

การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

A study of the efficiency of a solar water heater

สวัสดี ภูมิสวัสดิ์^{1*} วิจิตรา ภูมิสวัสดิ์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Sawat Poomsawat^{1*} Wijitra Poomsawat²

^{1,2}Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen
Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author Email: fengswp@ku.ac.th

(Received: October 19, 2018; Accepted: January 20, 2019)

บทคัดย่อ

ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์รวมรายวันในประเทศไทยเฉลี่ยต่อปีมีค่า $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ พลังงานจากแสงอาทิตย์จำนวนนี้ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ควรนำไปใช้ประโยชน์เพื่อลดการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น เช่น พลังงานจากฟอสซิล เป็นต้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเอง โดยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ใช้แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ มีส่วนประกอบหลักสองส่วนคือ แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อน เครื่องทำความร้อนใช้หลักการเทอร์โมไซฟอน (thermosiphon) ในการไหลเวียนของน้ำระหว่างแผงรับรังสีแสงอาทิตย์กับถังเก็บน้ำร้อน แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาด 1×1 ตารางเมตร ทำมุมเอียง 30 องศา และส่วนของถังเก็บน้ำร้อนมีขนาด 50 ลิตร แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $5/8$ นิ้ว จำนวน 9 ท่อ และแผ่นอลูมิเนียมทาสีดำ เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ใช้วัดอุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ และไพรานอมิเตอร์ใช้วัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ การเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงเวลา $9.00 - 16.00$ น. เป็นเวลา 5 วัน ในเดือนเมษายน ผลการทดสอบพบว่า ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ 690 W/m^2 โดยมีค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด 993 W/m^2 ในวันที่ 5 ที่เวลา $11:45$ น. อุณหภูมิน้ำในถังเฉลี่ยทั้งวันมีค่าสูงสุดเท่ากับ $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ที่เวลาประมาณ $13:00$ น. โดยค่าเฉลี่ย 5 วันของค่าประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละวันมีค่า 55.8% และค่าเฉลี่ย 5 วันของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพทั้งวันมีค่า 24.6%

คำสำคัญ: เครื่องทำน้ำร้อน, พลังงานแสงอาทิตย์, ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ, เทอร์โมไซฟอน

ABSTRACT

The average intensity of solar radiation in Thailand is $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$. This amount of energy should be utilized to reduce the energy consumption from the other sources such as the fossil energy. The main objective of this research is to study the efficiency of a DIY solar water heater. The solar water heater has two main components: a flat plate collector and a storage tank. Thermosiphon principle is used for water circulation between the collector and the storage tank. The collector has $1 \times 1 \text{ m}^2$ area and consist of 9 copper tubes with a diameter of $5/8 \text{ in.}$ and a black aluminum plate. The storage tank has 50 liter volume. The thermocouples type K were used to measure the inlet and outlet temperature of water from the collector, and the water in the storage tank. Pyranometer was used to measure the intensity of solar radiation. The machine had been tested between 9:00-16:00 for 5 days in April. The results showed that the mean intensity of solar radiation was about 690 W/m^2 and its maximum was 993 W/m^2 at 11:45 on the fifth day. The maximum water temperature in the storage tank was $50 \text{ }^\circ\text{C}$ at 13:00. The five days average of the maximum efficiency of each day was 55.8% and the five days average of the all day average efficiency was 24.6%

Keyword: Water heater, solar energy, flat plate solar collector, thermosiphon.

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น โดยเฉพาะพลังงานจากฟอสซิลซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป นอกจากนี้พลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานสะอาดที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย [1] ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตร ทำให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยพบว่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อปี ทั้งประเทศมีค่า $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ [2]. แม้ว่าปัจจุบันมีการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น แต่ปริมาณการใช้ยังถือว่าน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานจากแหล่งอื่น การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงานแบ่งออกหลักๆเป็นสองประเภทคือ การนำไปประยุกต์ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำความร้อนโดยตรงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า ปัจจุบันในครัวเรือนนิยมติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนหรือเครื่อง

ทำน้ำอุ่นเพื่อใช้สำหรับชำระล้าง เช่น อาบน้ำ ล้างภาชนะ ชักผ้า เป็นต้น โดยทั่วไปในเขตชุมชนในเทศบาลนคร มีอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 250 ลิตรต่อคนต่อวัน [3] ซึ่งความต้องการในการใช้ประโยชน์จากน้ำร้อน มีอัตราการใช้น้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 50 ลิตรต่อคนต่อวัน [4] ดังนั้นหากสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ก็จะเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานในครัวเรือนลงได้

