การศึกษาความเหมาะสมของการต่อใช้งานแผงหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อน สำหรับงานติดตั้งระบบปรับอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

The Study of Optimal Operation of Heat Pipe Evacuated Tube Collector for the Solar Air Conditioning System Installation

สิริมงคล ใจกล้า เอกชาติ หัตถา รัตนสุดา แนวเงินดี
กมลพรรณ ชุมพลรัตน์ จิรพงษ์ พงษ์สีทอง และทองพูล สังกะเพศ
สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทร 0-2564-7000 ต่อ 2716 โทรสาร 0-2564-7059 E-mail: sirimongkhol@nstda.or.th

Sirimongkhol Jaikla, Ekkachart Hattha, Rattanasuda Naewngerndee
Kamonpan Chumpolrat, Jiraphong Phongsitong and Tongpool Sangkapes
Institute of Solar Energy Technology Development, National Science and Technology Development Agency
111 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, Klong 1, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand
Tel: 0-2564-7000 ext. 2716 Fax: 0-2564-7059 E-mail: sirimongkhol@nstda.or.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานที่เหมาะสมของแผงหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อน (Heat Pipe Evacuated Tube Collector; ETC) โดยศึกษาถึง รูปแบบการต่อแผง อัตราการไหล และอุณหภูมิน้ำทางเข้าชุดแผงต่างๆ ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำทางออกชุดแผง ก่อนจ่ายป้อนให้เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) ที่ผลต่างของอุณหภูมิน้ำป้อนเข้า – ออกเครื่อง 5 °C โดยในการทดลองใช้แผง ETC ซึ่งมีขนาดพื้นที่รับแสงอาทิตย์ขนาด 1.4 m^2 จำนวน 4 แผง การต่อท่อระหว่างแผงแบ่งแยกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) แบบอนุกรมทั้งหมด 4 แผง (4 X 1) และ 2) แบบผสมระหว่างแบบอนุกรม 2 แผงต่อขนานกัน 2 ชุด (2 X 2) ใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำจากถังเก็บที่รักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ตามเงื่อนไขการทดลองต่างๆ ก่อนป้อนจ่ายเข้าแผง ETC การทดลองได้ปรับค่า 2 เงื่อนไขหลัก คือ อัตราการไหลของน้ำ ระหว่าง 3, 4, 5, 6 และ 8 L/min และอุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าชุดแผง ระหว่าง 30 – 60 °C จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการต่อแผงที่เหมาะสมที่สุดคือการต่อแผงแบบอนุกรม (4 X 1) โดยอัตราการไหลของน้ำผ่านชุดแผงที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 5 L/min ซึ่งจะนำไปใช้เป็นค่าคำนวณออกแบบรูปแบบการต่อใช้งานแผง ETC และจำนวนชุดของแผง ETC ที่มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำร้อนป้อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ ตามเงื่อนไขของการทำงานที่ต้องการ

Abstract:

The purpose of this work is to find the optimum operation of Heat Pipe Evacuated Tube Collectors (ETC). Piping configuration, flow rate and inlet temperature were studied in order to suitably find the outlet temperature. This ETC is used to supply thermal energy to Adsorption chiller. The required input to be supplied into Adsorption chiller is hot water at the difference temperature between the inlet water and outlet water is 5 °C. The ETC used in this experiment have the effective area per module is 1.4 squaremeter and the number of ETC to be used is 4. Piping configuration between each collector was set into 2 types consisting of 1) series into 4 modules (4X1) and 2) combination between series and parallel (2X2). Used circulation pump from feed water tank is keep the water temperature constant fallow condition test before feeding into ETC collectors. The flow rate was varied from 3, 4, 5, 6 และ 8 L/min. and inlet temperature was controlled from 30 – 60 °C. From the result, it could be concluded that the suitable flow configuration and flow rate are 4 X 1 and 5 Litres/min, respectively. These parameters are used to design piping installation of ETC and the number of ETC strings to be connected would correspondingly match the optimally operating condition of Adsorption chiller.

