



ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า
ELECTRIC PUSH CARS



นายนิทรพงษ์ คุ่มภัยเพื่อน	รหัส 57362194
นายวีโรจน์ เกิดสุวรรณ	รหัส 57362385
นายศุภณัฐ จารุทีฆัมพร	รหัส 57362521


ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2560

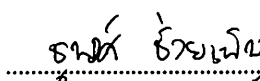


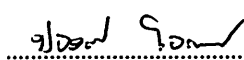
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า (ELECTRIC PUSH CARS)	
ผู้ดำเนินโครงการงาน	นายนัทพงษ์ คุ่มภัยเพื่อน	รหัส 57362194
	นายรวีโรจน์ เกิดสุวรรณ	รหัส 57362385
	นายศุภณัฐ จารุฑีชัยมพร	รหัส 57362521
ที่ปรึกษาโครงการงาน	ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2560	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล


.....ที่ปรึกษาโครงการงาน
(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)


.....กรรมการ
(นายชงกัณต์ ช่วยเพ็ญ)


.....กรรมการ
(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า	
ผู้ดำเนินโครงการงาน	นายนันทพงษ์ คุ้มภัยเพื่อน	รหัส 57362194
	นายรวีโรจน์ เกิดสุวรรณ	รหัส 57362385
	นายศุภณัฐ จารุทีฆัมพร	รหัส 57362521
ที่ปรึกษาโครงการงาน	ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2560	

บทคัดย่อ

การสร้างชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือผู้ประกอบการโดยสร้างชุดช่วยเข้าไปเสริมรถสามล้อ เพื่อให้ผู้ประกอบการนำรถเข้าไปในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย โดยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากความเร็วที่กำหนดคือ 20 km/h เพื่อนำมาหาภาระโหลดที่ต้องให้ชุดช่วยดันสามารถทำได้โดยโหลดที่หาได้คิดจากแรงเนื่องจากความเร่ง แรงจากการต้านของอากาศและแรงต้านจากหมุนของล้อ จะได้ภาระโหลดคือ 1339.304 watt ออกแบบและสร้างชุดช่วยดันทำการทดลองโดยนำชุดช่วยดันไปดันรถสามล้อที่อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยเพื่อดูขอบเขตที่สนใจ เพื่อเป็นการเพิ่มประโยชน์การใช้งานผู้ทดลองจึงปรับเปลี่ยนไปทดลองใช้กับภาชนะชนิดอื่นๆ เช่น รถยนต์ รถกอล์ฟ ผลที่ได้สามารถดันได้แต่ชุดช่วยดันจะรับภาระหนักกำลัง

Project title	Electric push cars	
Name	Mr. Nuttapon Koompaipuen	ID. 57362194
	Mr. Raveroj Koedsuwan	ID. 57362385
	Mr. Suphanut Jarutreekomporn	ID. 57362521
Project advisor	ASST. PROF. DR. Ananchai U-kaew	
Major	Mechanical Engineering	
Department	Mechanical Engineering	
Academic year	2017	

Abstract

To create push assistant electronic system aims to assist entrepreneurs. It helps motor tricycle in the Sukhothai Historical Park. It analyzed data from specified velocity that is 20 km/h in order to calculate load. Load is calculated from a force due to the acceleration, the force of air resistance and friction of the rotating wheel. The result is 1339.304 watt. To design and create the push assistant electronic system is applied to push motor tricycle in the Sukhothai Historical Park in order to study interesting scope. To increase efficiency, the experimenters apply this system with different vehicles such as cars, golf carts. The result is the system can push them but it will carry a heavy burden.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ นายสิทธิเดช ประโยชน์ดี นายธนวัฒน์ สุวานานนท์ และนายชัชชัย อินเขียน ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนะนำวิธีแก้ปัญหา รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงการมาโดยตลอด และขอขอบคุณคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญาโทฉบับนี้

นอกจากนี้ ยังต้องขอขอบคุณ กลุ่มผู้ประกอบการซักรีดสามล้อ บริเวณอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ตำบลเมืองเก่า อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการช่วยเหลือ เรื่องการเก็บข้อมูล และการทดสอบการใช้งาน รวมทั้งขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทดสอบเพิ่มเติมสำหรับการประยุกต์ใช้ ทั้งหลายเหล่านี้เพื่อใช้ในการทำปริญญาโทฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงการใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนด้วยดีเสมอมา ตลอดจนการดำเนินโครงการจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงการ

นายนัทพงษ์ คุ้มภัยเพื่อน

นายรวีโรจน์ เกิดสุวรรณ

นายศุภณัฐ จารุฑีพิมพ์พร

พฤษภาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
สารบัญกราฟ.....	ญ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....	2
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงการ.....	2
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ.....	2
1.7 แผนการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	4
2.1 หลักการของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า.....	4
2.2 พื้นฐานการขับเคลื่อนยานยนต์.....	5
2.3 เฟืองท้าย.....	11
2.4 มอเตอร์ขับเคลื่อน.....	11
2.5 ชุดควบคุม.....	12
2.6 แบตเตอรี่ที่ใช้ในชุดช่วยดัน.....	14
2.7 แบตเตอรี่ Deep Cycle.....	14
2.8 กระแสไฟฟ้า.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 กฎของโอห์ม.....	16
2.10 กำลังไฟฟ้า.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ	18
3.1 ออกแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า.....	19
3.2 การจัดหาวัสดุอุปกรณ์.....	20
3.3 การประกอบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า.....	23
3.4 การทดสอบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า.....	26
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ	28
4.1 ผลการทดสอบ.....	28
4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	34
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลโครงการ.....	40
5.2 ข้อเสนอแนะจากผู้ประกอบการที่อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย.....	40
เอกสารอ้างอิง.....	42
ภาคผนวก ก	43
ภาคผนวก ข	46
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	48

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงงบประมาณตลอดโครงการ.....	2
1.2 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
2.1 ข้อมูลจำเพาะของยานยนต์ประเภทต่างๆ.....	7
4.1 ตารางข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบรถสามล้อ.....	29
4.2 ตารางข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบรถกอล์ฟที่มีแบตเตอรี่.....	32
4.3 ตารางข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบรถกอล์ฟที่ถอดแบตเตอรี่.....	33
4.4 ตารางข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi triton single cab.....	34
4.5 ตารางรัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแต่ละระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถสามล้อ.....	35
4.6 ตารางรัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถกอล์ฟ.....	36
แบบใส่แบตเตอรี่ และแบบถอดแบตเตอรี่	
4.7 รัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของ.....	36
รถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab	
4.8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับกระแส.....	38
4.9 ตารางค่าไฟ.....	39

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า.....	4
2.2 ชิ้นส่วนที่สำคัญของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า.....	4
2.3 แรงขับเคลื่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่มีรถมีการเคลื่อนที่บนแรงต้าน.....	6
2.4 แผนภาพแสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของรูปทรงต่างๆ.....	8
2.5 แรงต้านทางขึ้น.....	8
2.6 แรงกระทำกับรถยนต์ในขณะที่เลี้ยวโค้งบนถนนระดับ.....	10
2.7 การเปลี่ยนแปลงของบิดและกำลังขับที่เหมาะสมสำหรับการเคลื่อนที่บนถนน.....	11
2.8 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน.....	12
2.9 การทำงานร่วมกันระหว่างชิ้นส่วนหลักของยานยนต์ไฟฟ้าผ่าน.....	13
ชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง	
2.10 ระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้า.....	13
2.11 แบตเตอรี่ Deep Cycle.....	15
3.1 แผนการดำเนินงาน.....	18
3.2 ชุดเพลาพร้อมมอเตอร์ขนาด 1.5 kw 2 เกียร์.....	20
3.3 ชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง.....	20
3.4 แบตเตอรี่ Deep Cycle 12V 45Ah.....	21
3.5 ล้อ 12” พร้อมยาง และกระทะ.....	21
3.6 โช้คอัพ.....	21
3.7 เหล็กกล่องขนาด 1.5”	22
3.8 เหล็กฉากขนาด 1”	22
3.9 น็อตขนาดต่างๆ.....	22
3.10 อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ.....	23
3.11 สีสำหรับทาเหล็ก.....	23
3.12 ประกอบชุดเพลาพร้อมมอเตอร์และโช้คอัพ.....	23
3.13 ประกอบล้อซ้ายและขวา.....	24
3.14 ติดตั้งแผงวงจรคอนโทรลเลอร์.....	24
3.15 ต่อขั้วแบตเตอรี่.....	24

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 ตัวล็อกของรถสามล้อสกายแลป.....	25
3.17 ตัวล็อกของรถสามล้อซาเล้ง.....	25
3.18 ตัวล็อกรถกอล์ฟ.....	25
3.19 ตัวล็อกของรถยนต์.....	25
4.1 เส้นทางการทดสอบกับรถสามล้อ.....	28
4.2 เส้นทางการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 1	30
4.3 เส้นทางการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 2	31
4.4 เส้นทางการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่.....	32
4.5 เส้นทางการทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab.....	33
5.1 จุดของชุดช่วยดันที่ต้องปรับเปลี่ยน.....	41



สารบัญกราฟ

กราฟที่	หน้า
4.1 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถสามล้อ.....	28
4.2 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถสามล้อ.....	29
4.3 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถกอล์ฟ.....	30
แบบใส่แบตเตอรี่ช่วง 1	
4.4 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ช่วง 1.....	30
4.5 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถกอล์ฟ.....	31
แบบใส่แบตเตอรี่ช่วง 2	
4.6 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ช่วง 2.....	31
4.7 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่.....	32
4.8 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่.....	33
4.9 กราฟความเร็วเปรียบเทียบเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถยนต์.....	34
4.10 กราฟความเร็วเปรียบเทียบเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถยนต์.....	34



สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

V	=	Volt
Ah	=	Ampere.hour
C_d	=	Drag coefficient
DC	=	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
R	=	ตัวต้านทาน
I	=	กระแส
P	=	กำลัง
F_r	=	แรงต้านทานการหมุนของล้อ
μ	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
m	=	มวลของรถ
g	=	ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก
F_d	=	แรงต้านจากอากาศ
ρ	=	ความหนาแน่นของอากาศ
A	=	พื้นที่หน้าตัดรถ
V	=	ความเร็วของรถ
θ	=	มุมความลาดเอียงของพื้นถนน
F_a	=	แรงเฉื่อยจากความเร่งเชิงเส้น
F_{total}	=	แรงต้านรวมทั้งหมดในระบบ
v	=	อัตราเร็วของรถยนต์ที่ทำให้รถยนต์เริ่มพลิกคว่ำ
r	=	รัศมีความโค้งของการเลี้ยว
t	=	ระยะห่างล้อข้างซ้ายกับล้อข้างขวา
h	=	ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลจากพื้นถนน
τ	=	ทอร์ก
k	=	ค่าคงที่ของมอเตอร์
Wh	=	วัตต์ชั่วโมง
f_s	=	สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ต้องการที่จะอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมภายในสถานที่ จึงได้มีการห้าม หรือลดการใช้พาหนะที่สร้างมลภาวะที่เป็นพิษ (มลภาวะทางเสียง มลภาวะทางอากาศ) เปลี่ยนเป็นยานพาหนะไฟฟ้าเพื่อเป็นการลดมลพิษ และสร้างสภาวะที่สะอาดให้สถานที่นั้นๆ ให้มีความน่าเข้าเยี่ยมชมมากขึ้น

ดังนั้น ผู้ดำเนินโครงการจึงอยากนำเทคโนโลยีการขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้ามาช่วยในการขับเคลื่อนรถสามล้อที่ขับพานักท่องเที่ยวเข้าไปภายในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย จังหวัดสุโขทัย โดยการสร้างชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าขึ้นมา เพื่อเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของทางอุทยานฯ ว่าด้วยเรื่องการไม่อนุญาตให้นักท่องเที่ยวนำรถยนต์ รถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง เข้าพื้นที่ภายในอุทยานฯ เพื่อเตรียมความพร้อมสู่การท่องเที่ยวแบบ Low Carbon ลดการปล่อยมลพิษในเขตอุทยานฯ จึงทำให้ผู้ประกอบการรถสามล้อนำเที่ยวภายในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ได้รับผลกระทบเนื่องจากใช้เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงซึ่งตรงกับข้อห้ามของอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ทำให้เกิดการขาดรายได้ และผู้ดำเนินโครงการยังมีแนวคิดที่จะนำชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าไปใช้กับรถชนิดอื่นที่สามารถใช้ร่วมกันได้ ทำให้อุปกรณ์มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น และยังเป็น การเข้าร่วมกับนโยบายของทางอุทยานประวัติศาสตร์ เพื่อเป็นการลดมลภาวะต่างๆที่เกิดจากรถที่ใช้เครื่องยนต์เชื้อเพลิง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อช่วยเหลือผู้ประกอบการโดยทำการดัดแปลงนำชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าเข้าไปเสริมกับรถสามล้อ เพื่อให้ผู้ประกอบการนำรถเข้าไปใช้ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยได้

1.2.2 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับพาหนะชนิดอื่นได้ ตามความเหมาะสม

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 ได้ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อประยุกต์ใช้กับรถสามล้อสำหรับนำเที่ยวภายในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

