ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม
Electric Vehicle for agricultural purposes

ณัฐวุฒิ ดีสกุล
ธนวัฒน์ มะลิฉ่ำ
เมธา ลัดดากุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electric Vehicle for agricultural purposes

NATTAWUD DEESAKUL
THANAWAT MALICHAM
METHA LADDAKUL

A THESIS UBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTAION ENGINEERING
FACLTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม
Electric Vehicle for agricultural purposes

นักศึกษาผู้จัดทำ นายณัฐวุฒิ ดีสกุล รหัสนักศึกษา 62015040
นายธนวัฒน์ มะลิฉ่ำ รหัสนักศึกษา 62015051
นายเมธา ลัดดากุล รหัสนักศึกษา 62015099

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2564

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์	
รศ.รอ.ดร.วีรเชษฐ์ ขันเงิน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม Electric Vehicle for agricultural purposes		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณัฐวุฒิ	ดีสกุล	รหัสนักศึกษา 62015040
	นายธนวัฒน์	มะลิฉ่ำ	รหัสนักศึกษา 62015051
	นายเมธา	ลัดดากุล	รหัสนักศึกษา 62015099
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ.รอ.ดร.วีรเชษฐ์ ขันเงิน		
ปีการศึกษา	2564		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม (Electric vehicle for agricultural purposes) โดยทั่วไปเป็นการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ในการทำเกษตรกรรม ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน จึงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรและเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นโครงงานนี้จึงออกแบบและสร้างยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม โดยดัดแปลงจากต้นแบบรถไถขนาดเล็กให้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน โดยมีแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ฟอสเฟต เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานเพื่อจ่ายพลังงานให้กับอินเวอเตอร์ซึ่งเป็นตัวควบคุมมอเตอร์ BLDC Motor โดยมอเตอร์จะทำการส่งกำลังผ่านเฟืองทด จำนวน 3 ชั้น 1:5 ,1:4, 1:4 เพื่อเพิ่มแรงบิดในการขับเคลื่อนให้สูงขึ้น โดยมีระบบช่วยการขับขี่ยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้การประมวลผลภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเสริมความปลอดภัยในการขับขี่ สามารถขับเคลื่อนได้ทุกสภาพพื้นผิว เช่น พื้นที่ขรุขระ พื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้นซึ่งสามารถบรรทุกได้สูงสุดที่น้ำหนัก 600 กิโลกรัม ซึ่งทำความเร็วสูงสุด 7 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีระยะเวลาการใช้งาน 30 นาทีต่อการชาร์จ 1 ครั้ง โดยสามารถควบคุมและแสดงผลประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชั่น E-motor แบบเวลาจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Electric Vehicle for Agricultural Purposes		
Authors	Mr. Nattawud	Deesakul	Student ID. 62015040
	Mr. Thanawat	Malicham	Student ID. 62015051
	Mr. Metha	Laddakul	Student ID. 62015099
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Taweepol Suesut		
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Werachet Khanngern		
Year	2021		

ABSTRACT

This thesis is to develop electric vehicle for agricultural purposes, generally using internal combustion engines in agriculture which uses diesel as a fuel for propulsion. Thus causing the wastage of resources and is a problem to the environment. Therefore, this project designs and builds multipurpose electric vehicles for agriculture by modifying from the prototype of a small tractor to use electric power for driving. It has a lithium ion phosphate battery as the energy storage facility to supply power to the inverter, which is the BLDC Motor controller. The motor transmits power through a three-stage 1:5 ,1: gear reducer. 4, 1:4 to increase the driving torque higher. It has a system to help drive electric vehicles using artificial intelligence image processing to enhance driving safety. This EV tractor can be driven on all surfaces such as rough terrain farmland etc., which can carry a maximum weight of 600 kg, which has a maximum speed of 7 km / hour. It has a usage time of 30 minutes per charge, which can be controlled and displayed in real time through the E-motor application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับคำปรึกษาและความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์.ดร. ทวีพล ซื่อสัตย์ และ รองศาสตราจารย์.ดร. วีรเชษฐ์ ขันเงิน อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียไม่ได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบรรดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจาก ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูปภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง **3**

2.1 ยานยนต์อเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม 3

2.2 ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม 4

2.3 การวิจัยและพัฒนารถไฟฟ้าในต่างประเทศ 4

2.4 การวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีรถไฟฟ้าภายในประเทศ 5

2.5 DC มอเตอร์ 6

2.5.1 มอเตอร์ชนิดมีแปลงถ่าน 6

2.5.2 มอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน 7

2.5.3 มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) 8

2.6 อินเวอร์เตอร์(Inverter) 8

2.7 ประเภทของการส่งถ่ายกำลัง 10

2.7.1 การใช้โซ่ส่งกำลัง 10

2.7.2 การใช้สายพานส่งกำลัง 11

2.7.3 การใช้ฟันเฟืองส่งกำลัง 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.8 ทฤษฎีการคำนวณหากำลังพิกัด(Rated Power)ของมอเตอร 11
2.8.1 แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ (FRR) 13
2.8.2 แรงที่ใช้ไต่ (FGR, force required to climb a grade resistance) 13
2.8.3 แรงที่ใช้ในการเร่งให้ได้ความเร็วที่กำหนด (FAC) 13
2.8.4 แรงต้านอากาศ (Air dag force, FAD) 13
2.8.5 การคำนวณหาแรงบิดที่ล้อ 13
2.8.6 ตรวจสอบการเกิดสลิปที่ล้อ 14
2.8.7 การเลือกมอเตอร์ 14
2.9 คำนวณทางไฟฟ้า 14
2.9.1 การหาค่าพลังงานของอุปกรณ์ 14
2.9.2 การหาขนาดสายไฟขาเข้า Inverter Controller (DC) 14
2.9.3 การหาขนาดกระแสขาออก Inverter Controller 3 เฟส (AC) 15
2.10 การจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป 15
2.10.1 คุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าในการจดทะเบียน 15
2.10.1.1 ขนาดสัดส่วนของรถ 15
2.10.1.2 ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ 16
2.10.1.3 กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถ 16
2.10.2 ขั้นตอนการจดทะเบียนรถ 17
2.10.2.1 การรับรองเครื่องอุปกรณ์ของรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต 17
2.10.2.2 การส่งบัญชีรับและะจำหน่ายรถ 18
2.10.2.3 การตรวจสภาพ 18
2.10.2.4 ดำเนินการจดทะเบียน 19
2.10.3 การแก้ไขจากเครื่องยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 19
2.10.3.1 หนังสือรับรองของวิศวกร 19
2.10.3.2 ผลทดสอบ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 21

3.1 การออกแบบระบบกำลังในยานยนต์ไฟฟ้า 22

3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 29

3.2.1 ออกแบบโครงสร้างโดยใช้โปรแกรม Sketch up Pro2020 29

3.2.2 การจัดหาโครงสร้างรถไถ่แล้วนำมาดัดแปลง 30

3.2.3 ทำการวางหลังคาเป็นโซล่าเซลล์ที่วางอุปกรณ์ และซ่อมแซมช่วงล่าง 30

3.2.4 การดัดแปลงและการซ่อมแซมโครงสร้างเสร็จ 31

3.2.5 จัดวางและติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและชุดควบคุมต่างๆ 31

3.2.6 จัดวางและติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและชุดควบคุมต่างๆ 35

บทที่ 4 ผลการทดลอง 36

4.1 ผลการทดลอง 36

4.1.1 ผลการทดลองวัดค่ากระแส 36

4.1.2 ผลการทดลองวัดค่าพลังงานที่ใช้ 39

4.2 ผลการดำเนินงาน 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 42

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 42

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ปัญหา 43

5.2.1 ปัญหาที่พบ 43

5.2.2 แนวทางการแก้ปัญหา 43

5.3 ข้อเสนอแนะ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....44

ภาคผนวก ก Application E-motor.....45

ภาคผนวก ข วิธีการใช้งาน TIP MARK 1.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนของรถที่จะรับจดทะเบียน 15
2.2 ตารางแสดงส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถที่จะรับจดทะเบียน 16
2.3 ตารางกำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์ 18
3.1 กำหนดสเปคของยานยนต์ไฟฟ้า 22
3.2 ระยะเวลาในการชาร์จ 29
4.1 ตารางทดลองวิ่งผิวทางเรียบ 36
4.2 ตารางทดลองวิ่งผิวทางขรุขระ 37
4.3 ตารางทดลองพื้นที่ทุ่งหญ้า 37
5.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 เครื่องยนต์สันดาปภายใน ... 3
2.2 รถไถอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม ... 3
2.3 มอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่าน ... 7
2.4 มอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน ... 7
2.5 มอเตอร์ permanent magnet ... 8
2.6 การทำงานของอินเวอร์เตอร์(Inverter) ... 9
2.7 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร ... 9
2.8 การส่งถ่ายกำลังแบบโซ ... 10
2.9 การส่งถ่ายกำลังแบบสายพาน ... 11
2.10 การส่งถ่ายกำลังแบบฟันเฟือง ... 11
2.11 EV power train design ... 12
2.12 การออกแบบระบบกำลังในรถไฟฟ้า ... 12
3.1 สเปครถไถนาเครื่องยนต์สันดาป ... 21
3.2 ค่าความต้านทานของพื้นผิว ... 22
3.3 สมการการคำนวณ CG ... 26
3.4 เทคนิคการเลือกซื้อเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า EV Charger ให้เหมาะกับรถยนต์ ... 29
3.5 การออกแบบโครงสร้างของยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม ... 29
3.6 (ก) จัดหาโครงรถ ... 30
(ข) ขัดและทาสีกันสนิม ... 30
3.7 (ก) ซ่อมแซมช่วงล่าง ... 30
(ก) ติดตั้งฐานเบาะนั่ง ... 30
(ก) ทำโครงสร้างหลังคา เพื่อวางโซล่าเซลล์ ... 30
(ก) ทำฐานเพื่อเตรียมจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้า ... 30
3.8 โครงสร้างที่พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม ... 31
3.9 ติดตั้งตัวต้นกำลังและโซ่ล่าเซลล ... 31
3.10 ติดตั้ง Inverter Controller ... 31
3.11 ติดตั้งระบบช่วยในการขับขี่ยานยนต์ไฟฟ้า ... 32
3.12 แพ็กแบตเตอรี่และติดตั้ง ... 32
3.13 ติดตั้งหัวชาร์จ ... 32
3.14 ติดตั้งกล่องควบคุมการทำงาน ... 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.15 ขึ้นรูปฝากระโปรงหน้าด้วยช่างมืออาชีพ 33
3.16 เคาะพ่นสีรถ 34
3.17 ต่อพ่วงเพื่อบรรทุก 34
3.18 ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม 34
3.19 ระบบ Power 35
4.1 กระแสผิวทางเรียบ 36
4.2 กระแสผิวทางขรุขระ 37
4.3 กระแสพื้นที่ทุ่งหญ้า 38
4.4 (ก) วิ่งด้วยความเร็ว 1 km/hr 38
(ข) วิ่งด้วยความเร็ว 2 km/hr 38
(ค) วิ่งด้วยความเร็ว 3 km/hr 38
4.5 ทดลองวิ่งบนผิวทางเรียบ 41
4.6 ทดลองวิ่งบนผิวทางขรุขระ 41
4.7 ทดลองวิ่งบนพื้นที่ทุ่งหญ้า 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ยานยนต์พลังงานไฟฟ้าเพื่อการเกษตรคือ ยานยนต์ที่ใช้ไฟฟ้า 100% ภาษาอังกฤษเรียกว่า Agricultural electric vehicles หรือเรียกสั้นๆว่า EV เป็นยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์โดยใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเก็บอยู่ในแบตเตอรี่หรืออุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้าแบบอื่นๆ และด้วยข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ให้แรงบิดได้ทันที ทำให้รถมีอัตราเร่งที่เรียบและเร็ว และเหนือกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในรวมถึงการลดมลภาวะทางอากาศเพราะไม่ปล่อยมลพิษมาจากท่อไอเสีย นอกเหนือจากเรื่องการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยานยนต์พลังงานไฟฟ้าเพื่อการเกษตรยังมีข้อดีอื่นๆ เช่น 1.อัตราเร่งที่รวดเร็ว ยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการเกษตร ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สู่มอเตอร์ เพื่อทำการขับเคลื่อนโดยที่ไม่ได้ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน จึงไม่ก่อให้เกิดการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงและสามารถทำให้มีอัตราเร่งเป็นอย่างที่ใจต้องการ เพราะไม่มีขั้นตอนของการใส่เกียร์ จึงทำให้การตอบสนองในการขับขี่ได้อย่างใจต้องการ 2.ประหยัดค่าใช้จ่ายและการซ่อมบำรุง ยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อเกษตรกรรมจะช่วยให้ประหยัดค่าน้ำมันและค่าซ่อมบำรุง เพราะใช้พลังงานไฟฟ้าแทนที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูง เช่นเดียวกับค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงยานยนต์ไฟฟ้า ที่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อยกว่า เพราะไม่มีเครื่องยนต์และไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง จึงทำให้การดูแลรักษาเป็นเรื่องที่ง่าย ไม่ต้องเสียเวลาในการนำยานยนต์ไปเข้ารับการบำรุงรักษาบ่อยๆ 3.สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ที่บ้าน รถยนต์ไฟฟ้าเพื่อการเกษตรนั้นสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ที่บ้าน ซึ่งสามารถชาร์จได้ระหว่างที่ไม่ได้ทำการใช้งาน

ประเทศไทยขึ้นชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนมากจะประกอบอาชีพทำการเกษตร และในปัจจุบัน ได้มีเทคโนโลยีมากมายที่เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะเครื่องทุ่นแรงที่จะเปลี่ยนจากน้ำมัน มาเป็นการใช้ ไฟฟ้า โดยเป็นการนำรถ EV มาทดแทน ดังนั้น โครงงานนี้ จึงเป็นการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาประยุกต์กับรถไถ เพื่อทำเป็นยานยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบรถไถ เพื่อใช้ในงานเกษตรกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าเอนกประสงค์ในงานเกษตรกรรม

