



การปรับปรุงชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ
Improvement on Prototype of Motor Assisted Biking for
Elderly People

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
วันลงทะเบียน.....14.ก.ย..2560.
เลขทะเบียน.....19181991
เลขเรียกหนังสือ.....

1/5
ท 239ก
2559

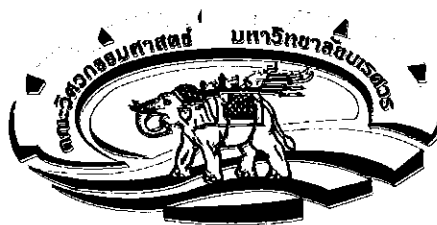
นายทศวรรษ ยาเสน รหัส 56361990
นายวิศรุต ทองดอนเหมือน รหัส 56362188
นายศตวรรษ วรรณสดี รหัส 56362232

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2559

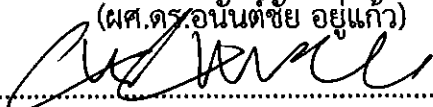


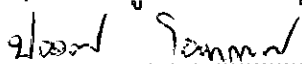
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การปรับปรุงชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ
 ผู้ดำเนินโครงการ นายทศวรรษ ยาเสน รหัส 56361990
 นายวิศรุฒ ทองดอนเหมือน รหัส 56362188
 นายศตวรรษ วรรณสดี รหัส 56362232
 ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว
 สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
 ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
 ปีการศึกษา 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)
.....กรรมการ

(อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)
.....กรรมการ

(อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การปรับปรุงชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ	
ผู้ดำเนินโครงการ	นายทศวรรษ ยาเสน	รหัส 56361990
	นายวิศรุต ทองดอนเหมือน	รหัส 56362188
	นายศตวรรษ วรรณสส	รหัส 56362232
ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2559	

บทคัดย่อ

การออกกำลังกายโดยการขี่จักรยานถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับการรณรงค์เพิ่มมากขึ้นทั่วประเทศ เนื่องจากการเสริมสร้างสุขภาพที่ดีต่อผู้ขี่จักรยาน อย่างไรก็ตามการขี่จักรยานเพื่อออกกำลังกายมีข้อจำกัดสำหรับ ผู้สูงอายุที่ทำให้ไม่สามารถออกกำลังกายได้เป็น ระยะเวลาานาน หรือใช้กำลังมากได้ โดยเมื่อขี่จักรยานอาจเกิดความเมื่อยล้าและมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายฉับพลัน จึงมีความจำเป็นที่ควรมีอุปกรณ์ที่สามารถติดตั้งเพื่อช่วยในการผ่อนแรงหรือช่วยขับเคลื่อนเพื่อช่วยลดความเหนื่อยล้าจากการขี่จักรยานได้ ในกระบวนการพัฒนาชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนแรกดังกล่าวจะประกอบไปด้วย 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ การออกแบบเชิงหลักการ การสร้างและติดตั้งชุดอุปกรณ์ และการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ สำหรับกระบวนการออกแบบเชิงหลักการนั้น ได้กำหนดข้อมูลจำเพาะของชุดอุปกรณ์ติดตั้งอาศัยการคำนวณตามหลักการทางวิศวกรรมเพื่อออกแบบระบบกลไก และเพื่อกำหนดขนาดแบตเตอรี่และกำลังของมอเตอร์ พร้อมทั้งร่างแบบชุดอุปกรณ์ โดยชุดอุปกรณ์ติดตั้งจะใช้การติดตั้งแบบอาศัยแรงเสียดทานระหว่างเพลลาขับและล้อของมอเตอร์ จากนั้นได้ทำการจัดซื้ออุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นส่วนซึ่ง ประกอบไปด้วยมอเตอร์ แบตเตอรี่ และสร้างชุดขับเคลื่อนกับจักรยานและเพลลาขับแรงเสียดทาน รวมทั้งชุดสวิทช์ขับเคลื่อน และระบบวงจรควบคุมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนที่สองโดยให้สามารถติดตั้งได้กับจักรยานทั่วไปเพื่อให้สามารถใช้งานโดยผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น โดยออกแบบให้มีน้ำหนักเบาและใช้งบประมาณในการออกแบบที่ไม่สูง รวมทั้งต้องสร้างความสะดวกสบายในการใช้งานและมีความปลอดภัยสำหรับต่อผู้สูงอายุเพื่อส่งเสริมการออกกำลังกาย

Project title Improvement on Prototype of Motor Assisted Biking for Elderly People

Name Mr.Todsawat Yasen ID 56361990
Mr.Visarut Thongdonmuen ID 56362188
Mr.Sattawat Wannasod ID 56362232

Project advisor Assist.professor Dr.Ananchai Ukeaw

Major Mechanical Engineering

Department Mechanical Engineering

Academic year 2016

ABSTRACT

Bicycling is one way to exercise which has been promoting more and more throughout Thailand. This is because it could improve and promoting good health for bicyclists. On the other hand, bicycling is limited for elders who cannot sustain long period of getting exercise or power demanding exercise. They tends to get easily exhausted and are risk for sudden injury. Therefore, a kit installed to reduce pedaling effort or assist the riding is needed. The first version of motor assisted kit development consists of three main processes, which includes conceptual design, fabrication and installation, and functional testing.

For conceptual design process, requirement of the device is determined and employed for system design by mean of engineering calculation. Battery and motor power sizing were also determined. The schematic diagram of the motor assisted biking kit was drafted. Installation was done by means of friction drive between driving wheel and bicycle wheel. Then, components were purchased and fabricated. Main components are a motor, batteries, and a fasten device, shaft and driving wheel, switch and accelerator, and controller and electronic components. This work aims to improve upon the first version of motor assist biking into second version kit to be more convenient to use with various type of bicycle for elders. Also, weight shall be reduced in low cost design manner. The motor assisted biking should be convenient and safety for elder to exercise by bicycling.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านในที่นี้อาจไม่ได้กล่าวถึง ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกขอกราบขอพระคุณคือท่าน ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความกรุณาในการตรวจทานเล่มปริญญาานิพนธ์และแนะนำชี้แนวทางในการค้นคว้าข้อมูลต่างๆ และขอขอบพระคุณอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่ได้กรุณาให้แนวคิด แนวทางการแก้ไขปัญหา จุดสำคัญของงาน ช่วยชี้แนะแนวทางในการทำปริญญาานิพนธ์ ตลอดจนแนะนำการค้นคว้าหาแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาานิพนธ์เป็นอย่างมาก คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป ขอขอบคุณนายชัชชัย อินเขียน ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการสร้างชิ้นงาน ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆมาใช้ในการดำเนินโครงการ ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อความสำเร็จในการดำเนินโครงการเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินโครงการ

ขอกราบขอพระคุณบิดา มารดา รวมถึงทุกคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการ ผู้อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและคอยให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จดังเช่นทุกวันนี้

นายทศวรรษ ยาเสน

นายวิศรุต ทองดอนเหมือน

นายศตวรรษ วรรณสด

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
ABSTRACT.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตการทำโครงการ.....	1
1.4 แผนผังการดำเนินโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ.....	3
1.7 การวิเคราะห์ SWOT.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	6
2.1 วรรณกรรมปริทัศน์.....	6
2.2 แรงขับเคลื่อน (Tractive Effort).....	6
2.2.1 แรงต้านทานการหมุนของล้อ.....	8

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.2 แรงต้านทานอากาศ	9
2.2.3 แรงต้านในขณะขึ้นเนิน	11
2.2.4 แรงจากความเร่ง	12
2.2.5 แรงที่ต้องการที่ล้อเพื่อให้ได้ความเร่งเชิงมุมจากมอเตอร์	12
2.2.6 กำลังของมอเตอร์.....	14
2.3 ข้อมูลจำเพาะของจักรยานไฟฟ้า (Specification).....	15
2.4 การคำนวณหากำลังของมอเตอร์, วงเลี้ยวและจุด CG.....	15
2.4.1 การคำนวณหากำลังของมอเตอร์	15
2.4.2 การคำนวณวงเลี้ยว	17
2.4.3 การคำนวณหาจุด CG	17
บทที่ 3 กระบวนการดำเนินโครงการ.....	22
3.1 การออกแบบโครงสร้างชุดมอเตอร์ช่วยขับ	22
3.2 ส่วนประกอบของชุดมอเตอร์ช่วยขับ	23
3.2.1 รถจักรยานที่ใช้	23
3.2.2 มอเตอร์	24
3.2.3 แบตเตอรี่	24
3.2.4 ชุดมอเตอร์ช่วยขับจักรยานแบบแรงเสียดทาน (Friction Drive)	25
3.2.5 ตัวควบคุม Controller และ ชุดคันเร่ง ขนาด 24 โวลต์ [V].....	26
3.3 การติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับ	26
3.4 การทดสอบชุดมอเตอร์ช่วยขับ	27

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4.1 การทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรก	27
3.4.2 การทดสอบอัตราเร่ง	27
3.4.3 การทดสอบการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่เทียบกับระยะทาง	28
3.4.4 การทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนบนล้อจักรยาน	28
3.4.5 การทดสอบอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง	29
3.4.6 การทดสอบวงเลี้ยว	30
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	31
4.1 ผลการทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรก.....	31
4.2 ผลการทดสอบอัตราเร่ง.....	32
4.3 ผลการทดสอบการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่เทียบกับระยะทาง.....	33
4.3.1 การทดสอบกรณีบิดอย่างเดียว	33
4.3.2 การทดสอบกรณีบิดพร้อมออกแรงปั่น	34
4.3.3 เปรียบเทียบผลของการทดสอบกรณีบิดอย่างเดียวและกรณีบิดพร้อมออกแรงปั่น	34
4.4 ผลการทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนบนล้อจักรยาน	35
4.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง.....	36
4.6 ผลการทดสอบวงเลี้ยว.....	37
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	38
5.1 อภิปรายผลการดำเนินโครงการ.....	38
5.2 สรุปผลการดำเนินโครงการ	39
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป.....	40

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.4 ค่าตารางเปรียบเทียบ ระหว่างชุดต้นแบบมอเตอร์	41
บทที่ 6 บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก ก รายละเอียดข้อมูลอ้างอิงต่างๆ.....	43
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดสอบ	49
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	53



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 คำสัมประสิทธิ์ต้านทานการหมุนของล้อสำหรับถนนต่างๆ	9
ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลจำเพาะของจักรยานไฟฟ้า (Specification).....	15
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดจำเพาะของส่วนประกอบที่จะใช้ในชุดมอเตอร์ช่วยขับ	22
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวงเลี้ยว	37
ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบระหว่างชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับรุ่นที่ 2 กับชุดติดตั้งอื่นๆ	41
ตารางที่ ก.1 มอเตอร์	44
ตารางที่ ก.2 วัดตัมเตอร์	46
ตารางที่ ก.3 โวลต์มิเตอร์	47
ตารางที่ ก.4 คลาสของฉนวนมอเตอร์	48
ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรก	50
ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบอัตราเร่ง	50
ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบประจุแบตเตอรี่เทียบกับระยะทาง	51
ข.3.1 การทดสอบกรณีปิดอย่างเดียว	51
ข.3.2 การทดสอบกรณีปิดพร้อมออกแรงปั่น	51
ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับกดลงบนล้อจักรยาน	51
ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิ.....	52

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงการติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับ (Kit Box) และ คันเร่ง (Accelerator).....	1
รูปที่ 1.2 แผนผังการดำเนินโครงการ.....	2
รูปที่ 2.1 แรงที่กระทำต่อรถจักรยานขณะขึ้นเนิน.....	7
รูปที่ 2.2 แสดงแรงต้านทานการหมุนของล้อ.....	8
รูปที่ 2.3 การวัดปริมาณของสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient).....	10
รูปที่ 2.4 แสดงถึงแรงต้านจากทางขึ้น.....	11
รูปที่ 2.5 โมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุนของรูปวงแหวน.....	13
รูปที่ 2.6 ล้อขับที่ขับเคลื่อนด้วยระบบ (Friction drive) แรงเสียดทาน.....	13
รูปที่ 2.7 รูปประกอบการหาจุด CG ในแกน y.....	19
รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงจุด CG หลังติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับจักรยาน.....	22
รูปที่ 3.1 แผนภาพระบบการทำงานและส่วนประกอบของมอเตอร์ช่วยขับจักรยานโดยมี M เป็นมอเตอร์ขับและ Driven Wheel เป็นล้อจักรยาน.....	24
รูปที่ 3.2 รถจักรยานทดสอบ.....	23
รูปที่ 3.3 มอเตอร์ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า.....	24
รูปที่ 3.4 แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า.....	24
รูปที่ 3.5 สกิวเตอร์ไฟฟ้าต้นแบบที่นำมาดัดแปลง(BG E-Scooter).....	25
รูปที่ 3.6 ชุดขับเคลื่อนจักรยานแบบแรงเสียดทาน (Friction Drive).....	25
รูปที่ 3.7 ชุด Controller และ ชุดคันเร่ง ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า.....	26

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.8 การประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้แก่ ชุดกล่องหลัก (Motor, controller, battery) และชุดคันเร่ง (Accelerator)	26
รูปที่ 3.9 การทดสอบเพื่อหาข้อมูลจำเพาะของมอเตอร์ต้นกำลัง	27
รูปที่ 3.10 วัดตมิตอร์	28
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งติดตั้งสูงสุดและต่ำสุดของชุดอุปกรณ์ช่วยขับ	29
รูปที่ 3.12 มัลติมิเตอร์ Uni-t ut139c	39
รูปที่ 3.13 การทดสอบวงเลี้ยว โดยที่ r และ R เป็นรัศมีที่ความเร็วต่างๆ	30
รูปที่ 4.1 กราฟแรงบิดชุดมอเตอร์ช่วยขับเทียบกับความเร็วรอบที่ทดสอบโดยวิธีโพนีเบรก	31
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอัตราเร่งของชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่าความเร็วของจักรยานกับเวลาที่ขับชี้	32
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับชี้จักรยานที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง	33
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับชี้จักรยานที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง	34
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับชี้จักรยานที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง	35
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับชี้จักรยานที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง	36
รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงค่าอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง	37
รูปที่ ก.1 แบบมอเตอร์	45

