

การผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ ร่วมกับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

Producing Electricity from Thermoelectric by Using a Closed-Loop Oscillating Heat Pipe in Conjunction with the Solar Pond

สุระ ตันดี*, ณัฐพงษ์ วงธานี¹ และ พงษ์พนา แก้วเผือก¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทร 043 235 893-4 ต่อ 2601 โทรสาร 043 237 483
E-mail: suratundee2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.00203 เมตร ยาว 2.5 เมตรร่วมกับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เมตรลึก 2.5 เมตร โดยทำการทดลองในห้องวิจัยเพื่อเปรียบเทียบสารทำงาน 2 ชนิดคือ น้ำกลั่นและ R-134a ที่อัตราการเติมสารทำงานคือ 30%, 40%, 50% ของปริมาตรท่อความร้อนทั้งหมด อัตราการไหลของน้ำร้อนในส่วนรับความร้อน 3 อัตราการไหลคือ 0.5, 1, 1.5 ลิตรต่อนาทีและอุณหภูมิของน้ำร้อน 3 อุณหภูมิคือ 50, 60, 70 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า น้ำกลั่นที่มีอัตราการเติมสารทำงาน 40 % โดยปริมาตร อุณหภูมิที่ส่วนปลายของท่อความร้อนคือ 27.9 °C อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส โดยมีค่าการนำความร้อนเป็น 62.85 วัตต์ส่วนสารทำงานเป็น R-134a ที่มีการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดคือท่อที่มีอัตราการเติมสารทำงาน 40 % ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อน 774.45 วัตต์

ในการทดลองการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบร่วมกับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เทอร์โมอิเล็กทริกส์ จำนวน 16 โมดูลต่อกันแบบอนุกรม เก็บข้อมูลค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า อุณหภูมิต่างๆ และค่าความเข้มแสงทุก 1 นาที และเก็บค่ากระแสไฟฟ้าทุก 10 นาที และจากการทดลองพบว่าค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.556 Volt กระแสไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 2.22 mA และได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.00118 Watt

Keywords: บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, เทอร์โมอิเล็กทริกส์, ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

Abstract

The objective of this research was to study the production of electricity from thermoelectric by using the closed-loop oscillating heat pipe with 0.00203 meter in diameter and 2.5 meters in length, in conjunction with the solar pond which was 8 meters in diameter and 2.5 meters in depth. The experiment was carried out in the research laboratory to compare the two types of working fluids which were distilled water and R-134a at the filling ratio of 30%, 40%, and 50% by volume of the total heat pipes. Three flow rates of hot water in the heat reception section were 0.5, 1, and 1.5 liters per minute respectively and three temperatures of hot water were 50, 60, and 70 degrees Celsius respectively. The results showed that distilled water with the fluid filling rate of 40% by volume provided the temperature at the end of the heat pipe of 27.9 degrees Celsius and the temperature at the evaporator of 60 degrees Celsius. Its thermal conductivity was 62.85 Watts. For an R-134a working fluid, its best heat transfer was the pipe with the filling ratio of 40%. It provided 774.45 Watts of heat transfer.

TSF-16

This experiment for electricity production had applied 16 modules of thermoelectric connected in series. Data of voltage, temperatures, and light intensity were recorded every 1 minute and data of electric current were recorded every 10 minutes. The results showed that the highest voltage was 0.556 Volts; the highest current was 2.22 mA and the maximum power was 0.00118 Watts.

Keywords: Solar pond, Thermoelectric, Oscillating heat pipe

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้มีค่าการแผ่รังสีความร้อนสูงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18 MJ/m².day [13] บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเก็บและสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ภายในตัวเองได้ บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถก่อสร้างง่ายและมีราคาถูก สามารถเปลี่ยนค่าการรังสีแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนและสามารถเก็บสะสมพลังงานความร้อนไว้ภายในตัวของมันเองได้เป็นเวลานาน

โดยทั่วไปบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย 3 ส่วน, ชั้นพาความร้อนด้านบน, ชั้นไม่มีการพาความร้อน, ชั้นพาความร้อนด้านล่าง แสดงดังรูปที่ 1 ชั้นพาความร้อนด้านบนเป็นชั้นที่อยู่บนสุดของบ่อความร้อน ชั้นนี้จะเป็นน้ำธรรมดาที่มีความหนาประมาณ 15 เซนติเมตร ชั้นถัดมาคือชั้นไม่มีการพาความร้อนเป็นชั้นที่ค่าความหนาแน่นของสารละลายเกลือจะมีความมากขึ้นตามความลึกของบ่อความร้อน ชั้นนี้เป็นเสมือนฉนวนกันความร้อนป้องกันไม่ให้ความร้อนจากด้านล่างของบ่อความร้อนสูญเสียผ่านไปสู่ด้านบนของบ่อความร้อน ชั้นพาความร้อนด้านล่างเป็นชั้นที่มีค่าความเข้มข้นของสารละลายเกลือมีค่าสูงสุด ค่าการแผ่รังสีความร้อนแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านจากชั้นพาความร้อนด้านบนชั้นไม่มีการพาความร้อนจะส่องลงมาถึงชั้นนี้ พลังงานความร้อนสามารถเก็บสะสมไว้ได้ภายในชั้นนี้เนื่องจากชั้นด้านบนไม่มีการพาความร้อน [1]

