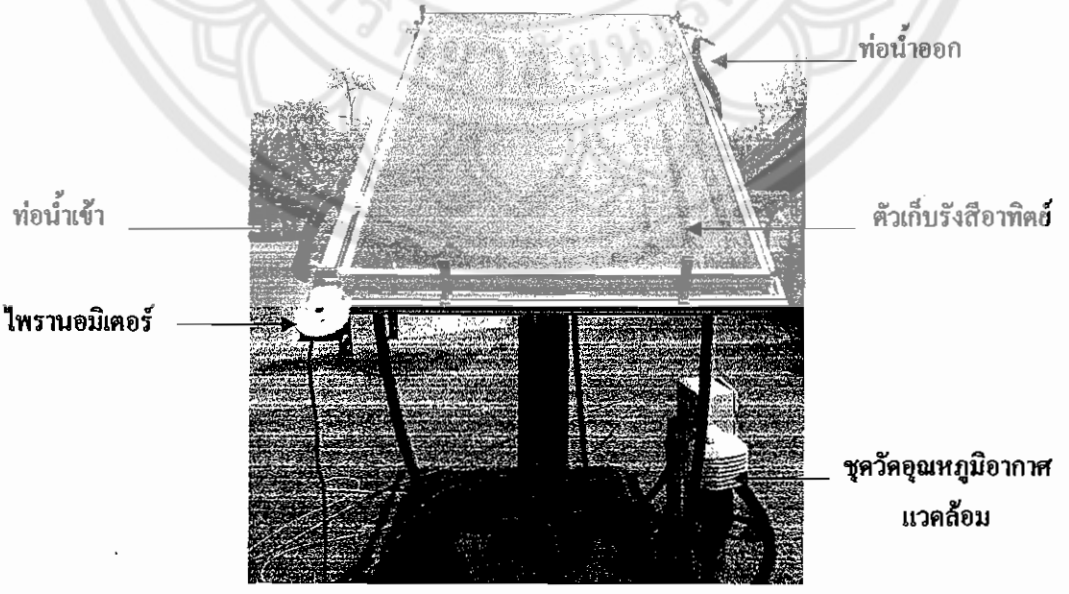
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ

โครงการนี้ทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบโดยใช้ระบบชุดทดสอบแบบกลางแจ้งของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

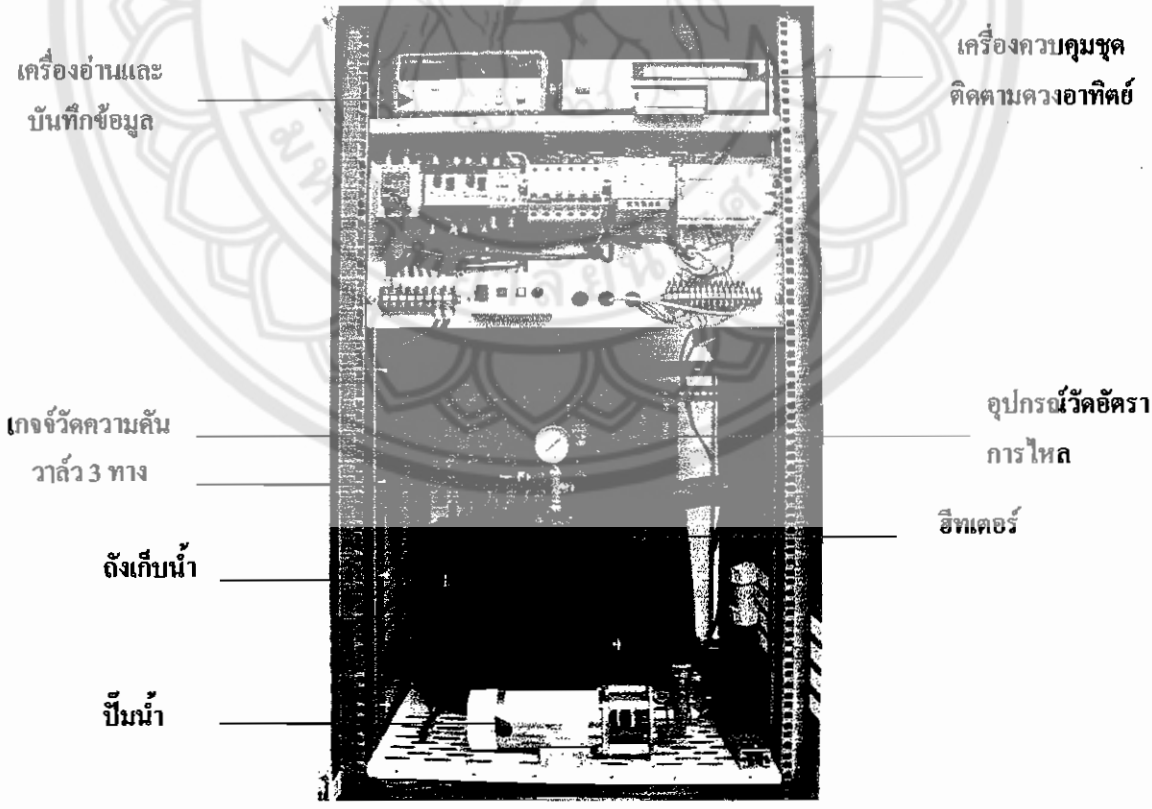
ชุดแท่นทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบนี้ มีส่วนประกอบหลักๆ คือ ชุดแท่นวางตัวเก็บรังสีอาทิตย์ซึ่งสามารถปรับให้ตัวเก็บรังสีตั้งฉากกับรังสีอาทิตย์ตลอดเวลา, วงจรน้ำซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิและอัตราการไหลได้และชุดบันทึกข้อมูล
ชุดแท่นทดสอบแสดงในรูป 3.1 โดยเครื่องติดตามดวงอาทิตย์แสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงระบบทดสอบประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์