การศึกษาประสิทธิภาพของแผงรับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เช่น รุ่งทวี และสุรชัย [5] ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนก่อนนำไปใช้งาน เพื่อสามารถนำไปพัฒนาให้ระบบทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำ และความเข้มของแสง ต่อประสิทธิภาพของระบบทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยระบบประกอบด้วยแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นโค้งรูปพาราโบลิก มีพื้นที่รับแสง 2.24 m^2 และใช้กระจกเงาในการสะท้อน

แสง ท่อรวมแสงเป็นท่อสุญญากาศมีพื้นที่ 0.27 m^2 โดยควบคุมความเข้มข้นของแสง อัตราการไหลของน้ำ และอุณหภูมิห้องทดลอง ผลการศึกษาพบว่าอัตราการไหลของน้ำและความเข้มข้นของแสงมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ และประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อน โดยอัตราการไหลของน้ำและความเข้มข้นแสงเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิของน้ำที่ได้จากระบบและประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยประสิทธิภาพของระบบอยู่ในช่วง 53-72% อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดอยู่ในช่วง $50-78 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่อัตราการไหลของน้ำอยู่ในช่วง $0.0083-0.02 \text{ kg/s}$ และที่ความเข้มข้นแสงอยู่ในช่วง $607-1290 \text{ W/m}^2$ ตามลำดับ จักรพันธ์ และชังเซ็ง [6] ได้ทำการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ โดยใช้ถังเก็บน้ำขนาด 50 ลิตร พื้นที่รับแสง $1.2 \times 1.4 \text{ m}^2$ พบว่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 8.7-81.7%

นอกจากนี้การศึกษาประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ก็ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเนื่องจากประสิทธิภาพของระบบเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำระบบการทำน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้จริง เช่น นาถพงศ์และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อน โดยการจำลองด้วยโปรแกรม EnergyPlus โดยอ้างอิงข้อมูลสถานะของจังหวัดสงขลาและกรุงเทพมหานคร พบว่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์มีค่า 19-61% และ 29-56% ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพของแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดที่เวลา 12.00-13.00 น. รวมถึงงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ กับไฟฟ้า เช่น การใช้ปั๊มความร้อนกับใช้แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ เช่น ศศิษา เรียมสุวรรณ [8] ศึกษาการเปรียบเทียบระบบทำน้ำร้อนแบบใช้ปั๊มความร้อนกับใช้แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบสำหรับอาคารพักอาศัย โดยระบบทำน้ำ

ร้อนประกอบด้วยแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์กับถังเก็บน้ำร้อนขนาด 150 ลิตร ในการทดสอบจะใช้ปั๊มความร้อนขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.78 kW และ 1.25 kW ส่วนแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาดพื้นที่รับแสง 2 m^2 จากการวิเคราะห์พบว่าปั๊มความร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบมีค่าอยู่ในช่วง 4.2-5.5 โดยมีประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 43.8-52.6 %

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังเป็นที่น่าสนใจและมีการวิจัยเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากการลงทุนสร้างระบบเพียงครั้งเดียว แต่พลังงานความร้อนจะได้ไปล่าจากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งต่างจากเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งจะต้องเสียค่าไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งาน [9] นอกจากนั้นการใช้ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติและไม่ต้องก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการค้นคว้าและวิจัยเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จึงมีความจำเป็นเพื่อเพิ่มศักยภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความสามารถเท่าเทียมเพื่อใช้ในการทดแทนกับระบบผลิตน้ำร้อนจากฮีทเตอร์ไฟฟ้าได้ต่อไปในอนาคต

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

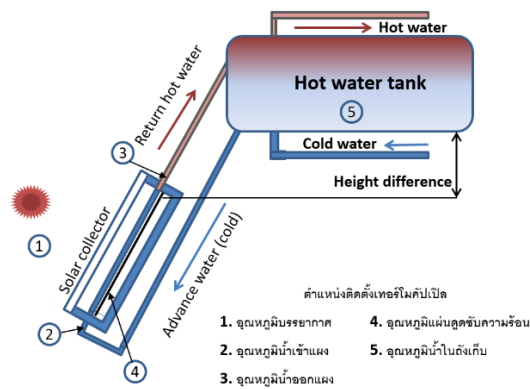
2.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นชนิดแผ่นรับแสงแผ่นเรียบ (flat plate collector) ใช้หลักการหมุนเวียนของน้ำโดยธรรมชาติ แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ทำมุมเอียง 30 องศากับแนวระดับ

