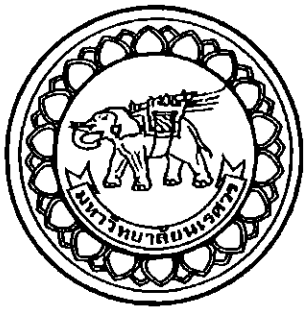


การทดสอบประสิทธิภาพการขับขี่ของจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

TESTING DRIVING EFFICIENCY OF ELECTRIC BICYCLE IN NARESUAN UNIVERSITY

นายนิวัฒน์ ละลี รหัส 52361055

นางสาวบุษกร พุ่มเก่า รหัส 52361079

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ 2 ต.ค. 2556

เลขทะเบียน 1643060

เลขเรียกหนังสือ ศร.

มหาวิทยาลัยนเรศวร 4673 ก 2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การทดสอบประสิทธิภาพการขับขี่ของจักรยาน**ไฟฟ้าดัดแปลง**ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน นายนิวัฒน์ ละลี รหัส52361055

นางสาวบุษกร พุ่มเก่า รหัส52361079

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2555

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

กรรมการ
(ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

กรรมการ
(ผศ.ดร.ขวัญชัย ไกรทอง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การทดสอบประสิทธิภาพการขับขี่ของจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนิวัฒน์	ละลี รหัส 52361055
	นางสาวบุษกร	พุ่มเก่า รหัส 52361079
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.อนันต์ชัย	อยู่แก้ว
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2555	

บทคัดย่อ

การทดสอบการขับขี่ของจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบความแตกต่างของสมรรถนะการขับขี่ระหว่างรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดา หลังจากที่มีการออกแบบจัดวางตำแหน่งโครงสร้างของการติดตั้งชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าของรถจักรยานไฟฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 24 นิ้ว ซึ่งรถจักรยานไฟฟ้าที่ออกแบบสามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 41.48 กิโลเมตรต่อชั่วโมงส่วนรถจักรยานธรรมดาสามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 35.08 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การทดสอบความแตกต่างของรถจักรยานทั้งหมด 5 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพความเร็วสูงสุด พบว่าประสิทธิภาพของรถจักรยานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงกว่ารถจักรยานธรรมดา เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยในการขับเคลื่อนของรถจักรยานไฟฟ้ามีค่าสูงกว่ารถจักรยานธรรมดา การทดสอบสมรรถนะเมื่อความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดามีค่าเท่ากัน ความแตกต่างทางด้านเวลาที่ใช้ในการวิ่งรถจักรยานไฟฟ้าจะใช้เวลาวิ่งที่น้อยกว่ารถจักรยานธรรมดา การทดสอบการเลี้ยวโค้ง รัศมีความโค้งที่เท่ากันจะพบว่าความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดาแตกต่างกัน โดยเมื่อรัศมีความโค้งที่มากขึ้น ความเร็วในการขับเคลื่อนของรถจักรยานไฟฟ้าจะมีค่ามากกว่ารถจักรยานธรรมดา การทดสอบการเบรก ทั้งการเบรกล้อหน้า เบรกล้อหลัง หรือการเบรกล้อหน้า-หลังพร้อมกัน จะมีระยะเบรกเฉลี่ยที่ต่างกัน คือ การเบรกล้อหลังของรถจักรยานไฟฟ้าจะมีระยะเบรกไกลที่สุด และการทดสอบวัฏจักรการขับขี่ เป็นการศึกษารูปแบบความเร็วของการขับขี่ที่มีลักษณะที่คล้ายกันของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดา ซึ่งวัฏจักรความเร็วในการขับขี่ที่เกิดขึ้นของรถจักรยานทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน จะแตกต่างกันคือความเร็วเฉลี่ยที่รถจักรยานไฟฟ้ามีค่ามากกว่ารถจักรยานธรรมดาเป็น 1.6 เท่า

Project Title	Testing efficiency driving of electric bicycle in Naresuan University		
Name	Mr. Niwat	Lalee	ID 52361055
	Miss. Budsakorn	Phumkao	ID 52361079
Project advisor	Dr. Ananchai	Ukeaw	
Major	Mechanical Engineering		
Department	Mechanical Engineering		
Academic year	2012		

Abstract

Test efficiency of the electric bicycle in Naresuan University. The purpose is to study and test the difference in driving performance between conventional bicycle and electric bicycle. The after designing the position structure of the electrical installation of 24 inch electric bicycle. The electric bicycle is designed to run at a maximum speed of 41.48 kilometer per hour, while the bicycle it can run at a maximum speed of 35.08 kilometers per hour. Test the differences of vehicles for 5 tests. I.e. Performance test speeds of the electric bicycle are more efficient than conventional bicycle. Because the running speed of electric bicycle is higher than conventional bicycle. Tests speed of electric bicycle and conventional bicycle the equal the difference in the time used for run the electric bicycle takes less than a conventional bicycle. Test curve, the radius of curvature is equal the speed of electric bicycle and conventional bicycle are different when the radius of curvature increased the speed of electric bicycle is more than conventional bicycle. Test the brake front braked, rear brakes, front brake - Rear, braking distance are different. The electric bicycle rears brake is braking distance at most. Test driving cycle study the speed of driving with a likeness of the train and bicycle plain. This cycle of the driving speed of the bicycle, the both aren't different. The difference is that the average speed electric bicycle is more than conventional bicycle.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้โอกาสให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาและตรงแก้ข้อบกพร่องต่างๆจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์ และ ผศ.ดร.ชวัญชัย ไกรทอง ที่ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการการสอบและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจตลอดการศึกษาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆนักศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อนในกลุ่มทำวิทยานิพนธ์เดียวกัน ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆและเป็นกำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ กราบขอบพระคุณบิดา และ มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจ สละเวลา และทุนสำหรับการทำโครงงานนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายนิวัฒน์ ละลี

นางสาวบุษกร พุ่มเก่า

มีนาคม 2556

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	1
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	1
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง (Speed Velocity and Acceleration)	3
2.2 แรงต้านทางชัน	5
2.3 แรงหนีศูนย์กลาง	6
2.4 การเลี้ยวโค้ง	7
2.5 แรงเบรก	9
2.5.1 เบรกหน้า (Front Brake)	10
2.5.2 เบรกหลัง (Rear Brake)	11

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงานและการทดสอบ 12
3.1 การหาจุดศูนย์กลางจักรยานธรรมดา 13
3.2 การหาจุดศูนย์กลางจักรยานไฟฟ้า 15
3.3 ขั้นตอนการทดสอบจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อยาว 24 นิ้ว 17
3.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 17
3.3.2 การทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 17
3.3.3 การทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 17
3.3.4 การทดสอบการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 18
3.3.5 การเปรียบเทียบวัฏจักรความเร็วในการขับขี่รถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 18
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล 19
4.1 ผลการทดสอบ กราฟแสดงผลการทดสอบต่างๆและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ 19
4.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 19
4.1.2 การทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 20
4.1.3 การทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 21
4.1.4 การทดสอบการเบรกจากการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 22
4.1.5 วัฏจักรความเร็วในการขับขี่ของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 24
4.2 วิเคราะห์การทดสอบ 26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 28
5.1 สรุปผลการทดสอบ 28
5.2 ข้อเสนอแนะ 29
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป 29
เอกสารอ้างอิง 30
ภาคผนวก 31

ภาคผนวก ก รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับรถจักรยานไฟฟ้า 32

ภาคผนวก ข ข้อมูลจริงจากการทดสอบ 34

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 35

ผลการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 35

ผลการทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 36

ผลการทดสอบการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 37

ผลการทดสอบวัฏจักรความเร็วและความเร่งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า 38

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 40

สารบัญรูป

รูป หน้า

รูปที่ 2- 1 ภาพจำลองการเบรกหน้าเพียงอย่างเดียว 10
รูปที่ 2- 2 ภาพจำลองการเบรกหลังเพียงอย่างเดียว 11
รูปที่ 3- 1 รูปแสดงการวัดจุดศูนย์กลางของรถจักรยานธรรมดา 13
รูปที่ 3- 2 รูปแสดงโปรแกรมการคำนวณจุดศูนย์กลางรถจักรยานธรรมดา 14
รูปที่ 3- 3 รูปแสดงการวัดจุดศูนย์กลางของรถจักรยานไฟฟ้า 15
รูปที่ 3- 4 รูปแสดงโปรแกรมการคำนวณจุดศูนย์กลางรถจักรยานธรรมดา 16
รูปที่ 3- 5 แสดงการทดสอบการเลี้ยวโค้ง 17

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1- 1 ตารางแสดงความต้องการขนาดรถจักรยานที่จะนำมาทำรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง	1
ตารางที่ 1- 2 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 1- 3 ตารางแสดงรายละเอียดงบประมาณ	2
ตารางที่ ก- 1 ตารางการแสดงค่าต่างๆของรถจักรยาน	33
ตารางที่ ข- 1 ตารางการทดสอบประสิทธิภาพของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า	35
ตารางที่ ข- 2 ตารางการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า	35
ตารางที่ ข- 3 ตารางการทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า	36
ตารางที่ ข- 4 ตารางการทดสอบการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า	37

สารบัญกราฟ

กราฟที่ หน้า

กราฟที่ 4- 1 กราฟแสดงประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 19
กราฟที่ 4- 2 กราฟแสดงสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 20
กราฟที่ 4- 3 กราฟแสดงการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า 21
กราฟที่ 4- 4 กราฟแสดงระยะการเบรกของการเบรกล้อหน้าของรถจักรยานธรรมดา และรถจักรยานไฟฟ้า 22
กราฟที่ 4- 5 กราฟแสดงระยะการเบรกของการเบรกล้อหลังของรถจักรยานธรรมดา และรถจักรยานไฟฟ้า 22
กราฟที่ 4- 6 กราฟแสดงระยะการเบรกของการเบรกล้อหน้า – ล้อหลังของรถจักรยานธรรมดา และรถจักรยานไฟฟ้า 23
กราฟที่ 4- 7 กราฟแสดงความเร็วช่วงเวลาที่ 4 นาทีถึง 8 นาทีของรถจักรยานธรรมดา 24
กราฟที่ 4- 8 กราฟแสดงความเร็วช่วงเวลาที่ 5 นาทีถึง 8 นาทีของรถจักรยานไฟฟ้า 25
กราฟที่ ข- 1 กราฟแสดงลักษณะวัฏจักรความเร็วความเร่งรถจักรยานธรรมดา 38
กราฟที่ ข- 2 กราฟแสดงวัฏจักรความเร็วความเร่งรถจักรยานไฟฟ้า 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนได้สร้างแรงกดดันให้กับทุกประเทศทั่วโลกต้องมีมาตรการลดการใช้พลังงานเช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น คนส่วนใหญ่มีความกังวลเกี่ยวกับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีอยู่จำกัดอย่างสิ้นเปลือง ซึ่งส่งผลกระทบในเรื่องของราคาที่ผันผวนและไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะพุ่งสูงขึ้นไปอีกในเวลาใด รวมทั้งการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นมลพิษขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการทำลายชั้นบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมบนพื้นดิน ทำให้คนส่วนใหญ่หันมาใส่ใจและตระหนักถึงผลกระทบของการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และหันมาใช้ยานพาหนะที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้อยลง เช่น รถยนต์ไฮบริดจ์ (Hybrid Car) หรือ รถยนต์ขนาดเล็ก (Eco Car) แต่ก็ยังไม่สามารถเลิกใช้พลังงานเชื้อเพลิงได้ เป็นเพียงแต่การลดปริมาณการใช้ให้น้อยลงเท่านั้น ดังนั้น รถจักรยานไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

ปัจจุบันรถจักรยานไฟฟ้ามีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีการใช้งานในลักษณะที่คล้ายกัน คือ ใช้แบตเตอรี่ที่ชาร์ตจากไฟบ้าน ใช้เดินทางในระยะทางใกล้ๆ เป็นต้น แต่ในปัจจุบันยังไม่มีผู้คิดค้นที่จะดัดแปลงรถจักรยานไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับเดินทางในมหาวิทยาลัย หรือการเดินทางของนิสิต เพราะยังมีความกังวลเรื่องประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการนำจักรยานไฟฟ้ามาใช้ในมหาวิทยาลัยอย่างเป็นทางการ

