การทดลองผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์

นายพชร เจริญดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การทดลองผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์

นายพชร เจริญดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การทดลองผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์

โดย นายพชร เจริญดี

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ จันทร์วิพัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุนนาค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชัยยศ ดำรงกิจโกศล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์)

ชื่อ : นายพชร เจริญดี
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การทดลองผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์
สาขาวิชา : เทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชัยยศ ดำรงกิจโกศล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นในรถจักรยานยนต์ โดยใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermoelectric Generator: TEG) ซึ่งสามารถแปลงพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง การทดลองใช้รถจักรยานยนต์รุ่น Honda Rebel 300 ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์จำนวน 5 แผ่น บนชุดต้นแบบที่เชื่อมต่อกับระบบน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ การทดลองแบ่งออกเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องไดนาโมมิเตอร์ และการทดลองวิ่งบนถนนจริง โดยควบคุมตัวแปรด้านความเร็ว (40, 60 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และภาระโหลด (200 และ 300 นิวตัน) ผลการทดลองพบว่าแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถผลิตไฟฟ้าได้จริง โดยให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 100 วัตต์ ประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบอยู่ระหว่าง 5.28% ถึง 13.18% ซึ่งแปรผันตามความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ข้อมูลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากรถจักรยานยนต์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสามารถต่อยอดเป็นระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้งานได้จริงในพื้นที่ห่างไกลหรือในสถานการณ์ฉุกเฉิน ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่าโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกส์มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งได้จริง

(มีจำนวนทั้งสิ้น 76 หน้า)

คำสำคัญ : ความร้อนเหลือทิ้ง, น้ำหล่อเย็น, เทอร์โมอิเล็กทริกส์, รถจักรยานยนต์, การผลิตไฟฟ้า

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Mr. Pachara Charoendee
Thesis Title : An Experimental Study on Electricity Generation from Waste Heat of Motorcycle Coolant Using Thermoelectric Modules
Major Field : Energy Engineering Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Assistant Professor, Second Lieutenant Dr. Chaiyot Damrongkijkosol
Co-Advisor : Associate Professor Dr. Preeda Chantawong
Academic Year : 2025

บทคัดย่อและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

ABSTRACT

This research investigates the feasibility of generating electrical energy from the waste heat of motorcycle engine coolant using Thermoelectric Generators (TEGs), which directly convert thermal energy into electrical energy. The experimental setup utilized a Honda Rebel 300 motorcycle, on which five TEG modules were installed within a prototype system connected to the engine's cooling circuit. Experiments were conducted in two phases: laboratory testing using a dynamometer and real-world road tests. Key variables controlled during the experiments included vehicle speed (40, 60, and 80 km/h) and load (200 and 300 Newtons). The results demonstrate the successful generation of electricity by the TEG modules, with a maximum power output of approximately 100 Watts. The average system efficiency ranged from 5.28% to 13.18%, directly correlating with the temperature difference across the hot and cold sides of the TEG modules. These findings highlight the significant potential for recovering and utilizing waste heat from motorcycles. This technology could be further developed into practical, small-scale electrical power generation systems for remote areas or emergency situations. The results indicate that thermoelectric modules are effective in generating electricity from waste heat,

(Total 76 Pages)

Keywords: Waste heat, Coolant, Thermoelectric, Motorcycle, Power generation

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชัยยศ ดำรงกิจโกศล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักรวมทั้งคณะกรรมการสอบที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อ สังเกต รวมถึงการตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน (MEET) ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือทุกท่าน ที่ให้ความรู้ด้านพลังงานและรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องอันเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความรู้ความสามารถต่อไป ในครั้งสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงเพื่อนร่วมหลักสูตร และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

พชร เจริญดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ญ
บรรณานุกรม 11
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิทยานิพนธ์ 2
1.3 ขอบเขตของการทำโครงการวิทยานิพนธ์ 2
1.4 คำจำกัดความ 2
1.5 สถานะของปัญหาและวิธีศึกษาโครงการวิทยานิพนธ์ 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการวิทยานิพนธ์ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ด้วยน้ำ 3
2.2 พลังงานความร้อนเหลือทิ้ง 4
2.3 เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 5
2.4 ประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 7
2.5 สถิติ The Wilcoxon Signed Ranks Test 8

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 11

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้จำลองงาน 11

3.2 ขั้นตอนการทำงานทดสอบจริง 16

3.3 ขั้นตอนการบันทึกผลการทดสอบผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 19

บทที่ 4 ผลการวิจัย 20

4.1 ผลการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 20

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัว 29

4.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 29

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งระหว่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบการขับจริง 30

บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ 33

5.1 สรุปผล 33

5.2 อภิปรายผล 33

5.3 ข้อเสนอแนะ 34

ภาคผนวก 35

ประวัติผู้เขียน 63

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัว 29

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็คตริก 6
ภาพที่ 2-2 ปรากฏการณ์ซีเบค 7
ภาพที่ 3-1 เทอร์โมอิเล็กทริกส์รุ่น TEC1-12715 (Thermoelectric) 12
ภาพที่ 3-2 อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบ (Heat Sink) 12
ภาพที่ 3-3 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล(Digital multimeter) 13
ภาพที่ 3-4 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ(Digital thermometer) 13
ภาพที่ 3-5 เครื่องวัดแรงลม (Anemometer) 14
ภาพที่ 3-6 แคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter) 14
ภาพที่ 3-7 ชิ้นงานและตำแหน่งของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้ง 5 ตำแหน่ง 15
ภาพที่ 3-8 Honda Rebel 300 16
ภาพที่ 3-9 MAHA LPS 3000 16
ภาพที่ 3-10 การติดตั้งชิ้นงานกับรถมอเตอร์ไซค์ 17
ภาพที่ 3-11 การทดสอบวิ่งบน Dino เพื่อทดสอบ 17
ภาพที่ 3-12 ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานกับมอเตอร์ไซค์ 18
ภาพที่ 3-13 การติดตั้งชุดทดลองของการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 19
ภาพที่ 4-1 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 1 22
ภาพที่ 4-2 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 2 23
ภาพที่ 4-3 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 3 24
ภาพที่ 4-4 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 4 25
ภาพที่ 4-5 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 5 26
ภาพที่ 4-6 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 6 27
ภาพที่ 4-7 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 7 28

บรรณานุกรม

Ning, Z, Takeru, M, Ryutaro, S, Takashi, T. Development of a small solar power generation system based on thermoelectric materials. Int J Appl Ceram Tec. 4(4), 2014, 291-296.

P. Phumipak. Thermoelectric. The physics society of thailand. [Online Article], 2020. (in Thai)

P. Bamrungkan, C. Lertsatitthanakorn. Cooling options for electricity generation from thermoelectric. Master's Thesis in Energy Technology, Faculty of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 2018. (in Thai).

R.A. Dunlap, Heat engines and heat pumps, in sustainable energy, 2015, 1st ed., Stamford, CT: Cengage Learning, Chapter 1, Section 1.5, pp. 16–17, (in Thai).

R.A. Ristinen, J.J. Kraushaar, "Gasoline engines," in energy and the environment, 2nd ed., Hoboken, NJ: Wiley, 2006, Chapter 3, Section 6.2, pp. 74–76.

A.S. Mousa, M.G. and Hegazi, A.A. Performance analysis of a passively cooled thermoelectric generator. Energy Conversion and Management, 2018, 173, 399 - 411.

G. Prudhvi, G. Vinay, and G. Babu. Automobile and automotive cooling systems., 2013.

B.T. Admasu, X. Luo, J.Yao, Effects of temperature non-uniformity over the heat spreader on the outputs of thermoelectric power generation system, 2013.

Sarayoot. T., Worawit. I. Based Power Generator from Solar Drying Machine. Proceeding of the 7th International Symposium on Fusion of Science and Technology, 2018, pp. 49 - 53, (in Thai).

S. Thongkulphat, P. Srithanauthaikorn, (2017). Electricity generation using thermoelectric from air conditioner. Journal of RMUTT Suvarnabhumi, 5(1), 60-67, (in Thai)

S. Thongkunphat, P. Srithanauthaikorn, Electricity generation using thermoelectric from an air conditioner. RMUTSB Academic Journal, 2017, 5(1), 60–67. (in Thai)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง สำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ การสื่อสาร คมนาคม การให้ความรู้ การศึกษา จากที่ศึกษาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ในปัจจุบันได้มีปัญหาความต้องการ พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดปัญหาด้านการอนุรักษ์พลังงานและการหาแหล่งพลังงานสำรอง เพื่อรองรับ แนวโน้มความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นจึงได้มีนักวิจัยในหลายประเทศได้มีการประดิษฐ์คิดค้นงานวิจัยและพัฒนาหาแหล่งพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตามความเหมาะสมของแต่ละภูมิประเทศนั้นๆ เพื่อเพิ่มการผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการและให้เกิดความมั่งคงด้านพลังงานเพื่อพัฒนาประเทศจากที่ได้ศึกษาจากเว็บประเทศไทยในปี (2566) มี การใช้รถมอเตอร์ไซค์มากที่สุดเป็นอับดับแรกๆของโลกโดยมีเปอร์เซ็นต์สูงถึง 87% ซึ่งในรถมอเตอร์ไซค์นั้นมีพลังงานที่เหลือทิ้งอยู่อย่าง เช่น พลังงานความร้อนเหลือทิ้งจาก ท่อไอเสีย,เครื่องยนต์,หม้อน้ำ จึงได้ก่อเกิดความคิดที่จะนำความร้อนเหลือทิ้งจากน้ำหล่อเย็นในหม้อน้ำของมอเตอร์ไซค์รุ่น Honda Rebel 300 มาใช้ทดลองว่าสามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงานทดแทนได้มากเท่าไรโดยมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าเทอร์โมอิเล็กทริกส์เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้โดยใช้ความร้อนหรือเย็นมาใช้เป็นตัวทำปฏิกิริยาจึงได้นำมาทดลองใช้กับความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นจากหม้อน้ำ มอเตอร์ไซค์รุ่น Honda Rebel 300

จากการศึกษาข้อมูลจากปริญญานิพนธ์มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิในปี พ.ศ. 2563 การนำอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนแสงอาทิตย์โดยการใช้ชุดกักเก็บความที่สามารถเก็บอุณหภูมิได้สูงถึง 85 องศาเซลเซียสในสภาพอากาศ 30-35 องศาเซลเซียส ทดลองในช่วงเวลา 10.00-16.00 น. ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ย 66.88 วัตต์ ในอีกหนึ่งรูปแบบทดลอง Ning Z. et at. (2014) ได้นำเสนอการผลิตงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์และอีกด้านเป็นบรรยากาศปกติ ในการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยมีผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน 40 องศาเซลเซียสได้ผลของแรงดันไฟฟ้า 3.9 โวลต์การทดลองของ El-Adl et al. (2018) ได้ศึกษาหาประสิทธิภาพการระบายความร้อนแฝงให้เทอร์โมอิเล็กทริกผ่านแผ่นระบายความร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบายความร้อนแฝงเพื่อให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านจะสามารถเพิ่มการผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากขึ้น และการทดลอง

สรายุธ และพัชรนันท์ (2560) นำเสนอการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนจากคอนเดนเซอร์และด้านเย็นของเครื่องปรับอากาศผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนจากคอนเดนเซอร์และด้านเย็นที่ได้จากน้ำทิ้งด้านเย็นของเครื่องปรับอากาศผลต่างของอุณหภูมิผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำความร้อนจากน้ำหล่อเย็นจากหม้อน้ำมอเตอร์ไซค์โดยใช้ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาทดลอง 50 นาที จากปัญหาดังกล่าวจึงได้แนวคิด โดยการได้ประดิษฐ์ เครื่องผลิตไฟฟ้าจากหม้อน้ำของมอเตอร์ไซค์โดยใช้ความร้อนจากน้ำหล่อเย็นในหม้อน้ำมอเตอร์ไซค์มาผลิตไฟฟ้าโดยใช้ แผ่น Thermoelectric generator ที่สามารถผลิตไฟฟ้าจากความร้อนได้นำมาประยุกต์ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

1.3 ขอบเขตของการทำโครงการวิทยานิพนธ์

1.3.1 ในการทดลองนั้นจะทำการทดลองจากน้ำหล่อเย็นหม้อน้ำมอเตอร์ไซค์รุ่น Honda Rebel 300 ซึ่งเป็นความร้อนเหลือทิ้งจากมอเตอร์ไซค์เพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า

1.3.2 ใช้การทดลองโดยการขึ้นแชสซีส์ไดนาโมมิเตอร์ใช้ความเร็ว 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h ที่โหลด 200 N 300 N ตามใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1.30 นาที บันทึกผลทุก 15 วินาที ทำการทดสอบ 6 รอบ

1.3.3 ทดสอบวิ่งบนถนนจริงใช้ความเร็วที่ 40 km/h

1.3.4 ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์รุ่น TEC1-12715 เป็นอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้า

1.4 คำจำกัดความ

1.4.1 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermoelectric) เป็นอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนให้กลายเป็น พลังงานไฟฟ้าได้ หรือในทางตรงกันข้าม เทอร์โมอิเล็กทริกส์ยังสามารถเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อนได้เช่นเดียวกัน โดยอาศัยหลักการสั่นสะเทือนของโครงสร้างวัสดุเชิงควอนตัมฟิสิกส์ผ่านตัวกลางวัสดุที่เรียกว่าวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์เมื่อวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์นั้นได้รับอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและอีกทั้งยังมีการถ่ายเทความต่างศักย์ไฟฟ้าจาก ศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังศักย์ไฟฟ้าต่ำด้วยเช่นกัน

1.5 สถานะของปัญหาและวิธีศึกษาโครงการวิทยานิพนธ์

1.5.1 การทำงานของ Thermostat ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสารหล่อเย็นในหม้อน้ำมอเตอร์ไซค์ไม่สามารถควบคุมการทำงานได้ จึงทำการนำผลการทดลองในเวลา 1.30 นาที เก็บค่าทุก 15 วินาที

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการวิทยานิพนธ์

1.6.1 สามารถสร้างชุดสาธิตเทอร์โมอิเล็กทริคเจนเนอร์เรเตอร์ (Thermoelectric Generator) ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาในด้านนี้ต่อไปได้

1.6.2 โครงการนี้ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในการนำพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์ มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่สามารถต่อยอดการวิจัยในอนาคตได้