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยหลายท่านทำการศึกษานำความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า [11] โครงการผลิตไฟฟ้าจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประสบความสำเร็จเกิดขึ้นใกล้ ๆ ทะเลสาบ Dead Sea ของประเทศอิสราเอล บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีพื้นที่ 210,000 m² ลึก 4.5 m กำลังการผลิตไฟฟ้าขนาด 5 MW ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์

แรงคิน [2] จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นได้ว่าบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก สำหรับการผลิตไฟฟ้าขนาดครอบครัว (2 – 5 kW h/day) เราไม่จำเป็นต้องสร้างพื้นที่บ่อความร้อนขนาดใหญ่ เราสามารถสร้างบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับความต้องการปริมาณไฟฟ้าที่เราต้องการ บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กไม่มีความยุ่งยากในการก่อสร้างและการดูแลรักษา จึงเป็นอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมในการเก็บสะสมพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานความร้อนนั้นไปผลิตไฟฟ้า

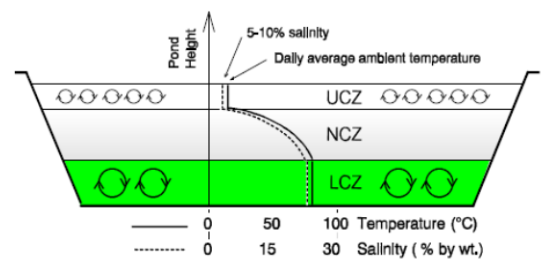


Fig. 1. Salinity-gradient solar pond.

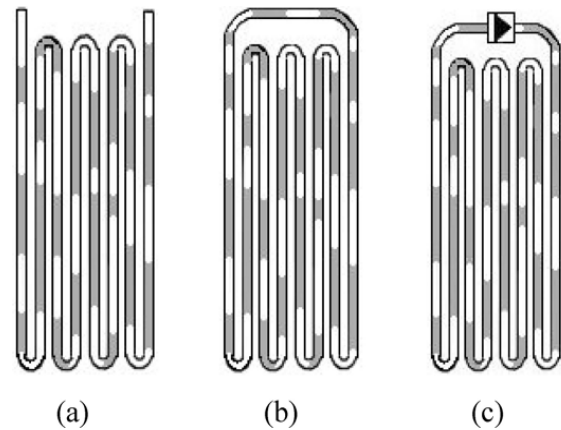
ในงานวิจัยนี้ต้องการนำเสนอการผลิตไฟฟ้าด้วยท่อความร้อนแบบส่นวงรอบและเทอร์โมอิเล็กทริกส์ โดยใช้ผลต่างของอุณหภูมิด้านบนและด้านล่างของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ข้อดีของการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีนี้คือไม่มีชิ้นส่วนใด ๆ ของระบบที่เคลื่อนที่ ระบบการผลิตไฟฟ้าจะใช้ท่อความร้อนแบบส่นวงรอบในการถ่ายเทความร้อนจากชั้นพาความร้อนด้านล่างของบ่อความร้อนขึ้นสู่ชั้นพาความร้อนด้านบนและทำการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกส์ไว้ที่ส่วนด้านบนของท่อความร้อนแบบส่นวงรอบซึ่งเป็นฝั่งด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์จะสัมผัสกับน้ำที่ชั้นด้านบนของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์สามารถผลิตไฟฟ้าได้

