ระบบทำความเย็น และการดูแลรักษาระบบ การรักษาอุณหภูมิ ในระหว่างการจัดเก็บในห้องเย็น และระหว่างการขนส่ง

รศ.ดร.ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ

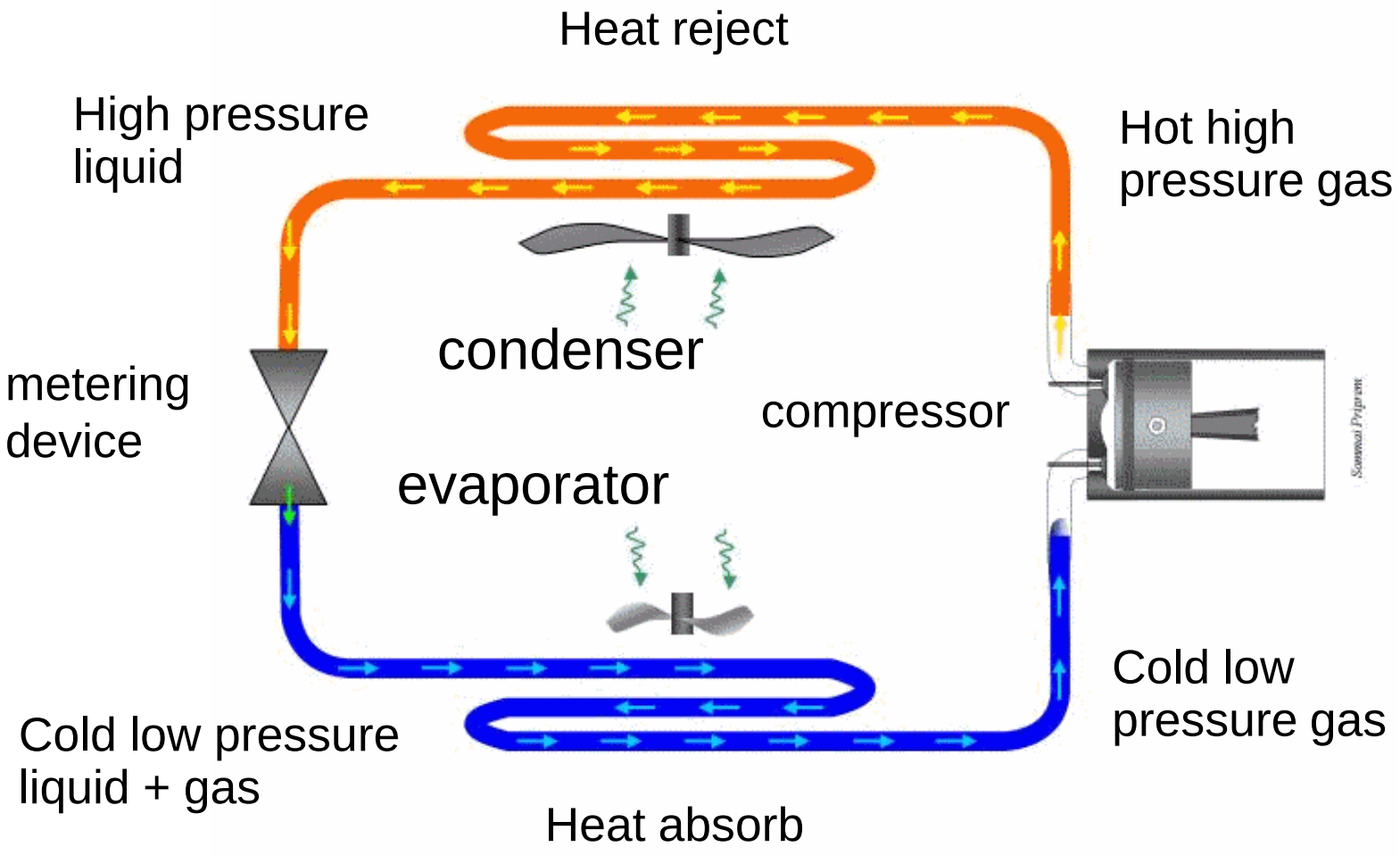
รองคณบดี fengpsw@ku.ac.th

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์

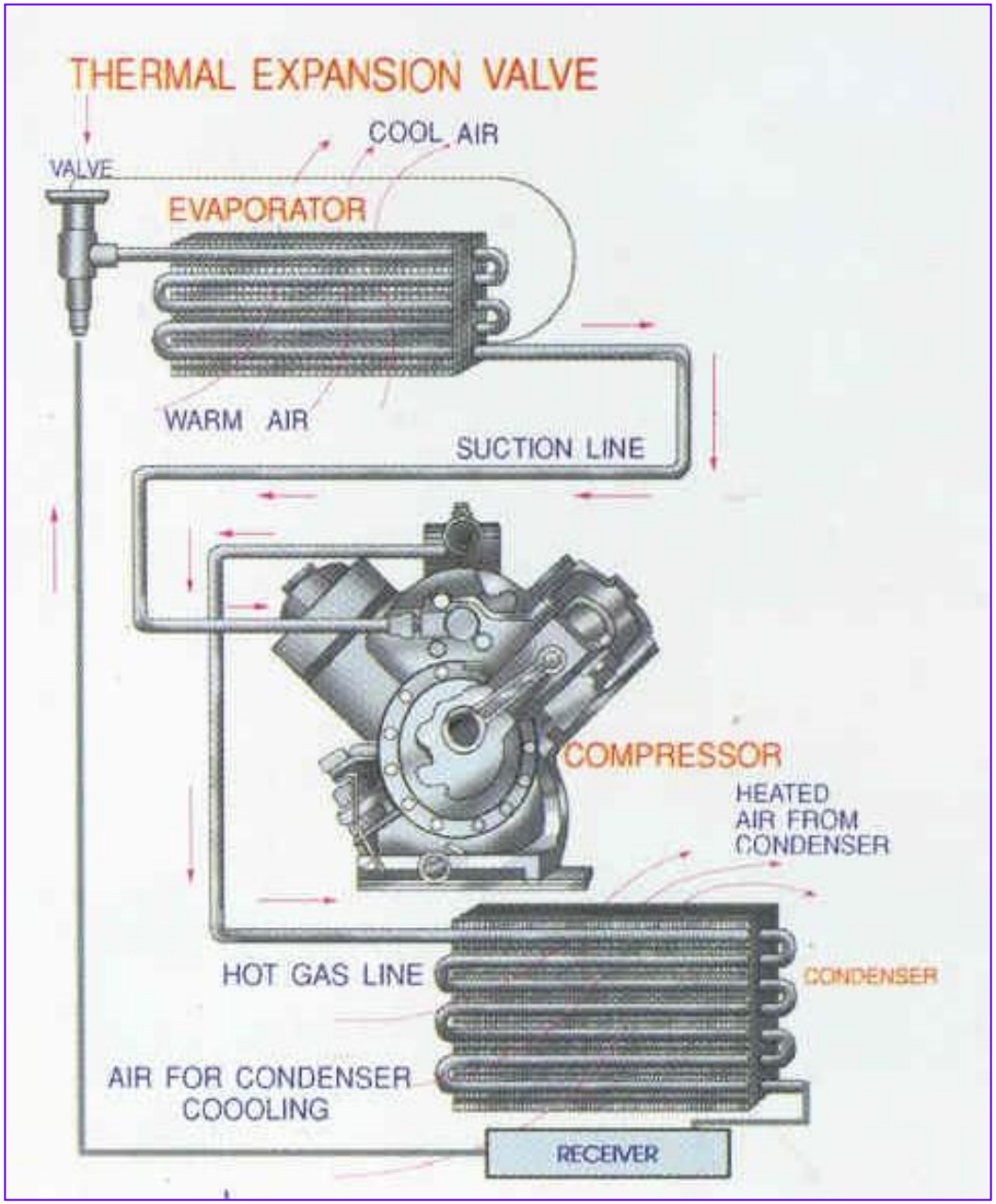
Outline การบรรยาย

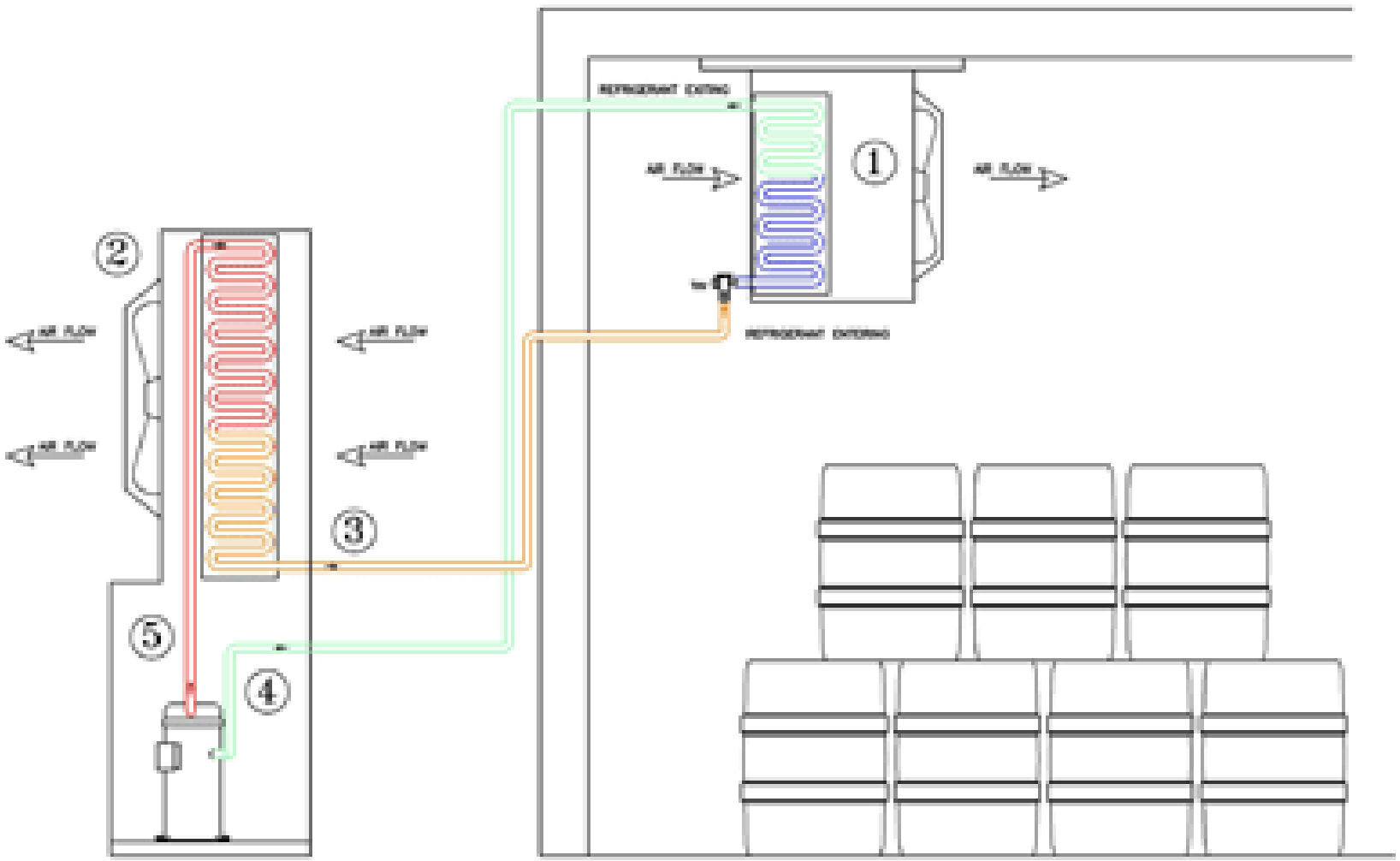
1. หลักการระบบทำความเย็น อุปกรณ์
2. น้ำยาระบบทำความเย็น
3. การบำรุงรักษาและประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น
4. Cold storage & Refrigerated truck
5. ระบบ Defrost
6. การเลือก TXV valve และการควบคุมอุณหภูมิ

Refrigeration Principle

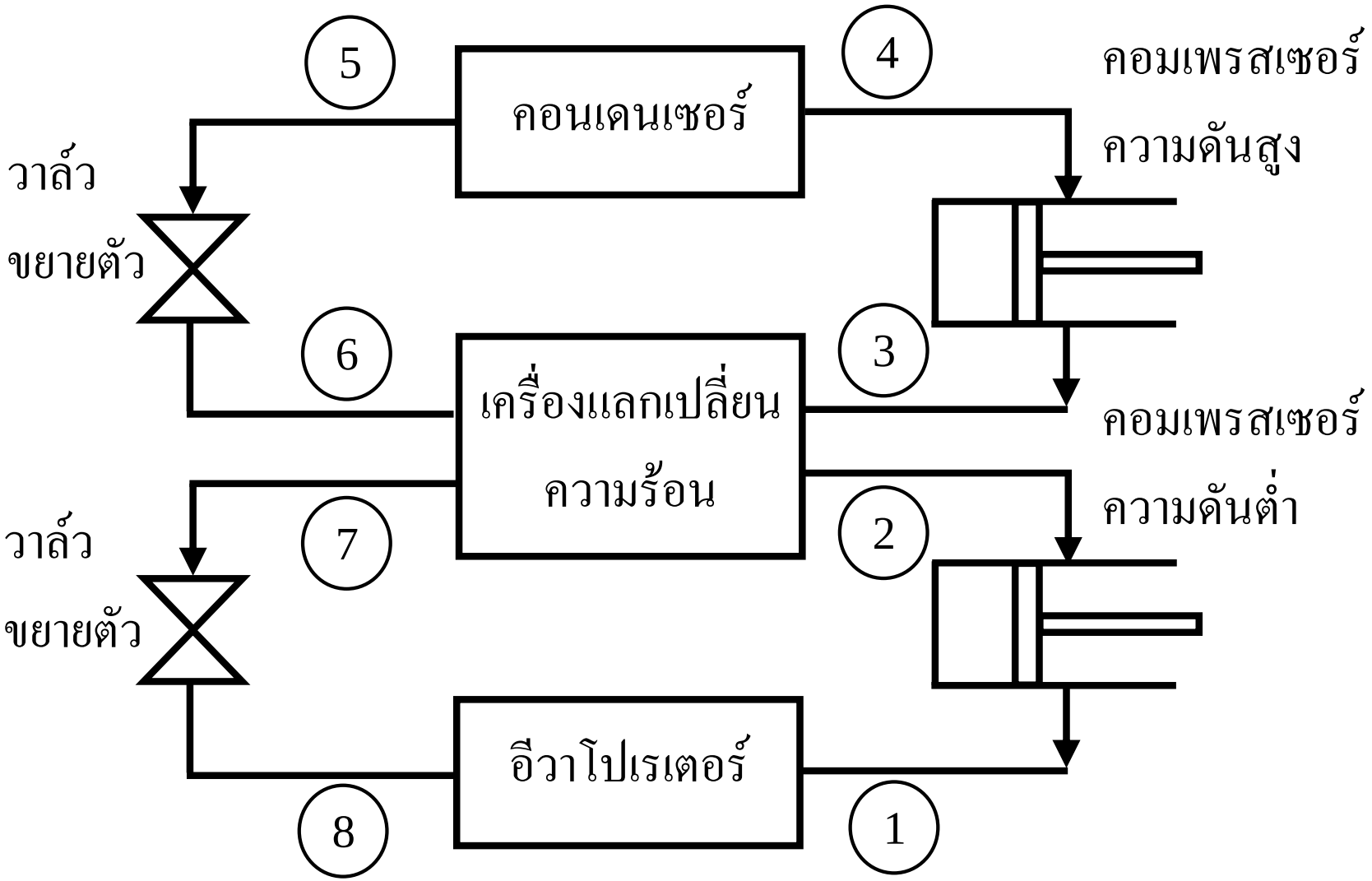


Refrigeration Principle




REFRIGERANT EXITING
AIR FLOW
AIR FLOW
1
REFRIGERANT ENTERING
AIR FLOW
AIR FLOW
AIR FLOW
AIR FLOW
2
3
4
5

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ 2 ชั้น (2 stage vapour compressor)



Evaporator

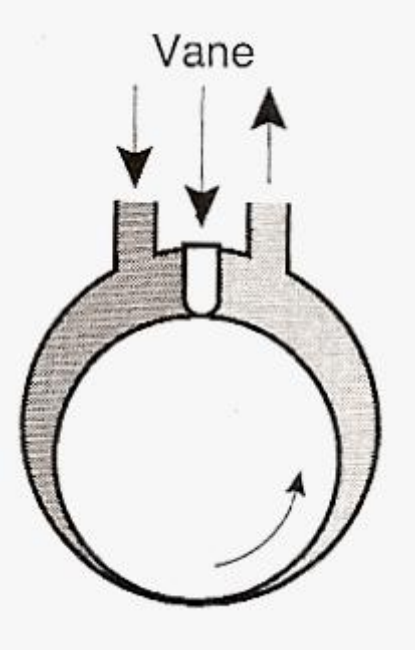
- The evaporator must be cooler than the space temperature.
- The evaporator operates at a temperature below the dew point temperature, so it causes moisture in the air – humidity – to condense out of the air.

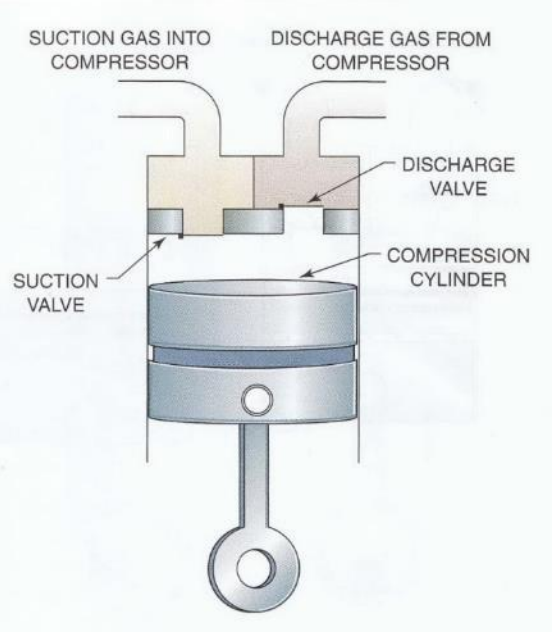
Condenser

- The component is responsible for rejecting heat from the system.
- The heat come from the space that is being cooled and from the heat generated during the compression process.
- The condensing medium, which is usually air for split type system, must be at a lower temperature than the refrigerant to allow heat transfer to occur

Compressor type for small and medium scale

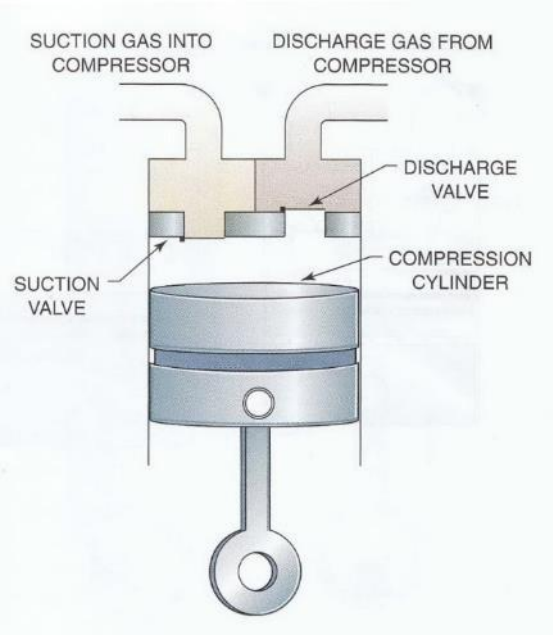
1. Rotary
2. Scroll
3. Reciprocating, Piston

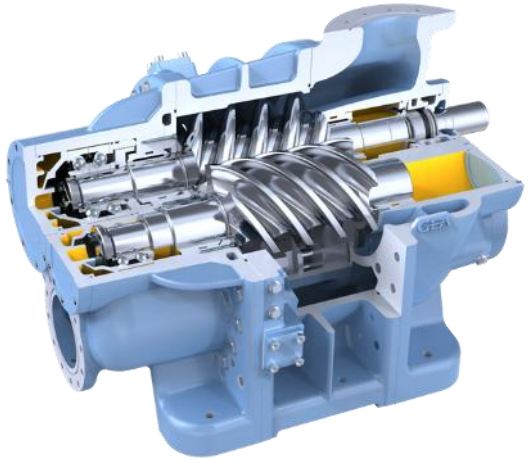


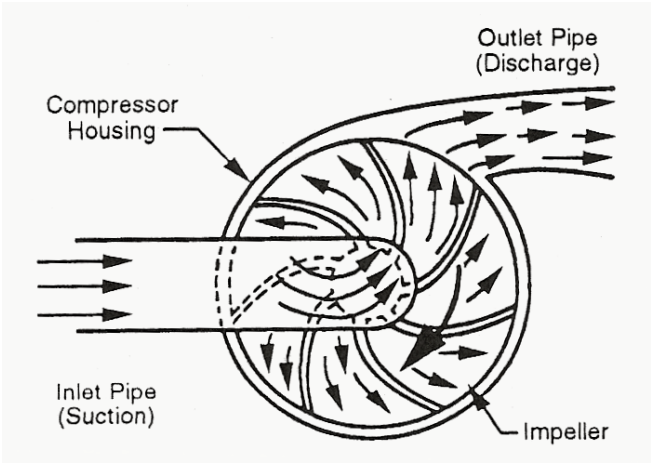


Compressor type for large scale

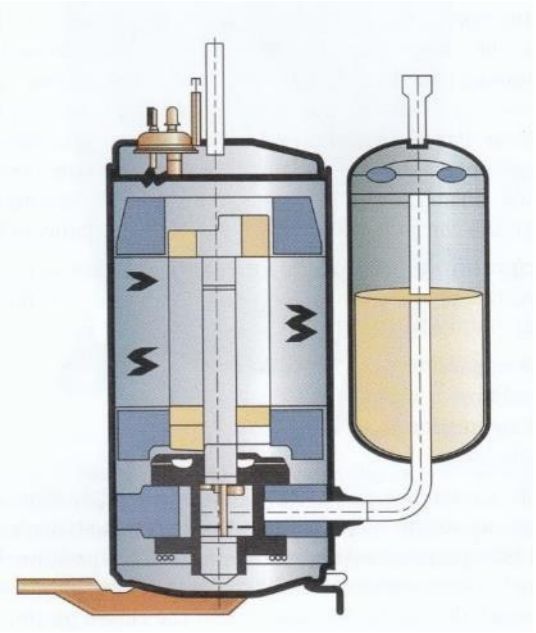
1. Piston
2. Screw
3. Centrifugal

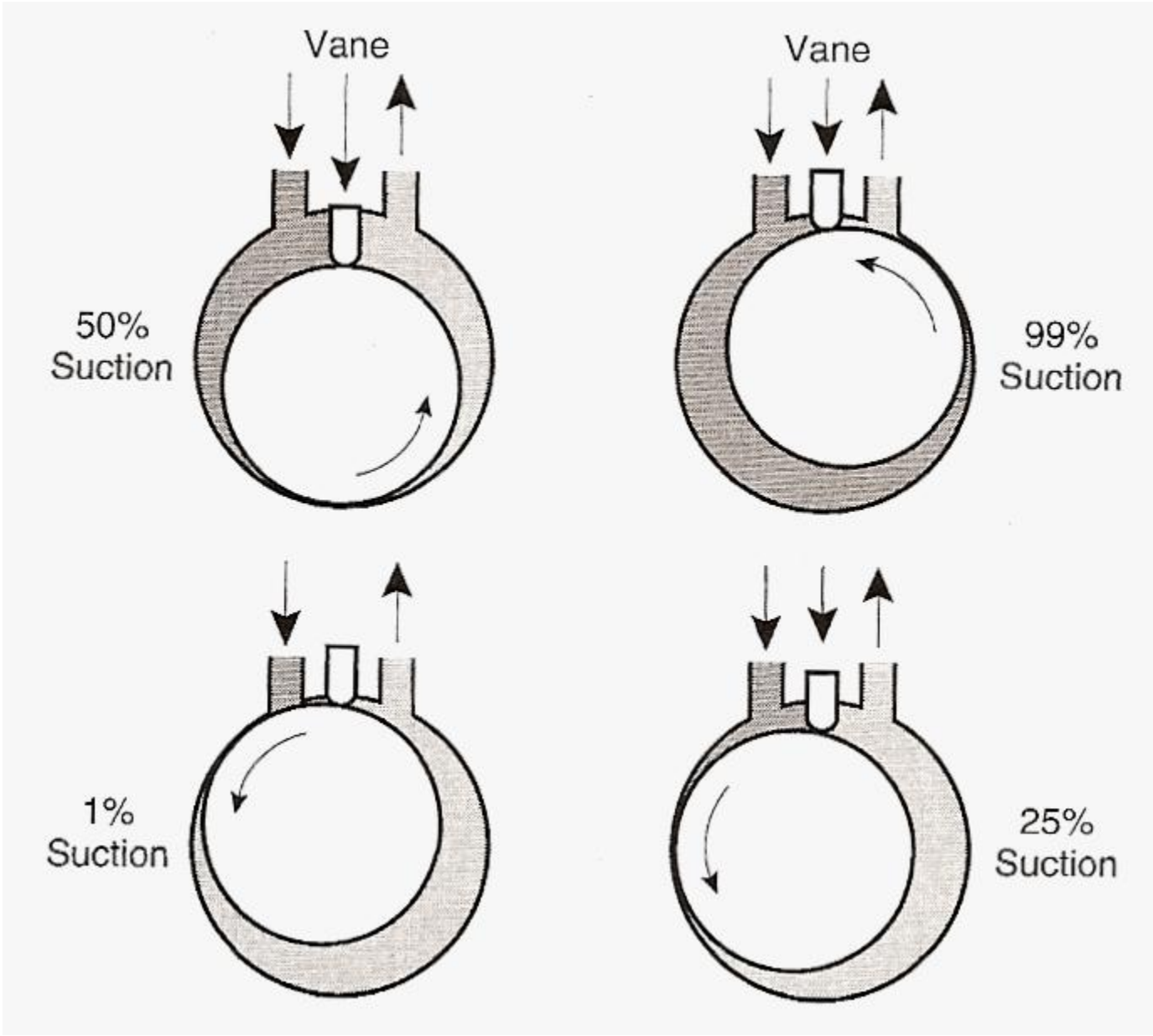






Rotary





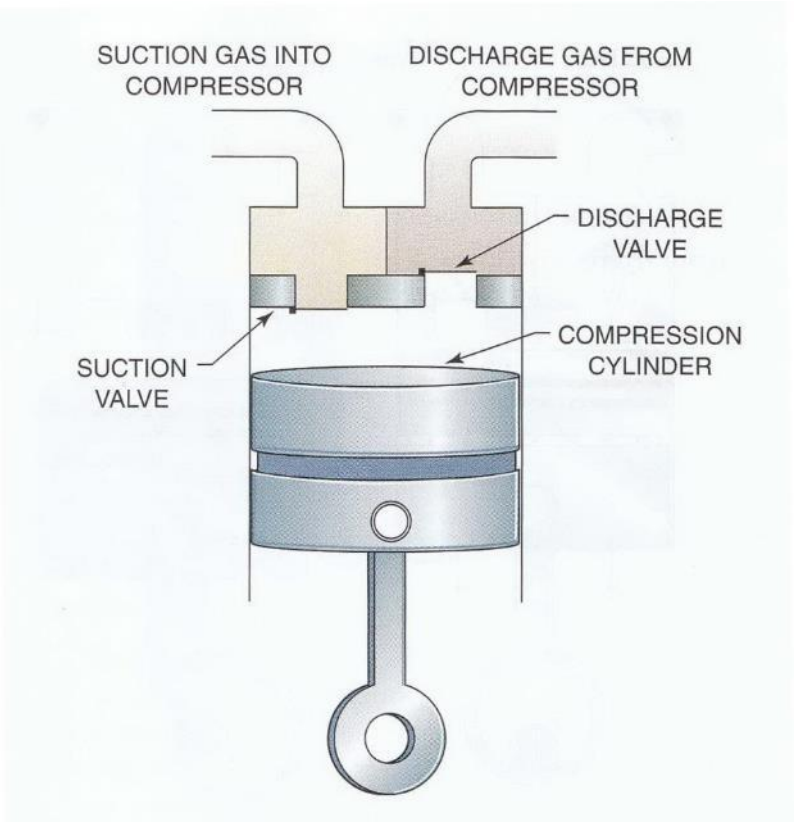
Scroll

Figure 2–12 **Scroll compressor.** *Courtesy of Copeland Corporation.*

Figure 2–13 **Two identical scrolls that form crescent-shaped pockets when nested together.** *Courtesy of Copeland Corporation.*

Piston

A reciprocating compressor uses pistons, cylinders, and valves to accomplish the compression of the refrigerant.



Metering device / Expansion device

- The component is responsible for reducing the pressure and temperature of the refrigerant in the system.
- Capillary tube / Thermostatic expansion valve

Figure 2–20 Capillary tube metering device.

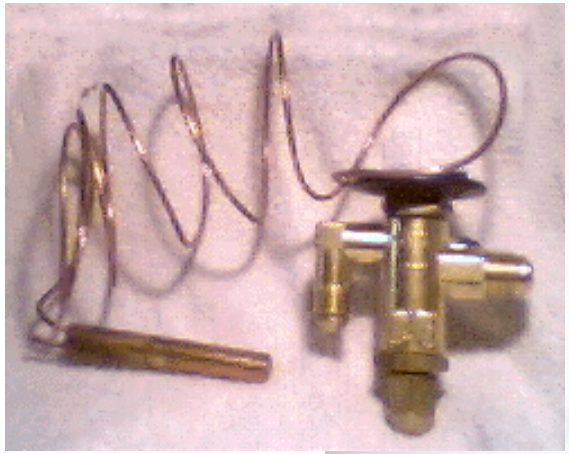
Capillary tube…fixed bore device…
cannot adjust the refrigerant flow

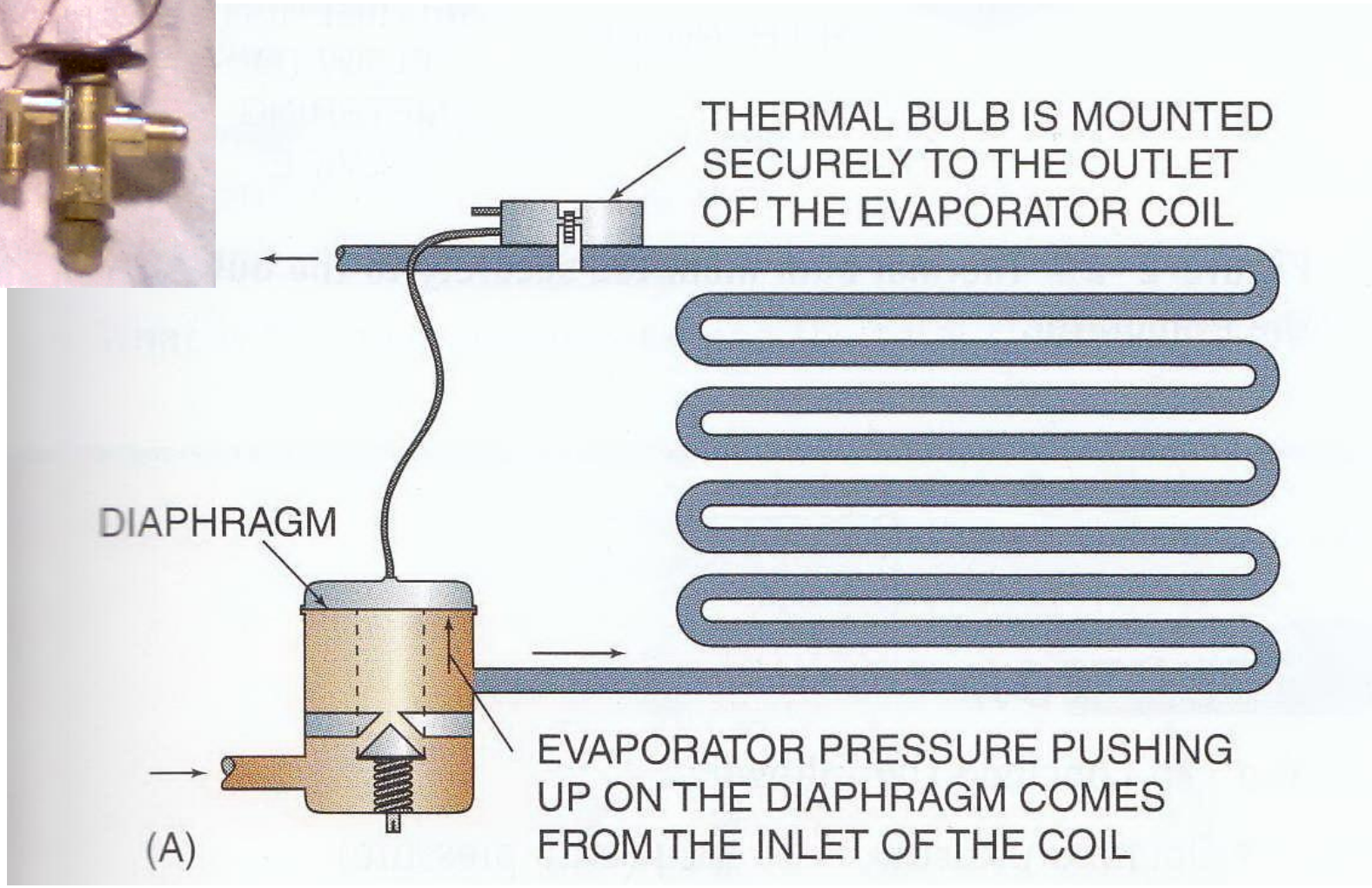
Thermostatic expansion valve (TXV)

- designed to maintain a constant evaporator pressure
- operates on a needle-and-seat concept

Figure 2–23 Thermostatic expansion valve. Courtesy of Emerson Climate Technologies Flow Controls.

Thermostatic expansion valve (TXV)





Metering device / Expansion device

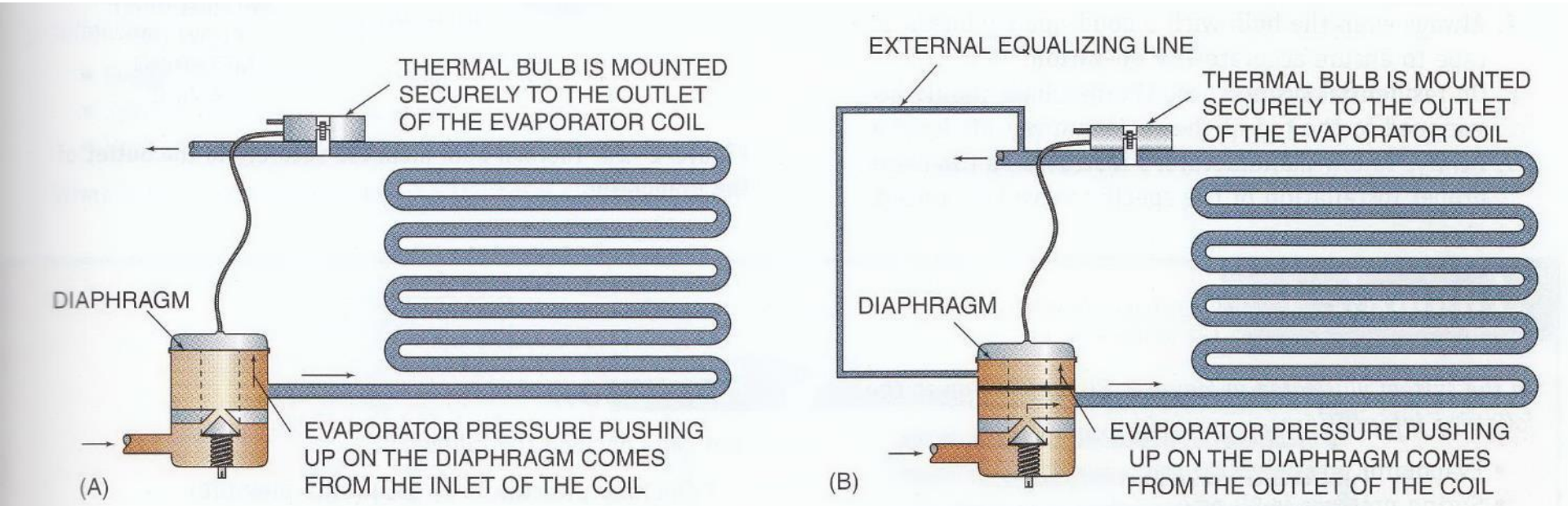
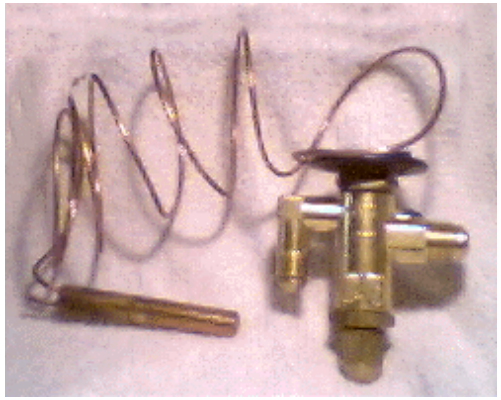


Figure 2–26 (A) An internally equalized TEV. The valve senses the evaporator pressure from the inlet of the coil. (B) An externally equalized TEV. The valve senses the evaporator pressure from the outlet of the coil.

