



รายงานการวิจัย
ต้นแบบรังสะท้อนแสงอาทิตย์สำหรับหน่วยทำความเย็น
The Prototype of Solar Collector for Cooling Unit

โดย

ดร. วัฒนา รติสมิทธิ์

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิงหาคม 2554

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาที่วิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภชและโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (Project No. EN11801) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณ ศ.ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาต้นแบบ แผงรับแสงอาทิตย์ และคุณณรงค์ อมรพิทักษ์พันธ์ ผู้บริหาร บริษัท เอ เอ็ม พี เมทัลเวอคส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ช่วยเหลือในการสร้างต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปการทำงานของระบบแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงจำเป็นต้องมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อที่จะสามารถรับแสงที่ตำแหน่งโฟกัสได้ตลอดเวลา อีกทั้งแผงรับแสงไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในสภาพภูมิอากาศที่มีเมฆ เนื่องจากมีปริมาณรังสีกระจายค่อนข้างสูง โดยแผงรับแสงอาทิตย์แสงไม่สามารถนำรังสี กระจายมาใช้ประโยชน์ได้ จึงเป็นปัญหาที่สำคัญในการใช้งานแผงรับแสงอาทิตย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน เป้าหมายของงานวิจัยคือการออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบใหม่ที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์และมี สมบัติในการรับรังสีกระจายได้ดี แผงรับแสงอาทิตย์ประกอบด้วย รังพาราโบลา หรือ รังพาราโบลาแบบผสม 3 รัง ที่มีจุดโฟกัสต่ำ วางในทิศทางต่างกัน และวางท่อที่มีภาคตัดขวางของท่อยาวในแนวตั้งของแต่ละรัง การ ออกแบบนี้ทำให้แผงรับแสงสามารถรับแสงในทิศทางต่างๆ โดยไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ในขณะที่เดียวกัน สามารถ รับรังสีกระจายได้ดี แผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบ สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดภายในหลอดแก้ว 146 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการทำความเย็น

Abstract

In the general operation of a solar collector, the concentrating systems require sun tracking to maintain sunlight focusing at the collector. In addition, the solar collector cannot work effectively in a cloudy condition as the diffused light cannot be concentrated passively. Consequently, it faces a serious problem in utilizing such a solar collector to collect solar energy, especially in the rainy season. The goal of this research is to design a new solar collector, which does not contain a solar tracking system and has an ability to collect the diffused sunlight. Newly developed system consists of three deep parabolic troughs or compound parabolic troughs, with low focus points facing the sun at different angles and the elongated cross section tubes at the axis of the trough. The salient feature of this design is that the system can collect the sunlight energy at every angle with no moving part, and at the same time can receive the diffused light. This collector yields higher temperatures than flat plate solar collector, the maximum temperature in evacuated tube is 146 degrees Celsius, and is therefore suitable for cooling application.

สารบัญ

	หน้าที่
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อ	3
สารบัญภาพ	5
บทที่ 1 บทนำ	7
จุดเด่นของงานวิจัย	9
ระบบการทำความเย็น	13
บทที่ 2 การออกแบบและทดสอบสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์	15
ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 1	16
การทดสอบสมรรถนะของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 1	18
ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2	20
การทดสอบสมรรถนะของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2	24
การประยุกต์การใช้งานสำหรับการหุงต้ม	27
บทที่ 3 การพัฒนาต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์สำหรับหน่วยการทำความเย็น	30
การวางท่อรับรังสี	31
การออกแบบต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 3	32
การเปรียบเทียบการทดลอง	38
บทที่ 4 สรุป	39
เอกสารอ้างอิง	40
ประวัตินักวิจัย	41
ภาคผนวก	45

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1. แสดงแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา	6
รูปที่ 2. แสดงผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสุญญากาศ(ซ้าย) และแบบแผ่นราบ(ขวา) ที่ใช้ในการทำ น้ำอุ่นในระบบขนาดเล็ก	7
รูปที่ 3. ดันแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์	7
รูปที่ 4. แสดงการรับแสงอาทิตย์ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้(ซ้ายมือ) กับแผงรับแสงแบบราง พาราโบลาแบบทั่วไป(ขวามือ)	8
รูปที่ 5. แสดงเปอร์เซ็นต์ในการรับแสงอาทิตย์ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้(ซ้ายมือ) กับแผงรับแสงแบบท่อแก้วสุญญากาศ(ขวามือ)	8
รูปที่ 6. แสดงการสะท้อนของรังสีตกกระทบในทิศทางต่างๆของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้ สามารถรับรังสีที่ ทำมุมในช่วง 60 องศา (ซ้ายมือ) กับแผงรับแสงแบบรางพาราโบลาแบบทั่วไป(ขวามือ)	9
รูปที่ 7. แสดงการวางแผงรับแสงอาทิตย์ของสิ่งประดิษฐ์(บน) และการวางแผงรับแสงอาทิตย์ใ้โรงงาน ไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์	11
รูปที่ 8. แผนภาพแสดงระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	12
รูปที่ 9. แสดงการสะท้อนแสงของเส้นโค้ง $y = f(x)$	14
รูปที่ 10. แสดงการสะท้อนของเส้นโค้งพาราโบลาที่มีจุดโฟกัสต่ำ(ซ้ายมือ)และจุดโฟกัสสูง(ขวามือ) วงกลมแสดง ตำแหน่งของท่อรับรังสีขนาด 5 ซม. ที่วางอยู่ที่จุดโฟกัส	15
รูปที่ 11. แสดงการสะท้อนของรางพาราโบลาที่สามารถรับแสงในเวลาต่างๆ	16
รูปที่ 12. ดันแบบแผงรับแสงอาทิตย์ที่ไม่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ตัวแรกขนาด 1.4x1.4 ม. (ซ้าย) และราง พาราโบลาแบบทั่วไปขนาด 1.4x1.2 ม. (ขวา)	17
รูปที่ 13. แสดงน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียสในถังเก็บน้ำร้อน อุณหภูมิของน้ำสูงสุดที่วัดได้ 165 องศาเซลเซียสที่ ความดันสูงมีผลทำให้หลอดระเบิด	18
รูปที่ 14. แสดงพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันที่ 4 6 และ 8 มกราคม 2553	18
รูปที่ 15. แสดงประสิทธิภาพในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. เส้นสีดำแสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงแบบใหม่ เส้นสีเทาแสดงประสิทธิภาพของรางพาราโบลาแบบทั่วไป ของวันที่ 4 6 และ 8 มกราคม 2553	18
รูปที่ 16. แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยตั้งแต่เวลาเริ่มต้น 9.00 น. ไปยังเวลาใดๆ เส้นสีดำแสดงประสิทธิภาพของแผงรับ แสงแบบใหม่ เส้นสีเทาแสดงประสิทธิภาพของรางพาราโบลาแบบทั่วไป ของวันที่ 4 6 และ 8 มกราคม 2553	19
รูปที่ 17. แสดงการสะท้อนของเส้นโค้งพาราโบลาที่มีจุดโฟกัสต่ำและมีท่อรับรังสี 3 ท่อ(บน) และจุดโฟกัสสูง(ล่าง) วงกลมแสดงตำแหน่งของท่อรับรังสีขนาด 5 ซม. สำหรับรังสีกระจาย	20
รูปที่ 18. แสดงการสะท้อนของรางพาราโบลาของดันแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2	21

	หน้าที่
รูปที่ 19. การทดลองการสะท้อนแสงของแผ่นอะลูมิเนียมเปรียบเทียบกับแบบจำลองการสะท้อนแสงทางคณิตศาสตร์	22
รูปที่ 20. แสดงท่อรับรังสีประกอบด้วยท่อทองแดงภายในบรรจุน้ำมันปาล์มเพื่อดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์	22
รูปที่ 21. แสดงพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 29 พย. 53	23
รูปที่ 22. แสดงอุณหภูมิภายในท่อรับรังสีที่มีน้ำมันปาล์ม 0.5 ลิตรบรรจุอยู่ภายในท่อ ทำการทดลองในวันที่ 29 พย. 53 โดยเริ่มทำการทดลองเวลา 12.30 น.	23
รูปที่ 23. แสดงแผนภาพระบบการทำความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์	24
รูปที่ 24. แสดงพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 17 กพ. 54	24
รูปที่ 25. แสดงอุณหภูมิภายในถังน้ำมันซึ่งมีน้ำมันปาล์มทั้งหมด 14 ลิตร	25
รูปที่ 26. แสดงอุณหภูมิที่ขั้วหลอดรับรังสีทั้ง 9 หลอด	25
รูปที่ 27. แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบ	26
รูปที่ 28. แสดงชุดหุ้ดหุ้มพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์	27
รูปที่ 29. แสดงไข้ที่ต้มโดยชุดหุ้ดหุ้มพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์	29
รูปที่ 30. แสดงบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ต้มโดยชุดหุ้ดหุ้มพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์	29
รูปที่ 31. แสดงท่อรับรังสีฮีท้อ SUNDA เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 216 ซม. สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดที่ 190 องศาเซลเซียส	30
รูปที่ 32. แสดงตำแหน่งและทิศทางของแผ่นดูดซับรังสีในทิศทางต่างๆ กัน เส้นสีน้ำเงินแสดงรังสีตกกระทบ เส้นสีส้ม สีเขียวและสีเหลือง แสดงรังสีสะท้อนครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ	31
รูปที่ 33. การรับมูมกวาดของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 5 องศา	32
รูปที่ 34. แสดงการรับแสงในช่วงเวลาต่างๆ ของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 5 องศา	33
รูปที่ 35. การรับมูมกวาดของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 10 องศา	34
รูปที่ 36. แสดงการรับแสงในช่วงเวลาต่างๆ ของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 10 องศา	35
รูปที่ 37. การรับมูมกวาดของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 15 องศา	36
รูปที่ 38. แสดงการรับแสงในช่วงเวลาต่างๆ ของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 15 องศา	37
รูปที่ 39. แสดงการเปรียบเทียบแบบจำลองการสะท้อนทางคณิตศาสตร์กับการทดลองแผ่นสะท้อนแสงกับโคมไฟในทิศทางที่ตั้งฉากกับแผงรับแสง	38

บทที่ 1 บทนำ

แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาเป็นแผงรวมแสงชนิดหนึ่งที่ให้อุณหภูมิสูง นิยมใช้ในโรงงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการรวมแสงของรางพาราโบลาไปยังท่อรับแสงที่วางอยู่ในแนวเส้นโฟกัส และมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อที่จะสามารถรับพลังงานได้ตลอดทั้งวันดังรูปที่ 1 พลังงาน ที่ได้รับสามารถที่จะเก็บสะสมในถังสะสมความร้อน ในช่วงที่มีเมฆ และช่วงกลางคืนได้[2-9] อย่างไรก็ตามแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาตามที่กล่าวแล้วมีขีดจำกัดดังนี้

1. ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ จึงจะสามารถรวมแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ ได้
2. ไม่สามารถรับรังสีกระจายได้ดี พลังงานที่ได้รับจากแผงรับแสงลดลงอย่างมาก ในสภาพภูมิอากาศที่มีเมฆหมอก

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีเมฆ ความชื้นมาก จึงทำให้เกิดรังสีกระจายในปริมาณค่อนข้างสูง สัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมของแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีค่าอยู่ระหว่าง 31% ถึง 58% เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีจะมีปริมาณรังสีกระจายอยู่ที่ 44% [1] ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง ทำให้อุปกรณ์รวมแสงต่างๆ ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีส่วนนี้ได้



รูปที่ 1. แสดงแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้งานในระบบขนาดเล็กสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือแผงรับแสงแบบท่อแก้วสุญญากาศและแผงรับแสงแบบแผ่นราบดังรูปที่ 2. สามารถทำอุณหภูมิได้ประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส การใช้ประโยชน์เพื่อการทำน้ำอุ่น ยังไม่มีผลิตภัณฑ์ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ให้อุณหภูมิสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส สำหรับใช้งานในระบบขนาดเล็กเช่น ในระดับครัวเรือน บ้านพัก สำนักงาน หรือ โรงงานอุตสาหกรรม สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอุณหภูมิใช้งานสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ นั้นมักเป็นการพัฒนาใช้งานสำหรับระบบขนาดใหญ่ เช่นการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่ง

จำเป็นต้องใช้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสง แบบรางพาราโบลหรือจานสะท้อนแสง นอกจากนี้แผงรับแสงดังกล่าวมักต้องทำงานร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้การนำระบบติดตามดวงอาทิตย์มาใช้ในระบบขนาดเล็กอาจก่อให้เกิดปัญหาในทางปฏิบัติหลายประการ เช่น ทำให้ระบบมีราคาสูง ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เนื่องจากมีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวจึงอาจชำรุดได้ง่าย ส่งผลให้ไม่คุ้มค่าในการลงทุนสำหรับใช้งานในระดับครัวเรือน แผงรับแสงที่ประดิษฐ์ขึ้น สามารถแก้ไขข้อด้อยของแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลชนิดดั้งเดิมได้ โดยไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ดังรูปที่ 3. มีสมบัติในการรับรังสีกระจายได้ จึงเหมาะสมกับทุกสภาพดินฟ้าอากาศ จากการทดลองพบว่าแผงรับแสงสามารถทำอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงมีความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ไม่เพียงแต่การใช้ในการทำน้ำอุ่น ยังสามารถใช้ในการหุงต้ม การอบแห้ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในกระบวนการทำความร้อนของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมต่างๆ หรือใช้ในหน่วยทำความเย็นเป็นต้น



รูปที่ 2. แสดงผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสุญญากาศ(ซ้าย) และแบบแผ่นราบ(ขวา) ที่ใช้ในการทำน้ำอุ่นในระบบขนาดเล็ก

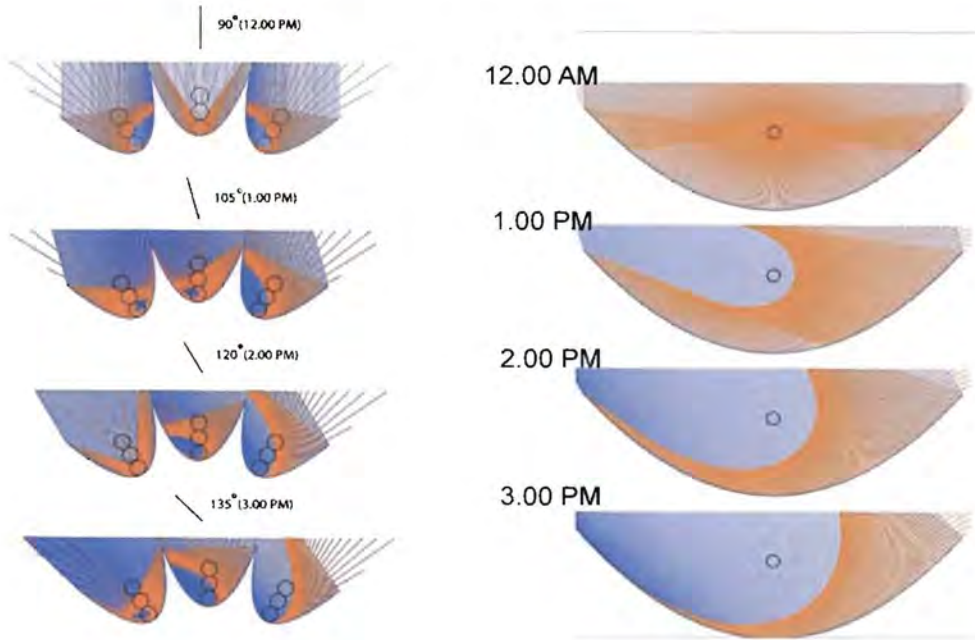


รูปที่ 3. ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

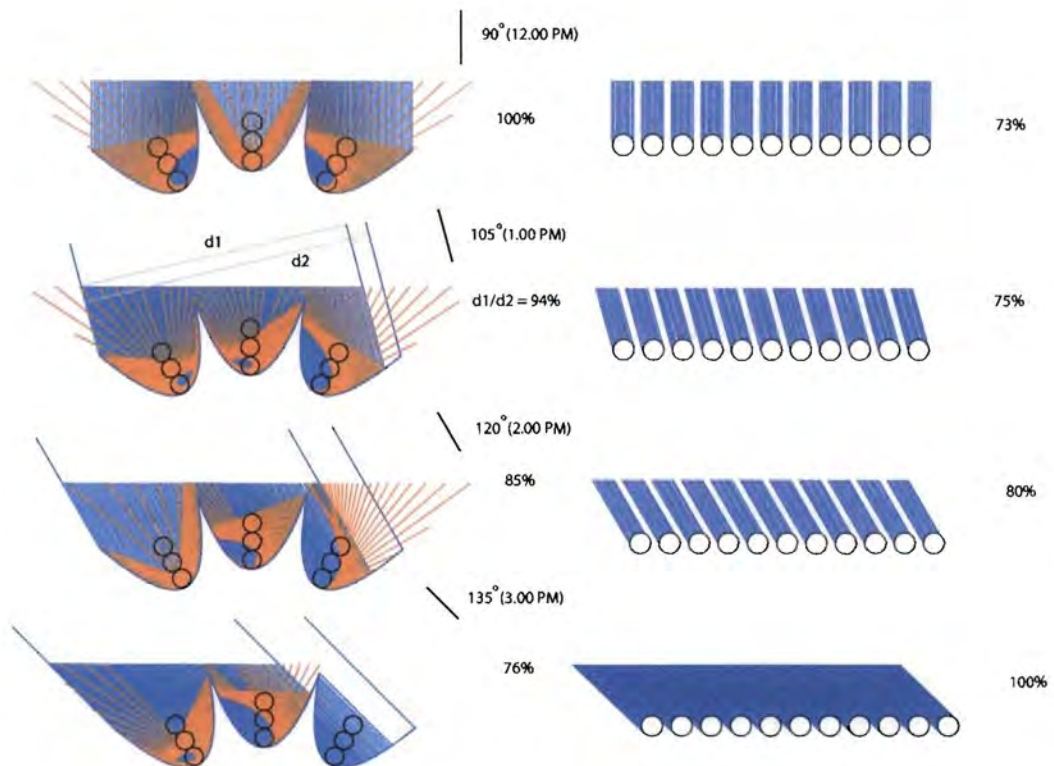
1.1 จุดเด่นของงานวิจัย

1.1.1. ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

แผงรับแสงที่ออกแบบนี้สามารถรวมแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาต่างๆ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวแผงรับแสง เมื่อเปรียบเทียบแผงรับแสงที่ออกแบบและแผงรับแสงดังในรูปที่ 3 พบว่าสามารถรับแสงได้ไม่ต่ำกว่า 76% ตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 9.00 น. ถึง 15.00 น. ซึ่งหากเปรียบเทียบกับแผงรับแสงแบบดั้งเดิมจะรับแสงปริมาณดังกล่าวได้เป็นเวลาเพียงไม่ถึงครึ่งชั่วโมง



รูปที่ 4. แสดงการรับแสงอาทิตย์ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้(ซ้ายมือ) กับแผงรับแสงแบบรางพาราโบลาแบบทั่วไป(ขวามือ)

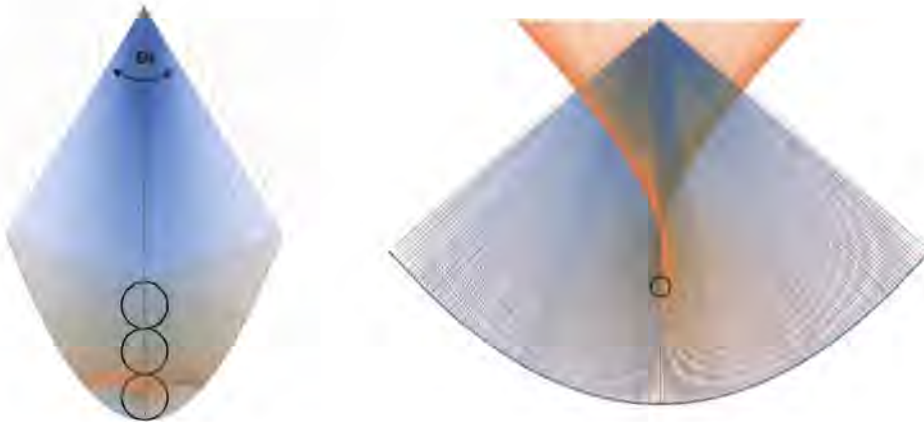


รูปที่ 5. แสดงเปอร์เซ็นต์ในการรับแสงอาทิตย์ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้(ซ้ายมือ) กับแผงรับแสงแบบท่อแก้วสุญญากาศ(ขวามือ) โดยระยะห่างระหว่างท่อแก้ว 7 ซม. โดยอ้างอิงจากผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์

พบว่าแม้แผงรับแสงแบบท่อแก้วสุญญากาศจะรับแสงได้ทุกช่วงเวลา แต่ก็สูญเสียปริมาณรังสีจากช่องว่างระหว่างท่อแก้วไปประมาณ 25% ในช่วงเที่ยงๆ จะรับแสงได้โดยไม่สูญเสียปริมาณรังสีในช่วงประมาณก่อน 9.00 น. และหลังเวลา 15.00 น. ในขณะที่แผงรับแสงที่ออกแบบไว้ (ซ้ายมือ) สามารถรับแสงได้ 100% ในช่วงเที่ยงและลดลงโดยเวลา 15.00 น.ยังสามารถรับได้ 76% ของรังสีที่ตรงบนแผง

1.1.2. มีคุณสมบัติในการรับรังสีกระจายได้ดี

การออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์นี้ทำให้แผงรับแสงมีความสามารถในการรับรังสีกระจายได้ดี โดยสามารถรับรังสีตกกระทบที่ทำมุมได้กว้างถึง 60 องศา ในขณะที่รางพาราโบล่าแบบทั่วไปปรับมุมกวาดได้เพียง 5 องศา จึงทำให้ไม่สามารถรับรังสีกระจายได้ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนท่อรับรังสีในแนวตั้ง ทำให้รางพาราโบล่ามีความสามารถในการรับรังสีกระจายได้ ซึ่งเหมาะสมกับบริเวณที่รังสีกระจายในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย



รูปที่ 6. แสดงการสะท้อนของรังสีตกกระทบในทิศทางต่างๆของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้สามารถรับรังสีที่ทำมุมในช่วง 60 องศา (ซ้ายมือ) กับแผงรับแสงแบบรางพาราโบล่าแบบทั่วไป(ขวามือ)