จากปัญหาข้างต้นทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวความคิดที่จะจัดทำรถจักรยานไฟฟ้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในเรื่องการขับขี่ต่างๆเช่น การทดสอบการเลี้ยวเข้าโค้ง การเบรก การวัดค่าประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดและสมรรถนะของรถจักรยานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับรถจักรยานธรรมดาที่มีขนาดเท่ากันเพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างเรื่องประสิทธิภาพของรถจักรยานทั้งสองประเภท โดยการทดสอบนี้ทำการทดสอบภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งจักรยานที่ใช้ในการทดสอบของโครงงานนี้ ได้มีการทำแบบสอบถามขนาดความต้องการใช้รถจักรยานจากนิสิตชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยนเรศวรจำนวน 100 คน แบ่งเป็น ชาย 50 คน หญิง 50 คน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 1- 1 ตารางแสดงความต้องการขนาดรถจักรยานที่จะนำมาทำรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง

รถจักรยาน เสือภูเขา			รถจักรยานทั่วไปขนาด 24 นิ้ว			รถจักรยานทั่วไปขนาด 20 นิ้ว		
ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม
30	-	30	20	32	52	0	18	18

จากตารางข้อมูลข้างต้นพบว่า นิสิตชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งชายและหญิงให้ความสนใจในขนาดของรถจักรยานทั่วไปขนาด 24 นิ้ว เฉลี่ยแล้วมากกว่าขนาดของจักรยานเสือภูเขาและจักรยานทั่วไปขนาด 20 นิ้ว ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานจึงใช้จักรยานขนาด 24 นิ้ว เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อทดสอบสมรรถนะและความปลอดภัยของจักรยานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับจักรยานธรรมดาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อยาว 24 นิ้วเท่ากัน

1.2.2 ศึกษาความแตกต่างของการขับขี่ระหว่างรถจักรยานธรรมดาและรถจักยานไฟฟ้า

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการหันมาใช้จักรยานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวรมากขึ้น

1.3.2 เห็นถึงศักยภาพของจักรยานไฟฟ้าหากมีการนำจักรยานไฟฟ้ามาใช้จริงในมหาลัยนเรศวร

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 รถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 24 นิ้ว อย่างละ 1 คัน

1.4.2 แบตเตอรี่ขนาด 12 V จำนวน 3 ก้อน

1.4.3 ทดสอบประสิทธิภาพ สมรรถนะ ความเร็วสูงสุด การเข้าโค้ง และเปรียบเทียบวัฏจักรของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักยานธรรมดา

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1- 2 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ปี 2555							ปี 2556	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูล									
2. ประกอบติดตั้งรถจักรยานไฟฟ้า									
3. ทดสอบรถจักรยานธรรมดา									
4. ทดสอบจักรยานไฟฟ้า									
5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ									
6. สรุปผลการทดสอบ									
7. เขียนโครงงาน (วิทยานิพนธ์)									

1.6 รายละเอียดตลอดโครงการ

ตารางที่ 1- 3 ตารางแสดงรายละเอียดงบประมาณ

ลำดับที่	รายการ	ราคา (บาท)
1.	ค่าถ่ายเอกสารและค่าเข้าเล่มวิทยานิพนธ์	450
2.	ค่าถ่ายเอกสารแบบสอบถามโครงงาน	50
3.	ค่าโครงรถจักรยาน	1000
4.	ค่าชุดคันเร่งและเครื่องวัด	500
รวม		2000

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในการทำการทดสอบประสิทธิภาพทางกลศาสตร์ของรถจักรยานไฟฟ้า โดยมีการทดสอบจากการวัดค่าต่างๆ อาทิเช่น ความเร็วของรถที่รถวิ่งได้ภายในระยะทางที่กำหนด การทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถ การทดสอบการเบรกของรถ การขับขี่รถจักรยานรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อทดสอบลักษณะการกระทำของตัวรถกับพื้นผิวถนน และแรงต้านการหมุนของล้อ ซึ่งการทดสอบแต่ละอย่างที่กล่าวมาข้างต้นต้องอาศัยหลักการและทฤษฎี ดังนี้

2.1 อัตราเร็ว ความเร็ว และความเร่ง (Speed Velocity and Acceleration)

2.1.1 อัตราเร็ว (Speed) หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกล่าร์ มีหน่วยเป็น เมตร / วินาที

อัตราเร็วเฉลี่ย (v_{av}) หมายถึงระยะทางทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่)

$$V_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t};\ (\Delta t = t_2 - t_1) \qquad (2.1)$$

t_1 คือ เวลาเริ่มต้น, t_2 คือ เวลาสุดท้าย

หรือ

$$V_{av} = \frac{s}{t} \qquad (2.2)$$

เมื่อ $\Delta s, s$ คือ ระยะทางเคลื่อนที่ได้

$\Delta t, t$ คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

V_{av} คือ อัตราเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)

2.1.2 ความเร็ว (Velocity) คือ การกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา การกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตร /วินาที

ความเร็วเฉลี่ย $(\overline{v}_{av})$ หมายถึงการกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา (ช่วงเวลาที่พิจารณา)

$$\overline{V}_{av} = \frac{\Delta \overline{s}}{\Delta t} \qquad (2.3)$$

หรือ $\overline{V}_{av} = \frac{\overline{s}}{t}$; ทิศทางของ $\overline{V}_{av}$ จะมีทิศเดียวกับ $\Delta \overline{s}$ เสมอ

ข้อสังเกต ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ความเร็วเฉลี่ยความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง จะมีค่าเท่ากับความเร็วคงที่นั้น

หมายเหตุ ในกรณีวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง พบว่า การกระจัดจะมีค่าเท่ากับระยะทาง ดังนั้นขนาดของความเร็วเฉลี่ยจะเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย เรานิยามใช้สัญลักษณ์แทนปริมาณทั้งสองเหมือนกัน คือ V เพื่อสะดวกในการตั้งสมการคำนวณ

2.1.3 ความเร่ง (Acceleration) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือความเร็วที่เปลี่ยนไปในหน่วยเวลา ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีสัญลักษณ์ $\overline{a}$ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที^{2} $\left(m/s^2\right)$

ความเร่งเฉลี่ย $(\overline{a}_{av})$ หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหน่วยเวลา (ในช่วงเวลาที่พิจารณา)

$$\overline{a}_{av} = \frac{\Delta \overline{v}}{\Delta t} \qquad (2.4)$$

หรือ

$$\overline{a}_{av} = \frac{\overline{v} - \overline{u}}{t_2 - t_1} \qquad (2.5)$$

เมื่อ $\overline{u}$, $\overline{v}$ คือ ความเร็วที่เวลาเริ่มต้นและเวลาสุดท้ายตามลำดับ

Δt คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนความเร็ว จาก $\overline{u}$ เป็น $\overline{v}$

ข้อสังเกต

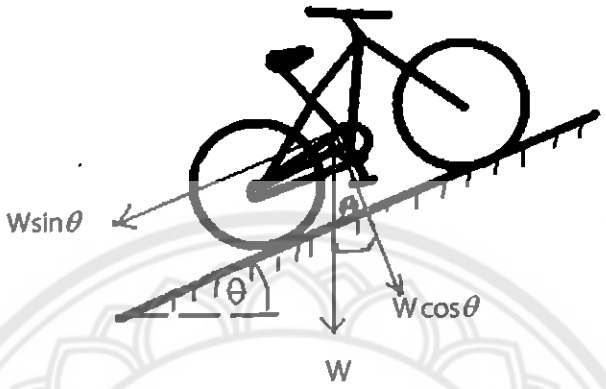
1. ทิศทางของความเร่ง $(\overline{a})$ จะอยู่ที่ในทิศทางเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป $(\overline{v})$ เสมอ
2. เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ค่าความเร่งเฉลี่ย และค่าความเร่งขณะใดขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าความเร่งคงที่นั้น
3. เมื่อวัตถุมีความเร่งลดลง $\overline{v} < \overline{u}$ เราจะได้ว่า $\overline{a}$ มีค่าเป็นลบ หรือ $\overline{a}$ มีทิศทางตรงข้ามการเคลื่อนที่บางครั้งเรียก $\overline{a}$ ที่มีค่าเป็นลบ (-) ว่าความหน่วง

2.2 แรงต้านทางชัน

แรงต้านทางชันจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1) น้ำหนักรถจักรยาน

2) ความชันของถนน



รูปที่ 2- 1 แรงต้านทางชัน

(ที่มา วาดจากโปรแกรม Paint เมื่อ 20 ตุลาคม 2555)

น้ำหนัก W ของรถยนต์สามารถแตกออกเป็นสองแนวตามรูปที่ 2-2 ได้แก่ $W\sin\theta$ และ $W\cos\theta$ **แรงต้านทางชันเกิดจาก** $W\sin\theta$ **คือ รถยนต์จะต้องเพิ่มแรงขับเคลื่อนเพื่อเอาชนะแรง** $W\sin\theta$

ดังนั้นแรงต้านทางชัน $R_g = W\sin\theta$

ในกรณีที่ θ มีค่าน้อย (น้อยกว่า 20 องศา)จะได้ว่า $\tan\theta$ มีค่าเกือบเท่ากับ $\sin\theta$

ดังนั้น $R_g = W\tan\theta$

ถ้าให้ G = ความชันเป็นเปอร์เซ็นต์ $=\tan\theta \times 100\%$

เช่นถ้า $\tan\theta = 0.1$ จะได้ G=10%

ซึ่งก็หมายถึงความชัน 1 ใน 10 หรือมุม $\theta = 5.71$ องศา

ดังนั้น

$$R_g = \frac{WG}{100} \qquad (2.6)$$

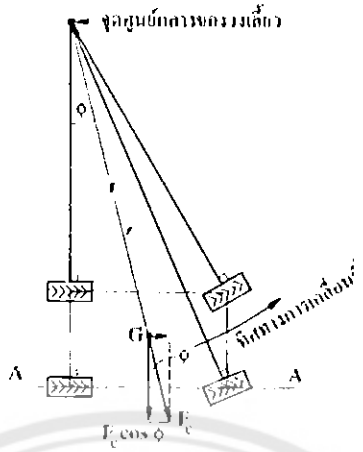
เมื่อ R_g **= แรงต้านทางชัน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)**

W = **น้ำหนักของรถยนต์ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)**

G = **ความชัน มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)**

หมายเหตุ เมื่อ θ = 20 **องศา จะได้** $\tan 20^{\circ} = 0.36397$ **ดังนั้น** G = 36.397%

2.3 แรงหนีศูนย์กลาง



รูปที่ 2- 2 เรขาคณิตการเลี้ยวโค้ง

(ที่มา รองศาสตราจารย์ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, วิศวกรรมยานยนต์, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ พิมพ์ดี **จำกัด**, 2542)

พิจารณารูปที่ 2-2 รถวิ่งเลี้ยวโค้ง r จะเกิดแรงหนีศูนย์กลาง F_C กระทำกับรถตรงจุดศูนย์กลางมวล **ของรถ** F_C มีค่าดังนี้

$$F_C = \frac{mv^2}{r} \qquad (2.7)$$

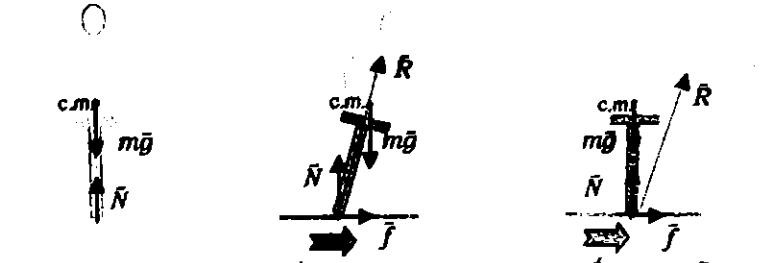
เมื่อ F_C = แรงหนีศูนย์กลาง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

m = มวลของรถจักรยาน มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

v = อัตราเร็วของรถ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

r = รัศมีความโค้ง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

2.4 การเลี้ยวโค้ง



ก. แรงที่กระทำต่อรถจักรยานที่แล่นตรง

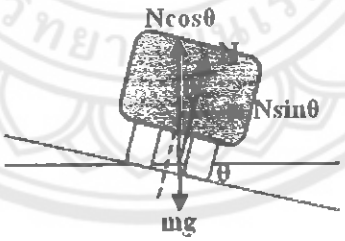
ข. แรงที่กระทำต่อรถจักรยานที่แล่นโค้งและเอียง