Metering device

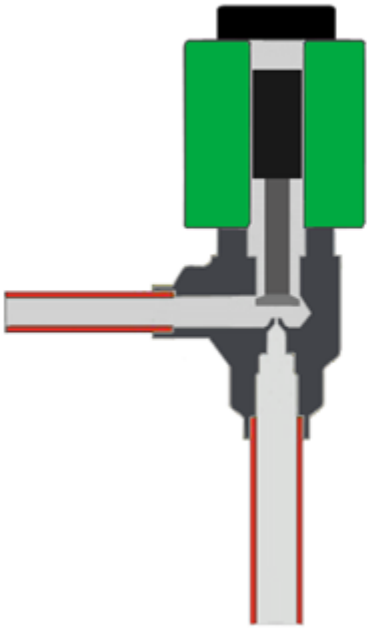
Mechanic expansion valve
Capillary tube

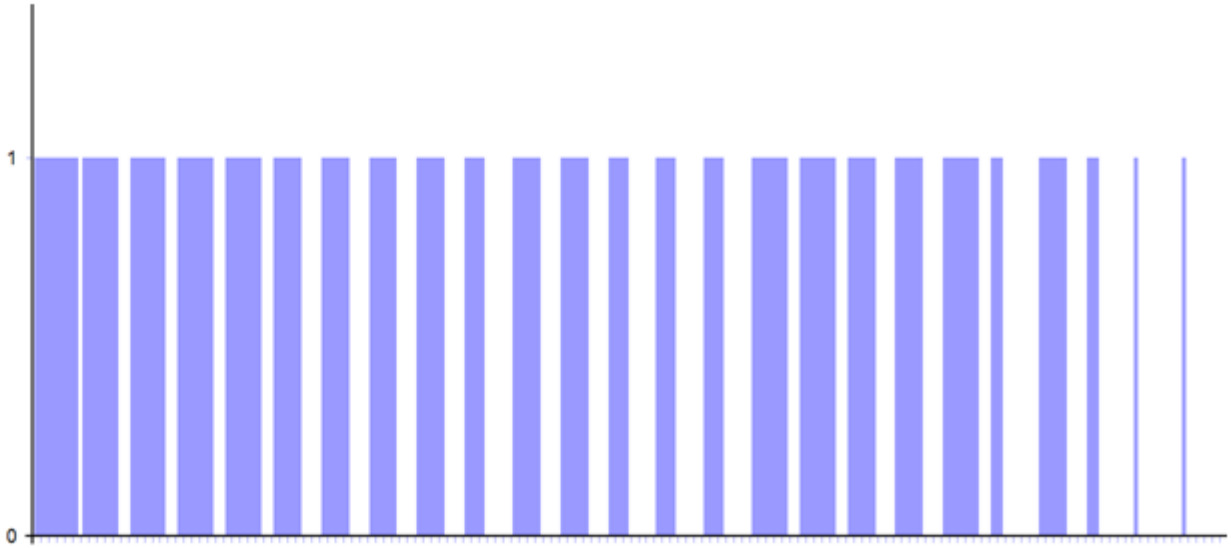
Electric expansion valve
PWM (Pulse-width modulation)



Mechanic expansion valve
Thermostatic expansion valve (TXV)

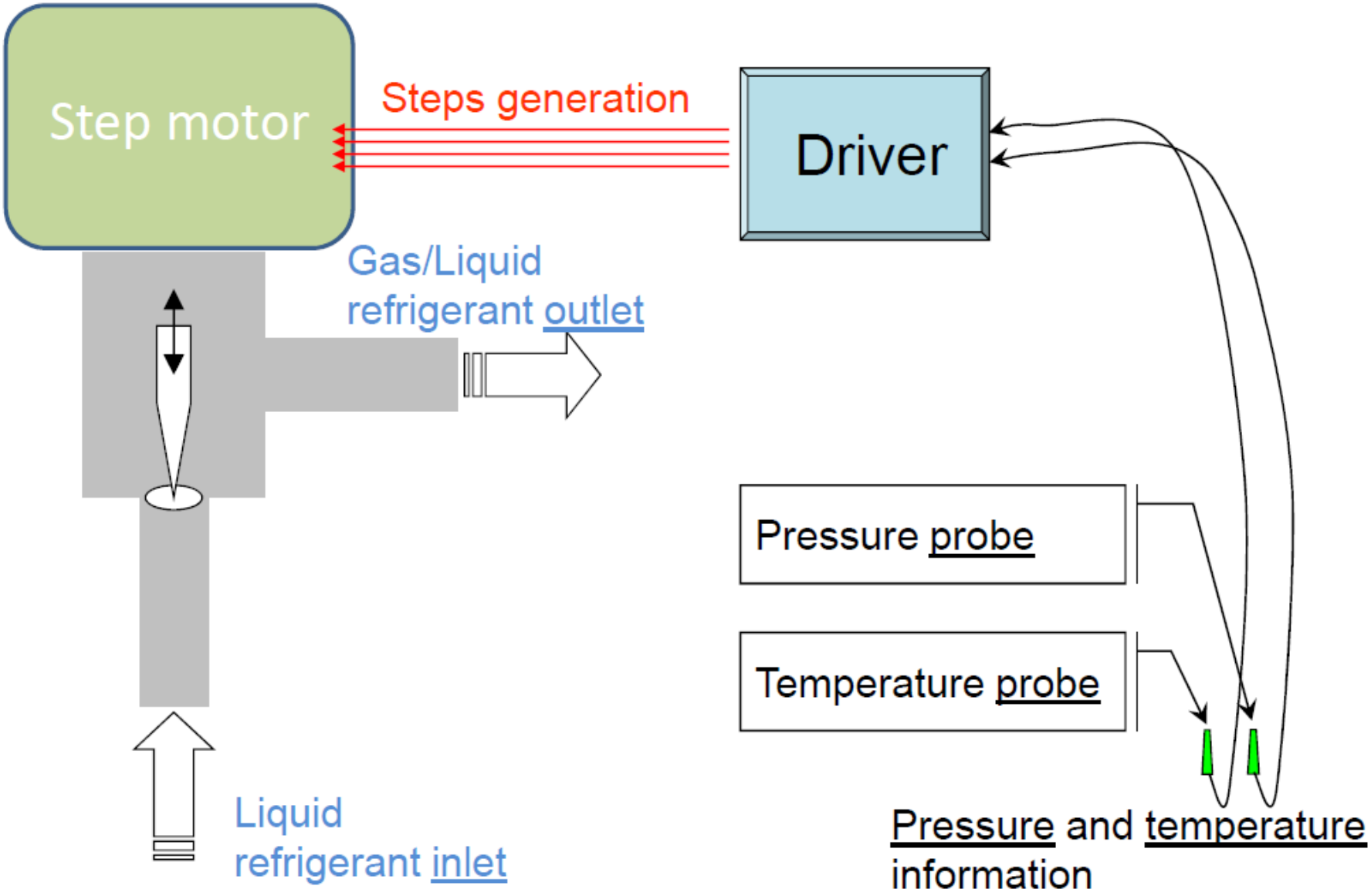
Electric expansion valve
Using stepper motor

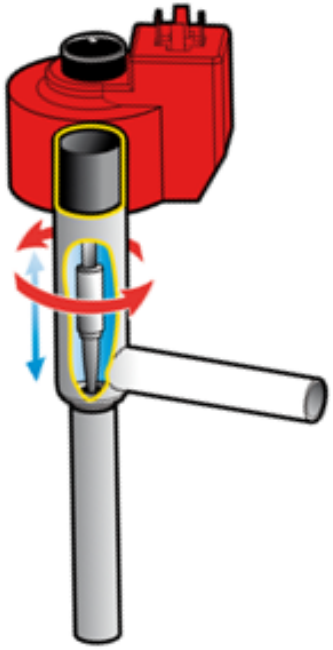


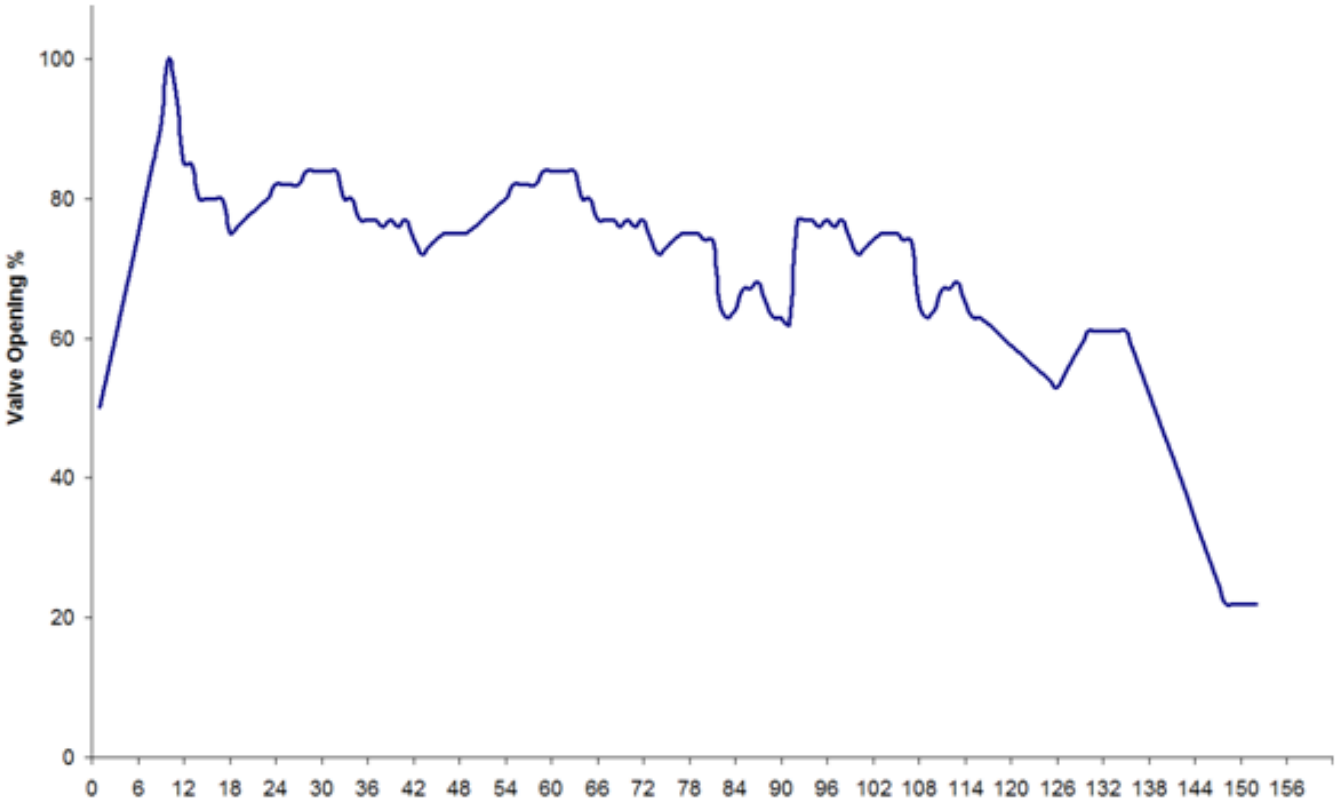


PWM : Electronic expansion valve with pulsing on-off actuator controlled by microprocessor via PWM (pulse width modulation)

EEV description







Electronic expansion valve with stepper motor managed by microprocessor controller

- Mechanical thermostatic expansion (TX) valves are low cost, but they do not fully utilise the evaporator surface area, and they require high liquid pressure/head pressure at all times.
- Electronic expansion valves provide better evaporator superheat control and more stable system control.
- Electronic expansion valves allow systems to run at lower liquid pressure, which reduces power consumption.
- A 5◦C reduction in condensing temperature can lead to a 15 per cent power saving.

Comparison

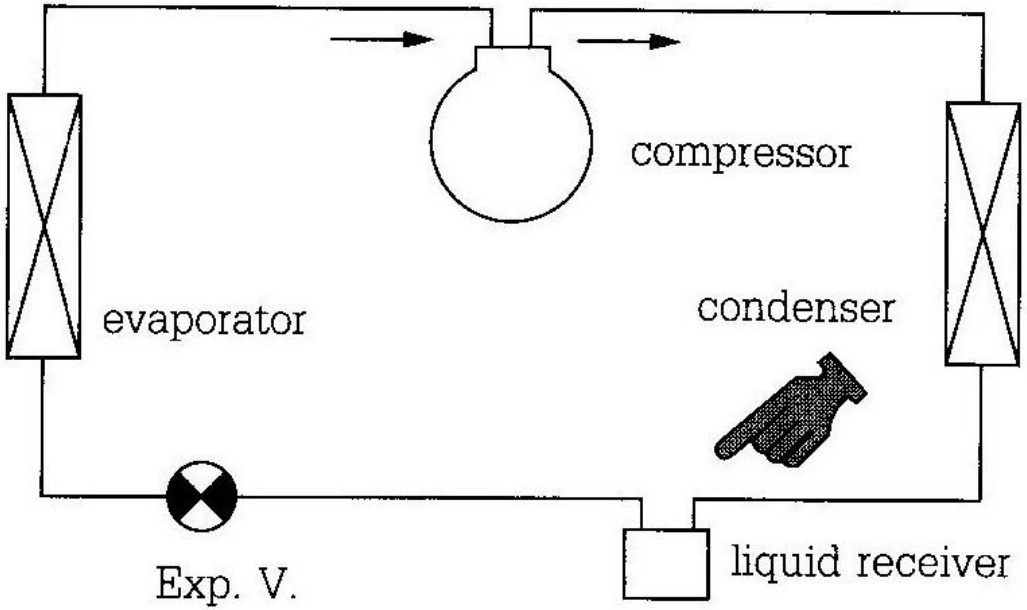
	TXV	EEV with PWM	EEV with stepper motor
Super heat control	Stable superheat only by proportional control	Instable superheat around the set point	Stable superheat
Approach to setpoint	Inability to maintain superheat as the thermodynamic condition change	Inability to maintain superheat as the thermodynamic condition change	Set point can be reached when thermodynamic conditions
Response time	Slow reaction to change in conditions	Slow reaction to change in conditions	Fast reaction to change in conditions

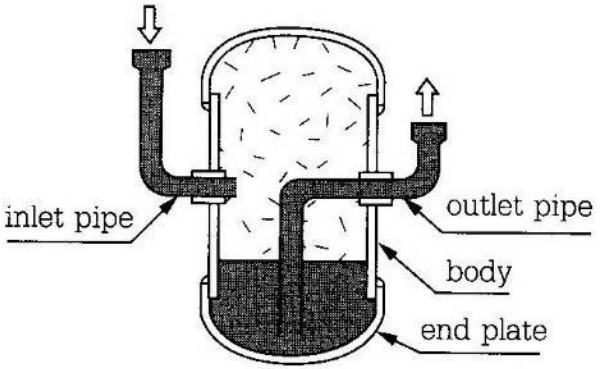
McQuay

อุปกรณ์ประกอบในระบบทำความเย็น

ถังพักสารทำความเย็นเหลว (liquid receiver)

- ❑ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่
- ❑ติดตั้งอยู่ที่ทางออกของ condenser
- ❑ทำหน้าที่รับน้ำยาเหลวที่ควบแน่นออกจาก condenser เพื่อส่งไปทำความเย็นในเครื่องระเหยได้ต่อเนื่องสม่ำเสมอ

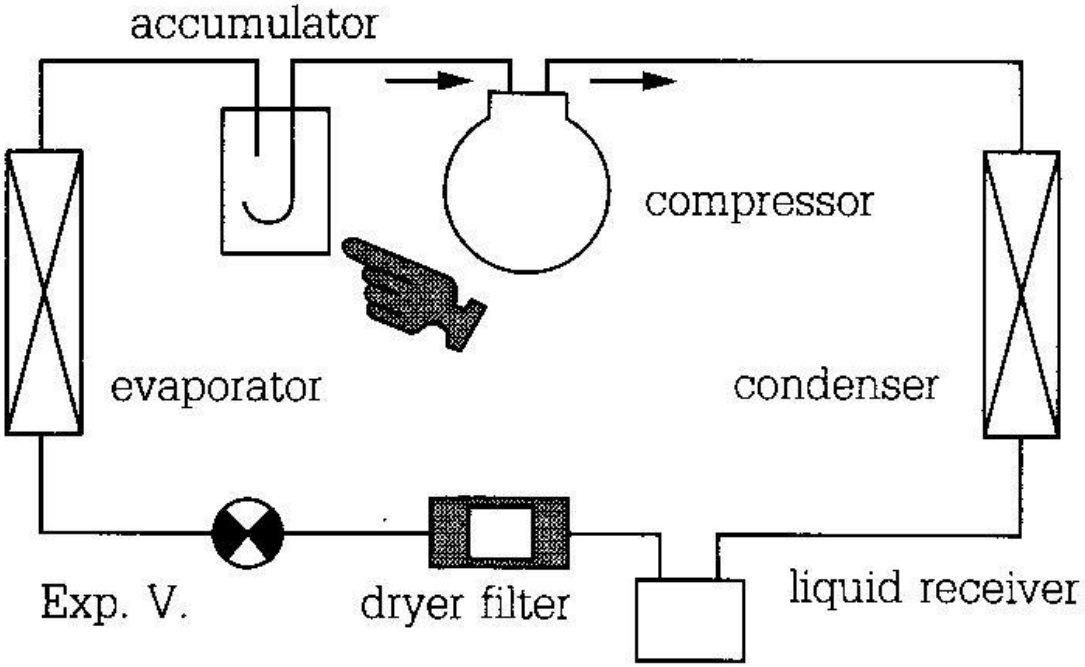


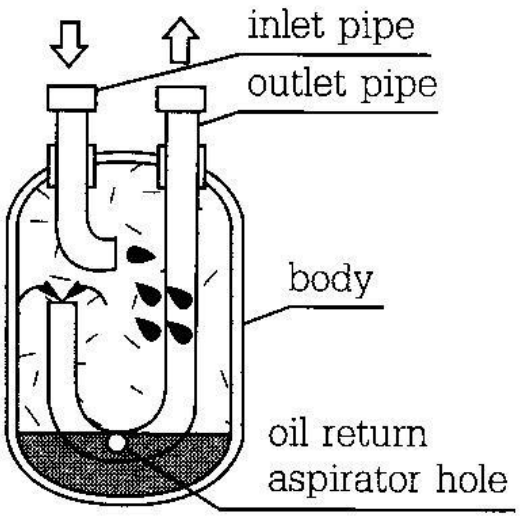


อุปกรณ์ประกอบในระบบทำความเย็น

อุปกรณ์แยกน้ำยาเหลว (accumulator)

- ติดตั้งระหว่าง evaporator และ compressor
- ทำหน้าที่ป้องกันของเหลวไหลเข้าสู่ compressor
- โดยน้ำยาที่ยังเดือดไม่หมดจาก evaporator จะตกลงด้านล่าง compressor จะดูดเฉพาะน้ำยาที่เป็นไอจากด้านบน

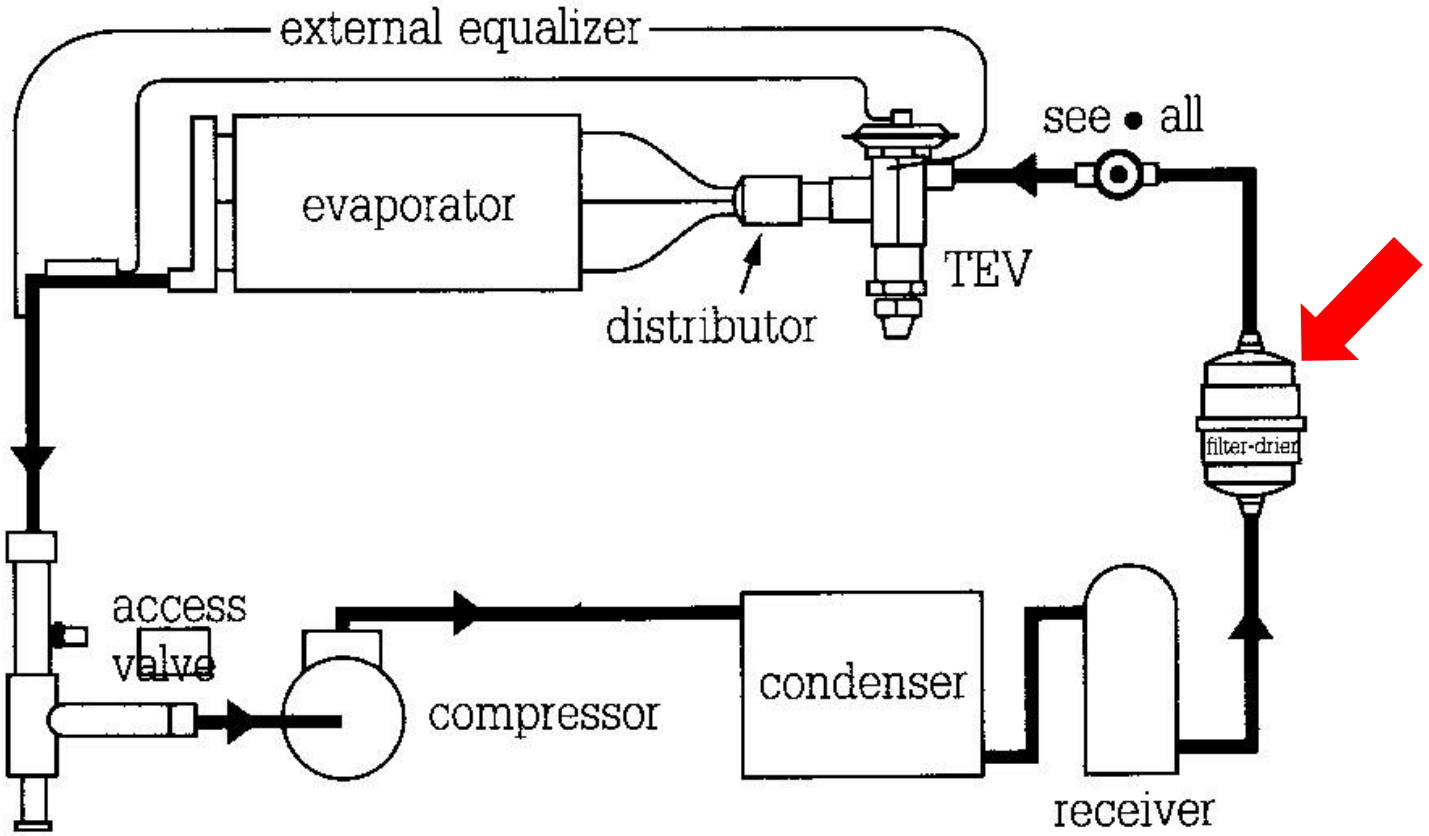




อุปกรณ์ประกอบในระบบทำความเย็น

อุปกรณ์กรองและเก็บความชื้น (filter-drier)

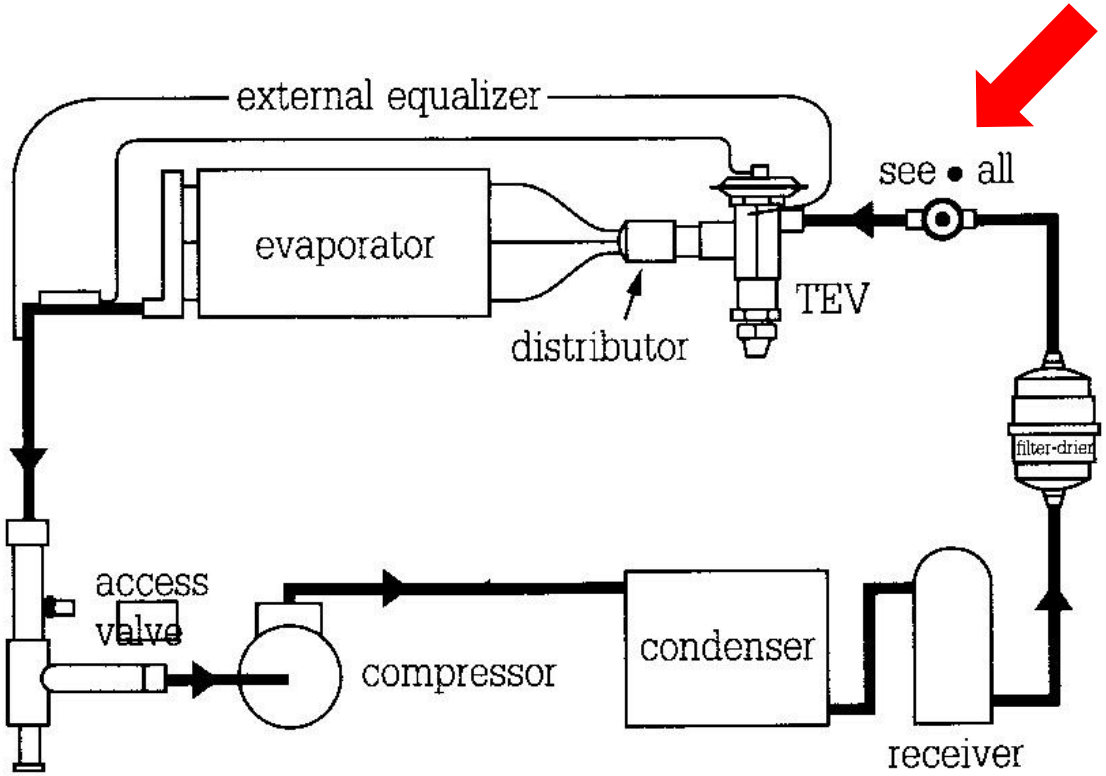
- ติดตั้งช่วงน้ำยาเหลวก่อนเข้าลิ้นลดความดัน
- ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและเก็บความชื้นที่ปนมากับน้ำยา



อุปกรณ์ประกอบในระบบทำความเย็น

กระจกมองน้ำยา (Sight glass)

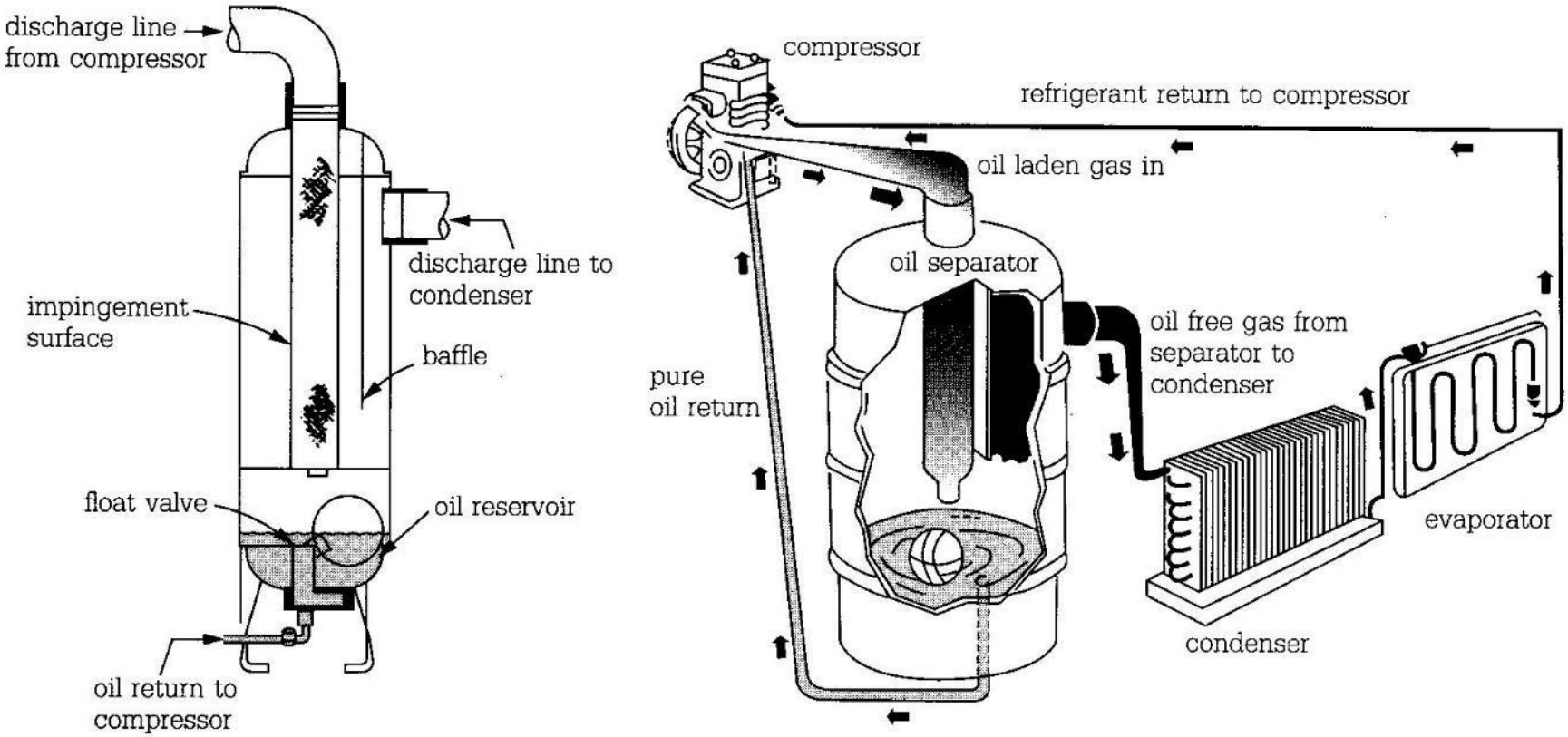
- ติดตั้งอยู่ใกล้ๆกับดรายเออร์ฟิลเตอร์
- ทำหน้าที่บอกลักษณะของสถานะและความชื้นของสารทำความเย็น
- เครื่องปรับอากาศทำงานปกติ กระจกต้องใส (ไม่มีฟองของสารทำความเย็น)



อุปกรณ์ประกอบในระบบทำความเย็น

อุปกรณ์แยกน้ำมันหล่อลื่น (oil separator)

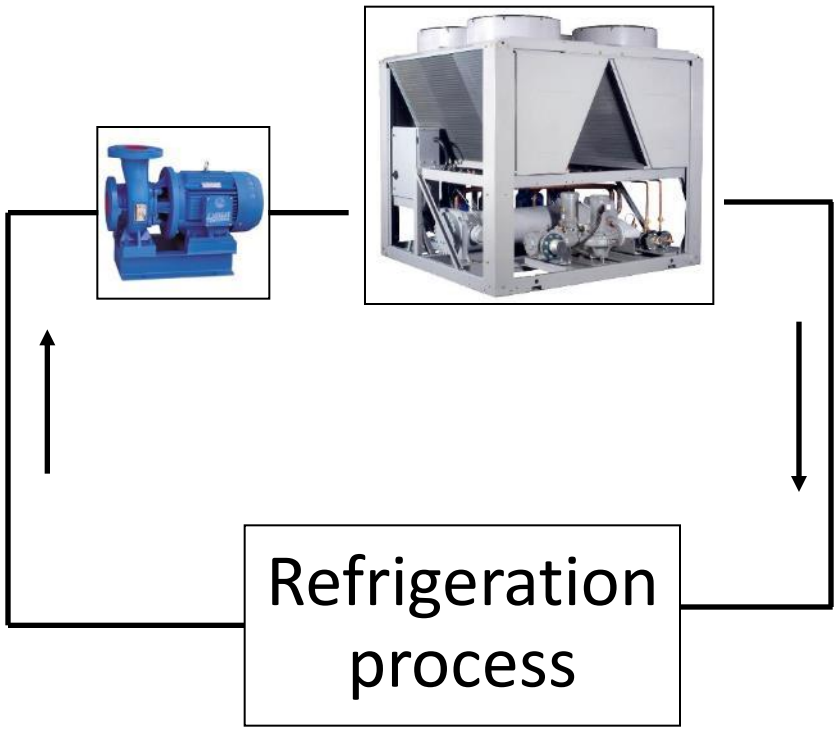
- ติดตั้งที่ทางออกของ compressor
- ทำหน้าที่แยกน้ำมันหล่อลื่นที่ปนออกมากับไอน้ำยาให้กลับไปอ่างน้ำมันหล่อลื่น เพื่อรักษาระดับน้ำมันหล่อลื่นใน compressor



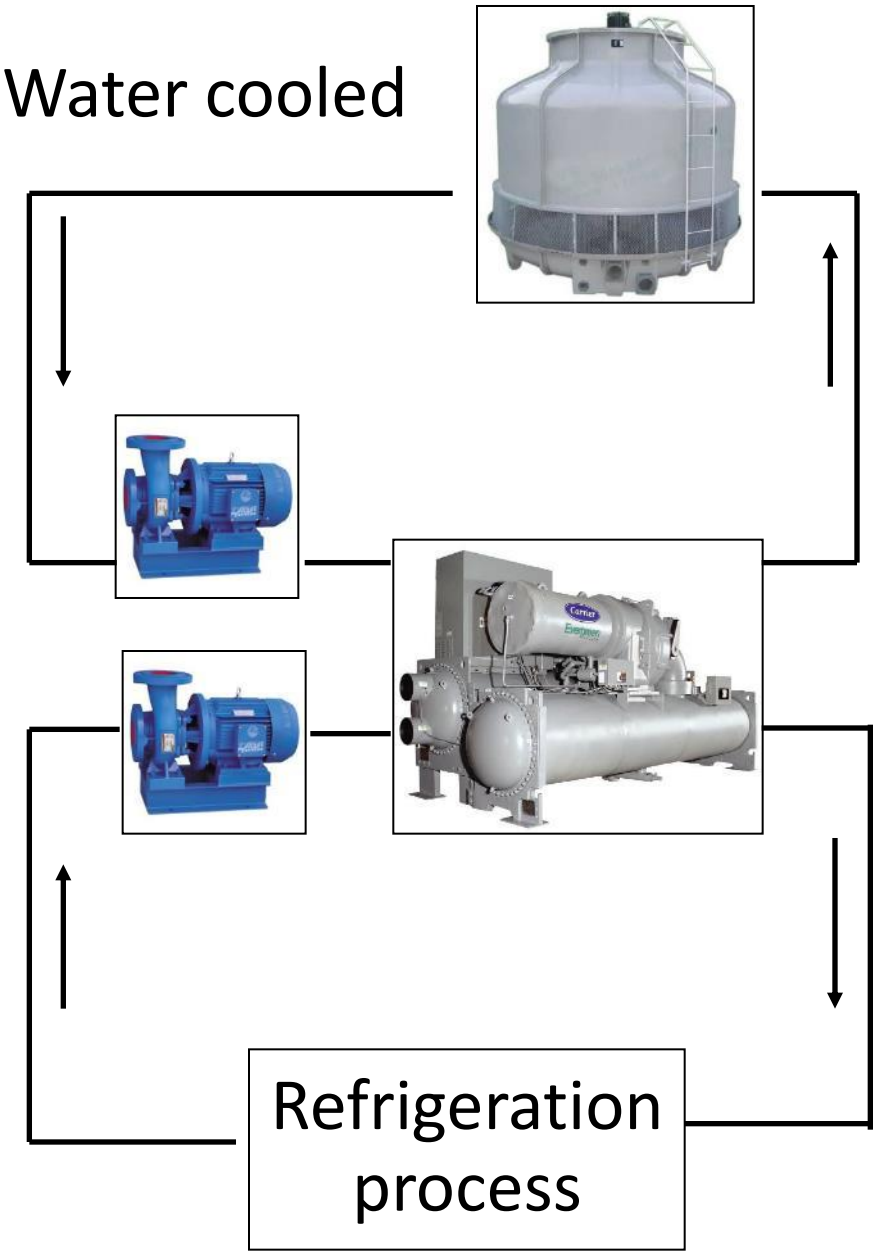
แสดงโครงสร้างและการติดตั้งอุปกรณ์แยกน้ำมันหล่อลื่น

