

โปรแกรมคำนวณภาระทำความเย็นด้วยวิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีสำหรับประเทศไทย

The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Program for Thailand

อักรพล ภู่มหิทธิโย (Akaraphon Poomahapinyo)* พลฤกษ์ ฤกษ์ไมตรี (Pollakrit Kritmaitree)**

บทคัดย่อ

การคำนวณภาระทำความเย็นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เทียบกับโปรแกรมคำนวณภาระทำความเย็น Energy Plus โดยใช้สภาวะห้องปริมาตรจำกัดแบบเดียวกัน และกำหนดสภาวะเริ่มต้นเดียวกัน พบว่า ภาระทำความเย็นที่ได้ออกมา มีแนวโน้มแบบเดียวกันในรายชั่วโมง ซึ่งถือว่ายอมรับได้ โดยที่โปรแกรมการคำนวณภาระทำความเย็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย มีข้อจำกัดด้านชนิดวัสดุ ซึ่งไม่ครอบคลุมวัสดุที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ทำให้ไม่สามารถใช้คำนวณได้ แต่โปรแกรมคำนวณภาระทำความเย็นที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถเพิ่มชนิดของวัสดุได้ เพื่อใช้คำนวณอาคารที่สร้างจากวัสดุที่นิยมใช้ในท้องถิ่นต่างๆ โดยโปรแกรมคำนวณภาระทำความเย็นที่พัฒนาขึ้น ยังรวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย เพื่อเอื้อต่อการใช้งานในประเทศไทย และใช้งานง่ายเนื่องจากโปรแกรมคำนวณพัฒนาโดยโปรแกรม Microsoft Excel

ABSTRACT

The cooling load calculation by the developed program, compared with the "Energy Plus" cooling load calculation program in the same controlled volume of room atmosphere and the same initiation point, found that the result of cooling load has the same trend in hourly. The popular cooling load calculation program had its limit in some kind of material that uncovers some popular material in Thailand. That is incalculable. However, this developed cooling load calculation program can add more kind of material so that it can calculate the buildings that were built of popular local material. This developed cooling load calculation program includes the climate in Thailand so it can be used easily in Thailand. Moreover, this program can be used easily because it is developed via Microsoft Excel that people are accustomed to.

คำสำคัญ: วิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ภาระการทำความเย็น

Key Words: Radiant Time Series Method, Cooling load

* นิสิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

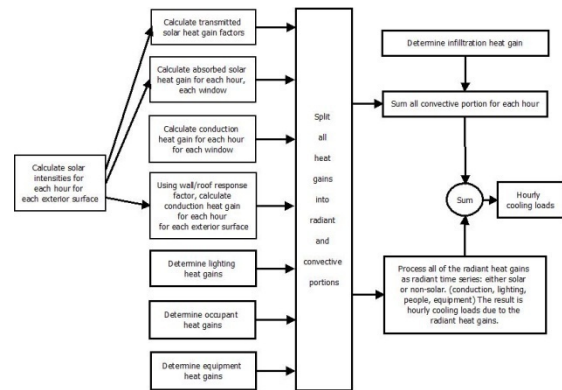
บทนำ

ในปัจจุบันการวิเคราะห์หาภาระทำความเย็นนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น และพลังงานมีอยู่อย่างจำกัด โดยมีราคาสูงขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องใช้คำนวณที่ถูกต้องเพื่อความคุ้มค่าในการใช้พลังงาน (Qian Li et al., 2009)

