

เครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศ ... (ภาคทฤษฎี)

โดย
สุธิกานต์ วงษ์เสถียร



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
02-279-8888 โทรสาร 02-279-8889
โทร. 0-2958-1125-7, 0-2967-8119 โทรสาร, 0-2967-8106
e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th



“เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)”

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2548

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย
ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์
หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต
จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ราคา **295** บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

สุริกานต์ วงษ์เสถียร

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี) -- ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, 2548.

588 หน้า

1. เครื่องทำความเย็น 2. เครื่องปรับอากาศ I. ชื่อเรื่อง

621.57

ISBN: 974-389-558-2

S7901-30-08-05

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
515/276-8 ถนนลาดพร้าว แขวงคลองจั่น อ.คลองจั่น จ.ปทุมธานี 12130
โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105
e-mail: sales@skybook.co.th

www.skybook.co.th

พิมพ์ที่ บริษัท พี.เอ็ม.เค. แอนด์ สกายพริ้นติ้ง จำกัด

โทรศัพท์ : 0-2812-1484, 0-2812-2265



คำนำ

หนังสือเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี) ฉบับนี้ นำเสนอเกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ การบริการ และการซ่อมบำรุง เพื่อให้ผู้ที่ศึกษามีความรู้ในเชิงทฤษฎี และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง ปลอดภัย และรักษาสีสิ่งแวดล้อม

การทำงานของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศในระดับปฏิบัติการเป็น การใช้ความรู้และทักษะทั้งสาขาวิชาเครื่องกลและสาขาวิชาไฟฟ้า เนื้อหาภายในประกอบไปด้วยความรู้ด้านเครื่องกลและด้านไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ตามหลักสูตร ปวช., ปวส. และปริญญาตรี พร้อมด้วยแบบฝึกหัดทบทวนทุกบทเพื่อทบทวนความจำ เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และประกอบการศึกษาในวิชาเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ

คุณความดีที่เกิดจากหนังสือเล่มนี้ขอมอบแด่บิดามารดา คณาจารย์วิทยาลัยเทคนิค ลพบุรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี และอาจารย์วีระ เสรวมัญญ และคาดหวังว่าหนังสือเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ฉบับนี้ จะสามารถช่วยให้นักศึกษาและผู้ที่สนใจได้รับความรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สุธิกานต์ วงษ์เสถียร



สารบัญ

ภาค 1 : ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ	7
บทที่ 1 ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ	8
1.1 ส่วนประกอบและการทำงานของระบบแบบอัดไอ	8
1.2 คอมเพรสเซอร์	13
1.3 คอนเดนเซอร์	19
1.4 อีแวปอเรเตอร์	24
1.5 มิเตอร์ริงดีไวส์	28
1.6 สารทำความเย็น	35
แบบฝึกหัดทบทวน	39
ภาค 2 : ท่อและอุปกรณ์ประกอบ	43
บทที่ 2 ท่อสารทำความเย็น	44
2.1 ชนิดของท่อสารทำความเย็น	44
2.2 งานท่อทองแดงและเครื่องมือ	48
แบบฝึกหัดทบทวน	78
บทที่ 3 การเชื่อมต่อท่อในระบบเครื่องทำความเย็น	81
3.1 ชุดเชื่อมก๊าซ	81
3.2 การใช้ชุดเชื่อมก๊าซ	91
3.3 การเชื่อมท่อทองแดง	94
แบบฝึกหัดทบทวน	101
ภาค 3 : มอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมและป้องกัน	103
บทที่ 4 มอเตอร์ไฟฟ้าในงานเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ	104
4.1 องค์ประกอบในการเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า	106
4.2 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	113

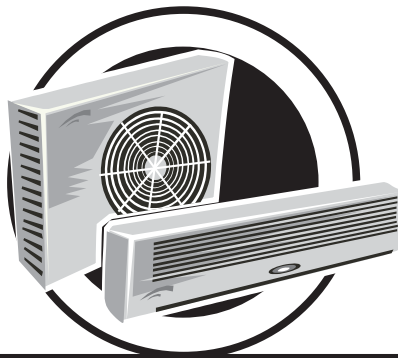


4.3	มอเตอร์สปลิทเฟส	119
4.4	มอเตอร์คาปาซิเตอร์	125
4.5	มอเตอร์เซตเดดโพล	132
4.6	มอเตอร์หลายความเร็ว	135
4.7	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบกรงกระรอก	147
4.8	มอเตอร์คอมเพรสเซอร์	149
4.9	รีเลย์เริ่มหมุน	162
	แบบฝึกหัดทบทวน	162
บทที่ 5	อุปกรณ์ควบคุมการทำงานและอุปกรณ์ป้องกันระบบ	188
5.1	คอนแทกเตอร์	188
5.2	โอเวอร์โหลด	199
5.3	เทอร์โมสตัท	208
5.4	สวิตช์ความดัน	222
5.5	สวิตช์ซีเลกเตอร์	234
	แบบฝึกหัดทบทวน	243
ภาค 4	ความรู้เบื้องต้นของงานบริการ	247
บทที่ 6	ความรู้เบื้องต้นของงานบริการ	248
6.1	เกจแมนนิโฟลด์	248
6.2	วาล์วบริการ	260
6.3	หลักการปฏิบัติงานบริการ	265
	แบบฝึกหัดทบทวน	271
บทที่ 7	การทดสอบร้วระบบ	274
7.1	การทดสอบร้วด้วยความดันในระบบ	274
7.2	เครื่องมือทดสอบร้วเครื่องทำความเย็น	280
	แบบฝึกหัดทบทวน	285
บทที่ 8	ผลของอากาศที่ตกค้างในระบบและการทำสุญญากาศ	287
8.1	อากาศ ความชื้น และกรดในระบบการทำความเย็น	287
8.2	หลักการทำสุญญากาศของระบบเครื่องทำความเย็น	293
8.3	เครื่องทำสุญญากาศ	299
8.4	วิธีการทำสุญญากาศระบบการทำความเย็น	304
	แบบฝึกหัดทบทวน	311



6 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)

บทที่ 9 การเติมสารทำความเย็น	315
9.1 การเติมสารทำความเย็นสถานะของเหลว	315
9.2 การเติมสารทำความเย็นสถานะไอ	322
แบบฝึกหัดทบทวน	335
บทที่ 10 งานบริการทางกลในระบบการทำความเย็น	339
10.1 การถ่ายสารทำความเย็นออกจากกระบอก	340
10.2 การถ่ายคืน การฟื้นฟูสภาพ และการนำ สารทำความเย็นกลับมาใช้ใหม่	345
10.3 การล้างระบบจากการไหม้ของขดลวดคอมเพรสเซอร์	361
10.4 การปั๊มดาวนระบบการทำความเย็น	366
10.5 การเลือกใช้และการเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์	369
10.6 การทดสอบกำลังดูดและกำลังอัดของคอมเพรสเซอร์	376
10.7 การเก็บรักษาคอมเพรสเซอร์	378
แบบฝึกหัดทบทวน	381
ภาค 5 : เครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	384
บทที่ 11 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศสำหรับที่พักอาศัย อาคารสำนักงาน และอาคารทั่วไป.....	385
11.1 ตู้เย็น	385
11.2 ตู้แช่	402
11.3 ตู้น้ำเย็น	410
11.4 การปรับอากาศ	417
11.5 เครื่องปรับอากาศหน้าต่าง	430
11.6 เครื่องปรับอากาศแยกส่วน	440
11.7 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วน	452
11.8 การบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ	489
11.9 การหาความสามารถของระบบขนาดเล็กอย่างง่าย	507
11.10 การประมาณขนาดเครื่องปรับอากาศ	544
แบบฝึกหัดทบทวน	567
ภาคผนวก	572
บรรณานุกรม	587



