



เอกสารประกอบการสอน

รหัสวิชา 3104-2301 วิชา เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557
ประเภทวิชา ช่างอุตสาหกรรม

โดย

นายปริญญา สีชุมภู

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

เอกสารประกอบการสอน รหัสวิชา 3104-2301 วิชา เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาของ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ได้แบ่งเนื้อหาสาระออกเป็น 19 หน่วย ตามลำดับความสำคัญของการเรียนรู้ ในแต่ละหน่วย ประกอบด้วย ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด ใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติ แบบทดสอบหลังเรียนของแต่ละหน่วยเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้ในการประเมินผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน และตรงตามจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชาและให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรมที่พึงประสงค์ของรายวิชา

การจัดทำเอกสารประกอบการสอน รหัสวิชา 3104-2301 วิชา เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม ได้นำไปทดลองใช้กับนักศึกษา โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมกับกระบวนการการเรียนรู้ของนักเรียน

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนรหัสวิชา 3104-2301 วิชา เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรมฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนเพื่อใช้เป็นแนวทางการสอนให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ปริญญ์ สีสุมภู

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
.....	
คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
คำอธิบายรายวิชา	ค
ใบรายการงาน	ง
ใบรายการหัวข้อเรื่อง	จ
โครงการสอน	ช
การวัดผลและประเมินผล	ซ
แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน	ฅ
สื่อการเรียนการสอน	ญ
คำแนะนำในการใช้เอกสารประกอบการสอน	ฎ
หน่วยการสอน	
1 วัฏจักรและการทำงานเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ	1
2 ระบบเครื่องทำความเย็นในงานอุตสาหกรรม	32
3 ห้องเย็น	49
4 เครื่องแช่แข็ง	56
5 เครื่องทำน้ำแข็ง	66
6 เครื่องทำน้ำเย็น	74
7 งานตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานเครื่องทำความเย็น	82
8 อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น	100
9 งานตรวจสอบการทำงานระบบสารทำความเย็น	106
10 งานวิเคราะห์ปัญหาหาระบบเครื่องทำความเย็น	123
11 อุปกรณ์ช่วยสตาร์จและป้องกันคอมเพรสเซอร์	127
12 อุปกรณ์ป้องกันสารทำความเย็น	137
13 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ	145
14 คอมเพรสเซอร์	150
15 คอนเดนเซอร์และคลิลิ่งทาวเวอร์	165
16 การอนุรักษ์พลังงานระบบเครื่องทำความเย็น	177
17 ภาระการทำงานเย็น	186

18	การออกแบบระบบเครื่องทำความเย็น	213
19	หลักการติดตั้งระบบเครื่องทำความเย็น	229
	บรรณานุกรม	236
	ภาคผนวก ก. สื่อสไลด์ PowerPoint	237
	ภาคผนวก ข. แบบฝึกหัด/เฉลยแบบฝึกหัด	362
	ภาคผนวก ค. แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียนพร้อมเฉลย	369
	ภาคผนวก ง. แบบประเมินคุณลักษณะ	399
	ภาคผนวก จ. แบบประเมิน สติปัญญา อารมณ์	400
	ภาคผนวก ช. ประวัติผู้เชี่ยวชาญ	401
	ภาคผนวก ซ. ประวัติผู้จัดทำ	402
		403



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

คำอธิบายรายวิชา

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการทำงานของระบบเครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม
2. ออกแบบ คำนวณ ติดตั้งและบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม
3. มีทัศนคติในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวัฏจักรการทำความเย็น โครงสร้างและส่วนประกอบระบบเครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม
2. ตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นแบบต่าง ๆ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ โครงสร้างส่วนประกอบของระบบเครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรมแบบต่าง ๆ ทั้งทางกลและทางไฟฟ้า เช่น ตู้แช่ ห้องเย็น เครื่องทำน้ำแข็ง ตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นแบบต่าง ๆ



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

ใบรายการงาน
(Job Listing Sheet)

ลำดับ	รายการหัวข้อเรื่อง	แหล่งข้อมูล				
		A	B	C	D	E
1	งานตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
2	งานตรวจสอบอุปกรณ์ช่วยสตาร์ทและป้องกันคอมเพรสเซอร์	✓	✓	✓	✓	✓
3	งานตรวจสอบอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
4	งานตรวจสอบคอมเพรสเซอร์	✓	✓	✓	✓	✓
5	งานตรวจสอบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ	✓	✓	✓	✓	✓
6	งานตรวจสอบคอนเดนเซอร์และลูตลิ่งทาวเวอร์	✓	✓	✓	✓	✓
7	งานวิเคราะห์ปัญหาในระบบเครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
8	อุปกรณ์ป้องกันสารทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
9	งานตรวจสอบการทำงานของระบบสารทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
10	งานคำนวณภาระการทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓
11	งานออกแบบระบบเครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

- A : ความสำคัญในอาชีพ
B : ความถี่ในการทำงาน
C : ความสัมพันธ์ของรายวิชาในหลักสูตร
D : ทรัพยากรที่มีอยู่



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

ใบรายการหัวข้อเรื่อง
(Topic Listing Sheet)

ลำดับ	รายการหัวข้อเรื่อง	แหล่งข้อมูล				
		A	B	C	D	E
1	วัฏจักรและการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ	✓	✓	✓	✓	✓
2	ระบบเครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม	✓	✓	✓	✓	✓
3	ห้องเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
4	ห้องแช่แข็ง	✓	✓	✓	✓	✓
5	เครื่องทำน้ำแข็ง	✓	✓	✓	✓	✓
6	เครื่องทำน้ำเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
7	ภาระการทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
8	การออกแบบเครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
9	หลักการติดตั้งระบบเครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓
10	การอนุรักษ์พลังงานเครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

- A : คำอธิบายรายวิชา
B : ผู้เชี่ยวชาญ
C : ผู้ชำนาญงาน
D : ประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์
E : เอกสาร ตำราอื่น ๆ



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

โครงการสอนต่อภาคเรียน

แผนที่ :

ส.ป.	เรื่อง/งาน	กิจกรรม	ชม./ส.ป.	วัดผล
1	วัฏจักรและการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ	ทฤษฎี	5	Test
2	ระบบเครื่องทำความเย็นในงานอุตสาหกรรม	ทฤษฎี	5	Test
3	ห้องเย็น	ทฤษฎี	5	Test
4	เครื่องแช่แข็ง	ทฤษฎี	5	Test
5	เครื่องทำน้ำแข็ง	ทฤษฎี	5	Test
6	เครื่องทำน้ำเย็น	ทฤษฎี	5	Test
7	งานตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำความเย็น	ทดลอง	5	ตรวจงาน
8	อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น	ปฏิบัติ	5	ตรวจงาน
9	งานตรวจสอบการทำงานของระบบสารทำความเย็น	ทดลอง	5	ตรวจงาน
10	งานวิเคราะห์ปัญหาของระบบเครื่องทำความเย็น	ทดลอง	5	ตรวจงาน
11	อุปกรณ์ช่วยสตาร์ทและป้องกันคอมเพรสเซอร์	ปฏิบัติ	5	ตรวจงาน
12	อุปกรณ์ป้องกันสารทำความเย็น	ปฏิบัติ	5	ตรวจงาน
13	อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ	ปฏิบัติ	5	ตรวจงาน
14	คอมเพรสเซอร์	ปฏิบัติ	5	ตรวจงาน
15	คอนเดนเซอร์และคู่อัดทาวเวอร์	ปฏิบัติ	5	ตรวจงาน
16	การอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องทำความเย็น	ท-ป	5	Test
17	ภาระการทำงาน	ท-ป	5	ตรวจงาน
18	การออกแบบระบบเครื่องทำความเย็น	ทฤษฎี	5	Test
19	หลักการติดตั้งระบบเครื่องทำความเย็น	ทฤษฎี	5	Test
	รวมชั่วโมง		90	



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

สื่อการเรียนการสอน

แผ่นที่ : 1

รายการสื่อประกอบการสอน ดังต่อไปนี้

ที่	รายการ	จำนวน (ชุด)
1.	ใบเนื้อหา	19 ชุด
2.	แบบฝึกหัด	4 ชุด
3.	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	4 ชุด
4.	ใบงาน	11 ชุด
5.	แบบทดสอบหลังเรียน	19 ชุด
6.	ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	19 ชุด
7.	สื่อ สไลด์ Power Point	19 ชุด
8.	ชุดทดลอง	1 ชุด
9.		
10.		
11.		



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

การวัดและประเมินผล

แผ่นที่ : 1

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

1. แบบทดสอบก่อนเรียนใช้วัดพื้นฐานความรู้ของนักเรียน
2. แบบฝึกหัดใช้ตรวจสอบกระบวนการเรียนรู้และส่งเสริมการเรียนรู้
3. ใบงานใช้ฝึกทักษะการปฏิบัติงาน
4. ใบสั่งงานเพื่อมอบหมายให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติตามแบบงาน
5. แบบทดสอบหลังเรียนใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
6. ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งรายวิชา เมื่อเรียนจบ 19 หน่วย

การประเมินผล

1. ด้านความรู้

- 1.1 แบบฝึกหัดเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และเพื่อตรวจสอบกระบวนการเรียนรู้ตามเนื้อหา
- 1.2 แบบทดสอบหลังเรียน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

จำนวนที่ทำได้ (ร้อยละ)	ความหมาย	หมายเหตุ
24-30	ดีมาก	
31-40	ดี	
41-50	พอใช้	
51-60	ปรับปรุง	
61-70	ไม่ผ่าน	

ผลการประเมินถ้านักศึกษาทำแบบทดสอบได้ต่ำกว่า 60 % ถือได้ว่าไม่ผ่านเกณฑ์ผู้สอนจะ
สอนซ่อมเสริมให้สอบจนผ่านเกณฑ์การประเมิน

2. ด้านการปฏิบัติ

- 2.1 งานที่วัดผลโดยการสังเกต ใช้ความคิดเห็น ความรู้สึก เช่น งานเตรียมเครื่องมือ การใช้เครื่องมือ
ความรับผิดชอบ ความสะอาด ความสำเร็จของงาน คุณภาพการใช้งาน ดังตาราง
- 2.2 งานที่พิจารณาจากความถูกต้องจากการวัด บันทึก และการวิเคราะห์
3. ด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม
4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์



หลักสูตร : ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รหัสวิชา : 3104-2301

ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

คำแนะนำในการใช้

แผ่นที่ : 1

เพื่อให้การเรียนการสอน รหัสวิชา 3104-2301 วิชา เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพ ครูจะต้องใช้เอกสารประกอบการสอนและสื่อการสอน ดังต่อไปนี้

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. ใบเนื้อหา (สำหรับนักเรียน) | 19 ชุด |
| 2. แบบฝึกหัด | 4 ชุด |
| 3. ใบงาน | 11 ชุด |
| 4. แบบทดสอบหลังเรียน | 19 ชุด |
| 5. สื่อเพาเวอร์พอยท์ | 19 ชุด |

ครูควรอ่านทบทวนเนื้อหาวิชาทั้งหมดให้เข้าใจก่อนใช้เอกสารประกอบการสอน ชุดนี้

การจัดการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 3 ภาคคือ ภาคทฤษฎี ภาคประลอง และภาคปฏิบัติ

ก่อนทำการสอน

1. ครูสนทนากับนักเรียน เตรียมความพร้อมนักเรียนโดยการ เช็ชชื่อ ทำแบบทดสอบก่อนเรียนถ้ามี
2. ภาคปฏิบัติ ตรวจสอบความพร้อมเตรียมวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ก่อนลงมือปฏิบัติ
3. ภาคประลอง ตรวจสอบความพร้อมชุดฝึก เครื่องมือ และอุปกรณ์ก่อนลงมือปฏิบัติ

การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ภาคทฤษฎี)

1. ให้เนื้อหาแต่ละช่วงตามระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้
2. ให้ทำแบบฝึกหัดและเฉลยทุกครั้ง
3. ทดสอบท้ายบทเรียน หลังการเรียนการสอนแต่ละครั้งของภาคทฤษฎี

การฝึกทักษะปฏิบัติงาน

1. ครูแจกใบสั่งงาน แบบประเมินผล ด้านทักษะการปฏิบัติงาน แบบประเมินผลด้านเจตคติ
2. ครูสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยวิธีอธิบายและสรุปผลขั้นตอนการปฏิบัติร่วมกับนักเรียน เพื่อนำไปใช้ในการฝึกทักษะการปฏิบัติงาน
3. นักเรียนปฏิบัติงานตามใบงาน ใบสั่งงาน โดยศึกษาจากใบขั้นตอนการปฏิบัติ และครูคอยสังเกต ตรวจสอบปรับวิธีการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิด
4. นักเรียนบันทึกผลการปฏิบัติงานลงในแบบบันทึกการปฏิบัติงาน และส่งผลงานให้ครูตรวจ
5. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการฝึกปฏิบัติ ซึ่งข้อบกพร่อง ข้อควรปรับปรุงเพื่อพัฒนาทักษะต่อไป

	สาขาวิชา : ไฟฟ้า	ใบวัตถุประสงค์		
	ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104-2301			
	เรื่อง : ระบบเครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม	หน่วยที่ 2		
หลังจากจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาสามารถที่จะ....				
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ISL			
	R	A	T	
1. บอกหน้าที่ Flash tank Intercooler ในระบบเครื่องทำความเย็นได้	✓			
2. บอกหน้าที่ Economizer ในระบบเครื่องทำความเย็นได้	✓			
3. บอกหน้าที่ Air purge ในระบบเครื่องทำความเย็นได้	✓			
4. บอกหน้าที่ Low Side Seperator ในระบบเครื่องทำความเย็นได้	✓			
5. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดแบบชั้นเดียวได้		✓		
6. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดแบบสองชั้นได้		✓		
7. อธิบายหลักการทำงานของ Flash tank Intercooler ในระบบเครื่องทำความเย็นได้		✓		
8. บอกประโยชน์ที่ได้จาก Flash tank Intercooler ได้	✓			
9. อธิบายหลักการทำงานของคอนเดนเซอร์แบบ Water cooled ได้		✓		
10. อธิบายหลักการทำงานของคอนเดนเซอร์แบบ Air cooled ได้		✓		
11. อธิบายหลักการทำงานของ Evaporative Condenser ได้		✓		
12. อธิบายหลักการทำงานของ Cooling Tower ได้		✓		
13. อธิบายหลักการทำงานของชุดถังพักน้ำยาเหลวในระบบเครื่องทำความเย็นได้		✓		
14. อธิบายหลักการทำงานของถังพักความดันต่ำในระบบเครื่องทำความเย็นได้		✓		
15. บอกหน้าที่ทำหน้าที่ (Pressure Regulator) ในระบบเครื่องทำความเย็นได้		✓		
16. อธิบายหลักการทำงานของระบบส่งสารทำความเย็นแบบได้		✓		
17. อธิบายวิธีการลดอุณหภูมิแบบ (Hydrocooling) ได้		✓		
18. อธิบายวิธีการลดอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นแบบ (Air Blast Freezer)ได้		✓		
19. อธิบายวิธีการลดอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นแบบ (Plate Freezer)ได้		✓		
20. อธิบายวิธีการลดอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นแบบ (Belt Freezer)ได้		✓		
21. บอกหน้าที่ของระบบละลายน้ำแข็ง(Defrost System)เครื่องทำความเย็นได้	✓	✓		
22. อธิบายหลักการทำงานของระบบละลายน้ำแข็ง (Defrost System)เครื่องทำความเย็นได้		✓		

ระดับทางสติปัญญา R : พื้นฐานความรู้ A : ประยุกต์ความรู้ T : ถ่ายทอดความรู้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

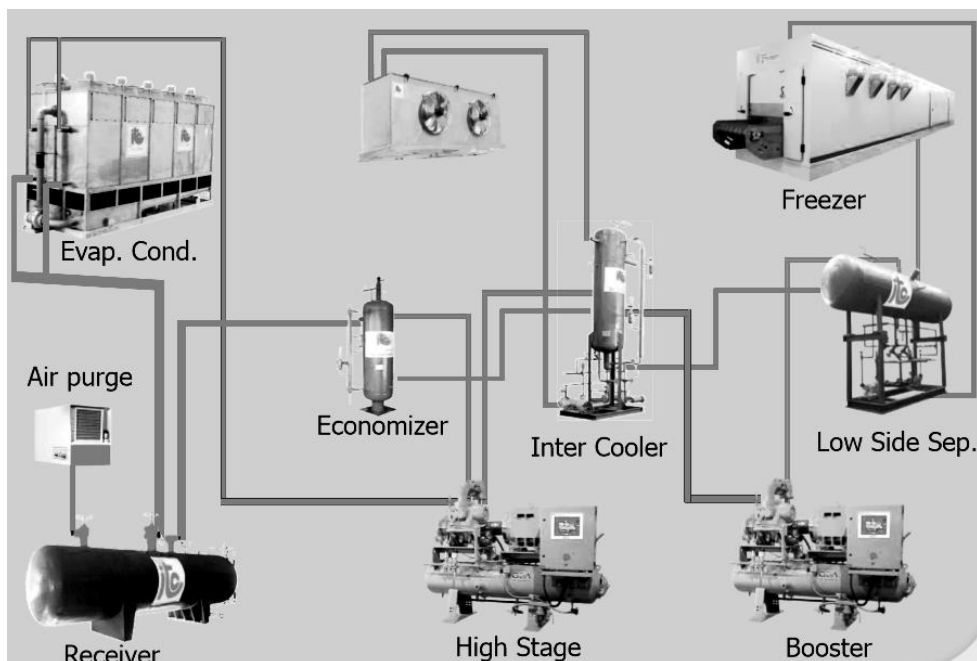
[illegible]

