



การพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน

Development of electric bicycle for community tourism

นางสาวธัญญาเรศ ศรีพราย

นางสาวบัณฑิตา สุขสมบูรณ์

นายสถิตี เพ็ญจะภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2563



ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงการ : การพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน
(Development of electric bicycle for community - tourism)

ผู้ดำเนินโครงการ : นางสาวธัญญาเรศ ศรีไพราย รหัสสนิสิต 60362092
นางสาวบัณฑิตา สุขสมบูรณ์ รหัสสนิสิต 60362580
นายสฤติ เพ็ญจะภาค รหัสสนิสิต 60364904

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล


ปีการศึกษา : 2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

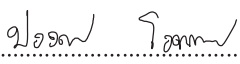
คณะกรรมการสอบโครงการ


..... ที่ปรึกษาโครงการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)


..... กรรมการ

(ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)


..... กรรมการ

(อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์)

หัวข้อโครงการ	: การพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน (Development of electric bicycle for community - tourism)
ผู้ดำเนินโครงการ	: นางสาวธัญญาเรศ ศรีพราย รหัสนิสิต 60362092 นางสาวบัณฑิตา สุขสมบูรณ์ รหัสนิสิต 60362580 นายสถิติ เพ็ญจะภาค รหัสนิสิต 60364904
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	: ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2563

บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชนนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการพัฒนาจักรยานที่ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยขับเพื่อเพิ่มทางเลือกในการใช้งานยานพาหนะรูปแบบใหม่ จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขับที่สามารถติดตั้งกับจักรยานทั่วไปเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการขับขี่จักรยานและมีค่าสมรรถนะสูงขึ้น อุปกรณ์ช่วยขับได้ออกแบบโดยใช้เพื่อขับล้อจักรยานโดยตัวอุปกรณ์ช่วยขับมีขนาดความกว้าง 15 cm ความยาว 25 cm น้ำหนัก 2 kg เวลาในการชาร์จ 2 ชั่วโมง เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน ขนาด 260 W มีความเร็วรอบ 0 – 2500 rpm กว้าง 83 mm ยาว 50 mm

จากการทดสอบสมรรถนะจักรยานที่ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยขับพบว่าอัตราเร็วสูงสุดคือช่วงในการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % ที่ความเร็วระดับ 3 ล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 20.01 km/hr ความเร็วสูงสุดคือช่วงการทดสอบที่ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 ล้อย่างลม มีค่าเท่ากับ 27.31 km/hr ระยะทางสูงสุดคือช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 ล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 15.20 km เวลาที่ใช้ในการทดสอบคือช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 ล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 54 min ความร้อนสูงสุดคือช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % ที่ความเร็วระดับ 3 ล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 58 °C

Project Title : (Development of electric bicycle for community - tourism)

Name : Miss Thanyared Sriprai Code 60362092
 Miss Bunthita Suksomboon Code 60365280
 Mr. Sathiti Penchapak Code 60364904

Project Advisor : Assist.professor Dr. Ananchai Ukaew

Department : Mechanical Engineering

Academic : 2020

Abstract

Development of electric bicycle for community tourism project is made for new alternative vehicles. We develop Mobile plug-in bike assist that it can set up with common bike for more capacity value. This bike can provide convenience to driver. Mobile plug-in bike assist have 15 cm wide, 25 cm long, 2 kg in weight, 2 hours charging time, 2 hours of brushless DC motor, 0 – 2500 rpm speed, 83 mm wide, 50 mm long

According to the performance test of Mobile plug-in bike assist the highest speed is during the 100 % motor power test at third level and solid tires type is 20.21 km/hr. The maximum speed is during the 100 % motor power with cycling for helping movement test at second level and pneumatic tires type is 27.31 km/hr. the highest distance is during the 100 % motor power with cycling for helping movement test at second level and solid tires type is 15.20 km. the highest time is during the 100 % motor power with cycling for helping movement test at second level and solid tires type is 54 min. The highest heat is during the 100 % motor power test at third level and solid tires type is 58 °C

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินงานโครงการต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินโครงการตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนมาอย่างดีจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนและให้ความรู้เพิ่มเติมแก่ผู้ดำเนินโครงการ ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณ นายซัชชัย อินเขียน และพี่ๆ นิสิตป.โทที่ช่วยสร้างและจัดหาอุปกรณ์สำคัญของรถจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชนหลายชิ้น

ขอขอบพระคุณบุคลากรและเพื่อนๆ ทุกคนสำหรับคำปรึกษา แนะนำ และให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงการนี้

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอขอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ แต่ผู้มิพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินโครงการต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ธัญญาเรศ	ศรีพราย
บัณฑิตา	สุขสมบูรณ์
สลิติ	เพ็ญจะภาค

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วรรณกรรมและปริทัศน์	4
2.2 องค์ประกอบการทำงานของจักรยานไฟฟ้า	4
2.2.1 ชุดมอเตอร์ส่งกำลัง (Assisted Motor)	5
2.2.2 แบตเตอรี่ (Battery)	6
2.2.3 ชุดควบคุมระบบขับเคลื่อน (Controller)	9
2.2.4 ชุดคันเร่ง (Accelerate)	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 ระบบการทำงานของจักรยานไฟฟ้า	12
2.3.1 ระบบล้อยางตันและล้อยางเติมลม	12
2.3.2 ระบบการชาร์จพลังงาน (Charging system)	14
2.3.4 ระบบการขับเคลื่อนของจักรยานไฟฟ้า	16
2.4 สมรรถนะของจักรยานไฟฟ้า	19
2.4.1 กฎการถ่ายเทความร้อน (Principle of Heat Transfer)	20
2.4.2 ครีประบายความร้อน (Fin)	23
2.4.3 การถ่ายเทความร้อนจากครีบ (Heat Transfer from Fins)	25
2.5 ข้อดีและข้อเสียของจักรยานไฟฟ้า	25
2.5.1 ข้อดีของจักรยานไฟฟ้า	25
2.5.2 ข้อเสียของจักรยานไฟฟ้า	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	27
3.1 การทดสอบสมรรถนะการใช้งานของจักรยานไฟฟ้า	28
3.1.1 การพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับ	28
3.1.2 ขั้นตอนการทดสอบจักรยานไฟฟ้า	39
3.1.3 วิธีการทดสอบอุปกรณ์ช่วยขับ	42
3.2 การทดสอบอุปกรณ์ชุดช่วยขับต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง	42
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	43
4.1 การติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ	43
4.1.1 การทดสอบสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้า	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแบบมีครีป	45
4.2.1 การทดสอบสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้าที่พัฒนาแล้ว	45
4.2.2 การทดสอบความร้อนเฉลี่ยบริเวณอุปกรณ์ชุดช่วยขับ	47
4.3 การเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับการติดตั้ง แผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว	53
 บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	 56
5.1 สรุปผลโครงการ	56
5.1.1 สรุปผลค่าการทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ช่วยขับ	56
5.1.2 สรุปผลการพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับ	57
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	58
5.2.1 ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบการขับขี่จักรยานไฟฟ้าภาคสนาม	58
5.2.2 ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบการขับขี่จักรยาน ไฟฟ้าภาคสนาม	59
 บรรณานุกรม	 60
ภาคผนวก	63
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	65

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับในจักรยานทั่วไปรวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมและคันเร่ง	4
รูปที่ 2.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brush DC Motor)	6
รูปที่ 2.3 แสดงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	6
รูปที่ 2.4 แสดงตารางเปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท	7
รูปที่ 2.5 แสดงตารางแสดงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและขั้วบวก	8
รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานร่วมกันระหว่างชิ้นส่วนหลักของยานยนต์ไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง	10
รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพระบบการทำงานและส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยขับจักรยาน	11
รูปที่ 2.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยขับที่ตำแหน่งแกนเบาะของจักรยาน	12
รูปที่ 2.9 แสดงล้อยางเติมลม	13
รูปที่ 2.10 แสดงล้อยางตัน	14
รูปที่ 2.11 แสดงการประจุแบตเตอรี่แบบปกติที่มีการติดตั้งภายในบ้านพักอาศัย	15
รูปที่ 2.12 แสดงการประจุแบตเตอรี่แบบประจุเร็วในรูปแบบสถานีประจุแบตเตอรี่	15
รูปที่ 2.13 แรงขับเคลื่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่รถยนต์มีการเคลื่อนที่กับแรงต้านทั้งหมด	17
รูปที่ 2.14 แรงต้านทางขึ้น	18
รูปที่ 2.15 แสดงการใช้ครีบบระบายความร้อน	24
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	27
รูปที่ 3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motor)	28
รูปที่ 3.3 ถ่านชาร์จ แบตเตอรี่ ลิเทียม (lithium battery MJ1 18650 ขนาด 36 V 3.4 Ah)	29
รูปที่ 3.4 Battery management system (BMS)	30
รูปที่ 3.5 แผ่นนิกเกิลเชื่อมแบตเตอรี่	30
รูปที่ 3.6 ท่อฉนวนความร้อน	31
รูปที่ 3.7 สปริงใช้ค้ำพ	31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 ท่อหดความร้อนท่อหุ้มเบตเตอรี	32
รูปที่ 3.9 ตัวรับสัญญาณ	32
รูปที่ 3.10 รีโมทควบคุมตัวช่วยขับ	33
รูปที่ 3.11 เคสพลาสติกแข็งอุปกรณ์ตัวช่วยขับ	33
รูปที่ 3.12 แผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ	34
รูปที่ 3.13 แผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้วแบบมีครีป	35
รูปที่ 3.14 เครื่องเชื่อมจุดจ่ายกำลังไฟ	35
รูปที่ 3.15 จักรยานล้อยางลม	36
รูปที่ 3.16 จักรยานล้อยางตัน	36
รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชัน GPS Odometer	37
รูปที่ 3.18 โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy K Zoom	37
รูปที่ 3.19 แอปพลิเคชัน Seek thermal	38
รูปที่ 3.20 เลนส์กล้องตรวจวัดอุณหภูมิ SEEK Thermal COMPACT XR สำหรับ Android	38
รูปที่ 3.21 อุปกรณ์ QSTARZ LT – Q6000	39
รูปที่ 3.22 การบันทึกผลค่าความร้อน	41
รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	43
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และ การใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ชนิดล้อยางตัน ที่ความเร็วระดับ 2	48
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการ ใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ชนิดล้อยางตัน ที่ความเร็วระดับ 3	49
รูปที่ 4.4 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการ ใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ชนิดล้อยางเติมลม ที่ความเร็วระดับ 2	50
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการ ใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ชนิดล้อยางเติมลม ที่ความเร็วระดับ 3	51

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบยางทั้งสองชนิดที่ความเร็วระดับ 2	52
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบยางทั้งสองชนิดที่ความเร็วระดับ 3	52
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบาย ความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางตัน ที่ความเร็วระดับ 2	53
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบาย ความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางตัน ที่ความเร็วระดับ 3	54
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับ แผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางลม ที่ความเร็วระดับ 3	54
รูปที่ ก1. แสดงการออกแบบครีบบริเวณแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว	64



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 1.2 รายละเอียดงบประมาณตลอดการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน ที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ บริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ	44
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน	45
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน	46



ลำดับสัญลักษณ์

\dot{Q}	อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
U	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
A	พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
ΔT_{LMTD}	ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยเชิงล็อกของสาร (K)
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)
dT	ความแตกต่างของอุณหภูมิของวัตถุ (K)
dX	ความหนาของวัตถุ (m)
\dot{Q}_{conv}	อัตราความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน (W)
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัตถุ ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
T_s	อุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ (K)
T_f	อุณหภูมิของไหลรอบตัววัตถุ (K)
A_{total}	พื้นที่ผิวทั้งหมดที่ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อน (m^2)
T_s	อุณหภูมิที่ฐานครีประบายความร้อน (K)
T_∞	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (K)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากประชากรในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทุกคนต่างให้ความสำคัญในการเดินทางโดยยานพาหนะส่วนบุคคลเพราะมีความสะดวกสบาย ดังนั้นยานพาหนะส่วนบุคคลจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่นิสิตและบุคลากรนิยมเลือกใช้ในการเดินทาง ซึ่งยานพาหนะส่วนบุคคลเป็นการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน และใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขับเคลื่อน ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซมลพิษต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซเรือนกระจก รวมถึงมลพิษทางเสียง ทำให้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดมลพิษต่างๆ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ยังสามารถใช้ในการคมนาคมเพื่อรองรับประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นเดิม โดยจักรยานไฟฟ้าเป็นทางเลือกหนึ่งในปัจจุบัน การใช้จักรยานในการเดินทางลดการส่งเสริมการเดินทางด้วยเท้าจะเป็นการช่วยลดและประหยัดพลังงานพร้อมกับการได้สุขภาพร่างกายที่ดีขึ้น

จึงได้มีการพัฒนาจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชนที่เป็นยานพาหนะรูปแบบใหม่ โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎียานยนต์ไฟฟ้าและการถ่ายโอนความร้อนในการพัฒนาอุปกรณ์ชุดช่วยขับเคลื่อน

ทั้งนี้เพื่อให้การเดินทางเป็นไปด้วยคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจึงก่อให้เกิดโครงการจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชนมาเพื่อลดปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ศึกษาความร้อนของมอเตอร์เพื่อนำไปพัฒนาอุปกรณ์ชุดช่วยขับเคลื่อน สำหรับจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) กลุ่มตัวอย่างที่สนใจได้แก่ นิสิตและผู้ที่ใช้งานจักรยานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร
- 2) ยานพาหนะที่ใช้พิจารณา คือจักรยานไฟฟ้าที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมยานยนต์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ช่วงระยะเวลาการดำเนินงาน												
	2562		2563						2564				
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง													
2. ออกสำรวจและเก็บข้อมูล													
3. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่													
4. ทดสอบการขับขี่บนชุดทดสอบสมรรถนะภาคสนาม													
5. สรุปผลการทดสอบภาคสนาม													
6. จัดทำรูปเล่มปฏิญญาพันธ													

หมายเหตุ : สถานการณ์โควิด 19 ในช่วงเดือน เม.ย. ถึง ก.ค.

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบถึงปัญหาที่แท้จริงของการใช้ยานพาหนะภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบจักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน เพื่อเพิ่มทางเลือกในการใช้ยานพาหนะรูปแบบใหม่
- 2) ได้แบบจำลองการใช้จักรยานไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวชุมชน เพื่อแก้ปัญหาที่แท้จริงของการใช้ยานพาหนะภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร
- 3) นำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ ไปพัฒนาเกี่ยวกับการใช้ยานพาหนะรูปแบบใหม่

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.2 รายละเอียดงบประมาณตลอดการดำเนินงาน

ลำดับที่	รายการ	ราคา (บาท)
1	ค่าจัดทำรูปเล่ม	2,000
2	ค่าอุปกรณ์อื่น ๆ	1,000
รวม		3,000

บทที่ 2

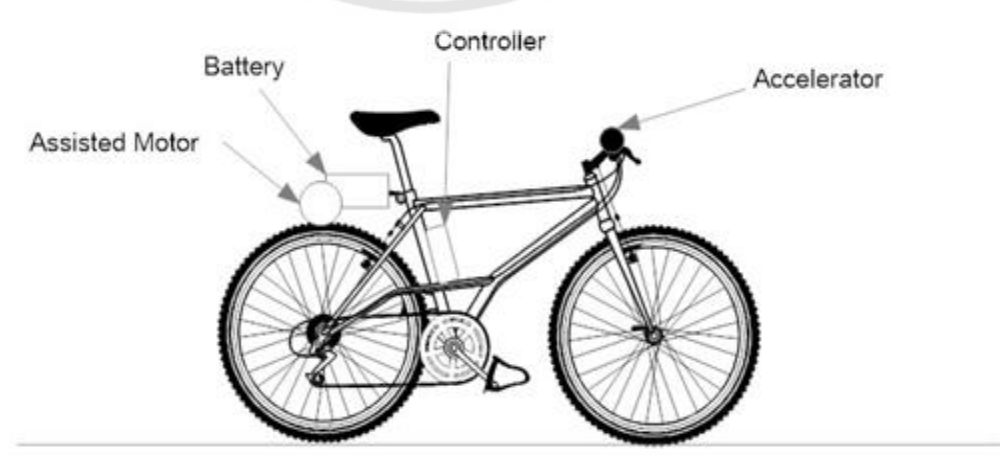
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วารณกรรมและปรีทศน์

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว และคณะ ,2559) ทำการพัฒนาชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเพื่อติดตั้งในจักรยาน โดยทำการคำนวณหาแรงขับเคลื่อน (Tractive Effort) เพื่อเลือกใช้มอเตอร์ที่จะนำมาเป็นตัวขับจักรยาน และ ทำการทดสอบเบื้องต้น โดยได้นำวิธีการคำนวณหาแรงต่างๆ มาใช้คำนวณหาแรงทั้งหมดที่ใช้ในการขับเคลื่อน เพื่อหาค่ากำลังของมอเตอร์ที่จะใช้ในการสร้างจักรยานไฟฟ้า

2.2 องค์ประกอบการทำงานของจักรยานไฟฟ้า

จักรยานไฟฟ้า (Electric bike/e-bike) คือ จักรยานทั่วไปที่ใช้ชุดอุปกรณ์ช่วยขับเป็นกำลังในการขับเคลื่อน มีส่วนประกอบหลักสำหรับการขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าที่ แสดงในรูปที่ 2.1 มีดังนี้



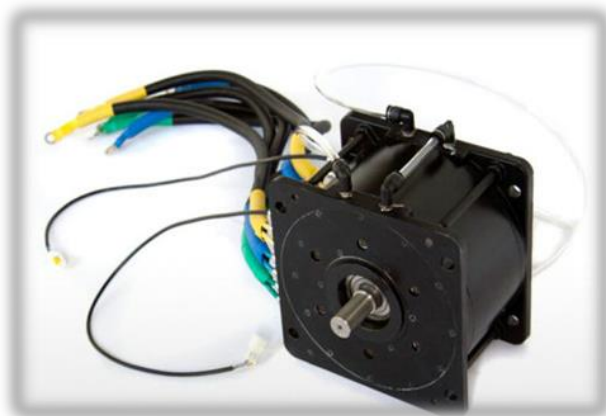
รูปที่ 2.1 แสดงการติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับในจักรยานทั่วไปรวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมและคันเร่ง

