

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี สำหรับกรุงเทพมหานคร The Cooling Load Calculation by Radiant Time Series Method for Bangkok

เทพฤทธิ์ ทองซูป^{1*}, เอกพล เตียชั่ว²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ข.จตุจักร จ.กรุงเทพฯ 10900

*โทรศัพท์: (662) 5791111 # 1202

*E-mail: jedikings@hotmail.com

บทคัดย่อ

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยใช้วิธีพื้นฐานดั้งเดิม คือ วิธีสมมูลความร้อน ขั้นตอนการคำนวณจะมีความซับซ้อน เนื่องจากอิทธิพลของการสะสมความร้อนในส่วนต่างๆ ของพื้นที่ ทำให้มีความยุ่งยากและไม่สะดวกในการใช้งานจริง ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะแม่นยำก็ตาม ดังนั้นจึงทำให้มีการคิดค้นวิธีการต่างๆ ขึ้นมา เพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งานจริง ซึ่งวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป คือ วิธี CLTD แต่เนื่องจากการทำขั้นตอนการคำนวณให้ง่ายขึ้น จะต้องมีการกำหนดสมมุติฐานขึ้นหลายข้อ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นในผลลัพธ์ที่ได้ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นแบบใหม่ขึ้นมา คือ วิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ซึ่งเป็นวิธีที่มีความสะดวกในการใช้งานและผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีความแม่นยำ

ในบทความนี้ จะเป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น โดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีวิธี วิธี CLTD และวิธีสมมูลความร้อน โดยมีการนำข้อมูลจริงของ อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอก อุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในเขตกรุงเทพมหานคร มาใช้งาน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น โดยมีการเปรียบเทียบในสองกรณี คือ แบบพื้นที่ที่ไม่มีกระจกและมีกระจก ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีสมมูลความร้อนจะมีค่าต่ำกว่า วิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี และวิธี CLTD เล็กน้อย ความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีกระจก ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี จะมีค่าใกล้เคียงกับวิธีสมมูลความร้อนมากกว่า วิธี CLTD เนื่องจากในวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี จะมีการเฉลี่ยความร้อนจากการแผ่รังสีของบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เพื่อให้เข้าสู่จุดสมดุล จึงทำให้ค่าความร้อนในเวลานั้นลดลง ดังนั้นจะเห็นว่าการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นวิธีวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีจะให้ผลลัพธ์ออกมาแม่นยำกว่าวิธี CLTD ซึ่งจะทำให้การออกแบบระบบปรับอากาศมีความประหยัดทั้งด้านการลงทุนและค่าพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

คำสำคัญ : ภาระการทำความเย็น อนุกรมเวลาของการแผ่รังสีสมมูลความร้อน การสะสมความร้อน

Abstract

The original method for cooling load calculation is the Heat Balance Method. The procedures of calculation are complex because of the thermal storage effect. That leads to difficult use, even if the result is accuracy. Many methods are proposed to simplify the calculation. The method that widely used is the CLTD Method. We use many assumptions to simplify the calculation. Therefore the resultant may be error. Now a day, the cooling load by the Radiant Time Series Methods is developed. This methods is conveniently and accurate.

In this paper, we compare the cooling load result by Radiant Time Series Method, CLTD Method and Heat Balance Method. We use the outside dry bulb temperature, the outside wet bulb temperature and solar irradiant data at Bangkok in calculation for the appreciate result. We show the comparison in two case studies, the area without glass and the area with glass. The cooling load result by Heat Balance Method is less than the cooling load result by Radiant Time Series Method and CLTD Method. The difference increase in the area with glass case. The difference of result by Radiant Time Series and Heat Balance Method is less than the difference of result by CLTD Method and Heat Balance Method because in Radiant Time Series Method, heat gain in the different temperature area radiates by average to another area. That affects the lower heat gain in this time. We can see that the cooling load calculation by Radiant Time Series Method gives the appropriate resultant than CLTD Method. This will lead to a reduction investment as well as an efficient in energy saving in air conditioning system.

