บทที่ 2

เอกสารและผลงานวิจัยในอดีต

หลักการออกแบบระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เพื่อการประหยัดพลังงาน [2]

ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ ได้ศึกษาและวิเคราะห์การออกแบบระบบเครื่องสูบน้ำเย็นสำหรับใช้กระจายน้ำเย็นแบบแปรเปลี่ยน 4 แบบด้วยกัน คือ แบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นต่ออนุกรม แบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นต่อขนาน แบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นขับโดยมอเตอร์สองความเร็ว และแบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นขับโดยมอเตอร์ชนิดความเร็วแปรเปลี่ยน ระบบทั้งสี่ทำงานที่ภาระความเย็นแปรเปลี่ยนตามภาระของระบบปรับอากาศ โดยพิจารณาที่ภาระการทำความเย็นเดียวกันและมีค่าเฮดในระบบเท่ากัน ผลที่ได้ปรากฏว่าระบบสามารถประหยัดพลังงานได้เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้

- ระบบแบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นต่ออนุกรม
- ระบบแบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นต่อขนาน
- ระบบแบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นขับโดยมอเตอร์ชนิดความเร็วแปรเปลี่ยน
- ระบบแบบใช้เครื่องสูบน้ำเย็นขับโดยมอเตอร์สองความเร็ว

การจำลองระบบทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นส่วนกลางแบบมหภาค [4]

วรชาติ จิรัฐติเจริญ ได้พัฒนาโปรแกรม Cooling Equipment Selection เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกจำนวนและขนาดของอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นส่วนกลางแบบมหภาค ให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบภาระการทำความเย็นรูปแบบต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ที่พิจารณาในงานวิจัยประกอบไปด้วยเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิ หอผึ่งและเครื่องสูบน้ำในวงจรน้ำระบายความร้อน

โดยการทดสอบโปรแกรมกับภาระการทำความเย็นสูงสุด 1000 ตันที่มีค่าตัวประกอบภาระตั้งแต่ 0.458 – 1.000 พบว่าที่ค่าตัวประกอบภาระในช่วง 0.458 – 0.588 การใช้เครื่องทำน้ำเย็นจำนวนมากกว่า 1 ชุดจะประหยัดพลังงานกว่าการใช้เครื่องทำน้ำเย็นเพียงชุดเดียว ในขณะที่ค่าตัวประกอบภาระในช่วง 0.692 – 1.000 พบว่าการใช้เครื่องทำน้ำเย็นเพียงชุดเดียวจะประหยัดพลังงาน

มากกว่า แต่ถ้าคิดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบพบว่าที่ค่าภาระความเย็นในช่วง 0.925 – 1.000 จะประหยัดพลังงานที่สุด

Wire-to-Water Efficiency of Pumping Systems [19]

James B. Rishel ได้อธิบายถึงหลักการวัดประสิทธิภาพของระบบสูบจ่ายน้ำเย็น โดยใช้ตัวปัจจัยที่เรียกว่าประสิทธิภาพขดลวดสู่น้ำ (Wire to Water Efficiency : WWE) โดยได้ให้ความสำคัญกับค่าตัวปัจจัยนี้ว่าเป็นตัวที่ใช้บ่งบอกถึงสมรรถนะของระบบส่งจ่ายน้ำเย็นที่ดีที่สุด และได้แนะแนวทางการหาค่าประสิทธิภาพขดลวดสู่น้ำของระบบสูบจ่ายน้ำเย็นที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบหนึ่งเครื่องและหลายเครื่อง ทั้งแบบที่ความเร็วของเครื่องสูบน้ำคงที่และแบบที่สามารถปรับความเร็วของเครื่องสูบน้ำได้

นอกจากนี้ยังได้แนะแนวทางการนำค่าประสิทธิภาพขดลวดสู่น้ำของระบบที่ภาระความเย็นแปรเปลี่ยนไปตามเวลามาเป็นตัวกำหนดจำนวนเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็น ณ ขณะเวลานั้น ๆ ด้วย

Variable Flow Chilled-Water System [20]

