

แนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

ชาติชาย พิสุทธิบริบูรณ์

อนุกรรมการพิจารณาศักยภาพการใช้พลังงานสะอาด ในคณะกรรมการพลังงาน ภูมิภาค

กรรมการบริหาร สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย

President Elect 2012-2013, ASHRAE Thailand Chapter

chartchai_pi@yahoo.com, โทรศัพท์ 089 038 4453

บทคัดย่อ

การเพิ่มขึ้นของราคาพลังงานทั่วโลกในอัตราเร่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประกาศเพิ่มค่า FT ในช่วงระยะเวลาใกล้ๆ ทำให้มองเห็นแนวโน้มที่ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจะสูงขึ้น ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่เพิ่มความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์ แต่ก็มีอัตราการใช้พลังงานสูงมาก กว่า 50% ของพลังงานไฟฟ้าในอาคารถูกจ่ายให้แก่ระบบปรับอากาศ ดังนั้นการให้ความสำคัญแก่ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นและพึงใส่ใจอย่างต่อเนื่อง ระบบปรับอากาศในส่วนที่สร้างใหม่ได้มีความพยายามที่จะทำให้ประสิทธิภาพสูงมากที่สุดเท่าที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่ แต่ยังมีระบบปรับอากาศที่กำลังใช้งานอยู่อีกเป็นจำนวนมากที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ สมควรจะต้องปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น บทความนี้ได้ให้แนวทางอย่างกว้างๆ แก่ผู้เกี่ยวข้องเพื่อให้เข้าใจแนวคิด และนำไปเป็นจุดเริ่มต้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพต่อไป

คำหลัก: ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์ เครื่องทำน้ำเย็น สารความเย็น

Abstract

Since the increasing of energy cost in accelerated rate, especially the announcement the increasing of FT recently, the trend of electrical expenditure will be climbed up greatly. Air conditioning system enhances the comfort to human but it is also consumed very high electricity. More than 50% of electricity charge to building is drove from air conditioning system. Therefore the efficiency of air conditioning system is essential and must be taken accordingly. The new system is already looked after to put its efficiency as high as its economic view and availability of technology. But there are still a lot of the existing system which are operating at poor efficiency level, it should be improved their efficiency as soon as possible. This paper will give the idea and advice to relevant parties to initiate the improvement.

Keywords: Efficiency, Air-conditioning System, Compressor,

1. บทนำ

ระบบปรับอากาศได้เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน มีอัตราการใช้พลังงานในระดับสูงราคาพลังงานที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความใส่ใจในประสิทธิภาพเป็นเรื่องจำเป็น ระบบปรับอากาศมีหลายระบบและขนาดเล็กลงไปถึงขนาดใหญ่ เป็นพื้นฐานแต่หลักการทำงานจะไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นแนวคิดในการประหยัดพลังงานหรือเพิ่มประสิทธิภาพ จะคล้ายคลึงกัน บทความนี้จะอธิบายหลักการทำงานอย่างกว้าง และให้แนวคิดในการจะประหยัดค่าไฟฟ้าได้อย่างไร ในแต่ละระบบสารทำความเย็น ระบบอากาศ และระบบน้ำ แต่จะละเว้นการคำนวณโดยละเอียด เพราะในส่วนนั้นควรจะทำโดยวิศวกรที่มีความรู้และมีประสบการณ์โดยตรง เพราะในการปรับปรุงจริงยังมีองค์ประกอบอีกหลายส่วนที่จะต้องทำ เช่น การวัดสภาพการทำงานของระบบเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยละเอียด การทดลองคำนวณทางเลือกต่างโดยละเอียดเพื่อหาความเหมาะสมในการลงทุน ในขั้นตอนนี้จริงยังต้องมีการปรับแต่งปรับตั้งและทดสอบระบบ ที่กล่าวมาเป็นหน้าที่ของวิศวกรระบบปรับอากาศที่จะดำเนินการ

2. ระบบปรับอากาศทำหน้าที่อะไร

ระบบปรับอากาศคือระบบที่ทำหน้าที่ควบคุมสภาวะของอากาศในบริเวณกำหนดให้มีสภาวะเป็นไปตามต้องการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการใช้งานบริเวณนั้น เช่น ความสุขสบายสำหรับมนุษย์ (Thermal Comfort) ในห้องผ่าตัด ในความต้องการเหล่านั้นพออาจสรุปได้อย่างกว้างๆ ดังนี้

- ควบคุมอุณหภูมิให้พอเหมาะไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป
- ควบคุมความชื้นให้พอเหมาะ
- ควบคุมความเร็วการไหลของลม
- ควบคุมความสะอาดและระดับของออกซิเจนของอากาศ

ปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักทางวิศวกรรมปรับอากาศที่จำเป็นต้องควบคุมให้ได้ แต่ในปัจจุบันมีปัจจัยอื่นที่เพิ่มเติมมากขึ้นที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจ เช่น

- อัตราการใช้พลังงานในการควบคุม หรือประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ผลจากปรากฏการณ์โลกร้อนและราคาพลังงานที่สูงขึ้น อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกว่า 55-60% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดถูกใช้ไปกับระบบปรับอากาศ ทำให้ความสนใจต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศได้รับความสนใจมากขึ้น
- ระดับเสียงขณะทำงาน ต้องอยู่ในระดับที่ไม่สูงจนเกินไป และในกรณีที่มีความจำเป็นจากลักษณะการใช้งานของพื้นที่นั้นระบบจะต้องสามารถตอบสนองได้
- ความสวยงามและกลมกลืนกับสถานที่
- ความสะดวกและยืดหยุ่นในการบำรุงรักษาและปรับปรุงระบบในอนาคต

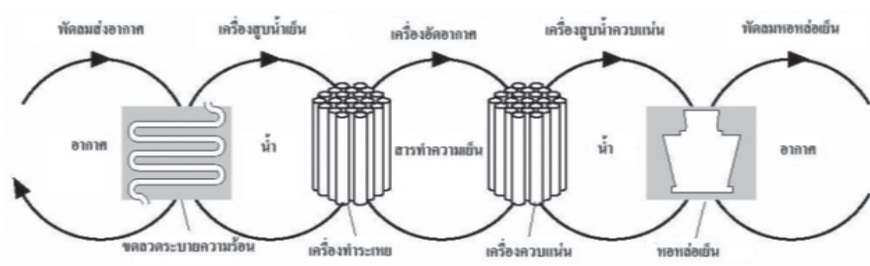
3. หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ

หลักการที่แท้จริงของระบบปรับอากาศคือ การบังคับให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง (ดูรูปที่ 1) การบังคับดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พลังงานอีกส่วนไปบังคับให้เกิดการเคลื่อนที่นั้น ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศก็กำหนดจากอัตราส่วนของปริมาณความร้อนที่เคลื่อนที่ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ไปในการเคลื่อนที่ความร้อน นอกจากการเคลื่อนที่ความร้อนหากมีความต้องการด้านอื่น เช่น ความสะอาดก็อาจมีอุปกรณ์อื่นๆเพิ่มเติม เช่น อุปกรณ์กรองอากาศ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นอาจต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนการทำงาน ในกรณีนี้ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศจะต้องนำพลังงานส่วนนี้ไปร่วมพิจารณาด้วย จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศเป็นการพิจารณาจากอัตราส่วนของสิ่งที่ได้รับโดยรวมต่อพลังงานที่ต้องใช้ไปทุกส่วนเพื่อให้ได้มาของสิ่งที่ได้รับโดยรวม

การทำงานของระบบปรับอากาศจะเริ่มจากการเคลื่อนที่ ความร้อนออกจากห้องที่ต้องการควบคุมสภาวะ การที่ห้องดังกล่าวถูกกำหนดให้มีภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity , RH) ต่ำกว่าภายนอกของห้องทำให้เกิดการไหลของความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ห้องกรณีนี้จะเกิดภาระจากปัจจัยภายนอก (External Cooling Load)

นอกจากนี้ยังอาจมีภาระจากปัจจัยภายใน (Internal Cooling Load) เช่น การถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายของคนที่อยู่ภายในห้อง ผลรวมของภาระทั้งสองแบบจะนำไปกำหนดขนาดของระบบปรับอากาศ (Cooling Capacity) ที่ต้องการเพื่อที่จะรักษาสภาวะของห้องให้คงที่ตามความต้องการ

รูปที่ 1 : แสดงหลักการทำงานของระบบปรับอากาศ (<http://www.energyefficiencyasia.org>)



ตารางที่ 1 : แสดงส่วนประกอบของระบบปรับอากาศที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า

	Type of Air-conditioning System						
	DX Air cooled Split System	DX Water cooled Split System	Air cooled VRF	Water cooled VRF	Water Cooled Packaged	Air cooled Chilled Water System	Water cooled Chilled Water System
Refrigerant System							
Compressor							
Air Side System							
Condenser Fan Motor							
Cooling Tower Fan Motor							
Evaporator Blower Motor							
Ventilating Blower Motor							
Water Side System							
Condenser Pump Motor							
Chilled Water Pump Motor							
Circulating Chilled Water Pump Motor							

