

การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณภาระการทำความเย็น
จากการนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว
Probabilistic Approach in Cooling Load Calculation
from Unsteady State Conduction Heat Gain through Wall

เทพฤทธิ์ ทองซูป¹ และ เชิดพันธ์ วิฑูราภรณ์²

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยศรีปทุม ถ.พหลโยธิน บางเขน กรุงเทพฯ

²อาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ

โทร 0 – 2218 – 6622 โทรสาร 0 – 2252 – 2889 E-mail: chirdpun@hotmail.com²

Taperit Tongshoob¹ and Chirdpun Vitooraporn²

¹ Lecturer at Mechanical Engineering Department,

Sripratum University Phaholyotin Rd, Banken Bangkok 10900

²Lecturer at Building Technology and Environment Laboratory, Mechanical Engineering Department,

Chulalongkorn University Phyathai Rd, Patumwan, Bangkok 10330

Tel: 0 – 2218 – 6622 Fax: 0 – 2252 – 2889 E-mail: chirdpun@hotmail.com²

บทคัดย่อ

การคำนวณภาระการทำความเย็น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก, ความชื้นสัมพัทธ์, จำนวนคน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ นี้สามารถที่จะผันแปรได้และไม่สามารถระบุค่าที่แน่นอน ณ ช่วงเวลาต่างๆ ที่ต้องการคำนวณ ทำให้เกิดความไม่แน่นอนขึ้นในการคำนวณ การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบที่แตกต่างกันในแต่ละกรณีจะส่งผลให้คำตอบที่ได้ออกมาต่างกัน ดังนั้นกระบวนการตัดสินใจจึงมีส่วนสำคัญในการหาคำตอบที่เหมาะสม

บทความนี้จะแสดงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น ซึ่งจะ เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยบทความนี้จะแสดงวิธีการประยุกต์ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว โดยมีการกำหนดเงื่อนไขการคำนวณที่แตกต่างกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาอยู่ในรูปแบบของค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นไปได้ พร้อมกับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นนั้นๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้ค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสมและมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น ผล

ที่ได้คือการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพและความเสี่ยงในการลงทุนในระบบปรับอากาศจะลดลง

Abstract

The cooling load calculations depend on many parameters, for example the outside temperature, the humidity ratio, the number and etc. These parameters can be varied and we can not afford to know the exact values at the specific time of calculation. This leads to the uncertainty in the calculation. We can be obtained different results from various design conditions. Therefore a decision making will be important to finding out the appropriate answer.

This paper demonstrates how the probability can be used as a decision tool for justifying the appropriate result from the cooling load calculation. The conduction heat gain through wall under unsteady state in various conditions is used to demonstrate the method proposed in this paper. The results of calculation are the possible values of cooling load with the probability value for each cooling load in each condition. One can now logically

decide for an appropriate amount of the cooling load. This will lead to an efficient in energy management as well as a risk reduction in air conditioning system investment.

1. บทนำ

ภาระการทำความเย็น คือ อัตราความร้อนที่ต้องถูกจัดออก จากบริเวณที่ต้องการ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นใน อากาศให้ได้ตามที่ต้องการ ความร้อนที่เข้าสู่บริเวณดังกล่าว มาจาก แหล่งความร้อนหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละส่วนประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ หลายประการ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าภาระการทำความเย็น เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ และจำนวน คน เป็นต้น ตัวแปรเหล่านี้มักจะแปรผันได้ในช่วงกว้าง และมีความ สัมพันธ์ซึ่งกันและกันที่ซับซ้อน เป็นเรื่องยากที่จะกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ที่แน่นอน อีกทั้งยังมีผลของการสะสมของความร้อนในส่วน ต่างๆ ภายในบริเวณ ทำให้การคำนวณมีความซับซ้อน ดังนั้นจึงมีการ พัฒนาแบบจำลองและสมมติฐานหลาย ๆ อย่าง เพื่อช่วยในการคำนวณ สาเหตุเหล่านี้ทำให้คำตอบที่ได้จากการคำนวณ ณ เวลาที่กำหนด มัก จะเป็นคำตอบโดยประมาณและไม่ใช่อุปที่แน่นอน