บทที่ 1

บทนำ

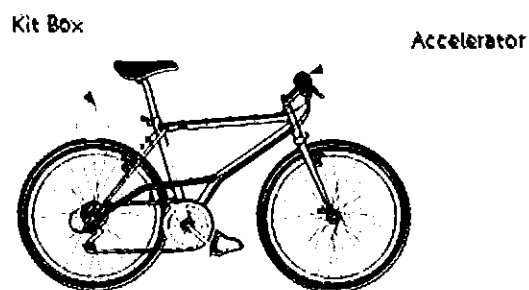
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและความรู้เรื่องการดูแลสุขภาพก็สามารถเผยแพร่ไปสู่ประชาชนได้อย่างทั่วถึง จากการสำรวจของสำนักสถิติแห่งชาติพบว่าประชาชนหันมาสนใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะในผู้สูงอายุไทยได้ไปรับการตรวจสุขภาพร่างกายประจำปีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก ร้อยละ 35.2 ในปี 2545 เป็นร้อยละ 52.2 ในปี 2557 และ ร้อยละของผู้สูงอายุที่ประเมินตนเองว่าในช่วง 7 วันก่อนวันสัมภาษณ์มีสุขภาพร่างกายดีมาก/ดี เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 42.7 ในปี 2554 เป็นร้อยละ 45.7 ในปี 2557 แสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุหันมาสนใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ซึ่งวิธีการดูแลสุขภาพอย่างหนึ่งคือการออกกำลังกาย และการปั่นจักรยานนับเป็นวิธีการออกกำลังกายที่สามารถทำได้ง่ายและให้ผลดีเป็นอย่างดี แต่สำหรับผู้สูงอายุการปั่นจักรยานเป็นเวลานานจะเกิดปัญหาว่าเมื่อบั่นจักรยานไปได้สักระยะหนึ่งแล้วจะเกิดอาการเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า ซึ่งต้องพักเป็นเวลานานกว่าจะฟื้นตัว ทำให้เกิดความคิดที่ไม่อยากจะออกไปปั่นจักรยานเพราะกลัวว่าจะออกกำลังกายไม่ไหว สอดคล้องกับผลการสำรวจที่พบว่าการออกกำลังกายในผู้สูงอายุมีสัดส่วนร้อยละน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงอายุอื่นๆ ดังนั้นรถจักรยานไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุซึ่งสามารถปั่นเพื่อออกกำลังกายและสามารถขับขึ้นได้โดยไม่ต้องออกแรงปั่น แต่ในปัจจุบันรถจักรยานไฟฟ้าสำเร็จรูปมีราคาที่สูงจึงไม่เป็นที่นิยมซื้อมาใช้งานมากนัก โครงการนี้จึงทำการศึกษาคู่มือมอเตอร์ช่วยขับเพื่อติดตั้งในจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ โดยอาศัยการขับเคลื่อนแบบแรงเสียดทาน (Friction Drive) ที่มีราคาไม่สูง, สะดวกในการติดตั้ง และ สะดวกในการพกพา

จักรยานขับเคลื่อนแบบ Friction Drive จะมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ดังนี้

- 1) ชุดมอเตอร์ช่วยขับ (Kit Box) ประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor), กล้องควบคุม (Brush) แบตเตอรี่ (battery) และ ล้อขับ (Wheel drive)
- 2) ชุดคันเร่ง (Accelerator)

โครงการนี้จะทำการศึกษาถึงค่า Load ที่ส่งผลต่อกำลังขับเคลื่อน, การหาจุด CG และการติดตั้งชุด Friction Drive พร้อมทดสอบการขับเคลื่อน



รูปที่ 1.1 แสดงการติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับ (Kit Box) และ คันเร่ง (Accelerator)

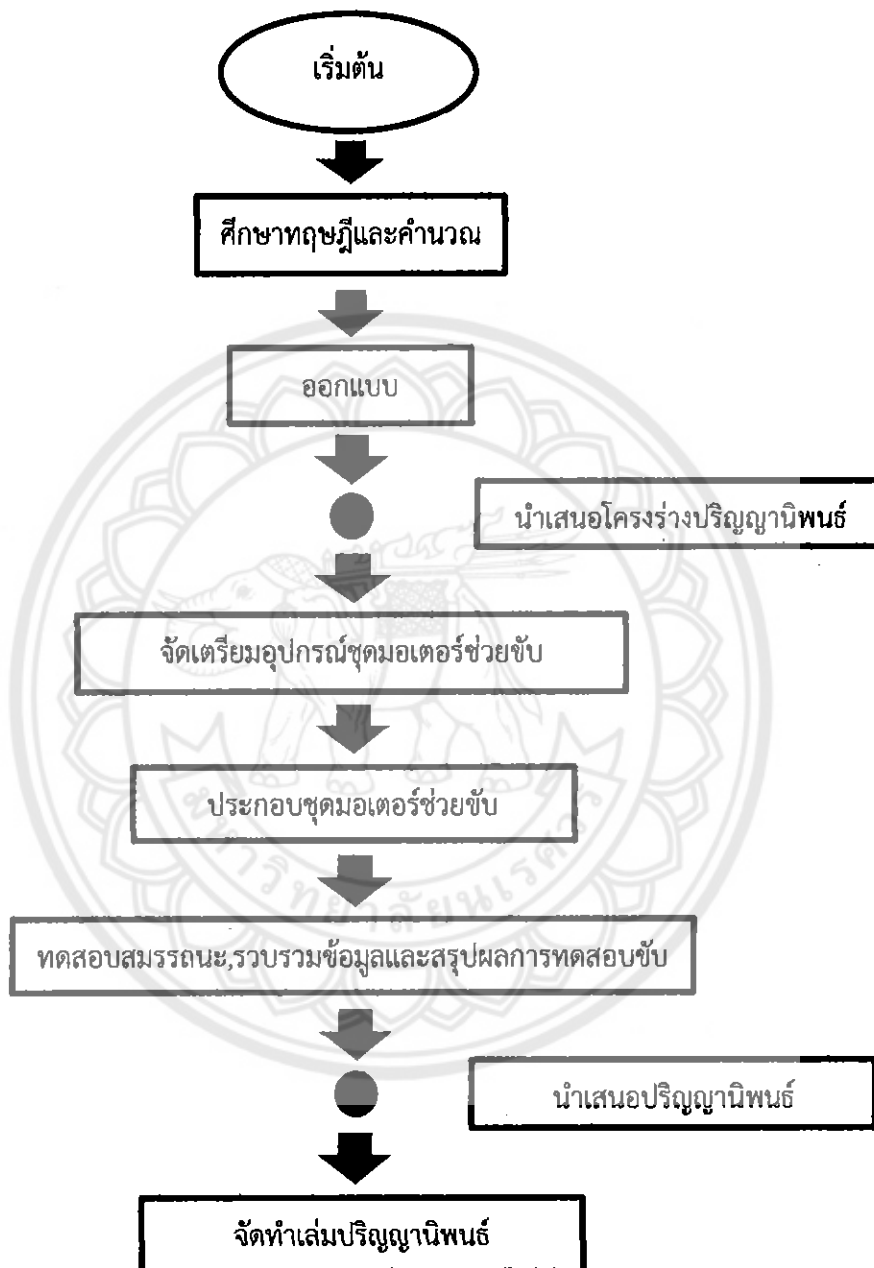
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาต่อยอดชุดมอเตอร์ช่วยขับจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) ใช้มอเตอร์ที่มีขนาด (120W,24VDC,2750RPM) และแบตเตอรี่ลิเทียม-โพลิเมอร์ (Lithium Polymer : Li-Po) (22.2V,5.2Ah)
- 2) ติดตั้งในจักรยานอเนกประสงค์แบบพับได้
- 3) ใช้พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก เป็นสถานที่ออกแบบและทดสอบชุดติดตั้งจักรยาน

1.4 แผนผังการดำเนินงาน



รูปที่ 1.2 แผนผังการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจักรยานสำหรับผู้สูงอายุที่ต่อยอดมาจากชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจักรยาน

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

หมวดวัสดุ

1.) วัสดุยานยนต์		
- ชุดมอเตอร์ (24VDC 120W 2750RPM)	1,250	บาท
- ตัวควบคุม (24V 120W)	1,150	บาท
- ชุดคันเร่ง	750	บาท
2.) วัสดุไฟฟ้า		
- แบตเตอรี่ Lithium-Polymer (22.2V 5.2Ah)	2800	บาท
3.) วัสดุก่อสร้าง		
- เหล็กแผ่น	200	บาท
รวม	6150	บาท

หมวดค่าใช้สอย

1.) ค่าใช้จ่ายทั่วไป		
- จัดทำรูปเล่ม	500	บาท
รวม	500	บาท

รวมงบประมาณทั้งสิ้น 6,650 บาท (สี่พันหกร้อยบาทถ้วน)

1.7 การวิเคราะห์ SWOT

จากข้อมูลทั้งเชิงวิชาการ และเชิงธุรกิจต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ขอให้คณะวิจัยวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน-โอกาส-อุปสรรค ของโครงการ และผลงานวิจัยจากโครงการนี้ โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานตามข้อเท็จจริงของข้อมูลต่างๆ

- วิเคราะห์ S (Strengths) คือ จุดแข็ง หมายถึง ความสามารถและสถานการณ์ภายในกลุ่มที่เป็นบวก ซึ่งกลุ่มนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการทำงานเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์
- วิเคราะห์ W (Weaknesses) คือ จุดอ่อน หมายถึง สถานการณ์ภายในกลุ่มที่เป็นลบ และด้อยความสามารถ ซึ่งกลุ่มไม่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการทำงานเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์
- วิเคราะห์ O (Opportunities) คือ โอกาส หมายถึง ปัจจัยและสถานการณ์ภายนอกที่เอื้ออำนวยให้การทำงานของกลุ่มบรรลุวัตถุประสงค์

- วิเคราะห์ T (Threats) คือ อุปสรรค หมายถึง ปัจจัยและสถานการณ์ภายนอกที่ขัดขวางการทำงานของกลุ่มไม่ใ้บรรลุวัตถุประสงค์หรือหมายถึงสภาพแวดล้อมภายนอกที่เป็นปัญหาต่อกลุ่ม บางครั้งการจำแนกโอกาสและอุปสรรคเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เพราะทั้งสองสิ่งนี้สามารถเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้สถานการณ์ที่เป็นโอกาสกลับกลายเป็นอุปสรรคได้ และในทางกลับกัน อุปสรรคอาจกลับกลายเป็นโอกาสได้เช่นกัน

การวิเคราะห์ SWOT ของกลุ่มมีข้อที่ควรคำนึงถึงอยู่ 4 ประการ คือ

- 1.) กลุ่มต้องกำหนดก่อนว่า กลุ่มต้องการที่จะทำอะไร
- 2.) การวิเคราะห์โอกาสและอุปสรรคต้องกระทำในช่วงเวลาขนาดนั้น
- 3.) กลุ่มต้องกำหนดปัจจัยหลัก (Key success factors) ที่เกี่ยวกับการดำเนินงานให้ถูกต้อง
- 4.) กลุ่มต้องประเมินความสามารถของตนให้ถูกต้อง

นอกจากข้อที่ควรคำนึงถึงแล้ว ยังมี ปัญหาที่ควรระวัง ดังนี้

- 1.) การระบุจุดอ่อนต้องกระทำอย่างซื่อสัตย์ และบางครั้งจุดอ่อนเฉพาะอย่างเป็นของเฉพาะบุคคล
- 2.) การจัดการกับกลไกการป้องกันตนเองต้องกระทำอย่างรอบคอบ
- 3.) แนวโน้มการขยายจุดแข็งที่เกินความเป็นจริง
- 4.) ความใกล้ชิดกับสถานการณ์ทำให้มองสถานการณ์ของกลุ่มไม่ชัดเจน
- 5.) การกำหนดบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลต้องระบุให้ชัดเจน
- 6.) ข้อมูลไม่เพียงพอและข้อมูลสิ่งแวดล้อม ภายนอกเพียงเบนนอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายนอกอาจเป็นโอกาสหรืออุปสรรคก็ได้

**การวิเคราะห์สถานการณ์ (SWOT Analysis) ของโครงการ “ชุดอุปกรณ์ช่วย
ขับจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ”**

1.) จุดแข็ง (Strengths)

- 1.) อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ง่าย
- 2.) อุปกรณ์ติดตั้งได้ง่าย ไม่ซับซ้อน
- 3.) อุปกรณ์มีราคาถูก

2.) จุดอ่อน (Weaknesses)

- 1.) ใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการจัดทำโครงการมาก
- 2.) มีเงินทุนในการจัดการโครงการที่จำกัด

3.) โอกาส (Opportunities)

- 1.) พัฒนาอุปกรณ์ให้มีรูปลักษณ์ที่ทันสมัย และสะดวก สามารถใช้งานได้อย่างแพร่หลาย

4.) อุปสรรค (Threats)

- 1.) วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้อาจเกิดการเสียหายได้ง่าย เนื่องจากงบประมาณในการจัดทำที่จำกัด



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมปริทัศน์

James Larnie และ John Lowry [1] ค้นคว้าเกี่ยวกับยานพาหนะที่ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานทั้งหลักการออกแบบ, การใช้งาน, การพัฒนายานพาหนะไฟฟ้า และ การประเมินผลทางด้านวิศวกรรม เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล อันก่อให้เกิดมลพิษต่างๆเพื่อเป็นการลดการปล่อยของคาร์บอนในชั้นบรรยากาศคำนึงถึงสถานะโลกร้อนที่ตามมา โดยทำการคำนวณแบบของยานพาหนะโดยใช้ไฟฟ้าเป็นตัวให้พลังงาน โดยจะนำวิธีการหาแรงขับเคลื่อน (Tractive Effort) ซึ่งคือแรงที่กระทำต่อ ยานพาหนะไฟฟ้าขณะที่เคลื่อนที่มาใช้คำนวณหากำลังที่ใช้เลือกมอเตอร์มาขับเคลื่อน

กิตติคุณ สุอรุณ, วัชร เชื้อวงศ์ และ โอฟาร วงศาโรจนะกุล [2] ทำการพัฒนาชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนติดตั้งในจักรยาน โดยทำการคำนวณหาแรงขับเคลื่อน (Tractive Effort) เพื่อเลือกใช้มอเตอร์ที่จะนำมาเป็นตัวขับเคลื่อน และ ทำการทดสอบเบื้องต้น แต่ชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้ยังมีปัญหาการกินหน้ายาง, อุปกรณ์มีน้ำหนักมาก และ อุปกรณ์ชุดนี้ต้องติดตั้งไว้กับตัวจักรยานเลย ทำให้ยากต่อการพกพา และ การติดตั้ง จึงได้นำอุปกรณ์ชุดนี้มาศึกษาและพัฒนาต่อให้เหมาะกับผู้ใช้สูงอายุใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