1.6.3 แนวคิดและผลลัพธ์จากโครงการนี้สามารถต่อยอดไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือระบบที่สามารถติดตั้งกับรถจักรยานยนต์หรือเครื่องยนต์ขนาดเล็ก เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้งานจริงในพื้นที่ห่างไกลหรือกรณีฉุกเฉิน

บทที่ 2
ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีการพัฒนาและมีการวิจัยเพื่อหาพลังงานทดแทนแหล่งเชื้อเพลิง เพื่อเป็นต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะราคาน้ำมันและถ่านหินที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อนำไปขับต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการหาพลังงานอื่นๆ ที่สามารถทดแทนเชื้อเพลิงน้ำมันได้ก็เป็นสิ่งที่โลกมีความต้องการ เพราะฉะนั้นพลังงานจากความร้อนเหลือทิ้งก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาวิจัย การผลิต กำลังไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่สามารถแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากความร้อนเป็นกำลังไฟฟ้าได้ และเป็นพลังงานที่สะอาดและสามารถนำมาใช้ งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในวิทยานิพนธ์เรื่องการทดลองการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้ เทอร์โมอิเล็กทริกส์ได้นำทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสรุปเป็นรายหัวข้อ ดังนี้

2.1 ระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ด้วยน้ำ

2.2 พลังงานความร้อนเหลือทิ้ง

2.3 เทอร์โมอิเล็กทริกส์

2.4 ประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริกส์

2.5 สถิติ The Wilcoxon Signed Ranks Test

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ด้วยน้ำ

เมื่อเครื่องยนต์ทำงานหรือในขณะที่เครื่องยนต์หมุน จะทำให้เกิดความร้อนสูงมาก จึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อนออกจากเครื่องยนต์ซึ่งเป็นการรักษาอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานให้เครื่องยนต์เย็นลงนั้นอาจทำได้ด้วยวิธีใช้อากาศ ของเหลว หรือน้ำ อย่างไรก็ตาม ระบบระบายความร้อนที่มิยมใช้กันโดยทั่วไปคือระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ แม้ว่าระบบระบายความร้อนด้วยน้ำจะยุ้งยาก

ซับซ้อน แต่ก็เป็นระบบที่ให้ความเย็นสม่ำเสมอ ทั้งยังช่วยควบคุมเสียงของเครื่องยนต์และความร้อนที่ถ่ายเทไปยังน้ำหล่อลื่นสามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์ทำความร้อนของรถยนต์ได้อีกด้วย ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบ และความร้อนจากน้ำมันหล่อลื่นที่ระบายออกจากเครื่องยนต์ ซึ่งความร้อนที่จะเกิดขึ้นนี้จะถูกระบายออกไปยังตัวหล่อเย็นของเครื่องยนต์ พลังงานความร้อนประมาณ 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ จะถูกระบายออกด้วย “ระบบระบายความร้อน”การระบายความร้อนที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ระบบระบายความร้อนจึงทำหน้าที่ระบายความร้อนอย่างรวดเร็วเมื่อเครื่องยนต์กำลังร้อน และมักจะระบายความร้อนอย่างช้าๆ

2.2 พลังงานความร้อนเหลือทิ้ง

ความร้อนเสียคือความร้อน ที่ไม่ได้ใช้ ซึ่งถูกมอบให้กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (ในรูปแบบของพลังงานความร้อน) โดยเครื่องยนต์ความร้อนใน กระบวนการ ทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนความร้อนให้เป็นงาน ที่มีประโยชน์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ระบุว่าจะต้องผลิตความร้อนเสียเมื่อแปลงความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นพลังงานกล (ซึ่งมักจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า) ความร้อนเสียเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับเครื่องยนต์ความร้อน ใดๆ และปริมาณที่ผลิตได้เมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าไปเป็นปัจจัยที่ประกอบเป็นประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ความร้อนเสียมักจะถูกระบายออกสู่ชั้นบรรยากาศหรือแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ และแม้แต่มหาสมุทร เนื่องจากความร้อนเสียเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นของเครื่องยนต์ความร้อน ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าจึงจำกัด (ดูประสิทธิภาพของคาร์โนต์) ดังนั้นจึงต้องเผาเชื้อเพลิงมากขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตพลังงานตามที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มากขึ้น และก่อให้เกิดภาวะ โลกร้อน มากขึ้น

ความร้อนเสียพบได้ในสมการการอนุรักษ์พลังงานสำหรับเครื่องยนต์ความร้อน

$$Q_H = Q_L + W$$

- Q_H คือความร้อนที่เข้าสู่ระบบจากเชื้อเพลิงที่ กำหนด
- W เป็นงานทางกลที่มีประโยชน์ที่ได้รับจากระบบและ

- QL เป็นความร้อนเสีย

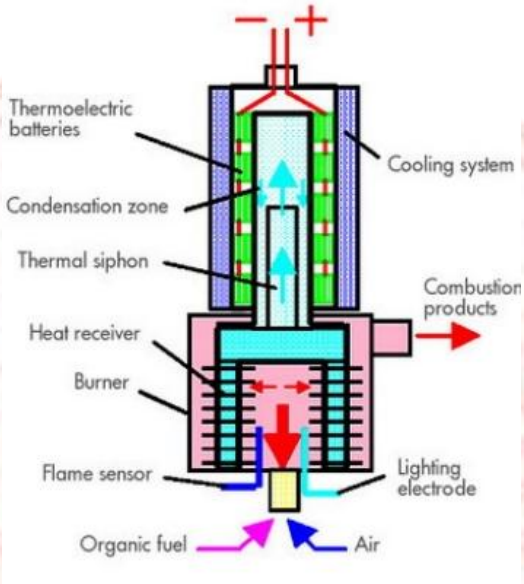
การทราบปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าและปริมาณงานที่ระบบส่งออกทำให้สามารถหาความร้อนเสียได้ง่าย ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( ) ซึ่งอธิบายอัตราส่วนของงานที่มีประโยชน์ต่อพลังงานที่ป้อนเข้าสามารถหาได้จากความร้อนเสียนี้ โดยใช้สมการดังนี้ $\eta=1-\frac{Q_L}{Q_H}$

รถยนต์สร้างความร้อนเสียมากกว่างานที่มีประโยชน์จริงประมาณ 2 เท่า (ด้วย) [4]ซึ่งจะต้องกำจัดเพื่อให้เครื่องยนต์คงอยู่ที่อุณหภูมิที่ปลอดภัยเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่ทำลายตัวเอง นี่ไม่ใช่ความล้มเหลวทางวิศวกรรม แต่เป็นข้อจำกัดที่เกิดจากกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ (กำหนดโดยประสิทธิภาพของคาร์โนต์) ยานพาหนะส่วนใหญ่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว ซึ่งส่งน้ำหล่อเย็นผ่านช่องในบล็อกเครื่องยนต์และรับความร้อนจากเครื่องยนต์ เมื่อร้อนแล้ว จะไหลไปที่หม้อน้ำ (ดังแสดงในรูปที่ 2) ซึ่งอยู่ที่กระจังหน้าของรถ น้ำหล่อเย็นที่ร้อนจะถูกทำให้เย็นลงโดยกระแสอากาศที่ไหลเข้าไปในกระจังหน้า และเมื่อเย็นลงเพียงพอแล้ว จะถูกส่งกลับไปยังเครื่องยนต์เพื่อทำซ้ำกระบวนการ $\eta \approx$ 25 %

2.3 เทอร์โมอิเล็กทริกส์

การประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นได้หลายกรณี เช่น ในท้องถิ่นทุรกันดารที่สายส่งกำ ลังไฟฟ้าพาดไปไม่ถึง ท้องถิ่นที่เป็นเกาะหรือภูเขาที่มีที่ประชาชนอาศัยไม่กี่หมู่บ้านทำให้ไม่มีความมีคุ้มทุนในการลงทุนตั้งเสาพาดสายหรือตั้งโรงงานไฟฟ้าขึ้นในทางกลับกันบริเวณที่มีผู้คนอยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก กำลังไฟ ฟ้าไม่พอจ่าย หรือแม้แต่ในกรณีโรงไฟฟ้ามีประมีสิทธิภาพต่ำ เกิดปัญหาไฟตก ไฟดับบ่อย หรือกรณีที่เกิดภัย พิบัติ การแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ ทำได้หลายวิธีด้วยเช่น ใช่พลังงานแสงอาทิตย์แปลงเป็น พลังงานไฟฟ้า ใช้เครื่อง กำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลัง หรืออาจใช้เครื่องจ่ายไฟสำรองซึ่งแต่ละวิธีก็มีก็มีข้อดีและดี ข้อเสียแตกต่างกันไป กล่าวคือการใช้ พลังงานแสงอาทิตย์มีข้อดีคือ ไม่ต้องจ่ายเงินซื้อพลังงาน ไม่มีเสียงรบกวน ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ แต่มีข้อเสียคือต้องมีแบตเตอร์รี่ไว้เก็บไฟ จำนวนมากเนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะกลางวันและขณะที่ฝนไม่ตก ประมาณแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งต้องทำการเก็บพลังงานไว้ให้ พอเพียงกับการใช้งานทั้งกลางวันและกลางคืน ต้องลงทุนสูง ประสิทธิภาพต่ำ

สำหรับการใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีข้อดีคือ ลงทุนไม่สูง ใช้งานสะดวก แต่มีข้อเสียคือต้องจ่ายค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเดินเครื่องยนต์ ต้องเสียค่าขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงและเกิดเสียงรบกวนรวมถึงเกิดมลภาวะทางอากาศ(ควันพิษและอากาศเสีย)



ภาพที่ 2-1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็คตริก

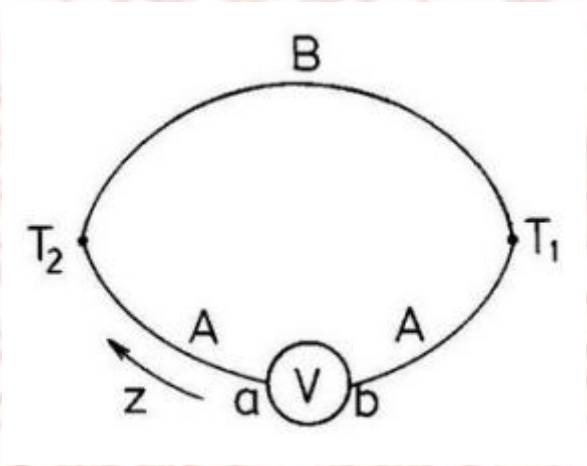
ปัจจุบันมีทางเลือกใหม่อีกทางเลือกหนึ่ง คือกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermo Electric Generator TEG) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ใช้งานได้เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเครื่องยนต์ กล่าวคือสามารถผลิตไฟฟ้าแบบเดียวกับที่ใช้อยู่ ทั่วไปในปัจจุบันซึ่งสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในบ้านได้ทุกชนิด เช่นไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ หรือกรณีช่วงที่เกิดวาตภัย อุทกภัย หรือภัยพิบัติอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

ข้อแตกต่างระหว่างเครื่องกำเนิดชนิดนี้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเครื่องยนต์ กล่าวคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเทอร์โมอิเล็กทริกส์จะไม่มีเสียงรบกวนเนื่องจากเครื่องยนต์ ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว ยกเว้นพัดลมระบายความร้อนตัวเล็กๆเท่านั้นทำให้มีการสึกหลอต่ำ ค่าดูแลดูบำรุงรักษาต่ำ (เทคโนโลยีนี้ได้เริ่มพัฒนาโดย บริษัท 3M สำ หรับโครงการอพอลโลขององค์การนาซ่า)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้ นี้จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยไม่มีชิ้นส่วนที่ เคลื่อนไหวที่เกิดจากความร้อนที่เกิดจากหัวเผาแก๊สจะถูกส่งไปยังเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลในทิศทางเดียวกันกับ ตัวทำความเย็น ซึ่งติดอยู่กับอีกด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กท

ริกส์โมดูล ตัวทำความเย็นประกอบด้วยแผ่นครีบโลหะดูดความร้อนและพัดลมระบายความร้อนจากครีบโลหะออกสู่อากาศภายนอก

จากการที่พลังงานความร้อนไหลผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล และ มีตัวทำความเย็นอยู่อีกด้านหนึ่งของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ (temperature Gradient) ระหว่างด้านทั้งสองของแผ่นเทอร์โมอิเล็กตริก ซึ่งมีผลมีทำให้เกิดกระแสไหลในวงจรหรือเกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ขึ้น ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) ซึ่งค้นพบโดย โธมัส โจฮันน์ ซีแบค (Thomas Johann Seebeck) ซึ่งเป็นชาวเอสโทเนียในปี พ.ศ. 2346 (ค.ศ. 1821) ซีเบค สำเร็จการศึกษาแพทย์จากประเทศเยอรมันแต่ใช้ชีวิตส่วนใหญ่เป็นนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 2-2 ปรากฏการณ์ซีเบค

ซีเบคค้นพบว่าถ้านำโลหะ2ชนิด ที่ต่างชนิดกันมาเชื่อมติดกันแล้วทำ การรักษาอุณหภูมิให้ทั้งสองข้างของรอย ต่อมีความแตกต่างกันจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรหรือเกิดความต่างศักย์ คร่อมตัวภาระหรือโหลด และถ้านำโหลดมาต่อในวงจร ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.2 ซึ่งก็คือหลักการทำงานของตัววัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมร์คัปเปิลนั้นเอง

2.4 ประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริกส์

ประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermoelectric efficiency) หาได้จากค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริก ประเภทการเปลี่ยนความร้อนเป็นไฟฟ้าขณะที่มีผลต่างของอุณหภูมิซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\eta_e = \eta_c \frac{M-1}{M+\left(\frac{T_c}{T_h}\right)}$$

เมื่อ ηe คือ ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกส์

ηc คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์

Tc คือ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก, K

Th คือ อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก, K

โดยที่ M หาได้จาก $M = \sqrt{1 + ZT\ m}$ และค่าคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์ Z มีค่า เท่ากับ $Z = 2.3 \times 10{-}3K^{-1}$ ส่วนค่าอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลหาได้จาก $T\ m = 0.5\ (Th + T\ c)$ และประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์หาได้จาก ความสัมพันธ์ ดังสมการ 2.5.2

$$\eta_c = \frac{T_h - T_c}{T_h}$$

2.5 สถิติ The Wilcoxon Signed Ranks Test

การทดสอบ The Wilcoxon Signed Ranks Test คือทดสอบทางสถิติที่นิยมใช้เมื่อข้อมูลไม่ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้ t-test ซึ่งสถิติทดสอบแบบนี้ เป็นวิธีการทดสอบโดยนำเอาขนาดของความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่มาพิจารณา