1.1.3. สามารถทำอุณหภูมิสูงกว่าผลิตภัณฑ์แผงรับแสงที่มีอยู่ในปัจจุบัน

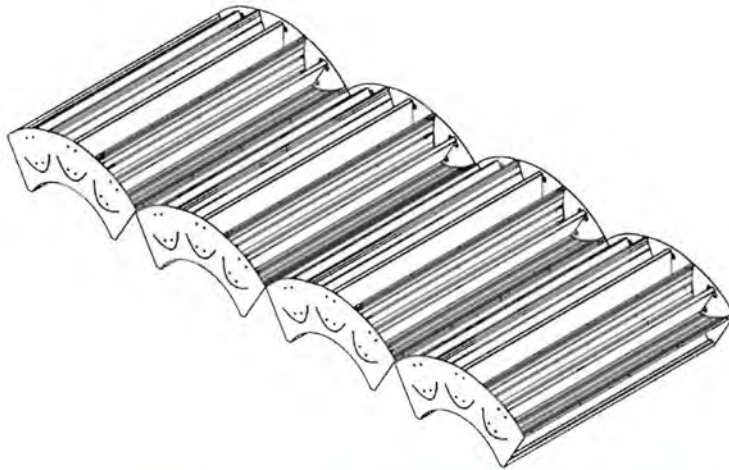
อุณหภูมิภายในหลอดแก้วสูงสุดที่ 145 องศาเซลเซียส เมื่อต่อเข้ากับถังน้ำมัน 14 ลิตร อุณหภูมิสูงสุดที่ 110 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มแสงสูงสุดที่ 800 W/m^2

1.1.4. ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวในระบบ

ตัดภาระการซ่อมบำรุงรักษาระบบ ทำให้อายุการใช้งานยาวนาน อีกทั้งระบบไม่มีความซับซ้อนใดๆ จึงใช้งานได้ง่าย และไม่ต้องดูแลรักษามากนัก

1.1.5. ประหยัดเนื้อที่ในการวางแผงรับแสง

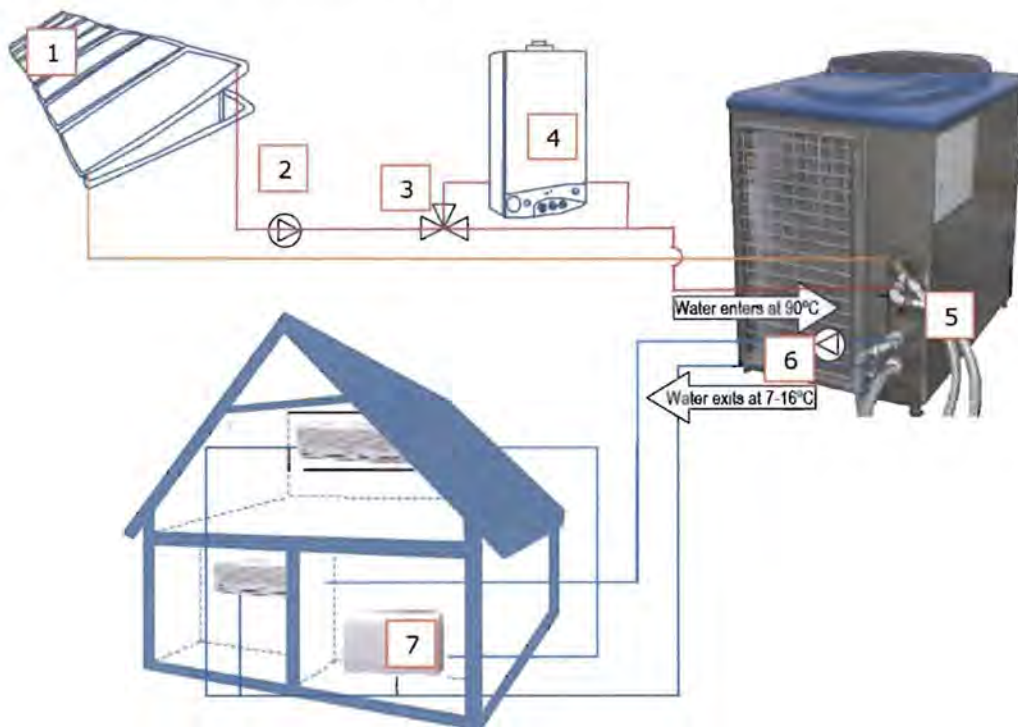
ในกรณีที่ต่อแผงรับแสงจำนวนมากสามารถวางแผงรับแสงชิดติดกันได้โดยไม่เกิดการบังกันระหว่างแผงเมื่อเปรียบเทียบกับรางพาราโบลาที่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์จะต้องวางแผงรับแสงห่างกันเพื่อไม่ให้เกิดการบังกัน และเนื่องจากแผงรับแสงนี้สามารถทำความร้อนได้สูงกว่าแผงรับแสงแบบแผ่นราบ เพื่อให้ได้อุณหภูมิสูงเท่ากันแผงรับแสงนี้จะใช้จำนวนแผงน้อยกว่า ดังนั้นแผงรับแสงนี้จึงประหยัดเนื้อที่ได้ดี



รูปที่ 7. แสดงการวางแผงรับแสงอาทิตย์ของสิ่งประดิษฐ์(บน) และการวางแผงรับแสงอาทิตย์โร โรงงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1.2 ระบบการทำความเย็น

งานวิจัยนี้ได้เป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักหรือสำนักงาน โดยการต่อแผงรับแสงหลายๆแผง เพื่อให้ได้พลังงานที่เพียงพอสำหรับการทำความเย็น ของเหลวที่ใช้ในการดูดซับพลังงานความร้อนเป็นน้ำหรือน้ำมัน โดยมีปั๊มน้ำร้อน นำน้ำร้อนจากแผงรับแสง เข้าไปยังเครื่อง Absorption Chiller เพื่อแปลงความร้อนเป็นความเย็น น้ำเย็นจากเครื่อง Absorption Chiller จะถูกส่งผ่านไปยังพัดลมโดยปั๊มน้ำเย็น เพื่อเป่าลมเย็นให้กับห้องดังแผนภาพที่ 8



รูปที่ 8. แผนภาพแสดงระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

1. แผงรับแสงอาทิตย์
2. ปั๊มน้ำ
3. ปั๊มน้ำ 3 ทาง
4. เครื่องทำน้ำร้อน ใช้ในกรณีที่พลังงานแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ
5. เครื่อง Absorption Chiller
6. ปั๊มน้ำเย็น
7. พัดลมใช้เป่าลมเย็น

ข้อดีและข้อเสียของแผงรับแสงที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสุญญากาศ
ในการทำความเย็น

ข้อดี	ข้อเสีย
<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ท่อแก้วสุญญากาศน้อยกว่า 2. ใช้น้ำน้อยกว่าทำให้ประหยัดน้ำ 3. ทำอุณหภูมิสูงกว่าแบบแผ่นราบซึ่งสูงกว่า 100 °C 4. ทำอุณหภูมิได้รวดเร็วกว่าแบบแผ่นราบ 5. ทำความเย็นได้แม้ความเข้มแสงต่ำ 6. ถ้าต้องการอุณหภูมิใช้งานสูงเท่ากับแผงแบบแผ่นราบ จะใช้พื้นที่น้อยกว่าจึงประหยัดพื้นที่ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้แผ่นสะท้อนแสงมากกว่า 2. รับรังสีกระจายได้น้อยกว่าแบบแผ่นราบ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างต้นแบบการทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้งานในระบบขนาดเล็ก ซึ่งจะแตกต่างจากระบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ ใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาที่ไม่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์แทนการใช้แผงรับแสงแบบแผ่นราบหรือแบบท่อแก้วสุญญากาศ ซึ่งให้อุณหภูมิสูงกว่าและทำความร้อนได้รวดเร็วกว่าแผงรับแสงแบบแผ่นราบ ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่า ซึ่งมีความเหมาะสมกับระบบการทำความเย็น โดยมีจุดมุ่งหมายของงานวิจัยเพื่อสร้างระบบปรับอากาศที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงและพัฒนาเป็นต้นแบบเครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์

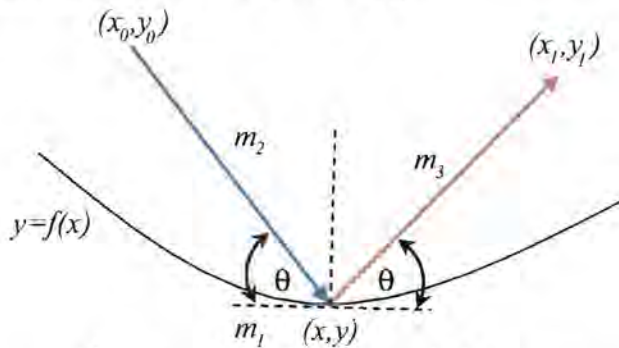
บทที่ 2

การออกแบบและทดสอบสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงทุกชนิด เช่นแผงรับแสงอาทิตย์แบบจานรวมแสง แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาล้วนมีข้อจำกัดอยู่ 2 ประการหลักๆได้แก่ ระบบต้องพึ่งพาระบบติดตามดวงอาทิตย์ และไม่สามารถรับรังสีกระจายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่อยู่บริเวณแถบศูนย์สูตร เช่นประเทศไทยมีปริมาณรังสีกระจายในระดับสูง ซึ่งทำให้อุปกรณ์รวมแสงชนิดต่างๆ ไม่สามารถนำรังสีส่วนนี้มาใช้ประโยชน์ได้ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาลให้มีสมบัติในการรับรังสีกระจายได้ดี และไม่ต้องพึ่งพาระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสะท้อนแสงของรางพาราโบลาล เพื่อที่จะออกแบบรางที่มีสมบัติในการรับรังสีในทิศทางต่างๆได้ดี และมีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนการสร้างต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อทดสอบสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ และพัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

2.1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสะท้อนแสงบนผิวโค้ง

พิจารณาการสะท้อนแสงของเส้นโค้ง $y = f(x)$ บนระนาบ xy โดยที่มุมตกกระทบ θ มีค่าเท่ากับมุมสะท้อนที่เส้นสัมผัสเส้นโค้ง $y = f(x)$ ที่จุด (x, y) ใดๆ ความชันของเส้นสัมผัสที่จุด (x, y) เป็น $m_1 = df(x)/dx$, ความชันของเส้นรังสีตกกระทบเป็น m_2 และความชันของเส้นรังสีสะท้อนเป็น m_3



รูปที่ 9. แสดงการสะท้อนแสงของเส้นโค้ง $y = f(x)$

จากความสัมพันธ์ (CRC Standard Mathematical Table, 25th Ed., CRC Press, Inc., 1978.) [16]

$$\tan \theta = \frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2} = \frac{m_3 - m_1}{1 + m_1 m_3} \quad (1)$$

ดังนั้นความชันของรังสีสะท้อนเป็น

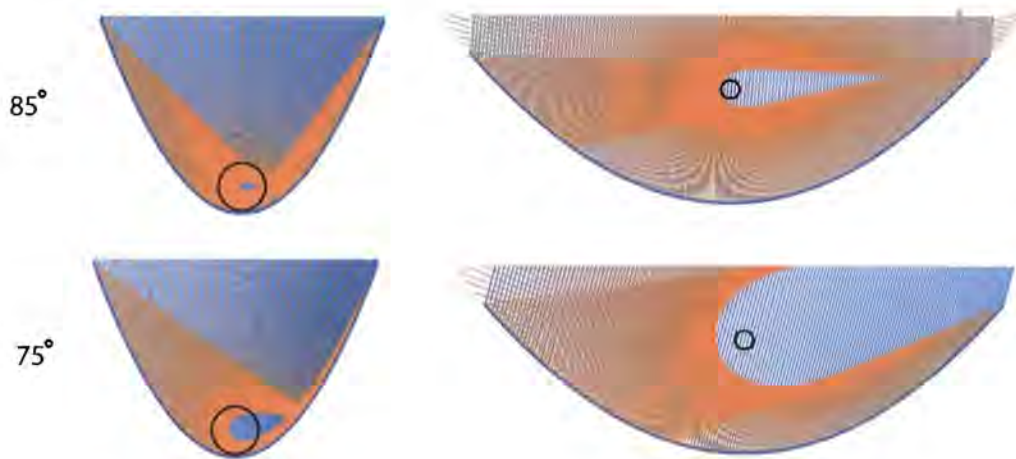
$$m_3 = \frac{m_2 - m_1(2 + m_1 m_2)}{m_1^2 - 2m_1 m_2 - 1} \quad (2)$$

ในกรณีมุม θ เท่ากับ 90° องศา $m_2 \rightarrow \infty$ ความชัน m_3 สามารถเขียนได้เป็น

$$m_3 = \frac{m_1^2 - 1}{2m_1} \quad (3)$$

2.2 ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 1

พิจารณาโรงพาราโบล่า 2 ชนิดคือ แบบจุดโฟกัสต่ำที่ขนาดความกว้าง 0.3 ม. สูง 0.2 ม. และจุดโฟกัสสูงที่ขนาด 1.4 ม. สูง 0.4 ม. โดยมีท่อรับแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 ซม. จากสมการ 1 2 และ 3 สามารถสร้างแบบจำลองการสะท้อนดังรูปที่ 9



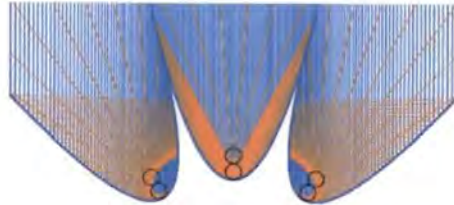
รูปที่ 10. แสดงการสะท้อนของเส้นโค้งพาราโบล่าที่มีจุดโฟกัสต่ำ(ซ้ายมือ)และจุดโฟกัสสูง(ขวามือ) วงกลมแสดงตำแหน่งของท่อรับรังสีขนาด 5 ซม. ที่วางอยู่ที่จุดโฟกัส โดยมีรังสีตกกระทบทำมุม 85 และ 75 องศา ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการสะท้อนแสงของโรงพาราโบล่าที่มีจุดโฟกัสสูง พบว่าสามารถรับแสงที่มีทิศทางจากกับแผงรับแสงเท่านั้น โดยมุมของรังสีเปลี่ยนไปเพียง 5 องศา รังสีทั้งหมดก็จะหลุดออกจากท่อรับแสงทั้งหมด (ดูรูปที่ 10) ในขณะที่โรงพาราโบล่าที่มีจุดโฟกัสต่ำ สามารถรับรังสีที่มุมต่างๆ ได้มากกว่า ดังนั้นโรงพาราโบล่าที่มีจุดโฟกัสต่ำ จึงมีประสิทธิภาพในการรับรังสีในทิศทางต่างๆ ได้ดีกว่าโรงพาราโบล่าที่มีจุดโฟกัสสูง

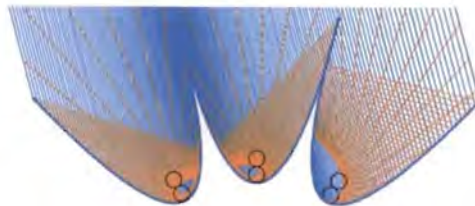
เพื่อให้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถรับแสงได้ตลอดเวลาโดยไม่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ เราเพิ่มโรงพาราโบล่า และทำมุมในทิศทางต่างๆ กันดังรูปที่ 11 แผงรับแสงมีสมบัติในการรวมแสงในทิศทางต่างๆ กัน แม้รังสีจะไม่ทำมุมตรงกับแนวแกนของแผงรับแสงเลย ในเวลา 12.00 น. แสงจะไปรวมกันที่จุดโฟกัสในบริเวณจุดต่ำสุดของรางตรงกลาง ส่วนรางด้านข้างแสงจะไปรวมตัวในตำแหน่งที่สูงขึ้น ดังนั้นแสงที่ทำมุมตั้งฉากกับแผงรับแสงสามารถรับแสงได้ทั้งหมด เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 1 ชั่วโมง มุมของรังสีจะไม่ตรงกับแกนของรางใดๆ รางทั้งสามยังสามารถรับแสงได้ โดยแสงจะไปรวมตัวในบริเวณของหลอดที่ 2 ดังนั้น กลไกในการรวมแสงจึงเกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของลำแสงจากตำแหน่งของจุดโฟกัส ไปยังตำแหน่งที่สูงขึ้นไปในเวลาต่างๆ เมื่อลำแสงเคลื่อนที่สูงขึ้น รางที่อยู่ติดกันจะเริ่มรับแทนโดยลำแสงจะเริ่มที่จุดโฟกัสอีกครั้ง ลักษณะนี้จึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบติดตาม

ดวงอาทิตย์ ระบบจะไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว แต่สิ่งที่เคลื่อนไหวคือลำแสงที่เคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวทอรับรังสีในเวลาที่เปลี่ยนไป

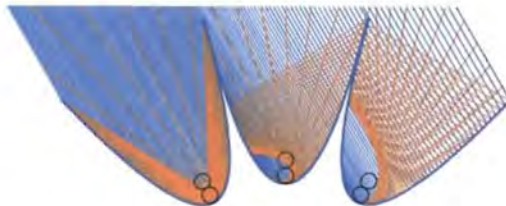
90° (12.00 PM)



105° (1.00 PM)



120° (2.00 PM)



รูปที่ 11. แสดงการสะท้อนของรังสีพาราโบลาที่สามารถรับแสงในเวลาต่างๆ

2.2.1 การทดสอบสมรรถนะของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 1

เพื่อพิจารณาศักยภาพของต้นแบบแผงรับแสงแบบใหม่กับรางพาราโบลาแบบทั่วไป โดยการทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงรับแสง แผงรับแสงทั้ง 2 แบบทำด้วยแผ่นอลูมิเนียม ท่อรับรังสีเป็นท่อแก้ว สูญญากาศ ต่อเข้าโดยตรงกับถังเก็บน้ำร้อน น้ำร้อนจะไหลเวียนแบบธรรมชาติ แผงรับแสงวางตามแนวทิศเหนือใต้ ทดลองบนคาบฟ้าของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาฯ เวลาที่ทำการทดลอง คือ 9.00 น. ถึง 14.00 น. ในวันที่ 4 6 และ 8 มกราคม 2553 ท้องฟ้ามีเมฆมาก



รูปที่ 12. ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ที่ไม่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ตัวแรกขนาด 1.4x1.4 ม. (ซ้าย) และรางพาราโบลาแบบทั่วไปขนาด 1.4x1.2 ม. (ขวา) [1-2]

พลังงานในถังเก็บน้ำร้อนที่เวลาใดๆคือ[17]

$$Q_s(t) = mC \frac{dT_s}{dt} \quad (4)$$

โดยที่ t คือ เวลา m , C และ T_s เป็นมวลของน้ำ ค่าความจุความร้อนและอุณหภูมิของน้ำในถังตามลำดับ ประสิทธิภาพของระบบในเวลาใดๆคือ

$$\eta(t) = \frac{Q_s}{Q_{in}} \quad (5)$$

เมื่อ Q_{in} เป็นพลังงานแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบในช่วงเวลาใดๆ สามารถเขียนเป็น[17]

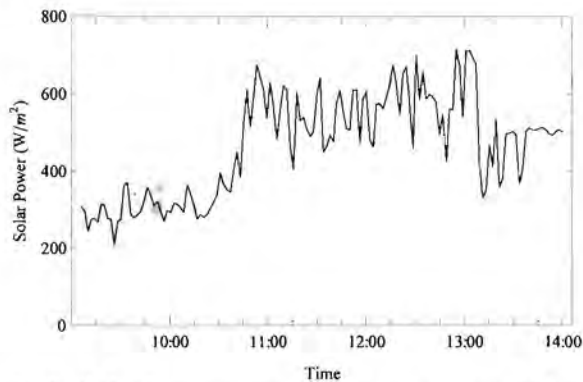
$$\eta_{av} = \frac{mC(T_s^n - T_s^0)}{\sum_{i=0}^n Q_{in} \Delta t} \quad (6)$$

โดย T_s^n เป็นอุณหภูมิที่เวลาสุดท้าย T_s^0 เป็นอุณหภูมิที่เวลาเริ่มต้นและ Δt เป็นช่วงของเวลา จากการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ที่เวลาใดๆ สูงกว่าแผงรับแสงแบบทั่วไปค่อนข้างมาก มีค่าสม่ำเสมอ

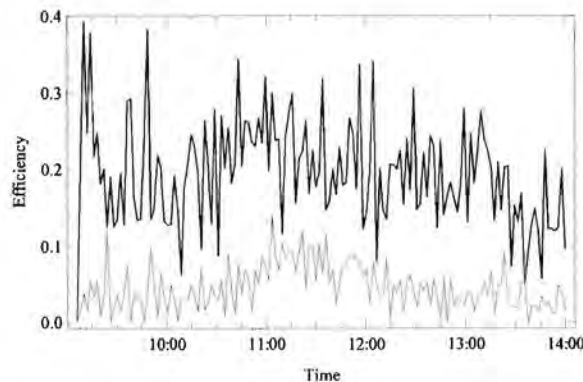
คล้ายกับระบบติดตามดวงอาทิตย์ ในขณะที่แผงรับแสงแบบทั่วไปประสิทธิภาพมีลักษณะคล้ายกราฟ Gaussian โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดในเวลาประมาณ 11.30 น. ดังรูปที่ 15



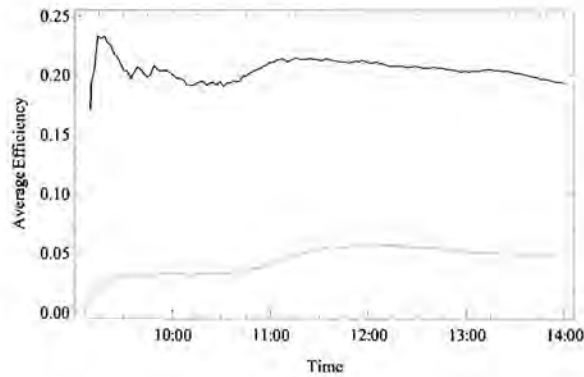
รูปที่ 13. แสดงน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียสในถังเก็บน้ำร้อน อุณหภูมิของน้ำสูงสุดที่วัดได้ 165 องศาเซลเซียสที่ความดันสูงมีผลทำให้หลอดระเบิด



รูปที่ 14. แสดงพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันที่ 4 และ 8 มกราคม 2553 [1-2]



รูปที่ 15. แสดงประสิทธิภาพในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 14.00 น. เส้นสีดำแสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงแบบใหม่ เส้นสีเทาแสดงประสิทธิภาพของรางพาราโบลาแบบทั่วไป ของวันที่ 4 และ 8 มกราคม 2553 [1-2]



รูปที่ 16. แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยตั้งแต่เวลาเริ่มต้น 9.00 น. ไปยังเวลาใดๆ เส้นสีดำแสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงแบบใหม่ เส้นสีเทาแสดงประสิทธิภาพของรางพาราโบลาแบบทั่วไป ของวันที่ 4 6 และ 8 มกราคม 2553

จากการทดลองพบว่าต้นแบบแผงรับอาทิตย์ตัวที่ 1 มีความสามารถรับแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ คล้ายกับระบบติดตามดวงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพสูงกว่ารางพาราโบลาแบบทั่วไปถึง 4 เท่า และสามารถรับรังสีกระจายได้ จึงเหมาะสมสำหรับทุกสภาพดินฟ้าอากาศ ข้อได้เปรียบของแผงรับแสงนี้คือ ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวในระบบ ทำให้ระบบไม่มีความซับซ้อน มีราคาถูก สามารถทำอุณหภูมิสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ทำได้สูงสุดคือ 165 องศาเซลเซียส