2.2.1 ชุดมอเตอร์ส่งกำลัง (assisted motor)

มอเตอร์ คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ต้องการความเร็วรอบหรือกำลังงานที่แตกต่างกัน ปัจจุบันมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านหรือที่รู้จักกันในชื่อ Brushless Direct Current Motor (BLDC Motor) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 มีคุณลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกับ Brush DC Motor ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบใช้แปรงถ่านที่คุ้นเคยและใช้งานกันมานานแล้ว รวมทั้ง BLDC Motor มีประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างสูง (มากกว่า 90%) มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้หลายประเภท มีค่าแรงบิดเฉื่อย (Moment of Inertia) ที่ค่อนข้างต่ำ เป็นผลให้มีอัตราเร่งความเร็วได้สูง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ดีกว่า อีกทั้งประสิทธิภาพของชุดควบคุมการขับเคลื่อนในปัจจุบันที่สูงถึงประมาณ 97% จึงทำให้ BLDC Motor เป็นที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง

- การทำงานของ Brushless Direct Current Motor (BLDC Motor) มีดังนี้

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน การทำงานของมอเตอร์จะอาศัยพื้นฐานของแรงดูด (attraction) และแรงผลัก (repulsion) ระหว่างขั้วแม่เหล็กที่อาศัยหลักการเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งโครนีสที่มีตัวหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร โดยมีขั้นตอนการเริ่มหมุนเมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดชุดหนึ่งของชุดขดลวดที่สเตเตอร์ทั้งสาม และสร้างขั้วแม่เหล็กนั้นเป็นแรงดูดให้สนามแม่เหล็กครอบรอบของขั้วที่ต่างกัน โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปถ้ากระแสเลื่อนไปที่ชุดขดลวดที่ติดกัน เกิดลำดับการเปลี่ยนแปลงแต่ละชุดขดลวดทำให้โรเตอร์ติดตามการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กหมุนโดยการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านจะอาศัยการทำงานครึ่งละสองเฟส ผลลัพธ์คือจะทำให้ เกิดแรงบิดมาก ด้วยเหตุที่เฟสที่สามหยุดทำงานซึ่งเป็นข้อดี ของระบบขับเคลื่อนทางกลที่ต้องการแรงบิดมาก



รูปที่ 2.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brush DC Motor)

ที่มา: (Golden Motor Technology Co., Ltd. ,2555)

2.2.2 แบตเตอรี่ (Battery)

(โครงการสนับสนุนการใช้งานรถตุ๊กตุ๊กเป็นรถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้า ,2560) ทำหน้าที่ป้อนกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องยนต์เพื่อใหทำงานได้ เช่น มอเตอร์สตาร์ท ระบบจุดระเบิด ในขณะที่สตาร์ทเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้อนพลังงานให้กับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกหลายๆอย่างด้วย เช่น ระบบไฟส่องสว่าง วิทยุ เป็นต้น แบตเตอรี่ที่เลือกใช้เป็นแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

ที่มา: (โครงการสนับสนุนการใช้งานรถตุ๊กตุ๊กเป็นรถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้า ,2560)

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีจุดเด่นคือความจุพลังงานและกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลและกรดตะกั่ว นอกจากนี้ยังมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูง มีอัตราการสูญเสียประจุระหว่างไม่ใช้งาน (self-discharge rate) ที่ต่ำไม่มีปรากฏการณ์ ความจำและมีความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้โลหะลิเทียมเป็นขั้วแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ที่ใช้ในปัจจุบันมี 6 ประเภทหลัก แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยทั่วไปจะแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วบวก ส่วนขั้วลบทำจากแกรไฟต์เป็นหลัก แต่จะมีประเภท LTO (Lithium Titanate) ที่แตกต่างออกไปคือ มีขั้วลบเป็นลิเทียมไททาเนต ทั้งนี้เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานที่แตกต่างกันไปด้วย ดังรูปที่ 2.4

วัสดุขั้วบวก	หน่วย	LCO หรือ NCA	NMC	LMO		LFP
		แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	แกรไฟต์
ออกแบบโดยเน้น		ความจุพลังงาน	ความจุพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	จำนวนรอบในการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า
ช่วงแรงดันในการใช้งาน (Operating voltage range)	V	2.5-4.2	2.5-4.2	2.5-4.2	1.5-2.8	2.0-3.6
แรงดันเฉลี่ย (Nominal cell voltage)	V	3.6-3.7	3.6-3.7	3.7-3.8	2.3	3.3
ความจุพลังงานต่อน้ำหนัก	Wh/kg	175-240 (cylindrical) 130-450 (pouch)	100-240	100-150	70	60-110
ความจุพลังงานต่อปริมาตร	Wh/L	400-640 (cylindrical) 250-450 (pouch)	250-640	250-350	120	125-250
อัตราการคายประจุอย่างต่อเนื่อง เนื่อง (Continuous discharge rate)	C ²	2-3	2-3 สำหรับ แบตเตอรี่ความจุพลังงานสูง >30 สำหรับ แบตเตอรี่กำลัง ไฟฟ้าสูง	>30	10	10-125
อายุการใช้งาน	รอบ	500+	500+	500+	4000+	1000+
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถจัด ประจุได้	°C	0-45	0-45	0-45	-20-45	0-45
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถคาย ประจุได้	°C	-20-60	-20-60	-30-60	-30-60	-30-60
ความปลอดภัย	1-4 (4 = ปลอดภัยที่สุด)	2	3	3	4	4
ราคา	1-4 (4 = ราคา ต่ำ ที่สุด)	3 (LCO) 2 (NCA)	3	3	1	3

รูปที่ 2.4 แสดงตารางเปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท

ที่มา: (โครงการสนับสนุนการใช้งานรถตุ๊กตุ๊กเป็นรถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้า ,2560)

ประเภทที่	วัสดุขั้วบวก	วัสดุขั้วลบ	การใช้งาน
1	Lithium Cobalt Oxide (LiCoO ₂ , LCO)	แกรไฟต์	โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต แล็ปท็อป กล้องดิจิทัล
2	Lithium Manganese Oxide (LiMn ₂ O ₄ , LMO)	แกรไฟต์	เครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยาน พาหนะไฟฟ้า
3	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (Li(Ni,Mn,Co)O ₂ , NMC,NCM)	แกรไฟต์	จักรยานไฟฟ้า อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (มักใช้ ในรถไฮบริด) ระบบสำรองไฟฟ้า
4	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (Li(Ni,Co,Al)O ₂ , NCA)	แกรไฟต์	อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังใน ยานพาหนะไฟฟ้า (เช่นที่พบใน Tesla Model S) ระบบสำรองไฟฟ้า
5	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄ ,LFP)	แกรไฟต์	ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า หรือแทนแบตเตอรี่กรดตะกั่วใน รถยนต์ (Start-Lighting-Ignition battery) ระบบที่ต้องการกระแส และความทนทานสูง
6	แกรไฟต์ หรือ LMO	แกรไฟต์	ระบบสำรองไฟฟ้า ระบบส่งกำลังใน ยานพาหนะไฟฟ้า (Mitsubishi i-MiEV, Honda Fit EV)

รูปที่ 2.5 แสดงตารางแสดงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและขั้วบวก

ที่มา: (โครงการสนับสนุนการใช้งานรถตุ๊กตุ๊กเป็นรถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้า ,2560)

มีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

1) ข้อดีของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ทำให้ถูกเลือกมาเป็นแกนพลังงานหลักในการขับเคลื่อนรถจักรยานพลังงานไฟฟ้านี้ได้แก่

- มีน้ำหนักเบา เนื่องจากธาตุลิเทียมที่นำมาใช้ผลิตแบตเตอรี่นั้นเป็นโลหะอัลคาไลน์ที่มีน้ำหนักเบาที่สุดในโลก จึงทำให้ตัวแบตเตอรี่มีน้ำหนักเบาตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้รถจักรยานพลังงานไฟฟ้าจึงใช้พลังงานในการขับเคลื่อนที่น้อยลงเพราะน้ำหนักที่น้อยลง เลยทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

- มีอายุการใช้งานนาน เนื่องจากการพัฒนามาหลายรุ่นของแบตเตอรี่ จึงทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีประจุไฟฟ้าที่สูงกว่า และเก็บประจุไฟฟ้าได้นาน (Low Discharge) กว่าแบตเตอรี่เจเนอเรชันอื่นๆ ทั้งยังมีประสิทธิภาพในเรื่องของการชาร์จที่สูงกว่าและใช้งานได้นาน

- ให้พลังงานสูง คงที่ และชาร์จได้เร็ว ในส่วนประกอบของธาตุลิเทียมนั้นมีเซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่สูงกว่าเซลล์จากโลหะอื่น เป็นสาเหตุให้แบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน จึงกลายเป็นต้นกำเนิดของพลังงานที่มีความเสถียรที่สุด ถือเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่จะเข้ามาแทนที่พลังงานเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

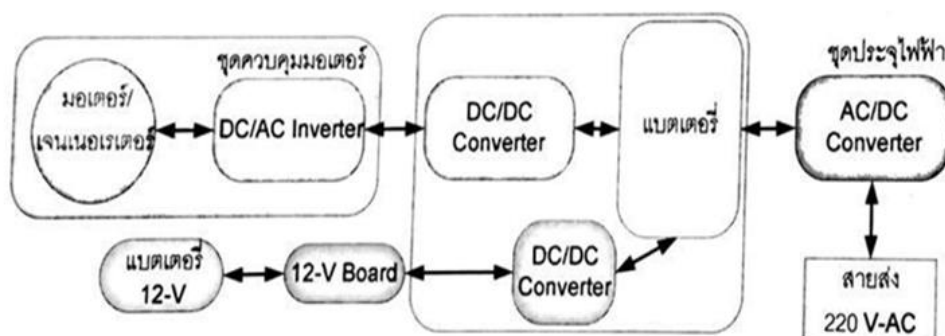
- เป็นเซลล์แห้ง แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้นไม่มีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อธรรมชาติ เช่น ของเหลวกรดหรือตะกั่ว จึงสามารถรับประกันเรื่องของความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่นๆ

2) ข้อเสียของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

- โลหะหายากซึ่งเป็นวัสดุของอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาแพง

2.2.3 ชุดควบคุมระบบขับเคลื่อน (Controller)

(กิตติพันธ์ เตชะกิตติโรจน์, อังศิริ ศรีภคการ, 2556) ชุดควบคุมระบบขับเคลื่อนเป็นส่วนควบคุมหลักที่ทำจาก microprocessor หรือ microcontroller เมื่อได้รับสัญญาณจาก sensor และสัญญาณควบคุมจากฝั่งผู้ใช้แล้วจะมีการประมวลผลแล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด/ปิดสวิตซ์หลัก เพื่อที่จะควบคุมการจ่ายกำลังไปที่มอเตอร์ การเกิด alarm ต่างๆจะควบคุมโดย Controller การควบคุมอุณหภูมิของ Drive การสั่งการให้หยุดทำงานก็ควบคุมจากส่วนนี้ หรืออาจจะเป็นการต่อไปที่ PC เพื่อควบคุมแบบเรียลไทม์ก็จะถูกต่อมาที่ส่วน Controller ในส่วนของยานยนต์ไฟฟ้านั้น ส่วนหนึ่งของการทำงานหลักคือการรับพลังงานไฟฟ้าในระดับแรงดันที่หลากหลายแตกต่างกันและแปรให้เป็นระดับแรงดันที่ต้องการ แสดงดังรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่าจากชิ้นส่วนหลักของยานยนต์ไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ หรือชุดประจุไฟฟ้า (charger) ต่างส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าในระดับแรงดันที่ต่างกัน และอุปกรณ์ที่นั่นคือชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง



รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานร่วมกันระหว่างชิ้นส่วนหลักของยานยนต์ไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง
ที่มา: (กิตติพันธุ์ เตชะกิติโรจน์, อังคีร์ ศรีภคการ, 2556)

องค์ประกอบชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีดังนี้

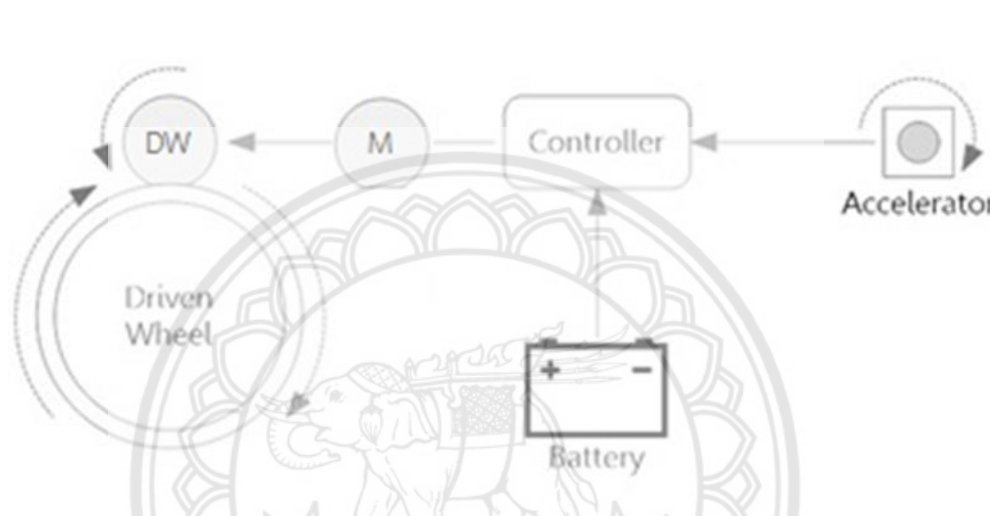
- ตัวรับรู้ ทำหน้าที่หลักในการดูสถานะของมอเตอร์ในกรณีชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หรือดูสถานะของแบตเตอรี่ในกรณีชุดควบคุมไฟฟ้าสำหรับประจุแบตเตอรี่ เมื่อรับรู้สถานะปัจจุบันแล้ว ตัวรับรู้ก็จะส่งข้อมูลสถานะให้ชุดควบคุมตัดสินใจสั่งงาน ตัวรับรู้ทางกลเป็นอุปกรณ์ที่พบมากในการควบคุมมอเตอร์ ในการควบคุมมอเตอร์ให้ได้การตอบสนองตามที่ต้องการ ชุดควบคุมไฟฟ้ามีความจำเป็นที่จะต้องรู้สถานะทางกลของมอเตอร์ เพื่อที่จะสามารถปรับแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการทำงาน

- ส่วนขยายไฟฟ้ากำลัง เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการปรับกระแสไฟฟ้า เพื่อสร้างสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบที่ต้องการ ถ้าเป็นวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับระดับแรงดัน ส่วนขยายไฟฟ้ากำลังจะทำการจ่ายไฟฟ้ากำลังให้มีระดับแรงดันที่แตกต่างกันตามแต่ได้รับคำสั่งจากส่วนควบคุม ในกรณีที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทาง ส่วนขยายไฟฟ้ากำลังจะทำการจ่ายไฟฟ้ากำลังกลับขั้ว

- ส่วนควบคุม ทำหน้าที่ในการนำความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ความเร็ว อัตราเร่ง มาประมวลผลเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากตัวรับรู้ แล้วตัดสินใจสั่งงานส่วนขยายไฟฟ้ากำลังให้สร้างรูปแบบของไฟฟ้ากำลังที่เหมาะสมออกมาเพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์หรือชุดแบตเตอรี่

2.2.4 ชุดคันเร่ง (Accelerate)

เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว เมื่อวัตถุมีความเร็วในช่วงเวลาหนึ่ง ความเร็วของมันจะเปลี่ยนแปลงไป ความเร็วจะอยู่ในระบบการทำงานและส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อนโดยมี M เป็นมอเตอร์, DW เป็นล้อขับ และ Driven Wheel เป็นล้อจักรยาน ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพระบบการทำงานและส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อน

ในกระบวนการพัฒนาชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนดังกล่าวจะประกอบไปด้วย 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ การออกแบบเชิงหลักการ การสร้างและติดตั้งชุดอุปกรณ์ และการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ สำหรับกระบวนการออกแบบเชิงหลักการนั้น ได้กำหนดข้อมูลจำเพาะของชุดอุปกรณ์ติดตั้งอาศัยการคำนวณตามหลักการทางวิศวกรรมเพื่อออกแบบระบบกลไก และเพื่อกำหนดขนาดแบตเตอรี่และกำลังของมอเตอร์ พร้อมทั้งร่างแบบชุดอุปกรณ์ โดยชุดอุปกรณ์ติดตั้งจะทำการติดตั้งแบบอาศัยแรงเสียดทานระหว่างเพลาลูกเบี้ยวและล้อของมอเตอร์ จากนั้นได้ทำการจัดซื้ออุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นส่วนซึ่ง ประกอบไปด้วยมอเตอร์แบตเตอรี่ และสร้างชุดจับยึดกับจักรยานและเพลาลูกเบี้ยวแรงเสียดทาน รวมทั้งชุดสวิทช์ขับเคลื่อน และระบบวงจรควบคุมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นได้ทำการทดสอบการกลไกทำงานของชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนก่อนติดตั้ง และเมื่อติดตั้งแล้วได้ทำการทดสอบการขับเคลื่อนโดยการติดตั้งชุดขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าล้อหลังแบบแรงเสียดทาน (Friction Drive) จะยึดตัวล้อกับแกนเบาะของ รถจักรยานสามารถปรับขึ้นลงได้โดยการปรับแกน

เบาะจักรยานให้ขึ้นลง แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถจักรยานนั้นใช้เพียง 1 ก้อนเชื่อมต่อกับคอนโทรลเลอร์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์นั้นจะควบคุมการจ่ายกระแสของแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ที่ใช้นั้นจะอยู่ในกล่องใส่แบตเตอรี่ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งแกนเบาะของจักรยาน ดังรูปที่ 2.8 ทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยขับที่ตำแหน่งแกนเบาะของจักรยาน

2.3 ระบบการทำงานของจักรยานไฟฟ้า

ในการทดสอบได้มีการพิจารณาอย่าง 2 ชนิด ได้แก่ ล้อยางตันและล้อยางเติมลมเพื่อหาสมรรถนะในการเปรียบเทียบการใช้งานเพื่อติดตั้งในอุปกรณ์ชุดช่วยขับ ยางแต่ละชนิดมีคุณสมบัติ ดังนี้

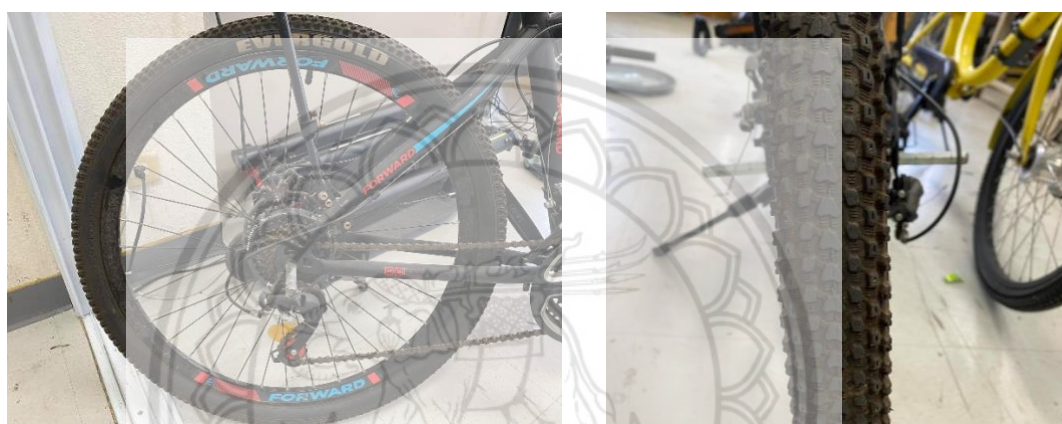
2.3.1 ระบบล้อยางตันและล้อยางเติมลม (Elife, 2560)

1) ล้อยางเติมลม เป็นล้อที่มีทั้งยางนอกและยางใน เหมือนกับล้อของรถจักรยานทั่วไป หรือล้อของรถมอเตอร์ไซด์ เนื่องจากเป็นล้อยางลมมียางนอกกับยางในผู้ใช้งานและผู้ดูแลสามารถเลือกปริมาณเติมลมได้ แสดงดังรูปที่ 2.9

- จุดเด่น คือ เวลาขับเคลื่อนมีความนุ่มนวลกว่าเวลาวิ่งในพื้นที่ขรุขระมากด้วยตัวล้อยางลม สามารถปรับความแข็งของลมยางได้ และเลือกปริมาณการเติมลมยางหากผู้ใช้งานต้องการให้วิ่งแล้วรถไม่กระเทือนมากก็ไม่ต้องเติมลมแน่นจะทำให้แรงกระเทือนในการวิ่งพื้นขรุขระน้อยลง และ

ล้อยางลมการยึดเกาะพื้นถนนจะสามารถยึดเกาะพื้นถนนได้ดี อีกทั้งมีราคาประหยัด หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

- จุดด้อย คือ อาจจะต้องคอยเติมลมอยู่ตลอด เนื่องจากเป็นล้อที่มียางในและยางใน เวลาใช้งานต้องมีการเช็คลมยางและคอยเติมลมยางให้ปริมาณพอดี และต้องระวังหากวิ่งในพื้นที่ที่มีวัตถุแหลมคมอาจจะทำให้ยางรั่วได้ แต่เมื่อเกิดยางรั่วก็สามารถปะได้เช่นเดียวกับยางรถยนต์



รูปที่ 2.9 แสดงล้อยางเติมลม

2) ล้อยางตัน ล้อยางตันเป็นล้อที่ไม่มียางนอก ยางในเป็นเนื้อยางโพลียูรีเทน(PU)ทั้งเส้น ซึ่งคุณสมบัติของล้อยางตันที่เป็นเนื้อยางโพลียูรีเทน (PU) นั้นจะทำให้ยางมีความยืดหยุ่นไม่แข็งกระด้างเหมือนเนื้อยางพลาสติกทั่วไป เวลาใช้งานผู้ใช้งานจะรู้สึกเหมือนใช้งานรถจักรยานไฟฟ้าที่ใช้เป็นล้อยางลมแล้วเติมลมยางแน่นๆ แสดงดังรูปที่ 2.10

- จุดเด่น คือ ล้อยางตันที่ทำจากเนื้อยางโพลียูรีเทน (PU) จะมีความให้ตัวขณะที่วิ่งพื้นขรุขระการวิ่งก็จะไม่กระเทือนมากมีความแข็งแรงทนทาน เนื่องจากเป็นเนื้อยางโพลียูรีเทนทั้งเส้นทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องเป็นกังวลเรื่องยางจะรั่ว สามารถใช้งานได้ทุกสภาพพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นพื้นขรุขระ พื้นหินกรวด ทางลูกรังก็สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องกังวลเรื่องยาง มีอายุการใช้งานที่ยาวนานหลายปี

- จุดด้อย คือ น้ำหนักมากกว่ายางเต็มลม และค่อนข้างที่จะเปลี่ยนยางได้ยากกว่ายางเต็มลม ยางตันในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้ดีขึ้นวัสดุที่นำมาผลิตจึงมีคุณภาพและประสิทธิภาพดีมาก ทำให้ราคาค่อนข้างสูงกว่าล้อยางลม



รูปที่ 2.10 แสดงล้อยางตัน

2.3.2 ระบบการชาร์จพลังงาน (Charging system)

(โครงการสนับสนุนการใช้งานรถตุ๊กตุ๊กเป็นรถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้า ,2560) เครื่องชาร์จเปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง เพื่อป้อนให้กับแบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน หลังจากได้ใช้ไปจนหมด รถไฟฟ้าบางประเภทมีเครื่องประจุแบตเตอรี่อยู่บนตัวรถ ขณะที่รถไฟฟ้า บางประเภทใช้เครื่องชาร์จติดตั้งภายนอกและทำการชาร์จในบริเวณที่จัดไว้ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านไปยังรถโดยผ่านเครื่องชาร์จ

- การชาร์ตแบตเตอรี่ในรถจักรยานไฟฟ้า

(พลากร พรหมเมศร์ , วสันต์ พลาศัย, 2560) เป็นการประจุแบตเตอรี่โดยตรง (Direct Charging) เทคโนโลยีการประจุแบตเตอรี่โดยตรงจะทำการประจุแบตเตอรี่เป็นการเชื่อมต่อยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้าโดยตรงผ่านการเสียบปลั๊กของยานยนต์ไฟฟ้าหรือเรียกว่าระบบปลั๊กอิน (Plug-in) ซึ่งการประจุแบตเตอรี่โดยตรงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ การประจุแบตเตอรี่

แบบปกติ (Normal Charge) ด้วยไฟฟ้ากระแสสลับและการประจุแบตเตอรี่แบบเร็ว (Quick Charge) ด้วยไฟฟ้ากระแสตรงโดยในแบบปกตินั้นจะเหมาะสำหรับการติดตั้งเพื่อประจุแบตเตอรี่ที่บ้านที่สามารถประจุแบตเตอรี่ทิ้งไว้ในระยะเวลานานๆได้ ดังภาพที่ 2.11 แต่เนื่องจากการประจุแบตเตอรี่แบบปกติจำเป็นต้องใช้ระยะเวลานานในการประจุแบตเตอรี่จนเต็ม จึงได้มีการพัฒนาระบบประจุแบตเตอรี่แบบเร็ว (Fast Charge) ซึ่งจะใช้เวลาในการประจุแบตเตอรี่ประมาณ 15 - 20 นาที และสามารถประจุได้ที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะสำหรับการตั้งเป็นสถานีชาร์จ (Charging Station) ดังภาพที่ 2.12 ซึ่งเปรียบเทียบกับสถานีบริการน้ำมัน



รูปที่ 2.11 แสดงการประจุแบตเตอรี่แบบปกติที่มีการติดตั้งภายในบ้านพักอาศัย
ที่มา: (พลากร พรหมเมศรี , วสันต์ พลาศัย, 2560)



รูปที่ 2.12 แสดงการประจุแบตเตอรี่แบบประจุเร็วในรูปแบบสถานีประจุแบตเตอรี่
ที่มา: (พลากร พรหมเมศรี , วสันต์ พลาศัย, 2560)

2.3.3 ระบบการขับเคลื่อนของจักรยานไฟฟ้า

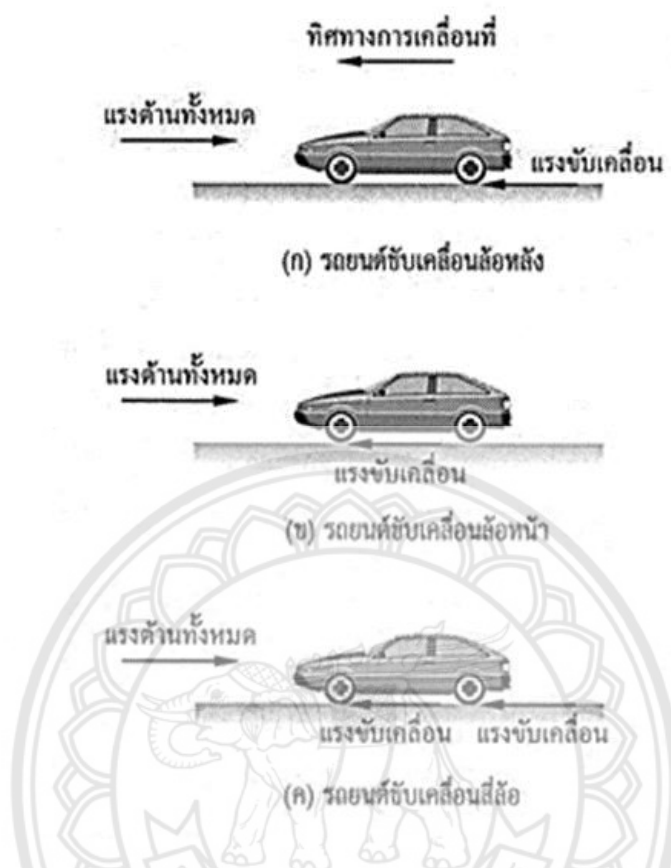
(Latest News, 2556) การเคลื่อนที่ของยานยนต์นั้นจำเป็นต้องอาศัยแรงขับเคลื่อนที่มาจากเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์จะถ่ายทอดการหมุนของเครื่องยนต์ไปยังล้อขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดแรงขับเคลื่อน ให้เคลื่อนที่ไปได้ แรงขับเคลื่อนจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างล้อรถกับพื้นถนนซึ่งทำให้รถเคลื่อนที่ไปได้ เมื่อนำแรงขับเคลื่อนทั้งหมดมาพิจารณา จะได้เป็นกำลังขับเคลื่อนซึ่งเป็นพื้นฐานการขับเคลื่อนยานยนต์ ได้ดังนี้

1) แรงต้านการเคลื่อนที่

รถยนต์จะเคลื่อนที่ได้ต้องอาศัยการส่งกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านระบบถ่ายทอดกำลังมาจนถึงล้อขับเคลื่อน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นโดยอาศัยความเสียดทานระหว่างยางกับพื้นผิวถนน ในขณะเดียวกันรถยนต์เกิดการเคลื่อนที่ก็จะเกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ขึ้นด้วย ซึ่งจะเกิดแรงต้านในทิศทางสวนทางกับแรงขับเคลื่อนถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่อาศัยกฎข้อที่หนึ่งของนิวตันจะได้ว่า

$$\text{แรงขับเคลื่อน} = \text{แรงต้านทั้งหมด} \quad (2.1)$$

จากกฎข้อที่หนึ่งของนิวตันกล่าวคือ วัตถุจะรักษาสภาวะอยู่นิ่งหรือสภาวะการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ คือ ถ้าวัตถุอยู่นิ่งก็ยังคงอยู่นิ่งเหมือนเดิมหรือถ้าวัตถุเกิดการเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ความเร็วคงที่หรือความเร่งจะเป็นศูนย์ แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนมีค่ามากกว่าแรงต้านทั้งหมดรถยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นหรือมีอัตราเร่งจนในที่สุดแรงขับเคลื่อนจะมีค่าเท่ากับแรงต้านทั้งหมดของการเคลื่อนที่อีกครั้ง แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนน้อยกว่าแรงต้านทั้งหมด รถยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยความหน่วงหรือมีอัตราเร็วลดลง ในขณะที่อัตราเร็วลดลงนั้น แรงต้านทั้งหมดก็จะลดลงตามไปด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนจะเท่ากับแรงต้านทั้งหมดอีกครั้งและรถยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ต่อไป ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับเคลื่อนกับแรงต้านทั้งหมดในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แรงขับเคลื่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่รถยนต์มีการเคลื่อนที่
กับแรงต้านทั้งหมด ที่มา: (Latest News, 2556)

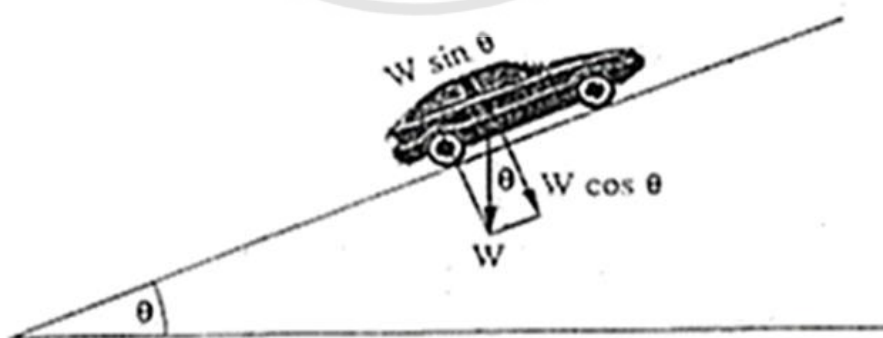
กำลังจากเครื่องยนต์ที่ส่งไปยังล้อขับเคลื่อนจะใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่เพราะมีบางส่วนสูญเสียไปในระบบถ่ายทอดกำลัง เรียกว่าการสูญเสียในการถ่ายทอด (Transmission Loss) กำลังส่วนที่เหลือที่ล้อขับเคลื่อนจะใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านต่างๆ เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ แรงต้านเหล่านั้น ได้แก่ แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance), แรงต้านอากาศ (Air Resistance) และแรงต้านทางชัน (Gradient Resistance) นอกจากนี้ ในขณะที่เร่งเครื่องยนต์กำลังบางส่วนต้องสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความเฉื่อยของรถยนต์ เรียกว่าแรงต้านความเฉื่อย (Inertia Resistance)

- แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance) เป็นแรงต้านทานบนถนนอย่างหนึ่งที่เกิดจากความเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ซึ่งในสภาพพื้นถนนที่ต่างกันจะมีแรงต้านทานการหมุนของล้อที่แตกต่างกันด้วย และแรงต้านทานการหมุนนี้ยังเกิดขึ้นได้จากอีกหลายปัจจัย เช่น ลักษณะโครงสร้างของขนาดของยาง ลักษณะของดอกยางและสภาพของดอกยาง ความดันของลมใน

ยาง ความเร็วของตัวรถ ความฝืดลูกปืนล้อ น้ำหนักของรถจะเห็นได้ว่า แรงต้านการหมุนของล้อมีผล เนื่องจากล้อได้รับแรงกระทำซึ่งเป็นผลมาจากความขรุขระของพื้นผิวถนนและหน้ายาง เป็นต้น และจากเหตุนี้แรงต้านทานจะขึ้นอยู่กับสภาพของถนน น้ำหนักรถ และในกรณีนี้มีการคำนึงถึงความลาดชันของพื้นถนนด้วย

- แรงต้านอากาศ (Air Resistance) คือแรงจุดที่เกิดขึ้นบนผิวของรถยนต์อันเนื่องมาจากแรงดันและแรงเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านรถยนต์ แรงต้านทานจากอากาศนั้นจะมีค่าน้อยมากจนไม่สามารถไปเปรียบเทียบกับแรงต้านทานการหมุนได้ แต่ถ้าหากรถวิ่งด้วยความเร็วสูง แรงต้านทานจากลมจะมีผลต่อการขับเคลื่อนอย่างยิ่ง การออกแบบรูปร่างของรถยนต์จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการทางอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ เนื่องจากกำลังจากเครื่องยนต์ที่ถูกส่งไปยังล้อจะใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่เพราะจะเกิดการสูญเสียในระบบถ่ายทอดกำลัง ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ตัวถังรถยนต์มีลักษณะลู่ลม เพื่อลดแรงต้านทานที่จะเกิดขึ้น

- แรงต้านทางชัน (gradient resistance) ขณะที่รถยนต์วิ่งขึ้นทางชัน กำลังจากเครื่องยนต์บางส่วนต้องถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านทางชัน (Gradient Resistance) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานหนักขึ้นมากกว่าการวิ่งบนถนนระดับแต่ในทางกลับกัน ถ้ารถยนต์วิ่งลงทางลาด เครื่องยนต์จะทำงานน้อยลงเพราะมีแรงเสริมจากแรงโน้มถ่วงของโลกแรงต้านทางชันจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ น้ำหนักของรถยนต์ และความชันของถนน



รูปที่ 2.14 แรงต้านทางชัน

ที่มา: (ธีระยุทธ สุวรรณประณีป, 2559)

เมื่อรวมแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ และแรงต้านทางชัน จะได้แรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ในขณะที่กำลังวิ่งขึ้นทางชัน (ถ้ารถยนต์วิ่งบนถนนระดับ แรงต้านทั้งหมดจะมีเพียงแรงต้านการหมุนของล้อและแรงต้านอากาศ)