ใบเนื้อหาเรื่อง

เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม

เครื่องทำความเย็นในงานอุตสาหกรรมได้แก่เครื่องแช่แข็ง ห้องเย็นในโรงงานแปรรูปอาหาร และการทำน้ำเย็น การทำน้ำแข็ง เนื่องจากการทำงานของเครื่องทำความเย็นต้องการปริมาณในการทำความเย็นสูงและทำงานที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูง โครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องทำความเย็นซับซ้อนมากขึ้น



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบเครื่องทำความเย็นในงานอุตสาหกรรม

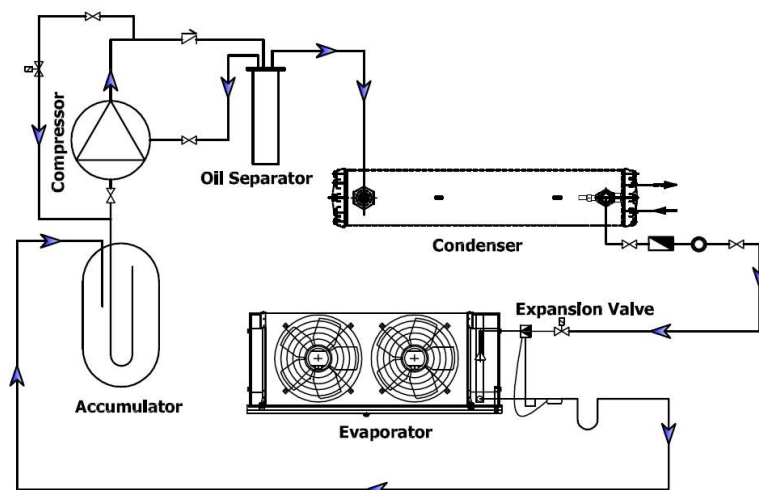
ตารางที่ 2.1 ชื่อและหน้าที่ส่วนประกอบเครื่องทำความเย็นในงานอุตสาหกรรม

ชื่อ	หน้าที่
Flash tank Intercooler	ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด High-Stage
Economizer	ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นเหลือจากเครื่องควบแน่น สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบสกรู(Screw)เท่านั้น
Air purge	ไล่อากาศออกจากถังพักน้ำยาเหลืออิมตัวความดันสูง
Low Side Sperator	บรรจุสารทำความเย็นเหลืออิมตัวความดันต่ำ
Receiver	บรรจุสารทำความเย็นเหลืออิมตัวความดันสูง
Evaporative Condenser	ถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นสู่น้ำและอากาศ

2.1 ระบบอัดสารทำความเย็น

		
รูปที่ 2.2 Scroll Compressor	รูปที่ 2.3 Reciprocating	รูปที่ 2.4 Screw Compressor
		
รูปที่ 2.5 Open reciprocating	รูปที่ 2.6 Centrifugal compressor	รูปที่ 2.7 Magnetic bearing

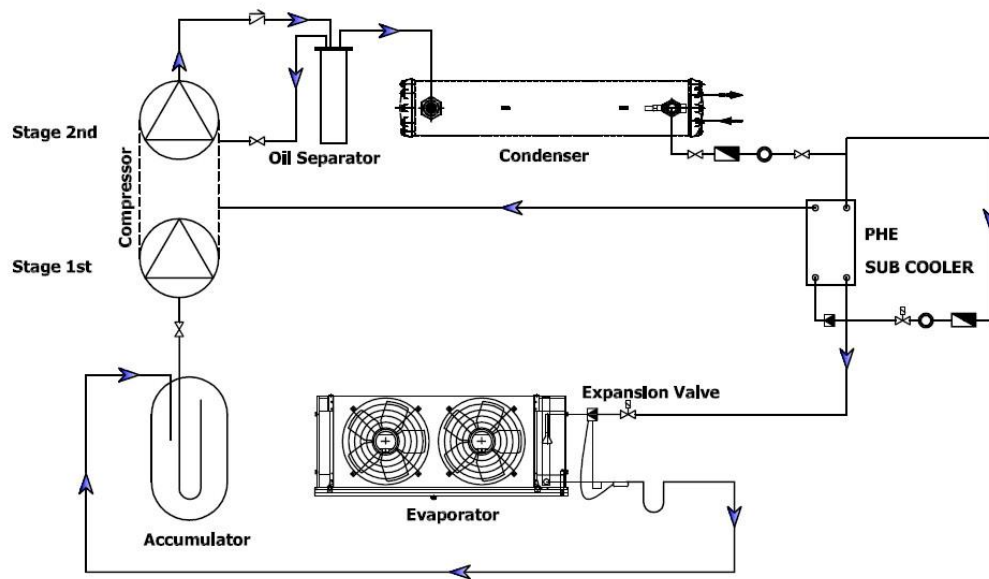
2.1.1 ระบบอัดสารทำความเย็นขั้นเดียว (Single Stage) สำหรับห้องอุณหภูมิตั้งแต่ -25°C ขึ้นไป



รูปที่ 2.8 เครื่องทำความเย็นระบบอัดไอแบบ Single Stage

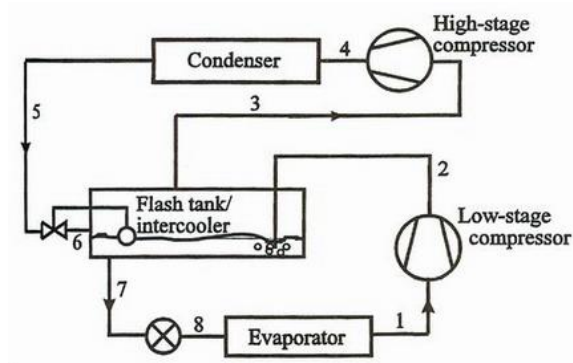
คอมเพรสเซอร์จะส่งสารทำความเย็นผ่าน Oil Separator เพื่อแยกน้ำมันกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ ส่วนสารทำความเย็นจะส่งไปควบแน่นที่คอนเดนเซอร์ผ่านไส้กรอง และถูกลดความดันก่อนเข้าไประเหยในอีวเอปโปเรเตอร์ สารทำความเย็นส่วนที่เป็นไอถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ ส่วนที่เป็นของเหลวจะถูกกักไว้ใน Accumulator

2.1.2 ระบบอัดสารทำความเย็นแบบ 2 ขั้น (Two Stage) สำหรับห้องเย็นจัดอุณหภูมิ -25°C ลงไป



รูปที่ 2.9 เครื่องทำความเย็นระบบอัดไอแบบ Two Stage

เครื่องทำความเย็นระบบอัดไอแบบ Two Stage ใช้สำหรับงานที่ต้องการอุณหภูมิต่ำมาก ดังนั้นคอมเพรสเซอร์เริ่มอัดสารทำความเย็นที่ความดันต่ำมาก การอัดเพียงครั้งเดียวไม่สามารถที่จะทำให้ไอร้อนสารทำความเย็นกลับตัวเป็นของเหลวกลับมาใช้งานใหม่ได้อีก จึงต้องมีการอัดสารทำความเย็นครั้งที่ 2 แต่เนื่องจากการอัดครั้งที่สองความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นสูงและร้อนเกินไป อาจเป็นอันตรายต่อคอมเพรสเซอร์จำเป็นต้องลดอุณหภูมิสารทำความเย็นลง

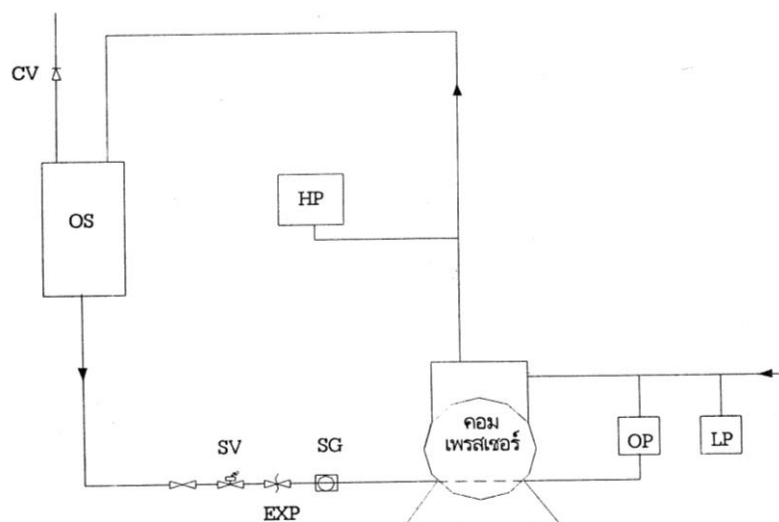


รูปที่ 2.10 แสดง Flash tank Intercooler ระบบ Two Stage

หลักการทำงาน Expansion Valve ลดความดันและฉีดสารทำความเย็นเหลวผสมกับไอสารทำความเย็นที่อัดจาก Low-Stage ใน Flash tank Intercooler เพื่อไม่ให้ไอสารทำความเย็นก่อนการอัด High-Stage ร้อนจัดหรือแห้งเกินไป และเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นที่ฉีดเข้ามา มีสภาพของเหลวปนอยู่ จึงแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นเหลวที่จะจ่ายให้กับคอยล์เย็น ทำให้สารทำความเย็นที่จ่ายไปคอยล์เย็นมีอุณหภูมิลดลง (Sub Cooled) มีผลทำให้ได้ผลการทำความเย็นได้มากขึ้น

2.1.3 ระบบป้องกันคอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ที่ใช้งานในอุตสาหกรรมมีอุปกรณ์ควบคุมและป้องกันดังนี้



รูปที่ 2.11 ชุดคอมเพรสเซอร์

ตารางที่ 2.2 ชื่อและหน้าที่อุปกรณ์ป้องกันชุดคอมเพรสเซอร์

อุปกรณ์ป้องกันความดันสูง (HP)	มีไว้เพื่อป้องกันความดันทางด้านส่งของคอมเพรสเซอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้ ระบบจะสั่งให้คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานทันที
อุปกรณ์ป้องกันน้ำมันหล่อลื่นแห้ง (OP)	ในกรณีที่น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ต่ำกว่าจุดที่ตั้งไว้ ซึ่งอาจจะไม่พอเพียงสำหรับหล่อลื่น อุปกรณ์นี้จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน
อุปกรณ์ป้องกันความดันต่ำ (LP)	ป้องกันไม่ให้ความดันทางด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ต่ำกว่าความดันออกแบบมากเกินไป จะทำให้คอมเพรสเซอร์เกิดการเสียหายได้
อุปกรณ์แยกน้ำมัน (Oil Separator, OS)	สารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปด้วย เพื่อไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นไปค้างในระบบจำเป็นต้องมีอุปกรณ์นี้
วาล์วไฟฟ้า (SV)	จะทำงานเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานเท่านั้น
วาล์วลดความดัน (EXP)	ทำหน้าที่ลดความดันของน้ำมันก่อนเข้าห้องน้ำมันเครื่อง ทั้งนี้เพราะความดันในอุปกรณ์แยกน้ำมันมีค่าสูงกว่าความดันในห้องน้ำมันเครื่อง
วาล์วกันกลับ (CV)	ป้องกันไม่ให้ไอหลังวาล์วกันกลับไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เมื่อความดันหลังวาล์วมีค่าสูงกว่า ในกรณีที่คอมเพรสเซอร์หลายตัวต่อขนานกัน
Liquid Injection Oil Cooling	ระบบหล่อเย็นน้ำมันหล่อลื่นให้กับเบร็ง สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw) ถ้าหากอุณหภูมิน้ำมันยังสูงอายุการใช้งานเบร็งยิ่งสั้น

2.2 ชุดคอยล์ร้อนและหอผึ่งเย็น (Condenser and Cooling Tower)



รูปที่ 2.12 Air Cooled Condenser



รูปที่ 2.13 Shell & Tube Condenser



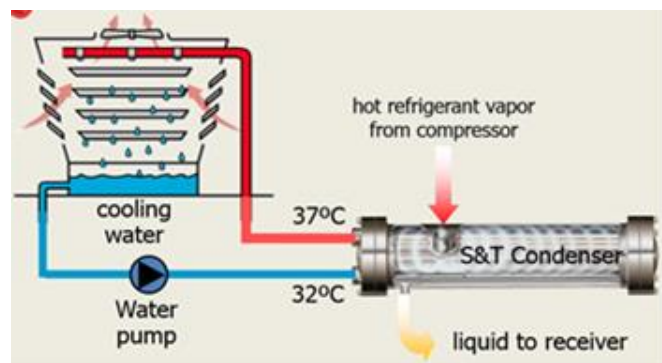
รูปที่ 2.14 Cross Flow Cooling Tower



รูปที่ 2.15 Counter Flow Cooling Tower



รูปที่ 2.16 Evaporative Condenser



รูปที่ 2.17 ชุดคอยล์ร้อนและหอผึ่งเย็น

น้ำในคอนเดนเซอร์รับความร้อนจากสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะไอเป็นสารทำความเย็นเหลวและเก็บพักในถังพัก อากาศที่ไหลผ่านหอผึ่งเย็นรับความร้อนจากน้ำ

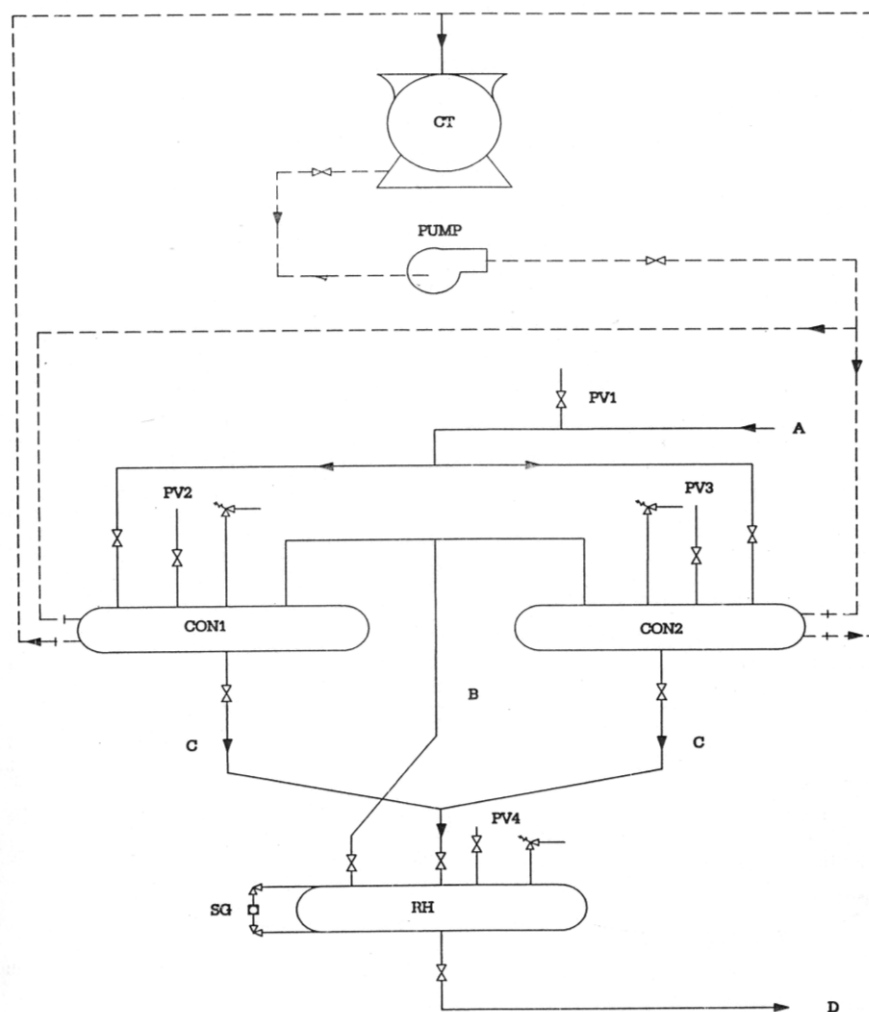
2.3 Metering device

		
รูปที่ 2.18 Electric Expansion Valve	รูปที่ 2.19 Thermostatic Expansion Valve	รูปที่ 2.20 Electronic Expansion Valve

2.4 ชุดถังพักน้ำยา (Refrigerant Vessel)

2.4.1 ถังพักความดันสูง (Receiver)