William J. Coad ได้อธิบายถึงคุณลักษณะทางกายภาพของระบบการไหลแบบปริมาตรแปรเปลี่ยนภายในระบบท่อน้ำเย็น และได้อธิบายเปรียบเทียบถึงข้อแตกต่างระหว่างระบบน้ำเย็นแบบปริมาตรแปรเปลี่ยนที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบอัตราเร็วคงที่กับระบบที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบอัตราเร็วแปรเปลี่ยนได้ ซึ่งระบบหลังนั้นจะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบแรก

Local Pumping System [21]

Somchai Paarporn ได้ศึกษารูปแบบของระบบท่อน้ำเย็นแบบติดตั้งเครื่องสูบน้ำเฉพาะที่ (Local Pumping System) เปรียบเทียบกับระบบท่อน้ำเย็นแบบส่วนกลาง (Central System) โดยในระบบการเดินท่อน้ำเย็นแบบนี้จะไม่ใช้วาล์วควบคุมทั้งชนิดสองทางและสามทางแต่ว่าจะติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำเย็นจากคอล์ยทำความเย็นแทน เพราะว่าวาล์วควบคุมเหล่านั้นเป็นตัวทำให้

เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องสูบน้ำโดยไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งพบว่าการใช้ระบบท่อแบบติดตั้งเครื่องสูบน้ำเฉพาะที่นั้นทำให้สามารถเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่มีกำลังขับน้อยกว่าการเดินท่อน้ำเย็นแบบส่วนกลางที่ภาวะการทำความเย็นเดียวกันและค่าความดันลดภายในระบบท่อมีค่าเท่ากัน โดยค่าของกำลังของเครื่องสูบน้ำที่ลดลงไปนั้นมีค่าเท่ากับกำลังงานที่สูญเสียไปในวาล์วควบคุมนั่นเอง

An Analytical Algorithm for Hydronic Circuit Analysis and Assessement of Equipment Performance [22]

Birol I. Kilkis ได้เสนอแบบจำลองของเฮดสูญเสียของการไหลภายในท่อน้ำเย็น รวมถึงแบบจำลองที่ใช้คำนวณอุณหภูมิลดภายในอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ HVAC สำหรับเฮดสูญเสียนั้น Kilkis สรุปจากความสัมพันธ์ของ Darcy – Wiesbach ว่าเฮดสูญเสียนั้นมีค่าเป็น

$$\Delta H_j = K_j \cdot Q_j^r$$

โดยที่ $$K_j = \frac{8 \cdot f_j \cdot L_j}{g \cdot \pi^2 \cdot D_j^5}$$

เมื่อ ΔH_j คือ เฮดสูญเสียของการไหลในท่อ j

K_j คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของการไหลในท่อ j

Q_j คือ อัตราการไหลของน้ำในท่อ j

f_j คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อ j

L_j คือ ความยาวของท่อ j

D_j คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ j

โดยเลขยกกำลัง r นั้นมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะของการไหลภายในท่อ โดยถ้ามีอุปกรณ์หลายชนิดต่ออนุกรมกันในระบบ สามารถประมาณค่า $r = 2$ ได้สำหรับการไหลภายในท่อนั้น

Converting Constant-Speed Hydronic Pumping System to Variable-Speed Pumping [23]

Richard A. Hegberg ได้อธิบายถึงข้อควรพิจารณาและคำนึงถึงในการวางแผนที่จะเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็นจากแบบอัตราเร็วคงที่ไปสู่การใช้เครื่องสูบน้ำเย็นแบบความเร็วแปรเปลี่ยน ทั้งนี้เนื่องจากข้อดีในการประหยัดพลังงานของเครื่องสูบน้ำเย็นแบบความเร็วแปรเปลี่ยนนั่นเอง โดย

สามารถสรุปได้ว่าจะต้องทำการศึกษาหลักการของการออกแบบระบบ ปริมาณความต้องการน้ำเย็นของพื้นที่ปรับอากาศในบริเวณต่าง ๆ รวมทั้งการกระจายของภาระการทำความเย็นของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ถ้าได้ทำการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อย่างละเอียดจะทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะได้ระบบใหม่ที่ทำงานได้อย่างดี และให้ระยะเวลาในการคืนทุนไม่นานนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย