



การทดสอบการชาร์จไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน

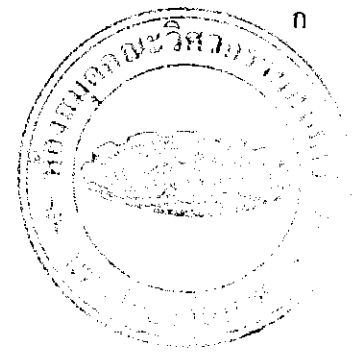
Testing of Electricity Generating Hub in Bicycle by cycling

นายธนิก ชมภู รหัสนิสิต 53362020
นางสาวลลิตา ยอดด้วง รหัสนิสิต 53362204
นายอัสมิ ดือราบุ รหัสนิสิต 53362402

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2556

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 20 ก.ค. 2558
เลขหนังสือ..... 16914482
เลขที่ออกบัตร..... ๗๕
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๐๒๕๙

2556



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : การทดสอบการชาร์จไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน
Testing of Electricity Generating Hub in Bicycle by cycling

ผู้ดำเนินโครงการ : นายธนิช ชมภู รหัสนิสิต 53362020
นางสาวลลิตา ยอดดั่ง รหัสนิสิต 53362204
นายอัสมี ดือราบุ รหัสนิสิต 53362402

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ที่ปรึกษาโครงการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร)

หัวข้อโครงการ	: การทดสอบการชาร์จไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน		
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายธนิช ชมภู	รหัสนิสิต 53362020	
	: นางสาวลลิตา ยอดดั่ง	รหัสนิสิต 53362204	
	: นายอัสมี ตือราบู	รหัสนิสิต 53362402	
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2556		

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยองค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (อพท.) มีนโยบายการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยมีแนวคิดริเริ่มในกิจกรรมการปั่นจักรยานชมภายในและรอบอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยซึ่งสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้สำหรับส่องสว่างในยามค่ำคืนภายในเขตโบราณสถานหรือเส้นทางท่องเที่ยวในบริเวณนั้น ในทางอ้อมก็เป็นการรณรงค์ให้นักท่องเที่ยวใช้จักรยานในเขตอุทยานและลดการนำรถยนต์เข้ามาใช้ในการเดินทางท่องเที่ยวอันส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวอื่น อีกทั้งชุมชนโดยรอบได้มีการใช้จักรยานอยู่เป็นบางส่วนการนำพลังงานจากการปั่นจักรยานของกลุ่มคนเหล่านี้มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในอุทยานประวัติศาสตร์ โดยนักท่องเที่ยว และชุมชนรอบแหล่งท่องเที่ยวมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงาน และยังเป็นการปลูกฝังจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานให้แก่บุคคลทั่วไปได้ พร้อมทั้งลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนลงจากการใช้รถยนต์ในการท่องเที่ยว จากหลักแนวคิดดังกล่าวจึงมีโครงการสร้างจักรยานต้นแบบที่มีความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าที่สามารถประจุในแบตเตอรี่ขนาดเล็กเพื่อสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับหลอดไฟ LED โดยได้ทำการออกแบบจักรยานปั่นไฟฟ้าและเก็บพลังงานไฟฟ้าในด้านหลักการ (design concept) สร้างชุดต้นแบบและทดสอบการทำงานของจักรยานต้นแบบและสร้างชุดการเก็บประจุไฟฟ้าและโคมไฟให้แสงสว่างให้สามารถใช้งานได้เหมาะสมกับแหล่งท่องเที่ยว จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าจากการปั่นจักรยานที่ความเร็วเฉลี่ย 10 และ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยระยะทาง 5-7 กิโลเมตร จะสามารถปั่นพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 8 วัตต์-ชั่วโมงโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 1500 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง จำนวน 2 ก้อน ซึ่งถ้าใช้การปั่นจักรยานจำนวน 5 คันก็สามารถให้แสงสว่างแก่หลอดประหยัดไฟ LED ที่เพียงพอในยามค่ำคืน

Project Title : Testing of Electricity Generating Hub in Bicycle by cycling
Name : Mr.Thanick Chompou ID 53362020
Ms.Lalida Yodduang ID 53362204
Mr.Asmee Derabu ID 53362402
Project Advisor : Asst.Prof.Dr.Ananchai Ukaew
Major : Mechanical Engineering
Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2013

Abstract

Related to the Administration of Designated for Sustainable Tourism (DASTA) has a policy of Sustainable Tourism Development. Under their modernism concept is about cycling around Sukhothai Historical Park. Therefore, it is to generate the illumination to be used in the Historical Park and trails at night. Moreover, this campaign also helps to reduce the use of cars and the Carbon Dioxide to environmental. From these ideas, a project bike prototype that can produce electricity capacitor in the small battery that can be used to power the LED lamp was designed bicycle generators and store power in principle of (design concept) created a working prototype and tested the prototypes of the bike and created a series capacitor and lamp lighting to work appropriate with the place . As a results, the preliminary tests showed that the average speed of a cycling at 10 to 15 kilometers per hour, with a distance of 5-7 kms. can spin electrical energy around 8 watts per hour by using the battery 1500 mAh per hour. So, if the cycling of 5 bicycles it can be provided the sufficient light to LED lamp at night.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินงาน ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการ ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์, อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบและให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอน และให้ความรู้แก่ผู้ดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจ จนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอขอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นายธนิช ชมภู

นางสาวลลิตา ยอดดั่ง

นายอัสมิ ดือราบุ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
ลำดับสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตโครงการ.....	2
1.4 แผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 งบประมาณที่ใช้.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	4
2.2 ทฤษฎีการปั่นไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์เจเนอเรเตอร์.....	5
2.3 กำลัง พลังงานและประสิทธิภาพของจักรยานปั่นไฟฟ้า.....	9
2.4 ทฤษฎีการเกิดกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่.....	12
2.5 อัตราการเก็บประจุไฟฟ้า.....	14
2.6 เครื่องมือวัด.....	14

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 การติดตั้งและการทดสอบการชาร์จไฟ	
3.1 การติดตั้ง.....	15
3.2 รูปแบบของระบบของการปั่นไฟฟ้าจากการขี่จักรยาน.....	19
3.3 กระบวนการสร้างจักรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบ.....	20
3.4 วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	24
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	
4.1 ผลการทดสอบจักรยานปั่นไฟฟ้า.....	25
4.2 ผลการเก็บข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย.....	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อไป.....	33
เอกสารอ้างอิง.....	34
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	37
ภาคผนวก ข.....	40
ภาคผนวก ค.....	44
ภาคผนวก ง.....	49
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน.....	2
4.1 การวิเคราะห์พลังงานที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า.....	25
4.2 ค่าตัวแปรและผลที่ได้จากการทดสอบการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า.....	30
4.3 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณรถที่เข้าไปภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย.....	31
4.4 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนของรถที่ใช้ภายในเขตอุทยาน.....	32
ก.1 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	38
ก.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆ.....	39
ข.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการกลิ้งของยานยนต์กับถนนประเภทต่างๆ.....	41
ข.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานอากาศของวัตถุชนิดต่างๆ.....	43
ค.1 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h.....	45
ค.2 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h.....	46
ค.3 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 26 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h.....	47
ค.4 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 26 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h.....	48
ง.1 ค่าตัวแปรและผลที่ได้จากการทดสอบการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า.....	51
ง.2 การวิเคราะห์พลังงานที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า.....	54

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2. 1 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า.....	7
2. 2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ปั่นไฟฟ้าประเภทเจนเนอเรเตอร์.....	8
2. 3 เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก (galvanic cell or voltaic cell).....	13
2. 4 Uni-T Digital Multimeter UT33C.....	14
3. 1 รถจักรยานทั่วไป ล้อขนาด 26 นิ้ว.....	15
3. 2 รถจักรยาน BMX ล้อขนาด 20 นิ้ว.....	16
3. 3 Shimano รุ่น NEXUS HB-NX20.....	17
3. 4 ส่วนประกอบภายในก้อนแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม.....	18
3. 5 ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ก้อนแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม.....	18
3. 6 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของหลอดไฟชนิด LED.....	19
3. 7 ตัวอย่างหลอดไฟที่บรรจุหลอด LED เพื่อใช้สำหรับการส่องสว่าง.....	19
3. 8 แผนภาพทิศทางของการถ่ายเทของพลังงานในระบบการปั่นไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน.....	20
3. 9 แผนผังกิจกรรมการสร้างจักรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบ.....	21
3. 10 อุปกรณ์ปั่นไฟฟ้า Dyno hub ที่ถูกประกอบเข้ากับรถจักรยานที่ล้อหน้า.....	22
3. 11 วงจร Regulator.....	22
3. 12 จักรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.....	23
3. 13 ชุดโคมไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ได้จากรถจักรยานต้นแบบ.....	23
3. 14 วิธีการเก็บข้อมูลรถที่เข้ามาท่องเที่ยวภายในเขตอุทยาน.....	24
4.1 กราฟแสดงความต่างศักย์แปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว ปั่นด้วยความเร็ว 10 km/h.....	26
4.2 กราฟแสดงความต่างศักย์แปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว ปั่นด้วยความเร็ว 15 km/h.....	26
4.3 กราฟแสดงกระแสแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว ปั่นด้วย ความเร็ว 10 km/h.....	27
4.4 กราฟแสดงกระแสแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว ปั่นด้วย ความเร็ว 15 km/h.....	27

4.5 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h.....	28
4.6 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h.....	28
4.7 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 26 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h.....	29
4.8 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 26 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h.....	29
4.9 ประสิทธิภาพที่ได้จากการปั่นไดโน ฮับ.....	30



ลำดับสัญลักษณ์และคำย่อ

P	=	กำลัง มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt)
F	=	แรงที่กระทำ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
v	=	ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)
E_b	=	พลังงานทางกล มีหน่วยเป็นจูลหรือวัตต์ต่อวินาที (J) หรือ (w/s)
T_0	=	เวลาเริ่มต้น มีหน่วยเป็นวินาที (s)
T_f	=	เวลาสิ้นสุด มีหน่วยเป็นวินาที (s)
F_{rr}	=	แรงต้านทานการกลิ้ง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
μ_{rr}	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการกลิ้งขึ้นอยู่กับชนิดของยางและพื้นถนน
m	=	มวลรวมจักรยานและน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
g	=	ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ² (m/s ²)
F_{ad}	=	แรงต้านทานจากอากาศ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
ρ	=	ความหนาแน่นของอากาศ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(kg/m ³)
A	=	พื้นที่หน้าตัดของจักรยาน มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m ²)
C_d	=	สัมประสิทธิ์ความต้านทานอากาศ
P_{br}	=	กำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt)
P_{batt}	=	กำลังทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt)
V	=	ความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
I	=	กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
E_E	=	พลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (J)
t_1	=	เวลาเริ่ม มีหน่วยเป็นวินาที (s)
t_2	=	เวลาสิ้นสุด มีหน่วยเป็นวินาที (s)
η_{ch}	=	ประสิทธิภาพ

บทที่ 1

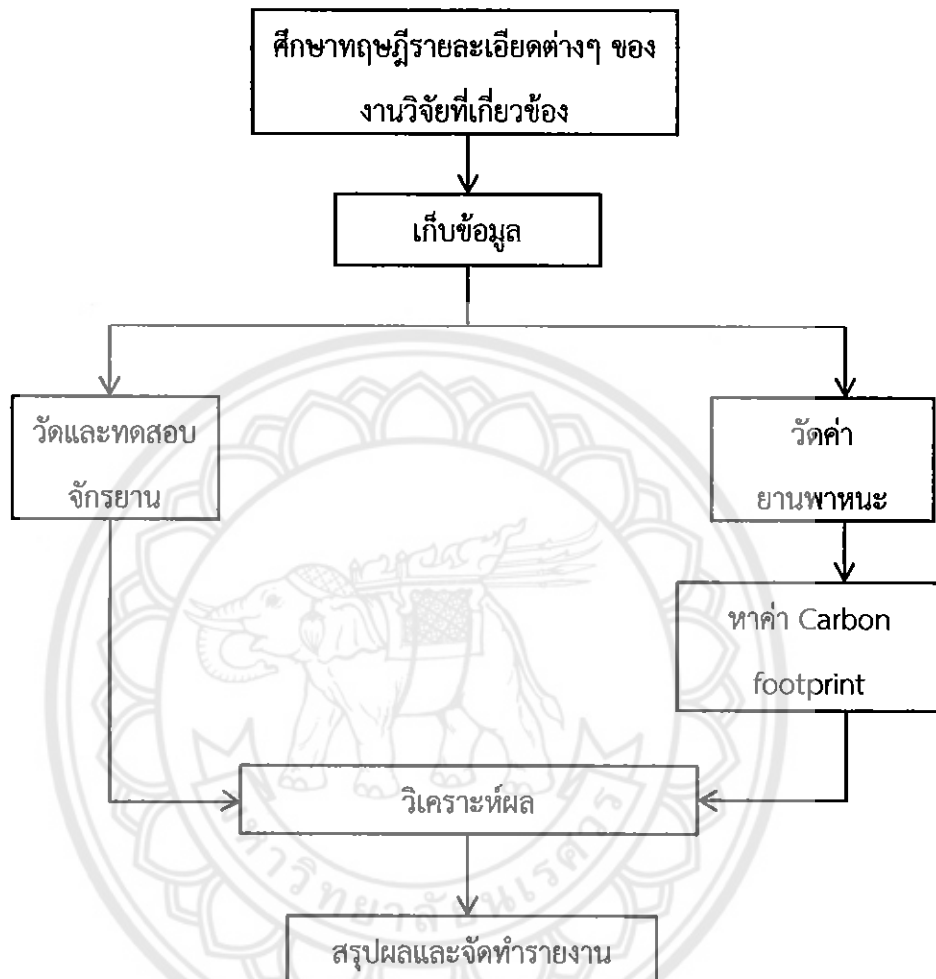
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องมาจากองค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (อพท.) มีนโยบายการพัฒนาการท่องเที่ยวด้วยการสนับสนุนการพัฒนาการท่องเที่ยวในรูปแบบ Low Carbon Tourism ซึ่งการท่องเที่ยวนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ไม่ว่าจะเป็นการเดินทางโดยใช้อยานพาหนะหลากหลายรูปแบบเช่น รถยนต์ รถโดยสาร รถมอเตอร์ไซด์ และอื่นๆอีกมากมาย ตลอดจนกิจกรรมการท่องเที่ยวต่างๆ โดยกิจกรรมหนึ่งของการท่องเที่ยวภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่สามารถลดการใช้พลังงานตามนโยบาย คือกิจกรรมปั่นจักรยานชมภายในและรอบอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยซึ่งสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้สำหรับส่องสว่างยามค่ำคืนในเขตโบราณสถานหรือเส้นทางท่องเที่ยวในบริเวณนั้น โดยเป็นการพัฒนาศักยภาพด้านการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนและส่งเสริมให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วม และในทางอ้อมก็เป็นการรณรงค์ให้นักท่องเที่ยวใช้จักรยานในเขตอุทยาน ซึ่งสามารถลดการนำรถยนต์เข้ามาใช้ในการเดินทางท่องเที่ยวอีกทางหนึ่ง