2.5.1 ขั้นตอนการทดสอบ The Wilcoxon Signed Ranks Test มีขั้นตอนดังนี้

2.5.1.1 หาความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่ โดยคิดเครื่องหมายคณิตศาสตร์

2.5.1.2 จัดอันดับความแตกต่างของข้อมูล โดยไม่คิดเครื่องหมายคณิตศาสตร์ ซึ่งวิธีการจัดอันดับ คือ ให้ความแตกต่างของข้อมูลที่น้อยที่สุดอยู่อันดับ 1 และหากมีข้อมูลที่มีความแตกต่างเท่ากัน จะจัดอันดับแบบอันดับเฉลี่ย แต่หากมีข้อมูลคู่ใดมีความแตกต่างเป็นศูนย์จะไม่นำมาพิจารณา ในการจัดอันดับ

2.5.1.3 แยกอันดับตามเครื่องหมายออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มบวกและกลุ่มลบ

2.5.1.4 หาผลรวมของอันดับทั้งกลุ่มบวกและกลุ่มลบ

2.5.1.5 พิจารณาให้ค่าผลรวมของอันดับที่น้อยกว่าเป็นค่า T โดยไม่คิดเครื่องหมาย

2.5.1.6 เปิดค่า T ในตารางค่าวิกฤต โดยใช้ N = จำนวนคู่ที่มีความแตกต่างกัน

2.5.1.7 เปรียบเทียบค่า T คำนวณ กับค่า T ในตาราง โดยหากค่า T ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า T ในตาราง จะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แต่หากตรงกันข้ามจะยอมรับ H_0

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ning & et al. (2014) ศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ จากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเริ่มต้นจากการวัดปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์บริเวณพื้นที่ Fukuroi และสร้างจานรับรังสีรูปทรงพาราโบลา ขนาด 0.19 m 2 ปิดทับด้วยแผ่นฟิล์มกระจก มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ 0.94 เพื่อใช้ในการรวบรวมแสงและความร้อนไปยังจุดโฟกัสด้านร้อนของชุดเทอร์โมอิเล็กทริก 4 โมดูลและด้านเย็นได้จากการระบายความร้อนผ่านฮีทซิงคอ์ลูมิเนียม แล้ววัดพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่าขณะเปิดวงจรวัดแรงดันได้ 3.9 V ผลต่างอุณหภูมิอยู่ที่ 40 °C

El-Adl & et al. (2018) ศึกษาประสิทธิภาพการระบายความร้อนแผ่งของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ โมดูลGM 250-127-28-10 ขนาด 62×62 mm ภายใต้สภาวะการใช้งานที่แตกต่างกันและผลกระทบ อัตราความร้อนอินพุทโดยการระบายความร้อน 3 แบบ คือการระบายความร้อนด้วยอากาศ (FC) การระบายความร้อนด้วยน้ำ (PWC) และการระบายความร้อนด้วยไอเย็น (VPC) ผ่านโปรแกรม LabVIEW และใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K วัดด้านร้อนและด้านเย็นใช้แผ่นความร้อนไฟฟ้าอัตรา ความร้อนที่ป้อนเข้า 15.0 W, 17.5 W, 20 W, 22 W, 25 W ด้านเย็นแบบ FC และแบบ PWC,VPC อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหลวและเย็นปริมาณที่ 5%, 10%, 15%,

20%, 30% ตามลำดับใช้ เวลาทดสอบ 90 นาทีเก็บข้อมูลแบบ Data logger ทุก 1 นาทีพบว่าการใช้ฮีทซิงค์จะช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการระบายความร้อนแฝงและเพิ่มกำลังงานไฟฟ้าเอาท์พุตให้สูงขึ้น

รายุธ และพัชรนันท์ (2560) นำเสนอการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยใช้ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนจากคอนเดนเซอร์และด้านเย็นของเครื่องปรับอากาศผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนจากคอนเดนเซอร์และด้านเย็นที่ได้จากน้ำทิ้งด้านเย็นของเครื่องปรับอากาศผลต่างของอุณหภูมิผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำความร้อนจากน้ำหล่อเย็นจากหม้อน้ำมอเตอร์ไซค์โดยใช้ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงใช้เวลาทดลอง 50 นาที จากปัญหาดังกล่าวจึงได้แนวคิด โดยการได้ประดิษฐ์ เครื่องผลิตไฟฟ้าจากหม้อน้ำของมอเตอร์ไซค์โดยใช้ความร้อนจากน้ำหล่อเย็นในหม้อน้ำมอเตอร์ไซค์มาผลิตไฟฟ้าโดยใช้ แผ่น Thermoelectric generator ที่สามารถผลิตไฟฟ้าจากความร้อนได้ นำมาประยุกต์ใช้งาน

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

บทนี้จะแสดงถึงขั้นตอนการทดสอบและวิธีการดำเนินงานวิจัยการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์จากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยผู้จัดทำงานวิจัยได้ทำการเลือกวัสดุอุปกรณ์และวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆที่ส่งผลต่อการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์และได้ทำการจำลองการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์เพื่อเก็บค่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัว ที่ผู้จัดทำได้เลือกมาทดลองงานวิจัย เพื่อนำมาวิเคราะห์จนนำไปสู่การคำนวณว่าจะเลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์จำนวนจริงกี่ตัวถึงจะเพียงพอต่อการนำไปใช้งานเกิดประสิทธิผลโดยจะมีขั้นตอนการจำลองดังนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ

3.2 ขั้นตอนการทำงานทดสอบจริง

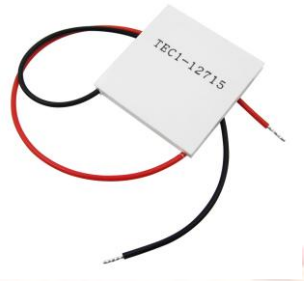
3.3 ขั้นตอนการบันทึกผลการทดสอบผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้จำลองงาน

การจำลองนี้มีอุปกรณ์และเครื่องมือวัด เพื่อใช้ในการทดสอบการผลิตไฟฟ้า ดังนี้

3.1.1 เทอร์โมอิเล็กทริกส์ รุ่น TEC1-12715 (Thermoelectric)

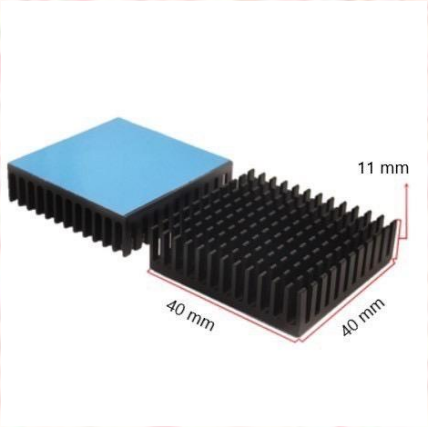
งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์รุ่น TEC1-12715 ขนาดด้านละ 4 mm หนา 3mm สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 15 A ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 15.4 V ผลต่างอุณหภูมิสูงสุด 66 °C ดังรูปภาพที่ 3.1.1



ภาพที่ 3-1 เทอร์โมอิเล็กทริกส์รุ่น TEC1-12715 (Thermoelectric)

3.1.2อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบ

(Heat Sink) งานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบ (Heat Sink) จำนวน 143 ครีบ ขนาดด้านละ 40 mm สูง 5 mm ในการระบายความร้อนซึ่งมีขนาดเหมาะกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermoelectric) ดังรูปภาพ ที่ 3.1.2



ภาพที่ 3-2 อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบครีบ (Heat Sink)

3.1.3 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital multimeter)

ในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล รุ่น IUGCO ที่มีช่วง การวัด 0.01 mA – 10 A และ 0.1 mV – 600 Vค่าความคลาดเคลื่อน (error): ±(0.5% ของค่าที่อ่านได้ + 1-2 หลัก) ดังรูปภาพที่ 3.1.3



ภาพที่ 3-3 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล(Digital multimeter)

3.1.4 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ (Digital thermometer)

ในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถวัดอุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์และอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นช่วงการวัด -50 ถึง 140 °C ช่วงการวัด: -50 ถึง 140 °C ค่าความคลาดเคลื่อน (error):±0.1 °C ถึง ±1 °C ดังรูปภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ(Digital thermometer)

3.1.5 เครื่องวัดแรงลม (Anemometer)

ในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกใช้เครื่องวัดแรงลมในการนำมาวัดแรงลมเข้ามาปะทะเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ค่าความคลาดเคลื่อน (error): ±5% ของค่าที่อ่านได้ หรือ ±0.1 m/s ถึง ±1 m/s ดังรูปภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 เครื่องวัดแรงลม (Anemometer)

3.1.6 แคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter)

ในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกใช้เล็กทริกส์ใช้แคลมป์มิเตอร์ ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับกระแส AC ±(1% ถึง ±3%) ของค่าที่อ่านได้ ± จำนวนหลัก สำหรับกระแส DC ±(1.5% ถึง ±3.5%) ของค่าที่อ่านได้ ± จำนวนหลัก ดังรูปภาพที่ 3-6

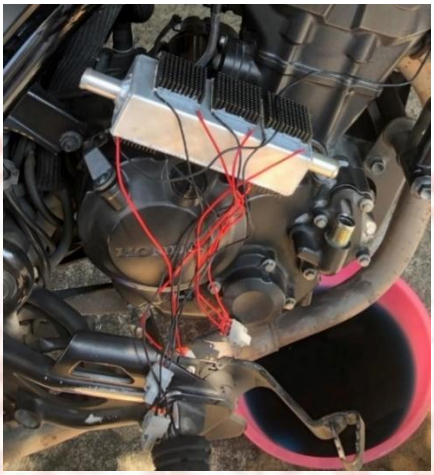


ภาพที่ 3-6 แคลมป์มิเตอร์ (Clamp Meter)

3.1.6 ชิ้นงานและขั้นตอนการทำงานที่ใช้ทดสอบจริง

ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบจริงได้ทำจากวัสดุจากอะลูมิเนียม ซึ่งสามารถนำความร้อนได้และมีน้ำหนักเบาซึ่งเหมาะกับงานนำมาติดตั้งกับรถมอเตอร์ไซค์ที่สามารถติดตั้งในพื้นที่จำกัดมากและรับน้ำหนักได้น้อย ขนาดของชิ้นงานมีความกว้าง 50 mm ยาว 120

mm มีขนาดรูท่อน้ำหล่อเย็น 45 mm ทั้งสองฝั่งขนาดรูเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีขนาด 35 mm แล้วนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์มาติดตั้ง 5 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 ชิ้นงานและตำแหน่งของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้ง 5 ตำแหน่ง

3.1.8 Honda Rebel 300

ฮอนด้า รีเบล300 มาพร้อมเครื่องยนต์ 4 จังหวะ DOHC สูบเดี่ยว DOHC 4 วาล์ว ขนาดเครื่องยนต์ 286 ซีซี ระบายความร้อนด้วยน้ำ ระบบจ่ายเชื้อเพลิง แบบหัวฉีด PGM-FI ระบบเกียร์ธรรมดา 6 สปีด ขนาดกระบอกสูบ/ช่วงชัก 76 มม. x 63 มม. อัตราส่วนการอัด 10.7:1 ระบบสตาร์ทไฟฟ้า (มือ) ระบบคลัทช์เป็นแบบ เปียกหลายแผ่นซ้อน ประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สโซฮอล์ 95 (E10), แก๊สโซฮอล์ 91, เบนซิน 95, เบนซิน91 หน้าปัดเรือนไมล์เป็นแบบ ดิจิตอล แสดงผลมาตรวัดความเร็ว มาตรวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง มาตรวัดระยะทาง นาฬิกา และยังมีไฟแจ้งเตือนต่างๆ อยู่ด้านล่างและด้านบน ดังรูปภาพ ที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 Honda Rebel 300

3.1.9 MAHA LPS 3000

เครื่องวัดกำลัง (ไดนาโมมิเตอร์) ขั้นสูง สำหรับทดสอบรถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถบรรทุก จุดเด่นคือวัดกำลังและแรงบิดได้แม่นยำ จำลองการขับขี่ได้หลากหลาย ทดสอบมาตรวัดความเร็วได้ มีซอฟต์แวร์ใช้งานง่าย และขยายระบบได้ เหมาะสำหรับงานวิจัย พัฒนา ผลิต ซ่อมบำรุง และการศึกษาด้านยานยนต์ แม้จะมีราคาสูงและต้องการพื้นที่ติดตั้งเฉพาะ แต่ก็เป็นเครื่องมือที่คุ้มค่าสำหรับผู้ที่ต้องการการทดสอบสมรรถนะ ยานยนต์ที่ครอบคลุมและแม่นยำ

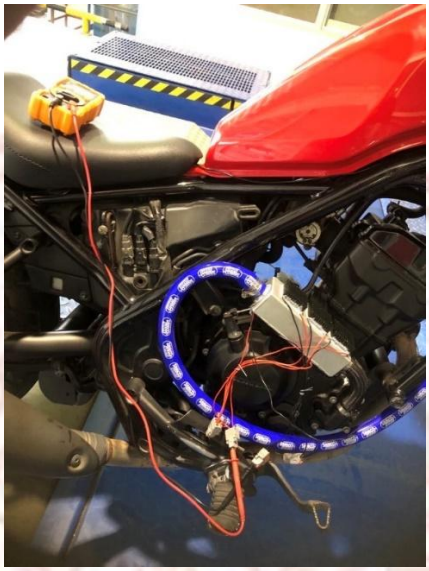


ภาพที่ 3-9 MAHA LPS 3000

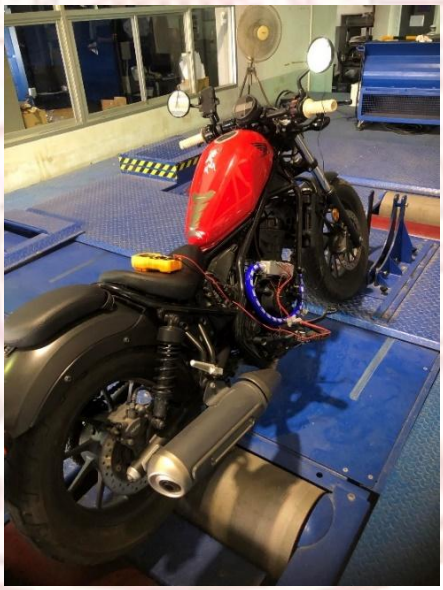
3.2 ขั้นตอนการทำงานทดสอบจริง

ขั้นตอนการทดสอบจะทำการติดตั้งชิ้นงานกับรถมอเตอร์ไซค์ติดตั้งไว้ด้านข้างเครื่องยนต์เปลี่ยนสาย หม้อน้ำให้มีขนาดเหมาะกับความยาวของตัวชิ้นงานดังรูปภาพที่ 3.8 ทดสอบโดยการขึ้น Dyno ใน ความเร็ว 40 km/h 60 km/h 80 km/h ตามลำดับในการทดสอบจะ