4. ส่วนที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า

พลังงานความร้อนที่ถูกทำให้เคลื่อนที่ในระบบปรับอากาศจะประกอบไปด้วยความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ผลจากการเคลื่อนที่ของความร้อนสัมผัสตรวจพบจากการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ ส่วนความร้อนแฝงสังเกตได้จากการที่มีการกลั่นตัวของน้ำออกมาจากระบบปรับอากาศ ส่วนพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ความร้อนมักจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลังของระบบสารความเย็น (Refrigeration System) วงจรอากาศ (Air Side System) วงจรน้ำ (Water Side System) และระบบควบคุม (Control System) ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของระบบปรับอากาศที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนสำหรับระบบปรับอากาศแบบต่างๆ ที่นิยมใช้ในประเทศไทย

5. โอกาสในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ในการเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศเพื่อจะทำหน้าที่เคลื่อนที่ความร้อน เรามักจะกำหนดจากภาระที่เกิดขึ้นตอนเกือบสูงสุดของความต้องการซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาสั้นๆ เช่น กรณีอาคารขนาดใหญ่จะพบว่าภาระความเย็นสูงสุดในช่วงตอนบ่ายที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงสุด เป็นต้น ดังนั้นระยะเวลาในการทำงานจริงของระบบปรับอากาศจะทำงานส่วนใหญ่ในช่วงภาระปานกลางไปจนถึงต่ำ (Part Load) ระบบที่ออกแบบและสร้างมาสำหรับที่ภาระสูงสุดจึงไม่มีประสิทธิภาพเมื่อทำงานที่ภาระปานกลางหรือต่ำ ดังนั้นในการออกแบบระบบใหม่จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในขณะที่ทำงานที่ภาระปานกลางหรือต่ำด้วย ส่วนระบบที่กำลังใช้งานอยู่หากต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศก็จะต้องศึกษาลักษณะของภาระความเย็นของกรณีนั้น และอุปกรณ์ที่กำลังใช้งานอยู่ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน และหาแนวทางการปรับปรุงต่อไป

จะเห็นได้ว่า โอกาสการประหยัดเกิดจากการที่ภาระความเย็นเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ทำให้เราต้องการระบบปรับอากาศที่สามารถเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมไปด้วย จึงจะสามารถรักษาระดับของประสิทธิภาพให้เป็นที่พอใจและคุ้มค่าได้

6. แนวคิดในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

การที่ภาระความเย็นแปรเปลี่ยนนั้นคือ ปริมาณความร้อนที่เราต้องการเคลื่อนที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม ในประเทศร้อนชื้นแบบประเทศไทย ระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่หลักคือ การนำความร้อนและความชื้นออกจากพื้นที่ปรับอากาศ ขณะเดียวกันก็จะนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเติมให้แก่พื้นที่ปรับอากาศโดยระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่ปรับคุณสมบัติของอากาศบริสุทธิ์ให้ไม่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศที่กำลังควบคุมสภาวะจากภาระความเย็นภายนอกและภายในการทำงานดังกล่าวมาแล้วจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การที่จะลดการใช้พลังงานเราอาจพิจารณาจากแต่ละระบบได้ดังนี้

6.1 ระบบสารทำความเย็น (Refrigerant System)

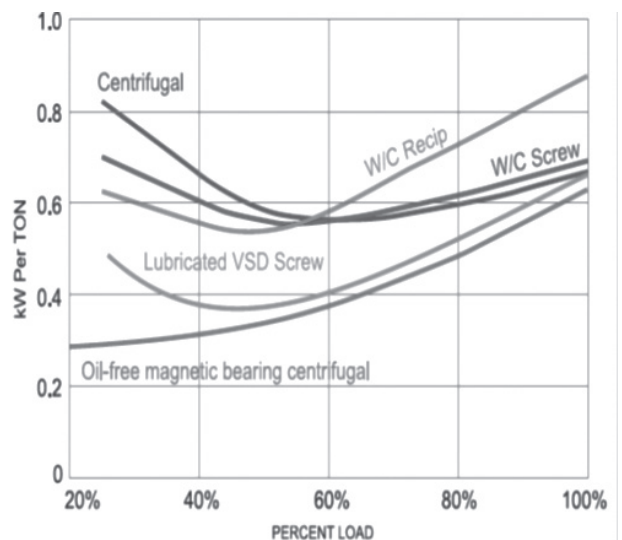
ระบบสารทำความเย็นถือได้ว่าเป็นระบบหลักที่สำคัญที่สุดและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนเกิดขึ้นได้ อุปกรณ์สำคัญที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่มากที่สุดคือ คอมเพรสเซอร์ มีข้อต้องคำนึงถึงหากต้องการให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดดังนี้