นอกจากนี้นโยบายนี้ยังสามารถลดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวอื่น อีกทั้งชุมชนโดยรอบได้มีการใช้จักรยานอยู่เป็นบางส่วนนั้น จึงสามารถนำพลังงานจากการปั่นจักรยานของกลุ่มคนเหล่านี้มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในอุทยานประวัติศาสตร์ พร้อมทั้งลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนสู่บรรยากาศจากการใช้รถยนต์ในเขตอุทยาน โดยที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนที่ออกมาจะมากขึ้นอยู่กับชนิดยานพาหนะ ระยะทางและเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนที่เกิดขึ้นได้จากการเก็บข้อมูลการใช้รถในเขตอุทยาน โดยที่นักท่องเที่ยว และชุมชนมีส่วนร่วมในนโยบาย อีกทั้งเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาให้ผู้สนใจได้ทราบและสามารถตัดสินใจเลือกใช้อยานพาหนะที่ช่วยลดพลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนสาเหตุการเกิดก๊าซเรือนกระจกได้ดียิ่งขึ้น

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน



1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการท่องเที่ยวในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

1.5.2 ทราบถึงประสิทธิภาพของการชาร์จไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน

1.7 งบประมาณที่ใช้

1.7.1 ค่าเดินทางเก็บข้อมูล 1500 บาท

1.7.2 ค่าจัดทำเอกสาร 1500 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

2.1.1 ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อันเนื่องมาจากการทำกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการเผาผลาญถ่านหิน เชื้อเพลิง การขนส่ง และการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้เป็นก๊าซที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่ส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อน คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกสูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นอากาศบริเวณใกล้ผิวโลกและน้ำในมหาสมุทร อันเนื่องมาจากภาวะเรือนกระจก เป็นสาเหตุที่ทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ภาวะโลกร้อนอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝน ระดับน้ำทะเล และมีผลกระทบต่ออย่างกว้างขวางต่อพืช สัตว์ และมนุษย์

ก๊าซเรือนกระจก เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรด ได้ดี ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ดังเช่นดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะแล้ว จะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

2.1.2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การคำนวณหาค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการวัดค่าหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการต่างๆ สามารถหาได้จากค่าตาราง

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมใดๆ (kgCO_2e) = (ระยะทาง/อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง)
 × ค่าפקเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง

2.2 ทฤษฎีการปั่นไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์เจนเนอเรเตอร์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กหรือไดโน ฮับ เป็นอุปกรณ์ปั่นไฟฟ้าที่จะติดตั้งอยู่ที่บริเวณล้อของรถจักรยาน ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยาน มีส่วนประกอบและหลักการทำงานดังนี้

2.2.1 เจนเนอเรเตอร์ (Generator)

เจนเนอเรเตอร์ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก คือ การเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการเคลื่อนที่แม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีส่วนประกอบดังนี้

ก. เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรง ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาเป็นรูปทรงกระบอกขั้วแม่เหล็ก (Pole)

ข. ขั้วแม่เหล็ก ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์วัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด จะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque)

ค. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอามเพอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

ง. แปรงถ่าน (Brushes) ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าในของแปรงมีสปริงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแส และส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์เมเจอร์ กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอก คือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ ให้ลวดอาร์เมเจอร์เกิดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

จ. แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาเมเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลานั้นจะวางอยู่บนแบร์ริง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

ฉ. แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

ช. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงที่มีลักษณะคล้ายลิ้มเพื่อให้สามารถนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก คอมมิวเตเตอร์แต่ละอันเรียกว่าซี่ และในระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่จะคั่นไว้ด้วยฉนวนหนาที่แข็งแรง ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้จะมีอยู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น

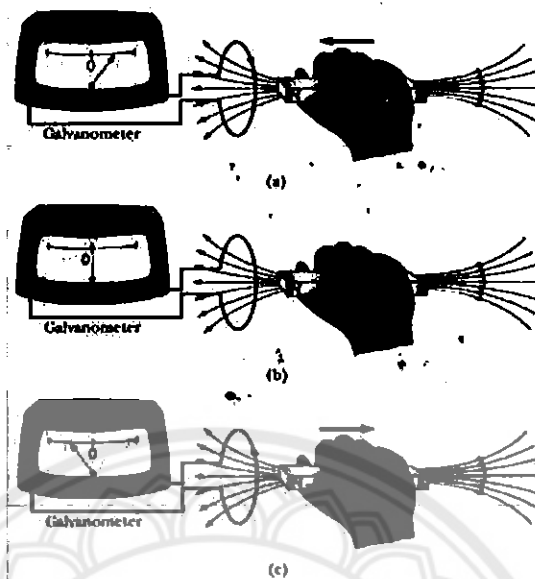
ซ. วงแหวนลื่น (slip ring) มีลักษณะเป็นวงแหวน 2 วง เมื่อขดลวดหมุนตัวจะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าวิ่งกลับไปกลับมาในวงจร อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีอยู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น

2.2.2 กฎของฟาราเดย์ (Faraday's law)

กฎของฟาราเดย์จะเกี่ยวข้องกับการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นผลจากการทดลองของ ไมเคิล ฟาราเดย์ และได้สรุปผลจากการทดลองเป็นกฎของการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ 2 ข้อคือ

กฎข้อที่ 1 เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงต่อตัวนำย้อมทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นที่ตัวนำนั้น หรือตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในตัวนำนั้นได้

กฎข้อที่ 2 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนั้นย่อมเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็ก



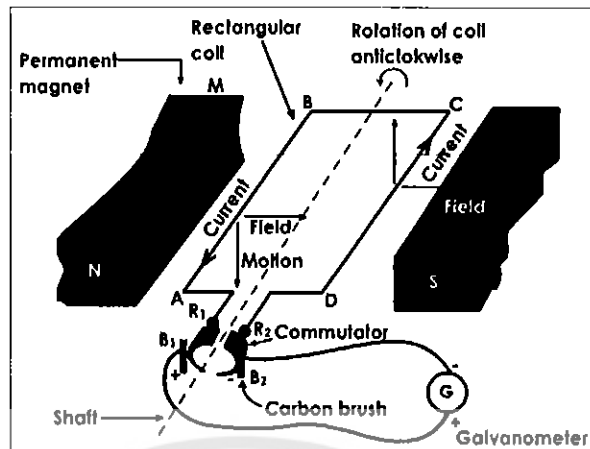
รูปที่ 2.1 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

[ที่มา: <http://www.rmutphysics.com>]

จากรูปที่ 2.1 ทำการต่อวงจรกับแอมมิเตอร์ เมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากขดลวด ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนแอมมิเตอร์จะเบนตรงข้ามข้ามกัน แต่เมื่อถือแท่งแม่เหล็กไว้กับที่พบว่าไม่มีการเบนของเข็ม ผลเหล่านี้แสดงให้เห็นความจริงที่ว่ากระแสเกิดขึ้นโดยไม่ต้องมีการต่อแบตเตอรี่ได้ โดยปกติจะเรียกกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดด้วยวิธีนี้ว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์

2.2.3 แรงดันทางไฟฟ้า

อุปกรณ์ปั่นไฟฟ้าจะทำหน้าที่กำเนิดแรงดันทางไฟฟ้าซึ่งแบ่งได้เป็นทั้งกระแสตรงและกระแสสลับดังแสดงหลักการได้ตั้งแผนภาพในรูปที่ 2.2 โดยมีหลักการคือเมื่อขดลวดเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นขดลวดที่ต่อจากขั้วบวกไปขั้วลบขึ้นได้



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ขึ้นไฟฟ้าประเภทเจนเนอเรเตอร์

[ที่มา:www.tutorvista.com]

2.2.3 หลักการทำงานของอุปกรณ์ขึ้นไฟฟ้า

การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดโน ยับนั้นมึหลักการคล้ายคลึงกันกับหลักการทำงานของทั่วไปของกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind Turbine) เมื่อมีกระแสลมพัดมาปะทะกับใบพัดของกังหันลม กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปแบบของพลังงานจลนั้ไปเป็นพลังงานกล ใบพัดเกิดการหมุนแรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านเพลากลนหมุน ทำให้เฟืองขับเคลื่อนหรือเฟืองเกียร์ที่ติดอยู่กับเพลากลนหมุนๆ ตามไปด้วย เมื่อเฟืองขับเคลื่อนของกังหันลมเกิดการหมุน จะขับเคลื่อนให้เพลากลนที่ต่อเชื่อมอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมา ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ที่ติดตั้งกังหันลม

ส่วนประกอบสำคัญๆ ของกังหันลมเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า

- ก. ใบพัด เป็นตัวรับพลังงานลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล ยึดติดกับชุดแกนหมุน และส่งแรงจากแกนหมุนไปยังเพลากลนหมุน
- ข. เพลากลนหมุน รับแรงจากแกนหมุนของใบพัดและส่งผ่านระบบเกียร์ เพื่อปรับเปลี่ยนความเร็วหมุนและขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- ค. ระบบเกียร์ เป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุน ระหว่างเพลากลนหมุนกับเพลากลนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- ง. ระบบเกียร์ เป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุน ระหว่างเพลาหมุนของ กังหัน เมื่อได้รับความเร็วลมเกินความสามารถของกังหันที่จะรับได้ และในระหว่างการซ่อม บำรุงรักษา
- จ. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำให้หน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
- ฉ. ระบบควบคุมไฟฟ้า ใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ
- ช. ห้องเครื่อง จะมีขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อกังหันลม ใช้บรรจุระบบต่างๆ ของกังหันลม เช่น ระบบเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบเบรก และระบบควบคุม
- ซ. เครื่องวัดความเร็วลม เป็นตัวชี้ขนาดของความเร็วลม จะเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์
- ฅ. เครื่องวัดทิศทางลม เป็นตัวชี้ทิศทางของลม จะเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะได้ควบคุมกลไกอื่นๆ ได้ถูกต้อง
- ญ. แกนคอกหมุนรับทิศทางลม เป็นตัวควบคุมการหมุนของห้องเครื่องเพื่อให้ใบพัดรับทิศทางลม โดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์กับเครื่องวัดทิศทางลมที่อยู่ทางด้านบนของเครื่อง
- ฎ. เสา เป็นตัวแบกรับส่วนที่เป็นตัวเครื่องที่อยู่ข้างบน และตั้งอยู่บนพื้นที่ที่ก่อสร้างอย่างถูกวิธี ตามหลักวิศวกรรม

2.3 กำลัง พลังงานและประสิทธิภาพของจักรยานปั่นไฟฟ้า

2.3.1 กำลังที่ใช้ในการปั่น (Power) คือปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

$$\text{กำลัง} = \frac{\text{งานที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้}} \quad (1)$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times s}{t} \quad (2)$$

หน่วยของกำลัง คือ J/s หรือเรียกว่า Watt (วัตต์) "W" การหากำลังของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v หาได้จากสมการ

$$P = F \times v \quad (3)$$

เมื่อ	P	คือกำลัง มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)
	F	คือแรงที่กระทำ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	v	คือความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

2.3.2 แรงต้านการเคลื่อนที่การกลิ้ง (Rolling resistance force)

แรงต้านทานส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับชนิดของยางและสภาพพื้นถนนและยังมีแรงต้านทานจากโซ่ โดยจะประมาณให้แรงต้านทานการกลิ้งนั้นคงที่และไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนเร็ว แต่จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของจักรยาน แสดงได้จากสมการ

$$F_r = \mu_r mg \quad (4)$$

เมื่อ	F_r	คือแรงต้านทานการกลิ้ง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	μ_r	คือค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการกลิ้งขึ้นอยู่กับชนิดของยางและพื้นถนน
	m	คือมวลรวมจักรยานและน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
	g	คือความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ² (m/s ²)

2.3.3 แรงต้านการเคลื่อนที่จากอากาศ (Aerodynamic drag)

เนื่องจากแรงต้านทานจากอากาศเป็นแรงต้านทานที่เกิดจากตัวจักรยานเคลื่อนที่ผ่านอากาศ ซึ่งแรงต้านทานนี้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าจักรยานและรูปร่างของจักรยาน นอกจากนั้นค่าแรงต้านอากาศยังแปรผัน ตามความเร็ว v^2 ซึ่งหมายความว่าถ้ามีการขับที่เร็วก็จะมีค่าแรงต้านอากาศเกิดขึ้นเป็นทวีคูณเช่นกัน แสดงได้จากสมการ

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \quad (5)$$

เมื่อ	F_{ad}	คือแรงต้านทานจากอากาศ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	ρ	คือความหนาแน่นของอากาศมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(kg/m ³)
	A	คือพื้นที่หน้าตัดของจักรยาน มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m ²)
	C_d	คือสัมประสิทธิ์ความต้านทานอากาศ
	v	คือความเร็วเฉลี่ยของจักรยาน มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

