

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำเย็นและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

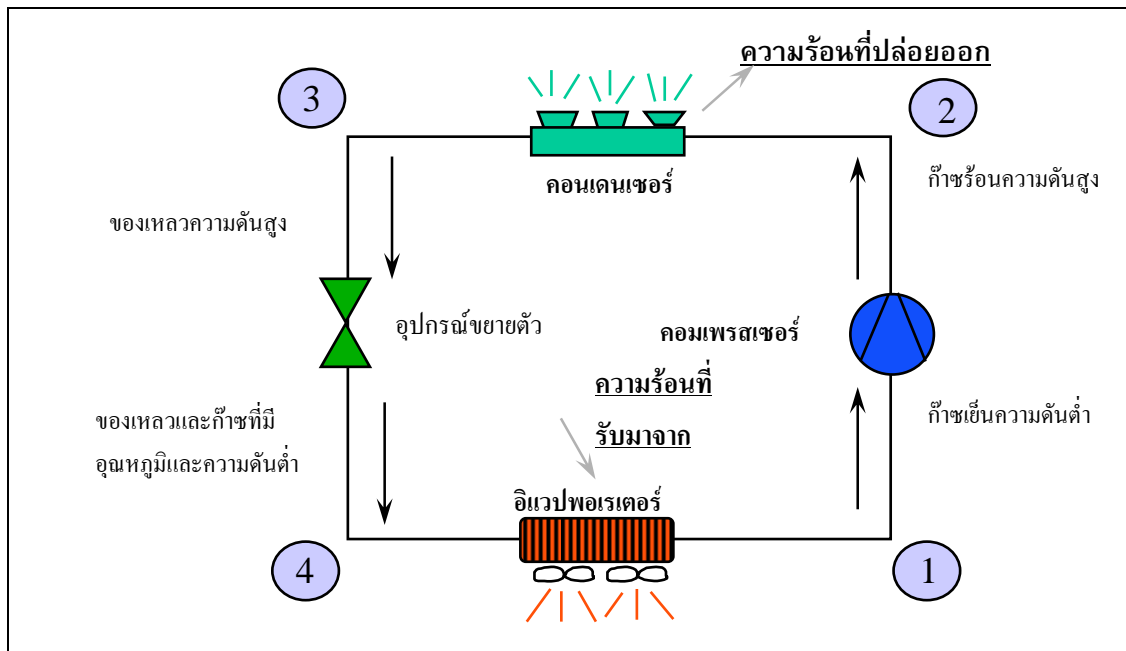
ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำชนิดเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบลูกสูบ (Water Cooled Reciprocating Compressor) และเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำชนิดเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Water Cooled Centrifugal Compressor) ส่วนประกอบที่ใช้ในระบบ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการประเมินสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

1. ความรู้ทั่วไปและส่วนประกอบเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องทำน้ำเย็นจะประกอบด้วย วงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ด้านอีวาโปเรเตอร์จะไม่ทำความเย็นให้อากาศโดยตรง โดยจะไปทำความเย็นให้กับน้ำ เมื่อน้ำเย็นแล้ว จึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนต่อไป สาเหตุที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนนี้เนื่องจากน้ำสามารถระบายไปได้ไกล โดยไม่มีปัญหาการรั่วและการควบคุมปริมาณทำได้ง่าย ซึ่งก็จะมีผลทำให้การควบคุมอุณหภูมิแม่นยำขึ้นและต้นทุนต่ำกว่าสารทำความเย็นมาก การติดตั้งเครื่องอัดสารทำความเย็นในห้องติดตั้งเฉพาะจึงทำให้ไม่มีปัญหาเสียงดัง

