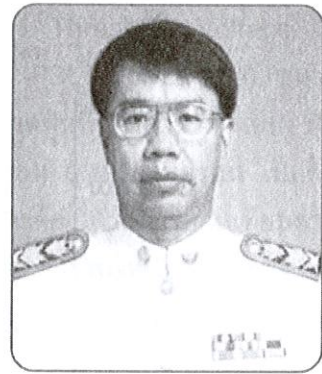


การใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณ ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อน ผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว

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

² Lecturer 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 ซึ่งจะเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยบทความนี้จะแสดงวิธีการประยุกต์ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว โดยมีการกำหนดเงื่อนไขการคำนวณที่แตกต่างกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาอยู่ในรูปแบบของค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นไปได้ พร้อมกับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของภาระการทำความเย็นนั้นๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้ค่าภาระการทำความเย็นที่เหมาะสมและมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น ผลที่ได้คือการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพและความเสี่ยงในการลงทุนในระบบปรับอากาศจะลดลง

Abstract

The cooling load calculations depend on many parameters, for example the outside temperature, the humidity ratio, the number of occupancies 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 อัตราความร้อนที่จะต้องถูกขจัดออกจากบริเวณที่ต้องการ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในอากาศให้ได้ตามที่ต้องการ ความร้อนที่เข้าสู่บริเวณดังกล่าว มาจากแหล่งความร้อนหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละส่วนประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ หลายประการ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า ภาระการทำความเย็น เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ และจำนวนคน เป็นต้น ตัวแปรเหล่านี้มักจะแปรผันได้ในช่วงกว้าง และมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันที่ซับซ้อน เป็นเรื่องยากที่จะกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ที่แน่นอน อีกทั้งยังมีผลของการสะสมของความร้อนในส่วนต่างๆ ภายในบริเวณ ทำให้การคำนวณมีความซับซ้อน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแบบจำลองและสมมติฐานหลายๆ อย่าง เพื่อช่วยในการคำนวณ สาเหตุเหล่านี้ทำให้คำตอบที่ได้จากการคำนวณ ณ เวลาที่กำหนด มักจะเป็นคำตอบโดยประมาณและไม่ใช่ว่าคำตอบที่แน่นอน

การอ้างอิงค่าตัวแปรที่ต่างกัน ณ เวลาเดียวกันจะส่งผลให้ได้คำตอบที่ออกมาแตกต่างกัน ส่วนมากแล้วข้อมูลที่ใช้อ้างอิงค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ มักจะนำมาจากหนังสือมาตรฐานของสมาคมวิศวกรปรับอากาศ ระบายอากาศและการทำความร้อนของอเมริกา (ASHRAE) ซึ่งได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ และการทดลอง อย่างไรก็ตามมาตรฐานเหล่านั้นไม่ได้แสดงความน่าจะเป็นหรือการแปรปรวนของข้อมูลที่กำหนดไว้ รวมทั้งโอกาสที่ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงจะมีค่าแตกต่างไปจากข้อมูลมาตรฐานในเวลาที่กำหนด มาตรฐาน ASHRAE ได้นิยามสถานะการออกแบบในรูปของอุณหภูมิกระเปาะเปียก

และอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุด แต่ความจริงแล้วการคำนวณภาระการทำความเย็นไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆ ด้วย เช่น แสงสว่างและจำนวนคน เป็นต้น ในบางครั้ง ตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ก็มีค่าไม่แน่นอน มีความแปรปรวนสูง ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในผลลัพธ์จากการคำนวณ ส่งผลให้ต้องมีการใช้ตัวประกอบความปลอดภัยเข้ามาเกี่ยวข้องในขั้นตอนสุดท้ายของการคำนวณภาระการทำความเย็นเสมอๆ ทำให้คำตอบของค่าภาระการทำความเย็นที่ได้มานั้นมักจะมีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น

2. การประยุกต์ใช้ความน่าจะเป็น

จากสาเหตุที่กล่าวมา เราสามารถนำทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ เพื่อที่จะแก้ปัญหาความไม่แน่นอน ในการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยเริ่มจากการแยกตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อภาระการออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น และกลุ่มตัวแปรที่ควบคุมได้ เช่น ชนิดและสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ซึ่งจะไม่ มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของค่าภาระการทำความเย็น

ค่ามาตรฐานของกลุ่มตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิของอากาศภายนอก ได้มาจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมและผ่านการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ สำหรับกลุ่มตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน เช่น แสงสว่าง มักจะมีค่าที่ได้มาจากการทดลองในห้องทดลอง ณ สถานะการทดลองที่กำหนด ดังนั้น ในการคำนวณแต่ละกรณี เรามักจะถูกจำกัดอยู่ที่ค่ามาตรฐานค่าเดียวสำหรับตัวแปรแต่ละตัวที่พิจารณา

