

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดสอบ

ในบทที่แล้วได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ที่นำมาใช้ในระบบการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ ในรูปความร้อน ตลอดจนถึงวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในระบบ ได้แก่ ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากตัวรับรังสี ค่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสี อัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำ อัตราการไหลในช่วงสูบน้ำ ความร้อนสูญเสียรวมที่ถังควบแน่น และประสิทธิภาพรวมของระบบ สำหรับในบทนี้จะแสดงแนวทางและขั้นตอนการทดสอบระบบจริง เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน และนำทฤษฎีที่กล่าวถึงมาใช้ในการวิเคราะห์

3.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

3.1.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทำงาน ของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยเทคนิคชาวารี

3.1.2 เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการไหลของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นที่จะศึกษาสมรรถนะในการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ และศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน ซึ่งตัวแปรที่คำนึงถึงในการทดสอบ มีดังนี้

3.2.1 ความสูงทางด้านดูด

ในการทดสอบ จะทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงด้านดูด 2 ค่า คือ 1 เมตร และ 2 เมตร

3.2.2 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับ

การทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ จะทำงานได้ดีเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับเป็นสำคัญ เนื่องจากกระบวนการทำงานในระบบ จะใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับจะอยู่ในช่วง 200-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร

3.2.3 ความดันในตัวรับรังสี

ในการทดสอบ จะทำการเปลี่ยนแปลงความดันในตัวรับรังสี 3 ค่า คือ 149.6 170.3 และ 197.8 กิโลปาสกาล

3.2.4 อุณหภูมิที่ถังควบแน่น

อุณหภูมิที่ถังควบแน่นจะลดลงในขณะที่ไอน้ำในถังเริ่มควบแน่น โดยจะสัมพันธ์กับความร้อนที่สูญเสียที่ถังควบแน่น ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการไหลในช่วงสูบน้ำ

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ กระชกชั้นเดียว ที่ผลิตในประเทศไทย มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ ประมาณ 2 ตารางเมตร

3.3.2 ถังควบแน่นทำจากวัสดุสแตนเลส ความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร ปริมาตรความจุประมาณ 5.3 ลิตร

3.3.3 ท่อส่งไอน้ำจากตัวรับรังสีไปยังถังควบแน่น ทำจากท่อทองแดงมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด แอโรฟлекс (Aeroflex) เพื่อป้องกันความร้อนสูญเสียสู่บรรยากาศ

3.3.4 ท่อดูดทำจากท่อทองแดงมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ความยาว 1.25 และ 2.25 เมตรตามลำดับ

3.3.5 ท่อจ่ายทำจากท่อทองแดงมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร คัดโค้ง 180 องศา เพื่อความเหมาะสมในการจ่ายน้ำ และด้านทานการไหลของน้ำออกจากถังเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ซึ่งส่วนประกอบและตำแหน่งของอุปกรณ์ในชุดทดสอบ และรูปถ่ายชุดอุปกรณ์การทดสอบแสดงไว้ในรูป 3.1 และ 3.2

3.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ

นอกจากอุปกรณ์การทดสอบที่ได้กล่าวมาแล้ว ในการทดสอบยังต้องอาศัยเครื่องมือวัดปริมาณต่างๆ ดังนี้

3.4.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ ทั้งที่ตัวรับรังสีและถังควบแน่น จะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K พร้อมเครื่องบันทึกอุณหภูมิชนิด 10 จุดยี่ห้อ Comark ความละเอียด $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ดังแสดงในรูป 3.3

3.4.2 เครื่องมือวัดความเร็วลม

ใช้วัดความเร็วลมเหนือตัวรับรังสี เครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้เป็นชนิด Digital Anemometer รุ่น DA 4000 ความละเอียด $\pm 0.01 \text{ m/s}$ ดังแสดงในรูป 3.4

3.4.3 เครื่องมือวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์

ใช้วัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี ชนิด Solar Integrator รุ่น SPD 003 ความละเอียด $\pm 1 \text{ W/m}^2$ ดังแสดงในรูป 3.5

