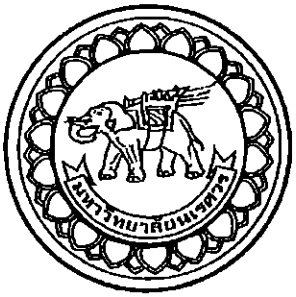


การออกแบบติดตั้งคันเร่งและเบรคสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า

(Designs of accelerator and brake system for electric bicycle)

นายภาณุพงศ์ ยอดเพชร รหัสนิสิต 51361339

นายศักดา สาระทวย รหัสนิสิต 51361421

นายพิศาลพล อุไรเวช รหัสนิสิต 51364064

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 16002973
เลขเรียกหนังสือ ว.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ภ432ร 2554

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การออกแบบติดตั้งคันเร่งและเบรคสำหรับรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง (Designs of accelerator and brake system for electric bicycle)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายภาณุพงศ์ ยอดเพชร รหัสนิสิต 51361339
นายศักดา สาระทวย รหัสนิสิต 51361421
นายพิศาลพล อุไรเวช รหัสนิสิต 51364064

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ
(ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมศก วีไลพล)

หัวข้อโครงงาน : การออกแบบติดตั้งคันเร่งและเบรคสำหรับรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง
ผู้ดำเนินโครงงาน : นายภาณุพงศ์ ยอดเพชร รหัสนิสิต 51361339
นายศักดา สาระทวย รหัสนิสิต 51361421
นายพิศาลพล อุไรเวช รหัสนิสิต 51364064
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2554

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบติดตั้งคันเร่งและเบรคสำหรับรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง เพื่อความปลอดภัยในการขับขี่รถจักรยานไฟฟ้า จึงทำการติดตั้งเบรคล้อหน้าเป็นชนิด Disc Brakes และการติดตั้งเบรคล้อหลังเป็นชนิด V-Brakes โดยใช้ความเร็วในการทดสอบที่ 5 10 15 และ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้น้ำหนักของผู้ทดสอบขับขี่ที่ 50 - 70 กิโลกรัม และแบ่งการทดสอบเบรคเป็นการทดสอบเฉพาะเบรคหน้า (Disk Braks) เบรคหลัง (V-Break) และเบรคพร้อมกันทั้งสองล้อ (Disc Brakes และ V-Brakes) ทดสอบทั้งก่อนและหลังติดตั้งมอเตอร์ ทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งวิเคราะห์ผล ซึ่งผลการทดสอบพบว่า การเบรคแบบพร้อมกันทั้งสองล้อเป็นการเบรคที่ปลอดภัยกว่าการเบรคแบบล้อใดล้อหนึ่ง ส่วนการทดสอบคันเร่งไฟฟ้า จากการทดสอบสมรรถนะคันเร่งไฟฟ้า รถจักรยานไฟฟ้าสามารถวิ่งได้จาก 0 – 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเวลา 14 วินาที และรถจักรยานไฟฟ้าสามารถวิ่งได้เร็วสูงสุดที่ 23 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความรู้สึกของผู้ทดสอบขับขี่ ได้รู้สึกไม่ต่างจากการขับขี่จักรยานธรรมดา ทั้งยังสามารถผ่อนแรงในการขับขี่ได้มาก จากข้อมูลข้างต้นนี้สามารถนำข้อมูลของรถจักรยานไฟฟ้าไปพัฒนาต่อไปได้

Project Title : Designs of accelerator and brake system for electric bicycle

Name : Mr.Phanupong Yotphet ID : 51361339

Mr.Sakda Saratouy ID : 51361421

Mr.Phisanphon Uraiwet ID : 51364064

Project Advisor : Dr.Ananchai youkaew

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2011

Abstract

This project aims to study the designs of the accelerator and brakes for electric bicycle conversion. For the safety of driving an electric bicycle. The installation is kind of Disc Brakes front and installed V-Brakes rear Test 5, 10, 15 and 20 kilometer per hour. And the weight of the driver in The 50 - 70 kg and test the front brake (Disk Brakes) Rear brakes (V-Brakes), and brakes two wheels (V-brakes and disc brakes) test both before and after the installation of the motor. Comparing the data obtained and analyzed. The results showed that brakes two wheels safer than one. The accelerator test. Performance of the accelerator. Electric bicycles can run from 0 to 20 kilometer per hour in 14 seconds and can run as an electric bicycle up to 23 kilometer per hour. And feel from the driving test. The feeling similar driving a bicycle. It can be very labor-saving driving. Mentioned above, this can lead to further development of electric bicycles.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงาน การออกแบบติดตั้งคันเร่งและเบรคสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า ประสบผลสำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้ดำเนินโครงงานต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำและความอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานมาตลอดจนสำเร็จลุล่วง ดังนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนเป็นอย่างดี และคอยสนับสนุนในด้านการศึกษาทุกด้านตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนช่วยดูแลจนโครงงานสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการหยิบยืมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทำโครงงานตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายภาณุพงศ์ ยอดเพชร
นายศักดา สาระทวย
นายพิศาลพล อุไรเวช
28 มีนาคม 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตการทดลอง 2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.7 แผนการดำเนินงาน 4

1.8 งบประมาณที่ใช้ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 5

2.1 เบรคจักรยาน 5

2.2 คันเร่งไฟฟ้า 8

2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบการเบรค 11

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 17
3.1 รถจักรยานที่ใช้ในการทดลอง 17
3.2 การออกแบบและติดตั้ง 18
3.3 การทดสอบเบรค 22
3.4 การทดสอบคันเร่งไฟฟ้า 23

บทที่ 4 ผลการทดลอง 25
4.1 ผลการทดสอบหาระยะเบรค 25
4.2 ผลการทดสอบคันเร่งไฟฟ้า 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุปผลการทดลองการเบรค 44
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาครั้งต่อไป 45
5.3 ความรู้สึกและข้อเสนอแนะสำหรับผู้ใช้รถจักรยานไฟฟ้า 45

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก ก 48

ภาคผนวก ข 56

ภาคผนวก ค. 92

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 96

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เปรียบเทียบเบรคที่ใช้ในการทดลอง 8
2.2 ค่าสัมประสิทธ์ความเสียดทาน 16
4.1 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคก่อนติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัมน้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมเป็น 65 กิโลกรัม 25
4.2 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคก่อนติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมเป็น 75 กิโลกรัม 27
4.3 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคก่อนติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมเป็น 85 กิโลกรัม 29
4.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะการเบรค ที่น้ำหนักต่างๆ (ก่อนติดมอเตอร์) 31
4.5 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคพร้อมติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม 33
4.6 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคพร้อมติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม 35
4.7 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคพร้อมติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม 37
4.8 แสดงการเปรียบเทียบระยะการเบรค ที่โหลดต่างๆ 39
4.9 แสดงผลการทดลองคันเร่งไฟฟ้าตามองศาการบิดคันเร่ง 41
4.10 บันทึกผลการไต่ระดับคันเร่งไฟฟ้า 43
ก.1 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 65 กิโลกรัม (ก่อนติดมอเตอร์) 49
ก.2 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 75 กิโลกรัม (ก่อนติดมอเตอร์) 50
ก.3 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 85 กิโลกรัม (ก่อนติดมอเตอร์) 51
ก.4 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม (ติดมอเตอร์) 52
ก.5 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม (ติดมอเตอร์) 53

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.6 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม (ติดมอเตอร์) 54
ก.7 ผลการทดลองคันเร่งไฟฟ้าตามองศาการบิดคันเร่ง 55

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ดิสก์เบรค (Disc Brakes) 5
2.2 จานเบรค 6
2.3 ผ้าเบรค 6
2.4 ดรัมเบรค (Drum brakes) 7
2.5 แบบริมเบรค (Rim brakes) 7
2.6 คันเร่งไฟฟ้า 8
2.7 Hall effect sensor 9
2.8 Allegro Microsystems Hall effect sensor 9
2.9 ตัวรับรู้ฮอลล์ 9
2.10 การต่อตัวรับรู้ฮอลล์กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงและโวลต์มิเตอร์ 10
2.11 ลักษณะการทำงานของHall effect sensor 10
2.12 เมื่อทิศของ $\vec{F}$ อยู่ในทิศเดียวกับ $\vec{u}$ และ $\vec{v}$ 13
2.13 เมื่อทิศของ $\vec{F}$ สวนทางกับ $\vec{u}$ และ $\vec{u}$ 13
2.14 เมื่อทิศของ $\vec{F}$ ไม่อยู่ในทิศเดียวกับ $\vec{u}$ และ $\vec{v}$ 13
2.15 ลักษณะแรงเสียดทาน 13
2.16 เปรียบเทียบแรงเสียดทานน้อย กับแรงเสียดทานมาก 14
2.17 แสดงการเปรียบเทียบแรงเสียดทานน้อย กับแรงเสียดทานมาก 14
2.18 ลักษณะแรงเสียดทาน 15
3.1 รถจักรยานเสือภูเขา 17
3.2 ล้อขนาด 26x1.95 นิ้ว 18
3.3 การติดตั้งเบรคล้อหน้า 18
3.4 การติดตั้งเบรคล้อหลัง 19
3.5 การติดตั้งมอเตอร์แทนดิสก์เบรค 19
3.6 แสดงเซนเซอร์ก่อนบีบคันเบรค 20
3.7 แสดงเซนเซอร์ทำงานหลังบีบคันเบรค 20
3.8 ชุดติดตั้งไมล์วัดความเร็วแบบไร้สาย 21
3.9 ไมล์วัดความเร็วแบบไร้สาย 21
3.10 ติดตั้งแฮนด์คันเร่งไฟฟ้า 22

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.11 ทดสอบเบรค ลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 22
3.12 ระยะการบิดคันเร่งไฟฟ้า 23
3.13 วัดความเร็วรอบของล้อและมอเตอร์ 23
3.14 วัดแรงดัน 24
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม 26
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม 26
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม 28
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม 28
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม 30
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม 30
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 32
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 32
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์) 34
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์) 34
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์) 36
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์) 36
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์) 38
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์) 38
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย (ติดตั้งมอเตอร์) 40
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย (ติดตั้งมอเตอร์) 40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการบิดคันเร่งกับค่าแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ 41
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการบิดคันเร่งกับค่าแรงดันไฟฟ้าของคันเร่ง.....42
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการบิดคันเร่งกับความเร็วรอบ 42
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา 43
5.1 รูปเปรียบเทียบระยะการเบรค.....44

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบัน ผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนได้สร้างแรงกดดันให้ทุกประเทศในโลกต้องมีมาตรการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น นอกจากนี้ความจำเป็นที่ต้องการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นแรงกดดันที่ทำให้ประเทศต่างๆ จำเป็นต้องมีมาตรการลดการใช้พลังงานเหล่านั้นลง โดยการจัดหาพลังงานอื่นๆ เพื่อทดแทนน้ำมันที่ใช้ในการขนส่ง เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านยานยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถใช้พลังงานรูปแบบอื่นๆทดแทนน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในปัจจุบัน

จักรยานถือเป็นพาหนะที่ไม่ใช้พลังงานเชื้อเพลิง ช่วยทำให้ไม่เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันบางประเทศได้มีการรณรงค์ลดการใช้พลังงาน และรณรงค์ให้ใช้จักรยานแทนยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิง เพื่อลดมลพิษที่เกิดจากท่อไอเสีย ทั้งนี้ จักรยานไฟฟ้าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดมลพิษและช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 ออกแบบการและติดตั้งเบรคให้เหมาะสมกับรถจักรยานไฟฟ้า

1.2.2 ทดสอบหาระยะการเบรคที่ปลอดภัยสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า

1.2.3 ติดตั้งคันเร่งไฟฟ้าเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนและทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานไฟฟ้า

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงหลักการการทำงานของเบรค ชนิดเบรคต่างๆ เพื่อสามารถเลือกใช้เบรคให้เหมาะกับลักษณะการทำงานที่ต้องการ

1.5.2 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่รถจักรยานไฟฟ้า หรือหยุดรถในระยะที่ปลอดภัย

1.5.3 เป็นต้นแบบของผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับระบบเบรคและคันเร่งไฟฟ้าที่เกี่ยวกับรถจักรยานไฟฟ้า

1.5.4 ได้ทราบถึงหลักการการทำงานของคันเร่งไฟฟ้าที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า

1.4 ขอบเขตการทดลอง

1.3.1 ใช้รถจักรยานเสือภูเขาในการทดลองและติดตั้งเบรคและคันเร่งไฟฟ้า

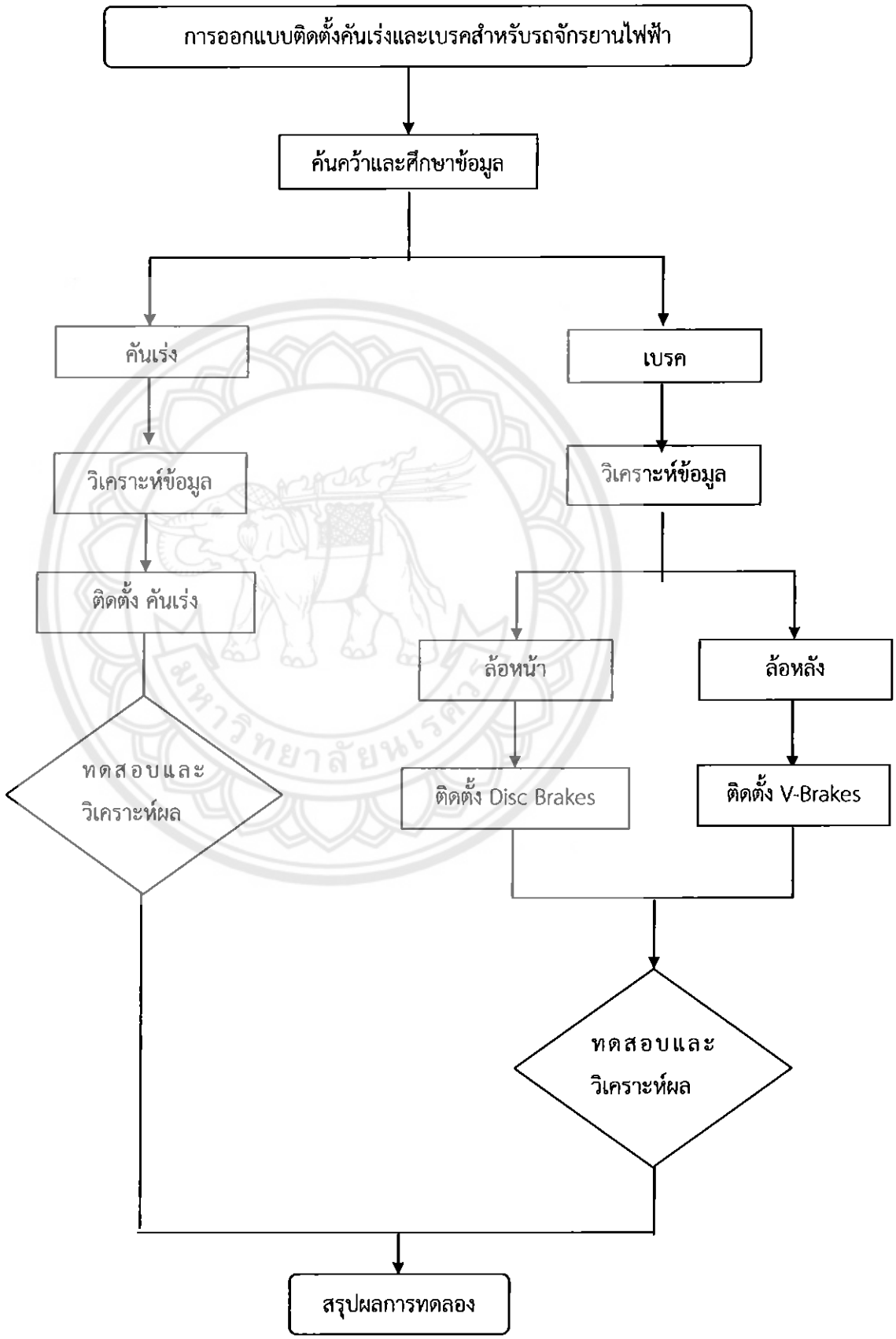
1.3.2 วัดระยะการเบรคที่ความเร็ว 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง 10 กิโลเมตร/ชั่วโมง 15 กิโลเมตร/และ ชั่วโมง 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง

1.3.3 น้ำหนักผู้ทำการทดลองที่ 50 - 70 กิโลกรัม

1.3.4 วัดความเร่งทางเรียบ และขึ้นเนิน

1.3.5 ทำการทดสอบพื้นถนนลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



1.7 แผนการดำเนินงาน

ตาราง 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินการ	พ.ศ. 2554				พ.ศ. 2555	
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ศึกษาค้นคว้าข้อมูล						
เก็บรวบรวมข้อมูล						
ติดตั้งเบรคและคันเร่ง						
ทำการวิเคราะห์สรุปผล						
จัดทำปริญญานิพนธ์						

1.8 งบประมาณที่ใช้

- ชุดคันเร่งไฟฟ้า	650	บาท
- ชุดติดตั้ง Disc-Brakes	2000	บาท
- ชุดติดตั้ง V-Brakes	450	บาท
- ไมล์จักรยานแบบไร้สาย	450	บาท
รวม	3550	บาท

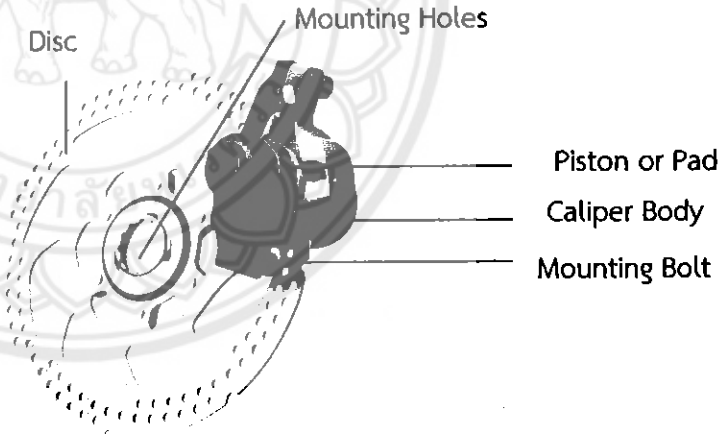
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 เบรคจักรยาน

ระบบเบรค มีหน้าที่ทำให้รถหรืออะไรก็ตามที่กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น หยุดหรือชะลอความเร็วลง ดังนั้นระบบเบรคจึงเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ยานพาหนะจำเป็นต้องมีไว้เพื่อความปลอดภัยของผู้ที่ใช้หรือโดยสารยานพาหนะนั้นๆ ระบบเบรคของจักรยานนั้นสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ดังนี้

2.1.1 ดิสก์เบรค (Disc Brakes) จักรยานที่ใช้ระบบเบรคแบบนี้ ส่วนมากจะเป็นจักรยานเสือภูเขา หรือจักรยานประเภทลงเขา (Down hill) เพราะจักรยานประเภทนี้จะต้องเจอกับสภาพสนามที่เต็มไปด้วยอุปสรรค เช่น โคลน และ ฝุ่น ระบบเบรคแบบนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นมากเพราะให้การหยุดที่มั่นคงและแน่นอน แม้จะมีโคลน หรือน้ำมาเกาะบริเวณรอบๆเบรคก็ตาม ข้อดีของดิสก์เบรคคือระบายความร้อนบนบริเวณสัมผัสได้ดี มีประสิทธิภาพในการเบรคสูง จับหยุดได้แรงและเร็ว ถ้าเป็นไฮโดรลิกจะสามารถลดแรงบีบที่มือต้องออกแรง ทำให้มือไม่ล้าถ้าต้องใช้เบรคนานๆ



รูปที่ 2.1 ดิสก์เบรค (Disc Brakes)

2.1.1.1 ส่วนประกอบดิสก์เบรค

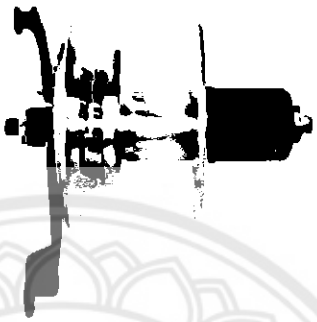
จานดิสก์เบรคทำจากสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 160 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร

รูปที่ 2.2 จานเบรค

ผ้าเบรคมี 2 ชนิด คือ แบบเรซิ่น (resin) จะทำให้เกิดการเบรคที่นุ่มนวล แต่จะทนความร้อนได้น้อย แบบเมทัล (Metal) จะให้แรงเบรคที่ดีกว่า และทนความร้อนได้สูง

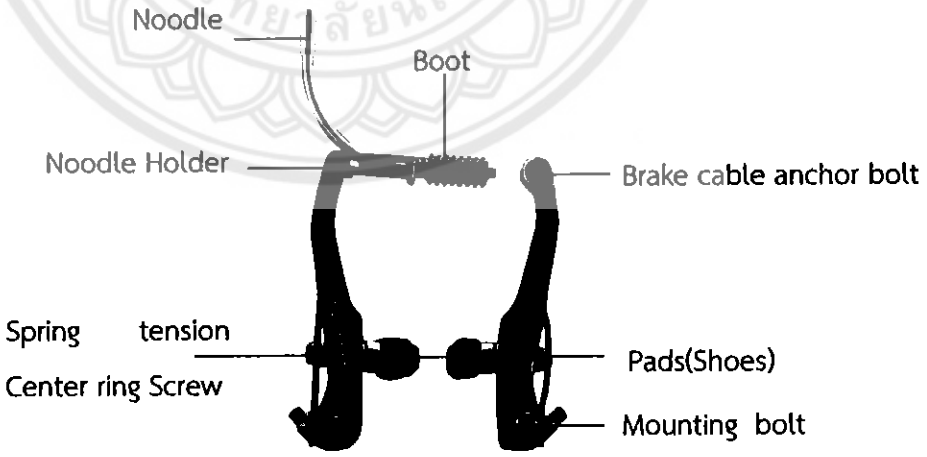
รูปที่ 2.3 ผ้าเบรค

2.1.2 ดรัมเบรค (Drum brakes) จักรยานที่ใช้ระบบเบรคแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นจักรยานโบราณ ลักษณะของระบบเบรคแบบนี้คือ ผ้าใบเบรคจะอยู่ภายในดุมล้อ จะเห็นได้ว่าดุมล้อจะใหญ่กว่าจักรยานทั่วไปในปัจจุบัน จักรยานที่ใช้ระบบเบรคแบบนี้ปัจจุบันได้รับความนิยมน้อยลง เพราะการบำรุงรักษายาก



รูปที่ 2.4 ดรัมเบรค (Drum brakes)

2.1.3 แบบริมเบรค (Rim brakes) หรือ V-Brakes จักรยานที่ใช้ระบบเบรคแบบนี้ส่วนมากจะเป็นจักรยานธรรมดาทั่วไปที่ใช้ตามบ้าน เพราะระบบนี้จะมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย และที่สำคัญราคาไม่แพง ส่วนจักรยานประเภทอื่นที่ใช้ระบบเบรคแบบนี้ เช่น จักรยานเสือหมอบ และจักรยานเสือภูเขา แต่ราคาของมันก็จะแพงกว่าที่ติดตั้งกับจักรยานแบบธรรมดา



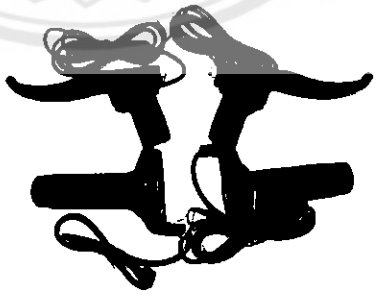
รูปที่ 2.5 แบบริมเบรค (Rim brakes)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเบรคที่ใช้ในการทดลอง

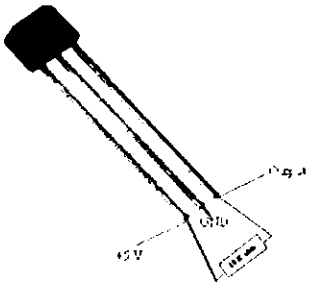
ชนิดเบรค	ข้อดี	ข้อเสีย
Disc Brakes	1. ช่วยรักษาขอบล้อ 2. เบรคได้นุ่มนวลกว่า ง่ายกว่า 3. ไม่มีปัญหาในการเบรคเมื่อมีโคลนติดล้อ	1. มีน้ำหนักมากกว่า V-Brakes 2. ต้องคอยตรวจเช็คสม่ำเสมอ 3. ปรับแต่งยากกว่า V-Brakes
Rim brakes (V-Brakes)	1. ชุดเบรคเบากว่า 2. ปรับแต่ง ตั้งผ้าเบรคง่ายกว่าดิสก์เบรค 3. ดูแลรักษาง่าย	1. ขอบล้อสึกกว่า 2. ใช้กำลังในการบีบเบรคมากกว่า 3. เมื่อมีโคลน ดินเกาะที่ล้อจะทำให้เบรคไม่อยู่

2.2 คันเร่งไฟฟ้า

หลักการทำงานของคันเร่งจะเหมือนวอลลุ่มทั่วไปคือ สามารถเร่งหรือหรี่ปรับแรงดันขาออกได้ 0-5 โวลท์โดยประมาณ แต่ภายในจะไม่ใช้วอลลุ่มแต่จะใช้ Hall Sensor (เซนเซอร์สนามแม่เหล็ก) แทน เนื่องจากคงทนและแม่นยำกว่าวอลลุ่มธรรมดา Hall Sensor มีลักษณะเหมือนทรานซิสเตอร์มี 3 ขาคือ ขาไฟเลี้ยง 5 โวลท์ ขากราวด์ และขาไฟออก

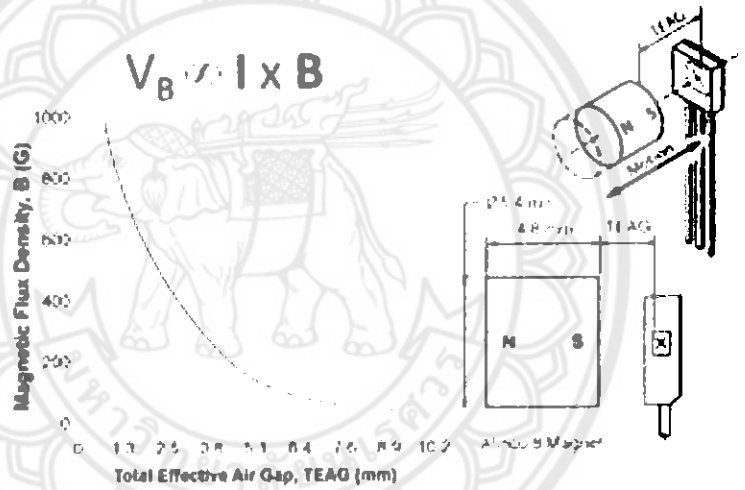


รูปที่ 2.6 คันเร่งไฟฟ้า



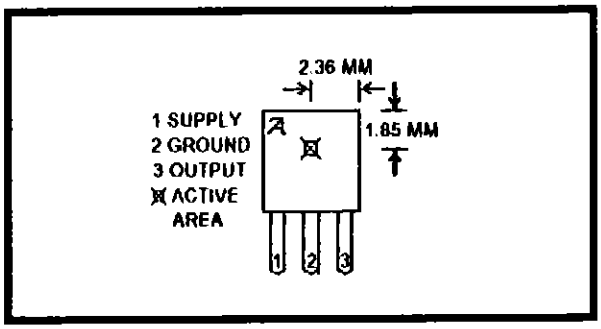
รูปที่ 2.7 Hall effect sensor

ซึ่งภายในคันเร่งจะมีแม่เหล็กลักษณะทรงโค้งฝังอยู่ในตัวบิด เมื่อเราบิดคันเร่งก็**จะเกิดสนามแม่เหล็ก ขั้วเ**หนือ ใต้ที่ต่างกันออกไปให้ Hall sensorแปรผันเป็นแรงดันไฟส่งไปให้ชุดควบ**คุมรับรู้อีกที**



รูปที่ 2.8 Allegro Microsystems Hall effect sensor

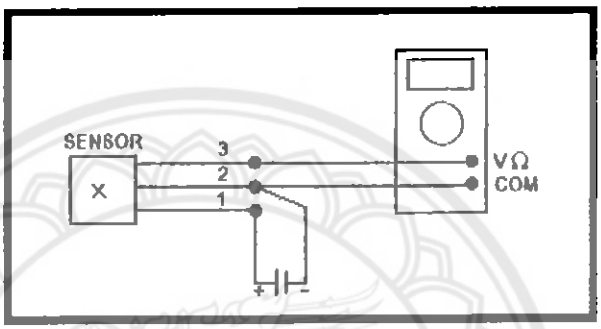
จากปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall effect)นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดตัวรับรู้**ฮอลล์ตัวรับรู้ฮอลล์เป็น วงจรรวม มีขนาดและลักษณะดังรูปที่ 2.9 และมีสมบัติดังนี้**



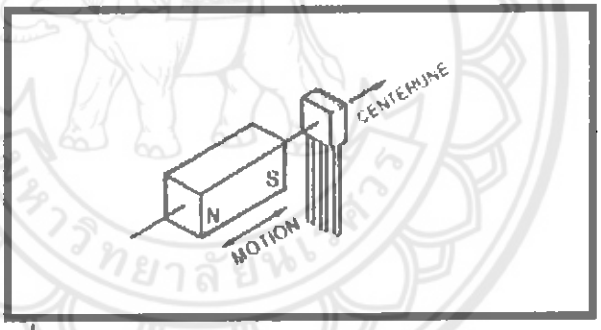
รูปที่ 2.9 ตัวรับรู้ฮอลล์

input voltage 4.5-6Voffset voltage 2.5 V (ประมาณ)sensitivity 13 V/T

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงหรือเซลล์ไฟฟ้า 4.5-6 โวลต์ เข้ากับขา 1 และขา 2 และ ต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับขา 2 และขา 3 ดังรูปที่ 2.10 โวลต์มิเตอร์จะแสดงค่าประมาณ 2.5 โวลต์ ค่านี้เป็นความต่างศักย์ขณะที่ไม่มีสนามแม่เหล็ก เรียกว่า offset voltage ค่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยขึ้นอยู่กับโวลเตจของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ต่อกับขา 1 และขา 2 แต่จะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของโวลเตจของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง



รูปที่ 2.10 การต่อตัวรับรู้ฮอลล์กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงและโวลต์มิเตอร์



รูปที่ 2.11 การลักษณะการทำงานของHall effect sensor

เมื่อนำแม่เหล็กเข้าใกล้ active area ของตัวรับรู้ฮอลล์ ความต่างศักย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับทิศของสนามแม่เหล็ก กล่าวคือถ้านำขั้วใต้เข้าใกล้ ความต่างศักย์จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้านำขั้วเหนือเข้าใกล้ ความต่างศักย์จะมีค่าลดลง ความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปมีความสัมพันธ์กับความเข้มของสนามแม่เหล็กหรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)

2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบการเบรค

2.3.1 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \tag{2.1}$$

u คือ ความเร็วต้น

a คือ ความเร่ง

t คือ เวลา

s คือ ระยะทาง

2.3.2 โมเมนตัม

การดล เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ จะทำให้วัตถุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วไปจากเดิม ในกรณีที่แรงลัพธ์นั้นกระทำในทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงๆ จนหยุด ถ้าแรงลัพธ์มีขนาดมากๆ ช่วงเวลาที่กระทำต่อวัตถุจนวัตถุนั้นหยุดก็จะสั้น แต่ถ้าแรงลัพธ์มีค่าน้อย ๆ จะต้องใช้เวลาในการกระทำนาน วัตถุก็จะหยุดได้เช่นกัน

ค่าของแรงลัพธ์คูณกับเวลา เราเรียกปริมาณนี้ว่าการดลมีหน่วยเป็นนิวตันต่อวินาทีหรือกิโลกรัม.เมตรต่อวินาที ซึ่งก็เป็นปริมาณที่บอกถึงการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั่นเอง โดยอธิบายได้ว่า สำหรับการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุที่เท่ากัน ถ้าออกแรงมากเวลาที่ใช้ก็น้อย แต่ถ้าเวลาที่ใช้มาก แรงที่ใช้ก็มีค่าน้อย

การดลที่อาจพบเห็นในชีวิตประจำวันได้แก่ลูกกระสุนปืนวิ่งกระทบเป้า รถยนต์ชนกัน การตอกตะปูด้วยค้อน การตีลูกเทนนิสหรือลูกขนไก่ ลูกกระทบกันของลูกบิลเลียด

การดลที่ยกตัวอย่างนี้ เป็นการดลที่ใช้เวลาสั้นๆ แรงซึ่งกระทำในช่วงเวลาสั้นๆ นี้เราเรียกว่าแรงดล มีหน่วยเป็นนิวตัน

$$\bar{F} = \frac{m(\bar{v} - \bar{u})}{\Delta t} \tag{2.2}$$

จากสมการ

$$\bar{F}\Delta t = m\bar{v} - m\bar{u} \tag{2.3}$$

1.โมเมนตัมเป็นปริมาณการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้ มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า

โมเมนตัม = มวล x ความเร็ว

$$\vec{P} = m\vec{v} \tag{2.4}$$

โมเมนตัมเป็นปริมาณเวคเตอร์ มีทิศทางตามทิศของความเร็ว $\vec{v}$ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมเมตรต่อวินาที (kg m/s)

2.แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมมาพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{u}$ มีแรงคงที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วเป็น $\vec{v}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\vec{F} = \frac{m(\vec{v}-\vec{u})}{\Delta t} \tag{2.5}$$

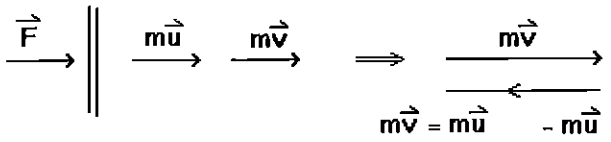
$$\vec{a} = \frac{\vec{v}-\vec{u}}{\Delta t} \tag{2.6}$$

เมื่อ $$\vec{F} = \frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \tag{2.7}$$

$\therefore$ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ = อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น

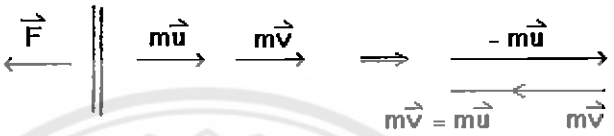
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโมเมนตัมเป็นปริมาณเวคเตอร์ ดังนั้นเมื่อโมเมนตัมมีการเปลี่ยนแปลงไป การคำนวณหาโมเมนตัมลัพธ์ก็ใช้หลักการของเวคเตอร์ ถ้าให้แรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุที่มีโมเมนตัม $m\vec{u}$ ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไปเป็น $m\vec{v}$ พิจารณาได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

1. เมื่อทิศทางของแรง $\vec{F}$ อยู่ในทิศเดียวกับ $\vec{u}$ และ $\vec{v}$ (ทำให้ $v > u$)