ค. แรงที่กระทำต่อรถจักรยานที่แล่นโค้งและไม่เอียง

รูปที่ 2- 3 แรงกระทำต่อรถจักรยาน

(ที่มา http://mtchaichon.blogspot.com/2013/02/blog-post_1353.html)

เมื่อรถจักรยานเลี้ยวโค้ง จะต้องมีแรงกระทำเพิ่มขึ้นทาอีก 1 แรง คือแรงเสียดทาน $\overline{R}$ ของแรง $\overline{f}$ และแรง $\overline{N}$ จะไม่ผ่านศูนย์กลางมวล ดังแสดงในรูป 2.3ข โมเมนต์ของแรง $\overline{R}$ (คิดรอบจุดศูนย์กลางมวล) เป็นเหตุให้ มีการหมุนรอบจุดศูนย์กลางมวล และรถล้มการยกขอบของถนนโค้งในกรณีที่รถเลี้ยวโค้ง แรงเสียดทานที่พื้นถนนกระทำกับด้านข้างของยางรถจะเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ที่ทำให้รถยนต์เลี้ยวโค้งได้ และเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าจำกัดขึ้นกับสภาพถนน และยางรถ ดังนั้นแรงสู่ศูนย์กลางจึงมีค่าจำกัดด้วย หากถนนมีความโค้งขนาดหนึ่งอัตราเร็วที่รถวิ่งขณะเลี้ยวโค้งต้องไม่เกินกว่าแรงเสียดทานทิศสู่ศูนย์กลาง หากอัตราเร็วเกินก็จะทำให้รถไถลออกนอกโค้งเกิดอันตรายได้ การเลี้ยวโค้งจะง่ายและปลอดภัยขึ้นหากพื้นถนนถูกยกให้ขอบถนนด้านนอกสูงกว่าขอบด้านใน ดังรูป 2-4



รูปที่ 2- 4 แรงที่กระทำต่อรถขณะที่กำลังแล่นเลี้ยวโค้งบนถนนเอียงทำมุมกับพื้นระดับ

(ที่มา http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/03_OtherMotion/content3.html)

จาก $$F_C = \frac{mv^2}{r} \quad (2.8)$$

ดังนั้น $$N\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \quad (2.9)$$

และ $$N\cos\theta = mg \quad (2.10)$$

ดังนั้น $$\frac{N\sin\theta}{N\cos\theta} = \frac{mv^2}{rmg} \quad (2.11)$$

หรือ $$\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \quad (2.12)$$

2.5 แรงเบรก

ถ้า a เป็นความหน่วงในการเบรกและรถจักรยานวิ่งบนพื้นระดับ ดังนั้นแรงเบรกมีค่าดังนี้

$$F_b = ma \tag{2.13}$$

F_b เป็นแรงเบรก มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

m เป็นมวลของรถจักรยาน มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

a เป็นความหน่วงในการเบรกมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที² (m/s^2)

ถ้าก่อนเหยียบเบรก รถจักรยานมีความเร็ว u (m / s) และหลังเหยียบเบรก รถจักรยานมีความเร็ว v (m / s) ดังนั้นหาความหน่วงได้ดังนี้ (ถือว่าความหน่วง a มีค่าคงที่)

$$v^2 = u^2 - 2aS \tag{2.14}$$

$$a = \frac{u^2 - v^2}{2S} \tag{2.15}$$

เมื่อ a = ความหน่วงเนื่องจากเบรก มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที² (m/s^2)

u = ความเร็วก่อนการเบรก มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

v = ความเร็วหลังการเบรก มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

S = ระยะทางช่องการเบรก มีหน่วยเป็น เมตร (m)

ในกรณีของรถจักรยานวิ่งลงทางชัน แรงเบรกจะมีค่าดังนี้

$$F_b = ma + mg\sin\theta \tag{2.16}$$

ถ้ารถจักรยานเคลื่อนที่ลงทางชันด้วยอัตราเร็วคงที่โดยการใช้เบรกช่วยไว้ ในขณะนั้นความเร่งเป็นศูนย์ ดังนั้น แรงเบรกจะเท่ากับ

$$F_b = mg\sin\theta \tag{2.17}$$

หรือ

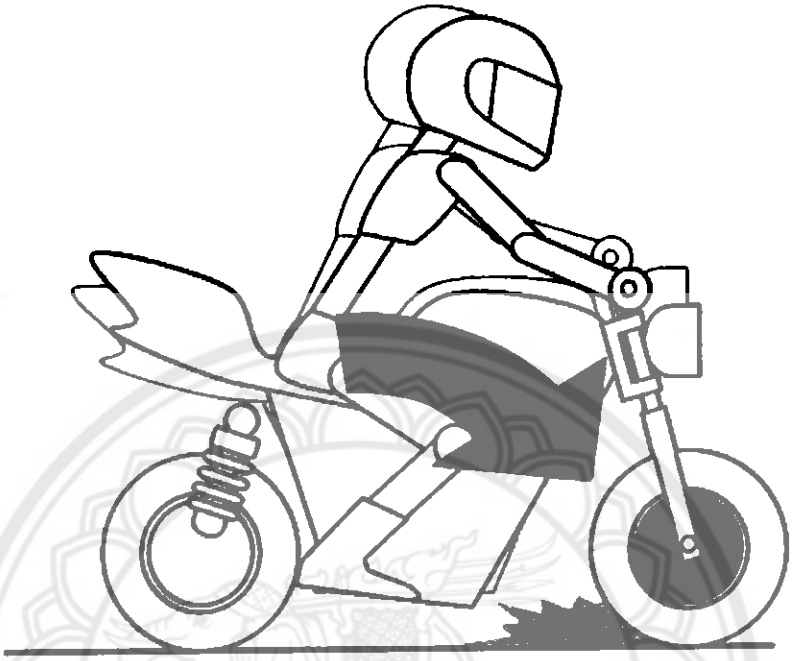
$$F_b = \frac{WG}{100} \tag{2.18}$$

เมื่อ G เป็น % ความชัน

ในกรณีของรถจักรยานวิ่งขึ้นทางชัน $F_b = ma - mg\sin\theta$ (2.19)

แรงเบรก F_b เป็นแรงที่เกิดขึ้นบริเวณที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนน

2.5.1 เบรกหน้า (Front Brake)

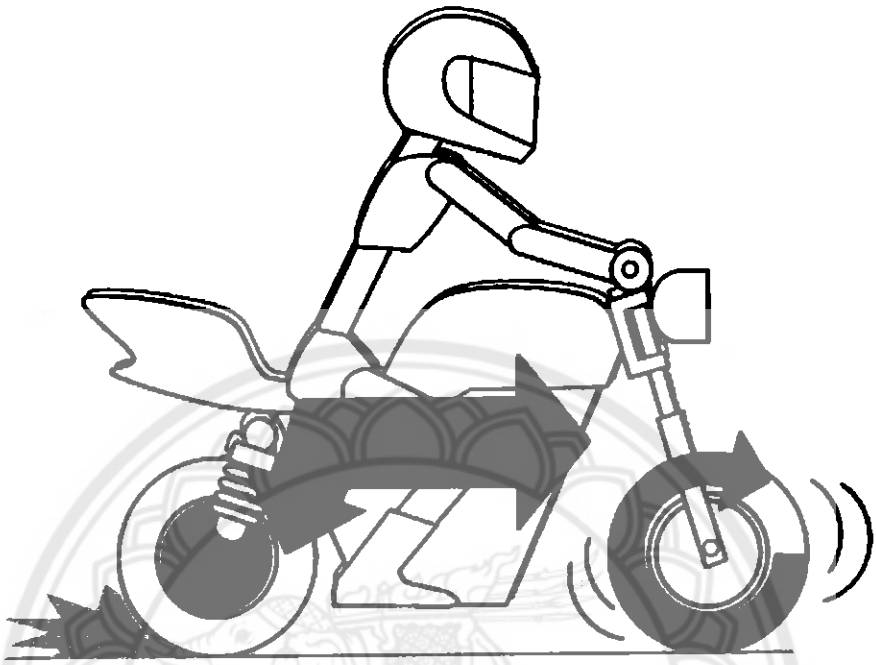


รูปที่ 2- 1 ภาพจำลองการเบรกหน้าเพียงอย่างเดียว

(ที่มา http://www.ninja-thailand.com/forum/index.php?topic=71.0)

เบรกหน้า (Front Brake) เป็นเบรกที่ให้ประสิทธิภาพในการหยุดรถดีที่สุด แต่จะทำให้รถเสียความสมดุล จากรูปที่ 2-1 จะเห็นว่าจากตำแหน่งของรถและผู้ขับขี่ในสภาวะปกติ (เส้นสีฟ้า) เมื่อกดเบรกหน้า น้ำหนักเกือบทั้งหมดของรถจะถูกเหวี่ยงมาด้านหน้าผ่านโช๊คลงไปสู่ล้อหน้า (นี่แหละเรียกว่าเบรกหัวทิ่ม) ณ จุดนี้จึงเป็นการลดความเร็วของรถทั้งคันอย่างแท้จริง (เพราะมารวมอยู่ที่ล้อหน้าเกือบหมดแล้ว) แต่ด้วยน้ำหนักดังกล่าวนี้เอง ทำให้ช่วงหน้าหนัก เป็นผลให้รถเลี้ยวยาก

2.5.2 เบรกหลัง (Rear Brake)