รูปที่ 3.2 เครื่องติดตามดวงอาทิตย์

รูปที่ 3.3 อุปกรณ์บางส่วนของชุดทดสอบที่ติดตั้งอยู่ในตู้เหล็ก และรูปที่ 3.4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความเย็น อุปกรณ์และเครื่องมือวัดของชุดทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สรุปแสดงในตารางที่ 3.1



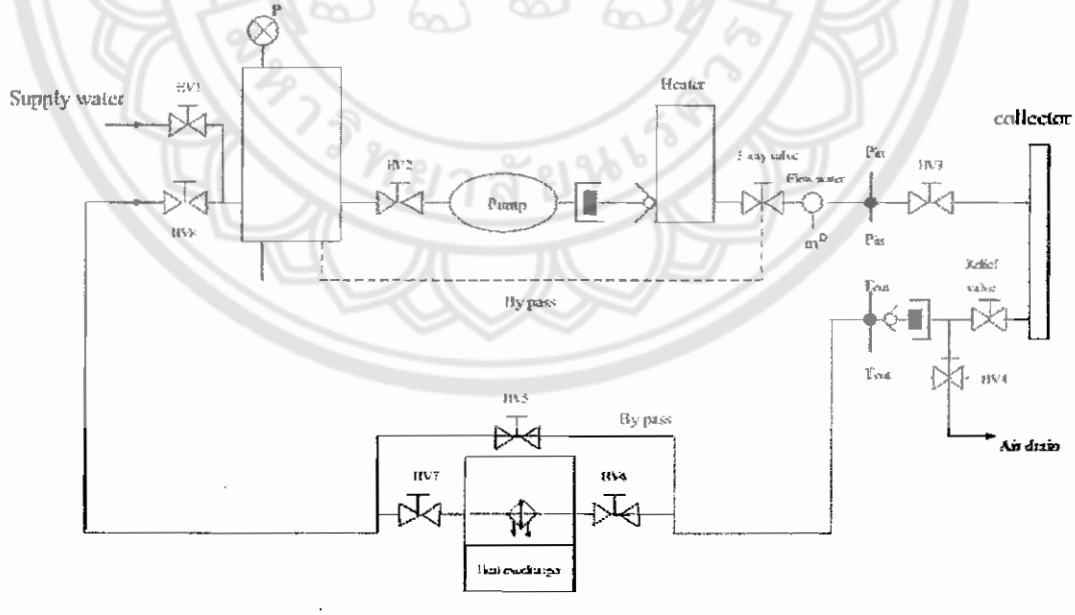
รูปที่ 3.3 ตู้อุปกรณ์ของชุดทดสอบ

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดของชุดทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์