2.1.1 หลักการทำงานของเครื่อง

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์คือ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนที่แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับเนื่องจากกระจกที่ปิด แต่ส่วนใหญ่สามารถผ่านกระจกใสที่ปิดเข้ามากระทบบนแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (solar collector) ทำให้แผ่นรับ

รังสีแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้น และส่งผ่านความร้อนไปสู่ท่อทองแดง ท่อทองแดงนอกจากได้รับความร้อนจากแผ่นดูดรังสีแล้วยังได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยตรงด้วย จากนั้นท่อทองแดงที่มีอุณหภูมิสูงจะถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำในท่อด้วยการพาความร้อน โดยธรรมชาติ (natural convection) ในการหมุนเวียนน้ำไปยังถังเก็บน้ำ โดยไม่ต้องใช้ปั๊ม ด้วยหลักการของเทอร์โมไซฟอน (thermosiphon) [10] ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ เมื่อน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ลอยตัวสูงขึ้นสู่ถังเก็บซึ่งอยู่ที่ระดับสูงกว่า น้ำในถังเก็บที่อุณหภูมิต่ำไหลลงมาสู่แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อพาความร้อนกลับไปเก็บที่ถัง ดังแสดงในรูปที่ 1

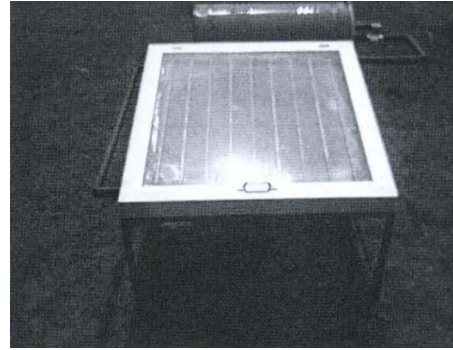


รูปที่ 1 แผนผังแสดงหลักการการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

2.1.2 ส่วนประกอบของเครื่อง

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (flat plate solar collector) ส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่ แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด $1 \times 1 \text{ m}^2$ และถังเก็บน้ำร้อนขนาด 50 ลิตร แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์มีพื้นที่รับแสงขนาด 1 ตารางเมตรประกอบด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $5/8$ นิ้ว จำนวน 9 ท่อ และแผ่นอลูมิเนียมทาสีดำ ถังเก็บน้ำหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน โดยมีงบประมาณในการ

สร้างทั้งหมด 6,500 บาท รูปเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเองแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นชนิดแผ่นรับแสงแผ่นเรียบ

2.2 อุปกรณ์

การทดลองมีการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด K โดยติดตั้งที่ตำแหน่งทางเข้า-ทางออกจากแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ และใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำในถังและอุณหภูมิแผ่นดูดซับรังสีความร้อน ดังแสดงในแผนผังรูปที่ 1 และติดตั้งไพรานอมิเตอร์ที่แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

2.3 วิธีการทดลอง

เครื่องทำน้ำร้อนติดตั้งที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยหันด้านหน้าเอียง 30 องศาไปทางทิศใต้

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนในเดือนเมษายน เก็บข้อมูลเป็นเวลา 5 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.00 น. โดยเก็บข้อมูลทุก 15 นาที ในการทดลองนี้ไม่มีการใช้น้ำจากถังเก็บน้ำ น้ำอยู่ในระบบจึงเป็นการไหลวนภายในไม่มีการเพิ่มเติมน้ำใหม่เข้าในระบบ

2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผงรับรังสี พลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์หา
ได้จากสมการ

$$\eta = \frac{q_U}{A_c I} \quad (1)$$

เมื่อ q_U คือค่าความร้อนที่น้ำได้รับจากแผงรับรังสี
แสงอาทิตย์ (J)

A_c คือพื้นที่แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์
(m^2)

I คือ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m^2)

ค่าความร้อนที่น้ำได้รับจากแผงรับรังสีพลังงาน
แสงอาทิตย์ q_U หาได้จากสมการ

$$q_U = \dot{m} c_p (T_o - T_i) \quad (2)$$

เมื่อ \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในแผงรับ
รังสีพลังงานแสงอาทิตย์ (kg/s)

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat)
ของน้ำ ($J/kg \text{ } ^\circ C$)

T_i คือ อุณหภูมิน้ำไหลเข้าแผงรับรังสีพลังงาน
แสงอาทิตย์ ($^\circ C$)