ชุดถังพักความดันสูงทำหน้าที่เก็บสารทำความเย็นเหลวที่ออกจากคอยล์ร้อน



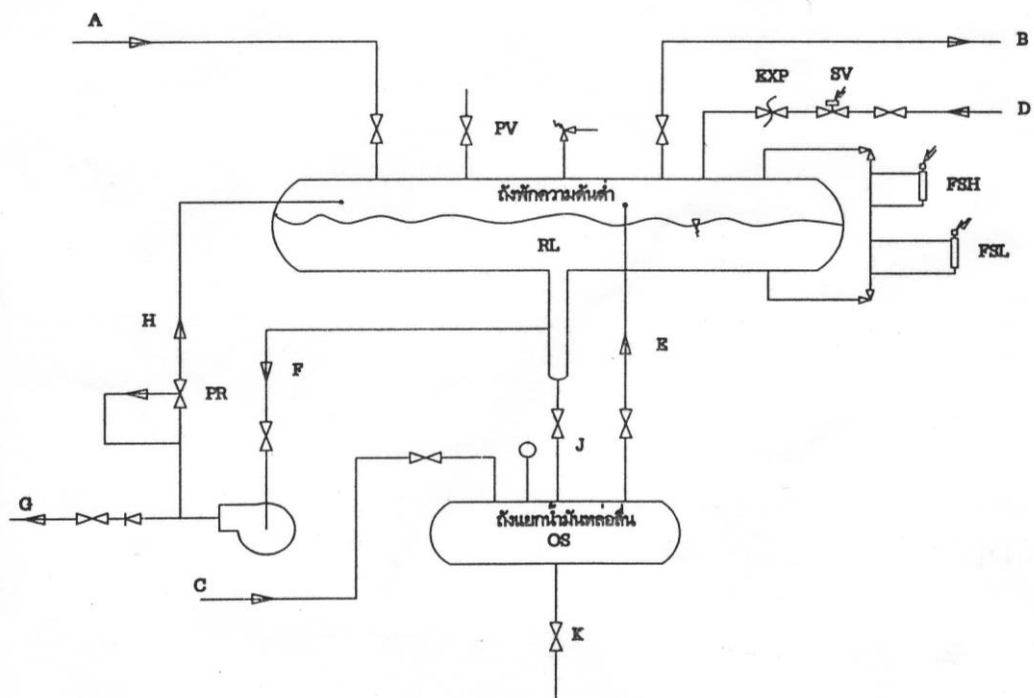
รูปที่ 2.21 ชุดถังพักความดันสูง

รูปที่ 2.21 ชุดคอยล์ร้อนและถังพักความดันสูงทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะไอสารทำความเย็นเป็นสารทำความเย็นเหลวและเก็บพักในถังพัก ท่อ A จะเป็นท่อส่งไอสารทำความเย็นสู่คอยล์ร้อน ถ้ามีคอยล์ร้อนหลาย ๆ ตัว ท่อ A จะต้องออกแบบให้จ่ายไอสารทำความเย็นให้แก่คอยล์ร้อนเท่า ๆ กันให้มากที่สุด ไอที่กลั่นตัวจะไหลสู่ท่อ C สู่ถังพัก ความเอียงของท่อ C จะต้องเอียงสู่ถังพักเสมอ เพื่อสารทำความเย็นเหลวจะไหลเข้าได้สะดวก สารทำความเย็นเหลวจะจ่ายจากถังพักทางท่อ D

เนื่องจากคอยล์ร้อนและถังพักจะอยู่กันคนละระดับ ดังนั้นจะต้องมีท่อต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองอีก 1 ท่อคือท่อ B เพื่อให้ความดันในอุปกรณ์ทั้งสองมีความดันเท่ากัน สารทำความเย็นเหลวจะไหลได้สะดวกจากคอยล์ร้อนมายังถังพัก ที่ตัวพักความดันสูงควรที่จะมีอุปกรณ์ตรวจสอบสารทำความเย็น (SG) ภายในถังเพื่อป้องกันการบรรจุสารทำความเย็นมากเกินไป และอาจเป็นสาเหตุให้ความดันสูงกว่าปกติ อย่างไรก็ตามก็เพื่อเป็นการป้องกันความดันสูงเกินไป วาล์วนิรภัย (Safety Valve) จึงจำเป็นที่จะต้องติดตั้งที่คอยล์ร้อนและถังพัก สิ่งที่ต้องหลีกเลี่ยงไม่ได้คืออากาศที่เล็ดลอดเข้าไปในระบบทำความเย็นจะทำให้ความดันสูงขึ้นกว่าปกติ มีผลทำให้เปลืองกำลังไฟฟ้า จึงจำเป็นที่จะต้องมีการไล่อากาศออกจากระบบ (Purge) โดยการเปิดวาล์วไล่อากาศ (Purging Valve, PV) วาล์วเปิด – ปิด (Shut off Valve) ในรูปที่ 2.21 ต้องติดตั้งเพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมแซมอุปกรณ์แต่ละชิ้น โดยไม่สิ้นเปลืองสารทำความเย็น

2.4.2 ถังพักความดันต่ำ (Low Side Separator)

ชุดถังพักความดันต่ำทำหน้าที่เก็บสารทำความเย็นเหลวที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิคอยล์เย็น โดยสารทำความเย็นเหลวจะถูกปั๊มส่งไปยังคอยล์เย็นของห้องเย็นต่าง ๆ



รูปที่ 2.22 ชุดถังพักความดันต่ำ

อุปกรณ์ที่จำเป็นประกอบด้วยวาล์วลูกลอย (FS) ซึ่งควบคุมระดับสารทำความเย็นไม่ให้ต่ำเกินไป (FSL) และไม่ให้สูงเกินไป (FSH) วาล์วทั้งสองจะทำหน้าที่เปิด - ปิดวาล์วไฟฟ้า (SV) ปัมสารทำความเย็นจะดูดสารทำความเย็นผ่านท่อ F ส่งไปยังท่อ G ในบางกรณี ความดันในท่อ G อาจจะมีค่าสูงเกินไปเนื่องจากการปิดวาล์วด้านส่งของปั๊ม อาจทำให้ท่อหรือปั๊มเสียหายจึงจำเป็นต้องติดตั้งท่อ H ซึ่งมีวาล์วควบคุมความดัน (Pressure Regulator , PR) ดังนั้น เมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้วาล์วจะเปิดให้สารทำความเย็นไหลกลับถึงพัก

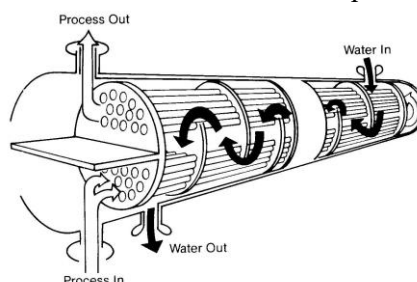
ในกรณีที่ที่ใช้สารทำความเย็นแอมโมเนียจะมีน้ำมันหล่อลื่นปนอยู่ น้ำมันหล่อลื่นจะแยกตัวอยู่ด้านล่างได้ง่ายกว่าสารฟรอน จึงจำเป็นที่จะต้องมียูนิทแยกน้ำมัน (OS) ติดตั้งได้ดังพักความดันต่ำ เมื่อต้องการเอาน้ำมันออกจะทำได้โดยปิดท่อ J แล้วเปิดไอดงจากท่อ C ไอดงจะทำหน้าที่ทำให้สารทำความเย็นเหลวในถัง OS กลายเป็นไอมากที่สุดแล้วแยกตัวไปทางท่อ E ในขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มความดันในถัง OS ให้สูงกว่าบรรยากาศ ทำให้สามารถนำน้ำมันหล่อลื่นจากถัง OS ได้

2.5 ชุดคอยล์เย็น (Evaporator)

2.5.1 ชนิดของ Evaporator

 รูปที่ 2.24 Plate evaporator	 รูปที่ 2.23 Shell and Tube evaporator  รูปที่ 2.25 Tube-in Tube evaporator
---	---

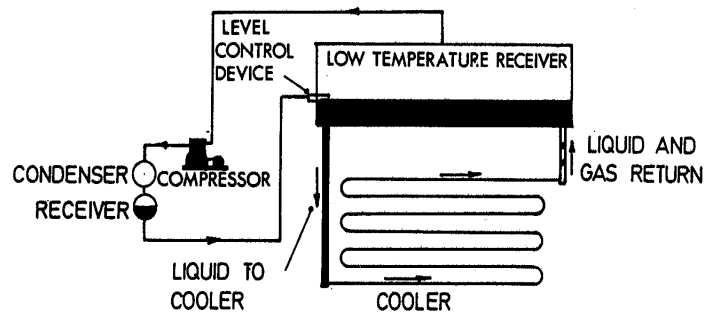
Shell and Tube evaporator ทำงานโดยน้ำที่ต้องการทำให้เย็นจะไหลเข้ามายังอีวาพอเรเตอร์ แล้วส่งความร้อนให้แก่สารทำความเย็นความดันต่ำแล้วออกไปยัง Compressor



รูปที่ 6.26 หลักการทำงาน Shell and Tube evaporator

2.5.2 ระบบส่งสารทำความเย็น

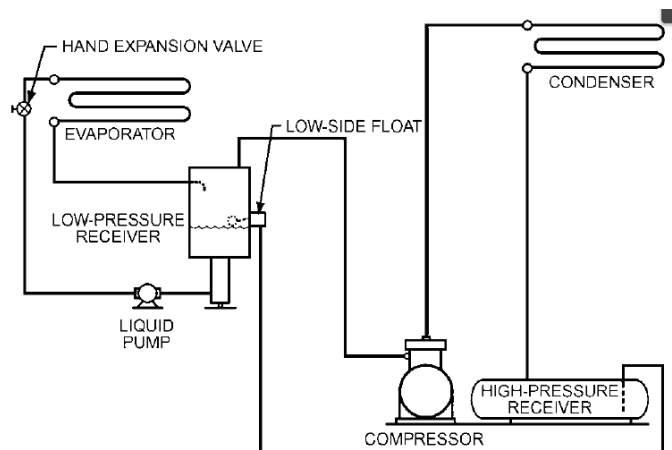
1. แบบขยายโดยตรง (Direct Expansion) เป็นระบบที่สารทำความเย็นส่งจากคอนเดนเซอร์หรือถังพักความดันสูง (High Pressure Receiver) ผ่าน Expansion Valve เข้าสู่คอยล์เย็นโดยตรง
2. แบบท่วมคอยล์ (Flooded Coil) เป็นระบบที่สารทำความเย็นส่งจากคอยล์ร้อน หรือถังพักความดันสูงผ่านวาล์วลดความดันสู่ถังเก็บความดันต่ำก่อน จากนั้นสารทำความเย็นจากถังความดันต่ำจะไหลเข้าคอยล์เย็นโดยอาศัยการที่ของเหลวไหลไปแทนที่ก๊าซ



รูปที่ 2.27 ระบบท่วมคอยล์ (Flooded Coil)

คอยล์เย็นแบบ (Flooded Coil) จะต้องมีปริมาตรของท่อซึ่งบรรจุสารทำความเย็นมากกว่าระบบขยายโดยตรงเพราะต้องมีที่สำหรับก๊าซของสารทำความเย็นแยกตัวออกและลอยตัวขึ้นออกจากคอยล์เย็น

3. แบบปั๊มหมุนเวียน (Liquid Recirculation) หรือ Liquid Overfeed System ระบบทำความเย็นแบบนี้นิยมใช้ในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง

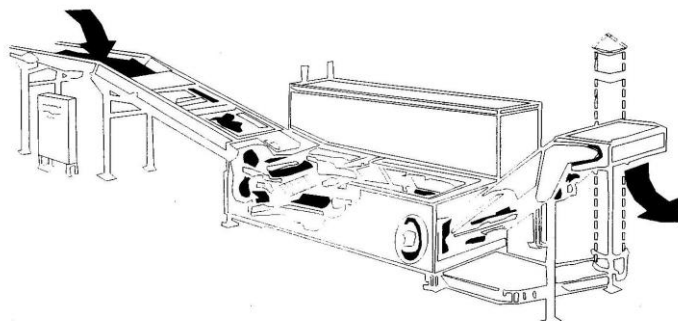


รูปที่ 2.28 ระบบปั๊มหมุนเวียน (Pump Recirculation)

หลักการทำงานน้ำยาเหลวจะถูกปั๊มส่งเข้าอีวาโปเรเตอร์เป็นปริมาณมาก มากเกินกว่าปริมาณที่น้ำยาเหลวจะระเหยกลายเป็นไอ ดังนั้นอีวาโปเรเตอร์จะมีพื้นที่ผิวภายในคอยล์เปียกตลอด ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนดีที่สุด และยังเป็นระบบที่ไอสารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นจะเป็นไ้อิ่มตัว (ไม่เป็น Superheated) ทำให้มีอุณหภูมิก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ต่ำกว่าแบบ Direct Expansion ข้อดีของระบบ Liquid Overfeed ก็คือสามารถลดพลังงานที่ใช้ในระบบโดยรวมได้

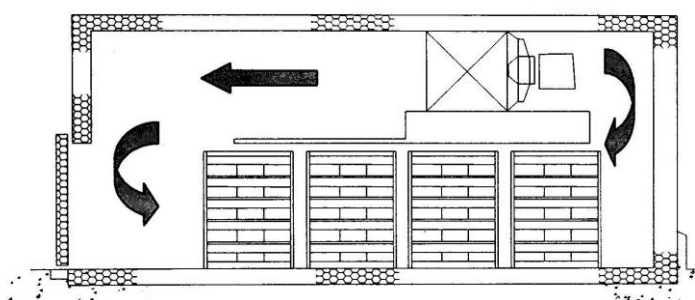
2.6 กรรมวิธีการลดอุณหภูมิวัตถุ

2.6.1 ระบบลดความเย็นแบบน้ำเย็น (Hydrocooling) คือ กรรมวิธีการลดอุณหภูมิของผักและผลไม้โดยใช้น้ำเย็น ซึ่งเหมาะสำหรับผักใบ เพราะน้ำเย็นสามารถเข้าไปด้านภายในได้ดีกว่าลมที่ไม่สามารถเข้าไปถึงได้ แต่มีข้อเสียคือ การแพร่ของเชื้อโรคในน้ำ จะเป็นไปได้สูง



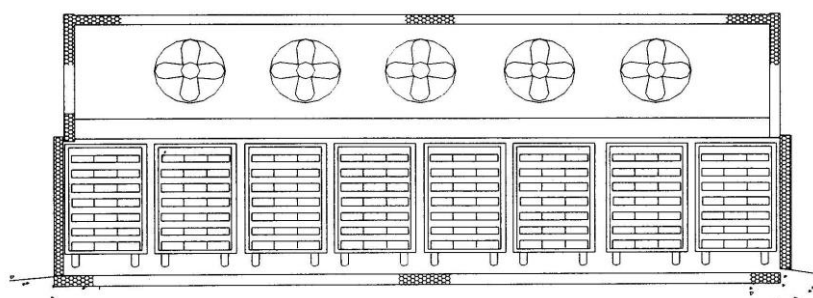
รูปที่ 2.29 ระบบลดความเย็นแบบน้ำเย็น (Hydrocooling)

2.6.2 ระบบลดความเย็นแบบลมเป่า (Air Blast Freezer) คือกรรมวิธีการลดอุณหภูมิโดยลมเย็นพัดผ่านวัตถุที่บรรจุภายในห้อง และถูกทำให้ลดอุณหภูมิในคราวเดียวกัน



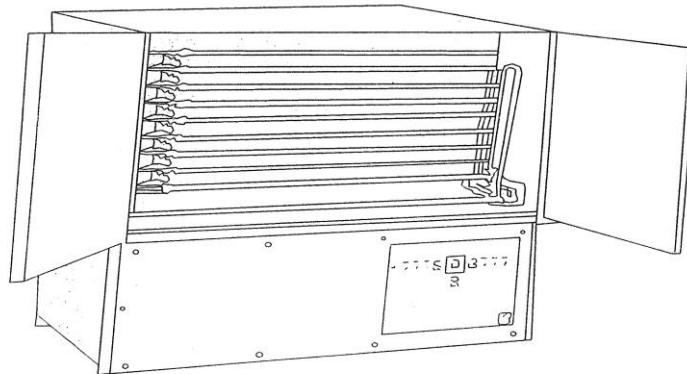
รูปที่ 2.30 ระบบลดความเย็นแบบลมเป่า (Air Blast Freezer)

2.6.3 ระบบลดความเย็นแบบล้อเลื่อน (Freezing Trolley) คือกรรมวิธีการแช่แข็งโดยที่วัตถุจะถูกบรรจุในชั้นของล้อเลื่อน โดยที่ล้อเลื่อนจะถูกทยอยส่งเข้าไปในรางเลื่อน



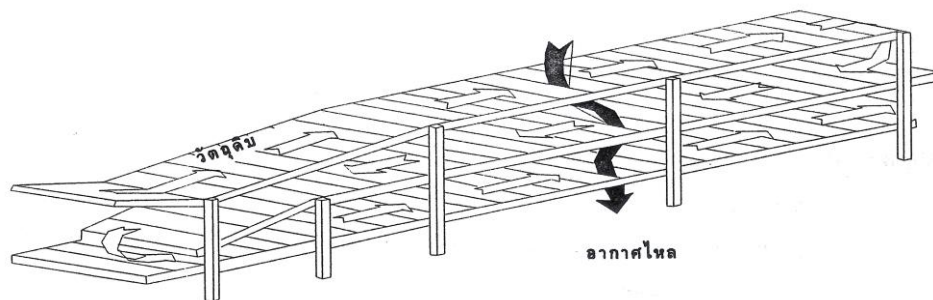
รูปที่ 2.31 ระบบลดความเย็นแบบล้อเลื่อน (Freezing Trolley)

2.6.4 ระบบลดความเย็นแบบแผ่นเรียบ (Plate Freezer) คือกรรมวิธีการแช่แข็งโดยที่วัตถุที่จะทำการแช่แข็งวางบนชั้นซึ่งทำหน้าที่เป็นคอลล์เย็นด้วย การถ่ายเทความเย็นโดยการนำ (Conduction)



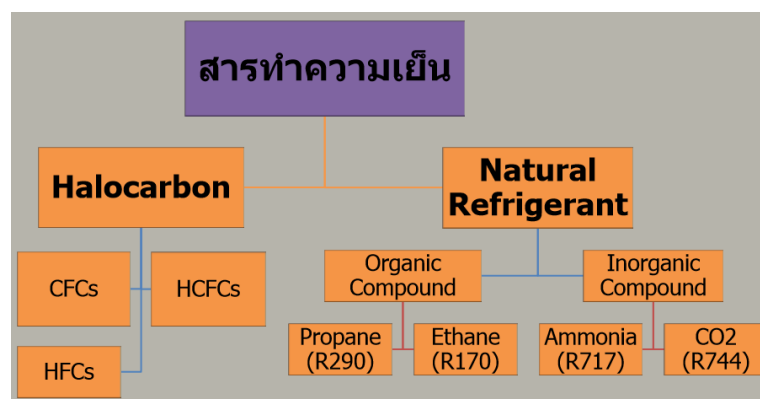
รูปที่ 2.32 ระบบลดความเย็นแบบแผ่นเรียบ (Plate Freezer)

2.6.5 ระบบลดความเย็นแบบสายพาน (Belt Freezer) คือกรรมวิธีการแช่แข็งโดยที่วัตถุที่จะทำการแช่แข็ง จะถูกลำเลียงเข้าห้องเย็นโดยสายพาน มักจะใช้กับวัตถุที่ใช้เวลาในการแช่แข็งน้อยกว่า 30 นาที



รูปที่ 2.33 ระบบลดความเย็นแบบสายพาน (Belt Freezer)

2.7 สารทำความเย็น (Refrigerant)



รูปที่ 2.34 ชนิดสารทำความเย็น

สารทำความเย็นที่ใช้กันทั่วไปในระบบทำความเย็นได้แก่ แอมโมเนีย 97 % ,HFC&HCFC 2 % และ HC 1 % ในระบบทำความเย็นที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำแอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แม้ว่าแอมโมเนียจะเป็นสารพิษและสามารถจุดระเบิดได้ในบางสภาวะก็ตาม แต่คุณสมบัติทางด้านความร้อนที่ดีเยี่ยมของแอมโมเนีย ทำให้นำไปใช้กับอุปกรณ์ทำความเย็นขนาดใหญ่ แอมโมเนียมีราคาถูกและความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด เมื่อเทียบกับสารทำความเย็นชนิดอื่น แอมโมเนียมีจุดเดือดต่ำประมาณ -2.2 °C ที่ความดันบรรยากาศ ดังนั้นอีวาโปเรเตอร์และเครื่องควบแน่นในระบบจึงมีอุณหภูมิและความดันอยู่ในช่วงปานกลางคือ -15 °C และ 30 °C ที่ความดัน 2.37 bar และ 11.67 bar โดยปกติแอมโมเนียแห้งจะไม่กัดกร่อนโลหะ แต่เมื่อถูกความชื้นจะกัดโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก และไม่ผสมกับน้ำมัน จึงไม่ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องอัดเหวี่ยง สำหรับการรั่วไหลของแอมโมเนีย เราสามารถทดสอบได้โดยเผาเทียนที่ทำด้วยกัมมะถันในจุดที่จะทดสอบ ถ้าหากมีแอมโมเนียรั่วออกมาจะเกิดควันสีขาวขึ้น หรืออาจหาบริเวณรอยต่อของท่อด้วยสารละลายสบู่เข้มข้น ถ้ามีการรั่วไหลจะมีฟอง เกิดขึ้น สามารถใช้กับเครื่องอัดทั้งแบบลูกสูบชัก แบบโรตารีและแบบใช้แรงเหวี่ยง

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและภาวะโลกร้อน ทำให้มีแรงผลักดันจากองค์กรที่เกี่ยวข้องสิ่งแวดล้อมให้มีการเปลี่ยนไปใช้สารทำความเย็นที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีไปในทิศทางที่ไม่เหมือนกัน ในฐานะประเทศรับเทคโนโลยีจำเป็นต้องติดตามการเปลี่ยนแปลงอย่างใกล้ชิด เพื่อรับมือกับผลกระทบที่จะตามมา

	ชนิด สารทำความเย็น	สูตรเคมี	Lifetime (ปี)	ODP	GWP 100 ปี
HCFC	R22	CHClF ₂	12	0.050	1810
HFC	R32	CH ₂ F ₂	5	0	675
	R410A	R32/125	17	0	2100
	R507A	R143a/125	40.5	0	4000
	R404a	R143a/125/ 134a	40.4	0	3900
	R134a	CF ₃ -CH ₂ F	13.8	0	1430
Natural	R290 (Propane)	CH ₃ CH ₂ CH ₃	0.041	0	20
	R717	NH ₃	0.01	0	<1
	R718	H ₂ O	-	0	<1
	R729	78%N ₂ , 21%O ₂ , 1%Ar	-	0	0
	R744	CO ₂	>50	0	1

รูปที่ 2.35 แสดงคุณสมบัติบางส่วนของสารทำความเย็น

คำศัพท์ที่ควรรู้จักคือ

ODP ozone depletion potential เป็นดัชนีวัดผลกระทบต่อ โอโซน

GWP global warming potential เป็นดัชนีวัดผลกระทบต่อ โลกร้อนตัวเลขยิ่งน้อยยิ่ง

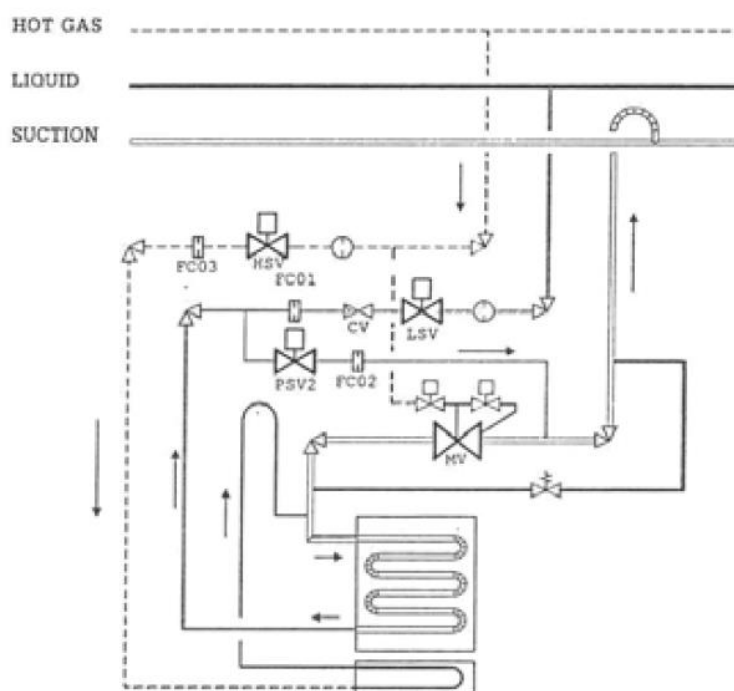
2.8 ระบบละลายน้ำแข็ง (Defrost System)

หากต้องการใช้งานอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C ที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งที่อุณหภูมินี้จะมีสถานะเป็นน้ำแข็ง เมื่อนำวัตถุหรือผลิตภัณฑ์เข้ามารักษาอุณหภูมิ ก็จะมีชั้นระเหยจากผิวสู่บรรยากาศ นอกจากนี้ยังมีความเย็นก็จะกลายเป็นน้ำแข็งเกาะส่วนทำความเย็น ซึ่งจะส่งผลให้การถ่ายเทความเย็นภายในห้องลดลง ส่งผลให้ไม่สามารถทำอุณหภูมิในห้องทำความเย็นได้ตามค่าที่ต้องการ จึงต้องมีการละลายน้ำแข็งที่เกาะส่วนทำความเย็นนี้ทิ้ง วิธีการละลายน้ำแข็งที่ง่ายที่สุดคือ การปิดระบบทำความเย็น แต่ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถปิดระบบทำความเย็นได้ จึงต้องดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

1. การละลายน้ำแข็งด้วยน้ำ (Water Defrost) โดยการฉีดน้ำอุ่นเข้าไปภายในห้องเย็นอย่างรวดเร็ว และฉีดหลาย ๆ จุด โดยก่อนฉีดจะต้องปิดเครื่อง และต้องคำนึงถึงท่อน้ำระบายซึ่งต้องเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งรวมกับน้ำแข็งที่ละลายออกจากส่วนทำความเย็น ใช้เวลา 5-10 นาที การทำงานสามารถควบคุมได้โดยผู้ใช้งานหรือแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer)

2. การละลายน้ำแข็งไฟฟ้า (Heater Defrost) วิธีนี้มักใช้ในการละลายน้ำแข็งสำหรับการทำความเย็นแบบคريب โดยใช้หลอดความร้อน (Heater) การทำงานสามารถควบคุมได้โดยผู้ใช้งานหรือแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาปรับตั้งให้ระบบทำงานได้เอง

3. การละลายน้ำแข็งด้วยก๊าซร้อน (Hot Gas Defrost) วิธีนี้จะนำความร้อนจากสารทำความเย็นที่ผ่านเครื่องอัดเข้าไปยังส่วนทำความเย็นแทนที่สารทำความเย็นเหลวที่ผ่านการระบายความร้อนมาแล้ว เป็นวิธีที่เหมาะสม ประสิทธิภาพในการละลายดี รวดเร็วและสิ้นเปลืองพลังงานต่ำที่สุด ดังรูปที่ 2-8.16



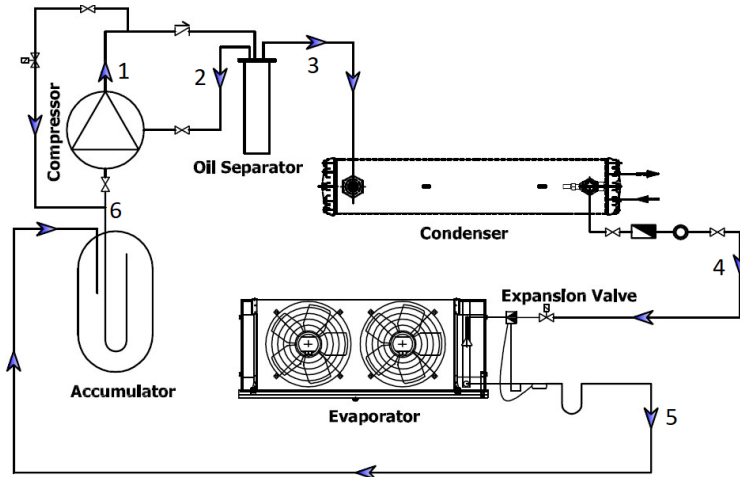
รูปที่ 2.36 ระบบละลายน้ำแข็งด้วยก๊าซร้อน

แบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบหลังเรียน

1. Economizer ของระบบเครื่องทำความเย็นทำหน้าที่อะไร

- ก. ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด High-Stage
- ข. ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด Low-Stage
- ค. ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นหลังจากเครื่องควบแน่น
- ง. เพิ่มอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด Stage 1st



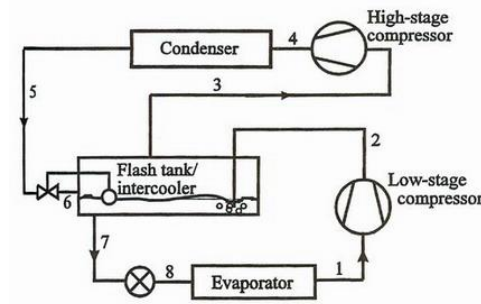
รูปที่ 37 ให้ตอบคำถามข้อ 3-4

2. ของไหลส่วนที่ออกจากระบบหมายเลข 2 คืออะไร

- ก. สารทำความเย็นเหลวความดันต่ำ ข. ไอสารทำความเย็นอิ่มตัว
- ค. สารทำความเย็นไอร้อนขดขึง ง. น้ำมันหล่อลื่น

3. Accumulator ทำหน้าที่อะไร

- ก. บรรจุสารทำความเย็นเหลวอิ่มตัวความดันต่ำ
- ข. บรรจุสารทำความเย็นเหลวอิ่มตัวความดันสูง
- ค. ดูดรับความร้อนจากผลิตภัณฑ์
- ง. ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น



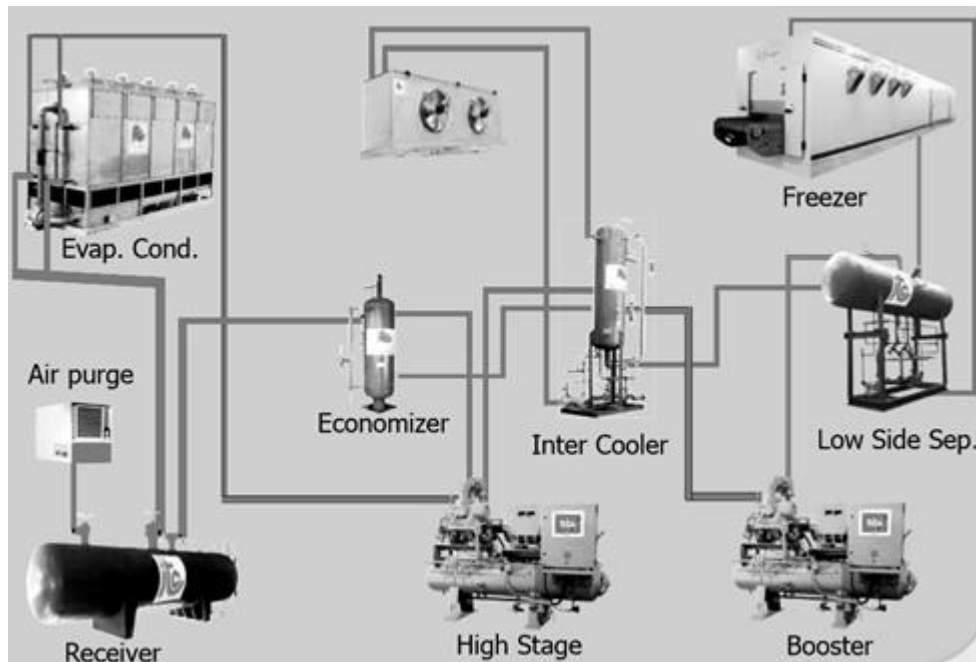
รูปที่ 38 ให้ตอบคำถามข้อ 9-15

4. Flash tank Intercooler ในระบบเครื่องทำความเย็น ทำหน้าที่อะไร
 - ก. ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด High-Stage
 - ข. ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด Low-Stage
 - ค. ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องระเหย
 - ง. ข้อ ก และ ค ถูก
5. ข้อใดคือหน้าที่ของ High –Stage Compressor
 - ก. ดูดความร้อนสารทำความเย็นเหลว
 - ข. เพิ่มอุณหภูมิไอสารทำความเย็น
 - ค. คายความร้อนสารทำความเย็นเหลว
 - ง. เพิ่มอุณหภูมิสารทำความเย็นเหลว
6. HP ในระบบเครื่องทำความเย็นทำหน้าที่อะไร
 - ก. ป้องกันน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องอัดต่ำกว่าจุดที่ตั้งไว้
 - ข. ป้องกันความดันทางด้านส่งของเครื่องอัดมีค่าสูงเกินไป
 - ค. ป้องกันไม่ให้ความดันทางด้านดูดของเครื่องอัดต่ำเกินไป
 - ง. ป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นไหลกลับเข้าเครื่องอัด
7. CV ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่อะไร
 - ก. ป้องกันน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องอัดต่ำกว่าจุดที่ตั้งไว้
 - ข. ป้องกันความดันทางด้านส่งของเครื่องอัดมีค่าสูงเกินไป
 - ค. ป้องกันไม่ให้ความดันทางด้านดูดของเครื่องอัดต่ำเกินไป
 - ง. ป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นไหลกลับเข้าเครื่องอัด
8. OS ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่อะไร
 - ก. ป้องกันน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องอัดต่ำกว่าจุดที่ตั้งไว้
 - ข. แยกสารทำความเย็นเหลวออกจากไอสารทำความเย็น
 - ค. ลดความดันน้ำมันหล่อลื่นก่อนเข้าเครื่องอัด
 - ง. แยกน้ำมันหล่อลื่นออกจากสารทำความเย็น
9. ข้อใดคือหลักการทำงานของคอนเดนเซอร์แบบ Water cooled
 - ก. สารทำความเย็นถ่ายเทความร้อนสู่อากาศ
 - ข. น้ำในคอนเดนเซอร์รับความร้อนจากสารทำความเย็น
 - ค. สารทำความเย็นถ่ายเทความร้อนสู่ น้ำและอากาศ
 - ง. ไม่มีข้อใดถูก

