

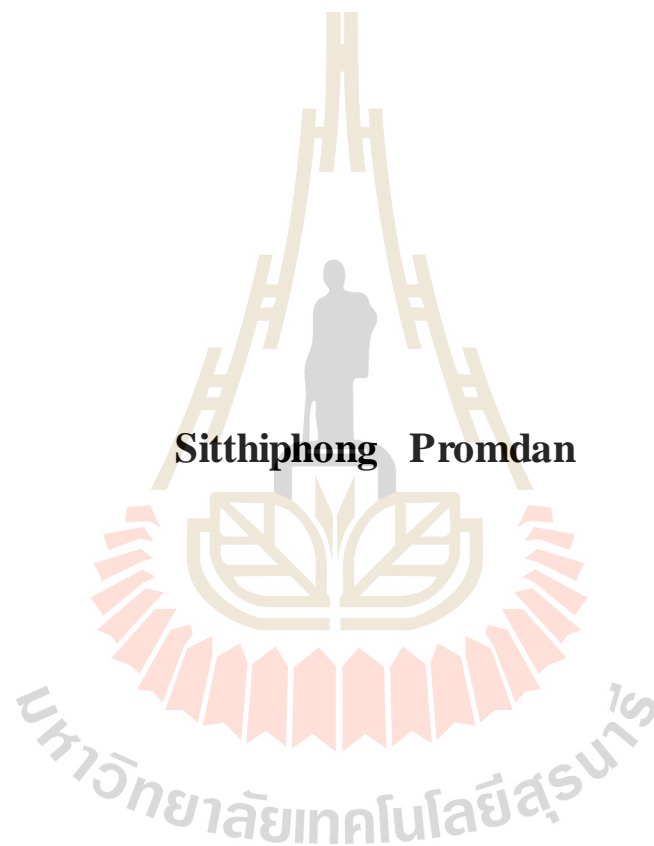
การพัฒนาต้นชะลอคความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า



นายสิทธิพงษ์ พรหมแดน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2559

**DEVELOPMENT OF SPEED BUMPER TO PRODUCE
THE ELECTRICITY**



Sitthiphong Promdan

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2016**

การพัฒนาต้นชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร. กীরติ สุกฤษณ์)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร. ชีพิต วัฒนชัย)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร. จิระพล ศรีเสวีผล)

กรรมการ

(ผศ. ดร. สุกกิจ รูปจันทร์)

กรรมการ

(อ. ดร. ชวิชัย จารวงศ์วิทยา)

กรรมการ

(ศ. ดร. ชุกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สิทธิพงษ์ พรหมแดน : การพัฒนาสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

(DEVELOPMENT OF SPEED BUMPER TO PRODUCE THE ELECTRICITY)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ธีทัต คลวิชัย, 93 หน้า

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทำการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความเร็วรอบเมื่อต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 สำหรับปริมาณรถจักรยานยนต์หนานแน่นปกติ กรณีที่ 2 สำหรับปริมาณรถจักรยานยนต์หนานแน่นปานกลาง และกรณีที่ 3 สำหรับปริมาณรถจักรยานยนต์หนานแน่นสูง

ผลการทดลองพบว่า กรณีที่ 1 ปริมาณไฟฟ้าที่ได้มีศักยภาพในการประจุแบตเตอรี่ได้ แต่แรงดันไฟฟ้าไม่มีความต่อเนื่อง จึงไม่มีเสถียรภาพในการประจุ ส่วนกรณีที่ 2 และ 3 มีความเป็นไปได้ในการประจุไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ามีความต่อเนื่องมากกว่า เมื่อพิจารณานำค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยมาใช้คำนวณเวลาในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ 4.5 แอมแปร์ จำนวน 2 ใบที่ต่ออนุกรมกัน พบว่าใช้เวลาในการประจุกระทั่งเต็มประมาณ 8 วัน และเมื่อนำแบตเตอรี่ไปจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดไฟขนาด 1 วัตต์ จำนวน 3 หลอด สามารถใช้งานได้เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

โดยสรุปของผลการศึกษานี้ การพัฒนาการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ย 2.05 วัตต์ต่อครั้งที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งผลที่ได้สูงกว่างานวิจัยในอดีต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SITTHIPHONG PROMDAN : DEVELOPMENT OF SPEED BUMPER TO
PRODUCE THE ELECTRICITY. THESIS ADVISOR : TEETUT
DOLWICHAI, Ph.D., 93 PP.

FINITE ELEMENT METHOD/SPEED BUMPER/RENEWABLE ENERGY

The objective of this research are study and develop the motion of a speed bumper to generate the electricity by measuring the voltage, electric current, electric power and the speed of the generator. There are 3 cases of study as follow; the first case for regular number of motorcycle density, the second case for medium number of motorcycle density and the third case for heavy number of motorcycle density.

The results showed that the electric value of the first case has potential for charge the battery but its voltage has more discontinuity or low stability of charging. The second and the third case are more possibility of charging than the first case because of its voltage has more continuity than the first one. The evolution of the battery lifetime is calculated by using the maximum value of the average of electric power that applied to the series of 2 batteries with 6 volts 4.5 Amp. The battery charging time for full scale of it are 8 days. It can applied to 1 watt 3 electric bulk with lifetime for 18 hours.

In concluding for this work that the developing the motion of a speed bumper to generate the electricity, it can produce average of electricity for 2.05 watt per unit of the motorcycle that pass it which that value greater than the previous work.

School of Mechanical Engineering

Academic Year 2016

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ได้แก่

อาจารย์ ดร.ธี หัตถ์ คตวิชัย อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผศ.ดร.สุภกิจ รูปจันทร์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณ โอภาส ไทยดี หัวหน้างานพัฒนาเครื่องมือและสิ่งประดิษฐ์ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ คุณมานพ จันทร์สนิทธิ นายช่างฝีมือ ที่อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ ขอขอบคุณพี่น้องบัณฑิตศึกษาทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสุนทร โอบยธูงาม ที่ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

สิทธิพงษ์ พรหมแดน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ต
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	5
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	5
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 สถานที่การศึกษาวิจัย.....	5
2 ทัศนวิสัยการมองเห็นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 การออกแบบเครื่องจักรกล.....	6
2.1.1 แนวคิดการออกแบบเครื่องจักรกล.....	6
2.1.2 ขั้นตอนในการออกแบบ.....	6
2.2 มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ. 2301-56.....	8
2.2.1 การจำแนกประเภทและข้อกำหนดการใช้สันชะลอความเร็ว.....	8
2.2.1.1 ลูกกระพรวน (speed bump).....	8
2.2.1.2 เนินชะลอความเร็ว (speed hump).....	8
2.2.2 ข้อกำหนดในการออกแบบและการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว.....	9
2.2.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบสันชะลอความเร็วสำหรับมาตรฐาน.....	9
2.2.2.2 การจัดระบบสันชะลอความเร็ว.....	9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3	สมบัติเชิงกลของวัสดุ.....	12
2.3.1	ความเค้น (Stress).....	12
2.3.2	ความเครียด (Strain).....	14
2.3.3	กฎของฮุก.....	16
2.3.4	ตัวประกอบความปลอดภัย.....	16
2.3.5	การวิบัติจากความล้า.....	18
2.4	ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของสั่นสะเทือนความเร็ว.....	22
2.4.1	กลไกควบคุมการเคลื่อนที่ของสั่นสะเทือนความเร็ว.....	22
2.4.2	ล้อช่วยแรง (Flywheel).....	26
2.4.3	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง.....	29
2.4.4	ชนิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง.....	29
2.5	แบตเตอรี่.....	32
2.5.1	ประเภทของแบตเตอรี่.....	32
2.5.2	วิธีการชาร์จแบตเตอรี่ที่ถูกต้อง.....	32
2.5.3	การต่อชุดแบตเตอรี่.....	34
2.5.4	วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter).....	35
2.6	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
2.7	บทสรุป.....	42
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	43
3.1	ขั้นตอนการศึกษาวิจัย.....	43
3.1.1	ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	43
3.1.2	การออกแบบเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสั่นสะเทือนความเร็ว.....	44
3.1.2.1	รับรู้ความต้องการ.....	44
3.1.2.2	กำหนดลักษณะจำเพาะและศึกษารายละเอียด.....	44
3.1.2.3	สังเคราะห์ความคิดในการออกแบบ.....	46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2.4 วิเคราะห์ความแข็งแรงแบบจำลองเครื่องต้นแบบ	
การเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว.....	46
3.1.2.5 สร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว.....	52
3.1.2.6 ทดสอบและประเมินผล.....	57
3.1.2.6.1 ออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อประเมินศักยภาพ	
การผลิตกระแสไฟฟ้า.....	59
3.1.2.6.2 การสอบเทียบตัวรับรู้กับเครื่องมือวัด.....	60
3.2 การทำงานของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว.....	64
3.3 ออกแบบการทดลอง.....	65
3.3.1 การทดลองที่ 1 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านแบบปกติ.....	66
3.3.2 การทดลองที่ 2 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่าน	
หนาแน่นปานกลาง.....	66
3.3.3 การทดลองที่ 3 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่าน	
แบบหนาแน่น.....	67
3.4 บทสรุป.....	67
4 ผลการทดลองการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว.....	69
4.1 ผลการทดลองที่ 1 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์ปกติ.....	69
4.1.1 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 1.....	70
4.1.2 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 2.....	71
4.1.3 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 3.....	72
4.1.4 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 4.....	73
4.1.5 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 5.....	73
4.2 ผลการทดลองที่ 2 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่นปานกลาง.....	75
4.2.1 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 1.....	76
4.2.3 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 2.....	76
4.2.3 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 3.....	77

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.4 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 4.....	78
4.3 ผลการทดลองที่ 3 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่น.....	79
4.3.1 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 1.....	80
4.3.2 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 2.....	81
4.3.3 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 3.....	82
4.3.3 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 4.....	82
4.4 ศึกษาความเป็นไปได้ของการประจุกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้ใน ระบบส่องสว่าง.....	83
4.5 การคิดจุดคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์.....	84
4.6 บทสรุป.....	85
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	87
5.1 สรุปผล.....	88
5.2 อภิปรายผล.....	88
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	88
รายการอ้างอิง.....	89
ภาคผนวก.....	91
ประวัติผู้เขียน.....	93

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ตารางแสดงปริมาณเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์เข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1.....	3
1.2	ตารางแสดงปริมาณรถจักรยานยนต์เข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1 ในแต่ละช่วงเวลา.....	4
2.1	แสดงค่าตัวประกอบความปลอดภัยที่เหมาะสมของวัสดุในแต่ละประเภทของแรง.....	18
3.1	ตารางแสดงค่าคุณสมบัติวัสดุ.....	50
3.2	ค่าความแข็งแรงที่จำนวนรอบของแรงกระทำแบบซ้ำๆ เพื่อเขียนกราฟ S-N diagram....	50



สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	ลานจอดรถจักรยานยนต์บริเวณตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย..... 1
1.2	ลานจอดรถจักรยานยนต์บริเวณทางเข้า-ออก.....2
1.3	ทางเข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1.....2
2.1	ประเภทของสันชะลอความเร็วที่พบ โดยทั่วไป..... 8
2.2	รูปตัดของเนินชะลอความเร็วที่กำหนดในมาตรฐานนี้.....9
2.3	แบบแปลนการก่อสร้างเนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลาในรูปแบบ Watts profile hump (ประยุกต์จาก As 1742.13-2009)..... 10
2.4	แบบแปลนการก่อสร้างเนินชะลอความเร็วแบบผิวบนแบนราบ.....11
2.5	รูปตัดและขนาดของเนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลาในรูปแบบ Watts profile hump (ประยุกต์จาก Ewing 1999)..... 11
2.6	รูปตัดและขนาดของเนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลาในรูปแบบ Watts profile hump (ประยุกต์จาก Ewing 1999)..... 12
2.7	แสดงลักษณะแรงกระทำที่ทำให้เกิดความเค้นในกรณีแรงดึงและแรงกด..... 13
2.8	แสดงลักษณะการกระทำของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นเฉือน โดยแรงภายนอกมีค่าเท่ากับแรงเฉือนใน..... 13
2.9	แสดงลักษณะการกระทำที่ทำให้เกิดความเครียดจากการยึดตัวของวัสดุ..... 15
2.10	แสดงลักษณะการกระทำที่ทำให้เกิดความเครียดจากการเหือนของวัสดุ..... 15
2.11	กราฟแสดงลักษณะความเค้นที่ก่อให้เกิดการล้าลักษณะต่าง..... 19
2.12	แสดงกราฟขอบเขตการวิบัติเนื่องจากความล้าของผู้ศึกษาแต่ละท่าน..... 21
2.13	ภาพแสดงกลไก Slider-Crank..... 23
2.14	เฟืองฟันตรง..... 23
2.15	เฟืองฮิลิกซ์และรายละเอียดของเฟืองฮิลิกซ์..... 24
2.16	เฟืองก้างปลา..... 25
2.17	เฟืองสะพาน (Rack and pinion)..... 26
2.18	โมเมนต์บิดในการหมุนของฟลายวีล..... 27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

2.19	ความสัมพันธ์ของโมเมนต์บิดกับมุมของเพลาคอเหวี่ยงใน เครื่องยนต์สันดาปภายในลูกสูบเดี่ยว.....	28
2.20	วงจรเครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น.....	30
2.21	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน.....	30
2.22	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอนุกรม.....	31
2.23	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม.....	31
2.24	กราฟแสดงตัวอย่างค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในการประจุ.....	33
2.25	การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรม.....	34
2.26	การต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนาน.....	34
2.27	การต่อชุดแบตเตอรี่แบบผสม.....	35
2.28	เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วประยุกต์ใช้งาน ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแนวตั้ง.....	36
2.29	กลไกแบบ Crack Shaft.....	36
2.30	กลไกแบบ Rolled.....	37
2.31	กลไกแบบ Rack and pinion.....	37
2.32	กลไก Turbine.....	38
2.33	แผนภาพแสดงเค้าโครงการออกแบบ.....	38
2.34	เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็ว.....	39
2.35	ภาพแสดงกลไก Speed Breaker.....	40
2.36	เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วประยุกต์ใช้กลไกแบบล้อ.....	41
2.37	การประยุกต์ใช้กลไก Rack and pinion.....	41
3.1	แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไก Slider-clank.....	45
3.2	แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไก Rack and pinion....	45
3.3	แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไกแบบ Slider-clank...	46
3.4	กลไกชุดที่ 1.....	47
3.5	กลไกชุดที่ 2.....	47

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

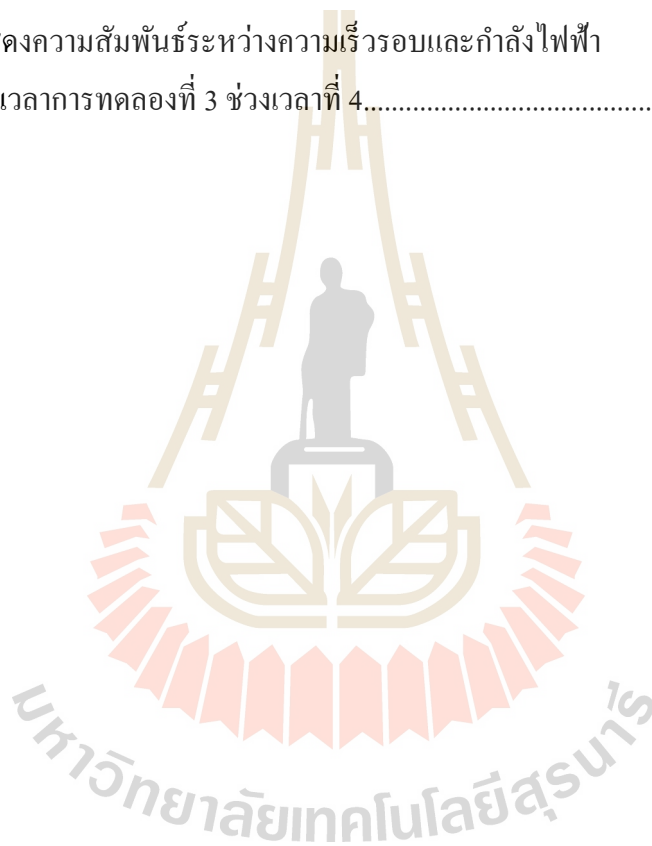
หน้า

3.6	กลไกชุดที่ 3.....	48
3.7	ก. การกำหนดแรงกรณีที่ 1, ข. การกำหนดแรงกรณีที่ 2 และ ค. การกำหนดแรงกรณีที่ 3....	49
3.8	กราฟ S-N curve ของวัสดุ AISI1020.....	51
3.9	ผลการจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS.....	52
3.10	เฟืองโซ่.....	53
3.11	ชิ้นส่วน Arm ติดตั้งในเครื่องต้นแบบ.....	54
3.12	เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วที่ใช้กลไก Slider-crank.....	54
3.13	เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วที่ใช้กลไก Rack-Pinion.....	55
3.14	ชิ้นส่วน Arm ดัดแปลงลูกปืนหมุนทางเดียวของรถจักรยานยนต์.....	56
3.15	เฟืองฟันตรงสำหรับส่งกำลังให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า อัตราทดเท่ากับ 1:6.....	56
3.16	ล้อช่วยแรง	57
3.17	การวัดค่าด้วยเครื่องแสดงคลื่นกระแสไฟฟ้า.....	58
3.18	แสดงการต่อวงจรเพื่อสอบเทียบตัวรับรู้วัดกระแส.....	60
3.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Analog กับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์.....	61
3.20	แสดงการต่อวงจรเพื่อสอบเทียบตัวรับรู้วัดแรงดัน.....	61
3.21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Analog กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์.....	62
3.22	แสดงการต่อวงจรตัวรับรู้เพื่อวัดค่าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	62
3.23	อุปกรณ์เก็บข้อมูล Arduino.....	63
3.24	ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูล.....	63
3.25	ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดพื้นฐาน.....	64
3.26	แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องต้นแบบ Speed bumper.....	65
3.27	ภาพลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ผ่านเครื่องต้นแบบ ของการทดลองที่ 1.....	66
3.28	ภาพลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ผ่านเครื่องต้นแบบ ของการทดลองที่ 2.....	67
3.29	ภาพลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ผ่านเครื่องต้นแบบ ของการทดลองที่ 3.....	67

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

4.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้า เทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 2.....	81
4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้า เทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 3.....	82
4.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้า เทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 4.....	83



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

σ	=	ค่าความเค้นภายใน
S	=	แรงภายในภายใน
F	=	แรงภายนอก
τ	=	ความเค้นเฉือน
ε	=	ความเครียด
A	=	พื้นที่แรงกระทำ
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลม
l	=	ความยาวของวัสดุ
δ	=	ส่วนยืดหด
γ	=	ความเครียดเฉือน
Δ	=	ค่ามุมที่เปลี่ยนไป
P	=	แรงดึง
L	=	ความยาวของวัสดุ
E	=	ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น
G	=	ค่าโมดูลัสความเฉือน
T	=	แรงบิด
ω	=	ความเร็วเชิงมุม
M	=	โมเมนต์ของแรง
U	=	พลังงาน
θ	=	มุมบิด
m	=	มวล
v	=	ความเร็ว
I	=	โมเมนต์ความเฉื่อย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย ณ ปัจจุบัน มีโรงไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการผลิต โดยอาศัยแหล่งพลังงานต่างๆกัน เช่น พลังน้ำ พลังงานถ่านหิน พลังงานจากน้ำมันดิบ หรือแม้กระทั่งพลังงานจากชีวมวล ซึ่งแหล่งพลังงานดังกล่าวล้วนเป็นแหล่งที่เมื่อใช้แล้วหมดไป อีกทั้งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการแปลงรูปพลังงาน เช่น ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ไฟฟ้าพลังงานลม ไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น การผลิตไฟฟ้ารูปแบบนี้จำเป็นต้องมีต้นทุนในการสร้างค่อนข้างสูง ฉะนั้นพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นส่วนสำคัญและเป็นต้นทุนของการผลิต ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรม บ้าน ตลาด ชุมชน ฯลฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นสถานศึกษาซึ่งมีปริมาณรถจักรยานยนต์เข้าและออกเป็นจำนวนมาก เมื่อพิจารณาถึงแนวทางในการผลิตไฟฟ้าผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการประยุกต์ใช้การเปลี่ยนรูปพลังงานจากการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วไปเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นสามารถทำได้ จึงเริ่มสำรวจปริมาณรถจักรยานยนต์เข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1 ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยและมีปริมาณรถจักรยานยนต์เข้า-ออกมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 1.1 และ 1.2



รูปที่ 1.1 ลานจอดรถจักรยานยนต์บริเวณด้านซ้ายของอาคารเรียนรวม



รูปที่ 1.2 ลานจอดรถจักรยานยนต์บริเวณทางเข้า-ออก



รูปที่ 1.3 พื้นที่บริเวณทางเข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1

บริเวณทางเข้าออกอาคารเรียนรวม 1 จะมีสันชะลอความเร็วเพื่อลดความเร็วของพาหนะให้มีความเร็วลดลงแสดงดังรูปที่ 1.3 และมีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วปริมาณมากที่สุด 2,209 คัน ในช่วงเวลา 11.30-13.30 น. และมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุด 1,839 คัน ดัง

แสดงในตารางที่ 1.1 จากการศึกษาวิจัยที่มีผู้ได้ประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว (Speed bumper) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่ผ่านมาพบว่าสันชะลอความเร็วสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว ซึ่งประยุกต์ใช้งานกับระบบไฟฟ้าส่องสว่างในช่วงเวลากลางคืน โดยใช้หลักการเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นของกลไกขณะที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยส่งผ่านไปยังล้อช่วยแรง และใช้ชุดเฟืองทดรอบเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดเก็บให้อยู่ในรูปการประจุไว้ในแบตเตอรี่ อีกทั้งยังสามารถเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเป็นต้นแบบของการประยุกต์ใช้ในชุมชนอื่นๆต่อไป

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงปริมาณเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์เข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1

ช่วงเวลา	ปริมาณรถจักรยานยนต์ที่เข้า-ออก อาคารเรียนรวม 1	
	ลานจอดรถจักรยานยนต์ บริเวณตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย	ลานจอดรถ รถจักรยานยนต์
07:30 – 09:30 น.	715	900
09:30 – 11:30 น.	850	1,085
11:30 – 13:30 น.	1,039	1,170
13:30 – 15:30 น.	653	810
15:30 – 17:30 น.	868	1,103
ปริมาณเฉลี่ย	825	1,014

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงปริมาณรถจักรยานยนต์เข้า-ออกอาคารเรียนรวม 1 ในแต่ละช่วงเวลา

ผลการสำรวจปริมาณรถจักรยานยนต์เข้าอาคารเรียนรวม 1					
เวลา	สัปดาห์ที่ 1				
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
07.40-08.00 น.	224	189	195	173	96
08.00-08.20 น.	58	120	68	111	43
09.40-10.00 น.	127	130	134	138	33
10.00-10.20 น.	30	45	46	57	24
12.40-13.00 น.	154	163	210	190	107
13.00-13.20 น.	80	36	67	43	29
14.40-15.00 น.	93	77	117	148	11
15.00-15.20 น.	45	15	53	37	7
17.00-17.20 น.	22	29	11	12	0
เฉลี่ย	92.56	89.33	100.11	101.00	38.89
เวลา	สัปดาห์ที่ 2				
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
07.40-08.00 น.	258	225	203	181	119
08.00-08.20 น.	41	52	61	92	30
09.40-10.00 น.	142	151	108	144	26
10.00-10.20 น.	36	31	59	37	33
12.40-13.00 น.	166	178	189	180	123
14.40-15.00 น.	83	99	91	108	29
15.00-15.20 น.	26	20	65	73	10
16.40-17.00 น.	69	37	73	37	0
17.00-17.20 น.	31	21	19	13	0
เฉลี่ย	94.67	90.44	96.44	96.11	41.11

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างสันชะลอความเร็วผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงจักรยานยนต์ที่วิ่งผ่าน

1.2.2 เพื่อนำกระแสไฟฟ้าที่ได้ใช้ในระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานสันชะลอความเร็วแบบเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ 1 ชุด เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้ารวมถึงแนวทางในการควบคุมเพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อใช้เป็นข้อมูลออกแบบสำหรับพัฒนาในระดับเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.3.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดเก็บกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปการประจุไว้ในแบตเตอรี่

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องต้นแบบของการผลิตไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว

1.4.2 ได้แนวทางประยุกต์การออกแบบเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.5 สถานที่การศึกษาวิจัย

ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลปริมาณพาหนะเข้าและออกพื้นที่อาคารเรียนรวม 1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินความเป็นไปได้หากมีการติดตั้งให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพียงพอต่อระบบไฟฟ้าส่องสว่างของถนนในช่วงเวลากลางคืน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนำ

ก่อนที่จะไปสู่การออกแบบเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการนำไปใช้งานนั้นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆ อย่างเพื่อนำไปสู่การออกแบบโดยสันชะลอความเร็วผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงมาตรฐาน โครงสร้างสันชะลอความเร็ว เพื่อให้ไม่เกิดความเสียหายแก่พาหนะที่สัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว และต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลักของเครื่อง ได้แก่ กลไกที่ใช้ การจัดเก็บก่อนที่จะนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ เป็นต้น อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคิดแนวทางการทำงานของเครื่อง ทั้งนี้เพื่อจะได้เครื่องต้นแบบของสันชะลอความเร็วที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบเครื่องจักรกล

2.1.1 แนวคิดการออกแบบเครื่องจักรกล

การออกแบบเครื่องจักรกล(พิเชฐ ตระการชัยศิริ, 2552) ในที่นี้ หมายถึง การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ที่เชื่อมเป็นระบบการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ มาประยุกต์ใช้ตั้งแต่การคำนวณข้อมูลเบื้องต้น เช่นกำลังที่ต้องใช้ แรงกระทำหรือแรงดันที่ต้องการ ลักษณะการทำงานของแรง จากนั้นทำการออกแบบลักษณะรูปร่างและเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนนั้น โดยยึดหลักว่าเมื่อออกแบบแล้ว มีผลให้ชิ้นส่วนที่ออกแบบเหล่านั้นสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดการเสียหาย

ในการออกแบบมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย คือ ความแข็งแรง อายุการใช้งาน กลไกการทำงาน การควบคุม ราคา ความปลอดภัย ขนาดรูปร่าง ผิวสำเร็จ น้ำหนัก ความยืดหยุ่น หล่อลื่น การบำรุงรักษา ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความร้อน เสียง การกัดกร่อน การสึกหรอ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำมาเป็นแนวทางในการเลือกชนิดวัสดุ กระบวนการผลิต และการประกอบชิ้นส่วนที่เหมาะสม

2.1.2 ขั้นตอนในการออกแบบ

แนวคิดและองค์ประกอบในการออกแบบ สามารถแสดงขั้นตอนและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถอธิบายพอสังเขปในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1) รับรู้ความต้องการ

การออกแบบจะเริ่มต้นจากผู้ออกแบบรับรู้ความต้องการของลูกค้า ในด้านการใช้งานคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความแข็งแรง ความทนทาน เพื่อเป็นแนวทางให้สร้างสรรค์งานออกแบบ พัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าการรับรู้ไม่ชัดเจน กลุ่มเครือข่าย จะทำให้การออกแบบผิดพลาดไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่แท้จริง ส่งผลให้เกิดปัญหาความขัดแย้งตามมาภายหลัง

2) กำหนดลักษณะจำเพาะและศึกษารายละเอียด

รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเช่น คุณลักษณะอายุการใช้งาน ขนาด จำนวนที่ผลิต ราคาและสิ่งที่คาดว่าจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้างอันเนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต การเลือกใช้วัสดุ การแข่งขันทางด้านตลาด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะของสิ่งที่ต้องการจำเพาะของสิ่งของที่จะออกแบบแล้ว ต่อไปทำการศึกษารายละเอียดเพื่อใช้เป็นข้อกำหนดในการเลือกใช้วัสดุ วิธีการผลิตรวมถึงความต้องการที่จะนำกระแสไฟฟ้าที่ได้เพื่อจุดประสงค์ใด

3) สังเคราะห์ความคิดในการออกแบบ

ภายหลังทำการศึกษารายละเอียดของสิ่งที่จะออกแบบแล้ว ต้องดำเนินการสังเคราะห์ความคิด เพื่อวิเคราะห์และหล่อหลอมความคิดเก่าและใหม่เข้าด้วยกัน จนทำให้เกิดสิ่งใหม่ซึ่งดีกว่า มีคุณค่ามากกว่าและอำนวยความสะดวกได้มากที่สุด

4) วิเคราะห์ ออกแบบ และปรับปรุง

เมื่อผ่านสามขั้นตอนแรกแล้ว ก็เข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์รายละเอียดต่างๆ ของสิ่งที่จะออกแบบ โดยพิจารณาถึงหน้าที่ของแต่ละชิ้น กลไกการทำงานที่สัมพันธ์กัน วิธีการผลิตที่มีความสะดวกรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ แล้วจึงทำการออกแบบส่วนประกอบใหญ่ๆ และชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนให้มีความสัมพันธ์กันสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์โดยมีขนาดและลักษณะรูปร่างที่เหมาะสม ด้วยเหตุนี้จึงต้องย้อนกลับไปพิจารณาให้เป็นไปตามลักษณะจำเพาะ ละทำการปรับปรุงให้เป็นไปได้ตามความต้องการและการใช้งานให้มากที่สุด

5) ทดสอบและประเมิน

เมื่อสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จต้องทำการทดสอบหรือประเมิน ในปัจจุบันมีทั้งวิธีการทดสอบโดยส่งกำลังจริงให้แก่เครื่องต้นแบบและทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Computer Aided Engineering) เพื่อบันทึกข้อมูล สำหรับใช้ย้อนกลับมาปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้นหรือแบบรายละเอียดบางประการ หลังจากเปลี่ยนแปลงปรับปรุงการ

ออกแบบแล้วก็จะต้องทำการทดสอบใหม่ จนกระทั่งสิ่งที่ออกแบบนั้นมีคุณภาพ หรือมีสมรรถนะสามารถทำได้ตามต้องการ

6) นำเสนอ

ขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ต่อผู้ต้องการใช้ โดยอาศัยสื่อต่างๆ เช่น รายงาน โฆษณา สิ่งพิมพ์ อินเทอร์เน็ตและอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ออกแบบ

2.2 มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ. 2301-56

สันชะลอความเร็ว คือ การก่อสร้างเพิ่มเติมในแนวขวางกับเส้นทางจราจร เพื่อให้ผู้ที่ขับขี่พาหนะผ่านไปด้วยความเร็วที่ออกแบบไว้

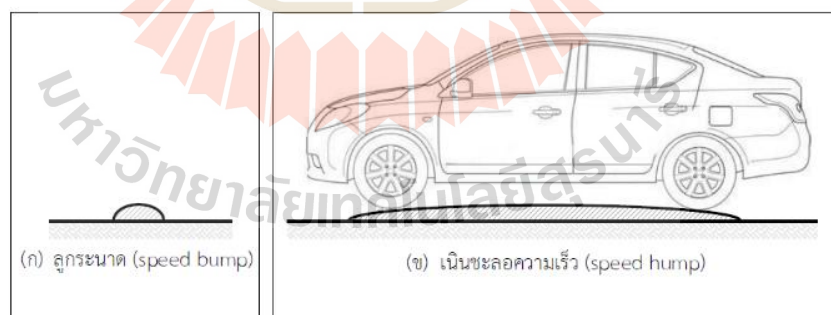
2.2.1 การจำแนกประเภทและข้อกำหนดการใช้สันชะลอความเร็ว