ภาคที่ 1

ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ



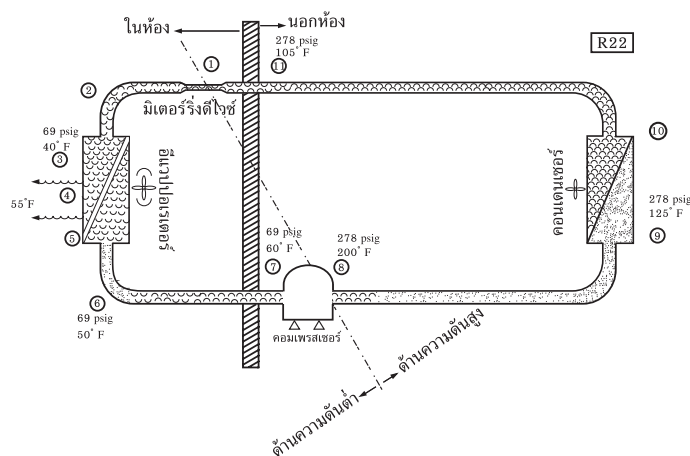
บทที่ 1

ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

การถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ที่ต้องการลดอุณหภูมิออกไปทิ้งภายนอก นี่คือการทำความเย็น (Refrigeration) ซึ่งวิธีการของการทำความเย็นนั้นมีอยู่หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นระบบแบบอัดไอ (Compression Refrigeration) ที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นส่วนประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Refrigeration) ระบบการทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Refrigeration) ระบบการทำความเย็นท่ออากาศไหลวน (Vortex Tube Refrigeration) และการทำความเย็นแบบ Steam Jet Cooling System เป็นต้น จากวิธีการทำความเย็นที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ เป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายที่สุด

1.1 ส่วนประกอบ และการทำงานของระบบแบบอัดไอ

ส่วนประกอบของระบบ หรือเรียกว่าเป็นส่วนประกอบทางกล มักจะออกแบบมาภายใต้เงื่อนไขเฉพาะอย่าง ความหมายก็คือ ส่วนประกอบของระบบหนึ่งจะนำไปใช้กับอีกระบบหนึ่งที่มีเงื่อนไขการทำงานต่างกันไม่ได้ เช่น คอมเพรสเซอร์ทำงานที่อุณหภูมิต่ำไม่สามารถที่จะนำไปใช้กับระบบที่ใช้อุณหภูมิสูงได้ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 ระบบทางกลของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ใช้สารทำความเย็น R-22



รูปที่ 1.1 เป็นตัวอย่างของระบบการทำความเย็นทางกลของเครื่องปรับอากาศ โดยส่วนที่อยู่นอกห้อง ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ซึ่งมีท่อต่อไปยัง คอนเดนเซอร์ (Condenser) ด้วยท่อที่มีชื่อว่าท่ออัด (Discharge Line) ส่วนท่อที่ออกจาก คอนเดนเซอร์เป็น ท่อสารทำความเย็นเหลว (Liquid Line) หรือท่อของเหลว ท่อของเหลว จะเดินต่อไปยังส่วนที่อยู่ภายในห้อง ผ่านอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น (Metering Device) และเข้าสู่ส่วนที่เกิดความเย็น เรียกว่า อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) ท่อที่ออกจาก อีแวปอเรเตอร์ เพื่อให้ครบวงจรที่คอมเพรสเซอร์ เรียกว่า ท่อดูด (Suction Line) โดยภายใน ระบบข้างต้นดังกล่าวจะมีตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนไหลเวียนอยู่ภายใน ซึ่งเรียกว่า สารทำความเย็น (Refrigerant) เมื่อพิจารณาโครงสร้างทางกลของระบบจะพบว่าระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่ภายในห้องซึ่งต้องการความเย็น จะประกอบด้วยอีแวปอเรเตอร์ และมิเตอร์ริงดีไวส์ เรียกว่า ด้านความดันต่ำ และส่วนที่อยู่นอกห้องจะมีคอนเดนเซอร์ และ คอมเพรสเซอร์ หรือด้านความดันสูง โดยการทำงานของระบบ อธิบายดังรูปที่ 1.1 ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 สารทำความเย็นเหลวหลังจากผ่านมิเตอร์ริงดีไวส์ส่วนหนึ่งจะระเหย เป็นไอไปในทันที ซึ่งเรียกว่า Flash Gas จะมีจำนวนประมาณ 25% ส่วนที่เหลืออีก 75% จะเป็นสารทำความเย็นเหลว โดยจะถูกลดความดันเป็นความดันต่ำที่ 69 psig

ตำแหน่งที่ 2 จากลักษณะสมบัติของสารทำความเย็น R-22 ที่ความดัน 69 psig จะมีจุดเดือด 40°F ขณะที่อุณหภูมิรอบตัว 75°F (สูงกว่าจุดเดือด) ทำให้ส่วนที่เป็นของเหลว เริ่มเดือด โดยใช้ความร้อนจากภาระความเย็น (Cooling Load) ซึ่งจะเรียกว่า โหลดความร้อน

ตำแหน่งที่ 3 สารทำความเย็นเริ่มกลายเป็นไอเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไหลต่อไปตาม แรงดูดจากคอมเพรสเซอร์

ตำแหน่งที่ 4 ความร้อนจากโหลดจะถูกดึงไปโดยสารทำความเย็นมากขึ้น ทำให้อากาศภายในเริ่มมีความร้อนและอุณหภูมิลดลง จากรูปที่ 1.1 ที่อุณหภูมิประมาณ 55°F ณ จุดครึ่งทางของอีแวปอเรเตอร์ จำนวนสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวและไอ ประมาณ 50:50% โดยอยู่ที่ความดันเดิม (69 psig) และอยู่ที่อุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation Temperature)

ตำแหน่งที่ 5 ระบบทางอุณหพลศาสตร์สารทำความเย็นจะกลายเป็นไออิ่มตัว (Saturated Vapor) ก่อนออกจากอีแวปอเรเตอร์ทั้งหมด และมีอุณหภูมิอยู่ที่จุดเดือด 40°F ภายใต้ความดันต่ำ (69 psig)



10 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)

ตำแหน่งที่ 6 ภายในท่อดูดไอสารทำความเย็นที่จุดอิมตัว (40°F) ความดันต่ำ (69 psig) จะดูดรับความร้อน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ความดันเดิม จนกลายเป็นไอร้อนยิ่งยวด หรือไอซูเปอร์ฮีต (Super Heat Vapor) จากรูป 1.1 อุณหภูมิเพิ่มเป็น 50°F นั่นคือ เพิ่มจากจุดอิมตัวเป็นซูเปอร์ฮีต 10°F

