การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์

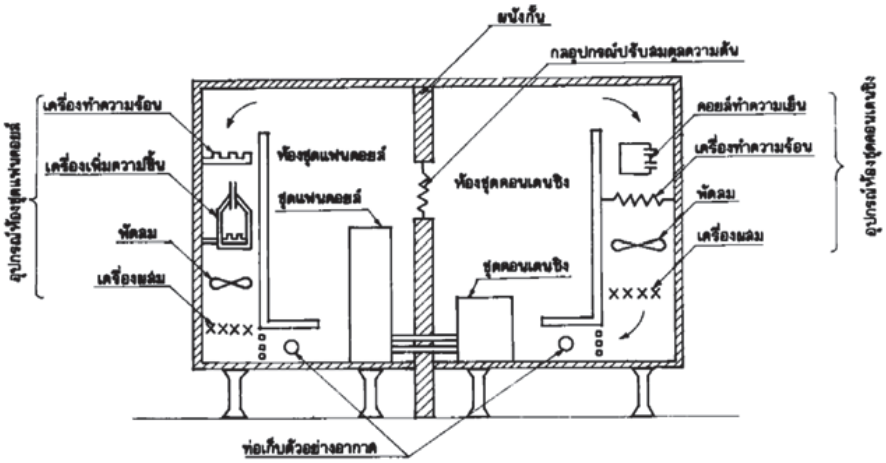
โดย **รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ**

1. บทนำ

ปัจจุบันการประมาณค่าการใช้พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศในสภาพการใช้งานจริงเป็นเรื่องยาก การใช้พลังงานขึ้นอยู่กับภาระการทำความเย็น ประสิทธิภาพการทำงาน และชั่วโมงในการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศ ภาระการทำความเย็นในบ้านเรือนหรือในอาคารสำนักงาน ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้อยู่อาศัย การระบายอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศ เช่น หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องกรองอากาศ คอมพิวเตอร์ และเครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น และความร้อนผ่านกรอบอาคาร ทั้งส่วนที่เป็นผนังทึบและส่วนที่โปรงใสเช่นหน้าต่างกระจก เป็นต้น ภาระการทำความเย็นจึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งปี ในฤดูร้อนภาระทำความเย็นจะสูงกว่าในฤดูฝนหรือในฤดูหนาว และภาระการทำความเย็นในเวลากลางวันจะสูงกว่าในเวลากลางคืน อย่างไรก็ตามภาระทำความเย็นนี้สามารถประมาณค่าโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น Energy Plus แต่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากรวมทั้งสภาพภูมิอากาศตลอดทั้งปี ส่วนชั่วโมงในการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศขึ้นกับลักษณะการใช้งานของอาคาร และสุดท้ายจะต้องทราบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในขณะทำงานจริง ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องปรับอากาศและภาระทำความเย็น การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศจะมีประโยชน์ในการคิดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานเพื่อหาความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องปรับอากาศจากผู้ผลิตต่างๆ สำหรับเครื่องปรับอากาศที่ติดฉลากเบอร์ 5 จะแสดงค่าพลังงานต่อปีไว้บนฉลาก ค่าพลังงานที่ระบุนี้เป็นค่าพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้จริงหรือไม่ ? คำตอบจะเฉลยตอนท้ายของบทความ

2. สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ EER และ SEER

ประสิทธิภาพพลังงาน EER (Energy Efficiency Ratio) คืออัตราส่วนความสามารถทำความเย็นต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น W/W ในระบบ SI หรือ Btuh/W ค่า EER หาได้จากการทดสอบเครื่องปรับอากาศในห้องทดสอบตามมาตรฐาน TIS 1155 ส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล SEER (Seasoning Energy Efficiency Ratio) หรือ CSPF (Cooling Seasonal Performance Factor) คืออัตราส่วนผลรวมความสามารถทำความเย็นต่อผลรวมกำลังไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น W/W ในระบบ SI หรือ Btuh/W ค่า SEER หาได้จากการทดสอบเครื่องปรับอากาศในห้องทดสอบและการคำนวณตามมาตรฐาน ISO16358-1



รูปที่ 1 รูปตัดห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ

ห้องทดสอบเป็นแบบสมดุล (balancing type) หรือแบบสอบเทียบ (Calibrated type) ดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยห้องร้อนและห้องเย็นติดกันที่มีผนังกั้นกลาง ในห้องเย็นจะมีชุดแฟนคอยล์และอุปกรณ์ทำความร้อนและเพิ่มความชื้น ส่วนในห้องร้อนจะมีชุดคอนเดนซิงและอุปกรณ์ทำความความเย็นและลดความชื้น

สภาวะมาตรฐานการทดสอบในห้องร้อนกำหนดไว้ที่อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้ง 35 °C และกระเปาะเปียก 24°C เพื่อสร้างสภาวะอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ ส่วนสภาวะอากาศภายในห้องเย็นกำหนดไว้ที่อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้ง 27 °C และกระเปาะเปียก 19°C เพื่อสร้างสภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศ เดินเครื่องปรับอากาศให้ได้ความสามารถทำความเย็นสูงสุดที่ 100% สำหรับ EER ที่เป็นประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบความเร็วรอบคงที่ เมื่อปรับการทำงานของอุปกรณ์ในห้องทดสอบจนกระทั้งอุณหภูมิในห้องทดสอบทั้งสองห้องคงที่แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิต่างๆ ความดันคอนเดนเซอร์ ความดันอีวาพอเรเตอร์ ขีดความสามารถทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า ประสิทธิภาพพลังงานคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$EER = \frac{\phi}{P} \qquad (1)$$