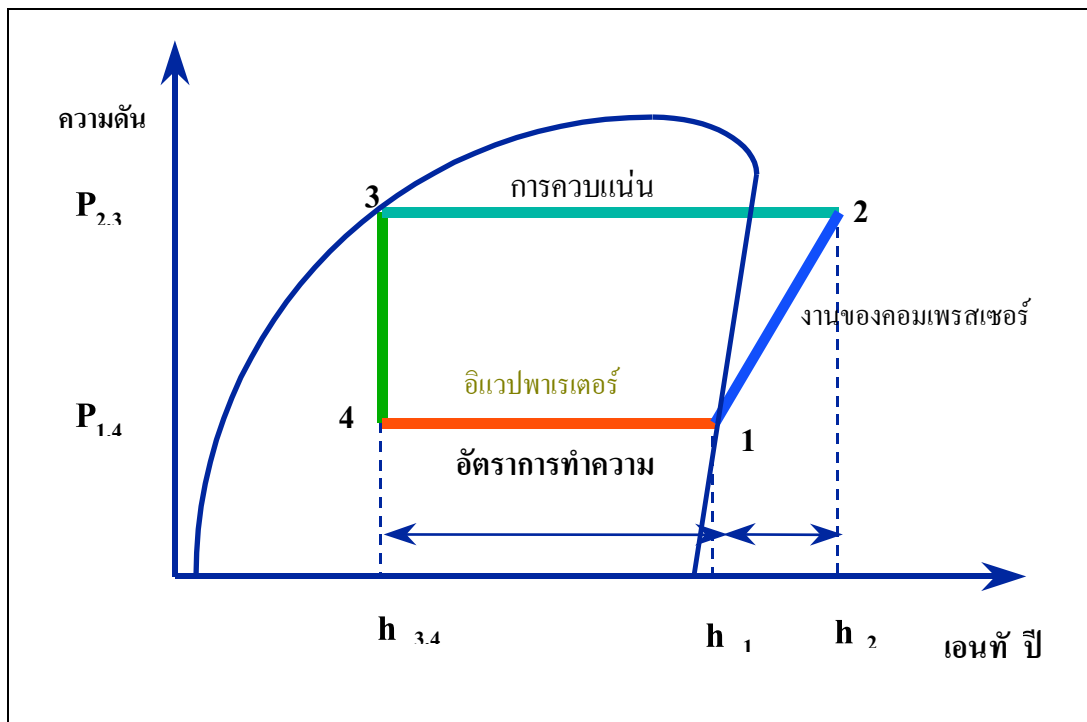
1.1 หลักการทำงานวัฏจักรอัดไอเครื่องอัดสารทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องทำน้ำเย็นโดยทั่วไปเป็นแบบอัดไอ จะประกอบด้วย เครื่องอัดไอ (Compressor) เครื่องควบแน่น (condenser) เครื่องทำระเหย (evaporator) และวาล์วขยายตัว (expansion valve) ดังแสดงในรูปที่ 1 จากรูปอุปกรณ์แต่ละตัวทำหน้าที่แตกต่างกัน ดังนี้



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของวัฏจักรอัดไอเครื่องอัดสารทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

การทำความเย็นของระบบปรับอากาศ จะอาศัยหลักการระเหยของสารทำความเย็น และ เนื่องจากสารทำความเย็นมีราคาแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไปจะทำให้เกิดผลกับสภาพแวดล้อม เมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหย หรืออัด (Press) ไอ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่อัดนี้ ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย เราจึงต้องมีวิธีการในการระบายความร้อนนี้ออกไป โดยอาจจะใช้ น้ำ (Water-cooled) ในการระบายความร้อน เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้ง จะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดัน(Expansion Valve) ซึ่งจากที่กล่าวมานี้ สามารถแสดงด้วยวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ได้ดังนี้



รูปที่ 2 แสดงวัฏจักรเครื่องอัดสารทำความเย็น

- (1) กระบวนการอัดไอ 1-2 (compression process) สารทำความเย็นที่ไหลออกจากเครื่องทำระเหยในสถานะอิ่มตัวที่มีความดันและอุณหภูมิต่ำที่สภาวะที่ 1 ถูกเพิ่มความดันโดยการอัดตัวแบบไอเซนโทรปิกในคอมเพรสเซอร์ไปสู่สภาวะที่ 2 ซึ่งเป็นร้อนยวดยิ่ง สารทำความเย็นที่สภาวะนี้จะถูกทำให้เย็นลงในคอนเดนเซอร์
- (2) กระบวนการควบแน่น 2-3 (condensation process) ความร้อนจากสารทำความเย็นจะถ่ายเทไปสู่อากาศที่ใช้ระบายความร้อนจากคอนเดนเซอร์ เมื่อสารทำความเย็นผ่านคอนเดนเซอร์จะอยู่ในสภาพของเหลวอิ่มตัว(สภาวะที่ 3) และจะถูกลดความดันขณะผ่าน throttling process

- (3) กระบวนการลดความดันในวาล์วขยายตัว 3-4 (throttling process) ไปสู่สถานะที่ 4 ซึ่งเป็นของผสมระหว่างสารทำความเย็นและไอของสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่สถานะนี้มีความดันและอุณหภูมิต่ำและไหลเข้าสู่เครื่องทำระเหยเพื่อรับความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น
- (4) กระบวนการทำระเหย 4-1 (evaporation process)) ความร้อนจากผลิตภัณฑ์จะถูกดูดเพื่อใช้ในการระเหยของของเหลวให้เป็นก๊าซพลังงานหรือความร้อน

