บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย การออกแบบหาขนาดของท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบเพื่อใช้ระบายความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ การจัดหาอุปรณ์และเครื่องมือ การติดตั้งชุดทดสอบ การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

3.1 การออกแบบหาขนาดท่อความร้อน

การคำนวณหาขนาดของท่อความร้อน เริ่มจากการประมาณค่าความร้อนที่ต้องการถ่ายเทออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากการสะสมความร้อนจนอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะต้องคำนวณหาขนาดของท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นให้สามารถระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมที่สุดในด้านเศรษฐศาสตร์

3.1.1 ท่อเทอร์โมไซฟอน

การออกแบบท่อเทอร์โมไซฟอนเพื่อที่จะระบายความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 วัตต์ สามารถทำได้โดยการประมาณหาค่าความร้อนที่ต้องระบายออกจากแผง จากการวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแผงโดยใช้ไพรานอมิเตอร์ โดยกำหนดให้ความร้อนที่ใต้แผงมีค่าเท่ากับความร้อนที่ตกกระทบบนแผงลบความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เพื่อที่จะหาวิธีการระบายความร้อนที่เหมาะสมที่สุด จึงกำหนดให้ส่วนควบแน่นมีแหล่งระบายความร้อนที่แตกต่างกัน 3 กรณี ดังนี้

1. แหล่งระบายความร้อนอยู่ในที่ร่ม
2. แหล่งระบายความร้อนอยู่ในที่ร่มและมีพัดลม
3. แหล่งระบายความร้อนอยู่ในที่ร่มและฉีดละอองน้ำ

ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดท่อเทอร์โมไซฟอนที่เหมาะสมสำหรับการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงในรูปที่ 3.1 โดยเขียนโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ตามแผนผังขั้นตอนการทำงาน เพื่อคำนวณหาขนาดของเทอร์โมไซฟอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับติดตั้งที่ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้คำนวณในโปรแกรม ดังนี้

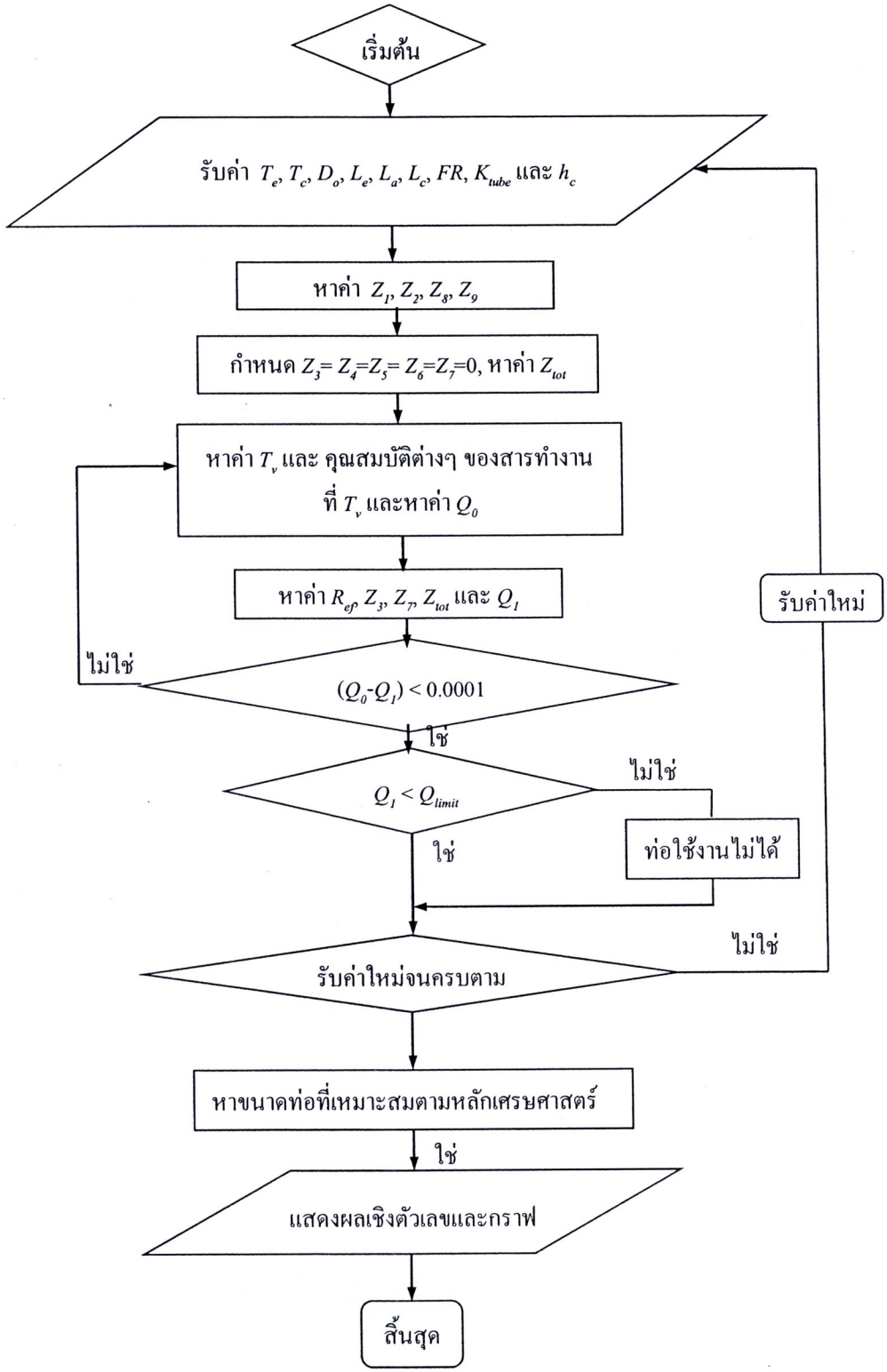
- เทอร์โมไซฟอนสร้างจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 15.88, 28.58, 41.28 และ 53.98 มม.

- ความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนยาวตั้งแต่ 0.6 ถึง 3.0 ม. โดยเพิ่มความยาวครั้งละ 0.1 ม.
- ไม่มีส่วนกันความร้อน
- ความยาวส่วนควบแน่นของท่อความร้อนยาวตั้งแต่ 0.2 ถึง 3.0 ม. โดยเพิ่มความยาวครั้งละ 0.1 ม.
- จำนวนท่อ 1 ถึง 20 ท่อ โดยเพิ่มจำนวนท่อครั้งละท่อ
- สารทำงานเป็น R134a และสัดส่วนการเติมสารทำงานเป็น 50% ของปริมาตรส่วนทำระเหย

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเป็นดังนี้

- ป้อนค่าตัวแปรเพื่อใช้ในการคำนวณค่าสมรรถนะของเทอร์โมไซฟอน ได้แก่ อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยของกาลักความร้อน (T_e) อุณหภูมิที่ส่วนควบแน่นของกาลักความร้อน (T_c) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อทองแดง (D_o) ความยาวส่วนทำระเหยของกาลักความร้อน (L_e) ความยาวส่วนกันความร้อนของกาลักความร้อน (L_a) ความยาวส่วนควบแน่นของกาลักความร้อน (L_c) สัดส่วนการเติมสารทำงาน (FR) ค่าการนำความร้อนของท่อทองแดง (K_{tube}) สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศผ่านท่อความร้อนที่ส่วนควบแน่น (h_c)
- คำนวณค่าความต้านทานทางความร้อนระหว่างแหล่งให้ความร้อนกับผิวท่อด้านนอกของส่วนทำระเหย (Z_1) และระหว่างผิวท่อด้านนอกของส่วนควบแน่นกับแหล่งรับความร้อน (Z_9)
- คำนวณค่าความต้านทานทางความร้อนของผนังท่อส่วนทำระเหย (Z_2) และส่วนควบแน่น (Z_8)
- กำหนดให้ Z_3, Z_4, Z_5, Z_6 และ Z_7 เป็นศูนย์ เพื่อหาค่า Z รวม
- คำนวณค่าอุณหภูมิไอ (T_v) และคุณสมบัติต่างๆ ของสารทำงานที่อุณหภูมิไอ (T_v) และหาค่า Q_o ซึ่งเป็นค่าที่สมมุติขึ้นเพื่อใช้ในการวนรอบหาค่าการส่งถ่ายความร้อนของท่อความร้อน (Q_1)
- คำนวณค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (R_{ef}), Z_3, Z_7 แล้วหาความต้านทานรวม Z_{tot} และ Q_1