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการออกแบบโครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการออกแบบระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 ออกแบบกลไกในการขับเคลื่อนรถไถไฟฟ้าสำหรับการลากจูง

1.3.2 ออกแบบระบบขับเคลื่อน และระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรถไถไฟฟ้า

1.3.3 รถไถไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนได้ในหลายพื้นที่ เช่น บนถนน ทางขรุขระ พื้นที่เกษตรกรรม

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาหลักการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้า

1.4.2 ออกแบบโครงสร้างของยานยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบรถไถ

1.4.3 ศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

1.4.4 ออกแบบและคำนวณมอเตอร์ที่ต้องการใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทำกิจกรรมทางการเกษตรได้หลากหลาย

1.5.2 สามารถประยุกต์ใช้รับระบบอัจฉริยะ

1.5.3 สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาเป็นรถ EV ขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยานยนต์อเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม

ยานยนต์เพื่อการเกษตรที่ใช้ในปัจจุบันนั้นเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีขนาดแรงม้าอยู่ที่ 6-8 แรงม้า แต่เนื่องจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์นั้นมีค่าการสูญเสียในกำลังภายในที่มากจึงทำให้ค่าประสิทธิภาพของการจ่ายเชื้อเพลิงต่อพลังงานไม่ได้ตามสัดส่วน อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงรวมถึงการซ่อมแซมนั้นจึงมีราคาที่สูงและมีความซับซ้อนมาก

รูปที่ 2.1 เครื่องยนต์สันดาปภายใน

รูปที่ 2.2 รถไถอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม

ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม คือรถที่เคลื่อนไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Rechargeable Batteries ผ่านตัวควบคุม (controller) และตัวควบคุมจะจ่ายพลังงานไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าตามสภาพการเหยียบคันเร่ง ที่เป็นการควบคุมความเร็วของรถด้วย ถ้าหากพิจารณาจากภายนอกก็แทบจะไม่เห็นข้อแตกต่างระหว่างรถไฟฟ้ากับรถที่ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ แต่สิ่งหนึ่งที่สามารถสัมผัสได้ คือ ขณะที่ขับขี่รถไฟฟ้า เสียงจะเงียบหรือมีเสียงน้อยมาก

2.3 การวิจัยและพัฒนารถไฟฟ้าในต่างประเทศ

การวิจัยและพัฒนารถฟ้าในต่างประเทศได้ดำเนินการเป็นเวลานานแล้ว สามารถแบ่งยุคของการวิจัยดังนี้

1. ยุคของการหาแหล่งพลังงานอื่นแทนการใช้น้ำมัน เกิดแนวคิดที่จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในรถไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมันเนื่องจากปัญหาของกลุ่มโอเปค

2. ยุคของปัญหามลภาวะทางอากาศเป็นพิษ เนื่องมาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำและก๊าซที่เกิดการเผาไหม้

การดำเนินการวิจัยสมัยนั้นพบว่ามีการวิจัยและพัฒนารถไฟฟ้าชนิดขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC มอเตอร์) ได้สำเร็จเพราะการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมและขับเคลื่อน DC มอเตอร์ทำได้ง่ายกว่า แต่ปัญหาเนื่องจากน้ำหนักราคาการบำรุงรักษา (DC มอเตอร์ไม่สามารถกันน้ำได้) ของ DC มอเตอร์ทำให้มีการเปลี่ยนมาทำการวิจัยพัฒนารถไฟฟ้าชนิดขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC มอเตอร์) อย่างไรก็ตามปัญหาที่ผู้ทำการพัฒนารถไฟฟ้าประสบอยู่เหมือน ๆ กันมีอยู่ 3 ประการใหญ่ ๆ คือ

1. รถไฟฟ้ายงไม่สามารถที่จะวิ่งในระยะทางไกล ๆ ต่อการประจุไฟฟ้าครั้งหนึ่งได้เนื่องจากข้อจำกัด ของแบตเตอรี่
2. ระยะเวลาการประจุไฟฟ้ายังนานเกินไป
3. ราคาสูงเมื่อเทียบกับรถทั่วๆไป
4. จุดให้บริการพลังงานไฟฟ้าทำหน้าที่คล้ายปั๊มน้ำมัน

การพัฒนาเทคโนโลยีรถไฟฟ้าในปัจจุบันเน้นที่จะพัฒนาแบตเตอรี่ให้สามารถที่จะประจุไฟได้มากขึ้นน้ำหนักเบาและประจุไฟได้ในระยะเวลาอันสั้นพัฒนาระบบควบคุมที่ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพลดการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งความพยายามที่จะหาแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิตให้สามารถแข่งขันกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้

บริษัท ผลิตรถชั้นนำของโลกได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนารถไฟฟ้าเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์หลายบริษัท ทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกาประเทศในกลุ่มยุโรปและประเทศญี่ปุ่นเช่นรถ GM Impact ของ บริษัท General Motor และ Aero-Vironment รถ Ecostar ของ บริษัท Ford Motor รถ G-Van ของ Electric Power Research Institute ร่วมกับ General Motor และ Conceptor
Industries Inc. รถเหล่านี้จะสามารถวิ่งได้ในระยะทางตั้งแต่ 80 กิโลเมตรถึง 240 กิโลเมตรด้วยความเร็วสูงสุดถึง 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ของรถ Ecostor ของ บริษัท ฟอร์ดจะมีการพัฒนาส่วนที่เรียกว่า Power Electronics Center (PEC) สำหรับการควบคุมการประจุไฟการควบคุมมอเตอร์และการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนอื่น ๆ มอเตอร์ PEC จะถูกควบคุมโดยไมโครโพรเซสเซอร์มอเตอร์เป็นแบบ AC Induction ขนาด 75 กิโลวัตต์ ติดตั้งกับเพลาหน้า

โดยทั่วไปการพัฒนาส่วนควบคุมของรถไฟฟ้าจะนิยมใช้ Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT) ซึ่งในตลาดก็จะมี IGBT ที่สามารถนำมาใช้กับรถไฟฟ้าได้หลาย ๆ แบบการเลือกใช้จึงแล้วแต่การออกแบบเบื้องต้นเช่นกระแสไฟฟ้าที่ต้องการใช้ขนาดมอเตอร์เป็นต้น

2.4 การวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีรถไฟฟ้าภายในประเทศ

สำหรับประเทศไทยเทคโนโลยีของรถไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นเรื่องแบตเตอรี่มอเตอร์กระแสตรงมอเตอร์กระแสสลับตลอดจน IGBT ที่เป็นหัวใจในการควบคุมรถไฟฟ้าสามารถที่จะสั่งซื้อโดยง่ายทั้งในต่างประเทศและภายในประเทศ แต่หากไม่มีการวิจัยและพัฒนารถไฟฟ้าขึ้นภายในประเทศก็จะทำให้ขาดการค้าไม่มีเทคโนโลยีที่เป็นของประเทศได้จุดสำคัญของการพัฒนารถไฟฟ้าอยู่ที่การแข่งขันในการออกแบบเพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆสามารถทำงานได้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะชุดควบคุมซึ่งปัจจุบันบุคลากรที่มีอยู่ในประเทศสามารถวิจัยและพัฒนาเพื่อแข่งขันกับต่างประเทศได้ด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเล็งเห็นความสำคัญของการนำเทคโนโลยีมาช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้จัดประชุมเพื่อกำหนดแผนการร่วมมือวิจัยรถไฟฟ้าขึ้นในปี 2536 และนำมาสู่การจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมของศูนย์ร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์พร้อมกับดำเนินการวิจัยและพัฒนาตามที่ได้รับอนุมัติ

รถไฟฟ้าที่ดำเนินการสำเร็จไปแล้วเป็นรถสามล้อที่มีสมรรถนะดังนี้

คุณลักษณะทั่วไป

1. น้ำหนักบรรทุก 250 กก.
2. น้ำหนักแบตเตอรี่ 180 กก.
3. น้ำหนักรถ 370 กก.
4. ความเร็วสูงสุด 60 กม. / ชม.
5. ระยะทางการประจุแบตเตอรี่ 100 กม. / ครั้ง
6. ระบบเกียร์ 5 เกียร์
7. อัตราเร่ง 0-60 กม. / ชม. ภายใน 30 วินาทีแบตเตอรี่

Maintenance-free lead-acid ขนาด 144 V 65 Ah

เครื่องควบคุม

Phase pulse width modulated inverter

IGBT power switching transistor

มอเตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ชนิด 3 เฟส 100 V ขนาด 7.5 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นไปได้ของการผลิตรถไฟฟ้าภายในประเทศ

ปัจจุบันได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์และระบบควบคุมรถไฟฟ้าจนสามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังต้องพัฒนาให้สามารถใช้กับรถประเภทต่างๆที่มีขนาดและปริมาณบรรทุกเพื่อใช้งานต่างๆได้อย่างเหมาะสมกับการกับการใช้งานในประเทศซึ่งการพัฒนาดังกล่าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีในหลาย ๆ ประเทศที่ดำเนินการวิจัยอยู่และควรดำเนินการพัฒนาต่อไปซึ่งหากต้องการจะให้สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์เพื่อแข่งกับต่างประเทศย่อมต้องวิจัยและพัฒนาส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น แอร์รถยนต์ระบบประจุไฟฟ้าเพื่อใช้ติดตั้งกับรถไฟฟ้าเป็นต้น

รถไฟฟ้าสามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมที่จำหน่ายภายในประเทศและส่งออกแข่งขันกับเทคโนโลยีต่างประเทศต้องได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายทั้งภาครับและภาคเอกชนและเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นนั้นจะต้องทำการวิจัยและพัฒนาให้ได้ต้นแบบจำนวนมากระดับหนึ่งจึงทำให้มีความเชื่อถือได้ในการผลิตจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ

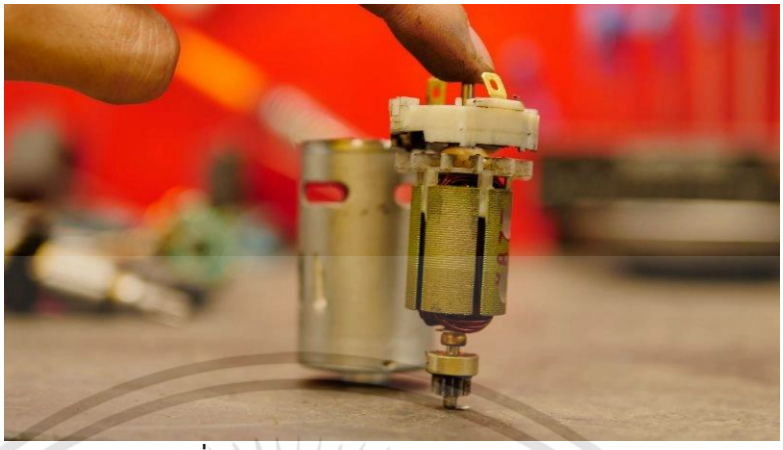
2.5 DC มอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านเข้าไปในขดลวดเพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดมอเตอร์จึงหมุนได้

2.5.1 มอเตอร์ชนิดมีแปลงถ่าน

มอเตอร์ DC มีแปรงถ่าน (BDC) มีจุดกำเนิดจาก “แปรงถ่าน” ที่ใช้ในการสับเปลี่ยนทิศทาง มอเตอร์ DC มีแปรงถ่านมักถูกใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและรถยนต์ นอกจากนี้ยังมีการใช้งานในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางด้วยเนื่องจากมีอัตราส่วนในการเปลี่ยนแรงบิดเป็นความเร็วที่มีแต่ในมอเตอร์ที่มีแปรงถ่านเท่านั้น BDC ควบคุมได้ง่ายเนื่องจากแรงบิดและความเร็วจะเป็นไปตามแรงดันและกระแสที่ได้รับ มอเตอร์ DC มีแปรงถ่านประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ สเตเตอร์ โรเตอร์ (หรืออาร์มาเจอร์) แปรงถ่าน และตัวสับเปลี่ยนทิศทาง โรเตอร์ หรืออาร์มาเจอร์เกิดจากการพันขดลวดหนึ่งชุดหรือมากกว่า ซึ่งจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเมื่อขดลวดเหล่านี้ได้รับพลังงาน ขั้วแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กจากโรเตอร์นี้จะดึงดูดขั้วตรงข้ามที่สร้างโดยสเตเตอร์ ทำให้โรเตอร์หมุน เมื่อโรเตอร์หมุน ขดลวดจะได้รับพลังงานเรื่อยๆ ตามลำดับที่ต่างกันเพื่อไม่ให้ขั้วสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นโดยโรเตอร์มากกว่าขั้วที่สร้างโดยสเตเตอร์ การสลับทิศทางของสนามแม่เหล็กของขดลวดโรเตอร์นี้เรียกว่า การสับเปลี่ยนทิศทาง ทิศทางการหมุน ไม่ว่าจะตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ตาม สามารถสลับได้อย่างง่ายดายโดยสลับขั้วของแปรงถ่าน ตัวอย่างเช่น สลับขั้วของแบตเตอรี่ มอเตอร์ BDC มีสี่ประเภทด้วยกัน มอเตอร์ DC แม่เหล็กถาวร มอเตอร์ DC มีแปรงถ่านพันขดลวดแบบชันท์ มอเตอร์ DC พันขดลวดแบบอนุกรม และสุดท้ายคือมอเตอร์ DC มีแปรงถ่านพันขดลวดแบบผสม ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างมอเตอร์ DC มีแปรงถ่านที่พันขดลวดแบบอนุกรมและแบบชันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 มอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่าน