1. บทนำ

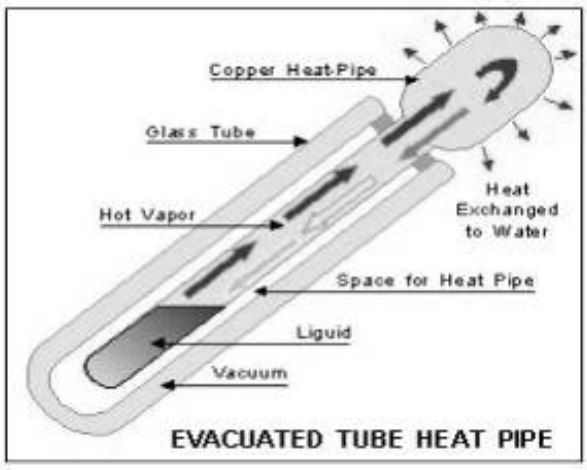
จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ภาพรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ร้อยละ 40 อยู่ในภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 35 อยู่ในภาคธุรกิจ และอีกร้อยละ 25 อยู่ในภาคที่อยู่อาศัย ตัวเลขค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่เป็นจริงในทุกวันนี้ กว่าร้อยละ 50 ของพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปนั้นมาจากเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าประมาณ 50 x 10^3 GWh/year [1] หากสามารถใช้เทคโนโลยีระบบปรับอากาศที่มาจากพลังงานทดแทนได้ จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก

เทคโนโลยีระบบปรับอากาศในปัจจุบันมีอยู่หลายแบบและเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจคือระบบปรับอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cooling) ซึ่งจะใช้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (Solar collector) เป็นส่วนประกอบหลัก และเนื่องจากแผงหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อน (Heat Pipe Evacuated Tube Collector; ETC) สามารถให้ปริมาณความร้อนที่ค่อนข้างสูงและคงที่ จึงเหมาะสมสำหรับการใช้งานร่วมกับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะหาสภาวะการใช้งานที่เหมาะสมของแผง ETC ประกอบด้วย รูปแบบการต่อแผง ปริมาณน้ำ และอุณหภูมิน้ำทางเข้า ที่จะส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำทางออกของระบบ ETC ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 5 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะประยุกต์ใช้ในระบบปรับอากาศชนิดดูดซับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

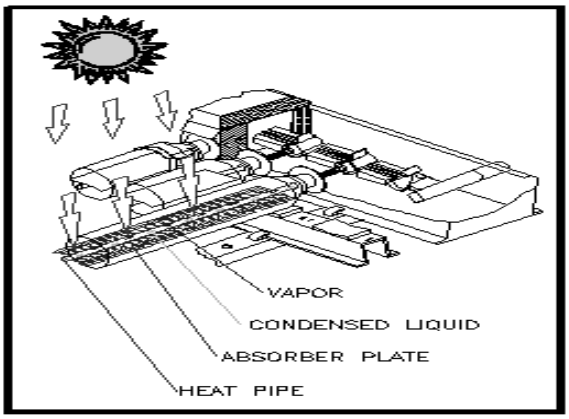
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของท่อความร้อน

ภายในท่อความร้อน (Heat Pipe) เมื่อสารทำความเย็นซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวที่บรรจุอยู่ในสภาวะสุญญากาศได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านหลอดแก้ว จะเกิดการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ หลังจากนั้นไอจะลอยขึ้นไปถ่ายเทความร้อนที่บริเวณหัวของท่อความร้อนด้านบน (Condenser) ก่อนที่จะควบแน่นมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1 จากกระบวนการนี้จะมีการถ่ายเทความร้อนจากท่อความร้อนบริเวณหลอดแก้วไปยังหัวของท่อความร้อนด้านบนเป็นวงจรอย่างต่อเนื่อง และจากบริเวณหัวท่อด้านบนไปยังท่อหลัก (Header) จะมีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนและจากนั้นจะมีการถ่ายเทความร้อนจากท่อหลักไปยังน้ำที่ไหลผ่านด้วยการพาความร้อนต่อไป



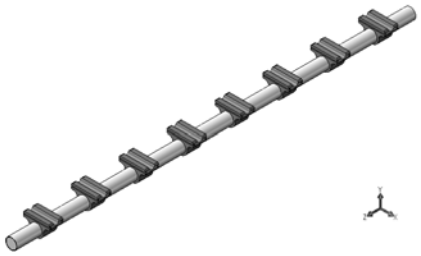
รูปที่ 1 หลักการทำงานของท่อความร้อน (Heat Pipe)
(ที่มา: ผลการค้นหารูปภาพสำหรับheat pipe www.google.co.th)



