

การออกแบบ สร้างและประเมินประสิทธิภาพรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

Design Fabrication and Performance Evaluation of Small Electric Power
Walk-Tractors



กนกพล ศักดิ์ชัยนันท์

จิรายุศ ขยันสะการ

ชานน จิตกุลวัฒน์

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ สร้างและประเมินประสิทธิภาพรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

Design Fabrication and Performance Evaluation of Small Electric Power
Walk-Tractors



กนกพล ศักดิ์ชัยนันท์

จิรายุศ ขยันสะการ

ชานน จิตกุลวัฒน์

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN FABRICATION AND PERFORMANCE EVALUATION OF SMALL
ELECTRIC POWER WALK-TRACTORS

KANOKPOL SAKCHAINUN

JIRAYUS KHAYANSAKAN

CHANON THITIKULWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบ สร้างและประเมินประสิทธิภาพทรานซิสเตอร์อินทรีย์ชนิด p-i-n ด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

นักศึกษา นายกนกพล ศักดิ์ชัยนันท์ 62010006
นายจิรายุศ ชัยนัสการ 62010130
นายชานน ธิติกุลวัฒน์ 62010195

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ. 2565

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบ สร้างและประเมินประสิทธิภาพรถไฟเหดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก	
นักศึกษา	นายกนกพล ศักดิ์ชัยนันท์	62010006
	นายจิรายุศ ชัยนัสการ	62010130
	นายชานน ธิติกุลวัฒน์	62010195
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร	
พ.ศ.	2565	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์	

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นโครงการเรื่องการออกแบบ สร้าง และประเมินประสิทธิภาพของรถไฟเหดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยรถไฟเหดินตามต้นแบบประกอบด้วย (1)โครงเครื่องขนาดกว้าง 37 cm ยาว 150 cm และสูง 84 cm (2)ล้อขับเคลื่อนผ่านศูนย์กลาง 38 cm กว้าง 10 cm (3)มอเตอร์กระแสตรง 48 V กำลังไฟ 1000 watt ความเร็วรอบสูงสุด 2800 รอบต่อนาที และ(4)แบตเตอรี่ 12 V 12.2A จำนวน 4 ก้อน ซึ่งมีน้ำหนักตัวเครื่องรวม 58.12 kg เพื่อให้มีน้ำหนักเบาสามารถปฏิบัติงานได้ในพื้นที่จำกัด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพการฉุดลาก ทำการทดลองโดยวัดแรงฉุดลากบนพื้นดินที่ความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า 5 ระดับคือ 90, 115, 140, 165 และ 195 รอบต่อนาที ขณะดึงน้ำหนักฟางทำยหนัก 20, 25 และ 30 kg ซึ่งผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฉุดลากภายใต้สภาวะดิน ที่มีความชื้นฐานเปียก 14.4 % และมีความต้านทานการแทงทะลุของดินที่ความลึก 15 cm ก่อนทำการทดลอง เป็น 172.4 Ncm^{-2} พบว่าแรงฉุดลากเฉลี่ยสูงสุดบนพื้นดินคือ ที่มีน้ำหนักต่อฟาง 30 kg ที่ความเร็วรอบ 165 rpm มีแรงฉุดลากเฉลี่ยเท่ากับ 214.1 N และประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ยสูงสุด คือที่มีน้ำหนักต่อฟาง 20 kg ที่ความเร็วรอบ 165 rpm มีประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ยเท่ากับ 46.85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design Fabrication and Performance Evaluation of Small Electric Power Walk-Tractors	
Authors	Mr.Kanokpol Sakchainun	62010006
	Mr.Jirayus Khayansakan	62010130
	Mr.Chanon Thitikulwat	62010195
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Agricultural Engineering	
Year	2022	
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Teerapong Pholpo	

Abstract

This thesis project focuses on the design fabrication and performance evaluation of a small electric power walk-tractor for efficient tilling. The prototype walk-tractor consists of the following key components: (1) a compact frame measuring 37 cm wide, 150 cm long, and 84 cm high (2) drive wheels with a diameter of 38 cm and width of 10 cm (3) a direct current motor rated at 48 V and 1000 watts with a maximum rotational speed of 2800 rpm and (4) four 12 V 12.2 Ah batteries, resulting in a total weight of 58.12 kg The lightweight design allows for easy maneuverability in confined spaces and ensures environmental friendliness. The objective of this research is to determine the pulling performance of the walk-tractor by conducting experiments to measure the drawbar pull force on various soil conditions at five motor speeds: 90, 115, 140, 165, and 195 rpm, while applying rear ballast weights of 20, 25 and 30 kg The experiments were conducted on soil with a moisture content of 14.4% and a penetration resistance of 172.4 Ncm⁻² at a depth of 15 cm The results of the experiments revealed that the highest average drawbar pull force on the soil was achieved with a weight of 30 kg at a motor speed of 165 rpm, reaching an average force of 214.1 N The maximum average pulling efficiency was observed with a weight of 20 kg at a motor speed of 165 rpm, yielding an average pulling efficiency of 46.85%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ รวมทั้งอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ รวมถึงเงินทุนสนับสนุนใช้ทำงานวิจัยจากทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กนกพล ศักดิ์ชัยนันท์

จิรายุศ ขยันสะการ

ชานน ธิติกุลวัฒน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษาโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 รถไถเดินตาม	4
2.1.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม.....	4
2.1.2 ประเภทของรถไถเดินตาม.....	6
2.2 รถจักรยานไฟฟ้า.....	7
2.2.1 เครื่องชาร์จ.....	7
2.2.2 แบตเตอรี่.....	7
2.2.3 ระบบควบคุม.....	7
2.2.4 การเลี้ยวและเบรก	7
2.2.5 เซ็นเซอร์พลังงาน	8
2.2.6 มอเตอร์	8
2.3 การหาความชื้นในดิน	8
2.4 ความแข็งแรงของดิน	10
2.4.1 วิธีทางตรง (Direct methods).....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2	วิธีทางอ้อม (Indirect methods).....	11
2.5	แรงฉุดลาก	12
2.6	ประสิทธิภาพเครื่องจักร	12
2.7	ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
2.7.1	โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง.....	14
2.7.2	หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	19
2.8	ความรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่.....	21
2.8.1	หลักการการทำงานของแบตเตอรี่.....	21
2.8.2	ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	22
2.8.3	ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียม	23
2.9	อุปกรณ์ต่อพ่วงรถไถเดินตาม.....	24
2.10	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
2.10.1	เรื่องการศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่.....	24
2.10.2	เรื่องทฤษฎีการออกแบบล้อเหล็กสำหรับงานไถดินของรถไถเดินตาม	26
2.10.3	เรื่องการทดสอบแรงฉุดลากที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง	27
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์,วิธีการสร้างและวิธีการทดลอง		
3.1	วัสดุอุปกรณ์และวิธีการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก	28
3.1.1	วัสดุที่ใช้ในการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก	28
3.1.2	ส่วนประกอบต่างๆของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก	28
3.1.3	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
3.1.4	วิธีการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก	29
3.2	วิธีการทดลองรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	34
3.2.1	การหาคุณสมบัติของดินในแปลง.....	34
3.2.2	วิธีการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ...	35
3.2.3	วิธีการทดลองหาแรงฉุดลากของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	36
3.3	สมการคำนวณ	37
บทที่ 4 ผลการทดลอง		
4.1	คุณสมบัติของดิน	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	41
4.3 แรงฉุดลากของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	42
4.4 ประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ย.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	48
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	48
บรรณานุกรม.....	49
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก โครงสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	52
ภาคผนวก ข อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างและทดสอบรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	61
ภาคผนวก ค การทดลองรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	66
ภาคผนวก ง ผลการทดลอง.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม	6
รูปที่ 2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
รูปที่ 2.3 โครงของมอเตอร์กระแสตรง.....	15
รูปที่ 2.4 ขดลวดสนามแม่เหล็ก.....	16
รูปที่ 2.5 ขั้วแม่เหล็ก	16
รูปที่ 2.6 แปรงถ่าน	17
รูปที่ 2.7 ฝาครอบ	17
รูปที่ 2.8 แผ่นเหล็กบาง.....	18
รูปที่ 2.9 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์	18
รูปที่ 2.10 ขดลวดอาร์เมเจอร์.....	19
รูปที่ 2.11 คอมมิวเตเตอร์	19
รูปที่ 2.12 เส้นแรงแม่เหล็กและตัวนำ.....	20
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของตัวนำ	20
รูปที่ 2.14 แรงที่เกิดขึ้นในตัวนำ	20
รูปที่ 2.15 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน.....	22
รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	22
รูปที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติแบตเตอรี่ลิเทียมชนิดต่างๆ.....	23
รูปที่ 2.18 แสดงอุปกรณ์ต่อพ่วงของรถไถเดินตาม.....	24
รูปที่ 2.19 ใบล้อเหล็กกรรไกรไถเดินตามแบบต่างๆ	25
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อโครงสร้าง	30
รูปที่ 3.2 การติดตั้งแผ่นรองฐาน.....	30
รูปที่ 3.3 การติดตั้งช่องใส่แบตเตอรี่	31
รูปที่ 3.4 การติดตั้งฐานรองมอเตอร์	31
รูปที่ 3.5 การติดตั้งฐานยึดติดล้อ	31
รูปที่ 3.6 การติดตั้งส่วนพวงท้าย	32
รูปที่ 3.7 โครงสร้างเครื่อง	32
รูปที่ 3.8 ล้อเคลื่อนที่การทำงาน.....	33
รูปที่ 3.9 การติดตั้งชุดต้นกำลังและส่งกำลัง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 การติดตั้งล้อยาง.....	34
รูปที่ 3.11 วิธีการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก.....	35
รูปที่ 3.12 วิธีการทดลองหาแรงฉุดลากการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก	36
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามกับความเร็วรอบมอเตอร์	42
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟ่วง 20, 25 และ 30 KG บนพื้นดิน	43
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงฉุดลากเฉลี่ยกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟ่วง 20, 25 และ 30 KG บนพื้นดิน.....	45
รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการฉุดลากที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 RPM บนพื้นดิน และบนพื้นเรียบ โดยมีน้ำหนักต่อฟ่วง 20, 25 และ 30 KG.....	47
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการฉุดลากกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟ่วง 20, 25 และ 30 KG บนพื้นดิน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางขนาดน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหาความชื้น	9
ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพการทำงาน ความเร็วการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร	13
ตารางที่ 2.3 ตารางการทดสอบไถงานของล้อเหล็ก รถไถเดินตามแบบต่างๆ	25
ตารางที่ 2.4 ตารางการกำหนดจำนวนซี่ล้อ	26
ตารางที่ 2.5 ตารางการกำหนดจำนวนใบล้อ	26
ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน (μ)	39
ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของดิน	40
ตารางที่ 4.2 ความต้านทานการแทรกทะลุของดิน	40
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง	41
ตารางที่ 4.4 ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามขณะไม่มีน้ำหนักต่อพวง	41
ตารางที่ 4.5 ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพวง 20, 25 และ 30 KG	42
ตารางที่ 4.6 แรงฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพวง 20, 25 และ 30 KG	44
ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพวง 20, 25 และ 30 KG	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษาโครงการ

ในการทำการเกษตรในปัจจุบันมีความหลากหลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการทำการเกษตรในไร่นา หรือ แม้แต่สวน ซึ่งขนาดพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกมักจะมีขนาดที่แตกต่างกันไป โดยในปัจจุบันประเทศไทยนิยม การทำสวนในพื้นที่ขนาดย่อมมากขึ้นตามพื้นที่บริเวณบ้าน หรือ สวนสาธารณะต่างๆ ซึ่งปัจจัยสำคัญสำหรับการ ทำสวน นั้นก็คือการเตรียมดิน เพราะเป็นที่รู้กันว่า ดินที่มีสภาพร่วนซุย เป็นดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืช มากที่สุด เพราะช่วยให้รากของพืชสามารถดูดน้ำ และอาหารได้สะดวก ดินปลูกต้นไม้ที่ดำนั้น ควรมีความพรุนและมี ช่องว่างให้น้ำ และอากาศแทรกตัวอย่างพอเหมาะ มีความเป็นกรด เป็นด่างที่พอดี แต่หากดินในสวนที่เรา ต้องการปลูกพืช ไม่ได้มีสภาพดังกล่าว เช่น เกิดปัญหาดินแข็ง ดินขาดธาตุอาหาร ดินเหนียว ดินลูกรัง ดินกรด ก็จำเป็นต้องปรับปรุงฟื้นฟูดินให้เหมาะสมสำหรับปลูกต้นไม้ โดยดินชั้นบนหรือชั้นไทรอยน มีความสำคัญต่อการ เพาะปลูกพืชมาก เนื่องจากรากของพืชส่วนมากจะชอบไชหาอาหาร ณ ดินชั้นนี้ ดินชั้นบนเป็นชั้นที่มี อินทรีย์วัตถุสูงกว่าชั้นอื่น ปกติดินชั้นบน จะมีสีเข้ม หรือคล้ำกว่าชั้นอื่นๆ ใช้สำหรับการทำการเพาะปลูกพืช ทั่วๆไป จะต้องมีความหนาตั้งแต่ 0-15 ซม. ส่วนดินชั้นล่าง บริเวณรากพืชของต้นไม้ยืนต้น จะมีการไชลง ไปถึงชั้นนี้ได้ และมีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าชั้นบน ดังนั้นดินซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก ควรต้องมีหน้า ดินรวมดินชั้นบนและดินชั้นล่างมีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร (SGE, 2564)

การเกษตรเป็นกิจกรรมที่มีส่วนสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยมีการเตรียมดินเป็น กระบวนการสำคัญสำหรับการเริ่มต้นทำการเกษตร ซึ่งการไถเป็นหนึ่งในกระบวนการหลักที่ช่วยให้ดินพร้อม สำหรับการเพาะปลูกพืชต่างๆ แต่การเตรียมดินในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัดนั้น ไม่สามารถนำรถแทรกเตอร์ซึ่งเป็น เครื่องจักรที่ใช้เตรียมดิน ที่นิยมใช้ในปัจจุบันเข้าไปใช้งานได้ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อออกแบบ สร้าง และประเมินประสิทธิภาพของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งการออกแบบเกี่ยวข้องกับการ พัฒนาโครงสร้างและส่วนประกอบของรถไถเดินตาม ให้การใช้กำลังไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และตรงกับ ความต้องการของเกษตรกรในการเตรียมดินและดูแลไร่นาของตน ซึ่งทำให้สะดวกต่อการทำงานในบริเวณ ที่มีพื้นที่เพาะปลูกอย่างจำกัด เช่น แปลงปลูกผักในบ้านที่ใช้ปลูกผักสวนครัว หรือแปลงดินที่มีคูน้ำอยู่ด้านข้าง เป็นต้น และเนื่องจากเครื่องจักรใช้กำลังไฟฟ้าทดแทนการใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลัง จึงทำให้ปลอดภัยต่อตัว ผู้ใช้งานรวมทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเครื่องจักรจะไม่ปล่อยมลพิษออกมาขณะนำเครื่องจักรมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก
- 2) เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1) รถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าทำงานในดิน ประเภทดินร่วนปนทราย
- 2) ทำการทดลองในแปลงเกษตรที่มีพื้นที่จำกัด
- 3) ทำการทดลองในแปลงเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สจล. ในสภาวะดินที่มีความชื้นฐานเปียก 14.4 % และมีความต้านทานการแทงทะลุของดินที่ความลึก 15 cm ก่อนทำการทดลอง เป็น 172.4 N/cm^2

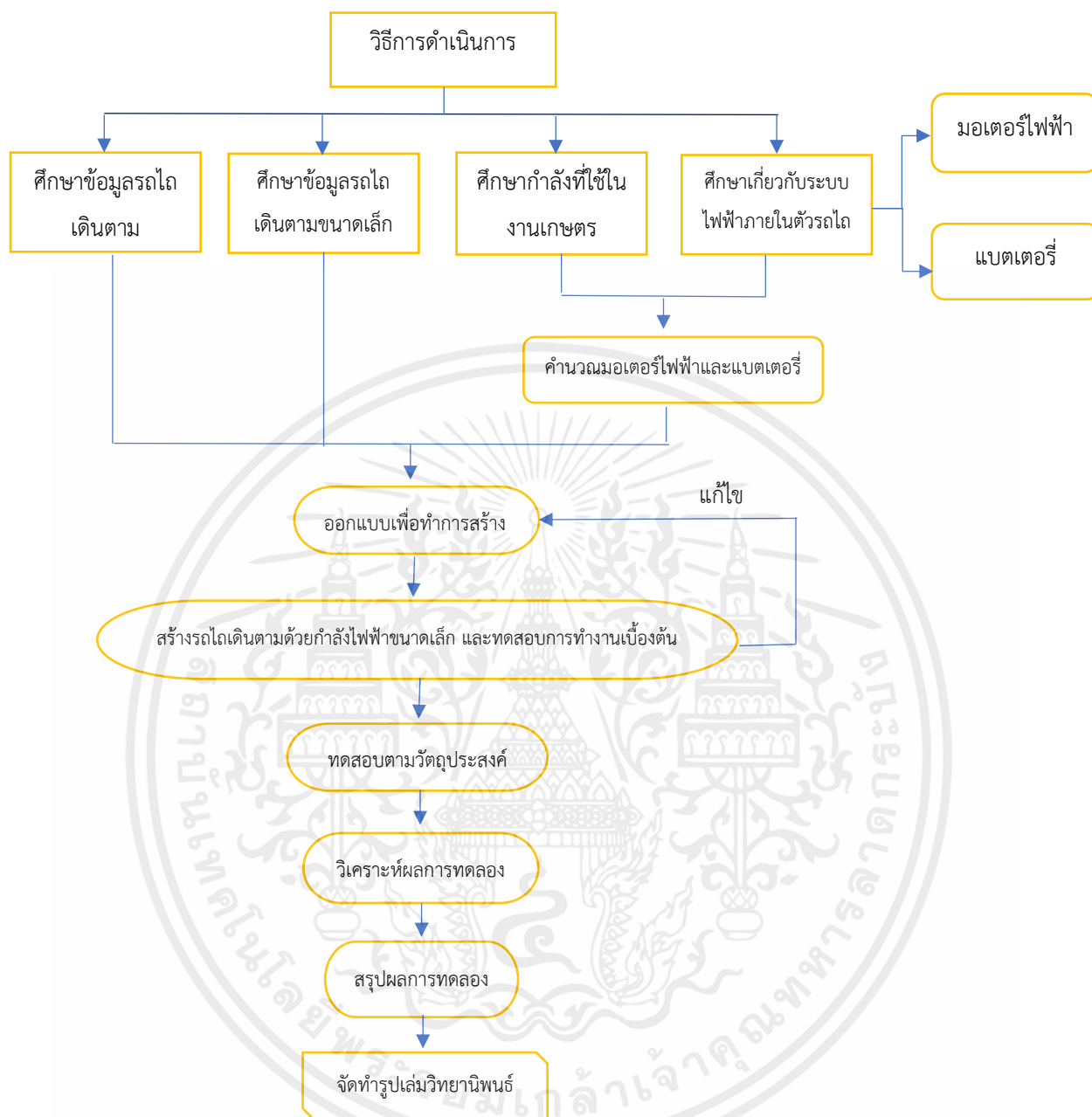
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กได้
- 2) รถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถทำงานได้

1.5 วิธีการดำเนินงาน

- 1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถไถเดินตามที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจักร
- 2) ศึกษาข้อมูลรถไถเดินตามขนาดเล็ก เพื่อเปรียบเทียบกับรถไถเดินตามขนาดปกติว่ามีส่วนประกอบของเครื่องจักรแตกต่างกันอย่างไร
- 3) ศึกษางานในการเกษตรว่าเครื่องจักรต้องใช้กำลังเท่าไร เพื่อนำมาเลือกมอเตอร์และแบตเตอรี่
- 4) ศึกษาเรื่องมอเตอร์และแบตเตอรี่เพื่อนำมาเป็นพลังงานของรถไถเดินตามแทนเครื่องยนต์
- 5) คำนวณหามอเตอร์และแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับรถไถเดินตามที่กำลังจะสร้าง
- 6) ออกแบบรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น โครงรถ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ขับเคลื่อน แบตเตอรี่ ล้อ เป็นต้น
- 7) ทำการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก
- 8) ทดสอบรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กกว่าใช้งานได้ และทดสอบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
- 9) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- 10) นำข้อมูลทั้งหมดมาจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รถไถเดินตาม

รถไถเดินตามเป็นเครื่องจักรกลทางการเกษตรเป็นนวัตกรรมการเกษตร ที่มาแทนที่การใช้สัตว์ ประเภทวัวและกระบือที่เทียมคราดไถนา การนำเอาเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานสัตว์ ถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ในการประกอบอาชีพเกษตรกร โดยใช้กลไกต่างๆ ปรับให้เหมาะกับหน้างานและภูมิประเทศของไทย

หน้าที่หลักของรถไถเดินตามคือ การนำมาใช้เป็นต้นกำลังในการลากจูงเครื่องจักรอื่นๆ เช่น ลาก เครื่องสูบน้ำเข้าแปลงนา หรือลากเครื่องปลูกข้าว เครื่องนวดข้าว เป็นต้น โดยมีการปรับเปลี่ยนรูปลักษณะให้ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งานตามเกษตรกรและพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมดิน การย่ำเพื่อนวดข้าว โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรชนิดนี้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 แรงม้าขึ้นไป มีความแกร่ง สมบุกสมบัน

ตัวทศกำลังของรถไถเดินตามในการขับเคลื่อนล้อ ก็คือ เฟือง โดยมีสายพานคู่ส่งกำลังเพื่อทดรอบ สำหรับไถหรือลากจูงอุปกรณ์พ่วงกับรถ ส่วนล้อนั้นก็จะแตกต่างกันไปตามพื้นที่ที่ใช้งาน เช่น ใช้งานในไร่ในสวน ที่มีคันถนน ก็ควรใช้ล้อยางเพื่อขับเคลื่อนง่าย แต่ถ้านำไปใช้ในนาก็ต้องใช้ตีนเป็ด เพื่อเป็นตัวช่วยพยุงไม่ให้ล้อ จมโคลน