สันชะลอความเร็วจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ลูกกระพาด และ เนินชะลอความเร็ว

2.2.1.1 ลูกกระพาด

ลูกกระพาด มีลักษณะเป็นส่วนที่ก่อสร้างเพิ่มจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้างตั้งแต่ 30 ถึง 90 เซนติเมตร (รูปที่ 2.1 (ก)) และความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการเสียหายของยานพาหนะที่สัญจรผ่าน โดยลูกกระพาดมักจะก่อสร้างบริเวณที่จอดรถหรือบนถนนส่วนบุคคล ทั้งนี้ความเร็วของพาหนะที่ผ่านลูกกระพาดจะมีความเร็วอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือน้อยกว่า

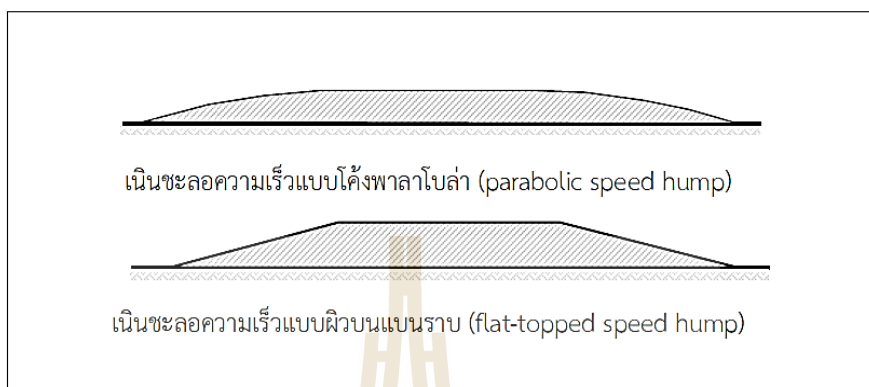
2.2.1.2 เนินชะลอความเร็ว



รูปที่ 2.1 ประเภทของสันชะลอความเร็วที่พบโดยทั่วไป (ก) ลูกกระพาด (ข) เนินชะลอความเร็ว

เนินชะลอความเร็วที่นิยมในต่างประเทศ (รูปที่ 2.1 (ข)) โดยมีลักษณะเป็นส่วนที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้างมากกว่า 90 เซนติเมตร ความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร และความยาวไม่เกิน 370 เซนติเมตร โดยที่เนินชะลอความเร็วจะมี 2 รูปแบบตามแบบตามมาตรฐานสากล (รูปที่ 2.2) ได้แก่ เนินชะลอความเร็วแบบพาราโบลา (parabolic speed hump)

และแบบผิวบนแบนราบ (flat-topped speed hump) เนินชะลอความเร็วส่วนใหญ่จะถูกสร้างขึ้นบริเวณพื้นที่ชุมชนและเขตที่พักอาศัย ทั้งนี้ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วจะอยู่ที่ประมาณ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า



รูปที่ 2.2 รูปตัดของเนินชะลอความเร็วที่กำหนดในมาตรฐานนี้

2.2.2 ข้อกำหนดในการออกแบบและการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว

2.2.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบของสันชะลอความเร็วสำหรับมาตรฐานฉบับนี้ มีสองลักษณะดังนี้

(ก) เนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลาแบบ Watts profile hump ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลา กำหนดให้มีฐานกว้าง 3.7 เมตร โดยประมาณ และมีความสูง 76.2 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.3 และ 2.4)

(ข) เนินชะลอความเร็วแบบผิวบนแบนราบ กำหนดให้มีความสูงไม่เกิน 75 มิลลิเมตร และมีทิศทางลาดขึ้นลาดลงที่มีความชันตั้งแต่ 1:12 ถึง 1:15 โดยให้มีความยาวของผิวราบด้านบนในทิศทางที่ยานพาหนะสัญจรผ่านเป็นระยะไม่น้อยกว่า 2 เมตร ซึ่งสามารถใช้เป็นทางคนเดินข้าม (ทางม้าลาย) ได้ (รูปที่ 2.5 และ 2.6)

2.2.2.2 การจัดระบบสันชะลอความเร็ว

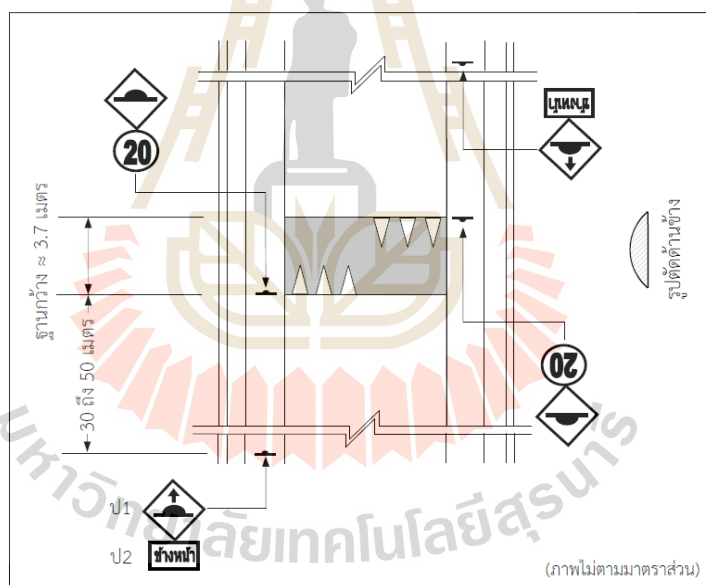
การจัดระบบสันชะลอความเร็วเพื่อให้ใช้สันชะลอความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับจากสาธารณชน ซึ่งการจัดระบบสันชะลอความเร็วควรปฏิบัติตามแนวทางดังต่อไปนี้

(ก) สันชะลอความเร็วแรกควรอยู่ในระยะ 100 เมตร จากต้นถนนสายย่อย เพื่อให้สามารถควบคุมความเร็วของยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ และควรมีระยะห่างจากทางแยกต่างๆ เป็นระยะพอสมควร เพื่อไม่เป็นการกีดขวางการจราจร

- (ข) สันชะลอความเร็วต้องไม่กีดขวางทางเข้าออกของพื้นที่ส่วนบุคคล
- (ค) ระยะการมองเห็นสันชะลอความเร็วต้องมีระยะที่เหมาะสม ซึ่งเทียบเคียงได้กับทัศนวิสัยในการขับขี่ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- (ง) สันชะลอความเร็วควรถูกก่อสร้างตั้งฉากกับทิศทางการจราจร
- (จ) ระยะห่างระหว่างสันชะลอความเร็วแต่ละจุดควรมีระยะตั้งแต่ 80 ถึง 120 เมตร

(ฉ) สันชะลอความเร็วควรมีความยาวด้านข้างเต็มพื้นที่ถนน ยกเว้นกรณีจะต้องเพื่อการระบายน้ำ เนื่องจากสันชะลอความเร็วที่มีพื้นที่ด้านข้างไม่เต็มอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุเนื่องจากพาหนะหลีกเลี่ยงการสัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว

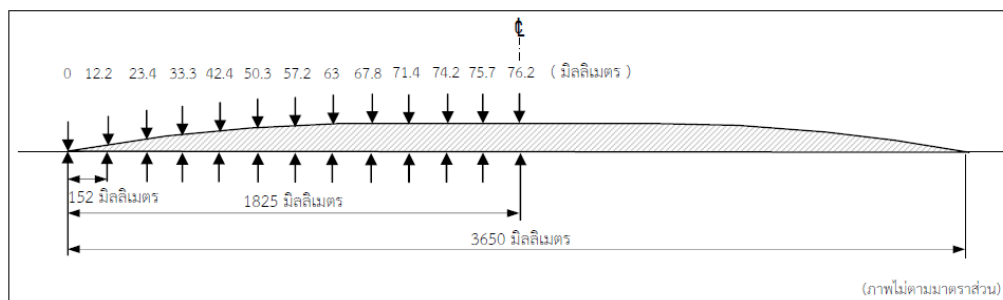
(ช) บริเวณทางสัญจรที่มีสันชะลอความเร็วควรมีแสงสว่างที่เพียงพอ เพื่อให้ผู้ขับขี่พาหนะสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน



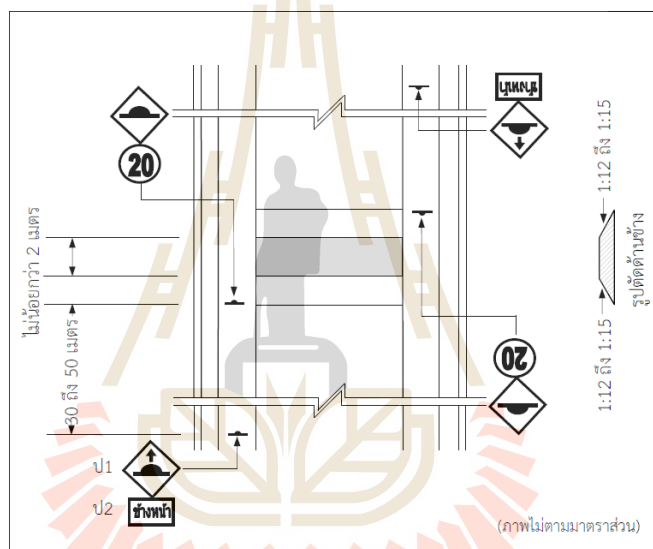
รูปที่ 2.3 แบบแปลนการก่อสร้างเนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลาในรูปแบบ Watts profile hump (ประยุกต์จาก As 1742.13-2009)

หมายเหตุ

1. ป้าย ป1 ใช้สำหรับกรณีที่มีสันชะลอความเร็วจุดเดียว ส่วนป้าย ป1 และ ป2 ใช้คู่กันสำหรับสันชะลอความเร็วแรกในกรณีที่มีสันชะลอความเร็วหลายจุด และป้ายดังกล่าวเหล่านี้ไม่จำเป็นในกรณีของสันชะลอความเร็วเป็นกลุ่มครอบคลุมบริเวณกว้าง
2. รูปตัดด้านข้างของสันชะลอความเร็วแสดงอยู่ในรูปที่ 2.4



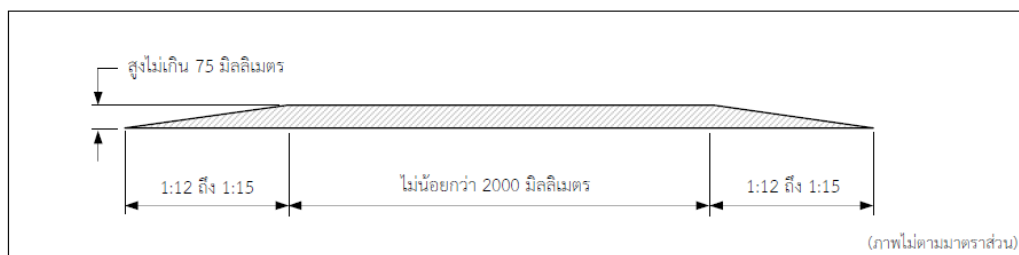
รูปที่ 2.4 รูปตัดและขนาดของเนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลารูปแบบ Watts profile hump (ประยุกต์จาก Ewing 1999)



รูปที่ 2.5 แบบแปลนการก่อสร้างเนินชะลอความเร็วแบบผิวบนแบนราบ (ประยุกต์จาก As 1742.13-2009)

หมายเหตุ

1. ป้าย ป1 ใช้สำหรับกรณีที่มีสันชะลอความเร็วจุดเดียว ส่วนป้าย ป1 และ ป2 ใช้คู่กัน สำหรับสันชะลอความเร็วแรกในกรณีที่มีสันชะลอความเร็วหลายจุด และป้ายดังกล่าวเหล่านี้ไม่จำเป็นในกรณีของสันชะลอความเร็วเป็นกลุ่มครอบคลุมบริเวณกว้าง
2. ในกรณีที่สันชะลอความเร็วถูกใช้เป็นที่ทางคนเดินข้าม (ทางม้าลาย) ให้ใช้เครื่องหมายจราจรและป้ายเตือนคนข้ามทางแทนที่ป้ายเตือนรถกระโดด
3. รูปตัดด้านข้างของสันชะลอความเร็วแสดงอยู่ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปตัดและขนาดของเนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบลาในรูปแบบ Watts profile hump (ประยุกต์จาก Ewing 1999)

จากการศึกษามาตรฐานสันชะลอความเร็ว ทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดขนาดเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วได้อย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สัญจรผ่านเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้ได้ข้อสรุปว่าสันชะลอความเร็วจะต้องมีความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 370 เซนติเมตร และความกว้างของฐานต้องมากกว่า 90 เซนติเมตร

2.3 สมบัติเชิงกลของวัสดุ

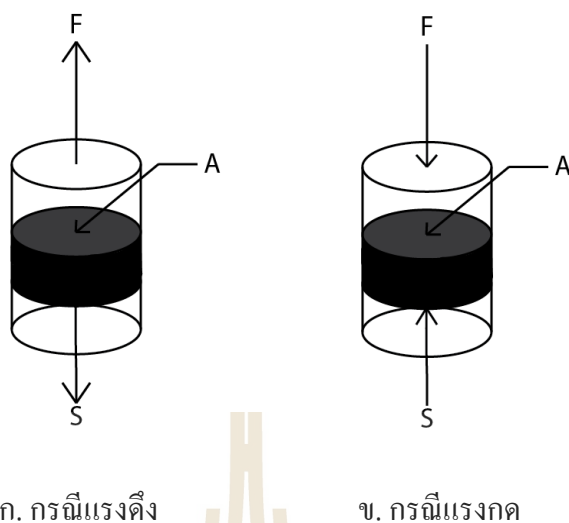
ในงานด้านวิศวกรรมคุณสมบัติเชิงกล (พิเชฐ ตระการชัยศิริ, 2552) มีความสำคัญมากที่สุด เพราะเมื่อเราจะเลือกใช้วัสดุใดๆ ก็ตาม สิ่งแรกที่จะนำมาพิจารณาก็คือ คุณสมบัติทางกลของมัน การที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดๆ จะสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำเครื่องจักร อุปกรณ์นั้นๆ เป็นสำคัญ

2.3.1 ความเค้น (Stress)

ความเค้น คือ แรงภายในต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่วัสดุต่อต้านแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุนั้น โดยมีแรงรวมเท่ากับแรงภายนอก แต่มีทิศทางตรงกันข้าม

1) ความเค้นในแนวตั้งฉาก (Normal stress)

คือ แรงภายในต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่ใช้ต้านแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุ โดยพยายามทำให้วัสดุขาดออกจากกันตั้งฉากกับระนาบที่ขนานกับทิศของแรง แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะแรงกระทำที่ทำให้เกิดความเค้นในกรณีแรงดึงและแรงกด

จากทั้งสองกรณีจะเห็นได้ว่า แรงภายนอก (F) = แรงภายใน (S) กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด (A)

ดังนั้นจากนิยามความเค้น

$$\sigma = \frac{S}{A} = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

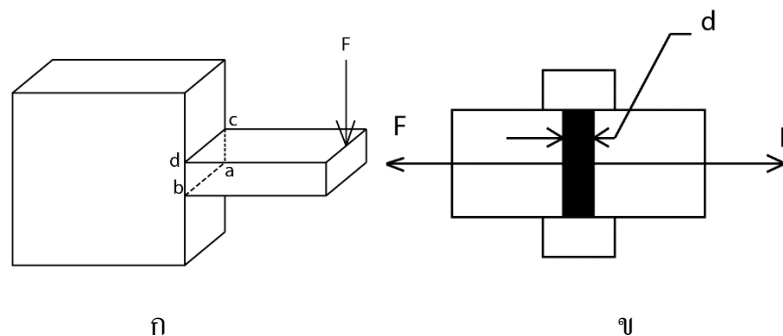
เมื่อ σ เป็น ค่าความเค้นภายในที่เกิดขึ้น

F เป็น แรงภายนอกกระทำผ่านแนวแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดวัสดุ

S เป็น แรงภายในที่กระทำต่อพื้นที่

2) ความเค้นเฉือน (Shear stress)

คือ แรงภายในต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่ใช้ต้านแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุ โดยพยายามทำให้วัสดุขาดออกจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศของแรง แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะแรงกระทำที่ทำให้เกิดความเค้นเฉือนโดยแรงภายนอกมีค่าเท่ากับแรงเฉือนภายใน

จากนิยามความเค้นเฉือน $\tau = \frac{F}{A}$ (2.2)

เมื่อ τ เป็น ค่าความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น

F เป็น แรงภายนอกที่กระทำให้เกิดการเฉือน

A เป็น พื้นที่ในแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงกระทำ

จากรูปที่ 2.8 (ก) ความเค้นเฉือนที่ได้เป็น $\tau = \frac{F}{(abxc)}$ (2.3)

จากรูปที่ 2.8 (ข) ความเค้นเฉือนที่ได้เป็น $\tau = \frac{F}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)}$ (2.4)

2.3.2 ความเครียด (Strain)

คือ อัตราส่วนยืดหดต่อหนึ่งหน่วยความยาวเดิม ที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำต่อวัสดุ มีผลให้เกิดการต้านของแรงภายในวัสดุและมีผลให้วัสดุเปลี่ยนรูป คือ วัสดุยืดตัวเมื่อรับแรงดึง และหดตัวเมื่อรับแรงอัด ส่วนที่เปลี่ยนรูปนี้เรียกว่า ส่วนยืดหด (Elongation, δ) เมื่อนำมาเทียบกับความยาวเดิม ได้เป็นอัตราส่วนที่เรียกว่าความเครียด

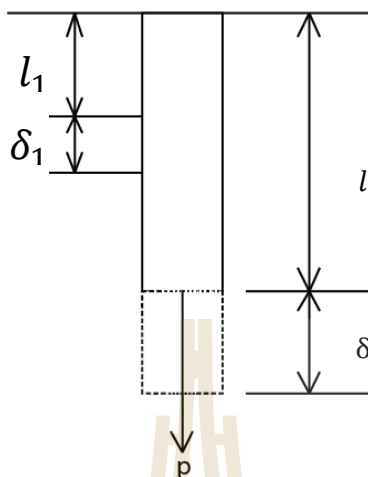
สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่าความเครียด $\varepsilon = \frac{\delta}{l}$ (2.5)

เมื่อ ε เป็น ส่วนยืดหดของวัสดุที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำ

l เป็น ความยาวเดิมของวัสดุ

จากรูปที่ 2.9 โดยทั่วไปแรงหนึ่งๆ ที่กระทำกับวัสดุ ความเครียดของวัสดุ ไม่ว่าจะวัดจากส่วนใดของวัสดุก็ตามจะมีค่าคงที่ หรือมีค่าเท่ากันหมด ดังนั้นเมื่อดึงวัสดุด้วยแรง P วัสดุจะยืดออกเป็นระยะทาง δ จากความยาวเดิม l แต่ถ้าวัดที่ความยาว l_1 วัสดุจะยืดตัวเป็นระยะ l_1

จะได้ว่า $\varepsilon = \frac{\delta}{l} = \frac{\delta_1}{l_1}$ (2.6)

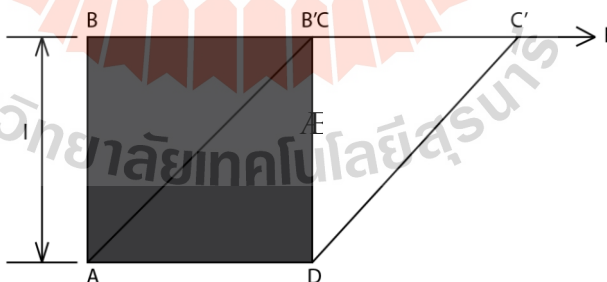


รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการกระทำที่ทำให้เกิดความเครียดจากการยืดตัวของวัสดุ

โดยความเครียดที่เกิดจากการยืดตัวเรียกว่า ความเครียดยืด (Tensile strain)

ส่วนความเครียดที่เกิดจากวัสดุหดตัวเรียกว่า ความเครียดหดตัว (Compressive strain)

เมื่อวัสดุรับแรงเฉือนแทนที่จะมีการยืดตัวหรือหดตัวเหมือนแรงดึงหรือแรงอัด แรงเค้นเฉือนในวัสดุ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงมุมดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะการกระทำที่ทำให้เกิดความเครียดจากการเฉือนของวัสดุ

โดยเปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมจัตุรัสมาเป็นสี่เหลี่ยมขนานเปียงกน เป็นผลให้ความเครียดเฉือน (Shear strain, γ) เกิดจากการยืดตัวตามแนวเฉือนทำให้มุมเดิมเปลี่ยนไป θ ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าความเครียดเฉือนได้จาก

$$\gamma = \frac{\delta s}{l} = \tan \varnothing \approx \varnothing \quad (2.7)$$

เมื่อ \varnothing มีขนาดเล็กมากๆ

2.3.4 กฎของฮุก

จากการทดลองแรงดึงคูดในวัสดุต่างๆ โรเบิร์ต ฮุก พบว่า “ภายในขีดจำกัดของความยืดหยุ่นของวัสดุ ส่วนที่ยืดตัวของวัสดุจะแปรผันตามของของแรงดึง (P) และความยาว (l) ของท่อนวัสดุ แต่แปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัด (A) ของท่อนวัสดุ

นั่นคือ
$$\delta \propto \frac{Pl}{A} \quad \text{หรือ} \quad \delta = \frac{Pl}{EA} \quad (2.8)$$

เนื่องจาก
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{และ} \quad \varepsilon = \frac{\delta}{l}$$

จะได้
$$\sigma = E\varepsilon \quad (2.9)$$

นั่นคือความเค้น เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด

โดย E เป็น ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นหรือ โมดูลัสของยัง (Modulus of elasticity or Young's modulus)

ในทำนองเดียวกัน ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับความเครียดเฉือนในช่วงขีดจำกัดยืดหยุ่น จะเป็นสัดส่วนตรงคือ

$$\tau = G\gamma \quad (2.10)$$

โดย G คือ ค่าโมดูลัสความเฉือน (shear modulus or Modulus of rigidity)

สำหรับข้อจำกัดในการใช้กฎของฮุก คือ จะใช้เฉพาะกรณีต่อไปนี้

- (ก) แรงภายในวัสดุในช่วงพิจารณาจะต้องเท่ากันตลอด
- (ข) พื้นที่หน้าตัดของวัสดุในช่วงที่พิจารณาต้องเท่ากันตลอด
- (ค) ต้องเป็นวัสดุเดียวกันตลอดช่วงที่พิจารณา

หากไม่เป็นตามระบุ ต้องแยกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดเหล่านี้

2.3.5 ตัวประกอบความปลอดภัย

ในการออกแบบจะต้องคำนึงว่า แรงเค้นที่เกิดขึ้นจริงต้องไม่มีค่าเกิดค่าสูงสุดที่โครงสร้างนั้นจะรับได้ จึงต้องกำหนดค่าแรงเค้นที่ยอมให้ มีค่าต่ำเพียงพอที่จะรับแรงหรือน้ำหนักที่

อาจเกิดขึ้นได้อย่างปลอดภัย โดยการนำตัวเลขที่เท่ากับหรือมากกว่าหนึ่งขึ้นไปมาหาค่าแรงเค้นสูงสุดที่วัสดุนั้นจะรับได้ เรียกว่าตัวประกอบความปลอดภัย (safety factor , n) โดยถ้าใช้กำลังประลัยและกำลังครากของวัสดุเหนียวเป็นเกณฑ์ จะได้ว่า

$$\text{ความเค้นที่รับได้โดยไม่เกิดการแตกหัก} (\sigma) = \frac{\text{กำลังประลัย} (\sigma_u)}{\text{ตัวประกอบความปลอดภัยเพื่อด้านการแตกหัก} (n_u)}$$

$$\text{ความเค้นที่รับได้โดยไม่เกิดการคราก} (\sigma) = \frac{\text{กำลังคราก} (\sigma_y)}{\text{ตัวประกอบความปลอดภัยเพื่อด้านการคราก} (n_y)}$$

ในกรณีที่วัสดุนั้นไม่มีจุดครากชัดเจน เช่น วัสดุเปราะ ให้ใช้แรงเค้นพิสูจน์ เป็นเกณฑ์

$$\text{ความเค้นที่รับได้โดยไม่เกิดการแตกหัก} (\sigma) = \frac{\text{ความเค้นพิสูจน์} (\sigma_p)}{\text{ตัวประกอบความปลอดภัยเพื่อด้านการแตกหัก} (n_p)}$$

ในการเลือกค่าตัวประกอบความปลอดภัย ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมากดังนี้

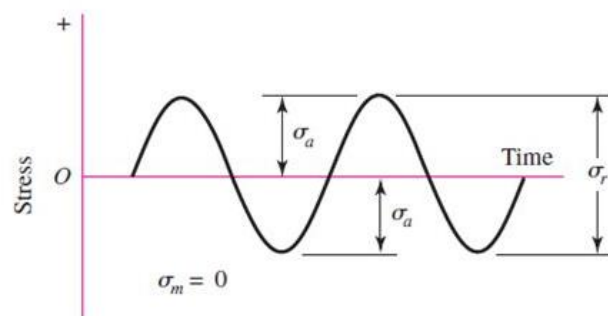
- (ก) ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ประเภทอยู่หนึ่ง หรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน
- (ข) ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวกับการที่อาจสูญเสียชีวิต หรือทรัพย์สินจำนวนมากหรือไม่ ถ้าใช่ควรใช้ที่ค่าความปลอดภัยสูง
- (ค) น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นต้องเบาที่สุดหรือไม่ เช่น ชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น ในกรณีนี้การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ
- (ง) จำนวนชิ้นงานที่ผลิตออกมา ถ้าผลิตครั้งละมากๆ ควรระมัดระวังในการใช้ค่าตัวประกอบความปลอดภัยที่สูงจนเกินไป เพื่อให้เกิดความประหยัดในการใช้วัสดุ
- (จ) เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน สำหรับผู้ที่ยังไม่เชี่ยวชาญในการออกแบบ อาจใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ 1.2 เป็นแนวทางในการคำนวณการออกแบบ

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวประกอบความปลอดภัยที่เหมาะสมของวัสดุในแต่ละประเภทของแรง

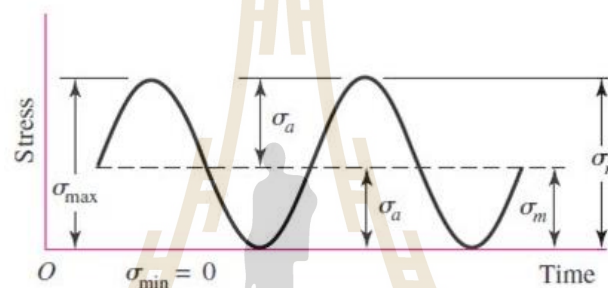
ชนิดของแรง	เหล็กกล้าและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	n_y	n_u	n_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2.0	3.0-4.0	5.0-6.0
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	3.0	6.0	7.0-8.0
แรงซ้ำสองทิศทางเดียว หรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	4.0	8.0	10.0-12.0
แรงกระแทกรุนแรง	5.0-7.0	10.0-15.0	15.0-20.0

2.3.6 การวิบัติจากความล้า

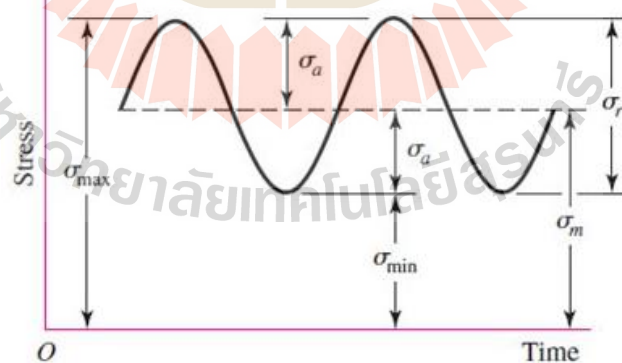
การศึกษาเรื่องการวิบัติความล้าของวัสดุ เริ่มขึ้นเมื่อปี 1982 โดยวิศวกรชาวเยอรมัน เนื่องจากพบการวิบัติของโซ่ที่ใช้ในเหมือง ที่เกิดจากการกระทำของภาระที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงแบบวงจรซ้ำๆ ต่อมาจึงพบว่าเพลลาของล้อรถไฟเกิดการวิบัติระหว่างการใช้งาน ทั้งๆ ที่ค่าภาระที่กระทำต่อเพลลามีค่าน้อยกว่าค่าภาระสถิตที่คำนวณในแบบ จึงมีการนำกรณีศึกษานี้มาทำการวิจัย โดยผลการวิจัยพบว่าลักษณะของความล้าที่เกิดขึ้นในเพลลาล้อรถไฟมีความเค้นไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในลักษณะแรงกระทำต่อเนื่อง (Repeat cycle) ลักษณะของความล้าที่ก่อให้เกิดความล้าสามารถปรากฏอยู่ในลักษณะกราฟดังกล่าว ดังรูปที่ 2.11



ก. แสดงลักษณะกราฟแบบความเค้นแปรกลับสมบูรณ์ (Completely reversed stress)



ข. แสดงลักษณะความเค้นแบบทิศทางเดียว (Repeated stress)



ค. แสดงลักษณะกราฟแบบความเค้นวัฏจักรสลับ (Fluctuating cyclic stress)

รูปที่ 2.11 กราฟแสดงลักษณะความเค้นที่ก่อให้เกิดการล้าลักษณะต่าง

(<http://slideplayer.com/slide/4225254/>)

สำหรับค่าความเค้นในแต่ละลักษณะในรูปที่ 2.11 สามารถหาได้ดังนี้

$\Delta\sigma$ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุด

$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

σ_a คือ ค่าความเค้นส่วนเปลี่ยน (Alternating stress)

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (2.11)$$

σ_m คือ ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mean stress)

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (2.12)$$

R คือ ค่าสัดส่วนความเค้น (Stress ratio)

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (2.13)$$

A คือ ค่าสัดส่วนความเค้น (Amplitude ratio)

$$A = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} \quad (2.14)$$

สำหรับรูปกราฟที่ 2.11 ก. กราฟแบบความเค้นแปรกลับสมบูรณ์ จะได้ว่า $R = -1$ และ $A = \infty$

สำหรับรูปกราฟที่ 2.11 ข. กราฟแบบความเค้นแบบทิศทางเดียว จะได้ว่า $R = 0$ และ $A = 1$
เนื่องจาก $\sigma_m = \sigma_a =$ ค่าบวก

สำหรับรูปกราฟที่ 2.11 ค. กราฟแบบความเค้นวัฏจักรสลับ จะได้ว่า ทั้ง R หรือ A เท่ากับค่าบวก
และ $0 \leq R \leq 1$

โดยความเค้นที่ก่อให้เกิดความล้าลักษณะนี้ เกิดจากการรับภาระของชิ้นส่วนได้
ทั้งหมดแบบตัด แบบตามแนวแกน แบบบิด และแบบผสม