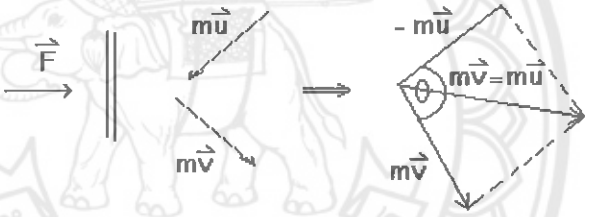
รูปที่ 2.12 เมื่อทิศของ $\vec{F}$ อยู่ในทิศเดียวกับ $\vec{u}$ และ $\vec{v}$

2. เมื่อทิศทางของแรง $\vec{F}$ อยู่ในทิศสวนทางหรือตรงข้ามกับ $\vec{u}$ และ $\vec{u}$ (ทำให้ $v > u$)



รูปที่ 2.13 เมื่อทิศของ $\vec{F}$ สวนทางกับ $\vec{u}$ และ $\vec{u}$

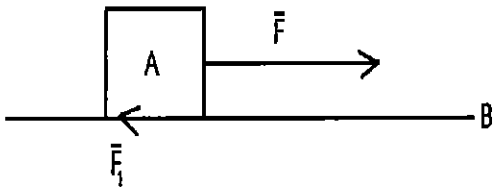
3. เมื่อทิศทางของแรง $\vec{F}$ ไม่อยู่ในทิศเดียวกับ $\vec{u}$ และ $\vec{v}$



รูปที่ 2.14 เมื่อทิศของ $\vec{F}$ ไม่อยู่ในทิศเดียวกับ $\vec{u}$ และ $\vec{v}$

2.3.3 แรงเสียดทาน (Friction)

ลักษณะของแรงเสียดทาน มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ และจะไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ผิวสัมผัส ไม่ขึ้นกับความเร็วที่วัตถุเคลื่อนที่ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงที่วัตถุกดพื้นในแนวตั้งฉาก หรือแรงปฏิกิริยาของ พื้นในแนวตั้งฉาก และจะขึ้นอยู่กับพื้นผิวสัมผัส เช่น ผิวขรุขระ หรือผิวเรียบ



รูปที่ 2.15 ลักษณะแรงเสียดทาน

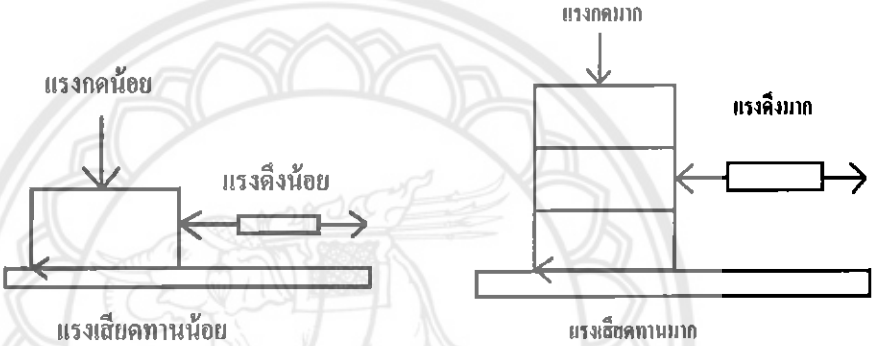
ประเภทของแรงเสียดทาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แรงเสียดทานสถิต (static friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ ในสภาวะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วอยู่นิ่ง

2. แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ ในสภาวะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้วเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

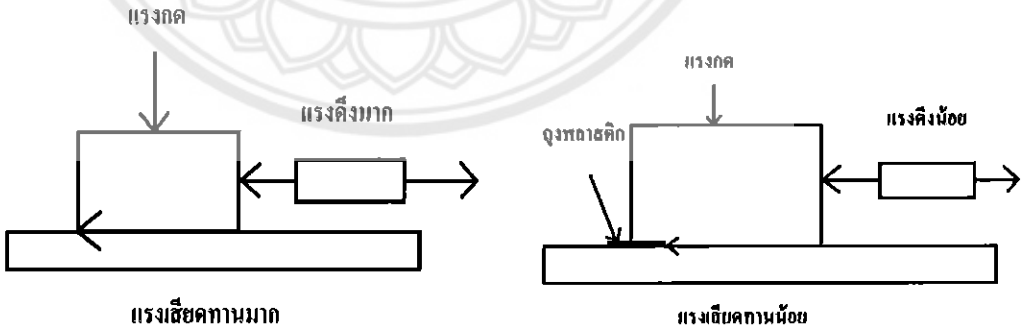
ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ก. แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส ถ้าแรงกดตัวฉากกับผิวสัมผัสมากจะเกิดแรงเสียดทานมาก ถ้าแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัสน้อยจะเกิดแรงเสียดทานน้อย ดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 เปรียบเทียบแรงเสียดทานน้อย กับแรงเสียดทานมาก

ข. ลักษณะของผิวสัมผัส ถ้าผิวสัมผัสหยาบ ขรุขระจะเกิดแรงเสียดทานมาก ดังรูปด้านซ้าย ส่วนผิวสัมผัสเรียบลื่นจะเกิดแรงเสียดทานน้อยดังรูปด้านขวา ดังรูป 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบแรงเสียดทานน้อย กับแรงเสียดทานมาก

3. ชนิดของผิวสัมผัส เช่น คอนกรีตกับเหล็ก เหล็กกับไม้ จะเห็นว่าผิวสัมผัสแต่ละคู่ มีความหยาบขรุขระ หรือเรียบลื่น เป็นมันแตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงเสียดทานไม่เท่ากัน

สมบัติของแรงเสียดทาน

1. แรงเสียดทานมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อวัตถุไม่มีแรงภายนอกมากระทำ

2. ขณะที่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ และวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีขนาดต่างๆ กัน ตามขนาดของแรงที่มากระทำ และแรงเสียดทานที่มีค่ามากที่สุดคือ แรงเสียดทานสถิต เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่

3. แรงเสียดทานมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

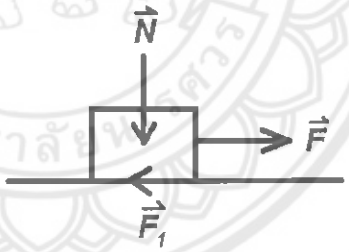
4. แรงเสียดทานสถิตมีค่าสูงกว่าแรงเสียดทานจลน์เล็กน้อย

5. แรงเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส ผิวสัมผัสหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทานมากกว่าผิวเรียบและลื่น

6. แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุที่กดลงบนพื้น ถ้าน้ำหนักหรือแรงกดมากแรงเสียดทานก็จะมากขึ้นด้วย

7. แรงเสียดทานไม่ขึ้นอยู่กับขนาดหรือพื้นที่ของผิวสัมผัส

การคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งๆ คือ อัตราส่วนระหว่างแรงเสียดทานต่อแรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูป 2.18



รูปที่ 2.18 ลักษณะแรงเสียดทาน

$$\mu = \frac{\bar{F}_f}{\bar{N}} \qquad (2.2)$$

$\bar{F}$ คือ แรงลากวัตถุ

$\bar{F}_f$ คือ แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส

$\bar{N}$ คือ แรงกดตั้งฉากกับผิวสัมผัส

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ผิวสัมผัส	μ_s	μ_k
	0.70	0.40
ไม้กับไม้เหล็กกล้ากับเหล็กกล้า	0.74	0.57
อะลูมิเนียมกับเหล็กกล้าทอง-	0.61	0.47
แดงกับเหล็กกล้าทองเหลืองกับ	0.53	0.36
เหล็กกล้ายางกับคอนกรีต(แห้ง)	0.51	0.44
ยางกับคอนกรีต (เปียก)ล้อยาง	0.94	0.40
กับถนน (แห้ง) ล้อยางกับถนน	0.30	0.25
(เปียก)	0.90	0.65
	0.70	0.55

μ_s คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต , μ_k คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 รถจักรยานที่ใช้ในการทดลอง

จักรยานเสือภูเขาหรือ Mountain Bike เป็นรถจักรยานอเนกประสงค์ที่สามารถใช้ได้ในทุกพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นถนนธรรมดา หรือทางป่าทางเขาทุรกันดาร จึงเป็นจักรยานที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการเดินทางท่องเที่ยว ลักษณะเฉพาะของเสือภูเขา คือ ความแข็งแกร่งของระบบโครงสร้าง การผ่อนแรงของระบบเกียร์ทดซึ่งมีมากถึง 21 เกียร์ การหยุดฉับพลันของระบบเบรค ยังเป็นที่นิยมในกลุ่มนักปั่นจักรยานในปัจจุบัน

รูปที่ 3.1 รถจักรยานเสือภูเขา

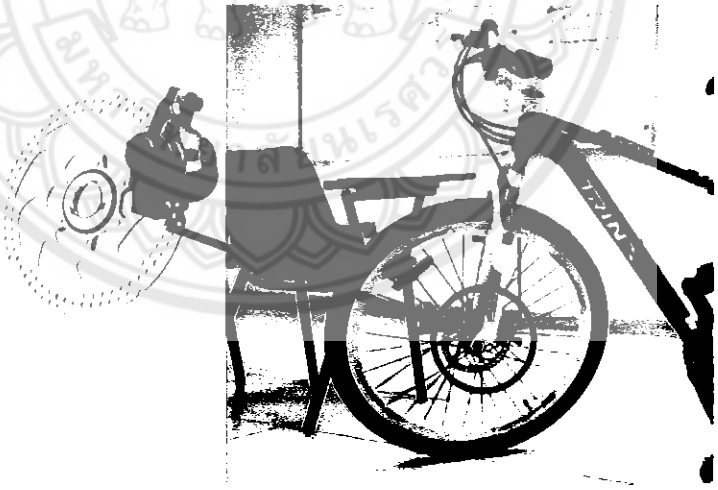
จักรยานที่ใช้ในการทดลอง เป็นจักรยานชนิดเสือภูเขา ยี่ห้อ TRINX โครงทำมาจากอะลูมิเนียม ขนาด 26 นิ้ว น้ำหนัก 15 กิโลกรัม มีโช๊คหน้าและชุดเกียร์ Shimano 21 speed

3.2 การออกแบบและติดตั้ง

3.2.1 ขนาดล้อ ใช้ขนาด 26x1.95 นิ้ว ความดันลมยางที่ใช้อยู่ที่ 40-65 PSI หรือประมาณ 280-460 kPa

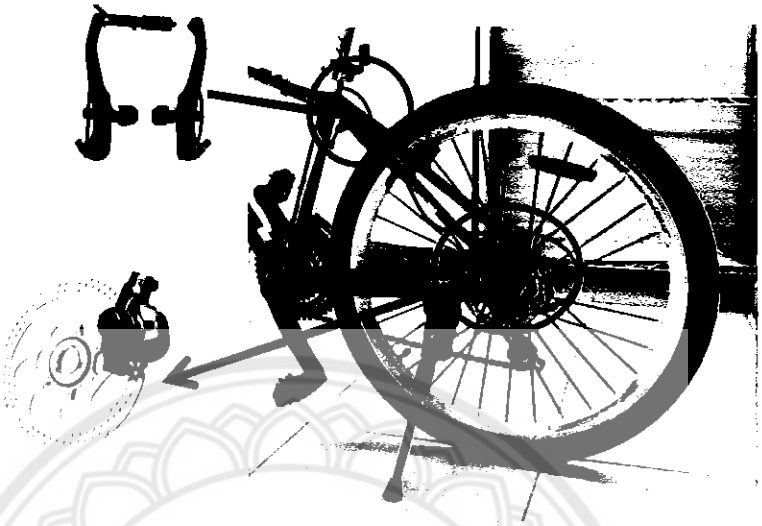
รูปที่ 3.2 ล้อขนาด 26x1.95 นิ้ว

3.2.2 ล้อหน้า ติดตั้งดิสก์เบรคช่วยให้การเบรคเป็นไปอย่างนุ่มนวล



รูปที่ 3.3 การติดตั้งเบรคล้อหน้า

3.2.3 ล้อหลัง ติดตั้ง V-Brakes **เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านการติดตั้งมอเตอร์ด้านซ้ายจึงจำเป็นต้องถอดดิสก์เบรคหลังออก เพื่อติดตั้งมอเตอร์แทน**



รูปที่ 3.4 การติดตั้งเบรคล้อหลัง

รูปที่ 3.5 การติดตั้งมอเตอร์แทนดิสก์เบรค

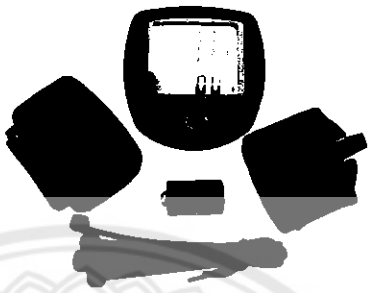
3.2.4 ติดตั้งคันเบรค โดยเพิ่มตัวเซนเซอร์การตัดไฟไปยังมอเตอร์เมื่อทำการเบรคที่ใต้คันเบรค

รูปที่ 3.6 แสดงเซนเซอร์ก่อนบีบคันเบรค

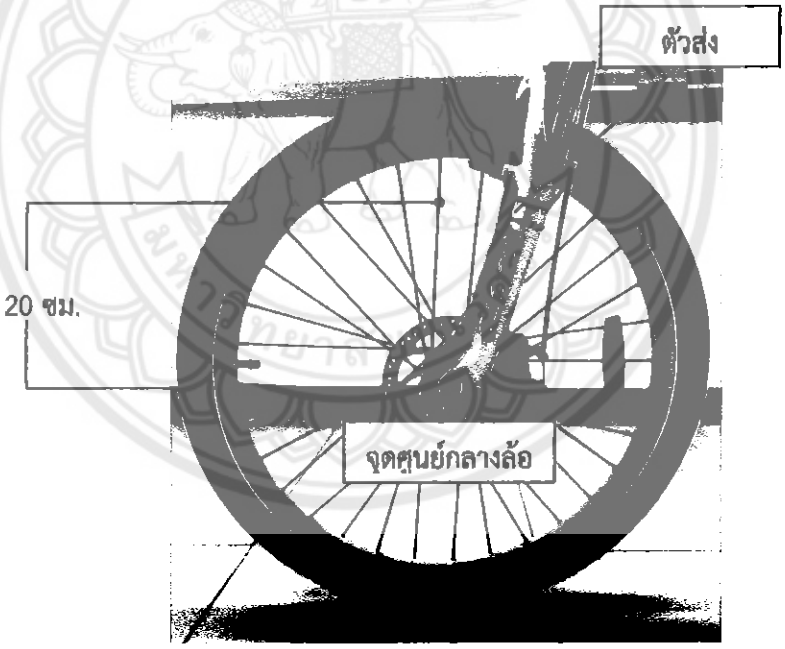
รูปที่ 3.7 แสดงเซนเซอร์ทำงานหลังบีบคันเบรค

เมื่อทำการบีบคันเบรค ไม่ว่าจะทั้งด้านซ้ายหรือด้านขวา เซนเซอร์จำทำงานโดยการตัดไฟ การทำงานของมอเตอร์จะหยุดลง

3.2.5 ไมล์วัดความเร็วแบบไร้สาย ใช้วัดความเร็วจักรยานเป็นหน่วย กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยติดตั้งตัวรับเซนเซอร์ที่ตะเกียบคู่หน้าด้านซ้าย และติดตัวส่งสัญญาณที่ซี่ลวดของล้อรถจักรยานตามคู่มือแนะนำการติดตั้งในระยะที่เหมาะสม ในที่นี้ใช้ล้อขนาด 26x1.95 นิ้ว จึงทำการติดตัวส่งสัญญาณที่ห่างจากจุดศูนย์กลางล้อ 20 เซนติเมตร



รูปที่ 3.8 ชุดติดตั้งไมล์วัดความเร็วแบบไร้สาย



รูปที่ 3.9 ไมล์วัดความเร็วแบบไร้สาย

3.2.6 คันเร่งไฟฟ้า ติดตั้งแทนปลอกแฮนด์อันเดิมทั้งด้านซ้ายและด้านขวา เดินสายไฟจากชุดควบคุมที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังรถจักรยาน

รูปที่ 3.10 ติดตั้งแฮนด์คันเร่งไฟฟ้า

3.3 การทดสอบเบรค

3.3.1 การหาระยะเบรค ทำการทดสอบที่ลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้ผู้ทดลองที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 50 กิโลกรัม 60 กิโลกรัม และ 70 กิโลกรัม ทำการทดลองการเบรคแบบบีบคันเบรคจนสุดจากจุดที่กำหนดให้หยุดรถ แบ่งเป็นการทดสอบเฉพาะเบรคหน้า (Disc Brakes) เฉพาะเบรคหลัง (V-Brakes) หรือทดสอบพร้อมกันทั้งสองล้อ (Disc Brakes และ V-Brakes) ที่ความเร็ว 5 10 15 และ 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากนั้นวัดระยะทางการเบรค บันทึกผลการทดสอบเบรค ทำการทดสอบที่ความเร็วข้างต้น 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3.11 ทดสอบเบรค ลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.4 การทดสอบคันเร่งไฟฟ้า

