บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในทุกวันนี้ปัญหาการใช้พลังงานภายในประเทศได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับทรัพยากรธรรมชาติ ที่ใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานได้ลดลงอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นแหล่งพลังงานที่ได้จากถ่านหิน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติเป็นต้น ดังนั้นรัฐบาลจึงได้จัดทำพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 เพื่อใช้ในการควบคุมการใช้พลังงานได้ลดลงและคุ้มค่าที่สุด

จากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ดังกล่าว นอกจากจะช่วยประเทศชาติในการประหยัดพลังงานและงบประมาณในการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศแล้วยังจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของสถานประกอบการ ทำให้เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในทางตลาดให้กับสถานประกอบการเองอีกด้วย นอกจากนี้แล้วยังช่วยให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นเนื่องจากมีการใช้พลังงานน้อยลง และมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด โดยสภาพรวมแล้พระราชบัญญัติฉบับนี้มีส่วนช่วยให้มีการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.1 สรุปสาระสำคัญของ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

กฎหมายการอนุรักษ์พลังงานมีชื่อว่า พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำกับดูแลส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการอนุรักษ์พลังงาน ในผู้ที่อยู่ภายใต้กฎหมาย และสนับสนุนให้มีการผลิตอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานรวมถึงได้มีการจัดตั้ง กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้เป็นกลไกในการอุดหนุนช่วยเหลือทางการเงินในการอนุรักษ์พลังงานซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของ สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมแรงงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้กำหนดลักษณะของอาคารควบคุม (สามารถดูรายละเอียดของอาคารควบคุมได้ที่หัวข้อ 2.2) แบ่งอาคารควบคุมออกเป็นอาคารเก่าและอาคารใหม่ (สามารถดูรายละเอียดของอาคารเก่าและอาคารใหม่ได้ที่หัวข้อ 2.3)

2.2 อาคารควบคุม

ตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2538 ได้กำหนดให้อาคารที่มีลักษณะเป็นอาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้บ้านเลขที่เดียวกันที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ให้เป็น อาคารควบคุม

อาคารที่ไม่ใช่พระที่นั่งหรือพระราชวัง สถานทูตหรือสถานกงสุล อาคารที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โบราณสถาน วัดหรืออาคารที่ใช้เพื่อการศาสนาซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้โดยเฉพาะที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ถือเป็นอาคารควบคุมดังนี้ คือ อาคารหลังเดียวกันหรือหลายหลังภายใต้บ้านเลขที่เดียวกันที่ได้รับอนุมัติให้ติดตั้งหม้อแปลงชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 KW หรือ 1,175 KVA ขึ้นไป หรือมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกกะจูนในรอบ 1 ปี

2.3 อาคารเก่าและอาคารใหม่

จากกฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมาย อาคารเก่า และ อาคารใหม่ ดังนี้

อาคารเก่า หมายความว่า อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือกำลังก่อสร้างหรือไม่ได้ก่อสร้างแต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้ก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 มีผลใช้บังคับคือก่อน วันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2538

อาคารใหม่ หมายความว่า อาคารที่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 มีผลใช้บังคับคือ หลังวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2538

2.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

ปัจจุบันอากาศในประเทศไทยได้ร้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อปรับอากาศในอาคารให้เกิดความสบายแก่ผู้อาศัย แต่เครื่องปรับอากาศก็เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมาก ดังนั้นการลดพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในอาคารลงสามารถที่จะลดการใช้พลังงานลงได้

ดังนั้นการลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกผ่านผนัง (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) และปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากหลังคา (Roof Thermal Transfer Value : RTTV) จึงได้มีมาตรการที่จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานอาคารลงได้ ดังนั้นเพื่อให้การใช้พลังงานภายในอาคารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รัฐบาลจึงได้กำหนดมาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนไว้ดังนี้ จากกฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ออกตามความในพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้กำหนดค่ามาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อน	สำหรับอาคารเก่า (W/m^2)	สำหรับอาคารใหม่ (W/m^2)
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value : OTTV)	55	45
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value : RTTV)	25	25

2.4.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

2.4.1.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity Coefficient : K)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่จะใช้ประกอบการคำนวณ เพื่อหาความนำความร้อนของวัสดุใด ๆ ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้ประกาศกำหนด ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบหรือรับรองค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข.

2.4.1.2 ความนำความร้อน (Thermal Conductance : C)

ค่าความนำความร้อนของวัสดุใด ๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$C = \frac{K}{\Delta X} \qquad (2.1)$$

โดยที่ C คือ ค่าความนำความร้อน มีหน่วยเป็น $W/m^2\ ^oC$

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น $W/m\ ^oC$

ΔX คือ ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น m

2.4.1.3 ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistant : R)

ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใด ๆ คือ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อน ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$R = \frac{1}{C} \text{ หรือ } \frac{\Delta X}{K} \qquad (2.2)$$

โดยที่ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็น $m^2\ ^oC/W$

2.4.1.4 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (air film)

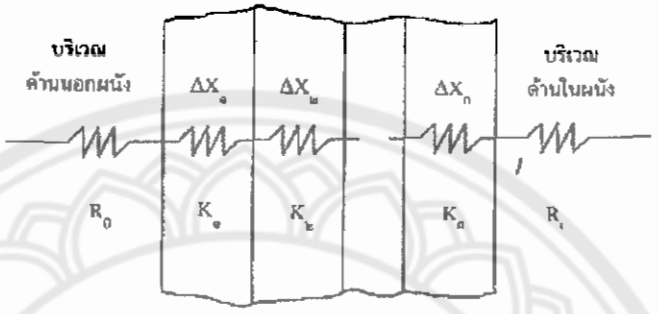
ค่าความต้านทานความร้อนระหว่างผิววัตถุใด ๆ กับอากาศที่อยู่โดยรอบ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร (R_o)
2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร (R_i)
3. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างของผนังหลังคาและเพดาน (R_a)

