

บทที่ 3 การดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และข้อมูลทั่วไปของระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง ณ รีสอร์ทแห่งหนึ่งถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของระบบเพื่อที่จะศึกษาถึงความเหมาะสมของระบบที่ได้ออกแบบไว้และนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายถึงประสิทธิภาพของระบบที่เงื่อนไขต่างๆกัน

3.1 ข้อมูลทั่วไปของรีสอร์ทแห่งหนึ่งและข้อมูลทั่วไปของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานที่ตั้ง

ก. สถานที่ตั้งและจำนวนห้องพักเป็นรีสอร์ทท้องถิ่นขนาดเล็ก สถานที่ตั้งอยู่ในเขตปริมณฑล มีอาคารที่พักทั้งหมด 29 ห้อง โดยติดตั้งระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้สำหรับห้องพักบางส่วนโดยมีรายละเอียดดังนี้

- อาคารห้องพักแบบห้องแถวจำนวน 10 ห้อง
- อาคารห้องพักแบบห้องแถวจำนวน 8 ห้อง

ข. สภาวะแวดล้อมของสถานที่ติดตั้ง สภาวะแวดล้อมของแต่ละภูมิภาคของประเทศแตกต่างกัน ทั้งปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมส่งผลให้ปริมาณน้ำ ร้อนที่ได้จากระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดเท่ากันและตัวเก็บแสงอาทิตย์ชนิดเดียวกัน แต่ละพื้นที่ผลิตน้ำ ร้อนได้ปริมาณที่ไม่เท่ากัน สำหรับรีสอร์ท แห่งนี้ มีค่าปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยของเดือนเมษายนมีค่ามากที่สุดและเดือนธันวาคมมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ $21.21 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$ และ $17.08 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$ ตามลำดับ โดยมีค่าปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ $8.56 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$

3.1.2 ข้อมูลทั่วไปของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทั่วไปของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคา ประหยัด

ระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัด		
ตัวเก็บรังสีอาทิตย์	ขนาดแผง กว้าง× ยาว (เมตร)	1 × 2
	จำนวน (แผง)	8
	จำนวนท่อของไหลต่อ 1 แผง (ท่อ)	15
	กระจกใสปิด หน้า 6 มิลลิเมตร (ชั้น)	1
	กรอบตัวเก็บแสงอาทิตย์ (ชนิด)	อะลูมิเนียม
	ฉนวน	Glass Wool
	ท่อของไหล (ชนิด)	ทองแดง
	แผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ (ชนิด)	สังกะสี
	การต่อตัวเก็บแสงอาทิตย์ (แบบ)	ขนาน

ก. จำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์

จำนวนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ = พื้นที่รับแสงอาทิตย์ทั้งหมดตามที่ออกแบบไว้ / พื้นที่ของแต่ละตัวเก็บรังสีอาทิตย์

$$= \frac{16}{2} = 8$$

ข. ความชันและตำแหน่งทิศทางของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ความชันของชุดตัวรับแสงจะมีผลต่อสมรรถนะระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และสามารถยอมรับได้กับตำแหน่งทิศทางของตัวอาคารสำหรับการติดตั้งแผงรับแสง สำหรับการที่จะลดต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตน้ำ ร้อนมุมชันแผงรับแสงควรเท่ากับมุมละติจูดของพื้นที่นั้น

3.2 การออกแบบระบบ

3.2.1 การออกแบบพื้นที่รับแสงอาทิตย์

ในการประมาณหาขนาดพื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์นั้น ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบตัวแปรที่สำคัญตัวแปรด้วยกันคือ 1. ค่ารังสีอาทิตย์ของสถานที่ที่จะออกแบบ 2. ความต้องการใช้น้ำ ร้อนเฉลี่ยตลอด

ทั้งปี3. อุณหภูมิแวดล้อม และสุดท้ายคือค่าสัดส่วนการเลือกใช้พลังงานหรือSolar fraction โดยทั่วไปแล้วจะเลือกใช้อยู่ที่60-80%

ก. ความต้องการน้ำร้อนเฉลี่ยทั้งปีสามารถประเมินได้จากตารางที่ 3.2 โดยแนะนำให้ใช้ค่าสูงกว่าที่ระบุในตารางที่ 3.2 ควรทำเฉพาะในกรณีที่แน่ใจว่าจะมีปริมาณการใช้น้ำร้อนสูงกว่าค่าปกติเนื่องจากมีสาธารณสุขปโภคพิเศษต่อเข้ากับระบบผลิตน้ำร้อนเท่านั้น เช่นสระน้ำ เพื่อการบำบัดน้ำโรงพยาบาล เป็นต้น โดยต้องระวังไม่ประเมินค่าการใช้น้ำร้อนที่เพิ่มสูงจนเกินไป ในการออกแบบสำหรับรีสอร์ทนี้มีจำนวนห้องพักที่ต้องใช้น้ำร้อนทั้งหมด8 ห้อง เลือกใช้จำนวนคนเข้าพักเต็มจำนวนและเพื่อปริมาณน้ำร้อนสำหรับผู้เข้าพักชั่วคราว จะได้จำนวนคนที่ใช้น้ำร้อนทั้งหมดคน ซึ่งจากตารางที่ 3.2 แนะนำให้ใช้ปริมาณการใช้น้ำร้อนที่20-30 จะได้ปริมาณความต้องการน้ำร้อนทั้งหมดต่อวันเท่ากับ

$$Q(\text{L/day}) = 50 \times 30 = 1500(\text{L/day}) \quad (3.1)$$

ตารางที่ 3.2 ค่าปริมาณการใช้น้ำร้อนรายวันต่อจำนวนคนพักเต็มอุณหภูมิ 60 °C

	โรงพยาบาล	บ้านพัก คนชรา	หอพัก นักศึกษา	โรงแรม	อาคารที่พัก อาศัย
ปริมาณการใช้น้ำร้อน(L/day)	30-35	30-35	20-25	20-30	20-25

