ค่า IPLV, NPLV และ SPLV

ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น ในช่วงการทำงาน Part Load เป็นสิ่งที่ควรพิจารณามากกว่าค่า Full Load IKW/Ton

• วิรัณ เชิงชวโน
บริษัท แคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด
46/63-74 อาคารเนชั่นทาวเวอร์ชั้น 15
ถนนบางนาตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260
Tel. 0-2751-4777 Fax. 0-2751-4783
e-mail: wirun.cherngchawano@carrier.utc.com

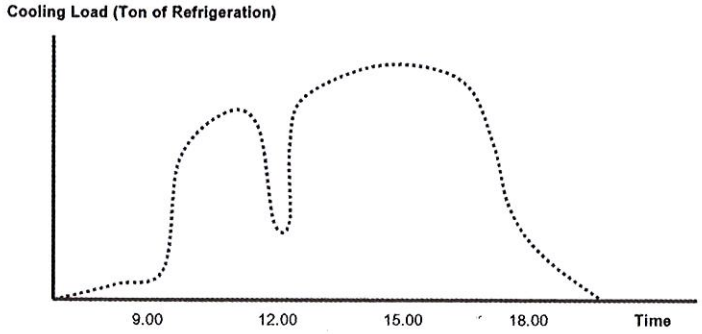
ในปัจจุบันการวิเคราะห์เรื่องการใช้พลังงานกำลังเป็นที่สนใจกันอย่างกว้างขวาง การวิเคราะห์ค่า IKW/Ton, ค่า EER (Energy Efficient Ratio) หรือ ค่า COP (Coefficient of Performance) ที่จุดทำงาน Full Load มักจะเป็นปัจจัยตัวหนึ่งที่มีความสำคัญในการเลือกใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบต่างๆ แต่การพิจารณาเพียงแค่ค่า Full Load IKW/Ton เพียงพอแล้วหรือสำหรับการมีคำถามหนึ่งที่ตามมาว่า เครื่องทำน้ำเย็นจะทำงานที่ Full Load (100%) มากน้อยเพียงใดหรือคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงการทำงานทั้งหมด คำตอบนี้อาจจะพิจารณาได้จาก Cooling Load Profile ของอาคารหรือสถานที่ที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นนั้น ยกตัวอย่างเช่น อาคารเรียนในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง มี Cooling Load Profile ดังแสดงในรูปด้านล่าง และสรุปเป็นช่วงการทำงานต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็นได้ ดังตาราง

% Part Load	% ของการทำงาน ในแต่ละช่วง Part Load
90-100 %	5 %
80-89 %	16 %
70-79 %	28 %
60-69 %	18 %
50-59 %	14 %
40-49 %	10 %
30-39 %	7 %
20-29 %	2 %
Total	**100 %**

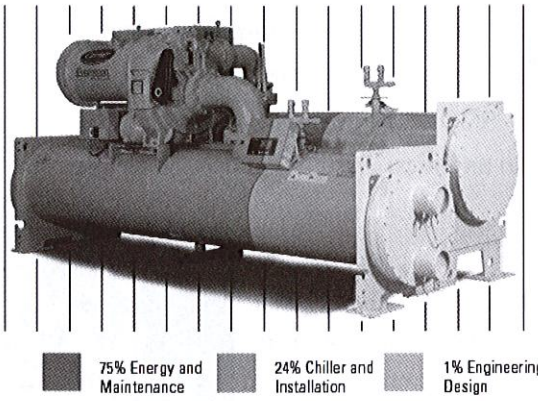
(ตัวอย่างการอ่านค่าจากตาราง เช่น เครื่องทำน้ำเย็นจะทำงานที่ 80-90 % ของ Full Load คิดเป็น 21 % ของเวลาการเดินเครื่องทั้งหมดในหนึ่งวัน) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วในบางหน่วยงาน โอกาสที่จะเดินเครื่อง 100 % อาจจะไม่มีเลยก็ได้

เมื่อพิจารณาถึงตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นแล้วจะเห็นว่า ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาเป็นส่วนหลักของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน ตามแผนภาพด้านล่างจะเห็นได้ว่าค่า Energy และ ค่า Maintenance คิดเป็นค่าใช่จ่ายถึง 75 % ของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นเลยทีเดียว

Cooling Load (Ton of Refrigeration)



Lifetime Cost of Chiller Ownership



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

นอกจากนี้แล้วในการคำนวณออกของวิศวกรฝ่ายออกแบบ วิศวกรติดตั้ง รวมถึงบริษัทผู้ผลิตเครื่องน้ำเย็นเองมักจะคำนวณค่าเผื่อในการออกแบบ (Safety Factor) ไว้ เช่น Cooling Load ที่คำนวณได้จริง 100 ตันความเย็น ก็มักจะเผื่อขนาดของเครื่อง (20 %) เป็น 120 ตัน เมื่อถึงเวลาเดินเครื่องทำน้ำเย็นจริงที่คำนวณได้ (100 ตันความเย็น) เครื่องทำน้ำเย็นก็จะทำงานที่จุดทำงาน 83.33 % (100/120) ซึ่งเป็นการทำงานที่ Part Load เท่านั้น