รูปที่ 2 ส่วนประกอบหลักของแผง (Heat Pipe ETC)
(ที่มา: ผลการค้นหารูปภาพสำหรับheat pipe www.google.co.th)

2.2 การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำภายในท่อหลัก

ที่บริเวณท่อหลัก (Header) ของระบบ ETC จะมีฐานรองของหัวท่อความร้อนที่ทำมาจากอลูมิเนียมจำนวน 8 ชิ้น ยึดติดอยู่กับท่อหลัก ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนจากหัวของท่อความร้อนไปยังท่อหลักตามรูปที่ 3 และเมื่อน้ำไหลผ่านเข้าภายในท่อหลักจะได้รับความร้อนโดยการพาความร้อนที่ได้จากฐานรองหัวท่อความร้อน ทำให้น้ำที่เข้าท่อหลักมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามแนวยาวของท่อหลัก



รูปที่ 3 ท่อหลักที่มีฐานรองหัวท่อความร้อน 8 ชิ้น

การพิจารณาอุณหภูมิน้ำที่เพิ่มขึ้นตามแนวยาวของท่อหลักจะใช้หลักการสมดุลของพลังงานความร้อน ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นจะเป็นไปตาม Duffie and Beckman [2] สมการ

$$\frac{Tout - Ta - S/U_L}{Tin - Ta - S/U_L} = \exp\left(-\frac{U_L AcF}{\dot{m}Cp}\right) \quad (1)$$

โดยที่

Tout คือ อุณหภูมิน้ำทางออก ($^\circ$C)
Tin คือ อุณหภูมิน้ำทางเข้า ($^\circ$C)
Ta คือ อุณหภูมิอากาศ ($^\circ$C)
S คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ (W/m^2)
U_L คือ สัมประสิทธิการสูญเสีย (W/$m^{2\circ}$C)
Ac คือ พื้นที่รับแสงของ Collector (m^2)
F คือ แฟคเตอร์
m คือ อัตราการไหล (kg/s)
Cp คือความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (KJ/(kg·$^\circ$C))

2.3 การหาปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับ

เมื่อน้ำไหลผ่านท่อหลักจากทางเข้าไปจนถึงทางออก น้ำจะได้รับปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นตามระยะทางของท่อหลัก และเมื่อน้ำไหลออกจากท่อหลัก จะหาปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับจากท่อหลักโดยใช้สมการ

$$Q = \dot{m} C_p \left(T_{out} - T_{in} \right) \qquad (2)$$

โดยที่

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนที่น้ำได้รับ (W)

m คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

Cp คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (KJ/ (kg·°C))

Tin คือ อุณหภูมิของน้ำด้านทางเข้า (°C)

Tout คือ อุณหภูมิของน้ำด้านทางออก (°C)

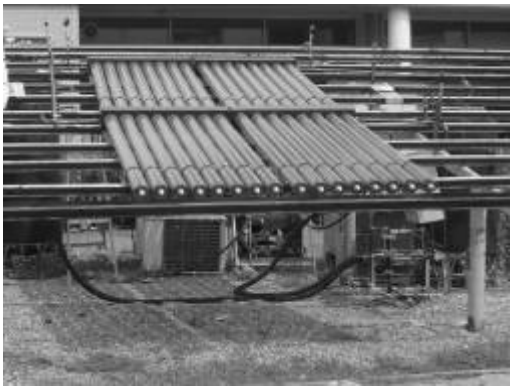
3. อุปกรณ์การทดลอง

3.1 แผง ETC

แผง ETC ประกอบไปด้วยแผ่นอลูมิเนียม ที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดรับความร้อน (Absorber) ติดอยู่ด้านในท่อหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube) โดยมีขนาดพื้นที่รับแสงเท่ากับ 1.4 ตารางเมตร ด้านหลังมีท่อความร้อน (Heat pipe) ติดอยู่ เพื่อรับการถ่ายเทความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบสุญญากาศของท่อหลอดแก้วจะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนสูญเสียออกจากตัวดูดรับความร้อนและท่อความร้อน โดยในการทดลองนี้ใช้แผง ETC ยี่ห้อ Sunda รุ่น Seido 1 – 8 ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2