ข. ความสามารถในการผลิตน้ำร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์, P (L/m²day) จำเป็นต้องทราบค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีของสถานที่ ที่ออกแบบระบบฯ ดังตารางที่3.3 ซึ่งเลือกค่าที่ต่ำที่สุดมาใช้ในการออกแบบ เนื่องจากจะเป็นค่าที่ระบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้ต่ำที่สุดเพื่อให้ น้ำร้อนที่ระบบผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการ และกำหนดให้ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์เท่ากับ 50%

$$\eta = \frac{Q}{I_t A_c} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} Q &= \eta \times I_t \times A_c \\ &= 0.5 \times 17.8 \times 2 \\ &= 17.08 \text{ MJ/day} \end{aligned}$$

ค. ปริมาณน้ำร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์1 แผงสามารถผลิตได้ จากอุณหภูมิ 30 °C เป็น 60 °C

$$m = \frac{Q}{C_p (T_{60} - T_{30})} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{17080}{4.187 \times (60 - 30)} \\
 &= 136.20 \text{ L/collector/day} \\
 &= 68.10 \text{ L/m}^2 \cdot \text{day}
 \end{aligned}$$

ง. การหาขนาดพื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เลือกใช้สัดส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar fraction) เท่ากับ 0.75 [17]

$$A = \frac{Q \times F}{P} \quad (3.4)$$

เมื่อ A = พื้นที่ของตัวเก็บแสงอาทิตย์ m^2

Q = ความต้องการน้ำ ร้อนเฉลี่ยทั้งปี L/day

F = สัดส่วนที่เลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ 75% (ค่าที่ควรเลือกใช้ 60-80% สำหรับประเทศไทย)

P = ความสามารถในการผลิตน้ำ ร้อนของตัวเก็บแสงอาทิตย์ $\text{L/m}^2 \cdot \text{day}$

ดังนั้นพื้นที่รับแสงอาทิตย์จะเท่ากับ

$$\frac{1500 \times 0.75}{68.10} = 16.5$$

เลือกใช้จริงเท่ากับ 16 m^2

จะเห็นได้ว่าพื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งจริง เนื่องจากกำหนดให้ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์เท่ากับ 50% ซึ่งอาจมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ในส่วนปริมาณการใช้น้ำ ร้อนอาจมีค่าไม่เท่ากับการใช้งานจริงไว้ เนื่องจากในการคำนวณได้พิจารณากรณี full load นอกจากนี้ยังมีระบบความชื้นเสริมช่วยหากมีกรณีความต้องการน้ำ ร้อนเพิ่มขึ้น

3.2.2 การออกแบบถังเก็บน้ำร้อน [17]

ก. หลักการการออกแบบถังเก็บน้ำ ร้อน สำหรับระบบผลิตน้ำ ร้อนด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะใช้ถังเก็บน้ำ ร้อนธรรมดาที่มีใช้กันทั่วไป โดยขนาดถังเก็บน้ำ ร้อนควรมีขนาดเพียงพอที่จะเก็บน้ำ ร้อนส่วนเกินที่สามารถผลิตได้และไม่ให้อุณหภูมิ น้ำ ร้อนที่เก็บเพิ่มขึ้นเกินกว่า 3.3°C แต่ถ้าหากการใช้น้ำ ร้อนสอดคล้องกับการผลิตน้ำ ร้อนอย่างเช่น มีความต้องการน้ำ ร้อนในช่วงเวลากลางวัน 6-7 วันต่อสัปดาห์ ขนาดความจุถังเก็บน้ำ ร้อนน้อยสุดที่เป็นไปได้ อาจจะเพียงพอแล้ว แต่เมื่อไรก็ตามที่การใช้น้ำ ร้อนไม่สอดคล้องหรือสอดคล้องกับการผลิตน้ำ ร้อน เช่น มีความต้องการน้ำ ร้อนในช่วงเวลากลางคืน

5 วันต่อสัปดาห์ขึ้นไปจะต้องใช้ขนาดถังเก็บร้อนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการที่ระบบมีความจุของถังเก็บน้ำร้อนมากกว่าจะทำให้ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีขึ้นโดยถังเก็บน้ำร้อนที่เหมาะสมกับต้นทุนจะอยู่ในช่วง $20.4 - 81.6 \text{ L/m}^2$ ของพื้นที่แผงรับรังสี การประมาณการหาขนาดความจุที่น้อยสุดของถังเก็บน้ำร้อนที่ต้องกลสำหรับลักษณะการใช้ถังเก็บ แบบ ดังนี้

- ความต้องการน้ำร้อนในช่วงเวลากลางวันกรณีที่ วัน/สัปดาห์ ใช้ขนาดถังเก็บน้ำร้อน $20.4 - 28.6 \text{ L/m}^2$ ของพื้นที่แผงรับรังสี