3.4.1 ทำการทดสอบการบิดคันเร่ง ตามองศาการบิด

รูปที่ 3.12 ระยะการบิดคันเร่งไฟฟ้า

3.4.2 ทำการวัดค่าความเร็วรอบของล้อและมอเตอร์จากTachometer

รูปที่ 3.13 วัดความเร็วรอบของล้อและมอเตอร์

3.4.3 ทำการวัดแรงดันที่มอเตอร์และคันเร่งจากVoltmeter

รูปที่ 3.14 วัดแรงดัน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 4

ผลการทดลอง

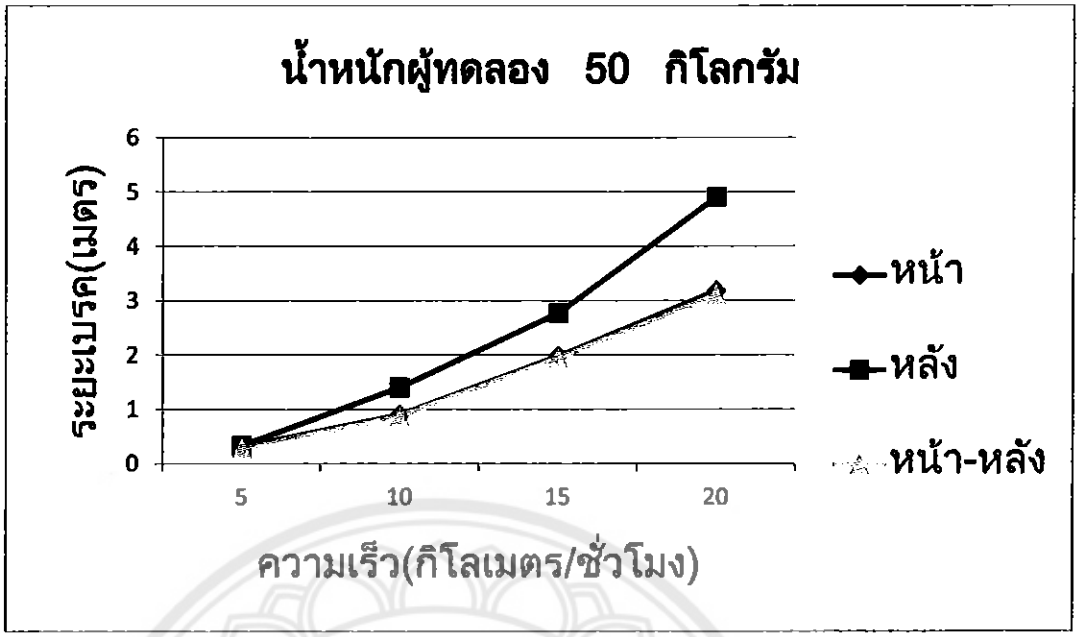
4.1 ผลการทดสอบหาระยะเบรค

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคก่อนติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัมน้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมเป็น 65 กิโลกรัม

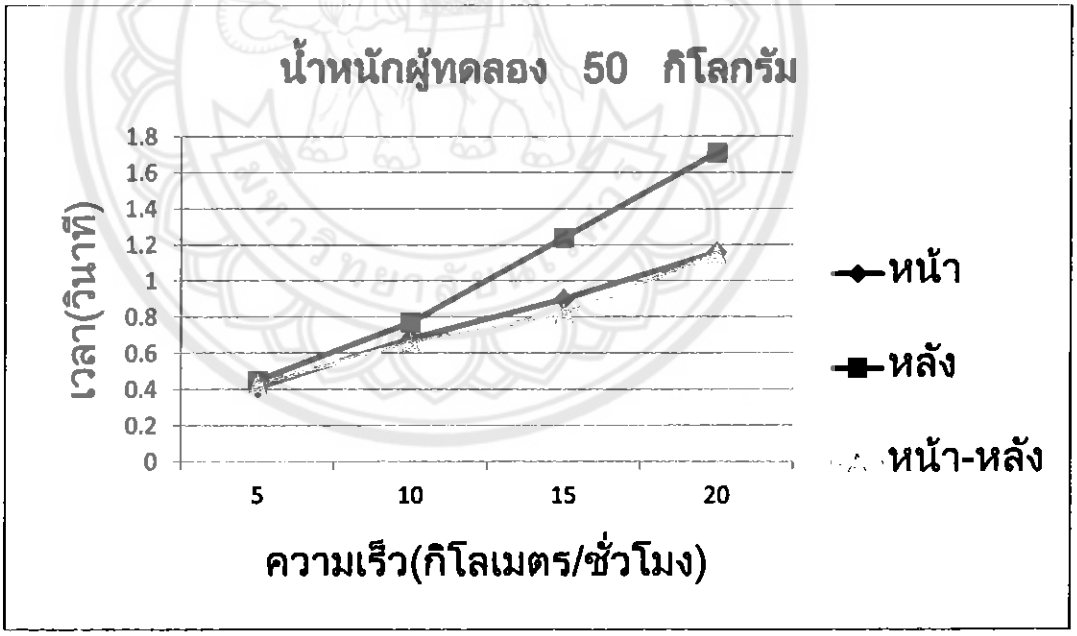
	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.31	0.41	0.90	0.68	1.98	0.90	3.18	1.16
V-Brakes (หลัง)	0.33	0.45	1.40	0.77	2.77	1.24	4.90	1.71
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.28	0.43	0.87	0.66	1.95	0.82	3.11	1.15

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม และน้ำหนักรถจักรยานก่อนการติดตั้งมอเตอร์ 15 กิโลกรัม รวมเป็น 65 กิโลกรัม จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่า การเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.1 และ 4.2

i1002973
วศ.
วิ4329.
2554



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม

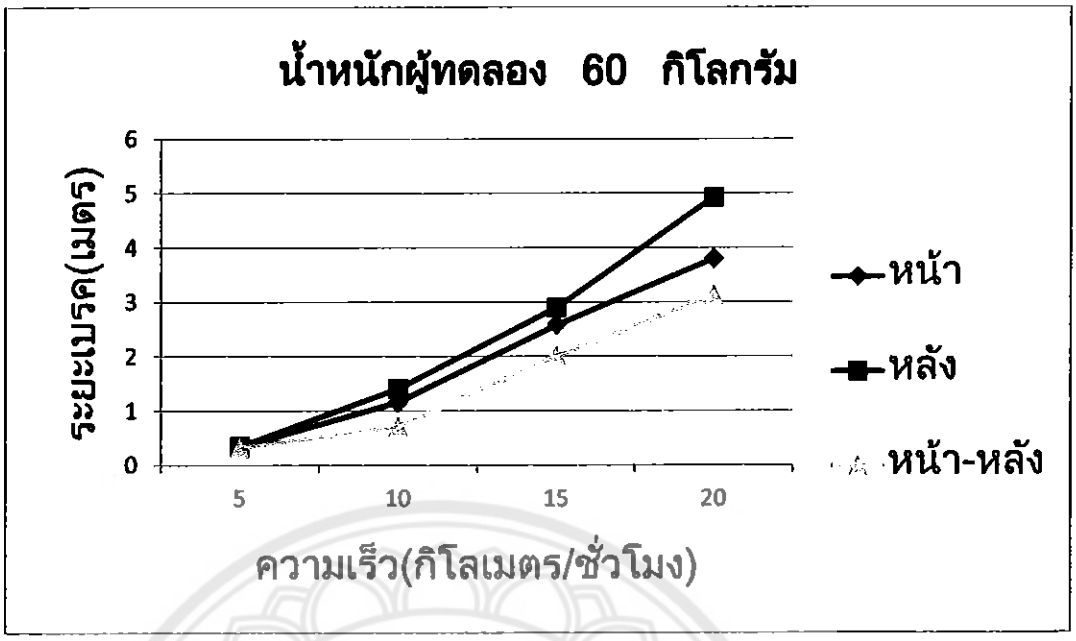


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม

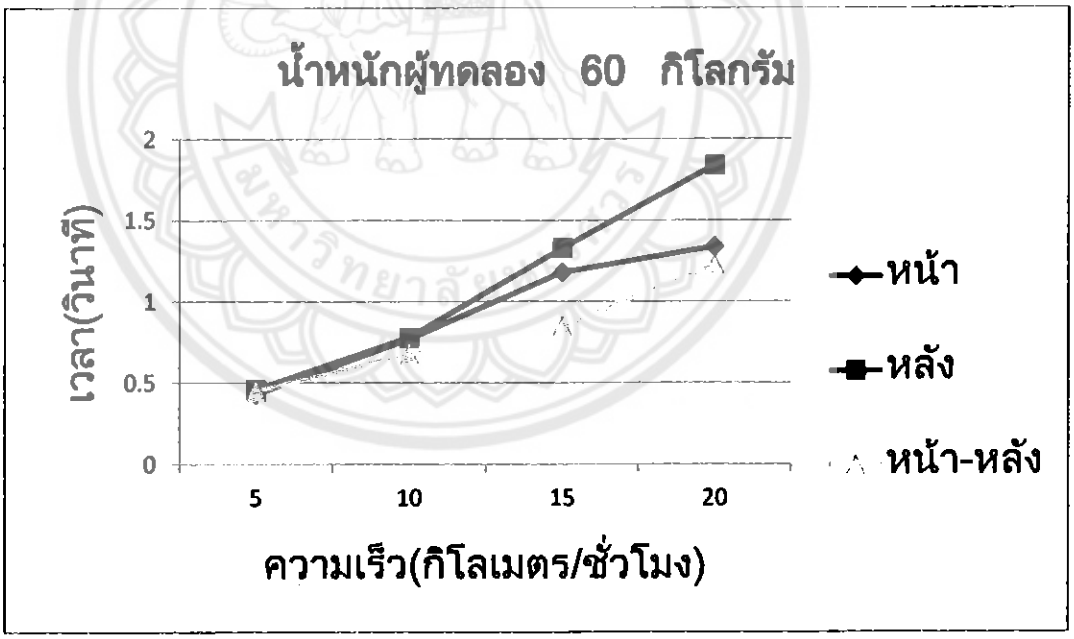
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคก่อนติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมเป็น 75 กิโลกรัม

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.33	0.43	1.16	0.77	2.58	1.18	3.80	1.34
V-Brakes (หลัง)	0.35	0.46	1.41	0.78	2.90	1.33	4.93	1.84
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.32	0.45	0.71	0.68	2.01	0.85	3.12	1.23

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม และน้ำหนักรถจักรยานก่อนการติดตั้งมอเตอร์ 15 กิโลกรัม รวมเป็น 75 กิโลกรัม จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่า การเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม

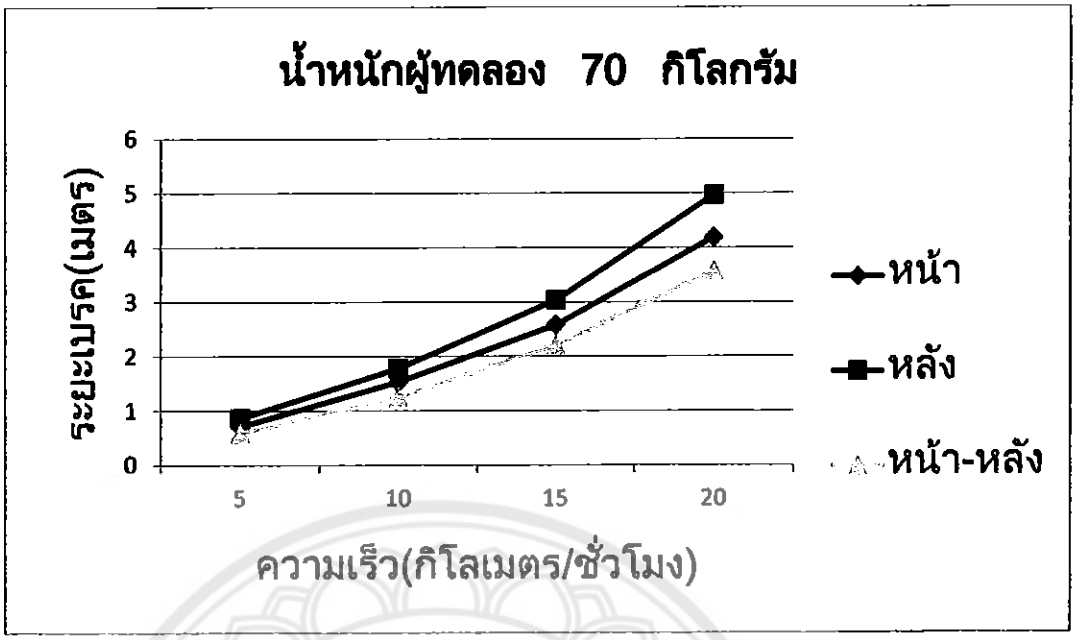


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม

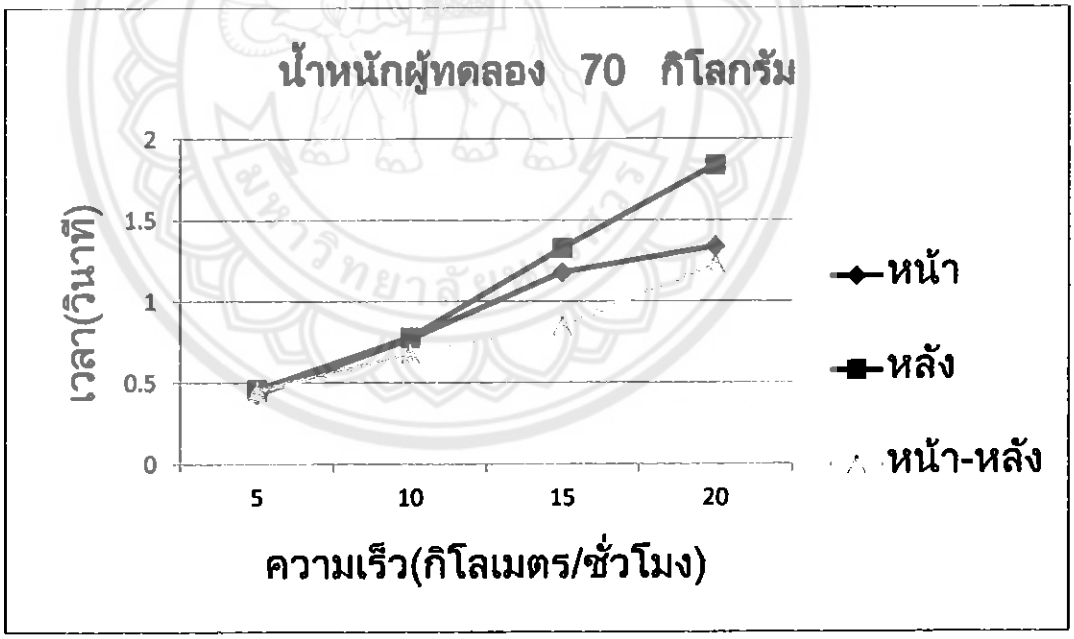
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคก่อนติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมเป็น 85 กิโลกรัม

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.71	0.55	1.53	0.82	2.58	1.00	4.19	1.57
V-Brakes (หลัง)	0.86	0.67	1.78	0.84	3.04	1.35	4.97	1.87
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.59	0.41	1.25	0.72	2.21	1.33	3.58	1.25

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม และน้ำหนักรถจักรยานก่อนการติดตั้งมอเตอร์ 15 กิโลกรัม รวมเป็น 85 กิโลกรัม จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่า การเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม

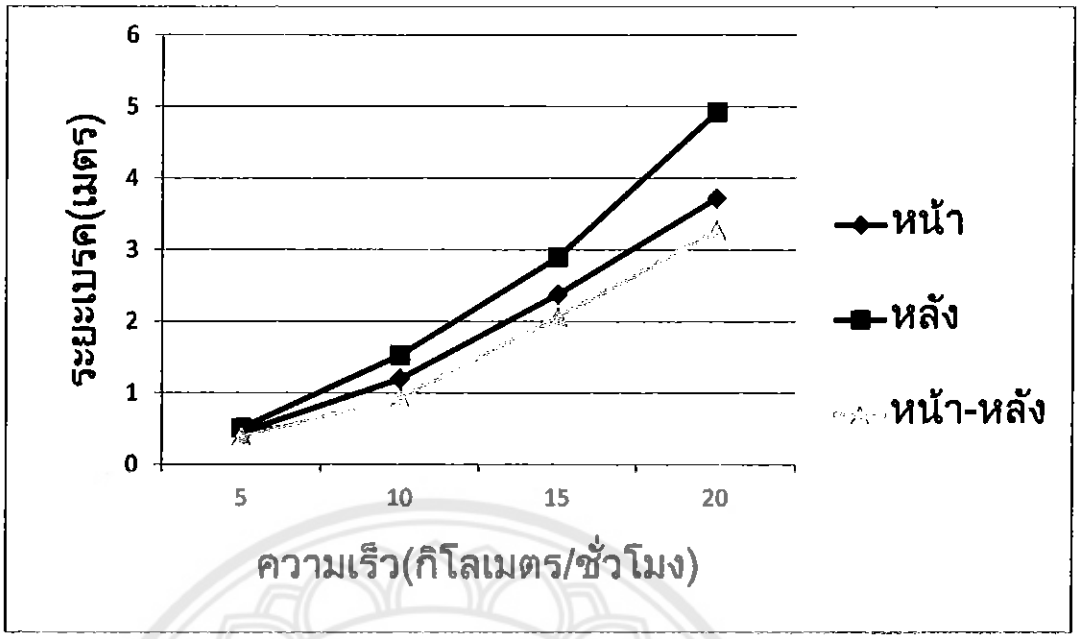


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม

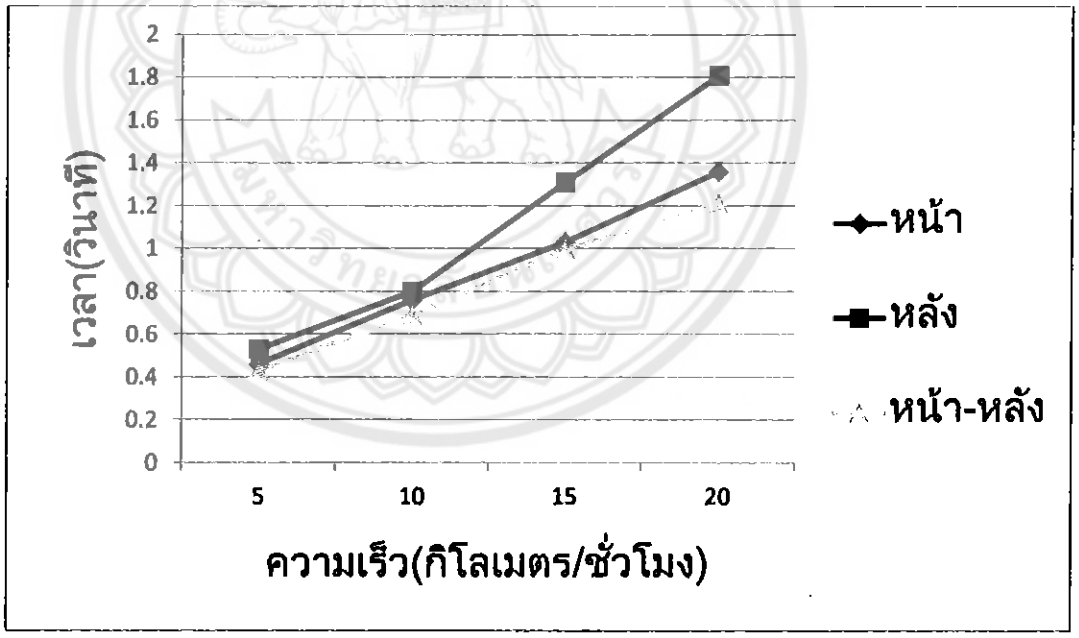
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะการเบรค ที่น้ำหนักต่างๆ (ก่อนติดมอเตอร์)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)		5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
		ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	50	0.31	0.41	0.90	0.68	1.98	0.90	3.18	1.16
	60	0.33	0.43	1.16	0.77	2.58	1.18	3.80	1.34
	70	0.71	0.55	1.53	0.82	2.58	1.00	4.19	1.57
	$\bar{x}$	0.45	0.46	1.20	0.76	2.38	1.03	3.72	1.36
V-Brakes (หลัง)	50	0.33	0.45	1.40	0.77	2.77	1.24	4.90	1.71
	60	0.35	0.46	1.41	0.78	2.90	1.33	4.93	1.84
	70	0.86	0.67	1.78	0.84	3.04	1.35	4.97	1.87
	$\bar{x}$	0.51	0.53	1.53	0.80	2.90	1.31	4.93	1.81
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	50	0.28	0.43	0.87	0.66	1.95	0.82	3.11	1.15
	60	0.32	0.45	0.71	0.68	2.01	0.85	3.12	1.23
	70	0.59	0.41	1.25	0.72	2.21	1.33	3.58	1.25
	$\bar{x}$	0.40	0.43	0.94	0.69	2.06	1.00	3.27	1.21

