

จักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง
E-Motorcycle Conversion



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

E-Motorcycle Conversion



JULLAJAK

PHO-NGAM

PUNYAVEE

KHAWBORISUT

PONGSAKON

PUTTHAWONGWAN

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FUFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2565

จักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

E-Motorcycle Conversion



โดย

นายจุฬจักดิ์

โพธิ์งาม

นายปณยวีร์

ชาวบริสุทธิ์

นายพงศกร

พุทธวงศ์วัน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. อีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง จักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

ผู้จัดทำ

1. นาย จุฬจักร์ โปธิงาม
2. นาย ปุณยวีร์ ขาวบริสุทธิ์
3. นาย พงศกร พุทธวงศ์วัน

ธีรพล โทษโศภณ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพล โปธิพงษ์วิวัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

นายจุฬจักร์ โปธิงาม
นายบุญวีร์ ขาวบริสุทธิ์
นายพงศกร พุทธวงศ์วัน
ผศ.ดร. อธิรพล โปธิพงษ์วิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการดัดแปลงรถจักรยานยนต์สันดาปให้เป็นรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำแบตเตอรี่ที่ถูกปลดจากรถยนต์ไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ถูกปลดออกมานั้นยากทั้งต่อการกำจัดและการรีไซเคิล

ทางผู้จัดทำได้รับแบตเตอรี่ที่เป็นโจทย์คือแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนพิกัด 96 V 6.08 Ah จึงได้นำโครงรถ Honda Click 110 (รุ่นคาร์บูเรเตอร์) มาดัดแปลงเนื่องจากพื้นที่ของเครื่องยนต์สันดาปที่ถูกนำไปเพียงพอต่อการจัดวางอุปกรณ์ภายในรถยนต์ไฟฟ้า จากนั้นได้ทำการเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าพิกัด 3000 W 96 V โดยมีการเลือกมาจากพิกัดของแบตเตอรี่และจากการคำนวณแรงต้านทานต่าง ๆ ขณะขับขึ้นเพื่อกำหนดพิกัดกำลังของมอเตอร์ ถัดมาเลือกกล่องควบคุม (Controller) พิกัด 96 V 3000 W เพื่อนำมาควบคุมมอเตอร์ และทำการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์พิกัด 125 A 250 VDC โดยติดตั้งระหว่างแบตเตอรี่กับระบบไฟฟ้า เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และใช้ตัวแปลง DC-DC แปลงไฟจาก 96 V ให้กลายเป็น 12 V เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบไฟฟ้าเดิมของรถ เช่น ระบบแสงสว่าง

จากการดัดแปลงสรุปได้ว่าระบบต่าง ๆ ของรถไฟฟ้าดัดแปลงสามารถใช้งานได้ และจากการทดสอบจากไดโนแลป (Dyno Lab) ได้ผลการทดสอบว่า มีความเร็วสูงสุดที่ 101 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีกำลังขับเคลื่อนสูงสุด 17.8 แรงม้า และจากการทดสอบด้วยการวิ่งจริง Full charge แบตเตอรี่ที่ 110 V ผู้โดยน้ำหนัก 78 กิโลกรัม สามารถวิ่งได้ 18.11 กิโลเมตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 15.14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีแรงดัน Cut off อยู่ที่ 85.5 V

E-Motorcycle Conversion

Mr. Jullajak

Pho-ngam

Mr. Punyavee

Khawborisut

Mr. Pongsakon

Putthawongwan

Asst. Prof. Dr. Teeraphon Phopongviwat Advisor

Year 2022

ABSTRACT

This thesis presents the modification of combustion motorcycles to electric motorcycles. The aim is to reuse batteries that are discharged from electric vehicles. Since discharged lithium ion batteries are both difficult to dispose of and recycle

The organizer received the battery in question is lithium ion batterie at 96 V 6.08 Ah, so the frame of the Honda Click 110 (carburetor model) was adapted because the space of the combustion engine was taken to be sufficient for the placement of equipment inside the electric vehicle. Then, an electric motor rated at 3000 W 96 V was selected from the battery rating and from various resistance calculations while driving to determine the motor power rating. Next, select a controller box rated at 96 V 3000 W to control the motor. And choose a circuit breaker rated 125 A 250 VDC by installing between the battery and the electrical system. for the safety of users And use a DC-DC converter to convert the power from 96 V to 12 V to supply power to the original electrical system of the car, such as the lighting system.

From the modification, it can be concluded that various systems of the modified electric train can be used. And from the test from the Dino Lab (Dyno Lab) has tested that It has a top speed of 101 kilometers per hour. It has a maximum power of 17.8 horsepower and from the test with real running, full charge, battery at 110 V, a person weighing 78 kg can run 18.11 kilometers at an average speed of 15.14 kilometers per hour and has a cut off voltage of 85.5 V.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณา และคำแนะนำจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อีรพล โพธิ์พงษ์วิวัฒน์ ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และแนะนำข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาโครงการวิจัย โดยเริ่มต้นอย่างแนะนำ แนวทางในการศึกษาและทฤษฎีต่างๆ รวมไปถึงการใส่ใจและให้คำปรึกษาที่ดีเมื่อเกิดปัญหาระหว่าง โครงการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ตลอดจนอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ซึ่งให้ความรู้และอบรมสั่งสอนมาโดย ตลอดทำให้เป็นความรู้ในการทำโครงการวิจัย และประกอบวิชาชีพในอนาคตต่อไป

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ในอาคาร HSR (High Speed Rail) ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา ตลอดเวลาด้วยความเต็มใจจนปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อุปการะเลี้ยงดูอบรมสั่งสอน และส่งเสริม ทางด้านการศึกษา จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบให้แก่ทุก ท่านที่สนใจสามารถนำไปศึกษาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและใช้ในงานวิจัยอื่นๆ ต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	2
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 จักรยานยนต์	4
2.3 จักรยานยนต์ไฟฟ้า	6
2.3.1 ทฤษฎีและหลักการของจักรยานยนต์ไฟฟ้า	6
2.3.2 อุปกรณ์หลักในจักรยานยนต์ไฟฟ้า	7
2.4 หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน	9
2.4.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน	10

2.4.2 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์	16
2.5 ลำดับในการคอมมิวเตชัน	18
2.6 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน	21
2.7 การอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	22
2.8 ระบบเบรก	23
2.8.1 ดรัมเบรก(Drum Brake)	23
2.8.2 ดิสก์เบรก(Disc Brake)	23
2.9 สรุป	24
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบโครงงาน	25
3.1 บทนำ	25
3.2 การศึกษาข้อมูล	26
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเทคนิค (Technical Analysis)	26
3.3 การออกแบบจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	27
3.4 การคำนวณหาพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้าของล้อที่เหมาะสม	28
3.4.1 แรงต้านทานการหมุนของล้อ (Rolling resistance)	29
3.4.2 แรงต้านอากาศ (Air resistance)	30
3.4.3 แรงต้านทานความชื้น	31
3.4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน	32
3.5 การเลือกกล่องควบคุม	33
3.6 โครงรถสำหรับทำจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	35
3.7 คันเร่งไฟฟ้า	36
3.8 เรือนไมล์ดิจิทัลไฟฟ้า	37
3.9 แบตเตอรี่ และ DC-DC Converter	37

3.10	ขั้นตอนการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์	38
3.11	Swing Arm	39
3.12	เบรก	39
3.12	การตัดแปลงจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	40
3.12.1.	วัตถุประสงค์	40
3.12.2	ขั้นตอนการตัดแปลงต้นแบบจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	40
3.12	การทดสอบรถจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	45
3.13	สรุป	46
บทที่ 4	ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล	47
4.1	บทนำ	47
4.2	ประสิทธิภาพของจํกรยานยนต์ไฟฟ้ากับจํกรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน	47
4.3	ผลการทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะของจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	48
4.5	สรุปผลสมรรถนะของจํกรยานยนต์ไฟฟ้า	51
บทที่ 5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ และแนวทางการศึกษา	53
5.1	บทสรุป	53
5.2	ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ	53
5.3	แนวทางการพัฒนา	54
เอกสารอ้างอิง		55
ภาคผนวก		58
ภาคผนวก ก		59
ภาคผนวก ข		64
ประวัติผู้เขียน		67

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่	
รูปที่ 2.1	การทำงานของเครื่องยนต์	5
รูปที่ 2.2	หลักการทำงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.3	มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ในระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า	8
รูปที่ 2.4	การวางแม่เหล็กในมอเตอร์	10
รูปที่ 2.5	ขดลวดใน slot ของสเตเตอร์ใน hub motor	11
รูปที่ 2.6	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับแบบ Trapezoidal	12
รูปที่ 2.7	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับแบบ Sinusoidal	13
รูปที่ 2.8	ลักษณะของวัสดุแม่เหล็กชนิดต่างๆ	14
รูปที่ 2.9	แม่เหล็กถาวรถูกติดตั้งฉนวนรอบนอกและในโรเตอร์	15
รูปที่ 2.10	สัญญาณของเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์	16
รูปที่ 2.11	วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน	17
รูปที่ 2.12	สัญญาณฮอลล์เซ็นเซอร์ , สัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับ แบบ Trapezoidal , สัญญาณเอาท์พุทแรงบิด (Torque) และกระแสเฟสของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดไร้แปรงถ่าน	18
รูปที่ 2.13	มอเตอร์ชนิดต่างๆที่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า	18
รูปที่ 2.14	การอัดประจุผ่านตัวนำ	22
รูปที่ 2.15	การสับเปลี่ยนแบตเตอรี่	22
รูปที่ 2.16	ดรัมเบรก(Drum Brake)	23
รูปที่ 2.17	ดิสก์เบรก(Disc Brake)	23
รูปที่ 3.1	แผนผังการดำเนินการ	25
รูปที่ 3.2	การแปรรูปพลังงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้ากับจักรยานยนต์เครื่องสันดาปภายใน	27
รูปที่ 3.3	แผนผังการใช้งานอุปกรณ์ในจักรยานยนต์ไฟฟ้า	28
รูปที่ 3.4	มอเตอร์ไฟฟ้าพิกัด 3000 W 96 V	33
รูปที่ 3.5	กล่อง Controller ขนาดพิกัด 96 V 3000 W	33
รูปที่ 3.6	แสดงการต่อสายของกล่องควบคุม	34
รูปที่ 3.7	ด้านข้างของโครงรถสำหรับทำจักรยานยนต์ไฟฟ้า	35

รูปที่ 3.8	ด้านบนของโครงรถแสดงพื้นที่ในการใช้บรรจุแบตเตอรี่และกล่องควบคุม	35
รูปที่ 3.9	คันเร่งไฟฟ้าพร้อมปุ่มควบคุมมอเตอร์	36
รูปที่ 3.10	เรือนไมล์ดิจิทัลไฟฟ้า	37
รูปที่ 3.11	แบตเตอรี่	37
รูปที่ 3.12	DC-DC Converter	38
รูปที่ 3.13	เซอร์กิตเบรกเกอร์	38
รูปที่ 3.14	ตัวอย่าง Swing-Arm	39
รูปที่ 3.15	ชุดดิสก์เบรก	39
รูปที่ 3.16	รูปรถจักรยานยนต์ก่อนทำการตัดแปลง	40
รูปที่ 3.17	ด้านข้างของโครงรถสำหรับทำจักรยานยนต์ไฟฟ้า	40
รูปที่ 3.18	ด้านบนของโครงรถแสดงพื้นที่ว่าง	41
รูปที่ 3.19	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน (Hub Motor) และ Swing Arm	41
รูปที่ 3.20	ตำแหน่งของกล่องคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่	42
รูปที่ 3.21	วงจรการต่อจากกล่องสู่มอเตอร์	42
รูปที่ 3.22	วงจรระบบแสงสว่างของรถจักรยานยนต์	43
รูปที่ 3.23	DC-DC Converter	44
รูปที่ 3.24	ตำแหน่งของ DC-DC Converter โดยต่อเข้าระบบไฟแล้ว	44
รูปที่ 3.25	จักรยานยนต์ไฟฟ้าที่เสร็จสมบูรณ์	45
รูปที่ 3.26	สถานที่ทดสอบสมรรถนะ	45
รูปที่ 4.1	สถานที่ทดสอบสมรรถนะ	49
รูปที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	49
รูปที่ 4.3	ขณะทดสอบสมรรถนะ	50
รูปที่ 4.4	แสดงการจัดวางล้อเพื่อทดสอบ	50
รูปที่ 4.5	ผลการขับขี่	51
รูปที่ 4.6	กำลังขับเคลื่อน แรงบิด และความเร็วสูงสุด	52

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ	2
ตารางที่ 2.1 ลำดับการคอมมิวเตเตอร์	19
ตารางที่ 2.2 สมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่างๆ	20
ตารางที่ 2.3 สมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด	21
ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ในการประเมินเปรียบเทียบเงื่อนไขด้านเทคนิคของตัวแทนจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ สันดาปภายใน (แก๊สโซลีน) และจักรยานยนต์ไฟฟ้า	26
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบด้านเทคนิคระหว่างจักรยานยนต์สันดาปภายในกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำโครงการ

ปัจจุบันมีการเติบโตของเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วในทุกๆด้าน แต่ปัญหาที่ตามมาคือ เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนที่ตามมาจากการปล่อยมลพิษของเทคโนโลยีต่างๆ ซึ่งด้านการคมนาคม ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีการปล่อยมลพิษออกมาสูงจากเครื่องยนต์สันดาบ ที่ใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมัน จึงได้มีการพัฒนาทางด้านพลังงานเพื่อที่จะหาพลังงานมาทดแทนพลังงานจากน้ำมัน และหนึ่งในนั้นก็คือ พลังงานไฟฟ้า โดยจะมีกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งถือได้ว่าเป็นหนึ่งในหัวใจสำคัญของยานยนต์ประเภทนี้เลยก็ว่าได้

ยานยนต์ไฟฟ้า หรือ Electric Vehicle (EV) คือ ยานยนต์ที่ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในการขับเคลื่อนเต็มตัว และต้องมีคุณสมบัติทุกอย่างที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหลักของยานยนต์ที่ใช้น้ำมัน โดยต้องสามารถทดแทนทั้งในด้านของชิ้นส่วนยานยนต์ สมรรถภาพ ค่าใช้จ่าย และประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัญหาโลกร้อนในปัจจุบันแทบจะเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลต่อแทบทุกอุตสาหกรรม ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าได้รับความสนใจและการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งในประเทศไทยจากปัญหาด้านฝุ่นควันอย่าง PM2.5 ก็ทำให้คนไทยเริ่มตระหนักถึงปัญหาด้านมลพิษทางอากาศและมีการนำเข้ายานยนต์เพิ่มขึ้นจากอดีต แต่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนก็มีอายุการใช้งานหรือ Stage of Health (SoH) อยู่ โดยทั่วไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนที่เต็มสมรรถนะรถยนต์ไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแบตเตอรี่หากค่า SoH ของแบตเตอรี่ลดลงมาเหลือ 0.8 หรือต่ำกว่า แบตเตอรี่ที่ถูกเปลี่ยนเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำมาใช้งานต่อ และยากที่จะทำการกำจัดหรือรีไซเคิล จึงทำให้เกิดปัญหาเรื่องขยะตามมา

ทางผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นว่าแบตเตอรี่เหล่านี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การนำมาใช้ใหม่นี้ทั้งเพื่อลดปัญหาขยะ โดยผู้จัดทำได้คิดว่าหากนำแบตเตอรี่เหล่านี้มาใช้ในจักรยานยนต์ไฟฟ้า ที่วิ่งระยะทางไม่เกินด้วยค่า SoH ที่เหลือ 0.8 ก็เพียงพอต่อการวิ่งในระยะทางสั้นๆเช่น ในชุมชน เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของจักษยานยนต์ไฟฟ้า
2. เพื่อทดสอบคุณลักษณะของจักษยานยนต์ไฟฟ้า
3. เพื่อประกอบ ออกแบบ จักษยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงเพื่อให้สามารถรองรับกับแบตเตอรี่ที่ถูกเปลี่ยนได้

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ศึกษาความเป็นไปได้ของจักษยานยนต์ไฟฟ้าเชิงเทคนิค และออกแบบจักษยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อให้สามารถรองรับกับแบตเตอรี่ ให้สามารถใช้งานได้

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรถจักษยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อให้ทราบหลักการทํางานและส่วนประกอบ จำเป็นที่ต้องใช้ในการออกแบบจักษยานยนต์ไฟฟ้า
2. ออกแบบและประกอบรถจักษยานยนต์ไฟฟ้าตามแบบที่วางไว้
3. ทํากการทดสอบ ศึกษาสมรรถภาพของรถจักษยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทำความเข้าใจในทฤษฎีตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆทั้งภายในและต่างประเทศ พร้อมทั้งดำเนินงานในส่วนการออกแบบและจัดสร้างชิ้นงาน โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2565 ถึงเดือน พฤษภาคม 2566 รวมเป็นระยะเวลา 10 เดือน โดยมีแผนการดำเนินโครงการดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการ

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง										
2.ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้จักษยานยนต์ไฟฟ้า										
3.ทำการออกแบบและวางแผนดัดแปลงจักษยานยนต์ระบบสันดาปเป็นไฟฟ้า										
4.คำนวณหาขนาดอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แบตเตอรี่ มอเตอร์ไฟฟ้า กลองควบคุม										
5.ทำการจัดซื้ออุปกรณ์และนำมาประกอบและดัดแปลงจักษยานยนต์										
6.ทำการทดลองใช้งานซบซีเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน										
7.รวบรวมข้อมูลงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มปริญาทิพนธ์										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สร้างต้นแบบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
2. ได้ลองใช้เครื่องมือช่างในการทำงานจริงๆ
3. ได้ประเมินศักยภาพในการใช้งานรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
4. เข้าใจหลักการทำงานและวิธีการใช้งานกล่องควบคุมของจักรยานยนต์ไฟฟ้าพอสั่งเซป
5. เข้าใจคุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนได้ละเอียดมากขึ้น