รูปที่ 2- 2 ภาพจำลองการเบรกหลังเพียงอย่างเดียว

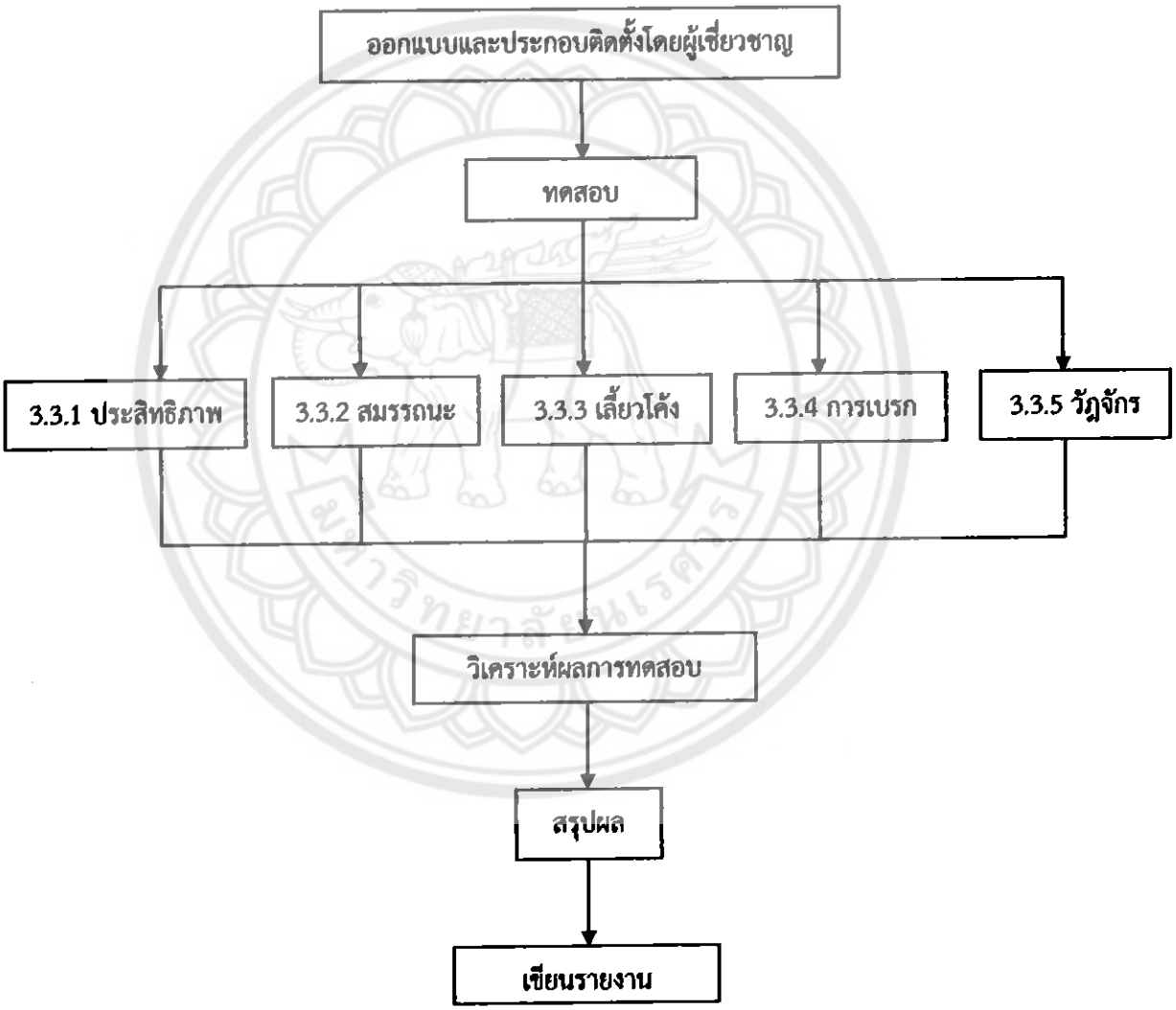
(ที่มา http://www.ninja-thailand.com/forum/index.php?topic=71.0)

เบรกหลัง (Rear Brake) ให้ประสิทธิภาพในการเบรกน้อยกว่าเบรกหน้า แต่รถมีความสมดุลมากกว่า จากรูปที่ 2-2 เนื่องจากเมื่อกดเบรกหลังจะมีน้ำหนักบางส่วนกดลงมาที่ล้อหลัง แต่ส่วนใหญ่จะยังคงถูกเหวี่ยงไปยังด้านหน้าของรถตามแนวแรงโมเมนตัม ณ จุดนี้จึงเป็นการลดความเร็วเพียงบางส่วนของทั้งหมด เพราะความเร็วส่วนที่เหลือได้ถ่ายไปยังด้านหน้ารถ (ฉะนั้น ถึงแม้เบรกรถล้อหลังล็อค รถก็ยังคงวิ่งต่อไปได้ด้วยล้อหน้า) ทำให้ใช้ระยะทางในการเบรกมากกว่า แต่นี่เองทำให้น้ำหนักของรถกระจายไปยังล้อหน้า-หลังอย่างสมดุล เป็นผลให้ควบคุมรถในขณะเบรกได้ง่าย

วิธีการเบรกที่ถูกต้องจะใช้เบรกหน้าและหลังเป็นหลัก และจากคุณสมบัติของเบรกที่กล่าวมาข้างต้น เราจึงสามารถสรุปได้ว่า การเบรกที่ดีควรให้น้ำหนักการกดเบรกหน้าประมาณ 70-80% และหลังประมาณ 20-30% และถ้าจะให้ดียิ่งขึ้นควรกดเบรกหลังก่อนเล็กน้อย เพื่อกระจายน้ำหนักและประสิทธิภาพการเบรกที่ดีกว่า (แต่ถ้าทำไม่ได้ให้กดพร้อมกันเลย)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงานและการทดสอบ



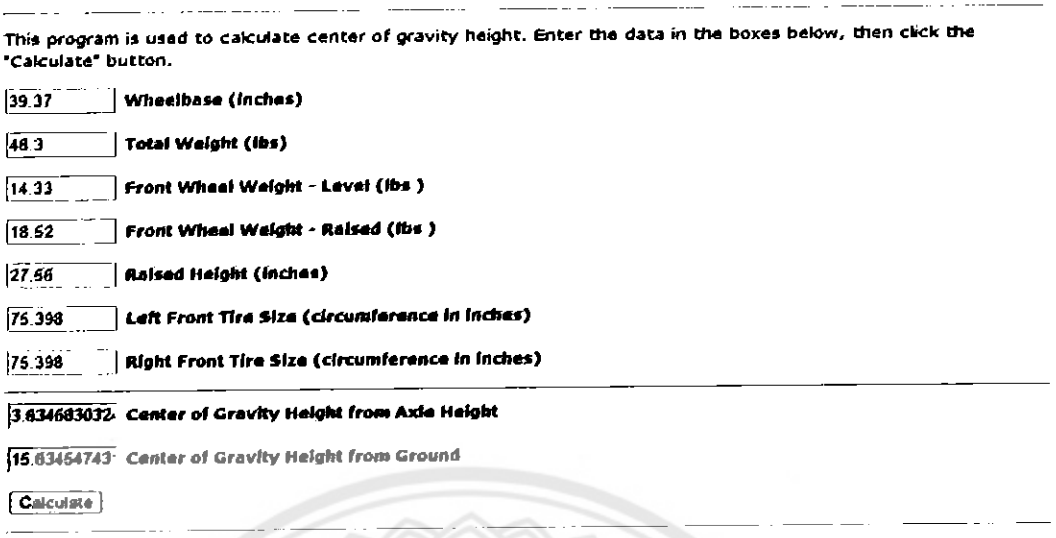
(ที่มา แผนผังการดำเนินงาน เขียนเมื่อ 15 กรกฎาคม 2556)

3.1 การหาจุดศูนย์กลางจักรยานธรรมดา

รูปที่ 3- 1 รูปแสดงการวัดจุดศูนย์กลางของรถจักรยานธรรมดา

(ที่มา ถ่ายรูปรถจักรยานธรรมดาที่ชั่งน้ำหนัก เมื่อ 15 ธันวาคม 2556 และนำมาวาดโดยโปรแกรม Paint)

Wheelbase = 39.37 inches
น้ำหนักจักรยาน = 46.3 lbs
น้ำหนักล้อหน้าในแนวระดับ = 14.33 lbs
น้ำหนักล้อหน้ายกรถขึ้น = 18.52 lbs
ความสูงของการยก = 27.56 inches
เส้นรอบวงยางรถล้อหน้า = 75.398 inches
เส้นรอบวงยางรถล้อหลัง = 75.398 inches



รูปที่ 3- 2 รูปแสดงโปรแกรมการคำนวณจุดศูนย์กลางรถจักรยานธรรมดา

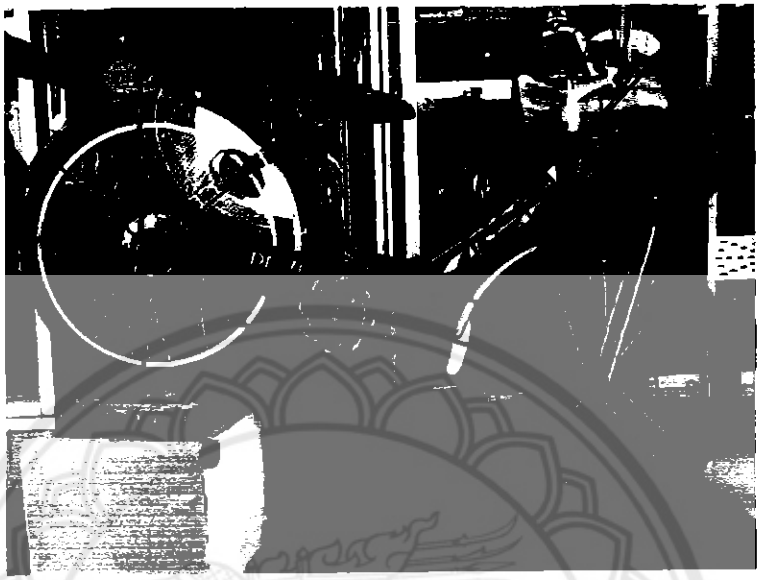
(ที่มา http://www.longacreracing.com/articles/art.asp?ARTID=22)

โปรแกรมคำนวณได้

จุดศูนย์กลางจากความสูงเพลา = 3.635 inches

จุดศูนย์กลางจากพื้นดิน = 15.635 inches

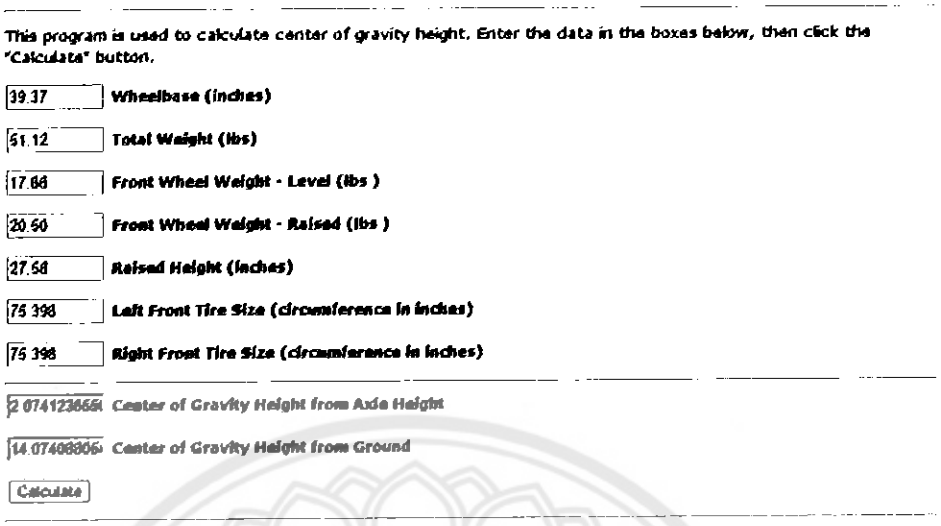
3.2 การหาจุดศูนย์กลางจักรยานไฟฟ้า



รูปที่ 3- 3 รูปแสดงการวัดจุดศูนย์กลางของรถจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา ถ่ายรูปรถจักรยานไฟฟ้าที่ชั่งน้ำหนัก เมื่อ 15 ธันวาคม 2556 และนำมาวาดโดยโปรแกรม Paint)

Wheelbase = 39.37 inches
น้ำหนักจักรยาน = 51.12 lbs
น้ำหนักล้อหน้าในแนวระดับ = 17.86 lbs
น้ำหนักล้อหน้ายกรถขึ้น = 20.50 lbs
ความสูงของการยก = 27.56 inches
เส้นรอบวงยางรถล้อหน้า = 75.398 inches
เส้นรอบวงยางรถล้อหลัง = 75.398 inches



รูปที่ 3- 4 รูปแสดงโปรแกรมการคำนวณจุดศูนย์กลางรถจักรยานธรรมดา

(ที่มา http://www.longacreracing.com/articles/art.asp?ARTID=22)

โปรแกรมคำนวณได้

จุดศูนย์กลางจากความสูงเพลา = 2.074 inches

จุดศูนย์กลางจากพื้นดิน = 14.074 inches

3.3 ขั้นตอนการทดสอบจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อยาว 24 นิ้ว