2.5.2 มอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน

มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) มีอีกชื่อหนึ่งว่ามอเตอร์เปลี่ยนทิศทางด้วยกระแสไฟฟ้า เนื่องจากไม่มีแปรงถ่านที่โรเตอร์และสับเปลี่ยนทิศทางด้วยไฟฟ้าที่ตำแหน่งเฉพาะบนโรเตอร์ มอเตอร์ BLDC เป็นมอเตอร์ซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรที่มีรูปคลื่น EMF เป็นเอกลักษณ์ จึงทำงานคล้ายกับมอเตอร์ DC มีแปรงถ่าน มอเตอร์ BLDC จะไม่ทำงานจากแหล่งจ่ายไฟ DC โดยตรง แต่หลักในการทำงานนั้นจะเหมือนมอเตอร์ DC

มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่านมีโรเตอร์พร้อมแม่เหล็กถาวรและสเตเตอร์พันขดลวด มอเตอร์ BDLC จึงเป็นมอเตอร์ DC ที่กลับด้านในออกด้านนอก ไม่มีแปรงถ่านและตัวสับเปลี่ยนทิศทางและเชื่อมต่อขดลวดกับอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมนี้จะทดแทนฟังก์ชันของตัวสับเปลี่ยนทิศทางและให้พลังงานกับขดลวดที่เหมาะสม ขดลวดจะได้รับพลังงานในรูปแบบซึ่งหมุนรอบสเตเตอร์ ขดลวดสเตเตอร์ที่ได้รับพลังงานจะส่งไปยังแม่เหล็กของมอเตอร์และสลับเมื่อโรเตอร์มีแนวตรงกับสเตเตอร์ มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่านเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความน่าเชื่อถือสูง ประสิทธิภาพสูง และมีกำลังต่อปริมาณสูง โดยทั่วไปแล้ว มอเตอร์ BLDC ถือเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่สามารถให้แรงบิดปริมาณมากในหลายช่วงกำลังได้

รูปที่ 2.4 มอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM)

มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) คือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่กระตุ้นสนามไฟฟ้าโดยใช้แม่เหล็กถาวร และมีรูปคลื่น EMF แบบไซน์กลับด้าน PMSM คือลูกผสมระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำและมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน ซึ่งคุณลักษณะที่เหมือนกับมอเตอร์ไร้แปรงถ่านแบบ DC คือ โรเตอร์แม่เหล็กถาวรและการพันขดลวดบนสเตเตอร์ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างของสเตเตอร์ที่มีการพันขดลวดเพื่อสร้างความหนาแน่นฟลักซ์แบบไซน์ในช่องว่างอากาศของเครื่องจักรนั้นคล้ายกับมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ ความหนาแน่นของพลังงานนั้นสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีอัตรากระแสเท่ากัน เนื่องจากไม่มีกำลังเฉพาะจากสเตเตอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กแม่เหล็กถาวรทำให้ PMSM สามารถสร้างแรงบิดจากความเร็วเป็นศูนย์ได้ ซึ่งต้องการอินเวอร์เตอร์ชนิดควบคุมแบบดิจิตอลสำหรับการทำงาน PMSM มักใช้ในตัวขับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การควบคุมมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงนั้นจะสังเกตได้จากการหมุนที่นุ่มนวลในทุกช่วงความเร็วของมอเตอร์ การควบคุมแรงบิดเต็มที่จากความเร็วเป็นศูนย์ และมีอัตราเร่งและลดความเร่งได้อย่างรวดเร็วเพื่อให้สามารถควบคุม PMSM ดังที่กล่าวมาได้ จึงต้องนำเทคนิคการควบคุมเวกเตอร์มาใช้ เทคนิคการควบคุมเวกเตอร์นั้นมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการควบคุมโดยกำหนดทิศทางสนามแม่เหล็ก (Field-Oriented Control - FOC) แนวคิดพื้นฐานของอัลกอริธึมควบคุมเวกเตอร์นั้นคือการสลายกระแสของสเตเตอร์ให้กลายเป็นส่วนสร้างสนามแม่เหล็กและส่วนสร้างแรงบิด ทั้งสองส่วนสามารถควบคุมแยกกันได้หลักจากถูกสลายแล้ว

รูปที่ 2.5 มอเตอร์ permanent magnet

2.6 อินเวอร์เตอร์(Inverter)

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของ 3-Phase Squirrel-Cage Induction Motor โดยวิธีการปรับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับมอเตอร์ บางครั้งจะเรียกว่า “V/F Control” อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่าง เช่น 1. VSD : Variable Speed Drives 2. VVVF : Variable Voltage Variable Frequency 3. VC : Vector Control

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

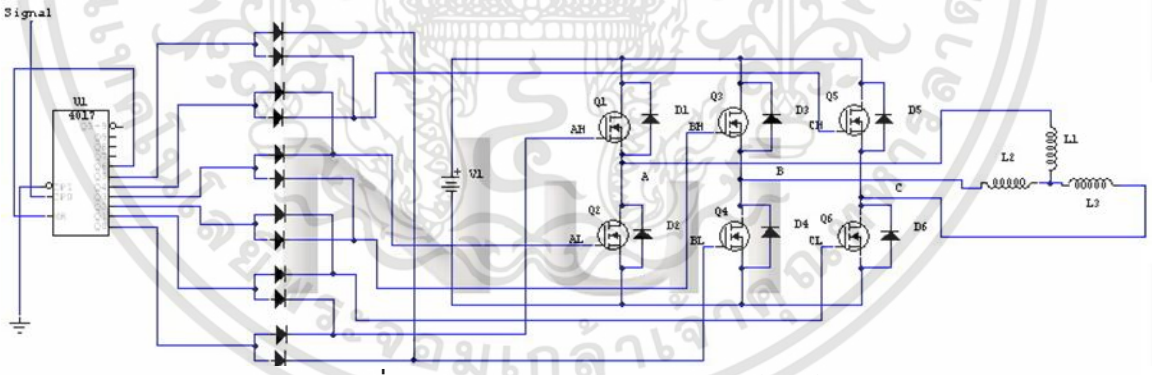
ความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น

โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นซายน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่น แตกต่างจากรูปซายน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน ของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-Phase Induction Motor

รูปที่ 2.6 การทำงานของอินเวอร์เตอร์(Inverter)

โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC Power Supply (50 Hz) ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC Voltage)
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสตรง(DC Voltage) ให้เป็นไฟกระแสสลับ (AC Voltage)ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

วิธีการเลือกอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

1. ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ : ถือเป็นรายละเอียดที่สำคัญมาก เราควรดูว่าอินเวอร์เตอร์ที่เราเลือกนั้นใช้กับระบบไฟฟ้าแบบใด แบบ 1 เฟส หรือแบบ 3 เฟส และมีช่วงแรงดันและกระแสในการใช้งานอยู่ที่เท่าไร
2. กำลังของมอเตอร์ : ใช้กับกำลังมอเตอร์ขนาดเท่าไร
3. ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ : ความถี่ของมอเตอร์ที่สามารถใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แรงบิด (Torque) ของโหลด : ควรพิจารณาจากการใช้งานว่าเราต้องการแรงบิดที่จะป้อนให้กับโหลดเท่าใด

5. สภาพแวดล้อมในการติดตั้ง : บริเวณที่ทำการติดตั้งนั้นมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณเท่าไร มีความชื้นแค่ไหน และหากบริเวณที่เราติดตั้งนั้นต้องเผชิญกับฝุ่นและน้ำเราก็ควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับมาตรฐานการป้องกันฝุ่นและน้ำ

6. ขนาด : ขนาดของอินเวอร์เตอร์เราควรพิจารณาจากพื้นที่ที่เราทำการติดตั้ง

7. Cooling Method : เวลาใช้งานตัวอินเวอร์เตอร์จะเกิดความร้อนขึ้น เพื่อไม่ให้อินเวอร์เตอร์ร้อนเกินไปในขณะใช้งานทางที่ดีเพื่อป้องกันความเสียหายควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีระบบการระบายความร้อน

ข้อดีของการใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (HYUNDAI)

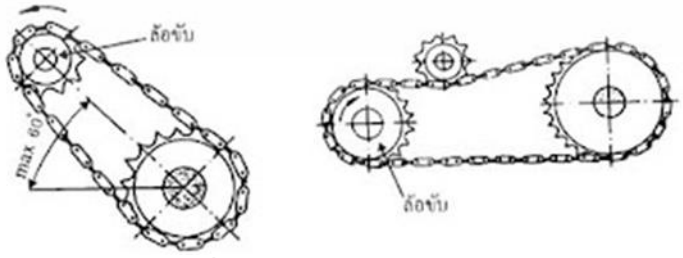
1. การสตาร์ทที่นุ่มนวล (Soft Start)
2. ไม่มีการกระชากของกระแส (Inrush Current)
3. สามารถปรับอัตราเร่งและอัตราหน่วงได้ (Adjustable Acceleration and Deceleration Time)
4. สามารถควบคุมได้จากระยะไกล (Remote Control)
5. สามารถควบคุมการทำงานโดยต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์
6. มีระบบ Protection
7. ประหยัดพลังงาน (Energy Saving)
8. ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง (Reduce Maintenance Cost)
9. ได้รับมาตรฐานสากล : CE, UL, cUL, TR-CU, KC

2.7 ประเภทของการส่งถ่ายกำลัง

ระบบส่งกำลังมีอยู่ทั้งหมด 3 แบบ

2.7.1 การใช้โซ่ส่งกำลัง

นิยมใช้กันมากในการออกแบบเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรทางการเกษตร เครื่องทอผ้า เป็นต้น การส่งกำลังแบบโซ่นั้น มีวิธีการส่งกำลังที่คล้ายกับการส่งกำลังด้วยสายพาน โดยที่โซ่ (chain) จะคล้องอยู่กับเฟืองโซ่ (sprocket) ซึ่งติดตั้งอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสองฝั่งขณะใช้งานจะมีเสียงดัง

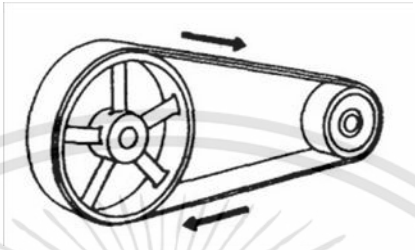


รูปที่ 2.8 การส่งถ่ายกำลังแบบโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การใช้สายพานส่งกำลัง

การส่งกำลังด้วยสายพานเป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้ซึ่งมีข้อดีข้อเสียหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งกำลังแบบเฟืองและการส่งกำลังแบบโซ่ ข้อดีคือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง

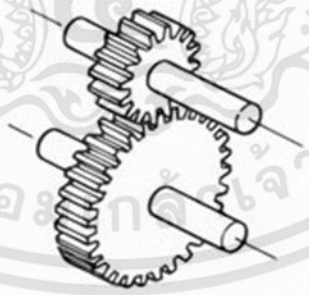


รูปที่ 2.9 การส่งถ่ายกำลังแบบสายพาน

2.7.3 การใช้ฟันเฟืองส่งกำลัง

เฟือง (อังกฤษ: gear) เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่มีรูปร่างเป็นจานแบนรูปวงกลม ตรงขอบมีลักษณะเป็นแฉก (เรียกว่าฟันเฟือง) ซึ่งสามารถนำไปประกบกับเฟืองอีกตัวหนึ่ง ทำให้เมื่อเฟืองตัวแรกหมุน เฟืองตัวที่สองจะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม เกิดเป็นระบบส่งกำลังขึ้น โดยความเร็วรอบของเฟืองที่สองจะขึ้นกับอัตราส่วนจำนวนฟันเฟืองของตัวแรกเทียบกับตัวที่สอง ซึ่งอัตราส่วนนี้สามารถปรับให้เกิดเป็นความได้เปรียบเชิงกลได้ จึงถือเป็นเครื่องกลอย่างง่ายชนิดหนึ่ง

ด้วยคุณลักษณะนี้ เฟือง สามารถนำมาใช้ส่งผ่านแรงหมุน ปรับความเร็ว, แรงหมุน และทิศทางการหมุนในเครื่องจักรได้ โดยระบบเฟืองหรือระบบส่งกำลังนี้ มีความสามารถคล้ายคลึงกับระบบสายพาน แต่จะดีกว่าตรงที่ระบบเฟืองจะไม่สูญเสียพลังงานไปกับการยืดหดและการลื่นไถลของสายพาน



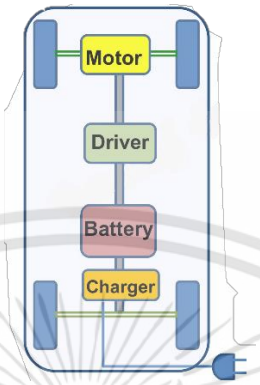
รูปที่ 2.10 การส่งถ่ายกำลังแบบฟันเฟือง

2.8 ทฤษฎีการคำนวณหากำลังพิกัด(Rated Power)ของมอเตอร์

ขั้นตอนนี้จะต้องคำนวณค่าแรงที่จะทำให้รถขับเคลื่อนไปตามสมรรถนะที่ต้องการ คือต้องมีแรงฉุดได้พอที่จะชนะแรงต้านอย่างน้อยคือแรงต้านทานการหมุน (rolling resistance, FRR) แรงที่ใช้ไต่เนิน

