การทดสอบอุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

Bench test for electric bicycle

นายจิรายุ อินยัง รหัสนิสิต 51361148

นายชาติดำรง ปาจิตร์ รหัสนิสิต 51361186

นายขจรเกียรติ พึ่งอ้อ รหัสนิสิต 51363166

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 2 ต.ค. 2556
เลขทะเบียน 1643038
เลขเรียกหนังสือ ฟส.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว 537 ก
2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์เครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การทดสอบอุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (Bench test for electric bicycle)		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจิรายุ	อินยัง	รหัส 51361148
	นายชาติดำรง	ปาจิตร์	รหัส 51361186
	นายขจรเกียรติ	พึ่งอ้อ	รหัส 51363166
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2554		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์)

Surajed S. .....กรรมการ

(อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การทดสอบอุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (Bench test for electric bicycle)		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจิรายุ	อินยัง	รหัส 51361148
	นายชาติดำรง	ปาจิตร์	รหัส 51361186
	นายขจรเกียรติ	พึ่งอ้อ	รหัส 51363166
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2554		

บทคัดย่อ

โครงงานการทดสอบอุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดสอบอุปกรณ์สำหรับใช้งานในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยเริ่มจากการศึกษาออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้นำมาทดสอบ และได้ทำการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้นำมาทดสอบขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบชุดอุปกรณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลนำมาหาความสัมพันธ์และนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบต่างๆดังนี้ คือ วัดกระแสที่เกิดขึ้น ความเร็วรอบ ความต่างศักย์ และแรงกดของมอเตอร์ ซึ่งใช้นำมาคำนวณหาแรงบิดและกำลังที่เกิดขึ้น ซึ่งสมารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1. ระยะการบิดคันเร่งแปรผันโดยตรงกับ กระแส ความเร็วรอบ แรงกด แรงบิด และกำลังที่เกิดขึ้น
2. คอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายกระแสเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า
3. กระแสไฟฟ้ามีผลโดยตรงกับค่า ความเร็วรอบ แรงกดบนเครื่องชั่ง ซึ่งมีผลในการคำนวณหาแรงบิดและกำลัง
4. ความต่างศักย์จะมีค่าคงที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย หากมีการเปลี่ยนแปลงมากจะสร้างความเสียหายให้กับชุดอุปกรณ์
5. การออกแบบโครงทดสอบชุดอุปกรณ์เมื่อนำมาใช้งานสามารถใช้งานได้ดี

Project title Bench test for electric bicycle

Name	Mr. Jirayu	Inyoung	ID. 51361148
	Mr. Chatdumrong	Pajit	ID. 51361186
	Mr. kajorngiat	Phung-or	ID. 51363166
Project advisor	Mr. Ananchai Youkaew, Ph.D.		
Major	Mechanical Engineering		
Department	Mechanical Engineering		
Academic year	2011		

.....

Abstract

Project bench test for electric bicycle. The objective for this project used to learn about bench test for the equipment of electric bicycle, Beginning from design the equipment for used to test the equipment of electric bicycle and build it. To get the data. We used to find the relationship and analyzed in various forms. For example. Measure the current, voltage, RPM and force of motor. Which used to find the torque and the power. The results can be summarized as follows.

Case 1 : Distance of Accelerator varied with the current, RPM, force of motor, and the power.

Case 2 : Controller used to supply the current to motor.

Case 3 : Current is direct result on the value RPM, force of motor. Which has resulted the torque and power.

Case 4 : The voltage is constant or it's minor changed. If there lot of cause damage to the equipment.

Case 5 : The design of the equipment for used to test. It's can used to test the equipment of electric bicycle.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทดสอบอุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านต่างๆ
2. นายชัชชัย อินเขียน คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านต่างๆ
3. ท่านคณะกรรมการสอบ ที่ให้คำติชมและแนะนำ
4. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้ดำเนินโครงการอย่างสม่ำเสมอตลอดมา และบุคคลอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ตลอดจนให้การดูแลและให้ประสบการณ์เกี่ยวกับการทำงาน ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้สนใจ ได้ในระดับหนึ่งตลอดจนเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อไป

นายจิรายุ อินยัง
นายชาติดำรง ปาจิตร์
นายขจรเกียรติ พึ่งอ้อ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อ.....ข
ABSTRACT.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน.....1
1.4 ขั้นตอนและการดำเนินงาน.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน.....2
1.6 งบประมาณ.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3
2.1 Bench Test.....3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor : DC Motor).....4
2.3 แบตเตอรี่.....6
2.4 คอนโทรลเลอร์ (Controller).....7
2.5 เครื่องมือวัด.....8

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการและการทดลอง.....10
3.1 กระบวนการออกแบบเครื่องมือทดสอบรถจักรยานไฟฟ้า.....10
3.2 กระบวนการทดสอบชุดอุปกรณ์.....11

บทที่ 4 ผลการดำเนินการ.....17
4.1 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test.....17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....18
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....18
5.2 แนวทางการทำวิจัยในอนาคต.....21
5.3 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค.....22
5.4 สรุปการทดลอง.....22

เอกสารอ้างอิง.....23

ภาคผนวก ก.....24
ภาคผนวก ซ.....26
ภาคผนวก ค.....31

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน.....42

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test.....17
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบ ผลการคำนวณแรงบิดและกำลัง.....18

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ Hub motor....4

รูปที่ 2.2 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม....6

รูปที่ 2.3 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน....7

รูปที่ 2.4 กล่องควบคุมรถจักรยานไฟฟ้า....7

รูปที่ 2.5 Multimeter....8

รูปที่ 2.6 Tachometer....9

รูปที่ 3.1 โครงทดสอบ Bench Test....10

รูปที่ 3.2 ชุดเครื่องมือทดสอบ Bench Test....11

รูปที่ 3.3 ประกอบชุดอุปกรณ์ทดสอบ Bench Test....12

รูปที่ 3.4 วงจรระบบที่ใช้ในการทดสอบ Bench Test....12

รูปที่ 3.5 ต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องมือวัด Amp meter....13

รูปที่ 3.6 ต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องมือแรงกด....13

รูปที่ 3.7 สเกลวัดเปอร์เซ็นต์การบิดคันเร่ง....14

รูปที่ 3.8 แถบสะท้อนแสงวัดความเร็วรอบ....14

รูปที่ 3.9 กล่องสวิตซ์ไฟต่างๆ....14

รูปที่ 3.10 คันเร่งไฟฟ้า....15

รูปที่ 3.11 แสดงการวัดกระแสที่จ่ายเข้ามอเตอร์....15

รูปที่ 3.12 แสดงการวัดความเร็วรอบ....16

รูปที่ 3.13 แสดงน้ำหนักที่มอเตอร์กดลงบนเครื่องชั่ง....16

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Current – ระยะการบิดคันเร่ง....19

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Voltage – ระยะการบิดคันเร่ง....19

รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ – ระยะการบิดคันเร่ง....20

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque – ระยะการบิดคันเร่ง....20

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power – ระยะการบิดคันเร่ง....21

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกแก่มนุษย์อย่างหนึ่ง โดยส่วนมากต้นกำลังของรถจะเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานเชื้อเพลงเคมีซึ่งก็คือน้ำมันและแก๊ส ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้มีอยู่อย่างจำกัดและทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต เพื่อลดมลภาวะและประหยัดเชื้อเพลิงเคมีพลังงานที่สะอาดและก่อให้เกิดมลภาวะน้อยก็คือพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการหันมาใช้รถที่มีเครื่องยนต์เป็นเครื่องยนต์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถตอบโจทย์ผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดีในปัจจุบัน

รถจักรยานไฟฟ้าที่ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ หากจะนำมาใช้งานจำเป็นต้องผ่านกระบวนการทดสอบก่อนนำมาใช้งาน ซึ่งทางเลือกหนึ่งของการทดสอบคือ การทดสอบแบบ Bench Test ซึ่งเป็นการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆของรถจักรยานไฟฟ้าในห้องทดลอง โดยไม่ต้องนำไปวิ่งจริงๆบนถนน ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปผลว่ารถจักรยานไฟฟ้าคันดังกล่าวสามารถนำไปวิ่งๆจริงๆบนท้องถนนได้หรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) ศึกษาการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test
2) ออกแบบและจัดทำโครงทดสอบ Bench Test
3) ทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

1) มีความรู้เกี่ยวกับการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test
2) ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test
3) ทำการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test