รถไถเดินตาม มีหลายรูปแบบ ได้แก่ แบบผลักเลี้ยว ที่จะใช้ได้ดีในการเพาะปลูกที่ไม่จำเป็นต้องมีการ เลี้ยวรถไถบ่อยๆ เพราะจะใช้แรงเยอะมากในการเลี้ยว เนื่องจากไม่มีระบบช่วยบังคับการเลี้ยว แต่อีกประเภท จะเป็นแบบปีบเลี้ยว ซึ่งเวลาเลี้ยวเราเพียงแค่ปีบบริเวณมือจับ ก็สามารถเลี้ยวรถได้ และแบบที่นิยมกันที่สุดก็ คือแบบเกียร์เลี้ยว คือ มีมือจับช่วยเลี้ยวแบบเบาแรงแล้ว ยังมีทั้งเกียร์เดินหน้า ถอยหลัง ซึ่งช่วยทุ่นแรงได้มาก เวลานำเครื่องจักรอื่นๆ พ่วงก็ทำงานได้ง่ายขึ้น

2.1.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม

ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกัน ต่างกันแต่ เพียงขนาดซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามผู้ผลิต และความนิยมของเกษตรกรในท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบที่สำคัญของรถไถเดินตามได้แก่

1. โครงแขนยึดเครื่อง

โครงแขนยึดเครื่องเป็นส่วนเชื่อมติดกับห้องเฟือง และ เป็นที่วางตำแหน่งของ เครื่องยนต์ โดยมีแท่นเครื่องรองรับอีกชั้นหนึ่ง เครื่องยนต์ที่ติดตั้งอยู่บนแท่นเครื่องสามารถเลื่อนไปมาได้ เมื่อคลายน็อตที่ยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามส่วนใหญ่ติดเครื่องยนต์ เบนซินที่มีขนาด 5-8 แรงม้าหรือเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาด 8-12 แรงม้าเครื่องยนต์ดีเซลเป็นที่นิยมใช้มากกว่าถึงแม้ว่าเครื่องยนต์เบนซินจะมีข้อดีที่ราคาต้นทุนและค่าซ่อมบำรุงต่ำเพราะเครื่องยนต์ดีเซลมีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานหนัก ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ถูกกว่า นอกจากนี้ยังให้แรงม้าสูงที่รอบต่ำทำให้อัตราทดของเกียร์และขนาดของห้องเกียร์ ลดลง สำหรับเครื่องยนต์ที่วางอยู่บนโครงแชนยัดเครื่องนั้นสามารถจะเลื่อนไปมาได้ตลอด แนว เพื่อความสะดวกในการปรับตั้งความตึงของสายพานที่ส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังห้อง เพื่องอีกด้วย

3. ห้องเฟือง

ห้องเฟืองทำหน้าที่ทดกำลังที่ส่งมาจากเครื่องยนต์ออกไปหมุนล้อโดยอาศัยเฟืองและโซ่หรือเฟืองเพียงอย่างเดียว แต่ระบบเฟืองและโซ่ในปัจจุบันเริ่มเสื่อมความนิยมใช้ เนื่องจากเมื่อใช้ไปนาน ๆ โซ่จะหย่อน ต้องมีการปรับความตึงของโซ่บ่อย ๆ นอกจากนี้ยังทำให้ห้องเกียร์มีขนาดใหญ่เทอะทะ แต่ข้อดีก็มีคือราคาถูกกว่า

4. สายพาน

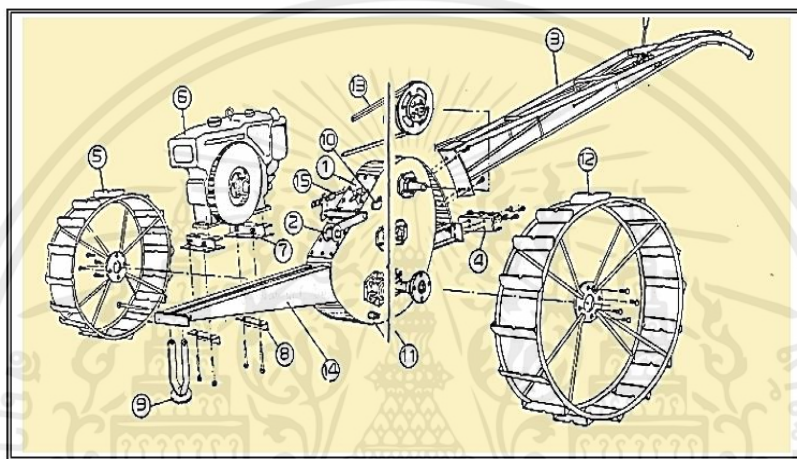
สายพาน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการส่งกำลังออกจากเครื่องยนต์ไปยังห้อง เฟืองผ่านมู่เล่ โดยมีลูกตะสายพานเป็นตัวที่ทำให้สายพานตึงหรือหย่อน โดยปกติสายพาน ที่ใช้มักจะเป็นคู่เพื่อลดการสั่นที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างสายพานกับมู่เล่ ส่วนมู่เล่นั้นอาจจะ เป็นแบบถา ซึ่งทำให้สามารถเปลี่ยนอัตราทดระหว่างเครื่องยนต์และห้องเฟืองได้ 2 ขนาด คือ ทดรอบช้า สำหรับไถ และทดรอบเร็ว สำหรับการขนส่งหรือเคลื่อนย้าย

5. ล้อ

ล้อของรถไถเดินตาม เป็นล้อที่ทำ ด้วยเหล็กมีแผ่นครีบบดอยู่ใต้ล้อ ทำให้มีข้ออีกอย่างหนึ่งว่าดินเปิดและมีอีกแบบเป็นแบบล้อยางมีลักษณะเป็นบั้งๆเหมือนก้างปลา หน้าที่ตะกุดดินไม่ให้ลื่นขณะทำงาน นอกจากนั้นยังช่วย พยุงไม่ให้รถไถจมในขณะที่กำลังใช้งานในดินเหลว ล้อนี้เหมาะสำหรับทำงานในนา ถ้าเป็นงาน ในไร่ รถจะกระเทือนมาก ทำให้ผู้ใช้เหนื่อยง่าย ดังนั้น ถ้าจะใช้งานในไร่หรือถนนก็ควรจะใช้ล้อยางหรือเชื่อมวงเหล็กกลมบนแผ่นครีบบดของวงล้อ

6. คันบังคับ

คันบังคับที่สำคัญของรถไถเดินตาม คือ มือจับที่ใช้สำหรับบังคับทิศทาง ซึ่งติดอยู่ปลายโครงแขนที่ต่อออกมาจากหลังห้องเฟือง โครงแขนนี้มักจะฉีกหักเสียหายก่อนส่วนอื่นโดยเฉพาะรถไถเดินตามประเภทผลึกเหลี่ยม ซึ่งต้องใช้แรงเหวี่ยงโชนขณะเลี้ยวสูง เพราะฉะนั้น โครงแขนนี้จึงยาวกว่าประเภทอื่น ซึ่งเป็นผลทำให้การนำไปใช้งานในแปลงขนาดเล็กไม่สะดวก ถ้าเป็นรถไถประเภทบีบเหลี่ยมก็จะมีสายและก้านบีบเหลี่ยมอยู่ที่มือจับถ้าเป็นรถไถประเภทที่มีเกียร์ก็จะมีคันเกียร์เพิ่มขึ้นมาสำหรับส่วนประกอบชิ้นพื้นฐานซึ่งเหมือนกันก็มี คันเร่งเครื่อง และคันชักลูกเตะสายพาน



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม

- | | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|
| 1. ห้องเฟือง | 5. ล้อเหล็กขวา | 9. ขาดังหน้า | 13. สายพาน |
| 2. ชุดลูกเตะสายพาน | 6. เครื่องยนต์ดีเซล | 10. รูเติมน้ำมัน | 14. โครงแขนยึดเครื่อง |
| 3. ชุดมือจับและคันบังคับ | 7. แท่นเครื่องยนต์ | 11. รูถ่ายน้ำมัน | 15. ก้านชักสายพาน |
| 4. ชุดหัวต่อลากอุปกรณ์ | 8. เหล็กปะกับยึด | 12. ล้อเหล็กซ้าย | 16. ขาลูกเตะสายพาน |

2.1.2 ประเภทของรถไถเดินตาม

การแบ่งรถไถเดินตาม อาจแบ่งลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบ

1. รถไถเดินตามแบบใช้ลาก ไถ และอุปกรณ์อื่นๆ แต่เพียงอย่างเดียวเป็นรถไถที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย มีทั้งชนิดผลึกเหลี่ยมและชนิดบีบเหลี่ยม
2. รถไถเดินตามแบบติดจอบหมุนอย่างเดียวใช้ในการเตรียมดินสำหรับไถนาสวนผสม การใช้จอบหมุนจะเป็นการรวมขั้นตอนของการไถและไถพรวนไปในตัว เป็นรถไถที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ
3. รถไถเดินตามแบบผสม เป็นรถไถเดินตามที่ใช้ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รถจักรยานไฟฟ้า

อุปกรณ์เสริมที่จำเป็นสำหรับการประกอบรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ ได้แก่ โครงจักรยานไฟฟ้า, ปลอกจักรยานไฟฟ้า, มอเตอร์จักรยานไฟฟ้า, ตัวควบคุมจักรยานไฟฟ้า, ตัวแปลงไฟฟ้าของจักรยานไฟฟ้า, ล้อจักรยานไฟฟ้า, แบตเตอรี่จักรยานไฟฟ้า, เครื่องมือจักรยานไฟฟ้า

2.2.1 เครื่องชาร์จ

เครื่องชาร์จเป็นอุปกรณ์สำหรับเติมแบตเตอรี่และโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นโหมดการชาร์จสองขั้นตอนและโหมดสามขั้นตอน โหมดการชาร์จแบบสองขั้นตอน : อันดับแรกการชาร์จแรงดันไฟฟ้าคงที่กระแสการชาร์จจะค่อยๆลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น หลังจากเติมพลังงานแบตเตอรี่ในระดับหนึ่งแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นตามค่าที่ตั้งของเครื่องชาร์จและในเวลานี้มันจะถูกแปลงเป็นการชาร์จแบบหดยดไหล โหมดการชาร์จแบบสามขั้นตอน : เมื่อการชาร์จเริ่มต้นกระแสคงที่ ชาร์จแบตเตอรี่ก่อนแล้วจึงชาร์จแบตเตอรี่ใหม่อย่างรวดเร็ว เมื่อแรงดันแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นจะถูกแปลงเป็นการชาร์จแรงดันไฟฟ้าคงที่ ในเวลานี้พลังงานแบตเตอรี่จะถูกเติมเต็มอย่างช้า ๆ และแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแรงดันไฟในการชาร์จสิ้นสุดของเครื่องชาร์จครบแล้ว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าจะเปลี่ยนเป็นการชาร์จแบบหดยดเพื่อรักษาระดับการคายประจุของแบตเตอรี่และแบตเตอรี่ที่จ่าย

2.2.2 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นพลังงานในตัวที่ให้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด นอกจากนี้แบตเตอรี่ นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และแบตเตอรี่ ลิเทียมไอออนยังถูกนำไปใช้กับยานพาหนะไฟฟ้าแบบพับได้บางชนิด บอร์ดควบคุมหลักของตัวควบคุมเป็นวงจรหลักของจักรยานไฟฟ้าซึ่งมีกระแสไฟทำงานขนาดใหญ่และจะสร้างความร้อนจำนวนมาก ดังนั้นห้ามจอดรถยนต์ไฟฟ้าไว้กลางแดดและอย่าให้ฝนตกเป็นเวลานานเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดปกติของคอนโทรลเลอร์

2.2.3 ระบบควบคุม

คอนโทรลเลอร์เป็นส่วนประกอบที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์และเป็นแกนกลางของระบบไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า มันมีแรงดันตกชืด จำกัด ปัจจุบันหรือการป้องกันกระแสเกิน คอนโทรลเลอร์อัจฉริยะยังมีโหมดการขับขี่ที่หลากหลายและฟังก์ชันตรวจสอบด้วยตนเองสำหรับส่วนประกอบไฟฟ้าของยานพาหนะ คอนโทรลเลอร์เป็นส่วนประกอบหลักของการจัดการพลังงานรถยนต์ไฟฟ้าและการประมวลผลสัญญาณควบคุมต่างๆ

2.2.4 การเลี้ยวและเบรก

เป็นส่วนประกอบของสัญญาณอินพุตของคอนโทรลเลอร์ สัญญาณไฟเลี้ยวเป็นสัญญาณขับเคลื่อนสำหรับการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ารถยนต์ สัญญาณก้านเบรกเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคันเบรคส่งสัญญาณออกไปยังตัวควบคุมเมื่อเบรกรถยนต์ไฟฟ้า หลังจากได้รับสัญญาณผู้ควบคุมจะตัดแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ดังนั้นจึงใช้ฟังก์ชันปิดเบรค

2.2.5 เซ็นเซอร์พลังงาน

เซ็นเซอร์บัสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจจับแรงเหวี่ยงในการชีกกลับไปทีสัญญาณความเร็วคันเร่งเมื่อรถยนต์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะช่วยเหลือ คอนโทรลเลอร์จะจับคู่กำลังคนและพลังงานไฟฟ้าโดยอัตโนมัติตามกำลังขับไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อหมุน ในปัจจุบันเซ็นเซอร์ช่วยกำลังที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือเซ็นเซอร์แรงบิดทวิภาคีระดับกลาง คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการรวบรวมกำลังถีบทั้งสองด้านและใช้วิธีการรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบไม่สัมผัส

2.2.6 มอเตอร์

อุปกรณ์เสริมที่สำคัญที่สุดสำหรับรถจักรยานไฟฟ้าคือมอเตอร์ไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ไฟฟ้าของรถจักรยานไฟฟ้าจะกำหนดประสิทธิภาพและระดับของรถจักรยานไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในจักรยานไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์แม่เหล็กถาวรหายาก ที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่ง มีสามประเภทของแปรงขัด ฟันความเร็วสูง + มอเตอร์ลดลื้อลื้อมอเตอร์แปรงความเร็วต่ำและมอเตอร์ brushless ความเร็วต่ำ

มอเตอร์เป็นส่วนประกอบที่แปลงพลังงานแบตเตอรี่เป็นพลังงานกลและขับเคลื่อนล้อไฟฟ้าเพื่อหมุน มอเตอร์ที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้ามีหลายประเภท เช่นโครงสร้างทางกลช่วงความเร็วและรูปแบบของพลังงานคนทั่วไปคือ: มอเตอร์ฮับเกียร์แบบไร้แปรง, มอเตอร์ฮับแบบไม่มีเกียร์แบบไร้แปรง, มอเตอร์แบบไร้ขอบแบบไร้ศูนย์กลางแบบมอเตอร์, แบบมอเตอร์ฮับแบบไร้เกียร์, ดิสก์แบบมอเตอร์สูง, มอเตอร์แบบติดด้านข้าง ฯลฯ

2.3 การหาความชื้นในดิน

ความชื้นของดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content) เป็นการทดสอบที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของดิน เช่น แรงเฉือน อัตราส่วนช่องว่างในดิน การทรุดตัวของดิน เป็นต้น ค่าพิกัด แอตเตอร์เบิร์ก (Atterberg Limits) ต่างๆ ที่ทดสอบคือค่าความชื้นของดิน

ในทางปฏิบัติ การหาความชื้นของดินสามารถหาได้จากการนำตัวอย่างดิน แปลงดิน ที่มีขนาดน้ำหนักรวมพอ ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง จนดินแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้วคิดความชื้นของดินเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักดินแห้งเป็นเปอร์เซ็นต์ ดินที่มีเม็ดละเอียดจะมีความชื้นได้สูงกว่าดินที่มีเม็ดหยาบ เนื่องจากดินเม็ดละเอียดมีพื้นที่เฉพาะ (Specific Surface) ซึมซับน้ำได้มากกว่า และมีวิธีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำความสะอาดกระป๋องตัวอย่างดิน ตรวจสอบเบอร์กระป๋อง ชั่งน้ำหนักกระป๋อง ถ้าเป็นกระป๋องแบบมีฝาปิด

2. ตรวจสอบสภาพตัวอย่างดิน เลือกตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนดินในกอง หรือคัดจากตัวอย่างดินคงสภาพ ขนาดน้ำหนักดินที่ใช้ แสดงในตารางที่ 1 สำหรับดินเหนียว ควรใช้น้ำหนักตัวอย่างดินอย่างน้อย 100 กรัม

ตารางที่ 2.1 ตารางขนาดน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหาความชื้น

ขนาดเม็ดดินที่ค้างตะแกรงมากกว่า 10% ของตัวอย่าง	ขนาดมวลตัวอย่างชื้นที่แนะนำ (ค่าสุด), กรัม
2.0 มม (เบอร์ 10)	100 - 200
4.75 มม (เบอร์ 4)	300 - 500
19.0 มม (เบอร์ 3/2)	500 - 1000
38.0 มม (เบอร์ 1 1/2)	1500 - 3000
76.0 มม (เบอร์ 3)	5000 - 10000

3. บรรจุตัวอย่างดินลงในกระป๋อง ถ้าเป็นตัวอย่างดินเหนียวที่เป็นก้อน ใช้มีดหั่นเป็นชิ้นบางๆ เพื่อให้แห้งง่าย ถ้าเป็นกระป๋องที่มีฝาปิด หลังบรรจุตัวอย่างเสร็จ ปิดฝาไว้

4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินเปียกรวมกระป๋อง ถ้าเป็นกระป๋องที่ไม่มีฝาปิด ต้องรีบชั่งตัวอย่างทันทีที่บรรจุตัวอย่างเสร็จ ส่วนกระป๋องมีฝาปิด หลังจากปิดฝาแล้ว ใส่ภาชนะรวมไว้หลายๆ ตัวอย่างจึงนำไปชั่งครั้งเดียวกัน

5. นำกระป๋องตัวอย่างเข้าอบในตู้อบ ถ้าเป็นกระป๋องตัวอย่างที่มีฝาปิด เปิดฝาดูดอากาศออกสวดฝาไว้ที่กันกระป๋อง การทดลองที่มีกระป๋องตัวอย่างหลายๆ กระป๋อง ควรหาภาชนะใส่กระป๋องรวมกัน เพื่อสะดวกในการค้นหาตัวอย่างที่แห้งแล้ว

6. หลังอบตัวอย่างไว้ข้ามคืน (ประมาณ 24 ชั่วโมง) นำกระป๋องตัวอย่างดินออกจากตู้อบ แล้วปิดฝากระป๋อง นำตัวอย่างกระป๋องตัวอย่างไปใส่ไว้ในอ่างแก้วดูความชื้น ทิ้งไว้จนกระทั่งเย็น

7. นำกระป๋องตัวอย่างที่เย็นแล้วขึ้นชั่ง เป็นน้ำหนักตัวอย่างดินแห้งรวมกระป๋อง จดบันทึกน้ำหนักให้ถูกต้องตามเบอร์กระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความแข็งแรงของดิน

ความแข็งแรงของดิน (Soil strength) คือความสามารถของมวลดินที่สามารถต้านทานต่อแรงกระทำ หรือการวิบัติตัวของดินได้ ความแข็งแรงของดินจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อถูก แรงกระทำ โดยที่แรงกระทำดังกล่าว จะทำให้อนุภาคของเม็ดดินเกิดการเคลื่อนที่ ในการทำนายถึง ค่าความแข็งแรงของดินจากการทดสอบในสนาม ด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ กับมวลดินชนิดเดียวกัน แต่ต่างสถานที่กัน พบว่า มีค่าความแข็งแรงแตกต่างกันออกไป เนื่องจากว่าดินมีการเปลี่ยนแปลง สภาวะไปตามเวลา ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพดินฟ้าอากาศที่เปลี่ยนไป ในการ วัดค่าความแข็งแรงของ ดินนี้เป็นการประเมินค่าพารามิเตอร์ 2 ค่า คือแรงเกาะยึดกันระหว่างอนุภาคของเม็ด ดินด้วยกัน (Cohesive force, C) และค่าความต้านทานของดิน หรือกล่าวอีกนัย คือมุมเสียดทานภายในของ ดิน (Internal friction angle, ϕ) ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของดิน สามารถประเมิน ค่าพารามิเตอร์ ดังกล่าวได้ 2 วิธีคือ

2.4.1 วิธีทางตรง (Direct methods)

การประเมินค่าพารามิเตอร์ของดินด้วยวิธีทางตรงนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการวัดค่าในสนาม จะให้ค่า C และ ϕ อย่างหยาบ ๆ อุปกรณ์ที่ใช้วัดเป็นแบบง่าย ๆ สามารถพกพาได้สะดวก ได้แก่ Shear ring, Shear plate, Shear graph, Shear vane, Penetrometer และ Pocket penetrometer อุปกรณ์ดังกล่าวจะมีความสะดวกในการใช้งาน ให้ค่าจากการวัดได้รวดเร็วใน การวัดค่าพารามิเตอร์ของดิน เมื่อใช้อุปกรณ์เหล่านี้ จะใช้อุปกรณ์กระทำลงไปในดินโดยไม่ต้อง เคลื่อนย้ายดินตัวอย่างค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์จะเป็นค่าแรงเฉือน สูงสุด (Maximum shear force) ที่กระทำบนพื้นระนาบไถลกับพื้นผิวของดิน ซึ่งทำให้ดินเกิดการวิบัติตัว และ ค่าความเค้นปกติ (Normal stress) ที่กระทำในแนวตั้งฉากกับอุปกรณ์ ค่าดังกล่าวจะนำไปเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ เพื่อหาค่า C และ ϕ ต่อไป

การหยั่งชั้นดินด้วยวิธีการตอกหัวกรวยได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้บ่งบอกถึงความหนาแน่นของชั้นกรวดทราย ในปัจจุบันมีการนำไปใช้มากขึ้น ทั้งการคำนวณหาความสามารถในการรับน้ำหนักของดินสำหรับฐานราก ตัน หาความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มและระดับของปลายเข็ม ระบุชั้นดิน อ่อนหรือชั้นดินแข็ง สำรวจลาดดิน และงานถนน

ISSMFE ได้กำหนดมาตรฐานวิธีการทดสอบ (International reference test procedure) สำหรับ Dynamic cone penetrometer เรียกว่า Dynamic probing (DP) วัตถุประสงค์หลักของ Dynamic probing คือการวัดความต้านทานของชั้นดินที่ยอมให้หัวกรวยทะลุผ่านลงไป ค่าความต้านทานที่ได้จะมีความ สอดคล้องกับคุณสมบัติของดินชั้นนั้นๆ โดยทั่วไปจะใช้ทดสอบ กับดินประเภทไร้แรงยึดเหนี่ยว (Cohesionless soil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ Dynamic cone penetrometer