นอกจากความเค้นแล้วในส่วนของความเค้นเฉือน สามารถมีผลต่อความล้าใน
ลักษณะเดียวกันกับในกราฟรูปที่ 2.11 ด้วยเช่นกัน

ดังนั้น สามารถหาค่าความเค้นเฉือนที่มีผลต่อความล้าในแต่ละลักษณะได้จาก

τ_a คือ ค่าความเค้นเฉือนส่วนเปลี่ยน (Alternating shear component)

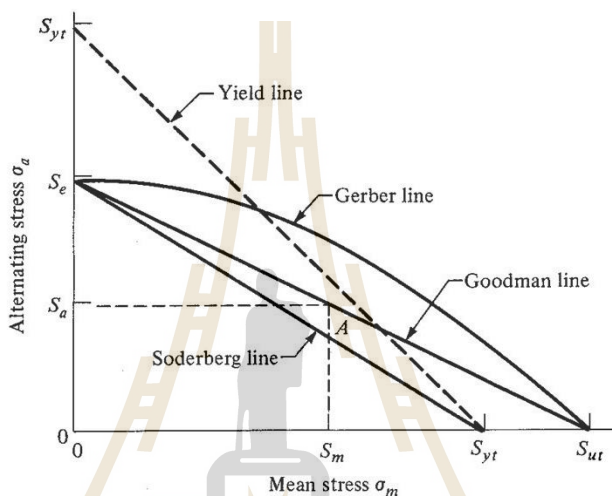
$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} \quad (2.15)$$

τ_m คือ ค่าความเค้นเฉือนเฉลี่ย (Mean shear stress)

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} \quad (2.16)$$

1) ทฤษฎีการเกิดวิบัติเนื่องจากความล้า (Fatigue theory)

โซเดอร์เบิร์ก (Soderberg) เกอร์เบอร์ (Gerber) และ กู๊ดแมน (Good man) เป็นบุคคลในหลายท่านที่ได้ศึกษาการวิบัติเนื่องจากความล้า โดยถ้าสร้างแผนผังที่ได้จากการวาดจุดข้อมูลเพื่อแสดงขอบเขตการวิบัติเนื่องจากความล้าของทั้ง 3 ท่าน รวมทั้งเส้นคราก (Yield line) บนแกน σ_m เทียบกับ σ_a มาเปรียบเทียบกันจะได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงกราฟขอบเขตการวิบัติเนื่องจากความล้าของผู้ศึกษาแต่ละท่าน

(<http://slideplayer.com/slide/4225228/>)

ดังนั้นจะสามารถนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบสมการทางสูตรคณิตศาสตร์จะได้เป็น

สมการของ Soderberg Line คือ
$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = 1 \tag{2.16}$$

สมการของ Goodman Line คือ
$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u} = 1 \tag{2.17}$$

สมการของ Yield Line คือ
$$\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} = 1 \tag{2.18}$$

สมการของ Gerber Parabola สามารถสรุปสูตรได้ดังนี้ ได้เป็น

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m^2}{S_y^2} = 1 \tag{2.19}$$

หลักการเลือกใช้สมการคำนวณหาการวิบัติเนื่องจากการล้า โดยทั่วไปจะนิยมใช้สมการของ Goodman เนื่องจากอยู่ในระดับกลางๆ ไม่เกิดความเล็งหรือสิ้นเปลือง (พิเชฐ ตระการชัยศิริ, 2552) จากการเพื่อวัสดุมากขึ้นเมื่อเทียบกับสมการของ Gerber หรือ Soderberg

สำหรับการคำนวณการวิบัติเนื่องจากความล้า ถ้าพบว่าจุดที่ σ_a และ σ_m ที่คำนวณได้อยู่ นอกขอบเขตของเส้นกราฟของสมการที่เลือกแสดงว่า ชิ้นส่วนนั้นจะเกิดการวิบัติเนื่องจากความล้า แต่ถ้าพบว่ายังตกอยู่ภายในขอบเขตแสดงว่ายังไม่เกิดการวิบัติเนื่องจากความล้า

ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะประยุกต์ทฤษฎีดังกล่าวเพื่อหาค่าความแข็งแรงของเครื่องต้นแบบเพื่อประเมินอายุการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS Workbench วิเคราะห์จากแรงที่มากระทำกับสันชะลอความเร็วซึ่งเป็นความเค้นกระทำแบบทิศทางเดียว โดยใช้ทฤษฎีของ Goodman ในการวิเคราะห์

2.4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว

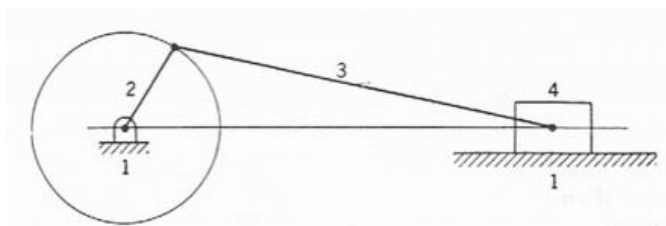
ระบบในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว เป็นส่วนสำคัญที่ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงมากที่สุด ซึ่งจะเป็นแนวทางให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้เครื่อง Speed Bumper ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 กลไกควบคุมการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว

เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็ว จำเป็นต้องมีกลไกหรือเฟือง(บทที่ 7 การผลิตเฟือง, 2559) ที่สามารถเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นเมื่อมีรถจักรยานยนต์เปลี่ยนไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน (ผศ.ทรงพล กลิ่นชะเอม, 2559) เพื่อส่งกำลังต่อไปให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ โดยกลไกและประเภทของเฟืองมีดังต่อไปนี้

1) กลไกแบบ Slider-Crank

กลไกนี้แสดงดังรูปที่ 2.13 มีส่วนประกอบกลไกทั้งหมด 4 ชิ้นส่วน โดยที่ชิ้นต่อโยง(link) ที่ 4 จะมีการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง โดยชิ้นต่อโยงที่ 4 สามารถเรียกแทนว่าสไลเดอร์แสดงดังรูปที่ 7 กลไกแบบนี้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยส่วนใหญ่จะพบในเครื่องยนต์ ทั้งที่เป็นเครื่องยนต์น้ำมันเบนซินและดีเซล ฯลฯ ขณะที่ชิ้นต่อโยงที่ 4 คือการเคลื่อนที่ของลูกสูบ จะถ่ายทอดกำลังผ่านทางชิ้นต่อโยงที่ 3 หรือก้านสูบ ไปยังชิ้นต่อโยงที่ 2 หรือเพลาค้อเหวี่ยง มีตำแหน่งอยู่สองตำแหน่งระหว่างรอบการทำงาน นั่นคือ ตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดที่สไลเดอร์เคลื่อนที่ไปได้ ล้อช่วยแรง (fly wheel) ที่ถูกยึดติดกับเพลาค้อเหวี่ยงจะเป็นตัวรับภาระที่ทำให้ล้อเหวี่ยงหมุนผ่านพ้นตำแหน่งสูงสุดนี้ไปได้



รูปที่ 2.13 ภาพแสดงกลไก Slider-Crank

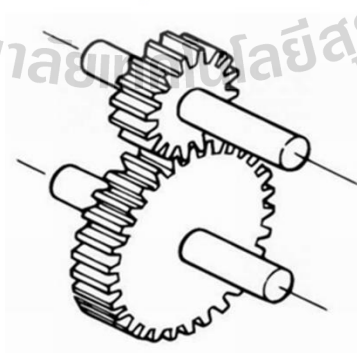
(http://eng.sut.ac.th/me)

2) เฟือง (Gear)

เฟือง เป็นเครื่องกลที่ทำงานโดยการหมุน เป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว คาดว่าตั้งแต่ยุคที่มนุษย์เริ่มมีอารยธรรมและคิดประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ขึ้นมา เฟืองก็เป็นชิ้นส่วนหนึ่งที่ถูกมนุษย์ทำขึ้นมา โดยเริ่มต้นที่เฟืองไม้ในยุคนิโบบราณ แต่สำหรับเฟืองสมัยใหม่นั้นเฟืองมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงลักษณะดังที่เราเห็นเมื่อไม่กี่ร้อยกว่าปีที่ผ่านมา เฟืองทำขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์สำหรับส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด (Torque) โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี โดยการส่งกำลังสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฟันเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยประเภทของเฟืองมีดังต่อไปนี้

2.1) เฟืองฟันตรง (Spur Gears)

เฟืองฟันตรง ดังรูปที่ 2.14 เป็นเฟืองที่มีใช้งานกันมากที่สุดในบรรดาเฟืองชนิดต่าง ๆ จะมีลักษณะเฉพาะคือฟันของเฟืองจะเป็นแนวขนานไปกับรูเพลลา โดยเฟืองตรงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเฟืองขนานกับเพลลา (Parallel-shaft Gear)



รูปที่ 2.14 เฟืองฟันตรง

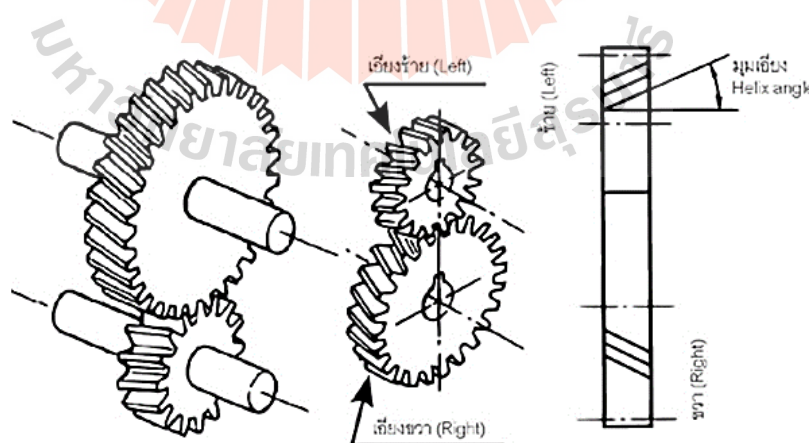
เฟืองฟันตรงเป็นเฟืองที่มีโครงสร้างง่ายและไม่สลับซับซ้อน โดยถ้าเฟืองฟันตรงสองตัวขบกันเราเรียกว่าเฟืองพีเนียน (Pinion Gears) โดยทั่วไปแล้วเฟืองฟันตรงที่ใช้ส่งกำลังแต่ละคู่จะมียุทธศาสตร์ของฟันเฟืองหรือโมดูล (Module, m) เท่า ๆ กัน หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมที่เท่ากันแต่การได้เปรียบเชิงกลที่เกิดขึ้นจะเกิดจากจำนวนฟันที่ต่างกัน (อัตราทด, Ratio) ของเฟืองแต่ละตัว เฟืองฟันตรงส่วนมากจะนำมาใช้ในระบบส่งกำลัง (Transmission Component)

ลักษณะเฉพาะของเฟืองฟันตรง

- (ก) มีความง่ายในการผลิตเนื่องจากรูปแบบของฟันเฟืองไม่สลับซับซ้อน ส่งผลให้ราคาต่ำกว่าเฟืองชนิดอื่น
- (ข) ไม่มีแรงรูน (Trust) ที่เกิดขึ้นในแนวแกน (No Axial Force) ในขณะที่ทำงาน
- (ค) มีความง่ายในการผลิตให้มีคุณภาพสูง
- (ง) เนื่องจากเป็นเฟืองแบบธรรมดาจึงมีความง่ายในการหาซื้อ

2.2) เฟืองฮิลิกซ์ (Helical Gears)

เฟืองฮิลิกซ์มีลักษณะทั่วไปเหมือนเฟืองตรง แต่ลักษณะแนวของฟันเฟืองจะไม่ขนานกับเพลลาโดยจะทำมุมเอียงไปเป็นมุมที่ต้องการ โดยอาจจะเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาขึ้นอยู่กับลักษณะความต้องการในการใช้งานและการออกแบบของผู้ผลิต เฟืองฮิลิกซ์มีลักษณะรูปร่างดังรูปที่ 2.15 โดยเฟืองฮิลิกซ์แต่ละคู่ที่ขบกันเพื่อส่งกำลังนั้น เฟืองหนึ่งฟันเฟืองจะเอียงไปทางซ้ายและอีกฟันเฟืองหนึ่งจะเอียงไปทางขวาในมุมที่เท่ากัน



รูปที่ 2.15 เฟืองฮิลิกซ์และรายละเอียดของเฟืองฮิลิกซ์

ลักษณะเฉพาะของเฟืองฮีลิคัล

- (ก) เมื่อเปรียบเทียบการรับภาระ (Load) แล้ว สำหรับเฟืองขนาดเดียวกัน เฟืองฮีลิคัล จะรับภาระได้มากกว่าเฟืองฟันตรงเนื่องจาก การที่ฟันเฟืองมีลักษณะเอียงจึงทำให้ความยาวของฟันเฟืองยาวกว่า และพื้นที่หน้าสัมผัสของฟันมีมากกว่าเฟืองฟันตรง
- (ข) เสี่ยงในขณะทำงานของเฟืองฮีลิคัลจะเสียบกว่าเฟืองฟันตรง เนื่องจากการขบกันของเฟืองจะกระทำอย่างนิ่มนวลกว่า เนื่อง จากมุมที่เอียงของฟันเฟืองทำให้เกิดการเหลื่อม (Overlap) กันของ ฟันเฟืองขณะหมุน
- (ค) เกิดแรงรูดตามแนวแกนมากกว่าในขณะที่หมุนเนื่องจากการเอียง ของฟันเฟืองที่มากซึ่งจะส่งผลให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลด ต่ำลง

2.3) เฟืองก้างปลา (Herringbone Gears or Double Helical Gears)

เพื่อลดแรงรูดด้านข้างในขณะทำงานของเฟืองเอียง จึงได้ถูกพัฒนา รูปแบบจากเฟืองเอียงมาเป็นเฟืองก้างปลา ซึ่งมีลักษณะของฟันเฟืองที่เอียงเข้าหากันในมุมที่เท่ากัน ทำให้แรงลัพธ์ของแรงรูดเท่ากับศูนย์

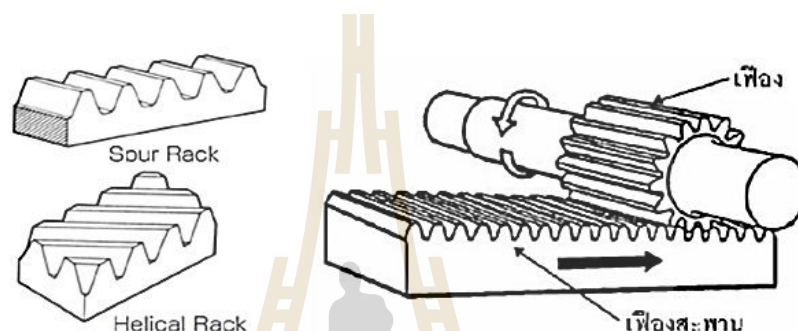
จากลักษณะของเฟืองก้างปลา ดังรูปที่ 3.14 จะเห็นว่า มีลักษณะเหมือนกับ การเอาเฟืองเอียงมาประกบกันในลักษณะที่สมมาตร ทำให้เฟืองก้างปลาสามารถรักษาข้อดีของ เฟืองเอียงไว้ได้ คือเสียดที่เสียบขณะทำงาน รับภาระได้มากกว่าเฟืองตรงในขณะเดียวกัน แรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในขณะทำงานก็ยังคงน้อยเมื่อเทียบกับเฟืองตรง แต่ลดข้อเสียที่มีอยู่เพียง อย่างเดียวของเฟืองเอียงคือแรงรูด จากลักษณะของเฟืองก้างปลาที่มุมเอียงของเฟืองเอียงเข้าหากัน ในลักษณะที่องศาเท่ากันทำให้ผลลัพธ์ของแรงรูดไม่มี



รูปที่ 2.16 เฟืองก้างปลา

2.4) เฟืองสะพาน (Rack and pinion Gears)

เฟืองสะพานประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนที่เป็นเฟืองสะพาน (Pinion gear) ทำหน้าที่เป็นตัวขับซึ่งส่วนมากแล้วจะเป็นเฟืองฟันตรง (Spur Gear) แต่ในบางอุปกรณ์อาจเป็นเฟืองเฉียงก็มี และส่วนที่เป็นเฟืองสะพาน (Rack) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งยาวตรงและมีฟันเฟืองอยู่ด้านบนขนบอยู่กับส่วนที่เป็นเฟือง หน้าที่ของเฟืองสะพานคือใช้เปลี่ยนการเคลื่อนที่จากการเคลื่อนที่แบบหมุนหรือการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น หรือการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 เฟืองสะพาน (Rack and pinion)

การใช้งานเฟืองสะพาน

- (ก) การส่งถ่ายกำลังในเครื่องจักรกล
- (ข) ใช้กับเครื่องพิมพ์หรือเครื่อง Plot ขนาดใหญ่
- (ค) หุ่นยนต์ (Robot)
- (ง) การส่งถ่ายกำลังในระบบบังคับเลี้ยวของรถยนต์ (Steering)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้กลไกและเฟืองที่จะสามารถเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วจากการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนเพื่อส่งกำลังแรงหมุนให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะเลือกใช้กลไก Slider-clank และ Rack and pinion

2.4.2 ล้อช่วยแรง (Flywheel)

ล้อช่วยแรง (ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต, 2547) คือ การสะสมพลังงานของพลังงานจลน์โดยผ่านการหมุนของก้านเพลลาทำให้เกิดพลังงานจากแรงหมุน โดยจะมีโมเมนต์เฉื่อยซึ่งด้านความเร็วของการหมุนปริมาณพลังงานจะถูกกักเก็บไว้ภายในล้อช่วยแรงสัดส่วนกำลังสองของความเร็วใน

การหมุน โดยที่พลังงานจะถูกถ่ายโอนไปยังล้อช่วยแรงโดยการใส่แรงบิดให้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความเร็วในการหมุนของล้อช่วยแรงและด้วยเหตุนี้จึงเป็นการเพิ่มการสะสมพลังงาน

สมการการหมุนของล้อช่วยแรงคือ

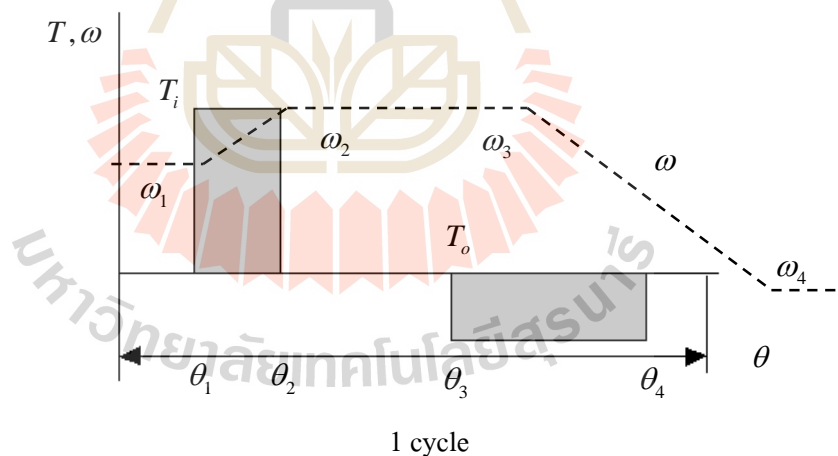
$$\sum M = T_i(\theta_i, \dot{\theta}_i) - T_o(\theta_o, \dot{\theta}_o) - I\ddot{\theta} = 0$$

$$\text{หรือ } I\ddot{\theta} = T_i(\theta_i, \dot{\theta}_i) - T_o(\theta_o, \dot{\theta}_o) \quad (2.20)$$

เมื่อทราบฟังก์ชันของโมเมนต์บิดขาเข้าและขาออก เราก็จะสามารถแก้สมการ (2.20) เพื่อหาสมการการหมุนของล้อช่วยแรงได้โดยใช้เทคนิคการหาอนุพันธ์เชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น ในกรณีนี้จะสมมติว่าเพลามีความแกร่ง ซึ่งจะทำให้ $\theta_i = \theta = \theta_o$ และ $\omega_i = \omega = \omega_o$ ดังนั้นสมการ (2.11) จะได้ว่า

$$I\ddot{\theta} = T_i(\theta, \omega) - T_o(\theta, \omega) \quad (2.21)$$

จากนั้นจะสามารถแก้สมการ (2.21) เพื่อหาค่า θ, ω และ $\dot{\theta}$ เป็นฟังก์ชันของเวลาได้ อย่างไรก็ตามเราต้องการทราบสมรรถนะของล้อช่วยแรงในภาพรวมซึ่งหมายถึงค่าที่เราต้องการ ได้แก่ โมเมนต์แรงเฉื่อย กำลังที่ส่งเท่ากับโหลด และสมรรถนะของระบบที่เราเลือกใช้ในการวิเคราะห์จะจำลองตามสมมติฐานที่กำหนดดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โมเมนต์บิดในการหมุนของล้อช่วยแรง

งานที่ให้แก่อล้อช่วยแรง คือพื้นที่ใต้กราฟรูปสี่เหลี่ยมระหว่าง θ_1 และ θ_2

$$U_i = T_i(\theta_2 - \theta_1) \quad (2.22)$$

งานที่ได้จากล้อช่วยแรง คือพื้นที่ใต้กราฟรูปสี่เหลี่ยมระหว่าง θ_3 และ θ_4

$$U_o = T_o(\theta_4 - \theta_3) \quad (2.23)$$

ในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทาน ถ้า U_o มีค่าน้อยกว่า U_i แสดงว่าโหลดจะใช้พลังงานมากกว่าพลังงานที่ส่งให้กับล้อช่วยแรง ดังนั้น ความเร็วเชิงมุม ω_4 จะน้อยกว่า ω_1 แต่ถ้า $U_o = U_i$ ความเร็วเชิงมุม ω_4 จะเท่ากับ ω_1 และสุดท้าย ถ้า U_o มีค่ามากกว่า U_i ความเร็วเชิงมุม ω_4 จะมากกว่า ω_1

$$\text{จากสมการพลังงานจลน์} \quad E_1 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}I\omega^2$$

ถ้ากำหนดให้ที่ $\theta = \theta_1$ ล้อช่วยแรงหมุนด้วยความเร็ว ω_1 rad/s เราสามารถเขียนความสัมพันธ์เหล่านี้ในรูปของพลังงานจลน์ที่ได้คือ

$$E_1 = \frac{1}{2}I\omega_1^2 \quad (2.24)$$

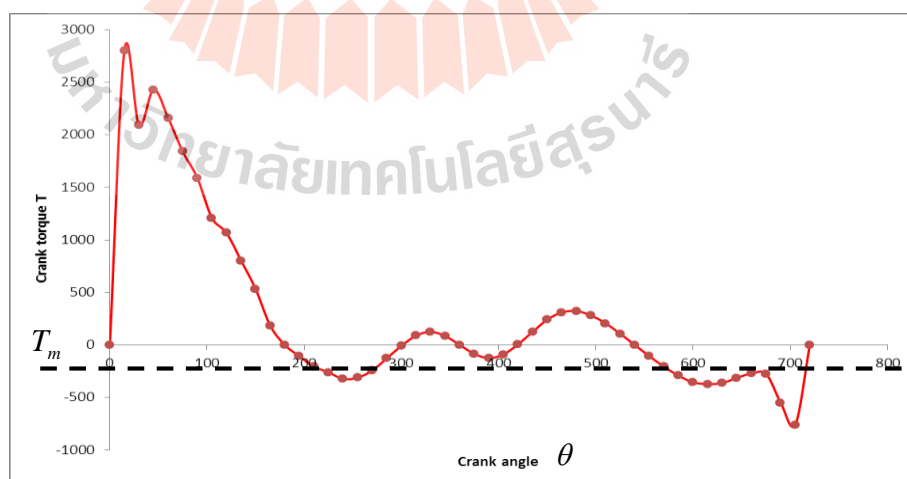
ที่ $\theta = \theta_2$ ล้อช่วยแรงหมุนด้วยความเร็ว ω_2 rad/s จะได้

$$E_2 = \frac{1}{2}I\omega_2^2 \quad (2.25)$$

ดังนั้นพลังงานที่เปลี่ยนไปคือ

$$E_2 - E_1 = \frac{1}{2}I(\omega_2^2 - \omega_1^2) \quad (2.26)$$

โดยส่วนใหญ่โมเมนต์บิดที่เป็นฟังก์ชันของระยะการขจัดจะสามารถพบได้ในด้านวิศวกรรมที่มีความซับซ้อน ซึ่งใช้วิธีการเชิงตัวเลข (Numerical Method) ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.19 ซึ่งเป็นกราฟแสดงโมเมนต์บิดในวงรอบการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์สันดาปภายในลูกสูบเดี่ยว



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ของโมเมนต์บิดกับมุมของเพลาค้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์สันดาปภายในลูกสูบเดี่ยว (ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต, 2547)

เนื่องจากเส้นแรงแสดงโมเมนต์บิดส่วนใหญ่จะมีค่าลบ แสดงว่าล้อช่วยแรงจะส่งพลังงานกลับคืนไปยังเครื่องยนต์ การอินทิเกรตโมเมนต์บิดในช่วง $\theta=0$ ถึง 4π แล้วหารผลลัพธ์ที่ได้ด้วย 4π จะทำให้ได้ค่าโมเมนต์บิดเฉลี่ย T_m เพื่อความสะดวกเราจะกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความเร็ว (coefficient of speed fluctuation) คือ

$$C_s = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega} \quad (2.27)$$

เมื่อ ω คือความเร็วรอบระบุ (nominal angular velocity) ซึ่งหาได้จาก

$$\omega = \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} \quad (2.28)$$

เมื่อแยกแฟกเตอร์สมการที่ [2-1] จะได้

$$E_2 - E_1 = \frac{1}{2} I (\omega_2 - \omega_1) (\omega_2 + \omega_1)$$

เนื่องจาก $\omega_2 - \omega_1 = C_s \omega$ และ $\omega_2 + \omega_1 = 2\omega$ ดังนั้น

$$E_2 - E_1 = C_s I \omega \quad (2.29)$$

สมการที่ 2.29 นี้ใช้เพื่อวิเคราะห์โมเมนต์แรงเฉื่อยในล้อช่วยแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

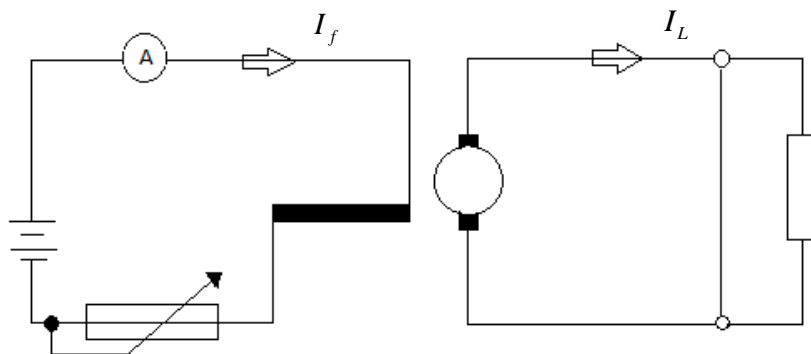
ในการออกแบบล้อช่วยแรงเราต้องคำนึงถึงตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบ คือ น้ำหนักของล้อช่วยแรง รัศมี เพื่อให้สามารถทำงานได้เหมาะสมกับการใช้งานในงานวิจัยนี้ โดยออกแบบจากค่าแรงบิดที่น่าจะเป็นไปได้จากเครื่องต้นแบบจากการคำนวณ แล้วจึงออกแบบสร้างแล้วทำการทดสอบว่าล้อช่วยแรงที่ออกแบบสามารถทำงานได้ดีหรือไม่ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้มีเสถียรภาพสูงสุด

2.4.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

2.4.3.1 ชนิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (ไชยชาญ หินเกิด, 2537) นั้น แบ่งตามลักษณะของการกระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก ได้เป็น 2 ชนิด

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้นฟิลด์คอยล์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้ จะถูกกระตุ้นให้มีอำนาจแม่เหล็กโดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 2.20

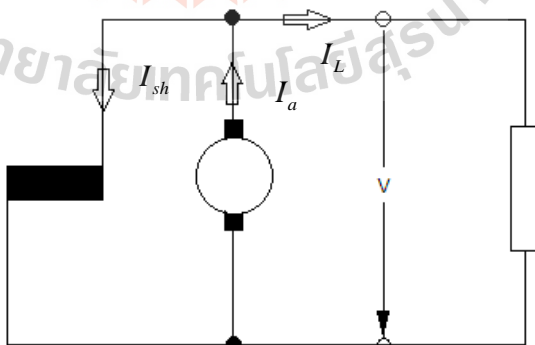


รูปที่ 2.20 วงจรเครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากในตัวมันเองกระตุ้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะถูกกระตุ้นให้มีอำนาจแม่เหล็ก โดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงจากภายในตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของมันเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กตกค้าง (Residual magnetic or Residual flux) ที่มีอยู่ที่ขั้วแม่เหล็ก เมื่ออาร์มาเจอร์หมุนจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเล็กน้อยด้วย ดังนั้น กระแสนี้บางส่วนจะไหลผ่านฟิลด์คอยล์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะเสริมกับอำนาจแม่เหล็กตกค้างที่ขั้วแม่เหล็ก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ แบ่งตามลักษณะการต่อของขดลวดสนามแม่เหล็กกับอาร์มาเจอร์ได้ 3 ชนิด

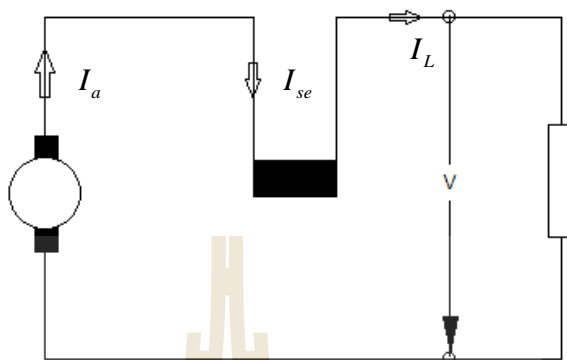
2.1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน (Shunt generator or shunt wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อคร่อม หรือต่อขนานอยู่กับอาร์มาเจอร์ เครื่องกำเนิดนี้จะให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกสูง แสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน

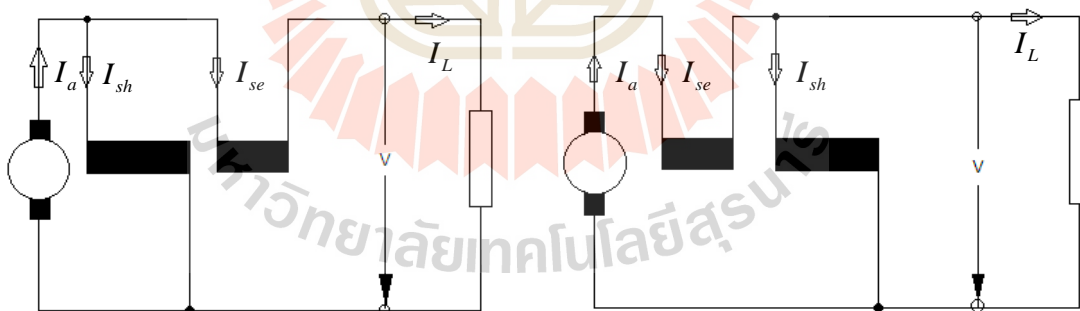
2.2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series generator or series wound) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่ออนุกรมอยู่กับอาร์มาเจอร์ เป็นเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าที่ให้กระแสสูงขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นขดลวดเส้นโต เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ไม่ค่อยนิยมใช้ จะใช้ในกรณีพิเศษเท่านั้น เช่น ทำเป็นตัวขยายกำลัง (Boosters) เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอนุกรม

2.3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม (Compound generator or compound wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้เป็นเครื่องกำเนิดที่รวมเอาคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดแบบขนานและแบบอนุกรมเข้าด้วยกันเป็นแบบผสมต่อแบบช็อตชัณฑ์ (Short shunt compound) และแบบผสมต่อแบบลองชัณฑ์ (Long shunt compound) แสดงดังรูปที่ 2.23



ก) แบบผสมต่อแบบช็อตชัณฑ์

ข) แบบผสมต่อแบบลองชัณฑ์

รูปที่ 2.23 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม

จากการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทต่างๆ นี้ได้ข้อสรุปว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเนื่องจากใช้งานง่าย และสามารถดัดแปลงได้ง่าย ไม่ต้อง

แปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อประจุไว้ในแบตเตอรี่อีก เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงอยู่แล้ว

2.5 แบตเตอรี่

2.5.1 ประเภทของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- 1) ชนิดแห้ง (Dry cell)
- 2) ชนิดน้ำ (Wet cell) มี 2 ชนิดคือ แบตเตอรี่ด่างและแบตเตอรี่ตะกั่ว

2.5.2 วิธีการชาร์จแบตเตอรี่ที่ถูกต้อง

สามารถแบ่งประเภทในการชาร์จแบตเตอรี่ (สุพรรณชัย มั่งมีสิทธิ์, 2555) ออกเป็นสามประเภทหลักๆดังนี้

1) การประจุทีละน้อย (Trickle Recharge) คือการประจุกระแสในอัตราเท่ากับ C/10 (10% ของความจุ) การประจุทีละน้อยสามารถประจุไว้เป็นเวลานานได้ ประโยชน์ของการประจุแบบนี้ คือถึงแม้ว่าเซลล์จะถูกประจุเต็มแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องนำกระแสไฟออก เนื่องจากถ้าเราประจุต่อก็ไม่ทำให้เกิดการเสียหายของเซลล์ในแบตเตอรี่

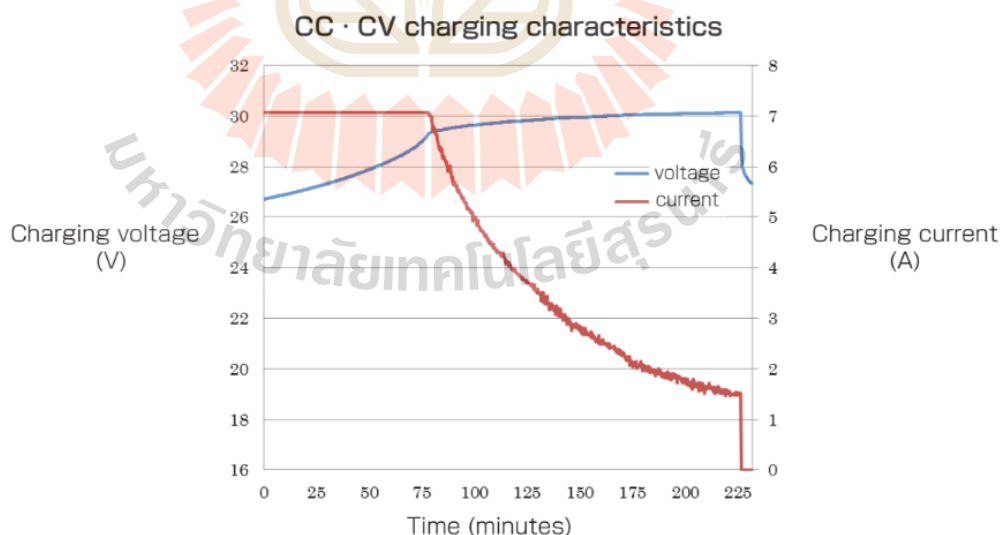
2) การประจุอย่างรวดเร็ว (Fast Recharge) คือการประจุกระแสในอัตราเท่ากับ C/30 (30% ของความจุ) ถึง C/50 (50% ของความจุ) โดยจะต้องเตรียมตัดการประจุ เมื่อเซลล์ประจุเต็มแล้ว ซึ่งสามารถใช้วงจรตรวจจับแรงดัน ตัดการประจุกระแสได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันในเซลล์แบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าปัจจุบัน วิธีการนี้สามารถใช้ได้เฉพาะเครื่องประจุกระแสที่มีเกจวัดแรงดันไฟฟ้า ถ้าสามารถวัดค่าแรงดันได้อย่างเที่ยงตรงและว่องไว สามารถตัดกระแสที่ใช้ประจุออกก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้นกับเซลล์ในแบตเตอรี่ ปัญหาในการใช้ประจุแบบนี้คือ ถ้ากระแสไฟในการประจุมีค่าที่สูงไม่ถูกตัดการประจุออกอย่างทันท่วงที ความดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเซลล์จะระบายก๊าซออกซิเจนออกไปโดยที่รูระบายของแบตเตอรี่ที่ถูกปิดไว้จะเปิดออกและปล่อยก๊าซออกซิเจนกับอิเล็กโทรไลต์บางส่วนออกมา เนื่องจากเมื่ออิเล็กโทรไลต์สูญเสียนอกจากเซลล์ของแบตเตอรี่แล้ว ก็ไม่สามารถเติมกลับเข้าไปได้ใหม่ ดังนั้น ความจุของเซลล์จะลดลงอย่างถาวรนั่นคือ เซลล์นั้นจะมีความจุน้อยลงตลอดไป

3) การประจุอย่างเร่งด่วน (Super-Fast Recharging) คือการประจุไฟฟรัมนี่ที่จะประจุภายในเวลาเพียง 2-3 นาที โดยทำการประจุด้วยอัตรา 4C (4 เท่าของความจุ) หรือมากกว่านี้โดยวัดแรงดันของเซลล์และตัดกระแสที่ใช้ประจุออก เมื่อแรงดันของเซลล์สูงถึงค่าที่ต้องการ แม้ว่าวิธีนี้จะเป็วิธีที่ดีแต่ข้อควรระวังคือ อาจจะทำให้เกิดการรั่วของเซลล์ได้ นั่นคือกระแสไฟในแบตเตอรี่ต้องหมดไป และใช้กระแสในการประจุค่าที่แน่นอนเป็นระยะเวลาที่ถูกต้อง

ดังนั้น การชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ หรือการประจุไฟให้แก่แบตเตอรี่แต่ละครั้ง ควรจะเลือกการชาร์จอย่างช้าและชาร์จทิ้งไว้ประมาณ 5-10 ชั่วโมง โดยเฉพาะในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทั้งนี้เพื่อให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพช้าลงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

การประจุกลับเข้าไปใหม่นั้นทำได้โดยง่าย โดยการป้อนกระแสกลับทางเข้าไปยังแบตเตอรี่ เพื่อบังคับให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นย้อนกลับ โดยแรงดันของแหล่งจ่ายภายนอกอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันโดยส่วนใหญ่แล้วแบตเตอรี่จะระบุแรงดันในการประจุน้อย 1.15 เท่าของแรงดันแบตเตอรี่ ตัวอย่างเช่นแบตเตอรี่แรงดัน 6 โวลต์ ควรใช้แรงดันไฟฟ้าคงที่ในการประจุที่ประมาณ 7 โวลต์ ดังรูปที่ 2.24 จะควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 30 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 7 แอมแปร์ เมื่อผ่านไป 75 นาทีจะค่อยๆ ลดกระแสไฟฟ้าในการประจุลงจนกระทั่งแบตเตอรี่เต็มจึงทำการตัดกระแส ซึ่งในการประจุนั้นจะต้องควบคุมแรงดันให้คงที่และประจุกระแสสูงสุดที่แบตเตอรี่ระบุ และเมื่อประจุกระแสได้ประมาณ 75% ต้องลดปริมาณกระแสลงเพื่อยืดอายุในการใช้งานของแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 2.24 ทั้งนี้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุก่อการจ่ายประจุนั่นเอง

30Ah (5 hour rate) Battery discharge about 50%



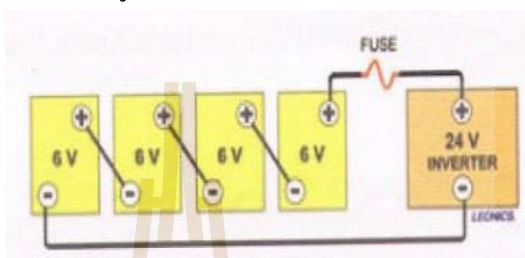
รูปที่ 2.24 กราฟแสดงตัวอย่างค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในการประจุ

(<http://www.engineerfriend.com/2014/entertainments>)

2.5.3 การต่อชุดแบตเตอรี่

1) การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรม

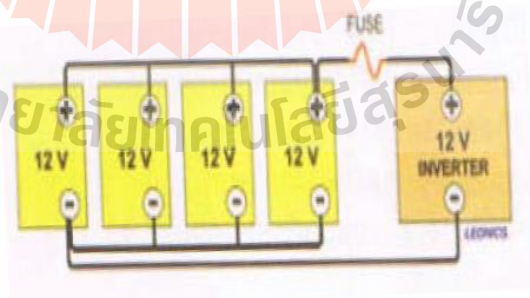
เป็นการต่อชุดแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้เพียงพอและเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ยกตัวอย่างเช่นเราสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ 24 โวลต์ แล้วเรามีแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ 4 โย นำมาต่ออนุกรมกัน แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 24 โวลต์ ขณะที่ความจุยังคงเหมือนเดิม 60 แอมแปร์ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรม

2) การต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนาน

เป็นการต่อชุดแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มความจุของแบตเตอรี่ให้เพียงพอและเหมาะสมกับการใช้งาน หรือเพิ่มระยะเวลาที่ต้องการประจุกระแสไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่นหากเราสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 12 โวลต์ เราสามารถนำแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ความจุ 60 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 โย มาต่อขนานกัน เราจะได้แรงดันแบตเตอรี่เท่ากับ 12 โวลต์เหมือนเดิมและได้ความจุของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเป็น 240 แอมแปร์ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 2.26

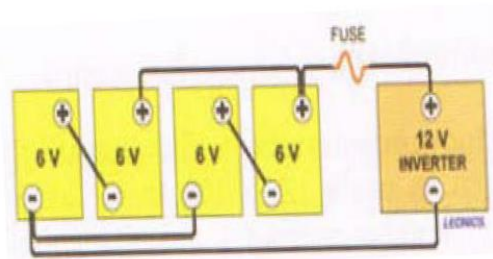


รูปที่ 2.26 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนาน

3) การต่อชุดแบตเตอรี่แบบผสม

เป็นการต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนานและแบบอนุกรมผสมกัน โดยเป็นการเพิ่มทั้งแรงดันไฟฟ้าและความจุของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตัวอย่างเช่น เรามีแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ ความจุ 60 แอมแปร์ชั่วโมง อยู่หลายโย แต่เราต้องการแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 24 โวลต์

และความจุแบตเตอรี่เท่ากับ 120 แอมแปร์ชั่วโมง เราจะต้องนำแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมสองใบ จากนั้นนำสองวงจรนี้มาต่อขนานกัน แสดงดังภาพที่ 2.27



รูปที่ 2.27 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบผสม

การประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่นั้น ได้ข้อสรุปว่า ในการประจุกระแสไฟฟ้านั้นต้นกำลังที่ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมานั้นคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องมีปริมาณแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ จึงจะสามารถประจุกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ และการเลือกความจุของแบตเตอรี่จะเลือกจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ โดยจะเลือกเป็นการประจุอย่างช้า หรือ 10% ของความจุแบตเตอรี่เพื่อยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้น

2.5.4 วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter)

วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter) เป็นวงจรรักษาแรงดันกระแสไฟฟ้าที่ออกมา มีค่าคงที่และมีหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นจากระดับแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตได้ จะทำงานตามสัญญาณพัลส์แบบ PWM (Pulse Width Modulation) ที่สร้างจาก ไอซี TL494 ซึ่งสัญญาณ PWM นี้จะสามารถปรับความถี่และความกว้างของสัญญาณพัลส์นี้ได้โดยปรับค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจร เมื่อได้สัญญาณ PWM แล้วจะส่งผ่านไปยังวงจรขับเคลื่อน (Gate Drive Circuit) เพื่อไปขับนำสวิทช์ POWER MOSFET เบอร์ IREF460 ให้ทำงานโดยมีลักษณะของวงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้คงที่และอยู่ในช่วงที่ต้องการจะไปประจุกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของแบตเตอรี่ได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

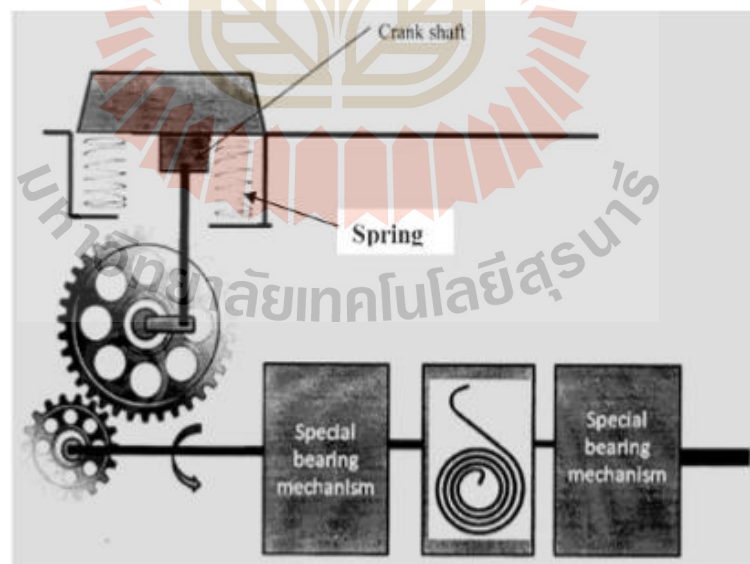
Andrea Pirisi และคณะ (2012) ได้เสนอแนวทางการผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคตโดยการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่สันชะลอกความเร็ว โดยการใช้การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของสันชะลอกความเร็วผลิตกระแสไฟฟ้าโดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแนวตั้ง ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่คาดว่าจะมีในอนาคตแสดงดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วประยุกต์ใช้งานร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแนวตั้ง

K.Ravivarma และคณะ (2013) ได้เสนอแนวคิดการประยุกต์ใช้กลไกเพื่อเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นของสันชะลอความเร็วเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) กลไกแบบ Crack Shaft เป็นกลไกที่สามารถเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น โดยการรับแรงจากตัวโครงสร้างของสันชะลอความเร็วจากนั้นเปลี่ยนการเคลื่อนที่ไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยกลไก Crack Shaft แสดงดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 กลไกแบบ Crack Shaft

2) กลไกแบบ Rolled เป็นกลไกที่เมื่อมีรถผ่านสันชะลอความเร็วจะทำให้เกิดแรงหมุนของ Rolled และส่งกำลังต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.30



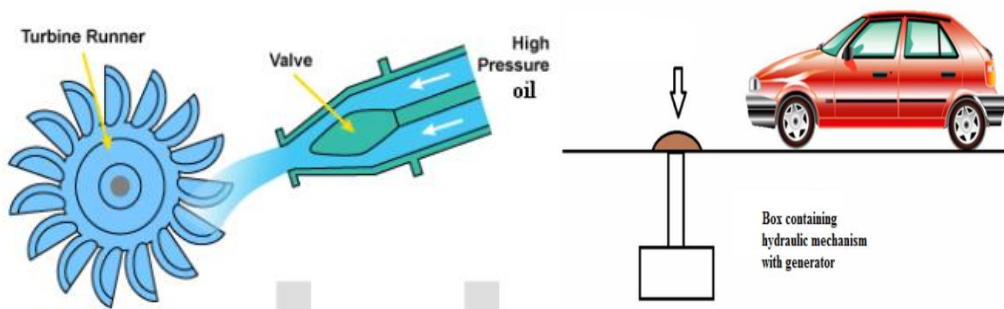
รูปที่ 2.30 กลไกแบบ Rolled

3) กลไกแบบ Rack and pinion เป็นกลไกประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ขึ้นลงของสันชะลอความเร็วส่งผ่านแรงมายัง Rack และส่งกำลังต่อไปยัง Pinion เป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนส่งกำลังให้แก่เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.31



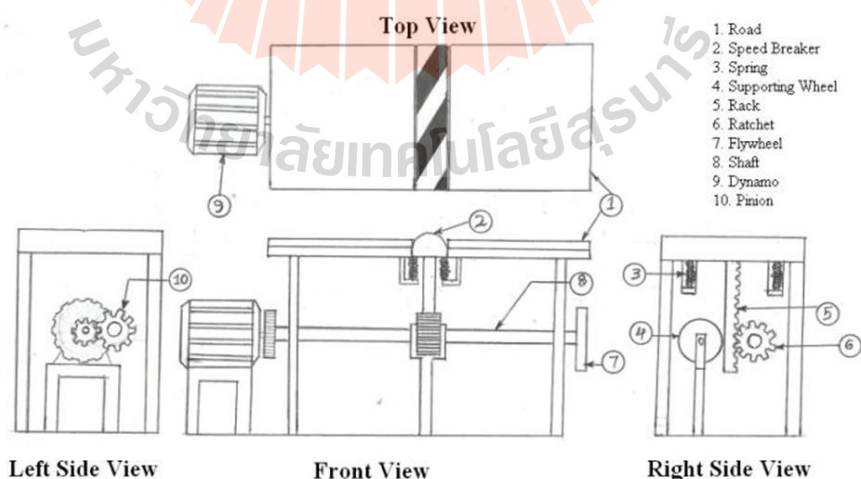
รูปที่ 2.31 กลไกแบบ Rack and pinion

4) กลไก Turbine กลไกจะใช้ของเหลวในการปั่น Turbine ให้หมุนโดยของเหลวจะสามารถเคลื่อนที่ได้จากลูกสูบ ซึ่งเมื่อมีรถเคลื่อนที่สันชะลอความเร็วแรงกดสันชะลอความเร็วจะเปลี่ยนเป็นแรงดันของเหลวโดยลูกสูบ และไปปั่น Turbine ให้หมุนจากนั้นก็ส่งกำลังต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 กลไก Turbine

A.Padma Rao และคณะ (2014) ได้คิดค้นและออกแบบระบบกลไกสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าใช้สำหรับไฟส่องสว่างในบริเวณสันชะลอความเร็ว ด้วยพัฒนาแบบใหม่ซึ่งใช้กลไก Rack และ Ratchet เพื่อใช้งานจริงในเขตชุมชน งานวิจัยนี้จะเน้นการใช้พลังงานศักย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยลักษณะของสันชะลอความเร็วมีลักษณะเป็นลูกกระนาบขวางทางสัญจรของพาหนะ เมื่อมีพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว ลูกกระนาบจะหยุดตัวลง โดยที่ลูกกระนาบจะถูกติดตั้งเฟือง Rack ส่งผ่านแรงไปยังชุดเฟือง Ratchet ที่เป็นซี่เฟืองกับเฟืองล้อที่มีสปริงสับให้หมุนไปทางเดียว เปลี่ยนการเคลื่อนที่จากแบบเชิงเส้นไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน ไปหมุนล้อช่วยแรง หน้าทีของล้อช่วยแรงคือสร้างพลังงานจลน์ จากนั้นไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แผนภาพแสดงเค้าโครงการออกแบบ

ระยะการเคลื่อนที่ขึ้นและลงของลูกกระชอนมีระยะเท่ากับ 10 เซนติเมตร มีน้ำหนักของรถยนต์มากระทำต่อลูกกระชอนเท่ากับ 1,000 กิโลกรัม จากงานวิจัยนี้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 2.5 วัตต์ต่อรถจักรยานยนต์หนึ่งคัน และในหนึ่งวันจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 3.5 กิโลวัตต์

Garud Choudhary และคณะ (2010) แสดงผังรูปที่ 2.34 (ก) ได้ประดิษฐ์กลไกที่อาศัยการเคลื่อนที่ของพาหนะผ่านสันชะลอความเร็วที่ใช้แผ่นเหล็กจำนวนหลายแผ่นประกอบกันเป็นลักษณะสันชะลอความเร็ว เมื่อมีน้ำหนักจากพาหนะมากระทำกับสันชะลอความเร็ว สันชะลอความเร็วจะเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยกลไกที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงผังรูปที่ 2.34 (ข)



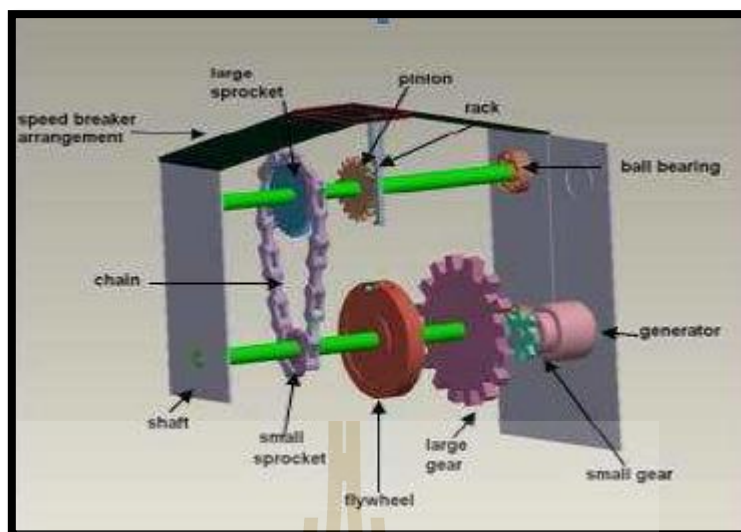
(ก) ภาพแสดงสันชะลอความเร็ว

(ข) ภาพแสดงกลไกของสันชะลอความเร็ว

รูปที่ 2.34 เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็ว

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าแตกต่างกันตามความถี่และน้ำหนักของรถที่เคลื่อนผ่าน โดยทั่วไปสันชะลอความเร็วสามารถนำมาเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 5 ถึง 10 กิโลวัตต์ต่อวัน ทั้งนี้สันชะลอความเร็วนี้มีการทำงานที่เงียบ ไม่มีเสียงรบกวนผู้ที่อาศัยอยู่ภายในพาหนะและการทำงานของกลไกมีความปลอดภัย บำรุงรักษาง่าย อาจจะใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับระบบไฟส่องสว่าง, ไฟสัญญาณไฟจราจรหรือ อาจจัดเก็บในรูปแบบของการประจุเก็บในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานต่อไป

Fayeq Najuib และคณะ (2014) ได้ประดิษฐ์กลไกที่อาศัยแรงที่ได้จากสันชะลอความเร็วในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบไฟอัตโนมัติส่องสว่างของถนน งานวิจัยนี้จะใช้แนวคิดเรื่องพลังงานจลน์จากล้อช่วยแรง โดยใช้การเคลื่อนที่ของพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเนินชะลอความเร็วกดลงที่กลไกที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ และส่งแรงไปยังล้อช่วยแรงสร้างพลังงานจลน์ไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงผังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 ภาพแสดงกลไก Speed Breaker

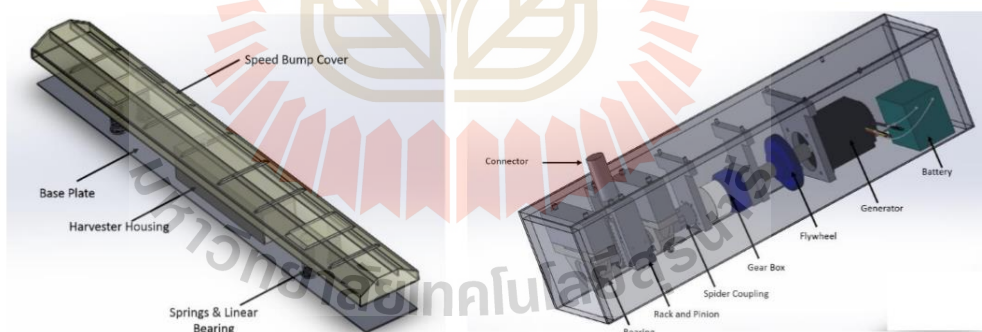
การทำงานเมื่อพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว เนินชะลอความเร็วจะส่งแรงไปยังชุด Rack and pinion หมุนชุดเฟืองขับและส่งแรงหมุนไปยังล้อช่วยแรง และผ่านชุดเฟืองทดกำลังก่อนจะส่งแรงให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และส่งกระแสไฟฟ้าที่ได้แปลงกระแสเพื่อใช้กับไฟส่องสว่างถนน โดยกระแสไฟฟ้าที่คาดว่าจะสามารถผลิตได้จากการคำนวณเท่ากับ 400 วัตต์ต่อวัน

Piyush Bhagdikar และคณะ (2014) ได้เสนอแนวคิดการเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่าน โดยใช้กลไกแบบล้อเพื่อส่งถ่ายกำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ทั้งนี้ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 0.08 วัตต์ต่อรถจักรยานยนต์หนึ่งคัน แสดงดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 เครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วประยุกต์ใช้กลไกแบบล้อ

Prakhar Todaria และคณะ (2015) ได้สร้างเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็ว โดยประยุกต์ใช้กลไก Rack and pinion เป็นกลไกที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของสันชะลอความเร็วไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน จากนั้นส่งกำลังต่อไปยังกระปุกเกียร์ โดยมีล้อช่วยแรงเป็นอุปกรณ์สะสมแรงเนื่องในการหมุนเพื่อให้หมุนได้อย่างต่อเนื่อง และส่งกำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามเฟสเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อมีรถยนต์ผ่าน 1 คัน ได้เท่ากับ 200 วัตต์ต่อหนึ่งเฟสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.37

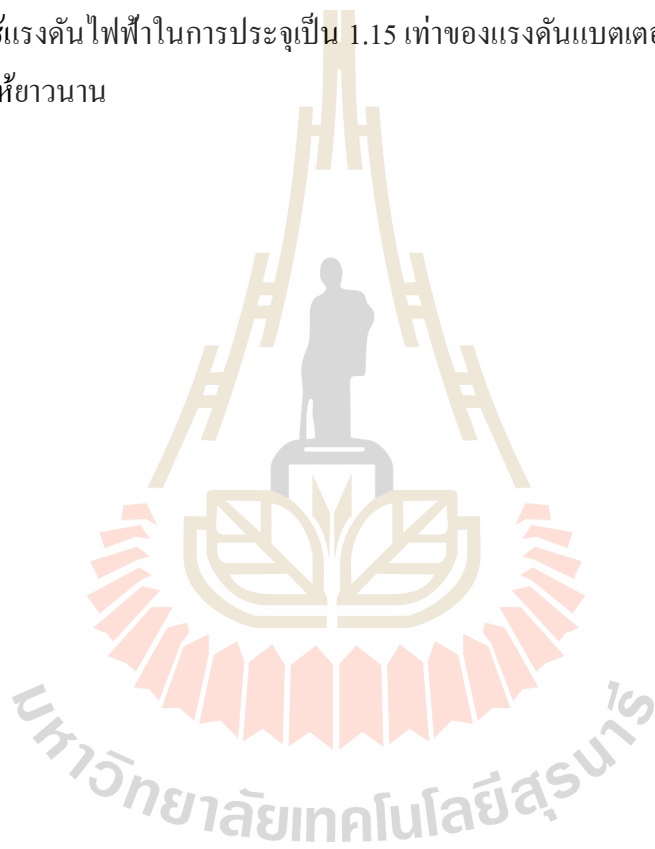


รูปที่ 2.37 การประยุกต์ใช้กลไก Rack and pinion

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยทราบว่า การประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นมีความเป็นไปได้ โดยกลไกที่ได้รับความนิยมใช้คือ กลไก Slider-clank และกลไก Rack and pinion โดยเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วที่ประยุกต์ใช้กับรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านนั้นสามารถผลิตได้เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.08 วัตต์ต่อรถจักรยานยนต์หนึ่งคัน และประยุกต์ใช้กับรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านได้เฉลี่ยสูงสุด 200 วัตต์ต่อรถยนต์หนึ่งคัน

2.7 บทสรุป

ในบทนี้จะทำให้เราทราบขนาดของโครงสร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อนำไปสร้างเครื่องต้นแบบให้ได้ตามมาตรฐานและถูกต้องตามกฎหมายกำหนด โดยพิจารณาออกแบบใช้กลไก Rack and pinion และกลไก Slider-clank และนำมาศึกษาข้อดีข้อด้อยของเครื่องต้นแบบที่ใช้กลไก 2 แบบนี้ซึ่งเป็นกลไกที่นิยมนำมาใช้สร้างเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า อีกทั้งยังทำให้เราทราบถึงการจัดเก็บกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของการประจุไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งการประจุนั้นต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ และใช้แรงดันไฟฟ้าในการประจุเป็น 1.15 เท่าของแรงดันแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนาน



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนำ

การศึกษานี้เป็นการออกแบบ สร้าง และติดตั้งสันชะลอความเร็วพร้อมกลไกการเคลื่อนที่ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดเก็บพลังงานที่ประจุในแบตเตอรี่ ให้เพียงพอต่อการใช้งานของระบบไฟฟ้าส่องสว่าง จากนั้นวิเคราะห์ผลที่ได้ เพื่อศึกษาผลกระทบต่างๆ เช่น ความถี่ และน้ำหนักที่รถเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลการออกแบบเชิงพาณิชย์ต่อไป โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.1.1 ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เป็นกระบวนการสำหรับรวบรวมข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัย ดังนี้

1) มาตรฐานหรือข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

จากมาตรฐานสันชะลอความเร็ว มยผ. 2301-56 ได้ข้อสรุปว่าเราจะออกแบบเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว ซึ่งต้องมีความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 370 เซนติเมตร และความกว้างของฐานต้องมากกว่า 90 เซนติเมตร

2) ผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า การประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นมีความเป็นไปได้ โดยกลไกที่ได้รับความนิยมใช้คือ กลไก Slider-clank และกลไก Rack and pinion โดยเครื่องต้นแบบสันชะลอความเร็วที่ประยุกต์ใช้กับรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านนั้นสามารถผลิตได้เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.08 วัตต์ต่อรถจักรยานยนต์หนึ่งคัน และประยุกต์ใช้กับรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านได้เฉลี่ยสูงสุด 200 วัตต์ต่อรถยนต์หนึ่งคัน

จากงานวิจัยทั้งที่มีผู้ดำเนินผ่านมา ทำให้เราได้ทราบว่าผลงานวิจัยที่ใช้กลไก Slider-crank และกลไก Rack and pinion เป็นกลไกที่ได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้สร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว ดังนั้นเราจึงทำการสร้างเครื่องต้นแบบของทั้งสองกลไกเพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างกลไก Slider-crank กับกลไก Rack-Pinion

3) ผลการสำรวจปริมาณ ประเภท และช่วงเวลาที่พาหนะที่เข้าและออกบริเวณพื้นที่อาคารเรียนรวม 1 โดยมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 2,209 คัน ในช่วงเวลา 11:30-12:30 น. จากตารางที่ 1.1 การสำรวจปริมาณรถจักรยานยนต์เข้าและออกอาคารเรียนรวม 1 ในบทที่ 1