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลองตั้งแต่ 50-70 จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่า การเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย

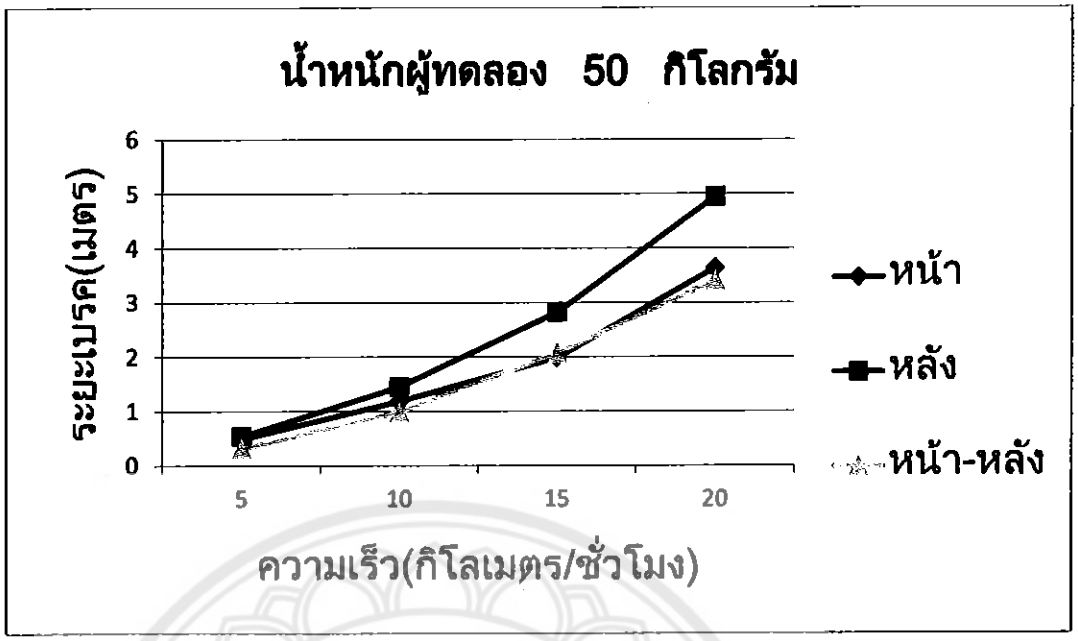


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย

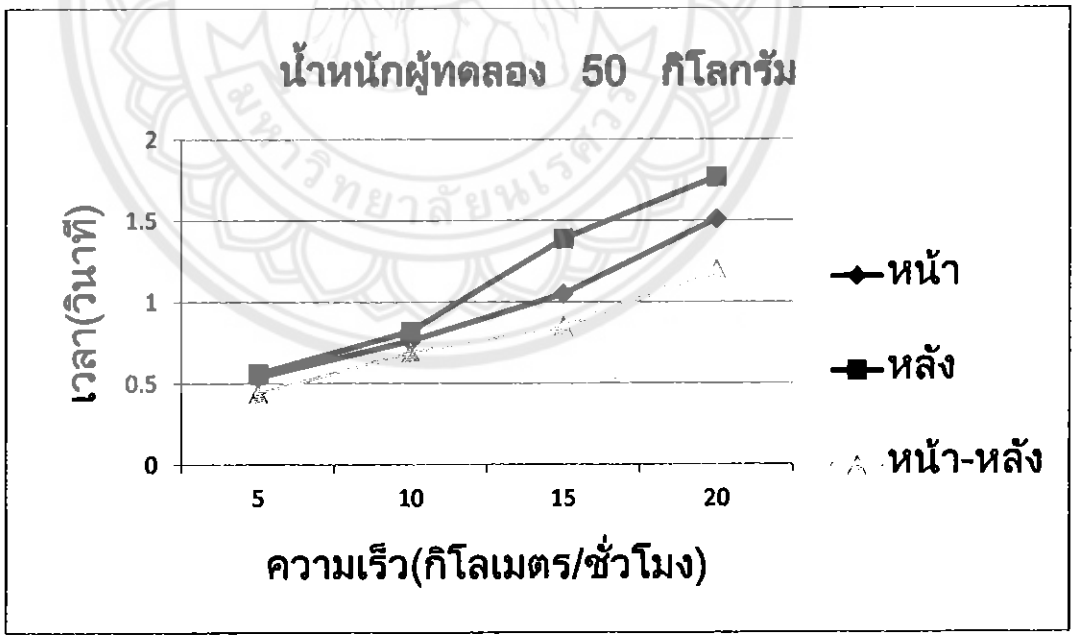
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคพร้อมติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.49	0.54	1.18	0.76	1.99	1.05	3.64	1.51
V-Brakes (หลัง)	0.54	0.56	1.45	0.82	2.83	1.39	4.95	1.77
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.31	0.44	0.99	0.69	2.07	0.85	3.41	1.20

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม และน้ำหนักรถจักรยานก่อนการติดตั้งมอเตอร์ 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่าการเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.9 และ 4.10



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์)

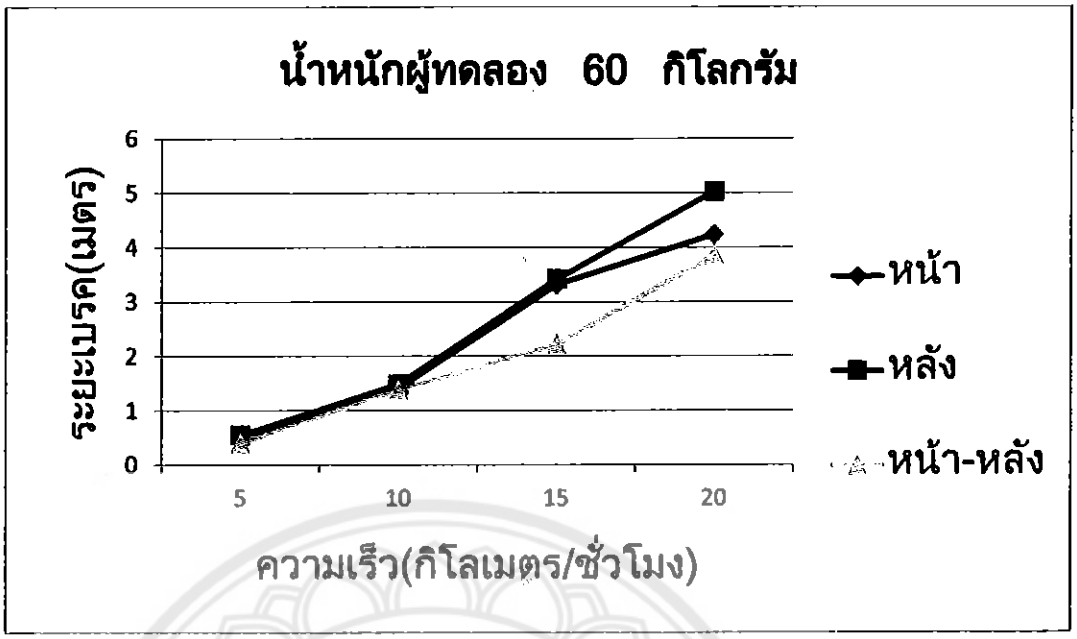


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์)

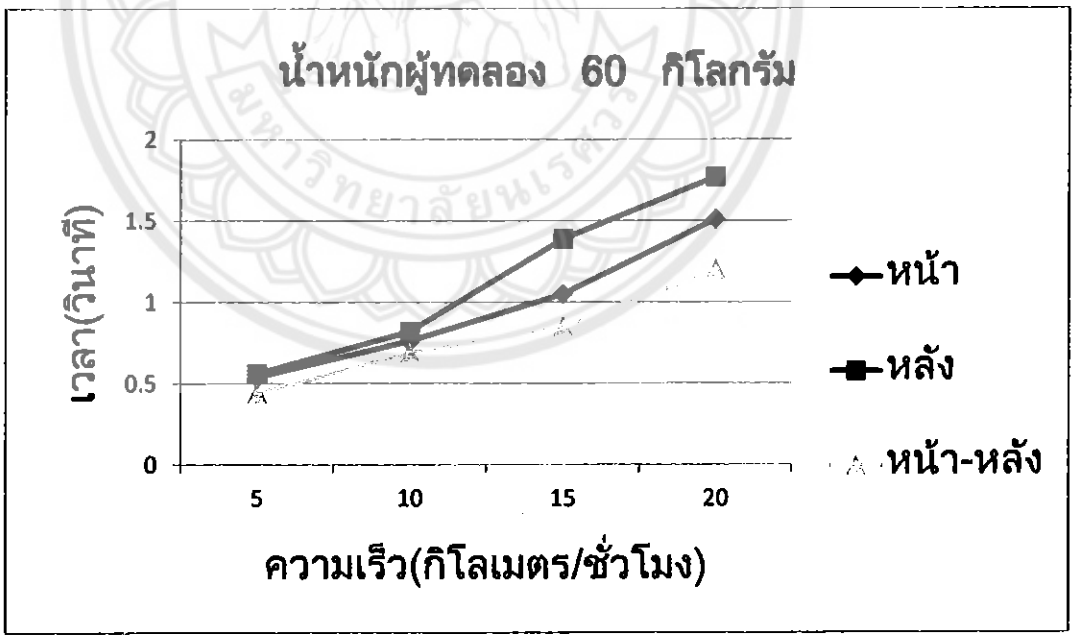
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคพร้อมติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.53	0.96	1.41	1.08	3.32	1.43	4.24	2.34
V-Brakes (หลัง)	0.55	0.97	1.48	1.09	3.42	1.68	5.03	2.78
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.40	0.63	1.38	1.02	2.22	1.42	3.86	1.62

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม และน้ำหนักรถจักรยานก่อนการติดตั้งมอเตอร์ 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่าการเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.11 และ 4.12



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์)

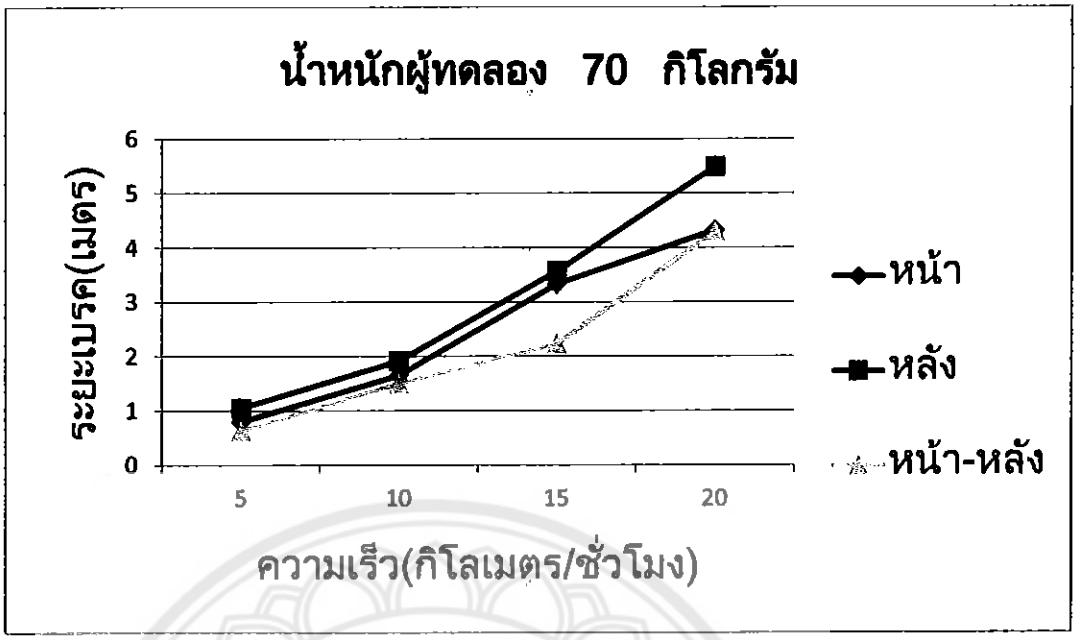


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์)

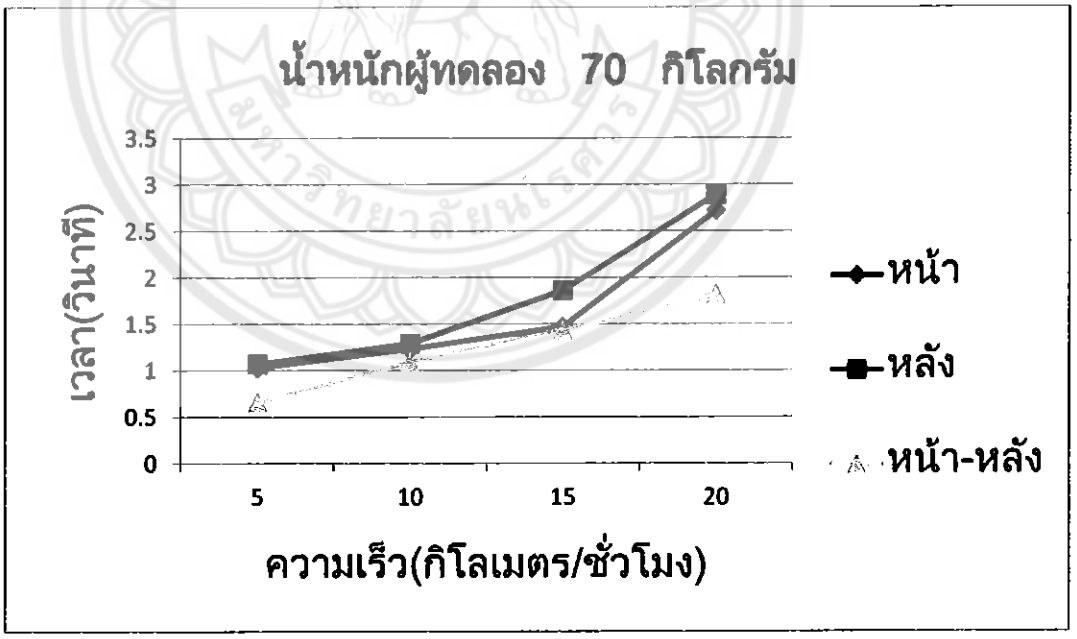
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบระยะเบรคพร้อมติดมอเตอร์ ที่ น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.80	1.03	1.65	1.23	3.33	1.47	4.32	2.72
V-Brakes (หลัง)	1.05	1.07	1.91	1.29	3.57	1.86	5.49	2.89
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.63	0.66	1.50	1.09	2.23	1.44	4.30	1.82

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม และน้ำหนักรถจักรยานก่อนการติดตั้งมอเตอร์ 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่าการเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.13 และ 4.14



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์)

