สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถไฟฟ้าขนาดเล็ก

นายนพพล พฤทธิอานันต์
นายนราวิชญ์ ทรงดาสี
นายสิขรินทร์ เมฆกระจ่าง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61979
วัน,เดือน,ปี 25 ก.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRIC CAR

MR. NOPPHON PRUTTIARNAN

MR. NARAWIT SONGDASI

MR. SIKARIN MEKGRAJANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	รถไฟฟ้าขนาดเล็ก ELECTRIC CAR
นักศึกษา	นายนพพล พฤทธิอานันต์ รหัสประจำตัว 45015989 นายนราวิชญ์ ทรงคาสี รหัสประจำตัว 45015900 นายสิขรินทร์ เมฆกระจ่าง รหัสประจำตัว 45015913
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

_____

(รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช)

_____

(อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**รถไฟฟ้าขนาดเล็ก**
นักศึกษา	**นายนพพล พฤทธิอานันต์**
	นายนราวิชญ์ ทรงคาสี
	นายสิขรินทร์ เมฆกระจ่าง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช
	อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

โครงงานปริญญานิพนธ์ การสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 500 วัตต์ 36 โวลท์ ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที เป็นเครื่องต้นกำลัง ส่งผ่านกำลังด้วยเฟืองทดและโซ่ไปยังชุดเฟืองตามที่เพลาหลัง โดยตัวโครงรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ทำจากเหล็กขนาด 2 x 2 นิ้ว หนา 3 ม.ม. นำมาตัดเป็นชิ้นตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ระบบรองรับน้ำหนักและลดการสั่นสะเทือน ด้านหน้าเป็นแบบปีกนกและโช๊คอัพ ด้านหลังเป็นแบบสวิงอาร์มและโช๊คอัพ ระบบเบรกเป็นแบบดิสเบรก ระบบบังคับเลี้ยวเป็นแบบคันชัก - คันส่ง ชุดแร็ค พวงมาลัยขับซ้ายขนาด 2 ที่นั่ง ความเร็วสูงสุดที่ทำได้ 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนักบรรทุกรวม 200 - 230 กิโลกรัม ระยะเวลาในการใช้งานต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง ใช้งานได้ 30 นาที อัตราเร่งจาก 0 – 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลา 10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Electric Car
Students	Mr.Nopphon Pruttiarnan
	Mr.Narawit Songdasi
	Mr.Sikarin Mekgrajang
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2004
Thesis Advisor	Associate Professor Pornsak Attavanich
	Mr. Pholchai chotiprayanakul

ABSTRACT

This research aims to present the ways to design and invent a small electric car. It works direct motor 500 watt with voltage 36 volts. It can achieve top speeds of 1,200 round per minute. In addition, the direct motor is first power engine that send energy to cogwheel and also connect with the rear axle. Model of the small electric car made of steel It has dimension 2×2 inch and 3 mm. After that researchers bring the steel for cutting that the researchers designed. The front of support system and reduce shake system is Single Wishbon and choke-up. The back of the support system and reduce shake system is swing arm and choke-up. The brake system use disk brake. The steering wheel system use Rack and Pinion. Rack has 2 seats. The speed 12 km. per hour. It is about 200-230 kg in weight. a standby time charge in 30 minutes. Moreover the rate speed 0-12 km/hr. It use only time 10 seconds.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาของอาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ส่วนที่เกิดปัญหาในขั้นตอนการปฏิบัติงาน ความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่าง และความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาการทำโครงงานที่ผ่านมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช ที่ช่วยติดตามดูแลงานการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็กอย่างใกล้ชิดตลอดการปฏิบัติงาน

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ทุกท่านคือ ผศ. ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ ดร. สิทธิพร พิมพ์สกุล อ. เชาวลิต หามนตรี ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้แนวคิด และช่วยตรวจแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งเขียนปริญญานิพนธ์สำเร็จเป็นรูปเล่ม ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่สอบสัมภาษณ์และร่วมแสดงความคิดเห็น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอบคุณและขอบใจ พี่ เพื่อน และน้องภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกคน ที่คอยถามไถ่ด้วยความห่วงใยว่าเมื่อไหร่จะสำเร็จ และขอขอบคุณพิเศษเพื่อนร่วมรุ่น 3 ZN ที่ลุ้นเอาใจช่วยทุกขณะโดยเฉพาะ เพื่อนๆที่ร่วมทุกข์สุขตลอดระยะเวลาการทำงาน รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้

หากมีข้อผิดพลาดหรือบกพร่องประการใด คณะผู้จัดทำต้องกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ และขอน้อมรับคำติชม ความคิดเห็นต่างๆ ของทุกท่านที่ได้กรุณาเข้าชมรถพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยความขอบคุณยิ่ง

นายนพพล พฤทธิอานันต์
นายนราวิชญ์ ทรงดาสี
นายสิขรินทร์ เมฆกระจ่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ฉ

สารบัญรูปภาพ.....ช

บทที่1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ในการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก.....1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....1

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับของโครงงาน.....1

บทที่2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน.....2

2.2 ทฤษฎีมอเตอร์กระแสตรง.....4

2.3 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง.....5

2.4 ทฤษฎีระบบเบรก.....6

2.5 ระบบบังคับเลี้ยว.....9

2.6 ระบบรองรับน้ำหนักด้านหน้า.....10

2.7 ระบบรองรับน้ำหนักหลัง.....13

2.8 ทฤษฎีของผลของยางและถนนต่อการเบรก.....14

2.9 ทฤษฎีมุมล้อแคมเบอร์ แคสเตอร์ โทอิน โทเอ้าท์.....15

2.10 ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด.....18

2.11 ทฤษฎีความเค้น.....19

2.12 ทฤษฎีการบิด.....20

2.13 ทฤษฎีของการส่งกำลัง.....21

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

3.1 โครงสร้างทั่วไปของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก.....24

3.2 วิธีการดำเนินงาน.....28

3.3 การคำนวณหาพิกัดมอเตอร์ อัตราทดเฟือง และการหาขนาดแบตเตอรี่.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบรถไฟฟ้าขนาดเล็ก.....37

4.2 ลักษณะของภาพโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็กและส่วนประกอบต่างๆ..... 38

4.3 การบำรุงรักษาและตรวจเช็ค.....43

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....44

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข.....44

5.3 ข้อเสนอแนะ.....44

5.4 ข้อมูลทางเทคนิคของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก.....45

หนังสืออ้างอิง.....46

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบรถไฟฟ้า.....ผก1

ภาคผนวก ข รูปรถไฟฟ้าขนาดเล็ก.....ผข1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทางเทคนิคของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการขับของเฟือง....3
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง....4
รูปที่ 2.3 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์....5
รูปที่ 2.4 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน....5
รูปที่ 2.5 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง....6
รูปที่ 2.6 กลไกการทำงานของระบบเบรก....7
รูปที่ 2.7 ดิสเบรก....7
รูปที่ 2.8 ลักษณะของดรัมเบรก....8
รูปที่ 2.9 ระบบเบรก....9
รูปที่ 2.10 กลไกของ คันชัก – คันส่ง....9
รูปที่ 2.11 (ก) การเคลื่อนที่ของล้อแบบคานแข็ง (ข) การเอียงของล้อที่เกิดขึ้นจากคานแข็ง
(ค) ลักษณะระบบรองรับน้ำหนักแบบคานแข็ง....10
รูปที่ 2.12 ระบบกันสะเทือนหลัง แบบคานแข็ง....11
รูปที่ 2.13 ระบบกันสะเทือนแบบอิสระ....11
รูปที่ 2.14 ระบบกันสะเทือนแบบปีกนกคู่....12
รูปที่ 2.15 การติดตั้งปีกนก....12
รูปที่ 2.16 การรองรับแรงสั่นสะเทือนของปีกนก....13
รูปที่ 2.17 แสดงการติดตั้งระบบปีกนกคู่ ร่วมกับระบบบังคับเลี้ยว....13
รูปที่ 2.18 (ก) ลักษณะของสวิงอาร์ม (ข) การติดตั้งชุดสวิงอาร์มในรถจักรยานยนต์....14
รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบผลของขนาดยางที่มีผลต่อการเบรกเพราะรัศมีของล้อ ไม่เท่ากัน....15
รูปที่ 2.20 มุมการวางตำแหน่งล้อมุมแคมเบอร์....16
รูปที่ 2.21 การวางตำแหน่งล้อมุมแคสเตอร์....16
รูปที่ 2.22 ระยะโทอิน หน้ายางเอียงเข้าหากัน....17
รูปที่ 2.23 ระยะโทเอ้าท์ ผลต่างของมุมเลี้ยวล้อหน้า....17
รูปที่ 2.24 แนวแรงที่กระทำลงในวัสดุ....18
รูปที่ 2.25 แสดงแรงดึงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด A....19
รูปที่ 2.26 แสดงแรงกดที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด A....20
รูปที่ 2.27 แสดงแรงเฉือนมากกว่าหนึ่งแห่งที่กระทำต่อวัตถุ....20
รูปที่ 2.28 ตำแหน่งการวางโซ่ของรถไฟฟ้า....21
รูปที่ 2.29 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.30 โซ่แบบโรลเลอร์....22
รูปที่ 2.31 ข้อต่อสำหรับโซ่โรลเลอร์....22
รูปที่ 2.32 เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์....22
รูปที่ 2.33 การเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ขณะส่งกำลัง....23
รูปที่ 3.1 โครงสร้างโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก....24
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก....25
รูปที่ 3.3 ชุดบังคับเลี้ยวของรถไฟฟ้าขนาดเล็กที่ออกแบบ....26
รูปที่ 3.4 ระบบกันสะเทือนด้านหน้า....26
รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ขึ้นลงของล้อระหว่างแบบคานแข็งกับแบบปีกนก....27
รูปที่ 3.6 ระบบกันสะเทือนหลังแบบสวิงอาร์ม....27
รูปที่ 3.7 ภาพแยกรายละเอียดของ สปริงและโช๊คอัพ....28
รูปที่ 3.8 วิธีการดำเนินงน....29
รูปที่ 3.9 การหาค่าโมเมนต์....35
รูปที่ 4.1 (ก) รูปด้านหน้าของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก (ข) รูปด้านข้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก....38
รูปที่ 4.2 ภาพโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก....39
รูปที่ 4.3 สวิตช์กุญแจ....39
รูปที่ 4.4 ชุดควบคุมและมอเตอร์ที่ใช้ (ก) ชุดควบคุม (ข) มอเตอร์ที่ใช้....39
รูปที่ 4.5 แสดงการวางตำแหน่งและการต่อแบตเตอรี่....40
รูปที่ 4.6 รถไฟฟ้าขณะบรรทุก....40
รูปที่ 4.7 ระบบเบรกแบบดิสเบรก....40
รูปที่ 4.8 (ก) คันเร่งและเบรก (ข) สวิตช์เดินหน้าและถอยหลัง (ค) สวิตช์เซนเซอร์เบรก....41
รูปที่ 4.9 ลักษณะการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมในรถไฟฟ้า....42
รูปที่ 4.10 (ก) ลักษณะแบตเตอรี่ที่ใช้ (ข) เครื่องชาร์ตแบตเตอรี่ (ค) ลักษณะการชาร์ตแบตเตอรี่....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันทรัพยากรเชื้อเพลิง ได้ลดลงอย่างรวดเร็ว จากกิจกรรมต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การใช้รถยนต์ มีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและควันของรถยนต์ที่ปล่อยออกมายังเป็นการสร้างมลพิษทางอากาศ รวมถึงราคาน้ำมันที่มีการปรับตัวสูงขึ้น ผู้จัดทำมองเห็นถึงความสำคัญที่จะเป็นผู้ที่ช่วยร่วม ลดการใช้เชื้อเพลิงลง หรือใช้อย่างคุ้มค่า โดย การสร้างรถพลังงานไฟฟ้ามาใช้งาน ที่ต้นทุนในการสร้างไม่สูงเกินไปนักที่จะช่วยลดมลพิษ มีความเร็วที่เหมาะสมในการขับขี่ ตามโรงงานที่มีบริเวณอาคารแต่ละอาคารอยู่ห่างกันมาก หรือ จะนำไปใช้ตามสนามกอล์ฟ นำไปประยุกต์ใช้งานตามความเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ในการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

- เพื่อศึกษาและออกแบบรถไฟฟ้าขนาดเล็ก
- สร้างยานพาหนะมาใช้งานในโรงงานหรือประยุกต์ใช้งานตามความเหมาะสม
- ลดมลภาวะทางเสียง ทางอากาศและเป็นการประหยัดทรัพยากรเชื้อเพลิงที่มีอยู่อย่างจำกัด
- เพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหลักการใช้ระบบไฟฟ้ามาใช้ส่งกำลังแทนเครื่องยนต์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

การสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 500 วัตต์ 36 โวลท์ ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที เป็นเครื่องต้นกำลัง ส่งผ่านกำลังด้วยเฟืองทดและโซ่ไปยังชุดเฟืองตามที่เพลาหลัง โดยตัวโครงรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ทำจากเหล็กขนาด 2 x 2 นิ้ว หนา 3 ม.ม. นำมาตัดเป็นชิ้นตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ระบบรองรับน้ำหนักและลดการสั่นสะเทือน ด้านหน้าเป็นแบบปีกนกและโช๊คอัพ ด้านหลังเป็นแบบสวิงอาร์มและโช๊คอัพ ระบบเบรกเป็นแบบดิสเบรก ระบบบังคับเลี้ยวเป็นแบบคันชัก - คันส่ง ชุดแร็ค พวงมาลัยขับซ้ายขนาด 2 ที่นั่ง ความเร็วสูงสุดที่ทำได้ 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนักบรรทุกรวม 200 - 230 กิโลกรัม ระยะเวลาในการใช้งานต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง ใช้งานได้ 30 นาที อัตราเร่งจาก 0 –12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลา 10 วินาที

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับของโครงงาน

- การนำไปใช้งานในโรงงานที่มีบริเวณกว้างหรือนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามความเหมาะสม
- การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากเหมือนเครื่องยนต์
- สามารถสร้างขึ้นมาใช้ได้เองในราคาที่ไม่แพง
- ช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้การคำนวณหาค่าต่างๆของรถไม่ว่าจะเป็นเกี่ยวกับเรื่องของโครงสร้าง ความเร็ว ระบบการส่งกำลัง อัตราการทดของฟันเฟืองจนกระทั่งรวมไปถึงขนาดของมอเตอร์ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีดังนี้คือ

2.1 ทฤษฎีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ทฤษฎีที่ใช้หาค่าตัวแปรตัวหนึ่งที่มีผลต่อความเร็วของรถซึ่งเกิดจากหน้าสัมผัสของยางล้อไปสัมผัสกับพื้นผิวที่ทำการรองรับการเคลื่อนที่ของรถ ซึ่งเราเรียกความหนืดที่ส่งผลกับรถนี้ว่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานซึ่งมีสมการเกี่ยวข้องดังนี้ (จำนงค์ พุ่มคำ, 2543)

2.1.1 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

$$\mu = \frac{P_m}{\frac{wv}{102} \times \frac{100}{\eta}} \qquad (2.1)$$

เมื่อ

w = น้ำหนักบรรทุกรถ กิโลกรัม

v = อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว เมตร ต่อ วินาที

μ = ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างยางรถกับพื้นผิว (ton / kg)

P_m = ค่ากำลังของมอเตอร์ (kW)

η = ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง (ส่งกำลังด้วยเฟืองท้าย η = 80 %)

2.1.2 การคำนวณหาพิกัดกำลังของมอเตอร์ที่ใช้กับรถในโครงงาน

$$P_m = \mu \times \frac{wv}{102} \times \frac{100}{\eta} \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การหาความเร็วรอบของล้อหลัง

$$\text{Rpm} = \frac{v \times 60}{\pi \times d} \tag{2.3}$$

เมื่อ

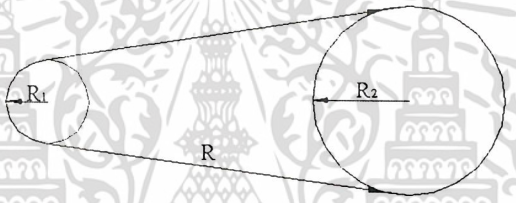
Rpm = ความเร็วรอบของล้อหลัง รอบ ต่อ นาที

v = ความเร็วที่ต้องการ เมตร ต่อ วินาที

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อหลัง เมตร

2.1.4 การคำนวณอัตราทด และ ขนาดของเฟืองขับ – เฟืองตาม

ลักษณะการขับของเฟืองขับและเฟืองตามที่จะคำนวณหาอัตราทด ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการขับของเฟือง

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{Rpm_1}{Rpm_2} \tag{2.4}$$

เมื่อ

R_1 = รัศมีของเฟืองขับด้านหน้า เมตร

R_2 = รัศมีของเฟืองขับด้านหลัง เมตร

Rpm_1 = ความเร็วรอบของเฟืองขับด้านหน้า รอบ ต่อ นาที

Rpm_2 = ความเร็วรอบของเฟืองขับด้านหลัง รอบ ต่อ นาที

2.1.5 ภาระบนเพลาที่มีการส่งถ่ายกำลัง ด้วยเฟืองโซ่

$$K_t = \frac{\left(19.1 \times 10^6\right) \times h_p}{D_p \times n} \tag{2.5}$$

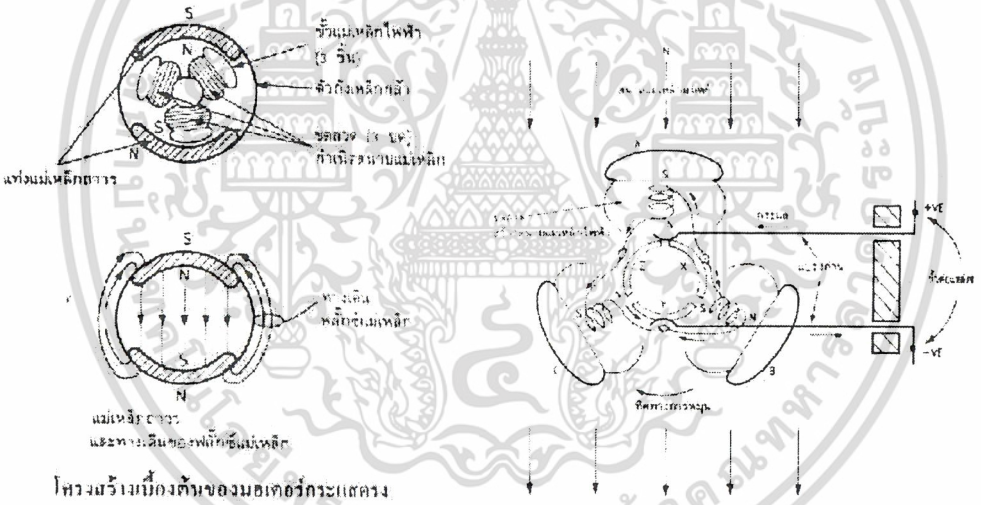
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

K_t	= sprocket / pulley tangential	รอบต่อนาที
h_p	= Transmitted force	วัตต์
D_P	= Sprocket / pulley pitch diameter	เมตร
n	= speed in rpm.	ความเร็วรอบ

2.2 ทฤษฎีมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) ในการทำงานจะมีหลักในการทำงาน โดยวิธีการผ่านกระแสให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กโดยส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.2 (ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541)



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง

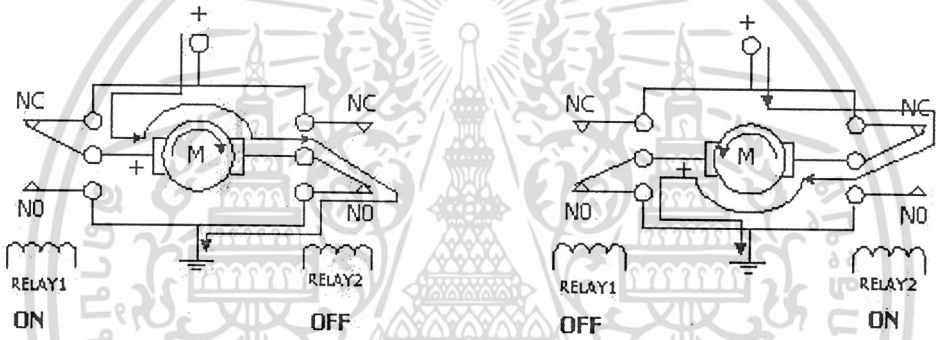
จากรูปที่ 2.2 ทางเดินของฟลักซ์ (Flux) แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กจะเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้นที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ได้ ดังนั้นความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย ซึ่งส่งผลให้ฟลักซ์แม่เหล็กวิ่งไปบนตัวถังโลหะ กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และต้านกับสนามแม่เหล็กถาวร จึงเกิดเป็นแรงบิดเพื่อที่จะหมุนทุ่นโรเตอร์ ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า กระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์ และแหวนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เซกเมนต์เพื่อที่จะทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวดนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

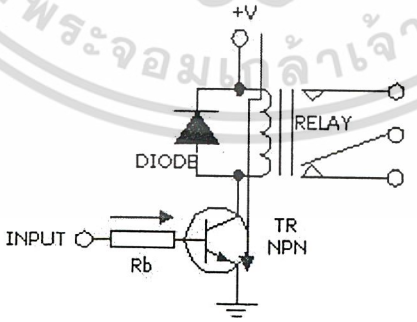
2.3 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

ในการใช้ไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจรที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver Circuit) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจรสวิตซ์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลัง เช่น ทรานซิสเตอร์มอสเฟตแล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งาน (ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541)

จากรูปที่ 2.3 เป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการปิด - เปิดที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่นให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา



รูปที่ 2.3 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

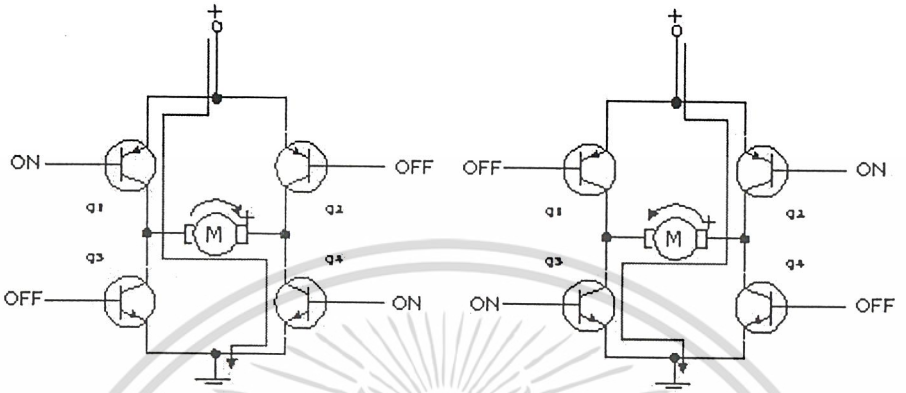


รูปที่ 2.4 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน

จากรูปที่ 2.4 เป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขาเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้นเราจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



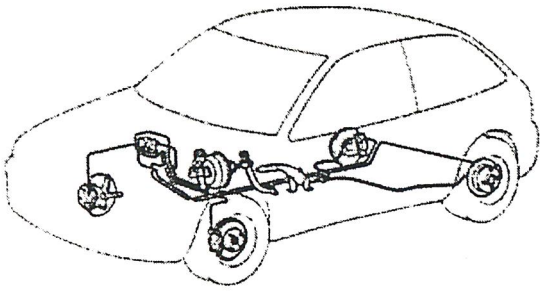
รูปที่ 2.5 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 2.5 เป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวา โดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย ให้รถมีความหน่วงเกิดขึ้นตัวนี้ว่า สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

2.4 ทฤษฎีระบบเบรก

เบรก (Brake) ทำหน้าที่ชะลอความเร็วของรถ หรือทำให้รถหยุด ตามความต้องการของผู้ขับรถ รถส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ใช้การถ่ายทอดแรงเหยียบ ที่แป้นเบรก ไปถึงตัวอุปกรณ์หยุดล้อ ด้วยระบบไฮดรอลิกซ์ (Hydraulic)กล่าวคือ ในขณะที่เราเหยียบเบรกลงที่แป้นเบรก แรงเหยียบนี้ จะถูกส่งไปที่แม่ปั๊มน้ำมันเบรก (Master Cylinder) เพื่อทำหน้าที่อัดแรงดันน้ำมันเบรกออกไปตามท่อน้ำมันเบรก ผ่านวาล์วแยกส่วนน้ำมันเบรก ไปจนถึงตัวเบรก ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณดุมล้อ และที่ตัวเบรก ก็จะมีลูกปั๊มน้ำมันเบรก เมื่อได้รับแรงดันมา ลูกปั๊มน้ำมันเบรกจะดันให้ผ้าเบรก ไปเสียดทานกับชุดจานเบรกที่อยู่ใกล้ กับจานดิสก์เบรก หรือ ดรัมเบรก เมื่อเกิดความฝืดขึ้น ล้อก็เริ่มหมุนช้าลง เมื่อเพิ่มน้ำหนัก เหยียบเบรกเข้าไปอีก แรงดันน้ำมันเบรกเพิ่มมากขึ้น ก็ยิ่งมีความฝืดที่ล้อเพิ่มขึ้น รถก็จะชะลอความเร็วลง จนรถหยุดในที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.6 (เธียรชัย บุณยะกุล, 2543)