TSF-16

2. ทฤษฎี

2.1 ท่อความร้อนแบบสั่นวรอบ

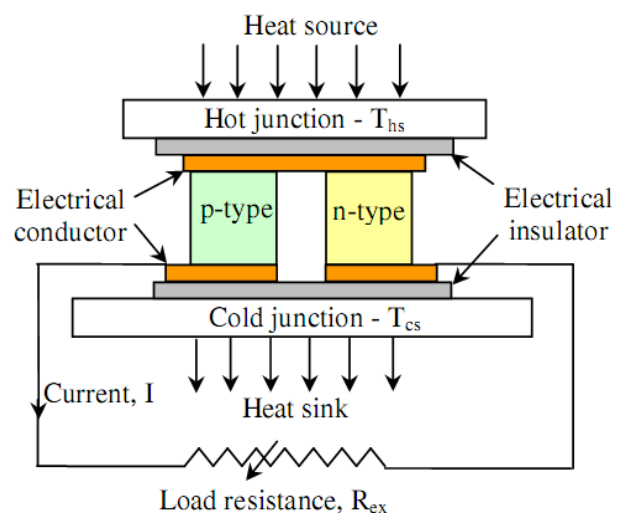
ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ที่มีการส่งผ่านความร้อนจากแหล่งสะสมความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งระบายความร้อนอุณหภูมิต่ำโดยอาศัยหลักการของการกลายเป็นไอของสารทำงาน (Working fluid) ที่บรรจุภายในท่อความร้อนเนื่องจากค่าความต้านทานความร้อนภายในท่อความร้อนมีค่าต่ำมาก ดังนั้นจึงถือได้ว่าท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีสมรรถนะสูง แต่อย่างไรก็ตามท่อความร้อนธรรมดาที่มีขีดจำกัดในการทำงาน ซึ่งเกิดจากขีดจำกัดการส่งถ่ายความร้อนจากแรงคาปิลลารี ทำให้ท่อความร้อนธรรมดา (Conventional heat pipe) ไม่สามารถส่งถ่ายความร้อนได้ดี ส่งผลทำให้มีการพัฒนาสร้างท่อความร้อนชนิดใหม่ขึ้นมาที่เรียกว่า “ท่อความร้อนแบบสั่น” โดยทำการตัดท่อคาปิลลารีให้โค้งงอไปมาโดยแนวท่อที่ติดนั้นวางตัวขนานกันและไม่มีส่วนที่เป็นวัสดุพุนภายในท่อ โดยเมื่อเติมสารทำงานในท่อความร้อนประเภทนี้ สารทำงานจะก่อตัวกันอยู่ในรูปแท่งของเหลว (Liquid slugs) สลับกับฟองไอ (Vapor bubbles) การถ่ายเทความร้อนจะเกิดจากการเคลื่อนที่แบบสั่นของสารทำงาน ที่เกิดขึ้นด้วยการกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-Excited oscillation) ท่อความร้อนแบบสั่นมีทั้งหมด 3 แบบคือ ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (Closed end oscillating heat pipe หรือ CEOHP) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ (Closed loop oscillating heat pipe หรือ CLOHP) และท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ (Closed loop oscillating heat pipe with check valve หรือ CLOHP/CV) การแบ่งชนิดของท่อความร้อนแบบสั่นนั้นแบ่งตามลักษณะการทำงานของสารทำงานที่อยู่ภายในท่อความร้อนซึ่งจะมีลักษณะการทำงานของสารทำงานภายในที่มีการสั่นและไหลเวียนแตกต่างกันไป โดยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับจะมีการไหลเวียนของสารทำงานไปในทิศทางเดียวเนื่องจากการทำงานของวาล์วกันกลับบังคับทิศทางไหลของสารทำงานภายในท่อความร้อน ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบในการทำงาน เนื่องจากการสร้างท่อความร้อนทำได้ง่ายไม่มีความยุ่งยากและมีสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนสูง [5,14,15]



รูปที่ 2 แสดงชนิดของท่อความร้อนแบบสั่น (a) ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (b) ท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบ (c) ท่อความร้อนแบบสั่นชนิดวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ (ที่มา: www.informaworld.com/smpp)

2.2 เทอร์โมอิเล็กทริกส์

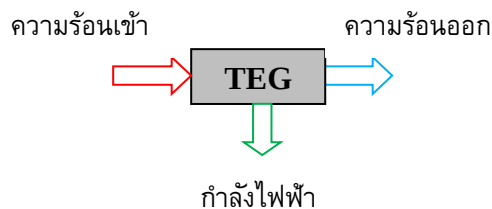
ในพื้นที่ห่างไกลที่ระบบสายส่งไฟฟ้ายังไม่มีแต่มีแสงอาทิตย์ส่องตลอดปี เมื่อรวมบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์,ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ, เทอร์โมอิเล็กทริกส์เข้าด้วยกันจะทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าสำหรับพื้นที่นั้นได้ การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ เมื่อให้ความร้อนด้านหนึ่งและระบายความร้อนออกด้านหนึ่งแก่เทอร์โมอิเล็กทริกส์ทำให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิขึ้นทั้งสองด้าน ความต่างของอุณหภูมิสองด้านทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านสารกึ่งตัวนำในเทอร์โมอิเล็กทริกส์



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล
ที่มา : Randeep Singh, Sura Tundee, Aliakbar Akbarzadeh (2010)

TSF-16

เมื่อมีความร้อนไหลผ่านจะส่งผลให้อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่างแสดงดังรูปที่ 4 ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีตัวนำเป็นโฮล (Hole) หรือประจุบวก เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่างโฮลก็จะไหลจากผิวด้านบนไปด้านล่างเช่นเดียวกัน ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลจึงไหลตามกันไปทิศทางเดียวกัน เทอร์โมอิเล็กทริกส์จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งมีผลทำให้เกิดกระแสไหลในวงจรหรือเกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วทั้งสองของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ขึ้น ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “ปรากฏการณ์ซีเบ็ค (Seebeck Effect)” ข้อดีของเทอร์โมอิเล็กทริกส์คือไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ทำให้ง่ายต่อการการดูแลรักษา [6,9,10]



รูปที่ 4 แสดงการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนที่ผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกส์

2.3 บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

บ่อพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่รับและสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ภายในตัวของมันสามารถทำงานได้ตลอดเวลาและทุกฤดูกาล เราสามารถที่จะประยุกต์นำพลังงานความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ได้ บ่อพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นส่วนใหญ่แล้วมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของความต้องการพลังงานที่ต้องการในการนำไปใช้งาน บ่อพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์จะบรรจุสารละลายไว้ โดยส่วนมากแล้วจะเป็น สารละลายเกลือ (Sodium chloride) NaCl โดยภายในบ่อความร้อนจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย

1. ส่วนชั้นพาความร้อนด้านบน (Upper Convective Zone, UCZ)
2. ส่วนชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non – Convective Zone, NCZ)

