

บทที่ 2

หลักการ/การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็น และปรับอากาศ

(Principle of Refrigeration and A/C systems, and guidelines for energy conservation)

ความสำคัญของเนื้อหาวิชา (Overview)

ในบทนี้จะกล่าวถึงทั้งระบบทำความเย็น และปรับอากาศ ซึ่งระบบการทำความเย็นจะถูกนำมาใช้งานในภาคอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ประมง อาหารทะเล แช่แข็ง โดยมีการใช้พลังงานค่อนข้างมาก ในรูปแบบห้องแช่แข็ง และห้องเย็นสำหรับเก็บสินค้า ส่วนระบบปรับอากาศจะมีใช้งานมากในอาคารต่างๆ โรงแรม และบางโรงงานอุตสาหกรรมก็มีใช้งานมาก เช่น ห้องทำงานต่างๆ เพื่อความสะดวกสบายเป็นหลัก

วัตถุประสงค์ (Objective)

1. อธิบายระบบ และหลักการเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ
2. อธิบายวิธีการตรวจวัด และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในระบบทำความเย็น และปรับอากาศ
3. อธิบายมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ

บทนำ (Introduction)

คู่มือเล่มนี้ได้กล่าวถึงประเภทของระบบ หลักการทำงาน ชนิด วิธีตรวจวัด และมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน ของระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับผู้ใช้งาน และผู้ปฏิบัติงานด้านระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศให้สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.1 ระบบทำความเย็นหลักการทำงานของระบบทำความเย็น

การทำความเย็นคือการลด และรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่างหรือของเหลวต่าง ๆ ให้ต่ำกว่าปกติ เช่น การทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ ตู้แช่ ห้องเย็น โรงน้ำแข็ง เป็นต้น

การเกิดความร้อน

การเกิดความร้อนในเครื่องทำความเย็นรวมทั้งเครื่องปรับอากาศที่มีใช้อยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น ตู้แช่ เครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศในบ้าน เครื่องปรับอากาศในอาคาร หรือการทำความเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป จะมีหลักการเบื้องต้นในการทำให้เกิดความร้อนเหมือนกันคือ การทำให้สารซึ่งเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (refrigerant) เปลี่ยนสถานะ เพราะขณะเปลี่ยนสถานะ สารทุกชนิดต้องการความร้อนแฝงเข้ามาช่วยเสมอ ดังนั้นถ้าเราทำให้สารนี้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ จะดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง จึงเกิดความร้อนขึ้น

ในปัจจุบันเราอาศัยระบบทำความเย็นมาใช้งานด้านต่างๆ มากมายได้แก่

1. การผลิตอาหาร (food processing) เช่น การผลิตนม ไอศกรีม ซึ่งต้องอาศัยการทำความเย็นในการพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) ด้วยการให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิประมาณ $70 - 80^{\circ}\text{C}$ หลังจากนั้นนำมาทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ $2 - 3^{\circ}\text{C}$ เพื่อรักษาคุณภาพของนมก่อนส่งไปจำหน่าย การผลิตไอศกรีม ก็จะต้องผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และนำไปผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20 ถึง -28°C การผลิตไวน์ และเบียร์ ในกระบวนการหมัก (fermentation) กระบวนการบ่ม (mellowing) จำเป็นต้องทำภายใต้อุณหภูมิต่ำประมาณ $5 - 15^{\circ}\text{C}$ เป็นต้น

2. การเก็บรักษาอาหาร (food storage) ในการเก็บรักษาหรือถนอมอาหาร เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ให้มีอายุในการเก็บรักษานานขึ้นเพื่อการบริโภคหรือเพื่อการจำหน่าย สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง ซึ่งเป็นการลดการแพร่ขยายของแบคทีเรียต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้อาหารเน่า เช่นการเก็บรักษา ผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์ไว้ในสภาพอาหารสด (fresh food) จะต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ต้องสูงกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) ซึ่งจะมีช่วงเวลาในการเก็บรักษาสั้นกว่าการเก็บรักษาในสภาพอาหารแช่แข็ง (freezing food) ซึ่งต้องนำผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์มาทำการแช่แข็ง และเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

3. การผลิตในงานอุตสาหกรรม (industrial process) งานอุตสาหกรรมหลายประเภทที่ต้องอาศัยการทำความเย็นช่วยในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมเคมี ปิโตรเคมี โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกก๊าซ โรงงานผลิตสบู่

4. การทำความเย็นเพื่อการขนส่ง (transportation refrigeration) เช่น ห้องเย็นที่ใช้ในเรือประมงห้องเย็นที่ใช้ในเรือเดินทะเล ซึ่งใช้ขนส่งอาหารแช่แข็งไปจำหน่ายในต่างประเทศ หรือรถห้องเย็นที่ใช้ขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งระหว่างโรงงานผลิตไปยังจังหวัดที่อยู่ห่างไกล ซึ่งทั้งหมดจะทำงานโดยอาศัยหลักการของระบบทำความเย็น

5. การปรับอากาศ (air condition) เป็นสาขางานหนึ่งซึ่งอาศัยการทำความเย็นมาประยุกต์ใช้มากที่สุด โดยจะทำงานร่วมกับระบบควบคุมความชื้น การกรองอากาศ การทำให้อากาศหมุนเวียน การระบายอากาศ เพื่อความสบายของคน เช่น ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศทั่วไป หรืองานปรับอากาศที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงพิมพ์ โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานผลิตยา เป็นต้น

ขนาดของเครื่องทำความเย็น จะบอกเป็น Btu/h (หน่วยอังกฤษ), kcal/h (หน่วยเมตริก), kW (หน่วย SI) หรือบอกขนาดเป็นตัน โดย 1 ตันความเย็นมีค่า 12,000 Btu/h ซึ่งมีที่มาจากคำจำกัดความ คือ 1 RT (ton of refrigeration) = heat required to melt 1 U.S. ton of ice (2000 lb) at 0°C per 24 h. ซึ่งมีความหมายคือ 1 ตันความ-เย็น เป็นความเย็นที่ได้จากการเสียความร้อนไปใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็งหนัก 1 ตัน ที่อุณหภูมิ 0°C หมดในเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.1 ระบบการทำความเย็น

ระบบการทำความเย็นมีด้วยกันมากมายหลายแบบ บางแบบใช้งานแล้วให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงก็จะถูกพัฒนา และปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อยๆ บางระบบถ้าใช้งานแล้วประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่ำก็จะถูกเลิกใช้ไป ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบการทำความเย็น และหลักการทำงานของระบบทำความเย็นดังนี้

1. ระบบทำความเย็นโดยการทำให้สารทำความเย็นระเหย
2. ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ
3. การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง
4. การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง
5. การทำความเย็นโดยใช้การระเหยของน้ำ
6. การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก
7. การทำความเย็นระบบสตริมเจ็ต
8. วงจรการทำความเย็นแบบแอมบอร์ปชัน

■ ระบบทำความเย็นโดยการทำให้สารทำความเย็นระเหย

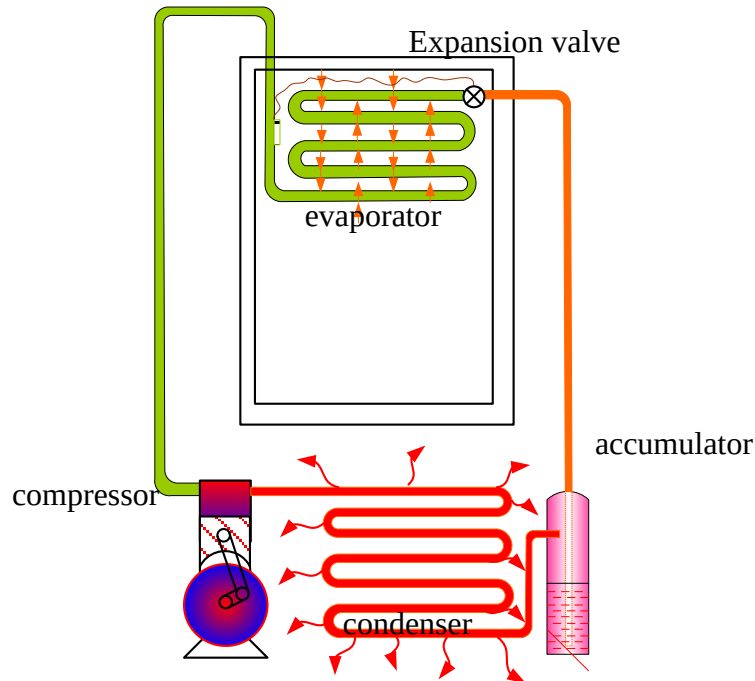
การทำความเย็นด้วยระบบที่ทำให้สารทำความเย็นระเหย (expendable refrigerant cooling system) เป็นแบบที่ใช้ได้ดีกับบรรทุกเพื่อการขนส่งอาหารที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำอยู่เสมอ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบนี้ง่ายมาก เพียงแต่ปล่อยให้สารทำความเย็นเหลวระเหยตัวเป็นไอภายในบริเวณหรือเนื้อที่ต้องการทำความเย็น ซึ่งบริเวณเหล่านี้ต้องมีฉนวนกันความร้อนหุ้มโดยรอบ ดังที่ได้เคยทราบมาแล้วว่า ขณะที่สารเปลี่ยนสถานะจะต้องการความร้อนแฝงทำให้อุณหภูมิในบริเวณนี้ลดต่ำลง สารทำความเย็นที่ใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็นในที่นี้จะใช้ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) ซึ่งเก็บในถังภายใต้ความดันประมาณ 14.6 kg/cm² เมื่อปล่อยให้ไหลผ่านวาล์วควบคุม (liquid control valve) ก็จะลดความดันของไนโตรเจนเหลวลง แล้วเข้าตามท่อไปยังหัวฉีด ซึ่งจะฉีดไนโตรเจนเหลวให้เป็นฝอย เข้าไปยังบริเวณหรือเนื้อที่ต้องการทำความเย็นโดยตรง ไนโตรเจนจะระเหยตัวดูดซับปริมาณความร้อน ทำให้บริเวณนี้มีอุณหภูมิลดต่ำลง

■ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

ระบบอัดไอเป็นระบบที่ทำให้เกิดความเย็นขึ้นได้โดยอาศัยการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ร่วมกัน ดังรูปที่ 2.1 โดยอุปกรณ์แต่ละตัวมีหน้าที่ดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์ (compressor) ทำหน้าที่ดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากเครื่องระเหย และอัดให้มีความดันสูงขึ้นจนสามารถส่งไปควบแน่นได้ที่คอนเดนเซอร์
2. คอนเดนเซอร์ (condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อควบแน่นเป็นของเหลวและส่งเข้ารีซีฟเวอร์
3. รีซีฟเวอร์ (receiver) ทำหน้าที่สะสมของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์เพื่อจ่ายให้กับเครื่องระเหยได้ตลอดเวลาในการทำงาน

4. ลิ้นลดความดัน (expansion valve หรือ refrigerant control) ทำหน้าที่ลดความดันของน้ำยาที่ออกจากคอนเดนเซอร์ เพื่อจ่ายให้กับเครื่องระเหย
5. เครื่องระเหย (evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นไอและทำให้บริเวณใกล้เคียงเย็นขึ้น



รูปที่ 2.1 วงจรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

การทำงานของวงจรทำความเย็นแบบอัดไอ อาศัยสารทำความเย็น (Refrigerant) ซึ่งมีหลายชนิด แต่ทุกชนิดจะต้องมีคุณสมบัติเบื้องต้นเหมือนกันคือ สามารถเปลี่ยนสถานะได้ง่าย เช่น ที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ R-12, R-22 หรือ R-134a ซึ่งเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอได้ที่อุณหภูมิ -21.6°F (-29.8°C), -41.4°F (-40.8°C) และ -15.1°F (-26.2°C) ตามลำดับภายใต้ความดันบรรยากาศ

การทำงานเริ่มที่คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากเครื่องระเหยเข้าทางด้านดูด (Suction) ของคอมเพรสเซอร์ และอัดออกให้มีความดันสูงขึ้น และส่งออกทางด้านส่ง (discharge) ของคอมเพรสเซอร์เข้าคอนเดนเซอร์

น้ำยาภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงนี้ เมื่อผ่านคอนเดนเซอร์จะถูกระบายความร้อนออกจนถึงจุดควบแน่น น้ำยาจะเปลี่ยนสถานะจากไอไปเป็นของเหลวตกลงด้านล่างของคอนเดนเซอร์และถูกส่งไปเข้ารีซีฟเวอร์

น้ำยาในสภาพที่เป็นของเหลวในรีซีฟเวอร์จะถูกส่งผ่านลิ้นลดความดันทำให้น้ำยาเกิดการขยายตัว ความดันจะลดลงจนน้ำยาไม่สามารถคงสภาพเดิม (ของเหลว) จึงเปลี่ยนเป็นไอ

การเปลี่ยนสถานะของน้ำยาจากของเหลวเป็นไอขณะออกจากลิ้นลดความดันและตลอดช่วงที่ผ่านเครื่องระเหยนี้ จะทำให้เกิดความเย็นขึ้นเนื่องจากของเหลวจะดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ ไปใช้เป็นการร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้บริเวณรอบ ๆ เครื่องระเหยเกิดความเย็นขึ้น

เมื่อน้ำยาผ่านเครื่องระเหยจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอหมด และถูกคอมเพรสเซอร์ดูด และอัดให้มีความดันสูงขึ้น หมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไปโดยน้ำยาจะไม่สูญหาย จึงไม่จำเป็นต้องเติมน้ำยาเพิ่มเข้าไปในระบบอีก ถ้าไม่มีจุดที่น้ำยารั่วออกมา

■ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบใช้น้ำแข็ง

การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งอาศัยหลักการที่ว่าขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายกลายเป็นน้ำ จะดูดความร้อนจากอากาศรอบๆ ทำให้อากาศเย็นลงและมีความหนาแน่นสูงขึ้น จึงไหลลงสู่ตอนล่างของตู้เย็นไปดูดซับปริมาณความร้อนจากอาหารหรือของที่แช่ภายในตู้เย็นอีกทีหนึ่ง อากาศเย็นเมื่อดูดซับปริมาณความร้อนจากอาหารหรือของที่แช่ภายในตู้เย็นแล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเบาจึงลอยตัวสูงขึ้นแล้วไปผ่านโดยรอบของน้ำแข็ง ทำให้น้ำแข็งหลอมละลาย เมื่อน้ำแข็งหลอมละลายหมดก็จะหยุดการทำความเย็น

■ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบใช้น้ำแข็งแห้ง

ในการทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง (dry ice refrigeration) นั้น จะใช้น้ำแข็งแห้งซึ่งทำจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของแข็งซึ่งถูกอัดขึ้นมาให้มีรูปร่างแตกต่างกันไป น้ำแข็งแห้งจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นแก๊ส ซึ่งเรียกว่าการระเหิด ที่ความดันบรรยากาศ โดยน้ำแข็งแห้งจะมีอุณหภูมิต่ำถึง -78.33°C และดูดซับความร้อนและรักษาอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ เช่น ไอศกรีม ให้คงคุณภาพขณะทำการขนส่ง

■ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบใช้การระเหยตัวของน้ำ

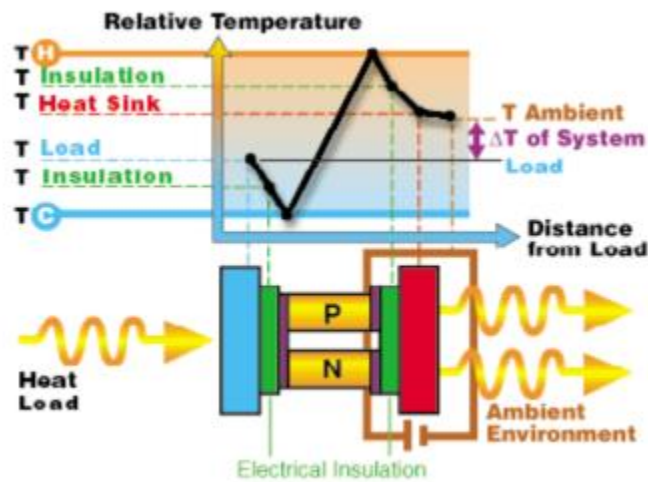
ขณะที่ของเหลวระเหยตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนแฝง จากหลักการดังกล่าวจึงนำมาสู่การออกแบบการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเรียกว่าเป็นคอนเดนเซอร์แบบอีวาพอเรทีป (evaporative condenser) คอนเดนเซอร์แบบนี้อาศัยทั้งการระเหยตัวของน้ำและอากาศช่วยกันในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์โดยการฉีดพ่นน้ำให้เป็นฝอยผ่านลงบนคอนเดนเซอร์ ในขณะที่เดียวกันก็ใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อน ละอองน้ำที่กระทบกับคอนเดนเซอร์บางส่วนจะระเหยดูดความร้อน ช่วยให้การระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์มีประสิทธิภาพดีขึ้น



รูปที่ 2.2 คอนเดนเซอร์แบบอีวาพอเรทีป

■ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์ เป็นหลักการของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยนำเอาวัสดุกึ่งตัวนำ (semi-conductor) สองชนิดมาตรึงปลายติดกัน แล้วต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ในที่นี้สมมติให้เป็น P และ N เนื่องจากวัสดุกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดมีค่าระดับพลังงานไม่เท่ากัน เมื่อถูกผ่านด้วยกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจะทำให้ปลายที่ตรึงติดกันเย็นและปลายที่เหลือจะร้อน ส่งผลให้ภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นมีการดูดซับความร้อน และคายความร้อนออกมาภายนอก



รูปที่ 2.3 หลักการของระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

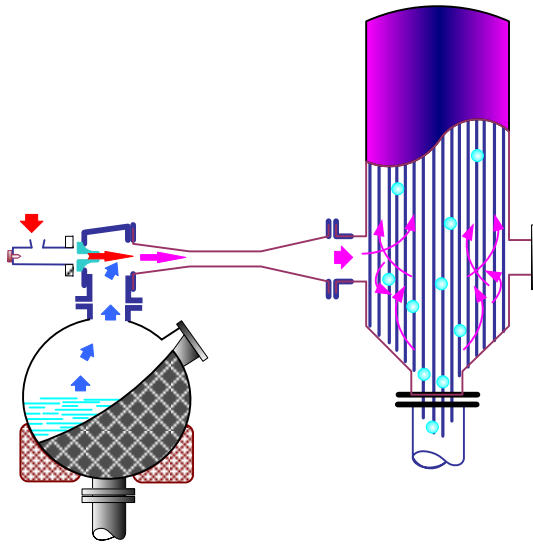
■ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบสตีมเจ็ต

การทำความเย็นในระบบสตีมเจ็ต (steam jet refrigeration) ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็นการทำงานของระบบอาศัยหลักการที่ว่าเมื่อลดความดันที่ผิวหน้าของน้ำที่อยู่ในภาชนะที่ปิดมิดชิด แล้วน้ำนั้นจะสามารถระเหยตัว เปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ บางครั้งต่ำถึง $4.44 - 10^{\circ}\text{C}$ จากการศึกษาทางทฤษฎีพบว่าภายใต้ความดันสุญญากาศหรือที่ความดัน 0.839 kN/m^2 จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 4.44°C

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ ณ ระดับความดันต่าง ๆ

Absolute pressure (kN/m ²)	Temperature (°C)	Absolute pressure (kN/m ²)	Temperature (°C)	Absolute pressure (kN/m ²)	Temperature (°C)
0.8	3.8	28	67.5	75	91.8
2.0	17.5	35	72.7	85	95.2
5.0	32.9	45	78.7	95	98.2
10.0	45.8	55	83.7	100	99.6
20.0	60.1	65	88.0	101.33	100

หลักการทำงานของระบบสตีมเจ็ตแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 ไอน้ำซึ่งเป็นผลพลอตได้จากการทำงานของหม้อไอน้ำ แทนที่จะปล่อยทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ จะถูกส่งเข้าทางท่อไอน้ำ เพื่อฉีดผ่านหัวฉีดไอน้ำด้วยความเร็วสูง ทำให้ความดันที่ผิวหน้าของน้ำในอีวาพอเรเตอร์ลดลง และสามารถระเหยตัวกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดูรับปริมาณความร้อนทำให้น้ำที่เหลือในอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำลงด้วย น้ำเย็นนี้มีอุณหภูมิประมาณ $4.44 - 21.1^{\circ}\text{C}$ จะถูกปั๊มให้หมุนเวียนเข้าไปทำความเย็นให้แก่บริเวณที่ต้องการทำความเย็น และจะถูกส่งกลับเข้ามาฉีดเป็นฝอยในอีวาพอเรเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ละอองน้ำบางส่วนจะถูกระเหยตัวทำให้น้ำที่เหลือในอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำอยู่ตลอดเวลา

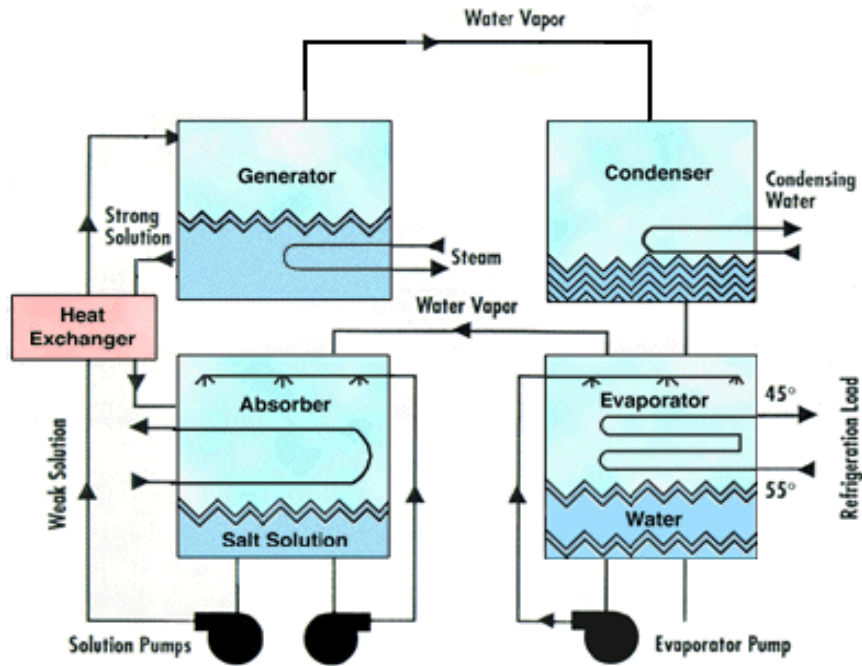


รูปที่ 2.4 การทำความเย็นระบบ steam jet

หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบแอบซอร์ปชัน (absorption chiller)

Absorption chiller เป็นระบบทำความเย็นที่อาศัยพลังงานความร้อนในการขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องทำความเย็นให้ทำงาน โดยความร้อนที่ป้อนให้ absorption chiller โดยมากจะอยู่ในรูปของไอน้ำ น้ำร้อน หรือก๊าซร้อนซึ่งเป็นพลังงานคุณภาพต่ำ

Absorption chiller มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ generator, condenser, evaporator, absorber, expansion valve และสารทำงานซึ่งเป็นสารคู่ผสมระหว่าง สารทำความเย็น (กรณีนี้ใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นสารทำความเย็น) และสารดูดกลืน (สาร Li-Br ดังแสดงในรูปที่ 2.5 มีหลักการทำงานเริ่มต้นจาก generator รับความร้อนจากภายนอกทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอแยกออกจากสารดูดกลืน สารทำความเย็นจะมากลั่นตัวที่ condenser อุณหภูมิประมาณ $40^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ เพื่อกลับเป็นของเหลวแล้วไหลผ่านเอ็กซ์แพนชันวาล์ว (expansion valve) ไปสู่ evaporator สารทำความเย็นดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้เป็นความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอที่อุณหภูมิประมาณ 5°C (ความดันประมาณ 6 mm.Hg) จากนั้นไอของสารทำความเย็นจะถูกดูดกลืนด้วยสารดูดกลืนที่ไหลผ่าน expansion valve มาจาก generator ผสมเป็นของเหลวในตัวดูดกลืน absorber ซึ่งเป็น ปฏิกิริยาคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม จากนั้นจะถูกสูบโดยปั๊มเพื่อให้ความดันสูงขึ้นเป็น 75 mm.Hg ไปยังเจนเนอเรเตอร์ (generator) เพื่อรับความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนต่อไป



รูปที่ 2.5 วงจรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบแอ็บซอร์ปชัน

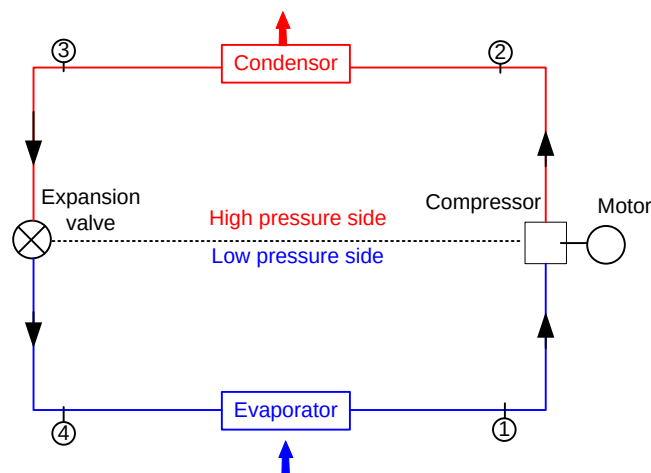
2.2 ชนิดของเครื่องทำความเย็น

เครื่องทำความเย็นที่มีใช้อยู่ทั่วไปจะทำงานโดยอาศัยระบบทำความเย็นระบบใดระบบหนึ่งดังนี้

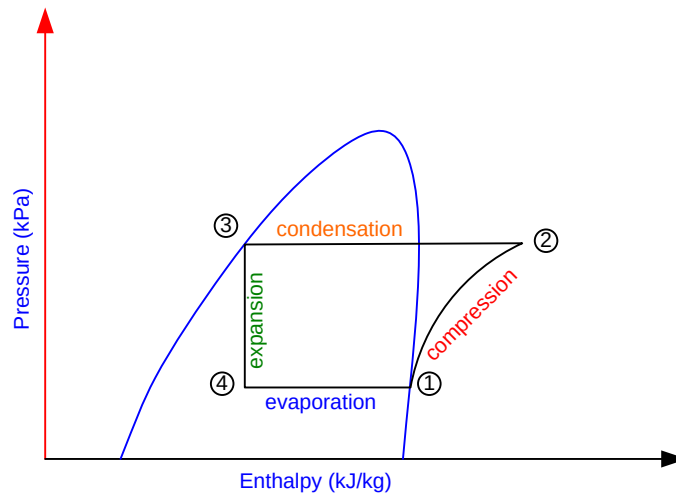
1. ระบบใช้กลไก (Mechanical) เป็นระบบที่สร้างความเย็นขึ้นโดยอาศัยการทำงานของกลไกต่างๆ เป็นที่นิยมแพร่หลายที่สุด ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า การทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor compression)
2. ระบบที่ไม่ใช่เชิงกล (Nonmechanical) เป็นระบบที่สร้างหรือทำความเย็นให้เกิดขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนหรือกลไกใดๆ การทำความเย็นระบบนี้ที่มีใช้ในปัจุบัน ได้แก่ การทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption)

2.2.1 เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (Compression refrigeration)

สำหรับวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เมื่อไม่คิดพลังงานสูญเสียต่างๆ นั้นประกอบด้วย กระบวนการ 4 กระบวนการ ดังนี้



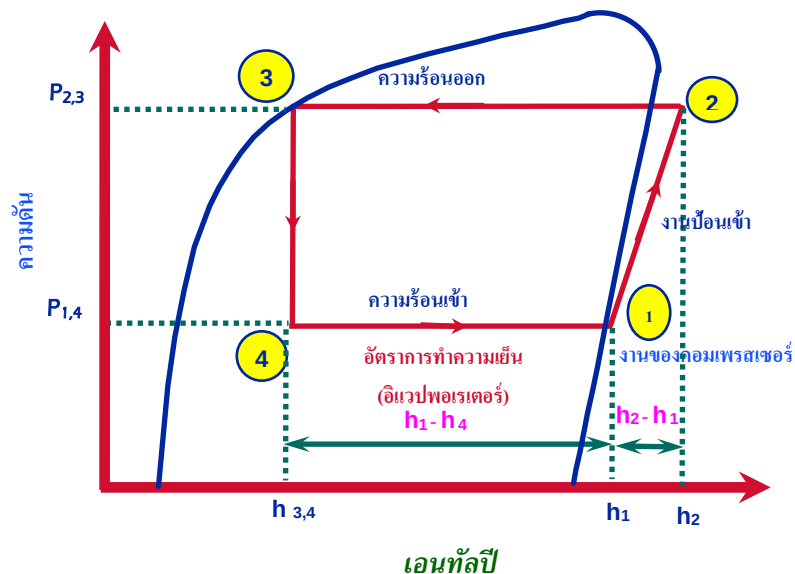
รูปที่ 2.6 วัฏจักรอัดไมาตรฐาน



รูปที่ 2.7 แผนภูมิความดัน-เอนทาลปี

1. กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic Compression โดยคอมเพรสเซอร์ จะทำการอัดสารทำความเย็นในสถานะไออิ่มตัว ให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน (Condenser)
2. กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่แบบย้อนกลับได้ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะไอตรง (Superheated vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น
3. กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือ กระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันที่คอยล์เย็น (Evaporator)
4. กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

แผนภาพความดัน-เอนทาลปี



รูปที่ 2.8 แผนภาพความดัน-เอนทาลปี ของวัฏจักรการอัดไอหนึ่งขั้นตอน

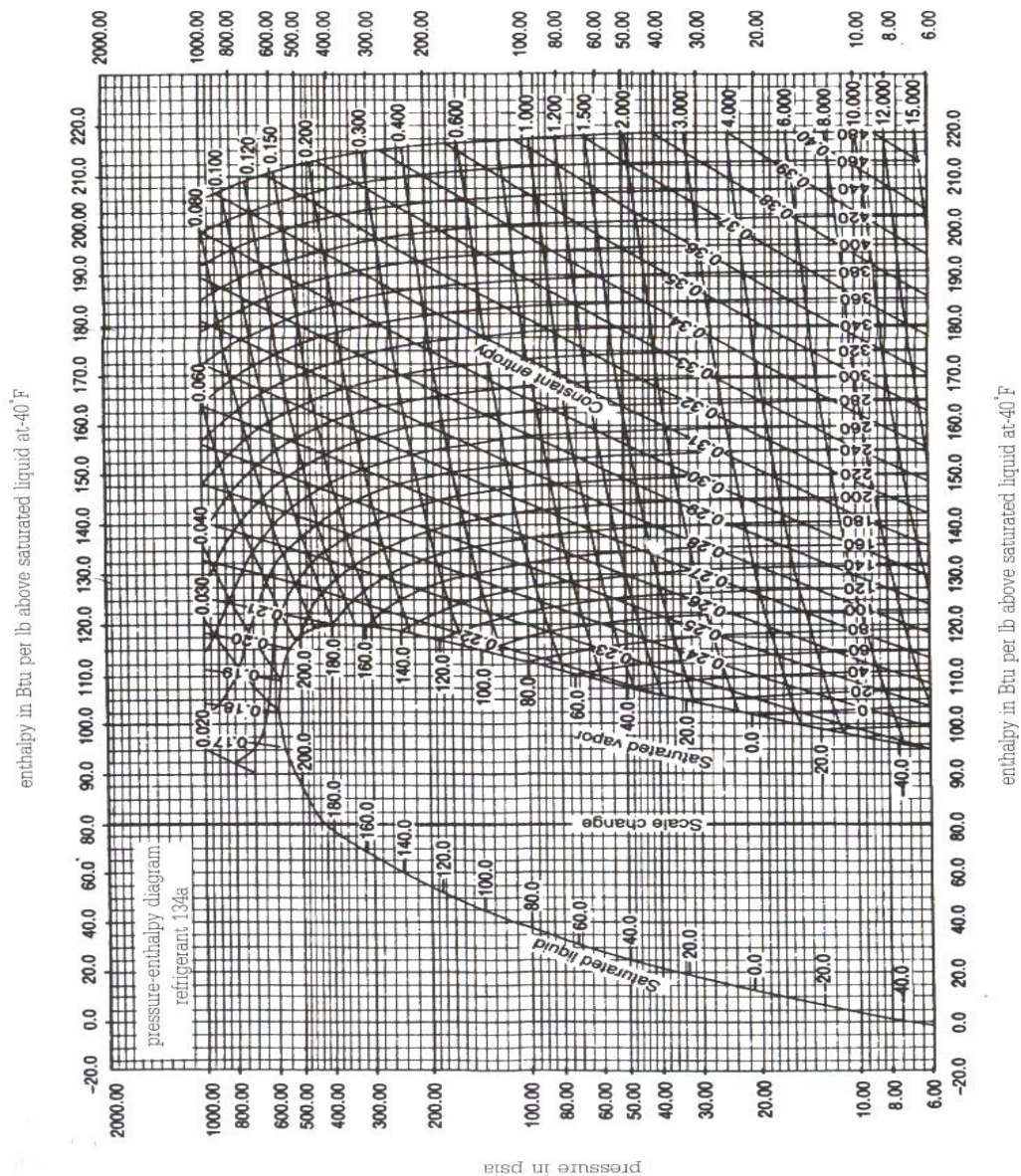
ตอนที่ 4 บทที่ 2 หลักการ/การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น

ความเย็นที่ระบบสามารถทำได้ h_1-h_4

พลังงานที่ป้อนให้ระบบ (คอมเพรสเซอร์) h_2-h_1

ในการศึกษาวัฏจักรความเย็นอีกวิธีหนึ่งคือการแทนการทำงานของกระบวนการต่างๆ ลงในแผนภาพ PH Diagram หรือ แผนภาพความดัน-เอนทัลปี (Pressure-Enthalpy Diagram) หรือ แผนภาพมอลเลียร์ ดังนี้

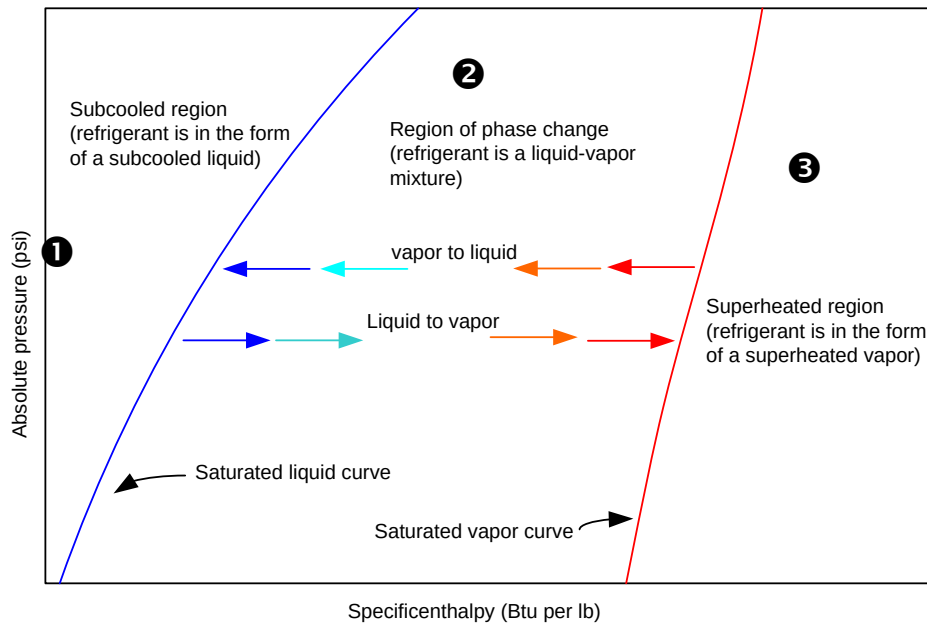


รูปที่ 2.9 แผนภาพ PH Diagram ของน้ำยา 134 a

วิธีการอ่านค่าแผนภาพ

แผนภาพจะประกอบด้วยเส้นบอกคุณสมบัติต่างๆ ของสารทำความเย็นสามารถแยกเป็นรายละเอียดของเส้นต่างๆ ดังนี้

เส้นของเหลวอิ่มตัว และเส้นไออิ่มตัว (Saturated liquid and Saturated vapor lines) เป็นเส้นที่แบ่งพื้นที่ของแผนภาพเป็น 3 เขต คือ



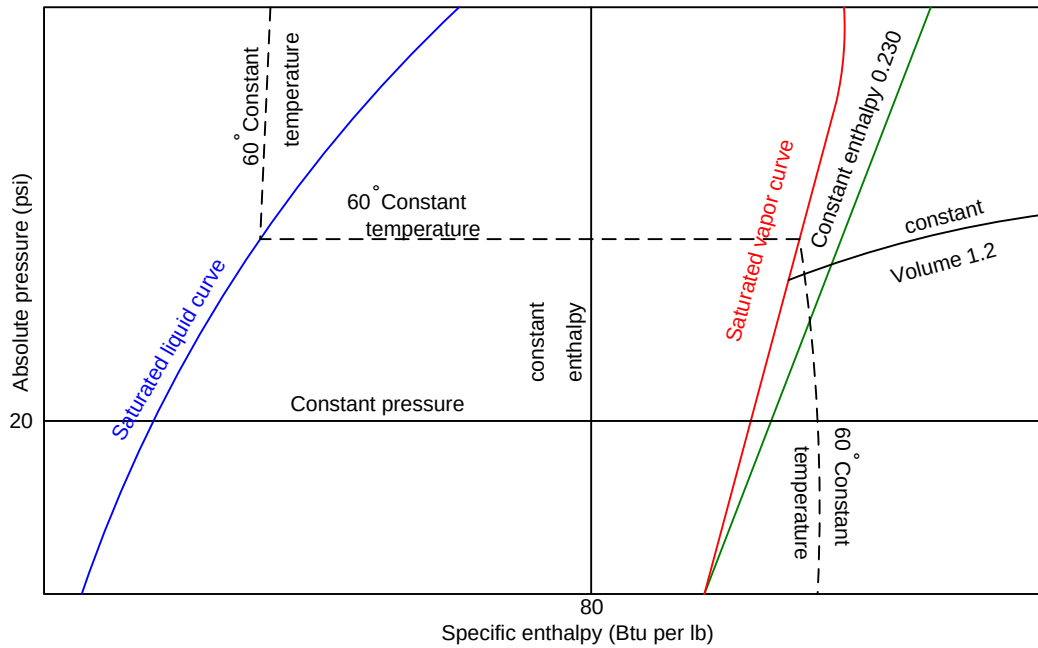
รูปที่ 2.10 เส้นของเหลวอิ่มตัว และเส้นไออิ่มตัวแบ่งพื้นที่บนแผนภาพเป็น 3 เขต

เขตของเหลวเย็นยิ่งยวด (Subcooled region) คือ บริเวณพื้นที่ด้านซ้ายของเส้นของเหลวอิ่มตัว สารทำความเย็นที่อยู่ในพื้นที่นี้จะมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิ่มตัว เรียกว่า ของเหลวเย็นยิ่งยวด (Subcooled liquid)

เขตไอร้อนยิ่งยวด (Superheated region) คือ บริเวณพื้นที่ด้านขวาของเส้นไออิ่มตัว สารทำความเย็นที่อยู่ในพื้นที่นี้จะมีสถานะเป็นไอที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอิ่มตัว เรียกว่า ไอร้อนยิ่งยวด หรือ ไอตรง (Superheated Vapor)

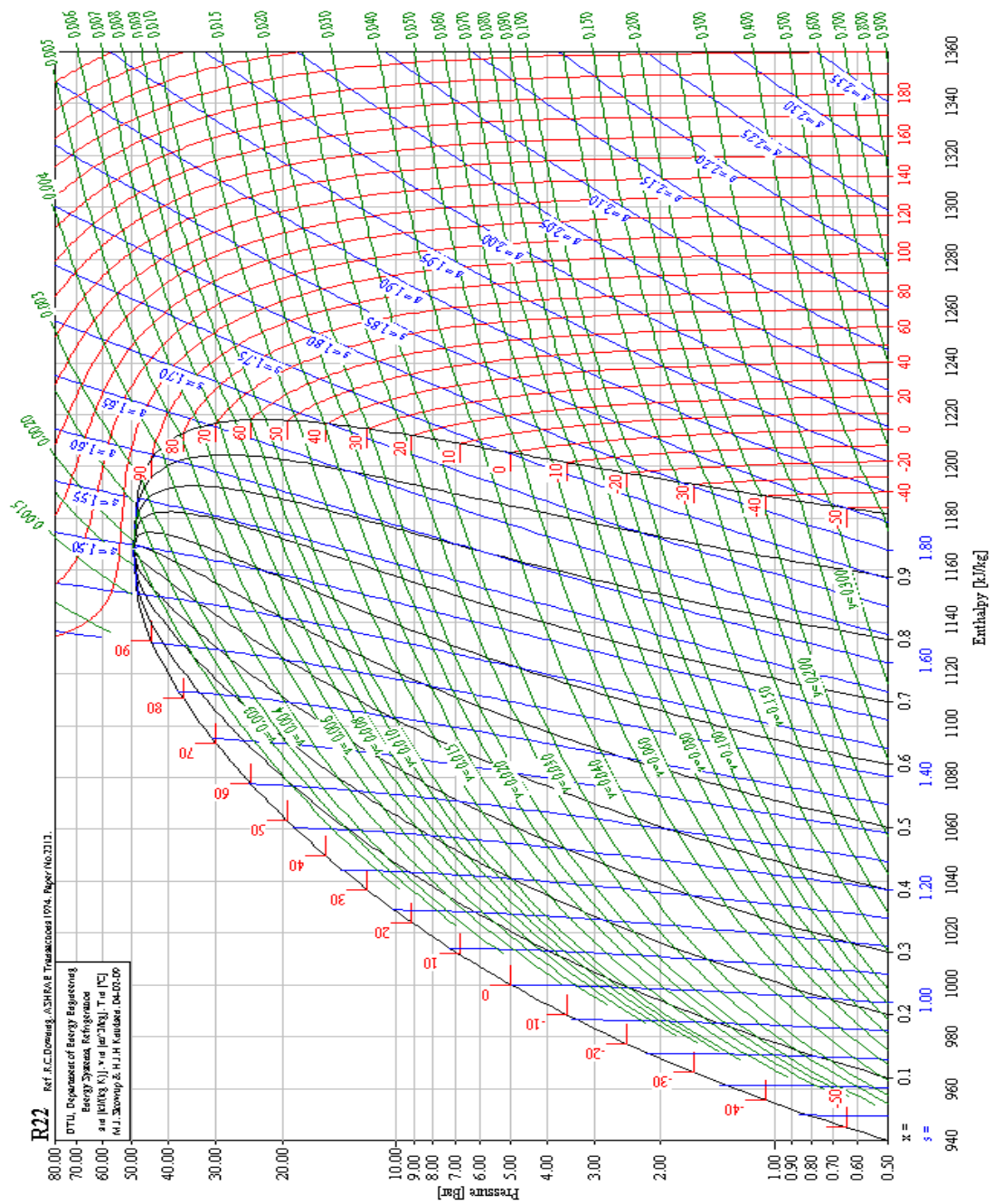
เขตเปลี่ยนสถานะ (Phase change region) คือ พื้นที่ระหว่างเส้นของเหลวอิ่มตัว และเส้นไออิ่มตัว สารทำความเย็นในพื้นที่นี้จะมีสถานะผสมระหว่างของเหลวและไอ (Liquid-vapor mixture) หรือเป็นเขตเปลี่ยนสถานะ คือการเปลี่ยนแปลงจากด้านซ้ายไปด้านขวาเป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอลตามกระบวนการกลายเป็นไอ (Vaporization) และการเปลี่ยนแปลงจากด้านขวาไปซ้ายเป็นการเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลวตามกระบวนการควบแน่น (Condensation)

จุดที่เชื่อมต่อระหว่างเส้นของเหลวอิ่มตัวและเส้นไออิ่มตัวคือ จุดวิกฤต (Critical Point) ซึ่งเป็นจุดที่สารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวอิ่มตัวเป็นไอร้อนยิ่งยวด หรือจากไอร้อนยิ่งยวดไปเป็นของเหลวอิ่มตัวได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านช่วง Liquid-Vapor mixture

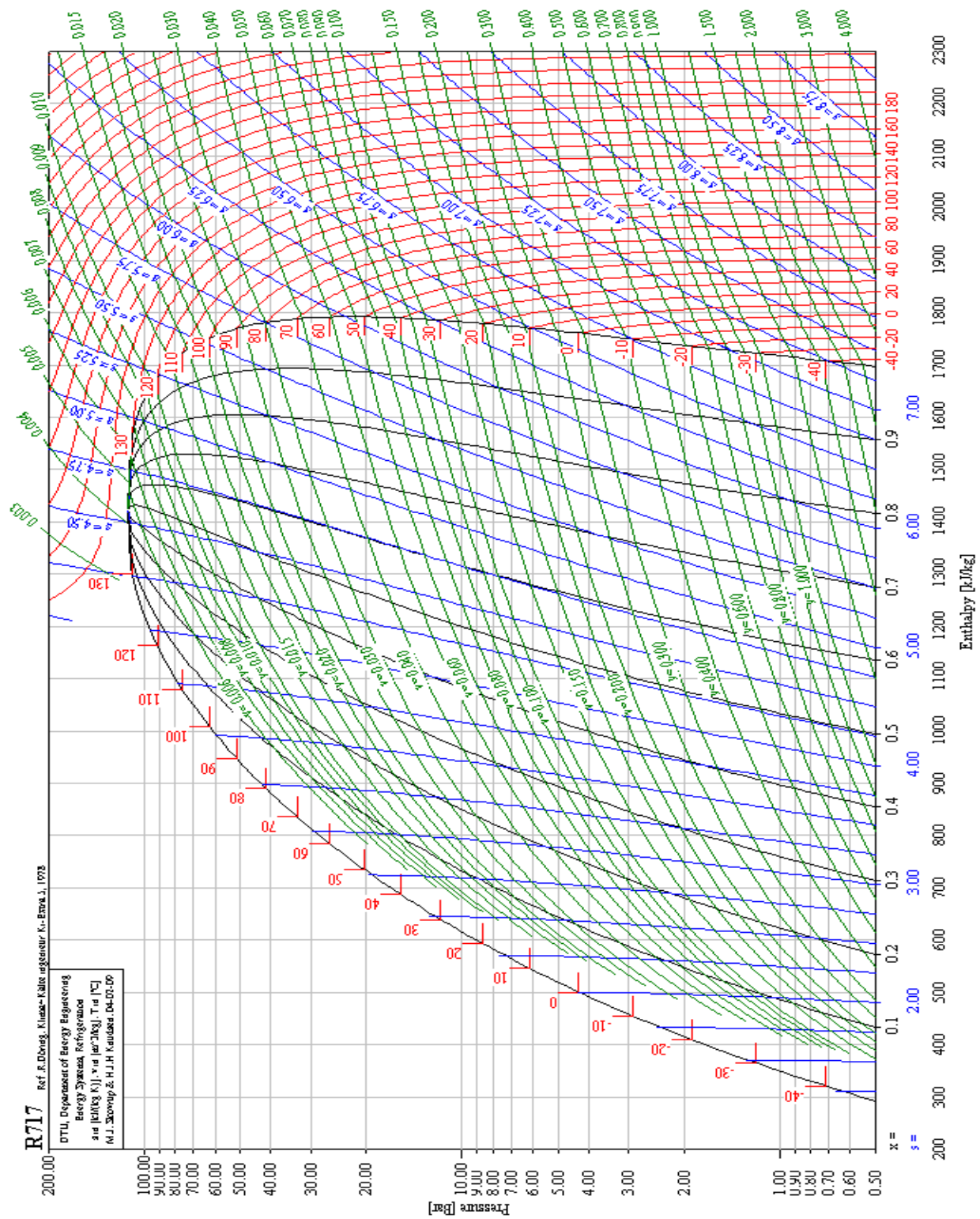


รูปที่ 2.11 เส้นคุณสมบัติต่างๆ ของสารทำความเย็นบนแผนภาพ

1. เส้นความดันคงที่และเส้นเอนทัลปีคงที่ (Constant pressure and Constant enthalpy lines) คือ กลุ่มของเส้นตรงในแนวระดับ รายงานเป็นความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure) มีหน่วยเป็น psia , kg/cm² abs หรือ bar ส่วนเส้นเอนทัลปีคงที่คือกลุ่มของเส้นตรงในแนวตั้ง รายงานเป็นค่าปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในสารทำความเย็นต่อ 1 หน่วยของมวล มีหน่วยเป็น Btu/lb , kcal/kg หรือ kJ/kg
2. เส้นความแห้งคงที่ (Constant dryness lines - x) คือ เส้นซึ่งลากจากจุดวิกฤตลงมาด้านล่างอยู่ระหว่างเส้นของเหลวอิ่มตัวและเส้นไออิ่มตัว เป็นเส้นที่บอกเปอร์เซ็นต์ของสารทำความเย็นส่วนที่เป็นไอ (โดยน้ำหนัก) เช่น เส้น $x = 0.1$ หมายความว่า มีสารทำความเย็นส่วนที่เป็นไอ คิดเป็นน้ำหนัก 10% และส่วนที่เป็นของเหลว 90%
3. เส้นอุณหภูมิคงที่ (Constant temperature lines) คือเส้นที่อยู่ในแนวเกือบขนานกับเส้นเอนทัลปี เมื่ออยู่ในเขตของเหลวเย็นยิ่ง เป็นเส้นตรงขนานกับเส้นความดันเมื่ออยู่ในเขตเปลี่ยนสถานะ และจะเปลี่ยนเป็นเส้นโค้งลงทางด้านล่าง เมื่ออยู่ในเขตไอร้อนยวดยิ่ง มีหน่วยเป็น °F หรือ °C
4. เส้นเอนโทรปีคงที่ (Constant entropy lines) คือ เส้นโค้งซึ่งเอียงขึ้นเป็นมุมสูง อยู่ในเขตไอร้อนยวดยิ่ง เป็นเส้นบอกอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเอนทัลปีต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง 1 องศา มีหน่วยเป็น Btu/lb R , kcal/kg หรือ kJ/kg K
5. เส้นปริมาตรจำเพาะคงที่ (Constant specific volume lines) คือ เส้นโค้งที่เอียงขึ้นเป็นมุมใกล้กับแนวนอนอยู่ในเขตไอร้อนยวดยิ่ง เป็นเส้นที่บอกค่าของปริมาตรของสารทำความเย็นต่อ 1 หน่วยของมวล มีหน่วยเป็น ft³/lb , m³/kg