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

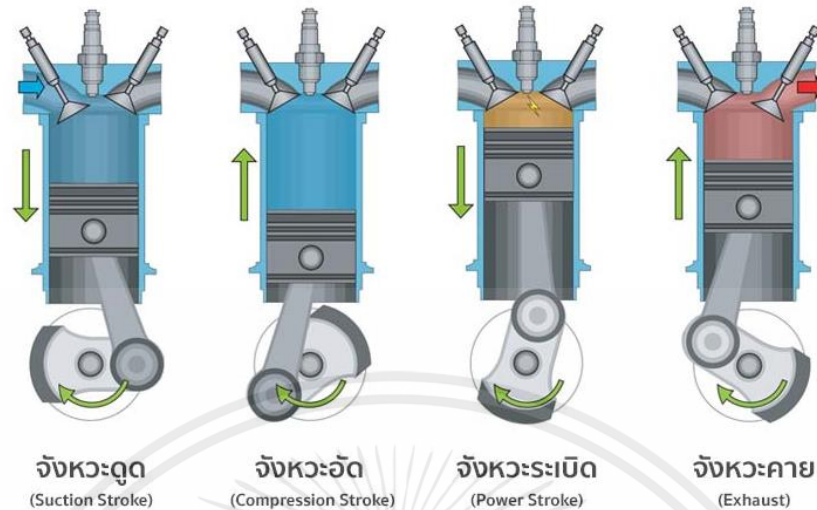
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน และ จักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยจะอธิบายหลักการทำงาน และข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาเลือกใช้งาน สำหรับ จักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งมีอุปกรณ์หลัก ๆ ที่จะกล่าวถึงในบทนี้ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า และชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ และการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า เครื่องยนต์สันดาปภายใน และจักรยานยนต์ไฟฟ้า

2.2 จักรยานยนต์

จักรยานยนต์ถือเป็นพาหนะหลักของประเทศไทย ได้รับความนิยมทั้งในเมืองใหญ่ดังเช่น กรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัดเนื่องจากความสะดวกคล่องตัวในการใช้งานเหมาะสำหรับการเดินทางระยะใกล้ อีกทั้งราคาไม่แพง คนทุกระดับสามารถเป็นเจ้าของได้

2.2.1 ทฤษฎีและหลักการทำงานของรถจักรยานยนต์ [1]

จักรยานยนต์ทั่วไปที่มีใช้งานอยู่ในประเทศไทย และทั่วโลก จะเป็นจักรยานยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน (Gasoline) คือ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงเกือบทั้งหมด เครื่องยนต์แก๊สโซลีน หรือเรียกอีกอย่างว่าเครื่องจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark-ignition engine, SI engine) เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน มีการจุดระเบิดโดยใช้ประกายไฟ และใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบาที่มีการระเหยง่าย มีลักษณะการเผาไหม้โดยที่อากาศกับเชื้อเพลิงจะทำการผสมกันในระบบไอดี ก่อนที่จะเข้าไปในกระบอกสูบโดยใช้ระบบการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ หรือระบบหัวฉีด เครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้องแน่นอนในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ปริมาณของอากาศที่ต้องการทางทฤษฎี คือ ปริมาณของอากาศซึ่งเพียงพอสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง โดยส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ป้อนเข้ากับเครื่องยนต์จะมีผลต่อกำลังงานของเครื่องยนต์ และ ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องยนต์ [2]

จากรูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ โดยสำหรับเครื่องยนต์บูเรเตอร์ อากาศจะไหลผ่านท่อเวนจูรี (Venturi) ทำให้เกิดความกดดันแตกต่างระหว่างความดันที่ทางเข้าของท่อเวนจูรี และความดันที่คอคออดของท่อ ซึ่งถูกใช้ในการจัดปริมาณของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจากห้องลูกกลอยเข้าไปผสมกับอากาศที่คอคออดหลังจากท่อเวนจูรีจะเป็นลิ้นเร่งซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการไหลของสารผสมอากาศกับเชื้อเพลิง และควบคุมกำลังที่ออกจากเครื่องยนต์ในที่สุด สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบฉีดเข้าที่ช่องไอดีเชื้อเพลิงจะถูกฉีดผ่านหัวฉีดโดยหัวฉีดจะถูกควบคุมโดยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรับสัญญาณจากตัวรับรู้ (Sensor) และสวิทซ์ต่าง ๆ แล้วนำไปประมวลผล และส่งสัญญาณไปให้หัวฉีดเพื่อทำการฉีดเชื้อเพลิงออกไปในปริมาณที่ถูกต้อง

โดยทั่วไปเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟสามารถจำแนกได้ตามกระบวนการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ เครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Two-stroke Engine) และเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Four-stroke Engine) การวิจัยนี้กล่าวถึงเครื่องยนต์ 4 จังหวะเป็นหลัก เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะมากกว่าเครื่องยนต์แบบ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เป็นเครื่องยนต์แบบลูกสูบชักที่มีกระบวนการในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นแรงขับเคลื่อนทางกล

จำนวน 4 กระบวนการ หรือ 2 รอบการหมุนของเพลาคือเพื่อให้เกิด 1 วัฏจักรการทำงาน การจุดระเบิดของกระบอกสูบเกิดจากน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel) ผสมกับก๊าซไอดี (Intake) ในอัตราส่วนที่

เหมาะสม รวมทั้งแรงอัดอากาศในจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปตำแหน่งศูนย์ตาย (Top Dead Center) จากนั้นเกิดประกายไฟจากหัวเทียน ทำให้เกิดการระเบิดขึ้น หลังจากเกิดการระเบิดแล้วก็จะเกิดไอเสีย (Exhaust) ขับออกไปทางท่อไอเสีย และก็จะเกิดเหตุการณ์นี้ซ้ำ ๆ กันไป

2.3 จักรยานยนต์ไฟฟ้า

จักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นรูปแบบของยานพาหนะสองล้อที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งเก็บพลังงาน (Battery) ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์ดังนั้นระยะทางการวิ่งจึงขึ้นอยู่กับการออกแบบขนาด และชนิดของแบตเตอรี่ รวมทั้งน้ำหนักของบรรทุกจึงไม่มีการปล่อยมลพิษเมื่อเปรียบเทียบกับจักรยานยนต์สันดาปภายในที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง จักรยานยนต์ไฟฟ้าได้ชื่อว่าเป็นพาหนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้งานมาแล้วหลายปี แต่ภายหลังได้รับความนิยมสูงขึ้นในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศจีน ขณะที่ในประเทศไทยตลาดจักรยานยนต์ไฟฟ้ากำลังเติบโตด้วยเช่นกันอันเป็นผลมาจากราคาน้ำมันที่พุ่งสูงขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับกระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เนื่องจากการเกิดปัญหามลพิษ

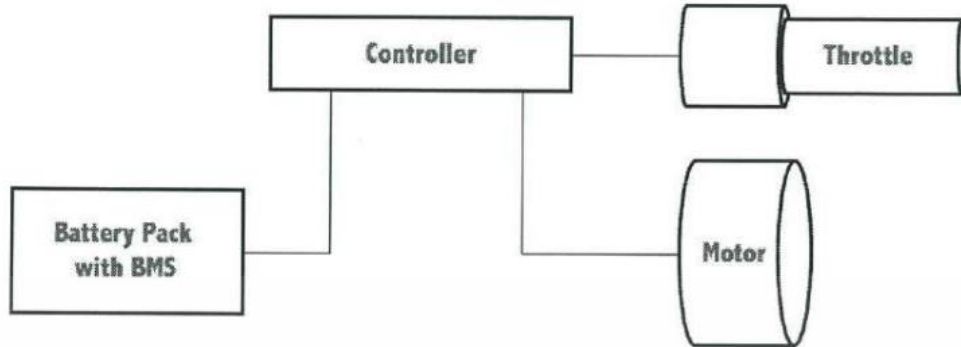
2.3.1 ทฤษฎีและหลักการของจักรยานยนต์ไฟฟ้า [3]

จักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นพาหนะซึ่งขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้สันดาปภายใน รถไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งเชื้อเพลิงแทนที่น้ำมัน หรือเชื้อเพลิงอื่น ๆ โดยมอเตอร์ไฟฟ้าในรถไฟฟ้าจะเปลี่ยนไฟฟ้าซึ่งโดยปกติมาจากชุดแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานกลเพื่อการขับเคลื่อนล้อ เมื่อเปรียบเทียบกับรถที่ใช้้ำมันองค์ประกอบของจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีความซับซ้อนที่น้อยกว่าจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยหลักการทำงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้าประกอบด้วยระบบต่าง ๆ ดังนี้

ระบบกำลัง หมายถึง การที่จักรยานยนต์ไฟฟ้าจะเก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ และนำมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีเครื่องควบคุมการทำงานของชุดแบตเตอรี่ (Battery Management System : BMS)

ระบบพลังงาน หมายถึง การไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าจากที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์จะถูกกำหนดโดยตัวควบคุมเครื่อง (Motor Controller) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบพลังงาน

การขับเคลื่อน หมายถึง หลักการพื้นฐานของยานยนต์ไฟฟ้าก็คือการขับเคลื่อนทางไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยรูปที่ 2.2 จะแสดงส่วนประกอบที่จำเป็นต่อการทำงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้า



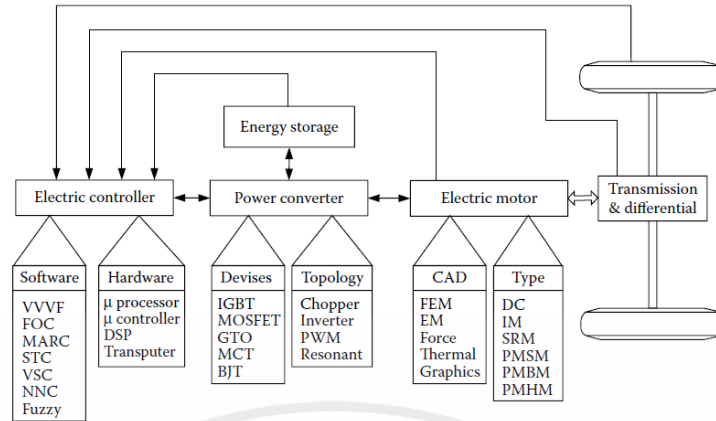
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

2.3.2 อุปกรณ์หลักในจักรยานยนต์ไฟฟ้า [4]

2.3.2.1 มอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายชนิดแล้วแต่เทคโนโลยีที่มีผลกับราคาและความซับซ้อน โดยมอเตอร์ที่นิยมนำมาใช้กับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามี 2 แบบหลัก ๆ คือ แบบมีแปรงถ่าน (Brush DC Motor) และแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motor) ซึ่งมอเตอร์แบบแปรงถ่านมีการใช้งานน้อยเนื่องจากมีประสิทธิภาพต่ำ แต่ชุดควบคุมจะง่ายกว่า และราคาถูกกว่าเนื่องจากไม่มี Hall sensor บ้อนกลับ และโดยปกติเป็นการควบคุมแบบเปิด (Open-loop Controller)

การประยุกต์ใช้การขับเคลื่อนมอเตอร์ไร้แปรงถ่านทั้งในยานยนต์ไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีเหตุผล คือ การมีอายุใช้งานที่ยาวนาน ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ และดูแลรักษาน้อย แม้ว่าอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์แบบนี้มีราคาแพงกว่าคอนเวอร์เตอร์ที่ขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงมีแปรงถ่าน แต่ก็มีการลดลงตามเวลาที่ผ่านไปเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ โดยในรูปที่ 2.3 จะแสดงมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดต่างๆที่นำมาใช้กับระบบยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ในระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า [5]

2.3.2.2 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ปัจจุบันเป็นแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้กันมากที่สุด ส่วนแบ่งทางการตลาดของแบตเตอรี่ชนิดนี้มากกว่าครึ่งของ ตลาดแบตเตอรี่ ทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิรวมกัน แบตเตอรี่ชนิดนี้ใช้สำหรับจุดระเบิดเครื่องยนต์ใช้เป็นหน่วยจ่ายพลังงานฉุกเฉิน ในขณะที่ไฟฟ้าดับ เป็นแบตเตอรี่ที่มีราคาถูก เนื่องจากใช้วัสดุที่หาได้ง่าย และมีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังมีอายุการใช้งาน ยาวนานแม้ว่าสารตะกั่วจะเป็นพิษแต่ในขณะนี้ได้มีการรีไซเคิลแบตเตอรี่ชนิดนี้อย่างจริงจัง โดย 95-98 เปอร์เซ็นต์ของตัวแบตเตอรี่ ได้ถูกนำมาแปรรูปและ ใช้ใหม่ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด มีขั้วลบซึ่งทำจากตะกั่วที่มีลักษณะพรุน (Porous Pb) ส่วนขั้วบวกนั้น เป็นตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) ที่มีลักษณะพรุนเช่นกัน โดยมีกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้นเป็นอิเล็กโทรไลต์แบตเตอรี่รีลิเอียม เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทำให้อุปกรณ์ที่เคยมีขนาดใหญ่ เเทอะทะ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาสะดวก รวมถึงมีระยะเวลาใช้งานก่อนจะประจุไฟใหม่ยาวนานขึ้นมาก แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า และยังมี ความพยายาม นแบตเตอรี่ชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้าน อวกาศ ด้านการทหาร ด้านการ ไฟฟ้าและสาธารณสุข

2.3.2.3 ชุดควบคุมมอเตอร์

ชุดควบคุมจะขึ้นอยู่กับว่าใช้กับมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน หรือเป็นมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน มอเตอร์ทั้งสองแบบเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านมีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากการบำรุงรักษาต่ำ ไม่ต้องเปลี่ยนถ่าน

ชุดควบคุมประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การเปิดปิดสวิตช์ แต่การใช้งานทั่วไปจะใช้การควบคุมแบบปรับความเร็วตามความต้องการ โดยมอเตอร์จะถูกสั่งงานจากคันเร่ง และชุดเบรกทำหน้าที่ตัดการทำงานของชุดควบคุม

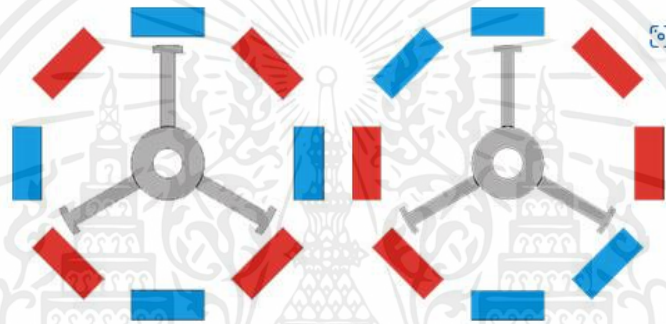
2.4 หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน [6]

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน หรือเรียกว่า Brushless DC motor (BLDC) ที่เลือกมาใช้ในการศึกษานี้เป็นมอเตอร์ซิงโครนัส หรือ Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) ซึ่งต้องใช้ไฟสามเฟสในการขับ ซึ่งในอดีตการใช้งานมอเตอร์ AC Synchronous ในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมีแหล่งจ่ายไฟสามเฟส มอเตอร์เหล่านี้จะหมุนด้วยความเร็วที่เป็นจำนวนเท่า หรือที่เรียกกันว่าซิงค์ของความถี่ของไฟสามเฟสที่จ่าย เช่น 50 Hz ข้อจำกัดในการปรับความเร็วรอบจึงทำให้มอเตอร์ประเภทนี้ไม่ถูกใช้งานมากนักในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปในครัวเรือน ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันเราสามารถควบคุมความเร็วรอบที่ค่าต่าง ๆ โดยไม่ต้องซิงค์กับ 50 Hz โดยการใช้อุปกรณ์การขับด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งทำงานโดยการรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาสร้างเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสจ่ายให้กับมอเตอร์ ซึ่งก็คือ ดีซีมอเตอร์ใช้วิธีสลับทิศทางการจ่ายกระแส (Commute) จากแหล่งจ่ายให้ขดลวดผ่าน Commutator ซึ่งใช้แปรงถ่านในการทำงานที่นี้ แต่ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ถูกออกแบบให้ขดลวดสเตเตอร์รับกระแสไฟฟ้า และมีแม่เหล็กถาวรเป็นโรเตอร์หมุนได้ แล้วใช้วิธีการสลับทิศทางการจ่ายให้ขดลวดด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังแทนการใช้แปรงถ่านจึงกลายเป็นที่มาของชื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน โดยการเริ่มหมุนจะอาศัยแรงดูด (Attraction) และแรงผลัก (Repulsion) ระหว่างขั้วแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้ามีขดลวดทั้งหมดสามชุด โดยกระแสจะจ่ายเข้าขดลวดชุดที่หนึ่งที่สเตเตอร์ และสร้างขั้วแม่เหล็กนั้นเป็นแรงดูดให้สนามแม่เหล็กครบรอบของขั้วที่ต่างกัน เกิดลำดับการเปลี่ยนแปลงแต่ละชุดของขดลวดโดยอาศัยหลักการคอมมิวเตชัน ทำให้โรเตอร์ติดตามการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กดังรูป 2.13 ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนต่อเนื่องไปได้

ซึ่งการคอมมิวเตชันของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านจะอาศัยการทำงานครั้งละสองชุดขดลวด โดยมีขดลวดหนึ่งเป็นขดจ่ายพลังงานเป็นบวก (กระแสไหลเข้าขดลวด) และขดที่สองเป็นลบ

(กระแสไหลออก) และขดลวดชุดสามไม่มีการกระตุ้น จะทำให้เกิดแรงบิดเพราะมีการตัดกันระหว่างสนามแม่เหล็กจากขดลวดสเตเตอร์กับแม่เหล็กถาวร แรงบิดสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ สนามแม่เหล็กทั้งสองทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน และตกลงมาเมื่อสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่พร้อมกัน เพื่อที่จะให้มอเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่องสนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างโดยขดลวด จะต้องเลื่อนตำแหน่งของโรเตอร์ให้หมุนตามสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ให้ทันโดยอาศัยการบอกตำแหน่งของฮอลล์เซ็นเซอร์ และหลักการคอมมิวเตชัน ซึ่งควบคุมตดยกกล่องควบคุม ซึ่งจะควบคุมการขับเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยการควบคุมสวิตช์กำลังในการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดของสเตเตอร์ โดยในรูปที่ 2.4 จะแสดงการวางแม่เหล็กถาวรบนตัวมอเตอร์