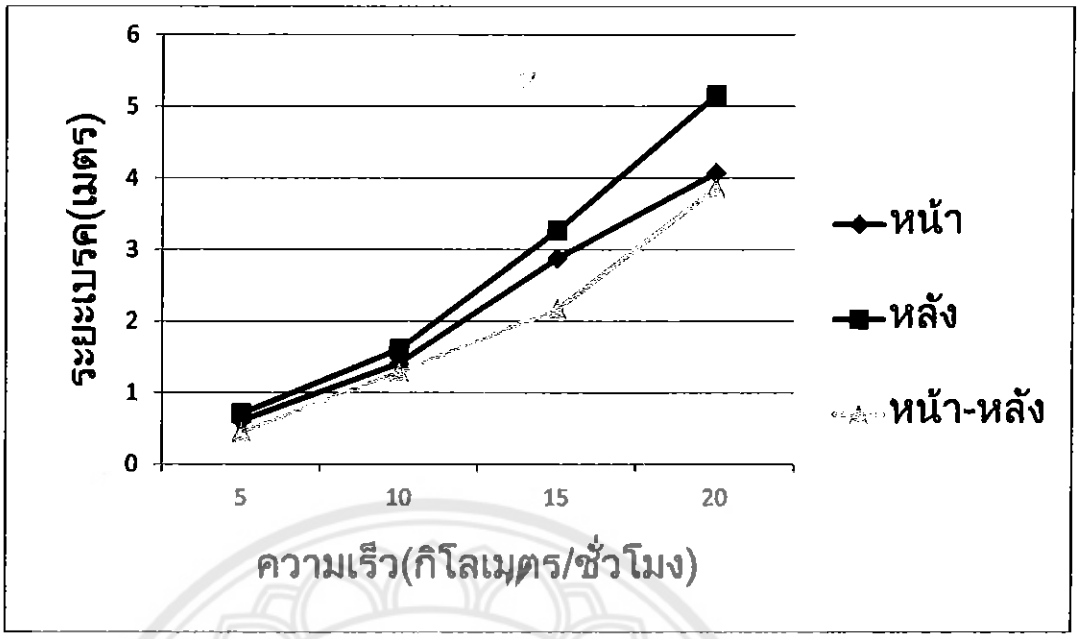


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม (ติดตั้งมอเตอร์)

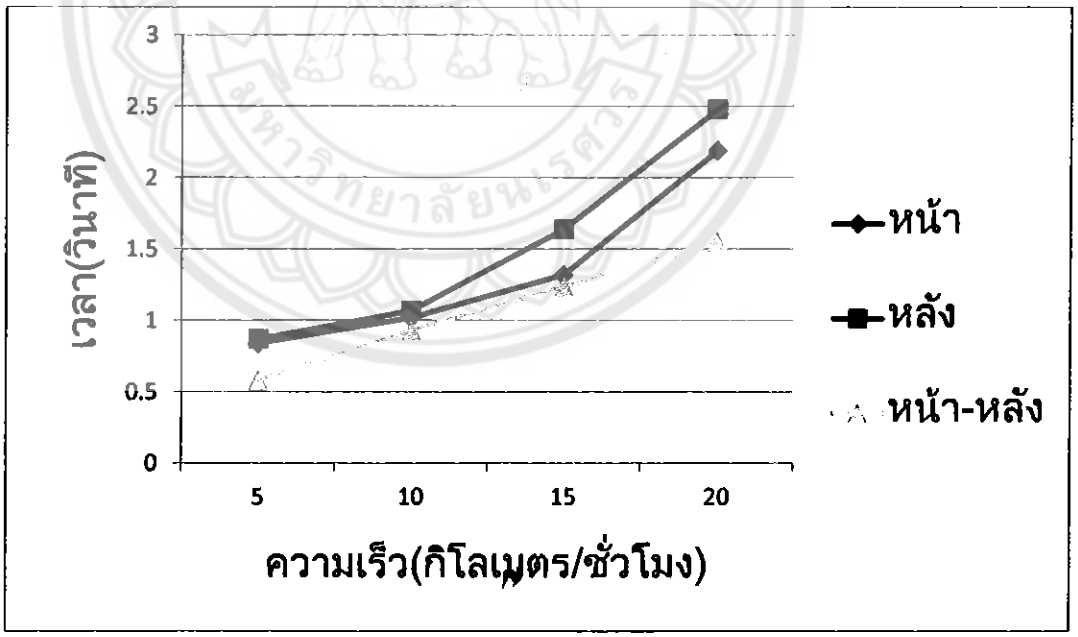
ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบระยะการเบรค ที่โหลดต่างๆ

น้ำหนัก (กิโลกรัม)		5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
		ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	50	0.49	0.54	1.18	0.76	1.99	1.05	3.64	1.51
	60	0.53	0.96	1.41	1.08	3.32	1.43	4.24	2.34
	70	0.80	1.03	1.65	1.23	3.33	1.47	4.32	2.72
	$\bar{x}$	0.61	0.84	1.41	1.02	2.88	1.32	4.07	2.19
V-Brakes (หลัง)	50	0.54	0.56	1.45	0.82	2.83	1.39	4.95	1.77
	60	0.55	0.97	1.48	1.09	3.42	1.68	5.03	2.78
	70	1.05	1.07	1.91	1.29	3.57	1.86	5.49	2.89
	$\bar{x}$	0.71	0.87	1.61	1.07	3.27	1.64	5.16	2.48
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	50	0.31	0.44	0.99	0.69	2.07	0.85	3.41	1.20
	60	0.40	0.63	1.38	1.02	2.22	1.42	3.86	1.62
	70	0.63	0.66	1.50	1.09	2.23	1.44	4.30	1.82
	$\bar{x}$	0.45	0.58	1.29	0.93	2.17	1.24	3.86	1.55

ผลการทดลองที่น้ำหนักผู้ทดลองตั้งแต่ 50-70 จากตารางพบว่าการทดสอบเบรคหน้าใช้ระยะในการเบรคสั้นและดีกว่าเบรคหลัง แต่มีระยะเบรคที่ยาวกว่าและใช้เวลามากกว่า การเบรคทั้งสองล้อ ดังแสดงในกราฟที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับระยะเบรค ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย (ติดตั้งมอเตอร์)

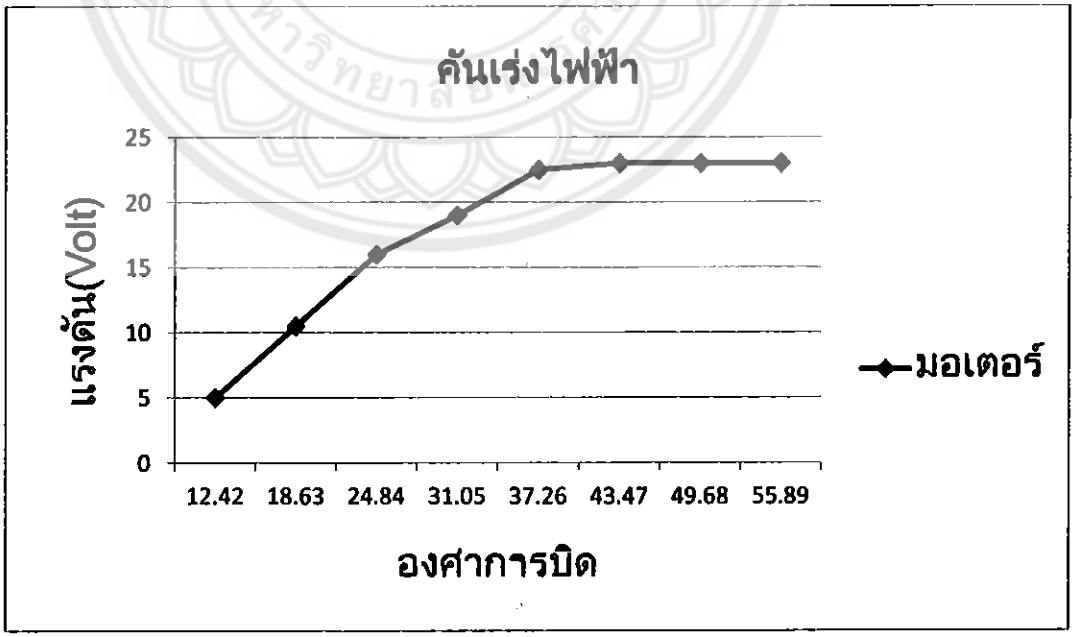


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย (ติดตั้งมอเตอร์)

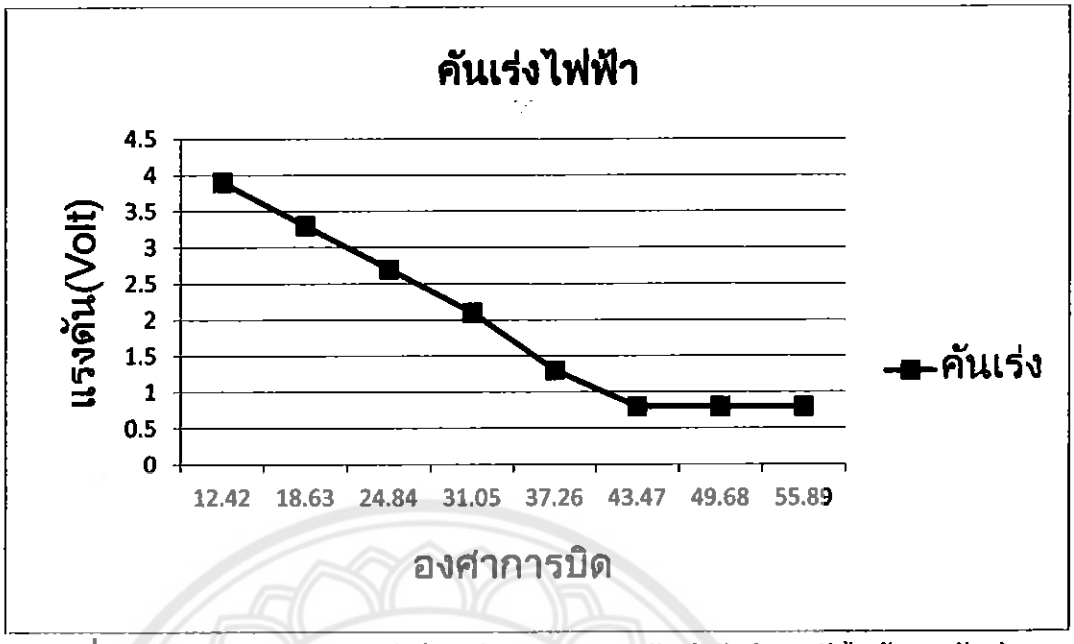
4.2 ผลการทดสอบคันเร่งไฟฟ้า

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองคันเร่งไฟฟ้าตามองศาการบิดคันเร่ง

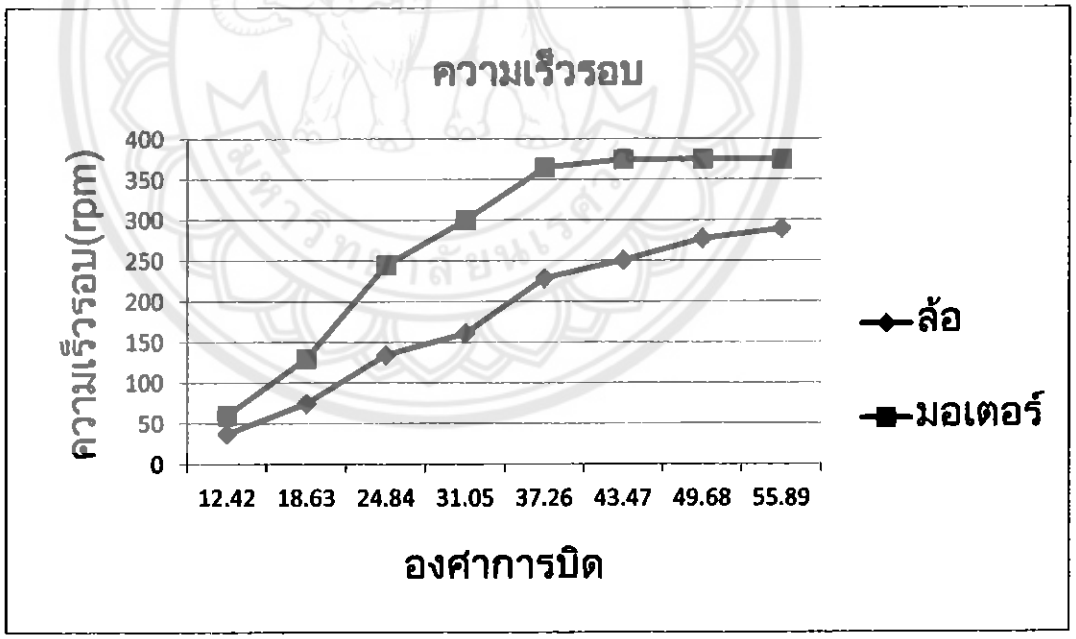
ระยะ mm.	องศา	มอเตอร์ (Volt)	คันเร่ง (Volt)	ความเร็วรอบล้อรถ (rpm)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)
5.0	12.42	-	-	-	-
7.5	18.63	5.0	3.9	37.4	60.0
10.0	24.84	10.5	3.3	75.0	130.0
12.5	31.05	16.0	2.7	134.4	245.0
15.0	37.26	19.0	2.1	161.3	300.0
17.5	43.47	22.5	1.3	228.7	365.0
20.0	49.68	23.0	0.8	251.0	375.0
22.5	55.89	23.0	0.8	277.6	375.0
25.0	62.01	23.0	0.8	289.6	375.0



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการบิดคันเร่งกับค่าแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์



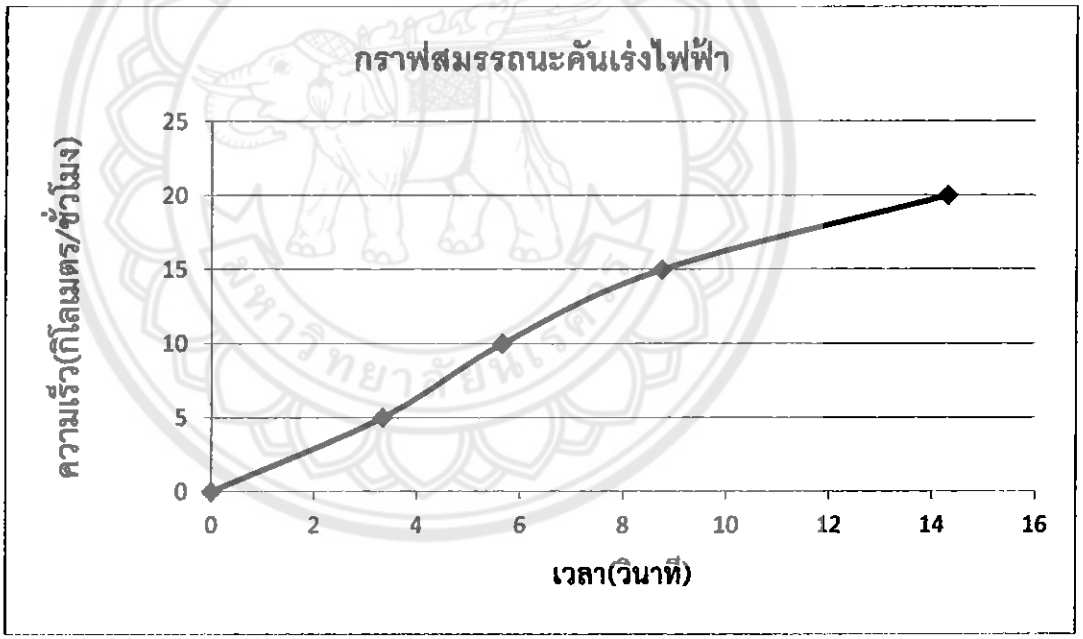
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการบิดคันเร่งกับค่าแรงดันไฟฟ้าของคันเร่ง



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการบิดคันเร่งกับความเร็วรอบ

ตารางที่ 4.10 บันทึกผลการไต่ระดับคันเร่งไฟฟ้า

ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	เวลา(วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
5	3.3	2.95	3.77	3.34
10	5.7	5.23	6.05	5.66
15	8.63	8.26	9.36	8.75
20	14.19	13.95	14.79	14.31



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

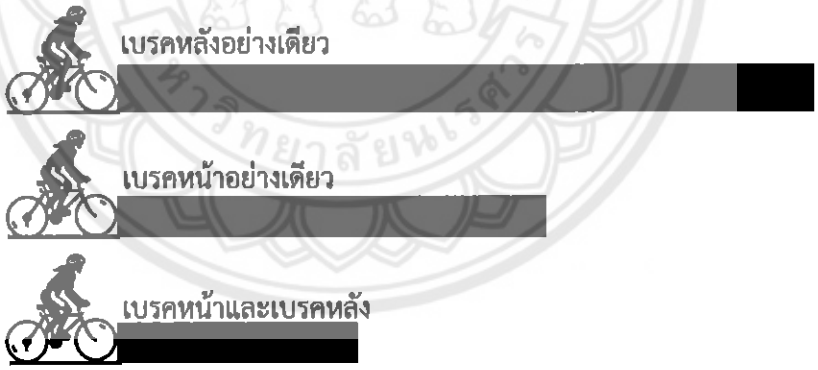
5.1 สรุปผลการทดลองการเบรค

จากผลการทดสอบระยะการเบรคสามารถแสดงเป็นภาพ ได้ดังรูปที่ 5.1 สรุปได้ว่า เมื่อความเร็วหรือมวลเพิ่มขึ้นระยะและเวลาที่ใช้ในการเบรคก็จะเพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเบรคลักษณะใดก็ตาม ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมทำให้ระยะและเวลาที่ใช้ในการเบรคมีค่าสูงขึ้น

การทดสอบเฉพาะเบรคหลังอย่างเดียว พบว่าเมื่อเวลาเบรคอย่างกะทันหัน และบีบคันเบรคเต็มที่ จะทำให้เกิดล้อล็อคและไถล ทั้งนี้ระยะการไถลจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักและความเร็วของรถจักรยาน

การทดสอบเฉพาะเบรคหน้าอย่างเดียว พบว่าระยะและเวลาที่ใช้ในการเบรคจะน้อยกว่าการเบรคหลัง ทั้งนี้ดิสก์เบรคช่วยในการหยุดรถอย่างนุ่มนวลและไม่เกิดการไถล

