การศึกษาสมรรถนะเครื่องกลั่นน้ำรูปทรงพีระมิดที่เสริมด้วยแผงรับรังสีอาทิตย์แผ่นราบและหมุนวนน้ำด้วยวาล์วลอย

A Study on Performance of a Pyramid-like Solar Still with an Auxiliary Flat-plate Collector and Circulating Water by a Floating Valve

อนุรักษ์ ตรีเพ็ชร[1], พิชัย นามประกาย[1]

Anurak Tripetch[1], Pichai Namprakai[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริมและมีวาล์วลอยควบคุมการไหลทางเดียว โดยอาศัยความดันไอน้ำ-อากาศจากตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบทำให้เกิดการหมุนวนน้ำร้อนระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และเครื่องกลั่นน้ำรูปทรงพีระมิดโดยไม่ต้องใช้ปั๊มไฟฟ้า เครื่องกลั่นน้ำรูปทรงพีระมิดที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 0.54 m×0.54 m กระจกมีมุมเอียง 30 ° มีระดับน้ำในอ่าง 20 mm. และทำการศึกษาหาขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์เสริม โดยทำการทดสอบที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ขนาด 1.06m×1.2m, 1.18m×1.2m, 1.3m×1.2m, 1.42m×1.2m, 1.54m×1.2m, 1.7m×1.2m และ1.8m×1.2m ตามลำดับ

ผลการทดลองพบว่าเครื่องกลั่นน้ำที่ได้มีการปรับปรุงจะให้อัตราการกลั่นสูงสุดเท่ากับ 4.17 l/m^2.day ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 24.58 MJ/m^2.day จากการทดลองหาขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์เสริม คือตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีขนาด 1.18m×1.2m โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 27.15% ที่ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงเท่ากับ 1.97 MJ/m^2.h เมื่อวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าเครื่องกลั่นที่ได้รับการปรับปรุงแล้วที่ใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีขนาด 1.18m×1.2m เป็นอุปกรณ์เสริม สามารถคืนทุนภายใน 2.1 ปี ถ้าระบบไม่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะสามารถคืนทุนภายใน 1.2 ปี ที่อัตราดอกเบี้ย 7.75%

Abstract

This research aim was to study the performance of a pyramid-shaped solar still with an auxiliary flat plate collector (FPC) that circulated water one-way by a floating valve. Steam –air pressure instead of an electric pump was used to circulate hot water between the FPC and the solar still. The still had an area of 0.54m × 0.54m, 30º inclination and the water depths in the basin of 20 mm. In order to find the appropriate size of FPC, the 1.06m×1.2m, 1.18m×1.2m, 1.3m×1.2m, 1.42m×1.2m, 1.54m×1.2m, 1.7m×1.2m and 1.8m×1.2m, respectively.

It was found that the highest production from the improved one was 4.17 l/m^{2}day at 24.58 MJ/m^{2}day. The appropriate size of the enhancing FPC was found to be 1.18m×1.2m with 27.15% efficiency for the solar irradiation of 1.97 MJ/m^2.h. It has a payback period of 2.1 year compared to a solar still alone with payback period of 1.2 year and interest rate of 7.75%.

Keywords : Pyramid-shaped solar water still, Flat plate collector, Floating Valve, Steam-air circulation

Email : anurak_t@hotmail.com , **pichai.nam@kmutt.ac.th**

[1] สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทุ่งครุ กทม. 10140

[1] Department of Energy Technology, Faculty of Energy, Environment and Materials King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