Keywords: Cooling Load, Radiant Time Series Method, Heat Balance, Thermal Storage

1. บทนำ

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นมีพื้นฐานมาจากสมการสมดุลความร้อน ที่ต้องมีการกำหนดรูปแบบจำลองเริ่มต้น และมีการตั้งสมมุติฐานไว้หลายข้อ เพื่อแปลงสภาพความเป็นจริงให้มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากการคำนวณตามหลักการพื้นฐานของสมดุลความร้อนมีความซับซ้อนมากไม่เหมาะในการใช้งานจริง เพื่อให้การคำนวณมีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น จึงได้มีการคิดค้นวิธีการคำนวณที่ทำให้การคำนวณง่ายขึ้นและซับซ้อนน้อยลง เช่น วิธี TETD, TFM และ CLTD แต่วิธีการดังกล่าวจะทำให้ความแม่นยำในการคำนวณลดลง เนื่องจากข้อกำหนดบางประการที่ช่วยลดความซับซ้อนในการ

คำนวณ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี ค.ศ. 1997 ASHRAE ภายใต้ทีมงานของ Spitler, J.D ก็ได้มีการนำเสนอ บทความซึ่งแสดงกระบวนการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณที่ไม่มีความซับซ้อนมากนักสามารถใช้งานได้สะดวก และให้ความแม่นยำสูง ขึ้นมา ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ใน ASHRAE Transactions ตามเอกสารอ้างอิง [18] และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อมาได้มีการทดลองเพื่อศึกษาค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีดังกล่าวและค่าจริงที่วัดได้จากการทดลอง ซึ่งผลที่ได้พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีนี้ เมื่อเทียบกับค่าที่ได้การทดลอง จะมีความ

แม่นยำกว่าวิธีเดิมที่เคยใช้ และผลงานดังกล่าวก็ได้รับการตีพิมพ์ใน ASHRAE Transactions ตามเอกสารอ้างอิง [11] ถึง [13] และในปัจจุบันวิธีการดังกล่าวก็เป็นวิธีการคำนวณวิธีหนึ่งที่ใช้ในการอ้างอิงใน ASHRAE Handbook

ถึงแม้จะมีวิธีการคำนวณที่มีความแม่นยำแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากการคำนวณทางทฤษฎีกับความเป็นจริงมีความแตกต่างกันบางประการ ซึ่งอาจส่งผลให้การคำนวณมีความคลาดเคลื่อนได้ เพื่อปรับปรุงการคำนวณให้ถูกต้องมากขึ้น จึงได้มีการนำข้อมูลจริงที่วัดได้จากสถานที่จริงไปใช้ในการคำนวณ เพื่อลดจำนวนรูปแบบจำลอง และสมมุติฐานลง ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ในการคำนวณมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ทำให้การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศเพื่อใช้งานมีความแม่นยำมากขึ้น ส่งผลให้เป็นการประหยัดพลังงาน และลดการลงทุนทั้งในด้าน ต้นทุนเบื้องต้น และค่าไฟฟ้า

2. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี สามารถแสดงหลักการและขั้นตอนการคำนวณได้ตามแผนผังดังรูปที่ 2.1

ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านผนังทึบเข้ามาจะประกอบด้วยความร้อน 3 ส่วน คือ ความร้อนจากการพา ความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ และความร้อนจากการแผ่รังสีของสิ่งแวดล้อม ความร้อนทั้งหมดสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของอุณหภูมิเทียบเท่า (Sol Temperature) ได้ดังสมการที่ 2.1