รายการ	หน้าที่
1. ไพรานอมิเตอร์ (ยี่ห้อ KIPP&ZONENDELFT/HOLLAN)	วัดความเข้มรังสีอาทิตย์
2.ชุดวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (Ambient)	วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม
3. เกจวัดความดัน	วัดความดันน้ำ
4. อุปกรณ์วัดอัตราการไหล	วัดอัตราการไหลของน้ำ
5. เครื่องควบคุมการเคลื่อนที่และติดตามดวงอาทิตย์ (Solar tracker controller) (ยี่ห้อ EGIS)	ทำหน้าที่ติดตามการเคลื่อนที่ของตวงดวงอาทิตย์และปรับมุมเอียงให้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ตั้งฉากกับรังสีอาทิตย์ตกกระทบตลอดเวลา
6. ปั๊มน้ำ (ยี่ห้อ CONERGY)	สูบน้ำจากถังเก็บน้ำเข้าสู่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์
7. ฮีทเตอร์ (ยี่ห้อ KITZ KELMO AC200V)	ให้ความร้อนแก่น้ำที่จะเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อให้ได้อุณหภูมิขาเข้าตามที่กำหนด
8. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ยี่ห้อ KULTHORN KIRBY AW55855)	ลดอุณหภูมิของน้ำที่ออกมาจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์
9. วาล์ว 3 ทาง	ควบคุมทิศทางการไหลและอัตราการไหลให้ได้ตามกำหนด
10. เครื่องอ่านและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger) (ยี่ห้อ Agilent)	อ่านและบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ และส่งข้อมูลยังเครื่องคอมพิวเตอร์
11.ถังเก็บน้ำขนาด 20 ลิตร	เก็บน้ำที่ใช้ไหลเวียนในวงจร

รูปที่ 3.4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger)

แผนภาพแสดงวงจรไหลเวียนของน้ำที่ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ของชุดทดสอบแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงวงจรไหลเวียนของน้ำที่ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ของชุดทดสอบ

3.2 ข้อมูลตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ทำการทดสอบ

ในโครงงานนี้ทำการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ จำนวน 3 แผง จากบริษัท A, B และ C รายละเอียดของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทั้ง 3 บริษัท สรุปแสดงในตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของตัวเก็บรังสีควงอาทิตย์

รายละเอียด	บริษัท		
	A	B	C
โมเดลของตัวเก็บรังสีอาทิตย์	SUNLINE232	Aluminum extruded with anodize	Titan Series 2
หนา, m	0.10	0.08	0.08
พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์, m^2	2.15	2.009	1.860
ชนิดกระจกปิดใสด้านบน (Glazing)	Clear glass	Tempered glass	Matt glass
หนา, mm	3.2	5	3.2
ชนิดแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Absorber Plate)	Aluminium/Selective Coating	Aluminum Fin Black Coating	Copper
Surface Treatment	Selective Surface Coating	Direct Heat	Titanium
พื้นที่แผ่นดูดกลืน (Absorber Area), m^2	1.9	1.77	1.860
การดูดกลืนรังสี (Absorption)	94-98%*	75-92%**	95%***
การสูญเสียความร้อน (Emission)	5-9%*	8%**	5-9%***
ชนิดฉนวน (Insulation)	Pure stone wool	Close cell	Glass wool
หนา	2 นิ้ว	3.5 นิ้ว	1.5 นิ้ว
วัสดุที่ใช้ทำกรอบด้านนอก (Collector Frame)	Aluminium extruded with Anodize surface	Aluminum Extruded with anodize	Colarbond Steel Wool
หนา, mm	2	1.5	0.4

ตารางที่3.2 รายละเอียดของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์(ต่อ)

รายละเอียด	บริษัท		
	A	B	C
วัสดุที่ใช้ทำท่อด้านบนและด้านล่าง (pipe)	ท่อทองแดง	ท่อทองแดง	ทองแดง
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	3/4 นิ้ว	7/8, 1/2 นิ้ว	1, 0.37 นิ้ว