3. ส่วนชั้นพาความร้อนด้านล่าง (Lower Convective Zone, LCZ)

ชั้นพาความร้อนด้านบน (Upper Convective Zone) จะอยู่ส่วนด้านบนสุดของบ่อมีอุณหภูมิที่ผิวใกล้เคียงกับอุณหภูมิของบรรยากาศ ระดับความเข้มข้นของเกลือมีค่าใกล้เคียงกับน้ำสะอาดหรือแทบจะไม่มี ความเข้มข้นของเกลือ ผิวหน้าของชั้นนี้สัมผัสกับบรรยากาศทำให้เกิดการระเหยและเกิดการพาความร้อนขึ้นในชั้นนี้ของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ชั้นถัดมาเป็นชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non – Convective Zone, NCZ) อยู่ถัดลงมาจากชั้นพาความร้อนด้านบน เป็นชั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเกลือตามลำดับความลึก โดยที่เมื่อความลึกเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของน้ำเกลือจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ชั้นนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันความร้อนจากชั้นด้านล่างขึ้นสู่ชั้นด้านบน

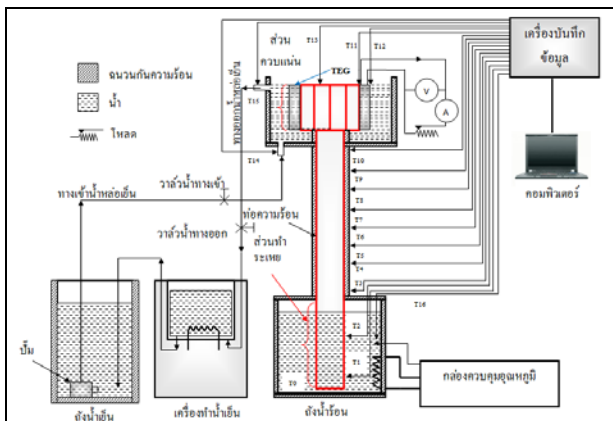
ชั้นสุดท้ายเป็นชั้นพาความร้อนด้านล่าง (Lower Convective Zone, LCZ) ชั้นนี้ความเข้มข้นของเกลือมีค่าสูงสุดและมีค่าเท่ากันตลอดทั้งชั้น เมื่อบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ความร้อนจะถูกส่งผ่านไปกักเก็บที่ส่วนด้านล่าง โดยที่ความร้อนนั้นจะผ่านจากชั้นพาความร้อนด้านบน ชั้นไม่มีการพาความร้อน ดังนั้นชั้นด้านล่างนี้จะรับความร้อนและเก็บสะสมความร้อนไว้ภายในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ [3,4,7,8,12]

3. อุปกรณ์และการทดลอง

รูปที่ 5 แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดลอง การผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ อุปกรณ์ในการทดลองประกอบด้วย เครื่องทำความร้อนให้กับท่อความร้อนด้านล่างทำระเหย เครื่องทำความเย็นเพื่อดึงความร้อนออกจากท่อความร้อนที่ด้านควบนั่นและเครื่องมือบันทึกผลของอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของการทดลอง เพื่อใช้หาค่าปริมาณความร้อนที่ส่วนทำระเหยและปริมาณความร้อนที่ส่วนควบนั่น ในการทำการทดลองขั้นแรก จะทำการทดลองเพื่อหาค่าความร้อนที่ดีที่สุดที่ท่อความร้อนสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนชนิดสารทำงานปริมาณการเติมสารทำงานที่เหมาะสมของท่อความร้อนที่มีความยาวถึง 2.5 เมตรซึ่งเป็นท่อความร้อนที่ยังไม่มีงานวิจัยใดเคยทำการศึกษามาก่อน ในการทดลองจะทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรการทดลองดังนี้

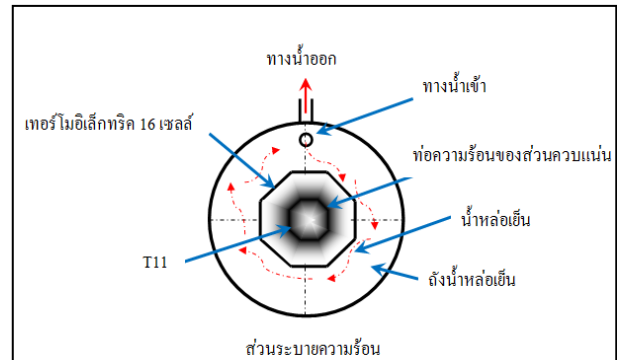
TSF-16

- อุณหภูมิน้ำส่วนทำระเหย 5 ค่า 40°C , 45°C , 50°C , 60°C , 70°C , 75°C
- อุณหภูมิน้ำส่วนควบแน่น 4 ค่า 20°C , 25°C , 30°C , 35°C
- อัตราการไหลของน้ำส่วนควบแน่น 3 ค่า 0.05 kg/s , 0.1 kg/s , 0.5 kg/s
- อัตราการเดินสารทำงาน 4 ค่า 45% , 50% , 55% , 60% ของท่อความร้อน
- สารทำงาน 2 ชนิด น้ำและสารทำความเย็น R 134a