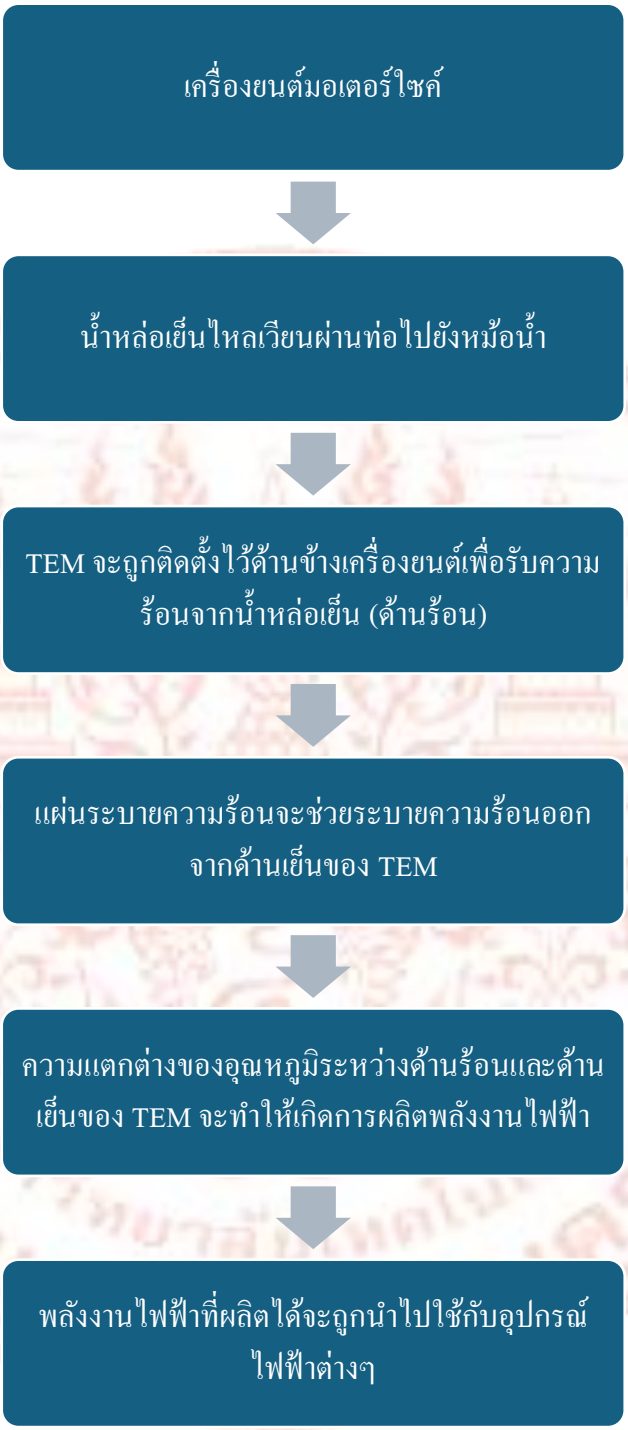
มีโหลดเข้ามาทดสอบทั้งหมด 2 โหลด ได้แก่ 200 N 300 N เพื่อให้มีความสมจริงขณะทดสอบและวิ่งบนถนนจริงที่ความเร็ว 40 Km/h อีก 1 ทดสอบ ดังรูปภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-10 การติดตั้งชิ้นงานกับรถมอเตอร์ไซค์



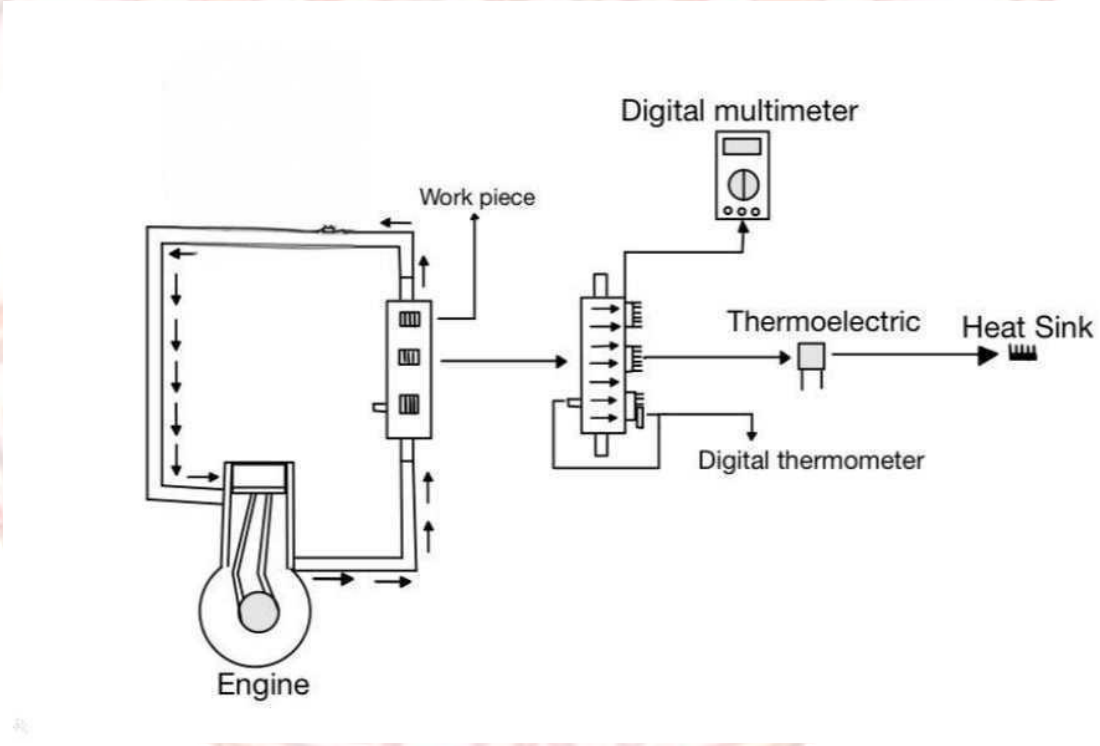
ภาพที่ 3-11 การทดสอบวิ่งบน Dyno เพื่อทดสอบ



ภาพที่ 3-12 ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานกับมอเตอร์ไซค์

3.3 ขั้นตอนการบันทึกผลการทดสอบผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์

การทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ดำเนินการทดสอบโดยทดสอบในห้อง Dyno ใช้ความเร็วในการทดสอบ 40 km/h 60 km/h 80 km/h ใช้โหลด 200 300 ใช้เวลาในการทดลอง 1.30 นาทีและบันทึกทึกผลทุก15วินาทีโดยการทดลองแต่รอบความเร็วจะทดลองที่โหลด 200,300 ประกอบด้วยค่าอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์, ค่ากระแสไฟฟ้า, ความต่าง ศักย์ไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้า (จากการคำนวน) ซึ่งทำการทดสอบ 6 รอบ และวิ่งบนถนนจริงอีก1 รอบที่ความเร็ว 40 km/h แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยทดสอบด้วยการระบายความร้อนแบบ ครีบ, การระบายอากาศแบบดูดออกและการระบายอากาศแบบเป่าเข้า โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์และส่วนประกอบ ดังรูปภาพ 3.13



ภาพที่ 3-13 การติดตั้งชุดทดลองของการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบการผลิตไฟฟ้าฯที่สร้างขึ้น สามารถแสดงรายละเอียดผลของการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนที่ได้จากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็น มอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัว

4.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งระหว่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบการขับจริง

4.1 ผลการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์

จากขั้นตอนการออกแบบการทดสอบและสร้างชุดทดสอบการผลิตไฟฟ้าฯ ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยมีตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกส์บนผิวของอะลูมิเนียมที่ติดอยู่กับด้านความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 5 ตำแหน่ง โดยอยู่ด้านบนชิ้นงาน 3 ตำแหน่ง ด้านล่างชิ้นงาน 2 ตำแหน่ง และแต่ละตำแหน่งจะมีรูปแบบการระบายความร้อนด้วยฮีตซิงค์ที่ติดกับด้านเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 รูปแบบ รวมทั้งหมด 1 ชุดทดสอบ จึงนำมาทดสอบโดยทดสอบแล้วบันทึกผลการทดสอบประกอบด้วยค่าอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก, ค่ากระแสไฟฟ้า, ความต่างศักย์ไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละชุดทดสอบ ดังนี้

4.1.1 ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า

การศึกษาดำเนินการทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้และความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ ผลการทดสอบเบื้องต้นยืนยันว่าเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งดังกล่าวได้จริง โดยมีการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกส์บนผิวอะลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุตัวนำความร้อน อย่างไรก็ตาม ผลการ

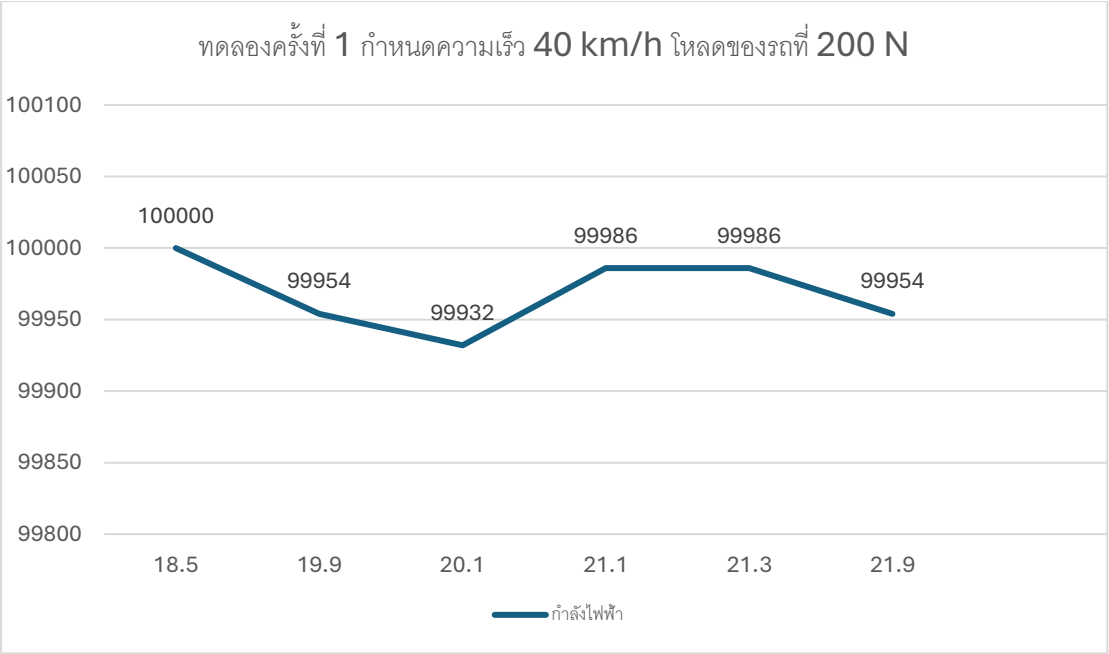
ทดสอบในแต่ละชุดการทดลองพบว่ามีค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนถึงความผันแปรของประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความผันแปรนี้ ได้แก่ ความแตกต่างของอุณหภูมิ, โหลดภาระ, และความเร็วลม

4.1.2 ผลของโหลดภาระต่อการผลิตไฟฟ้า

การทดสอบได้ดำเนินการภายใต้โหลดภาระจำลอง 2 ระดับ คือ 200 N และ 300 N เพื่อศึกษา อิทธิพลของโหลดภาระต่อปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ ผลการทดสอบพบว่าโหลดภาระมีผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ โดยในการทดสอบที่ 1 (โหลด 200 N) ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้คือ 100,000 mW ในขณะที่การทดสอบที่ 2 (โหลด 300 N) ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้คือ 99,970 mW ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงโหลดภาระมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบ

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามรอบเวลา

การทดสอบมีการเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้าตามช่วงเวลาที่กำหนด (15, 30, 45, 60, 75, และ 90 วินาที) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ตามรอบเวลา ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของแหล่งความร้อน, อุณหภูมิของชุดระบายความร้อน, หรือปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทดลอง



ภาพที่ 4-1 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 1

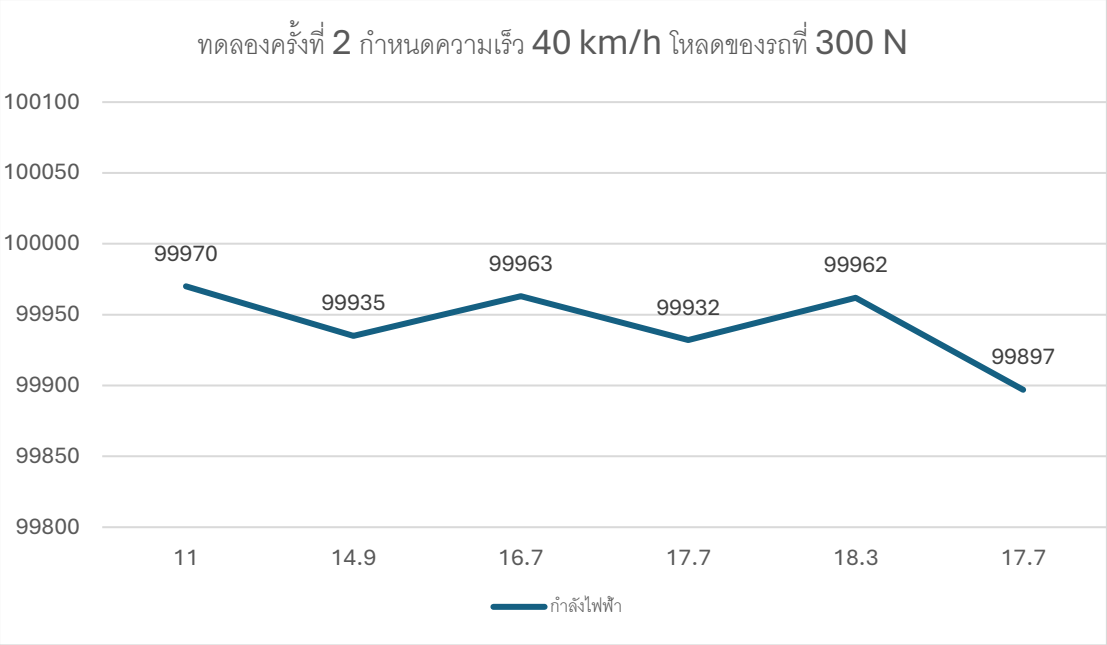
จากผลการทดสอบของชุดทดสอบครั้งที่ 1 กำหนดความเร็ว 40 km/h ค่าโหลดของรถ 200 N มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 77 - 80 ℃ เฉลี่ย 71.7 ℃ มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 57.7 – 58.5 ℃ เฉลี่ย 58.03 ℃ มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 18.5-21.9 ℃ เฉลี่ย 20.46 ℃ รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 174.8 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 830 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 100,000 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้ง โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ 100,000 mW เมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) อยู่ที่ 18.5 °C.

