรม จำนวน 15 ชั่วโมง

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับความจำเป็นในการใช้มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless DC electric motor : BLDC Motor) ในยานยนต์ไฟฟ้า หลักการหมุนของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน เทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน วงจรขับและวงจรป้องกันมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน การใช้งานและการแก้ปัญหาการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน อุปกรณ์การทดลองและการต่อใช้งานควบคุมมอเตอร์ เทคนิคการตรวจสอบและแก้ปัญหาระบบควบคุมมอเตอร์

## 3) เอกสารที่ใช้ประกอบการฝึกอบรม



ภาพที่ 2 เอกสารที่ใช้ประกอบในการฝึกอบรม

รายละเอียดของเอกสารประกอบในการฝึกอบรมจำนวน 3 เล่ม ประกอบด้วย

**เล่มที่ 1** เอกสารประกอบการฝึกอบรมระบบสมองกลฝังตัวยานยนต์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 ภาคที่ 1 เทคนิคการขับมอเตอร์ BLDC [3] เนื้อหาประกอบด้วย บทที่ 1 มอเตอร์ และการขับ บทที่ 2 มอเตอร์กระแสตรงมีความถี่ บทที่ 3 Stepper Motor กับ การหมุนแบบมีกำลัง และบทที่ 4 การกำเนิดสัญญาณ BLDC

**เล่มที่ 2** หนังสือวิดีโอผ่าน QR ถอดความกลัวแล้วก้าวสู่โลกอิเล็กทรอนิกส์แบบลงมือทำ [4] เนื้อหาประกอบด้วย บทที่ 1 ปฐมบทและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ บทที่ 2 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ บทที่ 3 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ บทที่ 4 เทคนิคการไล่วงจร บทที่ 5 สัญญาณทางไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง บทที่ 6 การใช้งานโปรแกรมจำลองวงจรโดยใช้วงจร Proteus บทที่ 7 การออกแบบ PCB ด้วยโปรแกรม EsyEDA และบทที่ 8 การใช้เครื่องมือวัดและตรวจสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

**เล่มที่ 3** การสร้างนวัตกรรมรูปแบบ STEM ในยุค 5G [5] เนื้อหาประกอบด้วย บทที่ 1 การศึกษา STEM บทที่ 2 วิทยาศาสตร์กับการออกแบบเซ็นเซอร์ บทที่ 3 เทคโนโลยีสื่อสารและการเชื่อมต่อ บทที่ 4 เทคนิคการใช้ ESP8266 ในการควบคุม บทที่ 5 Coding และเครื่องมือในการ Coding และบทที่ 6 วงจรควบคุมการทำงานของปลั๊กอินประสาท

## 4) ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

ที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1.	ขนาดของชุดฝึกอบรมมีความเหมาะสม	4.40	0.55	ดี
2.	ความประณีตและความสวยงามของชุดฝึกอบรม	4.40	0.55	ดี
3.	การติดตั้งอุปกรณ์บนชุดฝึกอบรมมีความเหมาะสม	4.20	0.84	ดี
4.	ชุดฝึกอบรมสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์	4.40	0.55	ดี
5.	ชุดฝึกอบรมสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ได้จริง	4.60	0.55	ดีมาก
6.	ชุดฝึกอบรมเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	4.40	0.55	ดี
7.	เอกสารประกอบชุดฝึกอบรมมีรายละเอียดชัดเจนสามารถเรียนรู้ได้	4.60	0.55	ดีมาก
8.	สื่อ QR Code ในเอกสารประกอบทำให้การเรียนรู้เกิดได้ทุกที่และทุกเวลา	4.80	0.45	ดีมาก
9.	ความทันสมัยของชุดฝึกอบรมและเอกสารประกอบ	4.40	0.55	ดี
<b>เฉลี่ย</b>		<b>4.47</b>	<b>0.57</b>	<b>ดี</b>

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า คุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับดี แต่เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า สูงสุดอยู่ที่สื่อ QR Code ในเอกสารประกอบทำให้การเรียนรู้เกิดได้ทุกที่และทุกเวลา และต่ำสุดที่การติดตั้งอุปกรณ์บนชุดฝึกอบรมมีความเหมาะสม ในระดับดี

#### 4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการจัดอบรมการขับเคลื่อนระบบไร้แปรงถ่านให้กับผู้สอนในสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2

##### ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นครูสาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ 16 คน สาขาวิชาอื่น 3 คน เป็นครูฝึก/ช่างจากสถานประกอบการ 3 คน วุฒิการศึกษาระดับ ปวส. 2 คน ปริญญาตรี 14 คน และปริญญาโท 6 คน ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำงาน 11 - 20 ปี 8 คน รองลงมา 21 - 30 ปี 6 คน และต่ำสุดที่ 10 ปีลงมา 3 คน ผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 13 คน ยังไม่เคยเข้ารับการอบรมทางด้านยานยนต์ฟ้า และ 9 คน มีประสบการณ์ในการอบรมมาแล้ว

##### ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อการเข้าร่วมโครงการ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ระดับความพึงพอใจในภาพรวมทุกด้าน

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1.	ด้านสถานที่และการดำเนินการทั่วไป	4.66	0.58	มากที่สุด
2.	ด้านวิทยากรฝึกอบรม	4.81	0.50	มากที่สุด
3.	ด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ได้รับจากการอบรม	4.53	0.67	มากที่สุด
4.	ด้านชุดฝึกอบรมเทคนิคการขับเคลื่อนระบบไร้แปรงถ่าน (BLDC)	4.70	0.50	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยรวมทุกด้าน</b>		<b>4.67</b>	<b>0.58</b>	<b>มากที่สุด</b>

# บทความวิจัย

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านวิทยากรฝึกอบรมมีระดับความพึงพอใจสูงสุด รองลงมาคือ ด้านชุดฝึกอบรมเทคนิคการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) และต่ำสุดที่ด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ได้รับจากการอบรม

ตารางที่ 3 แสดงค่าระดับความพึงพอใจของผู้ร่วมโครงการจำแนกรายด้าน

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
<b>1. ด้านสถานที่และการดำเนินการทั่วไป</b>				
1.1	ความพร้อมของสถานที่ในการฝึกอบรม	4.68	0.48	มากที่สุด
1.2	ช่วงเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	4.50	0.67	มากที่สุด
1.3	การต้อนรับและการลงทะเบียนมีความเหมาะสม	4.68	0.48	มากที่สุด
1.4	ความเหมาะสมของพิธีเปิดและพิธีปิด	4.68	0.48	มากที่สุด
1.5	ความพร้อมของระบบแสงและระบบเสียงที่ใช้ในการฝึกอบรม	4.68	0.48	มากที่สุด
1.6	ความพร้อมของระบบสิ่งอำนวยความสะดวก	4.64	0.58	มากที่สุด
1.7	ความเหมาะสมของอาหารว่างและอาหารกลางวัน	4.73	0.88	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>		<b>4.66</b>	<b>0.58</b>	<b>มากที่สุด</b>
<b>2. ด้านวิทยากรฝึกอบรม</b>				
2.1	มีความพร้อมในการถ่ายทอดความรู้	4.82	0.50	มากที่สุด
2.2	มีเทคนิคที่ดีในการถ่ายทอดความรู้	4.82	0.50	มากที่สุด
2.3	มีการเตรียมความพร้อมของสื่อและอุปกรณ์การฝึกอบรม	4.77	0.53	มากที่สุด
2.4	เปิดโอกาสให้ผู้เข้าอบรมถาม ตอบ หรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้	4.68	0.57	มากที่สุด
2.5	เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง	4.82	0.50	มากที่สุด
2.6	การบรรยายของวิทยากรน่าสนใจ	4.86	0.47	มากที่สุด
2.7	ความมุ่งมั่นตั้งใจของวิทยากร	4.91	0.43	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>		<b>4.81</b>	<b>0.50</b>	<b>มากที่สุด</b>
<b>3. ด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ได้รับจากการอบรม</b>				
3.1	เทคนิคการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน BLDC Motor	4.50	0.51	มากที่สุด
3.2	ความจำเป็นในการใช้มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน	4.55	0.67	มากที่สุด
3.3	หลักการหมุนของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน	4.55	0.67	มาก
3.4	วงจรขับและวงจรป้องกันมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน	4.41	0.73	มากที่สุด
3.5	เทคนิคการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน BLDC Motor	4.55	0.67	มากที่สุด