1.4 ขั้นตอนและการดำเนินงาน

ลำดับ	กิจกรรม	2554						2555		
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.	หาหัวข้อโครงงาน									
2.	รวบรวมข้อมูลและเอกสาร									
3.	ออกแบบและทำการทดสอบรถจักยานไฟฟ้าแบบ Bench Test									
4.	วิเคราะห์และคำนวณข้อมูลที่เก็บมา									
5.	สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1. ได้ทราบถึงวิธีการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test
2. สามารถสร้างเครื่องทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test ได้
3. สามารถทดสอบอุปกรณ์ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าก่อนนำไปใช้งานจริงได้

1.6 งบประมาณ

1) เหล็กกล่อง	950 บาท
2) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	1850 บาท
3) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	900 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน)	3700 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า (Hub motor DC) แบตเตอรี่ และคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่ทำให้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนได้ จึงต้องมีการทดสอบเพื่อหาชุดอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ในการทดสอบส่วนใหญ่จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. Bench Test หมายถึง การทดสอบทำงานของแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีนี้มีข้อจำกัด คือ เครื่องมือแต่ละตัวจะทดสอบคุณสมบัติได้เพียงหัวข้อเดียว
2. Engine Test หมายถึง การทดสอบแบบจำลองด้วยการนำอุปกรณ์ไปจำลองจริง ในห้องปฏิบัติการ (Engine Lab)
3. Field Test หมายถึง การทดสอบโดยการนำอุปกรณ์ไปทดสอบจำนวนหลายๆครั้ง แล้วทดสอบในสภาวะจริงโดยมีการควบคุมสภาวะการทดสอบ และมีการประเมินผลหลังการทดสอบ

ในการทำโครงงานในครั้งนี้เราจะทำการศึกษาการออกแบบและทดสอบแบบ Bench Test ซึ่งเราจะได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 Bench Test

Bench test คือ การทดสอบอุปกรณ์จำลองเสมือนจริงโดยจะใช้ทดสอบความถูกต้องหรือความสมบูรณ์ของแบบจำลองหรืออุปกรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการ (เช่น ผลิตภัณฑ์ซอฟแวร์) ซึ่งจะเป็นวิธีการทดสอบแบบจำลองที่เป็นรากฐานของการทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่วิศวกรจะต้องใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือสำหรับการวัดและปรับเปลี่ยนแบบจำลองให้เหมาะสมและถูกต้องสำหรับที่จะนำไปใช้งานจริง เช่น การใช้เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าชนิดออสซิลโลสโคป (Oscilloscope), การใช้เครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าแบบมัลติมิเตอร์(Multimeters), การใช้หัวแร้ง (soldering irons), การใช้wire cutters ในการตัดสายไฟหรือสายโลหะ และเครื่องมืออื่นๆ

ในงานทางด้านวิศวกรรม software, firmware หรือ hardware การทดสอบแบบ Bench test หมายถึงการทดสอบผลิตภัณฑ์ภายใต้การพัฒนาการทดสอบแบบจำลองเนื่องจากบ่อยครั้งที่เครื่องมือทดสอบอาจจะไม่ใช่ชุดทดสอบที่ถูกออกแบบมาเฉพาะสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์นั้นๆจึงมีการพัฒนาวิธีการทดสอบแบบจำลองเพื่อให้เหมาะสมและให้ความถูกต้องในการทดสอบผลิตภัณฑ์

Bench test หรือ testing workbench มี 4 ส่วนประกอบดังนี้

1.Input: การป้อนข้อมูลที่ใช้ทำการทดสอบ

2. Procedures: กระบวนการที่จะเปลี่ยน input เป็น output

3. Check: ขั้นตอนในการตรวจสอบ output ที่ได้ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

4. Output: ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

ชนิดของ Bench test

การทดสอบ Bench test มีการทดสอบได้หลายวิธีแต่วิธีที่ใช้ในการทดสอบที่พบมากที่สุดดังนี้

1. Stimulus only มีเพียงตัวกระตุ้นการขับเคลื่อนและ DUT ไม่มีการตรวจสอบผลใดๆ
2. Full bench test มีตัวกระตุ้นการขับเคลื่อน ให้ผลลัพธ์ที่ดีและสามารถเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบ
3. Simulator specific เป็นการทดสอบแบบจำลองรูปแบบเฉพาะ
4. Hybrid bench test เป็นการผสมผสานเทคนิควิธีการทดสอบแบบจำลองมากกว่าหนึ่งวิธีเข้าด้วยกัน
5. Fast bench test เป็นการทดสอบที่ได้ผลลัพธ์ที่เร็วที่สุดจากการทดสอบแบบจำลอง

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor : DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นพลังงานกลชนิดหมุน

รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ Hub motor

Hub Motor หรือ Brushless DC Motor" ซึ่งจะไม่มีแปลงถ่าน มอเตอร์แบบนี้ราคาจะสูงกว่าแบบมีแปลงถ่าน และวงจรควบคุมจะมีการทำงานที่ซับซ้อนกว่ามาก ภายในมอเตอร์มีขดลวด 3 ชุดแต่จะมีหลายขด และมีการป้อนกลับของสัญญาณจาก hall sensor ทั้งหมด 3 ตัว ทำงานในลักษณะ Sink และ Soruce คือ

เป็น Low และ High ตามขั้วของแม่เหล็ก (ซึ่งจะไม่เหมือนกับ Hall Sensor ในคันเร่ง จะมีการทำงานเป็นแบบลิเนียร์เหมือนวอลุ่ม) โดย hall sensor ในล้อนี้จะวางใกล้ๆกัน ซึ่งจะวางตำแหน่งไหนแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต (60 องศา หรือ 120 องศา) โดยจะวางใกล้ๆกับขอบล้อติดกับแม่เหล็กในตัวมอเตอร์เอง ซึ่งรวมๆแล้วจะมีสายไฟทั้งส่วนของสายเซนเซอร์และขดลวด ออกจากมอเตอร์ทั้งหมด 8 เส้น) และมอเตอร์แบบนี้ยังมีแบบที่มีเกียร์ (BLDC Hub Motor แบบ Planetary Gear) ข้อดีคือ เวลาเราปั่นจะไม่หนักแรงเหมือน Hub Motor แบบธรรมดา แต่ยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากอุปกรณ์ภายในซับซ้อน ซ่อมยาก อีกทั้งระบบเกียร์มักมีปัญหาไม่ทนทาน เนื่องจากไม่ใช่โลหะ

การเลือกมอเตอร์สำหรับจักรยานยนต์ไฟฟ้า

ปัจจัยต่างๆที่ควรคำนึงถึงในการเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับจักรยานยนตร์ไฟฟ้า

1. มอเตอร์ที่นำมาใช้งานจะใช้งานตามโหลดในเวลาที่ไม่แน่นอน ดังนั้นขนาดของมอเตอร์ในกรณีนี้จะต้องหาขนาดแรงม้าสูงสุด (Peak) ที่ต้องการใช้และคำนวณเป็นค่าประสิทธิผล (RMS) เพื่อไม่ให้มอเตอร์เกิดความร้อนขึ้น

2. ควรตรวจสอบจุดที่จะนำมอเตอร์ไปติดตั้งว่ามีแรงดันไฟฟ้าเท่าไหร่ เพราะถ้าแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินกว่าแรงดันที่มอเตอร์กำหนดไว้ มอเตอร์จะใช้กระแสไฟมากกว่าปกติเพื่อสร้างแรงม้าให้ได้เท่าเดิมจึงทำให้มอเตอร์ร้อนขึ้น 1-2 องศาเซลเซียส

3. คำนึงถึงภาระโหลดที่จะนำไปใช้งาน

4. ควรเป็นมอเตอร์ที่ปรับแรงบิดและความเร็วได้ เนื่องจากจักรยานไฟฟ้าต้องการแรงบิดและความเร็วจากมอเตอร์ที่มาตอบสนองความต้องทางด้านความเร็วของรถและความต้องการที่จะเอาชนะโหลดที่เกิดจากน้ำหนักของโหลด

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่วัดได้จากการทดลองที่ใช้ นั้นคือน้ำหนัก(kg) ดังนั้นต้องนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์คำนวณตามสมการต่อไปนี้เพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการ

สมการคำนวณหาแรงบิด

$$T = m \times g \times r$$

สมการคำนวณหากำลัง

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

T = แรงบิด (นิวตันเมตร,Nm)

m = น้ำหนักที่ปลายคานกดลงหรือดึงขึ้น(กิโลกรัม,kg)

r = ความยาวของคาน(เมตร,m)

N = ความเร็วรอบ(รอบต่อนาที,rpm)