ในขั้นตอนการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้ เราพบว่ามาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบสันชะลอความเร็วนั้น เราจะต้องออกแบบให้ได้ตามมาตรฐาน มยศ. 2301-56 ซึ่งจะต้องมีความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 370 เซนติเมตร และความกว้างของฐานต้องมากกว่า 90 เซนติเมตร และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบอีกว่ากลไกที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นคือ กลไก Slider-clank และกลไก Rack and pinion

3.1.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว

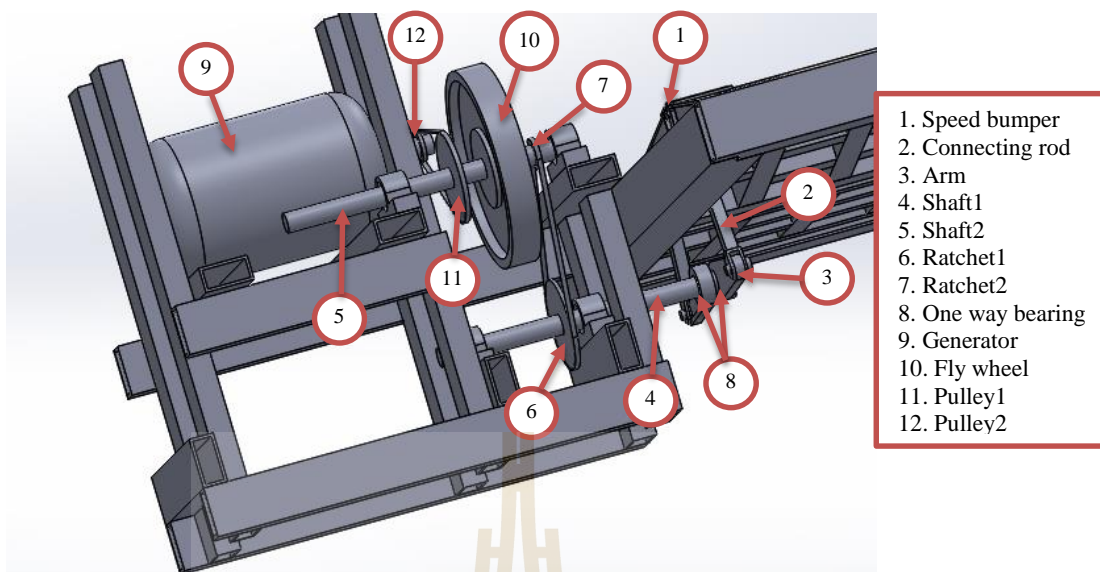
มีลำดับการออกแบบตามวิธีการการออกแบบเครื่องจักรกลที่กล่าวในบทที่ 2 ดังนี้

3.1.2.1 รับรู้ความต้องการ

จากที่เราทำการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการสร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหลากหลายแบบ ทั้งนี้พบว่ากลไกที่ได้รับนิยมนำมาสร้างเครื่องต้นแบบคือ กลไก Slider-clank และกลไก Rack and pinion อีกทั้งเรายังทำการประมาณน้ำหนักที่มากกระทำกับเครื่องต้นแบบ ได้แก่ น้ำหนักรถจักรยานยนต์ 150 กิโลกรัม รวมกับน้ำหนักของผู้ขับขี่ 50 กิโลกรัม น้ำหนักรวมเท่ากับ 200 กิโลกรัม ซึ่งเป็นตัวเลขที่ง่ายต่อการคำนวณ

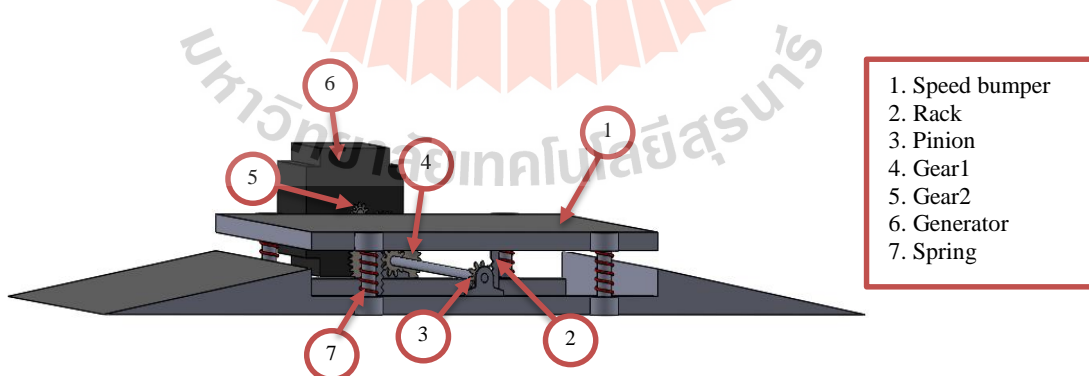
3.1.2.2 กำหนดลักษณะจำเพาะและศึกษารายละเอียด

เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วต้องมีมิติขนาดความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 370 เซนติเมตร และความกว้างของฐานต้องมากกว่า 90 เซนติเมตร และกลไกสามารถเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นเมื่อมีรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนเพื่อส่งกำลังต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยประยุกต์ใช้กลไก Slider-clank และ กลไก Rack and pinion ให้มีความทนทานต่อแรงที่มากระทำในที่นี้คือน้ำหนักของรถจักรยานยนต์รวมกับน้ำหนักผู้ขับขี่ แสดงดังรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไก Slider-clank

จากรูปที่ 3.1 เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไก Slider-clank ประกอบไปด้วยส่วนประกอบได้แก่ 1) โครงสร้างสันชะลอความเร็ว ซึ่งทำมาจากเหล็กกล่องขนาด 3 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร 2) ชิ้นต่อโยง (Connecting rod) จำนวน 2 ชิ้น 3) Arm จำนวน 2 ชิ้น 4) เพลา (Shaft) จำนวน 2 ชิ้น 5) เฟืองโซ่ขนาดใหญ่ (Ratchet1) จำนวน 1 ชิ้น 6) เฟืองโซ่ขนาดใหญ่ (Ratchet2) จำนวน 1 ชิ้น 7) ตลับลูกปืนหมุนทางเดียว (One way bearing) ซึ่งจะอยู่ในชิ้นส่วน Arm จำนวน 2 ชิ้น 8) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 9) ล้อสายพาน (Pulley) 2 ชิ้น 10) ล้อช่วยแรง



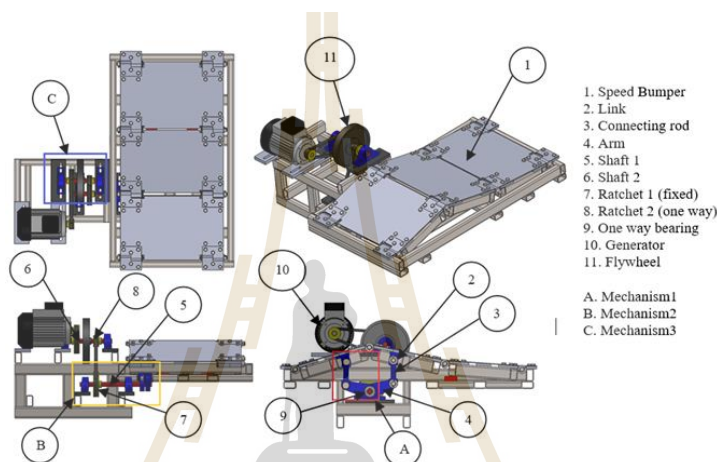
รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไก Rack and pinion

จากรูปที่ 3.2 เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วใช้กลไก Rack and pinion ประกอบไปด้วยส่วนประกอบได้แก่ 1) โครงสร้างสันชะลอความเร็ว ซึ่งทำมาจาก

เหล็กแผ่นกับเหล็กกล่องเชื่อมไว้ด้วยกัน 2) Rack จำนวน 2 ชั้น 3) Pinion จำนวน 2 ชั้น 4) เฟืองตรง จำนวน 2 ชั้น โดยมีอัตราทดเท่ากับ 1:6 5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.1.2.3 สังเคราะห์ความคิดในการออกแบบ

หลังจากที่ออกแบบเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วในเบื้องต้นแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการสร้างแบบจำลองเครื่องต้นแบบ โดยใช้โปรแกรม Solid Works 2015 ใหม่อีกรอบเพื่อลงรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของการติดตั้งตลับลูกปืนต่างๆ การติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลัง และอุปกรณ์จับยึด แสดงดังรูปที่ 3.3



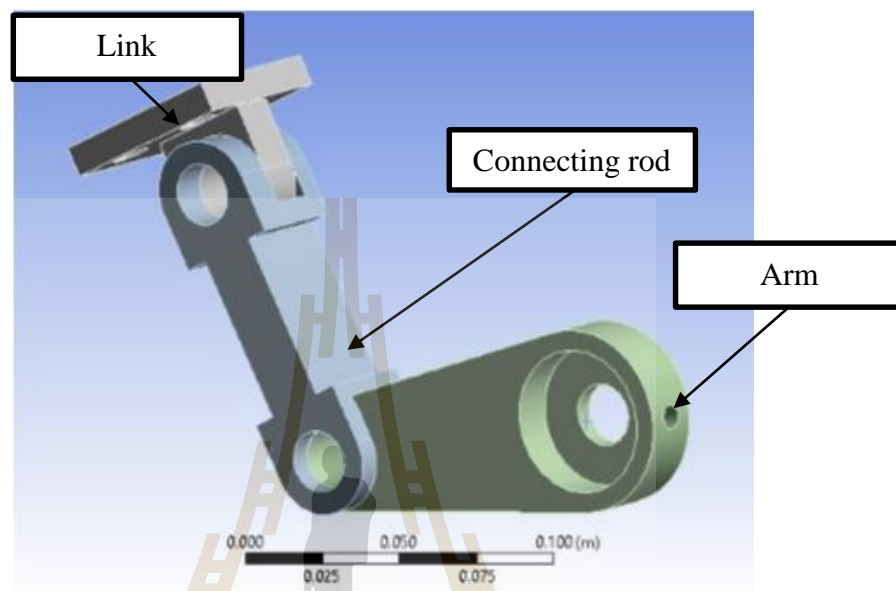
รูปที่ 3.3 แบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วใช้กลไกแบบ Slider-clank

ซึ่งแบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วที่ใช้กลไก Slider – clank ประกอบไปด้วยสันชะลอกความเร็วที่ออกแบบเป็นแผ่นเหล็กยึดด้วยสลักเกลียวติดกับตัวโครงสร้างสันชะลอกความเร็ว, ชั้นต่อโยง (link), เฟลา, ล้อช่วยแรง, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกระปุกเกียร์ มีอัตราทดเท่ากับ 1:5, ตลับลูกปืนหมุนทางเดียว, ตลับลูกปืน (Bearing) และสปริง โดยเนินชะลอกความเร็วมีความสูงเท่ากับ 7 เซนติเมตรจากพื้นถนน

3.1.2.4 วิเคราะห์ความแข็งแรงแบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว

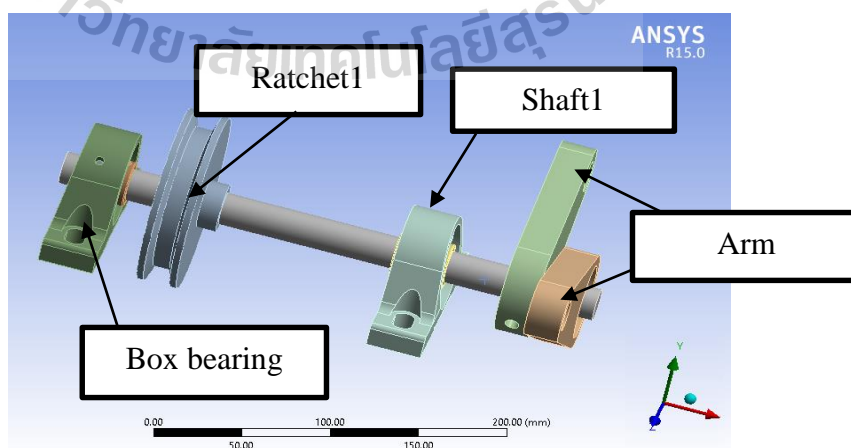
การวิเคราะห์ความแข็งแรงเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว จะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS 15.0 Workbench Static Structural โดยผลการวิเคราะห์จะหาค่าออกมา 3 ค่า ได้แก่ ค่าความปลอดภัยและความเค้นสูงสุด โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 กลไกชุดที่ 1 (Mechanism 1) จากรูปที่ 3.3 โดยจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วน 3 ชิ้นส่วน ได้แก่ Arm, Connecting rod และ Link แสดงดังรูปที่ 3.4 โดยชุดกลไกนี้จะติดตั้งอยู่ในกลไกชุดที่ 2



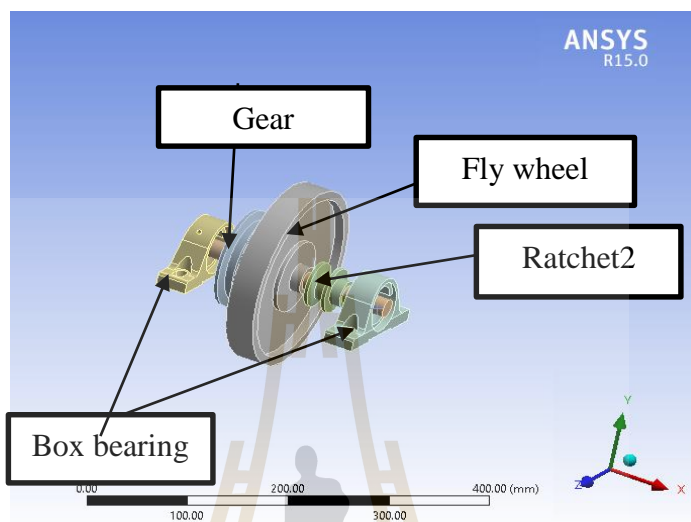
รูปที่ 3.4 กลไกชุดที่ 1

กรณีที่ 2 กลไกชุดที่ 2 (Mechanism 2) จากรูปที่ 3.3 โดยจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วน 6 ชิ้นส่วน ได้แก่ Box bearing, Ratchet 1, Shaft 1 และ Arm แสดงดังรูปที่ 3.5 โดยชิ้นส่วน Ratchet1 จะส่งกำลังผ่านโซ่ไปยังชิ้นส่วน Ratchet2 กลไกชุดที่ 3



รูปที่ 3.5 กลไกชุดที่ 2

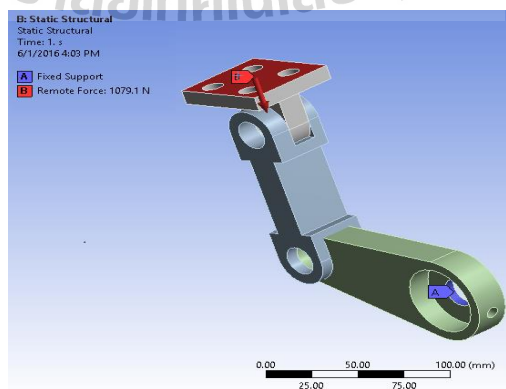
กรณีที่ 3 กลไกชุดที่ 3 (Mechanism 3) จากรูปที่ 3.3 โดยจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วน 6 ชิ้นส่วน ได้แก่ Box bearing Ratchet1 Shaft1 และ Arm แสดงดังรูปที่ 3.6 โดยชิ้นส่วนนี้จะส่งกำลังต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



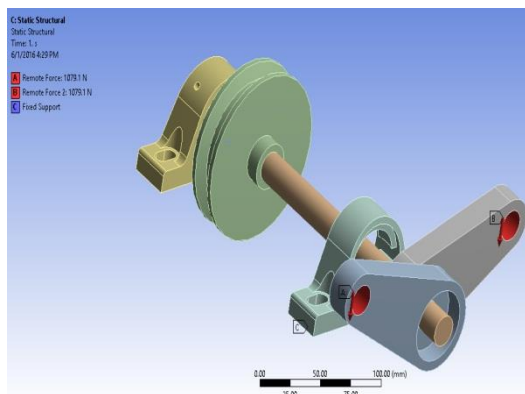
รูปที่ 3.6 กลไกชุดที่ 3

1) การกำหนดเงื่อนไขขอบ (Boundary condition)

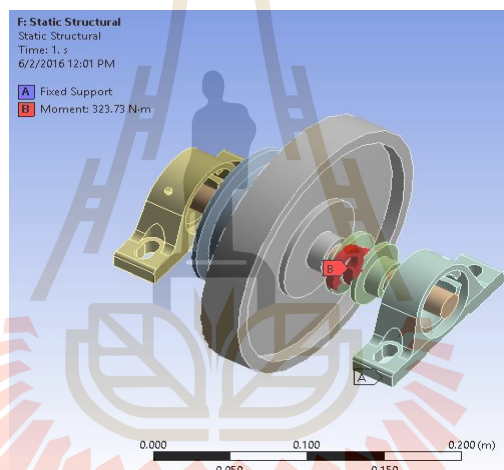
การคำนวณในแต่ละกรณีนั้นจะกำหนดแรงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเคลื่อนที่และตำแหน่งที่แรงกระทำในแต่ละกลไกโดยจะคิดคำนวณโดยการประมาณน้ำหนักของมอเตอร์ไซค์ต่อล้อหนึ่งข้างรวมกับน้ำหนักของผู้ขับขี่โดยประมาณ ในที่นี้กำหนดน้ำหนักในแต่ละล้อเท่ากับ 1079.10 นิวตัน การกำหนดแรงในแต่ละกรณีจะเป็นดังต่อไปนี้ แสดงดังรูปที่ 3.7



ก. การกำหนดแรงกรณีที่ 1



ข. การกำหนดแรงกรณีที่ 2



ค. การกำหนดแรงกรณีที่ 3

รูปที่ 3.7 การกำหนดเงื่อนไขขอบ

2) ค่าคุณสมบัติของวัสดุ

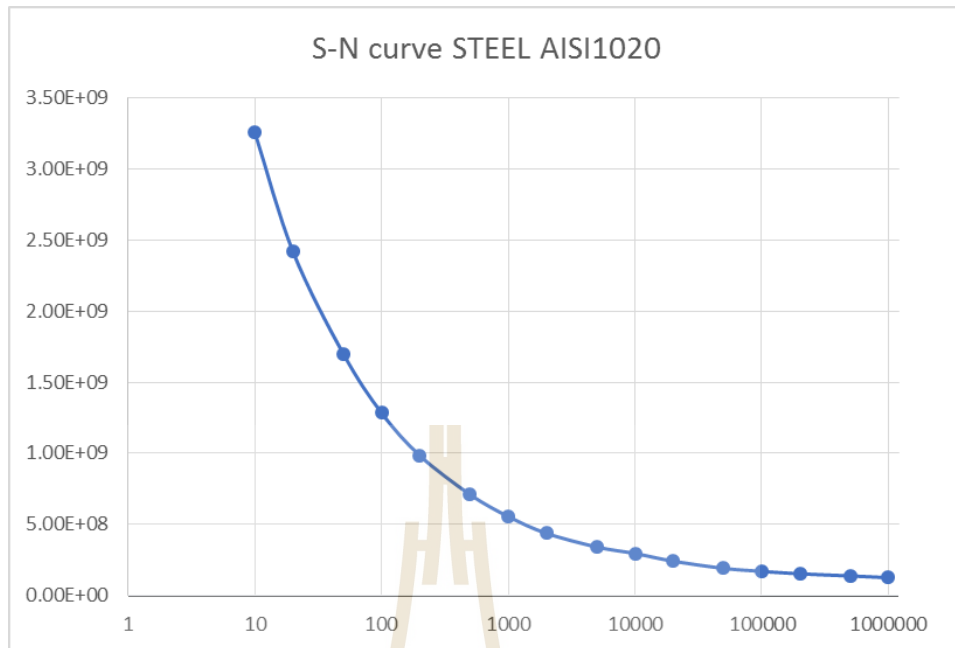
ก่อนที่จะคำนวณค่าเพื่อดูการเสียหายของวัสดุ เราต้องกำหนดค่าคุณสมบัติของวัสดุ ก่อน โดยวัสดุที่เราใช้คือ เหล็ก AISI1020 ซึ่งมีคุณสมบัติวัสดุใกล้เคียงกับเหล็กที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วดังแสดงในตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าสมบัติเชิงกลของวัสดุ, ตารางที่ 3.2 ค่าความแข็งแรงที่จำนวนรอบของแรงกระทำแบบซ้ำๆ เพื่อเขียนกราฟ S-N diagram และรูปที่ 3.8

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าคุณสมบัติวัสดุ

Properties		Conditions
		T (°C)
Density ($\times 1000 \text{ kg/m}^3$)	7.7-8.03	25
Poisson's Ratio	0.27-0.30	25
Elastic Modulus (GPa)	190-210	25
Tensile Strength (MPa)	394.7	25
Yield Strength (MPa)	294.8	
Elongation (%)	36.5	
Reduction in Area (%)	66.0	
Hardness (HB)	111	25
Impact Strength (J) (Izod)	123.4	25

ตารางที่ 3.2 ค่าความแข็งแรงที่จำนวนรอบของแรงกระทำแบบซ้ำๆ เพื่อเขียนกราฟ S-N diagram

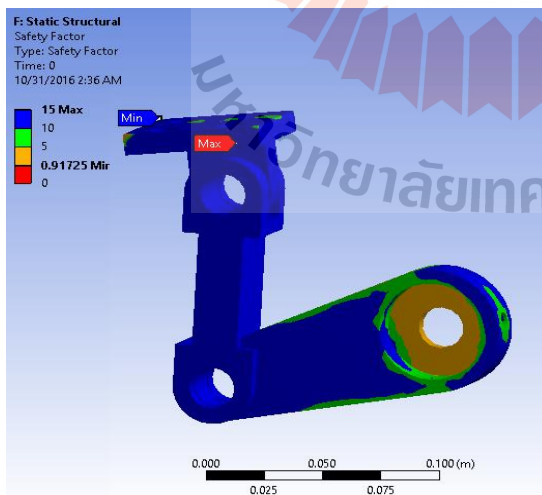
Number of Cycles	Maximum Stress, Pa
10	3.26E+09
20	2.42E+09
50	1.70E+09
100	1.28E+09
200	9.85E+08
500	7.10E+08
1000	5.56E+08
2000	4.37E+08
5000	3.41E+08
10000	2.95E+08
20000	2.42E+08
50000	1.91E+08
100000	1.70E+08
200000	1.53E+08
500000	1.37E+08
1000000	1.25E+08



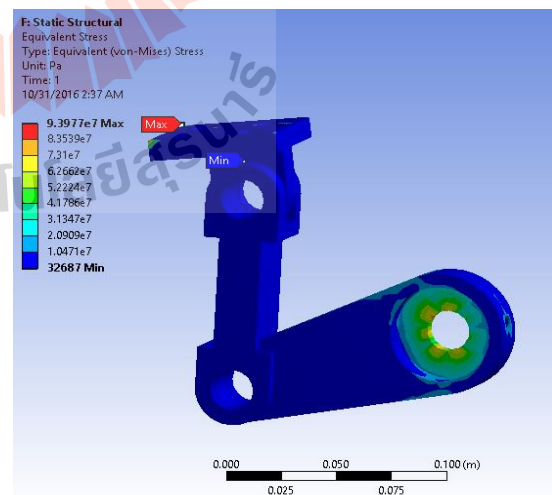
รูปที่ 3.8 กราฟ S-N curve ของวัสดุ AISI1020

3) ผลการจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS 15.0 Workbench Static Structural

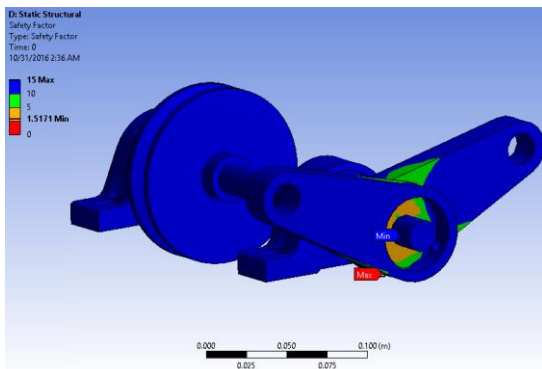
ผลการจำลองด้วยโปรแกรมนั้นเราจะดูผลจากโปรแกรมก็คือ ค่าความปลอดภัยและค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี และทำการประเมินว่าชิ้นส่วนไหนจะเกิดการเสียหายขึ้นก่อน โดยผลของโปรแกรมจะแสดงดังรูปที่ 3.9



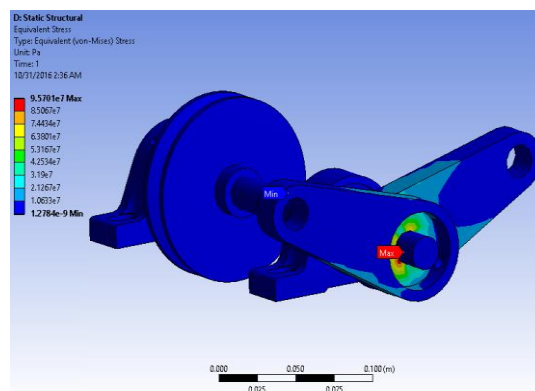
ก. แสดงค่าความปลอดภัยของกรณีที่ 1



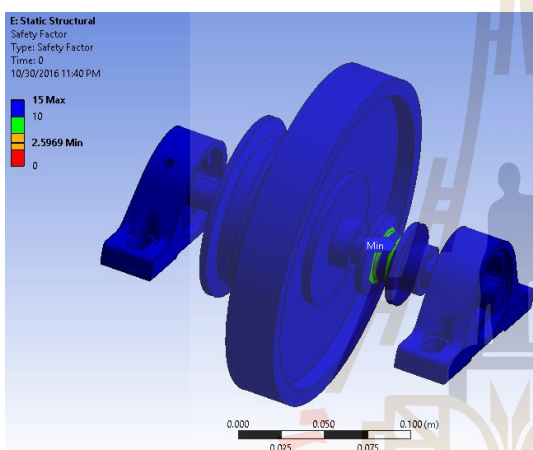
ข. แสดงค่าความเค้นสูงสุดของกรณีที่ 1



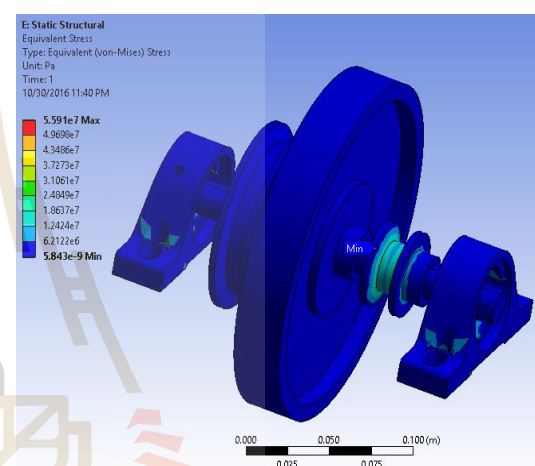
ค. แสดงค่าความปลอดภัยของกรณีที่ 2



ง. แสดงค่าความเค้นสูงสุดของกรณีที่ 2



จ. แสดงค่าความปลอดภัยของกรณีที่ 3



ฉ. แสดงค่าความเค้นสูงสุดของกรณีที่ 3

รูปที่ 3.9 ผลการจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS

จากผลการจำลองด้วยโปรแกรม ทำให้เราทราบว่าชิ้นส่วน Arm ในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 เป็นชิ้นส่วนที่จะเกิดการเสียหายก่อนชิ้นส่วนอื่นๆ โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1 เสียหายเมื่อใช้งานที่ 1 ล้านรอบ และมีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 9.40×10^7 Pa ทั้งนี้ต้องเลือกซื้อชิ้นส่วนที่ทำจากเหล็กที่มีความแข็งแรงมากขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้เท่ากับชิ้นส่วนอื่นๆ

3.1.2.5 สร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็ว

การสร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วจะสร้างเครื่องต้นแบบ 2 แบบ คือ เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วที่ใช้กล Slider-clank และ กลไก Rack and pinion โดยผู้วิจัยจะสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อนำเครื่องต้นแบบ 2 แบบนี้มา

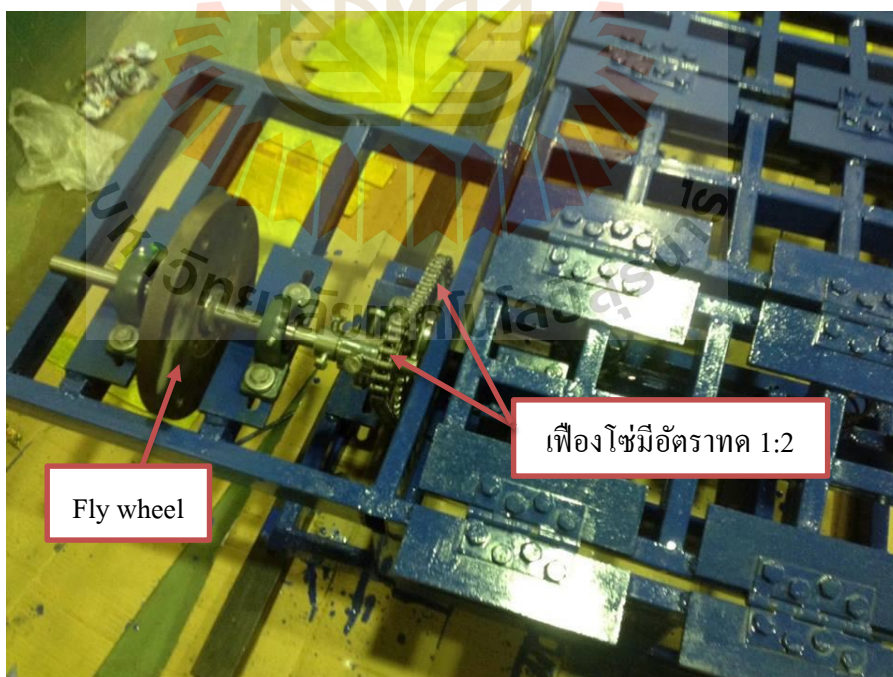
เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียเพื่อเลือกเครื่องต้นแบบที่ดีที่สุด จากนั้นทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยเครื่องต้นแบบที่เลือกให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยเครื่องต้นแบบจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) เครื่องต้นแบบที่ใช้กลไก Slider-crank เป็นกลไกที่มีลักษณะเป็นสันชะลอความเร็วสองลูก ซึ่งรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่าน 1 คัน จะทำให้ได้แรงที่หมุนเพลลา 2 รอบ และส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ ก่อนที่จะแรงหมุนผ่านชุดล้อสายพานไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3.12

ชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องต้นแบบบางชิ้นส่วนมีราคาแพง จึงมีความจำเป็นจะต้องหาชิ้นส่วนที่หาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูกมาใช้แทน และต้องทำการเลือกให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้รับแรง โดยคำนึงถึงความแข็งแรงเป็นหลัก จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