เมื่อ ϕ คือ ขีดความสามารถทำความเย็น หน่วย W

P คือ กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ หน่วย W

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ (ความเร็วรอบแปรเปลี่ยนได้) ค่า CSPF ต้องทดสอบทั้งที่อุณหภูมิ 35 °C และ 29 °C ร่วมกับขีดความสามารถทำความเย็นที่ 100% 50% และ 25% (ค่าต่ำสุด) ที่ค่าต่ำสุดนี้เครื่องปรับอากาศจะทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ตามมาตรฐานสามารถเลือกทางเลือกที่ไม่ทดสอบที่อุณหภูมิ 29 °C แต่ได้จากการคำนวณแทน และไม่ทดสอบที่ขีดความสามารถทำความเย็นต่ำสุดได้โดยใช้ขีดความสามารถทำความเย็นที่ 50% เป็นค่าต่ำสุดแทน สำหรับเครื่องปรับอากาศตัวอย่างจะได้ EER เท่ากับ 4.786 และ 4.667 สำหรับขีดความสามารถทำความเย็นที่ 100% และ 50% ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นว่า EER ที่ขีดความสามารถทำความเย็นที่ 100% จะสูงกว่าที่ 50% อยู่ 2.5% ส่วนที่อุณหภูมิ 29°C ซึ่งได้จากการคำนวณจะได้ EER ที่อุณหภูมิ 29 °C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 35 °C

ตารางที่ 1 EER จากการทดสอบและการคำนวณ

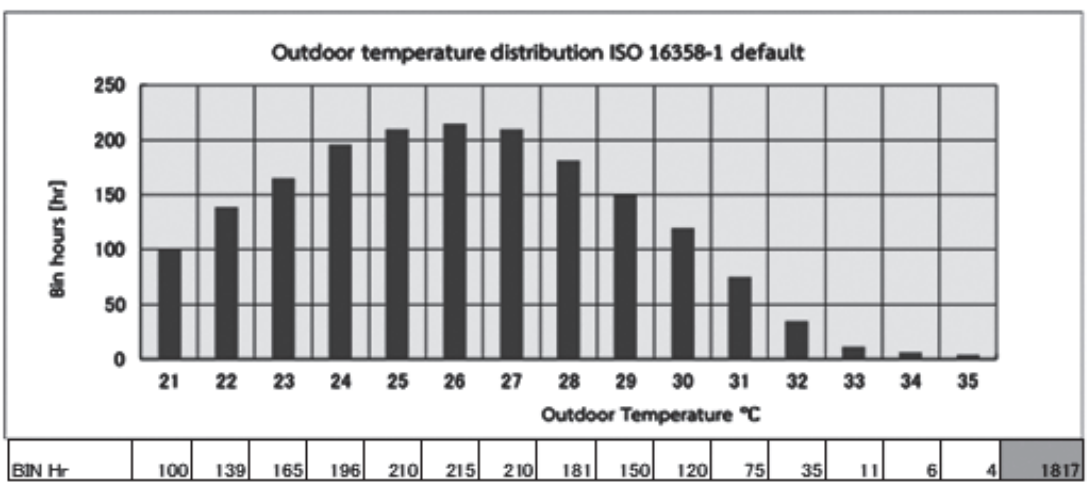
List	Capacity (35°C)		Capacity (29°C)	
	100%	50%	100%	50%
ϕ	2800	1400	3015.6	1507.8
P	585	300	534.7	274.2
EER	4.786	4.667	5.640	5.499

3. วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์

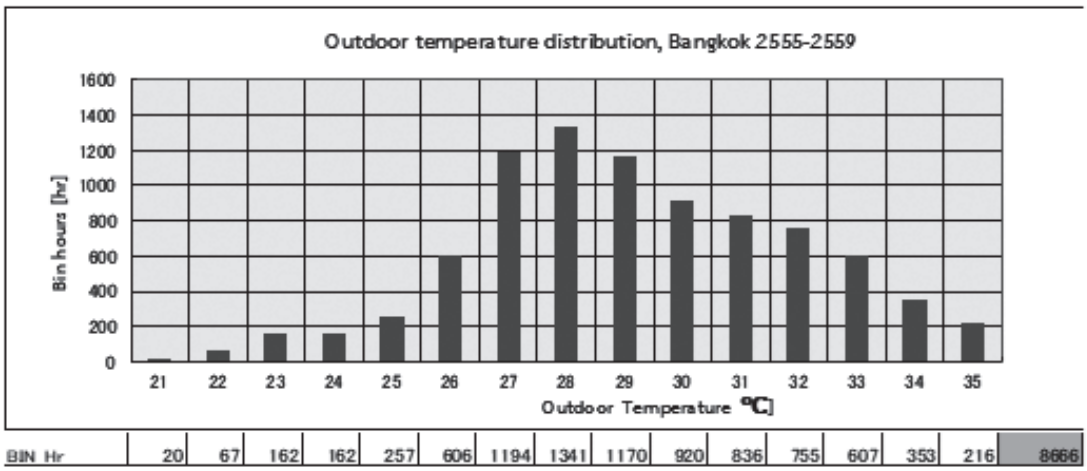
การคำนวณหาประสิทธิภาพตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์จำเป็นต้องทราบภาระทำความเย็นของห้องปรับอากาศ และสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิใดๆ และที่ภาระโหลดต่างๆ