การอ้างอิงค่าตัวแปรที่ต่างกัน ณ เวลาเดียวกันจะส่งผลให้ได้ค่า ตอบที่ออกมาแตกต่างกัน ส่วนมากแล้วข้อมูลที่ใช้อ้างอิงค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณมักจะนำมาจากหนังสือมาตรฐานของสมาคม วิศวกรปรับอากาศ ระบายอากาศและการทำความร้อนของอเมริกา (ASHRAE) ซึ่งได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ และการทดลอง อย่างไรก็ตาม มาตรฐานเหล่านั้นไม่ได้แสดงความน่าจะเป็น หรือการแปรปรวนของข้อมูลที่กำหนดไว้ รวมทั้งโอกาสที่ข้อมูลที่เกิด ขึ้นจริงจะมีค่าแตกต่างไปจากข้อมูลมาตรฐานในเวลาที่กำหนด มาตรฐาน ASHRAE ได้พยายามสภาวะการออกแบบในรูปของอุณหภูมิ กระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุด แต่ความจริงแล้ว การ คำนวณภาระการทำความเย็นไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่น ๆ ด้วย เช่น แสงสว่างและจำนวนคน เป็นต้น ในบางครั้ง ตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ก็มีค่าไม่แน่นอน มีความแปรปรวนสูง ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในผลลัพธ์จากการ คำนวณ ส่งผลให้ต้องมีการใช้ตัวประกอบความปลอดภัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ในขั้นตอนสุดท้ายของการคำนวณภาระการทำความเย็นเสมอ ๆ ทำให้คำตอบของค่าภาระการทำความเย็นที่ได้มานั้นมักจะมีความสูงกว่ที่ ควรจะเป็น

2. การประยุกต์ใช้ความน่าจะเป็น

จากสาเหตุที่กล่าวมา เราสามารถนำทฤษฎีความน่าจะเป็นมา ประยุกต์ใช้ เพื่อที่จะแก้ปัญหาความไม่แน่นอน ในการคำนวณภาระการ ทำความเย็น โดยเริ่มจากการแยกตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อ การคำนวณ ออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงความน่า จะ เป็นของค่าภาระการทำความเย็น และกลุ่มตัวแปรที่ควบคุมได้ เช่น ชนิดและสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น

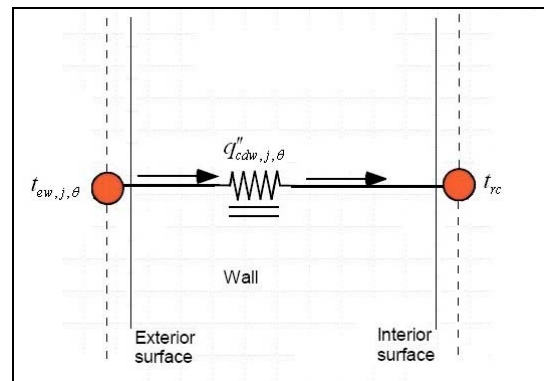
ค่ามาตรฐานของกลุ่มตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ที่เกี่ยวกับสภาพภูมิ อากาศ เช่น อุณหภูมิของอากาศภายนอก ได้มาจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม และผ่านการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ สำหรับกลุ่มตัวแปรที่ควบคุมไม่ ได้ที่เกี่ยวกับการใช้งาน เช่น แสงสว่าง มักจะมีค่าที่ได้มาจากการ ทดลองในห้องทดลอง ณ สภาวะการทดลองที่กำหนด ดังนั้น ในการ คำนวณแต่ละกรณี เรามักจะถูกจำกัดอยู่ที่ค่ามาตรฐานค่าเดียวสำหรับ ตัวแปรแต่ละตัวที่พิจารณา