1.3.2 เผยแพร่ความรู้การพัฒนาชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าที่เป็นประโยชน์ได้

1.3.3 ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรถชนิดอื่นได้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 สร้างต้นแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อประยุกต์ใช้กับรถสามล้อสำหรับนำเที่ยวภายในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย แต่ในกรณีนี้ไม่ได้นำไปใช้จริง

1.4.2 ต้นแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรถกอล์ฟและรถยนต์ได้

1.5 ขอบเขตของโครงการ

1.5.1 ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า โดยใช้มอเตอร์ DC แบบไม่มีแปรงถ่าน ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ 60 โวลต์

1.5.2 ใช้แบตเตอรี่ Deep Cycle ตะกั่วกรดแบบน้ำ ขนาด (12V 45Ah) จำนวน 5 ลูก

1.5.3 สามารถดันรถที่ความเร็ว 20 km/hr ได้

1.5.4 ออกแบบสำหรับวิ่งบนถนนที่มีผิวเรียบเท่านั้น

1.5.5 ทำการทดสอบภาคสนามบริเวณภายในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

1.5.6 ทำการทดสอบภาคสนามบริเวณภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงงบประมาณตลอดโครงการ

ลำดับ	รายการ	จำนวน/ ชุด	ราคาต่อ หน่วย	จำนวนเงิน
1	ชุดเพลาร่วมมอเตอร์ขนาด 1.5 kw 2 เกียร์	1	20,000.00	20,000.00
2	แบตเตอรี่ Deep cycle 12V 45Ah	5	2,700	13,500.00
3	ล้อ 12" พร้อมยาง	2	2,000.00	4,000.00
4	โซ่คอป	2	800.00	1,600.00
5	เหล็กกล่องขนาด 1.5"	1	300.00	300.00
6	เหล็กฉากขนาด 1"	1	190.00	190.00
7	U ล็อกเพลลา	4	150.00	600.00
8	เครื่องชาร์ต	1	3,000.00	3,000.00
9	อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	1	2,000.00	2,000.00
10	อุปกรณ์อื่นๆ และอุปกรณ์ประกอบการสร้าง	1	1,500.00	1,000.00
	รวมเป็นเงิน			46,190.00

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	2560				2561				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง									
2.คำนวณและออกแบบชุดช่วย ขับ									
3.จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์									
4. สร้างชุดช่วยขับ									
5. ทดสอบและบันทึกผลการ ทดสอบ									
6.วิเคราะห์และสรุปผลการ ทดสอบ									
7.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 หลักการของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

หลักการของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า คือแบตเตอรี่ Deep cycle ส่งกระแสไฟฟ้าผ่านชุดคอนโทรลเลอร์ ไปยังมอเตอร์เพื่อที่จะให้มอเตอร์ทำงาน และส่งกำลังไปยังชุดเฟืองตีเฟอเรนเชียลทำให้เพลลาที่ติดกับล้อและชุดตีเฟอเรนเชียลเกิดการทํางาน และสามารถที่จะดันรถสามล้อได้ (ดังรูปที่ 2.1) และมีชิ้นส่วนที่สำคัญของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า (ดังรูปที่ 2.2) ดังต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่ Deep Cycle ตะกั่วกรดแบบน้ำ ขนาด (12V 45Ah)
2. โช๊ค YSS รุ่น Wave 125R
3. ยาง 12/10
4. กระทะ 4 รู 3.00-12 ยึด 100 ขอบ 12 นิ้ว
5. แชนเพลลาขับหลัง 56 16 ฟัน ดรัม 130 L380
6. ชุดเฟืองตีเฟอเรนเชียล พร้อมเกียร์ 2 สปีด 16 ฟัน
7. บัสเลสมอเตอร์รอบสูง (BLDC)



รูปที่ 2.1 หลักการของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 ชิ้นส่วนที่สำคัญของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

2.2 พื้นฐานการขับเคลื่อนยานยนต์

การจะให้รถมีการเคลื่อนที่ได้นั้นจำเป็นจะต้องอาศัยแรงขับเคลื่อนที่ถ่ายทอดมาจากต้นกำลังจนถึงล้อของรถ แรงขับเคลื่อนจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างล้อรถกับพื้นถนนซึ่งทำให้รถเคลื่อนที่ไปได้ เมื่อนำแรงขับเคลื่อนทั้งหมดมาพิจารณา จะได้เป็นกำลังขับเคลื่อนซึ่งเป็นพื้นฐานการขับเคลื่อนยานยนต์ได้ดังนี้

2.2.1 แรงต้านการเคลื่อนที่

รถจะเกิดการเคลื่อนที่ได้อาศัยกำลังจากเครื่องยนต์และส่งผ่านระบบถ่ายทอดกำลังมาจนถึงล้อขับเคลื่อน โดยอาศัยความเสียดทานระหว่างยางกับพื้นผิวถนนทำให้เกิดแรงขับเคลื่อน

$$\text{แรงขับเคลื่อน} = \text{แรงต้านทั้งหมด} \quad (2.1)$$

กล่าวคือ วัตถุจะรักษาสภาวะอยู่นิ่งหรือสภาวะการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ คือถ้าวัตถุอยู่นิ่งก็ยังคงอยู่นิ่งเหมือนเดิมหรือถ้าวัตถุเกิดการเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ความเร็วคงที่ หรือความเร่งจะเป็นศูนย์ ซึ่งจะเรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลสถิต (static equilibrium) และอีกกรณีหลังจะเรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลจลน์ (kinetic equilibrium)

แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนมีค่ามากกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น หรือมีอัตราเร่ง จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนจะมีค่าเท่ากับแรงต้านทั้งหมดของการ ตามที่แสดงในสมการที่ 2.1 ข้างต้น

แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนน้อยกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยความหน่วงหรือมีอัตราเร็วลดลง ในขณะที่อัตราเร็วลดลงนั้น แรงต้านทั้งหมดก็จะลดลงตามไปด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนจะเท่ากับแรงต้านทั้งหมดและรถยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ต่อไป

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ส่งไปยังล้อขับเคลื่อนจะใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่เพราะมีบางส่วนสูญเสียไปในระบบถ่ายทอดกำลัง เรียกว่าการสูญเสียในการถ่ายทอด (transmission loss) กำลังส่วนที่เหลือที่ล้อขับเคลื่อนจะใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านต่างๆ เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ ซึ่งแรงขับเคลื่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่รถยนต์มีการเคลื่อนที่กับแรงต้าน มีลักษณะดังแสดงในรูป 2.3 โดยที่แรงต้านเหล่านั้นแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.2.1.1 แรงต้านการหมุนของล้อ (rolling resistance)

2.2.1.2 แรงต้านอากาศ (air resistance)

2.2.1.3 แรงต้านทางชัน (gradient resistance)

2.2.1.4 แรงต้านเนื่องจากความเร่ง (Acceleration force)



รูปที่ 2.3 แรงขบเคลื่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนในขณะที่ยานยนต์มีการเคลื่อนที่กับแรงดันทั้งหมด (ที่มา: <http://www.auto2drive.com>)

2.2.1.1 แรงต้านทานการหมุนของล้อ (Rolling Resistance)

แรงต้านทานการหมุนของล้อรถเป็นแรงต้านทานบนถนนอย่างหนึ่ง แรงต้านทานการหมุนนี้เกิดขึ้นจากปัจจัยหลายอย่าง ตัวอย่างเช่น ลักษณะโครงสร้างของขนาดของยาง (ยางกลวงหรือยางตัน) ลักษณะของพื้นผิวจราจร ลักษณะของดอกยางและสภาพของดอกยาง ความดันของลมในยาง ความเร็วของตัวรถ ความฝืดลูกปืนล้อ น้ำหนักของรถ โดยแรงต้านทานการหมุนของล้อนี้หาได้จากสมการที่ 2.2 คือ

$$F_r = \mu \times mg \quad (2.2)$$

โดยที่ F_r คือ แรงต้านทานการหมุนของล้อ (N)

μ, f_r คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

m คือ มวลของรถ (Kg)

g คือ ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s^2

จะเห็นว่าแรงต้านทานการหมุนของล้อมีผลเนื่องมาจากล้อได้รับแรงกระทำซึ่งเป็นผลมาจากความขรุขระของพื้นผิวถนนและหน้ายาง เป็นต้น และจากเหตุนี้แรงต้านทานจะขึ้นอยู่กับสภาพของถนน น้ำหนักรถ

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลจำเพาะของยานยนต์ประเภทต่างๆ

ประเภทของยานยนต์	น้ำหนัก รวม (กก.)	C_d	A (ตารางเมตร)	f_s
จักรยาน	130	0.9	0.30	0.0044
รถจักรยานยนต์	190	0.9	0.60	0.014
รถยนต์ส่วนบุคคลขนาดเล็ก (เช่นโคโรลล่า)	1,200	0.30	1.9	0.012
รถยนต์ส่วนบุคคลขนาดกลาง (เช่นแคมรี่)	1,600	0.32	2.2	0.013
รถ SUV ขนาดกลาง (เช่นฟอร์จูนเนอร์)	2,000	0.42	2.8	0.015
รถโดยสารในเมือง (30 ที่นั่ง)	13,300	0.9	8	0.009

จากตารางที่ 2.1 เห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานการหมุนของล้อจะขึ้นอยู่กับประเภทของยานยนต์ โดยที่รถสามล้อจะประกอบด้วยล้อของจักรยานยนต์ 3 ล้อ ส่วนล้อของชุดช่วยดันประกอบด้วยล้อของจักรยานยนต์ 2 ล้อ โดยผู้จัดทำได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานการหมุน โดยเนื่องจากเป็นล้อชนิดเดียวกันหมดจึงให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานการหมุนของล้อเท่ากับ 0.014 ซึ่งเป็นของล้อรถจักรยานยนต์

2.2.1.2 แรงต้านอากาศ (Air Resistance)

รถทุกชนิดเมื่อวิ่งบนถนนนั้น เนื่องจากรถต้องวิ่งแหวกอากาศออกไปซึ่งที่ความเร็วต่ำแรงต้านทานจากลมนั้นจะมีค่าน้อยมากจนไม่สามารถไปเปรียบเทียบกับแรงต้านทานการหมุนได้ แต่ถ้าหากวิ่งด้วยความเร็วสูงๆ แรงต้านทานจากลมจะมีผลต่อการขับเคลื่อนอย่างยิ่ง แรงต้านทานภายนอกตัวถังที่รับลมจะต้องพยายามไม่ให้เกิดการหมุนวน ยิ่งถ้ากระแสอากาศที่ไหลเกิดเป็นเกลียวหมุนขึ้น จะทำให้มีแรงต้านทานมากขึ้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$F_d = \frac{1}{2} \rho A C_d V^2 \quad (2.3)$$

- โดยที่ F_d คือ แรงต้านจากอากาศ (N)
- ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg / m^3)
- A คือ พื้นที่หน้าตัดรถ (m^2)
- C_d คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทาน (Drag coefficient)
- V คือ ความเร็วของรถ (m / s)

Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศของรูปทรงต่างๆ
(ที่มา: <https://f.ptcdn.info/231/025/000/1415159803-Capture2JP-o.jpg>)

สัมประสิทธิ์ความต้านทาน (Drag coefficient) C_d ใช้ของ cube เนื่องจากลักษณะรถสามล้อมีรูปร่างไปทางทรงลูกบาศก์โดยมีค่า 1.05 (จากรูปที่ 2.4) แต่ในกรณีนี้รถสามล้อมีพื้นที่หน้าตัดโปร่ง จึงใช้ค่า 0.7 แทน

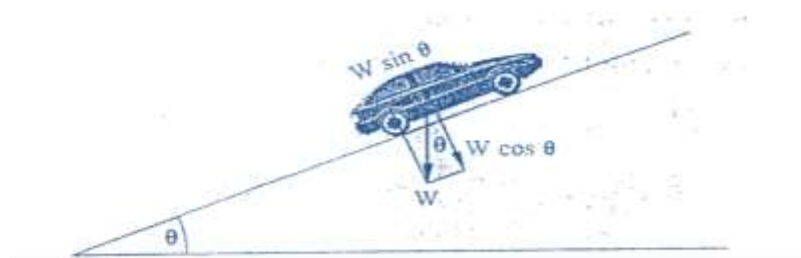
2.2.1.3. แรงต้านทางชัน (gradient resistance)

ในขณะที่รถวิ่งขึ้นทางชัน กำลังจากเครื่องยนต์บางส่วนต้องถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านทางชัน (gradient resistance) ทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานหนักขึ้นมากกว่าการวิ่งบนถนนระดับแต่ในทางกลับกัน ถ้ารถวิ่งลงทางลาด เครื่องยนต์จะทำงานน้อยลงเพราะมีแรงเสริมจากแรงโน้มถ่วงของโลก

แรงต้านทางชันจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ก. น้ำหนักของรถยนต์

ข. ความชันของถนน



รูปที่ 2.5 แรงต้านทางชัน

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมยานยนต์, ธีระยุทธ สุวรรณประสิทธิ์)

