

การวิเคราะห์พลังงานของ เครื่องทำน้ำเย็นด้วยค่า IPLV, NPLV

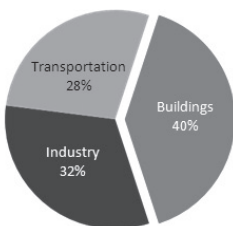
แน่นอนว่าปัจจุบันระบบทำความเย็นนับได้ว่าเป็นส่วนประกอบหลักของอาคารเกือบจะทุกอาคารที่มีการปรับอากาศ เพื่อความสบายของผู้ใช้อาคาร แต่ท่านทราบหรือไม่ ว่าระบบทำความเย็นดังกล่าวคือได้ว่าเป็นระบบที่มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดของการใช้ไฟฟ้าของตัวอาคารเช่นกัน ดังนั้นบทความนี้จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการค่าพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น และวิธีการพิจารณาเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพ เพื่อการประหยัดพลังงาน

ความสำคัญของการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น หรือ CHILLER เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดของการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งอาจมีอัตราส่วนถึง 30-50% ของการใช้พลังงานในอาคาร ดังรูปที่ 1



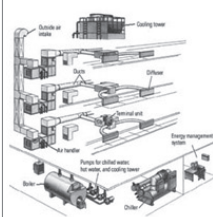
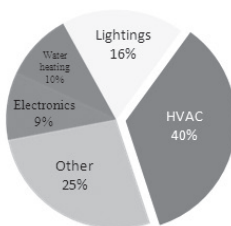
Global



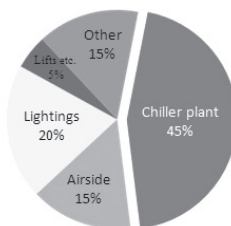
Source : WBCSD, Report 2009. U.S. DOE, Energy Data Book, Oct. 2009



Buildings (USA)



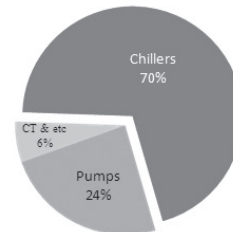
Hotel (Tropics)



Source : Carrier Singapore's estimates



Chiller Plant



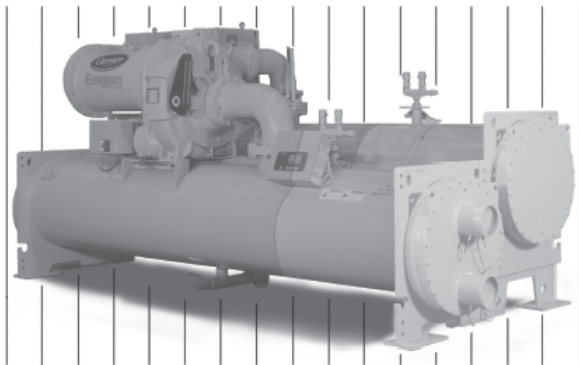
รูปที่ 1 แผนภูมิการใช้พลังงานตัวอย่าง (ENERGY PARETO)

Source : WBCSD, Report 2009. U.S. DOE, Energy Data Book, Oct.

การวิเคราะห์พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นด้วยค่า IPLV, NPLV

นอกจากจะเป็นส่วนสำคัญของการใช้ไฟฟ้าในอาคารแล้ว ค่าการใช้พลังงานยังมีมูลค่าที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับราคาเครื่อง เพราะค่าไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นจะอยู่คู่กับอาคารไปจนหมดอายุการใช้งานของตัวเครื่องประมาณ 20-25 ปี ดังรูปที่ 2 และ

Lifetime Cost of Chiller Ownership

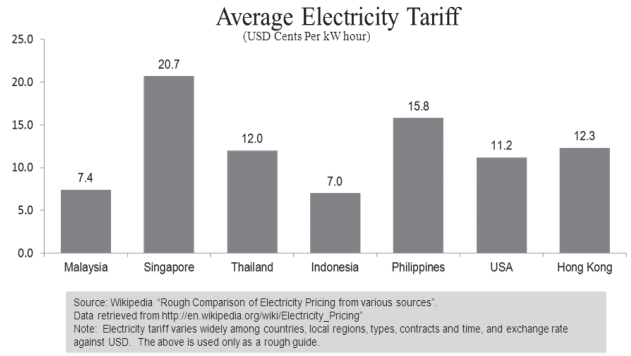


75% Energy and Maintenance 24% Chiller and Installation 1% Engineering Design

Based on a new chiller installation. Installation includes the cost of piping, valves, insulation, pipe supports, electrical wiring and chiller foundation.