2) แรงเฉื่อย

แรงเฉื่อย (Inertia force) เป็นแรงอีกส่วนหนึ่งที่มีผลมากต่อแรงขับที่จะต้องการจากต้นกำลัง โดยการที่ยานยนต์จะขับเคลื่อนได้ หมายถึงการออกตัวจากหยุดนิ่งรวมทั้งการเร่งตัวเพื่อไปสู่ความเร็วที่สูงขึ้น ซึ่งก็หมายความว่าความเร็วหนึ่งๆ นอกจากยานยนต์จะต้องการแรงขับที่จะเอาชนะแรงต้านการเคลื่อนที่แล้วยังต้องการแรงขับที่เกินจากแรงต้านการเคลื่อนที่เพื่อสร้างความเร่งด้วย

2.4 สมรรถนะของจักรยานไฟฟ้า

เมื่อเริ่มมีการใช้งานจักรยานไฟฟ้า แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสให้ชุดคอนโทรลเพื่อส่งกำลังให้มอเตอร์ เมื่อมอเตอร์ทำงานจะเกิดพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกลและพลังงานความร้อน แต่ในการขับเคลื่อนจักรยานต้องการเพียงพลังงานกล พลังงานความร้อนจึงเป็นพลังงานสูญเสีย อีกทั้งหากพลังงานความร้อนมีค่าเกินขีดจำกัดจะส่งผลให้อุปกรณ์ชุดช่วยขับเคลื่อนเกิดความเสียหายที่มีสาเหตุมาจากพลังงานความร้อนได้ นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้น มีสาเหตุมาจากการเสียดสีระหว่างมอเตอร์และล้อยางจักรยาน เมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนสะสมบริเวณมอเตอร์ ส่งผลให้ความร้อนบริเวณมอเตอร์มีค่าที่เกินขีดจำกัด ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้ งาน หากปล่อยให้มอเตอร์ระบายความร้อนด้วยตัวเอง ความร้อนที่ระบายออกมานั้นอาจไม่สามารถระบายได้ดี จึงได้มีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกฎการถ่ายเทความร้อน (Principle of Heat Transfer) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้และพัฒนาแผ่นระบายความร้อนเพื่อถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกินขีดจำกัดให้มีค่าลดลงและป้องกันการเกิดความเสียหายบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ

2.4.1 กฎการถ่ายเทความร้อน (Principle of Heat Transfer)

(สงกรานต์ วิริยะศาสตร์ ,2551) การถ่ายเทความร้อนเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาการกำหนดการถ่ายเทพลังงานซึ่งจะพิจารณาค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันในเนื้อของวัสดุในวิชาเทอร์โมไดนามิก ได้อธิบายว่าการถ่ายเทพลังงานนั้นกำหนดได้ด้วยความร้อนการถ่ายเทความร้อน ในด้านวิทยาศาสตร์จะไม่อธิบายว่าพลังงานความร้อนเกิดการถ่ายเทขึ้นได้อย่างไร แต่มักจะกำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนในเงื่อนไขที่เจาะจงความจริงแล้วอัตราการถ่ายเทความร้อนคือสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ในจุดที่มีความแตกต่างกันระหว่างการถ่ายเทความร้อนกับเทอร์โมไดนามิกว่าเป็นอย่างไรวิชาเทอร์โมไดนามิกกำหนดให้ระบบอยู่ในสถานะสมดุลอาจไปใช้กำหนดปริมาณของพลังงานที่ต้องการเพื่อใช้เปลี่ยนแปลงระบบจากสถานะที่สมดุลหนึ่งไปสู่สถานะอื่น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ได้กำหนดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเร็วแค่ไหน แต่จะพิจารณาระบบที่ไม่อยู่ในสถานะสมดุลในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้นนั้นการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มหลักการในกฎข้อที่หนึ่งและข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิก สมการในการคำนวณการถ่ายเทความร้อน แสดงดังสมการที่ 2.2 ซึ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนแบบต่างๆ มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

$$Q = UA(\Delta T_{LMTD}) \quad (2.2)$$

โดยที่ U คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม เป็นสัดส่วนกับค่าแลกเปลี่ยนความร้อนในรูปของค่าความต้านทานทางความร้อนรวมสำหรับความสัมพันธ์ทั่ว ๆ ไป

ในการออกแบบและการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นจะต้องคุ้นเคยกับกลไกการถ่ายเทความร้อนของแต่ละแบบและความสัมพันธ์ระหว่างการถ่ายเทความร้อนแบบนี้ ๆ ด้วยส่วนรายละเอียดของการถ่ายเทความร้อนแต่ละแบบมีดังต่อไปนี้

1. การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

การนำความร้อนคือการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกันหรือเป็นการเคลื่อนที่ระหว่างตัวกลางที่ติดกัน แต่มีอุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อนความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสารโดยที่โมเลกุลไม่เคลื่อนที่ (อยู่นิ่ง) การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็งการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการนำเกิดขึ้นบ้างในของเหลวและก๊าซ แต่มักจะแยกไม่ออกจากการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพาความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยการเคลื่อนที่ของ Electron จากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่จุดที่มีอุณหภูมิต่ำนอกจากนี้ความร้อนยังเคลื่อนที่ไปได้โดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในของแข็งในลักษณะของพลังงานการสั่นสะเทือน (Vibration Energy)

หลักการคำนวณเกี่ยวกับการนำความร้อนถูกตั้งขึ้นโดย Joseph Fourier นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส Fourier ได้เสนอสมการที่ใช้สำหรับคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการนำในปี ค.ศ.1822 โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลอง คือ สมการที่ 2.3

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.3)$$

โดยที่	k	คือ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m · K)
	A	คือ	พื้นที่ตั้งฉากในการแลกเปลี่ยนความร้อน (m ²)
	dT	คือ	ความแตกต่างของอุณหภูมิของวัสดุ (K)
	dX	คือ	ความหนาของวัสดุ (m)

สมการที่ (2.2) เรียกว่า Fourier Rate Equation ซึ่งเป็นสมการที่ได้มาโดยอาศัยผลการทดลองจากสมการนี้เราสามารถหาสมการอื่นๆ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการนำได้

2. การพาความร้อน (Convection Heat Transfer)

การพาคือการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งกับของไหลของไหลจะทำหน้าที่เป็นตัวพาความร้อนมาให้หรือพาความร้อนออกจากผิวของของแข็งกลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้นเกิดจากผลรวมของการนำความร้อนการสะสมพลังงานและการเคลื่อนที่ของของไหล การพาความร้อนแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) คือการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งกับของไหลซึ่งของไหลถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวของแข็งโดยมีกลไกภายนอกเป็นตัวขับเคลื่อนเช่นพัดลมหรือเครื่องสูบน้ำ

- การพาความร้อนแบบอิสระ (Natural หรือ Free Convection) คือการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของแข็งกับผิวของไหลโดยที่ไม่มีกลไกภายนอกใด ๆ มาทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้กับผิวของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้โดยแรงลอยตัวของของไหลเองแรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหลเมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหล

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้นเป็นสิ่งที่ยุ่งยากเมื่อพิจารณาแล้วมีหลายสิ่งหลายอย่างที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพาเป็นต้นว่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหล เช่น ความหนาแน่นความร้อนจำเพาะความหนืดความเร็วของของไหลความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวของแข็งกับของไหล เป็นต้น Newton ได้ตัดปัญหาความยุ่งยากเหล่านี้โดยเสนอสมการสำหรับคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาไว้ดังสมการที่ 2.4

$$\dot{Q}_{conv} = h(T_s - T_f) \quad (2.4)$$

โดยที่ h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Heat Transfer Coefficient) ซึ่งได้รวมเอาความยุ่งยากทั้งหมดไว้ถ้าเรารู้วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนได้เราก็คำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาได้สมการสำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนเป็นส่วนใหญ่จะเป็นสมการชนิด Empirical Equation มีหน่วยเป็น $W / m \cdot K$

โดยที่ \dot{Q}_{conv} คือ อัตราความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน (W)

T_s คือ อุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ (K)

T_f คือ อุณหภูมิของไหลรอบตัววัตถุ (K)

3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer)

ในการแผ่รังสีความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยมีต้องอาศัยตัวกลางดังเช่นในการนำและการพาในการแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในสุญญากาศการที่จะอธิบายว่าความร้อนเคลื่อนที่ได้ไว้อย่างไรนั้นเป็นสิ่งซึ่งยากที่จะอธิบายให้เห็นถึงพฤติกรรมทางกายภาพได้มีผู้ที่พยายามเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการแผ่รังสีหลายทฤษฎี แต่ก็ไม่ค่อยเป็นที่ยอมรับส่วนทฤษฎีซึ่งเป็นที่ยอมรับมากที่สุดในขณะนี้เป็ทฤษฎีที่นำเสนอโดย Einstein ซึ่งกล่าวว่าในการแผ่รังสีความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.4.2 ครีประบายความร้อน (Fin)

จากการศึกษาลักษณะและพฤติกรรมของการนำความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมด้านความร้อนที่ผ่านมาจะพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัตถุในระบบพิกัดฉาก (ผนังราบ) ระบบทรงกระบอกและระบบทรงกลมนั้นในบางกรณีไม่สามารถถ่ายเทความได้ตามความต้องการของวิศวกรผู้ออกแบบ สาเหตุเนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ผิวสำหรับการ

ถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา จากสาเหตุผลทั้งสองนี้การเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพานั้นสามารถกระทำให้อากาศร้อนกว่าและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่สำหรับเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการถ่ายเทความร้อนในทางปฏิบัติสามารถทำได้ง่ายกว่าโดยการติดตั้งหรือเพิ่มเติมชิ้นส่วนยื่นออกมาสัมผัสกับของไหลและส่วนยื่นออกมานี้เรา เรียกว่า ครีบริบายความร้อน (Fin) ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงการใช้ครีบริบายความร้อน

ที่มา: (สงกรานต์ วิริยะศาสตร์, 2551)

การวิเคราะห์ครีบริบายความร้อนใน 1 มิติมีสมมติฐานดังนี้

- 1) เนื่องจากครีบริบายที่ใช้มีสภาพนำความร้อนสูง การกระจายอุณหภูมิจึงสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดครีบริบาย ดังรูปที่ 2.16
- 2) ปกติความกว้างของครีบริบาย (w) มีขนาดยาวกว่าความยาวของครีบริบาย (L) และความหนาของครีบริบาย (t) มาก จึงไม่คำนึงถึงผลการนำความร้อนตามแนวความกว้าง
- 3) พิจารณาการนำความร้อนใน 1 มิติ พิกัดฉากในสภาวะคงตัว
- 4) สภาพนำความร้อนของครีบริบายคงที่

ดังนั้นการวิเคราะห์ปัญหาของครีบบระบายความร้อนจะประมาณให้อุณหภูมิที่ฐานครีบบระบายความร้อนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของผิวความร้อนของตัวกลางที่ติดครีบนั้น ๆ และการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างครีบบระบายความร้อนและของไหลบริเวณรอบ ๆ ครีบบสามารถใช้สมการความร้อนและรูปที่ 2.16 แสดงได้คือ

$$\dot{Q}_{conv} = hA_{total}(T_s - T_{\infty}) \quad (2.5)$$

โดยที่ A_{total} คือ พื้นที่ผิวทั้งหมดที่ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อน (m^2)

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัสดุ ($W/m^2 \cdot K$)

T_s คือ อุณหภูมิที่ฐานครีบบระบายความร้อน (K)

T_{∞} คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (K)

2.4.3 การถ่ายเทความร้อนจากครีบ (Heat Transfer from Fins)

การเพิ่มพื้นที่ผิวของครีบบมักนำมาใช้เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวประสิทธิภาพสำหรับการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน (Heat Convection) ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องยนต์หรือเครื่องระบายความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมโดยครีบบจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญมากอย่างหนึ่งในงานที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนเพราะว่าครีบบจะทำหน้าที่ในการเพิ่มพื้นที่ของการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถระบายความร้อนได้มากขึ้นทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากด้วย แต่ในการติดตั้งครีบบในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากพอสมควรเพราะว่าจำนวนครีบบที่ใช้นั้นจำนวนมากและครีบบมีขนาดเล็กด้วย

2.5 ข้อดีและข้อเสียของจักรยานไฟฟ้า

2.5.1 ข้อดีของจักรยานไฟฟ้า

- จักรยานไฟฟ้าสามารถบรรทุกของหนักได้มากกว่าจักรยานปกติ
- สามารถเพิ่มแรงในการขับขี่
- ช่วยลดเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อขับเคลื่อนยานพาหนะ
- เวลาแบตเตอรี่หมด ก็ปั่นเหมือนจักรยานปกติ ช่วยให้ได้ออกกำลังกาย
- ไม่มีปัญหาสำหรับเรื่องพื้นที่จอดรถ
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้มลพิษทางอากาศน้อยลงตามไปด้วย
- ลดความแออัดของระบบขนส่งสาธารณะและการจราจรที่ติดขัด
- สามารถเปลี่ยนจักรยานทั่วไปเป็นจักรยานไฟฟ้าได้เพียงติดตั้งตัวชุดมอเตอร์ส่งกำลัง ซึ่ง

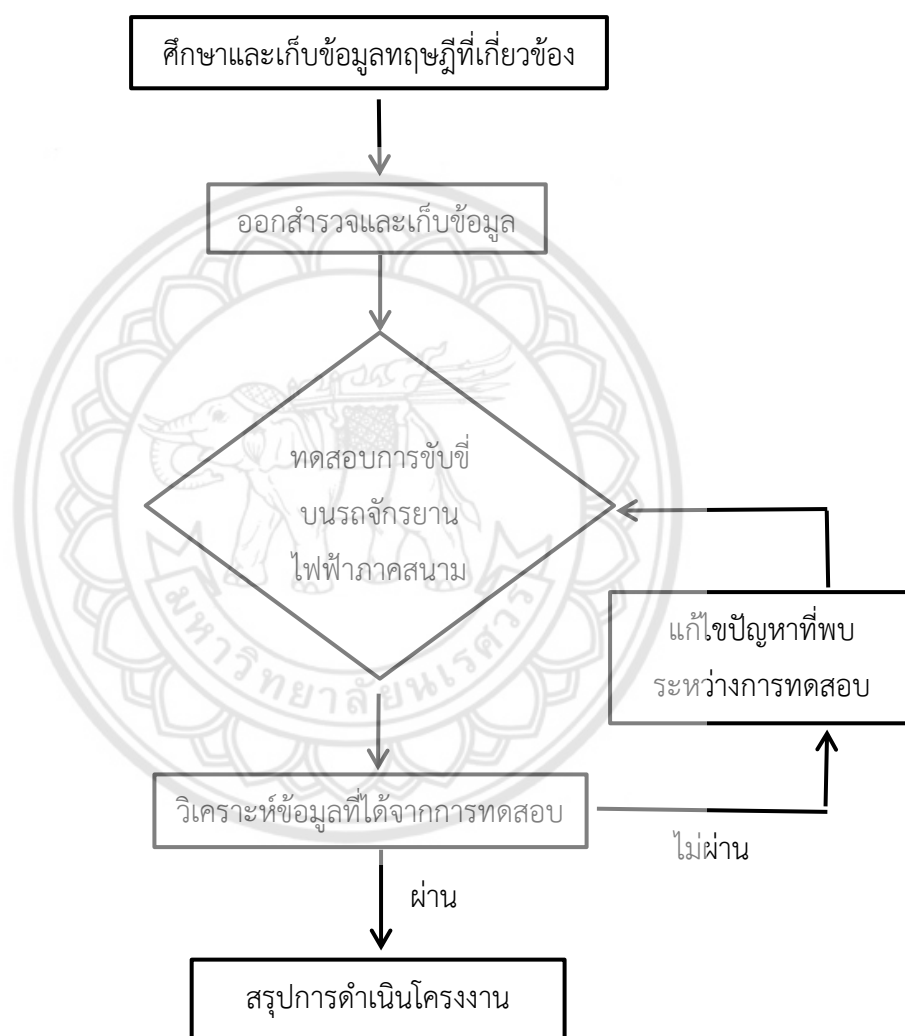
มีความสะดวกสบายมาก

2.5.2 ข้อเสียของจักรยานไฟฟ้า

- ไม่สามารถเดินทางไกลได้
- แบตเตอรี่มีราคาสูงและมีอายุการใช้งานสั้น
- ประเทศไทยเป็นเมืองร้อน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จักรยาน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาจักรยานไฟฟ้าจะดำเนินการตามแผนผังในรูปที่ 3.1 เริ่มจากการศึกษาและเก็บข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการออกสำรวจและเก็บข้อมูลที่ต้องการใช้ในการพัฒนา เมื่อทราบข้อมูลที่ต้องการแล้วจึงนำจักรยานไฟฟ้าไปทดสอบในภาคสนามเพื่อให้ทราบปัญหาที่แท้จริงในการขับขี่ หากพบปัญหาในการขับขี่จะต้องนำปัญหามาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาต่อไปเพื่อให้ได้จักรยานไฟฟ้าที่สมบูรณ์ที่สุด

3.1 การทดสอบสมรรถนะการใช้งานของจักรยานไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะแสดงรายละเอียดองค์ประกอบของอุปกรณ์ชุดช่วยขับและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ โดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมยานยนต์

3.1.1 การพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับ

1) ส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยขับ

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน ขนาด 260 W มีความเร็วรอบ 0 – 2500 rpm กว้าง 83 mm ยาว 50 mm และมีสภาพเป็นเจนเนอเรเตอร์ มีลักษณะดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motor)

- แบตเตอรี่ ลิเธียม (Lithium Battery NCR18650B) การเก็บประจุไฟฟ้าจะใช้ แบตเตอรี่ ลิเธียมไอออน รุ่น Lithium battery NCR18650B Li-ion MH12210 แบตเตอรี่ลิเธียม 18650 เรียกชื่อรุ่นตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของตัวแบตเตอรี่ คือ 18 mm x 65.0 mm ภายในแบตเตอรี่เป็น cell lithium-ion สามารถเก็บประจุได้ 3500 MAH น้ำหนัก 50 g ต่อก้อน และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 3.4 A_h มีค่าความต่างศักย์ 3.6 V ซึ่งอุปกรณ์ชุดช่วยขับใช้เป็นจำนวน 10 ก้อน มีลักษณะดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ถ่านชาร์จ แบตเตอรี่ ลิเธียม (lithium battery MJ1 18650 ขนาด 3.6 V 3.4 Ah)