1.2 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

1.2.1 เครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor)

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบหลังจากสารทำความเย็นผ่านกระบวนการทำระเหยเพื่อให้มีความดันสูงขึ้น

1.2.1.1 เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)

มีลักษณะ โครงสร้างคล้ายกับเครื่องยนต์ในรถยนต์ โดยใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนการทำงานของลูกสูบให้ดูดสารทำความเย็นจากอีวาโปเรเตอร์ และส่งไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้มาตั้งแต่เครื่องปรับอากาศรุ่นแรกหากมีโครงสร้างที่มีชุดลูกสูบและมอเตอร์อยู่ภายในกระป๋องเดียวกันซึ่งเชื่อมปิดสนิทเรียกว่า Sealed Hermetic Compressor หากมีโครงสร้างที่สามารถเปิดฝาสูบออกได้เรียกว่า Semi Hermetic Compressor ซึ่งแบบหลังนี้มักจะใช้ขนาดแรงม้าตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป มีรุ่นที่เป็นรุ่นปกติและรุ่นที่ประหยัดไฟฟ้า และรุ่นตั้งแต่ 10 แรงม้าขึ้นไปมักจะมีอุปกรณ์ลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลงได้ โดยการยกลิ้นของลูกสูบขึ้น ที่เรียกว่า Unloader เพื่อช่วยประหยัดไฟเมื่อภาวะต่ำลง



รูปที่ 3 แสดงลักษณะเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)

1.2.1.2 เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)

ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ขนาดใหญ่ เนื่องจากเป็นคอมเพรสเซอร์ที่สามารถขับเคลื่อนปริมาณสารทำความเย็นได้มากและมีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้กับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่ CFC การปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อาศัย Inlet Vane ซึ่งเป็นลิ้นที่จับด้วยมอเตอร์เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์และช่วยประหยัดพลังงาน เมื่อภาระของเครื่องลดลงการทำงานของใบพัดจะทำงานที่ความเร็วรอบสูงถึง 8000-10000 รอบ/นาที จึงต้องมีการทอรอบของมอเตอร์หากโครงสร้างเป็นชนิดที่มีมอเตอร์อยู่ในเรือนเดียวกัน เรียกว่า Hermetic ซึ่งมักจะนิยมโครงสร้างแบบนี้หรือในบางกรณีหรือกรณีที่มีเครื่องมีขนาดใหญ่มาก หรือใช้มอเตอร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น หรือมอเตอร์พิเศษหรือใช้เครื่องยนต์จับก็อาจจะให้มอเตอร์อยู่นอกเรือน ซึ่งเรียกว่า Open Type บางรุ่นอาจจะออกแบบให้มีใบพัดทำงานต่อกันหลายชุด เรียกว่า Multi-Stage โดยประกอบกับชุดระบายความร้อนระหว่างชุดใบพัด (Intercooler) ก็จะทำได้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และอาจจะทำงานที่ความเร็วรอบลดลงได้