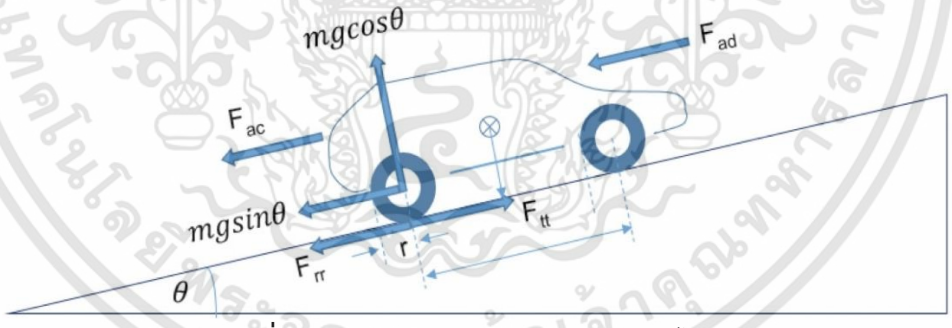
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(climb a grade, FGR) แรงที่ใช้ในการเร่งให้ได้ความเร็วที่ กำหนด (accelerate to final velocity, FAC) และแรงต้านอากาศ (air drag force, FAD)



รูปที่ 2.11 EV power train design

การออกแบบระบบกำลังในรถไฟฟ้ามีทั้งหมด 5 ขั้นตอน
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดสเปกของรถไฟฟ้า
ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณหากำลังพิกัด (rated power) ของมอเตอร์ และการคำนวณทางไฟฟ้า
ขั้นตอนที่ 3 Define driver and DC/DC converter
ขั้นตอนที่ 4 กำหนดสเปกของแบตเตอรี่
ขั้นตอนที่ 5 เลือกระบบในการชาร์จ



รูปที่ 2.12 การออกแบบระบบกำลังในรถไฟฟ้า

F_{TT} = FRR + FGR + FAC + FAD
F_{TT} คือแรงผลักหรือลากให้รถโดยรวม
F_{RR} คือ แรงผลักหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ (force to overcome rolling resistance)
F_{GR} คือแรงที่ใช้ไต่เนิน
F_{AC} คือแรงที่ใช้ในการเร่งให้ได้ความเร็วที่กำหนด
F_{AD} คือแรงต้านอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ (FRR)

1. กรณีทางระนาบ แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ F_{RR} = GVW x Crr
   โดย GVWหรือ gross vehicle weight คือ น้ำหนักรถรวมผู้โดยสารเท่ากับมวลรวมคูณค่านิจ ความโน้มถ่วงโลก
   Crr หรือ Rolling resistance coefficient คือ สัมประสิทธิ์ความต้านการเคลื่อนที่ระหว่างล้อยางกับผิวถนนที่ให้รถมีความเร็วคงที่
   g คือค่าอัตราความโน้มถ่วงโลก เท่ากับ 9.81 m/s2
   F_{RR} = GVW x Crr
2. กรณีทางไต่ระดับ แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ F_{RR} = GVW cos (θ) x Crr
   โดย cos (θ)
   F_{RR} = GVW cos (θ) x Crr

2.8.2 แรงที่ใช้ไต่ (F_{GR}, force required to climb a grade resistance)

คือแรงที่ใช้ไต่ระดับ F_{GR} = GVW x sin (θ) โดย θ เท่ากับมุมไต่สูงสุด

F_{GR} = GVW x sin (θ)

2.8.3 แรงที่ใช้ในการเร่งให้ได้ความเร็วที่กำหนด (F_{AC})

แรงที่ใช้ในการเร่งให้รถได้ความเร็วที่กำหนดหรือ F_{AC} ได้มาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วคูณกับมวลของรถ โดยมีค่าความเร็วต้น (V1) และความเร็วท้าย (V2) ใน ระยะเวลาที่กำหนด (ta)

FAC = GVW x (V2-V1)/9.81 x ta

V2 คือความเร็วหลังการเร่งจากหยุดนิ่ง

ta คือเวลาที่ใช้เร่งรถจากหยุดนิ่งถึงความเร็วที่ต้องการ

2.8.4 แรงต้านอากาศ (Air dag force, FAD)

แรงต้านอากาศ คือแรงต้านอากาศที่พื้นที่ส่วนหน้าของรถ (Af , m2) ปะทะกับอากาศที่มีความหนาแน่น (ρ, air density, kg/m3) โดยมค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอากาศ (Cd) รถมีความเร็ว(V, m/s) แรงต้านอากาศจากรถคำนวณได้จาก FAD = (1/2) $\rho C_d A_f v^2$

2.8.5 การคำนวณหาแรงบิดที่ล้อ

คำนวณหาแรงบิดที่ล้อแล้วแรงบิดจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์จากรัศมีของล้อรวมยาง รวมถึงค่าความต้านทานระหว่างเพลากับลูกปืนด้วย

$\tau_W = F_{Tt} \times R_W \times R_F$

โดย WW คือแรงบิดที่ล้อยาง (N.m)

R_W คือรัศมีของล้อยาง (m)

R_F คือแฟคเตอร์การเสียดทานระหว่างเพลากับลูกปืนกำหนดให้เป็น 1.1

$\tau_W = F_{Tt} \times R_W \times R_F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 ตรวจสอบการเกิดสลิปที่ล้อ

เมื่อรถออกตัวจากหยุดนิ่ง ล้อจะไม่เกิดอาการหมุนฟรีหรืออาการสลิป ด้วยเงื่อนไข คือ แรงเสียดทานที่ล้อยางกับพื้นถนนต้องมีค่าสูงกว่าค่าแรงบิดที่ล้อยาง

$\tau_{max} = \mu \times W_D \times R_W$

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อยางกับถนน มีค่า 0.5-0.8

WD คือ หนักที่กระทำต่อล้อขับเคลื่อน

RW คือ รัศมีของล้อยาง (m)

$\tau_{max} = \mu \times W_D \times R_W$

2.8.7 การเลือกมอเตอร์

เมื่อได้แรงบิดที่ล้อยางที่ความเร็วที่ออกแบบไว้ จำเป็นต้องมีระบบเกียร์เพื่อมาช่วยปรับแรงบิดและความเร็วในย่านการทำงานที่ต้องการ ในกรณีนี้พบว่า หากใช้แรงบิด 553.05 ต้องการกำลังที่เพลาของมอเตอร์

$\tau_m = \tau_{max} \times \omega$

เมื่อ Pm คือกำลังที่เพลาของมอเตอร์(W)

τ_{max} คือแรงบิดกำลังที่เพลาของมอเตอร์(Nm)

ω คือความเร็วเชิงมุม (rad/s)

2.9 คำนวณทางไฟฟ้า

เนื่องจากการวัดกระแสที่แลตเตอร่จ่ายออกมานั้นแสดงอยู่บน App E-motor ซึ่งจะแวดงค่าการป้อนกระแสจากแบตเตอรี่ไปสู่กล่องควบคุมมอเตอร์

2.9.1 การหาค่าพลังงานของอุปกรณ์

1. เนื่องจากมอเตอร์มีขนาด 2200 W แต่เนื่องจากค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์อยู่ที่ 85% 2200(1-0.85)+2200=2530 W ดังนั้น Inverter Controller อยู่ที่ 2530 W ขึ้นไป ในกลุ่มของคณะผู้จัดทำเลือก Inverter Controller ขนาด 3000 W
2. ค่าประสิทธิภาพของ Inverter Controller อยู่ที่ 90% 3000(1-0.9)+3000=3300 ดังนั้นค่าพลังงานที่ควรใช้ในการเลือกขนาดพลังงานในแบตเตอรี่ต้องมากกว่า3300W

2.9.2 การหาขนาดสายไฟขาเข้า Inverter Controller (DC)

สูตรหากระแสมอเตอร์ DC $I = \frac{W}{(V \times eff)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การหาขนาดกระแสขาออก Inverter Controller 3 เฟส (AC)

สูตรหากระแสมอเตอร์ 3 เฟส $I = \frac{P}{1.732 \times V \times PF \times eff}$

2.10 การจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไป

การจดทะเบียนรถเป็นการขออนุญาตใช้รถต่อนายทะเบียนโดยรถต้องมีสภาพมั่นคงแข็งแรง มีลักษณะ ขนาด และเครื่องอุปกรณ์ ส่วนควบของรถ ถูกต้องตามที่กฎกระทรวงตามพระราชบัญญัติ รถยนต์ พ.ศ.2552 กำหนดและต้องมีกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าและความเร็วตามที่กฎหมายกำหนด และ ผ่านการตรวจสภาพจากนายทะเบียน หรือจากสถานตรวจสภาพที่ได้รับอนุญาตตรามกฎหมายว่าด้วย การการขนส่งทางบก ซึ่งขั้นตอนการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับรถใหม่นั้นมีขั้นตอนเช่นเดียวกับ รถยนต์ทั่วไปเพียงแต่มีเอกสารเพิ่มเติมบางส่วน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.10.1 คุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าในการจดทะเบียน

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้าต้องมีคุณลักษณะเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ดังนี้

2.10.1.1 ขนาดสัดส่วนของรถ

ขนาดสัดส่วนของรถต้องเป็นไปตามกฎกระทรวง กำหนดลักษณะ ขนาดหรือกำลังของเครื่องยนต์และของรถที่จะรับจดทะเบียนเป็นรถประเภทต่าง ๆ พ.ศ. 2548

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดสัดส่วนของรถที่จะรับจดทะเบียน

ชนิดรถ	ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)
รถจักรยานยนต์	ไม่เกิน 1.1 x 2.5 x 2 เมตร
รถยนต์สาธารณะ	ไม่เกิน 2.5 x 6 x 2 เมตร
รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	ไม่เกิน 1.5 x 4 x 2 เมตร
รถยนต์ส่วนบุคคล (เกินเจ็ดและไม่เกินเจ็ดคน)	ไม่เกิน 2.55 x 12 x 4 เมตร (กรณีกว้างไม่เกิน 2.3 เมตร ให้มีความสูงได้ไม่เกิน 3.2 เมตร)
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	ไม่เกิน 2.55 x 12 x 4 เมตร (กรณีกว้างไม่เกิน 2.3 เมตร ให้มีความสูงได้ไม่เกิน 3 เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1.2 ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ

ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถต้องเป็นไปตามกฎกระทรวงกำหนดส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ พ.ศ. 2551 ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถที่จะรับจดทะเบียน

รถยนต์	**รถจักรยานยนต์**
โครงสร้างและตัวถัง ที่มีความมั่นคงแข็งแรง ปลอดภัย และสามารถรองรับการทำงานของรถ ขณะที่มีน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้ในทุกสภาพการใช้งาน	
เครื่องกำเนิดพลังงาน สามารถขับเคลื่อนรถขณะที่มีน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุก ด้วยความเร็วที่ เหมาะสมในสภาพการใช้งานตามปกติ	
ระบบส่งกำลัง สามารถส่งกำลังรถขณะที่มีน้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้อย่างเหมาะสม และปลอดภัย	ระบบส่งกำลัง สามารถส่งกำลังรถขณะที่มี น้ำหนักเต็มอัตราบรรทุกได้อย่างเหมาะสม และ ปลอดภัย และมีอุปกรณ์ป้องกันผู้ขับรถและคน โดยสารไม่ให้ได้รับอันตรายจาการทำงาน เช่น ฝาครอบโซ่ หรือบังโซ่ เป็นต้น
ระบบบังคับเลี้ยว สามารถบังคับรถได้อย่างคล่องตัว สะดวก และปลอดภัย	
ระบบห้ามล้อหลักสามารถลดความเร็วหรือ หยุดรถที่วิ่งอยู่ให้หยุดนิ่งได้อย่างปลอดภัย ติดตั้งในตำแหน่งที่ผู้ขับรถสามารถใช้การได้ สะดวก ระบบห้ามล้อขณะจอดสามารถทำให้ รถหยุดนิ่งในขณะจอดได้	ระบบห้ามล้อ สามารถลดความเร็วหรือหยุดรถที่ วิ่งอยู่ให้หยุดนิ่งได้อย่างปลอดภัย ติดตั้งใน ตำแหน่งที่ผู้ขับรถสามารถใช้การได้สะดวก
ระบบเชื้อเพลิงหรือระบบพลังงานอื่น สามารถเก็บและส่งเชื้อเพลิงหรือพลังงานอื่นไปยังเครื่อง กำเนิดพลังงานให้สามารถขับเคลื่อนรถได้อย่างปลอดภัย	

2.10.1.3 กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถ

กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถต้องเป็นไปตามประกาศกรมขนส่งทางบก เรื่อง กำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถ ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2560 ดังนี้

ข้อ 1 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด รถยนต์บริการธุรกิจ รถยนต์บริการทัศนาจร รถยนต์บริการให้เช่า รถยนต์ส่วนบุคคล ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 15 กิโลวัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 2 ในกรณีรถตามวรรคหนึ่ง เป็นรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้างและรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกินเจ็ดคน ที่มีน้ำหนักรถไม่รวมน้ำหนักของแบตเตอรี่ น้อยกว่า 450 กิโลกรัม หรือรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล ที่มีน้ำหนักรถไม่รวมน้ำหนักของแบตเตอรี่ น้อยกว่า 600 กิโลกรัม ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 4 กิโลวัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถ ให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ ให้รถดังกล่าวติดเครื่องหมายตามแบบ ที่กำหนดท้ายประกาศนี้บริเวณท้ายรถทางด้านซ้ายในที่ที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

ข้อ 3 รถยนต์รับจ้างสามล้อและรถยนต์สามล้อส่วนบุคคลที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 4 กิโลวัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถ ให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อ 4 รถจักรยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ต้องมีกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 250 วัตต์ และสามารถขับเคลื่อนรถให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อ 6 มอเตอร์ไฟฟ้าของรถตามข้อ 2 ข้อ 3 และข้อ 4 ต้องสามารถขับเคลื่อนรถ ในขณะที่มีน้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก (Gross Vehicle Weight) ตามที่ผู้ผลิตกำหนดด้วยความเร็วสูงสุด ตามที่กำหนดในประกาศนี้ ได้ต่อเนื่องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที

ข้อ 7 รถตามข้อ 2 วรรคหนึ่ง ที่จดทะเบียนไว้แล้วก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับและมี การแจ้งไม่ใช้รถตลอดไปหรือทะเบียนเป็นอันระงับ หากเจ้าของรถนำมาจดทะเบียนใหม่ให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ที่มีกำลังไม่น้อยกว่า 15 กิโลวัตต์ ที่สามารถขับเคลื่อนรถให้มีความเร็วสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 45 กิโลเมตร ต่อชั่วโมงต่อไปได้

2.10.2 ขั้นตอนการจดทะเบียนรถ

รถยนต์ใหม่ที่จะทำการจดทะเบียนผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าจะต้องขึ้นบัญชีกับกรมการขนส่งทางบก และดำเนินการขับรับรองแบบรถกับกรมการขนส่งทางบกก่อนจึงจะสามารถนำรถไปดำเนินการส่งบัญชีรถและผ่านการตรวจสภาพเพื่อดำเนินการจดทะเบียนต่อไปได้

2.10.2.1 การรับรองเครื่องอุปกรณ์ของรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์

เพื่อให้ส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล อาศัยอำนาจตามกฎกระทรวง กำหนดส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ พ.ศ. 2551 ให้อธิบดีกรมการขนส่งทางบกออกประกาศ กำหนดส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ที่ต้องผ่านการรับรองแบบ และกำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การรับรองแบบส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ สำหรับรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ โดยผู้ผลิตรถต้องมีหลักฐานการผ่านการรับรองมาตรฐานการผลิด เช่น มาตราฐาน ISO9001 เป็นต้น เพื่อเป็นการยืนยันว่ารถแบบเดียวกันผลิตที่เดียวกันจะมีคุณภาพและมาตราฐานในการผลิตเหมือนกัน และต้องมีผลทดสอบความเร็วที่กำหนดเป็นเวลา 30 นาที จึงจะสามารถดำเนินการขอรับการรับรอง แบบต่อไปได้ ซึ่งปัจจุบัน (พ.ศ. 2563) มีส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ที่ประกาศบังคับใช้แล้ว สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า 3 เรื่อง และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า 3 เรื่อง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งสำหรับรถ/ยนต์และรถจักรยานยนต์

รถยนต์	รถยนต์ ไฟฟ้า	รถจักรยานยนต์ ไฟฟ้า
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งแตรสัญญาณ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการรับรองแบบแตรสัญญาณ สำหรับรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2559 (UN R.28)	✓	✓
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้ง มาตรวัด ความเร็ว และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการรับรอง แบบมาตรวัดความเร็วสำหรับรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2556 (UN R.39)	✓	✓
เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์การติดตั้งกระจกกันลมหน้า และส่วนประกอบของตัวถังรถที่เป็นกระจก และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการรับรองแบบการติดตั้งกระจกกันลมหน้า และส่วนประกอบของตัวถังรถที่เป็นกระจก พ.ศ. 2558 (UN R.43)	✓	-
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ และการติดตั้งอุปกรณ์มอง ภาพของรถจักรยานยนต์ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและ เงื่อนไขการรับรองแบบอุปกรณ์มองภาพ และแบบการติดตั้ง อุปกรณ์มองภาพของรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2557 (UN R.81)	-	✓

2.10.2.2 การส่งบัญชีรับและะจำหน่ายรถ

ผู้ใดสั่งหรือนำรถหรือเครื่องยนต์สำหรับรถเข้ามาในราชอาณาจักร เพื่อจำหน่ายหรือผลิตหรือประกอบรถ หรือเครื่องยนต์สำหรับรถขึ้นใหม่เพื่อจำหน่าย ผู้นั้นต้องส่งบัญชีประจำเดือนในการรับและจำหน่ายรถหรือเครื่องยนต์สำหรับรถ ให้แก่นายทะเบียนภายในวันที่ 15 ของเดือนถัดไป และเจ้าของรถต้องแสดงถึงแหล่งที่มาของรถ สามารถแบ่งได้ 2 ส่วนหลัก คือ 1.รถนำเข้ามาใช้งานในราชอาณาจักร จะต้องมีหลังฐานการนำเข้าได้แก่ ใบรับรองการนำเข้าจากกรมศุลกากร (แบบ 32) สำเนาใบขนส่งสินค้าขาเข้าบัญชีแสดงรายการสินค้า และใบเสร็จรับเงินอากรขาเข้า 2.รถผลิตภายในประเทศ จะต้อวมีหลักฐานหนังสือรับรองหลักฐานการส่งบัญชีรถ

2.10.2.3 การตรวจสภาพ

เมื่อแบบรถที่ต้องการจดทะเบียนได้รับการรับรองและส่งบัญชีเรียนร้อยแล้ว จึงจะสามารถนำรถคันที่ต้องการจดทะเบียนเข้ารับการตรวจต่อไปได้ ซึ่งในขั้นตอนการตรวจสภาพนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจ้าหน้าที่จะทำการตรวจสอบ หมายเลขระบบส่งกำลัง หมายเลขตัวถัง ลักษณะ ขนาด สัดส่วน ส่วนควบ และเครื่องอุปกรณ์ ให้ถูกต้องครบถ้วนตามที่กฎหมายว่าด้วนรถยนต์กำหนด ซึ่งเป็นไปตามระเบียบกรมการขนส่งทางบก ว่าด้วยการตรวจสภาพรถและเกณฑ์การวินิจฉัยผลการตรวจสภาพรภตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2555

2.10.2.4 ดำเนินการจดทะเบียน

1. ยื่นแบบคำขอจดทะเบียนรถที่กรอกรายงานและลงลายมือชื่อผู้ยื่นคำขอเรียบร้อยพร้อมหลักฐาน
2. นำรถเข้ารับการตรวจสภาพ ได้ที่งานตรวจสภาพรถยนต์ สำนักขนส่งจังหวัดทั่วประเทศ
3. ยื่นขอตัดบัญชีรถ ที่ส่วนควบคุมบัญชีรถและเครื่องยนต์
4. ชำระค่าธรรมเนียม และค่าภาษีประจำปี ที่งานทะเบียน

2.10.3 การแก้ไขจากเครื่องยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า

รถที่เคยจดทะเบียนไว้แล้ว และมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงจากเครื่องยนต์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หรือ แก้ไขมอเตอร์ไฟฟ้า ให้เจ้าของรถยื่นเอกสารหลักฐานดังต่อไปนี้ประกอบคำขอดำเนินการทางทะเบียน และภาษีรถด้วย โดยมีเงื่อนไขการพิจารณา ดังนี้

2.10.3.1 หนังสือรับรองของวิศวกร

ซึ่งได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรควบคุมสาขาวิศวกรรมเครื่องกลและสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าตามขอบเขตและความสามารถที่กฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมกำหนด รับรองว่ารถมีความมั่นคงแข็งแรง มีความปลอดภัยในการใช้งานและรับรองความปลอดภัย ของระบบไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถในส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ข้อ 1 รายละเอียดการออกแบบหรือดัดแปลงพร้อมรายการคำนวณที่แสดงถึงคุณสมบัติของรถ การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า และแบตเตอรี่ที่ใช้ขับเคลื่อน รวมถึงระบบเบรก ระบบบังคับเลี้ยว การกระจายน้ำหนัก ระบบส่งกำลังและสมรรถนะของรถ

ข้อ 2 กำลังพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้า

ข้อ 3 ขนาดแรงเคลื่อนและความจุของแบตเตอรี่

ข้อ 4 น้ำหนักรถไม่รวมแบตเตอรี่ น้ำหนักแบตเตอรี่ น้ำหนักรถรวมแบตเตอรี่ น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก

ข้อ 5 ความเร็วสูงสุด

ข้อ 6 ระยะทางที่วิ่งได้ โดยแสดงการคำนวณความสัมพันธ์กันระหว่างขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า และความจุแบตเตอรี่ แปรผันมาเป็นความเร็วและระยะทางที่ได้

ข้อ 7 วงจรการควบคุมระบบไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า รวมถึงลักษณะและขนาดของสายไฟที่ใช้ในระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3.2 ผลทดสอบ

ที่แสดงถึงความสามารถขับเคลื่อนรถในขณะที่มีน้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุกตามที่ผู้ผลิตกำหนดด้วยความเร็วสูงสุดตามที่กำหนดในประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง กำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2560 ได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ได้แก่ ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษา หรือหน่วยงานที่กรมการขนส่งทางบกยอบรับ เช่น สถาบันยานยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

เนื่องจากการจัดทำโครงงานรถไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อการเกษตร จำเป็นต้องมีการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลของเครื่องยนต์สันดาปแต่ละยี้ห้อที่ใช้ในงานเกษตร เพื่อจะนำมาออกแบบให้สอดคล้องกับขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ อุปกรณ์เครื่องมือและโปรแกรมที่ใช้ในโครงงานรวมทั้งศึกษาวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการดำเนินงานที่ถูกต้องและลดความผิดพลาดในการดำเนินงาน จึงได้มีการออกแบบวางแผนและมีขั้นตอนในการดำเนินงานโดยยึดตามหลักสเปคของรถไถนาเครื่องยนต์สันดาปดังต่อไปนี้

แบบ	เครื่องยนต์ดีเซลแบบนอน ระบบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
จำนวนลูกสูบ	10
ขนาดกระบอกสูบ x ช่วงชัก (มม. x มม.)	2.4
ปริมาตรช่วงชัก (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	465 (RT80) และ 487 (RT90)
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด (แรงม้าที่รอบ/นาที)	8/2400 (5.9kW/2400) รุ่น RT80 / 9/2400 (6.6kW/2400) รุ่น RT90
กำลังเครื่องยนต์ต่อเนื่อง (แรงม้าที่รอบ/นาที)	7/2400 (5.1kW/2400) รุ่น RT80 / 9/2400 (5.9kW/2400) รุ่น RT90
อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะที่กำลังที่กำหนดต่อเนื่อง (กรัม/แรงม้าชั่วโมง)	194.2 (264 กรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) รุ่น RT80 / 194.9 (265 กรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) รุ่น RT90
อัตราส่วนการอัด	23 : 1
ระบบตั้งลิ้น (มม.)	0.16-0.20
แรงบิดสูงสุด (กิโลกรัมแรงเมตรที่รอบ/นาที)	2.8/1600 รุ่น RT80 / 3.0/1600 รุ่น RT90
ความจุน้ำระบายความร้อน (ลิตร)	1.6
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	10
ความจุน้ำมันหล่อลื่น (ลิตร)	2.4
ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	น้ำมันดีเซล SAE เบอร์ 2-D
ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	SAE 40 API CF
ชนิดระบบการเผาไหม้	แบบห้องเผาไหม้ส่วนหน้า
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำแบบรังผึ้ง
ชนิดระบบหล่อลื่น	ขับดันน้ำมันหล่อลื่นโดยปั๊มโทรคอยด์
ชนิดหม้อกรองอากาศ	แบบเปียก
ชนิดของระบบการเริ่มเดินเครื่องยนต์	แบบมือหมุนชนิดความเร็ว 2 เท่า
ทิศทางการหมุนสตาร์ทเครื่องยนต์	หมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองทางด้านมือหมุน
น้ำหนักเครื่องยนต์ (กิโลกรัม)	89

รูปที่ 3.1 สเปครถไถนาเครื่องยนต์สันดาป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบระบบกำลังในยานยนต์ไฟฟ้า

การออกแบบระบบกำลังในยานยนต์ไฟฟ้ามีทั้งหมด 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดสเปคของยานยนต์ไฟฟ้า

ตารางที่ 3.1 กำหนดสเปคของยานยนต์ไฟฟ้า

ชนิดของรถ	รถไถไฟฟ้า
สถานที่ที่ใช้	พื้นที่เกษตรกรรม
ความเร็วสูงสุด	5 km/h
พิกัดมอเตอร์	(ทางปฏิบัติ)2200w
แบตเตอรี่	LFT 48 V 30 Ah
มุมไต่ระหว่างรถกับผานไถ	20 องศาที่ความเร็ว 5 km/h
อัตราเร่ง	10 วินาที 0-5 km/h
มวลรถ+คน+พ่วง	600 kg
พื้นที่	ขรุขระ

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณหากำลังพิกัด (rated power) ของมอเตอร์ และการคำนวณทางไฟฟ้า

ชนิดและสภาพของถนน	K_r (เฉลี่ย)
ถนนลาดยางและถนนคอนกรีต	
สภาพดีเยี่ยม	0.014–0.018
สภาพดีพอใช้	0.018–0.020
ถนนหินบดพื้น	0.023–0.030
ถนนลูกรัง	0.020–0.025
ถนนดิน	
ดินแห้งอัดแน่น	0.025–0.035
ดินเปียกหลังฝนตก	0.050–0.150
ถนนทราย	0.10–0.30

รูปที่ 3.2 ค่าความต้านทานของพื้นผิว

2.1 การคำนวณหากำลังพิกัด(Rated Power)ของมอเตอร์

F_{TT} = FRR + FGR + FAC + FAD

แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ (FRR)

- กรณีทางระนาบ แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ F_{RR} = GVW x Crr

โดย GVW หรือ gross vehicle weight คือ น้ำหนักรถรวมผู้โดยสารเท่ากับมวลรวมคูณค่านิจ ความโน้มถ่วงโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Crr หรือ Rolling resistance coefficient คือ สัมประสิทธิ์ความต้านการเคลื่อนที่ระหว่างล้อยางกับผิวถนนที่ให้รถมีความเร็วคงที่

g คือค่าอัตราความโน้มถ่วงโลก เท่ากับ 9.81 m/s2

F_{RR} = GVW x Crr

= (600 x 9.81) x 0.030

= 176.58 N

- กรณีทางไต่ระดับ แรงฉุดหรือลากให้รถมีความเร็วคงที่ F_{RR} = GVW cos (θ) x Crr

โดย cos (θ) แทนค่าแฟกเตอร์ผิวขรุขระ เมื่อ θ เท่ากับ 20^0 ค่า Cos(20^0) = 0.94

F_{RR} = GVW cos (θ) x Crr

= (600 x 9.81)(0.94) x 0.030

= 165.98 N

แรงที่ใช้ไต่ (F_{GR}, force required to climb a grade resistance)