รูปที่ 2.4 การวางแม่เหล็กในมอเตอร์ [7]

2.4.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน [10]

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับประเภทซิงโครนัส มอเตอร์ มีโรเตอร์ (Rotor) เป็นแม่เหล็กถาวรมีทั้งแบบแรงดันไฟฟ้า 1 เฟสหรือหลายเฟสโดยทั่วไปนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส เพราะให้แรงบิดมาก มีการกระเพื่อมของแรงบิดน้อย และถูกนำมาใช้ในโครงงานนี้ โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านประกอบด้วย

2.4.1.1 สเตเตอร์

สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ประกอบด้วยแผ่นเหล็กอัดกันเป็นชั้น ๆ มีขดลวดพันอยู่ภายในตามช่องสล็อต (Slot) ซึ่งคล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำแต่จะมีการพันที่แตกต่างกันไป ขดลวดแต่ละขดมาจากการนำเส้นลวดจำนวนมากมารวมกันเป็นขดลวดหนึ่งขดลวด หรือมากกว่าจะถูกนำไปวางในช่องสล็อต และต่อกันเป็นวงจรเพื่อสร้างขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นจำนวนคู่ ซึ่งสเตเตอร์จะเป็นส่วนที่หยุดนิ่งในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน

ขดลวดในส่วนของสเตเตอร์มีอยู่หลัก ๆ ด้วยกันสองแบบ คือ การพันขดลวดแบบ Sinusoidal และขดลวดแบบ Trapezoidal ความแตกต่างของการพันขดลวดสองแบบนี้ขึ้นอยู่กับขดลวดที่แตกต่างกัน รูปแบบการพันขดที่ต่างกันทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับ (Back EMF) ที่แตกต่างกันเป็นรูปคลื่นไฟฟ้าต้านกลับหรือ Back EMF แบบ Sinusoidal ตามลำดับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านจะถูกนำไปใช้งานเกี่ยวกับ หุ่นยนต์ และงานที่ต้องใช้การเคลื่อนที่เช่นจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ในลักษณะ Hub motor โดยในรูปที่ 2.5 จะแสดงขดลวดภายใน Slot ของสเตเตอร์ใน hub motor



รูปที่ 2.5 ขดลวดใน slot ของสเตเตอร์ใน hub motor [11]

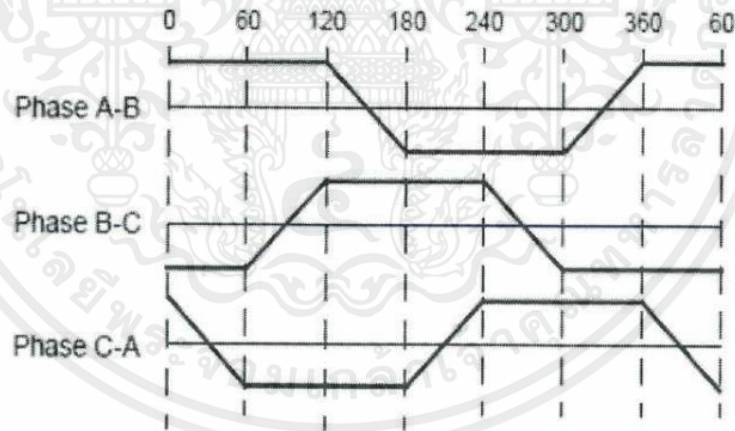
2.4.1.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับ (Back EMF)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับ คือ การหมุนของสนามแม่เหล็กไปตัดกับขดลวดของสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับ หรือเรียกอีกชื่อว่าแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ

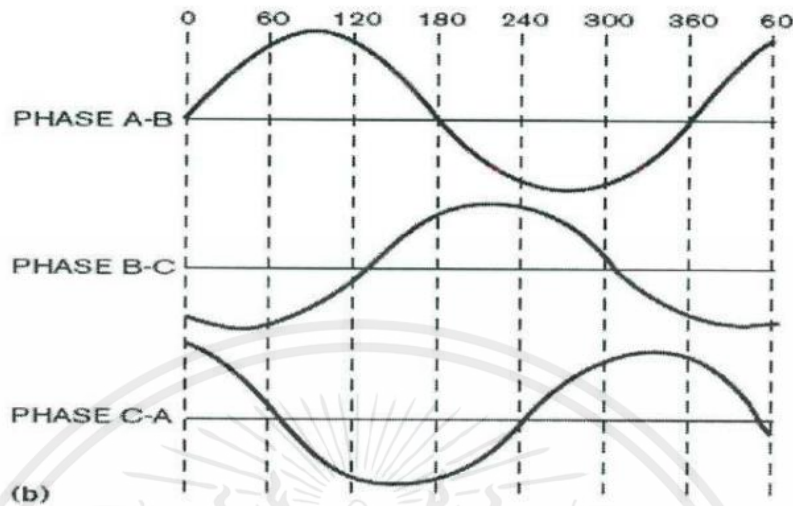
$$E = K_e W \quad (2.1)$$

โดยที่ ค่า K_e คือ ค่าหนึ่งของแรงดันไฟฟ้าคงที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับจะสลับตามขั้วของแม่เหล็กถาวรที่เปลี่ยนตำแหน่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับนี้เป็นสิ่งสำคัญต่อการบิดทิศทางของกระแสไฟฟ้าอินพุต โดยทั่วไปจะแบ่งชนิดของมอเตอร์จากการใช้เกณฑ์ว่าอินพุต เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แต่มอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านจริง ๆ แล้วถือเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เพราะสร้างสัญญาณคลื่นออกมาเป็น Trapezoidal หรือ Quasi-Square ภายหลังจึงมีการแยกประเภทจากสัญญาณคลื่นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับ (Back EMF) อีกด้วย ซึ่งมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านจะสร้างสัญญาณคลื่นแบบ Trapezoidal และมอเตอร์ซิงโครนัส Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) จะสร้างแบบ Sinusoidal Back EMF โดยแสดงดังรูปที่ 2.6 และ 2.17



รูปที่ 2.6 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับแบบ Trapezoidal [12]

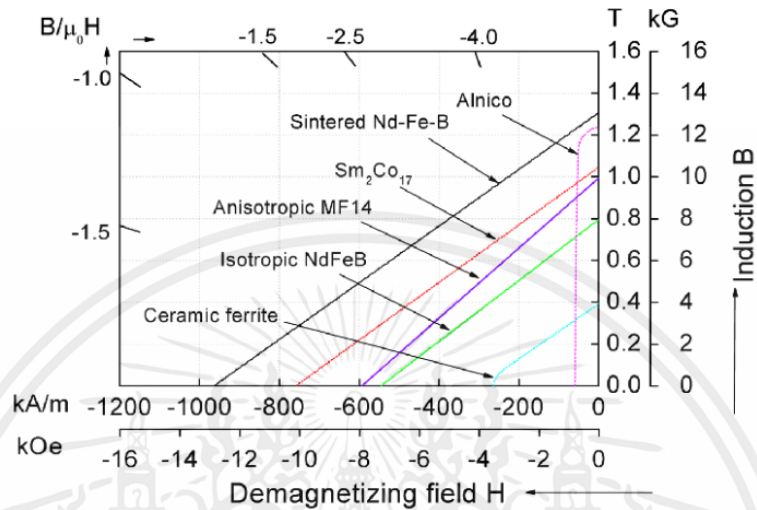


รูปที่ 2.7 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับแบบ Sinusoidal [12]

2.4.1.3 โรเตอร์ (Rotor)

โรเตอร์ เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยโรเตอร์มอเตอร์ชนิดนี้ทำมาจากแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) ซึ่งมีขั้วทางไฟฟ้า คือ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) เนื่องจากต้องการให้ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กในโรเตอร์มีความหนาแน่นสูง วัสดุส่วนใหญ่ที่นำมาทำโรเตอร์ คือ แม่เหล็กเฟอร์ไรต์ และเนื่องจากเทคโนโลยีสมัยนี้มีความก้าวหน้ามากขึ้น จึงทำให้แม่เหล็กอัลลอยด์ซึ่งมีความหนาแน่นแม่เหล็กสูงกว่าทำให้โรเตอร์สามารถบีบอัดได้มากขึ้น จึงได้รับความนิยมนสูงกว่า และมีการปรับปรุงแม่เหล็กอัลลอยด์ทำให้โรเตอร์จากแม่เหล็กอัลลอยด์มีแรงบิดที่สูงกว่าแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ โดยที่มอเตอร์มีขนาดเท่ากัน

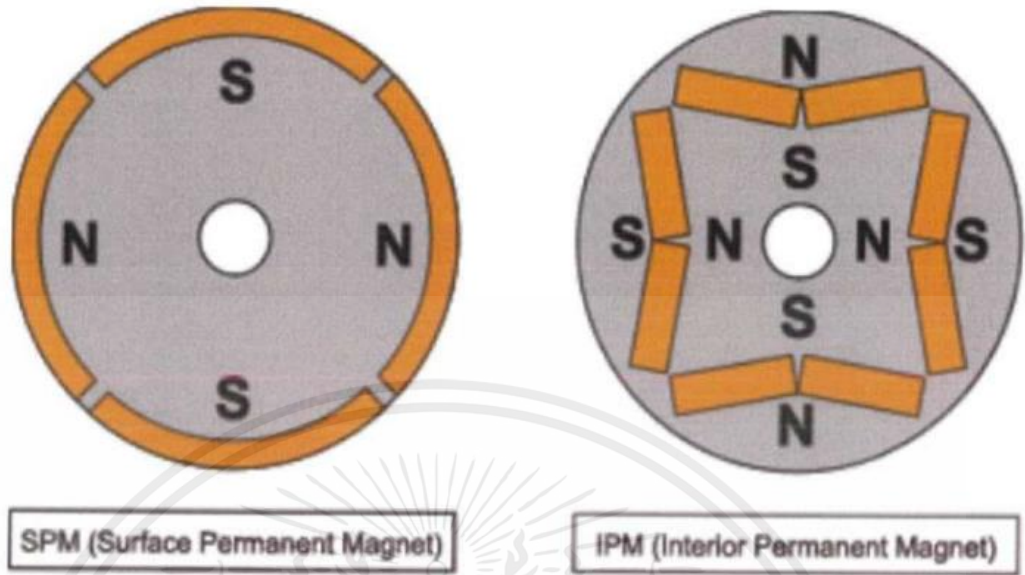
ตัวอย่างวัสดุที่นำมาทำแม่เหล็กถาวร (permanent magnet) มีหลายชนิดเช่น Neodymium-Iron-Boron (NdFeB) แม่เหล็กชนิดนี้ประกอบไปด้วย นีโอมีเดียม เหล็กและโบรอน ซึ่งมีค่า Remanence (Br) และ Corecivity (Hc) สูง การเปรียบเทียบกราฟตัวอย่างคุณลักษณะของวัสดุแม่เหล็กชนิดต่าง ๆ โดยรูปที่ 2.11 แสดงให้เห็นว่า วัสดุแม่เหล็กชนิด Neodymium-Iron-Boron (NdFeB) ให้ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux density) และความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Intensity, H) สูงที่สุด โดยในรูปที่ 2.8 จะแสดงคุณลักษณะของวัสดุแม่เหล็กชนิดต่าง



รูปที่ 2.8 คุณลักษณะของวัสดุแม่เหล็กชนิดต่างๆ [13]

เมื่อพิจารณาตามลักษณะการติดตั้งแม่เหล็กถาวรในโรเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้

1. โรเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรถูกติดตั้งบนผิวรอบนอกของโรเตอร์ (Surface Mounted Permanent Magnet Rotor) โดยใช้แท่งแม่เหล็กถาวรที่มีผิวโค้งยึดติดบนผิวของโรเตอร์ด้วยกาวชนิดพิเศษ เพื่อป้องกันไม่ให้หลุดง่าย และยังคงให้ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กสูง
2. โรเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรถูกฝังภายในดรเตอร์ (Interior Permanent Magnet Rotor) โรเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในงานที่ต้องการความเร็วรอบมอเตอร์สูงเนื่องจากแม่เหล็กถูกฝังไว้ในตัวโรเตอร์ทำให้ทนทาน วัสดุแม่เหล็กถาวรไม่หลุดร่อนที่รอบความเร็วสูงอย่างไรก็ตามโรเตอร์ชนิดนี้มีกระบวนการผลิตที่ยากกว่าแบบแม่เหล็กถาวรถูกติดตั้งบนผิวรอบนอกของโรเตอร์ทำให้ราคาก็ยิ่งสูงขึ้นตาม โดยในรูป 2.9 จะแสดงรูปภายในของโรเตอร์ ทั้ง 2 แบบ



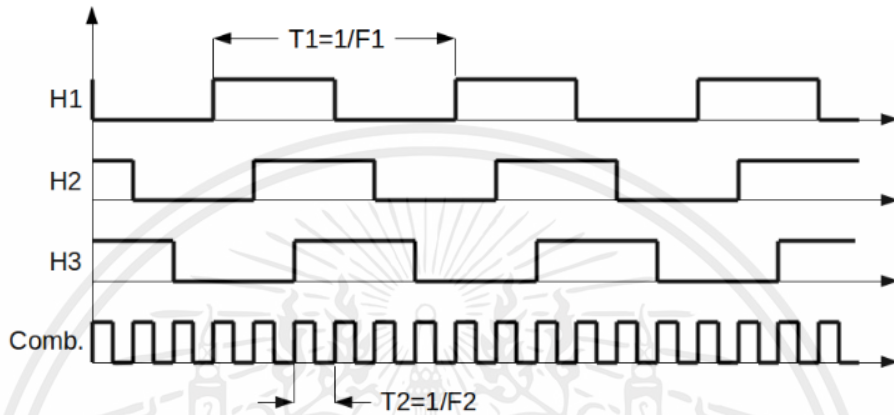
รูปที่ 2.9 แม่เหล็กถาวรถูกติดตั้งผิวรอบนอกโรเตอร์ (ซ้าย)
และแม่เหล็กถาวรถูกฝังภายในโรเตอร์ (ขวา) [14]

2.4.1.4 เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall effect sensors)

เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่สเตเตอร์ (Stator) เพื่อทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ในการใช้งานทั่วไปเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ 3 ตัว ติดอยู่กับสเตเตอร์ (Stator) เมื่อโรเตอร์หมุนไปนั้นจะหมุนผ่านตำแหน่งของเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ที่ติดตั้งไว้ เพื่อควบคุมการเปิดปิดสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังเมื่ออลเซ็นเซอร์เจอขั้วเหนือของโรเตอร์จะส่งลอจิก High และเมื่อเจอขั้วลบของโรเตอร์จะส่งลอจิก Low เพื่อบอกลำดับในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน หรือเรียกว่าการคอมมิวเตชัน (Commutation) กระแสไฟฟ้าให้ถูกต้องโดยตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์มีหลายชนิด เช่น เอ็นโคเดอร์ (Encoder), รีโซลเวอร์ (Resolver) และ เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall effect sensors) ส่วนใหญ่นิยมใช้ตรวจจับแบบฮอลล์เอฟเฟกต์ เพราะมีขนาดเล็กและราคาถูก ใช้งานง่าย เมื่อนำมาใช้งานกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน วางตำแหน่งเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ จะวางให้มีความต่างเฟส (Phase shift) 60 หรือ 120 องศา สัญญาณเข้าที่พุททั้งสามเฟส หรือสามชุดขดลวดขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต

เซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์แต่ละตัวจะให้สัญญาณเข้าที่พุทเป็นลอจิก 1 (High) เมื่อเจอขั้วเหนือของแม่เหล็กและให้ลอจิกเป็น 0 (Low) เมื่อเจอขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ เนื่องจากในโครงงานนี้

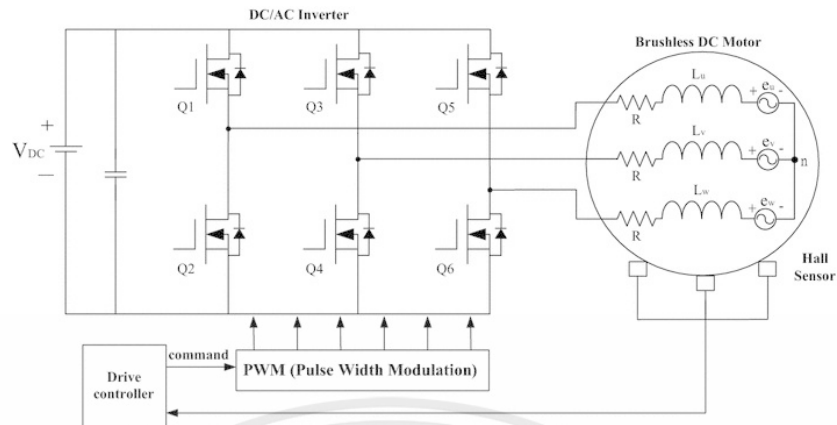
ตำแหน่งติดตั้งฮอลล์เซ็นเซอร์วางห่างกัน 120 องศาไฟฟ้าทำให้ในหนึ่งคาบการหมุนแบ่งสัญญาณการทำงานออกมาเป็น 6 ช่วง (Commutation States) ซึ่งแต่ละช่วงห่างกัน 60 องศาไฟฟ้า ซึ่งทำให้ครบรอบทางไฟฟ้า โดยรูปที่ 2.10 จะแสดงรูปแบบสัญญาณของ Hall effect sensors



รูปที่ 2.10 สัญญาณของเซ็นเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟกต์ [15]

2.4.2 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านใช้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์