ธีระพงศ์ วงมีบุญ, นพ แสนคำ และ อติศักดิ์ เมืองใจ [3] ทำการศึกษาโครงการเตรียมโครงสร้างสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า ได้ใช้โปรแกรม CG Calculator เพื่อคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วงของจักรยาน จึงได้นำวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงของจักรยานมาประกอบการทำโครงการ

2.2 แรงขับเคลื่อน (Tractive Effort)

กระบวนการแรกในการคำนวณหากำลังในการขับเคลื่อนยานพาหนะ สมการที่ต้องการคือ สมการของแรงขับเคลื่อน (Tractive Effort) คือแรงที่ขับให้ยานพาหนะเกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ขับเคลื่อนไปตามท้องถนนที่ขับเคลื่อนโดยล้อ ซึ่งภาระทั้งหมดจะนำมารวมกันเพื่อหาแรงภาระที่จะเอาชนะ เพื่อให้จักรยานสามารถเคลื่อนที่ได้

$$F_{te} = F_{fr} + F_{ad} + F_{hc} + F_{ia} + F_{oa} \quad [N] \quad \dots\dots\dots(1)$$

จะทำการพิจารณา มวลของยานพาหนะ, ความเร็วและความชันของเนิน แรงทั้งหมดที่กระทำต่อ พาหนะในขณะที่ขับเคลื่อนจะมีดังนี้

- 1) แรงต้านทานการหมุนของล้อ (Rolling Resistance Force, F_{fr})

- 2) แรงต้านทานอากาศ (Aerodynamic drag, F_{ad})
- 3) แรงต้านในขณะขึ้นเนิน (Hill Climbing Force, F_{hc})
- 4) แรงจากความเร่ง (Acceleration Force, F_{ia})
- 5) แรงที่ต้องการที่ล้อเพื่อให้ได้ความเร่งเชิงมุมจากมอเตอร์ (The force at the wheels needed to provide the angular acceleration to the rotating motor, F_{oa})



รูปที่ 2.1 แรงที่กระทำต่อรถจักรยานขณะขึ้นเนิน

2.2.1 แรงต้านทานการหมุนของล้อ (Rolling Resistance Force)

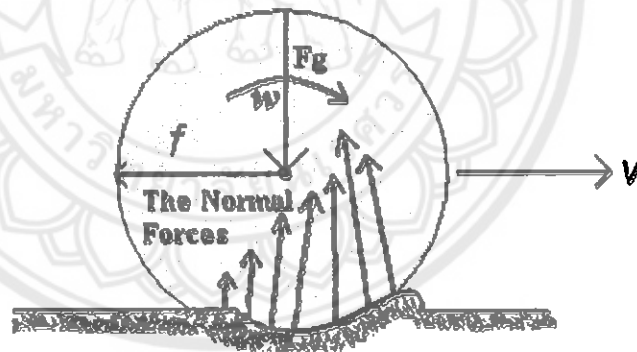
แรงต้านทานการหมุนของล้อเป็นแรงที่มีความสำคัญมากที่สุดซึ่งจำเป็นสำหรับการส่งกำลัง เนื่องจากทำให้รถสามารถเคลื่อนที่ออกไปได้โดยอาศัยแรงเสียดทานที่ล้อกระทำกับพื้น ปัจจัยที่มีผลต่อแรงต้านทานการหมุนของล้อ ได้แก่

1. สภาพของยางของล้อยานพาหนะ หมายถึงวัสดุที่นำมาทำยาง, รูปทรงของยาง, ความกว้าง ขนาดของยาง, ความดันของลมยาง และ ดอกยาง ซึ่งยางที่มีขนาดดวงล้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่จะมีแรงต้านทานการหมุนของล้อที่น้อยกว่ายางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก

2. สภาพของผิวของพื้นถนน ซึ่งบริเวณพื้นผิวที่มีลักษณะขรุขระจะทำให้เกิดแรงต้านทานการหมุนของล้อมาก และ บริเวณพื้นผิวที่มีลักษณะเรียบจะทำให้แรงต้านทานการหมุนของล้อมีค่าน้อยเช่นกัน

3. น้ำหนักของตัวยานพาหนะ และ ผู้ขับขี่ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลมากในการขับเคลื่อนของยานพาหนะ ซึ่งถ้ายานพาหนะ และ ผู้ขับขี่มีน้ำหนักมากจะส่งผลให้แรงต้านทานการหมุนของล้อมากตามไปด้วย

4. อัตราเร็วของยานพาหนะ แรงต้านทานการหมุนของยานพาหนะจะมีค่ามากที่สุดในช่วงเริ่มเคลื่อนที่เนื่องจากจำเป็นต้องเอาชนะแรงต้านความเฉื่อย และ จะมีแรงต้านทานการหมุนน้อยลงเมื่ออัตราเร็วของยานพาหนะเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงแรงต้านทานการหมุนของล้อ

$$F_f = \mu_f \cdot mg \text{ [N]} \quad \dots\dots\dots (2)$$

m = มวลรวมคนขับกับยานพาหนะ [kg]

g = แรงโน้มถ่วงโลก [m/s^2]

μ_f = สัมประสิทธิ์ต้านทานการหมุนของล้อ ใช้ค่าตามกรณีดังตารางที่ 2.1

Weight			
lb	218	282	381
kg	99	128	173
Coefficient of Rolling Resistance			
Compacted gravel	0.01	0.0052	-
Losse pea gravel	0.0092	0.0069	0.0051
Smooth asphalt	0.0071	-	-

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ด้านทานการหมุนของล้อสำหรับถนนต่างๆ
[ที่มา หนังสือ Electric Bicycle A Guide to Design and use หน้า 27]

2.2.2 แรงต้านทานอากาศ (Aerodynamic drag)

เป็นแรงส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นในส่วนของโครงสร้างยานพาหนะที่เคลื่อนผ่านอากาศ ทำให้เกิดแรงเสียดทานบริเวณพื้นที่ด้านหน้า, รูปร่าง, กระจกที่ยื่นออกมา(กรณีมีกระจก) และตัวแปรอื่นๆ จะได้สมการเป็น

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \cdot \rho A C_d v^2 \text{ [N]} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ρ = ความหนาแน่นอากาศที่ 25C° [1.2 kg/m³]

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงลมทั้งหมด [m²]

C_d = ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient) ในกรณีศึกษาจะใช้ค่าซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่ด้านหน้าของจักรยาน

v = ความเร็วของยานพาหนะในขณะนั้น [m/s]

Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

รูปที่ 2.3 การวัดปริมาณของสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient)

[ที่มา https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient]

ในปัจจุบันการออกแบบรูปร่างตามหลักอากาศพลศาสตร์ จะส่งผลให้แรงต้านอากาศลดลง ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อดีหลายประการ คือ ทำให้อัตราเร็วสูงสุดของยานพาหนะเพิ่มมากขึ้น และ ยังทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นอีกด้วย โดยปัจจัยที่มีผลต่อแรงต้านอากาศ คือ

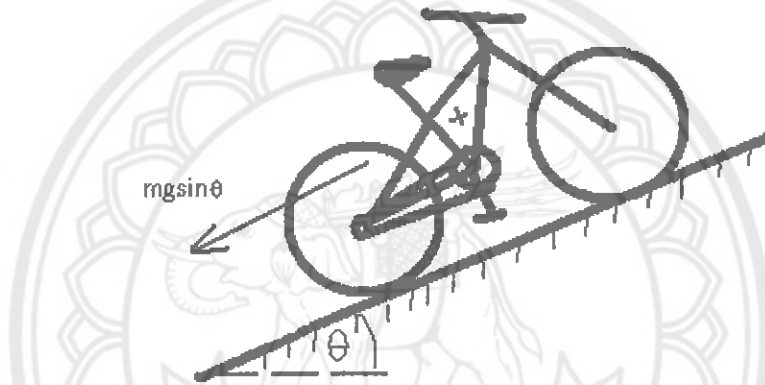
1. ความเร็วลม ถ้าความเร็วลมมีทิศทางเคลื่อนที่สวนทางกับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะทำให้เกิดแรงต้านอากาศ และในทางกลับกัน ถ้าทิศทางของลมเคลื่อนที่ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะทำให้เกิดแรงเสริม
2. ลักษณะรูปร่างของยานพาหนะ แรงต้านอากาศที่เกิดจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของยานพาหนะที่อากาศมากระทบ แรงต้านอากาศที่เกิดขึ้นจากการที่เกิดความดันระหว่างด้านหน้า และ ด้านหลังของยานพาหนะมีความแตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงกระทำจากบริเวณที่มีความดันที่สูงกว่าผลักด้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเอาไว้

2.2.3 แรงต้านในขณะขึ้นเนิน (Hill Climbing Force)

แรงต้านในขณะขึ้นเนิน เกิดจากการที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ขึ้นไปบนทางชัน ทำให้สูญเสียกำลังบางส่วนเพื่อใช้เอาชนะแรงต้านที่เกิดจากน้ำหนักของตัวยานพาหนะและผู้ขับขี่ให้รถสามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปบนทางชันได้ แต่ในกรณีที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ลงทางลาดนั้นจะเกิดกรณีตรงข้ามกันดังนั้นการเคลื่อนที่ลงทางลาดจะทำให้เกิดแรงเสริมเนื่องจากน้ำหนักยานพาหนะและผู้ขับขี่ ปัจจัยที่มีผลต่อแรงต้านที่เกิดจากทางชัน ได้แก่

1. น้ำหนักของยานพาหนะและผู้ขับขี่
2. ความชันของพื้นผิวถนน

การคำนวณแรงต้านในขณะขึ้นเนินเกิดจากการแตกแรงออกเป็น 2 แรงคือ แรงที่ตั้งฉากกับผิวทางชัน และ แรงที่ขนานกับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ



รูปที่ 2.4 แสดงถึงแรงต้านจากทางชัน

แรงที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะขึ้นเนิน, เขา จะมีองค์ประกอบของน้ำหนัก และ องค์ประกอบของความชัน จะได้สมการดังนี้

$$F_{hc} = mgs \sin \theta \quad [\text{N}] \quad \dots\dots\dots (4)$$

m = มวลรวมระหว่างคนกับจักรยาน [kg]

g = แรงโน้มถ่วงของโลก [m/s^2]

θ = ขนาดของมุมที่ทำกับพื้นแนวระดับ

2.2.4 แรงจากความเร่ง (Acceleration Force)

ถ้าความเร็วในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไป แรงที่ได้มาจากความเร่งเชิงเส้นของพาหนะ จะใช้กฎข้อที่ สองของนิวตัน

$$F_a = ma \text{ [N]} \quad \dots\dots\dots (5)$$

m = มวลรวมระหว่างคนและจักรยาน [kg]

a = ความเร่งของจักรยาน [m/s^2]

2.2.5 แรงที่ต้องการที่ล้อเพื่อให้ได้ความเร่งเชิงมุมจากมอเตอร์ (The force at the wheels needed to provide the angular acceleration to the rotating motor)

แรงที่จำเป็นในการเร่งรถจะยังพิจารณาแรงที่จำเป็นที่จะทำให้ชิ้นส่วนที่หมุนเริ่มทำงานได้เร็วขึ้น และ จะพิจารณาคความเร่งเชิงมุมเช่นเดียวกับความเร่งเชิงเส้นจะได้แรงที่กลายเป็นแรงที่ต้องการที่ล้อเพื่อให้ได้ความเร่งเชิงมุม จากมอเตอร์

$$F_{\omega a} = I \cdot \frac{G^2}{\eta_g r^2} \cdot a \text{ [N]} \quad \dots\dots\dots (6)$$

η_g = ประสิทธิภาพของระบบเกียร์

r = รัศมีของล้อ [m]

a = ความเร่ง [m/s^2]

เมื่อเรากำหนดให้ประสิทธิภาพเกียร์เท่ากับ 100% ไม่มีการสูญเสียจากแรงเสียดทาน

$$F_{\omega a} = I \cdot \frac{G^2}{r^2} \cdot a \text{ [N]} \quad \dots\dots\dots (7)$$

G = อัตราทดเกียร์

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุน [kgm^2] ซึ่งหาได้จาก

$$I = \frac{1}{2} m(R_1^2 - R_2^2) \quad \dots\dots\dots (8)$$



รูปที่ 2.5 โมเมนต์ความเฉื่อยของการหมุนของรูปวงแหวน

[ที่มา <http://www.slideshare.net>]



รูปที่ 2.6 สล้อขับที่ขับเคลื่อนด้วยระบบ (Friction drive) แรงเสียดทาน

ซึ่งสมการ 2.5 จะหาได้จากการวิเคราะห์ดังนี้

จะได้ทอร์กของมอเตอร์ [T]

$$T = \frac{F_{ie} r}{G} \text{ [N}\cdot\text{m]} \dots\dots\dots (9)$$

หรือในรูปของแรง

$$F_{ie} = \frac{G}{r} \cdot a \text{ [N]} \dots\dots\dots (10)$$

กำหนดความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์

$$\omega = G \cdot \frac{v}{r} \text{ [rad/s]} \quad \dots\dots\dots (11)$$

ในรูปของความเร่งเชิงมุม

$$\omega = G \cdot \frac{a}{r} \text{ [rad/s}^2\text{]} \quad \dots\dots\dots (12)$$

ทอร์กที่ต้องการสำหรับความเร่งเชิงมุม

$$T = I \cdot G \frac{a}{r} \text{ [N}\cdot\text{m]} \quad \dots\dots\dots (13)$$

2.2.6 กำลังของมอเตอร์ (P)

คือการรวมแรงที่กระทำกับจักรยานทั้งหมดเพื่อนที่จะหากำลังของมอเตอร์ ซึ่งเราสามารถเขียนสมการในรูปของกำลังจะได้ดังนี้

$$P = F_{te} \cdot v \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots (14)$$

v = ความเร็ว [m/s]

F_{te} = แรงรวมทั้งหมดในระบบ [N]

จากแรงทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นจะเลือกพิจารณาเฉพาะแรงที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่ศึกษาในกรณีนี้เนื่องจากการใช้จักรยานในการออกกำลังกายของผู้สูงอายุจะมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่การออกกำลังกาย จึงพิจารณาเฉพาะแรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance Force) ซึ่งเป็นแรงสำคัญที่สุด และ แรงต้านทานอากาศ (Aerodynamic drag) ซึ่งเป็นแรงสำคัญรองลงมาพิจารณา

2.3 ข้อมูลจำเพาะของจักรยานไฟฟ้า (specification)

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
1.โครงจักรยาน:	
- มวลรวม	17 kg

- มวลผู้ขี่จักรยาน	80 kg
- ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ	0.9
- พื้นที่หน้าตัด	0.6 m ² (สูง x กว้าง)
- รัศมีล้อ	20 นิ้ว (0.51 m)
2. การส่งกำลัง:	
- อัตราทด	5.5:1
3. สภาพการขี่จักรยาน:	
- กลางวัน หรือ กลางคืน	ตลอดวัน
- สภาพถนน	พื้นคอนกรีต
- พฤติกรรมการขี่จักรยาน	ความเร็วประมาณ 10 km/hr (2.78 m/s)

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลจำเพาะของจักรยานไฟฟ้า (specification)

2.4 การคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์, วงเลี้ยวและจุด CG

2.4.1 การคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ใช้ค่าดังนี้

$$m = 97 \text{ kg (น้ำหนักจักรยานรวมกับน้ำหนักผู้ขับขี่)}$$

$$\mu_f = \text{Losse pea gravel } 0.0092 \text{ จากตาราง 2.1}$$

$$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3 \text{ ที่ } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = \text{คิดเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเวลาคนนั่งลงบนจักรยาน} = 0.25 \times 1.2 = 0.3 \text{ m}^2$$

$$C_d = 1.05$$

$$v = 2.78 \text{ m/s}$$

$$a = 0.278 \text{ m/s}^2 \text{ (จากการทดสอบ)}$$

จากสมการ (2)

$$F_f = \mu_f \cdot mg$$

$$\text{จะได้ } F_f = 0.0092 \cdot 97 \cdot 9.81 = 8.754 \text{ N}$$

จากสมการ (3)

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \cdot \rho AC_d v^2$$

จะได้ $F_{ad} = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 0.3 \cdot 1.05 \cdot 2.78^2 = 1.46 N$

จากสมการ (5)

$$F_{la} = ma$$

จะได้ $F_{la} = 97 \cdot 0.278 = 26.97 N$

จากสมการ (1)

$$F_{te} = F_{ff} + F_{ad} + F_{hc} + F_{la} + F_{oa}$$

ในที่นี้จะเลือกพิจารณาเฉพาะแรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance Force, F_{ff}) , แรงจากความเร่ง (Acceleration Force, F_{la}) และ แรงต้านทานอากาศ (Aerodynamic drag, F_{ad}) เท่านั้นเนื่องจากบริเวณที่ผู้สูงอายุออกกำลังกายจะเป็นพื้นที่ราบเรียบ ดังนั้นจะพิจารณาให้ F_{hc} และ F_{oa} มีค่าเป็น 0

จะได้ $F_{te} = 8.754 + 1.46 + 0 + 26.97 + 0 = 37.184 N$

จากสมการ (14)

$$P = F_{te} v \dots \dots \dots (14)$$

จะได้ $P = 37.184 \times 2.78 = 103.37 W$

ซึ่งมอเตอร์ที่มีอยู่แล้วขนาด 120 W เพียงพอในการใช้ติดตั้งในชุดช่วยขับ

2.4.2 การคำนวณหางเลี้ยว

สมการหาค่า r

$$r = \frac{v^2}{Kr \cdot g} \dots \dots \dots (16)$$

โดยที่ Kr คือ สัดส่วนระยะที่ล้อสัมผัสกับผิวถนนหารด้วยรัศมีวงล้อ

$$Kr = \frac{3}{25} = 0.12$$

ที่ความเร็ว 5 km/hr หรือ 1.389 m/s แทนในสมการ (16) แทนหาค่า r

$$r = \frac{1.389^2}{0.12 \times 9.81} = 1.6 m$$

ที่ความเร็ว 10 km/hr หรือ 2.78 m/s แทนในสมการ (16) แทนค่า r

$$r = \frac{2.78^2}{0.12 \times 9.81} = 6.55m$$

2.4.3 การคำนวณหาจุด CG

สมการที่ใช้ในการหาจุด CG มีดังนี้

แนวแกน X

$$\sum Mg = 0; (Fa \times b) - (W \times \bar{x}) = 0 \dots\dots\dots (15)$$

แนวแกน y

$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{A-a}{b} \right] \dots\dots\dots (16)$$

$$\sum My = 0; Fa(b \cos \theta) - W \cos \theta(\bar{x}) - W \sin \theta(y_1) = 0 \dots\dots\dots (17)$$

$$\bar{y} = y_1 + a \dots\dots\dots (18)$$

2.4.3.1 จุด CG ก่อนติดตั้งชุดอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อน

แนวแกน X

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 13 kg
- น้ำหนักส่วนเพลาน้ำรถจักรยาน 5.5 kg
- ระยะเพลาลังถึงเพลาน้ำ 1000 mm
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 520 mm

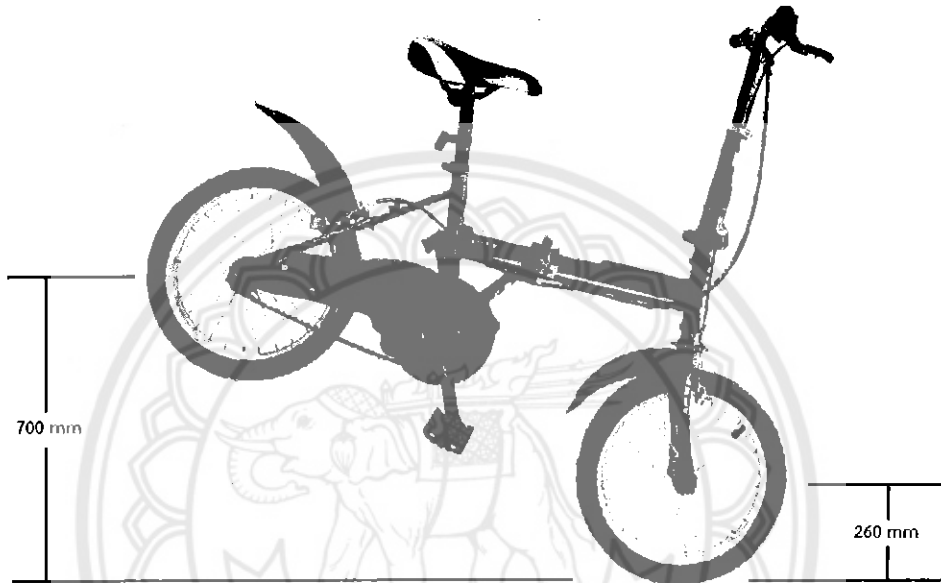
จากสมการ (15)

$$\sum Mg = 0; (Fa \times b) - (W \times \bar{x}) = 0 \dots\dots\dots (15)$$

จะได้
$$\sum Mg = 0; (5.5 \times 1000) - (13 \times \bar{x}) = 0$$

$$\bar{x} = 443.08\text{mm}$$

แนวแกน y



รูปที่ 2.7 รูปประกอบการหาจุด CG ในแกน y

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 13 kg
- น้ำหนักส่วนเฟลานั้นารถจักรยาน 6.7 kg
- ระยะเฟลาหลังถึงเฟลานั้น 1000 mm
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 520 mm

จากสมการ (16)

$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{A-a}{b} \right] \dots\dots\dots (16)$$

จะได้

$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{700-260}{1000} \right] = 26.1$$

จากสมการ (17)

$$\sum My = 0; Fa(b \cos \theta) - W \cos \theta(\bar{x}) - W \sin \theta(y_1) = 0 \dots\dots\dots (17)$$

จะได้ $\sum My = 0; 6.7(1000 \cos 26.1) - 13 \cos 26.1(443.08) - 13 \sin 26.1(y_1) = 0$

$y_1 = 147.59mm$

จากสมการ (18)

$\bar{y} = y_1 + a \dots\dots\dots (18)$

จะได้ $\bar{y} = 147.59 + 260$

$\bar{y} = 407.59mm$

ให้ค่า \bar{y} เป็นค่าคงที่สำหรับการหาตำแหน่งจุด CG ในแนวแกน y ในกรณีที่ไม่มีคนขับ

2.4.3.2 จุด CG หลังติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจักรยาน

แนวแกน X

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 18 kg
- น้ำหนักส่วนเพลาน้ำรถจักรยาน 6 kg
- ระยะเพลาลังถึงเพลาน้ำ 1000 mm
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 520 mm

จากสมการ (15)

$\sum Mg = 0; (Fa \times b) - (W \times \bar{x}) = 0 \dots\dots\dots (15)$

จะได้ $\sum Mg = 0; (6 \times 1000) - (18 \times \bar{x}) = 0$

$\bar{x} = 333.33mm$

แนวแกน y

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 18 kg
- น้ำหนักส่วนเพลาน้ำรถจักรยาน 7.8 kg
- ระยะเพลาลังถึงเพลาน้ำ 1000 mm
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 520 mm

จากสมการ (16)

$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{A-a}{b} \right] \dots\dots\dots (16)$$

จะได้
$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{700-260}{1000} \right] = 26.1$$

จากสมการ (17)

$$\sum My = 0; Fa(b \cos \theta) - W \cos \theta (\bar{x}) - W \sin \theta (y_1) = 0 \dots\dots\dots (17)$$

จะได้
$$\sum My = 0; 7.8(1000 \cos 26.1) - 18 \cos 26.1(333.33) - 18 \sin 26.1(y_1) = 0$$

$$y_1 = 204.13 \text{ mm}$$

จากสมการ (18)

$$\bar{y} = y_1 + a \dots\dots\dots (18)$$

จะได้
$$\bar{y} = 204.13 + 260$$

$$\bar{y} = 464.13 \text{ mm}$$

ให้ค่า \bar{y} เป็นค่าคงที่สำหรับการหาดำแหน่งจุด CG ในแนวแกน y ในกรณีที่ไม่มี

คนขับ

- CG ก่อนติดตั้ง
- CG หลังติดตั้ง



รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงจุด CG หลังติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อน

บทที่ 3

กระบวนการดำเนินโครงการ

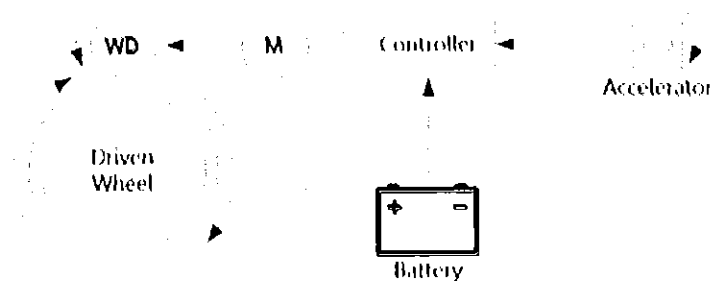
3.1 การออกแบบโครงสร้างชุดมอเตอร์ช่วยขับ

จากการคำนวณเพื่อประมาณหาขนาดของมอเตอร์นั้น พบว่าขนาดของมอเตอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานอยู่ในช่วง 100-200 วัตต์ [W] เพื่อนำมาใช้ประกอบเป็นต้นกำลังของชุดอุปกรณ์ช่วยขับ และเพื่อให้มีน้ำหนักที่ไม่มากจนเกินไป หลังจากนั้นได้ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียม-โพลิเมอร์ (Lithium Polymer : Li-Po) เนื่องจากมีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับความจุและสามารถปล่อยกระแสได้มากกว่าความจุ โดยตารางคุณสมบัติของส่วนประกอบชุดมอเตอร์ช่วยขับจะแสดงในตารางที่ 3.1

1. มอเตอร์:	
- ประสิทธิภาพมอเตอร์	90% (โดยประมาณ)
- อัตราค่าประจุไฟฟ้าจากการเบรก	0%
- กำลัง	100 W (ต่อเนื่อง)
2. แบตเตอรี่:	
- ชนิด	ลิเทียม-โพลิเมอร์ (Lithium Polymer : Li-Po)
- จำนวนเซลล์ (ต่อลูก)	6 Cells
- ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์	22.2 V
- ค่าประจุกระแสไฟฟ้า	5.2 Ah
- ค่าการสูญเสียของอุปกรณ์	0 A
- ค่าอัตราการจ่ายกระแส	100% (สมมติไม่เกิดการสูญเสีย)

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดจำเพาะของส่วนประกอบที่จะใช้ในชุดมอเตอร์ช่วยขับ

โดยในการประกอบภายในชุดมอเตอร์ช่วยขับจะประกอบไปด้วยมอเตอร์ต้นกำลัง (M), กล้องควบคุม (Controller), คันเร่ง (Accelerator), แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า (Battery) และ ล้อขับ (Wheel drive) ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.1 โดยเมื่อผู้ขับขี่ทำการเร่งจะสั่งให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามอเตอร์โดยผ่านกล้องควบคุม เมื่อมอเตอร์ทำงานจะถ่ายโอนกำลังไปที่ล้อจักรยานเพื่อช่วยในการขับขี่



รูปที่ 3.1 แผนภาพระบบการทำงานและส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่วยขับจักรยาน โดยมี M เป็นมอเตอร์, WD เป็นล้อขับ และ Driven Wheel เป็นล้อจักรยาน

3.2 ส่วนประกอบของชุดมอเตอร์ช่วยขับ

3.2.1 รถจักรยานที่ใช้

จักรยานที่ใช้เป็นจักรยานอเนกประสงค์พับได้สาเหตุที่เลือกใช้จักรยานชนิดนี้เนื่องจากคนทั่วไปและผู้สูงอายุ นิยมนำมาใช้ออกกำลังกาย และตัวรถสามารถพับเก็บเคลื่อนย้ายได้ง่ายสอดคล้องกับจุดประสงค์กับชุดมอเตอร์ช่วยขับอีกด้วย แสดงไว้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รถจักรยานทดสอบ

3.2.2 มอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ [V] ให้กำลัง 120 วัตต์ [W] มีความเร็วรอบสูงสุด 2750 รอบต่อนาที [RPM] ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่



