



การศึกษาสภาวะความร้อนในหลอดสุญญากาศของเครื่องทำน้ำร้อน
พลังงานแสงอาทิตย์

STUDY OF CONVECTION IN VACUUM TUBES OF SOLAR WATER HEATERS

กนกรัตน์ นาวาทอง
KANOKRAT NAWATONG
พัชรินทร์ ภิรมย์นง
PATCHARIN PIROMNOK

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสารพาความร้อนในหลอดสุญญากาศของเครื่องทำน้ำร้อน
พลังงานแสงอาทิตย์

STUDY OF CONVECTION IN VACUUM TUBES OF SOLAR WATER HEATERS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF CONVECTION IN VACUUM TUBES OF SOLAR WATER HEATERS



KANOKRAT NAWATONG
PATCHARIN PIROMNOK

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN ENERGY ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษาสารพาความร้อนในหลอดสุญญากาศของเครื่องทำน้ำร้อน
พลังงานแสงอาทิตย์
PROJECT TITLE STUDY OF CONVECTION IN VACUUM TUBES OF SOLAR WATER
HEATERS
ชื่อนักศึกษา นางสาวกนกรัตน์ นาวาทอง รหัสประจำตัว 62201123
นางสาวพัชรินทร์ ภิรมย์นง รหัสประจำตัว 62201143
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นารณะพี	นาคะวัจนะ	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ศรีรัตน์	ช่วยบุญ	กรรมการสอบ	
รศ.ดร.ปัญญา	แดงวิไลลักษณ์	กรรมการสอบ	
ดร.วิสิทธิ์	เอกวานิช	กรรมการสอบ	วิสิทธิ์ เอกวานิช
ผศ.ดร.ปราโมทย์	กุศล	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 13 มิถุนายน 2566 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ออนไลน์ ห้องสอบวิศวกรรมเกษตรและพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาสารพาความร้อนในหลอดสุญญากาศของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกรัตน์ นาวาทอง	รหัสประจำตัว 62201123
	นางสาวพัชรินทร์ ภิรมย์นง	รหัสประจำตัว 62201143
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมพลังงาน	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	
ปริญญานิพนธ์		

บทคัดย่อ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติสามารถใช้เพื่อผลิตไฟฟ้า พลังงานความร้อน และการทำความเย็น การศึกษานี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยการใช้สารพาความร้อน พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล น้ำมันเครื่องใหม่ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ผลการศึกษาพบว่า พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล ไม่สามารถใช้เป็นสารพาความร้อนได้เนื่องจากคุณสมบัติมีจุดหลอมเหลวต่ำ การเคลือบบนกระจกไม่สม่ำเสมอ และเป็นฉนวนกันความร้อนภายนอกเข้าหลอดสุญญากาศ ส่วนน้ำมันเครื่องใหม่สามารถใช้เป็นสารพาความร้อนได้ ที่ค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 629 W/m^2 มีอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศ 62°C ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 37% น้ำมันเครื่องใช้แล้ว ที่ค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 629 W/m^2 มีอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศ 65°C และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 41% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกสารพาความร้อนที่เหมาะสมเป็นน้ำมันเครื่องใช้แล้ว

คำสำคัญ: พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล น้ำมันเครื่องใหม่ น้ำมันเครื่องใช้แล้ว เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

Project Title	STUDY OF CONVECTION IN VACUUM TUBES OF SOLAR WATER HEATERS	
Student	Miss. Kanokrat Nawatong	Student ID 62201123
	Miss. Patcharin Piromnok	Student ID 62201143
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Energy Engineering	
Project Advisor	Asst.Prof.Dr. Pramote Kuson	

ABSTRACT

Solar energy is a renewable energy source derived from natural processes that can be utilized for electricity generation, heating, and cooling. This study focuses on improving the efficiency of hot water production using solar energy by employing various heat convection substances such as paraffin, stearic acid, erythritol, new engine oils, and used engine oils. The study findings indicate that paraffin, stearic acid, and erythritol are unsuitable as heat convection substances due to their low melting points, inconsistent glass coating, and insulating properties, which impede heat transfer into the air tubes. However, new engine oil can be used as a heat convection substance, achieving a thermal efficiency of 37% with a solar irradiation of 629 W/m^2 and a tube temperature of $62 \text{ }^\circ\text{C}$. Similarly, used engine oil exhibits a thermal efficiency of 41% under the same solar irradiation of 629 W/m^2 and a tube temperature of $65 \text{ }^\circ\text{C}$. Therefore, selecting used engine oil as the appropriate heat convection substance is deemed suitable based on the study's findings.

Keywords: Paraffin, stearic acid, erythritol, new engine oil, used engine oil, Tube Solar Water Heater

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญาานิพนธ์

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นทีเคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มีก็น้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาสารพาคความร้อนในหลอดสุญญากาศของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

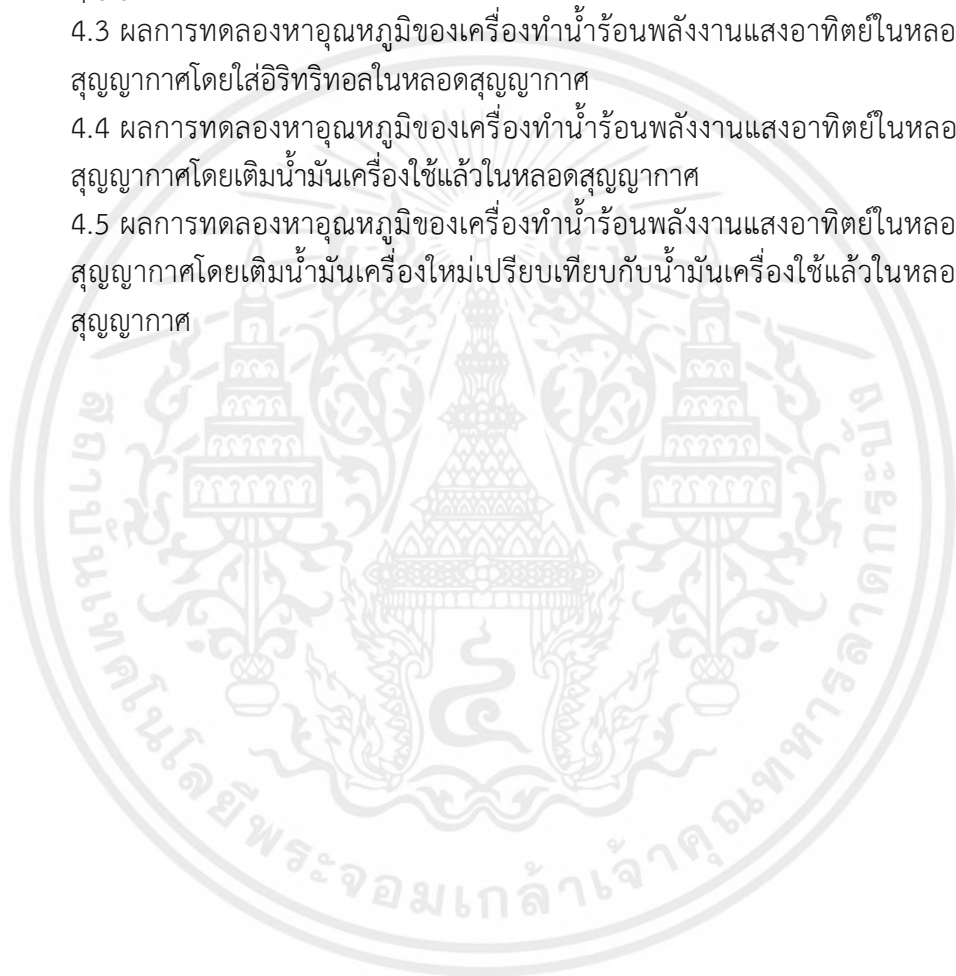
นางสาวกนกรัตน์ นาวาทอง
นางสาวพัชรินทร์ ภิรมย์นก
13 มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 สมมติฐานของโครงการ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ	3
1.7 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน (Principle of heat transfer)	5
2.2 เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (solar water heater)	6
2.3 พาราฟิน (Paraffin wax)	8
2.4 กรดสเตียริก (Stearic acid)	8
2.5 อิริทริทอล (Erythritol)	8
2.6 น้ำมันเครื่องวาโวลีน แมกซ์ไลฟ์ 10W-40 (Valvoline Maxlife 10W-40)	8
2.7 การคำนวณ	9
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	12
3.1 การทดลอง พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล บนกระจก	12
3.2 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศ	16
3.3 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศโดยใส่อิริทริทอลในหลอดสุญญากาศ	17
3.4 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ	18

3.5 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอด สุญญากาศ	21
3.6 ขั้นตอนการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	23
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	25
4.1 ผลการทดลอง พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล บนกระจก	25
4.2 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศ	27
4.3 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศโดยใส่อิริทริทอลในหลอดสุญญากาศ	29
4.4 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ	30
4.5 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอด สุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอด สุญญากาศ	31



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการทดลอง	33
5.2 ปัญหาที่พบ	33
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	37
ภาคผนวก ก การคำนวณผลการทดลอง	38
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง	41
ประวัติผู้จัดทำ	53



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานการศึกษาและทดลองสารพาความร้อนสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ	4
2.1	ตารางแสดงคุณสมบัติน้ำมันเครื่องวาโวลินแมกซ์ไลพ์ 10W-40	8
ข.1	แสดงผลการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 1 (10 กุมภาพันธ์ 2566)	42
ข.2	แสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 2 (14 กุมภาพันธ์ 2566)	44
ข.3	แสดงค่าการทดลองอิทธิพลในหลอดสุญญากาศ (5 เมษายน 2566)	46
ข.4	แสดงค่าผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแบบใส่น้ำมันเครื่องใช้แล้ว (7 พฤษภาคม 2566)	48
ข.5	แสดงค่าผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแบบใส่น้ำมันเครื่องใช้แล้วและการทดลองใส่น้ำมันเครื่องใหม่ยังไม่ได้ใช้ (6 มิถุนายน 2566)	50
ข.6	ตารางสรุปผลการทดลองการเลือกสารพาความร้อน	52

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการศึกษาและทดลองสารพาความร้อนสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ	3
2.1	เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	6
2.2	Thermosyphon	7
2.3	วาโวลีนแมกซ์ไลพ์ 10W-40	9
2.4	หลอดสุญญากาศที่เติมน้ำมันเครื่อง	9
3.1	พาราฟิน	12
3.2	สเตียริก	12
3.3	อิริทริทอล	12
3.4	ปีกเกอร์	12
3.5	เครื่องชั่งดิจิตอล	13
3.6	ช้อนตวงสาร	13
3.7	แท่งแก้วคนสาร	13
3.8	แท่งแม่เหล็กกวนสาร	13
3.9	หม้อ	13
3.10	เครื่องกวนสารชนิดแม่เหล็ก	13
3.11	เครื่องวัดไมโครมิเตอร์	14
3.12	แผ่นกระจก	14
3.13	กาวสเปร์ย์ 3M 77	14
3.14	เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด	14
3.15	เทอร์โมมิเตอร์	14
3.16	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ	14
3.17	TABUCHI-cloud	15
3.18	หลอดสุญญากาศที่เติมอิริทริทอล	17
3.19	เครื่องบันทึกผลอุณหภูมิโดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3	19
3.20	น้ำมันเครื่องใหม่	19
3.21	น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	19
3.22	กรวยเติมน้ำมัน	19
3.23	เครื่องมือวัดอัตราการไหล	20
3.24	หลอดที่มีน้ำมันเครื่องใช้แล้วในการทดลอง	20
4.1	พาราฟินที่แข็งตัวในอุณหภูมิห้อง	25
4.2	พาราฟินที่มีกาว 3 M	25
4.3	กรดสเตียริกที่แข็งตัวในอุณหภูมิห้อง	26
4.4	กรดสเตียริกที่มีกาว 3M	26
4.5	อิริทริทอลที่แข็งตัวในอุณหภูมิห้อง	26

4.6	อิทธิพลที่มีกว่า 3 M	26
4.7	กราฟแสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 1	27
4.8	กราฟแสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 2	28
4.9	กราฟแสดงการทดลองอิทธิพลในหลอดสุญญากาศ	29
4.10	กราฟแสดงการทดลองน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ	30
4.11	กราฟแสดงการทดลองน้ำมันเครื่องเปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ในหลอดสุญญากาศ	31
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันเครื่องใหม่ เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้ว และค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์	32



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และมีศักยภาพในการผลิตพลังงานมาก หากใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม พลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือสำหรับทำความร้อน หรือแม้แต่ทำความเย็น สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ทั้ง 2 รูปแบบแบ่งเป็น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามี 3 ระบบ คือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบ เซลล์แสงอาทิตย์แบบ ต่อกับระบบจำหน่าย เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อนมี 2 ระบบ คือ การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [1]