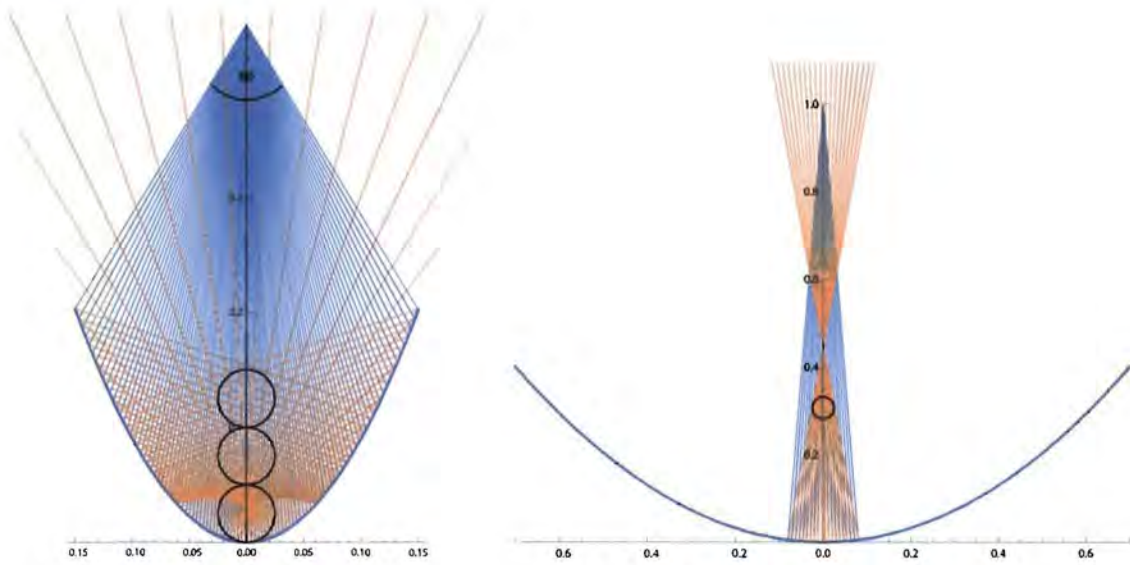
2.3. ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2

จากการสร้างต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 1 ทำให้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแผงรับแสงที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ได้แก่

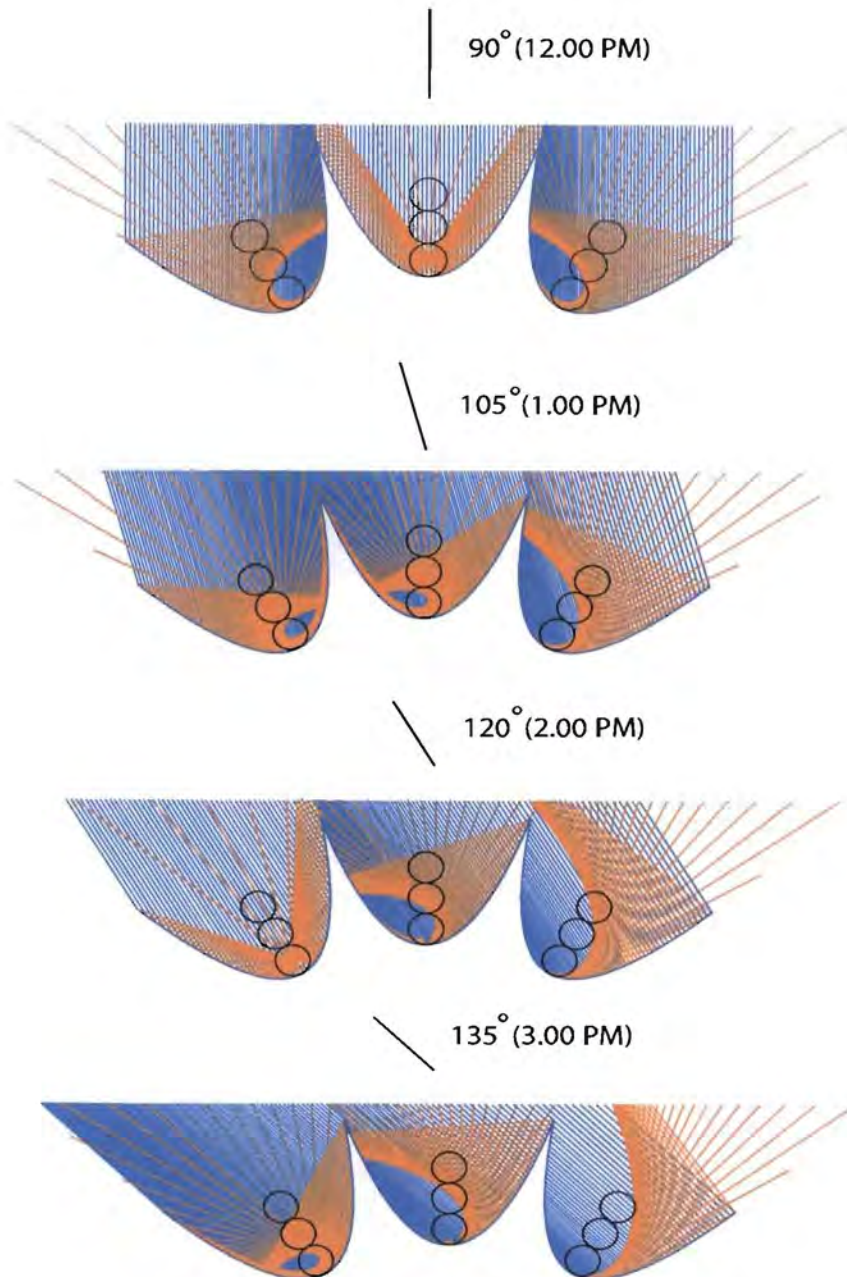
1. รูปร่างของรางพาราโบลา ต้นแบบตัวที่หนึ่งมีรางที่มีความสูงทำให้โครงสร้างของแผงรับแสงไม่แข็งแรง เกิดการแกว่งเวลาลมพัด ทำให้รางเสียรูปทรงได้ง่าย จึงทำการปรับให้ความสูงของรางต่ำลง
2. ชนิดของโลหะสะท้อนแสง ต้นแบบตัวที่หนึ่งทำจากอะลูมิเนียมซึ่งมีการสะท้อนแสงไม่ดีเท่าที่ควร และเกิดสนิม จึงทำให้แผงหมองลง เวลาใช้ไปนานๆ ต้นแบบตัวใหม่จึงเปลี่ยนโลหะสะท้อนแสงเป็น สแตนเลส ซึ่งการสะท้อนแสงสูงกว่า และทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ
3. เนื่องจากแผงรับแสงสามารถทำอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงเกิดความดันภายในท่อแก้ว มีผลทำให้ท่อแก้วระเบิด ต้นแบบตัวใหม่จึงใช้น้ำมันเป็นสารดูดซับความร้อน
4. เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับรังสีกระจายได้ดีขึ้น และเพิ่มความสามารถในการรับรังสีในทิศทางต่างๆ จึงเพิ่มท่อรับรังสีเป็น 3 ท่อวางตามแนวแกนของแต่ละราง

ลักษณะรูปร่างของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2 ได้แสดงดังรูปที่ 17, 18 ซึ่งมีสมบัติในการรับรังสีในทิศทางต่างๆ ตั้งแต่เช้า ถึง เย็น โดยผู้วิจัยได้ยื่นคำขอสิทธิบัตรไว้แล้ว เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2552 เลขที่คำขอ การวางท่อรับรังสีลักษณะนี้สามารถรวมรังสีในทิศทางต่างๆ ได้พร้อมกัน โดยสามารถรวมรังสีกระจายที่ทำมุมกวาดเป็นมุม 60 องศา ในขณะที่รางพาราโบลาแบบจุดโฟกัสสูงไม่สามารถรับรังสีกระจายได้ดี ดังนั้นการเพิ่มจำนวนท่อรับ

รังสีในแนวตั้ง ทำให้รางพาราโบลามีความสามารถในการรับรังสีกระจายได้ ซึ่งเหมาะสมกับบริเวณที่รังสีกระจาย
ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย

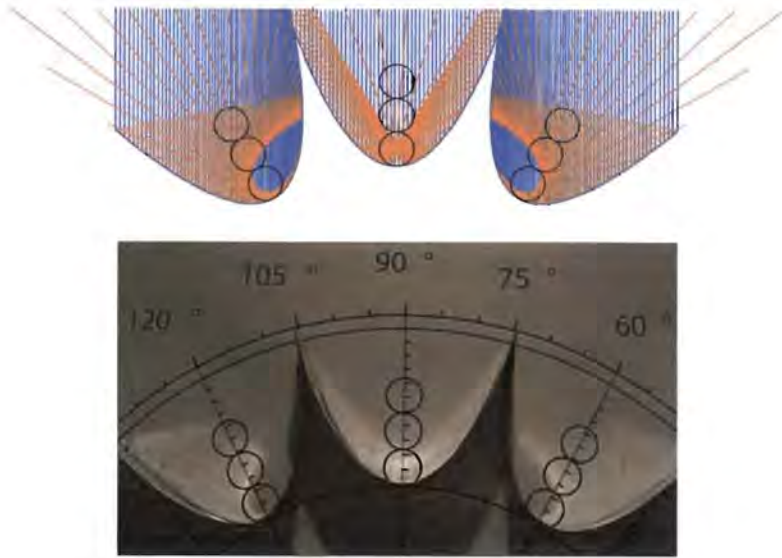


รูปที่ 17. แสดงการสะท้อนของเส้นโค้งพาราโบลามีจุดโฟกัสต่ำและมีท่อรับรังสี 3 ท่อ(บน) และจุดโฟกัสสูง(ล่าง) วงกลมแสดงตำแหน่งของท่อรับรังสีขนาด 5 ซม. สำหรับรังสีกระจาย



รูปที่ 18. แสดงการสะท้อนของรางพาราโบลาที่สามารถรับแสงในเวลาต่างๆ ของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2

เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองการสะท้อนแสงทางคณิตศาสตร์ โดยการทดลองการสะท้อนแสงของแผ่นอลูมิเนียมกับโคมไฟ พบว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกันดีกับการทดลองดังรูปที่ 19 ดังนั้นแบบจำลองการสะท้อนแสงมีความน่าเชื่อถือ



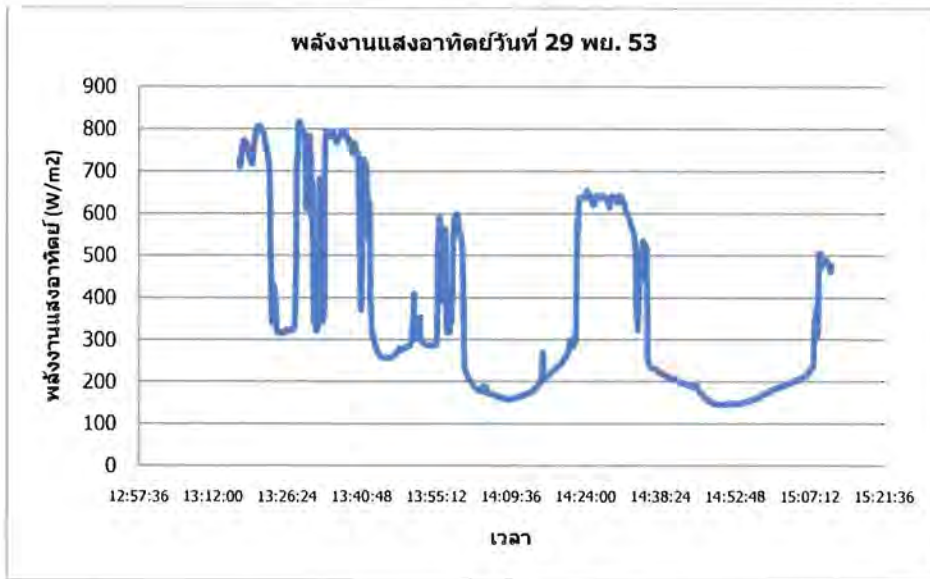
รูปที่ 19. การทดลองการสะท้อนแสงของแผ่นอะลูมิเนียมเปรียบเทียบกับแบบจำลองการสะท้อนแสงทางคณิตศาสตร์

2.3.1 การทดสอบสมรรถนะของต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2

ต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2 ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้แผ่นสแตนเลสที่มีการสะท้อนแสงสูงกว่าต้นแบบตัวแรก โครงสร้างที่มีความคงทนแข็งแรง ใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และใช้น้ำมันปาล์ม เพื่อป้องกันความดันสูงภายในหลอดแก้ว การทดลองในวันที่ 29 พย. 53 ซึ่งเป็นวันที่มีเมฆมาก เริ่มทดลองเมื่อเวลา 12.30 น. ภายในท่อทองแดงมีน้ำมันปาล์มอยู่ประมาณ 0.5 ลิตร โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 20. แสดงท่อรับรังสีประกอบด้วยท่อทองแดงภายในบรรจุน้ำมันปาล์มเพื่อดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์

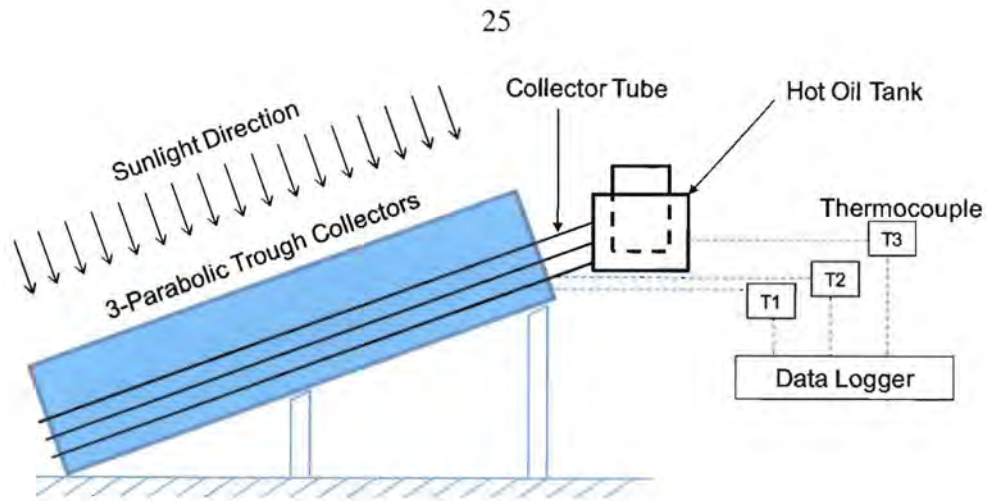


รูปที่ 21. แสดงพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 29 พย. 53

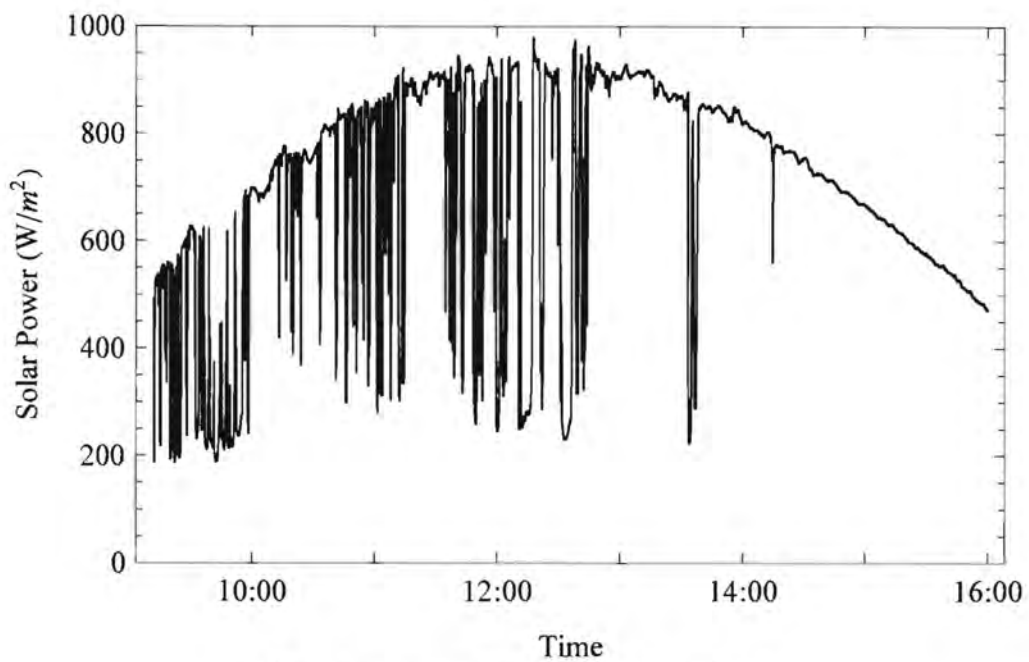


รูปที่ 22. แสดงอุณหภูมิภายในท่อรับรังสีที่มีน้ำมันปาล์ม 0.5 ลิตรบรรจุอยู่ในท่อ ทำการทดลองในวันที่ 29 พย. 53 โดยเริ่มทำการทดลองเวลา 12.30 น.

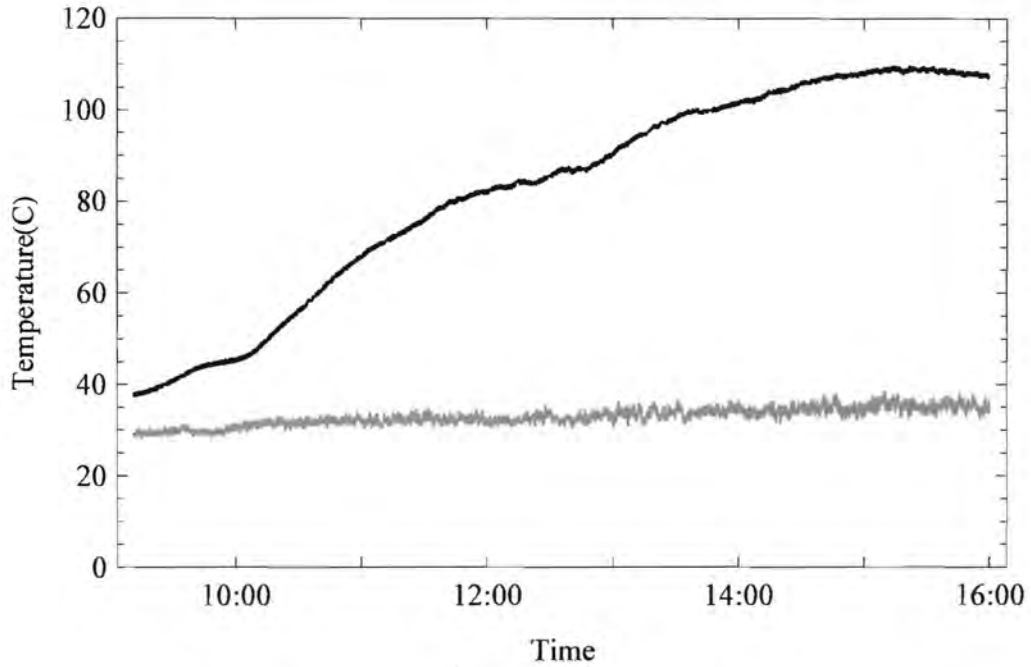
แผงรับแสงอาทิตย์ประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาแบบใหม่ที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิสูงกว่าผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์ที่มีอยู่เดิม โดยใช้ น้ำมันปาล์มเป็นของเหลวดูดซับพลังงานความร้อน ภายในท่อแก้วสุญญากาศจะมีท่อทองแดงที่มีน้ำมันบรรจุอยู่ จากการทดลองพบว่าแผงรับแสงอาทิตย์สามารถทำให้น้ำมัน 0.5 ลิตร อุณหภูมิสูงถึง 140 องศาเซลเซียสภายใน 1 ชั่วโมง



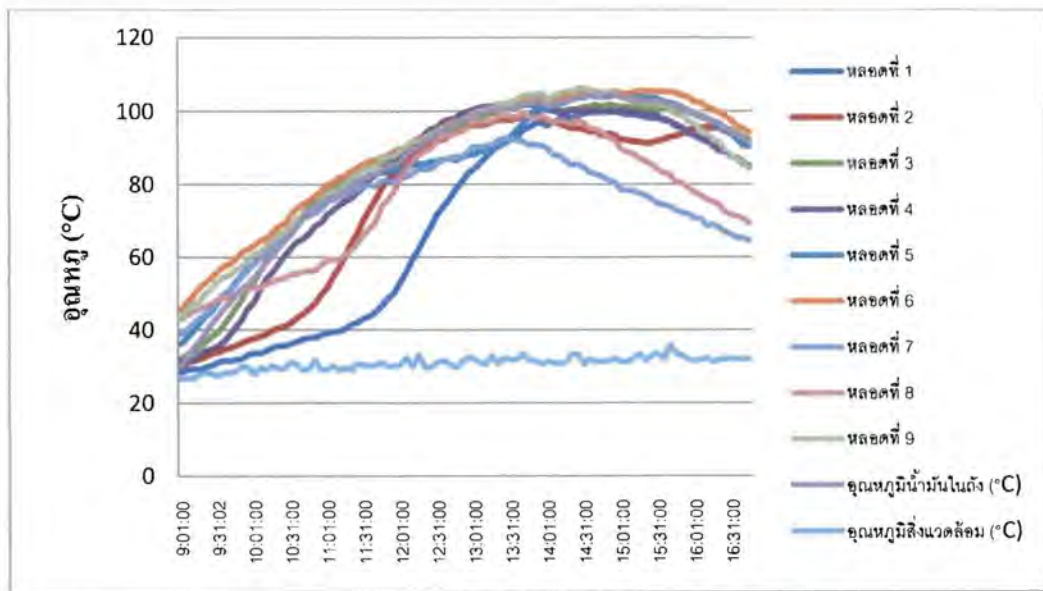
รูปที่ 23. แสดงแผนภาพระบบการทำความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์



รูปที่ 24. แสดงพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 17 กพ. 54



รูปที่ 25. แสดงอุณหภูมิภายในถังน้ำมันซึ่งมีน้ำมันปาล์มทั้งหมด 14 ลิตร



รูปที่ 26. แสดงอุณหภูมิที่หัวหลอดครบทั้ง 9 หลอด



รูปที่ 27. แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบ

จากการทดลองพบว่าต้นแบบแผงรับแสงตัวที่สองซึ่งมีขนาด 0.98 ตารางเมตร สามารถทำให้น้ำมันในถังมีอุณหภูมิสูง 110 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในท่อทองแดงอยู่ที่ 145 องศาเซลเซียส วัดที่พลังงานแสงอาทิตย์สูงสุด 800 W/m^2 ซึ่งเป็นวันที่มีใสแต่ความเข้มแสงไม่สูงมากนัก อุณหภูมิของน้ำมันเริ่มลดต่ำลงในช่วงประมาณ 14.30 น. เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานอย่างมากจากกระแสลมแรงบนศาลฟ้าชั้น 12 ของอาคารสถาบัน 3 จุฬาฯ