ชุดทดสอบ Dynamic cone penetrometer ทำจาก เหล็กกล้าชุบสังกะสี ยกเว้นหัวกรวยที่ทำจาก Stainless steel เพื่อป้องกันการเกิดสนิมในการนำไปใช้งาน ซึ่งมีต้นแบบในการพัฒนามาจาก Kunzelstab โดยมีส่วนประกอบ ต่างๆ ดังนี้

1. หัวกรวย (Cone head) ทำจาก Stainless steel กลึงเป็นกรวยมีมุมที่ปลาย 60 องศา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. ในขณะทำการทดสอบ หัวกรวยจะทะลุทะลวงและขีดสีกับชั้น ดินมากที่สุด การชุบสังกะสีเพื่อป้องกันสนิมอาจเกิดการหลุดลอกได้ ดังนั้น เฉพาะส่วนหัวกรวยจึงเลือกใช้ Stainless steel
2. ก้านเจาะ (Rod) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. ยาว ท่อนละ 50 ซม. ทำเครื่องหมายทุกๆ ระยะ 10 ซม. โดยมีปลาย ด้านหนึ่งเป็นเกลียวในและอีกด้านหนึ่งเป็นเกลียวนอก
3. Guide rod และ Extension guide rod สำหรับควบคุมการ เคลื่อนที่ของลูกตุ้ม Guide rod ใช้ควบคุมชุดลูกตุ้ม 20 กก. ให้มี ระยะยก 25 ซม. ส่วนลูกตุ้มขนาด 10 กก. จะต่อ Guide rod เข้า กับ Extension guide rod เพื่อให้ได้ระยะยก 50 ซม.
4. แท่นรองดอก (Anvil) ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานจากการ ตกกระทบของลูกตุ้มไปยังก้านเจาะเพื่อส่ง หัวกรวยจมลงไปบนชั้นดิน
5. ลูกตุ้ม (Hammer) ประกอบด้วยลูกตุ้ม 2 ลูก hammer และ Addition hammer แต่ละลูกหนัก 10 คือ Main กก. การ ทดสอบจะใช้ Main hammer เป็นลูกตุ้มหลัก เมื่อต้องการเพิ่ม น้ำหนักลูกตุ้มเป็น 20 กก.จะประกอบ Main hammer เข้ากับ Addition hammer

2.4.2 วิธีทางอ้อม (Indirect methods)

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การทดสอบแบบ สามแกน (Tri-axial test) การทดสอบแบบนี้เป็นการหา ค่าพารามิเตอร์ของดินในห้องปฏิบัติการด้วยการจำลองสภาพของตัวอย่างดิน ให้มีสภาพใกล้เคียงตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในชั้นดิน ธรรมชาติมากที่สุด ทั้งนี้เพราะความดันโดยรอบตัวอย่างดิน (Confining pressure) สามารถควบคุม ให้มีความเหมาะสมตามสภาพธรรมชาติ และในระหว่างการทดสอบความดันน้ำในตัวอย่างดิน หรือปริมาตรน้ำที่ไหลเข้าหรือออกจากตัวอย่างดิน เราสามารถควบคุมได้อย่างละเอียด อุปกรณ์ที่ใช้ เรียกว่า Tri-axial

2.5 แรงฉุดลาก

แรงฉุดลาก (traction force) คือ แรงดึงของรถจักรที่สามารถเคลื่อนตัวเองและ ลากจูงรถพ่วงให้เคลื่อนที่ตามไปได้ แรงฉุดลากนี้ มีหน่วยเป็นตันหรือกิโลกรัม จากแรงนี้ สามารถที่นำมาคำนวณได้ว่ารถจักรมีความสามารถที่จะลากรถพ่วงได้กี่คัน สามารถทำความเร็วสูงสุดได้มากน้อยเพียงใด

กำลังการฉุดลาก หรือแรงบิด (Torque) คือแรงกระทำที่เกิดขึ้นเพื่อให้มีแรงหมุนเกิดขึ้นยังจุดที่กำหนด สำหรับรถไถนั้น แรงการฉุดลากหมายถึง กำลังขับที่ป้อนไปสู่ชุดเพลลา ก่อนที่จะถ่ายทอดกำลังแรงบิดดังกล่าวลงไปล้อ เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อน กำลังการฉุดลากเป็นกำลังเบื้องต้นที่เครื่องยนต์กระทำ โดยอาศัยการจุดระเบิดเพื่อให้เกิดการหมุนของชุดเพลลา ข้อเหวี่ยง เกิดเป็นแรงบิดถ่ายทอดไปหาชุดล้อ และด้วยเหตุผลที่การใช้รถไถเพื่อทำงานไร่ เป็นการใช้งานหนักที่หลากหลาย ทั้งงานคันดิน งานลากจูง งานบรรทุก กำลังการฉุดลากหรือแรงบิด เป็นกำลังที่เกิดจากกำลังของเครื่องยนต์อย่างแท้จริง และได้ใช้ในงานจริงหลากหลาย จังหวะของการขับเคลื่อน เช่นระหว่างเร่งแซง ความสามารถในการบรรทุกสิ่งของ และการลากจูง ดังนั้นรถไถที่มีแรงบิด หรือกำลังการลากจูงที่มากกว่าจะตอบสนองการทำงานที่ดีกว่า

2.6 ประสิทธิภาพเครื่องจักร

อัตราประสิทธิภาพสำหรับเครื่องจักรกลเกษตรขึ้นอยู่กับความเร็วขณะทำงานที่ทำได้และการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ ความเร็วขณะทำงานอาจถูกจำกัดด้วยผลผลิต พื้นที่ขรุขระ และความสามารถการควบคุมของผู้ปฏิบัติงาน พื้นที่ขนาดเล็กหรือรูปทรงไม่สม่ำเสมอ ผลผลิตสูง และเครื่องจักรความจุสูงอาจทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงอย่างมาก ความเร็วโดยทั่วไปและประสิทธิภาพการทำงานแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพการทำงาน ความเร็วการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร

Machine	Field Efficiency		Field Speed				Estimated Life h	Total Life R&M cost % of list price	Repair Factors	
	Range %	Typical %	Range mph	Typical mph	Range km/h	Typical km/h			RF1	RF2
Tractors										
2 wheel drive & stationary							12 000	100	0.007	2.0
4 wheel drive & crawler							16 000	80	0.003	2.0
Tillage & Planting										
Moldboard plow	70-90	85	3.0-6.0	4.5	5.0-10.0	7.0	2 000	100	0.29	1.8
Heavy-duty disk	70-90	85	3.5-6.0	4.5	5.5-10.0	7.0	2 000	60	0.18	1.7
Tandem disk harrow	70-90	80	4.0-7.0	6.0	6.5-11.0	10.0	2 000	60	0.18	1.7
(Coulter) chisel plow	70-90	85	4.0-6.5	5.0	6.5-10.5	8.0	2 000	75	0.28	1.4
Field cultivator	70-90	85	5.0-8.0	7.0	8.0-13.0	11.0	2 000	70	0.27	1.4
Spring tooth harrow	70-90	85	5.0-8.0	7.0	8.0-13.0	11.0	2 000	70	0.27	1.4
Roller-packer	70-90	85	4.5-7.5	6.0	7.0-12.0	10.0	2 000	40	0.16	1.3
Mulcher-packer	70-90	80	4.0-7.0	5.0	6.5-11.0	8.0	2 000	40	0.16	1.3
Rotary hoe	70-85	80	8.0-14.0	12.0	13.0-22.5	19.0	2 000	60	0.23	1.4
Row crop cultivator	70-90	80	3.0-7.0	5.0	5.0-11.0	8.0	2 000	80	0.17	2.2
Rotary tiller	70-90	85	1.0-4.5	3.0	2.0-7.0	5.0	1 500	80	0.36	2.0
Row crop planter	50-75	65	4.0-7.0	5.5	6.5-11.0	9.0	1 500	75	0.32	2.1
Grain drill	55-80	70	4.0-7.0	5.0	6.5-11.0	8.0	1 500	75	0.32	2.1
Harvesting										
Corn picker sheller	60-75	65	2.0-4.0	2.5	3.0-6.5	4.0	2 000	70	0.14	2.3
Combine	60-75	65	2.0-5.0	3.0	3.0-6.5	5.0	2 000	60	0.12	2.3
Combine (SP) ¹⁾	65-80	70	2.0-5.0	3.0	3.0-6.5	5.0	3 000	40	0.04	2.1
Mower	75-85	80	3.0-6.0	5.0	5.0-10.0	8.0	2 000	150	0.46	1.7
Mower (rotary)	75-90	80	5.0-12.0	7.0	8.0-19.0	11.0	2 000	175	0.44	2.0
Mower-conditioner	75-85	80	3.0-6.0	5.0	5.0-10.0	8.0	2 500	80	0.18	1.6
Mower-conditioner (rotary)	75-90	80	5.0-12.0	7.0	8.0-19.0	11.0	2 500	100	0.16	2.0
Windrower (SP)	70-85	80	3.0-8.0	5.0	5.0-13.0	8.0	3 000	55	0.06	2.0
Side delivery rake	70-90	80	4.0-8.0	6.0	6.5-13.0	10.0	2 500	60	0.17	1.4
Rectangular baler	60-85	75	2.5-6.0	4.0	4.0-10.0	6.5	2 000	80	0.23	1.8
Large rectangular baler	70-90	80	4.0-8.0	5.0	6.5-13.0	8.0	3 000	75	0.10	1.8
Large round baler	55-75	65	3.0-8.0	5.0	5.0-13.0	8.0	1 500	90	0.43	1.8
Forage harvester	60-85	70	1.5-5.0	3.0	2.5-8.0	5.0	2 500	65	0.15	1.6
Forage harvester (SP)	60-85	70	1.5-6.0	3.5	2.5-10.0	5.5	4 000	50	0.03	2.0
Sugar beet harvester	50-70	60	4.0-6.0	5.0	6.5-10.0	8.0	1 500	100	0.59	1.3
Potato harvester	55-70	60	1.5-4.0	2.5	2.5-6.5	4.0	2 500	70	0.19	1.4
Cotton picker (SP)	60-75	70	2.0-4.0	3.0	3.0-6.0	4.5	3 000	80	0.11	1.8
Miscellaneous										
Fertilizer spreader	60-80	70	5.0-10.0	7.0	8.0-16.0	11.0	1 200	80	0.63	1.3
Boom-type sprayer	50-80	65	3.0-7.0	6.5	5.0-11.5	10.5	1 500	70	0.41	1.3
Air-carrier sprayer	55-70	60	2.0-5.0	3.0	3.0-8.0	5.0	2 000	60	0.20	1.6
Bean puller-windrower	70-90	80	4.0-7.0	5.0	6.5-11.5	8.0	2 000	60	0.20	1.6
Beet topper/ stalk chopper	70-90	80	4.0-7.0	5.0	6.5-11.5	8.0	1 200	35	0.28	1.4
Forage blower							1 500	45	0.22	1.8
Forage wagon							2 000	50	0.16	1.6
Wagon							3 000	80	0.19	1.3

¹⁾ SP indicates self-propelled machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

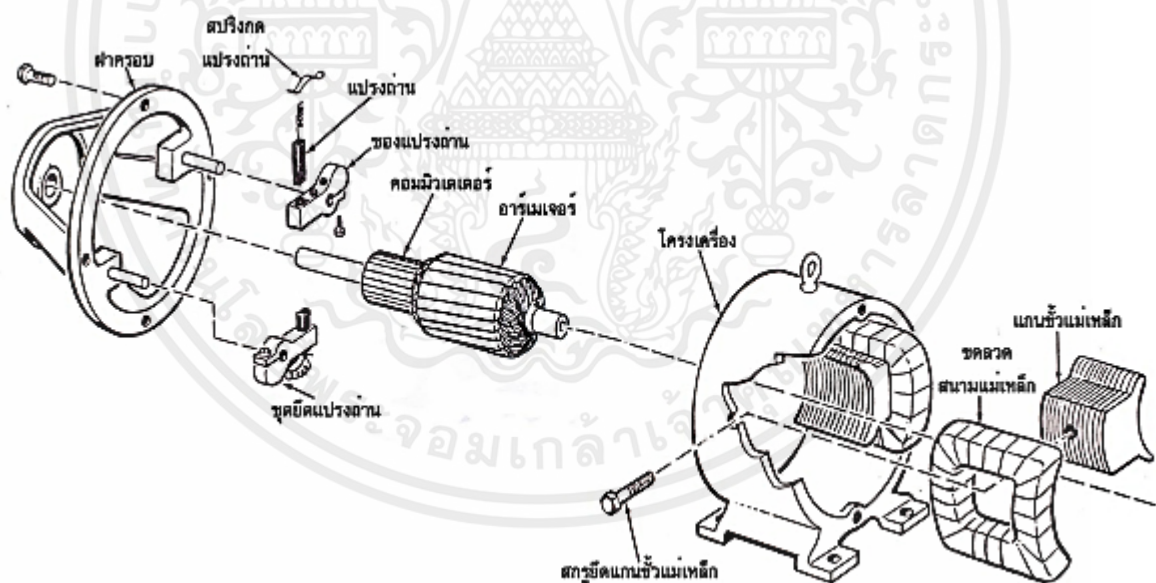
มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ เพื่อใช้เป็นต้นกำลังนำไปใช้กับเครื่องจักรต่างๆ ซึ่งมอเตอร์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามความเร็วรอบ และกำลังงาน โดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามการใช้กระแสไฟฟ้า คือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

2.7.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีโครงสร้างและส่วนประกอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และส่วนที่เคลื่อนที่

ส่วนที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ประกอบด้วย โครง (Frame) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) ขั้วแม่เหล็ก (Pole-Shoes) แปรงถ่าน (Brushed) และฝาครอบ (End Plate)

ส่วนที่เคลื่อนที่ได้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) และคอมมิวเตเตอร์ (Commutator)



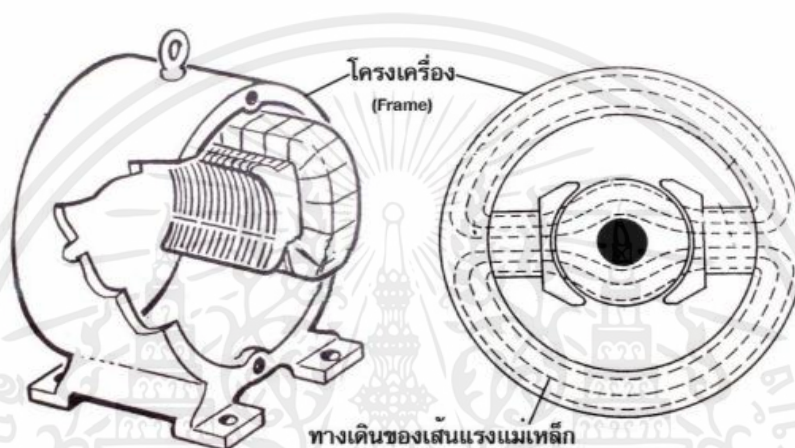
รูปที่ 2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โครง (Frame)

โครงของมอเตอร์ทำมาจากเหล็กหล่อ หรือเหล็กแผ่นที่โค้งงอเป็นรูปทรงกระบอกดังรูปที่ 2.4 โดยมีหน้าที่ 2 ประการ คือ

1. ทำหน้าที่ยึดแกนของขั้วแม่เหล็ก และฝาครอบ
2. ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Circuit) เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กครบวงจร



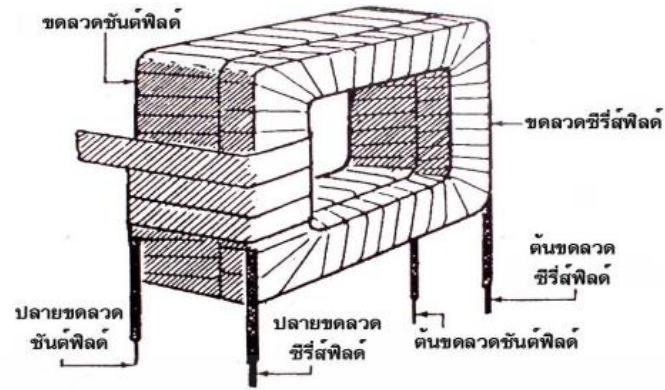
รูปที่ 2.3 โครงของมอเตอร์กระแสตรง

2. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)

ขดลวดสนามแม่เหล็กจะพันอยู่รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก มีลักษณะเป็นขดลวดทองแดงถูกหุ้มด้วยฉนวนพันไว้รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็ก โดยขดลวดแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) เป็นขดลวดทองแดงเส้นขนาดใหญ่ มีค่าความต้านทานต่ำต่อแบบอนุกรม
2. ขดลวดชั๊นท์ฟิลด์ (Shunt Field) เป็นขดลวดทองแดงเส้นขนาดเล็ก มีค่าความต้านทานสูง

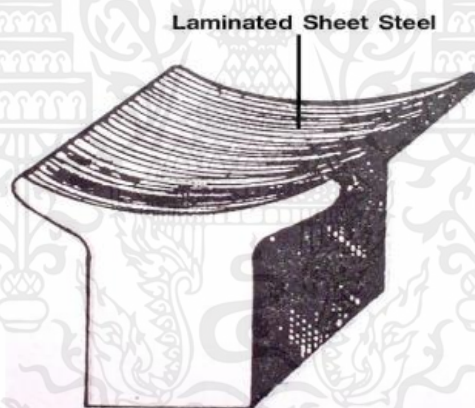
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

3. ขั้วแม่เหล็ก (Pole-Shoes)

ขั้วแม่เหล็ก ทำมาจากเหล็กแผ่นบางโดยในแต่ละแผ่นเคลือบด้วยฉนวนแล้วนำมาอัดซ้อนเข้าด้วยกัน ที่ส่วนปลายของขั้วแม่เหล็กจะยื่นออก เพื่อให้ฟลักซ์ไหลผ่านได้อย่างสะดวก โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.5

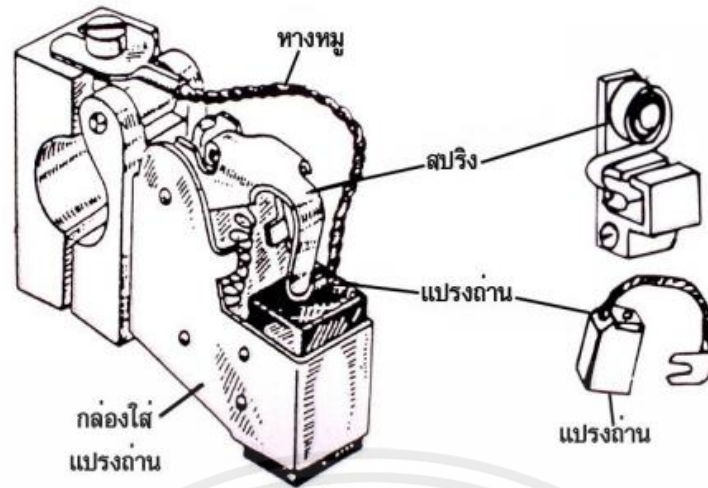


รูปที่ 2.5 ขั้วแม่เหล็ก

4. แปรงถ่าน (Brushed)

แปรงถ่านทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อวงจรถลวดอาร์เมเจอร์กับวงจรรภายนอก โดยแปรงถ่านจะเป็นตัวสัมผัสโดยตรงกับผิวหน้าของคอมมิวเตเตอร์ โดยมีสปริงกดแปรงถ่านไว้ แปรงถ่านจะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำมาจากคาร์บอนกับแกรไฟต์ หรือคาร์บอนกับทองแดง โดยบนจุกอยู่ในกล่องใส่แปรงถ่าน ดังรูปที่ 2.6

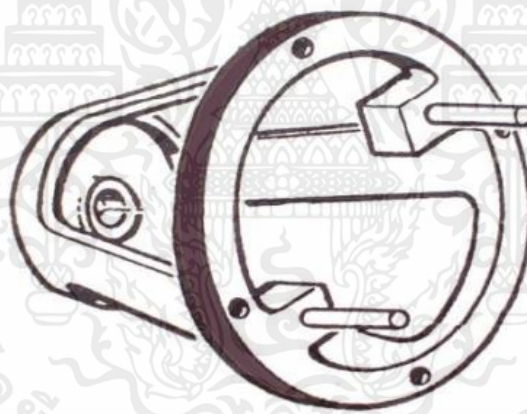
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แปรงถ่าน

5. ฝาครอบ (End Plate)

ฝาครอบทำหน้าที่รองรับเพลลาของอาร์เมเจอร์และกล่องใส่แปรงถ่าน

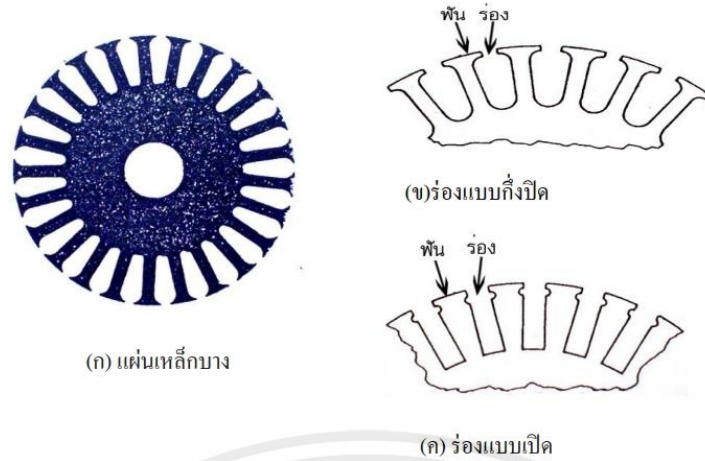


รูปที่ 2.7 ฝาครอบ

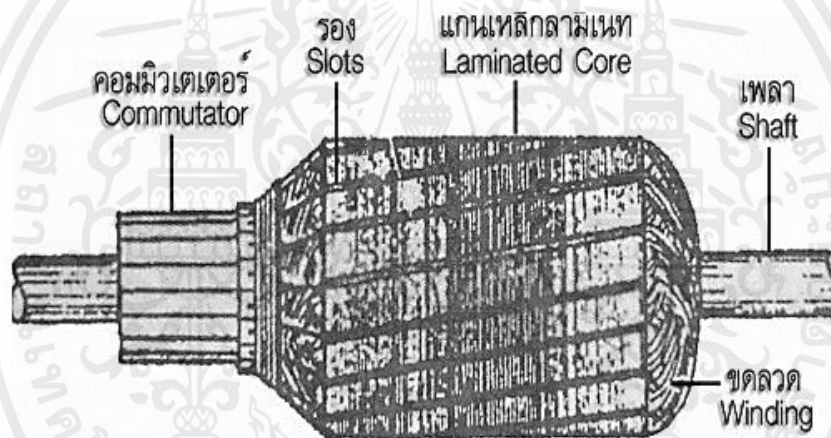
6. แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core)

แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ผิวด้านทั้งสองข้างของแต่ละแผ่นอาบด้วยน้ำยาวาร์นิช ซึ่งเป็นน้ำยาสำหรับเคลือบขดลวดทองแดงมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน และป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร มีรูตรงกลางสำหรับสอดเพลลา และมีร่องเรียงกันอยู่ตามแนวเส้นรอบวง ดังรูปที่ 2.9 โดยมีลักษณะของร่อง 2 ชนิด คือร่องแบบกึ่งปิด (Semi-Closed Slot) และร่องแบบเปิด (Open Slot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แผ่นเหล็กบาง

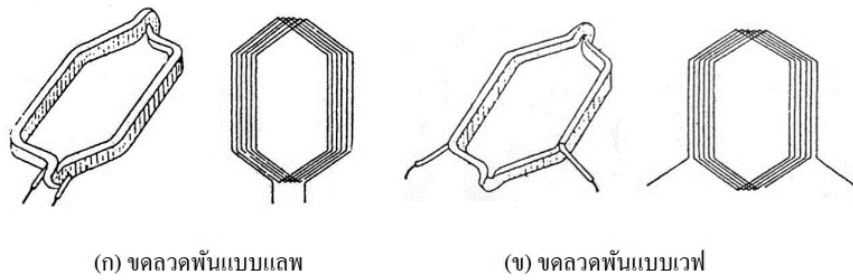


รูปที่ 2.9 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์

7. ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)

เป็นขดลวดทองแดงอาบฉนวนในเครื่องกลไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสไม่สูง มักใช้ขดลวดทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดกลม ส่วนเครื่องกลไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสสูงจะใช้ขดลวดทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมแบน ขดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกบรรจุลงในสลิต (Slot) โดยแต่ละขดจะพันไว้ล่วงหน้า การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ พันแบบแลพ และ พันแบบเวฟตามรูปที่ 2.10 และปลายของขดลวดจะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

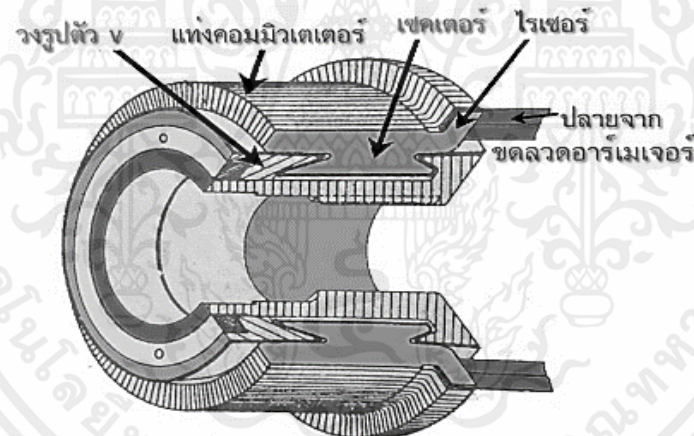
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ขดลวดอาร์เมเจอร์

8. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

คอมมิวเตเตอร์ ประกอบด้วยซี่ทองแดงหลายๆซี่ซึ่งนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก ซี่คอมมิวเตเตอร์แต่ละซี่ถูกคั่นด้วยแผ่นฉนวนไมก้า ปลายด้านหนึ่งของแต่ละซี่คอมมิวเตเตอร์ถูกต่อเข้ากับไรเซอร์ (Riser) เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งโครงสร้างของคอมมิวเตเตอร์เป็นดังรูปที่ 2.11



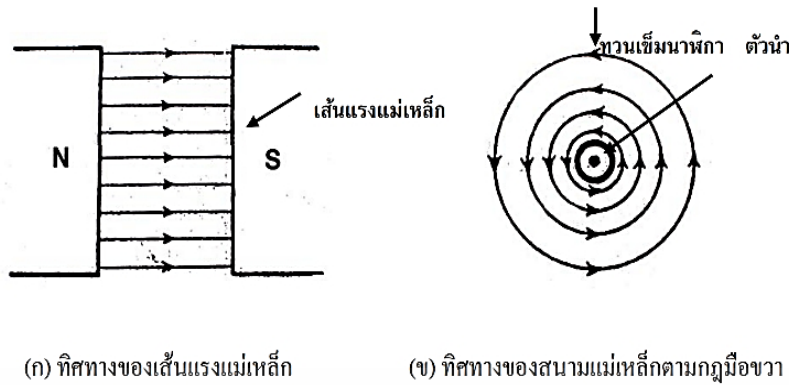
รูปที่ 2.11 คอมมิวเตเตอร์

2.7.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการศึกษาหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องเข้าใจถึงหลักการเกิดแรงและทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำและสนามแม่เหล็กก่อน จึงจะสามารถเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ได้อย่างชัดเจนซึ่งรายละเอียดจะอธิบายดังต่อไปนี้

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นเส้นตรง มีทิศทางพุ่งจากขั้วเหนือ(N)ไปขั้วใต้(S)ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ก) เมื่อวางตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลออกสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ จะมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาตามกฎมือขวาของตัวนำ (Right-Hand Rule for Conductor) ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



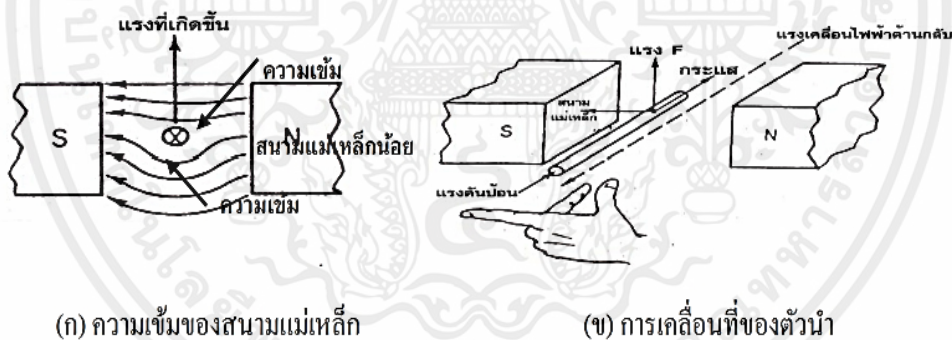
(ก) ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก

(ข) ทิศทางของสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวา

รูปที่ 2.12 เส้นแรงแม่เหล็กและตัวนำ

ผลที่เกิดขึ้นพบว่า ด้านบนของตัวนำจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กเพียงเล็กน้อย เนื่องจากสนามแม่เหล็กมีทิศทางตรงกันข้ามจึงเกิดการหักล้างกัน ส่วนด้านล่างของตัวนำจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กจำนวนมาก เนื่องจากสนามแม่เหล็กมีทิศทางไปทางเดียวกันจึงเกิดการรวมกันของสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ก)

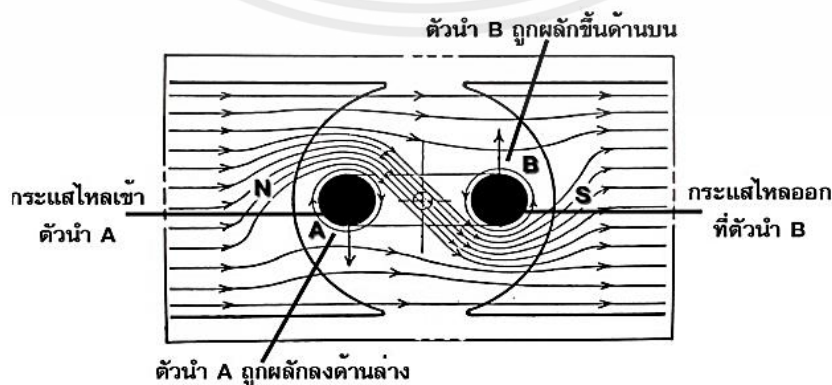
จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของทิศทางสนามแม่เหล็ก ทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง(Fleming’s Left-Hand Rule) ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ข)



(ก) ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

(ข) การเคลื่อนที่ของตัวนำ

รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของตัวนำ



รูปที่ 2.14 แรงที่เกิดขึ้นในตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 เมื่อวางตัวนำ A และ B ในสนามแม่เหล็กและจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวนำ A กระแสไหลออกที่ตัวนำ B จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำ A และ B มีทิศทางที่เกิดขึ้นเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง โดยตัวนำ A จะถูกแรงกดลงด้านล่าง ตัวนำ B จะถูกแรงผลักขึ้นด้านบน เป็นผลทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์หมุน

2.8 ความรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้ามียุคสมัยต่างกันหลายแบบ เช่นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว ซึ่งมีราคาไม่แพงแต่มีข้อจำกัดหลายประการเช่นน้ำหนักมากและอายุการใช้งานไม่นานเท่าที่ควร กับ สมัยใหม่ที่นิยมเลือกใช้ แบตเตอรี่ลิเทียม Lithium battery ซึ่งใช้ลิเทียมเป็นวัสดุขั้วของแบตเตอรี่ เนื่องจากลิเทียมเป็นธาตุที่มีน้ำหนักน้อยและค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานที่ต่ำ เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุขั้วจะได้แบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานสูง

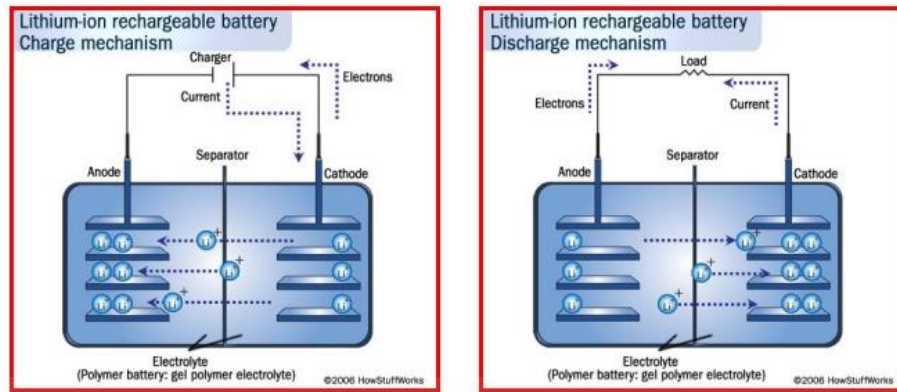
จุดเด่นของ Lithium battery ที่เหนือกว่าแบตเตอรี่ทั่วไปตระกูลนิกเกิลและกรดตะกั่ว ดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการจุพลังงานไฟฟ้าและมีกำลังไฟฟ้าที่สูง เป็นต้นกำเนิดของขุมพลังงานที่มีความเสถียรที่สุดถือเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่จะเข้ามาแทนที่พลังงานเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. อัตราการสูญเสียประจุระหว่างไม่ใช้งาน (Self-discharge rate) ต่ำ จึงเก็บประจุไฟฟ้าได้นาน (Low Discharge) กว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลและกรดตะกั่ว
3. มีอายุการใช้งานนานกว่า
4. มีความปลอดภัยค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่ใช้โลหะลิเทียมเป็นขั้วไฟฟ้า ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อธรรมชาติ เช่น ของเหลว กรด หรือตะกั่ว จึงสามารถรับประกันเรื่องความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ๆ

2.8.1 หลักการทำงานของแบตเตอรี่

เมื่อมีการอัดประจุ (Charge) ไอออนของลิเทียมจะเคลื่อนที่ออกจากโครงสร้างของขั้วบวกผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าสู่ขั้วลบ เกิดเป็นสารประกอบของลิเทียมและคาร์บอน ขณะเดียวกันอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วบวกสู่ขั้วลบผ่านวงจรภายนอก ขณะเกิดการคายประจุ(Discharge) ปฏิกิริยาจะเกิดในทิศทางตรงกันข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

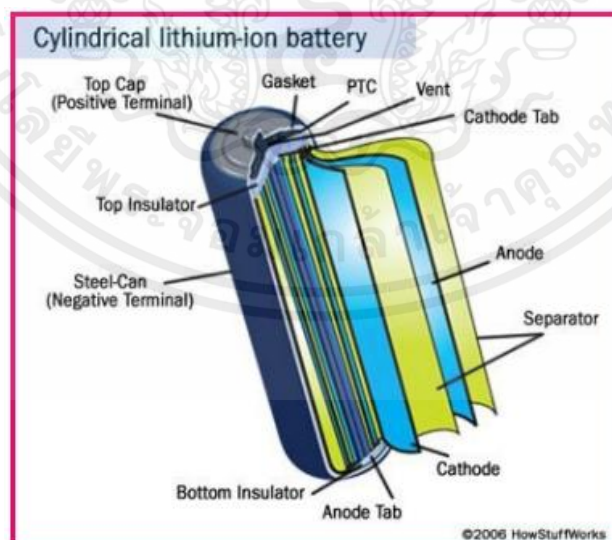


รูปที่ 2.15 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

2.8.2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 ส่วน

- 1) ขั้วไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วแคโทด (Cathode) และขั้วแอโนด (Anode)
- 2) Separator เป็นส่วนที่ป้องกันไม่ให้ขั้วแคโทดสัมผัสกับขั้วแอโนด จนเกิดการลัดวงจร
- 3) อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นสารละลายเกลือของลิเทียม ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ยอมให้ไอออนไหลผ่านแต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่าน จึงเป็นตัวนำไอออนที่ดีแต่เป็นตัวนำอิเล็กตรอนที่ไม่ดี
- 4) Current collector เป็นส่วนโลหะตัวนำที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจรภายนอกและเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ



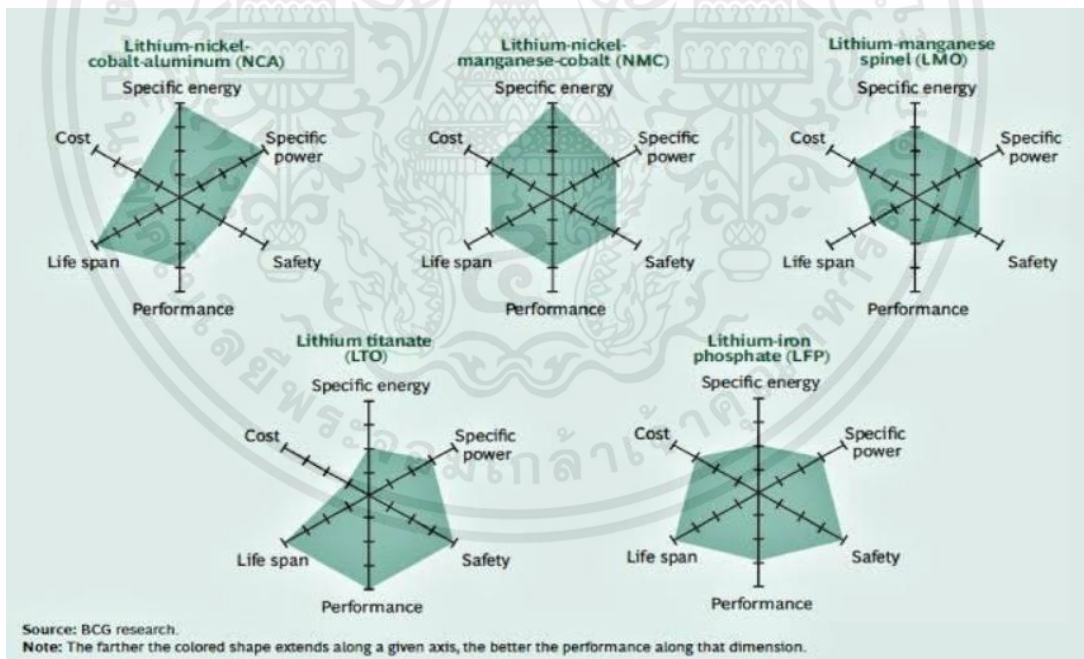
รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียม

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ใช้ในปัจจุบันมีทั้งหมด 6 ประเภท แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็นขั้วบวก ส่วนขั้วลบทำจากแกรไฟต์เป็นหลัก แต่จะมีบางประเภทที่แตกต่างกันออกไปคือ มีขั้วลบเป็น ลิเทียมไททาเนต

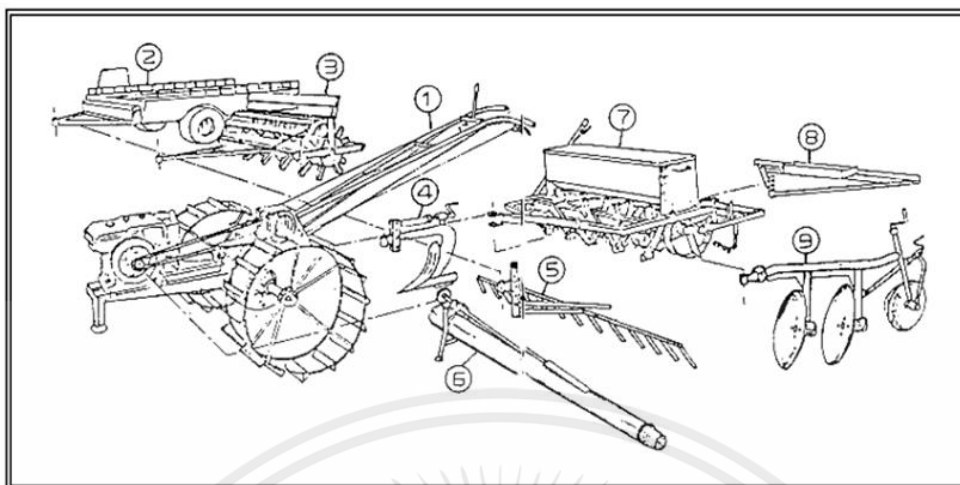
1. Lithium Cobalt Oxide มักจะใช้งานกับแบตเตอรี่มือถือ แล็ปท็อปและกล้อง เป็นต้น
2. Lithium Manganese Oxide มักจะใช้งานกับเครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยาน พาหนะไฟฟ้า เป็นต้น
3. Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide มักจะใช้งานกับระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า ระบบสำรองไฟฟ้า และอุปกรณ์การแพทย์ เป็นต้น
4. Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide มักจะใช้งานกับระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า
5. Lithium Iron Phosphate มักจะใช้งานกับระบบที่ต้องการกระแส และความทนทานสูง
6. แกรไฟต์ มักจะใช้งานกับระบบสำรองไฟฟ้า



รูปที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติแบตเตอรี่ลิเทียมชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 อุปกรณ์ต่อพ่วงรถไถเดินตาม



- | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------------|
| 1. ตัวรถไถ | 2. สายับรทุก | 3. ลูกทุบตีเทือก |
| 4. ไถหัวหมู | 5. คราด | 6. ท่อพญานาคหรือระหัดเทพฤทธิ |
| 7. เครื่องหยอดเมล็ด | 8. เครื่องปรับระดับดิน | 9. ไถงาน |

รูปที่ 2.18 แสดงอุปกรณ์ต่อพ่วงของรถไถเดินตาม

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

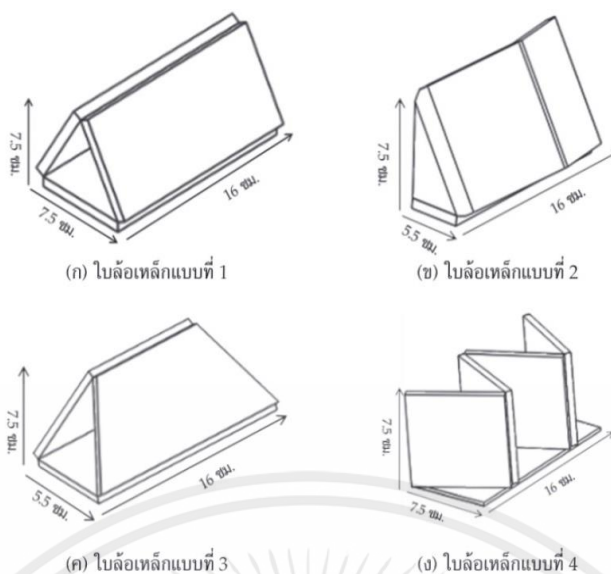
2.10.1 เรื่องการศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่

โดย (มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม, สามารถ บุญอาจ, เกรียงไกร رایณะสุข และ สุกรี สุขประเสริฐ, 2560)

บทคัดย่อ (มานะศักดิ์ และคณะ, 2560)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ การดำเนินงานแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตาม 2) การสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตาม 3) การทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตาม 4) การวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ โครงสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร ใบล้อรถไถเดินตามทำการออกแบบทั้งหมด 4 แบบ การทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ โดยต่อพ่วง อุปกรณ์ไถเตรียมดิน แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ แรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสียประสิทธิภาพการ จุดลาก และประสิทธิภาพในการทำงาน ถูกใช้เพื่อประเมินความเหมาะสมในการทำงาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 ซึ่งมีรูปคล้ายตัว W มีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพไร่ที่มี ลักษณะดินเป็นแบบ Loamy Sand เนื่องจากมีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสุด 1,301 นิวตัน แรงต้านทาน การหมุนต่ำสุด 757 นิวตัน พลังงานที่สูญเสียต่ำสุด 823 วัตต์ ประสิทธิภาพการจูดลากสูงสุดร้อยละ 33.87 และประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานร้อยละ 84.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 ใบล้อเหล็กถัดไถเดินตามแบบต่างๆ

ที่มา: มานะศักดิ์ และคณะ, 2560

ตารางที่ 2.3 ตารางการทดสอบไถงานของล้อเหล็กถัดไถเดินตามแบบต่างๆ

รายการ	ข้อมูลล้อที่				
	0	1	2	3	4
การสิ้นเปลือง (เปอร์เซ็นต์)	27.13	18.70	17.01	15.92	18.99
ความเร็วในการทำงาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	2.42	2.76	2.76	2.83	2.79
ความลึกร่องไถ (เซนติเมตร)	15	15	15	16	15
แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ (นิวตัน)	2,007	1,864	1,580	1,435	1,301
แรงต้านทานการหมุนของล้อ (นิวตัน)	1,370	1,268	953	921	757
ความเร็วของล้อเหล็ก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	3.32	3.39	3.33	3.37	3.44
พลังงานที่สูญเสีย (วัตต์)	1,425	1,300	981	939	823
พื้นที่ในการทดสอบ (ไร่)	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323
เวลาในการทำงาน (นาที)	18.92	17.18	16.90	16.55	17.93
เวลาสูญเสีย (นาที)	3.43	3.34	2.59	2.58	3.25
ประสิทธิภาพการฉุดลาก (เปอร์เซ็นต์)	23.13	26.00	32.93	30.12	33.87
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	0.87	0.94	0.99	1.01	0.92
ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)	84.65	83.72	86.71	86.51	84.66