1.1) ชิ้นส่วนเฟืองโซ่และล้อช่วยแรง

ชิ้นส่วนเฟืองโซ่เราต้องทำการตัดแปลง 2 ชิ้นด้วยกันคือ เฟืองโซ่ที่หมุนทางเดียว เราตัดแปลงชุดเฟืองโซ่หมุนทางเดียวของรถจักรยานสามล้อ และเฟืองโซ่ปกติ เราตัดแปลงชุดเฟืองโซ่ของรถมอเตอร์ไซด์ซึ่งมีอัตราทดเท่ากับ 1:2 และล้อช่วยแรงมีขนาดรัศมีเท่ากับ 100 มิลลิเมตร น้ำหนักเท่ากับ 3 กิโลกรัม ดังแสดงดังรูปที่ 3.10



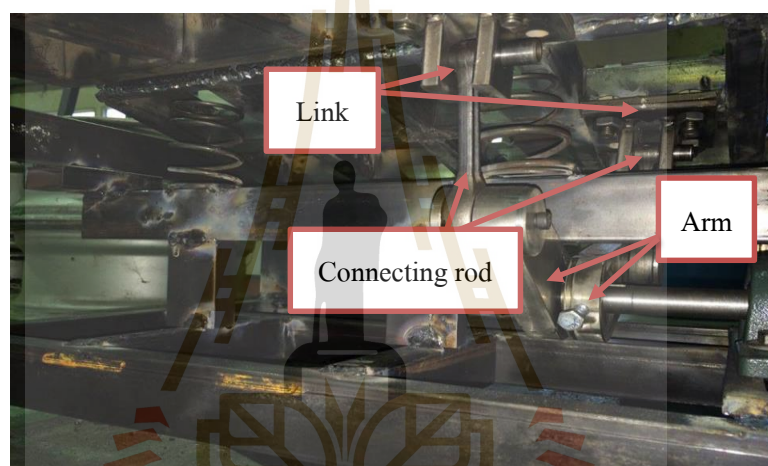
รูปที่ 3.10 เฟืองโซ่

1.2) ชิ้นส่วน Connecting rod และ Link

สองชิ้นส่วนนี้จะต้องใช้การขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกัดอัตโนมัติ (CNC) โดยหาเป็นของใหม่จะมีราคาค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงได้ตัดแปลงใช้ชิ้นส่วนก้านสูบรถจักรยานยนต์มาใช้ทดแทน ซึ่งมีความแข็งแรง ดังแสดงดังรูปที่ 3.11

1.3) ชิ้นส่วน Arm

ชิ้นส่วน Arm นี้มีชิ้นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่ทำให้เครื่องสามารถทำงานได้ นั่นคือลูกปืนหมุนทางเดียว ผู้วิจัยจึงได้ดัดแปลงลูกปืนหมุนทางเดียวของรถจักรยานยนต์แทน แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ชิ้นส่วน Arm ติดตั้งในเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 3.12 เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วที่ใช้กลไก Slider-crank

ข้อดีของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ใช้กลไกแบบ Slider-crank

- (ก) กลไกชุดนี้ทำให้เราได้แรงหมุนเพลาสองรอบต่อรอบหนึ่งคัน
- (ข) มีความเร็วรอบสูง
- (ค) มีความแข็งแรงของตัวโครงสร้าง

ข้อเสียของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ใช้กลไกแบบ Slider-crank

- (ก) กลไกใช้ตัวยึดเป็นแบบหมุนทางเดียวที่มีราคาถูก ทำให้ไม่สามารถรับแรงที่มอเตอร์ไซค์เคลื่อนที่ผ่านได้
- (ข) ชุดล้อสายพานมีแรงเสียดทานมากทำให้ล้อช่วยแรงหมุนไม่ต่อเนื่อง

2) เครื่องต้นแบบที่ใช้กลไก Rack-Pinion เป็นกลไกที่มีลักษณะเป็นสันชะลอความเร็วหนึ่งสันชะลอ ซึ่งรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่าน 1 คัน จะทำให้ได้แรงที่หมุนเพลาล้อ 1 รอบ และส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ที่มีอัตราทดเท่ากับ 1:6 ก่อนที่จะส่งกำลังต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ใช้กลไก Rack-Pinion

ข้อดีของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ใช้กลไก Rack-Pinion

- (ก) การสร้างเครื่องต้นแบบสามารถทำได้ง่าย
- (ข) ราคาถูก

ข้อเสียของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ใช้กลไก Rack-Pinion

- (ก) ความสมดุลในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของสันชะลอความเร็วไม่ดี

(ข) สามารถหมุนเพลลาได้เพียง 1 รอบต่อมอเตอร์ไซค์ 1 ครั้ง

(ค) ความแข็งแรงของเครื่องต้นแบบน้อย

ดังนั้นเราได้ข้อสรุปว่าเครื่องต้นแบบที่ใช้กลไกแบบ Slider-crank ซึ่งทำให้เราได้แรงในการหมุนเพลามากกว่ากลไกแบบ Rack-Pinion และมีความแข็งแรงมากกว่า ดังนั้นเราจึงเลือกเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ใช้กลไกแบบ Slider-clank เพื่อทำการปรับปรุงข้อเสียให้ดีขึ้น โดยการตัดแปลงลูกปืนหมุนทางเดียวของรถจักรยานยนต์ยี่ห้อ MIO มาแทนลูกปืนหมุนทางเดียว แสดงดังรูปที่ 3.12 ซึ่งจะสามารถรับแรงได้มากกว่า และเปลี่ยนการส่งกำลังให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากล้อสายพานเป็นเฟืองฟันตรงแทนซึ่งจะมีแรงเสียดทานน้อยกว่า แสดงดังรูปที่ 3.15 จากนั้นเพิ่มน้ำหนักล้อช่วยแรงจากเดิม 3 กิโลกรัม เป็น 8 กิโลกรัม เพื่อให้มีแรงเฉื่อยในการหมุนเพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.14 ชิ้นส่วน Arm ตัดแปลงลูกปืนหมุนทางเดียวของรถจักรยานยนต์



รูปที่ 3.15 เฟืองฟันตรงสำหรับส่งกำลังให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า อัตราทดเท่ากับ 1:6



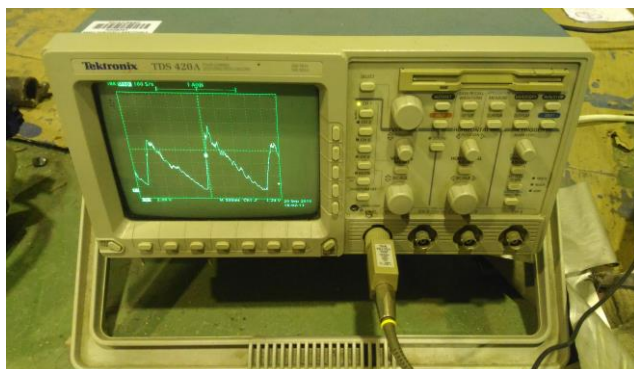
รูปที่ 3.16 ล้อช่วยแรง

หลังจากที่ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วทั้งที่ใช้กลไก Slider-clank และ กลไก Rack and pinion นั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องต้นแบบที่ใช้กลไกแบบ Slider-clank เนื่องจากมีความแข็งแรงและได้แรงในการหมุนมากกว่ากลไก Rack and pinion แล้วจึงปรับปรุงเครื่องต้นแบบที่ได้โดยเพิ่มความของลูกปืนหมุนทางเดียวโดยการดัดแปลงลูกปืนสตาร์ทของรถจักรยานยนต์เพื่อทดแทนดัดลูกปืนหมุนทางเดียวซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า อีกทั้งยังเปลี่ยนการส่งกำลังให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเดิมใช้ล้อยางพานในการส่งกำลัง แต่เนื่องจากมีแรงเสียดทานสูงทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนไม่ต่อเนื่อง และยังเพิ่มน้ำหนักให้ล้อช่วยแรงโดยเปลี่ยนล้อช่วยแรงให้หมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มแรงเฉื่อยให้สามารถส่งกำลังให้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ต่อเนื่องมากขึ้น

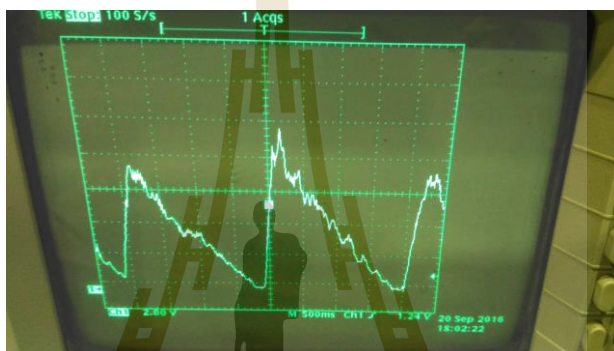
3.1.2.6 การทดสอบและประเมินผล

1 ผลการทดลองเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการ

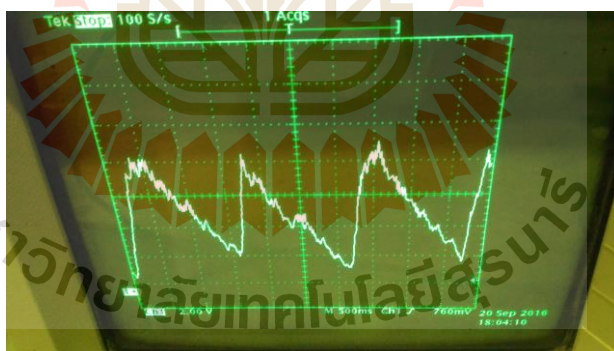
เครื่องต้นแบบเมื่อสร้างเสร็จก็มีความจำเป็นจะต้องทำการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ โดยการทดสอบนี้จะทดสอบโดยใช้คนในการขึ้นไปกระแทกเหยียบเครื่องต้นแบบ และทำการประเมินเบื้องต้นว่าเครื่องมีความแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบการทำงานของกลไกว่าทำงานได้ดีหรือไม่ ก่อนที่จะนำไปทดสอบจริงซึ่งต้องทดสอบกลางแจ้ง ซึ่งเครื่องต้นแบบของเรานั้นออกแบบมาให้เข้าไปติดตั้งโดยการฝังลงใต้ดินเป็นความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ผลการทดลองจะใช้เครื่องแสดงคลื่นกระแสไฟฟ้า (Oscilloscope) ในการวัดค่าโดยผลการทดลองดังกล่าวจะมีดังนี้



ก. แสดงกราฟที่วัดได้จากเครื่องแสดงคลื่นกระแสไฟฟ้า



ข. กราฟแสดงผลแรงดันไฟฟ้าจากการเหยียบ 3 ครั้ง



ค. กราฟแสดงผลแรงดันไฟฟ้าจากการเหยียบ 4 ครั้ง

รูปที่ 3.17 การวัดค่าด้วยเครื่องแสดงคลื่นกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.17 ก. และ ข. กราฟที่ได้จากการทดสอบด้วยการใช้คนกระแทกเหยียบที่เครื่องต้นแบบสามารถทำให้เราประเมินได้ว่าเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วของเรานั้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้และมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ประมาณ 8 โวลต์ ซึ่งเราจะสามารถ

นำค่าที่ได้ดังกล่าวเป็นข้อกำหนดในการเลือกใช้โมดูลเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (regulator) ซึ่งเป็น โมดูลเพิ่มแรงดันไฟฟ้า โดยเราสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ออกให้คงที่ได้ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการประจุกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปการประจุในแบตเตอรี่นั้นเราต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้คงที่เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

3.1.2.6.1 ออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อประเมินศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้า

เหตุผลในการออกแบบอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลนั้นเนื่องจากระยะเวลาที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเป็นไปอย่างรวดเร็วซึ่งคนไม่สามารถบันทึกผลได้ทันจึงอาจเกิดข้อผิดพลาดในการเก็บข้อมูล ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเป็นอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลเป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย และมีความสามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการทดสอบ โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1) เครื่องวัดความเร็ว (Tachometer) เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ส่วนใหญ่จะประยุกต์ใช้วัดความเร็วรอบของเครื่องจักรกล โดยในงานวิจัยจะนำเครื่องวัดความเร็ววัดความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสอบเทียบเครื่องวัดกับตัวรับรู้วัดความเร็วรอบเพื่อให้ได้ค่าจากเซนเซอร์วัดความเร็วรอบได้ถูกต้อง

2) ตัวรับรู้วัดความเร็วรอบ (counter module motor speed sensor) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยเซนเซอร์จะนับจำนวน ให้สัญญาณเป็น 1 ออกไปเมื่อมีวัตถุมาบังที่ร่องตรวจนับ

3) ตัวรับรู้วัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor Module) เป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์วัดกระแสไม่เกิน 5 แอมแปร์ โดยอาศัยหลักการของปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall Effect)

4) ตัวรับรู้วัดแรงดันไฟฟ้า (High Accuracy Voltage sensor 0-24V Module by Catalex) โมดูลวัดค่าแรงดันช่วง 0-24 V โดยใช้หลักการของแรงดันไฟฟ้าจากขา Analog ของ Arduino ที่สามารถอ่านแรงดันไฟฟ้าได้ 0-5 โวลต์ วงจรนี้เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ลดไฟจาก 0-24 โวลต์ให้อยู่ในช่วง 5 โวลต์มีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำ ค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิน้อยมาก ทำให้มีความแม่นยำในการวัด สามารถวัดได้สูงสุด 24.9 โวลต์ โดยใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ หรือ 16.5 โวลต์ ถ้าใช้ไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์

5) มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เป็นมิเตอร์ใช้วัดปริมาณไฟฟ้าได้หลายชนิดถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก ต่อผู้ใช้ปริมาณไฟฟ้าที่วัดได้ เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า และวัดปริมาณไฟฟ้าอื่น ๆ

6) อุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟที่สามารถปรับค่าได้ เพื่อใช้ในการสอบเทียบตัวรับรู้กับเครื่องมือวัดให้สามารถวัดค่าได้ถูกต้อง

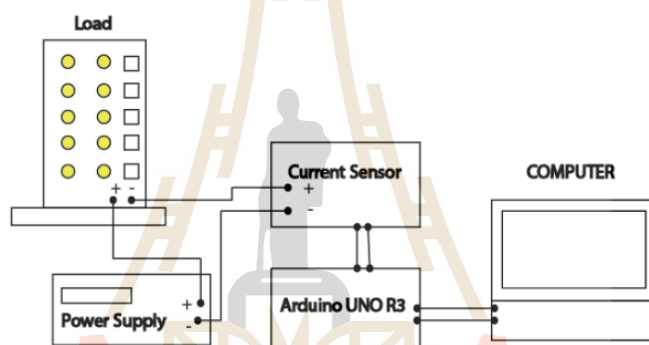
7) บอร์ด Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดที่ใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อใช้เก็บข้อมูล

3.1.2.6.2 การสอบเทียบตัวรับรู้กับเครื่องมือวัด

ตัวรับรู้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก่อนที่นำมาใช้ในการตรวจวัดจำเป็นต้องมีการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อให้ตัวรับรู้สามารถใช้งานได้และสามารถวัดค่าได้แม่นยำ จึงจำเป็นต้องทำการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดเสียก่อน โดยการสอบเทียบตัวรับรู้แต่ละชนิดจะมีขั้นตอนดังนี้

1) การสอบเทียบตัวรับรู้วัดกระแส

1.1) ตัวอย่างจรงรูปที่ 3.18

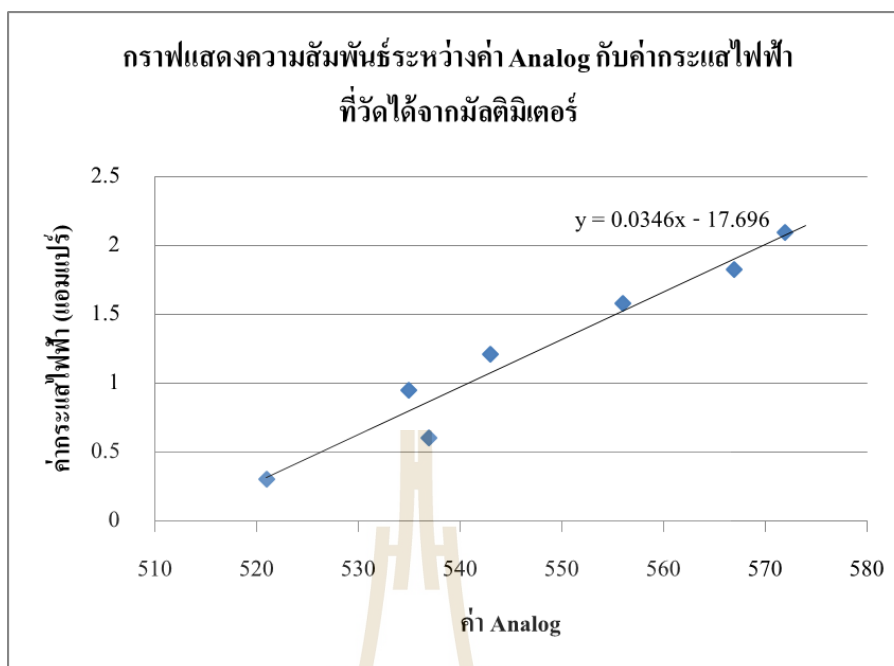


รูปที่ 3.18 แสดงการต่อวงจรเพื่อสอบเทียบตัวรับรู้วัดกระแส

1.2) จ่ายไฟ 12 โวลต์ด้วยอุปกรณ์จ่ายไฟปรับค่าได้

1.3) เปิดหลอดไฟ 1 ดวง อ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์จ่ายไฟและ อ่านค่ากระแสที่ได้จากเซนเซอร์ จากนั้นบันทึกค่าที่ได้โดยให้ค่า x เป็นค่าของเซนเซอร์ ค่า y เป็นค่าของกระแสที่ power supply อ่านได้ จากนั้นเปิดไฟเพิ่มทีละดวงและบันทึกค่าจนถึงขีดจำกัดที่อุปกรณ์จ่ายไฟสามารถจ่ายกระแสให้กับหลอดไฟได้

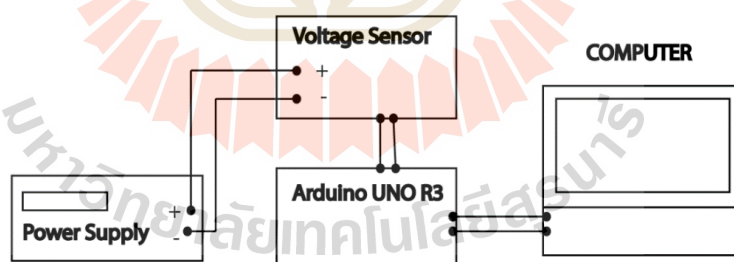
1.4) นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ และหาสมการเชิงเส้นของกราฟแสดงดังรูปที่ 3.19 เราจะได้สมการเชิงเส้นคือ $y = 0.0346x - 17.696$ นำสมการที่ได้ใส่ในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของโปรแกรมวัดกระแส เป็นอันเสร็จสิ้นการสอบเทียบตัวรับรู้วัดกระแสกับเครื่องมือวัด



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Analog กับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์

2) การสอบเทียบตัวรับรู้วัดแรงดัน

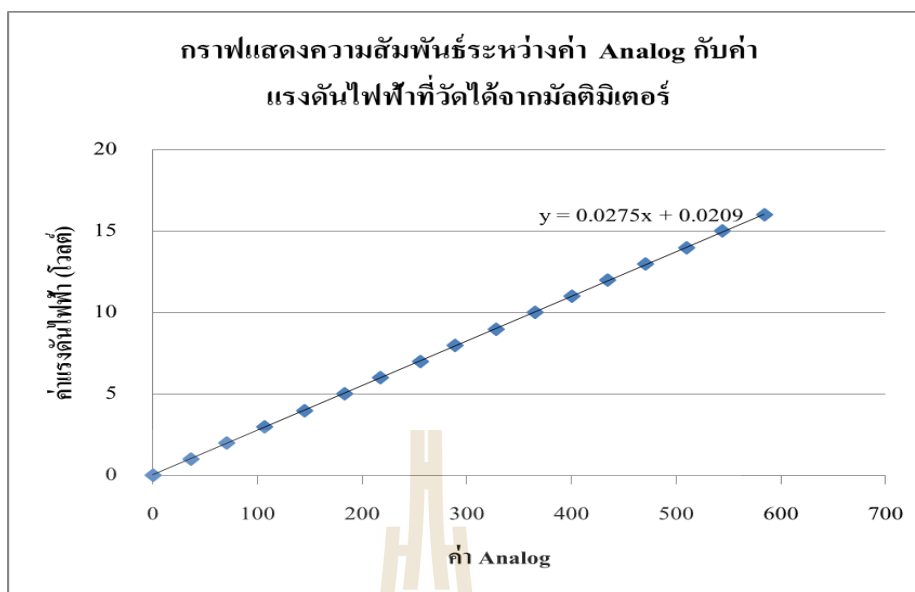
2.1) ตัวอย่างรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงการต่อวงจรเพื่อสอบเทียบตัวรับรู้วัดแรงดัน

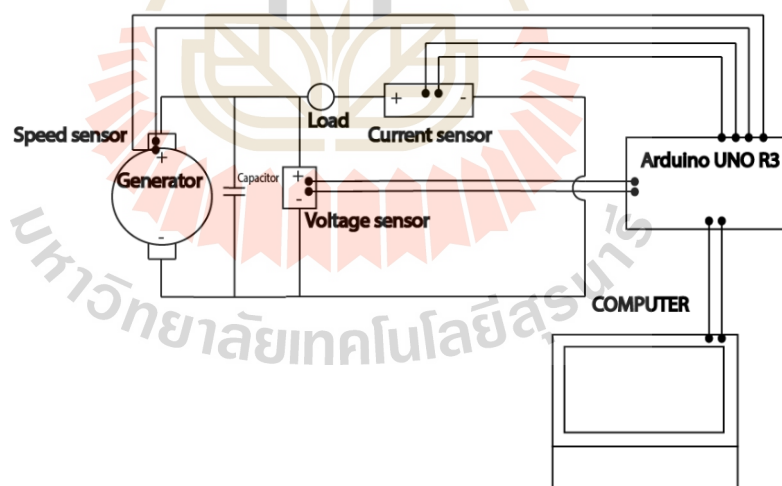
2.2) จ่ายไฟให้กับตัวรับรู้วัดแรงดัน โดยเริ่มจาก 1 ถึง 18 โวลต์ โดยการเพิ่มค่าแรงดันทีละ 1 โวลต์ และทำการเก็บค่าที่อ่านได้จากตัวรับรู้ให้เป็นค่า x และค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์จ่ายไฟ โดยค่าก็คือ 1 ถึง 18

2.3) นำค่าที่ได้พล็อตกราฟและหาสมการเชิงเส้นแสดงดังรูปที่ 3.21 เราจะได้สมการเชิงเส้นคือ $y = 0.0275x + 0.0209$ จากนั้นนำสมการที่ได้ใส่ในการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของโปรแกรมวัดแรงดัน เป็นอันเสร็จสิ้นการสอบเทียบตัวรับรู้วัดแรงดันกับเครื่องมือวัด



รูปที่ 3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Analog กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์

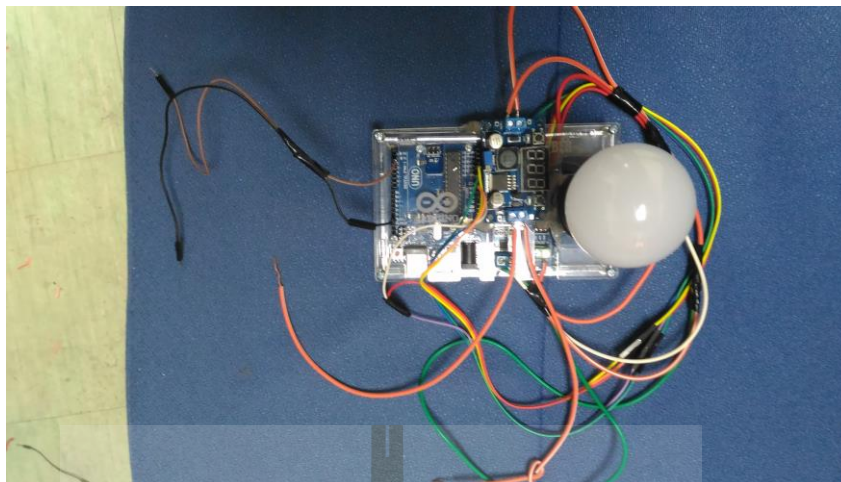
การต่อวงจรตัวรับรู้เพื่อวัดค่าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.22 แสดงการต่อวงจรตัวรับรู้เพื่อวัดค่าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3) สร้างอุปกรณ์เก็บข้อมูล

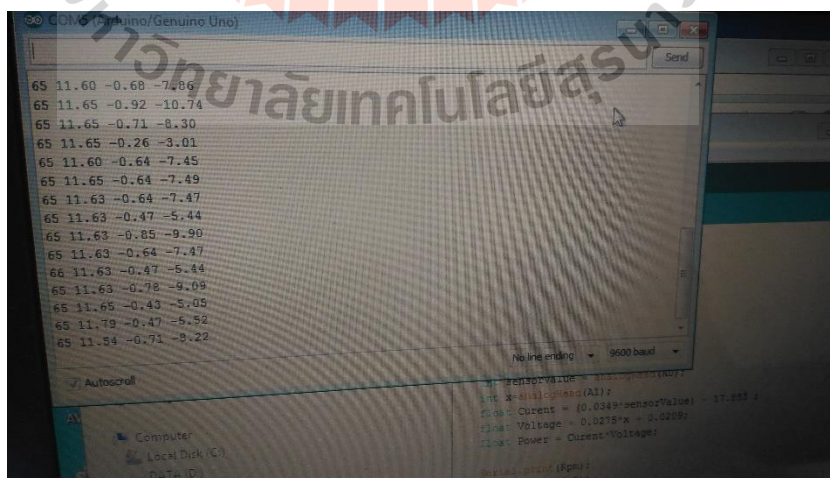
อุปกรณ์เก็บข้อมูลจะใช้อุปกรณ์ของ Arduino เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก โดยชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลจะแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.23 อุปกรณ์เก็บข้อมูล Arduino

4) ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูล

ก่อนที่จะนำอุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูลไปใช้งานจริงจำเป็นต้องทำการทดสอบวัดค่าจริงเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้เท่ากับประมาณ 11.63 โวลต์ และค่ากระแสวัดได้เท่ากับประมาณ 0.60 แอมแปร์ แสดงดังรูปที่ 3.22 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการใช้มัลติมิเตอร์ในการวัดค่าสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เท่ากับประมาณ 11.58 แสดงดังรูปที่ 3.25 ก. ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.43% และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เท่ากับประมาณ 0.56 แสดงดังรูป 3.25 ข. ซึ่งคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 6.67%



รูปที่ 3.24 ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูล



ก. แรงดันไฟฟ้าที่สามารถวัดได้จากมัลติมิเตอร์ ข. กระแสไฟฟ้าที่สามารถวัดได้จากมัลติมิเตอร์

รูปที่ 3.25 ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดพื้นฐาน

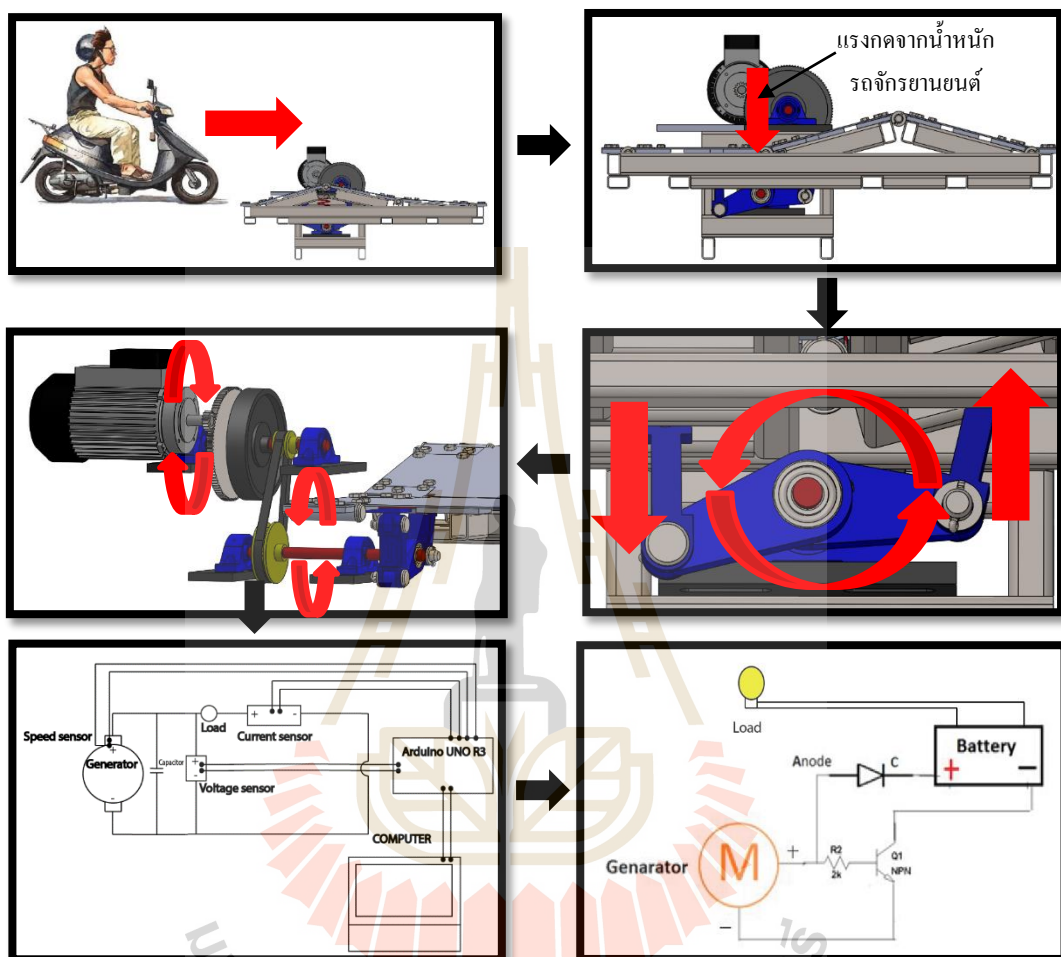
อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลสามารถบันทึกค่าได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์วัดพื้นฐาน ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าจากการตรวจสอบ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลสามารถวัดค่าได้อีกทั้งยังมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย โดยเราจะใช้อุปกรณ์ในที่นี้เพื่อบันทึกผลการทดลอง โดยค่าที่จะจัดเก็บค่าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้แก่ 1) ความเร็วรอบ 2) แรงดันไฟฟ้า 3) กระแสไฟฟ้า และ 4) กำลังไฟฟ้า

3.2 การทำงานของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว

การทำงานของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วนั้นจะเริ่มจากรถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 3.26 จากนั้นน้ำหนักของรถจักรยานยนต์จะส่งแรงกดไปยังสันชะลอความเร็วทำให้สันชะลอความเร็วยุบตัวลง และในขณะเดียวกันการยุบตัวลงจะส่งแรงต่อไปยังชิ้นส่วน Arm ของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วโดยจะส่งผ่านแรงจาก Connecting rod จึงทำให้เพลลาที่ 1 เกิดการหมุนและส่งกำลังต่อไปยังเพลลาที่สองด้วยชุดเฟืองโซ่ ก่อนที่แรงหมุนจะสะสมแรงเนื่องด้วยล้อช่วยแรงก่อนที่จะส่งกำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเฟืองตรง

ในส่วนของการจัดเก็บข้อมูลก็นำชุดวงจรที่ได้ออกแบบไว้แล้วในข้อ 3.1.2.6.1 มาใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูล ได้แก่ ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะประจุกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ 4.5 แอมแปร์ชั่วโมงและใช้ระยะเวลาเท่าไรในการประจุ ซึ่งคำนวณจากกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดที่สามารถผลิตได้ อีกทั้งยังต้องคำนวณดูว่าถ้าหากนำกระแสไฟฟ้าที่ได้มาใช้กับระบบส่ง

สว่างจะสามารถใช้ได้เป็นเวลานานที่ชั่วโมงและได้จำนวนที่หลอด โดยในที่นี้จะใช้หลอด LED ขนาด 12 โวลต์ 1 วัตต์



รูปที่ 3.26 แผนภาพแสดงการทำงานเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสั่นชะลอความเร็ว

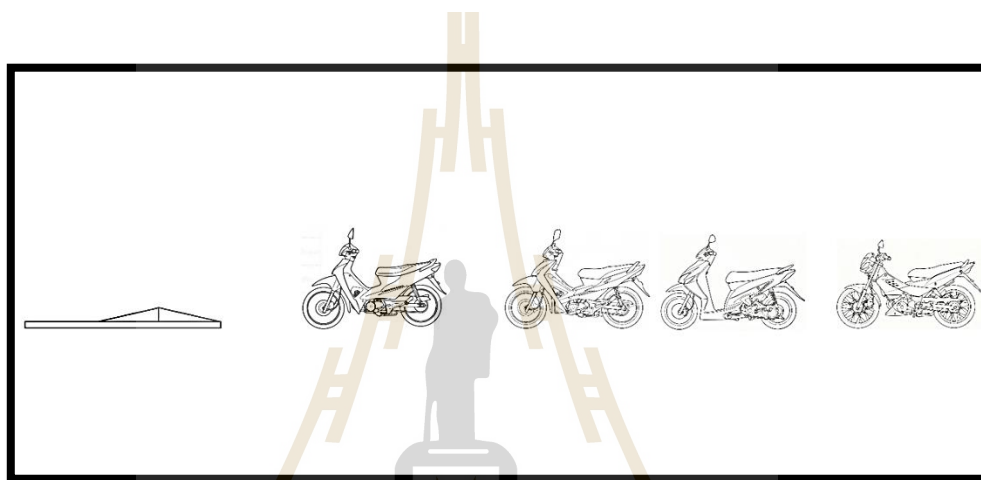
3.3 ออกแบบการทดลอง

การทดสอบเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสั่นชะลอความเร็วเนื่องจากเราต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการเก็บกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปการประจุไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ เราต้องคำนึงถึงกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะต้องคงที่จึงจะสามารถประจุไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังนั้นเราจะทดสอบโดยการแบ่งการจราจรบนท้องถนน ซึ่งอ้างอิงจากปริมาณรถจักรยานยนต์ที่เข้าสถานที่ตัวอย่าง โดยจะสามารถแบ่งการทดสอบออกได้เป็นดังนี้

3.3.1 การทดลองที่ 1 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านแบบปกติ

ในการทดลองที่ 1 นี้เราจะทำการศึกษาศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเครื่องต้นแบบเมื่อมีปริมาณรถจักรยานยนต์ผ่านแบบปกติว่ามีมากน้อยเพียงใด ทั้งยังศึกษาว่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถประจุไว้ในแบตเตอรี่ได้หรือไม่ โดยเราทำการทดสอบโดยการให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วแบบอิสระโดยไม่กำหนดความเร็ว, ระยะห่างของรถจักรยานยนต์แต่ละคัน และจำนวนรถจักรยานยนต์แสดงดังรูปที่

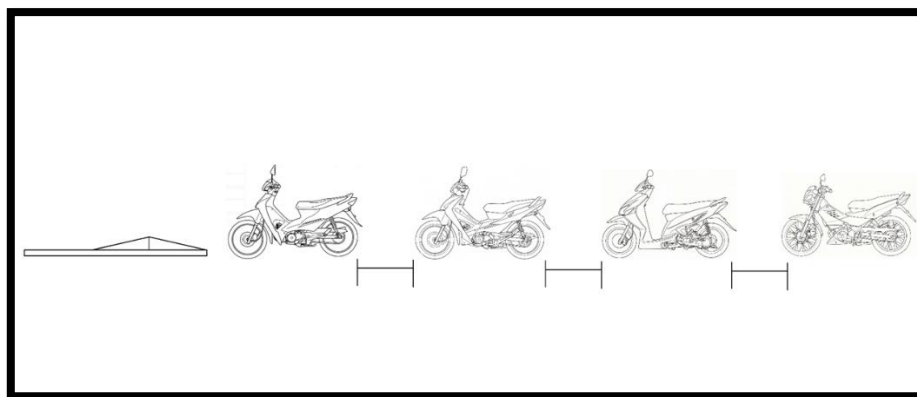
3.27



รูปที่ 3.27 ภาพลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ผ่านเครื่องต้นแบบของการทดลองที่ 1

3.3.2 การทดลองที่ 2 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านหนาแน่นปานกลาง

ในการทดลองที่ 2 นี้เราจะทำการศึกษาศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยควบคุมให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วที่ความเร็ว 10-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีระยะห่างของรถแต่ละคันที่ประมาณ 1.5-2 เมตร และศึกษาดูว่ากำลังไฟฟ้าสามารถประจุไว้ในแบตเตอรี่ได้หรือไม่ และมีความต่อเนื่องของกำลังไฟฟ้ามักน้อยเพียงใดแสดงดังรูปที่ 3.28

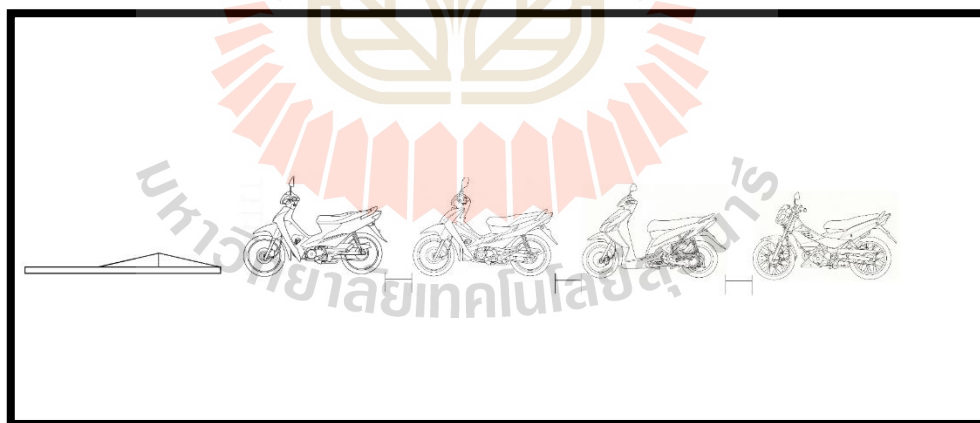


รูปที่ 3.28 ภาพลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ผ่านเครื่องต้นแบบของการทดลองที่ 2

3.3.3 การทดลองที่ 3 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านแบบหนาแน่น

ในการทดลองนี้จะคล้ายการทดลองที่ 1 และ 2 โดยเราจะศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเครื่องต้นแบบว่าสามารถประจุไว้ในแบตเตอรี่หรือไม่ โดยการทดสอบนี้เราจะทำการทดสอบโดยควบคุมให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบที่ความเร็ว 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และระยะห่างของรถจักรยานยนต์แต่ละคันประมาณ 0.5-1 เมตร แสดงดังรูปที่

3.29



รูปที่ 3.29 ภาพลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ผ่านเครื่องต้นแบบของการทดลองที่ 3

3.4 บทสรุป

วิธีการดำเนินงานวิจัยเราจะทำเป็นขั้นตอนตามลำดับตามที่ได้กล่าวมาโดยเริ่มจาก ศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและพบว่างานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษาวิจัยนั้นสามารถสร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของต้นชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กลไกแบบ Slider-clank และกลไกแบบ

Rack and pinion จากนั้นจึงสร้างเครื่องต้นแบบโดยใช้กลไกทั้งสองแบบคือ แบบที่ใช้กลไก Rack and pinion และ กลไกแบบ Slider-clank เพื่อศึกษาข้อดีข้อเสียของทั้งสองแบบ ทำให้ได้ข้อสรุปเพื่อเลือกกลไกเพื่อใช้สำหรับสร้างเครื่องต้นแบบคือ กลไก Slider-clank เนื่องจากมีความแข็งแรง และสามารถสร้างแรงในการหมุนได้ 2 รอบต่อรอบจักรยานยนต์ 1 คันซึ่งได้สูงกว่ากลไก Rack and pinion จากนั้นปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยเริ่มจากเพิ่มน้ำหนักของล้อช่วยแรงและปรับปรุงกลไกการส่งกำลัง จากนั้นจึงทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนในเบื้องต้นแล้วจึงนำไปทดสอบจริงตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ โดยใช้อุปกรณ์ของ Arduino เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบเวลาจริง ทั้งนี้เพื่อลดความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูลของคนและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดที่อาจจะไม่สามารถเก็บข้อมูลข้อมูลได้



บทที่ 4

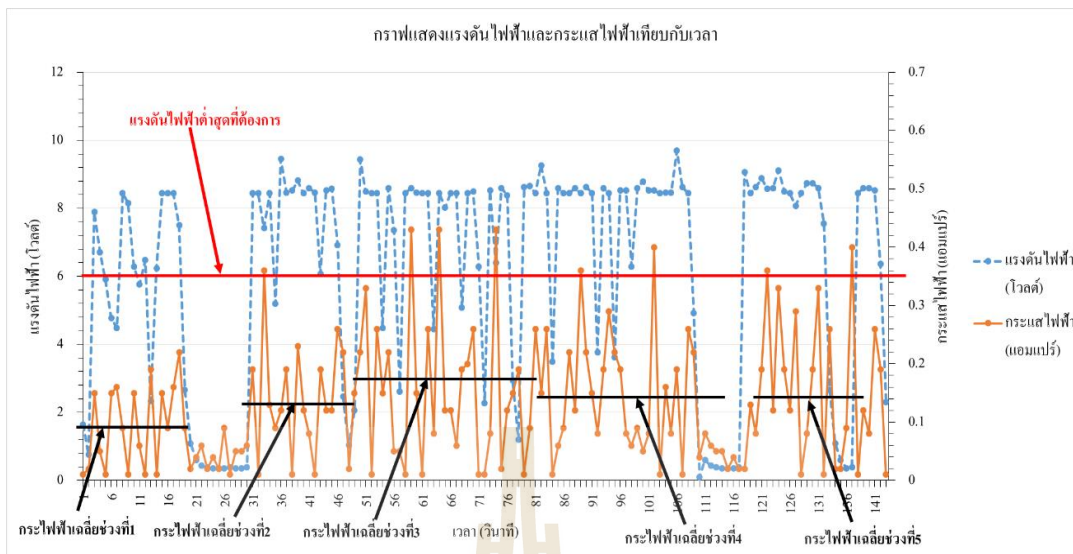
ผลการทดลองการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่อง Speed Bumper

บทนำ

จากบทที่ 3 เราได้หาค่าความแข็งแรงและอายุการใช้งานของแบบจำลองเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นทำการสร้างเครื่องต้นแบบและทำการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการเพื่อออกแบบอุปกรณ์เก็บข้อมูล ดังนั้นบทนี้เราจะทดสอบเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว โดยจำลองสถานที่และจำลองปริมาณรถจักรยานยนต์ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ในบทที่ 3 เพื่อจะประเมินกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้จากการเคลื่อนที่ของเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

4.1 ผลการทดลองที่ 1 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์ปกติ

ในการทดสอบกรณีนี้เราจะไม่กำหนดความเร็วของรถจักรยานยนต์และระยะห่างระหว่างรถ โดยที่เราจะเก็บค่าจากความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตได้ โดยจำนวนรถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 9 คัน ผ่านเครื่องต้นแบบเข้าไปเรื่อยๆ เป็นจำนวน 3-4 รอบ สามารถนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาดังแสดงดังรูปที่ 4.1

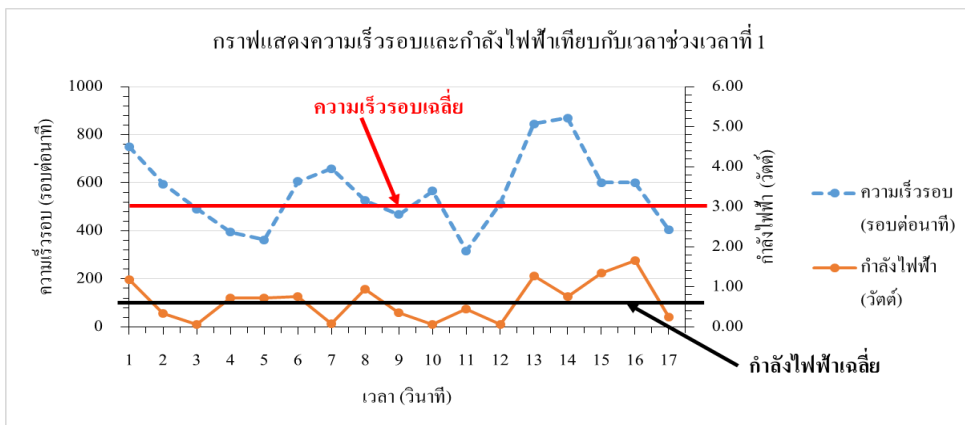


รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 1

จากกราฟดังรูปที่ 4.1 จะสังเกตได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้ายังไม่มีค่าต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากเราไม่ได้ควบคุมปริมาณและความเร็วรถจักรยานยนต์ ซึ่งผู้วิจัยต้องการทราบว่าถ้าหากในความเป็นจริงมีปริมาณรถเข้าไม่ต่อเนื่องจะสามารถประจุกระแสไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ได้หรือไม่ โดยการทดลองที่ 1 จะแบ่งช่วงเวลาที่มียังแรงดันไฟฟ้าต่อเนื่องกันออกเป็น 5 ช่วงเวลาแสดงดังรูปที่ 4.1 ได้แก่ ช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่ 1-19 วินาที พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 2 ช่วงเวลาตั้งแต่ 31-48 วินาที พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.14 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 3 ช่วงเวลาตั้งแต่ 49-78 วินาที พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 4 ช่วงเวลาตั้งแต่ 79-110 วินาที พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 แอมแปร์และช่วงเวลาสุดท้ายคือช่วงเวลา 5 ช่วงเวลาตั้งแต่ 118-135 วินาที พบว่ามีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 แอมแปร์

4.1.1 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 1

ช่วงเวลาที่ 1 นี้จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 1-19 วินาทีโดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.2

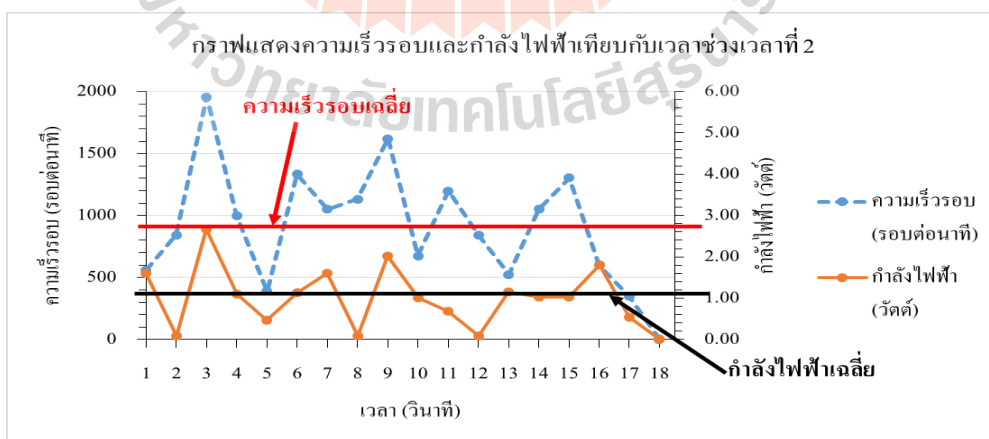


รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 1

จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลานี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 563 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.65 วัตต์

4.1.2 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 2

ช่วงเวลาที่ 2 นี้จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 31-48 วินาที ซึ่งมีความต่อเนื่องของแรงดันไฟฟ้าเป็นเวลา 18 วินาที สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.3

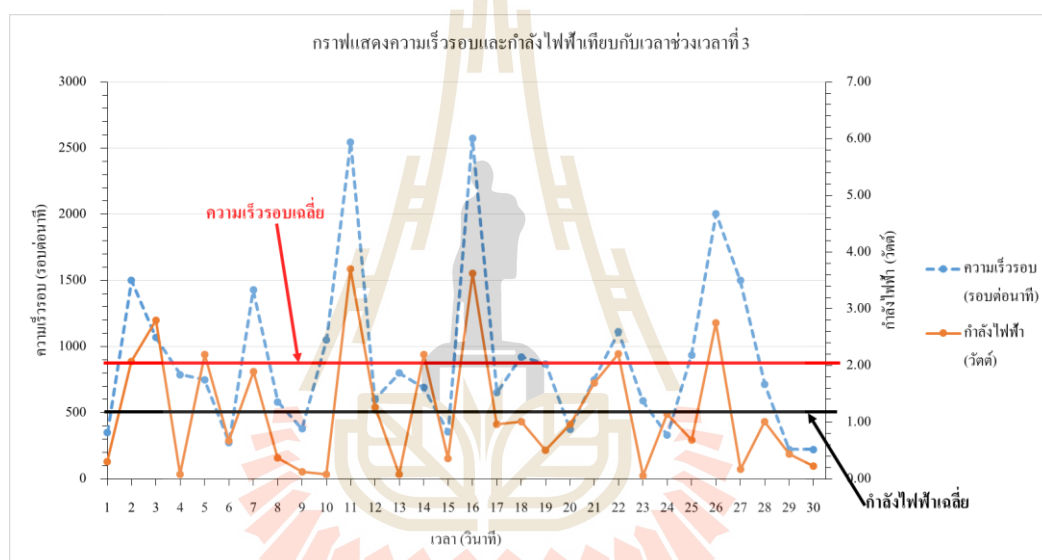


รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 2

จากรูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 2 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 913 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าช่วงเวลาที่ 2 มีค่าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาที่ 1 จึงทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นจากเดิม

4.1.3 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 3

ช่วงเวลาที่ 3 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 49-78 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ ดังนี้แสดงดังรูปที่ 4.4

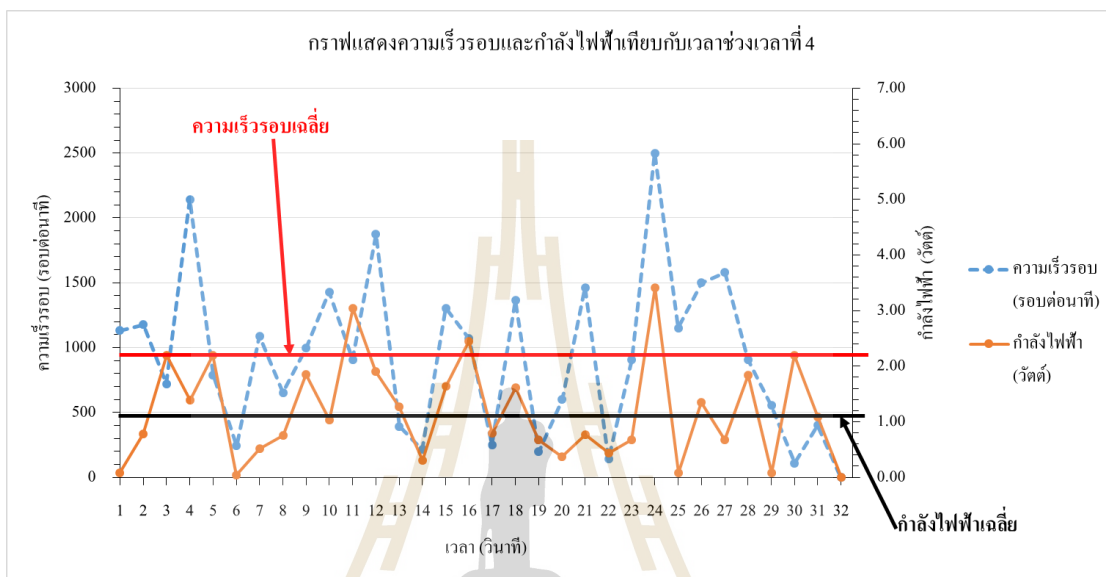


รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 3

จากรูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 3 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 898 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าช่วงเวลาที่ 3 มีค่าความเร็วรอบลดลงจากช่วงเวลาที่ 2 แต่มีค่ากำลังกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากในเวลาที่ทำการทดสอบมีแสงแดดมากทำให้เกิดการรบกวนตัวรับรู้ความเร็วรอบ ทำให้วัดค่าความเร็วรอบคลาดเคลื่อนไปจากเดิม

4.1.4 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 4

ช่วงเวลาที่ 4 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 79-110 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.5

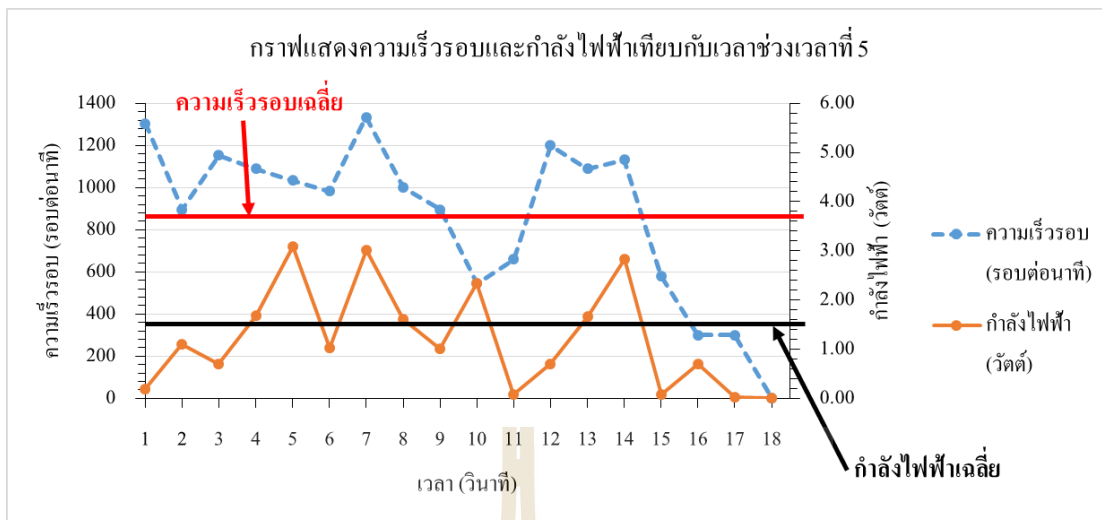


รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 4

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 4 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 930 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าช่วงเวลาที่ 4 มีค่าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาที่ 2 ส่งผลให้มีค่ากำลังกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิม

4.1.5 การทดลองที่ 1 ช่วงเวลาที่ 5

ช่วงเวลาที่ 5 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 118-135 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.6



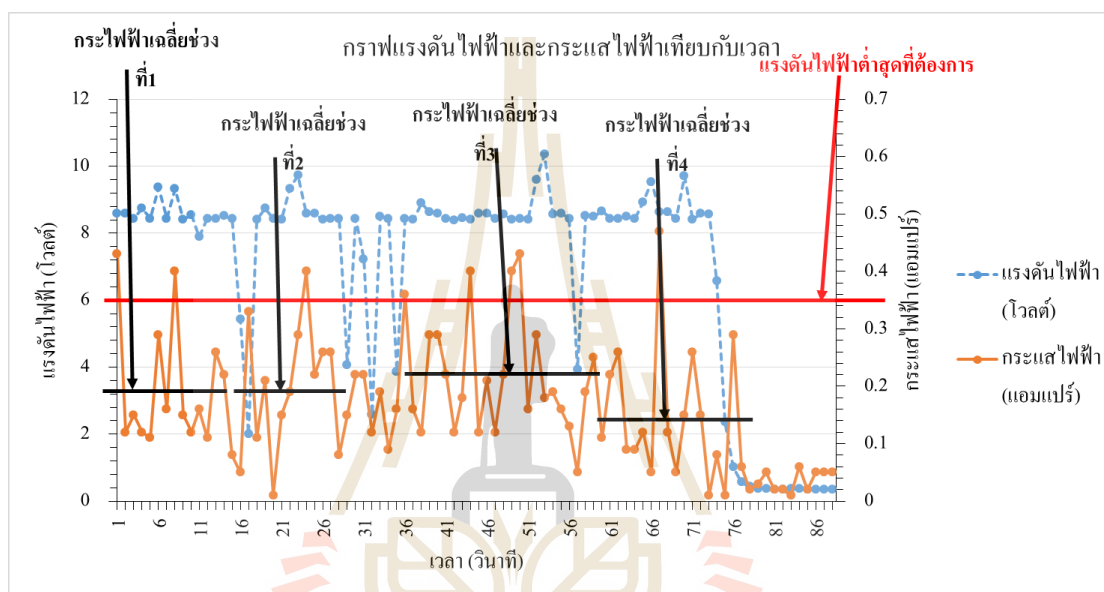
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 1 ช่วงเวลา 5

จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลา 5 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 861 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.21 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าช่วงเวลา 5 นี้ค่าความเร็วรอบลดลงจากช่วงเวลา 4 แต่มีค่ากำลังกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากในช่วงเวลาที่ทดสอบมีแสงแดดมากจึงส่งผลให้แสงแดดรบกวนตัวรับรู้ความเร็วรอบ ทำให้วัดค่าความเร็วรอบคลาดเคลื่อนไปจากเดิมเช่นเดียวกันกับช่วงเวลา 3

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 1 นี้ค่ากำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป โดยช่วงที่ 1 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.65 วัตต์ช่วงที่ 2 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 วัตต์ช่วงที่ 3 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19 วัตต์ช่วงที่ 4 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 วัตต์ และช่วงที่ 5 จะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.21 โดยค่ากำลังไฟฟ้าจะแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลาที่ทดสอบมีแสงแดดมากทำให้ตัวรับรู้ความเร็วรอบมีความแม่นยำน้อยลง และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทุกช่วงเวลามีความเป็นไปได้ที่จะประจุกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 8.56 โวลต์และมีความต่อเนื่องของแรงดันรวมกันเท่ากับ 115 วินาทีและมีค่ากระแสไฟฟ้าต่ำ ถ้าหากนำไปประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ถึงแม้ว่าจะประจุไฟฟ้าจนเต็มแล้ว ดังนั้นจึงถือว่าเป็นการประจุที่ดี

4.2 ผลการทดลองที่ 2 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่นปานกลาง

การทดสอบเครื่องต้นแบบ Speed bumper กรณีมีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่นปานกลางนี้เราจะควบคุมความเร็วของรถจักรยานยนต์ไว้ประมาณ 10-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีระยะความห่างระหว่างรถจักรยานยนต์คันข้างหน้าประมาณ 1.5-2 เมตร โดยเราจะเก็บค่าความเร็วรอบ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตออกมา และนำผลที่ได้มาเขียนกราฟได้กราฟดังนี้

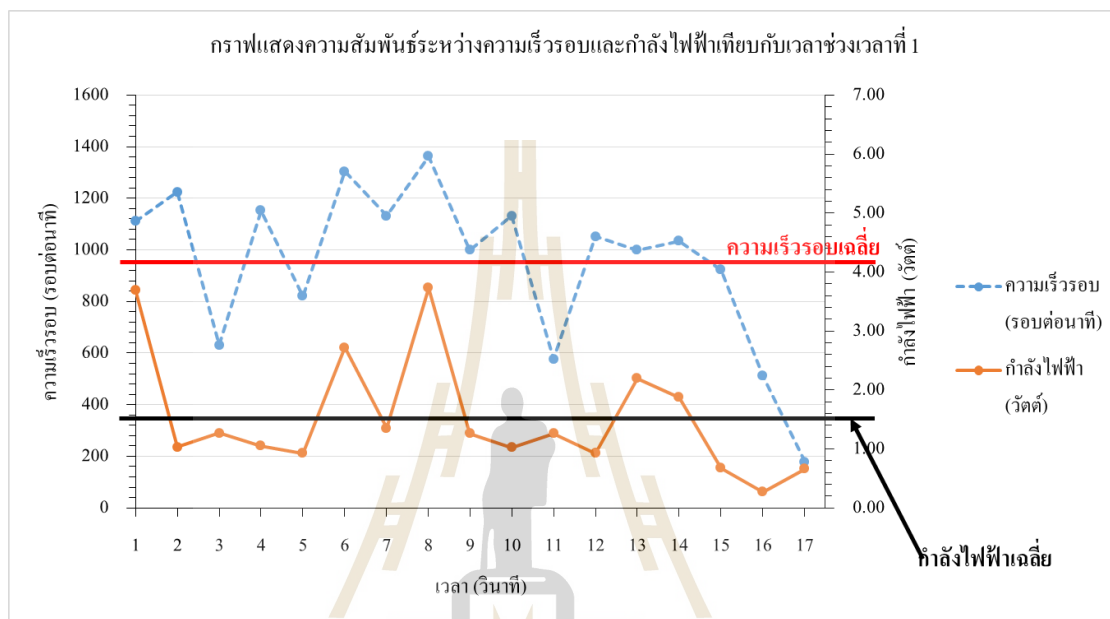


รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 2

จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 2 นี้เมื่อเราพิจารณาความต่อเนื่องของค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อที่จะประจุกกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่นั้น เราสามารถแบ่งช่วงเวลาของความต่อเนื่องของค่าแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 4 ช่วงเวลา โดยช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่ 1-17 วินาทีพบว่ามียค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 2 ช่วงเวลาตั้งแต่ 18-29 วินาทีพบว่ามียค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 3 ช่วงเวลาตั้งแต่ 35-57 วินาทีพบว่ามียค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 แอมแปร์และช่วงเวลาดูสุดท้ายคือช่วงเวลาที่ 4 ช่วงเวลาตั้งแต่ 57-75 วินาทีพบว่ามียค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.14 แอมแปร์

4.2.1 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 1

โดยช่วงเวลาที่ 1 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 1-17 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.8