2.3.4 กำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน

$$P_{bi} = (F_r + F_{ad})v \quad (6)$$

เมื่อ	P_{bi}	คือกำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt)
	F_r	คือแรงต้านทานการกลิ้ง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	F_{ad}	คือแรงต้านทานจากอากาศ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	v	คือความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

2.3.5 พลังงานทางกลที่ต้องใช้ในการปั่นจักรยาน (E_b) ได้ดังสมการ

$$E_b = \int_{t_0}^{t_f} P_{bi} dt \quad (7)$$

เมื่อ	E_b	คือพลังงานทางกล มีหน่วยเป็นจูลหรือวัตต์ต่อวินาที (J) หรือ (W/s)
	T_0	คือเวลาเริ่มต้น มีหน่วยเป็นวินาที (s)
	T_f	คือเวลาสิ้นสุด มีหน่วยเป็นวินาที (s)

2.3.6 กำลังทางไฟฟ้าที่สามารถประจุได้ในแบตเตอรี่

$$P_{batt} = V \times I \quad (8)$$

เมื่อ	P_{batt}	คือกำลังทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt)
	V	คือความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
	I	คือกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

โดยที่ กำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าของการประจุแบตเตอรี่ที่ถูกกำหนดและค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ ณ เวลาใดใด โดยสามารถคำนวณพลังงานไฟฟ้า (E_e) ที่สามารถประจุทั้งหมดได้จาก

2.3.7 พลังงานไฟฟ้า

$$E_E = \int_{t_1}^{t_2} P_{\text{batt}}(t) dt \quad (9)$$

เมื่อ	E_E	คือพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (J)
	t_1	คือเวลาเริ่ม มีหน่วยเป็นวินาที (s)
	t_2	คือเวลาสิ้นสุด มีหน่วยเป็นวินาที (s)

2.3.8 ประสิทธิภาพที่ได้จากการปั่นไดโน ฮับ

$$\eta_{\text{dy}} = \frac{\text{output power}}{\text{input power}} \quad (10)$$

$$\eta_{\text{dy}} = \frac{P_{\text{batt}}}{P_{\text{bi}}} \quad (11)$$

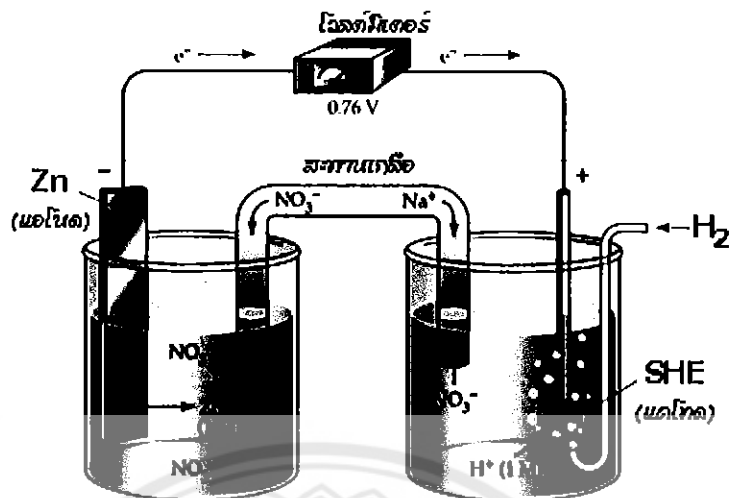
2.4 ทฤษฎีการเกิดกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่

ถ่าน NiMH เป็นเซลล์ไฟฟ้าแบบทุติยภูมิ (Secondary Cell) เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าหมดแล้วสามารถนำไปประจุ ไฟฟ้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก หลักการเกิดกระแสไฟฟ้า

เซลล์ไฟฟ้าเคมีมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ขั้วไฟฟ้า เป็นขั้วโลหะ 2 ชนิด ที่เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วสามารถให้และรับอิเล็กตรอน ได้ต่างกัน โดยขั้วหนึ่งจะให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าทำหน้าที่เป็นขั้วลบ และขั้วที่รับอิเล็กตรอนได้ดีกว่าจะทำหน้าที่เป็นขั้วบวก

2. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ เช่น สารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจาง



รูปที่ 2.3 เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก (galvanic cell or voltaic cell)

[ที่มา:<https://chemistryteachbypim.wordpress.com>]

จากรูปที่ 2.3 ระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นที่ขั้วแอโนด Zn จะค่อย ๆ กร่อนแล้วเกิดเป็น Zn^{2+} ละลายลงในสารละลายที่มี Zn^{2+} และ SO_4^{2-} ส่วนที่ขั้วแคโทด Cu^{2+} จากสารละลายเกิดปฏิกิริยารีดักชันกลายเป็นอะตอมของทองแดงเกาะอยู่ที่ผิวของขั้วไฟฟ้า เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจะพบว่าในครึ่งเซลล์ออกซิเดชันสารละลายจะมีประจุบวก (Zn^{2+}) มากกว่าประจุลบ (SO_4^{2-}) และในครึ่งเซลล์รีดักชันสารละลายจะมีประจุลบ (SO_4^{2-}) มากกว่าประจุบวก (Cu^{2+}) จึงเกิดความไม่สมดุลทางไฟฟ้าขึ้น ปัญหานี้สามารถที่จะแก้ไขได้โดยการใช้ สะพานเกลือ (salt bridge) เชื่อมต่อระหว่างสองครึ่งเซลล์ ซึ่งสะพานเกลือทำจากหลอดแก้วรูปตัวยู ภายในบรรจุอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารในเซลล์และมีไอออนบวก ไอออนลบเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียงกัน หรือทำจากกระดาษกรองชุบอิเล็กโทรไลต์ โดยสะพานเกลือทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่เชื่อมต่อระหว่างครึ่งเซลล์ทั้งสอง และเป็นสิ่งที่ป้องกันการเกิดการสะสมของประจุโดยไอออนบวกจากสะพานเกลือจะเคลื่อนที่ไปยังครึ่งเซลล์ที่มีประจุลบมาก ในทางตรงกันข้ามไอออนลบก็จะเคลื่อนที่ไปยังครึ่งเซลล์ที่มีประจุบวก จึงทำให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปได้ในเวลาที่มากขึ้น

และเนื่องจากครึ่งเซลล์ทั้งสองเชื่อมต่อกับวงจรภายนอก ครึ่งเซลล์ที่มีศักย์รีดักชันสูงกว่าจะเกิดรีดักชัน และครึ่งเซลล์ที่มีศักย์รีดักชันต่ำกว่าจะ(ถูกบังคับให้)เกิดออกซิเดชัน ความต่างศักย์ระหว่างอิเล็กโทรดนี้ เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force: emf) และมีหน่วยเป็นโวลต์ (volt)

2.5 อัตราการเก็บประจุไฟฟ้า

อัตราการเก็บประจุไฟฟ้า อัตราการเก็บประจุไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า ซีเรต (Crate) ใช้ในการคำนวณหาเวลาในการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ขนาด 12 V 10 Ah ที่ 1 Crate หมายความว่าจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ที่ 10 A เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือ 0.5 Crate หมายความว่า จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ที่ 5 A เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือ 0.1 Crate หมายความว่า จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ที่ 1 A เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เป็นต้น

2.6 เครื่องมือวัด

2.4.1 มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter)

มัลติมิเตอร์ เป็นมิเตอร์ใช้วัดปริมาณไฟฟ้าได้หลายชนิดถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ปริมาณไฟฟ้าที่วัดได้ เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า และวัดปริมาณไฟฟ้าอื่น ๆ นอกจากนี้ยังสามารถวัดปริมาณกระแสสลับ วัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ วัดความจุไฟฟ้าและตรวจสอบไดโอด



รูปที่ 2.4 Uni-T Digital Multimeter UT33C
[ที่มา:<http://www.uni-trend.com/ut33c.html>]

บทที่ 3

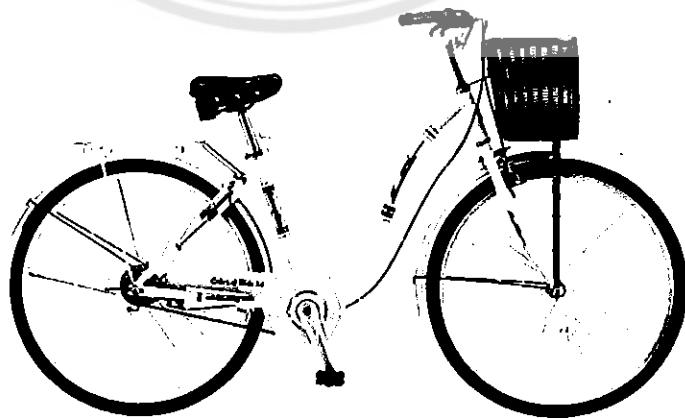
วิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษาหลักการดำเนินงานของไดโน ฮับ ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์วัดค่ากระแสและแรงดัน พร้อมทั้งเตรียมทดสอบการชาร์จไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

3.1 การติดตั้ง

3.1.1 รถจักรยานที่ใช้ในการทดสอบ
ในการทดสอบจะใช้จักรยาน 2 ขนาด ดังต่อไปนี้

ก. จักรยานทั่วไป (Utility bicycles) จักรยานประเภทนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานทั่วไป เช่น ไปจ่ายตลาด, ใช้ไปทำงาน และใช้งานทั่วไป ลักษณะของจักรยานชนิดนี้ โดยส่วนมากจะถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่มีพืงชันมากมาย เพื่อง่ายต่อการบำรุงรักษา บางยี่ห้ออาจจะเพิ่มส่วนประกอบต่างๆเข้าไป เช่น เกียร์, ไฟส่องสว่าง, บังโคลน, หน้า และ หลัง โดยทั่วไปแล้วจักรยานประเภทนี้ราคาจะไม่แพงมาก บุคคลคนทั่วไปสามารถหาซื้อมาเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน



รูปที่ 3.1 รถจักรยานทั่วไป ล้อขนาด 26 นิ้ว

[ที่มา:<http://www.lapakkred.com>]

จักรยานชนิดทั่วไป ยี่ห้อ LA CL 26012/13 โครงรถทำมาจาก อัลลอยด์ 6061 ขนาดล้อ 26 นิ้ว น้ำหนัก 16.3 กิโลกรัม

ข. จักรยาน BMX หรือ “Bicycle motocross” เป็นจักรยานที่ส่วนมากจะรู้จักกันเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นจักรยาน วิชาที่ใช้ได้ทุกสภาพถนน ตั้งแต่ทางเรียบไปจนถึงทางวิบาก มีความแข็งแรง แข็งแกร่งมาก ปัจจุบันนิยมใช้เป็นจักรยานสำหรับกีฬาผาดโผนหรือ extreme sport

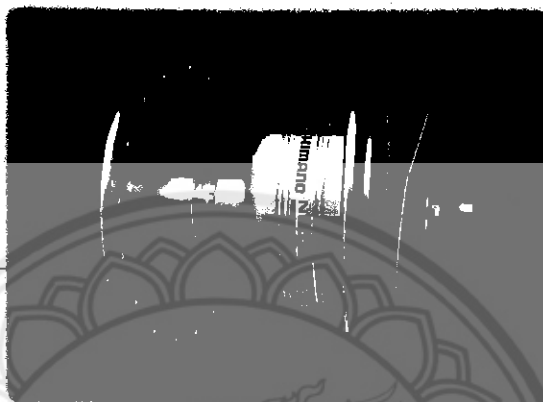


รูปที่ 3.2 รถจักรยาน BMX ล้อขนาด 20 นิ้ว
[ที่มา:<http://www.thesincharoenbike.com>]

รถจักรยาน BMX ยี่ห้อ LA BENTEN ปี 2013 โครงรถเป็น Hi-Tensile Steel ล้ออลูมิเนียม ขนาด 20 นิ้ว น้ำหนัก 14 กิโลกรัม

3.1.2 ไดโน ฮับ

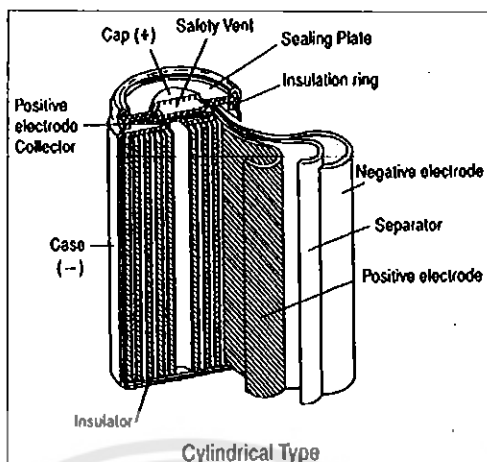
ไดโน ฮับ (Dyno hub) ยี่ห้อ Shimano รุ่น NEXUS HB-NX20 ขนาด 6 volt 2.4 Watt เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ติดตั้งที่ศูนย์กลางล้อหน้าของจักรยาน



รูปที่ 3.3 Shimano รุ่น NEXUS HB-NX20
[ที่มา:<http://www.ebay.de/itm>]

3.1.3 แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบ

ในโครงการสร้างจักรยานปั่นไฟฟ้านี้ได้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิด นิเกิล-เมทัลไฮดราย (Ni-MH) (รูปที่ 3.4) เนื่องจากเป็นแบตเตอรี่ที่สามารถกักเก็บพลังงานไฟฟ้าได้สูง ประจุพลังงานได้ในจำนวนที่มากกว่าครั้งละมากๆ ได้กว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น มีน้ำหนักที่ไม่มาก รวมทั้งมีราคาที่ไม่แพง สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด มีความปลอดภัยและทนทานในการใช้งานค่อนข้างสูงทำให้มีอายุการใช้งานที่นาน (มีวัฏจักร การประจุ-การปล่อยประจุที่สูง) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 อย่างไรก็ตามการแปรผันของแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่นี้อาจเกิดขึ้นในการขี่จักรยานเพื่อปั่นไฟฟ้าซึ่งอาจส่งผลให้มีการแปรผันของระดับพลังงานไฟฟ้าที่ได้ในการปั่นจักรยานแต่ละครั้ง



รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบภายในก้อนแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-เมทัลไฮดรไร

[ที่มา: <http://www.fpbattery.com/>]

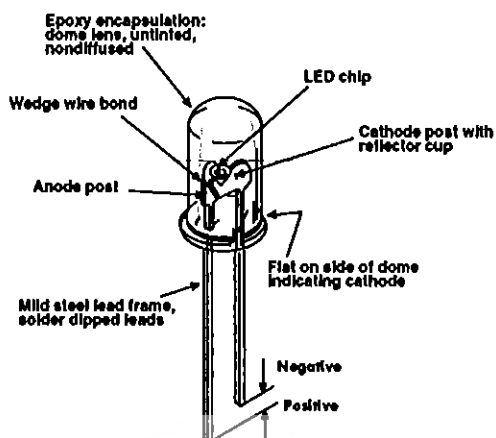


รูปที่ 3.5 ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ก้อนแบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-เมทัลไฮดรไร

[ที่มา: <http://act-battery.en.alibaba.com/>]

3.1.4 อุปกรณ์กำเนิดแสง LED (Light Emitting Diode)

LED เป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงได้ในขณะที่มันกำลังนำกระแส โดยจะนำกระแสได้เมื่อมีความดันตกคร่อมตัวมันตั้งแต่ 2-5 โวลต์ กระแสที่ไหลผ่านจะอยู่ระหว่าง 5-30 มิลลิแอมป์ ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.6 โดยมีให้เลือกใช้งานได้หลายแสงสี สำหรับโครงการนี้ หลอด LED ชนิดสีขาวที่ให้แสงสว่างมากถูกนำมาใช้ประกอบเข้ากันเป็นหลอดไฟ สำหรับการส่องสว่าง (รูปที่ 3.7)



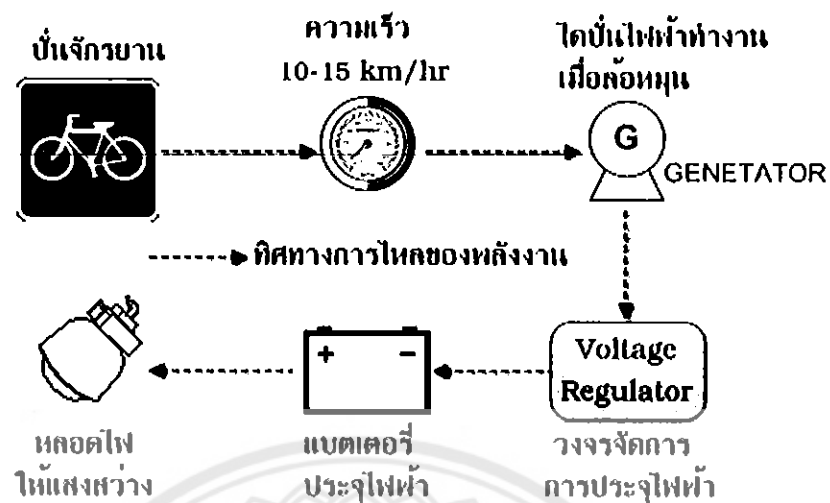
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของหลอดไฟชนิด LED
[ที่มา:www.electroschematics.com]



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างหลอดไฟที่บรรจุหลอด LED เพื่อใช้สำหรับการส่องสว่าง
[ที่มา:www.bravolight.com]

3.2 รูปแบบของระบบของการปั่นไฟฟ้าจากการปั่นจักรยาน

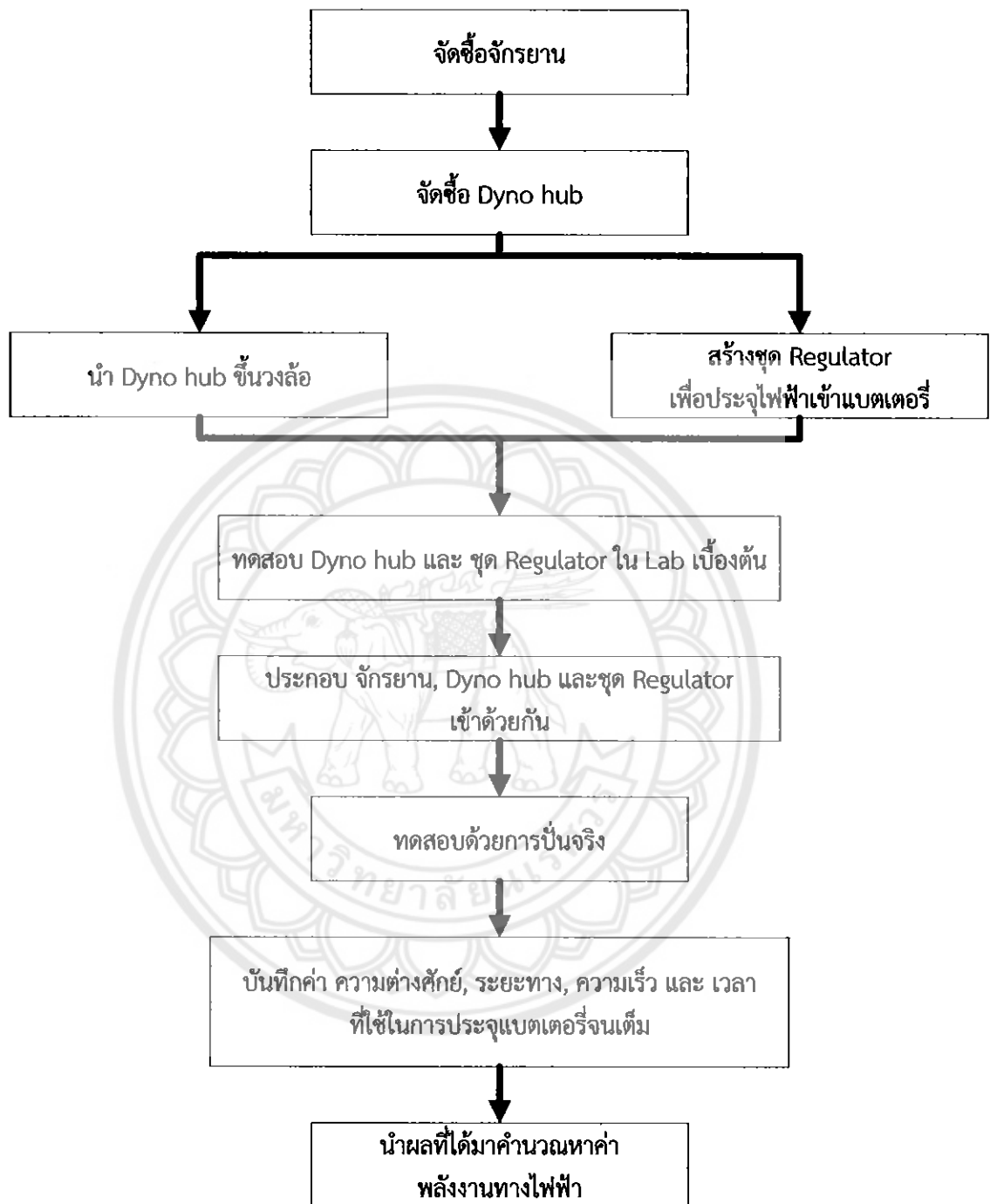
อัตราการถ่ายเทของพลังงานจะเริ่มจากการปั่นจักรยานที่ความเร็ว 10 -15 km/hr เพื่อสร้างพลังงานทางกลโดยพลังงานจลน์ที่เกิดจากการหมุนที่ล้อก็就会被เปลี่ยนรูปแบบของพลังงานตามทฤษฎีของการปั่นไฟฟ้าโดยอุปกรณ์ เจนเนอเรเตอร์ ระหว่างนี้ก็มีการสูญเสียพลังงานไปบางส่วนจากความร้อนและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเช่นกัน จากนั้นพลังงานไฟฟ้าจะถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยผ่านวงจรกำหนดแรงดันไฟฟ้า (voltage regulator) เมื่อมีการประจุไฟฟ้าเสร็จสิ้น ก้อนแบตเตอรี่ก็จะถูกนำไปเป็นแหล่งพลังงานสำหรับหลอดไฟ LED เพื่อให้แสงสว่างตามแผนภาพในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงทิศทางการถ่ายเทของพลังงานในระบบการปั่นไฟฟ้าโดยการปั่นจักรยาน

3.3 กระบวนการสร้างจักรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบ

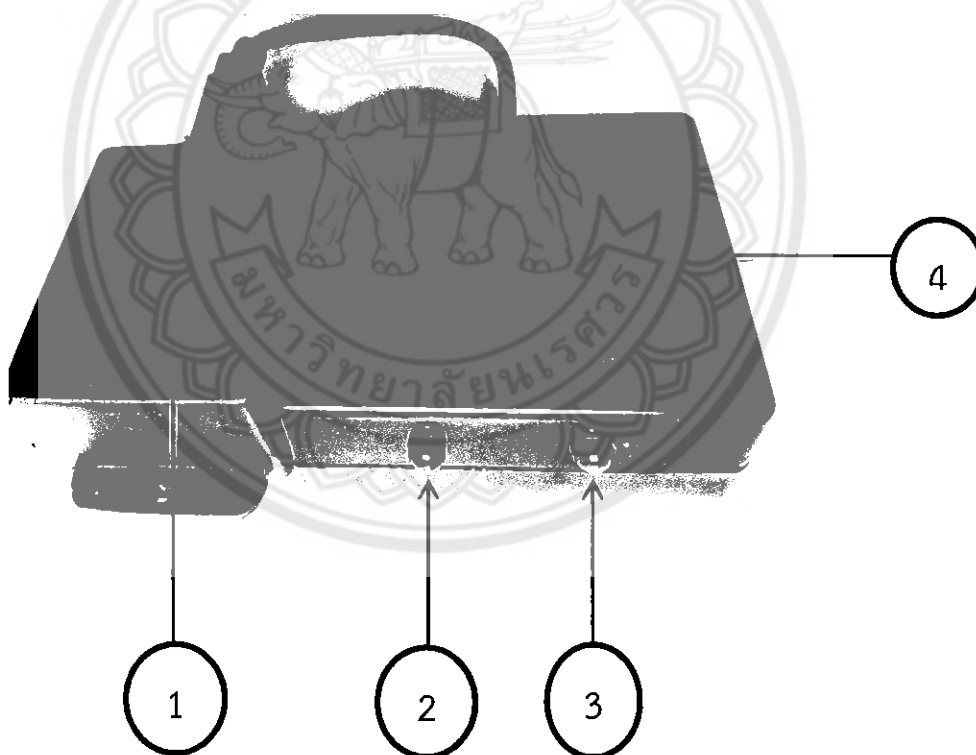
ได้มีการดำเนินโครงการจนสามารถสร้างรถจักรยานปั่นไฟฟ้าโดยมีรายละเอียดแสดงขั้นตอนและกระบวนการสร้างจักรยานต้นแบบตามรูปที่ 3.9 ดังนี้ โดยทำการจัดซื้อจักรยานโดยเลือกจักรยานที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว (รูปที่ 3.2 และ 3.1 ตามลำดับ) และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องคือ ชุดอุปกรณ์ปั่นไฟฟ้าที่ล้อ (Dyna hub) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ทำการประกอบชุดปั่นไฟฟ้าที่ล้อหน้า ตามรูปที่ 3.10 และสร้างวงจรกำหนดการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ (รูปที่ 3.11) โดยแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบตเตอรี่ขนาด AA ซึ่งมีความจุ 1500 mAh จำนวน 2 ก้อนต่ออนุกรมกัน ทำให้มีความต่างศักย์สูงสุดที่ 2.7 โวลต์ จากนั้นทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์แต่ละส่วน และประกอบชุดปั่นไฟฟ้าและประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่กับล้อและโครงของจักรยาน (รูปที่ 3.12) ทำการทดสอบระบบการทำงานโดยทำการทดลองปั่นจริงที่ความเร็วใน 10 และ 15 km/hr และใช้เวลาในการปั่น 2 ชั่วโมง โดยทำการบันทึกค่าของตัวแปรจากการปั่นจักรยาน ได้แก่ ความเร็ว ระยะทาง เวลา และตัวแปรจากการประจุแบตเตอรี่เพื่อนำมาคำนวณหาค่าพลังงานที่เกิดขึ้นจากการปั่นไฟฟ้าและการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่เพื่อนำไปเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคมไฟส่องสว่างที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรองตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.9 แผนผังกิจกรรมการสร้างจกัรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบ

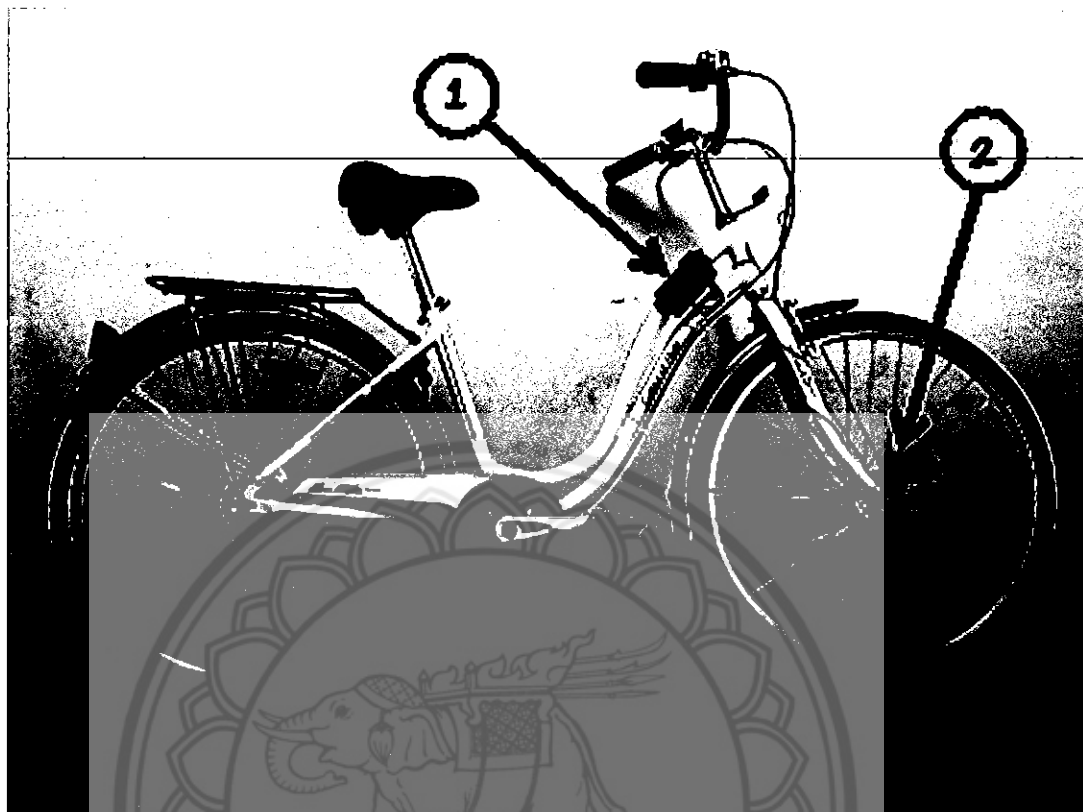


รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ปั่นไฟฟ้า Dyno hub ที่ถูกประกอบเข้ากับรถจักรยานที่ล้อหน้า