P = กำลัง(วัตต์,watt)

g = 9.81m/s^2

เมื่อมอเตอร์หมุนจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับทำให้ไปต้านแรงไฟฟ้าที่ใส่เข้าไป เมื่อเราใส่แรงไฟไปไม่พอกับความต้องการของมอเตอร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับก็จะต้านกระแสไฟที่เราใส่เข้าไป ทำให้มอเตอร์ทำงานไม่ปกติแต่ยังคงหมุนทำงานก็จะทำให้มอเตอร์ร้อนและไหม้ได้

2.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าตั้งแต่ 1 เซลล์หรือมากกว่า โดยเซลล์เหล่านี้จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทางไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้าของแบตเตอรี่ประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน 4 ส่วน ดังนี้

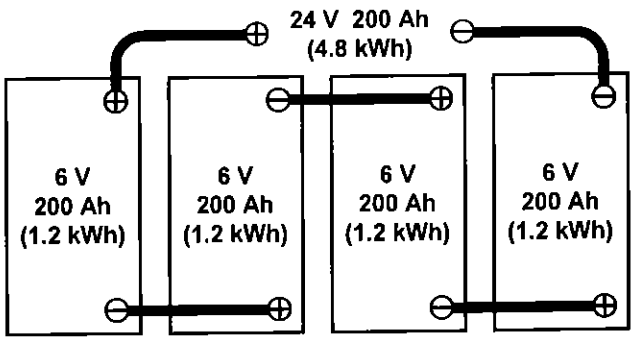
1) ขั้วบวก (Positive Electrode, Anode)

2) ขั้วลบ (Negative Electrode, Cathode)

3) อิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte)

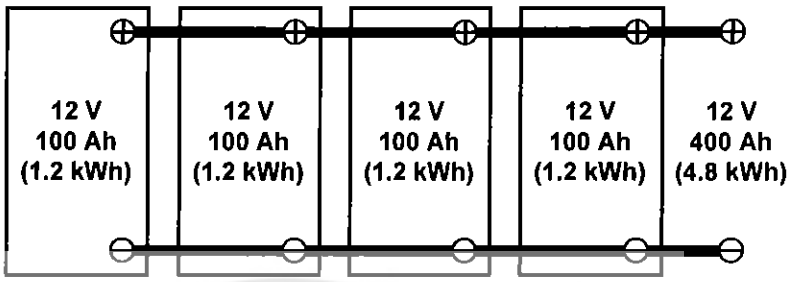
4) ตัวคั่นเซลล์ (Seperator)

การเชื่อมต่อแบตเตอรี่



รูปที่ 2.2 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม (Series connection) เป็นการนำขั้วต่างกันของแบตเตอรี่แต่ละก้อนมาต่อเรียงกันโดยสามารถทำการต่อได้ดังรูปที่ 2.2 จะทำให้มีค่าแรงดันด้านออกของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น การต่ออนุกรมนี้จะต้องเลือกแบตเตอรี่ที่มีพิกัดความจุเท่ากันพลังงานที่ได้จากการต่อแบตเตอรี่อนุกรมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละตัวคูณกับพิกัดความจุของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.3 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน (Parallel connection) เป็นการนำขั้วเดี่ยวกันของแบตเตอรี่แต่ละก้อนมาต่อเรียงกันโดยสามารถทำการต่อได้ เป็นการเพิ่มกระแสด้านออกให้ได้ค่าที่ต้องการ การต่อขนานแรงดันแบตเตอรี่จะต้องเลือกแบตเตอรี่ที่มีพิกัดแรงดันเท่ากัน พลังงานที่ได้จากการต่อแบตเตอรี่แบบขนานจะมีค่าเท่ากับแรงดันคูณกับผลรวมของพิกัดความจุของแบตเตอรี่แต่ละตัว

2.4 คอนโทรลเลอร์ (Controller)

รูปที่ 2.4 กล่องควบคุมรถจักรยานไฟฟ้า

Controller เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญเป็นเทคโนโลยีที่มีความอัจฉริยะ ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมและสั่งการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำกว่าการจ่ายไฟเข้ามอเตอร์โดยตรง มีการออกแบบให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและพัฒนาให้มีขนาดเล็กและเหมาะสมสำหรับการใช้งาน

เมื่อประกอบชุด แบตเตอรี่ มอเตอร์ และชุด Controller เข้าด้วยกันจะทำให้รถยนต์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเมื่อการงานเริ่มสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ชุดController จะช่วยให้การทำงานของระบบต่างๆดีขึ้น

ชุด Controller ของรถไฟฟ้าหลักๆจะประกอบไปด้วย คันเร่งไฟฟ้า และ แผงวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าดังต่อไปนี้

1. คันเร่งไฟฟ้า จัดเป็นอุปกรณ์ Electronic controller อย่างหนึ่งที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ซึ่งมีความไวและแม่นยำต่อการงานสั่งงานสูง
2. แผงวงจรควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่เปรียบเหมือนสมองของมนุษย์ คอยควบคุมกลไกที่มีความสลับซับซ้อน

2.5 เครื่องมือวัด

มัลติมิเตอร์ (multimeter)

รูปที่ 2.5 Multimeter

มัลติมิเตอร์ถือว่าเป็นเครื่องมือวัดที่จำเป็นสำหรับงานด้านอิเล็คทรอนิกส์ เพราะว่าเป็นเครื่องวัดที่ใช้ค่าพื้นฐานทางไฟฟ้าคือ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบหรือการตรวจซ่อมวงจรต่าง ๆ ก็จำเป็นต้องวัดค่าเหล่านั้นทั้งสิ้น มัลติมิเตอร์เป็นการรวม Voltmeter Ammeter และ Ohmmeter ไว้ในตัวเดียวกัน

เหตุผลที่เลือกเพราะว่าสามารถอ่านค่าตัวเลขออกมาได้ทันที สะดวกสบายไม่ต้องคำนึงถึงขั้วมิเตอร์ว่าวัดถูกหรือผิดเพราะว่ามีเครื่องหมาย บอกให้เสร็จ

Tachometer

รูปที่ 2.6 Tachometer

เครื่องวัดความเร็วรอบมอเตอร์โดยใช้แสงนี้จะอาศัยการสะท้อนกลับของแสงที่ LED ส่งผ่านไปยังแผ่นสะท้อนที่ติดอยู่บนเพลาของมอเตอร์ โดยที่ Phototransistor เป็นตัวรับ จะได้ผลออกมาในรูปของความถี่ และใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูล AVR (ATmega8)ในการแปลงคาบถี่เทียบกับเวลา โดยใช้จอ LCD แสดงผลออกมาที่ในรูปความเร็วรอบต่อนาที (RPM) วงจร Sensor ใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- กำเนิดแสง โดยใช้ LED เป็นตัวกำเนิดแสง
- ตัวรับแสง โดยใช้ Phototransistor เป็นตัวรับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการและการทดลอง

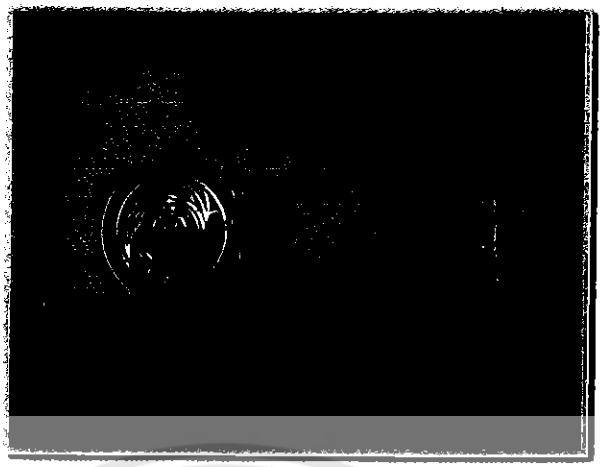
การดำเนินโครงการนี้มีส่วนหลักตามวัตถุประสงค์ของโครงการคือ ออกแบบและทดสอบระบบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test ซึ่งมีการออกแบบอุปกรณ์และทดสอบโดยวิธี Bench Test เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

3.1 กระบวนการออกแบบเครื่องมือทดสอบรถจักรยานไฟฟ้า

รูปที่ 3.1 โครงทดสอบ Bench Test

กระบวนการออกแบบเครื่องมือทดสอบ Bench Test สำหรับชุดอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำได้โดยการศึกษาลักษณะของอุปกรณ์และคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานถึงได้มีการออกแบบชุดอุปกรณ์ทดสอบให้มีความใกล้เคียงกับรถจักรยานยนตร์ไฟฟ้าจริงๆ ดังรูปที่ 3.1