ตำแหน่งที่ 7 ท่อดูดส่วนที่อยู่ภายนอกห้องจะมีอุณหภูมิรอบตัวสูงกว่าภายใน ไอซูเปอร์ฮีตอาจจะมีการดูดรับความร้อนเพิ่มเข้าไป เนื่องจากท่อสารทำความเย็นเป็นวัสดุที่ถ่ายเทความร้อนได้ดี เช่น ทองแดง นอกจากนั้นอุณหภูมิซูเปอร์ฮีตที่เพิ่มขึ้นยังขึ้นอยู่กับความยาวของท่อและลักษณะการติดตั้ง จากรูปที่ 1.1 ไอซูเปอร์ฮีตเพิ่มเป็น 60°F ที่ความดันต่ำ

ตำแหน่งที่ 8 ไอซูเปอร์ฮีตถูกเพิ่มความดันโดยคอมเพรสเซอร์ ส่งเข้าสู่ด้านความดันสูงของระบบ ผ่านท่ออัด (Discharge Line หรือ Hot Gas Line) จากรูปที่ 1.1 ความดันที่ท่ออัด 278 psig มีอุณหภูมิ 200°F เป็นไอซูเปอร์ฮีต (อุณหภูมิอิมตัวที่ความดัน 278 psig คือ 125°F) และเนื่องจากอากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 95°F ทำให้ไอซูเปอร์ฮีตที่ท่ออัดคายความร้อนออก อุณหภูมิจึงลดลงไปอยู่ที่จุดอิมตัว โดยที่ความดันไม่เปลี่ยน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สวนทางกับการเกิดซูเปอร์ฮีต เรียกว่า De Super Heat

ตำแหน่งที่ 9 ไอสารทำความเย็นเข้าสู่คอนเดนเซอร์ในสภาวะอิมตัวที่ความดัน 278 psig ซึ่งมีจุดเดือด 125°F ในขณะที่มีอุณหภูมิรอบตัวเท่ากับ 95°F ความร้อนจึงถูกคายออกจากสารทำความเย็น ทำให้ควบแน่นกลายเป็นสารทำความเย็นเหลวที่จุดอิมตัว และความดันเดิม โดยประสิทธิภาพของการควบแน่นขึ้นอยู่กับความดันของระบบด้านสูง อุณหภูมิ และตัวกลางถ่ายเทความร้อน

ตำแหน่งที่ 10 ที่ท่อทางออกของคอนเดนเซอร์ สารทำความเย็นจะกลายเป็นของเหลวอิมตัวจนหมด ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า ท่อของเหลว (Liquid Line) เพื่อให้การดูดความร้อนจากโหลดของสารทำความเย็นในอีแวปอเรเตอร์ดีขึ้น ที่ท่อของเหลวจะต้องใช้ตัวกลางมาดึงความร้อนออกจากสารทำความเย็น จนอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิมตัว เรียกว่า ของเหลวเย็นยิ่งยวด หรือ ของเหลวซับคูล (Subcool Liquid) เรียกกระบวนการนี้ว่า Subcooling จากรูปที่ 1.1 ภายใต้ความดัน 278 psig ที่ท่อก่อนเข้ามิเตอร์ริงดีไวซ์ จะมีอุณหภูมิ 105°F ต่ำกว่าจุดอิมตัวคือ 125°F อยู่ 20°F

ตำแหน่งที่ 11 มิเตอร์ริงดีไวซ์ จะลดความดันสารทำความเย็นลง โดยเป็นการลดแบบทันทีทันใด ผลคือ สารทำความเย็นบางส่วนจะดึงความร้อนจากสารทำความเย็นด้วยกัน แล้วระเหยกายเป็นไอ เรียกไอนี้ว่า Flash Gas ระบบโดยทั่วไปจะออกแบบให้เกิด Flash Gas



ประมาณ 20 - 25% จึงเหลือส่วนที่เป็นของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำประมาณ 75 - 80% ที่จะไปดูดความร้อนจากโหลด รูปที่ 1.1 แสดงความดันหลังผ่านมิเตอร์ริงดีไวส์ 69 psig จุดเดือดอยู่ที่ 40°F ในขณะที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 75°F ความร้อนจากโหลดส่งถูกดึงไประเหยสารทำความเย็น ซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติของการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ

กระบวนการของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. การอัด (Compression) เป็นผลจากพลังงานทางกลจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ทำให้ความดันด้านต่ำถูกเพิ่มให้สูงขึ้น และอุณหภูมิซึ่งแปรผันตรงกับความดันก็จะเปลี่ยนไปด้วย จุดประสงค์ของการเพิ่มแรงดันก็เพื่อให้จุดเดือดสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิรอบตัว เมื่อสารทำความเย็นเข้าสู่คอนเดนเซอร์ การควบแน่นก็จะเกิดขึ้นได้ง่าย

2. การควบแน่น (Condensation) เป็นการอาศัยตัวกลาง เช่น อากาศ น้ำหรือทั้งสองอย่างรวมกัน ดึงความร้อนออกจากไอสารทำความเย็นภายในคอนเดนเซอร์เพื่อให้เกิดการควบแน่น นั่นก็คือ อุณหภูมิของตัวกลางต่ำกว่าจุดอิ่มตัวของไอสารทำความเย็น จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น กระบวนการนี้จะทำให้ปริมาณความร้อน หรือ Enthalpy ของสารทำความเย็นลดลง สถานะเปลี่ยนจากไออิ่มตัว (Saturate Vapor) เป็นของเหลวอิ่มตัว (Saturate Liquid) ภายใต้ความดันที่คงที่

3. การลดความดัน หรือ การบีบ (Throttling) เป็นผลจากการลดความดันลงอย่างทันทีทันใดของมิเตอร์ริงดีไวส์ เพื่อให้จุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิโหลด ความร้อนจากโหลดจึงจะถูกถ่ายเทไปเพื่อระเหยสารทำความเย็น แต่สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวสำหรับดึงความร้อนจากโหลดจะเหลือเพียง 75 - 80% ของจำนวนที่ผ่านมิเตอร์ริงดีไวส์เท่านั้น ส่วนที่เหลือจะระเหยเป็น Flash Gas ไปก่อน

4. การระเหย (Evaporation) ผลจากอุณหภูมิระเหยของสารทำความเย็นจะต่ำกว่าอุณหภูมิของโหลด ความร้อนจะถูกดึงส่งระเหยทำความเย็น กระบวนการนี้จะทำให้ปริมาณความร้อน หรือ Enthalpy ของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น และระเหยจากของเหลวอิ่มตัวเป็นไออิ่มตัว

นอกจากนี้ยังมีท่อสารทำความเย็นที่เชื่อมต่ออุปกรณ์หลักทั้งสี่ข้างต้น อีก 3 ท่อ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อนของสารทำความเย็น และสมรรถนะของระบบ ได้แก่