Water Chiller

Air cooled



Water cooled

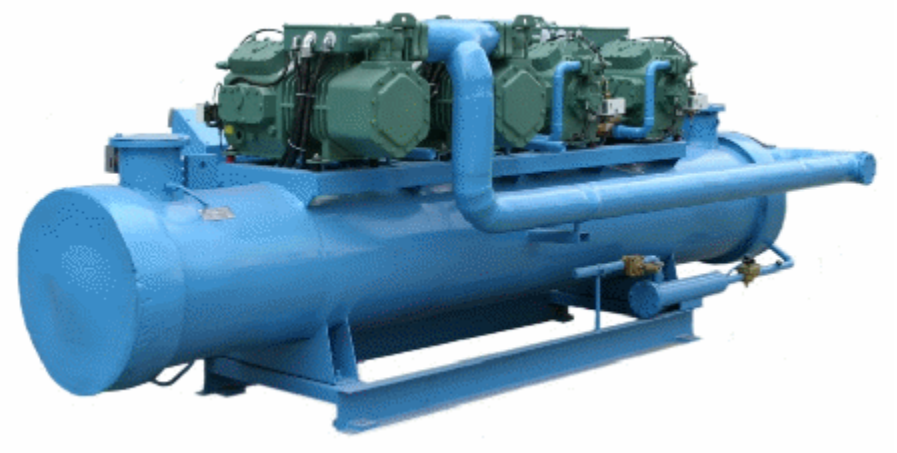


เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

(Water chiller - Air cooled)

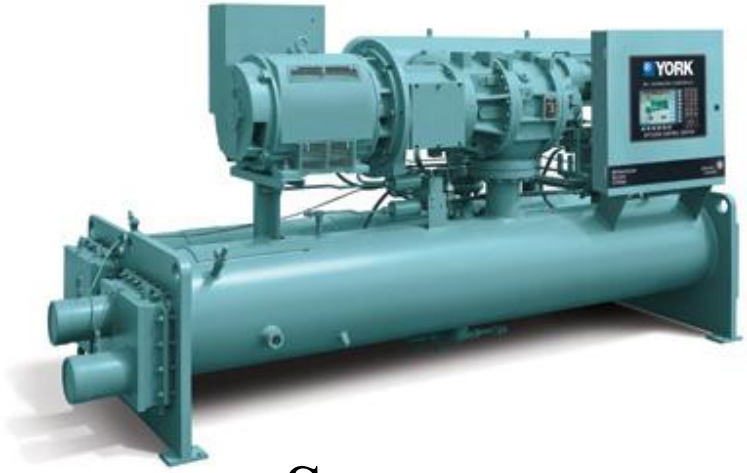
เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ

(Water chiller - Water cooled)



Reciprocating, Piston

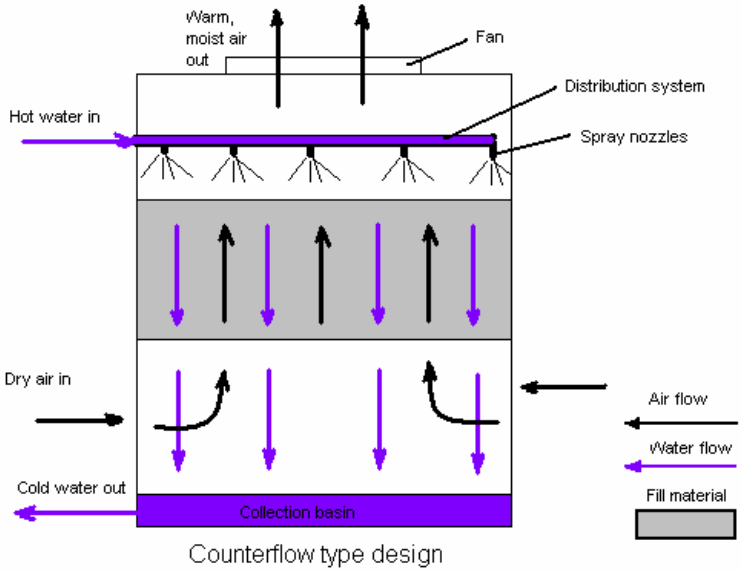
Scroll



Screw

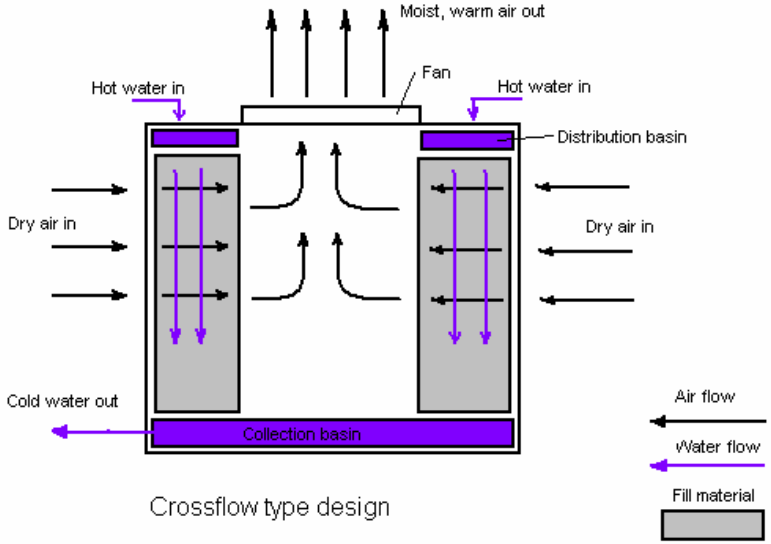
Centrifugal

Cooling Tower



Counterflow type design

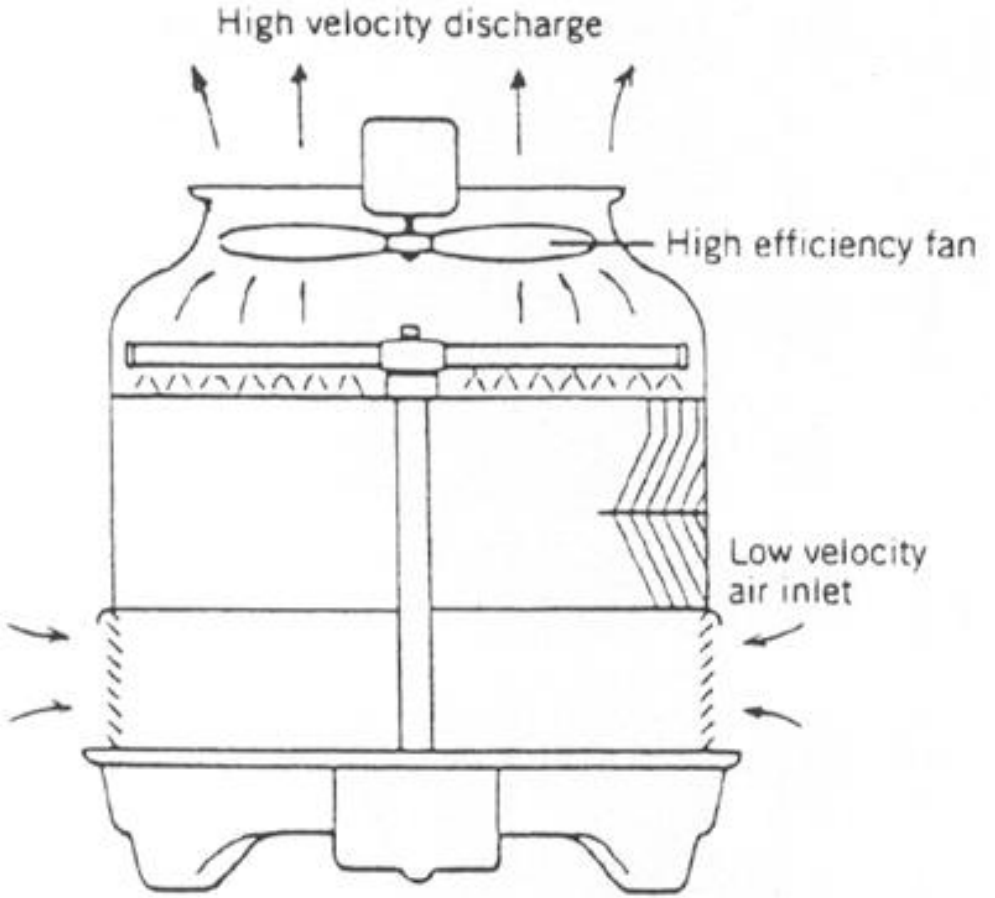
Counter Flow



Crossflow type design

Cross Flow

Cooling Tower – cross section

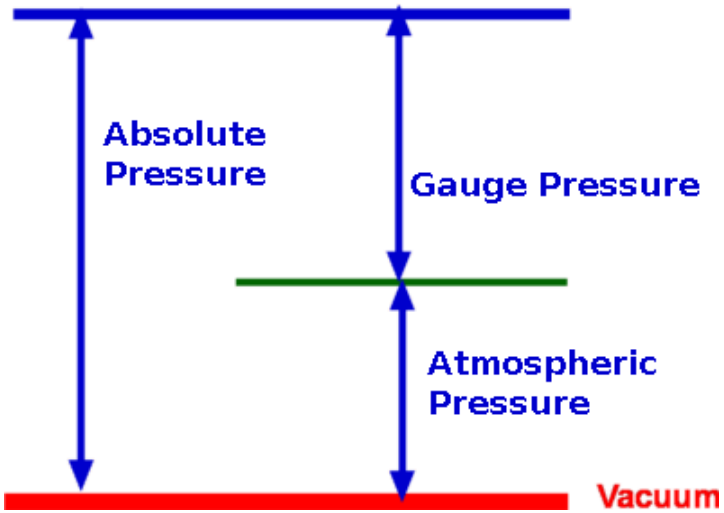


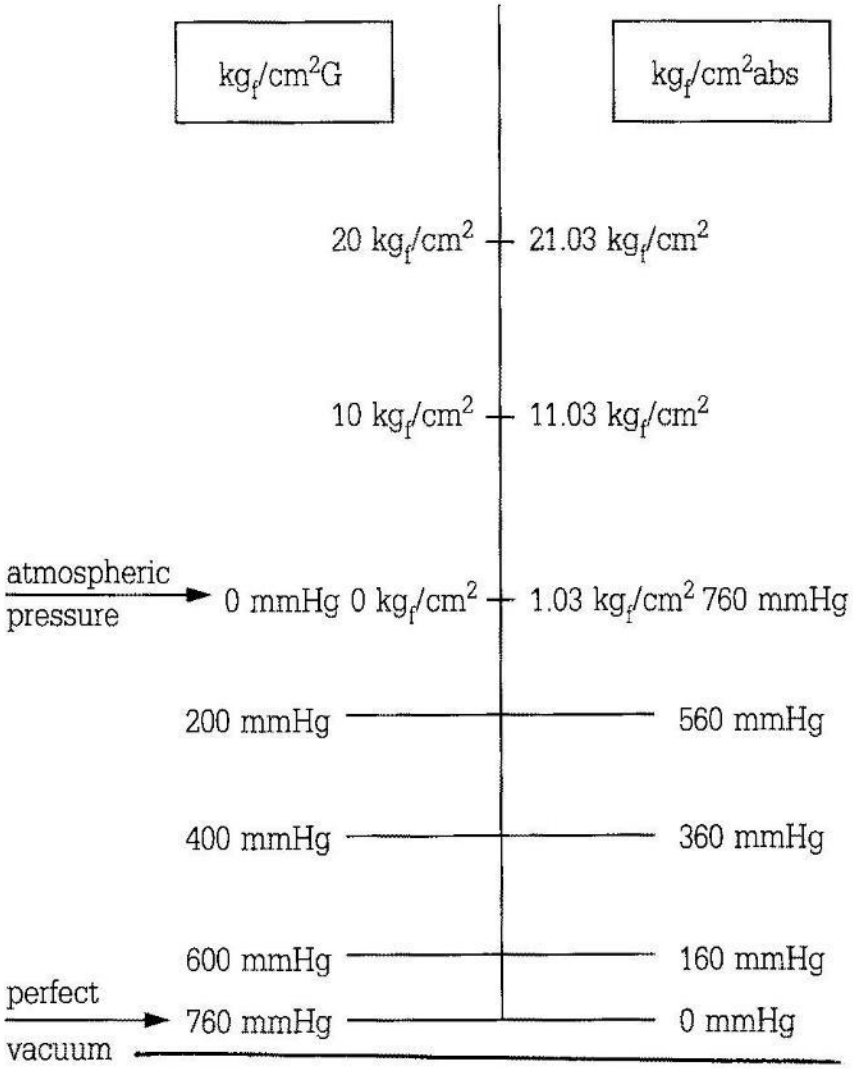
Cooling Tower - Header

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ		ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)	ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	น้อยกว่า ๓๐๐	๑.๓๓
		มากกว่า ๓๐๐	๑.๓๑
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	๑.๒๔
	แบบโรตารี่ แบบสกรู หรือแบบสครอลล์	น้อยกว่า ๑๕๐	๐.๘๙
		มากกว่า ๑๕๐	๐.๗๘
	แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่า ๕๐๐	๐.๗๖
		มากกว่า ๕๐๐	๐.๖๒

(ข) ส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น ต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นรวมกันไม่เกิน ๐.๕ กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

Gauge pressure and Absolute pressure





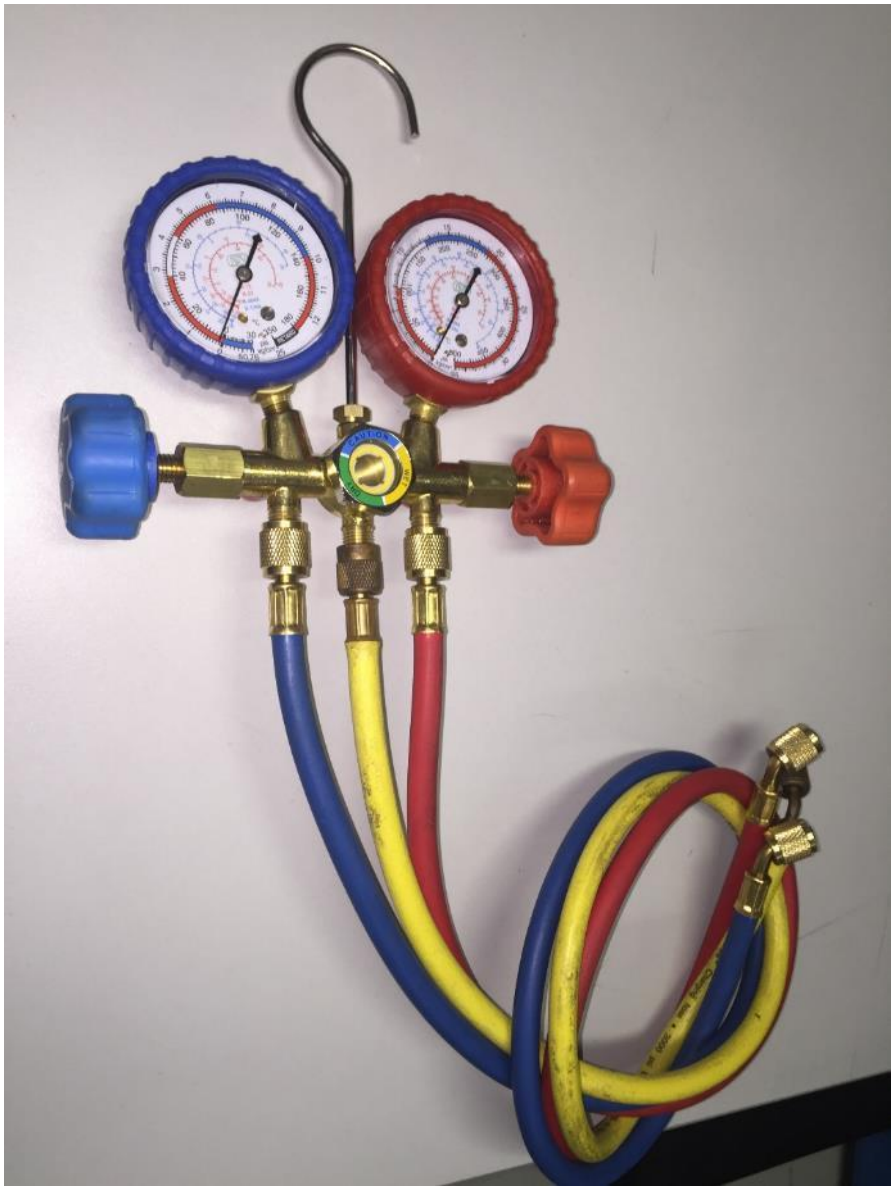
absolute pressure = gauge reading + atmospheric pressure (1.03 kg$_f$/cm^2)

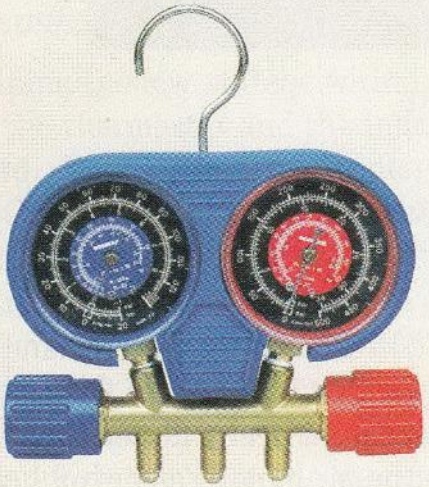
or

absolute pressure = 760 mmHg - gauge reading

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจและความดันสัมบูรณ์

Pressure gauge manifold

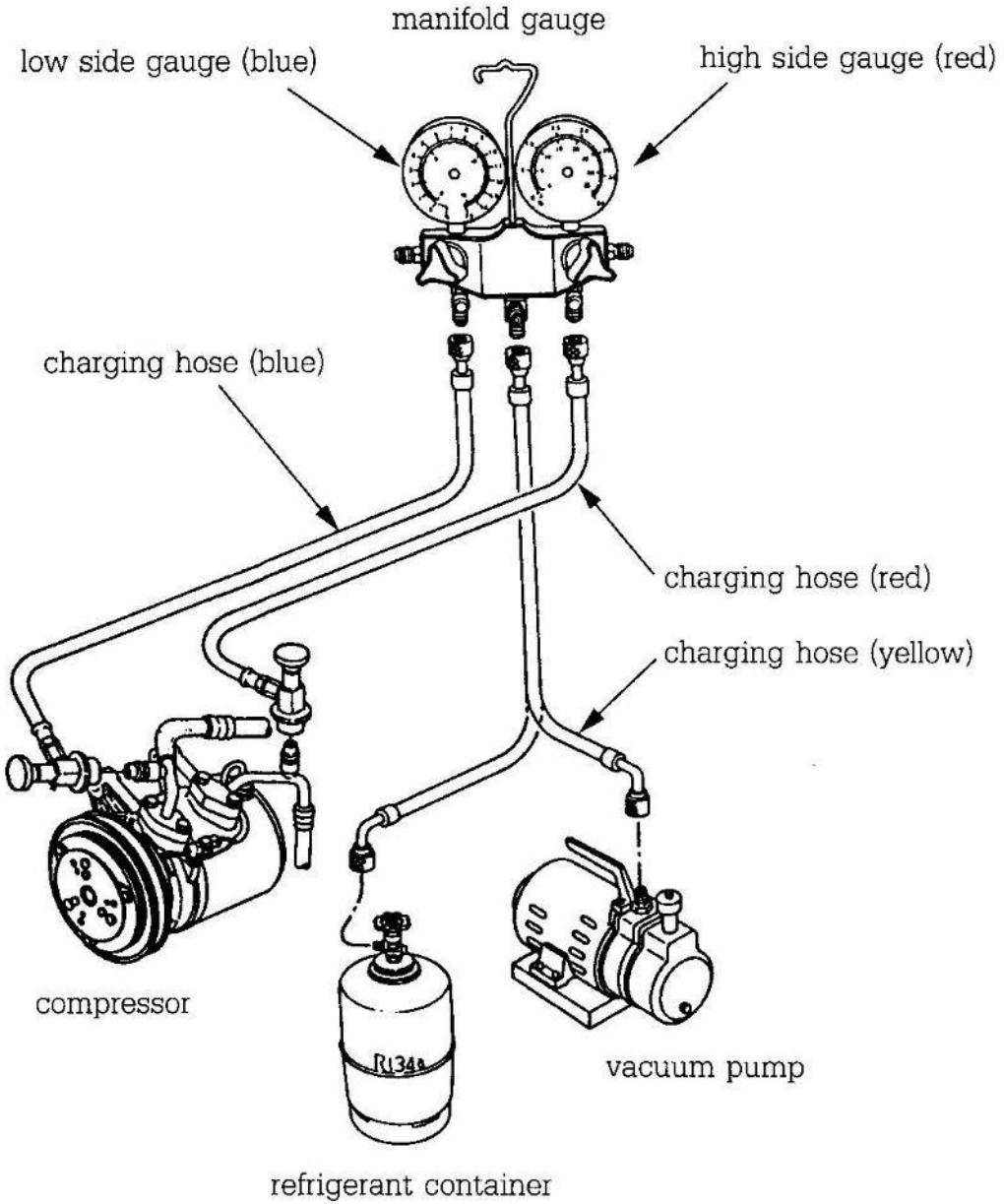




Courtesy of Robinair.

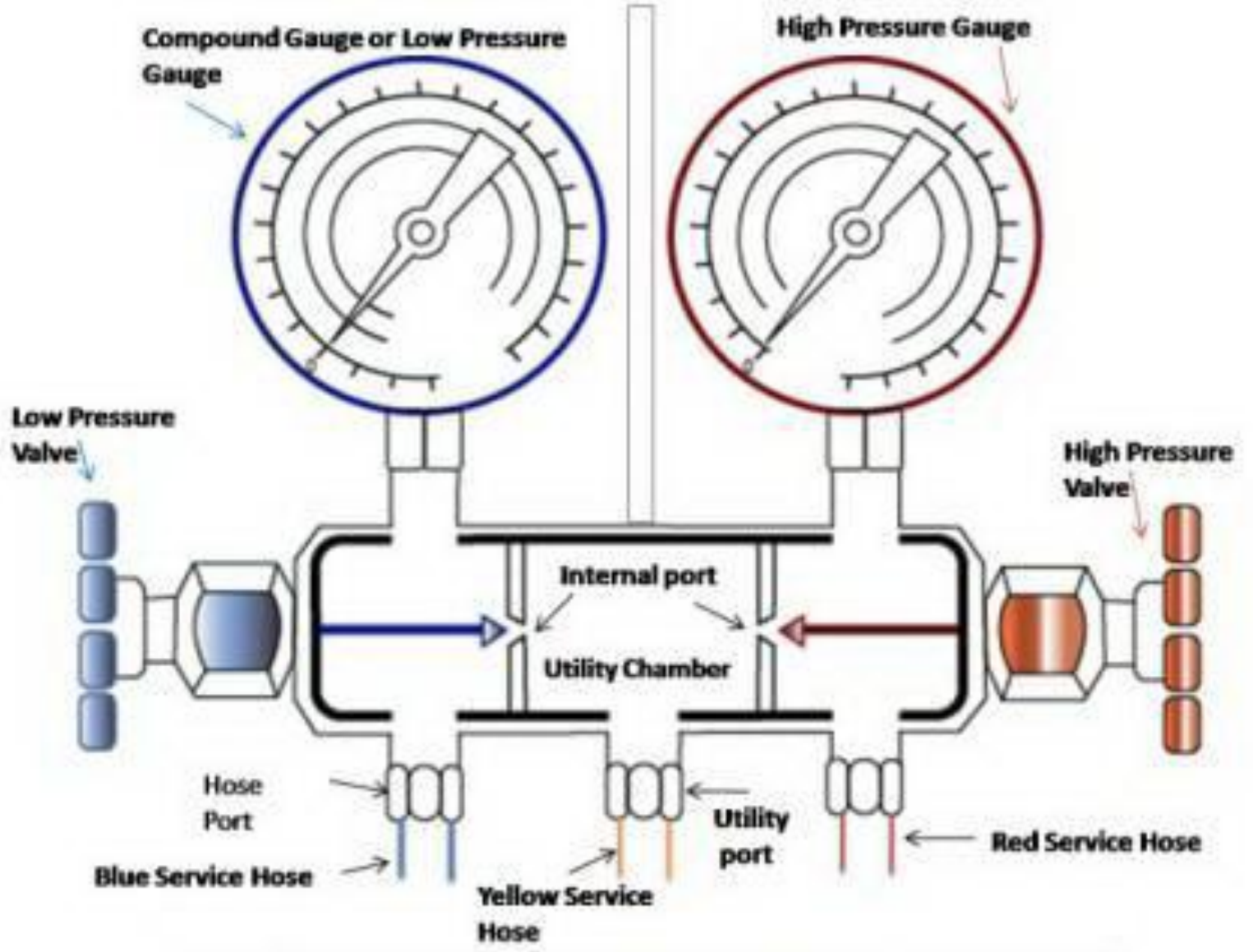
Gauge Manifold

The gauge manifold is probably the most useful tool used by air conditioning service personnel. It is manufactured with two separate gauges: one for the high-pressure side of the system and one for the low-pressure side of the system. The low-side gauge is color-coded blue, and the high-side gauge is color-coded red. The handles on the gauge manifold control fluid flow between the center hose and the corresponding hoses on the manifold. It enables the technician to read both saturation temperatures and pressures within the system. The low-side gauge also provides a means by which the technician can read vacuum levels in the system during the evacuation process.



รูปที่ 12.1 แสดงการติดตั้งเกจแมนิโฟลด์เพื่อใช้งานในลักษณะต่าง ๆ

Pressure gauge manifold



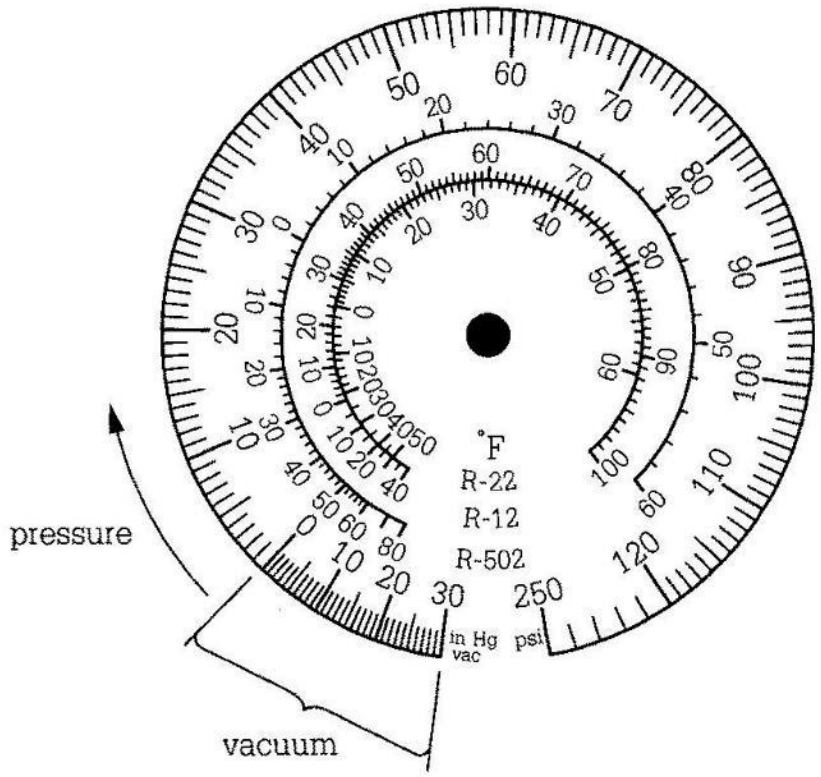
เครื่องมือบริการในระบบทำความเย็น

ชุดเกจแมนิโฟลด์ (manifold gauge set)

- เครื่องมือเฉพาะสำหรับช่างเครื่องทำความเย็น
- ใช้สำหรับการบริการและการตรวจวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น
  - การทำสูญญากาศ
  - การเติมสารทำความเย็น
  - การเติมสารหล่อลื่น
  - การตรวจวัดความดัน
  - การหาอุณหภูมิระเหยและอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นในระบบ

การอ่านค่าบนหน้าปัด manifold gauge

ติดตั้งอยู่ทางด้ายซ้าย ปกติจะเป็นเกจสีน้ำเงิน ใช้ติดตั้งกับระบบทางด้านความดันต่ำ สามารถอ่านค่าได้ทั้งความดันต่ำและค่าความดันสูญญากาศ



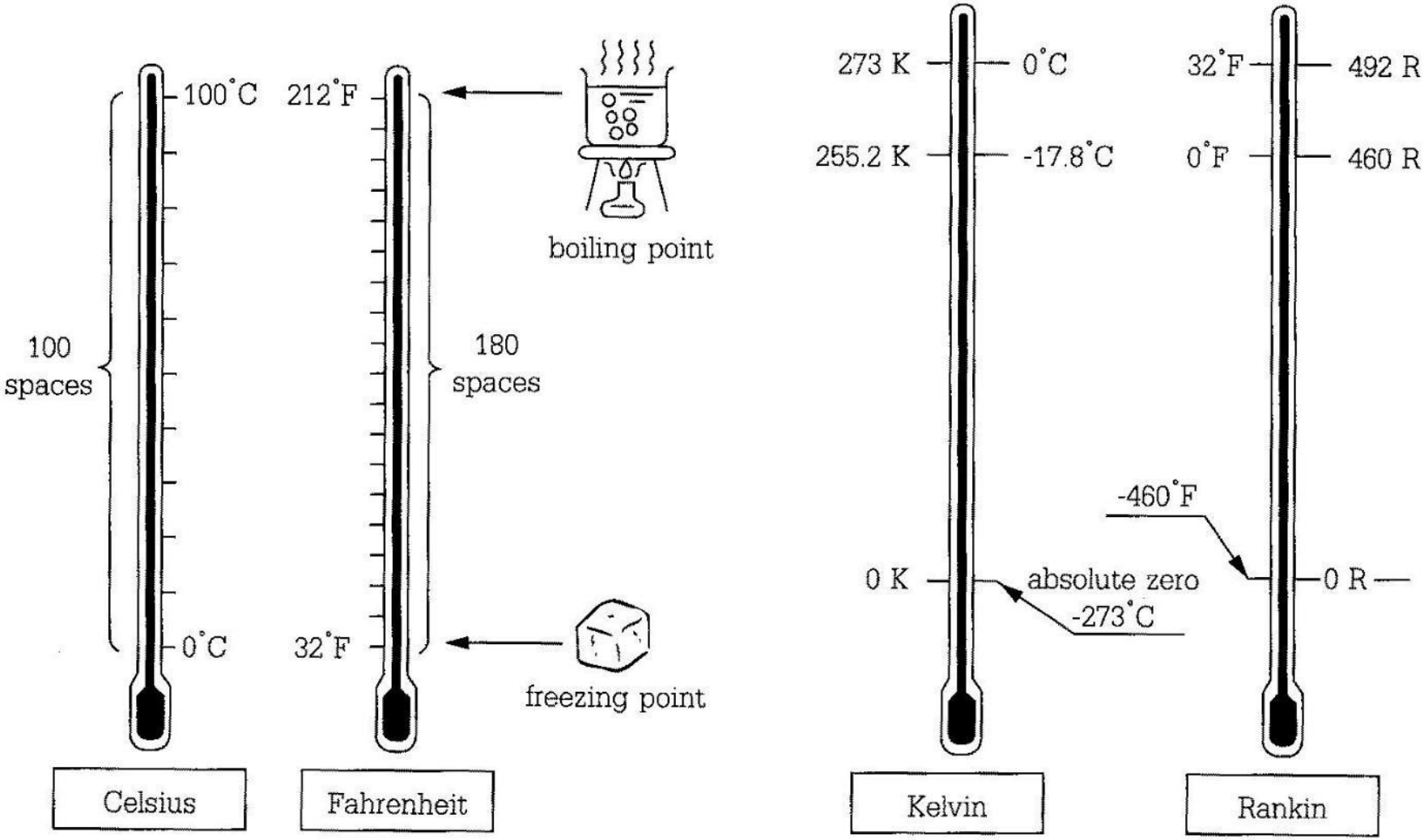
Pressure gauge manifold

Test and Charging Manifold
YELLOW JACKET
Date Code 2014
YELLOW JACKET
°F
R-404A
R-410A
RETARD
500 psi
800 psi
MADE IN U.S.A.

TITAN™ 4-Valve Manifold
YELLOW JACKET
R-410A
RETARD
500psi
800psi
MADE IN U.S.A.

Electrical current meter (Clip Amp.)