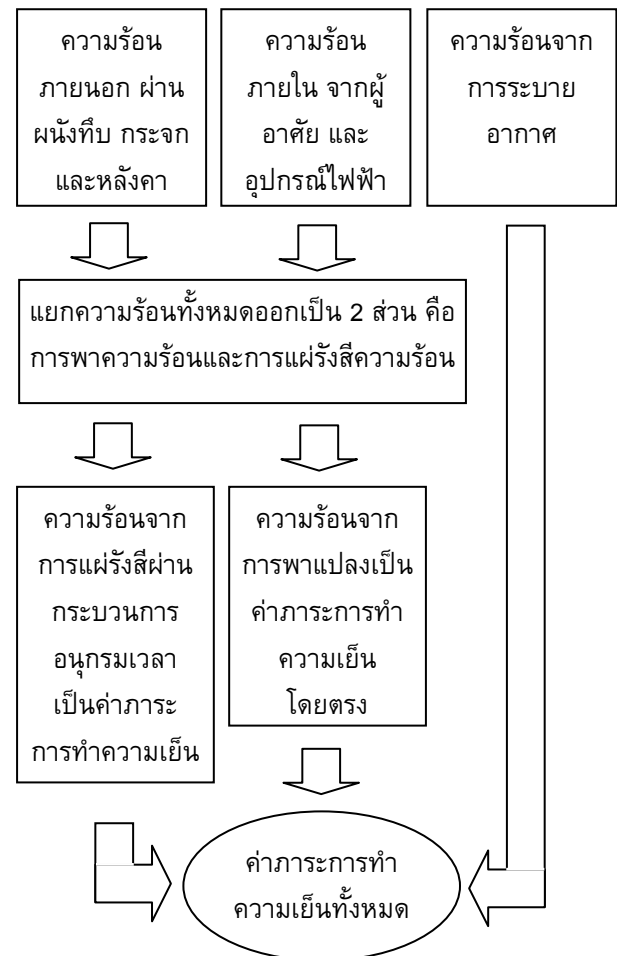
$$t_{e,\theta} = t_{o,\theta} + \frac{\alpha G_\theta}{h_o} - 4 \cos \sum \quad (2.1)$$

เมื่อ $t_{e,\theta}$ คือ อุณหภูมิเทียบเท่า ($^{\circ}\text{C}$)

$t_{o,\theta}$ คือ อุณหภูมิภายนอก ($^{\circ}\text{C}$)

α คือ สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของผนัง

G_θ คือ ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ (W / m^2)



รูปที่ 2.1 แผนผังการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี

h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมภายนอก ($\text{W} / \text{m}^2 \text{K}$)

$\sum$ คือ มุมเอียงพื้นผิวจากแนวระดับ ($^{\circ}$)

θ คือ เวลา (Hr)

ความร้อนทั้งหมดจะผ่านกระบวนการนำความร้อนผ่านผนังเข้าสู่ภายในระบบ โดยใช้วิธีตัวประกอบตอบสนองตามช่วงเวลา (Periodic Response Factors) ดังสมการที่ 2.2

$$q''_{cd,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_p (t_{e,\theta-p} - t_{rc}) \quad (2.2)$$

เมื่อ $q''_{cd,\theta}$ คือ ความร้อนผ่านผนัง (W / m^2)

Y_p คือ ฟังก์ชันถ่ายเทการนำความร้อนแบบไขว้ ($\text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$)

t_{rc} คือ อุณหภูมิภายใน ($^{\circ}\text{C}$)

ความร้อนจากภายนอกที่ผ่านกระจกเข้ามาจะมี
ความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเพิ่มเติม ดังสมการที่ 2.3

$$q''_{t,\theta} = I_{D,\theta} \sum_{k=0}^5 t_k \cos^k \theta + 2I_{d,\theta} \sum_{k=0}^5 \left(\frac{t_k}{k+2} \right) \quad (2.3)$$

เมื่อ $q''_{t,\theta}$ คือ ความร้อนส่งผ่านกระจก (W/m^2)

$I_{D,\theta}$ คือ ค่าความร้อนตรงของการแผ่รังสี
จากแสงอาทิตย์ (W/m^2)

t_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน
ของกระจก

$I_{d,\theta}$ คือ ค่าความร้อนกระจายของการแผ่รังสี
จากแสงอาทิตย์ (W/m^2)