ภายใต้แนวคิดใหม่ที่น่าเสนอในบทความนี้ ข้อมูลทุกค่าที่เป็นไปได้จะต้องถูกนำมาพิจารณาในรูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (pdf) ซึ่งจะระบุถึงความถี่ของการเกิดค่าข้อมูล ดังกล่าว โดยไม่ใช่เพียงแต่ค่ามาตรฐานค่าหนึ่งเท่านั้น ภาระการทำความเย็นที่ได้จากการคำนวณแต่ละค่าจะมีความน่าจะเป็นซึ่งบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดของค่า

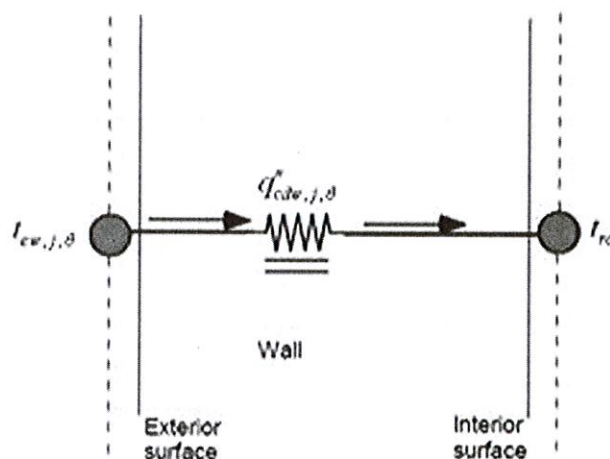
ภาระการทำความเย็นนั้นๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ เลือกค่าภาระการทำความเย็นที่ต้องการได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุนเรื่องระบบปรับอากาศ

3. การนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว

การนำความร้อนผ่านผนังที่บจากภายนอก ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายประการ แต่ตัวแปรควบคุมไม่ได้ที่มี

ความสำคัญและส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระการทำความเย็นมากก็คือ อุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์

ในบทความนี้ จะนำเสนอการแก้ปัญหาการนำความร้อนผ่านผนังที่แบบสถานะไม่คงตัว โดยจะใช้วิธีตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วง (PRF) โดยกำหนดปริมาณควบคุมที่พื้นผิวของผนังรวมถึงชั้นของฟิล์มอากาศ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1: การนำความร้อนผ่านผนัง

จากสมการการนำความร้อนวิธี Periodic Response Factors

$$q_{cdw, \theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{w, p} (t_{ew, \theta-p} - t_{rc}) \quad (2.1)$$

เมื่อ

- $q_{cdw, \theta}$ คือ ค่าการนำความร้อนผ่านผนัง
- $Y_{w, p}$ คือ ตัวประกอบการตอบสนองแบบช่วง
- $t_{ew, \theta-p}$ คือ อุณหภูมิเทียบเท่าภายนอก
- t_{rc} คือ อุณหภูมิภายใน

จากสมการอุณหภูมิเทียบเท่าภายนอก

$$t_{ew, \theta} = t_{o, \theta} + \frac{\alpha}{h_o} I_{t, \theta} - 4 \cos \Sigma \quad (2.2)$$

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

$$\dot{q}_{cdw,\theta} = \sum_{p=0}^{23} Y_{w,p} (t_{o,\theta-p} + \frac{\alpha}{h_o} I_{t,\theta-p} - 4 \cos \Sigma - t_{rc}) \quad (3.3)$$

ค่าความร้อนรวมจากแสงอาทิตย์ สามารถหาได้จากค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ (I_{th}) ดังสมการ

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

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

จัดรูปสมการใหม่ จะได้

$$\dot{q}_{cdw,\theta} = K_{t,\theta} t_{o,\theta} + K_{I,\theta} I_{th,\theta} + K_{C,\theta} \quad (3.5)$$

$$\text{เมื่อ } K_{t,\theta} = U_w$$

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

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

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

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

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

4. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น

จากสมการที่ 3.5 พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าการนำความร้อน ผ่านผนังมีอยู่ 2 ตัวแปร คือ อุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ ถ้ากำหนดให้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์

ในแนวระดับเป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการนำความร้อนผ่านผนัง ($f(\dot{q}_{cdw,\theta})$) ก็จะเป็นการกระจายแบบ ปกติเหมือนกัน และสามารถหาได้ดังสมการ คือ

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

เมื่อ $\mu_{q,\theta} = K_{I,\theta}\mu_{1,\theta} + K_{C,\theta}\mu_{1,\theta} + K_{C,\theta}$

$\sigma_{q,\theta}^2 = K_{I,\theta}^2\sigma_{1,\theta}^2 + K_{C,\theta}^2\sigma_{1,\theta}^2$

$\mu_{1,\theta}$ คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ

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

$\sigma_{1,\theta}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิ

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

สำหรับค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม ($f_{CD}(\dot{q}_{cdw,\theta})$) ของค่าการนำความร้อนผ่านผนังสามารถหาได้โดยการอินทิเกรตสมการที่ 4.1 ดังสมการ

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

เมื่อ \dot{q}_0 คือ ค่าการนำความร้อนผ่านผนังที่กำหนด

5. กรณีศึกษา

กรณีศึกษาต่อไปนี้จะใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และวิธีการของแนวคิดใหม่ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบสถานะไม่คงตัว ที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้

พิจารณาค่าภาระการทำความเย็น ที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนังแบบก้ออิฐหนา 10 cm ฉาบปูนหนา 2 cm ทั้ง 2 ด้าน ทางทิศตะวันตก ในเวลา 1:00 น

ถึง 24:00 น. ของเดือนเมษายน

- ค่าคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการอ้างอิงจาก 2001 ASHRAE Handbooks Fundamental

- ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ในแนวระดับ อ้างอิงจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพ ปี 1989 - 2003 ดังตารางที่ 5.1

Time	$\mu_{1,\theta}$	$\mu_{I,\theta}$	$\sigma_{1,\theta}^2$	$\sigma_{I,\theta}^2$
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

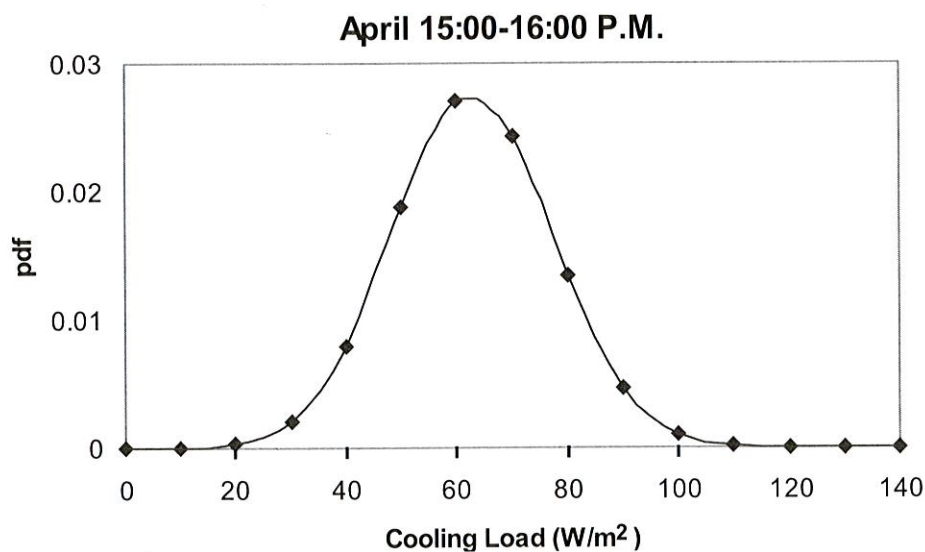
จากสมการที่ 3.5 สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5.2

Time	$K_{i,\theta}$	$K_{l,\theta}$	$K_{c,\theta}$
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
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

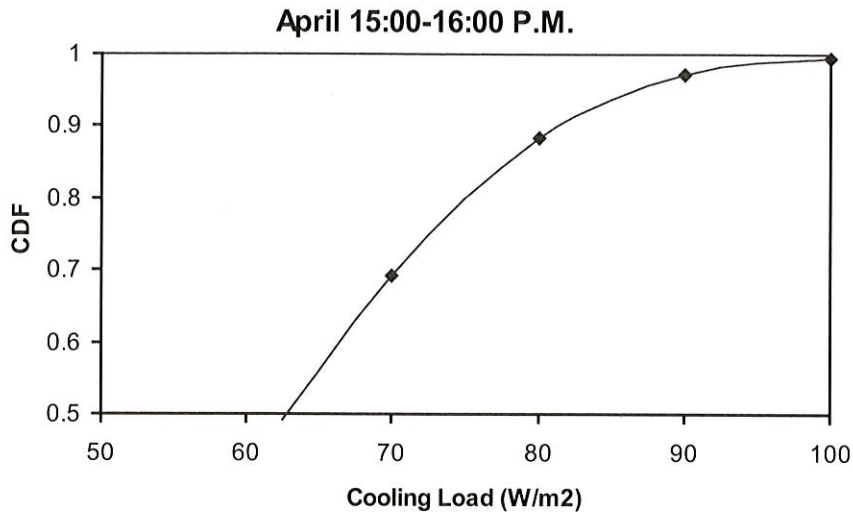
ตารางที่ 5.2: ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ในสมการ 3.5

ดังนั้นจะสามารถหาค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของค่าการนำความร้อนผ่านผนังดังสมการ 4.1 ได้ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 5.1 และตาราง

ที่ 5.2 ซึ่งในรูปที่ 5.1 จะแสดงตัวอย่างกราฟของค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นในเวลา 15:00-16:00 น.