รูปที่ 3.3 มอเตอร์ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า

3.2.3 แบตเตอรี่

การทำงานของรถจักรยานไฟฟ้านั้นใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ลิเทียม-โพลีเมอร์ (Lithium Polymer : Li-Po) ขนาด 22.2 โวลต์ [V] 5.2 แอมป์ชั่วโมง [Ah] จำนวน 1 ก้อน ทำหน้าที่ เป็นแหล่งเก็บไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าออกไปยังชุด Controller สามารถใช้งานได้ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อการชาร์จเต็ม



รูปที่ 3.4 แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า

19181991

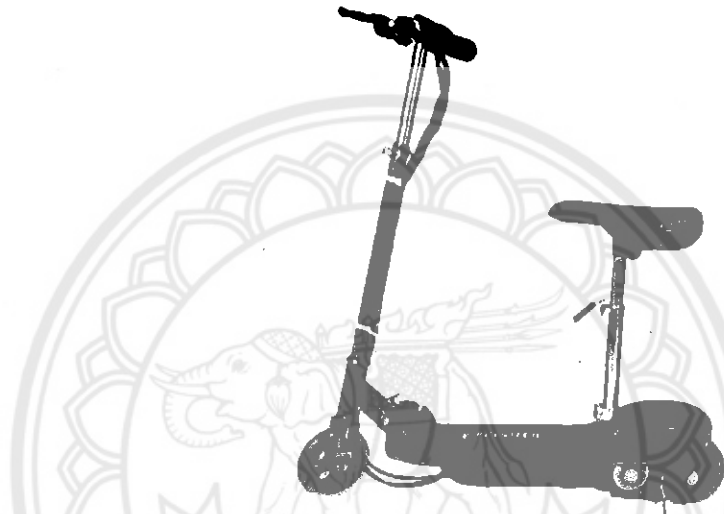
14 ก.ย. 2560



สำนักหอสมุด

3.2.4 ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนแบบ Friction Drive

ตัวโครงหลักทำมาจากเหล็กแผ่น ตัวล้อขับเคลื่อนทำมาจากพลาสติกหุ้มด้วยยาง สังก่าลังจากมอเตอร์ไปยังล้อขับเคลื่อนผ่านสายพานมีอัตราทด 5.5 ใช้สปริงเป็นตัวช่วยให้เกิดแรงกดระหว่างล้อขับเคลื่อนและล้อจักรยาน ทำหน้าที่เป็นชุดขับเคลื่อนแบบ (Friction Drive) แรงเสียดทานที่ล้อหลัง ซึ่งตัวระบบส่งผ่านกำลังได้ทำการดัดแปลงมาจากสก็ูเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.5 สก็ูเตอร์ไฟฟ้าต้นแบบที่นำมาดัดแปลง(BG E-Scooter)



รูปที่ 3.6 ชุดขับเคลื่อนจักรยานแบบ (Friction Drive) แรงเสียดทาน

3.2.5 ตัวควบคุม Controller และ ชุดคันเร่ง ขนาด 24 โวลต์ [V]

ชุด Controller ขนาด 24 โวลต์ [VDC] 120 วัตต์ [W] และ ชุดคันเร่ง ขนาด 24 โวลต์ [V] Controller ทำหน้าที่ ควบคุมระบบไฟต่างๆ และคันเร่งทำหน้าที่ เหมือนวอลลุ่ม ทั่วไปคือปรับแรงดันขาเข้าขาออกแล้วส่งไปยังชุดควบคุม เป็นอุปกรณ์สำเร็จรูปในท้องตลาด



รูปที่ 3.7 ชุด Controller และ ชุดคันเร่ง ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า

3.3 การติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับ

การติดตั้งชุดขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าล้อหลังแบบแรงเสียดทาน (Friction Drive) โดยยึดกับ แกนเบาะของ รถจักรยานสามารถปรับขึ้นลงได้โดยการปรับแกนเบาะจักรยานให้ขึ้นลง แบตเตอรี่ที่ใช้ ในรถจักรยานนั้นใช้เพียง 1 ก้อน เชื่อมต่อกับคอนโทรลเลอร์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์ นั้นจะควบคุมการจ่าย กระแสของ แบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ที่ใช้นั้นจะอยู่ในกล่องใส่แบตเตอรี่ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่ง แกนเบาะ ของจักรยาน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้แก่ ชุดกล่องหลัก (Motor, controller, battery) และชุดคันเร่ง (Accelerator)

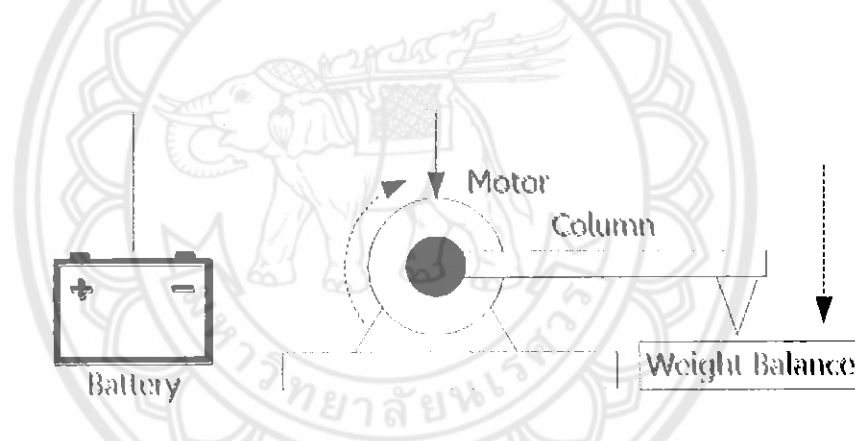
3.4 การทดสอบชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับ

เมื่อทำการประกอบติดตั้งชุดช่วยขับเข้ากับจักรยานแล้ว จะทำการทดสอบการขับขี่ของชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยเพื่อติดตั้งในจักรยานดังต่อไปนี้

3.4.1 การทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรก

การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังของมอเตอร์โดยกระบวนการทดสอบที่เรียกว่าโพนีเบรก โดยจะให้มอเตอร์ทำงานที่ ความเร็วรอบต่างๆ (ω) [rad/s] แล้วทำการเบรกมอเตอร์โดยให้ กดลงบนตราชั่งเพื่อบันทึกค่า น้ำหนักกด (W) [N] และคำนวณแรงบิด (T) [N.m] โดย นำมาคูณกับความยาวของก้าน column (L) [m] ตามสมการ ดังนี้

$$T = WL \quad \dots\dots\dots (19)$$



รูปที่ 3.9 การทดสอบเพื่อหาข้อมูลจำเพาะของมอเตอร์ต้นกำลัง

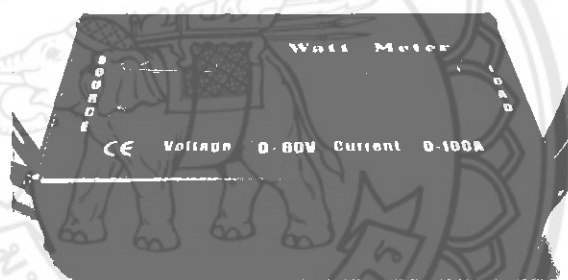
ในการทดสอบนี้จะกำหนดให้ความยาวของก้านเท่ากับ 0.9 เมตรและมอเตอร์ 120 วัตต์ 24 โวลต์และวัดที่ความเร็วรอบ 100,200,500,1000,1500และ2000 rpm แล้วทำการ บันทึกค่าน้ำหนักที่วัดได้

3.4.2 การทดสอบอัตราเร่ง

ในการหาสมรรถนะของชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเพื่อติดตั้งในจักรยานได้ ทำการ ทดสอบอัตราเร่งโดยใช้ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก Global Positioning System (GPS) โดยหลักการทำงานของระบบกำหนดพิกัดจะทำการแปลงสัญญาณดาวเทียมให้เป็น ตำแหน่ง (X Y Z) ระยะทางและเวลาได้ ติดตั้งในจักรยานแล้วทำการขับขี่ในทางเรียบจากหยุดนิ่งเพื่อ หาอัตราเร่งสูงสุดและค่าอัตราเร่งที่เปลี่ยนไปต่อเวลา

3.4.3 การทดสอบการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่เทียบกับระยะทาง

ในการทดสอบการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ขนาด 22.2 โวลต์ [V] 5.2 แอมป์ ชั่วโมง [Ah] จำนวน 1 ก้อน โดยทำการทดสอบบนถนนคอนกรีต ตามเส้นทางรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่โหลดขนาด 97 กิโลกรัม [kg] และทำการบิด 100% ตลอดการทดสอบ อ่านค่าโดยใช้เครื่องวัดดีมิเตอร์ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสของแบตเตอรี่ การทดสอบนี้จะกำหนดการบันทึกค่ากระแสและความดันในระยะทางที่ 1, 5, 10 และ 12 กิโลเมตร โดยจะทำการบันทึกขณะขับขี่ที่ความเร็วสูงสุดตลอดระยะทางแล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบใช้วัตต์มิเตอร์ 60 โวลท์ 100 แอมป์ ในการบันทึกค่า โดยอุปกรณ์มีสเปคดังนี้ รองรับแรงดันไฟฟ้า 4.5 - 60 โวลต์, กระแสไฟฟ้า 0 - 100 แอมป์, แสดงปริมาณการประจุไฟฟ้า 0 - 65 แอมป์ชั่วโมง และ แสดงใช้พลังงานไฟฟ้า 0 - 6554 วัตต์ชั่วโมง



รูปที่ 3.10 วัตต์มิเตอร์

3.4.4 การทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนบนล้อจักรยาน

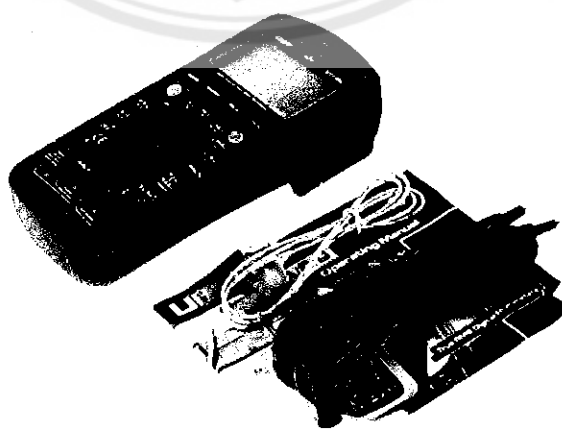
การทดสอบนี้จะทำการทดสอบว่าแรงกดที่เกิดขึ้นกับล้อจักรยาน จากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ตำแหน่งต่างกันมีผลต่อการใช้พลังงานของมอเตอร์หรือไม่ จะทำการทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ที่ตำแหน่งสูงสุดและต่ำที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้เพื่อให้เกิดแรงกดบนล้อต่างกันจากการกดตัวของสปริง และ วิเคราะห์ผลจากการเทียบการใช้พลังงาน โดยจะทำการวัดที่ 1 กิโลเมตร [km] และ 5 กิโลเมตร [km]



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งติดตั้งสูงสุดและต่ำสุดของชุดอุปกรณ์ช่วยขับ

3.4.5 การทดสอบอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง

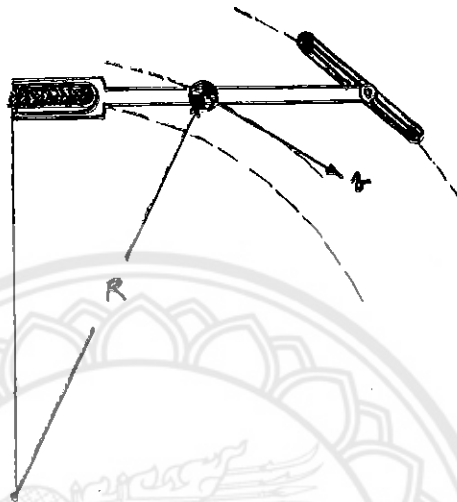
การทดสอบอุณหภูมิของชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเพื่อหาความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้โดยการวัดอุณหภูมิที่สูงที่สุด ในการทดสอบอุณหภูมิเพื่อหาความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับกรณีเกิดการรับแรงภาระที่เกินกว่ากำลังของมอเตอร์ การทดสอบจะทำการวัดอุณหภูมิที่ระยะทางที่ 1, 5, 10 และ 12 กิโลเมตร [km] ในขณะที่ทำการขับขี่จักรยาน โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิในการวัดอุณหภูมิค่าที่วัดได้จะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส [C°] โดยใช้เครื่อง มัลติมิเตอร์ Uni-t ut139c ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิ ช่วง -40 °C~1000°C ความละเอียด ±(1.0%+3)



รูปที่ 3.12 มัลติมิเตอร์ Uni-t ut139c

3.4.6 การทดสอบวงเลี้ยว

การทดสอบวงเลี้ยวเพื่อหาความปลอดภัยในการขับขี่ชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเพื่อติดตั้งในจักรยาน



รูปที่ 3.13 การทดสอบวงเลี้ยว โดยที่ r และ R เป็นรัศมีที่ความเร็วต่างๆ

ในการทดสอบวงเลี้ยวเพื่อความปลอดภัยในการขับขี่จักรยานขณะเลี้ยวหรือขณะขับขี่โดยจะทำการทดสอบหาระยะรัศมี [r] แคบที่สุดในการเลี้ยวมีหน่วยเป็นเมตร [m] วัดโดยการผูกเชือกเข้ากับจักรยานแล้วทำการขับขี่จักรยานเป็นวงกลมและวัดรัศมีที่ความ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าความวงเลี้ยวในบทที่ 2 ดังรูปที่ 3.13