- Battery management system (BMS)

BMS PCB 18650 เป็นบอร์ดโมดูลสำเร็จรูป ใช้สำหรับควบคุมระบบการจัดการ แบตเตอรี่ 18650 หรือแบตเตอรี่ฟัดแรงดัน 3.7 V_{dc} โดยสามารถต่ออนุกรมให้เหมาะสมกับฟัดแรงดันโหลดที่ต้องการใช้งาน ทำให้รูปแบบของบอร์ดควบคุมการชาร์จถูกแบ่งออกไปตามการอนุกรม หรือขนานเช่น 1S (3.7V), 2S (7.4V), 3S (11.1V), 4S (14.8V) มีลักษณะดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 Battery management system (BMS)

- แผ่นนิกเกิลเชื่อมแบตเตอรี่

เป็นแผ่นโลหะที่ทำจากนิกเกิล 99.70 % มีคุณสมบัติความต้านแรงดึง 400 - 500 N/mm² ทำการยืดออกมากกว่า 10% มีค่า HV มากกว่า 160 เส้น น้อยกว่า 0.01 mm พื้นผิวเรียบ ไม่มีการเกิดออกซิเดชัน มีลักษณะดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผ่นนิกเกิลเชื่อมแบตเตอรี่

- ท่อฉนวนความร้อน

ท่อฉนวนความร้อน สามารถป้องกันการแตก, กรอบและการละลายของสายไฟได้เป็นอย่างดี ทนความร้อนได้ถึง 250 °C มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ท่อฉนวนความร้อน

- สปริงโซ้ค

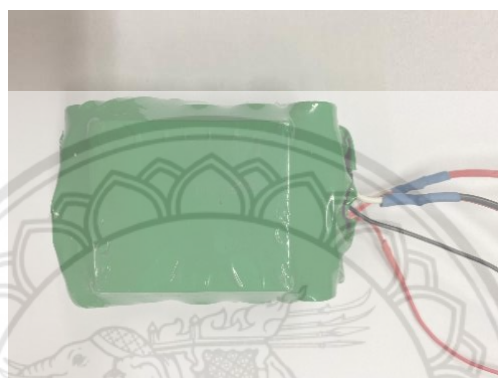
สปริงที่ติดตั้งในอุปกรณ์ชุดขับ วัสดุทำจากโลหะ ทำหน้าที่ดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อ มีลักษณะดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 สปริงโซ้ค

- ท่อหดความร้อนห่อหุ้มแบตเตอรี่

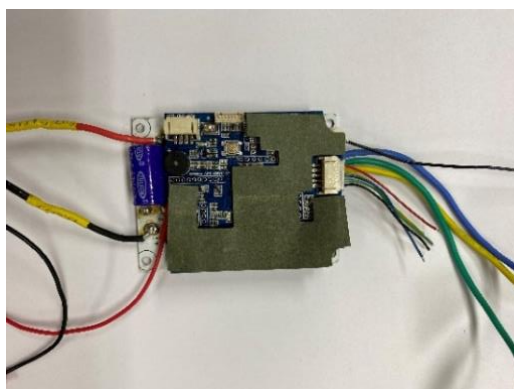
ทำหน้าที่ห่อหุ้มแบตเตอรี่จำนวน 10 ก้อน ที่เชื่อมด้วยแผ่นนิกเกิลเข้าด้วยกันสำเร็จรูป และตัวรับสัญญาณเข้าด้วยกัน เพื่อให้แบตเตอรี่เก็บประจุไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งาน มีขนาดความยาว, ความกว้าง และความสูงคือ 203 mm 105 mm และ 30 mm ตามลำดับ ซึ่งวัสดุเป็นพอลิเมอร์ชนิดเดียวกับ PVC มีลักษณะดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ท่อหดความร้อนห่อหุ้มแบตเตอรี่

- ตัวรับสัญญาณ

ตัวรับสัญญาณ เป็นแผงวงจรที่ต่อสายการรับสัญญาณ คอนโทล มอเตอร์ส่งกำลัง และ รีโมท ซึ่งแต่ละสายจะต่อไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ตัวรับสัญญาณจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางเมื่อมีคำสั่งจาก รีโมท มีลักษณะดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตัวรับสัญญาณ

- ชุดคันเร่ง

ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ชุดช่วยขับ สามารถกำหนดระดับความเร็วแต่ละระดับ มีปุ่มเปิดปิดอุปกรณ์สำหรับการเปิดปิดอุปกรณ์ชุดช่วยขับ แสดงสถานะปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือโดยไฟ 3 จุด เป็นไฟสีแดง และแสดงสถานะการเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ช่วยขับ เป็นไฟสีเขียว 1 จุด มีลักษณะดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 รีโมทควบคุมตัวช่วยขับ

- เคสพลาสติกแข็งอุปกรณ์ตัวช่วยขับ

เป็นเคสที่ทำจากพลาสติกแข็ง สามารถทนความร้อนได้สูง กันน้ำได้ดี รับแรงได้มาก และมีน้ำหนักค่อนข้างเบา ทำหน้าที่บรรจุแบตเตอรี่ที่มีการห่อหุ้มสมบูรณ์ และมอเตอร์ส่งกำลังที่ติดตั้งด้วยสปริงโซ่คอป มีลักษณะดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เคสพลาสติกแข็งอุปกรณ์ตัวช่วยขับ

- แผ่นระบายความร้อน

เนื่องจากเกิดความร้อนขึ้นบริเวณมอเตอร์เนื่องจากการใช้งานเป็นเวลานานทำให้เกิดเป็นความร้อนสะสมส่งผลให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย จึงจำเป็นต้องติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่เป็นแผ่นอลูมิเนียม (แผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ) มีคุณสมบัติที่สามารถนำความร้อนได้ดีรองจากเงิน โดยหลักการจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มีการระบายความร้อนสู่สภาพแวดล้อม มีลักษณะดังรูปที่ 3.12 และเมื่อทำการทดสอบพบว่าแผ่นระบายความร้อนแบบแผ่นเรียบไม่สามารถระบายความร้อนได้ดี ส่งผลให้มอเตอร์มีค่าความร้อนเกินขีดจำกัดจึงได้มีการพัฒนาแผ่นระบายความร้อนที่ทำจากวัสดุเดิมคืออลูมิเนียม ความหนาของแผ่นระบายความร้อน 4 mm ทำการเจาะรูขนาด 2 mm จำนวน 16 ช่อง ความลึก 2 mm ระยะห่างระหว่างช่องเป็น 1.5 mm บริเวณแผ่นระบายความร้อนเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับอากาศรอบข้างบริเวณที่ยื่นออกมาเรียกว่า ครีระบายความร้อน (แผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแบบมีครี) แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 แผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ



รูปที่ 3.13 แผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้วแบบมีครีป

- เครื่องเชื่อมจุดจ่ายกำลังไฟ

เป็นเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมโลหะ ทำหน้าที่เป็นตัวนำให้แบตเตอรี่แต่ละก้อนเข้าด้วยกัน สามารถเชื่อมจุดแบบซีพจรได้เทียบเท่าการควบคุมไมโครคอมพิวเตอร์ระดับ 199 ใช้กำลังไฟขนาด 1.5 KW มีแรงดันไฟฟ้าขาเข้าอยู่ที่ (AC) 180 – 240 V ใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมที่ 50 – 500 A และเวลาที่ใช้ในการเชื่อมมี 2 ระดับ คือ ระดับที่ 1 มีความเร็ว 0.5 – 5 m/s และระดับที่ 2 มีความเร็ว 1 – 10 m/s ความสามารถในการเชื่อม: 0.05 - 0.2 mm มีขนาด 140 x 245 x 200 mm น้ำหนักสุทธิ 4.3 kg แสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เครื่องเชื่อมจุดจ่ายกำลังไฟ

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- จักรยานล้อยางลม

เป็นจักรยานล้อยางลมทั่วไปที่ใช้ในการทดสอบ ยี่ห้อ Coyote รุ่น Mania มีขนาดของล้อ 26 นิ้ว วัสดุเฟรมเป็นสแตนเลส มีแรงดันลมเท่ากับ 35 psi มีลักษณะดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 จักรยานล้อยางลม

- จักรยานล้อยางตัน

เป็นจักรยานล้อยางตันที่ใช้ทดสอบคือรุ่น OFO ขนาด 26 นิ้ว มีเฟรมอลูมิเนียม นี้อตสแตนเลส มีลักษณะดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 จักรยานล้อยางตัน

- แอปพลิเคชัน GPS Odometer

เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้ตรวจวัดระยะทาง ความเร็วเฉลี่ย ปริมาณกระบอกสูบ มีฟังก์ชันจับเวลา แอปพลิเคชันสามารถทำงานขณะล็อกหน้าจอ แสดงไว้ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชัน GPS Odometer

- โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy K Zoom

เป็นโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการเป็นตัวกลางเพื่อดูค่าอุณหภูมิที่เลนส์ Seek thermal จอแสดงผล Retina Display 24 - bit (16 ล้านสี) มีขนาด 4.8 นิ้ว ความละเอียด 720 x 1280 พิกเซล ระบบปฏิบัติการ Android 4.4 หน่วยความจำ 8 GB RAM 2GB การ์ดหน่วยความจำ micro SDHC สูงสุด 32 GB แสดงไว้ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy K Zoom

- แอปพลิเคชัน Seek thermal

คือแอปพลิเคชันที่ใช้ร่วมกับเลนส์ตรวจวัดความร้อนยี่ห้อ Seek thermal สามารถบอกค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดหรือเฉพาะจุดเฉลี่ยที่สนใจ แสดงไว้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แอปพลิเคชัน Seek thermal

- เลนส์กล้องตรวจวัดอุณหภูมิ SEEK Thermal COMPACT XR สำหรับ Android

เลนส์กล้องตรวจวัดอุณหภูมียี่ห้อ SEEK Thermal ซึ่งเป็นรุ่น COMPACT XR มีเซนเซอร์ขนาดที่ 206 × 156 ขอบเขตภาพคือ 20 องศา มีความเร็วในการบันทึกภาพน้อยกว่า 9 Hz ในหนึ่งวินาที สามารถตรวจจับความร้อนได้ถึง 1,800 ft ตั้งแต่อุณหภูมิ -40 °F ถึง 626 °F แสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 เลนส์กล้องตรวจวัดอุณหภูมิ SEEK Thermal COMPACT XR สำหรับ Android

- QSTARZ LT – Q6000

เป็นเครื่องมือจับเวลาสำหรับมอเตอร์ไซค์และรถแข่งทุกประเภท สามารถจับ GPS บันทึกช่วงความเร็ว 0 - 60, 0 - 100 km/hr สร้างช่วงเวลาที่ต้องการจับเวลาได้เอง สามารถบันทึกค่าระยะทาง เวลา และความเร็ว ตัวเครื่องขนาด 100 x 59 x 28 mm น้ำหนัก 107 g ใช้ไฟฟ้า 5V ในการชาร์จแบตเตอรี่ สามารถใช้งานได้สูงสุด 10 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 อุปกรณ์ QSTARZ LT – Q6000

3.1.2 ขั้นตอนการทดสอบจักรยานไฟฟ้า

ในการทดสอบมีการควบคุมตัวแปรต้น คือ ชนิดยางตันและยางเติมลม , ตัวแปรตาม คือ อัตราเร็ว ระยะทาง และค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และตัวแปรควบคุม คือ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ประเภท คือ การใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น พิจารณายาง 2 ชนิด คือ ชนิดล้อยางตัน และชนิดล้อยางเติมลม มีขั้นตอนดังนี้

1) นำจักรยานล้อยางตันและล้อยางลมติดตั้งอุปกรณ์ตัวช่วยขับที่มีแบตเตอรี่เต็มและพร้อมสำหรับการทดสอบ

2) ทำการทดสอบการขับขี่จักรยานไฟฟ้าที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดช่วยขับชนิดยางตัน ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ คือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้แอปพลิเคชัน GPS Odometer Odometer ในการเก็บชุดข้อมูลระยะทางและความเร็ว

3) ติดตั้งกล้อง Seek Thermal กับโทรศัพท์สำหรับการวัดค่าความร้อนเฉลี่ยของอุปกรณ์ชุดช่วยขับในบริเวณน็อตตัวผู้ มอเตอร์ และแผ่นระบายความร้อน

4) วัดค่าความร้อนเฉลี่ยของอุปกรณ์ชุดช่วยขับในบริเวณที่พิจารณาก่อนทำการทดสอบ และขณะทำการทดสอบ มีการจับเวลาทุก 5 นาที สำหรับการวัดค่าระยะทาง ความเร็ว และอุณหภูมิในบริเวณที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ที่ความเร็วระดับ 3 และระดับ 2 ตามลำดับ

5) ทำการทดสอบการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง หรือจนกว่าจากรยานไฟฟ้าเกิดปัญหา ไม่สามารถทดสอบได้

6) เมื่อแบตเตอรี่หมดหรือจากรยานเกิดปัญหาก็ต้องนำจากรยานไฟฟ้ามาชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็ม หรือทำการแก้ไขก่อนทดสอบครั้งต่อไป

7) นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

8) เมื่อทำการทดสอบชนิดยางต้นที่ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % เสร็จ จึงทำการทดสอบยางลมที่ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % ทดสอบซ้ำในขั้นตอนที่ 1 - 7

จากการทดสอบข้างต้นเกิดความเสียหายบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ จึงไม่สามารถทำการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดได้ จากนั้นได้มีการตรวจสอบสาเหตุที่เกิดความเสียหายบริเวณอุปกรณ์ช่วยขับ พบว่ามีระยะห่างระหว่างมอเตอร์และล้อขับซึ่งเกิดจากสปริงที่ติดตั้งในอุปกรณ์ชุดขับ มีช่วงความยาวที่สั้นไม่สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับได้พอดี จึงได้มีการปรับปรุงโดยเปลี่ยนแปลงความยาวของสปริงให้สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับได้พอดี และได้มีการพัฒนาแผ่นระบายความร้อนโดยมีการเปลี่ยนรูปทรงและเจาะร่องที่บริเวณแผ่นระบายความร้อน เปรียบเสมือนครีบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศในการระบายความร้อน ดังรูปที่ 3.13 นำจากรยานไฟฟ้ามาทดสอบใหม่โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ประเภท คือ การใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น พิจารณายาง 2 ชนิด คือ ชนิดล้อยางต้น และชนิดล้อยางเติมลม มีขั้นตอนดังนี้

1) นำจากรยานล้อยางต้นและล้อยางลมติดตั้งอุปกรณ์ตัวช่วยขับที่มีแบตเตอรี่เต็มและพร้อมสำหรับทำการทดสอบ

2) ทำการทดสอบการขับเคลื่อนจากรยานไฟฟ้าที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดช่วยขับชนิดยางต้น ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ คือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้ อุปกรณ์ Qstarz รุ่น LT-Q6000 ในการเก็บชุดข้อมูลระยะทางและความเร็ว

3) ติดตั้งกล้อง Seek Thermal กับโทรศัพท์สำหรับการวัดค่าความร้อนเฉลี่ยของอุปกรณ์ชุดช่วยขับในบริเวณน็อตตัวผู้ มอเตอร์ และแผ่นระบายความร้อน

4) วัดค่าความร้อนเฉลี่ยของอุปกรณ์ชุดช่วยขับในบริเวณที่พิจารณาก่อนทำการทดสอบ และขณะทำการทดสอบการขับซึ่งต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง มีการจับเวลาทุก 5 นาที สำหรับการวัดค่าระยะทาง ความเร็ว และอุณหภูมิในบริเวณที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ที่ความเร็วระดับ 3 และระดับ 2 ตามลำดับ

6) เมื่อแบตเตอรี่หมดจะนำจากรยานไฟฟ้ามาชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มเพื่อพร้อมในการทดสอบครั้งต่อไป

7) นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

8) เมื่อทำการทดสอบชนิดล้อยางตันที่ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % เสร็จ จึงทำการทดสอบยางลมที่ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % ทดสอบซ้ำในขั้นตอนที่ 1 - 7 จากนั้นทำการทดสอบชนิดล้อยางตันและชนิดล้อยางลมที่ใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นทดสอบซ้ำในขั้นตอนที่ 1 - 7 อีกเช่นกัน



รูปที่ 3.22 การบันทึกผลค่าความร้อน

3.1.3 วิธีการทดสอบอุปกรณ์ช่วยขับ

การทดสอบอุปกรณ์ช่วยขับที่มีการออกแบบและพัฒนา มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบค่าข้อมูลต่างๆ ของอุปกรณ์ชุดช่วยขับในสภาพการใช้งานจริงมีการเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนา และเปรียบเทียบชนิดล้อยางตันและล้อยางเติมลม เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาต่อไปและผลของการทดสอบอุปกรณ์ช่วยขับยังทำให้สามารถแสดงถึงสมรรถนะเพื่อการใช้งานจริง ในการทดสอบจริงมีการปรับปรุงข้อผิดพลาดและพัฒนาให้อุปกรณ์มีการใช้งานที่ดีขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบหาสมรรถนะพลังงานความร้อน ระยะทาง เวลาที่ใช้งาน

3.2 การทดสอบอุปกรณ์ชุดช่วยขับต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง

การทดสอบการขับขี่จักรยานไฟฟ้าเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์ช่วยขับเพื่อหาระยะทางทั้งหมด อัตราเร็วเฉลี่ยและค่าความร้อนเฉลี่ยบริเวณที่พิจารณา (น็อตตัวผู้, แผ่นระบายความร้อน และมอเตอร์) ในการขับขี่ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง แบ่งการทดสอบเป็น 2 ประเภท คือ การใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ดำเนินการทดสอบที่ความเร็ว 2 ระดับ ได้แก่ ความเร็วระดับ 2 และความเร็วระดับ 3 โดยจะพิจารณาอย่าง 2 ชนิด คือ ชนิดล้อยางตันและชนิดล้อยางเติมลม จากนั้นนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบเพื่อหาสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้าที่ติดตั้งอุปกรณ์ชุดช่วยขับ

