

1.1 ความนำ

ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและวิจัยถึงการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนพลังงานจากไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในประเทศไทยกันอย่างกว้างขวางมากขึ้น ถึงแม้ว่าปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดจนก๊าซธรรมชาติจะยังไม่เกิดขึ้นในปัจจุบันก็ตาม นักวิจัยได้เน้นหนักในการนำเอาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์มาพัฒนา เพื่อให้ประโยชน์ในชนบทที่ห่างไกลความเจริญ อาทิเช่น เครื่องอบแห้งพืชผล , เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าและเครื่องผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ที่กล่าวข้างต้นได้แก่ แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และส่งผ่านพลังงานความร้อนที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ตามต้องการ

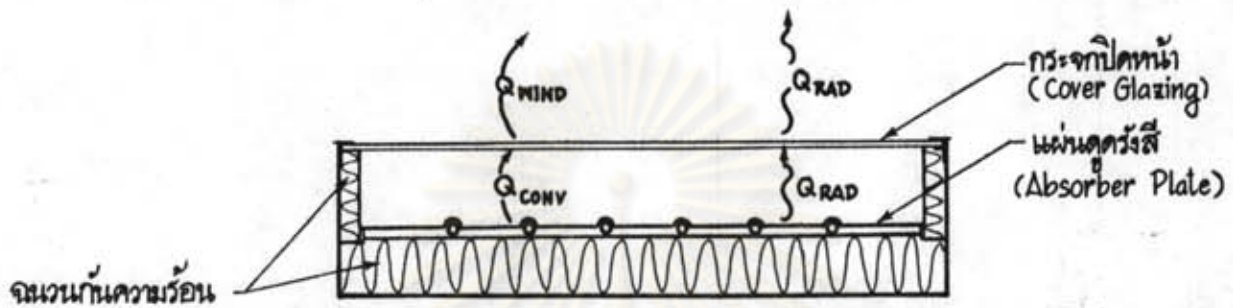
แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector)

แผงรับแสงอาทิตย์มีหลายชนิดตามแต่ลักษณะการใช้งาน แผงรับแสงอาทิตย์ที่จะกล่าวถึงต่อไปหมายถึงแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ (Flat-Plate Solar Collector) เท่านั้น เนื่องจากแผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนที่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายของระบบมากที่สุด ดังนั้นจึงมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ให้สูงขึ้น และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ส่วนสำคัญที่จะต้องทำการศึกษาคือปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ เพราะว่าถ้าหากมีปริมาณการสูญเสียความร้อนมีค่ามาก จะเป็นการลดพลังงานที่จะนำไปใช้ประโยชน์ (Useful Energy Gain) อันจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบต่ำลงด้วย ความร้อนที่สูญเสียออกจากแผงรับแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ (พิจารณารูปที่ 1.1 ประกอบ)

1. ความร้อนสูญเสียทางด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์
2. ความร้อนสูญเสียทางด้านข้างของแผงรับแสงอาทิตย์
3. ความร้อนสูญเสียทางด้านล่างของแผงรับแสงอาทิตย์

ความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่างและด้านข้างของแผงรับแสงอาทิตย์ จะมีค่าน้อยกว่าทางด้านบน เพราะว่าบริเวณด้านล่างและด้านข้างของตัวแผงจะถูกหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ส่วนทาง

ด้านบนนั้น เนื่องจากแผ่นดูดรังสี(Absorber Plate)มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิแผ่นกระจกปิดหน้า (Cover Glazing) จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน(Convection)และการแผ่รังสีความร้อน(Radiation)จากแผ่นดูดรังสีให้แก่แผ่นกระจก ทำให้แผ่นกระจกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ(Ambient Temperature) ดังนั้นจึงเกิดการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนออกจากแผ่นกระจกสู่บรรยากาศโดยรอบแผ่รังรับแสงอาทิตย์