3.4.4 นาฬิกาจับเวลา

เป็นนาฬิกาจับเวลาแบบเข็ม ความละเอียด $\pm 0.1 \text{ s}$ ดังแสดงในรูป 3.6

3.4.5 กระบอกตวง

เป็นกระบอกตวง ยี่ห้อ Pylex ขนาด 250 มิลลิลิตร ความละเอียด $\pm 2 \text{ ml}$ ดังแสดงในรูป 3.7

3.4.6 อุปกรณ์วัดความดัน

อุปกรณ์วัดความดันในระบบติดตั้งที่ถังควบแน่น 1 ตัว ที่ตัวรับรังสี 1 ตัว ความละเอียด $\pm 3.5 \text{ kPa}$ ดังแสดงในรูป 3.8



รูป 3.1 ภาพถ่ายชุดทดสอบระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยหลักการซาเวรี



รูป 3.2 ภาพถ่ายถังควบคุมขนาด 5.3 ลิตร



รูป 3.3 ภาพถ่ายเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Comark แบบ 10 จุด



รูป 3.4 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบ Digital Anemometer



รูป 3.5 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์



รูป 3.6 ภาพถ่ายนาฬิกาจับเวลา



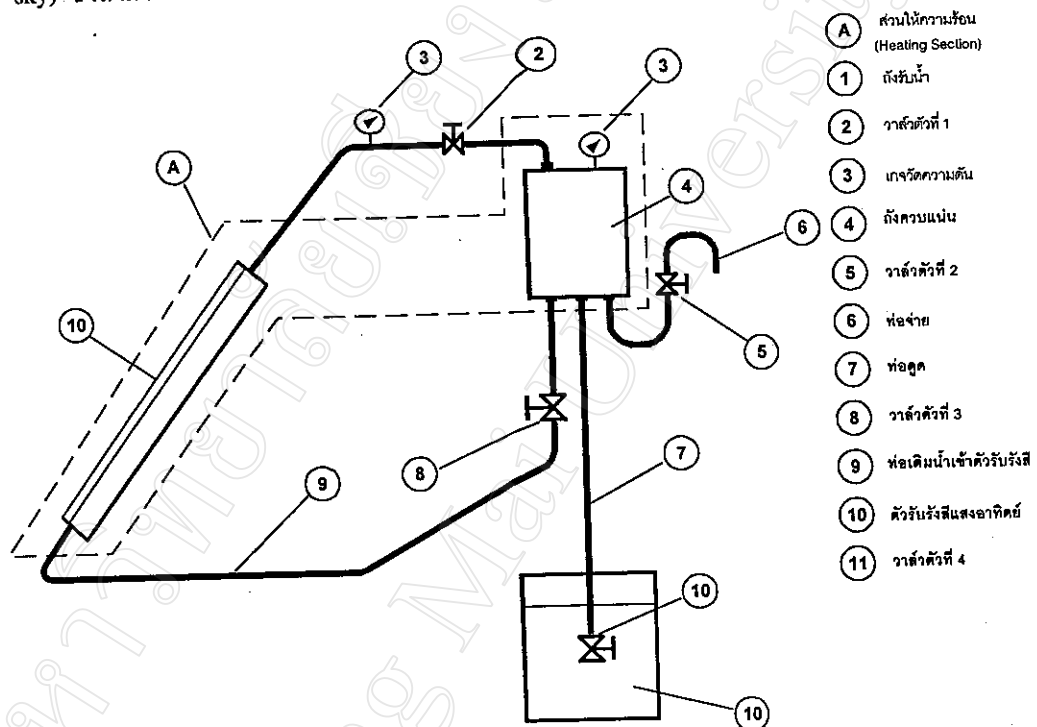
รูป 3.7 ภาพถ่ายกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร



รูป 3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์วัดความดันในระบบ

3.5 วิธีดำเนินการทดสอบ

ในการทดสอบสมรรถนะของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยเทคนิคชาวารี จะมีขั้นตอนในการทดลองที่คล้ายๆ กัน โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการทดลองคือ ระดับความสูงทางด้านจุดเปลี่ยนแปลง 2 ค่า คือ 1 และ 2 เมตร ซึ่งที่ระดับความสูงแต่ละค่าจะทำการเปลี่ยนแปลงความดันในตัวรับรังสี 3 ค่า คือ 149.6 170.3 197.8 กิโลปาสกาล โดยค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ทำการทดลองตั้งแต่ 9.00-15.30 น. ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับอยู่ในช่วง $200-1,100 \text{ W/m}^2$ ทำการทดลองที่สภาวะท้องฟ้าโปร่งใส (Clear sky) ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนในการทดลองได้ดังนี้