อิทธิพลของโหลดภาระ ภายใต้โหลดภาระ 200 N, ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีความผันแปร โดยมีค่าสูงสุดที่ 100,000 mW.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา การวิเคราะห์ข้อมูลตามช่วงเวลาเผยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าในช่วง 99,932 mW ถึง 100,000 mW.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 11.26% (อุณหภูมิด้านร้อน 77 °C และด้านเย็น 58.5 °C



ภาพที่ 4-2 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 2

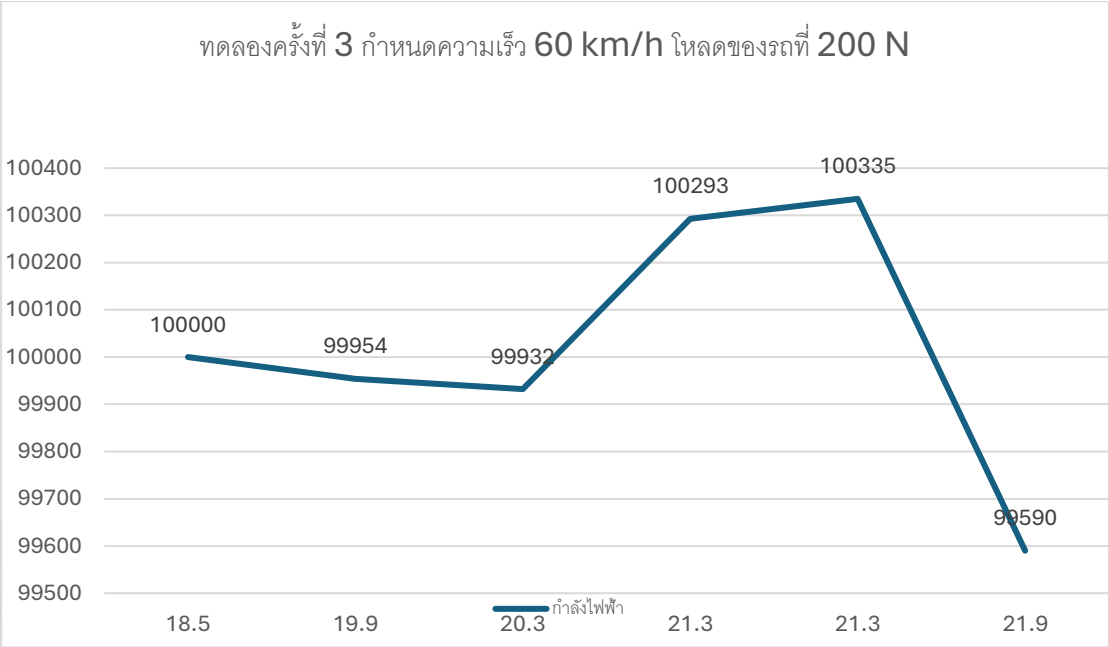
จากผลการทดสอบของชุดทดสอบครั้งที่ 2 กำหนดความเร็ว 40 km/h ค่าโหลดของรถ 300 N มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 80 - 82 $^{\circ}C$ เฉลี่ย 81.5 $^{\circ}C$ มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 63.3-69 $^{\circ}C$ เฉลี่ย 65.45 $^{\circ}C$ มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 11-18.3 $^{\circ}C$ เฉลี่ย 16.05 $^{\circ}C$ รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 165.5 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 870 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 99,970 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 2 ยืนยันความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้า โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 99,970 mW ที่ ΔT 11 °C. อย่างไรก็ตาม ความผันแปรของค่ากำลังไฟฟ้าตามเวลาเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา.

อิทธิพลของโหลดภาระ ภายใต้โหลดภาระ 300 N, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้คือ 99,970 mW. ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มโหลดภาระมีผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา ค่ากำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 99,932 mW ถึง 99,970 mW ตามเวลา.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 5.28% (อุณหภูมิด้านร้อน 80 °C และด้านเย็น 69 °C)



ภาพที่ 4-3 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 3

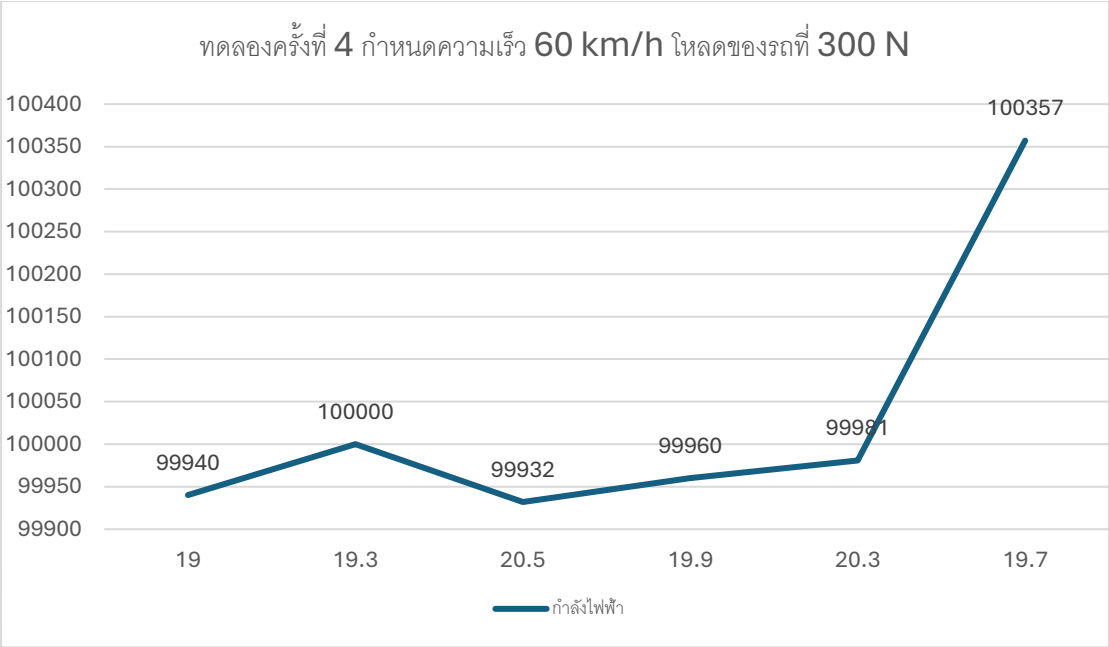
จากผลการทดสอบของชุดทดสอบครั้งที่ 3 กำหนดความเร็ว 60 km/h ค่าโหลดของรถ 200 N มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 77 - 80 ℃ เฉลี่ย 78.5 ℃ มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 57.7-58.5 ℃ เฉลี่ย 57.96 ℃ มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 18.5-21.9 ℃ เฉลี่ย 20.5 ℃ รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 174.8 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 833 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 100,335 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 3 แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 100,335 mW ที่ ΔT 21.3 °C.

อิทธิพลของโหลดภาระ ภายใต้โหลดภาระ 200 N, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 100,335 mW.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา ค่ากำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 99,590 mW ถึง 100,335 mW ตามเวลา.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 13.18% (อุณหภูมิด้านร้อน 79 °C และด้านเย็น 57.7 °C)



ภาพที่ 4-4 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 4

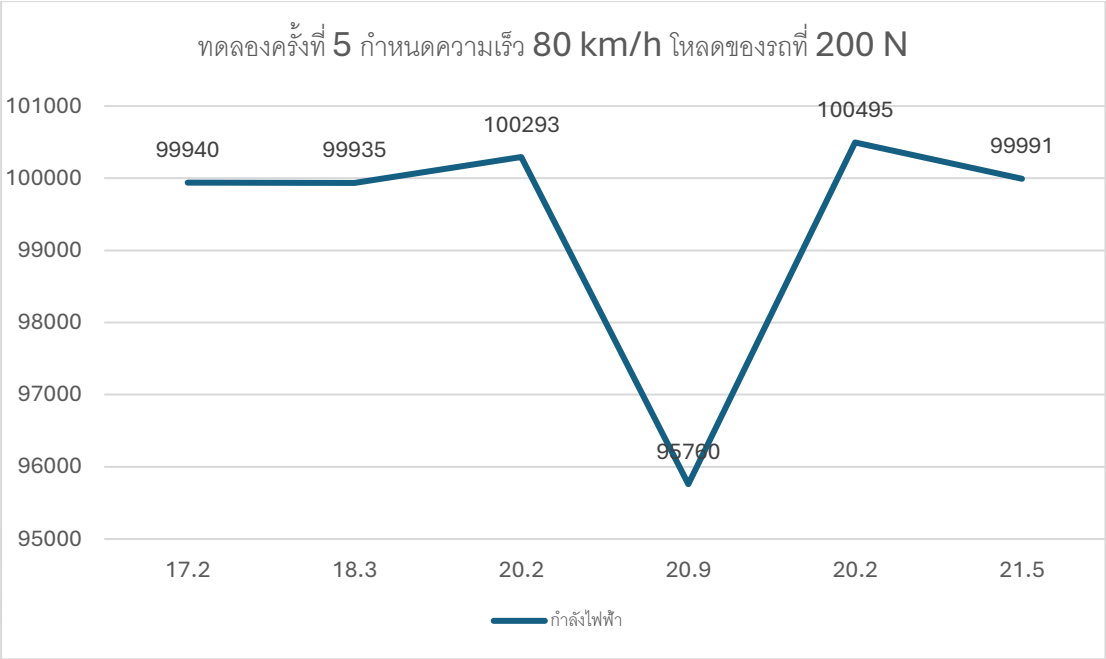
จากผลการทดสอบของชุดทดสอบครั้งที่ 4 กำหนดความเร็ว 60 km/h ค่าโหลดของรถ 300 N มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 84 - 85 °C เฉลี่ย 84.5 °C มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 63.6-66 °C เฉลี่ย 64.6 °C มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 19-20.5 °C เฉลี่ย 19.78 °C รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 189 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 850 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 100,357 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 100,357 mW ที่ ΔT 19.7 °C.

อิทธิพลของโหลดภาระ ภายใต้โหลดภาระ 300 N, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 100,357 mW.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา ค่ากำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 99,932 mW ถึง 100,357 mW ตามเวลา.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 12.41% (อุณหภูมิด้านร้อน 85 °C และด้านเย็น 63.6 °C)



ภาพที่ 4-5 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 5

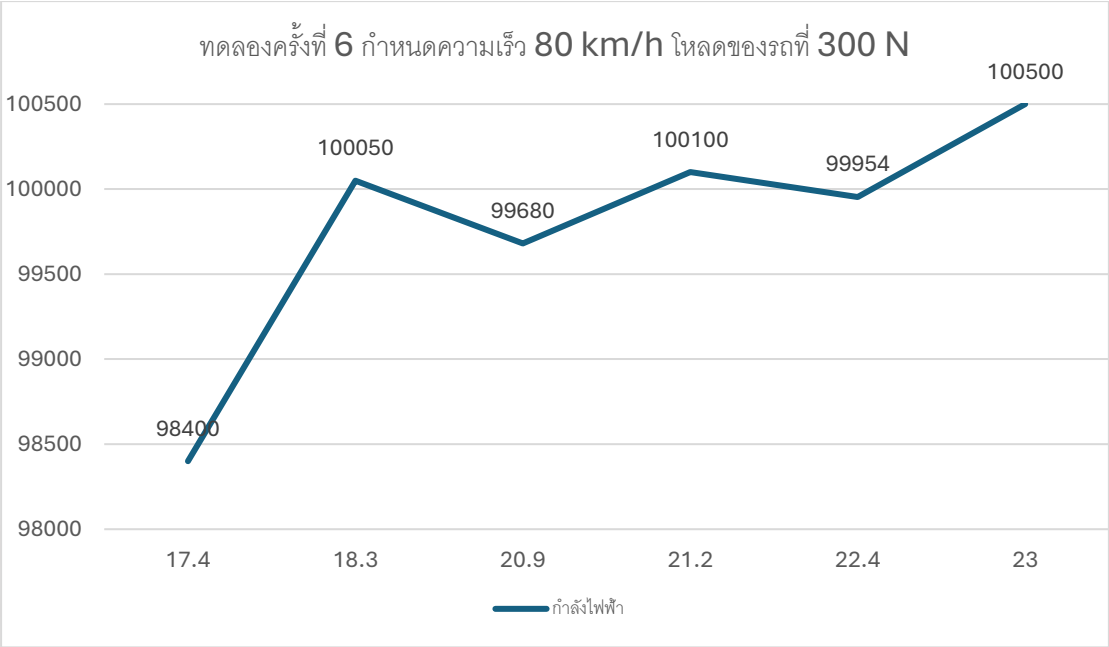
จากผลการทดสอบของชุดทดสอบครั้งที่ 5 กำหนดความเร็ว 80 km/h ค่าโหลดของรถ 200 N มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 84-85 ℃ เฉลี่ย 84.5 ℃ มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 63.5-66.8 ℃ เฉลี่ย 64.78 ℃ มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 17.2-21.5 ℃ เฉลี่ย 19.71 ℃ รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 188.9 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 840 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 100,495 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 5 แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 100,495 mW ที่ ΔT 20.2 °C.