คือแรงที่ใช้ไต่ระดับ F_{GR} = GVW x sin (θ) โดย θ เท่ากับมุมไต่สูงสุด เมื่อแทนค่า θ เท่ากับ 10° เท่ากับ 0.17

F_{GR} = GVW x sin (θ)

= (600 x 9.81) x 0.17

= 1000.62 N

แรงที่ใช้ในการเร่งให้ได้ความเร็วที่กำหนด (F_{AC})

แรงที่ใช้ในการเร่งให้รถได้ความเร็วที่กำหนดหรือ F_{AC} ได้มาจากอัตราการเปลี่ยนแปลง ความเร็วคูณกับมวลของรถ โดยมีค่าความเร็วต้น (V1) และความเร็วท้าย (V2) ใน ระยะเวลาที่กำหนด (ta)

FAC = GVW x (V2-V1)/9.81 x ta

V2 คือความเร็วหลังการเร่งจากหยุดนิ่ง

ta คือเวลาที่ใช้เร่งรถจากหยุดนิ่งถึงความเร็วที่ต้องการ

(5km/h x 1000) / 3600 s = 1.389 m/s

FAC = GVW x (V2-V1)/9.81 x ta

= (600 x 9.81 x 1.389) / 9.81 x 10

= 83.34 N

F_{Tt} = 176.58+1000.62+83.34

= 1260.54 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงต้านอากาศ (Air dag force, FAD)

แรงต้านอากาศ คือแรงต้านอากาศที่พื้นที่ส่วนหน้าของรถ (Af , m2) ปะทะกับอากาศที่มีความหนาแน่น (ρ, air density, kg/m3) โดยมค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอากาศ (Cd) รถมีความเร็ว(V, m/s) แรงต้านอากาศจากรถคำนวณได้จาก FAD = (1/2) $\rho C_d A_f v^2$

การคำนวณหาแรงบิดที่ล้อ

คำนวณหาแรงบิดที่ล้อ แล้วแรงบิดจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์จากรัศมีของล้อรวมยาง รวมถึงค่าความต้านทานระหว่างเพลากับลูกปืนด้วย

$\tau_W = F_{Tt} \times R_W \times R_F$

โดย WW คือแรงบิดที่ล้อยาง (Nm)

R_W คือรัศมีของล้อยาง (m)

R_F คือแฟคเตอร์การเสียดทานระหว่างเพลากับลูกปืนกำหนดให้เป็น 1.1

เส้นผ่าศูนย์กลางล้อหลังเท่ากับ 750 mm = 0.75 m(รัศมี = 0.375 m)

$\tau_W = F_{Tt} \times R_W \times R_F$

$= 1260.54 \times 0.375 \times 1.1$

$= 519.97$ Nm

หาค่าที่ทำให้ล้อเกิดอาการสลิปเมื่อรถออกตัว

$\tau_{max} = \mu \times W_D \times R_W$

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อยางกับถนน มีค่า 0.5-0.8

WD คือ น้ำหนักที่กระทำต่อล้อขับเคลื่อน

RW คือ รัศมีของล้อยาง (m)

$\tau_{max} = \mu \times W_D \times R_W$

$= 0.7(600 \times 9.81) \times (2/4) \times 0.375$

$= 772.53$ Nm

ตรวจสอบการเกิดสลิปที่ล้อ

เมื่อรถออกตัวจากหยุดนิ่ง ล้อจะไม่เกิดอาการหมุนฟรีหรืออาการสลิป ด้วยเงื่อนไข คือ แรงเสียดทานที่ล้อยางกับพื้นถนนต้องมีค่าสูงกว่าค่าแรงบิดที่ล้อยาง

การเลือกมอเตอร์

เมื่อได้แรงบิดที่ล้อยางที่ความเร็วที่ออกแบบไว้ จำเป็นต้องมีระบบเกียร์เพื่อมาช่วยปรับแรงบิดและความเร็วในย่านการทำงานที่ต้องการ ในกรณีนี้พบว่า หากใช้แรงบิด 519.97 Nm ต้องการกำลังที่เพลาของมอเตอร์

$\tau_m = \tau_{max} \times \omega$

เมื่อ Pm คือกำลังที่เพลาของมอเตอร์(W)

τ_{max} คือ แรงบิดกำลังที่เพลาของมอเตอร์ (Nm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ω คือความเร็วเชิงมุม (rad/s)

เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75 ม. รัศมี 75/2 = 0.375 ม.

เส้นรอบวงกลม $2\pi r = 2(3.14)(0.375) = 2.355$ ม.

หาความเร็วเชิงมุม $\omega = v/r = 2.355/0.375 = 6.28$ rad/s

$\tau_m = \tau_{max} \times \omega$

$= 772.53 \times 6.28$

$= 4851.48$ W

ดังนั้น มอเตอร์ที่ใช้กับโครงงานนี้ เท่ากับ 4851.48 w

$V_{max} = (5 \text{ km} \times 1000/3600s) = 1.389$ m/s

$n = (1.389/0.375) \times 60 = 222.24$ rpm

เนื่องจากมอเตอร์ 4851.48 W นั้น มีราคาที่สูงดังนั้นการเลือกมอเตอร์ 2200 W นั้นแล้วนำมาทดเฟื่อง การชดเชยแรงบิดที่ขาด ด้วยการทดเฟือง

มอเตอร์ที่ใช้ 2200 W ทด 5:1 แรงบิดชั้นที่ 1 = 39 Nm 590 rpm

ทด 4:1 แรงบิดชั้นที่ 2 = 156 Nm 147 rpm

ทด 4:1 แรงบิดชั้นที่ 3 = 624 Nm 37 rpm

2.2 คำนวณทางไฟฟ้า

เนื่องจากการวัดกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมานั้นแสดงอยู่บน App E-motor ซึ่งจะแสดงค่าการป้อนกระแสจากแบตเตอรี่ไปสู่กล่องควบคุมมอเตอร์

การหาขนาดสายไฟขาเข้า Inverter Controller (DC)

สูตรหากระแสมอเตอร์ DC $I = \frac{W}{(V \times eff)}$

แทนค่า $I = \frac{2200}{(52 \times 0.85)} = 49.77$ A

การหาขนาดกระแสขาออก Inverter Controller 3 เฟส (AC)

สูตรหากระแสมอเตอร์ 3 เฟส $I = \frac{P}{1.732 \times V \times PF \times eff}$

แทนค่า $I = \frac{2200}{1.732 \times 52 \times 0.48 \times 0.86}$

$I = 59.87 \approx 60$ A

คำนวณหาขนาดเบรกเกอร์ 125% $= 60 \times 1.25$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 75 AT

ดังนั้น เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับระบบกำลังดังนั้นการเลือกเบรกเกอร์นั้นจะอยู่ที่ 80 AT และขนาดสายอยู่ที่ 25 Sq.mm (94 A)

การคำนวณ Center of Gravity

1. พื้นที่ราบ

ตำแหน่งที่จุดต่างๆ	ซ้าย	ขวา
น้ำหนักที่ล้อหน้า kg	55	55
น้ำหนักที่ล้อหลัง kg	125	125
ระยะห่างเส้นผ่านศูนย์กลางล้อหลังกับล้อหน้า(m)	1.75	

2. เมื่อยกล้อหน้าสูง

ตำแหน่งที่จุดต่างๆ	ซ้าย	ขวา
น้ำหนักที่ล้อหน้า kg	50	50
น้ำหนักที่ล้อหลัง kg	135	135
ระยะห่างเส้นผ่านศูนย์กลางล้อหลังกับล้อหน้า(m)	1.65	
ความสูงแท่นรอง(cm)	20	

3. ระยะห่างล้อ และเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ

ตำแหน่งที่จุดต่างๆ	ซ้าย	ขวา
ระยะห่างล้อ(m)	1.14	1.4
เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ(m)	0.52	0.75

จากรูปที่ 1 สมการที่ใช้คำนวณหาจุด CG. และแรงกระทำต่าง ๆ

$$l_1 = W_1 l / W \quad (1)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}[(r_1 - r_2) / l] \quad (2)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}[(y + r_2' - r_1') / (l / \cos\theta_1)] \quad (3)$$

$$l' = l(\cos\theta_1 / \cos\theta_2) \quad (4)$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 \quad (5)$$

$$h = r_1 + \{[l_1 - (l_1'/\cos\theta)] / \tan\theta\} \quad (6)$$

$$l_2 = (W - 2w)(Tf + Tr) / 4W \quad (7)$$

$$\delta = \tan^{-1}[(Tf + Tr) / 4 \pm L_2] / h \quad (8)$$

$$\theta = \tan^{-1}(b \pm 2l) / 2h \quad (9)$$

θ = Overturning angle ($^\circ$)

b = ความกว้างของล้อ (มม.)

รูปที่ 3.3 สมการการคำนวณ CG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ $\sqrt{I_1} = \frac{W1\ I}{W}$

$I_1 = \frac{(55+55)x1.8}{(55+55+125+125)}$

$I_1 = 0.55$ m

จากสมการ $\theta = \theta_1 + \theta_2$

$\theta_1 = \tan^{-1}\frac{[(r1-r2)]}{I}$

$\theta_1 = \tan^{-1}\frac{[(0.375-0.26)]}{1.75}$

$\theta_1 = 3.748^0$

$\theta_2 = \text{Sin}^{-1}[(y + r_1' - r_2')/(I/Cos\theta 1)]$

แทนค่า $\theta_2 = \text{Sin}^{-1}[(0.2 + 0.26 - 0.375)/(1.75/Cos3.748)]$

$\theta_2 = 2.78^0$

$\theta = 3.748^0 + 2.78^0$

$\theta = 6.52^0$

สมการ $h = r_1 + \frac{[I_1(I_1'/Cos\theta)]}{\tan\theta}$

$h = \frac{0.375+[0.55(0.549/\text{Cos}6.52^0)]}{\tan 6.52^0}$

$h = 0.375$ m

จากสมการ $I_2 = (W-2W)(Tf+Tr)/4W$

$= (360-2(55))(1.14+1.4)/4(360)$

$= 0.0559$ m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาขีดจำกัดมุมเอียงสูงสุด

จากค่า $l_1 = 0.55$ m

$H = 0.375$ m

หาค่า λ_r

$\tan \lambda_r = h/l_1$

$= 0.375/0.55$

$\tan \lambda_r = 68.18^0$

หาค่า λ_f

$\tan \lambda_f = h/(l-l_1)$

$= 0.375/0.55$

$\tan \lambda_f = 31.25^0$

ขีดจำกัดสูงสุดเมื่อรถเอียงไปข้างหน้า = 90^0-31.25^0 = 58.75^0

ขีดจำกัดสูงสุดเมื่อรถเอียงไปข้างหลัง = 90^0-68.18^0 = 21.82^0

ขั้นตอนที่ 3 Define driver and DC/DC converter

เนื่องจากมอเตอร์มีขนาด 2200 W แต่เนื่องจากค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์อยู่ที่ 85% 2200(1-0.85)+2200=2530 W ดังนั้น Inverter Controller อยู่ที่ 2530 W ขึ้นไป ในกลุ่มของคณะผู้จัดทำเลือก Inverter Controller ขนาด 3000 W

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดสเปกของแบตเตอรี่

ค่าประสิทธิภาพของ Inverter Controller อยู่ที่ 90% 3000(1-0.9)+3000=3300 ดังนั้น ค่าพลังงานที่ควรใช้ในการเลือกขนาดพลังงานในแบตเตอรี่ต้องมากกว่า 3300 W ซึ่งจะสามารถใช้งานได้ 1 ชม.

ขั้นตอนที่ 5 เลือกระบบในการชาร์จ

ยานยนต์ไฟฟ้าคันนี้ใช้หัวชาร์จแบบ Type2 เพราะเป็นมาตรฐานที่นิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และเป็นหัวชาร์จแบบ AC ซึ่งมีลักษณะ 7 Pin และมีความสามารถจ่ายไฟอยู่ที่ 3.7kWh และในปัจจุบันมีการพัฒนาให้เป็นการชาร์จแบบ 3 เฟส จึงสามารถทำให้จ่ายไฟได้ 11-22kWh

จากสูตร $v = S/t$, $S = v \times t$

แทนค่า $S = 5\text{km}/(1\text{hr.}) \times 42.10\text{min} \times (1\text{hr.})/60\text{min}$

$S = 3.50833\text{km}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาในการชาร์จ

ระยะเวลาในการชาร์จ	แรงดันของแบตเตอรี่	เปอร์เซ็น
0 นาที	49.17 V.	0%
20 นาที	52.74 V.	78%
40 นาที	53.29 V.	90%
60 นาที	53.75 V.	100%

รูปที่ 3.4 เทคนิคการเลือกซื้อเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า EV Charger ให้เหมาะกับรถยนต์

3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.2.1 ออกแบบโครงสร้างโดยใช้โปรแกรม Sketch up Pro2020

รูปที่ 3.5 การออกแบบโครงสร้างของยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การจัดหาโครงสร้างรถไถ่แล้วนำมาดัดแปลง

(ก)

(ข)

รูปที่ 3.6 (ก) จัดหาโครงรถ
(ข) ขัดและทาสีกันสนิม

3.2.3 ทำการวางหลังคาเป็นโซล่าเซลล์ ที่วางอุปกรณ์ และซ่อมแซมช่วงล่าง

(ก) (ข) (ค) (ง)