บทที่ 4

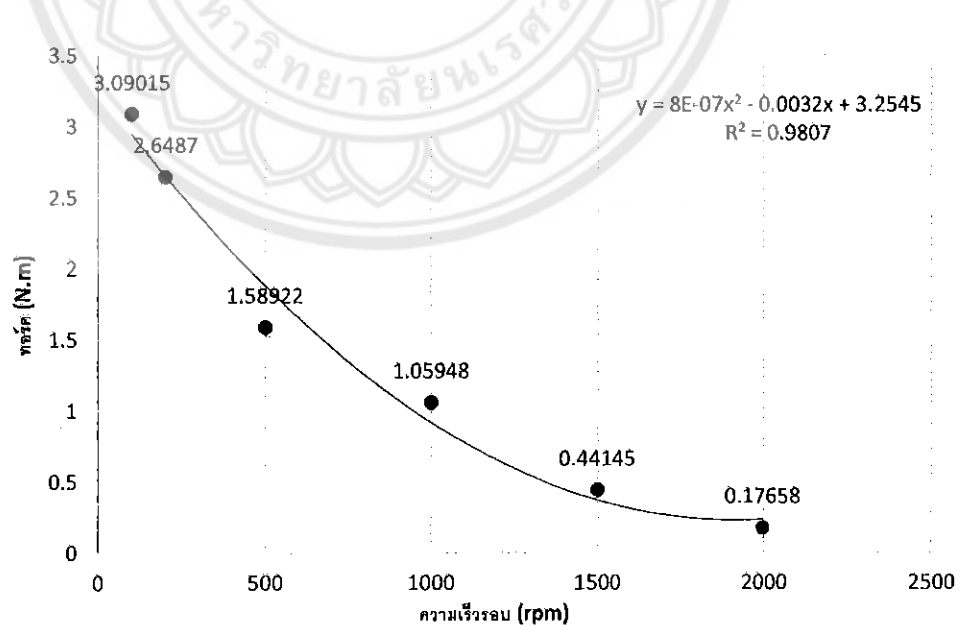
ผลการทดสอบ

หลังจากศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 และการติดตั้งและทดสอบชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับในบทที่ 3 ผู้ดำเนินโครงการได้ทดสอบการทำงานของชุดมอเตอร์ช่วยขับเพื่อติดตั้งในจักรยานที่สร้างขึ้น โดยสามารถแบ่งการทดสอบออกเป็นดังนี้

4.1 ผลการทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรก

ในการทดสอบเพื่อหาข้อมูลจำเพาะ (specification) ได้แก่ กราฟแรงบิดและความเร็วรอบกำลังของมอเตอร์ที่ใช้ได้ โดยกระบวนการทดสอบที่เรียกว่า โพนีเบรก ดังแสดงได้ในรูปที่ 4.1 การทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรกเพื่อหาแผนภาพแรงบิดของมอเตอร์ [N.m] หรือ นิวตันเมตร เทียบกับความเร็วรอบของมอเตอร์ [rpm] หรือ รอบต่อนาที

จากการทดสอบสามารถนำค่าจากการคำนวณมาแสดงเป็นกราฟของแรงบิดของมอเตอร์ เทียบกับความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.1

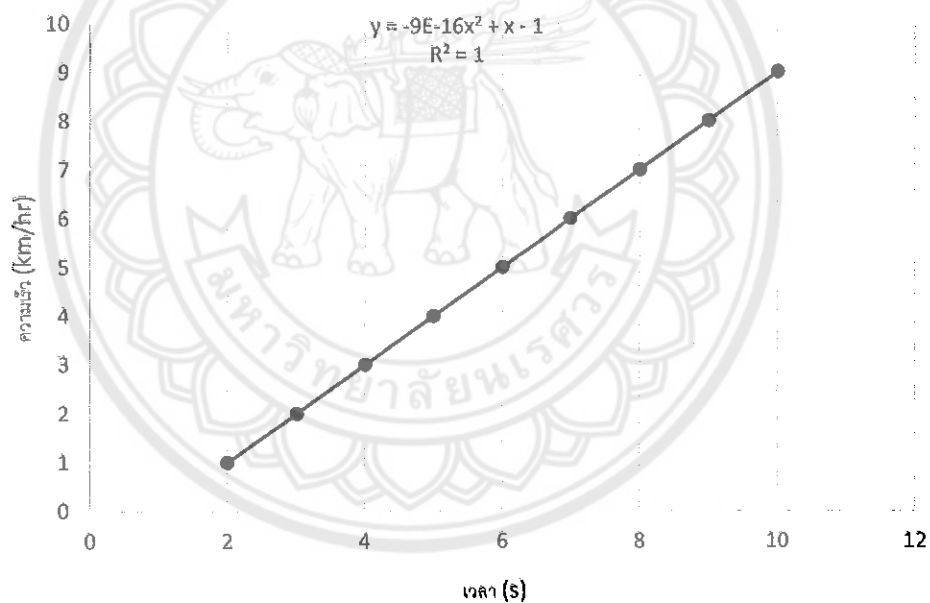


รูปที่ 4.1 กราฟแรงบิดชุดมอเตอร์ช่วยขับเทียบกับความเร็วรอบที่ทดสอบโดยวิธีโพนีเบรก

จากกราฟจะเห็นได้ว่า การทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรกเพื่อหาแผนภาพแรงบิดของมอเตอร์ [N.m] หรือ นิวตันเมตร เทียบกับความเร็วรอบของมอเตอร์ [rpm] หรือ รอบต่อนาที พบว่าแรงบิดของมอเตอร์จะลดลงโดยแปรผกผันกับความเร็วรอบของมอเตอร์โดยมีแนวโน้มลดลงแบบเอ็กโปเนนเชียล ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีกำลังมอเตอร์ทำงานอยู่ที่ 105 วัตต์ [W] ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่ากำลังที่มอเตอร์ที่ได้จากมอเตอร์ต้นกำลังเปล่าซึ่งระบุค่ากำลังอยู่ที่ 120 วัตต์ [W]

4.2 ผลการทดสอบอัตราเร่ง

จากการทดสอบ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟความเร็วเทียบกับเวลา โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 6 ในภาคผนวก ข.2 ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.2



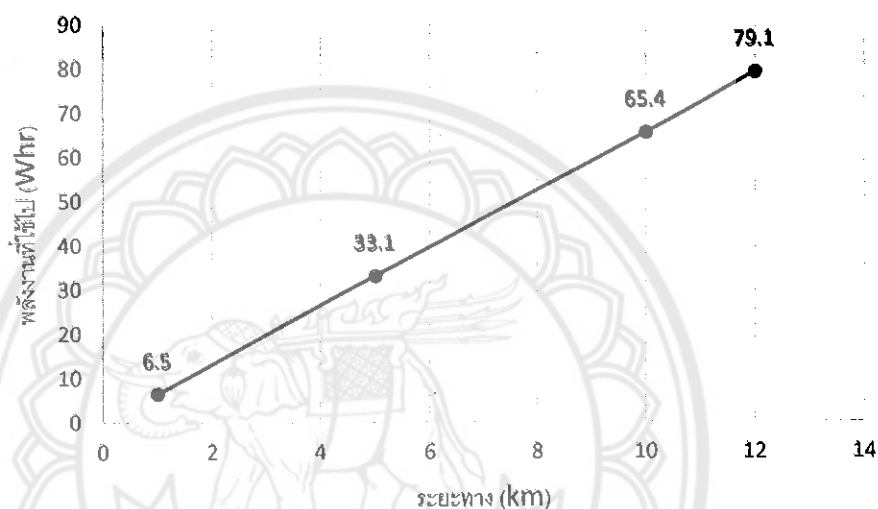
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอัตราเร่งของชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนโดยการเปรียบเทียบค่าความเร็วของจักรยานกับเวลาที่ขับเคลื่อน

จากกราฟจะเห็นได้ว่า การทดสอบอัตราเร่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 โดยพบว่าชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจะสามารถทำอัตราเร่งจาก 0 ถึง 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [km/hr] ในระยะเวลาประมาณ 11 วินาที [s] ซึ่งเป็นอัตราเร่งที่เหมาะสมกับการขับเคลื่อนโดยทั่วไป

4.3 ผลการทดสอบการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่เทียบกับระยะทาง

4.3.1 การทดสอบกรณีปิดอย่างเดียว

จากการทดสอบ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟประจุแบตเตอรี่เทียบระยะทาง โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข.3 ภาคผนวก ข ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.3

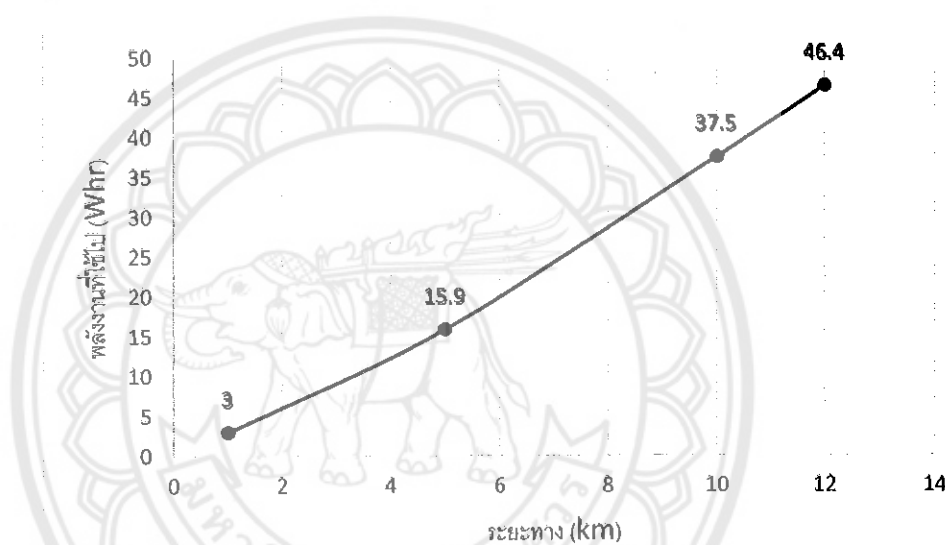


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับเคลื่อนที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนโดยเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจะสามารถขับเคลื่อนได้ระยะทางโดยรวมของการขับเคลื่อนโดยใช้ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจะสามารถเคลื่อนได้ระยะทางมากกว่า 10 กิโลเมตร [km] ต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มแต่ละครั้ง โดยใช้กำลังสูงสุด 79.1 วัตต์ชั่วโมง [Wh] สิ้นสุดที่ระยะทางที่เหมาะสมที่กำหนดไว้ที่ 12 [km] ที่ความเร็วเฉลี่ย 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [km/hr] และ ที่ความเร็วสูงสุด 17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [km/hr] และยังสามารถขับต่อไปได้ถึง 15 กิโลเมตร [km] แต่ด้วยข้อจำกัดของแบตเตอรี่ที่ต้องระวังไม่ให้แรงดันลดต่ำกว่า 18 โวลต์ [V] จึงจำกัดระยะตลอดภัยต่อแบตเตอรี่ไว้ที่ 12 กิโลเมตร [km]

4.3.2 กรณีปิดพร้อมออกแรงปั่น

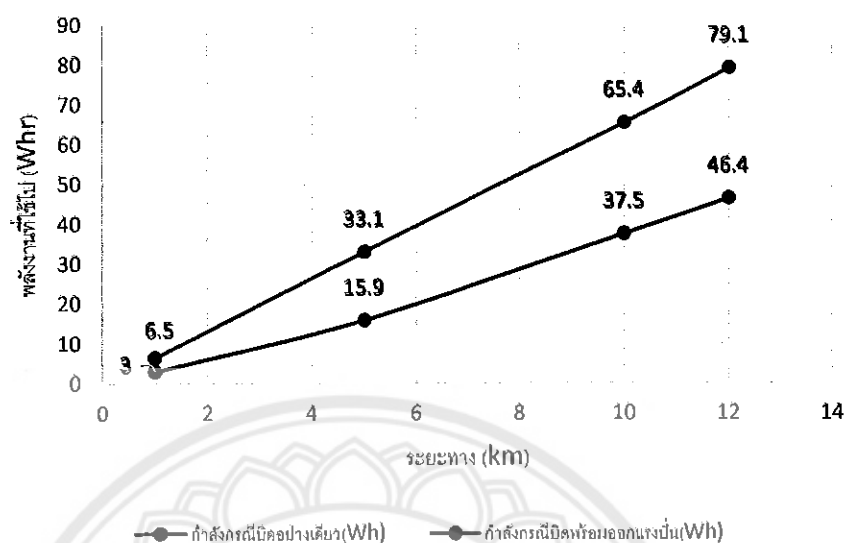
จากการทดสอบ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟประจุแบตเตอรี่เทียบระยะทาง โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข.4 ภาคผนวก ข ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขี่จักรยานที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง

4.3.3 เปรียบเทียบผลของการทดสอบกรณีปิดอย่างเดียวและกรณีปิดพร้อมออกแรงปั่น

จากการทดสอบ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟประจุแบตเตอรี่เทียบระยะทาง โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข.3 และ ข.4 ภาคผนวก ข ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.5

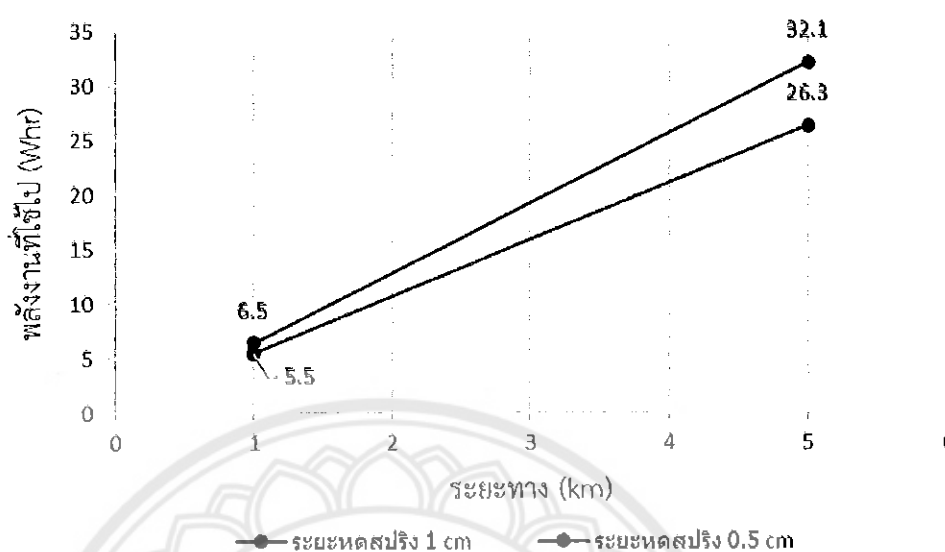


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับเคลื่อนที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนโดยเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจะสามารถขับเคลื่อนได้ระยะทางโดยรวมของการขับเคลื่อนโดยใช้ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจะสามารถเคลื่อนได้ระยะทางมากกว่า 10 กิโลเมตร [km] ต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มแต่ละครั้ง โดยใช้กำลังสูงสุด 46.4 วัตต์ชั่วโมง [Wh] สิ้นสุดที่ระยะทางที่เหมาะสมที่กำหนดไว้ที่ 12 กิโลเมตร [km] ที่ความเร็วเฉลี่ย 14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [km/hr] และ ที่ความเร็วสูงสุด 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [km/hr] และยังสามารถขับต่อไปได้ถึง 20 กิโลเมตร [km] แต่ด้วยข้อจำกัดของแบตเตอรี่ที่ต้องระวังไม่ให้แรงดันลดต่ำกว่า 18 โวลต์ [V] จึงจำกัดระยะปลอดภัยต่อแบตเตอรี่ไว้ที่ 12 กิโลเมตร [km]