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ deg C, deg F, deg K, deg R



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ °C, °F, K และ R

ขนาดของเครื่องทำความเย็น

Btu/h….หน่วยอังกฤษ

Kcal/h...หน่วยเมตริก

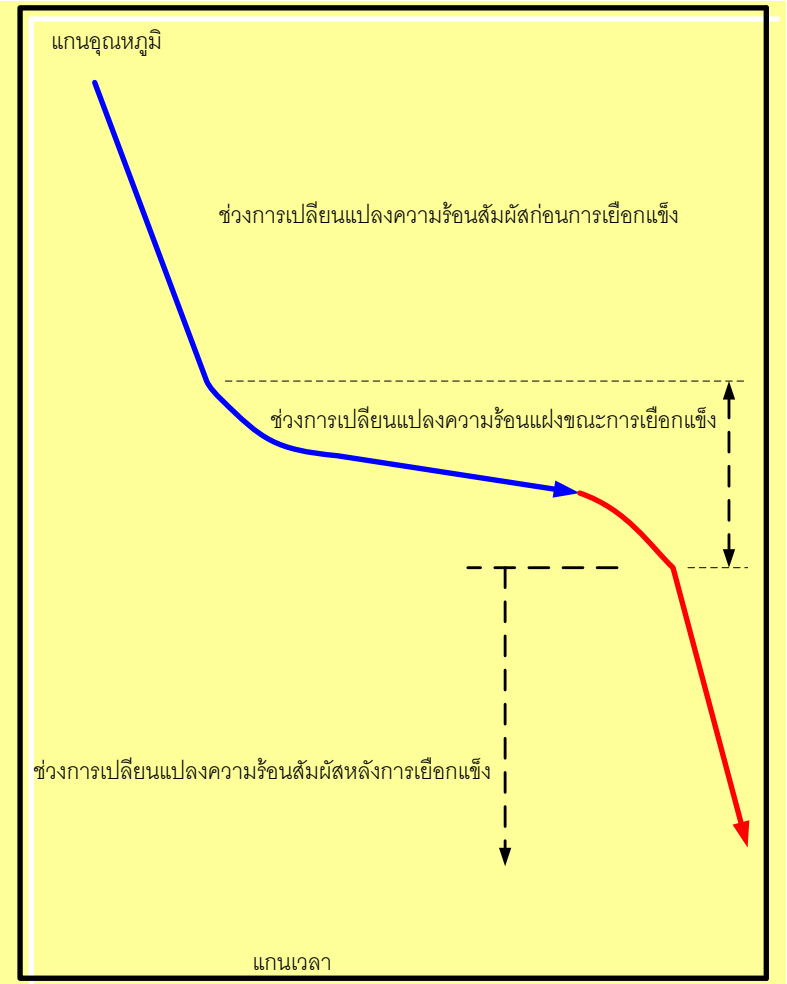
Kw....หน่วย SI

1 TR (Ton of Refrigeration) = 12,000 Btu/h

1 ตันความเย็นเป็นความเย็นที่ได้จากการเสียความร้อนไปใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็งหนัก 1 ตัน ที่อุณหภูมิ 0 deg C หมดในเวลา 24 ชั่วโมง

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

- ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี และการขยายตัวของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย
- อาหารจะถูกแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C
- ขบวนการแช่เยือกแข็ง
  - การนำอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งมาลดอุณหภูมิ ตามขบวนการความร้อนสัมผัส
  - อาหารเปลี่ยนแปลงเข้าสู่จุดเยือกแข็ง (ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร)



กราฟการเกิดการเยือกแข็งโดยทั่วไป

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

- การแช่แข็งอาหารแบ่งได้เป็น 4 วิธี
  - การแช่แข็งแบบการพาความเย็น (Blast Freezing)
    - ห้องเย็น
    - ห้องเย็นสำหรับอุตสาหกรรม
  - การแช่แข็งแบบการสัมผัส (Contact Freezing)
  - การแช่แข็งโดยใช้สารแช่แข็งอุณหภูมิต่ำ (Cryogenic Freezing)
  - การแช่แข็งแบบใช้สารแช่แข็งอุณหภูมิต่ำร่วมกับการแช่แข็งแบบการพาความเย็น (Cryomechanical Freezing)

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

การแช่แข็งแบบการพาความเย็น (Blast Freezing)

- อาศัยหลักการพาความเย็น โดยลมที่มีอุณหภูมิต่ำจะหมุนเวียนภายในห้องเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของอาหาร
- ลมที่อุณหภูมิต่ำนี้ถูกลดอุณหภูมิลงตามวัฏจักรการทำความเย็น
- ห้องเย็นหุ้มฉนวนมิดชิดด้วยโฟมที่มีขนาดความหนาเพื่อป้องกันการเกิดหยดน้ำที่ผนังภายนอก

ห้องเย็นในห้างสรรพสินค้า

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

การแช่แข็งแบบการพาความเย็น (Blast Freezing)

- ความหนาของฉนวนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องเย็น
- ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0°C มักใช้สารประกอบ CFC เป็นสารทำความเย็น
- ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่า -10°C นิยมใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น

ห้องเย็นสำหรับอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

การแช่แข็งแบบการสัมผัส (Contact Freezing)

- อาศัยหลักการนำความเย็น โดยอาหาร หรือบรรจุภัณฑ์จะวางอยู่บนผิวสัมผัสที่มีความเย็น
- ความร้อนของอาหารจะถูกลดลงโดยผิวสัมผัสที่มีความเย็น
- ภายในผิวสัมผัสความเย็นจะมีสารทำความเย็นไหลอยู่ภายใน ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายตู้เย็น

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

การแช่แข็งโดยใช้สารแช่แข็งอุณหภูมิต่ำ (Cryogenic Freezing)

- สารแช่แข็งนิยมใช้ไนโตรเจนเหลว (-150°C ถึง -200°C) หรือ คาร์บอนไดออกไซด์เหลว (-70°C ถึง -80°C)
- อาหารจะถูกสัมผัสโดยตรงกับสารแช่แข็งในลักษณะของก๊าซ ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายและถูกสุขลักษณะ

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

การแช่แข็งแบบใช้สารแช่แข็งอุณหภูมิต่ำร่วมกับการแช่แข็งแบบการพาความเย็น (Cryomechanical Freezing)

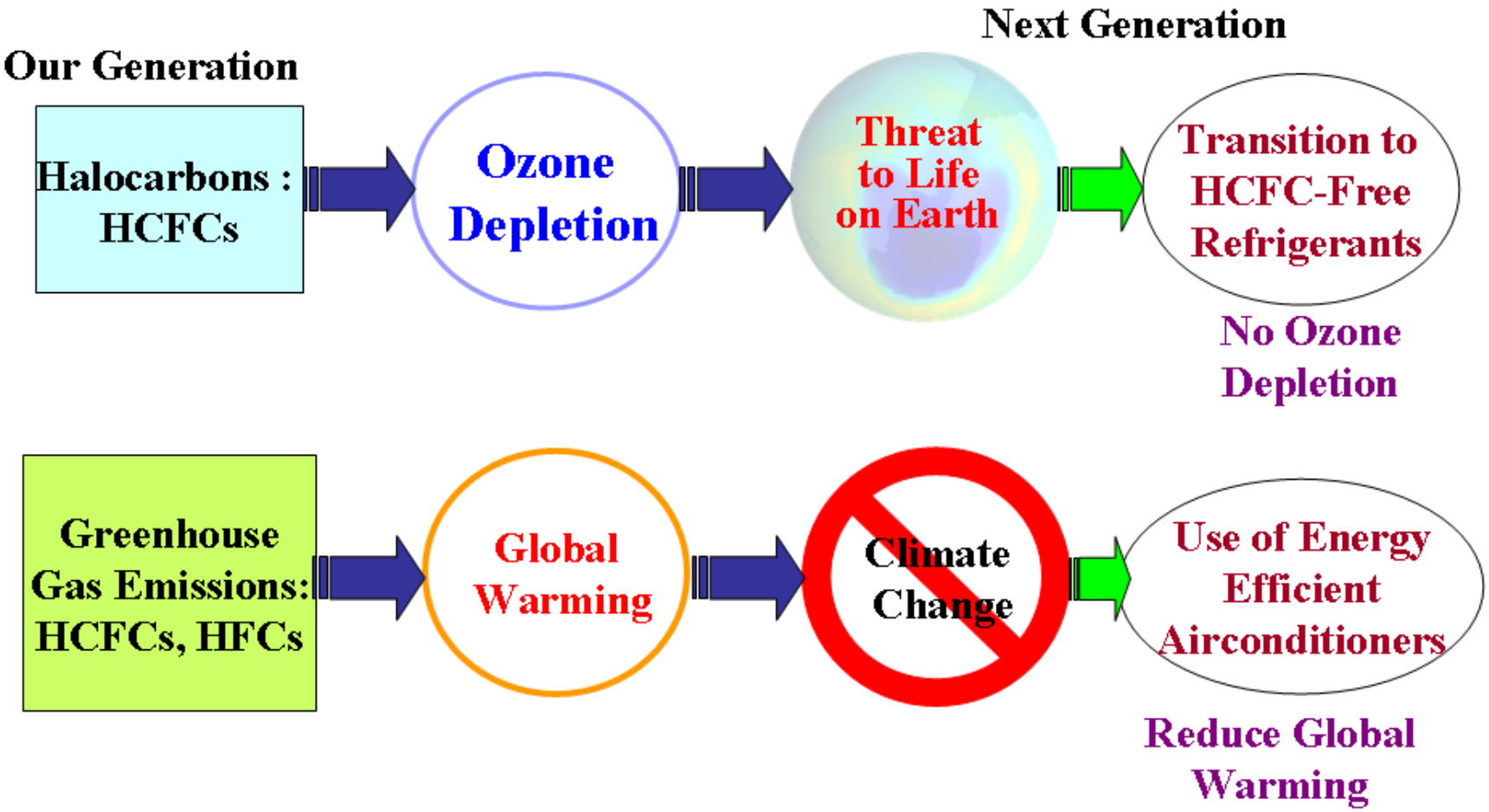
- ❖ ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร เช่น กุ้ง สตรอเบอร์รี่
- ❖ อาหารที่จะแช่แข็งไม่ติดกันเป็นก้อน
- ❖ อาหารถูกผ่านไนโตรเจนเหลวให้แข็งอย่างรวดเร็วโดยยังคงความสด
- ❖ อาหารดังกล่าวจะถูกนำไปยังห้องเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิไม่ให้อาหารเน่าเสีย เช่น อาหาร IQF ต่างๆ

เครื่องแช่แข็งสำเร็จรูปแบบ IQF

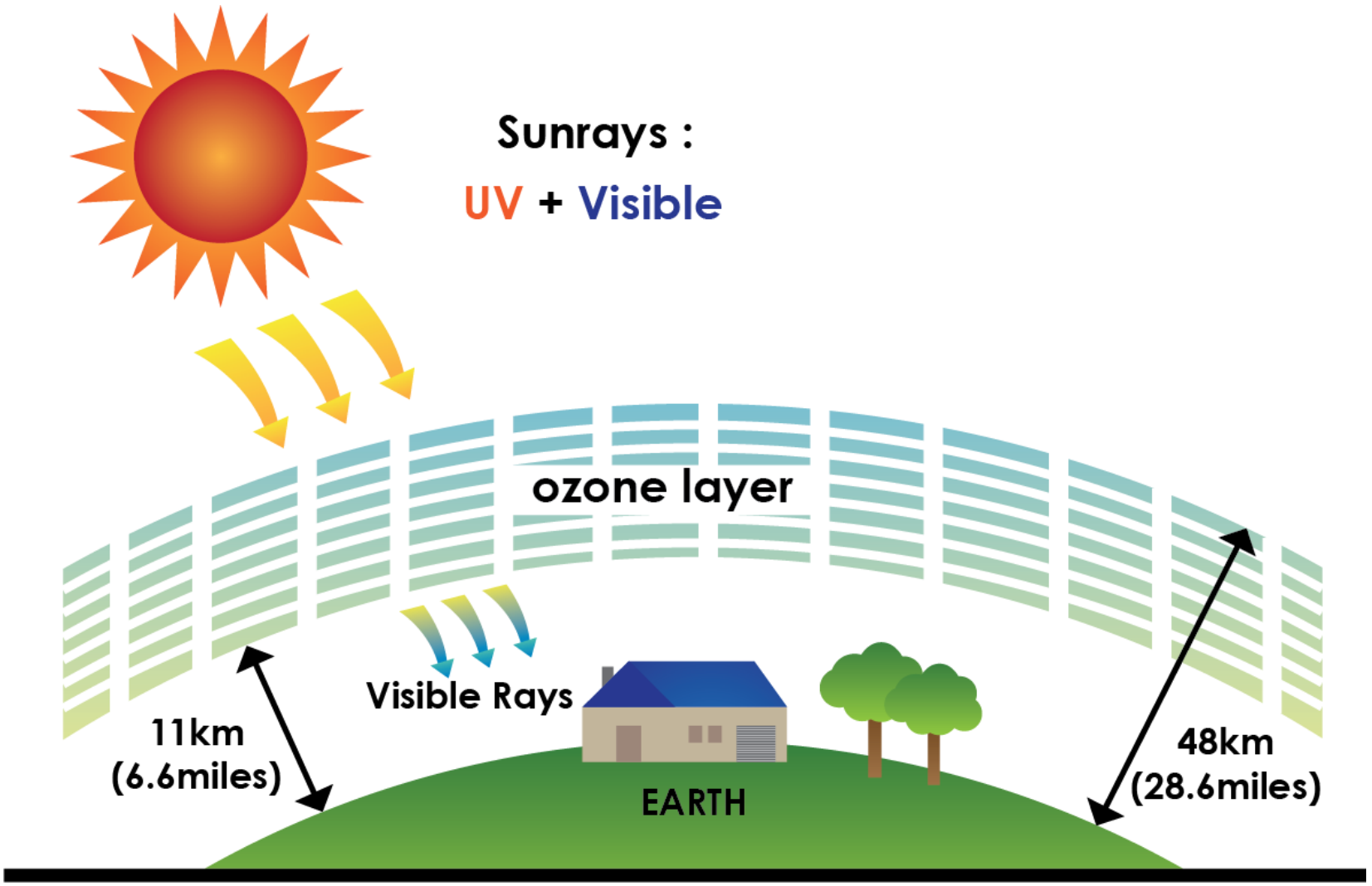
ภาระการทำความเย็นของห้องเย็น

ภาระจากความร้อนผ่านผนัง	ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังจากภายนอกเข้ามาภายในบริเวณทำความเย็น หรือห้องเย็น
ภาระจากอากาศอุ่นภายนอก	ในขณะที่เปิดประตูห้องเย็น (บริเวณทำความเย็นอากาศอุ่นจากภายนอกจะเข้าไปแทนที่อากาศเย็น)
ภาระจากตัวสินค้า	ความร้อนที่ต้องดึงออกจากตัวสินค้า เพื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงระดับที่ต้องการ ในบางกรณีผลิตภัณฑ์อาจถูกแช่แข็งซึ่งจะต้องรวมความร้อนแฝงเข้าไปด้วย
ภาระอื่น ๆ	ความร้อนจากคนที่กำลังทำงานภายในบริเวณทำความเย็น และความร้อนจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นตัวเกิดความร้อนที่อยู่ในบริเวณทำความเย็น เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ดวงไฟ อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์

Environmental impact of Refrigerant

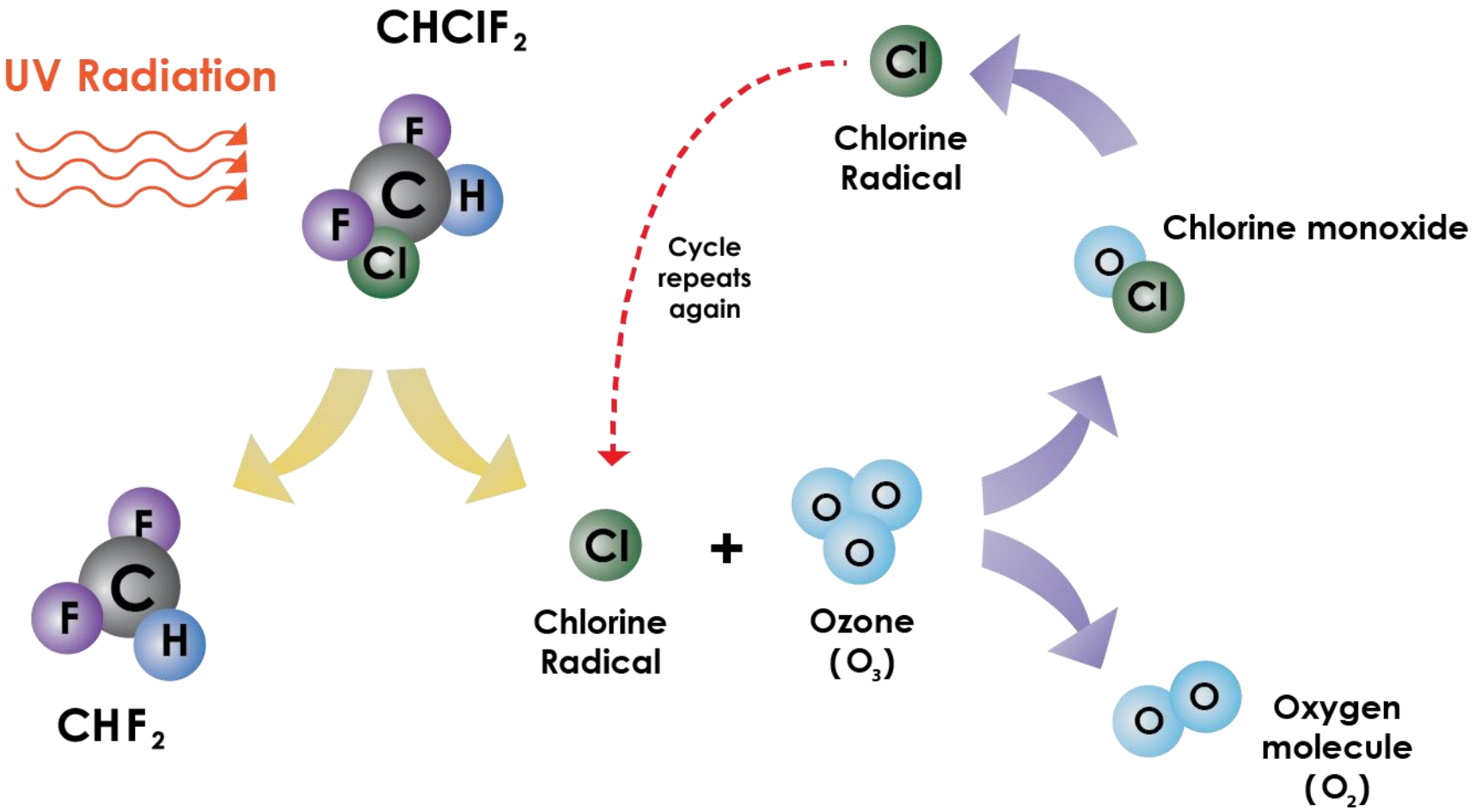


Ozone depletion potential



Ozone absorbs UV radiation

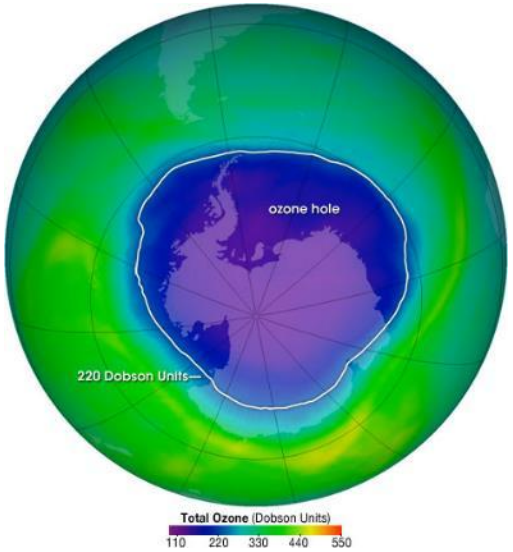
Ozone depletion potential

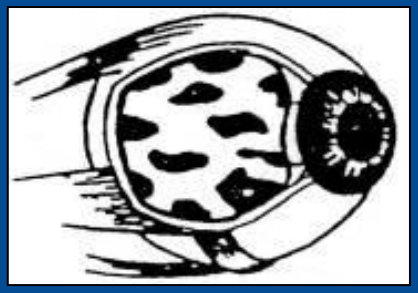


Chain reaction by HCFC -22

Ozone depletion potential

Consequences of damaging –The Ozone layer

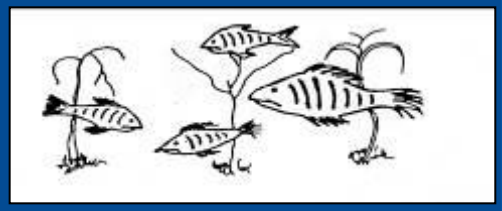




EYE DAMAGE

SUPPRESS BODY IMMUNE SYSTEM

SKIN CANCER

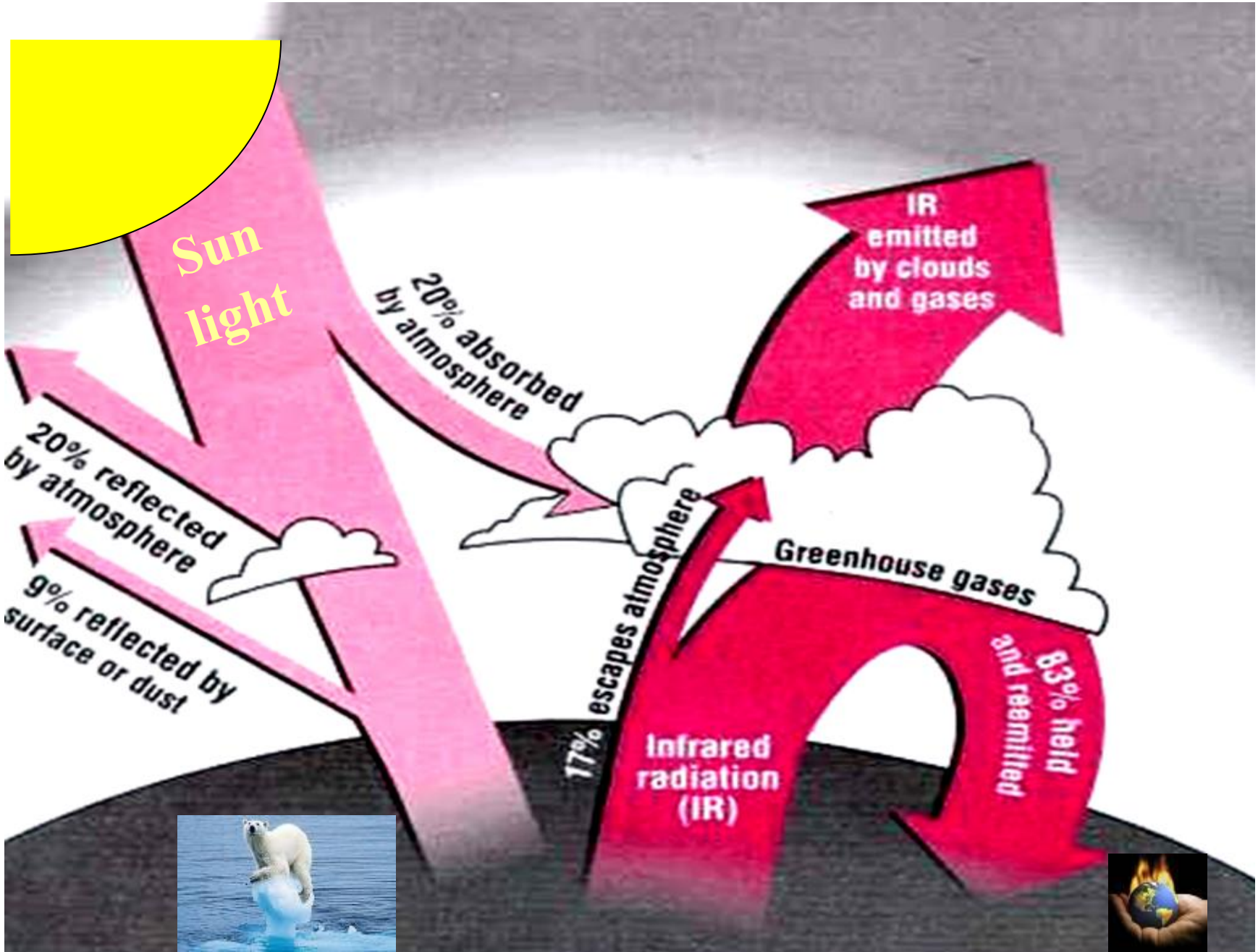


AFFECT FISH AND OTHER OCEAN LIFE

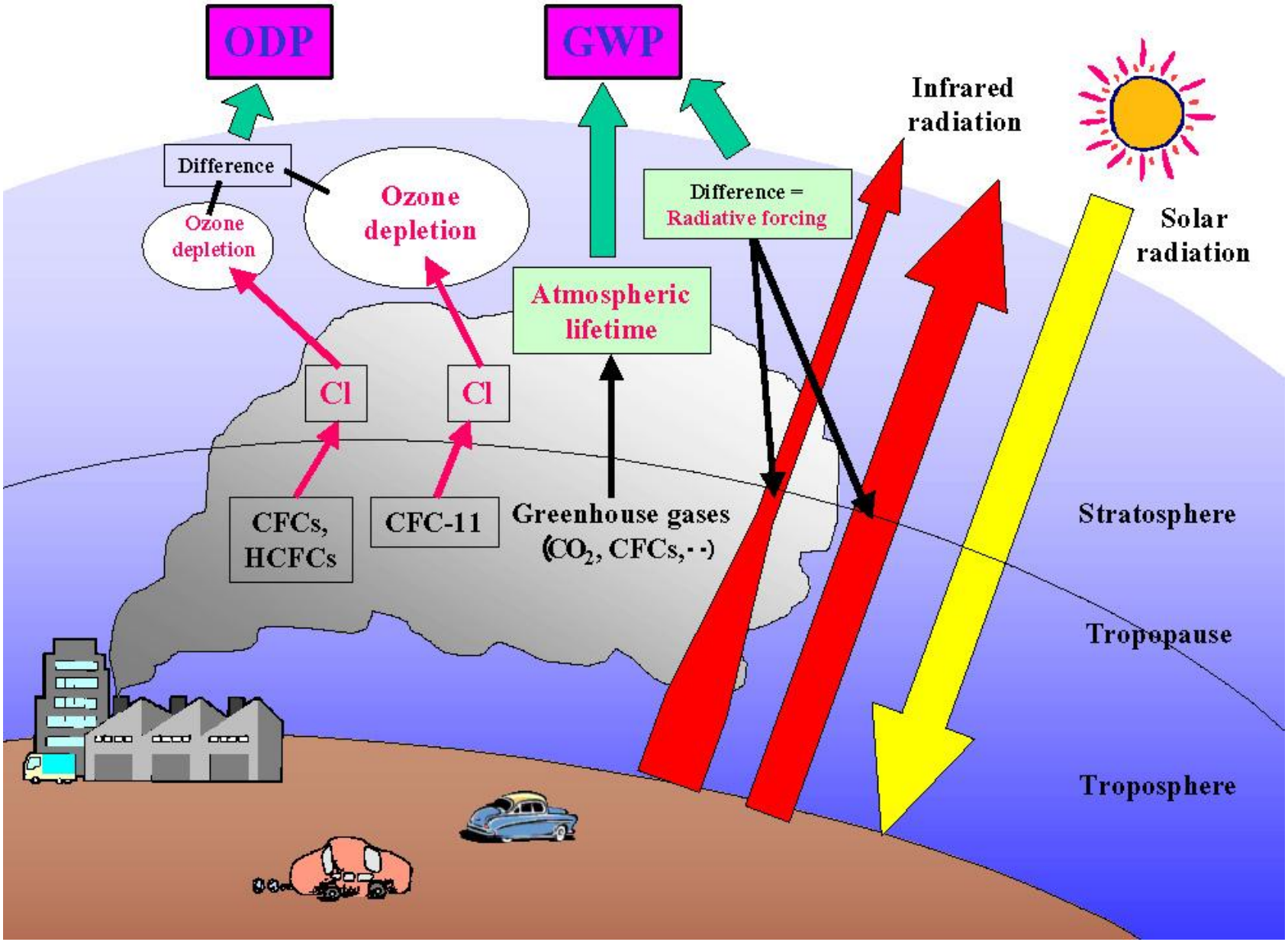
1% ozone reduction causes
2% increase in cancer cases

1% increase in UV-B causes
10% decrease in food production

Global warming potential



ODP and GWP


ODP
GWP
Difference
Ozone depletion
Ozone depletion
Atmospheric lifetime
Difference = Radiative forcing
Infrared radiation
Solar radiation
Cl
Cl
CFCs, HCFCs
CFC-11
Greenhouse gases (CO_2, CFCs,· ·)
Stratosphere
Tropopause
Troposphere

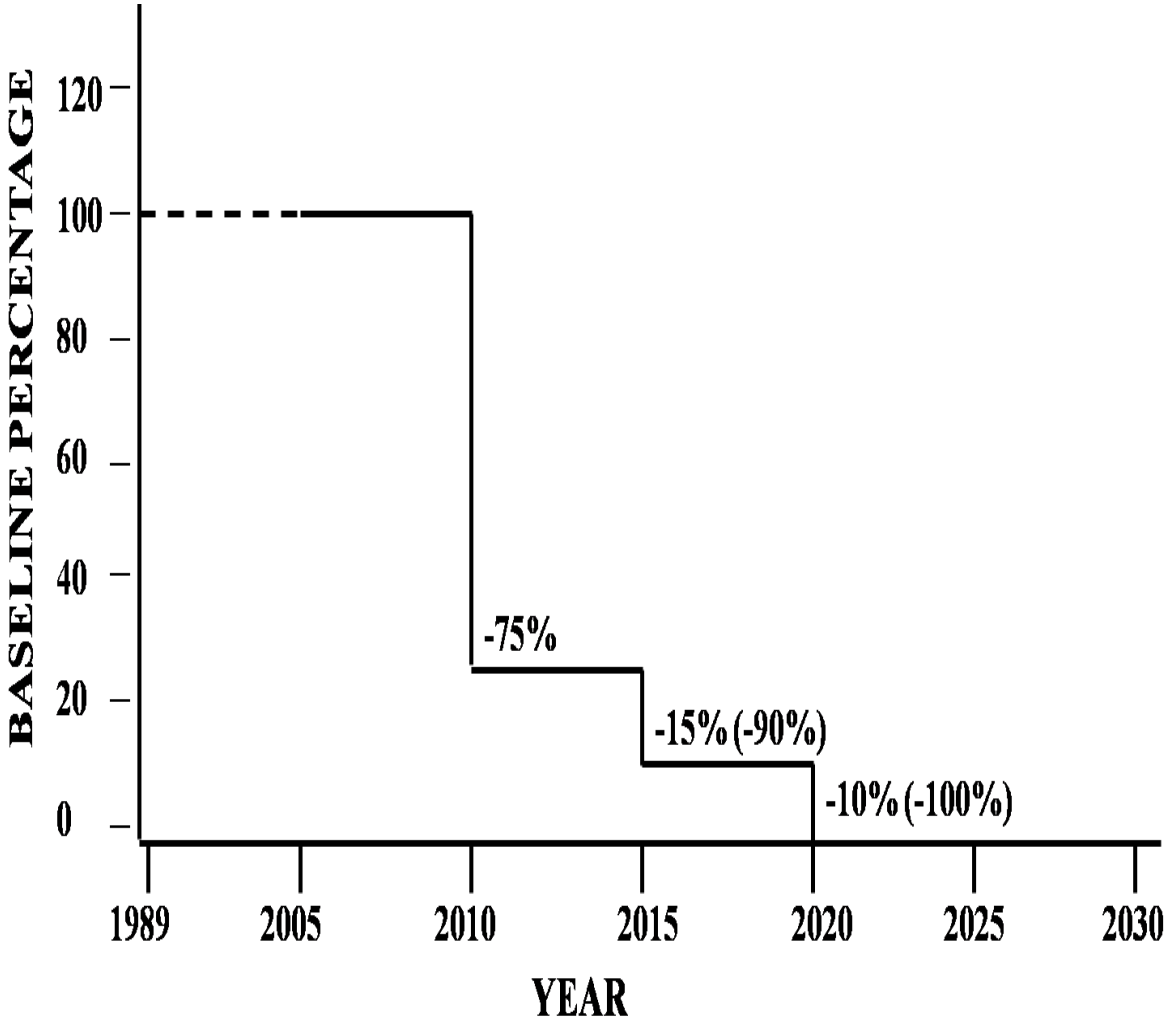
Environmental Characteristics

Refrigerant		Atmospheric Lifetime (Years)	ODP	GWP (100 Year)
CFC (no more)	CFC-11 (Baseline ODP)	50	1	4000
HCFCs	HCFC-22	13.3	0.055	1700
	HCFC-123	1.4	0.02	93
	HCFC-141b	9.4	0.11	630
HFCs	HFC-134a	14.6	0	1300
	HFC-245fa	7.3	0	820
	R-32	-	0	675
HCs	HC-290 (Propane)	-	0	3
	HC-600a (Isobutane)	-	0	3
	Cyclopentane	-	0	3
HFC Blends	R-404A	-	0	3260
	R-407A	-	0	1770
	R-407C	-	0	1530
	R-410A	-	0	1730
Ammonia	R-717	-	0	<1
CO2	R-744	-	0	1

HCFC Phase-Out Schedule – Developed Countries

TIMELINE

- 75% by 2010
- 90% by 2015

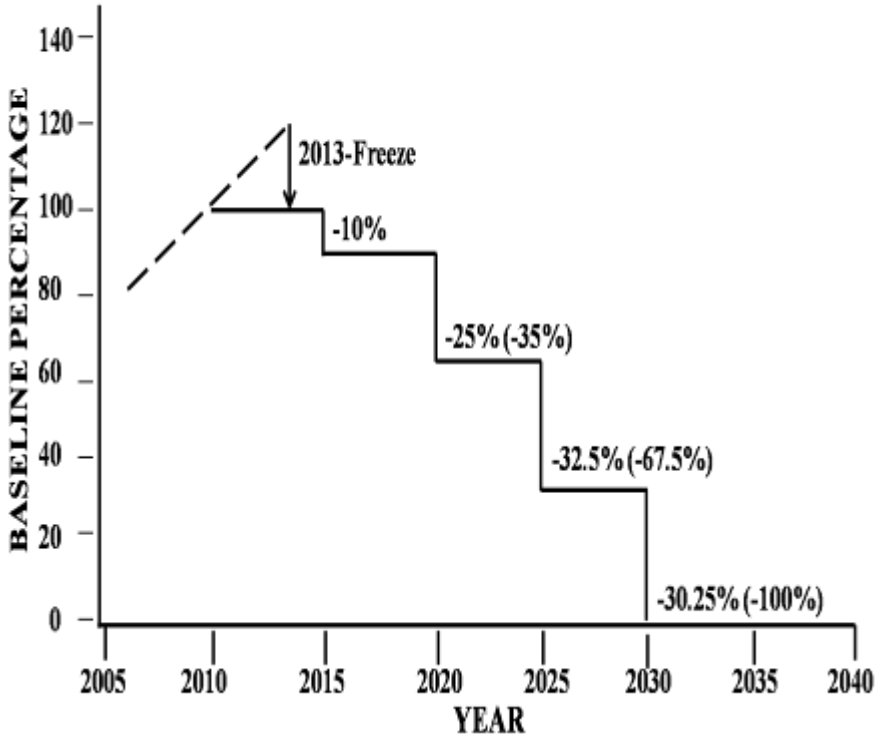


While allowing 0.5 per cent for servicing the period 2020–2030

HCFC Phase-Out Schedule – Developing Countries

Timeline

- Baseline : average of 2009 and 2010 production and consumption
- Freeze : 2013
- 10 % reduction of baseline in 2015
- 35 % reduction of baseline in 2020
- 67.5 % reduction of baseline in 2025
- 100% phase-out in 2030



Allowing for servicing an annual average of 2.5% during the period 2030-2040

คุณสมบัติของสารทำความเย็น

มวล(m) คือสิ่งที่เก็บหรือปลดปล่อยพลังงาน หน่วยสากล kg (หรืออังกฤษ lb)

ความดันสมบูรณ์ = ความดันเกจ + ความดันบรรยากาศ

หน่วยสากล kPa = kPag + 101.3 , อังกฤษ psia = psig + 14.7

ความดันและอุณหภูมิอิ่มตัว Saturated / Saturation Temperature คือ ความดันหรืออุณหภูมิที่ของเหลวกลายเป็นไอหรือไอควบแน่นเป็นของของเหลว ในเครื่องระเหย (Evaporator) เรียกอุณหภูมิระเหย T_E ในเครื่องควบแน่น (Condenser) เรียกอุณหภูมิควบแน่น T_C

ความหนาแน่น ρ คือ มวลต่อหน่วยปริมาตร kg/m^3 (หรือ lb/ft^3)

ปริมาตรจำเพาะ v คือปริมาตรต่อหน่วยมวล, m^3/kg (หรือ ft^3/lb)

$v = 1 / \rho$ (ถ้าความหนาแน่นน้อยปริมาตรจะมาก)