- ความต้องการน้ำร้อนในช่วงเวลากลางวันกรณีที่ วัน/สัปดาห์ (ไม่รวมวันหยุดสุดสัปดาห์) ใช้ขนาดถังเก็บน้ำร้อน 40.8 L/m^2 ของพื้นที่แผงรับรังสี

- ความต้องการน้ำร้อนในช่วงเวลากลางคืน(ตอนไม่มีแสงแดด)กรณีที่ ใช้ขนาดถังเก็บน้ำร้อน $71.4 - 81.6 \text{ L/m}^2$ ของพื้นที่แผงรับรังสี โดยถ้าเป็นเวลา 5 วัน/สัปดาห์ ให้ใช้ค่าสูง แต่ถ้าเป็นเวลา 7 วัน/สัปดาห์ ให้ใช้ค่าต่ำ

ข. การออกแบบถังเก็บน้ำร้อนสำหรับรีสอร์ทแห่งหนึ่งระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการใช้น้ำร้อนในช่วงกลางวันและกลางคืนจะต้องใช้ขนาดถังเก็บน้ำร้อนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งการที่ระบบมีความจุของถังเก็บน้ำร้อนมากทำให้ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีขึ้นแต่ใช้ต้นทุนสูงขึ้นด้วยเช่นกัน การประมาณขนาดความจุของถังเก็บน้ำร้อนที่ต้องการตามลักษณะการใช้ถังเก็บของโรงแรมคลอง 4 รีสอร์ท มีดังนี้

- ความต้องการน้ำร้อนในช่วงเวลากลางวันกรณีที่ วัน/สัปดาห์ ใช้ขนาดถังเก็บน้ำร้อน $20.4 - 28.6 \text{ L/m}^2$ ของพื้นที่แผงรับแสง นั่นคือ $17.49 \times 24.5 = 428.50 \text{ L}$

- ความต้องการน้ำร้อนในช่วงเวลากลางคืน(ตอนไม่มีแสงแดด) คงที่ 7 วัน/สัปดาห์ ใช้ขนาดถังเก็บน้ำร้อน $71.4 - 81.6 \text{ L/m}^2$ ของพื้นที่แผงรับแสง นั่นคือ $17.49 \times 76.5 = 1337.985 \text{ L}$

ดังนั้น ขนาดของถังเก็บน้ำร้อนที่เหมาะสมจึงควรมีขนาดเท่ากับ $428.50 + 1337.985 = 1766.485 \text{ L}$ ในการปฏิบัติจริงเลือกขนาด 2,000 ลิตร ซึ่งทางผู้ประกอบการจะมีการใช้น้ำร้อนเพิ่มและติดตั้งตัวเก็บแสงอาทิตย์ต่อไปในอนาคต

3.3 อุปกรณ์ในระบบและรูปแบบการติดตั้งระบบฯ

ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัดที่สร้างขึ้น ณ รีสอร์ทแห่งหนึ่ง มีพื้นที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทั้งหมด 16 ตารางเมตร ต่อแบบขนานกัน 4 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 1 ชุด และต่อขนานแบบ

สมดุลการไหล 2 ชุด ใช้ระบบที่ใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำ หรือ (Active System) โดยระบบจะใช้ปั๊มในการหมุนเวียนน้ำ ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์แล้วนำไปเก็บไว้ในถังน้ำร้อน เป็นระบบที่สามารถนำน้ำร้อนไปใช้งานได้โดยตรง

3.3.1 อุปกรณ์ในระบบ

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลทั่วไปของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัด

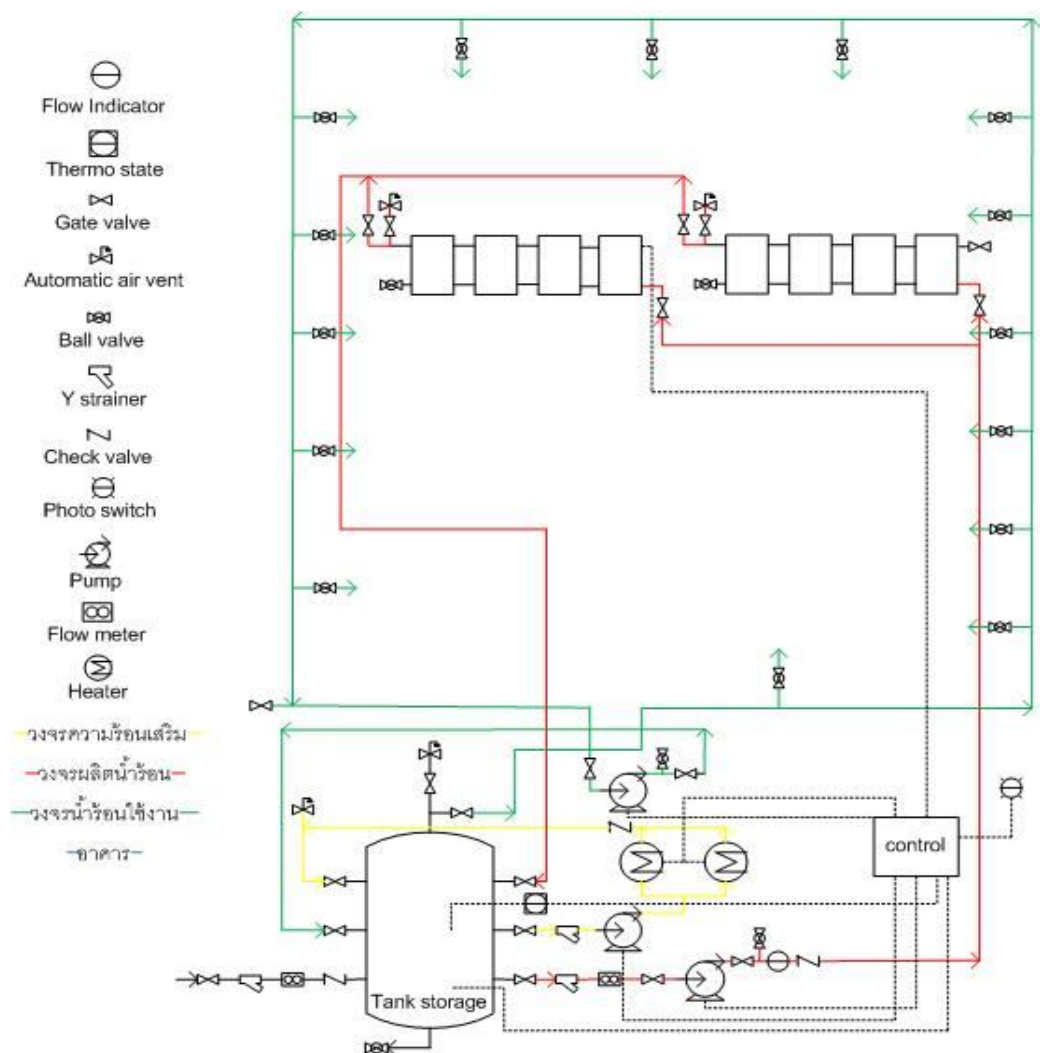
ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัด		
ตัวเก็บรังสีอาทิตย์	ขนาดแผง กว้าง × ยาว (เมตร)	1 × 2
	จำนวน (แผง)	8
	จำนวนท่อของไหลต่อ 1 แผง (ท่อ)	9
	กระจกใสปิด หน้า 6 มิลลิเมตร (ชั้น)	1
	กรอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (ชนิด)	สังกะสี
	ฉนวน (แบบ)	Glass Wool
	ท่อของไหล (ชนิด)	ทองแดง
	แผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ (ชนิด)	สังกะสี
	การต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (แบบ)	ขนาน
ถังเก็บน้ำร้อน	ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง × สูง (เมตร)	1.2 × 1.8
	จำนวน (ลิตร)	2,000
	วัสดุ (ชนิด)	เหล็ก
	ฉนวน (ชนิด)	Polyurethane Foam
ระบบความร้อนเสริม	เครื่องทำน้ำร้อนไฟฟ้าขนาด (วัตต์)	3,500
	จำนวน (เครื่อง)	2
	ชนิด	น้ำผ่า
ปั๊มน้ำหมุนเวียนน้ำในระบบและจ่ายน้ำ	ขนาด (HP)	1
	จำนวน (ตัว)	3
	ปั๊ม (แบบ)	ใบพัดแรงเหวี่ยง
	ฉนวน (ชนิด)	Ethylene Propylene
	ท่อ (ชนิด)	เหล็กชุบสังกะสี
ตู้ควบคุมการทำงาน	Timer Switch (ตัว)	3
	Photo Cell Switch (ตัว)	1
	Universal Electronic Controller (ตัว)	1
	Phase Protector (ตัว)	1
	Magnetic Switch (ตัว)	4
	Breaker (ตัว)	4

ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัด		
ผู้ควบคุมการทำงาน (ต่อ)	Thermal Overload Relay (ตัว)	4
	Relay (ตัว)	1
	Hour Meter (ตัว)	3

3.3.2 รูปแบบการติดตั้งระบบฯ

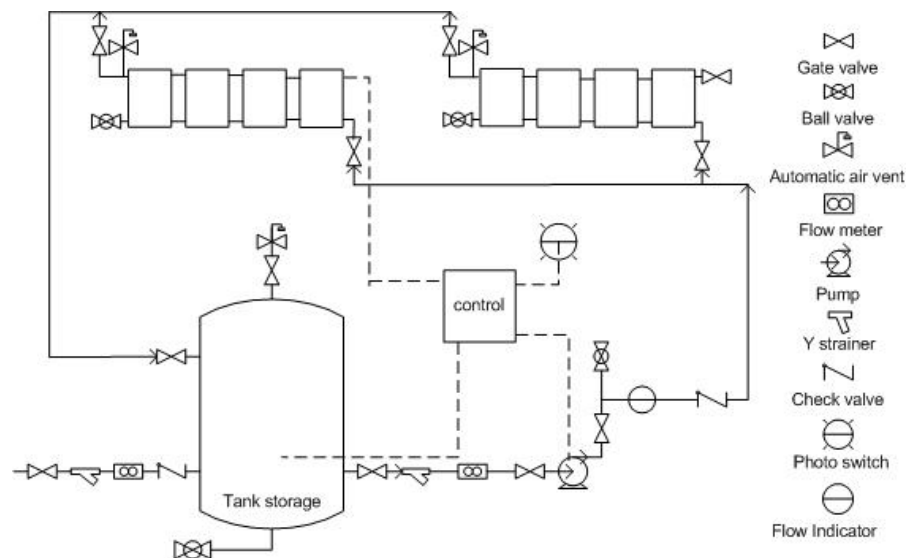
ระบบผลิตน้ำ ร้อนรังสีอาทิตย์ราคาประหยัดของรีสอร์ทแห่งหนึ่งในเขตปริมณฑลจากการศึกษาระบบผลิตน้ำ ร้อนรังสีอาทิตย์ราคาประหยัดสามารถแบ่งระบบออกได้เป็น ๒ ระบบและมีอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

