

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องในบทนี้ จะมีการกล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ เพื่อให้ตรงตามจุดประสงค์ที่คาดว่าจะได้รับ ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึง

- 2.1 หลักการทำความเย็นและปรับอากาศ
- 2.2 วงจรทำความเย็น
- 2.3 อุปกรณ์หลักภายในวงจรการทำงานของสารทำความเย็น
- 2.4 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ
- 2.5 เครื่องทำน้ำเย็น
- 2.6 การผลิตเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)
- 2.7 การบำรุงรักษาเชิงทีพิผล (Total Productive Maintenance :TPM)
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำความเย็นและปรับอากาศ

การทำความเย็น หมายถึง กระบวนการในการดึงความร้อนออกจากสิ่งใดสิ่งหนึ่งมีผลให้อุณหภูมิลดลง โดยปกติจะหมายถึง ขบวนการเก็บรักษาอาหาร การขจัดความร้อนจากวัตถุในอุตสาหกรรมทางเคมี ปิโตรเลียม และการทำความเย็นในรูปแบบอื่นๆในวงการอุตสาหกรรม เช่น การแช่แข็ง เป็นต้น

การปรับอากาศ หมายถึง การปรับสภาวะอากาศให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ โดยปกติจะมีความหมายมากกว่าการทำให้อากาศเย็น แต่จะหมายรวมถึงการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น การควบคุมคุณภาพ และความสะอาดของอากาศ การควบคุมการไหลเวียนของอากาศ ระดับเสียงในพื้นที่ปรับอากาศ ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์เฉพาะอย่าง ได้แก่

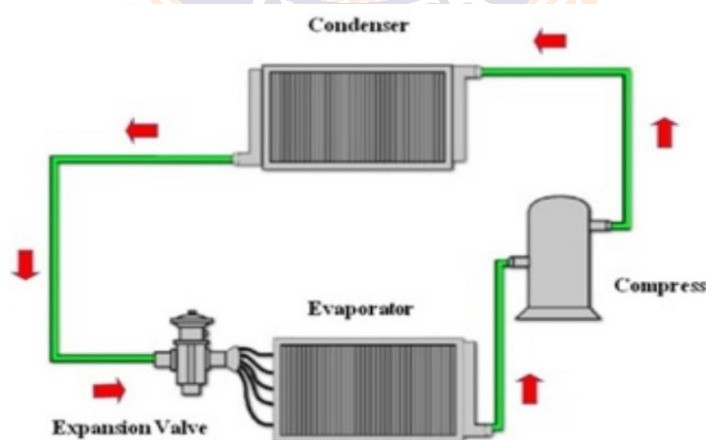
1. เพื่อความสบายต่อผู้อาศัยหรือปฏิบัติงานในบริเวณนั้นๆ ด้วยความสบายที่กล่าวถึงนี้จะหมายถึงความสบายของคนส่วนใหญ่ทั้งนี้เพราะแต่ละคนจะรู้สึกสบายในสภาวะอากาศแตกต่างกัน

2. เพื่อประโยชน์ทางอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการความเที่ยงตรงสูงจะมีการนำระบบปรับอากาศมาช่วย เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมผลิตลูกกวาด เป็นต้น

3. เพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ เช่น การผลิต และเก็บรักษา การปรับอากาศในห้องผ่าตัด และ ICU ที่ต้องการความสะอาดสูง การปรับอากาศ ในห้องดมยาสลบที่ต้องการการหมุนเวียนอากาศที่ดี

2.2 วงจรทำความเย็น

หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศนั้น ก็คือการนำเอาความร้อนจากที่ที่ต้องการทำความเย็น (โดยทั่วไปคือภายในอาคาร) ถ่ายเทไปสูงที่ที่ไม่ต้องการทำความเย็น (นอกอาคาร) โดยผ่านตัวกลางคือสารทำความเย็นหรือที่เรียกกันว่าน้ำยา เริ่มต้นจากคอมเพรสเซอร์ จะทำหน้าที่ดูดน้ำยาที่เป็นไอ (Vapor) จากเครื่องระเหย (Evaporator) หรือคอยล์เย็น (Cooling Coil) ไอสารทำความเย็นที่ดูดเข้ามาจะมีความดันต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำด้วย ไอน้ำยาจะถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ทางท่อดูด (Suction Line) และตัวคอมเพรสเซอร์จะอัดน้ำยาที่เป็นไอนี้ให้มีความดันสูงขึ้น และขณะที่ไอมีความดันสูงขึ้นก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น การที่ไอน้ำยามีความดันสูงขึ้นนี้จะมีผลให้จุดเดือดสูงขึ้นด้วย จากนั้นไอน้ำยาจะถูกดันออกทางท่อทางส่ง (Discharge Line) และส่งผ่านไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) ตัวคอนเดนเซอร์มีหน้าที่รับเอาไอน้ำยา ไว้และระบายความร้อนออกจากไอน้ำยาผ่านตัวกลาง (ชูชัย ต.ศิริวัฒนา, 2546)



รูปที่ 2.1 วงจรทำความเย็น

ซึ่งปกติคืออากาศ ใช้น้ำยาจะมีอุณหภูมิต่ำลงจนควบแน่นเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดันสูง และอุณหภูมิสูง สารทำความเย็นเหลวจะถูกส่งไปอุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve) ซึ่งมีหน้าที่ลดความดันน้ำยาก่อนเข้าเครื่องระเหย มีผลให้สารทำความเย็นมีความดันต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำเมื่อไหลเข้าเครื่องระเหยก็จะรับความร้อนผ่านตัวกลาง ซึ่งปกติคืออากาศมีผลให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ ไอสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหยจะมีความดันต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำ และไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการเพิ่มความดันต่อไป ระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะทำงานวนเวียนเป็นวัฏจักรตลอดเวลาที่คอมเพรสเซอร์ยังคงทำงานอยู่ และน้ำยาที่มีอยู่ในระบบจะไม่มี การสูญเสียไปไหนเลยนอกเสียจากว่าเกิดการรั่วซึม (Leak) ที่ใดที่หนึ่งเท่านั้น เนื่องจากในระบบทำความเย็นเบื้องต้นนี้มีทั้งน้ำยาที่อยู่ในสภาพความดันสูง และอุณหภูมิสูง กับความดันต่ำอุณหภูมิต่ำจึงมีการแบ่งออกเป็น 2 ทาง