รูปที่ 2.12 แผนภาพ PH Diagram ของน้ำยา R 22



รูปที่ 2.13 แผนภาพ PH Diagram ของน้ำยา R 717 หรือ แอมโมเนีย

2.2.1.1 การคำนวณของวัฏจักรการทำความเย็น

■ ปริมาณของสารทำความเย็นที่ไหลวน
เป็นปริมาณของสารทำความเย็นที่ไหลในอีวาโปเรเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้
ดังสมการที่ 2.1 โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.6 และ 2.7 ประกอบ

$$Q_e = \dot{m} \times q_e = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2.1)$$

เมื่อ Q_e คือ ความสามารถในการทำความเย็น (kJ/s)
 q_e คือ ปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็นดูดซับต่อหน่วยกิโลกรัม (kJ/kg)
 $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

■ ปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็นดูดซับในอีวาโปเรเตอร์

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (2.2)$$

เมื่อ q คือ ความร้อนที่สารทำความเย็นได้รับต่อหน่วยกิโลกรัม (kJ/kg)

■ ปริมาณความร้อนที่ถูกระบายจากคอนเดนเซอร์
เป็นความแตกต่างระหว่างเอนทัลปีของไอร้อนยิ่งยวด (Superheated Vapor) ที่ 2
และของเหลวอิ่มตัวที่จุด 3 โดยมีค่าตามสมการ

$$q_c = h_2 - h_3 \quad (2.3)$$

หรือ $q_c = q_e - q_w \quad (2.4)$

เมื่อ q_c คือ ความร้อนที่ถูกระบายออกจากคอนเดนเซอร์
 Q_e คือ ความร้อนที่ได้รับจากบริเวณทำความเย็น
 q_w คือ พลังงานที่ใช้ในการอัด
 ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการอัดนั้น มีค่าดังสมการ

$$q_w = (h_2 - h_1) , (kJ/kg) \quad (2.5)$$

หรือ $Q_w = \dot{m} (h_2 - h_1) , (kJ/s) \quad (2.6)$

■ ปริมาตรการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าสู่คอมเพรสเซอร์

$$V = \dot{m} v \quad (2.7)$$

เมื่อ m คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น(kg/s)
 v คือ ปริมาตรจำเพาะของไอสารทำความเย็นที่จุด 1 (m^3/kg)

- สัมประสิทธิ์การทำความเย็น
 โดยทั่วไปมีการแบ่งประสิทธิภาพออกเป็น 2 แบบ คือ
 สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance; COP)

$$COP = \frac{\text{useful refrigeration}}{\text{net work}} = \frac{\text{ปริมาณการทำความเย็นที่เป็นประโยชน์}}{\text{ปริมาณงานที่ใช้ขับเคลื่อน}} \quad (2.8)$$

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.9)$$

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio; EER)

$$EER = 3412 \text{ COP} \quad (2.10)$$

ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

การกำหนดระดับประสิทธิภาพ และค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ

- ระดับที่ 1 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ต่ำ มีค่า EER ต่ำกว่า 7.6
- ระดับที่ 2 ระดับที่มีประสิทธิภาพ พอใช้ มีค่า EER ตั้งแต่ 7.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.6
- ระดับที่ 3 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ปานกลาง มีค่า EER ตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 9.6
- ระดับที่ 4 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ดี มีค่า EER ตั้งแต่ 9.6 10.6 ขึ้นไป
- ระดับที่ 5 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ดีมาก มีค่า EER ตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป

หมายเหตุ

1. ค่าประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Ratio: EER) หมายถึงปริมาณความเย็นที่ผลิตได้ต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็น BTU/W หรือ $EER = \frac{BTU/Hr}{Watt}$ สำหรับเครื่องปรับอากาศ
2. ระดับประสิทธิภาพเบอร์ 1 ถึงเบอร์ 5 เป็นไปตามข้อกำหนดของสำนักงานจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (DSM) ของ กฟผ.
3. ฉลากระดับประสิทธิภาพ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน
 - ก. ส่วนที่ 1 เป็นแถบโค้งครึ่งวงกลมสีเขียว แสดงตัวเลขบอกระดับประสิทธิภาพตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 5 ถ้าฉลากแสดงระดับใดช่องบรรจุตัวเลขนั้นจะเป็นสีแดง โดยตำแหน่งตรงกลางของส่วนโค้งจะมีตัวเลขบอกระดับประสิทธิภาพอยู่ในวงกลมสีแดง เพื่อเป็นการย้ำเน้นการบอกระดับประสิทธิภาพอย่างชัดเจน
 - ข. ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการแสดงรายละเอียดของค่าประสิทธิภาพ การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี และค่าไฟฟ้าต่อปี
 - ค. ส่วนที่ 3 แสดงเครื่องหมายการค้า รุ่น และขนาดของตู้เย็น

เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง จะช่วยประหยัดพลังงาน เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศประมาณ 8 ชั่วโมง/วัน

ถ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU มีประสิทธิภาพระดับเบอร์ 5 มีค่าเท่ากับ 12.24 (BTU/Hr/Watt) เทียบกับประสิทธิภาพระดับเบอร์ 1 มีค่าเท่ากับ 7.5 (BTU/Hr/Watt) การใช้เครื่องปรับอากาศระดับเบอร์ 5 จะประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 1809.25 หน่วย (kWh) หรือคิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 4,975.43 บาท

ถ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 BTU มีประสิทธิภาพระดับเบอร์ 5 มีค่าเท่ากับ 11.84 (BTU/Hr/Watt) เทียบกับประสิทธิภาพระดับเบอร์ 1 มีค่าเท่ากับ 7.5 (BTU/Hr/Watt) การใช้เครื่องปรับอากาศระดับเบอร์ 5 จะประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 2568.81 หน่วย (kWh) หรือคิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 7,064.22 บาท

ถ้าเครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 BTU มีประสิทธิภาพระดับเบอร์ 5 มีค่าเท่ากับ 11.76 (BTU/Hr/Watt) เทียบกับ ประสิทธิภาพระดับเบอร์ 1 มีค่าเท่ากับ 7.5 (BTU/Hr/Watt) การใช้เครื่องปรับอากาศระดับเบอร์ 5 จะประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 3384.82 หน่วย (kWh) หรือคิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 9,308.25 บาท

หมายเหตุ คิดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากับ 2.75 บาท/หน่วย

2.2.1.2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น

สำหรับหัวข้อนี้จะอธิบายถึงวิธีการที่จะปรับปรุงค่า COP และทำให้ค่า COP ดีที่สุดสำหรับการนำไปใช้งานในแต่ละประเภท โดยวิธีการลดการใช้พลังงานและลดการทำงานในส่วนที่ไม่จำเป็นของระบบทำความเย็นลง

■ การลดความดันด้านควบแน่น

ค่า COP ของระบบทำความเย็นจะมีค่าสูงสุด เมื่ออัตราส่วนของการอัดมีค่าต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำให้ความดันขณะควบแน่น มีค่าต่ำสุดเท่าที่เป็นไปได้ ส่วนอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ประสบความสำเร็จก็คือ การใช้คอนเดนเซอร์ขนาดใหญ่ขึ้น แต่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในระหว่างขั้นตอนของการออกแบบระบบใหม่ สำหรับการลงทุนเพิ่มเพื่อที่จะใช้คอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ควรนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องตลอดอายุการใช้งานด้วย

ในการติดตั้งขนาดเครื่องเพิ่มมักจะประสบปัญหาความดัน ของการควบแน่นสูงเกินความจำเป็น ทั้งนี้เพราะบางส่วนของคอนเดนเซอร์อาจเสียหายจากการอุดตัน หรือมีสิ่งเจือปนในสารทำความเย็น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่บ่งชี้ว่าจะไปลดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ สำหรับขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขปัญหาเหล่านี้มีอธิบายอยู่ในหัวข้อต่อไป

■ การเลือกคอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพที่สุด

ด้วยความก้าวหน้าทั้งทางด้านการออกแบบและเทคโนโลยีทางการผลิต จึงทำให้คอมเพรสเซอร์มีรูปแบบและขนาดต่างๆเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมทำความเย็น และความก้าวหน้าอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความมุ่งมั่นในการพัฒนาระบบทำความเย็นให้สามารถนำพลังงานมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่สิ่งสำคัญที่สุดคือความรอบคอบในการเลือกชนิดของคอมเพรสเซอร์ ให้ถูกต้องตรงกับความต้องการที่จะนำไปใช้งานในลักษณะแตกต่างกันไป

สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ต้องมั่นใจว่าคอมเพรสเซอร์เหมาะสมกับปริมาณการใช้งานปกติ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น วิธีการเปลี่ยนขนาดของคอมเพรสเซอร์มีหลากหลายวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้

ซึ่งคอมเพรสเซอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ในระบบเครื่องทำความเย็นมีขนาดประมาณ 5 กิโลวัตต์ (kW) ขึ้นไป และมีอุปกรณ์ควบคุมสมรรถนะบางส่วนให้เลือกเพิ่มเติม คำแนะนำการใช้และประสิทธิภาพที่สัมพันธ์กัน

สำหรับการเลือกคอมเพรสเซอร์ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้งานนั้น ยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมและรวดเร็วที่จะสามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นจึงควรพิจารณาภาพรวมต่างๆ ไปของความเหมาะสมและสอดคล้องกับข้อกำหนดความต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความมั่นใจนั้น ควรเปรียบเทียบบนพื้นฐานของสภาวะการทำงานที่เหมือนกัน

การเลือกใช้นิตของเครื่องคอมเพรสเซอร์

หลักการเลือกใช้ เครื่องคอมเพรสเซอร์มีข้อควรพิจารณา 7 ประการดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ค่าเครื่องจักร และอุปกรณ์เริ่มแรก ค่าพลังงานที่ใช้ และค่าบำรุงรักษา โดยมีข้อสรุปดังนี้

- ค่าเครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบจะมีต้นทุนค่าเครื่องถูกกว่าแบบสกรู ที่ปริมาณการทำความเย็นเท่ากัน
- ค่าพลังงานที่ใช้ของเครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบจะสูงกว่าแบบสกรูที่ปริมาณทำความเย็นเท่ากัน (โดยเครื่องทำงานเต็มที่ 100%)
- ค่าบำรุงรักษาต่อครั้งของเครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบจะถูกกว่าแบบสกรู (เนื่องจากชิ้นส่วนของเครื่องแบบลูกสูบไม่มีความยุ่งยาก) แต่ต้องการบำรุงรักษาบ่อยครั้งกว่า (เนื่องจากมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวมากกว่าเครื่องแบบสกรู)

2. ขนาดของห้องเครื่อง จะสัมพันธ์กับขนาดของระบบและจำนวนเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่ใช้และเนื่องจากข้อจำกัดทางวิศวกรรมบางประการ ทำให้ไม่สามารถออกแบบเครื่องแบบลูกสูบให้มีทั้งขนาดของลูกสูบที่ใหญ่ ช่วงชักที่กว้าง ความเร็วรอบที่สูง รวมถึงเพลาคอเหยียดที่ยาวเพื่อรองรับจำนวนลูกสูบที่มากพร้อมๆ กันได้ ดังนั้นเครื่องแบบลูกสูบที่มีการผลิตจำหน่ายจึงมีขนาดปริมาณการทำความเย็นที่จำกัด ทำให้อาจจะต้องใช้เครื่องคอมเพรสเซอร์หลายตัวในระบบที่ใหญ่ ทำให้ใช้พื้นที่มากและอาจจะมีปัญหาในงานที่มีพื้นที่น้อย เช่น การออกแบบระบบการทำความเย็นในเรือที่มีพื้นที่จำกัด จึงอาศัยการได้เปรียบของเครื่องคอมเพรสเซอร์แบบสกรูที่ใช้พื้นที่น้อย จึงสามารถออกแบบให้มีขนาดปริมาณการทำความเย็นได้มากกว่าได้ถึง 2 - 3 เท่าของแบบลูกสูบทำให้ลดจำนวนเครื่องคอมเพรสเซอร์เป็นผลให้ลดการใช้พื้นที่ในห้องเครื่องที่ต้องการจึงเล็กลงได้

3. ความสม่ำเสมอของปริมาณการทำความเย็นที่ต้องการ เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบการลดหรือเพิ่มปริมาณการทำความเย็นจะเป็นขั้นตามจำนวนลูกสูบ แต่แบบสกรูจะการใช้การปรับเลื่อนช่องอัดน้ำยา ซึ่งจะทำงานได้ต่อเนื่อง จึงทำให้การลดหรือเพิ่มปริมาณการทำความเย็นเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง 0 – 100% อย่างไรก็ตามเครื่องแบบสกรู ถ้านำมาเดินต่ำกว่า 80% โดยประมาณ อาจจะมีการใช้พลังงานมากกว่าเครื่องแบบลูกสูบที่ปริมาณการทำความเย็นเท่ากัน ดังนั้น เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบสกรูจึงเหมาะกับงานที่มีความต้องการปริมาณทำความเย็นสม่ำเสมอ เช่น โรงน้ำแข็งของ ห้องเก็บสินค้า ฯลฯ

4. ความยากง่ายในการบำรุงรักษา ในกรณีนี้เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบจะสามารถทำได้ง่ายกว่า และเป็นที่คุ้นเคยของช่างโดยทั่วไปเมื่อเทียบกับแบบสกรู ซึ่งต้องการความละเอียดแม่นยำของงานสูง ช่างผู้ดูแลรักษาจึงควรได้รับการอบรม มีประสบการณ์มาก่อน หรือต้องใช้บริการของผู้จำหน่ายเครื่อง และควรคำนึงถึงว่าจะซ่อมอย่างไรและใช้เวลานานเท่าไรด้วย

5. การออกแบบลักษณะการใช้งาน ขอบเขตการใช้งานของเครื่องคอมเพรสเซอร์แบบสกรูมีข้อดีกว่าที่สามารถทำงานได้ในช่วงกว้างโดยไม่มีปัญหาซึ่งจะช่วยทำให้ระบบมีความยืดหยุ่น อย่างไรก็ตามเครื่อง

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบถ้าออกแบบระบบเหมาะสมตั้งแต่แรกจะทำให้ระบบมีการประหยัดพลังงานมาก ราคาต้นทุนของระบบก็ต่ำลงด้วยเช่น กรณีระบบเดินอุณหภูมิต่ำการออกแบบอาจใช้เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Compound 2 Stage) ให้ระบบมีราคาถูกลงและมีค่า COP สูงใกล้เคียงแบบสกรู

6. ความแม่นยำของค่าที่ปรับตั้งไว้ในงานบางประเภทซึ่งต้องการความแม่นยำที่ถูกต้องของอุณหภูมิ เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบสกรูจะมีข้อได้เปรียบ เนื่องจากชุดควบคุมการทำงานและการปรับลดค่าต่างๆ เป็นแบบต่อเนื่อง

7. การทำงานหลายช่วงอุณหภูมิการออกแบบระบบบางครั้งต้องใช้เครื่องคอมเพรสเซอร์ที่สามารถทำงานได้หลายช่วงอุณหภูมิ เช่น ในเรือเดินทะเล เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบสกรูจะสามารถทำได้ในขณะที่แบบลูกสูบไม่สามารถทำได้

คอมเพรสเซอร์ที่นำมาอธิบายต่อไปนี้จะมีการทำงานแบบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาได้ หรือระบบลูกสูบส่วนคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (Rotary Compressor) จะอธิบายไว้ในตอนท้าย

1. คอมเพรสเซอร์แบบปิด

เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบปิด (Hermetic) ชนิดนี้ จะบรรจุอยู่ภายในโครงแผ่นเหล็กที่เชื่อมปิดสนิท และไม่สามารถที่จะทำการซ่อมแซมในบริเวณที่ใช้งานตามปกติได้ คอมเพรสเซอร์ประเภทนี้จะติดตั้งและประกอบเข้าไปในระบบบริเวณที่ต้องการใช้งาน ซึ่งเครื่องชนิดนี้ ในรุ่นแรกๆจะผลิตเพื่อใช้กับระบบทำความเย็นขนาดเล็ก ตู้เย็นที่ใช้ในภาคธุรกิจขนาดเล็กๆ แต่ปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นกำลังของมอเตอร์มีขนาดสูงถึง 25 กิโลวัตต์

สารทำความเย็นที่เป็นก๊าซไหลย้อนกลับจากระบบครั้งแรกจะไหลในโครงแผ่นเหล็กที่หุ้มเครื่องคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะถูกกักเก็บไว้และทำให้มอเตอร์เย็นลง และถ้าหากส่วนที่ถูกกักเก็บสารทำความเย็นในคอมเพรสเซอร์มีความร้อนสูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง วิธีการระบายความร้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์วิธีนี้เรียกว่า การระบายความร้อนด้วยการดูดความเย็น (Suction Cooled)

2. คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนออกมาภายนอก

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิด (Semi-Hermitic Compressor) แบบระบายความร้อนออกมาภายนอก เป็นเครื่องที่มีโครงฝาครอบภายนอก เช่น ฝาครอบทรงกระบอกสามารถถอดออกได้ ทำให้มีราคาแพงกว่าแบบแรก เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า แต่มีข้อดีคือ สามารถทำการบำรุงรักษาและซ่อมแซมบางส่วนของตัวเครื่องในบริเวณที่มีการใช้งานได้

สำหรับมอเตอร์ถึงแม้จะประกอบอยู่ในคอมเพรสเซอร์ แต่ก็ต้องทำการระบายความร้อนโดยการระบายความร้อนผ่านออกมาทางพื้นผิวภายนอกเครื่องด้วยอากาศหรือน้ำ สารทำความเย็นที่เป็นก๊าซจะไหลผ่านท่อโดยตรงเข้าไปในถังบรรจุเพื่อทำการอัดและจ่ายออก จึงมีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นน้อยลง และทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ตามปกติคอมเพรสเซอร์ที่มีการระบายความร้อนอยู่ภายนอกจะมีประสิทธิภาพมากกว่าคอมเพรสเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยวิธีการดูดความเย็นถึง 8% ด้วยขนาดที่เท่ากัน

3. คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนด้วยการดูดความเย็น

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนด้วยการดูดความเย็น (Suction Cooled Semi-Hermitic Compressor) เป็นเครื่องขนาดใหญ่ มอเตอร์ที่ใช้จะมีขนาดตั้งแต่ 5 กิโลวัตต์ขึ้นไป แต่จะมีบริเวณพื้นผิวไม่เพียงพอต่อการระบายความร้อนของมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ เครื่องชนิดนี้จะมีการระบายความร้อนคล้ายกับคอมเพรสเซอร์แบบปิด แต่อย่างไรก็ตาม สารทำความเย็นในส่วนที่เป็นก๊าซไม่ต้องการใช้ในการระบายความร้อนมอเตอร์ จึงทำให้ลดประสิทธิภาพของกระบวนการอัดลง แม้ว่าความสำคัญในส่วนนี้จะมีเพียง

เล็กน้อย แต่ถ้ามีระดับความดันของไอระเหยสูงขึ้นจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพในส่วนนี้อาจจะนำไปชดเชยกับการปรับปรุงประสิทธิภาพของมอเตอร์ เพื่อให้การระบายความร้อนนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

ความก้าวหน้าอีกอย่างคือ การออกแบบวาล์วให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อช่วยให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่ขนาดเท่ากันมีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกรณีที่อัตราการอัดมีค่าสูงขึ้นหรือในขณะที่เครื่องทำงานและต้องการอุณหภูมิต่ำๆ ระดับการอัดจะมีค่าสูงขึ้น การใช้คอมเพรสเซอร์ที่ติดตั้งวาล์วซึ่งได้รับการออกแบบมาดี จะช่วยให้การทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 15%

4. คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเปิดแบบหรือแบบขับเคลื่อนภายนอก

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเปิดแบบหรือแบบขับเคลื่อนภายนอก (Open or External drive compressor) จะติดตั้งมอเตอร์ไว้ภายนอกตัวเครื่อง ส่วนระบบการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะขับเคลื่อนด้วยเพลาลำส่งความดันอากาศที่อัดแน่นผ่านออกมาทางตัวเครื่องในช่วงขณะที่เครื่องทำการอัดอากาศ ป้องกันไม่ให้อากาศรั่วไหลเข้าไปในระบบได้

ถึงแม้ว่าการขับเคลื่อนโดยปกติของเครื่องคอมเพรสเซอร์เหล่านี้จะใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า แต่มีบางชนิดที่ใช้กับเครื่องแบบโรตารี ระบบการทำงานจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ ซึ่งจากลักษณะของการขับเคลื่อนดังกล่าว สามารถใช้การขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ชนิดใช้น้ำมันเบนซินหรือน้ำมันดีเซลได้ และจากการที่คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มีกลไกที่ใช้ในการขับเคลื่อนอยู่ภายนอก จึงไม่มีความร้อนเกิดขึ้นจากส่วนนี้ที่จะส่งให้กับสารทำความเย็นที่เป็นก๊าซ แต่จะมีความร้อนสูญเสียที่จะเกิดจากการเสียดสี ของเพลาลำส่งเพิ่มขึ้น สำหรับในเรื่องขนาดของตัวเครื่องเมื่อเปรียบเทียบกับคอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดที่สมรรถภาพคล้ายๆ กัน เครื่องชนิดนี้จะมีขนาดเล็กกว่าจึงทำให้มีบริเวณพื้นผิว เพื่อใช้กระจายความร้อนน้อยลงส่งผลกระทบต่อศักยภาพการทำงานของเครื่อง ทำให้ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากนัก

แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างคอมเพรสเซอร์แบบเปิด โดยพิจารณาจากคอมเพรสเซอร์แบบปิดกับคอมเพรสเซอร์แบบเปิด โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการทำงานและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องคอมเพรสเซอร์ จะเป็นเพียงค่าของกำลังการขับเคลื่อนด้วยเพลาลำส่งนั้น ซึ่งไม่ได้นำค่าความสูญเสียของมอเตอร์มาใช้นับด้วย

5. คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

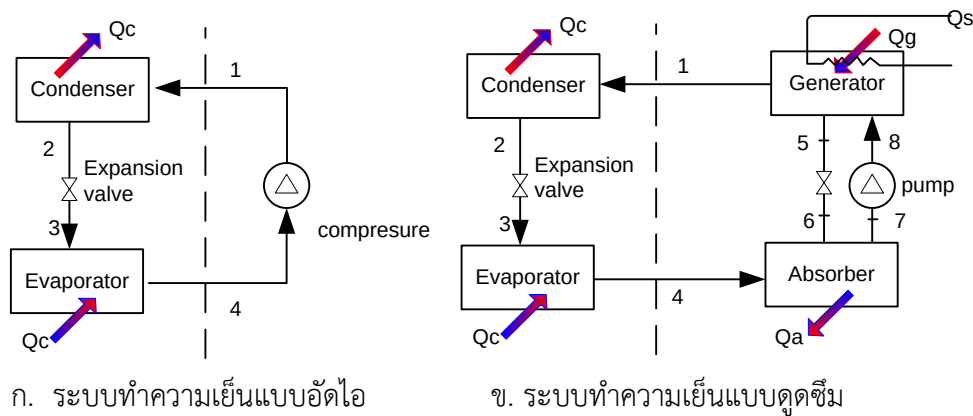
คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี (Rotary compressor) ถือเป็นเครื่องอนุรักษ์ที่ใช้กันมานานในอุตสาหกรรมทำความเย็นและอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศรวมทั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ซึ่งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งความเหมาะสมของขนาดประสิทธิภาพของการทำงาน คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีจึงได้รับความไว้วางใจมาจวบจนถึงปัจจุบัน

โดยทั่วไปแล้วการทำงานของคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ จะมีระดับการสันสะเทือนต่ำกว่าเครื่องแบบลูกสูบ แต่ประสิทธิภาพของการเดินเครื่องมีการยอมรับมากกว่าแบบสกูที่ใช้น้ำมันอยู่ขณะนี้ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในเรื่องอัตราส่วนของการอัดอากาศเนื่องจากลักษณะของตัวเครื่องก็ยังเป็นเรื่องที่จะต้องนำไปพัฒนาให้เหมาะกับการนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์

2.2.2 เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน (absorption refrigeration)

Absorption chiller เป็นระบบทำความเย็นที่อาศัยพลังงานความร้อนในการขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องทำความเย็นให้ทำงาน โดยความร้อนที่ป้อนให้ absorption chiller โดยมากจะอยู่ในรูปของไอน้ำ น้ำร้อน หรือก๊าซร้อนซึ่ง

เป็นพลังงานคุณภาพต่ำ จึงเหมาะที่จะทำงานคู่กับระบบ cogeneration คือความร้อนที่ออกจาก cogeneration สามารถนำมาขับ absorption chiller ทำงานได้



รูปที่ 2.14 การเปรียบเทียบระบบทำความเย็นแบบอัดไอและแบบดูดซึม

ความแตกต่างระหว่าง vapor compression cycle และ absorption chiller แสดงในรูปที่ 2.14 (ก และ ข) โดยระบบ Vapor compression cycle นั้นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารทำงานในระบบทำได้โดย Compressor ซึ่ง compressor ทำงานโดยอาศัยไฟฟ้าขับ สำหรับ Absorption chiller นั้นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารทำงานในระบบนั้นทำได้โดยอาศัยระบบ Absorption ที่ประกอบด้วย Absorber และ Generator โดยใช้ความร้อนป้อนเข้าที่ Generator เพื่อผลิตไอที่มีสมบัติเช่นเดียวกับไอที่ออกจาก Compressor ในระบบ Vapor compression cycle

ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบ Absorption Chiller

1. Generator
2. Condenser
3. Evaporator
4. Absorber
5. Expansion valve

ประเภทของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

1. Single effect absorption chiller ใช้พลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำ ที่ความดันระหว่าง $0.8 - 1.5 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ หรือน้ำร้อน ที่อุณหภูมิระหว่าง $130^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C}$
2. Double effect absorption chiller ใช้พลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำ ที่ความดันระหว่าง $8 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ หรือน้ำร้อน ที่อุณหภูมิระหว่าง $180^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C}$ โดยระบบนี้จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าระบบแรกประมาณ 65%
3. Direct-fired absorption chiller ใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายใน Generator หรือ ความร้อนในรูปของก๊าซร้อน โดยที่อุณหภูมิของก๊าซร้อนออกจาก Generator ที่อุณหภูมิประมาณ 190°C ถึง 204°C โดยระบบนี้จะมี COP อยู่ในช่วง $0.85 - 1.14$

ประโยชน์ของ Absorption Chillers

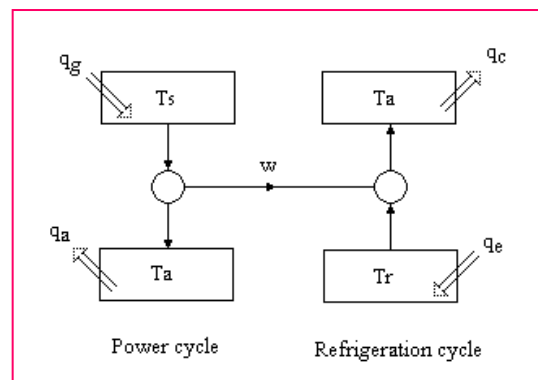
1. ไม่ใช้ไฟฟ้า
2. ใช้ความร้อนเป็นแหล่งพลังงาน
3. หมดปัญหาเรื่องค่าบำรุงรักษา

4. ปราศจากเสียงในการทำงาน
5. ไม่มีการรั่วของ Refrigerant
6. สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้ตั้งแต่ 10-100%
7. ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำ
8. สามารถติดตั้งบนสถานที่ ที่รับน้ำหนักได้น้อย
9. ปราศจากสารทำลายชั้นบรรยากาศ

2.2.2.1 การคำนวณวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดกลืน

- สัมประสิทธิ์สมรรถนะของ absorption chiller (COP)

สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืน (COP_{ac}) สามารถคำนวณได้จากอัตราการทำความเย็น (Q_E) ต่อ อัตราการให้ความร้อนในเครื่องผลิต (Q_G) บวกกับงานปั๊ม (W_P) แต่งานปั๊มมีค่าน้อยอาจตัดทิ้งได้แสดงดังสมการ



รูปที่ 2.15 วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึมทางอุณหพลศาสตร์

$$COP = \frac{Q_E}{Q_G} \quad (2.11)$$

- COP of the ideal absorption cycle

$$COP = \frac{\text{refrigeration rate}}{\text{rate of heat addition at generator}} \quad (2.12)$$

จากรูปที่ 2.15 สามารถพิจารณาแยกเป็นสองส่วนคือ

- สำหรับ Power Cycle ด้านซ้ายมือ

$$\frac{q_g}{w} = \frac{T_s}{T_s - T_a} \quad (2.13)$$

- สำหรับ Refrigeration Cycle ด้านซ้ายมือ

$$\frac{q_c}{w} = \frac{T_r}{T_a - T_r} \quad (2.14)$$

เมื่อ T_s is heat source temperature

T_r is refrigerant temperature

T_a is ambient temperature

ดังนั้นสมรรถนะการทำความเย็นของวัฏจักรอุดมคติสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{COP} = \frac{q_c}{q_g} = \frac{\frac{wT_r}{T_a - T_r}}{\frac{wT_s}{T_s - T_a}} = \frac{wT_r}{T_a - T_r} \cdot \frac{T_s - T_a}{wT_s} = \frac{T_r(T_s - T_a)}{T_s(T_a - T_r)} \quad (2.15)$$

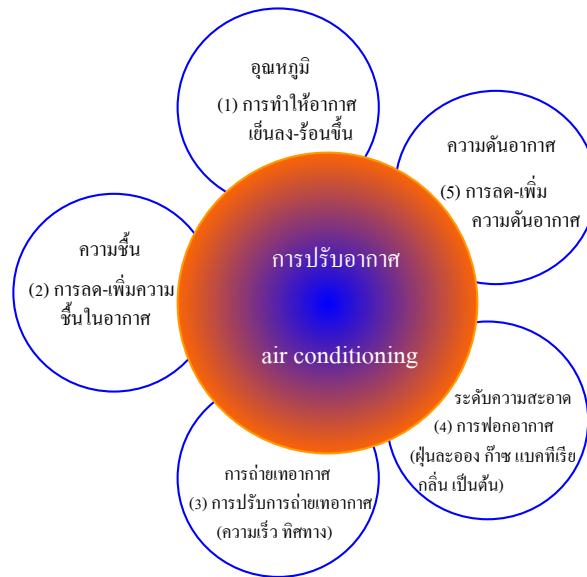
2.3 ระบบปรับอากาศ หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ

2.3.1 การปรับอากาศคืออะไร

การปรับอากาศคืออะไร ถ้าจะกล่าวอย่างสั้นๆ ก็คือ การปรับและรักษาสภาพอากาศภายในอาคาร โดยมนุษย์ เพื่อให้มนุษย์สามารถอยู่ภายในอาคารนั้นได้อย่างมีความสุข และปัจจัยควบคุมที่ต้องมีเพื่อการปรับอากาศคือ 1 อุณหภูมิ 2 ความชื้น 3 กระแสลม 4 ระดับความสะอาด 5 ความดันอากาศ ดังแสดงในรูป 2.16 เราเรียกปัจจัยควบคุม 5 อย่างนี้ว่า 5 ปัจจัยควบคุมหลักของการปรับอากาศ

รายละเอียดการปรับปัจจัยควบคุมแต่ละปัจจัยมีดังนี้

1. การปรับอุณหภูมิ : การทำให้อากาศเย็นลง-ร้อนขึ้น
2. การปรับความชื้น : การลดหรือเพิ่มความชื้นในอากาศ
3. กระแสลม : การปรับความเร็วลม-การจ่ายลมภายในอาคาร
4. การฟอกอากาศ : การลดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการกำจัดฝุ่นผงกลิ่น ก๊าซพิษ เป็นต้น
5. การปรับความดันอากาศ : การลด - เพิ่มความดันอากาศภายในอาคารและการรักษาสมดุลของแรงดันอากาศที่เหมาะสมภายในอาคาร



รูป 2.16 5 ปัจจัยควบคุมหลักของการปรับอากาศ

ในงานเขียนทั่วไป หัวข้อที่ 5 การปรับความดันอากาศนั้นมักจะไม่นำมาจัดเป็นปัจจัยควบคุมในการปรับอากาศ แต่ในปัจจุบัน ตามโรงพยาบาล ห้อง Clean Room อาคารพลังงานปรมาณู HACCP โรงงานอาคารที่มีลักษณะรูปร่างเป็นระบบปิดเป็นต้นนี้ การควบคุมแรงดันถือเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ เป็นกระบวนการควบคุมการปรับอากาศที่สำคัญที่เราไม่สามารถมองข้ามได้

(หมายเหตุ): "HACCP" ย่อมาจาก Hazard Analysis Critical Control Point หมายถึงการรักษาความปลอดภัยของอาหาร

อนึ่ง พจนานุกรมศัพท์เฉพาะทางของสมาคมวิศวกรรมทำความร้อน การปรับอากาศ และการสาธารณสุขได้นิยามคำว่า “การปรับอากาศ (Air conditioning)” ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิ ความชื้น และการกระจายตัวของอากาศเป็นไปตามความต้องการของห้องนั้นๆ ภายในเวลาเดียวกัน เรียกว่า “ปรับอากาศ” บางครั้งอาจเรียกว่า “แอร์คอนดิชันนิ่ง” การปรับอากาศนี้ สามารถแบ่งอย่างกว้างๆ ตามวัตถุประสงค์ของห้องที่จะดำเนินการได้เป็น “การปรับอากาศเพื่อความสบาย” “การปรับอากาศเพื่อการทำงาน” “การปรับอากาศเพื่อกระบวนการผลิต” หรือ “การปรับอากาศเพื่อสุขภาพ” “การปรับอากาศเพื่อการผลิต” ในการปรับอากาศนี้ นอกจากจะต้องมี “เครื่องปรับอากาศ” หรือ “Air conditioner” ซึ่งประกอบไปด้วย แอร์ฟิลเตอร์ซึ่งเป็นตัวปรับระดับความสะอาด อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศที่ส่งเข้ามาภายในอาคารแล้วก็มี Air coil เครื่องทำความชื้น (Humidifier) พัดลมดูดอากาศ เป็นต้น รวมประกอบกันเป็นเครื่อง 1 เครื่อง แล้วเรียกว่า “เครื่องปรับอากาศ หรือ แอร์คอนดิชันเนอร์” นอกจากนี้ ยังประกอบไปด้วย ท่อ เครื่องทำความเย็น หม้อน้ำ เป็นต้น ซึ่งจัดเป็น “อุปกรณ์กำเนิดความร้อน” “ท่อ” “อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ” ที่นับเป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการปรับอากาศ

ถ้าจะมองในอีกแง่มุมหนึ่งแล้ว การปรับอากาศนี้เป็นการรวมเอาแต่ละเทคโนโลยีของ “การทำความร้อน” “การทำความเย็น” “การระบายอากาศ” ซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนการปรับอากาศนี้เข้าด้วยกัน จะเรียกว่าเป็น เทคโนโลยีรวมการควบคุมอากาศ ก็ย่อมได้ ดังนั้นจะขอทบทวนเกี่ยวกับ “การทำความร้อน” “การทำความเย็น” “การระบายอากาศ” รวมถึง คำที่ใช้แทนในภาษาอังกฤษไปด้วยพร้อมกัน (อ้างอิง รูปที่ 2.16)

■ การทำความร้อน (Heating)

หมายถึง การรักษาอุณหภูมิภายในอาคารนั้นๆ ให้ได้ตามอุณหภูมิที่ต้องการจากการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศภายในอาคารโดยวิธีต่างๆ ในกรณีที่เกิดมีการปล่อยความร้อนจากในห้องนั้นออกไปนอกห้อง

หรืออากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจากภายนอกรั่วไหลเข้ามาภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดต่ำกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ

■ การทำความเย็น (Cooling)

คือการให้อากาศที่มีอุณหภูมิตามที่กำหนดไหลผ่านเข้าไปในห้อง หรือการลดอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ในห้องที่สูงขึ้นจากความร้อนที่ปล่อยออกมาจากห้องนั้นให้ลงมาเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการ พร้อมกันนี้ ก็จะมีการลดความชื้นของอากาศให้เป็นไปตามที่ต้องการไปพร้อมกันโดยทั่วไป การใช้ประโยชน์จากลมเย็นของ "อุปกรณ์ปรับอากาศ" ก็ช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการปรับอากาศได้ แต่ก็ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่ใช้การทำผนังหรือเพดาน เป็นต้น ให้เย็นเพื่อเป็นการดูดซับรังสีความร้อนที่ผู้อยู่ในห้องปล่อยออกมาได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้ผู้อยู่ในห้องรู้สึกสบาย ถือเป็นวิธีการทำความเย็นแบบพิเศษวิธีหนึ่ง

■ การระบายอากาศ (Ventilation)

เป็นการใช้ประโยชน์ของแรงจลนศาสตร์ (ความแตกต่างของอุณหภูมิ แรงลม เป็นต้น) หรือแรงจากเครื่องจักร (เครื่องเป่าลม เครื่องดูดลม เป็นต้น) เพื่อแลกเปลี่ยนอากาศภายใน และภายนอกห้อง ซึ่งรวมไปถึงการส่งอากาศไปยังอุปกรณ์เตาเผาเป็นต้นด้วย

อนึ่ง การทำความร้อนและการถ่ายเทอากาศเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาแยกกันมาแต่อดีตแล้ว ในยุโรปและอเมริกาเองก็คงใช้คำเป็นศัพท์ในชีวิตประจำวัน ในขณะเดียวกัน การทำความเย็นเป็นเทคโนโลยีใหม่ คำที่ใช้ก็เป็นคำตรงกันข้ามกันกับการทำความร้อนและเป็นคำที่ให้ความรู้สึกที่ว่า หากห้องเย็นสบายขึ้นก็จะดี ในทางตรงกันข้าม การปรับอากาศนั้นเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษ “Air -conditioning” โดยที่มีแนวคิดใหม่เพิ่มขึ้นจากคำเดิม โดยประมาณ 80 ปีก่อน ได้รวม “ปัจจัยสภาพอากาศภายในอาคาร” อาทิ อุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนของอากาศ ค่าความสะอาด เป็นต้น เข้าไว้ด้วย และเป็นศัพท์ใหม่ที่มีขึ้นมาในเวลาที่ได้มีการพัฒนาระบบให้ปรับไปพร้อมกัน

ด้วยเหตุนี้เองคำว่า “Air-conditioning” ในญี่ปุ่นเอง ครั้งหนึ่งก็เคยมีคำแปลว่า “การปรับปรุงอากาศ” “การปรับอากาศให้พอเหมาะ” เป็นต้น ใช้อยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่งโดยที่ไม่ได้อิงความหมายกับอเมริกาประเทศ ต้นตำรับเลยแม้แต่น้อย ภายหลังจึงยุติที่คำว่า “การปรับอากาศ” และเรียกโดยย่อกันทั่วไปว่า “แอร์” แต่หากพูดว่าแอร์ คนโดยมากจะคิดว่าเป็นแค่เพียงเรื่องของการทำความเย็น

2.3.2 เงื่อนไขการออกแบบอุปกรณ์ปรับอากาศ

การคำนวณภาระความร้อนในการปรับอากาศที่ถูกต้อง ก่อนอื่นจำเป็นที่จะต้องกำหนด “ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร” “ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก” และ “ปัจจัยทิศทางลม ความเร็วลม และอุณหภูมิโลก” เป็นอันดับแรกสุด

2.3.2.1 ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร

ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า “ปัจจัยกำหนดภายในอาคาร” และหมายถึงปัจจัยอุณหภูมิหรือความชื้นภายในอาคารที่มีค่าเป้าหมายตามการควบคุมการปรับอากาศ อย่างไรก็ตาม การกำหนดปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารที่ถูกต้องนั้น ไม่ได้มีเพียงแค่ “ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้น” แต่เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องตั้งค่า “มาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคาร” ตามความต้องการตามที่ตั้งไว้นั้นเสียก่อนด้วย

อนึ่ง มาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคารมีนิยามตามพจนานุกรมศัพท์เฉพาะทางของสมาคมวิศวกรรมทำความร้อน การปรับอากาศ และการสาธารณสุขแห่งประเทศไทยดังต่อไปนี้

มาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Room environmental standard (Criteria)) เป็นตัวแสดงค่ามาตรฐานที่ควรที่จะรักษาไว้ซึ่งความต้องการทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้นของ

อากาศภายในอาคาร มลภาวะที่ปนเปื้อนในอากาศ หรือ ความสว่าง เป็นต้น และมีจุดมุ่งหมายในการคงไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมอันรื่นรมย์และคุ้มครองสุขภาพของมวลมนุษย์ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยโดยทั่วไป “มาตรฐานการควบคุมสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมทางสิ่งก่อสร้าง” ก็ถือเป็นตัวอย่างหนึ่งของมาตรฐานนี้ แม้กระทั่ง “กฎหมายด้านสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงาน” ก็มี “กฎระเบียบมาตรฐานด้านสุขอนามัยในสถานประกอบการ” อันเป็นสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมการทำงาน (อ้างอิง ตาราง 2.2 “มาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคารตามการกำหนดในกฎหมายควบคุมอาคารของญี่ปุ่น”)

อนึ่ง ในตาราง 2.2 เป็นมาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคารตามการกำหนดใน “มาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เรื่องอุปกรณ์การปรับอากาศควบคุมกลาง” ของ “กฎหมายเกี่ยวกับการรับรองสภาพแวดล้อมด้านสุขอนามัยในสิ่งก่อสร้าง” (ชื่อทั่วไป “กฎหมายควบคุมอาคาร” : คำสั่งบังคับใช้กฎหมายมาตรฐานการก่อสร้าง มาตรา 129 ข้อ 2.6.3 ของญี่ปุ่น

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานสภาพแวดล้อมภายในอาคารตามกฎหมายควบคุมอาคาร

(1) ปริมาณฝุ่นผงที่ลอยอยู่	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.15 [mg] ต่ออากาศ 1 [m ³]
(2) อัตราการเจือปนของ CO	ต่ำกว่าหรือเท่ากับสิบส่วนในล้านส่วน (10 [ppm])
(3) อัตราการเจือปนของ CO ₂	ต่ำกว่าหรือเท่ากับพันส่วนในล้านส่วน (1000 [ppm])
(4) อุณหภูมิ	(1) สูงกว่าหรือเท่ากับ 17 องศา ต่ำกว่า 28 องศา (2) ในกรณีที่อุณหภูมิภายในอาคารพักอาศัยลดต่ำกว่าอุณหภูมิ ของอากาศภายนอกจะไม่เห็นความแตกต่างได้ชัดเจน
(5) ความชื้นสัมพัทธ์	สูงกว่าหรือเท่ากับ 40 [%] ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 70 [%]
(6) การถ่ายเทอากาศ	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.5 [m/s]

เพื่อให้เข้าใจในข้อความในตารางที่ 2.2 ในกรณีที่มีการคำนวณภาระความร้อนในการปรับอากาศ จะเห็นได้ว่าไม่ใช่แค่กำหนดแค่ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารเท่านั้นก็พอ แต่ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารนั้นเป็นปัจจัยกำหนดที่มีความสำคัญที่สุดในการคำนวณกำหนดภาระภายในอาคาร (Space load)

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารมีหลากหลายปัจจัยด้วยกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ห้อง ปัจจัยความต้องการและความเป็นอยู่ของคน ความแตกต่างทางเพศ อายุของแต่ละบุคคล เป็นต้น การกำหนดปัจจัยให้ถูกต้อง ไม่ควรวนอยู่แต่ในกรอบความคิดที่ปิดกั้นแต่อย่างเดียว ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อุณหภูมิในการทำความเย็นมีค่าประมาณ 22-23 [°C] ถือว่าปกติ แต่บางที่อาจคิดว่าหากเย็นจัดถึงจะเป็นความเย็นที่ใช้ได้แต่ก็จะมีปัญหาเรื่องการประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 2.3 “ค่ามาตรฐานปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร” ที่ใช้คำนวณภาระการปรับอากาศ

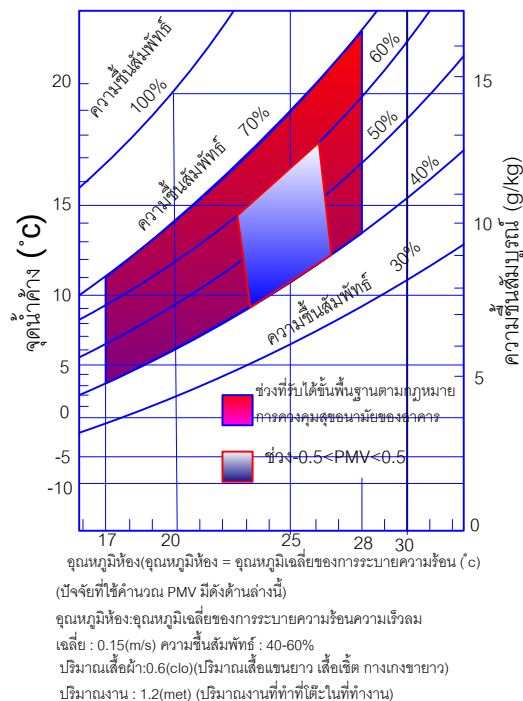
	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว
อาคารทั่วไป (สำนักงาน เป็นต้น)	26 [°C] (25~27 [°C]) 50 [%] (50~60 [%])	22 [°C] (20~22 [°C]) 50 [%] (40~50 [%])
อาคารอุตสาหกรรม (โรงงาน เป็นต้น)	28 [°C] (27~29 [°C]) 50 [%] (50~65 [%])	20 [°C] (18~20 [°C]) 50 [%] (40~50 [%])