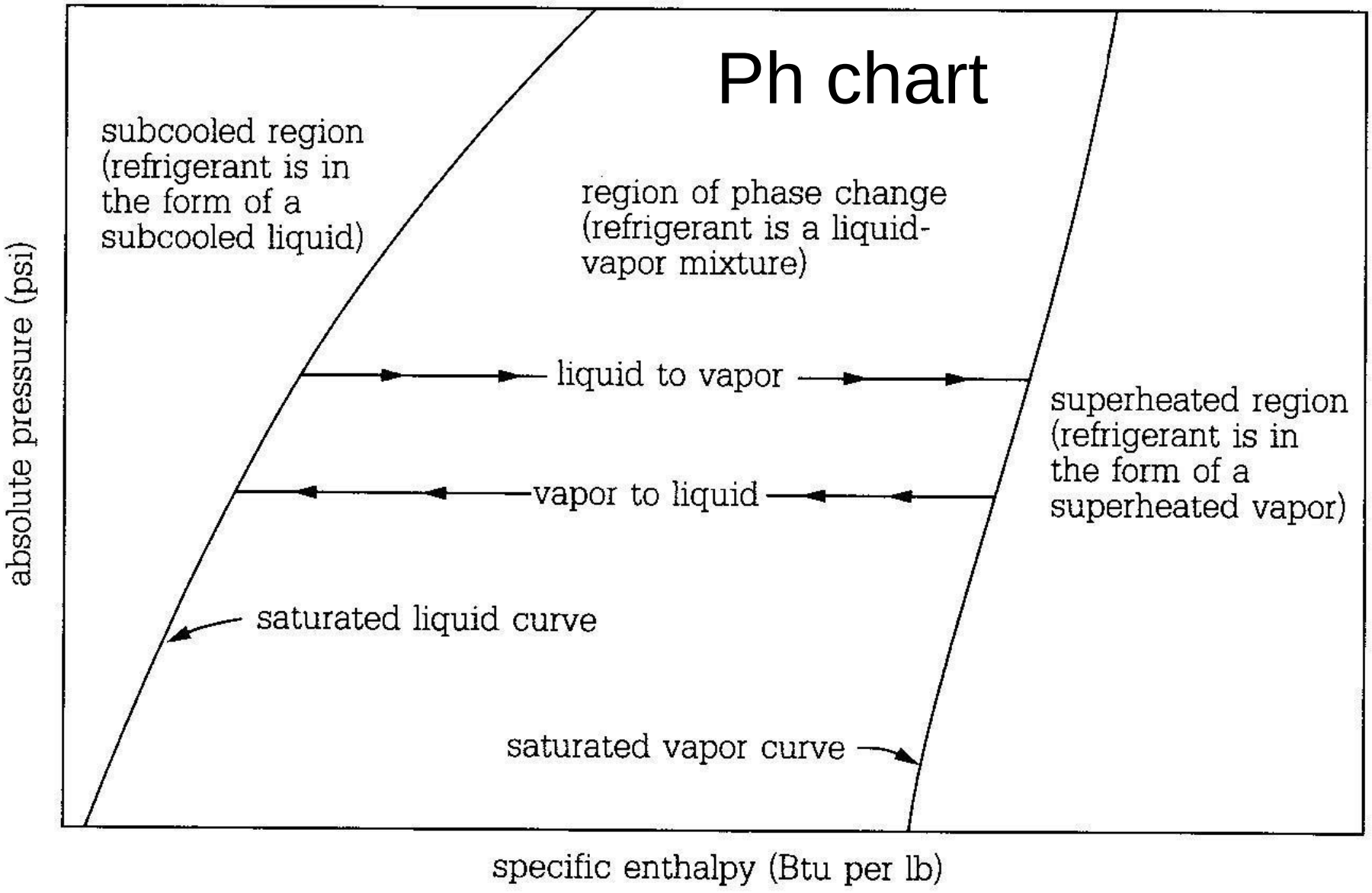
คุณสมบัติของสารทำความเย็น

เอนทัลปี h คือพลังงานภายในตัวสารรวมกับพลังงานในรูปของความดัน และปริมาตรจำเพาะ(u+Pv) เปรียบเหมือนพลังงานภายในรวมในตัวสาร

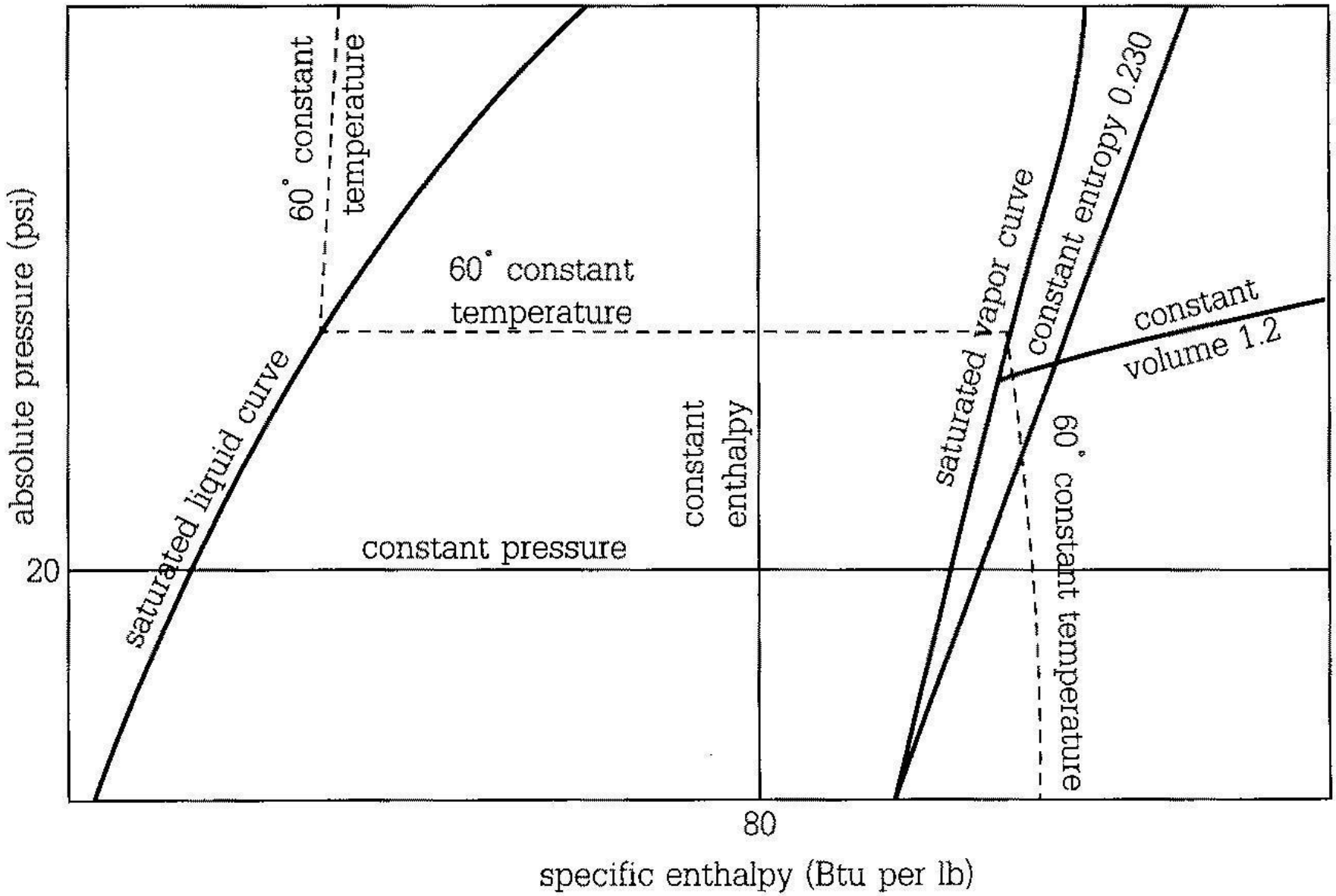
หน่วย SI-> kJ/kg อังกฤษ(PI)->Btu/lb

เอนโทรปี s คือคุณสมบัติที่แสดงความสมบูรณ์ของการถ่ายทอดพลังงาน โดยทั่วไปถ้ามันมีค่ามากขึ้นโดยไม่ได้ให้ความร้อนเข้าออก แสดงถึงความไม่สมบูรณ์หรือคือต้องใช้พลังงานมากขึ้นหรือได้พลังงานน้อยลง

หน่วย SI-> kJ/(kg.K) อังกฤษ(PI)->Btu/(lb.F)

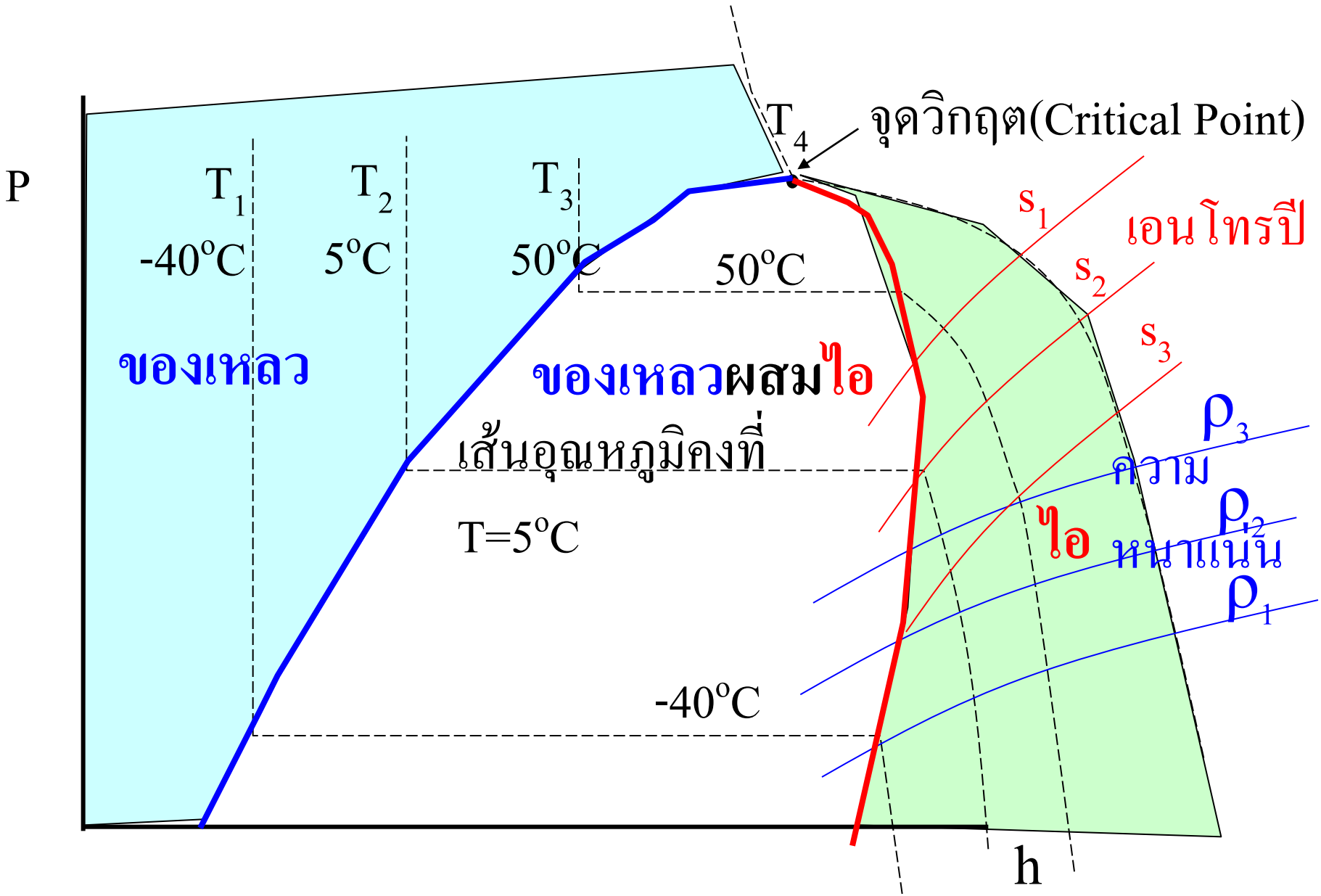


แสดงเส้นของเหลวอิ่มตัวและเส้นไออิ่มตัวแบ่งพื้นที่บนแผนภาพมอลเลียร์เป็น 3 เขต



แสดงเส้นคุณสมบัติต่าง ๆ ของสารทำความเย็นบนแผนภาพมอลเลียร์

แผนภูมิความดัน-เอนทัลปี (P-h Diagram)



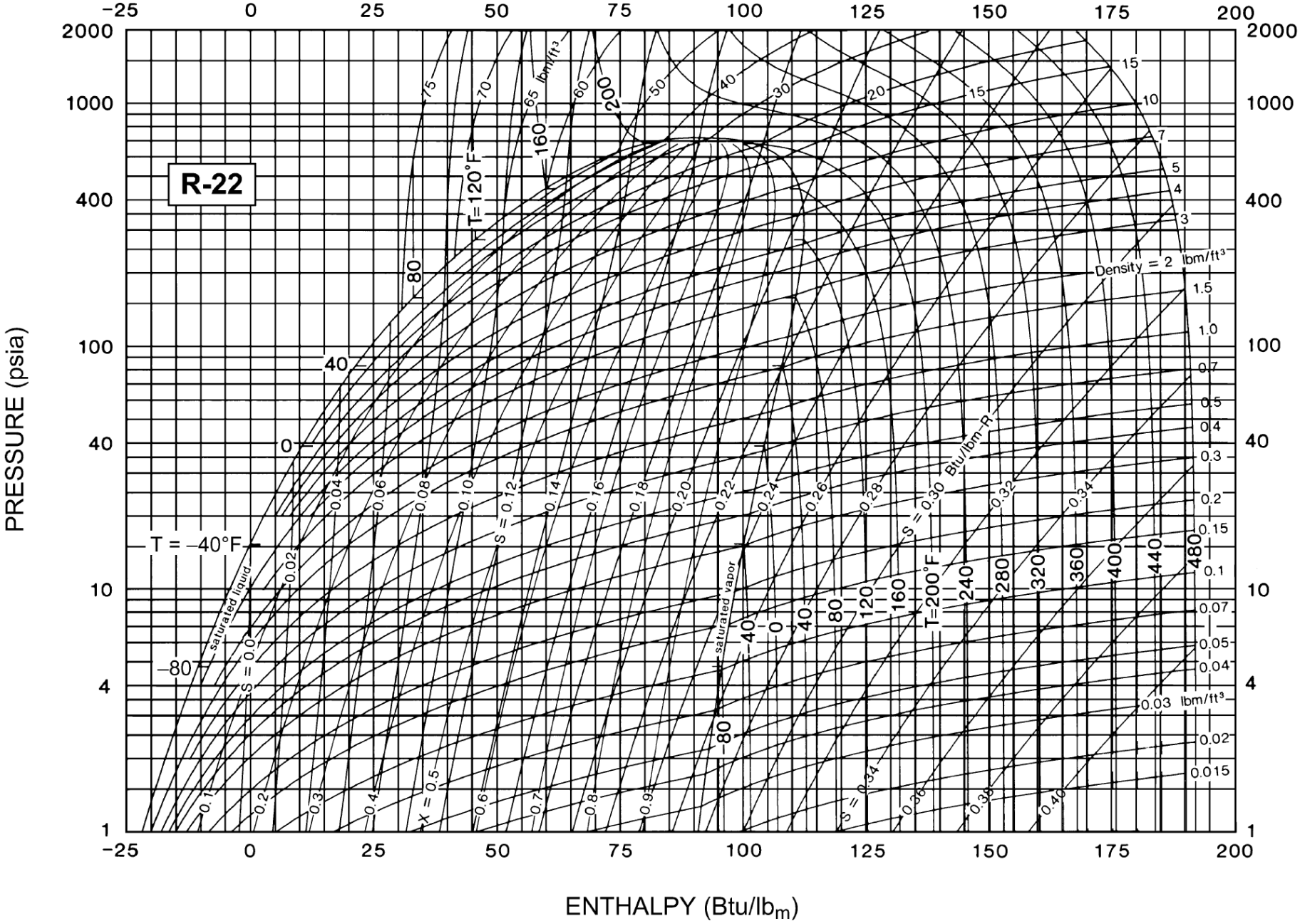


Fig. 2 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 22

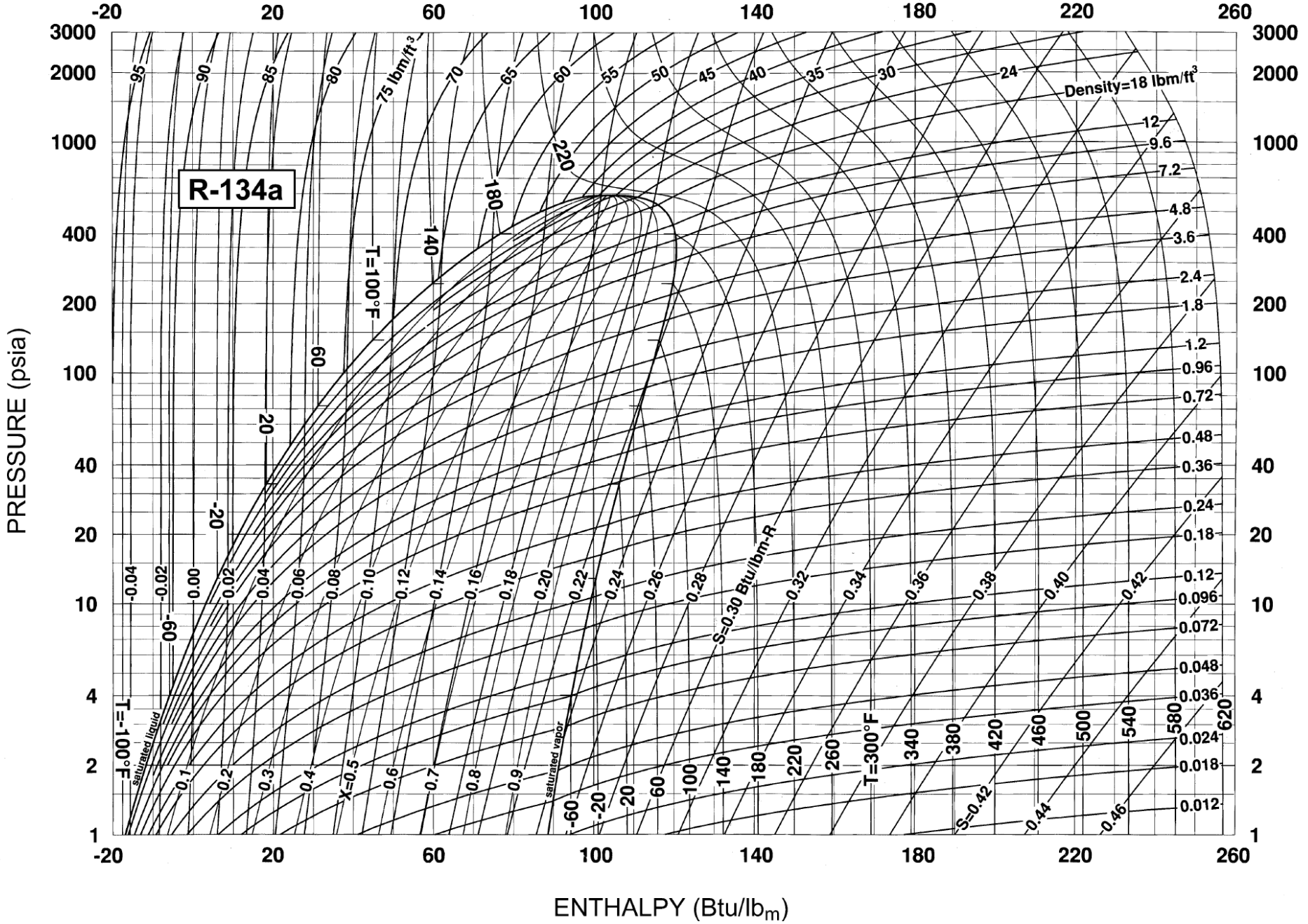
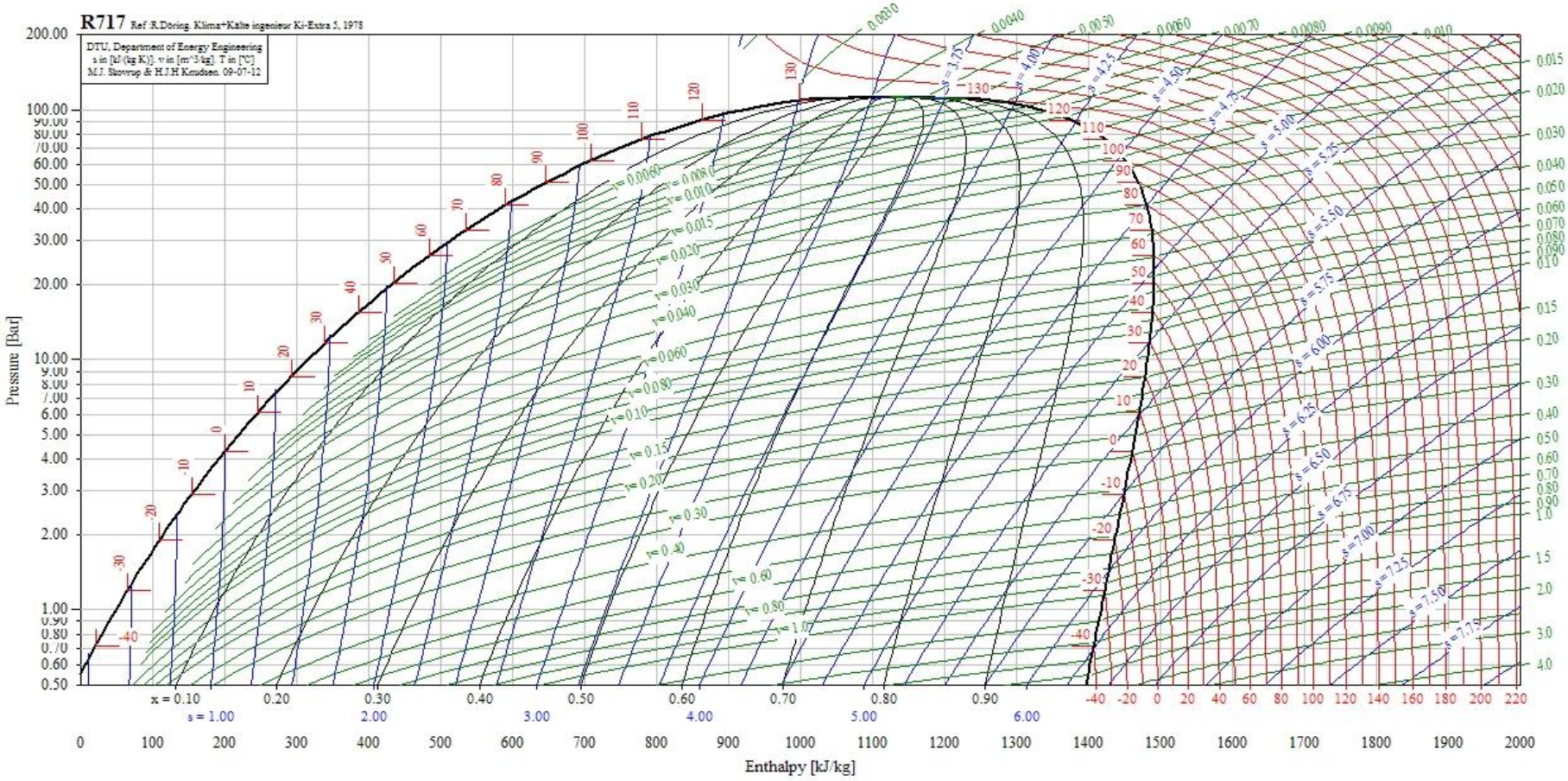
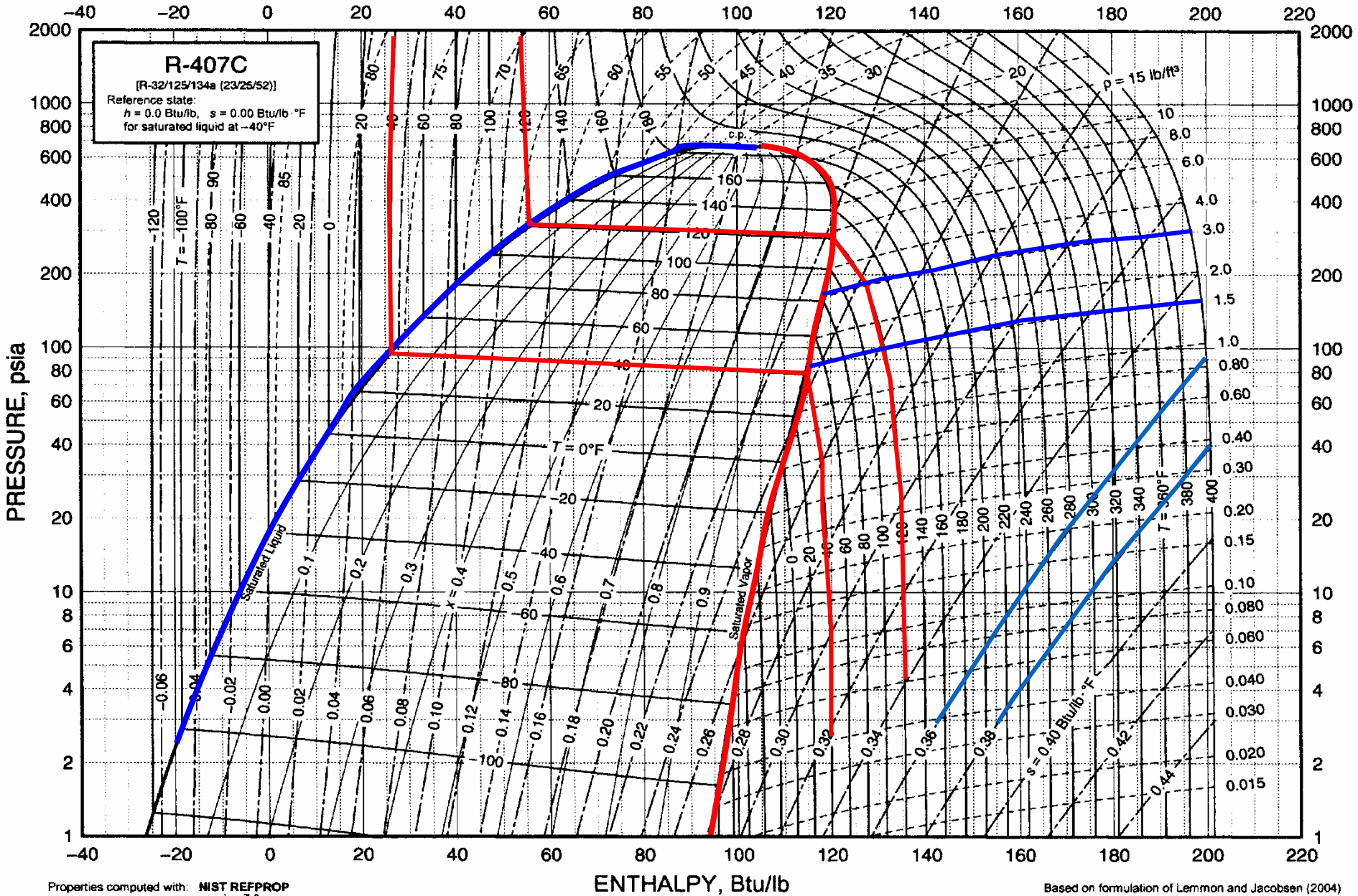


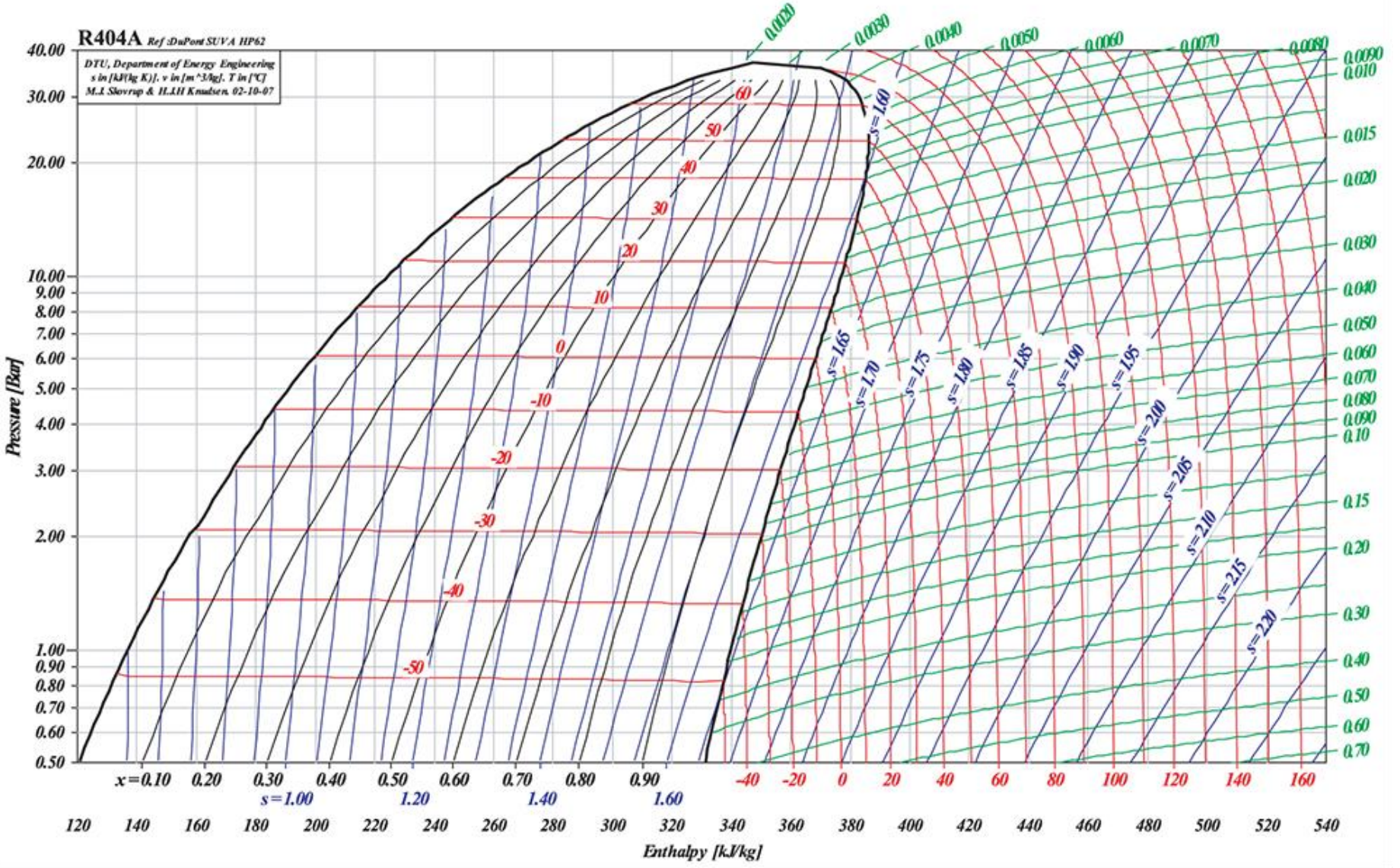
Fig. 8 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 134a



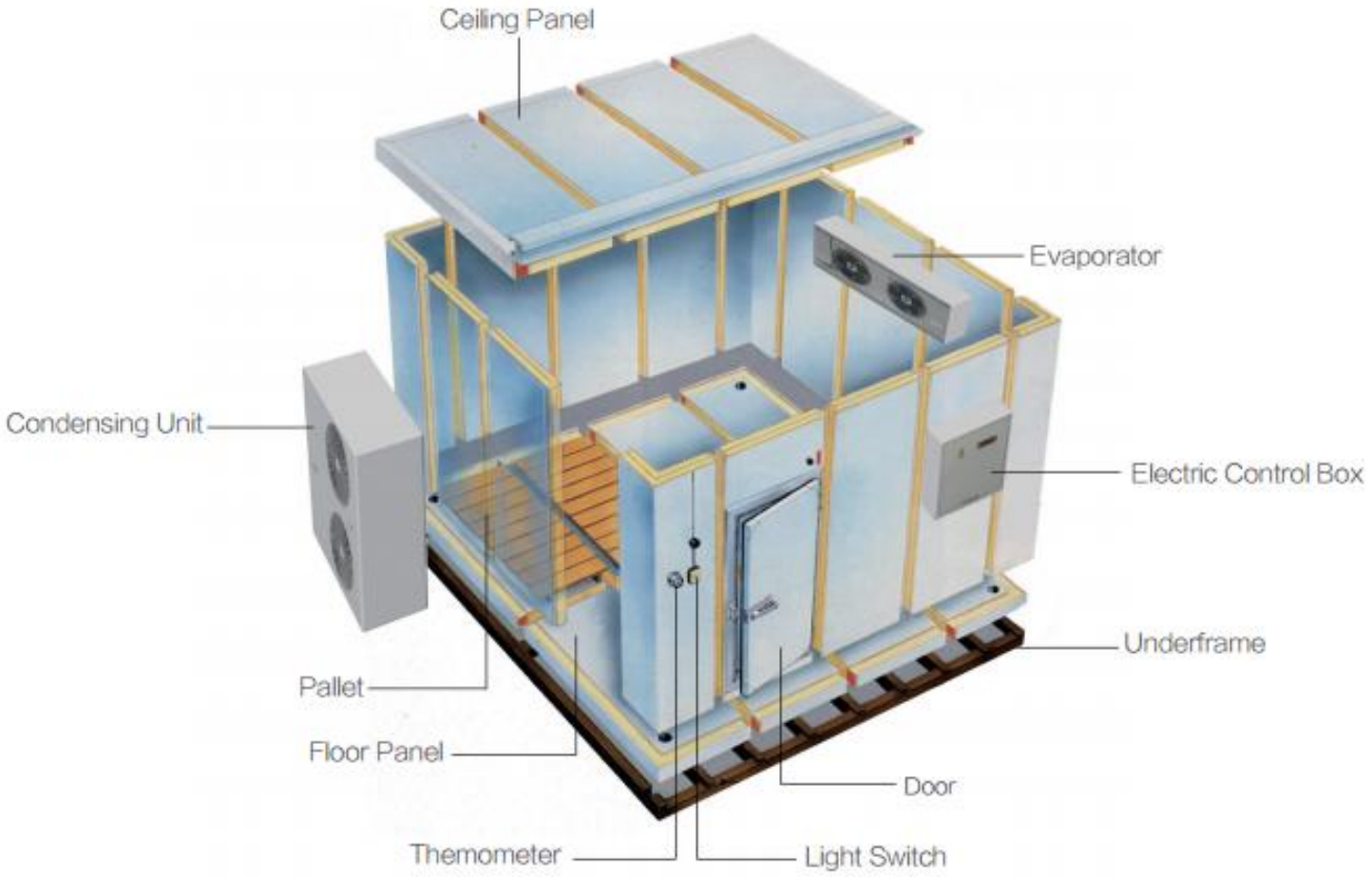
แผนภาพความดัน-เอนทาลปีของแอมโมเนีย

แผนภูมิความดัน-เอนทัลปี (P-h Diagram)




R404A Ref :DuPont SUVA HP62
DTU, Department of Energy Engineering
s in [kJ/(kg K)]. v in [m^3/kg]. T in [°C]
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 02-10-07
Pressure [Bar]
Enthalpy [kJ/kg]
x=0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90
s=1.00 1.20 1.40 1.60
-40 -20 0 20 40 60 80 100 120 140 160
s=1.60 s=1.65 s=1.70 s=1.75 s=1.80 s=1.85 s=1.90 s=1.95 s=2.00 s=2.05 s=2.10 s=2.15 s=2.20

ห้องเย็น (Cool Room) หมายถึง ห้องซึ่งได้รับ การควบคุมอุณหภูมิ ตลอดจนความชื้นที่เหมาะสมกับ สินค้าที่จะจัดเก็บ ซึ่งช่วยชลอการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์และแบคทีเรียต่างๆ ส่วนห้องแช่แข็ง (Frozen Room) จะเป็นห้องที่ใช้ลดอุณหภูมิของสินค้าให้ลดลง ในระยะเวลาอันสั้น เช่น กุ้ง อุณหภูมิเริ่มต้น 5 deg C จะถูก ลดจนถึงอุณหภูมิ –18 deg C ภายใน 10 ชั่วโมง

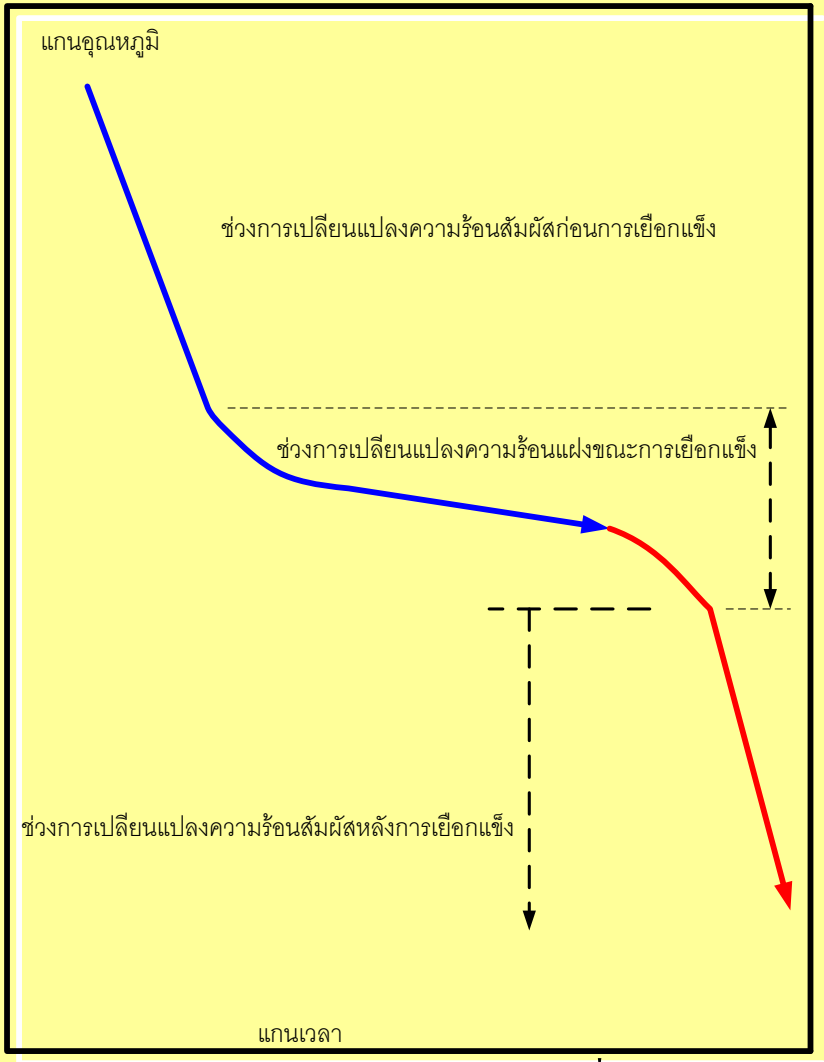


ทำไมต้องมีการลดอุณหภูมิ?