2.3.2 การประยุกต์การใช้งานสำหรับการหุงต้ม

ชุดหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย แผงสะท้อนแสงแบบรางพาราโบลาสามรางทำมุมในทิศทางต่างกัน และมีท่อแก้วสุญญากาศจำนวน 3 ท่อวางอยู่ในแนวแกนของแต่ละราง ภายในหลอดแก้วจะมีท่อทองแดงซึ่งมีน้ำมันบรรจุอยู่ เพื่อดูดซับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส แผงรับแสงอาทิตย์จะรวมแสงให้เกิดความเข้มสูงในบริเวณต่างๆของท่อรับรังสี โดยใช้หลักการรวมแสงชนิดใหม่ที่ยังไม่เคยมีผู้อื่นนำเสนอมาก่อน ซึ่งทำให้แผงรับแสงอาทิตย์นี้ไม่ต้องพึ่งพาระบบติดตามดวงอาทิตย์ ความร้อนจากแสงอาทิตย์จะถ่ายเทให้กับน้ำมันพืช เมื่อน้ำมันได้รับพลังงานความร้อนแล้วก็จะลอยตัวสูงขึ้นไปยังถังน้ำมัน ถังน้ำมันทำหน้าที่คล้ายๆกับ hot plate ซึ่งห่อหุ้มหม้อต้มน้ำสแตนเลส ความร้อนจากน้ำมันจะถูกถ่ายเทให้แก่หม้อน้ำ จากนั้นน้ำมันเย็นตัวลงก็จะไหลกลับลงสู่แผงรับแสงอันเป็นการไหลเวียนแบบธรรมชาติจึงไม่จำเป็นต้องใช้ปั๊ม ผลการแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวจะทำให้เกิดน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถใช้ในการหุงต้มได้ดังรูปที่ 28



รูปที่ 28. แสดงชุดหุงต้มพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

2.3.3 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์

1. ขนาดประมาณ 1 ตร.ม (กว้าง 0.7 เมตร ยาว 1.4 เมตร)
2. สามารถทำอุณหภูมิมากกว่าผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบท่อแก้วสุญญากาศ
3. อุณหภูมิภายในหลอดแก้ว 145 องศาเซลเซียสภายในเวลา 1 ชั่วโมง
4. เมื่อต่อเข้ากับถังน้ำมัน 14 ลิตร อุณหภูมิสูงสุดที่ 110 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มแสงสูงสุดที่ 800 W/m^2

ผู้วิจัยได้สาธิตการประกอบอาหารในช่วงเวลาประมาณ 13.00 น. อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำประมาณ 90 องศาเซลเซียส โดยการนำไข่ 4 ฟองไปต้มประมาณ 15-20 นาที และใช้เวลาประมาณ 3 นาทีในการต้มบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ดังรูป



รูปที่ 29. แสดงไข่ที่ต้ม โดยชุดหุงต้มพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์



รูปที่ 30. แสดงบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ต้ม โดยชุดหุงต้มพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลสามารถประยุกต์ใช้ในการหุงต้มได้ โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันร้อนที่มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 100 องศาเซลเซียส กับหม้อน้ำร้อนสเตนเลสที่ใช้สำหรับหุงต้มโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถผลิตน้ำร้อนที่สะอาดและสามารถบริโภคได้โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในหม้อน้ำร้อนอยู่ระหว่าง 90-100 องศาเซลเซียส จากการทดลองสามารถต้มไข่โดยใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที และต้มบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปใช้เวลาประมาณ 3 นาที นอกจากนี้แผงรับแสงชนิดนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เนื่องจากสามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบหรือแบบท่อแก้วสุญญากาศ เช่น ใช้ต้มน้ำดื่มในพื้นที่ห่างไกลที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง เช่นตาม ยอดเขา หมู่เกาะต่างๆ หรือตามชนบท ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนที่ต้องการน้ำเดือดที่สะอาด ใช้ทำความร้อนของหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หรือใช้ในการทำความเย็น เป็นต้น

บทที่ 3

การพัฒนาต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์สำหรับหน่วยการทำความเย็น

จากการพัฒนาต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2 พบว่าแผงรับแสงอาทิตย์สามารถรับรังสีในทิศทางต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และมีสมบัติในการรับรังสีกระจายได้ดี ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในช่วงที่มีเมฆมาก ต้นแบบตัวที่ 2 จะมีประสิทธิภาพสูงกว่ารางพาราโบลาแบบทั่วไปถึง 4 เท่า และสามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม เช่น แผงรับแสงแบบแผ่นราบ หรือแบบท่อแก้วสุญญากาศ อย่างไรก็ตาม จากการท้าววิจัยทำให้ทราบข้อมูลที่จะใช้ในการพัฒนาแผงรับแสงให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นกว่าเดิม โดยการปรับปรุงแผงรับแสงดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงร่างของรางพาราโบลาไปเป็น รางพาราโบลาแบบผสม(Compound Parabolic Trough)[10-15] จากต้นแบบตัวที่สองพบว่าในแต่ละรางใช้ท่อจำนวน 3 ท่อ เพื่อให้แสงมีความเข้มข้นสูงขึ้นและสามารถลดจำนวนหลอดแก้วให้น้อยลง จึงสร้างรางพาราโบลาแบบผสมซึ่งมีผลทำให้แสงสะท้อนจะไปรวมในบริเวณที่เล็กลงกว่าเดิม ส่งผลทำให้เกิดความร้อนที่สูงขึ้นและใช้ท่อแก้วน้อยลง
2. รางพาราโบลาแบบผสมสามารถรับแสงในทิศทางที่กว้างกว่า และรับรังสีกระจายได้ดีกว่าต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 2
3. ใช้ท่อแบบ heat pipe ที่มีประสิทธิภาพสูง ยี่ห้อ SUNDA ขนาดใหญ่ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 216 ซม. สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดที่ 190 องศาเซลเซียส และ 247 องศาเซลเซียส ใน (non-operating mode) ในกรณีที่ยังไม่มีการรวมแสงดังรูปที่ 31
4. ขนาดของรางจะใหญ่กว่าต้นแบบตัวที่ 2 ประมาณ 2 เท่า ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่าเดิมค่อนข้างมาก

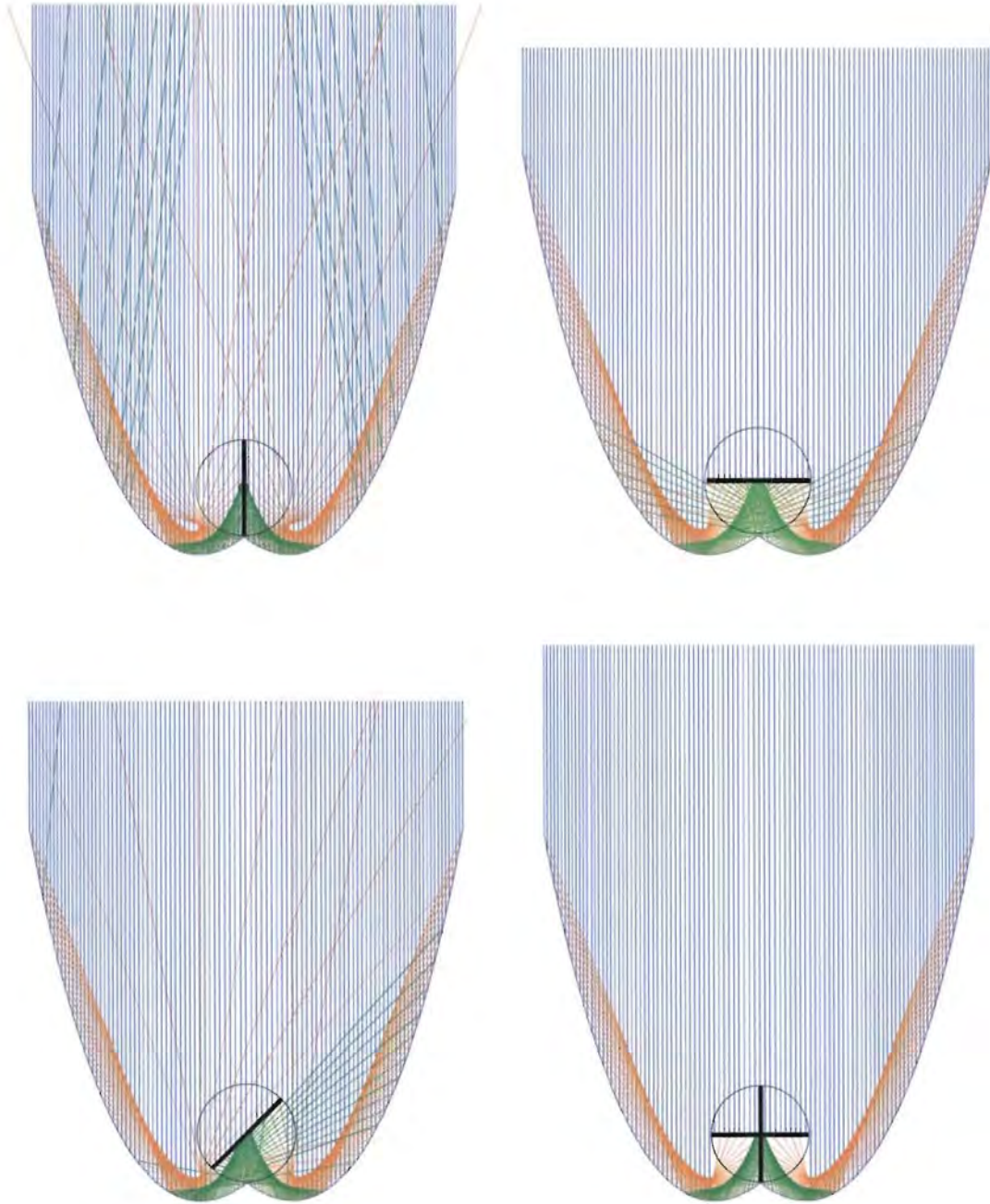
จากการปรับปรุงและพัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์ต้นแบบตัวที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรไว้แล้วเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2554 เลขที่คำขอ 1101001216



รูปที่ 31. แสดงท่อรับรังสียี่ห้อ SUNDA เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 216 ซม. สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดที่ 190 องศาเซลเซียส

3.1 การวางท่อรับรังสี

เนื่องจากลักษณะของท่อรับรังสีห่อ SUNDA มีส่วนประกอบของ แผ่นดูดซับรังสีที่เคลือบด้วยสาร Aluminum Nitride ซึ่งเชื่อมติดกับท่อ heat pipe ที่มีของเหลวบรรจุอยู่ภายใน การวางแผ่นดูดซับรังสี จึงมีผลต่อ การรับรังสี ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงตำแหน่งและทิศทางของแผ่นดูดซับรังสีดังรูปที่ 32.



รูปที่ 32. แสดงตำแหน่งและทิศทางของแผ่นดูดซับรังสีในทิศทางต่างๆ กัน เส้นสีน้ำเงินแสดงรังสีตกกระทบ เส้นสีส้ม สีเขียวและสีเหลือง แสดงรังสีสะท้อนครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

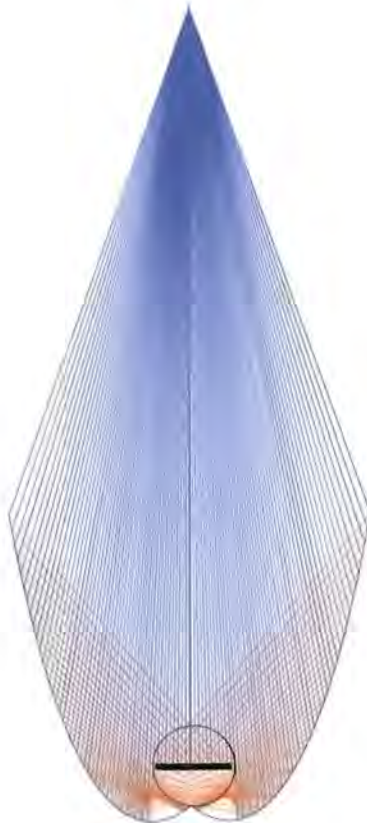
จากรูปที่ 32 พบว่า การวางแผ่นดูดซับรังสีในแนวนอน จะเกิดการสูญเสียปริมาณรังสีน้อยกว่าการวางแผ่นดูดซับรังสีในแนวเฉียงและในแนวตั้ง และพบว่าถ้าแผ่นดูดซับรังสีมีรูปร่างเป็นเครื่องหมายบวกจะสามารถรับรังสีได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากยังไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ทำแผ่นดูดซับรังสีในลักษณะนี้ เราจึงวางท่อแก้วให้แผ่นดูดซับรังสีในแนววางนอนของแต่ละราง

3.2 การออกแบบต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 3

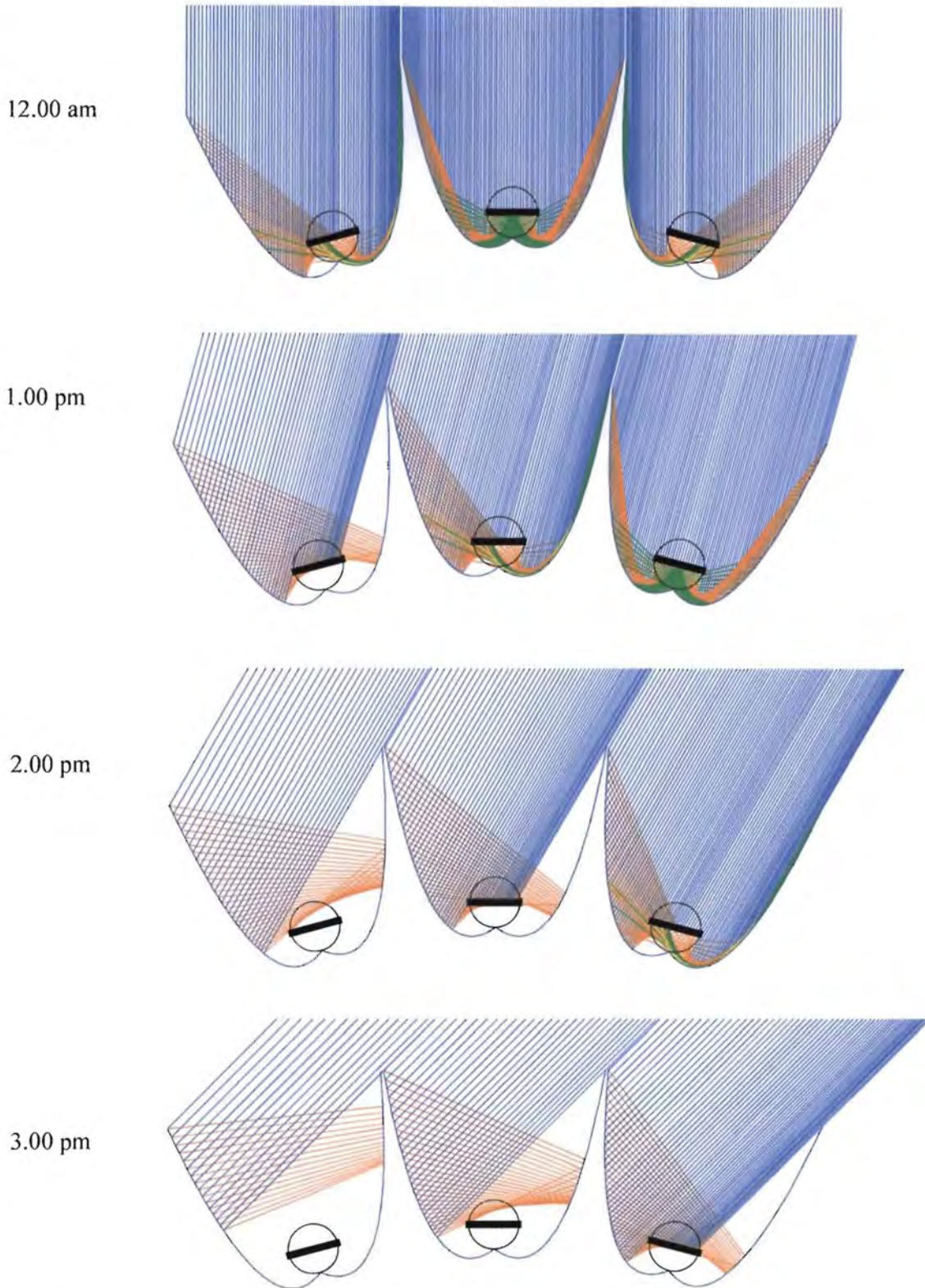
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการรับรังสีในทิศทางที่หลากหลาย และประสิทธิภาพในการรับรังสีกระจาย ได้แก่มุมของรางพาราโบลาที่ทำมุมเข้าหากัน ขนาดของความยาวโฟกัส ความสูงของรางพาราโบลา ระยะห่างระหว่างรางพาราโบลาทั้ง 2 เป็นต้น การออกแบบจะทำการปรับค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อหารางที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

3.2.1 การปรับมุมของรางพาราโบลาเข้าหากัน 5 องศา

สร้างแบบจำลองการสะท้อนของรางพาราโบลา 2 รางที่ทำมุมเข้าหากัน 5 องศาจากรูปที่ 33 พบว่ารางนี้สามารถรับมุมกวาดเป็นมุม 40 องศา



รูปที่ 33. การรับมุมกวาดของรางพาราโบลาแบบผสมที่เกิดจากรางพาราโบลา 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 5 องศา

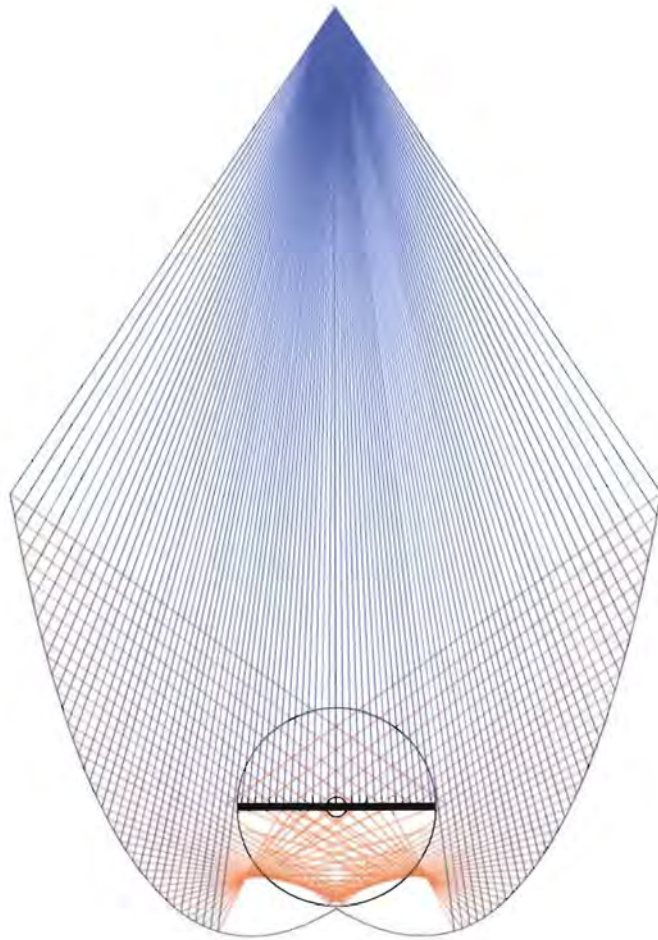


รูปที่ 34. แสดงการรับแสงในช่วงเวลาต่างๆ ของราพาราโบลแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 5 องศา

จากรูป 33 และ 34 พบว่ารางนี้สามารถรวมแสงได้ถึง 4.5 เท่าสามารถทำให้เกิดความร้อนสูง แต่จะมีข้อเสียคือการรับมุมกวาดจะได้เพียง 40 องศา ซึ่งน้อยกว่ารางต้นแบบตัวที่ 2 และพบว่าในช่วงเวลา 14.00 น. รางเริ่มจะรับแสงได้น้อยลง จึงต้องออกแบบให้รางมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

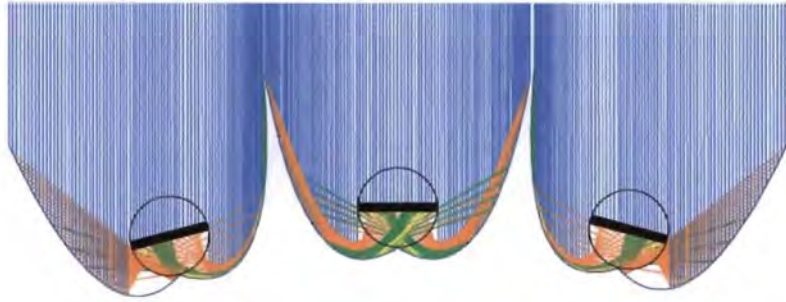
3.2.2 การปรับมุมของรางพาราโบล่าเข้าหากัน 10 องศา

สร้างแบบจำลองการสะท้อนของรางพาราโบล่า 2 รางที่ทำมุมเข้าหากัน 10 องศา ดังรูปที่ 35 พบว่ารางนี้สามารถรับมุมกวาดเป็นมุม 65 องศา

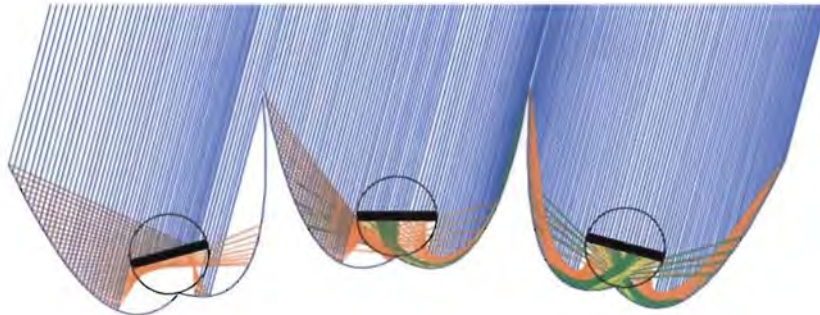


รูปที่ 35. การรับมุมกวาดของรางพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากรางพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 10 องศา