คำนำ

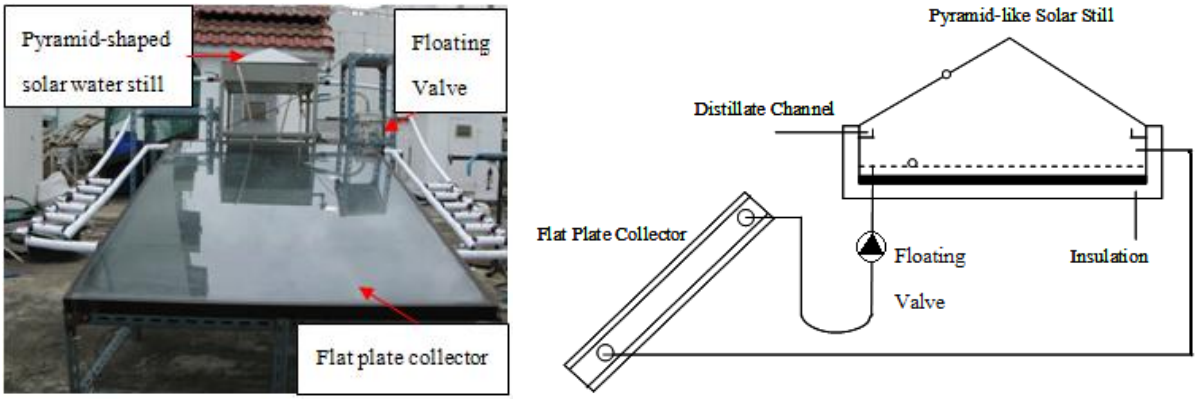
การกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของพลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานที่ได้อยู่ในรูปของน้ำร้อน ตามปกตินำ้กลั่นที่ใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรม ทางการแพทย์ ในห้องทดลองทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงการบริโภคมักจะได้จากเครื่องกลั่นที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก จึงทำให้ราคาน้ำกลั่นที่ผลิตได้ขึ้นกับราคาของเชื้อเพลิง จึงได้มีการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการกลั่นน้ำแทนการวิธีการแบบเดิมที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน และเป็นวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย จะเสียค่าใช้จ่ายทางด้านของการบำรุงรักษาเครื่องมืออุปกรณ์น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น (นิรมิต, 2548) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ฝาปิดรูปทรงพีระมิด และได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างมุมเอียงกระจก 20, 30 องศาผลการทดลองพบว่า มุมเอียง 30 องศาให้ประสิทธิภาพดีกว่า 3-4% และดีกว่าฝาปิดแบบเดิมประมาณ 1.2 เท่า (Badran et al.,2004) ได้ศึกษาเครื่องกลั่นน้ำ 2 แบบคือทรงพีระมิดและแบบกระจกเอียง 2 ด้าน โดยต่อร่วมกับตัวรับรังสีแบบแผ่นราบ จากการทดสอบพบเครื่องกลั่นน้ำทรงพีระมิดจะให้อัตราการกลั่นที่ดีกว่าเพราะว่าสามารถรับแสงได้ทุกทิศทาง (Badran และ Al-Tahaineh,2005) ได้ศึกษาผลกระทบเครื่องกลั่นน้ำชนิดอ่างขนาด 1 m^2 ต่อเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ จากศึกษาพบว่าเมื่อต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์เข้ากับเครื่องกลั่นน้ำสามารถเพิ่มอัตรากลั่นขึ้นได้ 36 % (Tripathi และTiwari,2005) ได้ศึกษาเครื่องกลั่นน้ำแบบ passive และ active โดยศึกษาผลกระทบของความสูงของน้ำภายในเครื่องกลั่นน้ำและศึกษาการถ่ายเทความร้อนภายในเครื่องกลั่นน้ำและการถ่ายเทมวล โดยศึกษาที่ความสูงของน้ำ 0.05,0.1 และ 0.15 m จากการทดลองพบว่าที่ระดับน้ำ 0.05 m ถ่ายเทมวลและถ่ายเทความร้อนได้ดี

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการเพิ่มอัตราการกลั่นน้ำโดยใช้อุปกรณ์เสริมคือตัวรับรังสีแผ่นราบที่มีการหมุนเวียนน้ำในระบบด้วยปั๊มที่ใช้พลังงานจากไอน้ำ-อากาศที่ได้มาจากตัวรับรังสีแผ่นราบและใช้วาล์วลอยในการหมุนวนน้ำเพื่อเติมเข้ากลับยังตัวรับรังสีแผ่นราบ