4.4 ผลการทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนบนล้อจักรยาน

จากการทดสอบ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟประจุแบตเตอรี่เทียบระยะทาง โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข.5 ภาคผนวก ข ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.5

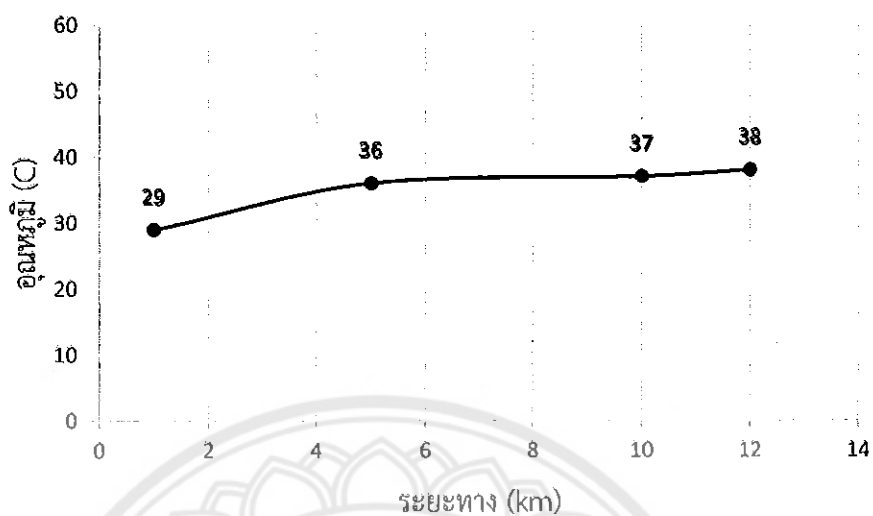


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่ของการขับเคลื่อนที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับโดยการเปรียบเทียบค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทาง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ชุดมอเตอร์ช่วยขับที่ติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่ทำให้ระยะสปริงหดตัว 1 เซนติเมตร [cm] ใช้กำลัง 6.5 และ 32.1 วัตต์ชั่วโมง [Wh] ที่ระยะ 1 และ 5 กิโลเมตร [km] ตามลำดับ และ ชุดมอเตอร์ช่วยขับที่ติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่ทำให้ระยะสปริงหดตัว 0.5 เซนติเมตร [cm] ใช้กำลัง 5.5 และ 26.3 วัตต์ชั่วโมง [Wh] ที่ระยะ 1 และ 5 กิโลเมตร [km] ตามลำดับ โดยสปริงมีค่า $k = 3400 \text{ N/m}$ (ได้จากการทดลอง)

4.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง

จากการทดสอบการวัดอุณหภูมิเทียบระยะทางเพื่อหาอุณหภูมิที่จะเกิดความเสียหายต่อชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับ โดยจะวัดทุกๆ 5 กิโลเมตร [km] โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข.6 ในภาคผนวก ข จะแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงค่าอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง

จากกราฟจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นในช่วง 5 กิโลเมตร [km] แรกและอุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่จนถึงที่สุดที่ระยะทาง 12 กิโลเมตร [km] ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส [C°]

4.6 ผลการทดสอบวงล้อ

ความเร็ว (km/hr)	รัศมีจากจุดศูนย์กลาง (m) ก่อนติดตั้ง	รัศมีจากจุดศูนย์กลาง (m) หลังติดตั้ง
5	2.2	2.8
10	3.56	4.25

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวงล้อ

จะเห็นว่ารัศมีวงล้อที่ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของก่อนและหลังการติดตั้งมีค่าน้อยกว่าการคำนวณ และรัศมีก่อนและหลังติดตั้งมีค่าต่างกันไม่มาก

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการดำเนินโครงการ

ผลการทดสอบมอเตอร์จากรูปที่ 4.1 กราฟแรงบิดชุดมอเตอร์ช่วยขับเทียบกับความเร็วรอบที่ทดสอบโดยวิธีโพนิเบรก จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มลดลงแบบเอ็กโปเนนเชียล เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ทอร์กก็จะลดลงซึ่งผลทดสอบเป็นไปตามสมการที่ 19 $T=WL$ เมื่อแรงกด W ลดลงทอร์กก็จะลดลง ค่ากำลังของชุดมอเตอร์ช่วยขับเท่ากับ 105 วัตต์ ซึ่งจะมีค่าลดลงจากมอเตอร์ต้นกำลัง เนื่องจากมอเตอร์ได้มีการต่อแขนกดยื่นออกไปดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียพลังงานไปบางส่วน แต่ชุดมอเตอร์ช่วยขับได้มีการทดสอบมอเตอร์ไปยังล้อขับไว้ที่ 5.5:1 ชุดล้อขับจึงมีความเร็วรอบต่ำกว่าแต่ทอร์กสูงขึ้นจึงสามารถทำงานได้ตามต้องการ

ผลการทดสอบอัตราเร่งจากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอัตราเร่งจะเห็นได้ว่ารูปกราฟที่เกิดจากผลทดสอบจะเป็นกราฟเส้นตรงเมื่อเวลาผ่านไปความเร็วก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆกันตลอด แสดงให้เห็นว่าชุดมอเตอร์ช่วยขับมีอัตราเร่งที่สม่ำเสมอจนถึง ณ ความเร็วสูงสุด ทำความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในเวลา 11 วินาทีทำให้สามารถตอบสนองทำความเร็วตามที่ต้องการได้ดีเหมาะสมกับผู้สูงอายุที่ต้องการอัตราเร่งที่ค่อยๆเพิ่มความเร็วย่อยๆอย่างคงที่ซึ่งควบคุมความเร็วได้ง่าย

ผลการทดสอบการใช้พลังงานต่อระยะทางจากรูปที่ 4.3 กราฟค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทางจะเห็นได้ว่ากราฟมีค่าเพิ่มขึ้นโดยจะมีลักษณะค่อยๆโค้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยิ่งใช้งานนานมากเท่าไร ความดันของแบตเตอรี่จะยิ่งลดลง กระแสที่ถูกใช้จะถูกใช้มากขึ้นเรื่อยๆตามสมการ $P=IV$ และเมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบจากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ากรณีบิดพร้อมออกแรงปั่นจะใช้พลังงานน้อยกว่ากรณีบิดอย่างเดียว เนื่องจากผู้ขับช่วยปั่นออกแรงทำให้มอเตอร์ทำงานเบาขึ้นมอเตอร์จึงใช้พลังงานน้อยลง โดยชุดมอเตอร์ช่วยขับสามารถใช้งานได้ 12 กิโลเมตร ซึ่งใช้เวลาในการปั่นประมาณ 45-60 นาที ซึ่งเวลาดังกล่าวเหมาะสมตามที่สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส) แนะนำว่าผู้สูงอายุควรออกกำลังกายให้ได้อย่างน้อย 15-35 นาที ดังนั้นระยะทาง 12 กิโลเมตรจึงมากพอที่ผู้สูงอายุจะได้ออกกำลังกายได้ตามความเหมาะสมตามคำแนะนำ

ผลการทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับกดลงบนล้อจักรยานจากรูปที่ 4.6 กราฟค่ากำลังของแบตเตอรี่กับระยะทางแรงกดจากการติดตั้งอุปกรณ์ต่างตำแหน่ง ณ ตำแหน่งที่ทำให้เกิดแรงกดบนล้อน้อยกว่าจะใช้พลังงานน้อยกว่า 22% ซึ่งการทดลองทั้งสองสอดคล้องตามการคำนวณหา กำลังของมอเตอร์ตามสมการที่ 2 $F_g = \mu_g \cdot mg$ แรงกดที่เกิดขึ้นบนล้อจักรยานเปรียบเสมือนแรงที่

ด้านการหมุนของล้อเมื่อค่า F_{yy} สูงกว่าส่งผลทำให้ต้องใช้กำลังจากมอเตอร์มากกว่า ดังนั้นตำแหน่งความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ก็เป็นเรื่องสำคัญเพราะจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานได้

ผลการทดสอบอุณหภูมิเทียบกับระยะทางจากรูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงค่าอุณหภูมิเทียบกับระยะทางเส้นกราฟจะสูงเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นและจะเริ่มคงที่เมื่อถึงระยะทางหนึ่ง ระยะทาง 1 กิโลเมตรแรกอุณหภูมิจะอยู่ 29 องศาเซลเซียสและไปสิ้นสุด ณ ปลายทางที่ 38 องศาเซลเซียส ซึ่งตามทฤษฎีมอเตอร์จะไหม้เมื่ออุณหภูมิของมอเตอร์ไหม้ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้กับมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนอยู่ในระดับ F ซึ่งสามารถทนความร้อนได้ที่ 155 องศาเซลเซียส คือ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม + อุณหภูมิมอเตอร์ = 155 องศาเซลเซียส ในการทดสอบอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิมอเตอร์สูงสุดคือ 38 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิรวมคือ $38+35 = 73$ องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่า 155 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจากการใช้งานในช่วง 12 กิโลเมตรจึงไม่ส่งผลต่อมอเตอร์

ผลการทดสอบวงล้อจากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นวงล้อก็จะเพิ่มมากขึ้นไปด้วย สอดคล้องกับทฤษฎีตามสมการที่ 16 รัศมี r จะแปรผันตรงกับ v^2 ดังนั้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นวงล้อก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยเมื่อจะเข้าโค้งควรลดความเร็วลงมาให้ต่ำกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเมื่อติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนจะเห็นได้ว่าวงล้อเพิ่มขึ้นจากเดิมเล็กน้อยเนื่องจากจักรยานมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นจุดศูนย์ถ่วงจึงเปลี่ยนการเคลื่อนที่จึงทำได้ยากขึ้น ซึ่งผลการทดสอบรัศมีวงล้อจะมีค่าน้อยกว่าการคำนวณพอสมควรเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของยานพาหนะทุกชนิด

ในการทดสอบขับชีพพบว่า การขับชีพทั้งก่อนและหลังติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนนี้ ไม่รู้สึกถึงความแตกต่างในการขับชีพ ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนสามารถใช้งานได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการในระดับหนึ่ง เนื่องจากตัวอุปกรณ์ยังมีน้ำหนักที่มากอยู่สำหรับผู้สูงอายุ และการติดตั้งยังต้องทำหลายขั้นตอน และยังมีปัญหาการกินหน้ายางเล็กน้อยเนื่องจากตัวอุปกรณ์ถูกสร้างมาไม่ได้มาตรฐานทำให้เวลาติดตั้งตัวล้อขับไม่ขนานกับล้อจักรยานทำให้ล้อขับเอียงและเกิดแรงกดที่เป็นลักษณะเอียงกับล้อจักรยาน

5.2 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ในการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อนนี้ทำให้ได้แนวทางในการออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อนที่จะนำไปติดตั้งบนจักรยานเพื่อช่วยในการผ่อนแรงสำหรับการออกกำลังกายหรือนำไปใช้เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนจักรยาน การทดสอบขับชีพพบว่าชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนสามารถใช้งานได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการในระดับหนึ่ง แต่ตัวอุปกรณ์ยังมีน้ำหนักที่มากอยู่สำหรับผู้สูงอายุ การติดตั้งยังต้องทำหลายขั้นตอน และยังมีปัญหาการกินหน้ายางเล็กน้อย แต่ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนนี้สามารถนำไปใช้ได้

จริงเพื่อเป็นอุปกรณ์เสริมติดตั้งในจักรยานช่วยในการผ่อนแรงในการปั่น และยังใช้เป็นชุดขับเคลื่อนจักรยานเพื่อใช้ในการเดินทางได้อีกด้วย

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

การพัฒนาต่อยอดนั้นควรพัฒนาให้มีน้ำหนักที่เบาลงขึ้นอีกเนื่องจากน้ำหนัก 5 กิโลกรัมสำหรับผู้สูงอายุยังถือว่าน้ำหนักพอสมควรอยู่ และตัดอุปกรณ์ในส่วนที่ไม่จำเป็นออกเช่นระบบส่งกำลังโดยอาจใช้มอเตอร์ชนิดบรัชเลขซึ่งตัวมอเตอร์จะหมุนรอบแกนทำให้ต้องมีระบบส่งกำลังเพื่อลดน้ำหนักและขนาดของอุปกรณ์หรือหาวัสดุที่เป็นตัวเกิดแรงเสียดทานกับล้อจักรยานใหม่เพื่อลดปัญหาการกินหน้ายาง พัฒนาระบบคันเร่งให้เป็นระบบไร้สายเพื่อให้ง่ายต่อการย้ายติดตั้ง พัฒนาระบบติดตั้งให้ง่ายขึ้นกว่าเดิม เพิ่มการทดสอบระบบเบรค และนำไปให้ผู้สูงอายุทดลองใช้งานจริง



5.4 ตารางเปรียบเทียบระหว่างชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนรุ่นที่ 2 กับชุดติดตั้งอื่นๆ

คุณสมบัติ	ชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนเพื่อติดตั้งในจักรยานรุ่นที่ 1	ชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนเพื่อติดตั้งในจักรยานรุ่นที่ 2	ชุด Kit รุ่น MB242R/L-1
มอเตอร์	24V 120W	24V 120W	24V 250W
แบตเตอรี่	ตะกั่วกรด 12V 7.5A x 2	Lithium-Polymer 22.2V 5.2Ah	ตะกั่วกรด 12V 9A x 2
ความเร็ว	10 กม./ชม.	17 กม./ชม.	20 กม./ชม.
ระยะทางสูงสุด	12 กม.	12กม.(safety)/15-20กม.	15-20 กม.
น้ำหนัก	10 กก.	5 กก.	10.5 กก.
การติดตั้ง	แยกชิ้นส่วน	2 ชิ้นส่วน	แยกชิ้นส่วน,ดัดแปลง
ระยะเวลาชาร์จแบตเตอรี่	3-5 ชม.	1-1.30 ชม.	4-6 ชม.
งบประมาณ	5820 บาท	6150 บาท	6100 บาท