น้ำหนัก w ของรถยนต์สามารถแตกออกเป็นสองแนวตามรูปที่ 2.5 $W \sin \theta$ และ $W \cos \theta$ ซึ่งแรงต้านทางชันเกิดจาก $W \sin \theta$ คือ รถยนต์จะต้องเพิ่มแรงขับเคลื่อนเพื่อเอาชนะแรง $W \sin \theta$ ดังนั้น แรงต้านทางชันสามารถเขียนได้เป็นดังสมการที่ 2.4

$$F_d = mg \sin \theta \quad (2.4)$$

โดยที่ F_d คือ แรงต้านทางชัน (N)

θ คือ มุมความลาดเอียงของพื้นถนน

แต่เนื่องจากภายในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยไม่มีทางชันจึงไม่นำมาคิด

2.2.1.4 แรงต้านเนื่องจากความเร่ง (Acceleration force)

ที่จะเอาชนะแรงต้านการเคลื่อนที่แล้ว ยังต้องการแรงขับที่เกินจากแรงต้านการเคลื่อนที่ เพื่อสร้างความเร่งด้วยเป็นแรงอีกส่วนหนึ่งที่มีผลได้มากต่อแรงขับที่ต้องการจากต้นกำลัง ได้แก่ แรงเฉื่อย (Inertia force) โดยการที่ยานยนต์จะขับเคลื่อนได้ หมายถึงการออกตัวจากหยุดนิ่ง รวมทั้งการเร่งตัวเพื่อไปสู่ความเร็วที่สูงขึ้น

โดยปกติยานยนต์เคลื่อนที่ที่ความเร็วค่าหนึ่งๆ เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วของยานยนต์ เราจำเป็นต้องมีการเพิ่มแรงให้กับยานยนต์ โดยแรงที่เพิ่มให้กับยานยนต์นี้คือแรงเฉื่อยจากความเร่งเชิงเส้น ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่สองของนิวตัน (Newton's second law) ดังสมการที่ 2.5

$$F_a = ma \quad (2.5)$$

โดยที่ F_a คือ แรงเฉื่อยจากความเร่งเชิงเส้น (N)

m คือ มวลของรถและน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด (kg)

a คือ ความเร่งของรถ (m/s^2)

เมื่อรวมแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ แรงต้านทางชัน และแรงต้านเนื่องจากความเร่ง จะได้แรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ในขณะที่กำลังวิ่งขึ้นทางชัน (ถ้ารถยนต์วิ่งบนถนนระดับแรงต้านทั้งหมดจะมีเพียงแรงต้านการหมุนของล้อและแรงต้านอากาศ)

2.2.2 กำลังของมอเตอร์ (P)

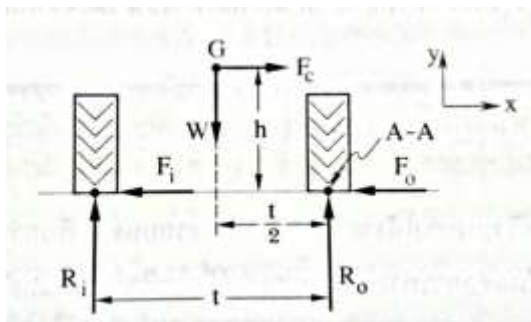
กำลังของมอเตอร์ คือ การรวมแรงที่กระทำกับจักรยานทั้งหมดเพื่อนที่จะหา กำลังของมอเตอร์ ซึ่งเราสามารถเขียนได้เป็นดังสมการที่ 2.6

$$P = F_{\text{total}} \times V \quad (2.6)$$

โดยที่ $V =$ ความเร็ว (m/s)

$F_{\text{total}} =$ แรงต้านรวมทั้งหมดในระบบ (N)

2.2.3 การเลี้ยวโค้งบนถนนระดับ



รูปที่ 2.6 แรงกระทำกับรถยนต์ในขณะที่เลี้ยวโค้งบนถนนระดับ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมยานยนต์, ธีระยุทธ สุวรรณประณีป)

เมื่อรถยนต์เลี้ยวโค้งบนถนนระดับ รถยนต์อาจพลิกคว่ำหรืออาจลื่นไถลออกนอกถนนก็ได้ การพลิกคว่ำหรือการลื่นไถลมีผลมาจากแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้นในขณะที่เลี้ยวโค้งนั่นเอง ถ้าเราพิจารณาจากรูปด้านหลังของรถยนต์ซึ่งรถยนต์กำลังวิ่งเลี้ยวซ้าย รถยนต์จะถูกกระทำด้วยแรงดังแสดงในรูปที่ 2.6

กรณีรถยนต์เริ่มพลิกคว่ำมีสมการดังนี้

$$v = \sqrt{\frac{grt}{2h}} \quad (2.7)$$

โดยที่ $v =$ อัตราเร็วของรถยนต์ที่ทำให้รถยนต์เริ่มพลิกคว่ำ (m/s)

$g =$ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก $9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

$r =$ รัศมีความโค้งของการเลี้ยว (m)

$t =$ ระยะห่างล้อข้างซ้ายกับล้อข้างขวา (m)

$h =$ ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลจากพื้นถนน (m)

2.2.4 มอเตอร์ทอร์ค (motor torque)

แรงบิดที่มอเตอร์สามารถให้ในการขับโพลตได้ ที่เรียกว่า มอเตอร์ทอร์ค ซึ่งเป็นแรงบิดที่แกนเพลลาของมอเตอร์ปกติจะกำหนดค่าเป็น นิวตันเมตร

มอเตอร์ทอร์คนั้นจะเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้มอเตอร์ ทำให้สามารถใช้งานมอเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และใช้งานมอเตอร์ได้อย่างดีที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$\tau = kl \quad (2.8)$$

โดยที่ τ = ทอร์ก (N.m)
 k = ค่าคงที่ของมอเตอร์ (N.m/A)
 I = กระแส (A)

2.3 เฟืองท้าย (DIFFERENTIAL)

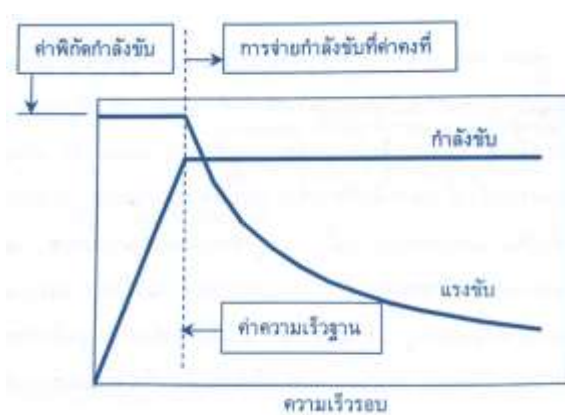
เฟืองท้าย (Differential) เป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับรถยนต์เพื่อปรับความเร็วระหว่างล้อด้านซ้ายและล้อด้านขวาที่แตกต่างกัน ให้มีความสมดุลขณะเลี้ยวโค้ง

2.3.1 หน้าที่ของเฟืองท้าย

- 2.3.1.1 ยึดล้อทั้งสองข้างให้ตรง
- 2.3.1.2 แบ่งแรงบิดระหว่างล้อทั้งสองข้าง
- 2.3.1.3 ขับเคลื่อนล้อหลังให้มีความเร็วที่แตกต่างกันในขณะรถเลี้ยว
- 2.3.1.4 รองรับน้ำหนักโครงรถ
- 2.3.1.6 ไว้สำหรับติดตั้งระบบรองรับน้ำหนัก เบรกและล้อ

2.4 มอเตอร์ขับเคลื่อน

สำหรับการใช้งานในยานยนต์นั้น มอเตอร์ต้องสามารถจ่ายทั้งแรงบิดและกำลังขับได้อย่างเหมาะสม เพื่ออัตราเร่งในการออกตัว มอเตอร์ต้องให้แรงบิดเพียงพอ ในขณะที่การขับเคลื่อนที่ความเร็วสูงนั้น มอเตอร์ต้องให้กำลังขับที่เพียงพอ ลักษณะการแปรผันระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมต่อการขับเคลื่อนแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงของแรงบิดและกำลังขับที่เหมาะสมสำหรับการขับเคลื่อนยานยนต์
(ที่มา: ยานยนต์ไฟฟ้า พื้นฐานการทำงานและการออกแบบ, กิตติพันธุ์ เตชะกิตติโรจน์)

สำหรับการขับเคลื่อนยานยนต์นั้น นอกจากลักษณะของแรงบิดต่อความเร็วรอบแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้าต้องมีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมอื่นๆ เช่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วงความเร็วรอบและช่วงแรงบิดที่กว้าง และให้การทำงานแบบ regenerative braking ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังต้องมีความทนทานต่อสภาวะการทำงานต่างๆ ทั้งอุณหภูมิสูง การสั่นสะเทือน และการขาดการบำรุงรักษา

2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในชุดช่วยดัน

มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานรูปแบบพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานขับเคลื่อนทางกลโดยใช้กลไกของแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถสร้างออกมาได้หลากหลายรูปแบบตามชนิดของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายและโครงสร้างการส่งกำลัง โดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในชุดช่วยดัน คือ มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor: BLDC Motor)

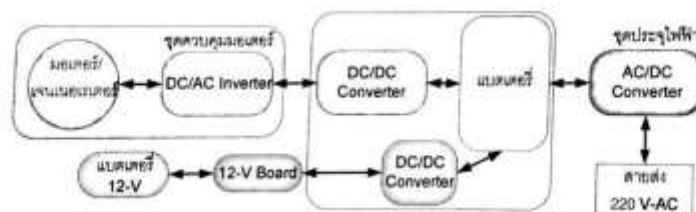
มอเตอร์กระแสตรงแบบ BLDC จะวางโครงสร้างโดยมีแกนหมุน (rotor) เป็นแม่เหล็กถาวร แต่ขดลวดเหนี่ยวนำอยู่ที่สเตเตอร์ โดยขดลวดเหนี่ยวนำมีไม่ต่ำกว่าสามชุด มอเตอร์ชนิดนี้สามารถทำงานได้โดยการจ่ายไฟเข้าไปยังขดลวดแต่ละชุดเป็นเฟสสลับกันไปเรื่อยๆ เพื่อจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดึงและผลักแกนหมุนให้หมุนอย่างต่อเนื่อง โดยมีการตรวจจับตำแหน่งเพื่อเริ่มทำงานโดยใช้ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็ก (hall sensor) มอเตอร์แบบ BLDC สามารถปรับแรงบิดได้ โดยปรับการจ่ายกระแสไฟ ที่ให้กับขดลวด และปรับความเร็วรอบได้โดยการปรับความถี่ในการสลับกระแสไฟของขดลวด ซึ่งสามารถเรียกการทำงานของมอเตอร์ที่มีความเร็วในการหมุนตรงกับความเร็วของการหมุนของสนามแม่เหล็กว่าเป็นการทำงานแบบ Synchronous นั่นเอง แต่มอเตอร์ BLDC มีข้อเสียคือต้องการวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ซับซ้อน



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน

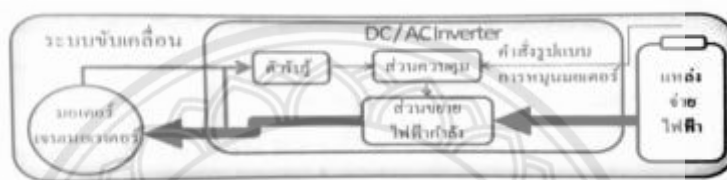
2.5 ชุดควบคุม

ในส่วนของยานยนต์ไฟฟ้านั้น ส่วนหนึ่งของการทำงานหลักคือการรับพลังงานไฟฟ้าในระดับแรงดันที่หลากหลายแตกต่างกัน และแปรให้เป็นระดับแรงดันที่ต้องการ จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นว่าจากชิ้นส่วนหลักของยานยนต์ไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ หรือชุดประจุไฟฟ้า (charger) ต่างส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าในระดับแรงดันที่ต่างกัน และอุปกรณ์ที่นั่นคือชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง



รูปที่ 2.9 การทำงานร่วมกันระหว่างชิ้นส่วนหลักของยานยนต์ไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง
(ที่มา: ยานยนต์ไฟฟ้า พื้นฐานการทำงานและการออกแบบ, กิตติพันธุ์ เตชะกิตติโรจน์)

2.5.1 องค์ประกอบชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง



รูปที่ 2.10 ระบบขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้า

2.5.1.1 ตัวรับรู้

ตัวรับรู้ (sensor) ทำหน้าที่หลักในการดูสถานะของมอเตอร์ในกรณีชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หรือดูสถานะของแบตเตอรี่ในกรณีชุดควบคุมไฟฟ้าสำหรับประจุแบตเตอรี่ เมื่อรับรู้สถานะปัจจุบันแล้วตัวรับรู้ก็จะส่งข้อมูลสถานะให้ชุดควบคุมตัดสินใจสั่งงาน

ตัวรับรู้ทางกลเป็นอุปกรณ์ที่พบมากในการควบคุมมอเตอร์ ในการควบคุมมอเตอร์ให้ได้การตอบสนองตามที่ต้องการ ชุดควบคุมไฟฟ้ามีความจำเป็นที่จะต้องรู้สถานะทางกลของมอเตอร์เพื่อที่จะสามารถปรับแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการทำงาน ณ ตอนนั้นค่าทางกลที่สำคัญได้แก่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ หรือตำแหน่งของแกนมอเตอร์