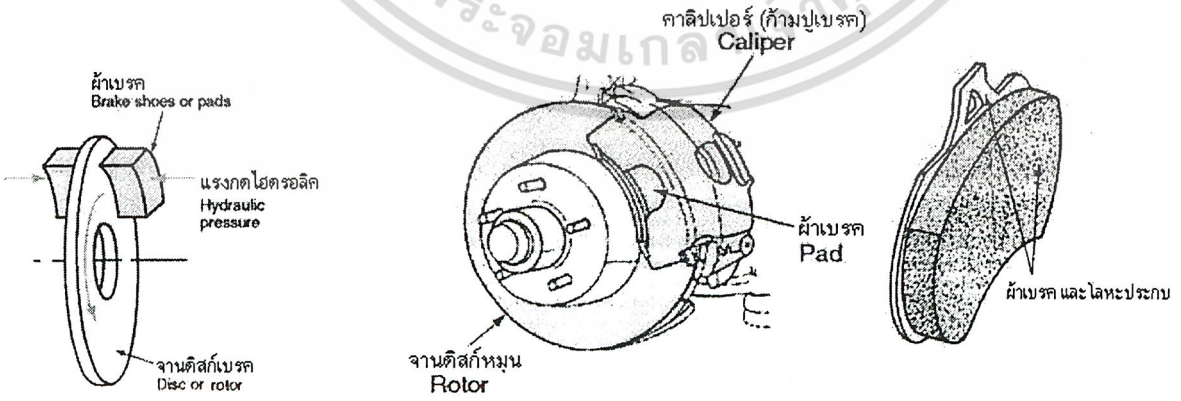
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กลไกการทำงานของระบบเบรก

ในกรณีที่เครื่องยนต์ดับ ภายในหม้อลมเบรก ก็ยังคงมีสภาพเป็นสูญญากาศอยู่ ดังนั้น หลังจากที่เครื่องยนต์ไม่ทำงาน เรายังคงเหยียบเบรกได้อย่างนุ่มนวล อีกเพียงแค่ 2-3 ครั้ง เพราะอากาศด้านนอกหม้อลมเบรก ก็จะเข้าไปอยู่ในหม้อลมเบรก ในขณะที่ไม่มีการดูดเอาอากาศภายในหม้อลมเบรกไปใช้งาน (เพราะเครื่องยนต์ ไม่ทำงาน ไม่มีการดูดไอดีไปใช้งาน) เมื่ออากาศเข้าไปบรรจุอยู่ในหม้อลมเบรกจนเต็ม ก็ไม่มีแรงจากหม้อลมเบรก มาช่วยดันลูกสูบในแม่ปั๊มเบรก ทำให้ผู้ขับจะต้องออกแรงเหยียบเบรกมากขึ้นไปด้วย

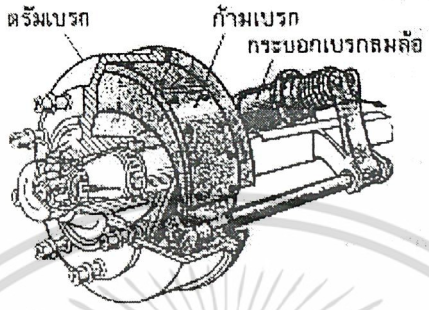
ชุดดิสเบรก ประกอบด้วย แผ่นจานดิสติดตั้งลงบนแกนเพลาล้อ เมื่อรถเคลื่อนที่ แผ่นจานดิสเบรก จะหมุนไปพร้อมล้อ จากนั้นจะมีอุปกรณ์ที่เราเรียกว่า คาลิปเปอร์ ที่เรียกกันทั่วไปว่า "ก้ามปูเบรก" หรือแม่ปั๊มเบรก สำหรับตัวคาลิปเปอร์ จะติดตั้งโดย ครอบลงไปบนจานดิสเบรก โดยจะถูกยึดให้อยู่กับที่ไม่หมุนไปพร้อมล้อ ภายในคาลิปเปอร์ มีการติดตั้งผ้าเบรกประกอบอยู่ทางด้านซ้าย และขวาของจานดิสเบรก และจะมีลูกปั๊มน้ำมันเบรกติดตั้งอยู่ในตัวคาลิปเปอร์ด้วย ซึ่งท่อน้ำมันเบรก ก็จะติดตั้งเชื่อมต่อกับลูกปั๊มเบรกนี้ เมื่อใดที่มีการเหยียบเบรก ลูกปั๊มเบรก ก็จะดันให้ผ้าเบรก เลื่อนเข้าไปเสียดทาน กับแผ่นจานดิสเบรกเพื่อให้เกิดความฝืด บีบตัวเข้าทั้งสองข้างบนผิวเรียบของจานดิสเบรก เหมือนกับการบีบปากกาจับชิ้นงาน ล้อก็จะเริ่มหมุนช้าลง เมื่อเพิ่มน้ำหนัก เหยียบเบรกเข้าไปอีก แรงดันน้ำมันเบรกเพิ่มมากขึ้น ก็ยิ่งมีความฝืดที่ล้อเพิ่มขึ้น รถก็จะชะลอความเร็วลง จนรถหยุด



รูปที่ 2.7 ดิสเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดรัมเบรกเป็นตัวห้ามล้อที่ใช้ล้อพิเศษ เพื่อทำหน้าที่หยุดล้อในการเบรกรถ ดรัมเบรกมีรูปร่างเป็นกระบอกกลมสั้นๆ ก้ามเบรกสองตัวยึดอยู่ภายในดรัมเบรกและทำการถ่างออกตามทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ อัดตัวถูกกับผิวด้านในของดรัมในแนวเส้นรอบวง ดรัมเบรก เป็นอุปกรณ์เบรกมาตรฐานสำหรับรถยนต์รุ่นเก่า ข้อเสียคือการบำรุงรักษาที่ยากและตรวจสอบการสึกหรอลำบาก มีชิ้นส่วนที่ซับซ่อน ลักษณะของดรัมเบรก ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะของดรัมเบรก

2.4.1 การเลือกใช้ระบบเบรกในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

ในการเลือกใช้ระบบเบรกในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก คำนึงถึงการติดตั้งเป็นสำคัญเนื่องจากดุมล้อของรถไฟฟ้ามีขนาดเล็กจึงไม่สามารถจะติดตั้งระบบเบรกแบบดรัมเบรกลงไปได้ จึงได้ทำการติดตั้งระบบเบรกแบบดิสเบรกของรถจักรยานยนต์ลงไป ในตำแหน่งเพลาหลังของรถไฟฟ้า เนื่องจากมีการติดตั้งที่ไม่ยุ่งยากและมีราคาของชุดเบรกไม่แพงมากนัก มีขนาดที่กระทัดรัด สะดวกในการดูแลรักษาและการตรวจสอบการสึกหรอของผ้าเบรก มีน้ำหนักเบา มีประสิทธิภาพในการเบรกที่ดีกว่าดรัมเบรก

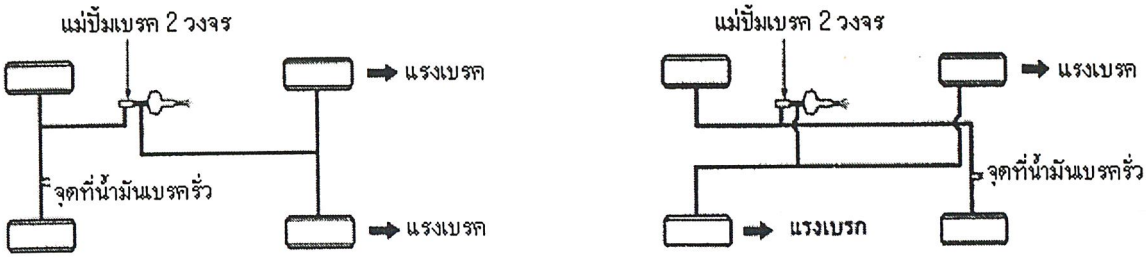
เลือกใช้เป็นระบบเบรกดิสเบรก ที่สะดวกในการติดตั้งและง่ายต่อการบำรุงรักษา โดยยึดจานดิสเข้ากับแป้นยึดที่เพลาหลัง ติดตั้งแม่ปั๊มคาลิปเปอร์ เข้ากับจานดิส และทำแขนยึดแม่ปั๊มคาลิปเปอร์เข้ากับสวิงอาร์ม ยึดปั๊มเหยียบเบรกเข้ากับตัวโครงรถ ติดตั้งสวิชท์ตัดการทำงานของมอเตอร์บริเวณปั๊มเหยียบเบรก

2.4.2 ระบบเบรก 1 วงจรและ 2 วงจร

ระบบเบรกแบบ 1 วงจร จะทำการจ่ายน้ำมันเบรก จากแม่ปั๊มเบรก กระจายไปให้กับเบรก ทั้ง 4 ล้อ ซึ่งมีข้อเสียคือ เมื่อน้ำมันเบรก เกิดรั่วไหล ณ จุดใดจุดหนึ่ง ของระบบเบรก เมื่อเหยียบเบรก แรงดันน้ำมันเบรก ก็ไม่สามารถไปดันลูกสูบเบรกให้ขยายตัวได้เต็มประสิทธิภาพ เพราะน้ำมันเบรกไหลออกไปที่จุดรั่ว ทำให้ผู้ขับไม่สามารถควบคุมการหยุดรถได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจเกิดอันตรายได้ในที่สุด

รถยนต์ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน จะใช้ระบบเบรก 2 วงจร กล่าวคือ ตัวแม่ปั๊มเบรกจะทำการปั๊มน้ำมันเบรกออกไป 2 ท่อ เพื่อไปเบรกล้อ 2 คู่ เพราะเมื่อเกิดเหตุรั่วไหลของน้ำมันเบรก ตามท่อส่งน้ำมันเบรก หรือบริเวณจุดรั่วที่ใดที่หนึ่ง ระบบเบรกของล้อคู่นั้นก็ไม่สามารถทำงานได้ แต่ล้อที่เหลืออีกคู่หนึ่งก็ยังคงใช้งานได้ (ซึ่งอาจจะทำได้ไม่ดีนัก สำหรับการหยุดรถทั้งคัน) แต่อย่างน้อยที่สุด ผู้ขับขี่ก็ยังรู้ว่า มีบางอย่างผิดปกติ เกิดขึ้นกับระบบเบรก และยังพอ มีเวลาที่จะควบคุมรถไปซ่อมแซมได้ ลักษณะการทำงานของระบบเบรก 2 วงจร ดังรูปที่ 2.9

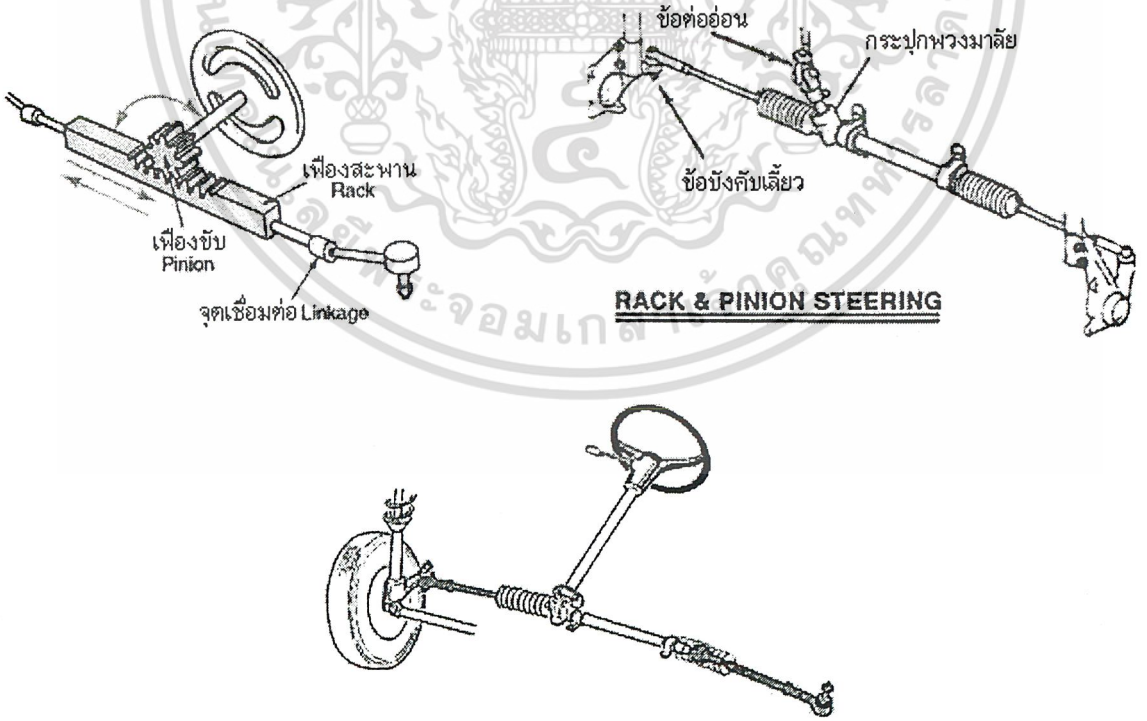
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ระบบเบรก 2 วงจร

2.5 ระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยว (Seetring System) ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนที่ของรถยนต์ โดยการหมุนของพวงมาลัย ซึ่งได้รับแรงหมุนมาจากผู้ขับภายในห้องโดยสาร เพื่อให้ล้อคู่หน้า หันไปข้างใด ข้างหนึ่งพร้อมๆ กัน อีกทั้งยังช่วยผ่อนแรง ทำให้เบามือ ได้ระดับหนึ่ง เพราะมีกลไกเฟืองทดแรง ในจุดเชื่อมต่อระหว่างแกนพวงมาลัย กับแขนส่งกำลัง ที่เรียกว่า "กระปุกพวงมาลัย" เมื่อผู้ขับขี่หมุนพวงมาลัย ก็จะส่งแรงหมุนผ่านแกน มายังกระปุกพวงมาลัย ภายในกระปุกพวงมาลัย ก็จะมีฟันเฟืองทดกำลัง และถ่ายทอดแรงออกไปที่แกนยึดติดกับล้อ ก็สามารถที่จะเปลี่ยนทิศทางได้ ระบบพวงมาลัยแบบ Rack and Pinion ระบบพวงมาลัยแบบนี้ จะใช้วิธี ผ่านกำลังการหมุนพวงมาลัย ในรูปแบบเฟืองขับ และเฟืองสะพาน รูปแบบทำงาน ก็จะไม่ซับซ้อนมาก ลักษณะการทำงานของระบบบังคับเลี้ยว ดังรูปที่ 2.10 (เธียรชัย บุณยะกุล และ สมศักดิ์ นรสิงห์, 2542)



รูปที่ 2.10 กลไกการทำงานของระบบบังคับเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ระบบรองรับน้ำหนักด้านหน้า

ระบบกันสะเทือน ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของตัวรถ เครื่องยนต์ ผู้โดยสาร และสิ่งของใดๆ ที่อยู่ในรถ อีกทั้งยังช่วยรองรับ แรงสะเทือนจากถนน และยังช่วยทำให้ผู้ขับรถ สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปตามทุกสภาพ และความเร็วของถนน ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย อุปกรณ์รองรับน้ำหนักที่สำคัญ ในระบบกันสะเทือนคือ สปริง (Spring) และโช๊คอัพ (Shock Absorber) (เธียรชัย บุณยะกุล, 2543)

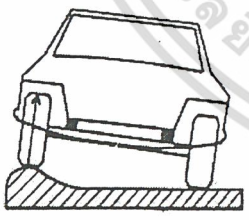
ชนิดของระบบกันสะเทือน

- ระบบกันสะเทือนแบบคานแข็ง (Rigid Suspension)
- ระบบกันสะเทือนแบบอิสระ (Independent Suspension)

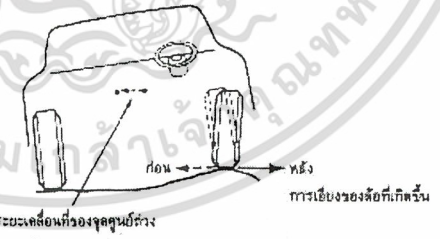
2.6.1 ระบบกันสั่นสะเทือนแบบคานแข็ง

ระบบกันสั่นสะเทือนแบบคานแข็ง (Rigid Suspension) คือแบบดั้งเดิม โดยมากจะพบกับระบบกันเคลื่อนล้อหลัง เพราะจะมีเพลาหมุน (Axle Shaft) ต่อออกจากชุดเฟืองท้าย (Differential) ไปสู่ล้อซ้าย และล้อขวาโดยตรง โดยไม่ผ่านข้อต่ออ่อน (Universal Joint) ดังนั้น เฟืองท้าย เพลาขับล้อซ้าย และเพลาขับล้อขวา และบริเวณเพลาขับทั้ง 2 ข้าง จะมีสปริง และโช๊คอัพรองรับน้ำหนัก และแรงสะเทือนจากถนน เมื่อล้อซ้ายได้รับแรงสะเทือนใดๆ ก็จะสะท้อนแรงสะเทือนนี้ ไปยังล้ออีกข้างหนึ่งด้วย

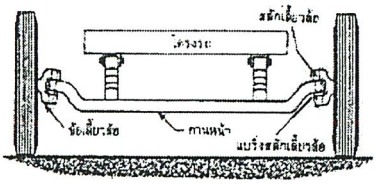
ในรถยนต์สมัยต้นๆและรถบรรทุกในปัจจุบัน จะใช้ระบบแขวนล้อแบบคานแข็งเพราะเป็นพื้นฐานและแข็งแรง เพลาติดกับล้อทั้งสองข้างของรถจะเป็นตัวเดียวหรือต่อกันมีความแข็งเป็นตัวเดียวกันเหมือนคาน การเคลื่อนไหวของล้อด้านหนึ่งจะมีผลถึงล้ออีกด้านหนึ่งหมายความว่าถ้าล้อด้านใดด้านหนึ่งเกิดการกระแทกหรือปีนก้อนหินหรือตกหลุม ล้ออีกด้านหนึ่งก็จะได้รับแรงที่เกิดจากการกระแทกและเกิดการเคลื่อนที่เอียงตามไปด้วย เพราะเพลาทั้งสองถูกยึดแข็งเป็นแนวเดียวกันตลอดเวลา จึงเป็นระบบรองรับที่ทำให้การทรงตัวของรถไม่ดี การทรงตัวและเกาะถนนค่อนข้างต่ำ ข้อดีของระบบรองรับน้ำหนักแบบคานแข็งมีความแข็งแรงสูง สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มาก



(ก)



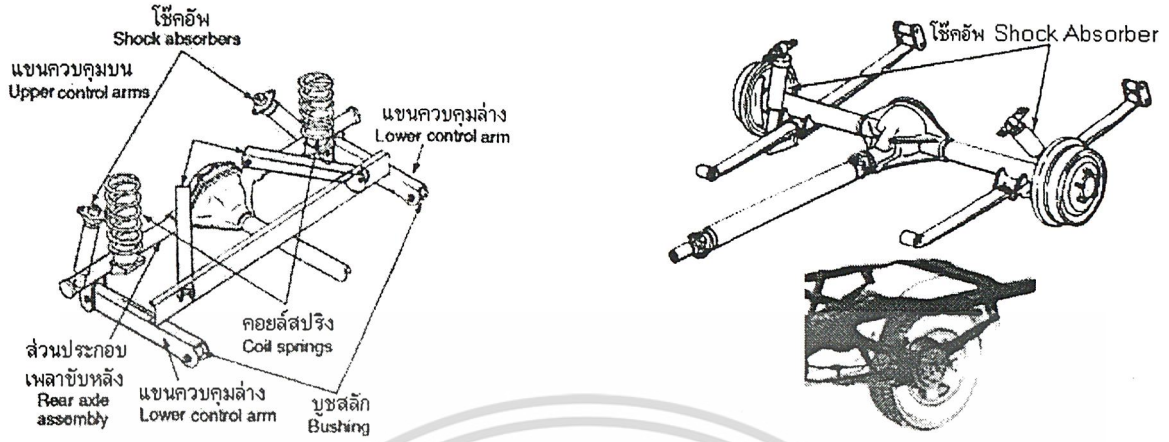
(ข)



(ค)

รูปที่ 2.11 (ก) การเคลื่อนที่ของล้อแบบคานแข็ง (ข) การเอียงของล้อที่เกิดขึ้นจากคานแข็ง
(ค) ลักษณะระบบรองรับน้ำหนักแบบคานแข็ง

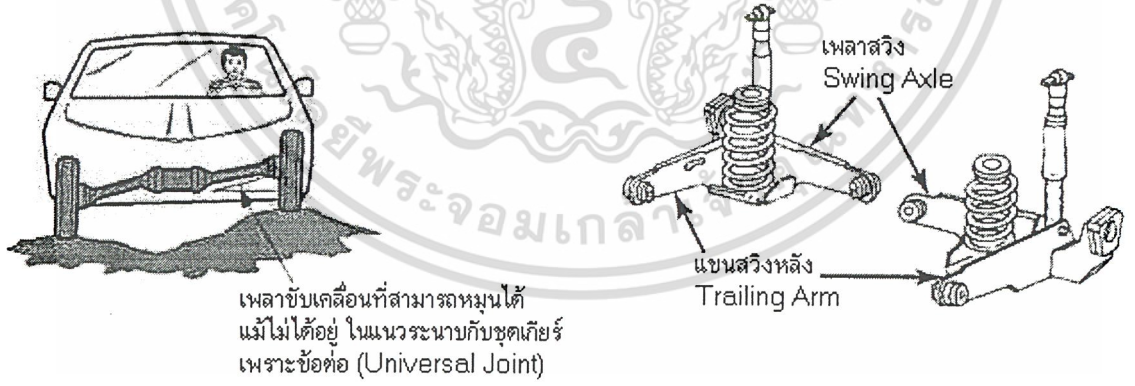
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ระบบกันสะเทือนหลัง แบบคานเข็ง

2.6.2 ระบบกันสะเทือนแบบอิสระ

ระบบกันสะเทือนแบบอิสระ (Independent Suspension) ระบบกันสะเทือนที่ได้รับการพัฒนาให้แยกหน้าที่รองรับน้ำหนัก และแรงสะเทือนระหว่างล้อซ้าย และล้อขวาออกจากกัน เมื่อล้อใดล้อหนึ่งตกหลุมหรือกระแทกสิ่งกีดขวาง แรงสะเทือนที่เกิดขึ้น ก็จะกระทำต่อล้อนั้นเสียส่วนใหญ่ และจะส่งแรงสะเทือนนี้ไปสู่ตัวรถ และอุปกรณ์ต่อเนื่องกันให้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความนุ่มนวลในห้องโดยสารมากที่สุด ลักษณะของการทำงานระบบกันสะเทือนแบบอิสระ และลักษณะของระบบกันสะเทือนหลังแบบอิสระ ดังรูปที่ 2.13



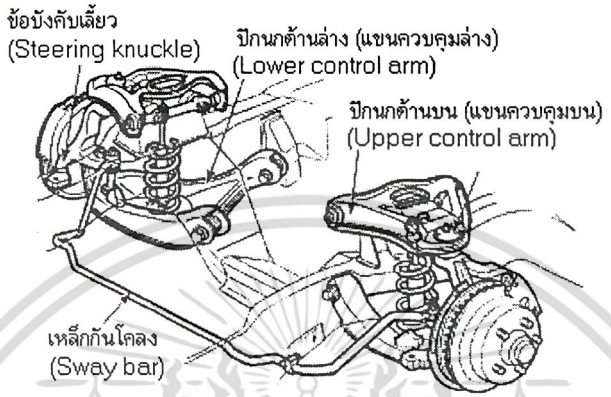
รูปที่ 2.13 ระบบกันสะเทือนแบบอิสระ

รถที่ขับเคลื่อนล้อหน้า หรือขับเคลื่อนล้อหลัง ที่ใช้ระบบกันสะเทือนแบบอิสระ จะมีข้อต่ออ่อน (Universal Joint) อยู่ระหว่างเพลาขับไปจนถึงล้อ เพื่อที่ว่า เวลาล้อเคลื่อนที่ไปตามสภาพถนนแล้ว เกิดตกหลุม หรือข้อมูลสิ่งกีดขวางใดๆ จุดศูนย์กลางของล้อจะไม่ตรงกับแกนเพลาหมุน ข้อต่ออ่อน ก็ยังคงส่งแรงหมุนนี้ไปตามเพลาหมุน ไปจนถึงล้อได้ แม้ว่าสภาพถนนจะเป็นอย่างไรก็ตาม