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคารทึบ สำหรับผนังสองชั้นที่มีช่องว่างอากาศอยู่กลาง สำหรับหลังคาอาคาร สำหรับหลังคาที่มีช่องว่างอากาศอยู่กลาง และสำหรับเพดานที่จะใช้ประกอบการคำนวณ ได้แสดงไว้ในตารางที่ ข.2, ตารางที่ ข.3, ตารางที่ ข.4, ตารางที่ ข.5, และตารางที่ ข.6 ในภาคผนวก ข ตามลำดับ

2.4.1.5 ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง และหลังคา (R_T) ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.3



รูปที่ 2.1 แสดงภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร
ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากชั้นวัสดุแตกต่างกัน
(ที่มา : หนังสือชุดรหัส A_2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538)

$$R_T = R_o + \frac{\Delta X_1}{K_1} + \frac{\Delta X_2}{K_2} + \frac{\Delta X_3}{K_3} + \ldots + \frac{\Delta X_n}{K_n} + R_i \qquad (2.3)$$

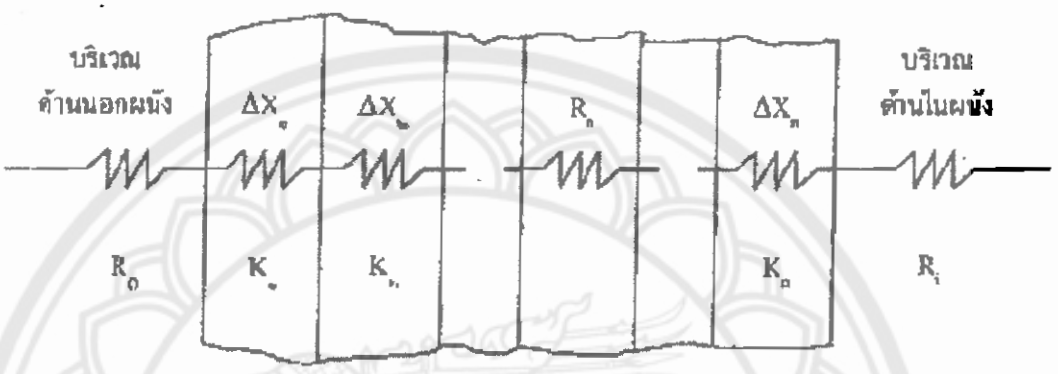
โดยที่ $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \ldots, \Delta X_n$ คือ ความหมายของวัสดุที่อาคารประกอบขึ้นเป็นผนังชนิดที่ 1,2,3,...,n ตามลำดับ มีหน่วยเป็น m

$K_1, K_2, K_3, \ldots, K_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่1,2,3,...,n ตามลำดับ มีหน่วยเป็น $W / m\ ^oC$

R_o, R_i คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกและด้านในของผนังอาคาร ตามลำดับ มีหน่วยเป็น $m^2\ ^oC / W$

2.4.1.6 ในกรณีที่ผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ

ในคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของผนังหลังคาและเพดาน (R_T) ซึ่งมีโครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างชนิดกัน n ชนิด และผนังอาคารมีช่องว่างอากาศดังแสดงในรูปที่ 2.2 สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.4



รูปที่ 2.2 แสดงภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร
แบบมีช่องว่างอากาศอยู่ตรงกลาง
(ที่มา : หนังสือชุดรหัส A_2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538)

$$R_T = R_o + \frac{\Delta X_1}{K_1} + \frac{\Delta X_2}{K_2} + \frac{\Delta X_3}{K_3} + \ldots + R_a + \ldots + \frac{\Delta X_n}{K_n} + R_i \qquad (2.4)$$

โดยที่ R_a คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (Air film) ที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง มีหน่วยเป็น $m^2\,^oC / W$

2.4.1.7 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Heat Transfer Coefficient : U)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} \qquad (2.5)$$

โดยที่ U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

R_T คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม มีหน่วยเป็น $m^2\,^oC/W$ สามารถหาได้จากสมการที่ 2.3 หรือจากสมการที่ 2.4

2.4.1.8 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value : OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \qquad (2.6)$$

โดยที่ $OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็น W/m^2

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent : TD_{eq}) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (^oC) ถูกแสดงในตารางที่ ข.9 ภาคผนวก ข ซึ่งหมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง โดยผลต่างของอุณหภูมินี้จะพิจารณาถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ ดังแสดงในตารางที่ ข.8 ภาคผนวก ข และมวลของวัสดุ[1]

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น (°C) สำหรับประเทศไทยค่านี้ คือ 5 °

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังโปร่งแสง (Shading Coefficient : SC)[2] ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor :SF) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น w/m^2 ซึ่งค่า SF = (160)(CF) โดยที่ CF คือตัวประกอบปรับแก้ (Correction Factor : CF) ที่แสดงไว้ในตารางที่ ข. 10 ภาคผนวก ข

<u>หมายเหตุ</u>

[1] มวลของวัสดุ มีหน่วยเป็น kg/m^2 ในที่นี้พิจารณาได้จากผลคูณระหว่างความหนาแน่นของวัสดุ มีหน่วยเป็น kg/m^3 ที่แสดงในตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข กับความหนาแน่นของชั้นวัสดุมีหน่วยเป็น m

[2] ค่า SC มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่าง SC_1 (เป็นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก) กับ SC_2 (ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์บังแดด)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกและด้านใน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการที่ 2.7

$$OTTV_{เฉลี่ย} = \frac{(A_{o_1})(OTTV_1)+(A_{o_2})(ATTV_2)+...+(A_{o_1})(OTTV_1)}{A_{o_1}+A_{o_2}+...+A_{o_1}} \qquad (2.7)$$

โดยที่ $OTTV_{เฉลี่ย}$ คือ ค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนรวม มีหน่วยเป็น W/m^2

A_{oi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและผนังหน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น m^2

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน มีหน่วยเป็น m^2

2.4.1.9 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาให้คำนวณจากสมการ 2.8

$$RTTV = (U_r)(1 - RSR)(TD_{eq}) + (U_{rf})(RSR)(\Delta T) + (SC)(RSR)(SF) \qquad (2.8)$$