- ชนิดของคอมเพรสเซอร์ สำหรับที่สภาวะการทำงานเดียวกันอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเรียงลำดับจากน้อยไปหามากดังนี้ คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal) สกรู (Screw) สโครล (Scroll) โรตารี (Rotary) ลูกสูบ (Reciprocating)

- ระบบการระบายความร้อน ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าอากาศ
- ระบบที่ทำงานในภาวะอุณหภูมิกลั่นตัว (Condensing Temperature) ต่ำ เครื่องที่ทำงานที่อุณหภูมิกลั่นตัวต่ำกว่าคอมเพรสเซอร์จะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า เช่น ขนาดของส่วนระบายความร้อนใหญ่กว่า หรือในระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่จะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานที่อุณหภูมิกลั่นตัวต่ำกว่าระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ
- ระบบที่ทำงานในภาวะอุณหภูมิระเหยตัว (Evaporating Temperature) สูง กรณีนี้เราจะพบว่าขนาดของส่วนระเหยตัวจะมีขนาดใหญ่กว่า
- เลือกให้ระบบสารทำความเย็นทำงานที่ภาระช่วงราว 70-80% การทำงานของระบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงการทำงานดังกล่าว นั่นคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์จะต่ำที่สุด รูปที่ 2 แสดงระดับประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะการทำงานต่างๆ (ข้อมูลจาก “โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 2 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, Danfoss Turbocor Compressor Inc.) กรณีที่เดินเครื่องทำน้ำเย็นหลายๆชุดจะต้องบริหารให้เครื่องทำงานที่ภาวะดังกล่าว ดังนั้น ห้องเครื่องที่สามารถทำงานที่ประสิทธิภาพสูงมักจะประกอบไปด้วยเครื่องหลายขนาด เพื่อกำหนดส่วนผสมให้ทุกเครื่องทำงานแล้วได้ประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงที่สุด
- คอมเพรสเซอร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนขีดความสามารถในการทำความเย็น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของภาระความเย็นมีการลดลงหรือเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากคอมเพรสเซอร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในทิศทางเดียวกันก็ย่อมจะลดการใช้พลังงานลงไปได้ ในทางวิศวกรรมแล้วสิ่งที่เกิดขึ้นคือ การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของมวลสารทำความเย็นที่เป็นองค์ประกอบหลักของใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อภาระความเย็นลดลง อัตราการไหลของสารทำความเย็น (Refrigerant Mass Flow Rate) ก็ควรลดลงให้เหมาะสม

ผลคือ การใช้ไฟฟ้าก็จะลดลงตามไปด้วย หลักการในข้อนี้เราจะพบในคอมเพรสเซอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ หรือมีอุปกรณ์ควบคุมปริมาณการอัดสารความเย็น (Part Load Modulation) ตัวอย่างที่พบเช่น คอมเพรสเซอร์ที่ใช้อินเวอร์เตอร์ ดิจิตอลสโครลคอมเพรสเซอร์ เป็นต้น

- การเพิ่ม sub-cool ให้แก่ระบบ ไม่เป็นการลดการใช้ไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์แต่เป็นการเพิ่มความสามารถในการทำความเย็น การออกแบบระบบให้มีซับคูลสูงจะทำให้ได้ความเย็นมากกว่าในขณะที่พลังงานที่ใช้ไปเท่าเดิมนั้นคือ ประสิทธิภาพสูงขึ้น การปรับปรุงทำได้โดยการเพิ่มอุปกรณ์ระบายความร้อนให้ทำหน้าที่นำความร้อนออกจากสารความเย็นมากขึ้น



รูปที่ 2 แสดงระดับประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะการทำงานต่างๆ (ข้อมูลจาก “โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 2 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, Danfoss Turbocor Compressor Inc.)