รูปที่ 1.1 การสูญเสียความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์

วิธีการลดการสูญเสียความร้อนที่ถ่ายเทออกจากแผ่นดูดรังสีให้กับแผ่นกระจก ทำได้โดยใช้กระจกปิดหน้ามากกว่าหนึ่งชั้นและเลือกใช้แผ่นดูดรังสีที่เป็นผิวเลือกรังสี(Selective Surface) สำหรับความร้อนที่สูญเสียออกจากแผ่นกระจกสู่บรรยากาศนั้น การพาความร้อนจะมีค่าประมาณ 70% และที่เหลืออีก 30% จะเป็นการแผ่รังสีความร้อนออกจากแผ่นกระจก ดังนั้นส่วนสำคัญที่ควรจะทำการศึกษาได้แก่ ปริมาณการพาความร้อนเนื่องจากลมที่พัดผ่านแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ (Heat Loss From Glass Exposed to outside Winds) ความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญที่ควรศึกษาจะติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ไว้ใช้งาน เพราะว่าหากสามารถคาดคะเนปริมาณความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้ได้ถูกต้อง ก็จะทำให้การคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ถูกต้องด้วย ทำให้สามารถเลือกขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมของแผงรับแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะได้พลังงานความร้อนตามต้องการอีกด้วย ดังนั้นจึงมีการทดลองศึกษากันอย่างมากมายเพื่อจะคาดคะเนค่าความร้อนสูญเสียดังกล่าว โดยจะแสดงปริมาณความร้อนดังกล่าวเป็นสมการในเทอมของ "ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลม(Wind Heat Transfer Coefficient, h_w)"

การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมที่พัดผ่านแผงรับแสงอาทิตย์

การสูญเสียความร้อนออกจากแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ สู่ภายนอกเกิดขึ้น โดยการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างแผ่นกระจกกับอากาศภายนอก การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนจะเป็นไปตามสมการ

$$Q_{RAD} = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{sky}^4) \quad \dots\dots(1.1)$$

- เมื่อ
- ϵ คือ ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน (Emissivity) ของกระจก มีค่าเท่ากับ 0.94
 - σ คือ ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann เท่ากับ $5.6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
 - A คือ พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์, m^2
 - T_{sky} คือ The equivalent black body sky temperature มีค่าเท่ากับ $0.0552 T_s^{1.75}$ (T_s เป็นอุณหภูมิอากาศ)
 - T_s คือ อุณหภูมิเฉลี่ยบนแผ่นกระจก

สำหรับการพาความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ เป็นการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) ซึ่งมีค่าดังสมการข้างล่างนี้

$$Q_{CONV} = h_w A (T_s - T_a) \quad \dots\dots(1.2)$$

เมื่อ h_w คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน, $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$

ในการศึกษาค่า h_w จะมีกลุ่มไร้มิติ (Dimensionless groups) มาเกี่ยวข้องกับดังนี้คือ Nusselt number (Nu), Reynold number (Re), Prandtl number (Pr) กลุ่มไร้มิติแต่ละตัวจะมีความสัมพันธ์ดังสมการข้างล่างนี้

$$Nu = h_w L / k_a \quad \dots\dots(1.3)$$

$$Re = \rho_a v L / \mu_a \quad \dots\dots(1.4)$$

$$Pr = C_p \mu_a / k_a \quad \dots\dots(1.5)$$

- โดยที่
- L คือ characteristic length, m
 - k_a คือ สภาพความนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของอากาศ, W/m-K
 - ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศที่ความดันบรรยากาศ, kg/m^3
 - v คือ ความเร็วลมเฉลี่ย, m/s
 - μ_a คือ ความหนืดสัมบูรณ์ (Absolute Viscosity) ของอากาศ, kg/m-s

C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, J/kg-K

คุณสมบัติของอากาศที่อุณหภูมิต่างๆสามารถเปิดหาได้จากตารางในภาคผนวก ก โดยใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิผิวแผ่นกระจกกับอุณหภูมิกอากาศเป็นเกณฑ์

สำหรับการพาความร้อนแบบบังคับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไร้มิติเป็นดังสมการ

$$Nu = CRe^n Pr^m \quad \dots (1.6)$$

โดยที่ C, n, m เป็นค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและรูปทรงทางเรขาคณิตของระบบ

1.2 การสำรวจการวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 Pohlhausen[7] ได้ทำการศึกษาการพาความร้อนแบบบังคับ ในช่วงการไหลแบบลามินาร์ (Laminar flow) ซึ่งมีค่า Re ไม่เกิน 5×10^5 ที่เกิดขึ้นบนแผ่นราบที่มีความยาวไม่จำกัดโดยใช้สมการทางทฤษฎีของ Navier-Stokes ได้สมการดังข้างล่างนี้

$$Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3}, 0.6 < Pr < 10 \quad \dots (1.7)$$

สมการที่ (1.7) เป็น Exact solution ของ Navier-Stokes equations ซึ่งสมมติว่าค่า friction heating, pressure gradient และแรงลอยตัว (buoyance force) มีค่าน้อยมากจนละทิ้งได้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ในขณะที่ความเร็วลมต่ำ และความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่แผ่นราบกับอากาศมีค่ามาก จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแรงลอยตัวมากขึ้นได้ นอกจากนี้การที่ แผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุมเอียงกับแนวราบ ย่อมเกิด pressure gradient เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกบนผิวอากาศที่ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ดังนั้นค่า h_w ที่คำนวณได้จากสมการที่ (1.7) จึงมีค่าต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น

1.2.2 McAdams. (1954)[5] ได้เขียนรายงานการทดลองของ Jurges ซึ่งทำการทดลองโดยใช้อากาศที่อุณหภูมิห้องพัดผ่านแผ่นทองแดงทรงสี่เหลี่ยมขนาดพื้นที่ 0.153 ตร.ม. ยาว 0.5 ม. ซึ่งวางขนานกับทิศทางการไหลของอากาศ ไว้ว่าความสัมพันธ์ที่ได้เป็นดังสมการ

$$h_w = 5.7 + 3.8v, v < 5 \text{ m/s} \quad \dots (1.8)$$

สมการของ McAdams เป็นสมการค่าคดเคเนค่า h_w ที่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายว่าเป็นสมการมาตรฐาน (Standard Computational equations) ในการนำมาใช้คำนวณค่า h_w ที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์

1.2.3 Watmuff et.al (1977) [1] ได้ตั้งข้อสังเกตว่าสมการของ McAdams อาจจะมีผลของการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนแบบอิสระรวมอยู่ด้วย ดังนั้นจึงได้พัฒนาสมการที่ (1.8) เพื่อจัดผลของดังกล่าวและได้สมการสำหรับค่าคดเคเนค่า h_w ดังนี้

$$h_w = 2.8 + 3.0v \quad \dots\dots(1.9)$$

ในการนำเอาสมการที่ (1.8) และ (1.9) มาประยุกต์ใช้สำหรับแผงรับแสงอาทิตย์นั้นพบว่า มีข้อจำกัดอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ 1) สมการทั้งสองทำการทดลองโดยทิศทางลมที่ใช้ในการทดลองนั้นมีทิศทางกับแผ่นราบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วทิศทางลมจะไม่ขนานกับแผงรับแสงอาทิตย์แต่จะทำมุมหักเหและทำมุมเอียงกับแผงรับแสงอาทิตย์ 2) สมการทั้งสองไม่ได้รวมถึงตัวแปรอีกตัวหนึ่งคือความยาวของแผ่นราบ (Plate Characteristic Length, L) ซึ่งในทางทฤษฎีสำหรับการไหลในช่วง Laminar Boundary-Layer ที่เกิดขึ้นบนแผ่นราบ พบว่าค่า h_w จะแปรผกผันกับรากที่สองของค่าความยาวดังกล่าว ($h_w \propto 1/\sqrt{L}$) ซึ่งเมื่อนำเอาสมการทั้งสองไปใช้กับแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีความยาวมากกว่าความยาวของแผ่นราบที่ใช้ในการทดลอง ($L=0.5$ m) แล้ว ค่า h_w ที่ได้ย่อมจะมีค่ามากกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริงบนแผงรับแสงอาทิตย์ เนื่องจากข้อจำกัดทั้งสองประการทำให้สมการที่ (1.8) และ (1.9) ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้คำนวณค่า h_w ที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจกปิดหน้าแผงรับแสงอาทิตย์

1.2.4 Sparrow และ Tien (1977) [9] ได้ทำการทดลองโดยให้ลมพัดผ่านแผ่นราบทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสความยาว 3 นิ้ว (7.62 ซม.) ซึ่งวางทำมุมเอียงกับแนวราบในช่วงตั้งแต่ 25 ถึง 90 องศาและวางทำมุมหักเหกับทิศทางลม 0, 22.5 และ 45 องศาตามลำดับ ภายในอุโมงค์ลมขนาดหน้าตัด 1×2 ตร. ฟุต ในช่วงของค่า Re ตั้งแต่ 2×10^4 ถึง 1×10^5 พบว่าในช่วงของมุมเอียงของแผ่นราบและมุมหักเหกับทิศทางลมที่ใช้ในการทดลองนั้นไม่มีอิทธิพลต่อค่า h_w และจะหาค่า h_w ได้จากสมการที่ได้จากการทดลองดังนี้

$$j = 0.931 Re^{-1/2} \quad \dots\dots(1.10)$$

โดยที่ j คือ j -factor มีค่าเท่ากับ $(h_w / \rho \cdot C_p \cdot v) Pr^{2/3}$
 $Re = \rho \cdot v S / \mu$ (S คือความยาวของแผ่นราบ)