3.2 กระบวนการทดสอบชุดอุปกรณ์



รูปที่ 3.2 ชุดเครื่องมือทดสอบ Bench Test

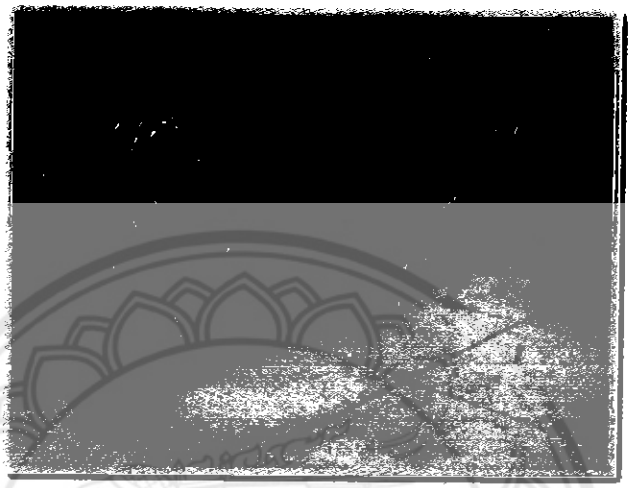
ในการทดสอบชุดอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ได้มีการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบ ดังรูปที่ 3.2 และได้มีการติดตั้งอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าลงไป ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเสมือนจริง โดยมีการทดสอบเพื่อวัดหาความเร็วรอบ ปริมาณกระแส และแรงกดจากมอเตอร์ เพื่อใช้คำนวณหากำลังของมอเตอร์ในสภาวะการบิดคันเร่งเพื่อสั่งให้ คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟเข้ามอเตอร์

วัสดุอุปกรณ์

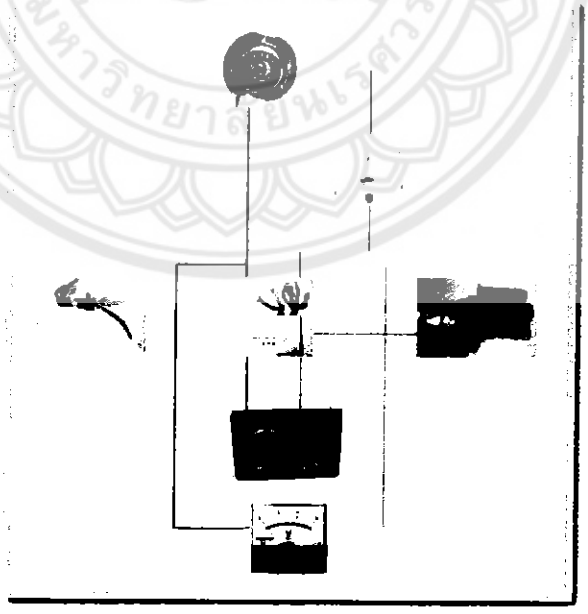
1. เครื่องทดสอบ Bench Test
2. มอเตอร์ไฟฟ้าล้อแม็ค ขนาด 48 v รุ่น AOMA
3. กล่องควบคุมการทำงานรถจักรยานไฟฟ้า (Controller)
4. ชุดคันเร่ง
5. ชุดสวิตช์และกุญแจเปิด-ปิดระบบไฟฟ้า
6. แบตเตอรี่ชนิด Lead Acid 12 V 4 ก้อน
7. ชุดระบบไฟและหน้าปัดรถจักรยานยนตร์ไฟฟ้า
8. ระบบเบรกล้อรถจักรยานไฟฟ้าชนิด ดรัมเบรค
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก
10. Amp Meter
11. Multi meter
12. Tachometer

วิธีการทดลอง

1. ประกอบชุดอุปกรณ์เข้ากับโครงทดสอบ Bench Test



รูปที่ 3.3 ประกอบชุดอุปกรณ์ทดสอบ Bench Test

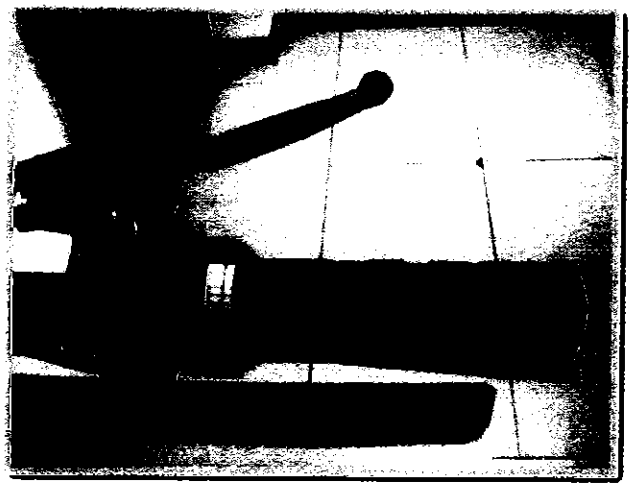


รูปที่ 3.4 วงจรระบบที่ใช้ในการทดสอบ Bench Test

2. ติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ ในการทดสอบ

รูปที่ 3.5 ต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องมือวัด Amp meter

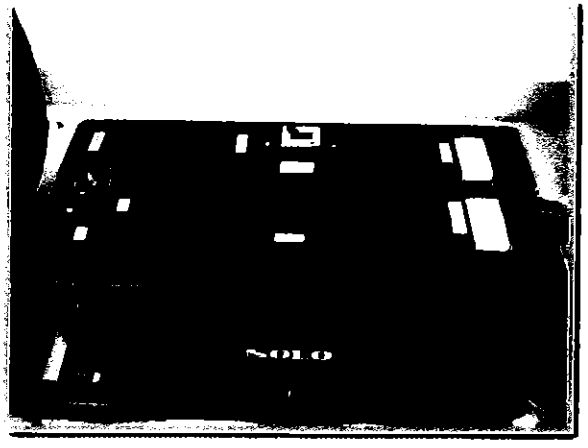
รูปที่ 3.6 ต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องมือแรงกด



รูปที่ 3.7 สเกลวัดเปอร์เซ็นต์ระยะบิดคันเร่ง

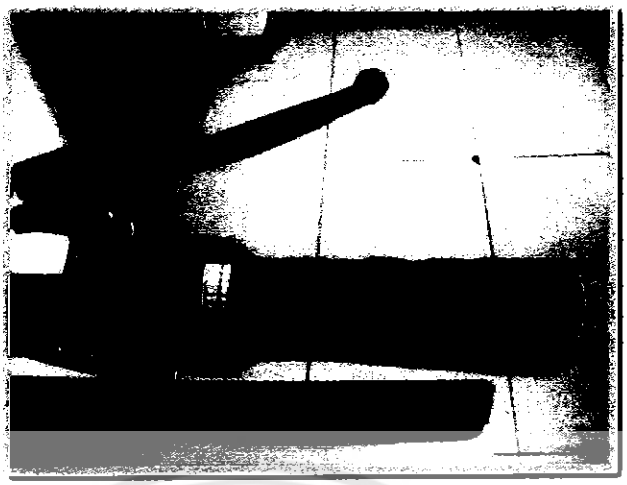
รูปที่ 3.8 แถบสะท้อนแสงวัดความเร็วรอบ

3. เปิดสวิตซ์ให้แบตเตอรี่จ่ายไฟเข้าระบบ



รูปที่ 3.9 กล่องสวิตซ์ไฟต่างๆ

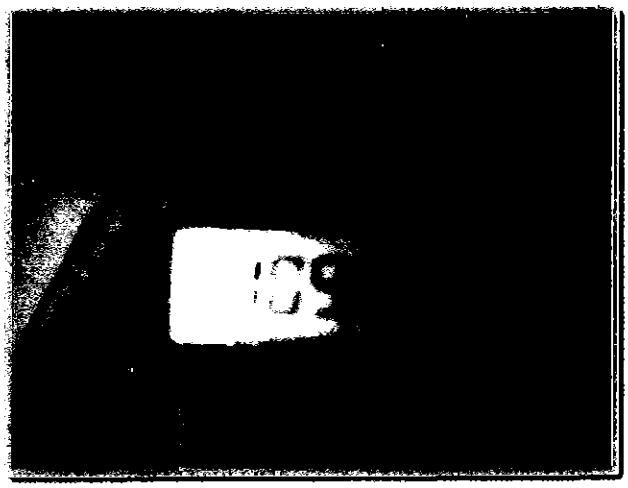
4. ทำการบิดคันเร่งตามสเกลที่ติดไว้บนคันเร่งตั้งแต่ 10% - 100%