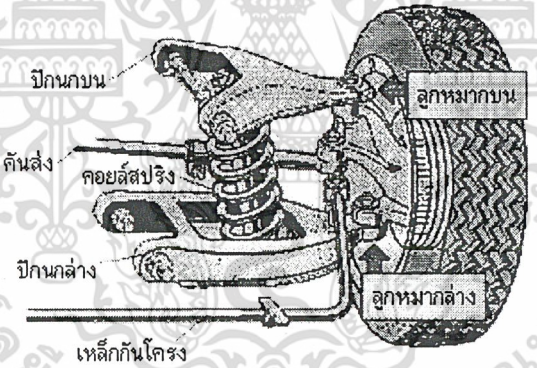
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ระบบกันสะเทือนแบบปีกนกคู่ (Double Wishbone)

ระบบกันสะเทือนแบบปีกนกคู่ (Double Wishbone) ระบบกันสะเทือนแบบนี้ มีส่วนประกอบที่มองดูคล้ายกับปีกนกอยู่ 2 ชิ้น ติดตั้งอยู่ด้านบน และด้านล่างอย่างละ 1 ชิ้น ด้านหนึ่งยึดติดกับโครงรถ อีกด้านหนึ่ง ยึดติดกับข้อบังคับเลี้ยวที่ติดอยู่กับดุมล้อ ดังรูปที่ 2.14



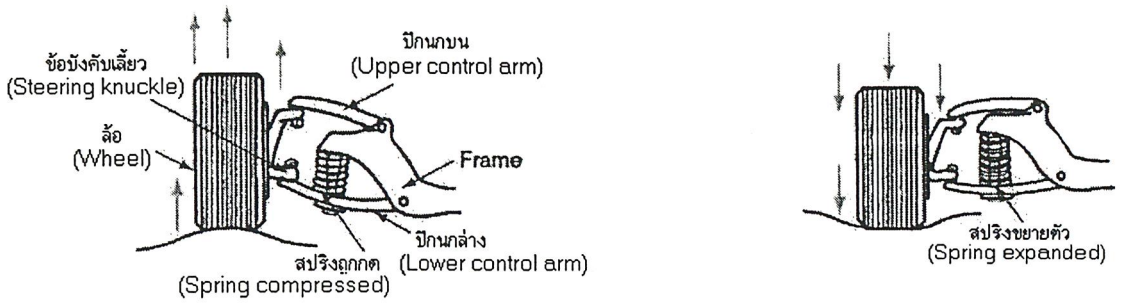
รูปที่ 2.14 ระบบกันสะเทือนแบบปีกนกคู่



รูปที่ 2.15 การติดตั้งปีกนก

จากรูปที่ 2.15 จะเป็นการติดตั้ง ปีกนกด้านบน (Upper Control Arm) ด้านหนึ่งเกาะติดกับโครงรถด้วยแกนยึดกับโครงรถ อีกด้านหนึ่ง ยึดติดกับข้อบังคับเลี้ยวด้วยลูกหมาก (Ball Joint) และปีกนกด้านล่าง (Lower Control Arm) ก็จะยึดติดด้วยวิธีเดียวกัน ขณะเดียวกัน แกนบังคับเลี้ยวจากพวงมาลัย จะมายึดเกาะติดกับข้อบังคับเลี้ยว ตราบใดที่มีการหมุนพวงมาลัยเพื่อเลี้ยวซ้ายหรือขวา แกนบังคับเลี้ยวนี้จะดึง-ดันข้อบังคับเลี้ยว ให้เปลี่ยนทิศทาง เมื่อข้อบังคับเลี้ยวเปลี่ยนทิศทาง ดุมล้อที่ยึดเกาะกับแกนบังคับเลี้ยว ก็จะเปลี่ยนทิศทางด้วย ทำให้ล้อเปลี่ยนทิศทางไปเช่นกัน (เพราะล้อยึดติดกับดุมล้อ) สปริง และโช๊คอัพ จะติดตั้งอยู่ระหว่างปีกนกด้านบน และด้านล่าง เพื่อรองรับแรงสั่นสะเทือน ในขณะที่ ล้อรถตกหลุม สปริงจะดีดล้อลง และในขณะที่ขับรถข้ามสิ่งกีดขวาง สปริงจะพยายาม ส่งผ่านแรงสะเทือน ไปที่โครงรถ อย่างนุ่มนวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การรองรับแรงสั่นสะเทือนของปีกนก

รูปที่ 2.17 แสดงการติดตั้งระบบปีกนกคู่ ร่วมกับระบบบังคับเลี้ยว

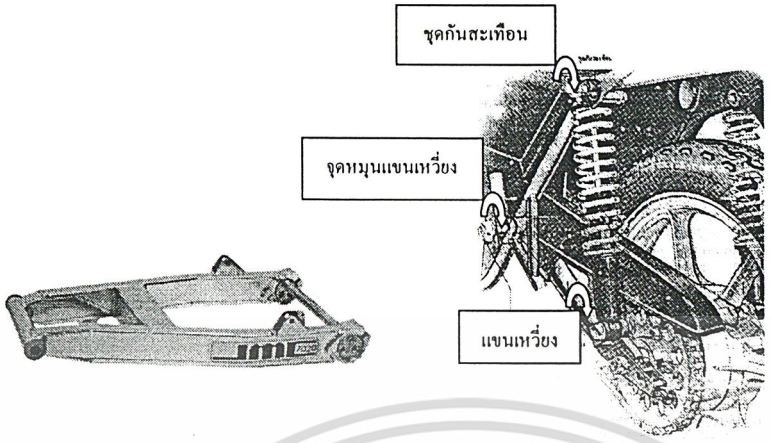
จากรูปที่ 2.17 แสดงการติดตั้งระบบปีกนกคู่ ซึ่งระบบปีกนกคู่ ถูกดัดแปลงไปใช้กับรถยนต์แต่ละรุ่นแตกต่างกันไป บางบริษัทออกแบบระบบ ปีกนกเพื่อเพิ่ม ความนุ่มนวลในการขับขี่มากขึ้น บางบริษัทออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ด้านการทรงตัว ของรถขณะขับขี่หรือเข้าโค้ง การออกแบบของแต่ละบริษัท ก็จะส่งผลให้มีการผลิต ชิ้นส่วนของแขนปีกนกบน และล่าง ในรูปร่างแตกต่างกันไป

2.7 ระบบรองรับน้ำหนักหลัง

2.7.1 ระบบรองรับน้ำหนักหลังแบบสวิงอาร์ม

เป็นระบบรองรับน้ำหนักหลังของรถจักรยานยนต์ โดยการใช้แขนเหวี่ยงและสปริงที่เหมาะสมคู่หนึ่ง เป็นหน่วยกันสะเทือน การทำงาน โดยอัตราการยกขึ้นของสวิงอาร์มเป็นหน่วยรับการสั่นสะเทือนจะทำงานในชุดของจุดหมุนซึ่งใส่น๊อตตรงกลาง จำนวนการเคลื่อนที่ของหน่วยรับแรงสั่นสะเทือนจะเป็นไปตามการเบี่ยงเบนของล้อหลัง การทำงานของแขนเหวี่ยงจะเพิ่มมากขึ้นด้วยอัตรากำลังงัดที่ยกขึ้น เพื่อดูดซับแรงกระแทก ระบบรองแรงสั่นสะเทือนแบบสวิงอาร์มทำให้การขับขี่ได้เรียบบนถนนที่มีความผิดปกติ และยังรับแรงกระแทกได้อย่างมากโดยไม่ต้องมีการเคลื่อนที่จมลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.18 (ก) ลักษณะของสวิงอาร์ม (ข) การติดตั้งชุดสวิงอาร์มในรถจักรยานยนต์

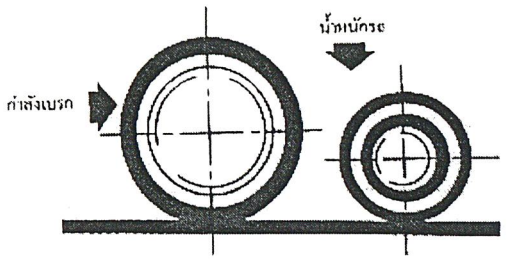
2.7.2 การเลือกใช้ระบบรองรับน้ำหนักหลังในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

ระบบรองรับน้ำหนักหลังในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก เลือกใช้เป็นแบบสวิงอาร์ม ด้วยความกะทัดรัดของรถและมอเตอร์ที่ใช้มีขนาดเล็ก รวมถึงน้ำหนักบรรทุกที่ไม่มากนัก จึงไม่จำเป็นที่ต้องใช้ชุดเฟืองท้ายและแหนบในการรองรับน้ำหนัก การเลือกใช้ระบบรองรับน้ำหนักหลังแบบสวิงอาร์ม เพื่อสะดวกในการติดตั้งระบบเบรกและชุดเฟืองโซ่ เป็นระบบที่ดูดซับแรงกระแทก รองแรงสั่นสะเทือนได้ดี สวิงอาร์มทำให้การขับขี่ได้เรียบ โช๊คที่ค้ำอยู่บริเวณปลายแขนเหวี่ยงจะช่วยบรรเทาการเด้นขึ้นลงของล้อและทำหน้าที่ยืดหยุ่นระหว่างยางกับพื้นถนน จึงช่วยในการยึดเกาะถนนเมื่อทำการขับขี่

2.8 ทฤษฎีของผลของยางและถนนต่อการเบรก

เมื่อทำการเบรกล้อจะหยุดหมุน ขณะเดียวกันผิวสัมผัสระหว่างดอกยางรถยนต์กับพื้นถนนเกิดความฝืดหมุน และความฝืดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเบรกด้วยที่จะทำให้รถหยุด ดังนั้นสัมประสิทธิ์ความฝืดของถนน จึงมีอิทธิพลต่อการที่จะทำให้รถหยุดในระยะทางที่สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สัมประสิทธิ์ความฝืดของถนนมีค่าประมาณ 60 % บนผิวแห้งของถนนคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อก็เป็นตัวร่วมด้วยอันหนึ่ง ด้วยผลจากการงัดตัวห้ามล้อกับล้อ ถ้าเพิ่มขนาดล้อขึ้นรัศมีการหมุนก็มีมากขึ้น ทำให้ลดแรงบิดของการหยุดรถที่เกิดขึ้นที่ตัวห้ามล้อ เพราะฉะนั้นกำลังการหยุดรถจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักรวมของรถ ขนาดยางและอัตราการเบรกที่ต้องการ ความสามารถกำลังของการหยุดรถที่สูงเกินไปไม่เป็นการส่งเสริมสมรรถนะการเบรกแต่ทำให้การเบรกไวเกินไปเกิดการรถความสามารถในการบังคับเลี้ยวรถ จากรูปที่ 2.19 เปรียบเทียบผลของขนาดยางที่มีผลต่อการเบรก (เธียรชัย บุณยะกุล, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบผลของขนาดยางที่มีผลต่อการเบรกเพราะรัศมีของล้อไม่เท่ากัน

จากปัจจัยต่างๆที่กล่าวมาจากข้างต้น จึงกล่าวได้ว่าสมรรถนะเบรกหรือความสามารถในการหยุดรถหรือของน้ำหนักทั้งหมดที่รับภาระที่ความเร็วต่างๆขึ้นอยู่กับปัจจัย เหล่านี้ คือ

- จำนวนพื้นที่ของผิวหน้าผ้าเบรกอันหมายถึงอายุการใช้งานของผ้าเบรกและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นผลต่อความสิ้นเปลืองเบรก
- รัศมีของดิสก์เบรก
- รัศมีหมุน(Rolling Radius)ของล้อและยาง
- สัมประสิทธิ์ความฝืดระหว่างยางกับผิวของถนน
- การปรับตั้งหน้าสัมผัสที่ถูกันระหว่างผ้าเบรกกับดิสก์เบรกที่ถูกต้อง
- การควบคุมแรงที่กระทบบนผ้าเบรกให้กดดิสก์เบรก

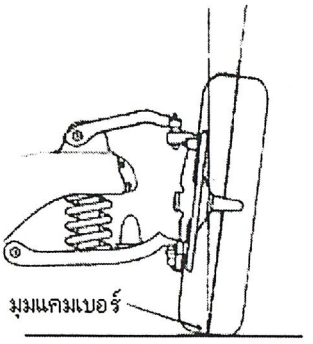
2.9 ทฤษฎีมุมล้อแคมเบอร์ แคสเตอร์ โทอิน โทเอ้าท์

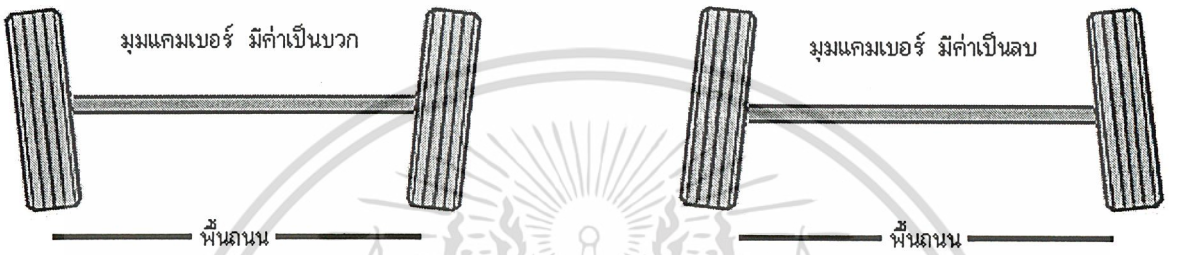
การตั้งศูนย์ล้อรถยนต์ จะเกี่ยวข้องกับเรื่องมุม-องศา ของล้อ (Wheel) ซึ่งจะทำให้ขับเคลื่อนไป ได้อย่าง มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการสึกหรอของยาง (เธียรชัย บุณยะกุล และ สมศักดิ์ นรสิงห์, 2542)

2.9.1 มุมแคมเบอร์

มุมแคมเบอร์ (Camber Angle) คือ มุมการวางตำแหน่งล้อ เมื่อมองจากด้านหน้ารถ หรือหลังรถเข้าไปหาตัวรถ ถ้าระยะห่างระหว่างด้านล่างของล้อ (ติดพื้นถนน) มีระยะน้อยกว่า ระยะห่างด้านบนของล้อทั้ง 2 ข้าง เรียกว่าแคมเบอร์มีค่าเป็นบวก (Positive) เมื่อมองดูแล้วเหมือนกับล้อเอียงเข้าหากัน คล้ายรูปกรวย ในทางตรงข้าม ถ้าระยะห่างระหว่างด้านล่างของล้อ (ติดพื้นถนน) มีระยะมากกว่า ระยะห่างด้านบนของล้อทั้ง 2 ข้าง เรียกว่า แคมเบอร์มีค่าเป็นลบ (Negative) เมื่อมองดูแล้วเหมือนกับล้อ แบะออกไป ดังรูปที่ 2.20 การวางตำแหน่งล้อมุมแคมเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.20 มุมการวางตำแหน่งล้อมุมแคมเบอร์

2.9.2 มุมแคสเตอร์

มุมแคสเตอร์ (Caster Angle) คือการวางตำแหน่งล้อ เมื่อมองจากด้านข้างตัวรถ เข้าไปหาตัวรถ มุมแคสเตอร์จะเป็นมุมของแกนหมุนเลี้ยว ที่เอียงจากแนวดิ่งไปตามแนวยาวของรถ เมื่อแกนหมุนเลี้ยวส่วนบน เอียงไปทางด้านหลังรถ มุมแคสเตอร์ จะมีค่าเป็นบวก (Positive) ในทางตรงข้าม ถ้าแกนหมุนเลี้ยวส่วนบนเอียงไปทางด้านหน้ารถ มุมแคสเตอร์จะมีค่าเป็นลบ (Negative) ลักษณะการวางตำแหน่งล้อมุมแคสเตอร์ ดังรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 การวางตำแหน่งล้อมุมแคสเตอร์

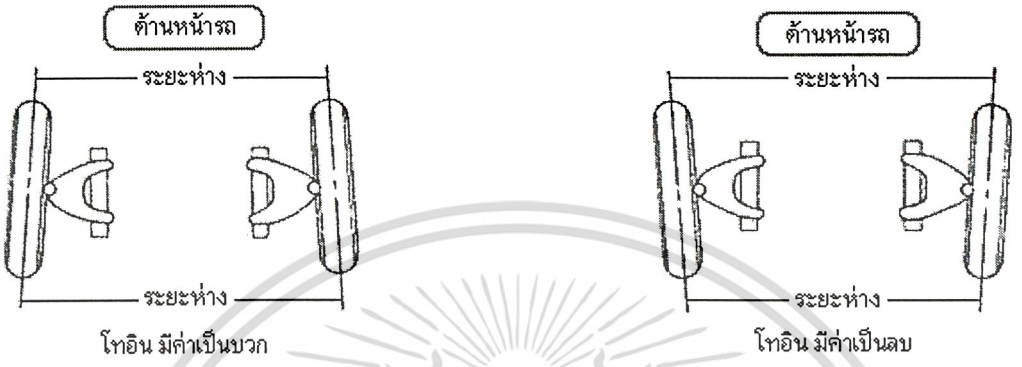
มุมแคสเตอร์ ทำหน้าที่ทรงทิศทางด้วยตัวเอง เพื่อให้พวงมาลัยหมุนคืนกลับตำแหน่งทางตรงได้เอง หลังจากมีการเลี้ยว และทำให้การการทรงตัวได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.9.3 โทอิน

โทอิน (Toe-In) คือ ระยะหน้ายางเอียงเข้าหากัน ตามทิศทางหน้ารถ (เมื่อมองจากด้านบน ลงสู่พื้นถนน) โทอิน จะมีค่าเป็นบวก (Positive) เมื่อระยะห่างของยางด้านหน้า น้อยกว่าระยะห่างของยางด้านหลัง และโทอิน จะมีค่าเป็นลบ (Negative) เมื่อระยะห่างของยางด้านหน้ามากกว่า ระยะห่างของยางด้านหลัง แสดงระยะโทอิน ดังรูปที่ 2.22

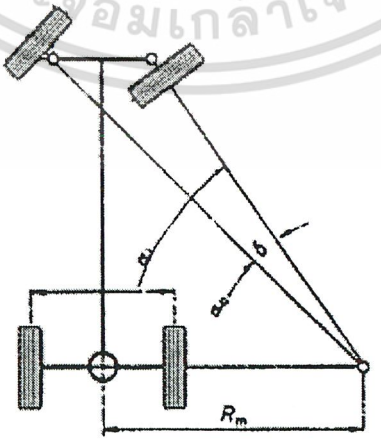


รูปที่ 2.22 ระยะโทอิน หน้ายางเอียงเข้าหากัน

โทอินจะทำไม่ให้ล้อสั่น จากความต้านทางกลิ้ง ลดระยะหลวมของลูกหมากคันส่ง และทำให้ล้อรถ เคลื่อนที่ขนานไปอย่างคงที่

2.9.4 โทเอ้าท์

โทเอ้าท์ (Toe-Out) ผลต่างของมุมเลี้ยวล้อหน้า ที่อยู่ด้านนอกวงเลี้ยว และด้านในวงเลี้ยว หรือรัศมีการเลี้ยวนั่นเอง มุมโทเอ้าท์ จะทำให้ล้อหมุนเลี้ยวได้อย่างราบรื่น ทำให้จุดศูนย์กลางการหมุนเลี้ยว แต่ละล้อร่วมกัน ป้องกันการสึกหรอของยาง และอาการเสียงดังขณะเลี้ยวได้ระดับหนึ่ง แสดงระยะโทเอ้าท์ ดังรูปที่ 2.23

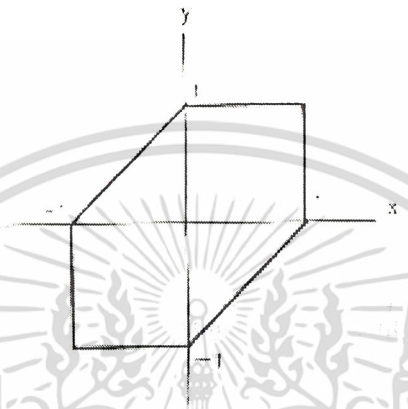


รูปที่ 2.23 ระยะโทเอ้าท์ ผลต่างของมุมเลี้ยวล้อหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61979

2.10 ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

เป็นทฤษฎีที่เหมาะกับวัสดุเหนียว เป็นทฤษฎีที่นิยมใช้กันมากเพราะใช้ได้ง่ายและปลอดภัย วัสดุจะเกิดความเสียหายเมื่อความเค้นสูงสุดมีค่าเท่ากับความต้านแรงเฉือนสูงสุดของวัสดุชนิดเดียวกัน ที่ได้จากการทดสอบแรงดึงเมื่อถึงจุดคราก จากกลศาสตร์วัสดุพบว่า ความต้านแรงเฉือนสูงสุดจนถึงจุดครากทีค่าเท่ากับ $\sigma_y / 2$ และเกิดบนระนาบเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวแรงดึงชิ้นทดสอบ ซึ่งตามทฤษฎีนี้จะเริ่มเกิดการเสียหายเมื่อ τ_{max} เท่ากับ $\sigma_y / 2$ ดังนั้นสมการที่นำมาใช้คือ (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2544)



รูปที่ 2.24 แนวแรงที่กระทำลงในวัสดุ

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \pm\frac{\sigma_y}{N} \tag{2.6}$$

เครื่องจักรกลจำนวนมากมีสถานะของความเค้นพิเศษในกรณีนี้ถ้ายอมให้มีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau_{max} = \frac{\tau_y}{N}$$

$$\tau_{max} = \tau_1 - \tau_2 = \left(\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

ทำการแทนค่า τ_{max} ในสมการจะได้สมการสุดท้ายคือ

$$\frac{1}{N} = \left(\left(\frac{\tau}{\tau_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราใช้ทฤษฎีนี้ในการหาขนาดเพลาที่ใช้ในการส่งกำลังการเคลื่อนที่ของรถ

เมื่อ

σ_y = ค่าความเค้นของวัสดุ (จากการเปิดตารางความแข็งแรงของวัสดุ) นิวตัน ต่อ ตารางเมตร

σ = ค่าความเค้นของวัสดุ (จากการคำนวณ) นิวตัน ต่อ ตารางเมตร

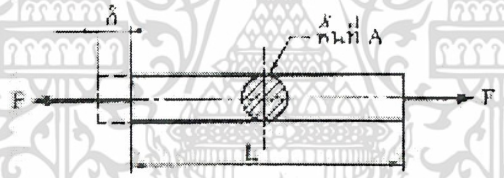
τ = ความเค้นเฉือนในวัสดุ นิวตัน ต่อ เมตรตารางหน่วย

τ_y = $\frac{\sigma_y}{2}$ นิวตัน ต่อ ตารางเมตร

N = ค่าเผื่อความปลอดภัย

2.11 ทฤษฎีความเค้น

คือ ทฤษฎีที่ว่าด้วยแรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรง ความเค้นมี 3 ชนิดคือ ความเค้นดึง ความเค้นกด และความเค้นเฉือน พิจารณาจากรูปที่ 2.25 ซึ่งเป็นท่อนโลหะกลมอยู่ภายใต้แรงดึง และแรงกด F ตามลำดับ ความเค้นดึงและความเค้นกด คือ (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2544)



รูปที่ 2.25 แสดงแรงดึงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด A

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad \text{และ} \quad \sigma_c = \frac{F}{A} \tag{2.8}$$