การวัดตำแหน่งของแกนมอเตอร์ทำได้หลายวิธี เช่น การวัดด้วยสัญญาณบนแกน วิธีนี้จะทำสัญญาณบนแกนของมอเตอร์ จากนั้นจะมีตัวรับรู้เพื่อตรวจจับสัญญาณนั้นๆ เมื่อมอเตอร์หมุน จุดที่สัญญาณนั้นผ่านตัวรับรู้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขึ้น ทำให้ทราบได้ถึงตำแหน่งของแกนมอเตอร์

2.5.1.2 ส่วนขยายไฟฟ้ากำลัง

ส่วนขยายไฟฟ้ากำลังเป็นเสมือนร่างกายของชุดควบคุมไฟฟ้า โดยเป็นส่วนที่ใช้ในการปรับกระแสไฟฟ้า เพื่อสร้างสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบที่ต้องการ

ถ้าเป็นวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับระดับแรงดัน ส่วนขยายไฟฟ้ากำลัง จะทำการจ่ายไฟฟ้ากำลังให้มีระดับแรงดันที่แตกต่างกัน ตามแต่ได้รับ

คำสั่งจากส่วนควบคุม ในกรณีที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทาง ส่วนขยายไฟฟ้ากำลังจะทำการจ่ายไฟฟ้ากำลังกลับซ้ำ

2.5.1.3 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมเป็นเหมือนสมองของชุดควบคุมไฟฟ้าส่วนควบคุมเป็นส่วนที่นำความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ความเร็ว อัตราเร่ง มาประมวลผลเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากตัวรับรู้ แล้วตัดสินใจสั่งงานส่วนขยายไฟฟ้ากำลังให้สร้างรูปแบบของไฟฟ้ากำลังที่เหมาะสมออกมาเพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์หรือชุดแบตเตอรี่

2.6 แบตเตอรี่ที่ใช้ในชุดช่วยดัน (แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด)

ในปัจจุบันแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดเป็นทางเลือกของแบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานต่อน้ำหนักต่ำ แต่ก็ยังมีราคาเริ่มต้นที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยพลังงานด้วย ดังนั้น จึงเหมาะกับยานยนต์ไฟฟ้าที่ทำงานที่ความเร็วต่ำ ทั้งนี้ก็ด้วยน้ำหนักของแบตเตอรี่ในตัวรถ ตัวอย่างการใช้งานก็เช่น รถกอล์ฟ ไฟฟ้า รถยกไฟฟ้า(forklift) หรือรถโดยสารที่ใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ในปัจจุบันแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดจะมีใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าที่ทำงานที่ความเร็วสูงก็เฉพาะกับรถกระบะที่มีพื้นที่พอดัดตั้งแบตเตอรี่

2.7 แบตเตอรี่ deep cycle

แบตเตอรี่ deep cycle คือ แบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบมาให้สามารถคายประจุหรือ discharge ได้ลึกหรือได้มากกว่าแบตเตอรี่แบบธรรมดา โดยที่แบตเตอรี่ deep cycle สามารถที่จะคายประจุได้ถึง 45%-75% ของพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อ แบตเตอรี่ deep cycle เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบมาให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น โดยการเพิ่มขนาดของแผ่นตะกั่วให้มีความหนามากขึ้น และลดพื้นที่ผิวสัมผัสตะกั่วกับสารละลายลง จึงทำให้การชาร์จและคายการประจุใช้เวลานานกว่าแบตเตอรี่รถยนต์ และเนื่องจากมีพื้นผิวสัมผัสที่น้อยกว่านี้เองการคายประจุหรือจ่ายกระแสไฟฟ้าจึงจ่ายออกมาไม่สูงมาก ไม่เหมือนแบตเตอรี่รถยนต์ที่มีพื้นผิวสัมผัสมากทำให้สามารถจ่ายกระแสได้สูงกว่า ซึ่งเหมาะกับการใช้งานลักษณะที่ต้องการกระแสสูง ขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ และนั่นก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ แบตเตอรี่รถยนต์มีอายุสั้นกว่า

แบตเตอรี่ deep cycle ชนิดน้ำ (Flooded type deep cycle battery) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้งานมากที่สุดในระบบโซลาร์เซลล์และระบบพลังงานทางเลือก เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่คุ้มค่าต่อการลงทุนที่สุด แต่ก็ยังเป็นชนิดที่ต้องการการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เช่น การเติมน้ำกลั่น หรือการทำ ความสะอาดขั้วแบตเตอรี่ ดัดตั้งในพื้นที่ที่มีอากาศถ่ายเท และวางในลักษณะตั้งขึ้นได้เท่านั้น



รูปที่ 2.11 แบตเตอรี่ Deep cycle

(ที่มา: <https://www.google.co.th/search?q=แบตเตอรี่+Deep+cycle&biw>)

2.8 กระแสไฟฟ้า

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าโดยทั่วไปจะมีค่าสูง เนื่องจากต้องการกำลังไฟฟ้าที่สูง การออกแบบระบบไฟฟ้าให้รองรับกระแสไฟฟ้าที่สูงนี้จะต้องพิจารณา 2 ส่วน คือปริมาณกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยและปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุด เนื่องจากลักษณะการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้ามีความต้องการกำลังไฟฟ้าที่สูงมาก ในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น การออกตัวเคลื่อนที่ การเร่งแซง ซึ่งในช่วงเวลาสั้นๆ นี้จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าในปริมาณที่สูงกว่าปกติมาก ในบางครั้งอาจมากกว่า 10 เท่า กระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้นๆ นี้ก็จะสูงขึ้นไปในอัตราส่วนที่เท่ากันกับกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ ในการออกแบบจำเป็นต้องตระหนักถึงกระแสทั้งสองส่วนนี้

กระแสไฟฟ้าในปริมาณมากนี้ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสมกับปริมาณกระแส ตัวนำกระแสซึ่งก็คือสายไฟฟ้าเป็นจุดแรกที่จะต้องพิจารณา ขนาดของสายไฟต้องสอดคล้องกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สูง ขนาดของสายไฟจะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตหรือกฎหมายของท้องถิ่น ข้อกำหนดนี้ถึงแม้จะแตกต่างกันบ้าง แต่ก็ไม่ได้แตกต่างกันมาก หากการออกแบบมีการเผื่อค่าไว้ (โดยทั่วไปประมาณ 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์) การเลือกใช้ขนาดของสายไฟฟ้าตามข้อกำหนดได้ก็ให้ผลไม่แตกต่างกัน ในกรณีที่ไม่มีข้อกำหนดเฉพาะสำหรับกระแสไฟฟ้ากระแสตรง สามารถอ้างอิงจากขนาดของสายไฟฟ้าในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับได้ เนื่องจากในขนาดสายไฟฟ้าที่เท่ากัน พิกัดกระแสไฟฟ้าของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจะมีค่าสูงกว่า

เนื่องจากตัวนำกระแสไฟฟ้าจะมีความต้านทานไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมีปริมาณมากจะส่งผลกระทบใน 2 ส่วน ส่วนแรกคือความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นการสูญเสียพลังงานภายในตัว และส่วนที่สองคือแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวนำ ความร้อนสูญเสียภายในตัวนำจากค่าความต้านทานทางไฟฟ้านั้นแปรผันกับกำลังสองของกระแส กล่าวคือ กระแสมีค่าเพิ่มขึ้น 2 เท่า ปริมาณความร้อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า ปริมาณความร้อนที่เกิดจากกระแสค่าสูงในระยะเวลาอันสั้นจะไม่ส่งผลต่อระบบมากนัก เนื่องจากความร้อนสามารถถูกระบายออกจากตัวอุปกรณ์ได้ทัน แต่หากกระแสค่าสูง (หรือมีความต้านทานค่าสูง) เกิดขึ้นในระยะเวลายาวนานออกไป ความร้อนที่สูญเสียมีอัตราที่สูงกว่าการระบายความร้อน ก็จะทำให้เกิดการสะสมความร้อนเกิดเป็นอุณหภูมิค่าสูงในบริเวณนั้นๆ ได้ ในกรณี

ของตัวนำนี้ มีความต้านทานยิ่งน้อยยิ่งส่งผลดีต่อการทำงาน ค่าความต้านทานนี้แปรตามความยาวของตัวนำและแปรผกผันพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ เนื่องจากภายในยานยนต์มีระยะห่างระหว่างสองปลายของสายไฟตัวนำไม่มาก (ความยาวสายไฟสั้น) การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของตัวนำให้ใหญ่มากขึ้นทำให้ค่าความต้านทานลดลงได้ โดยตัวนำที่ใหญ่ขึ้นจะมีข้อดีต่อระบบไฟฟ้า และแต่จะส่งผลเสียต่อการติดตั้งและต้นทุน

ผลอีกส่วนหนึ่งของค่าความต้านทาน ได้แก่ แรงดันตกคร่อมที่ตัวนำที่อาจมีค่าสูง ยังผลให้ระดับแรงดันที่ภาระมีค่าต่ำเกินกว่าที่จะใช้งานได้ โดยทั่วไปยานยนต์ไฟฟ้าจะมีการใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงพอสมควรค่าแรงดันตกคร่อมจึงอาจจะไม่ใช่อุปสรรคใหญ่สำหรับกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย จะส่งผลอย่างมากเมื่อกระแสไฟฟ้ามีปริมาณสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าแรงดันตกคร่อมต่ำมากเกินไปจนจุดหนึ่ง ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าในยานยนต์จะเสื่อมสมรรถนะในการขับเคลื่อนไปจนถึงอาจหยุดทำงานได้

ในทางปฏิบัติค่าความต้านทานอีกส่วนหนึ่งที่เกิดส่งผลต่อการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าได้มากคือค่าความต้านทานที่ผิวสัมผัส ทั้งการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยย่อยในชุดแบตเตอรี่หรือจากชุดแบตเตอรี่เข้าสู่ชุดควบคุมมอเตอร์ ที่หน้าผิวสัมผัสระหว่างสายไฟแรงดันสูงกับจุดเชื่อมต่อควรได้รับการทำความสะอาดและได้รับการขันยึดหน้าสัมผัสให้แน่นด้วยแรงบิดที่กำหนดจากผู้ผลิตรถยนต์ ความต้านทานที่ผิวสัมผัสทำให้ผู้ออกแบบต้องใส่ใจต่อการเลือกใช้ตัวเชื่อมต่อ (connection) เพราะตัวเชื่อมต่อเป็นผิวสัมผัสรูปแบบหนึ่งที่มีความต้านทานสูงกว่าตัวนำธรรมดา และโดยทั่วไปจะเป็นจุดที่ก่อให้เกิดปัญหาที่ระบบไฟฟ้าของยานยนต์

ในขณะที่ใช้งาน กระแสไฟฟ้าที่มีค่าไม่คงที่ทำให้แรงดันตกคร่อมในตัวนำมีค่าไม่คงที่เช่นกัน เมื่อแรงดันตกคร่อมเปลี่ยนแปลงไป แรงดันที่ภาระจะมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจากการเป็นสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า สัญญาณรบกวนนี้สามารถส่งผลกระทบต่อระบบสมองกลภายในยานยนต์ได้ ในการออกแบบการวางสายสัญญาณจะวางให้ห่างจากสายไฟกำลัง เพื่อลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน

2.9 กฎของโอห์ม (Ohm's law)

ในวงจรไฟฟ้าใดๆ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ และไฟฟ้าที่ใส่เข้าไปในวงจรไฟฟ้านั้นๆ เพราะฉะนั้นความสำคัญของวงจรที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าใดๆเกิดขึ้น คือทำอย่างไรจึงจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในวงจรมากเกินไปซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหายหรือวงจรไหม้เสียหายได้

กฎของโอห์มกล่าวไว้ว่า "ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ค่าของกระแสจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร และเป็นปฏิภาคกลับกับค่าของความต้านทานในวงจร" ดังสมการ 2.9 คือ

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{หรือ} \quad R = \frac{V}{I} \quad \text{หรือ} \quad V = IR \quad (2.9)$$

โดยที่	V	= แรงดัน	มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
	I	= กระแส	มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
	R	= ความต้านทาน	มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

2.10 กำลังไฟฟ้า (Electrical Power)

กำลังไฟฟ้าในทางไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ P ที่มีหน่วยเป็นวัตต์ หมายถึง ปริมาณไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าใช้ไปให้กับอุปกรณ์ มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าคูณกับกระแสไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ $P \sim V$ และ $P \sim I$ จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$P = VI \quad (2.10)$$

เนื่องจาก $I = \frac{E}{R}$ แทนค่า $V = V \cdot \frac{V}{R}$ จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2.11)$$

เนื่องจาก $V = IR$ แทนค่า $P = (I \cdot R) \cdot I$ จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