T_o คือ อุณหภูมิน้ำไหลออกแผงรับรังสีพลังงาน
แสงอาทิตย์ ($^\circ C$)

อัตราการไหลเชิงมวล (\dot{m}) จากเทอร์มิสโตน
ประมาณได้จากสมการ Zerrouki et al. (2002) [11]

$$\dot{m} = \rho g \beta \left(\frac{L_c \sin \theta}{2} + H \right) \left(\frac{\pi N d_c^4}{128 \mu L (1 + \phi)} \right) (T_o - T_i) \quad (3)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ

β คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวจากอุณหภูมิ
(thermal expansion) ของน้ำ

L_c คือ ความยาวท่อในแผงรับรังสีพลังงาน
แสงอาทิตย์

θ คือ มุมเอียงของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

H คือ ความต่างระดับระหว่างน้ำไหลเข้าและ
ออกถังเก็บ

N คือ จำนวนท่อวางขนาน (riser)

d_c คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อในแผงรับ
รังสีแสงอาทิตย์หรือคอลเลคเตอร์
(collector)

ν คือ ความหนืดจลน์ (kinematic viscosity)
ของน้ำ

ϕ คือ อัตราส่วนการสูญเสียความดันในแผงรับ
รังสีพลังงานแสงอาทิตย์เทียบกับท่อที่ต่อกับ
กับแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์

ดังสมการ

$$\phi = \frac{\Delta P_{ct}}{\Delta P_c} \quad (4)$$

เมื่อ ΔP_{ct} คือ การสูญเสียความดันในแผงรับรังสี
แสงอาทิตย์ (Pa)

ΔP_c คือ การสูญเสียความดันท่อต่อกับแผงรับ
รังสีแสงอาทิตย์ (Pa)

เมื่อการไหลในท่อเป็นการไหลแบบลามินาร์ (laminar) ค่า
ของ ϕ กำหนดโดยสมการ

$$\phi = N \frac{L_c}{L_{ct}} \left(\frac{d_c}{d_{ct}} \right)^4 \quad (5)$$

เมื่อ L_{ct} คือ ความยาวท่อที่ต่อกับแผงรับรังสี
พลังงานแสงอาทิตย์

d_{ct} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อต่อกับ
แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์

ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ
กำหนดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณ

พารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
ρ	992	kg/m ³
β	3.85x10 ⁻⁴	1/°C
ν	6.85x10 ⁻⁷	m ² /s
θ	30°	degree
H	0.01	m
N	9	-
L_c	0.8	m
d_c	1.58x10 ⁻²	m
L_{ct}	0.2	m
d_{ct}	1.58x10 ⁻²	m

3. ผลการทดลอง

3.1 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ

บรรยากาศ

ผลจากการวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตลอด 5 วัน
ตั้งแต่ช่วงเวลา 9:00-16:00 น. แสดงดังในรูปที่ 3 โดยค่า
ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดและเฉลี่ยแสดงในตารางที่
2 ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่มีลักษณะเดียวกัน
คือ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์แปรผันตามเวลา โดยค่า
ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดในวันที่ 5 ของการทดลองที่
เวลา 11.45 น. โดยมีค่า 993 W/m² และความเข้มรังสี
แสงอาทิตย์มีค่าต่ำสุดในวันที่ 3 ของการทดลองที่เวลา
11:30 น. โดยมีค่า 243 W/m² ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์
ในวันที่ 3 ก่อนข้างแตกต่างจากวันอื่นอย่างเห็นได้ชัด
เนื่องจากในวันนี้มีเมฆปกคลุมเป็นช่วงๆ ทำให้ช่วงเวลา

ประมาณ 10:00 น. ถึง 14:00 น. ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์
แปรผันค่อนข้างสูง ไม่ได้ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดแล้ว
จึงค่อยๆ ลดลง โดยพบว่าเวลา 13.15 น. ความเข้มรังสี
แสงอาทิตย์มีค่าสูงสุด 857 W/m²

จากข้อมูลที่ได้สามารถคำนวณค่าความเข้มรังสี
แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งห้าวันตั้งแต่ช่วงเวลา 9:00-16:00
น. ได้เท่ากับ 690 W/m² เนื่องจากช่วงวันที่ทดสอบอยู่
ในช่วงฤดูร้อนซึ่งดวงอาทิตย์ส่องในแนวเกือบตั้งฉากกับ
พื้นที่ในช่วงเวลานี้และช่วงเวลากลางวันยาวนานกว่า
กลางคืน