เมื่อ

σ_t = ความเค้นแรงดึง นิวตัน ต่อ ตารางเมตร

σ_c = ความค้นแรงกด นิวตัน ต่อ ตารางเมตร

F = แรงที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด นิวตัน

A = พื้นที่หน้าตัด ตารางเมตร

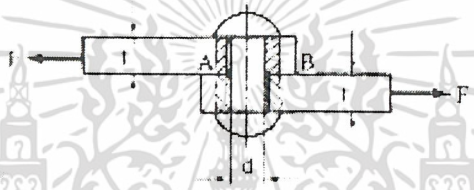
กรณีที่แผ่นโลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ดังรูปที่ 2.26 หมุดย้ำอาจจะขาดตัวด้วยจากแรงเฉือนที่กระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่หน้าตัดของหมุดย้ำเท่ากับ A ความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำ A คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 แสดงแรงกดที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด A

$$\tau = \frac{F}{A} \tag{2.9}$$

ถ้าหน้าตัดของชิ้นงานรับแรงเฉือนมากกว่าหนึ่งแห่ง ดังเช่นรูปที่ 2.27 ซึ่งมี 2 แห่งพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ 2A ในกรณีนี้เรียกว่าหมุดย้ำแรงเฉือนคู่ เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำเท่ากับ



รูปที่ 2.27 แสดงแรงเฉือนมากกว่าหนึ่งแห่งที่กระทำต่อวัตถุ

$$\tau = \frac{F}{2A} \tag{2.10}$$

2.12 ทฤษฎีการบิด

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมอยู่ภายใต้โมเมนต์บิดจะบิดไปเป็นมุมเท่ากับ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \tag{2.11}$$

เมื่อ

T = โมเมนต์บิด นิวตันเมตร

L = ความยาว เมตร

J = โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่ เมตร^4

สำหรับท่อกลมตัน = $\frac{\pi d^4}{32}$

สำหรับท่อนกลมกลวง = $\frac{\pi\left(d^4 - d_i^4\right)}{32}$

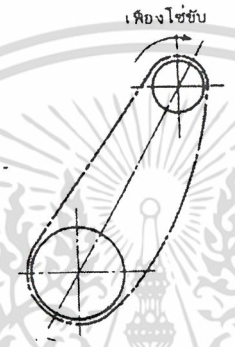
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก เมตร

d_i = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เมตร

2.13 ทฤษฎีของการส่งกำลัง

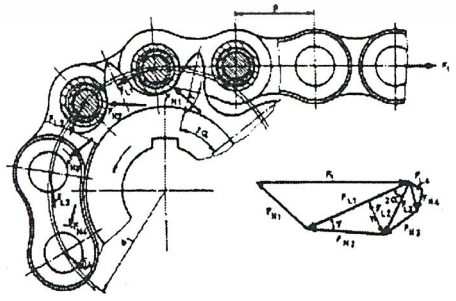
การขับด้วยเฟืองโซ่อาจขับเพียงหนึ่งเฟืองโซ่หรือสายเฟืองโซ่ก็ได้ และอาจหมุนในทิศทางเดียวกันกับเฟืองโซ่ขับหรือสวนทางกันได้ แต่อย่างไรก็ตามเฟืองโซ่จะต้องอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน โดยเพลาจะต้องขนานกันและอยู่ในแนวระดับด้วย ความเร็วรอบของเฟืองโซ่สามารถใช้ได้ถึง 20 - 25 m/s (ธวัชชัย นาคพิพัฒน์,2532)



รูปที่ 2.28 ตำแหน่งการวางโซ่ของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

2.13.1 ทฤษฎีการส่งกำลัง

ในขณะส่งกำลังแรงในแนวเส้นสัมผัส P_t ที่ค่าเกิดจากโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังรูปที่ 2.29 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่ F_L จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง แผนภาพของแรงในรูปที่ 2.29 สร้างขึ้นโดยถือว่าที่ข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_L และในแนวตั้งฉาก F_N จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองโซ่มีค่าน้อย และมุมกด γ มีค่ามาก จะมีแรงเหลืออยู่ในด้านหย่อนมาก แรงตามแนวยาวของโซ่ F_L เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อยโซ่จะยืดน้อยลง มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศาหารด้วยจำนวนฟัน Z ของเฟืองโซ่ ดังนั้นถ้าเฟืองโซ่มีจำนวนฟันน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมาก ทำให้เกิดการศึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตเท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก



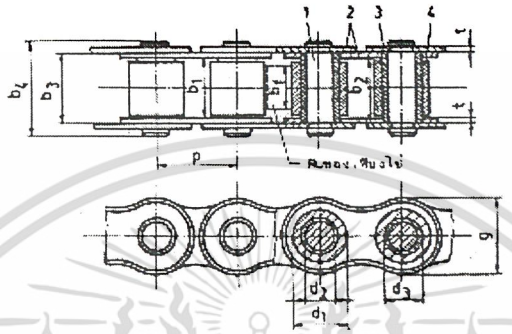
รูปที่ 2.29 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

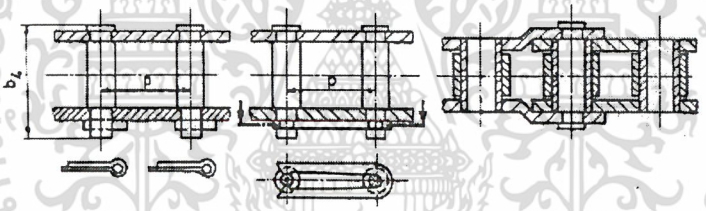
2.13.2 ชนิดของโซ่ที่ใช้ในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 500วัตต์ 36 โวลท์ 18.3 แอมป์ ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ติดตั้งในตำแหน่งบนตัวสวิงอาร์ม เป็นตัวส่งกำลังผ่านเฟืองโซ่ไปที่เพลาหลังของรถ โดยใช้เฟืองสเตอร์หน้าขนาด 10 ฟันและเฟืองสเตอร์หลังขนาด 49 ฟันมาประกอบเข้ากับแป้นยึดที่เพลาหลัง

โซ่โรลเลอร์ โซ่ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นต่อด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักและบูช โรลเลอร์กลวงสวมอยู่กับบูช ที่ใช้ในรถไฟฟ้าขนาดเล็กแสดงในรูปที่ 2.30



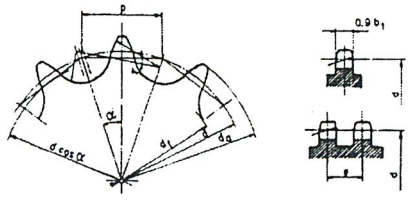
รูปที่ 2.30 โซ่แบบโรลเลอร์



รูปที่ 2.31 ข้อต่อสำหรับโซ่โรลเลอร์

2.13.3. ทฤษฎีระยะพิตช์เฟืองโซ่

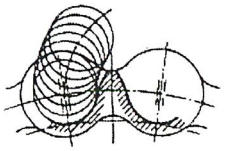
เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ d ดังรูปที่ 2.32 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ ซึ่งก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนฟันเฟือง เซอร์คิวลาพิตช์ P_c ของวงกลมพิตช์ซึ่งวัดตามส่วนโค้งของวงกลมพิตช์ จึงมีค่ามากกว่าระยะพิตช์ p ของโซ่ สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์ α เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าคือ $\sin \alpha = P / D$



รูปที่ 2.32 เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของฟันเฟืองโซ่จะต้องทำให้การเคลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปได้อย่างสะดวก ซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของของโรลเลอร์ได้ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 การเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ขณะส่งกำลัง

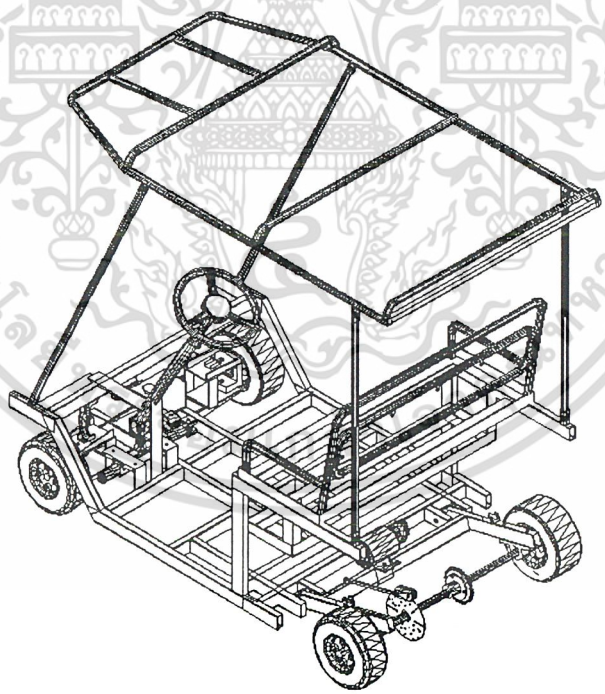
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก และวิธีการดำเนินงาน การคำนวณหาพิกัดกำลังมอเตอร์ ความเร็วของรถ อัตราทดของเฟืองและขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าขนาดและกำลังเท่าไหร่จึงจะเหมาะสมกับตัวโครงสร้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็กที่สร้างขึ้น

3.1 โครงสร้างทั่วไปของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

ในการออกแบบสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ได้ทำการออกแบบให้มีลักษณะโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับรถกอล์ฟที่มีใช้อยู่ทั่วไปโดยได้ทำการรถขนาดลงมา แต่อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ จะใช้วัสดุที่สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ซึ่งจะนำมาประยุกต์และดัดแปลงให้เหมาะสมกับตัวโครงรถที่สร้างขึ้น รายละเอียดลักษณะโครงสร้างของรถ มีดังต่อไปนี้

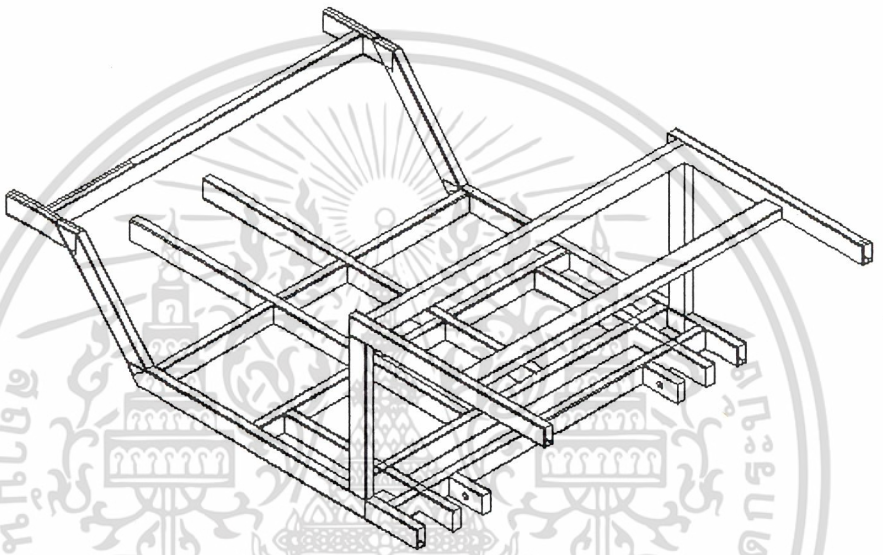


รูปที่ 3.1 โครงสร้างโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 แชสซีส

แชสซีส (Chassis) เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก เพราะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักทั้งหมด รวมไปถึงรับแรงกระแทก จากตัวรถกับพื้นถนน จึงจำเป็นที่จะต้องใช้เหล็กที่มีความหนาและแข็งแรง ให้สามารถรับน้ำหนักและภาระได้ดี นอกจากจะรับน้ำหนักได้ตามกำหนดแล้ว จะต้องทนต่อการบิด เบี้ยว คดงอ การเกิดความเค้นและความเครียดเมื่อนำไปใช้งาน เพื่อทำให้เกิดความมั่นคงในขณะที่ทำการขับขี่ รูปร่างและรายละเอียดของโครงรถ แสดงดังรูปที่ 3.2

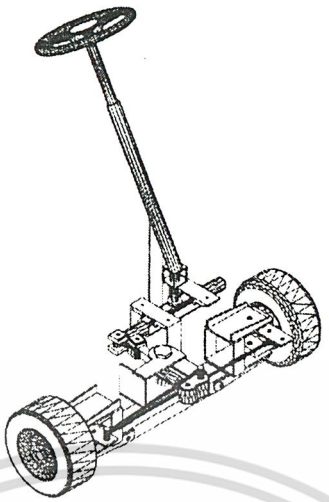


รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.1.2 ระบบบังคับเลี้ยว

ชุดบังคับเลี้ยวหน้า ทำหน้าที่ บังคับทิศทางของรถให้เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ หลักการทำงาน คือ อาศัยแรงส่งกำลังจากการหมุนพวงมาลัยมาที่ตัวแร็ค ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงในการบังคับเลี้ยวและเป็นตัวที่ทำให้คันชัก เลื่อนไปในแนวระนาบเพื่อบังคับทิศทางของล้อหน้าทั้งสองข้างให้ไปทางซ้ายและทางขวาได้ตามต้องการ ลักษณะการทำงานของชุดบังคับเลี้ยว ลักษณะการทำงานของชุดบังคับเลี้ยวแสดงดังรูปที่ 3.3

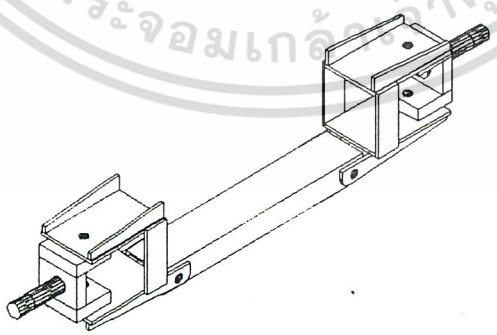
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ชุดบังคับเลี้ยวของรถไฟฟ้าขนาดเล็กที่ออกแบบ

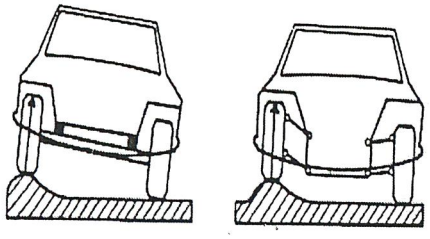
3.1.3 ระบบกันสะเทือน

เป็นตัวที่ช่วยดูดซับแรงจากการกระแทกและรองรับน้ำหนักของตัวรถ เพื่อทำให้เกิดความนิ่มนวลในการขับขี่ในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ด้านหน้าของรถไฟฟ้าจะใช้ระบบกันสะเทือนแบบ ปีกนกและโช๊คอัพ โดยจะเชื่อมต่อกันระหว่างตัวโครงรถกับคานหน้า ซึ่งดีต่อการทรงตัวการเกาะถนน การทรงตัวของรถจึงอยู่ในสภาพปกติเมื่อปีนก้อนหินหรือตกหลุมซึ่งต่างจากระบบกันสะเทือนแบบคานแข็ง ดังรูปที่ 3.4 และ รูปที่ 3.5 ส่วนระบบกันสะเทือนของด้านหลังจะใช้เป็น สวิงอาร์มและโช๊คอัพ โดยตัวสวิงอาร์มบริเวณจุดหมุนที่แขนเหวี่ยงจะเชื่อมต่อกับตัวโครงรถ ปลายแขนเหวี่ยงยึดโช๊คอัพเข้ากับตัวโครงรถด้านบน ดังรูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของระบบกันสะเทือน โช๊คอัพทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงบรรเทาการเด้นขึ้นลงของตัวรถ สปริงทำหน้าที่ยืดหยุ่นระหว่างพื้นถนนกับตัวรถ



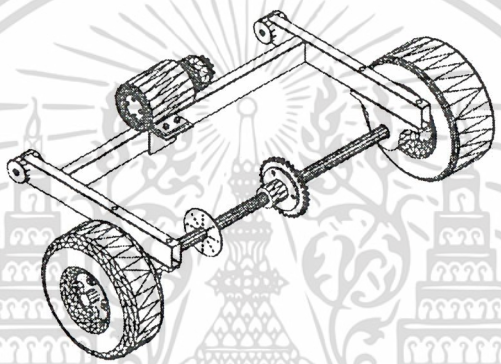
รูปที่ 3.4 ระบบกันสะเทือนด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คานแข็ง ปีกนก

รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ขึ้นลงของล้อระหว่างแบบคานแข็งกับแบบปีกนก



รูปที่ 3.6 ระบบกันสะเทือนหลังแบบสวิงอาร์ม

3.1.4 โช๊คอัพสปริง

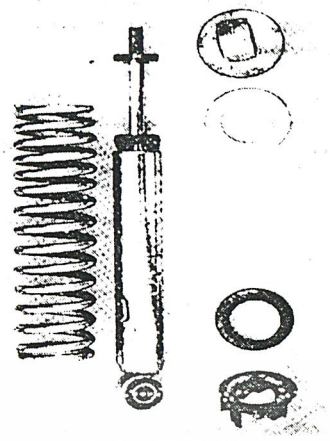
จุดมุ่งหมายของการเลือกใช้โช๊คอัพ เพื่อให้การขับขี่สะดวกสบาย สปริงเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอสำหรับระบบรองรับน้ำหนักของรถ โช๊คอัพทำหน้าที่หน่วงการขึ้นลงของตัวรถ โดยการควบคุมการยุบและการเด้งของสปริง หรือเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานการสั่นของสปริง เป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นจึงสามารถแยกหน้าที่ของโช๊คอัพออกได้ดังนี้

1.ทำให้การเด้งขึ้นลงหรือการเต้นของตัวรถ อันเกิดจากการสั่นของสปริงหายไป

2.ทำให้การสั่นหรือเต้นของน้ำหนักที่สปริงไม่ได้รองรับ (ล้อ เพลาล้อ)ลดน้อยลง

การติดตั้งโช๊คอัพเข้าระหว่างระบบรองรับน้ำหนักกับตัวโครงรถเพื่อดูดกลืนการสั่นของสปริง ยังเป็นผลดีอย่างอื่นเพิ่มขึ้นแก่รถด้วยเพราะแม้ว่ารถได้รับการตั้งศูนย์ล้ออย่างถูกต้องก็ตามโช๊คอัพก็ยังเป็นตัวประกอบหนึ่งที่ทำให้รถสามารถขับขี่ควบคุม และทรงตัวที่ดีถ้ายางรถสึกเร็วกว่าปกติและการทรงตัวของรถไม่ดีเท่าที่ควรสิ่งที่ต้องพิจารณาอย่างหนึ่งคือโช๊คอัพ โช๊คอัพจึงทำให้การขับขี่ได้รับความสะดวกสบายและนุ่มนวล รูปที่ 3.7 ภาพแสดงรายละเอียดของสปริงและโช๊คอัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ภาพแยกรายละเอียดของ สปริงและโช๊คอัพ

3.1.5 ระบบเบรก

ระบบเบรก ของรถไฟฟ้าขนาดเล็กนี้เป็นแบบ ดิสก์เบรก (Brake Disc) เนื่องจากดุมล้อมีขนาดเล็กทำให้ยากในการติดตั้งดรัมเบรก แต่ดิสก์เบรกมีข้อได้เปรียบในการบำรุงรักษาที่ง่ายกว่าตรวจสอบการสึกหรอของผ้าเบรกสะดวกกว่า จึงเลือกใช้ระบบเบรกแบบจานดิสก์เบรก การทำงานของระบบเบรกแบบดิสก์เบรกเมื่อเหยียบแป้นเบรก ลูกสูบที่แม่ปั๊มเบรกจะไปดันให้ผ้าเบรกบีบกับจานดิสก์เบรกทำให้รถหยุด โดยสวิทช์เซนเซอร์บริเวณแป้นเหยียบเบรกจะตัดการทำงานของมอเตอร์เพื่อป้องกันมอเตอร์ไหม้ขณะเบรกหยุดรถ เมื่อคลายเท้าจากการเหยียบเบรก ผ้าเบรกก็จะกลับคืนสู่สภาวะปกติเมื่อลูกสูบที่ไปดันผ้าเบรกเคลื่อนที่ถอยหลัง ลักษณะของดิสก์เบรก

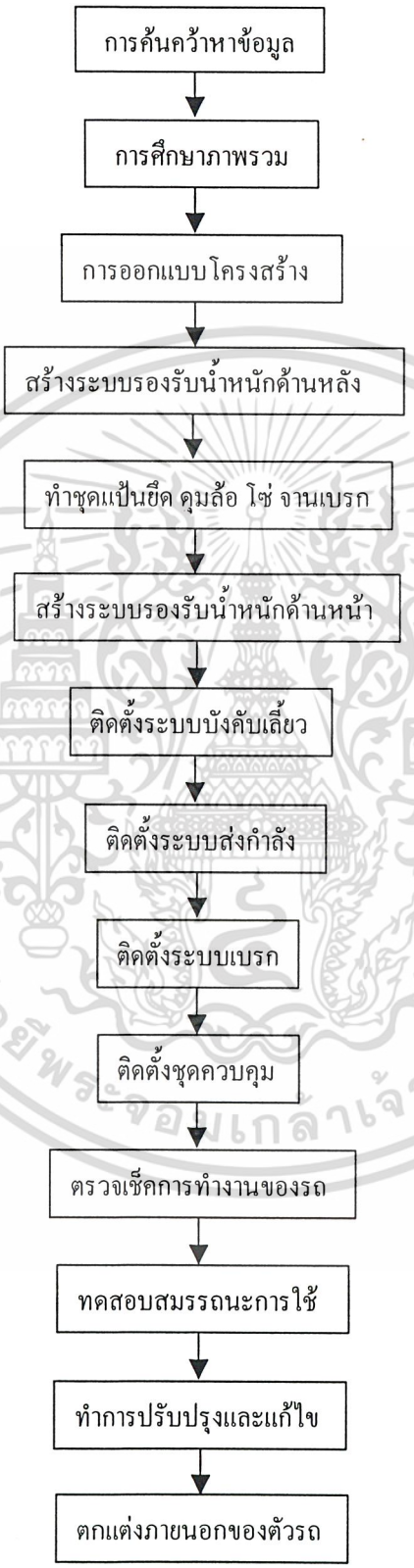
3.2 วิธีการดำเนินงาน

จะกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงานเริ่มตั้งแต่การศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาทำการออกแบบ และคำนวณหาค่าตัวเลขต่างๆที่จะใช้ซื้อวัสดุ อุปกรณ์เพื่อนำมาทำการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติดังนี้

1. การค้นคว้าหาข้อมูล
2. การศึกษารถไฟฟ้า
3. การออกแบบโครงสร้าง
4. ยางรถ
5. สร้างระบบรองรับน้ำหนัก
6. ติดตั้งระบบบังคับเลี้ยว
7. ติดตั้งระบบส่งกำลัง
8. ติดตั้งระบบเบรก
9. ติดตั้งชุดควบคุมความเร็ว
10. ตรวจเช็คความเรียบร้อยระบบการทำงานของรถ
11. ทดสอบสมรรถนะการใช้งาน
12. ทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
13. ตกแต่งภายนอกของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินงาน (Flow chart)



รูปที่ 3.8 วิธีการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การค้นคว้าหาข้อมูล

ค้นคว้าหาข้อมูลในการสร้างรถไฟฟ้า ตามหนังสือ ทางอินเตอร์เน็ตและได้เข้าไปศึกษาจากบริษัท เอกชนที่นำเข้ารถไฟฟ้ามาจำหน่ายในประเทศ ถึงลักษณะโครงสร้าง ระบบบังคับเลี้ยว ระบบรองรับน้ำหนักและระบบส่งกำลังที่จะเลือกใช้ในการสร้างรถไฟฟ้า

3.2.2 การศึกษารถไฟฟ้า

นำข้อมูลที่ได้มาทำการศึกษา วางแผนถึงขอบเขตของรถไฟฟ้าขนาดเล็กที่จะทำการสร้างขึ้น การเลือก ใช้ระบบต่างๆในรถไฟฟ้า แต่อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ จะใช้วัสดุที่สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ซึ่งจะนำมาประยุกต์และดัดแปลงให้เหมาะสมกับตัวโครงรถที่สร้างขึ้น การนำไปใช้งานที่เหมาะสม ระยะเวลาในการสร้างเสร็จทันตามระยะเวลาที่กำหนด ข้อจำกัดและปัญหาที่จะเกิดขึ้น รายละเอียดต่างๆ ของการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก การคำนวณหาพิกัดกำลังมอเตอร์ ความเร็วของรถและอัตราทดของเฟือง ซึ่งจะทำให้ทราบว่าขนาดและกำลังเท่าไหร่จึงจะเหมาะสมกับตัวโครงสร้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็กที่สร้างขึ้น จนได้ข้อสรุปที่ชัดเจน