- เปรียบเทียบค่า Q_0 และ Q_1 ถ้าแตกต่างกันน้อยกว่า 0.0001 แสดงว่าค่า Q_1 ใช้ได้ แต่ถ้าแตกต่างกันมากกว่า 0.0001 ค่า Q_1 ที่ได้ยังไม่ถูกต้อง ต้องหาค่า T_v ใหม่และคำนวณค่า Q_1 อีกครั้ง
- จากนั้นพิจารณาขีดจำกัดของเทอร์โมไซฟอน คือ ขีดจำกัดความดันไอ ขีดจำกัดความเร็วเสียง ขีดจำกัดการเดือด และขีดจำกัดการไหลสวนทาง ถ้าค่า Q_1 เกินค่าขีดจำกัด ให้ทำการรับค่าตัวแปรเริ่มต้นใหม่ ถ้า Q_1 ไม่เกินค่าขีดจำกัดสามารถใช้สร้างกาลักความร้อน ได้และค่าการส่งถ่ายความร้อนคือ Q_1
- เปลี่ยนเงื่อนไขเริ่มต้นของเทอร์โมไซฟอน ตามเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้คำนวณ จนครบทุกกรณี
- โปรแกรมคำนวณจะแสดงผลการคำนวณด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุน (Investment) ในการสร้างท่อความร้อนและมูลค่ากำไรสุทธิ (Net saving)
- ขั้นตอนต่อไปโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จะนำค่าที่คำนวณได้ทั้งหมดไปคำนวณหาค่าขนาดที่เหมาะสมของเทอร์โมไซฟอนตามหลักการเศรษฐศาสตร์ทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน (Soylemez, M.S., 2003)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดท่อเทอร์โมไซฟอน

3.1.2 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

คำนวณหาขนาดมิติท่อความร้อนแบบสั่นจากอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบในบทที่ 2 โดยใช้ R-134a เป็นสารทำงานที่อัตราส่วนการเติม 50% ของปริมาตรทั้งหมด ใช้ค่าความร้อนที่ต้องการระบายออกเช่นเดียวกับการคำนวณของท่อเทอร์โมไซฟอนเพื่อที่จะทำให้มีการระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็วจึงกำหนดให้ ส่วนควบแน่นมีแหล่งจ่ายความร้อนที่แตกต่างกัน 3 กรณี ดังนี้

1. แหล่งระบายความร้อนอยู่ในที่ร่ม
2. แหล่งระบายความร้อนอยู่ในที่ร่มและมีพัดลม
3. แหล่งระบายความร้อนอยู่ในที่ร่มและฉีดละอองน้ำ

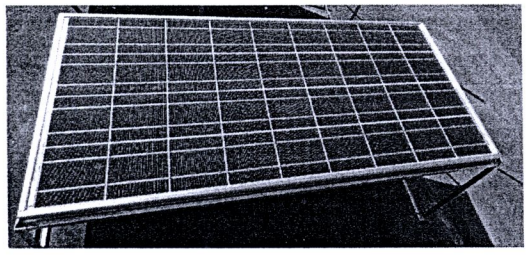
โดยกำหนดช่วงการคำนวณตัวแปรต่างๆ สำหรับท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบไว้ ดังนี้

1. ความยาวส่วนทำระเหย 0.1 – 1 เมตร
2. ความยาวส่วนทำระเหย 0.05 – 0.5 เมตร
3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 1 - 3 มิลลิเมตร
4. จำนวนโค้งเลี้ยว 10 โค้งเลี้ยวต่อ 1 ชุดท่อความร้อนแบบสั่น

3.2 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

3.2.1 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

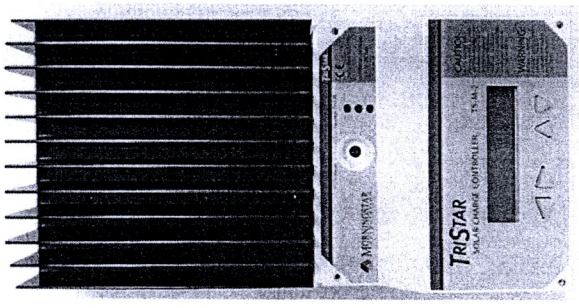
แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ คือ อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ในการศึกษานี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 วัตต์ ยี่ห้อ SHARP SOLAR MODULE รุ่น ND-130T1J โมดุลพลังงานสูง (130 วัตต์) DC 12V โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวมขนาด 156 ตารางมิลลิเมตร โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์มี Bypass diode ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงน้อยที่สุดในขณะที่มีร่มเงาบังแผงเคลือบชั้นต้านการสะท้อนแสง และมีโครงสร้างแบบ BSF (Back Surface Field) ที่ช่วยให้ประสิทธิภาพในการแปลงของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น ใช้กระจกนิรภัยประเภท White tempered, EVA resin และแผ่นฟิล์มชนิดใช้งานภายนอกพร้อมด้วยกรอบอลูมิเนียมที่ยึดติดกับแผงตามความยาว ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.2 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge controller)

เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในรูปที่ 3.3 ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าทุกวินาที และเป็นตัวควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าวิ่งย้อนเข้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อป้องกันความเสียหาย



รูปที่ 3.3 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า

3.2.3 แบตเตอรี่

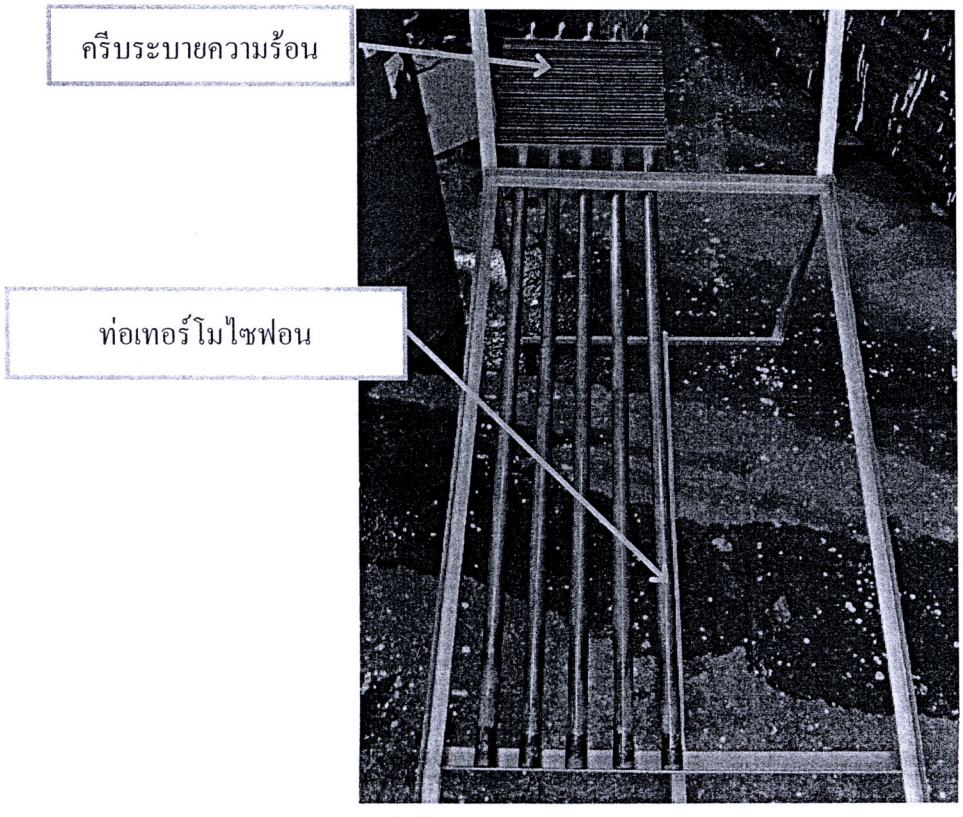
แบตเตอรี่ YUASA SUPER LIGHT EB 130 สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 12โวลต์ 130 แอมป์ เนื่องจากพลังงานจากแสงอาทิตย์ มีค่าไม่คงที่ ดังนั้นในการใช้งานจึงต้องเก็บสะสมพลังงานที่ได้ลงในแบตเตอรี่เสียก่อนแล้วจึงนำมาใช้งาน โดยแบตเตอรี่จะเก็บพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 3.4 แบตเตอรี่

3.2.4 ชุดท่อความร้อน

ท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบผลิตจากท่อทองแดงซึ่งมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ดีสามารถหาซื้อได้ง่าย โดยมีรายละเอียดตามที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ดังนี้

3.2.4.1 จากการคำนวณพบว่า ต้องใช้ท่อเทอร์โมไซฟอน จำนวน 10 ท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อละ 1 นิ้ว 1 หุน ยาว 1.50 เมตร กำหนดให้พื้นที่ส่วนทำระเหย คือ ส่วนที่ท่อติดอยู่บริเวณใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีความยาว 1.10 เมตร และส่วนควบแน่นมีความยาว 40 เซนติเมตร โดยส่วนควบแน่นติดครีบระบายความร้อนทำจากอลูมิเนียมขนาดความกว้าง 7.5 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 30 ครีบ และใช้ R-134a เป็นสารทำงาน ที่ปริมาณการเติมสารทำงาน 40% ของปริมาตรทั้งหมดของส่วนทำระเหย ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ท่อเทอร์โมไซฟอน