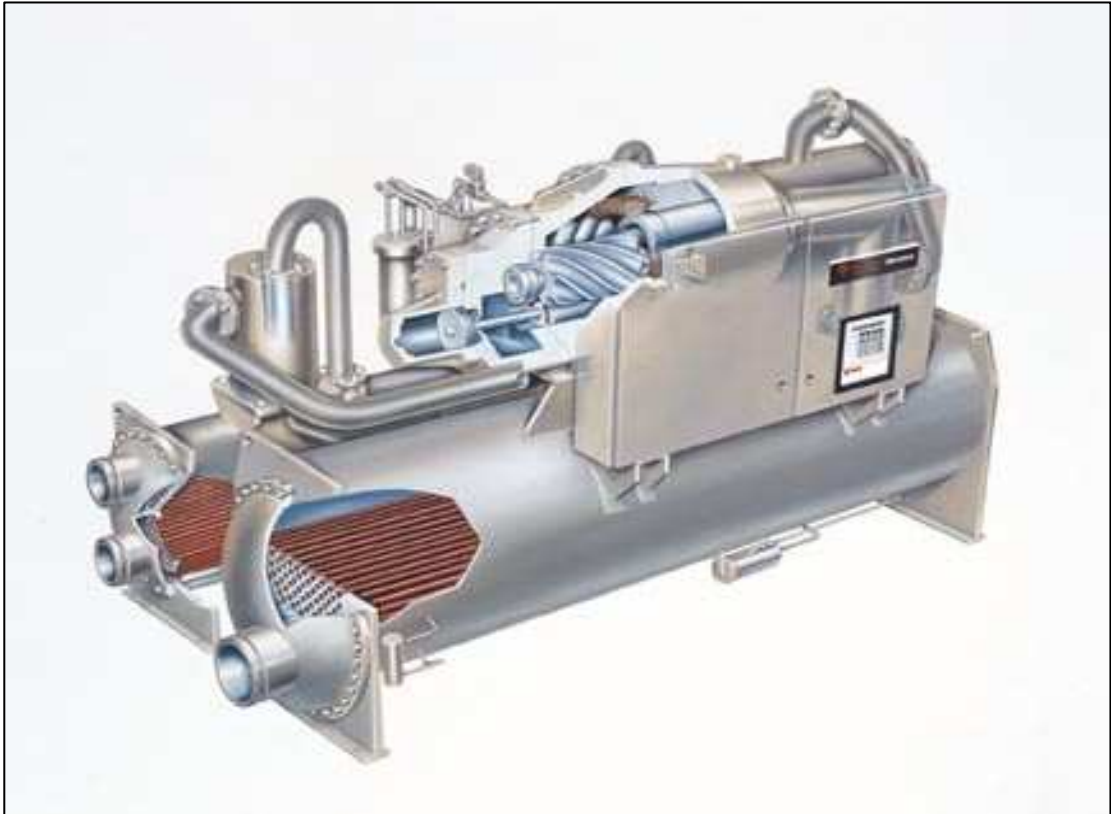


รูปที่ 4 แสดงลักษณะเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)

1.2.1.3 เครื่องอัดสารทำความเย็นแบบสกรู (Screw Compressor)

มักจะใช้กับเครื่องที่มีแรงม้ามากๆ ขนาดเล็กก็จะอยู่ในช่วง 50 แรงม้าขึ้นไป เดิมใช้กันมากในระบบห้องเย็น เนื่องจากสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ดี มีความคงทนสูงแต่มีราคาแพง หลังจากที่มีเรื่อง CFC ทำให้คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งมีปัญหา และมีการใช้สารทำความเย็นที่มีความดันการทำงานสูงกว่าความดันบรรยากาศ (High Pressure Refrigerant เช่น R-22, R-134a) แทนการใช้การทำความเย็นที่มีความดันการทำงานต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (Low Pressure Refrigerant เช่น R-11, R-12) ทำให้มีผู้หันมาใช้สกรูคอมเพรสเซอร์กันมากขึ้น เมื่อมีการผลิตมากขึ้นราคาจึงถูกลงกว่าเดิม และมีการนำสกรูคอมเพรสเซอร์มาใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) มากขึ้นสามารถปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดย

อาศัยลิ้นเลื่อน (Sliding Valve) เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์ได้ การทำงานมักจะทำงานที่ความเร็วรอบ 2900 รอบ/นาที



รูปที่ 5 แสดงลักษณะเครื่องอัดสารทำความเย็นแบบสกรู (Screw Compressor)

1.2.2 ระบบท่อน้ำเย็น (Chilled Water Piping)

ระบบท่อน้ำเย็นก็คือ ระบบท่อที่นำน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ไปยังเครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit หรือ AHU) และเครื่องจ่ายลมเย็น (Fan coil unit หรือ FCU) และเมื่อน้ำร้อนขึ้นก็มักกลับมาทำให้น้ำเย็นที่เครื่องทำน้ำเย็นใหม่ จัดว่าเป็นระบบปิด (Close System) เพราะน้ำเย็นจะหมุนเวียนอยู่อย่างนี้ภายในระบบท่อไปเรื่อยๆ เมื่อน้ำพร่องลงเนื่องจากรั่วหรือมีการระบายน้ำทิ้งบ้าง จึงจะเติมน้ำเข้ามาชดเชย ซึ่งมักจะเติมกันที่ถังที่เรียกว่า Expansion ซึ่งมีประโยชน์มากจากปริมาตรของน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และเนื่องจากระบบเป็นระบบปิดดังกล่าวแล้ว จึงต้องมีที่ให้น้ำที่ขยายตัวไปพักไว้ หากไม่มีจะเกิดความดันจากการขยายตัวของน้ำ ทำให้ระบบท่อเสียหายได้ การหมุนเวียนของน้ำเย็น อาศัยแรงขับเคลื่อนจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ท่อน้ำเย็นที่ส่งน้ำเย็นเรียกว่า Chilled Water Supply จะมีน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 7 องศาเซลเซียส ท่อน้ำเย็นหลังจากออกจาก FCU และ AHU เรียกว่า Chilled Water Return จะมีน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 12 องศาเซลเซียสทั้งหมด จะต้องหุ้มฉนวน เพราะที่อุณหภูมินี้ หากไม่หุ้มฉนวนจะมีน้ำเกาะและหยดลงเป็นทางได้ การเดินท่อน้ำเย็นจะต้องมีการพิจารณาความดันน้ำในท่อไม่ให้แตกต่างกันมากระหว่างต้นทางและปลายทางของท่อ

ไม่เช่นนั้นมันก็จะมีปัญหาในการควบคุมปริมาณน้ำเข้า FCU และ AHU ดังนั้นหากพบว่าท่อเดินไกล ก็อาจจะต้องแบ่งเครื่องสูบน้ำเย็น เป็นชุดที่มีความดันสูง และชุดที่มีความดันปานกลาง หรืออาจจะต้องเดินท่อเป็นแบบที่เรียกว่า Reverse Return เพื่อเฉลี่ยให้ระยะทางท่อไป-กลับ FCU หรือ AHU ใกล้เคียงกันทุกตัวการควบคุมอุณหภูมิในระบบปรับอากาศในกรณีที่ใช้ระบบน้ำเย็นนี้ อาศัยเทอร์โมสแตทเหมือนกัน โดยเทอร์โมสแตทจะวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศแล้วไปสั่งการทำงานของวาล์วควบคุมปริมาณน้ำเย็นอัตโนมัติซึ่งจะติดอยู่ที่ FCU และ AHU แต่ละตัว



รูปที่ 6 แสดงลักษณะเครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit หรือ AHU)

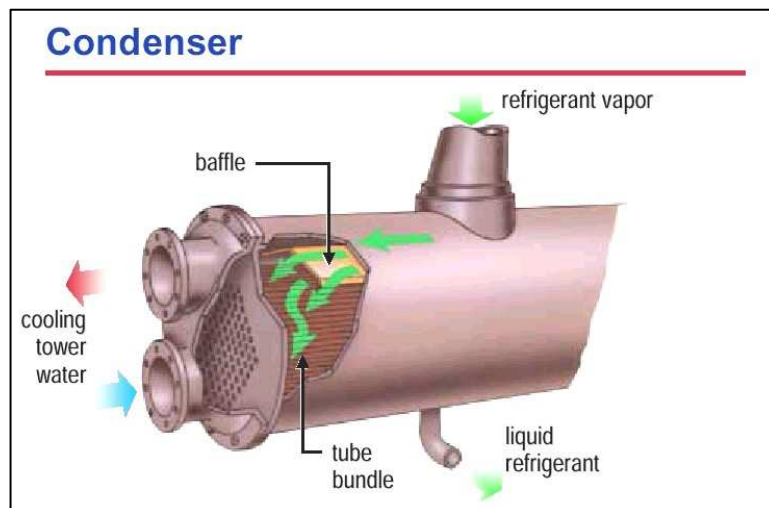
โดยถ้าห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น เทอร์โมสแตทก็จะสั่งให้วาล์วเปิดให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นมากขึ้น และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้ วาล์วก็จะสั่งให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นน้อยลง อุปกรณ์ประกอบในระบบท่อน้ำเย็นยังมีอีกหลายอย่างเช่น วาล์วเปิด-ปิด ที่จะติดตั้งไว้ตามจุดที่สำคัญ เพื่ออำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุง หรือเดินท่อเพิ่ม วาล์วระบายน้ำที่จุดต่ำสุดของท่อเพื่อระบายตะกอน เช่น จีเชื่อมที่อยู่ใต้น้ำท่อ วาล์วปรับปริมาณน้ำ (Balancing Valve) เพื่อช่วยในการปรับสมดุลของระบบ วาล์วระบายอากาศ (Air Vent) เพื่อระบายอากาศที่ค้างอยู่ในท่อ และตามคอยล์เย็นใน FCU และ AHU ข้อต่อเพื่อรับการขยายยึด-หดตัวของท่อ (Expansion Valve) ข้อต่ออ่อน (Flexible Connector) เพื่อลดการส่งผ่านของการสั่นสะเทือนจากเครื่องสูบน้ำ เครื่องวัดความดัน ที่วัดอุณหภูมิ ฯลฯ คอยล์เย็นที่ทำงานปกติ จะต้องเย็นและมีน้ำเกาะและหยดไหลอยู่ตลอดเวลา หากคอยล์แห้งเย็นซึ่ๆ แสดงว่าผิดปกติ จะต้องดูว่าน้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นได้สะดวกหรือไม่ และมีลมค้างอยู่ภายในท่อน้ำหรือคอยล์น้ำเย็นหรือไม่ เพราะลมที่ค้างอยู่จะขวางไม่ให้น้ำไหล (Air Block) ต้องไล่อากาศนี้ออกทาง Air Vent



รูปที่ 7 แสดงลักษณะระบบท่อน้ำเย็น (Chilled Water Piping)

1.2.3 ระบบท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water)

การระบายความร้อนสำหรับเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled) จะต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อน ระบบนี้จะประกอบด้วยหอระบายความร้อน (Cooling Tower) ท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Piping) และเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) โดยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อน้ำร้อนขึ้นจากประมาณ 32 C -38 C ก็จะถูกส่งไปยังหอระบายความร้อน



รูปที่ 8 แสดงลักษณะชุดท่อด้านระบายความร้อน (Condenser)

ซึ่งจะทำให้ น้ำเย็นลงและนำกลับมาใช้ระบายความร้อนใหม่วนไปอย่างนี้เรื่อยๆ อย่างไรก็ตาม ระบบนี้นับเป็นระบบเปิด (Open System) เนื่องจากหอระบายความร้อน มีลักษณะเป็นหอฉีดน้ำ และมีอ่างรับ จึงไม่จำเป็นต้องมีถังสำหรับการขยายตัวของน้ำอีก การเติมน้ำก็จะเติมที่อ่างของหอระบาย

ความร้อนเลย คั้งที่ได้กล่าวแล้วว่า หอระบายความร้อนนั้นใช้น้ำเป็นปริมาณมาก เนื่องจากการระเหยของน้ำส่วนหนึ่ง การที่น้ำโดนพัดลมของหอระบายความร้อนดูดทิ้งเองส่วนหนึ่ง การที่น้ำล้นทิ้งส่วนหนึ่ง รวมทั้งการที่ต้องระบายทิ้งเพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยและตะกอนอีกส่วนหนึ่ง โดยทั่วไปปริมาณน้ำเติมจะเป็นประมาณ 2-3% ของปริมาณน้ำหมุนเวียน และมากพอๆกับการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมอื่นๆทั้งหมดในอาคารเลยทีเดียวอุณหภูมิในระบบน้ำยังเหมาะกับการเกิดตะกอน ตะไคร่ และเชื้อแบคทีเรียอีกด้วย จึงต้องมีการเติมสารเคมี เพื่อป้องกันสิ่งเหล่านี้ หากไม่แล้วประสิทธิภาพของระบบอาจจะลดลงได้ละอองน้ำจากหอระบายความร้อน หากโดนกระจกหรืออาคารจะทำให้สกปรกและยากกับการทำความสะอาด จึงไม่ควรให้ละอองน้ำนี้เป่าใส่อาคาร และต้องไม่ให้คนหายใจเอาละอองนี้เข้าไปเป็นประจำ เพราะ จะทำให้เป็นโรคทางเดินหายใจได้ตำแหน่งที่ตั้งหอระบายความร้อนจะต้องพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบอาคาร โดยจัดให้มีพื้นที่พอเพียง มีการระบายอากาศที่ดี ไม่รบกวนบริเวณข้างเคียง ไม่อยู่ใกล้ตำแหน่งของการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าอาคาร โดยตรวจสอบทิศทางลมด้วย นอกจากนี้จะต้องดูความสูงของหอระบายความร้อนด้วยซึ่งมักจะมี ความสูง 3-6 เมตรเลยทีเดียว ในบริเวณที่มีความวิกฤตเรื่องความดังของเสียง เช่น โรงแรม โรงพยาบาล จะต้องพิจารณาว่าเสียงของหอระบายความร้อนจะรบกวนหรือไม่ หากรบกวนก็จะต้องใช้รุ่นที่เรียกว่า Low Noise หรือติดตั้งกล่องเก็บเสียงเพิ่มเติม การสั้นของหอระบายความร้อนก็มองข้ามไม่ได้ เพราะเป็นการสั้นที่มีความถี่ต่ำและยากต่อการกำจัด หากตั้งอยู่บนพื้นหลังคาที่มีความหนาไม่มากก็ควรเสริมพื้นให้หนาขึ้น และใส่สปริงรับชุดพัดลมและมอเตอร์ โครงสร้างของหอระบายความร้อนมีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมเห็นมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบที่มีรูปเป็นถังวงกลม ทำด้วยไฟเบอร์กลาส มีการออกแบบเป็น Counter Flow แบบนี้จะมีราคาถูกแต่ประสิทธิภาพต่ำและใช้น้ำมาก อีกแบบคือ ทรงสี่เหลี่ยม ทำด้วยไฟเบอร์กลาสหรือกระเบื้องหรือโลหะมีการออกแบบเป็น Cross Flow แบบนี้จะมีราคาแพงกว่า แต่ประสิทธิภาพสูงใช้พื้นที่น้อยกว่า และใช้น้ำน้อยกว่าถึงประมาณ 30 %



รูปที่ 9 แสดงลักษณะหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)



รูปที่ 10 แสดงเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump)

1.2.4 สารทำความเย็น (Refrigerant)

เครื่องทำน้ำเย็น มีหลักการทำงาน คือใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และความร้อนแฝงจากการระเหย เนื่องจากได้ใช้ความร้อนแฝงไปในการระเหยความเย็นลักษณะนี้ ก็คือความเย็นที่เราสามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศ โดยคุณสมบัติที่ดีของสารทำความเย็นคือระเหยได้เร็ว และมีค่าความร้อนแฝงมาก จะได้ความเย็นมากๆ ในเวลาที่สั้นลง คือสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน, ฟลูออรีน, คลอรีน และไฮโดรเจน เป็นหลัก มีคุณสมบัติที่ว่านี้ จึงได้มีการสังเคราะห์สารทำความเย็น (Refrigerant) หรือเรียกว่า ฟรีออน (Freon หมายถึง ชื่อเรียกทางการค้าของผู้ผลิตคือ ดูปองท์) มีชื่อเรียกต่างๆ กัน กำหนดรหัสตัวเลขตามองค์ประกอบและน้ำหนักโมเลกุลที่ต่างกัน เช่น R-11, R-12, R-22, R-502 โดย R-12 ใช้ในเครื่องปรับอากาศติดรถยนต์ ส่วน R-22 ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และ R-502 ใช้ในเครื่องทำความเย็นและ R-11, R-12 มีใช้อยู่ในเครื่องทำน้ำเย็น ปัจจุบันมีการพบว่าสารเหล่านี้ ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับโอโซนในชั้นบรรยากาศ ซึ่งห่อหุ้มโลกนี้ให้พ้นจากรังสีอุลตราไวโอเล็ต เป็นช่องโหว่ทางขั้วโลก จึงมีข้อตกลงระหว่างประเทศที่เรียกว่า Montreal Protocol เพื่อจำกัดปริมาณการใช้สารนี้โดยเฉพาะสารที่มีองค์ประกอบของคลอรีน (Cl), ฟลูออรีน (F) และ คาร์บอน (C) หรือที่เรียกกันว่า CFC (Chlorofluoro Carbon) เนื่องจากสารตัวนี้สามารถตกค้างอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ยาวนาน ในขณะที่เดียวกันก็จะทำลายโอโซนไปได้เรื่อยๆ นอกจากนี้ยังกล่าวกันว่าทำให้แสงอาทิตย์ที่เข้ามายังโลก สะท้อนกลับออกไปสู่นอกโลกได้น้อยลง ทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงมีกำหนดค่าความสามารถในการทำลายโอโซน เรียกว่า ODP (Ozone Depletion Potential) และความสามารถในการทำให้โลกร้อนขึ้น เรียกว่า GWP (Global Warming Potential)

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าดัชนี ODP และ GWP ของสารทำความเย็น

| | R-11 (CFC-11) | R-12 (CFC-12) | R-22 (HCFC-22) | R-502 (CFC-502) | R-123 (HCFC-123) | R-134a (HFC-134a) |
|-----|------------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| ODP | 1.0 | 1.0 | 0.05 | 0.23 | 0.02 | 0.0 |
| GWP | 1.0 | 2.8 | 0.34 | 3.75 | 0.02 | 0.26 |

สาร CFC ที่จะต้องถูกกำจัดให้หมดไปได้แก่ R-11, R-12 และ R-502 โดยสารทดแทนส่วนมากจะเป็นสารทำความเย็นผสม หรือ Blended Refrigerant มีชื่อทางการค้าว่า SUVA เพื่อทดแทน R-11, R-12, R-22, R-502 สารทำความเย็นบางตัวสามารถใช้กับอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศเดิมได้ แต่สารทำความเย็นบางตัวจะต้องออกแบบเครื่องใหม่เลย สาเหตุที่ต้องออกแบบใหม่ เพราะหากใช้เครื่องเดิมกับสารทำความเย็นทดแทนเหล่านี้ มักจะมีความสามารถในการทำความเย็นลดลง หรือประสิทธิภาพลดลงนอกจากนี้ ในการพิจารณาเลือกใช้สารทำความเย็นยังมีมาตรฐานกำหนดเกี่ยวกับอันตรายเมื่อหายใจเอาสารนี้เข้าไป เมื่อเกิดการรั่วของสารนี้ด้วย

2 การประเมินสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น

การประเมินสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นสามารถจำแนกออกได้ 2 วิธีคือ สัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of Performance) , COP อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio), EER และสมรรถนะส่วนทำน้ำความเย็น (พลังไฟฟ้าต่อความสามารถในการทำความเย็น kW/Ton)

2.1 การวิเคราะห์กฎข้อที่หนึ่งทางเทอร์โมไดนามิกส์

(First Law Efficiency of Thermodynamics)

เป็นการพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้อยู่ในระบบ มีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหนการใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานเป็นอย่างไร เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การประเมินประสิทธิภาพพิจารณาจากสมการพลังงาน

$$\text{พลังงานที่ใส่ในระบบ} = \text{พลังงานที่ระบบผลิตได้หรือได้รับ} + \text{พลังงานที่สูญเสีย} \quad (2.1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพกฎข้อที่หนึ่ง} = \frac{\text{พลังงานที่ระบบผลิตหรือได้รับจริง}}{\text{พลังงานที่ใส่ในระบบ}} \quad (2.2)$$

2.2 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of Performance) ,COP

เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัฏจักรการทำความเย็นคือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น และความร้อนสัมบูรณ์ของงานที่เครื่องอัดต้องการ

$$\text{COP} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (kW}_{\text{th}})}{\text{ความร้อนสัมบูรณ์ของงานที่ต้องการ(kW}_{\text{th}})} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$$\text{ความสามารถในการทำความเย็น} = m_r (h_1 - h_4)$$

$$\text{ความร้อนสัมบูรณ์ของงานที่ต้องการ} = m_r (h_2 - h_1)$$

2.3 อัตราส่วนประสิทธิภาพในพลังงาน (Energy Efficiency Ratio), EER

จะมีความหมายใกล้เคียงกันกับ COP แตกต่างกันเพียงหน่วยพลังงาน กล่าวคือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu/h และความร้อนสัมบูรณ์ของงานที่เครื่องอัดต้องการ คือค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดไอซึ่งได้มาจากการวัดจริง มีหน่วยเป็น Watt นั่นคืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานจะมีหน่วยเป็น Btu/h / Watt

$$\text{EER} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h)}}{\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดไอ (Watt)}} \quad (2.4)$$

2.4 สมรรถนะส่วนทำความเย็นหรือพลังไฟฟ้าต่อความสามารถในการทำความเย็น(kW/Ton)

$$\text{kW/Ton} = \frac{\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดไอ (EE)}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น(Q}_{\text{cw}})} \quad (2.5)$$

$$\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดไอ (EE)} = \sqrt{3} \times \text{แรงเคลื่อนไฟฟ้า} \times (I_r + I_s + I_t) / 3 \times \text{COS } \phi / 1000 \quad (2.6)$$

แรงเคลื่อนไฟฟ้า มีหน่วยเป็น Voltage

(I_r+I_s+I_t)/3 หมายถึง กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยทั้ง 3 สาย มีหน่วยเป็น Amperes

COS ϕ หมายถึง ตัวประกอบกำลังระบบไฟฟ้า

$$\text{ความสามารถในการทำความเย็น(Q}_{\text{cw}}) = \dot{m}_{\text{cw}} \times C_p \times (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (2.7)$$

| | | |
|--------------------------------|---------|--|
| \dot{m}_{cw} | หมายถึง | อัตราการไหลของสายน้ำเย็นเชิงมวล (kg/sec) |
| C_p | หมายถึง | ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.2 kJ/kg ° C) |
| T_{in} | หมายถึง | อุณหภูมิของน้ำเย็นด้านกลับ (° C) |
| T_{out} | หมายถึง | อุณหภูมิของน้ำเย็นด้านจ่าย (° C) |
| 3.517 kW _{th} เท่ากับ | | 1 ตันทำความเย็น (Ton) |