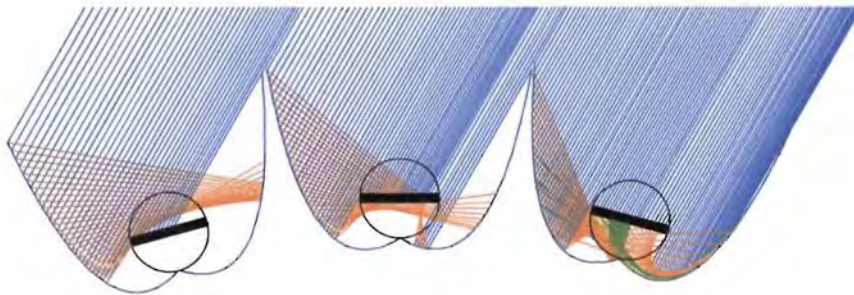
12.00 am



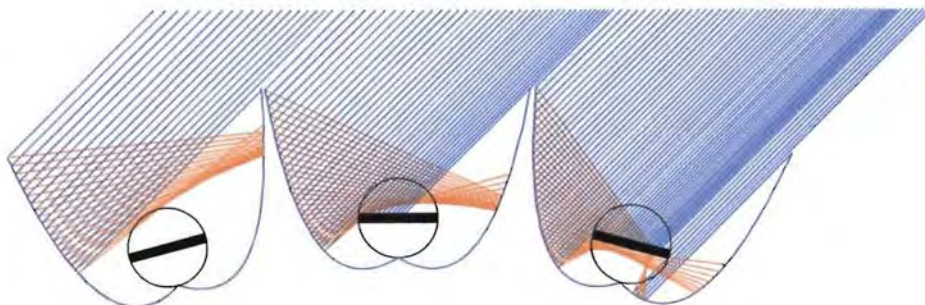
1.00 pm



2.00 pm



3.00 pm

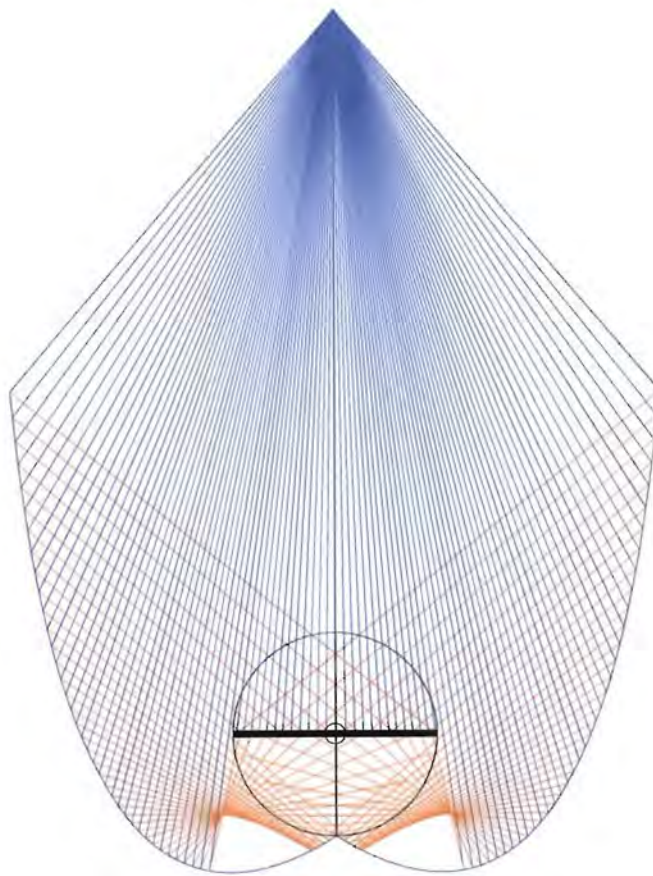


รูปที่ 36. แสดงการรับแสงในช่วงเวลาต่างๆ ของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 10 องศา

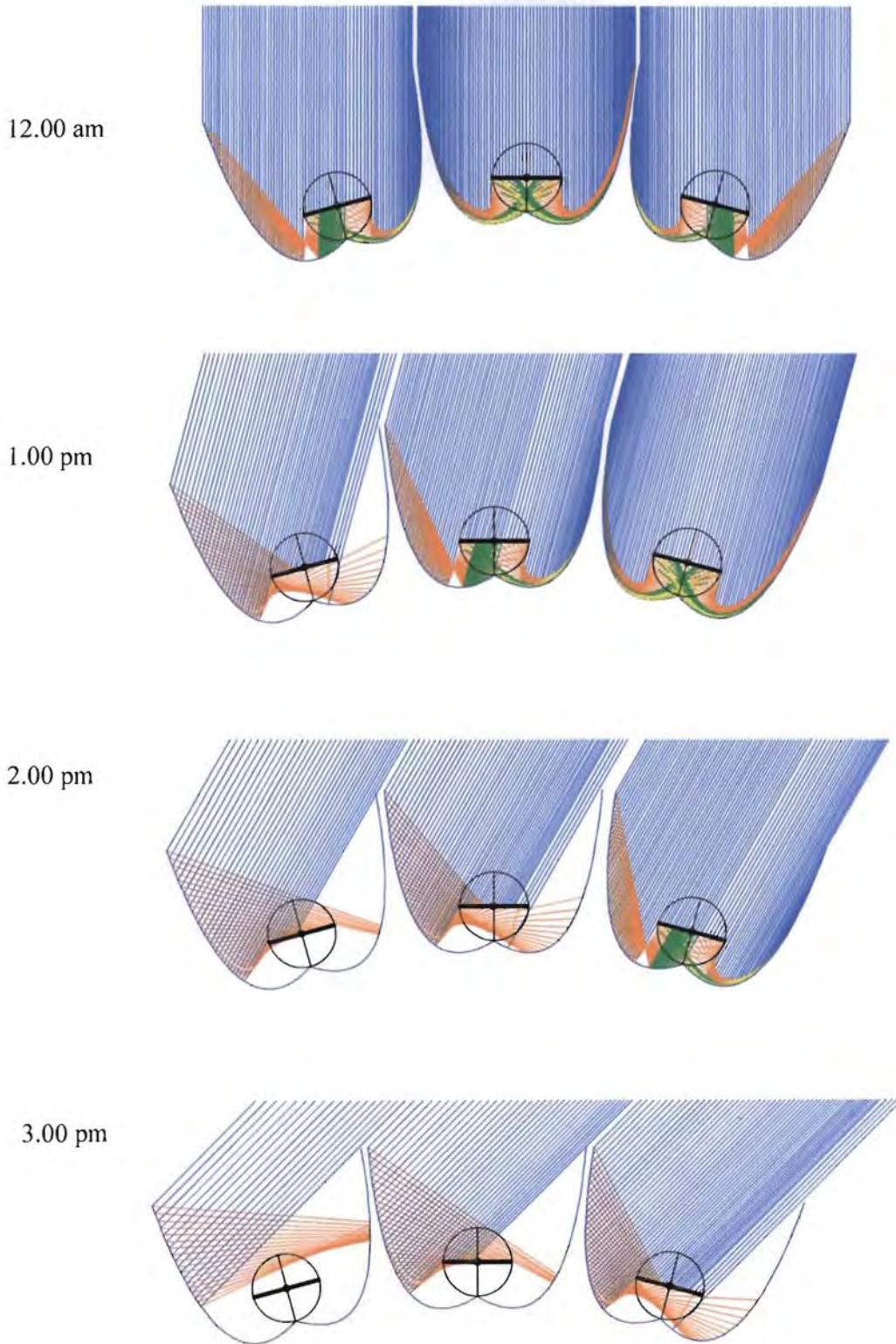
จากรูป 35 และ 36 พบว่ารางนี้สามารถรวมแสงได้ถึง 3 เท่า น้อยกว่าแบบที่แล้ว และสามารถรับมุมกวาดจะได้ 65 องศา ซึ่งมากกว่ารางต้นแบบตัวที่ 2 เพื่อปรับปรุงแผงรับแสงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงทำการปรับมุมให้มากขึ้น

3.2.5 การปรับมุมของรางพาราโบล่าเข้าหากัน 15 องศา

สร้างแบบจำลองการสะท้อนของรางพาราโบล่า 2 รางที่ทำมุมเข้าหากัน 15 องศา ดังรูปที่ 37 พบว่ารางนี้สามารถรับมุมกวาดเป็นมุม 80 องศา



รูปที่ 37. การรับมุมกวาดของรางพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากรางพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 15 องศา

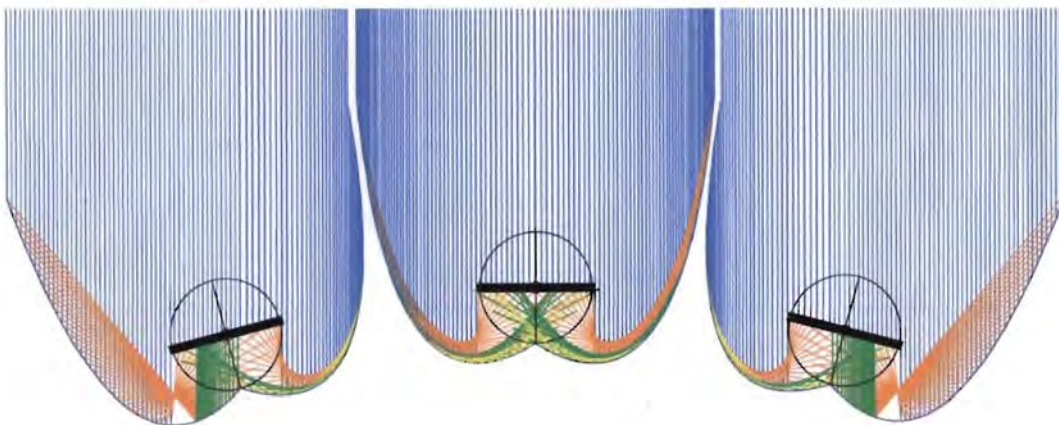


รูปที่ 38. แสดงการรับแสงในช่วงเวลาต่างๆ ของราพาราโบล่าแบบผสมที่เกิดจากราพาราโบล่า 2 ราง ที่ทำมุมเข้าหากัน 15 องศา

จากรูป 37 และ 38 พบว่ารางนี้สามารถรวมแสง 3.2 เท่ามีการรับมุมกวาดจะได้เพียงสูงถึง 80 องศา ซึ่งสามารถรับรังสีกระจายได้ดีกว่ารางต้นแบบตัวที่ 2 ก่อนข้างมาก และสามารถรับรังสีในทิศทางต่างๆได้ดี

3.3 การเปรียบเทียบการทดลอง

เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จึงทำการทดลองการสะท้อนของแผ่นสะท้อนแสงกับโคมไฟ จากการทดลองพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับการทดลองค่อนข้างดี



รูปที่ 39. แสดงการเปรียบเทียบแบบจำลองการสะท้อนทางคณิตศาสตร์กับการทดลองแผ่นสะท้อนแสงกับโคมไฟ ในทิศทางที่ตั้งฉากกับแผงรับแสง

บทที่ 4

สรุป

จากการวิจัยได้พัฒนาต้นแบบแผงรับแสงไปทั้งหมด 3 รุ่น โดยมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้นในแต่ละรุ่น กล่าวคือความสามารถในการรับรังสีในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งคล้ายกับแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลามีระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวใดๆในระบบ และมีสมบัติในการรับรังสีกระจายได้ดีขึ้น ซึ่งรางสามารถรับแสงที่มีมุมกวาดได้กว้างถึง 80 องศา ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการรับรังสีกระจายได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะสมกับทุกสภาพดินฟ้าอากาศ จากการทดลองพบว่าต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบใหม่ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่หล่อครึ่งรังสี 145 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดในถังน้ำมัน 110 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์ที่มีอยู่เดิมเช่น แผงรับแสงแบบแผ่นราบหรือแผงรับแสงแบบท่อแก้วสุญญากาศ ซึ่งทำความร้อนได้เพียง 60-90 องศาเซลเซียส และคาดว่าต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์ตัวที่ 3 จะสามารถทำอุณหภูมิสูงสุดถึง 200 องศาเซลเซียส (เนื่องจากท่อแก้ว SUNDA รุ่น Seido 1 สามารถทำความร้อนสูงสุดที่ 190 องศาเซลเซียส เมื่อยังไม่ได้รวมแสง) ดังนั้นจึงเกิดความหลากหลายในการใช้ประโยชน์จากแผงรับแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง เช่นใช้ในกระบวนการทำความร้อนของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมต่างๆ หรือใช้สำหรับหน่วยการทำความเย็น เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. แผนที่ยกยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย
2. Wattana Ratismith, Novel Parabolic Troughs without Solar Tracking System, Proc. Renewable Energy 2010, Pacifico Yokohama, Japan, (2010)
3. Wattana Ratismith and Urith Archakositt, Parabolic Troughs without Solar Tracking System, Third International Conference on Applied Energy, Perugia, Italy (2011)
4. Kearney, D., 1989. Solar Electric Generating Stations (SEGS). IEEE Power Engineering Review (IEEE) 9, 4
5. Mills D., 2004. Advances in Solar Thermal Electricity Technology. Solar Energy 76, 19-31.
6. Hodge B. K., 2010. Alternative Energy Systems and Application. John Wiley & Sons, Inc.
7. Frank Kreith, D. Yogi Goswami, 2007. Handbook of Energy efficiency and Renewable Energy, CRC Press.
8. Milton Matos Rolim, Naum Fraidenraich and Chiguera Tiba, 2009. Analytic Modeling of Solar Power Plant with Parabolic Linear Collectors. Solar Energy 83, 126-133.
9. Zambolin E., Del Col D., 2010. Experimental analysis of thermal performance of flat plate and evacuated tube solar collectors in stationary standard and daily conditions, Solar Energy 84, 1382--1396.
10. Grass C., Schoelkopf W., Staudacher L., Hacker Z., 2004. Comparison of the optics of non-tracking and novel types of tracking solar thermal collectors for process heat applications up to 300 C. Solar Energy 76, 207-215.
11. Winston R., and Hinterberger H., 1975. Principles of Cylindrical Concentrators for Solar Energy. Solar Energy 17, 255-258.
12. Winston R., 1974. Principles of Solar Concentrators of a Novel Design, Solar Energy 16, 89-95.
13. Blanco J., Malato S. et al, 1999. Compound Parabolic Concentrator Technology Develop to Commercial Solar Detoxification Applications. Solar Energy 67, 4-6.
14. Rabl A., O'Gallagher J. and Winston R., 1980. Design and Test of Non-Evacuated solar Collectors with Compound Parabolic Concentrators. Solar Energy 24, 335-351.
15. Rabl A., Bendt P., and Gaul H. W., 1982. Optimization of Parabolic Trough Solar Collectors. Solar Energy 29, 407-417.
16. Standard Mathematical Table, 25th Ed., CRC Press, Inc., 1978.
17. Duffie : Duffie J. A. and Beckmen W. A, 1991. Solar Engineering of Thermal Process, New York, Wiley.

ดร.วัฒนา รัตสมิทธิ์

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายวัฒนา รัตสมิทธิ์

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Wattana Ratismith

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิจัย P6

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสถาบัน 3 ชั้น 12

ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 02-2188090 โทรสาร 02-2547579

E-mail: wattana@eri.chula.ac.th

การศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ พ.ศ.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	วท.บ.	ฟิสิกส์	2541
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	วท.ม.	ฟิสิกส์	2544
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	วท.ด.	ฟิสิกส์	2550

ผลงานวิจัยที่พิมพ์เผยแพร่

1. Wattana Ratismith(Lim) and Virulh Sa-yakanit "Bose-Einstein Condensation of Atomic Hydrogen: Feynman Path Integral Approach" J. Phys. A: Math. Gen. 37, 5251 (2004).
2. Wattana Ratismith(Lim), Virulh Sa-yakanit and Wichit Sritrakool "Bose-Einstein Condensation in a Disordered System: the Feynman Path Integral Approach", J. Phys. A: Math. Theor. 41, 185002 (2008).
3. Virulh Sa-yakanit and Wattana Ratismith(Lim), "Ground State Energy of Bose-Einstein Condensation in a Disordered System" Int. J. Mod. Phys. B 20, 4398, (2008).
4. Virulh Sa-yakanit and Wattana Ratismith(Lim), "Ground State Energy of Bose-Einstein Condensation in a Disordered System", Proc. Condensed Matter Theories (CMT31), ed. by V. Sa-yakanit, World Scientific, Singapore, (2008).
5. Wattana Ratismith, Sigmund Heller, Virulh Sa-yakanit and Walter T. Strunz "Bose-Einstein Condensation in a Double Well Potential: the Feynman Path Integral Approach", in preparation.
6. Wattana Ratismith, Novel Parabolic Troughs without Solar Tracking System, Proc. Renewable Energy 2010, Pacifico Yokohama, Japan, (2010)

7. Wattana Ratismith and Urith Archakositt, Parabolic Troughs without Solar Tracking System, Third International Conference on Applied Energy, Perugia, Italy (2011)

สิทธิบัตร

1. แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบล่าที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Parabolic Troughs Solar Collector with no Need of Solar Tracking System) ขึ้นเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2552 เลขที่คำขอ 0901005526
2. แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบล่าผสมที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Compound Parabolic Troughs Solar Collector with no Need of Solar Tracking System)) ขึ้นเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2554 เลขที่คำขอ 1101001216

ทุนวิจัย

1. German Academic Exchange Service (DAAD) of German Government (2005-2006)
2. The Royal Golden Jubilee Ph.D. Program of the Thailand Research Fund (TRF)
3. Re-Invitation Programmes for Former DAAD Scholarship Holders (2010)
4. ทุนแลกเปลี่ยนอาจารย์/นักวิจัย ตามโครงการในแผนพัฒนาฯ 100 ปี
5. โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึก ในสาขาที่มีศักยภาพสูง กองทุนวิจัยและนวัตกรรม 2553 กลุ่มวิจัยพลังงาน
6. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการเพื่อเพิ่มคุณค่าและมูลค่าผลผลิตจากการวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2554 เชิงพาณิชย์ (2-V Research Program)

ประสบการณ์งานวิจัย

1. 23 - 27 May 2011 (Visitor) Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden, Germany

Research topic: Bose-Einstein Condensation in a Double Well Potential : the Feynman Path Integral Approach

Supervisor: Prof. Dr. Walter T. Strunz

2. February 2010 - May 2010 (Post Doctoral): Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Dresden, Germany

Research topic: Bose-Einstein Condensation in a Double Well Potential : the Feynman Path Integral Approach

Supervisor: Prof. Dr. Walter T. Strunz

3. December 2006 - June 2007: Department of Physics and Astronomy, University of Delaware, U.S.A.

Research topic: Bose-Einstein Condensation in a Disordered System

Supervisor: Prof. Dr. Henry R. Glyde

4. June 2005 - October 2006: Theoretical Quantum Dynamics, Institute of Physics, Albert-Ludwigs Universität Freiburg, Germany

Research topic: Bose-Einstein Condensation in a Double Well Potential

Supervisor: Prof. Dr. Walter T. Strunz

ดร. อูริช อ็ชชโคลิต

วันเดือนปีเกิด 18 สิงหาคม 2512
 ที่อยู่ 922/18 ตรอกวัดจันทร์ใน บางโคล่ บางคอแหลม กทม. 10120
 การศึกษา วศ.ด. (วิศวกรรมนิวเคลียร์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545
 วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536
 วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533

เลขที่ใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม กพก. 7837 และ กพส. 4953

ประวัติการทำงาน

ปีพ.ศ. 2540 – ปัจจุบัน ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน
 สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์และผลงาน

ปี พ.ศ. 2551	โครงการ :	โครงการส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในภาคธุรกิจ
ปี พ.ศ. 2550-2551	โครงการ :	ที่ปรึกษาด้านเทคนิคให้กับสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
ปี พ.ศ. 2550	โครงการ :	อนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในโรงงานควบคุม
ปี พ.ศ. 2549-2550	โครงการ :	คู่มือมาตรฐานการกำกับดูแลโรงงาน
ปี พ.ศ. 2549-2550	โครงการ :	จัดทำตำรา เรื่อง ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล
ปี พ.ศ. 2549-	โครงการ :	อนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานอุตสาหกรรมและ
ปี พ.ศ. 2548-2550	โครงการ :	การนำร่องสิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
ปี พ.ศ. 2548-2549	โครงการ :	อนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในโรงงานควบคุม
ปี พ.ศ. 2548	โครงการ :	โครงการจัดทำข้อสอบเพื่อทดสอบความรู้ของผู้ขอใบประกอบ
ปี พ.ศ. 2547-2548	โครงการ :	การวิจัย Simulation Analyses for two-phase two-fluid
ปี พ.ศ. 2547	โครงการ :	การทดสอบการเดินปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่กักกำลัง
ปี พ.ศ. 2540-2547	โครงการ :	การตรวจสอบและวิเคราะห์โดยละเอียดของอาคารและโรงงาน
ปี พ.ศ. 2540-2543	โครงการ :	การตรวจสอบและวิเคราะห์โดยละเอียดของอาคารและโรงงาน
ปี พ.ศ. 2541	โครงการ :	การสำรวจและให้คำแนะนำระบบไฟฟ้าแรงสูงที่ติดตั้งภายใน
ปี พ.ศ. 2540-2541	โครงการ :	การก่อสร้างโรงไฟฟ้าและสาขาภูมิภาค
ปี พ.ศ. 2537-2539	โครงการ :	การก่อสร้างโรงไฟฟ้าและสาขาภูมิภาค
ปี พ.ศ. 2534-2535	โครงการ :	การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแรงสูงบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์

PROFESSIONAL EXPERIENCE ON RESEARCH PUBLISHED:

1. Urith Archakositt, Sunchai Nilsuwankositt and Tatchai Sumitra, "Effect of Volumetric Ratio and Injection Pressure on Water Liquid Nitrogen Interaction," *Journal of Nuclear Science and Technology*, vol. 41, April, 2004.
2. Urith Archakositt, Sunchai Nilsuwankositt and Tatchai Sumitra, "Propagation Speed of a Pressure Spike during the Water-Liquid Nitrogen Interaction," *Songklanakarin, Journal of Science and Technology*, Vol.26 No.4 Jul.-Aug p.559-568, 2004.
3. Urith Archakositt, Sunchai Nilsuwankositt and Tatchai Sumitra, "Investigation on the Possibility of the Low Temperature Vapor Explosion," NTHAS3: Third Korea-Japan symposium on nuclear thermal hydraulics and safety, Kyeongju, Korea, pp.350-353, 2002.
4. Sunchai Nilsuwankositt and Urith Archakositt, "Installation for Low Temperature Vapor Explosion Experiment," JAERI-Conf, Proceedings of the workshop on severe accident research, Tokyo, Japan, pp.30-35, 1999.
5. Sunchai Nilsuwankositt and Urith Archakositt, "Low Temperature Vapor Explosion," Research Report No.153-NC-2541, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2000.