3.2.4.2 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบสร้างจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 มิลลิเมตร ความยาวของส่วนทำระเหย 30 เซนติเมตร ความยาวของส่วนควบแน่น 20 เซนติเมตร จำนวน 6 ชุดๆ ละ 10 โค้งเลี้ยว และใช้ R123 เป็นสารทำงาน ที่ปริมาณการเติมสารทำงาน 50% ของปริมาตรภายในของท่อความร้อนทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

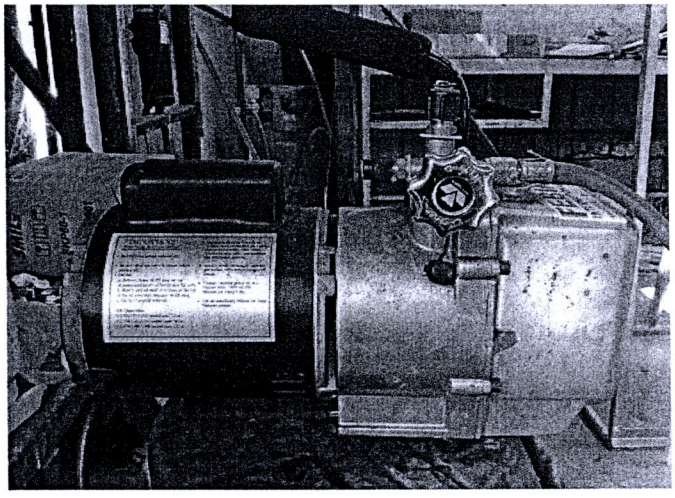
3.2.5 สารทำงาน

3.2.5.1 ใช้ R123 เป็นสารทำงานสำหรับท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบเนื่องจากท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก และสารทำงาน R123 เติมได้ง่ายกว่าสาร R-134a

3.2.5.2 ใช้ R-134a เป็นสารทำงานสำหรับท่อเทอร์โมไซฟอน เนื่องจากสารทำงาน R-134a หาได้ง่ายจึงเลือกใช้สำหรับท่อเทอร์โมไซฟอนเพราะต้องใช้ในปริมาณมาก

3.2.6 ปั๊มสุญญากาศ

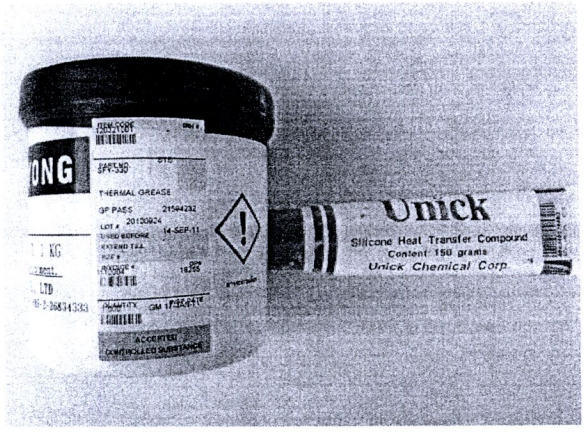
ปั๊มสุญญากาศทำหน้าที่สร้างสุญญกาศภายในท่อความร้อนทั้งสองชนิด ขนาดของปั๊มสุญญากาศที่ใช้คือ 1/3 แรงม้า 1,425 รอบต่อนาที ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ปั๊มสุญญากาศ

3.2.7 ซิลิโคนนำความร้อน

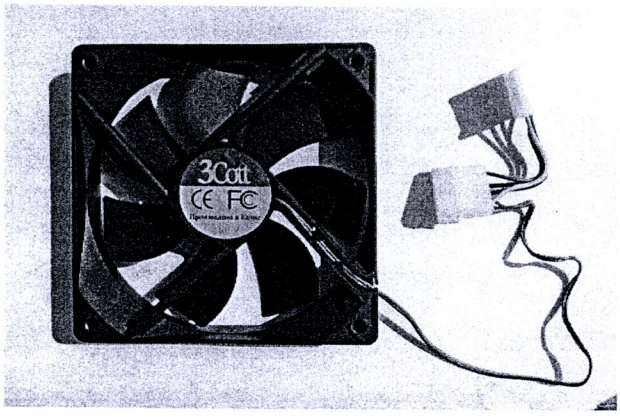
เนื่องจากการติดตั้งท่อความร้อนใต้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์เกิดช่องว่างที่ผิวสัมผัส จึงใช้ซิลิโคนนำความร้อนเพื่อลดความต้านทานความร้อนที่ผิวสัมผัสระหว่างท่อความร้อนและแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ซิลิโคนนำความร้อนที่ใช้แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ซิลิโคนนำความร้อน

3.2.8 พัดลมระบายความร้อน

ใช้พัดลมระบายความร้อนขนาด 12 โวลต์ 0.25 แอมป์ ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที เพื่อระบายความร้อนให้กับท่อความร้อนในส่วนควบแน่นในกรณีทดสอบแบบมีลมระบายความร้อน ติดตั้งพัดลมจำนวน 4 ตัว สำหรับการระบายความร้อนด้วยเทอร์โมไซฟอน และติดตั้งพัดลม 6 ตัว สำหรับท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ พัดลมระบายความร้อนที่ใช้แสดงในรูปที่ 3.9

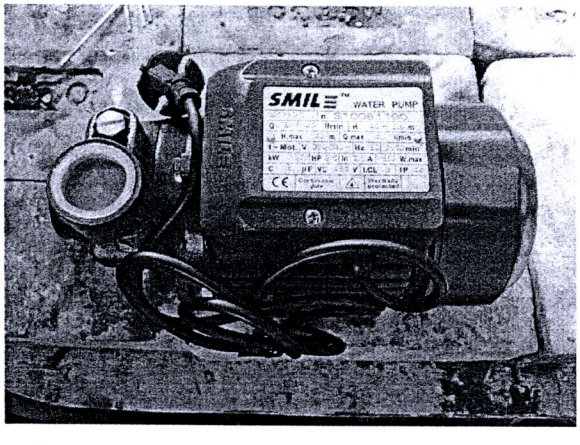


สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 3.9 พัดลมระบายความร้อน

3.2.9 เครื่องสูบน้ำ

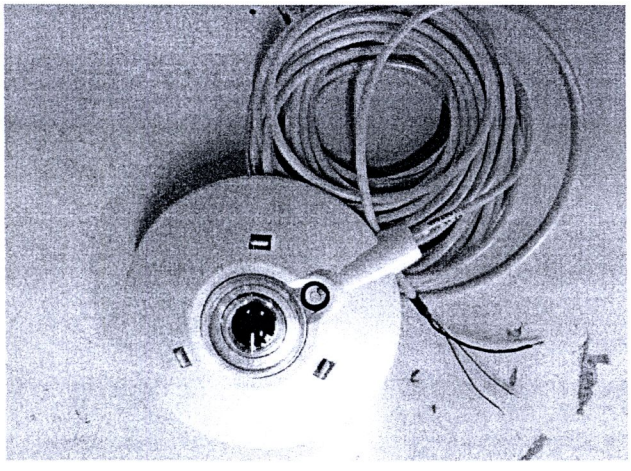
เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ SMILE รุ่น SKP60-1 ขนาด 0.5 แรงม้า แรงดันไฟฟ้า 220 - 240 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ อัตราการไหล 40 ลิตรต่อนาที ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังน้ำและส่งไปยังหัวฉีดเพื่อใช้ในการระบายความร้อนให้กับส่วนควบแน่นของท่อความร้อนในกรณีทดสอบแบบฉีดละอองน้ำ เครื่องสูบน้ำที่ใช้แสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เครื่องสูบน้ำ

3.2.10 ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer)

ไพรานอมิเตอร์ คือ อุปกรณ์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ โดยค่าที่วัดได้อยู่ในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้า มีความแม่นยำ ± 1% ไพรานอมิเตอร์ที่ใช้แสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ไพรานอมิเตอร์

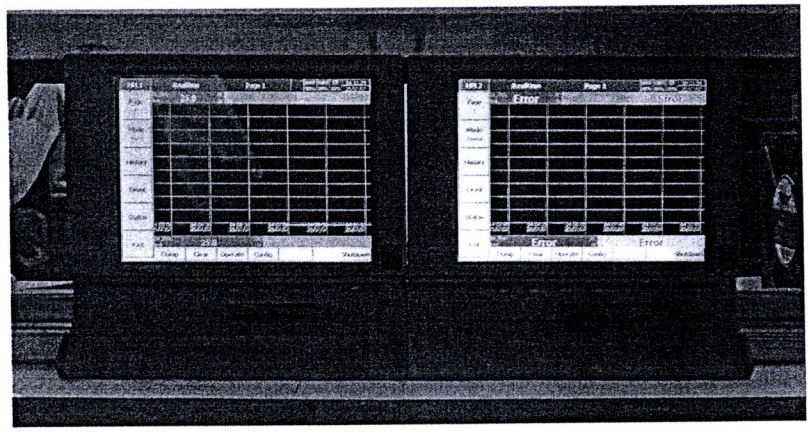
3.2.11 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital multimeter)

ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

3.2.12 เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มแสง (Data logger)

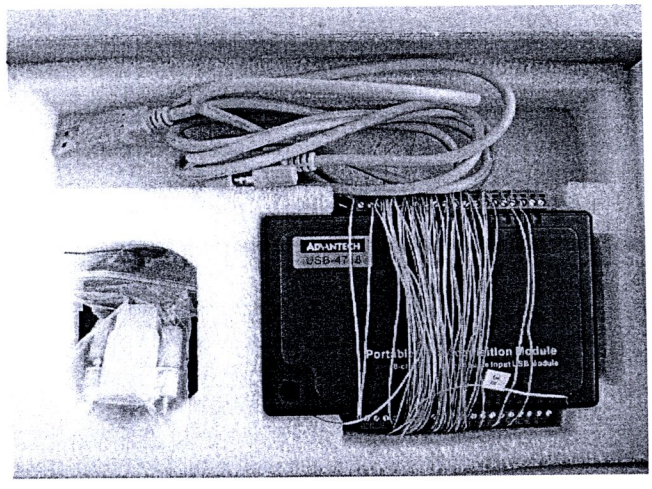
เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความเข้มแสง เครื่องมือที่ใช้สำหรับบันทึกและอ่านอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และบันทึกความเข้มแสงในหน่วยของความต่างศักย์ไฟฟ้า มีจำนวน 18 ช่องสัญญาณ มีความแม่นยำ ± 0.5 °C ต้องใช้ร่วมกับไพรานอมิเตอร์และสายเทอร์โมคัปเปิล ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความเข้มแสง

3.2.13 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ USB

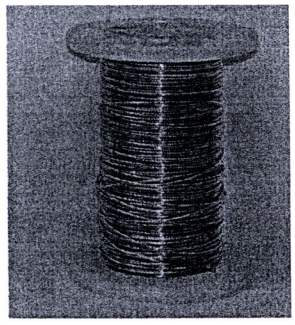
เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ USB ใช้วัดอุณหภูมิจากสายเทอร์โมคัปเปิล มีจำนวน 8 ช่องสัญญาณ มีความแม่นยำ ± 1 °C สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง - 200 °C ถึง 1,327 °C เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ USB แสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ USB

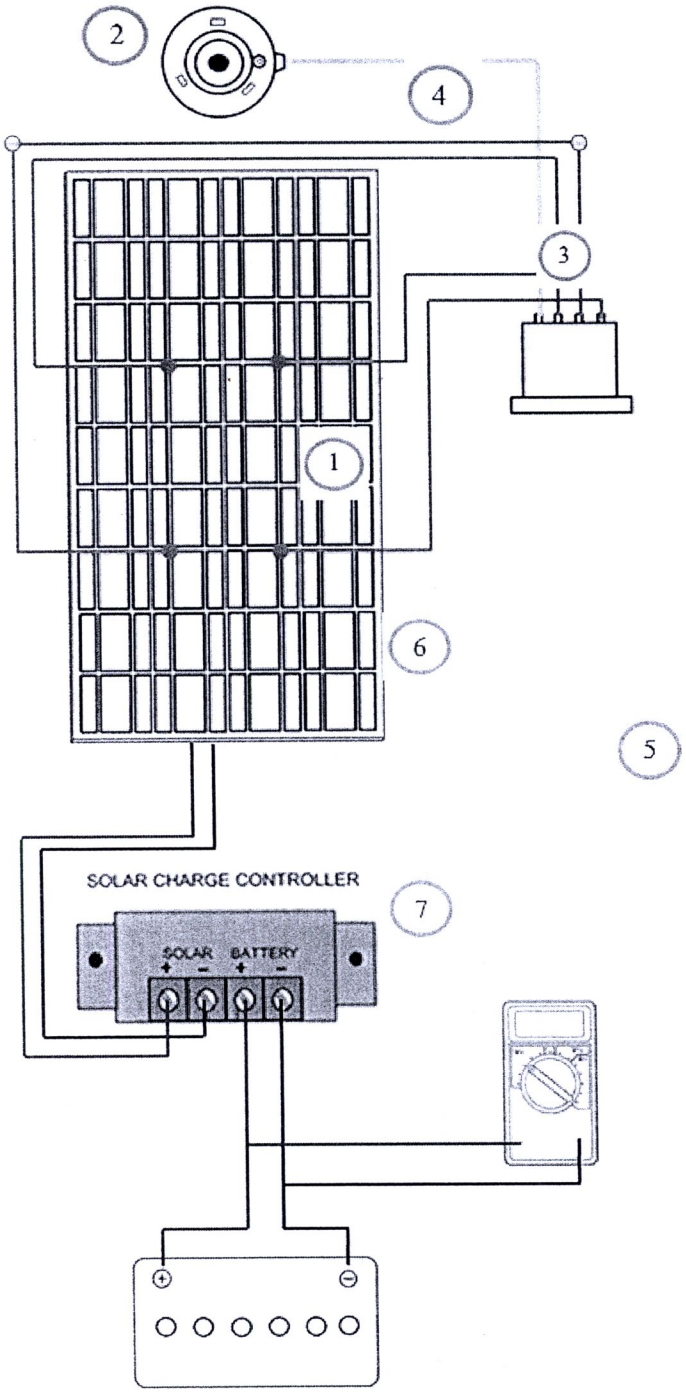
3.2.14 สายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

สายเทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิประกอบด้วยโลหะสองชนิดที่แตกต่างกัน ในการทดสอบนี้ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K มีความแม่นยำ ± 1 °C สายเทอร์โมคัปเปิลแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 สายเทอร์โมคัปเปิล

การติดตั้งเครื่องมือวัดและการทดสอบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แสดงในรูปที่ 3.16



หมายเลข	รายการ
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์
2	ไพรานอมิเตอร์
3	เครื่องอ่านและบันทึกอุณหภูมิ
4	สายเทอร์โมคัปเปิล
5	มัลติมิเตอร์
6	เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า
7	แบตเตอรี่

รูปที่ 3.16 การติดตั้งเครื่องมือวัดบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.3 การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนทั้ง 3 แผง (ชุดทดสอบที่ 1)

3.3.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์

ก. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง ติดตั้งในที่โล่งเพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตั้งให้แผงเอียง 15 องศากับแนวระดับ โดยหันไปทางทิศใต้ อ้างอิงการติดตั้งมุมเอียงตามมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์รับรังสีแสงอาทิตย์

ข. ติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และหลอดไฟ เพื่อใช้ในการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผง และเป็นการเก็บและถ่ายเทกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมา

ค. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล ดังรูปที่ 3.17 ติดตั้งด้านบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด และใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด

ง. ติดตั้งไพรานอมิเตอร์บนพื้นเอียง 15 องศา กับแนวระดับ เช่นเดียวกับมุมเอียงของเซลล์แสงอาทิตย์

3.3.1.2 วิธีการทดสอบ

ก. เปิดเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มแสง เพื่อบันทึกค่า ดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 ตำแหน่ง ใต้แผง 4 ตำแหน่ง ทั้ง 3 แผง
- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
- ค่าความเข้มแสง
- ซึ่งจะทำการบันทึกค่าทุกวินาทีตลอดช่วงการทดสอบ เริ่มเวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา

ข. ทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแผงที่ 1 ซึ่งอ่านค่าได้จากจากมัลติมิเตอร์ก่อนเริ่มการทดสอบ

ค. เริ่มการทดสอบเวลา 9:00 นาฬิกา โดยใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าซึ่งต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ บันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ทุกวินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที (9:04:30) หลังจากนั้นทำการปิดสวิตซ์

ง. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าแผงที่ 1 ซ้ำอีกครั้ง ก่อนเริ่มการทดสอบแผงต่อไป

จ. ทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแผงที่ 2 ซึ่งอ่านค่าได้จากจากมัลติมิเตอร์ก่อนเริ่มการทดสอบ

ฉ. เริ่มการทดสอบแผงที่ 2 เวลา 9:05 นาฬิกา โดยใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าซึ่งต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ บันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ทุกวินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที (9:09:30) หลังจากนั้นทำการปิดสวิตซ์

ช. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าแผงที่ 2 ซ้ำอีกครั้ง ก่อนเริ่มการทดสอบแผงต่อไป