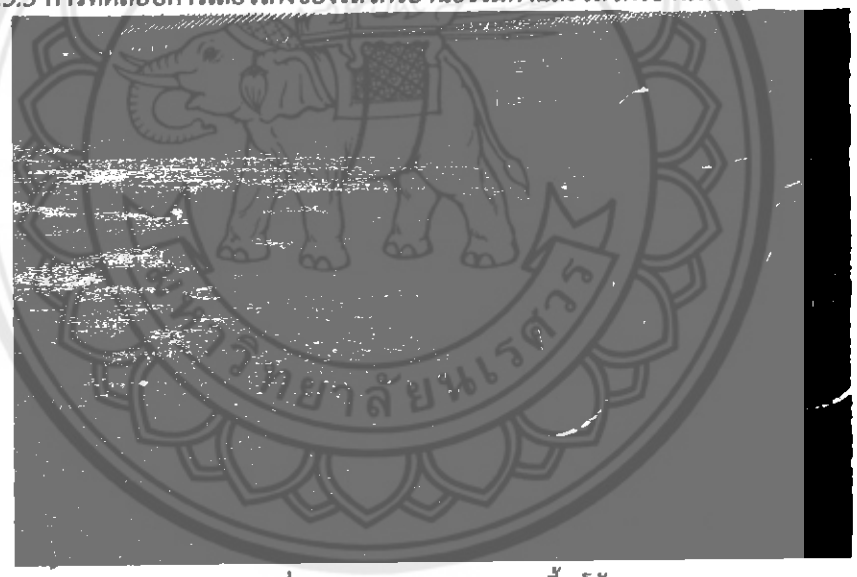
ในการทดสอบจะทำการทดสอบถนนภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก ทดสอบโดย นางสาวบุษกร พุ่มเก่า น้ำหนักตัว 45 กิโลกรัม ซึ่งการทดสอบจะทดสอบดังนี้

3.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางล้อยาว 24 นิ้ว

การทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดเป็นการวัดศักยภาพที่รถจักรยานทั้งสองวิ่งได้สูงสุด โดยการทดสอบจะทำการทดสอบวัดค่าความเร็วที่สูงที่สุดของจักรยานทั้งสองเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการวิ่งของรถจักรยาน ซึ่งการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง สถานที่ทำการทดสอบคือลานจอดรถมหาวิทยาลัยนเรศวร

3.3.2 การทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า เป็นการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการขับเคลื่อนของรถจักรยานเทียบกับความเร็วซึ่งกำหนดไว้ที่ 10 km/hr 20 km/hr และ 30 km/hr การทดสอบจะทำการปั่นรถจักรยานให้ได้ความเร็วตามที่กำหนด แล้วสังเกตเวลาที่ใช้ในการปั่น

3.3.3 การทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า



รูปที่ 3- 5 แสดงการทดสอบการเลี้ยวโค้ง

(ที่มา ถ่ายรูปการทดสอบการเลี้ยวโค้ง โดย น.ส.บุษกร พุ่มเก่า น้ำหนัก 45 กิโลกรัมเป็นผู้ทดสอบ เมื่อ 19 พฤษภาคม 2556)

การทดสอบการเลี้ยวโค้ง เป็นการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง โดยเริ่มแรกจะทำการจำกัดวงเลี้ยวไว้ที่ 2.5 เมตรจากนั้นจะเพิ่มเป็น 3.5 4.5 และ 5.5 เมตร ตามลำดับ ในแต่ละครั้งจะทำการวัดทั้งหมด 3 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ย การทดสอบนี้จะทำการวัดความเร็วเฉลี่ยเทียบกับเวลาที่ใช้ในการเลี้ยวที่รัศมีที่แตกต่างกันระหว่างรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า สถานที่ทำการทดสอบคือ ลานจอดรถมหาวิทยาลัยนเรศวร

3.2.4 การทดสอบการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

การทดสอบการเบรก เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเบรก ซึ่งการทดสอบการเบรกจะทำการทดสอบที่ความเร็ว 10, 15, 20 และ 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงการทดสอบจะมีการปั่นให้รถจักรยานถึงความเร็วที่กำหนด จากนั้นจะวัดระยะทางและระยะของการเบรก สถานที่ทำการทดสอบคือ ถนนหน้าหอในมหาวิทยาลัยนเรศวร

3.2.5 การเปรียบเทียบวัฏจักรความเร็วในการขับขี่รถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้าขนาด 24นิ้ว

การเปรียบเทียบวัฏจักรความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดา เป็นการเปรียบเทียบกราฟความเร็วที่ได้จากการขับเคลื่อนของรถจักรยานทั้งสอง การวัดความเร็วจากการวิ่งของรถจะใช้เครื่อง Qstarz ติดไว้ที่จุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยาน เพื่อใช้เป็นตัววัดความเร็วในการทดสอบเส้นทางการทดสอบ รอบมหาวิทยาลัยนเรศวร และชุมชนโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 4

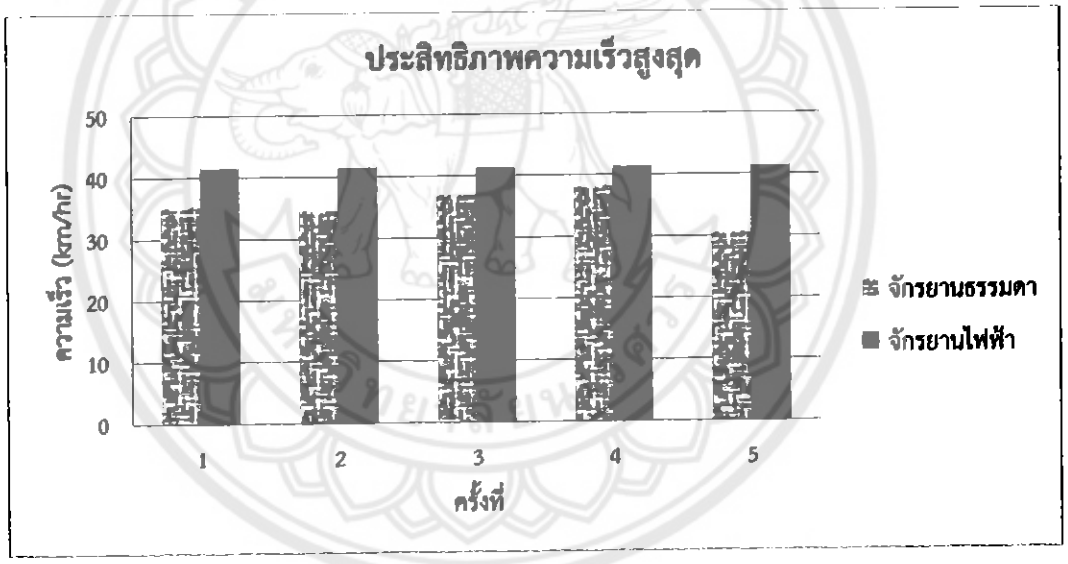
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ในการทดสอบประสิทธิภาพจักรยานไฟฟ้าขนาด 24 นิ้ว จากการดัดแปลงจากจักรยานธรรมดา โดยขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพจะทดสอบเปรียบเทียบกันระหว่างจักรยานไฟฟ้าและจักรยานธรรมดาที่มีขนาด 24 นิ้วเท่ากัน ซึ่งสถานที่ทดสอบคือ เส้นทางภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรและชุมชนโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

4.1 ผลการทดสอบ

กราฟแสดงผลการทดสอบต่างๆและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า

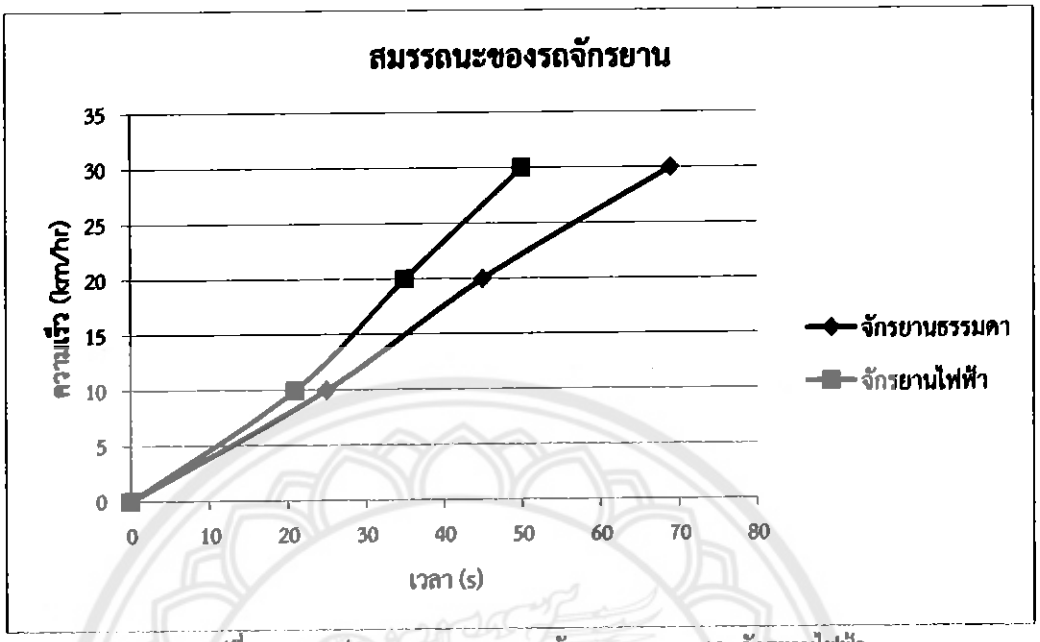


กราฟที่ 4- 1 กราฟแสดงประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟจากโปรแกรม Excel เมื่อ 25 มิถุนายน 2556)

จากกราฟที่ 4-1 การทดสอบประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดทำการทดสอบ 5 ครั้ง จะเห็นได้ว่าความเร็วที่มากที่สุดของจักรยานธรรมดา มีค่ามากที่สุดเพียงแค่ประมาณ 39 km/hr เพียงเท่านั้นส่วนความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าทำได้เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 41 km/hr จึงสามารถสรุปได้ว่า รถจักรยานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในเรื่องของความเร็วที่สูงกว่ารถจักรยานธรรมดา

4.1.2 การทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า



กราฟที่ 4- 2 กราฟแสดงสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟจากโปรแกรม Excel เมื่อ 25 มิถุนายน 2556)

จากกราฟที่ 4-2 การทดสอบสมรรถนะจะพบว่า จากลักษณะกราฟอัตราเร่งที่เกิดจากการวัดค่าความเร็วโดยการจำกัดความเร็วไว้ที่ 10 km/hr 20 km/hr และ 30 km/hr ระยะที่รถจักรยานธรรมดาจะใช้ระยะเวลาในการขับเคลื่อนที่มากกว่ารถจักรยานไฟฟ้า ลักษณะกราฟอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับลักษณะการขับขี่ น้ำหนักของผู้ขับขี่ และสภาพถนน ซึ่งการทดสอบนี้เป็นการทดสอบของเพศหญิง น้ำหนัก 45 กิโลกรัม สถานที่ใช้ในการทดสอบ ถนนหน้าหอพักนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร

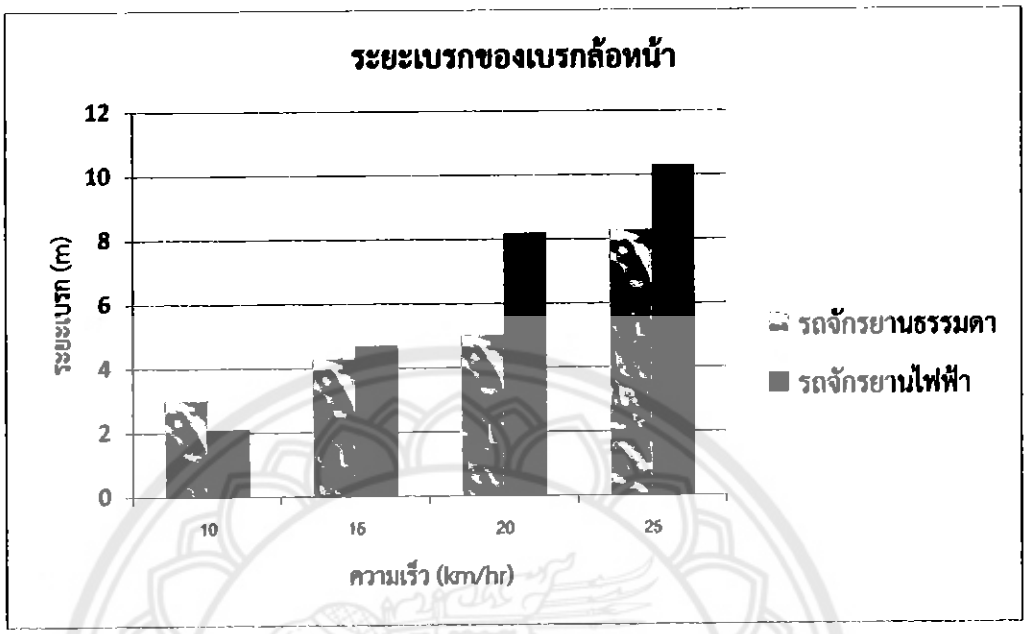
4.1.3 การทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า

