บทที่ 3

การหาตัวแปรที่เหมาะสมในระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์กับปริมาณพลังงานเสริมที่ใช้ในระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์หาได้จากการใช้โปรแกรม TRNSYS และความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะเกี่ยวพันกับ แฟคเตอร์ทางเศรษฐศาสตร์และพารามิเตอร์ของระบบ

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาหาตัวแปรที่เหมาะสมในการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

3.1.1 แสงอาทิตย์และอุณหภูมิบรรยากาศ

ข้อมูลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิบรรยากาศและความเร็วลมที่ใช้ในโปรแกรม TRNSYS หาได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา

3.1.2 รูปแบบการใช้น้ำร้อนสำหรับโรงแรมจะมีลักษณะดังแสดงในรูป 3.1 [11]

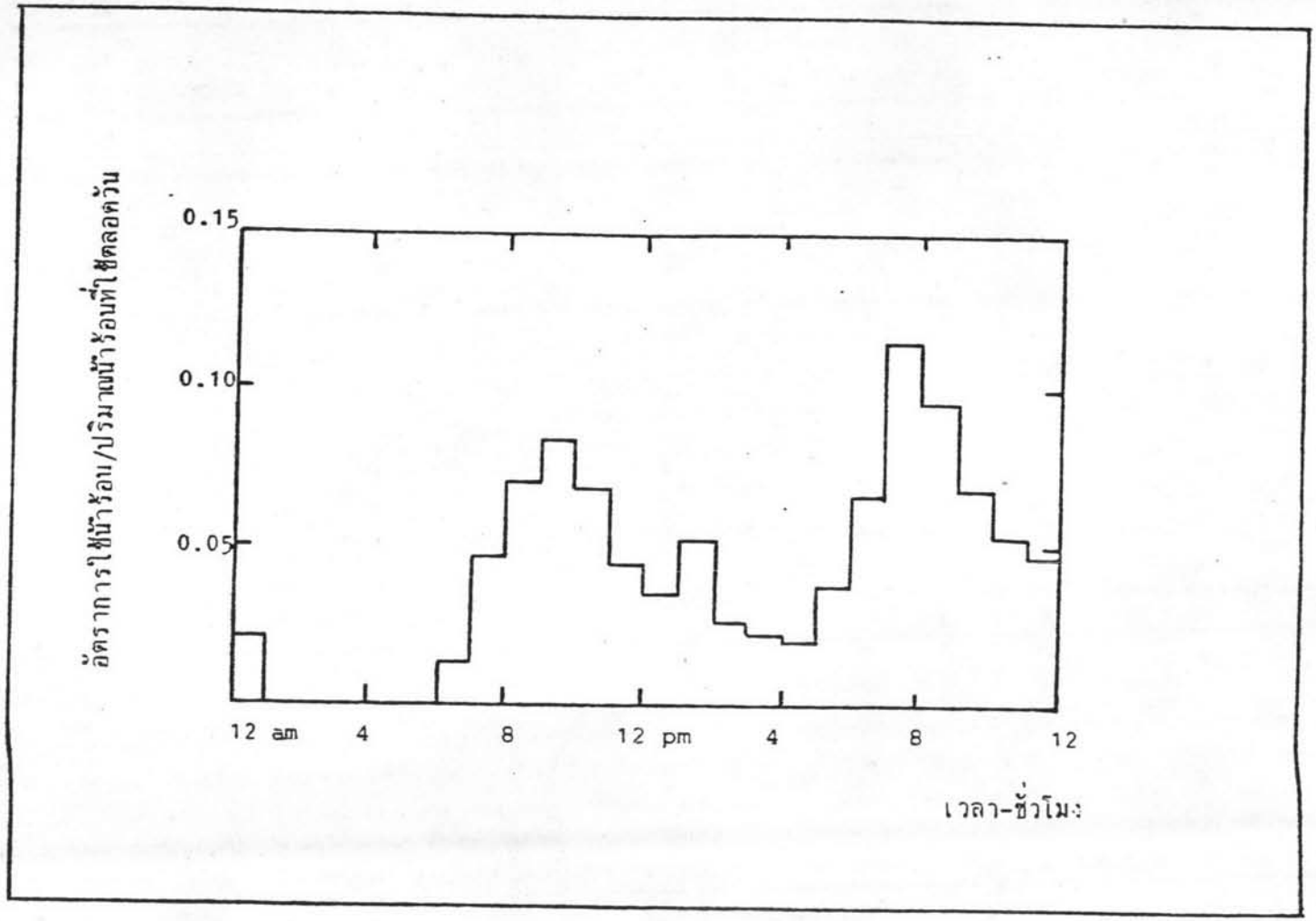
3.1.3 อัตราการใช้น้ำร้อน

ในการศึกษาเริ่มต้นอัตราการใช้น้ำร้อนเท่ากับ 1,000 ลิตร/วัน ในกรณีที่อุณหภูมิน้ำร้อนที่ได้จากระบบไม่เท่ากับอุณหภูมิที่กำหนด อัตราการใช้น้ำร้อนจะเปลี่ยนไปในอัตราที่สัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิน้ำร้อนที่เปลี่ยนไป เช่น ถ้าอุณหภูมิน้ำร้อนที่ต้องการ $70^{\circ}C$ อัตราการใช้น้ำร้อน 1,000 ลิตร/วัน ถ้าอุณหภูมิน้ำร้อนที่ได้จากระบบเป็น $72^{\circ}C$อัตราการใช้น้ำร้อนจะเปลี่ยนจาก 1,000 ลิตร/วัน เป็น 940 ลิตร/วัน เป็นต้น