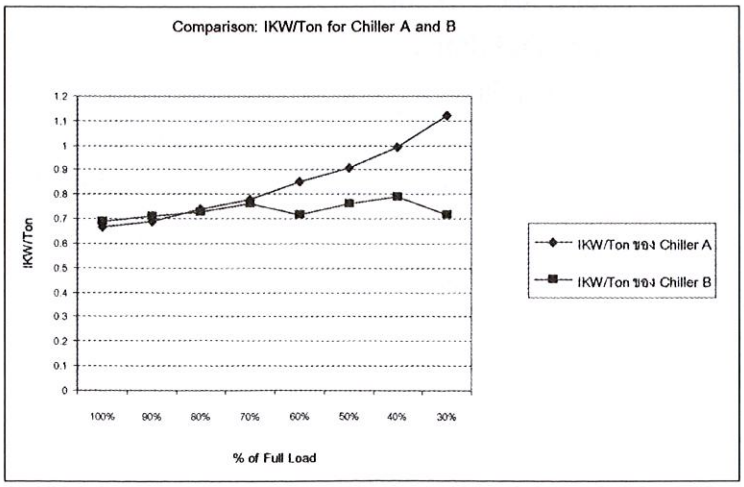
ขอยกตัวอย่างการพิจารณาเลือกใช้เครื่องทำน้ำเย็นในเชิงเปรียบเทียบอีกสักตัวอย่าง เช่น เครื่องทำน้ำเย็น A และ B มีประสิทธิภาพของการทำงานในแต่ละช่วงดังตารางด้านล่างและสรุปออกมาเป็นแผนภาพได้ดังนี้

จากแผนภาพดังกล่าวจะเป็นได้ว่าในช่วงการทำงาน 85-100 % เครื่องทำน้ำเย็น A จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า แต่ในช่วงการทำงานตั้งแต่ 85 % ลงมา เครื่องทำน้ำเย็น B จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ดังนั้นสิ่งที่สำคัญคือการพิจารณา Load Profile ของอาคารที่ท่านเลือกใช้เทียบกับ ค่า Part Load IKW ของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งสามารถขอได้จากผู้ผลิต ยกตัวอย่างอาคารเรียนในมหาวิทยาลัยดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่าช่วงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่มากกว่า 80% คิดได้เพียง 21 % (16+5 %) เท่านั้น การเลือกใช้เครื่องทำน้ำเย็น A จึงไม่น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม

อ่านมาถึงบรรทัดนี้หลายท่านอาจจะสงสัยว่า ทำไมการทำงานที่ Part Load ของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัวให้ผลทางด้านประสิทธิภาพออกมาแตกต่างกัน คำตอบเบื้องต้นก็คือว่า เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำให้เครื่องสามารถเดิน Part Load แตกต่างกัน เท่าที่พอจะสรุปได้มีดังนี้

- Multiple Compressor เป็นการใช้คอมเพรสเซอร์หลายชุดสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นหนึ่งเครื่อง และใช้การหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์แต่ละลูกเมื่อต้องการเดิน Part Load
- Un loader ใช้หลักการ By Pass สารทำความเย็นเพื่อไม่ให้ถูกอัดในคอมเพรสเซอร์ นิยมใช้สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบและสกรู
- Inlet Guide Vane ใช้หลักการหรี่ปริมาณน้ำยาที่จะไหลเข้าในคอมเพรสเซอร์ในช่วงการเดิน Part Load นิยมใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบ Centrifugal

จุดทำงานที่	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%
IKW/Ton ของ Chiller A	0.67	0.69	0.74	0.78	0.85	0.91	0.99	1.12
IKW/Ton ของ Chiller B	0.69	0.71	0.73	0.76	0.72	0.76	0.79	0.72



■ Slide Valve การหลักการเลื่อนตัว Slide เพื่อปล่อยให้น้ำยาไหลเข้าในแต่ละ Port ทางเข้า นิยมใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบสกรู

■ Inverter หรือบางครั้งอาจจะเรียกกว่า VFD, VSD (Variable Frequency Drive หรือ Variable Speed Drive) ใช้หลักการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ เพื่อลดปริมาณการไหลของน้ำยา

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานที่ Part Load น่าจะมีนัยสำคัญต่อการพิจารณาเลือกใช้เครื่องทำน้ำเย็น แทนที่จะพิจารณาเพียงค่า Full Load IKW/Ton แต่เพียงอย่างเดียว