โดยที่ RTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารที่พิจารณา มีหน่วยเป็น W/m^2

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

RSR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของส่วนโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent : TD_{eq}) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (^oC) ถูกแสดงในตารางที่ ข.10 ภาคผนวก ข ซึ่ง หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโดยผลต่างของอุณหภูมินี้จะพิจารณาถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบและมวลของวัสดุ[1]

U_{rf} คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วนโปร่งแสง มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร , (^oC) สำหรับประเทศไทยค่านี้คือ 5 ^oC

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังโปร่งแสง (Shading Coefficient : SC)[2] ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor : SF) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น W/m^2 ซึ่งค่า SF = (370)(CF) โดยที่ CF คือตัวประกอบปรับแก้ (Correction Factor : CF) ที่แสดงไว้ในตารางที่ ข.12 ภาคผนวก ข

หมายเหตุ

[1] มวลของวัสดุ มีหน่วยเป็น kg/m^2 ในที่นี้พิจารณาได้จากผลคูณระหว่างความหนาแน่นของวัสดุมีหน่วยเป็นเป็น kg/m^3 ที่แสดงในตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข กับความหนาแน่นของชั้นวัสดุ มีหน่วยเป็น m

[2] ค่า SC มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่าง SC_1 (เป็นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก) กับ SC_2 (ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์บังแดด)

ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารในบางครั้งเพื่อความสะดวกในการคำนวณเราจะใช้วิธีหาอัตราความร้อนผ่านเข้ามายังกรอบอาคารทั้งหมด มีหน่วยเป็น W แล้วเปลี่ยนให้เป็นฟลักซ์ความร้อนโดยการหารด้วยพื้นที่ทั้งหมดซึ่งมีหน่วยเป็น W/m^2

2.4.1.9.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนผนังทึบ

ผนังทึบ คือ ผนังที่ไม่ยอมให้แสงผ่านได้เลย การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบใช้สมการ 2.9 ในการคำนวณ

$$Q_{wall} = (U_{wall})(A_{wall})(TD_{eq}) \qquad (2.9)$$

โดยที่ Q_{wall} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W

U_{wall} คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมในส่วนผนังทึบ มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

A_{wall} คือ พื้นที่ของส่วนทึบ มีหน่วยเป็น m^2

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent : TD_{eq}) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (^oC) ถูกแสดงในตารางที่ ข.9 ภาคผนวก ข ซึ่งหมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโดยผลต่างของอุณหภูมินี้จะพิจารณาถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบดังแสดงในตารางที่ ข.8 ภาคผนวก ข และมวลของวัสดุ[1]

หมายเหตุ

[1] มวลของวัสดุ มีหน่วยเป็น kg/m^2 ในที่นี้พิจารณาได้จากผลคูณระหว่างความหนาแน่นของวัสดุ

มีหน่วยเป็นเป็น kg/m^3 ที่แสดงในตารางที่ ข.7 ในภาคผนวก ข กับความหนาแน่นของชั้นวัสดุ มีหน่วยเป็น m

2.4.1.9.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนผนังโปร่งแสง

ผนังโปร่งแสง คือ ผนังที่ยอมให้แสงผ่านได้ การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสงใช้สมการ 2.10 ในการคำนวณ

$$Q_{glass} = (U_{glass})(A_{glass})(\Delta T) \qquad (2.10)$$

โดยที่ Q_{glass} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W

U_{glass} คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมในส่วนผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น $W/m^2\,^oC$

A_{glass} คือ พื้นที่ของส่วนโปร่งแสง มีหน่วยเป็น m^2

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น ^oC สำหรับประเทศไทยค่านี้คือ 5 ^oC

2.4.1.9.3 กรณีผนังโปร่งแสงมีอุปกรณ์บังแดด

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสงที่มีอุปกรณ์บังแดดติดตั้งอยู่ใช้สมการ 2.11 ในการคำนวณ

$$Q_{sc} = (SC)(A_{glass})(SF) \qquad (2.11)$$

โดยที่ Q_{sc} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังโปร่งแสง (Shading Coefficient : SC)[2] ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

A_{glass} คือ พื้นที่ส่วนโปร่งแสง มีหน่วยเป็น m^2

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor : SF) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น W/m^2 ซึ่งค่า SF = (370)(CF) โดยที่ CF คือ ตัวประกอบปรับแก้ (CorrectionFactor : CF) ที่แสดงไว้ในตารางที่ ข.11 ภาคผนวก ข

2.4.2 วิธีการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

หลังจากที่เราคำนวณปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกรอบอาคารโดยวิธีที่แสดงในหัวข้อที่ 2.4.1 เป้าหมายต่อไปนี้คือ การลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารซึ่งก็มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การติดฟิล์มกรองแสงที่กระจก , การเคลือบเซรามิกโค๊ตติ้งผิวหลังคา , การติดฉนวนใยก้าวบนฝ้าเพดาน ฯลฯ ซึ่งหลังจากที่เราตัดสินใจเลือกมาตรการใดมาตรการหนึ่งแล้ว เราจะต้องทำการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดูว่าสามารถที่จะลดความร้อนที่เข้าอาคารลงได้เท่าไร ซึ่งปริมาณความร้อนที่ลดลงได้นั้นก็หมายถึงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลงตามไปด้วย ดังนั้นทำให้สามารถประหยัดพลังงานในส่วนของเครื่องปรับอากาศลงได้ ซึ่งวิธีการคำนวณ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.12 สำหรับคำนวณภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลงได้ และสมการที่ 2.13 สำหรับคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้

2.4.2.1 สมการสำหรับคำนวณภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลง

$$Q_{reduce} = (OTTV_{old} - OTTV_{new})(A_T)(CF) \qquad (2.12)$$

โดยที่ Q_{reduce} คือ ภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลง มีหน่วยเป็น TON

$OTTV_{old}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่อนดำเนินมาตรการ มีหน่วยเป็น W/m^2