การวิเคราะห์หาภาระทำความเย็นนั้น ได้รับการพัฒนามานาน โดยเพิ่มความแม่นยำ และลดความซับซ้อน การค้นพบวิธีต่างๆ เกิดจากเทคโนโลยี และแนวคิดใหม่ ในยุคแรกการคำนวณหาภาระทำความเย็นนั้นจะใช้วิธี Temperature equivalent คำนวณหาอุณหภูมิเทียบเท่า ซึ่งจะใช้หาภาระทำความเย็นต่อไป วิธีนี้เป็นการคำนวณอย่างง่ายในสมัยแรกทำให้ได้ความแม่นยำต่ำ จึงมีการพัฒนาวิธีการคำนวณที่ซับซ้อนมากขึ้น เป็นวิธี Transfer function วิธีนี้สามารถคำนวณได้แม่นยำสูง แต่มีความซับซ้อนของสมการมากทำให้ไม่สามารถคำนวณด้วยมือแบบวิธี Transfer function และต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงมากคำนวณ จึงไม่สะดวกในการใช้งาน (Shariah et al., 1997) ต่อมามีการพัฒนาเป็นวิธี Cooling load temperature difference (CLTD) ซึ่งใช้พื้นฐานมาจากวิธี Transfer function แต่มีการปรับปรุงกระทั่งคำนวณได้ด้วยมือ

จากนั้นได้มีการพัฒนาเป็นวิธี Heat balance เนื่องจากการคำนวณแบบก่อนหน้านี้นี้มีความคลาดเคลื่อน ต่อมาได้ศึกษาการละลายของน้ำแข็งใน 1 มิติ พบว่ามีสมการที่ซับซ้อน ทำให้ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง จึงเพิ่มวิธี Conduction transfer โดยคำนวณได้จาก Conduction transfer functions โดยใช้การคำนวณหาภาระทำความเย็นที่ผ่านผนัง และหลังคา ใน 1 มิติโดยการนำความร้อน (Myers et al., 2007) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย แต่ความแม่นยำต่ำเมื่อใช้ผ่านกระจก (Spitler and Fisher, 1999) ต่อมาวิธีสมดุลความร้อนได้เกิดขึ้นโดยเป็นอีกวิธีหนึ่งในการคำนวณหาภาระทำความเย็นที่มีความแม่นยำสูง แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านความซับซ้อนจากการสะสมความร้อนของวัสดุและถ่ายโอนในเวลาต่อมา ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน

(เทพฤทธิ์ และเอกพล, 2553) จึงได้มีการพัฒนาจนเกิดวิธี Radiant time series ขึ้น เป็นวิธีที่คำนวณขั้นพื้นฐานจากวิธี Heat balance ซึ่งวิธี Radiant time series นี้ได้รับการพัฒนาโดย ASHRAE (Mui and Wong, 2007)



รูปที่ 1 ภาพรวมวิธี Radiant time series

รูปที่ 1 เป็นภาพรวมของวิธี Radiant time series เริ่มจากการแบ่งปริมาณความร้อนที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์มาที่พื้นผิวภายนอกของอาคาร ตามประเภทของพื้นผิวภายนอกต่อชั่วโมง ได้แก่ การแผ่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจก การดูดซับความร้อนผ่านกระจก และการนำความร้อนผ่านพื้นผิวอื่นๆ และความร้อนจากแหล่งอื่นๆ ได้แก่ การนำความร้อนผ่านกระจก ความร้อนจากแสงสว่าง ความร้อนจากกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเมื่อรวมความร้อนทั้งหมดจากที่กล่าวมา จะสามารถแบ่งได้เป็นการพาความร้อนเข้าสู่ห้องโดยตรง และการแผ่รังสีตามวิธี Radiant time series (Spitler et al., 1997) ซึ่งได้มีงานวิจัยด้วยวิธีนี้และให้รายละเอียดตามขั้นตอนจากรูปที่ 1 ดังนี้

การแผ่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจก แบ่งออกเป็นปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาในห้องโดยตรง และปริมาณความร้อนที่แพร่ผ่านกระจก

การดูดซับความร้อนผ่านกระจก คือความร้อนที่กระจกได้รับจากแสงอาทิตย์ และถูกถ่ายโอนด้วยวิธีนำความร้อนเข้ามาบริเวณภายในห้อง

การนำความร้อนผ่านพื้นผิวอื่นๆ ได้แก่ ผนัง และหลังคา ใช้วิธี Conduction time series ซึ่งมีการคูณด้วย Conduction time series factors เพื่อให้ทราบปริมาณความร้อนที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้ทราบปริมาณความร้อนต่อชั่วโมง