ก. ไดอะแกรมการติดตั้ง



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมระบบทำน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่โรงแรมคลองสีรีสอร์ท

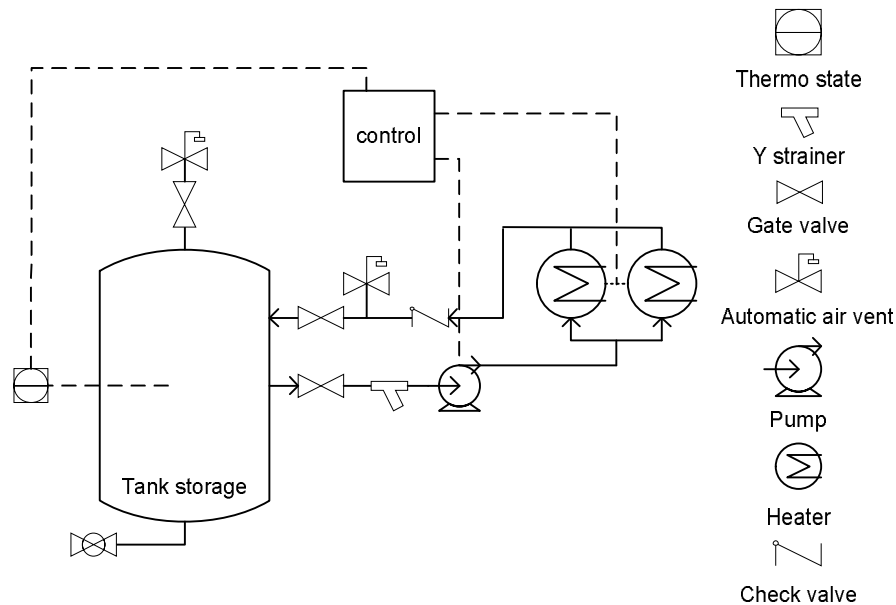
ข. ระบบหมุนเวียนน้ำ ร้อนระหว่างถังสะสมความร้อนกับแผงรับรังสีอาทิตย์(Circulate) ระบบหมุนเวียนน้ำ ร้อนมีหน้าที่นำน้ำ อุ่นจากตู้ด้านล่างถึงเก็บน้ำ ร้อนไปปรับความร้อนที่แผงรับรังสีอาทิตย์ โดยใช้ปั๊ม ำในการหมุนเวียนน้ำ ำ และมีระบบควบคุมการทำงานของปั๊ม ำ ด้วยสวิทช์แสง (Photo Cell Switch) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมให้ระบบทำงานในเวลากลางวัน หรือเมื่อมีความสว่างมากกว่า 31.5 – 125 ลักซ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เป็นระบบหมุนเวียนน้ำ ำ ทำงานในเวลากลางคืนซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน และมีระบบควบคุมจังหวะการทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำ ร้อนโดยใช้ผลต่างของอุณหภูมิ น้ำในถังสะสมความร้อนกับแผงรับรังสีที่ผลต่าง $^{\circ}\text{C}$ ระบบควบคุมจะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่ปั๊ม ำ ของระบบCirculate เพื่อหมุนเวียนน้ำ ำ ในถังน้ำ ร้อนไปปรับความร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แล้วกลับมาเก็บที่ถังน้ำ ร้อน จนกระทั่งผลต่างอุณหภูมิระหว่างน้ำ ร้อนในถังกับน้ำ ำ ในheader ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชุดที่ 2 มีผลต่างอุณหภูมิ 1.5°C อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิสั่งหยุดการทำงานในการปรับตั้งผลต่างอุณหภูมิ ที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจำเป็นต้องมีประสบการณ์และความชำนาญในการปรับตั้ง เพราะมีหลายองค์ประกอบ เช่น การปรับอัตราการไหลของน้ำ ำ ที่ไปถ่ายโอนความร้อน ความยาวท่อของไหลตัวเก็บแสง ความสามารถในการถ่ายโอนความร้อนระหว่างแผ่นดูดกลืนแสงกับท่อของไหล เป็นต้น เพื่อให้ระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด และยืดอายุการใช้งานของปั๊ม ำ