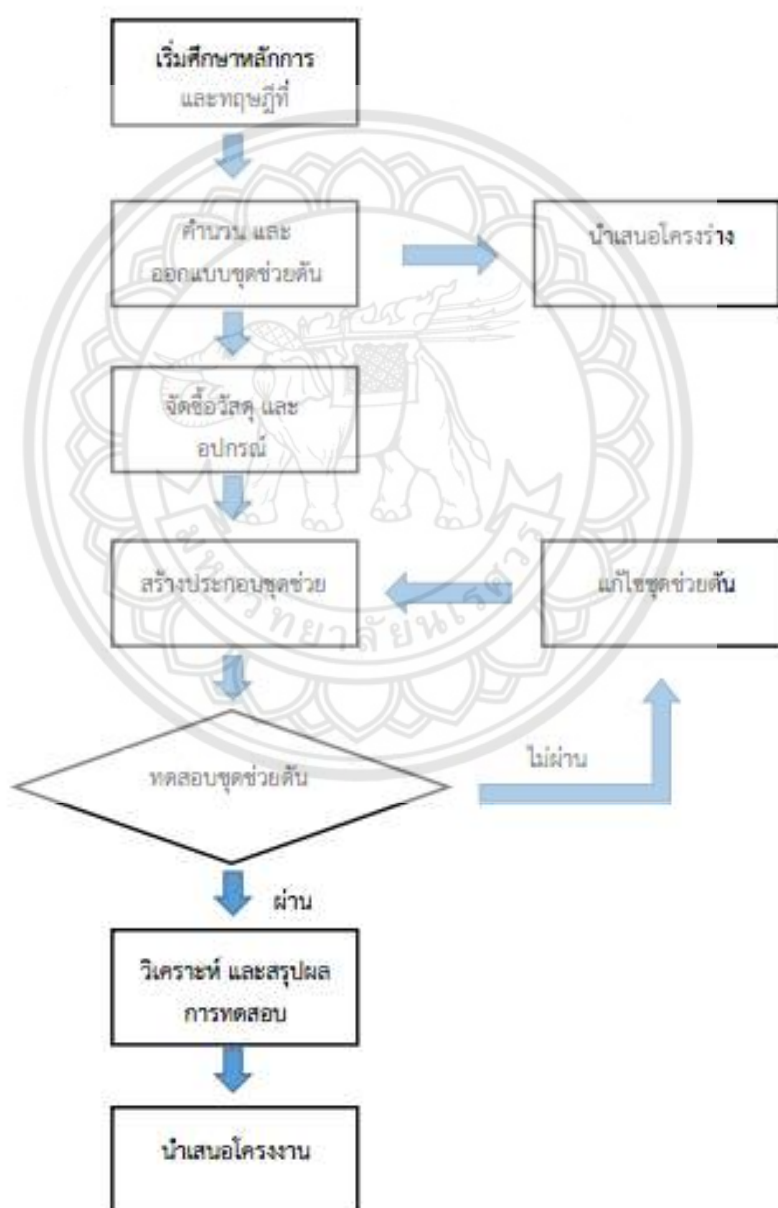
$$P = I^2 \cdot R \quad (2.12)$$

โดยที่	P	= กำลังไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
	I	= กระแส	มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
	V	= แรงดัน	มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
	R	= ความต้านทาน	มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงการ

แผนการดำเนินโครงการ เริ่มจากศึกษาหลักการทํางานและทฤษฎี เพื่อที่จะนำมาคำนวณหา ค่า และทำการออกแบบชุดช่วยดัน เตรียมจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างประกอบชุดช่วยดันและ นำไปทดสอบ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดจะนำมาแก้ไขและทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อที่จะวิเคราะห์และสรุป ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินโครงการ

3.1 ออกแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

ในการออกแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าสำหรับรถสามล้อนำเที่ยว เป็นการออกแบบเพื่อเข้าไปช่วยบรรเทาปัญหาของผู้ประกอบการรถสามล้อให้สามารถนำรถเข้าไปวิ่งในบริเวณเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย และเพื่อที่จะบรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ

เพื่อช่วยเหลือผู้ประกอบการโดยทำการดัดแปลงนำชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าเข้าไปเสริมกับรถสามล้อ เพื่อให้ผู้ประกอบการนำรถเข้าไปใช้ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยได้

3.1.1 การออกแบบกำลังขับเคลื่อน

การออกแบบกำลังขับเคลื่อนชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า เป็นการหาแรงต้านของการเคลื่อนที่ทั้งหมดของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อนำแรงต้านการเคลื่อนที่ทั้งหมดนี้ไปออกแบบเพื่อหากำลังของมอเตอร์ โดยเงื่อนไขที่กำหนดคือ

1. น้ำหนักรวมทั้งหมดของรถ และผู้โดยสาร (Total Weight) 800 กิโลกรัม
2. ความเร็วสูงสุดที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง
3. ไม่มีการขึ้นทางชัน
4. กำหนดให้เวลาในการเร่งไปถึงความเร็ว 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 45 วินาที (โดยอ้างอิงจากรถสามล้อคือ 38 วินาที)

$$5. \text{ คำนวณความเร่ง (a) จาก } a = \frac{v}{t} = \frac{20}{3.6 \times 45} = 0.124 \text{ m/s}^2$$

แรงต้านการเคลื่อนที่มีทั้งหมด 3 ชนิด คือ

1. แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance, F_r)

$$\text{จากสมการ } F_r = \mu mg$$

$$\text{โดย } \mu = 0.014$$

$$m = 800 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{ดังนั้น } F_r = 0.014 \times 800 \times 9.81 = 109.872 \text{ N}$$

2. แรงต้านอากาศ (Air Resistance, F_A)

$$\text{จากสมการ } F_A = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C_d \times v^2$$

$$\text{โดย } \rho = 1.225 \text{ Kg/m}^3 \text{ (ของอากาศในสภาวะปกติ)}$$

$$A = 2.4 \text{ m}^2 \text{ (พื้นที่หน้าตัดของรถสามล้อภายในอุทยาน)}$$

$$C_d = 0.7$$

$$V = 20 \text{ km/hr} = 5.56 \text{ m/s}$$

$$\text{ดังนั้น } F_A = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 2.4 \times 0.7 \times 5.56^2 = 31.81 \text{ N}$$

3. แรงต้านเนื่องจากความเร่ง (Acceleration force)

$$\text{จากสมการ } F_a = ma$$

$$\text{โดย } m = 800 \text{ kg}$$

$$a = 0.124 \text{ m/s}^2$$

$$\text{ดังนั้น } F_a = 800 \times 0.124 = 99.2 \text{ N}$$

หากำลังมอเตอร์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ และแรงต้านเนื่องจากความเร่ง ที่ความเร็ว 20 km/hr

$$\text{จากสมการ } P = FV$$

$$\text{ดังนั้น } P = (109.872 + 31.81 + 99.2) \times 5.56 = 1339.304 \text{ W}$$

จากการคำนวณ ผู้จัดทำจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1500W ซึ่งเพียงพอต่อการขับเคลื่อนของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าที่ความเร็ว 20 km/hr

3.2 การจัดหาวัสดุอุปกรณ์

3.2.1 ชุดเพลาร้อมมอเตอร์ขนาด 1.5 kw 2 เกียร์



รูปที่ 3.2 ชุดเพลาร้อมมอเตอร์ขนาด 1.5 kw 2 เกียร์

3.2.2 ชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง



รูปที่ 3.3 ชุดควบคุมไฟฟ้ากำลัง

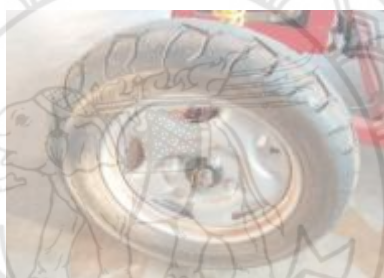
3.2.3 แบตเตอรี่ Deep cycle 12V 45Ah



รูปที่ 3.4 แบตเตอรี่ Deep cycle 12V 45Ah

<https://www.google.co.th/search?q=แบตเตอรี่+Deep+cycle&biw>

3.2.4 ล้อ 12" พร้อมยางและกระทะ



รูปที่ 3.5 ล้อ 12" พร้อมยาง 12/10 กระทะ 4 รู 3.00-12 ยึด100 ขอบ 12 นิ้ว

3.2.5 โช้คอัพ



รูปที่ 3.6 โช้คอัพ YSS รุ่น Wave 125R

<https://www.google.co.th/search?q=โช้คอัพ&biw>

3.2.6 เหล็กกล่องขนาด 1.5”



รูปที่ 3.7 เหล็กกล่องขนาด 1.5”

[https://www.google.co.th/search?q=เหล็กกล่องขนาด 1.5"&biw](https://www.google.co.th/search?q=เหล็กกล่องขนาด 1.5)

3.2.7 เหล็กฉากขนาด 1”



รูปที่ 3.8 เหล็กฉากขนาด 1”

[https://www.google.co.th/search?q=เหล็กกล่องขนาด 1"&biw](https://www.google.co.th/search?q=เหล็กกล่องขนาด 1)

3.2.8 น็อตขนาดต่างๆ



รูปที่ 3.9 น็อตขนาดต่างๆ

<https://www.google.co.th/search?q=น็อต&biw>

3.2.9 อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

<https://www.google.co.th/search?q=อุปกรณ์ไฟฟ้า&biw>

3.2.10 สีสำหรับทาเหล็ก



รูปที่ 3.11 สีสำหรับทาเหล็ก

<https://www.google.co.th/search?q=สีสำหรับทาเหล็ก&biw>

3.3 การประกอบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

3.3.1 สร้างโครงของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

3.3.2 ประกอบชุดเพลาพร้อมมอเตอร์และโซ่คัพเข้ากับโครงชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า ดัง

รูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ประกอบชุดเพลาพร้อมมอเตอร์และโซ่คัพ

3.3.3 ประกอบล้อซ้ายและขวาเข้ากับโครงชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ประกอบล้อซ้ายและขวา

3.3.4 นำแผงวงจรคอนโทรลเลอร์มาติดกับตัวโครง ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ติดตั้งแผงวงจรคอนโทรลเลอร์

3.3.5 ต่อขั้วแบตเตอรี่โดยการต่อแบบอนุกรม ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ต่อขั้วแบตเตอรี่

3.3.6 ทำตัวล้อคกับยานพาหนะต่างๆ ที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.3.6.1 รถสามล้อสกายแลป

3.3.6.2 รถสามล้อซาเล้ง

3.3.6.3 รถกอล์ฟ

3.3.6.4 รถยนต์



รูปที่ 3.16 ตัวล็อกของรถสามล้อสกายแลป



รูปที่ 3.17 ตัวล็อกของรถสามล้อซาเล้ง

รูปที่ 3.18 ตัวล็อกของรถกอล์ฟ



รูปที่ 3.19 ตัวล็อกของรถยนต์

3.4 การทดสอบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

การทดสอบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าทำการทดสอบเพื่อ ทดสอบว่าชุดช่วยดันสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ และสามารถเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ โดยการทดสอบนี้จะทำการทดสอบกับรถชนิดอื่นด้วย เพื่อให้ชุดช่วยดันสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายมากขึ้น เพียงแค่เปลี่ยนตัวเชื่อมต่อกับ พาหนะแต่ละชนิด โดยการทดสอบจะมีทั้งการทดสอบที่อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย และบริเวณภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรด้วย

3.4.1 การทดสอบกับรถสามล้อ

การทดสอบภายในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยเพื่อหาความเร็วที่ทำได้ของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า เมื่อทำการขับตามทางปกติของการเข้าอุทยาน

3.4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการทดสอบ

ก. รถสามล้อของผู้ประกอบการ

ข. ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า พร้อมแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง ขนาด (12V45AH) จำนวน 5 ลูก

ค. Digital clamp meter

ง. GPS data logger

3.4.1.2 วิธีทดสอบ

ทำการติดตั้งชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้ากับรถสามล้อของผู้ประกอบการ ทำการวิ่งตามทางปกติที่ผู้ประกอบการเคยวิ่งปกติภายในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย แล้วทำการใช้เครื่อง GPS data logger เก็บข้อมูลระหว่างการวิ่งเพื่อบันทึก ความเร็ว และ driving cycle เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ตามจุดประสงค์

3.4.2 การทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ และแบบถอดแบตเตอรี่ของรถกอล์ฟ

การทดสอบภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อหาความเร็วที่ทำได้ของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า ทหาระยะทางที่ทำได้จนกระทั่งแบตเตอรี่หมด (กรณีรถกอล์ฟใส่แบตเตอรี่อยู่)

3.4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการทดสอบ

ก. รถสามล้อของผู้ประกอบการ

ข. ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า พร้อมแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง ขนาด (12V45AH) จำนวน 5 ลูก

ค. Digital clamp meter

ง. GPS data logger

3.4.2.2 วิธีทดสอบ

ทำการติดตั้งชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าที่รถกอล์ฟ ทำการวิ่งภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร แล้วทำการใช้เครื่อง GPS data logger เก็บข้อมูลระหว่างการวิ่งเพื่อบันทึกความเร็ว และ driving cycle เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์

3.4.3 การทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab

การทดสอบภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อหาความเร็วที่ทำได้ของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

3.4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการทดสอบ

ก. รถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab

ข. ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า พร้อมแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง ขนาด