หมายเหตุ อุณหภูมิและความชื้นในระหว่างฤดูจะใช้ค่ากลางระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาวก็ได้
ที่มา: (หนังสือคู่มือวิศวกรรมกรรมการทำความร้อน การปรับอากาศและการสาธารณสุขของญี่ปุ่น (พิมพ์ครั้งที่ 12))

ในอีกทางหนึ่ง ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารที่มีขนาดใหญ่ตามปกติทั่วไปของอาคารสำนักงานที่ใช้สอยในประเทศญี่ปุ่นนั้น ตามตารางที่ 2.3 ในฤดูร้อน เมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายนอกอยู่ที่ 32-33 [°C] อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในอาคารจะอยู่ที่ 26 [°C] และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50 [%] ส่วนในฤดูหนาวนั้น จะไม่มีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ ภายนอก อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในอาคารจะอยู่ที่ 22 [°C] และความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ที่ระดับ 50 [%] อนึ่ง รูปที่ 2.17 จะเกี่ยวพันกับปัจจัยสภาพแวดล้อมแบบร้อนและใช้เปรียบเป็นแนวแนะนำตาม PMV* และขอบเขตที่อนุญาตจากกฎหมายควบคุมสุขลักษณะอาคาร

“MV (Predicted Mean Vote)” แปลเป็นภาษาไทยญี่ปุ่นได้ว่า “การแจ้งความรู้สึกร้อนเย็นเฉลี่ยตามการคาดคะเน” ได้รับการนำเสนอโดยศาสตราจารย์ Fanger แห่งมหาวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์เดนมาร์ก เมื่อปี ค.ศ. 1967 ใช้เป็นดัชนีชี้สภาพแวดล้อมแบบร้อนตัวใหม่ และเมื่อไม่กี่ปีมานี้ก็ได้รับการยกขึ้นเป็นค่า ISO ด้วย

เมื่อเร็วๆ นี้ ตามเมืองต่างๆ ของประเทศญี่ปุ่น ในกลางฤดูร้อน (วันกลางฤดูร้อน) ก็มีอุณหภูมิ
อุณหภูมิภายนอกใกล้ 40 [°C] ต่อเนื่องกันบ่อยครั้ง จากปรากฏการณ์ฮีตไอสแลนด์หรือสภาพภูมิอากาศที่
ผิดปกติ ดังนั้น อุณหภูมิกำหนดนี้อาจจะได้รับการทบทวนใหม่



ที่มา: ฮิโตะชิ ฮันชะวะ "เงื่อนไขพื้นที่อันร่มเย็น" ความปลอดภัยในการก่อสร้าง No. 64 หน้า 29 ปี 1990

รูปที่ 2.17 การเปรียบเทียบปัจจัยสภาพแวดล้อมแบบร้อน
(ขอบเขตที่แนะนำตาราง และกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร)

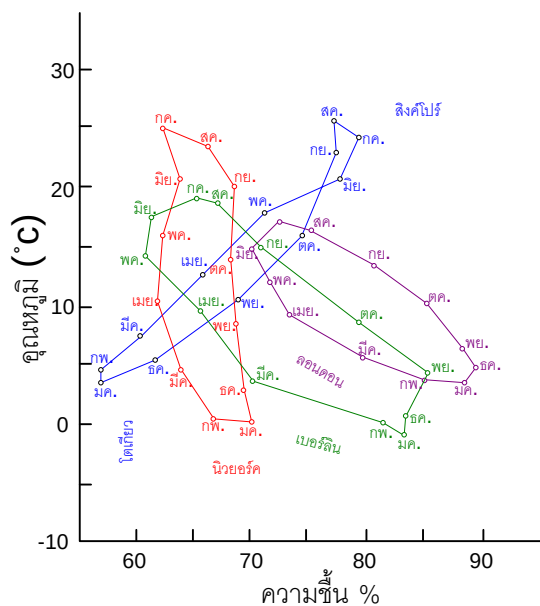
ปัจจัยอุณหภูมิภายในอาคารจากการคำนวณภาระความร้อนใช้เป็นตัวพิจารณาอย่างละเอียดกับ
ปัจจัยอื่นๆ (เช่น ทิศทางอาคาร การมีหรือไม่มีชายคา สภาพการจัดแสงสว่าง รูปแบบการทำความร้อน/เย็น
เป็นต้น) จากนั้นต่อไป นอกจากปัจจัยอุณหภูมิข้างต้น ได้มีการคาดหวังให้มีการกำหนดการทำความเย็นใน
อุณหภูมิที่สูงขึ้น (28 [°C]) และมีการทำความร้อนในอุณหภูมิที่ต่ำลง (20 [°C]) ตามมุมมองของการยับยั้งการ
เพิ่มความร้อนให้แก่โลกหรือการประหยัดพลังงานที่ได้มีการทุ่มเทพัฒนาให้ยั่งยืนอย่างเต็มความสามารถ

นอกจากนี้ ในส่วนของปัจจัยการออกแบบความชื้น ก็ควรมีการกำหนดให้ลดภาระความร้อนในการปรับอากาศให้ได้เท่าที่จะทำได้ ข้อเสนอที่มุ่งสู่ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารเช่นนี้ เป็นสิ่งที่สวนทางกับปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารดังแสดงในตารางที่ 2.3 และจากการที่ไม่สามารถแยกโลฟส์สไตล์อันทรุหรในยุคนี้ออกมาได้ เรื่องที่จะรักษาเป้าหมายการลดภายในญี่ปุ่นตามที่ประชุมเกียวโตเพื่อการยับยั้งการเพิ่มความร้อนให้แก่โลก (COP3) คงเป็นไปได้มากยิ่งขึ้น

(หมายเหตุ) “ฮีตช็อก (Heat shock)” เป็นความตึงเครียดทางกายภาพจากความร้อนซึ่งทำให้ไม่สบายตัว สืบเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องที่เกิดเมื่อมีการปรับอากาศ

2.3.2.2 ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก

ปัจจัยทางภูมิอากาศภายนอกอาคาร (เช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิความชื้น ทิศทางลมและความเร็วลม เป็นต้น) จะแตกต่างกันตามฤดูกาล ภูมิภาค ที่อยู่อาศัย เป็นต้น นอกจากนี้ ภายในหนึ่งวัน ยังมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะอยู่ตลอดเวลาจนไม่สามารถกำหนดอะไรตายตัวได้ ความแตกต่างของภูมิอากาศกับภูมิภาคนั้นได้มีการนำเสนอเป็นแผนภูมิภูมิอากาศดังรูป 2.18 สิ่งเหมาะสมที่เป็นตัวแทนของแผนภูมิภูมิอากาศได้คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่แสดงในกราฟซึ่งเรียกว่า “แผนภูมิความชื้นของอากาศ” อันเป็นตัวแสดงการผันแปรในแต่ละช่วงปีตาม “ค่าเฉลี่ยต่อเดือน” ของแต่ละท้องถิ่น



รูปที่ 2.18 แผนภูมิภูมิอากาศ (อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและความชื้นทุกเดือน)

แผนภูมิความชื้นของอากาศนั้นเป็นสิ่งที่แสดงภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นๆ โดยตรงที่สุด นอกเหนือจากแผนภูมิความชื้นของอากาศแล้ว แผนภูมิภูมิอากาศยังมีแผนภูมิอากาศและน้ำ (อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน) แผนภูมิอากาศและลม (อุณหภูมิและความเร็วลม) แผนภูมิอากาศและแสง (อุณหภูมิและจำนวนชั่วโมงของการได้รับแสงอาทิตย์) เป็นต้น

โดยปกติแล้ว ปัจจัยอุณหภูมิภายนอกนั้น มีแบบแผนที่จะจัดการกำหนดทางสถิติค่าที่วัดได้ในแต่ละพื้นที่หนึ่งนั้น มี “อุณหภูมิ TAC” ที่ได้มาจากอัตราความถี่สะสม ซึ่งเป็นค่าที่มาจากข้อเสนอของ “Technical Advisory Committee” จากASHRACE (American Society of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers) และใช้ค่าตัวเลขในเวลาที่มีการควบคุมอัตราส่วนคงที่ (ปกติใช้ค่าคงที่

ที่ 2.5 [%]) ในอัตราส่วนเกินและที่มาจากเส้นโค้งอัตราส่วนเกินของอุณหภูมิของอากาศภายนอกทุกชั่วโมงในฤดูร้อน 4 เดือน (มิถุนายน-กันยายน) และฤดูหนาว 4 เดือน (ธันวาคม-มีนาคม) เป็นเวลาหลายปี

นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่ใช้เป็นวิธีการตัดสินอุณหภูมิของอาคารภายนอกโดยให้อุณหภูมิของอากาศที่ต่ำที่สุดเป็นมาตรฐานอีกด้วยและในกฎการกำหนดอุณหภูมิของอากาศภายนอกที่ใช้ออกแบบ วิธีการที่ต้องการตามวิธีคิดอุณหภูมิดังกล่าวข้างต้น ก็มีบางกรณี que เลือกใช้อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเดือนกรกฎาคมหรือสิงหาคมสำหรับการทำความเย็นและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเดือนมกราคมสำหรับการทำความร้อน การที่จะออกแบบอุปกรณ์การปรับอากาศให้ถูกต้องนั้น การปรับความชื้นภายในอาคารก็เป็นโจทย์ที่สำคัญ และการไต่รตรองถึงจุดน้ำค้าง หรืออุณหภูมิความชื้นของอากาศภายนอกก็มีความจำเป็น

สภาวะอากาศที่เป็นจริงนั้นพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึงปริมาณความชื้นในอากาศซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับการปรับอากาศให้อยู่ในสภาวะที่สบาย คำว่าสบายของการปรับอากาศนั้นหมายถึงการปรับอากาศที่ทำให้เกิดความสบายสำหรับร่างกายมนุษย์มากกว่าการปรับอากาศที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรม ความชื้น และอุณหภูมิของอากาศจะอยู่ในช่วงแคบๆ สามารถที่จะให้มีความสุขสบายได้มากกว่าการร่วมพิจารณากับส่วนอื่นๆ เช่น ในฤดูหนาว ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 30 % ถึง 50% ที่อุณหภูมิ 72 °F แสดงให้เห็นถึงการพิจารณาความชื้นและอุณหภูมิที่อยู่ภายในอาคาร นั่นคือความสุขสบายของคนส่วนมากนั่นเอง ในฤดูร้อน เงื่อนไขความสบายเกิดขึ้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40 % ถึง 50 % และมีอุณหภูมิประมาณ 75 °F ถึง 78 °F

การให้ความร้อนสัมผัสอากาศ จุดประสงค์เพื่อให้ความร้อนแก่อาคาร การเปลี่ยนแปลงจะขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศในขณะที่ความร้อนสัมผัสเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความจุความร้อนของอากาศ ตัวอย่างเช่น ถ้าอุณหภูมิอากาศ 50 °F และเพิ่มความร้อนสัมผัส 20 °F อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 70 °F โดยค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีค่าความจุความร้อนค่าเดียวกันขณะที่ความร้อนสัมผัสออกจากอากาศ อุณหภูมิของอากาศลดลง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความจุความร้อน ตัวอย่างเช่น ถ้าอุณหภูมิอากาศ 70 °F และนำความร้อนสัมผัสออกไป 20 °F ดังนั้น อุณหภูมิอากาศลดลงเหลือ 50 °F ที่ค่าความจุความร้อนค่าเดียวกัน และอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่เพิ่มขึ้น 20 °F ไปเป็น 70 °F และอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างยังคงไม่เปลี่ยนแปลงที่ 45 °F เมื่อเพิ่มความร้อนสัมผัสให้อากาศ อุณหภูมิกระเปาะเปียกเพิ่มจาก 47 °F ไปเป็น 56 °F และค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงจาก 80 % ไปเป็น 40 % ดังตารางที่ 2.4 แสดงภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มความร้อนสัมผัสให้อาคาร และที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งลดลงจาก 70 °F ไปเป็น 50 °F และอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างลดลงจาก 70 °F ไปเป็น 50 °F และที่จุดน้ำค้างคงที่ที่ 45 °F อุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ลดลงจาก 56 °F ไปเป็น 47 °F ค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มจาก 40% ไปเป็น 80 % ตารางที่ 2.5 แสดงภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงเมื่อความร้อนสัมผัสถูกนำออกจากอากาศดังกล่าว

ตารางที่ 2.4 สภาพการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มความร้อนสัมผัสให้แก่อากาศ

ความร้อนสัมผัส	เงื่อนไขเริ่มต้น	เงื่อนไขหลังจากเพิ่มความร้อนสัมผัส	การเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DB)	50 °F	70°F	เพิ่มขึ้น
อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (DP)	45 °F	45 °F	ไม่เปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (WB)	47 °F	56 °F	เพิ่มขึ้น
ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)	80 %	40 %	ลดลง

ตารางที่ 2.5 สภาพการเปลี่ยนแปลงเมื่อนำความร้อนสัมผัสออกจากอากาศ

ความร้อนสัมผัส	เงื่อนไขเริ่มต้น	เงื่อนไขหลังจากเพิ่มความร้อนสัมผัส	การเปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DB)	70°F	50 °F	เพิ่มขึ้น
อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (DP)	45 °F	45 °F	ไม่เปลี่ยนแปลง
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (WB)	56 °F	47 °F	เพิ่มขึ้น
ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)	40 %	80 %	ลดลง

ที่มา: (หนังสือรวมบทความจากวารสารเทคนิค “ระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2 ” (พิมพ์ครั้งที่ 1; พ.ศ. 2546))

2.4 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

2.4.1 ประเภทของวิธีปรับอากาศ

2.4.1.1 ประเภทของวิธีปรับอากาศ

วิธีปรับอากาศสามารถแบ่งเป็นประเภทด้วยเกณฑ์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. การแบ่งประเภทตามชนิดตัวกลางขนถ่ายความร้อน
 - (ก) วิธีใช้อากาศทั้งหมด
 - (ข) วิธีใช้น้ำ-อากาศ
 - (ค) วิธีใช้น้ำทั้งหมด
 - (ง) วิธีใช้สารทำความเย็น (วิธี package)
2. การแบ่งประเภทตามตำแหน่งของแหล่งความร้อน
 - (ก) วิธี Central
 - (ข) วิธี Unitary
 - (ค) วิธี Satellite
3. การแบ่งประเภทว่าแหล่งความร้อน - แหล่งความเย็นสามารถจ่ายได้อย่างต่อเนื่องหรือไม่
 - (ก) วิธีแหล่งความร้อนเดียว
 - (ข) วิธีหลายแหล่งความร้อน

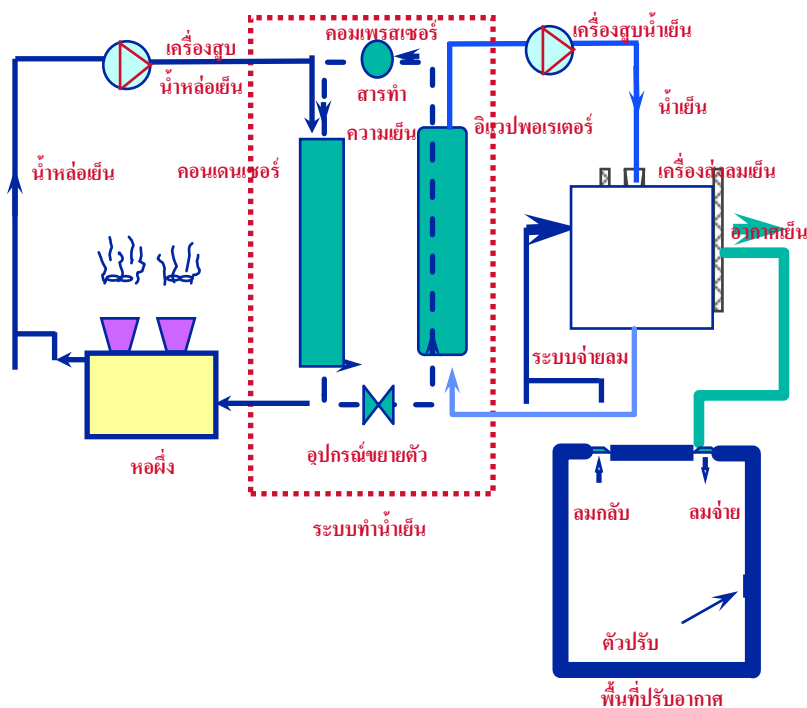
4. การแบ่งประเภทด้วยวิธีควบคุม

- (ก) วิธีควบคุมแยกเครื่อง
- (ข) วิธีควบคุมแยกโซน
- (ค) วิธีควบคุมรวม

ระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ : เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

- เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ จะใช้น้ำเย็นในการกระจายความเย็นสู่ส่วนต่างๆ ของอาคาร แทนสารทำความเย็น น้ำเย็นจะถูกผลิตขึ้นที่ห้องเครื่องส่วนกลาง โดยเครื่องทำน้ำเย็น (Water chiller) ซึ่งเป็นระบบทำความเย็นที่ออกแบบสำหรับทำน้ำเย็น เครื่องทำน้ำเย็นอาจเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal chiller) แบบลูกสูบ (Reciprocating chiller) หรือแบบสกรู (Screw chiller)
- น้ำเย็นจะถูกส่งไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit (AHU)) ที่ติดตั้งในส่วนต่างๆ ของอาคาร พัดลมจ่ายอากาศจะดูดอากาศภายในอาคารผ่านคอยล์เย็น ซึ่งความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับน้ำเย็น จากนั้นอากาศเย็นจะถูกจ่ายไปยังพื้นที่ส่วนต่างๆ โดยระบบท่อลม
- เครื่องสูบน้ำเย็นจะสูบน้ำจากคอยล์เย็นของเครื่องส่งลมเย็นไปยังฮีวโปเรเตอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิเป็นน้ำเย็นอีกครั้ง
- เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ จะใช้น้ำหล่อเย็นในการถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น น้ำจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งไปยังหอผึ่งน้ำโดยเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น
- ที่หอผึ่งน้ำ อากาศจะถูกเป่าผ่านน้ำหล่อเย็นที่ร้อน เพื่อถ่ายเทความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก

ส่วนประกอบพื้นฐาน



รูปที่ 2.19 ระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ : เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

- เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ จะมีความคล้ายคลึงกับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ แต่จะใช้คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศแทนคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ
- อากาศภายนอกจะถูกเป่าโดยพัดลมไปยังท่อของสารทำความเย็น เพื่อถ่ายเทความร้อนจากคอนเดนเซอร์ออกสู่บรรยากาศ

ในนี้จะอธิบายการแบ่งประเภทด้วยตำแหน่งของแหล่งความร้อนในข้อ 2 เพิ่มเติมดังนี้

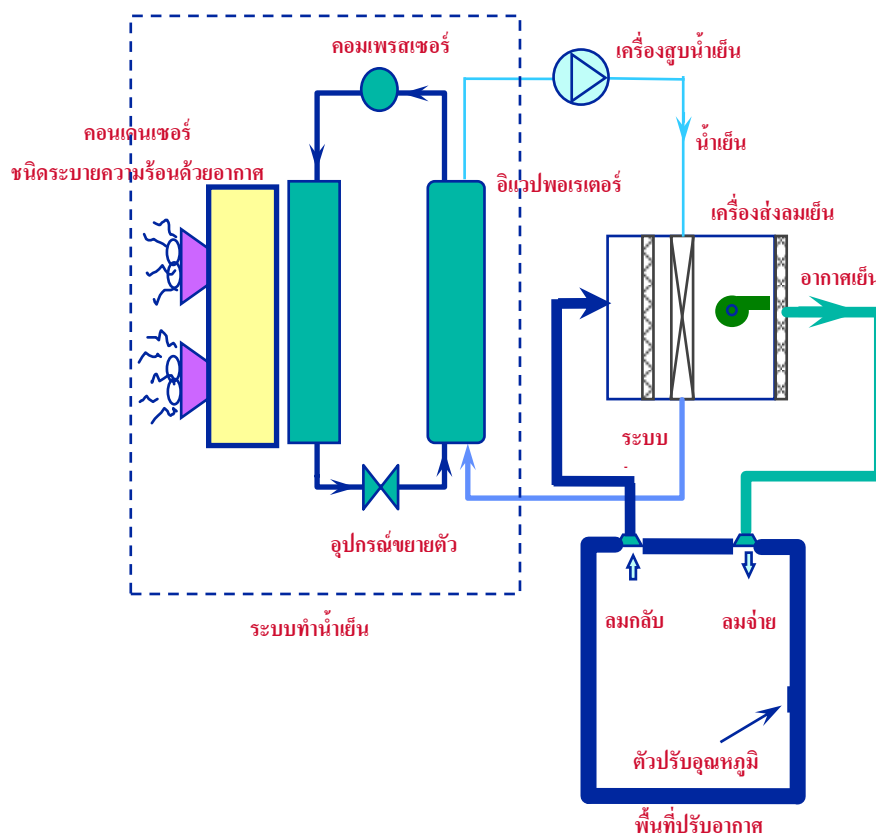
(ก) วิธี Central

เป็นวิธีปรับอากาศแบบรวมศูนย์โดยติดตั้งระบบแหล่งความร้อน เช่น เครื่องทำความเย็นหม้อไอน้ำ ฯลฯ และเครื่องปรับอากาศไว้ที่ห้องเครื่องจักรกลาง

(ข) วิธี Unitary

เป็นวิธีที่จัดทำเครื่องปรับอากาศเป็น Package ขนาดเล็ก แล้วติดตั้งไว้ในแต่ละห้องหรือติดตั้งแยกไว้ในพื้นที่ปรับอากาศเป้าหมายที่ซอยเป็นบริเวณเล็กๆ

ส่วนประกอบพื้นฐาน



รูปที่ 2.20 ระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

(ค) วิธี Satellite

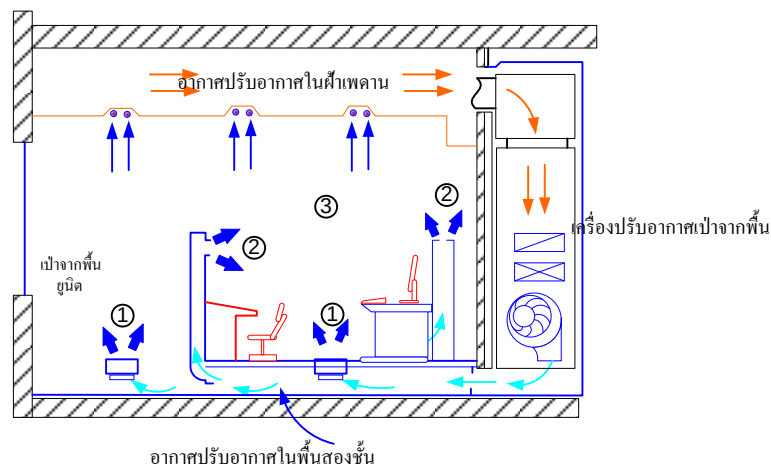
เป็นวิธีติดตั้งแหล่งความร้อนแบบรวมศูนย์ไว้ที่ห้องเครื่องจักรกลางแล้วติดตั้งเครื่องปรับอากาศกระจายไว้ที่แต่ละห้องหรือแต่ละโซน

2.4.2 ชนิดของวิธีปรับอากาศและการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 2.6 เป็นการเปรียบเทียบชนิดของ “วิธีปรับอากาศ” ที่ใช้กันเป็นหลักในปัจจุบัน ในจำนวนนั้น “วิธี central” เป็นระบบปรับอากาศที่พื้นฐานที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีที่อลมเดียวจะนิยมใช้กันมากในอาคารทั่วไป เช่น อาคารสำนักงานต่างๆ มาตั้งแต่อดีตแล้ว ส่วน “Fan coil unit (FCU)” ยังถูกนำมาใช้ในอาคารต่างๆ อย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความสะดวก วิธี “Panel air” แต่เดิมจะใช้กับการปรับอากาศร้อน แต่ระยะหลังนี้มีการนำมาใช้กับการปรับอากาศเย็นเพิ่มมากขึ้น อนึ่ง นอกจากนี้นิโอดิตยยังมี “วิธีที่อลมสองชั้น” “วิธี Multizone” “วิธี Reheat” “วิธี Induction unit” อีกด้วย แต่ระบบเหล่านี้ไม่ตอบสนองต่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะหลังนอกจากในกรณีพิเศษแล้วจะไม่ค่อยนำมาใช้

2.4.3 วิธีปรับอากาศแบบ unitary แบบใหม่

วิธี Unitary มีการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานในอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านเรือน เป็นต้น แต่ระยะหลังเนื่องจากอุปกรณ์มีคุณภาพสูงขึ้น และเทคโนโลยีการควบคุมได้พัฒนาขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเชื่อถือได้สูง จึงมีการนำมาใช้ในอาคารทั่วไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความรู้สึกลบายในการปรับอากาศในแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ด้วยหลักการที่ว่าระบบที่ดีที่สุดจะต้องสามารถตอบสนอง ความต้องการของแต่ละบุคคลให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปัจจุบันระบบนี้จึงได้รับความนิยมอย่างมาก ระบบดังกล่าวได้แก่ “การปรับอากาศแบบเป่าจากพื้น” “การปรับอากาศแบบเป่าจากพาร์ทิชัน” “การปรับอากาศแบบ Ambient & Task” ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การปรับอากาศแบบเป่าจากพื้น

2.4.3.1. การปรับอากาศแบบเป่าจากพื้น

บางครั้งเรียกว่าการปรับอากาศแบบ Underflow โดยเป่าลมเข้าไปในช่องว่างใต้พื้น พ่นออกมาจากช่องเป่าจากพื้น (มีทั้งแบบมีพัดลมและแบบไม่มีพัดลม) (1) เข้าไปในห้อง คุณสมบัติคือสามารถควบคุมทิศทางลม ปริมาณลมของแต่ละจุดได้ สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงพาร์ทิชันและการเพิ่มอุปกรณ์ OA ได้สะดวกเป็นการปรับอากาศเฉพาะจุดที่มีคนเท่านั้นจึงประหยัด มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากกระแสอากาศภายในห้องจะมีทิศทางพุ่งขึ้นตลอด ลดค่าก่อสร้างติดตั้งได้เนื่องจากไม่ต้องมีที่อลมใต้พื้น เป็นต้น

2.4.3.2 การปรับอากาศแบบเป่าจากพาร์ทิชั่น

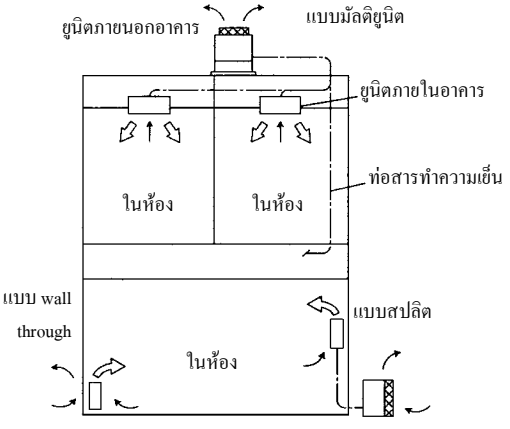
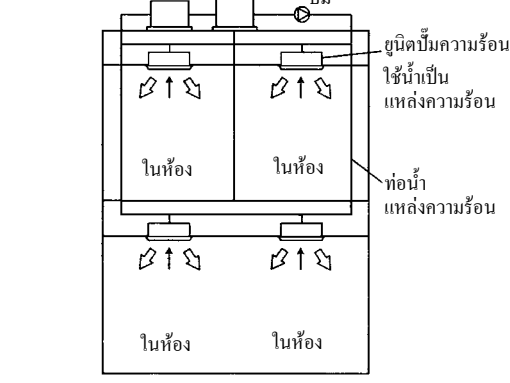
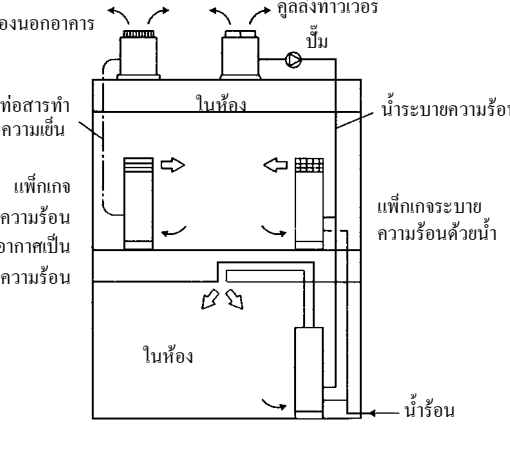
เป็นวิธีปรับอากาศแบบ Unitary ที่สำคัญ โดยเป่าลมจากช่องเป่าลม (2) ที่ติดตั้งไว้ที่ low partition รอบๆ workstation รวมทั้งยังมีการแผ่ความเย็นจากผิวหน้าแผ่นพาร์ทิชั่นเพื่อรองรับความร้อนที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์อีกด้วย

2.4.3.3 การปรับอากาศแบบ task & ambient

ใช้วิธีเดียวกับการปรับอากาศในเครื่องบิน โดยปรับอากาศ Ambient (บริเวณรอบๆ) เพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ (3) แล้วใช้ “การปรับอากาศ task (ใกล้ตัว)” ให้มีสภาวะตามที่แต่ละคนต้องการ อุณหภูมิที่กำหนดของการปรับอากาศ ambient เทียบกับการปรับอากาศทั่วไปแบบเดิมแล้วในฤดูร้อนจะตั้งให้สูงขึ้น และในฤดูหนาวจะตั้งให้ต่ำลงได้

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบวิธีปรับอากาศชนิดต่างๆ ที่สำคัญ

ตัวกลาง	วิธี	เคา์โครง	ผังระบบ	คุณสมบัติ
แบบ central	อากาศ	ทอลมเดี่ยว ปริมาตรอากาศคงที่ (CAV)		(ข้อดี) * ปรับอุณหภูมิ-ความชื้น การพอกอากาศ กำจัดกลิ่นได้สะดวก * มี ปริมาตรอากาศมาก จึงได้เปรียบในการแจกจ่ายกระแสอากาศ-ระบายอากาศ * ปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอกได้ง่าย (ข้อเสีย) * แยกเดินเครื่องและควบคุมไม่ได้ * ใช้กำลังขับเคลื่อนจ่ายอากาศสูง ทอลมกินที่มาก
		ทอลมเดี่ยว ปริมาตรอากาศแปรผัน (VAV)		(ข้อดี) * สามารถควบคุมอุณหภูมิของแต่ละโซนและแต่ละห้องได้ * อนุรักษ์พลังงานด้วยการลดกำลังขับเคลื่อนในการจ่ายอากาศ (ข้อเสีย) * เมื่อมีภาระต่ำปริมาณอากาศจะลดลงด้วย ทำให้เกิดผลกระทบต่อการส่งจ่ายกระแสอากาศและปริมาณการระบายอากาศ
	น้ำ	ใช้ fan coil unit ร่วมกับทอลม		(ข้อดี) * แยกเดินเครื่องและควบคุมได้ * ใช้กำลังขับเคลื่อนในการจ่ายตัวกลางและพื้นที่ติดตั้งทอลมต่ำกว่าแบบใช้อากาศ * กรณีของแบบสี่ท่อจะสามารถปรับอากาศได้ทั้งร้อนและเย็นตลอดทั้งปี (ข้อเสีย) * ต้องมีการจัดการท่อน้ำและน้ำควบแน่น * อาจมีน้ำรั่วได้
		panel air (ปรับอากาศร้อน-เย็นแบบแผ่รังสี)		(ข้อดี) * ผู้อยู่ในห้องจะรู้สึกสบายตัวเนื่องจากใช้ความร้อนจากการแผ่รังสี * พื้นที่ติดตั้งทอลมจะกินพื้นที่น้อยกว่าแบบใช้อากาศ (ข้อเสีย) * ต้องมีมาตรการป้องกันน้ำค้างของพื้นผิวให้ความเย็น * พื้นที่แผ่รังสีมีขนาดใหญ่ การควบคุมจะใช้ระยะเวลานาน

ตัวกลาง	วิธี	เค้าโครง	ผังระบบ	คุณสมบัติ
แบบ unitary	การทำความเย็น	ติดตั้งยูนิตปั๊มความร้อนขนาดเล็กแบบใช้อากาศเป็นแหล่งความร้อนที่แต่ละจุดเพื่อปรับอากาศอาคาร 1 เครื่องเชื่อมต่อกับยูนิตภายในอาคารหลายเครื่อง แบบ wall through จะติดตั้งทะลุผ่านผนังด้านนอก (บางเครื่องจะเป็นแบบมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมอยู่ด้วย) แบบ split จะแบ่งเป็นยูนิตภายนอกอาคารกับยูนิตภายในอาคาร เชื่อมต่อกันด้วยท่อสารทำความเย็น ไม่ว่าในกรณีใดก็ตาม อากาศจะเป็นแบบหมุนเวียนซ้ำ จึงต้องใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศภายนอก (+ ท่อลม) หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมและเครื่องเพิ่มความชื้น		(ข้อดี) * แยกเดินเครื่องและควบคุมได้ง่าย * ไม่ต้องมีห้องเครื่องจักร (ใช้ดาดฟ้า) * ใช้กำลังขับเคลื่อนกลางต่ำมาก * ไม่มีท่อน้ำ จึงไม่ต้องป้องกันน้ำควบแน่นและน้ำรั่ว * ท่อและท่อลมต่างๆ จะใช้พื้นที่น้อยที่สุดเทียบกับวิธีอื่นๆ * มีจำหน่ายเป็นชุด ติดตั้งสะดวก * ติดตั้งเพิ่มและเปลี่ยนเครื่องได้สะดวก (ข้อเสีย) * ต้องมีมาตรการป้องกันการนำอากาศภายนอกเข้ามา * ต้องมีมาตรการป้องกันการเพิ่มความชื้น * กรณีของระบบขนาดใหญ่ จะมีความยุ่งยากในการบำรุงรักษา * กรณีของแบบ wall through จะต้องมีการเดินเครื่องและมาตรการป้องกันน้ำรั่วเข้ามาทางผนังด้านนอก
	การทำความเย็น	นอกจากยูนิตปั๊มความร้อนขนาดเล็กแบบใช้น้ำเป็นแหล่งความร้อนแล้ว ยังมีแหล่งความร้อนช่วยและคอยล์ทาวเวอร์ ช่วยในการจ่ายน้ำแหล่งความร้อน (น้ำให้ความร้อนสำหรับปรับอากาศร้อน น้ำให้ความเย็นสำหรับปรับอากาศเย็น) แต่ละยูนิตจะเชื่อมต่อกันด้วยท่อน้ำ แหล่งความร้อนในระบบเดียวกัน จะต้องใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศภายนอก (+ ท่อลม) หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมและเครื่องเพิ่มความชื้น		(ข้อดี) * แยกเดินเครื่องและควบคุมได้ง่าย * กรณีที่เกิดภาวะปรับอากาศร้อนและเย็นพร้อมๆ กัน จะสามารถนำความร้อนกลับมาใช้ได้ จึงมีประสิทธิผลสูงในการอนุรักษ์พลังงาน (ข้อเสีย) * ต้องมีผู้เดินเครื่องยูนิตปั๊มความร้อน * ต้องมีมาตรการป้องกันน้ำรั่วจากท่อน้ำ * กรณีของระบบขนาดใหญ่ จะมีความยุ่งยากในการบำรุงรักษา
	แฟกเกจยูนิต	กำหนดลมสำหรับปรับอากาศด้วยยูนิตที่รวมเอาคอมเพรสเซอร์ พัดลมฟิลเตอร์ และระบบควบคุมเอาไว้ในเครื่องเดียว ปรับอากาศด้วยการเป่าลมเข้าไปในห้อง แบบระบายความร้อนด้วยน้ำในการปรับอากาศร้อนจะใช้น้ำร้อนจากหม้อต้มหรือฮีตเตอร์ไฟฟ้า มีวิธีใช้ยูนิตปั๊มความร้อนแบบใช้อากาศเป็นแหล่งความร้อนเชื่อมกับเครื่องภายในอาคารด้วยท่อสารทำความเย็นอีกด้วย		(ข้อดี) * แยกเดินเครื่องและควบคุมได้ง่าย * ใช้กำลังขับเคลื่อนกลางน้อยกว่าแบบใช้อากาศ * กรณีของปั๊มความร้อนแบบใช้อากาศเป็นแหล่งความร้อนจะบำรุงรักษาได้ง่าย (ข้อเสีย) * เมื่อเดินเครื่องเครื่องทำความเย็น จะมีเสียงดังมาก ต้องมีมาตรการรองรับ * ต้องมีวิธีการเกี่ยวกับการนำอากาศภายนอกเข้ามา (ผนังภายนอก ดาดฟ้า) * ต้องมีพื้นที่ติดตั้งแฟกเกจยูนิต

2.5 วิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น

2.5.1 การตรวจสอบเพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา

มีหลากหลายวิธีที่ผู้ใช้งานสามารถนำมาใช้ตรวจสอบเพื่อทำให้การเดินเครื่องเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการเก็บตัวอย่างแบบง่ายๆ แต่ต้องมีการบันทึกการเดินเครื่องอย่างละเอียดจากการทำงานของเจ้าหน้าที่เทคนิคด้านการบำรุงรักษาในแต่ละตำแหน่ง เพื่อสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปแก้ไขความผิดปกติในระบบได้ง่ายและรวดเร็ว

ข้อมูลทั่วไปที่จะต้องบันทึกไว้เป็นประจำอย่างน้อยเดือนละครั้ง ได้แก่

- ความดันและอุณหภูมิของคอมเพรสเซอร์
- แหล่งจ่ายไฟ
- ระดับน้ำมันของคอมเพรสเซอร์
- ปริมาตรของสารทำความเย็นที่ช่องแผ่นกระຈກสำหรับสังเกต
- เสียงรบกวนและการสั่นสะเทือนจากเครื่องจักร
- อัตราการไหลของน้ำและอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของคอนเดนเซอร์ หรือชุดทำความเย็น
- สภาพของคอนเดนเซอร์ และแผงระบายอากาศของอีวาพอเรเตอร์

ข้อกำหนดต่างๆที่นอกเหนือจากข้อบังคับทั่วไป เช่น เกี่ยวกับสุขอนามัยด้านอาหาร อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีตรวจสอบมากกว่าข้อบังคับทั่วไป นอกจากนี้ยังต้องมีข้อกำหนดในการควบคุมเพื่อสามารถบันทึกสภาวะการทำงานของเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อมีการเปลี่ยนส่วนประกอบเหล่านั้นจะต้องสามารถตั้งค่าต่างๆได้

รายการตรวจสอบ

ที่ปรึกษาระบบปรับอากาศควรให้ความสำคัญ และแนะนำสาเหตุที่ทำให้ขาด ประสิทธิภาพ ดังนี้

อากาศ

- การสูญเสียลมเย็นไปกับระบบระบายอากาศ
- อาคารที่มีความดันภายในอาคารน้อยกว่าภายนอก จะดูดเอาอากาศร้อนจาก ภายนอกเข้ามาภายในอาคาร
- ประสิทธิภาพของพัดลม
- การกระจายลมเย็นภายในพื้นที่ปรับอากาศไม่ดี
- การระบายอากาศมากหรือน้อยเกินไป
- ฉนวนของท่อลมและเครื่องปรับอากาศไม่ดี
- ปริมาณอากาศบายพาส (Bypass Air Flows)
- แผ่นกรองอากาศหรือท่อลมอุดตัน
- แคมเปอร์ถูกปิดอยู่ตลอด หรือหักเสียหาย
- ระบบ VAV ทำงานผิดพลาดจ่ายลมเย็นเกินไป
- การหมุนเวียนของอากาศ
- ท่อลมเป็นสนิมหรือสกปรก
- ความสกปรกจากภายในอาคาร
- มีส่วนใดในระบบที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือภาระมากเกินไป

น้ำ

- ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ
- ฉนวนของท่อไม่ดี
- เกิดรอยรั่วบริเวณจุดต่อของท่อ
- น้ำไหลผ่านลัดวงจรปริมาณน้ำบายพาส
- เกิดการอุดตันในท่อ, คอยล์
- ก่อนและหลังคอยล์, วาล์วควบคุม, สายควบคุม
- สนิม และสิ่งสกปรกในคอยล์, ท่อน้ำ
- มีส่วนใดในระบบที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือภาระมากเกินไป

ที่ปรึกษาาระบบปรับอากาศควรให้ความสำคัญ และแนะนำสาเหตุที่ทำให้ขาด ประสิทธิภาพ ดังนี้

การควบคุม

- ชั่วโมงการทำงานมากเกินไป
- พื้นที่เย็นเกินไป
- ยังมีการจ่ายความเย็นให้พื้นที่ที่ว่าง
- ความดันของคอนเดนเซอร์สูง
- สูญเสียน้ำยาทำความเย็น
- ระบบควบคุมล้มเหลว
- ระบบการควบคุมไม่เหมาะสม, ปรับแต่งข้อผิดพลาด
- การแบ่งโซนไม่ดี
- ตำแหน่งที่ติดตั้งตัวส่งสัญญาณไม่ถูกต้อง

อาคาร

- ไม่ได้อุดรอยรั่วของอาคารให้ดีพอ
- การบังแสง
- ฉนวน

2.5.2 การปฏิบัติการในโรงงาน

การติดตามตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆเป็นประจำ จะช่วยให้ระบบเครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่

2.5.2.1 คอนเดนเซอร์

ตามที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ผ่านมา อุณหภูมิขณะควบแน่นยังมีค่าสูง สัมประสิทธิ์การทำงานของระบบก็จะยิ่งต่ำลง จึงควรให้อุณหภูมิของการควบแน่นมีความเหมาะสม ซึ่งเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อแผ่กระจายความร้อนของคอนเดนเซอร์สะอาดไม่มีสิ่งสกปรกสะสมปกคลุมไว้ ซึ่งหมายถึงว่า ต้องมีการบำรุงรักษา และทำความสะอาดแผ่กระจายความร้อนของคอนเดนเซอร์ร่วมกับการทำความสะอาดส่วนต่างๆ เป็นประจำตามปกติ จะสามารถให้อุณหภูมิขณะควบแน่นอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

นอกจากนี้ ความเสียหายที่ทำให้แผ่กระจายความร้อนของคอนเดนเซอร์แบนลง จะมีผลทำให้ก๊าซไม่สามารถไหลผ่านไปได้ จึงควรระวังแก้ไขให้กล่องแผ่กระจายความร้อนคงไว้ในสภาพเดิมๆ

การบำรุงรักษาคอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์ทำหน้าที่ระบายความร้อนของระบบทำความเย็นร่วมกับหอผึ่งน้ำ ซึ่งคอนเดนเซอร์และหอผึ่งน้ำ เมื่อมีสิ่งสกปรกมีหินปูน/ตะกอนจับผิวท่อของคอนเดนเซอร์หรือจับแผงรังผึ้งบนหอผึ่งน้ำทำให้การระบายความร้อนไม่ดี อุณหภูมิทางด้านอัดจะสูงขึ้นมีผลทำให้กำลังการผลิตน้ำแข็งลดลงและจะกินกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ในช่วงระหว่าง 3-6 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่นำมาใช้หมุนเวียนระบายความร้อน โดยมีข้อพิจารณาดังนี้

1. ปริมาณสารหรือของแข็งที่ละลายน้ำ (Dissolve Solids) ใช้เกณฑ์ของการวัดปริมาณสารหรือของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid ; TDS) เป็นตัวกำหนด
2. ปริมาณการทิ้งน้ำที่หอผึ่งน้ำ และคอนเดนเซอร์ (กรณีที่ใช้แบบอีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์) ความร้อนในคอนเดนเซอร์ ใช้เกณฑ์ของอุณหภูมิทางอัด (Condensing Temperature) เป็นตัวกำหนด

การล้างคอนเดนเซอร์ (Condenser) มี 2 วิธี คือ

1. ใช้แปรง (ในกรณีที่เป็นคอนเดนเซอร์แบบเปลือก (Shell) และแบบท่อ (Tube))
2. ใช้สารเคมี (ใช้ได้ทั้งคอนเดนเซอร์แบบเปลือก (Shell) และแบบท่อ (Tube) หรืออีวาพอเรทีฟ)

การล้างโดยใช้แปรง อุปกรณ์ที่ต้องใช้มีดังนี้

1. แปรงเหล็กขนาด $\frac{1}{2} \times 2$ m สำหรับคอนเดนเซอร์ระบบแอมโมเนีย (NH₃) จำนวน 4-5 อันต่อการล้างแต่ละครั้ง
2. แปรงเหล็กขนาด $\frac{3}{8} \times 2$ m สำหรับคอนเดนเซอร์ ระบบฟรียอน (R22) จำนวน 2 อันต่อการล้างแต่ละครั้ง

ขั้นตอนการล้างคอนเดนเซอร์โดยใช้แปรง

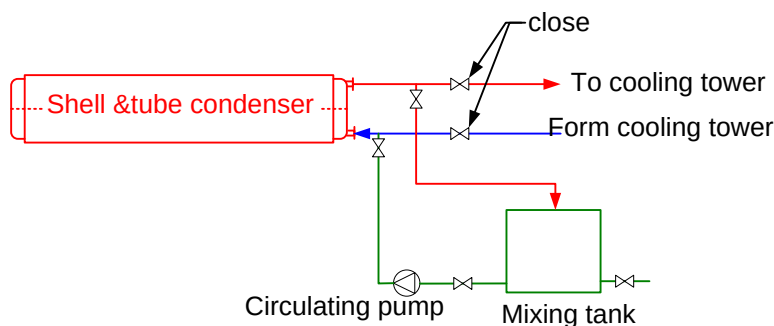
1. หยุดเครื่อง
2. ปิดวาล์วเมนน้ำที่เข้า/ออกคอนเดนเซอร์
3. ถ่ายน้ำออกจากคอนเดนเซอร์
4. ถอดหน้าแปลนท่อน้ำและเปิดฝาท่อ
5. ใช้แปรงขัดและใช้น้ำฉีดทำความสะอาดจนหมดทุกท่อ
6. กรณีที่ใส่แปรงไม่เข้า อาจจะต้องใช้สว่านความเร็วรอบช้าช่วยด้วยจึงจะได้ผล
7. ปิดฝา และประกอบหน้าแปลน

ข้อควรระวัง ที่ปิดฝาคอนเดนเซอร์จะมีปะเก็นใต้งานน้ำรั่ว และระวังอย่าให้ปะเก็นขาด เพราะจะทำให้ น้ำหมุนเวียนระบายความร้อนเกิดการไหลลัดวงจร ซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิหรือความดันทางอัดสูงขึ้น

การล้างคอนเดนเซอร์ด้วยสารเคมี

การล้างด้วยสารเคมีควรจะใช้กับแบบอีวาโพเรทีฟคอนเดนเซอร์หรือใช้กับเปลือก (Shell) และแบบท่อ (Tube) ที่มีหินปูนเกาะหนาซึ่งก่อนล้างควรทำความสะอาดและสารเคมีที่ใช้มีส่วนผสมของกรดไฮโดรลิก และสารเคมีอื่นๆ ส่วนปริมาณที่ใช้จะแตกต่างกันตามขนาดเครื่องทำน้ำแข็ง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งวาล์ว และปั๊มสารเคมีเข้ากับถังผสมเคมี (ตามรูป)
2. เติมน้ำลงในถังผสม (ตามปริมาณที่กำหนด)
3. เติมสารเคมีลงไปในน้ำ ในสัดส่วน น้ำ 75% กรด 25%
4. เดินปั๊มหมุนเวียนสารเคมี ล้างคอนเดนเซอร์ (Condenser) ประมาณ 4-10 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับความหนาของหินปูน)
5. ถ่ายน้ำกรดออก จากนั้นใช้น้ำธรรมดาล้าง
6. ใช้แปรงลวดขัดทำความสะอาดและล้างด้วยน้ำ 2-3 ครั้ง ก่อนที่จะใช้งานตามปกติ
7. เดินเครื่องทำน้ำแข็งใช้งาน และตรวจสอบความดันทางส่ง ว่าทำงานปกติหรือไม่



รูปที่ 2.22 การล้างคอนเดนเซอร์ด้วยสารเคมี

หมายเหตุ กรณีที่เป็นอีวาโปเรทีฟคอนเดนเซอร์ สามารถใช้อ่างน้ำและปั๊มน้ำหมุนเวียนของ อีวาโปเรทีฟคอนเดนเซอร์เองได้ และถ่ายหลังการหมุนเวียนน้ำกรดและเคมีแล้วฉีดน้ำทำความสะอาดอีกครั้งด้วยปั๊มน้ำแรงดันสูง

2.5.2.2 อีวาโปเรเตอร์

มีวิธีการบำรุงรักษาเช่นเดียวกับคอนเดนเซอร์ อีวาโปเรเตอร์จะทำงานได้โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อแผงอีวาโปเรเตอร์สะอาด ไม่มีน้ำแข็งไปเกาะสะสมที่แผงอีวาโปเรเตอร์มากเกินไป และอากาศสามารถไหลผ่านได้

ถึงแม้จะมีน้ำแข็งเกาะอยู่ที่เครื่องแต่ถ้ามีปริมาณเพียงเล็กน้อย และเครื่องยังทำงานที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C อีวาโปเรเตอร์ก็ยังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ถ้าน้ำแข็งที่มากมีเพิ่มมากขึ้น แสดงว่ามีความผิดปกติจากการละลายน้ำแข็งเกิดขึ้น และควรจะทำกาแก้ไขทันที

ปัญหาส่วนใหญ่ก็คือ

- เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าเพื่อละลายน้ำแข็งเสียหาย
- อุณหภูมิสุดท้ายในการละลายไม่ถูกต้อง
- การอุดตันของอีวาโปเรเตอร์ ที่ทางระบายน้ำทิ้ง
- มีความร้อนสะสมมากเกินไปในระบบของเหลว

2.5.2.3 การบรรจุสารทำความเย็น

วาล์วปรับลดความดันจะควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นอย่างมีประสิทธิภาพ トラバิดที่แหล่งส่งจ่ายสารทำความเย็นสะอาดและบรรจุสารทำความเย็นไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้

สภาวะของการจ่ายสารทำความเย็นไปยังวาล์วปรับลดความดันจะสังเกตได้ชัดเจนจาก หน้าต่างแผ่นกระจกที่ติดตั้งไว้ ถ้าสังเกตเห็นว่ามีฟองอากาศเกิดขึ้น แสดงว่ามีการผสมระหว่างของเหลวและ ก๊าซ ต้องแจ้งให้เจ้าหน้าที่เทคนิคด้านการบำรุงรักษาทำการวิเคราะห์และแก้ไขให้ถูกต้อง

ฟองอากาศที่สังเกตได้อาจเกิดจาก

- การบรรจุสารทำความเย็นไม่เพียงพอ
- ไส้กรองและไดเออร์มีบางส่วนอุดตัน
- คอนเดนเซอร์มีขนาดต่ำกว่ากำหนดหรือไม่มีประสิทธิภาพ

จึงต้องค้นหาสาเหตุของสารทำความเย็นที่สูญเสียไป ซึ่งอาจเกิดจากการรั่วของระบบท่อ หรือข้อต่อ การรั่วจากการซ่อมแซม การสูญเสียสารทำความเย็นที่มากเกินไปจะส่งผลให้ระบบหยุดการทำงานที่ ระดับความดันต่ำ

2.5.2.4 การตรวจสอบห้องเย็น และตู้เย็น

เพื่อให้ห้องเย็นหรือตู้ความเย็นทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องทำให้อากาศเย็น ไหลเวียนได้อย่างอิสระ สามารถกระจายออกไปรอบๆผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบตู้ความเย็นตามปกติจะทำให้พบ ความผิดปกติในขณะที่มีภาระโหลดและสามารถแก้ไขให้ถูกต้องได้ ทั้งนี้ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งด้านผู้ใช้งานและ เจ้าของผลิตภัณฑ์สามารถที่จะร่วมกันแก้ไขปัญหาได้ด้วยการจัดอบรมเกี่ยวกับการจัดวางภาระโหลดของ ผลิตภัณฑ์ให้ถูกต้อง และควรจัดอบรมให้กับทุกคนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง

2.5.2.5 ตู้ความเย็น

การทำเครื่องหมายไว้ด้านหน้าภายในตู้ความเย็นด้วยเส้น แสดงระดับเพื่อแสดงภาระ โหลดของปริมาตรผลิตภัณฑ์ไม่เกินกว่าเส้นแสดงระดับนี้ เพราะถ้าเกินกว่าระดับที่กำหนด จะทำให้ระบบทำ ความเย็นของตู้ความเย็นทำงานหนักเกินไป และส่งผลทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น

ด้วยลักษณะของกล่องบรรจุที่ตั้งออกตามแนวนอน จึงควรวางผลิตภัณฑ์ซ้อนกันแต่ละ ชั้นให้เรียบเสมอกัน เพราะถ้ามีส่วนยื่นออกมา อาจทำให้มันอากาศเบี่ยงออกไปยังด้านหน้ากล่อง จึงควรทำให้อากาศไหลวนไปรอบๆกล่องได้อย่างสะดวก และไหลย้อนกลับไปที่ท่อทางกลับได้

ผลิตภัณฑ์ที่วางไว้เหนือท่อย้อนกลับชั้นล่างสุดจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับสภาพการไหลเวียน ของอากาศที่มีไม่เพียงพอจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ภาระโหลดของระบบทำความเย็นเพิ่มขึ้น

โดยปกติอีวาโปเรเตอร์จะติดตั้งที่ส่วนล่างสุดของตู้ความเย็น ดังนั้นอาจจะมี การอุดตัน เนื่องจากการบรรจุ และผลิตภัณฑ์ที่เหลือทิ้งไว้ จึงควรทำความสะอาดบ่อยๆ

2.5.2.6 ห้องเย็น

การวางผลิตภัณฑ์ซ้อนๆกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจัดวางไว้ในกล่อง จะต้องทำให้อากาศไหลเวียนสัมผัสพื้นผิวได้ทั่วทั้งกล่อง

การจัดวางผลิตภัณฑ์บริเวณหน้าเครื่องอีวาโปเรเตอร์ไม่ควรวางซ้อนกันจนชิดเครื่องเกินไป เพราะจะเป็นสาเหตุทำให้การไหลของอากาศตลอดทั่วทั้งห้องเย็นไม่ดี ส่งผลให้การกระจายของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ

ควรหลีกเลี่ยงการวางผลิตภัณฑ์ใต้เครื่องอีวาพอเรเตอร์โดยตรง ทั้งนี้เพราะจะกีดขวางทางเข้าออกที่จะไปทำการบำรุงรักษาส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง

2.5.2.7 การเสื่อมสภาพของเครื่อง และโครงสร้างของฉนวน

ความเสียหายและการสึกกร่อนเป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การตรวจสอบตามเวลาที่ได้มีการกำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มการติดตั้ง จะช่วยป้องกันการเกิดความเสียหายต่อระบบ ก่อนเวลาอันควร ซึ่งเป็นการกระทำที่เหมาะสมที่จะช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพการทำงานของระบบ และนำกลับมาสู่สภาพเดิม

2.5.2.8 การหุ้มฉนวน

การขาดของฉนวนจะส่งผลกระทบต่อการทำงานโดยรวมของเครื่องทำความเย็น 2 เรื่อง คือ

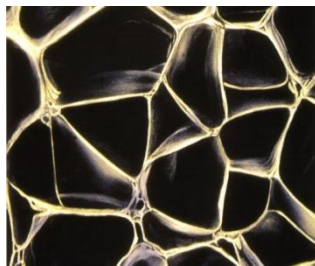
- จะทำให้เกิดปัญหาขึ้นที่วัสดุที่ใช้ทำผนังห้องเย็นหรือโครงพื้นผิวของตู้เย็นจะรับเอาความร้อนในปริมาณมากส่งเข้ามาในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการความเย็น ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับระบบ
- เมื่อมีการขาดของฉนวนหุ้มท่อที่ทางเข้าจะทำให้อุณหภูมิของก๊าซทำความเย็นที่ไหลย้อนกลับจากคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุทำให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์มีประสิทธิภาพลดลง

เมื่อเกิดการขาดของฉนวนที่ห่อหุ้มวัสดุที่ใช้ทำผนังห้องเย็น จะเริ่มมีน้ำซึมเข้าทางริมขอบของฉนวนที่ได้รับความเสียหาย และเมื่อน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งก็จะขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้โครงสร้างภายในของโฟมที่เป็นฉนวนเสียหาย ซึ่งจะสามารถทำการแก้ไขโดยการขับไอน้ำออกไปและปิดส่วนนี้เข้าด้วยกันโดยใช้สารติดฉนวนและทำการหุ้มฉนวนที่ผิวใหม่

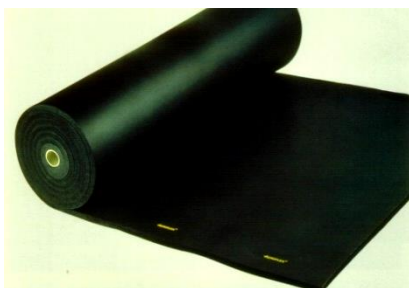
การซ่อมแซมความเสียหายของผิวฉนวนที่หุ้มควรทำการเปิดวัสดุหุ้มฉนวนภายในออกก่อน และซ่อมแซมให้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

ฉนวนโฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)

โฟมชนิดยืดหยุ่นมีอีกชื่อหนึ่งคือ โฟมยางแบบขยาย (Expanded Rubber Foam) เป็นฉนวนที่ยืดหยุ่นได้ด้วยการฉีดขยายตัวในแบบ (Mold) โฟมชนิดนี้เป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด (Closed Cell Insulation) มีเซลล์ชิดกันมาก มีการดูดซึมความชื้นต่ำ ทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดี จึงเหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่นในระบบท่อส่งความเย็นในโรงงานน้ำแข็ง หากใช้งานที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะเกิดการหดตัว และทำให้สภาพการเป็นฉนวนลดลง



รูปที่ 2.23 ภาพขยายแสดงโครงสร้างของโฟมชนิดยืดหยุ่น



รูปที่ 2.24 ลักษณะโฟมชนิดยืดหยุ่นแบบแผ่นและแบบสำหรับหุ้มท่อ

2.5.2.9 เครื่องถ่ายเทความร้อน

คอนเดนเซอร์ และอีวาโปเรเตอร์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับการมีระบบการถ่ายเทความร้อนที่ดี ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีพื้นผิวที่สะอาด และปราศจากสิ่งกีดขวางดังที่ได้อธิบายก่อนหน้านี้

2.5.2.10 การระบายความร้อนด้วยอากาศ

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องถ่ายเทความร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ปกติจะใช้ทองแดงสำหรับทำท่อและอะลูมิเนียมสำหรับทำแผงที่ขยายไปตามท่อวัสดุทั้งสองชนิดนี้ ส่วนใหญ่แล้วจะมีลักษณะเฉพาะภายใต้สภาวะการป้องกันการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี แต่ในบางสภาวะก็อาจเกิดความเสียหายได้ อันเนื่องมาจากกระบวนการที่เร่งให้เกิดออกซิเดชันขึ้น

การตรวจสอบตามกำหนดเวลาจะทำให้ทราบถึงบริเวณที่เกิดการกัดกร่อน ถ้าพบร่องรอยใดๆ ขึ้นควรจะมีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง ซึ่งอาจจะป้องกันวัสดุทำแผงอุปกรณ์ด้วยการเคลือบผิวเพิ่มขึ้น

ปัญหาดังกล่าวไม่พบบ่อยนักกับอีวาพอเรเตอร์ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นกับอีวาพอเรเตอร์ คือ มีการกัดกร่อนขึ้นบริเวณที่ไม่มีการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการตรวจสอบตามกำหนดเวลายังคงเป็นการรับประกันได้ว่า ไม่มีการหลุดตันจากการเกาะของน้ำแข็ง ซึ่งเป็นสภาวะโดยรวมของเครื่องอีวาพอเรเตอร์ที่ต้องตรวจสอบอยู่เสมอ

2.5.2.11 การระบายความร้อนด้วยน้ำ

อัตราการเกิดกร่อนและการสะสมความสกปรกที่พบบ่อยกับคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำนี้ จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ไหลผ่านตัวเครื่อง ซึ่งยากต่อการประเมินว่ามีการปนเปื้อนในระดับใดที่สามารถยอมรับได้ ทั้งนี้เพราะคอนเดนเซอร์ถูกปิดผนึกแน่นอยู่

วิธีที่ช่วยได้คือ ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการบันทึกความดันขณะควบแน่นของระบบไว้ เมื่อมีการสะสมของสารปนเปื้อนภายในจะทำให้ความดันนั้นสูงขึ้น ส่งผลให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อความดันขณะควบแน่นสูงขึ้นจนไม่สามารถยอมรับได้ จึงควรให้เจ้าหน้าที่เทคนิคด้านการบำรุงรักษาที่มีความชำนาญ โดยเฉพาะทำความสะอาดส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้ และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำก็จะมีผลทำให้ความดันขณะควบแน่นสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

2.5.3 แผนการบำรุงรักษา

สัญญาของการบำรุงรักษามีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานที่จะเลือกบริษัทคู่สัญญาเพื่อให้มาทำการบำรุงรักษาระบบทำความเย็น แต่โดยทั่วไปแล้วลักษณะของสัญญาเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการซึ่งคล้ายกันกับการประกันภัย

สำหรับแผนการบำรุงรักษานั้นมีจุดมุ่งหมายคือ

- การบำรุงรักษาเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสม
- ปรับปรุงความมั่นคงของระบบเพื่อช่วยลดความเสียหายต่างๆ

สิ่งเหล่านี้เป็นไปได้ด้วยการตรวจสอบติดตามการทำงานของเครื่อง การทำความสะอาด การซ่อมแซมหรือการเปลี่ยนชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่จำเป็น และสิ่งสำคัญอย่างยิ่งคือ จะต้องเปลี่ยนหรือซ่อมส่วนประกอบก่อนที่จะใช้การไม่ได้

ความผิดพลาดส่วนใหญ่ของระบบทำความเย็นจะทำให้สมรรถนะและประสิทธิภาพในการทำงานลดลง แต่จะไม่สามารถสังเกตเห็นจนกระทั่งถึงระยะของการรับภาระงานสูงมาก หรือสภาวะอุณหภูมิของบรรยากาศสูงขึ้นแต่ส่วนใหญ่แล้วสาเหตุจะเกิดจากขนาดของระบบทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่เกินไป นอกจากนี้การบำรุงรักษาเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งเพื่อช่วยป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ขณะที่ผู้รับจ้างในการบำรุงรักษายังมีการปฏิบัติงานอยู่และเพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบทำความเย็นยังทำงานมีประสิทธิภาพเท่าที่เป็นไปได้

2.6 วิธีการตรวจวัด และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

2.6.1 การปรับอากาศและวิธีคำนวณ

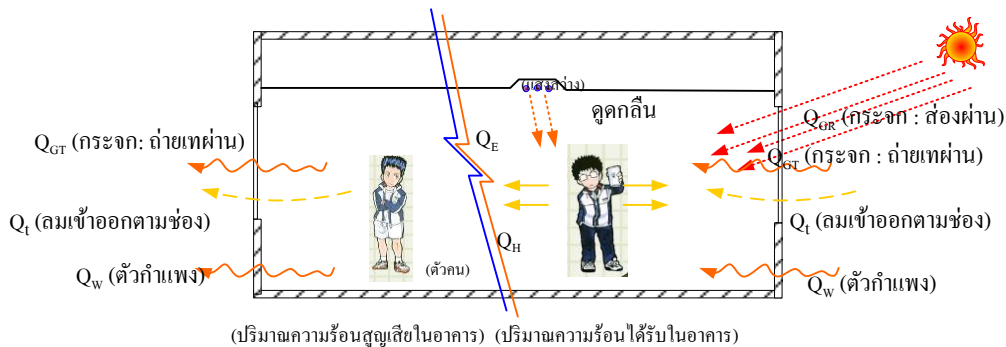
“การปรับอากาศ” ตามเนื้อหาแล้ว แบ่งออกได้เป็น 3 อย่าง คือ “ภาระในอาคาร” “ภาระเครื่องปรับอากาศ” “ภาระแหล่งความร้อน” ภาระเหล่านี้ต่างก็มีการคำนวณตามลำดับขั้นตอนแต่ละอย่าง ณ ที่นี้ ขอกล่าวถึงกฎการคำนวณและเนื้อหาของภาระนั้นๆ ตามลำดับไป

2.6.1.1 ภาระในอาคาร

ในกรณีที่มีการออกแบบอุปกรณ์ปรับอากาศสำหรับอาคาร สิ่งที่ต้องได้ตรงเป็นอันดับแรกก็คือการกำหนดปัจจัยการออกแบบอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารดังที่กล่าวไว้แล้ว ที่จริงแล้วองค์ประกอบทางความร้อนที่เหมือนจะทำให้ปัจจัยการออกแบบอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารที่ถูกกำหนดไว้เช่นนี้ล้มเหลวลง ก็คือ “ภาระในอาคาร” หรือ อีกชื่อหนึ่ง “Space load” หากกล่าวให้ง่ายขึ้น ภาระในอาคารคือปริมาณความร้อนที่มีความสำคัญต่อการรักษาอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารให้เป็นไปตามที่กำหนดอย่างเสถียรภาพ

ในนั้นเองเรียกแยกประเภทได้ว่า ความร้อนที่คล้ายกับว่าทำให้อุณหภูมิของอาคารสูงขึ้น กล่าวคือ ความร้อนสมดุลกลายเป็นค่าเชิงบวก (ค่าบวก) ที่เรียกว่า ภาระการทำความเย็น และในทางกลับกัน ความร้อนที่คล้ายกับว่าทำให้อุณหภูมิของอาคารลดต่ำลง กล่าวคือ ความร้อนสมดุลกลายเป็นค่าเชิงลบ (ค่าลบ) ที่เรียกว่า ภาระการทำความร้อน

เมื่อดูภาระเหล่านี้จากมุมมองของอาคาร ภาระการทำความเย็นจะเรียกว่า “ปริมาณความร้อนได้รับในอาคาร” เพราะเป็นความร้อนที่รุกเข้าเข้ามาภายในอาคารหรือเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร และภาระการทำความร้อนจะสามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า “ปริมาณความร้อนสูญเสียในอาคาร” เพราะเป็นปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปจากอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.25

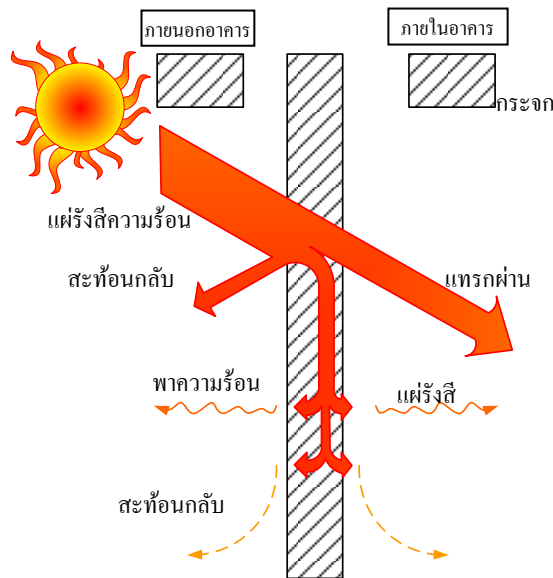


รูปที่ 2.25 แนวคิดของภาระภายในอาคาร

ดังนั้น กรณีที่คำนวณภาระปรับอากาศนั้น จะเป็นการคำนวณปริมาณ “การได้รับความร้อน” (heat gain) หรือ “การสูญเสียความร้อน” (heat loss) ออก จะอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบของภาระปรับอากาศ และกฎการคำนวณดังต่อไปนี้

1. ภาระที่มาจากกระจกหน้าต่าง (ภาระความร้อนสัมผัส)

ภาระนี้มีสองแบบคือ “ภาระแสงอาทิตย์ส่องผ่าน” และ “ภาระความร้อนถ่ายเทผ่าน” ในรูป 2.26 เป็นการแสดงกระบวนการของแสงอาทิตย์ที่ส่องไปยังหน้าต่างกระจกทำให้ได้รับความร้อน “ภาระความร้อนส่องผ่าน” สามารถคิดได้ว่าเป็นภาระของแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านหน้าต่างกระจกแล้วกลายเป็นภาระความร้อนในชั่วพริบตาโดยที่ไม่มีการล่าช้าของเวลาตามปกติ อนึ่ง ส่วนใหญ่ในการปรับอากาศร้อนแล้วจะไม่พิจารณาการได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์เนื่องจากเป็นภาระที่ไม่มีผลเชิงลบ อีกด้านหนึ่ง ภาระความร้อนถ่ายเทผ่านเป็น “ภาระการนำความร้อน” ที่รุกเข้าจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคารหรือที่เสียจากภายในอาคารให้แก่ภายนอก ขึ้นอยู่กับผลต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร



รูปที่ 2.26 กระบวนการของแสงอาทิตย์ที่ส่องไปยังหน้าต่างกระจก จนกลายเป็นการได้รับความร้อน

2. ภาระจากโครงสร้างอาคาร (ภาระความร้อนสัมผัส)

เป็นภาระความร้อนที่ผ่านโครงสร้างอาคาร เช่น กำแพงด้านนอก หลังคา ใต้ถุนติดพื้น ผนังใต้ดิน เป็นต้น แล้วรูล้ำจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร หรือสูญเสียจากภายในอาคารไปยังภายนอก ในการคำนวณภาระการทำความเย็นจากกำแพงด้านนอกและหลังคา อาศัยการคำนวณด้วยวิธีสภาวะไม่คงที่เป็นค่าของ HASS (หมายเหตุ) ใช้ค่าปริมาณความร้อนที่ไหลผ่าน แยกตามชนิดของโครงสร้างตัวกำแพง ลบอัตราการไหลผ่านความร้อนของตัวกำแพง เป็นค่าผลต่างของอุณหภูมิ แล้วคำนวณค่าภาระการทำความเย็นจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารตามสภาพปรากฏที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลา

(หมายเหตุ) “HASS” คือมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมศาสตร์ทางการทำความร้อน การปรับอากาศ และสุขอนามัยแห่งประเทศไทย ย่อมาจาก Heating Air-Conditioning and Sanitary Standard อีกทางหนึ่งในการคำนวณภาระการทำความร้อน จะไม่ใส่ใจกับอิทธิพลของแสงอาทิตย์ และจะคำนวณด้วยวิธีคำนวณที่สภาวะคงที่ (หมายเหตุ)

(หมายเหตุ) “วิธีคำนวณที่สภาวะคงที่” คือการคำนวณที่ตั้งตามข้อกำหนดที่ได้มีการกำหนดอุณหภูมิภายในอาคารและอุณหภูมิภายนอกอาคารให้คงที่ ภาระความร้อนที่ไหลผ่านใต้ถุนติดพื้นและผนังใต้ดินจะบันทึกเฉพาะเวลาทำความร้อนและจะไม่นำมาพิจารณาในการทำความเย็นเนื่องจากไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อการสูญเสียความร้อน

3. ภาระจากผนังกันภายใน (ภาระความร้อนสัมผัส)

ในกรณีที่ห้องข้างเคียงเป็นห้องที่ไม่มีการปรับอากาศ (ห้องเก็บของ ห้องใต้บันได ทางเดิน เป็นต้น) จะใช้วิธีคิด “สัมประสิทธิ์ผลต่างอุณหภูมิห้องข้างเคียง” แต่ในกรณีที่สามาราคาดคะเนอุณหภูมิของพื้นที่นั้นๆได้โดยง่าย จะกำหนดวิธีการคำนวณภาระจากค่าความแตกต่างของอุณหภูมินั้นๆ กับอุณหภูมิภายในอาคาร

4. ภาระจากความชื้นเข้า-ออก (ภาระความร้อนแฝง)

เป็นภาระที่เกิดจากความแตกต่างของความดันย่อยของไอน้ำภายในอาคารกับภายนอกอาคารที่ติดอยู่กับตัวผนังและเป็นภาระจากการไหลเข้าออกของน้ำ (ความชื้น) นอกเหนือจากกรณีของห้องที่มีอุณหภูมิและความชื้นคงที่หรือห้องระบายเป็นต้นที่ต้องมีการควบคุมความชื้นอย่างเข้มงวดแล้ว ถึงแม้พิจารณาภาระนี้

ก็ไม่มีผลกระทบกระทบใดๆ ในการปรับอากาศทั่วไปของห้องพักอาศัยปกติ เนื่องจากภาระนี้เป็นภาระที่มีค่าน้อยมาก

5. ภาระจากลมเข้าออกตามช่องรั่ว (ภาระความร้อนสัมผัสและภาระความร้อนแฝง)

ภาระจากลมเข้าออกตามช่องเปิดหรือรูรั่ว เป็นภาระที่มาจากการรुक้าของอากาศภายนอกเข้าสู่บริเวณการปรับอากาศจากการเปิดปิดประตู ช่องว่างของหน้าต่างและประตู ปริมาณของลมเข้าออกตามช่องเองก็ได้รับผลกระทบจากความต่างของอุณหภูมิภายในอาคารและอุณหภูมิภายนอกอาคารหรือความเร็วลมส่วนนอก นอกเหนือจากโครงสร้างของหน้าต่างและประตู

6. ภาระที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (ภาระความร้อนสัมผัสและภาระความร้อนแฝง)

เป็นภาระความร้อนจากอุปกรณ์ส่องสว่าง หรืออุปกรณ์และเครื่องจักรอื่นๆ ภายในอาคาร รวมไปถึงจากตัวคน ในช่วงที่ทำความร้อน จะไม่พิจารณาภาระนี้เพราะไม่มีผลกระทบใดๆ แต่ในกรณีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง เป็นต้น จะบวกเข้ากับทิศทางที่สร้างดุลกับภาระการทำความร้อนก็ได้

7. ภาระความร้อนสะสมจากการปรับอากาศแบบเป็นช่วงๆ

ในกรณีที่มีการปรับอากาศแบบเป็นช่วงๆ ถึงแม้จะอยู่ในช่วงที่หยุดในระหว่างการทำงานของการทำงานปรับอากาศก็ตาม การได้รับความร้อนและการสูญเสียความร้อนก็ยังมีอยู่ ซึ่งทำให้เกิดการสะสมความร้อนจากตัวโครงสร้างอาคารหรือเครื่องเรือนและอุปกรณ์ใช้สอย เป็นต้น เมื่อเริ่มต้นทำงานการปรับอากาศต่อไปจะปรากฏเป็นภาระความร้อนสะสม ภาระความร้อนสะสมนี้ ตามปกติจะมีน้อยและโอกาสที่จะเป็นภาระขนาดใหญ่ที่สุดในเวลาเริ่มต้นการทำงานของการทำงานปรับอากาศไม่ค่อยมี ดังนั้น ถึงแม้จะไม่พิจารณาภาระความร้อนสะสมในส่วนของการทำความเย็นไปก็ตาม จะไม่มีผลกระทบใดๆ ในส่วนของภาระการทำความร้อนนี้จะถือว่า “ภาระความร้อนสะสมเชิงตำแหน่ง”

2.6.1.2 ภาระเครื่องปรับอากาศ

ภาระความร้อนที่รวมภาระความร้อนภายในอาคารดังกล่าวข้างต้นแล้วยังมี “ภาระความร้อนของเครื่องเป่าลม” “ภาระความร้อนผ่านท่อลม” “ภาระอากาศภายนอก” และ “ภาระความร้อนชื้น” ดังที่แสดงข้างล่างรวมเรียกว่า “ภาระเครื่องปรับอากาศ” ภาระเครื่องปรับอากาศนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการประเมินของเครื่องปรับอากาศ

1. ภาระความร้อนจากพัดลม (ภาระความร้อนสัมผัส)

เป็นภาระความร้อนที่เกิดจากการได้รับความร้อนจากพัดลม (รวมทั้งมอเตอร์ไฟฟ้า) และเมื่อมีการทำความร้อนจะไม่พิจารณาเพราะไม่มีผลกระทบใดๆ

2. ภาระความร้อนผ่านท่อลม (ภาระความร้อนสัมผัส)

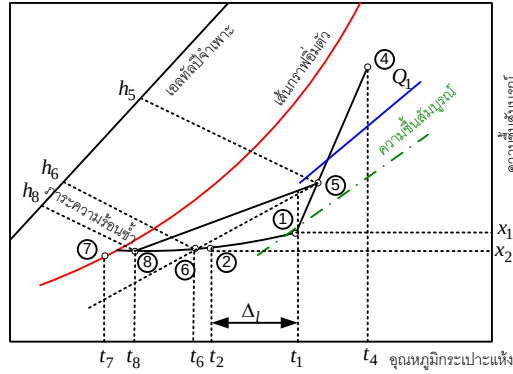
เป็นภาระความร้อนที่ก่อให้เกิดความต่างของอุณหภูมิของอากาศภายในท่อลม และอุณหภูมิแวดล้อมภายนอกท่อลม ทว่า เมื่อมีการทำความร้อน จะเป็นการสร้างดุลกับภาระความร้อนของเครื่องเป่าลมข้างต้นจึงสามารถตัดทิ้งได้

3. ภาระอากาศภายนอก (ภาระความร้อนสัมผัสและภาระความร้อนแฝง)

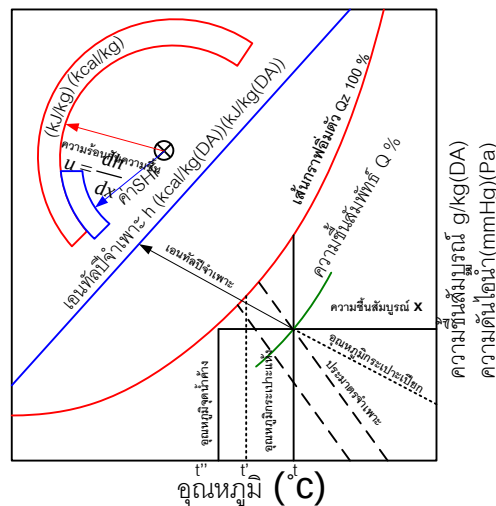
ในการปรับอากาศปกติทั่วไปสำหรับมนุษย์ ด้วยจุดมุ่งหมายที่จะกำจัดฝุ่นผง กลิ่นเหม็น CO₂ เป็นต้น และคงไว้ซึ่งสภาพอันน่ารื่นรมย์ของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร จึงจำเป็นที่จะรับเอาปริมาณที่จำเป็นของอากาศภายนอกจากส่วนนอกของอาคารเข้ามา (ตามปกติ 20-30 [m³/h คน]) ซึ่งมีสภาพที่ต่างกับอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร ภาระอากาศภายนอกเป็นภาระความร้อนเพื่อทำให้อากาศภายนอกที่รับเข้ามานี้มีสถานะเหมือนอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร

4. ภาวะความชื้น (ภาวะความชื้นสัมพัทธ์)

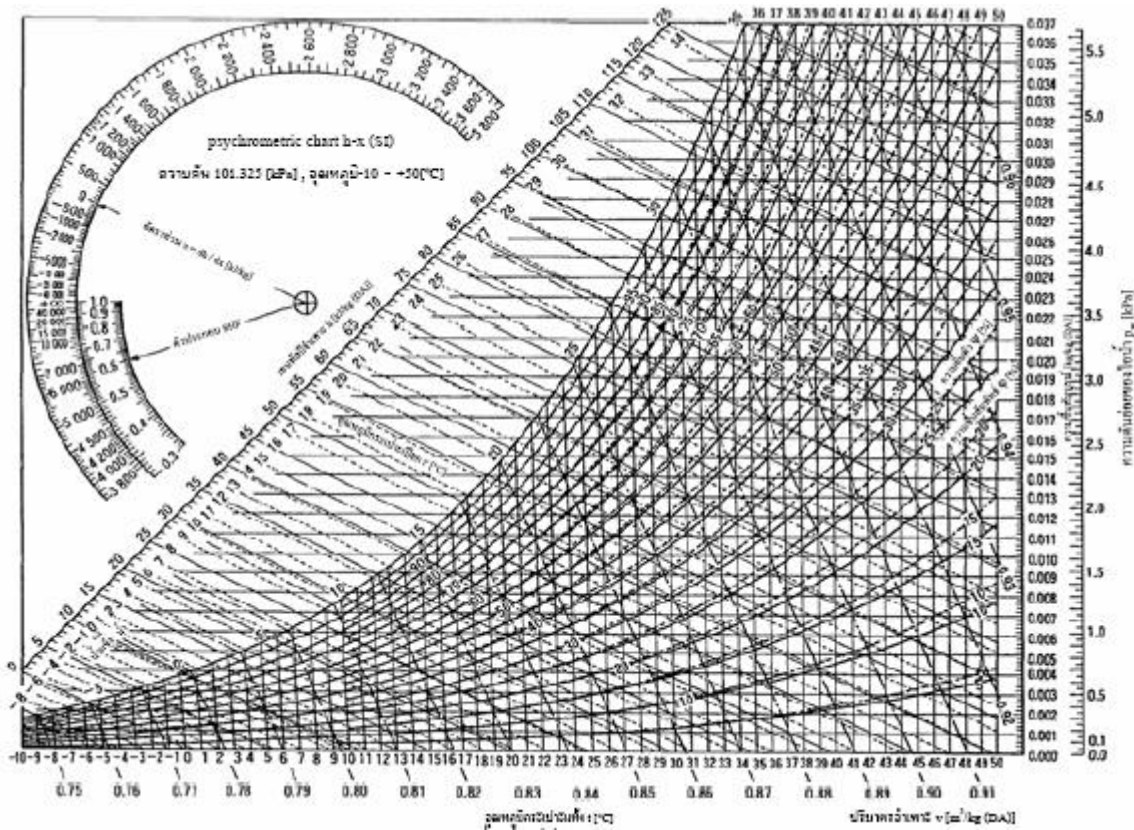
กรณีที่มีการควบคุมความชื้นภายในอาคารให้เป็นความชื้นต่ำ ดังแสดงไว้ในแผนภูมิไซโครเมตริก (หมายเหตุ) ในแผนภูมิ 2.27 ภายหลังจากที่ทำให้อากาศป้อนเข้าเย็นต่ำกว่าจุดอิ่มตัวแล้ว ((5) → (8)) จำเป็นที่จะต้องให้ความร้อนชื้น (reheat) ((8) → (6)) ภาวะความชื้นที่ต้องใช้ในการนี้ก็คือภาวะความชื้น



รูปที่ 2.27 ภาวะความชื้นบนแผนภูมิไซโครเมตริก



รูปที่ 2.28(1) โครงสร้างของ Psychrometry chart



รูปที่ 2.28(2) โครงสร้างของ Psychrometry chart

($h_8 \rightarrow h_6$) เนื่องจากภาระความร้อนเข้าเป็นภาระที่จำเป็นเฉพาะกับการควบคุมความชื้นในช่วงเวลาการทำงาน ความเย็นตามปกติ จึงไม่รวมเข้ากับภาระการทำความร้อน

(หมายเหตุ) “Psychrometric chart” หรือเรียกว่า “แผนภาพอากาศชื้น” เป็นแผนภาพที่สร้างความสะดวกในการทำความเข้าใจต่อสภาพทางความร้อนของอากาศ โดยมีองค์ประกอบดังแสดงในแผนภูมิรูปที่ 2.28 และเนื่องจากเมื่อพิจารณาสภาพอากาศตาม “แผนภูมิ” 2 จุด สภาพการณ์ของอากาศนั้นๆ ไม่ได้รับการกำหนดเป็นพิเศษแต่อย่างใด บางครั้งจึงเรียกว่า “Chart” อนึ่ง ในการคำนวณอุปกรณ์ในการปรับอากาศนั้น จะใช้แต่ “แผนภูมิ h-x” ซึ่งแกนจะแสดง “เอนทัลปีจำเพาะ (h)” และ “ความชื้นสัมบูรณ์ (x)” โดย Psychrometric chart แสดงไว้ในรูปที่ 2.28(2)

ภาระความร้อนเข้านี้หากเปรียบเทียบกับรถยนต์ แล้วจะเปรียบเสมือนสภาพการเหยียบคันเร่งจนสุดแล้วเหยียบเบรกพร้อมกัน ซึ่งจะเกิดความสิ้นเปลืองพลังงานโดยสูญเปล่าขึ้น

ดังนั้น ประเด็นสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน ก็คือการกำหนดช่วงความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องให้กว้างที่สุดเท่าที่จะทำได้

แผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ตจะแสดงค่าต่างๆ ดังนี้

- **อุณหภูมิกระเปาะแห้ง :** วัดอุณหภูมิได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา (เส้นแนวนอนของชาร์ต)
- **อุณหภูมิกระเปาะเปียก :** วัดอุณหภูมิได้โดยใช้ผ้าชุบน้ำคลุมที่กระเปาะ (เส้นทแยงของชาร์ต)
- **อุณหภูมิของจุดกลั่นตัว :** คือค่าของอุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำเริ่มกลั่นตัว และยัง แสดงค่าปริมาณ ของไอน้ำในอากาศ

■ **ความชื้น :**

❖ **ความชื้นสัมบูรณ์ :** คือมวลของไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรอากาศ (กรัม/ลบ.ม.) (ไม่แสดงในชาร์ต)

❖ **ความชื้นจำเพาะ :** คือ มวลของไอน้ำต่อมวลของอากาศแห้งหนึ่งหน่วย (กรัม/กิโลกรัม) (เส้นแนวตั้งทางขวามือของชาร์ต)

❖ **ความชื้นสัมพัทธ์ :** คือ อัตราส่วนของความดันระหว่างไอน้ำในอากาศ และไอน้ำที่จุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน (ตามเส้นโค้งของชาร์ต)

■ **เอนทัลปี (Enthalpy) :** คือปริมาณพลังงานความร้อนในอากาศ (ตามเส้นโค้ง ของชาร์ต) มี 2 องค์ประกอบคือ

❖ **ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) -** การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ กระเปาะแห้งของอากาศที่ความชื้นคงที่

❖ **ความร้อนแฝง (Latent heat) -** การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในอากาศที่อุณหภูมิ กระเปาะแห้งคงที่

ตารางที่ 2.7 แสดงกระบวนการปรับอากาศแบบต่าง ๆ

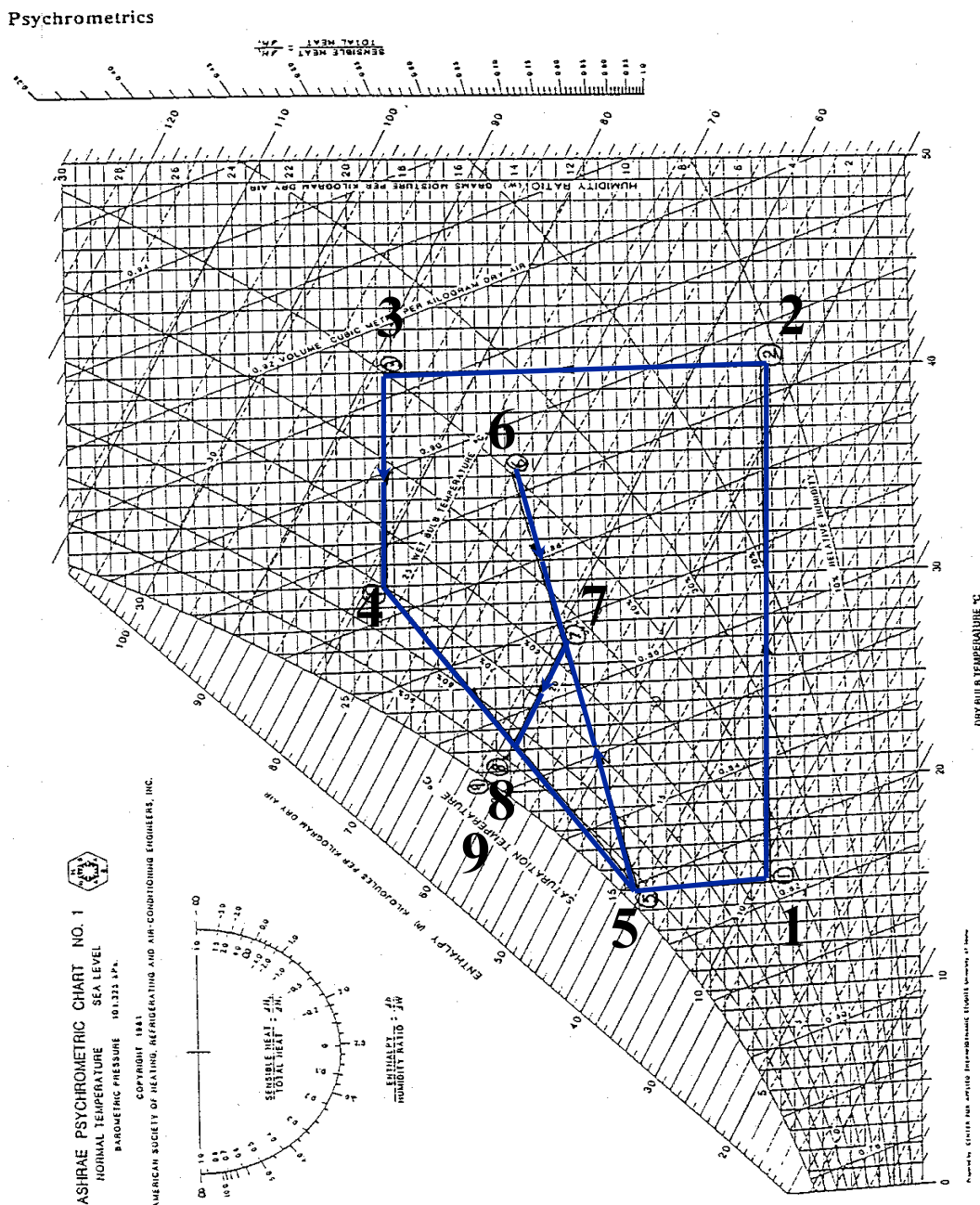
ลำดับที่	ขบวนการ	วิธีการ	อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	เอนทัลปี (kJ/kg)	เอนทัลปีที่ เปลี่ยนแปลง (kJ/kg)
1	อากาศภายนอก	ผ่านท่อลม	15	50	28.5	
1→2	การทำความร้อน แบบแห้ง	เครื่องทำความร้อน แบบไฟฟ้า	15→40	50→12	28.5→54	25.5
2→3	การทำให้ชื้น	ฉีดน้ำ 40 °ซ	40	12→40	54→88	34
3→4	การทำความเย็น	คอยล์น้ำเย็น	40→30	40→70	88→78.5	9.5
4→5	การทำความเย็น และลดความชื้น	การทำความเย็น และการกลั่นตัว	30→15	70→93	78.5→40	38.5
5+6→7	การผสมระหว่าง อากาศ 2 สภาวะ	กระเปาะแห้ง 35 °ซ กระเปาะเปียก 24 °ซ 7 อยู่บนเส้นที่ลาก ระหว่าง 5 และ 6 และใช้สัดส่วน ของอากาศที่ไหล	27	56	59	19
7→8	การทำความเย็น แบบระเหย	ตัวทำความเย็น แบบระเหยเชิง พาณิชย์ (อุณหภูมิ กระเปาะเปียกคงที่) ประสิทธิภาพ 80%			59	0
8→9	การทำความเย็น แบบระเหยและเกิด การกลั่นตัว	บนเส้นอิ่มตัว			59	0

เพื่อความเข้าใจในคุณสมบัติต่างๆ ได้ดีขึ้นให้ดูจากเลข 1-9 ในไซโครเมตริกชาร์ท

จากตัวอย่างในการใช้ไซโครเมตริกชาร์ท จะพบว่ากระบวนการปรับอากาศที่แตกต่างกัน เช่น ความร้อน ความเย็น ความชื้น ต่างก็ต้องการการใช้การถ่ายเทพลังงานเช่นเดียวกัน ตามชาร์ท ถ้าจุด 1 แสดงสภาวะอากาศภายนอก และ 7 แสดงสภาวะอากาศที่ต้องการ ส่วนอื่นๆ อยู่บนแนวเส้นนี้ คือ พลังงานที่สูญเสีย

ไซโครเมตริกชาร์ทเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์ในการคำนวณหาพลังงานที่ต้องการ สำหรับกระบวนการปรับอากาศต่างๆ

นอกจากการแสดงสภาวะของพลังงานที่สูญเสียแล้วยังแสดงถึงปัญหา ดังนั้น ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบปรับอากาศ จึงใช้ไซโครเมตริกชาร์ทในการแก้ไขปัญหาต่างๆ



รูปที่ 2.33 ไซโครเมตริกชาร์ท

2.6.1.3 ภาระแหล่งความร้อน

ภาระที่ประกอบด้วยภาระภายในอาคารและภาระเครื่องปรับอากาศข้างต้น บวกด้วย “ภาระความร้อนของปัม” “ภาระความร้อนถ่ายเทผ่านผนังท่อ” “ภาระความร้อนสะสมของอุปกรณ์” เรียกว่า “ภาระแหล่งความร้อน” ซึ่งภาระนี้จะเป็นปัจจัยในการกำหนด capacity ของอุปกรณ์แหล่งความร้อน เช่น เครื่องทำความเย็น หม้อไอน้ำ เป็นต้น

1. ภาระความร้อนของปัม (ความร้อนสัมผัส)

เป็นภาระที่เกิดจากการได้รับความร้อนของปัมส่งตัวกลางความร้อน ในการทำความร้อนสามารถตัดทิ้งได้เนื่องจากไม่มีผลเชิงลบ

2. ภาระความร้อนถ่ายเทผ่านผนังท่อ (ความร้อนสัมผัส)

เป็นภาระในระบบท่อที่ประกอบเป็นระบบปรับอากาศที่เกิดขึ้นจากผลต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิตัวกลางความร้อนในท่อกับอุณหภูมิรอบๆ ท่อ โดยส่วนใหญ่มักจะตัดทิ้งไม่พิจารณา แต่ในกรณีที่ความยาวรวมของท่อมีความยาวมาก บางครั้งจะต้องพิจารณาภาระนี้ด้วย

3. ภาระความร้อนสะสมของอุปกรณ์ (ความร้อนสัมผัส)

กรณีที่ทำการปรับอากาศเป็นช่วงๆ ระหว่างที่หยุดเครื่องอุปกรณ์ ท่อ รวมทั้งน้ำที่มีอยู่ภายในจะเกิดการ “ให้และระบายความร้อนกับสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ทำให้เกิดผลต่างอุณหภูมิกับอุณหภูมิที่กำหนด เมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่อีกครั้ง จะกลายเป็น “ภาระความร้อนของอุปกรณ์” ขึ้น ภาระนี้เรียกว่า “ภาระ Pull down และภาระ Warming up”