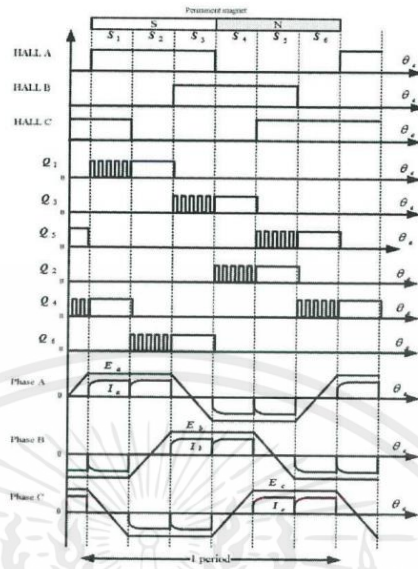
เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้ไม่มีแปรงถ่าน และคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ที่ทำหน้าที่จัดเรียงกระแสเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปกติ ดังนั้นการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้จึงจำเป็นต้องใช้จอร์สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เรียกว่า วงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านดังรูปที่ 2.14 ซึ่งวงจรนี้ได้อยู่ในกล่องควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้แล้ว วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ประกอบด้วยสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้งหมด 6 ตัว สวิตซ์ที่ใช้จะเป็น MOSFETs, IGBTs หรือ Bipolar Transistors ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ส่วนใหญ่จะเป็น MOSFETs โดยที่ 01,03,05 เป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชุดบน และ Q2,04,06 เป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชุดล่างนอกจากนี้ยังมีตัวควบคุมที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์โดยรับข้อมูลเข้ามาเป็นตำแหน่งโรเตอร์ที่ได้มาจากตัวฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ส่งไปให้กล่องควบคุม (Controller) สั่งการในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยจะแสดงดังรูป 2.11



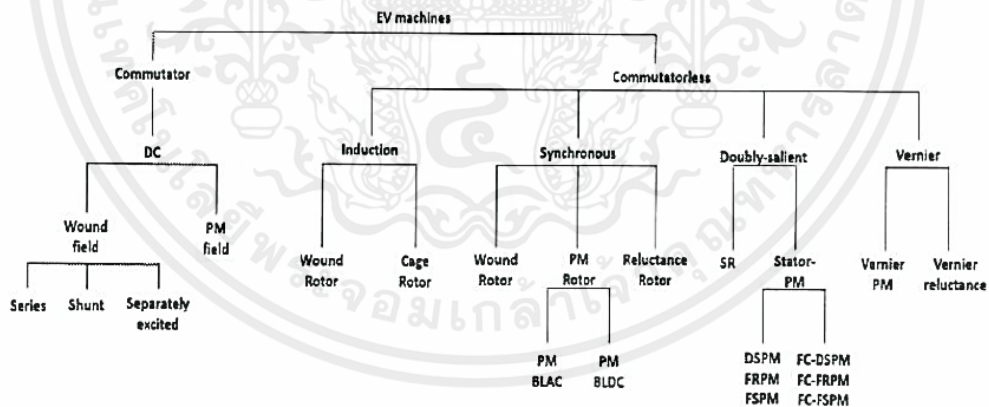
รูปที่ 2.11 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน [16]

สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ชนิดนี้ นิยมใช้วิธีการขับเคลื่อนแบบ Six-Step โดยแบ่งช่วงการคอมมิวเตชัน (Commutation States) หรือช่วงเปลี่ยนทิศทางไหลของกระแสไฟฟ้าเป็น 6 ช่วง คือ S1,S2,S3,S4,S5 และ S6 แต่ละช่วงห่างกัน 60 องศาไฟฟ้า โดยในทุกช่วงของการหมุนจะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านขดลวดของมอเตอร์ที่ละ 2 เฟส ส่วนขดลวดอีก 1 เฟสจะถูกปล่อยลอยไว้ เมื่อแรงดันไฟฟ้าถูกจ่ายให้กับขดลวดทั้งสองเฟส กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าไปที่ขดลวดเฟสหนึ่ง และไหลออกที่อีกเฟสหนึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลทั้งช่วงบวก และช่วงลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละเฟสมีช่วงการนำกระแสไฟฟ้าอยู่ 120 องศาไฟฟ้า และมีลักษณะเหมือนสี่เหลี่ยม (Quasi-Square)

เพื่อให้มีการปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ จึงมีการนำเทคนิคพัลส์วิตโมดูเลชัน (PWM) มาใช้ในการกำหนดช่วงเวลาในการเปิด-ปิด สวิตซ์ทั้ง 6 ตัว เพื่อควบคุมการส่งกระแสเข้าขดลวดที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน เมื่อพิจารณาช่วงการนำกระแส 120 องศาไฟฟ้าของสวิตซ์แต่ละตัว ช่วงการนำกระแสถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงย่อย คือ 60 องศาไฟฟ้าแรก สวิตซ์นำกระแส และหยุดนำกระแสสลับไปมาเนื่องจากมีการกำหนดค่าดิวตีไซเคิล (Duty Circle) การปรับค่าดิวตีไซเคิลหรือการปรับค่าระหว่างช่วงเวลาเปิดสวิตซ์ (T_{on}) กับคาบเวลาสวิตซ์ซิง (T_s) เพื่อการควบคุมการเปิดปิดสวิตซ์ของกล่องควบคุมไว้ที่ค่าหนึ่งเรียกว่า การทำงานแบบ PWM และช่วง 60 องศาไฟฟ้าถัดมา สวิตซ์นำกระแสต่อเนื่องและการทำงานของคู่สวิตซ์ในแต่ละเฟส Q1,Q2 สำหรับ เฟส A Q3,Q4 สำหรับเฟส B และ Q5,Q6 สำหรับเฟส C ซึ่งสัญญาณควบคุมการเปิดปิดสวิตซ์ชุดบนกับชุดล่าง ซึ่งสัญญาณของการควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัว โดยในรูปที่ 2.6 จะแสดงค่าสัญญาณต่างๆออกมาเป็นกราฟ และรูปที่ 2.7 จะแสดงชนิดของมอเตอร์ที่นิยมในจักรยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.12 สัญญาณฮอลล์เซ็นเซอร์ , สัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับ แบบ Trapezoidal , สัญญาณเอาต์พุตแรงบิด (Torque) และกระแสเฟสของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดไร้แปรงถ่าน [16]



รูปที่ 2.13 มอเตอร์ชนิดต่างๆที่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า

2.5 ลำดับในการคอมมิวเตชัน

จากรูปที่ 2.12 สัญญาณควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัวแบบ PMW, แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้านกลับ และกระแสไฟฟ้าเฟส แสดงลำดับการสวิตซ์ที่สัมพันธ์กับเซนเซอร์ แบบฮอลล์เอฟเฟกต์

สอดคล้องกับการหมุนทุก ๆ 60 องศาไฟฟ้าหนึ่งในฮอลล์เซ็นเซอร์ จะเปลี่ยนสถานะ และจะต้องทำทั้ง 6 ขั้นตอนจนครบรอบทางไฟฟ้า S1, S2, S3, S4, S5 และ S6 สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

ช่วง S1 : ตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ เฟส A (Hall A) เปลี่ยนสถานะลอจิกจาก 0 เป็น 1 ตัวตรวจจับ ฮอลล์เซ็นเซอร์เฟส B (Hall B) มีสถานะลอจิกเป็น 0 และตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ เฟส C (Hall C) มี สถานะลอจิกเป็น 1 ตัวควบคุมส่งสัญญาณ PWM ควบคุมการเปิดปิด สวิตช์ Q1 และ Q4 นำกระแส ต่อเนื่องทำให้มีกระแสไหลเข้าที่ขั้วลวดมอเตอร์เฟส A และเฟส B ส่วนขั้วลวดมอเตอร์เฟส C ถูก ปล่อยลอยไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล

ช่วง S2 : ตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ เฟส C (Hall C) เปลี่ยนสถานะลอจิกจาก 1 เป็น 0 ตัวควบคุมจะสั่งงานสวิตช์ Q1 นำกระแสต่อเนื่อง และ Q6 ถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM ทำให้กระแสไฟฟ้าไหล เข้าขั้วลวดมอเตอร์ เฟส A และออกที่ขั้วลวดมอเตอร์เฟส ส่วนขั้วลวดเฟส B ไม่มีกระแสไหล

ช่วง S3 : ตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์เฟส B (Hall B) เปลี่ยนสถานะลอจิกจาก 0 เป็นลอจิก 1 ตัว ควบคุมจะสั่งงานสวิตช์ Q3 นำกระแสไฟฟ้า และ Q6 นำกระแสต่อเนื่อง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขั้วลวดมอเตอร์เฟส B และออกที่ขั้วลวดมอเตอร์เฟส C ส่วนขั้วลวดเฟส A ไม่มีกระแสไหล

ช่วง S4 : ตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ เฟส A (Hall A) เปลี่ยนสถานะลอจิกจาก 1 เป็นลอจิก 0 ตัวควบคุมจะสั่งงานสวิตช์ Q3 นำกระแสต่อเนื่อง และ Q2 ถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM ทำให้ กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขั้วลวดมอเตอร์ เฟส B และออกที่ขั้วลวดมอเตอร์เฟส A ส่วนขั้วลวดเฟส C ไม่มี กระแสไหล

ช่วง S5 : ตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ เฟส C (HALLC) เปลี่ยนสถานะลอจิกจาก 0 เป็นลอจิก 1 ตัว ควบคุมจะสั่งงานเรีตซ์ Q5 ถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM และ Q2 นำกระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง ทำให้ กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขั้วลวดมอเตอร์ เฟส C และออกที่ขั้วลวดมอเตอร์เฟส A ส่วนขั้วลวดเฟส B ไม่มี กระแสไหล

ช่วง S6 : ตัวตรวจจับฮอลล์เซ็นเซอร์ เฟส B (Hall B) เปลี่ยนสถานะลอจิก จาก 1 เป็น ลอจิก 0 ตัวควบคุมจะสั่งงานสวิตช์ Q5 ปากกระแสต่อเนื่อง และ Q4 ถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM ทำให้ กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขั้วลวดมอเตอร์ เฟส C และ ไหลออกที่ขั้วลวดมอเตอร์เฟส B ส่วนขั้วลวดเฟส A ไม่มี กระแสไหล และวนกลับมาช่วง S1 อีกครั้งเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ โดยแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 จะแสดงสมบัติของแบริเตอร์ประเภทต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ลำดับการคอมมิวเตเตอร์

Sequence number	Hall sensor Input			Active PMWs		Phase Current		
	A	B	C			A	B	C
1	1	0	1	Q1	Q4	+	-	OFF
2	1	0	0	Q1	Q6	+	OFF	-
3	1	1	0	Q3	Q6	OFF	+	-
4	0	1	0	Q3	Q2	-	+	OFF
5	0	1	1	Q5	Q2	-	OFF	+
6	0	0	1	Q5	Q4	OFF	-	+

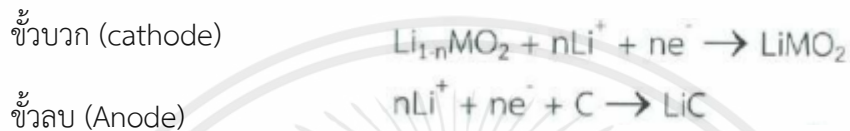
ตารางที่ 2.2 สมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่างๆ

สมบัติ	ประเภทของแบตเตอรี่				
	Ni-Cd	Ni-Mh	Lead-Acid	Li-ion	Li-Polymer
Specific Energy (Wh/kg)	45-80	20-120	30-50	110-160	100-130
Cycle Life (Up to 80% of initial capacity)	1,500	300-500	200-300	500-1,000	300-500
Fast charge Time	1 hr	2-4 hr	8-16 hr	2-4 hr	2-4 hr
Overcharge Tolerance	Moderate	Low	High	Very low	Low
Self-discharge per month (Temp. room)	20%	30%	5%	10%	10%
Cell Voltage (nominal)	1.25 V	1.25 V	2 V	3.6 V	3.6 V
Operating Temperature (Discharge)	-40 - 60 °C	-20 - 60 °C	-20 - 60 °C	-20 - 60 °C	0 - 60 °C
Typical battery cost (US\$)	\$50 (7.2 V)	\$60 (7.2V)	\$25 (7.2V)	\$100 (7.2V)	\$100 (7.2V)
Cost per kWh (US\$)	11.00	18.50	8.50	24.00	-
Cost per cycle (US\$)	0.04	0.12	0.10	0.14	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน[17]

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน เป็นแบตเตอรี่ที่มีค่าพลังงานจำเพาะสูงเนื่องจากลิเทียมมีน้ำหนักที่เบา สมรรถนะของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขึ้นกับวัสดุที่ใช้ทำขั้วแบตเตอรี่ และการออกแบบแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ประเภทนี้ประกอบด้วยขั้วบวกที่ทำจากลิเทียมเมทัลออกไซด์ (LiMO₂) และขั้วลบที่เป็นคาร์บอน และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นลิเทียมเฮกซะฟลูออโรฟอสเฟต (LiPF₆) ซึ่งปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการคายประจุเป็นดังนี้



จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าสมรรถนะของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขึ้นกับชนิดของวัสดุ การพัฒนาวัสดุสำหรับเป็นขั้วบวกของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขึ้นกับชนิดของวัสดุ การพัฒนาวัสดุสำหรับเป็นขั้วบวกของแบตเตอรี่เริ่มตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1972-1980 ซึ่งใช้วัสดุจากพวก Dichalcogenides เช่น LiTiS₂, LiAl, LiSe₂ และพัฒนาต่อมาเป็นวัสดุ Trichalcogenides เช่น Li₂NdSe₃ เป็นต้น แต่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนก็ยังไม่ถูกพัฒนาจนเป็นผลิตภัณฑ์ออกจำหน่ายได้จนกระทั่งมีการพัฒนาขั้วอิเล็กโทรดจากออกไซด์ในช่วงปีค.ศ. 1980-1990 โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นสารประกอบของโลหะลิเทียมออกไซด์ที่มีธาตุทรานสิชันเป็นองค์ประกอบ เช่น แมงกานีส โคบอลต์ โครเมียม เป็นต้น กราพัฒนาวัสดุขั้วอิเล็กโทรดมีความก้าวหน้าเป็นลำดับจากออกไซด์แบบ ๓ Interlayer เป็นออกไซด์ที่มีโครงสร้าง Spinel (LiMnO₂) จนกระทั่งสารประกอบออกไซด์ที่มีธาตุทรานสิชันมากกว่า 1 ธาตุเป็นองค์ประกอบ เช่น LiNiMnCoO₂ (NMC) หรือ LiNiMnAlO₃ จนกระทั่งมีการพัฒนาวัสดุลิเทียมฟอสเฟต เช่น LiFePO₄ โดยจากตารางที่ 2.3 จะแสดงให้เห็นคุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด

ตารางที่ 2.3 สมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด

ประเภทของวัสดุ	Nominal Volt limit	Charge Volt limit	Charge and Discharge C-rate	Specific Energy (Wh/kg)	Cycle Life	Safety	Cost
LiCoO ₂	3.6	4.2	1C limit	110-190	500-1,000	น้อย	สูง
LiMn ₂ O ₄	3.7-3.8	4.2	10C cont. 40C pulse	110-120	>500	มาก	ค่อนข้างสูง
LiNiMnCoO ₂	3.7	4.1	5C cont. 30C pulse	95-130	500-1,000	น้อย	ค่อนข้างสูง
LiFePO ₄	3.2-3.3	3.6	35C	95-140	>2,000	มากที่สุด	ถูก

2.7 การอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า [18]

เป็นการเชื่อมต่อจํกรยานไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่ออัดประจุพลังงานให้กับแบตเตอรี่ การใช้งานจํกรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำให้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ลดลงไปตามการใช้งาน และหากพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่หมดลงก็จะไม่สามารถขับเคลื่อนได้

การอัดประจุไฟฟ้าสำหรับจํกรยานยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การอัดประจุผ่านตัวนำ (Conductive Charging) และการสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ (Battery Swapping) ซึ่งการอัดประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำนั้นเป็นการอัดประจุแบตเตอรี่โดยเชื่อมเข้ากับแหล่งจ่ายโดยตรงผ่านสายเคเบิล โดยวิธีนี้จะอาศัยหลักการนำไฟฟ้าผ่านตัวนำไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ของจํกรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นรูปแบบการอัดประจุที่มีการใช้งานแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถติดตั้งได้ง่าย มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสียตรงที่ใช้เวลาในการอัดประจุค่อนข้างนาน โดยจะแสดงตัวอย่างการอัดประจูดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การอัดประจุผ่านตัวนำ

เนื่องจากจํกรยานยนต์ไฟฟ้าต้องการการอัดประจุที่ใช้เวลาน้อย การสับเปลี่ยนแบตเตอรี่จึงเป็นวิธีการที่สะดวก เนื่องจากสามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยรูปที่ 2.15 จะแสดงการสับเปลี่ยนแบตเตอรี่



รูปที่ 2.15 การสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ [19]

2.8 ระบบเบรก [20]

2.8.1 ดรัมเบรก(Drum Brake)

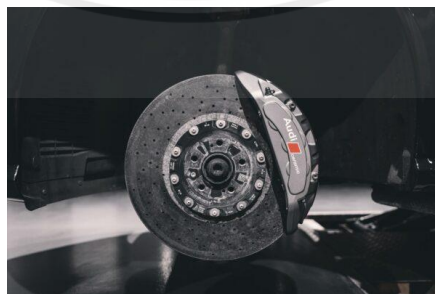
ระบบเบรกแบบ ดรัมเบรก(Drum Brake) เป็นระบบเบรกที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ในช่วงแรก หลักการทำงานของระบบดรัมเบรก จะทำงานโดยใช้หลักการของแรงผลัก เพื่อให้ล้อรถเกิดแรงเฉื่อย ซึ่งภายในตัวดรัมเบรกจะมีผ้าเบรกโค้งๆ ด้านในเรียกว่า ก้ามปูเบรก หรือ ฝักเบรก สปริง และลูกสูบที่ต่อเข้ากับสายเบรก เมื่อเหยียบเบรก ผ้าเบรกโค้งๆ ด้านใน จะถูกแม่ปั๊มดันให้ไปติดเข้ากับด้านในของฝาครอบเบรก (Drum) ซึ่งฝาครอบเบรกจะยึดติดกับล้อรถอีกที เพื่อสร้างแรงเฉื่อยให้กับรถชะลอความเร็ว และหยุดรถได้ในที่สุด โดยรูปที่ 2.16 จะแสดงภาพของดรัมเบรก