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดและเฉลี่ย

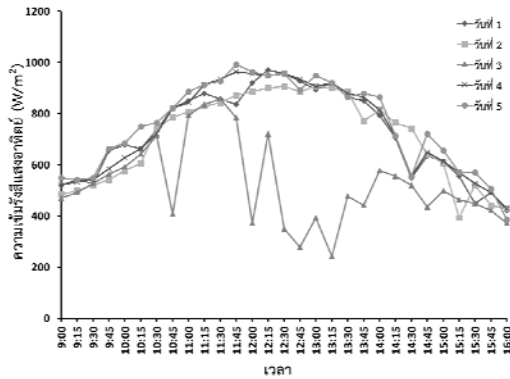
วันที่	ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m ²)	
	สูงสุด	เฉลี่ย
1	971	421
2	907	393
3	857	243
4	964	429
5	993	386
ค่าเฉลี่ย 5 วัน	940	690

ผลการวัดอุณหภูมิบรรยากาศแสดงดังรูปที่ 4 ผลการ
วัดอุณหภูมิสอดคล้องกับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ คือ
อุณหภูมิบรรยากาศค่อยๆ สูงขึ้นตามรังสีแสงอาทิตย์ แต่
อุณหภูมิบรรยากาศสูงสุดในช่วงประมาณ 13:00 น.
ยกเว้นในวันที่ 3 ของการทดลองซึ่งอุณหภูมิบรรยากาศลด
ต่ำลงในช่วงเวลาประมาณ 13:00 น. ซึ่งเป็นผลมาจาก
ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่แปรผันและลดต่ำลงในช่วง
กลางวัน เนื่องจากมีเมฆปกคลุมเป็นช่วงๆ

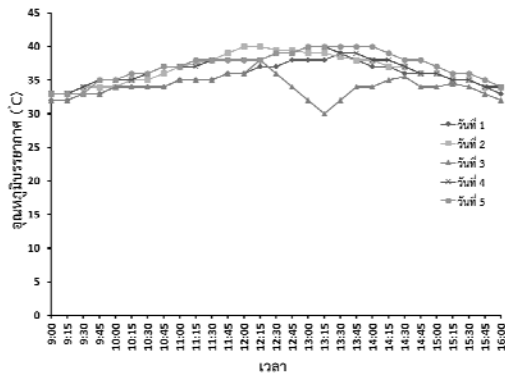
3.2 อุณหภูมิแผ่นดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์

อุณหภูมิแผ่นดูดซับความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงใน
ลักษณะเดียวกับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ คือ อุณหภูมิ
แผ่นดูดซับความร้อนค่อยๆ สูงขึ้นตามรังสีดวงอาทิตย์ โดย
อุณหภูมิสูงสุดที่ช่วงเวลา 12.30-13.00 น. มีค่าระหว่าง

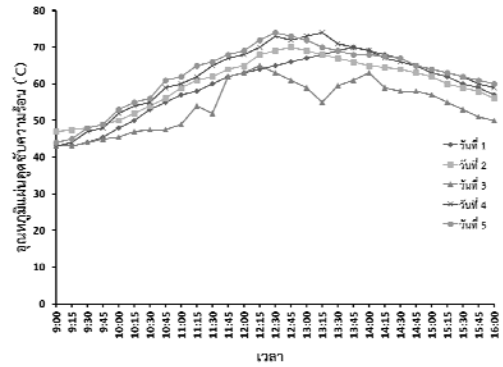
65-75 °C ยกเว้นในวันที่ 3 ซึ่งมีเมฆปกคลุมทำให้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีค่าน้อย และส่งผลให้อุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อนน้อยลงตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 4 อุณหภูมิบรรยากาศที่เวลาต่างๆ

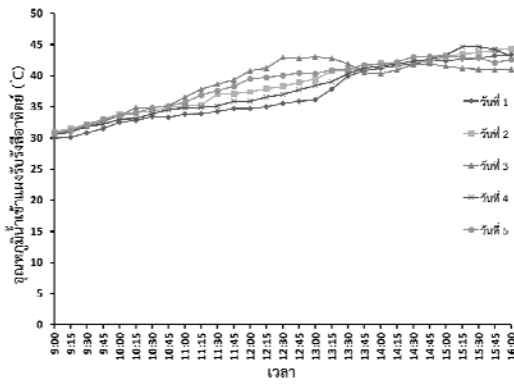


รูปที่ 5 อุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อนที่เวลาต่างๆ

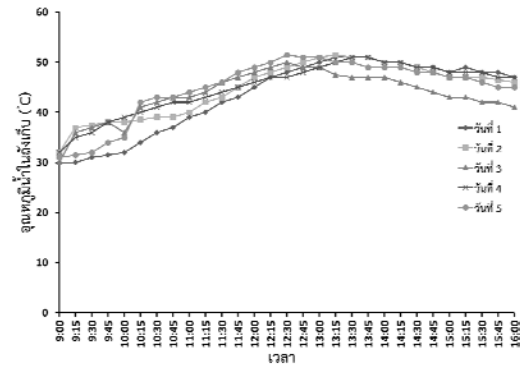
3.3 อุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

อุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหภูมิน้ำออกแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ เห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำเข้าแผงรับรังสีแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 30 °C ที่เวลา 9:00 น. และค่อยๆ สูงขึ้นเป็นประมาณ 40-45 °C ที่เวลา 16:00 น. โดยมีค่าเกือบจะคงที่ระหว่าง 15:00-16:00 น. สำหรับอุณหภูมิน้ำออกแผงรับรังสีแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 30-35 °C ที่เวลา 9:00 น. จากนั้นค่อยๆ สูงขึ้น โดยมีอุณหภูมิสูงขึ้นสูงสุดในช่วง 12:30-13:30 น. ซึ่งอุณหภูมิน้ำออกแผงรับรังสีแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 47-53 °C จากนั้นค่อยๆ ลดต่ำลงเล็กน้อย

ผลต่างของอุณหภูมิน้ำที่เข้ากับน้ำที่ออกจากแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 8 ความแตกต่างของอุณหภูมิมักมีค่าค่อยๆ สูงขึ้น มีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 12:00-13:00 น. จากนั้นจึงค่อยๆ ลดลง โดยผลต่างอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ประมาณ 17 °C ในวันที่ 1 และ 4 ของการทดลอง ผลต่างอุณหภูมิในวันที่ 3 มีค่าต่ำสุด เนื่องจากความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ลดต่ำลง ส่งผลให้อุณหภูมิของแผ่นดูดซับความร้อนน้อยลงและทำให้ผลต่างของอุณหภูมิน้ำที่เข้ากับน้ำที่ออกจากแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์มีผลต่างน้อยลงตามไปด้วย



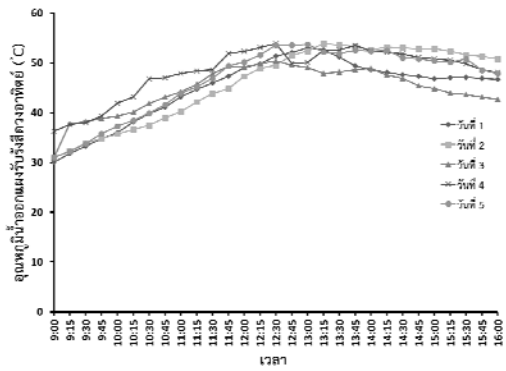
รูปที่ 6 อุณหภูมิน้ำเข้าแผงรับรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 9 อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำร้อน

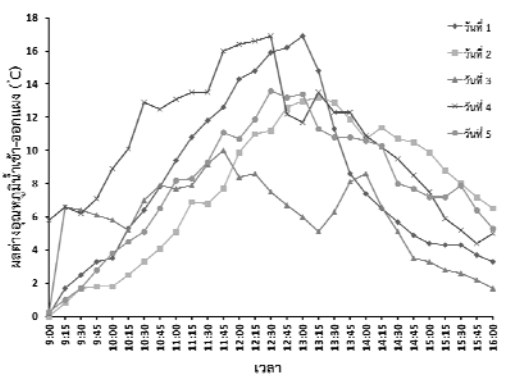
3.4 อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำร้อน

อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเริ่มทดลองเวลา 9.00 น. อยู่ที่ 30 °C จากนั้นค่อยๆสูงขึ้นโดยมีค่าสูงสุด 50 °C ที่เวลาประมาณ 13.00 น. ดังแสดงในรูปที่ 9 จากนั้นจึงค่อยๆลดต่ำลง เห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำในถังในการทดลองวัดที่ 3 มีค่าต่ำกว่าวันอื่นๆ เนื่องจากมีเมฆปกคลุม ทำให้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับน้อยกว่าวันอื่น