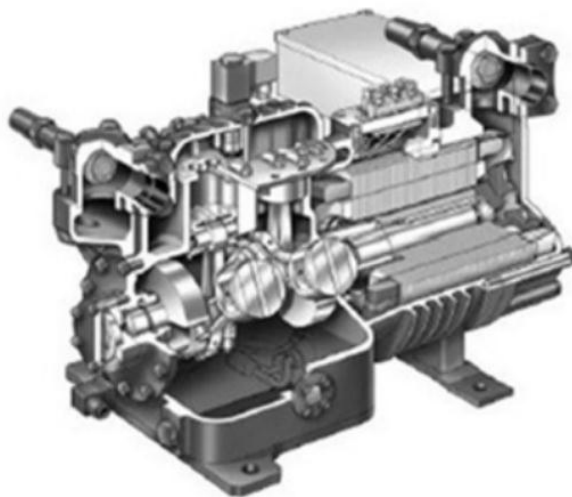
1. ทางด้านสูง (High Side) ซึ่งจะเริ่มจากทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ผ่านคอนเดนเซอร์ จนถึงทางเข้าของอุปกรณ์ลดความดัน ส่วนนี้สารทำความเย็นจะมีทั้งความดัน และอุณหภูมิสูง
2. ทางด้านต่ำ (Low Side) ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ทางออกของอุปกรณ์ลดความดันผ่านเครื่องระเหยจนไปถึงทางเข้าของคอมเพรสเซอร์ ส่วนนี้จะมีทั้งความดัน และอุณหภูมิต่ำ จึงเรียกว่าทาง (Low Side) ระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่โดยทั่วไปจะทำงานเป็นวัฏจักร โดยมักจะมีสิ่งๆ ที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นระบบปรับอากาศอยู่หลายสิ่งหลายอย่างด้วยกัน (สนอง อิมเอม, 2552)

2.3 อุปกรณ์หลักภายในวงจรการทำงานของสารทำความเย็น

2.3.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressors)

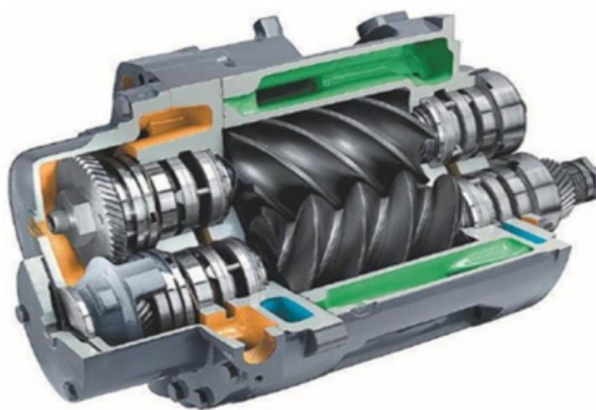
เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของระบบการทำความเย็น ทำหน้าที่เพิ่มความดันของสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซ โดยคอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นที่เป็นก๊าซความดันต่ำ และอุณหภูมิต่างจากเครื่องระเหย (Evaporator) ที่ผ่านเข้ามาทางท่อดูดเข้ายังทางดูดของคอมเพรสเซอร์ และอัดก๊าซนี้ให้ความดัน และอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งเข้าไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) โดยผ่านเข้าทางท่อบรรจุเพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นอีกทีหนึ่งจะเห็นได้ว่าคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่แบ่งความดันระบบระหว่างด้านความดันสูง และความดันต่ำสารทำความเย็นจะถูกดูดเข้ามาในคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นก๊าซความดันต่ำ และสารทำความเย็นที่อัดออกส่งออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีสถานะเป็นก๊าซ ที่มีความดันสูง

คอมเพรสเซอร์จำแนกตามวิธีการอัด ได้ 3 ประเภท การจำแนกคอมเพรสเซอร์ตามวิธีการอัดนี้ แบ่งออกได้เป็นการอันเชิงปริมาตร เช่น แบบลูกสูบ แบบก้นหอย แบบเกลียว แบบการอัดแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แบบอัดครั้งเดียว และแบบอัดหลายครั้งดังมีรายละเอียดดังนี้ (TRANE Air Condition Manual, 1994)



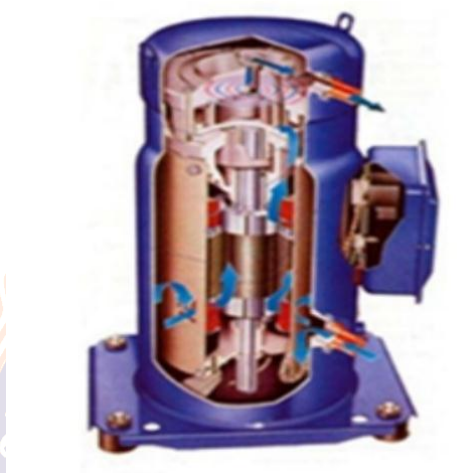
รูปที่ 2.2 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ(Reciprocating Type) อาศัยการทำงานของเพลาค้อเหวี่ยง (Crank Shaft) ขับลูกสูบให้เกิดการดูดอัด มีใช้กับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กต่ำกว่า 1 HP จนถึงมีขนาดใหญ่กว่า 100 HP เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน



รูปที่ 2.3 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Type) ทำงานโดยอาศัยสกรู 2 ตัว คือสกรูตัวเมีย (Female Rotor) และสกรูตัวผู้ (Male Rotor) โดยสกรูตัวเมียจะอาศัยช่องเกลียวเป็นช่องเก็บน้ำยา ส่วนสกรูตัวผู้จะใช้สันเกลียวรีดน้ำยาออกตามแกนของสกรูทั้งสอง และเนื่องจากต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำหน้าที่ป้องกันการรั่วระหว่างช่องว่างของเกลียวทั้งสองขณะทำงานจึงมีน้ำมันหล่อลื่นไหลไปกับน้ำยาจำนวนมาก ที่ทางออกของคอมเพรสเซอร์แบบสกรูจึงตั้งคิอุปกรณ์แยกน้ำมัน (Oil Separator) ไว้ด้วยเสมอ



รูปที่ 2.4 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย

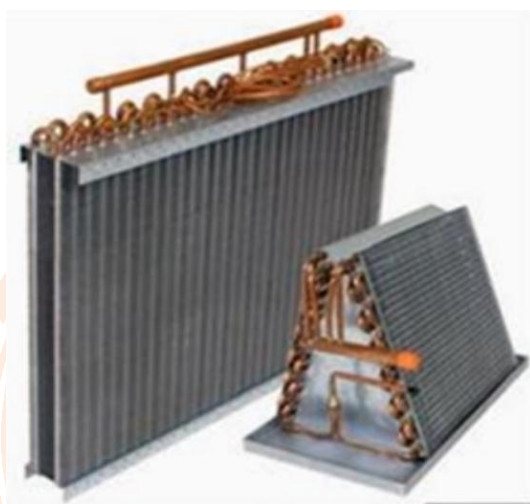
คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอยหรือแบบสโครล์ (Scroll Type) เป็นคอมเพรสเซอร์แบบใหม่ล่าสุดที่ออกแบบมาใช้งานในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ การทำงานจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่มีลักษณะเป็นก้นหอยอยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ ซึ่งจะเคลื่อนที่ในลักษณะเชิงศูนย์ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนรอบแกน (Not Rotate) โดยความดันจะเพิ่มจากภายนอกและถูกอัดมากที่สุดเมื่ออยู่ที่แกนกลาง ลักษณะเคลื่อนไหวเทียบได้กับพายุทอร์นาโด (Tornado) ปัจจุบันนำมาใช้กับระบบปรับอากาศที่ใช้ในที่พักอาศัย ในสำนักงาน รวมทั้งระบบปรับอากาศในรถยนต์เนื่องจากการทำงานมีการเคลื่อนไหวน้อย ไม่ต้องใช้เส้นทางดูด ทางส่ง จึงทำงานได้เรียบและเงียบกว่า

2.3.1 เครื่องระเหย (Evaporator)

เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของระบบทำความเย็นทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากในบริเวณหรือในเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่สารทำความเย็นภายในระบบนี้เดือดจะเปลี่ยน

สถานะเป็นก๊าซก็จะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินสารความเย็นเข้าไปยังสารความเย็นในระบบทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดลง เครื่องระเหยโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. เครื่องระเหยชนิดท่อและครีป (Finned-Tube Evaporator) มีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกันกับคอนเดนเซอร์คือมีท่อและครีปอะลูมิเนียมบางเป็น โครงสร้างหลังทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแต่ทำงานในลักษณะตรงข้ามกันคือคอนเดนเซอร์ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับอากาศแต่เครื่องระเหยดูดความร้อนจากอากาศที่ผ่าน



รูปที่ 2.5 เครื่องระเหยชนิดท่อและครีป

2. เครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ (Shell and Tube Evaporator) มีโครงสร้าง และหลักการทำงานเหมือนกันที่ใช้เป็นคอนเดนเซอร์นิยมใช้กับระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น โดยเรียกเครื่องระเหย ชนิดนี้ว่าเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งมีทั้งที่เป็นเครื่องทำน้ำเย็น แบบแห้งและแบบเปียก



รูปที่ 2.6 เครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ

2.3.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์หรืออุปกรณ์ควบแน่นเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของระบบทำความเย็นทำหน้าที่ระบายความร้อนในสถานะก๊าซที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงที่ถูกอัดตัวส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อให้กลั่นตัวเป็นน้ำเหลวในคอนเดนเซอร์ด้วยการระเหยความร้อนออกแต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่เช่นเดิมคอนเดนเซอร์แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือการจำแนกตามลักษณะโครงสร้าง และการจำแนกตามวิธีระบายความร้อนการจำแนกตามวิธีระบายความร้อนได้ 3 ประเภท ดังนี้ (Daikin, 1990)

1. การระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อให้ น้ำยาในสถานะก๊าซกลั่นตัวเป็นของเหลวตามปกติแล้วคอนเดนเซอร์ชนิดนี้มักจะทำด้วยท่อทองแดงหรือท่อเหล็กมีครีปเป็นตัวช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาภายในคอนเดนเซอร์แบ่งออกได้เป็นแบบใช้อากาศหมุนเวียนอากาศโดยรอบคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศปกติจึงลอยตัวสูงขึ้นส่วนอากาศที่เย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ จึงระบายความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์แบบมีพัดลมช่วยคอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้ลม หรือโบลเวอร์ช่วยในการเพิ่มปริมาณลมที่ผ่านผิวของคอนเดนเซอร์ จึงช่วยลดขนาดรูปร่างของคอนเดนเซอร์ลงได้มากขึ้น

2. การระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาโดยผ่านหอผึ่งลมเย็น (Cooling Tower) เพื่อให้ น้ำยา กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว และก็เช่นเดียวกันคอนเดนเซอร์ทั้งสองชนิดนี้จะรับความร้อนที่ถูกคายออกจากน้ำยาในสถานะก๊าซเพื่อการกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว ทำให้อุณหภูมิของอากาศหรือน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางมีอุณหภูมิสูงขึ้น

3. การระบายด้วยน้ำและอากาศ (Water and Air Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้ทั้งอากาศ และน้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อให้ น้ำยาในสถานะก๊าซในคอนเดนเซอร์กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวโดยการฉีดน้ำเย็นให้เป็นฝอยผ่านลงบนคอนเดนเซอร์อากาศนี้จะสวนทางกับสเปรย์น้ำตกลงมาผ่านอิลิมิเนเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้สเปรย์น้ำออกไปกับอากาศ ซึ่งน้ำบางส่วนจะระเหยตัวขณะที่ได้รับความร้อนจากแผงคอนเดนเซอร์ ทำให้อากาศที่ตกกลับลงมาในถังนั้นมีอุณหภูมิลดต่ำลง

2.3.4 อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve)

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ ซึ่งมีหลักการในการทำงานง่าย ๆ คือการลดพื้นที่หน้าตัดลงเหมือนกับการนำสายยางไปต่อกับก๊อกน้ำแล้วเปิดน้ำให้แรง จากนั้นใช้มือปิดที่ปลายสายยางจะเกิดเป็นฝอยละอองซึ่งก็ใช้หลักการคล้ายกัน



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve)

เพียงแต่ว่าอุปกรณ์ลดความดันจะควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นตามความต้องการของระบบปรับอากาศ ซึ่งผลที่ตามมาก็คือความดันจะลดลง และสถานะจะเปลี่ยนจากแก๊สอุณหภูมิสูงความดันสูงให้เป็นฝอยละออง และความดันลดลงจนสามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ แต่ที่บริเวณทางออกของอุปกรณ์ลดความดันแต่ยังไม่เป็นไอ (ARI Guideline, 1990)

2.3.5 อุปกรณ์ช่วยภายในระบบทำความเย็นได้แก่



รูปที่ 2.8 ครายเออร์

1. ทรายเออร์ (Dryer) ทำหน้าที่ดูดซับความชื้นจากสารทำความเย็น และกรองสิ่งสกปรกมีทั้งขนาดใหญ่ จนไปถึงขนาดเล็ก การเลือกใช้ต้องคำนึงถึงชนิดของน้ำยา ขนาดเครื่องทำความเย็น ขนาดท่อ น้ำยา



รูปที่ 2.9 ไส้กรองภายในทรายเออร์

2. แอควิวูเลเตอร์ (Accumulator)



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์แยกน้ำยาเหลว (Accumulator)

อุปกรณ์แยกน้ำยาเหลวหรือแอควิวูเลเตอร์ (Accumulator) ติดตั้งระหว่างเครื่องระเหย และคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ป้องกันของเหลวเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ โดยน้ำยาที่ยังเดือดไม่หมดจากเครื่องระเหยจะตกลงสู่ด้านล่าง คอมเพรสเซอร์จะดูดเฉพาะน้ำยาที่เป็นไอจากด้านบน

3. ถังพักสารทำความเย็นเหลว (Receiver tank)



รูปที่ 2.11 ถังพักสารทำความเย็นเหลว (Receiver tank)

ถังพักสารทำความเย็นเหลวหรือรีซีฟเวอร์ (Receiver tank) ติดตั้งที่ทางออกคอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่รับน้ำยาเหลวที่ควบแน่นจากคอนเดนเซอร์เพื่อส่งสารทำความเย็นเหลวไปยังเครื่องระเหยได้ต่อเนื่องสม่ำเสมอ ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่

4. อุปกรณ์แยกน้ำมันหล่อลื่น (Oil separator)



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์แยกน้ำมันหล่อลื่น (Oil separator)

ติดตั้งที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่แยกน้ำมันหล่อลื่นที่ปนออกมากับไอน้ำยาให้กลับไปอ่างน้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ ไอน้ำยาที่ถูกแยกออกจึงถูกส่งไปเข้าคอนเดนเซอร์ต่อไป

5. สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Switch)



รูปที่ 2.13 สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Switch)

สวิตช์ควบคุมความดันมีหลักการทำงาน คือทำหน้าที่ในการตัด และต่อวงจรไฟฟ้าให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงาน และหยุดทำงาน โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยความดันของน้ำยาด้านความดันสูง และด้านความดันต่ำของคอมเพรสเซอร์

2.4 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศมีวิธีการในการแบ่งประเภทออกได้หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่นิยมใช้ ประเภทของเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ การแบ่งตามลักษณะการใช้งาน การแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ซึ่งการแบ่งตามชนิดของคอมเพรสเซอร์ และการแบ่งตามขนาดซึ่ง วิธีนี้เป็นที่นิยมมากที่สุด ชนิดของเครื่องปรับอากาศมีอยู่ 4 ประเภทดังต่อไปนี้ (ชูชัย ต.ศิริวัฒนา, 2546)

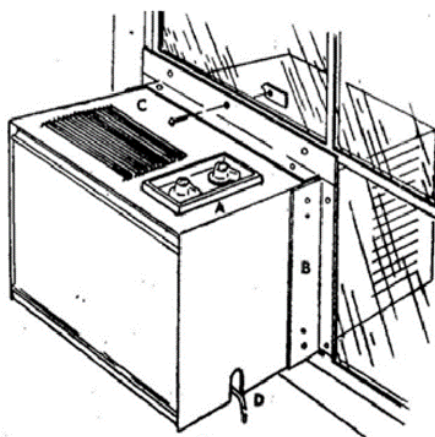
2.4.1 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก



รูปที่ 2.14 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเป็นเครื่องปรับอากาศที่เราเห็นใช้อยู่ตามบ้านเรือนและสำนักงานขนาดเล็ก เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมักเป็นเครื่องเดี่ยวๆ จึงมักเรียกว่า Unitary เครื่องแบบนี้ สามารถปรับอากาศได้โดยไม่ต้องต่อพ่วงอุปกรณ์อื่น เช่น หอฝึกลมเย็น เครื่องเป่าลม ท่อลม เป็นต้น

2.4.2 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window)



รูปที่ 2.15 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window)

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างจะรวมอุปกรณ์ทั้ง 4 อย่างเข้าไว้ในตัวเครื่องเดียวกัน การติดตั้งจึง ต้องติดตั้งโดยให้ด้านหนึ่งอยู่ภายในห้อง ส่วนอีกด้านอยู่ภายนอกเพื่อทำหน้าที่ระบายความร้อน ฉะนั้นในการติดตั้งจึงต้องติดตั้งบริเวณช่องหน้าต่างหรือเจาะช่องที่ผนังด้านที่แข็งแรง ในกรณีที่เป็นบ้านไม้อาจมีเสียงดัง ข้อดีของเครื่องปรับอากาศประเภทนี้คือประหยัดเนื้อที่ไม่จำเป็นต้องมีที่สำหรับตั้ง คอนเดนซิ่งยูนิต และความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ จะสูงกว่าแบบอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.17

2.4.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt Type)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจะแยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนทำความเย็นที่เรียกว่าแฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit) จะเป็นส่วนที่อยู่ภายในห้อง ซึ่งภายในประกอบด้วย อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator Coil) และอุปกรณ์ลดความดัน (บางรุ่นจะติดตั้งไว้ในคอนเดนซิ่ง) อีกส่วนหนึ่งคือคอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) จะตั้งอยู่ภายนอกประกอบด้วยคอนเดนเซอร์คอยล์ (Condenser Coil) และคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทั้งสองส่วนนี้จะต่อถึงกันโดยระบบท่อน้ำยา เครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนมีข้อดีคือส่วนที่ปรับอากาศจะเงียบ

2.4.4 เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่



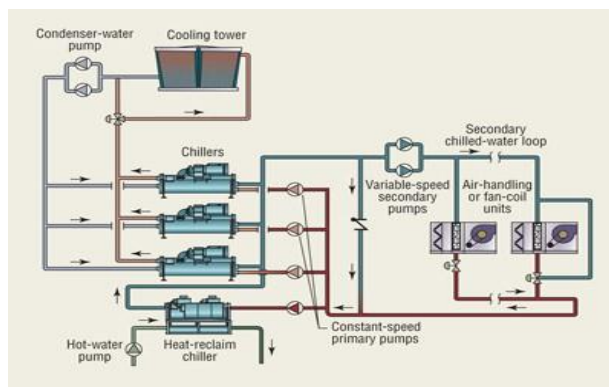
รูปที่ 2.16 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันในอุตสาหกรรม และอาคารขนาดใหญ่ เช่น โรงงาน โรงแรม ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล เป็นต้น เครื่องปรับอากาศประเภทนี้มักประกอบด้วยวงจรทำความเย็น 2 ส่วน จึงต้องมีอุปกรณ์มาต่อพ่วงเพื่อให้ระบบสมบูรณ์ เครื่องปรับอากาศแบบนี้จะมีราคาแพงแต่ประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบปรับอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่แบ่งตามการระบายความร้อนได้ดังนี้

1. ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ
2. ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

2.5 เครื่องทำน้ำเย็น

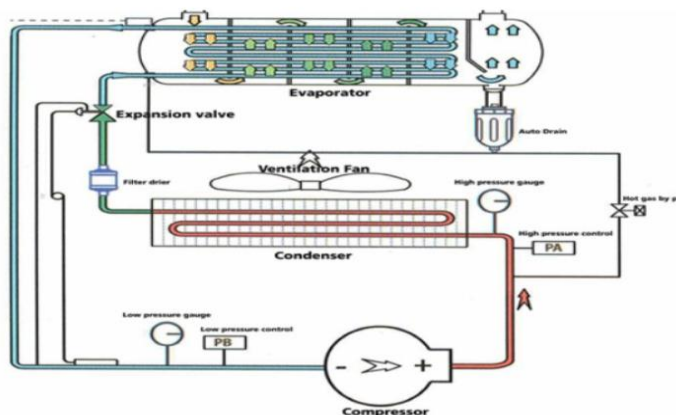
เครื่องทำน้ำเย็น คือเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ที่มีหน้าที่ในการผลิตน้ำเย็นหรือปรับอุณหภูมิ น้ำเย็นและส่งไปยังเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่ในห้องต่างๆ ของอาคารแต่ละอาคาร หรืออาจใช้น้ำเย็นไปหล่อเย็นอุณหภูมิของเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม (อัคเดช สินธุภัก, 2537)