รูปที่ 2 รายละเอียดค่าใช้จ่ายของเครื่องทำน้ำเย็นตลอดอายุการใช้งาน

ประกอบกับค่าไฟฟ้าที่สูงและเพิ่มขึ้นของประเทศไทย ดังรูปที่ 3 ทำให้ผู้ใช้อาคารหันมาสนใจเรื่องการใช้พลังงานกันมากขึ้น ซึ่งอุปกรณ์เครื่องทำน้ำเย็นก็เป็นอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญกับค่าการใช้พลังงานของอาคารที่ผู้ใช้อาคารต้องหันมาใส่ใจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้



รูปที่ 3 อัตราค่าไฟฟ้าของประเทศต่างๆ เปรียบเทียบในหน่วย USD

ดังนั้นการเลือกเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับอาคารใหม่ และ ทางเลือกสำหรับการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเก่าเพื่อประหยัดพลังงานภายในอาคาร

หลักการพิจารณาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าที่บ่งบอกประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นโดยทั่วไปจะถูกจำกัดความด้วยคำว่า ikW/Ton

$$\text{Chiller Efficiency} = \frac{\text{Input electricity (ikW)}}{\text{Output Cooling (ton)}} = ikW/ton$$

ซึ่งเป็นอัตราส่วนของค่าการใช้พลังงานในหน่วยของ ikW ต่อค่าการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น ซึ่งยิ่งน้อยจะบ่งบอกถึงค่าประสิทธิภาพที่ดีของเครื่องทำน้ำเย็นซึ่งโดยทั่วไปค่านิยามของ ikW/Ton ของเครื่องทำน้ำเย็นจะใช้ระบุค่าการกินไฟต่อตันความเย็นที่สูงสุดที่เครื่องทำได้หรือที่เรียกว่า FULL LOAD

แต่ท่านทราบหรือไม่เครื่องทำน้ำเย็นนั้นสามารถทำความเย็นตามโหลดความร้อนที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงภายในอาคารได้ทุกกรณีและเรียกการทำความเย็นที่ไม่ใช่ FULLLOAD ว่าการทำความเย็นในช่วง PARTLOAD ซึ่งค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (ikW/Ton) ของช่วง PART LOAD จะมีค่าที่แตกต่างกันไป ตามตารางที่ 2

Output Type	Full Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load	Part Load
Percent Load	100.00	90.00	80.00	70.00	60.00	50.00	40.00	30.00	20.00	14.00
Chiller Capacity	350 Tons	315 Tons	280 Tons	245 Tons	210 Tons	175 Tons	140 Tons	105 Tons	70 Tons	49 Tons
Chiller Input kW	218 kW	189 kW	163 kW	141 kW	119 kW	100 kW	85 kW	71 kW	58 kW	51 kW
Chiller Input Power	0.623 kW/Ton	0.601 kW/Ton	0.584 kW/Ton	0.574 kW/Ton	0.568 kW/Ton	0.574 kW/Ton	0.605 kW/Ton	0.674 kW/Ton	0.830 kW/Ton	1.043 kW/Ton
Cooler										
Entering Temp.	55.00 F	53.98 F	52.99 F	51.99 F	50.99 F	49.99 F	48.99 F	47.99 F	47.00 F	46.40 F
Leaving Temp.	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F	45.00 F
Flow Rate	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm	839.3 gpm
Pressure Drop	13.7 ft wg	13.7 ft wg	13.8 ft wg	13.8 ft wg	13.8 ft wg	13.8 ft wg	13.9 ft wg	13.9 ft wg	13.9 ft wg	13.9 ft wg

ตารางที่ 2 ตัวอย่างค่าประสิทธิภาพเครื่องที่ FULL LOAD และ PART LOAD

ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (kW/Ton) ในช่วง PART LOAD ของเครื่องทำน้ำเย็น IPLV, NPLV

ค่าประสิทธิภาพเครื่องในช่วง PART LOAD เป็นส่วนที่สำคัญมากในการพิจารณาเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับการประหยัดพลังงาน เพราะโหลดความร้อนของอาคารจะเกิดขึ้นในช่วง PART LOAD เป็นเวลาถึง 99% ของทั้งปี ดังนั้นค่าประสิทธิภาพเครื่องที่ PART LOAD จึงเป็นส่วนสำคัญสำหรับการพิจารณาเครื่องทำน้ำเย็น