โดยทั่วไปส่วนใหญ่แล้วจะสามารถตัดทิ้งไม่พิจารณาภาระนี้ได้ แต่กรณีที่ระบบมีขนาดใหญ่ และมีข้อจำกัดเรื่อง “เวลา Pull down – “Warming up” จะต้องนำภาระนี้มาคำนวณด้วย โดยทั่วไปเวลา Pull down จะมีระยะเวลาสั้นกว่าเวลา Preheat ตาราง 2.8 แสดงประเภทและโครงสร้างของภาระความร้อนในการปรับอากาศต่างๆ ซึ่งได้รวมภาระต่างๆข้างต้นเอาไว้แล้ว

2.6.1.4 การเดินเครื่องด้วยภาระเต็มพิกัดกับภาระไม่เต็มพิกัด

เมื่อตรวจสอบสภาพการเดินเครื่องของระบบเครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน จากรูปที่ 2.30 จะพบว่า 80 [%] ของเวลาเดินเครื่องรวมทั้งปี จะเดินเครื่องด้วยภาระไม่เกิน 35 [%] กล่าวคือเดินเครื่องด้วย “ภาระไม่เต็มพิกัด”

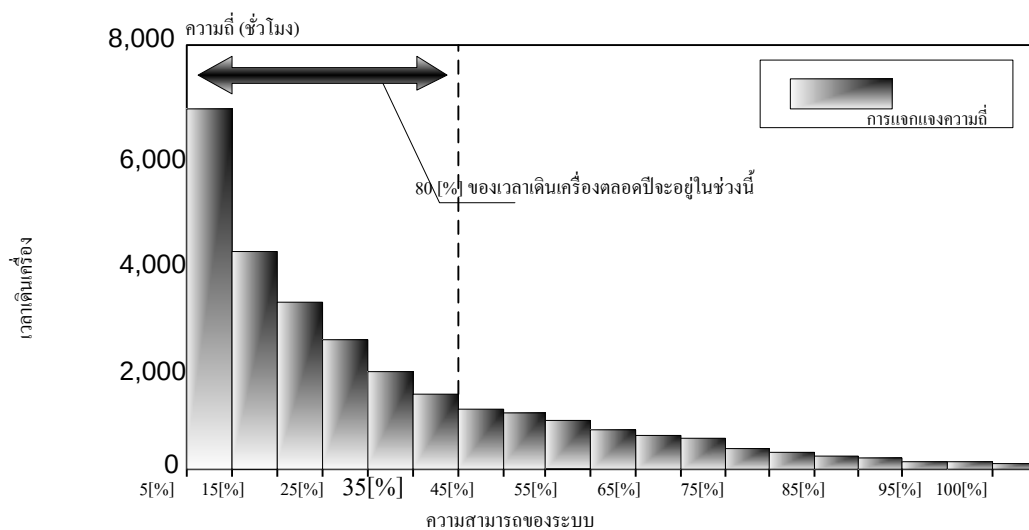
สมมติว่าเดินเครื่องด้วยภาระไม่เต็มพิกัดที่ 35 [%] กล่าวกันประสิทธิภาพจะลดลงประมาณ 30 [%] ดังนั้น การเดินเครื่องระบบปรับอากาศอย่างอนุรักษ์พลังงาน จะต้องพยายามลด “การเดินเครื่องด้วยภาระไม่เต็มพิกัด” ให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และ “เดินเครื่องด้วยภาระเต็มพิกัด” อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ประสิทธิภาพการเดินเครื่องมีค่าสูง

มาตรการเพื่อให้ได้ดังกล่าว ประกอบด้วยการนำระบบเก็บความร้อนมาใช้ในการเดินเครื่องแบบควบคุมจำนวนเครื่องโดยแบ่งอุปกรณ์แหล่งความร้อน เป็นต้น

ตารางที่ 2.8 ประเภทและโครงสร้างของภาระความร้อนในการปรับอากาศ

องค์ประกอบของภาระความร้อน	การปรับอากาศเย็น		การปรับอากาศร้อน	
	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง	ความร้อนสัมผัส	ความร้อนแฝง
ภาระแหล่งความร้อน				
ภาระบ่ม	○	—	×	—
ภาระความร้อนผ่านผนังทอ	△	—	△	—
ภาระความร้อนสะสมอุปกรณ์	△	—	△	—
ภาระเครื่องปรับอากาศ				
ภาระความร้อนพัดลม	○	—	×	—
ภาระความร้อนผ่านผนังทอลม	○	—	×	—
ภาระอากาศภายนอก	○	○	○	○
ภาระความร้อนซ้ำ	○	—	—	—
ภาระภายในอาคาร				
ภาระหน้าต่างกระจก				
ภาระแสงแดดส่องผ่าน	○	—	△	—
ภาระความร้อนถ่ายเทผ่าน	○	—	○	—
ภาระโครงสร้างอาคาร				
ผนังภายนอก หลังคา	○	—	○	—
พื้นอาคารติดดิน ผนังใต้ดิน	×	—	○	—
ภาระผนังกันภายใน	○	—	○	—
ภาระความชื้นซึม	—	×	—	×
ภาระลมเข้าออกตามช่อง	○	○	○	○
ภาระความร้อนที่เกิดในอาคาร				
อุปกรณ์ส่องสว่าง	○	—	△	—
ร่างกาย	○	○	△	×
อุปกรณ์ต่างๆ	○	—	△	—
ภาระความร้อนสะสมจากการเดินเป็นช่วงๆ	×	—	○	—

○ : นำมาคำนวณ
 △ : ส่วนมากมักจะไม่นำมาพิจารณา แต่กรณีที่มีความจะมีผลกระทบมากจะต้องนำมาคำนวณด้วย
 × : ไม่นำมาพิจารณา
 — : ไม่เกี่ยวข้อง



ที่มา : การปรับอากาศ สมาคมวิชาการอุตสาหกรรมอนามัย สมาคมบรรณาธิการ รวมวิทยานิพนธ์บรรณา (5-7 ส.ค. 2541 (ซ้ำไปโร))

รูปที่ 2.30 สภาพการเดินเครื่องระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงาน

2.6.2 การไหลของพลังงานความร้อนในระบบปรับอากาศ

หลักการของการปรับอากาศสามารถอธิบายได้ง่ายๆ ดังต่อไปนี้

การปรับอากาศเย็นจะทำได้ด้วยการใช้ตัวกลางความร้อนต่างๆ ดูดซับความร้อนเข้าภายในอาคาร แล้วนำไปปล่อยทิ้งภายนอก ส่วนการปรับอากาศร้อนจะทำได้ด้วยการนำพลังงานความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอกใส่เข้าไปในห้องโดยใช้ตัวกลางความร้อนต่างๆ เป็นตัวขนถ่ายเพื่อให้หักล้างกับความร้อนสูญเสียภายในอาคาร

ดังนั้น ในการปรับอากาศเย็นและการปรับอากาศร้อนจึงเกิดการไหล (กระแส) ของพลังงานความร้อนระหว่างตัวกลางความร้อนต่างๆ การทำความเข้าใจการไหลของพลังงานความร้อนนี้ จะเป็นทางลัดในการทำความเข้าใจหลักการของการปรับอากาศ ต่อไปนี้จะอธิบายการไหลของพลังงานความร้อนในการปรับอากาศเย็นและการไหลของพลังงานความร้อนในการปรับอากาศร้อนโดยยกตัวอย่างในกรณีของอาคารสำนักงานทั่วไป

1. การไหลของพลังงานความร้อนในการปรับอากาศเย็น (รูป 2.31)

ความร้อนที่ได้รับเข้ามาในอาคาร จะถูกหักล้างในเชิงความร้อนด้วย “อากาศสำหรับปรับอากาศ (ตัวอย่างเช่น อากาศ 15[°C]-90[%])” ที่เป่าเข้าไปในห้องด้วยพัดลมของเครื่องปรับอากาศ เพื่อรักษา “เงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องตามที่ออกแบบไว้ (ตัวอย่างเช่น 25[°C]-50[%])” ให้ได้ตลอดเวลา “อากาศหมุนเวียนกลับ (return air : 25[°C]-50[%])” จากภายในห้อง จะถูกนำไปผสมกับ “อากาศภายนอก (ตัวอย่างเช่น 32[°C]-60 [%])” แล้วนำไปให้ความเย็น-ลดความชื้นให้มีสภาวะ 15[°C]-90[%] อีกครั้งด้วย “คอยล์น้ำเย็น” ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องปรับอากาศ ก่อนที่จะนำไปเป่าเข้าไปในห้องอีกครั้งเป็นวัฏจักรวนเวียนเช่นนี้ ในการปรับอากาศด้วย “วิธีใช้อากาศภายนอกทั้งหมด (all OA)” นั้น “ปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามา” จะเท่ากับ 100 [%] แต่ในการปรับอากาศของอาคารสำนักงาน โดยทั่วไปปริมาณที่นำอากาศภายนอกเข้าจะมีค่าประมาณ 20-30 [%] ของปริมาณอากาศที่จ่ายทั้งหมด

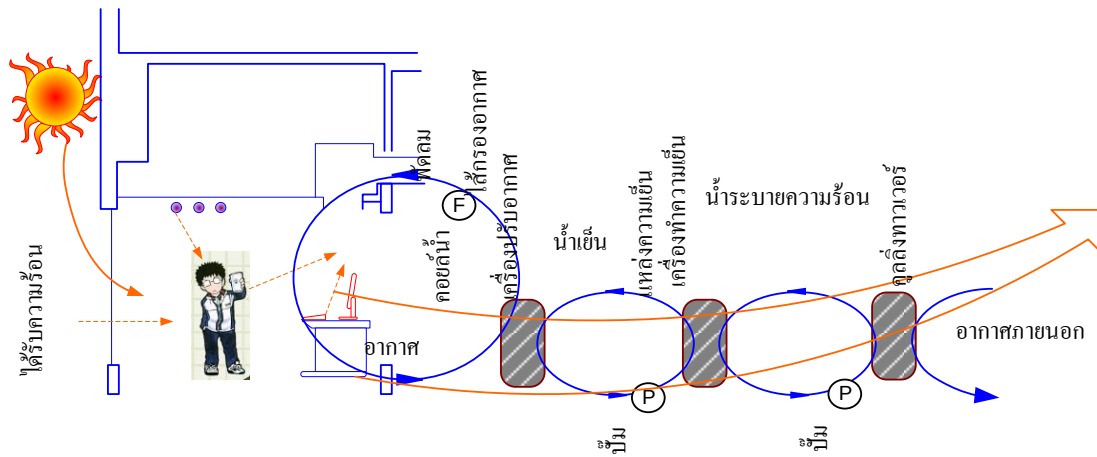
ส่วนความร้อนที่นำออกจากในอาคาร จะถูกนำไปถ่ายเทที่เครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้งไว้ในเครื่องปรับอากาศส่งผลให้ได้น้ำเย็นที่จ่ายออกมาด้วยปั๊มน้ำเย็นจากเครื่องทำความเย็นซึ่งเป็นอุปกรณ์แหล่งความเย็น

กล่าวคือ โดยทั่วไปน้ำเย็นที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศด้วยอุณหภูมิประมาณ 7 [°C] จะกลายเป็นน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 12 [°C] หลังจากถ่ายเทความร้อนให้แก่ห้องแล้วกลับไปยังที่เครื่องทำความเย็น น้ำเย็นที่กลับไปเครื่องทำความเย็นด้วยอุณหภูมิประมาณ 12 [°C] จะถูกทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ 7 [°C] ที่ “เครื่องระเหย (evaporator)” ของเครื่องทำความเย็น แล้วนำไปจ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศอีกครั้งเป็นวัฏจักร

นอกจากนี้ ความร้อนที่ถ่ายเทจากน้ำเย็นของเครื่องปรับอากาศไปยังเครื่องทำความเย็น จะถ่ายเทผ่านสารทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น ไปที่ “เครื่องควบแน่น (condenser)” แล้วถ่ายเทต่อไปให้น้ำระบายความร้อนจากคูลลิ่งทาวเวอร์ ในญี่ปุ่น โดยทั่วไปน้ำระบายความร้อนจะเข้าไปที่เครื่องควบแน่นด้วยอุณหภูมิประมาณ 32 [°C] แล้วกลับมาที่คูลลิ่งทาวเวอร์ด้วยอุณหภูมิประมาณ 37 [°C]

น้ำระบายความร้อนที่กลับมาที่คูลลิ่งทาวเวอร์ด้วยอุณหภูมิประมาณ 37 [°C] เมื่อผ่านคูลลิ่งทาวเวอร์จะถูกทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ 32 [°C] ซึ่งความร้อนในน้ำจะถูกระบายออกไปให้กับบรรยากาศ (อากาศภายนอก)

ดังนั้น หากไม่พิจารณา “ตัวกลางความร้อน (กระบวนการ) ระหว่างทาง” ตามที่ได้อธิบายไปข้างต้นแล้ว การปรับอากาศเย็นก็คือการนำ “ความร้อนที่ได้รับเข้ามาในอาคาร” ทิ้งไปให้กับอากาศภายนอกนั่นเอง



รูปที่ 2.31 การไหลของพลังงานความร้อนในการปรับอากาศเย็น

2. การไหลของพลังงานความร้อนในการปรับอากาศร้อน (ดูรูป 2.32)

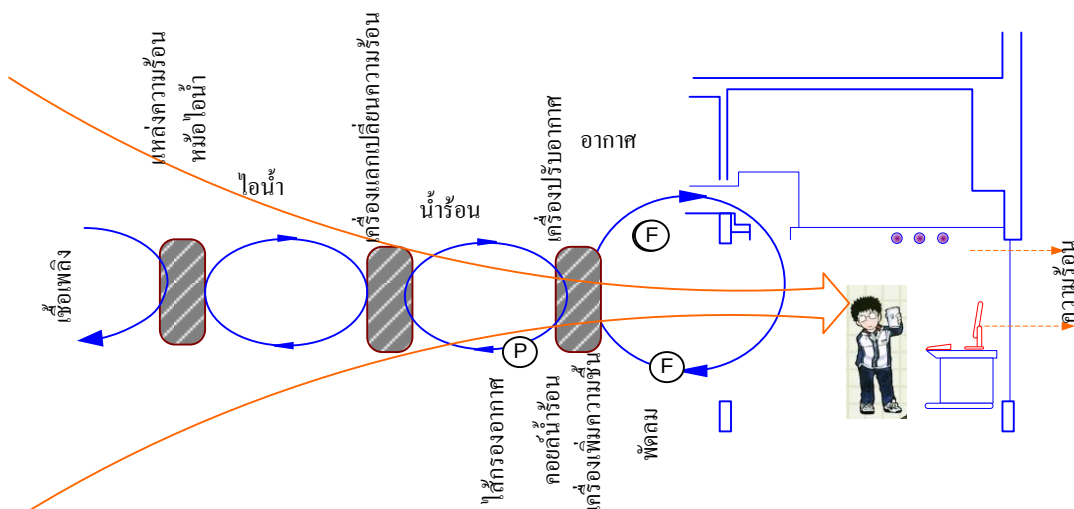
การปรับอากาศร้อนโดยใช้ (บางครั้งก็ใช้น้ำอุ่นหรือน้ำร้อน ฯลฯ) จาก “หม้อไอน้ำ (มีทั้งที่ใช้ก๊าซหุงต้ม (town gas) น้ำมันก๊าด น้ำมันหนัก ฯลฯ เป็นเชื้อเพลิง)” ซึ่งเป็นอุปกรณ์แหล่งความร้อน แล้วส่งไอน้ำไปที่ “เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน” เพื่อแปลงน้ำให้น้ำร้อนที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าว ไอน้ำที่แลกเปลี่ยนความร้อนแล้วจะกลายเป็นน้ำควบแน่นกลับมาที่หม้อไอน้ำ

ส่วนน้ำที่ถูกแปลงเป็นน้ำร้อนที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะถูกปั๊มน้ำร้อนส่งไปยังเครื่องปรับอากาศ แล้วกลับไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีกครั้งเป็นวัฏจักร

ภายในเครื่องปรับอากาศจะมี “คอยล์น้ำร้อน (บางครั้งจะใช้คอยล์น้ำร้อนน้ำเย็นซึ่งสามารถใช้เป็นคอยล์น้ำเย็นได้ด้วย)” และ “เครื่องเพิ่มความชื้น” โดยจะให้ความร้อนแก่คอยล์น้ำร้อนต่างๆ เพื่อให้ความร้อน - เพิ่มความชื้นให้แก่อากาศของเครื่องปรับอากาศ อากาศสำหรับปรับอากาศที่ได้รับความร้อน - เพิ่มความชื้นด้วยคอยล์น้ำร้อนต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ จะถูกเป่าเข้าไปในห้องด้วยพัดลมของเครื่องปรับอากาศ เพื่อเติมความร้อนที่สูญเสียไปจากในอาคาร แล้วไหลกลับมายังเครื่องปรับอากาศอีกครั้งเป็นวัฏจักร

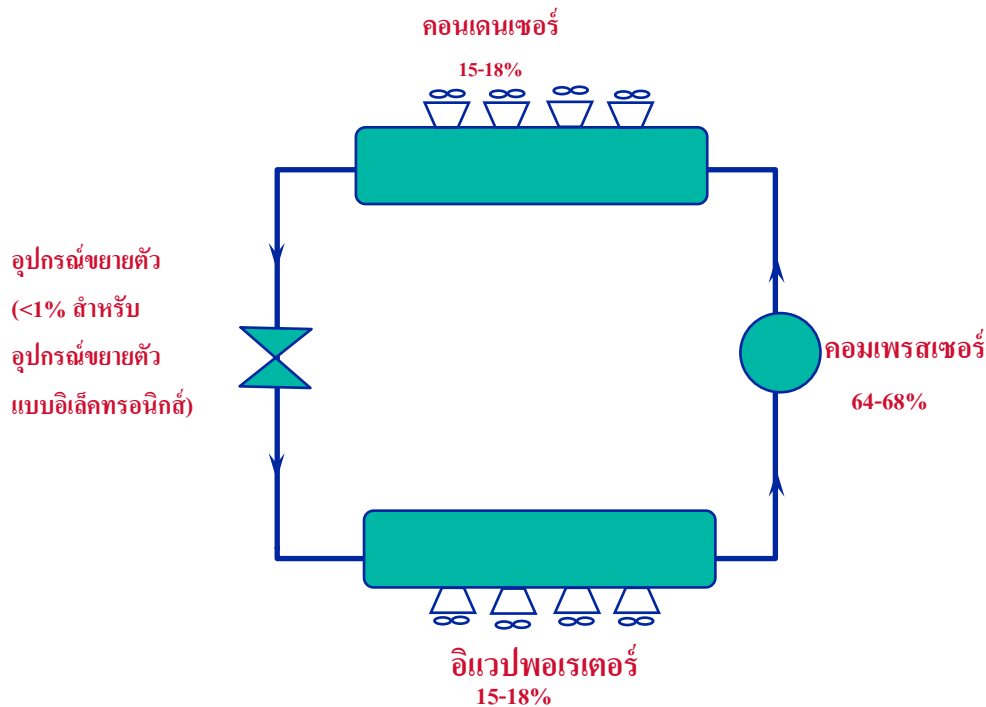
ดังนั้น หากไม่พิจารณา “ตัวกลางความร้อน (กระบวนการ) ระหว่างทาง” ที่อธิบายไปแล้วข้างต้น การปรับอากาศร้อน ก็คือการเติมความร้อนที่สูญเสียไปด้วยเชื้อเพลิง ฯลฯ นั่นเอง

ปริมาณลมของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับปริมาณลมที่จ่ายให้ในขณะปรับอากาศเย็น ดังนั้น สัดส่วนของปริมาณอากาศที่นำเข้ามาจากภายนอกและปริมาณอากาศ หมุนเวียนจะมีค่าเท่ากับทั้งในการปรับอากาศร้อนและอากาศเย็น



รูปที่ 2.32 การไหลของพลังงานความร้อนในการปรับอากาศร้อน

พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ



รูปที่ 2.33 พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ

ที่มา : โครงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ, สหราชอาณาจักร

แผนภูมินี้จะแสดงให้เห็นถึงส่วนการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของระบบปรับอากาศทุกระบบ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่แสดง คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละส่วนของส่วนการทำความเย็น

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐาน 4 ส่วน คือ

- **อีวาโปเรเตอร์** เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ถูกออกแบบมาเพื่อดึงความร้อนออกจากพื้นที่ปรับอากาศโดยใช้ตัวกลาง เช่น อากาศหรือสารทำความเย็น (ใช้พลังงานสำหรับพัดลม 15-18% ของพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด)
- **คอมเพรสเซอร์** เป็นตัวดึงก๊าซของสารทำความเย็น ความดันต่ำจากอีวาโปเรเตอร์และอัดให้ความดันสูงขึ้น ก๊าซของสารทำความเย็นจะถูกทำให้เย็นลงและควบแน่นเป็นของเหลวต่อไป (ใช้พลังงาน 64-68% ของพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด)
- **คอนเดนเซอร์** เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับอีวาโปเรเตอร์ ก๊าซของสารทำความเย็นจะถูกดึงความร้อนออกไปจนกลายเป็นของเหลว (ใช้พลังงานสำหรับพัดลม 15-18% ของพลังงานที่ใช้ในระบบทั้งหมด)
- **อุปกรณ์ขยายตัว** เป็นอุปกรณ์อย่างง่ายสำหรับลดความดันของสารทำความเย็นเหลวก่อนเข้าอีวาโปเรเตอร์ นอกจากนี้ยังใช้สำหรับควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ (มีการใช้พลังงานน้อยมากโดยเฉพาะอุปกรณ์ขยายตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์)

2.6.3 วิธีปรับอากาศแบบเก็บความร้อน

2.6.3.1 การปรับอากาศแบบเก็บความร้อนคืออะไร

“การปรับอากาศแบบเก็บความร้อน” หมายถึงการติดตั้ง “ถังเก็บความร้อน” ฯลฯ เพื่อเปลี่ยนสถานะของอุปกรณ์แหล่งความร้อน เช่น เครื่องทำความเย็น หม้อไอน้ำ ฯลฯ ของระบบปรับอากาศให้สม่ำเสมอ โดยเมื่อมีภาระต่ำหรือเมื่อไม่มีภาระ จะเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อนเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพสูงในสภาวะ Capacity เต็มที่ (Capacity ที่พิกัดของอุปกรณ์) แล้วนำความร้อนหรือความเย็นที่เกิดขึ้นไปเก็บไว้ในถังเก็บความร้อน เมื่อภาระการปรับอากาศมีค่าสูงกว่า Capacity ของอุปกรณ์แหล่งความร้อนจึงปล่อยความร้อนนี้ออกมา ข้อดีคือ ทำให้อุปกรณ์แหล่งความร้อน “มี Capacity ลดลง” “เดินเครื่องด้วยประสิทธิภาพสูง” “ใช้กำลังไฟฟ้าตอนกลางคืนซึ่งมีราคาต่ำ” เป็นต้น อนึ่ง วิธีเก็บความร้อน แบ่งเป็น “การเก็บความร้อนด้วยน้ำ” กับ “การเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็ง”

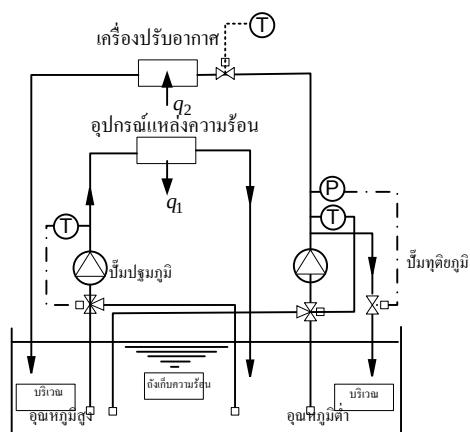
2.6.3.2 หลักการของการเดินเครื่องปรับอากาศแบบเก็บความร้อนด้วยน้ำ

ตัวอย่างของหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศเย็นแบบเก็บความร้อนด้วยน้ำ แสดงไว้ในรูป 2.34 เครื่องทำความเย็นจะใช้ปั๊มน้ำเย็นประสมภูมิสูบน้ำจากบริเวณอุณหภูมิสูง (ประมาณ 12-15 [°C]) นำไปให้ความเย็นด้วยเครื่องทำความเย็นเพื่อทำเป็นน้ำเย็น (7-8 [°C]) ในระหว่างนั้น เครื่องทำความเย็นจะไม่ได้เดินเครื่องที่ภาระไม่เต็มที่ (Partial load) แต่จะเดินเครื่องที่ภาระเต็มที่ (Full load)

ปั๊มน้ำเย็นทุติยภูมิจะส่งน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำไปยังเครื่องปรับอากาศแล้วเป็นน้ำเย็นอุณหภูมิสูง ไหลกลับมายังบริเวณอุณหภูมิสูงของถังเก็บความร้อนเป็นวัฏจักร

อนึ่ง การเดินท่อของระบบเครื่องทำความเย็นกับการเดินท่อของระบบเครื่องปรับอากาศจะแยกกันที่ถังเก็บความร้อนแบบเปิด ดังนั้น วิธีเดินท่อแบบนี้โดยทั่วไปจึงเรียกว่าการเดินท่อแบบวงจรเปิด เพื่อให้แตกต่างจากการเดินท่อแบบวงจรปิด

2.6.3.3 ข้อดีข้อเสียของการเก็บความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 2.34 หลักการปรับอากาศเย็นเก็บความร้อนด้วยน้ำ

สารที่ใช้ในการเก็บความร้อนมีหลายประเภท ปัจจุบันไม่เพียงแต่ความร้อนสัมผัสเท่านั้น แต่ยังมีการเก็บความร้อนโดยใช้ความร้อนแฝงอีกด้วย ในถังเก็บความร้อนสำหรับการปรับอากาศ กรณีที่ “เก็บความร้อนด้วยความร้อนสัมผัส” จะใช้ “น้ำ” ส่วนการ “เก็บความร้อนด้วยความร้อนแฝง” จะใช้ “น้ำแข็ง”

การเก็บความร้อนมีใช้กันมานานแล้วในกรณีที่มีการเดินเครื่องเป็นช่วงๆ มาก เช่น พื้นที่สาธารณะของโรงแรม หรืออาคารมีการเปลี่ยนแปลงมาก เช่น ห้างสรรพสินค้า ร้านค้า โรงมโหรีสพ ฯลฯ หรือกรณีการเดินเครื่องมีระยะเวลานาน อย่างไรก็ตาม ระยะหลังนี้จะนิยมใช้ “ระบบแหล่งความร้อนแบบปั๊มความร้อน” ซึ่งใช้อากาศหรือความร้อนทิ้งเป็นแหล่งความร้อนกันมากขึ้น

ในที่นี้จะสรุปข้อดีข้อเสียของการเก็บความร้อนด้วยน้ำอีกครั้งดังต่อไปนี้

1. ข้อดี

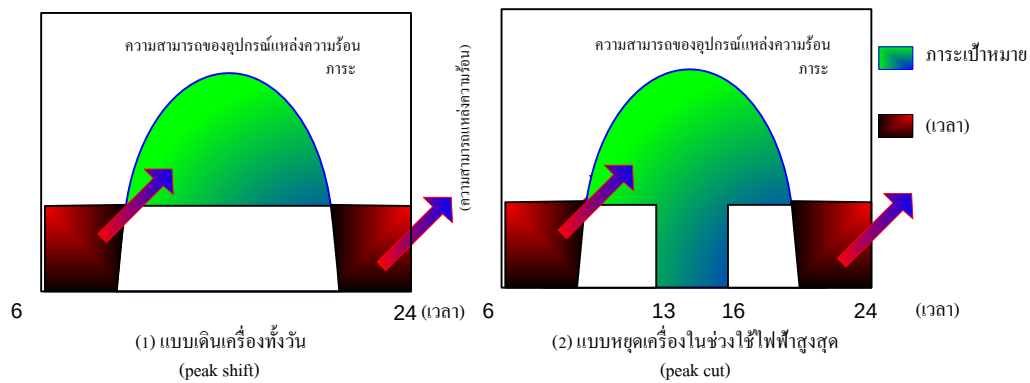
- (ก) สามารถปรับอุณหภูมิอุปทานความร้อนที่ไม่สมดุลได้ กล่าวคือ สามารถ “เกลี่ยภาระแหล่งความร้อน” ได้
- (ข) สามารถเดินเครื่องอย่างสม่ำเสมอได้
- (ค) สามารถลด Capacity ของอุปกรณ์แหล่งความร้อนได้ด้วย “Peak shift (หมายเหตุ)” หรือ “Peak cut * ”
- (ง) มีอิสระในการเลือกระยะเวลาและเวลาเดินเครื่องปรับอากาศได้
- (จ) สามารถหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องต่อเนื่องที่ภาระต่ำได้ จึงเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อนได้โดยที่ประสิทธิภาพสูง
- (ฉ) สามารถรองรับภาระที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ง่าย
- (ช) สามารถใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนซึ่งมีราคาถูกได้

*“Peak shift กับ Peak cut”; Peak หมายถึง “ภาระจุดยอดสูงสุด (Peak load)” การเดินเครื่องแบบเก็บความร้อน ถ้ายกตัวอย่างในฤดูร้อน จะมีรูปแบบการเดินเครื่องที่สำคัญสองแบบดังรูป 2.39 หากเดินเครื่องต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงดังรูป (1) จะสามารถ “ย้าย (Peak shift)” ภาระขณะเวลาที่มีภาระสูงสุดตอนกลางวันไปตอนกลางคืนได้ ซึ่งนอกจากจะลด capacity ของแหล่งความร้อนให้เหลือน้อยที่สุดได้แล้ว ยังสามารถใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนซึ่งมีราคาถูกได้ทำให้มีความคุ้มค่ามากขึ้น

ส่วนการเดินเครื่องแบบรูป (2) ด้วย “ไฟฟ้าในช่วงกลางคืน” กับการ “หยุดเดินเครื่องแหล่งความร้อน (Peak cut)” ใน “ช่วงเวลา peak ของอุปสงค์ไฟฟ้า (โดยทั่วไปคือ 13:00-16:00)” จะทำให้ค่าไฟฟ้ายิ่งถูกลงไปอีกด้วย

2. ข้อเสีย

- (ก) มีค่าใช้จ่ายสำหรับโครงสร้างของถังเก็บความร้อน
- (ข) กรณีที่ใช้พื้น slab สองชั้นใต้พื้น ค่าก่อสร้างถังน้ำเก็บความร้อนจะถูกลง แต่ความร้อนสูญเสีย (heat loss) จากกันถึงน้ำลงดินจะเพิ่มมากขึ้น
- (ค) กรณีของถังน้ำแบบเปิด เสดของปั๊มจะสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายของกำลังขับปั๊มจึงเพิ่มขึ้น
- (ง) ในถังน้ำแบบเปิด เช่น ถังน้ำเก็บความร้อนทำจากคอนกรีต ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้ง่าย และบางครั้งทำให้คุณภาพน้ำต่ำลง ดังนั้นอุปกรณ์ปรับอากาศจะผุกร่อนเร็วขึ้น
- (จ) การเดินเครื่องต่อเนื่องในเวลากลางคืนทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดการการเดินเครื่องสูงขึ้น



รูปที่ 2.35 รูปแบบการเดินเครื่องแบบเก็บความร้อนที่สำคัญ

ทั้งนี้จะต้องพิจารณาว่า ในการใช้ไฟฟ้าช่วงดึก ซึ่งมีข้อดีของค่าไฟฟ้าราคาถูก หักลบกับข้อเสียจากการจัดการการเดินเครื่องที่เพิ่มขึ้น สุทธิแล้วจะเป็นเท่าใด

นอกจากนี้ ในการนำระบบนี้ไปใช้ การย้ายภาระไฟฟ้ากลางวันไปกลางคืนจะมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ควรติดต่อกับการไฟฟ้าในเรื่องนี้

2.6.3.4 ข้อดีข้อเสียของการเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็ง

การเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็ง เป็นระบบปรับอากาศที่มีอุปกรณ์เก็บความเย็นในสภาพน้ำแข็ง ด้วยการใช้ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวในการเปลี่ยนสถานะจาก “น้ำ เปลี่ยนเป็น น้ำแข็ง” หรือ “น้ำแข็ง เปลี่ยนเป็น น้ำ” (ประมาณ 335 [kJ/kg]) จะสามารถเก็บความร้อนได้ด้วยควมหนาแน่นสูง ถึงเก็บความร้อนจึงมีขนาดเล็ก และยังมีข้อดีอื่นๆ อีก

ในที่นี้จะอธิบายข้อดีข้อเสียของการเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็ง

1. ข้อดี

(ก) ยิ่งเพิ่มค่า “IPF (Ice Packing Factor)” ให้สูงขึ้นเท่าใด capacity ของถังเก็บความร้อนก็จะเล็กลงได้เท่านั้น และจะสามารถลดความร้อนสูญเสียจากถังเก็บความร้อนได้มากขึ้น

(ข) อุณหภูมิของน้ำเย็นจะต่ำกว่าการเก็บความร้อนด้วยน้ำมาก จึงสามารถทำ “การปรับอากาศด้วยผลต่างอุณหภูมิสูง” ได้โดยใช้ผลต่างอุณหภูมิที่มีค่าสูงและสามารถช่วยในการลดความชื้นได้มาก

2. ข้อเสีย

(ก) อุณหภูมิระเหยของเครื่องทำความเย็นจะต่ำลง ค่า “COP (Coefficient Of Performance)” ของเครื่องทำความเย็นจึงต่ำลง

(ข) น้ำเย็นจะมีอุณหภูมิต่ำ จึงอาจเกิดการควบแน่นที่พื้นผิวของช่องเป่าลมของ fan coil unit ขึ้นได้

ระยะหลังนี้เมื่อระบบปรับอากาศแบบเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็งเริ่มขยับจากขั้นตอนการพัฒนาเป็นขั้นตอนการใช้งานจริง ได้มีข้อเสนอต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย เช่น ลักษณะของน้ำแข็ง วิธีทำน้ำแข็ง วิธีนำความเย็นไปใช้ประโยชน์ ชนิดของตัวกลางความร้อน การรองรับอุปกรณ์แยก เป็นต้น

2.6.4 ดัชนีประเมินอุปกรณ์ปรับอากาศ

ดัชนีสำหรับประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศมีหลายตัว ต่อไปนี้จะอธิบายดัชนีที่สำคัญ 3 ตัวที่ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานควรารู้ไว้

2.6.4.1 PAL (Perimeter Annual Load)

ดัชนีตัวนี้มีไว้ประเมิน “การป้องกันความร้อนสูญเสีย” ผ่านผนังด้านนอก หน้าต่าง ฯลฯ ของอาคาร ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$PAL = \frac{\text{ภาระความร้อนทั้งปีของบริเวณรอบๆ ห้องที่อยู่} \text{ (MJ/ปี)}}{\text{พื้นที่บริเวณรอบๆ ห้อง (m}^2\text{)}} \quad (2.16)$$

ในทางปฏิบัติจะต้องทำให้ค่านี้มีค่าต่ำกว่าตัวเลขที่แสดงไว้ในตาราง 2.7 “ตัวเลขที่มาตรฐานกำหนดค่า มาตรฐาน” คูณด้วยตาราง 2.10 “scale correction factor”

ตารางที่ 2.9 ค่า มาตรฐานหน่วย

โรงแรม	โรงพยาบาล สถานพยาบาล	ร้านค้าจำหน่าย สินค้า	สำนักงาน	โรงเรียน	ร้านอาหาร
420	340	380	300	320	550

ตารางที่ 2.10 scale correction factor

พื้นที่พื้นเฉลี่ย จำนวนชั้น ต่อชั้น ไม่รวมชั้นใต้ดิน	ไม่เกิน 50 [m ²]	100 [m ²]	200 [m ²]	300 [m ²]
1	2.40	1.68	1.32	1.20
ตั้งแต่ 2 ชั้นไป	2.00	1.40	1.10	1.00

หมายเหตุ กรณีที่พื้นที่พื้นเฉลี่ยต่อชั้นมีค่าอยู่ระหว่างค่าที่ระบุไว้ในตาราง ค่า Scale correction factor จะคำนวณได้โดย Linear interpolation ด้วยค่าที่ใกล้เคียง

2.6.4.2 CEC/AC (Coefficient of Energy Consumption for Air-Conditioning)

ดัชนี CEC นี้เรียกว่า “สัมประสิทธิ์ความสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศ” ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$CEC = \frac{\text{ความสิ้นเปลืองในการปรับอากาศทั้งปี (kJ/ปี)}}{\text{ภาระการปรับอากาศทั้งปี (kJ/ปี)}} \quad (2.17)$$

“ความสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศทั้งปี” ข้างต้น หมายถึงความสิ้นเปลืองพลังงานของระบบปรับอากาศในการจัดการภาระการปรับอากาศเป็นเวลา 1 ปี ตาราง 2.11 แสดง “ค่ามาตรฐานตัดสิน CEC/AC” ซึ่งเป็นเกณฑ์การพิจารณา “อาคารอนุรักษ์พลังงานการปรับอากาศ”

ตารางที่ 2.11 ค่ามาตรฐานตัดสิน CEC/AC

โรงแรม โรงแรม	โรงพยาบาล สถานพยาบาล	ร้านค้าจำหน่าย สินค้า	สำนักงาน	โรงเรียน	ร้านอาหาร
2.5	2.5	1.7	1.5	1.5	2.2

อนึ่งนอกจากนี้ ค่า CEC ยังมี (1) CEC/V (ดัชนีการอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับระบบปรับอากาศเชิงกล) (2) CEC/L (ดัชนีการอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับระบบแสงสว่าง) (3) CEC/HW (ดัชนีการอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับระบบจ่ายน้ำร้อน) (4) CEC/EV (ดัชนีการอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับลิฟต์โดยสาร) อีกด้วย

2.6.4.3 COP (Coefficient Of Performance)

ค่า COP คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{COP} = \frac{\text{พลังงานขาออกที่ต้องการ}}{\text{พลังงานหุติยภูมิขาเข้า}} \quad (2.18)$$

ดัชนีนี้ระบุว่าต้องให้ “พลังงานหุติยภูมิขาเข้า” (ตัวอย่างเช่น กำลังขาเข้าของมอเตอร์ของเครื่องคอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำความเย็น) เท่าใด จึงจะได้ “พลังงานขาออกที่ต้องการ” (ตัวอย่างเช่น กำลังขาออกของเครื่องระเหยของเครื่องทำความเย็น) เท่าใด ยิ่งตัวเลขนี้มีค่าสูงเท่าใด ก็ยิ่งแสดงว่ามีสมรรถนะสูงเท่านั้น โดยทั่วไปค่า COP ของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (เช่น เครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยง) จะมีค่าประมาณ 4-6 ขณะที่ค่า COP ของปั๊มความร้อนที่ใช้อากาศเป็นแหล่งความร้อนจะมีค่าประมาณ 2-4 กรณีที่ใช้น้ำเป็นแหล่งความร้อนจะมีค่าประมาณ 4-6

ทั้งนี้ ค่า COP ในทางปฏิบัติจะมีค่าประมาณ 50-70 [%] ของค่า COP ตามทฤษฎี เนื่องจากมีความร้อนสูญเสียและความสูญเสียเชิงกล นอกจากนั้น ค่า COP ของปั๊มความร้อนโดยทฤษฎีแล้วจะมีค่าเท่ากับ COP ของเครื่องทำความเย็นบวกด้วย 1 แต่ควรเข้าใจว่าจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิระเหยและอุณหภูมิควบแน่นด้วย

2.6.5 กลวิธีอนุรักษ์พลังงานในการปรับอากาศ

2.6.5.1 การอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนของการออกแบบ

แนวคิดพื้นฐานในการพิจารณา “อนุรักษ์พลังงาน” ในขั้นตอนการออกแบบระบบปรับอากาศมีดังต่อไปนี้

1. ลดภาระการปรับอากาศ
2. กำหนดเงื่อนไขในการออกแบบให้เหมาะสม ลดการเกิดความร้อนภายในระบบ กำหนด capacity ของอุปกรณ์ให้เหมาะสม
3. ใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติและพลังงานปล่อยทิ้ง
4. เพิ่มประสิทธิภาพให้มีค่าสูง

รายละเอียดแต่ละหัวข้อจะอธิบายไว้ในตารางที่ 2.12 “วิธีอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนการออกแบบ” ซึ่งมีประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

(ก) การลดภาระการปรับอากาศ กำหนดเงื่อนไขในการออกแบบให้เหมาะสม ลดการเกิดความร้อนภายใน

ระบบกำหนด capacity ของอุปกรณ์ให้เหมาะสม

ก้าวแรกในการออกแบบอย่างอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การลดจำนวนแหล่งความร้อน เพื่อให้มีภาระความร้อนในการปรับอากาศที่ถ่ายเทเข้ามาจากภายนอกอาคาร (ภาระการถ่ายเทความร้อน ภาระแสงแดด ภาระอากาศภายนอกและภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในลดลงให้เหลือค่าน้อยที่สุด การออกแบบรูปร่างและทิศทางของอาคาร ตำแหน่งของ Core (หมายเหตุ) การออกแบบขายคา หน้าต่าง ฯลฯ จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อ “ภาระแสงแดด” ดังนั้น จึงต้องเพิ่มความเป็นฉนวนความร้อนของหลังคา ผนัง หน้าต่างกระจก รวมทั้งมีการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนในขั้นตอนการวางแผนออกแบบด้วย

(หมายเหตุ) Core หมายถึงส่วนที่เป็นศูนย์กลาง ในที่นี้จะหมายถึงบริเวณที่มีอุปกรณ์สาธารณูปโภค เช่น ห้องสุขา ฯลฯ พื้นที่สำหรับเครื่องจักรอุปกรณ์ ผนังโครงสร้าง ฯลฯ รวมอยู่ด้วยกันในอาคาร

ตารางที่ 2.12 วิธีอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนการออกแบบ

(ก) ลดภาระการปรับอากาศ	
พิจารณาตัวอาคาร (ลดภาระภายนอก)	พิจารณารูปร่างและทิศทางของอาคาร ตำแหน่งของ core การออกแบบรอบนอกอาคาร เช่น ชายคา ฯลฯ คุณสมบัติของหน้าต่าง การออกแบบตำแหน่งของมู่ลี่เพิ่มความเป็นฉนวนความร้อนของพื้น ผนัง หลังคา
กำหนดความชื้น-อุณหภูมิให้เหมาะสม	กำหนดเงื่อนไขให้เหมาะสมในขั้นตอนการออกแบบ
ลดการเกิดความร้อนภายใน	ใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้อุปกรณ์ OA แบบอนุรักษ์พลังงาน
(ข) ใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติ พลังงานปล่อยทิ้ง	
ระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้	ใช้อุปกรณ์แหล่งความร้อนแบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ (เครื่องทำความร้อนแบบ double bundle ระบบปั๊มความร้อนแบบใช้น้ำเป็นแหล่งความร้อน)
แหล่งความร้อนแบบนำความร้อนกลับมาใช้	ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวม (แบบหมุน แบบนิ่ง) (แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศระบายกับอากาศภายนอก)
ปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก	ใช้ระบบปรับความเย็นด้วยอากาศภายนอก
(ค) เพิ่มประสิทธิภาพให้มีค่าสูง	
แบ่งโซนให้เหมาะสม	แบ่งโซนโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์การใช้ห้อง เงื่อนไขอุณหภูมิ-ความชื้น ทิศทาง ช่วงเวลาใช้งาน
เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์แหล่งความร้อน	ใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง (อุปกรณ์แบบอนุรักษ์พลังงานที่มีค่า COP สูง) กำหนด capacity ของอุปกรณ์ให้เหมาะสม (แบ่งจำนวนเครื่องให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงภาระ) เดินเครื่องที่ประสิทธิภาพสูงโดยใช้ถึงเก็บความร้อน
ลดงานที่ใช้ในการไหลเวียนความร้อน	ใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง ใช้วิธีควบคุมแบบอัตราไหลแปรผัน (VAV, VVV) ใช้ผลต่างอุณหภูมิที่มีค่าสูง (อากาศ น้ำ)
เพิ่มประสิทธิภาพรวม	ใช้ระบบโคเจนเนอเรชัน

เงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้น จะมีผลกระทบอย่างมากต่อการกำหนดขนาดของเครื่องจักรอุปกรณ์ (อุปกรณ์แหล่งความร้อน ปั๊ม เครื่องปรับอากาศ ฯลฯ) และระบบปรับอากาศในขั้นตอนการออกแบบ มองในแง่ของการอนุรักษ์พลังงานแล้ว ในอนาคตเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นในฤดูร้อนควรจะกำหนดให้สูงไว้ นอกจากนี้ ค่า “จำนวนคนในห้อง (คน/ม²)” แต่เดิมที่เคยใช้ในการคำนวณภาระที่เกิดขึ้นจากร่างกายที่เกิดขึ้นภายในอาคาร มักจะถูกประเมินไว้สูงกว่าค่าที่เป็นจริง ทำให้ภาระจากร่างกายและภาระอากาศภายนอกมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงบ่อยๆ ในกรณีของอาคารสำนักงาน ภาระอากาศภายนอกจะมีสัดส่วนถึง 1/3-1/4 ของภาระความร้อนโดยรวม ระยะหลังนี้เริ่มมีการนำวิธี Cool tube (Earth tube) หรือวิธี Cool tunnel มาใช้กันมากขึ้นเพื่อลดภาระอากาศภายนอก วิธีเหล่านี้จะฝังท่อลมหรือท่อไว้ใต้ดิน แล้วนำอากาศภายนอกเข้ามาทางท่อเหล่านั้น

นอกจากนี้ “ภาระแสงสว่าง ภาระเต้าเสียบ” ซึ่งเคยเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากอาคารมีความเป็นอัจฉริยะ (Intelligent) เพิ่มขึ้น ปัจจุบันก็เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้ว เนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ส่องสว่างและสมรรถนะของอุปกรณ์ OA ดังนั้น Capacity ของอุปกรณ์ที่เลือกมาใช้โดยพิจารณาจากภาระตามมาตรฐานการออกแบบเดิม มักจะมีค่าสูงเกินไป ทำให้มีการเดินเครื่องอุปกรณ์ต่างๆ ที่จุดที่มีประสิทธิภาพต่ำลง ดังนั้นในขั้นตอนการออกแบบ จะต้องพิจารณาหาจำนวนคนในห้อง ([คน] หรือ [คน/ม²]) และภาระแสงสว่าง [W/ม²] ใหม่โดยอ้างอิงจากอาคารที่มีลักษณะคล้ายกัน และเลือกใช้อุปกรณ์ที่มี Capacity ที่เหมาะสม

(ข) การใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้ง

การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ที่ใช้งานทั่วไป ได้แก่ การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศภายในกับอากาศระบายนอก โดยใช้ “เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวม (Total heat exchanger)” แบบหมุนหรือแบบไม่หมุน ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีค่าค่อนข้างสูง คือประมาณ 50-70 [%] แต่บางครั้งจะต้องบายพาสผ่านไป หรือหยุดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ขึ้นอยู่กับผลต่าง “เอนทัลปี * ” ระหว่างอากาศระบายกับอากาศภายใน

*“เอนทัลปี (Enthalpy)” เป็นตัวแปรสถานะตัวหนึ่งของวัตถุ มีค่าเท่ากับพลังงานภายใน (u) บวกด้วยผลคูณระหว่างความดัน (P) กับปริมาตร (V)

มีหน่วยเป็น kJ หรือ kcal ค่าเอนทัลปีต่อมวลหนึ่งหน่วยเรียกว่า เอนทัลปีจำเพาะ ([kJ/kg] หรือ [kcal/kg])

ปัญหาในขั้นตอนการซ่อมบำรุง ได้แก่ ในบางกรณีพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมอาจสกปรกจนทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดต่ำลงมากหรือจนทำให้โรเตอร์ ไม่หมุน จึงต้องมีการซ่อมบำรุงเป็นระยะ

การปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก เป็นระบบปรับอากาศเย็นโดยนำอากาศภายนอกเข้ามาเป็นจำนวนมากในฤดูระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว หรือในฤดูหนาวซึ่งอุณหภูมิอากาศภายนอกจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิภายในห้อง ซึ่งมีประสิทธิผลสูงในการอนุรักษ์พลังงาน นิยมใช้ในร้านค้าขนาดใหญ่ซึ่งมีการปรับอากาศเย็นตลอดทั้งปี

(ค) การเพิ่มประสิทธิภาพ

ต้องทำ “การแบ่งโซน * ” อย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์การใช้ห้อง เงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งช่วงเวลาการใช้งานด้วย ควรระลึกอยู่เสมอว่า การแบ่งโซนจะมีผลต่อการเดินเครื่องระบบปรับอากาศและเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูง

*“การแบ่งโซน (Zoning)” หมายถึงการแบ่งพื้นที่ภายในอาคารออกเป็นหลายๆ เขต (โซน) แล้วปรับอากาศแต่ละโซนโดยติดตั้ง “เครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบ” และ “ท่อน้ำ” แยกกัน

การแบ่งโซนแบบพื้นฐานโดยแบ่งออกเป็นตะวันออก ตะวันตก ใต้ เหนือ ชั้นบนสุด ชั้นใต้ดิน ฯลฯ เรียกว่า การแบ่งโซนตามทิศทาง การแบ่งโซนแบบอื่นๆ มีทั้งการแบ่งตามช่วงเวลาการใช้งาน การแบ่งโซนตามเงื่อนไขการปรับอากาศ การแบ่งโซนตามแนวโน้มภาระ เป็นต้น

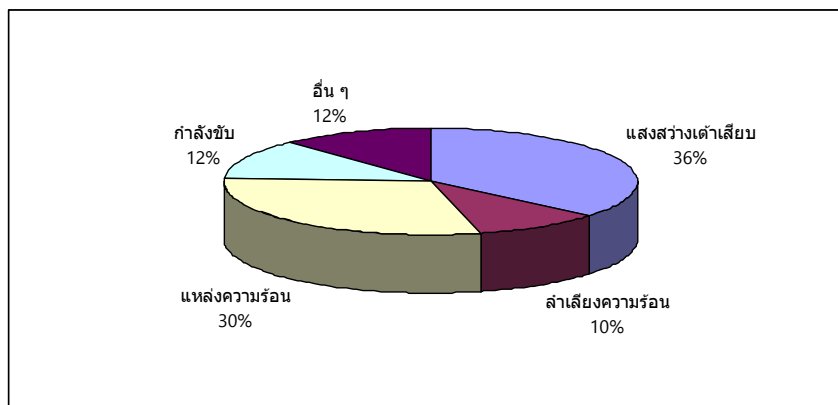
พยายามเลือกใช้อุปกรณ์แหล่งความร้อนและอุปกรณ์ลำเลียงความร้อนแบบอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้

ส่วนปั๊มและเครื่องปรับอากาศ หากลดปริมาณจ่ายน้ำและปริมาณจ่ายอากาศโดยใช้วิธีปริมาตรน้ำแปรผัน (VWV) และวิธีปริมาตรอากาศแปรผัน (VAV) หรือใช้วิธีปรับอากาศด้วยผลต่างอุณหภูมิสูงแล้วจะสามารถลดกำลังขับในการลำเลียงได้มาก

(หมายเหตุ) ภาระความร้อนสัมผัสจะแปรผันตามผลคูณระหว่างอัตราไหลกับผลต่างอุณหภูมิ วิธีปรับปริมาตรอากาศ เรียกว่า วิธีปริมาตรอากาศแปรผัน (Variable Air Volume หรือ VAV) ส่วนวิธีปรับปริมาตรน้ำ เรียกว่า วิธีปริมาตรน้ำแปรผัน (Variable Water Volume หรือ VWV) ส่วนวิธีปรับผลต่างอุณหภูมิโดยไม่เปลี่ยนอัตราไหล เรียกว่า วิธีปริมาตรอากาศคงที่ (Constant Air Volume หรือ CAV) และวิธีปริมาตรน้ำคงที่ (Constant Water Volume หรือ CWV) ตามทฤษฎีแล้วความสิ้นเปลืองกำลังขับจะแปรผันตามกำลัง 3 ของความเร็วรอบ ดังนั้น การใช้วิธี VAV หรือ VWV จึงมีประสิทธิผลสูงในการอนุรักษ์พลังงาน

ระบบโคเจนเนอเรชัน (CGS) ซึ่งสามารถจ่ายไฟฟ้าและความร้อนได้พร้อมๆ กัน เป็นระบบที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ซึ่งมีประสิทธิผลสูงเมื่อนำไปใช้กับอาคารที่มีชั่วโมง

ทำงาน (เปิดบริการ) เป็นเวลานาน เช่น โรงแรม โรงพยาบาล หรือสถานประกอบการที่ต้องใช้ความร้อนเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 2.36 พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ

2.6.5.2 การอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนการเดินเครื่อง

สัดส่วนความสิ้นเปลืองพลังงาน [%] ของการใช้งานต่างๆ ในอาคารสำนักงานทั่วไปจะมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 2.36

แม้ว่าการอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนการออกแบบที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น จะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ แต่สำหรับอาคารเดิมที่มีอยู่แล้ว การนำมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาใช้ก็มีความสำคัญเช่นกัน กล่าวคือ ยังมีอาคารจำนวนหนึ่งที่น่าสงสัยว่ามีการจัดการการเดินเครื่องระบบปรับอากาศถูกต้องตามแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ออกแบบไว้ในครั้งแรกหรือไม่ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ในหลายกรณีวัตถุประสงค์การออกแบบของผู้ออกแบบมักจะไม่ถูกถ่ายทอดให้ผู้ควบคุมการเดินเครื่องอย่างถูกต้องครบถ้วน

ดังนั้นสิ่งที่สำคัญในการจัดการการใช้พลังงานคือต้องทำการสำรวจสภาพการเดินเครื่องอย่างอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่ต้นเป็นผู้ควบคุมการเดินเครื่องอยู่ทีละข้อ แล้วดำเนินมาตรการแก้ไขปรับปรุงอยู่เสมอ

วิธีอนุรักษ์พลังงานในอาคารเดิมที่มีอยู่แล้ว ซึ่งสามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิผลสูง

(ก) การเปลี่ยนการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องในการปรับอากาศ

ในฤดูร้อนให้เดินเครื่องโดยกำหนดอุณหภูมิห้องให้สูงขึ้น 1-2 [°C] และในฤดูหนาวกำหนดให้ต่ำลง 1-2 [°C] ถ้าเปลี่ยนอุณหภูมิที่กำหนดไว้ 1 [°C] จะลดความสิ้นเปลืองพลังงานของอุปกรณ์แหล่งความร้อนได้ประมาณ 10 [%]

(ข) การลดเวลาเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อนและเครื่องปรับอากาศ

เมื่อลดระยะเวลาการเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อนและเครื่องปรับอากาศเมื่อเริ่มงานเลิกงาน และฤดูระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว ฯลฯ จะสามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานได้แปรผันตามเวลาที่ลดลง

(ค) การลดปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามาให้น้อยที่สุด

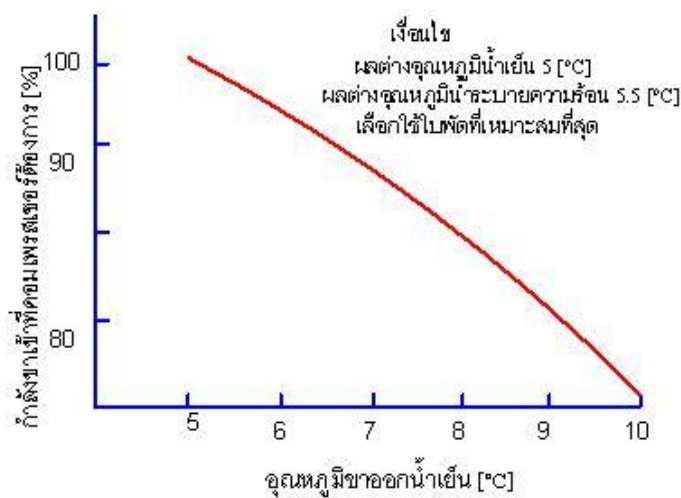
พยายามนำอากาศภายนอกเข้ามาให้น้อยที่สุด และหยุดการนำอากาศภายนอกเข้ามาเมื่อเริ่มเดินเครื่องระบบปรับอากาศแบบเป็นช่วงๆ และในการทำงานล่วงเวลาหลังเลิกงาน จะมีประสิทธิผลสูงในการอนุรักษ์พลังงาน การลดปริมาณอากาศภายนอกโดยไม่ทำให้ความเข้มข้นก๊าซ CO₂ ภายในอาคารมีค่าสูงกว่า 1,000 [ppm] ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายควบคุมอาคาร จะสามารถลดภาระอากาศภายนอกลงได้มาก

(ง) การทบทวนอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่องทำความเย็น-อุณหภูมิน้ำระบายความร้อน

อุปกรณ์แหล่งความเย็น ที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด ได้แก่ เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (เครื่องทำความเย็นเทอร์โบ เครื่องทำความเย็นแบบลูกสูบ เป็นต้น) และเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน

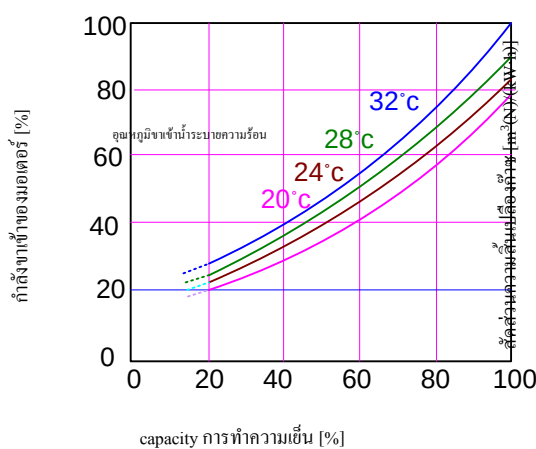
รูป 2.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของน้ำเย็นกับกำลังขาเข้าที่ คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยงต้องการ จากรูปจะเห็นว่า ยิ่งอุณหภูมิขาออกของน้ำเย็นมีค่าสูงเท่าใด กำลังขาเข้าที่คอมเพรสเซอร์ต้องการก็จะมีค่าต่ำลงเท่านั้น

รูป 2.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Capacity การทำความเย็น [%] กับกำลังขาเข้าของมอเตอร์ [%] เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าของน้ำระบายความร้อนของ เครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยง จากรูปจะเห็นว่า กรณีที่มี Capacity การทำความเย็นเท่ากัน ยิ่งอุณหภูมิขาเข้าน้ำระบายความร้อนมีค่าต่ำเท่าใด กำลังขาเข้าของมอเตอร์จะมีค่าต่ำลงเท่านั้น



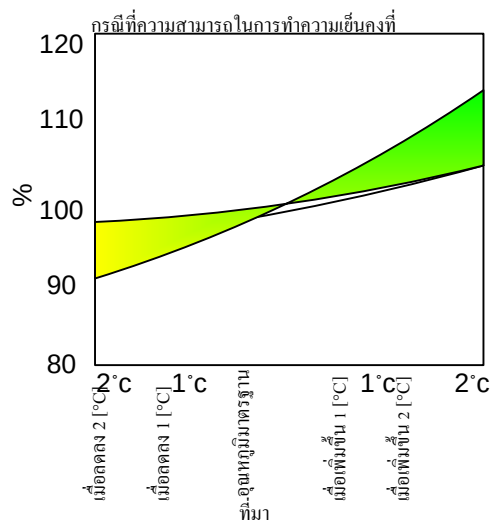
ที่มา : “คู่มือการปรับอากาศ-วิศวกรรมอนามัย” บ.โอห์ม พ.ศ. 2530

รูปที่ 2.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกน้ำเย็น [°C] กับกำลังขาออกที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำความเย็นแบบ



ที่มา : “คู่มือการปรับอากาศ-วิศวกรรมอนามัย” บ.โอห์ม พ.ศ. 2530

รูปที่ 2.38 ความสัมพันธ์ระหว่าง capacity การทำความเย็น [%]



รูปที่ 2.39 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าของมอเตอร์

ตอนที่ 4 บทที่ 2 หลักการ/การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

กำลังขาเข้าของมอเตอร์ [%] เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าของน้ำระบายความร้อนเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมกับอัตราความสิ้นเปลืองก๊าซของน้ำระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยง

รูปที่ 2.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขาเข้าของน้ำระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมแบบเผาไหม้ก๊าซโดยตรงกับอัตราส่วนความสิ้นเปลืองก๊าซ จะเห็นว่าเมื่อลดอุณหภูมิขาเข้าน้ำระบายความร้อน จะทำให้อัตราความสิ้นเปลืองก๊าซต่ำลง

หากเดินเครื่องโดยเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นขึ้น 1 [°C] ความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องทำความเย็นจะลดลงประมาณ 3 [%] ในทำนองเดียวกัน ถ้าเดินเครื่องโดยลดอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนลง 2 [°C] จะลดได้ประมาณ 3 [%] กลวิธีอนุรักษ์พลังงานในอาคารเดิมที่มีอยู่แล้วรวมทั้งในหัวข้อ (ก)-(ง) ที่กล่าวไปแล้ว แสดงไว้ในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 “กลวิธีอนุรักษ์พลังงานในอาคารเดิม”

(ก) วิธีใช้อาคาร	
ใช้มู่ลี่	เมื่อปรับอากาศเย็น ถ้ามีแดดให้ปิดมู่ลี่
(ลดภาระอากาศภายนอก)	ตอนกลางวันให้เปิดมู่ลี่ทิ้งไว้เพื่อระบายความร้อนออกไปนอกห้อง เมื่อปรับอากาศร้อน ตอนกลางวันให้ปิดม่านเพื่อป้องกันการแผ่ความร้อนจากผิวกระจก
ลดภาระการปรับอากาศ	ปิดป้าย “ห้ามเปิดประตูค้างไว้” ที่ประตูที่เปิดออกไปตลาดฟ้าหรือบริเวณที่ไม่ได้ปรับอากาศ และปิดประตูทุกครั้ง ประตูห้องบันไดให้ปิดประตูไว้ตลอดเวลา
ใช้ประโยชน์จากอากาศภายนอก	ในฤดูระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว ให้เปิดปิดหน้าต่างเพื่อลดภาระการปรับอากาศเย็น (ปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก)
(ข) การอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับการจัดการการเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อน	
เดินเครื่องด้วยประสิทธิภาพสูง	ควบคุมการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ (ควบคุมอัตราส่วนอากาศสำหรับเผาไหม้) เดินเครื่องให้สอดคล้องกับการเดินเครื่องตามกำหนดเวลาของวันในรอบสัปดาห์และฤดูกาล เดินเครื่องโดยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็น เดินเครื่องโดยลดอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้
จำกัดการเดินเครื่อง	ก่อนเลิกงานให้รีบหยุดอุปกรณ์แหล่งความร้อนโดยเร็วและใช้ความร้อนให้หมด เดินเครื่องปั๊มทฤษฎีจำนวนน้อยเครื่อง
อื่นๆ	ใช้วิธี free cooling (การปรับอากาศเย็นด้วยน้ำระบายความร้อนของคูลิ่งทาวเวอร์) กับห้องคอมพิวเตอร์ ห้องอุปกรณ์สื่อสาร
(ค) การอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ-ระบายอากาศ	
เปลี่ยนอุณหภูมิที่ตั้งไว้ใน การปรับอากาศ	ฤดูร้อน 26 [°C] - 28 [°C] ภาระการปรับอากาศเย็นจะลดลง 20 [%] ฤดูหนาว 22 [°C] - 20 [°C] ภาระการปรับอากาศร้อนจะลดลง 20 [%] เปลี่ยนเงื่อนไขอุณหภูมิ-ความชื้นตามค่าของอุณหภูมิของอากาศภายนอก (ตัวอย่าง : ในฤดูร้อน เท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก + 5 [°C]) เปลี่ยนอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของระเบียง ห้องโถง ฯลฯ ลดเงื่อนไขอุณหภูมิ-ความชื้นในช่วงเริ่มงาน เลิกงาน ช่วงนอกเวลาทำงาน ฯลฯ ทบทวนเงื่อนไขอุณหภูมิ-ความชื้นของห้องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ
จำกัดปริมาณอากาศ ภายนอกที่นำเข้ามา	จำกัดปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนคนภายในห้อง จำกัดปริมาณอากาศภายนอกที่มีความเข้มข้นก๊าซ CO ₂ เข้ามา(ไม่ให้เกิน 1,000 ppm) หยุดการนำอากาศภายนอกเข้ามาเมื่อทำ precool หรือ preheat และเมื่อทำงานล่วงหน้า ไม่นำอากาศภายนอกเข้ามาในห้องคอมพิวเตอร์ ห้องอุปกรณ์สื่อสาร ฯลฯ
ลดเวลาการปรับอากาศ	ลดเวลา warming up (เริ่มเดินเครื่องใกล้ๆ เวลาเริ่มงาน) หยุดอุปกรณ์แหล่งความร้อนและเครื่องปรับอากาศ 30 นาที-1 ชั่วโมงก่อนเลิกงาน พยายามไม่ปรับอากาศในฤดูระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว

ใช้ประโยชน์จากอากาศภายนอก	ทำ night purge (ในหน้าร้อน นำอากาศภายนอกตอนกลางคืนเข้ามาเพื่อให้โครงสร้างตัวอาคารเย็นลง) ในฤดูระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว ให้เปิดปิดหน้าต่างเพื่อปรับอากาศเย็นด้วยการหมุนเวียนอากาศตามธรรมชาติ
จำกัดการเดินเครื่อง	หยุดปรับอากาศในห้องที่ไม่ใช้งาน จำกัดการปรับอากาศเมื่อทำงานล่วงเวลา
อนุรักษ์พลังงานของระบบหมุนเวียนอากาศ	ลดเวลาเดินเครื่องพัดลมหมุนเวียนอากาศในห้องเครื่องจักร ห้องระบบไฟฟ้า ที่จอดรถ ฯลฯ ติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิแล้วควบคุม ON-OFF เฉพาะที่ (ห้องระบบไฟฟ้า ฯลฯ)
เดินเครื่องด้วยประสิทธิภาพสูงด้วย	อุปกรณ์แหล่งความร้อน (หม้อไอน้ำ เครื่องทำความเย็น คูลลิ่งทาวเวอร์ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน)
การจัดการการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม	ระบบปรับอากาศ (เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวม ฟिलเตอร์ เครื่องควบคุมอัตโนมัติ)

หมายเหตุ : การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่กำหนดในการปรับอากาศ การลดเวลาเดินเครื่อง ฯลฯ จะต้องสร้างสำนึกเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน ทำการประชาสัมพันธ์ และขอความร่วมมือจากผู้เช่าอาคาร ผู้มาเยือน และลูกค้า (การเตรียมตัวดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน)

2.7 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็น และปรับอากาศ

2.7.1 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในคูลลิ่งทาวเวอร์

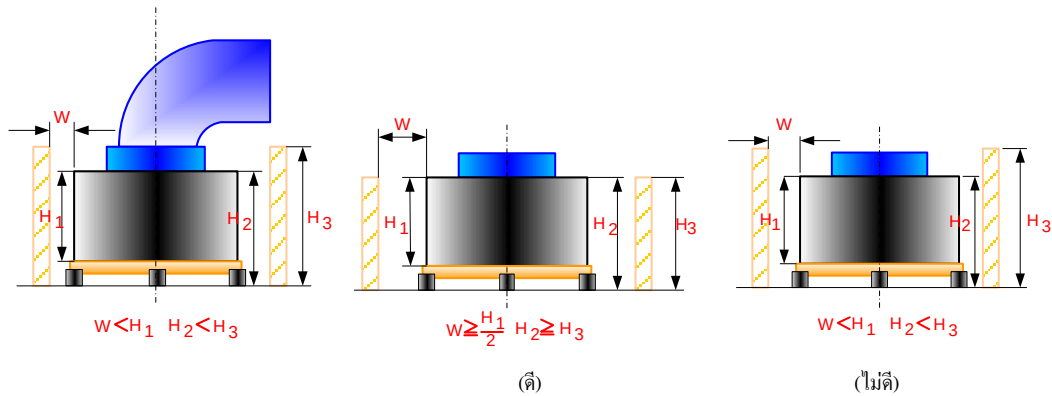
2.7.1.1 การเดินเครื่อง คูลลิ่งทาวเวอร์

ประเด็นสำคัญในการจัดการการเดินเครื่องคูลลิ่งทาวเวอร์ ได้แก่ การควบคุมคุณภาพน้ำของน้ำระบายความร้อน กรณีที่คุณภาพน้ำมีระดับความสกปรกสูงมากเนื่องจากน้ำร้อนงวดขึ้น ฯลฯ จะเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทความร้อนของท่อของเครื่องควบแน่นของเครื่องทำความเย็นเทอร์โบ เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน เครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็น ฯลฯ ทำให้มีความสิ้นเปลืองพลังงานสูงขึ้น น้ำระบายความร้อนของระบบหมุนเวียนวงจรเปิดในระยะหลังนี้ เป็นจุดสนใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น รวมทั้งราคาน้ำดีและน้ำทิ้งก็เพิ่มสูงขึ้นจึงมีการเดินเครื่องอย่างประหยัดน้ำ ผลคือทำให้ความเข้มข้นของสารเจือปนในน้ำหมุนเวียนมีค่าสูงขึ้นกว่าแต่ก่อน ทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงเป็นปัญหาต่อการเดินเครื่องได้ง่าย น้ำดีสำหรับทาวเวอร์โดยทั่วไปจะใช้น้ำประปาหรือน้ำอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีสารเจือปนต่างๆ รวมอยู่ด้วย ในคูลลิ่งทาวเวอร์แบบวงจรปิด เมื่อน้ำระเหยทำให้น้ำในระบบงวดขึ้น หากควบคุมและจัดการสารเจือปนผิดพลาด จะทำให้เกิดปัญหาในการเดินเครื่อง เช่น การผุกร่อน ตะกรัน ตะไคร้ เมือก ฯลฯ ปัญหาสิ่งแวดล้อมเช่น มีแบคทีเรีย Legionella pneumophila เพิ่มขึ้น

พื้นฐานในการควบคุมคุณภาพน้ำระบายความร้อน ได้แก่ การรักษาความเข้มข้นให้คงที่ด้วยการ Blow down อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าใช้จ่ายของน้ำระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าใช้จ่ายน้ำทิ้งในประเทศญี่ปุ่น นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำจ่ายที่แย่ง และมลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้น การควบคุมความเข้มข้นเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาให้ทั้งหมด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับสารเคมีที่สามารถกระจายสารก่อตะกรันในน้ำระบายความร้อนและป้องกันการผุกร่อน หรือใช้วิธีจัดการด้วยสนามแม่เหล็กหรือการ Overflow ของน้ำเติมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

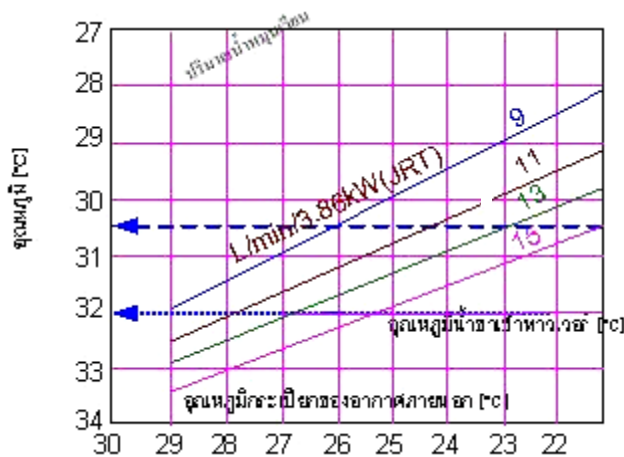
2.7.1.2 การจัดการพลังงานของคูลิ่งทาวเวอร์

1. การกำหนดสถานที่ติดตั้ง



รูปที่ 2.40 ระยะติดตั้งคูลิ่งทาวเวอร์

ในการติดตั้งคูลิ่งทาวเวอร์ จะต้องระมัดระวังไม่ให้อากาศอุณหภูมิและความชื้นสูงที่ปล่อยออกจากคูลิ่งทาวเวอร์ ย้อนกลับเข้ามาทางช่องอากาศเข้าของคูลิ่งทาวเวอร์ อีกกรณีที่คูลิ่งทาวเวอร์มีผนัง จะต้องมียะทางจากผนังให้เพียงพอดังรูป 2.40 และจะต้องไม่ให้ผนังมีความสูงมากกว่าคูลิ่งทาวเวอร์ หากระยะห่างถึงผนังไม่เพียงพอ และผนังมีความสูงมากกว่าคูลิ่งทาวเวอร์แล้ว จะต้องจัดให้มีท่อจ่อที่ทางเป่าอากาศออกเพื่อไม่ให้อากาศที่พ่นออกไปย้อนกลับเข้ามาอีก ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหมุนเวียน อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอก และอุณหภูมิน้ำขาออกจากทาวเวอร์แสดงไว้ในรูป 2.41



ที่มา : “การทดสอบเจ้าพนักงานที่ปรักษาวิศวกรรมการจัดการพลังงานในอาคาร ‘ฉบับเครื่องปรับอากาศ’”
สมาคมวิศวกรรมจัดการพลังงานในอาคารแห่งประเทศไทย (2535)

รูปที่ 2.41 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่หมุนเวียนของคูลิ่งทาวเวอร์
อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอก

2. การควบคุมพัดลม

โดยทั่วไปการควบคุมพัดลม จะใช้การควบคุมแบบวิธี (ON-OFF) โดยตรวจสอบอุณหภูมิในห้องเย็นแล้วเปิดหรือปิดพัดลมให้สอดคล้องกัน นอกจากนี้ กรณีที่พัดลมมีหลายตัว จะใช้วิธีปรับจำนวนเครื่องพัดลมที่เปิดใช้ นอกจากนี้บางครั้งยังทำการควบคุมความเร็วรอบเป็นขั้นๆ ด้วยการเปลี่ยนจำนวนขั้วหรือด้วยอินเวอร์เตอร์ ฯลฯ อีกด้วย

3. การรักษาสมรรถนะการระบายความร้อน

ทำการล้าง Filter ด้วยน้ำความดันสูงหรือล้างด้วยสารเคมีเพื่อไม่ให้มีสิ่งสกปรกมาเกาะ Filter ซึ่งจะทำให้ความต้านทานลมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เพื่อป้องกันรูพ่นน้ำ หัวพ่น ไล่กรองท่อ ฯลฯ ไม่ให้อุดตัน ให้ทำการล้างรูพ่นน้ำ หัวพ่น ไล่กรองท่อ ฯลฯ เป็นระยะ

4. การประหยัดน้ำ

(ก) ลดการ Blow down : เพื่อไม่ให้สารเจือปนในน้ำในห้องเย็นมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่ง ให้ระบายน้ำออกปริมาณหนึ่ง โดยทั่วไปจะวัดอัตราการนำไฟฟ้าของน้ำในห้องเย็นแล้วระบายออกในปริมาณที่เหมาะสม นอกจากนี้หากใช้ร่วมกับเครื่องเติมน้ำยาแล้วจะสามารถเดินเครื่องได้ด้วยความสะดวกสูง น้ำที่ระบายออกไปจะนำไปใช้เป็นน้ำชำระล้างในห้องสุขาเพื่อประหยัดน้ำ

(ข) การป้องกัน Carry over : ติดตั้ง Eliminator เพื่อป้องกันไม่ให้ละอองน้ำในคลุ่ลิ่งทาวเวอร์กระเด็นออกมารอบๆ คลุ่ลิ่งทาวเวอร์จากช่องเป่าลมพร้อมๆ กับกระแสอากาศ และทำการควบคุมความเร็วรอบของพัดลมให้เหมาะสมเพื่อลดความเร็วลมไม่ให้ละอองน้ำกระเด็น

5. การควบคุมอุณหภูมิน้ำระบายความร้อน

โดยมากอุณหภูมิขาออกของน้ำระบายความร้อนมักจะตั้งไว้สูงเกิดความจำเป็นด้วยการบายพาส ซึ่งจะมีผลกระทบต่อค่า COP จึงต้องใช้ความระมัดระวัง นอกจากนี้ ยังต้องระวังอุณหภูมิทำงานของฮีตเตอร์ไม่ให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งอีกด้วย

6. การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

การอนุรักษ์พลังงานในการปรับอากาศจะต้องพิจารณาทั้งตัวอาคารและตัวระบบ แนวคิดเรื่องการปรับอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย โครงสร้างอาคารก่อนจะมีเทคโนโลยีการปรับอากาศจะมีลักษณะเปิดโล่ง โดยออกแบบและก่อสร้างให้สามารถใช้อากาศภายนอกได้มากที่สุดในการปรับอากาศเย็น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกำลังขับในการผลิตต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยภายในอาคารได้เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของภาระการปรับอากาศเย็นเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งเงื่อนไขข้อกำหนดเรื่องอุณหภูมิและความชื้นในการผลิตและคุณภาพยังมีความเข้มงวดมากขึ้นอีกด้วย เพื่อรองรับเงื่อนไขเหล่านี้ จึงมีการปรับอากาศอย่างเป็นระบบเพื่อรองรับโครงสร้างของอาคารและภาระความร้อนที่หนาแน่นมากขึ้น การปรับอากาศกลายเป็นระบบที่ใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ผลลัพธ์ก็คือความสิ้นเปลืองพลังงานเพื่อการปรับอากาศได้มีส่วนเพิ่มสูงขึ้นถึง 10-30 [%] ของพลังงานในการผลิตทั้งหมดขึ้นอยู่กับประเภทของกิจการผลิต

ตั้งแต่ต้นทศวรรษ 1980 เป็นต้นมา โลกได้เข้าสู่ยุคของการอนุรักษ์พลังงาน มีการพิจารณาทบทวนระบบปรับอากาศของอาคารเดิม ฯลฯ เพื่ออนุรักษ์พลังงาน และมีตัวอย่างการปรับปรุงดังกล่าวให้เห็นเพิ่มขึ้น ห้องคลีนรูมในกระบวนการผลิตไม่ได้เป็น “ดินแดนศักดิ์สิทธิ์” อีกต่อไป และมีการลดความเข้มงวดของข้อกำหนดจำเพาะที่มากเกินไปของอุปกรณ์ปรับอากาศ เช่น ลดกำลังไฟฟ้าในการจ่ายอากาศและน้ำ เป็นต้น

2.7.2 มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

2.7.2.1 เค้าโครง

ในการควบคุมอัตโนมัติระบบปรับอากาศเดิม

2.7.2.2 การจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศ

1. การทบทวนเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้

เนื่องจากการกำหนดอุณหภูมิและความชื้นโดยมากจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้ ดังนั้น อุณหภูมิและความชื้นมักจะถูกกำหนดไว้เข้มงวดเกินไป จึงควรพยายามอนุรักษ์พลังงานโดยกำหนดอุณหภูมิใหม่ในฤดูหนาวให้เท่ากับ 20 [°C] ในฤดูร้อนให้เท่ากับ 28 [°C] การปรับอุณหภูมิที่กำหนดไว้จะมีผลอย่างมากต่อการปรับอากาศร้อน-เย็น เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิที่ตั้งไว้ไป 1 [°C] จะทำให้ภาระเพิ่มขึ้นประมาณ 10 [%]

2. การลดระยะเวลาปรับอากาศร้อนเย็น

ในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วงให้พยายามหยุดการปรับอากาศร้อนเย็นให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3. การลดระยะเวลาปรับอากาศ

พยายามอนุรักษ์พลังงานด้วยการหยุดการเดินเครื่องเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่ไม่ว่างจำเป็นต้องปรับอากาศหรือหยุดเครื่องโดยเร็ว ฯลฯ เพื่อลดระยะเวลาเดินเครื่องเครื่องปรับอากาศ

4. การหยุดการปรับอากาศในบริเวณที่ไม่ได้ใช้งาน

หยุดการปรับอากาศในบริเวณที่ไม่ต้องใช้การปรับอากาศตามความเหมาะสม

5. การจำกัดการปรับอากาศในการทำงานล่วงเวลา

จำกัดการปรับอากาศในการทำงานล่วงเวลา เช่น ปรับอากาศต่อไปเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วหยุดเครื่อง เป็นต้น

6. การอนุรักษ์พลังงานในการนำอากาศภายนอกเข้ามา

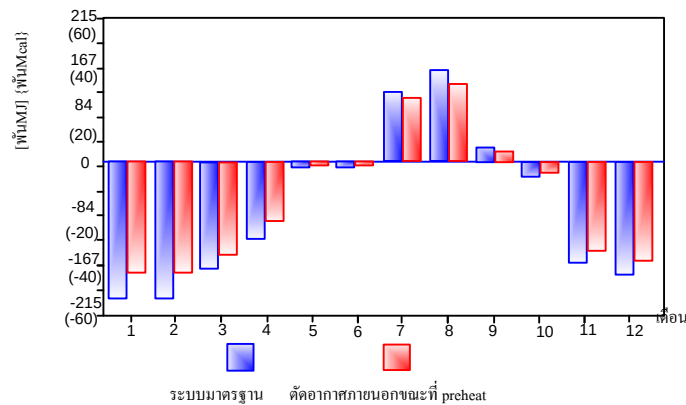
การอนุรักษ์พลังงาน ในการนำอากาศภายนอกเข้ามา ได้แก่ การลดภาระอากาศภายนอกอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีลดภาระอากาศภายนอกมีดังต่อไปนี้

- (ก) หยุดการนำอากาศภายนอกเข้ามาในขณะที่ preheat และ precool
- (ข) จำกัดปริมาณอากาศภายนอกโดยอาศัยข้อมูลความเข้มข้นของ CO₂
- (ค) ปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก
- (ง) ควบคุมเอนทัลปีของภาระอากาศภายนอก

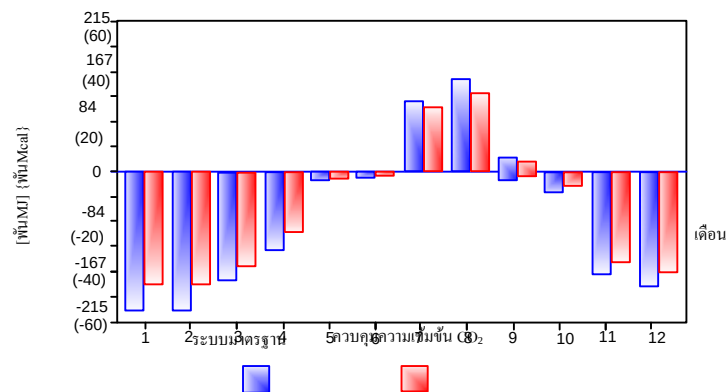
ประสิทธิภาพของการอนุรักษ์พลังงานด้วยวิธี (ก) และ (ข) แสดงไว้ในรูปที่ 2.42 และรูปที่ 2.43 กราฟในรูปที่ 2.42 และรูปที่ 2.43 จะมีลักษณะเหมือนกันจนแยกไม่ออก แต่การตัดอากาศภายนอกในขณะที่ Preheat และ Precool จะเป็นมาตรการจำกัดในขณะที่เริ่มเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อน ในขณะที่การควบคุมความเข้มข้นของ CO₂ จะเป็นมาตรการที่ใช้เป็นครั้งคราวระหว่างช่วงเวลาที่ใช้งาน มาตรการทั้งสองจะมีการหักล้างกันอยู่บ้าง แต่ก็มีประสิทธิภาพในตัวของมันเอง

การปรับอากาศเย็น ด้วยอากาศภายนอกในข้อ (ค) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดภาระการปรับอากาศเย็น ภายในห้องในฤดูหนาวและฤดูระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว หากเอนทัลปีของอากาศภายนอกมีค่าต่ำกว่า วิธีนี้จะใช้ไม่ได้ผล ในระบบมาตรการ การพิจารณาใช้วิธีปรับอากาศเย็น ด้วยอากาศภายนอกให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะอยู่ในช่วงเดือน เม.ย.-มิ.ย. และเดือน ก.ย.-พ.ย. ในประเทศญี่ปุ่นรวม 6 เดือน

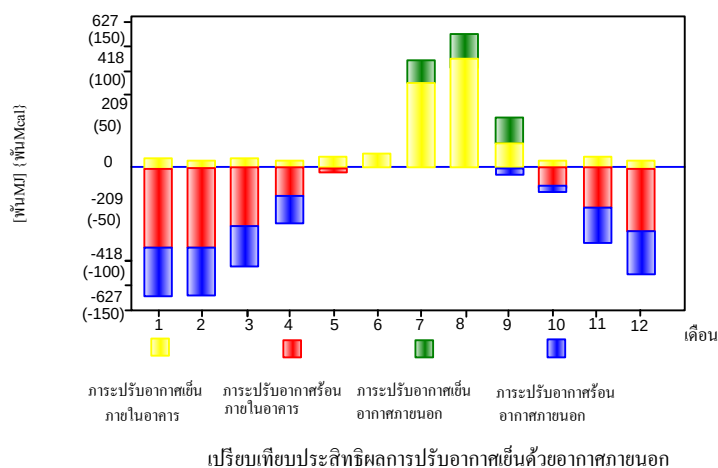
รูปที่ 2.44 แสดงการเปรียบเทียบในกรณีที่ภาระการปรับอากาศร้อนเย็นไม่มีการปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอกกับกรณีที่มีการปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก จะเห็นว่าการปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอกจะมีประสิทธิภาพอย่างชัดเจนในเดือน พ.ค. มิ.ย. และ ต.ค. นอกจากนั้น ระยะหลังนี้ยังมีการนำอุปกรณ์สำนักงานมาใช้กันมากขึ้น ทำให้มีความร้อนเกิดขึ้นในอาคารเพิ่มขึ้น บางกรณีจึงจำเป็นต้องปรับอากาศเย็นตลอดทั้งปี ในกรณีเช่นนี้ การปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอกในฤดูหนาวจะมีประสิทธิภาพดี ทั้งนี้ ในการปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอกจะต้องนำอากาศ ภายนอกเข้ามาด้วยปริมาณอากาศพอสมควร ในอาคารเก่าบางครั้งอาจมีเครื่องจักรอุปกรณ์ไม่เพียงพอที่จะรองรับได้จึงจำเป็นต้องปรับปรุง



รูปที่ 2.42 ภาระอากาศภายนอกในกรณีที่หยุดการนำอากาศภายนอก



รูปที่ 2.43 ภาระอากาศภายนอกในกรณีที่ควบคุมการนำอากาศภายนอกเข้ามาด้วยความเข้มข้น CO₂



รูปที่ 2.44 การเปรียบเทียบในกรณีที่มีการปรับอากาศร้อนเย็น

การปรับปริมาณอากาศด้วยวิธีข้างต้น จะใช้วิธีเดินเครื่อง-หยุดเครื่องพัสดม การปรับวงจรแอมเปอร์ การควบคุมจำนวนเครื่องที่เดินเครื่อง การควบคุมความเร็วรอบของพัดลมด้วยอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น

7. การควบคุมการนำอากาศภายนอกเข้ามาในขณะที่ preheat และ precool

โดยทั่วไปแอร์แฮนด์ลิ่งยูนิตจะนำอากาศภายนอกกับอากาศหมุนเวียนมาผสมกันด้วยอัตราส่วนคงที่ค่าหนึ่งแล้วนำไปจัดการปรับอากาศเพื่อจ่ายอากาศ แต่ในขณะที่ preheat และ precool จะหยุดอากาศภายนอกไว้แล้วปรับอากาศด้วยอากาศหมุนเวียนอย่างเดียว ซึ่งจะมีประสิทธิผลในการอนุรักษ์พลังงาน

8. การป้องกันความสูญเสียจากการผสมกัน

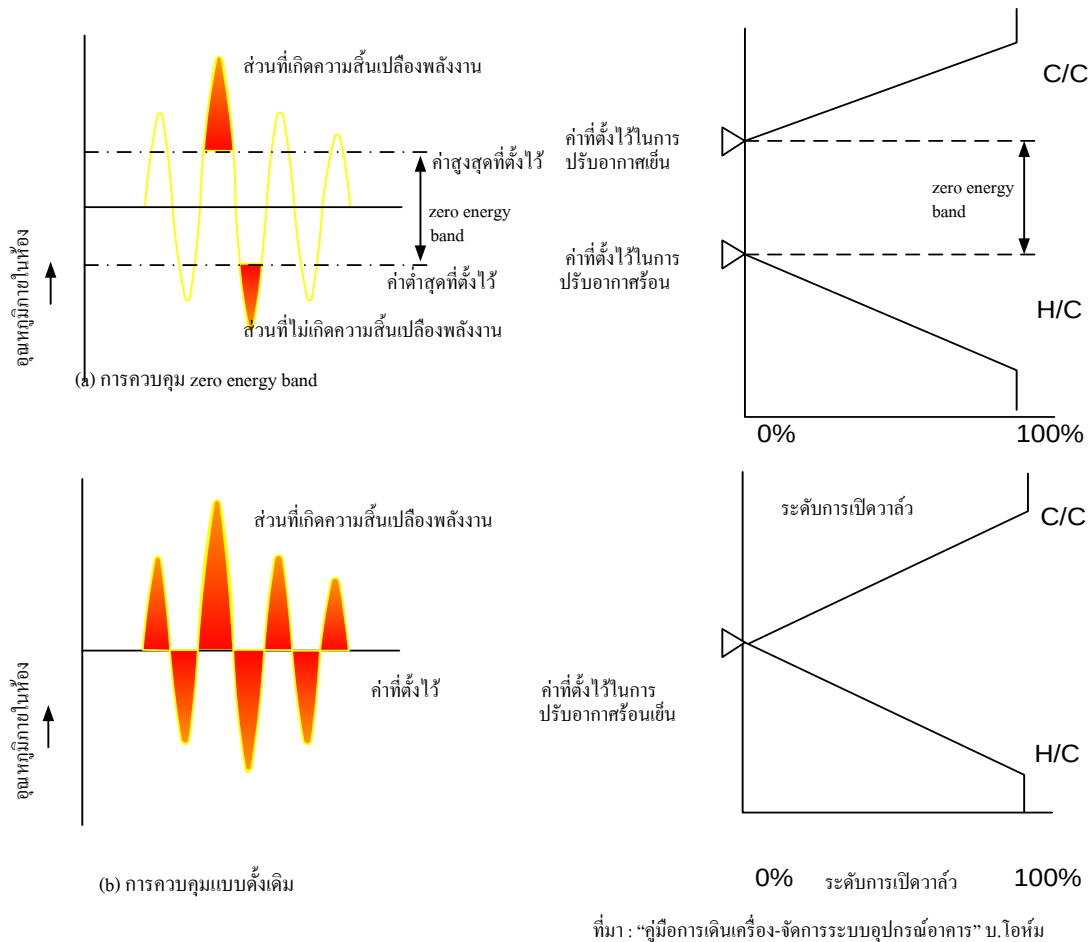
เนื่องจาก Interior zone จะมีความร้อนที่เกิดขึ้นภายในสูงกว่า Perimeter zone ดังนั้น ในฤดูหนาวแม้ว่าจะต้องปรับอากาศร้อนให้แก่ Perimeter zone แต่บางครั้งก็ยังคงปรับอากาศเย็นให้แก่ Interior zone เมื่อทำการปรับอากาศร้อน-เย็นในสภาพเช่นนี้ หากลมเย็นใน Interior zone กับลมร้อนใน Perimeter zone ผสมกันจะเกิดความสูญเสียขึ้น เพื่อป้องกันปัญหานี้จะต้องมีการจัดการโดยหลีกเลี่ยงการปรับอากาศร้อนและเย็นพร้อมกัน หรือลดอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของ Perimeter เพื่อลดความสูญเสียจากการผสมกัน

9. การป้องกันการลัดวงจร

อนุรักษ์พลังงานด้วยการปรับทิศทางช่องเป่าลมเพื่อป้องกันไม่ให้ลัดวงจรกลับเข้าไปในช่องดูดลม

10. การควบคุม Zero energy band

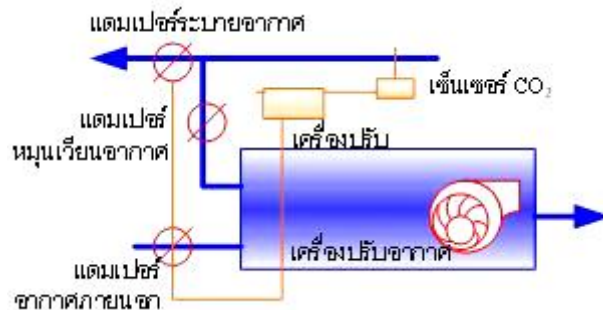
การควบคุมโดยส่วนใหญ่จะมีเป้าหมายเป็นค่าที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง แต่ถ้าควบคุมอุณหภูมิภายในห้องด้วยค่าที่กำหนดไว้เพียงหนึ่งค่า หากมีการรบกวนหรือ Overshoot ของการควบคุมแม้เพียงเล็กน้อย ผลลัพธ์ก็จะทำให้ต้องใช้ความร้อน-น้ำเย็นมากกว่าที่จำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการรักษาอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในฤดูระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวจะเกิดความสิ้นเปลืองพลังงานเป็นจำนวนมาก ในขณะที่ความสบายตัวของมนุษย์จะมีช่วงที่ยอมรับได้อยู่ช่วงหนึ่งซึ่งสามารถผ่อนปรนเงื่อนไขสภาพแวดล้อมลงมาได้ ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนไปทำการควบคุมแบบผ่อนปรนเงื่อนไขจะสามารถคาดหวังประสิทธิผลในการอนุรักษ์พลังงานได้ หลักการควบคุมแบบที่มีค่าที่กำหนดไว้ในการควบคุมหนึ่งค่า กับการควบคุมแบบที่มีค่าที่กำหนดไว้เป็นช่วงแสดงไว้ในรูปที่ 2.45 โดยในช่วง Zero energy band จะไม่มีการใช้ทั้งน้ำร้อน และน้ำเย็น



รูปที่ 2.45 การควบคุมแบบดั้งเดิมกับการควบคุม Zero energy band

11. การควบคุมปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามาให้เหมาะสมที่สุดโดยความเข้มข้น CO_2

การนำอากาศภายนอกเข้ามาในขณะที่ปรับอากาศร้อนและปรับอากาศเย็นจะทำให้เกิดภาระสูง นอกจากนั้น จำนวนคนที่อยู่ในสำนักงานยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้น หากนำอากาศภายนอกเข้ามาให้สอดคล้องกับจำนวนคนที่อยู่ในสำนักงานที่เปลี่ยนแปลงไปจึงช่วยลดพลังงานที่ต้องใช้ในการจัดการอากาศภายนอกได้ และสามารถอนุรักษ์พลังงานของแหล่งความร้อนได้