3.1 ภาระทำความเย็นของห้องปรับอากาศ (Room Cooling Load)

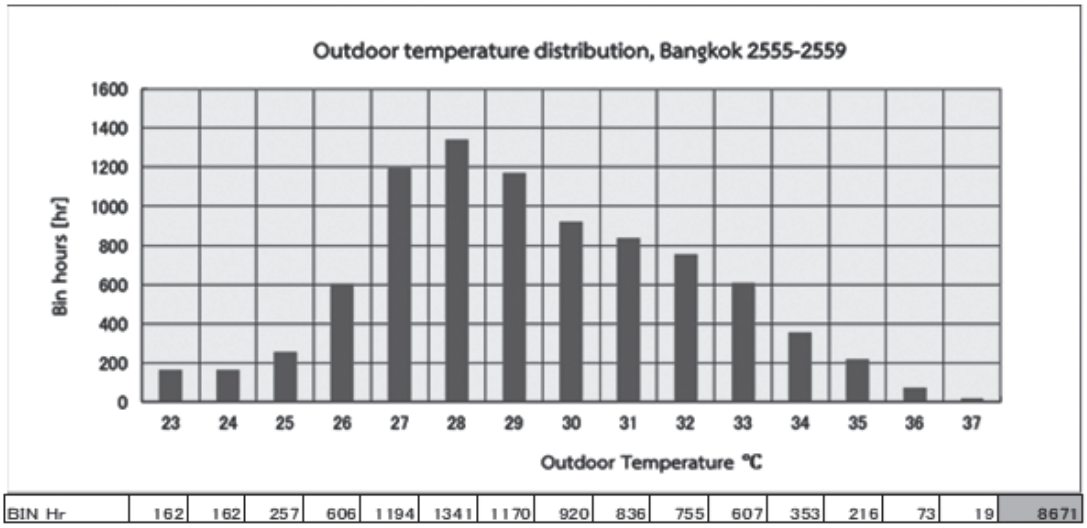
ISO16358-1 ได้กำหนดภาระทำความเย็นของห้องปรับอากาศ ขึ้นกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเพียงอย่างเดียว เพื่อให้เครื่องปรับอากาศมีการทำงานแบบลดโหลด (Part Load) เพราะเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอณ์เตอร์สามารถทำงานแบบลดโหลดด้วยการลดความเร็วรอบของเครื่องอัดไอ การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายนอก (Bin Temperature) กำหนดให้ค่าเริ่มต้น (default) อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20°C ถึง 35 °C รวม 15 ช่วง 16 ค่าอุณหภูมิโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.1 °C และมีความถี่ในแต่ละอุณหภูมิรวม 1817 ชั่วโมง (Bin Hour) ซึ่งเหมาะสำหรับประเทศที่มีภูมิอากาศหนาว ดังแสดงตามรูปที่ 2 ในมาตรฐานอนุญาติให้สร้าง Bin Temperature ได้เองตามสภาพของอากาศในแต่ละประเทศ สำหรับภูมิอากาศในกรุงเทพมหานครเมื่อทำการสร้างการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยในช่วง 5 ปี จาก ปี พ.ศ. 2555 ถึง 2559 จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรมอุตุวิทยา ได้เป็นสองรูปแบบคือรูปแบบแรกช่วง 20°C ถึง 35°C รวม 15 ช่วงเหมือนกับ ISO16358-1 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.2 °C และมีความถี่รวม 8666 ชั่วโมงเนื่องจากมีการใช้เครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี ดังแสดงตามรูปที่ 3 และรูปแบบที่สองช่วง 22°C ถึง 37 °C รวม 15 ช่วงมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.3 °C และมีความถี่รวม 8671 ชั่วโมง ดังแสดงตามรูปที่ 4



รูปที่ 2 กระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายนอกช่วง 20 °C ถึง 35 °C ISO16358-1 default



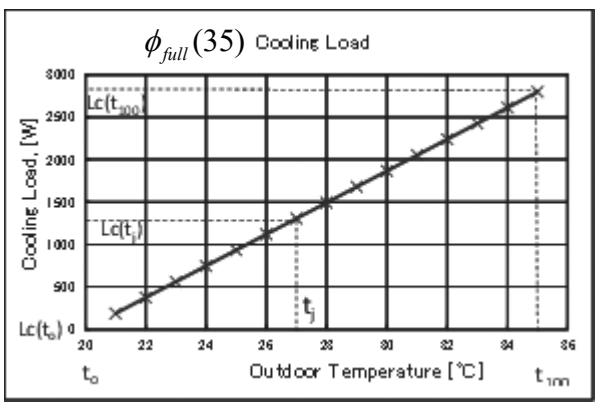
รูปที่ 3 กระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายนอกช่วง 20 °C ถึง 35 °C กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4 กระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายนอกช่วง 23°C ถึง 37°C กรุงเทพมหานคร