$OTTV_{new}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหลังดำเนินมาตรการ มีหน่วยเป็น W/m^2

A_T คือ พื้นที่กรอบอาคารรวมในส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็น m^2

CF คือ ค่าที่ใช้ในการแปลงหน่วยพลังงานความร้อนให้เป็นหน่วยตันความเย็นมีค่าเท่ากับ 2.845×10^{-4} มีหน่วยเป็น TON / W

2.4.2.2 สมการสำหรับคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงต่อปี

$$E_{reduce} = (Q_{reduce})(Chp_{avg})(G)(OP) \quad (2.13)$$

โดยที่ E_{reduce} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงต่อปี มีหน่วยเป็น kW-hr / Y

Q_{reduce} คือ ภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ลดลง มีหน่วยเป็น TON

Chp_{avg} คือ สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยสามารถคำนวณได้จากผลรวมของกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหารด้วยผลรวมของความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น kW / TON

G คือ ชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น hr / Y

OP คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์

2.5 การหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.5.1 ความสามารถในการทำความเย็น

ความสามารถในการทำความเย็นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.14

$$q = 4.5(CFM_r)(h_r - h_s) \quad (2.14)$$

โดยที่ q คือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu / hr

CFM_r คือ อัตราการไหลของอากาศ มีหน่วยเป็น ft^3 / min

h_r คือ เอลทาลปีของอากาศด้านกลับ มีหน่วยเป็น Btu / lb

h_s คือ เอลทาลปีของอากาศด้านจ่าย มีหน่วยเป็น Btu / lb

ในการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศเราจะใช้ค่าที่ด้านกลับมาคำนวณ (CFM_r) เนื่องจากอากาศด้านกลับมีความเร็วไม่มาก กล่าวคือทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศด้านกลับมีความปั่นป่วนน้อยกว่าอากาศด้านจ่าย ซึ่งเป็นผลให้ความเร็วอากาศในแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกัน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.15

$$CFM_r = (A_r)(V_r) \quad (2.15)$$

โดยที่ CFM_r คือ อัตราการไหลของอากาศด้านกลับ มีหน่วยเป็น ft^3 / min

A_r คือ พื้นที่หน้ากากด้านกลับเป็นค่าที่ได้จากการวัด มีหน่วยเป็น ft^2

V_r คือ ความเร็วลมด้นกลับเป็นค่าที่ได้จากการวัด มีหน่วยเป็น ft / min

ส่วนค่าเอลทาลปี (Enthalpy) สามารถเปิดได้จากแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ต (Psychometric Chart) โดยค่าอุณหภูมิกระเปราะแห้งของอากาศในหน่วยของศาฟาเรนไฮต์ (Dry Bulb Temperature : ^0F) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : %RH) ทั้งสองค่าเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด

2.5.2 การคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศเราจะใช้อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio : EER) ในสมการที่ 2.16 (หรือค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศในสมการที่ 2.17 มาเป็นตัวชี้วัด)

$$EER = \frac{q}{Watt} \quad (2.16)$$

โดยที่ ERR คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน มีหน่วยเป็น (Btu / hr) / W

q คือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu / hr

Watt คือ กำลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น W

$$Chp = \frac{KW}{TR} \quad (2.17)$$

โดยที่ Chp คือ สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW / TON

kW คือ กำลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น kW

TON คือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น TON

หมายเหตุ : โดยที่ 1 ตันความเย็น มีค่าเท่ากับ 12,000 Btu / hr

การกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยสำนักการจัดการด้านการไฟฟ้า (DSM) ของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

เบอร์	ค่า Energy Efficiency Ratio : EER
5	EER $\geq$ 10.6
4	9.6 $\leq$ EER $<$ 10.6
3	8.6 $\leq$ EER $<$ 9.6
2	7.6 $\leq$ EER $<$ 8.6
1	EER $<$ 7.6

ในการหาค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องนั้น มีปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำความเย็น และประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ กล่าวคือ

ถ้าความชื้นและอุณหภูมิกระเปราะแห้งของอากาศที่เข้าคอยล์เย็นมีค่าสูง ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะน้อยลงและส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ทำงานหนักมากขึ้นและใช้พลังงานมากขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิกระเปราะแห้งและความชื้นของอากาศมีค่าต่ำความสามารถในการทำความเย็นก็จะมากขึ้นและคอมเพรสเซอร์ก็จะทำงานน้อยลง

ดังนั้นในการที่จะบอกถึงสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจำเป็นต้องกำหนดสภาวะมาตรฐานขึ้น เพื่อให้เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องได้ โดยสถาบันการปรับอากาศและการทำความเย็น(Air – condition and Refrigeration Institute : ARI) ที่สหรัฐอเมริกาได้กำหนดสภาวะมาตรฐานไว้ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิกระเปราะแห้งของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 35 $^{\circ}$C (98 $^{\circ}$F)
2. อุณหภูมิกระเปราะแห้งของอากาศที่เข้าคอยล์เย็นเท่ากับ 26.7 $^{\circ}$C (80°F) และอุณหภูมิกระเปราะเปียกของอากาศที่เข้าคอยล์เย็นเท่ากับ 19 $^{\circ}$C (67 $^{\circ}$F) หรือเทียบเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ 50 %

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานจึงได้จัดทำตารางแก้ไขขนาดทำความเย็นและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบเป็นชุดออกมาและสามารถคำนวณสภาวะมาตรฐานของกำลังไฟฟ้า และขนาดทำความเย็นได้ตามสมการที่ 2.18 และสมการที่ 2.19 ตามลำดับ

$$KW_{st} = \frac{KW_{ac}}{c} \qquad (2.18)$$

โดยที่ kW_{st} คือ กำลังไฟฟ้าที่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็น kW
kW_{ac} คือ กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ มีหน่วยเป็น kW
C คือ ค่าแก้ไขกำลังไฟฟ้า

$$q_{st} = \frac{q_{ac}}{c} \qquad (2.19)$$

โดยที่ q_{st} คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็น Btu / hr
q_{ac} คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่วัดได้ มีหน่วยเป็น Btu / hr
c คือ ค่าแก้ไขความสามารถในการทำความเย็น