1. ท่อดูด (Suction Line) เริ่มตั้งแต่ทางออกของอีแวปอเรเตอร์ สารทำความเย็นจะดูดความร้อนส่วนหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจากจุดอิ่มตัวกลายเป็นไอซูเปอร์ฮีต

กระบวนการไอซูเปอร์ฮีตจะสร้างความมั่นใจว่าสารทำความเย็นที่กำลังจะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์เป็นไอทั้งหมด หรือหากความร้อนที่ดูดรับเพิ่มไม่มากพอ มีไออิ่มตัวผสมบ้าง



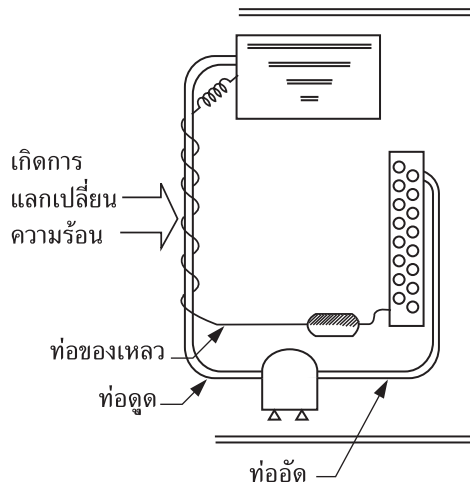
12 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)

วาล์วดูดของคอมเพรสเซอร์ก็จะปลอดภัยจากการดูดของเหลว นอกจากนี้ยังทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchange) ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2. ท่ออัด (Discharge Line) คอมเพรสเซอร์จะอัดไอสารทำความเย็นความดันสูงที่มีอุณหภูมิเป็นซูเปอร์ฮีตเข้าสู่ท่ออัด เพื่อพาไปควบแน่นความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ซึ่งระหว่างท่ออัดนี้สารทำความเย็นจะมีการคายความร้อนรู้สึกออกส่วนหนึ่ง เพื่อลดอุณหภูมิจากจุดซูเปอร์ฮีตเป็นจุดอิ่มตัว เพื่อส่งไปควบแน่นที่คอนเดนเซอร์ต่อไป กระบวนการลดความร้อนจากจุดซูเปอร์ฮีตลงเรื่อย ๆ นี้เรียกว่า De-Super Heat

3. ท่อของเหลว (Liquid Line) เป็นท่อเชื่อมระหว่างคอนเดนเซอร์กับมิเตอร์ริงตีไวซ์ สารทำความเย็นที่ควบแน่นเป็นของเหลวอิ่มตัวจะผ่านท่อของเหลว โดยก่อนเข้าสู่มิเตอร์ริงตีไวซ์จะมีการดึงความร้อนรู้สึกส่วนหนึ่งออกจากของเหลวอิ่มตัว เพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิ่มตัว เรียกว่า การทำของเหลวเย็นยิ่ง (Subcool) และเรียกของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิ่มตัวว่า ของเหลวเย็นยิ่ง (Subcool Liquid)

การทำของเหลวเย็นยิ่ง จะทำให้ความร้อนจากไหลดถูกดูดมากขึ้น กล่าวคือ สารทำความเย็นชั้นจุลจะต้องดึงความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้อยู่ที่จุดอิ่มตัวก่อน แล้วจึงดึงความร้อนเพื่อระเหยต่อไป

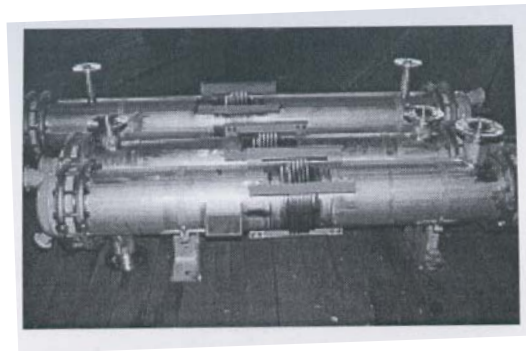


รูปที่ 1.2 การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อดูดกับท่อของเหลว



สภาวะที่เกิดกับสารทำความเย็นที่ท่อดูด คือ การเพิ่มความร้อน เพื่อการทำ ชุบเปอร์ฮีต และท่อของเหลว คือ ต้องการลดความร้อน เพื่อการเป็นซับคูล ทำให้สามารถนำ ท่อทั้งสองมาสัมผัสกัน เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนได้ ดังรูปที่ 1.2 เป็นการแลกเปลี่ยนความ ร้อนของตู้เย็น

สำหรับระบบที่ใหญ่มากขึ้นการแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถทำได้โดยการใช้ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ดังรูปที่ 1.3 จากรูปจะเห็นได้ว่าท่อภายใน เป็นส่วนของท่อดูดและท่อของเหลวนั่นเอง



รูปที่ 1.3 หลักการอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

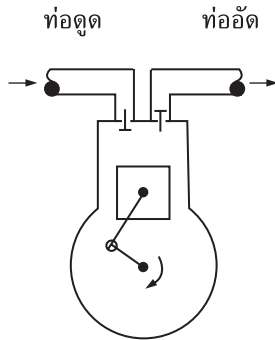
1.2 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

คอมเพรสเซอร์มีหน้าที่ดูดไอสารทำความเย็นความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ แล้วเพิ่ม ความดันให้สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะแปรผันตามไปด้วย โดยแรงจากการดูดอัดก็เป็นผลให้เกิดการไหลเวียนภายในระบบของสารทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์ ซึ่งแบ่ง เป็นชนิดต่าง ๆ ตามลักษณะการเพิ่มความดันของไอสารทำความเย็นได้หลายชนิด เช่น



14 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)

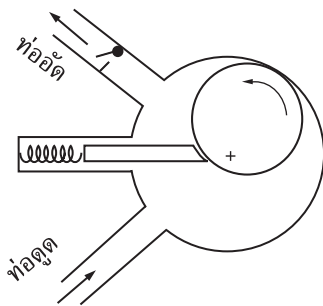
คอมเพรสเซอร์ลูกสูบ (Reciprocating Compressor)



คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ การทำงานจะคล้ายกับลูกสูบของเครื่องยนต์ คือ จังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนลง ความดันภายในกระบอกสูบจะลดลงเรื่อย ๆ จนต่ำกว่าความดันของระบบด้านต่ำ วาล์วดูดจะเปิดรับไอสารทำความเย็นเข้ามา และเมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้น ปริมาตรของสารทำความเย็นจะถูกอัดให้ลดลง แต่ความดันจะสูงขึ้นจนกระทั่งมากกว่าความดันของระบบด้านสูง วาล์วอัดจึงเปิดส่งสารทำความเย็นออกไป

รูปที่ 1.4 การทำงานของคอมเพรสเซอร์ลูกสูบ

คอมเพรสเซอร์โรตารี (Rotary Compressor)