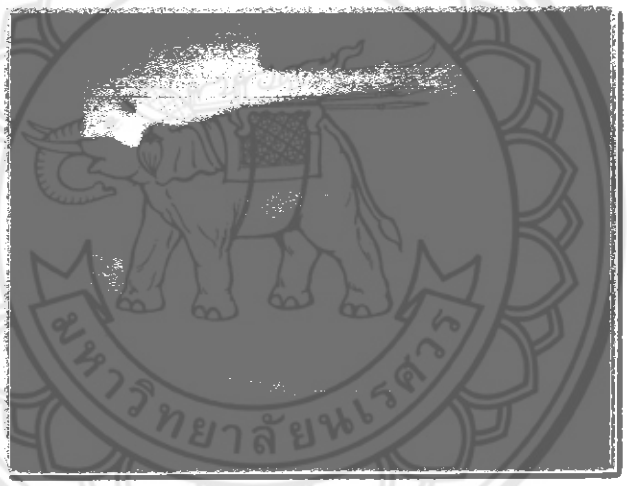
รูปที่ 3.10 คันเร่งไฟฟ้า

5. ทำการวัดกระแส ความเร็วรอบและน้ำหนักที่กดลงบนเครื่องชั่ง ณ สเกลการบิดคันเร่งตั้งแต่ 10% - 100%

รูปที่ 3.11 แสดงการวัดกระแสที่จ่ายเข้ามอเตอร์



รูปที่ 3.12 แสดงการวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 3.13 แสดงน้ำหนักที่มอเตอร์กดลงบนเครื่องชั่ง

6. ทำการทดลองซ้ำวัดค่าทั้งหมดอีกหนึ่งครั้งตั้งแต่ข้อ 4-5

บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

4.1 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test

จากการทดลองครั้งแรกได้ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง ได้ผลการทดลองดัง **ตารางที่ ข.1 และ ข.2** ในภาคผนวก จากนั้นนำผลการทดลองทั้ง 2 ครั้งไปเฉลี่ยได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test

ความเร็วสัมพัทธ์(%)	Current (A)	Voltage (V)	ความเร็วรอบ (RPM)	Weight (N)
0	0	45.7	0	0
10	0	45.7	0	0
20	0	45.7	0	0
30	0.2	45.7	52.35	39.24
40	0.9	45.7	90.75	117.72
50	1.6	45.7	136.55	166.77
60	2.45	45.7	181.35	176.58
70	3.2	45.7	330.9	181.485
80	3.2	45.7	330.9	186.39
90	3.2	45.7	330.9	186.39
100	3.2	45.7	330.9	186.39

จากตารางที่ 4.1 นำผลการทดลองที่บันทึกได้ไปวิเคราะห์หาแรงบิดและกำลัง เพื่อนำค่าที่วิเคราะห์ได้มากำหนดหาความเหมาะสมสำหรับชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าต่อไป

บทที่ 5

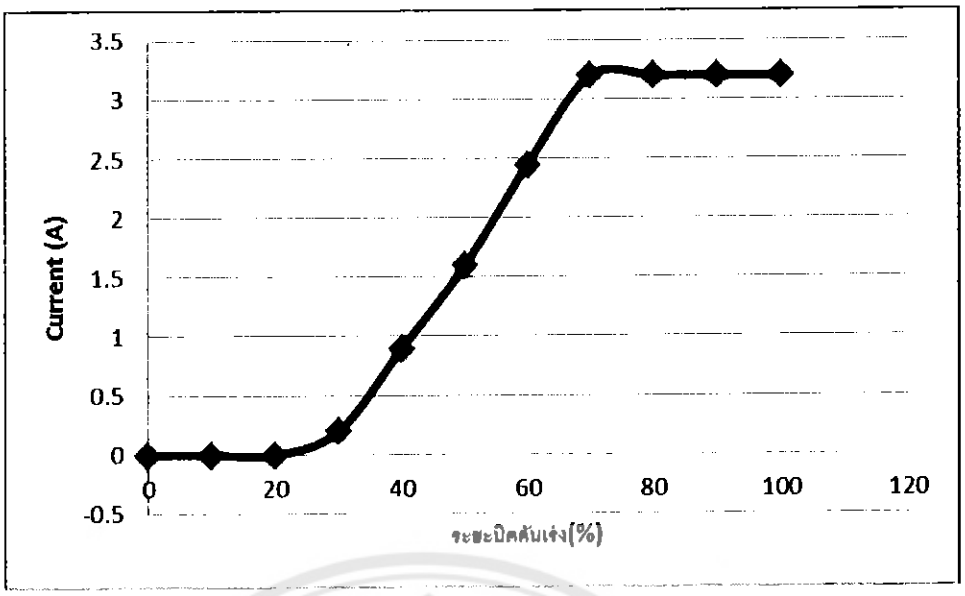
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบ Bench Test แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าแรงบิดและกำลังของมอเตอร์รถจักยานยนต์ไฟฟ้า

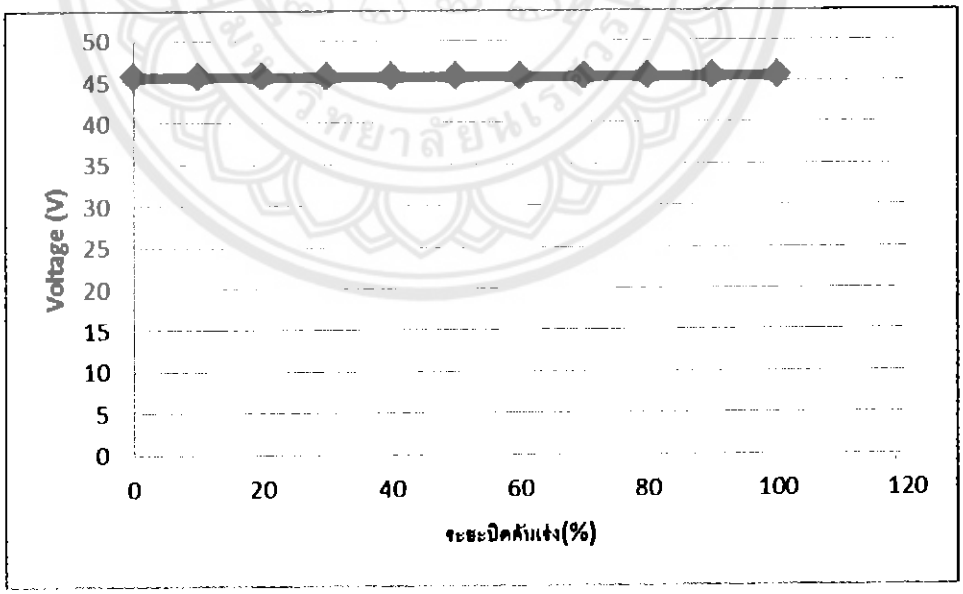
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบ ผลการคำนวณแรงบิดและกำลัง

ความเร็วรอบ (%)	Current (A)	Voltage (V)	ความเร็วรอบ (RPM)	Weight (N)	Torque (Nm)	Power (Watt)
0	0	45.7	0	0	0	0
10	0	45.7	0	0	0	0
20	0	45.7	0	0	0	0
30	0.2	45.7	52.35	39.24	9.41	51.62
40	0.9	45.7	90.75	117.72	28.25	268.48
50	1.6	45.7	136.55	166.77	40.02	572.33
60	2.45	45.7	181.35	176.58	42.37	804.82
70	3.2	45.7	330.9	181.485	43.55	1509.30
80	3.2	45.7	330.9	186.39	44.73	1550.09
90	3.2	45.7	330.9	186.39	44.73	1550.09
100	3.2	45.7	330.9	186.39	44.73	1550.09