ภายใต้แนวคิดใหม่ที่นำเสนอในบทความนี้ ข้อมูลทุกค่าที่เป็นไปได้ จะต้องถูกนำมาพิจารณาในรูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความ น่าจะเป็น (pdf) ซึ่งจะระบุถึงความถี่ของการเกิดค่าข้อมูลดังกล่าวโดย ไม่ใช่เพียงแค่ค่ามาตรฐานค่าหนึ่งเท่านั้น ภาระการทำความเย็นที่ได้ จากการคำนวณแต่ละค่าจะมีค่าความน่าจะเป็นซึ่งบ่งบอกถึงโอกาสใน การเกิดของค่าภาระการทำความเย็นนั้นๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถ เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ เลือกค่าภาระการทำความเย็นที่ ต้องการได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงใน การลงทุนเรื่องระบบปรับอากาศ

3. การนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว

การนำความร้อนผ่านผนังที่บจากภายนอก ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลาย ประการ แต่ตัวแปรควบคุมไม่ได้ที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของภาระการทำความเย็นมากก็คือ อุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์

ในบทความนี้ จะนำเสนอการแก้ปัญหาการนำความร้อนผ่านผนัง ที่แบบสถานะไม่คงตัว โดยใช้วิธีตัวประกอบคำตอบแบบช่วง (PRF) โดยกำหนดปริมาณควบคุมที่พื้นผิวของผนังรวมถึงชั้นของฟิล์ม อากาศ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1: การนำความร้อนผ่านผนัง

จากสมการการนำความร้อนวิธี PRF

$$q''_{cdw,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p} (t_{ew,\theta-p} - t_{rc}) \quad (3.1)$$

- เมื่อ $q''_{cdw,\theta}$ คือ ค่าการนำความร้อนผ่านผนัง
- $Y_{w,p}$ คือ ตัวประกอบคำตอบแบบช่วง
- $t_{ew,\theta-p}$ คือ อุณหภูมิเทียบเท่าภายนอก

t_{rc} คือ อุณหภูมิภายใน

จากสมการอุณหภูมิเทียบเท่าภายนอก

$$t_{ew,\theta} = t_{o,\theta} + \frac{\alpha}{h_o} I_{t,\theta} - 4 \cos \Sigma \quad \text{---(3.2)}$$

- เมื่อ $t_{o,\theta}$ คือ อุณหภูมิภายนอก
 α คือ สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของผนัง
 h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวของผนังภายนอก
 $I_{o,\theta}$ คือ ค่าความร้อนรวมจากแสงอาทิตย์
 Σ คือ มุมระหว่างผนังกับแนวระดับ

แทนค่าลงในสมการ 3.1 จะได้

$$q''_{cdw,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p} (t_{o,\theta-p} + \frac{\alpha}{h_o} I_{t,\theta-p} - 4 \cos \Sigma - t_{rc}) \quad \text{---(3.3)}$$

ค่าความร้อนรวมจากแสงอาทิตย์ สามารถหาได้จากค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ (I_{th}) ดังสมการ

$$I_{t,H} = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left((\cos \theta + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2}) \right) \right) I_{th} \quad \text{---(3.4)}$$

- เมื่อ θ คือ มุมตกกระทบของแสง
 C คือ ตัวประกอบการกระจายของท้องฟ้า
 Y คือ ตัวประกอบมุมการสะท้อนของท้องฟ้า
 β คือ มุมแนวตั้งของแสง
 ρ_g คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้น
 Σ คือ มุมเอียงพื้นผิวสัมผัสจากแนวระดับ

จัดรูปสมการใหม่ จะได้

$$q''_{cdw,\theta} = K_{t,\theta} t_{o,\theta} + K_{I,\theta} I_{th,\theta} + K_{C,\theta} \quad \text{---(3.5)}$$

เมื่อ $K_{t,\theta} = U_w$

$$K_{I,\theta} = K_{th,\theta} \frac{\alpha}{h_o} U_w$$

$$K_{C,\theta} = \left(\frac{1}{(\cos \theta_H + C)} \left((\cos \theta + CY + (C + \sin \beta) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2}) \right) \right)$$

$$K_{C,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p} (\Delta t_{\theta-p} + \frac{\alpha}{h_o} K_{t,\theta} \Delta I_{t,\theta-p}) - U_w (4 \cos \Sigma + t_{rc})$$

$$U_w = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p}$$

$$\Delta t_{\theta-p} = t_{o,\theta} - t_{o,\theta-p} \quad \Delta I_{\theta-p} = I_{o,\theta} - I_{o,\theta-p}$$

4. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น

จากสมการที่ 3.5 พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าการนำความร้อนผ่านผนังมีอยู่ 2 ตัวแปร คือ อุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ ถ้ากำหนดให้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับเป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการนำความร้อนผ่านผนัง ($f(q''_{cdw,\theta})$) ก็จะเป็นการกระจายแบบปกติเหมือนกัน และสามารถหาได้ดังสมการ คือ

$$f(q''_{cdw,\theta}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{q'',\theta}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{q''_{cdw,\theta} - \mu_{q'',\theta}}{\sigma_{q'',\theta}}\right)^2\right) \quad \text{---(4.1)}$$

เมื่อ

$$\mu_{q'',\theta} = K_{t,\theta}\mu_{t,\theta} + K_{I,\theta}\mu_{I,\theta} + K_{C,\theta}$$

$$\sigma_{q'',\theta}^2 = K_{t,\theta}^2\sigma_{t,\theta}^2 + K_{I,\theta}^2\sigma_{I,\theta}^2$$

$\mu_{t,\theta}$ คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ

$\mu_{I,\theta}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ

$\sigma_{t,\theta}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิ

$\sigma_{I,\theta}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของค่าความร้อน

จากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ

สำหรับค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม ($f_{CD}(q''_{cdw,\theta})$) ของค่าการนำความร้อนผ่านผนังสามารถหาได้โดยการอินทิเกรตสมการที่ 3.6 ดังสมการ

$$f_{CD}(q''_{cdw,\theta} < q''_0) = \int_{-\infty}^{q''_0} f(q''_{cdw,\theta}) dq''_{cdw,\theta} \quad \text{---(4.2)}$$

เมื่อ q''_0 คือ ค่าการนำความร้อนผ่านผนังที่กำหนด

5. กรณีศึกษา

กรณีศึกษาต่อไปนี้จะใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และวิธีการของแนวคิดใหม่ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว กล่าวถึงก่อนหน้า

พิจารณาค่าภาระการทำความร้อน ที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบก่ออิฐฉาบปูน (E1 C4 E1) ทางทิศตะวันตก ในเวลา 1:00 น ถึง 24:00 น. ของเดือนเมษายน

- ค่าคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการอ้างอิงจาก 2001 ASHRAE Handbooks Fundamental
- ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ อ้างอิงจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพฯ ปี 1989 – 2003 ดังตารางที่ 5.1

Time	$\mu_{t,\theta}$	$\mu_{I,\theta}$	$\sigma_{t,\theta}^2$	$\sigma_{I,\theta}^2$
1	28.8	1.53	0	0
2	28.6	1.58	0	0
3	28.4	1.60	0	0
4	28.2	1.69	0	0
5	28.0	1.66	0	0
6	27.7	1.80	0	0
7	27.9	2.00	153	9058
8	29.3	2.33	341	21380
9	30.8	3.01	534	36919
10	32.1	3.60	669	51174
11	33.2	3.96	779	57904
12	34.0	3.82	842	62425
13	34.4	4.01	846	50748
14	34.7	4.31	757	40182
15	34.6	4.19	601	25683
16	34.3	3.77	408	17585
17	33.5	3.09	199	12363
18	32.0	2.43	54	4430
19	30.7	1.83	0	0
20	30.1	1.33	0	0
21	29.7	1.36	0	0
22	29.4	1.46	0	0
23	29.2	1.41	0	0
24	29.0	1.46	0	0

ตารางที่ 5.1: ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิและค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ

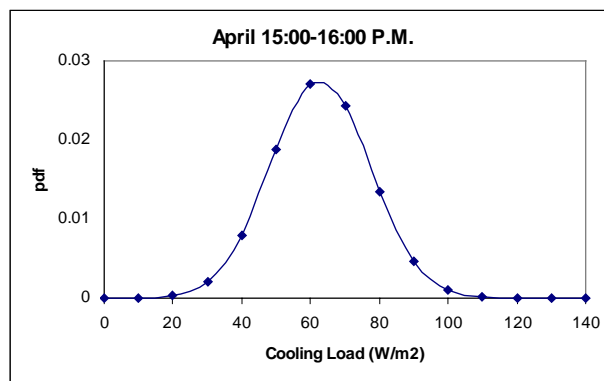
จากสมการที่ 3.5 สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5.2

Time	$K_{t,\theta}$	$K_{I,\theta}$	$K_{C,\theta}$
1	2.68	0.00	-63.00
2	2.68	0.00	-62.37
3	2.68	0.00	-61.58
4	2.68	0.00	-60.72
5	2.68	0.00	-60.20
6	2.68	0.00	-60.29
7	2.68	0.02	-60.67
8	2.68	0.01	-61.03
9	2.68	0.01	-61.30
10	2.68	0.01	-61.79

11	2.68	0.01	-63.52
12	2.68	0.01	-66.76
13	2.68	0.02	-70.10
14	2.68	0.04	-72.39
15	2.68	0.07	-72.70
16	2.68	0.10	-70.75
17	2.68	0.17	-66.92
18	2.68	0.37	-65.07
19	2.68	0.00	-64.70
20	2.68	0.00	-64.52
Time	$K_{t,\theta}$	$K_{I,\theta}$	$K_{C,\theta}$
21	2.68	0.00	-64.33
22	2.68	0.00	-64.12
23	2.68	0.00	-63.84
24	2.68	0.00	-63.47

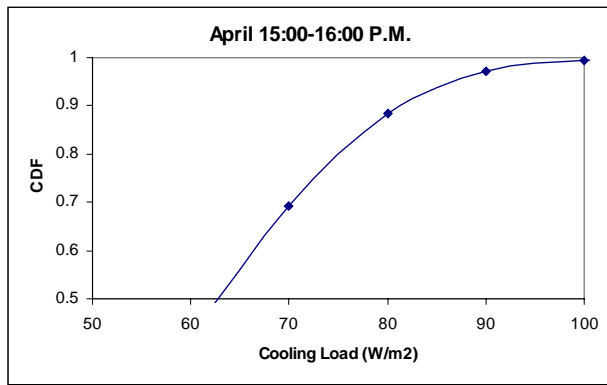
ตารางที่ 5.2: ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ในสมการ 3.5

ดังนั้นจะสามารถหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการนำความร้อนผ่านผนังดังสมการ 4.1 ได้ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ซึ่งในรูปที่ 5.1 จะแสดงตัวอย่างกราฟของค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นในเวลา 15:00-16:00 น.



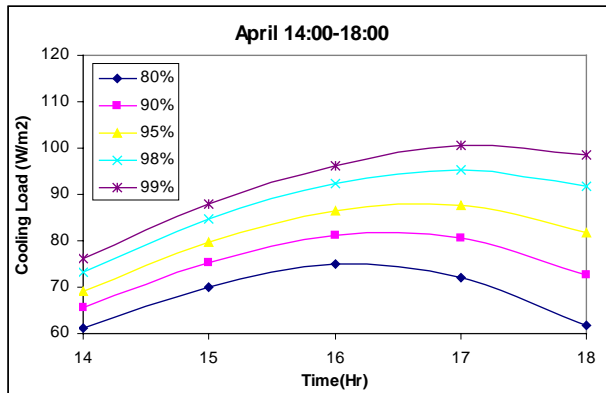
รูปที่ 5.1: กราฟแสดงค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นในเวลา 15:00-16:00 น.

ซึ่งเมื่ออินทิเกรตสมการดังกล่าวก็จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม ซึ่งในรูปที่ 5.2 จะแสดงตัวอย่างกราฟของค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมในเวลา 15:00-16:00 น.



รูปที่ 5.2: กราฟแสดงค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมในเวลา 15:00-16:00 น.