(12V45AH) จำนวน 5 ลูก

ค. Digital clamp meter

ง. GPS data logger

3.4.3.2 วิธีทดสอบ

ทำการติดตั้งชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าที่รถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab ทำการวิ่งภายในบริเวณลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร แล้วทำการใช้เครื่อง GPS data logger เก็บข้อมูลระหว่างการวิ่งเพื่อบันทึกความเร็ว และ driving cycle เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบได้จากการนำค่า data logger ไปใส่ในโปรแกรม GPXSee เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ผลของการทดสอบ

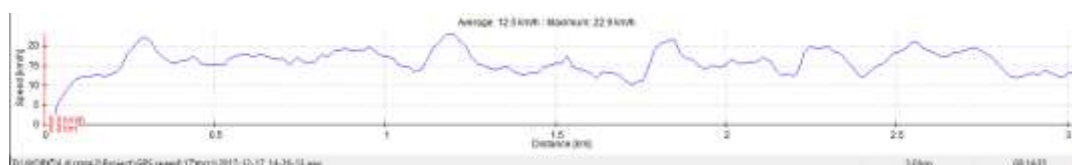
4.1.1 การทดสอบกับรถสามล้อ

โดยทำการทดสอบบริเวณภายในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย มีเส้นทางการทดสอบกับรถสามล้อดังรูปที่ 4.1 เมื่อใช้โปรแกรม GPXSee จะได้ความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบดังกราฟที่ 4.1 และความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบดังกราฟที่ 4.2 ซึ่งจากกราฟสามารถบันทึกข้อมูลจากการทดสอบ ดังตารางที่ 4.1



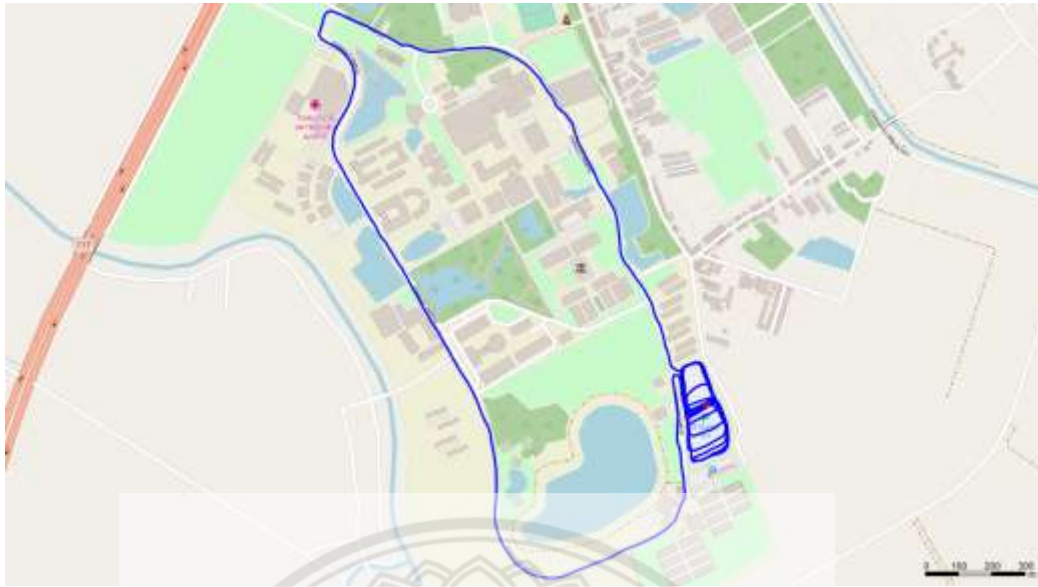
รูปที่ 4.1 เส้นทางการทดสอบกับรถสามล้อ

กราฟที่ 4.1-4.2 แสดงให้เห็นว่ารถสามล้อมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 17 km/h เวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบอยู่ที่ 14.35 นาที



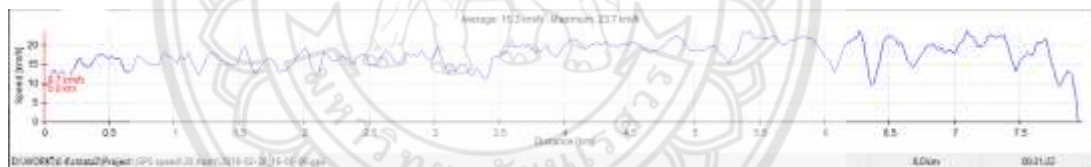
กราฟที่ 4.1 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถสามล้อ

ก. ช่วงที่ 1

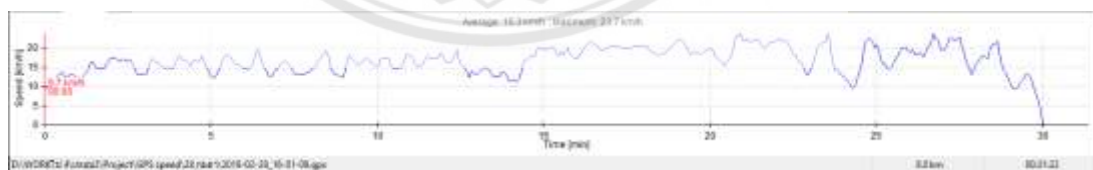


รูปที่ 4.2 เส้นทางการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 1

กราฟที่ 4.3-4.4 แสดงให้เห็นว่ารถกอล์ฟใส่แบตเตอรี่ ช่วง 1 มีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 19 km/h เวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบอยู่ที่ 31.22 นาที

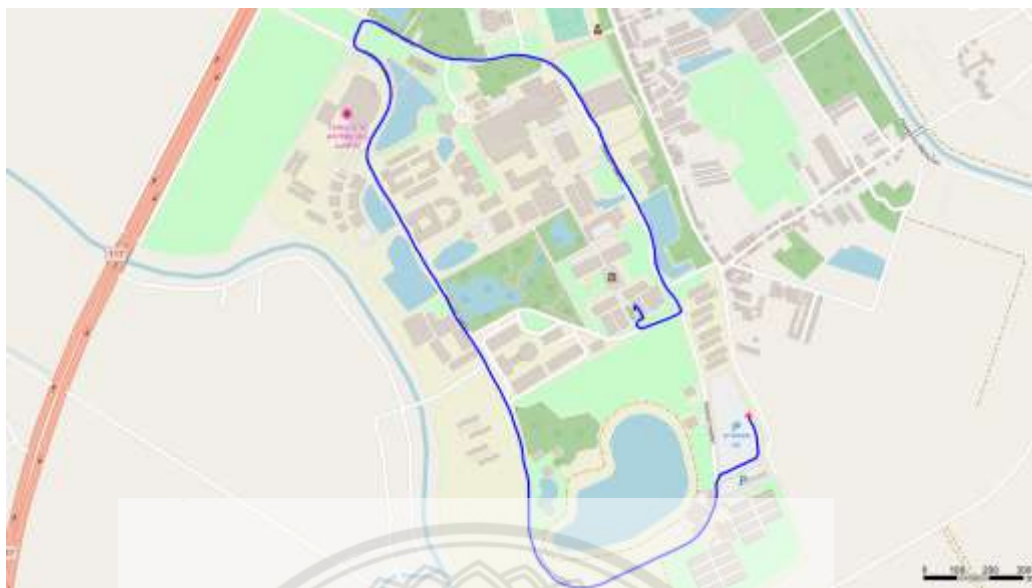


กราฟที่ 4.3 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 1



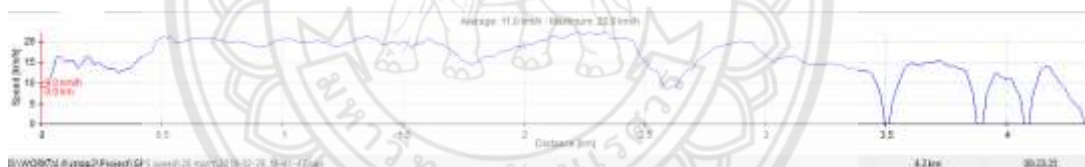
กราฟที่ 4.4 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 1

ข. ช่วงที่ 2



รูปที่ 4.3 เส้นทางทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 2

กราฟที่ 4.5-4.6 แสดงให้เห็นว่ารถกอล์ฟใส่แบตเตอรี่ ช่วง 2 มีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 18 km/h เวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบอยู่ที่ 23.35 นาที



กราฟที่ 4.5 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 2



กราฟที่ 4.6 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ ช่วงที่ 2

ตารางที่ 4.2 ตารางข้อมูลที่ได้จากการทดสอบรถกอล์ฟที่มีแบตเตอรี่

จำนวนผู้โดยสาร	3 คน
น้ำหนักคนรวมกับรถ	718 kg
ความเร็วสูงสุดที่ทำได้	22.0 km/h
ระยะทางที่ใช้วิเคราะห์	12.3 km
ระยะทางที่วิ่งจนแบตเตอรี่หมด	19.6 km
กระแส เมื่อความเร็วคงที่	38 A

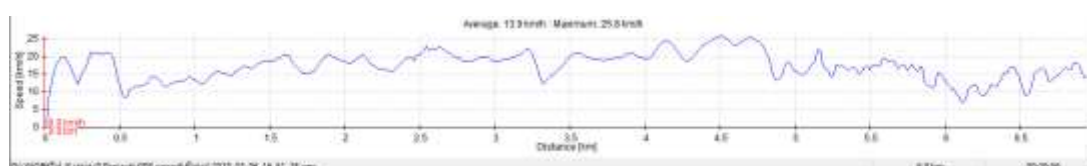
4.1.2.2 การทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่

โดยทำการทดสอบบริเวณภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีเส้นทางการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่ดังรูปที่ 4.4 เมื่อใช้โปรแกรม GPXSee จะได้ความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบดังกราฟที่ 4.7 และความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบดังกราฟที่ 4.8 ซึ่งจากกราฟสามารถบันทึกข้อมูลจากการทดสอบ ดังตารางที่ 4.3

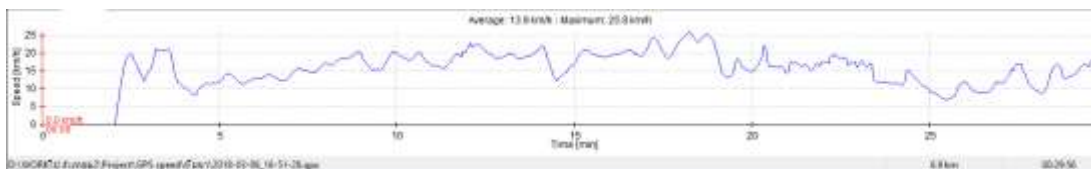


รูปที่ 4.4 เส้นทางการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่

กราฟที่ 4.7-4.8 แสดงให้เห็นว่ารถกอล์ฟถอดแบตเตอรี่มีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 16 km/h เวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบอยู่ที่ 29.56 นาที



กราฟที่ 4.7 กราฟความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่



กราฟที่ 4.8 กราฟความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบรถกอล์ฟที่ถอดแบตเตอรี่

จำนวนผู้โดยสาร	3 คน
น้ำหนักคนรวมกับรถที่ถอดแบตเตอรี่ออก	550 kg
ความเร็วสูงสุดที่ทำได้	25.8 km/h
ระยะทางที่ใช้วิเคราะห์	6.9 km
กระแส เมื่อปิดคันเร่งสูงสุด	37 A

4.1.3 การทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab

โดยทำการทดสอบบริเวณภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีเส้นทางการทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab ดังรูปที่ 4.5 เมื่อใช้โปรแกรม GPXSee จะได้ความเร็วเทียบกับระยะทางของการทดสอบดังกราฟที่ 4.9 และความเร็วเทียบกับเวลาของการทดสอบดังกราฟที่ 4.10 ซึ่งจากกราฟสามารถบันทึกข้อมูลจากการทดสอบรถสามล้อ ดังตารางที่ 4.4

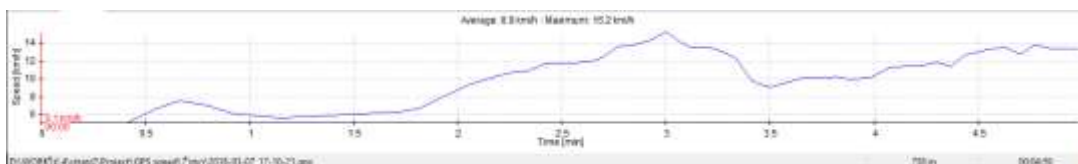


รูปที่ 4.5 เส้นทางการทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab

กราฟที่ 4.9-4.10 แสดงให้เห็นว่ารถ Mitsubishi Triton Single Cab มีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 12 km/h เวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบอยู่ที่ 4.59 นาที



กราฟที่ 4.9 กราฟความเร็วเปรียบเทียบกับระยะทางของการทดสอบกับรถยนต์



กราฟที่ 4.10 กราฟความเร็วเปรียบเทียบกับเวลาของการทดสอบกับรถยนต์

ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบกับรถยนต์ Mitsubishi triton single cab

จำนวนผู้โดยสาร	5 คน
น้ำหนักคนรวมกับรถ	2100 kg
ความเร็วสูงสุดที่ทำได้	15.2 km/h
ระยะทางที่ใช้วิเคราะห์	738 m
กระแส เมื่อบิดคันเร่งสูงสุด	38 A