แบบฟอร์มเปิดเผยการประดิษฐ์และแสดงความจำนงขอให้จดทะเบียนสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

(Invention Disclosure Form)

NO.
Receive date

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ (ไทยและอังกฤษ)

แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลามุมที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

Compound Parabolic Troughs Solar Collector with no Need of Solar Tracking System

ลักษณะโดยย่อของการประดิษฐ์ (แบบเอกสารประกอบได้)

แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลามุมที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยรางสะท้อนแสงพาราโบลามุมแบบผสม (Compound Parabolic Trough) อย่างน้อย 2 รางติดกัน โดยแนวแกนของแต่ละรางทำมุมในทิศต่างๆ กัน ที่ตำแหน่งต่ำสุดของแต่ละรางมีท่อรับรังสีหรือท่อรูปทรงใดๆ ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศจำนวนหนึ่งวางซ้อนกันในแนวตั้งของแต่ละราง หรือเป็นท่อรับรังสีรูปทรงใดๆ หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศ ที่มีความสูงจากรางขึ้นไปในแนวตั้งจำนวน 1 ท่อ ซึ่งทำให้แผงรับแสงอาทิตย์ตามการประดิษฐ์นี้ สามารถรับแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ โดยที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ และมีสมบัติในการการรับรังสีกระจายได้ดี

2. ชื่อผู้ประดิษฐ์ / ผู้ประดิษฐ์ร่วม	สัดส่วนการประดิษฐ์/ การแบ่งปัน ผลประโยชน์ (%)	สังกัด / ที่อยู่	โทรศัพท์ / โทรสาร / อีเมล
ดร. วฒนา รัตสมิทธิ์	100%	สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	02-2188090, 087- 3985338/ wattana@eri.chula.ac.th

3. การประดิษฐ์นี้ได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากแหล่งเงินทุนหรือร่วมวิจัยกับ องค์กร บริษัท หรือหน่วยงานใดหรือไม่

 ได้รับ โปรดระบุชื่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 ไม่ได้รับ

4. ผลงานนี้เคยมีการตีพิมพ์ หรือเผยแพร่ผลงานมาก่อนหรือไม่

 มี โปรดระบุลักษณะการเผยแพร่.....เมื่อ.....
 ไม่มี

5. ศักยภาพของเทคโนโลยีในเชิงพาณิชย์ (โปรดอธิบาย แบบเอกสารประกอบได้)

ผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีที่ใกล้เคียงที่มีอยู่แล้วในตลาด ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้งานในระบบขนาดเล็ก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ แผงรับแสงแบบท่อแก้วสุญญากาศและแผงรับแสงแบบแผ่นราบ สามารถทำอุณหภูมิได้ประมาณ 70-90 องศาเซลเซียส การใช้ประโยชน์เพื่อการทำน้ำอุ่น ยังไม่มีผลิตภัณฑ์ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ให้อุณหภูมิสูงเกิน

100 องศาเซลเซียส สำหรับใช้งานในระบบขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ประโยชน์จากผลงาน (Application) สามารถทำอุณหภูมิได้มากกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงเกิดความหลากหลายในการใช้ประโยชน์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่เพียงแต่การใช้ในการทำน้ำอุ่น ยังสามารถใช้ในการนึ่งต้ม การอบแห้ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในกระบวนการทำความร้อนของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมต่างๆ หรือใช้ในหน่วยทำความเย็น เป็นต้น

จุดเด่นของผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีปัจจุบัน เป็นแผงรับแสงอาทิตย์แบบราง พาราโบลาลมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ สามารถรับแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ โดยไม่ต้องพึ่งพาระบบติดตามดวงอาทิตย์และมีความสามารถในการรับรังสีกระจายได้ดี ซึ่งเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีปริมาณรังสีกระจายในระดับสูง ทำอุณหภูมิได้สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในระบบ ทำให้อายุการใช้งานยาวนาน ต้นทุนการผลิตต่ำเนื่องจากไม่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ และใช้ท่อแก้วสุญญากาศน้อยกว่าผลิตภัณฑ์เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

โปรดระบุชื่อบริษัทที่ท่านคิดว่าน่าจะมีความสนใจในเทคโนโลยีหรือสิ่งประดิษฐ์ของท่าน

บริษัท AMP METALWORKS(Thailand) Co.,Ltd. โทรศัพท์ (ถ้ามี) 034-441-611-4
 บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) โทรศัพท์ (ถ้ามี) 02-5373000

6. การสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตร

6.1 Keyword ที่ใช้ในการสืบค้น Solar Thermal Collector, Compound Parabolic Trough, Non-tracking Solar Collector

6.2 ผลการสืบค้นพบว่า เหมือนหรือคล้ายกับงานที่ปรากฏอยู่แล้ว ไม่เหมือนหรือคล้ายกับงานที่ปรากฏอยู่แล้ว

6.3 Website ที่ใช้ในการสืบค้น ประเทศไทย: www.ipthailand.org สหรัฐอเมริกา: www.uspto.gov
 ญี่ปุ่น: www.jpo.go.jp ยุโรป: <http://ep.espacenet.com> อื่นๆ ระบุ: www.google.com/patents

(ในกรณีที่พบว่าเหมือนหรือคล้ายกับงานที่ปรากฏอยู่แล้ว กรุณาแนบเอกสารที่สืบค้นได้มาให้สถาบันฯ ด้วย)

7. ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าข้อมูลดังกล่าวข้างต้นครบถ้วนและถูกต้อง

ลงนาม.....หัวหน้าโครงการ

(ดร. วัฒนา รติสมิทธิ์)

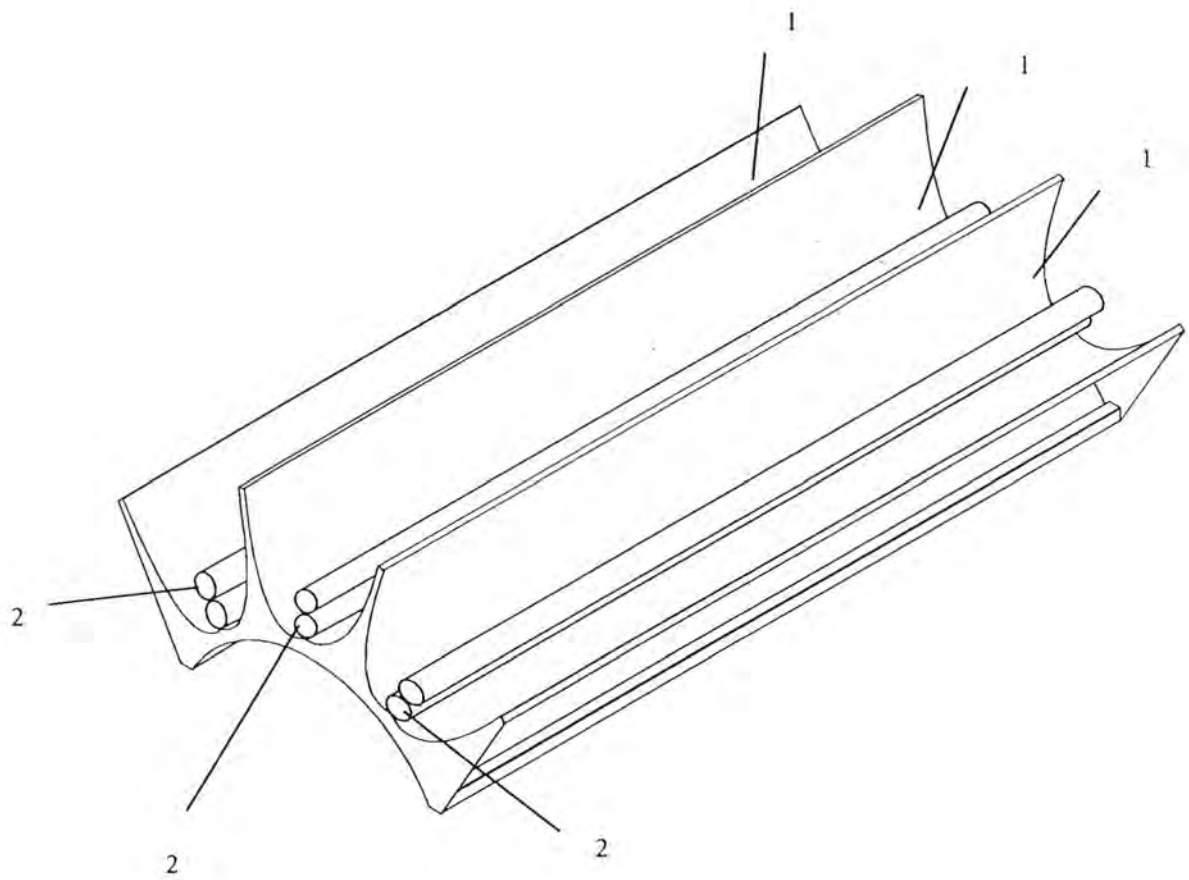
1/กค./2554

กรุณาส่งแบบฟอร์มนี้กลับมายัง

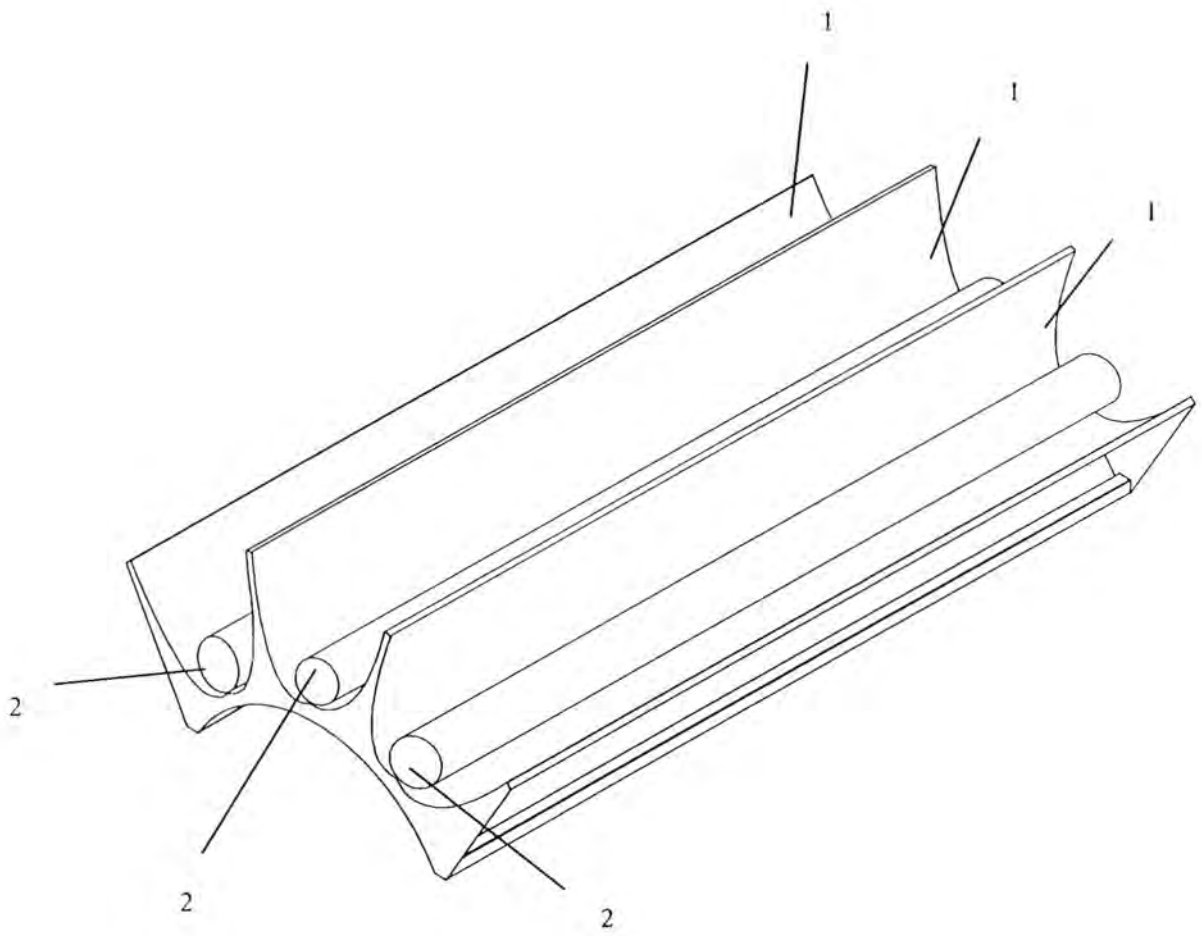
สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้น 9 อาคารเทพวาราวดี คณะนิติศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

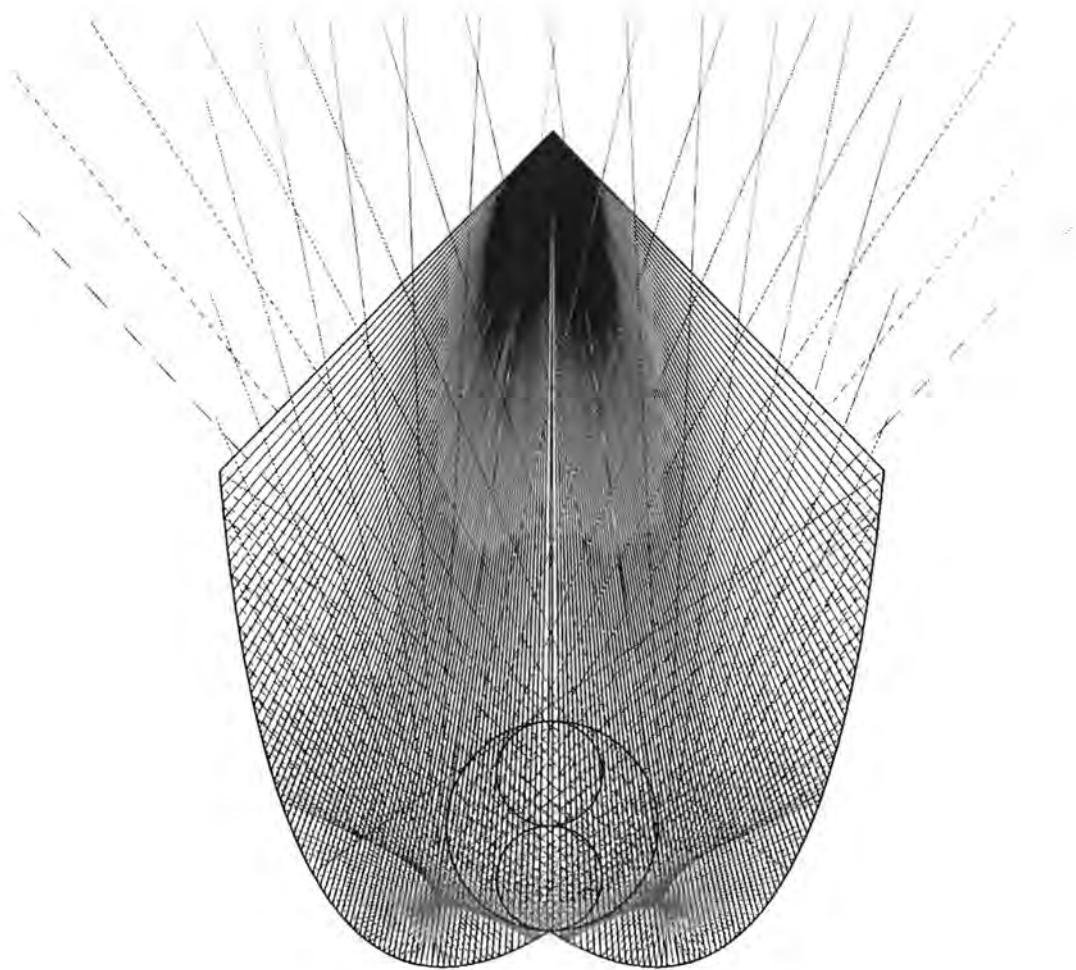
โทรศัพท์: 02-2182895-96 โทรสาร: 02-2182871



รูปที่ 1

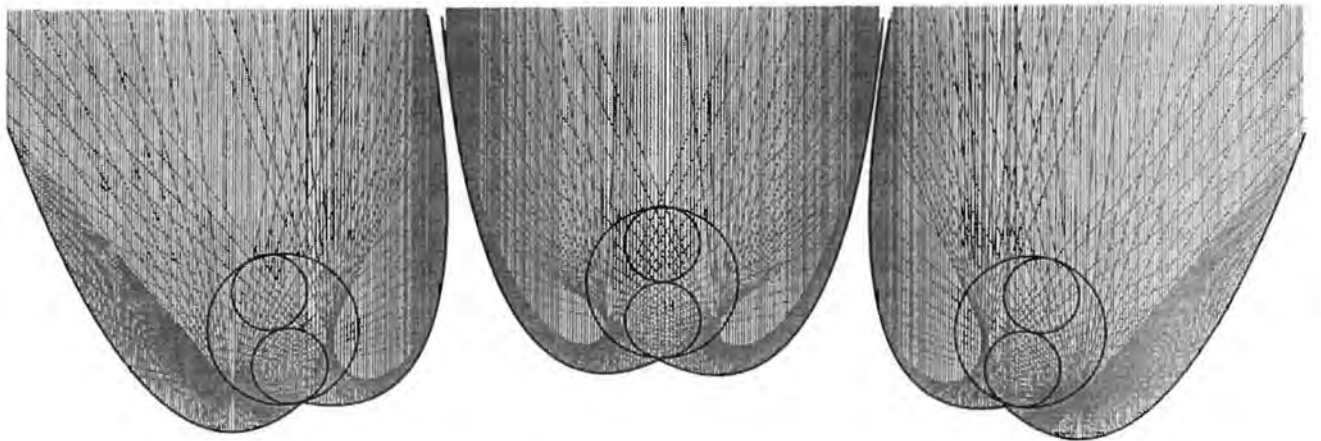


รูปที่ 2



รูปที่ 3

หน้า 4 ของจำนวน 4 หน้า



รูปที่ 4

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาคสมที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

5 การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับแผงรับแสงอาทิตย์ที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยรางสะท้อนแสงพาราโบลาคสมแบบผสม (Compound Parabolic Trough) อย่างน้อย 2 ราง ติดกัน โดยแนวแกนของแต่ละรางทำมุมในทิศต่างๆ กัน ที่ตำแหน่งต่ำสุดของแต่ละรางมีท่อรับรังสี หรือท่อรูปทรงใดๆ ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศจำนวนหนึ่งวางซ้อนกันในแนวตั้งของแต่ละราง หรือ

10 เป็นท่อรับรังสีรูปทรงใดๆ หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศ ที่มีความสูงจากรางขึ้นไปในแนวตั้งจำนวน 1 ท่อ

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อพัฒนาแผงรับแสงอาทิตย์แบบใหม่ที่ไม่ต้องใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และมีสมบัติในการรับรังสีกระจายได้ดี ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับ

15 ภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีปริมาณรังสีกระจายในระดับสูง แผงรับแสงตามการประดิษฐ์นี้สามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงมีความเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องการน้ำเดือดหรือน้ำมันร้อน เช่น กระบวนการทำความร้อนของหม้อน้ำในอุตสาหกรรมต่างๆ การอบแห้ง การหุงต้ม หรือใช้ในหน่วยทำความเย็น เป็นต้น

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมเครื่องกลและฟิสิกส์เชิงทัศนศาสตร์ (Optical Physics)

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

20 แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาคสมเป็นแผงรวมแสงชนิดหนึ่งที่ให้อุณหภูมิสูง นิยมใช้ในโรงงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการรวมแสงของรางพาราโบลาคสมไปยังท่อรับแสงที่วางอยู่ในแนวเส้นโฟกัส และมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อที่จะสามารถรับพลังงานได้ตลอดทั้งวัน พลังงานที่ได้รับสามารถที่จะเก็บสะสมในถังสะสมความร้อน ในช่วงที่มีเมฆ และช่วงกลางคืนได้ อย่างไรก็ตามแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาคสมที่กล่าวแล้วมีขีดจำกัดดังนี้

- 25
1. ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ จึงจะสามารถรวมแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ ได้
 2. ไม่สามารถรับรังสีกระจายได้ดี พลังงานที่ได้รับจากแผงรับแสงลดลงอย่างมากในสภาพภูมิอากาศที่มีเมฆหมอก

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีเมฆความชื้นมาก จึงทำให้เกิดรังสีกระจายในปริมาณค่อนข้างสูง สัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมของ

แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีค่าอยู่ระหว่าง 31% ถึง 58% เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีจะมีปริมาณรังสีกระจายอยู่ที่ 44% (แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย) ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง ทำให้อุปกรณ์รวมแสงต่างๆ ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีส่วนนี้ได้

ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้น ผู้ประดิษฐ์จึงได้คิดค้นการประดิษฐ์นี้ขึ้น โดยแผงรับแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นได้พัฒนาและแก้ไขข้อจำกัดของแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาทั้งหมดดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยอาศัยรางพาราโบลาแบบผสม (Compound Parabolic Trough) ซึ่งเกิดจากการผสมผสานระหว่างกราฟพาราโบลา 2 กราฟที่ทำมุมต่างกัน มาซ้อนทับกัน ทำให้มีสมบัติในการรับรังสีในทิศทางต่างได้มากกว่ารางพาราโบลาโดยทั่วไป แผงรับแสงตามการประดิษฐ์นี้ใช้รางพาราโบลาแบบผสมอย่างน้อย 2 รางติดกันทำมุมในทิศทางต่างกัน ในแต่ละรางจะมีท่อรับรังสีอยู่บริเวณจุดต่ำสุดของราง การวางรางในลักษณะนี้ทำให้แผงรับแสงตามการประดิษฐ์นี้สามารถรับแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับรางพาราโบลาที่ทำงานร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวเคลื่อนไหวในระบบ

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- รูปที่ 1 แสดงลักษณะของแผงรับแสงอาทิตย์ตามการประดิษฐ์นี้ โดยมีท่อรับรังสีจำนวน 2 ท่อวางซ้อนตามแนวแกนของแต่ละราง
- รูปที่ 2 แสดงลักษณะของแผงรับแสงอาทิตย์ตามการประดิษฐ์นี้ โดยสามารถใช้ท่อรับรังสีขนาดใหญ่จำนวน 1 ท่อวางในตามแนวแกนของแต่ละราง
- รูปที่ 3 แสดงแบบจำลองการสะท้อนแสงของรางพาราโบลาแบบผสม 1 รางที่มีท่อรับรังสี 2 ท่อวางซ้อนกันหรือท่อรับรังสีขนาดใหญ่จำนวน 1 ท่อ สำหรับรังสีกระจาย
- รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองการสะท้อนแสงของรางพาราโบลาแบบผสม (Compound Parabolic Trough) 3 รางที่มีท่อรับรังสี 2 ท่อวางซ้อนกันหรือท่อรับรังสีขนาดใหญ่จำนวน 1 ท่อในแนวแกนของรางสำหรับรังสีขนาน

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ตามรูปที่ 1 แสดงลักษณะของแผงรับแสงอาทิตย์รางพาราโบลาแบบผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย รางพาราโบลาแบบผสม (1) อย่างน้อย 2 รางติดกัน โดยแนวแกนของแต่ละรางทำมุมในทิศต่างๆ กัน ที่บริเวณต่ำสุดของแต่ละรางมีท่อรับรังสี (2) หรือท่อรูปทรงใดๆ ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศจำนวนหนึ่งวางซ้อนกันในแนวตั้งของแต่ละราง หรือเป็นท่อรับรังสีรูปทรงใดๆ (2) ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศ ที่มีความสูงจากรางขึ้นในแนวตั้งจำนวน 1 ท่อ