อิทธิพลของโหลดภาระ ภายใต้โหลดภาระ 200 N, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 100,495 mW.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา ค่ากำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 95,760 mW ถึง 100,495 mW ตามเวลา.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 11.65% (อุณหภูมิด้านร้อน 84 °C และด้านเย็น 63.8 °C)



ภาพที่ 4-6 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 6

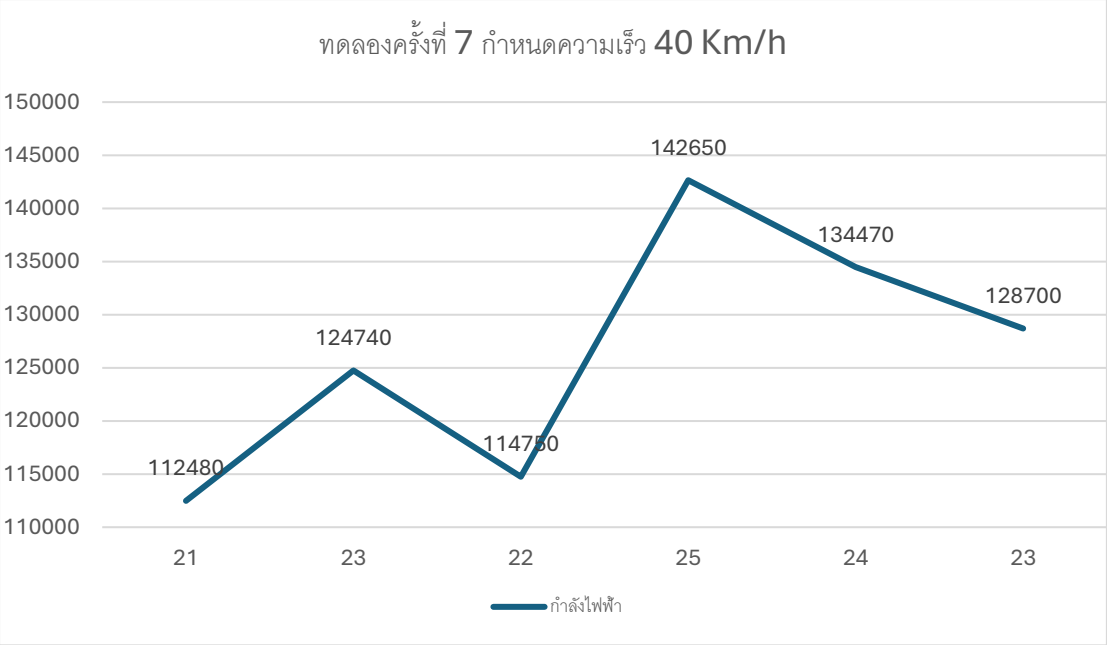
จากผลการทดสอบของชุดทดสอบครั้งที่ 6 กำหนดความเร็ว 80 km/h ค่าโหลดของรถ 300 N มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 82-85 ℃ เฉลี่ย 83.66 ℃ มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 62-64.6 ℃ เฉลี่ย 63.13 ℃ มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 17.4-23 ℃ เฉลี่ย 20.53 ℃ รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 162 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 910 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 100,500 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 6 แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 100,500 mW ที่ ΔT 23 °C.

อิทธิพลของโหลดภาระ ภายใต้โหลดภาระ 300 N, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 100,500 mW.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา ค่ากำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 98,400 mW ถึง 100,500 mW ตามเวลา.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 15.13% (อุณหภูมิด้านร้อน 85 °C และด้านเย็น 62 °C).



ภาพที่ 4-7 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 7

จากผลการทดสอบการขับจริงบนท้องถนนของชุดทดสอบครั้งที่ 1 กำหนดความเร็ว 40 km/h มีค่าอุณหภูมิด้านฝั่งร้อนอยู่ระหว่าง 88-91 ℃ เฉลี่ย 89.5 ℃ มีอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นอยู่ระหว่าง 65-68 ℃ เฉลี่ย 66.5 ℃ มีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 21-25 ℃ เฉลี่ย 23 ℃ รวมทั้งมีค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดเท่ากับ 176 mA ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 810 mV และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 142,650 mW

ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้า การทดสอบที่ 7 (การทดสอบการขับจริง) แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 142,650 mW ที่ ΔT 25 °C.

อิทธิพลของโหลดภาระ ไม่ได้ระบุโหลดภาระจำเพาะ เนื่องจากการทดสอบเป็นการขับจริงบนถนน.

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา ค่ากำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 112,480 mW ถึง 142,650 mW ตามเวลา.

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า คำนวณได้ 14.32% (อุณหภูมิด้านร้อน 90 °C และด้านเย็น 65 °C).

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัว

ผลการทดสอบนี้จะแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์รุ่น TEC1-12715 ดังตารางที่ 3.2.2 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ รุ่น TEC1-12715 จะทำงานได้ดี ณ จุดที่ความต่างของ อุณหภูมิฝั่งร้อนและฝั่งเย็นสูง ปัญหาที่พบเจอในการทดสอบ คือ การระบายอุณหภูมิในฝั่งพื้นผิวเย็นที่ไม่ดีมากทำให้เกิดความต่างของ อุณหภูมิไม่มาก ซึ่งทำให้ผลิตแรงดันไฟฟ้า(V)ได้น้อย

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัว

Hot Temperature (°C)	Cold Temperature (°C)	Differential Temperature (°C)	Output Voltage (V)	Output Current (A)	Power (Watt)
70	42.6	27.4	0.77	0.92	0.71
75	43.7	31.3	0.81	0.92	0.75
80	45.8	34.2	0.92	0.93	0.86
85	47.1	37.9	0.96	0.93	0.89
90	49.8	40.2	1.12	0.93	1.04

4.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีค่าประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 5% ถึง 15% โดยประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ การทดสอบที่ 7 ซึ่งมีการทดสอบการขับจริงบนท้องถนน ให้ค่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ 14.32% โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ 142,650 mW

สมการคำนวนหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า

$$\eta_e = \eta_c \frac{M-1}{M+\left(\frac{T_c}{T_h}\right)}$$

เมื่อ ηe คือ ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริก

ηc คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์

Tc คือ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก, K

Th คือ อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก, K

โดยที่ M หาได้จาก $M = \sqrt{1 + ZT\ m}$ และค่าคุณสมบัติของวัสดุเทอรโมอิเล็กทริก Z มีค่า เท่ากับ $Z = 2.3 \times 10{-}3K^{-1}$ ส่วนค่าอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลหาได้จาก $T\ m = 0.5\ (Th + T\ c)$ และประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์หาได้จาก ความสัมพันธ์ ดังสมการ 2.5.2

$$\eta_c = \frac{T_h - T_c}{T_h}$$

สมการที่ 2.5.2

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งระหว่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบการขับจริง

ชุดทดสอบที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

อุณหภูมิ: ด้านร้อนอยู่ระหว่าง 77 - 80 °C (เฉลี่ย 71.7 °C), ด้านเย็นอยู่ระหว่าง 57.7 – 58.5 °C (เฉลี่ย 58.03 °C), ผลต่างอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 18.5-21.9 °C (เฉลี่ย 20.46 °C)

ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด: 174.8 mA, ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด: 830 mV, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด: 100,000 mW

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า: 11.26% (ที่อุณหภูมิด้านร้อน 77 °C และด้านเย็น 58.5 °C)

อิทธิพลของโหลดภาระ: กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 100,000 mW (ที่โหลด 200 N)

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา: กำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 99,932 mW ถึง 100,000 mW

ชุดทดสอบที่ 7 การทดลองการขับจริง

อุณหภูมิ: ด้านร้อนอยู่ระหว่าง 88-91 °C (เฉลี่ย 89.5 °C), ด้านเย็นอยู่ระหว่าง 65-68 °C (เฉลี่ย 66.5 °C), ผลต่างอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 21-25 °C (เฉลี่ย 23 °C)

ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด: 176 mA, ค่าต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด: 810 mV, ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด: 142,650 mW

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า: 14.32% (ที่อุณหภูมิด้านร้อน 90 °C และด้านเย็น 65 °C)

การเปลี่ยนแปลงของการผลิตไฟฟ้าตามเวลา: กำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 112,480 mW ถึง 142,650 mW

การเปรียบเทียบและสรุป

ชุดทดสอบที่ 7 (การขับจริง) มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งด้านร้อนและด้านเย็นสูงกว่าชุดทดสอบที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งส่งผลให้ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยในชุดทดสอบที่ 7 สูงกว่าด้วย

กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ในชุดทดสอบที่ 7 (142,650 mW) สูงกว่าชุดทดสอบที่ 1 (100,000 mW) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากผลต่างของอุณหภูมิที่สูงกว่า

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของชุดทดสอบที่ 7 (14.32%) สูงกว่าชุดทดสอบที่ 1 (11.26%)

ชุดทดสอบที่ 1 มีการควบคุมโหลดภาระที่ 200 N ในขณะที่ชุดทดสอบที่ 7 ไม่ได้ระบุโหลดภาระจำเพาะเนื่องจากเป็นการทดสอบการขับจริงบนถนน

ทั้งสองชุดทดสอบแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้ง แต่ชุดทดสอบที่ 7 ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาพการขับจริง ให้ผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยสรุป การทดสอบในสภาพการขับจริง (ชุดทดสอบที่ 7) ให้ผลลัพธ์การผลิตไฟฟ้าที่สูงกว่าและมีประสิทธิภาพดีกว่าการทดสอบในสภาวะจำลอง (ชุดทดสอบที่ 1) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อประเมินศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

บทที่ 5
สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบการทดสอบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ จำนวน 5 ตัว ติดตั้งกับชิ้นงาน 5 ตำแหน่ง รวมกันเป็น 1 ชุดทดสอบ. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ และเพื่อหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์.

5.1 สรุปผล

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกส์ในการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบยังคงเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาและปรับปรุง ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ อุณหภูมิของแหล่งความร้อน, อุณหภูมิของชุดระบายความร้อน, โหลดภาระ, และการออกแบบระบบระบายความร้อน การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ดี, การออกแบบระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพ, และการควบคุมสภาวะการทำงานของระบบให้เหมาะสม จะเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบเทอร์โมอิเล็กทริกส์จากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องยนต์

จากผลการวิจัยพบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ได้โดยติดตั้งกับชิ้นงานที่มีผิวเป็นอะลูมิเนียม. การทดสอบในแต่ละครั้งได้ผลการผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยการทดสอบครั้งที่ 7 สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด. ในการทดลองที่ 7 ซึ่งมีการนำไปทดสอบภาคสนาม มีอุณหภูมิด้านร้อนเฉลี่ย 89.5 $^{\circ}C$ และด้านเย็นเฉลี่ย 66.5 $^{\circ}C$ โดยมีผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ย 23 $^{\circ}C$ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่าสูงสุด 142,650 mW และมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 14.32 %.

5.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบที่ได้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดคือการทดสอบครั้งที่ 7 ซึ่งเป็นการทดสอบโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์จำนวน 5 ตัวติดตั้งกับชิ้นงานวัสดุอะลูมิเนียมที่มีการระบายความร้อนด้วยฮีตซิงค์แบบครีบบนถนนจริง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับค่าความต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกส์.

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาของงานวิจัย มีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการจัดหาพลังงานทดแทนและลดต้นทุนทางพลังงาน ดังนี้

5.3.1 ควรเปลี่ยนวัสดุตัวชิ้นงานเป็นวัสดุที่สามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอะลูมิเนียม เช่น สแตนเลส

5.3.2 ควรปรับเปลี่ยนการติดตั้งชิ้นงาน เนื่องจากตำแหน่งที่ทำการติดตั้งมีการบังลม ทำให้การระบายความร้อนทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร

5.3.3 ควรทำอุปกรณ์ดักลมเพื่อให้ลมสามารถเข้าถึงชิ้นงานเพื่อระบายความร้อนได้ดียิ่งขึ้น

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 40 km/h โหลดรถ 200 N , 300 N

ตารางที่ ก-1 ผลการทดลอบของชุดทดสอบครั้งที่ 1

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	82	77	58.5	18.5	125	800	100,000	19
30	82	78	58.1	19.9	123.4	810	99,954	19
45	83	78	57.9	20.1	120.4	830	99,932	19
60	84	79	57.9	21.1	120.4	830	99,986	19
75	84	79	57.7	21.3	174.8	572	99,986	19
90	84	80	58.1	21.9	148.3	674	99,954	19

ตารางที่ ก-2 ผลการทดลอบของชุดทดสอบครั้งที่ 2

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	87	80	69	11	153.8	650	99,970	19
30	87	82	67.1	14.9	126.5	790	99,935	19
45	88	82	65.3	16.7	114.9	870	99,963	19
60	89	82	64.3	17.7	120.4	830	99,932	19
75	88	82	63.7	18.3	165.5	604	99,962	19
90	87	81	63.3	17.7	149.1	670	99,897	19

ภาคผนวก ข

ตารางการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 60 km/h โหลดรถ 200 N , 300 N

ตารางที่ ก-3 ผลการทดลอบของชุดทดสอบครั้งที่ 3

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	87	77	58.5	18.5	125	800	100,000	19
30	82	78	58.1	19.9	123.4	810	99,954	19
45	83	78	57.7	20.3	120.4	830	99,932	19
60	84	79	57.7	21.3	120.4	833	100,293	19
75	84	79	57.7	21.3	174.8	574	100,335	19
90	84	80	58.1	21.9	145.6	684	99,590	19

ตารางที่ ก-4 ผลการทดลอบของชุดทดสอบครั้งที่ 4

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	89	85	66	19	131.5	760	99,940	19
30	89	85	65.7	19.3	125	800	100,000	19
45	89	85	64.5	20.5	120.4	830	99,932	19
60	90	84	64.1	19.9	117.6	850	99,960	19
75	90	84	63.7	20.3	189	529	99,981	19
90	90	85	63.6	19.7	182.8	549	100,357	19

ภาคผนวก ค

ตารางการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 80 Km/h โหลดรถ 200 N , 300 N

ตารางที่ ก-5 ผลการทดลอบของชุดทดสอบครั้งที่ 5

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	89	84	66.8	17.2	131.5	760	99,940	19
30	89	84	65.7	18.3	126.5	790	99,935	19
45	89	85	64.8	20.2	120.4	833	100,293	19
60	90	85	64.1	20.9	119	840	95,760	19
75	90	84	63.8	20.2	188.9	532	100,495	19
90	90	85	63.5	21.5	182.8	547	99,991	19

ตารางที่ ก-6 ผลการทดลอบของชุดทดสอบครั้งที่ 6

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	88	82	64.6	17.4	120	820	98,400	19
30	89	82	63.7	18.3	115	870	100,050	19
45	89	84	63.1	20.9	112	890	99,680	19
60	90	84	62.8	21.2	110	910	100,100	19
75	91	85	62.6	22.4	162	617	99,954	19
90	91	85	62	23	150	670	100,500	19