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มี ARI (The Air Conditioning and Refrigeration Institute) ซึ่งเป็นสถาบันที่เป็นกลางที่ออกมากำหนดมาตรฐานสำหรับการพิจารณาเลือกใช้เครื่องทำน้ำเย็น โดยได้คำนึงถึงค่า Part Load Efficiency ด้วยไว้ในมาตรฐาน ARI Standard 550/590-98 (รายละเอียดของมาตรฐานดูได้จาก http://www.ari.org หรือขอฉบับสำเนาได้ที่ผู้เขียน) ซึ่งในที่นี้ขอกล่าวถึงค่าพื้นฐานที่จำเป็นเพียง 3 ค่า ดังนี้

■ IPLV (Integrated Part Load Value) เป็นตัวเลขตัวเดียวที่แสดงประสิทธิภาพของการทำงานที่ Part Load ซึ่งมีการแบ่งน้ำหนักช่วงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นตามการเก็บข้อมูลที่ได้จากหน้างานจริง โดยมีการแบ่งพิจารณาช่วงการทำงานดังนี้

% Load	1992 Standard	1998 Standard
100 %	17 %	1 %
75 %	39 %	42 %
50 %	33 %	45 %
25 %	11 %	12 %

ดังนั้นเราจะได้สูตรพิจารณาค่า IPLV ตามมาตรฐาน 1998 ดังนี้

IPLV = 1 / (0.01/A + 0.42/B + 0.45/C + 0.12/D)

โดยที่ A = IKW/Ton at 100 % Load

B = IKW/Ton at 75 % Load

C = IKW/Ton at 50 % Load

D = IKW/Ton at 25 % Load

จุดทำงาน (Rating Condition) สำหรับการพิจารณาค่า IPLV พิจารณาที่ Condenser Water Temp 85 F, 3.0 gpm/ton และ Cooler Water Temp 44 F, 2.4 gpm/ton อุณหภูมิอากาศภายนอก 95/75 (รายละเอียดเพิ่มเติมดูได้จากมาตรฐาน)

■ ในกรณีที่จุดทำงานไม่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น เช่น จุดทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในประเทศไทย จะเรียกค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้ว่า NPLV (Non-Standard Part Load Value) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณเหมือนค่า IPLV ทุกประการ

■ ค่า IPLV และค่า NPLV ที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเป็นค่าสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นเพียงตัวเดียวเท่านั้น ในกรณีที่หน่วยงานหนึ่งมีเครื่องทำน้ำเย็นหลายๆ ตัว การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพที่ได้จะเรียกเป็น SPLV (System Part Load Value)

ลองพิจารณาดูค่า NPLV ของเครื่องทำน้ำเย็น A และ B ในตัวอย่างข้างต้น

NPLV ของเครื่องทำน้ำเย็น A ที่คำนวณได้เท่ากับ 1 / (0.01/0.67 + 0.42/0.76 + 0.45/0.91 + 0.12/1.12) = 0.86

NPLV ของเครื่องทำน้ำเย็น B ที่คำนวณได้เท่ากับ 1 / (0.01/0.69 + 0.42/0.6745 + 0.45/0.76 + 0.12/0.72) = 0.75

(ในที่นี้เลือกใช้ค่าที่จุดทำงาน 30 % แทน 25 % เนื่องจากในบางครั้งเงื่อนไขของสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเราอาจจะไม่สามารถเดินเครื่องทำจุดทำงานต่ำ ๆ ได้ ค่า D = IKW/Ton at 25 % Load จึงอนุโลมให้ใช้ค่าต่ำสุดที่เครื่องทำงานได้แทน)

จากค่า NPLV ของเครื่องทำน้ำเย็นที่คำนวณได้ของ A และ B จะเห็นว่า NPLV ของเครื่องทำน้ำเย็น B ต่ำกว่าเครื่องทำน้ำเย็น A เมื่อมีการใช้งานจริงและ Cooling Load Profile เป็นไปตามสมมติฐาน เครื่องทำน้ำเย็น B จะมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด

สรุปข้อคิดเห็นและคำแนะนำเพิ่มเติม

■ ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกที่มีผลต่อค่า IKW/Ton เช่น ชนิดของคอมเพรสเซอร์ ชนิดของคอนเดนเซอร์ ชนิดของสารทำความเย็นที่ใช้ อุณหภูมิหรือจุดทำงานที่เลือกใช้ การ Turn Down ของอุณหภูมิน้ำฝั่งทางด้านคอนเดนเซอร์เมื่อเดิน Part Load ปัจจัยเหล่าควรจะถูกนำมาพิจารณาร่วมด้วย

■ ค่า IPLV, NPLV และค่า SPLV ควรจะเป็นค่าที่ถูกนำมาใช้พิจารณาในการเลือกใช้มากกว่าค่า Full Load IKW/Ton เนื่องจากสะท้อนสภาพการใช้งานจริงของเครื่องทำน้ำเย็น