หมายเหตุ * ข้อมูลของทางบริษัทผู้ผลิต

** ข้อมูลได้จาก dttp://www.enconlab.com/high_performance/file_download และ http://www.akesteel.com/index.php?mo=3&art=60347

** * ข้อมูลได้จากhttp://www.mh.ac.th/StudentWorkM6/WebM6_year2550/Pornpitcha6 และ http://www.tykglass.com/

3.3 วิธีการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบมีดังต่อไปนี้ (ดูประกอบกับแผนภาพรูปที่ 3.5)

1) ทำการเปิดวาล์ว HV1 เพื่อให้น้ำไหลเข้าสู่ระบบเมื่อน้ำเต็มระบบแล้วจึงทำการเปิดวาล์ว HV4 เพื่อไล่อากาศที่ค้างอยู่ในระบบและทำการปิดวาล์ว HV1

2) ทำการเปิดน้ำเข้าระบบ Heat exchanger

3) ทำการเปิด AC power supply breaker, solar tracker controller breaker, heat exchanger breaker

4) ทำการเปิด data logger ทั้ง 2 เครื่อง โดยเครื่องที่ 1 จะบันทึกค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ทุก 3 วินาที ส่วนเครื่องที่ 2 ให้บันทึกอุณหภูมิน้ำขาเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทุก 5 วินาที เนื่องจากอุณหภูมิน้ำขาเข้าเปลี่ยนแปลงค่าไม่มากนัก จากนั้นเปิด Solar tracker controller และคอมพิวเตอร์

5) ทำการเปิด pump breaker

6) ทำการเปิดโปรแกรม Solar collector testing system

7) ตั้งค่าอัตราการไหลที่ต้องการที่ data logger โดยกำหนดให้ บริษัท A: อัตราการไหลเท่ากับ $\frac{0.02kg/s}{2.15m^2} = 0.043$ kg/s• m^2 บริษัท B: เท่ากับ $\frac{0.02kg/s}{2.009m^2} = 0.04$ kg/s• m^2 และบริษัท C: เท่ากับ $\frac{0.02kg/s}{1.86m^2} = 0.037$ kg/s• m^2

8) กำหนดเวลาความถี่ในการเก็บข้อมูล โดยไปที่โปรแกรม Solar collector testing system เลือก Setup แล้วเลือก Scan interval ตั้งค่า

9) เริ่มทำการเก็บข้อมูล โดยไปที่โปรแกรม Solar collector testing system เลือก Start force scan

10) หากต้องการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ให้เปิด Heater breaker

11) ในการเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำเข้าที่แตกต่างกันอย่างน้อย 3 ช่วงอุณหภูมิ เนื่องจากต้องนำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชั่วขณะใดขณะหนึ่ง (η_c) กับเทอม $(T_{f,i}-T_a)/G_t$ ดังกราฟ 4.1 เช่น ในการทดสอบครั้งนี้เริ่มที่ 30 °C เมื่อได้อุณหภูมิขาเข้าคงที่แล้วปล่อยไว้อย่างน้อย 15 นาทีแล้วทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำขาเข้าให้แตกต่างจากอุณหภูมิเริ่มต้น 5-7 °C เมื่ออุณหภูมิน้ำขาเข้าคงที่แล้วปล่อยไว้อย่างน้อย 15 นาทีทำการเก็บข้อมูลใหม่ เป็นต้น

12) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ 3 ครั้งมารวมกัน ทำการตัดข้อมูลที่คลาดเคลื่อนออก และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชั่วขณะใดขณะหนึ่ง (η_c) กับเทอม $(T_{f,i}-T_a)/G_t$ เพื่อหาค่าสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ

ขั้นตอนการหยุดการทดสอบ

1. หยุดการเก็บข้อมูลของโปรแกรม โดยเลือก System เลือก Stop force scan
2. เลือก View แล้วเลือก Data Explorer จากนั้นเลือก Search โปรแกรมจะแสดงข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไปแล้ว เลือกข้อมูลแล้วเลือก Export Data
3. ปิดโปรแกรม Solar collector testing system
4. ทำการปิด Pump breaker, AC Power supply breaker, Solar tracker controller breaker, Heat exchanger breaker
5. ทำการเปิดวาล์ว HV4 เพื่อปล่อยน้ำออกจากระบบ
6. ปล่อยน้ำออกจาก Heat exchanger