รูปที่ 2.17 วงจรทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

หลักการการทำงานของระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานและอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ ระบบปรับอากาศที่นิยมติดตั้งและใช้มักเป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air-conditioning System) โดยเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) เป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) เครื่องระเหย (Evaporator) และ อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve) โดยมีสารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134 a บรรจุอยู่ภายในวงจรสารทำความเย็น [2] เมื่อป้อนไฟฟ้าให้คอมเพรสเซอร์ คอมเพรสเซอร์จะดูดไอสารทำความเย็นจากเครื่องระเหยแล้วอัดส่งไปที่คอนเดนเซอร์ ที่เครื่องระเหยสารทำความเย็นจะมีความดัน และอุณหภูมิต่ำ สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องระเหย และระเหยกลายเป็นไอในขณะเดียวกันที่คอนเดนเซอร์ สารทำความเย็น จะมีความดัน และอุณหภูมิสูงความร้อนจากสารทำความเย็นจะถ่ายเทให้น้ำหล่อเย็น ทำให้สารทำความเย็น กลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่ความดันสูงเมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดัน ความดันก็จะลดลงเท่ากับความดันต่ำที่ เครื่องระเหยสารทำความเย็นก็จะไหลครบวัฏจักรสารทำความเย็น น้ำหล่อเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อถูกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งไปที่หอผึ่งลมเย็น (Cooling Tower) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้อากาศโดยการระเหยน้ำ ทำให้น้ำที่เหลือเย็นลง แล้วไหลกลับไปรับความร้อนที่คอนเดนเซอร์อีกทำให้ครบวัฏจักรน้ำหล่อเย็น น้ำเย็นเมื่อถ่ายเทความร้อนให้กับเครื่องระเหย ก็มีอุณหภูมิต่ำลง เมื่อถูกเครื่องสูบน้ำเย็นส่งไปที่เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศทำให้น้ำร้อนขึ้นแล้วไหลกลับไปถ่ายเทความร้อนให้กับเครื่องระเหยอีก ทำใ้ครบวัฏจักรน้ำเย็นเครื่องส่งลมเย็นจะดูดอากาศร้อนจากห้องปรับอากาศผ่านระบบท่อลมไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเย็น ทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงแล้วส่งกลับไปให้

ห้องปรับอากาศทำให้ครบวัฏจักรมเย็น ทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงแล้วส่งกลับไปห้องปรับอากาศ ทำให้ครบวัฏจักรมเย็น



รูปที่ 2.18 วงจรทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ก็จะเหมือนเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำแต่แตกต่างกันที่เครื่องควบแน่นที่มีลักษณะเป็นครีบท่อ เมื่อป้อนไฟฟ้าให้คอมเพรสเซอร์คอมเพรสเซอร์จะดูดไอสารทำความเย็นจาก เครื่องระเหยแล้วอัดส่งไปที่เครื่องควบแน่น สารทำความเย็นจะมีความดันและอุณหภูมิสูง ความร้อนจากสารทำความเย็นจะถ่ายเทให้น้ำหล่อเย็นทำให้สารทำความเย็น กลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่ความดันสูง และมีการระบายความร้อนของสารทำความเย็นโดยการใช้ลมดูดอากาศรอบๆ เครื่องให้ไหลผ่านแผงคอยล์ร้อน และดูดอากาศที่มีความร้อนระบายออกด้านบน

2.6 การผลิตน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ (Chilled Water Cool)

เครื่องทำน้ำเย็นมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ในประเทศต้องการ เครื่องจักรที่ใช้ทำน้ำเย็นได้เกือบตลอด 24 ชั่วโมง เราจึงต้องผลิตเครื่องทำน้ำเย็น ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อรองรับความต้องการของบริษัทขนาดเล็กและขนาดใหญ่ หรือโรงงานอุตสาหกรรม ในการผลิตเครื่องทำน้ำเย็น จึงต้องผลิตให้ได้ตามมาตรฐาน ความต้องการของสถานประกอบการน้ำหล่อเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อถูกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งไปที่หอทำความเย็น (Cooling Tower) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการระเหยน้ำทำให้น้ำที่เหลือเย็นลง แล้วไหลกลับไป รับความร้อนที่คอนเดนเซอร์อีกทำให้ครบ วัฏจักรน้ำหล่อเย็น น้ำเย็นเมื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอีวาพอเรเตอร์

(Evaporator) ก็มีอุณหภูมิต่ำลง เมื่อถูกเครื่องสูบน้ำเย็นส่งไปที่เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศทำให้น้ำร้อนขึ้นแล้วไหลกลับไปถ่ายเทความร้อนให้กับอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) อีกทำให้ครบวัฏจักรน้ำเย็นเครื่องส่งลมเย็นจะดูดอากาศร้อนจากห้องปรับอากาศผ่านระบบท่อลมไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเย็น ทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงแล้วส่งกลับไปห้องปรับอากาศทำให้ครบวัฏจักรลมเย็น

2.7 การบำรุงรักษาเชิงทวิผล (Total Productive Maintenance :TPM)

การบำรุงรักษาทวิผล เกิดขึ้นเพราะเราไม่สามารถใช้การบำรุงรักษาแบบใดแบบหนึ่งที่ผ่านมาเพียงแบบเดียวได้จึงต้องมีการรวมการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การบำรุงรักษาทวิผลสามารถช่วยแก้ปัญหาการบำรุงรักษาเกินความจำเป็นได้ การบำรุงรักษาทวิผลเป็นพื้นฐานการบำรุงรักษาทวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม แตกต่างกันตรงที่การบำรุงรักษาทวิผลเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุงแต่การบำรุงรักษาทวิผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเป็นหน้าที่ของทุกคน ในทางเทคนิคแล้ว การบำรุงรักษาทวิผลไม่ใช่รูปแบบการบำรุงรักษาด้วยตัวของมันเองแต่เป็นการรวมเอาการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง และการป้องกันการบำรุงรักษา ทั้งนี้เพื่อให้เกิดผลมากขึ้นในการเตรียมความพร้อม การป้องกันการปรับปรุง และการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงการบำรุงรักษา ดังชื่อที่ว่า “ทวิผล”