ที่มา: มานะศักดิ์ และคณะ, 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 เรื่องทฤษฎีการออกแบบล้อเหล็กสำหรับงานไถดินของรถไถเดินตาม

โดย (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, 2536)

บทคัดย่อ (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, 2536)

บทความวิจัยและพัฒนานี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยและพัฒนารถไถเดินตามและอุปกรณ์เตรียมดิน การที่ล้อเหล็กที่ใช้กับรถไถเดินตามเพื่องานไถดินจะทำงานได้ดีนั้น จำเป็นจะต้องได้รับการออกแบบที่ถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้น ทฤษฎีการออกแบบในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรถไถเดินตามอุปกรณ์ไถสภาพพื้นที่ และเงื่อนไขการไถดินเพื่องานเกษตรกรรมกับล้อเหล็ก ในขณะที่รถไถเดินตามทำการไถดินได้ถูกกำหนดขึ้น ทฤษฎีการออกแบบนี้ใช้สำหรับคำนวณหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ ลักษณะรูปร่างใบล้อจำนวนใบล้อ มุมใบล้อตามแนวรัศมีกับวงล้อและพื้นที่ผิวใบล้อ ล้อเหล็กที่สร้างขึ้นจากทฤษฎีการออกแบบสามารถตะกุดดินได้ดี ช่วยพยุกรถไถเดินตามและช่วยการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตาม ขณะที่ไถดินมีเสถียรภาพไปในแนวที่ต้องการได้โดยที่เกษตรกรออกแรงช่วยที่คั่นบังคับน้อยมาก หรือแทบไม่ต้องออกแรงเลย ทำให้เกษตรกรใช้รถไถเดินตามไถดินได้สะดวกและปลอดภัยยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.4 ตารางการกำหนดจำนวนซี่ล้อ

ขนาดล้อ	จำนวนซี่ล้อ
ล้อขนาดเล็ก(Small wheel)	3
ล้อขนาดทั่วไป(Normal wheel)(Φ 600 มม.)	4 ถึง 6
ล้อขนาดใหญ่(Large wheel)	8

ที่มา: สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, 2536

ตารางที่ 2.5 ตารางการกำหนดจำนวนใบล้อ

สภาพพื้นที่เกษตรกรรม	จำนวนใบล้อ
พื้นที่ดินเลน	6
พื้นที่ดินโคลน	6 ถึง 8
พื้นที่ทำนาทั่วไป	8 ถึง 12
พื้นที่ทำไร่	8 ถึง 14

ที่มา: สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 เรื่องการทดสอบแรงฉุดลากที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง

โดย (สามารถ บุญอาจ, 2557)

บทคัดย่อ (สามารถ บุญอาจ, 2557)

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง การทดสอบแรงฉุดลากแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ ทดสอบแรงฉุดลากในการขุดมันสำปะหลัง และทดสอบแรงฉุดลากในการไถเตรียมดิน โดยทำการทดสอบบนดินทรายร่วน (Loamy sand) และดินทราย (Sand)

ผลการทดสอบภาคสนามพบว่า การทดสอบเครื่องขุดมันสำปะหลังติดรถไถเดินตามบนดินทรายร่วนเมื่อใช้ล้อยางจะต้องใช้แรงลาก 1,394 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 1.03 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 69.58 % เมื่อใช้ล้อเหล็กจะต้องใช้แรงลาก 1,942 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 0.79 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 57.17 % การทดสอบเครื่องขุดมันสำปะหลังติดรถไถเดินตามบนดินทรายเมื่อใช้ล้อยางจะต้องใช้แรงลาก 1,596 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 0.99 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 84.4 % เมื่อใช้ล้อเหล็กจะต้องใช้แรงลาก 1,972 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 0.67 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 75.4 %

การทดสอบไถเตรียมดินติดรถไถเดินตามในดินทรายร่วน เมื่อใช้ล้อยางจะต้องใช้แรงลาก 1,719 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 1.61 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 80.43 % เมื่อใช้ล้อเหล็กจะต้องใช้แรงลาก 2,893 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 1.26 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 72.36 % การทดสอบไถเตรียมดินติดรถไถเดินตามในดินทราย เมื่อใช้ล้อยางจะต้องใช้แรงลาก 1,470 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 1.42 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 87.23 % เมื่อใช้ล้อเหล็กจะต้องใช้แรงลาก 2,008 นิวตัน ความสามารถในการทำงาน 1.15 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 80.06 %

การทดสอบเพื่อสร้างกราฟแสดงสมรรถนะพบว่าเมื่อทำงานบนดินทรายล้อยางจะมีกำลังฉุดลากสูงสุด 1.459 กิโลวัตต์ที่เกียร์ 1 และล้อเหล็กมีกำลังฉุดลากสูงสุด 0.799 กิโลวัตต์ที่เกียร์ 1

การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับแรงฉุดลากและความสามารถในการทำงานเมื่อใช้ล้อเหล็กและล้อยางพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์,วิธีการสร้างและวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

- 1.เหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ความหนา 0.3 cm
- 2.เหล็กกล่อง ขนาด 3.5x3.5 cm ความหนา 0.25 cm
- 3.เหล็กกล่อง ขนาด 4.5x2.5 cm ความหนา 0.25 cm
- 4.เหล็กกล่อง ขนาด 3.5x2 cm ความหนา 0.25 cm
- 5.เหล็กเส้นแผ่น ความกว้าง 2 cm ความหนา 0.5 cm
- 6.เหล็กฉาก ความสูง 12 cm ความกว้าง 5.5 cm ความหนา 0.5 cm
- 7.ท่อเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 cm ความหนา 0.4 cm
- 8.เหล็กแผ่นวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm ความหนา 0.5 cm
- 9.เหล็กเพล่า เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm ความยาว 40 cm
- 10.เหล็กฉาก ความกว้าง 4 cm ความสูง 4 cm ความหนา 0.3 cm
- 11.เหล็กเส้นกลมข้ออ้อย เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 cm
- 12.เหล็กเส้นแผ่น ความกว้าง 5 cm ความหนา 0.3 cm
- 13.เหล็กแผ่น ความกว้าง 30 cm ความยาว 37 cm ความหนา 0.3 cm

3.1.2 ส่วนประกอบต่างๆของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

- 1.DC Motor Brushless 1000Watt 48VDC MTEC
- 2.Battery 48V 12.2A ZSUN
- 3.Driver Controller 1000Watt 48V - CBLD 1000P-48
- 4.ตลับลูกปืนตุ๊กตา UCP207-20 (รูนี้ว2ทุน,1/1/4") AKE
- 5.ล้อยางแบบแบน SC ขนาดล้อ 5 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.เฟืองมอเตอร์ Brushless Diameter 1.9 cm ความกว้าง 5.5 cm-12T

7.เฟืองขับล้อ เบอร์ 428-36T

8.โซ่เฟืองรถมอเตอร์ไซด์ เบอร์ 428

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.เครื่องวัดความเร็วรอบ Neonics SM6236E

2.อุปกรณ์วัดแรงดึง Lion Brand 300 kg

3.เครื่องวัดอัตราการแทงทะลุของดิน Daiki DIK-5532

4.เทปวัดระยะ

5.เครื่องชั่งน้ำหนัก Azano 300 kg

6.นาฬิกาจับเวลา โทรศัพท์มือถือ Apple iPhone 13

7.น้ำหนักถ่วง 20, 25 และ 30 kg

8.moisture can

9.ตุ้บลมร้อน

3.1.4 วิธีการสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.นำเหล็กกล่อง ขนาด 3.5x3.5 cm ความหนา 0.25 cm ตัดให้มีความยาว 70 cm จำนวน 2 ท่อน และตัดให้มีความยาว 30 cm จำนวน 3 ท่อน

2.นำเหล็กกล่อง ขนาด 4.5x2.5 cm ความหนา 0.25 cm ตัดให้มีความยาว 47 cm จำนวน 2 ท่อน

3.นำเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ความหนา 0.3 cm ตัดให้มีความยาว 58 cm จำนวน 1 ท่อน และตัดให้มีความยาว 135 cm จำนวน 2 ท่อน จากนั้นนำทั้ง 2 ท่อนไปติดตั้ง โดยวัดความยาว 30 cm ติดตั้งมุม 60 องศา

4.นำเหล็กฉาก ความสูง 12 cm ความกว้าง 5.5 cm ความหนา 0.5 cm ตัดให้มีความยาว 20 cm จำนวน 2 ท่อน

5.นำเหล็กเส้นแผ่น ความกว้าง 2 cm ความหนา 0.5 cm ตัดให้มีความยาว 30 cm จำนวน 2 ท่อน และตัดให้มีความยาว 19 cm จำนวน 2 ท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำเหล็กฉาก ความกว้าง 4 cm ความสูง 4 cm ความหนา 0.3 cm ตัดให้มีความยาว 10 cm จำนวน 8 ท่อน

7. นำเหล็กเส้นกลมข้ออ้อย เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 cm ตัดให้มีความยาว 15 cm จำนวน 8 ท่อน

8. นำเหล็กเส้นแผ่น ความกว้าง 5 cm ความหนา 0.3 cm ตัดให้มีความยาว 72 cm จำนวน 1 ท่อน

9. นำท่อเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 cm ความหนา 0.4 cm ตัดให้มีความยาว 8 cm จำนวน 2 ท่อน

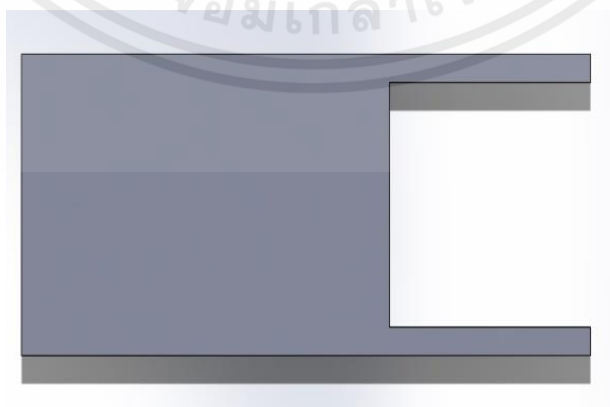
10. นำเหล็กแผ่นวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm ความหนา 0.5 cm แบ่งครึ่งเป็น 2 แผ่น และเจาะรูทั้งสองแผ่นให้รูมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm

11. นำเหล็กกล่อง ขนาด 3.5x3.5 cm ความหนา 0.25 cm ที่มีความยาว 70 cm จำนวน 2 ท่อน มาเชื่อมติดกับเหล็กกล่อง ขนาด 3.5x3.5 cm ความหนา 0.25 cm ที่มีความยาว 30 cm จำนวน 3 ท่อน โดยให้แต่ละท่อนห่างกัน 20 cm แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อโครงสร้าง

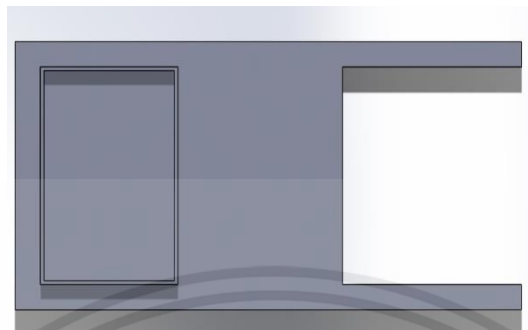
12. นำเหล็กแผ่น ความกว้าง 30 cm ความยาว 37 cm ความหนา 0.3 cm มาเชื่อมวางบนโครงสร้างเพื่อใช้เป็นฐานรองรับแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การติดตั้งแผ่นรองฐาน

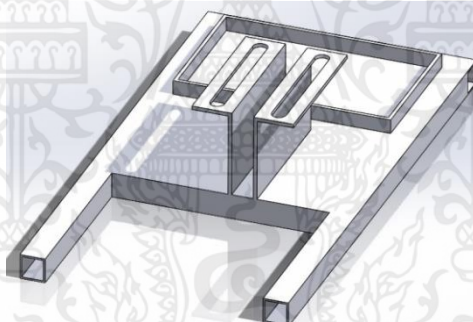
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. นำเหล็กเส้นแผ่น ความกว้าง 2 cm ความหนา 0.5 cm ที่มีความยาว 30 cm จำนวน 2 ท่อน และที่มียาว 19 cm จำนวน 2 ท่อน ประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยให้ความกว้างห่างจากท้ายโครงสร้างเครื่อง 3.5 cm และห่างจากทั้งสองข้างของโครงสร้างเครื่อง 3.5 cm แสดงดังรูปที่ 3.3



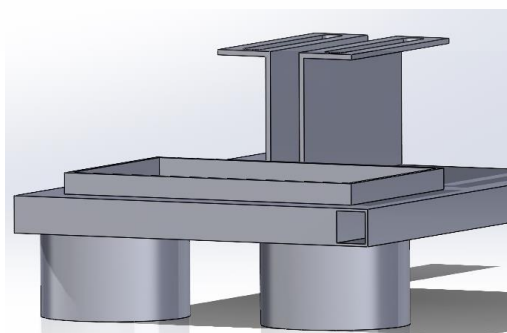
รูปที่ 3.3 การติดตั้งช่องใส่แบตเตอรี่

14. นำเหล็กฉาก ความสูง 12 cm ความกว้าง 5.5 cm ความหนา 0.5 cm ที่มีความยาว 20 cm จำนวน 2 ท่อน มาวางบนโครงสร้างเพื่อใช้เป็นฐานรองมอเตอร์ให้เหล็กฉากชิ้นแรกห่างจากขอบโครงสร้างเครื่อง 10 cm และเหล็กฉากชิ้นที่สองห่างจากเหล็กฉากชิ้นแรก 3 cm แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดตั้งฐานรองมอเตอร์

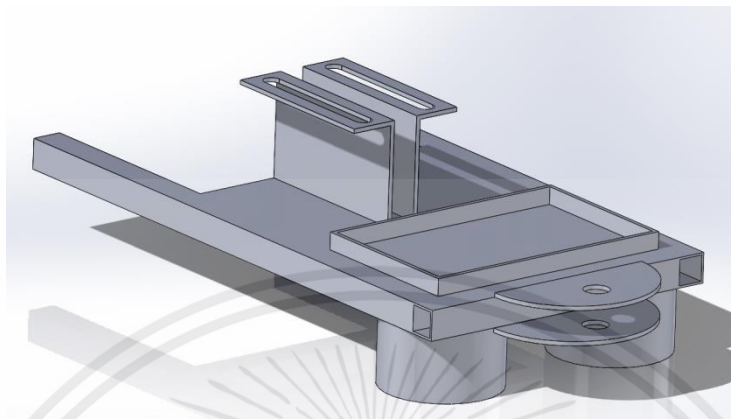
15. นำท่อเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 cm ความหนา 0.4 cm ที่มีความยาว 8 cm จำนวน 2 ท่อน มาเชื่อมติดส่วนท้ายของเครื่องบริเวณด้านล่างของเครื่องเพื่อใช้ในการติดกับล้อแบบแป้น แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การติดตั้งฐานยึดติดล้อ

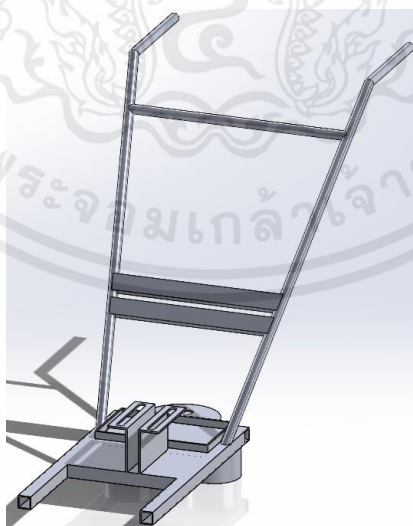
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. นำเหล็กแผ่นวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm ความหนา 0.5 cm ที่แบ่งครึ่งเป็น 2 แผ่น และเจาะรูทั้ง 2 แผ่นให้มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm มาเชื่อมติดกับส่วนท้ายของโครงสร้างเครื่อง เพื่อใช้ต่อพ่วงกับอุปกรณ์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การติดตั้งส่วนพ่วงท้าย

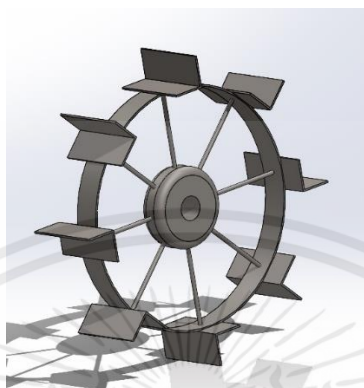
17. นำเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ความหนา 0.3 cm ที่มีความยาว 135 cm จำนวน 2 ท่อน ดัดงอแล้วมาทำเป็นมือจับโดยเชื่อมติดกับโครงสร้างของเครื่องโดยห่างจากท้ายเครื่องเข้ามา 12 cm และเชื่อมเหล็กกล่องขนาด 4.5x2.5 cm ความหนา 0.25 cm ที่มีความยาว 47 cm จำนวน 2 ท่อน ไปในส่วนมือจับเพื่อไว้ใช้ติดตั้ง Driver Controller ชั้นแรกห่างจากฐานโครงสร้างเครื่อง 25 cm ชั้นที่สองห่างจากชั้นแรก 2 cm และนำเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ความหนา 0.3 cm ที่มีความยาว 58 cm จำนวน 1 ท่อน มาเชื่อมติดกับตัวมือจับโดยห่างจากเหล็กกล่องชั้นที่สอง 33 cm แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างเครื่อง

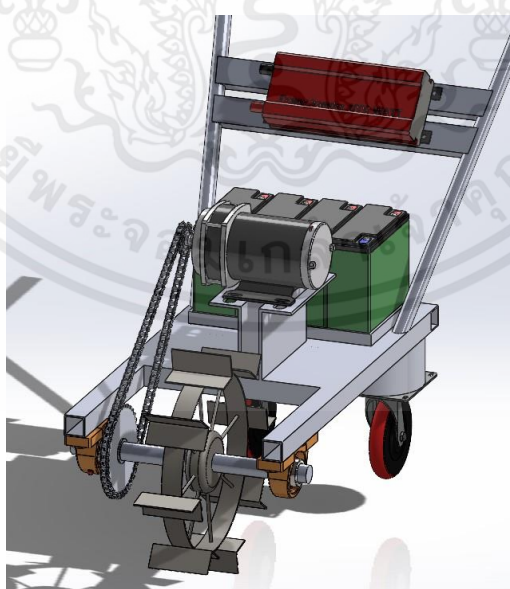
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. นำเหล็กเส้นแผ่น ความกว้าง 5 cm ความหนา 0.3 cm ที่มีความยาว 72 cm จำนวน 1 ท่อน รีดโค้งจนเป็นวงกลม แล้วนำเหล็กเส้นกลมข้ออ้อย เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 cm ที่มีความยาว 15 cm จำนวน 8 ท่อน ไปเชื่อมติดในวงล้อ และนำเหล็กฉาก ความกว้าง 4 cm ความสูง 4 cm ความหนา 0.3 cm ที่มีความยาว 10 cm จำนวน 8 ท่อน มาติดส่วนข้างนอกเพื่อทำเป็นล้อเดิน แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ล้อเคลื่อนที่การทำงาน

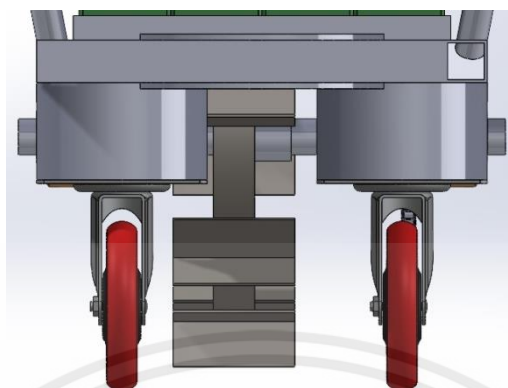
19. นำตลับลูกปืนตุ๊กตา UCP207-20 มาติดกับเหล็กกล่องขนาด 3.5x3.5 cm ความหนา 0.25 cm แล้วนำเพลาใส่ล้อใส่เฟืองขับล้อ เบอร์ 428-36T นำติดตั้งใส่กับตลับลูกปืนตุ๊กตา จากนั้นนำ DC Motor Brushless 1000Watt 48VDC มาใส่ที่ฐานวางมอเตอร์ ใส่โซ่เฟืองทดมอเตอร์ไซค์ เบอร์ 428 เพื่อส่งกำลัง จากนั้นตั้งศูนย์ของโซ่และเฟืองขับทั้งสองอัน จากนั้นนำแบตเตอรี่มาใส่ ติดตั้ง Driver Controller 1000Watt 48V ที่เหล็กกล่องขนาด 4.5x2.5 cm ความหนา 0.25 cm แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การติดตั้งชุดต้นกำลังและส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. ติดตั้งล้อแบบแบน SC ขนาดล้อ 5 นิ้ว กับท่อเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 cm ความหนา 0.4 cm ที่มีความยาว 8 cm ที่เชื่อมติดกับโครงสร้างของเครื่องตอนแรก แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การติดตั้งล้อยาง

3.2 วิธีการทดลองรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.2.1 การหาคุณสมบัติของดินในแปลง