การทดสอบทั้งเบรคหน้าและเบรคหลัง พบว่าใช้ระยะในการเบรคน้อยกว่าการเบรคเฉพาะล้อใดล้อหนึ่ง ทั้งนี้ดิสก์เบรคหน้าจะช่วยกันการไถลของเบรคหลัง จึงทำให้เกิดการเบรคได้ดีกว่า



รูปที่ 5.1 รูปเปรียบเทียบระยะการเบรค

จากการทดสอบคันเร่งไฟฟ้าตามองศาการบิดคันเร่ง ทราบได้ว่ารถจักรยานไฟฟ้าสามารถวิ่งได้หลังจากบิดคันเร่งไปมากกว่า 12.42 องศา และเมื่อบิดคันเร่งในช่วง 49.68 – 62.01 องศา จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์และล้อคงที่ที่ 375 และ 23 รอบต่อนาที ตามลำดับ สมรรถนะอัตราเร่งจาก 0 – 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ในเวลา 14 วินาที และวิ่งได้ความเร็วสูงสุดที่ 23 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทดสอบการขึ้นเนิน ที่ความชัน 5 องศา สามารถขับขึ้นเนินได้ตั้งแต่รถหยุดนิ่ง และที่ความชัน 10 องศา สามารถขับขึ้นเนินได้ด้วยความเร็วตั้งแต่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาครั้งต่อไป

5.2.1 ด้านการออกแบบและติดตั้งเบรค ควรติดตั้งดิสก์เบรคทั้งล้อหน้าและล้อหลัง เพื่อเป็นการเบรคอย่างนุ่มนวล และรักษาขอบล้อ และกันการไถลของล้อ

5.2.2 ด้านการทดสอบเบรค ควรมีการทดสอบสภาพพื้นผิวถนนที่ต่างกัน

5.2.3 ด้านการออกแบบและติดตั้งคันเร่งไฟฟ้า หาข้อมูลเพิ่มเติม

5.2.4 ด้านการทดสอบคันเร่ง ควรมีการทดสอบคันเร่งเวลาขึ้นเนินระดับความสูงต่างๆ

5.2.5 ปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนมารับรองสำหรับรถจักรยาน ดังนั้นความมีการสืบค้นเพื่อเปรียบเทียบมาตรฐานการเบรคของรถจักรยานยนต์ต่อไป

5.3 ความรู้สึกและข้อเสนอแนะสำหรับผู้ใช้รถจักรยานไฟฟ้า

5.3.1 เวลาออกตัวค่อยๆบิดคันเร่ง ใช้การไต่ระดับความเร็ว ไม่ควรบิดคันเร่งอย่างรวดเร็ว จะทำให้มอเตอร์เกิดการกระชากโซ่ หรืออาจใช้การปั่นตอนออกตัวเริ่มต้นแทน

5.3.2 ขณะปั่นหรือเร่งคันเร่งเพื่อเพิ่มความเร็ว การปั่นไม่ได้หนักกว่ารถจักรยานทั่วไป จึงสามารถปั่นและบิดคันเร่งควบคู่หรือสลับกันไปได้

5.3.3 จากการเอียงตัวขณะเลี้ยว จะรู้สึกเหมือนจักรยานทั่วไป เนื่องจากจุดศูนย์ถ่วงของตัวรถอยู่กลางตัวรถทำให้ขณะเข้าโค้งไม่รู้สึกว่ารถเกิดอาการส่าย และนอกจากนั้นยังสามารถปั่นหรือเร่งคันเร่งได้เหมือนจักรยานทั่วไป

5.3.4 การขึ้นเนินหรือลูกระนาด ควรมีความเร็วไม่มาก เพื่อลดการสั่นสะเทือนที่กระทำต่อมอเตอร์และชุดควบคุม

5.3.5 การแซง มีความอันตรายค่อนข้างสูง เนื่องจากตัวรถจักรยานไฟฟ้ามีเสียงที่เงียบและมีความเร็วในการแซงที่ไม่มากนัก

5.3.6 ความเร็วของตัวรถ ช่วง 0-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นความเร็วที่พอดีสำหรับจักรยานที่ใช้ในสถานที่ที่ไม่เร่งรีบนัก แต่สามารถช่วยในการผ่อนแรงได้

5.3.7 การจอด เนื่องจากไม่มีไฟท้ายทำให้ต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากในการจอดหรือหยุดรถกระทันหันทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน

5.3.8 วิสัยทัศน์ในการขับขี่ เนื่องจากไม่มีกระจกมองข้าง เพราะฉะนั้นควรใช้ความระมัดระวังในการแซงหรือเลี้ยวรถเพื่อความปลอดภัย

5.3.9 การขับขี่รถจักรยานไฟฟ้าโดยรวม จากการขับขี่บนพื้นถนน เนื่องจากมีแรงเสียดทานมากจึงทำให้การขับขี่เป็นไปอย่างปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ.งานเครื่องล่างรถยนต์.พิมพ์ครั้งที่ 1.บริษัท ออฟเซ็ท ครีเอชั่น จำกัด,2555

ธนันต์ ศรีสกุล ภมร ศิลาพันธ์ และมนตรี ศิริปรัชญานท์. รถจักรยานไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2554, จากhttp://wara.com/modules.php?name=project&file=showproject&sid=209

ระพินทร์ สวยคำ. เบรคจักรยาน. สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2555, จาก http://thbike.blogspot.com/2010/12/bicycle-bracke-systems.html

โมเมนตัม. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2555, จาก http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/supinya/momentum/momentum.htm

ประเจียด ปฐมภาค. การดลและโมเมนตัม. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2555, จาก http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/78/momentum.htm

ภักดิ์ภูมิ แก้วขาว ธาราพร บุญชัย และเจนจิรา สุดโต. (2553). ปรากฏการณ์ฮอลล์. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2555, จาก http://bmesensor.blogspot.com/p/hall-effect.html

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตาราง ก.1 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 65 กิโลกรัม (ก่อนติดมอเตอร์)

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.31	0.41	0.85	0.54	2.25	0.98	3.30	1.17
	0.30	0.30	0.95	0.85	1.70	0.86	3.15	1.16
	0.33	0.52	0.90	0.66	2.00	0.87	3.10	1.16
	0.31	0.41	0.90	0.68	1.98	0.90	3.18	1.16
V-Brakes (หลัง)	0.30	0.40	1.4	0.75	2.85	1.31	4.65	1.56
	0.30	0.47	1.3	0.66	2.60	1.13	5.00	1.88
	0.40	0.48	1.5	0.89	2.85	1.27	5.05	1.70
	0.33	0.45	1.40	0.77	2.77	1.24	4.90	1.71
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.3	0.43	0.95	0.72	1.85	0.77	3.30	1.27
	0.2	0.37	0.95	0.64	2.10	0.90	2.90	1.00
	0.35	0.48	0.70	0.61	1.90	0.80	3.12	1.20
	0.28	0.43	0.87	0.66	1.95	0.82	3.11	1.15

ตาราง ก.2 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 75 กิโลกรัม (ก่อนติดมอเตอร์)

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.34	0.43	1.25	0.8	2.65	1.25	4.2	1.50
	0.30	0.39	1.15	0.78	2.50	1.18	3.55	1.23
	0.35	0.47	1.10	0.74	2.60	1.10	3.65	1.28
	0.33	0.43	1.16	0.77	2.58	1.18	3.80	1.34
V-Brakes (หลัง)	0.35	0.44	1.41	0.78	2.70	1.21	5.00	1.88
	0.40	0.53	1.31	0.77	2.80	1.26	4.90	1.83
	0.30	0.42	1.51	0.81	3.2	1.52	4.90	1.86
	0.35	0.46	1.41	0.78	2.90	1.33	4.93	1.84
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.33	0.45	0.95	0.66	1.88	0.86	3.00	1.20
	0.35	0.48	0.72	0.54	1.85	0.81	3.20	1.27
	0.30	0.43	0.96	0.85	2.30	0.87	3.15	1.23
	0.32	0.45	0.71	0.68	2.01	0.85	3.12	1.23

ตาราง ก.3 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 85 กิโลกรัม (ก่อนติดมอเตอร์)

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.73	0.55	1.44	0.73	2.54	1.01	4.18	1.63
	0.66	0.50	1.60	0.87	2.62	1.10	4.32	1.71
	0.74	0.61	1.55	0.86	2.57	0.90	4.08	1.37
	0.71	0.55	1.53	0.82	2.58	1.00	4.19	1.57
V-Brakes (หลัง)	0.97	0.73	1.85	0.88	2.88	1.31	4.99	1.87
	0.80	0.61	1.93	0.89	2.85	1.30	4.93	1.86
	0.81	0.68	1.57	0.76	3.40	1.44	4.99	1.88
	0.86	0.67	1.78	0.84	3.04	1.35	4.97	1.87
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.56	0.39	1.23	0.67	2.70	1.86	3.60	1.44
	0.50	0.33	1.22	0.72	1.93	1.01	3.57	1.15
	0.71	0.50	1.29	0.78	2.01	1.13	3.59	1.17
	0.59	0.41	1.25	0.72	2.21	1.33	3.58	1.25

ตาราง ก.4 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม (ติดมอเตอร์)

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.51	0.57	1.20	0.79	2.34	1.06	3.46	1.50
	0.47	0.49	1.29	0.80	1.70	1.03	3.27	1.42
	0.50	0.56	1.05	0.68	1.93	1.05	4.18	1.62
	0.49	0.54	1.18	0.76	1.99	1.05	3.64	1.51
V-Brakes (หลัง)	0.53	0.55	1.43	0.77	2.86	1.45	4.98	1.88
	0.50	0.48	1.47	0.87	2.80	1.30	4.90	1.64
	0.60	0.65	1.47	0.85	2.82	1.43	4.98	1.80
	0.54	0.56	1.45	0.82	2.83	1.39	4.95	1.77
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.35	0.46	0.98	0.65	2.10	0.92	3.67	1.20
	0.22	0.39	0.99	0.70	2.07	0.83	2.72	1.18
	0.35	0.46	1.00	0.72	2.03	0.80	3.84	1.22
	0.31	0.44	0.99	0.69	2.07	0.85	3.41	1.20

ตาราง ก.5 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม (ติดมอเตอร์)

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.56	0.98	1.36	1.03	3.30	1.45	4.22	2.23
	0.60	1.09	1.48	1.10	3.25	1.35	4.17	2.20
	0.45	0.81	1.39	1.10	3.42	1.49	4.33	2.28
	0.53	0.96	1.41	1.08	3.32	1.43	4.24	2.34
V-Brakes (หลัง)	0.65	0.98	1.39	1.03	3.50	1.80	4.89	2.60
	0.36	0.95	1.48	1.11	3.20	1.40	5.08	2.87
	0.64	0.97	1.58	1.13	3.55	1.83	5.12	2.88
	0.55	0.97	1.48	1.09	3.42	1.68	5.03	2.78
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.35	0.62	1.56	1.12	2.60	1.50	3.90	1.70
	0.48	0.65	1.33	0.98	2.06	1.43	3.85	1.62
	0.36	0.63	1.25	0.96	1.98	1.31	3.83	1.53
	0.40	0.63	1.38	1.02	2.22	1.42	3.86	1.62

ตาราง ก.6 บันทึกค่า ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม (ติดมอเตอร์)

	5 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		10 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		15 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)		20 (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	
	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)	ระยะเบรค (เมตร)	เวลาในการเบรค (วินาที)
Disc Brakes (หน้า)	0.80	1.04	1.70	1.23	3.05	1.45	4.35	2.76
	0.77	1.00	1.55	1.20	3.55	1.51	4.50	2.84
	0.82	1.06	1.70	1.28	3.40	1.46	4.10	2.56
	0.80	1.03	1.65	1.23	3.33	1.47	4.32	2.72
V-Brakes (หลัง)	0.97	1.01	1.90	1.18	3.62	1.87	5.40	2.90
	0.99	1.10	1.93	1.33	3.60	1.86	5.38	2.87
	1.20	1.12	1.95	1.35	3.55	1.84	5.70	2.91
	1.05	1.07	1.91	1.29	3.57	1.86	5.49	2.89
Disc Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)	0.60	0.62	1.80	1.21	2.35	1.48	4.05	1.80
	0.62	0.64	1.70	1.04	2.30	1.46	4.25	1.82
	0.68	0.71	1.00	1.02	2.05	1.40	4.60	1.85
	0.63	**0.66**	**1.50**	**1.09**	**2.23**	**1.44**	**4.30**	**1.82**

ตาราง ก.7 ผลการทดลองคันเร่งไฟฟ้าตามองศาการบิดคันเร่ง

ระยะ mm.	องศา	คันเร่ง (Volt)	มอเตอร์ (Volt)	ความเร็วรอบล้อรถ (rpm)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)
5.0	12.42	-	-	-	-
7.5	18.63	37.4	3.9	5.0	60.0
10.0	24.84	75.0	3.3	10.5	130.0
12.5	31.05	134.4	2.7	16.0	245.0
15.0	37.26	161.3	2.1	19.0	300.0
17.5	43.47	228.7	1.3	22.5	365.0
20.0	49.68	251.0	0.8	23.0	375.0
22.5	55.89	277.6	0.8	23.0	375.0
25.0	62.01	289.6	0.8	23.0	375.0

ภาคผนวก ข.

การคำนวณ

สมการหาแรงเสียดทาน

$$f = \mu_s N$$

จากตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานใช้ค่าของ ล้อยางกับถนน(แห้ง)ค่า $\mu_s = 0.90$

หาแรงเสียดทานของถนนที่กระทำต่อรถก่อนติดมอเตอร์ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักจักรยาน 15กิโลกรัม รวมเป็น 65 กิโลกรัม

$$f = \mu_s N$$

$$f = (0.90 \times 65 \times 9.81)$$

$$f = 573.88N$$

หาแรงเสียดทานของถนนที่กระทำต่อรถก่อนติดมอเตอร์ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักจักรยาน 15กิโลกรัม รวมเป็น 75 กิโลกรัม

$$f = \mu_s N$$

$$f = (0.90 \times 75 \times 9.81)$$

$$f = 662.17N$$

หาแรงเสียดทานของถนนที่กระทำต่อรถก่อนติดมอเตอร์ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักจักรยาน 15กิโลกรัม รวมเป็น 85 กิโลกรัม

$$f = \mu_s N$$

$$f = (0.90 \times 85 \times 9.81)$$

$$f = 750.46N$$

หาแรงเสียดทานของถนนที่กระทำต่อรถหลังติดมอเตอร์ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักจักรยาน 15กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม

$$f = \mu_s N$$

$$f = (0.90 \times 77 \times 9.81)$$

$$f = 679.83N$$

หาแรงเสียดทานของถนนที่กระทำต่อรถหลังติดมอเตอร์ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักจักรยาน 15กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม

$$f = \mu_s N$$

$$f = (0.90 \times 87 \times 9.81)$$

$$f = 768.12N$$

หาแรงเสียดทานของถนนที่กระทำต่อรถหลังติดมอเตอร์ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักจักรยาน 15กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม

$$f = \mu_s N$$

$$f = (0.90 \times 97 \times 9.81)$$

$$f = 856.41N$$

การหาองศาบิดของคันเร่ง

จากสมการความยาวรอบวง

$$L = 2\pi r = \pi d$$

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวบิดคันเร่ง

$$d = 46.15\ mm.$$

$$L = \pi(46.15)$$

$$L = 144.991\ mm.$$

ถ้าระยะ 1.0 *mm.* จะมีองศาบิด $\frac{360}{144.991} = 2.48°$

ถ้าระยะ 5.0 *mm.* จะมีองศาบิด $5 \times 2.48 = 12.42°$

ถ้าระยะ 7.5 *mm.* จะมีองศาบิด $7.5 \times 2.48 = 18.63°$

ถ้าระยะ 10.0 *mm.* จะมีองศาบิด $10 \times 2.48 = 24.84°$

ถ้าระยะ 12.5 *mm.* จะมีองศาบิด $12.5 \times 2.48 = 31.05°$

ถ้าระยะ 15.0 *mm.* จะมีองศาบิด $15 \times 2.48 = 37.26°$

ถ้าระยะ 17.5 *mm.* จะมีองศาบิด $17.5 \times 2.48 = 43.47°$

ถ้าระยะ 20.0 *mm.* จะมีองศาบิด $20 \times 2.48 = 49.68°$

ถ้าระยะ 22.5 *mm.* จะมีองศาบิด $22.5 \times 2.48 = 55.89°$

ถ้าระยะ 25.0 *mm.* จะมีองศาบิด $25 \times 2.48 = 62.01°$

สมการหาความเร่ง

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.31-(1.39\times 0.41)}{0.41^2}]$$

$$a = -7.97 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.33-(1.39\times 0.45)}{0.45^2}]$$

$$a = -6.02 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.28-(1.39\times 0.43)}{0.43^2}]$$

$$a = -7.35 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.90-(2.78\times 0.68)}{0.68^2}]$$

$$a = -5.19 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.40-(2.78\times 0.77)}{0.77^2}]$$

$$a = -2.06 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.87-(2.78\times 0.66)}{0.66^2}]$$

$$a = -5.74 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.98-(4.17\times 0.90)}{0.90^2}]$$

$$a = -3.18 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.77-(4.17\times 1.24)}{1.24^2}]$$

$$a = -0.21 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.95-(4.17\times 0.82)}{0.82^2}]$$

$$a = -4.16 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.18-(5.56\times1.16)}{1.16^2}]$$

$$a = -1.81 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.90-(5.56\times1.71)}{1.71^2}]$$

$$a = 0.72 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.11-(5.56\times1.15)}{1.15^2}]$$

$$a = -1.96 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.33-(1.39\times 0.43)}{0.43^2}]$$