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Current – ระยะการบิดคันเร่ง

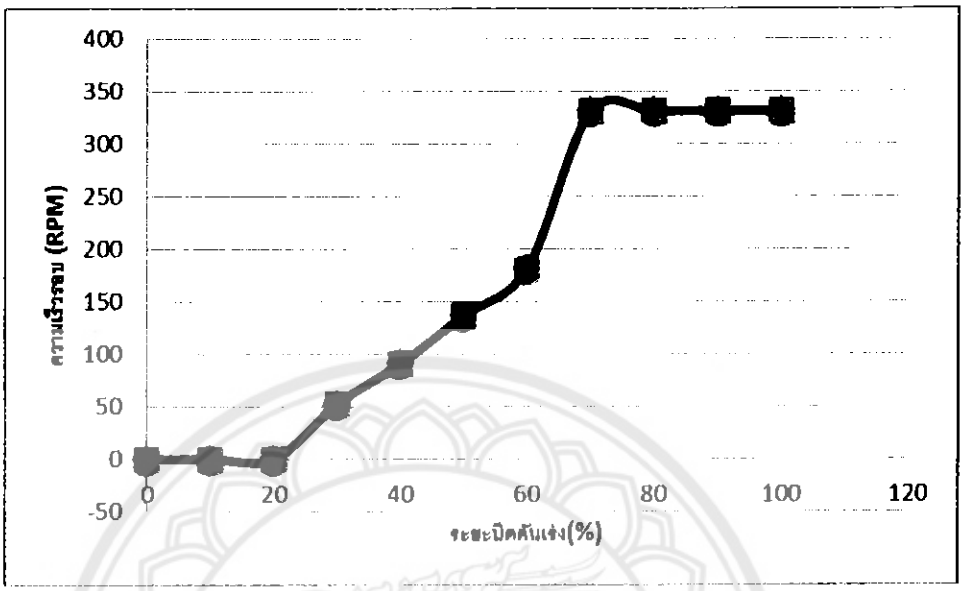
จากรูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับระยะการบิดคันเร่ง จะเห็นได้ว่า ตั้งแต่เริ่มจนถึงที่ 20% กระแสจะยังเป็นศูนย์อันเนื่องมากจากคันเร่งมีการตั้งระยะ offset เพื่อเป็นตัวป้องกันการเผลอตัวบิดคันเร่งชั่วขณะ หลังจากที่ 20% เป็นต้นไปกระแสจะเริ่มเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากคันเร่งไฟฟ้าทำการส่งสัญญาณให้ Controller ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ และหลังจากที่ 70% กระแสไฟฟ้าจะคงที่อันเนื่องมาจาก Controller เป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Voltage – ระยะการบิดคันเร่ง

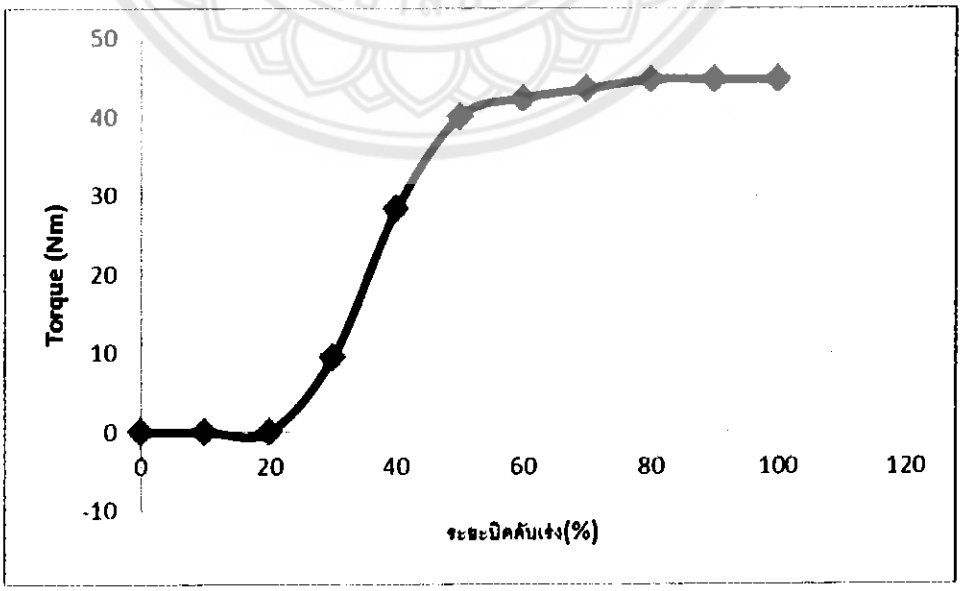
จากรูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับระยะการบิดคันเร่ง จะเห็นได้ว่า ความต่างศักย์จะคงที่ตลอดหรืออาจจะลดลงหรือเพิ่มเพียงเล็กน้อยอันเนื่องมาจาก ถ้าเมื่อใดที่ความต่างศักย์

เปลี่ยนแปลงไปมากๆ หรือไม่เท่าตามพิกัดที่มอเตอร์ต้องการจะทำให้มอเตอร์เสียหายได้ อันเนื่องมาจากถ้าความต่างศักดิ์ตกปริมาณกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่มอเตอร์เยอะขึ้นทำให้มอเตอร์เกิดความร้อน และทำให้มอเตอร์ทำงานได้ไม่ปกติ



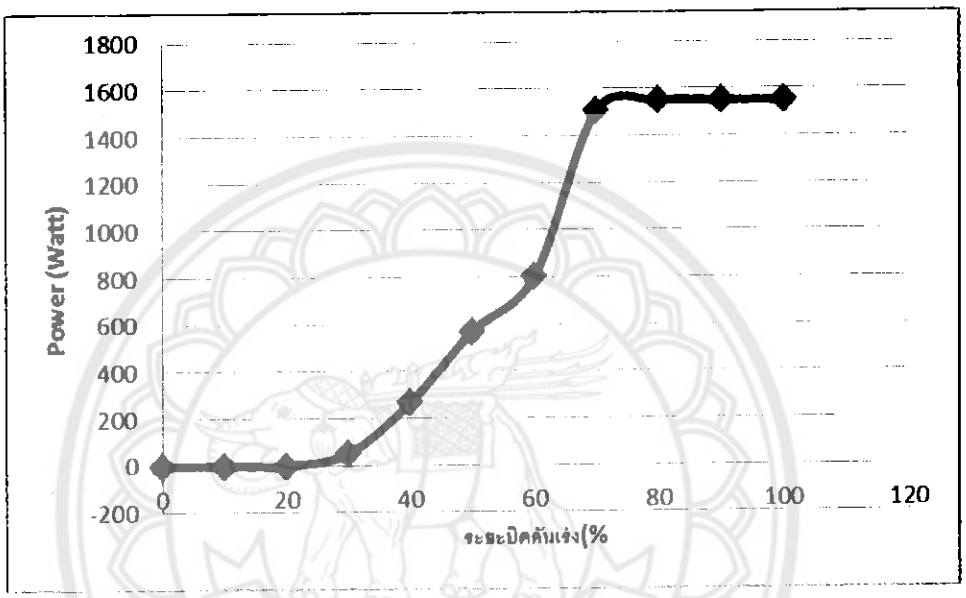
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ – ระยะการบิดคันเร่ง

จากรูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับระยะการบิดคันเร่ง จะเห็นได้ว่า ที่ระยะบิดตั้งแต่เริ่มจนถึงที่ 20% ความเร็วรอบจะยังไม่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมากจากเหตุผลเดียวกับ **กราฟที่ 5.1** หลังจากที่ระยะบิดที่ 20% กระแสไฟฟ้าจะถูกจ่ายเข้ามอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนซึ่งสามารถวัดความเร็วรอบได้ และจะเริ่มคงที่หลัง 70% เป็นต้นไป



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque – ระยะการบิดคันเร่ง

จากรูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและระยะการบิดคันเร่งจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟจะเป็นไปในทำนองเดียวกับกราฟที่ผ่านมา ซึ่งค่าแรงบิดที่คำนวณได้จะคำนวณได้จากน้ำหนักที่มอเตอร์กดลงบนตราชั่ง ค่าน้ำหนักที่วัดได้จะแปรผันตามระบิดคันเร่ง ดังเห็นได้จาก **ตารางที่ 5.1** ซึ่งจากสูตรใน**หัวข้อที่ 2.2** การคำนวณค่าแรงบิด พบว่าค่าแรงบิด (T) จะแปรผันตามค่ามวลน้ำหนักที่กดลงบนตราชั่ง (m) จึงทำให้เส้นกราฟมีลักษณะคล้ายกับ **กราฟที่ 5.1 และ 5.3** ในระยะแรกจนถึงที่ 20% เส้นกราฟจะยังเป็นศูนย์ซึ่งอยู่ในระยะ offset ของคันเร่ง หลังจากนั้นเส้นกราฟจะชันขึ้นเรื่อยๆอันเนื่องมากจากคันเร่งสั่งงานให้ Controller ทำการจ่ายกระแสเข้าสู่มอเตอร์ และจะเริ่มคงที่ 70% เป็นต้นไป



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power – ระยะการบิดคันเร่ง

จากรูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับระยะการบิดคันเร่งจะเห็นได้ว่า กราฟยังคงมีลักษณะคล้ายกับกราฟที่ผ่านมาข้างต้น จากสูตรการคำนวณหากำลังของมอเตอร์พบว่า ค่ากำลัง (P) แปรผันตรงกับค่าแรงบิด (T) ดังจะเห็นได้จากสูตรการคำนวณในหัวข้อที่ 2.2 จึงเป็นเหตุให้ลักษณะเส้นกราฟจะคล้ายกับกราฟที่ผ่านมาข้างต้น

5.2 แนวทางการทำวิจัยในอนาคต

1. ดัดแปลงเครื่องทดสอบ Bench Test จากวัดแรงกดด้วยเครื่องชั่งเป็นแบบดึงมวลน้ำหนัก

2. ในการทดสอบวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ควรทำละเอียดมากขึ้นเพราะจะทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น