ก่อนจะดำเนินการทดสอบจะต้องทำการเก็บบันทึกค่าคุณสมบัติต่างๆของดินในแปลงดังนี้

1. Soil Moisture content

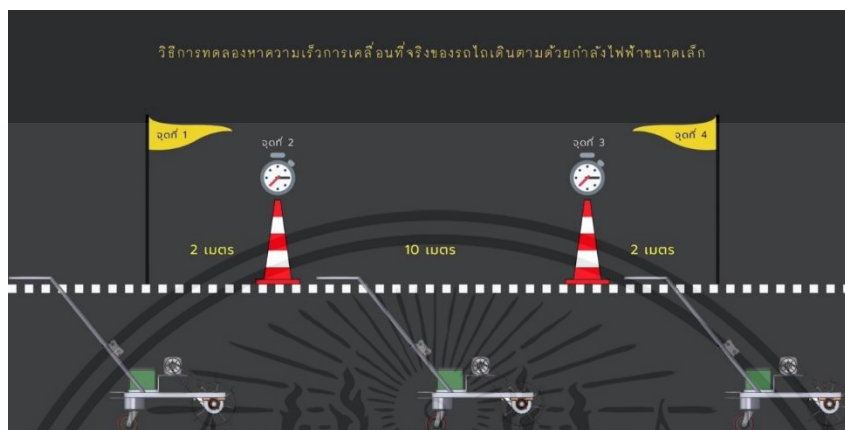
ทำการทดลองหา Soil Moisture content โดยนำถุงซิบเพื่อเตรียมใส่ดินตัวอย่างในแปลงการทดสอบ จำนวน 3 จุด ก่อนการทดลองจากนั้นนำตัวอย่างดินมาชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลชนิด 4 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนักก่อนการอบ นำตัวอย่างดินไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำมาพักในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วจึงนำตัวอย่างดินออกมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักหลังอบ นำข้อมูลที่ได้มาหาปริมาณความชื้นในดินตามสมการที่ 3.1

2. ความต้านทานการแทงทะลุของดิน (cone index)

ใช้ cone penetrometer กดดินโดยใช้หัวรูปกรวย ฐานกรวยขนาดพื้นที่ 2 ตารางเซนติเมตร ในการหาอัตราการแทงทะลุของดินทำการกด ดินในจุดต่างๆ 5 จุด โดยทำการกดก่อนการทดสอบ ที่ระดับความลึก ผิวดิน และที่ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ

3.2.2 วิธีการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

1. ใช้เทปวัดระยะและทำเครื่องหมาย 4 ตำแหน่งคือ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่(1), จุดเริ่มการจับเวลา(2), จุดสิ้นสุดการจับเวลา(3) และจุดสิ้นสุดการเคลื่อนที่(4) โดยระยะห่างระหว่างจุดที่(1) กับจุดที่(2) เท่ากับ 2 m และระยะห่างระหว่างจุดที่(2) กับจุดที่(3) เท่ากับ 10 m และระยะห่างระหว่างจุดที่(3) กับจุดที่(4) เท่ากับ 2 m



รูปที่ 3.11 วิธีการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

2. ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 5 ระดับ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm ตามลำดับ และทำการทดลองบนพื้นราบ เป็นระยะทาง 10 เมตร จำนวน 5 ซ้ำ

3. ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 5 ระดับ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm ตามลำดับ และทำการทดลองบนพื้นดินร่วนปนทรายในแปลงทดลองที่มีความชื้น 14.4 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และความต้านทานการแทรกทะลุของดิน ก่อนการทดลอง เท่ากับ 172.4 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร เป็นระยะทาง 10 เมตร จำนวน 5 ซ้ำ

4. บันทึกผลการทดลอง

3.2.3 วิธีการทดลองหาแรงจุดลากของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

1. ใช้เทปวัดระยะและทำเครื่องหมาย 4 ตำแหน่งคือ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่(1), จุดเริ่มการจับเวลา(2), จุดสิ้นสุดการจับเวลา(3) และจุดสิ้นสุดการเคลื่อนที่(4) โดยระยะห่างระหว่างจุดที่(1) กับจุดที่(2) เท่ากับ 2 m และระยะห่างระหว่างจุดที่(2) กับจุดที่(3) เท่ากับ 10 m และระยะห่างระหว่างจุดที่(3) กับจุดที่(4) เท่ากับ 2 m



รูปที่ 3.12 วิธีการทดลองหาแรงจุดลากการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

2. ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดึง Lion Brand 300 kg ไว้ที่ส่วนท้ายของเครื่อง โดยนำห่วงของอุปกรณ์วัดแรงดึงไปใส่ในส่วนที่ไว้ใช้สำหรับต่อพ่วงและใส่สลักไว้ จากนั้นนำอุปกรณ์วัดแรงดึงต่อพ่วงกับน้ำหนักถ่วง
3. ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ เท่ากับ 140 rpm โดยลากน้ำหนักหนัก 20, 25 และ 30 kg ตามลำดับ และทำการทดลองบนพื้นราบ เป็นระยะทาง 10 เมตร จำนวน 5 ซ้ำ
4. ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 5 ระดับ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm ตามลำดับ โดยลากน้ำหนักหนัก 20, 25 และ 30 kg ตามลำดับ และทำการทดลองบนพื้นบนดินร่วนปนทราย ในแปลงทดลองที่มีความชื้น 14.4 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และความต้านทานการแทงทะลุของดิน ก่อนการทดลอง เท่ากับ 172.4 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร เป็นระยะทาง 10 เมตร จำนวน 5 ซ้ำ
5. บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สมการคำนวณ

1 การหาปริมาณความชื้นในดิน (บริษัท เดนิช ซอยล์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด, 2563)

$$\text{ปริมาณความชื้นฐานเปียก } M = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้นฐานเปียก (% wb)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (g)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (g)

2 การหาความเร็วการเคลื่อนที่จริง (วรรณมล, 2562)

ความเร็วในการเคลื่อนที่จริง หรืออัตราเร็ว สามารถนิยามได้ว่า ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปในหนึ่งหน่วยเวลา แสดงเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.2

อัตราเร็วเฉลี่ย = ระยะทางในการเคลื่อนที่/เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

$$\text{หรือ } V = \Delta S / \Delta t \quad (3.2)$$

เมื่อ V คือ อัตราเร็วเฉลี่ย (m/s)

ΔS คือ รัยวงค์จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย (m)

Δt คือ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย (s)

3 การหาความเร็วการเคลื่อนที่ตามทฤษฎี (ประเทือง , 2565)

$$V = \frac{\pi D N_e}{60q} \quad (3.3)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วการเคลื่อนที่ตามทฤษฎี (m/s)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ (m)

N_e คือ ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)

q คือ อัตราทดเฟืองขับ และเฟืองตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 การหาประสิทธิภาพการดูดลาก (ประเทือง, 2565)

นิยามประสิทธิภาพการดูดลาก คือ อัตราส่วนกำลังดูดลากต่อกำลังจากล้อยหมุนดังสมการ 3.4

$$\eta_t = \frac{PV}{HV_0} \quad (3.4)$$

เมื่อ η_t คือ ประสิทธิภาพการดูดลาก

P คือ แรงดูดลากจริง (N)

V คือ ความเร็วการเคลื่อนที่จริง (m/s)

H คือ แรงที่ต้องการเพื่อให้รถไถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามทฤษฎี (N)

V_0 คือ ความเร็วการเคลื่อนที่ตามทฤษฎี (m/s)

แรงที่ต้องการเพื่อให้รถไถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามทฤษฎี (H) คือผลรวมระหว่างแรงดูดลากกับแรงต้านการหมุนของล้อ ดังสมการที่ 3.5

$$H = P + R \quad (3.5)$$

เมื่อ P คือ แรงดูดลากจริง (N)

R คือ แรงต้านการหมุนของล้อ (N)

โดยแรงต้านการหมุนของล้อ (R) จะแตกต่างกันตามลักษณะพื้นผิวดิน และน้ำหนักที่กระทำที่ล้อ ดังสมการที่ 3.6

$$R = \mu W_w \quad (3.6)$$

เมื่อ μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน

W_w คือ แรงปฏิกิริยาที่ล้อ

ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน (μ)

สภาพพื้นที่	สัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน	
	ล้อยาง	ดินตะขาบ
ถนนลาดยาง	0.04	0.05
พื้นดินแข็งแห้ง	0.07	0.07
พื้นดินแข็งมีหญ้า	0.10	0.07
พื้นดินแข็งมีหญ้าถูกตัดแล้ว	0.10	0.08
ถนนเป็นดินทรายอ่อน	0.12	0.10
พื้นดินไถแล้ว	0.20-0.30	0.10-0.12
พื้นที่ดินหล่ม	0.21-0.30	0.11-0.12
พื้นที่ดินทรายละเอียด	0.30-0.40	0.10

ที่มา: ประเทือง อุษาปรีสุทธิ, 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 คุณสมบัติของดิน

จากการทดลองหาปริมาณความชื้นของดินที่ใช้ในการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างดิน 3 จุดก่อนการทดลองใส่ Moisture can 5 ครอบง ทำการอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นของดิน

เบอร์ ครอบง	น้ำหนักครอบง (g)	น้ำหนักดินเปียก (g)	น้ำหนักดินแห้ง และครอบง (g)	น้ำหนักดินแห้ง (g)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น ฐานเปียก
3	33.2950	100.6887	118.6436	85.3486	0.1524
5	41.7125	106.1518	131.5684	89.8559	0.1535
6	32.9049	110.8531	126.3189	93.4140	0.1573
10	34.2856	105.3725	126.2241	91.9385	0.1275
14	41.7003	111.2864	138.5900	96.8897	0.1294

จากการหาความต้านทานการแทงทะลุของดินที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้เครื่อง Cone Penetrometer วัดความต้านทานการแทงทะลุของดินที่ความลึก 15 cm จำนวน 5 จุดก่อนการทดลอง ได้ผลการวัดหาความต้านทานการแทงทะลุของดินเป็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความต้านทานการแทงทะลุของดิน

จุดที่	ความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนการทดลองที่ความลึก 15 cm	
	[kPa]	[N/cm ²]
1	2549	254.9
2	1455	145.5
3	1885	188.5
4	1231	123.1
5	1500	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริง และหาแรงฉุดลากของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

Moisture content	Penetration resistance
14.4 %w.b.	172.4 N/cm ²

4.2 ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

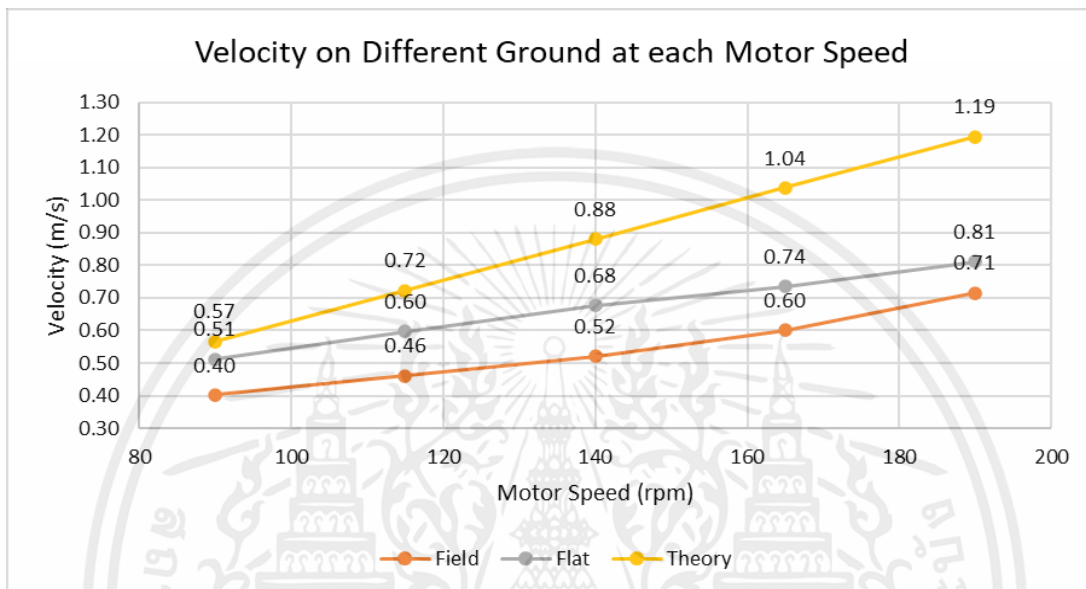
จากการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงขณะไม่มีน้ำหนักต่อพวง โดยการจับเวลาการเคลื่อนที่ระยะทาง 10 m บนพื้นดินและพื้นราบ ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างกัน 5 ระดับ คือ 90, 115, 140 , 165 และ 190 rpm และคำนวณหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงตามสมการที่ 3.2 ได้ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามขณะไม่มีน้ำหนักต่อพวง

พื้นที่ปฏิบัติงาน	ความเร็วรอบ (rpm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ (m)	เวลาเฉลี่ย (s)	ความเร็วการเคลื่อนที่เฉลี่ย (m/s)
พื้นถนนยางมะตอยราบ	90	10.00	33.50	0.58
	115	10.00	41.87	0.40
	140	10.00	50.23	0.29
	165	10.00	58.58	0.23
	190	10.00	66.94	0.18
พื้นดินร่วนปนทราย	90	10.00	33.47	0.74
	115	10.00	41.82	0.52
	140	10.00	50.17	0.38
	165	10.00	58.53	0.28
	190	10.00	66.90	0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 และสมการความเร็วการเคลื่อนที่ตามทฤษฎี (สมการที่ 3.3) นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กกับความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า พบว่าเมื่อความเร็วมอเตอร์เพิ่มขึ้นความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน และความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามบนพื้นดินจะน้อยกว่าความเร็วการเคลื่อนที่จริงบนพื้นเรียบที่ความเร็วมอเตอร์เดียวกัน



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามกับความเร็วมอเตอร์

4.3 แรงฉุดลากของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากการทดลองหาแรงฉุดลากของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กขณะน้ำหนักถ่วง 20, 25 และ 30 kg ระยะทาง 10 m บนพื้นดินร่วนปนทราย ที่ความเร็วมอเตอร์ต่างกัน 5 ระดับ คือ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm คำนวณหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงตามสมการที่ 3.2 ได้ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กดังตารางที่ 4.5

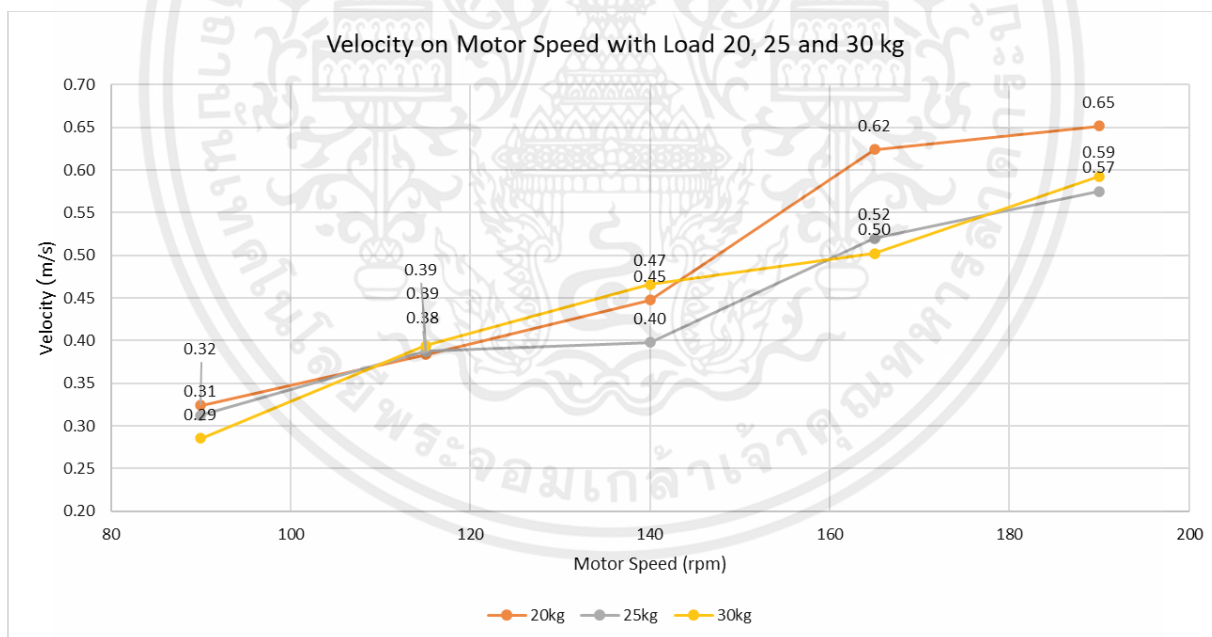
ตารางที่ 4.5 ความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพ่วง 20, 25 และ 30 kg

ความเร็วมอเตอร์ (rpm)	น้ำหนักต่อพ่วง (kg)	เวลาเฉลี่ย (s)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (m/s)
90	20.00	30.88	0.32
	25.00	32.00	0.31
	30.00	35.05	0.29
115	20.00	26.06	0.38
	25.00	25.80	0.39
	30.00	25.36	0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	น้ำหนักต่อฟวง (kg)	เวลาเฉลี่ย (s)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (m/s)
140	20.00	22.36	0.45
	25.00	25.13	0.40
	30.00	21.47	0.47
165	20.00	16.03	0.62
	25.00	19.24	0.52
	30.00	19.91	0.50
190	20.00	15.35	0.65
	25.00	17.40	0.57
	30.00	16.87	0.59

จาก รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟวง 20, 25 และ 30 kg บนพื้นดิน ซึ่งเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน



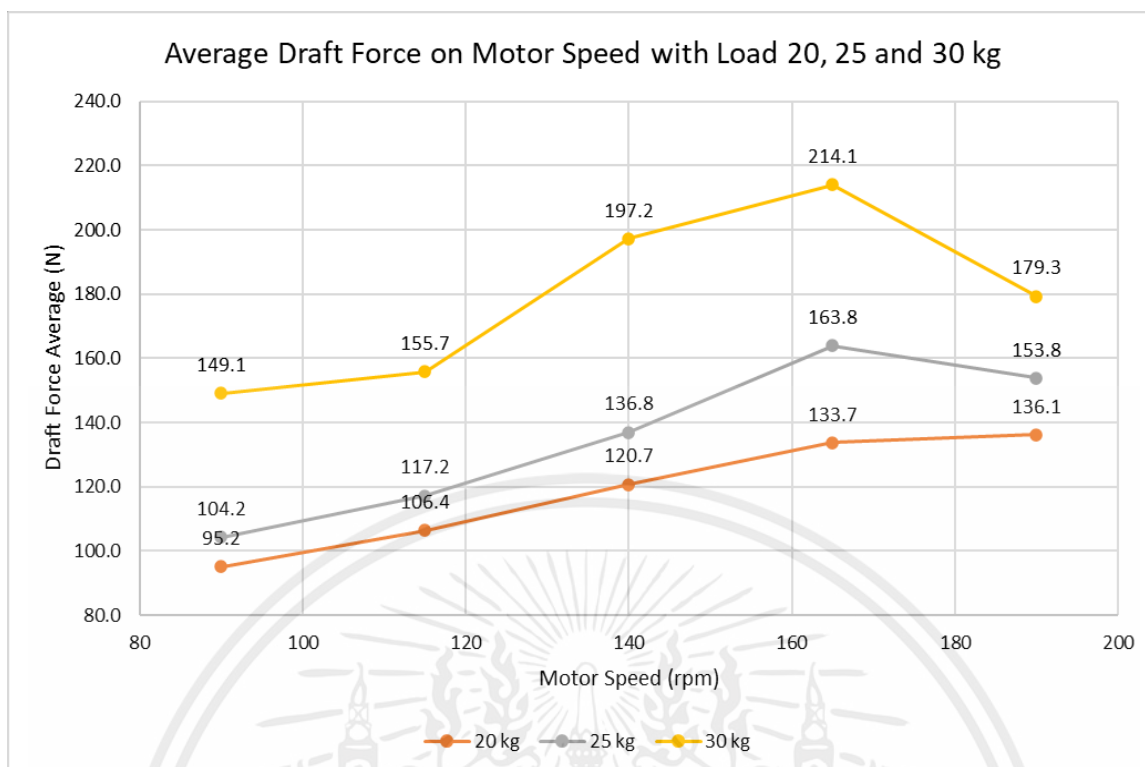
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟวง 20, 25 และ 30 kg บนพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองหาแรงฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กขณะน้ำหนักต่อพ่วง 20, 25 และ 30 kg ระยะทาง 10 m บนพื้นดินร่วนปนทราย ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างกัน 5 ระดับ คือ 90, 115, 140 , 165 และ 190 rpm ได้แรงฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กดังตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.6 แรงฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพ่วง 20, 25 และ 30 kg

ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	น้ำหนักถ่วงท้าย (kg)	แรงฉุดลากเฉลี่ย (kg)	แรงฉุดลากเฉลี่ย (N)
90	20.00	9.7	95.157
	25.00	10.625	104.23125
	30.00	15.2	149.112
115	20.00	10.85	106.4385
	25.00	11.95	117.2295
	30.00	15.875	155.73375
140	20.00	12.3	120.663
	25.00	13.95	136.8495
	30.00	20.1	197.181
165	20.00	13.625	133.66125
	25.00	16.7	163.827
	30.00	21.825	214.10325
190	20.00	13.875	136.11375
	25.00	15.675	153.77175
	30.00	18.275	179.27775

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงฉุดลากเฉลี่ยกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อพ่วง 20, 25 และ 30 kg บนพื้นดิน ที่น้ำหนักต่อพ่วง 25 และ 30 kg แรงฉุดลากเฉลี่ยสูงสุดคือที่ความเร็วรอบ 165 rpm มีค่าแรงฉุดลากเฉลี่ย 163.8 และ 214.1 N ตามลำดับ และที่น้ำหนักต่อพ่วง 20 kg แรงฉุดลากเฉลี่ยสูงสุดคือที่ความเร็วรอบ 190 rpm มีค่าแรงฉุดลากเฉลี่ย 136.1 N ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์เดียวกัน น้ำหนักต่อพ่วงมากขึ้น แรงฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามก็จะมากขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงฉุดลากเฉลี่ยกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อพวง 20, 25 และ 30 kg บนพื้นดิน

4.4 ประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ย

จากการทดลองหาแรงฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพวง 20, 25 และ 30 kg ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 rpm เรียบ และความเร็วรอบมอเตอร์ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm บนพื้นดิน คำนวณหาประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ยตามสมการที่ 3.4 ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ยของรถไถเดินตามขณะน้ำหนักต่อพวง 20, 25 และ 30 kg