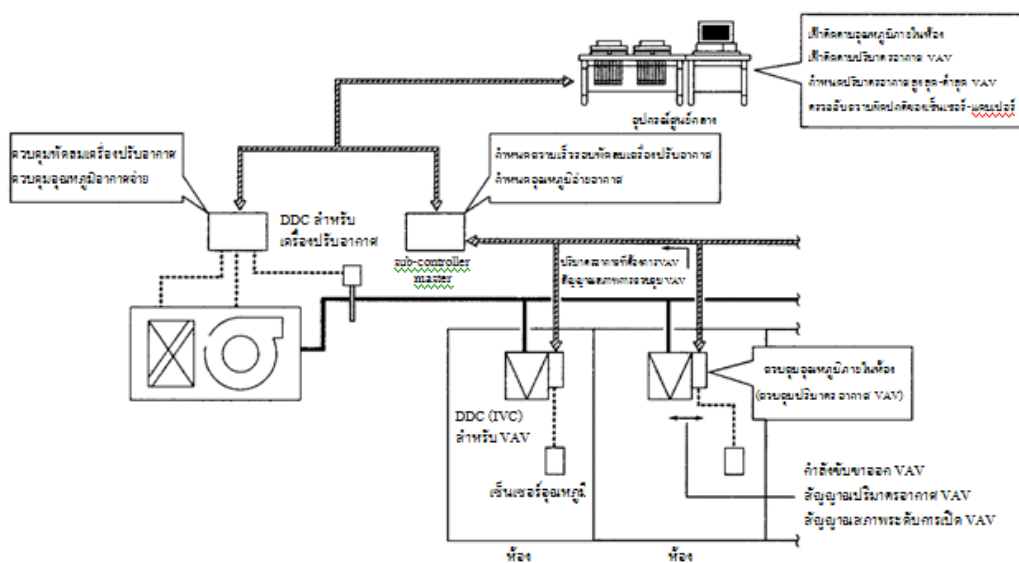
รูปที่ 2.46 ตัวอย่างการควบคุม CO_2 ด้วยเซ็นเซอร์ CO_2 เครื่องปรับ และแดมเปอร์มอเตอร์

ความเข้มข้นของ CO₂ ที่กำหนดไว้ในกฎหมายควบคุมอาคาร คือ 1,000 [ppm] การปรับระดับการเปิดแฉกเปอร่อกาศภายนอกตามช่วงเวลาโดยใช้ค่า CO₂ ที่ทำการตรวจวัดเป็นระยะเป็นเกณฑ์ช่วยจะทำให้สามารถอนุรักษ์พลังงานได้ แฉกเปอร่อกาศภายนอกควรใช้แบบแฉกเปอร่อมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมได้จากห้อง monitor room นอกจากนั้นยังสามารถจัดทำกำหนดเวลาปรับระดับการเปิดแฉกเปอร่ด้วยระบบเฝ้าติดตามแบบรวมศูนย์ได้อีกด้วย ระบบที่ควบคุมแฉกเปอร่ด้วยเซ็นเซอร์ CO₂ และเครื่องปรับแสงไว้ในรูปที่ 2.46 หากตำแหน่งของเซ็นเซอร์ CO₂ ไม่เหมาะสม หรือจำนวนตำแหน่งที่ตรวจสอบน้อยเกินไป อาจทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความเข้มข้นสูงเฉพาะที่ได้ ทำให้สภาพแวดล้อมแย่ลง จึงต้องใช้ความระมัดระวัง การอนุรักษ์พลังงานจะต้องรักษาสภาพแวดล้อมที่ให้ความสบาย และดีต่อสุขภาพไว้ให้ได้

12. การควบคุมอุณหภูมิเป่าอากาศของระบบ VAV ให้เหมาะสมที่สุด

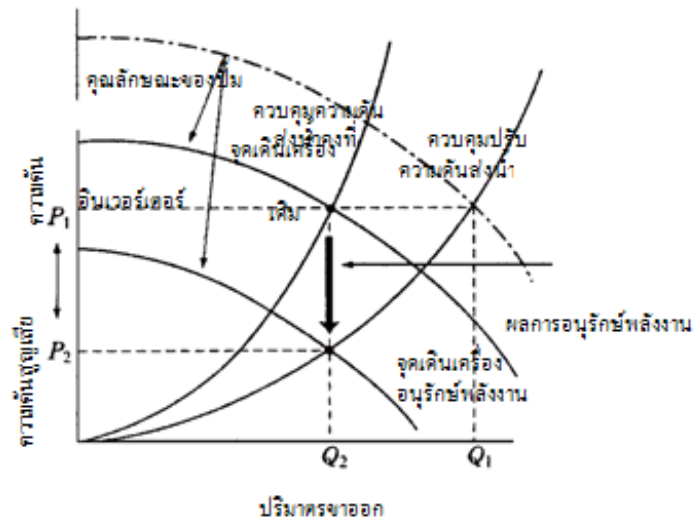
อุณหภูมิของอากาศที่จ่ายออกสามารถปรับจูนยูนิต VAV ที่ต้องการภาระสูงสุดสามารถรองรับภาระในห้องด้วยปริมาตรอากาศสูงสุดได้ การปรับอุณหภูมิของอากาศที่จ่ายออกเช่นนี้ จะทำให้สามารถปรับอุณหภูมิน้ำที่จ่ายให้จากอุปกรณ์แหล่งความร้อนได้ด้วยจึงเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อนได้

กรณีของการควบคุมด้วยมือ ให้ตั้งค่าที่กำหนดไว้ให้สอดคล้องกับฤดูกาลให้ตรวจสอบสภาพระดับการเปิดยูนิต VAV และสภาพอุณหภูมิภายในห้อง แล้วพิจารณาตั้งค่าที่กำหนดไว้ กรณีที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.47 การควบคุมนี้จะควบคุมด้วยการสื่อสารระหว่างเครื่องควบคุมเครื่องปรับอากาศกับเครื่องควบคุมยูนิต VAV โดยเครื่องควบคุม VAV จะทำการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องและส่งข้อมูลปริมาณอากาศไปยังเครื่องควบคุมเครื่องปรับอากาศ เครื่องควบคุม VAV ภายในระบบจะกำหนดอุณหภูมิอากาศที่จ่ายและปริมาณอากาศที่จ่าย



ที่มา : “การอนุรักษ์พลังงานของอาคารสำนักงานด้วยการจัดการการใช้งานระบบ” สมาคมเทคโนโลยีการจัดการพลังงานอาคารแห่งประเทศไทย (2539)

รูปที่ 2.47 ตัวอย่างการควบคุม VAV ตามการควบคุมอุณหภูมิอากาศที่

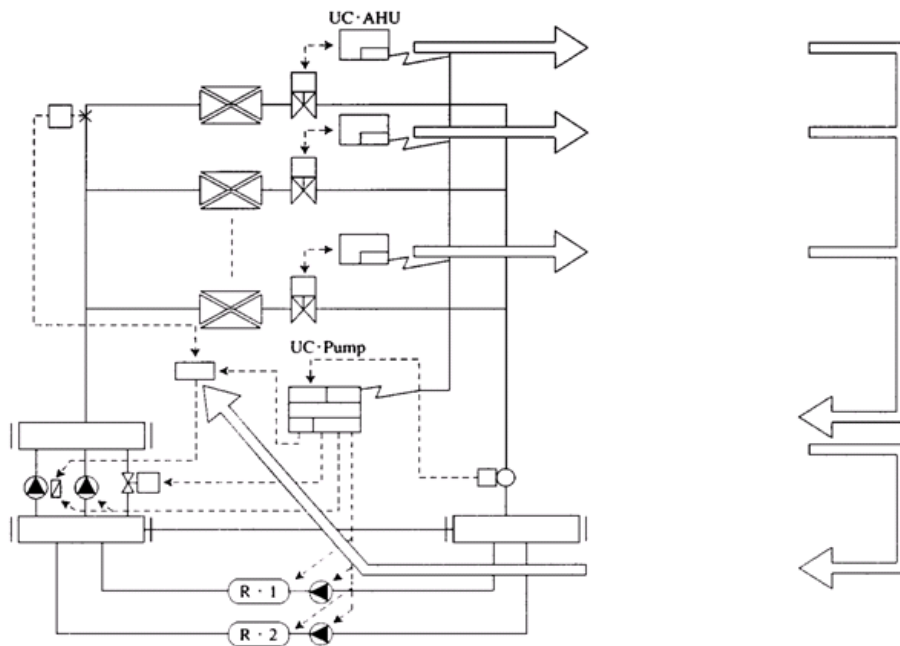


รูปที่ 2.48 ผลในการอนุรักษ์พลังงานของการควบคุมความดันส่งน้ำให้เหมาะสมที่สุด

วิธีนี้จะทำการปรับอุณหภูมิของอากาศที่จ่ายโดยควบคุมให้ผลต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิอากาศที่จ่ายให้กับอากาศภายในห้องมีค่าน้อย แต่หากจ่ายอากาศด้วยอากาศที่มีผลต่างอุณหภูมิสูง จะลดปริมาณอากาศที่จ่ายให้ได้ จึงลดกำลังขับในการส่งลมได้ โดยอัตโนมัติแล้ว ปริมาณอากาศที่จ่ายแบบ VAV จะต้องกำหนดจากคุณสมบัติของอากาศ แล้วใช้ค่านี้เป็นค่าปริมาตรอากาศต่ำสุด เพื่อพิจารณาการอนุรักษ์พลังงานอย่างบูรณาการ

การปรับความดันในการส่งน้ำให้เหมาะสมที่สุดน้ำร้อนน้ำเย็นที่ผลิตจากอุปกรณ์แหล่งความร้อน จะใช้ปั๊มหมุนส่งน้ำไปยังเครื่องปรับอากาศ แพนคอยล์ ฯลฯ โดยจะมีการควบคุมความดันส่งน้ำของปั๊มหมุนเพื่อให้อากาศภายในห้องมีค่าน้อย แต่หากจ่ายอากาศด้วยอากาศที่มีผลต่างอุณหภูมิสูง จะลดปริมาณอากาศที่จ่ายให้ได้ จึงลดกำลังขับในการส่งลมได้ โดยอัตโนมัติแล้ว ปริมาณอากาศที่จ่ายแบบ VAV จะต้องกำหนดจากคุณสมบัติของอากาศ แล้วใช้ค่านี้เป็นค่าปริมาตรอากาศต่ำสุด เพื่อพิจารณาการอนุรักษ์พลังงานอย่างบูรณาการ

กรณีที่ทำการควบคุมอัตโนมัติ จะมีโครงสร้างของระบบดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.49 โดยเครื่องควบคุม DDC ของแต่ละระบบจะส่งสัญญาณสถานะของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวไปยังอุปกรณ์เฝ้าติดตามรวมศูนย์ ได้แก่ ระดับการเปิดวาล์ว อุณหภูมิอากาศที่จ่าย อุณหภูมิภายในห้อง ฯลฯ อุปกรณ์รวมศูนย์จะกำหนด



รูปที่ 2.49 โครงสร้างการควบคุมระบบแบบอัตโนมัติ

จากข้อมูลภาระของแต่ละระบบเหล่านี้ แล้วส่งค่าที่กำหนดไปให้เครื่องควบคุมควบคุมความดัน กรณีที่ควบคุมด้วยมือ จะต้องพิจารณาวิธีตรวจวัดผลลัพธ์เทียบกับค่าที่กำหนดไว้ก่อนที่อุณหภูมิภายในห้องจะผิดปกติ นอกจากนั้น กรณีที่วางแผนจะปรับความดันส่งน้ำกับอุณหภูมิส่งน้ำ จะต้องพิจารณาการปรับค่าที่กำหนดทั้งสองให้สอดคล้องกันจากแง่ของการอนุรักษ์พลังงานรวม

13. การเริ่มเดินเครื่อง - หยุดเครื่องให้เหมาะสมที่สุด

เดินเครื่องระบบปรับอากาศไว้ก่อนให้สอดคล้องกับเงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ณ เวลาที่กำหนด โดยทั่วไปจะใช้วิธีเริ่มเดินเครื่องตามกำหนดเวลา เวลาเริ่มเดินเครื่องระบบปรับอากาศนี้สามารถปรับให้สอดคล้องกับสภาพภาระของวันนั้นได้ ดังนั้น หากลดเวลา Preheat หรือ Precool จะสามารถอนุรักษ์พลังงานของกำลังขับลำเลียง (พัดลมปรับอากาศ บีม) และอุปกรณ์แหล่งความร้อนได้

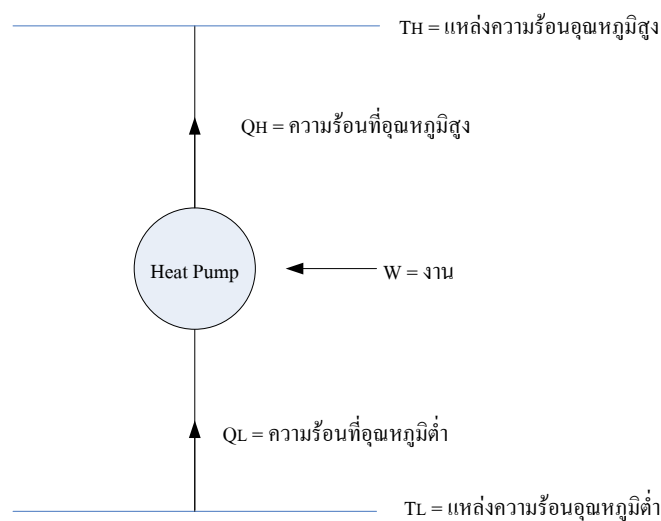
กรณีที่ควบคุมด้วยมือ จะปรับระยะเวลา Preheat หรือ Precool โดยปรับเวลาเริ่มเดินเครื่องให้สอดคล้องกับฤดูกาล กรณีที่ควบคุมอัตโนมัติจะกำหนดเวลาเริ่มเดินเครื่องจากอุณหภูมิภายในห้อง ก่อนเดินเครื่องเครื่องปรับอากาศแต่ละระบบกับเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิหลังเริ่มเดินเครื่องของแต่ละระบบ และปรับกำหนดเวลาการเริ่มเดินเครื่องตามนั้น นอกจากนั้น เส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหลังเริ่มเดินเครื่อง ควรมีการตรวจวัดและคำนวณทุกวัน และนำข้อมูลก่อนหน้านั้นเข้ามาคำนวณด้วย เพื่อทำให้เป็นระบบที่มีความสามารถเรียนรู้ได้

เนื่องจากระบบปรับอากาศแต่ละระบบจะเริ่มเดินเครื่องตามเวลาที่กำหนดไว้เฉพาะตัว ดังนั้น แหล่งความร้อนจะต้องเดินเครื่องให้สอดคล้องกับเครื่องปรับอากาศที่เริ่มเดินเครื่องเป็นเครื่องแรก ในกรณีนี้จะต้องจัดทำกำหนดเวลาไม่ให้ภาระเครื่องทำความเย็นน้อยเกินไปจนเมื่อเริ่มเดินเครื่องแล้วต้องรีบปิดทันที นอกจากนั้น กรณีที่ทำการควบคุมจำนวนเครื่องของอุปกรณ์แหล่งความร้อนด้วยการควบคุมอัตโนมัติ ในการเริ่มเดินเครื่องอุปกรณ์แหล่งความร้อนแต่ละครั้ง บางครั้งจะให้เดินเครื่องด้วยภาระสมมติ จนกว่าจะวัดภาระความร้อนจริงเสร็จ นอกจากนั้น ในการเดินเครื่องปรับอากาศ จะมีการอนุรักษ์พลังงานโดยหยุดการนำอากาศภายนอกเข้ามาในขณะที่ Preheat หรือ Precool ในบางภูมิภาคจะทำการหมุนเวียนอากาศด้วยอากาศภายนอกที่เย็นในช่วงฤดูร้อนหรือกลางคืน โดยการเดินเครื่อง Night purge เพื่อกำจัดการความ

ร้อนภายในอาคาร ซึ่งเป็นวิธีอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพดี โดยมาจากการประมาณการภาระที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เวลาเริ่มเดินเครื่องเร็วเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองกำลังขับเคลื่อนโดยสูญเปล่า หรือในทางกลับกันอาจทำให้อุณหภูมิในห้องมีค่าไม่ถึงค่าที่กำหนดเมื่อได้เวลาที่ต้องการ นอกจากนี้ ในระบบเก็บความร้อนอาจมีการเดินเครื่องอย่างไม่เหมาะสม เช่น ความร้อนที่เก็บไว้ไม่เพียงพอทำให้ต้องเดินเครื่องแหล่งความร้อนเพิ่มเติมในช่วงที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น วิธีประมาณการภาระในปัจจุบันมีความเที่ยงตรงสูงขึ้นมากจึงควรมีการพิจารณาทบทวน

2.8 ปั๊มความร้อน (Heat Pump)

ปั๊มความร้อน (Heat Pump) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ได้รับพลังงานในรูปของงานหรือความร้อน และทำหน้าที่ดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ ไปจ่ายยังแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถแสดงหลักการทำงานดังรูปที่ 2.50



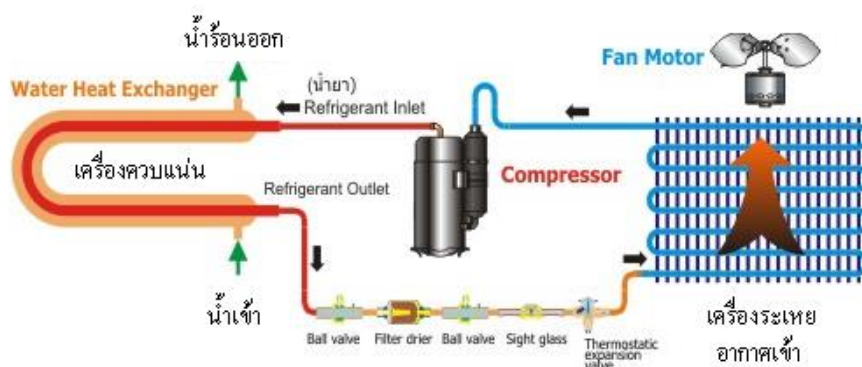
รูปที่ 2.50 โมเดลการทำงานของปั๊มความร้อน

ส่วนประกอบของปั๊มความร้อน

ปั๊มความร้อน(Heat pump) ใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับระบบทำความเย็น (Refrigerator) เพียงแต่ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์คือ ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง Q_H ส่วนในระบบทำความเย็นต้องการดึงความร้อนอุณหภูมิต่ำ Q_L ออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น โดยอุปกรณ์หลักของปั๊มความร้อนมีด้วยกัน 4 ชิ้น คือเครื่องอัดไอ (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) และเครื่องระเหย (Evaporator)

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของปั๊มความร้อนจะการใช้การแลกเปลี่ยนความร้อนของสารทำความเย็นกับตัวกลาง (ในที่นี้คือ น้ำ, อากาศ) คล้ายกับเครื่องทำความเย็นคือ เมื่อสารทำงาน (สารทำความเย็น) ดูดรับความร้อนจากอากาศจะระเหยกลายเป็นไอภายในเครื่องระเหย (Evaporator) จากนั้นสารทำงานจะไหลไปยังเครื่องอัดสารทำงาน (Compressor) และจะถูกอัดให้มีอุณหภูมิและความดันสูง จากนั้นสารทำงานจะไหลไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ (เพื่อทำน้ำร้อน) เมื่อสารทำงานสูญเสียความร้อน สารทำงานจะกลั่นตัวเป็นของเหลวและไหลไปยังวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) วาล์วลดความดันจะลดความดันและอุณหภูมิของสารทำงานที่ผ่านวาล์วลดความดันจะมีลักษณะเป็นของผสมไหลไปรับความร้อนที่เครื่องระเหยต่อไป การทำงานของปั๊มความร้อนทำงานเป็นวัฏจักรแบบนี้ไปเรื่อยๆจนได้น้ำร้อนตามที่ต้องการ ซึ่งการทำงานของปั๊มความร้อนแสดงดังรูปที่ 2.51



รูปที่ 2.51 การทำงานของระบบปั๊มความร้อน

สมรรถนะในการทำงานของปั๊มความร้อน

สมรรถนะในการทำงานของปั๊มความร้อน จะกำหนดให้อยู่ในรูป สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COEFFICIENT OF PERFORMANCE, COP) โดย

$$\text{COP(Heat pump)} = \frac{Q_H}{W}$$

เมื่อ W คือ งานจากภายนอก
 Q_H คือ ความร้อนที่อุณหภูมิสูง

สมรรถนะในการทำงานทางอุดมคติของปั๊มความร้อนที่ทำงานตามวัฏจักรคาร์โนต์ (Carnot) แสดงดังสมการ

$$\text{COP(Heat pump)} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

อย่างไรก็ตาม สารทำงานที่ใช้ในวงจรการทำงานของปั๊มความร้อนจะเป็นพวกสารที่ระเหยหรือเดือดที่อุณหภูมิต่ำ (เช่น สารทำความเย็น เช่น R-134a) ซึ่งอุณหภูมิวิกฤติส่วนใหญ่ไม่เกิน 150°C ดังนั้นอุณหภูมิคอนเดนเซอร์โดยทั่วไปจะต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤติ นอกจากนี้อุณหภูมิแตกต่างระหว่างเครื่องควบแน่น และเครื่องระเหยไม่ควรแตกต่างกันมากนัก โดยทั่วไปมักไม่เกิน 50°C เนื่องจาก COP จะลดลง 10% ทุกๆ 5°C ของความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าว ค่า COP ของปั๊มความร้อนที่ดำเนินการตามวัฏจักรจริงเมื่อเทียบกับวัฏจักรคาร์โนต์ อาจกำหนดคร่าวๆ ได้เป็น

$$\text{COP(Heat pump)} = \frac{\eta_c \times T_H}{T_H - T_L}$$

โดย η_c คือ มีค่าดังแสดงในตารางที่ 2.14 ขึ้นกับประเภทของคอมเพรสเซอร์

ตารางที่ 2.14 ค่าของ η_c ตามลักษณะของคอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์	ขนาด (kW)	η_c
แบบสูบอัด (Reciprocating)	1-5	0.42-0.56
แบบสูบอัด	< 500	0.45-0.58
แบบโรตารี	1-5	0.42-0.58
แบบสกรูพร้อมอีโคโนไมเซอร์ (Screw with Economizer)	100-200	0.5-0.6
แบบเทอร์โบ (Turbo)	> 700	0.63-0.63

การประหยัดพลังงานงานโดยใช้ปั๊มความร้อน

ปั๊มความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดพลังงานหลักได้ เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ในการให้ความร้อนรูปแบบอื่นๆ ดัชนีที่ใช้ในการเปรียบเทียบสามารถใช้ค่าอัตราส่วนการใช้พลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy Ratio, PER) โดยกำหนดค่าดังสมการ

$$\text{PER} = \eta_{th}(\text{COP})$$

โดยที่ η_{th} คือ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ความร้อนโดยใช้พลังงานปฐมภูมิ ($\approx 30\%$)

ตัวอย่างที่ 2.1 ปั๊มความร้อนที่มีการทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าโดยปั๊มความร้อนมีค่า $COP = 4$ ถูกนำมาผลิตน้ำร้อน อัตราความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน 1000 Watt อยากทราบว่าจะต้องใช้พลังงานปฐมภูมิเท่าไร เทียบกับเมื่อใช้หม้อน้ำ (Boiler) ที่มีประสิทธิภาพ 85%

วิธีทำ ในกรณีปั๊มความร้อน กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับปั๊มความร้อนมีค่า

$$W = \frac{Q_H}{COP(\text{Heat pump})} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ Watt}$$

อัตราพลังงานปฐมภูมิที่ต้องการสามารถหาได้จาก

$$\text{Primary Energy rate} = \frac{Q_H}{\eta_{th} COP(\text{Heat pump})} = \frac{1000}{0.3 \times 4} = 833 \text{ Watt}$$

ในกรณีใช้หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพ 85%

$$\text{Primary Energy rate} = \frac{Q_H}{\eta_{th}} = \frac{1000}{0.85} = 1176 \text{ Watt}$$

จะเห็นได้ว่า ปั๊มความร้อนสามารถประหยัดพลังงานปฐมภูมิได้ถึง 343 Watt ประมาณ 30% ของพลังงานหลักที่ใช้โดยหม้อน้ำ (สมมติ น้ำร้อนที่ผลิตได้อยู่ในช่วงอุณหภูมิเดียวกันทั้งสองอุปกรณ์)

ข้อดีของ Heat pump

1. เป็นทางเลือกในการผลิตน้ำร้อนแบบประหยัดพลังงาน แทน Electric Heater หรือ แบบ Boiler
2. สิ้นเปลืองไฟฟ้าน้อยกว่าการทำน้ำร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า 3-4 เท่า
3. ค่าใช้จ่ายในการทำน้ำร้อนน้อยกว่าวิธีการทำน้ำร้อนแบบอื่น
4. เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจาก สารทำงานที่ใช้ในระบบปั๊มความร้อนส่วนใหญ่เป็นใช้สารทำความเย็น R-134a ที่ไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกนอกจากนี้ยังไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ติดไฟ
5. ปลอดภัยจากไฟฟ้ารั่วและช็อตในขณะที่ใช้น้ำร้อน
6. ได้ลมเย็นเป็นผลพลอยได้โดยลมเย็นที่ได้สามารถนำไปต่อเข้ากับท่อลมเพื่อนำไปใช้หรือผสมกับอากาศภายนอกก่อนเข้าสู่ห้องปรับอากาศ

ตัวอย่างที่ 2.2 การปรับปรุงระบบทำความเย็นโดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์

จากการสำรวจภายในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งพบว่าห้องประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในโรงงานควรทำการติดตั้งระบบควบคุมใหม่เพื่อให้ได้ความเย็นตามต้องการ โดยเลือกใช้ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องมีการลงทุนเพิ่ม 1,600 บาท เพื่อปรับปรุงระบบทำความเย็นของ Chillers ขนาด 90 Ton และปรับให้อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 26°C ทำให้ประหยัดได้ ดังนี้ (จากผลการตรวจวัดในเวลา 1 วัน คิดอัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ โดยค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า 196.26 บาท/กิโลวัตต์ และค่าพลังงานไฟฟ้า 1.7034 บาท/หน่วย)

วิธีคำนวณ

ก่อนติดตั้งระบบควบคุม ทำการวัดกำลังไฟฟ้าได้	77.464 kW	ใช้พลังงานไฟฟ้า 1,860 kWh
หลังติดตั้งระบบควบคุม ทำการวัดกำลังไฟฟ้าได้	54.198 kW	ใช้พลังงานไฟฟ้า 1,306 kWh
ลดค่าความต้องการได้	= 77.464 - 54.198	
	= 23.266 kW	
ผลการประหยัดได้	= 23.266 (kW) × 196.26 (บาท/kW) × 12 (เดือน/ปี)	
	= 54,794.23 บาทต่อปี	
ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	= 1,860 - 1,306	
	= 554 kWh	
ผลการประหยัดได้	= 554 (kWh) × 1.7034 (บาท/kWh) × 30 (วัน/เดือน)	
	× 12 (เดือน/ปี)	
	= 339,726.01 บาทต่อปี	
รวมผลการประหยัด	= 54,794.23 + 339,726.01	
	= 394,520.33 บาทต่อปี	
คืนทุน	= 1600/394,520.33	
	= 0.004 ปี หรือ 1.44 วัน	

ตัวอย่างที่ 2.3 การทำความสะอาดระบบทำความเย็นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งได้วางแผนการทำความสะอาดระบบทำความเย็นของ Chillers ขนาด 100 Ton โดยใช้เงินลงทุนว่าจ้าง 30,000 บาท ทำให้ประหยัดได้ดังนี้ (ผลการตรวจวัดในเวลา 7 วัน คิดอัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ โดยค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า 196.26 บาท/กิโลวัตต์ และค่าพลังงานไฟฟ้า 1.7034 บาท/หน่วย)

วิธีคำนวณ

ก่อนทำความสะอาดวัดกำลังไฟฟ้าได้	113.900 kW	ใช้พลังงานไฟฟ้า	2,420 kWh
หลังทำความสะอาดวัดกำลังไฟฟ้าได้	97.300 kW	ใช้พลังงานไฟฟ้า	2,229 kWh
ลดค่าความต้องการได้	= 113.900 - 97.300		
	= 16.6 kW		
ผลการประหยัดได้	= 16.6 (kW) × 196.26 (บาท/กิโลวัตต์) × 12 (เดือน/ปี)		
	= 39,095 บาทต่อปี		
ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	= 2,420 - 2,229		
	= 191 kWh		
ผลการประหยัดได้	= 191 (kWh) × 1.7034 (บาท/kWh) × 4 (วัน/เดือน)		
	× 12 (เดือน/ปี)		
	= 15,616.77 บาทต่อปี		
รวมผลการประหยัด	= 15,616.77 + 39,095		
	= 54,711.77 บาทต่อปี		
คืนทุน	= 30,000/54,711.77		
	= 0.54 ปี		

ตัวอย่างที่ 2.4 การเดินเครื่องปรับอากาศหลายตัว

โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน จำนวน 5 ชุด ภาระการปรับอากาศของอาคาร 1,200 ตัน จึงเดินเครื่องทำน้ำเย็นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ชุด โดยเครื่องทำน้ำเย็นที่โหลด 80 เปอร์เซ็นต์ มีการใช้พลังงานจากการตรวจวัดดังนี้

เครื่องที่ 1	= 0.7 kW/TON
เครื่องที่ 2	= 0.68 kW/TON
เครื่องที่ 3	= 0.95 kW/TON
เครื่องที่ 4	= 0.98 kW/TON
เครื่องที่ 5	= 0.72 kW/TON

จงหาวิธีการดำเนินเครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดการประหยัด

วิธีการคำนวณ

ถ้าเดินเครื่อง 3, 4, 5 จะใช้กำลังไฟฟ้า	= (0.95 + 0.98 + 0.72) × (1,200/3)
	= 1,060 kW
ถ้าเดินเครื่อง 1, 2, 5 จะใช้กำลังไฟฟ้า	= (0.72 + 0.68 + 0.72) × (1,200/3)
	= 848 kW
คิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ลดลง	= 1,060 - 848
	= 212 kW

ถ้าโรงงานทำงานวันละ 12 ชั่วโมง 300 วัน/ปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.5 บาทต่อหน่วย จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายดังนี้

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} &= 212 \text{ (kW)} \times 12 \text{ (ชั่วโมง/วัน)} \times 300 \text{ (วัน/ปี)} \\ &= 763,200 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลง} &= 763,200 \text{ (kWh)} \times 2.5 \text{ (บาท/kWh)} \\ &= 1,908,000 \text{ บาท/ปี}\end{aligned}$$

ดังนั้นจะเห็นว่าการลำดับการใช้เครื่องให้ถูกต้องจะลดกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้จำนวนมาก

ตัวอย่างที่ 2.5 การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

จากการสำรวจอาคารแห่งหนึ่งพบว่า มีจำนวนเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนจำนวน 148 เครื่อง โดยมีขนาด 12,000 บีทียู จำนวน 136 เครื่อง ขนาด 18,000 บีทียู จำนวน 12 เครื่อง คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็น 154 ตัน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด 901,046 kWh/ปี ปกติเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดชุดลดความชื้นระบายความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอจะมีค่าการใช้พลังงานต่างกันดังนี้

จุดที่ตรวจวัด	สภาพเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการบำรุงรักษา	สภาพเครื่องปรับอากาศที่มีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ	ผลต่าง
Evap. Temp.	7.2 °C	7.2 °C	-
Cond. Temp.	54.4 °C	51 °C	3.4
Ambient Temp.	35 °C	35 °C	-
Power (W)	3,700	3,590	110
Btu hr	27,900	29,340	1,440
Btu/hr/Watt	7.52	8.17	0.63

(ข้อมูลจาก Technical data ของ Compressor energy efficiency)

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}\text{ผลต่างที่ประหยัดได้} &= (0.63/8.17) \times 100 \\ &= 7.7\%\end{aligned}$$

ดังนั้น หลังจากล้างเครื่องปรับอากาศทั้งหมด คาดว่าจะประหยัดพลังงานได้

$$\begin{aligned}&= 901,046 \text{ (kWh/ปี)} \times 0.077 \\ &= 69,380.5 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นเงิน} &= 69,380.5 \text{ (kWh/ปี)} \times 2.5 \text{ (บาท/kWh)} \\ &= 173,451.25 \text{ บาท/ปี}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2.6 การใช้เครื่องปรับอากาศชนิด High EER

พิจารณาจากความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนในอาคารรวม 154 ตัน จากการทดสอบค่า EER ของเครื่องปรับอากาศโดยเฉลี่ย

ประสิทธิภาพ, EER	=	5.24	Btu/hr/watt
เทียบเท่า	=	$12,000/(5.24 \times 1,000)$	kW/tonR
	=	2.29	kW/tonR
เครื่องปรับอากาศชนิด High EER			
ประสิทธิภาพ, EER	=	9.6	Btu/hr/watt
เทียบเท่า	=	$12,000/(9.6 \times 1,000)$	kW/ton
	=	1.25	kW/ton

วิธีคำนวณ

(ค่า kW/ton ดังกล่าวเป็นค่ากำลังไฟฟ้าต่อค่าปริมาณความเย็นตามที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริงเต็ม 12,000 Btu มีใช้ตามปริมาณความเย็นที่ปรากฏตามเนมเพลท

ฉะนั้น เมื่อพิจารณาติดตั้งใช้งานเครื่องปรับอากาศชนิด High EER

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าลดลง} &= (2.29 - 1.25) \times 154 \times 0.7 \times 10 \times 365 \\
 &= 409,209 \text{ kWh/ปี} \\
 \text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 409,209 \text{ (kWh/ปี)} \times 2.5 \text{ (บาท/kWh)} \\
 &= 1,023,022.5 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2.7 การปรับปรุงเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเย็น

โดยการใช้ระบบการแปรเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเย็น (Variable water volume system, VVV) แต่ต้องระวังค่าพลังงานทั้งหมดต่อตันได้ลดลงโดยไม่ไปกระทบต่อพลังงานของปั๊ม ต้องทำงานโดยใช้ระบบวาล์ว 2 ทางแทนระบบที่ 1 ซึ่งใช้วาล์ว 3 ทาง

ข้อมูลที่กำหนดให้ :

ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	500 ตันความเย็น	จำนวน 3 เครื่อง
ขนาดเครื่องทำน้ำเย็น	1500	ตันความเย็น
ประสิทธิภาพของมอเตอร์, η_m	75 %	
ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ, η_p	70 %	
ความดันรวม (TDH หรือ H)	35.92	m
น้ำหนักจำเพาะของน้ำ, γ	9,800	N/m ³

ปัจจุบันระบบควบคุมน้ำเย็นแบบวาล์ว 3 ทาง อัตราการไหลของน้ำเย็นรวม 400 liter/sec ถ้าใช้ระบบวาล์ว 2 ทาง อัตราการไหลของน้ำเย็นสูงสุดประมาณ 370 liter/sec

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำเย็นลดลง, } Q (400 - 370) &= 30 \text{ liter/sec} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องทำงานลดลง} &= \frac{9,800 \times 30 \times 0.001 \times 35.92}{0.75 \times 0.7 \times 1,000} \\
 &= 20.115 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น} &= 14 (\text{ชั่วโมง/วัน}) \times 5 (\text{วัน/สัปดาห์}) \\
 &\quad \times 52 (\text{สัปดาห์/ปี}) \\
 &= 3,640 \text{ ชั่วโมง/ปี} \\
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} &= 20.115 (\text{kW}) \times 3,640 (\text{ชั่วโมง/ปี}) \\
 &= 73,218.6 \text{ kWh/ปี} \\
 \text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 73,218.6 (\text{kWh/ปี}) \times 2.50 (\text{บาท/kWh}) \\
 &= 183,046 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2.8 อาคารศูนย์การค้ามีการใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled water chiller) ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 300 ตันความเย็น 3 ชุด โดยมีขนาดและจำนวนชุดของเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำเย็น และหอผึ่งน้ำเท่ากับเครื่องทำน้ำเย็น โดยปกติใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด เวลา 9.30-20.00 น. ปรับอากาศภายในพื้นที่ โดยใช้เครื่องส่งลมเย็นกระจายไปในพื้นที่ที่ปรับอากาศและการหมุนเวียนอากาศจากภายนอกอาคาร โดยใช้พัดลมดูดอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาแบบปริมาตรคงที่

ข้อสังเกต จากสภาพการใช้งานจริงนั้น จำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการไม่ได้มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งวัน ดังนั้นควรพิจารณาการปรับลดอัตราการหมุนเวียนอากาศ

วิธีคำนวณ

จากการใช้งานของอาคารในช่วงเวลา 9.00-16.00 น, วันจันทร์ถึงศุกร์ โดยเฉลี่ยจำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการเป็นครึ่งหนึ่งของที่กำหนด ดังนั้น สามารถใช้ระบบปริมาตรอากาศแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume; VAV) เพื่อปรับลดอัตราการหมุนเวียนอากาศจากพัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์ ลงครึ่งหนึ่ง โดยการติดตั้งใบปรับปริมาณลมปรับอัตราการไหลให้ปิดเปิดตามเวลาที่กำหนด

การตรวจวัด :

สำหรับ : เครื่องทำน้ำเย็นหมายเลข CH-1

พิกัดกำลังไฟฟ้า 231 kW

กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 171 kW

กิโลวัตต์ต่อตันทำความเย็น $(231/300) = 0.77 \text{ kW/TR}^*$

ความสามารถในการทำความเย็นที่คำนวณจากค่าที่วัดมาได้ $(171/0.77) = 222 \text{ TR}^*$

พัดลมเติมอากาศบริสุทธิ์

อัตราการส่งลม 24,000 cfm

สภาวะอากาศที่ดูดเข้ามาเฉลี่ย 80 °F 60% RH

สภาวะอากาศในพื้นที่ปรับอากาศเฉลี่ย 76 °F 50% RH

ผลตอบแทน

อัตราการหมุนเวียนอากาศที่ลดลง 12, 000cfm

Enthapy ของอากาศที่เข้า 38.6 Btu/lb

Enthapy ของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ 28.8 Btu/lb

ภาระการปรับอากาศที่ลดลง $= 4.5 \times \text{cfm} \times (h_i - h_o)$

$= 4.5 \times 12,000 \times (38.6 - 28.8)$

$$\begin{aligned}
 &= 529,200 \text{ Btu/hr} \\
 \text{คิดเป็นตันความเย็น} &= 529,200 / 12,000 \\
 &= 44.1 \text{ TR}^*
 \end{aligned}$$

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นที่ลดลง $(0.77 \times 44.1) = 33.96 \text{ kW}$

$$\begin{aligned}
 \text{จำนวนชั่วโมงการใช้งานลดลง} &= 6 (\text{ชั่วโมง/วัน}) \times 5 (\text{วัน/สัปดาห์}) \times 52 (\text{สัปดาห์/ปี}) \\
 &= 1,560 \text{ ชั่วโมง/ปี} \\
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง} &= 33.96 (\text{kW}) \times 1,560 (\text{ชั่วโมง/ปี}) \\
 &= 52,977.6 \text{ kWh/ปี} \\
 \text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 52,977.6 (\text{kWh/ปี}) \times 2.50 (\text{บาท/kWh}) \\
 &= 132,444 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

การลงทุน

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าติดตั้งชุดระบายอากาศและใบปรับลม} &= 15,000 \text{ บาท} \\
 \text{เครื่องตั้งเวลาและอุปกรณ์ควบคุม} &= 10,000 \text{ บาท} \\
 \text{คิดระยะเวลาคืนทุน} &= 25,000 / 132,444 \\
 &= 0.19 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

สรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึง ระบบทำความเย็น หลักการทำงานของระบบทำความเย็น ชนิดของเครื่องทำความเย็น ระบบปรับอากาศ หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ ชนิดของเครื่องปรับอากาศ วิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น วิธีการตรวจวัด และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศได้แก่การเลือกใช้ Chiller ประสิทธิภาพสูง การเลือกใช้ Cooling Tower ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีขนาดที่เหมาะสมกับภาระ การตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นออกให้เหมาะสมกับภาระ การทำความสะอาดชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างสม่ำเสมอ การพิจารณาใช้ระบบ Absorption Chiller

หน้าที่หลักของระบบทำความเย็นคือ การรักษาให้พื้นที่ที่ต้องการความเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งโดยทั่วไปมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบ ซึ่งปกติแล้วเครื่องทำความเย็นในเชิงพาณิชย์จะนำไปใช้เพื่อการถนอมอาหาร แต่ก็มีอีกหลายกรณีที่น่าไปใช้งานในประเภทอื่น

ระบบทำความเย็น กล่าวถึงระบบทำความเย็นอย่างง่าย ระบบทำความเย็นจริง ซึ่งมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ คอนเดนเซอร์ อีวาโปเรเตอร์ อุปกรณ์ปรับลดความดัน คอมเพรสเซอร์ ไดเออร์ ถึงพักสารทำความเย็น เป็นต้น และมีวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอซึ่งประกอบไปด้วย 4 กระบวนการคือ กระบวนการอัดตัวแบบไอเซ็นโทรปิก กระบวนการถ่ายเทความร้อนทิ้งแบบความดันคงที่ กระบวนการขยายตัวแบบเอนทัลปีคงที่ และกระบวนการรับความร้อนแบบความดันคงที่

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นให้สูงสุด โดยการ ลดความดันด้านคอนเดนเซอร์ เลือกคอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ลดความร้อนสะสมที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ลดภาระความร้อนที่ไม่จำเป็น ทำการหุ้มฉนวนกันความร้อน ลดภาระความร้อนเพิ่มเติม พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ การให้แสงสว่าง และการควบคุมบริเวณ เป็นต้น

ระบบปรับอากาศ คือ การปรับ และรักษาสภาพอากาศภายในอาคารโดยมนุษย์ เพื่อให้มนุษย์อยู่ในอาคารนั้นได้อย่างมีความสุข หรือ การปรับอากาศคือ กระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิ ความชื้น และการกระจายตัวของอากาศเป็นไปตามต้องการ และปัจจัยควบคุมที่ต้องมีเพื่อการปรับอากาศคือ 1 อุณหภูมิ 2 ความชื้น 3 กระแสอากาศ 4 ระดับความสะอาด 5 ความดันอากาศ และสิ่งที่เกี่ยวข้องคือ การทำความร้อน การทำความเย็น และ การระบายอากาศ เงื่อนไขการออกแบบอุปกรณ์ปรับอากาศ คือ ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร ปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นของอากาศนอกอาคาร

วิธีปรับอากาศสามารถแบ่งประเภทด้วยเกณฑ์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. การแบ่งประเภทด้วยตัวกลางลำเลียงความร้อน (ก) วิธีใช้อากาศทั้งหมด (ข) วิธีใช้น้ำ-อากาศ (ค) วิธีใช้น้ำทั้งหมด (ง) วิธีใช้สารทำความเย็น (วิธี Package)

2. การแบ่งประเภทด้วยตำแหน่งของแหล่งความร้อน (ก) วิธี Central (ข) วิธี Unitary (ค) วิธี Satellite

3. การแบ่งประเภทว่าแหล่งความร้อน-แหล่งความเย็นสามารถจ่ายได้อย่างต่อเนื่องหรือไม่ (ก) วิธีแหล่งความร้อนเดียว (ข) วิธีหลายแหล่งความร้อน

4. การแบ่งประเภทด้วยวิธีควบคุม (ก) วิธีควบคุมแยกเครื่อง (ข) วิธีควบคุมแยกโซน (ค) วิธีควบคุมรวม การจัดการอนุรักษ์พลังงานของคู่มือพลังงานอาคาร โดยการ กำหนดสถานที่ตั้ง การควบคุมพัดลม การรักษาสมรรถนะการระบายความร้อน การจัดการประหยัดน้ำ การควบคุมอุณหภูมิระบายความร้อน

การจัดการการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ เริ่มจาก การทบทวนเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้ การลดระยะเวลาปรับอากาศร้อนเย็น การลดระยะเวลาปรับอากาศ การหยุดการปรับอากาศในบริเวณที่ไม่ได้ใช้งาน การจำกัดการปรับอากาศในการทำงานล่วงเวลา การอนุรักษ์พลังงานในการนำอากาศภายนอกเข้ามา

2.9 กรณีศึกษา

กรณีศึกษาที่ 1 เทคโนโลยีขั้นสูงในการใช้ประโยชน์อากาศภายนอกในการป้องกันความร้อนในโรงงาน ดายคาสต์

ประเภทกิจการ : ผลิตเครื่องไฟฟ้า

ผลิตภัณฑ์ : เครื่องปรับอากาศรถยนต์

(1) เค้าโครง

ในการดำเนินการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานตามนโยบายของบริษัท มาตรการป้องกันความร้อนในโรงงานดายคาสต์ซึ่งมีแหล่งความร้อนอยู่ในโรงงาน คาดว่าจำเป็นต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศเย็นเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในการดำเนินการนี้ทุกฝ่ายได้ร่วมมือกัน เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายต้นกำลัง เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมด้วยการอนุรักษ์พลังงาน

(2) สภาพปัจจุบัน

ผลจากการสำรวจความสามารถของระบบระบายอากาศ ปริมาณอากาศจริงของทั้งพัดลมหลังคาและพัดลมจ่ายอากาศมีค่าสอดคล้องกับข้อกำหนดจำเพาะ ($630 \times 10^3 \text{ [m}^3/\text{h]})$

ผลจากการสำรวจการแจกแจงอุณหภูมิบนระนาบทำงาน พบว่าอุณหภูมิอากาศที่ดูดจากระนาบหลังคาของอาคารมีค่าสูงกว่ากำแพงด้านนอก $3.5 \text{ [}^\circ\text{C]}$ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิภายในห้องให้สูงขึ้น

ผลจากการวัดการแจกแจงอุณหภูมิตามทิศทางตั้งฉากของบริเวณที่ทำงาน พบว่าอากาศที่พ่นออกมาจากความสูง 3 [m] จากพื้นจะดึงเอาอากาศอุณหภูมิสูงที่ด้านบนของบริเวณที่ทำงานลงมา ทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานเลวร้ายลง

พัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งอยู่ที่ระนาบหลังคาจะดูดอากาศภายนอกผ่านหน้าต่างที่อยู่ข้างๆ เข้ามา ทำให้ความสามารถในการระบายอากาศอุณหภูมิสูงภายในห้องลดลงไป

(3) เนื้อหา

หยุดการนำอากาศอุณหภูมิสูงจากการแผ่รังสีของระนาบหลังคาเข้ามา ด้วยนำอากาศภายนอกเข้ามาผ่านห้องข้างๆ (ลดลง $2\text{--}3 \text{ [}^\circ\text{C]})$

เลื่อนช่องดูดอากาศของพัดลมหลังคา (18 ตัว) ลง 2.5 [m] เพื่อป้องกัน Short pass ของอากาศภายนอกจากหน้าต่าง (ผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของการระบายอากาศทำให้อุณหภูมิลดลง $1 \text{ [}^\circ\text{C]})$

ต่อท่อลมจากช่องเป่าลมที่ด้านบนห้อง 22 แห่ง ให้ตำแหน่งที่ลมออกมาอยู่ต่ำลง 3 [m] (ลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทำงานลง $2 \text{ [}^\circ\text{C]})$

ทำให้อากาศภายนอกที่นำเข้ามาเย็นลงด้วยการพรมน้ำ เมื่อทำเช่นนี้แล้วทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เป่าออกมาลดลง $2.5 \text{ [}^\circ\text{C]}$ (ลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทำงานลง $1 \text{ [}^\circ\text{C]})$

สามารถทำให้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่าไม่เกิน $36 \text{ [}^\circ\text{C]}$ ได้โดยไม่ต้องเพิ่มพลังงานปรับอากาศเย็น

ตารางที่ 2.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและค่าใช้จ่ายติดตั้งเปรียบเทียบกับ การติดตั้งระบบปรับอากาศเย็น

ตาราง 2.15 เปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีใช้อากาศภายนอกป้องกันความร้อนกับวิธีติดตั้งระบบปรับอากาศเย็น (กำหนดให้)

	ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง		ค่าใช้จ่ายตั้งต้น
ปรับปรุงการปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก	$\Delta 152$ [MWh/ปี]	$\Delta 343,750$ [บาท/ปี]	257,812.50 [บาท]
ลดการเพิ่มการปรับอากาศเย็นเฉพาะที่	$\Delta 203$ [MWh/ปี]	$\Delta 558,250$ [บาท/ปี]	$\Delta 5,233,593.75$ บาท
พรมน้ำที่ปากทางดูดอากาศภายนอกเข้ามา	4 [MWh/ปี]	11,000 [บาท/ปี]	550,000 [บาท]
ลดค่าเครื่องปรับอากาศเย็นด้วยอากาศภายนอก	$\Delta 38$ [MWh/ปี]	$\Delta 104,500$ [บาท/ปี]	$\Delta 783,750$ [บาท]
	$\Delta 389$ [MWh/ปี]	$\Delta 1,069,750$ [บาท/ปี]	$\Delta 2,352,056$ [บาท]

(4) ประสิทธิภาพ (เปรียบเทียบกับกรณีติดตั้งระบบปรับอากาศเย็น)

ลดกำลังไฟฟ้า : 389 [MWh/ปี]

ลดค่าเครื่องจักร : 2,352,056 [บาท]

ลดค่าไฟฟ้า : 1,069,750 [บาท/ปี]

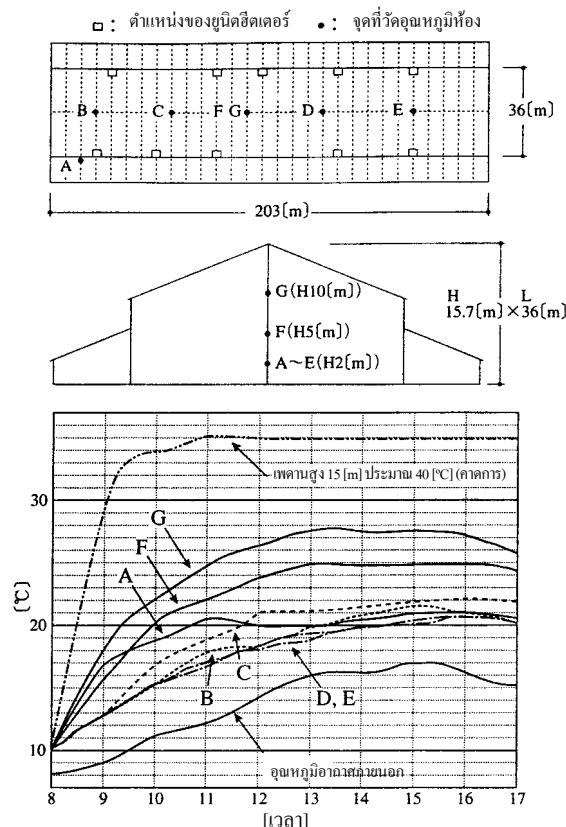
กรณีศึกษาที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานในการปรับอากาศร้อนของอาคารเพดานสูง

ประเภทกิจการ : ผลิตเครื่องไฟฟ้า

ผลิตภัณฑ์ : อุปกรณ์ควบคุมสำหรับอุตสาหกรรม ฯลฯ

(1) เค้าโครง

โรงงานผลิตมีความสูง 15 [m] ลมร้อนจากยูนิตฮีตเตอร์แบบใช้น้ำมันหนัก (77 เครื่อง) ระหว่างการปรับอากาศร้อนในฤดูหนาวจะลอยขึ้นไปเพดานสูง จึงไม่ค่อยมีประโยชน์ต่อบริเวณที่ทำงานซึ่งต้องการความร้อน ในที่นี้จะปรับปรุงผลต่างอุณหภูมิด้านบนกับด้านล่างในบริเวณพื้นที่ทำงานซึ่งมีค่า 15-20 [°C] ร่วมกับการลดความร้อนสูญเสียจากตัวโครงสร้างอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศร้อน



รูปที่ 2.52 จุดวัดกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแห่ง

(2) สภาพปัจจุบัน

ทำการวัดการแผ่กระจายของอุณหภูมิและความชื้นของอุณหภูมิทั้งระนาบนอนและระนาบหน้าตัดของอาคาร อุณหภูมิของแต่ละพื้นที่กับเวลาแสดงไว้ในรูป 2.52

ส่วนที่สูงที่สุดของเพดานมีอุณหภูมิสูงถึง 30 [°C] เมื่อเริ่มปรับอากาศร้อนไปได้ 1 ชั่วโมง แต่กว่าบริเวณที่ทำงานจะมีอุณหภูมิถึง 20 [°C] ต้องใช้เวลาถึง 4-6 ชั่วโมง

ความชื้นอุณหภูมิระหว่างบริเวณเพดานสูงกับบริเวณทำงานมีค่าถึง 15-20 [°C] ผลต่างอุณหภูมิด้านบนและล่างมีค่าสูงมาก

ภาระการปรับอากาศร้อนในปัจจุบันมีค่า 2,438,000 [kcal/h] ในจำนวนนั้นความร้อนสูญเสียจากระนาบหลังคามีสัดส่วนสูงถึง 47% ของภาระการปรับอากาศร้อน

(3) เนื้อหา

(1) กำหนดเป้าหมายการปรับปรุง

ลดผลต่างอุณหภูมิระหว่างบริเวณทำงานกับบริเวณเพดานสูงจาก 20 → 5 [°C]

ลดความสิ้นเปลืองพลังงานปรับอากาศร้อนให้เหลือ 1 ใน 3

(2) นำระบบปรับอากาศร้อนแบบ Riviera มาใช้ซึ่งหลักการทำงานแสดงไว้ในรูปที่ 2.48

ติดตั้งท่อลมอุณหภูมิสูง (90-100 [°C]) จำนวน 2 ท่อเหนือบันจันเลื่อน เพื่อเป่าชักนำอากาศอุณหภูมิสูงที่เพดานสูงลงมาถึงพื้น

ติดตั้งท่อลมแบบเดียวกันที่ผนังทั้งสองด้าน เพื่อป้องกัน Cold draught ของอากาศภายนอกที่เข้ามาจากผนังและกระจกหน้าต่าง

(3) ประสิทธิภาพของมาตรการ

ทำให้ผลต่างการแผ่กระจายของอุณหภูมิมีค่า 5 [°C] ได้สำเร็จ

ลดความร้อนสูญเสียของตัวอาคาร 1,500,000 [kcal/h]

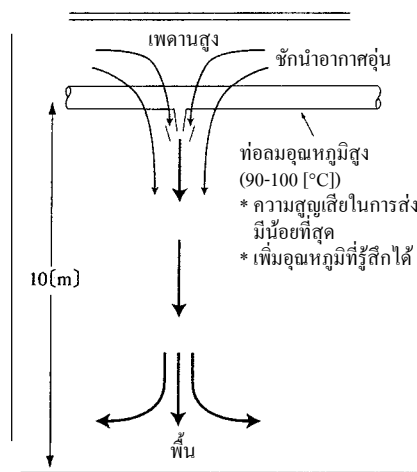
อัตราที่ลดได้ 54 [%]

(4) ประสิทธิภาพ

ลดการใช้เชื้อเพลิงเทียบเท่าน้ำมันดิบ 125 [kL/ปี]

อัตราการประหยัด (เทียบกับต้นทุนการปรับอากาศร้อน) 61%

มูลค่าน้ำมันหนัก A ที่ประหยัด 3,899,800 [บาท/ปี]



รูปที่ 2.53 หลักการของระบบอากาศร้อนแบบ Riviera

กรณีศึกษาที่ 3 การลดต้นทุนการปรับอากาศร้อนเย็นด้วยการเพิ่มสมรรถนะฉนวนความร้อนหลังคาของโรงงานเดิม

ประเภทกิจการ : ผลิตเครื่องมือเครื่องจักรทั่วไป

ผลิตภัณฑ์ : เครื่องมือเจียร หินเจียร

(1) เค้าโครง

อุณหภูมิการทำงานในหน้าร้อนมีค่าสูง แม้ว่าจะดำเนินการมาตรการต่างๆ ต่อเนื่องมาหลายปีแล้ว แต่ก็ยังไม่เป็นมาตรการที่ได้เด็ดขาด

จากการพิจารณาทบทวนมาตรการเหล่านี้ จึงได้ดำเนินการมาตรการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาจากระนาบหลังคาของอาคารซึ่งเป็นภาระความร้อนสูงของการปรับอากาศ

(2) สภาพปัจจุบัน

อุณหภูมิภายในห้องมีความสัมพันธ์กับระดับแสงแดด เทียบกับอุณหภูมิมาตรฐาน 28 [°C] แล้วอุณหภูมิสูงสุดในเดือน ก.ค. และ ส.ค. จะเท่ากับ 32 [°C] และ 35 [°C] ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานถึง 7 [°C] ต้นทุนกำลังไฟฟ้าในการปรับอากาศร้อน-เย็น มีสัดส่วนถึง 38 [%] (1,630 [หมื่นเยน]) ของต้นทุนกำลังไฟฟ้าตลอดปีของทั้งบริษัท

ในจำนวนภาระความร้อนของการปรับอากาศเย็นในหน้าร้อน ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาเข้ามามีสัดส่วนถึง 62 [%] ของปริมาณความร้อนที่เป็นภาระทั้งหมด

(3) เนื้อหา

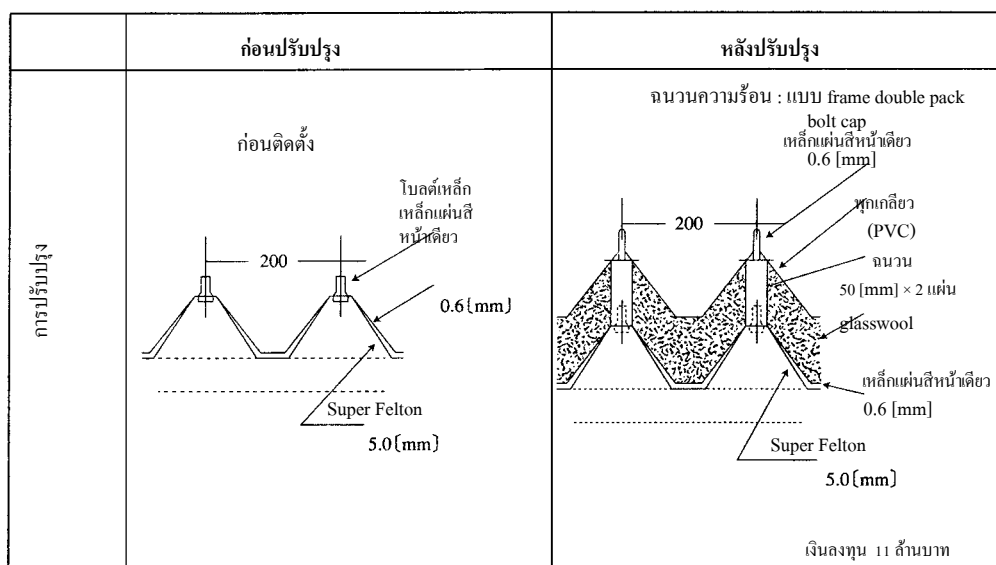
(1) การกำหนดค่าเป้าหมาย

ปรับอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เป็น 25-29 [°C]

ลดต้นทุนกำลังไฟฟ้าปรับอากาศร้อน-เย็นลง 15 [%]

(2) ใช้วิธี Frame double pack ด้วยการนำ Glasswool 50 [mm] หนา 2 ชั้นมาติดตั้งไว้ระหว่างวัสดุทำหลังคาเดิม (เหล็กแผ่นสี) เพื่อลดความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาเข้ามา (กลับกันในฤดูหนาว) รูปที่ 2.54 แสดงโครงสร้างหลังคาหลังการปรับปรุง

(3) ผลของการปรับปรุงทำให้อุณหภูมิภายในห้องในช่วง 3 เดือนในฤดูร้อนเท่ากับ 25.4-25.9 [°C] ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานสภาพแวดล้อมใหม่ จึงสามารถลดต้นทุนกำลังไฟฟ้าปรับอากาศร้อน-เย็นลงได้อย่างมาก



รูปที่ 2.54 เปรียบเทียบโครงสร้างก่อนและหลังการปรับปรุงสมรรถนะฉนวนความร้อนหลังคา

(4) ประสิทธิภาพ

กำลังไฟฟ้าที่ลดได้ 138.7 [MWh/ปี] (ค่าที่คำนวณได้)

อัตราที่ลดได้ (เทียบกับทั้งหมด) 14.7 [%]

ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ 888,000 [บาท/ปี]

ระยะคุ้มทุน (เปรียบเทียบกับเพิ่มแหล่งความร้อนความเย็น) 1 [ปี]

กรณีศึกษาที่ 4 ตัวอย่างการพัฒนาและปฏิบัติวิธีตรวจวิเคราะห์โดยรวมเกี่ยวกับการปรับอากาศในโรงงาน

ประเภทกิจการ : ผลิตเครื่องจักรขนส่ง

ผลิตภัณฑ์ : รถยนต์

(1) เค้าโครง

เพื่อสะท้อนแผนปรับปรุงประสิทธิภาพที่รองรับการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานของทั้งบริษัทให้ดีขึ้นอีกขั้นหนึ่ง จึงจำเป็นต้องสำรวจสภาพที่แท้จริงของระบบปรับอากาศเดิมของโรงงานและแหล่งกำเนิดความร้อน แล้วตรวจวิเคราะห์พลังงานในภาพรวมโดยใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดพลังงาน เทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์เครื่องจักร และเทคโนโลยีการควบคุม ผลลัพธ์คือสามารถระบุบทบาทในการดำเนินแผนปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานได้โดยไม่ต้องเพิ่มการใช้พลังงาน

(2) สภาพปัจจุบัน

(1) ตรวจสอบระบบปรับอากาศและปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น (ดูรูปที่ 2.59)

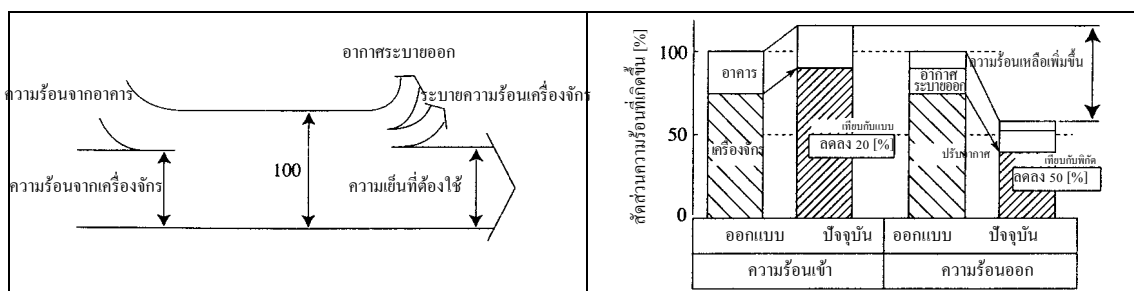
ความสามารถของระบบปรับอากาศลดลงเหลือ 50 [%] ของพิกัด สาเหตุคือความดันสูญเสียของระบบท่อ โดยความดันสูญเสียที่ทางเข้าและทางออก AHU มีค่าสูง

(2) การสำรวจแหล่งกำเนิดความร้อนภายในโรงงาน

การตรวจวัด Heating element ในกระบวนการหลอมเป็นสิ่งที่มีความอันตรายเนื่องจากมีอุณหภูมิสูงมาก ในการตรวจวัดนี้จึงใช้วิธี Projected image ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์ที่บริษัทฯ พัฒนาขึ้นเองในการตรวจวัดความร้อนที่แผ่ออกมาเมื่อเปิดฝาเตา ผลลัพธ์พบว่า กระแสอากาศอุณหภูมิสูงก่อตัวเป็นลำความร้อนโดยไม่กระจายตัวถึงเกือบ 15 [m]

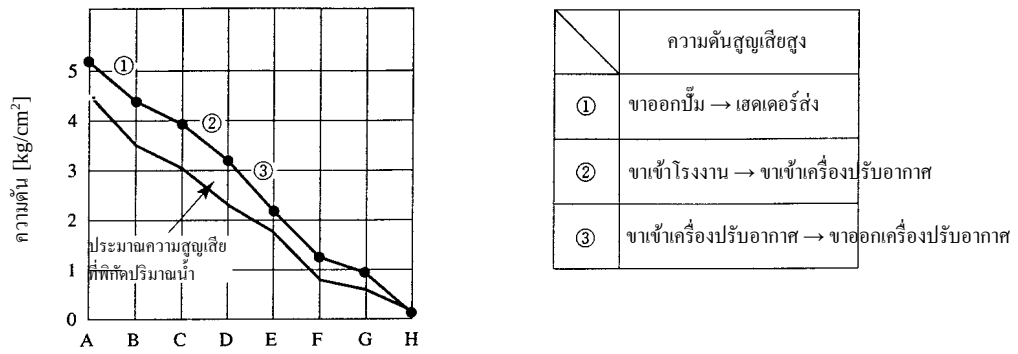
(3) เนื้อหา

(1) เพื่อตรวจสอบสภาพการแผ่กระจายน้ำเย็นของคอยล์ทำความเย็นใน AHU จึงทำการตรวจวัดแผ่กระจายแรงอุณหภูมิที่ผิวหน้าคอยล์ด้วย Thermo view ผลลัพธ์พบว่า มีสิ่งแปลกปลอมไปอุดตันท่อแยกคอยล์ของเฮดเดอร์ด้านน้ำเย็นเข้าคอยล์ (ใช้กระจกส่องดู)



รูปที่ 2.55 แนวคิดในการออกแบบ

รูปที่ 2.56 สภาพปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น และการกำจัดความร้อน



รูปที่ 2.57 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่วัดกับความดันน้ำเย็น

(2) นำวิธีระบายอากาศแบบใหม่เป็นช่วงๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมาใช้ให้สอดคล้องกับการเปิดปิดฝาเตาหลอมแบบอาร์ก

(3) อื่นๆ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมด้วยการปิดกั้นการแผ่รังสีในกระบวนการผลิตที่เกิดความร้อนอุณหภูมิสูง

(4) ประสิทธิภาพ

ลดค่าไฟฟ้าและอื่นๆได้ 14,060,000 [บาท/ปี]

กรณีศึกษาที่ 5 การผลิตน้ำเย็นในฤดูหนาวด้วยकुल्लิงทาวเวอร์แบบปิด

ประเภทกิจการ : อุตสาหกรรมเคมี

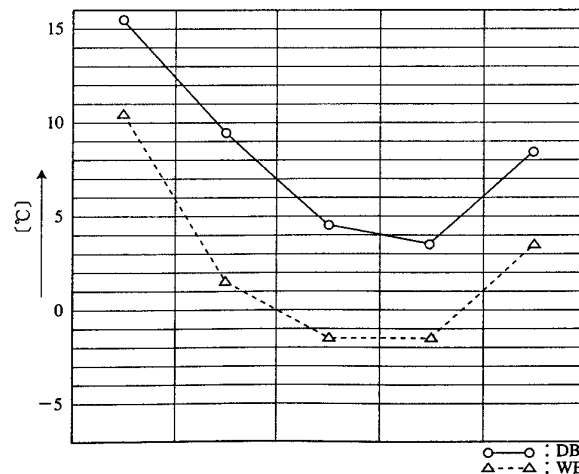
ผลิตภัณฑ์ : กระดาษปิดผนังพิมพ์สี ฯลฯ

(1) เค้าโครง

ความสิ้นเปลือง กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบ เทอร์โบมีสัดส่วนสูงที่สุดในสำนักงาน โดยมีความสิ้นเปลือง เกือบคงที่ตลอดปี มีการเดินเครื่องทำความเย็นตลอดเวลาแม้ในฤดูหนาว ที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกมีค่าต่ำ หากใช้วิธีผลิตน้ำเย็นด้วยकुल्लิงทาวเวอร์ที่ใช้อากาศภายนอกในช่วงฤดูหนาวเดือน พ.ย. - มี.ค. แล้วจะสามารถลดความสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นได้

ช่วงเวลา : ค.ศ. 1990-1994

อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งเดือน (DB, WB) เครื่องวัด : เครื่องบันทึกผลอัตโนมัติ



รูปที่ 2.58 อุณหภูมิของอากาศภายนอกในฤดูหนาว

(2) สภาพปัจจุบัน

ทำการตรวจสอบสภาพโครงสร้างความสิ้นเปลืองพลังงานภายในสำนักงาน แยกเป็นความสิ้นเปลืองแปรรูปและความสิ้นเปลืองคงที่โดยพบว่าความสิ้นเปลืองคงที่มีค่าเท่ากับ 28 [%] ของทั้งหมด (ความสิ้นเปลืองแปรรูป 72 [%])

ทำการสำรวจข้อเท็จจริงของโครงสร้างความสิ้นเปลืองพลังงานแปรรูป และแบ่งประเภทออกเป็นชั้นๆ ในจำนวนนั้นพบว่ากระบวนการอบสีจะมีสัดส่วนถึง 76 [%] (เทียบเป็น 55 [%] ของทั้งหมด)

ความสิ้นเปลืองพลังงานของกระบวนการอบสีมีค่าเท่ากับ 1,820 [USRT] ซึ่ง 1,530 [USRT] ถูกใช้ไปเพื่อให้ทำความเย็น

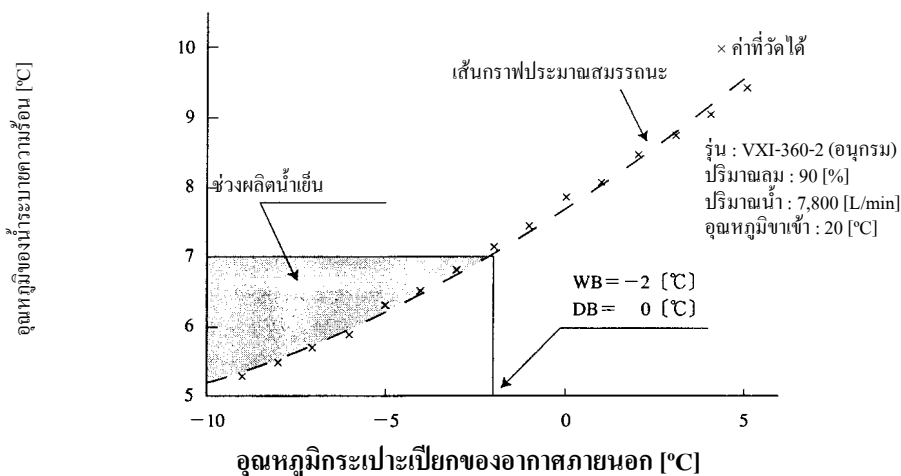
ผลการวิเคราะห์เหล่านี้ทำให้เห็นความเป็นไปได้ที่จะลดภาระบางฤดูของเครื่องทำความเย็นแบบเทอร์โบซึ่งปกติจะเดินเครื่องคงที่สม่ำเสมอตลอดปี

(3) เนื้อหา

(1) สำรวจสภาพอุณหภูมิของอากาศภายนอกย้อนหลัง 5 ปี แล้วทำการจำลองความสามารถในการผลิตน้ำเย็น รูปที่ 2.58 แสดงอุณหภูมิและความชื้นรายเดือนในช่วงฤดูหนาว 5 ปีย้อนหลัง รูปที่ 2.59 แสดงผลการคำนวณประมาณสมรรถนะของ쿨ลิ่งทาวเวอร์แบบปิด

(2) ในการป้องกันน้ำเย็นสกปรก ในการผลิตน้ำเย็นจะเปลี่ยนจากการใช้쿨ลิ่งทาวเวอร์แบบเปิด (910 [USRT]) เป็น쿨ลิ่งทาวเวอร์แบบปิด

(3) สำหรับมาตรการรองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในหน้า เพื่อให้อุณหภูมิน้ำเย็นที่ได้จาก쿨ลิ่งทาวเวอร์มีความคงที่ (7 ± 1 [°C]) ได้ติดตั้งระบบเชื่อมเครื่องทำความเย็นกับ쿨ลิ่งทาวเวอร์



รูปที่ 2.59 ผลการคำนวณประมาณสมรรถนะของ쿨ลิ่งทาวเวอร์แบบปิด

(4) ประสิทธิภาพ

กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	979.4 [MWh/ปี]
อัตราที่ลดได้ (เทียบกับค่ารวม)	2.03 [%]
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	2,693,350 [บาท/ปี]

กรณีศึกษาที่ 6 การลดกำลังไฟฟ้าในการส่งน้ำร้อนน้ำเย็นและน้ำระบายความร้อนด้วยอัตราไหลแปรผัน

ประเภทกิจการ : การผลิตเครื่องไฟฟ้า

ผลิตภัณฑ์ : ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (คอยล์ หม้อแปลง)

(1) คำโคร่ง

มีเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบดูดซึมติดตั้งอยู่เพื่อปรับอากาศในโรงงานผลิต ทั้งน้ำระบายความร้อนของตัวเครื่องทำความเย็น ปั๊มปฐมภูมิ ปั๊มทุติยภูมิ และปั๊มน้ำระบายความร้อนจะเดินเครื่องด้วยภาระสูงสุดอยู่เสมอโดยไม่ขึ้นกับฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงภาระระหว่างวันตัวอย่างนี้จะพิจารณาระบบอัตราไหลแปรผันเพื่อให้ได้กำลังขาออกของปั๊มที่สอดคล้องกับภาระการปรับอากาศ

(2) สภาพปัจจุบัน

ขนาด Capacity กำลังขาออกของของเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นได้กำหนดไว้ด้วยภาระการปรับอากาศสูงสุดในฤดูร้อนและฤดูหนาวบวกกับอัตราเพื่อ อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลาที่มีภาระสูงสุดจะมีเพียงช่วงหนึ่งของฤดูร้อนกับช่วงเวลาเฉพาะระหว่างนั้นเท่านั้น สำหรับภาระการปรับอากาศในช่วงอื่นๆ จะยังมีกำลังขาออกเหลืออยู่พอสมควร

ปั๊มน้ำร้อนน้ำเย็นและปั๊มน้ำระบายความร้อนจะหมุนเวียนน้ำด้วยปริมาณคงที่ตลอดเวลาโดยไม่ขึ้นกับภาระการปรับอากาศ กำลังไฟฟ้าของปั๊มก็เดินเครื่องด้วยค่าสูงสุดตามปกติ

(3) เนื้อหา

พยายามลดกำลังไฟฟ้าของปั๊มลงด้วยระบบอัตราไหลไม่คงที่ที่ควบคุมปริมาณน้ำร้อนน้ำเย็นและน้ำระบายความร้อนให้สอดคล้องกับกำลังขาออกของเครื่องทำความเย็น

เพื่อป้องกันปัญหาจากการเยือกแข็งภายในเครื่องระเหย (Evaporator) เนื่องจากการหรี่มากเกินไปในการเดินเครื่องแบบอัตราไหลไม่คงที่ ได้กำหนดให้อัตราไหลต่ำสุดที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 50 [%] ของปกติ และยังเพิ่มมาตรการป้องกันการเยือกแข็งเข้าไปในระบบควบคุมอีกด้วย

ระบบปั๊มมี 1 ตัว โดยใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของปั๊มแบบ VVVF ส่วนอินเวอร์เตอร์จะใช้เวกเตอร์อนุรักษ์พลังงาน (E.S.V) ทำการควบคุมสลิปให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงตลอดเวลา

ค่อยๆ เปลี่ยนวาล์วสามทางของ AHU ในโรงงานผลิตเป็นวาล์วสองทาง เพื่อลดปริมาณส่งน้ำของปั๊มด้านทุติยภูมิของน้ำร้อนน้ำเย็น

เงื่อนไขการคำนวณประสิทธิผล : ถือว่า Load factor โดยเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นขนาด 500 [USRT] มีค่าเท่ากับ 50 [%] และให้ระยะเวลาเดินเครื่องมีค่าเท่ากับ 2,500 [h/ปี]

(4) ประสิทธิภาพ

ลดกำลังไฟฟ้าได้	190 [MWh/ปี] (2,500 h)
ปริมาณก๊าซ 13A ที่เพิ่มขึ้น	8,250 [m ³ /ปี] (2,500 h)
ต้นทุนที่ลดได้	522,500 [บาท/ปี]

กรณีศึกษาที่ 7 การอนุรักษ์พลังงานด้วยการเชื่อมต่อระบบท่อจ่ายน้ำร้อนน้ำเย็นเข้าด้วยกัน

ประเภทกิจการ : กิจการผลิตเครื่องไฟฟ้า

ผลิตภัณฑ์ : อุปกรณ์สื่อสารด้วยแสง ฯลฯ

(1) เค้าโครง

จากการก่อสร้างอาคารใหม่เพื่อเพิ่มกำลังผลิต ทำให้ระบบกำเนิดความร้อน-ความเย็นที่มีอยู่เดิมมีความสามารถไม่เพียงพอ เพื่อแก้ไขปัญหา จึงได้พิจารณาเชื่อมต่อระบบความร้อน-ความเย็น 2 ระบบที่มีอยู่เดิมนำมาใช้ร่วมกัน จากการพิจารณามาตรการในกรณีของฤดูร้อนและฤดูหนาว จึงได้เลือกใช้ระบบ mutual backup ของระบบความร้อน-ความเย็น 2 ระบบ

(2) สภาพปัจจุบัน

- (1) กรณีที่เดินเครื่องหม้อต้มน้ำร้อนเพียงเครื่องเดียว

ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2526 เป็นต้นมา ได้มีการควบคุมแนวโน้มความสิ้นเปลืองพลังงานมาทุกปี ซึ่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 เป็นต้นมา พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาความสามารถในการจ่ายความร้อน-ความเย็นของทั้งสองระบบ พบว่าความสามารถของระบบที่อาคารเดิมยังมีเหลืออยู่ และมีประสิทธิภาพสูงถึง 88 [%] > 72 [%]

ผลการไหลของระบบแหล่งความร้อนในปัจจุบันแสดงไว้ในรูปที่ 2.55

- (2) กรณีที่เดินเครื่องทำความเย็นเทอร์โบเพียงเครื่องเดียว

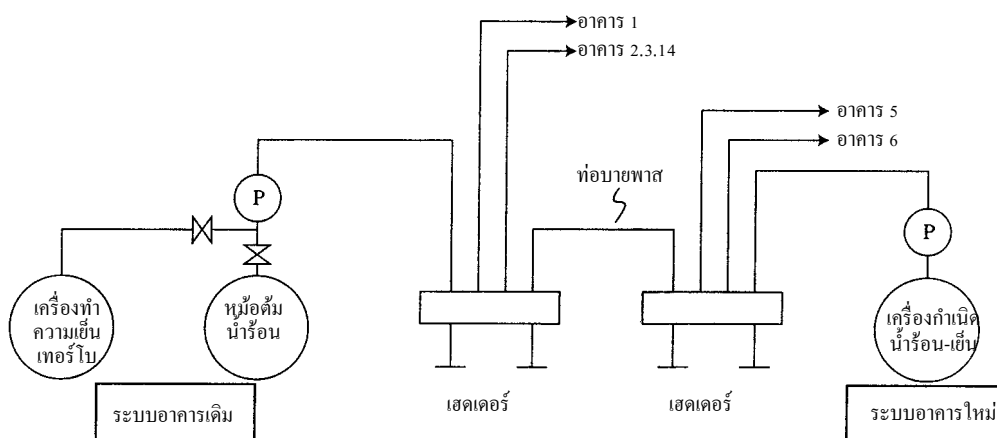
เมื่อเปรียบเทียบเครื่องทำความเย็นเทอร์โบ กับเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบดูดซึมแล้ว ความสิ้นเปลืองพลังงานแบบดูดซึมจะมีค่าเท่ากับ 1.6 เท่า

สำหรับมาตรการอนุรักษ์พลังงานในฤดูร้อนสามารถรองรับได้ด้วยการเดินเครื่องทำความเย็นเทอร์โบเครื่องเดียว

(3) เนื้อหา

มาตรการปรับอากาศร้อนในฤดูหนาว จะใช้วิธีเปิดท่อบายพาสระบบอาคารเดิมและระบบอาคารใหม่ และหยุดเครื่องกำเนิดน้ำร้อน-น้ำเย็นของระบบอาคารใหม่

สำหรับมาตรการปรับอากาศเย็นในฤดูร้อน ในช่วง 2 เดือนตั้งแต่กลางเดือน ก.ค. - กลางเดือน ก.ย. จะเดินเครื่องทำความเย็นของระบบเดิมและของอาคารใหม่ตามเดิม แต่ในฤดูอื่น ได้แก่ กลางเดือน พ.ค. - กลางเดือน ก.ค. และกลางเดือน ก.ย. - กลางเดือน ต.ค. เป็นเวลา 3 เดือน จะมีภาระการปรับอากาศต่ำเพียง 30 [%] เท่านั้น จึงใช้วิธีเดินเครื่องทำความเย็นเทอร์โบของระบบเดิม 2 เครื่อง



รูปที่ 2.60 โฟลวของระบบแหล่งความร้อนกับท่อบายพาส

(4) ประสิทธิภาพ

ลดการใช้น้ำมันก๊าดได้	73 [kL/ปี]
อัตราที่ลดได้ (เทียบกับค่ารวม) น้ำมันก๊าด	21.5 [%]
ลดกำลังไฟฟ้าได้	112 [MWh/ปี]
ไฟฟ้า	1.8 [%]
ต้นทุนที่ลดได้	308,000 [บาท/ปี]

กรณีศึกษาที่ 8 การอนุรักษ์พลังงานด้วยการพัฒนาระบบแหล่งความร้อนประสิทธิภาพสูง

ประเภทกิจการ : ผลิตเครื่องจักรขนส่ง

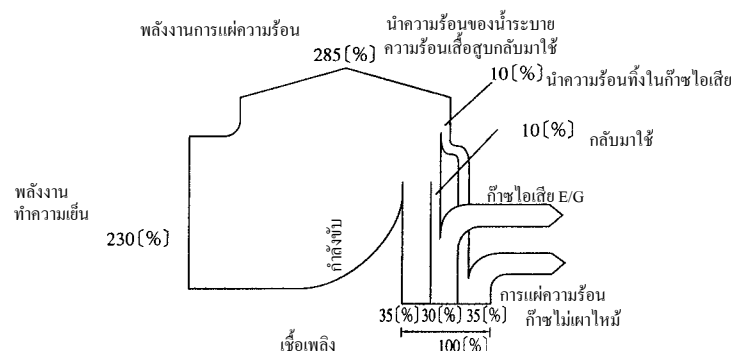
ผลิตภัณฑ์ : รถยนต์

(1) เค้าโครง

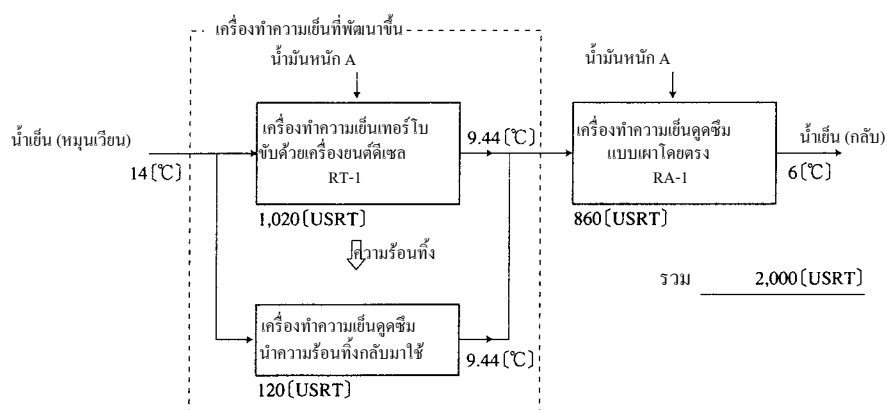
แหล่งความร้อนความความเย็นสำหรับปรับอากาศของโรงงาน ได้ถูกติดตั้งเพิ่มจนมีขนาด 4,000 [USRT] จึงต้องการลดขนาดแหล่งความร้อนลง และพิจารณาเครื่องทำความเย็นซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักของระบบ แหล่งความร้อน โดยพัฒนาและนำเครื่องทำความเย็นเทอร์โบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลประสิทธิภาพสูงเข้ามาใช้ เพื่ออนุรักษ์พลังงานให้ได้จำนวนมาก

(2) สภาพปัจจุบัน

แหล่งความร้อนความเย็น 4,000 [USRT] เป็นแบบ Distributed โดยติดตั้งเครื่องทำความเย็นเทอร์โบ หรือซิลเลอร์ทำน้ำเย็นที่แต่ละโรงงานและอาคารห้องทดลอง



รูปที่ 2.61 สมดุลความร้อน (แปลงเป็นพลังงานปฏิกิริยา)



รูปที่ 2.62 โครงสร้างของระบบแหล่งความร้อนความเย็น

(3) เนื้อหา

ในกรณีของเทอร์โบคอมเพรสเซอร์จะมีประสิทธิภาพรวมเพียงประมาณ 30 [%] แต่ถ้าใช้เครื่องยนต์ดีเซล (D/E) และนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้แล้ว จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นได้เป็น 55 [%]

เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานปฐมภูมิแล้ว การขับด้วย D/E จะปรับปรุงให้ดีขึ้น 30 [%] และการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้จะปรับปรุงให้ดีขึ้น 10 [%] รวมแล้วค่า COP (Coefficient of performance ในการทำความเย็น) จะเพิ่มขึ้นจากเดิม 40 [%] กลายเป็น 2.3 รูปที่ 2.61 แสดงสมดุลความร้อนที่แปลงเป็นพลังงานปฐมภูมิแล้ว

เครื่องยนต์ดีเซลเลือกใช้เครื่องยนต์อเนกประสงค์ขนาดกะทัดรัดและมีสมรรถนะสูง เป็นเครื่องยนต์ 8 สูบ 4 จังหวะ มีพิกัด 2,100 [rpm] และใช้น้ำมันหนัก A เป็นเชื้อเพลิงด้วยความสิ้นเปลือง 85 [L/h]

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นและเพิ่มเวลาเดินเครื่องตลอดปี จึงใช้ร่วมกับเครื่องทำความเย็นดูดซึมแบบผกผันน้ำเย็นเตา A โดยตรง ทำให้มีโครงสร้างเหมือนกันรูปที่ 2.62 และใช้วิธีควบคุมแบบอุณหภูมิแปรผันโดยเพิ่มอุณหภูมิขาออกน้ำเย็นเมื่อเดินเครื่องด้วยภาระไม่เต็มพิกัดจาก 6 [°C] ถึง 9.44 [°C]

(4) ประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงาน (ตารางที่ 2.16) เมื่อเดินเครื่องที่ 2,000 [USRT]

ค่า COP เท่ากับ 2.3

ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบกับเทอร์โบ : ลดลง 70 [%]

เทียบกับค่ามาตรฐาน NO_x ที่ 500 [ppm] แล้วมีค่าต่ำกว่า คือเท่ากับไม่เกิน 480 [ppm]

ตารางที่ 2.16 ประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงาน

(เวลาเดินเครื่อง 3,000 [h/ปี] ค่า load factor เท่ากับ 0.6)

(1) การขับเครื่องทำความเย็นเทอร์โบคอมเพรสเซอร์ → เครื่องยนต์ดีเซล	1,999,630 [บาท/ปี]
(2) ติดตั้งเครื่องทำความเย็นเทอร์โบที่ทางเข้าน้ำเย็น ควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้นในฤดูระหว่างฤดูร้อน-หนาว	265,353 [บาท/ปี]
(3) ควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเครื่องทำความเย็นดูดซึมให้คงที่	132,677 [บาท/ปี]
(4) จำกัด NO _x ไม่ให้เกิดค่าหนึ่ง และควบคุมความเร็วรอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อมีภาระไม่เต็มพิกัด	88,135 [บาท/ปี]
(5) ปรับปรุงการควบคุมเปลี่ยนจำนวนเครื่องอัดอากาศ	132,677 [บาท/ปี]
รวม	2,618,472 [บาท/ปี]

กรณีศึกษาที่ 9 การเดินเครื่องโกดังแช่เย็นแบบเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็งเป็นรายแรกในวงการ

ประเภทกิจการ : ขนส่ง

ผลิตภัณฑ์ : ระบบเก็บความเย็น

(1) คำโครง

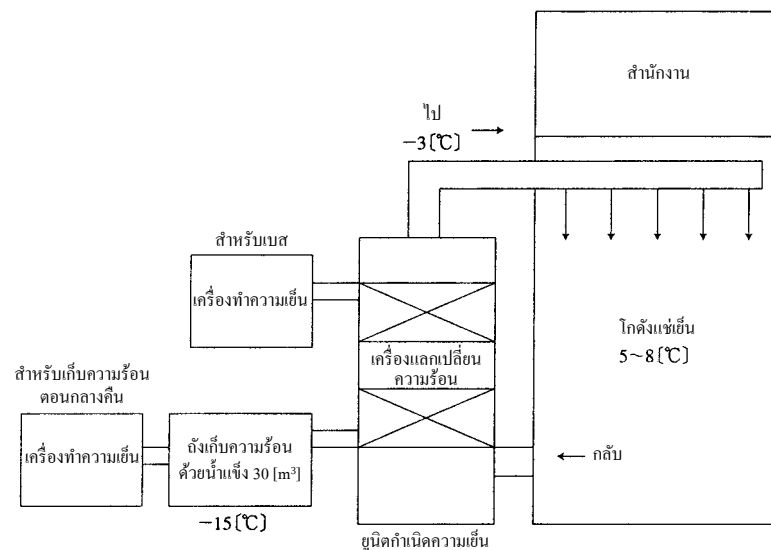
ศูนย์ขนส่งสินค้าแช่แข็ง มีปรัชญาการบริหารว่า “ความพยายามในมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมจะมีผลช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน” จึงได้ดำเนินการรีไซเคิล เปลี่ยนมาใช้สารฟรีออนทดแทนในอุปกรณ์แช่แข็ง ส่งเสริมการใช้กำลังไฟฟ้ากลางคืน ฯลฯ อย่างกระตือรือร้น ในครั้งนี้จึงนำระบบเก็บความเย็นแบบเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็งมาใช้เป็นรายแรกในวงการกิจการประเภทนี้ โกดังแช่แข็งนี้ใช้เป็นศูนย์ขนส่งสำหรับพักและกระจายผลิตภัณฑ์นม นมกล่อง ฯลฯ ซึ่งการใช้วิธีเก็บความร้อนด้วยน้ำแข็ง ทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้จำนวนมาก ด้วยการใช้สัญญาปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าด้วยการเก็บความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมซึ่งมีอัตราค่าไฟต่ำ

(2) เนื้อหา

คำโครงของเครื่องจักร

พื้นที่ปรับอากาศของโกดังแช่แข็ง : $1,930 \text{ [m}^2\text{]}$ เครื่องทำความเย็น : $37 \text{ [kW]} \times 2$ เครื่อง, $33 \text{ [kW]} \times 1$ เครื่องพัดลมเครื่องควบแน่น : $1.1 \text{ [kW]} \times 3$ เครื่องถังเก็บความเย็นด้วยน้ำแข็ง : $30 \text{ [m}^3\text{]}$

คำโครงของระบบแสดงไว้ในรูปที่ 2.63



รูปที่ 2.63 คำโครงของระบบ

กรณีศึกษาที่ 10 การจัดการการเดินเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมอย่างมีประสิทธิภาพสูงกับการอนุรักษ์พลังงาน

ประเภทกิจการ : ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า

ผลิตภัณฑ์ : คริวสำเร็จรูป ไม้อัด ฯลฯ

(1) เค้าโครง

ในเครื่องทำความเย็นดูดซึมยิ่งน้ำระบายความร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง จะยิ่งมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเมื่อน้ำระบายความร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าขีดจำกัดค่าหนึ่ง สารดูดซึม (absorbent) จะเกิดผลึกขึ้นทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องได้ โครงการนี้จะทำการทดสอบ ด้วยเครื่องจริงเพื่อหาขีดจำกัดนี้แล้วกำหนดจุด อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเดินเครื่องให้มีประสิทธิภาพสูง

(2) สภาพปัจจุบัน

(1) ในจำนวนเครื่องทำความเย็นดูดซึม ที่เป็นเป้าหมาย มี 3 เครื่องที่มีหน้าที่ปรับอากาศห้องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเดินเครื่อง 24 ชั่วโมง 365 วัน

(2) คุณสมบัติของอุณหภูมิระบายความร้อน

เมื่อลดอุณหภูมิระบายความร้อนจาก 32 [°C] เป็น 28 [°C] ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น 10 [%]

เมื่อลดอุณหภูมิระบายความร้อนเป็น 24 [°C] แล้วจะเข้าสู่ช่วงการตกผลึกของสารดูดซึมจึงต้องให้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 24 [°C]

(3) ปัญหาในปัจจุบัน

การควบคุมอุณหภูมิต่ำสุดของน้ำระบายความร้อนเพื่อให้เดินเครื่องทำความเย็นได้อย่างปลอดภัย ยังไม่มีการนำมาทำให้เป็นระบบ

แม้ว่าจะลดอุณหภูมิขาเข้าของน้ำระบายความร้อนลงได้ แต่ถ้าท่อน้ำระบายความร้อนสกปรก ประสิทธิภาพจะลดต่ำลง

(3) เนื้อหา

การกำหนดเป้าหมาย : เพิ่มประสิทธิภาพการเดินเครื่องขึ้น 10 [%] (ให้ค่า COP ของเครื่องทำความเย็นดูดซึมเท่ากับ 1.0)

อุณหภูมิต่ำสุดที่ตั้งไว้จะให้ค่าเท่ากับ 27.5 [°C] (เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 27 [°C] สัญญาณเตือนจะทำงานและบังคับให้กำลังขาออกลดลง)

เมื่อประเมินค่า COP ในสภาพต่างๆ และเพื่อไว้เล็กน้อยแล้ว จึงกำหนดอุณหภูมิ ขาเข้าของน้ำระบายความร้อนให้เท่ากับ 28 [°C]

ให้ค่า COP ที่ต่ำลงเนื่องจากความสกปรกของท่อน้ำระบายความร้อนเท่ากับ

ค่า Scale factor ของเครื่องดูดซึม : 0.14

ค่า Scale factor ของเครื่องควบแน่น : 0.037 โดยต้องทำความสะอาดให้ไม่เกินค่าดังกล่าว

ในการควบคุมแหล่งความร้อนของระบบห้องคอมพิวเตอร์ ได้นำระบบผู้ชำนาญการตรวจวิเคราะห์ความผิดปกติเข้ามาใช้ เพื่อรักษาค่า COP ให้เท่ากับ 1.0 ตลอดเวลา

เงื่อนไขอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนกับค่า COP แสดงไว้ในตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 การประเมินค่า COP ในสภาพเงื่อนไขต่างๆ

(ปริมาณความร้อน [kcal/h])

อุณหภูมิเข้าน้ำ ระบายความร้อน	ความร้อน ของก๊าซ	ความร้อนของน้ำ ระบายความร้อน	ค่า COP	เทียบกับปัจจุบัน
32.5 [°C]	427,725	372,000	0.87	ลดลง 3 [%]
28.0 [°C]		432,000	1.01	เพิ่มขึ้น 12 [%]
27.5 [°C]		456,000	1.07	เพิ่มขึ้น 19 [%]

(4) ประสิทธิภาพ

ลดการใช้ก๊าซ 13A ได้	72,130 [m ³ /ปี] (8 เดือน)
อัตราการใช้ก๊าซ 13A ลดลง (เทียบกับค่ารวม)	0.67 [%]
ลดค่าเชื้อเพลิงได้	962,000 [บาท/ปี] (8 เดือน)

เอกสารอ้างอิง

1. C P Arora. Refrigeration and Air Conditioning. Second Edition. McGraw-Hill, 2001
2. เอกสารอนุรักษ์พลังงานของญี่ปุ่น
3. ชูชัย ต.ศิริวัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 4. การทำความเย็นและการปรับอากาศ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. 2547
4. ศิริพรรณ ธงชัย และพิชัย อัมฤมงคล. การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า. : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
5. รวบรวมความจากวารสารเทคนิค , ระบบปรับอากาศชุดที่ 2, กรุงเทพฯ,เอ็มแอลดีอี,2546.