ความร้อนภายในที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย ความ
ร้อนจากผู้อยู่อาศัย ความร้อนจากแสงสว่าง และ ความ
ร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือเครื่องจักรต่างๆ ภายใน
พื้นที่ ความร้อนส่วนนี้สามารถแยกได้ออกเป็น ความ
ร้อนแฝง ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นค่าภาระการทำความเย็น
โดยตรง และ ความร้อนสัมผัสซึ่งจะนำไปรวมกับ ความ
ร้อนภายนอกเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป สำหรับ
รายละเอียดของค่าความร้อนในส่วนนี้ สามารถหาได้
จากเอกสารอ้างอิง [7]

ความร้อนรวมของความร้อนจากภายนอก
และความร้อนสัมผัสจากภายใน จะถูกแบ่งออกเป็น 2
ส่วน ส่วนแรก คือ การพาความร้อนซึ่งจะเข้าสู่พื้นที่
และเปลี่ยนเป็นค่าภาระการทำความเย็นโดยตรง ดัง
สมการที่ 2.4

$$q_{cv,\theta} = \sum f_{ce} q_{cd,\theta} + \sum f_{ci} q_{in,\theta} \quad (2.4)$$

เมื่อ $q_{cv,\theta}$ คือ ค่าความร้อนรวมในส่วนของการพาความร้อน ($Watt$)

f_{ce} คือ อัตราส่วนการพาความร้อนต่อ
ความร้อนภายนอก

f_{ci} คือ อัตราส่วนการพาความร้อนต่อ
ความร้อนภายใน

$q_{cd,\theta}$ คือ ความร้อนจากภายนอก ($Watt$)

$q_{in,\theta}$ คือ ความร้อนสัมผัสจากภายใน ($Watt$)

ส่วนที่ 2 คือ การแผ่รังสีความร้อน ดังสมการที่
2.5 ซึ่งจะผ่านกระบวนการอนุกรมเวลาของการแผ่
รังสีก่อนจะเปลี่ยนเป็นค่าภาระการทำความเย็น ดัง
สมการที่ 2.6

$$q_{rd,\theta} = \sum f_{re} q_{cd,\theta} + \sum f_{ri} q_{in,\theta} \quad (2.5)$$

เมื่อ $q_{rd,\theta}$ คือ ค่าความร้อนรวมในส่วนของการแผ่รังสีความร้อน ($Watt$)

f_{re} คือ อัตราส่วนการแผ่รังสีความร้อนต่อ
ความร้อนภายนอก

f_{ri} คือ อัตราส่วนการแผ่รังสีความร้อนต่อ
ความร้อนภายใน

$$q_{cr,\theta} = r_0 q_{rd,\theta} + r_1 q_{rd,\theta-1} + \dots + r_{23} q_{rd,\theta-23} \quad (2.6)$$

เมื่อ $q_{cr,\theta}$ คือ ค่าภาระการทำความเย็นจาก
การแผ่รังสี (W/m^2)

r_i คือ ตัวประกอบเวลาการแผ่รังสีความร้อน
ความร้อนในส่วนของการระบายอากาศ จะ
เข้าสู่พื้นที่และเปลี่ยนเป็นค่าภาระการทำความเย็น
โดยตรง ดังสมการที่ 2.7

$$q_{v,\theta} = \dot{m} c_p \Delta t + \dot{m} h_{fg} \Delta w \quad (2.7)$$

เมื่อ $q_{v,\theta}$ คือ ค่าความร้อนจากการระบายอากาศ
($Watt$)

$\dot{m}$ คือ อัตราการระบายอากาศ (kg/s)

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ
($kJ/kg^\circ C$)

Δt คือ ผลต่างของอุณหภูมิภายนอก
และภายใน ($^\circ C$)

h_{fg} คือ ค่าความร้อนแฝงของไอน้ำ
(kJ/kg)