ความร้อนจากแสงสว่าง ความร้อนจากกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ นั้นสามารถหาได้จากตารางตามเอกสารอ้างอิง

นำปริมาณความร้อนต่อชั่วโมงที่ได้ทั้งหมดแบ่งเป็นการพาความร้อน และการแผ่รังสีที่เข้ามาสู่ห้อง ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ห้องจากการพาความร้อนนั้นสามารถนำมาคำนวณหาภาระทำความเย็นได้โดยตรง แต่ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีนั้น จะต้องนำมาคิดตามวิธี Radiant time series ก่อนจึงจะสามารถนำไปรวมกับปริมาณความร้อนที่ได้จากการพาความร้อน ซึ่งจะเป็นภาระทำความเย็นที่ต้องการ (Spitler, 2009)

Radiant time series method คือวิธีที่ใช้อนุกรมของเวลาเทียบปริมาณความร้อนที่แผ่รังสีออกมาทั้งจาก ผนัง หลังคา และกระจก โดยคำนวณจากปริมาณความร้อนที่สะสมในพื้นผิวและแผ่รังสีออกมาในแต่ละชั่วโมง ซึ่งการคำนวณลักษณะนี้มีหลายวิธี แต่วิธี Radiant time series เป็นวิธีที่ง่าย และแม่นยำ (Chen and Cui, 2010) การใช้อนุกรมของเวลานั้นเป็นการคำนวณล่วงหน้า ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ของสภาพอากาศล่วงหน้า เช่น อุณหภูมิกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลนี้จะหาได้จากประวัติของสภาพอากาศย้อนหลังในช่วงวันและเวลาเดียวกันของแต่ละปี แต่เนื่องจากความแตกต่างของฤดูกาลทำให้สภาพอากาศต่างกัน ซึ่งจากสภาวะโลกร้อน สภาพอากาศมีความผันผวน จึงต้องใช้ประวัติของสภาพอากาศย้อนหลังนานมากขึ้นด้วย (Chen and Yu, 2009); (Mui and Wong, 2007)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี Radiant Time Series และศึกษาวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ในประเทศไทย
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี Radiant Time Series จากโปรแกรม Microsoft Excel

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการคำนวณภาระทำความเย็น

รวบรวมตัวแปร ข้อมูล และค่าคงที่ ที่ใช้ในการคำนวณภาระทำความเย็น และจัดกลุ่มเพื่อสะดวกในการคำนวณ โดยการคำนวณจะถูกแบ่งออกตามรูปที่ 1 ตามแหล่งที่มาของภาระการทำความเย็น ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

1. ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องมาทางกระจก สามารถคำนวณได้จากแสงที่ส่องมาโดยตรงรวมกับแสงที่แผ่เข้ามาสู่อาคารตามสมการ

$$q_{SHG,D} = E_D A_{sunlid} SHGC(\theta) \quad (1)$$

$$q_{SHG,d} = (E_d + E_r) A \cdot SHGC_{diffuse} \quad (2)$$

$$q_{SHG} = q_{SHG,D} + q_{SHG,d} \quad (3)$$

เมื่อ $q_{SHG,D}$ คือ ความร้อนที่ส่องมาจากแสงอาทิตย์โดยตรง

$q_{SHG,d}$ คือ ความร้อนที่แผ่มาจากแสงอาทิตย์

q_{SHG} พลังงานความร้อนรวมจากแสงอาทิตย์

E_D คือ รังสีที่ตกกระทบจากแสงอาทิตย์โดยตรง

E_d คือ รังสีที่ตกกระทบจากดวงอาทิตย์โดยการแผ่

E_r คือ รังสีที่ตกกระทบจากดวงอาทิตย์โดยการสะท้อน

$SHGC(\theta)$	คือ ค่าคงที่ (Spitler, 2009)
$SHGC_{diffuse}$	คือ ค่าคงที่ (Spitler, 2009)
A_{suntid}	คือ พื้นที่กระจกที่ไม่ได้ กรองแสง
A	คือ พื้นที่กระจกทั้งหมด

2. ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ตกมายังกระจก
และกระจกนำความร้อนสู่อาคาร

$$q_{\theta} = UA(t_{o,\theta} - t_{rc}) \quad (4)$$

เมื่อ	q_{θ}	คือ อุณหภูมิเทียบเท่า
	$t_{o,\theta}$	คือ การพาความร้อน
	U	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวม
	A	คือ พื้นที่หน้าต่าง
	$t_{o,\theta}$	คือ อุณหภูมิภายนอก
	t_{rc}	คือ อุณหภูมิภายใน

3. ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ตกมาสู่ผนัง และ
หลังคา และนำความร้อนสู่อาคาร

$$q_{\theta} = \sum_{i=0}^{23} c_j UA(t_{e,\theta-j\delta} - t_{rc}) \quad (5)$$

$$q_{\theta} = c_0 UA(t_{e,\theta} - t_{rc}) + c_1 UA(t_{e,\theta-\delta} - t_{rc}) + \dots + c_{23} UA(t_{e,\theta-23\delta} - t_{rc}) \quad (6)$$

เมื่อ	q_{θ}	คือ การนำความร้อน
	U	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวม
	A	คือ พื้นที่ผิวผนัง หรือหลังคา
	c_j	คือ ค่าคงที่ (Spitler, 2009)
	$t_{e,\theta-j\delta}$	คือ อุณหภูมิเทียบเท่า
	t_{rc}	คือ อุณหภูมิภายใน

4. ความร้อนจากอุปกรณ์ให้แสงสว่าง
สามารถใช้พลังงานความร้อนในตาราง (Spitler, 2009)

5. ความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์
สามารถใช้พลังงานความร้อนในตาราง (Spitler, 2009)

6. ความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า
สามารถใช้พลังงานความร้อนในตาราง (Spitler, 2009)

2. พัฒนาโปรแกรมการคำนวณภาระทำความเย็น

นำตัวแปร ข้อมูล และค่าคงที่ มาพัฒนา
โปรแกรมการคำนวณภาระทำความเย็น โดยผู้ใช้สามารถ
กำหนดค่าเริ่มต้นที่ต้องการได้ เช่น วัน เวลา อุณหภูมิ
เริ่มต้น ลักษณะพื้นที่ผิวด้านต่างๆ ของอาคาร และมีการ
กำหนดค่าภูมิอากาศของประเทศไทย ไว้ในฐานข้อมูล
เพื่อง่ายต่อการใช้งาน

นภาระการทำความเย็นที่แบ่งออกเป็น 6 ส่วนใน
หัวข้อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการคำนวณภาระทำความเย็น
แยกเป็น 2 กลุ่ม โดยมีสัดส่วนแตกต่างกัน คือ (Spitler,
2009)

1. การพาความร้อน
เป็นภาระการทำความเย็นได้โดยตรง

2. การแผ่รังสี
ไม่สามารถใช้เป็นภาระการทำความเย็นได้โดยตรง โดย
จะต้องนำไปคำนวณอนุกรมเวลาของการแผ่รังสีตาม
สมการ

$$Q_{\theta} = r_0 q_{\theta} + r_1 q_{\theta-\delta} + \dots + r_{23} q_{\theta-23\delta} \quad (7)$$

เมื่อ	Q_{θ}	คือ ภาระการทำความเย็น
	q_{θ}	คือ พลังงานความร้อน
	$q_{\theta-n\delta}$	คือ พลังงานความร้อนใน 1 ชั่วโมง ก่อน
	c_j	คือ ค่าคงที่ (Spitler, 2009)
	$r_0, r_1, \dots$	คือ ค่าคงที่ (Spitler, 2009)