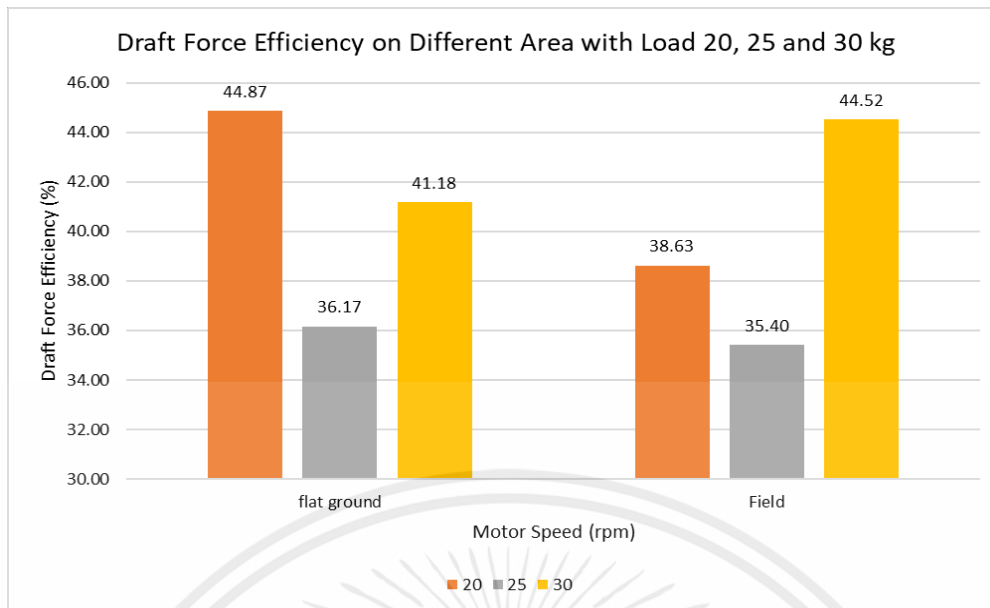
พื้นที่ปฏิบัติงาน	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	น้ำหนักถ่วงท้าย (kg)	ประสิทธิภาพการฉุดลาก (%)
พื้นราบ	140	20.00	44.87
		25.00	36.17
		30.00	41.18
พื้นที่แปลง	90	20.00	40.79
		25.00	40.40
		30.00	40.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปฏิบัติงาน	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	น้ำหนักถ่วงท้าย (kg)	ประสิทธิภาพการดูดลาก (%)
พื้นที่แปลง	115	20.00	39.04
		25.00	40.45
		30.00	43.91
	140	20.00	38.63
		25.00	35.40
		30.00	44.52
	165	20.00	46.85
		25.00	40.76
		30.00	41.29
	190	20.00	42.65
		25.00	38.65
		30.00	41.05

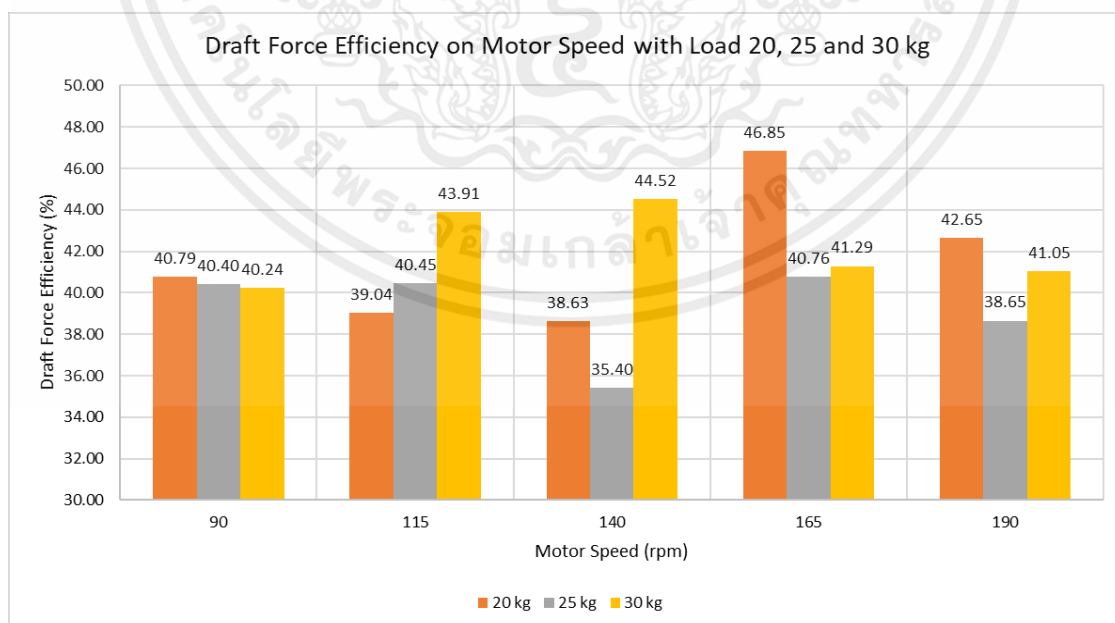
จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพการดูดลากที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 rpm บนพื้นดิน และบนพื้นเรียบ โดยมีน้ำหนักต่อพ่วง 20, 25 และ 30 kg พบว่าที่น้ำหนักต่อพ่วง 20 kg บนพื้นเรียบมีประสิทธิภาพการดูดลากมากกว่า บนพื้นดิน 6.24% ที่น้ำหนักต่อพ่วง 25 kg บนพื้นเรียบมีประสิทธิภาพการดูดลากมากกว่าบนพื้นดิน 0.77% และ ที่น้ำหนักต่อพ่วง 30 kg บนพื้นเรียบมีประสิทธิภาพการดูดลagn้อยกว่าบนพื้นดิน 3.34%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการฉุดลากที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 rpm บนพื้นดิน และบนพื้นเรียบ โดยมีน้ำหนักต่อฟุ้ง 20, 25 และ 30 kg

จากรูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการฉุดลากกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟุ้ง 20, 25 และ 30 kg บนพื้นดิน ที่น้ำหนักต่อฟุ้ง 20 และ 25 kg ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 160 rpm โดยมีประสิทธิภาพการฉุดลากเท่ากับ 46.85 และ 40.76% ตามลำดับ ที่น้ำหนักต่อฟุ้ง 30 kg ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 140 rpm โดยมีประสิทธิภาพการฉุดลากเท่ากับ 44.52%



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการฉุดลากกับความเร็วรอบมอเตอร์ขณะมีน้ำหนักต่อฟุ้ง 20, 25 และ 30 kg บนพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

รถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ประกอบด้วย 1. โครงเครื่องขนาดกว้าง 37 cm ยาว 150 cm และสูง 84 cm 2. ล้อขับเคลื่อนผ่านศูนย์กลาง 38 cm กว้าง 10 cm 3. มอเตอร์กระแสตรง 48 V กำลังไฟ 1000 watt ความเร็วรอบสูงสุด 2800 รอบต่อนาที และ 4. แบตเตอรี่ 12 V 12.2A จำนวน 4 ก้อน ซึ่งมีน้ำหนักตัวเครื่องรวม 58.12 kg มีความสามารถในการฉุดลากสูงสุด 214.1 N ที่ความเร็วรอบ 165 rpm ลากน้ำหนักต่อฟุ้ง 30 kg บนพื้นดินที่มีความชันฐานเปียก 14.4 % และมีความต้านทานการแหงทะเลของดินที่ความลึก 15 cm ก่อนทำการทดลอง เป็น 172.4 N cm^{-2} และประสิทธิภาพการฉุดลากเฉลี่ยสูงสุด 46.85% ที่ความเร็วรอบ 165 rpm ลากน้ำหนักต่อฟุ้ง 20 kg คณะผู้จัดทำเชื่อว่าการศึกษานี้จะเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนารถไถเดินตามต้นกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตออกสู่ตลาดได้ในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการฉุดลากมากขึ้นอาจพิจารณาเปลี่ยน หรือออกแบบล้อขับเคลื่อนใหม่ เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างล้อกับพื้นผิวดิน และออกแบบตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้จุดศูนย์ถ่วงเข้าใกล้ล้อขับเคลื่อนมากที่สุด

บรรณานุกรม

เกรียงไกร رایณะสุข. (2560). การออกแบบและพัฒนาไถดินตามสำหรับการทำงานในไร่อ้อย. [วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต].

คณิตตา ธรรมจริยวงศา. (2562). **แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://dspace.bru.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/5625/แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน.pdf?sequence=1>

ทรูปลูกปัญญา. (2560). **แรงจุดลาก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.trueplookpanya.com/dhamma/content/60503>

บัญญัติ เศรษฐิติ. (ม.ป.ป.) **รถไถเดินตาม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/other33.pdf>

บุญเลิศ โพธิ์ขำ. (2560). **มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://itech.npu.ac.th/plan_tqf/fileplan/150320171506_09.pdf

บริษัท เดนิช ซอยล์ เอ็นจิเนียริง จำกัด. (2563). **การหาความชื้นในดิน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.denichsoiltest.com>

บล็อกข้อมูลด้านการเกษตร. (ม.ป.ป.) **รถไถเดินตาม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://blog.arda.or.th/รถไถเดินตาม-เครื่องจักร/>

ประเทือง อุษาบริสุทธิ. (2565). **วิศวกรรมแทรกเตอร์เพื่อการเกษตร** [PowerPoint slides]. SlideShare. <https://drive.google.com/file/d/1ZHADkRD53mAQnRXslclgep8eB2gXRYS/view?usp=drivesdk>

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม, สามารถ บุญอาจ, เกรียงไกร رایณะสุข และ สุกรี สุขประเสริฐ. (2560). **การศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่**. วารสาร มทร.อีสาน, 10(2), 27-39.

วรรณมล เสนาะคำ. (2562). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 เล่ม2**. แม็คเอ็ดดูเคชั่น.

สุรเวทย์ และคณะ. (2540). **ขั้นตอนแรกการเตรียมดินและเครื่องมือการเตรียมดิน**. เรื่องที่ ๕ เครื่องมือทุ่นแรงและเครื่องจักรกลเกษตร, [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=22&chap=5&page=t22-5-infodetail03.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ์. (2536). **ทฤษฎีการออกแบบล้อเหล็กสำหรับงานไถดินของรถเดินตาม**. วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, 4(2), 37-46.

สามารถ บุญอาจ. (2557). **การทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง**. รายงานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ASABE. (2011). **Agricultural Machinery Management Data**. ASAE, 1-15.

HOTEBIKE. (2564). **รถจักรยานไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.hotebike.com>

Itoolmart. (ม.ป.ป.) **หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://itoolmart.com/blog/content/7dqjr>

KSK. (2564). **แบตเตอรี่ลิเธียมมีกี่ชนิด**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.changfi.com/fix/2021/09/24/lithium-ion-battery/>

SGE. (2564). **เคล็ดลับการเตรียมดินปลูกต้นไม้**. How to เตรียมดินปลูกต้นไม้ได้ดินคุณภาพพืชโตไว. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://www.sgethai.com/article/how-to-เตรียม-ดินปลูกต้นไม้-ได้/>

Star8thailand. (2562). **แบตเตอรี่ลิเทียมคืออะไร**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://star8thailand.com/มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า-แบตเตอรี่/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

โครงสร้างรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 โครงสร้างรถไถเดินตาม แบบ 3 มิติ



รูป ก.1 โครงสร้างรถไถเดินตาม แบบ 3 มิติ

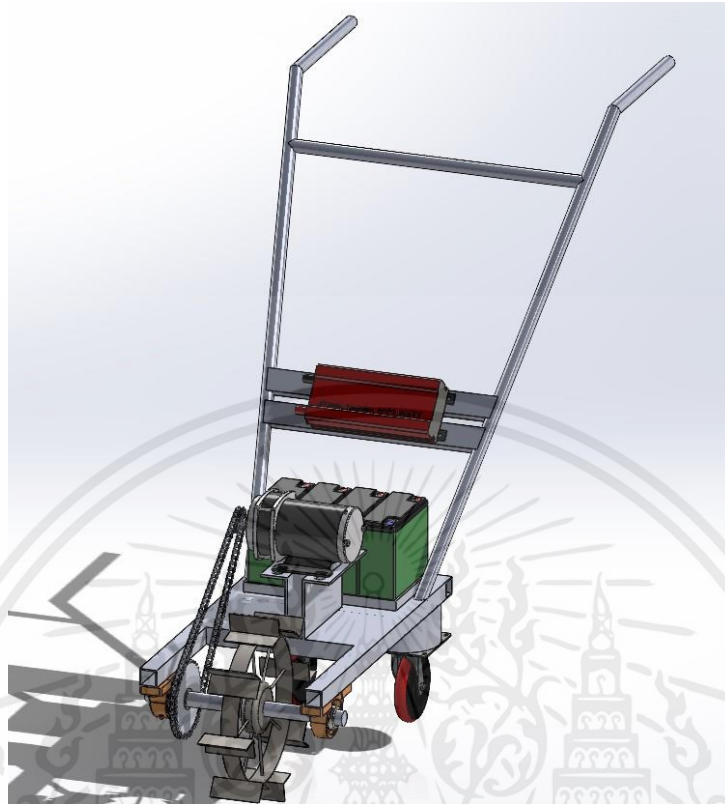
ก.2 โครงสร้างรถไถเดินตาม แบบสร้าง



รูป ก.2 โครงสร้างรถไถเดินตามขณะทำการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 โครงสร้างรถไถเดินตามกับอุปกรณ์สมบูรณ์ แบบ 3 มิติ



รูป ก.3 โครงสร้างรถไถเดินตามกับอุปกรณ์สมบูรณ์ แบบ 3 มิติ

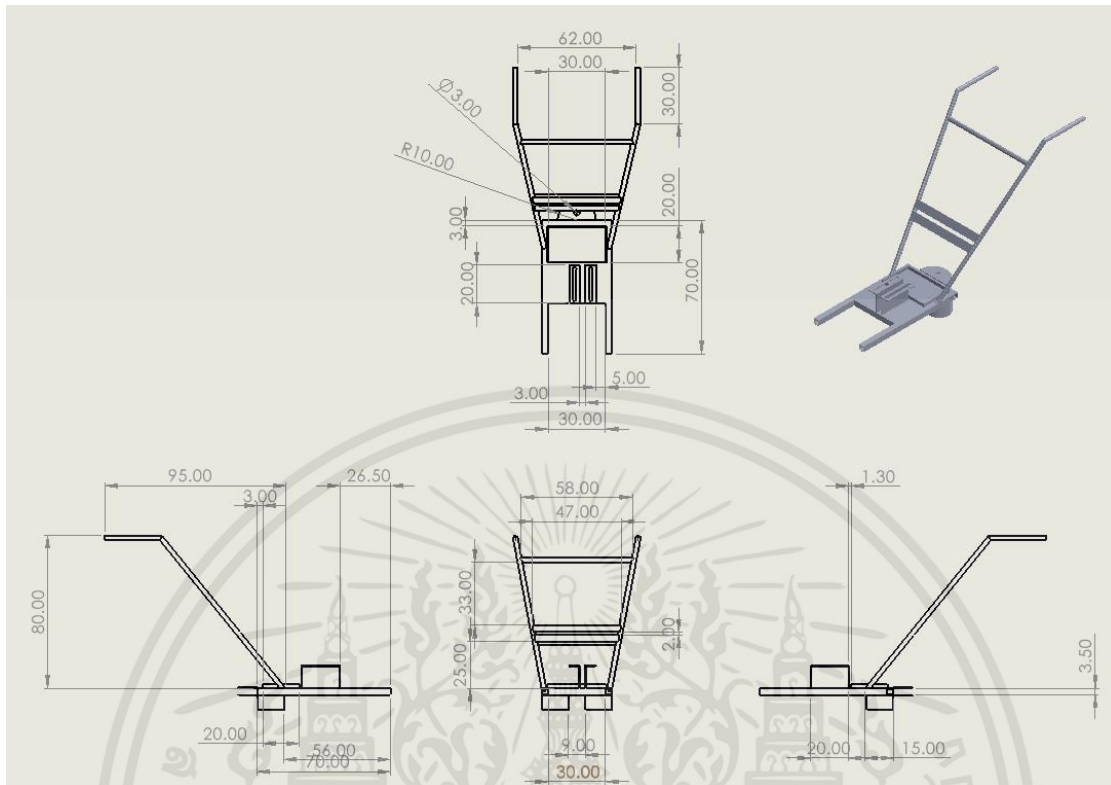
ก.4 โครงสร้างรถไถเดินตามกับอุปกรณ์สมบูรณ์ แบบสร้าง



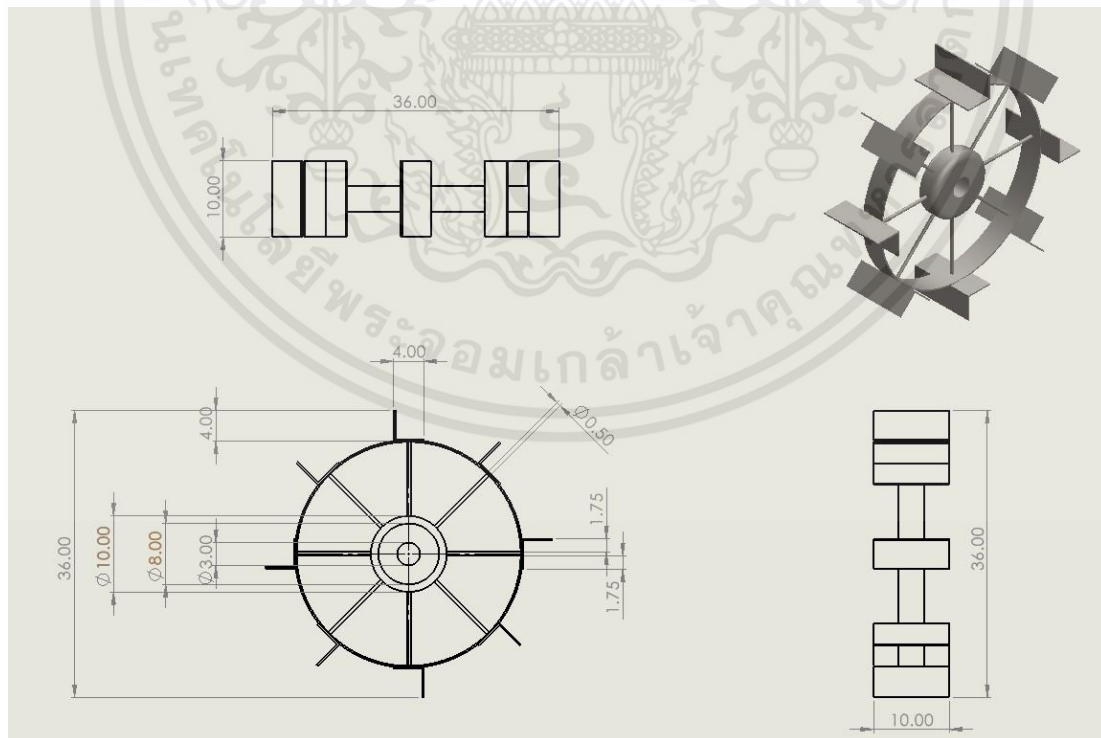
รูป ก.4 โครงสร้างรถไถเดินตามกับอุปกรณ์สมบูรณ์ แบบสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 แบบโครงสร้างเครื่อง CAD

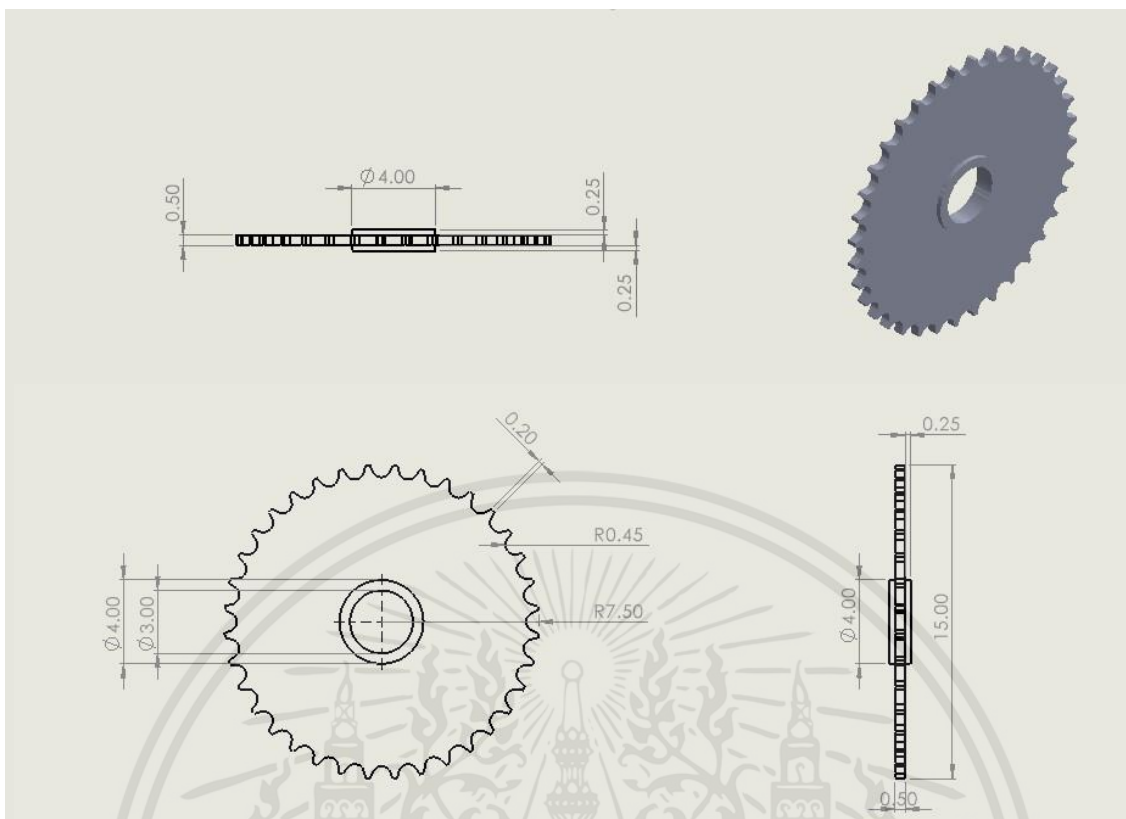


รูป ก.5.1 แบบโครงสร้างเครื่อง CAD

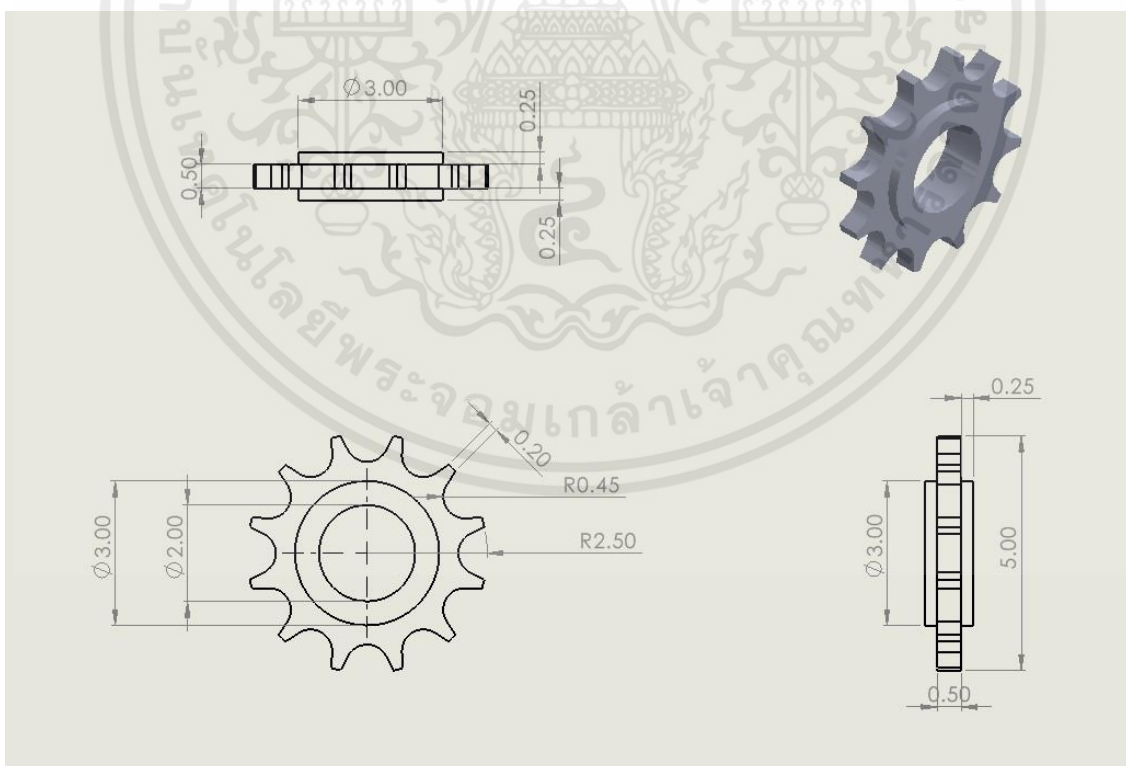


รูป ก.5.2 แบบโครงสร้างเครื่อง CAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.5.3 แบบโครงสร้างเครื่อง CAD