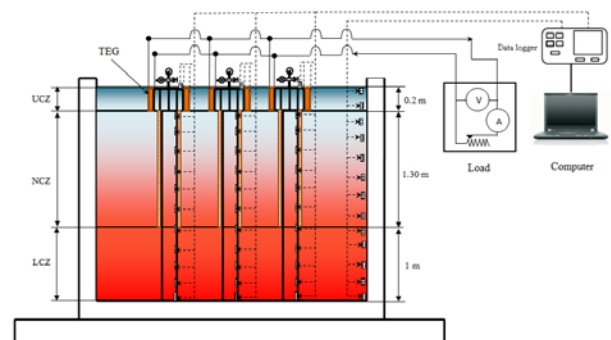


รูปที่ 5 คุณลักษณะชุดทดลองการผลิตไฟฟ้าในห้องวิจัย

หลังจากได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองแล้วจะทำการนำท่อความร้อนไปติดตั้งในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งแสดงการติดตั้งท่อความร้อนในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนทำระเหยของท่อความร้อนจะติดตั้งอยู่ในส่วนทำความร้อนด้านล่างของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และส่วนกันความร้อนของท่อความร้อนจะติดตั้งในส่วนไม่มีการระบายความร้อนของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และส่วนควบแน่นของท่อความร้อนจะติดตั้งในส่วนพาความร้อนด้านบนของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยจะทำการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกส์รอบส่วนควบแน่นของท่อความร้อนแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกส์บริเวณส่วนควบแน่นของท่อความร้อน

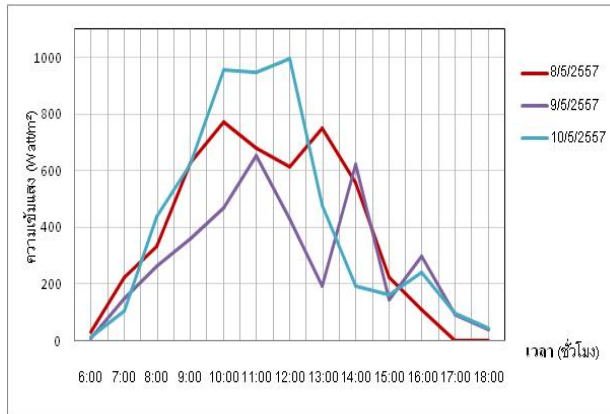


รูปที่ 7 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ในการทำการทดลองการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนจากบ่อความร้อนนั้นส่วนทำระเหยของท่อความร้อนจะรับความร้อนจากบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และระบายความร้อนออกที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ดังนั้นเทอร์โมอิเล็กทริกส์จะมีด้านหนึ่งร้อนและด้านหนึ่งเย็นทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าขึ้น ในการทดลองจะบันทึกผลของค่าการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในของบ่อความร้อน อุณหภูมิในแต่ละจุดของท่อความร้อน อุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้งด้านร้อนและด้านเย็น กำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตได้ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

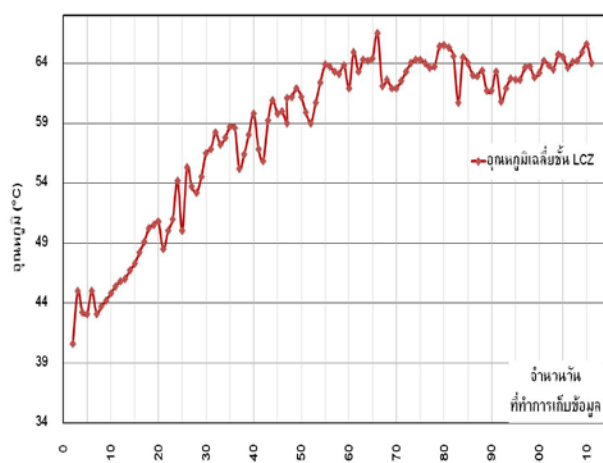
TSF-16

4. ผลการทดลองและวิจารณ์



รูปที่ 8 ค่ารังสีแสงอาทิตย์ต่อเวลาในบริเวณทำการทดลอง

รูปที่ 8 แสดงค่ารังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาทำการทดลองทำการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ในบริเวณพื้นที่ทำการทดลองโดยใช้ไพราโนมิเตอร์ ใช้เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) บันทึกค่าการแผ่รังสีทุก ๆ 10 นาทีและทำการหาค่าเฉลี่ยทุก ๆ 1 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าค่าการแผ่รังสีจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาเช้าและจะสูงสุดในช่วงเวลาที่เที่ยงและจะค่อยลดลงในช่วงเวลาบ่าย ค่ารังสีแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปแต่ละวันเกิดจากสภาวะแวดล้อมในแต่ละวันนั้นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าการแผ่รังสีมากคือสภาวะท้องฟ้าที่มีเมฆมากหรือท้องฟ้าแจ่มใส