3.2 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้

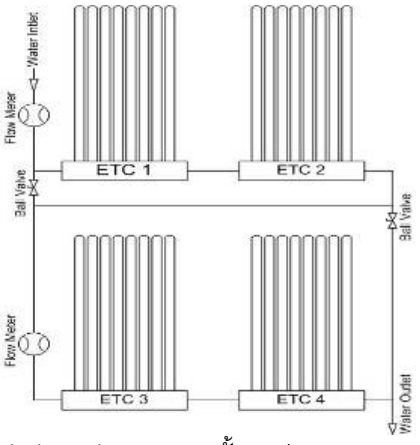
ในการทดลองได้ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ที่จำเป็น ดังนี้ ท่อทองแดงเพื่อต่อเป็นระบบท่อน้ำและวาล์วสำหรับปรับรูปแบบของการต่อชุดแผง ETC และใช้ปั๊มน้ำร้อนสำหรับหมุนเวียนน้ำจากถังเก็บ ผ่านเครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter) ก่อนเข้าชุดแผง ETC แล้วกลับมาพักน้ำไว้ที่ถังเก็บตามเดิม การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในถัง ทำโดยการใช้ขดลวดทำความร้อนพลังงานไฟฟ้า และการระบายความร้อนออกจากถังทำโดยใช้อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ และทำการวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้สายเทอร์โมคับเปิลชนิด K ในขณะที่ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์จะทำการวัดโดยใช้อุปกรณ์ไพราโนมิเตอร์ ที่ติดตั้งโดยมีมุมเอียงเท่ากับมุมเอียงของชุดแผง (ประมาณ 15°) สำหรับการเก็บข้อมูลการทดลอง จะทำการบันทึกโดยอุปกรณ์เก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) ซึ่งจะทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดแผง ETC จำนวน 4 ชุด และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.วิธีการทดลอง

การต่อชุดแผงในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) การต่อแบบอนุกรมทั้งหมด 4 แผง (4x1) และ 2) การต่อแบบผสมระหว่างอนุกรม 2 แผงและขนานกัน 2 ชุด (2x2) ดังแสดงในรูปที่ 5 และใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำจากถังเก็บที่รักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ตามเงื่อนไขการทดลองต่างๆ โดยเก็บผลการทดลองในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น. - 17.00 น. ในวันที่มีสภาพอากาศดี และมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 600 W/m^2 ซึ่งในแต่ละรูปแบบของการต่อแผงนั้น จะทำการทดลองโดยปรับค่า 2 เงื่อนไขหลัก คืออัตราการไหลของน้ำ ระหว่าง 3, 4, 5, 6 และ 8 L/min และอุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าชุดแผง ระหว่าง 30 - 60 °C

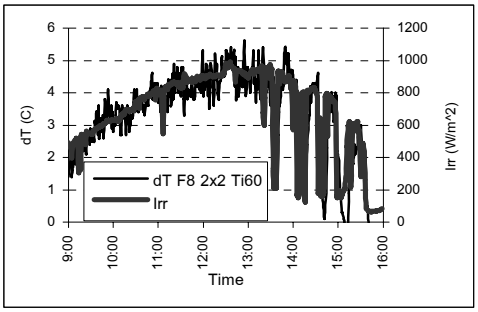


รูปที่ 5 การต่อท่อระหว่างแผง ETC ทั้ง 2 รูปแบบ (แบบอนุกรม 4 แผง (4x1) และแบบผสมระหว่างอนุกรมและขนาน (2x2))

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกแผง ETC

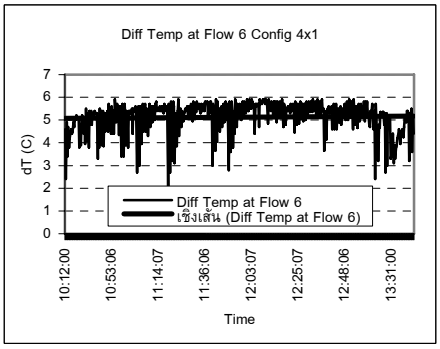
ในการทดลองพบว่า ค่าของผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกชุดแผง จะแปรผันตามค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (Irradiance) ดังแสดงในรูปที่ 6