รูป ก.5.4 แบบโครงสร้างเครื่อง CAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.6 การสร้างเครื่องรถไถเดินตาม



รูป ก.6.1 ทำการเชื่อมเหล็กเพื่อทำโครงสร้าง



รูป ก.6.2 ทำการสร้างโครงสร้างฐานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.6.3 ทำการเชื่อมต่อมือจับเข้ากับฐานของเครื่อง

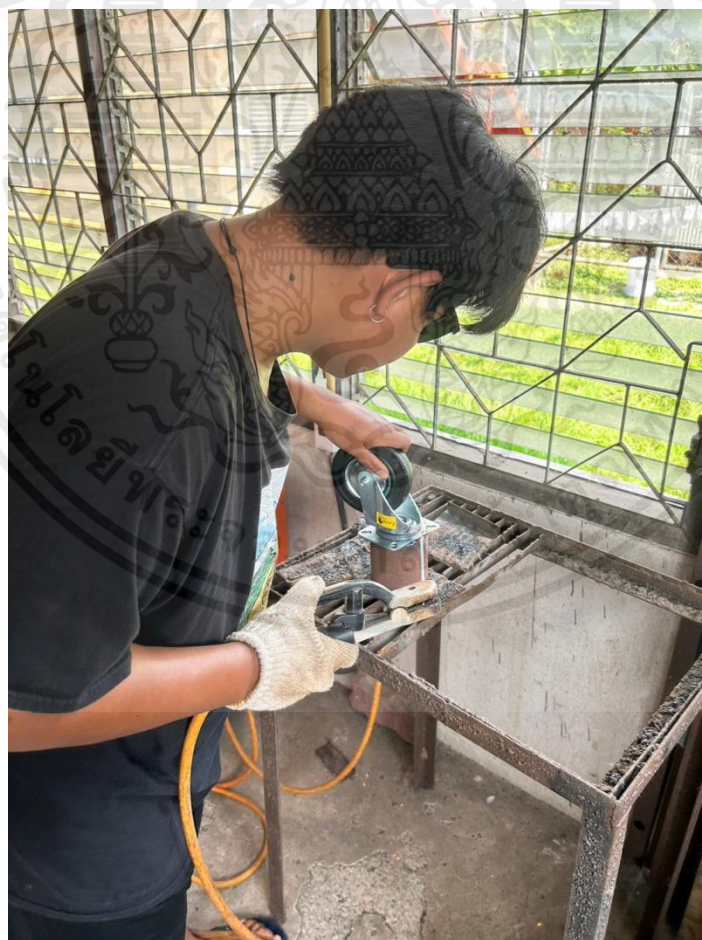


รูป ก.6.4 ทำการส่งมอเตอร์และกล่องควบคุมเพื่อติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

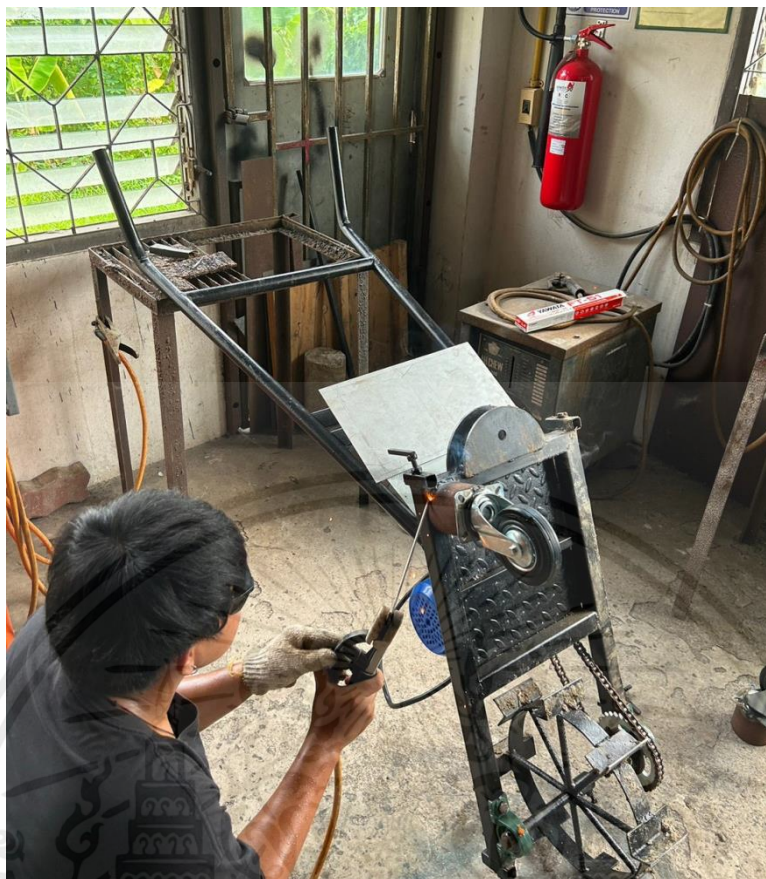


รูป ก.6.5 ทำการตัดเหล็กเพื่อใช้เป็นฐานรองล้อหลัง



รูป ก.6.6 ทำการเชื่อมล้อแบบแป้นติดกับท่อเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.6.7 ทำการเชื่อมล้อยึดกับส่วนล่างของเครื่อง



รูป ก.6.8 การสร้างเครื่องสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

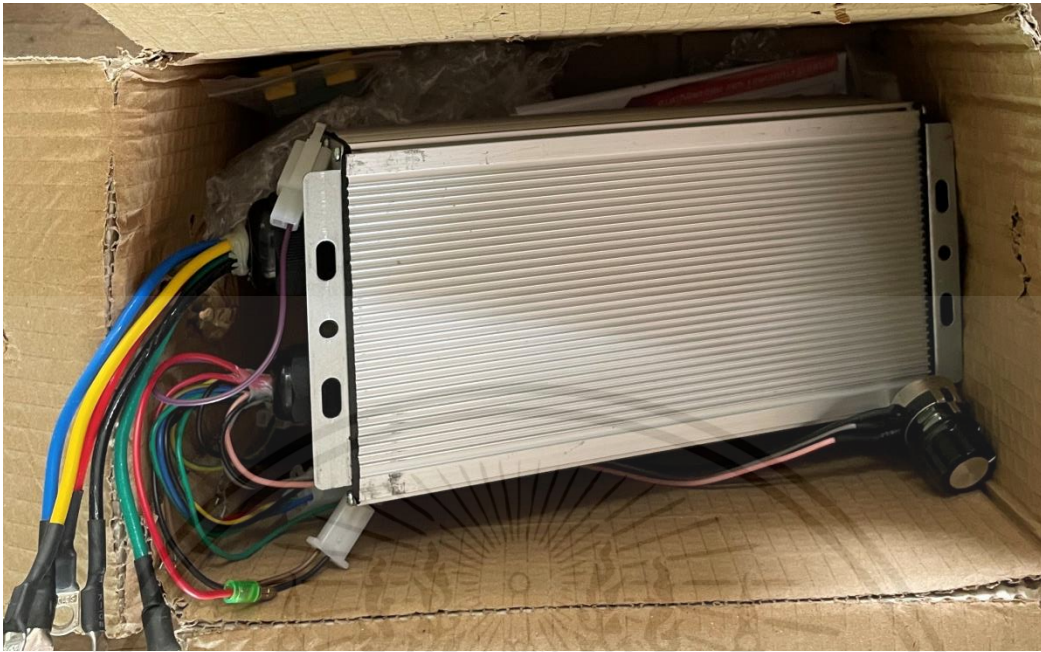


ภาคผนวก ข

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างและทดสอบรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง



รูป ข.1.1 Driver Controller 1000Watt 48V - CBLD 1000P-48



รูป ข.1.2 DC Motor Brushless 1000Watt 48VDC MTEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.1.3 Battery 48V 12.2A ZSUN

ข.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ



รูป ข.2.1 เครื่องวัดความเร็วรอบ Neonics SM6236E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.2.2 อุปกรณ์วัดแรงดึง Lion Brand 300 kg



รูป ข.2.3 เครื่องวัดอัตราการแทงทะลุของดิน Daiki DIK-5532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.2.4 หัวเครื่องวัดอัตราการแทงทะลุของดิน Daiki DIK-5532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 เก็บข้อมูลก่อนทำการทดลอง



รูป ค.1.1 ความต้านทานการแทงทะลุของดิน โดยใช้เครื่องวัดอัตราการแทงทะลุของดิน Daiki DIK-5532



รูป ค.1.2 ทำการหา Soil Moisture content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค.1.3 ทำการชั่งน้ำหนักรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

ค.2 วิธีการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริง



รูป ค.2.1 วิธีการทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



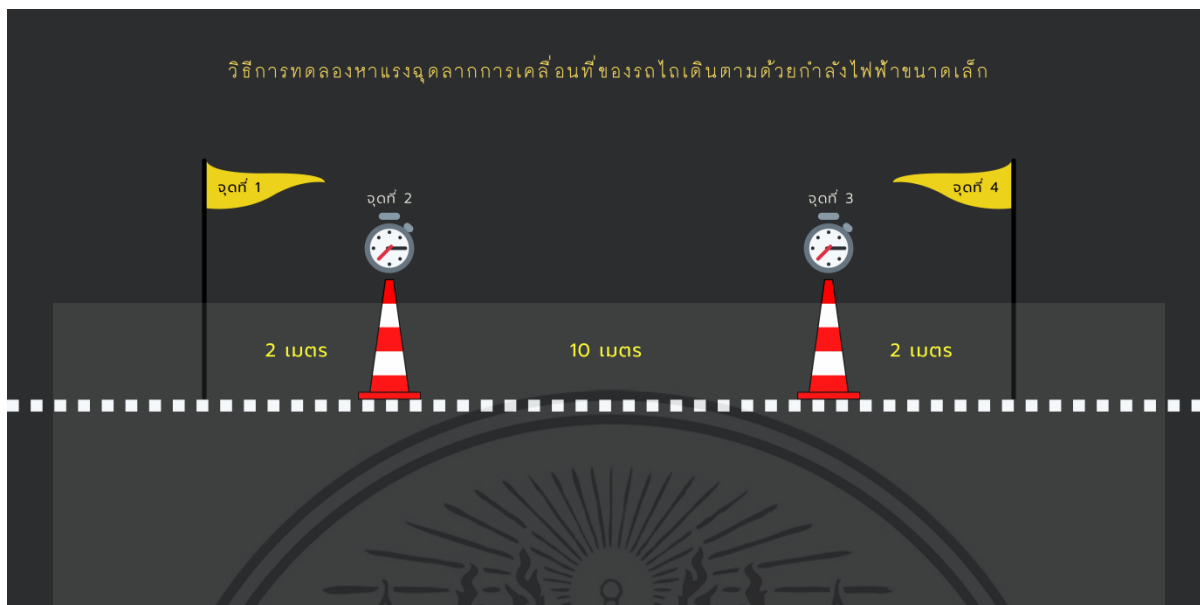
รูป ค.2.2 ทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm บนพื้นราบ เป็นระยะทาง 10 เมตร



รูป ค.2.3 ทดลองหาความเร็วการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ เท่ากับ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm บนพื้นดินร่วนปนทราย เป็นระยะทาง 10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 วิธีการทดลองหาแรงฉุดลากการเคลื่อนที่



รูป ค.3.1 วิธีการทดลองหาแรงฉุดลากการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก



รูป ค.3.2 ทดลองหาแรงฉุดลากการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ เท่ากับ 140 rpm โดยลากน้ำหนัก หนัก 20, 25 และ 30 kg ตามลำดับ บนพื้นราบเป็นระยะทาง 10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค.3.3 ทดลองหาแรงฉุดลากการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตามด้วยกำลังไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ เท่ากับ 90, 115, 140, 165 และ 190 rpm โดยลากน้ำหนัก หนัก 20, 25 และ 30 kg ตามลำดับ บนพื้นดินร่วนปนทราย เป็นระยะทาง 10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 ผลการทดลอง

ตารางที่ ง.1 เวลาการเคลื่อนที่จริงของรถไถเดินตามขณะไม่มีน้ำหนักต่อพ่วง

พื้นที่ ปฏิบัติงาน	ความเร็ว รอบ (rpm)	ระยะทางการ เคลื่อนที่ (m)	เวลาการเคลื่อนที่จริง (s)					เวลา เฉลี่ย (วินาที)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
พื้นถนนยาง มะตอยราบ	90	10.00	19.67	19.68	19.40	19.48	19.46	19.54
	115	10.00	16.55	16.82	16.78	16.72	16.87	16.75
	140	10.00	15.02	14.63	14.89	14.34	14.91	14.76
	165	10.00	13.71	13.77	13.64	13.64	13.24	13.60
	190	10.00	12.67	12.30	12.18	12.32	12.22	12.34
พื้นดินร่วน ปนทราย	90	10.00	24.41	25.12	24.42	25.25	25.19	24.88
	115	10.00	22.15	21.88	21.01	22.29	21.27	21.72
	140	10.00	19.13	19.36	18.93	19.24	19.34	19.20
	165	10.00	16.20	16.76	16.80	16.44	17.16	16.67
	190	10.00	14.28	13.98	14.17	13.75	13.78	13.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ผลการทดลองหาแรงฉุดลากของรถไถเดินตามขณะมีน้ำหนักต่อฟาง 20, 25 และ 30 kg

พื้นที่ ปฏิบัติงาน	ความเร็ว รอบ มอเตอร์ (rpm)	น้ำหนัก ถ่วงท้าย (kg)	แรงฉุดลากเฉลี่ย (kg)					แรงฉุด ลาก เฉลี่ย (kg)
			รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4	รอบที่ 5	
พื้นราบ	140	20.00	9.2	14	8.9	13.4	11.5	11.4
		25.00	11.6	14.5	12.2	10.2	12.5	12.2
		30.00	11.7	14.6	11.2	14.5	15.5	13.5
พื้นที่ แปลง	90	20.00	8.5	9.8	10.8	8.7	10.7	9.7
		25.00	11.8	9.7	10.1	10.9	10.5	10.6
		30.00	18.4	13.8	13.4	16.2	14.2	15.2
	115	20.00	10.1	11.8	10.7	11.1	10.6	10.9
		25.00	11.9	12.3	11.6	12	11.9	11.9
		30.00	18.5	14.8	16.2	14.2	15.7	15.9
	140	20.00	13.9	12.2	10.3	13.8	11.3	12.3
		25.00	14	15.8	11.5	16.5	12	14.0
		30.00	16.6	18.8	21.4	24.2	19.6	20.1
	165	20.00	15.3	12.2	12.5	14.5	13.3	13.6
		25.00	19	16.5	13.5	19.8	14.7	16.7
		30.00	23.8	20.2	24.1	18.2	22.7	21.8
	190	20.00	14	13.1	13.5	14.2	14.6	13.9
		25.00	18	14.8	16.8	13.4	15.3	15.7
		30.00	15.8	24	16.5	17.7	17.4	18.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 การคำนวณประสิทธิภาพการดูดลาก

พื้นที่ ปฏิบัติงาน	ความเร็วรอบ มอเตอร์ (rpm)	น้ำหนักถ่วง ท้าย (kg)	กำลังดูดลาก (Nm/s)	กำลังจากล้อ หมุน (Nm/s)	ประสิทธิภาพ การดูดลาก (%)
พื้นราบ	140	20.00	54.70	121.92	44.87
		25.00	46.64	128.96	36.17
		30.00	57.68	140.06	41.18
พื้นที่แปลง	90	20.00	30.82	75.56	40.79
		25.00	32.58	80.64	40.40
		30.00	42.55	105.74	40.24
	115	20.00	40.84	104.61	39.04
		25.00	45.44	112.33	40.45
		30.00	61.41	139.85	43.91
	140	20.00	53.98	139.74	38.63
		25.00	54.46	153.82	35.40
		30.00	91.86	206.32	44.52
	165	20.00	83.41	178.02	46.85
		25.00	85.17	208.96	40.76
		30.00	107.56	260.52	41.29
	190	20.00	88.67	207.89	42.65
		25.00	88.40	228.74	38.65
		30.00	106.27	258.87	41.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2 ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ความเร็วรอบเคลื่อนที่ตามทฤษฎี} \quad V = \frac{\pi D N_e}{60 q}$$

$$\text{ที่} \quad D = 0.36 \text{ m} \quad \text{ได้} \quad V = \frac{\pi \times 0.36 \times 90}{60 \times 3}$$

$$N_e = 90 \text{ rpm.}$$

$$q = 3$$

$$V = 0.56 \text{ m/s}$$

∴ ความเร็วรอบเคลื่อนที่ตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 90 rpm คือ 0.56 m/s

รูปที่ ง.2.1 การคำนวณความเร็วตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 90 rpm

$$\text{ความเร็วรอบเคลื่อนที่ตามทฤษฎี} \quad V = \frac{\pi D N_e}{60 q}$$

$$\text{ที่} \quad D = 0.36 \text{ m} \quad \text{ได้} \quad V = \frac{\pi \times 0.36 \times 115}{60 \times 3}$$

$$N_e = 115 \text{ rpm.}$$

$$q = 3$$

$$V = 0.72 \text{ m/s}$$

∴ ความเร็วรอบเคลื่อนที่ตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 115 rpm คือ 0.72 m/s

รูปที่ ง.2.2 การคำนวณความเร็วตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 150 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{กัมมันต์การเคลื่อนที่ตามทฤษฎี} \quad V = \frac{\pi D N_e}{60 q}$$

ที่ $D = 0.36 \text{ m}$ ได้ $V = \frac{\pi \times 0.36 \times 140}{60 \times 3}$
 $N_e = 140 \text{ rpm.}$
 $q = 3$ $V = 0.88 \text{ m/s}$

∴ กัมมันต์การเคลื่อนที่ตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 rpm คือ 0.88 m/s

รูปที่ ง.2.3 การคำนวณความเร็วตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 140 rpm

$$\text{กัมมันต์การเคลื่อนที่ตามทฤษฎี} \quad V = \frac{\pi D N_e}{60 q}$$

ที่ $D = 0.36 \text{ m}$ ได้ $V = \frac{\pi \times 0.36 \times 165}{60 \times 3}$
 $N_e = 165 \text{ rpm.}$
 $q = 3$ $V = 1.03 \text{ m/s}$

∴ กัมมันต์การเคลื่อนที่ตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 165 rpm คือ 1.03 m/s

รูปที่ ง.2.4 การคำนวณความเร็วตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 165 rpm

$$\text{กัมมันต์การเคลื่อนที่ตามทฤษฎี} \quad V = \frac{\pi D N_e}{60 q}$$

ที่ $D = 0.36 \text{ m}$ ได้ $V = \frac{\pi \times 0.36 \times 190}{60 \times 3}$
 $N_e = 190 \text{ rpm.}$
 $q = 3$ $V = 1.19 \text{ m/s}$

∴ กัมมันต์การเคลื่อนที่ตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 190 rpm คือ 1.19 m/s

รูปที่ ง.2.5 การคำนวณความเร็วตามทฤษฎี ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 190 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{แรงต้านการหมุนของล้อ (R)} = \mu W_w$$

$$\text{เมื่อ } \mu = 0.05 \text{ (สัมประสิทธิ์เสียดทาน)}$$

$$\begin{aligned} W_w &= 58.12 \text{ kg} \\ &= 58.12 \times 9.81 \\ &= 570.16 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{ได้ } R = 0.05 \times 570.16$$

$$R = 28.508 \text{ N}$$

$$\text{ลูกบิด มีน้ำหนัก } 20 \text{ kg} \quad \text{วัดแรงบิดสลักเฉลี่ยได้ } 111.6 \text{ N}$$

$$\text{ความเร็วการเคลื่อนที่เชิงมุม} \quad \text{คือ } 0.49 \text{ m/s}$$

$$\text{ความเร็วการเคลื่อนที่ตามทฤษฎี} \quad \text{คือ } 0.87 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{แรงที่ต้องใช้เพื่อให้ลูกบิดเคลื่อนที่ไปทั้งหมด (H)} &= 111.6 + 28.508 \\ &= 140.108 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{หาประสิทธิภาพการดูดกลืน } \eta_f = \frac{111.6 \times 0.49}{140.108 \times 0.87}$$

$$= 0.4486$$

$$= 44.86 \%$$

รูปที่ ง.2.6 ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการดูดกลืนเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้