บทที่ 4

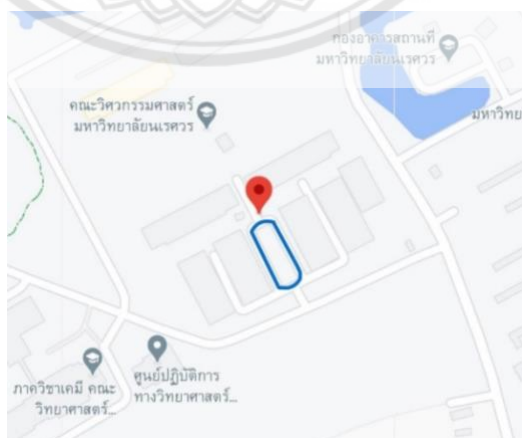
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดสอบการขับเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อนเพื่อหาระยะทางทั้งหมด อัตราเร็วเฉลี่ยและค่าความร้อนเฉลี่ยบริเวณที่พิจารณา (น็อตตัวผู้, แผ่นระบายความร้อน และมอเตอร์) ในการขับเคลื่อนต่อประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง แบ่งการทดสอบเป็น 2 ประเภท คือ การใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ดำเนินการทดสอบที่ความเร็ว 2 ระดับ ได้แก่ ความเร็วระดับ 2 และความเร็วระดับ 3 โดยจะพิจารณาจาก 2 ชนิด คือ ชนิดล้อยางตัน และชนิดล้อยางเติมลม

4.1 การติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ

4.1.1 การทดสอบสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้า

การทดสอบการขับเคลื่อนเพื่อหาระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ โดยใช้แอปพลิเคชัน GPS Odometer ในการเก็บชุดข้อมูลระยะทางและความเร็ว สถานที่ทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.1 ได้ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยาง เต็มลมและล้อยางตัน ที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ

ระดับ ความเร็ว	ชนิด ยาง	อัตราเร็ว สูงสุด [km/hr]	ระยะทาง สูงสุด [km]	เวลาทั้งหมดที่ใช้ ในการทดสอบ [min]	ค่าความ ร้อนสูงสุด [°C]	หมายเหตุ
3	ยางตัน	17.31	9.03	30.00	75.33	-
	ยางลม	13.94	16.80	65.00	58.67	-
2	ยางตัน	17.48	9.08	30.00	77.00	-
	ยางลม	-	2.39	25.00	40.67	เกิดความเสียหาย

สำหรับการทดสอบการขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ บริเวณชุดอุปกรณ์ช่วย ขับ การทดสอบโดยใช้กำลังมอเตอร์ 100% เริ่มทดสอบชนิดล้อยางตันที่ ความเร็วระดับ 3 และระดับ 2 จากนั้นทดสอบชนิดล้อยางเต็มลมที่ความเร็วระดับ 3 และระดับ 2 เพื่อหาระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง พบว่าที่ตาราง 4.1 กรณีความเร็ว ระดับ 3 ชนิดล้อยางตัน มีค่าอัตราเร็วสูงสุดอยู่ที่ 17.32 km/hr ได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อน ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 9.03 km ใช้เวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 30 นาที มีค่าความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบที่ 75.33 °C ส่วนที่ความเร็วระดับ 3 ชนิดล้อยางเต็ม ลม จะได้ว่ามีค่าอัตราเร็วสูงสุดอยู่ที่ 13.94 km/hr ได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้า หนึ่งครั้งอยู่ที่ 16.80 km ใช้เวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 1 ชั่วโมง 5 นาที มีค่าความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบที่ 58.00 °C ถัดมาในกรณีที่ความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อยางตัน มี ค่าอัตราเร็วสูงสุดอยู่ที่ 17.48 km/hr ได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 9.08 km ใช้เวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 30 นาที มีค่าความร้อนสูงสุดใน ช่วงการทดสอบที่ 77.00 °C และสุดท้ายสำหรับกรณีที่ความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อยางเต็มลม เมื่อมี การขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าเป็นเวลา 25.00 นาที เกิดความเสียหายบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ จึงไม่ สามารถทำการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดได้ จากนั้นได้มีการตรวจสอบสาเหตุที่เกิดความ

เสียหายบริเวณอุปกรณ์ช่วยขับ พบว่ามีระยะห่างระหว่างมอเตอร์และล้อขับซึ่งเกิดจากสปริงที่ติดตั้งในอุปกรณ์ชุดขับมีช่วงความยาวที่สั้นไม่สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับได้พอดี จึงได้มีการปรับปรุงโดยเปลี่ยนแปลงความยาวของสปริงให้สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับได้พอดี และได้มีการพัฒนาแผ่นระบายความร้อนโดยมีการเปลี่ยนรูปทรงและเจาะร่องที่บริเวณแผ่นระบายความร้อนเปรียบเสมือนครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศในการระบายความร้อน

4.2 การติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแบบมีครีบ

4.2.1 การทดสอบสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้าที่พัฒนาแล้ว

การทดสอบการขับขี่เพื่อหาระยะทางทั้งหมดในการขับขี่ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว โดยใช้อุปกรณ์ Qstarz รุ่น LT-Q6000 ในการเก็บชุดข้อมูลระยะทางและความเร็ว สถานที่ทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.1 ได้ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน

ระดับความเร็ว	ชนิดยาง	อัตราเร็วเฉลี่ย [km/hr]	อัตราเร็วสูงสุด [km/hr]	ระยะทางสูงสุด [km]	เวลาที่ใช้ในการวิ่ง [min]
3	ยางตัน	16.12	24.31	8.58	33
	ยางลม	20.21	26.17	11.12	33
2	ยางตัน	15.69	23.82	11.83	44
	ยางลม	15.07	23.92	12.76	51

สำหรับผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน ที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้วบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยเพื่อหาระยะทางทั้งหมดในการขับขี่ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง สังเกตได้จากตารางที่ 4.2 พบว่ากรณี

ความเร็วระดับ 3 ชนิดล้อยางเติมลม จะได้ว่าค่าอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 20.21 km/hr มีค่าอัตราเร็วสูงสุดอยู่ที่ 26.17 km/hr ระยะทางทั้งหมดในการขับขี่มีค่าเท่ากับ 11.12 km เวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 33 นาที และสุดท้ายสำหรับกรณีที่มีความเร็วระดับ 3 ชนิดล้อยางตัน จะมีค่าอัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 16.12 km/hr ส่วนอัตราเร็วสูงสุดมีค่าอยู่ที่ 24.31 km/hr ได้ระยะทางทั้งหมดในการขับขี่เท่ากับ 8.58 km และใช้เวลาทั้งหมดจากเริ่มต้นการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 33 นาที ถัดมาในส่วนของกรณีความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อยางเติมลม มีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 15.07 km/hr มีค่าอัตราเร็วสูงสุดอยู่ที่ 23.92 km/hr และได้ระยะทางทั้งหมดในการขับขี่ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 12.76 km โดยเวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 51 นาที ส่วนที่ความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อยางตัน มีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 15.69 km/hr มีค่าอัตราเร็วสูงสุดเท่ากับ 23.82 km/hr และได้ระยะทางทั้งหมดในการขับขี่ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 11.83 km โดยเวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 44 นาที ดังนั้น ที่ความเร็วทั้ง 2 ระดับ กรณีการใช้ชนิดล้อยางเติมลมจะมีค่าระยะทางทั้งหมดและเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบการขับขี่ต่อการประจุหนึ่งครั้งมากกว่ากรณีการใช้ชนิดล้อยางตัน เนื่องจากชนิดล้อยางตันจะใช้กำลังมอเตอร์ที่สูงกว่าชนิดล้อยางเติมลม เพราะชนิดล้อยางตันมีน้ำหนักที่มากกว่าชนิดล้อยางเติมลมการใช้กำลังจึงมีค่ามากกว่า

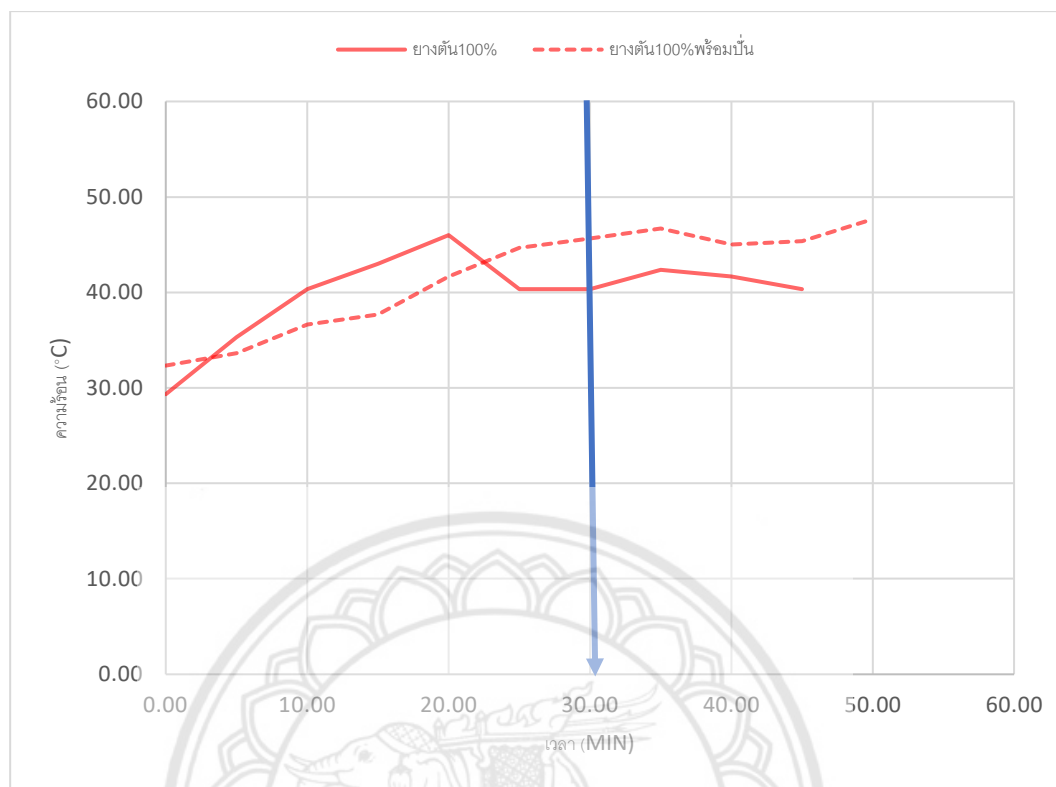
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน

ระดับความเร็ว	ชนิดยาง	อัตราเร็วเฉลี่ย [km/hr]	อัตราเร็วสูงสุด [km/hr]	ระยะทางสูงสุด [km]	เวลาที่ใช้ในการวิ่ง [min]
3	ยางตัน	17.79	25.58	9.65	32.55
	ยางลม	19.74	27.31	11.58	35.23
2	ยางตัน	16.93	24.00	15.20	53.87
	ยางลม	18.95	26.76	12.98	41.10

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ที่ความเร็วระดับ 2 และ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเติมลมและล้อยางตัน เพื่อหาระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง พบว่ากรณีความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อยางเติมลม มีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 18.95 km/hr อัตราเร็วสูงสุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้มีค่า 26.76 km/hr และได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 12.98 km โดยเวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 41 นาที ในส่วนของกรณีความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อยางตัน มีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 16.93 km/hr มีค่าอัตราเร็วสูงสุดเท่ากับ 24.00 km/hr และได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 15.20 km เมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดใช้เวลา 54 นาที ถัดมาในกรณีความเร็วระดับ 3 ชนิดล้อยางเติมลม มีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 19.74 km/hr ค่าอัตราเร็วสูงสุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้เท่ากับ 26.76 km/hr และได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 11.58 km เมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดใช้เวลา 35 นาที และกรณีความเร็วระดับ 3 ชนิดล้อยางตัน มีอัตราเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 17.79 km/hr ค่าอัตราเร็วสูงสุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้เท่ากับ 25.58 km/hr และได้ระยะทางทั้งหมดในการขับเคลื่อนต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งอยู่ที่ 9.65 km โดยเวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดเท่ากับ 33 นาที ดังนั้น จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ที่ความเร็วระดับ 3 จะได้ค่าระยะทางทั้งหมดและเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบการขับเคลื่อนต่อการประจุหนึ่งน้อยกว่าที่ความเร็วระดับ 2 เนื่องจากที่ความเร็วระดับ 3 จะใช้กำลังมอเตอร์ที่สูงกว่าความเร็วระดับ 2

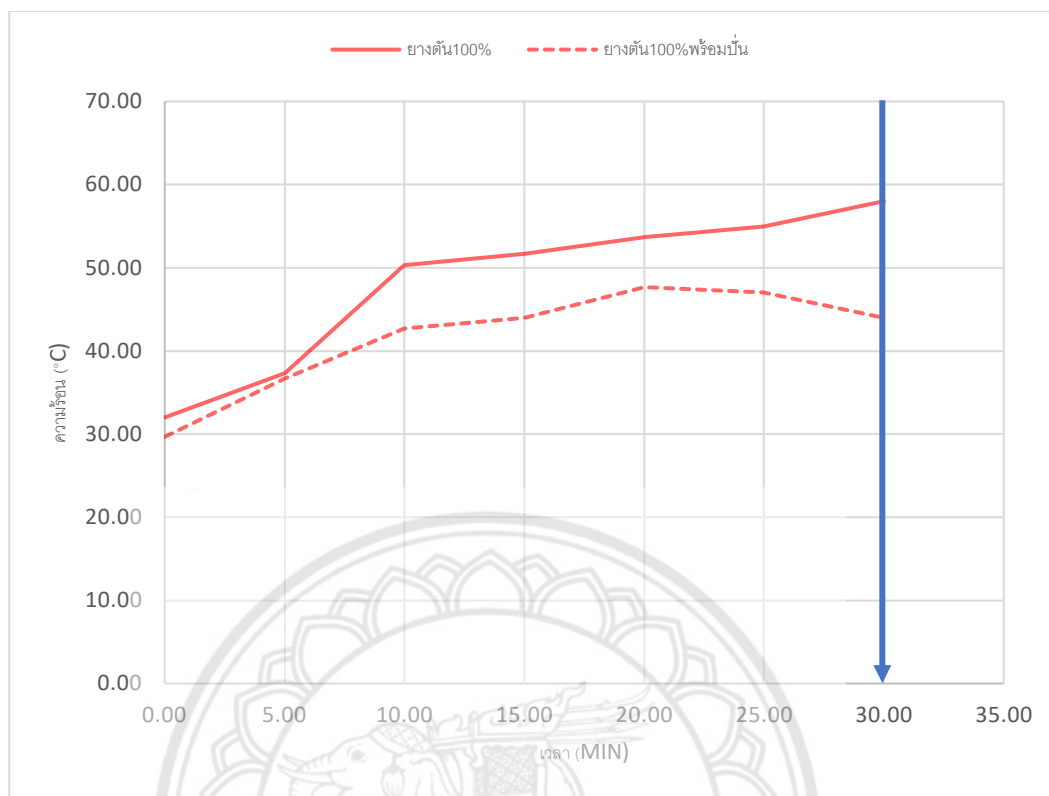
4.2.2 การทดสอบความร้อนเฉลี่ยบริเวณอุปกรณ์ชุดช่วยขับ

จากการทดสอบความร้อนเฉลี่ยของจักรยานไฟฟ้าบริเวณที่พิจารณา (เนื้อตัวผู้, แผ่นระบายความร้อน และมอเตอร์) ได้มีการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ดำเนินการทดสอบความเร็ว 2 ระดับ โดยจะพิจารณา 2 ชนิด คือ 1) ยางตัน และ 2) ยางลม เนื่องจากกำหนดตัวแปรควบคุมในการเปรียบเทียบไว้ที่เวลา 30 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถทดสอบได้ จากนั้นนำผลการทดสอบมาเขียนกราฟเปรียบเทียบกันได้ผลการทดสอบ ดังนี้



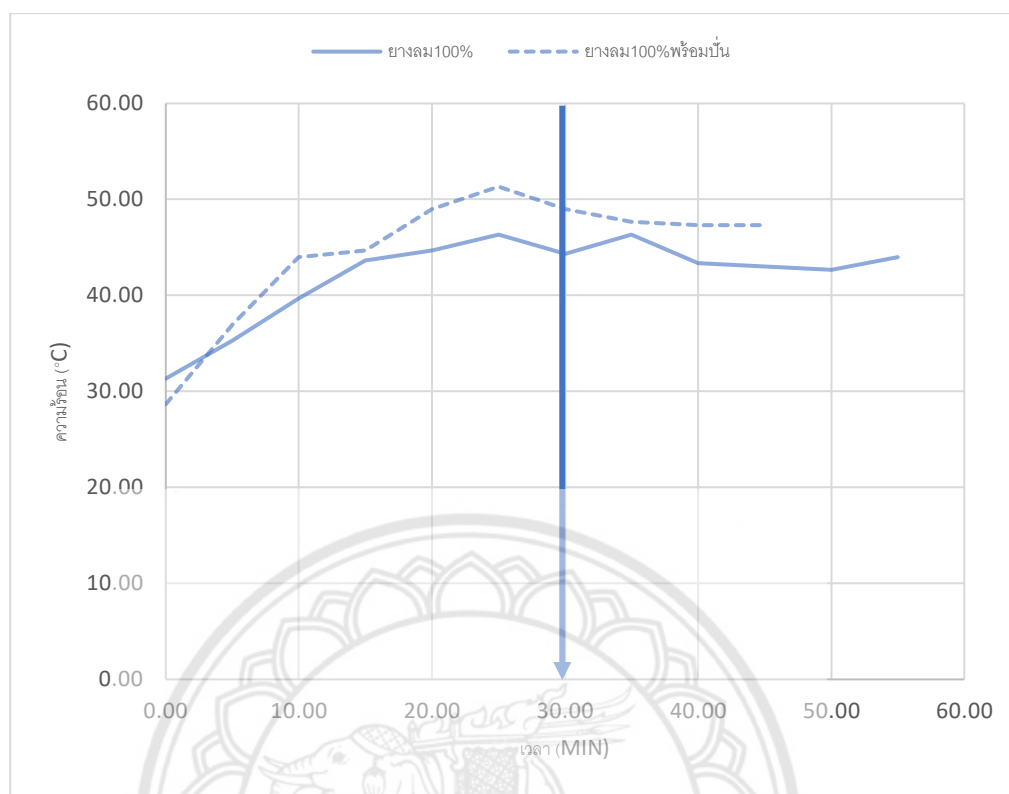
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปืน ชนิดล้อยางตัน ที่ความเร็วระดับ 2