ดังนั้นเมื่อจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$h_w = (0.931/Pr^{2/3})(\rho_u C_{p_u} v/Re^{1/2}) \dots (1.11)$$

ค่า j-factor ที่คำนวณจากสมการที่ (1.10) จะมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ $\pm 2.5\%$ และสำหรับแผ่นราบทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้ใช้ค่า S เท่ากับความยาวเฉลี่ยของด้านสั้นและด้านยาว แทนค่าในสมการที่ (1.11) ทำให้สามารถนำสมการที่ (1.11) ไปประยุกต์ใช้กับแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีค่า Plate Characteristic length (L) ต่างกันได้โดยให้ผลที่ถูกต้องมากกว่าสมการที่ (1.8) แต่เนื่องจากแผ่นราบที่ใช้ในการวิจัยของ Sparrow มีความยาวเพียง 7.62 ซม. เท่านั้น ซึ่งอาจจะสั้นเกินไป จนกระทั่งอิทธิพลของค่าเกรเดียนต์ของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) ที่ผิวของแผ่นราบยังมีค่ามากอยู่ จากทฤษฎีของ Newton's of cooling พบว่าค่า h_w จะมีค่าแปรผันตามค่าเกรเดียนต์ของอุณหภูมิ (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) ดังนั้นจึงอาจทำให้ค่า h_w ที่คำนวณโดยสมการที่ (1.11) มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็นก็ได้

การวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการพาความร้อนแบบบังคับที่เกิดขึ้นบนแผ่นระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยจะทำการจำลองผลของการแผ่รังสีความร้อนและใช้แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ที่มี Plate Characteristic Length มากกว่าการทดลองของ Sparrow เพื่อให้ได้สมการการคาดคะเนค่า h_w ที่มีความถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อทำการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบกับความเร็วลม
- 1.3.2 เพื่อทำการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบกับมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์
- 1.3.3 เพื่อวิเคราะห์หาสมการหลักสำหรับคาดคะเนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมที่พัดผ่านเหนือแผ่นระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการสร้างเครื่องมือทดลอง โดยจำลองสภาพที่เกิดขึ้นบนแผงรับแสงอาทิตย์ เพื่อทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เครื่องมือทดลองที่สร้างต้องมีขีดความสามารถที่จะแปรเปลี่ยนค่าตัวแปรในการทดลองได้ในช่วงต่างๆดังนี้

1.4.1 อุณหภูมิแตกต่างระหว่างผิวแผ่นกระจกกับอากาศโดยรอบ ค่าอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวแผ่นกระจกกับอุณหภูมิอากาศโดยรอบ จะต้องปรับค่าได้และมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 ถึง 30 องศาเซลเซียส

1.4.2 ค่าความเร็วลม ช่วงของความเร็วลมที่จะใช้ในการทดลองมีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 3.0 เมตรต่อวินาที อันเป็นช่วงของความเร็วลมเฉลี่ยภายในประเทศไทย

1.4.3 มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ ช่วงของมุมเอียงที่จะทำการทดลองมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 20 องศา ซึ่งเป็นช่วงของมุมเอียงที่ใช้ในการติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ภายในประเทศไทย

1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาค้นหาข้อมูลและทฤษฎีจากตำราวิชาการหรือเอกสารต่างๆ