รูป 3.9 แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยเทคนิคชาวารี

1. ตำแหน่งการติดตั้งตัววัดอุณหภูมิ

- มีการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลในตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ และที่ถังควบแน่นตามตำแหน่งดังนี้

ผิวตัวรับรังสี	4	จุด
ผิวฉนวนในตัวรับรังสี	2	จุด
ท่อน้ำทางด้านบนของตัวรับรังสี	1	จุด
ท่อน้ำทางด้านล่างของตัวรับรังสี	1	จุด
ภายในถังควบแน่น	3	จุด
ผนังด้านนอกของถังควบแน่น	3	จุด
อุณหภูมิบรรยากาศ	1	จุด

ซึ่งตำแหน่งในการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล กระจายอยู่ทั่วบริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เพื่อจะได้ทราบอุณหภูมิเฉลี่ย

2. การติดตั้งตัวรับรังสี

- ตัวรับรังสีจะหันไปทางทิศใต้ เอียงทำมุม 18 องศากับแนวระดับ
- มีการเติมน้ำให้เต็มในระบบทั้งในตัวรับรังสี และถังควบแน่น
- ติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลม และเครื่องวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ให้เรียบร้อย

3. การทดสอบ

การทดสอบการทำงานของระบบสุบน้ำแสงอาทิตย์จะดำเนินการ ที่ระดับความสูงทางด้านดาด 1 เมตร ความดันในตัวรับรังสี 149.6 กิโลปาสกาล

- เริ่มทำการทดลอง โดยเปิดตัวรับรังสีให้รับรังสีแสงอาทิตย์
- วัดอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ ที่ตัวรับรังสี และอุณหภูมิบรรยากาศ
- วัดความเร็วลมเหนือตัวรับรังสี ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับ และความดันในตัวรับรังสี
- บันทึกค่าที่วัดได้ในข้อ 4 และ 5 ทุกๆ 10 นาที ตั้งแต่ 9.00-15.30 น.
- เมื่อความดันในตัวรับรังสีเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 149.6 กิโลปาสกาล จึงเปิดวาล์วตัวที่ 1 เพื่อให้

จากตัวรับรังสีไหลเข้าสู่ถังควบแน่น

- บันทึกค่าความดันของระบบ
- เปิดวาล์วตัวที่ 2 เพื่อให้ น้ำในถังควบแน่นถูกดันออกมาภายนอก ระบบ จับเวลาและวัดปริมาณน้ำที่ได้จนกระทั่งน้ำหยุดไหล
- ปิดวาล์วตัวที่ 1 และ 2 พร้อมๆ กัน บันทึกค่าความดันและอุณหภูมิที่ถังควบแน่นที่สภาวะเริ่มต้น

(Initial state)

- วัดปริมาณไอน้ำในถังควบแน่น โดยคำนวณจากความสูงของไอน้ำในถังควบแน่น ซึ่งดูจากท่อแก้วบอกระดับทางด้านข้างของถัง (Side glass)

- สังเกตการเปลี่ยนแปลงความดันในถังควบแน่น ที่ลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศ บันทึกค่าความดัน และอุณหภูมิที่ถังควบแน่นที่สภาวะสุดท้าย (Final state)

- เปิดวาล์วที่ 3 เพื่อให้ น้ำจากถังด้านล่างถูกสูบขึ้นมาในถังควบแน่น จับเวลาและวัดปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาได้ จนไม่สามารถสูบน้ำได้อีก จึงปิดวาล์ว 3