กราฟที่ 4- 3 กราฟแสดงการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟจากโปรแกรม Excel เมื่อ 25 มิถุนายน 2556)

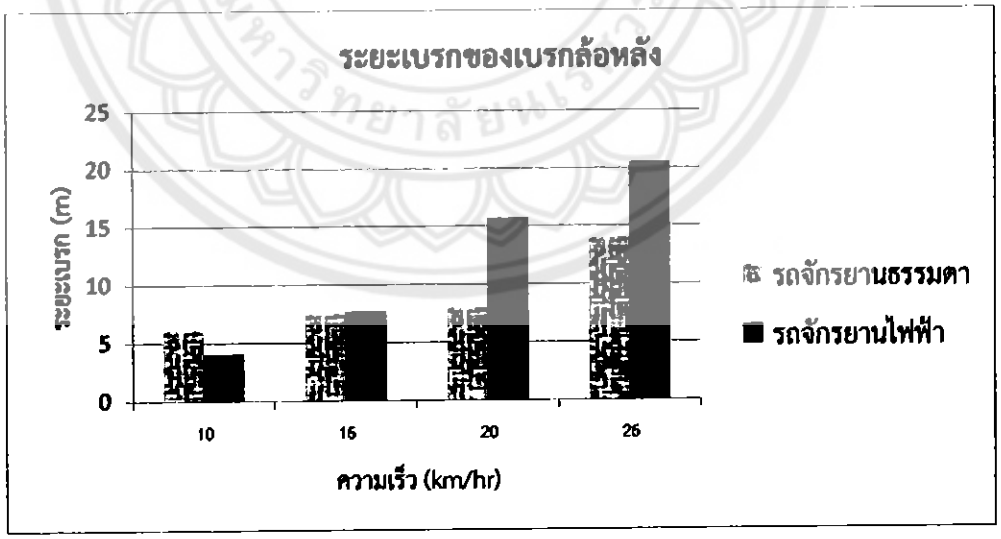
จากกราฟที่ 4-3 การเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดารัศมีการเลี้ยวโค้งมีผลทำให้ความเร็วของรถจักรยานลดลง กล่าวคือเมื่อเพิ่มระยะของรัศมีการเลี้ยวความเร็วจะมีค่าลดลงส่วนรถจักรยานไฟฟ้ารัศมีการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานไฟฟ้ามีผลทำให้ความเร็วเพิ่มมากขึ้น ยิ่งมีระยะรัศมีมากความเร็วของรถก็จะเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความเร็วเฉลี่ยในการเลี้ยวโค้งยังขึ้นอยู่กับลักษณะการขับขี่ของผู้ขับขี่อีกด้วย

4.1.4 การทดสอบการเบรกจากการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและจักรยานไฟฟ้า



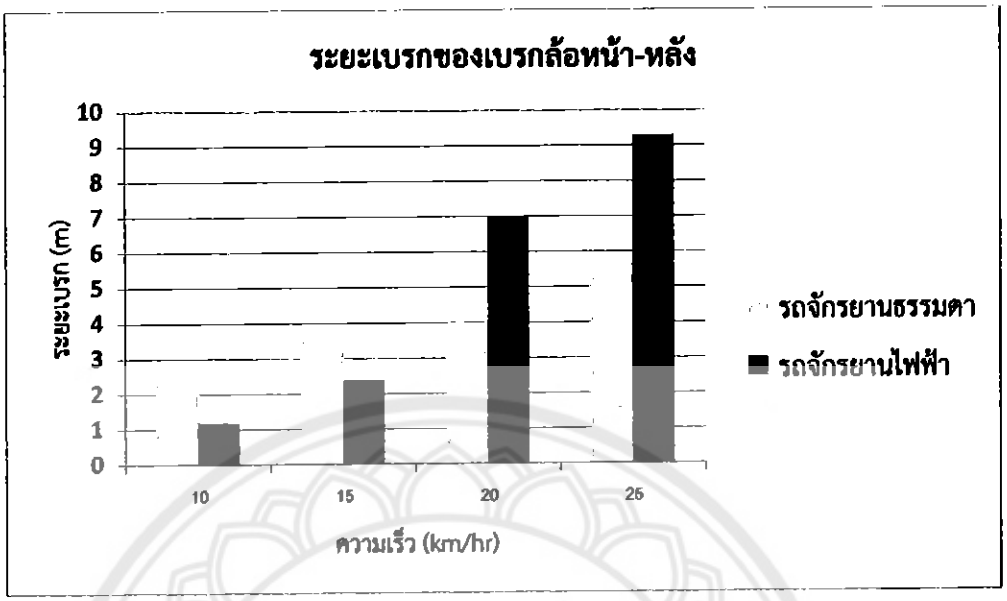
กราฟที่ 4- 4 กราฟแสดงระยะการเบรกของการเบรกล้อหน้าของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟจากโปรแกรม Excel เมื่อ 25 มิถุนายน 2556)



กราฟที่ 4- 5 กราฟแสดงระยะการเบรกของการเบรกล้อหลังของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟจากโปรแกรม Excel เมื่อ 25 มิถุนายน 2556)

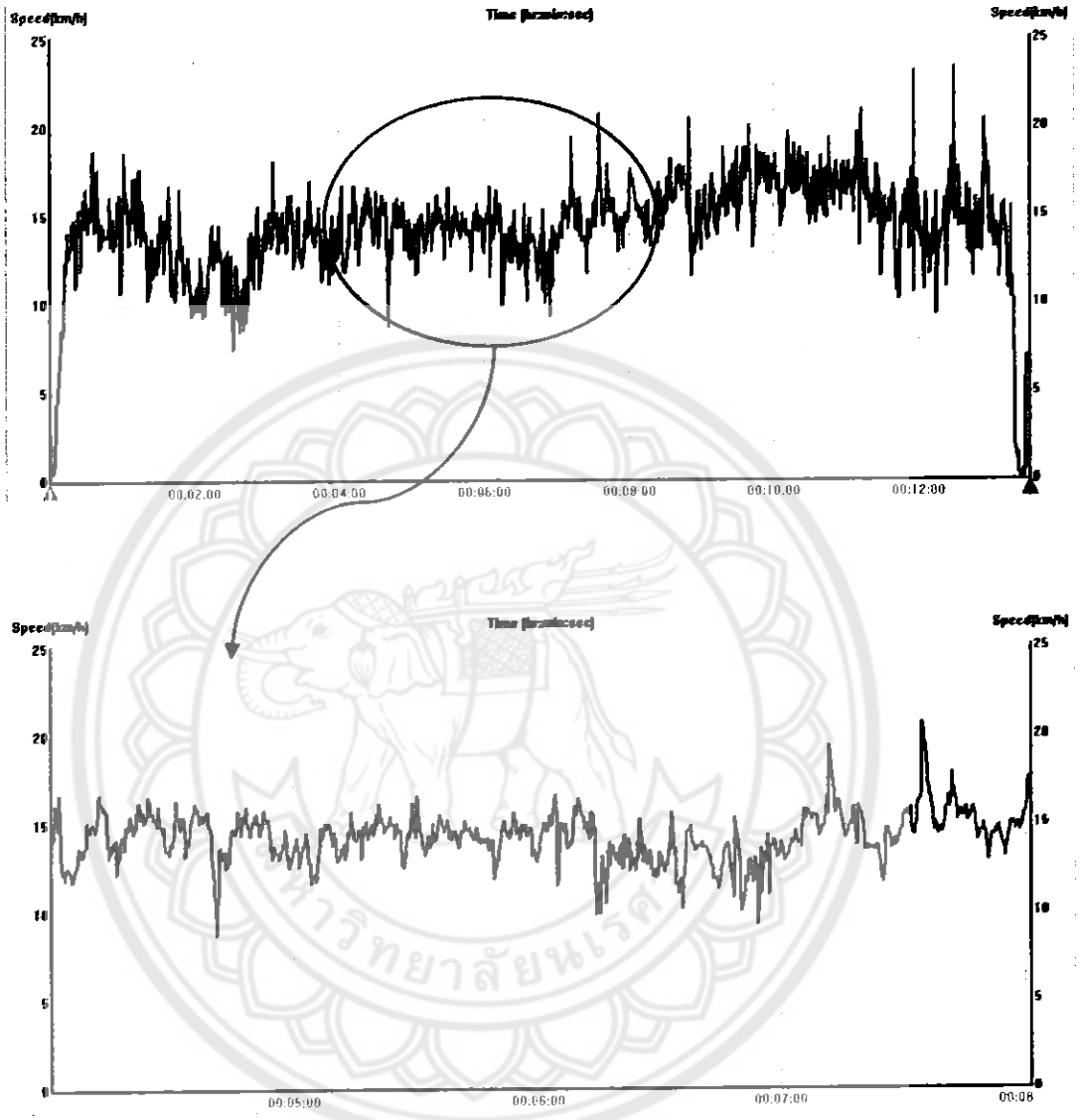


กราฟที่ 4- 6 กราฟแสดงระยะการเบรกของการเบรกล้อหน้า - ล้อหลังของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟจากโปรแกรม Excel เมื่อ 25 มิถุนายน 2556)