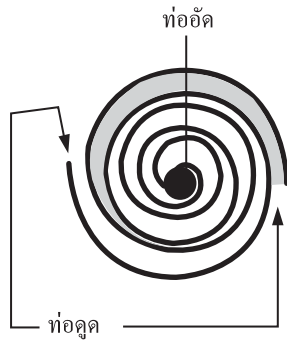


คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ จะใช้หลักการดูดไอสารทำความเย็นเข้ามาในช่องว่าง แล้วบีบให้ปริมาตรลดลงเพื่อเพิ่มความดันเช่นเดียวกับแบบลูกสูบ โครงสร้างภายในกระบอกสูบจะมีทรงกระบอกเยื้องศูนย์กลาง ในขณะที่หมุนไปรอบจะแนบกับกระบอกสูบ ซึ่งเป็นส่วนที่รีดไอสารทำความเย็นไปยังท่ออัด

รูปที่ 1.5 การทำงานของคอมเพรสเซอร์โรตารี



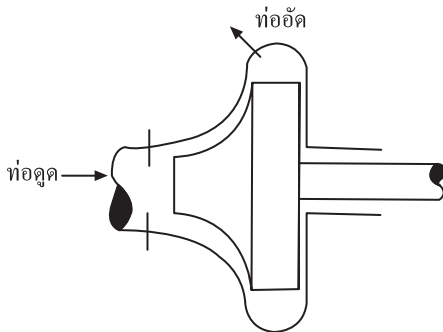
คอมเพรสเซอร์สกรอลล์ (Scroll Compressor)



คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ ถูกพัฒนาขึ้นมา โดยมีโครงสร้างที่แตกต่างออกไปจาก 2 ชนิดแรก โดยมีส่วนที่อยู่กับที่ ซึ่งรูปร่างคล้ายกับเป็นคอยล์สปริง และส่วนเคลื่อนที่ที่มีลักษณะคล้ายกัน ทั้งสองส่วนต้องสัมผัสแนบสนิทกัน สารทำความเย็นจะถูกดูดเข้าไป โดยผลของการหมุนของส่วนเคลื่อนที่ ทำให้มีการบีบอัดปริมาตร ความดันจึงสูงขึ้น คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มีการทำงานที่ค่อนข้างเรียบลื่น (Smooth)

รูปที่ 1.6 การทำงานของคอมเพรสเซอร์สกรอลล์

คอมเพรสเซอร์แรงเหวี่ยง (Centrifugal Compressor)



คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้เป็นคอมเพรสเซอร์ที่มักพบในระบบการปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ โครงสร้างส่วนที่เพิ่มความดันจะมีจานคล้ายใบพัด ความดันของไอสารทำความเย็นจะถูกเพิ่มโดยการหมุนของใบพัดด้วยความเร็วสูงและเป็นความเร็วหนีศูนย์กลาง จึงมีอัตราความเร็วสูงมาก

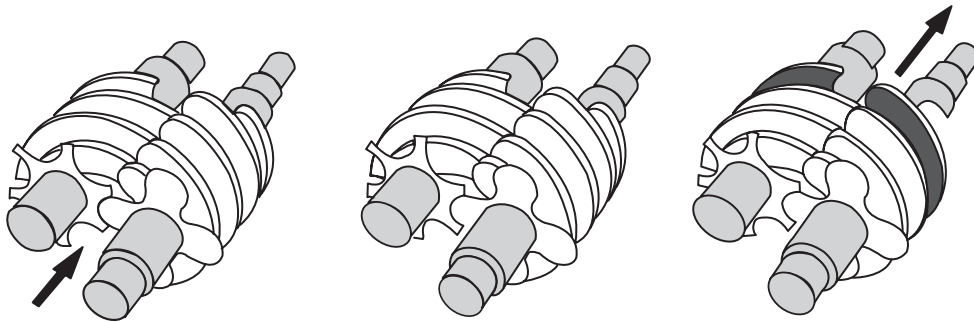
รูปที่ 1.7 การทำงานของคอมเพรสเซอร์ชนิดแรงเหวี่ยง



16 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)

คอมเพรสเซอร์สกรู (Screw Compressor)

คอมเพรสเซอร์ชนิดที่เหมาะสมกับระบบที่มีอุณหภูมิต่ำมาก ๆ ความดันจะถูกเพิ่มด้วยการบีบช่องว่างให้เล็กลงจากการหมุนขบกันของตัวหนอน (Screw) ทั้งสองตัว โดยตัวหนึ่งจะอยู่กับที่ และอีกตัวหนึ่งจะถูกขับให้หมุน



รูปที่ 1.8 การทำงานของคอมเพรสเซอร์สกรู

ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นชนิดของคอมเพรสเซอร์ตามลักษณะการดูดอัดไอสารทำความเย็น ส่วนคอมเพรสเซอร์เมื่อแบ่งตามการขับเคลื่อน จะสามารถแบ่งได้ดังนี้

คอมเพรสเซอร์แบบปิด (Hermetic Compressor)



รูปที่ 1.9 คอมเพรสเซอร์แบบปิด

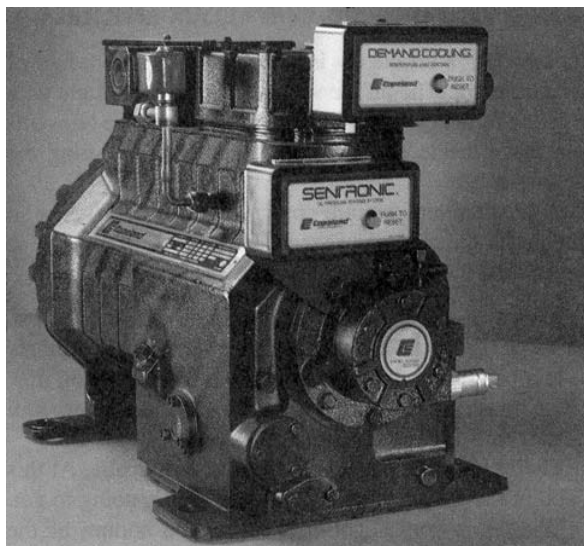


คอมเพรสเซอร์แบบปิด ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.9 จะมีทั้งมอเตอร์ และคอมเพรสเซอร์ อยู่ในเปลือกเดียวกัน และถูกเชื่อมปิดสนิท เมื่อต้องการซ่อมบำรุงส่วนประกอบภายในจะต้อง ผ่าออกด้วยเลื่อย หรือใช้เครื่องเจียรไนทำการเจียรไนแนวเชื่อมออก

ต้นกำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีเพลลาเดียวกับเพลลาของกลไกคอมเพรสเซอร์ ขั้ว ต่อระบบไฟฟ้าจะอยู่ที่เปลือกด้านนอก ท่อของสารทำความเย็นก็จะไหลออกจากเปลือกเช่น เดียวกัน คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มีทั้งชนิดลูกสูบ โรตารี และสกรอลล์ การระบายความร้อนของ คอมเพรสเซอร์แบบนี้ จะอาศัยไอแรงดันอุณหภูมิต่ำจากด้านต่ำของระบบส่วนหนึ่ง และระบาย ความร้อนสู่อากาศภายนอกผ่านเปลือกอีกส่วนหนึ่ง น้ำมันหล่อลื่นจะใช้วิธีสาดกระเซ็น และวิธี ฉีดโดยปั๊มภายใน

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิด (Semi-Hermetic Compressor)