ในสภาวะปัจจุบัน สถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยกำลังอยู่ในช่วงวิกฤต เนื่องมาจากการขยายตัวของเศรษฐกิจที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุจูงใจให้นักวิจัยส่วนมากหันมาทำการค้นคว้าและวิจัยหาแหล่งพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีด้านพลังงานที่เหมาะสม ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร สามารถรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มาใช้เป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่มีขนาดใหญ่ สะอาด ปลอดภัย และไม่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของแหล่งพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ นอกจากนี้ประเทศไทยยังสามารถรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี [2] ตัวอย่างของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานได้แก่ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ ใช้หลักการทำงานทางธรรมชาติ ที่เรียกว่า Thermosyphon กล่าวคือ น้ำร้อนจะลอยขึ้นในขณะที่น้ำเย็นจะไหลลง น้ำเย็นในส่วนล่างของถังเก็บน้ำจะไหลลงสู่ส่วนล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับแผง ตัวแผงก็จะแปลงและเก็บพลังงานความร้อน น้ำเย็นจึงกลายเป็นน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 40 – 70°C แล้วลอยตัวขึ้นไปตามท่อเข้าสู่ส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อน

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อใช้ร่วมกับสารพาความร้อน พาราฟิน กรดสเตียริก อิทธิทรินอล น้ำมันเครื่องใหม่ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว จากนั้นคำนวณหาพลังงานความร้อนขาเข้า พลังงานดูดซับ และประสิทธิภาพเชิงความร้อน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการเพิ่มความร้อนของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศเมื่อใช้ร่วมกับสารพาความร้อน

1.2.2 เพื่อศึกษาสารพาความร้อนที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

1.3 สมมติฐานของโครงการ

1.3.1 เพิ่มประสิทธิภาพของการพาความร้อนระหว่างสารพาความร้อนไปยังท่อทองแดงของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

1.3.2 ได้สารพาความร้อนที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความร้อน

1.4.2 ใช้น้ำมันเป็นสารพาความร้อน

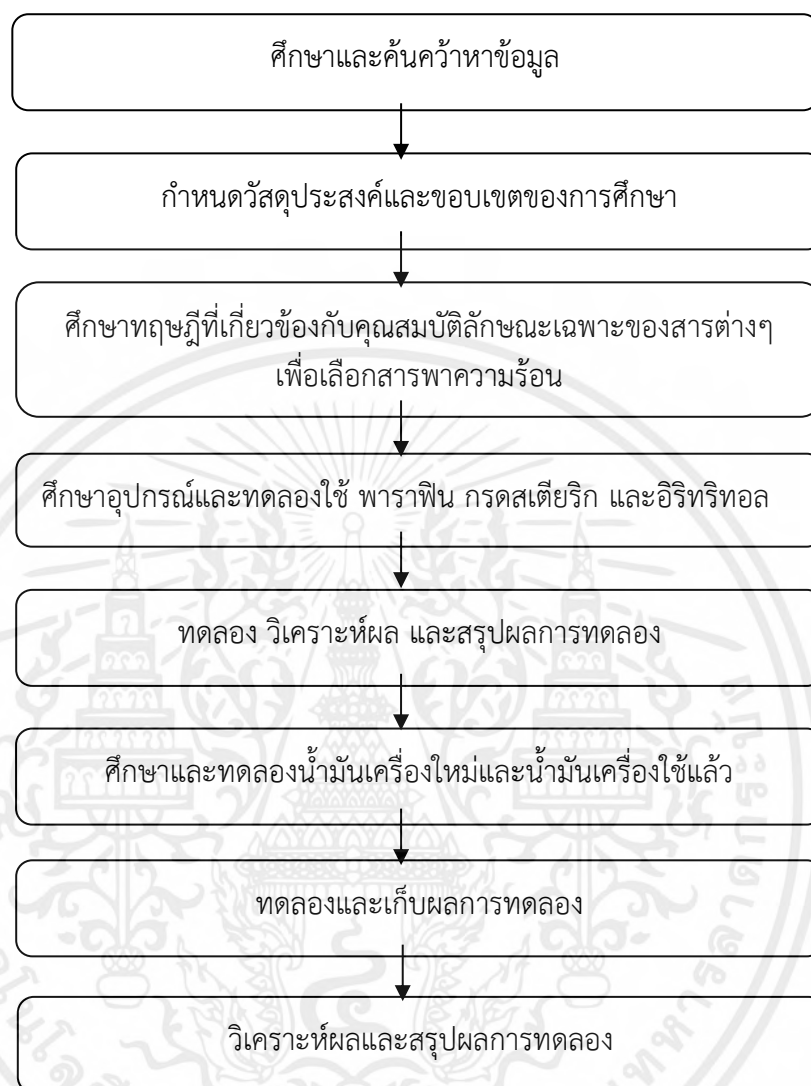
1.4.3 เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

1.5.2 ได้ศึกษาสารพาความร้อนที่เหมาะสม

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการศึกษาและทดลองสารพาความร้อนสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการศึกษาและทดลองสารพลาความร้อนสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน											
	2565					2566						
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
1. ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูล	←	→										
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา			←	→								
3. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติลักษณะเฉพาะของสารต่างๆเพื่อเลือกสารพลาความร้อน			←	→								
4. ศึกษาอุปกรณ์และทดลองใช้สาร พาราฟิน กรดสเตียริกและอิริทริทอล						←	→					
5. ศึกษาและทดลองใช้น้ำมันเครื่องใหม่แล้วกับน้ำมันเครื่องใช้แล้ว								←	→			
6. วิเคราะห์ผลและสรุปผล								←	→			
7. ทำเล่มปริญญานิพนธ์										←	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน (Principle of heat transfer)

การถ่ายเทความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญต่อขบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการปรับอากาศ การเพิ่ม หรือลด อุณหภูมิในขบวนการผลิต ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้จะมาจากการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นทุกวัน นอกจากนั้นยังมีมลพิษที่ปล่อยออกมาจากการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ ในการให้พลังงานอีกด้วย ดังนั้นถ้าสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้นอกจากจะเป็นการประหยัดพลังงาน แล้วยังจะเป็นการลดมลพิษอีกด้วย จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาถึงเทคโนโลยีการถ่ายเทความร้อน เพื่อไปใช้ในการปรับปรุงอุปกรณ์หรือขบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงาน ซึ่งการถ่ายเทความร้อน มีรูปแบบการเคลื่อนที่ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

1. การนำความร้อน (Heat conduction) ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่

2. การพาความร้อน (Heat Convection) กระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของของไหล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหน้าของวัตถุกับของไหลก็เรียกว่าการพาความร้อน ในอุปกรณ์ความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยมากการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับผิวหน้าของวัตถุมักจะมีค่าสูงกว่า การถ่ายเทความร้อนภายในตัวของไหลเอง ในที่นี้ จึงจะกล่าวถึงการพาความร้อนในลักษณะดังกล่าว การพาความร้อนเกิดขึ้นได้ทั้งจากการไหลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (หรือความหนาแน่น) และการไหลที่เกิดขึ้นจากปั๊มหรือพัดลม เป็นต้น ซึ่งแบบแรกจะเรียกว่า การพาความร้อนตามธรรมชาติ แบบหลังจะเรียกว่าการพาความร้อนด้วยการบังคับ

3. การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) วัตถุทุกชนิดจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวและความเข้มค่าหนึ่งจากพื้นผิวอยู่ตลอดเวลาโดยความยาวและความเข้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่าการแผ่รังสีความร้อน หากวัตถุอื่นดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ก็จะได้รับพลังงานความร้อน ทำให้อุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้เรียกว่าการแผ่รังสี ปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการคงที่และกระบวนการไม่คงที่ กระบวนการคงที่ หมายถึง ในการถ่ายเทความร้อน การกระจายอุณหภูมิภายในตัววัตถุและปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ส่วนในกระบวนการไม่คงที่ ปริมาณเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (solar water heater)

เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย แผงรับรังสีอาทิตย์ ถังเก็บน้ำร้อน แหล่งความร้อนเหลือทิ้งหรือป้อนความร้อน (กรณีเป็นแบบผสมผสาน) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และเครื่องสูบน้ำหมุนเวียน โดยแผงรับรังสีอาทิตย์จะทำหน้าที่รับรังสีจากดวงอาทิตย์ ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำหรือตัวกลางที่ไหลผ่านแผงรับรังสี โดยอาศัยเครื่องสูบน้ำหมุนเวียน หรือการไหลโดยธรรมชาติที่เรียกว่า Thermosyphon



รูปที่ 2.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

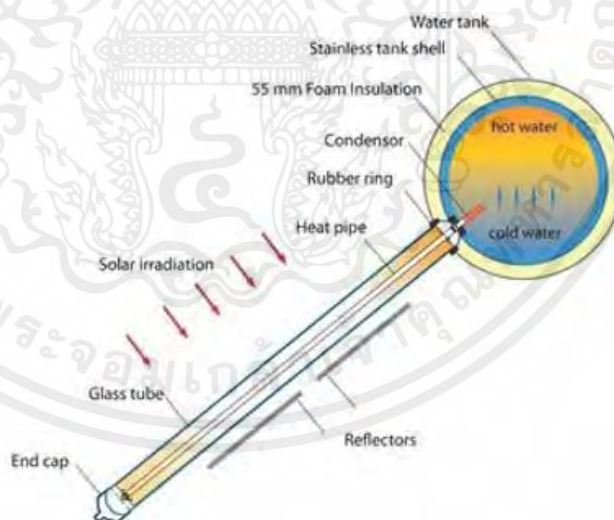
2.2.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน

1. แผงรับแสงอาทิตย์ (Flat Plate Solar Collector) แผงรับรังสีความร้อนชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ (Solar Tube) มีความหนาถึง 2 ชั้นเมื่อรับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ แล้วจะทำการเก็บความร้อนด้วยสารดูดซับรังสีที่เคลือบไว้ภายในหลอดแก้ว โดยมีแกนทองแดง เป็นตัวนำความร้อนเข้าสู่แท่งที่บรรจุน้ำเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น 60-120 °C โดยประมาณ และเกิดความร้อนสม่ำเสมอ ไม่เกิดการอุดตันภายในหลอดแก้ว ทั้งนี้ความเข้มความร้อนในแต่ละวัน จะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิน้ำถังเก็บน้ำร้อน (Thermal Storage Tank)

2. แท่ง (Tank) บรรจุน้ำร้อนมีความหนาถึง 2 ชั้น เป็นชนิดแท่งกึ่งน้ำมีแรงดันระบบปิดไม่ต้องเพิ่มปั๊มน้ำร้อน และเป็นแท่งที่ไม่มีลูกลอยภายใน มีฉนวนอยู่ระหว่างกลางเป็นโพลียูรีเทนโฟมสามารถเก็บความร้อนได้นานประมาณ 2-3 วัน มีขนาดแท่งกึ่งน้ำให้เลือกตามความเหมาะสมของจำนวนผู้ใช้ และมีระบบไฟฟ้าสำรอง (Heater Support)

2.2.2 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นี้ใช้หลักการทางธรรมชาติที่เรียกว่า “Thermosyphon” คือ น้ำร้อนจะลอยขึ้นในขณะที่น้ำเย็นจะไหลลงข้างล่าง (รูปที่ 2.1) น้ำเย็นในส่วนล่างของถังเก็บน้ำจะไหลลงสู่ส่วนล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ น้ำเย็นเหล่านี้จะได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับแผง เมื่อน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงก็จะลอยตัวขึ้นไปตามท่อทองแดงที่อยู่ในแผง ไหลกลับเข้าไปสู่ถังเก็บน้ำและลอยตัวขึ้นไปสู่ส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อน เป็นน้ำร้อนที่พร้อมจะนำไปใช้ได้ [4]



รูปที่ 2.2 Thermosyphon ที่มา: เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ [4]

2.3 พาราฟิน (Paraffin)

ขี้ผึ้งพาราฟิน (รูปที่ 2.2) ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนสายตรงที่มีอุณหภูมิหลอมละลายตั้งแต่ 23 – 67°C ขี้ผึ้งพาราฟินเป็นที่เก็บความร้อนแบบอินทรีย์สำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้รับการเสนอชื่อเป็นวัสดุเปลี่ยนสถานะ ด้วยเหตุผลหลักหลายประการ เช่น เชื่อถือได้ มีความเสถียรทางเคมี มีความเสถียรสูงสำหรับการหลอมที่นานมาก ไม่เป็นพิษ ราคาไม่แพง และมีจำหน่าย [5]

2.4 กรดสเตียริก (Stearic acid)