หลังจากแปลงค่ากำลังไฟฟ้า และความสามารถในการทำความเย็นไปที่สภาวะมาตรฐานแล้วให้นำค่าที่สภาวะมาตรฐานมาคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่สภาวะมาตรฐานโดยใช้สมการที่ 2.17 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานการปรับอากาศที่กำหนดไว้สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 1.61 kW / TON

2.5.3 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเป็นผลคูณระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่วัดได้กับชั่วโมงการทำงานต่อปีแต่เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ได้ทำงานตลอดเวลา คือ เมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้นอีก คอมเพรสเซอร์ก็จะกลับมาทำงานอีกครั้งหนึ่งจนอุณหภูมิในห้องลดต่ำลงเท่ากับที่เราตั้งไว้ดังนั้นเวลาทำการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศเราจึงต้องทำการคูณเปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์เข้าไปด้วยเพื่อให้การคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดโดยที่การคำนวณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศได้แสดงไว้ในสมการที่ 2.20

$$E_{air} = (KW_{act})(hr_w)(OP) \quad (2.20)$$

โดยที่ E_{air} คือ ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW-hr / Y

kW_{act} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่วัดได้ มีหน่วยเป็น kW

hr_w คือ ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น hr / Y

OP คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานคอมเพรสเซอร์

2.5.4 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อมีการเปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมจะต้องมีการคำนวณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศตัวใหม่ เพื่อที่จะได้ทราบถึงปริมาณพลังงานที่ประหยัด ๆ ได้ซึ่งในการคำนวณก็ใช้วิธีเหมือนหัวข้อที่ 2.5.3 แต่จะต้องมีการคำนวณเปอร์เซ็นต์การทำงานคอมเพรสเซอร์ใหม่ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่น้อยกว่าเนื่องจากความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องใหม่จะสูงกว่าเดิม ในขณะที่ภาระทำความเย็นยังเท่าเดิมโดยที่การคำนวณสามารถทำได้โดยสมการที่ 2.21

$$OP_{new} = \frac{(OP_{old})(OP_{new})}{q_{new}} \quad (2.21)$$

โดยที่ OP_{new} คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องใหม่

OP_{old} คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องเดิม

q_{old} คือ ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องเดิม มีหน่วยเป็น Btu / hr

q_{new} คือ ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องใหม่ มีหน่วยเป็น Btu / hr

2.6 มาตรฐานของการใช้ไฟฟ้าและแสงสว่างในอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ

2.6.1 มาตรฐานการส่องสว่าง

ในกรณีที่มีการส่องสว่างด้วยไฟฟ้าในอาคารจะต้องให้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอตามหลัก และวิธีการที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม

2.6.2 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

ประเภทอาคาร[1]	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (W/m^2)
1. สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล / สถานพักฟื้น	16
2. ร้านขายของ ซูเปอร์มาเกต หรือศูนย์การค้า[2]	23

[1] อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

[2] รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้ายกเว้นที่ใช้ตู้กระจกแสดงสินค้า

2.6.3 การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถให้คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$PD = \frac{LW + BW}{GR} \qquad (2.22)$$

โดยที่ PD คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร มีหน่วยเป็น W/m^2

LW คือ ผลรวมของพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดส่องสว่างทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคารมีหน่วยเป็น W

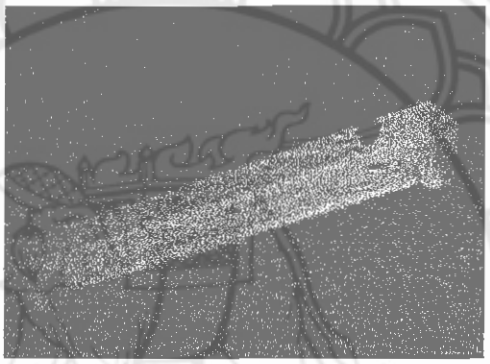
BW คือ ผลรวมของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคารมีหน่วยเป็น W

GR คือ พื้นที่ใช้งานรวมในอาคาร มีหน่วยเป็น m^2

2.6.4 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดเมื่อมีการเปลี่ยนโคมไฟ

โคมไฟฟ้าทำหน้าที่ยึดหลอด บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ โดยทำหน้าที่ควบคุมลำแสงที่ออกจากโคมให้ไปตกลงพื้นที่ที่ต้องการ และเนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ ในที่นี้จึงเน้น โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ดังนี้

1. โคมที่ไม่มีฝาปิด (Bare Type Luminarie) ใช้กับงานที่ต้องการให้แสงออกด้านข้างและติดตั้งเพดานสูงไม่เกิน 4 เมตร ไม่เน้นแสงบังตา เหมาะสำหรับบริเวณที่จอดรถ ห้องเก็บของ และพื้นที่ที่ใช้งานไม่บ่อยและไม่เน้นความสวยงาม

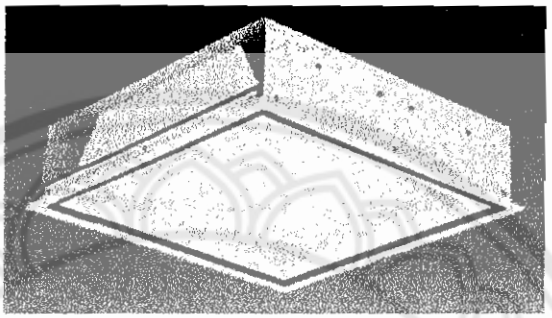


รูปที่ 2.3 แสดงโคมที่ไม่มีฝาบิด (Bare Type Luminarie)

2. โคมไฟอุตสาหกรรม (Industrial Luminarie) ใช้กับงานที่ต้องการให้แสงในทิศที่ต้องการโดยใช้แผ่นสะท้อนแสง และไม่เน้นความสวยงาม มีแสงบาดตาเนื่องจากไม่มีครอบ เหมาะสำหรับบริเวณห้องเครื่อง