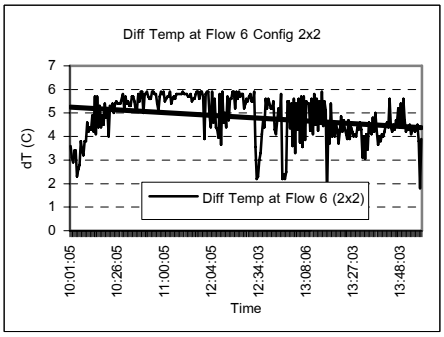
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกแผง กับค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (Irradiance)

5.2 รูปแบบการต่อชุดแผง

การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนเข้า-ออกแผง ETC สำหรับการต่อแผงทั้งแบบอนุกรม (4x1) และแบบผสม (2x2) ที่อุณหภูมิน้ำเข้าชุดแผง ETC เท่ากัน (ประมาณ 60 ˚C) ที่อัตราการไหล 6 L/min แสดงในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออก แบบอนุกรม (4x1)

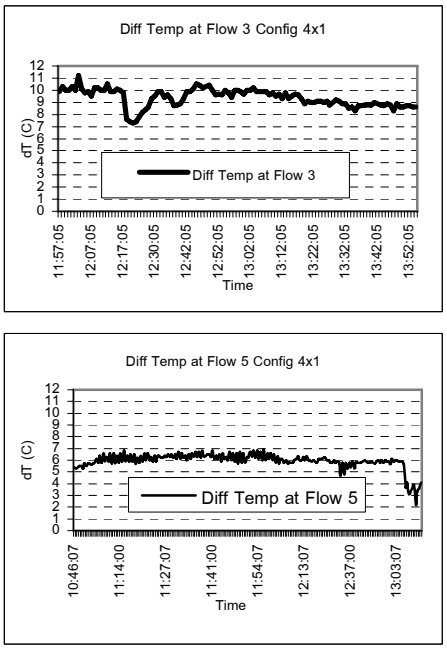


รูปที่ 8 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออก แบบผสม (2x2)

จากรูปที่ 7 และ 8 พบว่าค่าผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกชุดแผง ETC ที่อัตราการไหลของน้ำ 6 L/min อุณหภูมิของน้ำด้านเข้า 60 ˚C มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 รูปแบบ ที่ประมาณ 5 – 6 ˚C แต่จากการทำ Curve Fitting พบว่าการต่อแผงแบบ 2x2 มีแนวโน้มของผลต่างอุณหภูมิลดลงในช่วงบ่าย ส่วนแบบอนุกรม (4x1) มีกราฟที่ค่อนข้างคงที่มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากถึงแม้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 5˚C จากแผง ETC ที่ต่อแบบ 2x2 จะสามารถทำได้ แต่เนื่องจากความยาวของท่อหลัก 2 ชุดอนุกรมกันอาจจะพอดีต่อการเพิ่มอุณหภูมิดังกล่าว แต่ไม่สามารถให้ค่าที่สม่ำเสมอได้หากแสงอาทิตย์มีค่าต่ำในบางช่วงเวลา ดังนั้นการต่อแผงแบบ 4x1 จึงมีความเหมาะสมมากกว่าในการเพิ่มอุณหภูมิตามต้องการและคงที่ตลอดช่วงเวลาใช้งาน

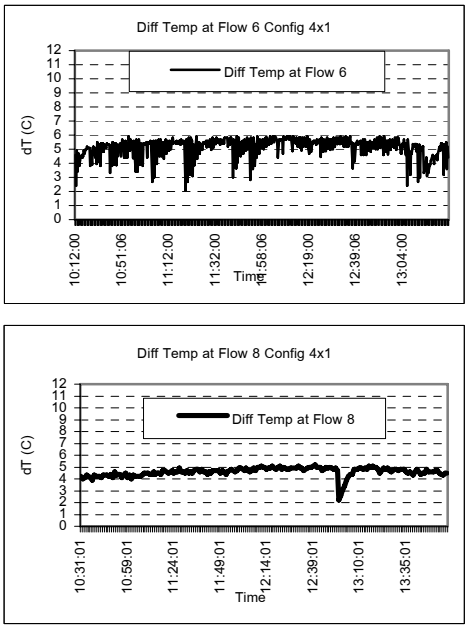
5.3 ผลของอัตราการไหลต่อค่าผลต่างของอุณหภูมิ

การเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนเข้า-ออกแผง ETC ที่ค่าอัตราการไหลต่างๆ กัน ทดลองโดยกำหนดค่าอุณหภูมิน้ำร้อนจ่ายเข้าแผงคงที่ที่ 60 ˚C เพื่อให้ได้น้ำร้อนออกจากชุดแผง ETC ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5 ˚C และผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 9 สำหรับการไหลที่ 3 และ 5 L/min และรูปที่ 10 สำหรับที่อัตราการไหลที่ 6 และ 8 L/min



รูปที่ 9 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกที่อัตรการไหล 3 และ 5 L/min

จากรูปที่ 9 พบว่า หากใช้ค่าอัตรการไหล 3 ลิตรต่อนาที ค่าผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนจะอยู่ที่ 9 – 10 ˚C ซึ่งสูงกว่าค่าต้องการ (5˚ C) หากใช้ค่าดังกล่าวจะทำให้ได้ปริมาณน้ำร้อนน้อยเกินไป และทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ แต่ถ้าปรับค่าอัตราการไหลให้สูงขึ้นเป็น 5 ลิตรต่อนาที ค่าผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนเข้า-ออกของแผง ETC จะมีค่าประมาณ 6˚C ซึ่งใกล้เคียงที่ต้องการ

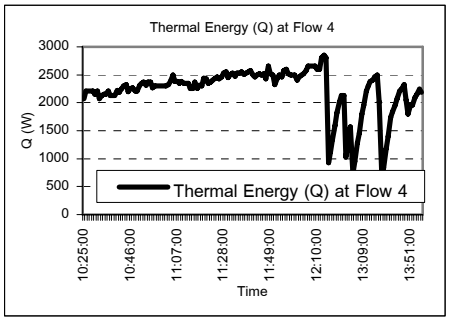


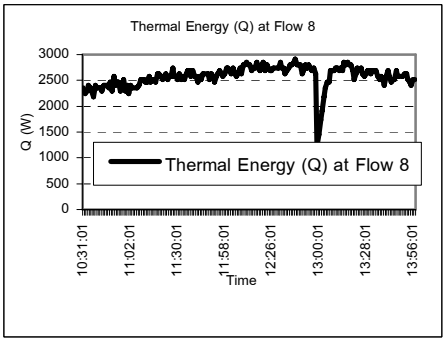
รูปที่ 10 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกที่อัตรการไหล 6 และ 8 L/min

จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่า หากเพิ่มค่าอัตรการไหลไปเป็น 6 ลิตรต่อนาที ค่าผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนจะมีค่าประมาณ 5 ˚C ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงตามเงื่อนไขที่ต้องการ แต่หากเพิ่มค่าอัตรการไหลขึ้นไปเป็น 8 ลิตรต่อนาที ค่าของผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนจะมีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขที่ต้องการมากเกินไป ดังนั้นอัตราการไหลที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานพบว่า จะมีค่าระหว่าง 5-6 ลิตรต่อนาที

5.4 พลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากอัตราการไหลต่าง ๆ กัน

เมื่อทราบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 5 ˚C และค่าอัตราการไหลระหว่าง 5-6 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบทำความเย็นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากชุดแผง ETC ที่อัตราการไหลและค่าความแตกต่างของอุณหภูมิต่างๆ กัน และคำนวณได้จากสมการ (2) ดังแสดงในรูปที่ 11





รูปที่ 11 ค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้ ที่อัตราการไหล 4 และ 8 ลิตรต่อนาที