รูปที่ 2.16 ดรัมเบรก(Drum Brake)

2.8.2 ดิสก์เบรก(Disc Brake)

ระบบเบรกแบบดิสก์เบรก(Disc Brake) หลักการทำงานของระบบระบบ ดิสก์เบรก คือ เมื่อเหยียบเบรก แม่ปั๊มจะดันผ้าเบรกไปหนีบกับจานเบรกของล้อรถ ส่งผลให้รถมีภาระชะลอความเร็ว และหยุดได้ในที่สุด รถส่วนมากจะนิยมใช้ระบบดิสก์เบรกกับล้อหน้า แต่ถ้าหากเป็นรถที่มีสมรรถนะสูงก็จะใช้ดิสก์เบรกทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยรูปที่ 2.17 จะแสดงภาพของดิสก์เบรก



รูปที่ 2.17 ดิสก์เบรก(Disc Brake)

2.9 สรุป

จากเนื้อหาทฤษฎีทั้งหมดในบทนี้ได้กล่าวถึงอุปกรณ์หลักต่าง ๆ เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในจักรยานยนต์ไฟฟ้า อาทิเช่น หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงไร้แปรงถ่าน รวมไปถึงวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน และ การเปรียบเทียบเชิงเทคนิคของแบตเตอรี่ลิเทียมชนิดต่าง ๆ โดยโครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO_4) ซึ่งสามารถใช้เป็นความรู้ในการออกแบบโครงสร้างการทำงานในบทต่อไป

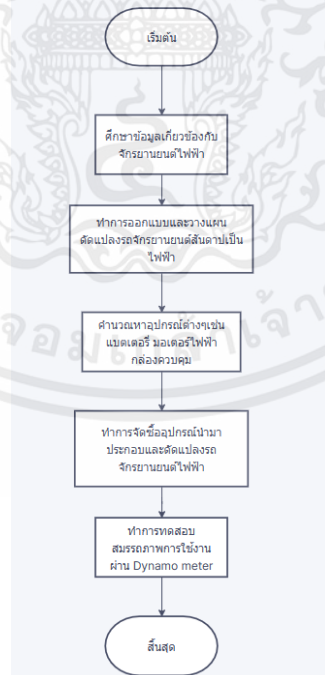


บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบโครงงาน

3.1 บทนำ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้จักษยานยนต์ไฟฟ้าทดแทนจักษยานยนต์พลังงานปิโตรเลียมหรือเรียกว่าจักษยานยนต์สันดาป ซึ่งการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจักษยานยนต์แก๊สโซลีนและจักษยานยนต์ไฟฟ้าเชิงเทคนิค เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจออกแบบประสิทธิภาพและคำนวณขนาดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจักษยานยนต์ไฟฟ้าและวิเคราะห์หาข้อเปรียบเทียบจุดเด่น และ จุดด้อยของจักษยานยนต์ทั้งสองรูปแบบ โดยเริ่มจากการประเมินศักยภาพทางเทคนิคเพื่อนำไปออกแบบและประเมินความเป็นไปได้ในการใช้จักษยานยนต์ไฟฟ้าทดแทนการใช้จักษยานยนต์ แก๊สโซลีนโดยการออกแบบและคำนวณขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างจักษยานยนต์ไฟฟ้าตามแผนผังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการ

3.2 การศึกษาข้อมูล

ทำการค้นคว้างานวิจัยต่างๆที่ศึกษาในเรื่องของจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าและปิโตรเลียม เพื่อศึกษา หลักการทำงานของจักรยานไฟฟ้า

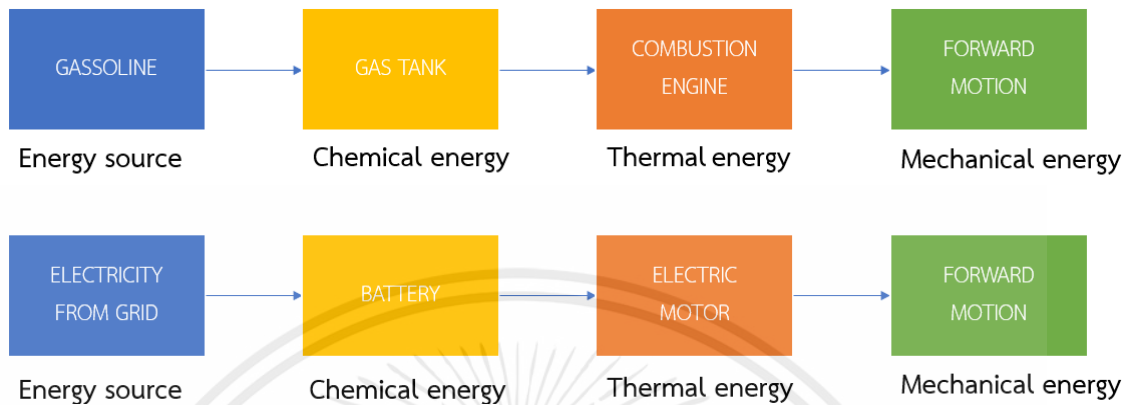
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเทคนิค (Technical Analysis)

โดยมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆในด้านเทคนิคของรถจักรยานยนต์ทั้งสองแบบ เปรียบเทียบ ด้านการใช้งานระหว่างจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน และจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งด้านการวิเคราะห์เทคนิค (Technical Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสม และประสิทธิภาพมากที่สุด และไม่ก่อให้เกิดผลในทางลบต่อสิ่งแวดล้อม, วิเคราะห์เรื่องความต้องการในด้านการดำเนินการและบำรุงรักษา,วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนแนวโน้มของจักรยานยนต์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 แสดงการแปรรูปพลังงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้ากับจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน

ตารางที่ 3.1 เภณที่ในการประเมินเปรียบเทียบเงื่อนไขด้านเทคนิคของตัวแทนจักรยานยนต์ เครื่องยนต์สันดาปภายใน (แก๊สโซลีน) และจักรยานยนต์ไฟฟ้า [22]

เกณฑ์การประเมิน	ชนิดของยานพาหนะ	
	จักรยานยนต์แก๊สโซลีน	จักรยานยนต์ไฟฟ้า
แหล่งต้นกำลัง	สันดาปภายใน 4 จังหวะ 9.1แรงม้า	มอเตอร์ไฟฟ้า 3000 W
การเติมเชื้อเพลิงต่อ 100 กม	อัตราการใช้น้ำมันของเครื่องยนต์สันดาปภายในสูงสุดจะอยู่ที่ 58.9 กม/ลิตร ดังนั้นใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 อยู่ที่ 1.7 ลิตร/100 กม	การอัดประจุ 1 ครั้ง ได้ระยะทาง 18.11 กม. ดังนั้นการเปลี่ยนแบตเตอรี่ระยะทาง 100 กม. คือ 6 ครั้ง (4.2 kWh 96V)
เวลาในการเติมเชื้อเพลิงต่อระยะทาง 100 กม	2-3 นาที	การชาร์จแบตเตอรี่ใช้เวลา 1.30 ชม
การซ่อมบำรุง	ซับซ้อน	ไม่ซับซ้อน
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	เกิดมลพิษทางเสียงและการเผาไหม้	มลพิษต่ำไม่มีเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

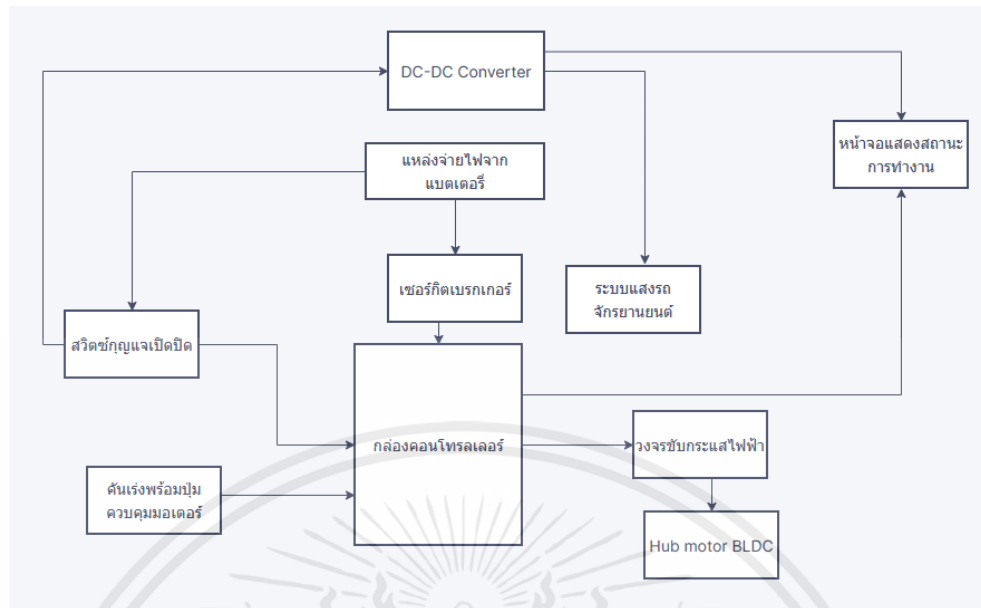


รูปที่ 3.2 การแปลงพลังงานของจกัรยานยนต์ไฟฟ้ากับจกัรยานยนต์เครื่องสันดาปภายใน

3.3 การออกแบบจกัรยานยนต์ไฟฟ้า

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ หรืออุปกรณ์และองค์ประกอบต่างๆของจกัรยานยนต์ไฟฟ้ามีดังนี้ และ จะแสดงแผนผังการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.3

1. Hub motor ชนิด Brushless DC motor (BLDC motor) ล้อหลัง
2. กล่องคอนโทรลเลอร์ควบคุม BLDC motor
3. แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion)
4. ตัวชาร์จแบตเตอรี่
5. คันเร่ง (throttle) พร้อมปุ่มควบคุม
6. คันเบรกหน้า-หลัง
7. หน้าจอแสดงสถานการณ์การทำงาน
8. สวิตช์กุญแจเปิดปิด
9. เซอร์กิตเบรกเกอร์
10. DC-DC Converter
11. Swing-Arm (สำหรับรุ่นที่หลังจากถอดเครื่องยนต์ออกแล้วจะไม่มีตัวยึดล้อ)



รูปที่ 3.3 แผนผังการใช้งานอุปกรณ์ในจักรยานยนต์ไฟฟ้า

3.4 การคำนวณหาพิกต์มอเตอร์ไฟฟ้าของล้อที่เหมาะสม

ในการการคำนวณหาขนาดพิกต์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านเพื่อให้เหมาะสมกับการขับขี่ และกำหนดความเร็วที่ต้องการไว้ที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยคำนวณหาลำกำลังไฟฟ้าได้ดังสมการ

$$P_{out} = \frac{F_t \times V}{\eta} \quad (3.1)$$

- โดย
- F_t คือ แรงต้านทานรวมของการเคลื่อนที่ (นิวตัน)
 - V คือ ความเร็วของจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
 - η คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า

โดยแรงต้านทานรวมของการเคลื่อนที่คิดได้จากแรงต้านสามแรงรวมกันเป็นดังสมการ

$$F_t = F_r + F_d + F_g \quad (3.2)$$

3.4.1 แรงต้านทานการหมุนของล้อ (Rolling resistance)

กำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่ขับเคลื่อนล้อ จะถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านทานการหมุนของล้อกับพื้นถนน (F_r) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_r = C \times mg \quad (3.3)$$

เมื่อ C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานการหมุนของล้อ (Rolling resistance Coefficient)
 m คือ มวลรวมของจักรยานยนต์ไฟฟ้ารวมคนขับ (180 กิโลกรัม)
 g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง)

ตารางที่ 3.4.1 ตารางค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานการหมุนของล้อกับสภาพพื้นถนน

สภาพพื้นผิวถนน	ค่าสัมประสิทธิ์ (C)
ถนนคอนกรีตเรียบ	0.01 - 0.015
ถนนหินกรวดอัด	0.015 - 0.020
ถนนไม้อัดเรียบ	0.020 - 0.030
ถนนหิน	0.016 - 0.07
ถนนทราย	0.15 - 0.3

จากตารางที่ 3.4.1 เลือกค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานการหมุนของล้อที่ 0.015 เพราะ ต้องการให้รถวิ่งในสภาพถนนปกติจะได้แรงต้านทานการหมุนของล้อ

$$F_r = 0.015 \times 9.8 \times 180 = 26.46 \text{ นิวตัน}$$

3.4.2 แรงต้านอากาศ (Air resistance)

เนื่องจากการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ายิ่งมีความเร็วมาก ก็จะมีส่งผลให้แรงต้านอากาศมีค่ามากขึ้นเช่นกัน ซึ่งทำให้เป็นอีกหนึ่งแรงต้านที่มอเตอร์ไฟฟ้าต้องมีกำลังมากพอที่จะเอาชนะ ทำให้ต้องคิดแรงต้านอากาศด้วย จากสมการดังนี้

$$F_d = C_d \times \frac{\rho V^2 A}{2} \quad (3.4)$$

โดย

C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของอากาศ เลือกที่ 0.5 จากตาราง

ρ คือ ค่าหนาแน่นของอากาศ (1.164 กิโลกรัมต่อเมตรยกกำลังสาม) ณ อุณหภูมิ

30 องศาเซลเซียส

V คือ ความเร็วของจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการ (50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (0.76 เมตรยกกำลังสอง)

ตารางที่ 3.4.2 ตารางค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอากาศกับยานพาหนะชนิดต่างๆ

ชนิดของพาหนะ	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอากาศ (C_d)	พื้นที่หน้าตัด (m^2)
Motorcycle with rider	0.5 - 0.7	0.7 - 0.9
Open convertible	0.5 - 0.7	1.7 - 2.0
Limousine	0.22 - 0.4	1.7 - 2.3

Coach	0.4 - 0.8	6.0 - 10.0
Truck without trailer	0.45 - 0.8	6.0 - 10.0
Truck with trailer	0.55 - 1.0	6.0 - 10.0
Articulated vehicle	0.5 - 0.9	6.0 - 10.0

ดังนั้น จากตารางที่ 3.4.2 เราจะสามารถคำนวณหาค่าแรงต้านอากาศได้ดังนี้

$$F_d = 0.5 \times \frac{1.164 \times 13.89^2 \times 0.76}{2} = 42.68 \text{ นิวตัน}$$

3.4.3 แรงต้านทานความชัน

ในขณะที่ขับขึ้นรถจักรยานยนต์ กำลังของมอเตอร์บางส่วนต้องถูกนำไปใช้ในการเอาชนะแรงต้านทานความชัน โดยเลือกใช้ความชันที่ 2.2906 องศา[23] เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพถนนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านต้องรับภาระมากขึ้นกว่าบนทางระดับ โดยสามารถคำนวณหาแรงต้านทางความชันได้ดังสมการ

$$F_g = mg \sin \theta \quad (3.5)$$

โดย θ คือ มุมความชันของถนน กำหนดค่าที่ 4 เปอร์เซ็นต์ หรือ 2.2906 องศา

ดังนั้นค่าแรงต้านทานความชันเท่ากับ

$$F_g = 180 \times 9.8 \times \sin(2.2906) = 70.50 \text{ นิวตัน}$$

3.4.4 แรงต้านทานการเคลื่อนที่รวม

จากสมการแรงต้านทานการเคลื่อนที่รวม

$$F_t = F_r + F_d + F_g \quad (3.6)$$

ดังนั้น แรงต้านทานการเคลื่อนที่รวมเท่ากับ

$$F_t = 26.46 + 42.68 + 70.50 = 158.42 \text{ นิวตัน}$$

3.4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ามอเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยต้องการความเร็วอ้างอิงที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 16.67 เมตรต่อวินาที จากสมการ

$$P_{output} = \frac{F_t \times V}{\eta} \quad (3.7)$$

ดังนั้น ค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ที่คำนวณได้ คือ

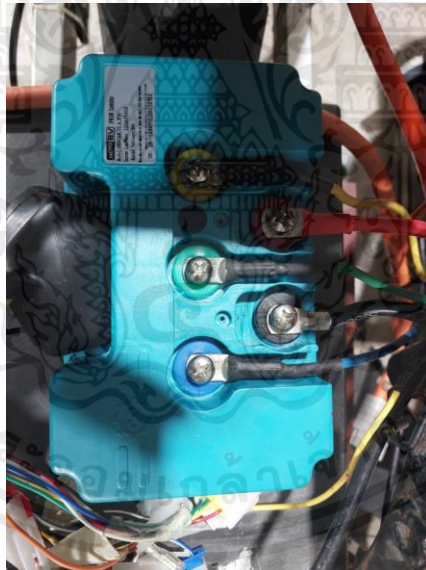
$$P_{output} = \frac{158.42 \times 16.67}{0.9} = 2933.66 \text{ วัตต์}$$



รูปที่ 3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าพิกัด 3000 W 96 V

ดังนั้นจึงเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่มีกำลัง 3000 วัตต์ 96 โวลต์ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.4

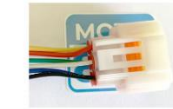
3.5 การเลือกกล่องควบคุม



รูปที่ 3.5 กล่อง Controller ขนาดพิกัด 96 V 3000 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTO EV การต่อสาย Fardriver



สาย Hall sensor สำหรับส่งสัญญาณตำแหน่งมอเตอร์

- P04 สีแดง hall+ Motor 12V
- P24 สีขาว Temp วัดอุณหภูมิมอเตอร์
- P06 สีดำ GND สายกราวด์
- P22 สีน้ำเงิน HC สาย Hall C
- P12 สีเขียว HB สาย Hall B
- P01 สีเหลือง HA สาย Hall A
- P20 สีส้ม KEY สายกุญแจ จ่ายไฟ High Volt เข้าผ่านกุญแจ หรือจะต่อตรงกับไฟหัวไฟก็ได้