รูปที่ 2.4 แสดงโคมไฟอุตสาหกรรม (Industrial Luminarie)

3. โคมกรองแสง (Diffuser Luminarie) มีแผ่นกรองแสงเป็นฝาครอบเพื่อลดแสงบาดตา ทำให้ความเข้มส่องสว่างลดลง เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการแสงบาดตาและความส่องสว่างไม่สูงนัก เช่น ห้องพักคนไข้ ห้องประชุม เป็นต้น สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดเกล็ดแก้ว (Prismatic) ชนิดขาวขุ่น (Opal) และชนิดผิวส้ม (Stipple)



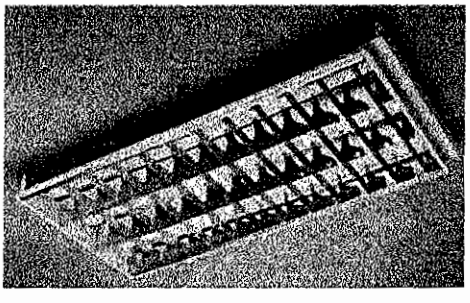
รูปที่ 2.5 แสดงโคมกรองแสง (Diffuser Luminarie)

4. โคมตะแกรง (Louver Luminarie) มีแผ่นสะท้อนแสงด้านข้างและด้านหลังหลอด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโคมมีตะแกรงช่วยลดแสงบาดตามี 3 ชนิด ดังนี้

4.1 โคมตะแกรงตัดขวาง ประกอบขึ้นด้วยแผ่นสะท้อนแสงอะลูมิเนียมจึงมีประสิทธิภาพสูง การแผ่กระจายของแสงเป็นรูปปีกค้างคาว จึงแผ่กระจายได้เป็นบริเวณกว้าง ทำให้สามารถติดตั้งโคมไฟให้มีระยะห่างระหว่างโคมมากขึ้นกว่าปกติเป็นการช่วยลดปริมาณโคมไฟฟ้า มีแสงบาดตาต่ำเหมาะกับพื้นที่สำนักงานทั่วไป

4.2 โคมตะแกรงตัดขวางพาราโบลิก มีแผ่นสะท้อนแสงทั้งแนวขนานและแนวขวางกับหลอดขึ้นเป็นรูป โค้งพาราโบลิก ทำให้กระจายแสงได้มุมแคบกว่าชนิดตัดขวางแต่มีแสงบาดตาน้อยกว่า เหมาะกับห้องทำงานที่มีจอคอมพิวเตอร์

4.3 โคมตะแกรงช่องถี่ มีตะแกรงถี่มากกระจายแสงในมุมแคบไม่ประหยัดพลังงาน แต่แสงบาดตาน้อย เหมาะสำหรับเคาร์เตอร์ประชาสัมพันธ์หรือบริเวณที่ต้องการความสวยงาม



รูปที่ 2.6 แสดงโคมตะแกรง (Louver Luminarie)

โคมไฟสำหรับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มี 2 ประเภทคือ โคมสำหรับหลอดติดตั้งในแนวนอนและโคมสำหรับหลอดติดตั้งในแนวตั้งโดยประเภทแรกจะมีการกระจายแสงมากกว่าแต่ระบายความร้อนไม่ดี จะทำให้แสงลดลงและอายุการใช้งานสั้น ส่วนประเภทที่สอง ไม่มีปัญหาเรื่องระบายความร้อนแต่มีแสงบาดตามากกว่า

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อมีการเปลี่ยนโคมไฟ ใช้สมการ 2.23 ในสมการคำนวณ

$$E_{โคม} = (N_{โคม})(Watt_{โคม})(hr_w)(OP) \qquad (2.23)$$

โดยที่ $E_{โคม}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ มีหน่วยเป็น KWh / Y

$N_{โคม}$ คือ จำนวนโคมที่เปลี่ยนใหม่ มีหน่วยเป็น โคม

$Watt_{โคม}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ มีหน่วยเป็น Watt / โคม

hr_w คือ ชั่วโมงการใช้งานของหลอดไฟ มีหน่วยเป็น hr / Y

OP คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของหลอดไฟ

2.6.5 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อเปลี่ยนบัลลาสต์

บัลลาสต์ ใช้งานร่วมกับหลอดก๊าซดีสชาร์จ ทำหน้าที่ควบคุมกระแสของหลอดไฟในขณะที่หลอดทำงานตามปกติ และช่วยจุดหลอดในตอนเริ่มเปิดใช้งานบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด
ฟลูออเรสต์เซนต์ ได้แก่

1. บัลลาสต์แกนเหล็ก
2. บัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียพลังงานต่ำ
3. บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสต์เซนต์ชนิดจุดติดเร็ว
4. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