ในกรณีที่อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากระบบเป็น $65^{\circ}C$ เครื่องทำความร้อนเสริมจะเพิ่มพลังงานความร้อนจนอุณหภูมิของน้ำเพิ่มเป็น $70^{\circ}C$

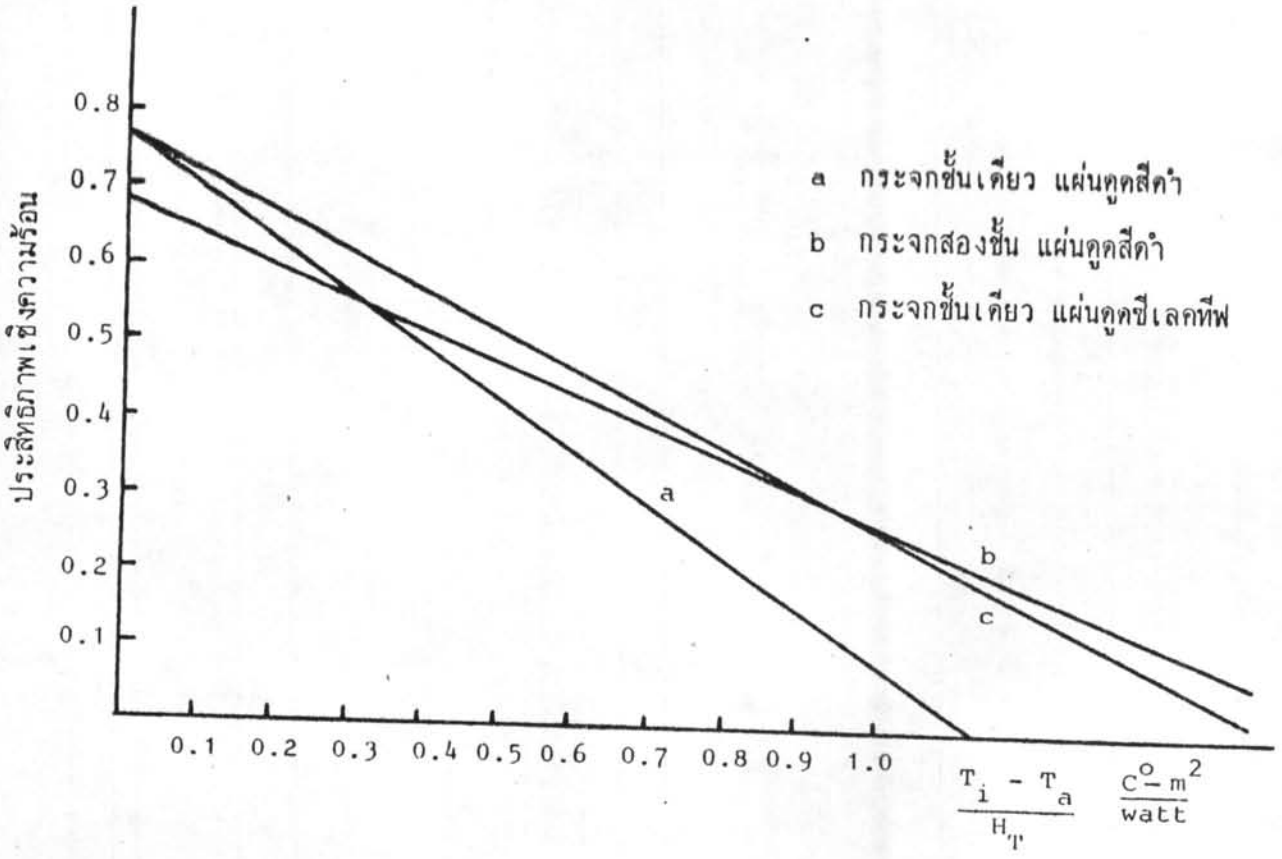
3.1.4 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นที่มีจำหน่ายและนำมาใช้ผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิ $60^{\circ}C$ ได้แบ่งตามลักษณะของแผ่นดูดและกระจกปิดได้ 3 แบบคือ



รูปที่ 3.1 รูปแบบการใช้น้ำร้อนสำหรับโรงแรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น

1. กระจกชั้นเดียว แผ่นดูดสีดำ
2. กระจกชั้นเดียว แผ่นดูดซีเลคทีฟ
3. กระจกสองชั้น แผ่นดูดสีดำ

ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบได้แสดงไว้ในรูป 3.2 แผงรับแสง-อาทิตย์ทั้ง 3 แบบให้สมรรถนะในการดูดพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิการทำงานและแสงอาทิตย์ ราคาโดยเฉลี่ยของแผงทั้ง 3 ชนิดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในปัจจุบันที่ทราบจากตัวแทนขายสำหรับแผงชนิดที่ 1,2,3 เป็น 2,500, 4,100, 3,300 บาท ตามลำดับ สำหรับอัตราการไหลของน้ำผ่านแผงรับแสงในทางปฏิบัติจะมีค่าประมาณ 0.015 ลิตร/วินาที-$ม^2$ [11]