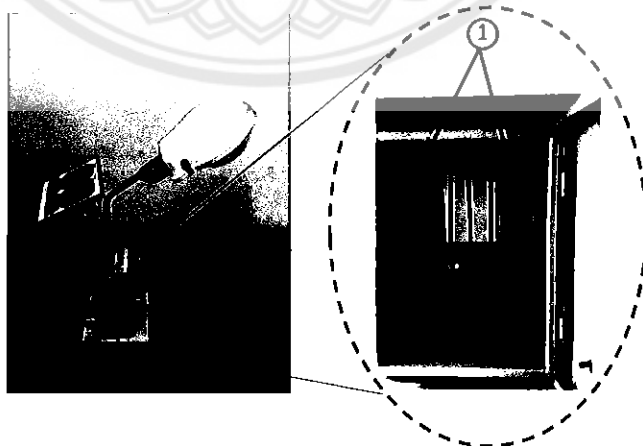
รูปที่ 3.11 วงจร Regulator

โดยหมายเลข 1 คือแบตเตอรี่ หมายเลข 2 คือ LED สีแดงแสดงสถานะกำลังประจุไฟฟ้า หมายเลข 3 คือ LED สีเขียวแสดงสถานะประจุไฟฟ้าเต็มแบตเตอรี่ หมายเลข 4 คือวงจร Regulator



รูปที่ 3. 12 จักรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

โดยหมายเลข 1 คือชุดแบตเตอรี่และชุด Regulator และหมายเลข 2 คือ อุปกรณ์ปั่นไฟฟ้าแบบ Dyno hub



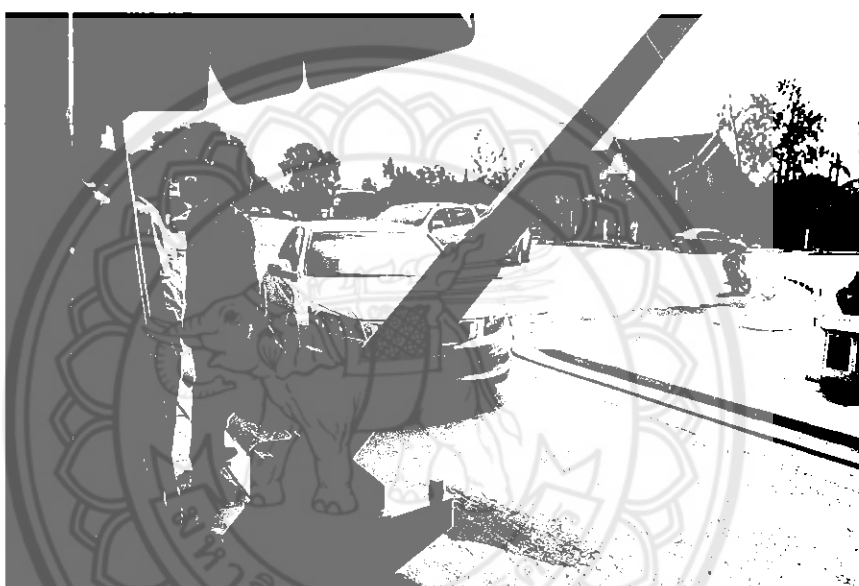
รูปที่ 3.13 ชุดโคมไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ได้จากรถจักรยานต้นแบบ

โดยหมายเลข 1 คือชุดแบตเตอรี่ที่ใช้จ่ายพลังงานให้แก่โคมไฟส่องสว่าง

3.4 วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.4.1 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลปริมาณรถที่เข้ามาที่ท่องเที่ยวภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย โดยวิธีการบันทึกจำนวนรถที่เข้ามาภายในอุทยาน ซึ่งจะทำการบันทึกบริเวณจุดจำหน่ายบัตรเข้าภายในเขตอุทยาน โดยมีการจำแนก ชนิดรถและชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้



รูปที่ 3.14 วิธีการเก็บข้อมูลรถที่เข้ามาท่องเที่ยวภายในเขตอุทยาน

3.4.2 วิธีการคำนวณ

สมมติฐานในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

- ก. ให้ระยะทางในการท่องเที่ยวภายในเขตอุทยานมีระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร
- ข. ให้ขนาดของรถในแต่ละชนิดที่ใช้ในการคำนวณเป็นขนาดเฉลี่ยของชนิดนั้นๆ
- ค. ให้การคำนวณรถที่ใช้ก๊าซเชื้อเพลิงเป็น ก๊าซ CNG ทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบจักรยานปั่นไฟฟ้า

4.1 ผลการทดสอบจักรยานปั่นไฟฟ้า

4.1.1 พลังงานที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

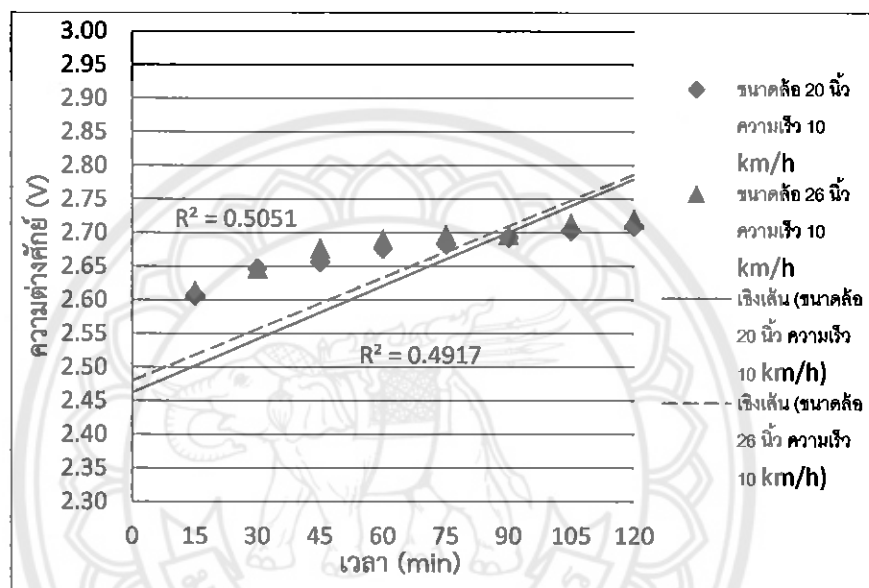
ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์พลังงานที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

ความเร็ว (km/h)	ขนาดล้อ (inch)	เวลาที่ใช้ (min)	กำลังที่ได้ (w)	พลังงานที่ได้ (J)
10	20	120	11.171	80431.2
10	26	120	11.297	81338.4
15	20	120	30.135	216972.0
15	26	120	30.324	218332.8

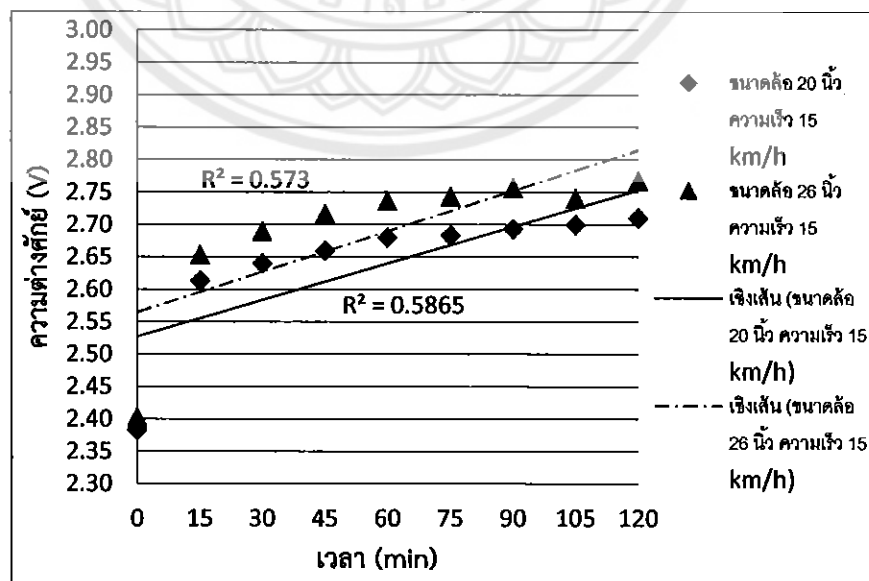
จากข้อมูลการทดสอบการปั่นจักรยานสามารถนำมาคำนวณหาค่ากำลังและพลังงานที่ต้องใช้ในการปั่นจักรยานที่ความเร็ว 10 และ 15 km/h ตามสมการที่ 6 และ 7 พบว่าเมื่อใช้ความเร็วเดียวกันแต่ใช้จักรยานขนาดต่างกันกำลังและพลังงานที่ได้จะใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการเพิ่มความเร็วพบว่ากำลังที่ได้จะมากขึ้น อย่างไรก็ตามก็ต้องออกแรงในการปั่นจักรยานมากขึ้นเช่นเดียวกัน และจากการคำนวณยังพบอีกว่าขนาดล้อไม่มีผลต่อกำลังที่ได้

4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

จากการทดสอบวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบจักรยานปั่นไฟฟ้าขนาดต่างๆ ที่ความเร็ว 10 และ 15 km/h พบว่ามีค่าความต่างศักย์ค่อนข้างคงที่โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.7 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2

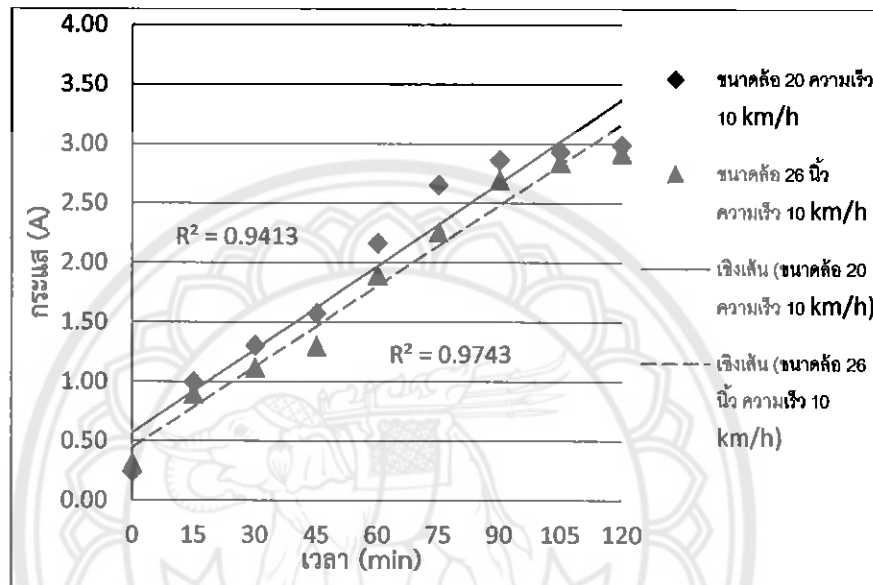


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความต่างศักย์แปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อย 20 และ 26 นิ้ว
ปั่นด้วยความเร็ว 10 km/h

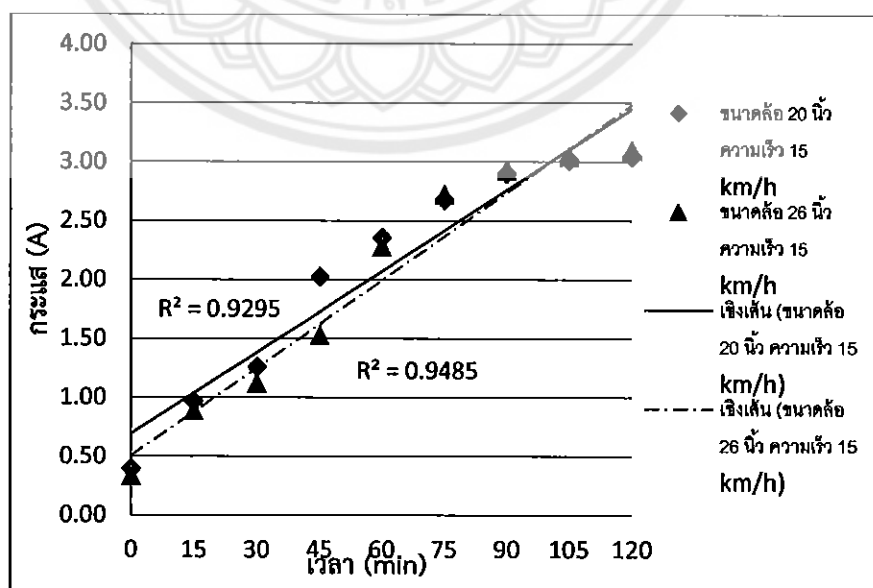


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความต่างศักย์แปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อย 20 และ 26 นิ้ว
ปั่นด้วยความเร็ว 15 km/h

จากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ถูกประจุเข้าแบตเตอรี่ในการปั่นจักรยานขนาดต่างๆ ที่ความเร็ว 10 และ 15 km/h พบว่า กระแสจะถูกกำหนดให้เพิ่มในลักษณะเชิงเส้นในช่วง 0.5 ถึง 3 A และมีค่า R square เฉลี่ยอยู่ที่ 0.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเวลาที่มีผลต่อการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4

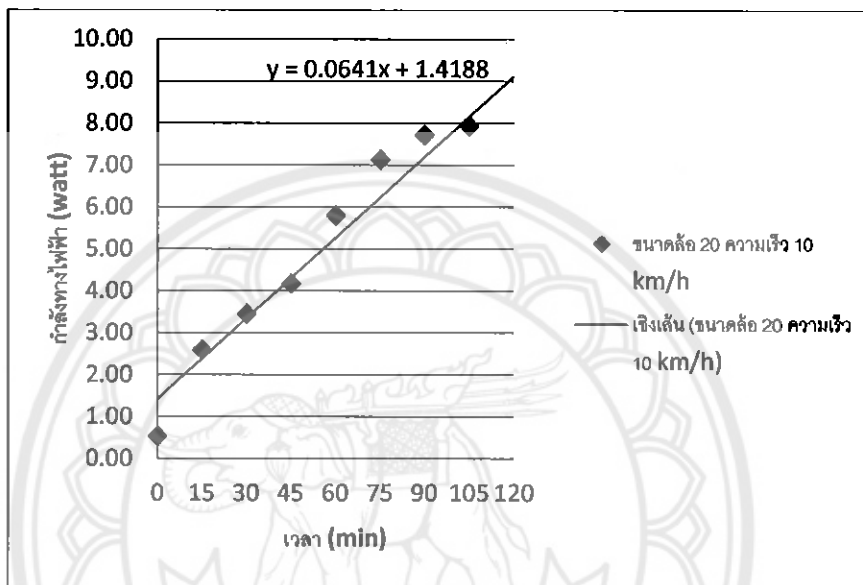


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงกระแสแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว ปั่น ด้วยความเร็ว 10 km/h

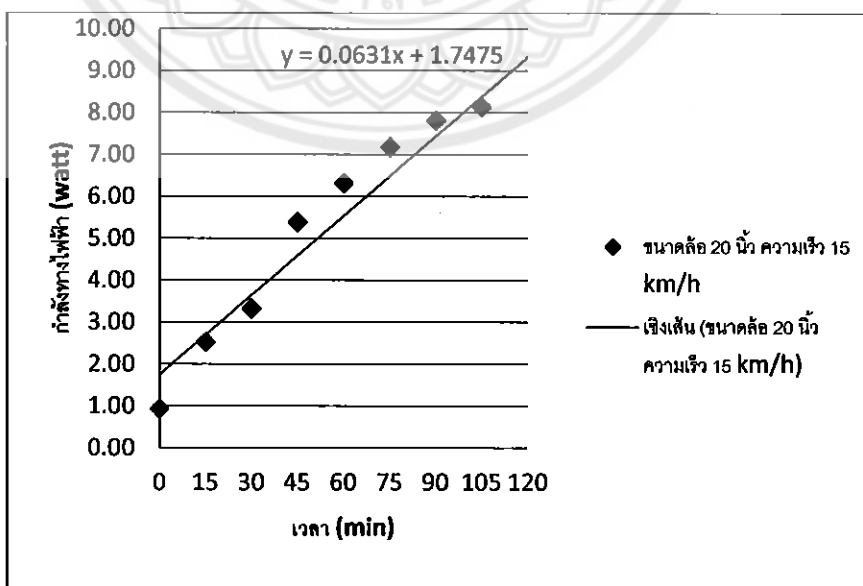


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงกระแสแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 และ 26 นิ้ว ปั่น ด้วยความเร็ว 15 km/h

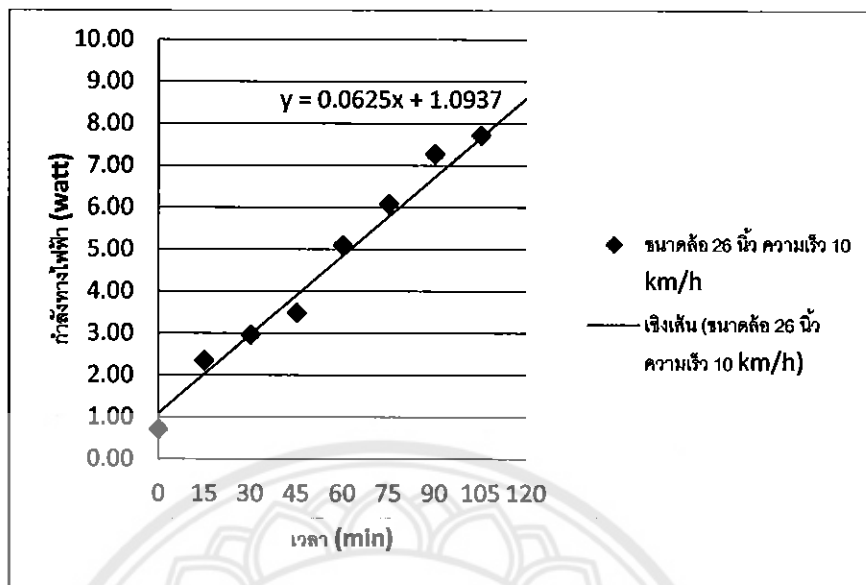
จากผลการเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานสามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ได้ใช้สมการกำลังทางไฟฟ้า สมการที่ 8 ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 - 4.8 พบว่ามีลักษณะที่เป็นเชิงเส้นเหมือนกันทุกกรณี จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ประจุอยู่ในแบตเตอรี่ โดยใช้วิธีการหาพื้นที่ใต้กราฟ ซึ่งจะแสดงผลการคำนวณในตารางที่ 4.2



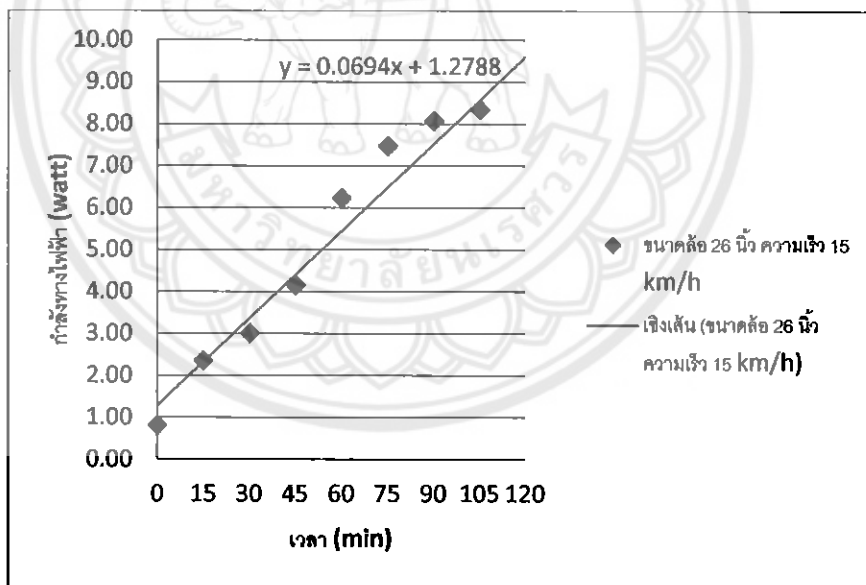
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 26 นิ้ว
ความเร็ว 10 km/h



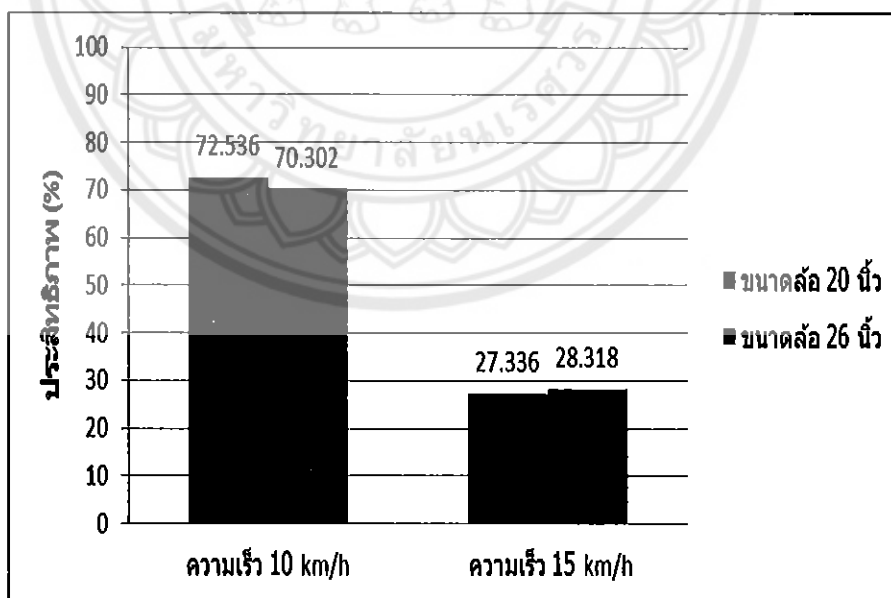
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงกำลังทางไฟฟ้าแปรผันกับเวลาของจักรยานปั่นไฟฟ้าที่มีขนาดล้อ 26 นิ้ว
ความเร็ว 15 km/h

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรและผลที่ได้จากการทดสอบการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

ความเร็ว (km/h)	ขนาดล้อ (inch)	เวลาที่ใช้ (min)	ความต่างศักย์สูงสุด (V)	กระแสไฟฟ้าสูงสุด (A)	กำลังสูงสุด (W)	พลังงานไฟฟ้า (W · hr)
10	20	120	2.71	2.99	8.103	10.53
10	26	120	2.72	2.92	7.942	9.69
15	20	120	2.71	3.04	8.238	11.07
15	26	120	2.77	3.10	8.587	10.89

จากการทดสอบการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้าพบว่า การปั่นจักรยานที่ความเร็ว 10 และ 15 km/h ให้ค่าความต่างศักย์ใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.7 V และกระแสที่ได้ก็ไม่ต่างกันมากนักโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3 A และจากการคำนวณยังพบอีกว่าความเร็วและขนาดล้อที่ต่างกันจะให้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันเฉลี่ยอยู่ที่ 10 W · hr ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการนำไปใช้ส่องสว่างในช่วงกลางคืน

4.1.3 ประสิทธิภาพที่ได้จากการปั่นไดโน ฮับ



รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพที่ได้จากการปั่นไดโน ฮับ

จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าการปั่นจักรยานขนาดล้อ 20 และ 26 ที่ความเร็ว 10 km/h ให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียง โดยมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 70-72 % แต่เมื่อเพิ่มความเร็วในการปั่นที่ 15 km/h ประสิทธิภาพที่ได้ลดลงถึง 40-45 % เป็นผลมาจากการใช้กำลังในการปั่นไดโน ฮับมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพที่ได้ลดลง

4.2 ผลการเก็บข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

4.2.1 ข้อมูลการใช้รถภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

จากการเก็บข้อมูลปริมาณรถที่เข้าไปภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย สามารถสรุปจำนวนยานพาหนะที่เข้าไปภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ตั้งแต่วันที่ 9.00 – 17.00 น. ของวันเสาร์ที่ 23 และ วันอาทิตย์ที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ.2556

ตารางที่ 4.3 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณรถที่เข้าไปภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

ประเภทรถ	จำนวน (คัน)		รวม (คัน)
	วันเสาร์ที่ 23 พ.ย. 2556	วันอาทิตย์ที่ 24 พ.ย. 2556	
รถตู้(ดีเซล)	12	16	28
รถตู้(CNG)	5	2	7
รถกระบะส่วนบุคคล(ดีเซล)	63	84	147
รถยนต์(เบนซิน)	72	78	150
รถยนต์(CNG)	13	5	18
รถจักรยานยนต์	207	224	431
รถสามล้อ	3	11	14
รวม			795

จากตารางที่ 4.3 พบว่ารถส่วนใหญ่ที่เข้ามาในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยได้แก่รถจักรยานยนต์ รถยนต์(เบนซิน) และรถกระบะส่วนบุคคล(ดีเซล) โดยรถจักรยานยนต์มีจำนวน 431 คัน คิดเป็นร้อยละ 54.21 รถยนต์(เบนซิน)มีจำนวน 150 คัน คิดเป็นร้อยละ 18.87 และรถกระบะส่วนบุคคล(ดีเซล) มีจำนวน 147 คัน คิดเป็นร้อยละ 18.50

4.2.2 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนของรถที่ใช้ภายในเขตอุทยานช่วงวันหยุดใน 1 ปี โดยนำข้อมูลจากตารางที่ 4.3 มาคำนวณซึ่งแสดงผลการคำนวณในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนของรถที่ใช้ภายในเขตอุทยาน

ประเภทรถ	ปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อปี (kgCO ₂ /year)
รถตู้(ดีเซล)	1958.107
รถตู้(CNG)	343.544
รถกระบะส่วนบุคคล(ดีเซล)	9440.970
รถยนต์(เบนซิน)	5784.617
รถยนต์(CNG)	883.398
รถจักรยานยนต์	6518.751
รถสามล้อ	336.104
รวม	25265.491

จากตารางที่ 4.4 พบว่ารถกระบะส่วนบุคคล(ดีเซล) รถจักรยานยนต์ และรถยนต์(เบนซิน) มีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 37.367 , 25.801 และ 22.895 ตามลำดับ โดยรถตู้(CNG) และรถสามล้อ มีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 1.360 และ 1.330 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบมีความเป็นไปได้ในการนำจักรยานมาใช้สำหรับการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานของอุปกรณ์ส่องสว่างได้ โดยใช้ความเร็วในการทดสอบ 10 และ 15 km/hr ในระยะเวลาการปั่นประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งจะสามารถสร้างพลังงานจากการปั่นที่เพียงพอต่อการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ โดยที่แบตเตอรี่ที่ใช้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 10 W·hr ต่อจักรยานหนึ่งคัน

