ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250757

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนเพื่อพัฒนาการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน

โดย

ผศ.ดร.พฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย

ดร.ถนัด เกษประดิษฐ

เมษายน 2555

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภททุนวิจัยนวมินทร์
ด้านพลังงานทดแทน ประจำปี 2553
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

b00255981

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250757

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนเพื่อพัฒนาการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน

ผศ.ดร.พฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ดร.ถนัด เกษประดิษฐ
บริษัท เอ็นจินีโอ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภททุนวิจัยนวมินทร์
ด้านพลังงานทดแทน ประจำปี 2553
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนเงินทุนอุดหนุนโครงการวิจัยนี้ และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่ให้กับผู้วิจัย

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล ที่ปรึกษาโครงการที่มอบความรู้และให้คำปรึกษาจนงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ บุคลากรและนักศึกษา ห้องวิจัยท่อความร้อนและระบบความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ เอาใจใส่ดูแลและสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และหวังว่ารายงานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

พฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย

ถนัด เกษประดิษฐ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
สารบัญตาราง	iv
สารบัญรูปภาพ	v
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น	3
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	3
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	3
2.3 ท่อเทอร์โมไซฟอน	7
2.4 ท่อความร้อนแบบสั่น	13
2.5 เศรษฐศาสตร์ของระบบพลังงานรังสีอาทิตย์	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	19
3.1 การออกแบบหาขนาดท่อความร้อน	19
3.2 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	23
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการทดสอบ	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน	45
4.1 ผลการคำนวณหาขนาดท่อความร้อนที่เหมาะสม	45
4.2 ผลการทดสอบ	46
4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	70
4.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	81

5.1 สรุปผลการทดสอบ 81

5.2 ข้อเสนอแนะ 82

5.3 ปัญหาและอุปสรรค 83

บรรณานุกรม 84

ภาคผนวก ก แสดงตัวอย่างการคำนวณ 88

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ 96

ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 99

ภาคผนวก ง ตัวอย่างการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ 101

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ขนาดท่อเทอร์โมไซฟอนที่เหมาะสม	45
ตารางที่ 4.2 ขนาดท่อความร้อนแบบสั่นที่เหมาะสม	45
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์	80
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละกรณีการทดสอบ	82

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิกอน 5

รูปที่ 2.2 ผลของอุณหภูมิทำงานกับกำลังขาออกสำหรับแผงโซล่าเซลล์ชนิดต่าง ๆ 7

รูปที่ 2.3 ความต้านทานความร้อนรวม 8

รูปที่ 2.4 ประเภทของท่อความร้อน (ก) ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (ข) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ (ค) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีวาล์วกันกลับ 14

รูปที่ 2.5 การเกิดฟองไอสลับกับก้อนของเหลวในท่อคาปิลลารี่ 14

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดท่อเทอร์โมไซฟอน 22

รูปที่ 3.2 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ 23

รูปที่ 3.3 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า 24

รูปที่ 3.4 แบตเตอรี่ 24

รูปที่ 3.5 ท่อเทอร์โมไซฟอน 25

รูปที่ 3.6 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ 26

รูปที่ 3.7 ปั๊มสุญญากาศ 27

รูปที่ 3.8 ซิลิโคนนำความร้อน 27

รูปที่ 3.9 พัดลมระบายความร้อน 28

รูปที่ 3.10 เครื่องสูบน้ำ 28

รูปที่ 3.11 ไพรานอมิเตอร์ 29

รูปที่ 3.12 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 29

รูปที่ 3.13 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความเข้มแสง 30

รูปที่ 3.14 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ USB 30

รูปที่ 3.15 สายเทอร์โมคัปเปิล 31

รูปที่ 3.16 การติดตั้งเครื่องมือวัดบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 32

รูปที่ 3.17 ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลบนและใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่พิกัดเดียวกัน 35

รูปที่ 3.18 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 1 35

รูปที่ 3.19 ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชุดทดสอบแผงแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน 37

รูปที่ 3.20 ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ 38
รูปที่ 3.21 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 2 โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่ม 38
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งติดตั้งพัดลมชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน 40
รูปที่ 3.23 ตำแหน่งติดตั้งพัดลมชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ 40
รูปที่ 3.24 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 3 โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและติดตั้งพัดลมช่วยระบายความร้อน 41
รูปที่ 3.25 การจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการทดสอบ 41
รูปที่ 3.26 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน 43
รูปที่ 3.27 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดน้ำชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ 44
รูปที่ 3.28 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 4 โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและทำการฉีดละอองน้ำช่วยระบายความร้อน 44
รูปที่ 4.1 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทอสอบที่ 1 ข้อมูล ณ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2554 46
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ข้อมูล ณ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2554 48
รูปที่ 4.3 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดทดสอบที่ 2 ข้อมูล ณ วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2554 50
รูปที่ 4.4 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดทดสอบที่ 2 ข้อมูล ณ วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2554 51
รูปที่ 4.5 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 2 ข้อมูล ณ วันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2554 53
รูปที่ 4.6 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนและส่วนควบแน่นอยู่ที่ร่ม ข้อมูล ณ วันที่ 21 มีนาคม พ.ศ. 2554 53
รูปที่ 4.7 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 2 ข้อมูล ณ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2554 55

รูปที่ 4.8 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบและส่วนควบแน่นอยู่ที่ร่ม ข้อมูล ณ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2554 55
รูปที่ 4.9 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 3 ข้อมูล ณ วันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2554 57
รูปที่ 4.10 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดทดสอบที่ 3 ข้อมูล ณ วันที่26 มีนาคม พ.ศ. 2554 58
รูปที่ 4.11 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 3 ข้อมูล ณ วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2554 60
รูปที่ 4.12 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนและส่วนควบแน่นอยู่ที่ร่มและติดตั้งพัดลม ข้อมูล ณ วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2554 60
รูปที่ 4.13 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 3 ข้อมูล ณ วันที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2554 62
รูปที่ 4.14 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบและส่วนควบแน่นอยู่ที่ร่มและติดตั้งพัดลม ข้อมูล ณ วันที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2554 62
รูปที่ 4.15 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 4 ข้อมูล ณ วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2554 64
รูปที่ 4.16 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดทดสอบที่ 4 ข้อมูล ณ วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2554 65
รูปที่ 4.17 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 4 ข้อมูล ณ วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2554 67
รูปที่ 4.18 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนและส่วนควบแน่นอยู่ที่ร่มและฉีดละอองน้ำ ข้อมูล ณ วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2554 67
รูปที่ 4.19 ความเข้มแสงและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดวันของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 4 ข้อมูล ณ วันที่ 16 เมษายน พ.ศ. 2554 69
รูปที่ 4.20 อุณหภูมิและประสิทธิภาพตลอดวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบและส่วนควบแน่นอยู่ที่ร่มและฉีดละอองน้ำ ข้อมูล ณ วันที่ 16 เมษายน พ.ศ. 2554 69

รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก่อนและหลังติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอน 72
รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก่อนและหลังติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ 73
รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบอุณหภูมิใต้แผงกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่ม 75
รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบอุณหภูมิใต้แผงกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยระบายความร้อน ในช่วงความเข้มแสงระหว่าง 600 – 700 W/m^2 76
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบอุณหภูมิใต้แผงกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและฉีดละอองน้ำเพื่อช่วยระบายความร้อน 78