กรดไขมันชนิดหนึ่ง เป็นผลึกสีขาว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในแอลกอฮอล์และอีเธอร์ พบในไขมันพืชและสัตว์ กรดสเตียริกอยู่ในกลุ่มกรดไขมันที่มีราคาไม่แพงมาก มีความร้อนแฝงสูง และมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี [7]

2.5 อิริทริทอล (Erythritol)

เป็นวัสดุพืชนิกที่ไม่มีสีมีกลิ่นมีสีขาวและมีความบริสุทธิ์สูง อิริทริทอลมี (รูปที่ 2.3) ข้อดีเช่น ความร้อนแฝงสูง มีความเสถียร ไม่เป็นพิษ มีศักยภาพสูงในการจัดเก็บพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิปานกลาง การประยุกต์ใช้ อิริทริทอลในการจัดเก็บพลังงานความร้อนถูกจำกัดโดยการทำความเย็นที่ยาวตลึงผล [6]

2.6 น้ำมันเครื่องวาโวลิน แมกซ์ไลฟ์ 10W-40 (Valvoline Maxlife 10W-40)

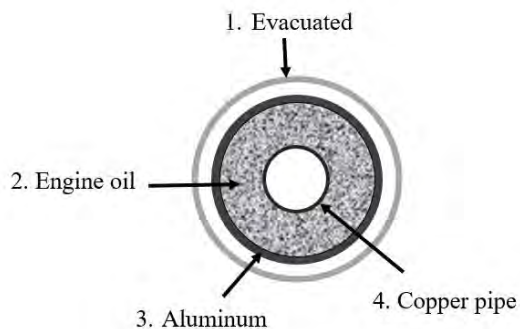
น้ำมันเครื่องยนต์เบนซินกึ่งสังเคราะห์ ผลิตจากน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคุณภาพสูง ผสมสารเพิ่มคุณภาพที่มีคุณสมบัติพิเศษในการปรับสภาพ ซิลิโคน เพิ่มปริมาณสารชะล้าง สารป้องกันการสึกหรอ และสารลดแรงเสียดทาน เพื่อการปกป้องที่สูงกว่า เหมาะสำหรับเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์แก๊ส (NGV, LPG) ทุกชนิด คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของน้ำมันเครื่อง คือความหนืดและวิธีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใต้สภาวะการทำงานที่ความหนืดขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิความดันและความหนาแน่น [8]

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติน้ำมันเครื่องวาโวลินแมกซ์ไลฟ์ 10W-40 [12]

Engine oil properties (10w40)	Value
Kinematic viscosity (at 100 °C)	14.81 cSt
Viscosity index (VI)	160
Lowest flammability	232 °C
Lowest current temperature	-240 °C
Density at °15 °C	873 kg/m ³



รูปที่ 2.3 วาโวลีนแมกซ์ไลฟ์ 10W-40



รูปที่ 2.4 หลอดสุญญากาศที่เติมน้ำมันเครื่อง

2.7 การคำนวณ

การคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงาน สามารถใช้สมการได้ดังต่อไปนี้

พลังงานความร้อนขาเข้า (Q_{in}) (kJ) [12]

$$Q_{in} = DNI \times A \quad (2.1)$$

เมื่อ

DNI คือ รังสีตรง (Direct Normal Irradiation) (W/m^2)

A คือ พื้นที่รับแสงของหลอดสุญญากาศ (m^2)

พลังงานความดูดซับ (Q_{absorb}) (kJ) [12]

$$Q_{absorb} = \rho V C_p (T_{out} - T_{in}) \quad (2.2)$$

เมื่อ

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (1000 kg/m^3)

V คือ ปริมาตรของหลอดสุญญากาศ (m^3)

C_p คือ ค่าความจุจำเพาะของน้ำที่ความดันคงที่ ($4186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$)

T_{out} คือ อุณหภูมิทางเข้าของน้ำ ($^\circ\text{C}$)

T_{in} คือ อุณหภูมิทางออกของน้ำ ($^\circ\text{C}$)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) [12]

$$\eta_{th} = \frac{Q_{absorb}}{Q_{in}} \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tahmasebi Sulgani & Karimipour [8] ได้ศึกษาสารหล่อลื่นนาโน $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3/10\text{w}40$ และค่าการนำความร้อน ทดลองในช่วงอุณหภูมิ 25 – 65°C ความเข้มข้นของมวลที่ 0.25–4% ผลที่ได้ตามตัวแปรคือ ของไหลนาโนมีความเสถียร เนื่องจากขั้นตอนการเตรียมการรวมถึงการใช้กระบวนการให้ความร้อน การกวนด้วยแม่เหล็ก และคลื่นอัลตราโซนิก

Cheng et al. [5] ได้ศึกษาและทดลองการรักษาความเย็นยิ่งยวดของอีริทริทอลอย่างมีประสิทธิภาพ ระดับความเย็นยิ่งยวดของอีริทริทอลถูกลดจาก 65.6 - 4.8°C (ถูกลดลง 93%) และระดับความคงตัวของการแข็งตัวถูกลดลงจาก 45.1-7.2°C (ถูกลดลง 84%) ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวจะลดลงจาก $335.1 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ เป็น $294.1 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ นอกจากนี้ยังมีการนำความร้อนที่ดีและเสถียรภาพทางความร้อน

Paksoy & Sahan [6] ศึกษาการจัดเก็บพลังงานความร้อนสำหรับการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะที่มีความสามารถในการกักเก็บพลังงานความร้อนสูง ในการศึกษานี้ได้เตรียมอนุภาคนาโนแมกนีไทด์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางความร้อนของพาราฟินเติมอนุภาคนาโน 10% ลงในพาราฟิน (ช่วงการหลอมเหลว 56 - 58°C และความร้อนแฝง 119 J/kg) เพื่อเตรียมนาโนคอมโพสิต จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่านาโนแมกนีไทด์กระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันในโครงสร้างพาราฟินที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 15 - 25 μm

Deshmukh et al. [9] ศึกษาประสิทธิภาพการพาความร้อนของตัวเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบท่อรูปตัวยูด้วยไททาเนียมไนไตรด์นาโนฟลูอิด อนุภาคนาโนไททาเนียมไนไตรด์ขนาด 40–50 nm ทำการทดลองด้วยอัตราการไหล 0.25 0.50 0.75 1.0 และ 1.25 LPM และปริมาตรความเข้มข้น 0% 0.025% 0.050% 0.075% และ 0.1% ผลการทดลองคือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนถ่ายเทเพิ่มขึ้นเป็น $1086.49 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ จาก $767.32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ที่มีของไหลนาโนไททาเนียมไนไตรด์ 0.1% ที่อัตราการไหล 1.25 LPM

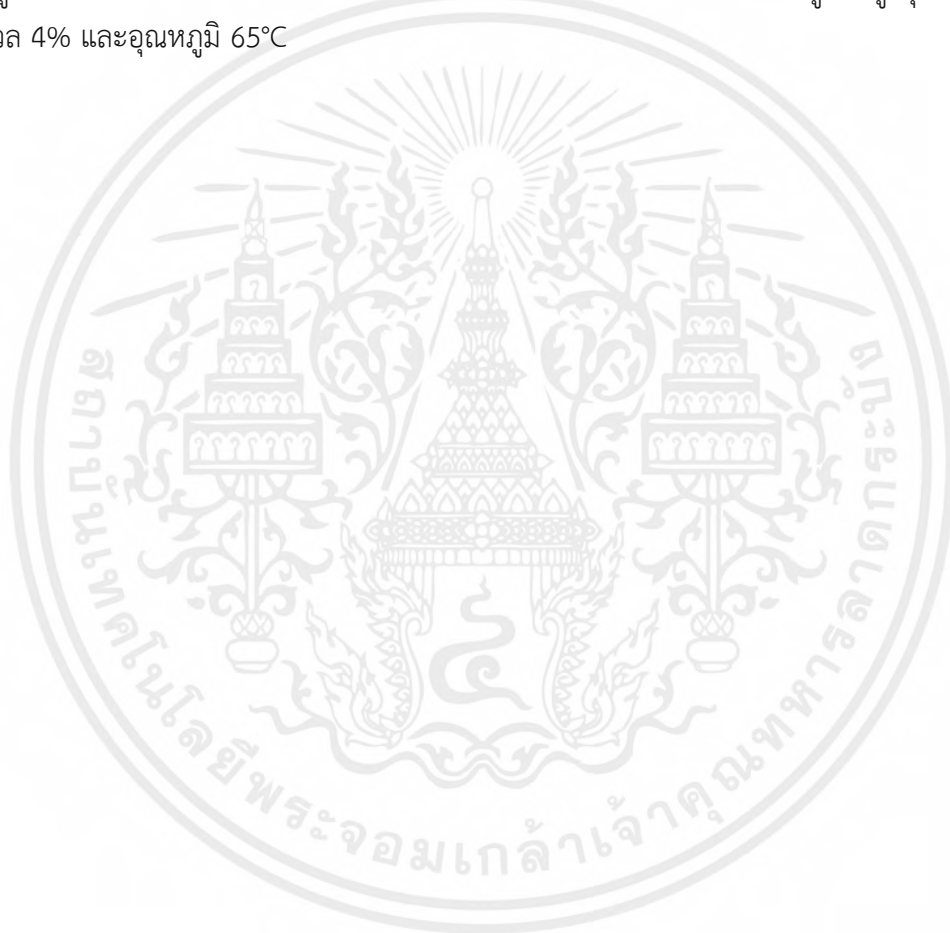
Li et al. [10] ศึกษาและทดลองการเพิ่มวัสดุเปลี่ยนสถานะภายในหลอดแก้วสุญญากาศ จากการทดลองพบว่า สามารถลดความผันผวนของพลังงานโดยการเก็บพลังงานความร้อนส่วนเกินในช่วงกลางวันและปล่อยเพื่อให้เพียงพอกับการขาดสมดุลของพลังงานในกรณีที่ไม่มีแสงแดด

Chopra et al. [11] ได้ศึกษาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศที่รวมถึงเก็บน้ำร้อนสองถังออกแบบและผลิต ในหนึ่งในระบบหลอดสุญญากาศรวมวัสดุเปลี่ยนสถานะเรียกว่าระบบทดสอบในขณะที่ระบบที่อื่นที่ดึงออกมาไม่มีวัสดุเปลี่ยนสถานะ จากผลการทดลองพบว่าการใช้พาราฟินเข้าไปในระบบทดสอบเพิ่มผลผลิตพลังงานความร้อน

Touaba et al. [12] ได้ศึกษาระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยเครื่องดักจับเพลทแบบแบนที่ใช้ น้ำมันเครื่องใช้แล้วเป็นตัวดูดซับของเหลวและถ่ายเทความร้อน จากการทดลองที่เมือง Tipaza มีอุณหภูมิความร้อนที่ยอมรับได้ 50°C ภายในเวลาไม่ถึงสามชั่วโมง ด้วยประสิทธิภาพการทำความร้อนเฉลี่ย 65% ในขณะที่ประสิทธิภาพสูงสุดถึง 80%

Wen et al. [13] ได้ทดลองนาโนฟลูอิด ที่มีความเสถียรในการดักจับแสงของอนุภาคนาโน การทดลองทางสถิติพบว่าของไหลนาโนมีความเสถียรสูง มีการการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์สูง ใช้โหมดความร้อนจากแสงสองโหมดสำหรับการทดลองการแปลงความร้อน

Elbrashy et al. [15] ได้ทดลองใช้ของไหลนาโน ในขั้นตอนการเตรียมการเป็นกระบวนการให้ความร้อนการกวนด้วยแม่เหล็ก และคลื่นอัลตราโซนิก จากการทดลองการนำความร้อนของนาโนฟลูอิดเพิ่มขึ้นจากผลของเศษส่วนมวลที่เพิ่มเข้ามา ค่าการนำความร้อนเพิ่มสูงขึ้นสูงสุด 33% ที่ส่วนมวล 4% และอุณหภูมิ 65°C



บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 การทดลอง พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล บนกระจก

3.1.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 3.1 พาราฟิน



รูปที่ 3.2 กรดสเตียริก



รูปที่ 3.3 อิริทริทอล



รูปที่ 3.4 บีกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งดิจิตอล



รูปที่ 3.6 ซ้อนตังสาร



รูปที่ 3.7 แท่งแก้วคนสาร



รูปที่ 3.8 แท่งแม่เหล็กกวนสาร



รูปที่ 3.9 หม้อ



รูปที่ 3.10 เครื่องกวนสารชนิดแม่เหล็ก

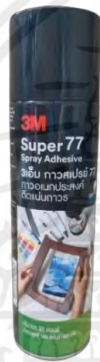
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดไมโครมิเตอร์