ISO16358-1 ได้กำหนดให้ภาระทำความเย็นเปลี่ยนตามอุณหภูมิอากาศภายนอกพียงอย่างเดียว โดยสมมุติให้ภาระทำความเย็นเปลี่ยนแบบเชิงเส้น โดยเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 20°C (t_o) เครื่องปรับอากาศจะไม่ทำงาน และภาระทำความเย็นเป็น 100% ที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 35°C (t_{100})) เครื่องปรับอากาศทำงานเต็มที่ ส่วนภาระทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ Lc(tj) คำนวณได้จาก รูปสามเหลี่ยมคล้าย ตามสมการที่ 2 และแสดงในรูปที่ 5

$$Lc(t_j) = \phi_{full}(35).\frac{t_j - 20}{35 - 20} \qquad (2)$$



รูปที่ 5 ภาระทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ

3.2 สมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิใดๆและที่ภาระโหลดต่างๆ

ขีดความสามารถทำความเย็น (ϕ) และกำลังไฟฟ้า (P) หาได้จากทดสอบทั้งที่ 100 % และ 50% ณ อุณหภูมิอากาศภายนอก 35°C และในห้องปรับอากาศกำหนดให้อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้ง 27°C และกระเปาะเปียก 19°C ส่วนขีดความสามารถทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าทั้งที่ 100 % และ 50% ณ อุณหภูมิอากาศภายนอก 29°C อาจจะคำนวณตามค่าเริ่มต้นตามมาตรฐานดังแสดงตามสมการที่ 3 และ ที่ 4

$$\phi_{(29)} = 1.077\phi_{(35)} \quad (3)$$

$$P_{(29)} = 0.914\ P_{(35)} \quad (4)$$

เมื่อ $\phi_{(29)}$ ขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิ 29 °C

$\phi_{(35)}$ ขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิ 35 °C

$P_{(29)}$ กำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 29 °C

$P_{(35)}$ กำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 35 °C

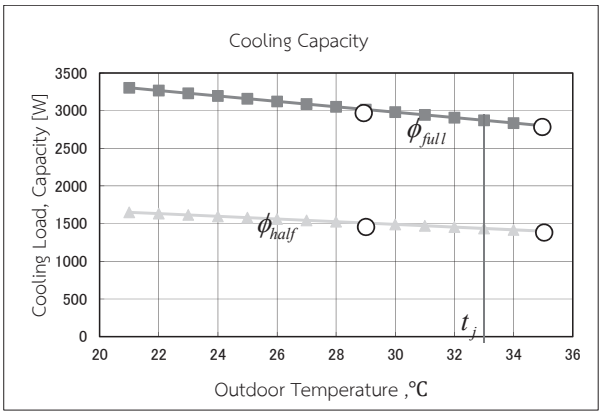
ในการหาสมรรถนะที่อุณหภูมิใดๆและที่โหลดใดๆ ของเครื่องปรับอากาศ จะได้จากการใช้วิธีการ Linear Interpolation and Extrapolation จากการที่ทราบค่าสมรรถนะ 4 จุด คือจุดที่ 1 ที่สมรรถนะ 100% อุณหภูมิอากาศภายนอก 35°C จุดที่ 2 ที่สมรรถนะ 50% อุณหภูมิอากาศภายนอก 35°C ซึ่งได้จากการทดสอบ ส่วนที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 29°C ได้จากการคำนวณตามทางเลือกในมาตรฐานคือจุดที่ 3 ที่สมรรถนะ 100% อุณหภูมิอากาศภายนอก29°C และจุดที่ 4 ที่สมรรถนะ 50% อุณหภูมิอากาศภายนอก 29°C ขีดความสามารถทำความเย็นคำนวณได้ตามสมการที่ 5 และกำลังงานได้ตามสมการ 6 ตามลำดับ รูปที่ 6 แสดงขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ ส่วนรูปที่ 7 แสดงกำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิใดๆ จากกราฟเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง ขีดความสามารถทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น ส่วนกำลังไฟฟ้าจะลดลงทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

$$\phi_{full}(t_j) = \phi_{full}(35) + \frac{\phi_{full}(29) - \phi_{full}(35)}{35-29}.(35 - T_J) \quad (5)$$

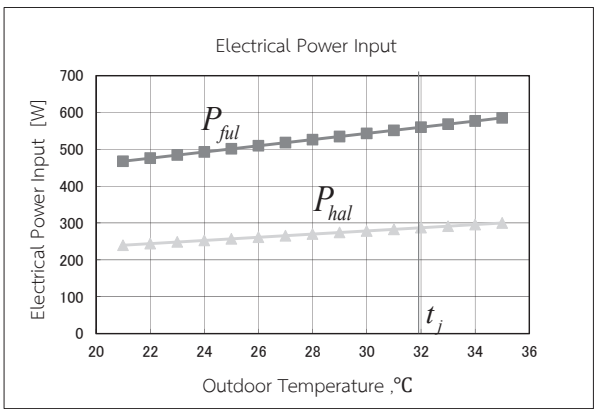
$$p_{full}(t_j) = p_{full}(35) + \frac{p_{full}(29) - p_{full}(35)}{35-29}.(35 - T_J) \quad (6)$$