Δw คือ ผลต่างของอัตราส่วนความชื้น
ภายนอกและภายใน

ดังนั้นเมื่อรวมความร้อนจากทั้งสามส่วน คือ
การพาความร้อนของความร้อนรวมจากภายนอกและ
ความร้อนจากสัมผัสภายใน การแผ่รังสีความร้อนของ
ความร้อนรวมจากภายนอกและความร้อนจากสัมผัส

ภายในที่ผ่านกระบวนการอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีและความร้อนจากการระบายอากาศ ก็จะได้ค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดของพื้นที่ ดังสมการที่ 2.8

$$Q_{CL,\theta} = q_{cv,\theta} + q_{cr,\theta} + q_{v,\theta} \quad (2.8)$$

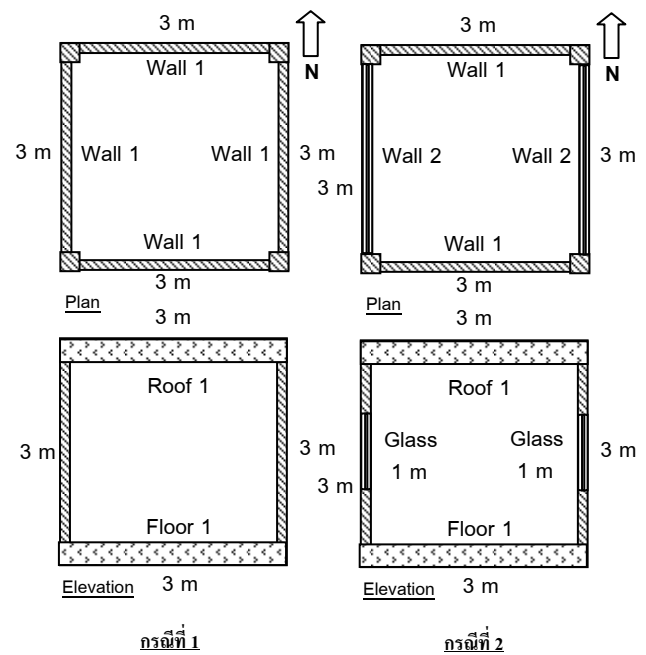
เมื่อ $Q_{CL,\theta}$ คือ ค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมด (Watt)

3. กรณีศึกษา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งการศึกษาออกเป็นสองกรณีที่แตกต่างกัน คือ กรณีที่อาคารเป็นผนังทึบ และอาคารที่มีกระจก เพื่อศึกษาลักษณะการกระจาย ค่าสูงสุด และความแตกต่าง ของค่าภาระการทำความเย็น ในกรณีที่ลักษณะอาคารเป็นอาคารทึบ ซึ่งความร้อนภายนอกทั้งหมดจะผ่านผนังและหลังคาเข้ามา และกรณีที่ลักษณะอาคารเป็นอาคารกระจก ซึ่งความร้อนภายนอกส่วนหนึ่ง จะส่งผ่านกระจกเข้าสู่ห้องโดยตรง

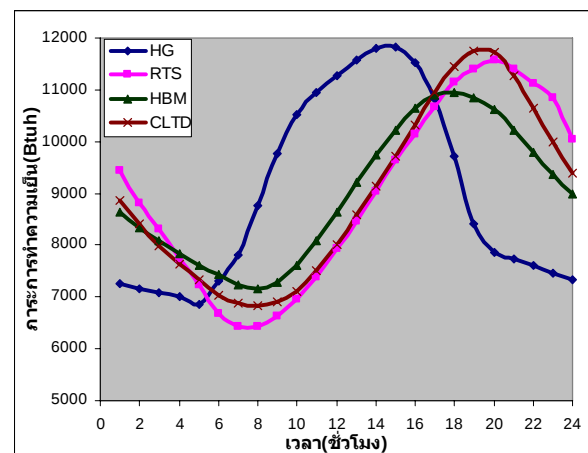
รูปแบบห้องทั้งสองกรณีจะมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความยาวด้าน 3 เมตร โดยกำหนดให้ผนังเป็นแบบที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ ผนังก่ออิฐหนา 10 ซม. ฉาบปูนหนา 16 มม.(Wall 1) ส่วนหลังคาและพื้นจะใช้เป็นแบบคอนกรีตหนา 15 ซม. (Roof 1, Floor 1) จำนวนคนภายใน 2 คน มีการระบายอากาศ 20 ลบ.ฟุต.ต่อนาที ส่วนในกรณีที่สองจะมีการเพิ่มกระจกใสหนา 3 มม. บนผนัง (Wall 2) ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกขนาด 3 ตารางเมตร ดังรูปที่ 3.1