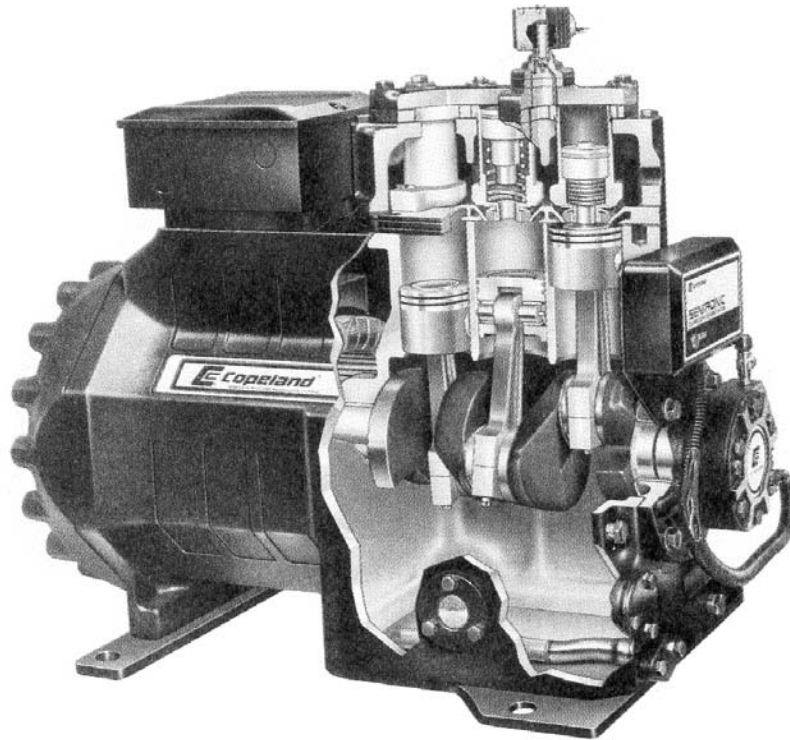
คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ บางครั้งเรียกว่า **Serviceable Compressor** ดังตัวอย่างใน รูปที่ 1.10 ลักษณะการวางมอเตอร์ไฟฟ้าและตัวคอมเพรสเซอร์จะอยู่ในเปลือกเดียวกัน โดยเปลือกหุ้มภายนอกจะยึดติดด้วยนอตที่มีปะเก็นกันรั่ว เมื่อต้องการบำรุงรักษาชิ้นส่วน จะทำได้ง่ายกว่าแบบเชื่อมปิด และขั้วต่อสายแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะถูกติดตั้งในกล่องที่มีฝาปิด



รูปที่ 1.10 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิด



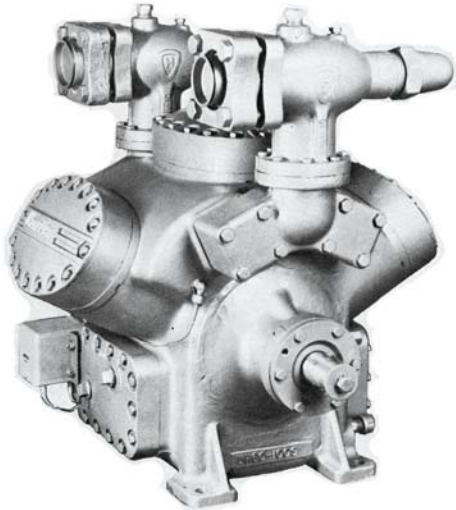
18 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)



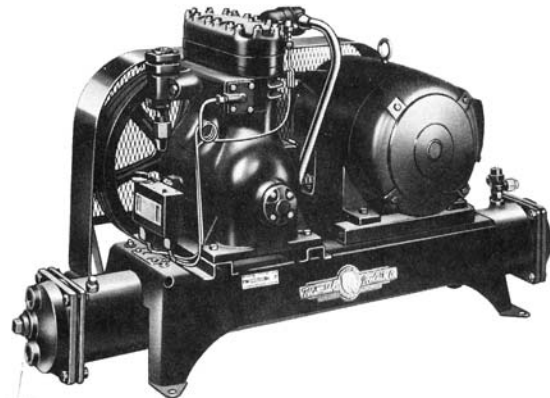
รูปที่ 1.11 ภายในของคอมเพรสเซอร์กึ่งปิด

คอมเพรสเซอร์แบบเปิด (Open Type Compressor)

เป็นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ต้นกำลังขับเคลื่อนภายนอก ซึ่งอาจเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ แบ่งตามลักษณะการขับเคลื่อนได้ 2 ลักษณะ คือ การขับเคลื่อนโดยตรง (Direct Drive) และการขับเคลื่อนด้วยสายพาน (Belt Drive) คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ ตัวเรือนภายนอกจะยึดด้วยนอตสกรู ซึ่งกันรื้อไว้ด้วยปะเก็นที่ออกแบบค่อนข้างแข็งแรงเพื่อให้ได้เป็นเวลานาน โดยส่วนประกอบภายในสามารถถอดเพื่อบำรุงรักษาได้ง่าย



(ก) ขับเคลื่อนโดยตรง



(ข) ขับเคลื่อนด้วยสายพาน

รูปที่ 1.12 คอมเพรสเซอร์แบบเปิด

คอมเพรสเซอร์แบบเปิดชนิดที่ใช้สายพานขับเคลื่อน ตัวมอเตอร์และตัวคอมเพรสเซอร์จะวางในลักษณะที่เพลาขนานกัน ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนขนาดของล้อช่วยหมุน

คอมเพรสเซอร์แบบขับเคลื่อนโดยตรง ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์จะเท่ากับความเร็วรวมของต้นกำลังขับ เนื่องจากปลายเพลาของทั้งสองจะยึดติดกันด้วยข้อต่อเพลา

1.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

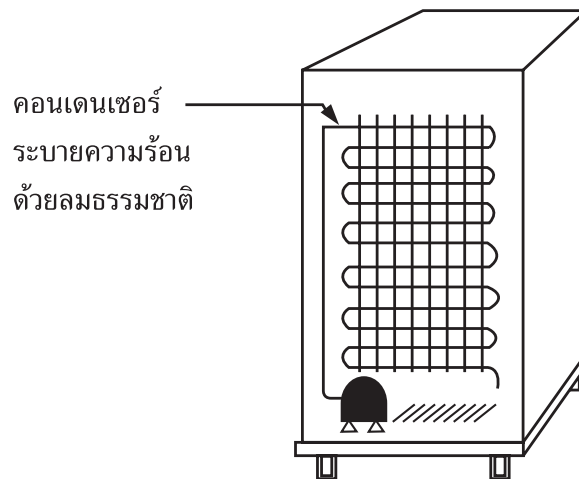
คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นให้กับตัวกลางซึ่งอาจเป็นอากาศ น้ำ หรือทั้งสองอย่างรวมกัน โดยความร้อนส่วนใหญ่ที่ถ่ายเทออกมาจะเป็นความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ทำให้สารทำความเย็นควบแน่นกลายเป็นของเหลว ซึ่งตลอดกระบวนการแรงดันระบบจะคงที่

ชนิดของคอนเดนเซอร์จะแบ่งกว้าง ๆ ตามตัวกลางระบายความร้อนได้ 3 ชนิด คือ คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser) และคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยการระเหย (Evaporative Condenser)



คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)

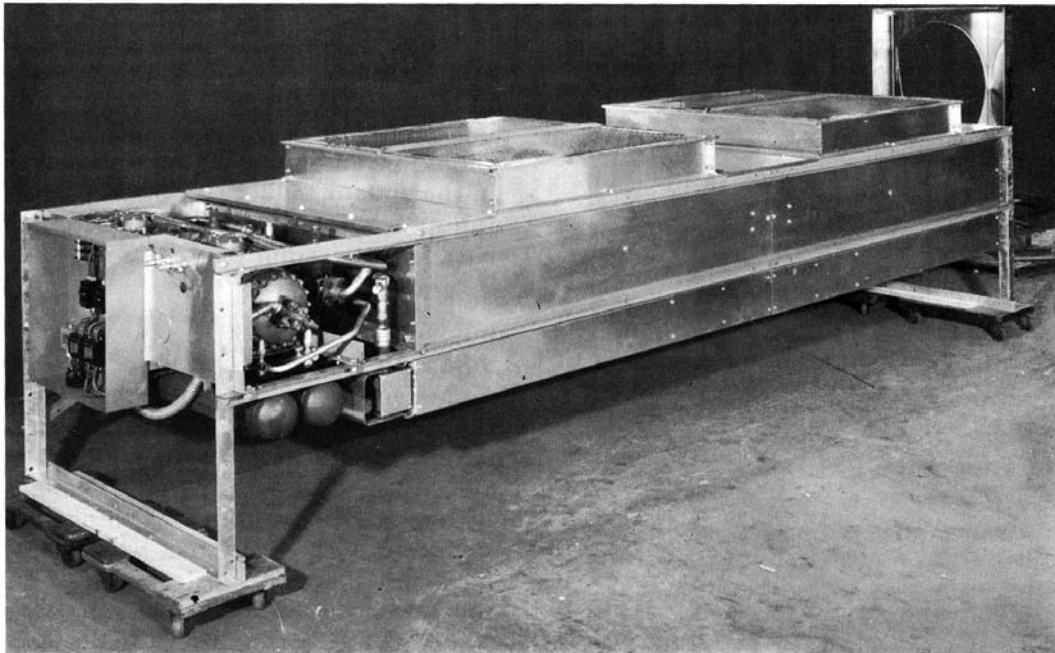
คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศมีทั้งชนิดที่ใช้ลมธรรมชาติ และชนิดที่ใช้พัดลมช่วยถ่ายเทความร้อน คอนเดนเซอร์จะต้องมีครีป (Fin) โลหะเพื่อการเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับตัวกลางถ่ายเทความร้อน ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยลมธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 1.13 ท่อโลหะจะถูกขดในแนวระนาบ และมีครีปเป็นเหล็กเส้นเล็ก ๆ วางพาดตลอดแนว ตัวอย่างของเครื่องทำความเย็นที่ใช้คอนเดนเซอร์ชนิดนี้คือ ตู้เย็น ตู้น้ำเย็น เป็นต้น



รูปที่ 1.13 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลมธรรมชาติ

ชนิดที่ใช้พัดลมช่วยระบายความร้อนนั้น พัดลมจะเป็นตัวช่วยเพิ่มความเร็วของอากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์ ขดท่อจะมีหลายแถว ครีปของคอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้ครีปเป็นแผ่นอะลูมิเนียมที่ถูกอัดเข้าตลอดแนวท่อทุกแถว

คอนเดนเซอร์แบบใช้พัดลม จะแยกออกเป็นแบบที่แยกออกเป็นคอนเดนเซอร์เดี่ยวเรียกว่า **Remote Condenser** และแบบที่คอนเดนเซอร์ถูกติดตั้งบนฐานเดียวกับคอมเพรสเซอร์ ที่เรียกว่า “**Condensing Unit**” ซึ่งเป็นหน่วยหนึ่งของเครื่องปรับอากาศแยกส่วน



รูปที่ 1.14 คอนเดนเซอร์ใช้พัดลมช่วยระบายความร้อน

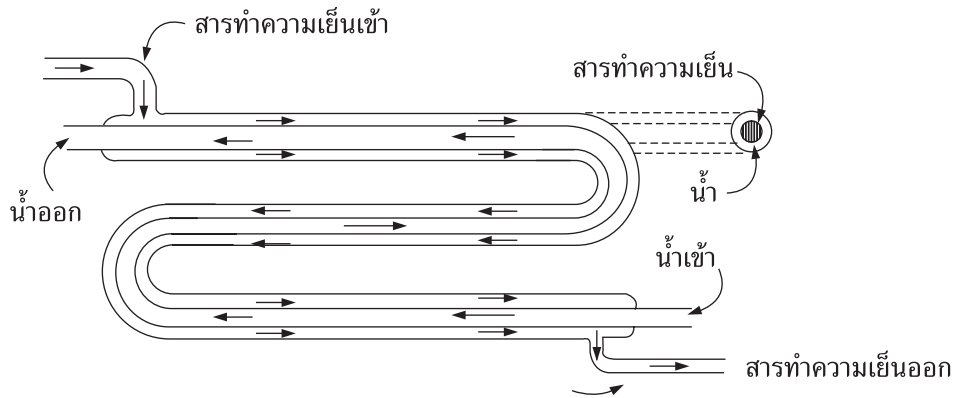
คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ที่ใช้น้ำระบายความร้อนมักใช้กับระบบการทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทของระบบก็ต้องมากขึ้นตามไปด้วย โดยสารทำความเย็นจะไปดูดความร้อนออกมาจากโหลด จากนั้นจะมาถ่ายเทออกให้กับน้ำอีกชั้นหนึ่ง ระบบที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบนี้จึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำที่เรียกว่า หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ตัวอย่างของคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ เมื่อแบ่งตามโครงสร้าง ได้แก่ คอนเดนเซอร์แบบท่อคู่ คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ และคอนเดนเซอร์แบบเปลือกและขดท่อ

คอนเดนเซอร์แบบท่อคู่ (Double Tube) มีโครงสร้างจากภายนอกที่ขดเป็นวงกลมซ้อนกัน เพื่อให้เปลือกเนื้อที่ที่ติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.15 ที่ปลายทั้งสองเป็นทางเข้าท่อสารทำความเย็นและท่อน้ำ โดยท่อสารทำความเย็นจะเข้าด้านบนและออกด้านล่าง ส่วนท่อน้ำจะเข้าด้านล่างและออกด้านบนเพื่อให้ไหลสวนทางกัน ส่วนท่อภายในนั้นท่อน้ำจะอยู่ตรงกลาง และท่อสารทำความเย็นจะอยู่นอก

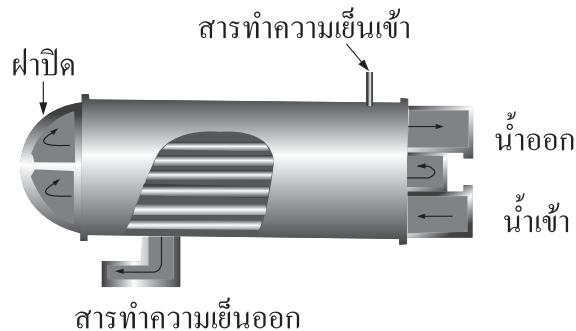


22 เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี)