รูปที่ 3.2 ระบบหมุนเวียนน้ำ ร้อนระหว่างถังสะสมความร้อนกับแผงรับรังสีอาทิตย์

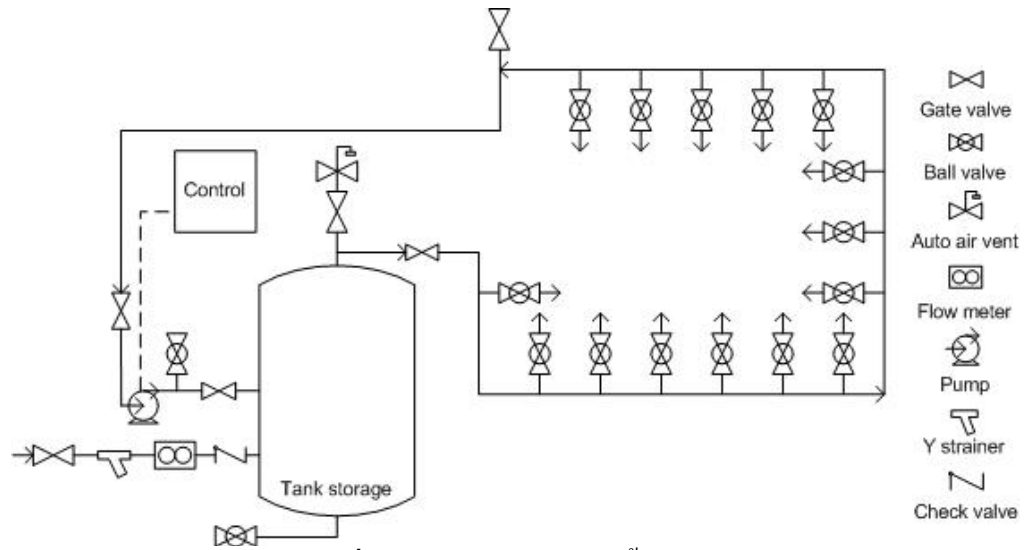
ค. ระบบความร้อนเสริม (Heater) เป็นระบบผลิตความร้อนในช่วงที่ความร้อนจะแผงรับรังสีอาทิตย์ ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน โดยจะดึงน้ำ ร้อนอุณหภูมิต่ำไปเพิ่มอุณหภูมิที่เครื่องทำน้ำ ร้อนและจะวนกลับมาที่ถังสะสมความร้อน ควบคุมช่วงเวลาการทำงานด้วยTimer Switch และใช้ Thermostat เช็คอุณหภูมิของน้ำ ำในถัง ระบบจะทำงานเมื่ออุณหภูมิของน้ำ ำในถังต่ำกว่า 40°C ในการ

ปรับช่วงเวลาการทำงานและอุณหภูมิเริ่มทำงานให้เหมาะสม ควรคำนึงถึงช่วงเวลาการใช้น้ำร้อนสูงสุด หรือ ช่วงเวลาที่ระบบผลิตน้ำ ร้อนรังสีอาทิตย์ไม่ทำงาน เช่น ช่วงเวลากลางคืน ฤดูกาลที่ฝนตกหนักไม่มีรังสีอาทิตย์ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบใช้พลังงานจากระบบความร้อนเสริมน้อยที่สุด



รูปที่ 3.3 ระบบความร้อนเสริม

ง. ระบบหมุนเวียนน้ำ ำใช้งาน(Return) ระบบหมุนเวียนน้ำ ำใช้งานมีขึ้นเพื่อให้ น้ำ ร้อนในท่อน้ำ ร้อนใ้ งานให้พร้อมใ้งานเสมอ ควบคุมการทำงานด้วย Timer Switch 2 ตัว โดย Timer Switch ตัวที่ 1 ควบคุมปั้มน้ำ ำให้เริ่มทำงาน ณ ช่วงเวลาที่กำหนด Timer Switch ตัวที่ 2 ควบคุมให้ปั้มน้ำ ำหยุดทำงาน การทำงานระบบหมุนเวียนน้ำ ำใ้งานนั้นสามารถปรับระยะเวลาในการทำงานได้ การปรับช่วงเวลา การทำงานของระบบหมุนเวียนน้ำ ำใ้งานจะต้องศึกษาพฤติกรรมช่วงเวลาการใ้ น้ำ ำ และต้องตั้งเวลา การทำงานให้เหมาะสมกับการใ้งานจริงของผู้ใ้ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบหมุนเวียนน้ำ ำใ้งานใ้พลังงาน น้อยที่สุด



รูปที่ 3.4 ระบบหมุนเวียนน้ำใช้งาน

3.4 เครื่องมือสำหรับการตรวจวัดค่า

วัตถุประสงค์ของการตรวจวัดข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมของระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบและการใช้พลังงานของระบบ

ก. เครื่องวัดปริมาณค่ารังสีอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ยี่ห้อ LI-COR

รุ่น LI-200

ความแม่นยำ (accuracy) $\pm 2\%$



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดปริมาณรังสีอาทิตย์ (Pyranometer)

ข. เครื่องวัดอัตราการไหล ดังแสดงในรูปที่ 3.6

ยี่ห้อ SANGI

รุ่น HWT 1"

ทนอุณหภูมิสูงสุด $\leq 90^{\circ}\text{C}$

ทนแรงดันสูงสุด $\leq 1\text{ MPa}$

ความแม่นยำ (accuracy) $\pm 3\%$



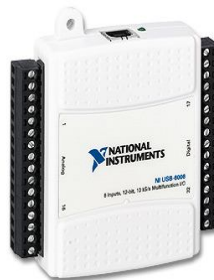
รูปที่ 3.6 เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter)

ค. เครื่องคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลและอุปกรณ์รับค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.7

ยี่ห้อ National Instruments

รุ่น NI USB-6008

Resolution 12 bits



รูปที่ 3.7 เครื่องรับค่าพารามิเตอร์

ง. สายเทอร์โมคัปเปิล ดังแสดงในรูปที่ 3.8

วัดช่วงอุณหภูมิ -200 ถึง 1350

ชนิด Type K

ความแม่นยำ (Accuracy) $\pm 0.5\%$



รูปที่ 3.8 สายเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

จ. เครื่องนับชั่วโมงการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.9

ยี่ห้อ Panasonic

รุ่น TH2385

ความแม่นยำ (Accuracy) $\pm 0.5 \%$



รูปที่ 3.9 มิเตอร์นับเวลาการทำงาน (Hour Meter)