รูปที่ 7 อุณหภูมิน้ำออกจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

เมื่อเทียบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเองด้วยงบประมาณที่ค่อนข้างต่ำ กับเครื่องทำน้ำร้อนที่ผลิตเพื่อจำหน่าย ที่มีอุณหภูมิน้ำร้อนโดยทั่วไปในช่วง 50-55 °C จะพบว่าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเองมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อนำมาใช้งานจริงเนื่องจากมีช่วงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเครื่องทำน้ำร้อนที่ผลิตเพื่อจำหน่าย ซึ่งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิของน้ำร้อนที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดในช่วง 40-47 °C ซึ่งเป็นช่วง 9.00-12.00น. และ 12.00-16.00 น. ตามลำดับ



รูปที่ 8 ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและออกแผงรับรังสีดวงอาทิตย์

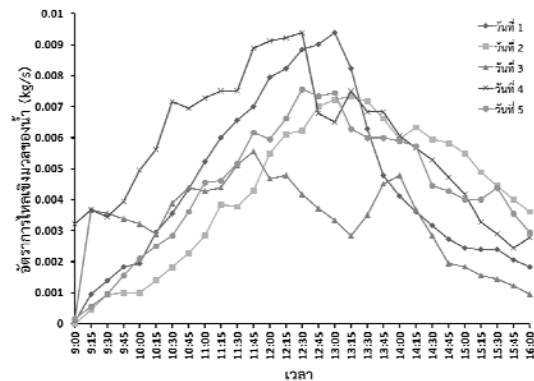
3.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบทำความร้อนจากแสงอาทิตย์

ผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 10 ในการคำนวณใช้ค่าสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C ทำให้ได้อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในระบบผลิตน้ำร้อน

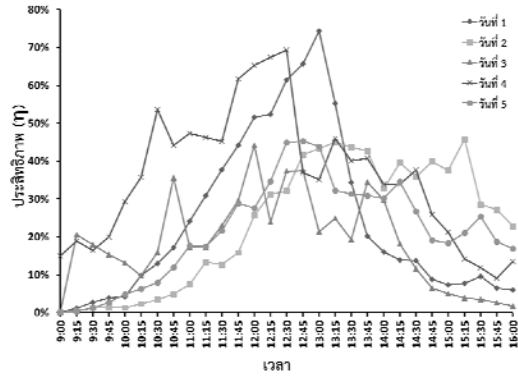
จากพลังงานแสงอาทิตย์แปรผันตามอุณหภูมิซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และเวลาที่ได้จึงมีลักษณะเดียวกับผลต่างของอุณหภูมิที่เข้ากับน้ำที่ออก จากแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ และเวลา ดังที่อธิบายไว้ข้างต้นในหัวข้ออุณหภูมิที่เข้าและอุณหภูมิที่ออกแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

ผลการทดลองพบว่าอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในระบบทำความร้อน และความเข้มข้นของแสงอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยเมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของน้ำและความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของระบบก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของรุ่งทิว และสุรัชย์ [11] โดยอัตราการไหลของน้ำมีค่าสูงสุดที่ 0.009 kg/s ที่เวลา 12.30 น. และทำให้มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดของระบบคือ 74.3 % ในวันที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 11 และตารางที่ 3

ค่าประสิทธิภาพที่ช่วงเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพแปรผันตามช่วงเวลา ซึ่งมีค่าค่อยๆสูงขึ้นในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 12:30 น. โดยค่าเฉลี่ย 5 วันของค่าประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละวันมีค่า 55.8% และค่าเฉลี่ย 5 วันของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพทั้งวันมีค่า 24.6%



รูปที่ 10 อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำในระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพของระบบทำความร้อนจากแสงอาทิตย์

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพสูงสุดและเฉลี่ย

วันที่	ประสิทธิภาพ	
	สูงสุด	เฉลี่ย
1	74.3%	23.9%
2	45.8%	23.4%
3	44.1%	18.7%
4	69.3%	35.7%
5	45.4%	21.5%
ค่าเฉลี่ย 5 วัน	55.8%	24.6%

4. สรุปและวิจารณ์

การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเอง โดยใช้แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักสองส่วน คือ แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อน เครื่องทำความร้อนใช้หลักการเทอร์โมไซฟอน ในการไหลเวียนน้ำระหว่างแผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อน แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาด 1x1 ตารางเมตร ทำมุมเอียง 30 องศาและส่วนเก็บน้ำร้อนมีขนาด 50 ลิตร ในการศึกษาครั้งนี้ ความเข้มข้นรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ 690 W/m² โดยมีค่าสูงสุด 993 W/m² ในวันที่ 5 ที่เวลาประมาณ 11.45 น.