3.1.5 ถังเก็บน้ำร้อน

ถังเก็บน้ำร้อนเป็นส่วนสำคัญในการเก็บพลังงานความร้อนในการวิเคราะห์การใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโรงแรมถังเก็บน้ำร้อนจะเป็นแบบถังปิด (PRESSURZED TANK) ระบบนี้มีน้ำเต็มถังและมีแรงดันอยู่ตลอดเวลา ทำให้วางถังเก็บน้ำร้อนไว้ได้ทุกส่วนของโรงแรม ระดับที่วางถังจึงทำได้ง่ายเพราะแรงดันของน้ำที่เข้าไปในถังเท่ากับแรงดันของน้ำเย็นที่ใช้ภายในตัวโรงแรม ถังเก็บน้ำร้อนจะเป็นแบบ 2 ชั้น ถังชั้นในเป็นโลหะไร้สนิมบุฉนวนแล้วหุ้มด้วย GAVA-NIZED SHEET ราคาโดยประมาณ 10 บาท/ลิตร หรือ 10,000 บาท/$ม^3$

3.1.6 พลังงานเสริม

การวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีเครื่องทำความร้อนเสริมด้วยพลังงานเสริมที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. ไฟฟ้า
2. ก๊าซหุงต้ม
3. น้ำมันเตา

ประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อนเสริมโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.5-0.6 สำหรับก๊าซหุงต้ม, น้ำมันเตา และ 1.0 สำหรับกระแสไฟฟ้า [11]

ค่า HEATING VALVE ของพลังงานเสริมมีค่าดังต่อไปนี้ [11]

กระแสไฟฟ้า	3,600	กิโลจูล /กิโลวัตต์-ชม.
ก๊าซหุงต้ม	48,500	กิโลจูล /กิโลกรัม
น้ำมันเตา	39,000	กิโลจูล /ลิตร

ราคากระแสไฟฟ้าในปัจจุบันเท่ากับ 1.75 บาท/กิโลวัตต์-ชม. หรือเท่ากับ 0.000486 บาท/กิโลจูล

เมื่อกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อนเสริมที่ใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.0

ราคาก๊าซหุงต้มในปัจจุบันราคากิโลกรัมละ 10.00 บาท หรือเท่ากับ 0.0004 บาท/กิโลจูล

เมื่อกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อนเสริมที่ใช้ก๊าซหุงต้มเท่ากับ 0.5

ราคาน้ำมันเตาในปัจจุบันราคาลิตรละ 4.32 บาท หรือเท่ากับ 0.0002 บาท/กิโลจูล

เมื่อกำหนด ประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อนเสริมที่ใช้น้ำมันเตาเท่ากับ 0.5

3.2 ขอบข่ายในการศึกษาหาตัวแปรที่เหมาะสม

ขอบข่ายในการศึกษาหาตัวแปรที่เหมาะสมในการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สรุปไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

อัตราการใช้น้ำร้อน 1,000 ลิตร/วัน

ประเภท	อุณหภูมิน้ำร้อน	ชนิดของแผ่นดูด	จำนวนกระจกปิด	ปริมาตรถังเก็บน้ำร้อน / พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ (ลิตร/$ม^2$)
1	$70^{\circ}C$	สีดำ	1	50 60 75 90
2	$60^{\circ}C$	สีดำ	1	50 60 75 90
3	$70^{\circ}C$	ซีเลคทีฟ	1	50 60 75 90
4	$60^{\circ}C$	ซีเลคทีฟ	1	50 60 75 90
5	$70^{\circ}C$	สีดำ	2	50 60 75 90

3.3 สูตรการคำนวณหาพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี (ANNUAL OPERATING COST) แสดงได้ดังนี้

$$B = (C_c A + C_t bA + C_y A)\, I + Q^{o}_{aux} C_f + M \qquad (1)$$

เมื่อ $$I = \frac{i\,(1+i)^N}{[(1+i)^N - 1]}$$

โดยที่

- B – ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี
- A – พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์
- Q^{o}_{aux} – ปริมาณพลังงานเสริมที่ใช้ต่อปี
- C_f – ราคาพลังงานเสริมต่อหน่วยเมื่อราคาพลังงานคงที่
- C_c – ราคาของแผงรับแสงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่
- C_y – ราคาของอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต่อร่วมกับแผงรับแสงอาทิตย์
- C_t – ราคาของถังเก็บน้ำร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร
- M – ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่ไม่ขึ้นอยู่กับแผงรับแสงอาทิตย์
- i – อัตราดอกเบี้ย
- N – อายุการใช้งานของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
- I – แฟคเตอร์สำหรับเทียบค่าเป็นรายปีของเงินลงทุนในอุปกรณ์ต่าง ๆ
- b – ขนาดถังเก็บน้ำร้อนต่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์

ปริมาตรของถังเก็บน้ำร้อนจะแปรผันตรงกับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ด้วยค่าคงที่ b คือ

ขนาดของถังเก็บน้ำร้อน = (b) x (พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์)

การประหยัดสูงสุดในระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์หาได้จากการที่ระบบค่าใช้จ่ายรายปีต่ำสุด ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าปริมาณพลังงานที่ใช้ตลอดปี , Q^{o}_{aux} กับขนาดพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์แล้วแทนเข้าไปในสมการ (1) ในกรณีเช่นนี้ราคาระบบและขนาดพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์สามารถเขียนความสัมพันธ์ออกมาอยู่ในรูปกราฟได้จากนี้ค่าใช้จ่ายรายปีต่ำสุด สามารถวิเคราะห์ออกมาได้ อย่างไรก็ตามถ้ารู้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานเสริม, Q^{o}_{aux} กับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์, A พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมจะสามารถหาได้โดยแก้สมการ (1) ดังนี้

$$\frac{dB}{dA} = 0 \qquad (2)$$

ในการศึกษาโปรแกรม TRNSYS เพื่อคำนวณหา Q^0_{aux} สำหรับพื้นที่แผงรับแสง-อาทิตย์ขนาดต่าง ๆ โดยใส่ค่าพื้นที่เข้าไปในโปรแกรมที่แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ผลลัพธ์จากการใช้โปรแกรม TRNSYS สำหรับอุณหภูมิการใช้น้ำร้อน70°C และ 60°C สำหรับแผงรับแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ และขนาดของถังเก็บน้ำร้อนอยู่ในช่วง 50-100 ลิตร/ม^2 [11] แสดงไว้ในภาคผนวก ค

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานเสริม, Q^0_{aux} กับพื้นที่แผงรับแสงทิตย์, A จะอยู่ในรูปเอ๊กโปเนนเชียล (EXPONENTIAL) [14]

จากรูป 3.3 ความสัมพันธ์ที่ได้คือ

$$Q^0_{aux} = Q_m e^{-\lambda A} \tag{3}$$

$$Q_m = Q^0_{aux} e^{\lambda A}$$

$$\frac{dQ_m}{dA} = Q^0_{aux}\frac{de^{\lambda A}}{dA} + e^{\lambda A}\frac{dQ^0_{aux}}{dA}$$

$$0 = Q^0_{aux}\frac{de^{\lambda A}}{dA} + e^{\lambda A}\frac{dQ^0_{aux}}{dA}$$

$$\lambda = \frac{-dQ^0_{aux}}{dA} \cdot \frac{1}{Q^0_{aux}}$$

$$\lambda = \frac{-1}{Q^0_{aux}} \cdot \frac{dQ^0_{aux}}{dA} \tag{4}$$

เมื่อ Q_m และ λ เป็นค่าตรงที่หาได้จากลักษณะของระบบและสภาวะการทำงานที่กำหนดให้ พารามิเตอร์, λ จะเรียกว่าค่าคงที่ลดลงในการใช้พลังงานเสริม (AUXILLIARY ENERGY CONSUMPTION DECAY CONSTANT)

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานเสริม, Q^0_{aux} กับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์, A ที่หาได้จากการใช้โปรแกรม TRNSYS จะนำมาใช้หาพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม, A_{op} ได้โดยการแทนสมการ (4) เข้าไปในสมการ (1) ผลที่ได้คือ

$$B = A(C_c + bC_t + C_y)I + (Q_m e^{-\lambda A})C_f + M \tag{5}$$

จาก $\frac{dB}{dA} = 0$ จะได้คำตอบคือ

$$A_{op} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{Q_m C_f \lambda}{(C_c + bC_t + C_y)I} \tag{6}$$

หรือ $$A_{op} = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\gamma \tag{7}$$

เมื่อ $\gamma = \frac{Q_m C_f \lambda}{(C_c + bC_t + C_y)I}$

โดยที่ γ - แฟคเตอร์ที่เป็นไปได้ (feasibility factor) และ $\gamma \geq 1$เสมอ สมการที่ (6) ใช้คำนวณหาพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม, A_{op} โดยที่พารามิเตอร์ของระบบและแฟคเตอร์ทางเศรษฐกิจมีผลต่อค่า A_{op} สมการที่ (6) ชี้ให้เห็นว่า A_{op} จะเพิ่มขึ้นถ้า

(1) ราคาพลังงานเสริมเพิ่มขึ้น

(2) อัตราการใช้น้ำร้อนเพิ่มขึ้น

(3) ราคาของระบบลดลง

(4) ค่าคงที่ลดลงในการใช้พลังงานเสริม, λ ลดลง

จากสมการที่ (5) $B = A(C_c+bC_t+C_y)I+(Q_m e^{-\lambda A})C_f + M$

เมื่อแทนค่า $Q^o_{aux} = Q^o_m e^{-\lambda A}$

$$A_{op} = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\gamma$$

$$\gamma = \frac{\lambda Q_m C_f}{(C_c+bC_t+C_y)I}$$

กำหนดให้ $C = (C_c+bC_t+C_y)$ และเรียกค่า C นี้ว่าราคาระบบของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

$$B = ACI + (Q_m e^{-\lambda A})C_f + M$$

โดยไม่คำนึงถึงค่า M, $B = ACI+(Q_m e^{-\lambda A}) C_f$

$$= \frac{1}{\lambda}\ln\gamma \cdot \frac{\lambda}{\gamma} Q_m C_f + Q_m C_f e^{-\lambda(\frac{1}{\lambda}\ln\gamma)}$$

$$= Q_m C_f \left(\frac{\ln}{\gamma} + e^{-\ln\gamma}\right)$$

$$= \frac{Q_m C_f}{\gamma} (\ln\gamma + \gamma e^{-\ln\gamma})$$

$$B = \frac{Q_m C_f}{\gamma} (\ln\gamma + 1) \qquad (8)$$

เมื่อ $A = 0, Q_m$จะเท่ากับ Q^o_{aux} ดังนั้น Q_m จะสามารถอธิบายได้ว่าเป็นพลังงานรูปอื่น ที่ไม่ใช่พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงานเสริมเมื่อ A = 0 โดยเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$B_c = Q_m C_f \quad (9)$$

ค่าของ $Q_m C_f$ เป็นค่าใช้จ่ายรายปีของพลังงานรูปอื่นที่ไม่ใช่พลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากราคาพลังงานมีค่าไม่คงที่จากการประมาณตามความหมายในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5(21) ในด้านการเพิ่มราคาพลังงานในประเทศ ราคาพลังงานจะเพิ่มขึ้นปีละ 10% ดังนั้นจะกำหนดให้

$$\bar{C}_f = C_f e I \quad (10)$$

$$e = \begin{cases} \frac{1}{(i-E)} \left(1 - \left(\frac{1+E}{1+i}\right)^N\right) & E \neq i \\ N(1+E) & E = i \end{cases}$$

โดยที่ $\bar{C}_f$ – ราคาของพลังงานเสริมเมื่อราคาพลังงานเพิ่มขึ้น

C_f – ราคาปัจจุบันของพลังงานต่อหน่วย

I – แฟคเตอร์สำหรับ เทียบค่า เป็นรายปีของค่าใช้จ่าย

i – อัตราดอกเบี้ย

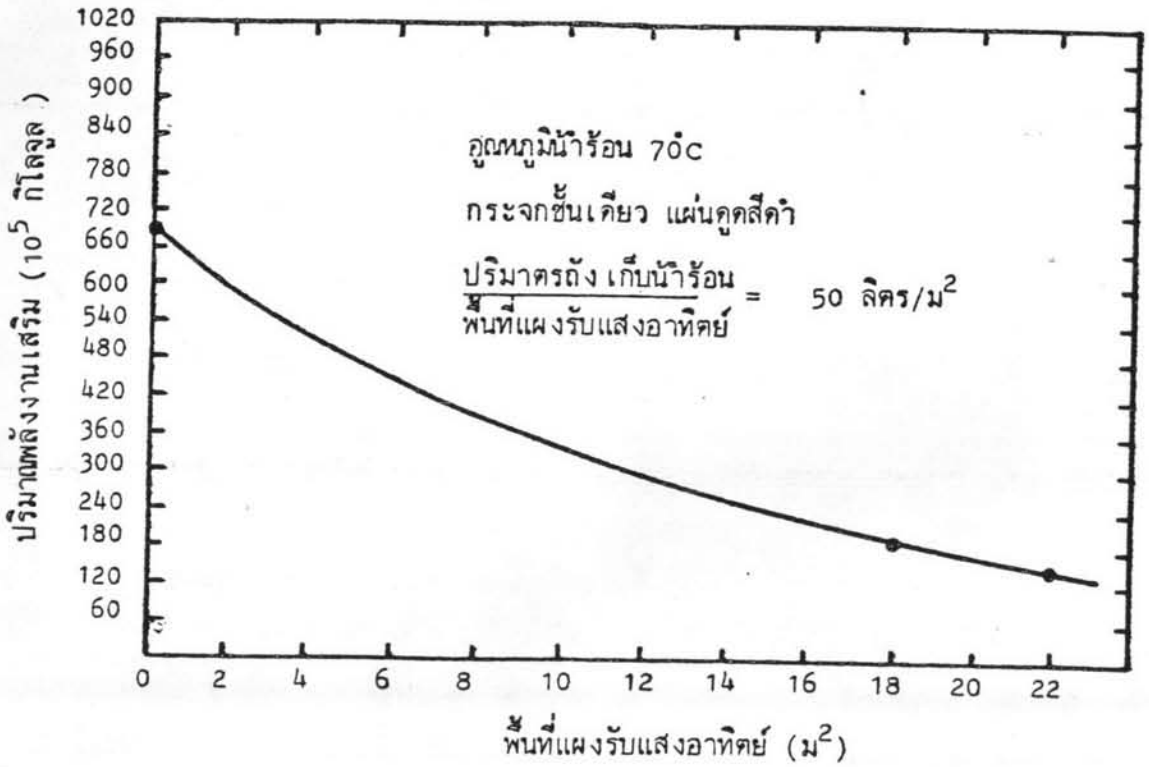
E – ราคาพลังงานที่เพิ่มขึ้นต่อปี

N – อายุการใช้งานของระบบ

จากการใส่ข้อมูลในภาคผนวก ก เข้าไปในโปรแกรม TRNSYS ผลที่ได้จะแสดงไว้ในภาคผนวก ค เมื่อนำค่าของพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์กับปริมาณพลังงานมาพลอตบนกราฟ โดยแสดงกราฟสำหรับขอบข่ายในการศึกษาหาตัวแปรที่เหมาะสมในตารางที่ 3.1 ไว้ในภาคผนวก ง โดยแสดงกราฟเฉพาะระบบที่เหมาะสมเท่านั้น และสามารถหาค่าคงที่ลดลงในการใช้พลังงานเสริม โดยแสดงไว้ในภาคผนวก จ

จากตารางที่ ค-9 สังเกตว่าเมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้เท่ากับ $70^{\circ}C$ ผิวของแผ่นดูดเป็นสีดำ กระจกสองชั้น จะมีค่าปริมาณพลังงานเสริมมากกว่าใช้กระจกชั้นเดียว ดังนั้นจึงไม่พิจารณาใช้แผงแบบดังกล่าว และสรุปได้ว่าสำหรับกรณีกระจกสองชั้นไม่ก่อให้เกิดความประหยัด