1.5.2 สร้างแบบจำลองขอระบบที่จะศึกษา ซึ่งแบบจำลองที่จะสร้างมีส่วนประกอบดังนี้

1.5.2.1 แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกใส ซึ่งมีฮีเตอร์จ่ายความร้อนหลักชนิดคลวดความร้อนแบบแบน เป็นแหล่งจ่ายความร้อนให้แก่แผ่นกระจก ทำให้ทราบปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกจากแผ่นกระจกได้จากกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ฮีเตอร์นั่นเอง และเพื่อที่จะให้ความร้อนจากฮีเตอร์จ่ายความร้อนหลัก ถูกถ่ายเทให้แก่แผ่นกระจกทั้งหมดโดยไม่มีการสูญเสียความร้อนออกทางด้านข้างและด้านล่างของฮีเตอร์ จึงต้องมีระบบการ์ดฮีเตอร์ (Guard Heater) เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนดังกล่าว แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ที่จะทำการสร้างนี้มีขนาดพื้นที่ผิวเล็กกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีใช้กันอยู่สี่เท่าโดยประมาณ เพราะว่าถ้าสร้างขนาดโตกว่านี้ จะมีปัญหาในการควบคุมการจ่ายความร้อนให้แก่แผ่นกระจกอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ผิว และถ้าสร้างเล็กกว่านี้จะทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมาก (ดูรายละเอียดการออกแบบในบทที่ 3)

1.5.2.2 เครื่องกำเนิดลม การให้กำเนิดความเร็วลมเครื่องเป่าลมชนิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal Blower) ซึ่งมีมอเตอร์กระแสสลับเป็นตัวขับใบพัดให้หมุน การควบคุมความเร็วลม จะใช้อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) ในการปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่มอเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้มากหรือน้อยตามต้องการ

1.5.2.3 แบบจำลองท้องฟ้า มีลักษณะเป็นอุโมงค์ลมหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า การป้องกันไม่ให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนขึ้นในขณะทดลองทำได้โดยควบคุมอุณหภูมิที่ผนังของแบบจำลองท้องฟ้าให้เท่ากับอุณหภูมิที่ผิวของแผ่นกระจก วิธีการดังกล่าวทำให้สมการที่ (1.1) มีค่าเป็นศูนย์ การควบคุมอุณหภูมิที่ผนังของแบบจำลองท้องฟ้านี้ จะใช้ท่อทองแดงฝังอยู่ที่ผนัง โดยมีน้ำร้อนไหลเวียนภายในท่อทองแดงเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ผนัง

1.5.3 ทำการทดลอง เพื่อวัดหาข้อมูลที่ต้องการจะนำไปใช้ในการคำนวณ ข้อมูลที่ต้องการวัดมีดังนี้

1.5.3.1 อุณหภูมิผิวของแผ่นกระจก จะทำการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างขบนแผ่นกระจก แล้วจึงนำมาหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยบนแผ่นกระจก

1.5.3.2 อุณหภูมิของอากาศ เป็นอุณหภูมิของอากาศบริเวณเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งมีมากกว่าความหนาของ Thermal Boundary-Layer Thickness

1.5.3.3 อุณหภูมิต้องฟ้า (Sky Temperature) เป็นอุณหภูมิที่ผิวด้านในของแบบจำลองท้องฟ้า ตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิได้แก่ฝาผนังด้านบนและฝาผนังด้านข้างทั้งสองข้าง

1.5.3.3 กำลังไฟฟ้า เป็นวัตต์ที่จ่ายให้แก่ฮีทเตอร์

1.5.3.4 ค่าความเร็วลม ได้แก่อความเร็วลมที่พัดผ่านเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ในช่วง External Flow มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

1.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถที่จะนำไปใช้คำนวณค่า h_w ได้โดยตรงจากสมการที่ (1.2) ดังนั้นการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่า h_w จึงสามารถทำได้ในการทดลอง โดยการควบคุมให้ตัวแปรตัวอื่นที่ยังไม่ต้องการมีค่าคงที่ แล้วทำการแปรเปลี่ยนค่าตัวแปรที่จะศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์กับค่า h_w จากนั้นก็ใช้วิธีนี้ทำการทดลองสลับกันไปให้ครบทุกตัวแปร ในการวิจัยนี้ตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือ ความเร็วลม , มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ (Slope Angle)

1.5.5 การสรุปผลการวิจัย จะนำค่า h_w ที่ได้จากการทดลองตลอดจนตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิพลต่อค่า h_w มาสร้างเป็นสมการสำหรับคาดคะเนค่า h_w เพื่อให้สามารถนำไปใช้คำนวณหาค่า h_w ที่เกิดขึ้นบนแผงรับแสงอาทิตย์ได้สะดวกขึ้น แล้วนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสมการของ Sparrow (สมการที่ 1.11)

1.6 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

1. ได้สมการหลักสำหรับคาดคะเนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนแบบบังคับเนื่องจากลมที่พัดผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

2. สมการที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากลมพัดผ่านหลังคาหรือผนังด้านนอกของอาคาร สำหรับงานออกแบบประหยัดพลังงานภายในอาคาร