ท่อรับรังสี (2) ตามการประดิษฐ์นี้ สามารถเลือกได้ ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่ ท่อรับรังสีทรงกระบอกยาว ท่อรับรังสีหน้าตัดวงรี ท่อรับรังสีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือ ท่อรับรังสีหน้าตัดสามเหลี่ยม เป็นต้น

10 ตามรูปที่ 3 แสดงแบบจำลองการสะท้อนแสงบนผิวโค้งสำหรับรังสีกระจายพบว่า แผงรับแสงตามการประดิษฐ์นี้มีประสิทธิภาพในการรับรังสีกระจายได้ดีกว่าแผงรับแสงแบบรางพาราโบลาโดยทั่วไป

15 ตามรูปที่ 4 แสดงการสะท้อนของรางพาราโบลาแบบผสม(Compound Parabolic Trough) ใช้ท่อรับรังสีจำนวน 2 ท่อวางซ้อนกัน หรือ ท่อรับแสงขนาดใหญ่เพียง 1 ท่อ วางในแนวแกนของแต่ละราง โดยแผงรับแสงอาทิตย์ตามการประดิษฐ์นี้สามารถรับรังสีได้ทั้งหมดโดยไม่สูญเสียปริมาณรังสี

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถ้อยสิทธิ์

แผงรับแสงอาทิตย์ตามการประดิษฐ์นี้ ประกอบด้วย รังพาราโบลแบบผสม(Compound Parabolic Trough) (1) ทำหน้าที่ในการสะท้อนแสงอาทิตย์ไปยังท่อรับรังสี (2) อย่างน้อย 2 รังติดกัน โดย
5 แนวแกนของแต่ละรังทำมุมในทิศต่างๆ กัน ที่ตำแหน่งต่ำสุดของรังมีท่อรับรังสี (2) หรือท่อรูปทรง
ใดๆ ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศจำนวนหนึ่งวางซ้อนกันในแนวตั้งของแต่ละรัง หรือเป็นท่อรับรังสี
รูปทรงใดๆ (2) ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศ ที่มีควมสูงจากรังขึ้นไปในแนวตั้งหุ้มด้วยท่อแก้ว
สุญญากาศ จำนวน 1 ท่อในแต่ละรัง

บทสรุปการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับแผงรับแสงอาทิตย์รางพาราโบลาแบบผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย รางพาราโบลาแบบผสม(Compound Parabolic Trough) อย่างน้อย 2 รางติดกัน โดยแนวแกนของแต่ละรางทำมุมในทิศต่างๆ กัน ที่ตำแหน่งต่ำสุดของรางมีท่อรับรังสีหรือท่อรูปทรงใดๆ ที่หุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศจำนวนหนึ่งวางซ้อนกันในแนวตั้งของแต่ละราง หรือเป็นท่อรับรังสีรูปทรงใดๆ ที่มีความสูงจากรางขึ้นไปในแนวตั้งหุ้มด้วยท่อแก้วสุญญากาศจำนวน 1 ท่อในแต่ละราง



Non-Tracking Parabolic Trough Solar Collector and the Possibility for High Temperature Application

Wattana Ratismith^a, Urith Archakositt^a and Tawatchai Charinpanitkul^{a,b}

^aEnergy Research Institute, Chulalongkorn University, 10330, Bangkok, Thailand

^bCenter of Excellence in Particle Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Payathai Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

Abstract

In the general operation of a solar collector, the concentrating systems require sun tracking to maintain sunlight focusing at the collector. In addition, the solar collector cannot work effectively in diffused light conditions, therefore output from the system drops drastically in a cloudy condition as the diffused light cannot be concentrated passively. Consequently, it faces a serious problem in utilizing such a solar collector to collect solar energy, especially in the rainy season. The goal of this research is to design a new solar collector, which does not contain a solar tracking system and has an ability to collect the diffused sunlight. Newly developed system consists of three deep parabolic troughs, with low focus points facing the sun at different angles and the elongated cross section tubes at the axis of the trough. The salient feature of this design is that the system can collect the sunlight energy at every angle without any moving parts, and at the same time can receive the diffused light. This collector yields higher temperatures than flat plate solar collector, the maximum temperature inside the evacuated tube is 146 degrees Celsius, and is therefore suitable for heating, drying or cooling application.

© 2011 Published by Elsevier Ltd.

Keywords: Solar Energy, Parabolic Trough, Non-Tracking Solar Collector

1. Introduction

A parabolic trough is a type of solar thermal energy collector which is generally used in solar power plants where solar heat is used to generate electricity by heating water to produce steam which drives a turbine connected to an electrical generator. The solar collector is constructed as a long parabolic trough with a tube running its length at the focal point. Sunlight is reflected by the trough and concentrated on the tube filled with synthetic oil, which heats to 300 – 400 degrees Celsius [1–5]. The trough is usually aligned on a north-south axis, and rotated to track the sun as it moves across the sky each day. Therefore it seems unavoidable that there needs to be a tracking system that follows the position of the sun. The disadvantage of the parabolic trough solar collector is that concentrating systems require sun tracking to maintain sunlight focus at the collector. The tracking system increases the cost, complexity and the maintenance cost due to the moving parts. Another problem is an inability to provide power in diffused light conditions, which is due to the fact that the power output from concentrating systems drops in cloudy conditions. As Thailand has a tropical rainforest climate, which causes the ratio of diffused solar radiation to global solar radiation to be rather high (in the range of 31% to 58%), one faces a serious problem in utilizing such a solar collector to collect solar energy, especially in the rainy season. The goal of this research is to design a new solar collector, which does not

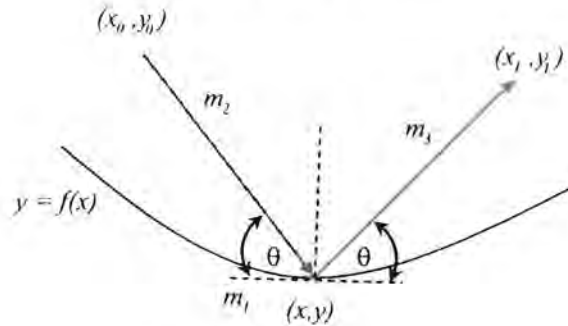


Figure 1. The reflection of a light ray by a curve $y = f(x)$. θ is represented an angle of incidence and an angle of reflection. m_1 , m_2 and m_3 are slope of a tangent line, an incident ray and a reflected ray respectively.

contain a solar tracking system and has an ability to collect diffused sunlight[6-13]. There are three salient features of the design of this solar collector. The first one is that its shape of a parabola is deep with low focus point. The second feature is that the tube of an elongated-shape cross section or several evacuated tubes are located at the axis of the parabolic trough, and the last one is that the solar collector consists of three deep parabolic troughs facing the sun at different angles. It is this last feature that enables this solar collector to receive the sunlight at every angle. The advantage of this design is that there are no moving parts in the system, which leads to reductions in the cost of the system and the cost of maintenance. The system is not complicated and easy to use. This collector yields high temperatures of more than 100 degrees Celsius. Therefore this collector has a possibility for high temperature application such as heating, cooking, drying or cooling application.

2. The Model

Let the shape of a parabolic trough be described by the curve $y = f(x)$ on the xy plane. The law of reflection states that the angle of incidence θ is equal to the angle of reflection relative to the tangent of the curve $y = f(x)$ at any point (x, y) . The slope of this tangent line at point (x, y) is denote by $m_2 = df(x)/dx$, the slope of the incident ray by m_2 and the slope of the reflected ray by m_3 as shown in Fig 1. From trigonometry [13], the relationship between the angle θ between two lines and their relative slopes m_1 , m_2 and m_3 is given as

$$\tan \theta = \frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2} = \frac{m_3 - m_1}{1 + m_1 m_3}, \quad (1)$$

which yields

$$m_3 = \frac{m_2 - m_1(2 + m_1 m_2)}{m_1^2 - 2m_1 m_2 - 1}. \quad (2)$$

For the incident rays of 90 degrees, Eq.(2) is taken the limit for $m_2 \rightarrow \infty$. Therefore the slope of the reflected rays can be written as

$$m_3 = \frac{m_1^2 - 1}{2m_1}. \quad (3)$$

The model has been applied to compare two different parabolic troughs: a low focus point parabolic trough of width 0.3 m and height 0.2 m, and a high focus point parabolic trough of width 1.4 m and height 0.4 m. An evacuated tube of diameter 0.05 m is placed at the focus point. Using Eq. 1, 2, and 3, the reflection of light rays by the parabolic trough for direct rays is obtained as shown in Fig. 2. The parabolic trough with low focus point is more efficient for collecting direct rays in any direction. For the incident angle of 85 degrees, the low focus point parabolic trough can collect all reflected rays, while the high focus point parabolic trough cannot. In order to increase the ability to collect direct rays at various angles and the ability to collect diffused light, three low focus point parabolic troughs with two evacuated tubes extending the receiver area in the focal zone have been developed as shown in Fig. 3.

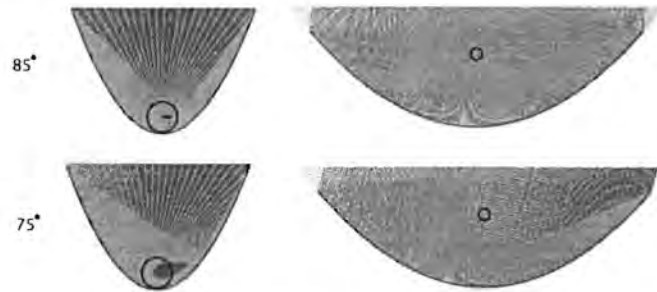


Figure 2. The reflection of light rays by parabolic trough with low focus point (left) and high focus point (right) at incident angles of 85 degrees and 75 degrees, respectively. Blue rays represent incident rays and orange rays represent reflected rays. The circle in each trough is the position of the evacuated tube located at the focus point.

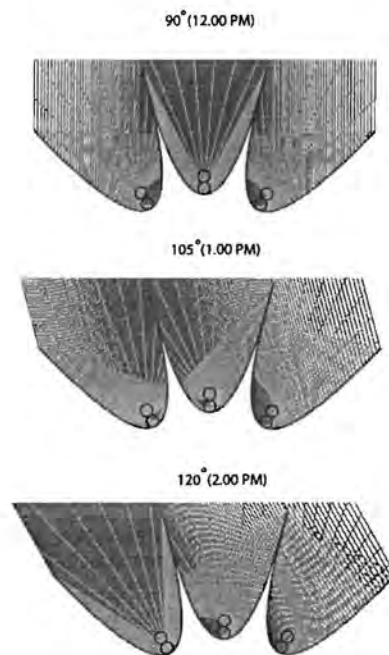


Figure 3. The reflection of three-parabolic-trough solar collector with two evacuated tubes along the axis of the parabolic trough in various angles.



Figure 4. The left-hand side is the first prototype of three-parabolic-trough solar collector with two evacuated tubes per trough, and the right-hand side is a conventional solar collector.

3. The Experiment

The solar collector in Fig. 3 has been invented consisting of three deep parabolic troughs made of aluminum sheets, oriented at different angles. The solar collector has an overall width of 1.4 m and a length of 1.4 m, and the evacuated tubes are placed along its axis. These evacuated tubes are connected to a water tank to store the energy. For comparison, a conventional solar collector of an overall width 1.4 m and length 1.2 m with one evacuated tube located at the focus point as shown in Fig. 4. The collectors are fixed on Earth and aligned along the north-south direction. The experiment was performed in Bangkok, Thailand. The data were taken during the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010. The sky was not very clear which lead the solar power fluctuation in any time as show in Fig. 5.

When the evacuated tubes absorb the sunlight from parabolic troughs, the heat from the tubes are transferred to water, hotter water moves upwards in a storage tank and it is simultaneously replaced by cooler water from the storage tank. The temperature in the storage tank has been measured. Therefore the energy from the collector is accumulated in the storage tank. The energy in the storage tank in any time can be calculated by [14]

$$Q_s(t) = mC \frac{dT_s}{dt}, \quad (4)$$

where t represents time, m and C are respectively the mass and the specific heat of the water, and T_s is the temperature in the tank. The efficiency of the system in any time is

$$\eta(t) = \frac{Q_s(t)}{Q_{in}(t)}, \quad (5)$$

where $Q_{in}(t)$ is the solar power. The average efficiency of the system over a period of time can be written as [14]

$$\eta_{av} = \frac{mC(T_s^n - T_s^0)}{\sum_{t=0}^n Q_{in} \Delta t}, \quad (6)$$

where T_s^n is the temperature at the final time, T_s^0 is the temperature at the initial time, and Δt is the differential period of time. From the experiment, The result shows that the efficiency of the new-design solar collector at any time is fairly constant, while the efficiency of the conventional solar collector at any time distributes like a Gaussian curve having its maximum at around 11.30 a.m. as shown in Fig. 6., which imply that for cloudy condition, the low focus point parabolic trough is more efficient than a conventional parabolic trough. The efficiency of a conventional parabolic trough with Solar tracking system can be assumed to have the maximum efficiency at any time. The average efficiency of the new-design solar collector is found to be much higher than that of the conventional solar collector, see Fig. 7.

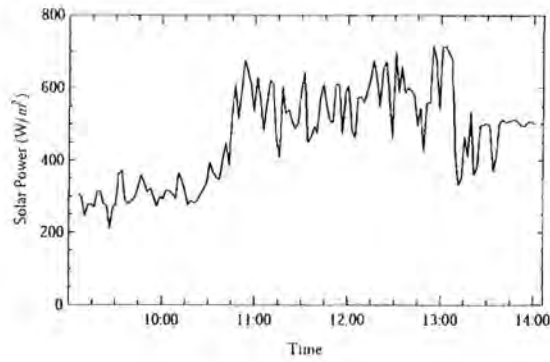


Figure 5. The average solar power plotted against time in the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010 in Bangkok.

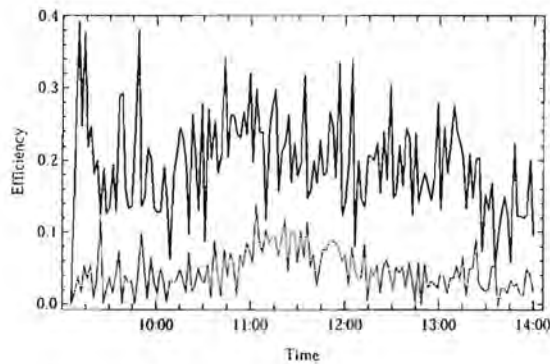


Figure 6. The efficiency plotted against time from 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010 which is calculated by Eq.5. The black line represents the efficiency of the new-design solar collector, and the gray line represents that of the conventional solar collector.

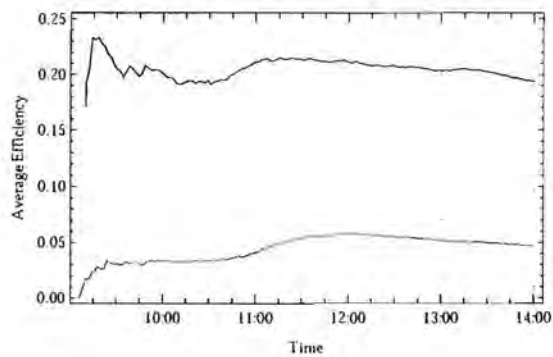


Figure 7. The average efficiency plotted against time from 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010 which is calculated by Eq.6. The black line represents the average efficiency of the new-design solar collector, and the gray line represents that of the conventional solar collector.

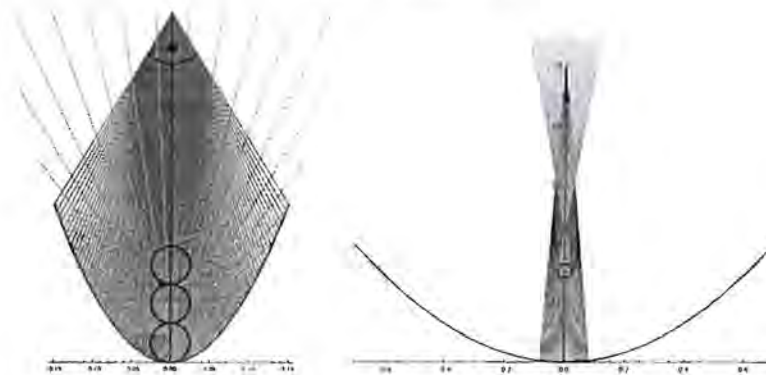


Figure 8. The reflection of light rays by the lower focus parabolic trough with 3 tubes which is a part of the new design of solar collector compared with the high focus point parabolic trough which has high focus point with 1 tube at various angles of the incident rays.

4. The Second Prototype Solar Collector

In order to increase the efficiency of the solar collector further, the solar collector has been developed by using the stainless sheets which have higher reflectivity and durability, adjusting the shape of parabolic troughs to have a lower focus point, decreasing the height of parabolic troughs in order to avoid the vibration of the edges of parabolic troughs from the strong wind which strengthen the solar collector, and designing the solar collector to have an ability to collect the diffused light. The low focus point parabolic trough with 3 tubes has an ability to collect diffused rays in the period of 60 degrees, while a high focus point parabolic trough can collect diffused rays in the period of 10 degrees as show in Fig 8. Therefore, this design is more efficient for collecting diffused rays than a conventional parabolic trough. In order to collect the sunlight all day, we add more parabolic troughs, facing the sun at different angles as shown in Fig. 9 The solar collector shows that it has an ability to receive the sunlight at various time. For 12.00 a.m., the solar collector can collect all reflected rays, the reflected rays in the middle trough are concentrated at the focus point at the lowest tube and for both side of the middle trough, the reflected rays are concentrated on the higher tubes. When the time changes, the reflected rays move up and down between the lowest tube and the highest tube. For this principle, this collector is similar to a parabolic trough with a solar tracking system. However there are some ray losses when the time changes especially after 4.00 p.m. which could be ignored because of very low solar power.

From the 1st prototype, the collector yields more than 100 degrees Celsius which lead high pressure in the system. For this reason, we use a palm oil as a working fluid. The evacuated tubes are connected to an oil tank as shown in Fig 11. The volume of oil in the system is 14 liters. The data was taken during the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on 9th December 2011. The diagram of the system is shown in Fig.11. The solar power had been measured and recorded as shown in Fig. 12. The result temperature is shown in Fig. 13.

The three-parabolic-trough solar collector yields higher temperature than flat plate or evacuated tube solar collector, the maximum temperature in the tank is 111 degrees Celsius, the maximum temperature in evacuated tube is 146 degrees Celsius. The efficiency of the second prototype solar collector is 29.2%. Due to the industrial heat application, the temperature is quite higher than the temperature from this system. Some reasons are the Carnot cycle efficiency and some are the heating process requirement. The authors will further design and install in the next experiment for the longer three-parabolic-trough solar collector and connected with this new-design solar collectors array to increase the maximum temperature up to 300 degrees Celsius.

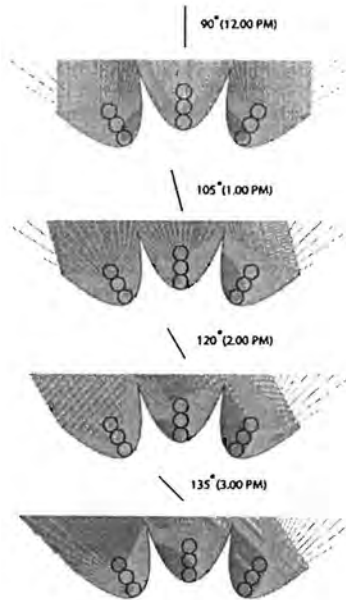


Figure 9. The reflection of light rays by a three-parabolic-trough solar collector at various angles. Blue rays represent incident rays and orange rays represent reflected rays. The circles represent the positions of the evacuated tubes.



Figure 10. The second prototype of parabolic trough solar collector with no need of solar tracking system which has an overall width of 0.7 m and a length of 1.4 m.

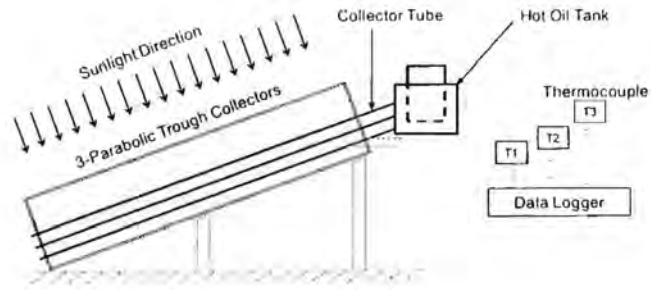


Figure 11. Diagram of test arrangement.

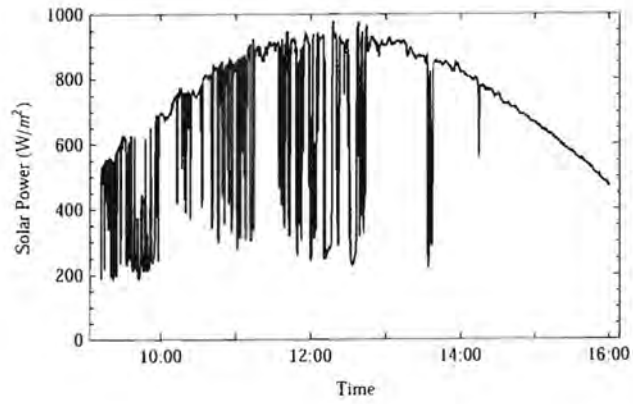


Figure 12. The solar power plotted against time in the period of 9.00 a.m. to 4.00 p.m. on the 17th February 2011 in Bangkok.

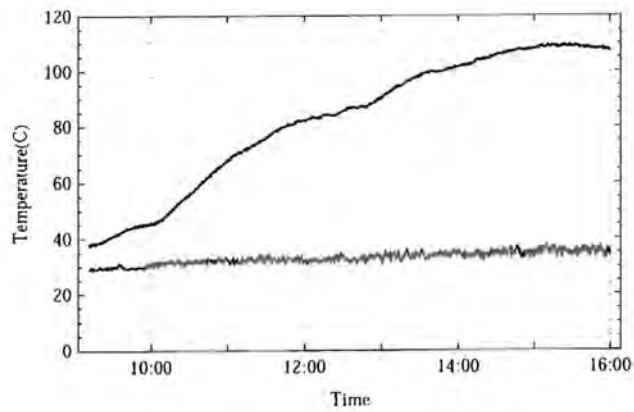


Figure 13. The black line represents the temperature of an oil tank, and the gray line represents that of the ambient temperature.

5. Conclusions

The new-design solar collector with three parabolic troughs and three evacuated tubes per each trough has an ability to collect the sunlight in various angles with no moving parts in the system. It can also receive the diffused light, and this made it more suitable for using in all kinds of climate. The advantage of this design is that there are no moving parts in the system, which results in the reductions in the cost of the system, the cost of maintenance and complexity. This collector yields higher temperature than flat plate or evacuated tube solar collector at the same installation area. It is, therefore, suitable for heating water, drying, cooling or electricity generating in large scale of this new-design solar collector array.