<u>ตัวอย่าง</u> การวิเคราะห์ในกรณีอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้เท่ากับ $70^{\circ}C$ แผ่นดูดสีดำ กระจกชั้นเดียว อัตราส่วนปริมาตรถังเก็บน้ำร้อนกับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 50 ลิตร/$ม^2$ หรือ 0.05 $ม^3/ม^2$ จะได้ความสัมพันธ์ $Q_{aux} = Q_m e^{-\lambda A}$ ดังแสดงในรูป 3.3



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานเสริมกับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ที่ได้คือ

$$Q^{o}_{aux} = 68,380,112\, e^{(-0.0707991445A)} \quad \text{กิโลจูล / ปี}$$

นั่นคือ ค่าคงที่ลดลงในการใช้พลังงานเสริม, λ = 0.0707991445/ม^2

พลังงานทั้งหมดเมื่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับศูนย์ = 68,380,112 กิโลจูล / ม^2

จากราคาระบบ, $C = (C_c + bC_t + C_y)$

สำหรับแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบแผ่นและท่อ (PLATES AND TUBES) ชนิดแผ่นดูดสีดำมีกระจกปิดชั้นเดียวกำหนดให้มีราคา 2,500 บาท/ม^2

ดังนั้น

ราคาของแผงรับแสงอาทิตย์ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (C_c) = 2,500 บาท/ม^2

ราคาของถังเก็บน้ำร้อนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (C_t) = 10 บาท/ลิตรหรือ 10,000 บาท/ม^3

เนื่องจากราคาของอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ไม่สามารถประเมินได้อย่างง่าย ๆ จึงประเมินราคาของอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ไว้ดังนี้ 1,000 บาท/ม^2 1,500 บาท/ม^2, 2,000 บาท/ม^2, 2,500 บาท/ม^2 และ 3,000 บาท/ม^2 เมื่อกำหนดราคาของอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็น 1,000 บาท/ม^2

ราคาระบบ $(C_c + bC_t + C_y)$ = (2,500+0.05 x 10,000 + 1,000)

= 4,000 บาท/ม^2

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (LOAN INTEREST RATE) ตามสถาบันการเงินทั่วไป = 18%

เมื่ออายุการใช้งานของระบบ = 20 ปี [11]

ดังนั้น

$$I = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

$$= \frac{0.18(1+0.18)^{20}}{(1+0.18)^{20} - 1}$$

$$= 0.18682$$

เมื่อกำหนดพลังงานเสริมที่ใช้เป็นก๊าซหุงต้ม ราคาของก๊าซหุงต้มเท่ากับ 0.0004 บาท/กิโลจูล (โดยที่ประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อนเสริมเท่ากับ 0.5)

ราคาของก๊าซหุงต้มเทียบเป็นเงินรายปี $\overline{C_f} = C_f eI$

$$e = \frac{1}{(i-E)} \left(1-\left(\frac{1+E}{1+i}\right)^N\right)$$

$$e = \frac{1}{(0.18-0.1)} \left(1-\left(\frac{1+0.1}{1+0.18}\right)^{20}\right)$$

$$= 12.5$$

$$\overline{C_f} = C_f eI$$

$$= 0.0004 \times 12.5 \times 0.18682$$

$$= 0.0009341 \quad \text{บาท/กิโลจูล}$$

ขนาดของพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม, $A_{op} = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{Q_m \overline{C}_f \lambda}{(C_c + bC_t + C_y)I}\right]$

$$A_{op} = \frac{1}{0.0707991445} \ln\left[\frac{68380112 \times \overline{Cf} \times 0.0707991445}{(4000)(0.18682)}\right]$$

$$A_{op} = 21.45 \quad \text{ม}^2$$

ราคาของระบบจะเท่ากับ $21.45 \times 4000 = 85800$ บาท

จากสมการการหาพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม, $A_{op} = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{Q_m \overline{C}_f \lambda}{(C_c + bC_t + C_y)I}$

$$= \frac{1}{0.0707991445} \ln\left[\frac{68380112 \times \overline{C}_f \times 0.0707991445}{(4000)(0.18682)}\right]$$

เมื่อราคาพลังงานเปลี่ยนไปจะสามารถพลอตกราฟระหว่างพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม A_{op} กับราคาพลังงานเสริม , $\overline{C}_f$ ได้ดังแสดงในรูป 3.5 และ 3.6

3.4 การหาอัตราส่วนปริมาตรถังเก็บน้ำร้อนต่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์