HD
1502
ร1211ก
2551

สำนักหอสมุด
22 มิ.ย. 2552
I. 452A305

ตารางที่ 2.4 รูปคุณสมบัติของบัลลาสต์แต่ละประเภท

คุณสมบัติ	แกนเหล็กธรรมดา	แกนเหล็กสูญเสียต่ำ	แกนเหล็กจุดติดเร็วหลอดคู่	อิเล็กทรอนิกส์
ใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก	ใช้	ใช้	ใช้	ใช้
การจุดติดหลอด	กระพริบ	กระพริบ	ติดทันที	ติดทันที
แรงดันไฟฟ้าที่หลอดยังให้แสงสว่างและบัลลาสต์ทนได้	170 - 242 V	170 - 242 V	140 - 250 V	180 - 242 V
พลังไฟฟ้าเข้าวงจร	28 - 32 วัตต์ สำหรับหลอด 18 วัตต์ 46 - 50 วัตต์ สำหรับหลอด 36 วัตต์	22 - 24 วัตต์ 40 - 42 วัตต์	54 วัตต์ สำหรับ 2 × 20 วัตต์ 96 วัตต์ สำหรับ 2 × 40 วัตต์	18 วัตต์ 36 วัตต์
เพาเวอร์แฟกเตอร์	0.3 - 0.5	0.3 - 0.5	0.85 - 0.95	0.95 - 0.99
อายุการใช้งาน	ไม่ต่ำกว่า 10 ปี	ไม่ต่ำกว่า 10 ปี	ไม่ต่ำกว่า 10 ปี	ไม่ต่ำกว่า 55,000 ช.ม.
เสียงรบกวน	เสียงฮัม	เสียงฮัม	เสียงฮัม	ไม่มีเสียง
อายุของหลอด	8,000 ช.ม.	8,000 ช.ม.	20,000 ช.ม.	มากกว่าเดิมร้อยละ 20
ราคา	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
ค่าฮาร์มอนิกส์กระแสรวม	8 - 10 %	8 - 10 %	24 - 36 %	10 - 30 %
คุณภาพสูง	แสงไม่คงที่และกระพริบเมื่อใกล้หมดอายุ	แสงไม่คงที่และกระพริบเมื่อใกล้หมดอายุ	แสงไม่คงที่และไม่กระพริบ	แสงไม่คงที่และไม่กระพริบ

การคำนวณไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อมีการปรับเปลี่ยนบัลลาสต์ ใช้สมการ 2.24 ในการคำนวณ

$$E_{bl} = (N_{bl})(Watt_{bl})(hr_w)(OP) \qquad (2.24)$$

โดย E_{bl} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ มีหน่วยเป็น KWh / Y

N_{bl} คือ จำนวนบัลลาสต์ที่เปลี่ยนบัลลาสต์

$Watt_{bl}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ มีหน่วยเป็น Watt / บัลลาสต์

hr_w คือ ชั่วโมงการใช้งานของหลอดไฟ มีหน่วยเป็น hr / Y

OP คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของหลอดไฟ มีหน่วยเป็น %

2.7 วิธีการเคราะห์การเงิน

วิธีวิเคราะห์การเงิน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มที่ I กำหนดให้ค่าของเงินคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา กลุ่มที่ 2 ค่าของเงินเปลี่ยนแปลงตามเวลา และในแต่ละกลุ่มยังแบ่งออกเป็นหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.5 วิธีวิเคราะห์การเงิน

ค่าของเงินคงที่	ค่าของเงินเปลี่ยนแปลงตามเวลา
1. ระยะเวลาคืนทุน (Simple Pay Back) 2. ผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment หรือ ROI)	1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV) 2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return หรือ IRR)

2.7.1 ระยะคืนทุน

ระยะคืนทุน คือ ระยะเวลาที่โครงการใช้ในการจ่ายคืนเงินเงินทุนเริ่มต้นของโครงการซึ่งคำนวณได้จาก

$$PB = \frac{I}{S_m} \qquad (2.25)$$

โดยที่ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน มีหน่วยเป็น ปี
I คือ เงินลงทุนเริ่มต้น มีหน่วยเป็น บาท
S_m คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี มีหน่วยเป็น บาท / ปี

2.7.2 ผลตอบแทนการลงทุน

ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) คือ ร้อยละของผลประหยัดสุทธิที่ได้รับตลอดอายุการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับเงินลงทุน สามารถคำนวณได้จาก

$$ROI = \frac{S - I}{I} \times 100\ \% \qquad (2.26)$$

โดยที่ ROI คือ ผลตอบแทนการลงทุน มีหน่วยเป็น บาท
S คือ ผลประหยัดตลอดอายุการใช้งาน มีหน่วยเป็น บาท / ปี
I คือ เงินลงทุนเริ่มต้น มีหน่วยเป็น บาท

2.7.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV - Net Present Value) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่จะได้รับแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปี

$$P = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \qquad (2.27)$$

$$NPV = I + A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \qquad (2.28)$$

โดยที่ A คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีที่คงที่ มีหน่วยเป็น บาท / ปี
i คือ อัตราลดค่า มีหน่วยเป็น บาท
n คือ จำนวนปี มีหน่วยเป็น บาท
I คือ เงินลงทุนเริ่มต้น มีหน่วยเป็น บาท
NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีหน่วยเป็น บาท
P คือ มูลค่าปัจจุบัน มีหน่วยเป็น บาท

2.7.4 อัตราผลตอบแทนภายใน

ประเภทของอัตราผลตอบแทนภายใน

1. อัตราผลตอบแทนภายในทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return : EIRR) เป็นผลตอบแทนที่แท้จริงต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม คำนึงถึงต้นทุนและผลได้ของทุกคนในระบบเศรษฐกิจมูลค่าของเงินลงทุน และอัตราค่าพลังงาน จะคำนวณจากข้อมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งก็คือราคาตลาดไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม หักด้วยภาษีนำเข้า ไม่คิดอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อ ทั้งนี้เนื่องจากเงินภาษีและดอกเบี้ยเป็นเพียงเงินที่ถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยไม่มีการใช้ทรัพยากรใด ๆ จึงไม่จัดเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน (Financial Internal Rate of Return : FIRR) เป็นผลตอบแทนต่อผู้ลงทุนโครงการโดยตรง โดยมูลค่าของเงินลงทุน อัตราค่าพลังงานจะคิดจากมูลค่าที่ผู้ลงทุนจ่ายจริง และจะคำนึงถึงอัตราดอกเบี้ย ภาษีต่าง ๆ ที่จ่ายออกไปทั้งหมด

3. ในที่นี้ IRR จะหมายถึง FIRR เนื่องจากเป็นผลตอบแทนต่อผู้ลงทุนโดยตรง ส่วนการวิเคราะห์ EIRR นั้นใช้หลักการเดียวกัน เพียงแต่ต้องใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการคำนวณ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิใช้สำหรับตัดสินใจเลือกโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด ในขณะที่อัตราผลตอบแทน (IRR) บอกให้ทราบผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราลดค่าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์

IRR คือ i ที่ทำให้ NPV = 0

โครงการที่มีค่า IRR มากกว่าค่า i ที่กำหนดจะคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนต่างก็คือกำไรจากการลงทุนโครงการ