3.2.3 การออกแบบโครงสร้าง

ทำการออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบอื่นที่จะนำมาติดตั้งเข้ากับตัวรถ โดยเริ่มจาก การออกแบบโครงสร้างของตัวรถ ในส่วนขนาดของโครงรถ การเลือกชนิดและลักษณะของวัสดุที่จะนำมาทำโครงรถ ออกแบบสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ได้ทำการออกแบบให้มีลักษณะโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับรถกอล์ฟที่มีใช้อยู่ทั่วไปโดยได้ทำการรถขนาดลงมา พร้อมทั้งศึกษารายละเอียดย่อยในส่วนอื่นควบคู่ไปด้วย และทำการปรับปรุงโครงสร้างเรื่อยมาตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อได้ลักษณะโครงรถที่แน่นอน จึงทำการสร้างขึ้นมา โดยตัวโครงรถไฟฟ้า ทำจากเหล็กขนาด 2 x 2 นิ้ว หนา 3 ม.ม. นำมาตัดเป็นชิ้นตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ จาก นั้นนำมาเชื่อมติดกันเป็นโครงรถตามที่ออกแบบ

3.2.4 ยางรถ

ยางรถของรถไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นยางชนิดสูบลม ยางจะทำหน้าที่หนักหลายประการ เช่น รับน้ำหนักของตัวรถและโหลดที่มากระทำ แรงด้านข้าง แรงจากการห้ามล้อ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสปริงรับแรงกระแทกจากผิวถนนที่ขรุขระ สามารถบังคับเลี้ยวได้ดีและหยุดรถได้อย่างรวดเร็ว เพื่อให้การขับขี่เป็นไปอย่างนิ่มนวล ตลอดจนสามารถตะกุยเกาะถนนได้ดี อย่างจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งจะต้องให้ทั้งความนิ่มนวลและความปลอดภัยแก่ผู้ใช้รถ โดยผู้ใช้ต้องหมั่นตรวจเช็คระดับของลมยางให้ได้ตามกำหนดของคู่มือการใช้งาน

3.2.5 สร้างระบบรองรับน้ำหนักด้านหลังแบบสวิงอาร์ม

ระบบกันสะเทือน ทำหน้าที่รองรับน้ำหนัก เครื่องยนต์ ผู้ขับขี่ เป็นตัวที่ช่วยดูดซับแรงจากการกระแทกและรองรับน้ำหนักของตัวรถ เพื่อทำให้เกิดความนิ่มนวลในการอีกทั้ง ยังช่วยรองรับ แรงสะเทือนจากถนน และยังช่วยทำให้ผู้ขับรถ สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ไปตามทุกสภาพของ และความเร็วของถนน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกด้วย อุปกรณ์ในการรองรับน้ำหนักที่สำคัญ ในระบบกันสะเทือนคือ สปริงและโช๊คอัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบรองรับน้ำหนักหลังของรถจักรยานยนต์หรือสวิงอาร์ม โดยการใช้แขนเหวี่ยงและสปริงที่เหมาะสมคู่หนึ่ง เป็นหน่วยกันสะเทือน การทำงาน โดยอัตราการยกขึ้นของสวิงอาร์มเป็นหน่วยรับการสั่นสะเทือนจะทำงานในชุดของจุดหมุนซึ่งใส่น็อตตรงกลาง จำนวนการเคลื่อนที่ของหน่วยรับแรงสั่นสะเทือนจะเป็นไปตามการเบี่ยงเบนของล้อหลัง การทำงานของแขนเหวี่ยงจะเพิ่มมากขึ้นด้วยอัตรากำลังงัดที่ยกขึ้น เพื่อดูดซับแรงกระแทก ระบบรองแรงสั่นสะเทือนแบบสวิงอาร์มทำให้การขับขี่ได้เรียบบนถนนที่มีความผิดปกติและยังรับแรงกระแทกได้อย่างมากโดยไม่ต้องมีการเคลื่อนที่จมลงมาก

การเลือกใช้ระบบรองรับน้ำหนักหลังในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ระบบรองรับน้ำหนักหลังในรถไฟฟ้าขนาดเล็กเลือกใช้เป็นแบบสวิงอาร์ม ด้วยความกะทัดรัดของรถและมอเตอร์ที่ใช้มีขนาดเล็ก รวมถึงน้ำหนักบรรทุกที่ไม่มากนักจึงไม่จำเป็นที่ต้องใช้ชุดเฟืองท้ายและแหนบในการรองรับน้ำหนัก การเลือกใช้ระบบรองรับน้ำหนักหลังแบบสวิงอาร์ม เพื่อสะดวกในการติดตั้งระบบเบรกและชุดเฟืองโซ่ เป็นระบบที่ดูดซับแรงกระแทก รองแรงสั่นสะเทือนได้ดี สวิงอาร์มทำให้การขับขี่ได้เรียบ โช๊คที่ค้ำอยู่บริเวณปลายแขนเหวี่ยงจะช่วยบรรเทาการเต้นขึ้นลงของล้อและทำหน้าที่ยึดหยุ่นระหว่างยางกับพื้นถนน จึงช่วยในการยึดเกาะถนนเมื่อทำการขับขี่

3.2.6 สร้างระบบรองรับน้ำหนักด้านหน้าแบบปีกนก

ซึ่งประกอบด้วย ชุดปีกนก ดุมล้อ ทำการสร้างชุดปีกนกในลักษณะเดียวกันกับของรถยนต์โดยลดขนาดลงมาให้เหมาะสมกับตัวโครงรถไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยดุมล้อหน้าหมุนอยู่บนแบริ่งลูกปืน จากนั้นนำชิ้นส่วนของชุดปีกนกมาประกอบเข้าด้วยกัน

การเลือกใช้ระบบรองรับด้านหน้าในรถไฟฟ้าขนาดเล็กการเลือกใช้ระบบรองรับด้านหน้าของรถไฟฟ้าขนาดเล็กจะใช้ระบบรองรับเป็นแบบปีกนกและโช๊คอัพแบบสปริงมาทำงานร่วมกันในการรองรับน้ำหนัก ซึ่งจะตรงกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน คือให้มีความคล่องตัวและความนิ่มนวลในการขับขี่ หรือนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่กว้างระยะทางของอาคารห่างกัน ได้อย่างเหมาะสม โดยจะไม่เน้นถึงการบรรทุกของหนักมานัก

3.2.7 ติดตั้งระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยวของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก นำอะไหล่มือสองที่หาซื้อได้ มาทำการติดตั้งเข้ากับตัวรถ ได้แก่ ชุดคันชัก - คันส่ง กระปุกพวงมาลัย พวงมาลัย โดยติดตั้งชุดคันชัก - คันส่ง เข้าที่บริเวณจุดหมุนในการเลี้ยวรถที่ดุมล้อ ติดตั้งกระปุกพวงมาลัยบริเวณคานด้านล่างของตัวรถ ปรับตั้งระดับพวงมาลัยให้ได้ตามลักษณะการขับขี่ของผู้ขับ

3.2.8 ติดตั้งระบบส่งกำลังด้วยโซ่

โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 500 วัตต์ 36 โวลท์ 18.3 แอมป์ ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที ติดตั้งในตำแหน่งบนตัวสวิงอาร์ม เป็นตัวส่งกำลังผ่านเฟืองโซ่ไปที่เพลาหลังของรถ โดยใช้เฟืองสเตอร์หน้าขนาด 10 ฟันและเฟืองสเตอร์หลังขนาด 49 ฟันมาประกอบเข้ากับแป้นยึดที่เพลาหลัง

การขับด้วยโซ่มีใช้อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง การขับด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่ เนื่องจากการขับด้วยโซ่มีความไว้วางใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้กันมาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับด้วยโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับด้วยสายพานและการขับด้วยเฟือง ทางด้านราคา สมรรถนะในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน มีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันก็ได้

ข้อดีของขับด้วยโซ่

- ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
- ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงชั้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุการใช้งานของแบริ่งที่รองรับเพลาเพิ่มขึ้น
- มีขนาดกระทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานด้วยอัตราทดเท่ากัน ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
- ไม่มีการสลิปขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
- ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น
- ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับด้วยโซ่

- มีเสียงดัง
- ความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเนื่องจากโซ่ขาด
- ต้องมีการหล่อลื่น

3.2.9 ติดตั้งระบบเบรก

เบรก ทำหน้าที่ชะลอความเร็วของรถ หรือทำให้รถหยุด ตามความต้องการของผู้ขับรถ รถส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ใช้การถ่ายทอดแรงเหยียบ ที่แป้นเบรก ไปถึงตัวอุปกรณ์หยุดล้อ ในขณะที่เราเหยียบเบรกลงที่แป้นเบรก แรงเหยียบนี้ จะถูกส่งไปที่แม่ปั๊มน้ำมันเบรก เพื่อทำหน้าที่อัดแรงดันน้ำมันเบรก ออกไปตามท่อน้ำมันเบรก ผ่านวาล์วแยกในส่วนน้ำมันเบรก ไปจนถึงตัวเบรก ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณดุมล้อ และที่ตัวเบรก ก็จะมีลูกปั๊มน้ำมันเบรก เมื่อได้รับแรงดันมา ลูกปั๊มน้ำมันเบรกจะดันให้ผ้าเบรก ไปดันกับชุดจานเบรกที่อยู่ใกล้ กับจานดิสก์เบรก หรือ ดรัมเบรก เพื่อให้เกิดความฝืดขึ้นที่ล้อ ล้อก็จะเริ่มหมุนช้าลง เมื่อเพิ่มน้ำหนัก เหยียบเบรกเข้าไปอีก แรงดันน้ำมันเบรกเพิ่มมากขึ้น ก็ยิ่งมีความฝืดที่ล้อเพิ่มขึ้น รถก็จะชะลอความเร็วลง จนรถหยุดในที่สุด การเลือกใช้ระบบเบรกแบบดรัมเบรกและดิสก์เบรกมีข้อเปรียบเทียบในการเลือกใช้

การเลือกใช้ระบบเบรกในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก ในการเลือกใช้ระบบเบรกในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก คำนึงถึงการติดตั้งเป็นสำคัญเนื่องจากดุมล้อของรถไฟฟ้ามีขนาดเล็กจึงไม่สามารถจะติดตั้งระบบเบรกแบบดรัมเบรกลงไปได้ จึงได้ทำการติดตั้งระบบเบรกแบบดิสก์เบรกของรถจักรยานยนต์ลงไป ในตำแหน่งเพลาหลังของรถไฟฟ้า เนื่องจากมีการติดตั้งที่ไม่ยุ่งยากและมีราคาของชุดเบรกไม่แพงมากนัก มีขนาดที่กระทัดรัด สะดวกในการดูแลรักษาและการตรวจสอบการสึกหรอของผ้าเบรก มีน้ำหนักเบา มีประสิทธิภาพในการเบรกที่ดีกว่าดรัมเบรก

เลือกใช้เป็นระบบเบรกดิสก์เบรก ที่สะดวกในการติดตั้งและง่ายต่อการบำรุงรักษา โดยยึดจานดิสก์เข้ากับแป้นยึดที่เพลาหลัง ติดตั้งแม่ปั๊มคาลิปเปอร์ เข้ากับจานดิสก์ และทำแขนยึดแม่ปั๊มคาลิปเปอร์เข้ากับสวิงอาร์ม ยึดปั๊มเหยียบเบรกเข้ากับตัวโครงรถ ติดตั้งสวิชท์ตัดการทำงานของมอเตอร์บริเวณปั๊มเหยียบเบรก เพื่อป้องกันมอเตอร์ไหม้ขณะเบรกหยุดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.10 ติดตั้งชุดควบคุมความเร็ว

ติดตั้งชุดควบคุมความเร็วบริเวณใต้เบาะนั่ง การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ ต้องวางในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อป้องกันผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

3.2.11 ตรวจเช็คความเรียบร้อยระบบการทำงานของรถ

ตรวจเช็คการทำงานของทุกระบบในรถไฟฟ้าตั้งแต่ ระบบเบรก ระบบส่งกำลัง ชุดคันเร่งและควบคุม ระบบไฟ การชำรุดของสายไฟ สวิทช์เดินหน้าถอยหลัง การต่อขั้วไฟเข้าระบบ สวิทช์เบรกตัดการทำงานของมอเตอร์ สวิทช์กุญแจ

3.2.12 ทดสอบสมรรถนะการใช้งาน

หลังตรวจเช็คการทำงานของระบบเรียบร้อยแล้ว ก็ถึงขั้นตอนการนำรถไฟฟ้าที่ทำการสร้างขึ้นมา ทำการทดสอบ เริ่มจากการทดสอบขับเดินหน้า ถอยหลัง ทดสอบระบบเบรกหยุดรถ การบังคับเลี้ยวในทิศทางต่างๆ และความเร็วสูงสุดของรถที่ทำได้

3.2.13 ทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

- ตำแหน่งของมอเตอร์ที่ติดตั้งบริเวณสวิงอาร์มหลัง ทำให้โซ่มีการตึงและหย่อนในขณะนำไปใช้งาน จึงต้องมีการติดตั้งตัวดันโซ่เพื่อให้โซ่ตึงตลอดเวลา
- การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ ต้องวางในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อป้องกันผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น
- คันเร่งของรถมีการค้างเล็กน้อยขณะขับขี่ ปรับปรุงโดยการติดตั้งสปริงดึงกลับ

3.2.14 ตกแต่งภายนอกของตัวรถ

ขั้นตอนการตกแต่งตัวรถเริ่มจากทำสีของตัวเฟรมรถเพื่อป้องกันการเกิดสนิม ทำชุดครอบโครงรถ ทำเบาะและติดตั้งหลังคารถที่สามารถถอดเข้าหรือถอดออกได้ตามความต้องการของผู้ที่ทำการขับขี่ จัดสายไฟให้เป็นระเบียบ ตรวจเช็คความพร้อมของระบบต่างๆอีกครั้งก่อนนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณหาพิกัดมอเตอร์ อัตราทดเฟือง และการหาขนาดแบตเตอรี่

เป็นการคำนวณหาค่าตัวเลขที่จะใช้ในการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อให้ได้ความเร็ว และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ตามที่ตั้งเอาไว้

3.3.1 การคำนวณหาพิกัดมอเตอร์

จากสมการที่ (2.2)

$$P_m = \mu \times \left(\frac{wv}{102}\right) \times \left(\frac{100}{\eta}\right)$$

เมื่อ

w = น้ำหนักรถ + โหลด = 380 kg (รถเปล่า 150 kg + โหลด 230 kg)

v = อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ที่ 12 km/hr จะได้ v = 3.33 m/s

μ = ค่าสัมประสิทธิแรงเสียดทานระหว่างยางกับพื้นผิวถนน (0.04 – 0.06)

P_m = ค่ากำลังของมอเตอร์ (kW)

η = ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลังด้วยโซ่ประมาณ 90%

แทนค่า

P_m = (0.04) x (380 x 3.33/102) x (100/90)

P_m = 0.55 kW

มอเตอร์ที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมขนาด 0.55 kW ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้

3.3.2 การคำนวณหาความเร็วรอบของล้อหลัง

จากสมการที่ (2.3) ที่รอบพิกัดมอเตอร์ 1,200 rpm เมื่อเทียบกับรัศมีล้อของวงล้อ 13 เซนติเมตร ความเร็วที่ต้องการ 12 km/h

ล้อหมุน 1 รอบ = $\pi \times d$

= 3.14159 x 0.26 m.

= 0.817 m.

จากสูตรที่2.3 เมื่อแทนค่าหาความเร็วรอบจะได้

$$\text{rpm} = \frac{3.33 \times 60}{\pi \times 0.26 \text{ m.}}$$

= 244.85 rpm

ดังนั้น ถ้าต้องการให้รถวิ่งได้ความเร็ว12 km/hr ล้อจะต้องหมุนด้วยความเร็วรอบ 244.85 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 อัตราทดเฟืองหน้าและหลัง

จากสมการที่ (2.4) เมื่อแทนค่าความเร็วรอบ ของ มอเตอร์และความเร็วรอบของล้อหลัง

$$\frac{R1}{R2} = \frac{1{,}200 \text{ rpm}}{244.85 \text{ rpm}}$$

$$\text{อัตราทด} = 4.90$$

ถ้ากำหนดขนาดเฟืองขับหน้าเท่ากับ 10 ฟัน เฟืองตามจะมีขนาด 49 ฟัน

3.3.4 การหาขนาดแบตเตอรี่

จากการทดสอบเบื้องต้นกระแสไฟขาเข้ามอเตอร์ได้ 50 แอมแปร์และออกแบบให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสต่อเนื่องที่พิกัดในเวลา 0.5 ชั่วโมงจะได้ความจุของแบตเตอรี่ จากสมการ (จำนงค์ พุ่มคำ, 2543)

$$C = I \times \text{time} \qquad (3.4)$$

$$= 50\,(0.5)$$

$$= 25 \text{ A-h}$$

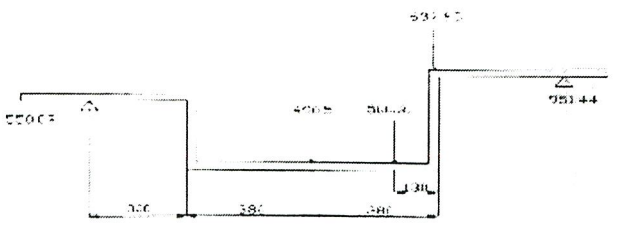
แต่ขณะนำมอเตอร์ไปใช้งานจริงโดยการขับล้อรถไฟฟ้าขนาดจะขับโหลดสูงกว่าการทดสอบเป็นผลให้มอเตอร์ดึงกระแสสูงขึ้น จึงทำการเผื่อขนาดของ แบตเตอรี่อีก 50 % ของ 25 A-h ได้ความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้

$$C = (25)(0.5) + 25$$

$$= 37.5 \text{ A-h}$$

3.3.5 การคำนวณหาขนาดวัสดุที่จะใช้ทำแชสซีสและเฟรม

ขนาดของแชสซีสและเฟรมมีความสำคัญต่อรถไฟฟ้าขนาดเล็กมาเนื่องจากแชสซีส และเฟรมมีหน้าที่รองรับน้ำหนักของรถทั้งคัน ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณเพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรงรวมถึงเพื่อไม่ให้มีการใช้วัสดุอย่างสิ้นเปลืองเกินไป จากรูปที่ 3.9 (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2541)



รูปที่ 3.9 การหาค่าโมเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Take momemt ที่จุด RA และ RB

จะได้แรงปฏิกิริยาที่กระทำกับจุด RA = 550.03 N และ RB = 951.44 N

หาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด (M) = 531.91 Nm.

ทำการเลือกขนาดวัสดุเลือกใช้เหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 × 5 cm.

โดยใช้สูตรคำนวณความเค้นดัด $\sigma = MC / I$

เมื่อ M = 531.91 Nm. , C = 0.025 m. และ $I = (BH^3 - bh^3) / 12 = 1.142 \times 10^{-8}\ m^4$

ดังนั้น $\sigma = 116,460,692.7\ N/m^2$

เพื่อความปลอดภัยในการออกแบบได้ทำการเพื่อค่า Safety Factor (N) = 2

โดย $\sigma_y / N = \sigma_{ออกแบบ}$

ดังนั้น $\sigma_{ออกแบบ} = 232.8\ N/mm^2$

จากค่าที่ได้นำไปเปิดเทียบค่าจากตาราง จะเห็นว่าค่า $\sigma_{ออกแบบ}$ มีค่าต่ำกว่าค่าในตารางดังนั้นเราจึงสามารถเลือกวัสดุจากตารางที่มีค่า σ_y สูงกว่าค่า $\sigma_{ออกแบบ}$ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

สามารถแบ่งการทำงานของรถไฟฟ้าคือ ส่วนของน้ำหนักที่มีผลต่อการยุบตัวของโช๊ค ส่วนของการบังคับเลี้ยว ส่วนของการควบคุมการหยุดรถหรือเบรกและส่วนของการควบคุมความเร็ว อัตราเร่ง

4.1.1 ผลการทดสอบงานของน้ำหนักที่มีผลต่อการยุบตัวของโช๊ค

ส่วนของการยุบตัวของโช๊คนั้นเราสามารถเก็บค่าการยุบตัวของโช๊ค เนื่องจากการยุบตัวของโช๊คมีผลต่อการขับเคลื่อนของรถไฟฟ้าคันนี้ กล่าวคือเมื่อรถไฟฟ้าคันนี้มีการรับน้ำหนักมากเกินไป จะส่งผลให้ส่วนของแชสซีสมีการกระทบกับพื้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเก็บผลของน้ำหนักที่ทำให้โช๊คยุบตัว

จากการเก็บข้อมูลของน้ำหนักในระดับต่างๆเพื่อดูการยุบตัวของโช๊คทั้งโช๊คหน้าและโช๊คหลังเนื่องจากว่าการยุบตัวของโช๊คมีผลต่อระยะระหว่างพื้นกับเฟรมรถซึ่งการที่มีน้ำหนักที่มากเกินไปที่วางอยู่บนรถจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถมีปัญหา สิ่งที่ได้พบจากการเก็บข้อมูลคือ รถไฟฟ้าขนาดเล็กคันนี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากที่สุดอยู่ที่ 230 กิโลกรัมซึ่งจะทำให้รถคันนี้สามารถวิ่งได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องการกระแทกตัวระหว่างพื้นกับเฟรมรถ

4.1.2 ผลการทดสอบของระบบบังคับเลี้ยว

จากที่ทางกลุ่มโครงงานได้ใช้ระบบเลี้ยวแบบ Rack and Pinion เนื่องจากระบบเลี้ยวแบบนี้มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนมาก อีกทั้งยังมีการประกอบเข้ากับตัวรถไม่ยากจนเกินไปรถไฟฟ้าขนาดเล็กคันนี้สามารถทำการเลี้ยวจากล้อที่ตั้งตรงจนถึงการเลี้ยวมากที่สุดได้ 45 องศา ซึ่งค่ามุมที่ได้มาจากการทดสอบและลองเลี้ยว ผลการคือสามารถเลี้ยวโค้งหรือมุม 90 องศาไม่เกิดปัญหาแต่อย่างใด

4.1.3 ผลการทดสอบควบคุมการหยุดรถ

ผลที่เกิดจากน้ำหนักและความเร็วของรถต่อการเบรก ถ้าน้ำหนักของรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า พลังงานของการเคลื่อนที่ที่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนจะเพิ่มเป็นสองเท่าด้วย ผลที่เกิดจากความเร็วที่สูงกว่าจะยิ่งมีผลมากกว่าผลที่เกิดจากน้ำหนัก บนถนนที่ลื่นจะมีผลให้ต้องใช้เวลาและระยะทางในการหยุดรถมากขึ้น ดังนั้นสัมประสิทธิ์ความฝืดของถนนจึงมีอิทธิพลต่อการที่จะทำให้รถหยุดในระยะทางที่สั้นที่สุด

4.1.4 ผลการทดสอบของความเร็วกับเวลา

เนื่องจากการรถไฟฟ้าขนาดเล็กคันนี้มีการเคลื่อนที่ด้วยระบบส่งกำลังแบบโซ่ เพลา เฟืองขับ และเฟืองตาม ดังนั้นแหล่งพลังงานที่จะทำให้รถเคลื่อนที่ได้คือพลังงานไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อมีการใช้ไฟเพื่อทำให้รถเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานในแบตเตอรี่จะหมดลงไปเรื่อยๆซึ่งเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งความเร็วจะลดลงช้าลงเรื่อยๆ จนรถหยุดจนกระทั่งแบตเตอรี่หมดซึ่งเก็บค่าการนำรถไฟฟ้าไปโดยมีข้อกำหนดว่าจะไม่มีการเบรก ใช้น้ำหนักบรรทุกที่ 70 กิโลกรัม และทำการทดสอบโดยใช้เวลา 30 นาที พบว่าในช่วงเวลา 2 นาทีแรกรถไฟฟ้าจะมีการเร่งจนถึงความเร็วสูงสุดของความเร็วที่คำนวณได้คือ 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วจะคงที่ไปจนใช้เวลาไป 15 นาที ความเร็วจะเริ่มลดลงไปเรื่อย ๆ จนกระแสไฟในแบตเตอรี่ค่อยๆหมดลงส่งผลให้ความเร็วรถช้าลงจนมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งเวลาการใช้งานต่อการชาร์ทไฟฟ้า 1 ครั้งเฉลี่ย ประมาณ 30 – 40 นาที