นอกจากนี้หากใช้จักรยานแทนรถยนต์ในการท่องเที่ยวจะช่วยให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 25.265 tonCO₂/year ยังช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 1.9875 kW·hr ต่อสัปดาห์ หรือ 103.35 kW·hr ต่อปี และในการพัฒนาสู่การใช้งานจริงในอนาคตจะคำนึงถึงความทนทานในการใช้งาน การซ่อมแซมและดูแลรักษา รวมทั้งการออกแบบรูปลักษณ์เพื่อการใช้งานจริงให้ได้อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อไป

5.2.1 เพิ่มความจุของแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มการประจุพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่และสามารถนำกำลังไฟฟ้าที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น

5.2.2 ด้านการเก็บข้อมูลรถที่เข้ามาท่องเที่ยวภายในเขตอุทยานประวัติศาสตร์ ควรสุ่มเก็บในหลายๆช่วงเวลา เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

5.2.3 มีการเพิ่มระบบแสดงค่าของกระแสไฟฟ้าหรือค่าความต่างศักย์เข้าไปในตลอดช่วงของการปั่นจักรยาน เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการอ่านค่าได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุตร จำลองกุล 2545. พลังงานหมุนเวียน. โอเอส. พรินต์ติ้ง เฮ้าส์
กรุงเทพมหานคร
- วรรณช แจงสว่าง. 2551. พลังงานหมุนเวียน Renewable Energy. แอคทีฟ พรินท์ จำกัด
E. (Erich), Hau. (2006). Wind turbine: fundamentals, technologies, application,
economics. Springer
- ไชยชาญ ทินเกิด. (2552). เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง. (11). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคม
ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Layton, Julia. (2006) How Wind Power Works. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2557, จาก
<http://science.howstuffworks.com/>
- วัชรพงศ์ กรงกรด (2554). การหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรม
ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. วิทยานิพนธ์ ศศ.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,
กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2556, จาก
<http://dcms.thailis.or.th/>
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2555). สถานบริการสาธารณสุขกับการ
ประเมิน Carbon Footprint. องค์การส่งเสริมสุขภาพอนามัย: สำนักงานกิจการโรง
พิมพ์.
- กฎของฟาราเดย์. สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556, จาก
<http://www.academia.edu/>
- งานและพลังงาน. สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556, จาก
<http://work-energyphysics.blogspot.com/>
- Drag Coefficient. สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556, จาก
<http://www.engineeringtoolbox.com/>
- Rolling Resistance. สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556, จาก
<http://www.engineeringtoolbox.com/>
- สุวัฒน์ หนูคีรี. (16 พฤศจิกายน 2551). ไดนาโม. สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2556, จาก
<http://www.neutron.rmutphysics.com/>
- Dynamo hub neo conversion again. สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2556, จาก
<http://www.gotwind.org/>

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

เทคโนโลยีกักทันตสมัยใหม่: กักทันตแบบเพลาอน, สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2556, จาก

<http://www.tpa.or.th/>







ตารางที่ ก.1 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ (kgCO ₂ e/kg)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	หมายเหตุ
แก๊สธรรมชาติ (ใช้ค่าจากกรม)				
แก๊สธรรมชาติ	MJ	0.0090	Ecoinvent 2.0	
แก๊สธรรมชาติ	scf	0.0670	IPCC	
แก๊สหุงต้ม (LPG)	MJ	0.0612	Frankin US 98	File: LCI data source
แก๊สหุงต้ม (LPG)	L	1.6812	IPCC	
แก๊สหุงต้ม (LPG)	kg	3.1100	IPCC	Conversion from litter to kilogram
ถ่านหิน (coking coal)	kg	2.6268	IPCC	IPCC2007
ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite)	kg	1.0624	IPCC	
ถ่านหินชนิดอื่น ๆ	kg	2.5070	IPCC	
ดีเซล	L	2.7080	IPCC 2007, DEDE	use calorific value from DEDE
น้ำมันเตา	Kg	0.6200	LCA DK	
น้ำมันเตา	MJ	0.0926	EcoInvent 2.0	File: LCI data source
น้ำมันเตา	L	3.0883	IPCC	
น้ำมันก๊าด (Kerosene)	L	2.4777	IPCC	
สารชีวมวล (Biomass)	Kg	0.6930	IPCC	
แก๊สธรรมชาติ (ใช้ค่าจากกรม)				
ดีเซล	L	2.7446	IPCC	
แก๊สธรรมชาติ (CNG)	Kg	2.2472	IPCC	
แก๊สหุงต้ม (LPG)	L	1.5362	IPCC	
แก๊สหุงต้ม (LPG)	Kg	2.8400	IPCC	
เบนซิน	L	2.1896	IPCC	use calorific value from DEDE
แก๊สโซฮอล์ (Gasohol)	L	ให้ใช้ค่าแฟกเตอร์ของเบนซินในการคำนวณ		
ไบโอดีเซล	L	2.6265	U.S. Energy Information Administration	US Conversion Factor
ไฟฟ้า				
ไฟฟ้า	kWh	0.5610	TC Common data	
แก๊สเรือนกระจก				
R-22 (HCFC-22)	Kg	1810	World Meteorological Org, 2006	GWP
R-134	Kg	1300	IPCC, 2007	GWP

ตารางที่ ก.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆ

ประเภทรถ/ชนิด	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	หมายเหตุ
รถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc)	เบนซิน	km/L	17.770	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc)	เบนซิน	km/L	15.238	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถยนต์ขนาดกลาง (1800 cc)	เบนซิน	km/L	13.706	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถยนต์ขนาดใหญ่(2000 cc)	เบนซิน	km/L	12.248	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	14.763	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	ดีเซล	km/L	6.369	American Petroleum Institute, 2004	
รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน	ดีเซล	km/L	11.111	American Petroleum Institute, 2004	
รถ NGV	CNG	km/kg	11.905	American Petroleum Institute, 2004	
รถ LPG	LPG	km/L	8.029	American Petroleum Institute, 2004	
รถตู้โดยสาร	ดีเซล	km/L	10.204	American Petroleum Institute, 2004	
รถโดยสารประจำทาง	ดีเซล	km/L	2.850	American Petroleum Institute, 2004	
รถจักรยานยนต์4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 125 cc	เบนซิน	km/L	38.626	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถจักรยานยนต์4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 125 cc	เบนซิน	km/L	38.655	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถจักรยานยนต์2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 120cc	เบนซิน	km/L	37.245	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถจักรยานยนต์2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 150cc	เบนซิน	km/L	27.625	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถจักรยานยนต์4 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	37.640	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	
รถจักรยานยนต์2 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	32.435	กรมควบคุมมลพิษ, 2551	



ตารางที่ ข.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการกลิ้งของจักรยานยนต์กับถนนประเภทต่างๆ

Rolling Resistance Coefficient		
μ_r	c_r (mm)	
0.001 - 0.002	0.5	railroad steel wheels on steel rails
0.001		bicycle tire on wooden track
0.002 - 0.005		low resistance tubeless tires
0.002		bicycle tire on concrete
0.004		bicycle tire on asphalt road
0.005		dirty tram rails
0.006 - 0.01		truck tire on asphalt
0.008		bicycle tire on rough paved road
0.01 - 0.015		ordinary car tires on concrete
0.03		car tires on tar or asphalt
0.04 - 0.08		car tire on solid sand
0.2 - 0.4		car tire on loose sand

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานอากาศของวัตถุชนิดต่างๆ

Type of Object	Drag Coefficient - C_d -	Frontal Area - A - (ft ²)
Laminar flat plate (Re=106)	0.001	
Dolphin	0.0036	wetted area
Turbulent flat plate (Re=106)	0.005	
Subsonic Transport Aircraft	0.012	
Supersonic Fighter, M=2.5	0.016	
Streamline body	0.04	$\pi / 4d^2$
Airplane wing, normal position	0.05	
Long stream-lined body	0.1	
Airplane wing, stalled	0.15	
Modern Car like Toyota Prius	0.26	frontal area
Sports Car, sloping rear	0.2 - 0.3	frontal area
Common Car like Opel Vectra (class C)	0.29	frontal area
Hollow semi-sphere facing stream	0.38	
Bird	0.4	frontal area
Solid Hemisphere	0.42	$\pi / 4d^2$
Sphere	0.5	
Saloon Car, stepped rear	0.4 - 0.5	frontal area
Convertible, open top	0.6 - 0.7	frontal area
Bus	0.6 - 0.8	frontal area
Old Car like a T-ford	0.7 - 0.9	frontal area
Cube	0.8	s^2

Bike racing	0.88	3.9
Bicycle	0.9	
Tractor Trailed Truck	0.96	frontal area
Truck	0.8 - 1.0	frontal area
Person standing	1.0 – 1.3	
Bicycle Upright Commuter	1.1	5.5
Thin Disk	1.1	$\pi / 4d^2$
Solid Hemisphere flow normal to flat side	1.17	$\pi / 4d^2$
Squared flat plate at 90 deg	1.17	
Wires and cables	1.0 - 1.3	
Person (upright position)	1.0 - 1.3	
Hollow semi-cylinder opposite stream	1.2	
Ski jumper	1.2 - 1.3	
Hollow semi-sphere opposite stream	1.42	
Passenger Train	1.8	frontal area
Motorcycle and rider	1.8	frontal area
Long flat plate at 90 deg	1.98	
Rectangular box	2.1	



ตาราง ค.1 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h

ครั้งที่	เวลา(M)			ระยะทาง(km)			ความเร็วเฉลี่ย(km/h)			ความต่างศักย์(V)			กระแสไฟฟ้า(A)			น้ำหนัก (kg)	กำลัง	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3			
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.28	0.11	0.24	60	0.54
2	15.05	15.12	15.07	15.08	2.58	2.63	2.66	2.62	10.20	10.40	10.60	10.40	2.60	2.60	2.62	2.61	60	2.60
3	30.07	30.10	30.15	30.11	5.11	5.25	5.35	5.24	10.20	10.40	10.60	10.40	2.62	2.65	2.67	2.65	60	3.45
4	45.11	45.02	45.06	45.06	7.66	7.85	7.94	7.82	10.10	10.40	10.50	10.33	2.63	2.67	2.67	2.66	60	4.18
5	60.08	60.00	60.07	60.05	10.26	10.42	10.53	10.40	10.20	10.40	10.50	10.37	2.66	2.68	2.69	2.68	60	5.80
6	75.09	75.14	75.07	75.10	12.83	13.01	13.12	12.99	10.20	10.30	10.40	10.30	2.67	2.68	2.70	2.68	60	7.13
7	90.07	90.10	90.08	90.08	15.41	15.66	15.75	15.61	10.20	10.40	10.40	10.33	2.68	2.69	2.71	2.69	60	7.72
8	105.03	105.06	105.07	105.05	18.06	18.22	18.39	18.22	10.30	10.40	10.50	10.40	2.69	2.71	2.71	2.70	60	7.93
9	120.16	120.03	120.05	120.08	20.66	20.81	21.11	20.86	10.30	10.40	10.50	10.40	2.70	2.72	2.71	2.71	60	8.10

ตาราง ค.2 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 20 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h

ครั้งที่	เวลา(M)			ระยะทาง(km)			ความเร็วเฉลี่ย(km/h)			ความต่างศักย์(V)			กระแสไฟฟ้า(A)			น้ำหนัก (kg)	กำลัง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3			เฉลี่ย			
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.26	2.46	2.43	2.38	0.54	0.18	0.39	60	0.94
2	15.05	15.09	15.11	15.08	3.79	3.90	3.87	3.85	15.10	15.50	15.30	15.30	2.60	2.63	2.61	2.61	0.85	1.03	1.02	60	2.53
3	30.07	30.02	30.09	30.06	7.56	7.71	7.73	7.67	15.00	15.40	15.40	15.27	2.62	2.65	2.65	2.64	0.92	1.40	1.46	60	3.33
4	45.11	45.04	45.09	45.08	11.38	11.57	11.59	11.51	15.10	15.40	15.40	15.30	2.63	2.69	2.66	2.66	1.05	2.45	2.57	60	5.38
5	60.09	60.06	60.09	60.08	15.16	15.43	15.42	15.34	15.10	15.40	15.40	15.30	2.65	2.70	2.69	2.68	1.46	2.68	2.93	60	6.32
6	75.13	75.06	75.09	75.09	19.00	19.23	19.23	19.15	15.10	15.30	15.30	15.23	2.64	2.70	2.71	2.68	2.20	2.82	3.01	60	7.18
7	90.19	90.12	90.17	90.16	22.85	23.06	23.12	23.01	15.10	15.30	15.30	15.23	2.65	2.71	2.72	2.69	2.79	2.92	2.99	60	7.81
8	105.10	105.13	105.07	105.10	26.45	26.88	26.86	26.73	15.00	15.30	15.30	15.20	2.66	2.72	2.72	2.70	3.01	2.98	3.05	60	8.14
9	120.05	120.05	120.02	120.04	30.02	30.68	30.66	30.45	15.00	15.30	15.30	15.20	2.67	2.72	2.74	2.71	3.05	3.02	3.06	60	8.25

ตาราง ค.3 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 26 นิ้ว ความเร็ว 10 km/h