รูปที่ 3.12 แผ่นกระจก



รูปที่ 3.13 กาวสเปรย์ 3M 77



รูปที่ 3.14 เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด

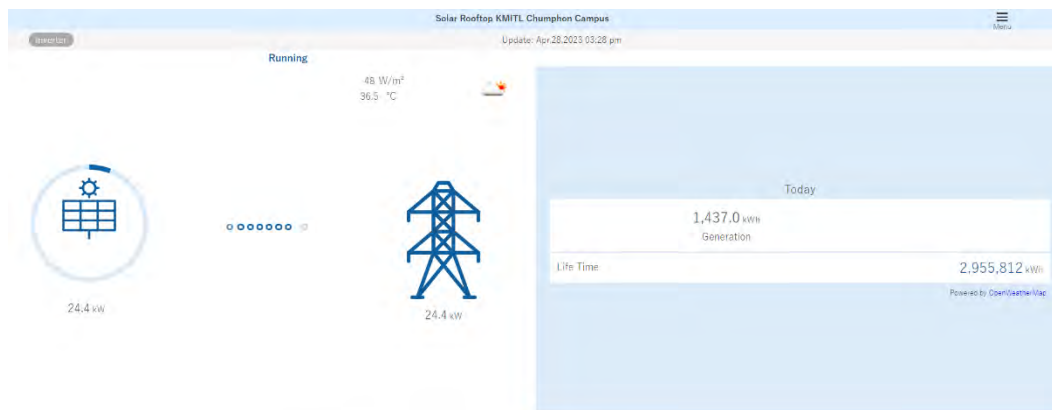


รูปที่ 3.15 เทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 3.16 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชันวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

วิธีการทดลอง

3.1.1.1 ตวงพาราฟิน (รูปที่ 3.1) 5 g ใส่ปิกรเกอร์ (รูปที่ 3.4) และนำไปให้ความร้อนบนเครื่องกวนสารชนิดแม่เหล็ก (รูปที่ 3.8) เพื่อหลอมละลายให้สารเป็นของเหลว 3.1.1.2 แบ่งกระจกเป็นสี่ส่วน (รูปที่ 3.12) (เนื่องจากความหนาแต่ละส่วนไม่เท่ากัน) และทำเครื่องหมายเพื่อวัดความหนาของกระจกด้วยดิจิตอลไมโครมิเตอร์ขนาดความละเอียด 0.001 μm (รูปที่ 3.11)

3.1.1.3 เทพาราฟิน (รูปที่ 3.1) ลงบนกระจกให้ทั่วทั้งแผ่น (รูปที่ 3.12) เอียงให้ส่วนที่เกินไหลออก รอนกว่าพาราฟิน (รูปที่ 3.1) แข็งตัวแล้ววัดความหนาของกระจก (รูปที่ 3.12) อีกครั้งด้วยดิจิตอลไมโครมิเตอร์ขนาดความละเอียด 0.001 μm (รูปที่ 3.11)

3.1.1.4 นำค่าความหนาของกระจก (รูปที่ 3.12) ที่เคลือบด้วยพาราฟิน (รูปที่ 3.1) ลบกับความหนาของกระจก และจะได้ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่เคลือบกระจก แล้วบันทึกผล

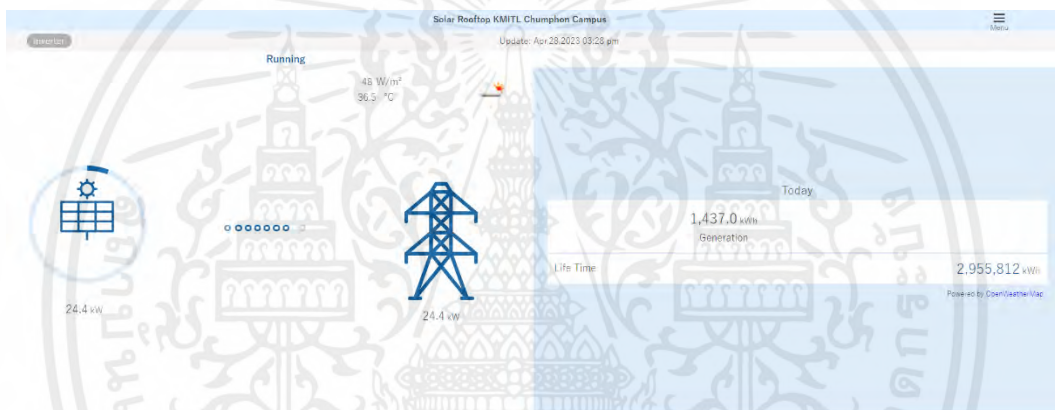
3.1.1.5 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ 3.1.1.1 ถึง 3.1.1.5 กับ กรดสเตียริก (รูปที่ 3.2) และอิริทริทอล (รูปที่ 3.3)

3.2 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศ

3.2.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 3.16 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ



รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชันวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.22 เครื่องมือวัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

3.2.1.1 เปิดน้ำให้ระบบก่อนเริ่มการทดลองที่อัตราการไหล 100 L/h ด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow Meter) (รูปที่ 3.22)

3.2.1.2 นำโพรบของเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (รูปที่ 3.16) ใส่ไว้ในหลอดสูญญากาศเพื่อวัดอุณหภูมิ

3.2.1.3 วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (รูปที่ 3.16) T1 วัดอุณหภูมิทางเข้า น้ำ T2 วัดอุณหภูมิทางออกน้ำ T3 วัดความร้อนภายในหลอดสูญญากาศ T4 วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก

3.2.1.4 เก็บผลการทดสอบ 3 วัน แล้วนำค่ามาเฉลี่ย และพล็อตกราฟสรุปผล

3.3 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสูญญากาศโดยใส่อิริทริทอลในหลอดสูญญากาศ

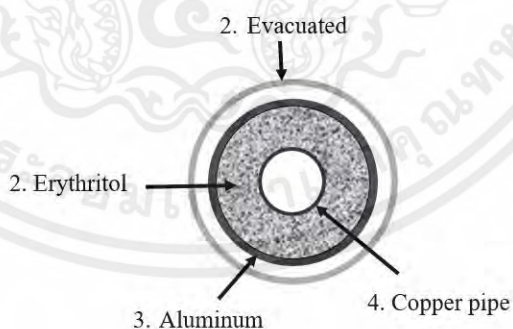
3.3.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 3.3 อิริทริทอล

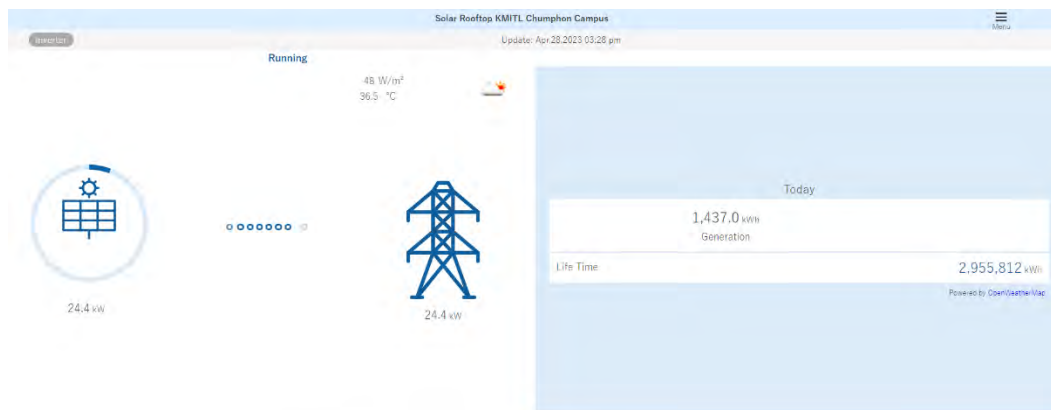


รูปที่ 3.16 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ



รูปที่ 3.18 หลอดสูญญากาศที่เติมอิริทริทอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชันวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

วิธีการทดลอง

- 3.3.1.1 ต้มสารอิริทริทอล (รูปที่ 3.3) เพื่อทดลองในหลอดสุญญากาศ 1 หลอด
- 3.3.1.2 เติมสารอิริทริทอล (รูปที่ 3.3) ลงในหลอดให้เต็ม
- 3.3.1.3 รอให้อิริทริทอล (รูปที่ 3.3) เคลือบหลอดสุญญากาศแล้วจึงเทออก
- 3.3.1.4 ร่อนแห้งจากนั้นเอาหลอดไปใส่ที่เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
- 3.3.1.5 วัดอุณหภูมิ ทางเข้าน้ำ ทางออกน้ำ ความร้อนภายในหลอดสุญญากาศด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD (รูปที่ 3.16) วัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ (รูปที่ 3.17)
- 3.3.1.6 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหลอดที่เติมอิริทริทอล และหลอดสุญญากาศ

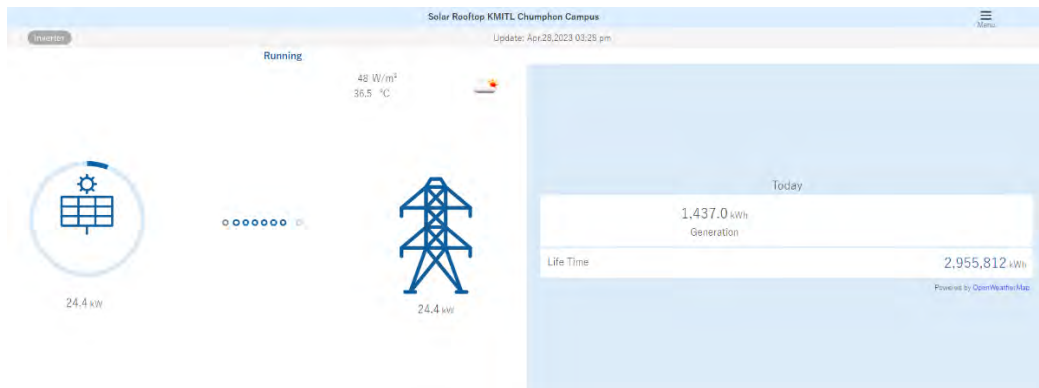
3.4 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ

3.4.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 3.16 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชันวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.19 เครื่องบันทึกผลอุณหภูมิโดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3



รูปที่ 3.20 น้ำมันเครื่องใหม่



รูปที่ 3.21 น้ำมันเครื่องใช้แล้ว



รูปที่ 3.22 กรวยเติมน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 เครื่องมือวัดอัตราการไหล รูปที่ 2.24 หลอดที่มีน้ำมันเครื่องใช้แล้วในการทดลอง

วิธีการทดลอง

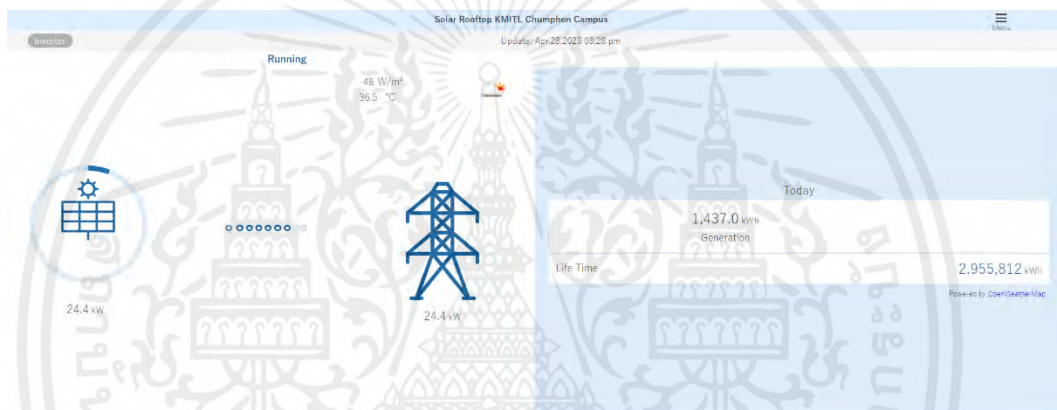
- 3.4.1.1 เปิดน้ำให้ระบบก่อนเริ่มการทดลองที่อัตราการไหล 100 L/h ด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow Meter) (รูปที่ 3.22)
- 3.4.1.2 ใช้หลอดสุญญากาศ 6 หลอด เพื่อทำการทดลอง
- 3.4.1.3 เติมน้ำมันเครื่องใหม่ (รูปที่ 3.19) 3 หลอด เพื่อเปรียบเทียบกับหลอดสุญญากาศ
- 3.4.1.4 เติมน้ำมันเครื่องใช้แล้ว (รูปที่ 3.20) หลอดที่ 1 3 และ 5 เติมหยอด (เติมสลับกับหลอดสุญญากาศ)
- 3.4.1.5 วัดอุณหภูมิ ทางเข้าน้ำ ทางออกน้ำ ความร้อนภายในหลอดสุญญากาศ ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD (รูปที่ 3.16) และวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ (รูปที่ 3.17)
- 3.4.1.6 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหลอดที่เติมน้ำมันใช้แล้วกับหลอดสุญญากาศ และสรุปผล