ความจำเป็นในการบำรุงรักษาทวิผล

วิวัฒนาการในการบำรุงรักษา ตั้งแต่การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องมาจนถึงการบำรุงรักษาทวิผลยังไม่มีรูปแบบการบำรุงรักษาแบบใดที่สามารถใช้ได้ด้วยลำพังเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องก็ไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่ไม่มีเครื่องจักรสำรอง และไม่สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง จึงต้องมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเครื่องจะไม่มีโอกาสเสียอีกเลย ดังนั้นอย่างไรก็ตามการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องไม่ได้

ในธุรกิจอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในการผลิตมักไม่ได้สนใจหาวิธีการใช้และบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง ผลที่ตามมาก็คือเครื่องจักรเสียบ่อย ต้องเสียเวลาซ่อมและเวลาการผลิต เครื่องจักรไม่มีสมรรถนะการทำงานที่ดี ผลิตชิ้นงานออกมาไม่ได้ตามข้อกำหนดอย่างสม่ำเสมอ สัมพันธภาพที่ไม่ดีระหว่างหน่วยงานผลิต และหน่วยงานซ่อมบำรุง ทำให้เกิดการแก้ไขงานที่มีผลทำให้ต้นทุนสูง การส่งมอบไม่ทันเวลา ซึ่งส่งผลให้ขาดความสามารถในการแข่งขัน เทคนิคที่สามารถช่วยทำ

ให้เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์ (Zero Breakdown) เป็นเทคนิคการบำรุงรักษาที่เป็นความร่วมมือระหว่างพนักงานหน่วยซ่อมบำรุง และพนักงานหน่วยผลิตซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น และเป็นที่ยอมรับใช้ในประเทศต่าง ๆ คือการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม ซึ่งสามารถทำให้ใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาและผลิตสินค้าได้คุณภาพและปริมาณตามความต้องการของลูกค้า

การบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance TPM) เป็นการบำรุงรักษาที่ไม่ได้หวังผลเพียงแค่เครื่องจักรไม่เสียหายแต่เป็นการบำรุงรักษาที่หวังผลไปถึงสมรรถนะขององค์กรที่ดีขึ้นในรูปแบบของคุณภาพสินค้า (Quality) ต้นทุนการผลิต (Cost) การส่งมอบ (Delivery) ความปลอดภัย (Safety)ขวัญและกำลังใจของพนักงาน (Morale) และรักษาสิ่งแวดล้อม (Environment) จึงนับเป็นระบบการบำรุงรักษาที่มีความจำเป็น ระบบการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance TPM) เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ลดการสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตส่งผลให้มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและยังสามารถลดต้นทุนการผลิตการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์หรือพนักงานให้มีจิตสำนึกที่ดีในการทำงานมีเป้าหมายในการปฏิบัติงานอย่างชัดเจนตลอดจนการสร้างบรรยากาศของการมีส่วนร่วมหรือเสริมสร้างมนุษย์สัมพันธ์ภายในองค์กรให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักรที่ขาดประสิทธิภาพ สามารถตรวจสอบเครื่องจักรได้อย่างเป็นระบบรวมถึงกำหนดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้องโดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (สุวิทย์ ภูลี , ปารเมศ ชุติมา , 2555)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ฤกษ์ณะ ธรรมมิกานนท์ และ มนต์ศักดิ์ พิมสาร, 2556) โดยทำการทดลอง 2 กรณี คือ การติดตั้งท่อสารทำความเย็นที่ความยาวต่างๆ และอุณหภูมิภายนอกที่ต่างกันออกไป ในการทดลองต้องควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศสำหรับห้องแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ (มอก. 1155) หลังจากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จากผลการทดลองพบว่า ในกรณีการติดตั้งท่อสารทำความเย็นที่ความยาวต่างๆ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ พลังงานลดลง 6.69, 14.01 และ 17.65 % (เปรียบเทียบกับค่าความยาวท่อ 7.5 เมตร) เมื่อท่อสารทำความเย็นยาว 10, 17 และ 19 เมตร ตามลำดับ และในกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกมีค่าต่างกัน ค่า

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น 3.26 % (เปรียบเทียบกับค่าที่อุณหภูมิ 35 °C) ที่อุณหภูมิภายนอก 30 °C และมีค่าลดลง 15.66 และ 24.28 % (เปรียบเทียบกับค่าที่อุณหภูมิ 35 °C) ที่อุณหภูมิภายนอกเป็น 40 และ 45 °C ตามลำดับ

2. การลดอัตราการเสียหายของเครื่องจักรโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (จักรชัย เปล่งสะอาด และ วิทยา ขงเจริญ, 2547) ทำการวิจัยเพื่อลดอัตราการเสียหายของเครื่องจักรโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการศึกษาข้อมูลเดิม ซึ่งพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากแผนงานซ่อมบำรุงเดิมนั้นมีรายละเอียด ที่ต้องให้มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันน้อยเกินไป ไม่ครอบคลุมงานที่จำเป็นต้องดูแลเครื่องจักรได้ทั้งหมด ดังนั้นการปรับปรุงแผนงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ต้องให้ครอบคลุมการทำงานมากขึ้น จึงเป็นวิธีหนึ่งในการบริการเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยให้ลดช่วงเวลา (เฉลี่ย) ที่จะทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรออกไปให้ยาวนานขึ้น ซึ่งจะเป็นการส่งผลให้ลดเวลา (เฉลี่ย) ที่ต้องทำการซ่อมบำรุงรักษาน้อยลง โดยได้ตั้งเป้าหมายหลังการปรับปรุงนี้แล้ว ปัญหาที่เครื่องจักรเกิดความเสียหายขึ้นมาอีกจะไม่ควรเกิน 5% การศึกษาและปรับปรุงโครงการนี้ได้ดำเนินการพัฒนาแผนเดิม โดยเพิ่มรายละเอียดที่จำเป็น เช่น ระยะเวลาบำรุงรักษาให้ถี่ขึ้น เพิ่มหัวข้อใหม่ สำหรับการตรวจสอบเครื่องจักรให้มากขึ้น โดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เคยปฏิบัติอยู่แล้วร่วมกันวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองจากฝ่ายผลิต ผลที่ได้จากการปฏิบัติงานหลังจากปรับปรุงมาแล้ว 4 เดือน พบว่า เครื่องจักรลดความเสียหายลงเหลือ 5.13%