EMC Certificate



คำเริ่มต้นของ pin function

- Functions

Boost Pin:11-Invalid	Cruise Pin:11-None
SideStand Pin:11-Invalid	Pause Pin: 8-PIN17
Forward Pin:11-Invalid	Backward Pin: 4-PIN8
Highspeed Pin: 2-PIN3	LowSpeed Pin: 1-PIN2
Charge Pin:11-Invalid	Anti-theft Pin: 6-PIN14
Seat Pin:11-Invalid	SpeedLimit Pin: 0-NC
Switch Voltage Pin:11-Invalid	Repair Pin:11-Invalid



ชุดสายต่อคันเร่ง

- P28 สีแดงขาว ACC+ ไฟบวก 5V ไปคันเร่ง
- P27 สีเขียวขาว SV รับค่า 1V - 4V เข้ากล่องควบคุมความเร็ว
- P26 สีดำ GND สายกราวด์
- P03 สีเหลืองขาว SDGH เกียร์สูง ทำงานโดยต่อ GND กรณีต่อ JOG เกียร์ หรือเกียร์อื่น ให้ต่อปุ่มเกียร์สีเหลือง
- P02 สีน้ำเงินขาว SDL เกียร์ต่ำ ทำงานโดยต่อ GND หัวสำหรับบังคับเลือกเกียร์สูง
- P07 สีดำ GND สายกราวด์



P13 สีฟ้า สายสำหรับ RXD

P09 สีม่วง SPA สายความเร็วส่งข้อมูล ไปที่มาตรวัดความเร็วแบบ Analog Speedometer

P17 สีน้ำเงินแดง Cruise / Pause ทำงานโดยต่อ GND

P18 สีน้ำตาล (LIN / Oneline) ต่อจาวัดความเร็ว



P08 สีน้ำตาลขาว RE ถอยหลัง ทำงานโดยต่อ GND

P07 สีดำ GND สายกราวด์

P11 สีส้ม High Break เส้นนี้ไปต่อไฟ บวก (แดง) เมื่อเส้นนี้ต่อกับไฟบวก (แดง) จะส่งสัญญาณเบรกหักล้อ ทั้ง Low break และ High Break ตัวค่าต่อใน functions -> Break

P21 สีเหลืองเขียว BL Low break เมื่อเส้นนี้ต่อกับ GND จะส่งสัญญาณเบรกหักล้อ

P16 สีดำ GND สายกราวด์



P26 ช่องต่อ Bluetooth/ ต่อคอม

P29 สีน้ำตาลเขียว BWSV ไฟ 5V

P13 สีแดงดำ RXD สัญญาณ Serial

P23 สีน้ำเงินน้ำตาล TXD สัญญาณ Serial

P05 น้ำตาลเหลือง CAN Low

P15 เหลืองแดง CAN High



ปลั๊กแดงสำหรับต่อสัญญาณกับขโมย

P30 สีชมพู 60VC สายไฟบวก High V

P16 สีดำ GND สายกราวด์

P14 สีขาวดำ FW Anti-theft กับขโมย

P19 สีน้ำตาลแดง U phase line

P10 สีส้ม KEY สัญญาณกุญแจ



<https://www.facebook.com/motoevthailand>



download
firmware

รูปที่ 3.6 แสดงการต่อสายของกล่องควบคุม [24]

จากรูปที่ 3.5 ในการเลือกกล่องควบคุม Far driver รุ่น 96 V 3000 W เนื่องจากมอเตอร์ที่เลือก มาจะมีพิกัดอยู่ที่ 3000 W 96 V และแบตเตอรี่ที่ใช้ทดสอบและใช้งานหลักใน การใช้งานจะมีพิกัดแรงดัน อยู่ที่ 96 V และรูปที่3.6 แสดงการต่อสายของกล่องควบคุม

3.6 โครงรถสำหรับทำจักรยานยนต์ไฟฟ้า



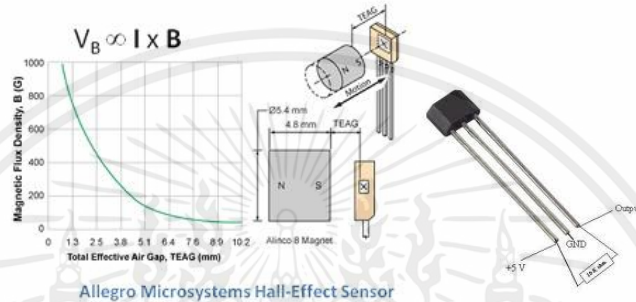
รูปที่ 3.7 ด้านข้างของโครงรถสำหรับทำจักรยานยนต์ไฟฟ้า

ใช้ Honda Click 110 (รุ่นคาร์บู) หลังจากถอดเครื่องยนต์ออกไปแล้วมีพื้นที่เหลือในการบรรจุแบตเตอรี่และกล่องควบคุมโดยสามารถดูได้จากรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ด้านบนของโครงรถแสดงพื้นที่ในการใช้บรรจุแบตเตอรี่และกล่องควบคุม

3.7 คันเร่งไฟฟ้า



รูปที่ 3.9 คันเร่งไฟฟ้าพร้อมปั๊มควบคุมมอเตอร์[25]

จากรูปที่ 3.9 คันเร่งไฟฟ้าหลักการทำงานของคันเร่งคือสามารถเร่งหรือ ปรับแรงดันขาออกได้ 1-4 โวลต์โดยประมาณ แต่ภายในจะไม่ใช้วอลลุ่มแต่จะใช้ Hall Sensor แทนเนื่องจากคงทนและแม่นยำกว่าวอลลุ่ม โดยที่ HallSensor มีลักษณะเหมือน ทรานซิสเตอร์มี 3 ขาคือ ขาไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ขากราวด์ และขาไฟออก ซึ่งภายในคันเร่งจะมีแม่เหล็กลักษณะทรงโค้งฝังอยู่ในตัวบิด เมื่อเราบิดคันเร่งก็จะเกิดสนามแม่เหล็กเหนื่อ ใต้ที่ต่างกันออกไปให้ Hallsensor แปรผันเป็นแรงดันไฟ ส่งไปให้ชุดควบคุมรับรู้อีกที โดยที่คันเร่งไฟฟ้าชนิดนี้มาพร้อมปั๊มควบคุมมอเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสตาร์ทเตอร์สวิช

3.8 เรือนไมล์ดิจิทัลไฟฟ้า



รูปที่ 3.10 เรือนไมล์ดิจิทัลไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.10 เรือนไมล์ดิจิทัลไฟฟ้าต้องสามารถแสดงค่าที่ความเร็วและสามารถแสดงค่าแบตเตอรี่ได้

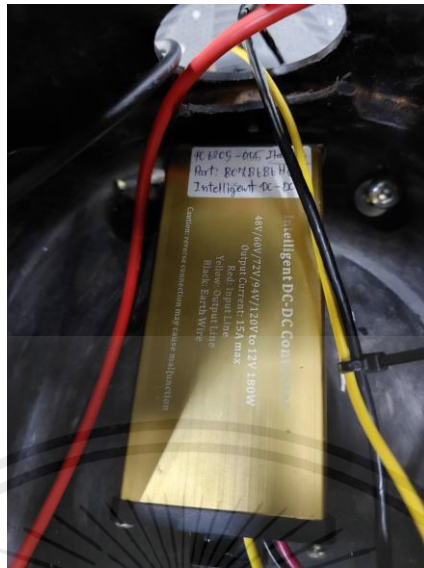
3.9 แบตเตอรี่ และ DC-DC Converter



รูปที่ 3.11 แบตเตอรี่

จากรูปที่ 3.11 แสดงแบตเตอรี่ที่ได้รับมาใช้งานจะมีพิกัดอยู่ที่ 96 V 6.08 Ah เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่โดยมีค่า SoH อยู่ที่ 0.8 หรือก็คือ 80% ของพิกัดเดิมซึ่งแบตเตอรี่นี้มีค่า Ah ดั้งเดิมคือ 7.6 Ah

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 DC-DC Converter

จากรูป 3.12 แสดงให้เห็น DC-DC Converter ที่จะมาใช้ในการแปลงไฟจาก 96 V เป็น 12 V เพื่อให้ระบบแสงไฟของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้เนื่องจากระบบไฟของรถจักรยานยนต์เป็นระบบไฟ 12 V

3.10 ขั้นตอนการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์



รูปที่ 3.13 เซอร์กิตเบรกเกอร์

จากรูป 3.13 แสดงให้เห็น Circuit breaker 125 Amp 1 Pole เนื่องจากก่อนติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้มีการวัดค่าการกินกระแสขอมอเตอร์ขณะทำงานสูงสุดได้อยู่ที่ 120 Amp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 Swing Arm



รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง Swing Arm

จากรูปที่ 3.14 เนื่องจากรถจักรยานยนต์บางรุ่นเมื่อถอดเครื่องยนต์ออกส่วนที่ใส่ล้อหลังจะหายไป ดังนั้นการประกอบ Swing Armเพิ่มเติมจะมาแก้ปัญหาในจุดนี้

3.12 เบรก



รูปที่ 3.15 ชุดดิสก์เบรก

จากรูปที่ 3.15 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่จึงใช้ชุดดิสก์เบรกว่ามาสับเปลี่ยนแทนที่ชุดเบรกตัวเก่า

3.12 การดัดแปลงจักรยานยนต์ไฟฟ้า

3.12.1. วัตถุประสงค์

เพื่อดัดแปลงจักรยานยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปภายในมาเป็นจักรยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งมีอุปกรณ์หลักๆ 3 ส่วนได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดกระแสตรงไร้แปรงถ่านเป็นตัวขับเคลื่อน กล่องคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม และแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า

3.12.2 ขั้นตอนการดัดแปลงต้นแบบจักรยานยนต์ไฟฟ้า

สำหรับการดัดแปลงจักรยานยนต์จากเครื่องยนต์สันดาปภายในมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าทำการต่ออุปกรณ์ดังนี้

3.12.2.1 การดัดแปลงจักรยานยนต์ไฟฟ้า Honda Click 110 (รุ่นคาร์บู)

ทำการซื้อโครงรถไฟฟ้าโดยทำการถอดเครื่องยนต์ออกแล้วมาในดังรูปที่ 3.16 และ รูป 3.17 แสดงให้เห็นพื้นที่ว่างเมื่อถอดตัวถังน้ำมันออกไปแล้ว โดยรถที่สมบูรณ์จะแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.16 รูปรถจักรยานยนต์ก่อนทำการดัดแปลง



รูปที่ 3.17 ด้านข้างของโครงรถสำหรับทำจักรยานยนต์ไฟฟ้า



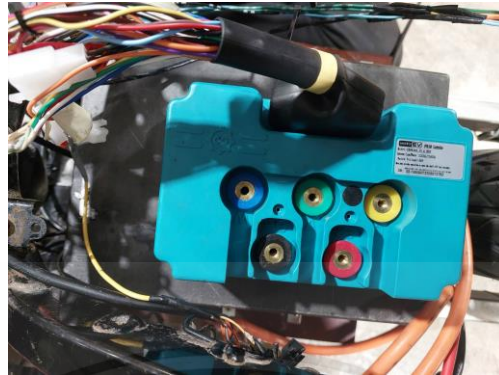
รูปที่ 3.18 ด้านบนของโครงรถแสดงพื้นที่ว่าง

นำมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดไร้แปรงถ่าน (Hub Motor) ขนาด 3000 W 96 V ของ QS Motor ที่คำนวณในบทที่ 3 มาใส่แทนล้อหลังโดยทำการติดตั้ง Swing Arm เพิ่มเติมเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนให้กับจักรยานยนต์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.19

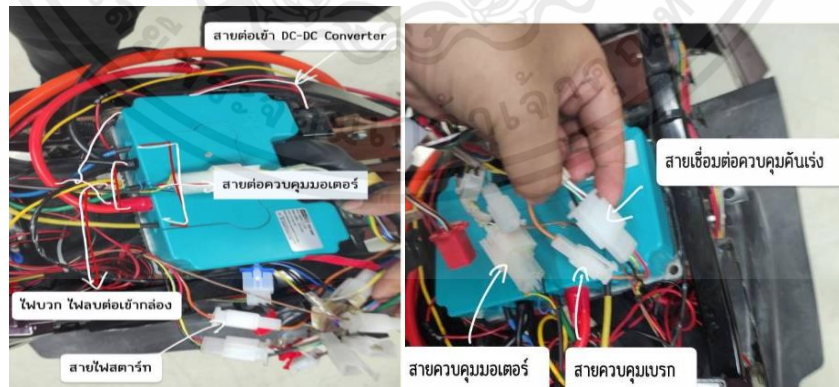
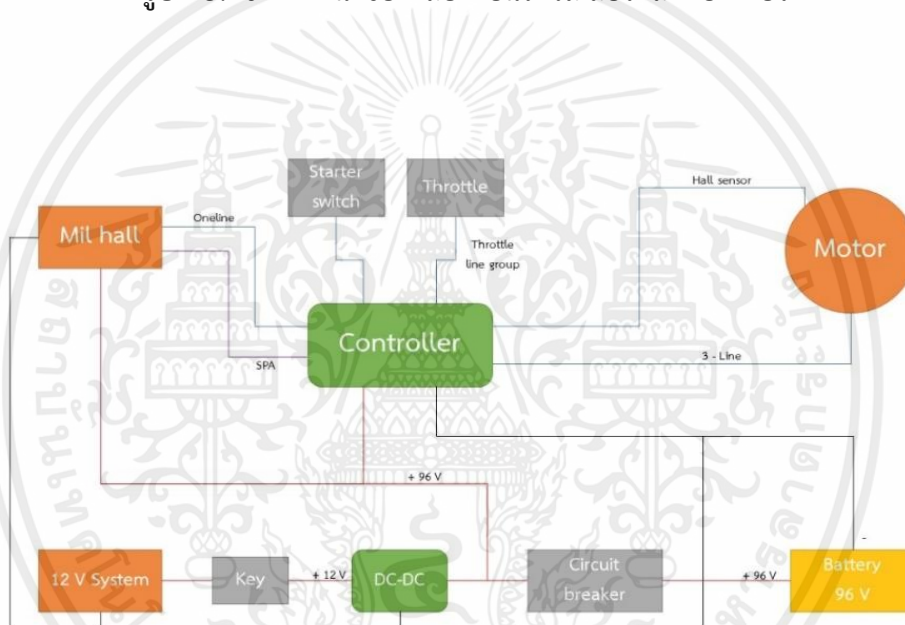


รูปที่ 3.19 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน (Hub Motor) และ Swing Arm

ออกแบบการวางตำแหน่งของกล่องคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่ใต้พื้นที่ว่างข้างล่างแทนเก็บของ ซึ่งได้มาจากการที่ถอดเครื่องยนต์สันดาปภายในออกไปดังรูปที่ 3.20

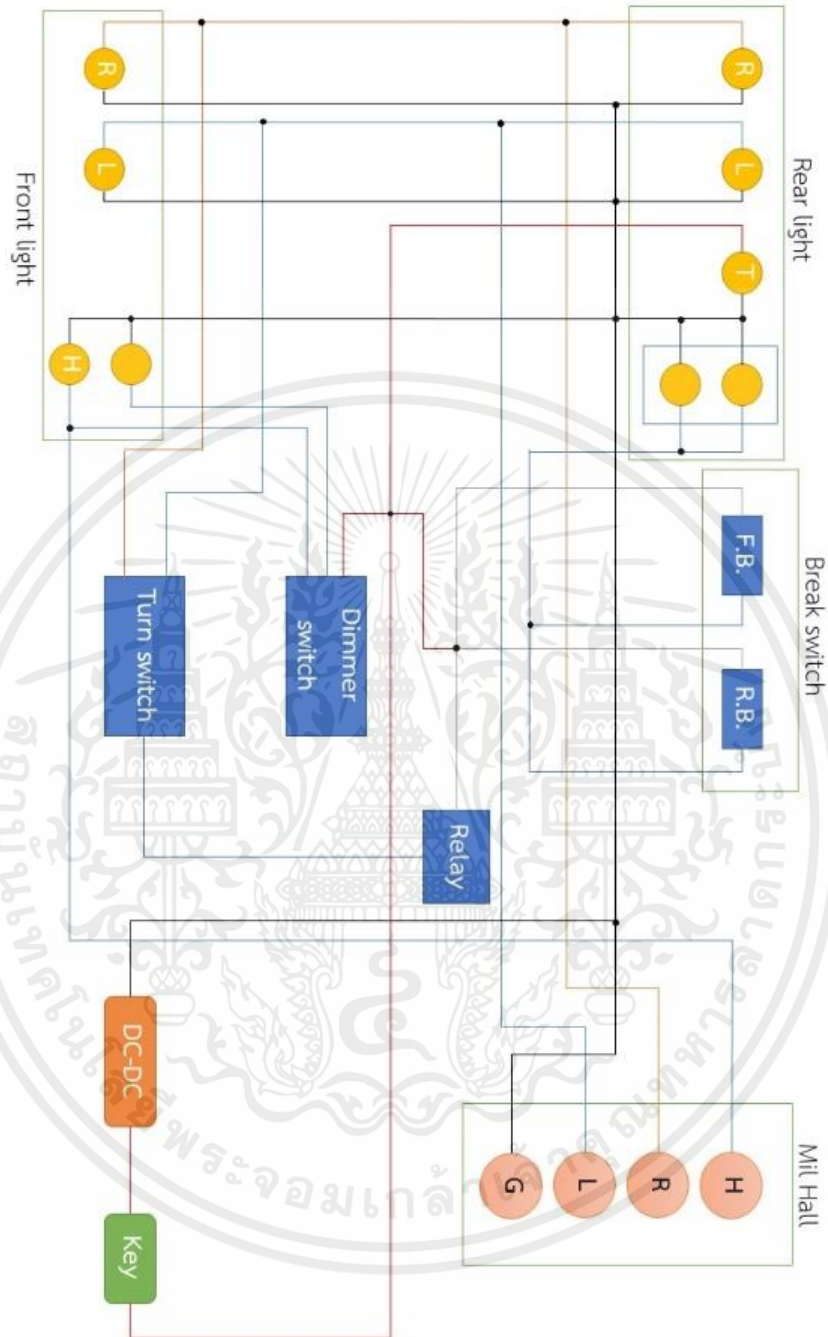


รูปที่ 3.20 ตำแหน่งของกล่องคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่