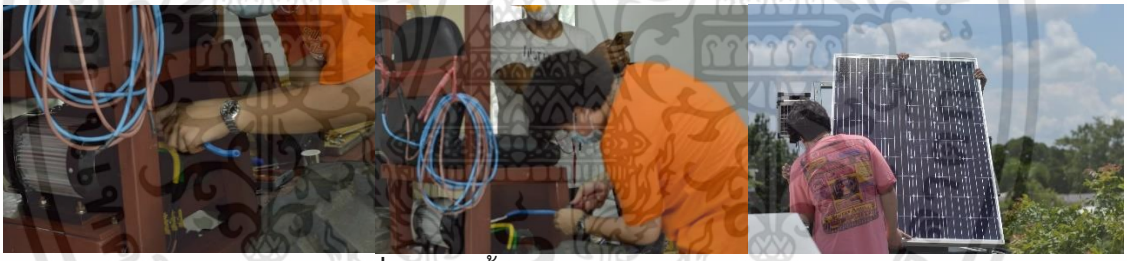
รูปที่ 3.7 (ก) ซ่อมแซมช่วงล่าง
(ข) ติดตั้งฐานเบาะนั่ง
(ค) ทำโครงสร้างหลังคา เพื่อวางโซล่าเซลล์
(ง) ทำฐานเพื่อเตรียมจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การดัดแปลงและการซ่อมแซมโครงสร้างเสร็จ

รูปที่ 3.8 โครงสร้างที่พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม

3.2.5 จัดวางและติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและชุดควบคุมต่างๆ



รูปที่ 3.9 ติดตั้งตัวต้นกำลังและโซ่ล่าเซลล์

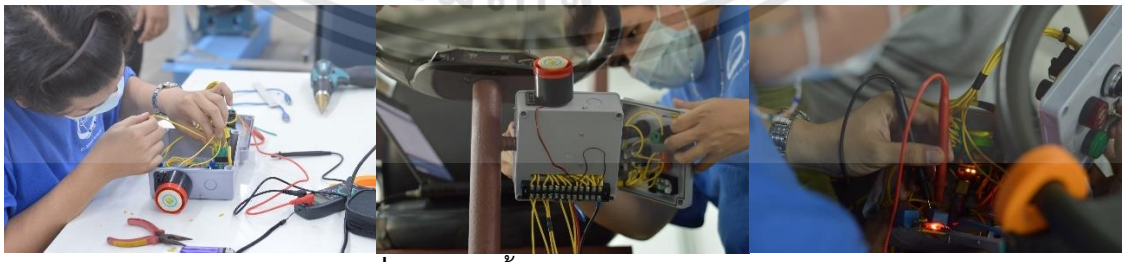
รูปที่ 3.10 ติดตั้ง Inverter Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 ติดตั้งระบบช่วยในการขับขี่ยานยนต์ไฟฟ้า

รูปที่ 3.12 แพ็กแบตเตอรี่และติดตั้ง

รูปที่ 3.13 ติดตั้งหัวชาร์จ



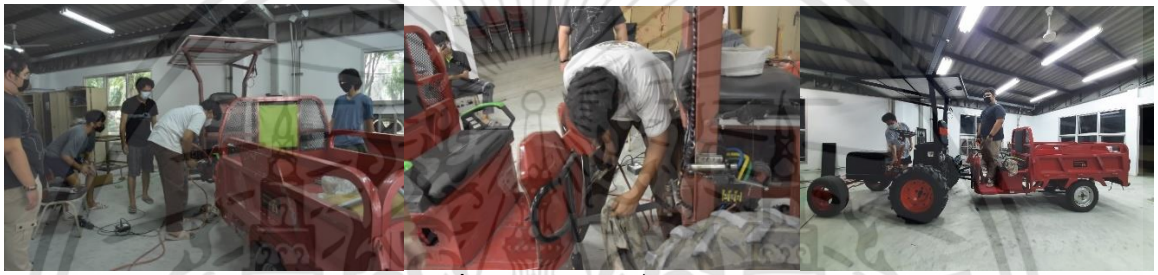
รูปที่ 3.14 ติดตั้งกล่องควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 ขึ้นรูปฝากระโปรงหน้าด้วยช่างมืออาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 ขัดและทำสีรถ

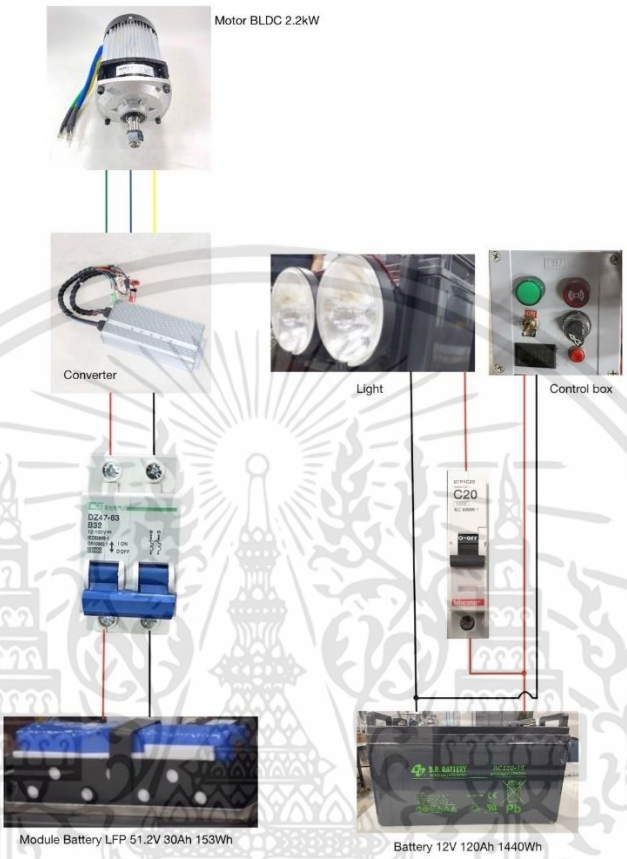


รูปที่ 3.17 ต่อพ่วงเพื่อบรรทุก

รูปที่ 3.18 ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ระบบ Power ของยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม



รูปที่ 3.19 ระบบ Power

ยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม ใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนฟอสเฟต ขนาด 48 V 1.56kWh ต่อเข้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ DC ขนาด 63 AT เพื่อเป็นการเปิด/ปิดการทำงานของแหล่งจ่าย ที่จะจ่ายไฟเลี้ยงให้กับอินเวอร์เตอร์ขนาด 48 V 3kW ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงไฟจาก DC 48 V เป็น 3 เฟส AC 48 V และแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ BLDC 48 V 2.2kW

ระบบควบคุม ใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกด 12 V 120Ah ต่อเข้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ 45 AT เพื่อเป็นการเปิด/ปิดแสงสว่างและจ่ายไฟให้กับกล่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

หลังจากศึกษาและเก็บข้อมูลของผิวทางที่มีผลต่อการวิ่งของยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม จนนำไปสู่การทดลองวิ่งเพื่อหาค่ากระแสและพลังงานที่ใช้ ทำการวัดค่าจาก Application E-motor ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและดำเนินงานในส่วนของการทดลองประกอบไปด้วย

1. ผิวทางเรียบ
2. ผิวทางขรุขระ
3. พื้นที่ทุ่งหญ้า

โดยการทดลองนี้ จะใช้ระยะทางที่เท่ากันทั้งหมดที่ 100 ม. และน้ำหนักของโหลดที่ 160 kg และ 330 kg

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองวัดค่ากระแส

ตารางที่ 4.1 ทดลองวิ่งผิวทางเรียบ

ผิวทางเรียบ ระยะทาง 100 ม.		
ความเร็ว/น้ำหนัก	160 kg	330 kg
5 km/hr	16-28 A	31-42 A
3 km/hr	14-20 A	18-30 A
1 km/hr	8A	15-19 A

รูปที่ 4.1 กระแสผิวทางเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ทดลองวิ่งผิวทางขรุขระ

ผิวทางขรุขระ ระยะทาง 100 ม.		
ความเร็ว/น้ำหนัก	160 kg	330 kg
5 km/hr	29 A	40-48 A
3 km/hr	20-21 A	23-33 A
1 km/hr	12-15 A	19-22 A

รูปที่ 4.2 กระแสผิวทางขรุขระ

ตารางที่ 4.3 ทดลองพื้นที่ทุ่งหญ้า

พื้นที่ทุ่งหญ้า ระยะทาง 100 ม.		
ความเร็ว/น้ำหนัก	160 kg	330 kg
5 km/hr	31-51 A	50-52 A
3 km/hr	24-32 A	30-36 A
1 km/hr	18-22 A	23-28A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 กระแสพื้นที่ทุ่งหญ้า

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.4 (ก) วิ่งด้วยความเร็ว 1 km/hr
(ข) วิ่งด้วยความเร็ว 2 km/hr
(ค) วิ่งด้วยความเร็ว 3 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลองวัดค่าพลังงานที่ใช้

ค่าพลังงานที่ใช้บนผิวทางเรียบ

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 5 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 22 Ah = 1144 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 5 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 36.5 Ah = 1898 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 3 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 17 Ah = 884 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 3 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 24 Ah = 1248 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 1 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 8 Ah = 416 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 1 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 15 Ah = 780 Wh

ค่าพลังงานที่ใช้บนผิวทางขรุขระ

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 5 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 29 Ah = 1508 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 5 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 44 Ah = 2288 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 3 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 23 Ah = 1196 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 3 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 28 Ah = 1456 Wh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 1 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 13.5 Ah = 720 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 1 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 20.5 Ah = 1066 Wh

ค่าพลังงานที่ใช้บนพื้นที่ทุ่งหญ้า

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 5 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 34.5 Ah = 1794 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 5 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 51 Ah = 2652 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 3 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 28 Ah = 1456 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 3 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 33 Ah = 1716 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 1 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 20 Ah = 1040 Wh

พลังงานที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ในความเร็วที่ 1 km/hr น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg

สูตร V x Ah = Wh

52 V x 25.5 Ah = 1326 Wh

4.2 ผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลองที่ได้นั้นเราได้ใช้น้ำหนักของสมาชิกในกลุ่มแทนน้ำหนักของโหลดที่จะใส่ โดยน้ำหนักที่ได้ตั้งไว้คือ 160 kg กับ 330 kg ซึ่งน้ำหนักโหลดที่ใช้ได้สูงสุดอยู่ที่ 330 kg

ขั้นตอน

ครั้งที่ 1 ทดลองที่ 160 kg โดยให้สมาชิก 2 คน ที่น้ำหนัก 80 kg 2คนขึ้นนั่งท้ายกระบะแล้วทำการบันทึกค่าตามความเร็วที่กำหนด คือ 1 km/hr ,3 km/hr , 5 km/hr

ครั้งที่ 2 ทดลองที่ 330 kg โดยให้สมาชิก 5 คน ที่น้ำหนัก 80 kg 2คน น้ำหนัก 60 kg 2คน 50 kg 1 คน ขึ้นนั่งท้ายกระบะแล้วทำการบันทึกค่าตามความเร็วที่กำหนด คือ 1 km/hr ,3 km/hr , 5 km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อทดสอบการหาค่าพลังงานที่แบตเตอรี่จ่ายพลังงานออกมาให้กับมอเตอร์ตามลำดับความเร็ว

รูปที่ 4.5 ทดลองวิ่งบนผิวทางเรียบ

รูปที่ 4.6 ทดลองวิ่งบนผิวทางขรุขระ

รูปที่ 4.7 ทดลองวิ่งบนพื้นที่ทุ่งหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานโครงงาน เรื่องยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม ทางผู้จัดทำสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

ผลจากการศึกษาข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรที่มีต่อการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม พบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของยานยนต์ไฟฟ้าอเนกประสงค์เพื่อเกษตรกรรม จะมีอยู่ 2 ตัวแปร คือ 1) พื้นผิวของถนนหรือเส้นทางที่รถทำการวิ่ง ซึ่งได้ทำการวิ่งใน 3 พื้นผิว ได้แก่ ผิวเรียบ ผิวขรุขระและพื้นที่ทุ่งหญ้า 2) น้ำหนักที่ทำการบรรทุก คือ 160 kg และ 330 kg

จากการทดลองวิ่งบนผิวทางเรียบ และทำการวัดค่ากระแสพบว่า เมื่อวิ่งที่ความเร็วคงที่ แต่บรรทุกน้ำหนักต่างกันกระแสจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับซึ่งค่าพารามิเตอร์ๆ จะแสดงไปยัง Application E-motor ซึ่งจากการทดลองพบว่าการวิ่งบนผิวทางเรียบจะกินกระแสน้อยที่สุด ลองลงมาจะเป็นผิวทางขรุขระ และพื้นที่ทุ่งหญ้าจะกินกระแสมากที่สุด

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้

ค่าพลังงานที่ใช้			
ความเร็ว/น้ำหนัก	ผิวทางเรียบ	ผิวทางขรุขระ	พื้นที่ทุ่งหญ้า
5 km/h น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg	1144 Wh	1508 Wh	1794 Wh
3 km/h น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg	884 Wh	1196 Wh	1456 Wh
1 km/h น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 160 kg	416 Wh	720 Wh	1040 Wh
5 km/h น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg	1898 Wh	2288 Wh	2652 Wh
3 km/h น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg	1248 Wh	1456 Wh	1716 Wh
1 km/h น้ำหนักที่ใส่ท้ายรถ 330 kg	780 Wh	1066 Wh	1326 Wh

จากตารางที่ 5.1 ในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีการดึงค่าพลังงานที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากสภาพแวดล้อมนั้นเป็นปัจจัยที่ทำให้การขับเคลื่อนนั้นแตกต่างกันเช่น ทางเรียบ พื้นที่ขรุขระ หรือพื้นที่ที่เป็นหลุมรวมไปถึงการบรรทุกน้ำหนัก ความเร็วในการขับเคลื่อน จากการทดลองได้ทดลองโดยใส่น้ำหนักที่ 160 kg และ 330 kg จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานที่ได้จะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนัก สภาพแวดล้อม ความเร็วขับเคลื่อน ยิ่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากรวมถึงสภาพแวดล้อมที่ขรุขระรวมถึงการใช้ความเร็วที่สูงจะทำให้การดึงพลังงานออกจากแบตเตอรี่สูง ดังนั้นระยะเวลาการใช้งานรถคันนี้จะสั้นลง