3.5 การทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ

3.5.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 3.16 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ



รูปที่ 3.17 แอปพลิเคชันวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.18 เครื่องบันทึกผลอุณหภูมิโดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 น้ำมันเครื่องใหม่



รูปที่ 3.20 น้ำมันเครื่องใช้แล้ว



รูปที่ 3.22 เครื่องมือวัดอัตราการไหล



รูปที่ 3.21 กรวยเติมน้ำมัน



รูปที่ 2.24 หลอดที่มีน้ำมันเครื่องใช้แล้วในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

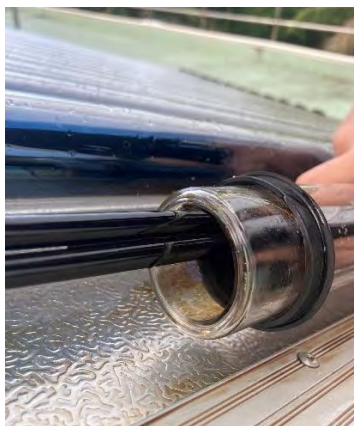
- 3.5.1.1 ใช้หลอดสูญญากาศ 6 หลอด
- 3.5.1.2 เพื่อทำการทดลองเติมน้ำมันเครื่องใหม่ 3 หลอด (รูปที่ 3.19) หลอดที่ 2 4 และ 6
- 3.5.1.3 เติมน้ำมันเครื่องใช้แล้ว (รูปที่ 3.20) 3 หลอด หลอดที่ 1 3 และ 5
- 3.5.1.4 วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD (รูปที่ 3.16) และเครื่องบันทึกอุณหภูมิโดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3 (รูปที่ 3.18) วัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ (รูปที่ 3.17)
- 3.5.1.5 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

3.6 ขั้นตอนการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 หลอดที่มีน้ำมันเครื่องใช้แล้วในการทดลอง

วิธีการทดลอง

- 3.7.1.1 เปิดน้ำเข้าเครื่องทำน้ำร้อนก่อนเริ่มการทดลองที่อัตราการไหล 100 L/h
- 3.7.1.2 ติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD และเครื่องบันทึกอุณหภูมิโดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3 จากนั้นนำสายเทอร์โมคัปเปิลใส่ในหลอดสุญญากาศและปิดหลอด
- 3.7.1.3 เริ่มบันทึกโดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที เริ่มเวลา 9.00 - 16.00 น.
- 3.7.1.4 การทดลองใส่อิทธิพลในหลอดสุญญากาศและเปรียบเทียบกับไม่เติม
- 3.7.1.5 การทดลองเติมน้ำมันใช้แล้วในหลอดสุญญากาศและเปรียบเทียบกับไม่เติม
- 3.7.1.6 การทดลองเติมน้ำมันเครื่องใหม่กับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศและเปรียบเทียบกัน

บทที่ 4

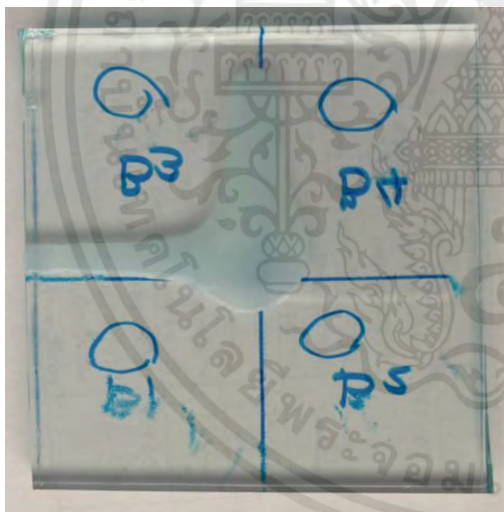
ผลและวิจารณ์ผล

ในการศึกษาสารพาความร้อนสำหรับระบบกักเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปรับเปลี่ยนสารที่เหมาะสมที่ทำให้ท่อสุญญากาศมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด โดยสารที่ใช้ในการทดสอบคือ พาราฟิน กรดสเตียริก อีริทริทอล และน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ ในการทดลองเพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

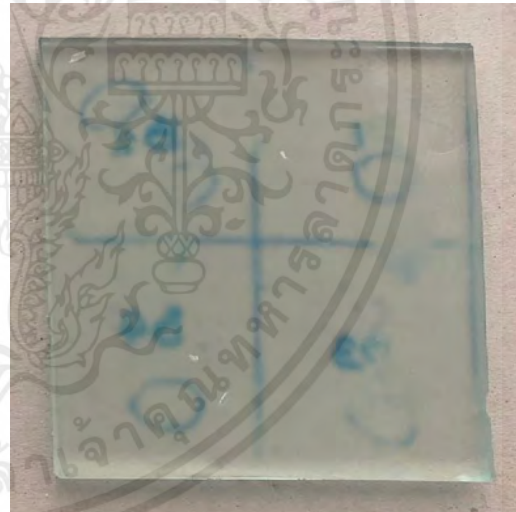
4.1 ผลการทดลอง พาราฟิน กรดสเตียริก อีริทริทอล บนกระจก

4.1.1 ผลการทดลองพาราฟินบนกระจก

จากการทดลองหาพาราฟินบนกระจกพบว่าการเคลือบของพาราฟินไม่สม่ำเสมอไม่ทั่วถึง (รูปที่ 4.1) จึงใช้สเปรย์กาวยี่ห้อ 3M (รูปที่ 3.13) เพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะของพาราฟินกับกระจก สามารถช่วยเพิ่มการยึดเกาะของพาราฟินได้ (รูปที่ 4.2)



รูปที่ 4.1 พาราฟินที่แข็งตัวในอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.2 พาราฟินที่มีกาว 3 M

4.1.2 ผลการทดลองสแตียริกบนกระจก

จากการทดลองเทกรดสแตียริกบนกระจกไม่สม่ำเสมอไม่ทั่วถึง (รูปที่ 4.3) จึงใช้สเปรย์กาวยี่ห้อ 3M (รูปที่ 3.13) และให้ความร้อนกับกระจก สามารถช่วยเพิ่มการยึดเกาะได้ แต่กรดสแตียริกแข็งตัวไว้มันจะเพิ่มอุณหภูมิให้กับกระจกก่อนการทดลอง (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.3 กรดสแตียริกที่แข็งตัวในอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.4 กรดสแตียริกที่มีกาว 3M

4.1.3 ผลการทดลองอิริทริทอลบนกระจก

จากการทดลองเทอิริทริทอลเกาะบนกระจกไม่สม่ำเสมอไม่ทั่วถึง (รูปที่ 4.5) จึงทดลองใช้สเปรย์กาวยี่ห้อ 3M (รูปที่ 3.13) และการให้ความร้อนแก่แผ่นกระจก เพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะของอิริทริทอลกับกระจก จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กระจกและฉีดสเปรย์กาวยี่ห้อ 3M สามารถเพิ่มการยึดเกาะของอิริทริทอลได้ (รูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.5 อิริทริทอลที่แข็งตัวในอุณหภูมิห้อง

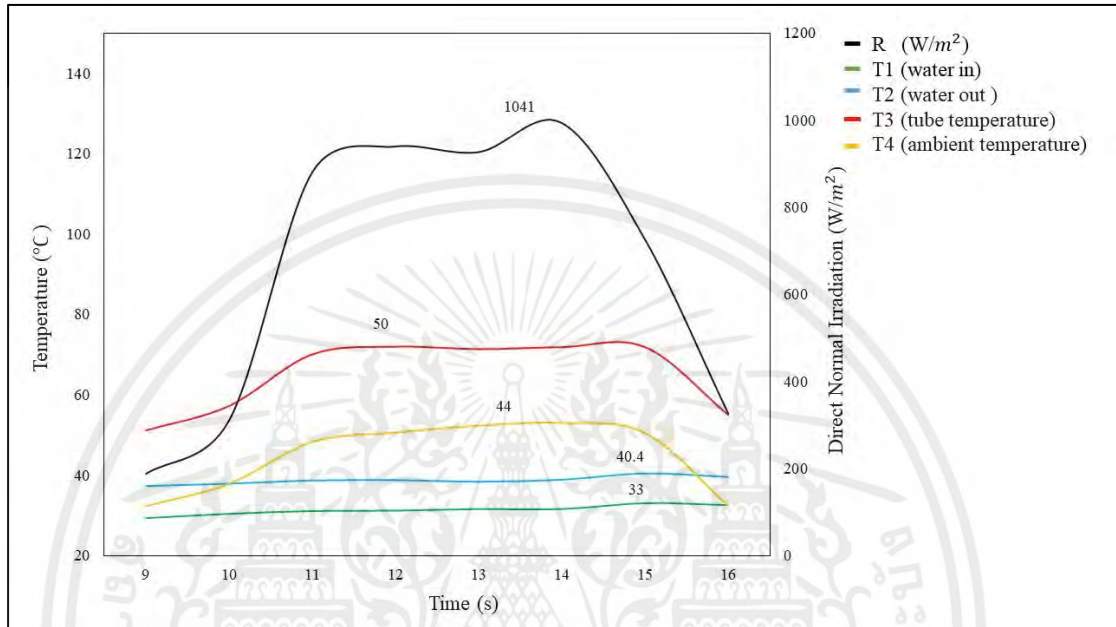


รูปที่ 4.6 อิริทริทอลที่มีกาว 3 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศ

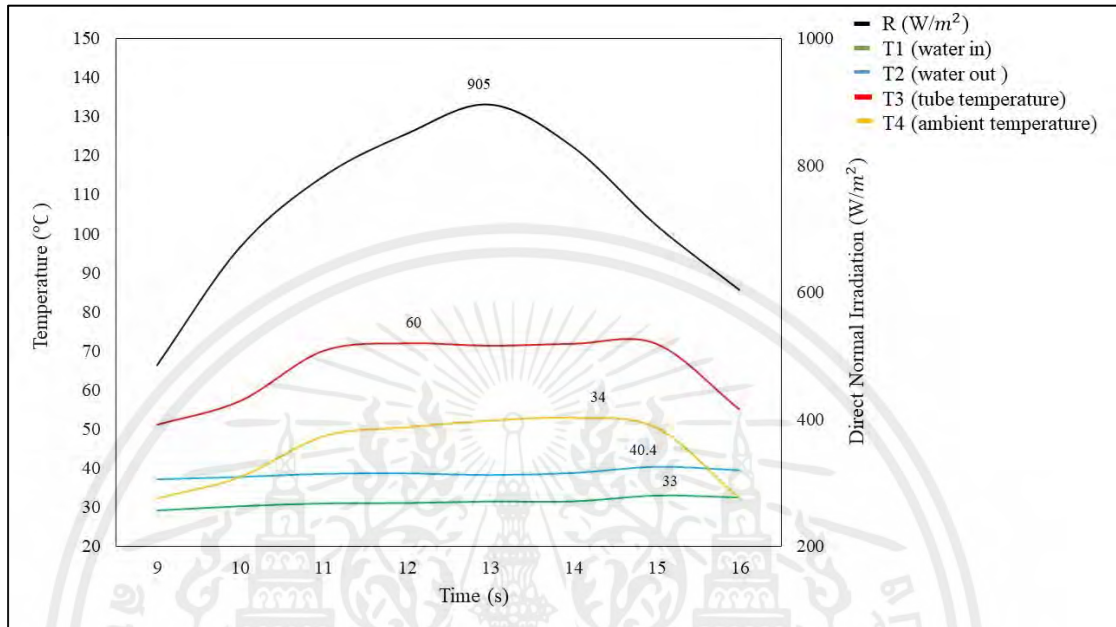
จากการทดลองวัดอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 1 (รูปที่ 4.7) ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD โดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที เริ่มเวลา 9.00 - 16.00 น. ค่าการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 1041 W/m^2 อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศจะสูงขึ้นถึง 50°C และคงที่ไปจนถึงช่วงที่การแผ่รังสีลดลง อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศก็จะลดลง



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 1 (10 กุมภาพันธ์ 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองวัดอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ (รูปที่ 4.8) ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD โดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที เริ่มเวลา 9.00 - 16.00 น. ค่าการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 905 W/m^2 อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศจะสูงขึ้นถึง 60°C และคงที่ไปจนถึงช่วงที่การแผ่รังสีลดลง อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศก็จะลดลง