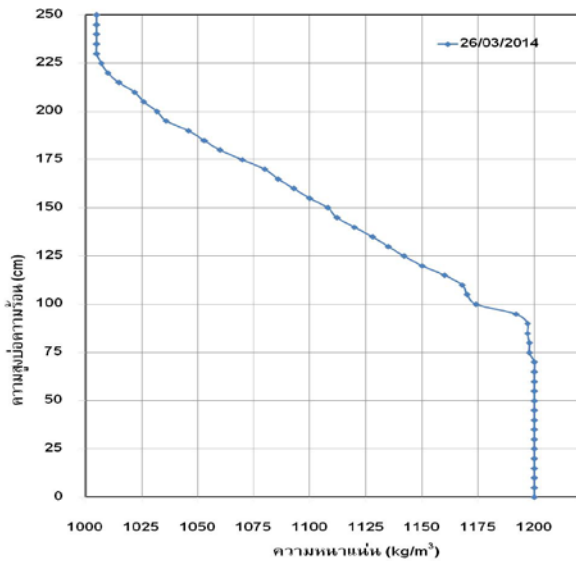


รูปที่ 9 แสดงผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงภายในชั้นพาความร้อนด้านล่าง

รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ชั้นพาความร้อนด้านล่างของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ชั้นพาความร้อนด้านล่างของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีความสูงจากพื้นบ่อขึ้นมาด้านบน 100 เซนติเมตร ทำการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิทุก ๆ ระยะ 10 เซนติเมตรเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 10 นาที และหาค่าเฉลี่ยทุก ๆ 1 วันเป็นเวลา 110 วัน จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถเก็บสะสมพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ได้มากเนื่องจากในช่วงแรกอุณหภูมิของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำทำให้บ่อความร้อนสามารถเก็บสะสมพลังงานความร้อนได้มากส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่ชั้นพาความร้อนด้านล่างสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิเฉลี่ยที่ชั้นพาความร้อนด้านล่างมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นและลดลงในช่วงเวลาเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีความร้อนที่บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับสาเหตุเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมในช่วงเวลานั้น ซึ่งเกิดจากฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์ ในขณะที่เดียวกันบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ก็มีการสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา ทำให้พลังงานความร้อนที่สูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อมมีค่ามากกว่าพลังงานที่บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับ ทำให้พลังงานความร้อนที่เก็บสะสมไว้มีค่าลดลงส่งผลให้อุณหภูมิของบ่อความร้อนมีค่าต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อบ่อความร้อนได้รับพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีมากกว่าการสูญเสียความร้อนของบ่อความร้อนก็จะทำให้บ่อความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีก ดังจะเห็นได้จากช่วงเวลาตั้งแต่บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เริ่มสะสมความร้อนจนผ่านไปประมาณ 60 วัน หลังจากนั้นอุณหภูมิของบ่อความร้อนจะเริ่มคงที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่มากนักเนื่องจากเมื่อบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะส่งผลให้อัตราการสูญเสียความร้อนมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถเก็บสะสมพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นพาความร้อนด้านล่างไม่สูงขึ้นดังเช่นในช่วงแรกของการสะสมความร้อนของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ได้รับและสูญเสียมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละวัน ทำให้อุณหภูมิบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าคงที่

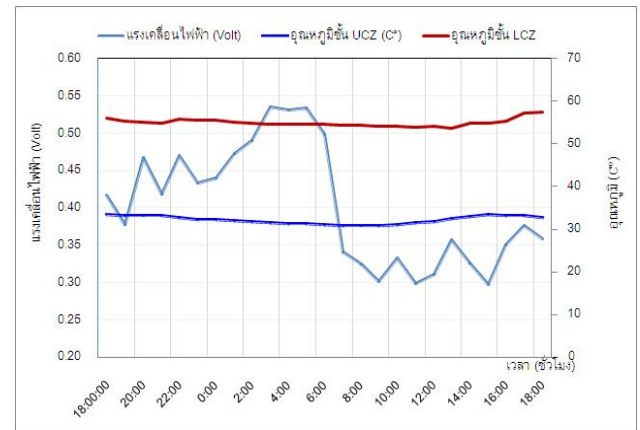
TSF-16



รูปที่ 10 แสดงผลของความหนาแน่นของสารละลาย
ภายในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 10 แสดงค่าความหนาแน่นของสารละลายภายในบ่อความร้อน บ่อความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ชั้นด้านบนเรียกว่าชั้นพาความร้อนด้านบน (Upper convective zone) มีความหนา 20 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นของสารละลายใกล้เคียงกับน้ำ ในชั้นนี้จะทำการเติมน้ำลงไปเพื่อทดแทนการระเหยของน้ำที่ได้รับความร้อนที่ผิวด้านบนและระบายออกสู่บรรยากาศ ชั้นถัดมาเป็นชั้นไม่มีการพาความร้อน (None convective zone) ค่าความหนาแน่นของสารละลายจะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่าความสูงของบ่อความร้อนมีค่าลดลง ชั้นนี้มีความหนาเท่ากับ 150 เซนติเมตร ความหนาแน่นของสารละลายจะเริ่มตั้งแต่ 1,200 kg/m³ และลดลงเรื่อย ๆ ในลักษณะเป็นเส้นตรงจนมีค่าเท่ากับ 1,010 kg/m³ ใกล้เคียงกับสารละลายที่ชั้นด้านบน การควบคุมให้ชั้นนี้มีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของสารละลายในลักษณะนี้ทำให้ชั้นนี้มีลักษณะเหมือนฉนวนที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากชั้นล่างขึ้นสู่ชั้นบน ชั้นสุดท้ายชั้นพาความร้อนด้านล่างมีความหนา 100 เซนติเมตรชั้นนี้มีความหนาแน่นของสารละลายสูงสุดและมีค่าใกล้เคียงกันทั้งชั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าความอิมตัวของน้ำเกลือ รูปที่ 10 แสดงค่าความหนาแน่นของสารละลายภายในบ่อความร้อนในระหว่างวันที่ 26 มีนาคม 2557 จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของสารละลายที่ชั้นด้านล่างมีค่า 1,200 kg/m³ ตลอดทั้งชั้น จะทำการควบคุมความหนาแน่นของสารละลายโดยการติดตั้งท่อเติมเกลือจากชั้นด้านบนลงไปถึงชั้นด้านล่างโดยให้ทางออกอยู่สูง