4.1.5 ผลการทดสอบอัตราเร่ง

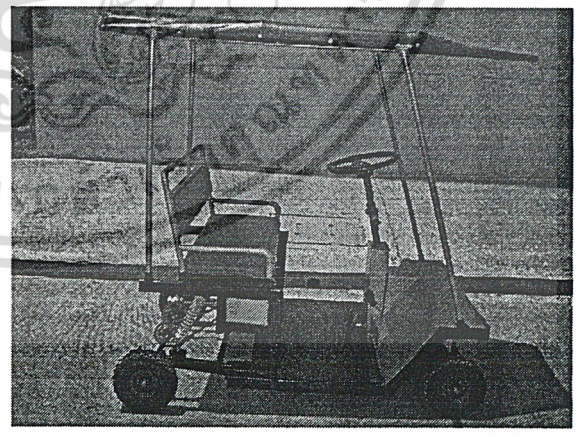
เนื่องด้วยรถไฟฟ้าขนาดเล็กมีความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 12 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง ซึ่งมีความเร็วที่ไม่สูงมากนัก ดังนั้นการทดสอบอัตราเร่งของรถไฟฟ้าคันนี้ จึงทดสอบที่อัตราเร่งด้วยความเร็วจาก 0 - 12 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง โดยการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา และอุปกรณ์จับความเร็ว โดยทางกลุ่มสามารถจับเวลาขณะที่รถทำความเร็วจาก 0 - 12 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง ได้ 10 วินาที

4.2 ลักษณะของภาพโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็กและส่วนประกอบต่างๆ

จะแสดงลักษณะของภาพโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็กและส่วนประกอบต่างๆ ลักษณะของการติดตั้งระบบต่างๆเข้ากับตัวรถโดยจะแสดงรายละเอียด ดังรูปด้านล่าง

4.2.1 ลักษณะภายนอกของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

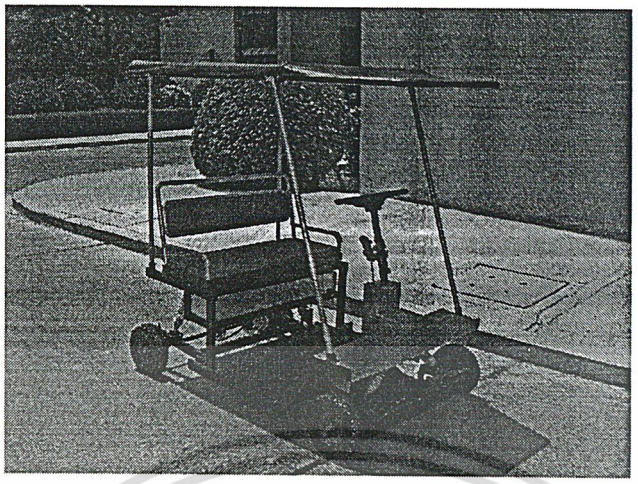
(ก)



(ข)

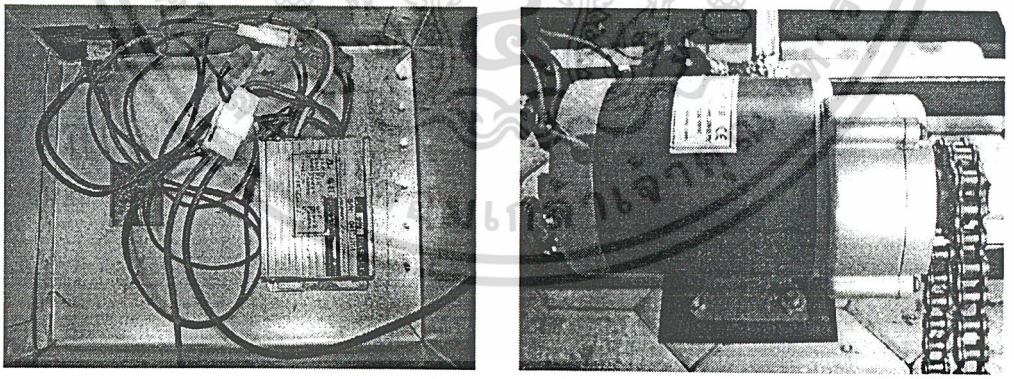
รูปที่ 4.1 (ก) รูปด้านหน้าของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก
(ข) รูปด้านข้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาพโดยรวมของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

รูปที่ 4.3 สวิตช์กุญแจ

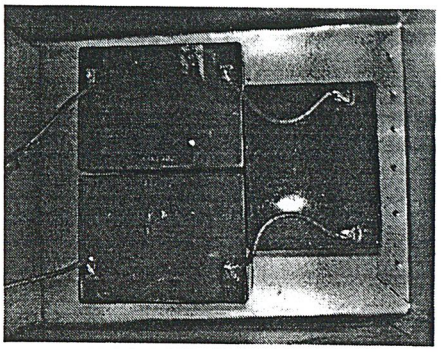


(ก) (ข)

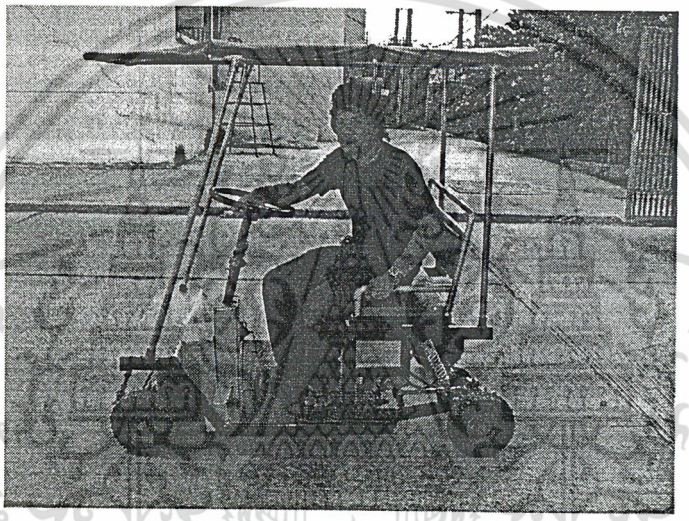
รูปที่ 4.4 ชุดควบคุมและมอเตอร์ที่ใช้ในรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

(ก) ชุดควบคุม (ข) มอเตอร์ที่ใช้

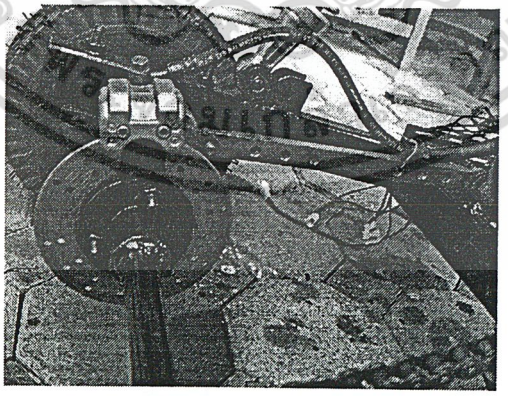
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการวางตำแหน่งและการต่อแบตเตอรี่

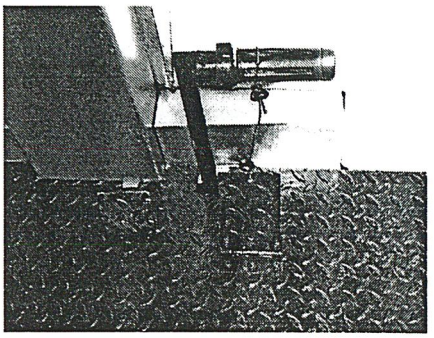


รูปที่ 4.6 รถไฟฟ้าขณะบรรทุก



รูปที่ 4.7 ระบบเบรกแบบดิสเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.8 (ก) คันเร่งและเบรก
(ข) สวิตช์เดินหน้าและถอยหลัง
(ค) สวิตช์เซนเซอร์เบรก

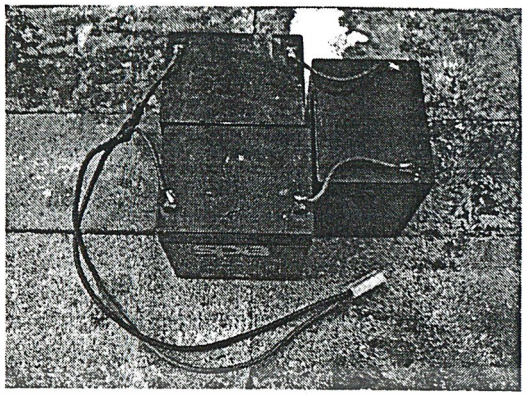
4.2.2 การเริ่มใช้งาน

เมื่อต้องการขับขี่รถไฟฟ้าขนาดเล็ก ตำแหน่งของกุญแจต้องอยู่ในตำแหน่ง ON และสวิตช์เลือกทิศทางอยู่ในตำแหน่งเดินหน้าหรือถอยหลังตามความต้องการของผู้ขับขี่ ตรวจเบรกเท้าต้องอยู่ในสภาวะปกติที่พร้อมจะทำงาน เมื่อเหยียบคันเร่งแล้วรถจะเริ่มเคลื่อนที่ตามที่เราต้องการ ความเร็วรถจะเพิ่มขึ้นเมื่อเหยียบคันเร่งลงไปมากและความเร็วจะลดลงเมื่อผู้ขับถอนคันเร่ง เมื่อต้องการหยุดรถเหยียบแป้นเบรกลงไปจะทำให้รถหยุด โดยขณะเหยียบเบรกแกนเบรกจะไปกดสวิตช์เซนเซอร์ทำให้ตัดการทำงานของมอเตอร์เพื่อป้องกันมอเตอร์ไหม้ขณะหยุดรถ หากต้องการเลิกใช้งานให้บิดสวิตช์มาตำแหน่ง OFF

4.2.3 ลักษณะของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่มอเตอร์และระบบควบคุม จึงถือว่าแบตเตอรี่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนในรถไฟฟ้าและแบตเตอรี่ยังเป็นตัวบอกถึงประสิทธิภาพในการใช้งาน รวมถึงอายุการใช้งานในแต่ละรอบของการอัดประจุของรถไฟฟ้า ในรถไฟฟ้าขนาดเล็กใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์จำนวน 3 ลูกต่ออนุกรมกันทางไฟฟ้าในการจ่ายพลังงาน ให้ได้ขนาดพิกัดแรงดัน 36 โวลท์ ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

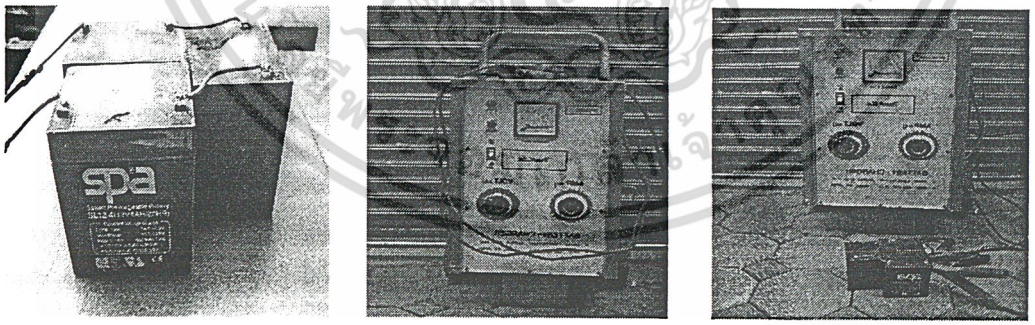


รูปที่ 4.9 ลักษณะการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมในรถไฟฟ้า

4.2.4 แบตเตอรี่และการชาร์ตแบตเตอรี่

ในกรณีที่แบตเตอรี่หมดหรือมีแรงดันต่ำจนไม่สามารถขับเคลื่อนต่อไปได้ควรมีการชาร์ตแบตเตอรี่ตามความเหมาะสม สถานที่ชาร์ตควรจะ แห้ง สะอาด มีอากาศถ่ายเท อยู่ห่างจากวัตถุไวไฟ ควรมีการระบายความร้อนให้กับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งขั้นตอนการชาร์ตแบตเตอรี่มีดังนี้

1. ปิดสวิตช์กุญแจให้อยู่ในตำแหน่ง OFF
2. เปิดฝาจุกแบตเตอรี่ออกพร้อมกับตรวจสอบระดับน้ำมัน
3. เสียบปลั๊กสำหรับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เข้ากับตัวแบตเตอรี่โดยต่อแบตเตอรี่ทั้ง 3 ลูกแบบอนุกรม
4. ปรับตั้งเครื่องชาร์ตแบตเตอรี่ให้จ่ายไฟตามขนาดความจุของแบตเตอรี่
5. ระยะเวลาในการชาร์ตประมาณ 8 – 10 ชั่วโมง จนแบตเตอรี่เต็ม
6. ถอดปลั๊กเครื่องชาร์ตออก นำรถไปใช้งานได้ตามปกติ



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.10 (ก) ลักษณะแบตเตอรี่ที่ใช้
(ข) เครื่องชาร์ตแบตเตอรี่
(ค) ลักษณะการชาร์ตแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การบำรุงรักษาและตรวจเช็ค

1. ตรวจเช็คน้ำกลั่นแบตเตอรี่ ถ้าน้ำกลั่นอยู่ระดับต่ำให้เติมเพิ่มจนได้ระดับ
2. ตรวจเช็คกำลังไฟที่คงเหลืออยู่ในแบตเตอรี่
3. ตรวจเช็คลมยางสัปดาห์ละครั้ง ควรให้แรงดันลมอยู่ประมาณ 28 – 30 PSI ยางที่มีลมไม่ถูกต้องจะทำให้ยางนอกเสียเร็วกว่ากำหนด ยังมีผลต่อการใช้งานตลอดจนความสามารถของระบบเบรก
4. ตรวจเช็คจุดต่อสายไฟทุกจุด ถ้าพบสายไฟขาดหรือชำรุด ให้ซ่อมทันที
5. ตรวจเช็คน้ำมันหล่อลื่นที่โซ่ส่งกำลัง ถ้าแห้งให้ทำการหยอดใหม่
6. ตรวจเช็คและอัดจาระบีในตำแหน่งลูกหมากของคันชักคันส่งและแกนพวงมาลัย
7. หมั่นตรวจเช็คการเกิดสนิมที่ตัวโครงรถเพื่อป้องกันโครงรถผุกร่อนก่อนเวลาอันควร
8. ทุกๆ 3 เดือน ควรถอดมอเตอร์ออกมาตรวจเช็คและทำความสะอาด ปรับแต่งซ่อมแซม
9. ตรวจสอบระดับน้ำมันเบรกว่าอยู่ในระดับที่กำหนด ตรวจการสึกหรอของผ้าเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก เป็นไปตามแผนและขอบเขตที่วางไว้ในเป้าหมายของโครงงาน โดยโครงงานจะเน้นให้เห็นถึง การออกแบบและการสร้าง ซึ่งต้องอาศัยหลักการพื้นฐานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การคำนวณ การออกแบบ การเขียนแบบ การสร้าง การเลือกใช้ส่วนประกอบของแต่ละระบบ การทดสอบสมรรถนะ ตลอดจนการปรับปรุงและการบำรุงรักษา

เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็กขึ้นมา ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จึงมุ่งเน้นไปในด้านของ ทฤษฎี การออกแบบและการคำนวณและการเขียนแบบเป็นสำคัญ สำหรับการนำไปใช้งานเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงและช่วยลดมลพิษ ทางเสียงและทางอากาศ รถไฟฟ้าขนาดเล็กจึงมีความเร็วไม่มากนัก ความเร็วของรถโดยประมาณอยู่ที่ 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้งานในโรงงานที่มีพื้นที่บริเวณโรงงานกว้าง เพื่อการติดต่อกันระหว่างอาคารหนึ่งกับอีกอาคารหนึ่งได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นการประหยัดน้ำมัน ลดมลพิษ ในการสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็กได้นำพื้นฐานด้านการออกแบบทางเครื่องกลมาประยุกต์ใช้ การสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

1. ตำแหน่งของมอเตอร์ที่ติดตั้งบริเวณสวิงอาร์มหลัง ทำให้โซ่มีการตึงและหย่อนในขณะนำไปใช้งาน จึงต้องมีการติดตั้งตัวดันโซ่เพื่อให้โซ่ตึงตลอดเวลา
2. การติดตั้งชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ต้องวางในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อป้องกันผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น
3. แบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ สามารถนำไปใช้งานได้เพียง 30 นาที ถ้าต้องการให้ใช้งานได้นานขึ้น สามารถเพิ่มขนาดของความจุของแบตเตอรี่ให้มากขึ้น
4. คันเร่งของรถมีการค้างเล็กน้อยขณะขับขี่ ปรับปรุงโดยการติดตั้งสปริงดึงกลับ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.ในการใช้งานของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก มีข้อจำกัดในด้านความเร็วที่ไม่มากนัก จึงไม่ควรขับขี่ขึ้นทางที่มีความชันมากๆและไม่ควรบรรทุกน้ำหนักมากเกินไป เพราะจะทำให้มอเตอร์รับโหลดมากเกินไปซึ่งจะทำให้มอเตอร์ชำรุดเสียหายได้

2.ในการชาร์ตไฟแบตเตอรี่แต่ละครั้ง ควรต่อวงจรให้ถูกต้องและปรับกระแสไฟจากตู้ชาร์ตให้ได้ตามกำหนด

3.ในการสร้างรถไฟฟ้าคันต่อไป ควรสร้างให้มีชุดเกียร์ทด เพื่อช่วยลดการทำงานอย่างหนักของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ควรมีการติดตั้ง เกจสำหรับวัดระยะทางและจำนวนไฟที่ยังเหลืออยู่ในแบตเตอรี่ด้วย

5.เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้รถ ควรขับขี่ด้วยความระมัดระวัง ไม่ประมาทเลินเล่อและปฏิบัติตามกฎจราจร

6.ปฏิบัติตามคำแนะนำในการบำรุงรักษารถไฟฟ้าขนาดเล็ก อย่างเคร่งครัด ตามระยะเวลาที่กำหนด

5.4 ข้อมูลทางเทคนิคของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทางเทคนิคของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

เครื่องต้นกำลัง	DC Motor
แรงเคลื่อน	36 โวลล์
กำลังแรงม้า	500 วัตต์
ระบบส่งกำลัง	เฟือง - โซ่
อัตราทด	1 : 4.9
ระบบบังคับเลี้ยว	คันชัก - คันส่ง ชุดแร็ค
ระบบรองรับน้ำหนักด้านหน้า	ระบบแขวนล้ออิสระแบบปีกนกและโช๊คอัพ
ระบบรองรับน้ำหนักด้านหลัง	สวิงอาร์มและโช๊คอัพ
ระบบเบรก	ดิสเบรก
แหล่งพลังงาน	แบตเตอรี่ 12 โวลท์ 3 ลูก ต่อแบบอนุกรมได้ แรงเคลื่อน 36 โวลท์
ระยะเวลาในการชาร์ตไฟ	8 - 10 ชั่วโมง
ระยะเวลาในการใช้งานต่อการชาร์ต 1 ครั้ง	30 นาที
ความเร็วสูงสุดที่ทำได้	12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราเร่ง จาก0- 12 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง	10 วินาที
น้ำหนักรถไฟฟ้าขนาดเล็ก	150 กิโลกรัม
น้ำหนักบรรทุก	230 กิโลกรัม
รัศมีวงเลี้ยวแคบสุด	2 เมตร
ความกว้างตัวรถ	1040 ม.ม.
ความยาวตัวรถ	1600 ม.ม.
ความสูงของตัวรถ	1600 ม.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. จำนงค์ พุ่มคำ, 2543. วิศวกรรมยานยนต์. กรุงเทพฯ :สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
2. ชนะ กสิภาร์, 2528. ความแข็งแรงของวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 9,กรุงเทพฯ :ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.
3. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ แผนกช่างยนต์ก,1 มิถุนายน 2532. การซ่อมบำรุงรถจักรยานยนต์. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต กรุงเทพฯ : บริษัท เจเนอรัลบุ๊คส์ จำกัด.
4. เธียรชัย บุณยะกุล, 2543.ระบบกันสะเทือนและเบรก. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
5. เธียรชัย บุณยะกุล และ สมศักดิ์ นรสิงห์, 2542. เทคนิคยานยนต์ เล่ม 1 : โครงสร้าง ล้อ ยาง ระบบกันสะเทือน. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).
6. บัญชา ธนบุญสมบัติ, 2542.การออกแบบทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่1,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).
7. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2544. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่มที่1. พิมพ์ครั้งที่ 10 ,กรุงเทพฯ: บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น.
8. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, 2541. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่มที่2 ,กรุงเทพฯ:บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น.
9. ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2541. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกลไฟฟ้า 1. พิมครั้งที่ 6,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

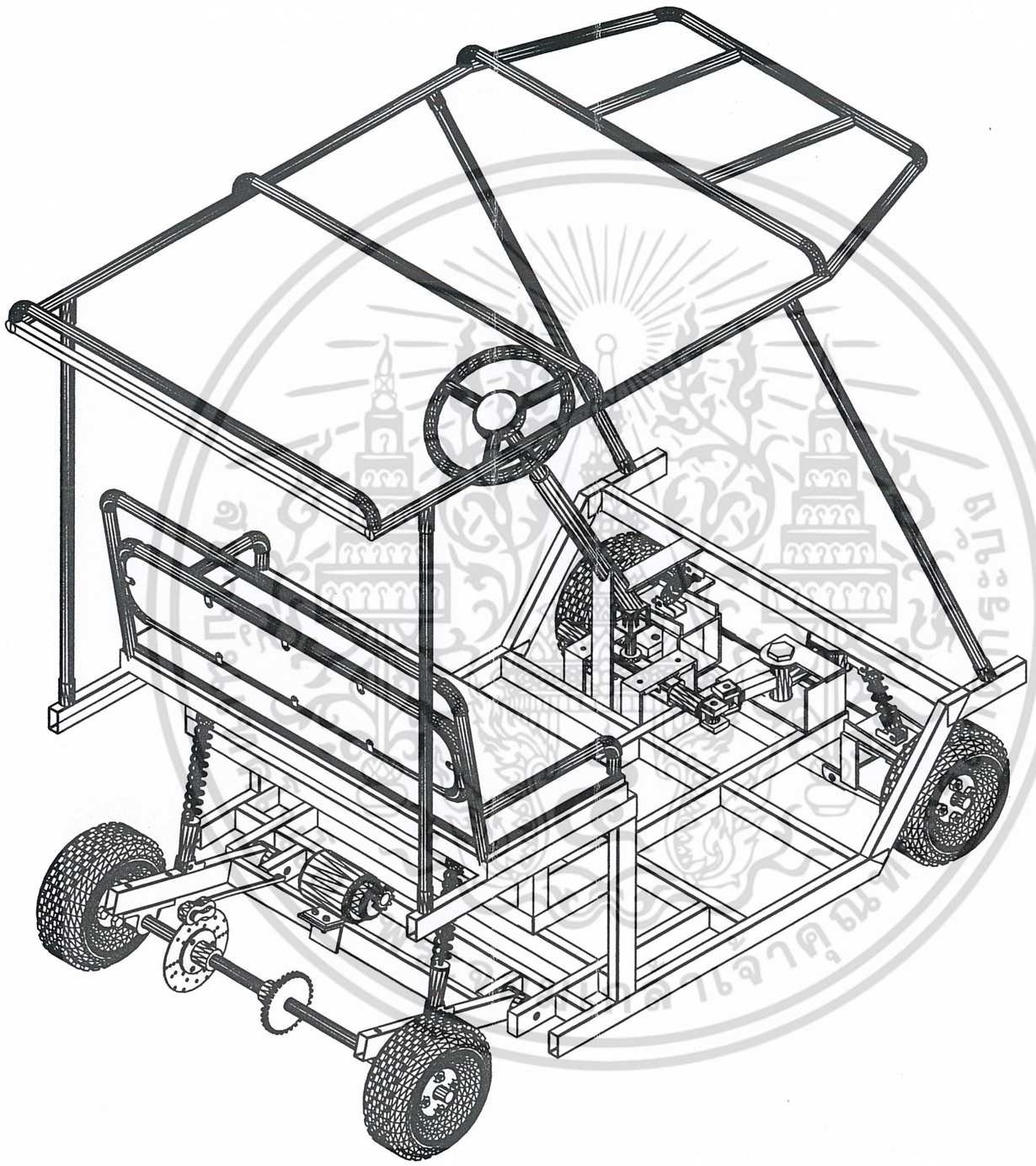
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