- **ลดกระบวนการหายใจและกระบวนการสุกของผลไม้ :** ผัก ผลไม้ และดอกไม้ สามารถสร้างความร้อนได้เองจากกระบวนการ Metabolism เช่นกระบวนการหายใจทำให้เกิดความร้อน
- **ลดการสูญเสียน้ำ :** ผลิตผลประกอบด้วยน้ำโดยเฉลี่ย 80% การเสียน้ำเพียง 5% ส่งผลให้น้ำหนักผลิตผลลดลง, ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตผลเสียไป เช่น ไม่กรอบและนิ่ม ผักเหี่ยว
- **ชะลอหรือชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์**
- **ลดอัตราการสังเคราะห์เอทธีลิน :** เอทธีลินกระตุ้นกระบวนการเสื่อมสลาย เช่นผักเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง หรือทำให้ดอกไม้เช่นดอกคาร์เนชั่นไม่บาน
- **ลดการสูญเสีย :** เช่นข้าวโพดหวานจะมีการสูญเสียน้ำตาลประมาณ 80% ใน 1 วันที่อุณหภูมิห้อง แต่จะมีการสูญเสียน้ำตาลเพียง 20% ใน 1 วันที่อุณหภูมิใกล้ 0 deg C

อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งและห้องเย็น

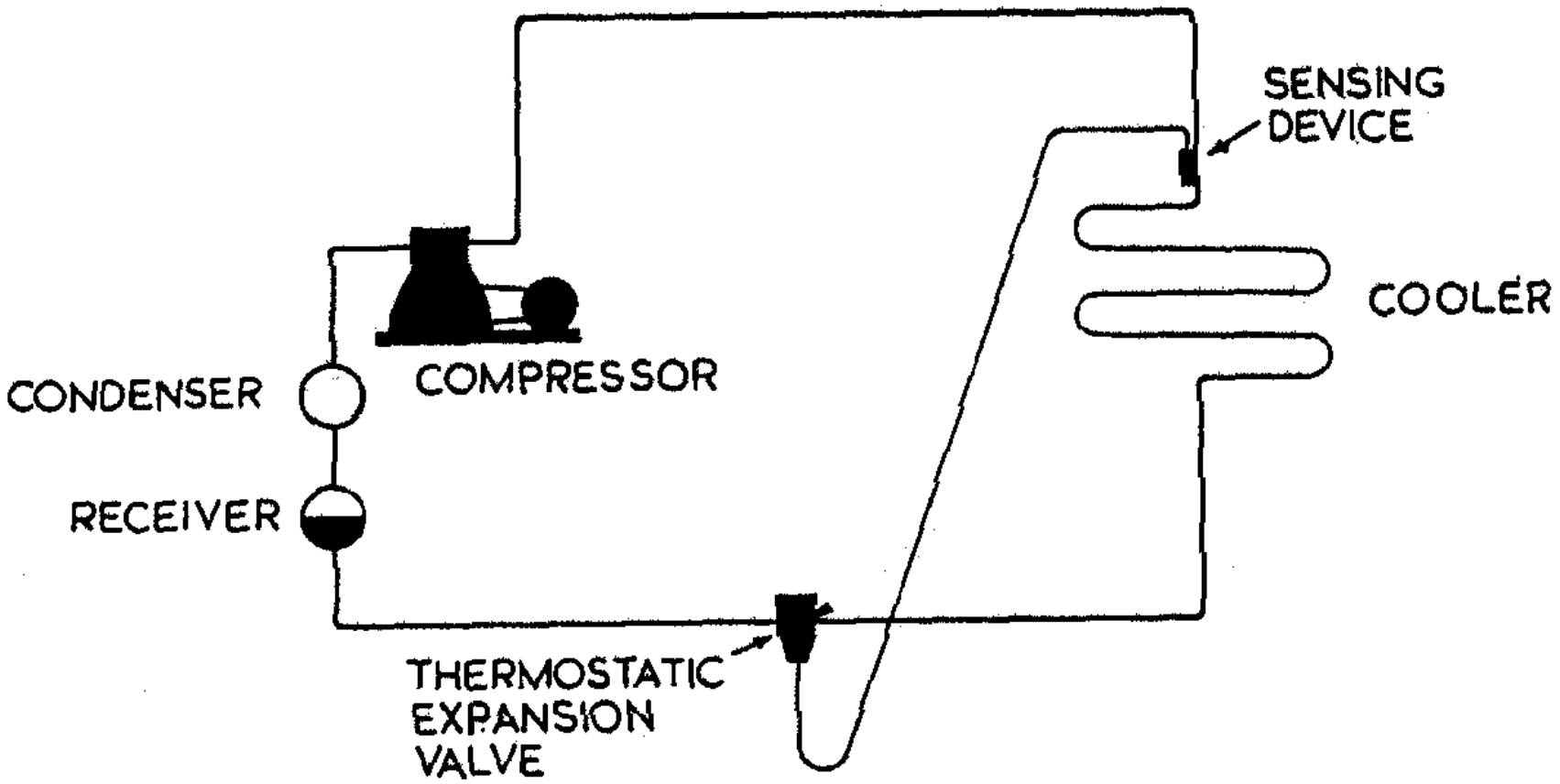
- ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี และการขยายตัวของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย
- อาหารจะถูกแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C
- ขบวนการแช่เยือกแข็ง
  - การนำอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งมาลดอุณหภูมิ ตามขบวนการความร้อนสัมผัส
  - อาหารเปลี่ยนแปลงเข้าสู่จุดเยือกแข็ง (ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร)



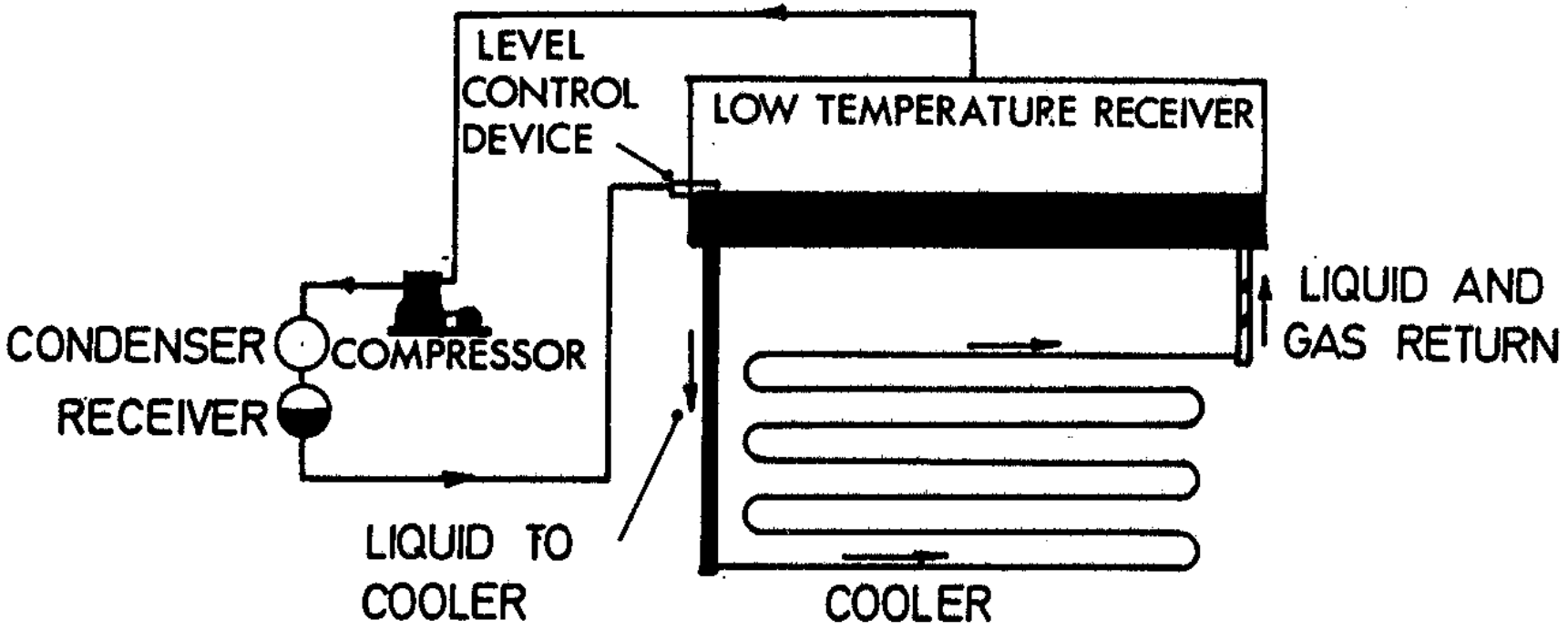
กราฟการเกิดการเยือกแข็งโดยทั่วไป

Four basic systems using mechanical refrigeration are used for freezing and cold storage

1. Dry expansion system
2. Flooded system with natural circulation
3. Flooded system with pump circulation
4. Secondary refrigerant system



Dry expansion system: Used in all the small installations and in installations where there are not likely to be problems with refrigeration distribution or the temperature fluctuations induced by the cycling of the thermostatic expansion valve.

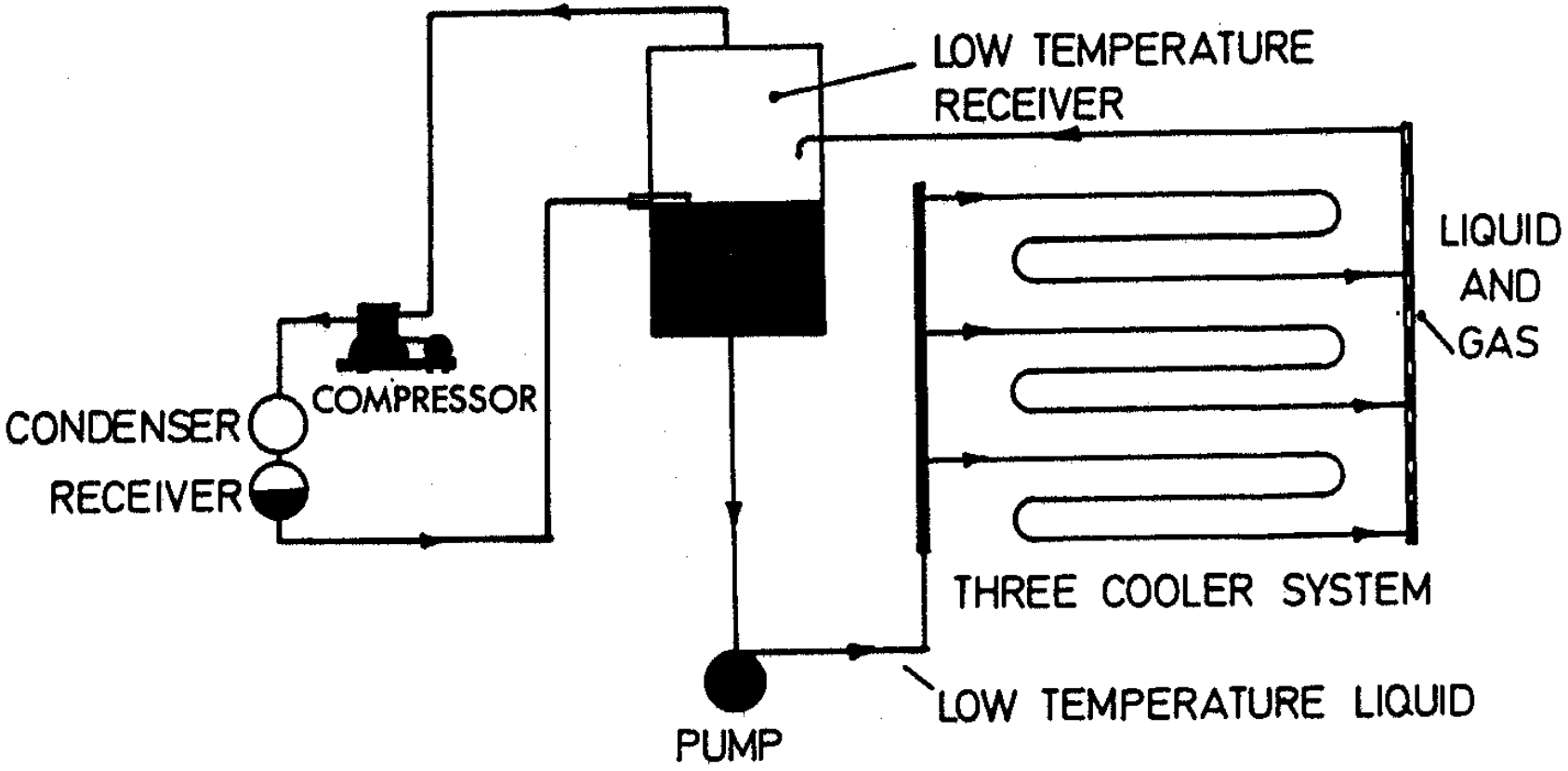


Flooded system with natural circulation: The flooded system gives a better heat transfer than the dry expansion system since there is more liquid present in the cooler.

A flooded system also ensures better refrigerant distribution, therefore, they are appropriate when there are a number of parallel circuits for the refrigerant flow.

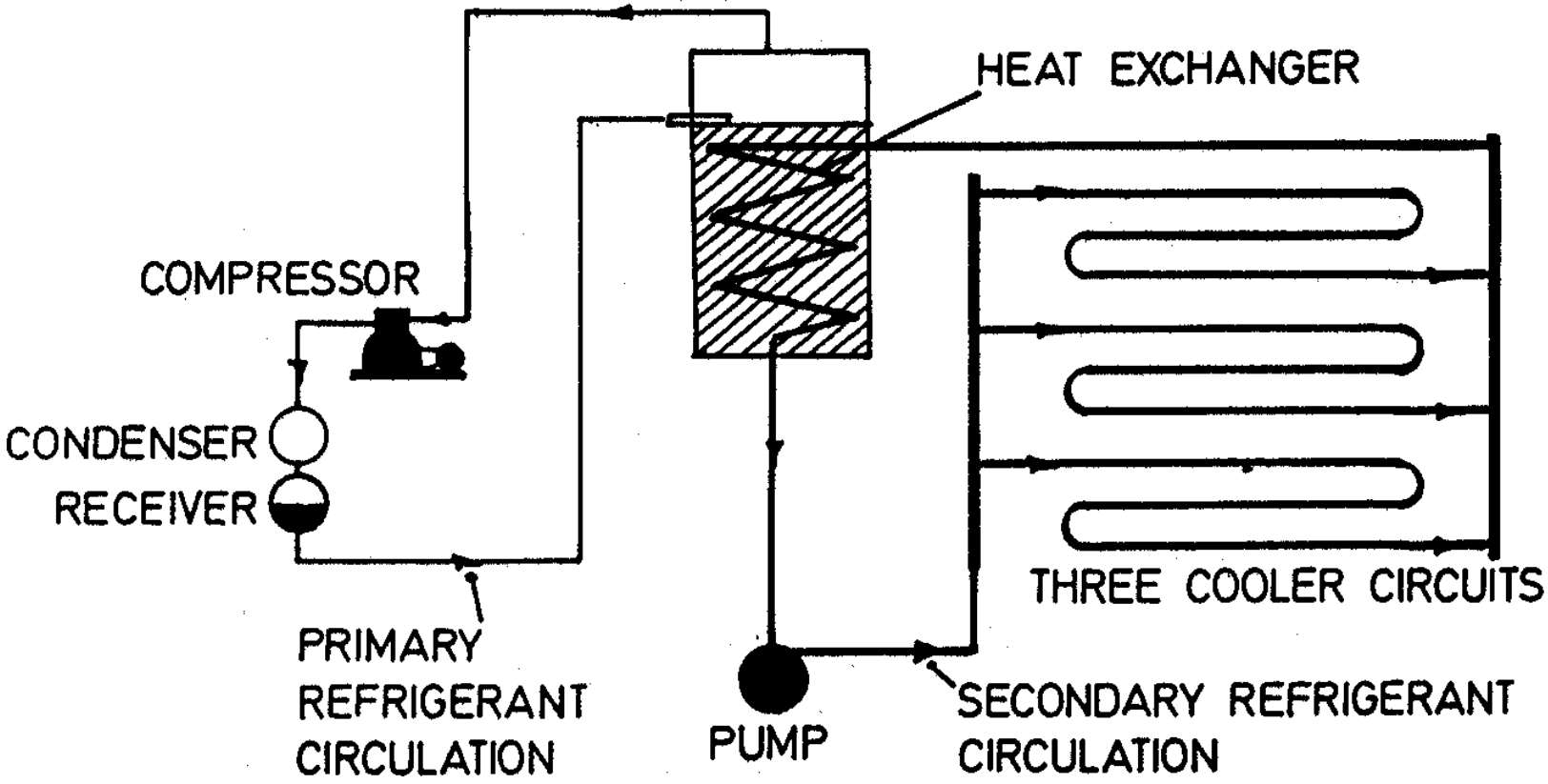
The reservoir in a natural circulation system is situated above the coolers, therefore, it is not suitable for widely separated multiple units.

The most appropriate application likely in fish freezing is with horizontal plate freezers which are single units with a number of parallel circuits formed by the freezer plates.



Flooded system with pump circulation:
Pump circulation allows a flooded system to be used with its advantage in good heat transfer and refrigerant distribution, in a multiple unit system with the low-temperature liquid reservoir situated, if necessary, away from the immediate vicinity of the coolers.

An example of this kind of application is a number of vertical plate freezer units supplied from a common liquid receiver sited in a separate engine room.



Secondary refrigerant system: This has all the advantages of a pump-circulated flooded system without the need to have a pipework and cooler system suitable for the higher refrigerant pressures. The system would therefore be appropriate when there is a high potential for leaks such as on a fishing vessel. The primary refrigerant is confined to the condenser unit and heat exchanger only, and this may be located in a separate engine room.

A secondary system also avoids the potential problems that may result from having a large charge of a volatile refrigerant in a working space such as a factory floor or in a cold store

ห้องเย็น ทุกประเภทจะต้องได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงสิ่ง ต่อไปนี้

- อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วห้อง
- การหมุนเวียนของอากาศทั่วถึงวัตถุ/สินค้า
- การควบคุมความชื้นได้ตามกำหนด
- การเคลื่อนไหวของลมเย็นไม่กระทบต่อการ ทำงานของคนในห้อง
- อุณหภูมิของสินค้าที่จะเข้าเก็บในห้องเย็น
- ระยะเวลาในการเก็บ
- อุณหภูมิของสินค้าที่จะออกจากห้องเย็น
- การขนถ่ายภายในห้องเย็น
- วัสดุที่ใช้ภายในห้องเย็น
- ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง มอเตอร์ที่ใช้ภายใน ห้องเย็น
- ปริมาณสินค้าในการเก็บและจำนวนคนที่ทำงาน ในห้องเย็น

หน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ควบคุมระบบทำความเย็น

สิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานต้องทราบ และเข้าใจหลักการ พื้นฐานของระบบทำความเย็น ซึ่งประกอบด้วย

- คอมเพรสเซอร์ (Compressors) การใช้งานของ เครื่องขึ้นอยู่กับรุ่นและลักษณะการนำไปใช้งาน รู้ความดัน อุณหภูมิทางดูดและส่ง เพื่อให้สามารถใช้เครื่องได้อย่างปลอดภัย

- วาล์วควบคุม (Control Valves) ในระบบทำความเย็น มีวาล์วหลายรูปแบบ ผู้ปฏิบัติงานต้องทราบ ก่อนว่าวาล์วแต่ละตัวมีลักษณะการทำงานอย่างไร ติดตั้งบริเวณไหน ติดตั้งเพื่อควบคุมอะไร ต้องศึกษาให้เข้าใจ เพื่อ ความปลอดภัยในการทำงาน

- ระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน (Electrical Controls) ในระบบทำความเย็นมีอุปกรณ์ต่างๆ ควบคุมการทำงานและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ในระบบด้วย ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้าใจอุปกรณ์ควบคุมแต่ละชุด ควบคุม บริเวณไหน ทำงานอย่างไร เกิดอะไรขึ้นอุปกรณ์ถึงจะทำงานหรืออะไรจะเกิดขึ้นเมื่อไฟฟ้าดับหรือเครื่องเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันเกิดการเปลี่ยนแปลง

- (Temperature or pressure change) ผู้ปฏิบัติงานต้องรู้ความดันและอุณหภูมิของระบบในสภาวะปกติ หาสาเหตุ ของการเปลี่ยนแปลง และต้องปฏิบัติอย่างไร เมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยนแปลงการดึงน้ำยาออกเพื่อซ่อมบำรุง ผู้ปฏิบัติงานสามารถเอาน้ำยาไปเก็บไว้ส่วนหนึ่งได้เมื่อต้องการซ่อมท่อ เปลี่ยน อุปกรณ์ต่างๆ หรือรักษาสูญญากาศของระบบ

การซ่อมบำรุงตามระยะเวลาของการใช้งาน

- (Preventive Maintenance) การซ่อมบำรุงตามระยะเวลาของการใช้งาน เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่จะนำมาใช้งานอย่างปลอดภัย เนื่องจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกตัวต้องการตรวจสอบ ทำความสะอาด และเปลี่ยนอะไหล่บางชิ้นตามระยะเวลาใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนด ปฏิบัติการขั้นพื้นฐานที่ต้องทำสม่ำเสมอ คือ

- คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ต้องตรวจสอบทุกปี ไส้กรองต่างๆ (Filters) ทำความสะอาดและเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอ

- อุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัย (Safety Control) ตรวจสอบและทดลองการใช้งานจุดที่ตั้งค่าไว้ เพื่อให้แน่ใจว่าวาล์วทำงานปกติ หากไม่ปกติต้องทำการตรวจซ่อมแก้ไขต่อไป

- วาล์วควบคุมด้วยไฟฟ้า (Electrical Control Valves) ควรมีการตรวจสอบการใช้งานแบบ Manual ถ้าพบอะไหล่ชำรุด ต้องทำการเปลี่ยนทันทีหรือสงสัยกรองด้านขาเข้า อุดตัน ตรวจสอบและ ทำความ สะอาดให้ใช้งานได้ตามปกติ

- วาล์วลดความดัน (Expansion Valves) ตรวจสอบ ปรับตั้งให้ถูกต้องเสมอ หากเป็น Thermostatic Expansion Valves ต้องไม่มีการชำรุดเสียหายที่ Bulb และ Capillary Tube ให้ตรวจสอบการติดตั้งตำแหน่ง Bulb ให้ถูกต้องและมีการยึดโดยใช้ Clamp ที่แข็งแรง

- เกจและเทอร์โมมิเตอร์ (Pressure Gauge and Thermometer) ตรวจสอบค่าและปรับแต่งให้อ่านค่าเที่ยงตรง

- หลอดแก้วดูน้ำยา (Sight Glasses) ทำความสะอาด เมื่อพบว่าสกปรกและไม่ควรมีสิ่งกีดขวางต่อการมองเห็นน้ำยา

- ลูกลอยควบคุมระบบและชุด Alarm (Float Control and Level Alarm) ตรวจสอบด้วยตาเปล่า และ ตรวจสอบการทำงานว่าถูกต้องตามขั้นตอนหรือไม่

- ปั๊มน้ำยา (Refrigerant Pump) ตรวจสอบสมรรถนะ การรั่วซึมความตึงของสายพานและเช็คศูนย์ ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นตามคำแนะนำของผู้ผลิต

- อุปกรณ์ความปลอดภัย (Safety Equipment) ตรวจดูอุปกรณ์ความปลอดภัยให้พร้อมต่อการใช้งานได้ทุกขณะ

การสังเกตการณ์เพื่อป้องกันเหตุฉุกเฉิน

ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้าใจและรู้จักสังเกตการทำงานของระบบทำความเย็น หรือบันทึกการทำงานของระบบ ทั้งหมดที่สภาวะปกติ เมื่อพบความเปลี่ยนแปลงที่เบี่ยงเบนไปจากสภาวะปกติ สามารถแก้ไขเข้าสู่สภาวะปกติได้ ต้อง ตรวจสอบและดำเนินการต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ระบบท่อน้ำยา ตรวจดูการรั่ว การสั่นสะเทือน มีการ เคลื่อนไหว หรือมีการแตกหักชำรุดเสียหาย รวมไปถึงฉนวนกันความร้อนด้วย

- อุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับท่อน้ำยา สิ่งเหล่านี้ จะต้องไม่สัมผัสท่อน้ำยา ต้องรื้อย้ายสิ่งกีดขวางต่างๆ ให้พ้นจากบริเวณอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับความปลอดภัย

- การรั่ว ตรวจหารอยรั่ว ตรวจคราบน้ำมันตามหน้าแปลนหรือสกรู น๊อตต่างๆ หากพบทำการเปลี่ยนปะเก็นใหม่หรือขันให้แน่นระบบน้ำ ตรวจสอบการรั่วของแอมโมเนียที่อาจรั่วปะปนไปกับระบบน้ำ โดยใช้กระดาษลิตมัส (ถ้าแอมโมเนีย ปนกับน้ำกระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน)

- วาล์วนิรภัย ตรวจสอบวาล์วนิรภัยต่างๆ ติดตั้งไว้ ครบถ้วน ท่อที่ออกจากวาล์วติดตั้งไว้ถูกต้องและไม่อุดตันวาล์วควบคุมและสวิตซ์ตัดต่อเพื่อความปลอดภัย ติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้อง และมีฝาครอบหรืออุปกรณ์ป้องกันเรียบร้อยแล้ว

- ท่อที่อยู่ภายนอกอาคาร ตรวจสอบให้แน่ชัดว่า สัญญลักษณ์และทิศทางการไหลที่ระบุอยู่ที่ท่อถูกต้องหรือไม่ดูการเกิดสนิม การผุกร่อน และฉนวนมีการสึกหรอ หรือเสื่อมสภาพหรือไม่ หากพบต้องเปลี่ยนหรือแก้ไข

การตรวจสอบและการซ่อมบำรุงเพื่อให้การใช้งานได้อย่างปลอดภัย จำเป็นต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

- กำหนดชนิดและระยะเวลาในการตรวจสอบ การซ่อมบำรุงส่วนต่างๆ ในระบบขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างประกอบด้วย ประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงครั้งก่อนๆ อายุการใช้งานของเครื่องจักรและระบบสภาพแวดล้อมที่โรงงานตั้งอยู่และลักษณะการใช้งานของระบบ

- จดบันทึกข้อมูลการเดินระบบ (System log) เพื่อทราบความเปลี่ยนแปลงเบี่ยงเบนของการใช้งานระบบเมื่อเทียบกับการใช้งานปกติ

- ตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ตรวจสอบอุณหภูมิและความดันทางด้านดูดและด้านส่งดูการสั่นของคอมเพรสเซอร์และตรวจสอบส่วนต่างๆ ตามอายุการใช้งาน

- ถังความดันและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ตรวจสอบขณะอุปกรณ์ถูกใช้งาน ลักษณะผิว รอยรั่ว ความเป็นกรด-ด่างของน้ำกับน้ำเกลือ หากพบต้องทำการแก้ไขทันที

- การตรวจคอยล์เย็นชนิดครีบระบายความเย็น ตรวจการละลายน้ำแข็งและสิ่งอุดตัน การชำรุดของพัดลม หากพบต้องทำการแก้ไขและทำความสะอาดทุกๆ 6 เดือน ตรวจสอบพัดลมว่ามีการชำรุดหรือไม่

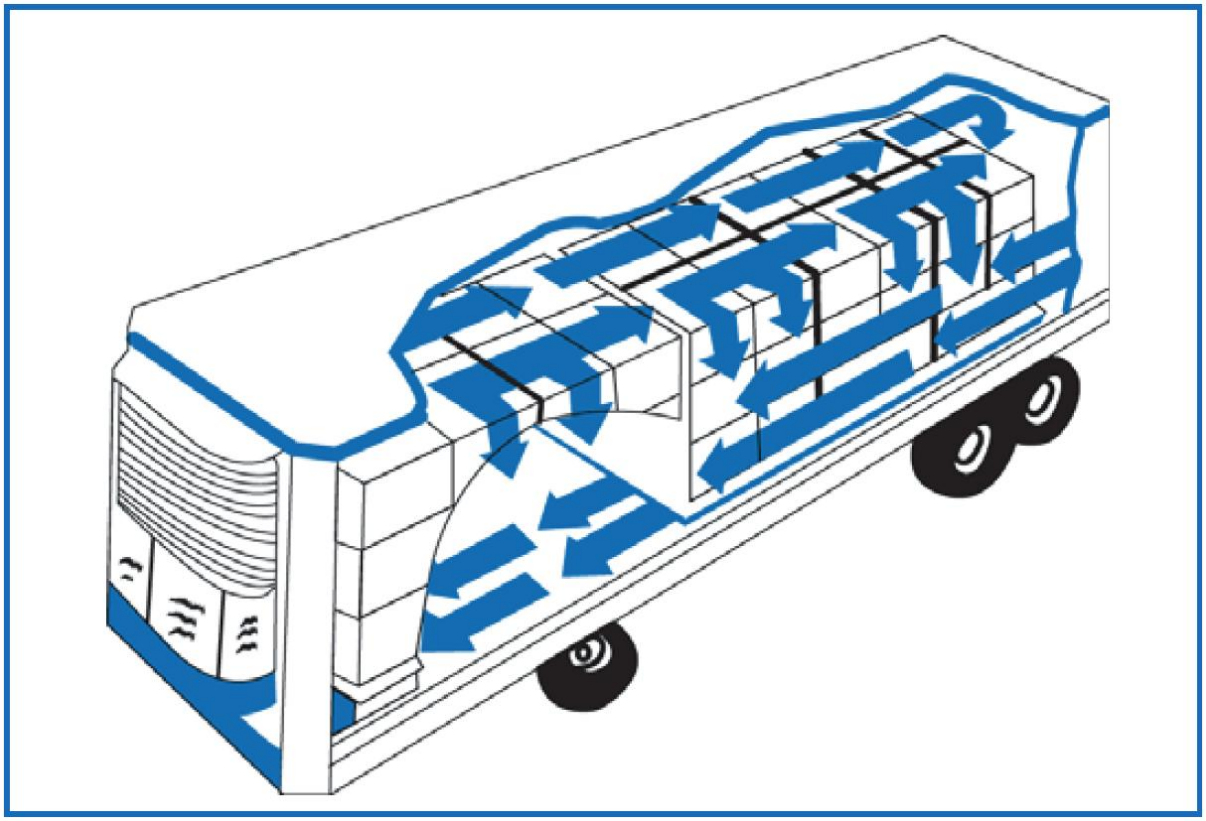
- การตรวจคอยล์ร้อน Evaporative Condenser ล้างถาดน้ำไส้กรองปั้ม ลูกลอย ระดับน้ำ หัวสเปรย์น้ำ มอเตอร์ พัดลม มอเตอร์ปั๊มน้ำ ต้องดูแลสม่ำเสมอ

- การตรวจสอบปั๊มแอมโมเนีย ตรวจสอบท่อต่างๆที่ต่อกับปั๊มมีการกัดกร่อนหรือไม่ ตรวจอุปกรณ์ภายในลูกปืน ใบพัด ดูความสึกหรอว่ายังใช้งานได้หรืออาจจะต้องเปลี่ยน

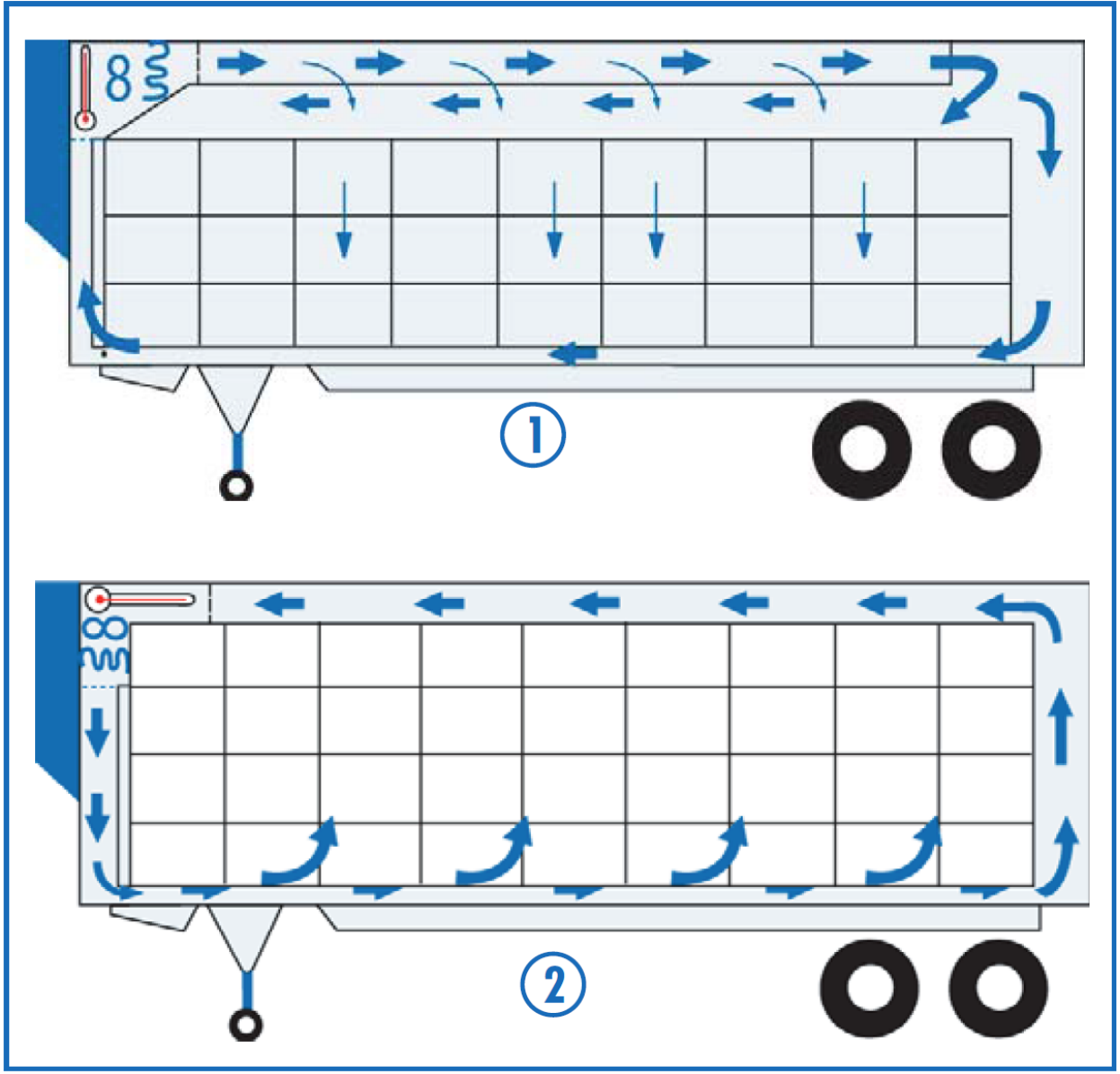
- ตรวจซ่อมท่อน้ำยาที่หุ้มฉนวนและไม่หุ้มฉนวน หากพบมีการกัดกร่อนท่อลดลง 10% ของความหนาท่อให้ เปลี่ยน