กว่าพื้น 30 เซนติเมตร ทำให้มีเกลือกองอยู่ที่พื้นของบ่อเพื่อรักษาความหนาแน่นของสารละลายให้คงที่ตลอดเวลา



รูปที่ 11 แสดงผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ

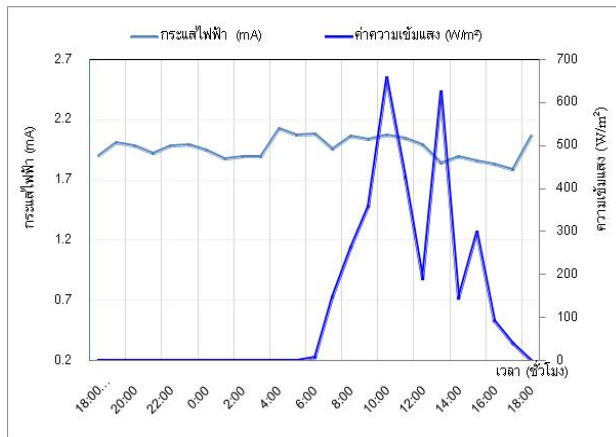
ภายในบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ในการทำการทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ของ

บริษัท Krytherm รุ่น TGM-199 -1.4 - 0.8 โดยนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 เซลล์มาต่ออนุกรมกันเป็น 1 โมดูล แล้วนำทั้ง 8 โมดูลมาต่ออนุกรมกันอีกครั้งหนึ่งและทำการติดตั้งเข้ากับบ่อความร้อนในส่วนควบแน่นและนำท่อความร้อนติดตั้งเข้ากับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ชั้นด้านล่างของบ่อความร้อนมีค่าประมาณ 55 °C อุณหภูมิที่ชั้นด้านบนของบ่อความร้อนมีค่าประมาณ 32 °C ทำให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิระหว่างชั้นด้านล่างและชั้นด้านบนประมาณ 23 °C ทำให้อุณหภูมิสามารถส่งถ่ายความร้อนจากส่วนรับความร้อนด้านล่างที่ติดตั้งที่ส่วนพาความร้อนด้านล่างของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และระบายความร้อนออกที่ส่วนควบแน่นซึ่งทำการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกส์ไว้ที่ส่วนควบแน่นทำให้ความร้อนไหลผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกส์ออกสู่ชั้นด้านบนของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ส่งผลให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าขึ้นจากผลต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ จากรูปที่ 11 เห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิที่ชั้นด้านบนมีค่าลดลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตได้จะมีค่าสูงขึ้นและในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิที่ชั้นด้านบนมีค่าสูงขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกส์จะผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าลดลงเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิที่ชั้นด้านบนลดลงทำให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิจากชั้นด้านบนและชั้นด้านล่างมีค่ามากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้นเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่าง

TSF-16

อุณหภูมิที่ผิวด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์
มากขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกส์จึงผลิตไฟฟ้าได้สูงขึ้น



รูปที่ 12 แสดงผลของกระแสไฟฟ้าต่อการแผ่รังสี
ของแสงอาทิตย์

จากรูป 12 แสดงความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้ากับ
ค่าการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์จะเห็นว่าถ้าค่าการแผ่รังสี
ของแสงอาทิตย์มีค่าสูงค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกมาจะมี
ค่าต่ำลงเพราะว่าในช่วงที่ค่าการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์มี
ค่าสูงอุณหภูมิที่ผิวของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ก็
จะสูงขึ้นตามไปด้วยส่งผลให้อุณหภูมิที่ด้านเย็นของแผ่น
เทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าสูงขึ้นและค่าความแตกต่างของ
อุณหภูมิระหว่างผิวของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ก็จะลดลงส่งผล
โดยตรงทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา
ได้ต่ำลงด้วยและในทางกลับกันถ้าค่าการแผ่รังสีของ
แสงอาทิตย์ต่ำอุณหภูมิที่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ก็
จะลดลงและได้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ด้านร้อน
และด้านเย็นเพิ่มมากขึ้นด้วยจึงทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์
ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้สูงตามไปด้วย