3. อิทธิพลของการเคลือบครีด้วยสารไฮโดรฟลิกต่ออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบันธุรกิจเครื่องปรับอากาศมีการแข่งขันค่อนข้างสูง โดยตัวชี้วัดคุณภาพของเครื่องปรับอากาศคือค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy efficiency ratio, EER) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องในการทำความเย็น งานวิจัยนี้เน้นศึกษาการพัฒนาในส่วนของการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องระเหยด้วยการใช้ครีบอลูมิเนียมแบบบานเกล็ด ตัวแปรระยะห่างของครีที่คอยล์เครื่องระเหยและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศถูกนำมาศึกษาด้วยวิธีการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม และทำการเปรียบเทียบคอยล์ที่ใช้ครีบอลูมิเนียมแบบบานเกล็ดธรรมดา กับ ครีบอลูมิเนียมแบบบานเกล็ดเคลือบสารไฮโดรฟลิก ในการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 30,000 Btu / hr ระยะห่างของครีมีค่า 2.117 1.814 และ 1.588 mm และอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศในช่วง 700-1170 ft³/min การศึกษาแสดงให้เห็นผลของตัวแปรทั้งสองและชนิดของครีต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในรูปแบบของ j โคเบอร์นแฟกเตอร์และค่าตัวประกอบแรงเสียดทาน (Friction factor)

ที่คอยล์เครื่องระเหย และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ผลทดลองพบว่า ความหนาแน่นของครีบบที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน j โคลเบิร์นแฟกเตอร์ให้เพิ่มมากขึ้น แต่ค่าตัวประกอบแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นก็มีค่าเพิ่มขึ้นตาม และการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่เครื่องระเหยทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นได้ แต่ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน j โคลเบิร์นแฟกเตอร์และค่าตัวประกอบแรงเสียดทานลดลงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของตัวแปรทั้งสองเมื่อเปรียบเทียบคอยล์ที่ใช้ครีบบสองชนิดพบว่าคอยล์ที่ใช้ครีบบอลูมิเนียมเคลือบสารไฮโดรโฟลิกมีสมรรถนะดีกว่าและได้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมากกว่าที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศมีค่า $990 \text{ min} / \text{ft}^3$ และระยะห่างของครีบบมีค่า 1.814 mm จะทำให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศสูงสุดที่ค่า 13.47

4. ระบบการบำรุงรักษาแบบทีโอพีทีที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance, TPM) (สุรชาติ วิชัยดิษฐ , กิตติ เจตรัมย์ , สิงห์ชัย กลิ่นพิบูล, 2551) ได้ถูกประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดัดแก๊ส เพื่อลดเวลาหยุดชะงักของเครื่องจักร และปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Efficiency) การศึกษานี้เริ่มจากการจัดกลุ่มเครื่องจักร และรวบรวมบันทึกข้อมูลการหยุดชะงักของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเครื่องดัดแก๊สบรรจุขวด PET ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ใช้เครื่องจักรในการผลิตจำนวน 16 เครื่อง จากนั้นได้พัฒนาระบบ TPM ขึ้นตามหลักการเสาหลัก 8 ประการของระบบ TPM ในการทดลองประยุกต์ใช้ระบบ TPM เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าค่า OEE สูงขึ้นเฉลี่ย 21.18% อัตราการหยุดชะงักของเครื่องจักรลดลง 15% นอกจากนี้ค่าเวลาเฉลี่ยก่อนเครื่องจักรจะชำรุด (Mean Time between Failures, MTBF) หรือเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร (Mean Time to Repair, MTTR) ของเครื่องจักรแต่ละ ตัวสามารถนำมาใช้จัดกลุ่มเครื่องจักรเพื่อใช้ในการจัดทำแผนการบำรุงรักษาต่อไป

5. วิธีการแก้ปัญหาเวลาสูญเปล่าจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ และมุ่งเน้นเพื่อลดความสูญเสียนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับตั้งเครื่องจักร และการปรับแต่งเครื่องจักร ทั้งนี้แนวทางในการลดความสูญเสียนเนื่องจากการปรับตั้งเครื่อง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ กิจกรรมการล้างและฆ่าเชื้ออุปกรณ์ และกิจกรรมการติดตั้งเครื่อง โดยทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการ 5W 1H เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาและมองเห็นแนวทางการแก้ปัญหา และนำหลักการ Single Minute Exchange of Die (SMED) ซึ่งเป็นหลักการในการลดเวลาสูญเสียนของการปรับตั้งชิ้นงานมาประยุกต์ใช้ปรับปรุงการทำงาน ส่วนแนวทางในการลดความสูญเสียน

เนื่องจากการปรับแต่งเครื่องจักร ผลจากการทำงานวิจัยในครั้งนี้ คือสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรร้อยละ 63.05 และลดเวลาการปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหาหลุดแตก จากร้อยละ 20.49 เหลือร้อยละ 5.01 ของปัญหา