AHRI (Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute) ได้ใช้ค่า IPLV(INTEGRATED PART LOAD VALUE)เป็นตัวแทนการวิเคราะห์พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น โดยให้ความสำคัญของค่าประสิทธิภาพของตัวเครื่องที่ Part load เป็นหลักโดยให้อัตราส่วนน้ำหนักของโอกาสเกิดโหลดความร้อนที่แต่ละ % การทำงาน ในตัวอาคารต่อปีดังนี้

อัตราการเกิดโหลดความร้อนที่ 100% = 0.01 หรือ 1% ต่อปี, 75% = 0.42 หรือ 42% ต่อปี, 50% = 0.45 หรือ 45% ต่อปี, 25% = 0.12 หรือ 12% ต่อปีซึ่งได้ถูกนำไปใช้เป็นสูตรการคำนวณ IPLV ดังสมการที่ 1

สมการที่ 1

$$IPLV, (NPLV) = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}}$$

ที่ซึ่ง *A = kW/ton at 100% capacity, *B = kW/ton at 75% capacity, *C = kW/ton at 50% capacity, *D = kW/ton at 25% capacityที่ค่าอุณหภูมิใช้งานตามตารางที่ 1

อ้างอิงจาก AHRI STANDARD 550/590-2003 APPENDIX D. DERIVATION OF INTEGRATED PART LOAD VALUE (IPLV) — NORMATIVE

จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่า IPLV จะได้จากการนำค่าประสิทธิภาพเครื่อง การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ 100%, 75%, 50% และ 25% ไปคำนวณรวมกับอัตราการเกิดโหลดความร้อนต่อปีของแต่ละ % การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่า IPLV เป็นค่าที่ใช้กันแพร่หลายในหลายๆประเทศทั่วโลกในการกำหนดเป็นข้อกำหนดในการจัดซื้อจัดจ้างเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อการประหยัดพลังงานโดยคำนึงถึงการทำงานช่วง PART LOAD เป็นหลัก ซึ่งกำหนดอุณหภูมิใช้งานเครื่องตามตารางที่ 1 ซึ่งจะแตกต่างจากอุณหภูมิใช้งานในประเทศไทย ซึ่งสำหรับการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเครื่องที่ Part Load สำหรับประเทศไทยนั้น อาจจะใช้เป็นค่า NPLV

ความแตกต่างของค่า IPLV (Integrated Part Load Value) และ NPLV (Non-Standard Partload Value)

ทั้งค่า IPLV และ NPLV เป็นค่าที่ใช้พิจารณาประสิทธิภาพเครื่องที่ Part Load ทั้งสองค่าซึ่งแตกต่างกันที่ค่า IPLV จะใช้อุณหภูมิใช้งานตาม Standard AHRI ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล ซึ่งค่าอุณหภูมิใช้งานต่างๆ จะแตกต่างจากสภาวะใช้งานของประเทศไทย แต่ค่า NPLV จะสามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิใช้งานได้ตามสภาวะอากาศ ณ สถานที่นั้น ดูรายละเอียดของค่าอุณหภูมิใช้งานของค่า IPLV และ NPLV ได้ตามตารางที่ 1

เหตุผลที่เครื่องทำน้ำเย็นไม่ทำงานที่ Full Load ตลอดเวลาและทำงานที่ Part Load เป็นส่วนใหญ่?

ปกติการคำนวณโหลดความร้อนของอาคารจะใช้ค่าสูงสุดของโหลดความร้อนทั้งหมดมาคำนวณรวมกันหรือเรียกค่า Peak Load โด้นใช้ค่าสภาวะอากาศช่วงร้อนสุดของปี (เม.ย.) และการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดพร้อมกันทั้งอาคาร รวมถึงการใช้งานของคนพร้อมกันทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วใน 1 ปี สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้โหลดความร้อนจากสภาวะอากาศไม่สูงสุดเป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกัน โหลดความร้อนจากคนและอุปกรณ์ไฟฟ้า จะไม่ได้ใช้งานทั้งหมดพร้อมๆกันแต่ละพื้นที่มีการใช้งานในแต่ละเวลาไม่พร้อมกัน เช่น โรงอาหารใช้งานแค่บางช่วงเวลา, ห้องพักรับรองโรงแรมมีการใช้งานแค่ช่วงเวลากลางคืน, ห้องประชุมมีการใช้งานเฉพาะเวลาประชุมเท่านั้น เป็นต้น นั่นคือสาเหตุที่ AHRI กำหนดค่า IPLV ให้โหลดความร้อนส่วนใหญ่ของอาคารเป็นช่วง Part Load