6.2. ระบบอากาศ (Air Side System)

ระบบอากาศในระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่ 3 ส่วนคือ

1. นำความร้อนจากพื้นที่มาถ่ายเทให้แก่สารทำความเย็นพาออกไปจากพื้นที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ในเครื่องส่งลมเย็น มอเตอร์ของตัวในอาคารของแอร์บ้าน
2. นำความร้อนจากสารความเย็นไปปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ของตัวนอกอาคารของแอร์บ้าน มอเตอร์พัดลมของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ
3. นำความร้อนจากน้ำระบายความร้อนปล่อยสู่บรรยากาศภายนอก ตัวอย่างคือ มอเตอร์ใบพัดของคูลลิ่งทาวเวอร์

หลักการลดพลังงานของระบบอากาศพิจารณาได้ดังนี้

- **อัตราการไหล (Air Flow Rate)** ปรับอัตราการไหลให้สอดคล้องกับภาระความเย็น เครื่องมือที่สำคัญคือ การใช้ VSD และระบบควบคุมที่เหมาะสม ในการออกแบบเครื่องใหม่เราสามารถออกแบบให้ใช้อัตราการไหลน้อยลงแต่ต้องเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้น กรณีของพัดลมคูลลิ่งทาวเวอร์อาจลดอัตราการไหลลงได้เมื่ออุณหภูมิภายนอกต่ำกว่าค่าการออกแบบการลดอัตราการไหลโดยเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิ
- **การใช้พัดลมที่ประสิทธิภาพสูงขึ้น** ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจะทำให้ต้องใช้พลังงานน้อยลงแต่ให้อัตราการไหลเท่าเดิม พัดลมที่ประสิทธิภาพสูงกว่ามักจะมีราคาสูงกว่า
- **ลดแรงเสียดทานของการไหลของลม** การออกแบบท่อลมที่มีแรงเสียดทานต่ำลงจะช่วยลดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า การลดความเร็วของลมผ่านแผงแลกเปลี่ยนความร้อนก็จะเป็นการลดพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามเราจะต้องคำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนหรือการลงทุนเทียบกับการประหยัดที่ได้รับ เพื่อหาความคุ้มค่าในการลงทุน

6.3. ระบบน้ำ (Water Side System)

ระบบน้ำในระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่ 3 ส่วนคือ

1. นำความร้อนจากลมที่นำมาจากพื้นที่มาถ่ายเทให้แก่สารทำความเย็นพาออกไปจากพื้นที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์เครื่องสูบน้ำเย็น
2. นำความร้อนจากสารความเย็นไปส่งให้แก่ลมเพื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน

หลักการลดพลังงานของระบบน้ำพิจารณาได้ดังนี้

- **อัตราการไหล (Air Flow Rate)** ปรับอัตราการไหลให้สอดคล้องกับภาระความเย็นที่เปลี่ยนแปลง เครื่องมือที่สำคัญคือ การใช้ VSD และระบบควบคุมที่เหมาะสม เราสามารถปรับอัตราการไหลทั้งด้านระบบน้ำเย็นและระบบน้ำระบายความร้อน
- **การเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็น** จะทำให้สามารถลดอัตราการไหลของน้ำเย็นได้ แต่จะต้องคำนึงถึงความสามารถของเครื่องทำน้ำเย็นว่าสามารถทำงานในสภาวะดังกล่าวได้หรือไม่
- **การทำความเข้าใจกับแรงเสียดทานของการส่งน้ำ** ไปในระบบท่อที่แจกจ่ายน้ำเย็นและน้ำระบายความร้อน การออกแบบท่อที่ขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดแรงเสียดทาน
- **การเลือกให้เครื่องสูบน้ำมีความเหมาะสมกับภาระ** การทำงานและทำงานที่ประสิทธิภาพสูง
- **ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในการขับเคลื่อน**
ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กันในแต่ละระบบ การปรับระบบหนึ่งให้ดีขึ้น แต่อาจมีผลกระทบต่ออีกระบบให้แย่ลง ดังนั้นวิศวกรต้องทำการตรวจสอบในองค์รวมให้ไปสู่เป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

7. unสรุป

ราคาพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอัตราเร่ง ทำให้จำเป็นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่อาจกล่าวได้ว่า มีอัตราการใช้พลังงานสูงที่สุดในทางตรงข้ามระบบปรับอากาศก็มีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของการมนุษย์และทำให้การเป็นอยู่ดีขึ้นในหลายกรณีเป็นความจำเป็นต่อการดำรงชีพ การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศยังเป็นภารกิจที่วิศวกรจะต้องศึกษาและค้นคว้าหาเทคโนโลยีมาสนองต่อความต้องการอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ASHRAE Handbook 2012, HVAC System and Equipment
- [2] ASHRAE Handbook 2011, HVAC Application
- [3] ASHRAE Handbook 2010, Refrigeration
- [4] ASHRAE Handbook 2009, Fundamental
- [5] ข้อมูลจาก “โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 2 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, Danfoss Turbocor Compressor Inc.
- [6] <http://www.energyefficiencyasia.org>