เมื่อ Cooling Capacity $\phi_{fuLL}(t_j)$ คือ ขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ (t_j)

Power input $P_{fuLl}(t_j)$ คือกำลังงานที่ใช้ ณ อุณหภูมิใดๆ



รูปที่ 6 ขีดความสามารถทำความเย็นกับอุณหภูมิภายนอก



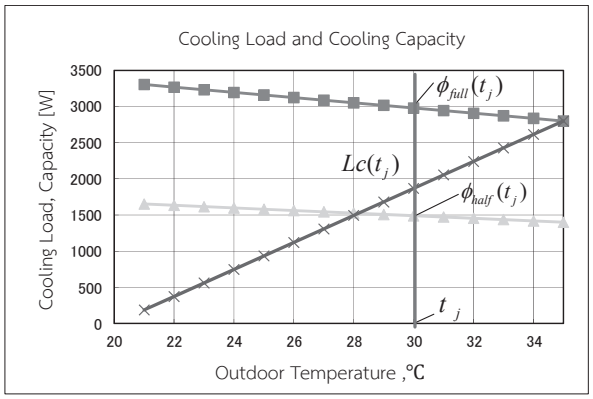
รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า กับ อุณหภูมิภายนอก

ส่วน Cooling Capacity ที่ 50% $\phi_{half}(t_j)$ และ Electrical Power input $P_{half}(t_j)$ หาได้จากสมการคล้ายกับสมการที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ผลการคำนวณแสดงในรูปที่ 7 และ 8 ส่วนรูปที่ 8 แสดงภาระทำความเย็น

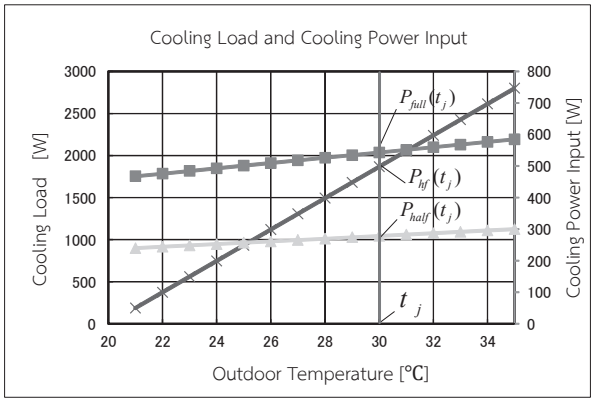
และขีดความสามารถทำความเย็นที่ 100% และ 50% ณ อุณหภูมิอากาศภายนอกใดๆ t_j สำหรับกำลังไฟฟ้าที่อุณหภูมิใดๆ P_{hf} ซึ่งอยู่ระหว่าง P_{full} และ P_{half} หาได้จากสมการที่ 7-8 และแสดงในรูปที่ 9

$$P_{hf}(t_j) = X_{hf}(t_j)P_{half}(t_j) + (1 - X_{hf}(t_j))P_{full}(t_j) \quad (7)$$

$$X_{hf}(t_j) = \frac{\phi_{full}(t_j) - L_c(t_j)}{\phi_{full}(t_j) - \phi_{half}(t_j)} \quad (8)$$



รูปที่ 8 ภาระทำความเย็นและขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิ t_j



รูปที่ 9 ภาระทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าป้อนเข้าที่อุณหภูมิใดๆ t_j ระหว่าง P_{full} และ P_{half}

3.3 ประสิทธิภาพการทำงานแบบ เดิน-หยุด

เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในช่วงระหว่างขีดความสามารถทำความเย็น 50% กับ 100% คอมเพรสเซอร์จะลดความเร็วรอบตามภาระการทำความเย็น แต่ในช่วงที่ภาระทำความเย็นต่ำกว่าขีดความสามารถทำความเย็นที่ 50% คอมเพรสเซอร์จะทำงานที่ความเร็วรอบคงที่โดยจะทำงานแบบเดิน-หยุดเป็นวัฏจักร เหมือนเครื่องปรับอากาศแบบความเร็วรอบคงที่ เพื่อรักษาอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้คงที่ การทำงานลักษณะนี้จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศลดลง ISO 16358-1 จะใช้ค่า CD (Degradation Coefficient) เป็นดัชนีบอกความเสื่อมประสิทธิภาพโดยกำหนดค่าแรกเริ่มเป็น 0.25 และกำหนดให้ Part load factor $F_{PL}(t_j)$ และ Operation factor $X(t_j)$ มีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ 9 และ 10 และรูปที่ 10