- เติมน้ำเข้าตัวรับรังสีโดยเปิดวาล์วตัวที่ 1 และ 4 พร้อมๆ กัน รอจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะคงตัว จึงเปิดวาล์ว 1 และ 4 บันทึกค่าความดันในตัวรับรังสีและถังควบแน่น ทั้งก่อนและหลังเติมน้ำ จับเวลาและวัดปริมาณน้ำที่เข้าไปเติมในตัวรับรังสี

- สังเกตการเปลี่ยนแปลงความดันในถังควบแน่นที่ลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศ บันทึกค่าความดัน และอุณหภูมิที่ถังควบแน่นที่สภาวะสุดท้าย (Final state)

- เปิดวาล์วที่ 3 เพื่อให้ น้ำจากถังด้านล่างถูกสูบขึ้นมาในถังควบแน่นเป็นครั้งที่ 2 จับเวลาและวัดปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาได้ จนไม่สามารถสูบน้ำได้อีก จึงปิดวาล์ว 3

- ทำการทดสอบตั้งแต่ข้อ 2-16 ใหม่ จนครบกำหนดเวลา 15.30 น.

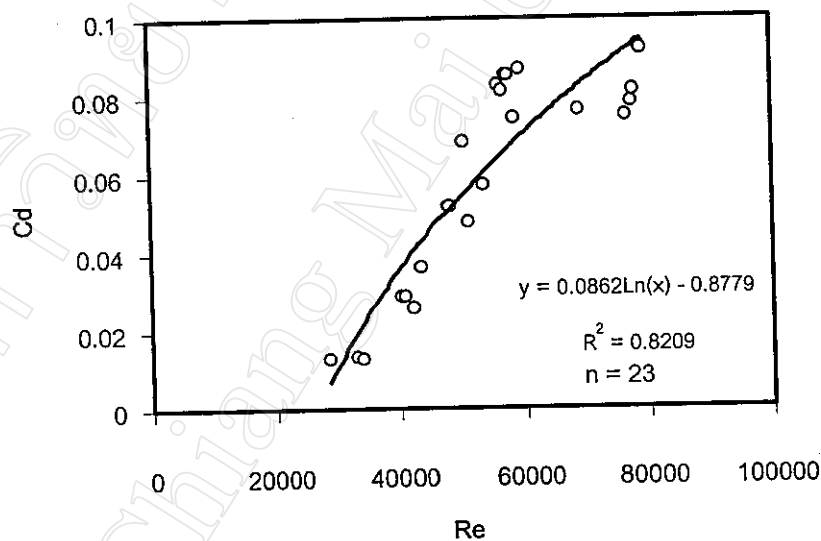
- ทำการทดสอบตั้งแต่ข้อ 2-17 ใหม่ โดยเปลี่ยนแปลงความดันในตัวรับรังสีเป็น 170.3 และ 197.8 กิโลปาสกาล จนครบจึงยุติการทดลองในชุดทดสอบที่ระดับความสูงด้านจุด 1 เมตร
- ทำการทดสอบตั้งแต่ข้อ 2-18 ใหม่ โดยเปลี่ยนระดับความสูงด้านจุดเป็น 2 เมตร

3.6 แนวทางและวิธีการวิเคราะห์ผล

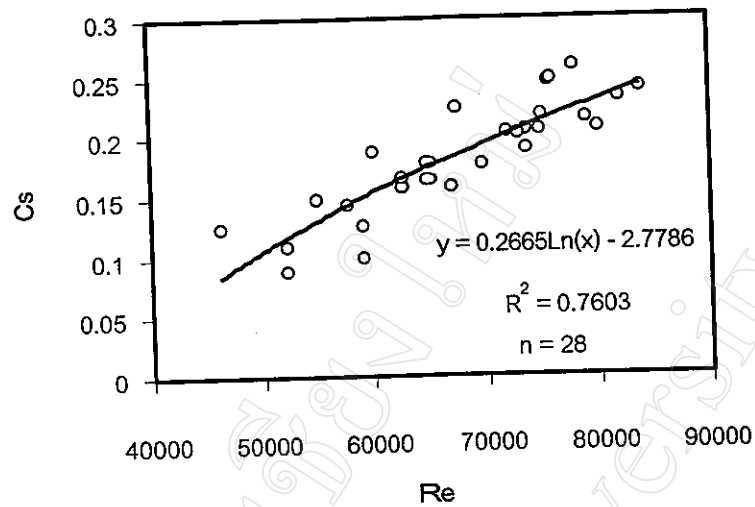
เมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลจนครบตามขั้นตอนในหัวข้อตอนที่ได้กล่าวมาแล้ว เราจึงนำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์ เพื่อคำนวณหา

1. ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์
2. ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี
3. ค่ารังสีแสงอาทิตย์ต่ำสุดที่จะทำให้ระบบสามารถทำงานได้
4. อัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำและสูบน้ำ
5. ประสิทธิภาพสูงสุดทางทฤษฎี และประสิทธิภาพของระบบ

เพื่อความสะดวกและมีความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณค่าอัตราการไหลในระบบ จึงได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหล C_d และ C_v ที่ได้จากการทดลองมาช่วยในการคำนวณ โดยแสดงได้ในรูปกราฟดังนี้



รูป 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_d กับตัวเลขเรย์โนลด์สที่ได้จากการทดลองในช่วงจ่ายน้ำ



รูป 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_L กับตัวเลขเรย์โนลด์ส์ที่ได้จากการทดลองในช่วงจุดน้ำ

ค่าอัตราการไหล สามารถคำนวณโดยใช้สมการ (2.22) และ (2.32) มาช่วยอธิบาย

3.6.1 ศึกษาสมรรถนะในการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยหลักการซาเวรี ที่ระดับความสูงทางด้านจุด 1 เมตร ความดันในตัวรับรังสี 149.6 170.3 และ 197.8 กิโลปาสกาล ตามลำดับ

1. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของตัวรับรังสี กับผลต่างของอุณหภูมิผิวดูดรังสีกับอุณหภูมิบรรยากาศต่อปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ เพื่อคำนวณหาปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่เพียงพอให้ระบบสามารถทำงานได้
2. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวดูดรังสี และความดันในตัวรับรังสี กับเวลาเปรียบเทียบที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
3. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับเวลา เปรียบเทียบที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
4. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวดูดรังสีกับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับ เปรียบเทียบที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
5. สร้างกราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับใน 1 วัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
6. สร้างกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 วัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
7. สร้างกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละรอบการทำงานใน 1 วัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
8. สร้างกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมของระบบ ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน

3.6.2 ศึกษาสมรรถนะในการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยหลักการซาเวรี ที่ระดับความสูงทางด้านจุด 2 เมตร ความดันในตัวรับรังสี 149.6 170.3 และ 197.8 กิโลปาสกาล ตามลำดับ

1. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของตัวรับรังสี กับผลต่างของอุณหภูมิผิวคูครั้งลึกับอุณหภูมิบรรยากาศต่อปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ เพื่อคำนวณหาปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่เพียงพอให้ระบบสามารถทำงานได้
2. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวคูครั้งลึและความดันในตัวรับรังสี กับเวลาเปรียบเทียบที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
3. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับเวลา เปรียบเทียบที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
4. สร้างกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิผิวคูครั้งลึกับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับ เปรียบเทียบที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
5. สร้างกราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับใน 1 วัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
6. สร้างกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่สูบได้ใน 1 วัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
7. สร้างกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละรอบการทำงานใน 1 วัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน
8. สร้างกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพรวมของระบบ ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน

3.6.3 วิเคราะห์ความแตกต่าง ของสมรรถนะของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ ที่ระดับความสูงด้านคูความดันในตัวรับรังสี และปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ต่างๆ กัน เปรียบเทียบผลระหว่างตัวแปรแต่ละค่า

3.6.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลในระบบ

1. สร้างกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการวัด โดยตรงเทียบกับการคำนวณโดยพิจารณาอัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำ
2. สร้างกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการวัด โดยตรงเทียบกับการคำนวณโดยพิจารณาอัตราการไหลในช่วงสูบน้ำ
3. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลในระบบ

3.6.5 นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตั้งแต่หัวข้อ 3.6.1 ถึง 3.6.4 มาสรุปปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะในการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยเทคนิคสาขาวิชา และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลของระบบ โดยอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4