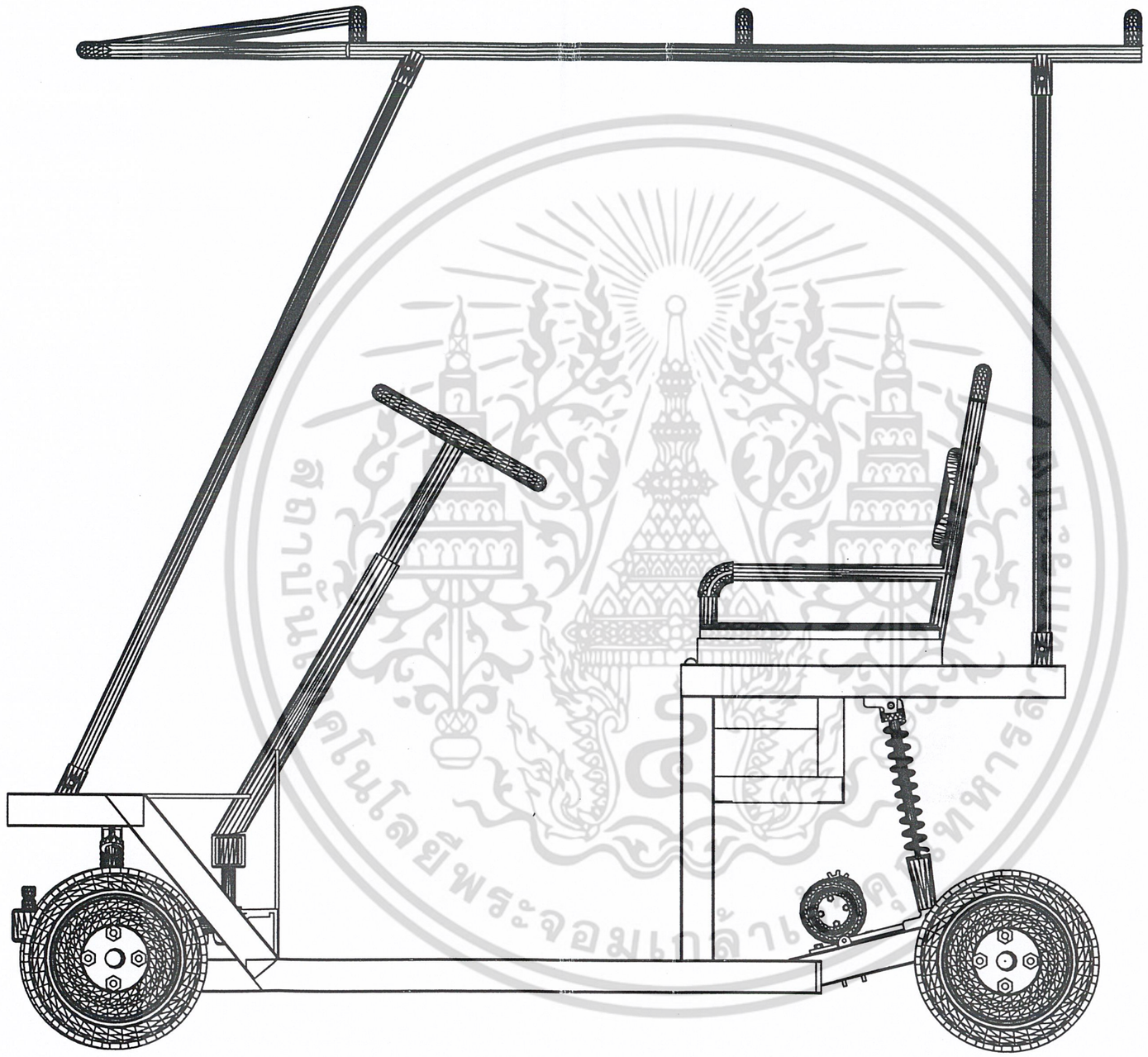
ชิ้นที่	รายการ	ชิ้นย่อยที่	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:10	
				ชื่อชิ้นงาน ภาพด้านหน้า	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



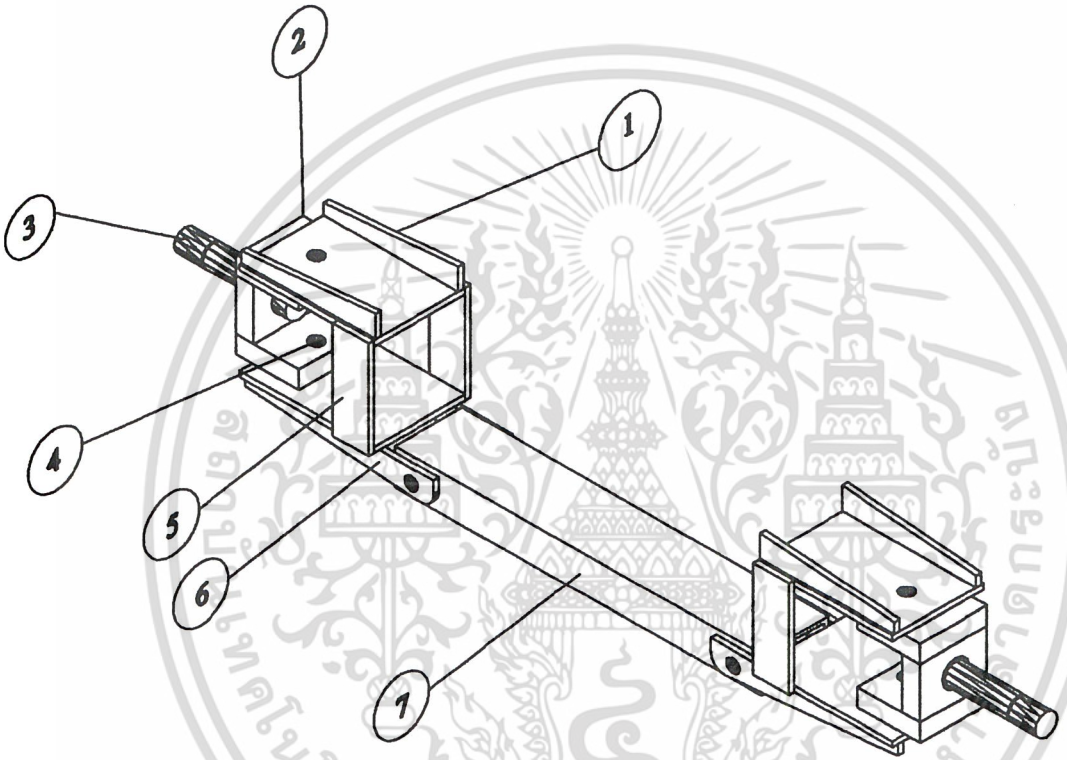
ชิ้นที่	รายการ	ชิ้นย่อยที่	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:10	
				ชื่อชิ้นงาน ภาพด้านหลัง	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 02/03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

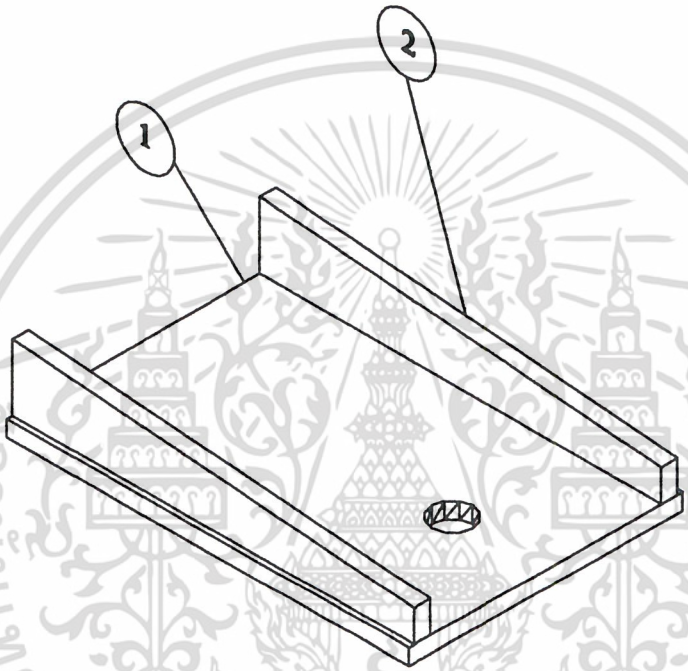


ชิ้นที่	รายการ	ชิ้นย่อยที่	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:10	
				ชื่อชิ้นงาน ภาพด้านข้าง	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 03/03

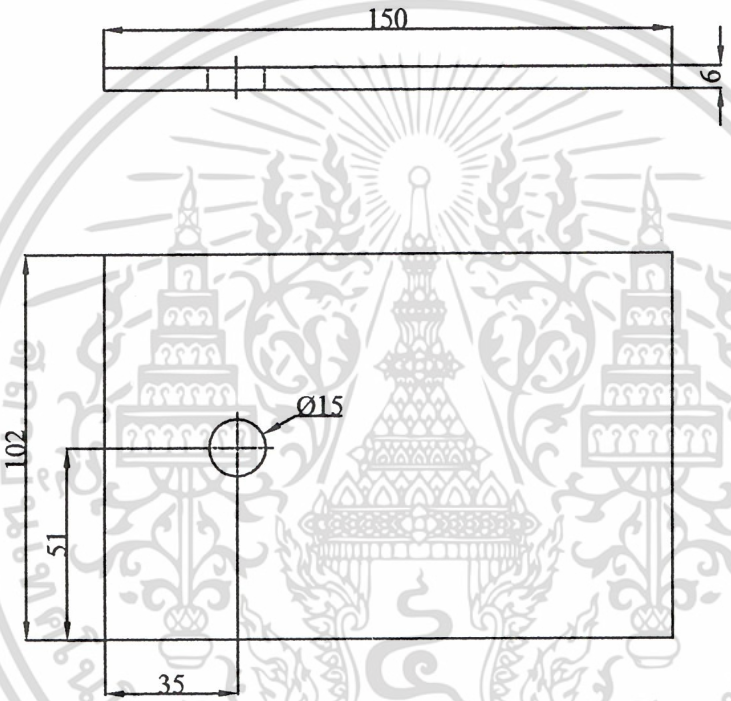
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



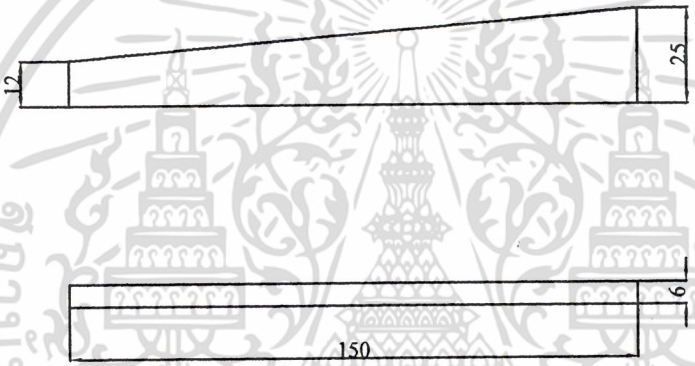
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:6	
7	ปีกล่าง	2	6	ชื่อชิ้นงาน ชุดปีกนก	
6	รางยึดปีกนก	1	1		
5	แผ่นยึดปีกบนและปีกล่าง	4	4		
4	บูช	4	4	หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/01
3	เพลายึดดุมล้อ	2	2		
2	ตัวซี	2	6		
1	ปีกบน	2	6		



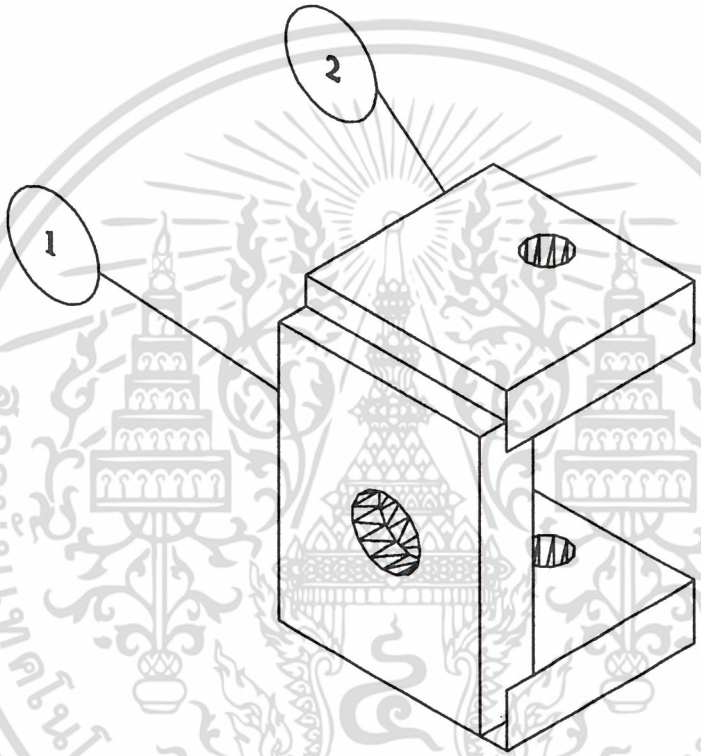
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:2	
				ชื่อชิ้นงาน ปีกบน	
1	ปีกบน		2	หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/03



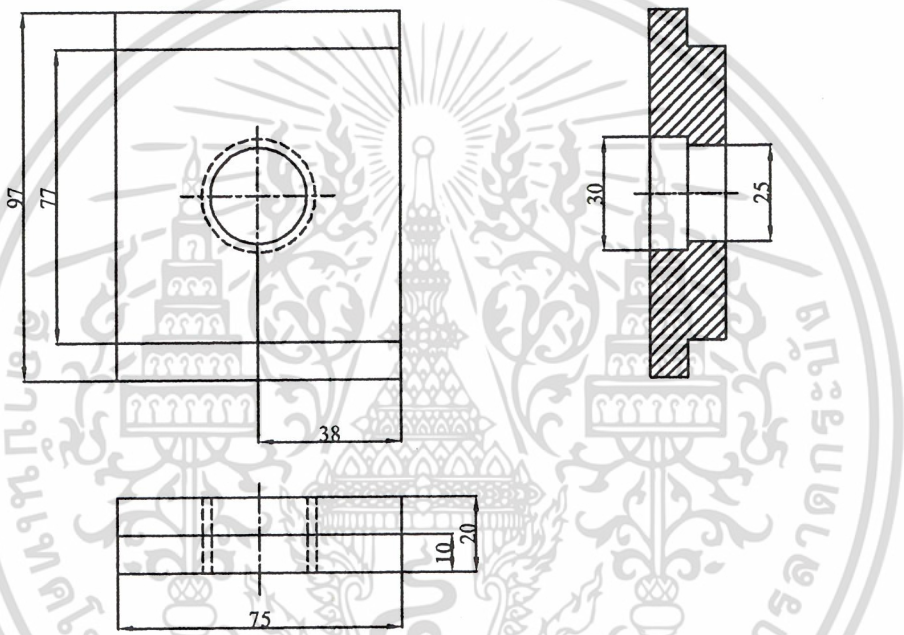
ชิ้นที่	รายการ	ชิ้นย่อยที่	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:2	
				ชื่อชิ้นงาน ปีกบน	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 02/03
1	แผ่นยึดประกับบน	1	2		



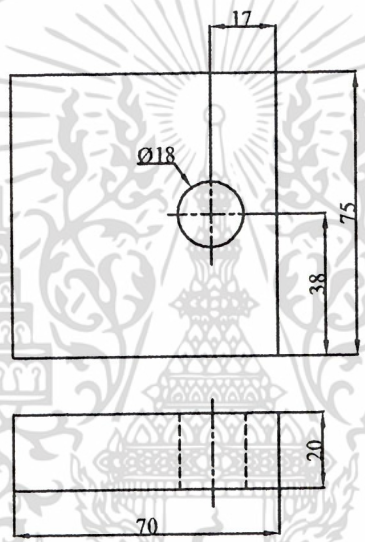
ชิ้นที่	รายการ	ชิ้นย่อยที่	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:2	
				ชื่อชิ้นงาน ปีกบน	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 03/03
1	แผ่นประกับบน	2	4		



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:2	
				ชื่อชิ้นงาน ตัวซี	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/03
2	ตัวซี	2	2		

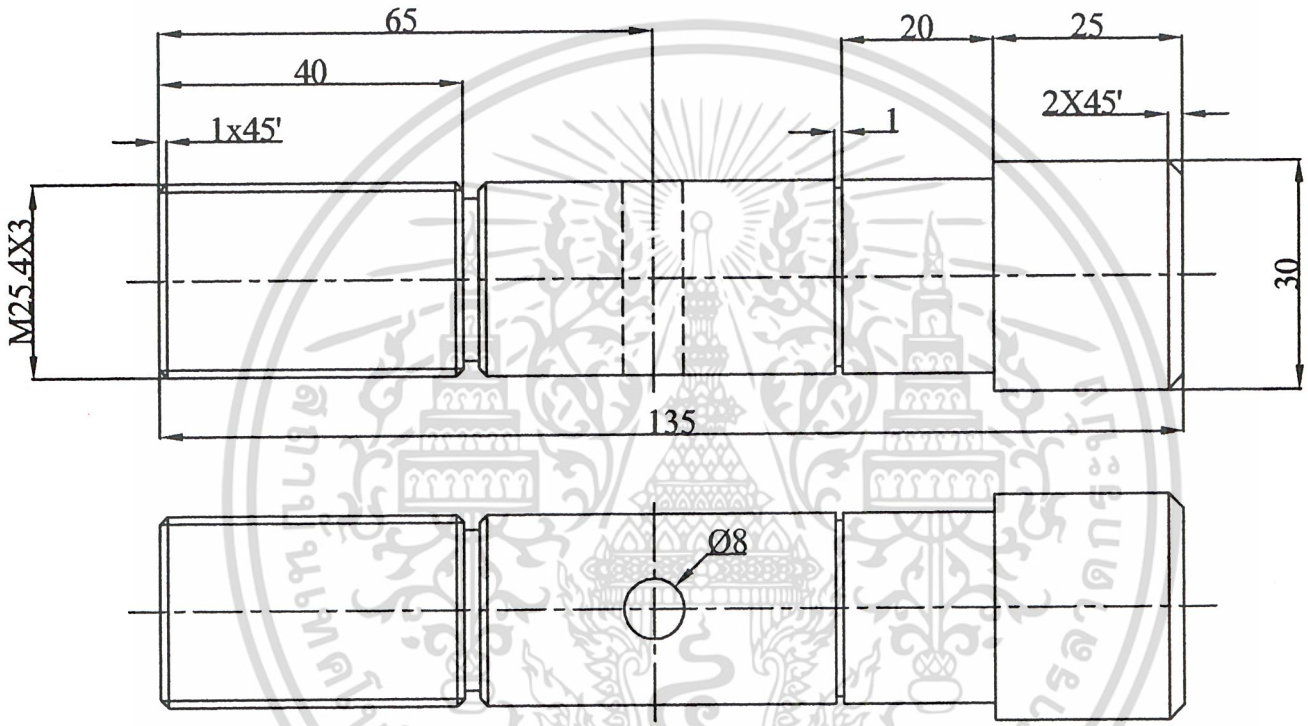


ชิ้นที่	รายการ	ชิ้นย่อยที่	จำนวนทั้งหมด	มาตราส่วน 1:2	
				ชื่อชิ้นงาน ตัวซี	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 02/03
2	ตัวยึดแผ่นประกบ	1	2		



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
2	แผ่นประกบ	2	2

มาตราส่วน 1:2	
ชื่อชิ้นงาน ตัวซี	
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 03/03

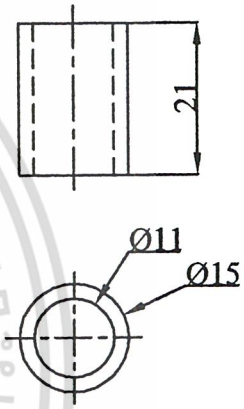


ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
3	น็อตยึดล้อ		2

มาตราส่วน	1:1
ชื่อชิ้นงาน	น็อตยึดล้อ
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/01

5

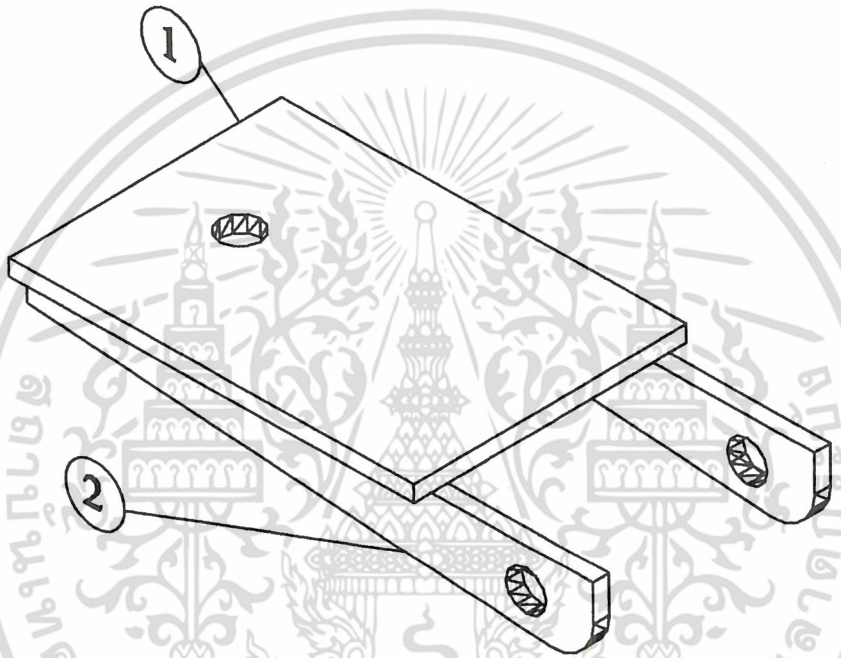
4



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
5	แผ่นยึดปีกบนและปีกล่าง		4
4	บูช		4

มาตราส่วน	1:1
ชื่อชิ้นงาน	-แผ่นยึดปีกบนและปีกล่าง -บูช
หมายเลขแบบ	01
แผ่นที่	01/01

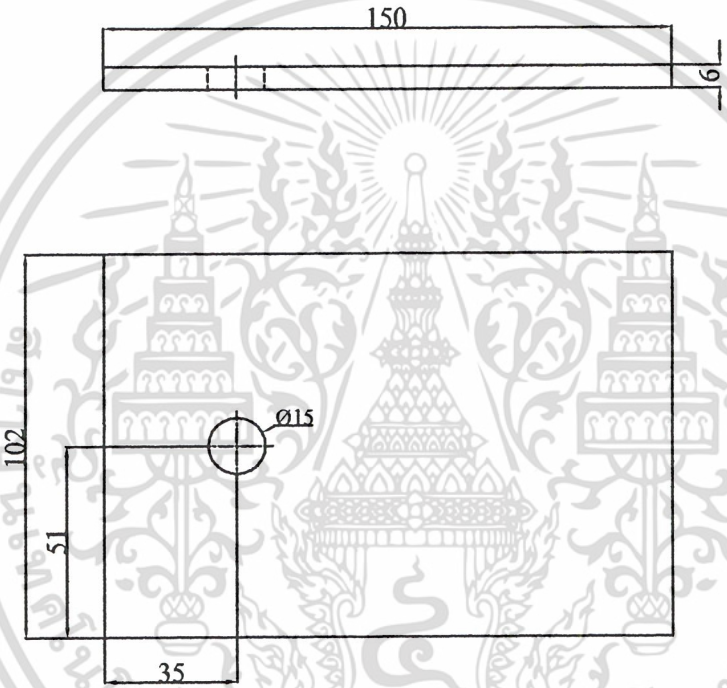
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
6	ปีกล่าง		2

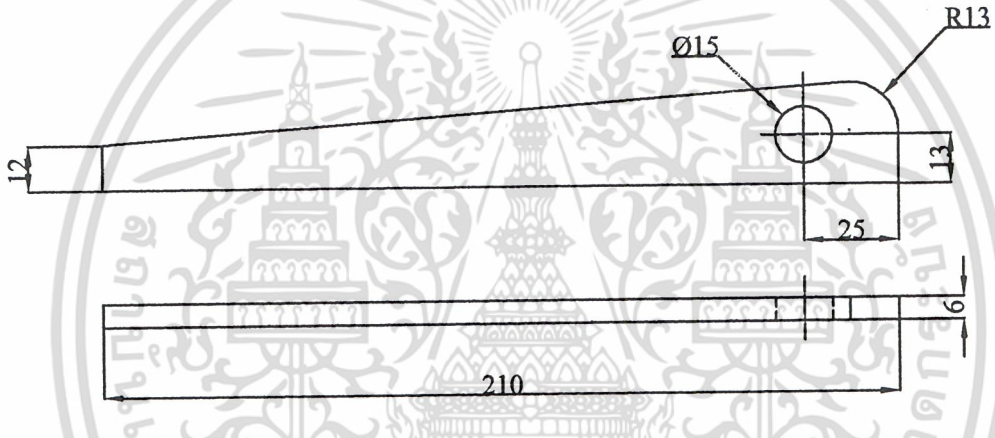
มาตราส่วน 1:2	
ชื่อชิ้นงาน ปีกล่าง	
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/03