จากกราฟ (รูปที่ 4.2) กรณียางตันที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปืน ช่วงความเร็วระดับ 2 เวลาเริ่มต้นจะมีค่าความร้อนเฉลี่ยเทียบเท่ากับสภาพแวดล้อมที่ 32.33 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 54 นาที มีค่าความร้อนเฉลี่ยคือ 47.67 °C และเป็นค่าความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบ ซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่ากรณียางตันที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยเมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 29.33 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 44 นาที มีค่าความร้อนเฉลี่ยเป็น 40.33 °C และมีค่าความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบอยู่ที่ 46.00 °C เมื่อพิจารณาในเวลาที่เวลา 30 นาทีพบว่าการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงกว่าการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปืน



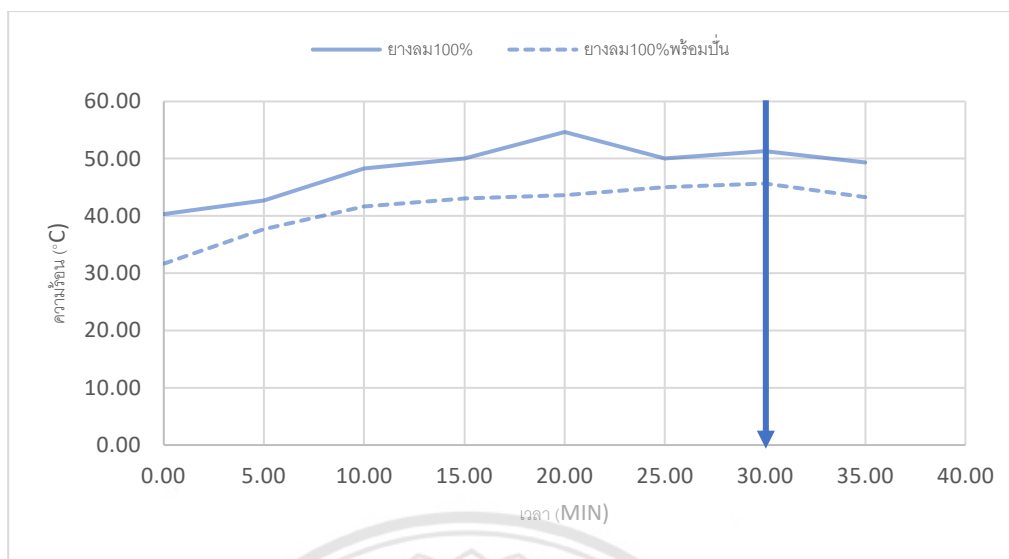
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊ม ชนิดล้อยางตัน ที่ความเร็วระดับ 3

จากกราฟ (รูปที่ 4.3) กรณียางตันที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ช่วงความเร็วระดับ 3 ที่เวลาเริ่มต้นจะมีค่าความร้อนเฉลี่ยเทียบเท่ากับสภาพแวดล้อมที่ 32.00 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 33 นาที มีค่าความร้อนเฉลี่ยคือ 58.00 °C และเป็นค่าความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบ ซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่ากรณียางตันที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊ม ที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยเมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 29.67 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 33 นาที มีค่าความร้อนเฉลี่ยเป็น 44.00 °C และมีค่าความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบอยู่ที่ 47.67 °C เมื่อพิจารณาในเวลาที่เวลา 30 นาทีพบว่าการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงกว่าการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊ม



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ชนิดล้อยางเต็มลม ที่ความเร็วระดับ 2

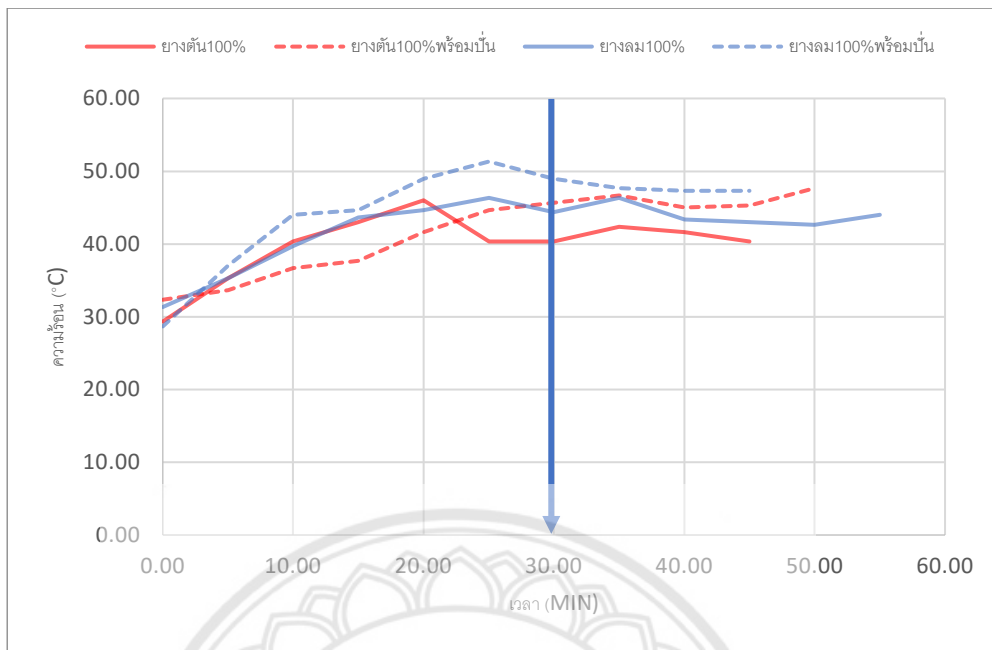
จากกราฟ (รูปที่ 4.4) กรณียางลมที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่น ช่วงความเร็วระดับ 2 ที่เวลาเริ่มต้นจะมีค่าความร้อนเฉลี่ยเทียบเท่ากับสภาพแวดล้อมที่ 28.67 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 41 นาที มีค่าความร้อนเฉลี่ยคือ 47.33 °C และมีค่าความร้อนสูงที่สุดในช่วงการทดสอบเป็น 51.33 °C ซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่ากรณียางลมที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยเมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 31.33°C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 51 นาที มีค่าความร้อนเฉลี่ยเป็น 44.00 °C และมีค่าความร้อนสูงที่สุดในช่วงการทดสอบอยู่ที่ 46.33 °C เมื่อพิจารณาในเวลาที่เวลา 30 นาทีพบว่า การทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั่นมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงกว่าการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100%



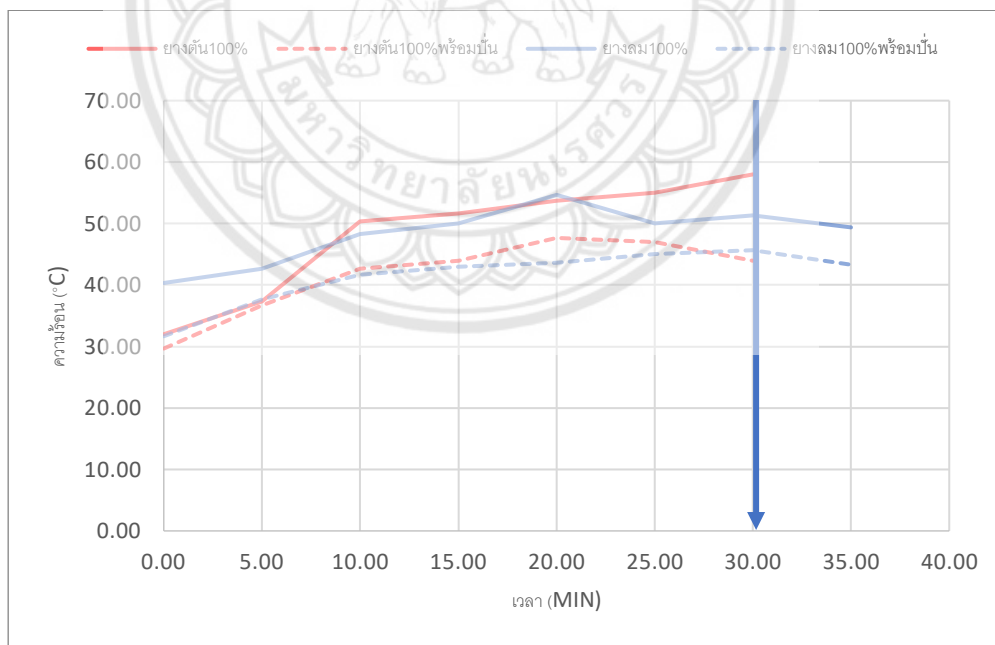
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% และการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊ม ชนิดล้อยางเติมลม ที่ความเร็วระดับ 3

จากกราฟ (รูปที่ 4.5) กรณียางลมที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ช่วงความเร็วระดับ 3 ที่เวลาเริ่มต้นจะมีค่าความร้อยเฉลี่ยเทียบเท่ากับสภาพแวดล้อมที่ 40.33 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 33 นาที มีค่าความร้อยเฉลี่ยคือ 49.33 °C และมีค่าความร้อยสูงสุดในช่วงการทดสอบเป็น 54.67 °C ซึ่งมีค่าความร้อยสูงกว่ากรณียางลมที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊ม ที่มีค่าความร้อยเฉลี่ยเมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 31.67 °C จากนั้นเมื่อเริ่มทำการทดสอบจนแบตเตอรี่หมดที่เวลา 35 นาที มีค่าความร้อยเฉลี่ยเป็น 43.33 °C และมีค่าความร้อยสูงสุดในช่วงการทดสอบอยู่ที่ 45.67 °C เมื่อพิจารณาในเวลาที่ 30 นาทีพบว่า การทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงกว่าการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100%

เมื่อนำผลการทดสอบยางลมและล้อยางตันมาเปรียบเทียบค่าความร้อยสูงสุดของแต่ละระดับความเร็วจะเห็นได้ว่า กรณีความเร็วระดับ 2 จากกราฟ (รูปที่ 4.6) พบว่าชนิดล้อยางเติมลมที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% พร้อมมีการช่วยปั๊มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งมีค่าสูงสุดในช่วงความเร็วระดับ 2 ในส่วนของกรณีความเร็วระดับ 3 จากกราฟ (รูปที่ 4.7) พบว่าชนิดล้อยางตันที่ทำการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในช่วงความเร็วระดับ 3



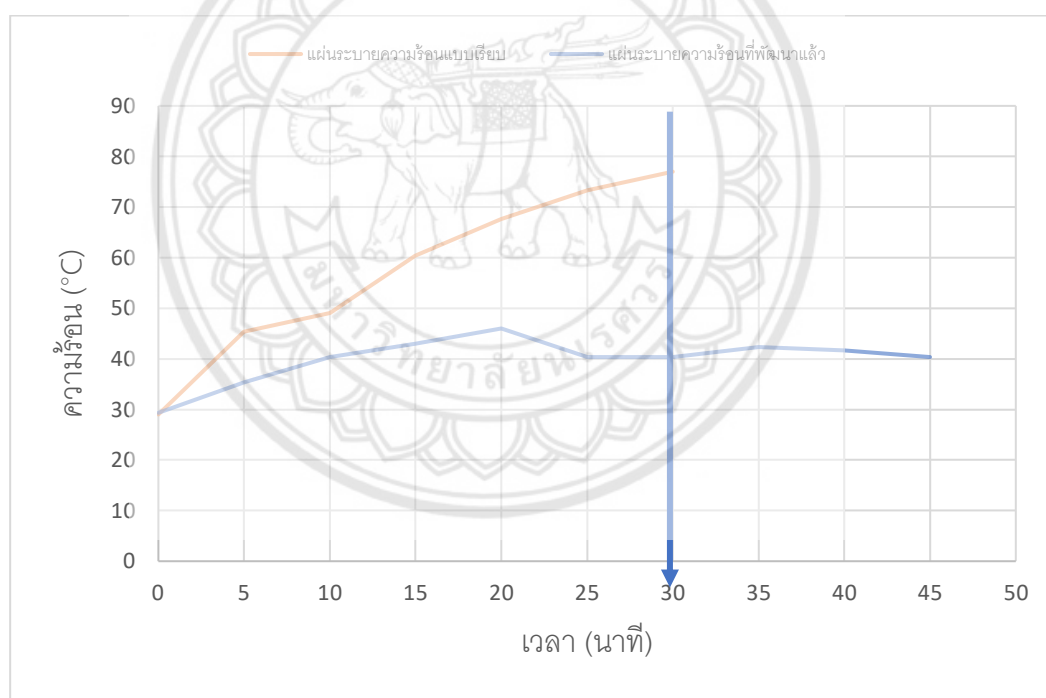
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบยากลมทั้งสองชนิดที่ความเร็วระดับ 2



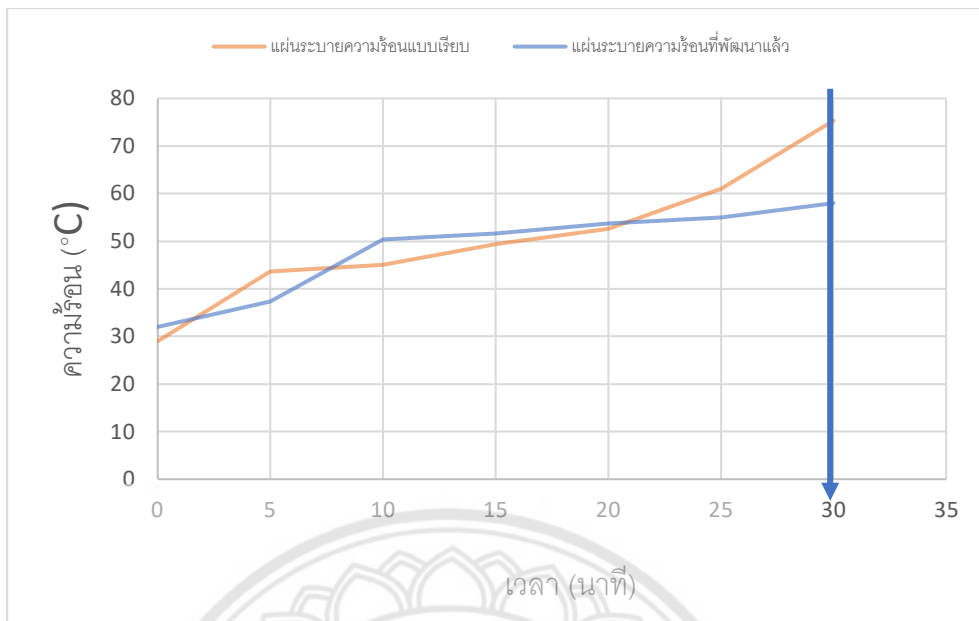
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟข้อมูลการเปรียบเทียบการทดสอบยากลมทั้งสองชนิดที่ความเร็วระดับ 3

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว

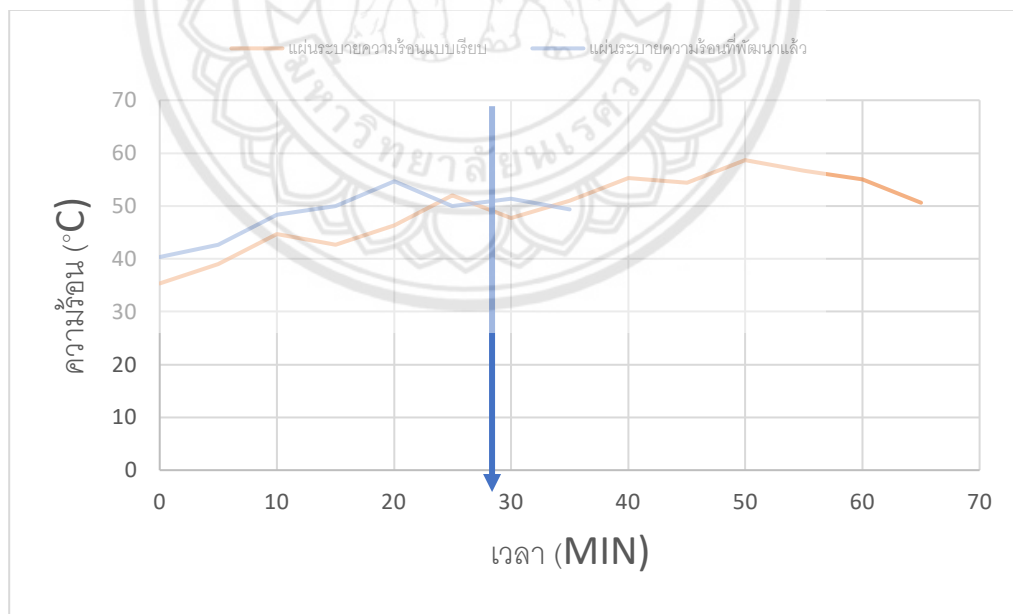
เมื่อนำผลการทดสอบที่ได้จากการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ได้จากการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้วบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ พิจารณาผลการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100% ที่ความเร็วระดับ 2 และระดับ 3 โดยใช้ชนิดล้อยางเต็มลมและล้อยางตัน แสดงผลดังรูปที่ 4.8 – 4.10 ในส่วนของชนิดล้อยางตันที่ความเร็วระดับ 2 ไม่สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบ ได้ เนื่องจากขณะทำการทดสอบที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ ชุดอุปกรณ์ช่วยขับเกิดความเสียหายจึงไม่สามารถนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบได้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางตัน ที่ความเร็วระดับ 2