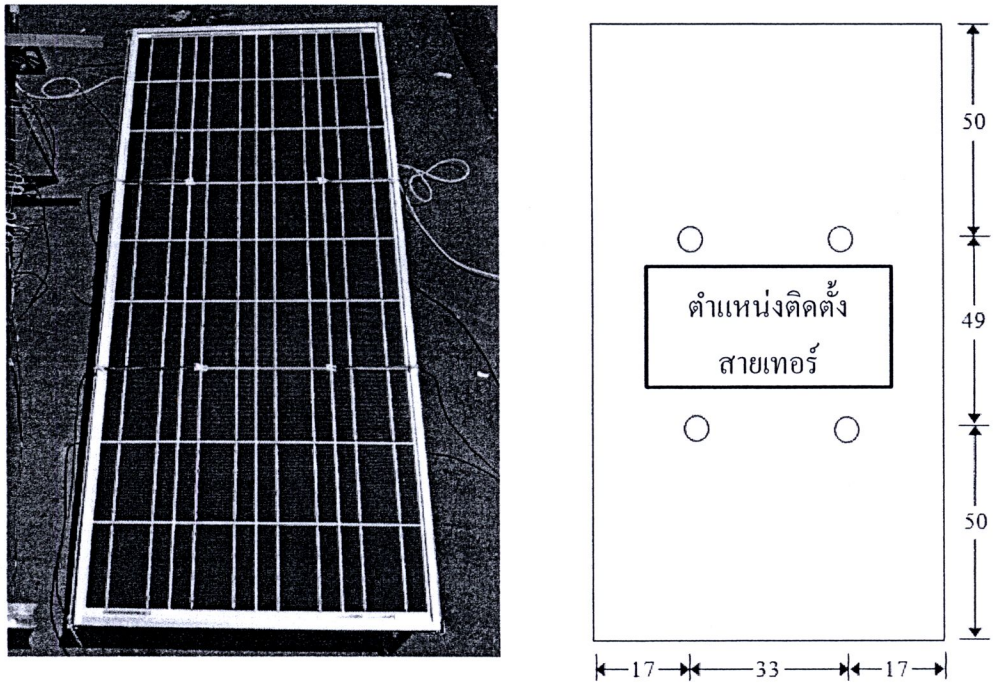
ซ. ทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากแผงที่ 3 ซึ่งอ่านค่าได้จากจากมัลติมิเตอร์ก่อนเริ่มการทดสอบ

ฌ. เริ่มการทดสอบแผงที่ 3 เวลา 9:10 นาฬิกา โดยใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าซึ่งต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ บันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ทุกวินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที (9:14:30) หลังจากนั้นทำการปิดสวิตซ์

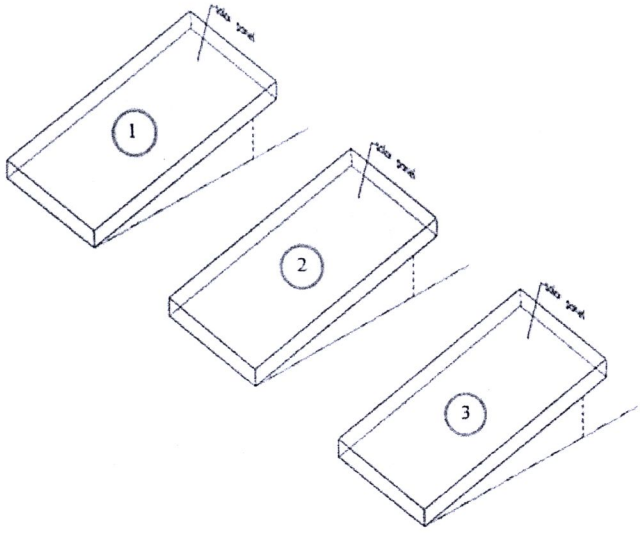
ญ. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าแผงที่ 3 ซ้ำอีกครั้ง ก่อนเริ่มการทดสอบแผงต่อไป

ฎ. ทำการทดสอบซ้ำจากขั้นตอนที่ ข ถึง ญ จนถึงเวลา 17:00 นาฬิกา

ฏ. ทำการทดสอบซ้ำอีก 5 วัน



รูปที่ 3.17 ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลบนและใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่พิกัดเดียวกัน



รูปที่ 3.18 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 1

3.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แผง ได้แก่ 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน 2) แผงเซลล์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน และ 3) แผงเซลล์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่ม (ชุดทดสอบที่ 2)

3.3.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์

ก. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 1 ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งแยกได้ดังนี้ ด้านบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด และด้านใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด

ข. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 2 ติดตั้งเทอร์โมไซฟอนจำนวน 10 ท่อ พร้อมครีบระบายความร้อน โดยติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.19 ดังนี้

- ด้านบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด
- ด้านใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด
- ผิวท่อบริเวณส่วนทำระเหย 2 จุด
- ผิวท่อบริเวณส่วนควบแน่น 2 จุด

ค. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 3 ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ จำนวน 6 ชุด โดยติดตั้งด้านซ้ายและด้านขวา ด้านละ 3 ชุด ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.20 ดังนี้

- ด้านบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด
- ด้านใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด
- ผิวท่อบริเวณส่วนทำระเหย 2 จุด
- ผิวท่อบริเวณส่วนควบแน่น 2 จุด

ง. ติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อกับแบตเตอรี่ และหลอดไฟ เพื่อใช้ในการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผง และเป็นการเก็บและถ่ายเทกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมา

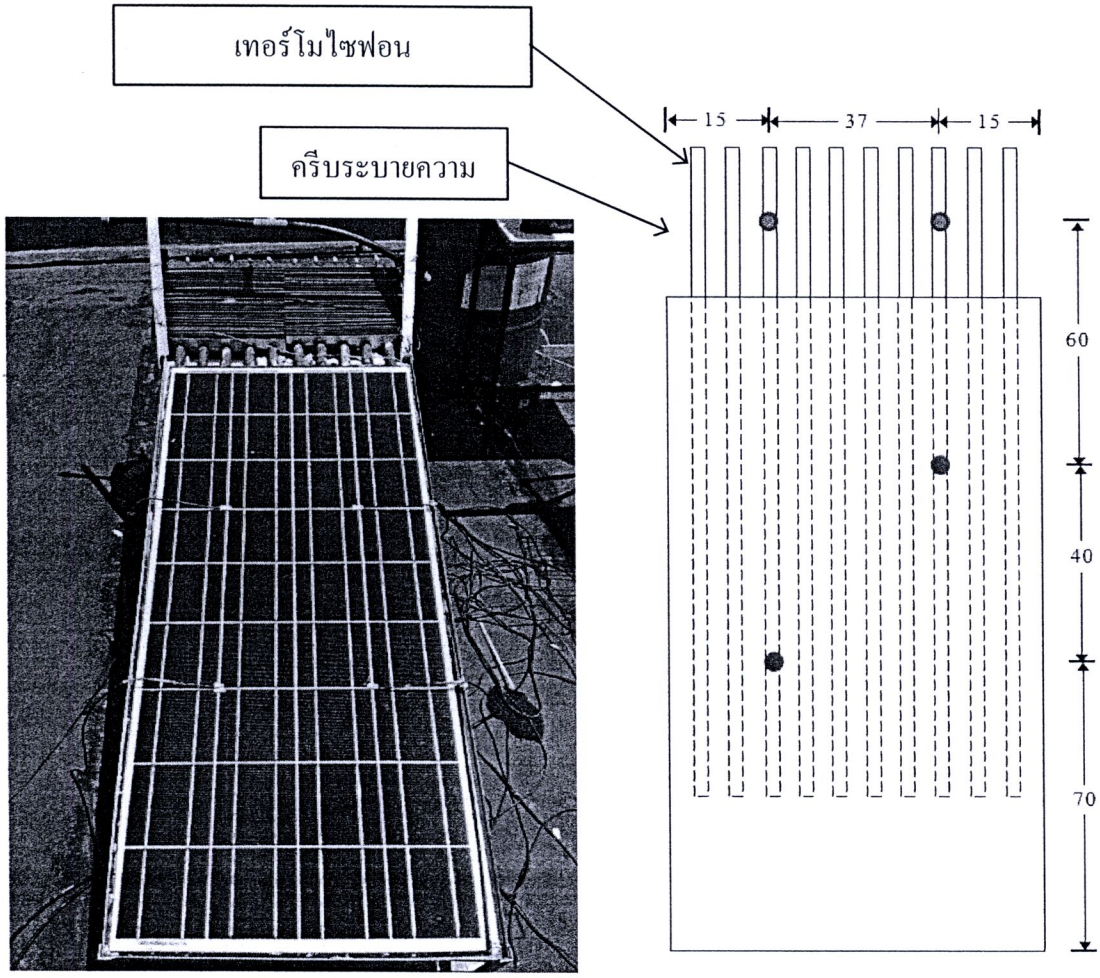
จ. ติดตั้งไพรานอมิเตอร์บนพื้นเอียง 15 องศากับแนวระดับ