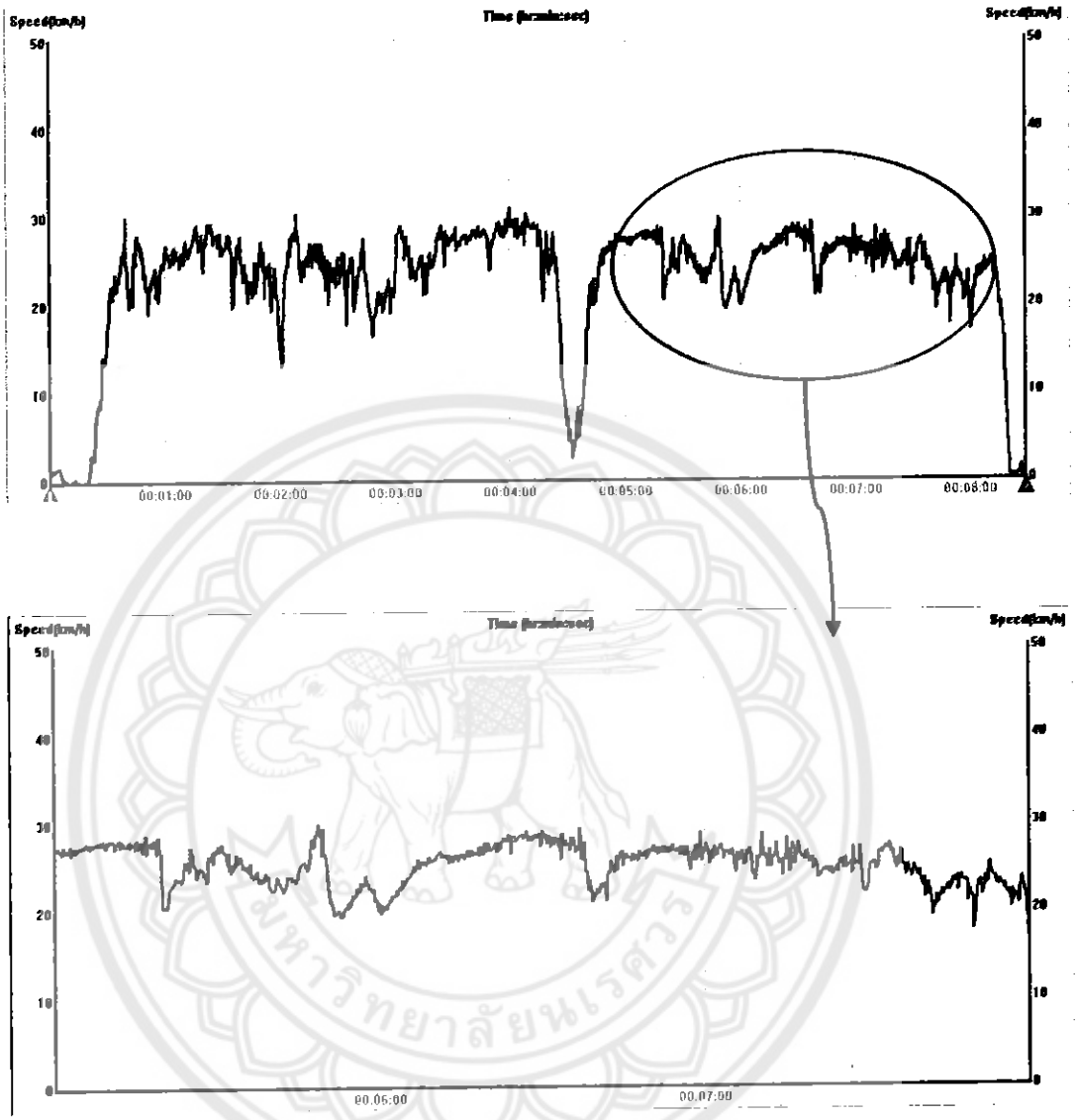
จากกราฟที่ 4-4 กราฟที่ 4-5 และ กราฟที่ 4-6 จะพบว่าหลังจากการทดสอบการเบรกแล้วนั้น ระยะเบรกของแต่ละการทดสอบ ซึ่งมีค่าของระยะเบรกที่แตกต่างกัน โดยในช่วงความเร็วที่ 10 km/hr จะเห็นว่าระยะการเบรกของรถจักรยานธรรมดาจะมีค่ามากกว่ารถจักรยานไฟฟ้า เนื่องจากแรงในการออกตัวมีค่ามากกว่ารถจักรยานไฟฟ้า แต่เมื่อความเร็วสูงขึ้นรถจักรยานไฟฟ้าจะมีระยะเบรกที่มากกว่ารถจักรยานธรรมดา เนื่องจากลักษณะการขับเคลื่อนของรถจักรยานไฟฟ้าต้องใช้ระยะเวลาในการทำความเร็ว เพราะรถจักรยานไฟฟ้าต้องใช้แรงในการขับเคลื่อนจากแบตเตอรี่ ด้วยสาเหตุนี้การเบรกด้วยความเร็วสูงๆ จึงส่งผลให้ระยะการเบรกของรถจักรยานไฟฟ้ามีค่ามากกว่ารถจักรยานธรรมดา

4.1.5 วัฏจักรความเร็วในการขับขี่ของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า



กราฟที่ 4- 7 กราฟแสดงความเร็วช่วงเวลาที่ 4 นาทีถึง 8 นาทีของรถจักรยานธรรมดา

(ที่มา กราฟแสดงผลจากโปรแกรม Qstarz)



กราฟที่ 4- 8 กราฟแสดงความเร็วช่วงเวลาที่ 5 นาทีถึง 8 นาทีของรถจักรยานไฟฟ้า

(ที่มา กราฟแสดงผลจากโปรแกรม Qstarz)

จากกราฟที่ 4-7 และ กราฟที่ 4-8 ลักษณะวัฏจักรความเร็ว คือ ลักษณะของการวิ่งของรถจักรยาน ณ ช่วงเวลาหนึ่งที่ทำให้ความเร็วของรถมีลักษณะที่เหมือน ดังจะเห็นได้ดังกราฟ ลักษณะกราฟของรถจักรยานธรรมดาจะมีลักษณะความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 15.93 km/hr ซึ่งแตกต่างจากรถจักรยานไฟฟ้าที่มีความเร็วเฉลี่ยที่สูงกว่าอยู่ที่ประมาณ 25.55 km/hr การทดสอบเป็นการทดสอบการขับขี่บนเส้นทางภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร เวลาที่ใช้ในการทดสอบคือ 15 นาฬิกา สภาพการจราจร ณ เวลานั้นมีรถจักรยานยนต์วิ่งบนถนนไม่มากนัก

4.2 วิเคราะห์การทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพการขับขี่ของรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะและความปลอดภัยของรถจักรยานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับจักรยานธรรมดาที่มีขนาด 24 นิ้วเท่ากัน และเพื่อศึกษาความแตกต่างของสมรรถนะการขับขี่ระหว่างรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า ซึ่งลักษณะการทดสอบจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 5 การทดสอบ ดังนี้

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดของรถจักรยาน การทดสอบทั้ง 5 ครั้งจะพบว่าความเร็วสูงสุดที่รถจักรยานไฟฟ้าทำได้คือ 41 km/hr ส่วนจักรยานธรรมดาความเร็วสูงสุด 35.08 km/hr ลักษณะการขับเคลื่อนของรถจักรยานทั้งรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับลักษณะการขับขี่ของผู้ขับขี่ จึงส่งผลให้ความเร็วที่เกิดขึ้นมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกัน

4.2.2 การทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดา ผลปรากฏเวลาที่ใช้ในการขับเคลื่อนเทียบกับความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าจะทำได้ดีกว่ารถจักรยานธรรมดา ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนที่ความเร็ว 30 km/hr เวลาที่ใช้ในการขับเคลื่อนของรถจักรยานธรรมดาจะสูงถึง 70 วินาที แตกต่างจากรถจักรยานไฟฟ้าที่ใช้เวลาเพียง 50 วินาทีเท่านั้น

4.2.3 การทดสอบการเลี้ยวโค้ง เป็นการทดสอบโดยการจำกัดรัศมีการเลี้ยวโค้งไว้ที่ 2.5 เมตร 3.5เมตร 4.5 เมตร และ 5.5 เมตร ตามลำดับ เพื่อศึกษาถึงรัศมีการเลี้ยวโค้งกับค่าความเร็วเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากเพิ่มระยะรัศมีขึ้น ซึ่งจากความเร็วเฉลี่ยที่รัศมี 2.5 เมตร ความเร็วเฉลี่ยจะค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นในส่วนของรถจักรยานไฟฟ้า ส่วนรถจักรยานธรรมดาความเร็วเฉลี่ยจะค่อยๆลดลง จะสังเกตความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนคือรัศมีที่ 5.5 ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยานธรรมดาจะลดลงมาที่ 7.27 km/hr ส่วนจักรยานไฟฟ้าจะมีความเร็วอยู่ที่ 9.3 km/hr เนื่องด้วยสาเหตุนี้รถจักรยานไฟฟ้าอาจก่อให้เกิดการแหกโค้งในการขับขี่ได้มากกว่ารถจักรยานธรรมดา การแก้ปัญหาหรือการป้องกันควรที่จะมีการระมัดระวังในการขับขี่โดยการลดความเร็วลงในขณะที่เข้าโค้ง หรือการแก้ปัญหาที่ตัวรถจักรยานโดยการเพิ่มขนาดของยางรถจักรยานเพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัสระหว่างล้อรถกับพื้นผิวถนนให้มากขึ้น

4.2.4 การทดสอบการเบรก ในการทดสอบการเบรกเป็นการสังเกตการเบรกของรถเมื่อทำการเบรกเมื่อถึงความเร็วที่กำหนด ซึ่งความเร็วที่กำหนดจะกำหนดไว้ที่ 10 km/hr 15 km/hr 20 km/hrและ 25 km/hr จากการทดสอบความเร็วที่มากกว่าของรถจักรยานไฟฟ้าส่งผลทำให้ การเบรกไม่ว่าจะเป็นเบรกล้อหน้า เบรกล้อหลัง หรือเบรกล้อหน้า-ล้อหลังพร้อมกัน ทำให้เกิดค่าระยะของการเบรกโดยเฉลี่ยมากกว่ารถจักรยานธรรมดา ชนิดของการเบรกที่เกิดระยะเบรกมากที่สุดคือเบรกล้อหลัง เพราะเนื่องจากเบรกล้อหลังเป็นเบรกชนิดดรัมเบรก ประกอบกับความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้ามีค่าสูง ระยะของการเบรกจึงไปไกลกว่าการเบรกของเบรกชนิดอื่น แนวทางการป้องกันการเกิดอันตรายในขณะทำการเบรกควรทำการลดความเร็วในช่วงก่อนการทำการเบรกระยะหนึ่งก่อนทำการเบรก เพื่อลดความเร็วลง จะเป็นการทำให้เบรกมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือการแก้ปัญหาที่ตัวจักรยานโดยตรงซึ่งเป็นการเปลี่ยนชนิดของเบรกไปเป็นชนิดดิสก์เบรก เพราะดิสก์เบรกเป็นชนิดของเบรกที่มีประสิทธิภาพมากกว่า เบรกได้เร็วกว่าเบรกชนิดดรัมเบรก

4.2.5 วัฏจักรความเร็วในการขับขี่ วัฏจักรความเร็วเป็นการศึกษาลักษณะของความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดา ในการขับขี่บนถนนภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรและชุมชนโดยรอบมหาวิทยาลัย ซึ่งผลการทดสอบพบว่าวัฏจักรความเร็วของรถจักรยานทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของการขับขี่ มีเพียงแต่ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยานไฟฟ้ามีค่าที่มากกว่ารถจักรยานธรรมดาถึง 1.6 เท่า จึงทำให้สามารถขับขี่ไปได้เร็วกว่า สำหรับการวิ่งในระยะทางเท่ากัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

ในการทดสอบโครงงานนี้เป็นการทดสอบ ลักษณะด้านความแตกต่างของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้าโดยการทดสอบ

5.1.1 ประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดของรถจักรยานแสดงให้เห็นว่ารถจักรยานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่า เนื่องจากความเร็วในการขับเคลื่อนของรถมีมากกว่าเมื่อเทียบกับจักรยานธรรมดา ซึ่งเมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วรถจักรยานไฟฟ้าจะวิ่งได้ถึง 41km/hr ส่วนรถจักรยานธรรมดาจะวิ่งได้ 35 km/hr

5.1.2 สมรรถนะของรถจักรยานไฟฟ้าจะมีสมรรถนะที่ดีกว่ารถจักรยานธรรมดา เพราะเวลาที่ใช้เทียบกับความเร็วในการขับเคลื่อนของรถจักรยาน ใช้เวลาที่น้อยกว่ารถจักรยานธรรมดา

5.1.3 การทดสอบการเลี้ยวโค้ง รัศมีวงเลี้ยวมีผลต่อความเร็วและเวลาในการเลี้ยวของรถจักรยานทั้งสองโดยรถจักรยานธรรมดาเมื่อมีรัศมีมากจะใช้เวลาในการเลี้ยวที่มากความเร็วในการปั่นก็จะลดลง ส่วนรถจักรยานไฟฟ้ารัศมีวงเลี้ยวมากขึ้นกลับทำให้ความเร็วของรถค่อยๆเพิ่มขึ้น จึงทำให้รถจักรยานไฟฟ้ามีโอกาสเกิดการแหกโค้งได้ง่ายกว่ารถจักรยานธรรมดา เพราะฉะนั้นการขับขี่รถจักรยานไฟฟ้าควรมีความระมัดระวังในการเข้าโค้งมากกว่าจักรยานทั่วไป

5.1.4 การทดสอบการเบรกซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่าการเบรกล้อหน้า-ล้อหลังพร้อมกันเป็นการเบรกที่ดีที่สุดเนื่องจากรถจักรยานไฟฟ้าจะมีค่าระยะของการเบรกโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งจะสังเกตได้ว่าไม่ว่าความเร็วจะแตกต่างกัน ทั้งรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดาการเบรกล้อหน้า-ล้อหลังพร้อมกันระยะของการเบรกโดยเฉลี่ยจะน้อยกว่าการเบรกล้อหน้าหรือเบรกหลังเพียงอย่างเดียว ซึ่งระยะเบรกของล้อหน้า-ล้อหลังพร้อมกันของจักรยานไฟฟ้ากับจักรยานธรรมดาเมื่อเทียบกันแล้วรถจักรยานไฟฟ้าจะมีระยะการเบรกที่ไกลกว่าถึง 0.9 m