ข้อมูลจริงที่ใช้ในการคำนวณ คือ ข้อมูลรายชั่วโมงของ อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอก ($t_{o,\theta}$) ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ (G_θ) และอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอก ($t_{wo,\theta}$) ของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ.2532-2546 ตามเอกสารอ้างอิง [1] ถึง [3] ข้อมูลที่ได้จะนำมาหาค่าสูงสุดที่ 2% โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ ตามเอกสารอ้างอิง [4]

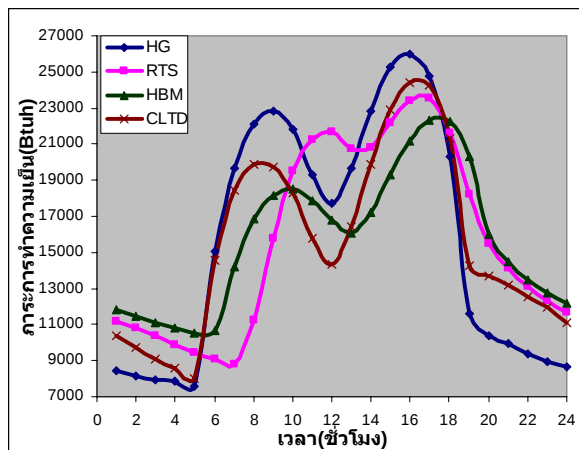


รูปที่ 3.1 แบบแปลนของห้องในกรณีศึกษาที่ 1 และ 2

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ คือ ค่าความร้อน (HG) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความร้อนทั้งหมด ก่อนเข้าสู่ระบบ โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการสะสมความร้อน ณ เวลาที่คำนวณ ค่าภาระการทำความเย็น โดยใช้วิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี (RTS), วิธี CLTD (CLTD) และวิธีสมดุลความร้อน (HBM) ในทั้งสองกรณี สามารถเขียนกราฟได้ ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อน ค่าภาระการทำความเย็น กับเวลา ในกรณีที่ 1



รูปที่ 3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อน ค่าภาระการทำความเย็น กับเวลา ในกรณีที่ 2

จากผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่าค่าความร้อนสูงสุด และเวลาการเกิดของข้อมูลค่าสูงสุด จากการคำนวณ ค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี วิธี CLTD และวิธีสมดุลความร้อน ในทั้ง 2 กรณี มีความแตกต่างจากค่าความร้อนที่เข้าสู่ระบบ ดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ค่าความร้อนและค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด ในกรณีที่ 1

	ค่าสูงสุด (Btuh)	เวลา	ความแตกต่าง
Heat Gain	11,821	15:00	0
RTS	11,574	20:00	-2.1%
HBM	10,953	19:00	-7.3%
CLTD	11,758	19:00	-0.5%

ตารางที่ 3.2 ค่าความร้อนและค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด ในกรณีที่ 2

	ค่าสูงสุด (Btuh)	เวลา	ความแตกต่าง
Heat Gain	26,026	16:00	0
RTS	23,524	17:00	-9.6%
HBM	22,323	18:00	-14.2%
CLTD	24,387	17:00	-6.3%

จากผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่า ในกรณีที่ 1 ค่าความร้อนที่เข้าสู่ระบบ และค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 วิธี จะมีรูปแบบการกระจายในลักษณะเดียวกัน แต่เวลาในการเกิดค่าสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จะช้ากว่าเวลาในการเกิดค่าสูงสุดของค่าความร้อนที่เข้าสู่ระบบ 4 – 5 ชั่วโมง และค่าที่ได้มีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากผลของการสะสมความร้อนในผนัง เพดานและพื้น ผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีที่ 2 จะคล้ายกับกรณีที่ 1 คือ ค่าความร้อนที่เข้าสู่ระบบ และค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 วิธี จะมีรูปแบบการกระจายในลักษณะเดียวกัน แต่เวลาในการเกิดค่าสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จะช้ากว่าเวลาในการเกิดค่าสูงสุดของค่าความร้อนที่เข้าสู่ระบบ 1 - 2 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่ากรณีที่ 1 เนื่องจาก ลักษณะของอาคารที่มีกระจก ค่าความร้อนส่วนใหญ่มาจากแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเข้าสู่พื้นที่โดยตรง ไม่มีการสะสมความร้อนในช่วงแรกเหมือนกับความร้อนที่ผ่านผนัง จึงทำให้ค่าความร้อนสูงสุดเกิดขึ้นในเวลาใกล้เคียงกว่าในกรณีแรก และค่าที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าค่าความร้อนที่เข้าสู่ระบบมากกว่ากรณีที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากผลของการสะสมความร้อนในผนัง เพดานและพื้น ที่มีมากกว่าในกรณีที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 วิธี พบว่ามีรูปแบบการกระจายที่ใกล้เคียงกัน เกิดจุดสูงสุดในเวลาใกล้เคียงกัน ค่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีสมดุลความร้อน จะมีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี และวิธี CLTD เล็กน้อยตามลำดับ เนื่องจากในวิธี CLTD การคำนวณอุณหภูมิหรือค่าความร้อนของผนังแต่ละด้านจะเป็นอิสระต่อกัน ความต่างของอุณหภูมิจะทำให้เกิดความร้อน และความร้อนในแต่ละด้านก็จะกลายเป็นค่าภาระการทำความเย็นโดยตรง ส่วนในวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านช่วงแรกจะเฉลี่ยเข้าสู่ผนัง หลังคา และพื้นในอัตราส่วนที่เท่ากันก่อนจะกลายเป็นค่าภาระการทำความเย็น ดังนั้นค่าที่ได้จึงน้อยกว่าวิธี CLTD ส่วนวิธี

สมดุลความร้อน ความร้อนในแต่ละด้านทำให้เกิดความต่างของอุณหภูมิ ด้านที่มีอุณหภูมิสูงจะถ่ายเทความร้อนให้ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ ด้วยตามหลักการแผ่รังสีความร้อน ไม่ใช่การเคลื่อนที่เหมือนวิธี อนุกรมเวลาของการแผ่รังสี เพื่อปรับให้อุณหภูมิเข้าสู่จุดสมดุล ทำให้ค่าที่ได้ออกมาต่ำกว่าทั้ง 2 วิธี ในกรณีที่ 2 ซึ่งเป็นห้องที่มีกระจกความแตกต่างระหว่าง ค่าสูงสุดของค่าภาระการทำความเย็น ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 วิธี จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามา ซึ่งจะสะสมไว้ที่พื้น ทำให้พื้นมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านอื่นๆ มากกว่าในกรณีที่ไม่มีกระจก ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะมีค่าสูงตามไปด้วย ทำให้มีความแตกต่างมากกว่าในกรณีแรก

การนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศ คือ อุณหภูมิภายนอก ค่าอัตราส่วนความชื้น และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่มีการผ่านกระบวนการทางสถิติศาสตร์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล มาใช้ในการคำนวณ จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