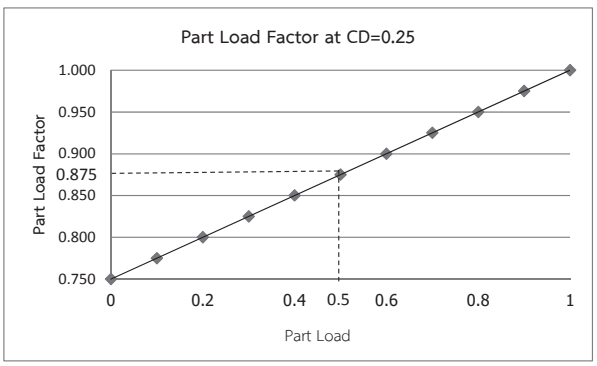
$$X(t_j) = \frac{Lc(t_j)}{\phi(t_j)} \quad (9)$$

$$F_{PL}(t_j) = 1 - CD\{1 - X(t_j)\} \quad (10)$$

เมื่อ $Lc(t_j)$ เป็นภาระทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ

$\phi(t_j)$ เป็นขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ

จากกราฟในรูปที่ 11 ที่ Part load 0.5 จะได้ Part load Factor 0.875 หรือประสิทธิภาพลดลง 12.5 % เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงาน 50 % และหยุด 50 % เป็นวัฏจักร



รูปที่ 10 Part load factor สำหรับ CD 0.25

3.4 การคำนวณประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล

การคำนวณประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล หรือ CSPF ตามมาตรฐาน ได้คำนึงถึง การทำงานของเครื่องปรับอากาศ ที่ Part Load ซึ่งแปรตามอุณหภูมิภายนอก และความถี่ของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนชั่วโมงตลอดระยะเวลาในฤดูกาลที่ต้องทำความเย็น รวมทั้งประสิทธิภาพที่ลดลงเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการเดินและหยุดเป็นวัฏจักร (Cycling operation) CSPF เป็นอัตราส่วนของผลรวมของความสามารถทำความเย็น L_{CST} ต่อผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ C_{CSE} ตลอดฤดูกาลซึ่งคำนวณตามสมการที่ 11-13

$$CSPF = \frac{L_{CST}}{C_{CSE}} \quad (11)$$

$$L_{CST} = \sum_{j=1}^{p} L_c(t_j) n_j \quad (12)$$

$$C_{CSE} = \sum_{j=1}^{P} \frac{X(t_j) P_{half}(t_j) n_j}{F_{PL}(t_j)} + \sum_{j=p+1}^{m} P_{hf}(t_j) n_j \quad (13)$$

เมื่อ $Lc(t_j)$ เป็นภาระทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ

$\phi(t_j)$ เป็นขีดความสามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิใดๆ

โดยส่วนแรกของสมการที่ 13 เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตอนที่เครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์ ทำงานลักษณะเดิน-หยุด เพราะใช้กำลังไฟฟ้าที่ 50% (half) เป็นค่าคงที่ต่ำสุดแทนกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่เครื่องปรับอากาศสามารถเดินได้ และส่วนที่สองเป็นพลังงานที่ใช้ขณะเครื่องปรับอากาศทำงานลักษณะลดโหลด (Part Load) เนื่องจากภาระทำความเย็นลดลงตามอุณหภูมิภายนอกที่ลดลง

เครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์ตัวอย่างมีขนาดทำความเย็น 2880 W เมื่อทดสอบและนำมาคำนวณสมรรถนะตามมาตรฐาน ISO16358-1 ได้ขีดความสามารถทำความเย็นรวม พลังงานไฟฟ้ารวม และประสิทธิภาพตามฤดูกาล CSPF เป็น 2053 kWh, 375 kWh, และ 5.47 ตามลำดับ สำหรับ ISO Bin Temperature default 20-35°C สำหรับ BKK 20-35°C ได้ ขีดความสามารถทำความเย็นรวม พลังงานไฟฟ้ารวม และประสิทธิภาพตามฤดูกาล CSPF เป็น 14813 kWh, 2779 kWh, และ 5.33 ตามลำดับ และสำหรับ BKK 22-37°C ได้ ขีดความสามารถทำความเย็นรวม พลังงานไฟฟ้ารวม และประสิทธิภาพตามฤดูกาล CSPF เป็น 11824 kWh, 2292 kWh, และ 5.16 ตามลำดับ ดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมรรถนะเครื่องปรับอากาศ CSPF

Bin Temperature	Bin hour	ϕ	P	CSPF
		kWh	kWh	
ISO Default 20-35°C	1817	2053	375	5.47
BKK 20-35°C	8666	14813	2779	5.33
BKK 22-37°C	8671	11824	2292	5.16

จากตารางที่ 2 ค่า CSPF จะขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและช่วงของอุณหภูมิอากาศภายนอก และจะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศที่ร้อน สำหรับเครื่องปรับอากาศตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพ EER ที่อุณหภูมิภายนอก 35°C เป็น 4.876 และมีประสิทธิภาพตามฤดูกาลเป็น 5.47 ตาม Default Bin Temperature ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 26.1°C ประสิทธิภาพตามฤดูกาล CSPF จึงมีค่าสูงกว่า EER อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพตามฤดูกาลไม่ใช่ประสิทธิภาพการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศเนื่องจากใช้การจำลองภาระการทำความเย็นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอกเพียงอย่างเดียว ในสภาวะการทำงานจริงภาระทำความเย็นจะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้อยู่อาศัย การระบายอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ เช่นหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องกรองอากาศ เป็นต้น และความร้อนผ่านกรอบอาคารทั้งส่วนที่เป็นผนังทึบและส่วนที่ผนังโปรงใส เช่น หน้าต่างกระจก เป็นต้น ภาระการทำความเย็นจึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งปี ดังนั้นตามหลักการจึงไม่ควรใช้ประสิทธิภาพตามฤดูกาลในการประมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

4. การประมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในที่อยู่อาศัยขึ้นอยู่กับภาระการทำความเย็น ประสิทธิภาพการทำงาน และชั่วโมงในการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศ ภาระการทำความเย็นควรประมาณจากโปรแกรมสำเร็จรูปเช่น Energy Plus และนำไปใช้คำนวณประสิทธิภาพตามฤดูการโดยอิงกับวิธีการตามมาตรฐาน ISO16358-1 ภาระการทำความเย็นจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งปี ส่วนชั่วโมงในการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศขึ้นกับลักษณะการใช้งานของอาคาร อย่างไรก็ตาม เครื่องปรับอากาศที่ติดฉลากเบอร์ฉลากเบอร์ 5 จะระบุค่าพลังงานไฟฟ้า E ซึ่งคำนวณตามสมการที่14 โดยใช้ default Bin Temperature ของ ISO16358-1 ซึ่งเป็นสภาวะภูมิอากาศของประเทศที่มีอากาศหนาวในการคำนวณค่า CSPF

$$E = \frac{2920\phi_{full}}{CSPF} \qquad (14)$$

ค่าพลังงานไฟฟ้าจึงไม่สะท้อนถึงพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้งานจริง โดยมีข้อสังเกตุคือ CSPF ไม่ใช่ประสิทธิภาพการทำงานจริง เครื่องปรับอากาศต้องทำงานเต็มที่ 100% ตลอดระยะเวลา 365 วัน วันละ 8 ชั่วโมง ในการทำงานจริงเครื่องปรับอากาศจะมีการลดโหลดเมื่อมีภาระทำความเย็นลดลง จึงควรมีแฟกเตอร์การทำงาน (load factor, LF) รวมในสมการด้วยตามสมการที่ 15

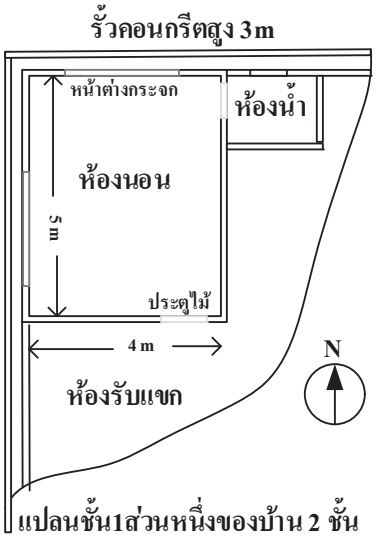
$$E = \frac{2920\phi_{full}}{EER}(LF) \text{ หรือ } E = \frac{2920\phi_{full}}{CSPF}(LF) \qquad (15)$$

ค่า LF สามารถหาได้จากการวัดพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้งานจริงในแต่ละประเภทการใช้งาน

5. การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ในที่อยู่อาศัย

5.1 ห้องนอนปรับอากาศ

ห้องนอนปรับอากาศได้ถูกเลือกมาใช้เป็นห้องทดสอบเนื่องจากภาระการทำความเย็นส่วนใหญ่ขึ้นกับความร้อนผ่านกรอบห้องซึ่งแปรตามอุณหภูมิอากาศภายนอกเท่านั้นทำให้สอดคล้องกับการใช้ประสิทธิภาพตามฤดูกาล ห้องนอนเป็นห้องที่ใช้งานจริงมีขนาด 20 m^2 (4mx5m) สูง 2.7 m อยู่ชั้นล่างของบ้าน 2 ชั้นดังแสดงในรูปที่ 11 ผนังห้องทั้ง 4 ด้านทำด้วยอิฐมวลเบาฉาบปูน 2 ด้านและสัมผัสกับอากาศภายนอก ที่ผนังมีหน้าต่างกระจก 2 บานและประตูไม้ 2 ประตู พื้นเป็นคอนกรีตปูทับหน้าด้วยไม้แดงส่วนหลังคาเป็นพื้นคอนกรีตของชั้นที่ 2 ช่วงกลางวันไม่ถูกแสงแดด เครื่องปรับอากาศที่ใช้เป็นชนิดอินเวอร์เตอร์ขนาดทำความเย็น 11900 Btuh SEER 16.91 Btuh/w และใช้พลังงานไฟฟ้า 2055 kWh ต่อปี ตามที่ระบุในฉลากเบอร์ 5 เปิดใช้งานในเวลากลางคืนเป็นเวลา 11 ชั่วโมงจาก 7 pm ถึง 6 am ของวันถัดไป