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ปัญหา

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำโครงการในสถาบันการศึกษาได้
2. เนื่องจากอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำโครงนั้นอยู่ที่สถาบันการศึกษา ดังนั้นปัญหาที่เกิดคือการวัดขนาดของอุปกรณ์ที่จะติดตั้งบนตัวรถไถ
3. การติดตั้งอุปกรณ์และเดินสายไฟฟ้าในระบบ Power นั้นมีขั้วหางปลาของมอเตอร์นั้นทำให้มอเตอร์ไม่สามารถออกตัวได้ เนื่องจากมีแรงดันมาแค่เพียง 2 เฟส ทำให้แรงบิดของมอเตอร์ไม่เพียงพอต่อการขับโหลด
4. เนื่องจากการทำโครงสร้างครั้งนี้ได้เปลี่ยนตำแหน่งตัวต้นกำลังไว้ข้างหลัง จึงทำให้หน้ารถลอยขึ้นในเวลาเลี้ยวจึงทำให้เกิดการเลี้ยวในวงที่กว้างขึ้น
5. ในขณะที่ทำการทดสอบ Relay ในวงจรควบคุมนั้นเกิดการชำรุดซึ่งเกิดจากแรงดันให้ที่จ่ายนั้นมีแรงดันที่สูงกว่า Coil Relay ซึ่ง Coil Relay มีขนาดแรงดันที่ 5 V แรงจ่ายไฟควบคุม 12 V

5.2.2 แนวทางการแก้ปัญหา

1. ได้นำชิ้นงานมาทำที่บ้านเป็นระยะเวลา 2 เดือน เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินต่อไปได้ตามระยะเวลาที่ได้ระบุไว้
2. สอบถามไปยังเพื่อนๆที่อยู่ที่ฝึกงานในสถาบันการศึกษาและหาข้อมูลใน Internet
3. ทำการย้ำหางปลาที่ขั้วมอเตอร์ใหม่เมื่อย้ำเสร็จ มอเตอร์สามารถออกตัวได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. วงจร Power ควรเปลี่ยนจากสาย VCT เบอร์ 10 เป็นสาย VCT เบอร์ 16 ขึ้นไป เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในระบบมากขึ้น เนื่องจากสาย VCT เบอร์ 10 นั้นมีค่าที่สามารถทนกระแสได้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณ
2. การเพิ่มระยะทางการใช้งานของรถไถนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มขนาดแหล่งจ่ายนั้นก็คือแบตเตอรี่
3. สามารถนำโครงการไปต่อยอดได้โดยการใส่ระบบควบคุมโดยอัตโนมัติได้ โดยการเปลี่ยนจากพวงมาลัยเดิมให้เป็นพวงมาลัยไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Motor Control Brushed DC (BDC) | element14

[2] https://th.element14.com/motor-control-brushless-dc-bldc-technology

[3] อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คืออะไร ? | Electricity & Industry (electricityandindustry.com)

[4] รู้ไว้ก็มีประโยชน์! ชนิดของ "เฟืองเกียร์ทดรอบ" มีแบบไหนบ้างต้องมาดู (vanichgroup.com)

[5] โซ่ - วิกิพีเดีย (wikipedia.org)

[6] https://mtoverseas.com/conveyor-chain-construction/

[7] https://www.thaimechanic.com/article-124-read.html

[8] สายไฟ คืออะไร วิธีเลือกสายไฟให้เหมาะสมกับประเภทของงาน - Phelps Dodge (pdcable.com)

[9] https://www.hiachet.com/what-is-vct-wire/

[10] บทความ Arduino คืออะไร? ตอนที่2 (แนะนำ Arduino รุ่นต่างๆกัน) - ขาย Arduino อุปกรณ์ Arduino คุณภาพดี ราคาถูก ส่งไว ส่งฟรี : Inspired by LnwShop.com (cybertice.com)

[11]http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Agricultural_Engineering/2543/Bs/ParinyaTy/appdx.pdf

[12]เทคนิคการเลือกซื้อเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า EV Charger ให้เหมาะกับรถยนต์ - Duosida Thailand เครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า EV Charger ราคาส่ง : Inspired by LnwShop.com

[13]รายงานฉบับสมบูรณ์ วิชา 201499 โครงงานวิศวกรมมเกษตร ภาควิชาวิศวกรมมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

[14] แบบเรียน ดร.วีระเชษฐ์ ขันเงิน

[15] เครื่องยนต์ดีเซล คูโบต้า 8-9 แรงม้า KUBOTA RT80M / KUBOTA RT90M Diesel Engine (108engine.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Application E-motor

เป็นแอปที่ช่วยควบคุมฟังก์ชันต่างๆของมอเตอร์ สามารถควบคุมผ่านระบบ IOS และ Android ข้อมูลต่างๆจะแสดงที่หน้าจอแบบ Real-Time

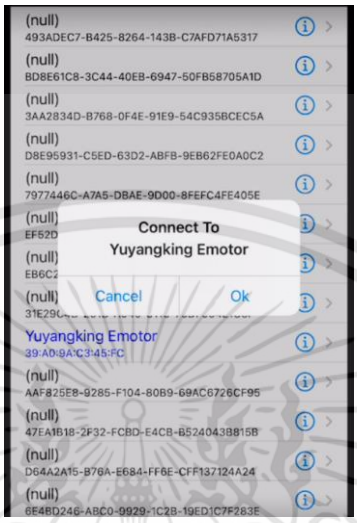
ก.1 ดาวโหลด Application E-motor

ก.1 Application E-motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การใช้งาน Application E-motor

1. เชื่อมต่อ Application E-motor กับระบบการทำงาน



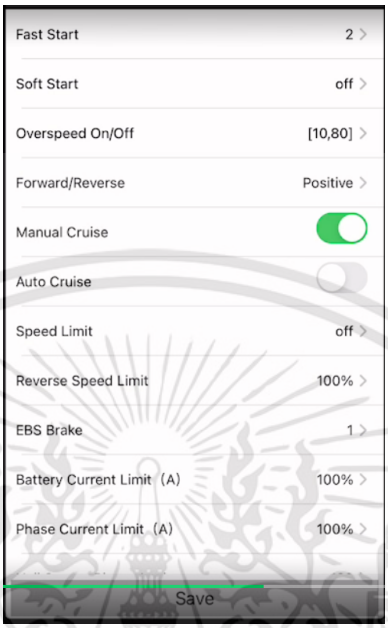
ก.2 การเชื่อมต่อ

2. เลือก Me และ เลือก System Setting เพื่อเข้าไปตั้งค่าการใช้งานมอเตอร์

ก.2 การตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อตั้งค่าการใช้งานเสร็จ ให้กด Save



ก.3 บันทึกการตั้งค่า

4. แสดงการทำงานต้องมอเตอร์

ก.4 แสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการใช้งาน TIP MARK 1

ข.1 อธิบายฟังก์ชั่นของรถ

กล่องควบคุม

หมายเลขที่ 1 คือ สวิตช์เปิดการใช้งาน

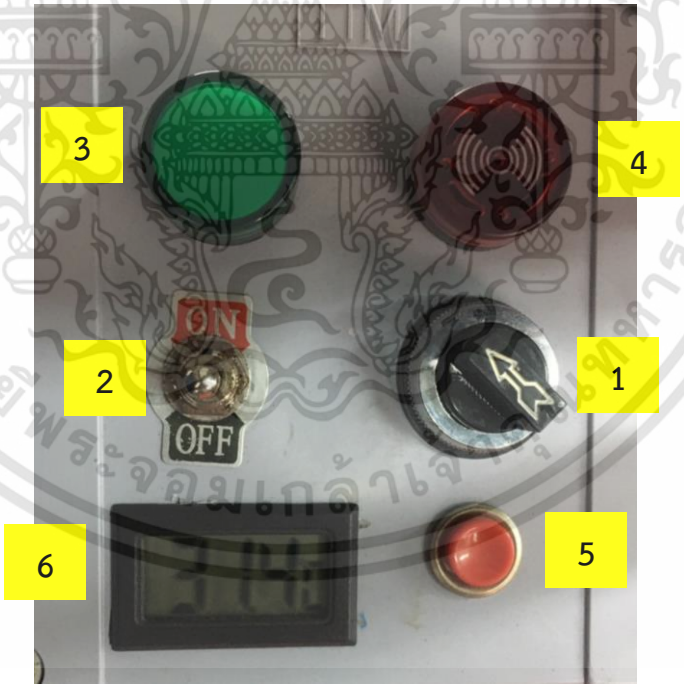
หมายเลขที่ 2 คือ สวิตช์เดินหน้าถอยหลังและเปิดระบบ Auto pilot เมื่อสวิตช์อยู่ตำแหน่งกลาง คือ เดินหน้า เมื่อจะทำการถอยหลังให้ดันสวิตช์ลงด้านล่าง และดันขึ้นข้างบนสุด เพื่อทำการเปิดระบบ Auto pilot

หมายเลขที่ 3 คือ ไฟแสดงสถานการณ์ใช้การเดินหน้า

หมายเลขที่ 4 คือ ไฟแสดงสถานะถอยหลัง

หมายเลขที่ 5 คือ ปุ่มกดแตร

หมายเลขที่ 6 คือ หน้าจอแสดงอุณหภูมิภายในห้องเครื่อง



ข.1 การทำงานของระบบขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

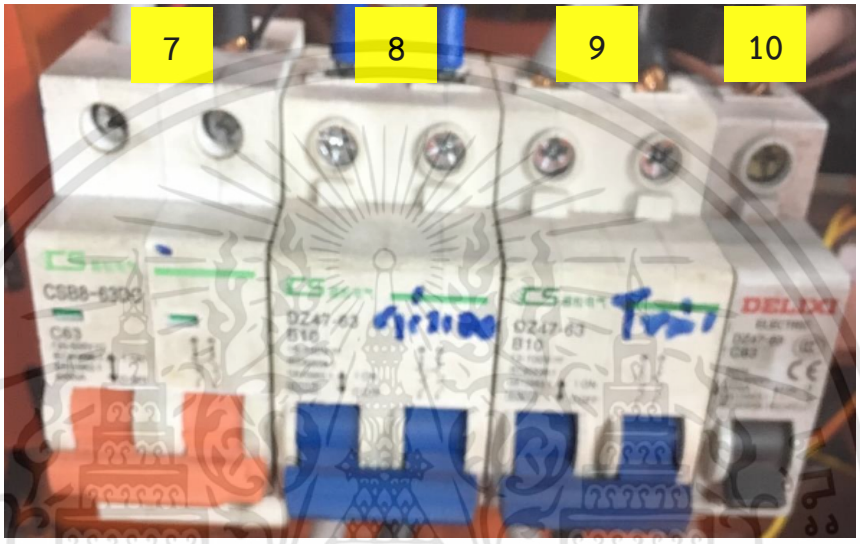
ชุดเบรกเกอร์

หมายเลขที่ 7 คือ เบรกเกอร์เปิดแหล่งจ่าย

หมายเลขที่ 8 คือ เบรกเกอร์สำหรับเปิดการชาร์จแบตเตอรี่

หมายเลขที่ 9 คือ เบรกเกอร์สำหรับเปิดการชาร์จแบตเตอรี่จากโซลาเซลล์

หมายเลขที่ 10 คือ เบรกเกอร์สำหรับเปิดไฟหน้ารถ



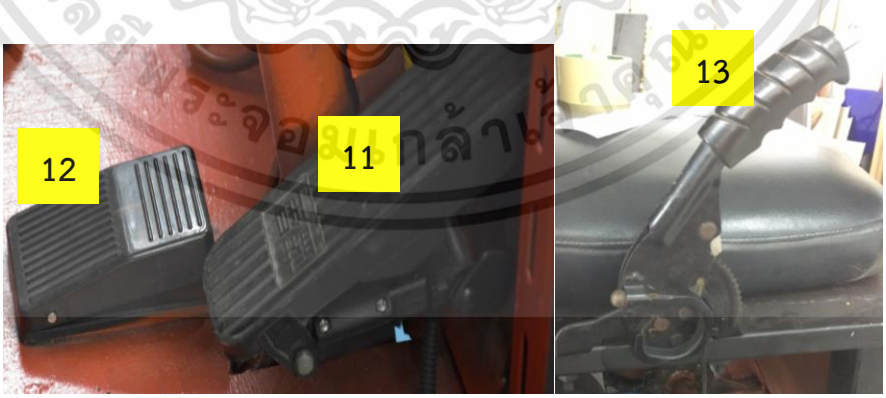
ข.2 ชุดเบรกเกอร์

ชุดขับเคลื่อน

หมายเลขที่ 11 คือ คันเร่งไฟฟ้า

หมายเลขที่ 12 คือ เบรก

หมายเลขที่ 13 คือ เบรกมือ



ข.3 ขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 1 เปิดเบรกเกอร์หมายเลขที่ 7 เพื่อเปิดแหล่งจ่าย
ขั้นตอนที่ 2 เปิดสวิตช์หมายเลขที่ 1 เพื่อเปิดการใช้งาน
ขั้นตอนที่ 3 เปิดสวิตช์หมายเลขที่ 2 เพื่อเลือกขับเคลื่อน
ขั้นตอนที่ 4 ปลดเบรกมือหมายเลขที่ 13
ขั้นตอนที่ 5 เหยียบหมายเลขที่ 11 เพื่อเร่งเครื่อง

ข.3 การบำรุงรักษาหลังใช้งาน

1. ปิดเบรกเกอร์ทุกครั้งหลังใช้งาน
2. ถอดแหล่งจ่ายทุกครั้งหลังใช้งาน
3. ทาจารบีเมื่อเริ่มมีเสียงดังผิดปกติ
4. เช็คลมยางอย่างสม่ำเสมอ
5. เช็ดทำความสะอาดมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้