5.1.5 วัฏจักรความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดาสามารถสรุปได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยานไฟฟ้าจะมีค่ามากกว่ารถจักรยานธรรมดา 1.6 เท่า ส่วนในเรื่องของวัฏจักรความเร็วในการขับขี่ของรถจักรยานไฟฟ้าและรถจักรยานธรรมดาจะไม่มีความแตกต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ขนาดล้อรถจักรยานมีผลต่อการเข้าโค้งของรถจักรยานไฟฟ้า ขนาดล้อรถจักรยานมีขนาดเล็กจะทำให้หลุดโค้งได้ง่าย เนื่องจากผิวสัมผัสของล้อรถจักรยานกับพื้นผิวของถนนมีพื้นที่สัมผัสกันที่น้อย ดังนั้น ยิ่งรถจักรยานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการวิ่งที่สูง ควรเลือกใช้ยางที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายในเวลาเข้าโค้ง

5.2.2 แบตเตอรี่ ควรหาตำแหน่งวางที่เหมาะมากกว่านี้ และใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กลงกว่านี้ เพื่อลดน้ำหนักของรถที่มีผลต่อการขับขี่ และอีกอย่างเพื่อให้มีพื้นที่ซ้อนของคนซ้อนได้

5.2.3 ผลการทดสอบทั้ง 5 การทดสอบอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับสภาพถนน ลักษณะการขับขี่ของผู้ขับขี่

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

การออกแบบและการจัดทำรถจักรยานไฟฟ้าต้องใช้ต้นทุนในการทำ แต่หากเมื่อมีการทดสอบแล้วว่าประสิทธิภาพในการสร้างนั้นคุ้มค่ากับการลงทุน ก็ควรมีการจัดสร้างหรือมีการพัฒนาต่อยอด ซึ่งข้อเสนอที่อยากให้มีการพัฒนาต่อไปคือ เรื่องของการเบรก หลังจากได้ทำการทดสอบการเบรกพบว่าการเบรกทั้งสามชนิด ได้แก่ การเบรกล้อหน้า การเบรกล้อหลัง และการเบรกล้อหน้าล้อหลังพร้อมกัน ยังมีข้อบกพร่องอยู่ โดยเฉพาะการเบรกของรถจักรยานไฟฟ้า เนื่องจากหลังจากการทำการเบรกรถจักรยานไฟฟ้ามีระยะเบรกที่ค่อนข้างมาก การพัฒนาต่อยอดจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนชนิดของการเบรก ให้มีการเบรกที่ทำให้ระยะของการเบรกนั้นสั้นลง เช่น การเปลี่ยนชนิดของเบรกจากดรัมเบรกไปเป็นชนิดของดิสก์เบรก เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

รองศาสตราจารย์ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, วิศวกรรมยานยนต์,พิมพ์ครั้งที่ 1,กรุงเทพฯ,โรงพิมพ์ พิมพ์ดี จำกัด,2542

http://www.siamonlineshop.com/market/shop.asp?id=7638&section=10&Anumber=314 สืบค้นเมื่อ มกราคม 2556

http://www.longacreracing.com/articles/art.asp?ARTID=22 สืบค้นเมื่อ มกราคม 2556

http://mtchaichon.blogspot.com/2013/02/blog-post_1353.html สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2555

http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/03_OtherMotion/content3.html สืบค้นเมื่อ มกราคม 2556

http://nenfe.nfe.go.th/elearning/courses/65/3_14.htm สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2556

http://www.ninja-thailand.com/forum/index.php?topic=71.0 สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2556

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับรถจักรยานไฟฟ้า

ตารางที่ ก- 1 ตารางการแสดงค่าต่างๆของรถจักรยาน

ลำดับ	หัวข้อ	รายละเอียด
1.	ระยะเวลาของแบตเตอรี่ที่สามารถอยู่ได้หลังจากการปั่นโดยไม่ใช้กำลังคนปั่นเลย	1 ชั่วโมง 15 นาที
2.	ระยะเวลาที่วิ่งได้ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง	25-30 กิโลเมตร
3.	เวลาการชาร์ตแบตเตอรี่ต่อครั้ง	3-4 ชั่วโมง
4.	ขนาดมอเตอร์	250/350 วัตต์
5.	แบตเตอรี่	12 โวลท์
6.	อายุการใช้งานของมอเตอร์	3 ปี
7.	อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	2 ปี
8.	น้ำหนักของคนซ้อนที่ซ้อนได้	50 กิโลกรัม
9.	ระบบเบรกหน้า	ก้ามปู
10.	ระบบเบรกหลัง	ดรัมเบรก
11.	ความรู้สึกระหว่างรถจักรยานธรรมดากับรถจักรยานไฟฟ้า	รถไฟฟ้าให้ความสบายกว่า โดยการขับเคลื่อนที่เร็วกว่า ไม่เหนื่อยเหมือนกับรถจักรยานธรรมดา

ภาคผนวก ข

ข้อมูลจริงจากการทดสอบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

ตารางที่ ข- 1 ตารางการทดสอบประสิทธิภาพของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

ครั้งที่	จักรยานธรรมดา		จักรยานไฟฟ้า	
	ความเร็วสูงสุด (km/hr)	เวลาที่ใช้ (s)	ความเร็วสูงสุด (km/hr)	เวลาที่ใช้ (s)
1	35.2	12	41.6	19
2	34.5	19	41.6	23
3	37	17	41.4	19
4	38.2	15	41.4	19
5	30.5	16	41.4	20

ผลการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

ตารางที่ ข- 2 ตารางการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

ความเร็ว (km/hr)	เวลา (s)	
	จักรยานไฟฟ้า	จักรยานธรรมดา
0	0	0
10	21	25
20	35	45
30	50	69

ผลการทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า-10

ตารางที่ ข- 3 ตารางการทดสอบการเลี้ยวโค้งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

รัศมีโค้ง (m)	ครั้งที่	จักรยานธรรมดา		จักรยานไฟฟ้า	
		ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	เวลาที่ใช้ (s)	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)	เวลาที่ใช้ (s)
2.5	1	9.3	15	9.3	9
	2	9.3	11	8.2	10
	3	8.6	10	9	10
3.5	1	8.4	15	9.3	11
	2	9.3	14	7.9	12
	3	9	16	7.2	14
4.5	1	7.9	16	9	14
	2	8.6	15	8.2	16
	3	8.9	13	9.7	13
5.5	1	6.8	23	9.3	15
	2	6.4	20	9.3	17
	3	8.6	18	9.3	15

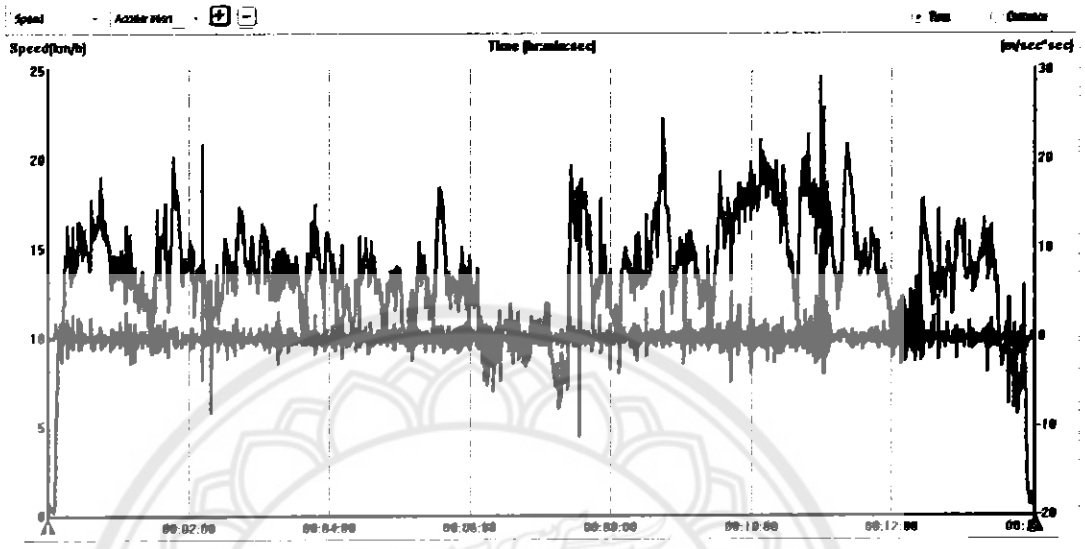
ผลการทดสอบการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

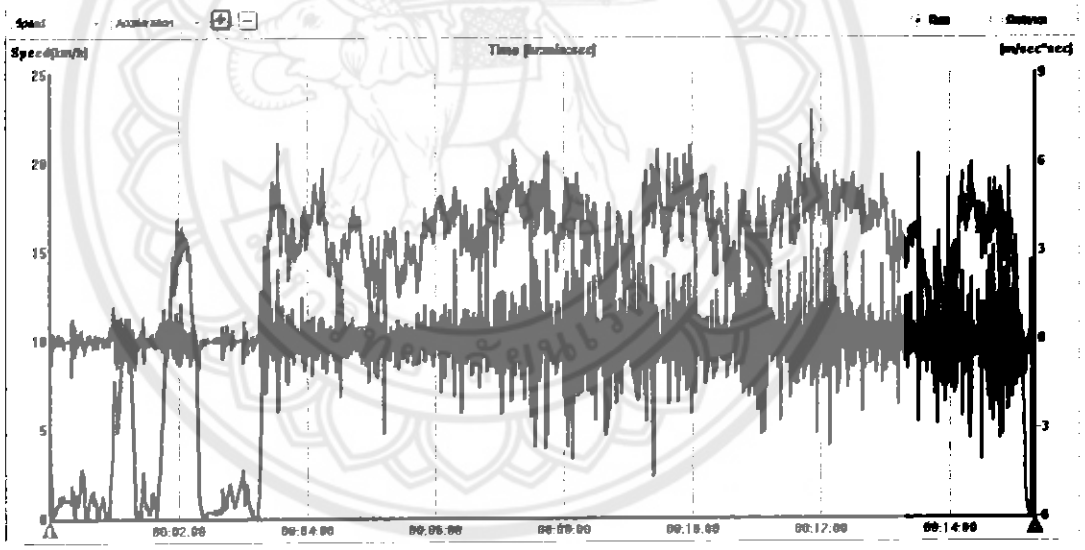
ตารางที่ ข- 4 ตารางการทดสอบการเบรกของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

	ความเร็ว (km/hr)	ระยะไม่รวมระยะการเบรก (m)			ระยะการเบรก (m)			เวลา (s)		
		หน้า	หลัง	พร้อมกัน	หน้า	หลัง	พร้อมกัน	หน้า	หลัง	พร้อมกัน
	10	11	9.1	10.3	2.1	4.1	1.2	6	6	5
จักรยานไฟฟ้า	15	24.6	30.8	28.5	4.7	7.7	2.4	10.51	12.16	10.44
	20	32.8	41	49.2	8.2	15.7	7	11.66	16	18.02
	25	56.7	125.23	114.6	10.3	20.5	9.3	20	40.2	30.18
	10	9.9	10	9.2	3	6.1	2.6	7	10	5.33
จักรยานธรรมดา	15	21	21.5	19.8	4.3	7.5	3.8	11	12.32	9.26
	20	35.2	39	33	5	8	4	12.9	14	12.01
	25	56	60	50	8.3	14	5.9	15	16.2	13.2

ผลการทดสอบวัฏจักรความเร็วและความเร่งของรถจักรยานธรรมดาและรถจักรยานไฟฟ้า

กราฟที่ ข- 1 กราฟแสดงลักษณะวัฏจักรความเร็วความเร่งรถจักรยานธรรมดา





กราฟที่ ช- 2 กราฟแสดงวัฏจักรความเร็วความเร่งรถจักรยานไฟฟ้า