Acknowledgement

The authors would like to thank the National Research University Project of CHE, the Ratchaphiseksomphot Endowment Fund (Project No. EN11801), 2-V research program of National Research Council of Thailand (NRCT) and Energy Research Institute of Chulalongkorn University for the financial supports. We also would like to thank Mr. Narong Amornpitakpant, AMP METALWORKS [Thailand] Co.,Ltd for his help for inventing the 1st and 2nd prototype of Solar collector.

References

- [1] Kearney, D., 1989. Solar Electric Generating Stations (SEGS). IEEE Power Engineering Review (IEEE) 9, 4-8.
- [2] Mills D., 2004. Advances in Solar Thermal Electricity Technology. Solar Energy 76, 19-31.
- [3] Hodge B. K., 2010. Alternative Energy Systems and Application. John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Frank Kreith, D. Yogi Goswami, 2007. Handbook of Energy efficiency and Renewable Energy, CRC Press.
- [5] Milton Matos Rolim, Naum Fraidenaich and Chigueru Tiba. 2009. Analytic Modeling of Solar Power Plant with Parabolic Linear Collectors. Solar Energy 83, 126-133.
- [6] Zambolin E., Del Col D., 2010. Experimental analysis of thermal performance of flat plate and evacuated tube solar collectors in stationary standard and daily conditions. Solar Energy 84, 1382-1396.
- [7] Grass C., Schoelkopf W., Staudacher L., Hacker Z., 2004. Comparison of the optics of non-tracking and novel types of tracking solar thermal collectors for process heat applications up to 300 C. Solar Energy 76, 207-215.
- [8] Winston R., and Hinterberger H., 1975. Principles of Cylindrical Concentrators for Solar Energy. Solar Energy 17, 255-258.
- [9] Winston R., 1974. Principles of Solar Concentrators of a Novel Design. Solar Energy 16, 89-95.
- [10] Blanco J., Malato S. et al. 1999. Compound Parabolic Concentrator Technology Develop to Commercial Solar Detoxification Applications. Solar Energy 67, 4-6.
- [11] Rabl A., O'Gallagher J., and Winston R., 1980. Design and Test of Non-Evacuated solar Collectors with Compound Parabolic Concentrators. Solar Energy 24, 335-351.
- [12] Rabl A., Bendt P., and Gaul H. W., 1982. Optimization of Parabolic Trough Solar Collectors. Solar Energy 29, 407-417.
- [13] Standard Mathematical Table, 25th Ed., CRC Press, Inc., 1978.
- [14] Duffie J. A. and Beckmen W. A. 1991. Solar Engineering of Thermal Process, New York, Wiley.

Parabolic Troughs Solar Collector without Solar Tracking System

Wattana Ratismith and Urith Archakositt

Energy Research Institute, Chulalongkorn University, 10330, Bangkok, Thailand

Abstract

In the general operation of a solar collector, the concentrating systems require sun tracking to maintain sunlight focusing at the collector. In addition, the solar collector cannot work effectively in diffused light conditions, therefore output from the system drops drastically in a cloudy condition as the diffused light cannot be concentrated passively. Consequently, it faces a serious problem in utilizing such a solar collector to collect solar energy, especially in the rainy season. The goal of this research is to design a new solar collector, which does not contain a solar tracking system and has an ability to collect the diffused sunlight. Newly developed system consists of three deep parabolic troughs, with low focus points facing the sun at different angles and the elongated cross section tubes at the axis of the trough. The salient feature of this design is that the system can collect the sunlight energy at every angle with no moving part, and at the same time can receive the diffused light. This collector yields higher temperatures than flat plate solar collector, the maximum temperature in evacuated tube is 146 degrees Celsius, and is therefore suitable for heating, drying or cooling application.

Keywords

Solar Energy, Parabolic Trough, Non-Tracking Solar Collector

Introduction

A parabolic trough is a type of solar thermal energy collector which is generally used in solar power plants where solar heat is used to generate electricity by heating water to produce steam which drives a turbine connected to an electrical generator. The solar collector is constructed as a long parabolic trough with a tube running its length at the focal point. Sunlight is reflected by the trough and concentrated on the tube filled with synthetic oil, which heats to 300-400 degrees Celsius [1-3]. The trough is usually aligned on a north-south axis, and rotated to track the sun as it moves across the sky each day. Therefore it seems unavoidable that there needs to be a tracking system that follows the position of the sun. The disadvantage of the parabolic trough solar collector is that concentrating systems require sun tracking to maintain sunlight focus at the collector. The tracking system increases the cost, complexity and the maintenance cost due to the moving parts. Another problem is an inability to provide power in diffused light conditions, which is due to the fact that the power output from concentrating systems drops in cloudy conditions. As Thailand has a tropical rainforest climate, which causes the ratio of diffused solar radiation to global solar radiation to be rather high (in the range of 31% to 58%), one faces a serious problem in utilizing such a solar collector to collect solar energy, especially in the rainy season.

The goal of this research is to design a new solar collector, which does not contain a solar tracking system and has an ability to collect diffused sunlight. There are three salient features of the design of this solar collector. The first one is that its shape of a parabola is deep with low focus point. The second feature is that the tube of an elongated-shape cross section or several evacuated tubes are located at the axis of the parabolic trough, and the last one is that the solar collector consists of three deep parabolic troughs facing the sun at different angles. It is this last feature that enables this solar collector to receive the sunlight at every angle with no moving parts. The advantage of this design is that there are no moving parts in the system, which leads to reductions in the cost of the system and the cost of maintenance. The system is not complicated and easy to use. This collector yields high temperatures of more than 100° Celsius (depending on the area of the collector).

The Model

Let the shape of a parabolic trough be described by the curve $y = f(x)$ on the x - y plane. The law of reflection states that the angle of incidence θ is equal to the angle of reflection relative to the tangent of the curve $y = f(x)$ at any point (x,y) . The slope of this tangent line at point (x,y) is denote by $m_1 = df(x)/dx$, the slope of the incident ray by m_2 and the slope of the reflected ray by m_3 .

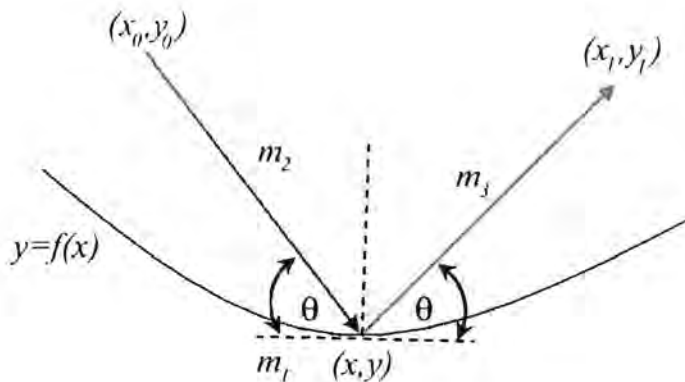


Figure 1. The reflection of a light ray by a curve $y = f(x)$. θ is represented an angle of incidence and an angle of reflection. m_1 , m_2 and m_3 are slope of a tangent line, an incident ray and a reflected ray respectively.

From trigonometry [5], the relationship between the angle θ between two lines and their relative slopes m_1 , m_2 and m_3 is given as

$$\tan \theta = \frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2} = \frac{m_3 - m_1}{1 + m_1 m_3}, \tag{1}$$

which yields

$$m_3 = \frac{m_2 - m_1(2 + m_1 m_2)}{m_1^2 - 2m_1 m_2 - 1} \tag{2}$$

The model has been applied to compare two different parabolic troughs: a low focus point parabolic trough of width 0.3 m and height 0.2 m, and a high focus point parabolic trough of width 1.4 m and height 0.4 m. An evacuated tube of diameter 0.05 m is placed at the focus point. The optimization of parabolic trough solar collectors was theoretically studied by S. Rabl *et al.* [4]. Using Eq. (1) and (2), the reflection of light rays by the parabolic trough for direct rays is obtained as shown in Fig. 2.

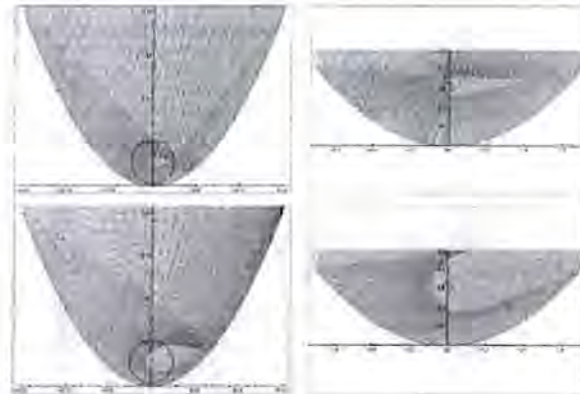


Figure 2. The reflection of light rays by parabolic trough with low focus point (left) and high focus point (right) at incident angles of 85 degrees and 75 degrees, respectively. The circle in each trough is the position of the evacuated tube located at the focus point.

In Fig. 2, the parabolic trough with low focus point is more efficient for collecting direct rays in any direction. For the incident angle of 85 degrees, the low focus point parabolic trough can collect all reflected rays, while the high focus point parabolic trough cannot. In order to increase the ability to collect direct rays at various angles and the ability to collect diffused light, three low focus point parabolic troughs with two evacuated tubes extending the receiver area in the focal zone have been developed as shown in Fig. 3.

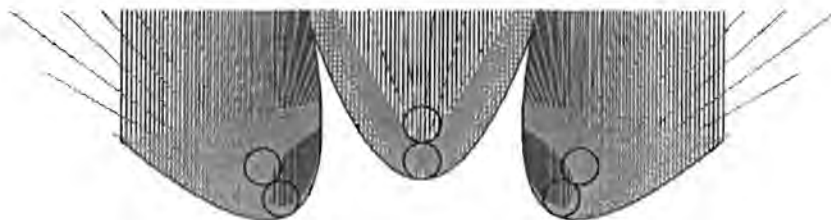


Figure 3. The reflection of three-parabolic-trough solar collector with two evacuated tubes along the axis of the parabolic trough.

The Experiment

The solar collector in Fig. 3 has been invented consisting of three deep parabolic troughs made of aluminum sheets, oriented at different angles. The solar collector has an overall width of 1.4 m and a length of 1.4 m, and the evacuated tubes are placed along its axis. These evacuated tubes are connected to a water tank to store the energy. For comparison, a conventional solar collector of an overall width 1.4 m and length 1.2 m with one evacuated tube located at the focus point as shown in Fig. 4. The collectors are fixed on Earth and aligned along the north-south direction. The experiment was performed in Bangkok, Thailand. The data was taken during the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010. The sky was not very clear which lead the solar power is not smooth in any time as show in Fig. 5.

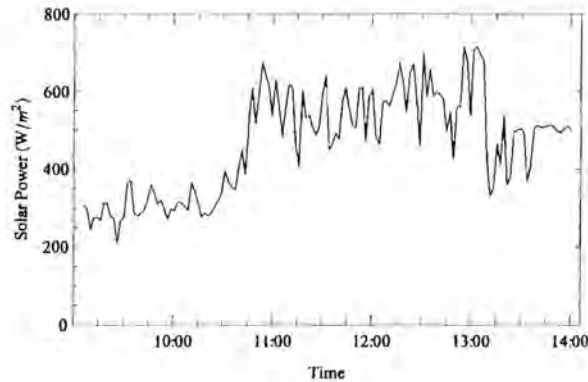


Figure 5. The average solar power plotted against time in the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010 in Bangkok.

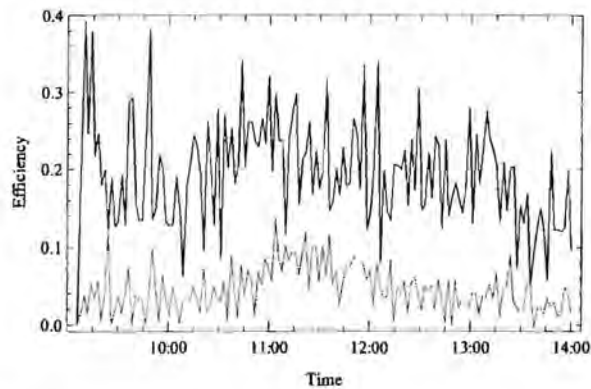


Figure 6. The efficiency plotted against time from 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010 which is calculated by Eq.4. The black line represents the efficiency of the new-design solar collector, and the gray line represents that of the conventional solar collector.

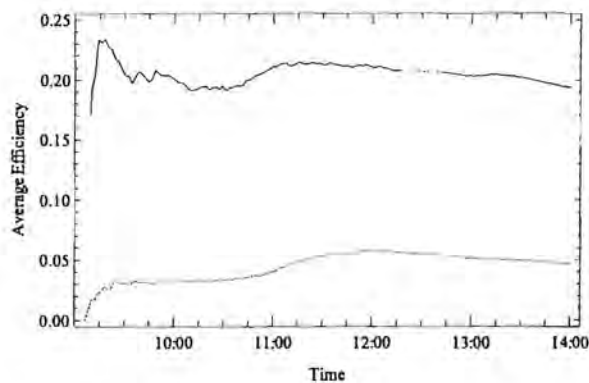


Figure 7. The average efficiency plotted against time from 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 4th, 6th and 8th of January 2010 which is calculated by Eq.5. The black line represents the average efficiency of the new-design solar collector, and the gray line represents that of the conventional solar collector.

From the experiment, the solar power on the 4th, 6th and 8th of January 2010 in Bangkok had been collected and its average is shown in Fig. 5. The result shows that the efficiency of the new-design solar collector at any time is fairly constant, which is similar to the parabolic trough with solar tracking system, while the efficiency of the conventional solar collector at any time distributes like a Gaussian curve having its maximum at around 11.30 p.m. as shown in Fig. 6. The average efficiency of the new-design solar collector is found to be much higher than that of the conventional solar collector, see Fig. 7.

The Second Prototype Solar Collector

In order to increase the efficiency of the solar collector further, the solar collector has been developed by using the stainless sheets which have higher reflectivity and durability, adjusting the shape of parabolic troughs to have a lower focus point, decreasing the height of parabolic troughs in order to avoid the vibration of the edges of parabolic troughs from the strong wind which strengthen the solar collector, and designing the solar collector to have an ability to collect the diffused light as show in Fig 10.

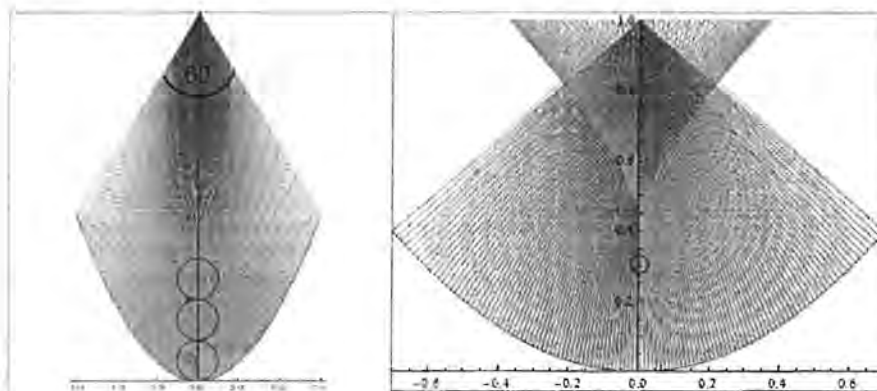


Figure 8. The reflection of light rays by the lower focus parabolic trough with 3 tubes which is a part of the new design of solar collector compared with the high focus point parabolic trough which has high focus point with 1 tube at various angles of the incident rays.

The low focus parabolic trough with 3 tubes has an ability to collect diffused rays in the period of 60 degrees. Therefore, this design is more efficient for collecting diffused rays than the parabolic troughs with high focus point. In order to collect the sunlight all day, we add more parabolic troughs, facing the sun at different angles as shown in Fig. 9

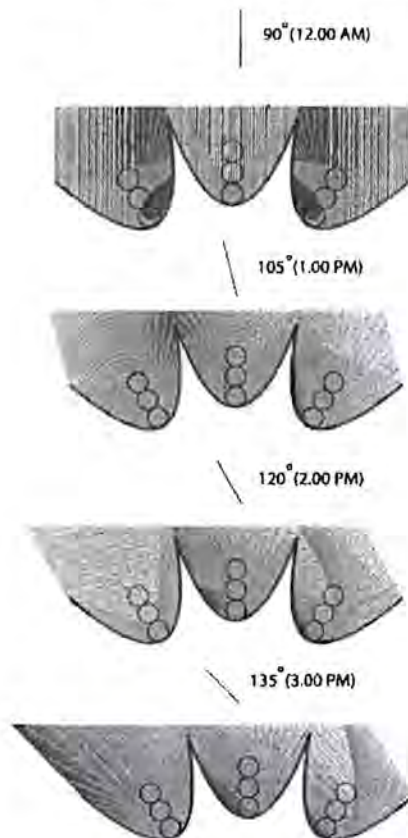


Figure 9. The reflection of light rays by a three-parabolic-trough solar collector at various angles. Blue rays represent incident rays and orange rays represent reflected rays. The circles represent the positions of the evacuated tubes.

In Fig. 9, the solar collector shows that it has an ability to receive the sunlight at various time. For 12.00 a.m., the solar collector can collect all reflected rays, the reflected rays in the middle trough are concentrated at the focus point at the lowest tube and for both side of the middle trough, the reflected rays are concentrated on the higher tubes. When the time changes, the reflected rays move up and down between the lowest tube and the highest tube. For this principle, this collector is similar to a parabolic trough with a solar tracking system. However there are some ray losses when the time changes especially after 4.00 p.m. which could be ignored because of very low solar power.

From the 1st prototype, the collector yields more than 100 degrees Celsius which lead high pressure in the system. For this reason, we use a palm oil as a working fluid. The evacuated tubes are connected to an oil tank as shown in Fig 10. The data was taken during the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on 9th December 2011. The solar power had been measured and recorded as shown in Fig. 11. The result temperature is shown in Fig. 12.



Figure 10. The second prototype of parabolic trough solar collector with no need of solar tracking system which has an overall width of 0.7 m and a length of 1.4 m.

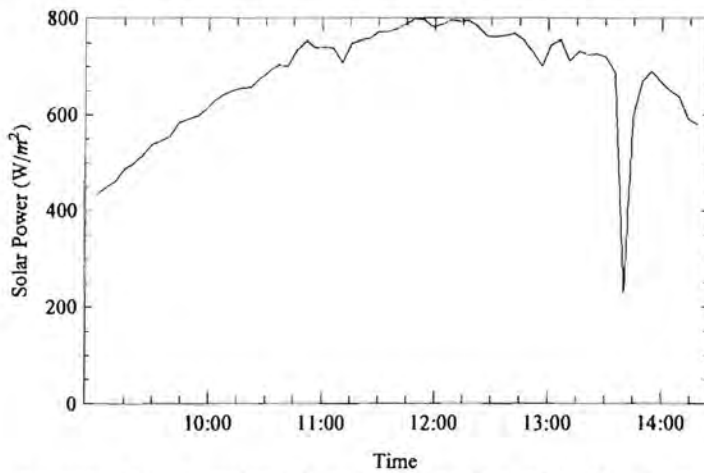


Figure 11. The solar power plotted against time in the period of 9.00 a.m. to 2.00 p.m. on the 9th December 2011 in Bangkok.

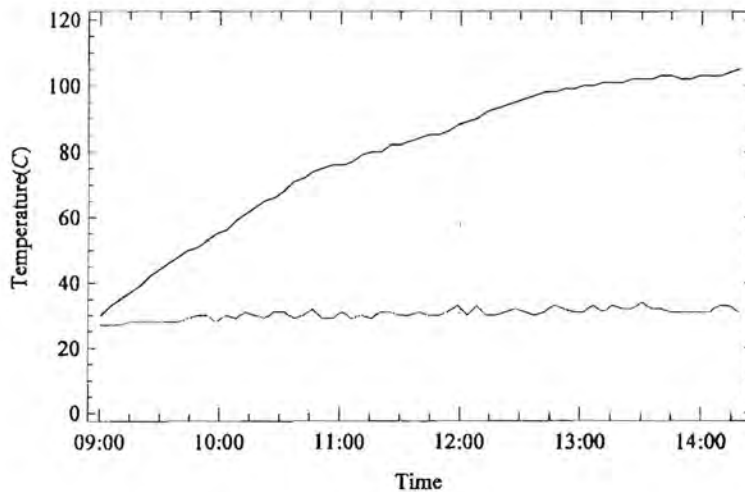


Figure 12. The black line represents the temperature of an oil tank, and the gray line represents that of the ambient temperature.

The three-parabolic-trough solar collector yields higher temperature than flat plate or evacuated tube solar collector, the maximum temperature in the tank is 111°C, the maximum temperature in evacuated tube is 146 degrees Celsius. The efficiency of the second prototype solar collector is 29.2% which is higher than the first prototype solar collector. However there are a lot of heat losses due to the strong wind, relative humidity of the surrounding air and inefficient insulator which should be taken into account in the efficiency comparison.

Conclusions

The new-design solar collector with three parabolic troughs and three evacuated tubes per each trough has an ability to collect the sunlight in various angles in the period of 6 hours of the day with no moving parts in the system. It can also receive the diffused light, and this made it more suitable for using in all kinds of climate. The advantage of this design is that there are no moving parts in the system, which results in the reductions in the cost of the system, the cost of maintenance and complexity. This collector yields higher temperature than flat plate or evacuated tube solar collector at the same installation area. It is, therefore, suitable for heating water, drying, cooling or electricity generating in large scale of this new-design solar collectors array.

Acknowledgements

The authors would like to thank the National Research University Project of CHE, the Ratchaphiseksomphot Endowment Fund (Project No. EN11801), 2-V research program of National Research Council of Thailand (NRCT) and Energy Research Institute of Chulalongkorn University for the financial supports. We also would like to thank Mr. Narong Amornpitakpant, AMP METALWORKS [Thailand] Co.,Ltd for his help for inventing the 1st and 2nd prototype of Solar collector.

References

- [1] Kearney, D. (August 1989). "Solar Electric Generating Stations (SEGS)". *IEEE Power Engineering Review (IEEE)* 9 (8): 4-8
- [2] D. Mills, "Advances in Solar Thermal Electricity Technology", *Solar Energy*, 76 (2004) 19-31
- [3] Milton Matos Rolim, Naum Fraidenraich and Chiguera Tiba, Analytic Modeling of Solar Power Plant with Parabolic Linear Collectors, *Solar Energy*, 83 (2009) 126-133
- [4] A. Rabl, P. Bendt and H. W. Gaul, "Optimization of Parabolic Trough Solar Collectors", *Solar Energy*, 29, No. 5, 407-417, 1982.
- [5] CRC Standard Mathematical Table, 25th Ed., CRC Press, Inc., 1978.
- [6] Duffie J. A. and Beckmen W. A, *Solar Engineering of Thermal Process*, New York, Wiley, 1991.