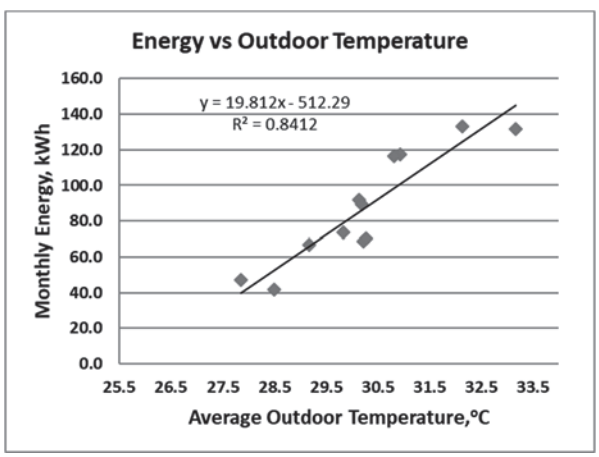
รูปที่ 11 ห้องนอนปรับอากาศ

5.2 เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดมี 3 เครื่อง คือ 1) Digital power meter มี 2 จอ LCD แสดงกำลังงานไฟฟ้าที่มีความละเอียด 1W และแสดงพลังงานไฟฟ้าที่มีความละเอียด 1 Wh ใช้วัดพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ 2) Digital Temperature and humidity meter มีความละเอียด 0.1°C และ 1%RH ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องปรับอากาศ 3) Digital thermometer มีความละเอียด 0.1°C ใช้วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้กับอุณหภูมิอากาศภายนอก

ภาระทำความเย็นในห้องนอน ที่เครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืนประกอบด้วยความร้อนจากคน 2 คนๆละ 60 W ความร้อนจากหลอดไฟแสงสว่างขนาด 10 W ซึ่งเปิดใช้งานประมาณ 1 h ความร้อนที่สะสมในห้องในช่วงเวลากลางวัน และความร้อนผ่านกรอบห้อง ซึ่งเป็นความร้อนส่วนใหญ่ และแปรตามผลต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ ซึ่งค่อนข้างคงที่ที่ 25.5 °C ดังนั้นพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้จะแปรตามอุณหภูมิอากาศภายนอกดังแสดงตามรูปที่ 12



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้กับอุณหภูมิอากาศภายนอก

5.4 พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ตลอดทั้งปี

พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ตลอดทั้งปีเท่ากับ 1049.2 kWh และพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้รายเดือนตลอดทั้งปีแสดงในตารางที่ 3 เดือนธันวาคมใช้พลังงานต่ำสุดอยู่ที่ 42.0 kWh ส่วนเดือนเมษายนใช้พลังงานสูงสุดอยู่ที่ 132.9 kWh ส่วน

ตารางที่ 3 พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้รายเดือนตลอดทั้งปี

Date	Average Indoor Temperature, °C	Average Indoor Humidity, %RH	Average Outdoor Temperature, °C	Monthly Energy kWh
Aug-19	24.3	61.0	29.2	66.9
Sep-19	24.3	63.4	28.5	42.0
Oct-19	24.3	60.1	30.1	92.0
Nov-19	24.3	56.8	29.8	73.9
Dec-19	26.4	64.0	27.9	47.0
Jan-20	25.1	58.9	30.2	68.8
Feb-20	25.5	54.3	30.3	70.4
Mar-20	25.4	49.5	30.9	117.3
Apr-20	25.8	43.9	32.1	132.9
May-20	26.6	41.5	33.2	131.8
Jun-20	26.6	47.3	30.8	116.5
Jul-20	26.5	49.8	30.2	89.4
Average	25.4	54.2	30.3	87.4
			Total energy	1048.9

พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ E ตามที่ระบุในฉลากพลังงานเบอร์ 5 มีค่า 2055 kWh ต่อปี ค่าพลังงานที่ใช้จริงมีค่าน้อยกว่า ค่าที่ระบุในฉลากพลังงานเบอร์ 5 ถึง 1006 kWh หรือคิดเป็น 49 % และหากเทียบที่เวลาทำงานที่เท่ากันจะมีค่าน้อยกว่าถึง 63 % เนื่องจากเครื่องปรับอากาศ ทำงานส่วนใหญ่ต่ำกว่า 100 % เฉพาะในช่วงแรกเท่านั้นที่เครื่องปรับอากาศทำงาน 100% เพื่อลดความร้อนสะสมภายในห้องปรับอากาศ ในช่วงเวลากลางวันทำให้อุณหภูมิอากาศในห้องลดลงเป็น 25°C ในการใช้งานในเวลากลางคืนสำหรับห้องนอนปรับอากาศควรใช้ load Factor 0.5 ในการปรับแก้การประมาณการใช้พลังงานตามสมการที่ 15

6. เอกสารอ้างอิง

[1] มอก.1155 (2536), มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง แบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

[2] ISO16358-1 (2013), Air cooled air conditioners and air to air heat pumps -Testing and calculating methods for seasonal performance factors -Part 1: Cooling seasonal performance factor.

[3] วิทยา ยงเจริญ และ สำลี ทองธิว (2563). ผลของอุณหภูมิอากาศภายนอก ต่อสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์, การประชุมสัมมนาเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

[4] การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน https://ienergyguru.com/2015/11/energy-conservation-split