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.2.1 การทดสอบกับรถสามล้อ

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ารถสามล้อทำความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 22.9 km/h โดยที่น้ำหนักภาระรวมอยู่ที่ 900 kg กระแสที่ใช้อยู่ที่ 24 A กล่าวได้คือกระแสที่ใช้ไม่เกินขีดจำกัดของกำลังของมอเตอร์ ที่ใช้แรงดัน 60 V จากสมการที่ 2.10 กระแสสามารถลดลงได้จากการลดภาระโหลดลง ความเร็วที่ได้เป็นไปตามจุดประสงค์

4.2.2 การทดสอบแบบประยุกต์ใช้กับรถกอล์ฟทั้งที่มีแบตเตอรี่อยู่ และแบบถอดแบตเตอรี่ออก รวมถึงรถกระบะ Mitsubishi triton single cab

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าความเร็วสูงสุดของรถกอล์ฟที่มีแบตเตอรี่ รถกอล์ฟที่ไม่มีแบตเตอรี่ และกระบะ Mitsubishi triton single cab อยู่ที่ 22 km/h, 25.8 km/h, 15.2 km/h ตามลำดับ โดยที่น้ำหนักภาระรวมอยู่ที่ 718 kg, 550 kg, 2100 kg ตามลำดับ กระแสที่ใช้อยู่ที่ 38 A, 37 A, 38 A ตามลำดับ ซึ่งกระแสที่ใช้เกินขีดจำกัดของกำลังมอเตอร์ ที่ใช้แรงดัน 60 V จากสมการที่ 2.10 กล่าวได้คือ ชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้านี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ดัน รถกอล์ฟ และรถกระบะ เนื่องจากชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าจะทำงานเกินขีดจำกัดที่ได้ถูกออกแบบเอาไว้ สามารถ

อ้างอิงจากสมการในบทที่ 2 ในสมการที่ 2.2 และ สมการที่ 2.5 จะใช้มวลในการคิดคำนวณ ซึ่งมวลจะมีผลต่อการคิดกำลังของมอเตอร์อย่างมาก จึงเป็นเหตุผลให้ว่าเมื่อมวลเพิ่มกำลังของมอเตอร์ที่จะต้องใช้ก็ต้องเพิ่มขึ้นตามเช่นกัน แต่ในทางปฏิบัติแล้วสามารถนำไปใช้ต้นได้ เฉพาะแค่ในกรณีฉุกเฉิน และมีระยะทางที่ไม่มากเกินไป

4.2.3 การทดสอบระยะทางสูงสุดต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง (ทดสอบโดยใช้รถกอล์ฟที่มีแบตเตอรี่)

จากการที่ใช้รถกอล์ฟที่มีแบตเตอรี่ใส่อยู่ ในการทดสอบระยะทางที่สามารถวิ่งได้จนแบตเตอรี่หมด จะได้ผลว่าสามารถวิ่งได้ระยะทาง 19.6 km ซึ่งในการทดสอบจะสามารถบอกได้ว่า ที่ระยะทางประมาณ 17 km ชุดช่วยดันจะเริ่มมีอาการทำงานขัดข้อง และมีอาการกระตุกเป็นช่วงๆ ดังนั้นจึงไม่ควรวิ่งเกิน 17 km ต่อการชาร์จหนึ่งครั้ง โดยเวลาที่ใช้ในการชาร์จจนแบตเตอรี่เต็มหนึ่งครั้งคือ 19 ชั่วโมง ทั้งนี้เครื่องชาร์จที่ใช้เป็นเครื่องชาร์จกระแสต่ำจึงทำให้เวลาในการประจุแต่ละครั้งเป็นเวลานานเกินกว่าที่ควร

4.2.4 รัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดในกรณีรถเริ่มพลิกคว่ำ

4.2.4.1 รัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถสามล้อ

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } t &= 1.3 \text{ m} \\ h &= 0.6 \text{ m} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.5 ตารางรัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถสามล้อ

รัศมีความโค้งของการเลี้ยว (m)	ความเร็วสูงสุดก่อนรถจะพลิกคว่ำ (m/s)
5	7.30
10	10.31
15	12.63
20	14.58

4.2.4.2 รัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่ และแบบถอดแบตเตอรี่

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } t &= 0.85 \text{ m} \\ h &= 0.36 \text{ m} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.6 ตารางรัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถกอล์ฟแบบใส่แบดเตอร์รี่ และแบบถอดแบดเตอร์รี่

รัศมีความโค้งของการเลี้ยว (m)	ความเร็วสูงสุดก่อนรถจะพลิกคว่ำ (m/s)
5	7.61
10	10.76
15	13.18
20	15.22

4.2.4.3 รัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } t &= 1.5 \text{ m} \\ h &= 0.7 \text{ m} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.7 รัศมีความโค้งของการเลี้ยวในแนวระดับที่ความเร็วสูงสุดของรถยนต์ Mitsubishi Triton Single Cab

รัศมีความโค้งของการเลี้ยว (m)	ความเร็วสูงสุดก่อนรถจะพลิกคว่ำ (m/s)
5	7.25
10	10.25
15	12.56
20	14.50

สรุปได้ว่า ยิ่งรัศมีความโค้งของการเลี้ยวมากขึ้นก็จะทำให้ความเร็วที่สามารถเข้าโค้งเพิ่มขึ้นตาม ในทางกลับกันถ้าเราอยากที่จะเลี้ยวในวงแคบลงก็ต้องทำการลดความเร็วลง

4.2.5 หาค่าคงที่ของมอเตอร์

โดยจะใช้สมการที่ 2.8 เพื่อทำการหาค่าคงที่มอเตอร์แบบย้อนกลับจากการทดสอบของรถยนต์ Mitsubishi triton single cab จะเห็นได้ว่าในสมการมีค่าทอร์กซึ่งจะหาค่าทอร์กจากสมการ $\tau = F \times r$ โดยค่า F คือแรงต้านรวม ซึ่งหาได้จากสมการที่ 2.2, 2.3 และ 2.5 นำมารวมกัน และ r คือรัศมีของล้อชุดช่วยดันซึ่งอยู่ที่ 0.24 เมตร โดยหาแรงต้านรวมได้ดังนี้

$$\text{คำนวณความเร่ง (a) จาก } a = \frac{V}{t} = \frac{15.2}{3.6 \times 45} = 0.05 \text{ m/s}^2$$

กระแสเมื่อปิดคันเร่งสูงสุดคือ 38 A

อัตราทดเฟืองเกียร์ 1 : 8.41

แรงต้านการเคลื่อนที่มีทั้งหมด 3 ชนิด คือ

1. แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance, F_r)

$$\text{จากสมการ } F_r = \mu mg$$

$$\text{โดย } \mu = 0.013$$

$$m = 2100 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{ดังนั้น } F_r = 0.013 \times 2100 \times 9.81 = 267.813 \text{ N}$$

2. แรงต้านอากาศ (Air Resistance, F_A)

$$\text{จากสมการ } F_A = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C_d \times v^2$$

$$\text{โดย } \rho = 1.225 \text{ kg/m}^3 \text{ (ของอากาศในสภาวะปกติ)}$$

$$A = 2.89 \text{ m}^2$$

$$C_d = 0.45$$

$$V = 15.2 \text{ km/hr} = 4.22 \text{ m/s}$$

$$\text{ดังนั้น } F_A = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 2.89 \times 0.45 \times 4.22^2 = 14.1854 \text{ N}$$

3. แรงต้านเนื่องจากความเร่ง (Acceleration force)

$$\text{จากสมการ } F_a = ma$$

$$\text{โดย } m = 2100 \text{ kg}$$

$$a = 0.05 \text{ m/s}^2$$

$$\text{ดังนั้น } F_a = 2100 \times 0.05 = 105 \text{ N}$$

$$F_{\text{รวม}} = 267.813 + 14.1854 + 105 = 386.9984 \text{ N}$$

$$\text{จากสมการ } \tau = F \times r = 386.9984 \times 0.24 = 92.8796 \text{ N.m}$$

$$\text{หาค่า } k \text{ จากสมการ 2.8 จะได้ } k = \frac{92.8796}{8.41 \times 38} = 0.29 \text{ N.m/A}$$

4.2.6 หาความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับกระแส

โดยจะใช้สมการ 2.8 ในการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

อัตราทดเฟืองเกียร์ 1 : 8.41

ตารางที่ 4.8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับกระแส

รถที่ใช้ทดสอบ	กระแส (A)	ทอร์กที่มอเตอร์ (N.m)	ทอร์กที่ล้อ (N.m)
รถสามล้อ	24	6.96	58.53
รถกอล์ฟแบบใส่แบตเตอรี่	38	11.02	92.68
รถกอล์ฟแบบถอดแบตเตอรี่ออก	37	10.73	90.24
รถกระบะ Mitsubishi triton single cab	38	11.02	92.68

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าค่าทอร์กที่ได้ออกมาจะขึ้นอยู่กับกระแส และจะเห็นได้ว่ามีกระแสที่ปล่อยออกมาได้ที่ 38 A ซึ่งเป็นกระแสสูงสุดที่ส่งออกมาได้

4.2.7 คิดค่าไฟที่ใช้ต่อการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.2.7.1 รถสามล้อ

ใช้พลังงาน 1.44 kWh

โดย 1 kWh เท่ากับ 1 หน่วย อัตราค่าไฟสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้พลังงานเกิน 150 หน่วยต่อเดือนเท่ากับ 4.4217 บาท/หน่วย (ปี 2560)

$$\text{จะได้ว่า } \frac{1.44 \times 4.4217}{22.9} = 0.2780 \text{ บาท/กิโลเมตร}$$

4.2.6.2 รถกอล์ฟที่มีแบตเตอรี่

ใช้พลังงาน 2.28 kWh

โดย 1 kWh เท่ากับ 1 หน่วย อัตราค่าไฟสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้พลังงานเกิน 150 หน่วยต่อเดือนเท่ากับ 4.4217 บาท/หน่วย (ปี 2560)

$$\text{จะได้ว่า } \frac{2.28 \times 4.4217}{22} = 0.4582 \text{ บาท/กิโลเมตร}$$

4.2.6.3 รถกอล์ฟที่ไม่มีแบตเตอรี่

ใช้พลังงาน 2.22 kWh

โดย 1 kWh เท่ากับ 1 หน่วย อัตราค่าไฟสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้พลังงานเกิน 150 หน่วยต่อเดือนเท่ากับ 4.4217 บาท/หน่วย (ปี 2560)

$$\text{จะได้ว่า } \frac{2.22 \times 4.4217}{25.8} = 0.3805 \text{ บาท/กิโลเมตร}$$

4.2.6.4 รถกระบะ Mitsubishi triton single cab

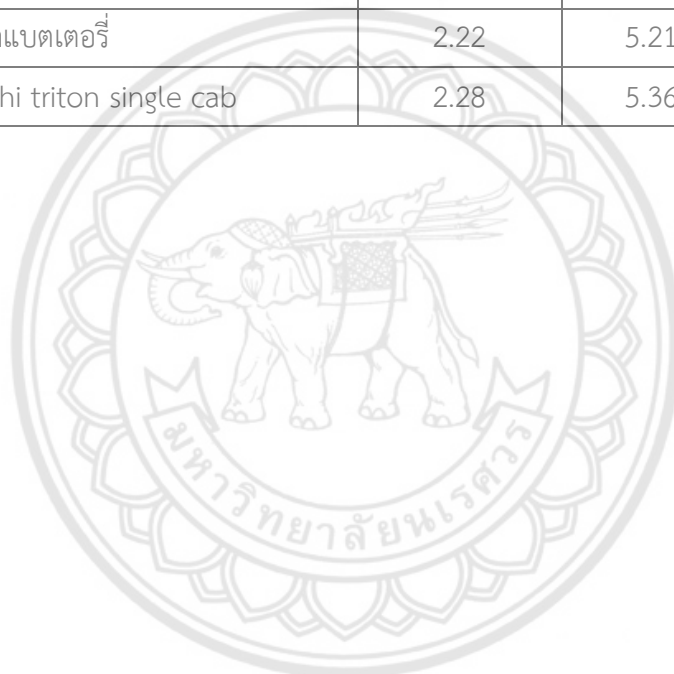
ใช้พลังงาน 2.28 kWh

โดย 1 kWh เท่ากับ 1 หน่วย อัตราค่าไฟสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ใช้พลังงานเกิน 150 หน่วยต่อเดือนเท่ากับ 4.4217 บาท/หน่วย (ปี 2560)

$$\text{จะได้ว่า } \frac{2.28 \times 4.4217}{15.2} = 0.6633 \text{ บาท/ชั่วโมง}$$

ตารางที่ 4.9 ตารางค่าไฟ

รถที่ใช้ทดสอบ	พลังงานที่ใช้ (Kwh)	ค่าไฟ (บาท/ชั่วโมง)	ค่าไฟ (บาท/กิโลเมตร)
รถสามล้อ	1.44	3.38	0.2780
รถกอล์ฟใส่แบตเตอรี่	2.28	5.36	0.4582
รถกอล์ฟถอดแบตเตอรี่	2.22	5.21	0.3805
รถ Mitsubishi triton single cab	2.28	5.36	0.6633