ภาคผนวก ง

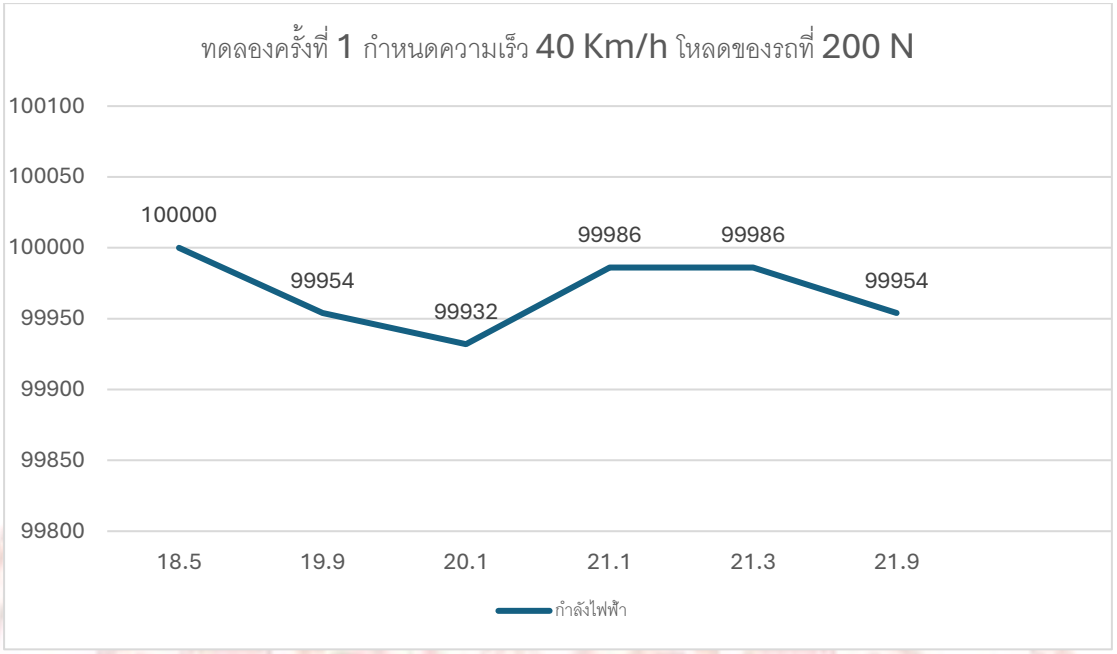
ตารางการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 40 Km/h บนถนนจริง

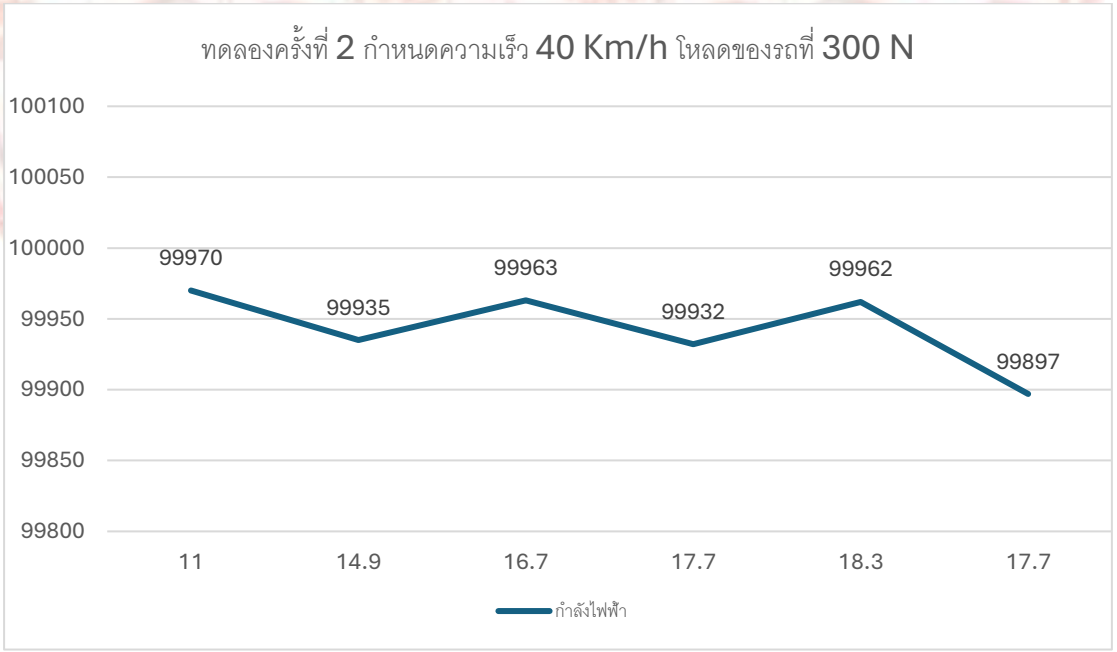
ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองของชุดทดสอบครั้งที่ 7

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (Km/h)
15	86	88	67	21	152	740	112,480	19
30	87	89	66	23	162	770	124,740	19
45	87	89	67	22	153	750	114,750	19
60	88	90	65	25	176	810	142,650	19
75	87	90	66	24	170	791	134,470	19
90	89	91	68	23	165	780	128,700	19

ภาคผนวก จ

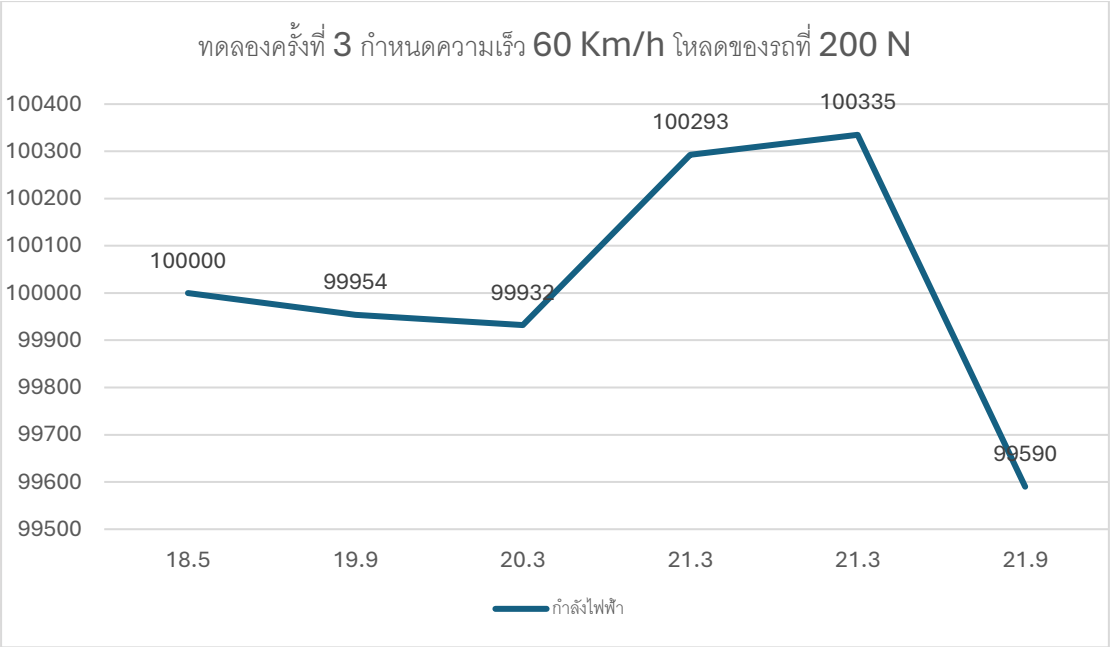
กราฟการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 40 km/h โหลดรถ 200 N , 300 N

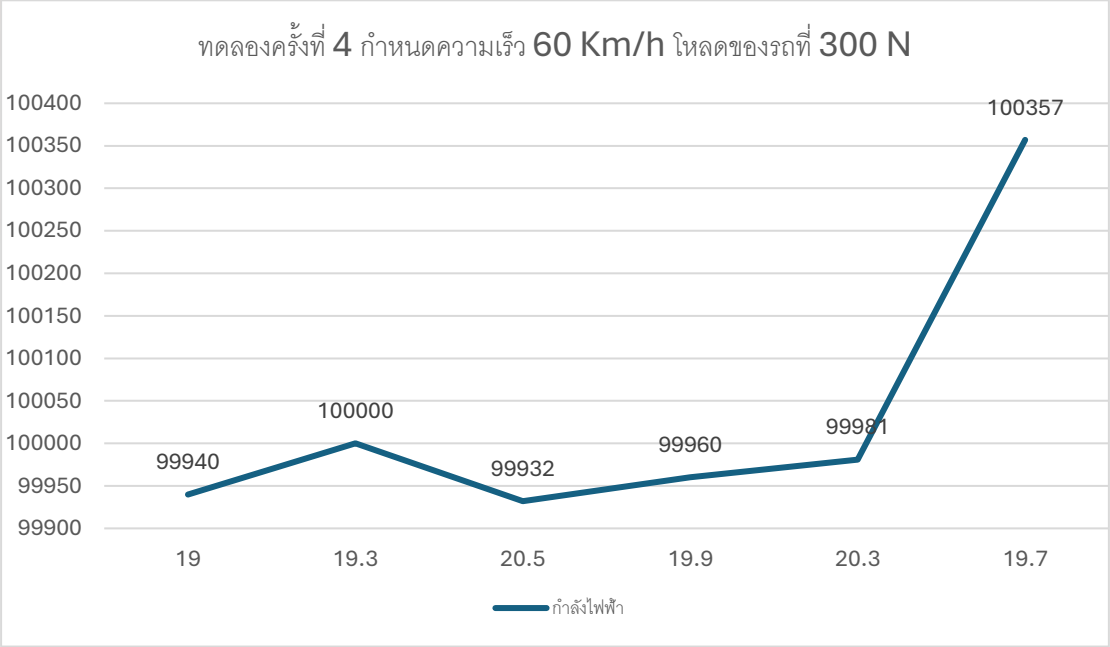

ทดลองครั้งที่ 1 กำหนดความเร็ว 40 Km/h โหลดของรถที่ 200 N
100100
100050
100000
99950
99900
99850
99800
100000
99954
99932
99986
99986
99954
18.5
19.9
20.1
21.1
21.3
21.9
กำลังไฟฟ้า


ทดลองครั้งที่ 2 กำหนดความเร็ว 40 Km/h โหลดของรถที่ 300 N
100100
100050
100000
99950
99900
99850
99800
99970
99935
99963
99932
99962
99897
11
14.9
16.7
17.7
18.3
17.7
กำลังไฟฟ้า

ภาคผนวก ฉ

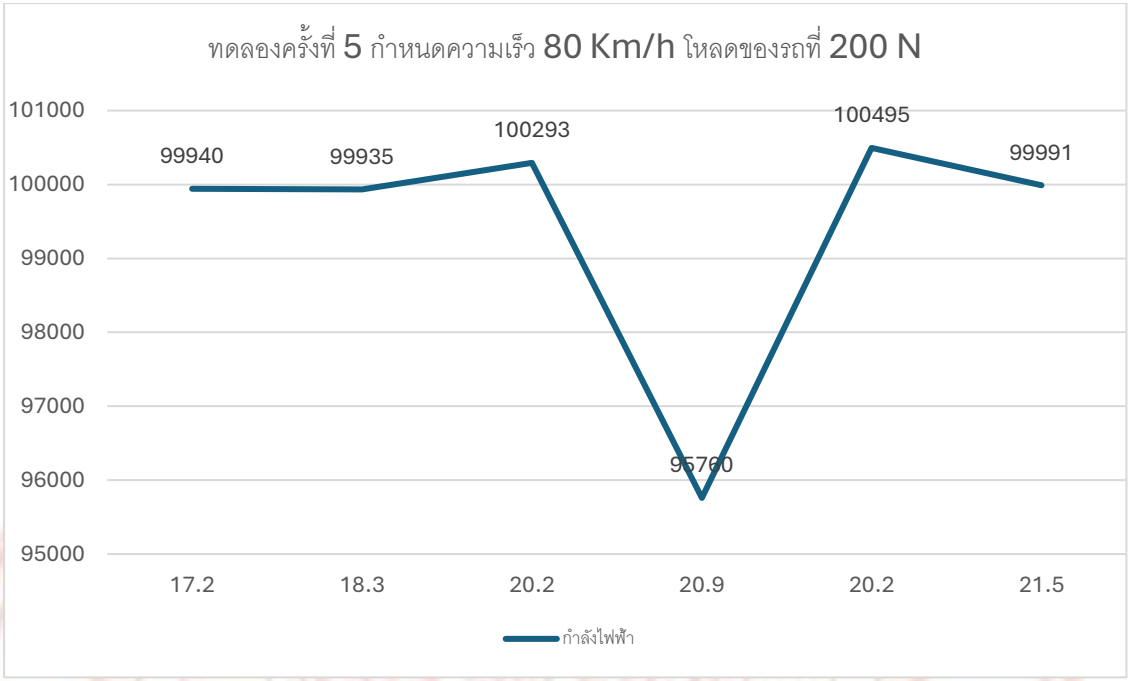
กราฟการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 60 km/h โหลดรถ 200 N , 300 N