4. สรุป

ผลที่ได้จากงานวิจัยในกรณีศึกษาพบว่า ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 วิธี จะมีค่าต่ำกว่า ความร้อนที่เข้าสู่พื้นที่เนื่องจากผลของการสะสมความร้อน ค่าภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี จะมีค่าใกล้เคียงกับวิธีสมดุลความร้อน มากกว่าวิธี CLTD เนื่องจากในวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ความร้อนส่วนหนึ่งมีการแผ่รังสีเข้าสู่ผนังทุกด้านเท่าๆ กัน ทำให้ค่าสูงสุดที่ได้อลดลง ดังนั้น จะเห็นว่าการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น โดยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีจะให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำขึ้น และมีความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งทำให้การออกแบบระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการประหยัดทั้งด้านการลงทุนและค่าพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ในการสนับสนุนงบประมาณสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ รวมถึง รศ.ฤชกร จิรกาลวสาน แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการเป็นที่ปรึกษาและคำแนะนำอันทรงคุณค่า ตลอดจนการดำเนินงานวิจัย นอกจากนี้ขอแสดงความขอบคุณ กรมอุตุนิยมวิทยาที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมอุตุนิยมวิทยา (2546). รายงานข้อมูลอุณหภูมิ กระเปาะแห้ง. กรุงเทพมหานคร
- [2] กรมอุตุนิยมวิทยา (2546). รายงานข้อมูลอุณหภูมิ กระเปาะเปียก. กรุงเทพมหานคร
- [3] กรมอุตุนิยมวิทยา (2546). รายงานข้อมูลค่าความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์. กรุงเทพมหานคร
- [4] เทพฤทธิ์ ทองซูป (2551). การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยใช้วิธีสมดุลความร้อน กรณีศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร, รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพมหานคร
- [5] เทพฤทธิ์ ทองซูป (2547). การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น, วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร
- [6] ASHRAE (1993). 1993 ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI), American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- [7] ASHRAE (2001). 2001 ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI), American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- [8] Gupta, S.C. and Kapoor, V.K. (1973). Fundamentals of Mathematical Statistics, Sultan Chand & Son Delhi, India.

- [9] Hittle, Douglas C. (1980). *Calculating Building Heating and Cooling Load Using the Frequency Response of Multilayered Slabs*, University of Illinois, Illinois, USA.
- [10] Incropera, Frank P. and De Witt, David P. (1990). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Son, Singapore:
- [11] Iu, I.S. (2002). *Experimental Validation of the Radiant Time Series Method for Cooling Load Calculation*, A Masteral Thesis Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering Oklahoma State University, Oklahoma, USA.
- [12] Iu, I.S. and Fisher, D.E. (2004). Application of Conduction Transfer Functions and Periodic Response Factors in Cooling Load Calculation Procedures, *ASHRAE Transactions*, vol. 110 (2), pp. 829-841.
- [13] Iu, I.S., Fisher, D.E., Chantrasrisalai, C. and Eldridge, D. (2003). Experimental Validation of Design Cooling Load Procedures, The Radiant Time Series Method, *ASHRAE Transactions*, vol. 109 (2), pp. 139-150.
- [14] McQuiston, F.C. and Spitler, J.D. (1994). *Cooling and Heating Load Calculation Manual, Second Edition*, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- [15] Pedersen, C.O., Fisher, D.E., Spitler, J.D., Liesen, R.J. (1998). *Cooling and Heating Load Calculation Principles*, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, USA.
- [16] Spitler, J.D. and Fisher D.E. (1999). Development of Periodic Response Factors for Use with the Radiant Time Series Method, *ASHRAE Transactions*, vol. 105 (2), pp 491-509.
- [17] Spitler, J.D. and Fisher D.E. (1999). On The Relationship between the Radiant Time Series and Transfer Function Methods for Design Cooling Load Calculations, *HVAC&R Research*, vol. 5 (2), pp. 123-136.
- [18] Spitler, J.D., Fisher D.E. and Pedersen, C.O. (1997). The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure, *ASHRAE Transactions*, vol. 103 (2), pp 503-515.