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

การทำโครงการต้นแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้านี้สามารถช่วยเหลือผู้ประกอบการได้ โดยที่ผู้ประกอบการไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน แต่จะเป็นการนำชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าไปทำการพ่วงติดกับตัวรถเพื่อเป็นการขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าแทน ดังนั้นผู้ประกอบการจึงสามารถที่จะนำรถสามล้อเข้าไปภายในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยตามนโยบายที่อุทยานฯ ตั้งไว้

ต้นแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าสามารถที่จะดันพาหนะชนิดอื่นได้ แต่การทำงานของกำลังมอเตอร์นั้นเกินขีดจำกัดที่ออกแบบไว้ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำต้นแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้ามาทำการประยุกต์ใช้กับพาหนะอื่น

ดังนั้น ต้นแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้านั้นเหมาะสมกับรถสามล้อหรือรถที่มีขนาดใกล้เคียงหรือเล็กกว่านั่นเอง

5.2 ข้อเสนอแนะจากผู้ประกอบการที่อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย และผู้ดำเนินโครงการ

5.2.1 ลบมุมของช่วงหน้าชุดดันออกเพื่อกันกระแทก

เนื่องจากมุมของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้านั้นในระหว่างทำการติดตั้ง ตรงบริเวณมุมฉากด้านหน้าเกิดการชูดกับขาผู้ที่เดินผ่านไปมา บริเวณแถวตัวรถ

5.2.2 เพิ่มมาตรบอกความเร็ว และระดับแบตเตอรี่

เนื่องจากผู้ประกอบการอยากรู้ความเร็วของรถในระหว่างการขับ และต้องการรู้ระดับของแบตเตอรี่เพื่อคาดการณ์ ระยะทางที่สามารถขับไปได้ก่อนที่แบตเตอรี่จะหมด

5.2.3 เพิ่มปลั๊กต่อพ่วงระหว่างรถกับชุดดัน

เพื่อการถอดเข้าออกของชุดช่วยดันที่ง่ายขึ้นเพียงแต่ติดคันเร่ง มาตรการวัดความเร็วและแบตเตอรี่ ไว้ติดกับตัวรถ แล้วใช้ปลั๊กพ่วงเพื่อทำการต่อระบบให้สามารถทำงานได้ในทันที โดยที่ไม่จำเป็นต้องมาคอยติดตั้งใหม่ในทุกๆครั้งที่จะใช้งาน

5.2.4 พัฒนาเพิ่มเติมของชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

5.2.4.1 เปลี่ยนแบตเตอรี่เป็นแบตเตอรี่ลิเธียม เพราะชาร์จได้เร็ว ใช้งานได้นาน และมีความหนาแน่นของพลังงานที่สูง จึงทำให้มีระยะเวลาการใช้งานที่นานขึ้นถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักที่เบาลงก็ตาม

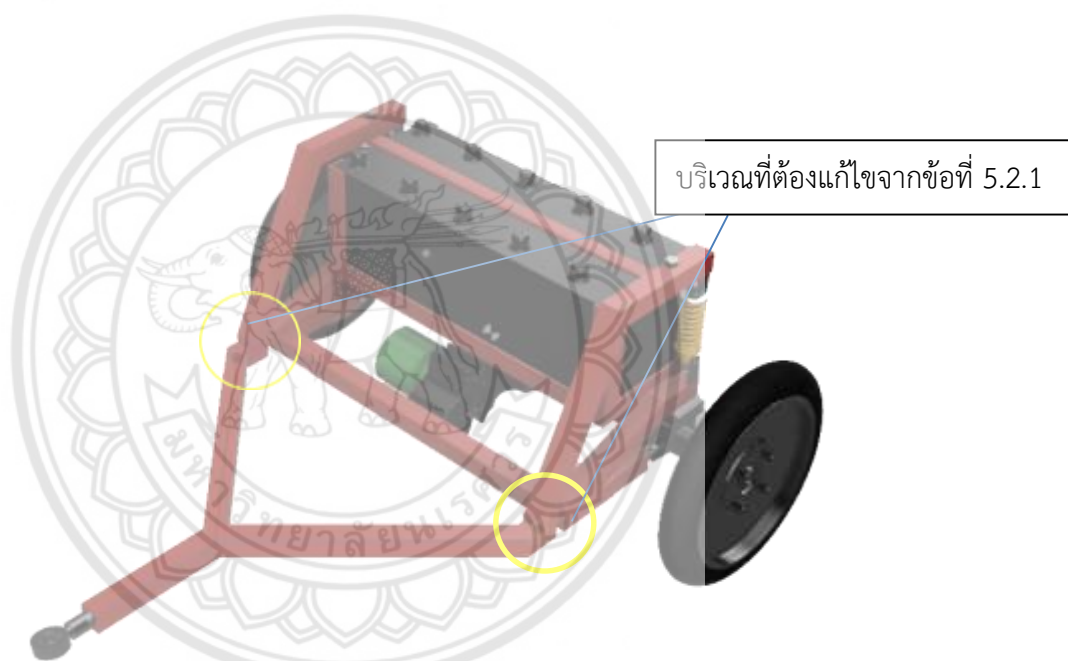
5.2.4.2 เพิ่มในส่วนของประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้โดยสาร เช่น ทำที่วางของ
สัมภาระของผู้โดยสาร หรือทำเป็นที่นั่งที่พิเศษสำหรับ 1 ท่าน ที่ต้องการรับบรรยากาศคนเดียว

5.2.4.3 เพิ่มรูปลักษณ์ของชุดช่วยดันให้มีหลายรูปแบบมากขึ้นเพื่อความสวยงามสบายตา
ของผู้พบเห็น ทำให้มีลักษณะที่ร่วมกับสมัยใหม่ ตกแต่งลวดลายเพิ่มเติมสีสันสร้างความดึงดูดได้มากขึ้น

5.2.4.4 เพิ่มลูกเล่นจำพวกลำโพง เพื่อสร้างความบันเทิงให้ผู้โดยสารได้มีความสุขสนาน
ระหว่างการเดินทาง

5.2.5 เพิ่มวงจรโอเวอร์โหลต

เพื่อให้มอเตอร์ตัดเมื่อกระแสเกิน กรณีที่จะนำชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้ดันกับ
พาหนะชนิดอื่น เช่น รถกอล์ฟ รถกระบะ เป็นต้น



รูปที่ 5.1 จุดของชุดช่วยดันที่ต้องปรับเปลี่ยน

เอกสารอ้างอิง

กิตติพันธุ์ เตชะกิตติโรจน์, อังคิรี ศรีภคการ. ยานยนต์ไฟฟ้า พื้นฐานการทำงานและการออกแบบ
กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2556

ธีระยุทธ สุวรรณประณีป. หนังสือวิศวกรรมยานยนต์

อัตราค่าไฟ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

<http://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-provision/414-electrical-rate-mea-pea>

<https://byjus.com/physics/>

<http://www.auto2drive.com>

<https://www.quora.com/Can-a-bus-or-a-truck-be-made-to-be-aerodynamic-How-much-would-the-drag-coefficient-be-How-would-it-compare-with-an-average-car>



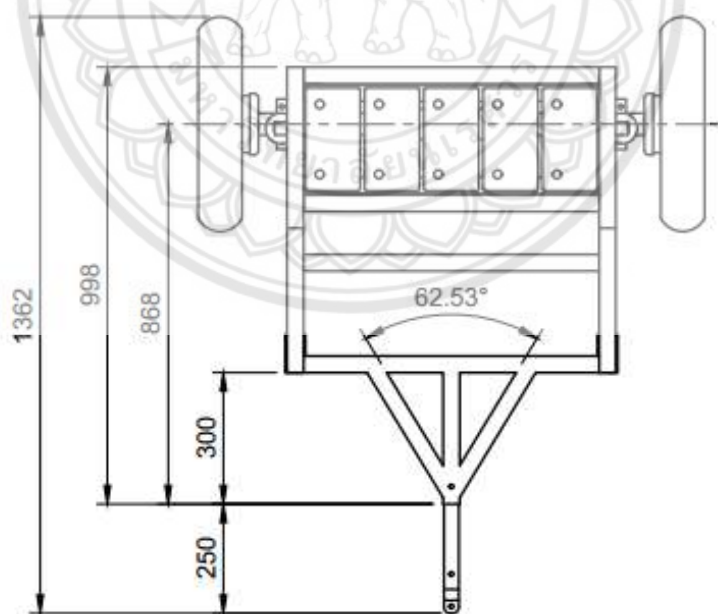


ข้อมูลของแบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า

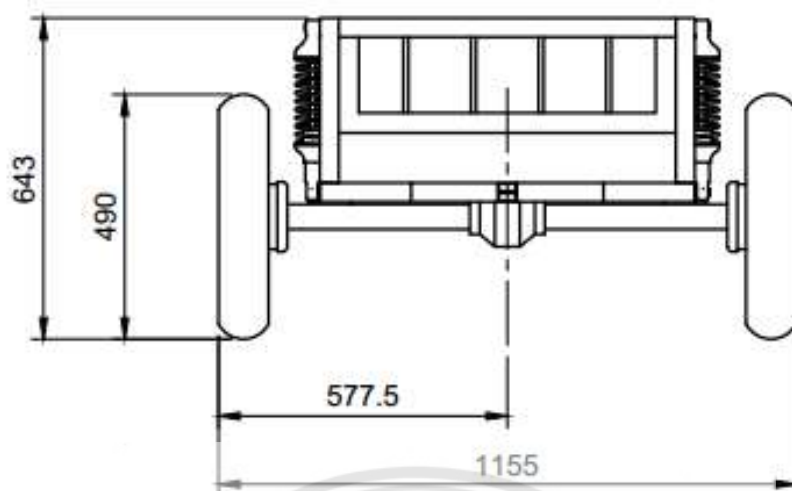
รูปที่ ก.1 แบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า



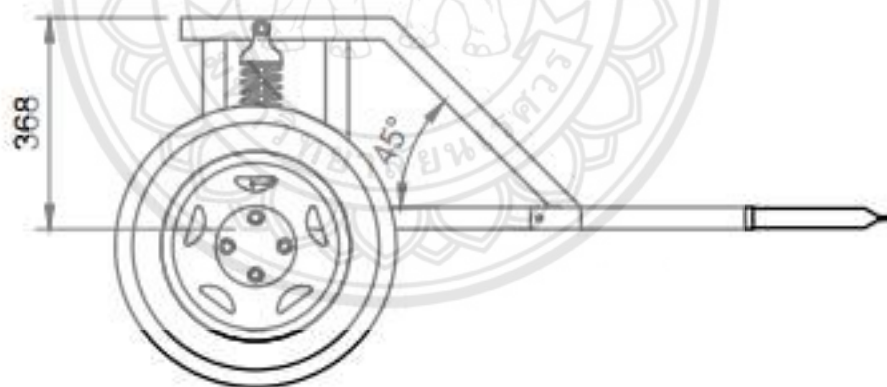
รูปที่ ก.2 แบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า (ด้านบน)



รูปที่ ก.3 แบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า (ด้านหลัง)



รูปที่ ก.4 แบบชุดช่วยดันด้วยระบบไฟฟ้า (ด้านข้าง)



ภาคผนวก ข

ข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณ



รูปที่ ข.1 อัตราค่าไฟฟ้า



อัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับบ้านเรือนที่อยู่อาศัย รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)	
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน		8.19	
15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 15)	2,348.8		
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25)	2,988.2		
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35)	3,240.5		
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	3,623.7		
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 - 150)	3,717.1		
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	4,221.8		
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4,421.7		
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน		38.22	
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 150)	3,248.4		
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	4,221.8		
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4,421.7		
1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate - TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)	
	Peak	Off Peak	
1.2.1 ระหว่าง 22 - 35 กิโลวัตต์	5,113.5	2,603.7	312.24
1.2.2 ระหว่างต่ำกว่า 22 กิโลวัตต์	5,798.2	2,603.9	38.22

หมายเหตุ 1. ผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าไม่เกิน 5 แอมป์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 แต่หากใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยคิดต่อเกิน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อเปลี่ยนการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย คิดต่อเกิน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าเกิน 5 แอมป์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2

3. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.1.1 ที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 50 หน่วยต่อเดือนแรกๆ จะสามารถใช้สิทธิ์ไฟฟ้าฟรีจากมิเตอร์ไฟฟ้าประจำเดือน ธันวาคม 2558 และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2559 เป็นต้นไป ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.1.1 ที่ได้รับสิทธิ์จากไฟฟ้าฟรี จะต้องมีเงินฉับุคคลและมีการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 50 หน่วยต่อเดือน คิดต่อกับจำนวนระยะเวลาในปีก่อนๆ 3 เดือน นับถึงเดือนปัจจุบัน

4. ประเภทที่ 1.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าเกิน 5 แอมป์ขอขม่อมแปลงเงินเป็นหน่วยของใช้ไฟฟ้า ได้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีก ร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในขั้นแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้รวมไว้ด้วย

5. ประเภทที่ 1.2 เป็นอัตราเลือก ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าใช้จ่ายส่วนบริการไฟฟ้าตามศูนย์ควบคุม และหากเลือกใช้ไปแล้ว ไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถแจ้งหยุดแปลงหน่วยเงินไปใช้อัตราประเภทที่ 1.1 ได้