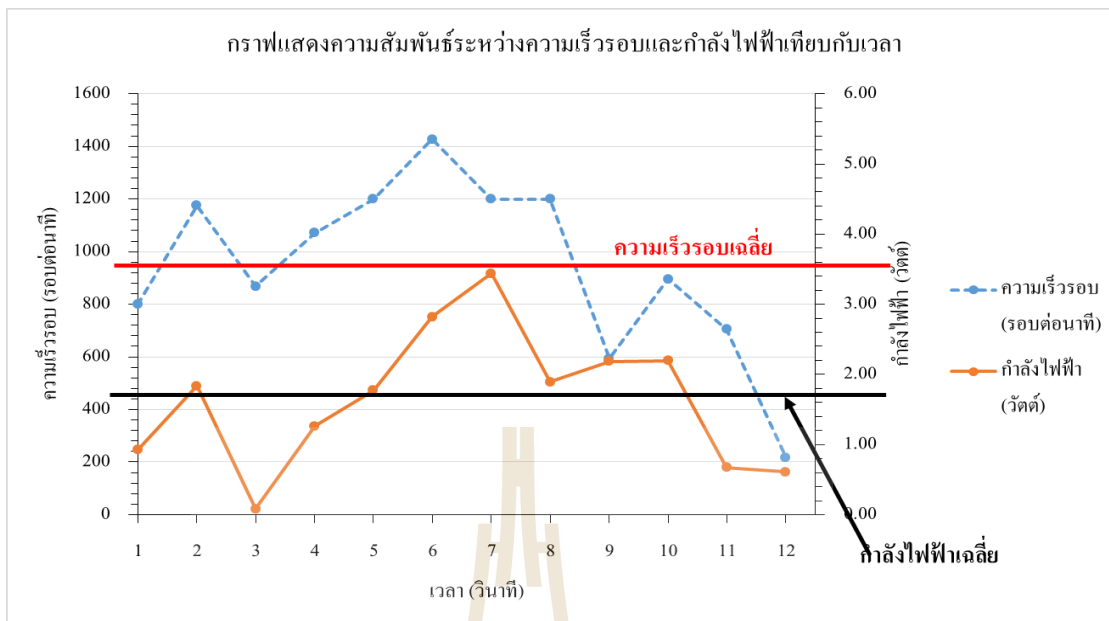


รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 1

จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 1 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 950 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 วัตต์

4.2.2 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 2

ช่วงเวลาที่ 2 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 18-29 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.9

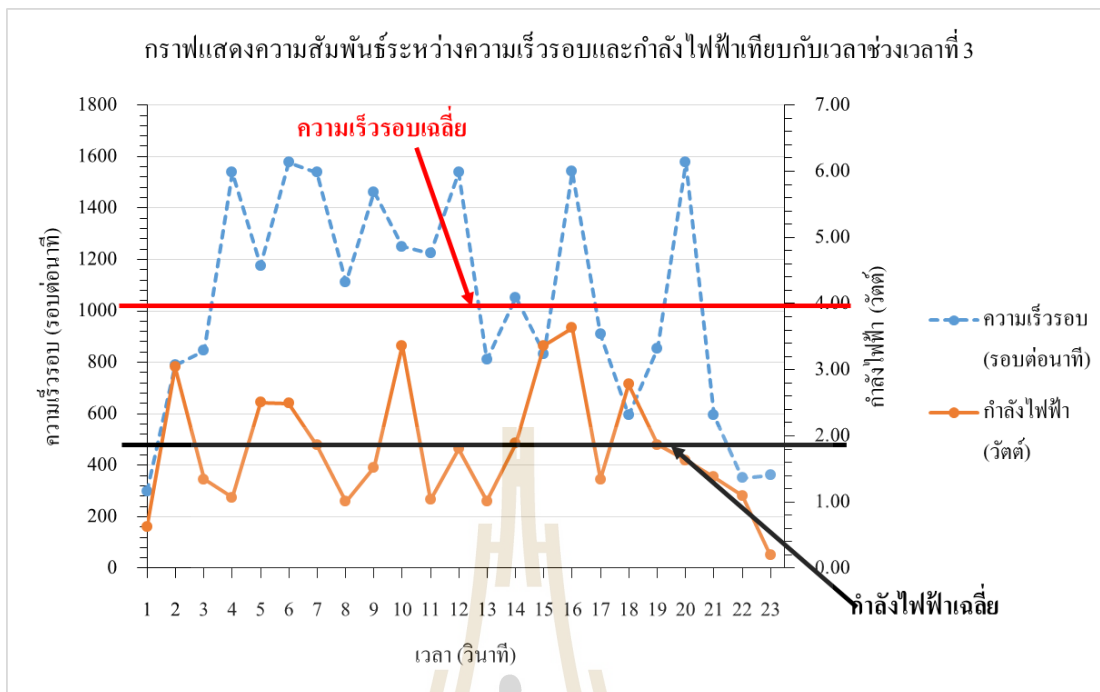


รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 2

จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 2 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 946 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.64 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าช่วงเวลาที่ 2 มีค่าความเร็วรอบลดลงจากช่วงเวลาที่ 1 แต่มีค่ากำลังกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบมีแสงแดดมากทำให้เกิดการรบกวนตัวรับรู้ความเร็วรอบ ทำให้วัดค่าความเร็วรอบคลาดเคลื่อน

4.2.3 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 3

ช่วงเวลาที่ 3 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากในรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 35-57 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.10

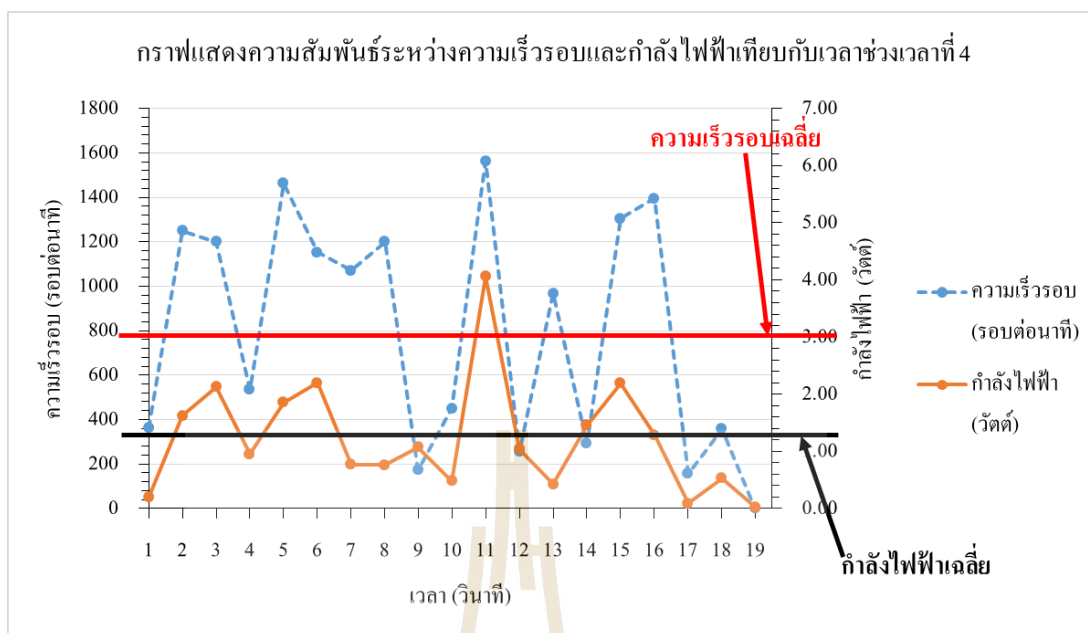


รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 3

จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 3 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 1036 รอบต่อนาที และมีค่ากำลังไฟฟ้ายเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 วัตต์

4.2.4 การทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 4

ช่วงเวลาที่ 4 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากในรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 57-75 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา ได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 2 ช่วงเวลาที่ 4

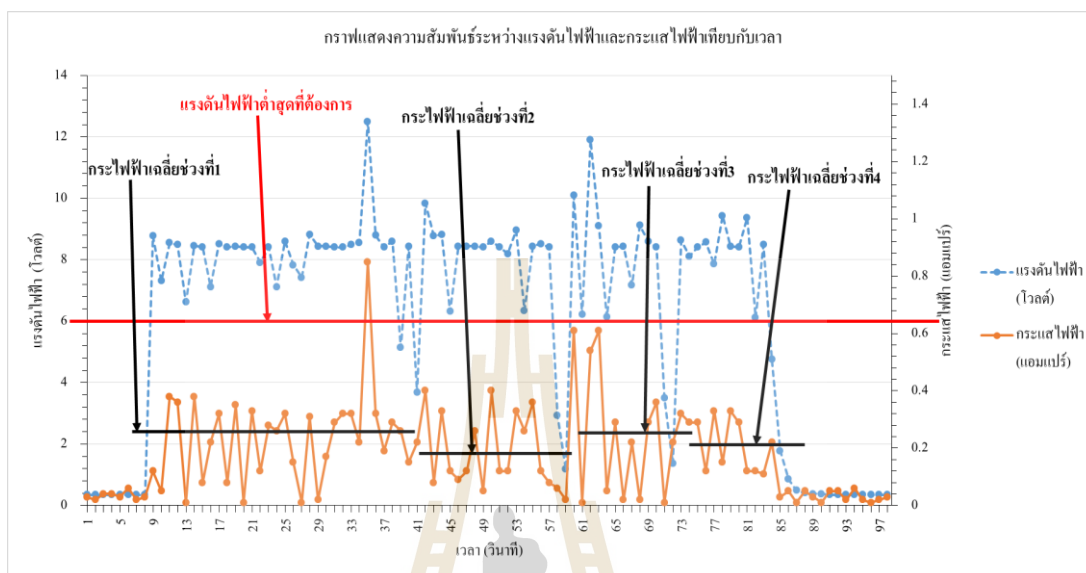
จากรูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 3 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 797 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 วัตต์

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 2 พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงมีค่าแตกต่างกันโดยแปรผันตามค่าความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 วัตต์ ช่วงเวลาที่ 2 มีค่ากำลังไฟเฉลี่ยเท่ากับ 1.64 วัตต์ ช่วงเวลาที่ 3 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 วัตต์ และช่วงเวลาที่ 4 มีค่ากำลังไฟเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 วัตต์ ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าทุกช่วงเวลาของการทดลองที่ 2 มีความเป็นไปได้ที่จะประจุกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปการประจุไว้ในแบตเตอรี่ได้ ซึ่งขนาดแบตเตอรี่ที่สามารถประจุได้นั้นคือแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์

4.3 ผลการทดลองที่ 3 กรณีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่น

การทดสอบกรณีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่นผ่านเครื่องต้นแบบนี้ เราจะควบคุมความเร็วรถจักรยานยนต์ไว้ที่ความเร็วประมาณ 25-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีระยะห่างระหว่างรถจักรยานยนต์คันข้างหน้าประมาณ 0.5-1 เมตร โดยบันทึกข้อมูล 4 ข้อมูลเช่นเดียวกันกับทั้งสองกรณีที่ผ่านมา โดยบันทึกค่าความเร็วรอบ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่เครื่อง

กำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตได้ และนำข้อมูลที่ได้พล็อตกราฟเทียบกับเวลา โดยกราฟที่ได้จะแสดงดังต่อไปนี้

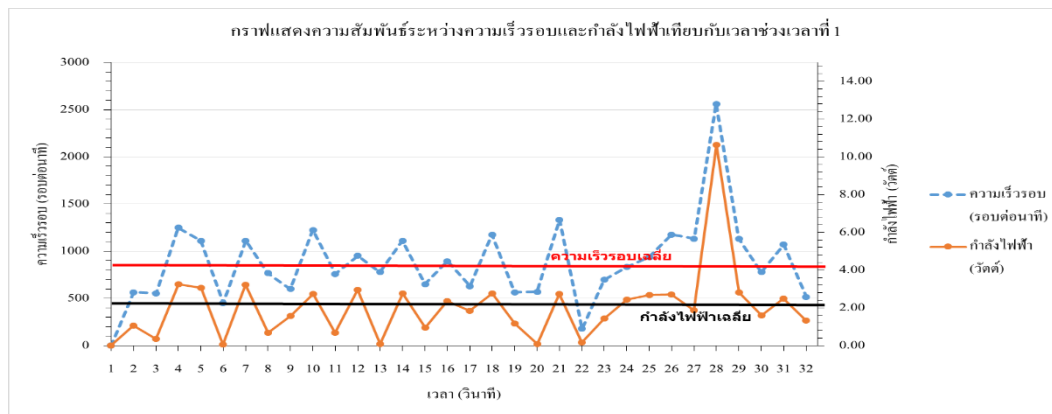


รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 3

จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 3 เราจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าค่อนข้างมีความต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากเราควบคุมปริมาณและความเร็วรถจักรยานยนต์ให้ใช้ความเร็วขึ้นและมีความถี่มากขึ้นจากสองกรณีที่ผ่านมา โดยการทดลองที่ 3 จะแบ่งช่วงเวลาที่มีความสัมพันธ์กันออกเป็น 4 ช่วงดังนี้ ช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่ 8-39 วินาทีพบว่ามีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.23 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 2 ช่วงเวลาตั้งแต่ 41-58 วินาทีพบว่ามีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.18 แอมแปร์ ช่วงเวลาที่ 3 ช่วงเวลาตั้งแต่ 59-72 วินาทีพบว่ามีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.23 แอมแปร์ และช่วงเวลาสุดท้ายคือ ช่วงเวลาที่ 4 ช่วงเวลาตั้งแต่ 73-85 วินาทีพบว่ามีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.21 แอมแปร์

4.3.1 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 1

โดยช่วงเวลาที่ 1 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 8-39 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 4.13

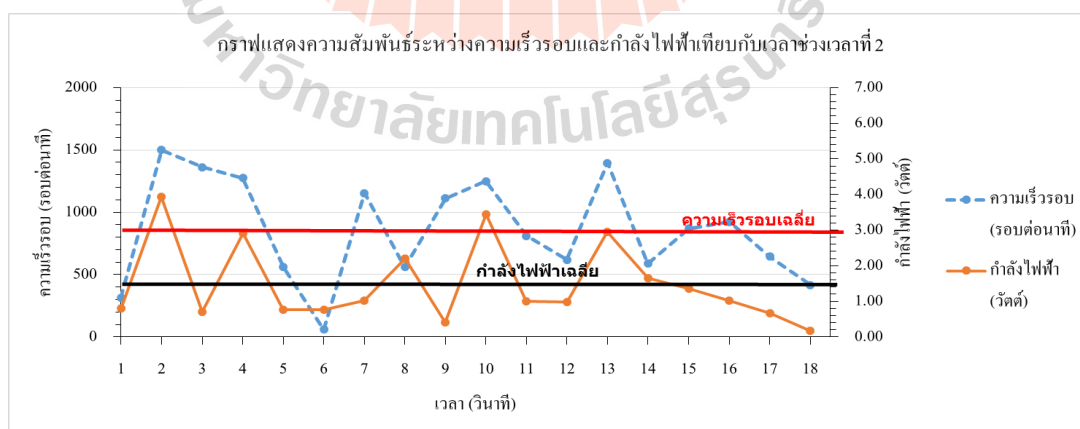


รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 1

จากรูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 1 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 877 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟเฉลี่ยเท่ากับ 2.02 วัตต์

4.3.2 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 2

โดยช่วงเวลาที่ 2 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 41-58 วินาที โดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้แสดงดังรูปที่ 4.14

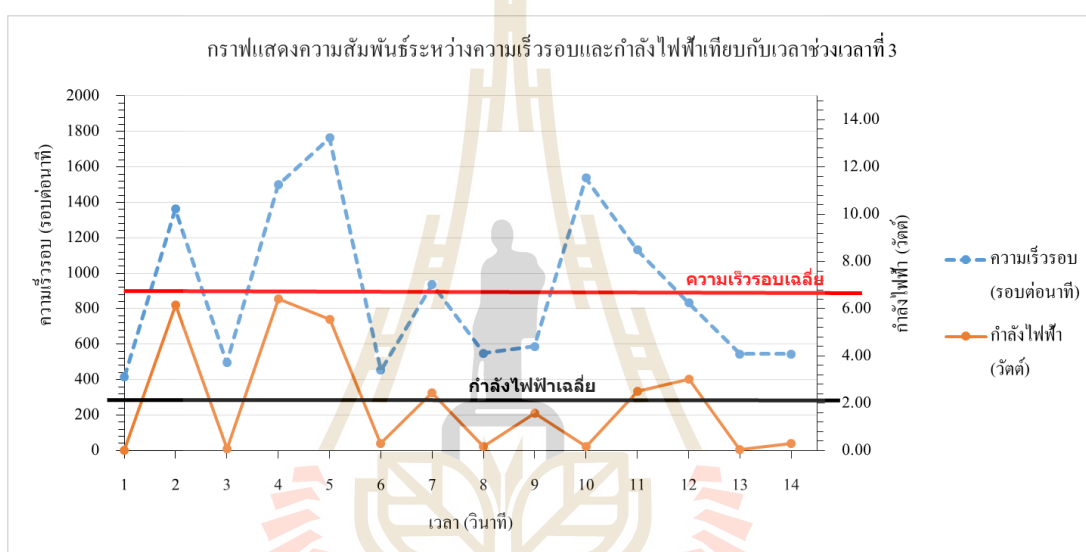


รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 2

จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 2 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 856 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.49 วัตต์

4.3.3 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 3

ช่วงเวลาที่ 3 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 59-72 วินาทีโดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้แสดงดังรูปที่ 4.15

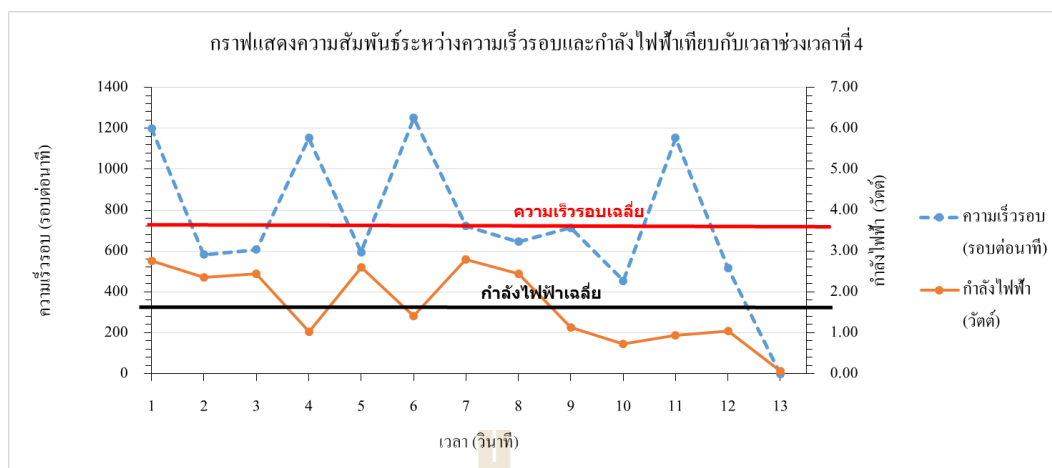


รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 3

จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลาที่ 3 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 904 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.05 วัตต์

4.3.4 การทดลองที่ 3 ช่วงเวลาที่ 4

โดยช่วงเวลาที่ 4 จะอ้างอิงช่วงเวลาจากรูปที่ 4.12 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 73-85 วินาทีโดยสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาได้ดังนี้แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาการทดลองที่ 3 ช่วงเวลา 4

จากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา โดยผลการทดลองพบว่าช่วงเวลา 4 นี้มีค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 738 รอบต่อนาทีและมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.67 วัตต์

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาของการทดลองที่ 3 พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงมีค่าแตกต่างกันซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าจะแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งในช่วงเวลาที่ 1 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.02 วัตต์ ช่วงเวลาที่ 2 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.49 วัตต์ ช่วงเวลาที่ 3 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.05 วัตต์ และช่วงเวลาที่ 4 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.67 วัตต์ ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าทุกช่วงเวลาของการทดลองที่ 3 มีความเป็นไปได้ที่จะประจุกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปการประจุไว้ในแบตเตอรี่ได้ ซึ่งขนาดแบตเตอรี่ที่สามารถประจุได้มีขนาดเท่ากับ 6 โวลต์ โดยเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็วสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 2.05 วัตต์ จากการทดลองทั้งสามการทดลอง

4.4 ศึกษาความเป็นไปได้ของการประจุกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่เพื่อใช้ในระบบ

ส่องสว่าง

การทดสอบนำรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอความเร็ว นั้น มีความเป็นไปได้ที่จะประจุกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของการประจุไว้ในแบตเตอรี่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณแรงดันไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ สามารถนำกระแสไฟฟ้าไปประจุไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ 4.5 แอมแปร์ชั่วโมงได้ ซึ่งเราจะคิดจากกรณีที่มีปริมาณรถจักรยานยนต์หนาแน่นจะ

มีแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.02 โวลต์และมีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 แอมแปร์จากการทดลองที่สามในช่วงเวลาที่ 3 ซึ่งมีค่าสูงสุดโดยเราจะใช้เวลาในการประจุเท่ากับ 3.86 วัน

โดยจะสอดคล้องกับช่วงเวลาที่ปริมาณรถจักรยานยนต์เข้าออกอาคารเรียนรวม 1 เป็นจำนวนมาก ซึ่งกำลังที่ได้จากแบตเตอรี่จะเท่ากับ 27 วัตต์ แต่เนื่องจากหลอดไฟที่จะใช้ในการส่องสว่างนั้นมีขนาด 12 โวลต์ขึ้นไปเราจะต้องกระจุกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เป็นเวลา 6 ชั่วโมงจะทำให้สามารถประจุแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ 4.5 แอมแปร์ชั่วโมงได้จำนวนสองใบ ในการนำไปใช้จะต้องนำแบตเตอรี่สองใบนี้ต่อวงจรอนุกรมกันซึ่งจะทำให้เราได้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 4.5 แอมแปร์ชั่วโมง และเมื่อเรานำไปใช้กับหลอดไฟขนาด 12 โวลต์ 1 วัตต์ 3 หลอดจะทำให้เราสามารถใช้เวลาไฟได้เป็นเวลาเท่ากับ

$$\frac{12 \times 4.5}{3} = 18 \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้นเราจะสามารถใช้กระแสไฟฟ้ากับระบบส่องสว่างได้เป็นเวลา 18 ชั่วโมงและทำการประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ใหม่อีกครั้ง

4.5 การคิดจุกุ่มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การคิดความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์นั้นเราจะคิดคำนวณโดยเริ่มต้นจากต้นทุนการสร้างเครื่องต้นแบบ ทั้งนี้จะไม่คิดอัตราดอกเบี้ยในการลงทุนและจะคำนวณหาว่าเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่สั้นชะลอความเร็วนี้มีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยจะคิดคำนวณดังนี้

ต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบ	= 10,000 บาท
กำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้สูงสุดเฉลี่ย	= 2.05 วัตต์
เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ 4.5 แอมแปร์	= $\frac{6 \times 4.5}{1000} = 0.027$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

ต่อวัน

ระยะเวลาที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ต่อเนื่องกันเป็นเวลาจากบทที่ 1	= 200 นาที หรือ 3.33 ชั่วโมง
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องต้นแบบสามารถผลิตได้ต่อวัน	= $\frac{2.05 \times 3.33}{1000} = 0.007$ กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

ชั่วโมงต่อวัน

เพราะฉะนั้น จะต้องประจุกระแสไฟฟ้าเป็นเวลา	= $\frac{0.027}{0.007} = 3.86$ วัน
---	------------------------------------

คิดการประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่

กรณีที่ 1 ประจุแบตเตอรี่เอง คิดค่ากระแสของการประจุเป็น 10% ของความจุแบตเตอรี่และอัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 3.72 บาทต่อหน่วย

$$\text{เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่} = \frac{72 \times 4500}{450} = 720 \text{ นาที หรือ } 12 \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้น ถ้าประจุแบตเตอรี่เองคิดเป็น

$$\text{การจ่ายค่าไฟเท่ากับ} = \frac{6 \times 4.5}{1000} \times 12 \times 3.72 = 1.21 \text{ บาทต่อวัน}$$

กรณีที่ 10 ประจุแบตเตอรี่ด้วยการจ่ายประจุในอัตรา 10 บาท

ดังนั้น ถ้าจ่ายประจุจะคิดเป็นจำนวนเงิน = 10 บาทต่อวัน

$$\text{การคืนทุน กรณีที่ 1} = \frac{10000 \times 3.86}{1.21} = 31,901 \text{ วัน หรือเท่ากับ } 87.4 \text{ ปี}$$

$$\text{การคืนทุน กรณีที่ 2} = \frac{10,000 \times 3.86}{10} = 3,860 \text{ วัน หรือเท่ากับ } 10.6 \text{ ปี}$$

ทั้งนี้การการคำนวณความคุ้มค่าทั้งสองกรณีพบว่าถ้าหากคิดความคุ้มค่าจากการประจุกระแสไฟฟ้าเองเทียบกับจากประจุด้วยเครื่องต้นแบบสันชะลอกความเร็วสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 87.4 ปี และถ้าหากคิดความคุ้มค่าจากการจ่ายประจุสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 10.6 ปี ทั้งนี้เครื่องต้นแบบสามารถใช้งานได้ 1 ล้านรอบ โดยรอบการใช้งานเครื่องเฉลี่ย 1,839 ต่อวัน ดังนั้นเครื่องต้นแบบสามารถใช้งานได้ 1.5 ปี

4.6 บทสรุป

ในบทนี้ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบทั้งสามกรณีนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ปริมาณรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องต้นแบบ โดยกรณีปริมาณรถจักรยานยนต์ปกตินั้นเป็นกรณีที่พบได้ในช่วงเวลาที่มีปริมาณรถจักรยานยนต์เข้าออกอาคารเรียนรวม 1 ไม่มากนัก ซึ่งผลการทดสอบของกรณีนี้คือ เครื่องต้นแบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แต่ไม่มีความต่อเนื่อง นั่นคือเมื่อเรานำกระแสไฟฟ้าที่ได้ไปประจุให้อยู่ในรูปของการประจุไว้ในแบตเตอรี่นั้นสามารถจะกระทำได้อีกทั้งยังสามารถสรุปได้ว่าการทดลองที่ 2 และ 3 ทุกช่วงเวลาสามารถประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ได้ โดยที่กระแสที่ใช้ในการประจุไม่มีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่เนื่องจากเป็นกระแสไฟฟ้าที่มีค่ากระแสที่ต่ำ โดยคิดเป็น 10% ของความจุของแบตเตอรี่ หากเราเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์และมีค่าความจุเท่ากับ 4.5 แอมแปร์ชั่วโมง โดยใช้เวลาในการประจุประมาณ 3.86 วันอีกทั้งยังนำกระแสไฟฟ้าที่ได้ไปใช้กับระบบส่องสว่างได้เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

จากการการคำนวณหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะสร้างเครื่องต้นแบบการเคลื่อนที่ของสันชะลอกความเร็วทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าเครื่องต้นแบบเครื่องนี้ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าให้คุ้มค่ากับการลงทุนสร้างเครื่องต้นแบบได้ แต่ในอนาคตถ้าสามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบให้มี

ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้ก็จะสามารถประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมืออุปกรณ์และต้องอาศัยความชำนาญในการใช้เครื่องมือสร้างเครื่องต้นแบบให้มีเสถียรภาพมากขึ้น



รายการอ้างอิง

- มยผ. 2301-56 มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว. (2556), กรมโยธาธิการและผังเมือง, กระทรวงมหาดไทย, 9 หน้า
- ไชยชาญ หินเกิด (2537). เครื่องกลไฟฟ้า 1. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ประชาชน
- สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์ (2555), คู่มือการบำรุงรักษาและการใช้งานแบตเตอรี่. (ม.ป.ท.)
- โจเซฟ, อี.เอส., ซาเล่อา.เอ็ม., ริชาร์ด จี.บี. (2552), การออกแบบเครื่องจักรกล. แปลโดย พิเชฐ ตระการชัยศิริ. (ม.ป.ป.). กรุงเทพฯ: ท้อป
- ผศ.ทรงพล กลิ่นชะเอม (2559). **Mechanics of Machinery**. เอกสารประกอบการสอนวิชา Mechanics of Machinery, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. 53 หน้า.
- โจเซฟ, อี.เอส., ซาเล่อา.เอ็ม., ริชาร์ด จี.บี. (2547), การออกแบบเครื่องจักรกล 2, แปลโดย ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. (ม.ป.ป.). กรุงเทพฯ: ท้อป
- Andrea Pirisi, Francesco Grimaccia, Marco Mussetta 2, and Riccardo E. Zic (2012). Novel Speed Bumps Design and Optimization for Vehicles Energy Recovery in Smart Cities, **energies**, No.5
- A.Padma Rao, A.Kiran Kumar, S.Suresh (2014). Power Generation from Speed Breaker by Rack and Ratchet Mechanism, **International Journal of Current Engineering and Technology**, Special Issue-2
- Fayeq Najuib, Nikita Gupta, Pradyumna Rawat, and Priyank Agarwal, ECE Dept (2014), Energy Efficient Power Generation Using Speed Breaker With Auto Street Lights, **International Journal of Engineering Research and Management Technology**, Vol.-1, Issue-1
- K.Ravivarma, B.Divya, C.P.Prajith, A.Sivamurugan, and K.Vengatesan (2013). Power Generation Using Hydraulic Mechanism at Speed bumper, **International Journal of Scientific & Engineering Research**, Volume 4, Issue 6
- Piyush Bhagdikar, Shubham Gupta, Navneet Rana, and R. Jegadeeshwaran (2014), Generation Of Electricity With The Use Of Speed Breakers, **International Journal of Advances in Engineering and Technology**, Vol.-7, Issue-2
- Prakhar Todaria , Lirong Wang, Abhishek Pandey, James O'Connor, and David McAvoy, Design, Modeling and Test of a Novel Speed Bump Energy Harvester, **Terence Harrigan**, Barbara Chernow.

บทที่ 7 การผลิตเฟือง (2559) [ออนไลน์] ได้จาก: <https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/neuxha-sara/bth-thi-7-kar-phlit-feuxng>

Garud Choudhary. (2015) **Electricity from road with kinetic energy. Video 4** [Online].

Available: <https://www.youtube.com/watch?v=kv6ZEFsq25s>, access on 02/02/2015



ประวัติผู้เขียน

นายสิทธิพงษ์ พรหมแดน เกิดเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2534 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านตะโก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนตาพระยา จังหวัดสระแก้ว และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมยานยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปี พ.ศ. 2556 โดยในขณะที่ศึกษาระดับปริญญาตรี ได้มีโอกาสสหกิจศึกษาที่บริษัทซัมมิตอโต้ บอดีเวิร์คแหลมฉบัง ซึ่งได้มีประสบการณ์การออกแบบ Jig and fixture ในกระบวนการผลิตถาดกันกระแทกด้านข้างประตูรถเก๋งและกระบวนการผลิตกระบะข้างรถยนต์ 2 รุ่น

ปี พ.ศ. 2556 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอกจากกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา (ทุน OROG) ในขณะที่ยังมีโอกาสเป็นอาจารย์พิเศษซึ่งมีหน้าที่สอน 3 วิชา คือ (1) การเขียนแบบวิศวกรรม 1 (2) การเขียนแบบวิศวกรรม 2 (3) การเขียนแบบทางกล ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยได้มีประสบการณ์ในการนำเสนอและการสอนได้เป็นอย่างดี จากการทำวิจัยนี้ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้และความเข้าใจทางด้านการออกแบบทางกล และเข้าใจการประยุกต์ใช้สันชะลอกความเร็วผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี และมีผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่จำนวน 1 เรื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Sitthiphong Promdan และ Teetut Dolwichai. 2559. Fatigue behavior in the mechanism of the Speed Bumper by using the Finite element method. 2016 The 5th (International Conference on Mechanical Engineering, Materials and Energy), IC623, Dec. 10-11, 2016 Hong Kong, China