3. ดัดแปลงเครื่องทดสอบ Bench Test ให้มีความสมบูรณ์สามารถทดสอบได้หลากหลายมากกว่านี้

4. ควรทำการวัดกำลังสูงสุดของมอเตอร์ เพื่อหากำลังสูงสุดเนื่องจากมอเตอร์ไม่ได้เขียนระบุกำลังสูงสุดมา

5.3 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค

1. การต่อแขนกดเข้ากับมอเตอร์และวัดแรงกดด้วยเครื่องชั่ง จะทำให้อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องทดสอบเสียหายได้

2. การออกแบบโครงทดสอบควรออกแบบให้สามารถทดสอบอุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าได้หลายชนิด

3. ควรออกแบบโครงทดสอบ Bench Test ให้มีความปลอดภัยในการใช้งานและออกแบบให้ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ให้มากที่สุด

5.4 สรุปการทดลอง

จากการศึกษาการออกแบบเครื่องมือทดสอบ Bench Test พบว่าการออกแบบเครื่องมือทดสอบสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสามารถนำไปใช้งานได้จริงและสามารถนำไปทดสอบหาค่าต่างๆของอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ซึ่งการออกแบบโครงทดสอบจะออกแบบให้เอื้ออำนวยต่ออุปกรณ์ที่จะนำมาทดสอบ ในการทดสอบ Bench Test อุปกรณ์ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่จะนำมาทดสอบให้เสมือนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการใช้งานจริงเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงมากที่สุด

ในการทดสอบอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าพบว่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่มอเตอร์มีผลโดยตรงต่อความเร็วรอบ แรงบิดและกำลังที่จะเกิดขึ้นของมอเตอร์ซึ่งมีกล่องควบคุมหรือ Controller เป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยรับคำสั่งจากคันเร่งซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณเข้าสู่กล่องควบคุม และเมื่อทดสอบไประยะหนึ่งแรงดันไฟฟ้าจะตก ส่งผลให้มอเตอร์ไม่สามารถทำงานได้ ในกรณีแรงดันตกแล้วมีการใช้งานต่อไปอาจเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

ไชยชาญ หินเกิด,เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง,พิมพ์ครั้งที่11,สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.,2552

บุญสืบ โพธิ์ศรี ; และคนอื่น ๆ. (2550). **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

Seth Leitman and Bob Brant.,Build Your Own Electric Vehicle.Second Edition.McGraw-Hill,1976

http://www.ebikethaikit.com/page/เรียนรู้สร้างจักรยานไฟฟ้า-980.html สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2555

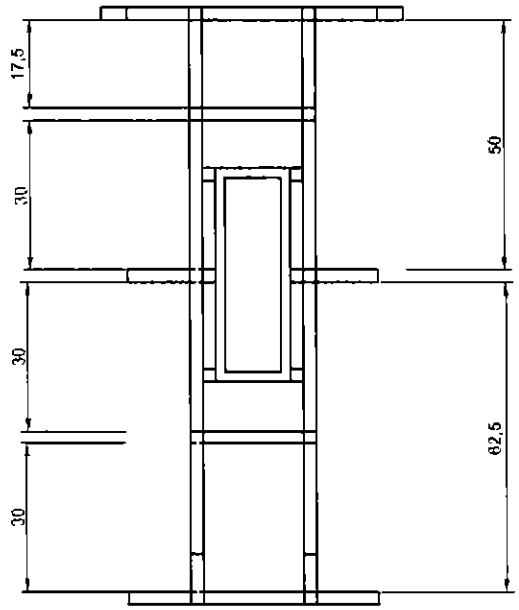
http://www.sebbike.com/main/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1 สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2555

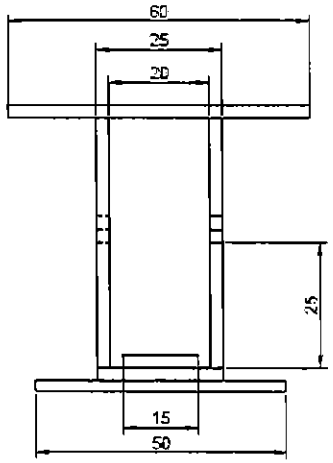
http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Motor_effect.htm สืบค้นเมื่อ 29 พฤษจิกายน 2555

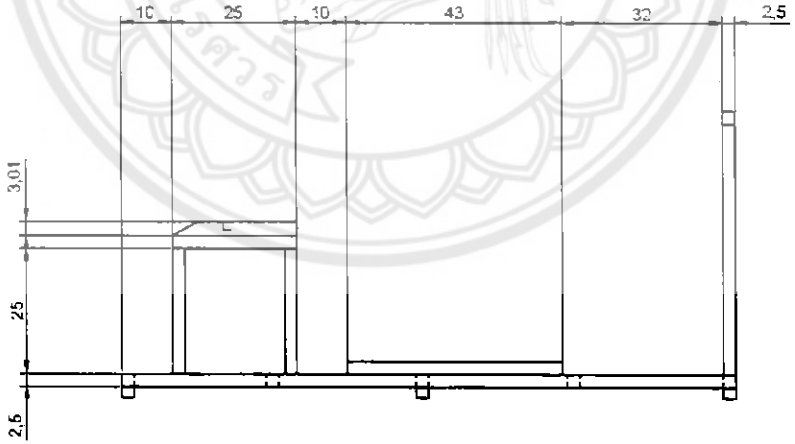
http://en.wikipedia.org/wiki/Test_bench สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2555

ภาคผนวก ก

แบบอุปกรณ์ทดสอบสำหรับอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า







FUCULITY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
THE EQUIPMENT FOR BENCH TEST		
SCALE : 1 : 1	DIMENSION : cm.	PLATE : 1
DN By : Mechanical project		DATE : 18/03/55

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองดิบและวิธีการคำนวณ

ผลการทดลองดิบ

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบวัดกระแส ความต่างศักย์ ความเร็วรอบ และน้ำหนักที่กดบนตราชั่งครั้งที่ 1

ระยะพัลส์สัญญาณ(%)	Current ((A))	Voltage ((V))	ความเร็วรอบ ((RPM))	Weight ((N))
0	0	45.7	0	0
10	0	45.7	0	0
20	0	45.7	0	0
30	0.2	45.7	50	44.15
40	0.8	45.7	109.8	117.72
50	1.6	45.7	185.0	156.96
60	2.4	45.7	225.2	176.58
70	3.2	45.7	312.7	181.49
80	3.2	45.7	331.5	186.39
90	3.2	45.7	331.5	186.39
100	3.2	45.7	331.5	186.39

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบวัดกระแส ความต่างศักย์ ความเร็วรอบ และน้ำหนักที่กดบนตราชั่งครั้งที่ 2

ระยะพัลส์สัญญาณ(%)	Current ((A))	Voltage ((V))	ความเร็วรอบ ((RPM))	Weight ((N))
0	0	45.7	0	0
10	0	45.7	0	0
20	0	45.7	0	0
30	0.2	45.7	54.7	23.24
40	0.9	45.7	71.7	118.08
50	1.6	45.7	88.1	166.77
60	2.5	45.7	137.5	176.58
70	3.2	45.7	330.3	176.58
80	3.2	45.7	330.3	186.39
90	3.2	45.7	330.3	186.39
100	3.2	45.7	330.3	186.39

วิธีการคำนวณเมื่อนำผลการทดสอบทั้ง 2 รอบมาเฉลี่ย

ที่ระยะบิด 0 % N=0 RPM , m = 0 kg

$$F = 0 \times 9.81 = 0N$$
$$T = 0 \times 0.24 = 0N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 0 \times 0}{60} = 0watt$$

ที่ระยะบิด 10 % N=0 RPM , m = 0 kg

$$F = 0 \times 9.81 = 0N$$
$$T = 0 \times 0.24 = 0N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 0 \times 0}{60} = 0watt$$

ที่ระยะบิด 20 % N=0 RPM , m = 0 kg

$$F = 0 \times 9.81 = 0N$$
$$T = 0 \times 0.24 = 0N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 0 \times 0}{60} = 0watt$$

ที่ระยะบิด 30 % N=52.35 RPM , m = 4 kg

$$F = 4 \times 9.81 = 39.24N$$
$$T = 39.24 \times 0.24 = 9.4176N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 52.35 \times 9.4176}{60} = 51.6280watt$$

ที่ระยะบิด 40 % N=90.75 RPM , m = 12 kg

$$F = 12 \times 9.81 = 117.72N$$
$$T = 117.72 \times 0.24 = 28.2528N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 90.75 \times 28.2528}{60} = 268.4953watt$$