10. ข้อใดคือหลักการทำงานของ Evaporative Condenser
- ก. สารทำความเย็นถ่ายเทความร้อนสู่อากาศ
 - ข. น้ำในคอนเดนเซอร์รับความร้อนจากสารทำความเย็น
 - ค. สารทำความเย็นถ่ายเทความร้อนสู่น้ำและอากาศ
 - ง. ไม่มีข้อใดถูก
11. ระบบส่งสารทำความเย็นแบบ (Liquid Recirculation) มีหลักการทำงานอย่างไร
- ก. สารทำความเย็นไหลผ่าน (Expansion Valve) เข้าสู่คอยล์เย็นโดยตรง
 - ข. สารทำความเย็นจากถังความดันต่ำไหลเข้าคอยล์เย็น โดยอาศัยของเหลวไหลไปแทนที่ก๊าซ
 - ค. บีบสารทำความเย็นเหลวอัดตัวเคลื่อนที่จาก Low-Pressure Receiver ไปยังคอยล์เย็น
 - ง. สารทำความเย็นจากถังความดันสูงไหลเข้าคอยล์เย็นโดยตรง
12. ข้อใดคือหลักการทำงานของระบบบลอว์นัททรีเครื่องทำความเย็นแบบ (Air Blast Freezer)
- ก. น้ำเย็นพาความร้อนออกจากวัตถุ
 - ข. ลมพัดผ่านถ่ายเทความร้อนออกจากวัตถุ
 - ค. วัตถุลำเลียงบนสายพานและลมเป่าพัดผ่าน
 - ง. วัตถุถ่ายเทความร้อนกับคอยล์เย็นโดยตรง
13. ข้อใดคือหลักการทำงานของระบบ Hotgas Defrost Evaporator
- ก. ส่งสารทำความเย็นจากเครื่องอัดไปยังคอยล์เย็น
 - ข. ใช้ความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า
 - ค. ใช้น้ำฉีดลงบนคอยล์เย็น
 - ง. หยุดการทำงานของเครื่องอัด
14. ข้อใดคือความหมายของ GWP
- ก. ดัชนีวัดผลกระทบต่อโอโซน
 - ข. ดัชนีวัดผลกระทบต่อโลกร้อน
 - ค. ดัชนีวัดผลกระทบต่อการใช้พลังงาน
 - ง. ดัชนีวัดความเข้มข้นของมลพิษ

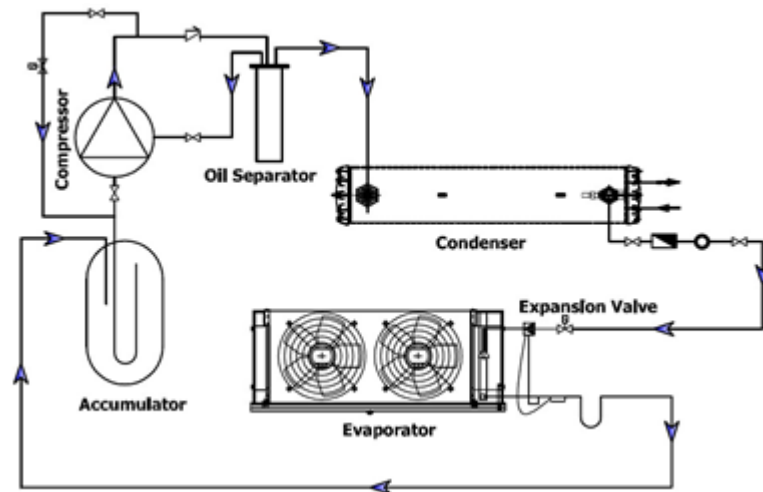
สื่อการเรียนการสอน

สไลด์คอมพิวเตอร์



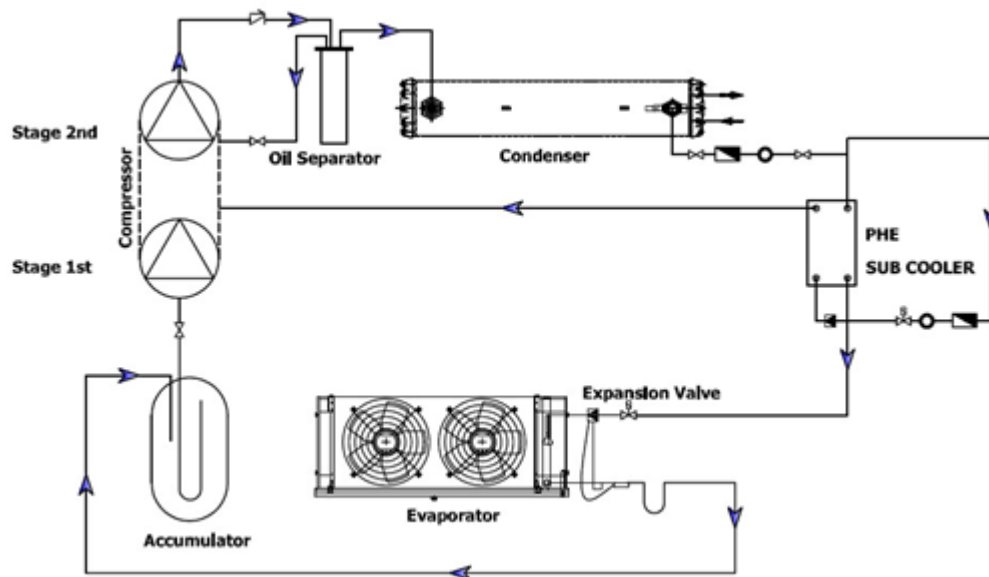
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบเครื่องทำความเย็นในงานอุตสาหกรรม

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.1



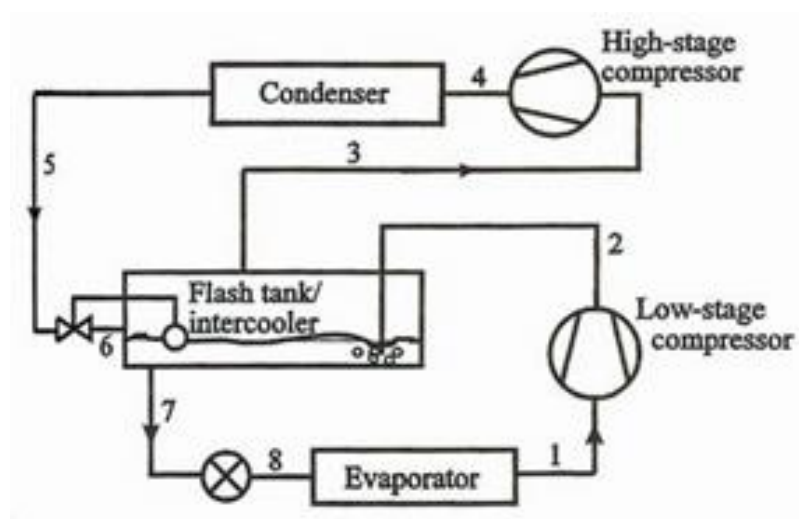
รูปที่ 2.2 เครื่องทำความเย็นระบบอัดไอแบบ Single Stage

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.2



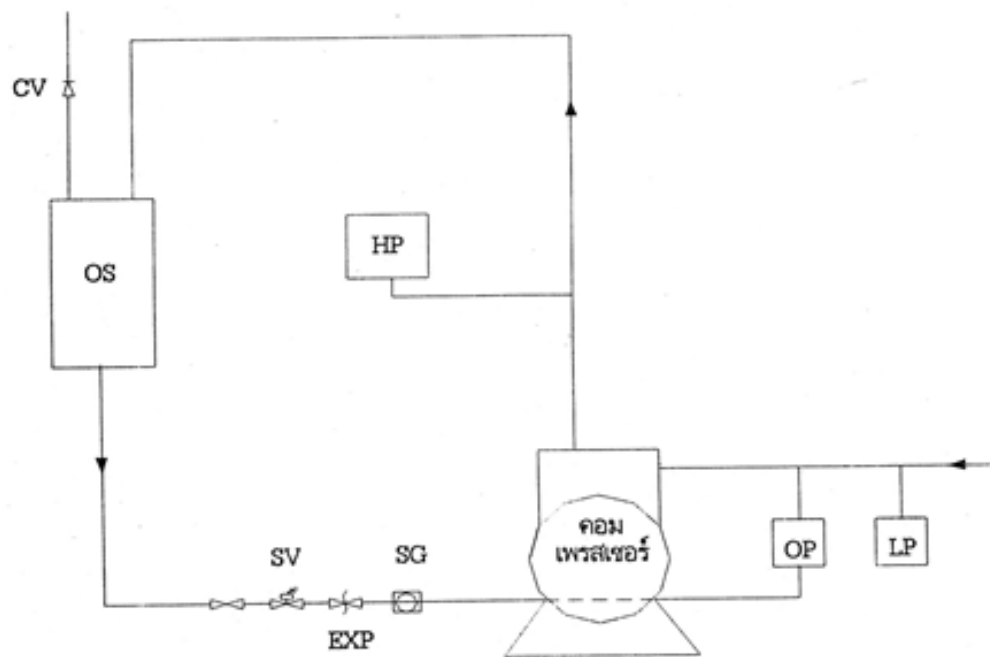
รูปที่ 2.3 เครื่องทำความเย็นระบบอัดไอแบบ Two Stage

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.3



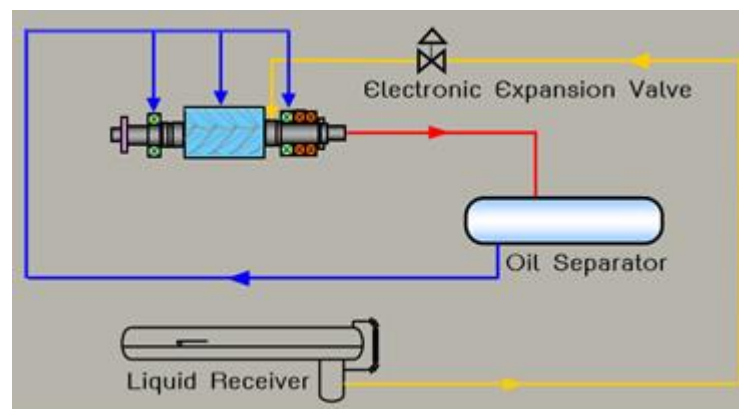
รูปที่ 2.4 แสดง Flash tank Intercooler ระบบ Two Stage

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.4



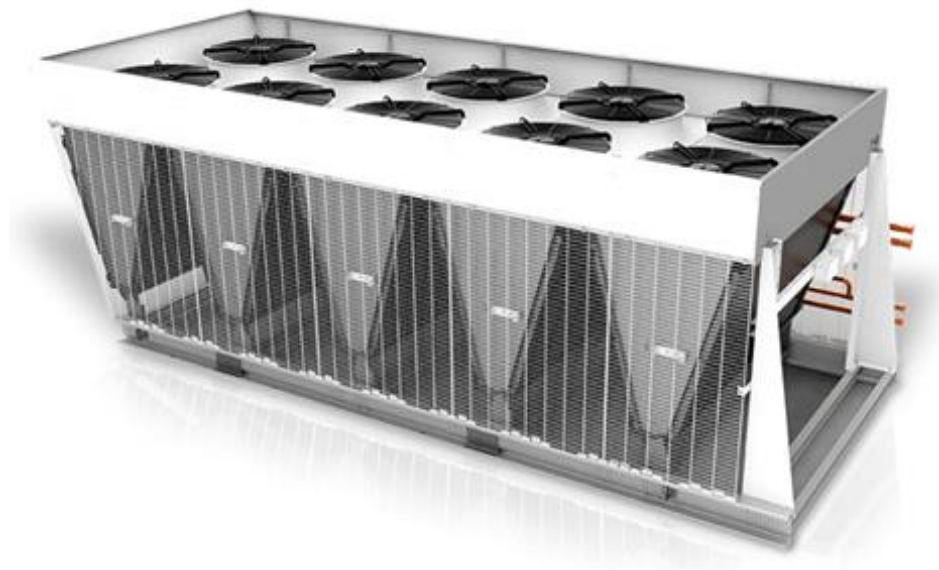
รูปที่ 2.5 ชุดคอมเพรสเซอร์

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.5



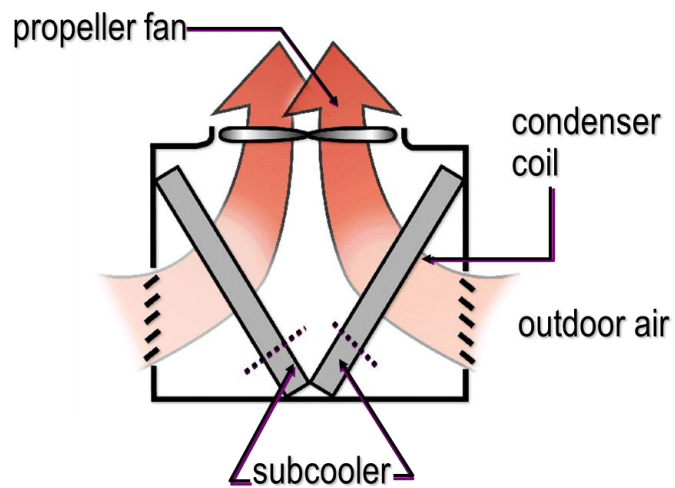
รูปที่ 2.7 ระบบ Liquid Injection Oil Cooling