ตัวอย่างรถห้องเย็น

การหมุนเวียนของอากาศในรถห้องเย็นที่ถูกต้อง

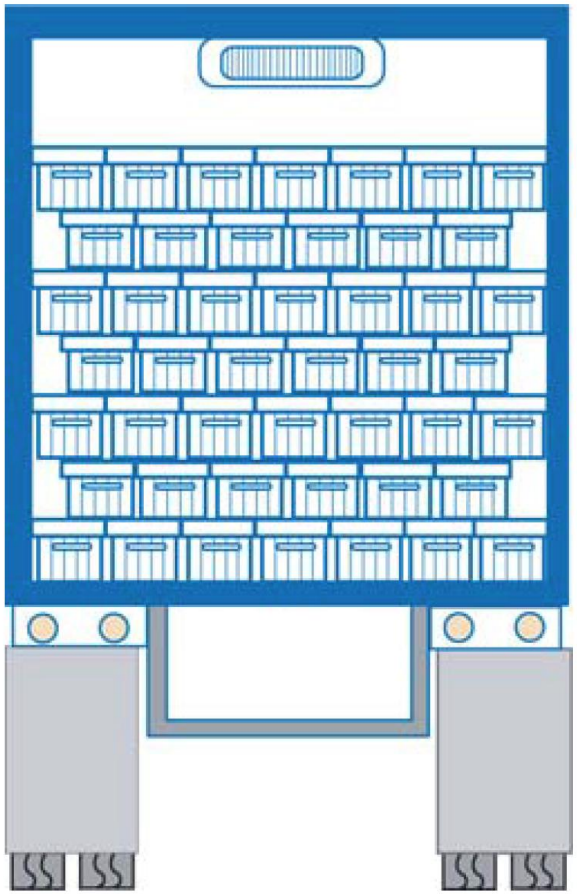


- การเรียงผลิตผลในรถห้องเย็นคือต้องไม่สูงเกินไปจนปิดทางไหลของอากาศด้านบนที่มาจากเครื่องทำความเย็น
- อากาศเย็นต้องหมุนเวียนผ่านภาชนะบรรจุได้ทุกด้านรวมทั้งด้านล่างด้วย
- โดยทั่วไปการหมุนเวียนอากาศ ควรไหลผ่านด้านบนแล้วเคลื่อนที่ ลงด้านหลังตู้และย้อนกลับมาทางด้านข้าง และด้านล่างของตู้ เพื่อกลับสู่ระบบทำความเย็นต่อไป



ลักษณะการหมุนเวียนอากาศ 2 แบบ

1) แบบจ่ายลมเย็นจากด้านบน 2) แบบจ่ายลมเย็นจากด้านล่าง



ตัวอย่างการจัดเรียงผลิตผลในรถห้องเย็น

- การเรียงภาชนะบรรจุผลิตผลที่บังทิศทางการไหลของอากาศเย็น ทำให้อุณหภูมิในตู้ไม่สม่ำเสมอ จุดอับลมจะเกิดความร้อนขึ้น
- การตรวจสอบทำได้โดยควรวัดอุณหภูมิจากหลายจุดในห้อง ถ้าพบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากหลายจุดมีความแตกต่างกันเกิน 0.8 deg C แสดงว่าการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องไม่ดีพอ

- การจัดเรียงภาชนะบรรจุจนถึงเพดานตู้ ต้องเว้นระยะห่างประมาณ 30 cm หรือต้องไม่บัง evaporator coil
- หากพื้นตู้ไม่มีร่อง ต้องใช้ระแนงหรือแท่นรองรับสินค้ารองก่อน เพื่อให้อากาศมีทางไหลกลับได้
- เมื่อต้องบรรจุภาชนะหลายชนิดบนรถคันเดียวกัน ภาชนะบรรจุผลิตผลที่มีน้ำหนักมากต้องอยู่ข้างล่าง เพื่อป้องกันการยุบตัวของภาชนะบรรจุ ซึ่งจะขวางทางอากาศหมุนเวียนได้
- ไม่จัดเรียงภาชนะบรรจุยาวจะติดประตูหลัง ควรเว้นช่องว่างให้อากาศไหลผ่านอย่างน้อย 10 cm
- เว้นช่องว่างระหว่างแถวของภาชนะบ้างเพื่อให้อากาศไหลผ่านได้
- เว้นช่องว่างภาชนะบรรจุกับผนังด้านข้างเพื่อลดการนำความร้อน
- ควรใช้ระบบ Pigeon hole ในการเรียงผลิตผล โดยชั้นแรกเรียงให้เกิดช่องว่างในขณะที่ชั้นถัดขึ้นมาเรียงกันสลับกันเรื่อย ๆ ด้วยวิธีนี้จะทำให้อากาศเย็นไหลผ่านภาชนะทุกใบ

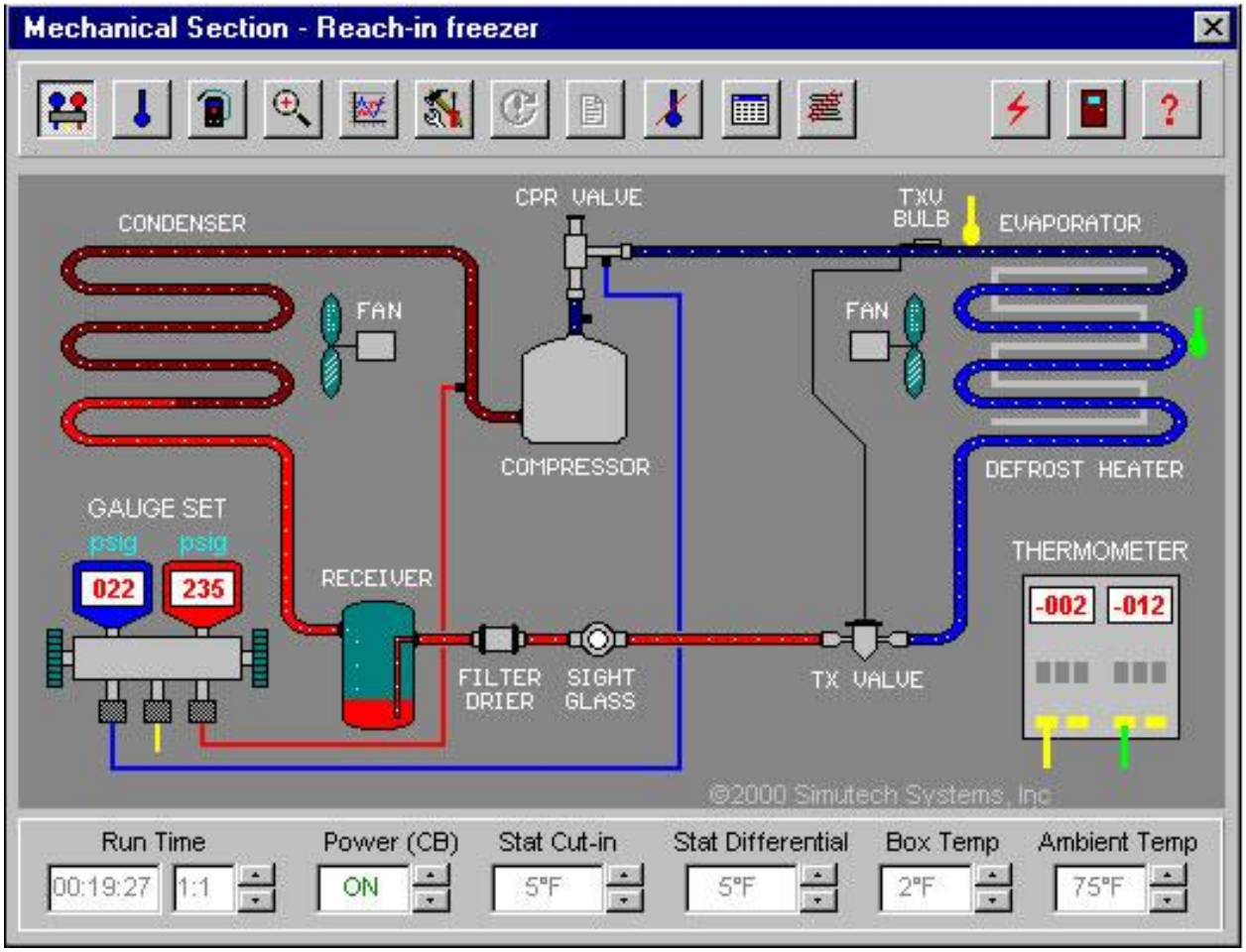
การรักษาความสะอาดในรถห้องเย็น

- ทำความสะอาดทุกครั้งที่ขนผลิตผลเสร็จแล้วในแต่ละเที่ยว พื้นรถที่เป็นร่องหากมีเศษวัสดุ จะทำให้ปิดกั้นการไหลของอากาศ
- ทำความสะอาดพื้น ผนัง เพดาน ด้วยสารประกอบคลอรีนเข้มข้นประมาณ 150-200 mg/litre

วิเคราะห์ประสิทธิภาพ

HP = 250 psi

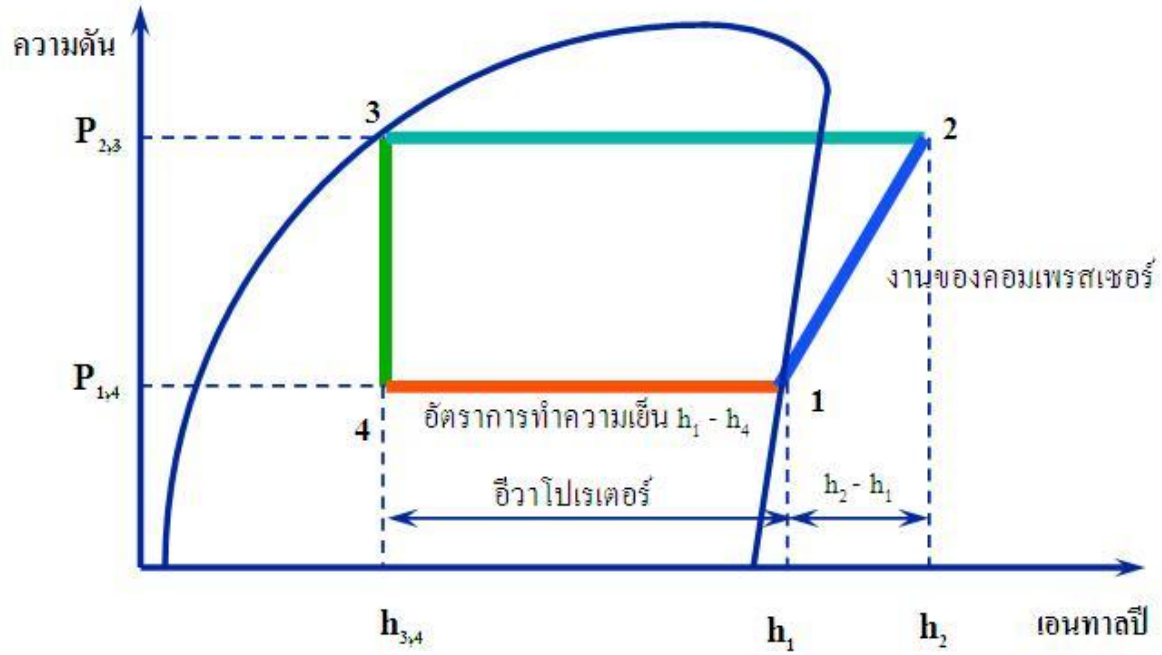
LP = 70 psi



วิเคราะห์ประสิทธิภาพ

- ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP) แสดง อัตราส่วนระหว่างพลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยคอยล์เย็น (ความเย็นที่ทำได้) ต่อพลังงานที่ใช้

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$



h_1 = เอนทาลปีสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์, kJ/kg

h_2 = เอนทาลปีสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์, kJ/kg

h_4 = เอนทาลปีสารทำความเย็นก่อนเข้าคอยล์เย็น, kJ/kg

Performance indicator

COP (coefficient of performance)

$$\text{COP} = \frac{\text{Cooling output at evaporator}}{\text{Work input at compressor}}$$

EER (energy efficiency ratio)

$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling output at evaporator (Btu/hr)}}{\text{Work input at compressor (Watt)}}$$

kW/TR

$$\text{kW/TR} = \frac{\text{Work input at compressor (kW)}}{\text{Cooling output at evaporator (TR)}}$$

where as

1 TR = 1 ton of refrigeration
1 TR = 12,000 Btu/hr = 3.52 kW = 4.71 hp
1 watt = 3.4 Btu/hr
1 Btu = 1.055 kJ

Performance indicator

An 1 TR refrigeration unit consumes 1,100 watt of electrical power. Determine the coefficient of performance (COP), energy efficiency ratio (EER), and kW/TR.

Cooling capacity = 1 TR = 3,520 watt = 12,000 BTU/hr

$$\text{COP} = \frac{\text{Cooling output at evaporator}}{\text{Work input at compressor}} = \frac{3{,}520 \text{ watt}}{1{,}100 \text{ watt}} = 3.2$$

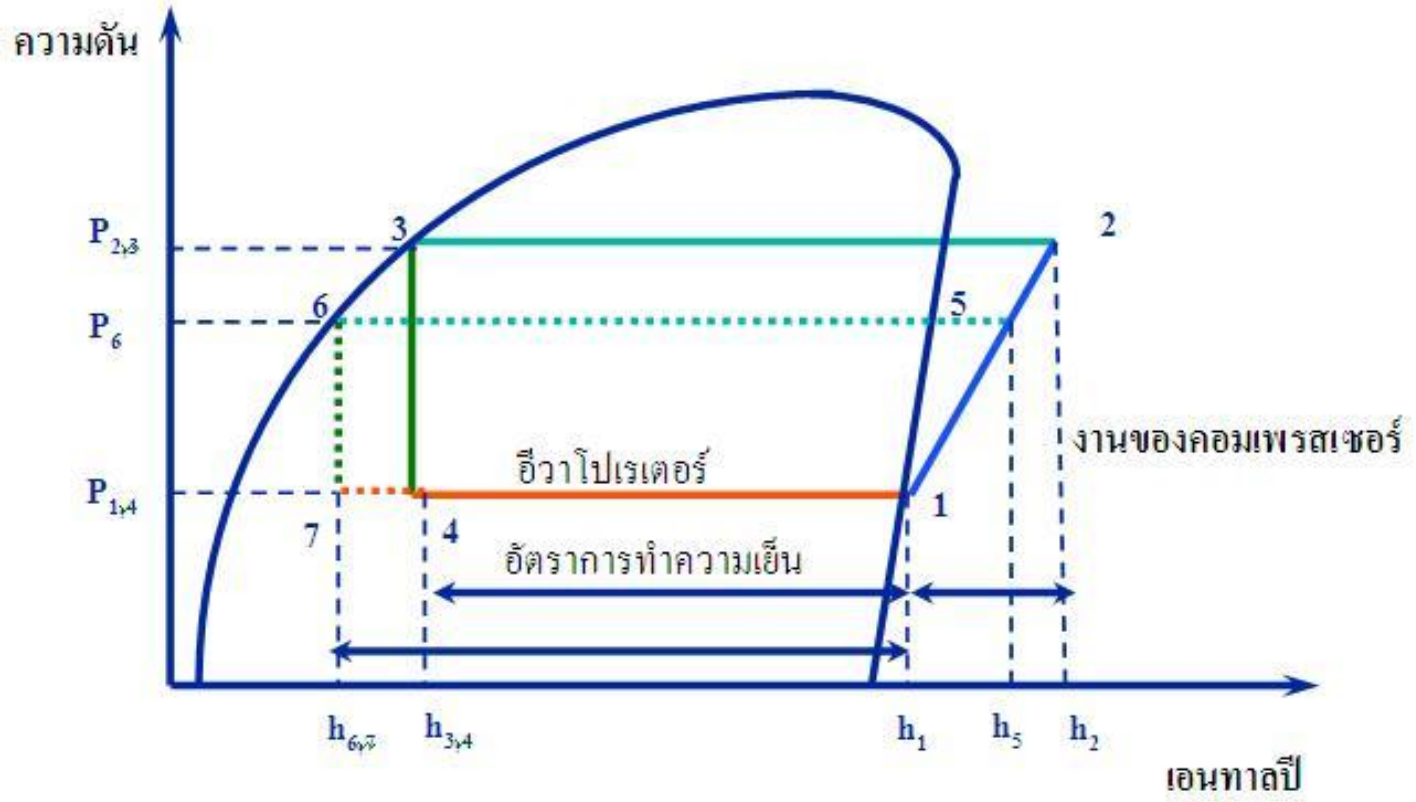
$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling output at evaporator (Btu/hr)}}{\text{Work input at compressor (Watt)}} = \frac{12{,}000 \text{ Btu/hr}}{1{,}100 \text{ watt}} = 10.9$$

$$\text{kW/TR} = \frac{\text{Work input at compressor (kW)}}{\text{Cooling output at evaporator (TR)}} = \frac{1.1 \text{ kW}}{1 \text{ TR}} = 1.1$$

มาตรการด้านพลังงาน

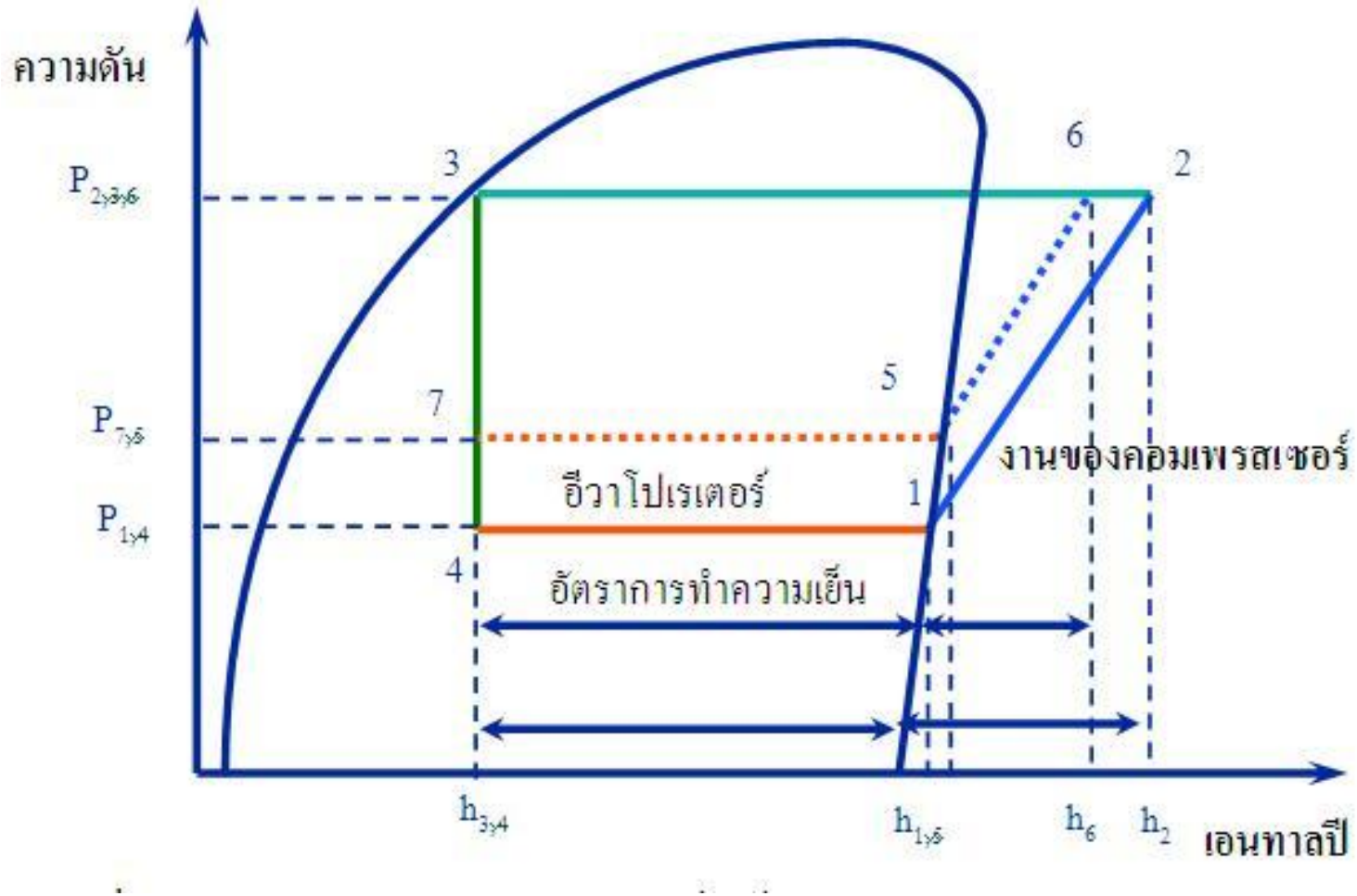
- ❑ การเลือกขนาดเหมาะสม
- ❑ ประสิทธิภาพของเครื่อง DX, chiller, pump, fan, cooling tower
- ❑ การติดตั้งที่ถูกต้อง
- ❑ ฉนวนที่ใช้ต้องถูกต้องและเหมาะสม
- ❑ อุดช่องรอยรั่วทั้งหมด
- ❑ ติดตั้งชุดปิดประตู (Door Closer) ที่ประตู
- ❑ การดูแลรักษาสภาพเครื่อง

การลดอุณหภูมิทำงานของคอนเดนเซอร์



- ❖ รักษาพื้นผิวของคอนเดนเซอร์ให้สะอาด
- ❖ อย่ากีดขวาง การหมุนเวียนลมที่ condenser กรณี air cooled
- ❖ เดินพัดลมคอนเดนเซอร์เพิ่ม เพื่อลดอุณหภูมิควบแน่น กรณี air cooled
- ❖ เดินเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นเพิ่ม เพื่อลดอุณหภูมิควบแน่น กรณี water cooled

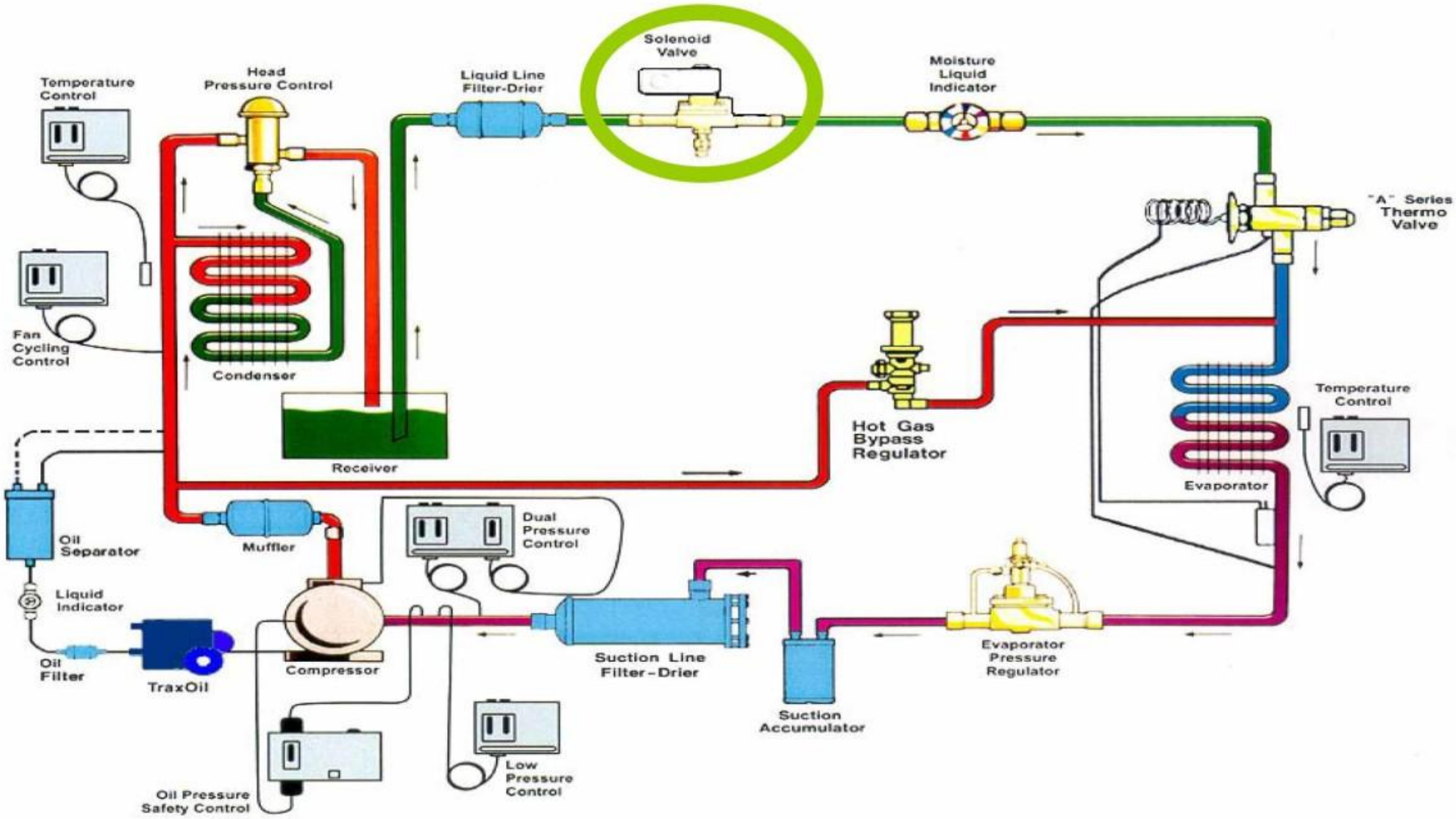
การเพิ่มอุณหภูมิทำงานของอีวาโปเรเตอร์



- ตั้งอุณหภูมิในพื้นที่ทำความเย็นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้

มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็น

- พื้นที่ผิวของอีวาโปเรเตอร์ต้องมีมากเพียงพอเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนทำได้มากขึ้น
- ละลายน้ำแข็งที่คอยล์เย็นเป็นระยะ สังเกตได้จากอากาศที่ออกจากคอยล์เย็นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น
- ใช้พัดลมและมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในห้องเย็นและห้องแช่แข็ง


Solenoid Valve
Temperature Control
Head Pressure Control
Liquid Line Filter-Drier
Moisture Liquid Indicator
"A" Series Thermo Valve
Fan Cycling Control
Condenser
Receiver
Hot Gas Bypass Regulator
Temperature Control
Evaporator
Oil Separator
Muffler
Dual Pressure Control
Liquid Indicator
Oil Filter
TraxOil
Compressor
Suction Line Filter-Drier
Evaporator Pressure Regulator
Suction Accumulator
Low Pressure Control
Oil Pressure Safety Control

ความชื้นที่ต้องการในการเก็บรักษา

- สินค้าบางชนิดจำเป็นอย่างมากในการพิจารณาความชื้นในการเก็บรักษาเช่น ผัก ผลไม้ พืชผลทางการเกษตร อาหารทะเลและสินค้าที่ปราศจากบรรจุภัณฑ์ สินค้าเหล่านี้จะสูญเสียความชื้นในตัวเองได้ง่าย โดยเฉพาะห้องที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ (Temperature difference, TD)
- TD = room temp – cooling coil temp
- โดยหากมี TD มาก ปริมาณความชื้นในห้องจะต่ำ สินค้าจะสูญเสียน้ำในตัวให้กับห้องที่แห้ง หรือมีค่า TD สูง มีผลทำให้น้ำหนักของสินค้าลดลง ผิดของพืชผักเหี่ยว ไม่สด ทำให้สินค้าด้อยคุณภาพ ขายไม่ได้ราคา
- การรักษาความแตกต่างของ TD ให้เหมาะสมหรือแตกต่างกันน้อย นอกจากจะช่วยในเรื่องของการเก็บรักษาคุณภาพของสินค้าแล้ว ยังช่วยให้ cooling coil เกิดน้ำแข็งน้อยลง และประหยัดพลังงาน
- ระบบทำความเย็นทำงานที่ cooling coil temp ลดต่ำลง 1 deg C จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าประมาณ 3-4 %

%ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	TD (อุณหภูมิห้อง–อุณหภูมิคอยล์เย็น) TD (Room Temp. – Evap. Temp.)
90	5
87	5.5
85	6
83	6.5
81	7
79	7.5
77	8
75	8.5

ความสัมพันธ์ระหว่าง %RH กับ TD

สาเหตุในการเกิดน้ำแข็งและชนิดของการละลายน้ำแข็ง

- เนื่องจากอุณหภูมิห้องที่ใช้ในการเก็บสินค้าส่วนมากจะมีค่าเข้าใกล้ 0 deg C หรือต่ำกว่านั้น ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำยาใน cooling coil จึงมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง จึงมิอาจหลีกเลี่ยงการเกิดน้ำแข็งได้

ปัจจัยในการเกิดน้ำแข็งและชนิดของการละลายน้ำแข็ง

- ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปริมาณความชื้นของอากาศภายในห้องมีค่าสูง โดยมีสาเหตุมาจากสินค้าที่ทำการเก็บรักษา สภาพห้องที่เปียกชื้น หรือปริมาณอากาศที่มีความชื้นสูงไหลจากภายนอกเข้ามาในห้อง เป็นต้น
- ปัจจัยภายใน ได้แก่ cooling coil temp. ที่มีค่าต่ำกว่าเกินความจำเป็น จะเป็นตัวเร่งให้ปริมาณน้ำในอากาศกลั่นตัวและเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งได้เร็วขึ้น

ผลเสียของการเกิดน้ำแข็งและการละลายน้ำแข็งที่ไม่เหมาะสม

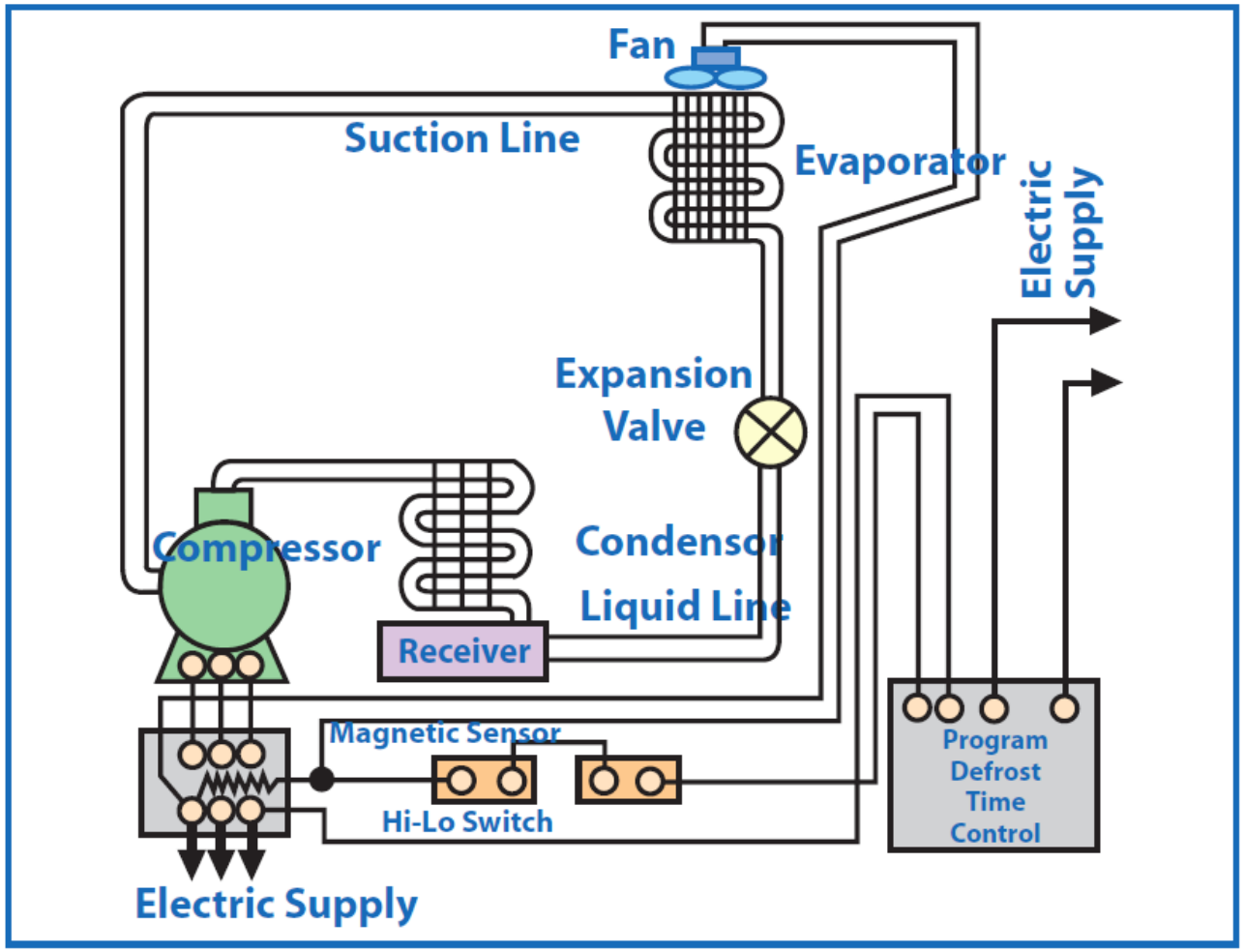
- ประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ลดลง
- Compressor ทำงานหนักขึ้น สูญเสียค่าไฟฟ้ามากขึ้น
- น้ำแข็งเป็นอุปสรรคต่อการส่งลม (air flow) และการกระจายลม (air distribution)

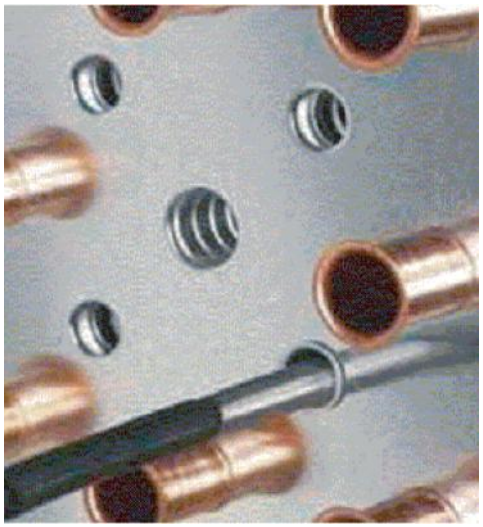
รูปแบบการละลายน้ำแข็ง (Defrost)