อุปกรณ์และวิธีวิจัย

เครื่องกลั่นน้ำรูปทรงพีระมิด (Pyramid-shaped Solar Still) แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย อ่างรองรับน้ำทำจากสแตนเลสกว้าง 540 mm ยาว 540 mm สูง 71 mm ด้านล่างและด้านข้างหุ้มฉนวนหนา 25 mm และใช้แผ่นทองแดงทาสีดำขนาดความหนา 2 mm เป็นแผ่นดูดซับรังสีอาทิตย์บริเวณพื้นอ่างมีขนาดพื้นที่ 0.2916 m^2 โดยด้านบนติดตั้งกระจกใสทรงพีระมิดเพื่อให้แสงอาทิตย์ทะลุผ่านไปยังน้ำด้านล่างได้ ตัวกระจกหนา 3 mm มุมเอียงของกระจก 30 องศา โดยบรรจุน้ำลงในเครื่องกลั่นน้ำที่ความลึก 20 mm ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat plate Collector) แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีขนาด 1.8 ×1.2 m^2 กรอบทำด้วยอลูมิเนียมรีดขึ้นรูปชุบด้วยไฟฟ้า กระจกปิดด้านบน ใช้กระจกนิรภัย (Tempered Glass) ตามมาตรฐาน มอก.หนา 4 mm ป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วยฉนวนใยแก้ว หนา 3 cm การทดสอบหาขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์เสริม โดยการสร้างท่อทางน้ำออกเพิ่มขึ้นเป็น 7 จุด ซึ่งแต่ละจุดมีระยะห่างจากกัน 12 cm ก็จะได้ขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ทำการทดสอบดังนี้ 1.06m×1.2m, 1.18m×1.2m, 1.3m×1.2m, 1.42m×1.2m, 1.54m×1.2m, 1.7m×1.2m และ 1.8m×1.2m วาล์วกันกลับแบบลอยตัว (Floating valve) ตัววาล์วแบบลอยตัวประกอบอยู่ภายในกล่องซึ่งสร้างจากอะคริลิคใส ซึ่งมีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นจุดสำหรับพักน้ำก่อนจะไหลผ่านตัววาล์วลอยซึ่งมี

ขนาดกว้าง 140 mm ยาว 150 mm สูง 50 mm ส่วนที่สองเป็นชุดสำหรับปล่อยน้ำเพื่อไปหมุนวนในระบบซึ่งมีขนาดกว้าง 140 mm ยาว 150 mm สูง 120 mm และลูกลอยของตัววาล์วลอยจะเป็นตัวควบคุมรักษาระดับน้ำเพื่อเติมเข้าในระบบให้เต็มอยู่เสมอ โดยทั้งชุดวาล์วลอยนี้ทำหน้าที่เป็นวาล์วกันกลับซึ่งติดตั้งอยู่ระหว่างเครื่องกลั่นน้ำกับตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ โดยใช้ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้สำหรับวัดค่ารังสีอาทิตย์ ใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล (Anemometer) ใช้วัดความเร็วลมที่พัดผ่านเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์ ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K สำหรับใช้วัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ รวมทั้งอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม บันทึกข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger) สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 วินาที ขณะทดลอง โดยตั้งเครื่องกลั่นน้ำและตัวรับรังสีอาทิตย์หันหน้าในแนวทิศเหนือ-ใต้ และนำอุปกรณ์มารองรับน้ำกลั่นที่ท่อทางน้ำออก โดยทำการทดลองตั้งแต่ เวลา 8.00-17.00 น แล้วนำค่าที่ได้ในแต่ละวันมาเฉลี่ยหาค่าประสิทธิภาพการกลั่นรายชั่วโมง



รูปที่ 1 เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริมและหมุนวนน้ำด้วยวาล์วลอย

การวิเคราะห์การถ่ายเทมวลของระบบ

ในการทำนายอัตราการระเหยของน้ำในเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีกระบวนการถ่ายเทมวลโดยใช้ทฤษฎีของ Modified Reynold Flow ของ (Spalding,1963) เราสามารถคำนวณ อัตราการกลั่นน้ำ โดยการพิจารณาการถ่ายเทมวลที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$m^* = g^* \ln(1+B) \tag{1}$$

คำนวณ Driving force (B) ได้จากสมการ

$$B = \frac{m_{H_2O,S} - m_{H_2O,G}}{1 - m_{H_2O,S}} \tag{2}$$

สำหรับการพิจารณา Mass Transfer Conductance สำหรับการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวราบในแนวนอน สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$g^* = 0.095(Gr.Sci)^{0.33} \frac{\rho D}{L} \tag{3}$$