ครั้งที่	เวลา(M)			ระยะทาง(km)			ความเร็วเฉลี่ย(km/h)			ความต่างศักย์(V)			กระแสไฟฟ้า(A)			น้ำหนัก(kg)	กำลัง				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย						
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40	10.40	10.40	2.26	2.31	2.18	0.31	0.42	0.22	0.32	60	0.71
2	15.08	15.05	15.07	2.52	2.51	2.63	2.55	9.90	10.20	10.40	10.17	10.17	2.62	2.60	2.62	0.67	0.92	1.10	0.90	60	2.34
3	30.08	30.05	30.08	5.03	5.16	5.28	5.16	10.00	10.20	10.40	10.20	10.20	2.65	2.64	2.65	1.07	0.99	1.30	1.12	60	2.96
4	45.12	45.06	45.07	7.54	7.72	7.85	7.70	10.00	10.20	10.40	10.20	10.20	2.67	2.67	2.69	1.43	1.02	1.45	1.30	60	3.48
5	60.07	60.04	60.06	10.11	10.29	10.48	10.29	10.00	10.20	10.40	10.20	10.20	2.68	2.68	2.71	1.92	1.66	2.11	1.90	60	5.10
6	75.08	75.13	75.08	12.63	12.83	13.02	12.83	10.00	10.20	10.40	10.20	10.20	2.69	2.68	2.72	2.28	1.93	2.56	2.26	60	6.09
7	90.15	90.07	90.11	15.18	15.42	15.61	15.40	10.00	10.20	10.30	10.17	10.17	2.69	2.69	2.71	2.77	2.51	2.81	2.70	60	7.27
8	105.13	105.11	105.10	17.78	17.94	18.20	17.97	10.10	10.20	10.30	10.20	10.20	2.71	2.70	2.73	2.78	2.73	3.02	2.84	60	7.71
9	120.23	120.09	120.12	20.44	20.51	20.91	20.62	10.10	10.20	10.30	10.20	10.20	2.71	2.71	2.74	2.82	2.80	3.14	2.92	60	7.94

ตาราง ค.4 ผลการทดสอบ ขนาดล้อ 26 นิ้ว ความเร็ว 15 km/h

ครั้งที่	เวลา(M)			ระยะทาง(km)			ความเร็วเฉลี่ย(km/h)			ความต่างศักย์(V)			กระแสไฟฟ้า(A)			น้ำหนัก(kg)	กำลัง	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3			
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.32	0.46	0.34	0.81	
2	15.05	15.01	15.07	15.04	3.79	3.84	3.81	3.81	15.10	15.00	15.10	15.07	2.62	2.66	2.68	2.65	0.91	2.35
3	30.07	30.34	30.06	30.16	7.56	7.60	7.62	7.59	15.00	14.90	15.20	15.03	2.65	2.72	2.70	2.69	1.02	3.01
4	45.11	45.07	45.13	45.10	11.38	11.41	11.42	11.40	15.10	15.00	15.10	15.07	2.67	2.75	2.73	2.72	1.66	4.16
5	60.09	60.07	60.09	60.08	15.16	15.20	15.18	15.18	15.10	15.00	15.10	15.07	2.69	2.77	2.75	2.74	2.65	6.23
6	75.13	75.07	75.03	75.08	19.00	18.96	18.91	18.96	15.10	15.00	15.10	15.07	2.71	2.76	2.76	2.74	2.97	7.47
7	90.19	90.15	90.13	90.16	22.85	22.71	22.72	22.76	15.10	15.00	15.00	15.03	2.72	2.79	2.76	2.76	2.98	8.08
8	105.10	105.14	105.10	105.11	26.45	26.47	26.38	26.43	15.00	14.90	15.00	14.97	2.73	2.73	2.76	2.74	2.99	8.35
9	120.05	120.10	120.06	120.07	30.02	30.27	30.11	30.13	15.00	15.00	15.00	15.00	2.74	2.81	2.75	2.77	3.11	8.57



การคำนวณพลังงานไฟฟ้า

ที่ความเร็ว 10 km/h

1. ขนาดล้อ 20 นิ้ว

$$y = 0.0641x + 1.4188$$

$$E_E = \int_{t_1}^{t_2} P_{\text{batt}}(t) dt$$

$$E_E = \int_0^{120} 0.0641x + 1.4188 dx$$

$$E_E = 631.78 \text{ W} \cdot \text{min}$$

$$E_E = 10.53 \text{ W} \cdot \text{hr}$$

2. ขนาดล้อ 26 นิ้ว

$$y = 0.0625x + 1.0937$$

$$E_E = \int_{t_1}^{t_2} P_{\text{batt}}(t) dt$$

$$E_E = \int_0^{120} 0.0625x + 1.0937 dx$$

$$E_E = 581.24 \text{ W} \cdot \text{min}$$

$$E_E = 9.69 \text{ W} \cdot \text{hr}$$

ที่ความเร็ว 15 km/h

1. ขนาดล้อ 20 นิ้ว

$$y=0.0631x+1.7475$$

$$E_E = \int_{t_1}^{t_2} P_{\text{batt}}(t) dt$$

$$E_E = \int_0^{120} 0.0631x+1.7475 dx$$

$$E_E = 664.02 \text{ W} \cdot \text{min}$$

$$E_E = 11.067 \text{ W} \cdot \text{hr}$$

2. ขนาดล้อ 26 นิ้ว

$$y=0.0694x+1.2788$$

$$E_E = \int_{t_1}^{t_2} P_{\text{batt}}(t) dt$$

$$E_E = \int_0^{120} 0.0694x+1.2788 dx$$

$$E_E = 653.136 \text{ W} \cdot \text{min}$$

$$E_E = 10.886 \text{ W} \cdot \text{hr}$$

ตาราง ค่าตัวแปรและผลที่ได้จากการทดสอบการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

ความเร็ว (km/h)	ขนาดล้อ (inch)	เวลาที่ใช้ (min)	ความต่าง ศักย์สูงสุด (V)	กระแสไฟฟ้า สูงสุด (A)	กำลังสูงสุด (W)	พลังงาน ไฟฟ้า (W.hr)
10	20	120	2.71	2.99	8.103	10.53
10	26	120	2.72	2.92	7.942	9.69
15	20	120	2.71	3.04	8.238	11.07
15	26	120	2.77	3.10	8.587	10.89

การหาค่าลังที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

หาได้จากสมการ

$$P_{bi} = \left(\mu_r mg + \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \right) v$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} \mu_r &= 0.002 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ \rho &= 1.23 \text{ kg/m}^3 \\ C_d &= 0.9 \end{aligned}$$

ให้ผู้ทดสอบที่มีน้ำหนัก 60 kg และจักรยานที่มีขนาดล้อ 20 นิ้ว มีน้ำหนัก 14 kg ปั่นด้วยความเร็ว 10 และ 15 km/h และมีพื้นที่หน้าตัดของจักรยานเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 m^2

ที่ความเร็ว 10 km/h

$$P_{bi} = \left(\mu_r mg + \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \right) v$$

$$P_{bi} = \left((0.002 \times 74 \times 9.81) + \left(\frac{1}{2} \times 1.23 \times 0.6 \times 0.9 \times 2.78^2 \right) \right) 2.78$$

$$P_{bi} = 11.171 \text{ W}$$

นำค่าลังที่ได้มาหาพลังงานที่ใช้ในการปั่น

$$E_b = \int_{t_0}^{t_f} P_{bi} dt$$

$$E_b = \int_0^{7200} 11.171 dt$$

$$E_b = 80431.2 \text{ J}$$

ที่ความเร็ว 15 km/h

$$P_{bi} = \left(\mu_r mg + \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \right) v$$

$$P_{bi} = \left((0.002 \times 74 \times 9.81) + \left(\frac{1}{2} \times 1.23 \times 0.6 \times 0.9 \times 4.17^2 \right) \right) 4.17$$

$$P_{bi} = 30.135 \text{ W}$$

นำกำลังที่ได้มาหาพลังงานที่ใช้ในการปั่น

$$E_b = \int_{t_0}^{t_f} P_{bi} dt$$

$$E_b = \int_0^{7200} 30.135 dt$$

$$E_b = 216972 \text{ J}$$

ให้ผู้ทดสอบที่มีน้ำหนัก 60 kg และจักรยานที่มีขนาดล้อ 26 นิ้ว มีน้ำหนัก 16.3 kg ปั่นด้วยความเร็ว 10 และ 15 km/h และมีพื้นที่หน้าตัดของจักรยานเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 m²

ที่ความเร็ว 10 km/h

$$P_{bi} = \left(\mu_r mg + \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \right) v$$

$$P_{bi} = \left((0.002 \times 76.3 \times 9.81) + \left(\frac{1}{2} \times 1.23 \times 0.6 \times 0.9 \times 2.78^2 \right) \right) 2.78$$

$$P_{bi} = 11.297 \text{ W}$$

นำกำลังที่ได้มาหาพลังงานที่ใช้ในการปั่น

$$E_b = \int_{t_0}^{t_f} P_{bi} dt$$

$$E_b = \int_0^{7200} 11.297 dt$$

$$E_b = 81338.4 \text{ J}$$

ที่ความเร็ว 15 km/h

$$P_{bi} = \left(\mu_r mg + \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \right) v$$

$$P_{bi} = \left((0.002 \times 76.3 \times 9.81) + \left(\frac{1}{2} \times 1.23 \times 0.6 \times 0.9 \times 4.17^2 \right) \right) 4.17$$

$$P_{bi} = 30.324 \text{ W}$$

นำกำลังที่ได้มาหาพลังงานที่ใช้ในการปั่น

$$E_b = \int_{t_0}^{t_r} P_{bi} dt$$

$$E_b = \int_0^{7200} 30.324 dt$$

$$E_b = 218332.8 \text{ J}$$

ตาราง การวิเคราะห์พลังงานที่ได้จากการปั่นจักรยานปั่นไฟฟ้า

ความเร็ว (km/h)	ขนาดล้อ (inch)	เวลาที่ใช้ (min)	กำลังที่ได้ (w)	พลังงานที่ได้ (J)
10	20	120	11.171	80431.2
10	26	120	11.297	81338.4
15	20	120	30.135	216972.0
15	26	120	30.324	218332.8

ประสิทธิภาพที่ได้จากจักรยานปั่นไดโน ฮับ

หาได้จาก

$$\eta_{dy} = \frac{\text{output power}}{\text{input power}}$$

$$\eta_{dy} = \frac{P_{batt}}{P_{bi}}$$

ที่ความเร็ว 10 km/h ขนาดล้อ 20 inch

$$\eta_{dy} = \frac{P_{batt}}{P_{bi}} \times 100$$

$$\eta_{dy} = \frac{8.103}{11.171} \times 100$$

$$\eta_{dy} = 72.536\%$$

ที่ความเร็ว 15 km/h ขนาดล้อ 20 inch

$$\eta_{dy} = \frac{P_{batt}}{P_{bi}} \times 100$$

$$\eta_{dy} = \frac{8.238}{30.135} \times 100$$

$$\eta_{dy} = 27.336\%$$

ที่ความเร็ว 10 km/h ขนาดล้อ 26 inch

$$\eta_{dy} = \frac{P_{batt}}{P_{bi}} \times 100$$

$$\eta_{dy} = \frac{7.942}{11.297} \times 100$$

$$\eta_{dy} = 70.302\%$$

ที่ความเร็ว 15 km/h ขนาดล้อ 26 inch

$$\eta_{dy} = \frac{P_{batt}}{P_{bi}} \times 100$$

$$\eta_{dy} = \frac{8.587}{30.324} \times 100$$

$$\eta_{dy} = 28.318\%$$

การคำนวณค่า carbon footprint

Carbon footprint = (ระยะทาง/อัตราการใช้เชื้อเพลิง) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อย
ก๊าซเรือนกระจก แยกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง

รถตู้ (ดีเซล)

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{10.204} \times 2.7446 = 1.345 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$1.344865 \times 28 = 37.656 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$37.6559 \times 52 = 1958.107 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

รถตู้ (CNG)

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{11.905} \times 2.2472 = 0.944 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$0.943805 \times 7 = 6.607 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$6.60661 \times 52 = 343.544 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

รถกระบะส่วนบุคคล(ดีเซล)

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{11.111} \times 2.7446 = 1.235 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$1.23508 \times 147 = 181.557 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$181.5571 \times 52 = 9440.969 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

รถยนต์(เบนซิน)

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{14.763} \times 2.1896 = 0.742 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$0.74158 \times 150 = 111.243 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$111.242628 \times 52 = 5784.617 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

รถยนต์(CNG)

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{11.905} \times 2.2472 = 0.944 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$0.943805 \times 18 = 16.988 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$16.9884275 \times 52 = 883.398 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

รถจักรยานยนต์

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{37.640} \times 2.1896 = 0.291 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$0.2908608 \times 431 = 125.361 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$125.3606 \times 52 = 6518.751 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

รถสามล้อ

$$\text{Carbon footprint} = \frac{5}{37.640} \times 2.1896 = 0.291 \text{ kgCO}_2$$

นำค่า Carbon footprint ที่ได้ มาคูณกับจำนวนยานพาหนะ

$$0.2908608 \times 14 = 4.072 \text{ kgCO}_2$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเวลา 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี จะได้ ค่า carbon footprint เท่ากับ

$$4.0720385 \times 52 = 336.104 \text{ kgCO}_2 / \text{year}$$

ดังนั้น ปริมาณการปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใน 1 ปี ของยานพาหนะ ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย มีจำนวนถึง

$$1958.107 + 343.544 + 9440.969 + 5784.617 + 883.398 + 6518.751 + 336.104 = 25,265.49$$

kgCO₂ / year หรือเท่ากับ 25 tonCO₂ / year

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

- ชื่อ นายธนิช ชมภู
- ภูมิลำเนา 46 หมู่ 5 ต.ยางตาล อ.โกรกพระ จ.นครสวรรค์ 60170
- วันเดือนปีเกิด 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2535
- ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีนครสวรรค์
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- Email tharnwin@live.com
-
- ชื่อ นางสาวลลิตา ยอดด้วง
- ภูมิลำเนา 604 หมู่ 1 ต.สลกบาตร อ.ขามเฒ่า จ.กำแพงเพชร 62140
- วันเดือนปีเกิด 16 ตุลาคม พ.ศ.2534
- ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนครสวรรค์
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- Email mslum_tg@hotmail.com
-
- ชื่อ นายอัสมิ ดือราบู
- ภูมิลำเนา 80 ม.4 ต.อุโบะบายะ อ.ยิงอ จ.นราธิวาส 96180
- วันเดือนปีเกิด 8 มีนาคม พ.ศ.2534
- ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอัสสัมชัญอิสลามียะห์
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- Email asm.me16@gmail.com