สรุป

เนื่องจากค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นเป็นส่วนที่มีมูลค่าสูงสำหรับอาคาร และ มากกว่า เงินลงทุนหรือราคาเครื่องทำน้ำเย็น ดังนั้นจากพิจารณาเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการพิจารณาซื้อเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งค่า kW/Ton จะเป็นค่าจำกัดความของประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น

นอกจากนี้การพิจารณาค่า kW/Ton ของเครื่องทำน้ำเย็นควรพิจารณาทั้งค่า Full Load และ Part Load ของเครื่องทำน้ำเย็นเพราะเครื่องทำน้ำเย็นจะทำงานที่ Part Load เป็นส่วนใหญ่ตาม AHRI STANDARD ซึ่งค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ Part Load ของเครื่องทำน้ำเย็นคือ IPLV และ NPLV

ตารางที่ 1 แสดงค่าอุณหภูมิจำกัดการใช้งานของ IPLV และ NPLV ของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละชนิด

AHRI STANDARD 550/590-2003

Table 3. Part-Load Conditions for Rating				
	IPLV		NPLV	
<i>Evaporator (All Types)</i>				
100% load LWT	² 44.0 °F	6.7 °C	² Selected LWT	² Selected LWT
0% load LWT	44.0 °F	6.7 °C	Same as 100% load	Same as 100% load
Flow Rate (gpm)	³ 2.4 gpm/ton	0.043 L/s per kW	³ Selected gpm/ton	³ [L/s per kW]
F.F.A.	0.0001 h · ft ² · °F/Btu	0.000018 m ² · °C/ W	As Specified	As Specified
¹ <i>Water-Cooled Condenser</i>				
100% load EWT	² 85.0°F	29.4 °C	² Selected EWT	² Selected EWT
75% load EWT	75.0 °F	23.9 °C	⁴	⁴
50% load EWT	65.0 °F	18.3 °C	⁴	⁴
25% load EWT	65.0 °F	18.3 °C	⁴	⁴
0% load EWT	65.0 °F	18.3 °C	65.0 °F	18.3 °C
Flow rate (gpm) [L/s]	³ 3.0 gpm/ton	0.054 L/s per kW	³ Selected gpm/ton	³ L/s per kW
F.F.A.	0.00025 h · ft ² · °F/Btu	0.000044 m ² · °C/ W	As Specified	As Specified
¹ <i>Air-Cooled Condenser (Use Figure 2)</i>				
100% load EDB	95.0 °F	35.0 °C	No Rating Requirements	
75% load EDB	80.0 °F	26.7 °C		
50% load EDB	65.0 °F	18.3 °C		
25% load EDB	55.0 °F	12.8 °C		
0% load EDB	55.0 °F	12.8 °C		
F.F.A.	0.0 h·ft ² ·°F/Btu	0.0 m ² ·°C/W		
¹ <i>Evaporatively-Cooled Condenser</i>				
100% load EWB	75.0 °F	23.9 °C	No Rating Requirements	
0% load EWB	50.0 °F	10.0 °C		
F.F.A.	0.0 h·ft ² ·°F/Btu	0.0 m ² ·°C/W		
<i>Air-Cooled Without Condenser</i>				
100% load SDT	125.0 °F	51.7 °C	No Rating Requirements	
0% load SDT	55.0 °F	12.8 °C		
<i>Water and Evaporatively-Cooled Without Condenser</i>				
100% load SDT	105.0 °F	40.6 °C	No Rating Requirements	
0% load SDT	65.0 °F	18.3 °C		
¹ If the unit Manufacturer's recommended minimum temperatures are greater than those specified in Table 3, then those may be used in lieu of the specified temperatures. ² Corrected for Fouling Factor Allowance by using the calculation method described in C6.3 ³ The flow rates are to be held constant at full load values for all part-load conditions. ⁴ For part-load entering condenser water temperatures, the temperature should vary linearly from the selected EWT at 100% load to 65.0 °F at 50% loads, and fixed at 65.0°F for 50% to 0% loads. SDT - saturated discharge temperature LWT - leaving water (liquid) temperature EWT - entering water (liquid) temperature EDB - entering air dry-bulb temperature EWB - entering air wet-bulb temperature F.F.A. - Fouling Factor Allowance				