โดยที่

$$Gr = \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} \tag{4}$$

$$D = \left(\frac{0.926}{101.325}\right)\left[\frac{(T_{av}+273)^{2.5}}{(T_{av}+518)}\right] \times 10^{-6} \tag{5}$$

$$\beta = \frac{1}{T_{av} + 273} \quad (6)$$

เมื่อ $m*$ คืออัตราการกลั่นน้ำ(kg/m^2.s), $g*$ คือ Mass Transfer Conductance(kg/m^2.s),B คือ Driving force, D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมวลน้ำในอากาศ, $m_{H_2O,S}$ และ $m_{H_2O,G}$ คือ มวลจำเพาะของไอน้ำที่ผิวน้ำและมวลจำเพาะของไอน้ำที่ผิวกระจก, Gr คือ Grashof number, Sci คือ Scimidt number สำหรับไอน้ำในอากาศ(0.6), ρ คือ ความหนาแน่นของไอน้ำผสมอากาศ(kg/m^3), L คือ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างผิวล่างอุปกรณ์กับผิวบนของอุปกรณ์(m), g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก(m/s^2), β คือสัมประสิทธิ์การขยายตัวโดยปริมาตรของของไหล(K^{-1}), ΔT และ T_{av} คือค่าแตกต่างและอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวน้ำกับผิวกระจก(°C)

ประสิทธิภาพรวมของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพรวมของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต่อพ่วงกับตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ สามารถแสดงได้ดังนี้ (Badran และ Al-Tahaineh,2005)

$$\eta = \frac{\sum \dot{m}_e \times h_{fg}}{(A_b + A_c)\sum H_s} \times 100 \quad (7)$$

เมื่อ η คือประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำ(%), $\dot{m}_e$ คืออัตราการระเหยของน้ำ (kg/s), h_{fg} คือความร้อนแฝงของน้ำ (kJ/kg), A_b และ A_c คือ พื้นที่อ่างของเครื่องกลั่นน้ำและพื้นที่รับแสงของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (m^2), H_s คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ (kJ/m^{2}s)

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการลงทุนสำหรับเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์ โดยคิดที่ราคาน้ำกลั่นต่อลิตร โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนรายปีและการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน ในการวิเคราะห์การลงทุนจำเป็นต้องรู้ค่าพื้นฐานดังนี้ คือ เงินลงทุนครั้งแรก 23000 บาท/เครื่อง(ราคาเครื่องกลั่น 6000 บาท + ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ 17000 บาท) มูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน(10% ของราคาเครื่อง) 2300 บาท/เครื่อง ค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดการและการบำรุงรักษา(10% ของราคาเครื่อง) 2300 บาท/ปี รายได้ 14425 บาท/ปี อายุการใช้งาน 10 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.75%

1. **การวิเคราะห์ต้นทุนรายปี** (Uniform Annual Cost Method)

การหาต้นทุนสุทธิรายปีจะคำนวณได้จากสมการดังนี้ (สมพล, 2550)

$$ATC = AFC + AMC - ASV \quad (8)$$

เมื่อ ATC คือ ต้นทุนสุทธิรายปี, AFC คือ ราคาต้นทุนเครื่องกลั่นเป็นรายปี, AMC คือ ต้นทุนดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษารวมทั้งค่าแรงรายปี, ASV คือ มูลค่าซากรายปี

2. **ระยะเวลาคืนทุน**

ระยะคืนทุน คือเวลาที่ผลกำไรรายปี เท่ากับ เงินลงทุนรายปี (สมพล, 2550)

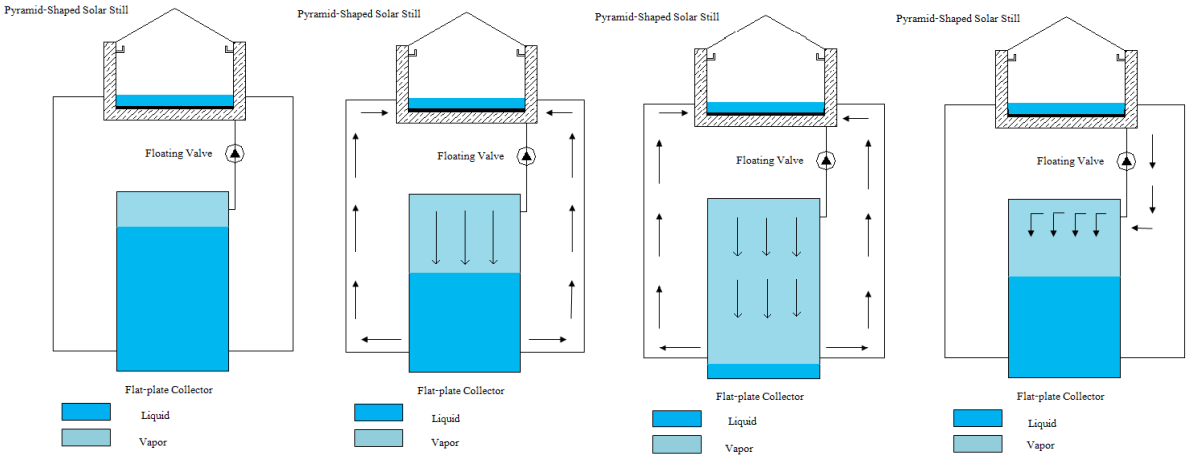
$$P \times CRF(i\ ,\ n) = \text{(รายได้รายปี - ค่าใช้จ่ายรายปี)} = \text{กำไร} \quad (9)$$