3.4 สภาวะที่ทำการทดสอบจริง

เนื่องจากข้อจำกัดบางประการสภาวะที่ทำการทดสอบจริงในโครงงานนี้จึงต่างจากที่ ASHRAE 93-77 กำหนด รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.3

ป
ว
ต12.8
ป3ง3ก
2551

สำนักหอสมุด
1. A523A44
22 ต.ค. 2552

ตารางที่ 3.3 สภาวะที่ทำการทดสอบจริงในโครงงาน

ASHRAE 93-77	ทดสอบจริง	เหตุผล
1. อุณหภูมิอากาศแวดล้อมไม่เกิน 30°C	≥30°C ในบางช่วง	ทำการทดลองในช่วงเดือน ก.พ.- มี.ค.
2. ค่าความเร็วเฉลี่ยของลม จะต้องอยู่ระหว่าง 2.2 และ 4.5 m/s	ไม่มีการเก็บค่าความเร็วลม	ไม่คิดผลของความเร็วลม
3. ค่าการกระจายอุณหภูมิของของไหลขาเข้ากำหนดจากอุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่แนะนำโดยบริษัทผู้ผลิต หรือ จากค่าของประสิทธิภาพสูงสุดของตัวเก็บรังสีอาทิตย์	การกระจายค่าอุณหภูมิน้ำขาเข้าเริ่มต้นจากค่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและเพิ่มขึ้นครั้งละ 5-7 °C	ไม่มีข้อมูลอุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่แนะนำโดยบริษัท
4. ควรมีการบันทึกค่าความดันของน้ำที่เปลี่ยนแปลงเมื่อของไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์	ไม่ได้บันทึกค่าความดันที่เปลี่ยนแปลง	ไม่คิดผลความดันที่เปลี่ยนแปลง

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ

1.นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ เช่น $T_{f,o}$, $T_{f,i}$, T_a, G_t, $\dot{m}$ มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Microsoft office Excel โดยการจัดเรียงข้อมูลต่างๆ ดังเช่น ตารางในภาคผนวก ค

2. ทำการตัดข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด เช่น ข้อมูลช่วงความเข้มรังสีน้อยกว่า 790 W/m^2

3. นำข้อมูล T_a, $T_{f,i}$ และ G_t แทนลงในสมการ $(T_{f,i} - T_a)/G_t$

4. นำข้อมูล C_p, $\dot{m}$, A_c, T_a, $T_{f,i}$ และ G_t แทนลงในสมการที่ (7) เพื่อหาค่าประสิทธิภาพชั่วขณะใดขณะหนึ่งของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

5. ทำการตัดข้อมูลของค่าประสิทธิภาพชั่วขณะใดขณะหนึ่งของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีค่า

คลาดเคลื่อนออก เช่น ค่าที่มากกว่า 1 หรือน้อยกว่าศูนย์ และ ทำการตัดข้อมูลของค่า $(T_{f,i} - T_a)/G_t$ ที่มีค่าติดลบ

6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชั่วขณะใด ขณะหนึ่ง (η_c) กับเทอม $(T_{f,i} - T_a)/G_t$
7. หาสมการเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง $(T_{f,i} - T_a)/G_t$ และ (η_c) โดยใช้เทคนิคสมการถดถอยเชิงเส้น (linear least-square regression) และ หาค่า R^2
8. อาจทำการตัดจุดข้อมูลที่มีการกระจายออกเพื่อให้ค่า R^2 มีค่าสูงขึ้น
9. จากสมการเส้นแนวโน้มที่ได้สามารถสรุป พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ ค่าสมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้เช่น ค่าประสิทธิภาพสูงสุด $(F_R(\tau\alpha)_e)$ จากค่าตัดแกน η และผลคูณของแฟกเตอร์การดึงความร้อนและสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน $(F_R U_L)$ จากค่าความชันของเส้นแนวโน้ม