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3.6	ปฏิบัติการใช้งานและการแก้ปัญหาคอร์เซอร์แบบไร้แปรงถ่าน	4.64	0.49	มากที่สุด
3.7	อุปกรณ์การทดลองและการต่อใช้งานควบคุมมอเตอร์	4.50	0.67	มากที่สุด
3.8	เทคนิคการตรวจสอบและแก้ปัญหาระบบควบคุมมอเตอร์	4.59	0.67	มากที่สุด
3.9	สามารถนำความรู้พื้นฐานเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าไปใช้สอนนักศึกษาให้ทันเทคโนโลยี	4.50	0.91	มากที่สุด
เฉลี่ย		4.53	0.67	มากที่สุด
<b>4. ด้านชุดฝึกอบรมเทคนิคการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน</b>				
4.1	ขนาดของชุดฝึกอบรมมีความเหมาะสม	4.68	0.48	มากที่สุด
4.2	ความประณีตและความสวยงามของชุดฝึกอบรม	4.45	0.60	มาก
4.3	การติดตั้งอุปกรณ์บนชุดฝึกอบรมมีความเหมาะสม	4.68	0.48	มากที่สุด
4.4	ชุดฝึกอบรมสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์	4.59	0.50	มากที่สุด
4.5	ชุดฝึกอบรมสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ได้จริง	4.68	0.57	มากที่สุด
4.6	ชุดฝึกอบรมเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	4.77	0.43	มากที่สุด
4.7	เอกสารประกอบชุดฝึกอบรมมีรายละเอียดชัดเจนสามารถเรียนรู้ได้	4.82	0.39	มากที่สุด
4.8	สื่อ QR Code ในเอกสารประกอบเรียนรู้ได้ทุกที่และทุกเวลา	4.86	0.35	มากที่สุด
4.9	ความทันสมัยของชุดฝึกอบรมและเอกสารประกอบ	4.68	0.65	มากที่สุด
4.10	การได้รับมอบชุดฝึกฯ และคู่มือจะมีประโยชน์ต่อการจัดการศึกษา	4.82	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ย		4.70	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.67	0.58	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมจำแนกเป็นรายด้าน ดังนี้

- 1) ด้านสถานที่และการดำเนินการทั่วไป พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยความเหมาะสมของอาหารว่าง และอาหารกลางวันมีระดับความพึงพอใจสูงสุด โดยต่ำสุดที่ช่วงเวลาในการอบรม
- 2) ด้านวิทยากรฝึกอบรม พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยความมุ่งมั่นตั้งใจของวิทยากรมีระดับความพึงพอใจสูงสุด และต่ำสุดที่เปิดโอกาสให้ผู้เข้าอบรมถาม ทอบ หรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด
- 3) ด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ได้รับจากการอบรม พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ปฏิบัติการใช้งานและการแก้ปัญหาคอร์เซอร์แบบไร้แปรงถ่าน BLDC Motor มีระดับความพึงพอใจสูงสุด และต่ำสุดที่วงจรขับและวงจรป้องกันมอเตอร์ไร้แปรงถ่านอยู่ในระดับมาก

## บทความวิจัย

4) ด้านชุดฝึกอบบรมเทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า สื่อ QR Code ในเอกสารประกอบทำให้การเรียนรู้เกิดได้ทุกที่และทุกเวลา มีระดับความพึงพอใจสูงสุด และต่ำสุดที่ความประณีตและความสวยงามของชุดฝึกอบบรมอยู่ในระดับมาก

### 5. อภิปรายผลการวิจัย

1) ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า คุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับดี แต่เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าสูงสุดอยู่ที่สื่อ QR Code ในเอกสารประกอบทำให้การเรียนรู้เกิดได้ทุกที่และทุกเวลา ทั้งนี้ เป็นเพราะวิทยากรได้จัดทำเอกสารประกอบการฝึกอบบรมที่มีความสมบูรณ์ จำนวน 3 เล่ม โดยในเอกสารมีสื่อออนไลน์ที่สามารถเรียนรู้ผ่าน QR Code ตลอดเวลา

2) ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรมเมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุด และด้านที่ค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านวิทยากรฝึกอบบรม โดยเฉพาะในประเด็น ความมุ่งมั่นตั้งใจของวิทยากรมีระดับความพึงพอใจสูงสุด ทั้งนี้ จากสภาพความเป็นจริงที่ผู้ประเมินอยู่ในสถานที่อบรมตลอดเวลา ก็เห็นได้อย่างชัดเจนว่าวิทยากรมีความตั้งใจสูงมาก มีการเตรียมความพร้อมเป็นอย่างดี ส่งผลให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความตั้งใจ มุ่งมั่นตามไปด้วยจนเกินเวลาพักและเกินเวลาเล็กก็ยังให้ความสนใจฝึกอบบรม

3) ด้านชุดฝึกอบบรมเทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) พบว่า ความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าสื่อ QR Code ในเอกสารประกอบทำให้การเรียนรู้เกิดได้ทุกที่และทุกเวลา มีระดับความพึงพอใจสูงสุด สอดคล้องกับระดับคุณภาพตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะผู้อบรมสามารถเปิดดูผ่านสื่อออนไลน์ได้ทุกที่ทุกเวลาและสามารถทบทวนได้ตลอด

### 6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

1) ผลการสร้างชุดฝึกอบบรมการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) ได้ชุดฝึกอบบรม จำนวน 14 ชุด พร้อมเอกสารประกอบการอบบรม 3 รายการ ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ภาพรวมอยู่ในระดับดี

2) ระดับพึงพอใจของผู้รับการฝึกอบบรมที่มีต่อการเข้าร่วมโครงการ พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านวิทยากรฝึกอบบรมมีระดับความพึงพอใจสูงสุด รองลงมาคือ ด้านชุดฝึกอบบรมเทคนิคการขับมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) และต่ำสุดที่ด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ได้รับจากการอบบรม

#### 6.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรปรับปรุงกระบวนการจัดอบบรมในบางหัวข้อที่ระดับความพึงพอใจต่ำกว่าหัวข้ออื่น ๆ เช่น วงจรขับและวงจรป้องกันมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบบรมมีความพึงพอใจในความรู้และทักษะที่ได้รับเพิ่มขึ้น

2) ควรมีหน่วยงานที่ส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนาสื่อการสอน ชุดฝึกอบบรม เอกสารประกอบการสอน หรือตำราในระดับสถาบัน รวมทั้ง ควรส่งเสริม สนับสนุนให้บุคลากรในสังกัดสถาบันการศึกษา ได้สร้างและพัฒนาชุดฝึกอบบรมหรือสื่อในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการฝึกอบบรมหรือใช้ประกอบการสอนในเรื่องที่ทันสมัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพร ปานดำ. (2564). การจัดการอาชีวศึกษาที่ตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของโลกอนาคต. วารสารวิชาการ สถาบันการศึกษาภาคใต้ 1, 6(1), 9-22. สืบค้นจาก [https://www.ph01.tci-thaijo.org/index.php/csnp\\_veis1/article/view/244047/166282](https://www.ph01.tci-thaijo.org/index.php/csnp_veis1/article/view/244047/166282)
- [2] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- [3] สุเมธ มามาศย์ และอุบลรัตน์ มณีมีย์. (2565). เอกสารประกอบการฝึกอบรมระบบสมองกลฝังตัวยานยนต์ สถาบันการศึกษาภาคใต้ 2 ภาคที่ 1 เทคนิคการขับเคลื่อนมอเตอร์ BLDC. ระเบียบ : วิทยาลัยเทคนิคกระบี่
- [4] สุเมธ มามาศย์. (2564). หนังสือวีดิโอผ่าน QR ถอดความมาแล้วก้าวสู่โลกอิเล็กทรอนิกส์แบบลงมือทำ. ระเบียบ : วิทยาลัยเทคนิคกระบี่
- [5] สุเมธ มามาศย์. (2564). การสร้างนวัตกรรมรูปแบบ STEM ในยุค 5G. ระเบียบ : วิทยาลัยเทคนิคกระบี่
- [6] มงคล ลาดซุย, ภาคิน ขบขัน, วสุพล กุลเกลี้ยง และณัฐชัย โปธิ. (2564). การออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี, 1(1), 19-29. สืบค้นจาก <https://pho2.tci-thaijo.org/index.php/JSET/article/view/244148/165801>
- [7] ชลัท วิภาวัฒนกุล และเตชินท์ ศิริเตชะวงศ์. (2558). วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน. [ปริญญาณิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง]. <http://ebook.lib.kmitl.ac.th/library/book>