เมื่อ P คือ เงินลงทุนสร้างเครื่องกลั่น, i คือ อัตราดอกเบี้ยรายปี, n คือ จำนวนปีที่ได้ทุนคืน, CRF คือ Capital Recovery Factor ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (10)$$

หลักการทำงานของระบบ

เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีแบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริม จัดเป็นเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ประเภท Active ซึ่งมีการหมุนวนน้ำภายในเครื่องกลั่นโดยมีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นตัวอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าไปยังเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด โดยอาศัยแรงดันไอน้ำภายในแผงรับรังสีอาทิตย์เป็นตัวปั๊มน้ำเข้าสู่เครื่องกลั่นน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยระบบที่ได้ทำการศึกษามีอุปกรณ์ประกอบอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด (Pyramid-shaped Solar Still) วาล์วกันกลับแบบลอยตัว (Floating valve) และตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat plate Collector) ซึ่งจะทำงานโดยหมุนเวียนน้ำแต่ละรอบการทำงาน (วัฏจักร) ดังนี้



รูปที่ 2 (ก) รูปที่ 2 (ข) รูปที่ 2 (ค) รูปที่ 2 (ง)

รูปที่ 2 การทำงานของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีแบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริม

รูปที่ 2 (ก) เป็นสภาวะเริ่มต้นการทำงานของระบบ เมื่อตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับรังสีอาทิตย์ที่มาตกกระทบลงบนแผ่นดูดซับรังสีอาทิตย์ ทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในตัวรับรังสีอาทิตย์และถ่ายโอนความร้อนไปยังน้ำที่อยู่ภายในแผงรับรังสีอาทิตย์ ทำให้น้ำภายในแผงรับรังสีอาทิตย์เกิดการระเหยเป็นไอน้ำ อยู่บริเวณบนสุดของแผง

รูปที่ 2 (ข) เมื่อตัวรับรังสีอาทิตย์สะสมความร้อนอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้น้ำภายในแผงรับรังสีอาทิตย์กลายเป็นไอน้ำและทำให้ความดันภายในตัวรับรังสีเพิ่มสูงขึ้น เมื่อภายในแผงมีความดันสูงขึ้นทำให้เกิดแรงดันจากไอน้ำไปผลักดันน้ำร้อนออกทางท่อทางออกด้านล่างของแผง ซึ่งน้ำและไอน้ำไม่สามารถออกทางด้านน้ำเข้าแผงได้เนื่องจากมีวาล์วกันกลับทำหน้าที่ควบคุมให้น้ำไหลได้ทางเดียว ส่วนน้ำร้อนที่ออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์ถูกส่งไปตามท่อไปยังเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิน้ำภายในเครื่องกลั่นน้ำ