เมื่อนำค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนังที่คำนวณได้ที่เวลาต่างๆ มาเขียนกราฟภายใต้เงื่อนไขค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมต่างๆ จะได้ ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3: กราฟแสดงค่าภาระการทำความเย็นในเวลา 14:00-18:00 น. ภายใต้เงื่อนไขค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมต่างๆ

จากกราฟจะพบว่าในแต่ละเวลา ภายใต้เงื่อนไขค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมต่างๆ จะให้ค่าภาระการทำความเย็นออกมาแตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเลือกใช้ค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสมได้ เช่น ถ้าเลือกออกแบบที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม 98 % (โอกาสที่ค่าภาระการทำความเย็นจะเกินค่าที่กำหนดเท่ากับ 2%) จะได้ว่าขนาดของค่าภาระการทำความเย็น คือ 95.35 W/m²

ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดภายใต้เงื่อนไขค่าความถี่สะสมต่างๆ อาจจะไม่เกิดขึ้นเวลาเดียวกันก็ได้ เช่น ที่ค่าความถี่สะสม 90% จะมีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เวลา 16:00 น. แต่ที่ค่าความถี่สะสม 95% จะมีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เวลา 17:00 น. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระจายของข้อมูล ณ เวลานั้นๆ

จากการคำนวณกับวิธีเก่า ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่ 98% สูงสุด โดยใช้ค่าสูงสุดที่ 98% ของอุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับในการคำนวณ พบว่าค่าภาระการทำความเย็น

สูงสุดเท่ากับ 103.83 W/m² ที่เวลา 17:00 น. ซึ่งเมื่อนำค่าภาระการทำความเย็นนี้ไปคำนวณพบว่า จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมเท่ากับ 99.37 % แต่ในวิธีที่นำเสนอจะใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม 98 % ในการคำนวณโดยตรง พบว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่ได้จะเท่ากับ 95.35 W/m² ซึ่งมีค่าลดลง 8.88%

6. สรุป

แนวคิดในการคำนวณหาภาระการทำความเย็นแบบใหม่ ที่นำเสนอในบทความนี้ เป็นการนำทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยการใช้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมมาเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ โดยมีการแสดงกรณีตัวอย่าง คือ การหาค่าภาระความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว วิธีดังกล่าวสามารถทำให้การเลือกขนาดของภาระการทำความเย็นเป็นไปอย่างเหมาะสม และเป็นเหตุเป็นผล ภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณแต่ละค่า จะมีความน่าจะเป็นซึ่งบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดของค่าภาระการทำความเย็นนั้นๆ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุนเรื่องระบบปรับอากาศ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ASHRAE, 1993 ASHRAE Handbooks Fundamental (SI), Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993.
- [2] ASHRAE, 2001 ASHRAE Handbooks Fundamental (SI), Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2001.
- [3] McQuiston, Faye C. and Spittler, Jeffery D., Cooling and Heating Load Calculation Manual, 2nd ed., American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1994.
- [4] McQuiston, Faye C., Parker, Jerald D. and Spittler, Jeffery D., Heating, Ventilating and Air-Conditioning; Analysis and Design, 5th ed., John Wiley & Son, 2000.
- [5] Stoecker, W.F., Design of Thermal System, 3rd ed., McGraw-Hill, 1989.
- [6] A. H-S Ang and W.H. Tang, Probability Concepts in Engineering Planning and Design, John Wiley, New York, 1975.
- [7] Jim Pitman, Probability, Springer Verlag, 1993.
- [8] S.C. Gupta, V.K. Kapoor, Fundamentals of Mathematical Statistics, Sultan Chand & Son, Delhi, 1973.
- [9] Pederson C.O., Development of Heat Balance for Cooling Load, ASHRAE Transaction, 1997.
- [10] Pederson C.O., Richard J. Liesen, An Evaluation of Inside

Surface Heat Balance Model for Cooling Load Calculations,
ASHRAE Transaction, 1997.

[11] Pederson C.O., Todd M. McClellan, Investigation of Outside
Heat Balance Models for Used in a Heat Balance, ASHRAE
Transaction, 1997.

[12] The Metrological Department of Thailand, Climate data
record sheet, The Metrological Department of Thailand, Bangkok,
2001-2003.