รูปที่ 5.1: กราฟแสดงค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (pdf) ในเวลา 15:00-16:00 น.



รูปที่ 5.2: กราฟแสดงค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม (CDF) ในเวลา 15:00-16:00 น.

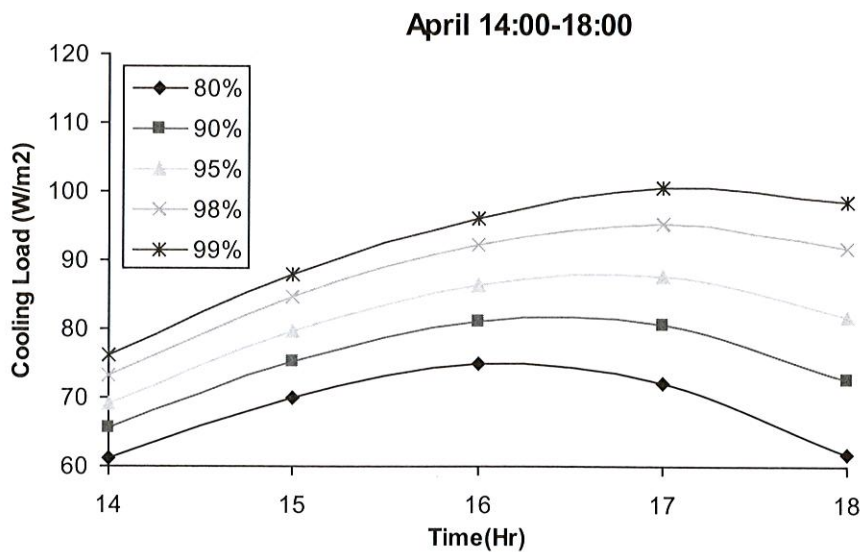
ซึ่งเมื่ออินทิเกรตสมการดังกล่าวก็จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม ซึ่งในรูปที่ 5.2 จะแสดงตัวอย่างกราฟของค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมในเวลา 15:00-16:00 น.

เมื่อนำค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนังที่คำนวณได้ที่เวลาต่างๆ มาเขียนกราฟภายใต้เงื่อนไขค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมต่างๆ จะได้ ดังรูปที่ 5.3

จากกราฟจะพบว่าในแต่ละเวลา ภายใต้เงื่อนไขค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมต่างๆ จะให้ค่าภาระการทำความเย็นออกมาแตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการเลือกใช้ค่าภาระ

การทำความเย็นที่เหมาะสมได้ เช่น ถ้าเลือกออกแบบที่ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสม 98% (โอกาสที่ค่าภาระการทำความเย็นจะเกินค่าที่กำหนดเท่ากับ 2%) จะได้ว่าขนาดของค่าภาระการทำความเย็นคือ 95.35 W/m²

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



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

จากการคำนวณกับวิธีเก่า ภายใต้เงื่อนไขการ ออกแบบที่ 98% สูงสุด โดยใช้ค่าสูงสุดที่ 98% ของ อุณหภูมิภายนอก และค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในแนวระดับในการคำนวณ พบว่าค่าภาระการทำความ เย็นสูงสุดเท่ากับ 103.83 W/m^2 ที่เวลา 17:00 น. ซึ่งเมื่อนำค่าภาระการทำความเย็นนี้ไปคำนวณพบว่า จะได้ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความถี่สะสมเท่ากับ 99.37% แต่ในวิธีที่นำเสนอจะใช้ค่าฟังก์ชันความ หนาแน่นของความถี่สะสม 98% ในการคำนวณโดยตรง พบว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดที่ได้จะเท่ากับ 95.35 W/m^2 ซึ่งมีค่าลดลง 8.88%

6. สรุป

แนวคิดในการคำนวณหาภาระการทำความเย็น แบบใหม่ ที่นำเสนอในบทความนี้ เป็นการนำทฤษฎี ความน่าจะเป็นเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยการใช้ค่าฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความถี่สะสมมาเป็นเครื่องมือ ในการตัดสินใจ โดยมีการแสดงกรณีตัวอย่าง คือ การหาค่าภาระความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง แบบสถานะไม่คงตัว วิธีดังกล่าวสามารถทำให้การเลือก ขนาดของภาระการทำความเย็นเป็นไปอย่างเหมาะสม และเป็นเหตุเป็นผล ภาระการทำความเย็นที่ได้จาก การคำนวณแต่ละค่าจะมีความน่าจะเป็นซึ่งบ่งบอก ถึงโอกาสในการเกิดของค่าภาระการทำความเย็น นั้นๆ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุนเรื่องระบบ ปรับอากาศ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ห้องปฏิบัติการ เทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล และบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 Spitler, 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 Spitler, 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, 1989-2003.