$$a = -6.81m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.35-(1.39\times 0.46)}{0.46^2}]$$

$$a = -5.48m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.32-(1.39\times 0.45)}{0.45^2}]$$

$$a = -6.12m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.16-(2.78\times 0.77)}{0.77^2}]$$

$$a = -2.87 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.41-(2.78\times 0.78)}{0.78^2}]$$

$$a = -1.94 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.71-(2.78\times 0.68)}{0.68^2}]$$

$$a = -6.01 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.58-(4.17\times1.18)}{1.18^2}]$$

$$a = -0.59 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.90-(4.17\times1.33)}{1.33^2}]$$

$$a = 0.07 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.01-(4.17\times0.85)}{0.85^2}]$$

$$a = -3.63 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.80-(5.56\times1.34)}{1.34^2}]$$

$$a = -0.47m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.93-(5.56\times1.84)}{1.84^2}]$$

$$a = 0.71m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.12-(5.56\times1.23)}{1.23^2}]$$

$$a = -1.60m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.71-(1.39\times 0.55)}{0.55^2}]$$

$$a = -0.86m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.86-(1.39\times 0.67)}{0.67^2}]$$

$$a = 0.62m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.59-(1.39\times 0.41)}{0.41^2}]$$

$$a = -4.64m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.53-(2.78\times 0.82)}{0.82^2}]$$

$$a = -1.28 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.78-(2.78\times 0.84)}{0.84^2}]$$

$$a = -0.45 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.25-(2.78\times 0.72)}{0.72^2}]$$

$$a = -3.12 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.58-(4.17\times1.00)}{1.00^2}]$$

$$a = -1.18 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.04-(4.17\times1.35)}{1.35^2}]$$

$$a = 0.24 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.21-(4.17\times1.33)}{1.33^2}]$$

$$a = -0.71 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.19-(5.56\times1.57)}{1.57^2}]$$

$$a = 0.16 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.97-(5.56\times1.87)}{1.87^2}]$$

$$a = 0.73 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.58-(5.56\times1.25)}{1.25^2}]$$

$$a = -0.93 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.45-(1.39\times 0.46)}{0.46^2}]$$

$$a = -4.54m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.51-(1.39\times 0.53)}{0.53^2}]$$

$$a = -2.49m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.40-(1.39\times 0.43)}{0.43^2}]$$

$$a = -6.06m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.20-(2.78\times 0.76)}{0.76^2}]$$

$$a = -2.84 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.53-(2.78\times 0.80)}{0.80^2}]$$

$$a = -1.41 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.94-(2.78\times 0.69)}{0.69^2}]$$

$$a = -4.83 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.38-(4.17\times1.03)}{1.03^2}]$$

$$a = -1.43 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.90-(4.17\times1.31)}{1.31^2}]$$

$$a = 0.05 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.06-(4.17\times1.00)}{1.00^2}]$$

$$a = -2.22 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.72-(5.56\times1.36)}{1.36^2}]$$

$$a = -0.52m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.93-(5.56\times1.81)}{1.81^2}]$$

$$a = 0.72m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.27-(5.56\times1.21)}{1.21^2}]$$

$$a = -1.47m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานหลังติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.49-(1.39\times 0.54)}{0.54^2}]$$

$$a = -2.47m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.54-(1.39\times 0.56)}{0.56^2}]$$

$$a = -1.85m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.31-(1.39\times 0.44)}{0.44^2}]$$

$$a = -6.61m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.18-(2.78\times 0.76)}{0.76^2}]$$

$$a = -2.91 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.45-(2.78\times 0.82)}{0.82^2}]$$

$$a = -1.52 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.99-(2.78\times 0.69)}{0.69^2}]$$

$$a = -4.62 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.99-(4.17\times1.05)}{1.05^2}]$$

$$a = -2.05 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.83-(4.17\times1.39)}{1.39^2}]$$

$$a = 0.05 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.07-(4.17\times0.85)}{0.85^2}]$$

$$a = -3.46 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.64-(5.56\times1.51)}{1.51^2}]$$

$$a = -0.36m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.95-(5.56\times1.77)}{1.77^2}]$$

$$a = 0.74m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.41-(5.56\times1.20)}{1.20^2}]$$

$$a = -1.32m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานหลังติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.53-(1.39\times 0.96)}{0.96^2}]$$

$$a = 0.22m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.55-(1.39\times 0.97)}{0.97^2}]$$

$$a = 0.27m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.40-(1.39\times 0.63)}{0.63^2}]$$

$$a = -1.81m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.41-(2.78\times1.08)}{1.08^2}]$$

$$a = -0.50 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.48-(2.78\times1.09)}{1.09^2}]$$

$$a = -0.35 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.38-(2.78\times1.02)}{1.02^2}]$$

$$a = -0.73 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.32-(4.17\times1.43)}{1.43^2}]$$

$$a = 0.57 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.42-(4.17\times1.68)}{1.68^2}]$$

$$a = 0.66 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.22-(4.17\times1.42)}{1.42^2}]$$

$$a = -0.53 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 60 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 87 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.24-(5.56\times 2.34)}{2.34^2}]$$

$$a = 0.37m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{5.03-(5.56\times 2.78)}{2.78^2}]$$

$$a = 0.58m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.86-(5.56\times 1.62)}{1.62^2}]$$

$$a = -0.06m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานหลังติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.80-(1.39\times1.03)}{1.03^2}]$$

$$a = 0.83m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.05-(1.39\times1.07)}{1.07^2}]$$

$$a = 1.27m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.63-(1.39\times0.66)}{0.66^2}]$$

$$a = -0.46m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.65-(2.78\times1.23)}{1.23^2}]$$

$$a = 0.13 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.91-(2.78\times1.29)}{1.29^2}]$$

$$a = 0.50 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.50-(2.78\times1.09)}{1.09^2}]$$

$$a = -0.32 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.33-(4.17\times1.47)}{1.47^2}]$$

$$a = 0.58 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.57-(4.17\times1.86)}{1.86^2}]$$

$$a = 0.73 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.23-(4.17\times1.44)}{1.44^2}]$$

$$a = -0.48 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.32-(5.56\times 2.72)}{2.72^2}]$$

$$a = 0.40m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{5.49-(5.56\times 2.89)}{2.89^2}]$$

$$a = 0.67m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.30-(5.56\times 1.82)}{1.82^2}]$$

$$a = 0.34m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานหลังติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77-97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $5Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.61-(1.39\times 0.84)}{0.84^2}]$$

$$a = 0.17m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.71-(1.39\times 0.87)}{0.87^2}]$$

$$a = 0.50m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{0.45-(1.39\times 0.58)}{0.58^2}]$$

$$a = -2.14m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77-97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $10 Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.41-(2.78\times1.02)}{1.02^2}]$$

$$a = -0.67 m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.61-(2.78\times1.07)}{1.07^2}]$$

$$a = -0.17 m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{1.29-(2.78\times0.93)}{0.93^2}]$$

$$a = -1.29 m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลองเฉลี่ย 50-70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77-97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $15Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.88-(4.17\times1.32)}{1.32^2}]$$

$$a = 0.03m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.27-(4.17\times1.64)}{1.64^2}]$$

$$a = 0.55m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{2.17-(4.17\times1.24)}{1.24^2}]$$

$$a = -0.99m/s^2$$

หาความเร่งของรถจักรยานก่อนติดตั้งมอเตอร์ ที่น้ำหนักผู้ทดลอง 50-70 กิโลกรัม น้ำหนักรถจักรยาน 15 กิโลกรัม น้ำหนักมอเตอร์และอื่นๆ 12 กิโลกรัม รวมเป็น 77-97 กิโลกรัม ที่ความเร็ว $20Km/h$

ที่ Disc Brakes (หน้า)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{4.07-(5.56\times 2.19)}{2.19^2}]$$

$$a = 0.29m/s^2$$

ที่ V-Brakes (หลัง)

$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{5.16-(5.56\times 2.48)}{2.48^2}]$$

$$a = 0.68m/s^2$$

ที่ Disc-Brakes & V-Brakes (หน้า-หลัง)

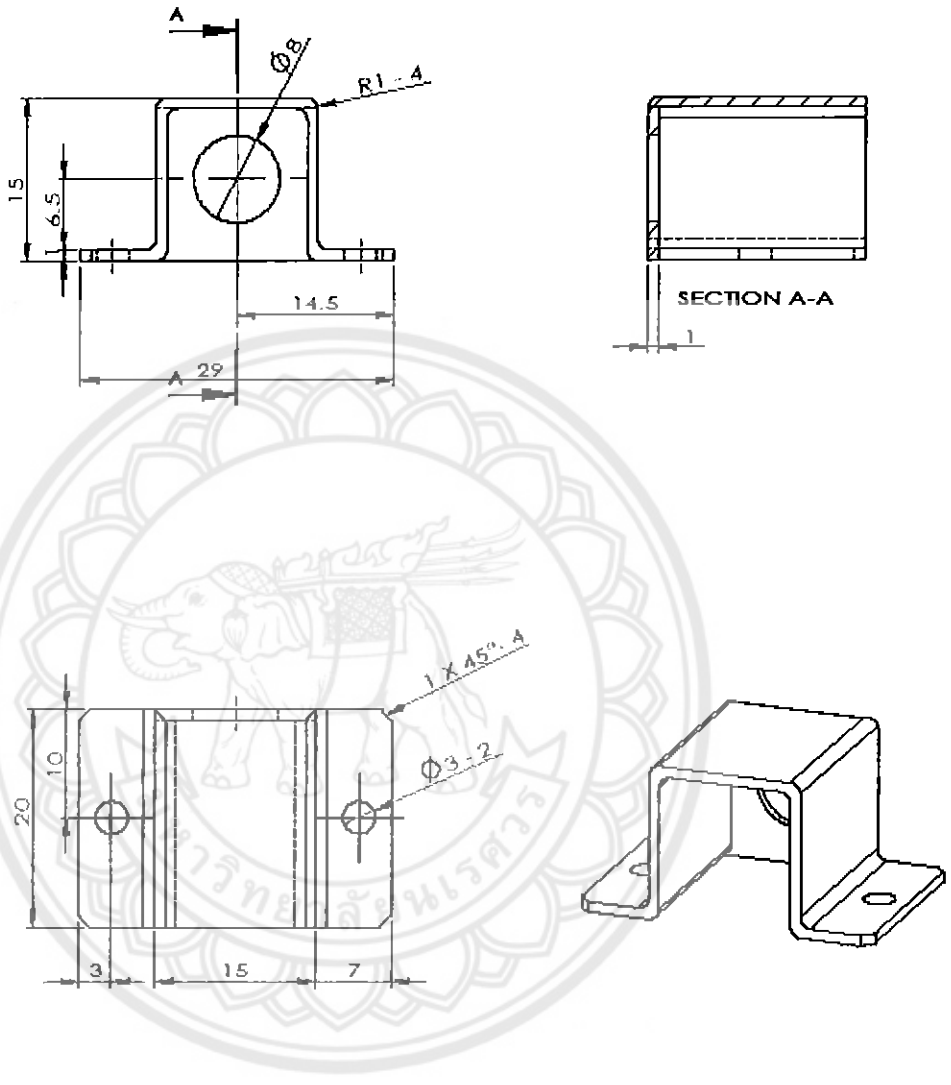
$$a = 2(\frac{s-ut}{t^2})$$

$$a = 2[\frac{3.86-(5.56\times 1.55)}{1.55^2}]$$

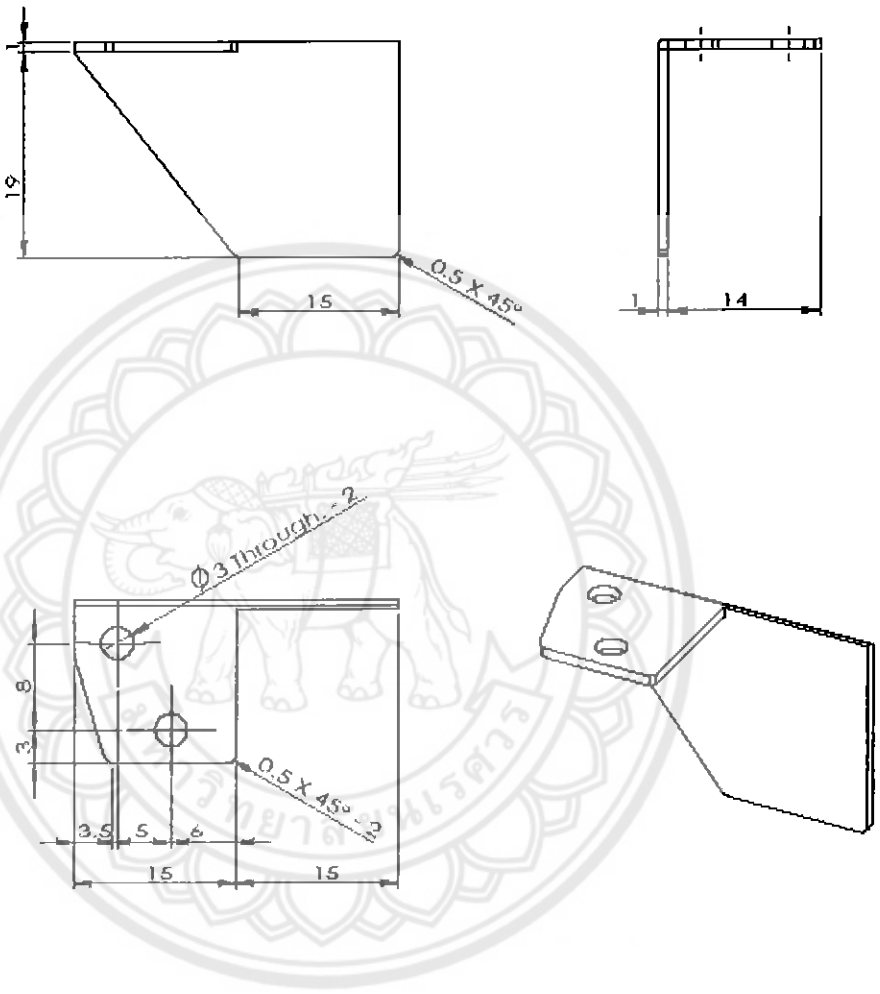
$$a = -0.12m/s^2$$

ภาคผนวก ค.

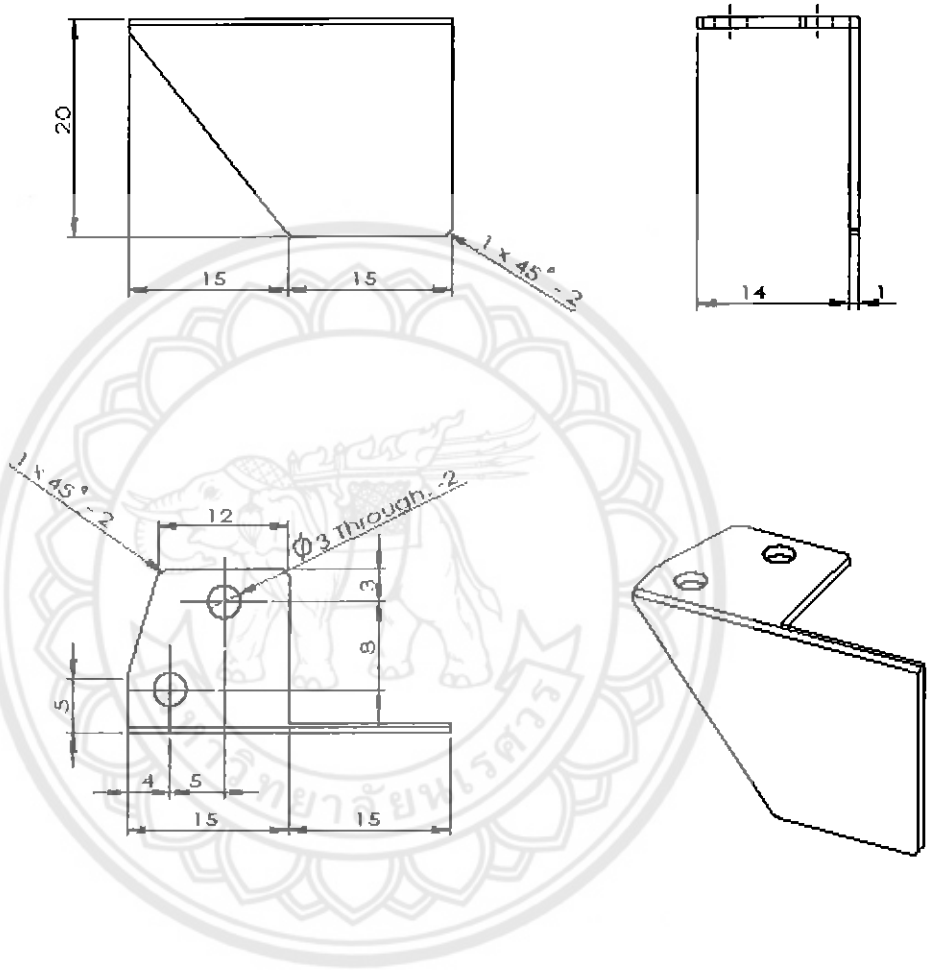
แบบตัวติดตั้งเสริมสำหรับเซนเซอร์คันเบรค



FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
COVER		
SCALE : 1: 1	DIMENSION : mm.	PLATE : 1/3
DN By: mechanical project		DATE: 17/03/55



FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
PRESS THE LEFT SIDE		
SCALE : 1: 1	DIMENSION : mm.	PLATE : 2/3
DN By: mechanical project		DATE: 17/03/55



FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
PRESS THE RIGHT SIDE		
SCALE : 1: 1	DIMENSION : mm.	PLATE : 3/3
DN By: mechanical project		DATE: 17/03/55