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.6



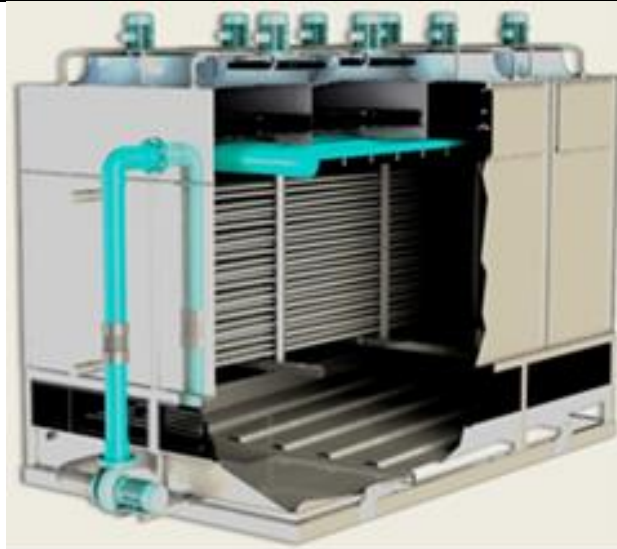
รูปที่ 2.8 Air Cooled Condenser

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.7



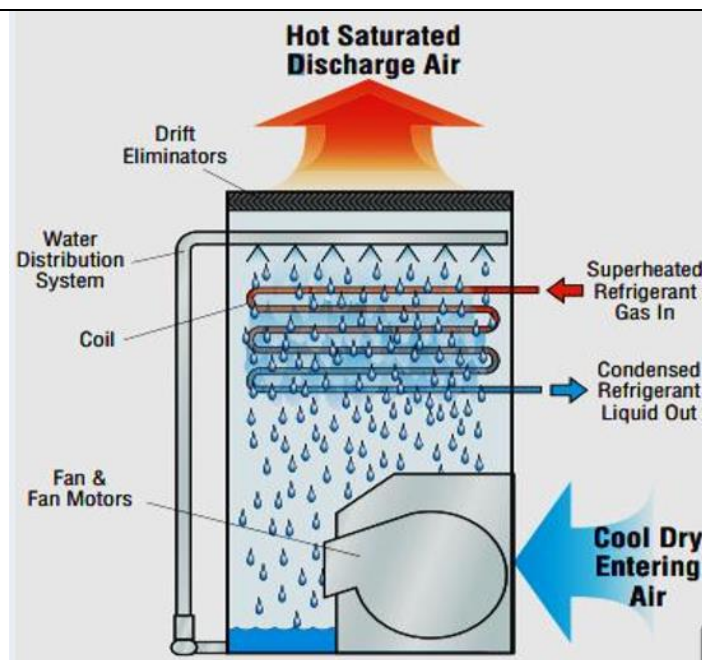
Air Cooled Condenser

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.8



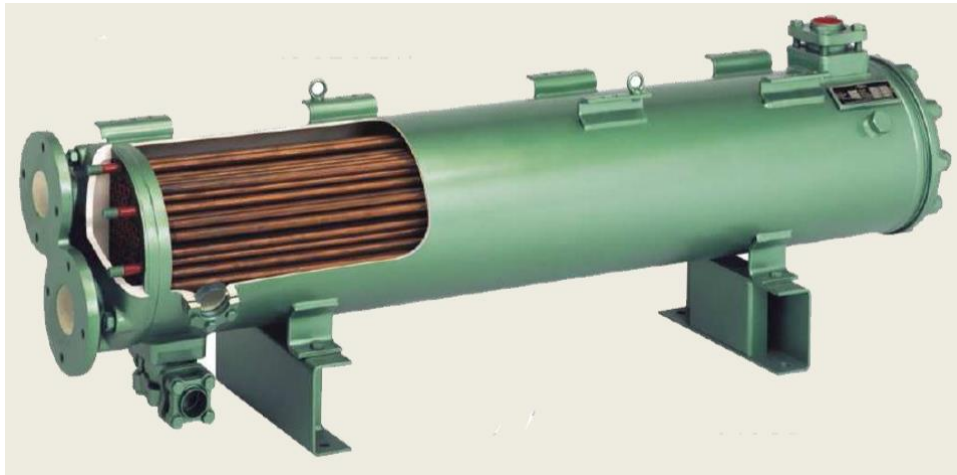
รูปที่ 2.11 Evaporative Condenser

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.9



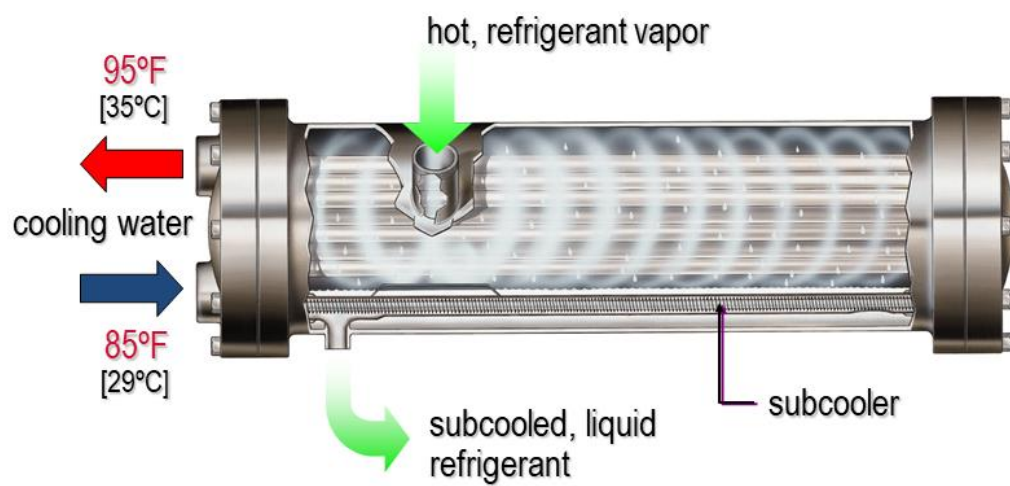
รูปที่ 2.11 Evaporative Condenser

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.10



รูปที่ 2.9 Shell & Tube Condenser

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.11



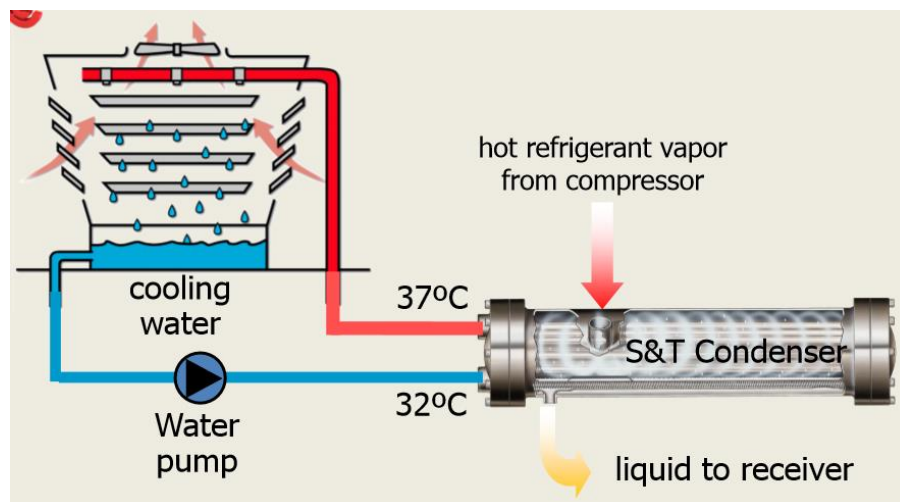
รูปที่ 2.9 Shell & Tube Condenser

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.12



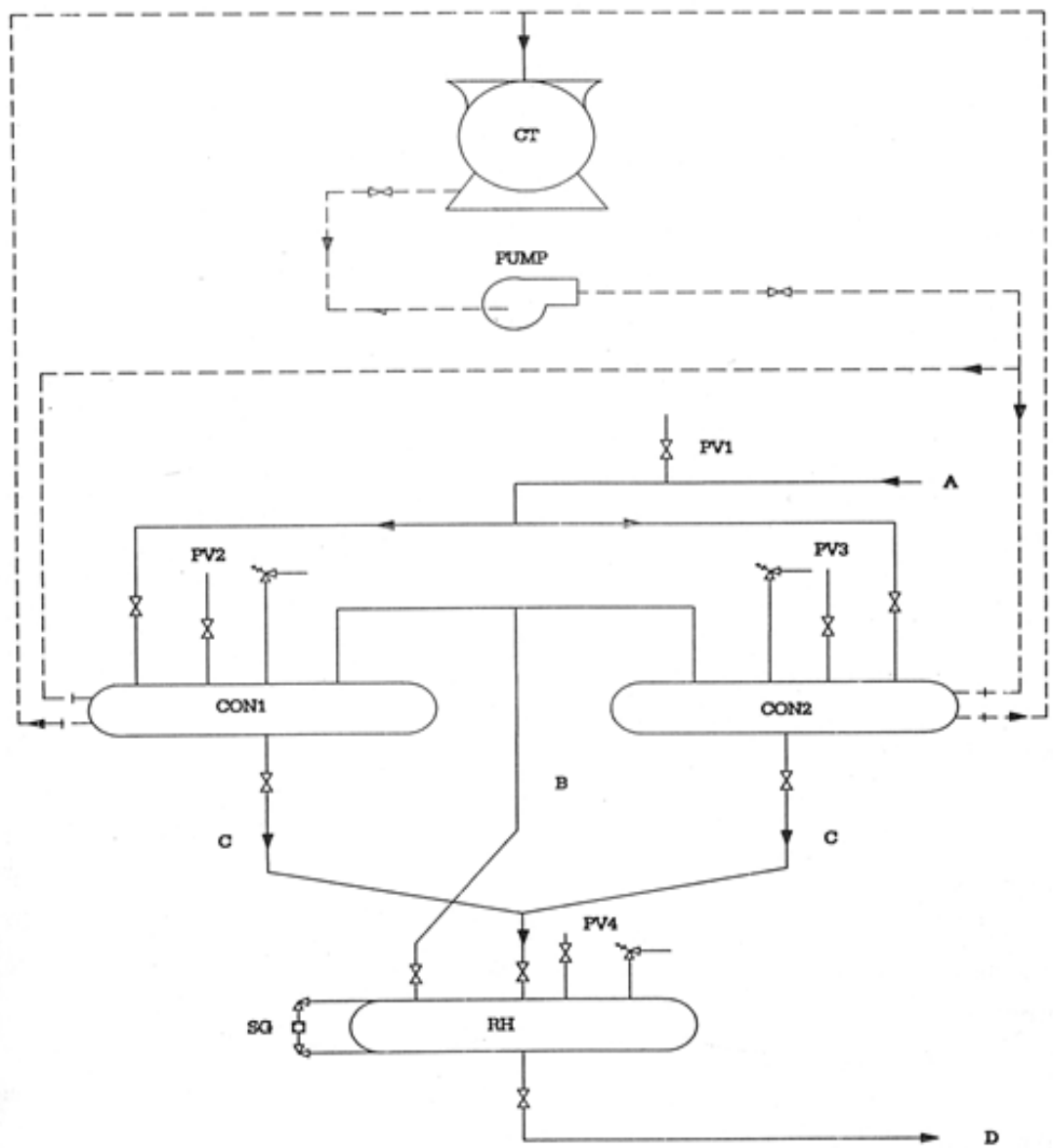
รูปที่ 2.10 Cooling Tower

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 13

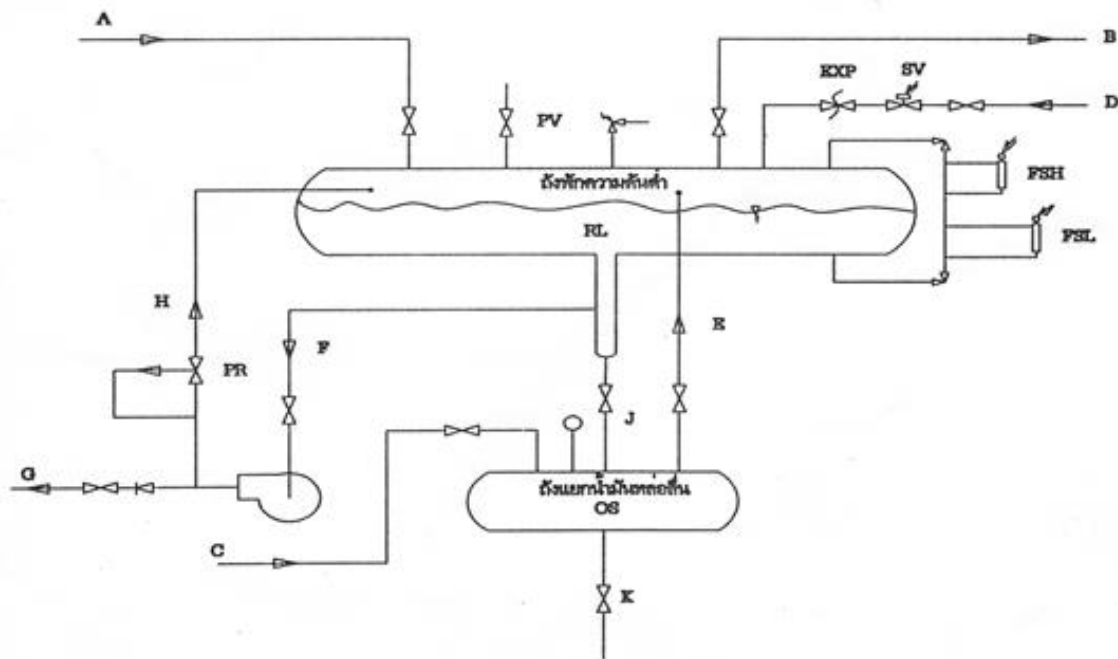


ชุดคอยล์ร้อนและหอผึ่งเย็น

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 14

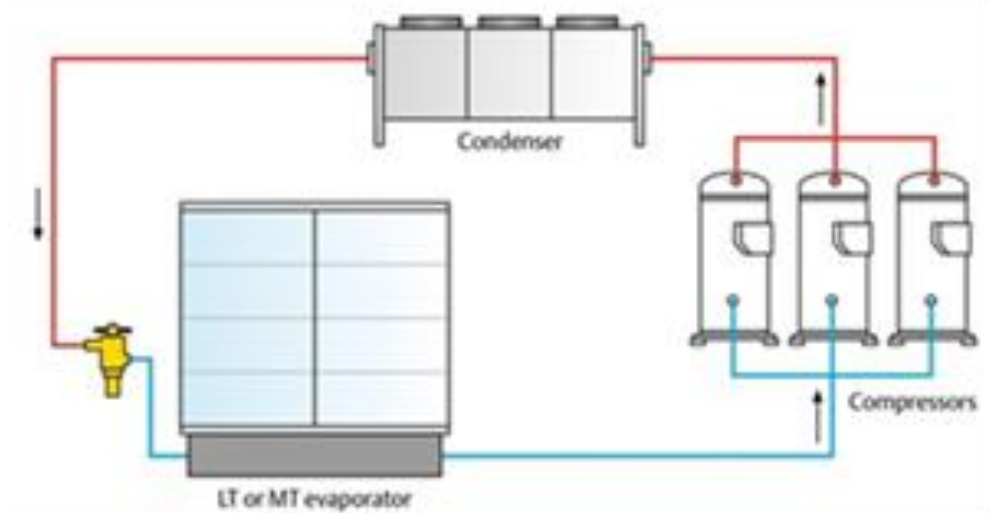


รูปที่ 2.13 ชุดถังพักความดันสูง



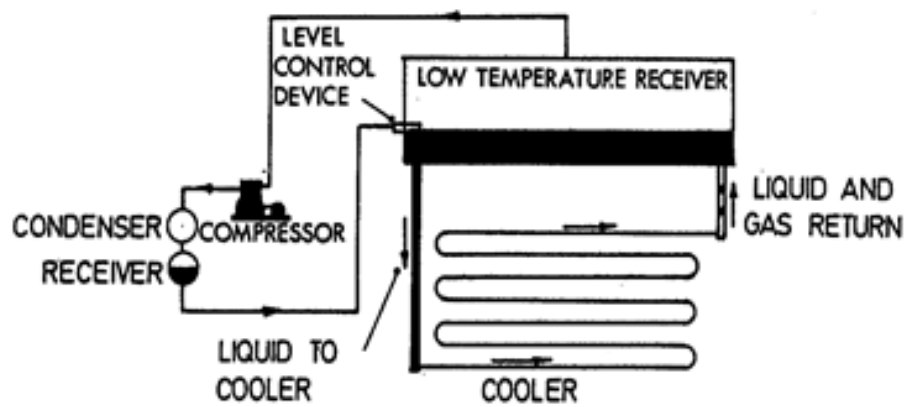
รูปที่ 2.14 ชุดถังพักความดันต่ำ

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 16



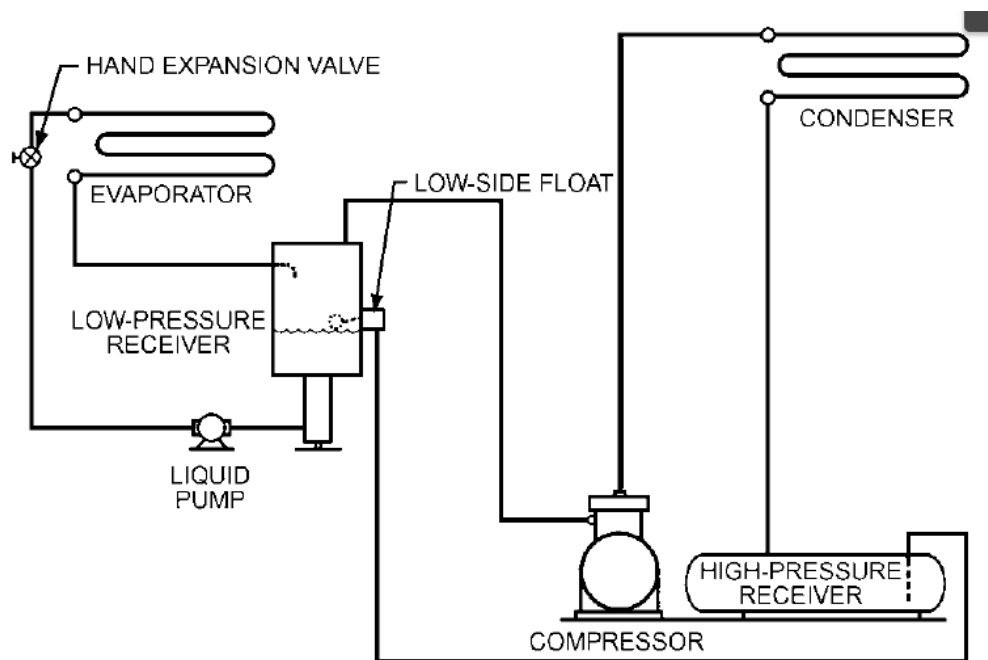
รูปที่ 2.15 ระบบขยายโดยตรง (Direct Expansion)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 17



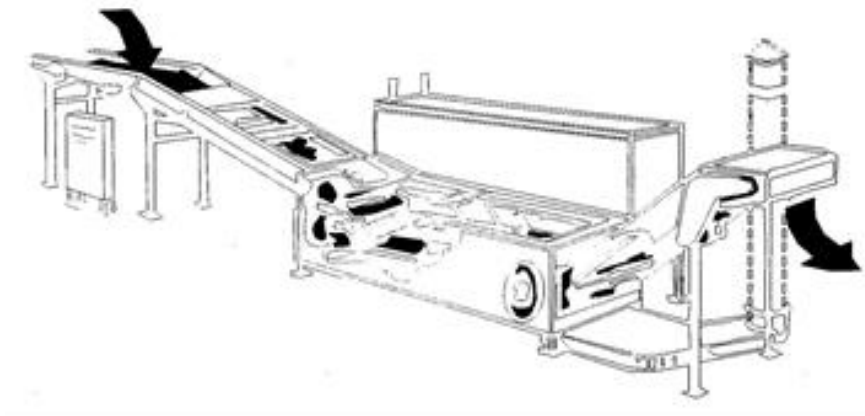
รูปที่ 2.16 ระบบท่วมคอยล์ (Flooded Coil)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 18