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าการเปรียบเทียบชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนเพื่อติดตั้งในจักรยานกับที่มีอยู่ในท้องตลาด

บทที่ 6

บรรณานุกรม

James Larnie และ John Lowry [1]. (2004) Electric Vehicle Technology Explained.
John Wiley & Sons, Ltd

กิตติคุณ สุอรุณ, วัชระ เชื้อวงศ์ดี และ โอปาร วงศาโรจนะกุล [2]. (2554) การเตรียมโครงสร้าง
สำหรับจักรยานไฟฟ้า. ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ธีระพงศ์ วงมีบุญ, นพ แสนคำ และ อติศักดิ์ เมืองใจ [3]. (2558) การพัฒนาชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วย
ขับเพื่อติดตั้งในจักรยาน. ปรินิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร





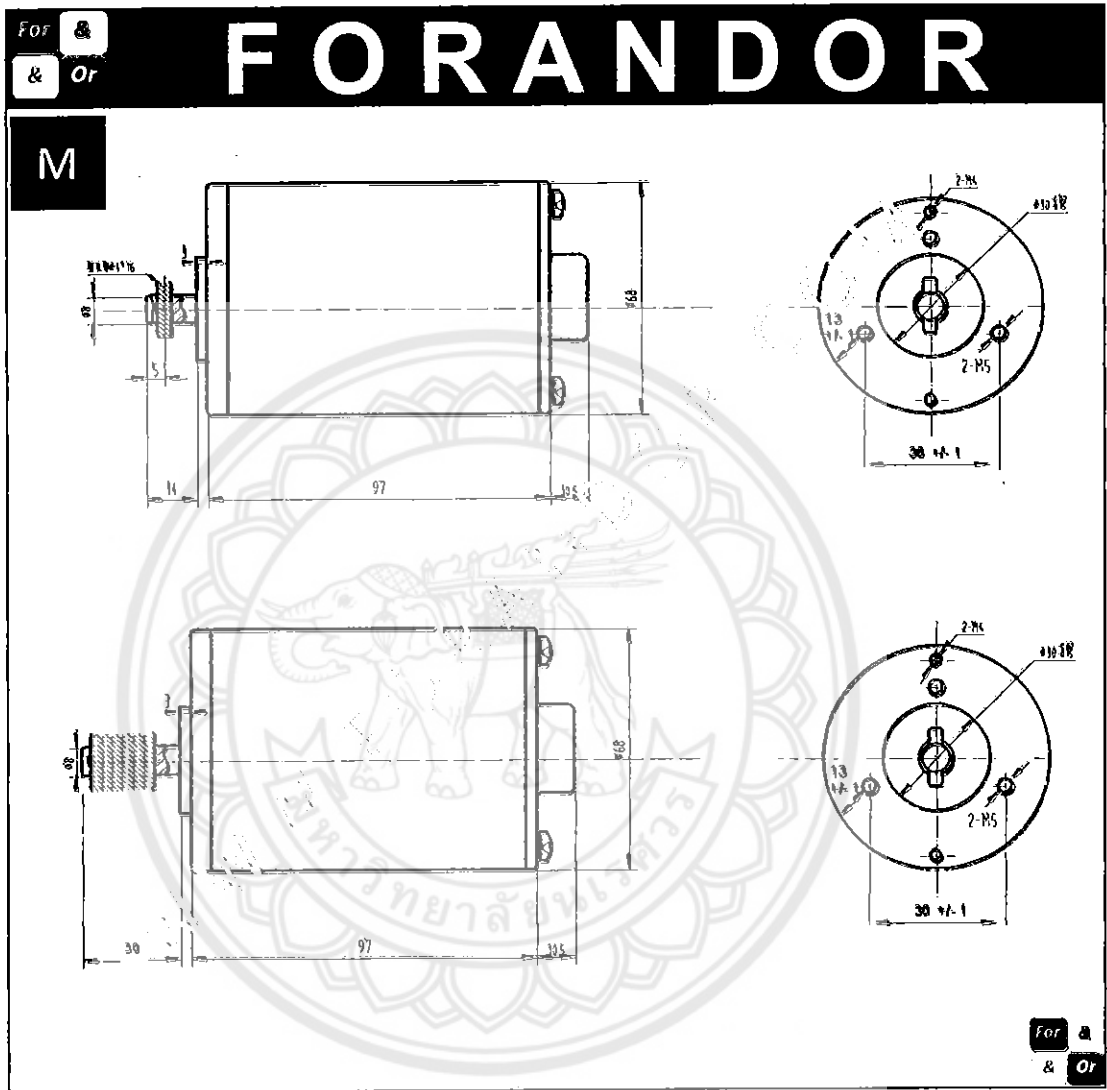
ตารางที่ ก.1 มอเตอร์[WWW.FORANDOR.COM]

For &
& Or
M

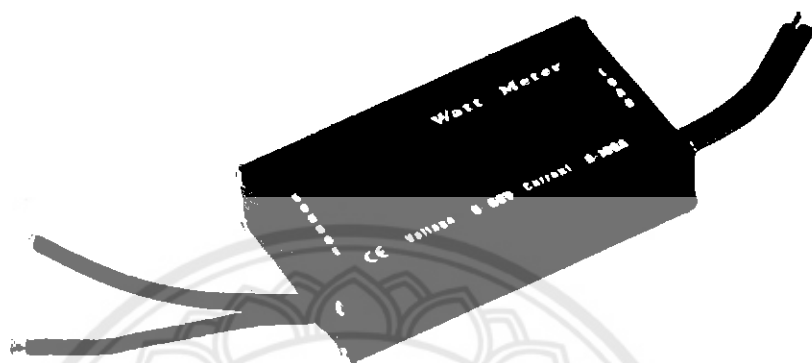
FORANDOR

Specification	Spezifikation	MY6812		
Rated Output Power	Leistung	100W	120W	160W
Rated Voltage	Spannung	12V/24V	12V/24V	12V/24V
Rated speed	Drehzahl	2800rpm	2750RPM	2750RPM
No load speed	Drehzahl-leerlauf	3500rpm	3500rpm	3500rpm
Full load Current	Strom-Vollast	≤ 6.0A	≤ 7.4A	≤ 8.5A
No load Current	Strom-Leerlauf	≤ 0.55A	≤ 0.6A	≤ 0.9A
Rated Torque	Drehmoment	0.35N.m	0.42N.m	0.56N.m
Efficiency	Effizient	≥ 68%	≥ 70%	≥ 70%

รูปที่ ก.1 แบบมอเตอร์[WWW.FORANDOR.COM]



ตารางที่ ก.2 วัดวัตต์มิเตอร์(Watt Meter)



ข้อมูลจำเพาะของสินค้า

ประเภทสินค้า: ไฟฟ้า

Color: Blue

Current: 0-100 A peak 0.01A (Resolution)

Charge: 0-65 Ah 0.001Ah (Resolution)

Measurement Update period: 400mS

Data Queue Sequence time: 2 seconds

จำนวนรุ่น: JJA666

Voltage: (0)V-60V 0.01V (Resolution)

Power: 0-6554 W 0.1W (Resolution)

Energy: 0-6554 wh 0.1 Wh (Resolution)

Signal Sampling Rate: sample/s

In Circuit Resistance: 0.001 Ohms

ตารางที่ ก.3 โวลต์มิเตอร์(Volt Meter)



Basic Function	Range	Accuracy
DC Voltage	400 mV	$\pm(0.5\%+3)$
	4V 40V 400V	$\pm(0.5\%+1)$
	1000V	$\pm(1\%+3)$
AC Voltage	400 mV	$\pm(1.2\%+5)$
	4V 40V 400V	$\pm(1\%+3)$
	750V	$\pm(1.2\%+5)$
AC Current	400.0 μ A 4000 μ A	$\pm(1.2\%+5)$
	40.00 mA 400.0 mA	$\pm(1.5\%+5)$
	4.000A 10.00A	$\pm(2\%+5)$
DC Current	400.0 μ A 4000 μ A	$\pm(1\%+2)$
	40.00 mA 400.0 mA	$\pm(1.2\%+3)$
	4.000A 10.00A	$\pm(1.5\%+3)$
Resistance	400.0 Ω	$\pm(1.2\%+2)$
	4.000K Ω 40.00 K Ω 400.0 K Ω	$\pm(1\%+2)$
	4.000M Ω	$\pm(1.2\%+2)$
Capacitance	40.00 nF	$\pm(3\%+5)$
	400.0 nF 4.000 μ F 40.00 μ F	$\pm(4\%+5)$
	400.0 μ F	reference value
Frequency	10Hz~10MHZ	$\pm(0.1\%+4)$
Frequency Response	45~400 Hz	\sqrt
Duty Ratio	0.1%~99.9%	\sqrt

ตารางที่ ก.4 คลาสของฉนวนมอเตอร์

ตามมาตรฐาน IEC 85 ได้แบ่งฉนวนออกเป็นคลาสต่างๆดังนี้

คลาสของฉนวน	อุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของฉนวน (C°)	อุณหภูมิห้องสูงสุด (C°)	อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้ (K°)	ค่าเผื่อางอุณหภูมิ (C°)
Class A	105	40	60	5
Class E	120	40	75	5
Class B	130	40	80	10
Class F	155	40	105	10
Class H	180	40	125	15

หมายเหตุ

1(C°) (เซลเซียส) เท่ากับ 1(K°) (เคลวิน) มาตรฐาน ISO ได้ระบุหน่วยองศาจากการวัดเป็นเซลเซียส และความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นเคลวิน

ค่าเผื่อทางอุณหภูมิ เป็นค่าที่เผื่อไว้ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของขดลวดและอุณหภูมิ ณ จุดร้อนที่สุด (Hottest point) โดย

อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้ = อุณหภูมิสูงสุด-อุณหภูมิห้องสูงสุด-ค่าเผื่อ



ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนีเบรก

ที่ความยาวของแขนกด เท่ากับ 0.9 เมตร [m] และมอเตอร์ 120 วัตต์ [W] 24 โวลต์ [VDC]

ความเร็วรอบ(rpm)	น้ำหนัก(kg)	แรง(N)	ทอร์ก(Nm)
1996	0.2	1.962	0.17658
1500	0.5	4.905	0.44145
1000	1.2	11.772	1.05948
500	1.8	17.658	1.58922
200	3	29.43	2.6487
100	3.5	34.335	3.09015

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบอัตราเร่ง

ความเร็ว(km/h)	เวลา(t)
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบการปล่อยกระแสของแบตเตอรี่เทียบกับระยะทาง

ข.3.1 การทดสอบกรณีปิดอย่างเดียว

ระยะทาง(km)	แรงดัน(V)	กระแส(Ah)	กำลัง(Wh)
1	24.35	0.27	6.50
5	23.81	1.39	33.10
10	22.89	2.81	65.40
12	22.68	3.43	79.10

ข.3.2 กรณีปิดพร้อมออกแรงปั่น

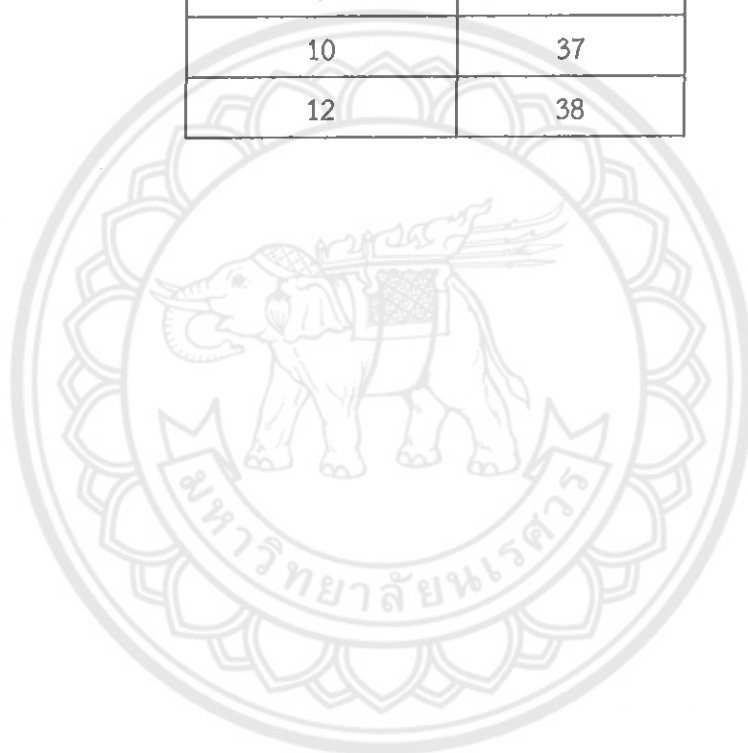
ระยะทาง(km)	แรงดัน(V)	กระแส(Ah)	กำลัง(Wh)
1	25.06	0.12	3.0
5	24.51	0.66	15.9
10	23.68	1.58	37.5
12	23.34	1.96	46.4

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบผลของแรงกดที่ชุดมอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนบนล้อจักรยาน

แรงดันเริ่มต้น(V)	ระยะทาง(km)	แรงดัน(V)	กระแส(Ah)	กำลัง(Wh)	ระยะสปริง(cm)
25.2	1	24.85	0.27	6.5	1
	5	23.79	1.36	32.1	
23.77	1	23.52	0.24	5.5	0.5
	5	22.95	1.16	26.3	

ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิเทียบกับระยะทาง

ระยะทาง(km)	อุณหภูมิ($^{\circ}$)
1	29
5	36
10	37
12	38



ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายทศวรรษ ยาเสน

ภูมิลำเนา 1/4 ซ.5 ถ.เทศบาล1 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: todsawatme19@gmail.com



ชื่อ นายวิศรุต ทองคอนเหมือน

ภูมิลำเนา 8/3 ม.4 ต.บ้านนา อ.วิเชียรบุรี จ.พิจิตร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเทศบาลบ้านปากทาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: visarut207@gmail.com



ชื่อ นายศตวรรษ วรรณสด

ภูมิลำเนา 252/6 ม.5 ต.บ้านใหม่สุขเกษม อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: fefa_gt_r@hotmail.com