จากสมการที่ 8 และสมการที่ 9

$$B = B_{op} = \frac{Q_m C_f}{\gamma} (1+\ln\gamma)$$

$$B_c = Q_m C_f$$

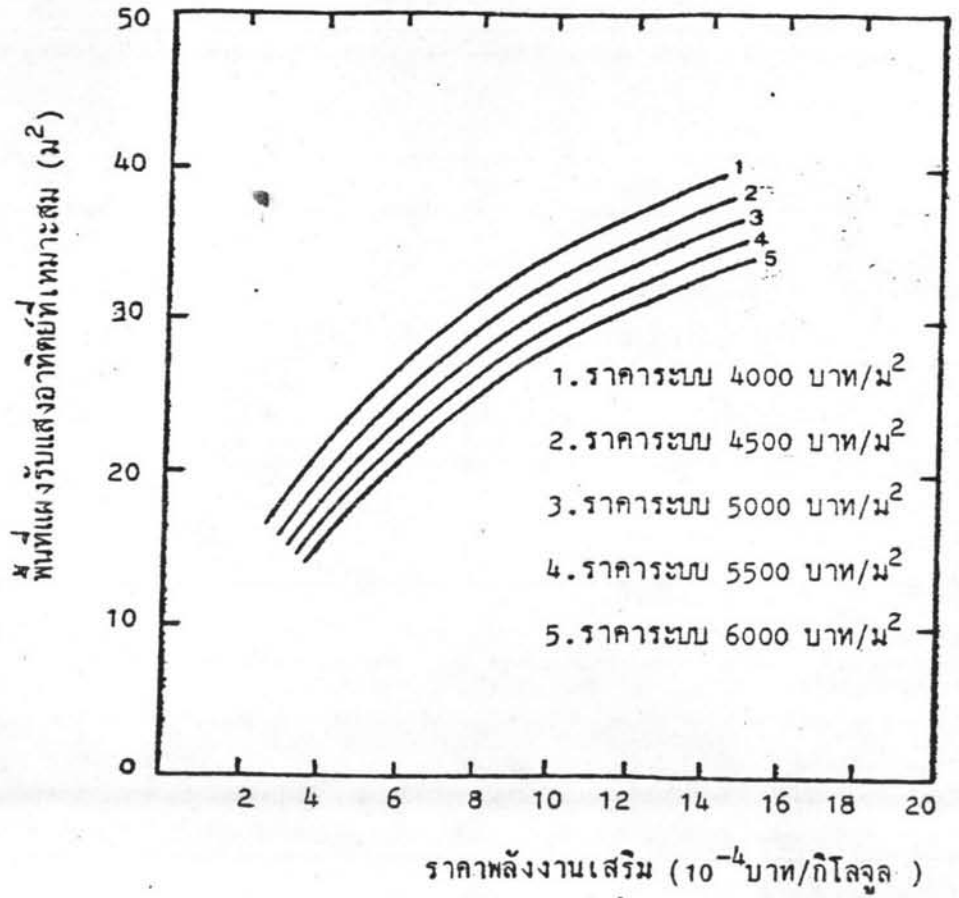
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2

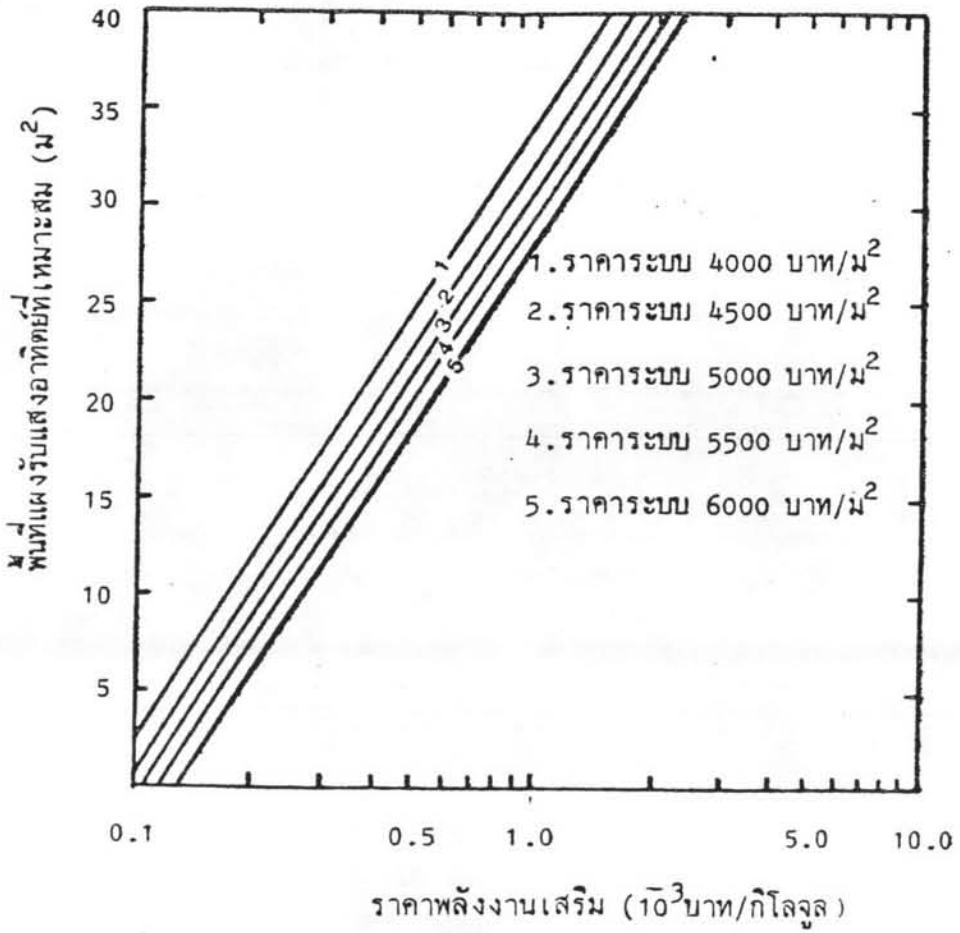
พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับราคาระบบ

TEMPERATRUE OF HOT WATER	70 C^{o}
NUMBER OF COVER GLASS	1
TYPE OF ABSORBER PLATE	BLACK
STORAGE TANK PER COLLECTOR AREA	50 LITRES/M^2
INTEREST RATE	18.0%
LIFE CYCLE	20 YEARS
LOAD	1000LITRES/DAY

SYSTEM COST (Baht/M^2)	TYPE OF FUEL	FUEL COST (Baht/KJ)	SUITABLE AREA (M^2)	SYSTEM COST (Baht)
	ELECTRICITY	.000486	24.20	96794
4000	GAS	.000400	21.45	85792
	BUNKER OIL	.000200	11.66	46630
	ELECTRICITY	.000486	22.53	101407
4500	GAS	.000400	19.78	89029
	BUNKER OIL	.000200	9.99	44973
	ELECTRICITY	.000486	21.05	105234
5000	GAS	.000400	18.30	91481
	BUNKER OIL	.000200	8.51	42529
	ELECTRICITY	.000486	19.70	108353
5500	GAS	.000400	16.95	93225
	BUNKER OIL	.000200	7.16	39378
	ELECTRICITY	.000486	18.47	110830
6000	GAS	.000400	15.72	94326
	BUNKER OIL	.000200	5.93	35584



รูปที่ 3.4 พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับราคาพลังงานเสริม



รูปที่3.5 พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับราคาพลังงานเสริมในรูปแบบ SEMI-LOG

อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปีของระบบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับระบบที่ใช้พลังงานรูปอื่น

$$\frac{B_{op}}{B_c} = \frac{1}{\gamma}(1 + \ln\gamma) \qquad (11)$$

สมการที่ 11 แสดงให้เห็นว่า

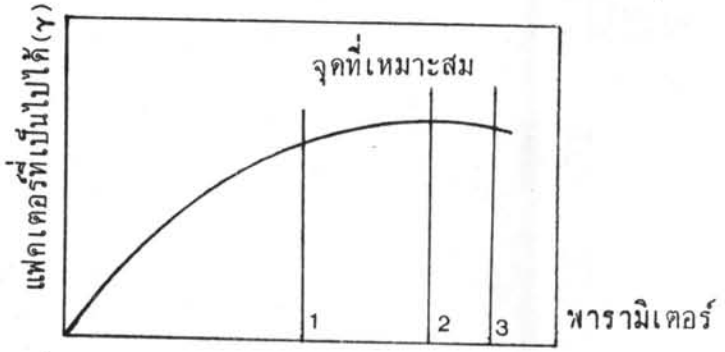
$B_{op} = B_C$ เมื่อ $\gamma = 1$

$B_{op} < B_C$ เมื่อ $\gamma > 1$

ดังนั้น γ แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ใด ๆ ก็ต่อเมื่อ

$$\frac{\partial\gamma}{\partial p} > 0 \qquad (12)$$

โดยที่ p เป็นพารามิเตอร์ใด ๆ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ใด ๆ ก็ต่อเมื่อ γ เพิ่มขึ้นตลอดการเปลี่ยนแปลง (SLOPE ของ γ มีค่าเป็นบวก)



รูปที่ 3.6 ผลของการแปรเปลี่ยนพารามิเตอร์ของระบบที่มีต่อค่าแฟคเตอร์ที่เป็นไปได้

ตัวอย่าง การวิเคราะห์หาอัตราระหว่างปริมาตรถังเก็บน้ำร้อนต่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ในกรณีอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้เท่ากับ 70°C แผ่นดูดสีดำ กระจกชั้นเดียว อัตราการใช้น้ำร้อน 1000 ลิตร/วัน

จากสมการ

$$\gamma = \frac{\lambda Q_m C_f}{CI}$$

$$= \frac{\lambda Q_m C_f}{(C_c + bC_t + C_y)I}$$

ค่าคงที่ลดลงในการใช้พลังงานเสริม, λ = 0.0707991445 /$ม^2$

พลังงานทั้งหมดเมื่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับศูนย์, Q_m = 68380112 กิโลจูล /ปี

พลังงานเสริมที่ใช้เป็นก๊าซหุงต้ม ราคาของก๊าซหุงต้ม, C_f = 0.0004 บาท/กิโลจูล

แฟคเตอร์สำหรับเทียบค่าเป็นรายปีของค่าใช้จ่าย, I = 0.18682

ราคาระบบ $C = (C_c + bC_t + C_y)$

$= (2500 + b \times 10000 + 1000)$

เมื่อ b = 0.05 ได้ γ = 2.59

b = 0.06 ได้ γ = 2.55

b = 0.075 ได้ γ = 2.45

b = 0.09 ได้ γ = 1.33

จะเห็นว่าอัตราส่วนปริมาตรถังเก็บน้ำร้อนต่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 0.05 $ม^3/ม^2$ จะเป็นขนาดที่เหมาะสม

จากการศึกษาสรุปผลได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3

อัตราส่วนปริมาตรถังเก็บน้ำร้อนต่อพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม

อัตราการใช้น้ำร้อน 1000 ลิตร/วัน

ประเภท	อุณหภูมิน้ำร้อน	ชนิดของแผ่นดูด	จำนวนกระจกปิด	ปริมาตรถังเก็บน้ำร้อน / พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ (ลิตร/$ม^2$)
1	70	สีดำ	1	50
2	60	สีดำ	1	60
3	70	ซีเลคทีฟ	1	50
4	60	ซีเลคทีฟ	1	60