2.8 เป้าหมาย แผนและการลงทุน โครงงานประหยัดพลังงาน

2.8.1 การกำหนดเป้าหมาย

การกำหนดเป้าหมายเป็นการนำผลที่ได้จากการตรวจสอบการใช้พลังงาน การวิเคราะห์ทางเทคนิคและทางการเงินที่ได้ศึกษามาเพื่อกำหนดเป้าหมายเชิงปริมาณ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1. เงินลงทุน มีเงินลงทุนเพียงพอหรือไม่หรือหาแหล่งเงินทุนภายนอกได้หรือไม่
2. ความเสี่ยงของโครงงาน เทคโนโลยีที่นำมาใช้มีการใช้กันแพร่หลายหรือไม่ ผลประหยัดที่
   ได้จากการประเมินมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด
3. ผลตอบแทนทางการเงินจากการวิเคราะห์การลงทุน ผลการวิเคราะห์การลงทุน NPV IRR
   ระยะเวลาคืนทุนหรือกระแสเงินสดได้รับการยอมรับหรือไม่
4. อายุการใช้งาน อายุการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้อยู่เหมาะสมที่จะปรับปรุง
   หรือเปลี่ยนใหม่หรือไม่
5. บุคลากร มีบุคลากรพร้อมที่จะดำเนินการหรือไม่
6. ระยะเวลาในการดำเนินการ มีผลกระทบต่อการผลิตหรือการทำงานหรือไม่
7. นโยบายของอาคารหรือโรงงาน โครงการสอดคล้องต่อนโยบายและเป้าหมายโดยรวมของ
   องค์กรหรือไม่ เช่น การปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มาตรฐานการควบคุมคุณภาพ หรือมาตรฐาน ISO 14000 เป็นต้น

2.8.2 การจัดทำแผนโครงงานการประหยัดพลังงาน

การจัดลำดับความสำคัญในการประหยัดพลังงานสามารถทำได้หลายแบบไม่มีหลักเกณฑ์แน่นอนแต่ส่วนมากมาตรการการประหยัดพลังงานที่ลงทุนต่ำและให้ผลตอบแทนทางการเงินสูง มักจะได้รับการดำเนินการก่อน การจัดทำแผนควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ความเร่งด่วน ความเหมาะสมทางเทคนิค และประโยชน์ที่จะได้รับประกอบด้วย

2.8.3 การลงทุนโครงการประหยัดพลังงาน

การลงทุนเป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุดในการดำเนินงานในการประหยัดพลังงาน ดังนั้นควรเลือกวิธีการลงทุนให้เหมาะสม แต่ละวิธีการมีข้อดี ข้อเสีย ข้อจำกัด และความเสี่ยงแตกต่างกันไป

1. การลงทุนเอง เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดมีความเสี่ยงน้อยกระแสเงินสดสุทธิดีที่สุด ในบรรดาวิธีการลงทุนทั้งหมด เนื่องจากไม่ต้องเสียดอกเบี้ยและไม่ต้องแบ่งผลประโยชน์ให้ผู้อื่น แต่วิธีการลงทุนนี้ได้รับการอนุมัติค่อนข้างยาก เนื่องจากไม่มั่นใจในผลการประหยัดที่จะได้รับจริง และเงินลงทุนมักถูกใช้ไปกับโครงการอื่นที่สำคัญเร่งด่วนกว่า

2. วิธีการกู้เงิน เงินลงทุนของวิธีการนี้ได้มาจากเงินกู้อาจจะบางส่วนหรือทั้งหมดโครงการจากธนาคารหรือสถาบันการเงิน วิธีการนี้เหมาะสมกับอาคารที่มีทรัพยากรพร้อมได้แก่บุคคลความเชี่ยวชาญ เวลา และโครงการที่ใช้วิธีนี้ควรมีผลการประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ แต่วิธีการนี้มีความเสี่ยงสูง อาคารต้องรับผิดชอบต่อผลการประหยัด

3. วิธีการแบ่งผลประหยัด การลงทุนวิธีนี้เป็นวิธีที่ให้บริษัทเข้ามาดำเนินงานโครงการประหยัดพลังงานหรือเรียกว่า Energy Services Company (ESCO) โดย ESCO จะเป็นผู้สำรวจศึกษา ออกแบบ จัดซื้อ ติดตั้ง และบำรุงรักษา

4. อุปกรณ์ที่ติดตั้ง ESCO เป็นผู้พัฒนาโครงการครบวงจรแต่คิดค่าบริการจากผลที่ประหยัดได้

5. วิธีเช่าซื้อ เป็นวิธีที่ ESCO นำมาใช้อีกวิธีการหนึ่ง ผู้เช่าซื้อคือเจ้าของอาคารซึ่งจะเป็นผู้จ่ายค่าเช่าในจำนวนเงินที่ตกลงกันไว้เป็นรายเดือนในระยะเวลาที่กำหนดให้แก่ผู้เช่า ค่าเช่าจะคิดจากค่าใช้จ่ายทั้งหมดประกอบด้วยเงินต้น ค่าบำรุงรักษา ค่าดำเนินการ ค่าประกันของ ESCO และค่าดอกเบี้ย

2.9 เครื่องมือตรวจวัด

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ทางด้านพลังงานของอาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 เครื่องมือวัด

ลำดับที่	เครื่องมือวัด	ค่าที่วัดได้	หน่วย
1	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)	อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส (^{o}C)
2	เครื่องวัดความเร็วลม (Wind Speed Measurement)	ความเร็วลม	เมตร / วินาที (m/s)
3	เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer)	ความชื้นสัมพัทธ์	(%)
4	ตลับเมตร (Steel Ruler)	ใช้วัดขนาด	เมตร (m)
5	แอมมิเตอร์ (Ammeter)	วัดกระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (A)
6	โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter)	แรงดันไฟฟ้า	โวลต์ (V)
7	ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter)	ระดับความเข้มแสง	ลักซ์ (ลูเมน/ตารางเมตร)