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออัตราการไหลของน้ำที่ผ่านชุดแผงมีปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะเห็นได้อย่างชัดเจน เมื่ออัตราการไหลที่ผ่านชุดแผงมีค่าที่แตกต่างกันเป็น 2 เท่า จากผลกราฟหากใช้ค่าอัตราการไหลของน้ำที่ 4 ลิตรต่อนาที ค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากชุดแผง ETC จะมีค่าอยู่ในช่วง 2000 - 2500 W แต่ถ้าเพิ่มอัตราการไหลไปเป็น 8 ลิตรต่อนาที ค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากชุดแผง ETC จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งอยู่ระหว่าง 2500 – 3000 W แต่อย่างไรก็ตาม ค่าพลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ตามอัตราการไหล เนื่องจากผลของการถ่ายเทความร้อนที่ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิลดลงตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น

6. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

6.1 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกชุดแผง ETC

ค่าผลต่างของอุณหภูมิจะแปรผันตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (Irradiance) และจะแปรผกผันกับค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าชุดแผง ETC เนื่องจากเมื่อน้ำเข้าแผงมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะยิ่งทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนออกจากท่อความร้อนลดลง ดังนั้นจึงทำให้ค่าผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกชุดแผง ETC มีค่าลดลงตามไปด้วย

6.2 รูปแบบการต่อแผงใช้งาน

การศึกษานี้พบว่าควรเลือกรูปแบบการต่อแผงเป็นแบบ (4x1) ซึ่งจะเป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากกว่าแบบ (2x2) ทั้งนี้เป็นเพราะแบบ (4x1) มีระยะของท่อหลักที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนมากกว่า 2 เท่า ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้า-ออกได้ดีกว่า และเมื่อพิจารณาแบบ (2x2) พบว่า อัตราการไหลของน้ำจะต้องมีการแบ่งแยกออกจากท่อหลัก ดังนั้นอัตราการไหลที่ไหลผ่านท่อย่อยจะมีค่าต่ำลง ทำให้น้ำที่ไหลผ่านแผง ETC มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเร็วมากกว่า ส่งผลให้อัตราการเพิ่มของอุณภูมิน้ำที่ไหลผ่านแผงต่อๆไปจะมีค่าลดลงมากกว่าแบบ (4x1) เนื่องจากเหตุผลตามที่ได้กล่าวไปแล้วในข้อ 6.1 ซึ่งหากใช้การต่อแผงแบบ (4x1) จะให้ค่าอุณหภูมิน้ำทางออกแผงคงที่มากกว่า

6.3 อัตราการไหลใช้งาน

ค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมจะมีค่าระหว่าง 5 - 6 ลิตรต่อนาที ซึ่งในทางปฏิบัติควรเลือกใช้ค่าอัตราการไหลที่ 5 ลิตรต่อนาที เนื่องจากผลต่างอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางเข้า-ออกชุดแผง ETC จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 5 ˚C ซึ่งอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางออกชุดแผง ETC จะมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นหลักการทำงานทางเคมี ที่อาศัยการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นเป็นหลักในการขับเคลื่อนระบบทำความเย็น และในการใช้งานควรคำนึงถึงอัตราการสูญเสียความร้อนในระบบท่อน้ำด้วย

6.4 พลังงานความร้อนที่ผลิตได้

ค่าพลังงานความร้อนจะมีค่าแปรผันกับอัตราการไหลของน้ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลนั้น จะมีผลต่อค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้มากกว่าค่าผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกชุดแผง แต่อย่างไรก็ตามอัตราการไหลใช้งานของชุดแผง ETC นั้น จะมีจุดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานอยู่ด้วยเช่นกัน เนื่องจากต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ทางออกชุดแผง ETC ประกอบกัน สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์อัตราการไหล และค่าผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้า-ออกชุดแผง ETC เป็นหลัก โดยพิจารณาค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตได้นี้เป็นส่วนประกอบเท่านั้น ซึ่งเมื่อได้ค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อการใช้งานชุดแผง ETC 1 ชุด (4 แผง) แล้วสามารถใช้วิธีการต่อท่อขนานเป็นระบบขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณของน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551. "โครงการศึกษาศักยภาพการผลิตและการใช้ระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์". [online] www. www.dede.go.th

[2] Duffie, J.A. and Beckman, W.A., 1991, "Solar Engineering Thermal Processes", John Wiley & Sons, New York, pp. 1-146.

[3] Frank P. Incropera and David P. Dawitt., 1990, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer" John Wiley & Sons, New York, pp. 467-510.