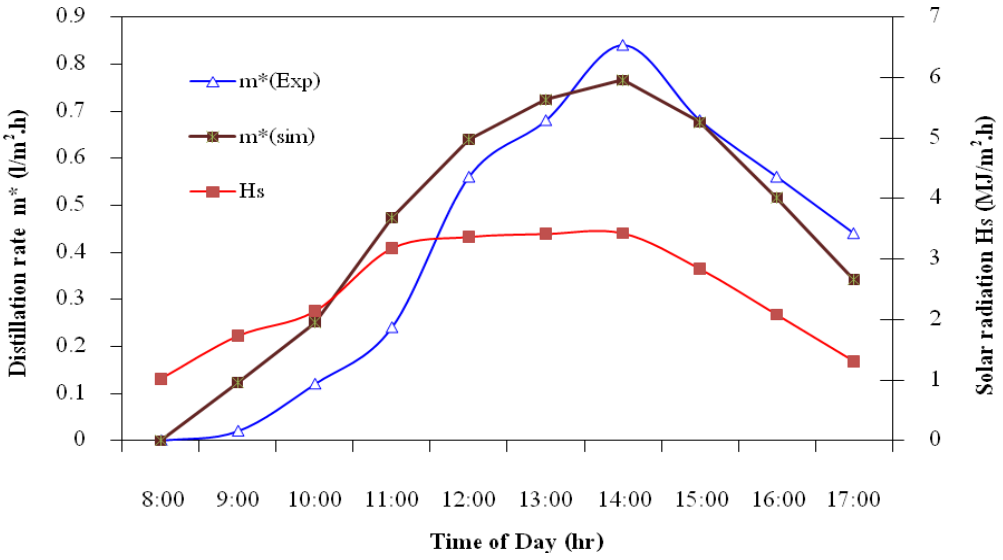
รูปที่ 2 (ค) เมื่อไอน้ำผลักดันน้ำออกจนถึงระดับทางออกทำให้ไอน้ำไหลออกตามท่อไปยังเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ความดันภายในแผงตัวรับรังสีลดลงเท่ากับ 1 บรรยากาศ และน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำที่ออกมา

จากตัวเครื่องกลั่นที่มารออยู่บริเวณทางเข้าแผงตัวรับรังสีสามารถไหลผ่านวาล์วกันกลับเข้ายังตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ และเมื่อไอน้ำที่อยู่ภายในตัวรับรังสีอาทิตย์ได้สัมผัสกับน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจึงทำให้เกิดการควบแน่นอย่างรวดเร็วจนทำให้ความดันภายในแผงลดลงอย่างรวดเร็ว จนเกิดเป็นสุญญากาศภายในแผง

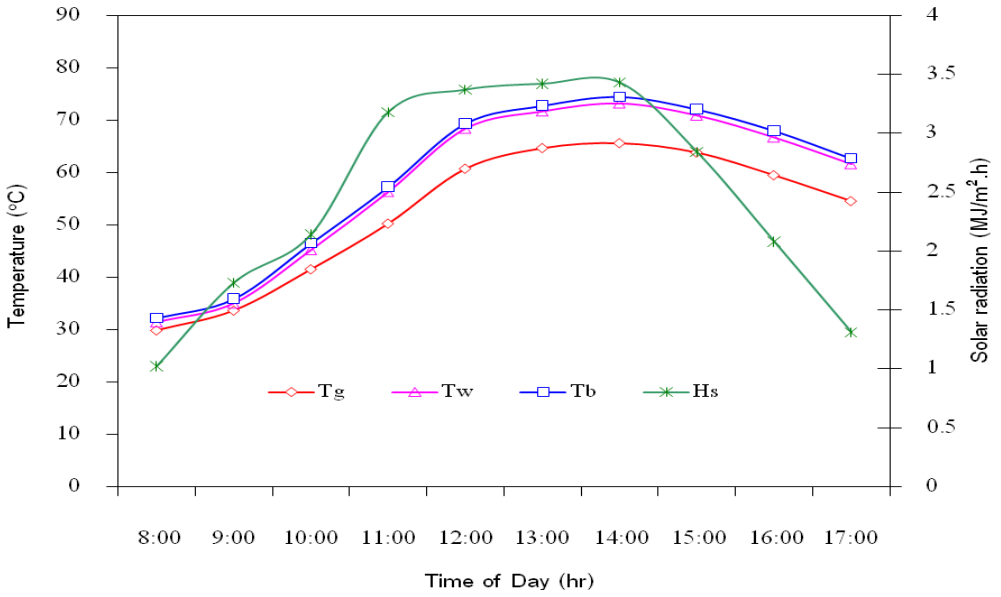
รูปที่ 2 (ง) และเมื่อภายในแผงเป็นสุญญากาศจึงทำให้เกิดการดูดน้ำที่อุณหภูมิต่ำที่ออกจากเครื่องกลั่นผ่านวาล์วกันกลับแบบลอยตัวมาเติมยังตัวรับรังสีอาทิตย์และระบบก็จะทำงานในรอบการทำงาน (วัฏจักร) ต่อไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริมหมุนวนน้ำด้วยวาล์วลอย สามารถนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆ ได้ดังนี้