5. สรุป

จากการทดลองการผลิตไฟฟ้าจาก
เทอร์โมอิเล็กทริกส์โดยใช้ท่อความร้อนแบบสันวรูป
ร่วมกับบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยต่อเทอร์โม
อิเล็กทริกส์แบบอนุกรม จำนวน 8 โมดูล กระแสไฟฟ้า, และ
แรงเคลื่อนไฟฟ้า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทาง
เดียวกันโดยค่าทั้งสองจะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลง
ของค่าการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์, อุณหภูมิชั้นบนของบ่อ
ความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, อุณหภูมิชั้นกักเก็บความ
ร้อนของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, และอุณหภูมิ

บรรยากาศ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกันคือถ้าอุณหภูมิของชั้นบนบ่อ
ความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูง ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า
และค่ากระแสไฟฟ้าจะต่ำลงและถ้าอุณหภูมิชั้นบนของบ่อ
ความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่ำลงค่า
แรงเคลื่อนไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้นเพราะค่า
ความแตกต่างของอุณหภูมิของชั้นกักเก็บความร้อนกับ
อุณหภูมิของชั้นบนของบ่อความร้อนมีการเปลี่ยนแปลง
น้อยมากทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิชั้นกักเก็บ
ความร้อนมีผลกับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า
และค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า, ค่ากระแสไฟฟ้าในช่วงตอน
กลางคืนมีค่ามากกว่าช่วงตอนกลางวันเพราะอุณหภูมิ
บรรยากาศในตอนกลางคืนมีค่าต่ำทำให้อุณหภูมิของชั้น
บนของบ่อความร้อนลดลงตามไปด้วยส่วนอุณหภูมิชั้นกัก
เก็บความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชั้นบน ส่วนตอน
กลางวันถ้าอุณหภูมิชั้นบนของบ่อความร้อนสูงอุณหภูมิชั้น
ล่างของบ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะสูงตามไป
ด้วยเนื่องจากค่าการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์จึงทำให้ค่า
ความต่างของอุณหภูมิชั้นกักเก็บความร้อนและชั้นบนของ
บ่อความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าการเปลี่ยนแปลง
น้อยกว่าตอนกลางคืนโดยค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดที่วัดได้
มีค่าเท่ากับ 0.53 โวลต์ และได้กระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ
2.13 mA

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
อีสานและคณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตขอนแก่น
ที่สนับสนุนสถานที่ทำการวิจัยและทุนในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Akbarzadeh , A., and Ahmadi,G.(1980). Computer simulation of the performance of a solar pond in Southern part Iran, Solar Energy, Vol. 44, pp. 143-151.
- [2] Hull, J.R. (1980). Computer simulation of solar pond thermal behaviour, Solar Energy, Vol. 25, pp. 33.
- [3] Jaefarzadeh M.R, Akbarzadeh. (2002). A., Towards The Design of low Maintenance Salinity Gradient Solar Ponds Solar Energy Vol. 73, No. 5, pp. 375-38.

TSF-16

- [4] Jaefarzadeh M.R.(2006). Heat extraction From a Salinity – gradient solar pond using in pond heat exchanger ,Applied Thermal Engineering , Vol. 26, pp. 1858-1865.
- [5] Piyanun Charoensawan, Sameer Khandekar, Manfred Groll, Pradit Terdtoon. (2003). Closed loop Pulsating heat pipes: Part A: parametric experimental investigations, Applied Thermal Engineering, Volume 23, Issue 16, November 2003, pp. 2009-2020
- [6] Randeep Singh, Sura Tundee, Aliakbar Akbarzadeh.(2011). Electric power generation from solar pond using combined thermosyphon and thermoelectric modulesOriginal Research Article Solar Energy, Volume 85, Issue 2, February 2011, pp. 371-378.
- [7] Rabl, A., and Nielsen, C.E. (1974). solar ponds for space heating, Solar Energy, Vol. 17, pp. 1-12
- [8] Shah, S.A, Short, T.H., and Fynn, R.P., (1981), Modelling and testing a salt gradient solar pond in Northeast Ohio, Solar Energy, Vol. 27, No.5, pp.394-401.
- [9] Sura Tundee, Pradit Terdtoon, Phrut Sakulchangsatjatai, Randeep Singh, Aliakbar Akbarzadeh.(2010). Heat extraction from salinity-gradient solar ponds using heat pipe heat exchangersOriginal Research Article Solar Energy, Volume 84, Issue 9, September 2010, pp. 1706-1716
- [10] Sura Tundee, Narong Srihajang, Suparerk Charnongkolpradit.(2014). Electric Power Generation from Solar Pond Using Combination of Thermosyphon and Thermoelectric Modules Original Research Article Energy Procedia, Volume 48, 2014, Pages 453-463
- [11] Tabor H. (1981). Solar pond. Solar Energy 1981;27(3):181-94
- [12] Weinberger H.(1964). The physics of the Solar pond. Solar Energy 1964;8(2)
- [13] ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, (2542). กรม

พัฒนา และ ส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

[14] วีระนุช อินทะกันท์, (2552). ผลของสารทำงานผสมที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสันชนิดวงรอบที่สภาวะส่งถ่ายความร้อนสูงสุด วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[15] อภิมน มณีวรรณ, (2545) คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนชนิดสันแบบวงรอบ วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่