รูปที่ 3.21 วงจรการต่อจากกล่องสู่มอเตอร์

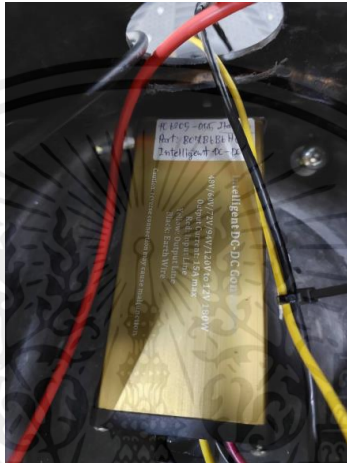
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 วงจรระบบแสงสว่างของรถจักรยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.21 แสดงการต่อสายไฟจากกล่องไปยังมอเตอร์ ส่วนระบบแสงสว่างในรถจักรยานยนต์ จะใช้ระบบเดิมของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่แสดงในรูปที่ 3.22 แต่จากระบบเดิมจะใช้แหล่งจ่ายไฟจาก แบตเตอรี่ตะกั่วกรด 12 V จึงได้มีการนำ DC-DC Converter มาเป็นตัวแปลงแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 12 V และ 96 V เพื่อให้สามารถนำมาต่อกับแบตเตอรี่ของจักรยานยนต์ไฟฟ้าได้ ดังรูปที่ 3.23 และรูปที่ 3.24 แสดงให้เห็นตำแหน่งของ DC-DC Converter



รูปที่ 3.23 DC-DC Converter



รูปที่ 3.24 ตำแหน่งของ DC-DC Converter โดยต่อเข้าระบบไฟแล้ว

นำอุปกรณ์ต่างๆประกอบเข้ากับโครงรถแล้วประกอบเฟรมเข้าด้วยกัน แสดงออกมาในรูป 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 จักรยานยนต์ไฟฟ้าที่เสร็จสมบูรณ์

3.12 การทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เมื่อจักรยานยนต์ไฟฟ้าถูกประกอบขึ้น และสามารถขับเคลื่อนได้ จะเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะ ซึ่งจะทดสอบผ่าน Dynamo meter เพื่อทำการเก็บค่า ความเร่ง ความเร็วสูงสุดและระยะทางที่สามารถใช้งานได้สูงสุดโดยจะแสดงสถานที่ทดสอบสมรรถนะในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.26 สถานที่ทดสอบสมรรถนะ

3.13 สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบวิธีการดำเนินการ และแผนการดำเนินการ โดยการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อใช้ในการสร้าง ออกแบบ ดัดแปลง และ คำนวณเพื่อเลือกขนาดอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างและประกอบจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อให้สามารถรองรับกับแบตเตอรี่และโครงรถจักรยานยนต์ เช่น ขนาดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน DC-DC Converter Circuit Breaker และกล่องควบคุมมอเตอร์ แล้วนำมาทดสอบดัดแปลงและประกอบเข้าด้วยกัน โดยข้อมูลต่างๆ ในบทนี้จะใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปต่อยอดการวิเคราะห์และแสดงผลต่อไปในบทที่ 4



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาจากการทดลองและทดสอบสมรรถนะของ จักรยานยนต์ไฟฟ้าและจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการค้นคว้างานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาในเรื่องของจักรยานยนต์พลังงานปิโตรเลียมและจักรยานยนต์ไฟฟ้า นำข้อมูลที่ได้มาประเมินทั้งด้าน ประสิทธิภาพเชิงเทคนิค มีการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างจักรยานยนต์สันดาปภายในกับจักรยานยนต์ ไฟฟ้า ทั้งด้านประสิทธิภาพการขับขี่ และสร้างต้นแบบจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้จากการสร้างขึ้นโดยนำ จักรยานยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปภายในมาดัดแปลง นำส่วนของเครื่องยนต์ออกแล้วนำส่วนของ มอเตอร์ไฟฟ้าเข้ามาแทนที่ ซึ่งจะทำการทดสอบและเก็บค่าการใช้พลังงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อ เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของจักรยานยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปภายใน

4.2 ประสิทธิภาพของจักรยานยนต์ไฟฟ้ากับจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน

สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า พลังงานเคมีถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนซึ่งแปรรูปเป็นไฟฟ้า ได้ว่า 90% มีความสูญเสียบ้างเล็กน้อยในรูปแบบความร้อน ส่วนจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน พลังงานเคมีจะถูกเก็บไว้ในน้ำมันเชื้อเพลิงและนำมาแปรรูปเป็นความร้อนจากนั้นถูกสูบจะแปรรูปให้เป็น พลังงานกล ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 35% โดยพลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปแบบของความร้อน

โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนประสิทธิภาพด้านเทคนิคของจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน และจักรยานยนต์ไฟฟ้าในด้านเทคนิคดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบด้านเทคนิคระหว่างจักรยานยนต์สันดาปภายในกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

เกณฑ์การประเมิน	ชนิดของยานพาหนะ	
	จักรยานยนต์แก๊สโซลีน	จักรยานยนต์ไฟฟ้า
แหล่งต้นกำลัง	สันดาปภายใน 4 จังหวะ 9.1 แรงม้า	มอเตอร์ไฟฟ้า 3000 W
การเติมเชื้อเพลิงต่อ 100 กม	อัตราการใช้น้ำมันของเครื่องยนต์สันดาปภายในสูงสุดจะอยู่ที่ 58.9 กม/ลิตร ดังนั้นใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 อยู่ที่ 1.7 ลิตร/100 กม	การอัดประจุ 1 ครั้ง ได้ระยะทาง 18.11 กม. ดังนั้นการเปลี่ยนแบตเตอรี่ระยะทาง 100 กม. คือ 6 ครั้ง (4.2 kWh 96V)
เวลาในการเติมเชื้อเพลิงต่อระยะทาง 100 กม	2-3 นาที	การชาร์จแบตเตอรี่ใช้เวลา 1.30 ชม
การซ่อมบำรุง	ซับซ้อน	ไม่ซับซ้อน
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	เกิดมลพิษทางเสียงและการเผาไหม้	มลพิษต่ำไม่มีเสียงรบกวน

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

โดยจะนำรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าไปทำการทดสอบกับ Dynamo Meter เพื่อทำการเก็บข้อมูลค่าต่างๆของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า อาทิ ความเร่ง ความเร็วสูงสุดและ ระยะทางที่สามารถใช้งานได้สูงสุดต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 รอบโดยสถานที่ทดสอบจะแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 4.3 และ 4.4 แสดงการทดสอบสมรรถภาพของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 4.1 สถานที่ทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



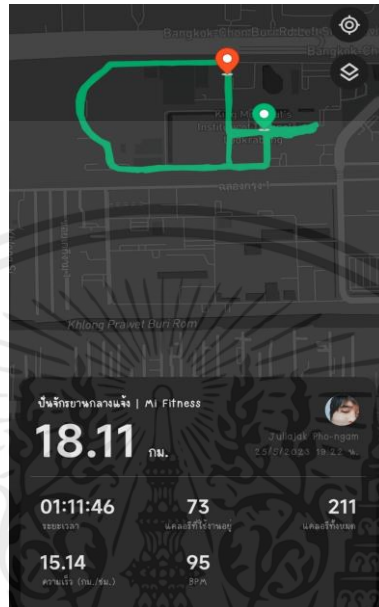
รูปที่ 4.3 ขณะทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ 4.4 การจัดวางล้อเพื่อทดสอบ

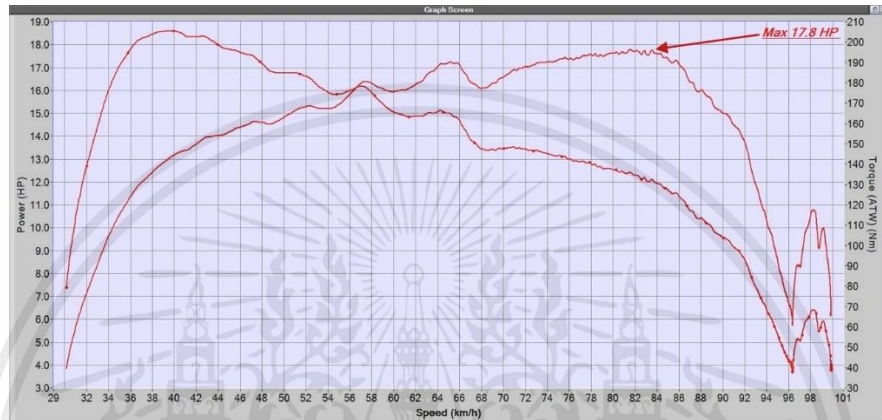
4.5 สรุปผลสมรรถนะของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

โครงการวิจัยนี้ได้ทำจักรยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ และทดสอบสมรรถนะในการขับขี่ และแสดงสมรรถนะของต้นแบบจักรยานยนต์ไฟฟ้าดังนี้



รูปที่ 4.5 ผลการขับขี่

จากรูปที่ 4.5 ทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้มีแรงดันอยู่ที่ 110 V โดยมีโหลตน้ำหนักรวมคนขับอยู่ที่ 120 กิโลกรัม ทำการวิ่งตามที่แสดงโดยมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 15.14 กม/ชม. และแรงดันสุดท้ายหลังเมื่อหยุดการทำงานจะมีแรงดันอยู่ที่ 85.5 V กินพลังงานทั้งหมด 0.2319 kWh/km



รูปที่ 4.6 กำลังขับเคลื่อน แรงบิด และความเร็วสูงสุด

จากรูป 4.6 แสดงผลการทดสอบของไดนาโมมิเตอร์ โดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกำลังแรงบิด กับความเร็ว จะเห็นได้ว่ากำลังและแรงบิดจะแปรผันตรงกัน เมื่อเทียบกับความเร็ว เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ค่ากำลัง และแรงบิดก็จะเพิ่มขึ้นตาม แต่ค่าแรงบิดเมื่อถึงค่าสูงสุด (จากรูปอยู่ในช่วง 170-180 Nm) แล้วค่าก็จะลดลง แม้กำลังจะยังคงเพิ่มขึ้น โดยมีความเร็วสูงสุดที่ 101 km/hr และกำลังสูงสุด 17.8 Hp

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ และแนวทางการศึกษา

5.1 บทสรุป

การเปลี่ยนจากจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปให้กลายเป็นจักรยานยนต์ไฟฟ้าได้ผลลัพธ์เป็นรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยในการใช้งานเนื่องจากมีการควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์และปุ่มควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านคันเร่ง และสามารถใช้งานในการขับขี่ได้เหมือนรถจักรยานยนต์ทั่วไปแต่ไม่มีการสร้างมลพิษทางอากาศ สามารถเร่งความเร็วได้ดี อีกทั้งเสียงในการขับขี่ยังมีน้อยมากเมื่อเทียบกับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาป แต่จักรยานยนต์ไฟฟ้ายังมีข้อเสียในด้านระยะทางการขับขี่ ซึ่งถือว่าระยะทางทำได้น้อยเมื่อเทียบกับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาป ในด้านระยะทางที่วิ่งได้สูงสุดสามารถขับขี่ได้สูงสุดที่ 18.11 กมด้วยความเร็วเฉลี่ย 15.41 กำลังขับเคลื่อนอยู่ที่ 17.8 แรงม้า และความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 101 กม/ชม กินพลังงานที่ 0.2319 kWh/km

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ

จากการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย มีข้อเสนอแนะและปัญหาดังนี้

- 1.เนื่องจากอุปกรณ์บางชิ้นจำเป็นต้องนำเข้าจากประเทศจีนทำให้มีความล่าช้า ส่งผลต่อขั้นตอนการทดลองต่างๆดำเนินไปได้ช้า
- 2.แบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าต้องมีขนาดเล็กเพื่อให้เพียงพอต่อการบรรจุบนจักรยานยนต์ได้ ซึ่งส่งผลไปถึง Ah ที่ต่ำซึ่งมีผลต่อระยะทางการวิ่ง ซึ่งค่า Ah จะแปรผันตรงกับระยะทางที่สามารถวิ่งได้ และเมื่อต้องการค่า Ah ที่สูงขึ้น ก็จะส่งผลต่อราคา ขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ ซึ่งอาจจะทำให้ ไม่เหมาะสมกับการติดตั้งบนจักรยานยนต์ไฟฟ้า
- 3.เนื่องจากการทำการชาร์จแบตเตอรี่จำเป็นต้องนำรถจักรยานยนต์ไปใกล้แท่นชาร์จ จึงเห็นสมควรว่า ถ้านำรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามาใช้ในที่สาธารณะต้องมีการศึกษาตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า

5.3 แนวทางการพัฒนา

โครงการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาโดยนำจักรยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบเป็นบรรทัดฐานในการปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้จักรยานยนต์ไฟฟ้าให้มีสมรรถนะการขับขี่ที่ใกล้เคียงกับจักรยานยนต์สันดาป เพื่อให้สามารถนำมาใช้ขับขี่ในที่สาธารณะให้ได้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] วิทยาลัยการอาชีพวิเชียรบุรี,บทเรียนออนไลน์ วิชาจักรยานยนต์ สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2565
<http://www.wicec.ac.th/web/elerning/moto/html/u2.html>
- [2] **การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะของมอเตอร์ไซค์ทำงานอย่างไร**สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2565
<https://www.yamaha-motor.co.th/blog/detail?url=รู้จักการทำงานของระบบเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์-4-จังหวะ>
- [3] กิตติศักดิ์ หมึกแดง และ อติศักดิ์ ความพินิจ, “รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ ตสาทรกรรมบัณฑิต, ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [4] **การสร้างรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและความเป็นมาของจักรยานยนต์ไฟฟ้า** สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน2565
www.tatungev.com/newcontent/Training26.pdf
- [5] Matilde D'Arpino,” **Multi-Inverter Architectures for High Efficiency Power Conversion**” หน้า 135
- [6] Chang-liang Xia (2012). “**Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives and Controls**”. John Wiley and Sons. pp. 18–19. ISBN 978-1118188361.
- [7] **มอเตอร์ DC แบบไร้แปรง: หลักการทำงาน, อุปกรณ์, ประเภท.**สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2565
<https://my.electricianexp.com/th/chto-takoe-beskollektornyj-dvigatel-postoyannogo-toka.html>
- [8] Ming-Shyan Wang,” **Speed control of brushless DC motor by adaptive network-based fuzzy inference**”,2018
- [9] Peter GIROVSKÝ, Jakub FEKETE ,” **MAINTAINING VEHICLE SPEED USING A MECHANICAL CRUISE CONTROL**”,Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 17, No. 2, 2017 page 49
- [10] KT. Chau, **Electric Vehicle Machines and drives: Design, analysis.**

- [11] Inside BLDC Motor สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กันยายน 2565
Как устроен электросамокат - Прокатский Электро
 (kolesomono.ru)
- [12] DANIELLE COLLINS ,“**What is trapezoidal back EMF?**” APRIL 28, 2016 DANIELLE COLLINS สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กันยายน 2565
<https://www.motioncontroltips.com/faq-trapezoidal-back-emf/>
- [13] Hyo Jun Kim, “**Rare Earth Dispute and Trend in Development of NdFeB Anisotropic Bonded Magnets**” June 2012 Journal of the Korean Magnetics Society 22(3) page 111
- [14] Structure of the IPM (interior permanent magnet) motor สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กันยายน 2565
http://www.hamaco-ind.com/motor_technology/index.html
- [15] Speed measurement of brushless dc motor with hall sensors with STM32 สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2565
<https://electronics.stackexchange.com/questions/377911/speed-measurement-of-brushless-dc-motor-with-hall-sensors-with-stm32>
- [16] Why and How to Sinusoidally Control Three-Phase Brushless DC Motors สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2565
<https://www.digikey.ch/it/articles/why-and-how-to-sinusoidally-control-three-phase-brushless-dc-motors>
- [17] Chen, W. Shen, T. T. Vo, Z. Cao and A. Kapoor, "**An overview of lithium-ion batteries for electric vehicles,**"
- [18] Anurakjaturong, T. (2020) *ระบบประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (charging system for electric vehicles), squared.co.th.* สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2565
<http://www.n-squared.co.th/post/charging-system-for-electric-vehicles>

- [19] Battery Exchange สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2565
latamobility.com/en/introducing-gogoro-a-smart-battery-exchange-network-and-electric-motorcycles/
- [20] ระบบเบรก สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2565
<https://www.yukonlubricants.com/drum-brake-or-disc-brake-which-one-is-better/>
- [21] เปิดตัว Honda Click 110 ต้นตระกูลสปอร์ต-สกู๊ตเตอร์ยอดนิยมเบอร์ต้นของไทย ! - Motorival.com. (2022). สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2565
<https://www.motorival.com/honda-click-1st-gen/>
- [22] Car, K. (2019). All New Honda Wave 110i สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2565
<https://car.kapook.com/view205595.html>
- [23] มาตรฐานชั้นทางสำหรับทางหลวงทั่วประเทศ สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2565
<https://www.doh.go.th/content/page/page/5624>
- [24] การต่อสายกล่องควบคุม สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2565
<https://www.facebook.com/motoevthailand>
- [25] การต่อคันเร่งควบคุมความเร็ว สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2565
<https://www.ebikethaikit.com/เรียนรู้สร้างจักรยานไฟฟ้า-980.page>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

E-Motorcycle Conversion

นายจุฬจักร์ โพธิ์งาม¹ นายบุญยวีร์ ขาวบริสุทธิ² นายพงศกร พุทธวงศ์วัน³

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการดัดแปลงรถจักรยานยนต์สันดาปให้เป็นรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำแบตเตอรี่ที่ถูกปลดจากรถยนต์ไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ถูกปลดออกมานั้นยากทั้งต่อการกำจัดและการรีไซเคิล