ที่ระยะบิด 50 % N=136.55 RPM , m = 17 kg

$$F = 17 \times 9.81 = 166.77N$$
$$T = 166.77 \times 0.24 = 40.0248N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 136.55 \times 40.0248}{60} = 572.3339watt$$

ที่ระยะบิด 60 % N=181.35 RPM , m = 18 kg

$$F = 18 \times 9.81 = 176.58N$$
$$T = 176.58 \times 0.24 = 42.3792N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 181.35 \times 42.3792}{60} = 804.8203watt$$

ที่ระยะบิด 70 % N=330.9 RPM , m = 18.5 kg

$$F = 18.5 \times 9.81 = 181.485N$$
$$T = 181.485 \times 0.24 = 43.5564N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 330.9 \times 43.5564}{60} = 1509.3062watt$$

ที่ระยะบิด 80 % N=330.9 RPM , m = 19 kg

$$F = 19 \times 9.81 = 186.39N$$
$$T = 186.39 \times 0.24 = 44.7336N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 330.9 \times 44.7336}{60} = 1550.0982watt$$

ที่ระยะบิด 90 % N=330.9 RPM , m = 19 kg

$$F = 19 \times 9.81 = 186.39N$$
$$T = 186.39 \times 0.24 = 44.7336N.m$$
$$P = \frac{2\pi \times 330.9 \times 44.7336}{60} = 1550.0982watt$$

ที่ระยะบิด 100 % N=330.9 RPM , m = 19 kg

$$F = 19 \times 9.81 = 186.39N$$

$$T = 186.39 \times 0.24 = 44.7336N.m$$

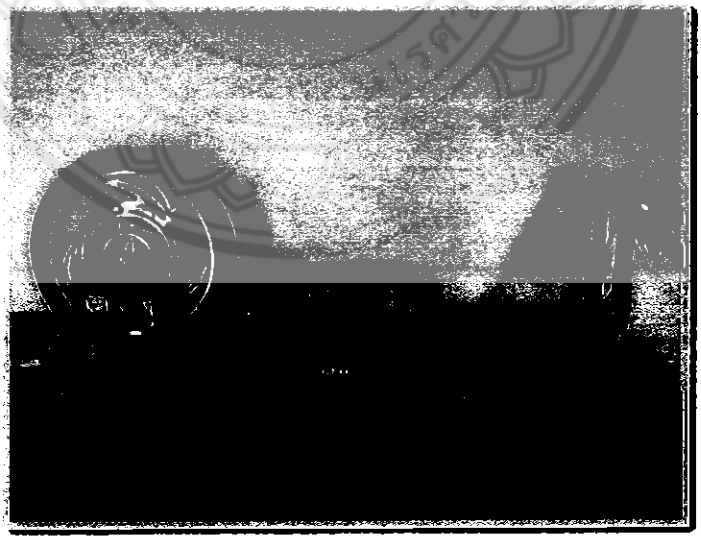
$$P = \frac{2\pi \times 330.9 \times 44.7336}{60} = 1550.0982watt$$

ภาคผนวก ค

ภาพระหว่างการทดสอบ

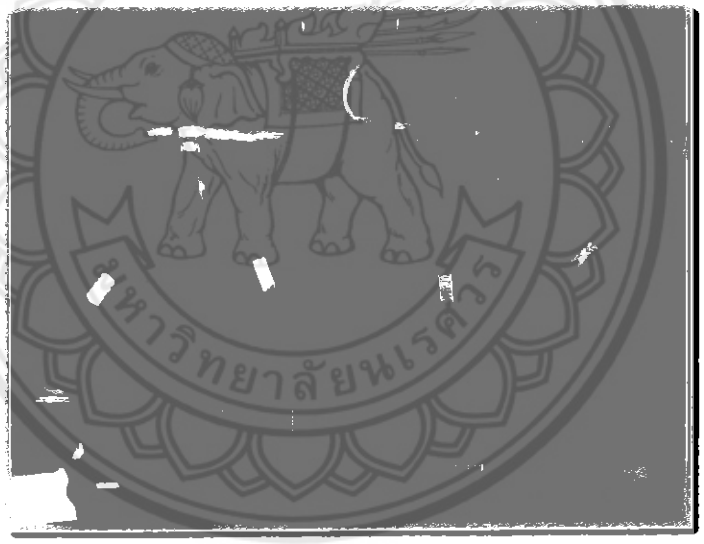
การเตรียมอุปกรณ์ก่อนทดสอบ

รูปที่ ค.1 การเตรียมอุปกรณ์วัดแรงกดของมอเตอร์



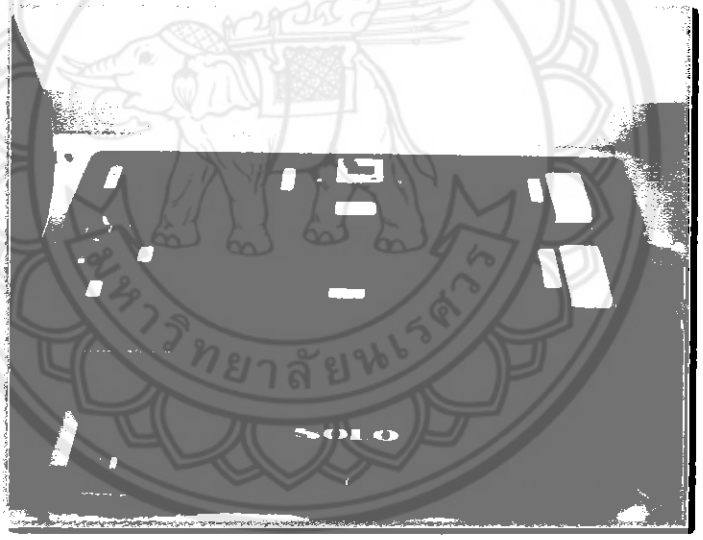
รูปที่ ค.2 การเตรียมอุปกรณ์เพื่อวัดกระแสและความเร็วรอบ

รูปที่ ค.3 แถบสะท้อนแสงสำหรับวัดความเร็วรอบ



รูปที่ ค.4 แบตเตอรี่สำหรับการทดสอบ

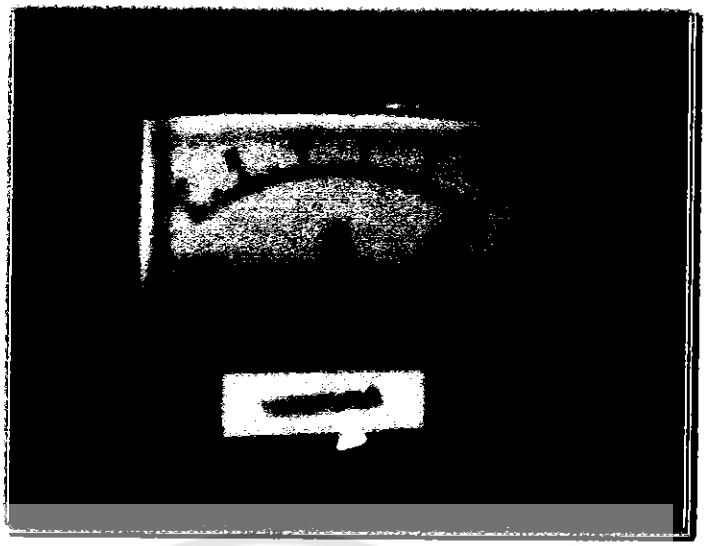
รูปที่ ค.5 แถบวัดระยะการบิดคันเร่ง



รูปที่ ค.6 กล่องสวิตช์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟ

รูปที่ ค.7 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบ Hub motor

รูปที่ ค.8 อุปกรณ์วัดความต่างศักย์แบตเตอรี่



รูปที่ ค.9 อุปกรณ์วัดกระแสไฟ

ภาพแสดงค่าที่วัดได้จากการทดสอบรถจักรยานไฟฟ้าแบบ Bench Test

ที่ระยะบิดคันเร่ง 10 %

รูปที่ ค.10 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส และแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 10 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 20 %

รูปที่ ค.11 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส และแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 20 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 30 %

รูปที่ ค.12 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 30 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 40 %

รูปที่ ค.13 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 40 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 50 %

รูปที่ ค.14 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 50 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 60 %

รูปที่ ค.15 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 60 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 70 %

รูปที่ ค.16 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 70 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 80 %

รูปที่ ค.17 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 80 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 90 %

รูปที่ ค.18 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 90 %

ที่ระยะบิดคันเร่ง 100 %

รูปที่ ค.19 แสดงค่าความเร็วรอบ กระแส แรงกดและแรงดันไฟฟ้า ที่ระยะบิดคันเร่ง 100 %