ฉ. เครื่องบันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.10

ยี่ห้อ Graphtec



รูปที่ 3.10 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)

3.5 ขั้นตอนในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงอาทิตย์กับความร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ผลิตได้

ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงอาทิตย์กับความร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ผลิตได้ ศึกษาโดยทำการติดตั้งระบบเก็บข้อมูลอัตโนมัติเพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ระยะยาว การเก็บข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ กับปริมาณความร้อนที่แผงสามารถผลิตความร้อนให้แก่น้ำได้ และสามารถทำนายปริมาณความร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถผลิตได้ในเดือนต่างๆของปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ราคาประหยัด

ก. ตัวแปรที่ต้องทำการวัด

1. ค่ารังสีอาทิตย์, MJ/m^2
2. อุณหภูมิ น้ำเข้าแผงรับรังสีอาทิตย์, $^{\circ}\text{C}$
3. อุณหภูมิ น้ำออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์รังสีอาทิตย์, $^{\circ}\text{C}$
4. ปริมาณน้ำ ที่ไหลผ่านแผง L

ข. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ตกกระทบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในรูปแบบความร้อนเทียบกับปริมาณความร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ถ่ายโอนไปให้แก่น้ำ

- 1.1 เก็บข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์ตลอดทั้งวัน

- 1.2 เก็บข้อมูลอุณหภูมิ น้ำเข้า-ออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์

- 1.3 จากข้อมูลอุณหภูมิ น้ำเข้าและออกแผงมาคำนวณหาความร้อนที่ถูกถ่ายโอนสู่น้ำ จากสมการ

$$Q = m c_p (T_o - T_i) \quad (3.5)$$

- 1.4 นำข้อมูลรังสีอาทิตย์กับค่าความร้อนที่แผงรับแสงถ่ายโอนสู่น้ำ มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.3

3.5.2 การศึกษาความสามารถของระบบ

ในการวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งระบบเก็บข้อมูลอัตโนมัติเพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ระยะยาวการเก็บข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ ปริมาณน้ำ ร้อนที่ระบบ

ผลิตได้กับปริมาณน้ำ ร้อนใช้งาน และเทียบกับปริมาณน้ำ ร้อนตามมาตรฐานการเข้าพัก ตามจำนวนผู้เข้าพักจริง

ก. ตัวแปรที่ต้องทำการวัด

1. อุณหภูมิ น้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์, °C
2. อุณหภูมิ น้ำออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์, °C
3. อัตราการไหลของน้ำ ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์, °C
4. อุณหภูมิ น้ำร้อนใช้งาน °C
5. อุณหภูมิ าคิบที่เดิมเข้าสู่ระบบ °C
6. ปริมาณน้ำ ใช้งาน Liter
7. จำนวนแขกเข้าพักในแต่ละวัน

ข. เครื่องมือวัด ประกอบด้วย

1. ไพรานอมิเตอร์
2. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ
3. คาลดัลลอกเกอร์

ค. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำ ร้อนที่ผลิตได้และปริมาณน้ำ ร้อนที่ผู้เข้าพักอาศัยใช้งานจริงที่อุณหภูมิ 60 °C ตามที่ออกแบบไว้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้
 - 1.1 เก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์
 - 1.2 เก็บข้อมูลอุณหภูมิ น้ำเข้า-ออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์
 - 1.3 จากข้อมูลที่ได้คำนวณหาความร้อนที่แผงผลิตได้จากสมการที่ 3.6

$$Q_L = m^{\square} c_p (T_o - T_i) \quad (3.6)$$

- 1.4 จากความร้อนที่แผงผลิตได้นำไปหาปริมาณน้ำ ร้อนที่แผงผลิตได้ที่อุณหภูมิ 60 °C ดังสมการที่ 3.7

$$Q_L = m^{\square} c_p (T_{60} - T_{30}) \quad (3.7)$$

- 1.5 การหาความร้อนที่นำไปใช้งานตามสมการที่ 3.8

$$Q_{use} = m^{\square} c_p (T_{use} - T_{raw}) \quad (3.8)$$

- 1.6 เก็บข้อมูลปริมาณน้ำ ร้อนที่นำไปใช้งาน $m^{\square}$

- 1.7 วัดอุณหภูมิ น้ำร้อนใช้งาน T_{use}

- 1.8 วัดอุณหภูมิ าคิบที่เข้าสู่ระบบ T_{raw}

1.9 คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้งานจากปริมาณความร้อนที่ปริมาณน้ำ ที่อุณหภูมิ 60°C จะได้ m คือปริมาณน้ำ ร้อนที่ 60°C ตามสมการ 3.9

$$Q = mc_p (T_{60} - T_{30}) \quad (3.9)$$

1.10 หากระตามเงื่อนไขที่ออกแบบคือ 1 คนจะใช้น้ำ ร้อน 30 ลิตร/วัน ที่อุณหภูมิ 60°C ตามมาตรฐานการออกแบบ