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



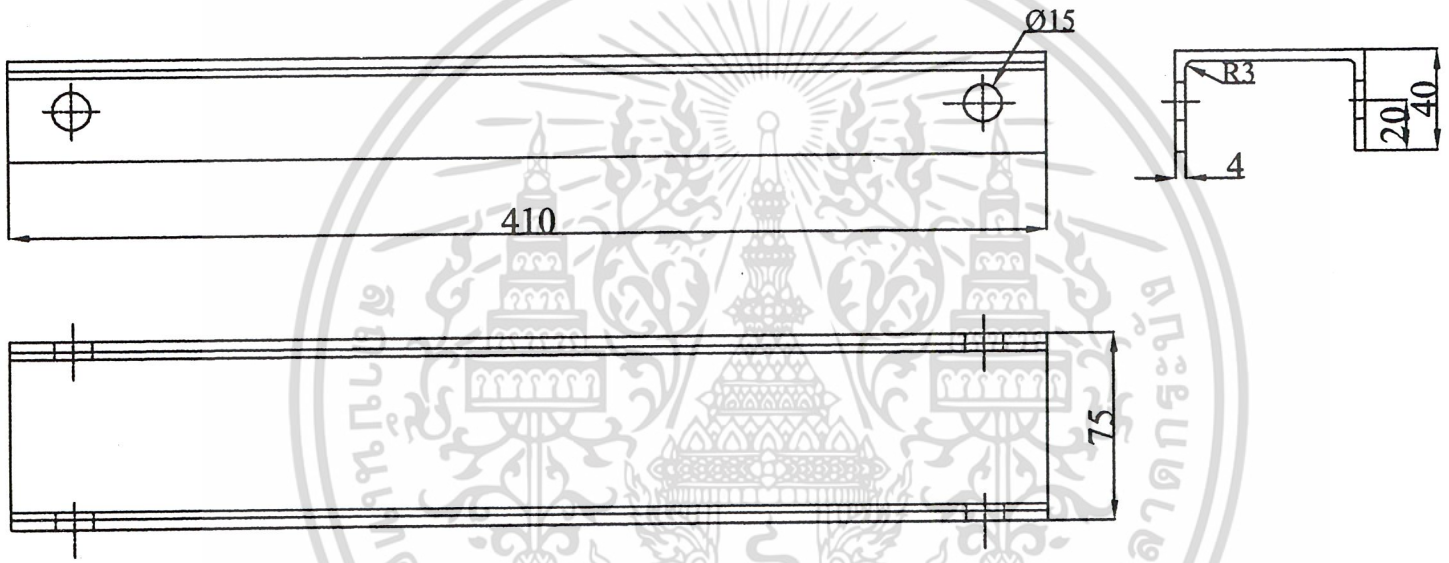
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
6	แผ่นยึดประกับล่าง	1	2

มาตราส่วน	1:2
ชื่อชิ้นงาน	ปีกล่าง
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 02/03



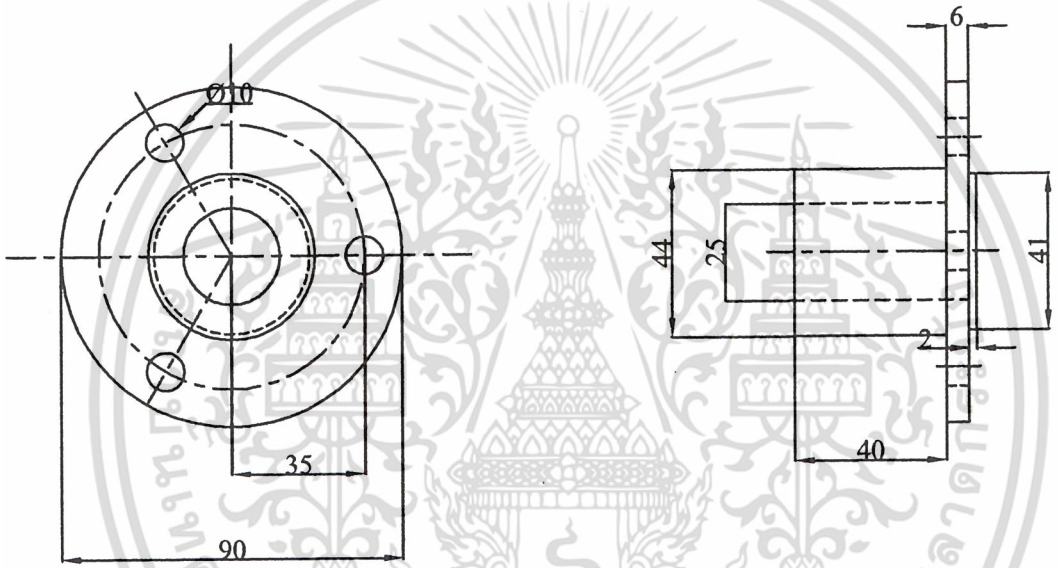
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
6	แผ่นประกับล่าง	2	4

มาตราส่วน 1:2	
ชื่อชิ้นงาน ปีกล่าง	
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 03/03



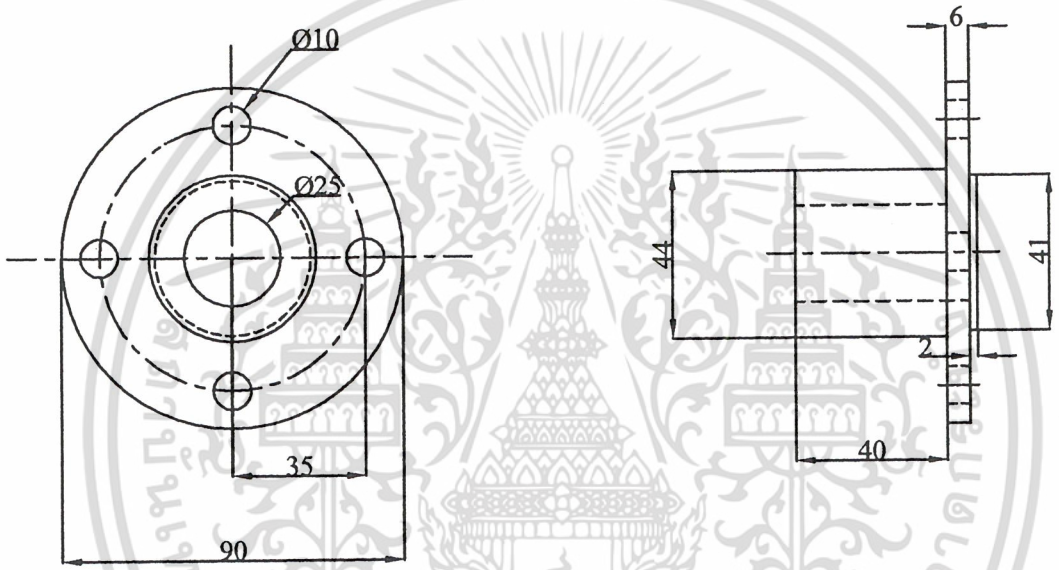
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
7	รางยึดปีกนก		1

มาตราส่วน	1:3
ชื่อชิ้นงาน	รางยึดปีกนก
หมายเลขแบบ	01
แผ่นที่	01/01



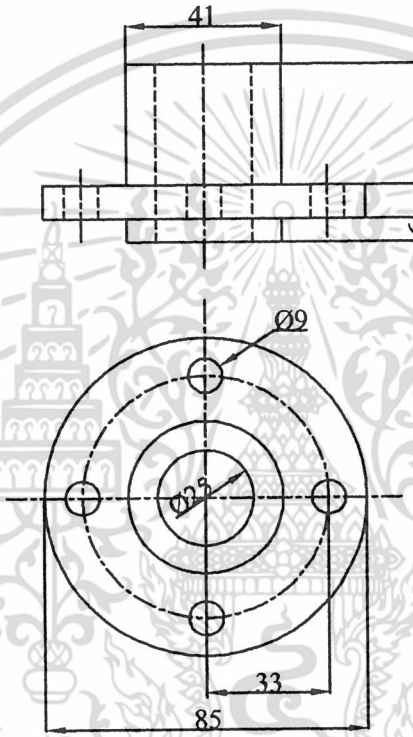
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนย่อย
	แป้นยึดจานดิสเบรก		1

มาตราส่วน	1:2
ชื่อชิ้นงาน	แป้นยึดจานดิสเบรก
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/01



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนย่อย
	แป้นยึดสเตอร์		1

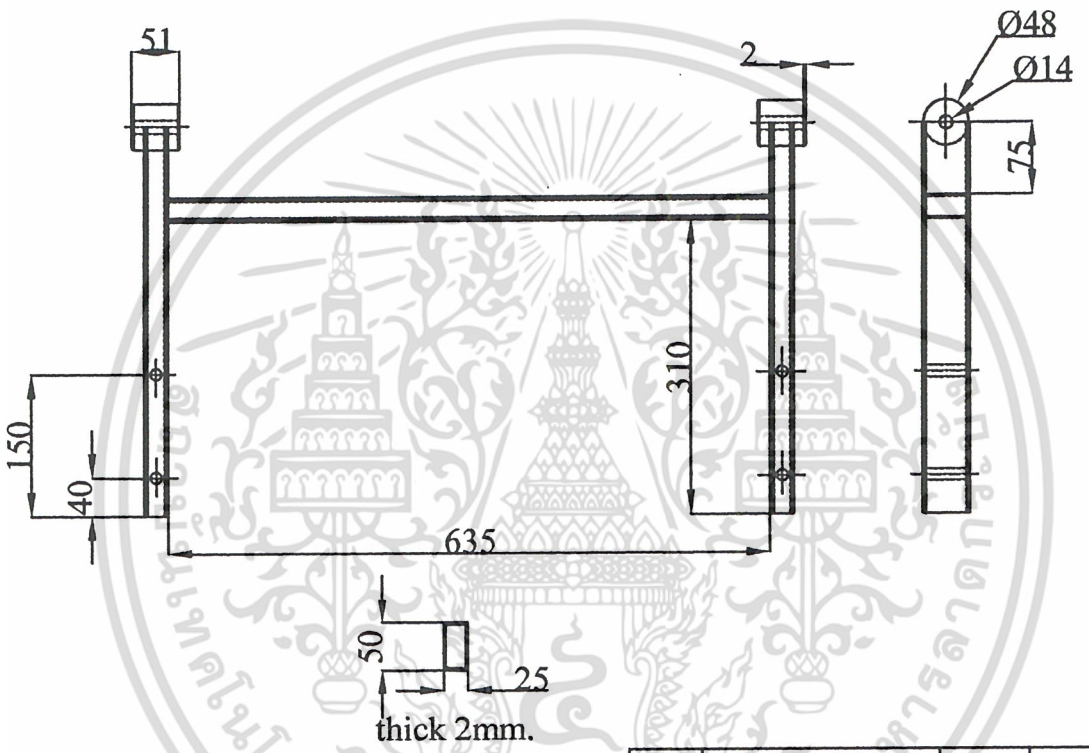
มาตราส่วน	1:2
ชื่อชิ้นงาน	แป้นยึดสเตอร์
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/01



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนทั้งหมด
	ดุมล้อ		4

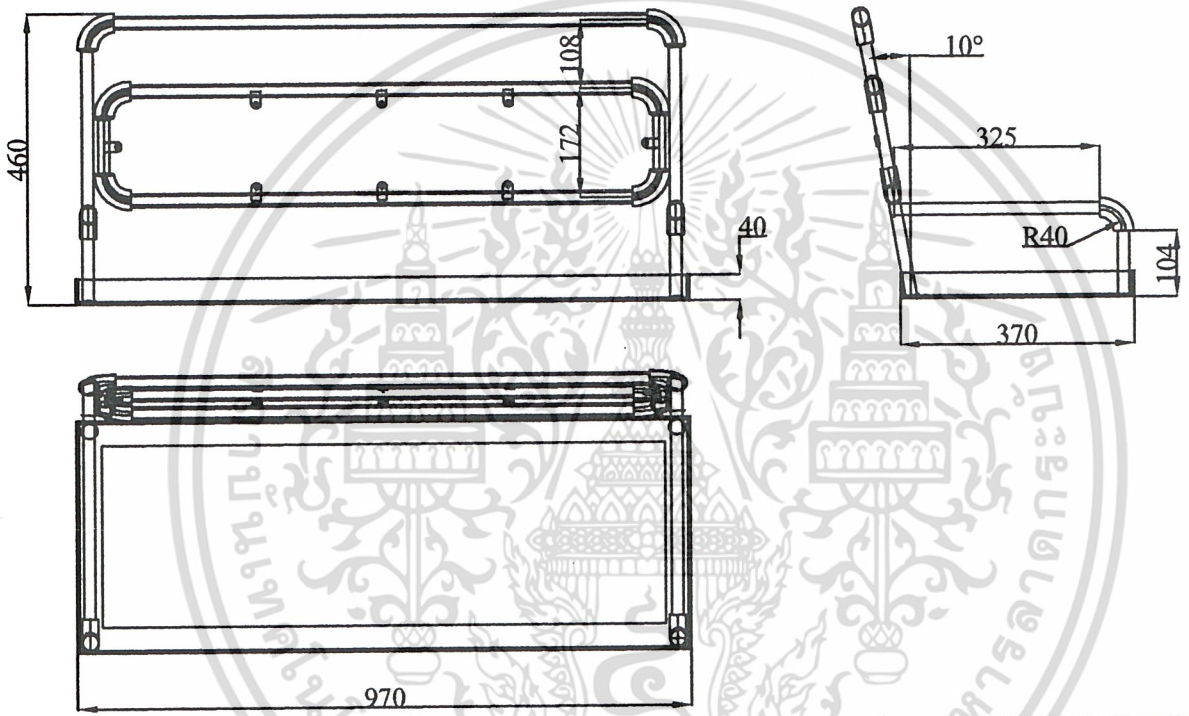
มาตราส่วน	1:2
ชื่อชิ้นงาน	ดุมล้อ
หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/01

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

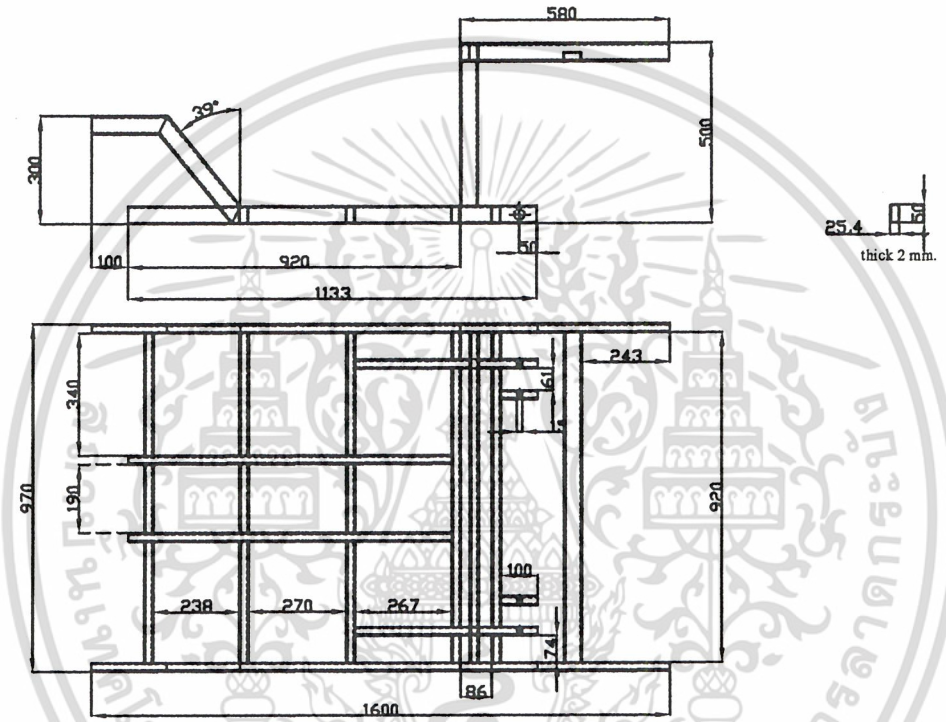


ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนย่อย
	สวิงอาร์ม		1

มาตราส่วน	1:8
ชื่อชิ้นงาน	สวิงอาร์ม
หมายเลขแบบ	01
แผ่นที่	01/01

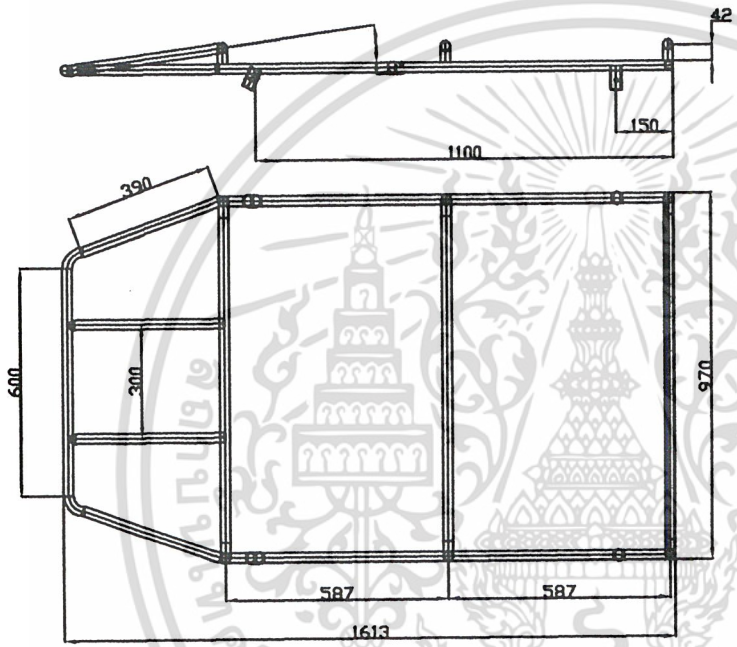


ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนย่อย	มาตราส่วน 1:12	
				ชื่อชิ้นงาน โครงเก้าอี้	
				หมายเลขแบบ 01	แผ่นที่ 01/01
	โครงเก้าอี้		1		



ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนย่อย
	โครงรถ		1

มาตราส่วน	1:21
ชื่อชิ้นงาน	โครงรถ
หมายเลขแบบ	01
แผ่นที่	01/01



เหล็กท่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม.

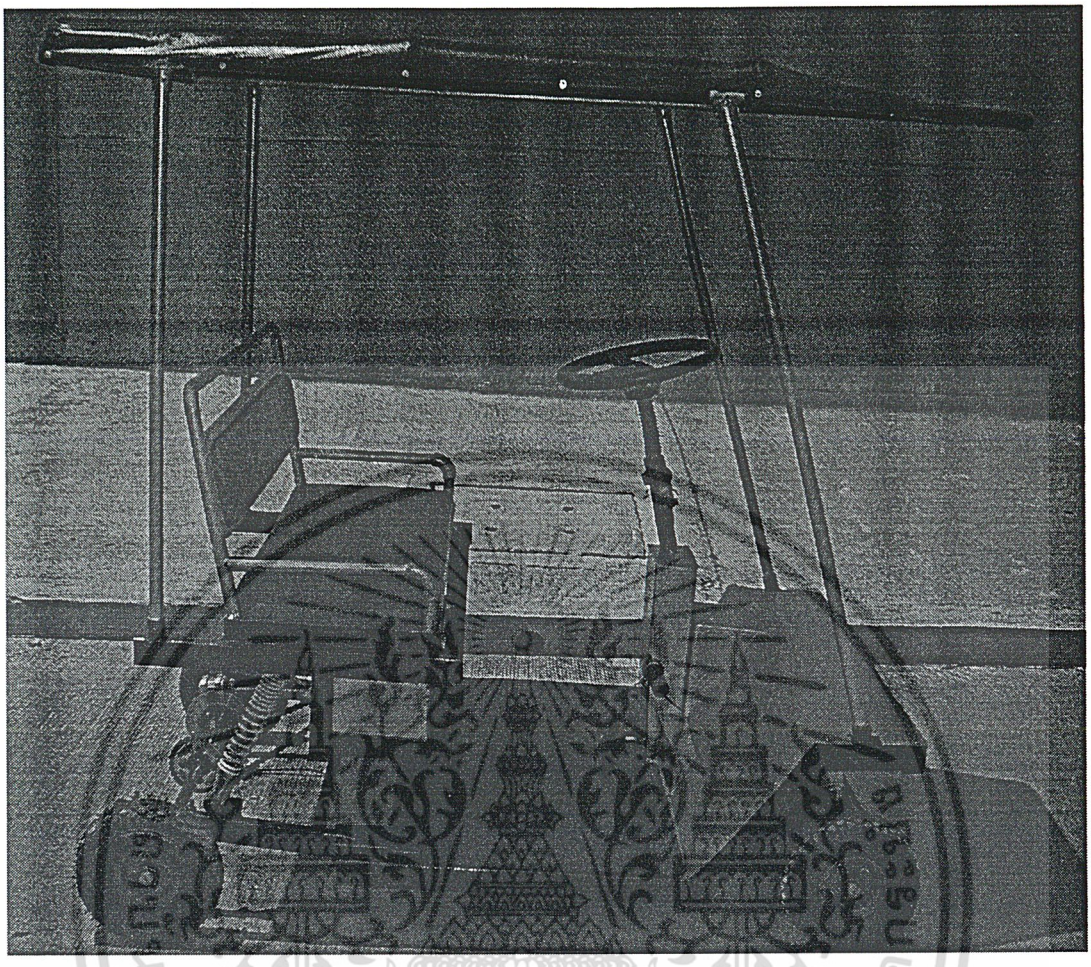
ชิ้นที่	รายการ	จำนวน	จำนวนย่อย
	โครงหลังคา		1

มาตราส่วน	1:21
ชื่อชิ้นงาน	โครงหลังคา
หมายเลขแบบ	01
แผ่นที่	01/01

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

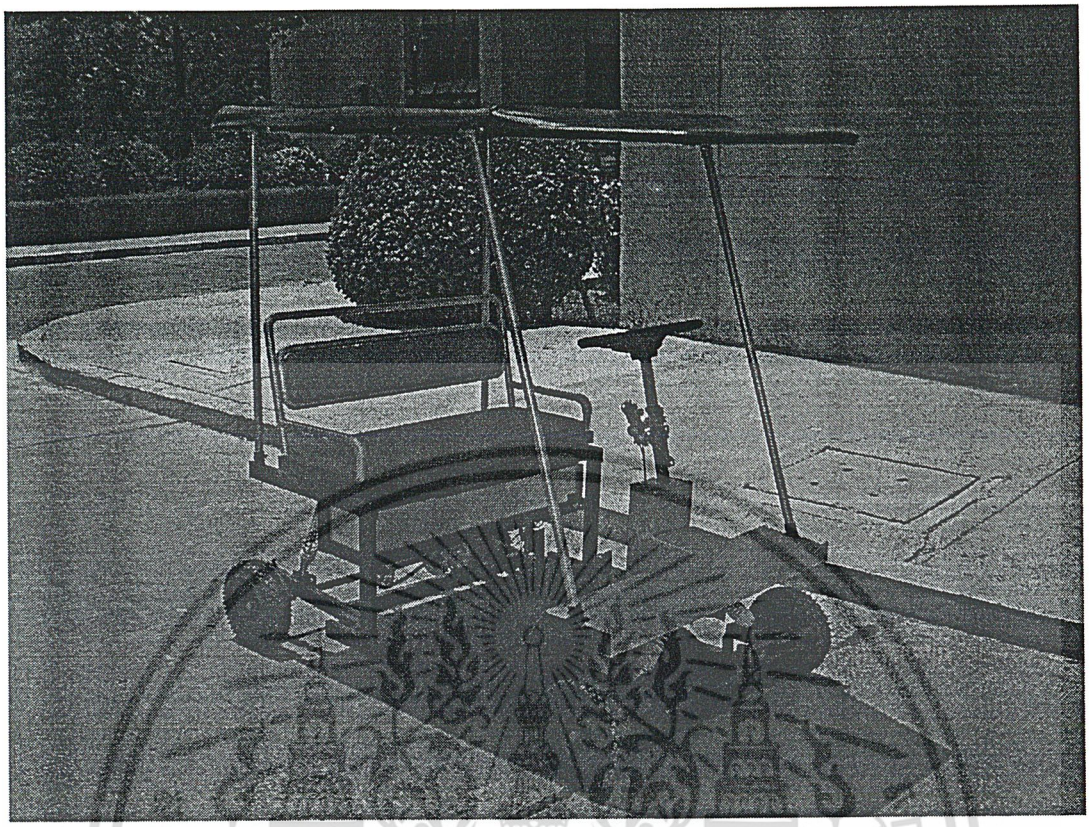
ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผข 1 ภาพด้านข้างของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผข 2 ภาพด้านหน้าของรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้