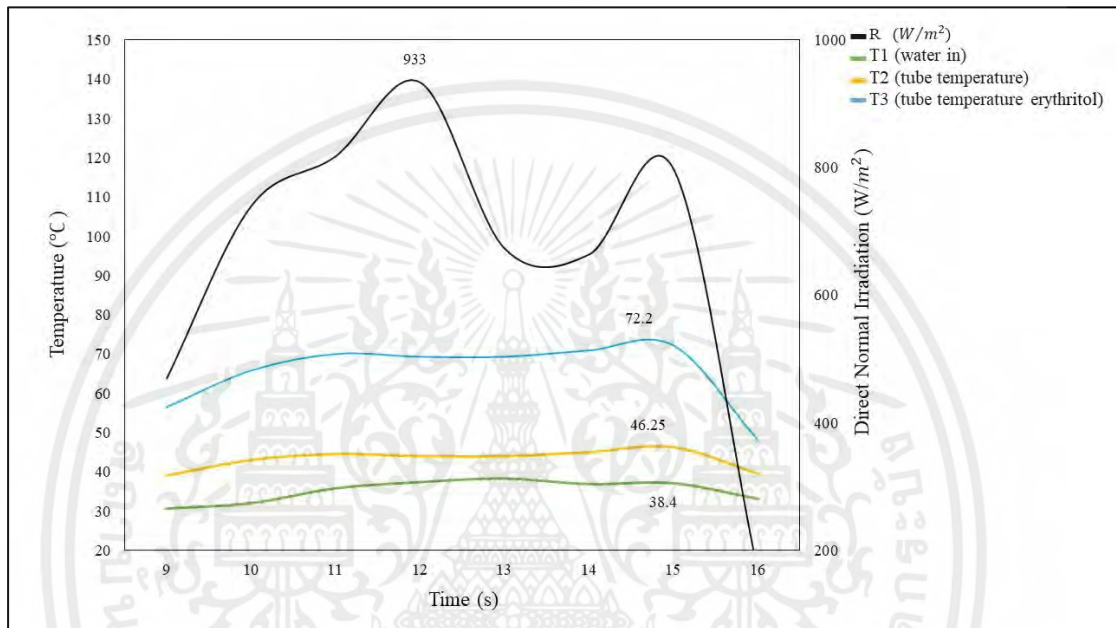


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 2 (14 กุมภาพันธ์ 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศโดยใส่อิริทริทอลในหลอดสุญญากาศ

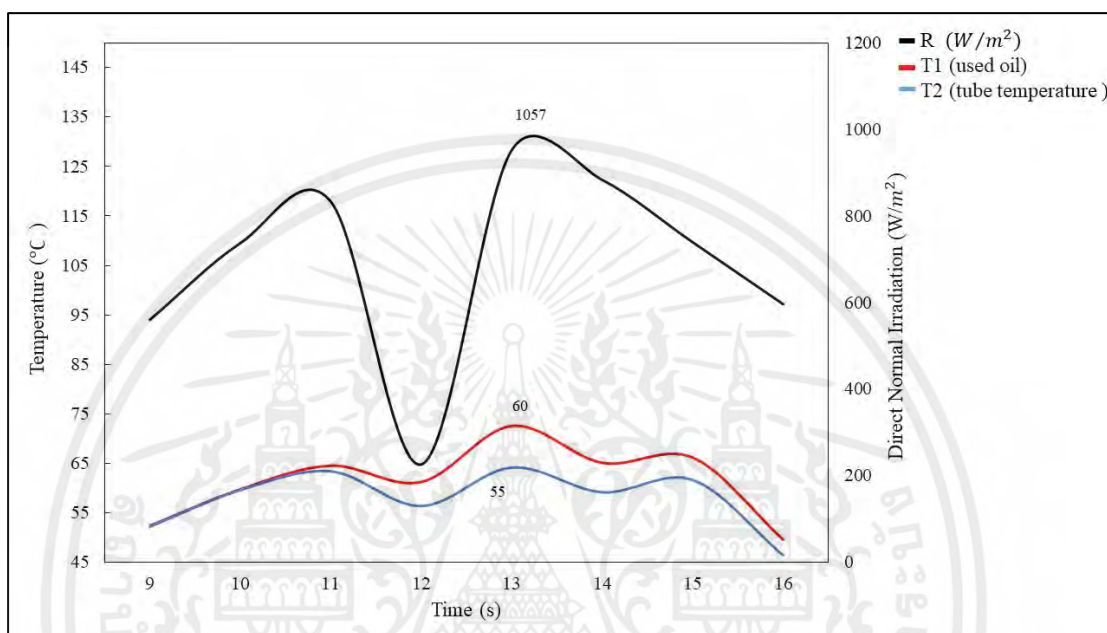
จากการทดลองวัดอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ (รูปที่ 4.9) ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD โดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที เริ่มเวลา 9.00 - 16.00 น. ค่าการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 933 W/m^2 อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศจะสูงขึ้นถึง 72.5°C อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศที่ใส่อิริทริทอลจะสูงขึ้นถึง 46.25°C และคงที่ไปจนถึงช่วงที่การแผ่รังสีลดลง อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศก็จะลดลง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการทดลองอิริทริทอลในหลอดสุญญากาศ (5 เมษายน 2566)

4.4 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ

จากการทดลองวัดอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ (รูปที่ 4.10) ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD โดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที เริ่มเวลา 9.00 - 16.00 น. ค่าการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 1057 W/m^2 อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศจะสูงขึ้นถึง 60°C และคงที่ไปจนถึงช่วงที่การแผ่รังสีลดลง อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศก็จะลดลง

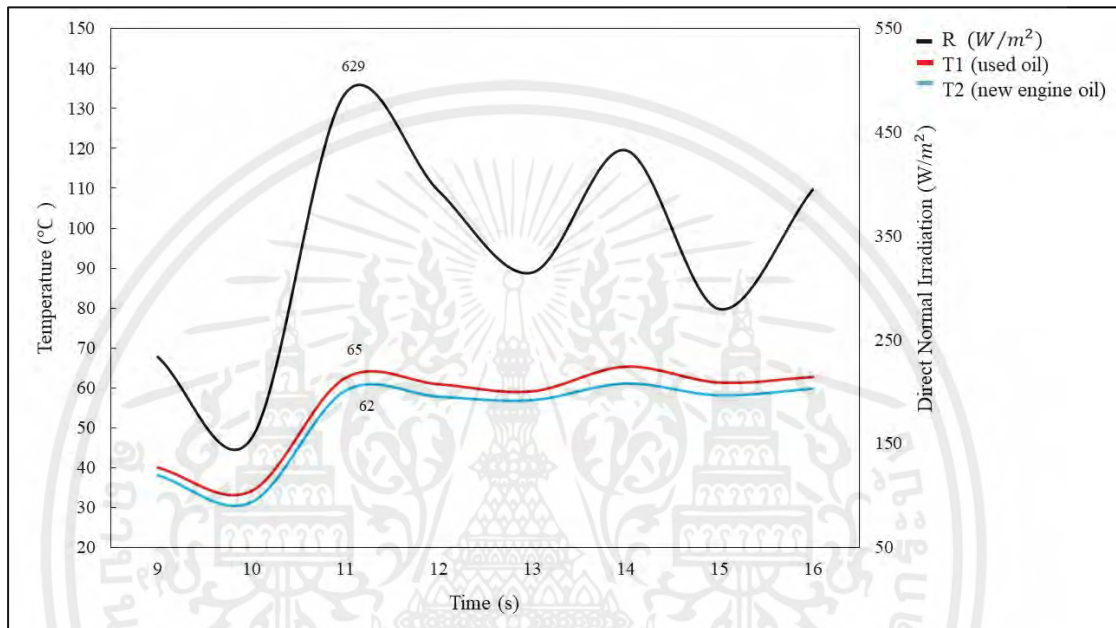


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการทดลองน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ (7 พฤษภาคม 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

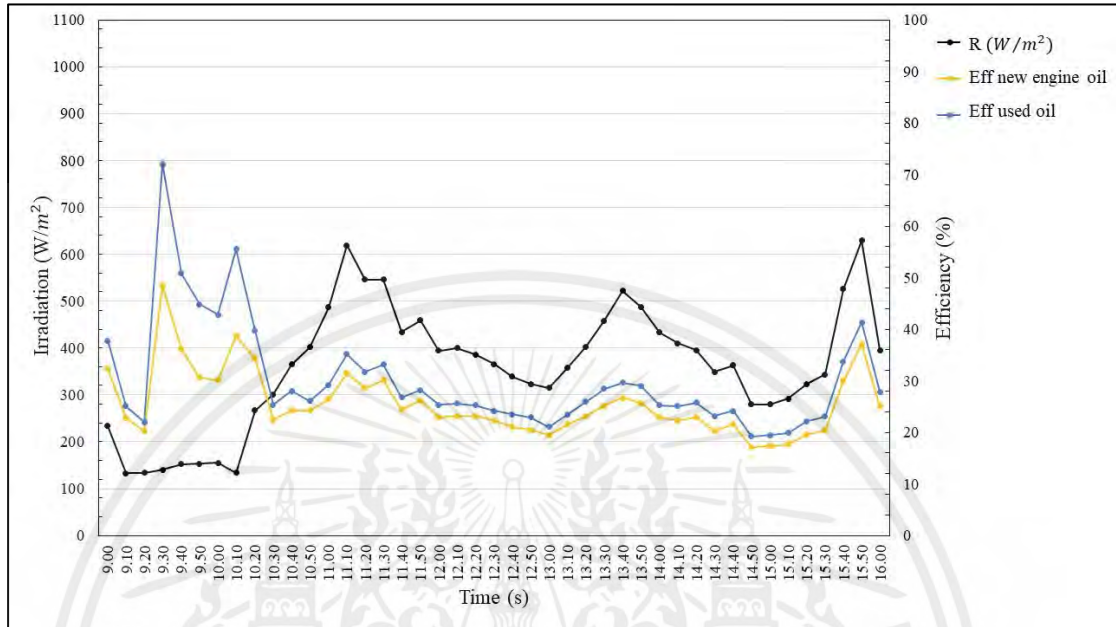
4.5 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ

จากการทดลองวัดอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ (รูปที่ 4.9) ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ TM-1947SD โดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที เริ่มเวลา 9.00 - 16.00 น. ค่าการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 629 W/m^2 อุณหภูมิน้ำมันเครื่องใหม่ในหลอดสุญญากาศจะสูงขึ้นถึง 65°C อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศน้ำมันเครื่องใช้แล้วจะสูงขึ้นถึง 62°C และคงที่ไปจนถึงช่วงที่การแผ่รังสีลดลง อุณหภูมิในหลอดสุญญากาศก็จะลดลง



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการทดลองน้ำมันเครื่องเปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ (6 มิถุนายน 2566)

4.5.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการทดลองหาอุณหภูมิเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศโดยเติมน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศ



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้ว และค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด 629 W/m²

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันเครื่องใหม่เปรียบเทียบกับน้ำมันเครื่องใช้แล้ว และค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ ที่ช่วงเวลา 09:00-16:00 น. วันที่ 6 มิถุนายน 2566 จากการทดลองพบว่า ทุก ๆ 10 นาที ค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะเพิ่มสูงขึ้นตามเวลา โดยมีค่าสูงสุดในช่วง 15.50 น. อยู่ที่ 629 W/m² จากนั้นค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จะลดลงและเพิ่มขึ้นตามการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิสูงสุดที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันเครื่องใช้แล้วในหลอดสุญญากาศทำได้คือ 41% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของน้ำมันเครื่องใหม่ในหลอดสุญญากาศคือ 37%

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการทดลอง

จากการศึกษาการใช้สารพาความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ โดยสารที่เลือกใช้ พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล น้ำมันเครื่องใหม่ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว เพื่อทำการทดสอบหาอุณหภูมิและประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด จากการทดลองพาราฟิน กรดสเตียริก และอิริทริทอลบนกระจกพบว่า อิริทริทอลสามารถทนความร้อนและยึดเกาะได้ดี การเคลือบผิวกระจกสม่ำเสมอจึงเลือกสารนี้มา จากการทดลองหาอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในหลอดสุญญากาศ ผลการศึกษาพบว่า พาราฟิน กรดสเตียริก อิริทริทอล ไม่สามารถใช้เป็นสารพาความร้อนได้เนื่องจากคุณสมบัติมีจุดหลอมเหลวต่ำ การเคลือบบนกระจกไม่สม่ำเสมอ และเป็นฉนวนกันความร้อนภายนอกเข้าหลอดสุญญากาศ ส่วนน้ำมันเครื่องใหม่สามารถใช้เป็นสารพาความร้อนได้ ที่ค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 629 W/m^2 มีอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศ 62°C ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 37% น้ำมันเครื่องใช้แล้ว ที่ค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ 629 W/m^2 มีอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศ 65°C และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 41% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกสารพาความร้อนที่เหมาะสมเป็นน้ำมันเครื่องใช้แล้ว