1.11 จากข้อมูลจำนวนผู้เข้าพักคำนวณหาปริมาณน้ำ ร้อนตามจำนวนคนที่เข้าพักได้ดังนี้

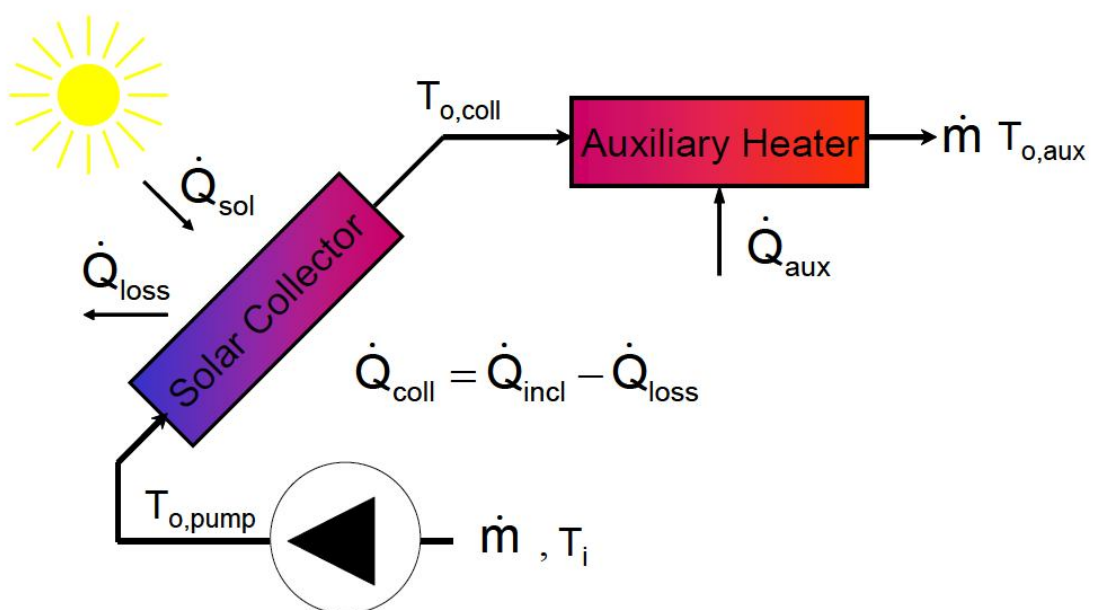
$$\text{จำนวนผู้เข้าพัก} \times 30 = \text{ปริมาณน้ำ ร้อนตามจำนวนคนเข้าพัก}$$

1.12 นำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟดังรูปที่ 4.7

3.6 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัดสร้างโดยใช้โปรแกรม Trnsys version 16 และใช้ข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่รีสอร์ทแห่งหนึ่งในเขตปริมณฑล พร้อมกับข้อมูลการใช้จริงของรีสอร์ทโดยทำการจำลองแล้วเทียบกับข้อมูลที่ได้จากระบบหมุนเวียนน้ำ ไปถ่ายโอนความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Circulate) และระบบความร้อนเสริม (Heater) เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ราคาประหยัดให้เหมาะสมกับการใช้งานและหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

ก. ตัวอย่างการคำนวณระบบผลิตน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ภายในโปรแกรม Trnsys 16

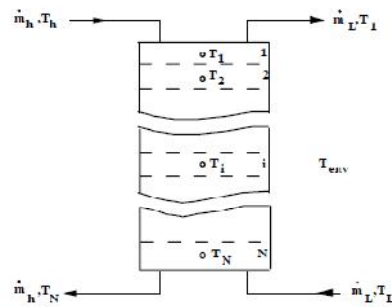


รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการคำนวณภายในโปรแกรม Trnsys

สมการประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์คำนวณจากสมการ

$$\eta = \frac{Q_u}{A \cdot I_T} = \frac{\dot{m} C_{pf} (T_o - T_i)}{A \cdot I_T} = F_R (\tau \alpha)_n - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{I_T}$$

ข. ถังเก็บสะสมความร้อน อุณหภูมิภายในถังเก็บสะสมความร้อนสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การแบ่งชั้นของของเหลวภายในถังเก็บน้ำร้อน [18]

$\dot{m}_L$ = อัตราการไหลของของเหลวสู่ไหล

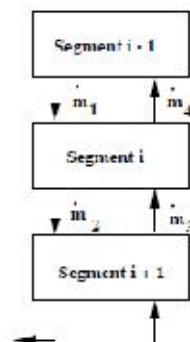
$\dot{m}_h$ = อัตราการไหลของของเหลวสู่แหล่งความร้อน

T_h = อุณหภูมิของน้ำเข้าสู่ถังเก็บจากแหล่งความร้อน

T_L = อุณหภูมิของน้ำดิบที่ถูกดึงเข้ามาแทนที่ไหล

T_{env} = อุณหภูมิสภาพแวดล้อม

การไหลของของไหล โดยมีสมมติฐานคือ สมมติว่ามีการไหลของของไหลภายในถังจากแต่ละโหนด ซึ่งสมมติให้ของเหลวจะถูกผสมอย่างเต็มที่ก่อนที่จะข้ามซีกเมนต์ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การไหลของของเหลวในแต่ละซีกเมนต์ [18]

สมการสมดุลพลังงานของซีกเมนต์คำนวณจาก

$$M_i C_{pf} \frac{dT_i}{dt} = \frac{(\dot{m}_1 - \dot{m}_3) C_{pf} (T_{i-1} - T_i)}{(\dot{m}_3 - \dot{m}_1) C_{pf} (T_{i+1} - T_i)} \quad \text{เมื่อ} \quad \begin{matrix} \dot{m}_1 \geq \dot{m}_3 \\ \dot{m}_1 < \dot{m}_3 \end{matrix}$$