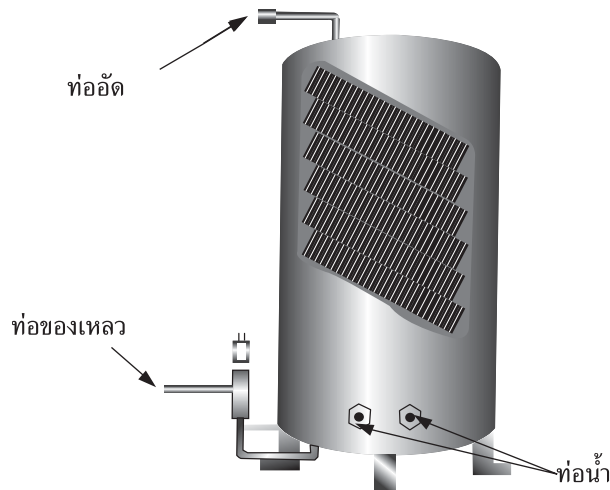
รูปที่ 1.15 แสดงคอนเดนเซอร์แบบท่อคู่

คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ (Shell and Tube) จะมีโครงสร้างเป็นเปลือกโลหะหนาทรงกระบอก และเดินท่อย้อนกลับไปมาอยู่ภายใน โดยน้ำที่ระบายความร้อนจะไหลอยู่ในท่อเข้าทางด้านล่าง และไหลออกด้านบน ส่วนสารทำความเย็นจะเข้าสู่เปลือกจากด้านบนและออกด้านล่าง แสดงในรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ

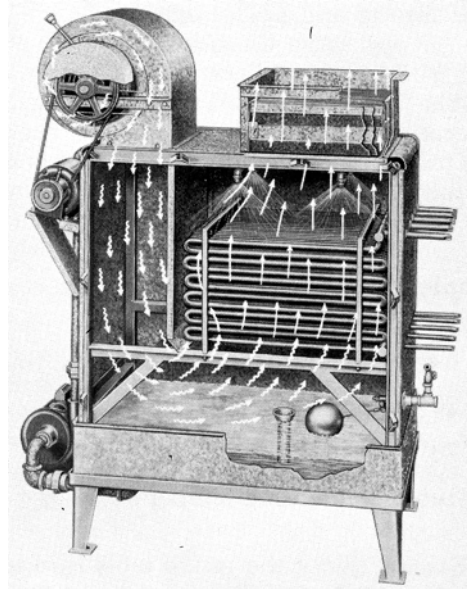
คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและขดท่อ (Shell and Coil Condenser) มีลักษณะคล้ายกับแบบเปลือกและท่อ ต่างกันตรงที่ท่อน้ำจะทำเป็นขดท่อ ดังแสดงในรูปที่ 1.17 โดยขดท่อจะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างสารทำความเย็นและน้ำเพิ่มขึ้น และทิศทางของสารทำความเย็นกับน้ำจะมีทิศทางสวนกัน



รูปที่ 1.17 คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและขดท่อ

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยการระเหย (Evaporative Condenser) อาศัยการทำให้หยดน้ำหรือละอองน้ำที่กำลังเคลื่อนผ่านคอนเดนเซอร์เกิดการระเหย ซึ่งจะต้องดูดความร้อนเข้า โดยความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะถูกถ่ายเทออกไป ทำให้เกิดการควบแน่นของสารทำความเย็นภายในคอนเดนเซอร์

หากพิจารณาตามวิธีการทำงาน คอนเดนเซอร์แบบนี้จะถ่ายเทความร้อนออกไปทั้งทางอากาศและทางน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 1.18 จะพบว่าขดท่อคอนเดนเซอร์จะเข้าที่ด้านบนของโครงตู้ และไหลออกไปทางด้านล่าง น้ำที่นำมาถ่ายเทความร้อนจะถูกขับให้ไหลเวียนโดยปั๊มน้ำ จากนั้นน้ำจะถูกส่งขึ้นไปท่อด้านบนของขดท่อคอนเดนเซอร์ และถูกฉีดให้กระจายไปทั่วโดยหัวฉีด (Spray Nozzles) หยดน้ำหรือละอองดังกล่าวจะเคลื่อนที่ลงผ่านขดท่อคอนเดนเซอร์ ในขณะที่พัดลมที่ติดตั้งอยู่ด้านบนจะดูดอากาศเข้ามาจากด้านข้างของโครงตู้ ผ่านเกล็ดระบายความร้อนเข้ามาและเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบน สวนทางกับการไหลของน้ำ ขดท่อคอนเดนเซอร์จะคายความร้อนออกไปทั้งทางอากาศและน้ำ และน้ำจะตกลงถึงเก็บน้ำที่ด้านล่างเพื่อถูกไหลเวียนต่อไป คอนเดนเซอร์แบบนี้จะต้องมีท่อน้ำจากแหล่งจ่ายเข้ามาเติมตลอดเวลาการทำงาน โดยการควบคุมของวาล์วลูกลอย



รูปที่ 1.18 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยการระเหย

1.4 อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator)

อีแวปอเรเตอร์คือส่วนของระบบการทำความเย็นที่ที่สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากโหลดและระเหยกลายเป็นไอ เป็นการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอเป็นส่วนใหญ่จึงใช้ปริมาณความร้อนมาก เพื่อให้เกิดความเย็นขึ้นที่พื้นที่ทำความเย็น และโหลดอีแวปอเรเตอร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่ถ่ายเทความร้อนด้วยอากาศ (ถ่ายเทความร้อนโดยตรง) และชนิดที่ถ่ายเทความร้อนด้วยน้ำ (ถ่ายเทความร้อนทางอ้อม) หรือที่เรียกว่า ชิลเลอร์ (Chiller) ซึ่งเป็นการทำน้ำให้เย็น และส่งไปดูดความร้อนมาจากโหลด กลายเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นนำน้ำมาถ่ายเทความร้อนออกให้กับสารทำความเย็นอีกชั้นหนึ่ง เมื่อพิจารณาตามโครงสร้างจะพบว่าอีแวปอเรเตอร์มีหลายชนิด ได้แก่ อีแวปอเรเตอร์แบบท่อ อีแวปอเรเตอร์แบบแผ่น อีแวปอเรเตอร์แบบครีป และอีแวปอเรเตอร์แบบ Liquid Cooler หรือแบบชิลเลอร์

อีแวปอเรเตอร์แบบท่อ (Bar Evaporator) มีโครงสร้างเป็นเพียงท่อทองแดง หรืออะลูมิเนียม นำมาขดไปตามลักษณะงานที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับรูปแบบของส่วนทำความเย็นของระบบนั้นๆ ขนาดและความยาวของท่อถูกกำหนดโดยความจุ หรือขนาดการทำความเย็นของระบบ รูปที่ 1.19 เป็นตัวอย่างของอีแวปอเรเตอร์แบบท่อที่ถูกพันเป็นวงรอบถังน้ำของตู้แช่เย็น