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางตัน ที่ความเร็วระดับ 3



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางลม ที่ความเร็วระดับ 3

จากรูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางตัน ที่ความเร็วระดับ 2 เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 30 นาที อุปกรณ์ชุดช่วยขับที่ติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุปกรณ์ช่วยขับติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบพัฒนาแล้วอย่างเห็นได้ชัด ต่อมาในส่วนของรูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางตัน ที่ความเร็วระดับ 3 เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 30 นาที ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบจนถึง 25 นาที มีช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน จากนั้นอุณหภูมิของอุปกรณ์ตัวช่วยขับที่ติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าอุปกรณ์ตัวช่วยขับที่ติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบพัฒนาแล้ว และในส่วนของรูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบกับแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว ชนิดยางลม ที่ความเร็วระดับ 3 เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 30 นาที ค่าอุณหภูมิของของอุปกรณ์ตัวช่วยขับที่ติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบพัฒนาแล้วจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุปกรณ์ตัวช่วยขับที่ติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ

การพัฒนาแผ่นระบายความร้อนจะเห็นว่าค่าความร้อนเฉลี่ยลดลงจากแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ โดยได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของแผ่นระบายความร้อน จะพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุในแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบ บางกรณีไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ตามความต้องการ สาเหตุเนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ผิวสำหรับการถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา จากสาเหตุผลทั้งสองนี้การเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพานั้นสามารถกระทำได้ยากกว่าและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่การเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการถ่ายเทความร้อนในทางปฏิบัติสามารถทำได้ง่ายกว่า โดยการติดตั้งหรือเจาะร่องบริเวณ แผ่นระบายความร้อนเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับของไหลรอบข้างบริเวณที่ยื่นออกมา และส่วนที่ยื่นออกมาเรียกว่า ครีระบายความร้อน ดังนั้นการพัฒนาแผ่นระบายความร้อนที่เพิ่มครีระบายความร้อนเป็นการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ช่วยขับและช่วยประหยัดพลังงานในการใช้กำลังมอเตอร์ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากค่าความร้อนน้อยลงส่งผลให้สมรรถนะของอุปกรณ์ช่วยขับดีขึ้นเพราะว่าความร้อนมีผลต่อมอเตอร์ส่งกำลัง

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาทฤษฎีสำหรับการใช้พัฒนาอุปกรณ์ช่วยขับที่สามารถประยุกต์ใช้กับจักรยานทั่วไป เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกสบายของผู้ขับขี่จักรยาน อีกทั้งยังกระตุ้นการขับขี่จักรยาน แทนการขับขี่ยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเป็นสาเหตุของการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยนำอุปกรณ์ช่วยขับต้นแบบไปทดสอบสมรรถนะภาคสนาม บริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาทฤษฎียานยนต์ไฟฟ้าและการถ่ายโอนความร้อน เพื่อหาองค์ประกอบของอุปกรณ์ยานยนต์และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะนำมาติดตั้งในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขับเช่น มอเตอร์ แบตเตอรี่ วัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน โลหะที่ใช้เป็นแผ่นระบายความร้อน เป็นต้น สำหรับการพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับครั้งนี้มีการทดสอบสมรรถนะ ได้แก่ อัตราเร็ว ระยะทาง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ และค่าความร้อนสูงสุดที่เป็นสาเหตุของความเสียหายอุปกรณ์ช่วยขับ

5.1.1 สรุปผลค่าการทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ช่วยขับ

เมื่อเริ่มทำการทดสอบภาคสนามได้มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบเรียบบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ ทำการทดสอบโดยใช้กำลังมอเตอร์ 100% เริ่มทดสอบชนิดล้อยางตันที่ความเร็วระดับ 3 และระดับ 2 จากนั้นทดสอบชนิดล้อยางเติมลมที่ความเร็วระดับ 3 และระดับ 2 ในขณะที่ทำการทดสอบชนิดล้อยางลม ที่ความเร็วระดับ 2 เมื่อมีการขับขี่จักรยานไฟฟ้าเป็นเวลา 25.00 นาที เกิดความเสียหายบริเวณชุดอุปกรณ์ช่วยขับ จึงไม่สามารถทำการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนแบตเตอรี่หมดได้ พบว่ามีระยะห่างระหว่างมอเตอร์และล้อขับซึ่งเกิดจากสปริงที่ติดตั้งในอุปกรณ์ชุดขับมีช่วงความยาวที่สั้นไม่สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับได้พอดี จึงได้มีการปรับปรุงโดยเปลี่ยนแปลงความยาวของสปริงให้สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับได้พอดี และได้มีการพัฒนาแผ่นระบายความร้อนโดยมีการเปลี่ยนรูปทรงและเจาะรูที่บริเวณแผ่นระบายความร้อนเปรียบเสมือนครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว

สัมผัสกับอากาศในการระบายความร้อน จากนั้นทำการทดสอบชุดอุปกรณ์ช่วยขับที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแบบมีครีบบีเพื่อหาสมรรถนะของจักรยานไฟฟ้าได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1) อัตราเร็วสูงสุดในช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % ที่ความเร็วระดับ 3 ชนิดล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 20.01 km/hr

2) ความเร็วสูงสุดในช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อย่างลม มีค่าเท่ากับ 27.31 km/hr

3) ระยะทางสูงสุดในช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 ชนิดล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 15.20 km

4) เวลาที่ใช้ในการทดสอบในช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % พร้อมมีการช่วยปั่นที่ความเร็วระดับ 2 ล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 54 นาที

5) ความร้อนสูงสุดในช่วงการทดสอบการใช้กำลังมอเตอร์ 100 % ที่ความเร็วระดับ 3 ล้อย่างต้น มีค่าเท่ากับ 58.00 °C

5.1.2 สรุปผลการพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับ

1) จากการพัฒนาแผ่นระบายความร้อนโดยการเพิ่มครีบบีระบายความร้อนเป็นการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ช่วยขับและช่วยประหยัดพลังงานในการใช้กำลังมอเตอร์ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากค่าความร้อนน้อยลงส่งผลให้สมรรถนะของอุปกรณ์ช่วยขับดีขึ้น เพราะค่าความร้อนมีผลต่อมอเตอร์ส่งกำลัง ทำให้ค่าความร้อน Peak load ลดลงจาก 77.00 °C เหลือ 58.00 °C สามารถลดความเสี่ยงที่เกิดจากความเสียหายของอุปกรณ์ช่วยขับ

2) จากการทดสอบจักรยานที่ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยขับที่มีการติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแบบมีครีบบี ทำให้ทราบว่า การขับขี่จักรยานในยางแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียต่างกัน ดังนี้ ชนิดล้อย่างลมให้ค่าระยะทางและเวลาการใช้งานที่มากกว่าชนิดล้อย่างต้น ในทางวิศวกรรมจะเห็นได้ว่าชนิดล้อย่างต้นให้ค่าความเร็วสูงสุดมากกว่าชนิดล้อย่างลม เนื่องจากชนิดล้อย่างลมมีความสูญเสียในยางมากกว่าชนิดล้อย่างต้น

3) การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อนเพิ่มสมรรถนะในการใช้งานและสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้งานให้มีความสะดวกสบายเพื่อสร้างแรงจูงใจให้นิสิตและบุคลากรในมหาวิทยาลัยนเรศวร ขับขี่จักรยานแทนยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบการขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าภาคสนาม

- 1) เนื่องจากมีการเสียดสีบริเวณพื้นผิวระหว่างล้อขับเคลื่อนและมอเตอร์เป็นเวลานานพบว่ามีความร้อนสูงทำให้เกิดรอยดำบริเวณมอเตอร์
- 2) ขณะที่ขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าเกิดความร้อนขึ้นที่มอเตอร์ส่งผลให้สายมอเตอร์ละลายทำให้ไม่สามารถส่งกำลังไปยังล้อขับเคลื่อนได้
- 3) เมื่อขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าเป็นเวลานาน พบว่ามีระยะห่างระหว่างมอเตอร์และล้อจักรยานซึ่งเกิดจากสปริงที่ติดตั้งในอุปกรณ์ชุดขับเคลื่อนมีความยาวที่สั้นไม่สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อจักรยานได้พอดี
- 4) ขณะทดสอบจักรยานไฟฟ้าที่มีมวลรวมทั้งจักรยานไฟฟ้าและผู้ทดสอบมีค่าประมาณ 120 kg พบว่ามวลที่มากเกินไปส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหนักจึงเกิดความร้อนสูง แรงขับเคลื่อนไม่เพียงพอต่อการส่งกำลัง จะเห็นว่ามวลมีผลต่อแรงขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้า
- 5) ผลที่ได้จากการทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักผู้ทดสอบ การจับเวลาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าและอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในช่วงการทดสอบ เป็นต้น
- 6) โครงการนี้ให้ผลออกมาเป็นค่าสมรรถนะแต่ไม่สามารถคำนวณออกมาเป็นค่าประสิทธิภาพได้ เนื่องจากสมการบางตัวแปรไม่สามารถทราบค่าได้เช่น สมการ $Q=mc_p\Delta T$ ไม่สามารถหาค่า m ได้เพราะไม่สามารถหาค่าอัตราการไหลของอากาศที่ช่วยในการระบายความร้อน
- 7) ในระหว่างการทดสอบไม่สามารถให้จักรยานขับเคลื่อนในระหว่างวัดค่าได้ จึงจำเป็นต้องหยุดจักรยานทุก 5 นาทีเพื่อทำการวัดค่าและบันทึกผล ซึ่งการหยุดรถจักรยานแต่ละครั้งมีผลต่อค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ตัวช่วยขับเคลื่อน

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบการขับเคลื่อนไฟฟ้า

ภาคสนาม

- 1) จากปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบในข้อที่ 1, 2 และ 4 แก้ไขโดยการใช้อุปกรณ์หม้อฉนวนบริเวณสายมอเตอร์เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนที่สูงเกินไปละลายสายมอเตอร์จนเกิดไฟฟ้าลัดวงจร และติดตั้งแผ่นระบายความร้อนบริเวณด้านข้างของมอเตอร์ทั้งสองฝั่งเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการระบายความร้อน
- 2) จากการทดสอบที่พบว่าความยาวและระยะกุดของสปริงส่งผลให้เกิดปัญหาในข้อที่ 3 และ 5 จึงได้มีการแก้ไขโดยการเปลี่ยนแปลงความยาวของสปริงให้สามารถดันตัวมอเตอร์ให้ติดกับล้อขับ
- 3) จากปัญหาข้อที่ 5 สามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องวัดค่าต่างๆ ที่ได้มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดและใช้ในระบบสากล
- 4) จากปัญหาข้อที่ 6 เพื่อความแม่นยำในการคำนวณควรมีวิธีการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าโดยติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถวัดค่าได้หรือใช้อุปกรณ์หาค่าที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเพื่อใช้สมการ ทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า
- 5) จากปัญหาข้อที่ 7 สามารถแก้ไขได้โดยใช้อุปกรณ์วัดค่าที่สามารถติดไปกับจักรยานและบันทึกผลโดยอัตโนมัติ เพื่อหลีกเลี่ยงการหยุดของจักรยานจนกว่าจะทดสอบเสร็จสิ้น

บรรณานุกรม

- กิตติพันธ์ เตชะกิตติโรจน์ และอังคีร์ ศรีภคการ. (2556). **ยานยนต์ไฟฟ้า พื้นฐานการทำงานและการออกแบบ.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เฉลิมพล เรื่องพัฒนาวิวัฒน์และยุทธนา กันทะพะเยา. (1 มกราคม-มิถุนายน 2559). **การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับจักรยาน.** วารสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ฉบับที่ 1.
- ธีระยุทธ สุวรรณประณีป. (2559). **หนังสือวิศวกรรมยานยนต์.** (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- นันทวัฒน์ วงศ์สุทธิเวช, พุฒิชัย นรินทร และศราวุฒิ สดมพฤติ. (2561). **การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าของระบบส่งกำลังภายในรถกระบะไฟฟ้าสองแถว.** วิทยานิพนธ์. วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร., พิษณุโลก.
- ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว, กิตติคุณ สุอรุณ, วัชระ เชื้อวงษ์ดี และโอฬาร วงศาโรจนะกุล. (2559). **การพัฒนาชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนประหยัดเพื่อติดตั้งในจักรยาน.** สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2563, จาก <http://www.thaicyclingclub.org/wpcontent/uploads/files/ka arphathnaachudtnaebbmetrchwykhabaebbprahyadephuuetidtangaincchakrya an.pdf?fbclid=IwAR2ReexAXckMWE0YkCZW4CZ2wp0SqX4ryg6DOA0PKulqCXG mkxocq48ddLw>
- พลากร พรหมเมศรี และวสันต์ พลาชัย. (2560). **การพัฒนาระบบสถานีประจุแบตเตอรี่แบบผสมผสานขนาดเล็กสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า :** วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, (102-103)
- วิทยาลัยเทคนิคลำปาง แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน. (18 มกราคม 2553). **ชนิดของมอเตอร์กระแส สลับ.** สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2564, จาก http://www.Lampangtc.ac.th/branchmanage/upload_file/WiZrOse7Ji920151222152146

บรรณานุกรม (ต่อ)

สงกรานต์ วิริยะศาสตร์. (2551). การถ่ายเทความร้อนโดยใช้ของเหลวของชุดระบายความร้อนที่มี
ครีบนขนาดเล็กที่มีและไม่มีเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับซีพียูของคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์.
วศ.บ., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุชาติ แต่ตระกูล. โครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม
2564, จาก <http://www.kroo-suchat.com/files/Unit02.pdf>

โครงการสนับสนุนการใช้งานรถตุ๊กตุ๊กเป็นรถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้า. (2560). แบตเตอรี่ ยานยนต์ไฟฟ้า.
เรียกใช้เมื่อ 13 ธันวาคม 2563 จาก
<https://www.enconlab.com/etuktuk/index.php/menu-news-etuktuk/24-2017-09-18-09-22-18>

Elife. (18 พฤศจิกายน 2560). ล้อรถยนต์และยางเติมลมแตกต่างกันอย่างไร?. สืบค้นเมื่อ 10
มกราคม 2564, จาก <https://www.elifegear.com/tag/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%B2/>

Golden Motor Technology Co., Ltd. (2555). มอเตอร์ Brushless DC. สืบค้นเมื่อวันที่ 10
มีนาคม 2564, จาก <https://goldenmotorcz.en.madeinchina.com/product/NdGQXnJohpkv/China-72V-96V-Rated-20kW-with-Top40kW-4000RPM-160-n-M-brushless-and-gear-less-BLDC-MID-drive-motorElectric-car-motor-for-motorcycle-motorbike-CE-approved.html>

Jann Hammer. ตารางแสดงสมการการหาโมเมนต์ความเฉื่อยของรูปทรงต่างๆ. สืบค้นเมื่อวันที่
10 มีนาคม 2564, จาก <https://www.pinterest.co.uk/pin/355714070561125916/?lp=true>

John Wiley & Sons Ltd. (2546). **Electric Vehicle Technology Explained**. (พิมพ์ครั้งที่ 1).
ประเทศอังกฤษ

บรรณานุกรม (ต่อ)

Latest News. (24 ธันวาคม 2556). แรงขับเคลื่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่รถยนต์มีการเคลื่อนที่กับแรงต้านทั้งหมด. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2564, จาก <http://www.auto2drive.com>

Ph.D. Ing. Electrónica. (6 สิงหาคม 2556). ตัวอย่างการเชื่อมต่อมอเตอร์ไปยังล้อขับเคลื่อน. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2564, จาก <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/31638/45787>

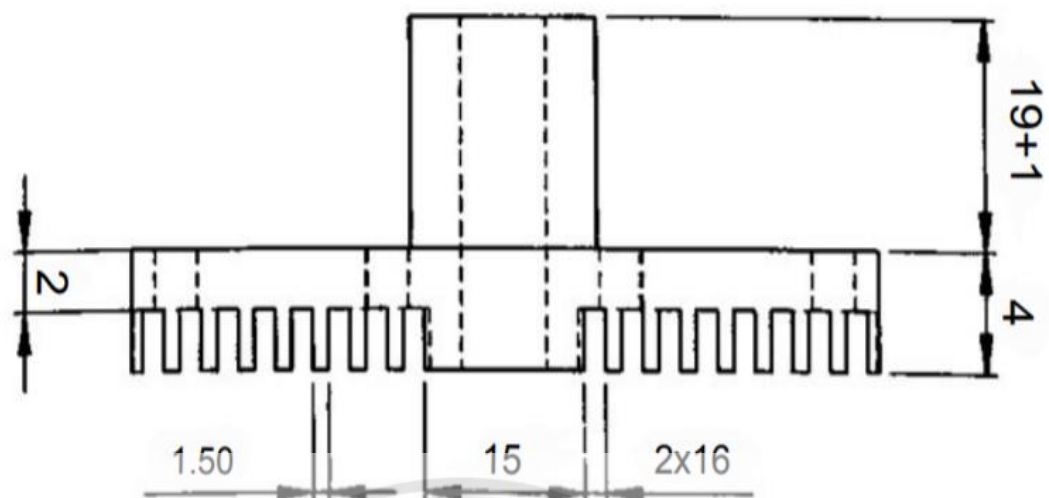
PSP TECH CO.,LTD. (3 มีนาคม 2558). มอเตอร์ (Motor) คืออะไร. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2563, จาก <http://www.psptech.co.th/%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8Cmotor%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-19171.page>

WIKIPEDIA. (2 มีนาคม 2564). แผนภาพแสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของรูปทรงต่างๆ. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2564, จาก <https://en.wikipedia.org/wiki/Dragcoefficient>



ภาคผนวก ก

มหาวิทยาลัยพระนคร



รูปที่ ก1. แสดงการออกแบบครีบบริเวณแผ่นระบายความร้อนที่พัฒนาแล้ว