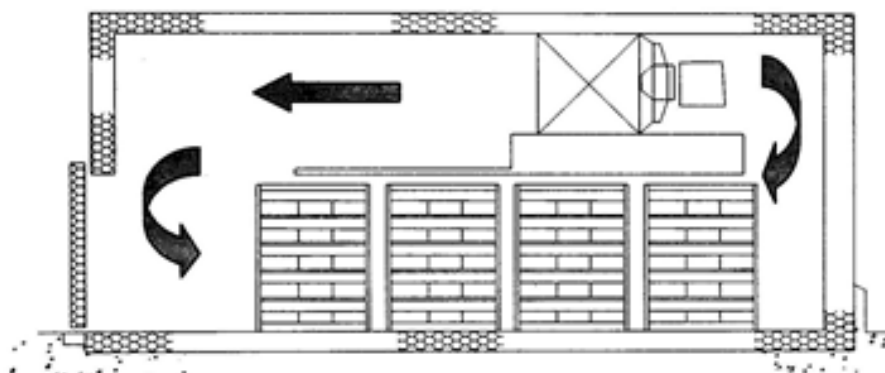
รูปที่ 2.17 ระบบปั๊มหมุนเวียน (Pump Recirculation)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 19



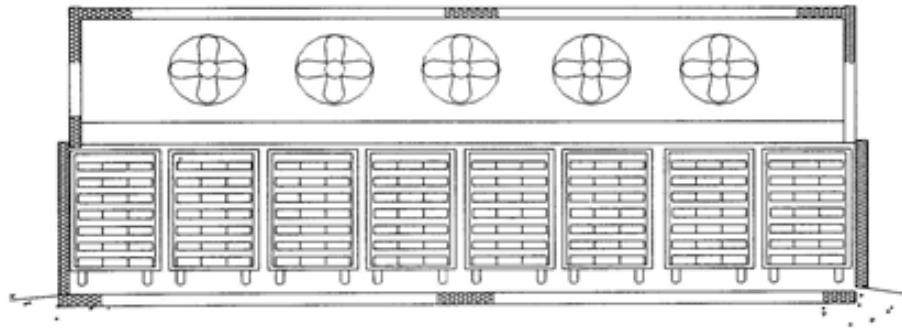
รูปที่ 2.18 ระบบลดความเย็นแบบน้ำเย็น (Hydrocooling)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.20



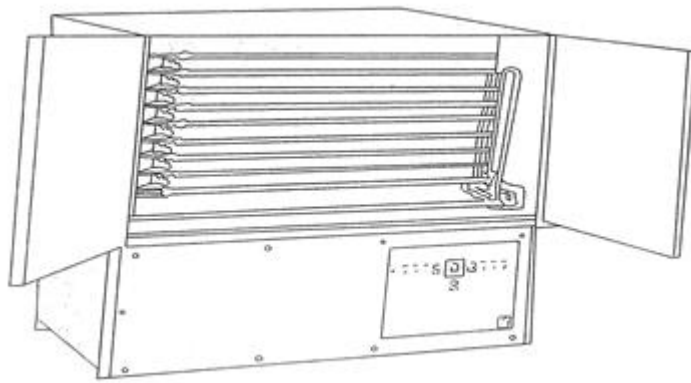
รูปที่ 2.19 ระบบลดความเย็นแบบลมเป่า (Air Blast Freezer)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.21



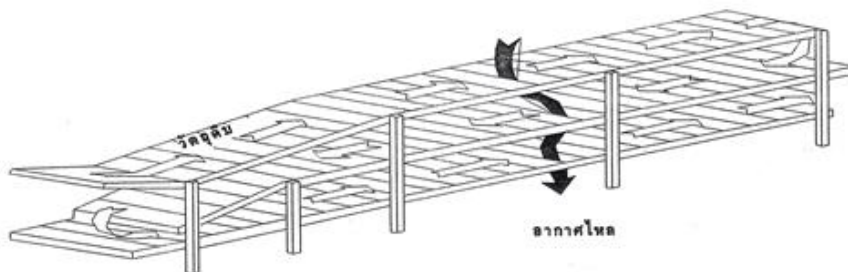
รูปที่ 2.20 ระบบลดความเย็นแบบล้อเลื่อน (Freezing Trolley)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.22



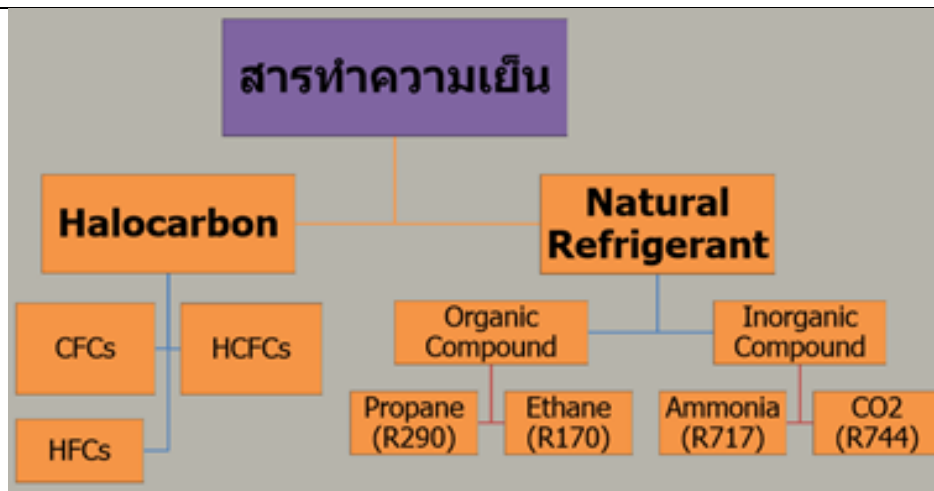
รูปที่ 2.21 ระบบลดความเย็นแบบแผ่นเรียบ (Plate Freezer)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.23



รูปที่ 2.22 ระบบลดความเย็นแบบสายพาน (Belt Freezer)

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.24



รูปที่ 2.23 ชนิดสารทำความเย็น

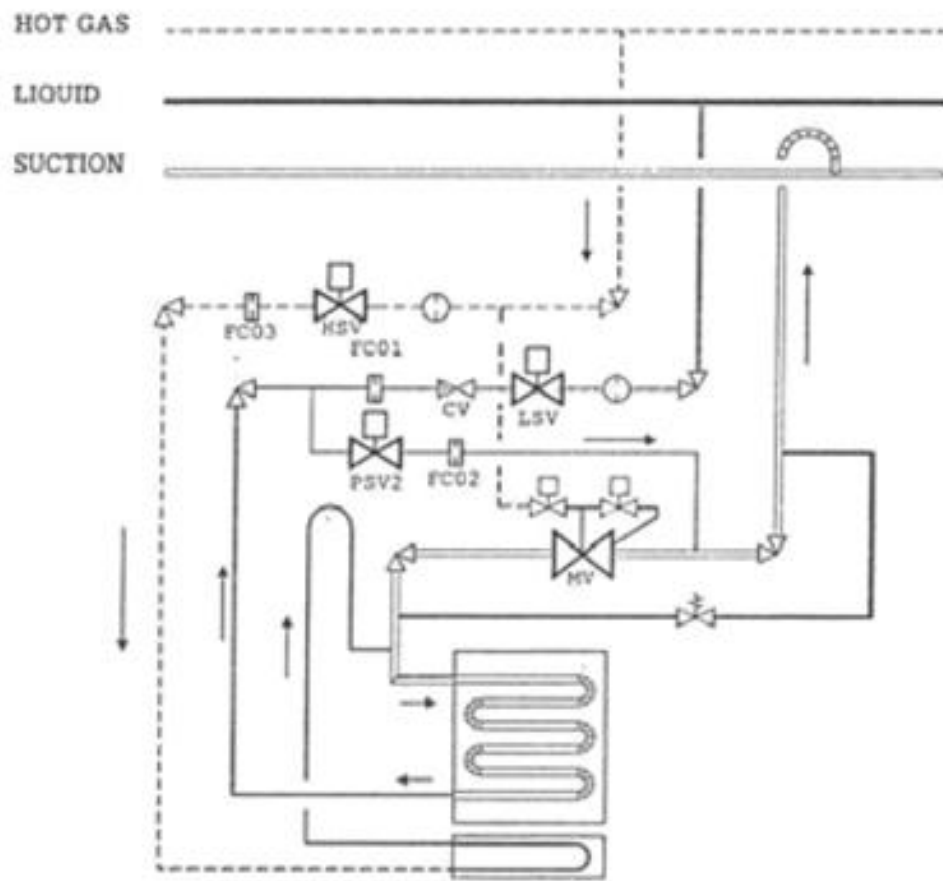
สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.25

	ชนิด สารทำความเย็น	สูตรเคมี	Lifetime (ปี)	ODP	GWP 100 ปี
HCFC	R22	CHClF_2	12	0.050	1810
HFC	R32	CH_2F_2	5	0	675
	R410A	R32/125	17	0	2100
	R507A	R143a/125	40.5	0	4000
	R404a	R143a/125/ 134a	40.4	0	3900
	R134a	$\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$	13.8	0	1430
Natural	R290 (Propane)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	0.041	0	20
	R717	NH_3	0.01	0	<1
	R718	H_2O	-	0	<1
	R729	78% N_2 , 21% O_2 , 1%Ar	-	0	0
	R744	CO_2	>50	0	1

ODP ozone depletion potential เป็นดัชนีวัดผลกระทบต่อโอโซน

GWP global warming potential เป็นดัชนีวัดผลกระทบต่อโลกร้อนตัวเลขยิ่งน้อยยิ่ง

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.26



รูปที่ 2.36 ระบบละลายน้ำแข็งด้วยก๊าซร้อน

	สาขาวิชา : ช่างไฟฟ้ากำลัง	ใบวัตถุประสงค์			
	ชื่อวิชา : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม	รหัสวิชา	3104-2301		
	เรื่อง : เครื่องทำความเย็นอุตสาหกรรม	หน่วยที่ : 2			
หลังจากจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาสามารถที่จะ....					
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม			ISL		
			R	A	T
1. บอกหน้าที่ Contactor ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 2. บอกหน้าที่ Over load relay ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 3. อธิบายหลักการทำงาน Over load relay ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 4. บอกหน้าที่ Timer relay ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 5. บอกหน้าที่ของ FREEZSTART ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 6. อธิบายหลักการทำงานของ FREEZSTART ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 7. บอกหน้าที่ของ Flow Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 8. อธิบายหลักการทำงานของ Flow Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 9. บอกหน้าที่ของ High Pressure Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 10. อธิบายหลักการทำงานของ High Pressure Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 11. บอกหน้าที่ของ Low Pressure Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 12. อธิบายหลักการทำงานของ Low Pressure Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นได้ 13. อธิบายสภาวะการทำงานระบบเครื่องทำความเย็นในภาวะการณ์ต่าง ๆ ได้			√		
			√		
				√	
			√		
				√	
			√		
				√	
			√		
				√	
			√		
				√	
					√

IS : ระดับทางสติปัญญา

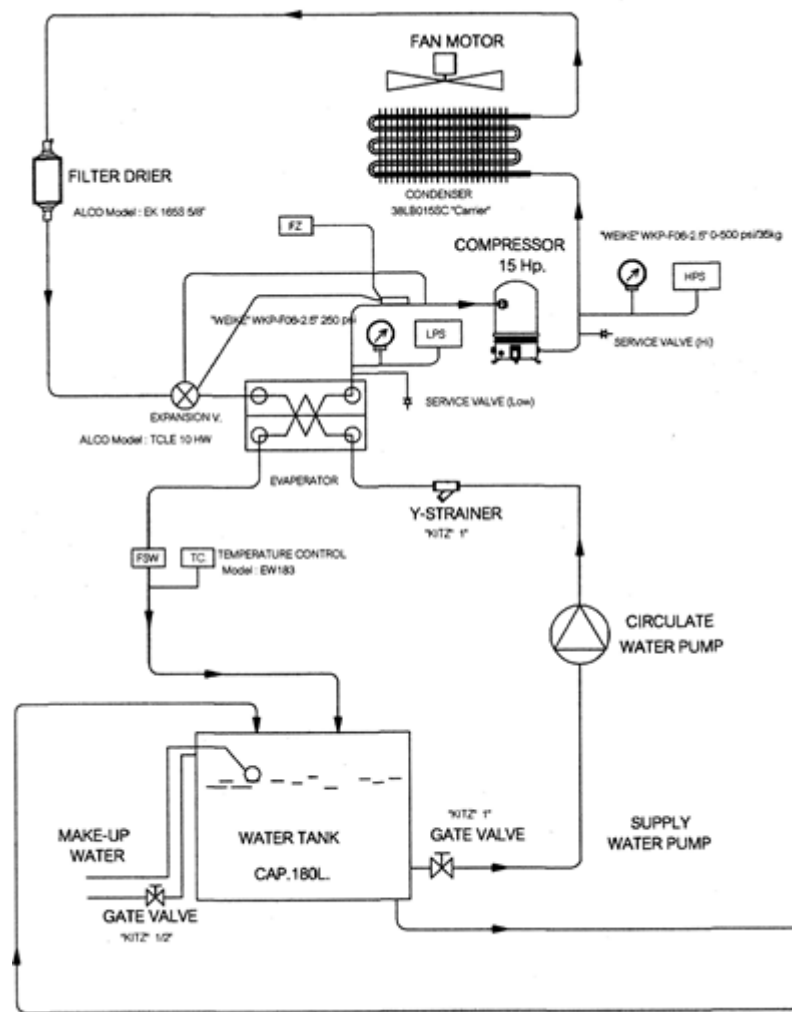
R : พื้นความรู้

A : ประยุกต์ความรู้

T : ส่งถ่ายความรู้

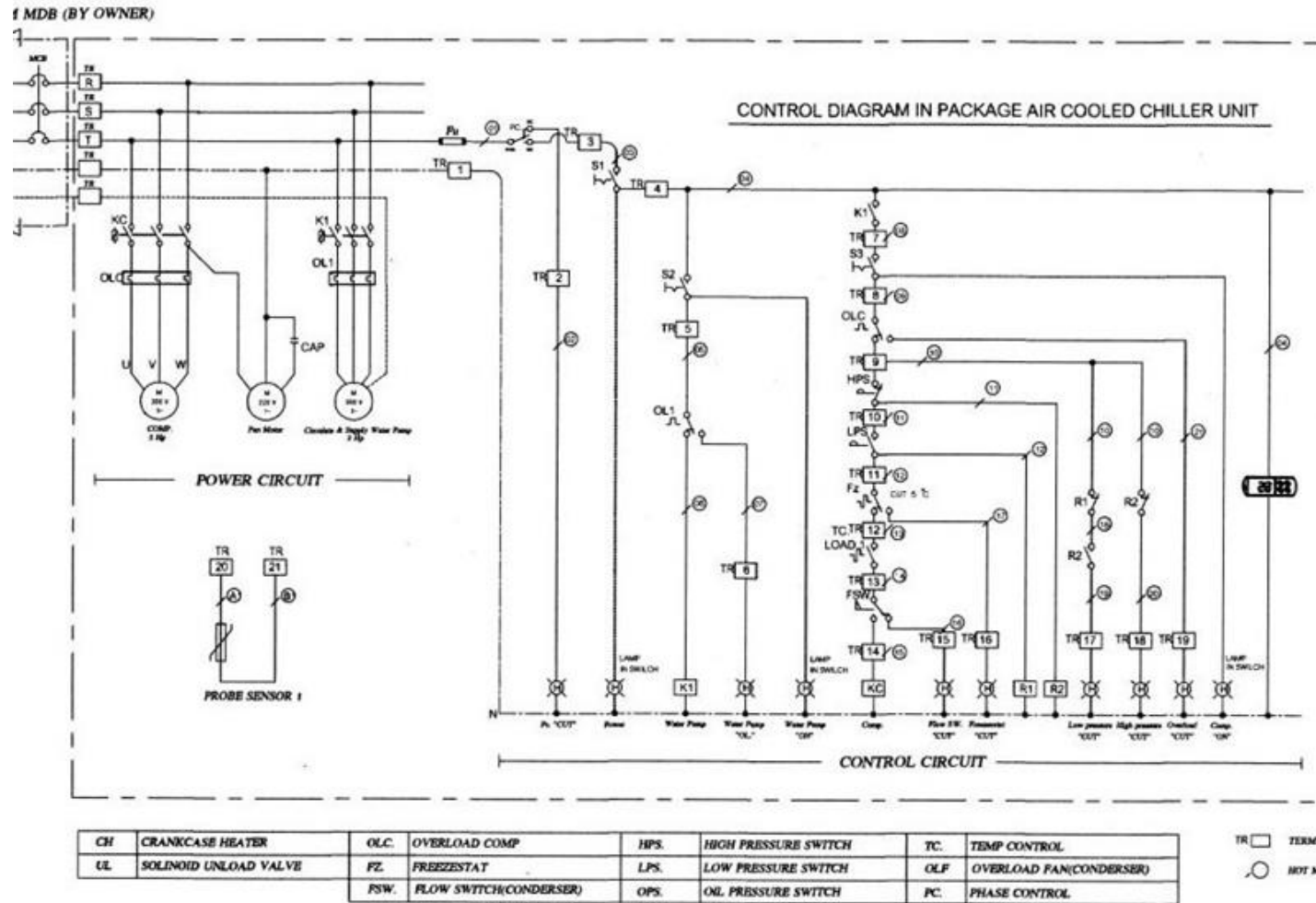
สื่อการเรียนการสอน

สไลด์คอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรทางกลเครื่องทำความเย็น

สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.28



รูปที่ 2.26 ระบบควบคุมไฟฟ้า (Electric Control)

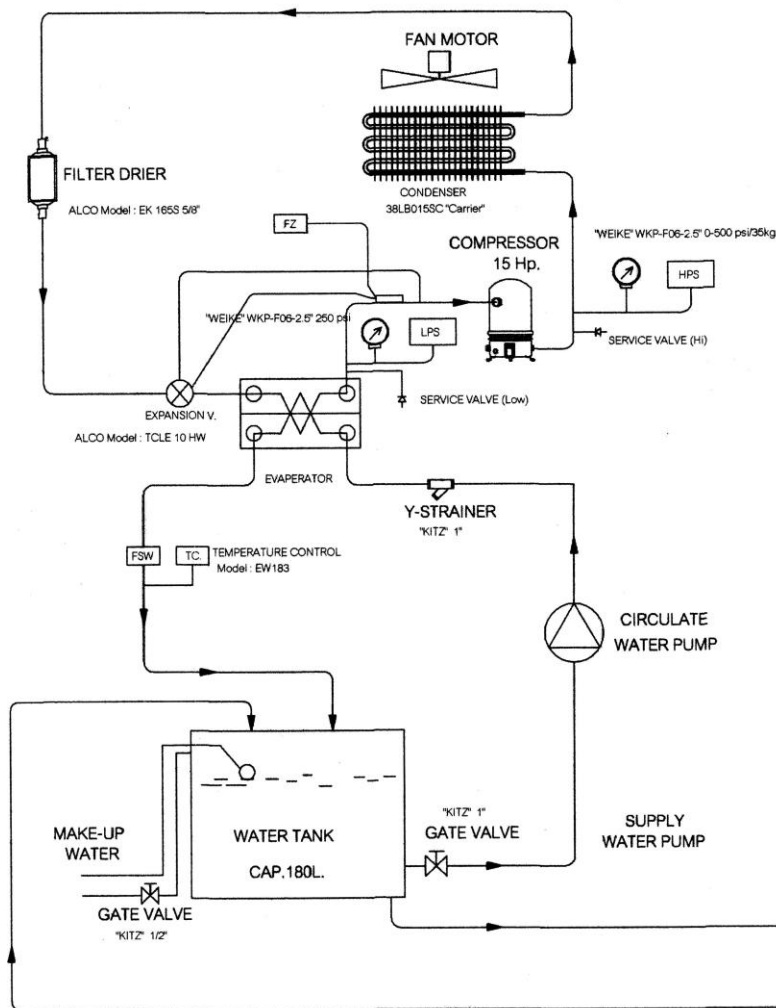
สไลด์คอมพิวเตอร์ แผ่นที่ 2.29

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

วัตถุประสงค์		1-8																							
เวลา (นาที)		10			5	30								10				5	15						
Pre-Test																									
ขั้นสนใจปัญหา (M)																									
Information	บรรยาย																								
	ถามตอบ																								
	สาริต																								
Application	แบบฝึกหัด																								
	แบบทดสอบ																								
	ใบสั่งงาน																								
Progress	ใบประเมินผล																								
ระดับกิจกรรม ผู้เรียน	สูง																								
	ปานกลาง																								
	ต่ำ																								
Midia	ใบเนื้อหา																								
	ชุดทดลอง																								
	สไลด์คอมพิวเตอร์																								
Post-Test																									

ใบเนื้อหา
อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น

อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น

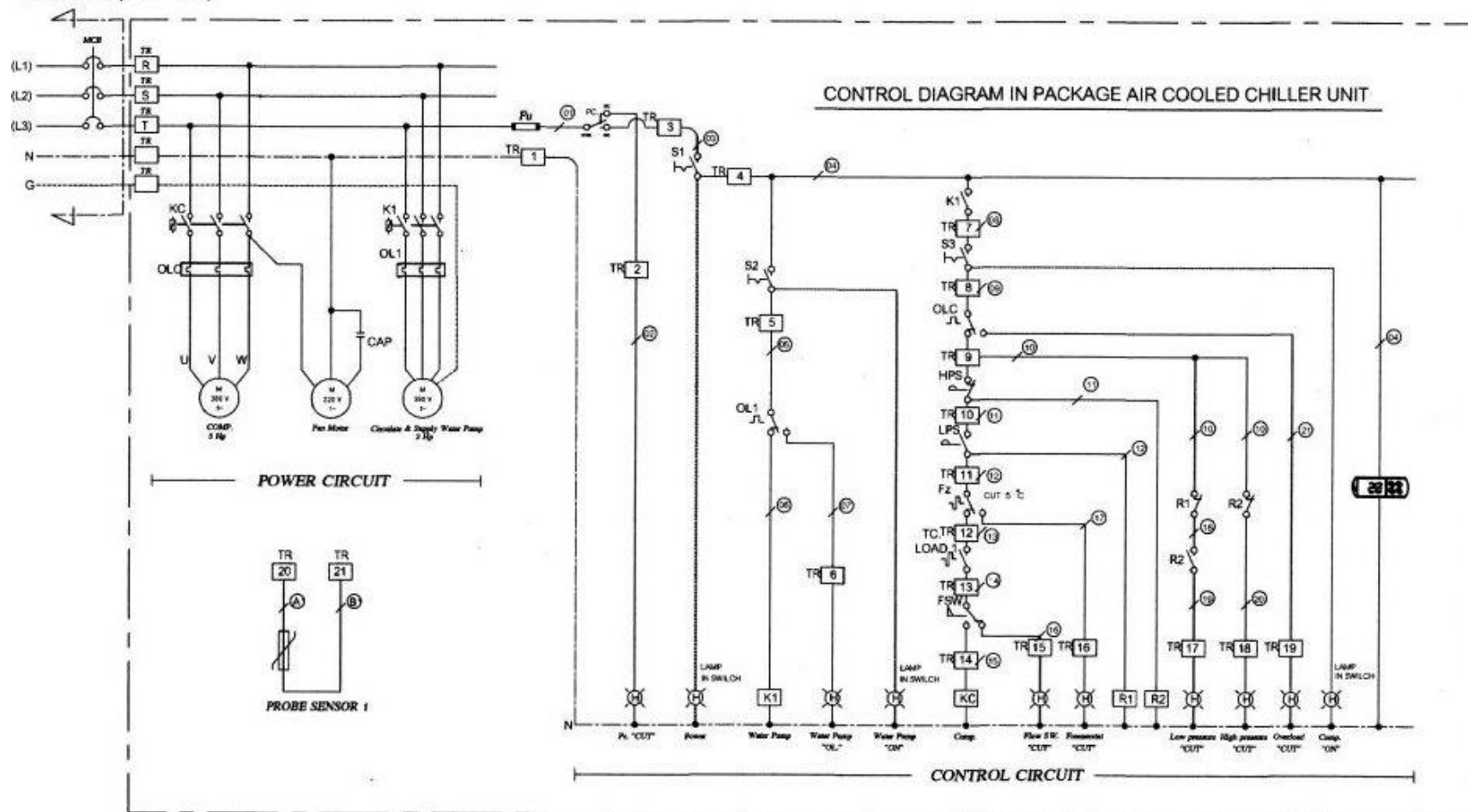


รูปที่ 2.39 แสดงวงจรทางกลเครื่องทำความเย็น

ตารางที่ 1 แสดงสถานการณ์ทำงานของระบบทำความเย็นในภาวะการณ์ต่าง ๆ

ภาวะ	การทำงานของระบบ	คอมเพรสเซอร์	พัดลมคอยล์ร้อน	พัดลมคอยล์เย็น	วาล์วไฟฟ้า
1	ปกติ	- เปิด	เปิด	เปิด	เปิด
2	อุณหภูมิห้องถึง	- ปิดทันที	ปิดเมื่อคอม ฯ หยุด	เปิดหรือปิด	ปิด
3	อุณหภูมิห้องถึงระบบ จะ Pump Down	- ปิดโดยอุปกรณ์ ป้องกันความดันต่ำ	ปิดเมื่อคอม ฯ หยุด	เปิด หรือ ปิด	ปิดทันที
4	เริ่มมีการละลาย น้ำแข็งด้วยไฟฟ้า	- ปิดทันทีหรือ ปิดโดยอุปกรณ์ ป้องกันความดันต่ำ	หยุดเมื่อคอม ฯ หยุด	ปิดทันที	ปิดทันที
5	หลังจากการละลาย น้ำแข็งสิ้นสุด	- เปิดทันที หรือเปิดเมื่อ ความดันต่ำสุดเพิ่มขึ้น	เปิด	เปิดหลังวาล์ว ไฟฟ้าเปิด	เปิดก่อนพัดลม คอยล์เย็น ทำงาน

FROM MDB (BY OWNER)



CH	CRANKCASE HEATER	OLC	OVERLOAD COMP	HPS	HIGH PRESSURE SWITCH	TC	TEMP CONTROL
UL	SOLINOID UNLOAD VALVE	FZ	FREEZESTAT	LPS	LOW PRESSURE SWITCH	OLF	OVERLOAD FAN(CONDERSER)
		FSW	FLOW SWITCH(CONDERSER)	OPS	OIL PRESSURE SWITCH	PC	PHASE CONTROL

TR □ TERMINAL BOX
○ HOT MARK

รูปที่ 2.40 ระบบควบคุมไฟฟ้า (Electric Control)

แบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบหลังเรียน

1. Contactor ในระบบเครื่องทำความเย็น มีหน้าที่อะไร
 - ก. เปิด-ปิดไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์
 - ข. ตัดระบบไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร
 - ค. ป้องกันกระแสไฟฟ้ามอเตอร์สูงผิดปกติ
 - ง. ตั้งเวลาการทำงานอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า
 2. Over load relay ในระบบเครื่องทำความเย็น มีหน้าที่อะไร
 - ก. ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงผิดปกติ
 - ข. ป้องกันกระแสไฟฟ้าสูงผิดปกติ
 - ค. ป้องกันระบบไฟฟ้าลัดวงจร
 - ง. ป้องกันแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ
 3. ข้อใดคือหลักการทำงานของ Over load relay ในระบบเครื่องทำความเย็น
 - ก. ตัดเมื่อกระแสไฟฟ้ามอเตอร์สูงผิดปกติ
 - ข. ตัดเมื่ออุณหภูมิที่ต้องการต่ำกว่าปกติ
 - ค. ตัดเมื่ออุณหภูมิที่ต้องการต่ำกว่าปกติ
 - ง. ตัดเมื่ออุณหภูมิที่ต้องการสูงกว่าปกติ
 4. Timer relay ในระบบเครื่องทำความเย็น มีหน้าที่อะไร
 - ก. เปิด-ปิด ระบบไฟฟ้า
 - ข. ป้องกันกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป
 - ค. ตัดระบบไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร
 - ง. ตั้งเวลาการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า
 5. FREEZSTART ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่อะไร
 - ก. ควบคุมอุณหภูมิชุดคอยล์เย็น
 - ข. ควบคุมอุณหภูมิชุดคอยล์ร้อน
 - ค. ควบคุมความดันสารทำความเย็น
 - ง. ควบคุมอัตราการไหลสารทำความเย็น
 6. ข้อใดคือหลักการทำงานของ FREEZSTART ในระบบเครื่องทำความเย็น
 - ก. ต่อไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้
 - ข. ต่อไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 - ค. ตัดไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 - ง. ข้อ ก และ ค ถูก
 7. Flow Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่อะไร
 - ก. ควบคุมความดันของเหลว
 - ข. ควบคุมอุณหภูมิของเหลว
 - ค. ควบคุมอัตราการไหลของเหลว
 - ง. ตั้งเวลาการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า
 8. ข้อใดคือหลักการทำงานของ Flow Switch ในระบบเครื่องทำความเย็น
 - ก. ตัดไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลสูงกว่าที่ตั้งไว้
 - ข. ต่อไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 - ค. ตัดไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 - ง. ต่อไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลสูงกว่าที่ตั้งไว้
 9. ข้อใดคือหลักการทำงานของ High Pressure Switch ในระบบเครื่องทำความเย็น
 - ก. ตัดไฟฟ้าเมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้
 - ข. ต่อไฟฟ้าเมื่อความดันต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 - ค. ตัดไฟฟ้าเมื่อความดันต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 - ง. ต่อไฟฟ้าเมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้
 10. ระบบเครื่องทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ตั้งไว้ส่วนใดไม่จำเป็นต้องหยุดทำงานก็ได้
 - ก. คอมเพรสเซอร์
 - ข. พัดลมคอยล์ร้อน
 - ค. พัดลมคอยล์เย็น
 - ง. วาล์วไฟฟ้า

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

1. Contactor ในระบบเครื่องทำความเย็น มีหน้าที่อะไร
 ก. เปิด-ปิดไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์ ข. ตัดระบบไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร
 ค. ป้องกันกระแสไฟฟ้ามอเตอร์สูงผิดปกติ ง. ตั้งเวลาการทำงานอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า
 2. Over load relay ในระบบเครื่องทำความเย็น มีหน้าที่อะไร
 ก. ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงผิดปกติ ข. ป้องกันกระแสไฟฟ้าสูงผิดปกติ
 ค. ป้องกันระบบไฟฟ้าลัดวงจร ง. ป้องกันแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ
 3. ข้อใดคือหลักการทำงานของ Over load relay ในระบบเครื่องทำความเย็น
 ก. ตัดเมื่อกระแสไฟฟ้ามอเตอร์สูงผิดปกติ ข. ต่อเมื่ออุณหภูมิที่ต้องการต่ำกว่าปกติ
 ค. ตัดเมื่ออุณหภูมิที่ต้องการต่ำกว่าปกติ ง. ต่อเมื่ออุณหภูมิที่ต้องการสูงกว่าปกติ
 4. Timer relay ในระบบเครื่องทำความเย็น มีหน้าที่อะไร
 ก. เปิด-ปิด ระบบไฟฟ้า ข. ป้องกันกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป
 ค. ตัดระบบไฟฟ้าเมื่อลัดวงจร ง. ตั้งเวลาการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า
 5. FREEZSTART ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่อะไร
 ก. ควบคุมอุณหภูมิชุดคอยล์เย็น ข. ควบคุมอุณหภูมิชุดคอยล์ร้อน
 ค. ควบคุมความดันสารทำความเย็น ง. ควบคุมอัตราการไหลสารทำความเย็น
 6. ข้อใดคือหลักการทำงานของ FREEZSTART ในระบบเครื่องทำความเย็น
 ก. ต่อไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้ ข. ต่อไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 ค. ตัดไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้ ง. ข้อ ก และ ค ถูก
 7. Flow Switch ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่อะไร
 ก. ควบคุมความดันของเหลว ข. ควบคุมอุณหภูมิของเหลว
 ค. ควบคุมอัตราการไหลของเหลว ง. ตั้งเวลาการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า
 8. ข้อใดคือหลักการทำงานของ Flow Switch ในระบบเครื่องทำความเย็น
 ก. ตัดไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลสูงกว่าที่ตั้งไว้ ข. ต่อไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 ค. ตัดไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลต่ำกว่าที่ตั้งไว้ ง. ต่อไฟฟ้าเมื่ออัตราการไหลสูงกว่าที่ตั้งไว้
 9. ข้อใดคือหลักการทำงานของ High Pressure Switch ในระบบเครื่องทำความเย็น
 ก. ตัดไฟฟ้าเมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้ ข. ต่อไฟฟ้าเมื่อความดันต่ำกว่าที่ตั้งไว้
 ค. ตัดไฟฟ้าเมื่อความดันต่ำกว่าที่ตั้งไว้ ง. ต่อไฟฟ้าเมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้
 10. ระบบเครื่องทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ตั้งไว้ส่วนใดไม่จำเป็นต้องหยุดทำงานก็ได้
 ก. คอมเพรสเซอร์ ข. พัดลมคอยล์ร้อน
 ค. พัดลมคอยล์เย็น ง. วาล์วไฟฟ้า