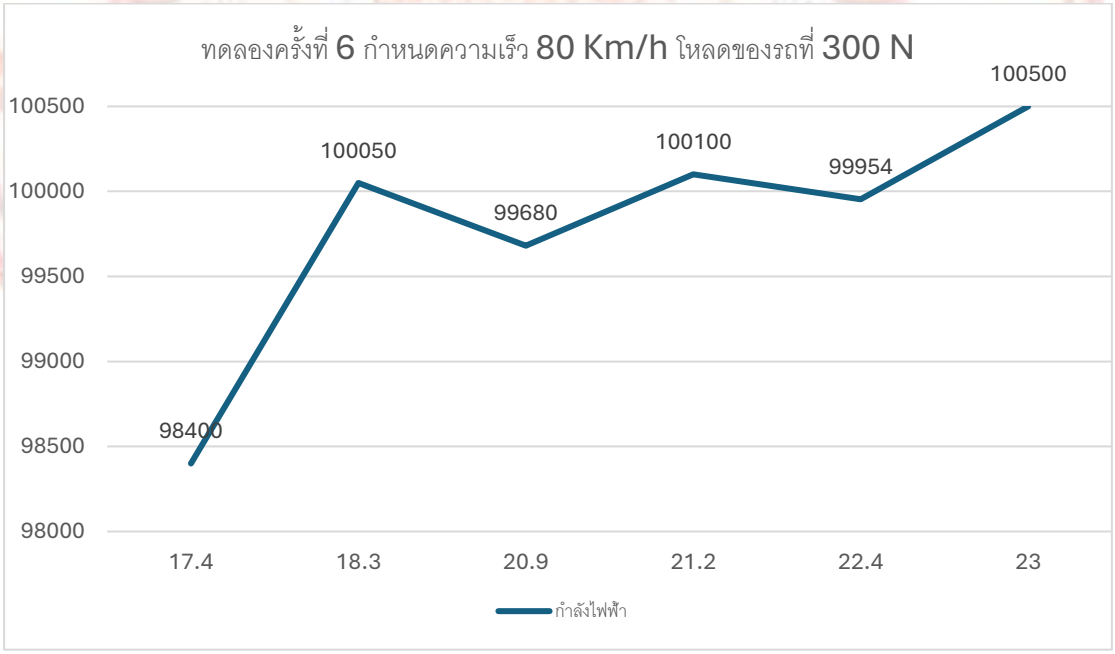

ทดลองครั้งที่ 3 กำหนดความเร็ว 60 Km/h โหลดของรถที่ 200 N
100400
100300
100200
100100
100000
99900
99800
99700
99600
99500
100000
99954
99932
100293
100335
99590
18.5
19.9
20.3
21.3
21.3
21.9
กำลังไฟฟ้า


ทดลองครั้งที่ 4 กำหนดความเร็ว 60 Km/h โหลดของรถที่ 300 N
100400
100350
100300
100250
100200
100150
100100
100050
100000
99950
99900
99940
100000
99932
99960
99981
100357
19
19.3
20.5
19.9
20.3
19.7
กำลังไฟฟ้า

ภาคผนวก ช

กราฟการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 80 km/h โหลดรถ 200 N , 300 N

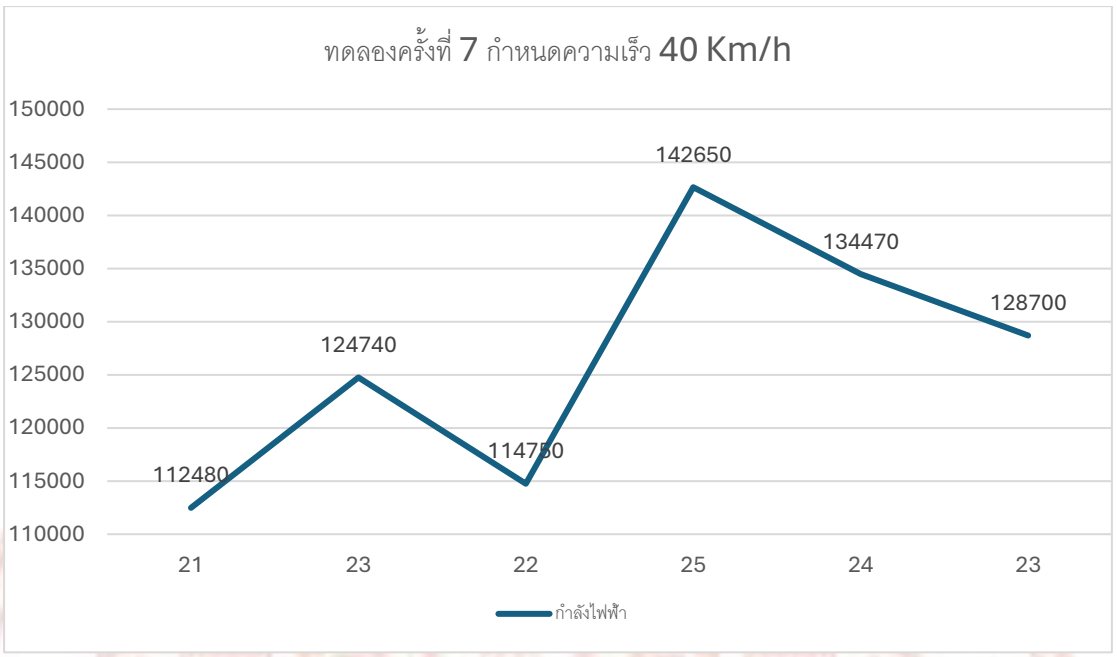

ทดลองครั้งที่ 5 กำหนดความเร็ว 80 Km/h โหลดของรถที่ 200 N
101000
100000
99000
98000
97000
96000
95000
99940
99935
100293
95760
100495
99991
17.2
18.3
20.2
20.9
20.2
21.5
กำลังไฟฟ้า


ทดลองครั้งที่ 6 กำหนดความเร็ว 80 Km/h โหลดของรถที่ 300 N
100500
100000
99500
99000
98500
98000
98400
100050
99680
100100
99954
100500
17.4
18.3
20.9
21.2
22.4
23
กำลังไฟฟ้า

ภาคผนวก ซ

กราฟการทดสอบการผลิตไฟฟ้าของความร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์

ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ความเร็ว 40 Km/h บนถนนจริง


ทดลองครั้งที่ 7 กำหนดความเร็ว 40 Km/h
150000
145000
140000
135000
130000
125000
120000
115000
110000
112480
124740
114750
142650
134470
128700
21
23
22
25
24
23
กำลังไฟฟ้า



ภาคผนวก ฌ

คำนวณหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	82	77	58.5	18.5	125	800	100,000	19
30	82	78	58.1	19.9	123.4	810	99,954	19
45	83	78	57.9	20.1	120.4	830	99,932	19
60	84	79	57.9	21.1	120.4	830	99,986	19
75	84	79	57.7	21.3	174.8	572	99,986	19
90	84	80	58.1	21.9	148.3	674	99,954	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที 30 วินาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 100,000 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 77 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 58.5 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{77-58.5}{77}$$

$$= \frac{37}{154}$$

$$= 0.2402$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(77 - 58.5)]$$

$$= 3.0448$$

$$= 0.2403\ \frac{3.0448-1}{3.0448+(\frac{77}{58.5})}$$

$$= 0.1126$$

$$= 11.26\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 11.26%

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	87	80	69	11	153.8	650	99,970	19
30	87	82	67.1	14.9	126.5	790	99,935	19
45	88	82	65.3	16.7	114.9	870	99,963	19
60	89	82	64.3	17.7	120.4	830	99,932	19
75	88	82	63.7	18.3	165.5	604	99,962	19
90	87	81	63.3	17.7	149.1	670	99,897	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที 30 วินาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 99,970 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 80 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 69 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{80-69}{80}$$

$$= \frac{11}{80}$$

$$= 0.1375$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(80 - 69)]$$

$$= 2.3479$$

$$= 0.1375 \frac{2.3479-1}{2.3479+(\frac{80}{69})}$$

$$= 0.0528$$

$$= 5.28\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 5.28%

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	87	77	58.5	18.5	125	800	100,000	19
30	82	78	58.1	19.9	123.4	810	99,954	19
45	83	78	57.7	20.3	120.4	830	99,932	19
60	84	79	57.7	21.3	120.4	833	100,293	19
75	84	79	57.7	21.3	174.8	574	100,335	19
90	84	80	58.1	21.9	145.6	684	99,590	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 3 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที 30 วินาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 100,335 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 79 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 57.7 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{79-57.7}{79}$$

$$= \frac{213}{790}$$

$$= 0.2696$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(79 - 57.7)]$$

$$= 3.2671$$

$$= 0.2696 \frac{3.2671-1}{3.2671+(\frac{79}{57.7})}$$

$$= 0.1318$$

$$= 13.18\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 13.18%

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	89	85	66	19	131.5	760	99,940	19
30	89	85	65.7	19.3	125	800	100,000	19
45	89	85	64.5	20.5	120.4	830	99,932	19
60	90	84	64.1	19.9	117.6	850	99,960	19
75	90	84	63.7	20.3	189	529	99,981	19
90	90	85	63.6	19.7	182.8	549	100,357	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 4 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที 30 วินาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 100,357 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 85 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 63.6 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{85-63.6}{85}$$

$$= \frac{107}{425}$$

$$= 0.2517$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(85 - 63.6)]$$

$$= 3.2748$$

$$= 0.2517\ \frac{3.2748-1}{3.2748+(\frac{85}{63.6})}$$

$$= 0.1241$$

$$= 12.41\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 12.41%

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	89	84	66.8	17.2	131.5	760	99,940	19
30	89	84	65.7	18.3	126.5	790	99,935	19
45	89	85	64.8	20.2	120.4	833	100,293	19
60	90	85	64.1	20.9	119	840	95,760	19
75	90	84	63.8	20.2	188.9	532	100,495	19
90	90	85	63.5	21.5	182.8	547	99,991	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 5 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที 30 วินาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 100,495 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 84 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 63.8 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{84-63.8}{84}$$

$$= \frac{101}{420}$$

$$= 0.2404$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(84 - 63.8)]$$

$$= 3.1817$$

$$= 0.2404 \frac{3.1817-1}{3.1817+(\frac{84}{63.8})}$$

$$= 0.1165$$

$$= 11.65\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 11.65%

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	88	82	64.6	17.4	120	820	98,400	19
30	89	82	63.7	18.3	115	870	100,050	19
45	89	84	63.1	20.9	112	890	99,680	19
60	90	84	62.8	21.2	110	910	100,100	19
75	91	85	62.6	22.4	162	617	99,954	19
90	91	85	62	23	150	670	100,500	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 6 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที 30 วินาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 100,500 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 85 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 62 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{85-62}{85}$$

$$= \frac{23}{85}$$

$$= 0.2705$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(85 - 62)]$$

$$= 3.3950$$

$$= 0.2705 \frac{3.3950-1}{3.3950+(\frac{85}{62})}$$

$$= 0.1513$$

$$= 15.13\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 15.13%

เวลา	TH (℃) น้ำหล่อเย็น	TH (℃)	TC (℃)	ΔT (℃)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ความเร็วลม (km/h)
15	86	88	67	21	152	740	112,480	19
30	87	89	66	23	162	770	124,740	19
45	87	89	67	22	153	750	114,750	19
60	88	90	65	25	176	810	142,650	19
75	87	90	66	24	170	791	134,470	19
90	89	91	68	23	165	780	128,700	19

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของครั้งที่ 7 เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที สามารถผลิตไฟฟ้าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 142,650 mW มีค่าอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 90 ℃ และอุณหภูมิด้านฝั่งเย็นเท่ากับ 65 ℃ จะได้ประสิทธิภาพ ดังนี้

$$Nc = \frac{90-65}{90}$$

$$= \frac{5}{28}$$

$$= 0.2777$$

$$= \sqrt{}(1 + (2.3 \times 10^{-3}))[0.5(90 - 65)]$$

$$= 3.5395$$

$$= 0.2777\ \frac{3.5395-1}{3.5395+(\frac{90}{65})}$$

$$= 0.1432$$

$$= 14.32\%$$

ดังนั้นประสิทธิ์ภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ= 14.32%



ภาคผนวก ญ

การวิเคราะห์ผลทดสอบด้วยสถิติ The Wilcoxon Signed Ranks Test

ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ กำลังไฟฟ้า (mW) ที่วัดได้ในช่วงเวลาเดียวกัน

เวลา (วินาที)	ครั้งที่ 1 (mW)	ครั้งที่ 7 (mW)	ต่าง (D)	|D|	อันดับ (Rank)	สัญลักษณ์
15	100000	112480	-12480	12480	2	-
30	99954	124740	-24786	24786	5	-
45	99932	114750	-14818	14818	3	-
60	99986	142650	-42664	42664	6	-
75	99986	134470	-34484	34484	4	-
90	99954	128700	-28746	28746	1	-

ผลการวิเคราะห์

ค่าผลรวมของลำดับอันดับ (Ranks) ที่มีสัญลักษณ์ลบ (W^-) = 21

ค่าผลรวมของลำดับอันดับที่มีสัญลักษณ์บวก (W^+) = 0

ใช้ค่าน้อยสุดของ W^+ และ W^- ซึ่งคือ W = 0

จากตาราง Wilcoxon สำหรับ n = 6 และระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าที่วิกฤตคือ 0 (ทดสอบแบบทิศทางเดียว)

ดังนั้น: มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดทดสอบครั้งที่ 1 และ 7

สรุป: การผลิตไฟฟ้าในชุดทดสอบครั้งที่ 7 มีค่ามากกว่าครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ Wilcoxon Matched test

ลบข้อมูลของแต่ละคู่ = D

หาค่าสัมบูรณ์ |D| และจัดอันดับ Rank (ไม่สนเครื่องหมาย)

ใส่เครื่องหมาย + หรือ – ตามค่าความต่าง

รวมอันดับของเครื่องหมาย + และ –

$W^+ = 0$

$W^- = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = \mathbf{21}$

วิเคราะห์

n = 6 (จำนวนคู่)

ค่า W คือค่าน้อยที่สุดของผลรวม Rank ที่มีเครื่องหมายเดียวกัน: **W = 0**

เทียบกับตารางวิจัย Wilcoxon ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับ n = 6 ⟶ ค่าต่ำสุดที่ต้องใช้คือ 0 หรือ 2 (ขึ้นกับทิศทางทดสอบ)

สรุป

หากสมมติว่าเป็นการทดสอบแบบทิศทางเดียว (one-tailed) และ W = 0 < ค่า critical value ⟶ มีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการทดสอบครั้งที่ 7 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับครั้งที่ 1

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ พชร เจริญดี

ชื่อวิทยานิพนธ์ การทดลองผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของน้ำหล่อเย็นมอเตอร์ไซค์โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์

สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน

ประวัติ เกิดเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2539 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาปี 1 ถึง 4 จากโรงเรียนดรุณราษฎร์วิทยา จ.เชียงราย จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาปี 5 และ 6 ที่โรงเรียนตรีวิท จ.ระยอง เข้าศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปี 1 ถึง 3จากโรงเรียนวัดป่าประดู่วิทยาคม จ.ระยอง ต่อมาเข้าศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และจบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาการก่อสร้าง จากวิทยาลัยเทคนิคระยอง ต่อมาเข้าศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.) และจบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.) สาขาการก่อสร้าง จากวิทยาลัยเทคนิคระยอง จากนั้นเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2564 บ้านเลขที่ 1/297หมู่ 3 ต.ทับมา อ.เมือง จ.ระยอง รหัสไปรษีย์ 21000 เบอร์โทร 0875416998