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. อุณหภูมิกราฟช่วงเริ่มบันทึกการทดลองสูง เนื่องจากระบบมีการสะสมความร้อนภายในถังเก็บน้ำ
2. สภาพอากาศในการทดลอง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เปิดน้ำทิ้งไว้ก่อนเริ่มการทดลอง
2. หาข้อมูลเรื่องสภาพอากาศภายในเดือนที่ทำการทดลอง เพื่อวางแผนการทดลองให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Krauter, S., Hanitsch, R. and Wenham, S.R. (1994). Simulation of Thermal and Optical Performance of PV Modules, Part III, *Renew. Energy* 5 1701–1703.
- [2] Saroisangwan S. (2012) “Solar Energy: Papers in the article on Renewable Energy Conserving energy and caring for the environment of communities in Thailand,” TRECA
- [3] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน). (ม.ป.ป.). หลักสูตร "ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน อาวุโส ภาคทฤษฎี (ความร้อน)". ค้นจาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html
- [4] บริษัท ปานนิตี จำกัด PHANNITI CO.,LTD. (ม.ป.ป.). Solar hot water heater. เข้าถึงได้จาก http://https://www.phanniti.com/Solar_hot_water_heater/58e46c720a431a00015ff8d9
- [5] Paksoy, H. and N. Sahan (2012). "Thermally enhanced paraffin for solar applications." *Energy Procedia* 30: 350-352.
- [6] Cheng, Q., et al. (2022). "Supercooling regulation and thermal property optimization of erythritol as phase change material for thermal energy storage." *Journal of Energy Storage* 52.
- [7] "<juthamaspr, +ผู้จัดการวารสาร, +98778-ต้นฉบับบทความ-672284-3-10-20190831 (6).pdf>."
- [8] Tahmasebi Sulgani, M. and A. Karimipour (2019). "Improve the thermal conductivity of 10w40-engine oil at various temperature by addition of Al₂O₃/Fe₂O₃ nanoparticles." *Journal of Molecular Liquids* 283: 660-666.
- [9] Deshmukh, K., et al. (2023). "Experimental investigation of convective heat transfer performance of TiN nanofluid charged U-pipe evacuated tube solar thermal collector." *Applied Thermal Engineering* 225.
- [10] Li, Y., et al. (2022). "Optimization and thermal performance of U-type evacuatedtube solar collector filled with phase change material." *Energy Reports* 8: 6126-6138.
- [11] Chopra, K., et al. (2023). "Thermal and chemical reliability of paraffin wax and its impact on thermal performance and economic analysis of solar water heater." *Energy for Sustainable Development* 73: 39-53.
- [12] Touaba, O., et al. (2020). "Experimental investigation of solar water heater equipped with a solar collector using waste oil as absorber and working fluid." *Solar Energy* 199: 630-644.
- [13] Wen, J., et al. (2023). "The enhanced photothermal characteristics of plasmonic ZrC/TiN composite nanofluids for direct absorption solar collectors." *Renewable Energy* 206: 676-685.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Fauzi, H., et al. (2014). "Thermo-physical stability of fatty acid eutectic mixtures subjected to accelerated aging for thermal energy storage (TES) application." Applied Thermal Engineering **66**(1-2): 328-334.
- [15] Elbrashy, A. A., et al. (2022). "Experimental study of solar air heater performance by evacuated tubes connected in series and loaded with thermal storage material." Journal of Energy Storage **54**.
- [16] Al-Askaree, E. H. and N. F. O. Al-Muhsen (2023). "Experimental investigation on thermal performance of solar water heater equipped with Serpentine fin core heat exchanger." Cleaner Engineering and Technology **12**.
- [17] Anderson, T. N., et al. (2010). "The effect of colour on the thermal performance of building integrated solar collectors." Solar Energy Materials and Solar Cells **94**(2): 350-354.
- [18] Sadeghi, G., et al. (2022). "Progress of experimental studies on compact integrated solar collector-storage retrofits adopting phase change materials." Solar Energy **237**: 62-95.
- [19] Ojike, O. and W. I. Okonkwo (2019). "Study of a passive solar air heater using palm oil and paraffin as storage media." Case Studies in Thermal Engineering **14**.
- [20] Mevada, D., et al. (2022). "Investigation and performance analysis of solar still with energy storage materials: An energy- exergy efficiency analysis." Case Studies in Thermal Engineering **29**.
- [21] Huang, M., et al. (2022). "Phase change material heat storage performance in the solar thermal storage structure employing experimental evaluation." Journal of Energy Storage **46**.
- [22] Moreno, V., et al. (2022). "Albero: An alternative natural material for solar energy storage by the calcium-looping process." Chemical Engineering Journal **440**.
- [23] Giro-Paloma, J., et al. (2014). "Physicochemical and Thermal Study of a MPCM of PMMA Shell and Paraffin Wax as a Core." Energy Procedia **48**: 347-354.
- [24] Javidan, M., et al. (2022). "Thermal energy storage inside the chamber with a brick wall using the phase change process of paraffinic materials: A numerical simulation." Theoretical and Applied Mechanics Letters **12**(3).
- [25] Agarwal, A. and R. M. Sarviya (2016). "An experimental investigation of shell and tube latent heat storage for solar dryer using paraffin wax as heat storage material." Engineering Science and Technology, an International Journal **19**(1): 619-631.
- [26] Javidan, M., et al. (2022). "Investigation of convection and radiation heat transfer of paraffinic materials and storage of thermal energy in melting process of PCMs in the cavity with transparent inner walls." Energy Reports **8**: 5522-5532.

- [27] Lu, B., et al. (2022). "Preparation, optimization and thermal characterization of paraffin/nano-Fe₃O₄ composite phase change material for solar thermal energy storage." *Journal of Energy Storage* **46**.
- [28] Nazari, N., et al. (2022). "Thermal storage achievement of paraffin wax phase change material systems with regard to novolac aerogel/carbon monofilament/zinc borate form stabilization." *Journal of Energy Storage* **50**.
- [29] Ma, M., et al. (2022). "Optical properties of four types paraffin." *Optik* **249**.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาประสิทธิภาพของสารพาความร้อนเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

โดยใช้ใช้แอปพลิเคชัน (TABUCHI-cloud) วัดค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เพื่อคำนวณพลังงานความร้อนขาเข้า พลังงานดูดซับ และประสิทธิภาพเชิงความร้อน จากการทดลองการใช้สารพาความร้อนร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศ

การคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงาน สามารถใช้สมการได้ดังต่อไปนี้

พลังงานความร้อนขาเข้า (Q_{in}) (kJ) [12]

$$Q_{in} = \text{DNI} \times A \quad (2.1)$$

เมื่อ

DNI คือ รังสีตรง (Direct Normal Irradiation) (W/m^2)

A คือ พื้นที่ของหลอดสุญญากาศ (m^2)

พลังงานความดูดซับ (Q_{absorb}) (kJ) [12]

$$Q_{\text{absorb}} = \rho V C_p (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \quad (2.2)$$

เมื่อ

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ ($1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

V คือ ปริมาตรของหลอดสุญญากาศ (m^3)

C_p คือ ค่าความจุจำเพาะของน้ำที่ความดันคงที่ ($4186 \text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{°C}$)

T_{out} คือ อุณหภูมิทางเข้าของน้ำ (°C)

T_{in} คือ อุณหภูมิทางออกของน้ำ (°C)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) [12]

$$\eta_{\text{th}} = \frac{Q_{\text{absorb}}}{Q_{\text{in}}}$$

ตัวอย่างการคำนวณผลการทดลองวันที่ 6 มิถุนายน 2566
การหาพลังงานความร้อนขาเข้า (Q_{in}) (kJ) โดยใช้สมการ (2.1)

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 234 \times 0.27 \\ &= 63.18 \text{ kJ} \end{aligned}$$

การหาพลังงานความดูดซับ (Q_{absorb}) (kJ) โดยใช้สมการ (2.2)

$$\begin{aligned} Q_{absorb} &= 1000 \times 0.0034 \times 4168 (40 - 28) \\ &= 170 \text{ kJ} \end{aligned}$$

การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) โดยใช้สมการ (2.3)

$$\begin{aligned} \eta_{th} &= \frac{63.18}{170} \\ &= 37\% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

ตารางสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 1 (10 กุมภาพันธ์ 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Water in (°C)	Water out (°C)	Tube Temperature (°C)	Ambient Temperature (°C)
9.00	187	29.2	37.2	51.1	32.4
9.10	187	30	38.5	51.3	33.7
9.20	268	29.9	37.3	61.5	35.2
9.30	757	30.7	38.4	68	39.5
9.40	655	30.5	38.4	67.8	41.2
9.50	655	30.9	38.9	57.6	40.5
10.00	310	30.3	37.8	57.2	37.9
10.10	681	30.1	37.3	67.7	40.1
10.20	814	30.4	37.8	70.1	41.5
10.30	756	30.6	37.9	70.1	44.2
10.40	757	30.7	38.1	70.6	47.3
10.50	807	30.5	37.9	71.7	45.2
11.00	881	31	38.6	70	48.3
11.10	545	31.1	38.6	66.5	46.5
11.20	545	30.8	38.2	69.3	46.5
11.30	879	30.8	38.4	68.8	47.9
11.40	584	30.5	38.3	71.6	47.7
11.50	1021	30.7	38.4	69.9	49.5
12.00	940	31.1	38.7	71.9	50.6
12.10	1031	31.8	40.1	60.3	46.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) แสดงผลการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 1 (10 กุมภาพันธ์ 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Water in (°C)	Water out (°C)	Tube Temperature (°C)	Ambient Temperature (°C)
12.20	362	31.6	39.5	56.6	42.4
12.30	325	31.2	37.7	70.2	51.3
12.40	1041	33	41.7	75.7	53.3
12.50	939	31.9	38.7	72.2	52.6
13.00	927	31.5	38.3	71.3	52.3
13.10	750	31.3	38.5	67.8	48.2
13.20	939	30.8	38	71.1	50.6
13.30	904	30.6	38	71.8	51.5
13.40	887	31.1	38.6	72.3	52.9
13.50	891	30.8	38.4	72.4	50.4
14.00	994	31.5	38.8	71.8	53
14.10	898	31.8	39.1	72.5	52.9
14.20	779	31.9	39.2	71.1	52.3
14.30	831	31.9	39.3	71.8	52.5
14.40	801	33.8	41.5	71.6	54
14.50	726	33.1	40.5	72.3	49.9
15.00	726	33	40.4	71.8	50.5
15.10	526	32.7	39.8	70	49.7
15.20	571	32.4	40.1	69.8	40
15.30	775	32.5	39.9	62.3	39.6
15.40	351	32.7	39.7	60.5	35.4
15.50	364	32.6	38.9	57.4	33.3
16.00	326	32.5	39.5	55	32.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศครั้งที่ 2 (14 กุมภาพันธ์ 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Water in (°C)	Water out (°C)	Tube Temperature (°C)	Ambient Temperature (°C)
9.00	486	33	40.1	58.4	33.1
9.10	522	32.8	39.7	58.2	33.6
9.20	575	33	39.9	58.3	32.3
9.30	575	32.9	39.8	58.3	34
9.40	600	33.1	39.8	58.3	33.3
9.50	624	32.9	39.5	58.2	32.8
10.00	672	32.7	39	58	32.2
10.10	672	33.5	39.9	58.4	32.5
10.20	697	33.8	39.9	58.4	33.4
10.30	725	33	39.1	58.6	33
10.40	750	32.7	38.8	58.6	31.6
10.50	759	32	38.2	58.6	32
11.00	783	32.2	38.5	59.4	32.2
11.10	812	32.3	38.6	59.7	33.6
11.20	824	32.8	39	60	32.6
11.30	836	33	39.1	60.1	32.3
11.40	783	33.1	39.1	60.2	33.2
11.50	860	33.2	39.2	60.3	34.5
12.00	850	33.5	39.6	60.5	33
12.10	835	33.5	39.5	60.5	34.8
12.20	871	33.4	39.4	60.5	34.5
12.30	905	33.8	39.9	60.6	33.1
12.40	897	33.7	39.7	60.4	33.2
12.50	894	33.5	39.4	60.1	33.4
13.00	896	33.5	39.3	59.9	34
13.10	889	33.2	38.9	59.7	34.7
13.20	878	34.1	39.9	59.9	33.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) แสดงการทดลองอุณหภูมิในหลอดสุญญากาศ (14 กุมภาพันธ์ 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Water in (°C)	Water out (°C)	Tube Temperature (°C)	Ambient Temperature (°C)
13.30	866	33.7	39.5	59.6	32.9
13.40	861	33.6	39.1	59.2	33.5
13.50	842	34.1	39.8	59	33.8
14.00	829	34.2	39.8	58.8	33.6
14.10	797	34.2	39.8	58.6	32.9
14.20	797	33.9	39.5	58.4	33.7
14.30	784	33.9	39.5	58	32.9
14.40	770	34.2	39.7	57.8	32.4
14.50	757	34.2	39.7	57.6	33
15.00	706	34.4	40	57.6	32.7
15.10	706	34.2	39.8	57.4	34
15.20	683	33.9	39.7	57.2	32.4
15.30	667	34.1	40.1	57.2	33.7
15.40	636	33.3	39.9	57	32.8
15.50	623	33.4	39.5	56.6	33.8
16.00	604	32.7	39.4	56.5	33.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าการทดลองอิริทริทอลในหลอดสุญญากาศ (5 เมษายน 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Ambient Temperature (°C)	Tube Temperature Erythritol (°C)	Tube Temperature (°C)	Tube Temperature (°C)
9.00	469	30.7	39	56.5	55.8
9.10	427	30.7	40.5	57.3	56.2
9.20	493	31.4	40.5	58.6	57.4
9.30	525	31.4	41.75	59.8	58.7
9.40	614	31.6	42.25	62.3	61.3
9.50	656	32.6	42.75	64	63
10.00	739	32.1	43	65.8	64.4
10.10	767	33.2	42.75	65.9	64.4
10.20	768	33	43.5	65.6	64.8
10.30	740	33.4	44.5	64.9	64.2
10.40	715	33.3	46	66.3	65.6
10.50	831	34.5	45.25	67.2	66.5
11.00	817	35.9	44.5	70	69.4
11.10	952	36.3	44	71.5	70.7
11.20	986	37.4	44	72.2	70.9
11.30	972	37.1	44.25	71.1	69.8
11.40	871	36.8	42.75	66.8	64.7
11.50	933	37.9	42.5	67.9	67.3
12.00	933	37.5	44	69.3	68.5
12.10	926	37.9	44.25	67.6	67
12.20	937	38.5	43.75	69.6	69.4
12.30	991	38.4	43.25	68.5	67.8
12.40	735	37.4	43.75	67.3	65.5
12.50	281	37.2	43	67.3	67.1
13.00	673	38.4	44	69.3	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าการทดลองอิริทริทอลในหลอดสุญญากาศ (5 เมษายน 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Ambient Temperature (°C)	Tube Temperature Erythritol (°C)	Tube Temperature (°C)	Tube Temperature (°C)
13.10	940	39.9	45.25	71.3	71.7
13.20	844	40.6	45.55	72.9	73.5
13.30	944	37.1	43.75	68.1	66.6
13.40	913	38.7	42.75	72.1	71.9
13.50	864	37.8	44.5	72.9	73.6
14.00	663	37	45	70.9	71.2
14.10	893	37.3	46.75	73.2	74
14.20	845	36.8	45.25	73.5	73.9
14.30	820	35.6	43.5	72.2	72.5
14.40	815	36.5	43.25	72.7	73.5
14.50	824	36.4	44.25	73.2	73.8
15.00	798	37.2	46.25	72.2	72.7
15.10	781	36.5	43	67	66
15.20	375	35.1	43.5	61.4	60.4
15.30	167	33.9	40.4	52.5	53.1
15.40	438	33.2	38.75	49	49.3
15.50	115	33.5	39.25	49	51.7
16.00	168	33.2	39.5	48.2	51.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแบบใส่น้ำมันเครื่องใช้แล้ว (7 พฤษภาคม 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Tube Used Oil (°C)	Tube Temp (°C)	Tube Used Oil (°C)	Tube Temp (°C)	Tube Used Oil (°C)	Tube Temp (°C)	Ambient Temp (°C)
9.00	561	52.25	51.75	52.25	51.75	52.6	53.2	32.3
9.10	584	53.75	51.75	53.75	51.75	63.6	64.1	31.9
9.20	606	54.25	52.5	53.75	51.75	64.2	65.2	33.4
9.30	640	54.75	53	54.75	53	65	66.4	33.6
9.40	660	55.5	53.75	55.5	53.75	65.5	67.1	33.4
9.50	688	55.25	54.5	55.25	54.5	66.2	68.1	33.7
10.00	738	56.25	55	56.25	55	66.7	68.8	33.9
10.10	738	57.5	56	57.5	56	67.6	70.2	35
10.20	753	57.5	56.5	57.5	56.5	68	70.9	35.3
10.30	740	54.75	54.5	54.75	54.5	66.3	67.1	35
10.40	740	57.5	56.25	57.5	56.25	67.6	71.7	35.8
10.50	830	60.5	57.5	60.5	57.5	69.6	74	35.7
11.00	834	62	57.75	62	57.75	69.5	74.6	37.3
11.10	890	60.75	57.75	60.75	57.75	70.8	76.3	36.5
11.20	740	58.5	55	58.5	55	67.3	70.3	37.8
11.30	923	57.5	55.25	57.5	55.25	67.6	72.1	38.2
11.40	895	55	52.5	55	52.5	72.5	58.7	37.9
11.50	1057	55.5	54.5	55.5	54.5	71.4	61.4	36.9
12.00	227	54.25	53.75	54.25	53.75	75.1	61.7	37.4
12.10	443	56.25	56.25	56.25	56.25	78.9	64.1	38.6
12.20	1042	60	59.5	60	59.5	82.9	68.9	41.9
12.30	1002	63.25	60.75	63.25	60.75	84.2	70.7	44
12.40	1022	63	60.75	63	60.75	85	71.7	43.2
12.50	851	65	60	65	60	84.1	71.4	42.3
13.00	953	66.75	60.5	66.75	60.5	84.1	71.4	42.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) แสดงค่าผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแบบใส่น้ำมันเครื่องใช้แล้ว
(7 พฤษภาคม 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Tube Used Oil (°C)	Tube Temp (°C)	Tube Used Oil (°C)	Tube Temp (°C)	Tube Used Oil (°C)	Tube Temp (°C)	Ambient Temp (°C)
13.10	946	64	60.7	64	60.7	84.2	71.7	47.8
13.20	986	66	60.7	66	60.7	85.5	73.1	39.6
13.30	983	61.5	57.7	61.5	57.7	81.8	68.6	45.8
13.40	908	65	60.5	65	60.5	83	71.5	42.4
13.50	904	65	60	65	60	83.7	72.8	41.6
14.00	884	58	55.5	58	55.5	79.2	66.5	38.7
14.10	584	61	57.7	61	57.7	79.4	69.4	46.5
14.20	827	62	59	62	59	81.5	70.6	42.7
14.30	799	63	63.2	63.2	63.2	80.8	71.3	44.7
14.40	787	62	58.5	62.2	58.5	80.6	70.7	44.4
14.50	760	62	58	62	58.5	79.8	70.8	42
15.00	740	60	57	60	57.5	78.4	69.9	42.3
15.10	713	59	56	59.5	56.7	77.8	69.4	41.7
15.20	690	58	56	58.5	56	77.1	68.9	43
15.30	676	54	56	54	56.2	67.8	66.6	38.7
15.40	654	49	50.	49	50.2	63.5	54.8	38.3
15.50	622	47	48	47	48	60.2	50.6	37.8
16.00	597	46	45.7	46	45.7	56.6	48	37.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแบบใส่น้ำมันเครื่องใช้แล้วและการทดลองใส่น้ำมันเครื่องใหม่ยังไม่ได้ใช้ (6 มิถุนายน 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Tube Used Oil 1 (°C)	Tube New Engine Oil 2 (°C)	Tube Used Oil 3 (°C)	Tube New Engine Oil 4 (°C)	Tube Used Oil 5 (°C)	Tube New Engine Oil 6 (°C)	Ambient Temp (°C)	Water in (°C)	Water out (°C)
9.00	234	40	38	40	38	40	38	31	26.2	28
9.10	133	26.1	26.2	26.1	26.2	26.1	26.2	30	25.9	27
9.20	134	26.5	25	26.5	25	26.5	25	30.7	25.4	27
9.30	140	30	28.2	30	28.2	30	28.2	31	24.5	27
9.40	152	32.2	29.9	32.2	29.9	32.2	29.9	31.8	24.2	27
9.50	153	33.4	30.4	33.4	30.4	33.4	30.4	32	23.9	26
10.00	155	34.1	31.2	34.1	31.2	34.1	31.2	27	24.3	27
10.10	134	26.5	25	26.5	25	26.5	25	30.7	25.4	27
10.20	267	47.4	46.7	47.4	46.7	47.4	46.7	27.5	25.2	27
10.30	301	51.9	53.9	51.9	53.9	51.9	53.9	28	26.4	28
10.40	365	54.9	51.6	54.9	51.6	54.9	51.6	34.9	26.2	28
10.50	402	58.2	55.9	58.2	55.9	58.2	55.9	36	26.6	28
11.00	487	62.4	59.1	62.4	59.1	62.4	59.1	36.7	27.3	29
11.10	619	64.8	60.8	64.8	60.8	64.8	60.8	39	27.3	29
11.20	546	64.4	60.9	64.4	60.9	64.4	60.9	39.8	28.1	30
11.30	546	62.8	59.7	62.8	59.7	62.8	59.7	39.8	28.3	30
11.40	434	62.5	59.6	62.5	59.6	62.5	59.6	39	28.7	30
11.50	459	61.2	58.8	61.2	58.8	61.2	58.8	38.3	27.8	29
12.00	394	60.9	57.7	60.9	57.7	60.9	57.7	38.1	28.1	30
12.10	400	60.6	57.5	60.6	57.5	60.6	57.5	37.8	27.7	29
12.20	386	60	57.3	60	57.3	60	57.3	37.6	28.2	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) แสดงค่าผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแบบใส่น้ำมันเครื่องใช้แล้วและการทดลองใส่น้ำมันเครื่องใหม่ยังไม่ได้ใช้ (6 มิถุนายน 2566)

Time (s)	DNI (W/m ²)	Tube Used Oil 1 (°C)	Tube New Engine Oil 2 (°C)	Tube Used Oil 3 (°C)	Tube New Engine Oil 4 (°C)	Tube Used Oil 5 (°C)	Tube New Engine Oil 6 (°C)	Ambient Temp (°C)	Water in (°C)	Water out (°C)
12.30	366	59.4	56	59.4	56	59.4	56	37.9	28.2	30
12.40	339	58.9	55.7	58.9	55.7	58.9	55.7	37.4	28.4	30
12.50	323	58.4	55.3	58.4	55.3	58.4	55.3	37.7	28.3	30
13.00	315	59.1	56.8	59.1	56.8	59.1	56.8	37.8	28.7	31
13.10	358	60.3	57.7	60.3	57.7	60.3	57.7	37.5	28.6	30
13.20	403	61.8	58.2	61.8	58.2	61.8	58.2	38.4	29.3	31
13.30	458	64	51.8	64	51.8	64	51.8	38.9	28.4	30
13.40	522	65.6	61.4	65.6	61.4	65.6	61.4	39.7	29	31
13.50	488	65.2	61	65.2	61	65.2	61	40.1	29.3	31
14.00	433	65.3	61	65.3	61	65.3	61	39.8	29.6	31
14.10	410	64.6	60.7	64.6	60.7	64.6	60.7	38	30.5	32
14.20	395	63.4	59.7	63.4	59.7	63.4	59.7	39.8	30.9	32
14.30	349	63.6	59.6	63.6	59.6	63.6	59.6	39.5	30.6	32
14.40	363	62.7	59.2	62.7	59.2	62.7	59.2	38.9	30.7	32
14.50	280	61.8	58.5	61.8	58.5	61.8	58.5	38.2	30.6	32
15.00	280	61.3	58	61.3	58	61.3	58	38.2	30.9	32
15.10	292	62.3	58.9	62.3	58.9	62.3	58.9	38.2	33.5	35
15.20	323	64.8	61.3	64.8	61.3	64.8	61.3	38.8	33.5	35
15.30	344	65.7	61.9	65.7	61.9	65.7	61.9	39.8	34.3	35
15.40	526	67.7	64	67.7	64	67.7	64	40.7	33.5	37
15.50	629	65.8	62.5	65.8	62.5	65.8	62.5	43.4	32.7	35
16.00	395	62.7	59.7	62.7	59.7	62.7	59.7	40.8	28.2	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ตารางสรุปผลการทดลองการเลือกสารพาความร้อน

สารพาความร้อน	Direct Normal Irradiation (W/m ²)	อุณหภูมิหลอด สูญญากาศ (°C)	ประสิทธิภาพเชิง ความร้อน (%)
ไม่เติม	905	47	36
อิริทริทอล	991	38	13
น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	629	65	41
น้ำมันเครื่องใหม่	629	62	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวกนกรัตน์ นาวาทอง
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
 ที่อยู่ 5 หมู่ 4 ตำบลคลองฉนาก อำเภอเมือง
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี
 E-mail 62201123@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนเทศบาล 4 วัดโพธารวาส
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานจากบริษัท ไต่กินอินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด แผนก R&D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวพัชรินทร์ ภิรมย์นง
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
 ที่อยู่ 29/1 หมู่ 1 ตำบลบางสวรรค์ อำเภอพระแสง
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี
 E-mail 62201143@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนเทศบาล 4 วัดโพธารวาส
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติxonอม บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) แผนกบำรุงรักษาเครื่องกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้