ทางผู้จัดทำได้รับแบตเตอรี่ที่เป็นโจทย์มาที่ 96 V 6.08 Ah จึงนำโครงรถ Honda Click 110 (รุ่นคาร์บูเรเตอร์) มาดัดแปลงเนื่องจากพื้นที่ของเครื่องยนต์สันดาปที่ถูกนำไปเพียงพอต่อการจัดวางอุปกรณ์ภายในรถยนต์ไฟฟ้า จากนั้นได้ทำการเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าพิกัด 3000 W 96 V โดยมีการเลือกมาจากพิกัดของแบตเตอรี่และจากการคำนวณแรงต้านทานต่าง ๆ ขณะขับขี่เพื่อกำหนดพิกัดกำลังของมอเตอร์ ถัดมาเลือกกล่องควบคุม (Controller) พิกัด 96 V 3000 W เพื่อนำมาควบคุมมอเตอร์ และทำการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์พิกัด 125 A 250 VDC โดยติดตั้งระหว่างแบตเตอรี่กับระบบไฟฟ้า เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และใช้ตัวแปลง DC-DC แปลงไฟจาก 96 V ให้กลายเป็น 12 V เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบไฟฟ้าเดิมของรถ เช่น ระบบแสงสว่าง

จากการดัดแปลงสรุปได้ว่าระบบต่าง ๆ ของรถไฟฟ้าดัดแปลงสามารถใช้งานได้ และจากการทดสอบจากไดโนแลป (Dyno Lab) ได้ผลการทดสอบว่า มีความเร็วสูงสุดที่ 101 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีกำลังขับเคลื่อนสูงสุด 17.8 แรงม้า และจากการทดสอบด้วยการวิ่งจริง Full charge แบตเตอรี่ที่ 110 V ผู้โดยสารน้ำหนัก 78 กิโลกรัม สามารถวิ่งได้ 18.11 กิโลเมตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 15.14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีแรงดัน Cut off อยู่ที่ 85.5 V

Abstract

This thesis presents the modification of combustion motorcycles to electric motorcycles. The aim is to

reuse batteries that are discharged from electric vehicles. Since discharged lithium ion batteries are both difficult to dispose of and recycle

The organizer received the battery in question at 96 V 6.08 Ah, so the frame of the Honda Click 110 (carburetor model) was adapted because the space of the combustion engine was taken to be sufficient for the placement of equipment inside the electric vehicle. Then, an electric motor rated at 3000 W 96 V was selected from the battery rating and from various resistance calculations while driving to determine the motor power rating. Next, select a controller box rated at 96 V 3000 W to control the motor. And choose a circuit breaker rated 125 A 250 VDC by installing between the battery and the electrical system. for the safety of users And use a DC-DC converter to convert the power from 96 V to 12 V to supply power to the original electrical system of the car, such as the lighting system.

From the modification, it can be concluded that various systems of the modified electric train can be used. And from the test from the Dino Lab (Dyno Lab) has tested that It has a top speed of 101 kilometers per hour. It has a maximum power of 17.8 horsepower and from the test with real running, full charge, battery at 110 V, a person weighing 78 kg can run 18.11 kilometers at an average speed of 15.14 kilometers per hour and has a cut off voltage of 85.5 V

.1.บทนำ

ยานยนต์ไฟฟ้า หรือ Electric Vehicle (EV) คือ ยานยนต์ที่ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในการขับเคลื่อนเต็มตัว และต้อง

มีคุณสมบัติทุกอย่างที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาหลักของรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน โดยต้องสามารถทดแทนทั้งในด้านของชิ้นส่วนรถยนต์ ประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่าย และประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งปัญหาโลกร้อนในปัจจุบันแทบจะเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อทุกอุตสาหกรรม ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าได้รับความสนใจและการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนก็มีอายุการใช้งานหรือ Stage of Health (SoH) อยู่ โดยทั่วไปรถยนต์ไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแบตเตอรี่หาค่า SoH ของแบตเตอรี่ลดลงมาเหลือ 0.8 หรือต่ำกว่า เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนที่เต็มสมรรถนะ ทางผู้จัดทำจึงได้สังเกตเห็นว่าแบตเตอรี่เหล่านี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เพราะราคาแบตเตอรี่นั้นมีราคาที่สูง การนำมาใช้ใหม่นี้จึงเพื่อลดปัญหาขยะและยังลดค่าใช้จ่าย โดยผู้จัดทำได้คิดว่าหากนำแบตเตอรี่เหล่านี้มาใช้ในจักรยานยนต์ไฟฟ้า ที่วิ่งระยะทางไม่ไกลด้วยค่า SoH ที่เหลือ 0.8 ก็เพียงพอต่อการวิ่งในระยะทางสั้นๆ เช่น ในชุมชน เป็นต้น

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

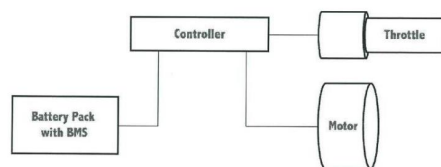
2.1 ทฤษฎีและหลักการของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

จักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นพาหนะซึ่งขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้สันดาปภายใน รถไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งเชื้อเพลิงแทนที่น้ำมัน หรือเชื้อเพลิงอื่น ๆ โดยมอเตอร์ไฟฟ้าในรถไฟฟ้าจะเปลี่ยนไฟฟ้าซึ่งโดยปกติมาจากชุดแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานกลเพื่อการขับเคลื่อนล้อ เมื่อเปรียบเทียบกับรถที่ใช้น้ำมันองค์ประกอบของจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีความซับซ้อนที่น้อยกว่าจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยหลักการการทำงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้าประกอบด้วยระบบต่าง ๆ ดังนี้

ระบบกำลัง หมายถึง จักรยานยนต์ไฟฟ้าจะเก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ และนำมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีเครื่องควบคุมการทำงานของชุดแบตเตอรี่ (Battery Management System : BMS)

ระบบพลังงาน หมายถึง การไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าจากที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์จะถูกกำหนดโดยตัวควบคุมเครื่อง (Motor Controller) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบพลังงาน

การขับเคลื่อน หมายถึง หลักการพื้นฐานของยานยนต์ไฟฟ้าก็คือการขับเคลื่อนทางไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 1 หลักการทำงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

2.2 อุปกรณ์ในจักรยานยนต์ไฟฟ้า

มอเตอร์ หมายถึง จักรยานยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีหลายชนิดแล้วแต่เทคโนโลยีที่มีผลกับราคาและความซับซ้อน โดยมอเตอร์ที่นิยมนำมาใช้กับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามี 2 แบบหลัก ๆ คือ แบบมีแปรงถ่าน (Brush DC Motor) และแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motor)

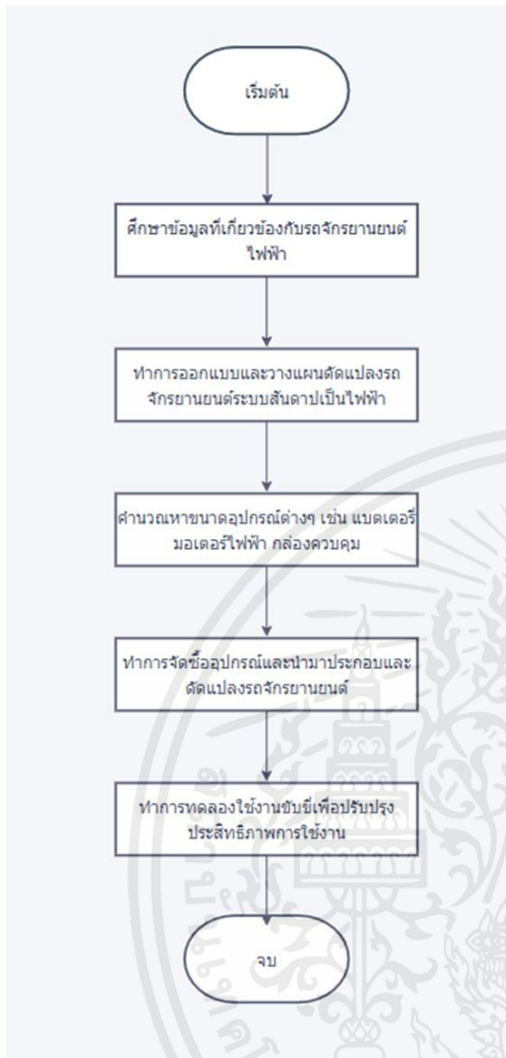
แบตเตอรี่ หมายถึง จักรยานยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ราคาของแบตเตอรี่มีตั้งแต่ราคาถูกจนถึงราคาแพง แต่เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของจักรยานยนต์ไฟฟ้า หัวใจของจักรยานยนต์ไฟฟ้า คือ แบตเตอรี่คุณภาพของแบตเตอรี่ส่งผลถึงการขับเคลื่อนจักรยานยนต์ไฟฟ้า การเลือกแบตเตอรี่ที่มีคุณภาพดีจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ แบตเตอรี่ที่นิยมในปัจจุบันมี 3 ประเภท SLA (Seal Lead Acid), Li-NiCoMn และ LiFePO4

ชุดควบคุมมอเตอร์ หมายถึง ชุดควบคุมจะขึ้นอยู่กับว่าใช้กับมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน หรือเป็นมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน มอเตอร์ทั้งสองแบบเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านมีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากมีการบำรุงรักษาต่ำ ไม่ต้องเปลี่ยนถ่าน ชุดควบคุมประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การเปิดปิดสวิตช์ แต่การใช้งานทั่วไปจะใช้การควบคุมแบบปรับความเร็วตามความต้องการ โดยมอเตอร์จะถูกสั่งงานจากคันเร่ง และชุดปรอททำหน้าที่ตัดการทำงานของชุดควบคุม

3.ออกแบบการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการวางแผนและออกแบบจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การออกแบบและคำนวณขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างจักรยานยนต์ไฟฟ้าตามแผนผังรูป



รูปที่ 2 แผนผังการดำเนินการ

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ หรืออุปกรณ์และองค์ประกอบต่างๆของจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีดังนี้

3.4 การคำนวณหาพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้าของล้อที่เหมาะสมเพื่อทำการเลือกซื้อมอเตอร์

คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ามอเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยต้องการความเร็วอ้างอิงที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 13.89 เมตรต่อวินาที ค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่คำนวณได้ คือ 2965.85 Watt ดังนั้นจึงเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่มีกำลัง 3000 Watt 96 V

3.5 การออกแบบขั้นตอนการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เมื่อจักรยานยนต์ไฟฟ้าถูกประกอบขึ้น และสามารถขับเคลื่อนได้ จะเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะ ซึ่งจะทดสอบผ่าน Dynamometer เพื่อทำการเก็บค่า ความเร็วสูงสุดและระยะทางที่สามารถใช้งานได้สูงสุด

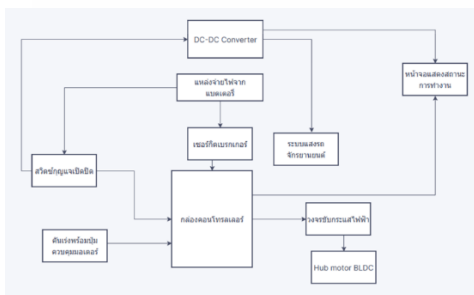
4.ผลการดำเนินการและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพและสมรรถนะของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

โดยจะนำรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าไปทำการทดสอบกับ Dynamo Meter เพื่อทำการเก็บข้อมูลค่าต่างๆของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า อาทิ ความเร็วสูงสุดและระยะทางที่สามารถใช้งานได้สูงสุดต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 รอบ



รูปที่ 4 แสดงกำลังขับเคลื่อน แรงบิด และความเร็วสูงสุด

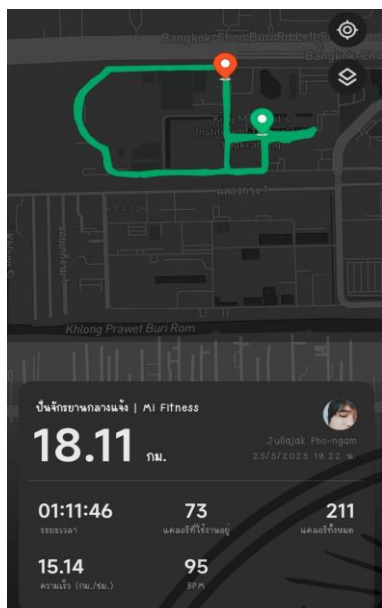


รูปที่ 3 แผนผังภาพรวมของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

4.2สรุปผลสมรรถนะของจักรยานยนต์ไฟฟ้า

โครงการวิจัยนี้ได้ทำจักรยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ และทดสอบสมรรถนะในการขับขี่ และแสดงสมรรถนะของต้นแบบจักรยานยนต์ไฟฟ้าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงผลการขับขี่ขณะมีผู้ขับขี่

5.บทสรุป

การเปลี่ยนจากจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปให้กลายเป็นจักรยานยนต์ไฟฟ้าผลลัพธ์ที่ได้คือ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่มีความปลอดภัยในการใช้งานเนื่องจากการควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์และปุ่มควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านคันเร่ง และสามารถงานในการขับขี่ได้เหมือนรถจักรยานยนต์ทั่วไปแต่ไม่มีการสร้างมลพิษทางอากาศ สามารถ

เร่งความเร็วได้ดีเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาป อีกทั้งเสียงในการขับขี่ยังมีน้อยมากๆเมื่อเทียบกับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาป แต่จักรยานยนต์ไฟฟ้ายังมีข้อเสียในด้านระยะทางการขับขี่ ซึ่งถือวาระยะทางทำได้น้อยเมื่อเทียบกับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สันดาป ในด้านระยะทางที่วิ่งได้สูงสุดสามารถขับขี่ได้สูงสุดที่ 9.18 กม ด้วยความเร็วเฉลี่ย 22.31 กำลังขับเคลื่อนอยู่ที่ 17.8 แรงม้า และความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 101 กม/ชม

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติศักดิ์ หมักแดง และ อติศักดิ์ คามพินิจ, “รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ ตสาทรกรรมบัณฑิต, ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [2] KT. Chau, ELECTRIC VEHICLE MACHINES AND DRIVES DESIGN, ANALYSIS AND APPLICATION, 1** Ed., John Wiley & Sons Singapore Pte Ltd., 2015.
- [3] Ming-Shyan Wang,” Speed control of brushless DC motor by adaptive network-based fuzzy inference”,2018



ภาคผนวก ข
จักรยานยนต์ไฟฟ้าตัดแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปถ่าย	รายละเอียด
	<p>จักรยานยนต์ไฟฟ้าตัดแปลง</p> <ul style="list-style-type: none"> - ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ - ระยะทางที่วิ่งได้สูงสุดที่ 18.11 กม ด้วยความเร็วเฉลี่ย 15.44 กิโลเมตร/ชั่วโมง - กำลังขับเคลื่อนอยู่ที่ 17.8 แรงม้า - ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 101 กิโลเมตร/ชั่วโมง - กินพลังงานที่ 0.2319 kWh/km
	<p>แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน</p> <ul style="list-style-type: none"> - พิกัด 96 V 6.08 Ah
 <p>ND96530(BLACK/BLUE) ND96530 3000-6000W 72V 84V 96V EV Programmable FOC Controller FarDriver Brand For Electric Scooter, Electric Bicycle Category: Conventional Power Motor Controller 2kw-8kw</p>	<p>กล่อง Controller Far Driver รุ่น ND96530</p> <ul style="list-style-type: none"> - พิกัดที่ 3000 W 96 V <p>ผ่านตัวแทนจำหน่าย FarDriver.com</p>
 <p>Intelligent DC-DC Converter 48V/60V/72V/94V/120V to 12V 180W Output Current: 15A max Red: Input Line Yellow: Output Line Black: Earth Wire Caution: reverse connection may cause malfunction</p>	<p>DC-DC Converter</p> <ul style="list-style-type: none"> - รุ่น 1600XD เปลี่ยนกระแส 96V เป็น 12V 180W Max Current 15 A <p>ของบริษัท lippo</p>
	<p>คันเร่งไฟฟ้า</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านปุ่มควบคุม <p>ตัวแทนจำหน่าย EBIKE-THAIKIT</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<p>มอเตอร์ไฟฟ้า</p> <ul style="list-style-type: none"> - ชนิด BLDC Hub Motor พิกัด 3000 W 96V <p>ของบริษัท QS Motor</p>
	<p>เรือนไมล์ดิจิทัลไฟฟ้า</p> <ul style="list-style-type: none"> - รุ่น LED ของตัวแทนจำหน่าย EV Shop



ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล จุฬจักร์ โพธิ์งาม
 วัน เดือน ปีเกิด 23 กุมภาพันธ์ 2544
 ที่อยู่ 57/112 ถ.เกษมภูาบดินทร์ ต.ท่าอิฐ
 อ.เมืองอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์
 53000

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2561

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากโรงเรียนอุตรดิตถ์

ปีการศึกษา 2565

สำเร็จการศึกษาวិชากรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน

การรถไฟแห่งประเทศไทย แผนกซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังรถจักร

ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2565



ชื่อ-นามสกุล

บุญยวีร์ ขาวบริสุทธิ์

วัน เดือน ปีเกิด

3 พฤษภาคม 2543

ที่อยู่

59/1 หมู่ 1 ต.หันสัง

อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา

13220

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2561

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากโรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2565

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน

การรถไฟแห่งประเทศไทย แผนกซ่อมบำรุงหัวรถจักรไฟฟ้า

ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2565



ชื่อ-นามสกุล	พงศกร พุทธวงศ์วัน
วัน เดือน ปีเกิด	22 มีนาคม 2544
ที่อยู่	303 ม.4 ต.วังเหนือ อ.วังเหนือ จ.ลำปาง 52140

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2561

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เชียงราย

ปีการศึกษา 2565

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน

การรถไฟแห่งประเทศไทย แผนกซ่อมบำรุงหัวรถจักรไฟฟ้า

ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2565