จากนั้นสามารถรวมภาระการทำความเย็นจากทั้งสอง
ส่วนเป็นภาระการทำความเย็นรายชั่วโมง

3. ทดสอบผลการคำนวณภาระทำความเย็น

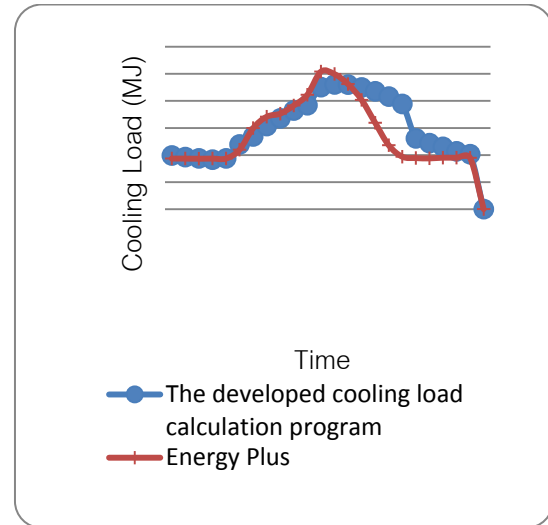
ทดสอบโปรแกรมการคำนวณที่พัฒนาขึ้นโดยใช้สภาวะเดียวกัน เทียบกับโปรแกรม Energy Plus ที่เป็นโปรแกรมการคำนวณภาระการทำความเย็นสำเร็จรูปโดยสรุปผลการคำนวณเป็นรายชั่วโมง

สภาวะที่ทดสอบคือ ห้องขนาด กว้าง 15 ฟุต ยาว 15 ฟุต สูง 10 ฟุต มีกระจกใสด้านทิศตะวันตก ขนาด กว้าง 3 ฟุต 5 นิ้ว ยาว 7 ฟุต 6 นิ้ว ตั้งอยู่ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ตำแหน่งละติจูด 13.73 องศา ด้านทิศเหนือ ลองจิจูด 100.57 องศา ด้านทิศตะวันออก เวลามาตรฐาน GMT +7 ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 66 ฟุต วันที่ 7 กรกฎาคม

ผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเทียบกับโปรแกรม Energy Plus เป็นรายชั่วโมงตลอดวัน พบว่าได้ผลตามรูปที่ 2

พบว่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีภาระการทำความเย็นต่ำสุดและสูงสุดในช่วงเวลาเดียวกัน คือช่วงที่มีภาระการทำความเย็นต่ำสุดคือช่วงก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นระหว่างเวลาตั้งแต่เวลา 0 นาฬิกาถึง 6 นาฬิกา เป็นช่วงที่มีภาระการทำความเย็นต่ำโดยเกือบจะมีค่าเท่ากัน และภาระการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งเวลา 13 นาฬิกาโปรแกรม Energy Plus ได้แสดงช่วงเวลาที่ภาระการทำความเย็นสูงที่สุด



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบผลการคำนวณภาระการทำความเย็นรายชั่วโมง ระหว่างโปรแกรมที่พัฒนา กับโปรแกรม Energy Plus

ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้แสดงช่วงเวลาที่ภาระการทำความเย็นสูงที่สุดคือ 14 นาฬิกา และหลังจากนั้นภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากโปรแกรมทั้งสองได้ลดลง โดยที่โปรแกรม Energy Plus มีภาระการทำความเย็นลดลงในทันทีด้วยอัตราที่สูงกว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กระทั่งมีแนวโน้มคงที่ในที่สุด ซึ่งโดยรวมแล้วภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากโปรแกรมทั้งสองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันผลการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการคำนวณจากโปรแกรมทั้งสองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณภาระการทำความเย็นจาก
โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเทียบกับโปรแกรม

Energy Plus			
เวลา	ผลการคำนวณภาระการทำ		ความแตกต่าง (%)
	ความเย็น (MJ)		
	โปรแกรมที่พัฒนา	โปรแกรม Energy Plus	
1:00	4.127	3.741	10.320
2:00	3.964	3.740	5.990
3:00	3.849	3.737	2.977
4:00	3.759	3.729	0.814
5:00	3.656	3.739	-2.231
6:00	3.753	3.741	0.314
7:00	4.779	4.389	8.905
8:00	5.369	5.988	-10.333
9:00	6.144	6.829	-10.031
10:00	6.705	7.058	-5.002
11:00	7.294	7.662	-4.806
12:00	7.682	8.453	-9.122
13:00	9.017	10.165	-11.290
14:00	9.222	9.981	-7.599
15:00	9.210	9.241	-0.332
16:00	8.989	8.076	11.307
17:00	8.704	6.383	36.359
18:00	8.313	4.726	75.916
19:00	7.777	3.876	100.659
20:00	5.232	3.776	38.562
21:00	4.877	3.753	29.969
22:00	4.602	3.805	20.933
23:00	4.277	3.796	12.665
0:00	4.059	3.785	7.247