จากการสร้างและทดสอบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่าสามารถสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้ในต้นทุนที่ไม่สูงมาก (งบประมาณในการสร้างทั้งหมด 6,500 บาท) เมื่อเทียบกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการนำมาผลิตจริง และมีราคาที่ขายในท้องตลาดโดยประมาณ 12,000 – 20,000 บาท สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนขนาด 50 ลิตร ที่มีอุณหภูมิน้ำร้อน 50-55 °C เครื่องที่สร้างขึ้นอาศัยหลักการเทอร์โมไซฟอน ทำให้ไม่ต้องใช้ปั๊มจึงมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนและประหยัดพลังงาน อุณหภูมิสูงสุดที่ได้เท่ากับ 50 °C อยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ค่าเฉลี่ย 5 วันของค่าประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละวันมีค่า 55.8% และค่าเฉลี่ย 5 วันของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพทั้งวันมีค่า 24.6% ในการทดลองไม่มีการนำน้ำออกจากถังเก็บไปใช้ทำให้ผลที่ได้แตกต่างจากการใช้งานจริงที่ต้องมีการนำน้ำออกไปใช้และเติมน้ำใหม่เข้ามาในระบบ ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตโครงการวิศวกรรมเครื่องกลและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. H. Solangi, M. R. Islam, R. Saidur, N. A. Rahim and H. Fayazb, “A review on global solar energy policy,” *Renew. Sust. Energ. Rev.*, vol. 15, no. 4, pp. 2149-2163, 2011.
- [2] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. “แผนทัศน์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์”, กันยายน 2542
- [3] วีระพล แต่สมบัติ, เจษฎา แก้วกัลยา, สุภาวดี แคลลา, อุทุมพร นิตยาคม, กิตติศักดิ์ โชติมณี และภัสรา รอดอ่อน. “โครงการศึกษาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของชาติอย่างมีประสิทธิภาพ และการจัดการ 25 กลุ่มน้ำสำคัญของประเทศ”, รายงานการศึกษาฉบับสุดท้าย. สำนักนโยบายสาธารณะ สำนักงานสภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 59 หน้า. 2547.
- [4] มารุต บุรพา, ณัฐนี วรรณยศ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ สุริยนต์ ชมดี. “โมเดลอย่างง่ายของการทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ความร้อนเสริม”, วารสารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ฉบับที่ 1, เล่มที่ 2, หน้า 15 – 23, 2551.
- [5] รุ่งทวี ผดากาล และ สุรัชย์ รดาการ. “การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อน”. วิศวกรรมสาร มก., ฉบับที่ 70, หน้า 96-109, พฤศจิกายน 2552 - มกราคม 2553.
- [6] จักรพันธ์ พิรักษา และ ชังเชิง เลียงจินดาถาวร., “การศึกษาสมรรถนะของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบแบบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ” วารสารวิชาการ ม.อบ., ฉบับที่ 2, หน้า 9-18, พฤษภาคม-สิงหาคม 2549.
- [7] นาดพงษ์ เสนีย์รัตนประยูร, จันทกานต์ ทวีกุล, ชูเกียรติ คุปตานนท์, และ ปัญญารักษ์ งามศรีตระกูล. “การศึกษาประสิทธิภาพแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อน โดยใช้โปรแกรม EnergyPlus” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21., จังหวัดชลบุรี 17-19 ตุลาคม 2550., หน้า 1282-1287.
- [8] ศศิษา เรียมสุวรรณ. “การเปรียบเทียบระบบทำน้ำร้อนแบบใช้ปั๊มความร้อนกับใช้แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบสำหรับอาคารพักอาศัย การเปรียบเทียบ ระบบทำน้ำร้อนแบบใช้ปั๊มความร้อนกับใช้แผงรับรังสีพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบสำหรับอาคารพักอาศัย” วิทยานิพนธ์ (วท.ม) เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

- [9] กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายแผนงานพัฒนา
โรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
(2560). เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
[Online]. Available:
http://www4.egat.co.th/re/egat_business/egat_heater/egat_heater.htm
- [10] L. Pastel and C. Waterguy. (2018, June 28).
Thermosiphon [Online]. Available:
<https://www.appropedia.org/Thermosiphon>
- [11] A. Zerrouki, A. Boumedien, and K. Bouhadeb
“The natural circulation solar water heater
model with linear temperature distribution.”
Renew. Energ. vol. 26, no. 4, pp.549-559,
2002.