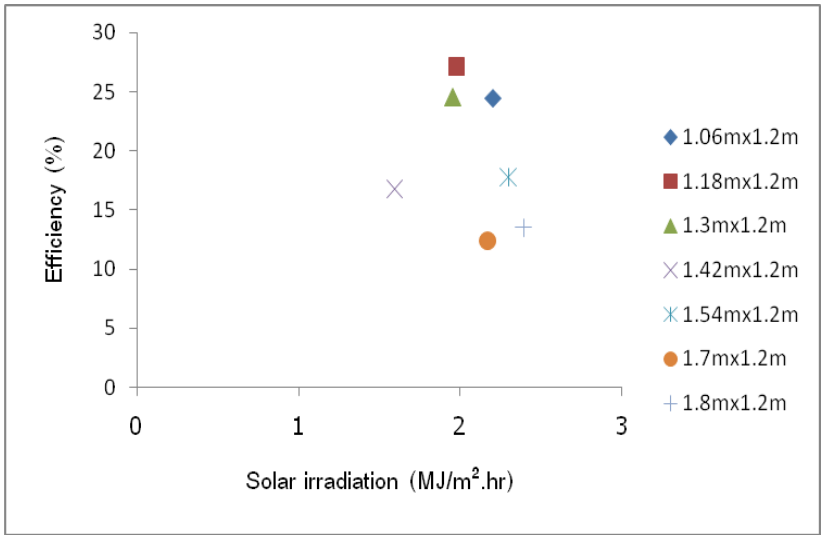
รูปที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



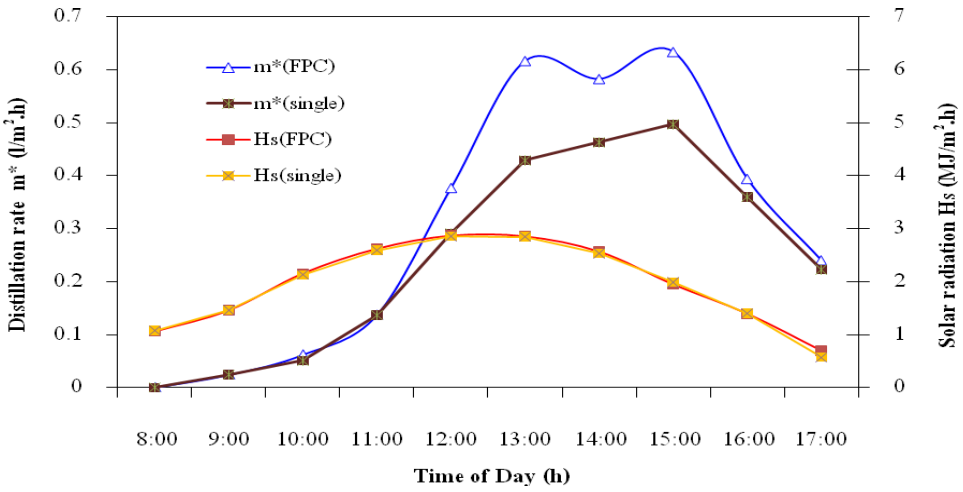
รูปที่ 4 ค่ารังสีอาทิตย์(Hs) กับอุณหภูมิกระจก(Tg) อุณหภูมิน้ำ(Tw) และอุณหภูมิแผ่นดูดซับความร้อน(Tb)

รูปที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำที่ได้จากการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมง พบว่าที่เวลาเวลา 14.00 น. จะให้อัตรากลั่นที่ดีสุดทั้งจากการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อค่ารังสีอาทิตย์เท่ากับ 3.43 $MJ/m^2.h$ อัตราการกลั่นน้ำที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในตอนช่วงเช้า แต่เมื่อหลังเวลา 13.00 น. อัตราการกลั่นน้ำที่ได้จากการทดลองจะมากกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่ได้คิดถึงผลของการสะสมความร้อน แต่เครื่องกลั่นน้ำที่ทำการทดลองมีการหุ้มฉนวนบริเวณด้านล่างและด้านข้างของเครื่องกลั่นน้ำทำให้มีการสะสมพลังงานไว้ภายในเครื่องกลั่นน้ำ

รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์(Hs) กับอุณหภูมิกระจก(Tg) อุณหภูมิน้ำ(Tw) และอุณหภูมิแผ่นดูดซับความร้อน(Tb) พบว่าอุณหภูมิมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เท่ากันตลอดทั้งวัน โดยอุณหภูมิที่แผ่นดูดซับความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาคืออุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิกระจก ตามลำดับ มีอุณหภูมิสูงที่สุดที่เวลา 14.00 น. อุณหภูมิเท่ากับ 74.5 ºC, 73.2 ºC และ 65.9 ºC ตามลำดับ ซึ่งก็มีความสอดคล้องกับค่ารังสีอาทิตย์ เมื่อหลังเวลา 14.00 น. ค่ารังสีอาทิตย์จะค่อยๆลดลง ส่วนอุณหภูมิมีอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยลดลงอย่างช้าๆ เนื่องมาจากภายในเครื่องกลั่นน้ำได้มีการสะสมพลังงานเก็บไว้



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงกับประสิทธิภาพเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์ขนาดต่างๆ



รูปที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณการกลั่นน้ำกับค่ารังสีอาทิตย์ระหว่างระบบที่มีกับระบบที่ไม่มีการเสริมด้วยตัวรับรังสี

รูปที่ 5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงกับประสิทธิภาพเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์ขนาดต่างๆ ซึ่งทำการทดลองตลอดทั้งวันของช่วงที่มีแสงแดดที่เวลา 8.00-17.00 น. โดยการหาค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของประสิทธิภาพกับค่ารังสีอาทิตย์ พบว่าขนาดที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้เสริมกับเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพีระมิด คือขนาด 1.18m×1.2m โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 27.15% ที่ค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมงเฉลี่ยเท่ากับ 1.97 $MJ/m^2.h$

รูปที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณการกลั่นน้ำกับค่ารังสีอาทิตย์ระหว่างระบบที่มีการเสริมด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ (FPC) กับระบบที่ไม่มีการเสริมตัวรับรังสีอาทิตย์ (Single) โดยทำการเปรียบเทียบที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกันคือประมาณ 19.5 $MJ/m^2.day$ จะเห็นว่าเครื่องกลั่นน้ำที่มีการเสริมด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์จะให้ปริมาณการกลั่นน้ำที่สูงกว่าเครื่องกลั่นน้ำที่ไม่มีการเสริมตัวรับรังสีอาทิตย์ และจะมีปริมาณการกลั่นที่ต่างกันมากที่สุดตอนเวลา 12.00-16.00 น. เนื่องจากในช่วงเวลานี้ระบบที่มีการเสริมด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์สามารถทำงานได้ดีที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ตัวแปรที่มีผลในการเพิ่มอัตราการกลั่นน้ำ คือรูปทรงพีระมิดที่ไม่มีการบังแสงอาทิตย์ในเวลาเช้าและเย็น ทำให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดวัน และปริมาณน้ำร้อนที่ได้มาจากตัวรับรังสีแบบแผ่นราบ ช่วยทำให้อุณหภูมิน้ำภายในเครื่องกลั่นน้ำมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น อัตราการกลั่นน้ำของเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริม ให้อัตราการกลั่นสูงสุด 4.17 $l/m^2.day$ ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 24.58 $MJ/m^2.day$ ขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เสริมกับระบบเครื่องกลั่นน้ำรูปทรงพีระมิดมีขนาด 1.18m x 1.2m พบว่าสามารถคืนทุนภายใน 2.1 ปี เทียบกับเครื่องของ (สมพล, 2550) ที่คืนทุนภายใน 3.4 ปี ถ้าระบบไม่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะสามารถคืนทุนภายใน 1.2 ปี ที่อัตราดอกเบี้ย 7.75%

เอกสารอ้างอิง

นิรมิต มีมาก, 2548, **เครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบพีระมิด**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมพล มะสิกะ, 2550, **การศึกษาสมรรถนะเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทรงพีระมิดที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นอุปกรณ์เสริม**,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Badran, A.A. et al. 2004. A solar still augmented with a flat-plate collector.**Desalination**.Vol.172. pp. 227-234.

Badran, O.O. and Al-Tahaineh, H.A. 2005. The effect of coupling a flat-plate collector on the solar still productivity. **Desalination**. Vol.183. pp.137-142.

Tripathi, R. and Tiwari, G.N. 2005. Effect of water depth on internal heat and mass transfer for active solar distillation. **Desalination**. Vol.173. pp.187-200.

Spalding, D.B. 1963. **Convection mass transfer**. London. edward Arnold. pp.127-133.