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การคำนวณภาระการทำความเย็นจากโปรแกรมที่พัฒนาเทียบกับโปรแกรม Energy Plus พบว่าโดยรวมนั้นมีแนวโน้มเดียวกัน แต่มีจุดแตกต่างกันในช่วง 16 นาฬิกา ซึ่งการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะมีการลดลงของภาระการทำความเย็นในอัตราที่ช้ากว่าการคำนวณจากโปรแกรม Energy Plus เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนา ใช้วิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี ซึ่งพื้นผิวทุกด้านของอาคารจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาในช่วงเวลาหลังจากที่ได้รับความร้อน นั่นคือความร้อนที่ถูกสะสมไว้ จึงทำให้การคำนวณมีความแตกต่างจากโปรแกรม Energy Plus ที่ไม่ได้ใช้วิธีอนุกรมของเวลาในการคำนวณ โปรแกรมการคำนวณภาระการทำความเย็นที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถใช้คำนวณหาภาระการทำความเย็นได้ ซึ่งผลการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับโปรแกรม Energy Plus แต่สะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจากใช้โปรแกรม Microsoft Excel ที่มีผู้ใช้งานอย่างกว้างขวาง มีข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณครบถ้วน และมีการจัดรูปแบบให้ง่ายต่อการใช้งานเพียงผู้ใช้ใส่ข้อมูลที่จำเป็นก็จะสามารถเริ่มคำนวณได้ทันที และมีความถูกต้องในการคำนวณ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ. ดร.พลกฤต กฤษไมตรีอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ. ดร.ประกอบ สุรวฒนาวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ มาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

เทพฤทธิ์ทองชุบและ เอกพลเดี๋ยชั่ว. 2553.

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยวิธี
อนุกรมเวลาของการแผ่รังสีสำหรับ
กรุงเทพมหานคร. ใน การประชุมวิชาการ
เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 24. จังหวัดอุบลราชธานี.

Mui, KW., and Wong, LT. 2007. Cooling load
calculations in subtropical climate. Building
and environment 42: 2498–2504.

Myers, TG., Mitchell, SL., Muchatibaya, G., and
Myers, TG. 2007. A cubic heat balance
integral method for one-dimensional melting
of a finite thickness layer. International
journal of heat and mass transfer 50: 5305-
5317.

Spitler, JD. 2009. Load calculation applications
manual. ASHRAE, USA.

Spitler, JD., and Fisher, DE. 1999. Development of
periodic response factors for use with the
radiant time series method. ASHRAE
Transactions 105: 491-509

Spitler, JD., Fisher, DE., and Pedersen, CO. 1997. The
radiant time series cooling load calculation
procedure. ASHRAE Transactions 103: 503-
515.

Shariah, A., Tashtoush, B., and Rousan, A. 1997.
Cooling and heating loads in residential
buildings in Jordan. Energy and buildings 26:
137-143.

Chen, T., and Cui, M. 2010. A RTS-based method for
direct and consistent calculating intermittent
peak cooling loads. Energy conversion and
management 51: 1170–1178.

Chen, T., and Yu, Z. 2009. A statistical method for
selection of sequences of coincident weather
parameters for design cooling load
calculations. Energy conversion and
management 50: 813–821.

QianLi, X., Chen, Y., Spitler, JD. and Fisher, D. 2009.
Applicability of calculation methods for
conduction transfer function of building
constructions. International journal of
thermal sciences 48: 1441–1451.