ฉ. ควบคุมส่วนควบแน่นของท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบให้อยู่ในที่ร่ม โดยนำแผ่นไม้อัดวางบนโครงเหล็กเหนือตำแหน่งส่วนควบแน่นของท่อความร้อน

3.3.2.2 วิธีการทดสอบ

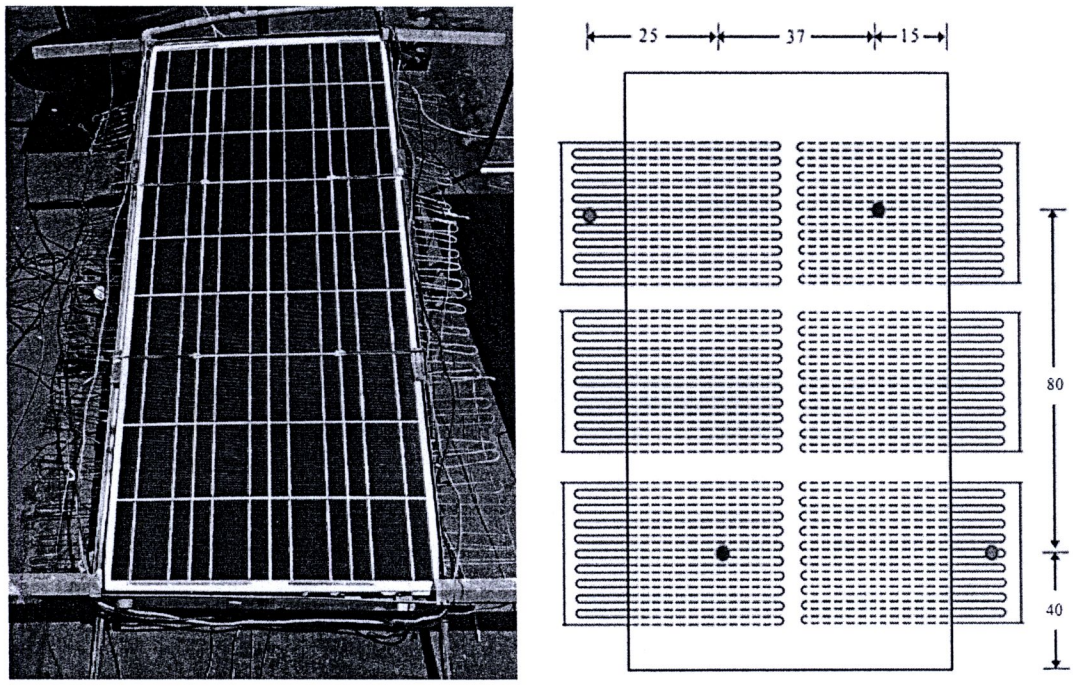
ก. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1.2 โดยการเก็บข้อมูลอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงละ5 นาที เก็บข้อมูลเรียงวนจากแผงที่ 1 ถึงแผงที่ 3 ต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา เป็นเวลา 5 วัน

ข. จากการวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อ ก. พบว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงวันแสดงผลที่ชัดเจน จึงเปลี่ยนวิธีเก็บข้อมูลใหม่ โดยเก็บข้อมูลวันละแผง เรียงวนจากแผงที่ 1 ถึงแผงที่ 3 ทดสอบต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา เป็นเวลา 30 วัน



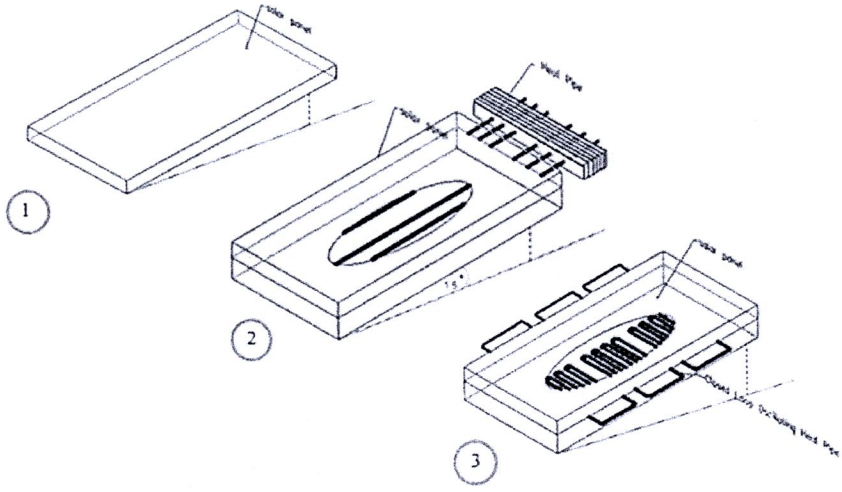
จุดสีแดงแสดงตำแหน่งติดตั้งใต้ผิวท่อ จุดสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งติดตั้งบนผิวท่อ

รูปที่ 3.19 ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชุดทดสอบแผงแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน



จุดสีแดงแสดงตำแหน่งติดตั้งใต้ผิวท่อ จุดสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งติดตั้งบนผิวท่อ

รูปที่ 3.20 ตำแหน่งติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ



รูปที่ 3.21 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 2 โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่ม

3.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แผง ได้แก่ 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน 2) แผงเซลล์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน และ 3) แผงเซลล์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและติดตั้งพัดลมช่วยระบายความร้อน (ชุดทดสอบที่ 3)

3.3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์

ก. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 1 ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งแยกได้ดังนี้ ด้านบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด และด้านใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด

ข. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 2 ติดตั้งเทอร์โมไซฟอนจำนวน 10 ท่อ พร้อมครีบระบายความร้อน โดยติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.19

ค. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 3 ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ จำนวน 6 ชุด โดยติดตั้งด้านซ้าย และด้านขวาด้านละ 3 ชุด และติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.20

ง. ติดตั้งพัดลมให้กับแผงที่ 2 บริเวณส่วนด้านข้างของครีบความร้อน จำนวน 4 ตัว โดยติดตั้งด้านซ้ายและด้านขวาด้านละ 2 ตัว ดังรูปที่ 3.22

จ. ติดตั้งพัดลมให้กับแผงที่ 3 จำนวน 6 ตัวโดยติดตั้งด้านซ้ายและด้านขวาด้านละ 3 ตัว ดังรูปที่ 3.23

ฉ. ติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าต่อจากแผง ต่อกับแบตเตอรี่ และหลอดไฟ เพื่อใช้ในการบันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากแผง และเป็นการเก็บและถ่ายเทกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมา

ช. ติดตั้งไพรานอมิเตอร์บนพื้นเอียง 15 องศากับแนวระดับ

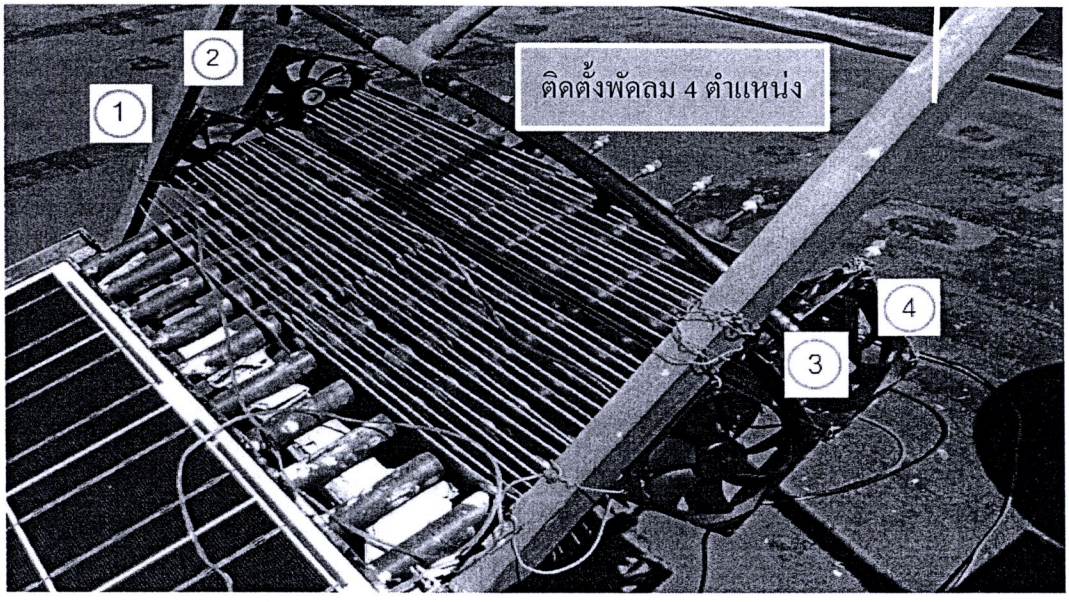
ซ. ควบคุมส่วนควบแน่นของท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบให้อยู่ในที่ร่ม โดยนำแผ่นไม้อัดวางบนโครงเหล็กเหนือตำแหน่งส่วนควบแน่นของท่อความร้อน

3.3.3.2 วิธีการทดสอบ

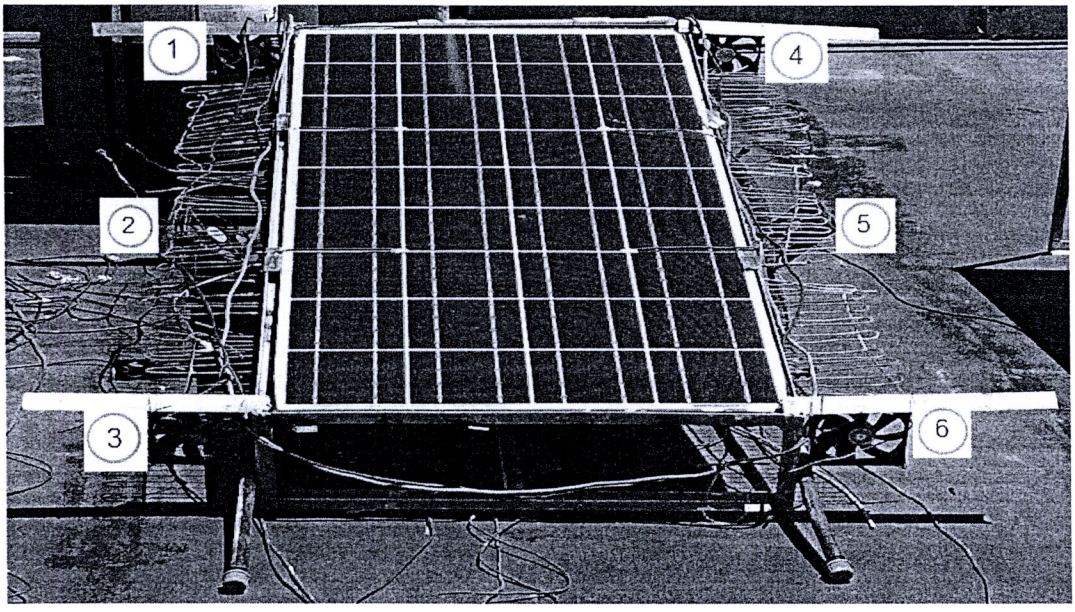
ก. ทำการเปิดพัดลมแผงที่ 2 และแผงที่ 3 ตลอดช่วงการทดสอบ

ข. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1.2 โดยการเก็บข้อมูลอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงละ5 นาที เก็บข้อมูลเรียงวนจากแผงที่ 1 ถึงแผงที่ 3 ต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา เป็นเวลา 5 วัน

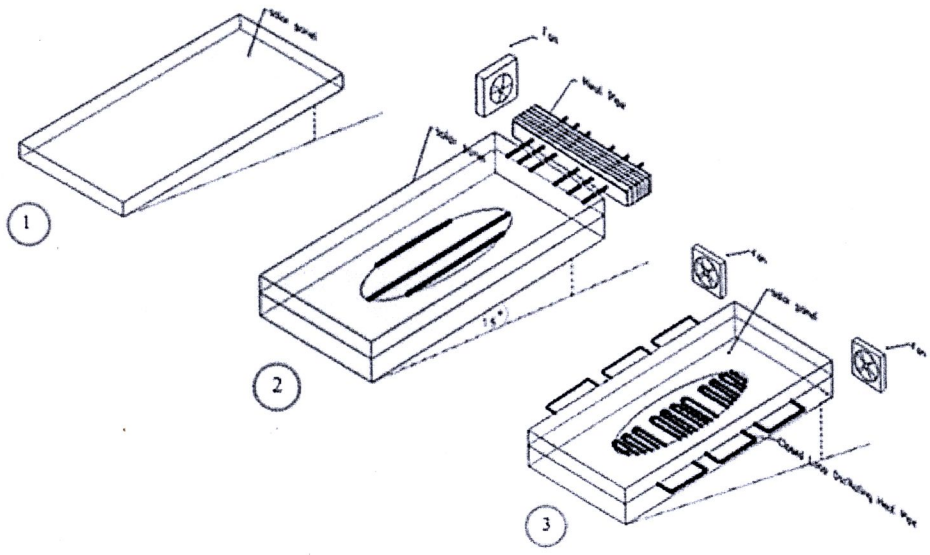
ค. จากการวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อ ก. พบว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงวันแสดงผลที่ชัดเจน จึงเปลี่ยนวิธีเก็บข้อมูลใหม่ โดยเก็บข้อมูลวันละแผง เรียงวนจากแผงที่ 1 ถึงแผงที่ 3 ทดสอบต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา เป็นเวลา 30 วัน



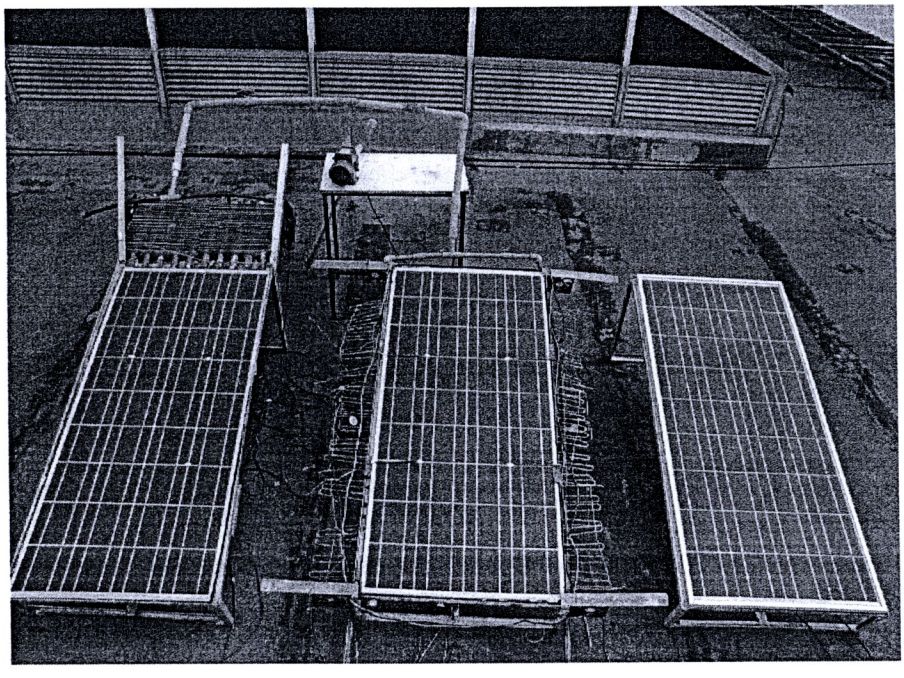
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งติดตั้งพัดลมชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน



รูปที่ 3.23 ตำแหน่งติดตั้งพัดลมชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ



รูปที่ 3.24 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 3 โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและติดตั้งพัดลมช่วยระบายความร้อน



รูปที่ 3.25 การจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการทดสอบ

3.3.4 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แผง ได้แก่ 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน 2) แผงเซลล์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน และ 3) แผงเซลล์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและฉีดน้ำเพื่อช่วยระบายความร้อน (ชุดทดสอบที่ 4)

3.3.4.1 การติดตั้งอุปกรณ์

ก. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 1 ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งแยกได้ดังนี้ ด้านบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด และด้านใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4 จุด

ข. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงที่ 2 ติดตั้งเทอร์โมไซฟอนจำนวน 10 ท่อ พร้อมครีบระบายความร้อน โดยติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.19

ค. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงที่ 3 ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ จำนวน 6 ชุด โดยติดตั้งด้านซ้ายและด้านขวาด้านละ 3 ชุด และติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.20

ง. ติดตั้งหัวฉีดน้ำให้กับแผงที่ 2 เหนือส่วนควบแน่นของท่อเทอร์โมไซฟอน จำนวน 2 ตัวดังรูปที่ 3.26

จ. ติดตั้งหัวฉีดน้ำให้กับแผงที่ 3 จำนวน 6 ตัวโดยติดตั้งด้านซ้ายและด้านขวาของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ ด้านละ 3 ตัว ดังรูปที่ 3.27

ฉ. ติดตั้งเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าต่อจากแผง ต่อกับแบตเตอรี่ และหลอดไฟ เพื่อใช้ในการบันทึกค่ากระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากแผง และเป็นการเก็บและถ่ายเทกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมา

ช. ติดตั้งไพรานอมิเตอร์บนพื้นเอียง 15 องศากับแนวระดับ

ซ. ควบคุมส่วนควบแน่นของท่อเทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบให้อยู่ในที่ร่ม โดยนำแผ่นไม้อัดวางบนโครงเหล็กเหนือตำแหน่งส่วนควบแน่นของท่อความร้อน

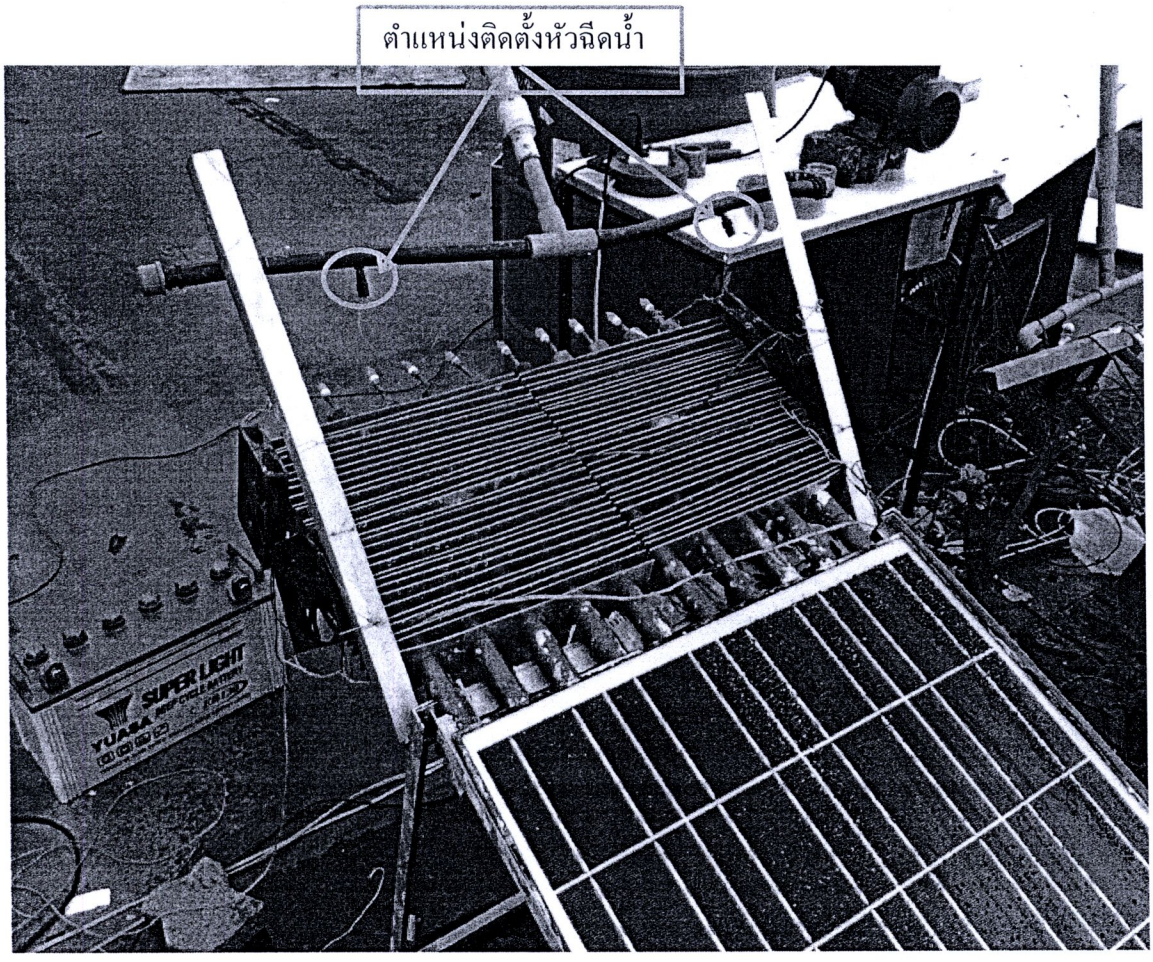
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3.3.4.2 วิธีการทดสอบ

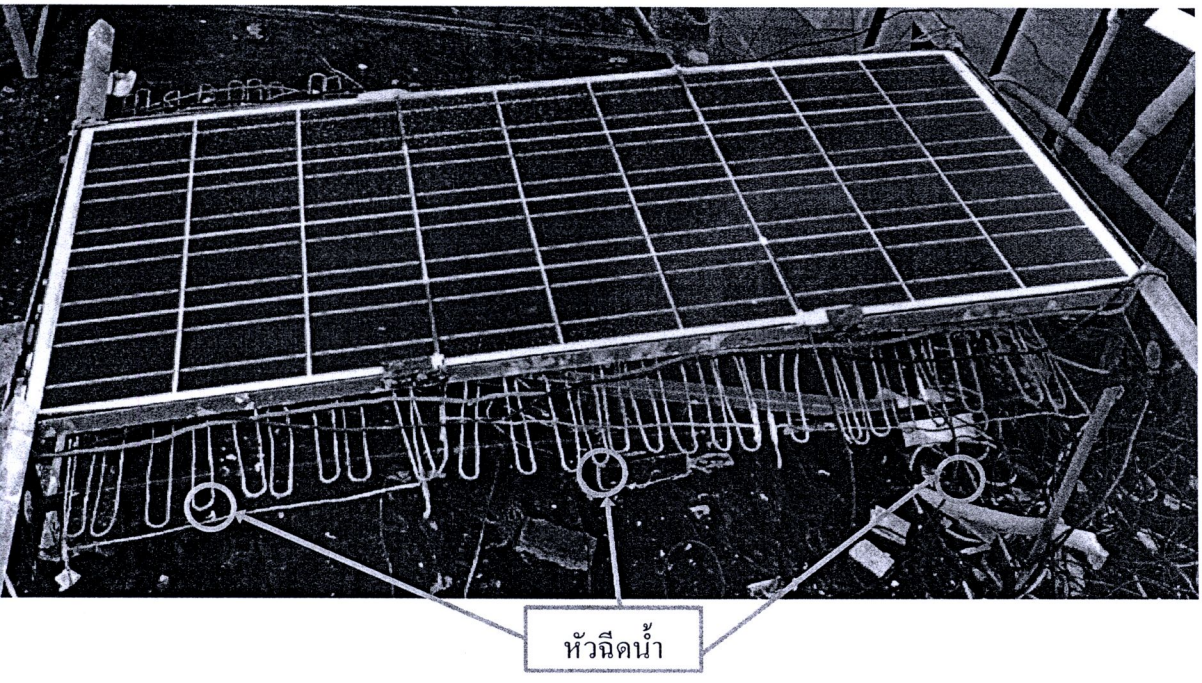
ก. ทำการฉีดน้ำที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนแผงที่ 2 และแผงที่ 3 ตลอดช่วงการทดสอบ

ข. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1.2 โดยการเก็บข้อมูลอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์แผงละ5 นาที เก็บข้อมูลเรียงวนจากแผงที่ 1 ถึงแผงที่ 3 ต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา เป็นเวลา 5 วัน

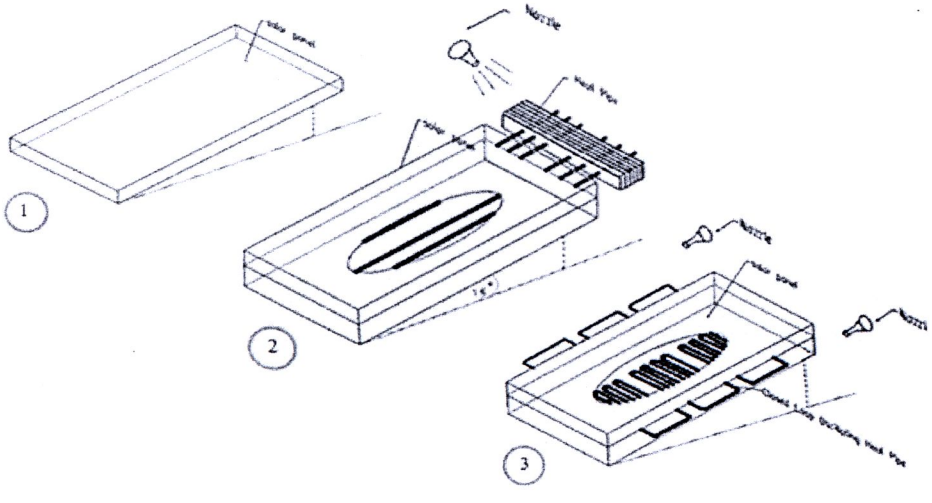
ค. จากการวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อ ก. พบว่า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงวันแสดงผลที่ชัดเจน จึงเปลี่ยนวิธีเก็บข้อมูลใหม่ โดยเก็บข้อมูลวันละแผง เรียงวนจากแผงที่ 1 ถึงแผงที่ 3 ทดสอบต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 17:00 นาฬิกา เป็นเวลา 30 วัน



รูปที่ 3.26 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมไซฟอน



รูปที่ 3.27 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดน้ำชุดทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ



รูปที่ 3.28 การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดทดสอบที่ 4 โดยที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่ในที่ร่มและทำการฉีดละอองน้ำช่วยระบายความร้อน