1. Electric heater defrost
2. Hot gas defrost
3. Water defrost
4. Re-circulating air defrost

1. Electric heater defrost

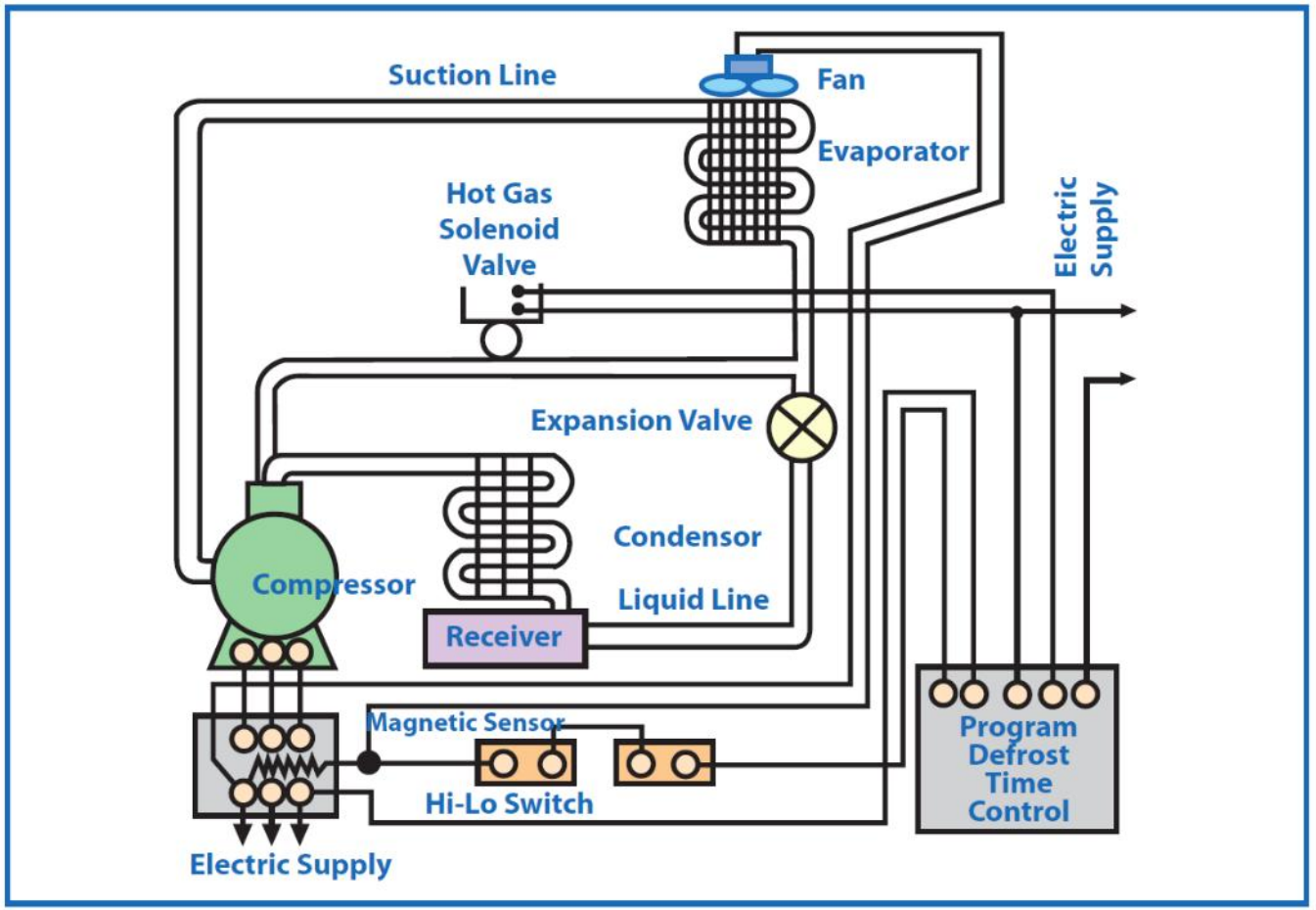
- ❑ ใช้กับอุณหภูมิห้องที่ต่ำกว่า 0 deg C หรือสูงกว่าเล็กน้อย (0-4 deg C)
- ❑ Electric heater ติดตั้งอยู่ที่ cooling coil ตั้งเวลาการละลายน้ำแข็งทุก 4-6 ชั่วโมง
- ❑ เมื่อถึงเวลาที่กำหนด timer จะตัดการทำงานของ compressor และสั่งให้ electric heater ทำงาน ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาทีต่อครั้ง





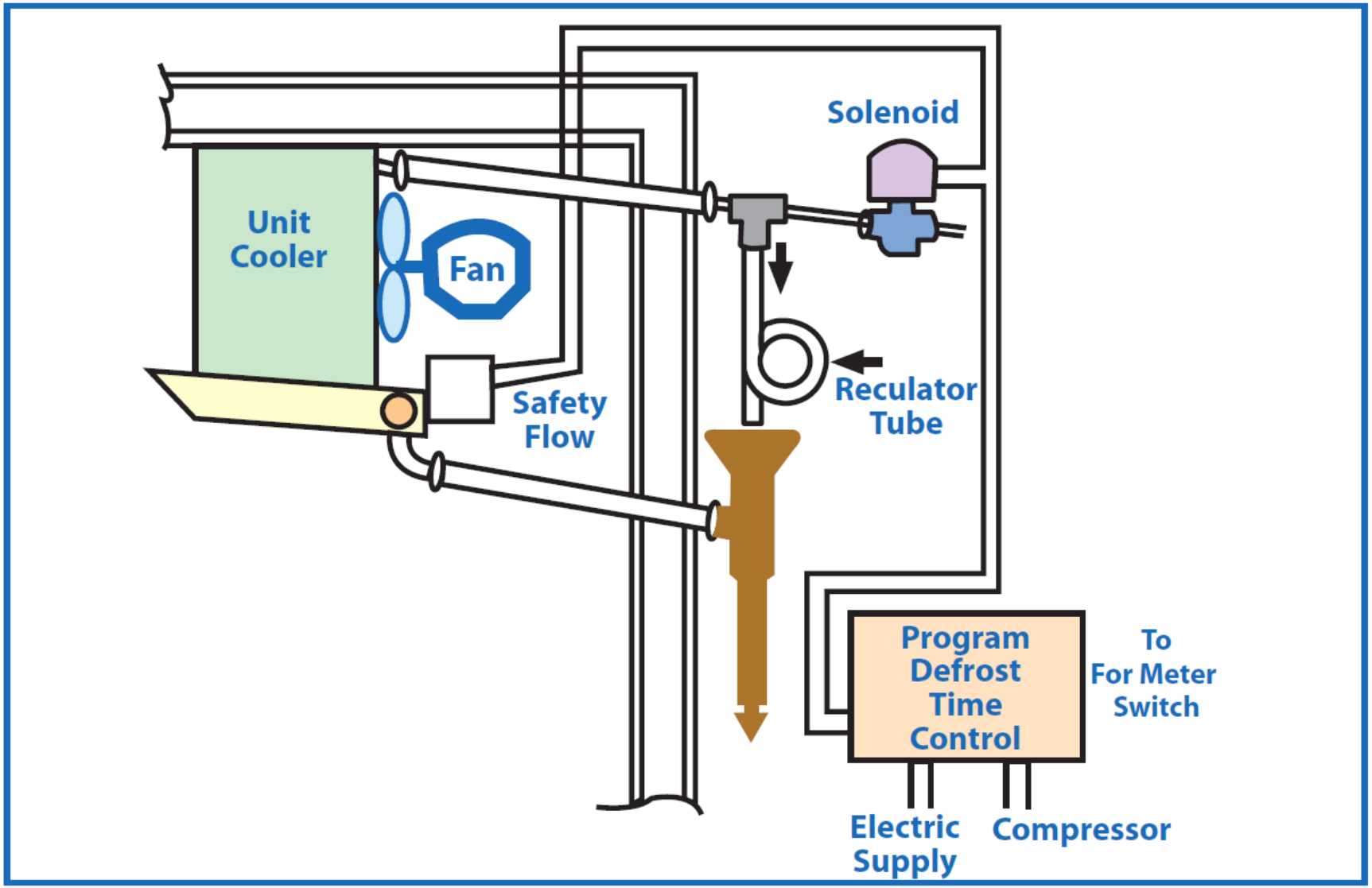
2. Hot gas defrost

- ❑ ใช้กับอุณหภูมิห้องที่ต่ำกว่า 0 deg C หรือสูงกว่าเล็กน้อย (0-4 deg C)
- ❑ Solenoid valve ซึ่งต่อระหว่าง compressor และ evaporator ตั้งเวลาการละลายน้ำแข็งทุก 4-6 ชั่วโมง
- ❑ เมื่อถึงเวลาที่กำหนด timer จะตัดการทำงานของ compressor และสั่งให้ Solenoid valve ทำงาน ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาทีต่อครั้ง
- ❑ Solenoid valve จะเปิดให้น้ำยาที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไหลเข้าสู่ cooling coil



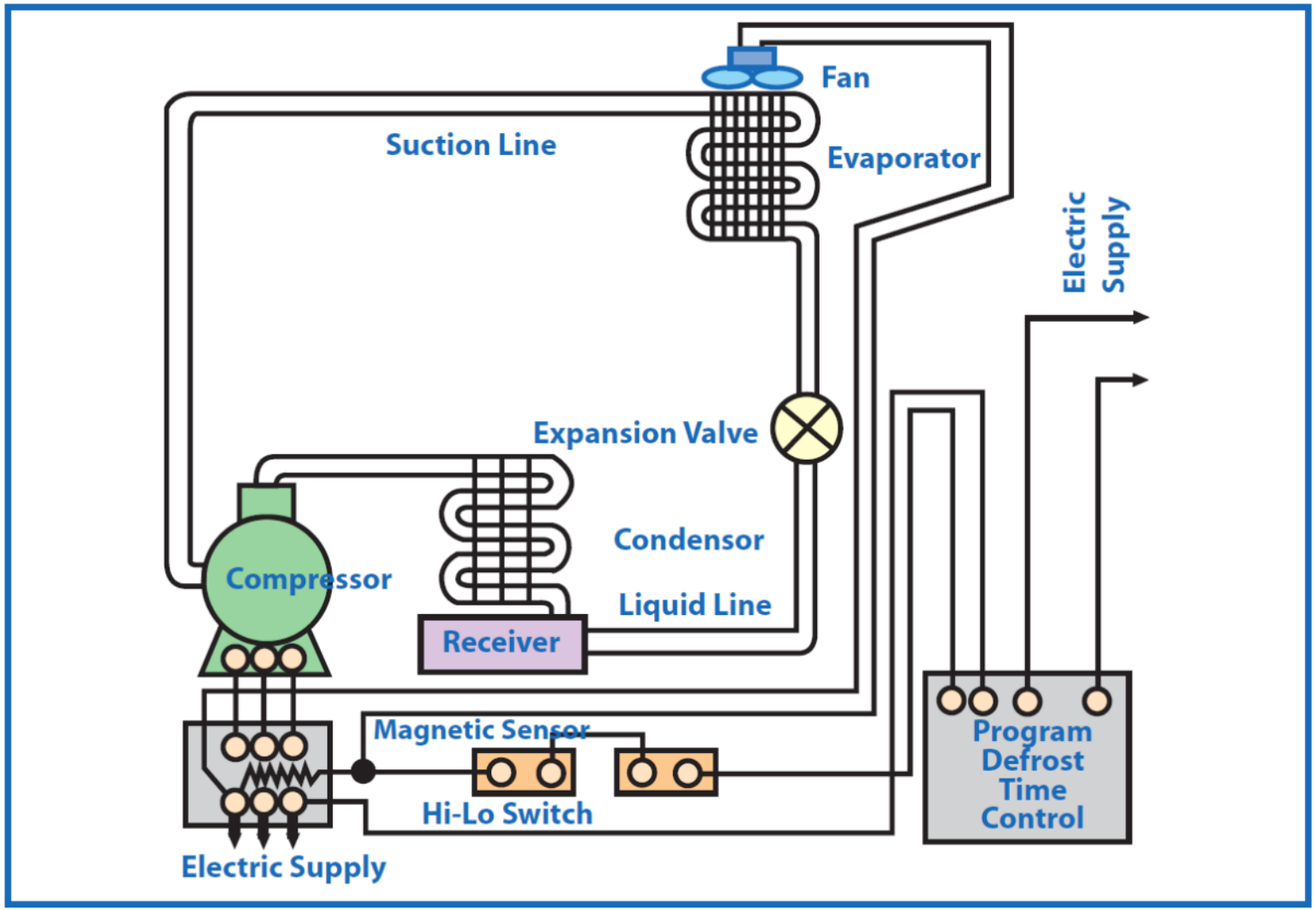
3. Water defrost

- ❑ ใช้กับห้องเย็นที่ใช้อุปกรณ์ในการป้องกันการระเบิด
- ❑ ข้อเสียคือถาดระบายน้ำและท่อระบายน้ำ จะต้องกว้างพอที่จะระบายน้ำได้ดี



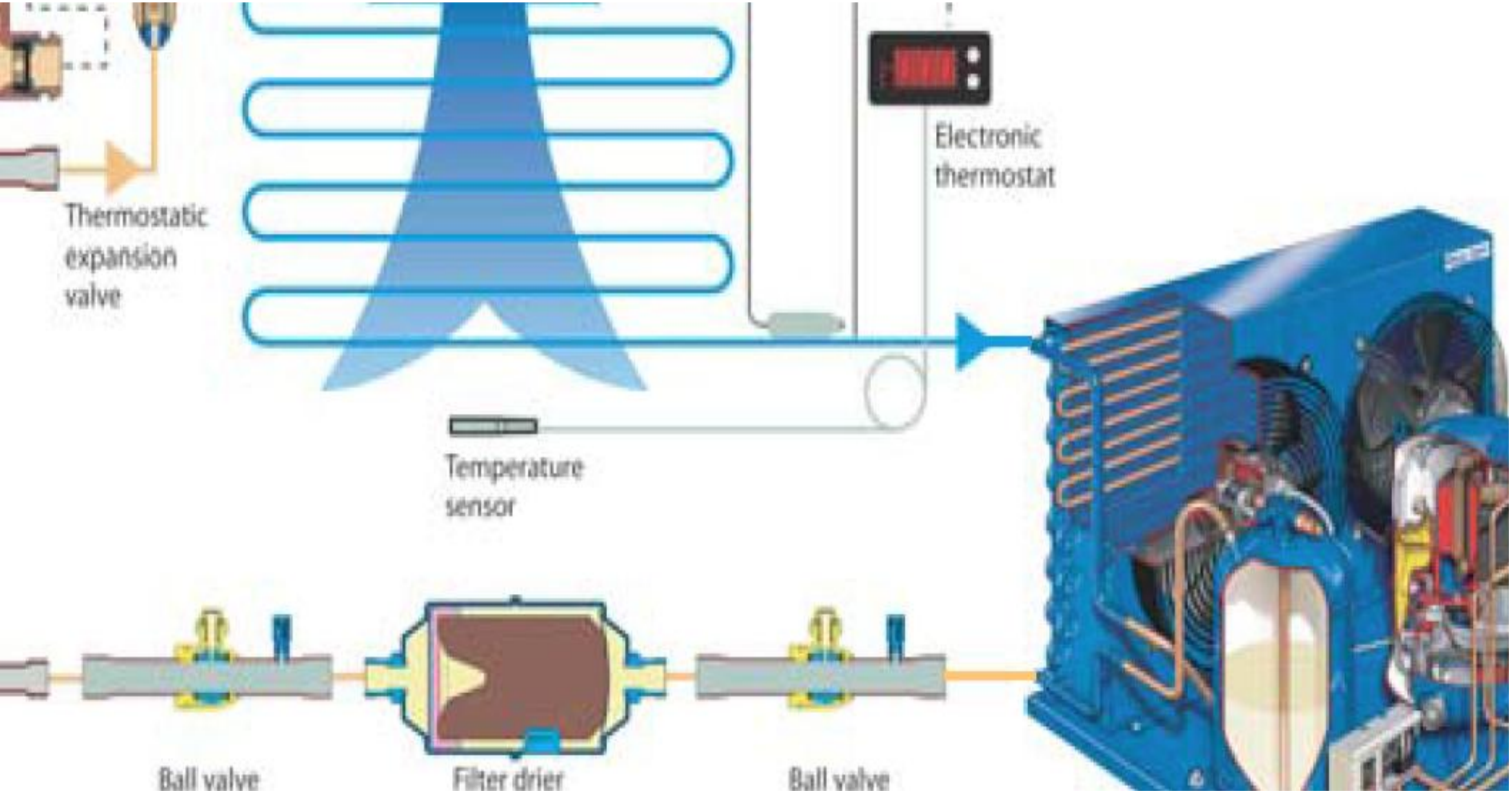
4. Re-circulating air defrost

- ❑ ใช้กับอุณหภูมิห้องที่สูงกว่า 0 deg C
- ❑ เมื่อถึงเวลาที่กำหนด timer จะตัดการทำงานของ compressor แต่พัดลมของ cooling coil ยังคงทำงาน เพื่อนำอากาศภายในห้องไปละลายน้ำแข็งที่ cooling coil



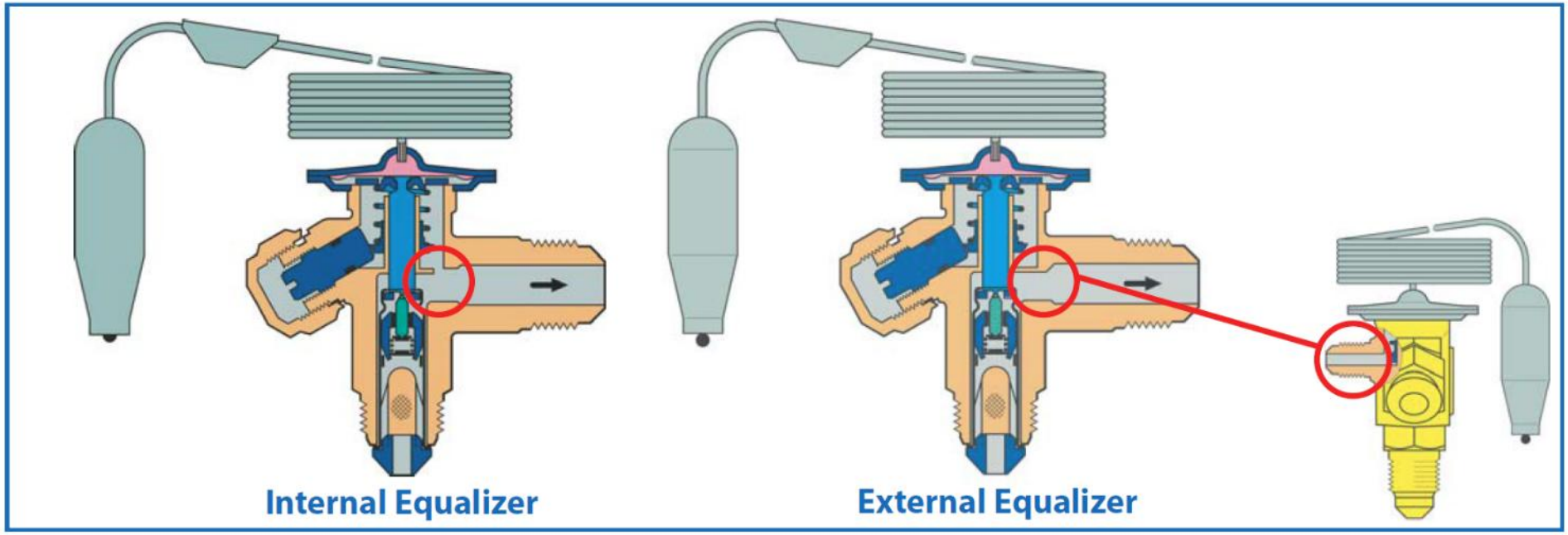
พื้นฐานการเลือกใช้ Thermostatic expansion valve

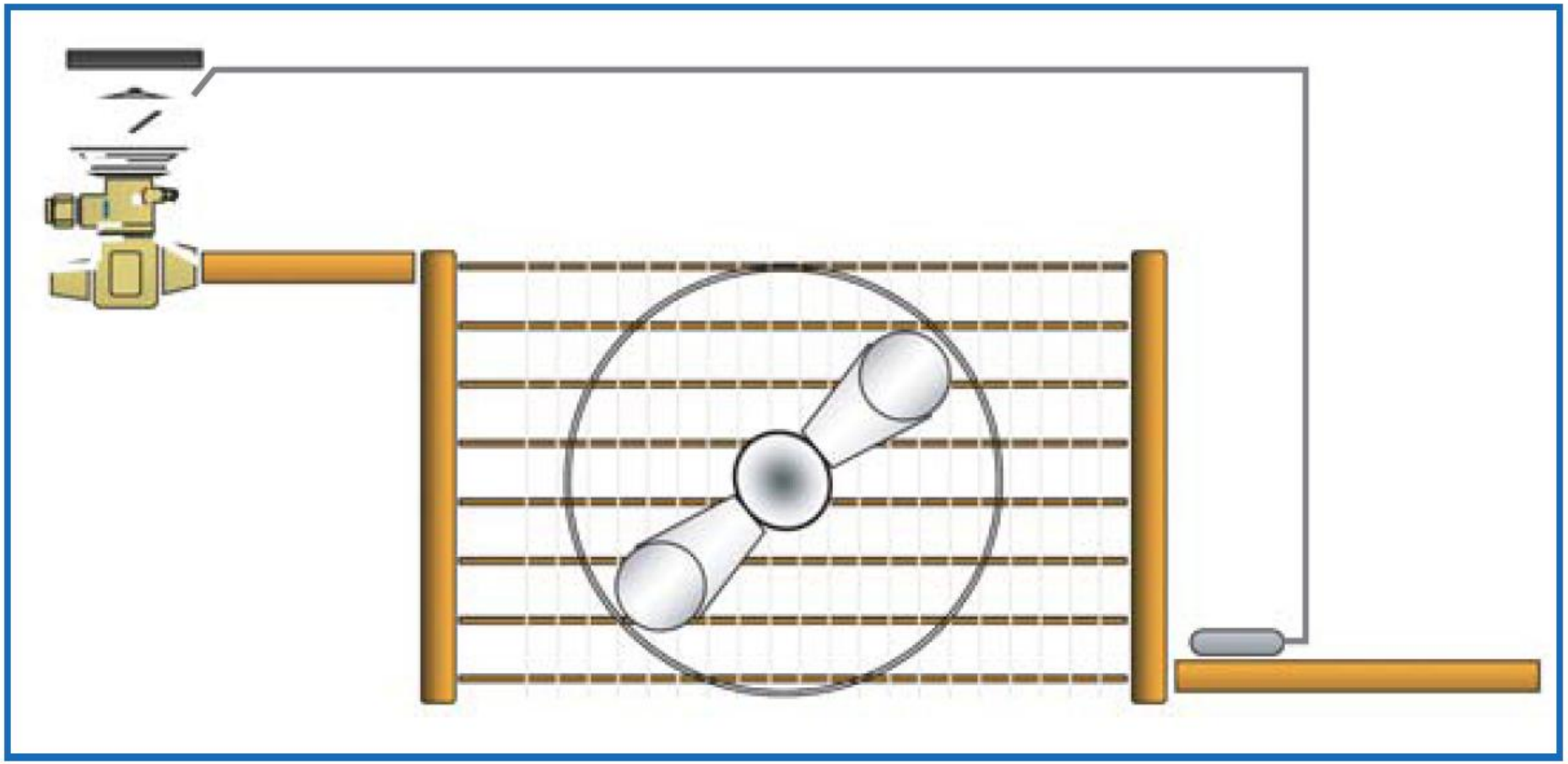
- ❑ Evaporating temperature
- ❑ Pressure drop across valve

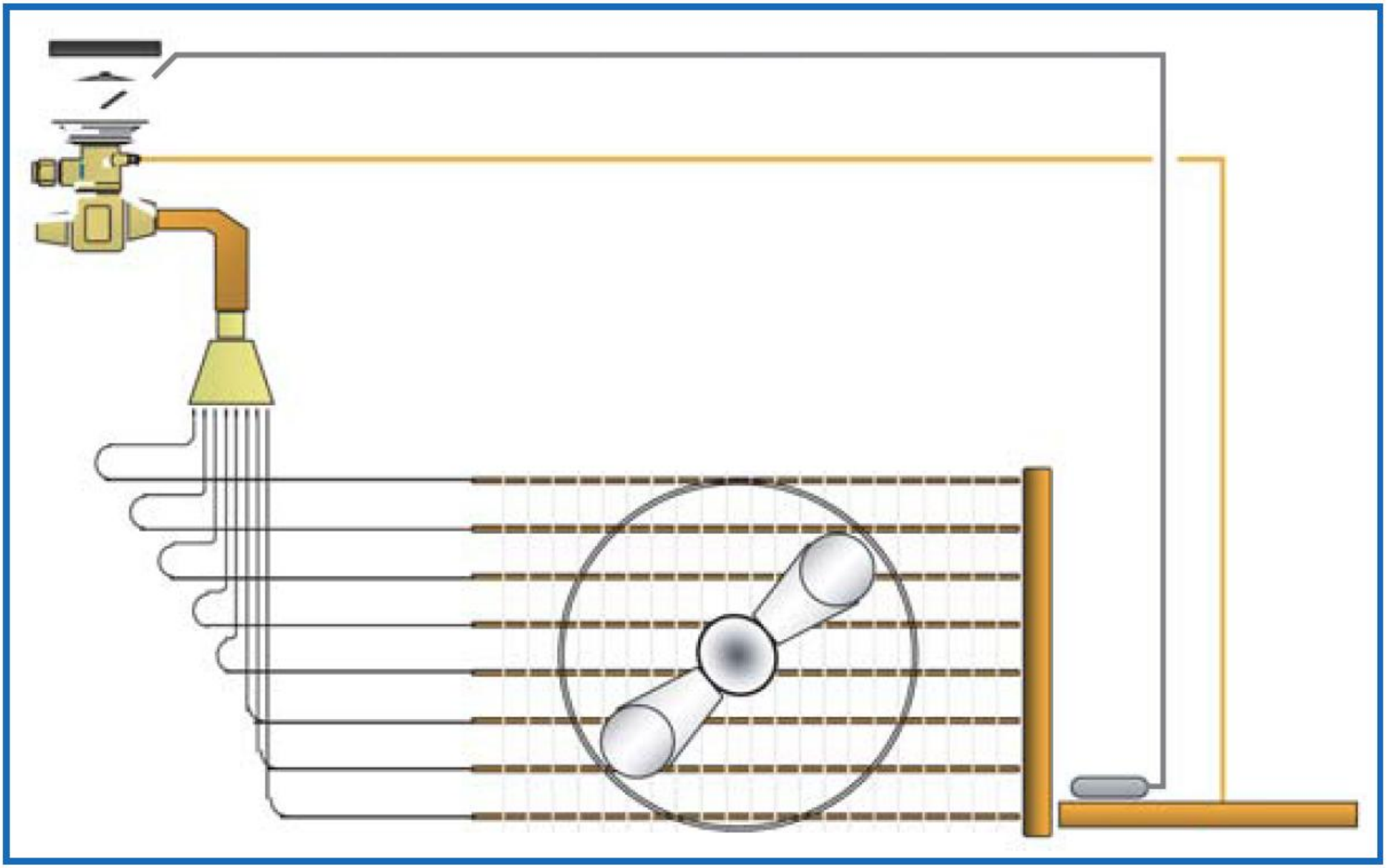


ประเภทของ equalizer

- Internal equalizer : เหมาะกับระบบทำความเย็นขนาดเล็กที่ไม่มีการติดตั้งฝักบัว (Distributer) ที่ทางเข้าของ cooling coil หรือ single circuit
- External equalizer : เหมาะกับระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ที่มีการติดตั้งฝักบัว (Distributer) ที่ทางเข้าของ cooling coil หรือ multiple circuit
- การใช้ expansion valve แบบ external equalizer แทนแบบ internal equalizer แต่ไม่ต่อท่อ equalizer นั้น จะทำให้ไม่สามารถควบคุมการปิด-เปิดวาล์วเพื่อจ่ายสารทำความเย็นได้อย่างถูกต้อง

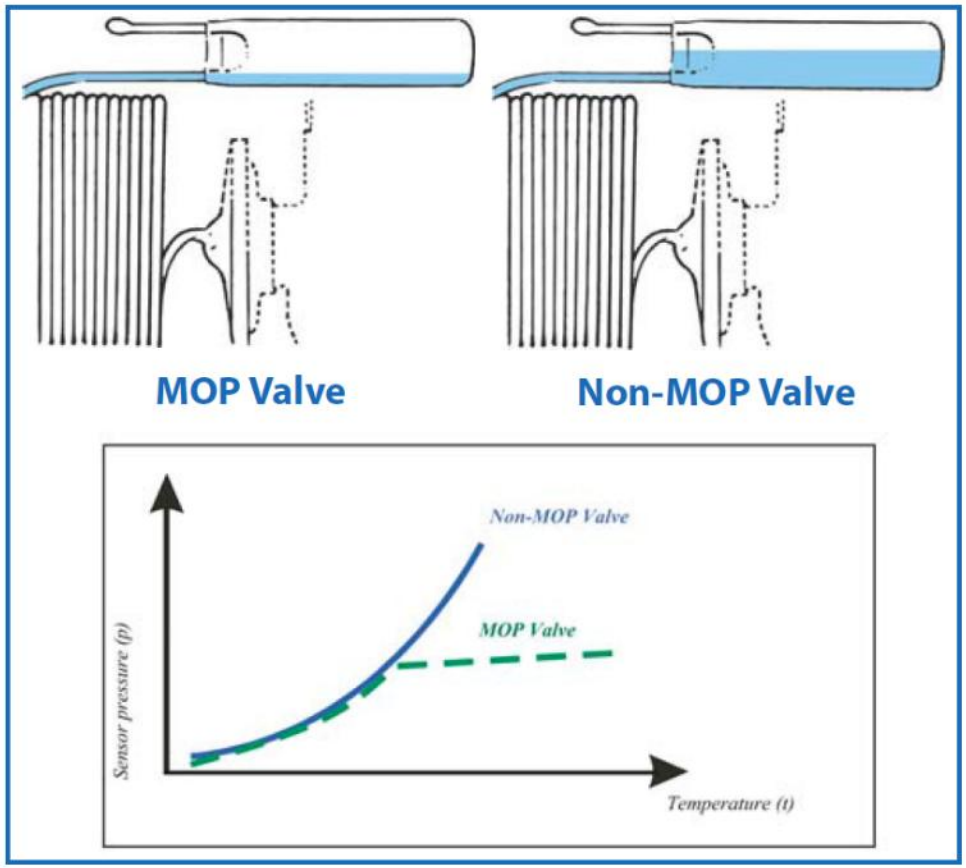






แบบ MOP / non-MOP

- ❑ MOP = Max operating pressure
- ❑ วาล์วแบบ MOP ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับระบบที่มี compressor ที่มีขนาดของ motor เล็กกว่ามาตรฐานของ compressor รุ่นนั้นๆ
- ❑ วาล์วแบบมี MOP จะมีการ charge สารในกระเปาะ (bulb) มาในปริมาณที่น้อยกว่าวาล์วที่ไม่มี MOP ดังนั้น วาล์วประเภทนี้จึงถูกจำกัดการเปิดและจ่ายสารทำความเย็นเข้าสู่ cooling coil ไว้ที่ค่าความดันสูงสุดค่าหนึ่ง เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้ compressor รับภาระมากเกินไป และเกิดความเสียหาย
- ❑ วาล์วแบบ MOP ใช้ระยะเวลาในการดึงอุณหภูมิลง (pull down period) มากกว่าวาล์วแบบที่ไม่มี MOP
- ❑ วาล์วแบบ MOP เหมาะกับ cold room มากกว่า freezer room



ช่วงอุณหภูมิใช้งาน (Evaporating temp.)

Evaporating temp = -10 deg C	Range N
Evaporating temp = -30 deg C	Range N ／ Range B

ห้องเย็นเก็บสินค้าอุณหภูมิต่ำและค่อนข้างคงที่ เช่น ไอศกรีม	Range B
ห้องเย็นเก็บสินค้าอุณหภูมิต่ำแต่มีการเข้าออก บ่อยครั้ง หรือ ห้องเย็นประเภท freeze + storage เช่นห้องเย็นเก็บเนื้อสัตว์	Range N (non-MOP)

Refrigerant	Range N -40 → +10°C	Range NM -40 → -5°C	Range NL -40 → -15°C	Range B -60 → -25°C
	MOP-point in evaporating temperature t_e and evaporating pressure p_e			
	+15°C/+60°F	0°C/+32°F	-10°C/+15°F	-20°C/-4°F
R 22	100 psig/6.9 bar	60 psig/4.0 bar	35 psig/3.5 bar	20 psig/1.5 bar
R 134a	55 psig/5 bar	30 psig/3.1 bar	15 psig/2.1 bar	
R 404A/R 507	120 psig/9.3 bar	75 psig/6.2 bar	50 psig/4.4 bar	30 psig/3.1 bar
R 407C	95 psig/6.6 bar	50 psig/3.6		15 psig/1.1 bar

ตัวอย่างของวาล์วที่มีค่า MOP ต่างกัน

Refrigerant

- Expansion valve ที่ใช้กับ refrigerant ต่างชนิดกันจะเป็นวาล์วคนละตัวกัน ไม่สามารถใช้แทนกันได้ เนื่องจากการปรับตั้งค่า superheat จากทางโรงงานผู้ผลิตมีค่าแตกต่างกัน (ประเภทและปริมาณสารในกระเปาะ bulb ต่างกัน)

หาค่า **pressure drop across valve**

$\Delta P = Pc - Pe - (\Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3 + \Delta P4 + \Delta P5)$

โดยที่

ΔP = pressure drop across valve

Pc = condensing pressure

Pe = evaporating pressure

$\Delta P1$ = pressure drop in liquid line

$\Delta P2$ = pressure drop in line components

$\Delta P3$ = pressure drop in vertical liquid line

$\Delta P4$ = pressure drop in liquid distributor

$\Delta P5$ = pressure drop in distributor tube

หาค่า **pressure drop across valve**

$\Delta P = Pc - Pe - (\Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3 + \Delta P4 + \Delta P5)$

โดยที่

ΔP = pressure drop across valve

Pc = condensing pressure

Pe = evaporating pressure

$\Delta P1$ = pressure drop in liquid line = 0.1 bar

$\Delta P2$ = pressure drop in line components = 0.2 bar

$\Delta P3$ = pressure drop in vertical liquid line

$\Delta P4$ = pressure drop in liquid distributor = 0.5 bar

$\Delta P5$ = pressure drop in distributor tube = 0.5 bar

$$\mathbf{\Delta P = Pc - Pe - 1.3 - \Delta P3}$$

Refrigerant	Static pressure drop, Δ p3 bar at height difference h between evaporator and receiver				
	6 m	12 m	18 m	24 m	30 m
R22	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
R 134a	0.7	1.4	2.1	2.8	3.6
R 404A	0.6	1.3	1.9	2.5	3.2
R 507	0.6	1.3	1.9	2.5	3.2

Vertical liquid line factor

ตัวอย่างการเลือก **expansion valve**

- Cold room เก็บสินค้าประเภท Beverage, room temp = +7 deg C
- Refrigerant R22
- Cooling capacity 2.5 TR = 9 kW
- Evaporating temp = 0 deg C
- Condensing temp = +45 deg C
- Cooling coil : Multi circuit 6 sections
- Evaporator อยู่สูงกว่า Condensing unit 6 เมตร

Multi circuit……..External equalizer

Evaporating temp = 0 deg C ……..Pe = 4 bar

Condensing temp = +45 deg C……..Pc = 16.1 bar

R22, height diff. = 6 m…… Δ P3 = 0.7 bar

Δ P = Pc – Pe – 1.3 - Δ P3 = 16.1 – 4 –1.3 - 0.7 = 10.1 bar

Δ P =10.1 bar, Cooling capacity 9 kW ……DTU 08, 10 bar

Capacity

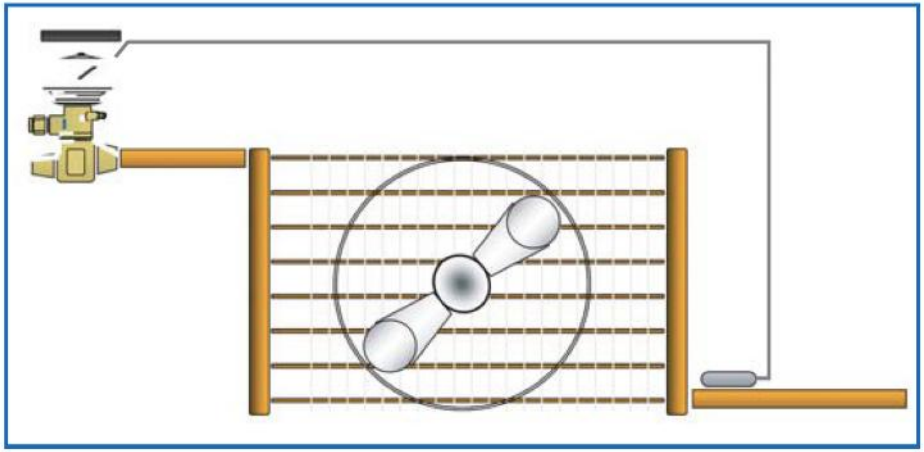
R-22

Capacity in kW for range N = −40 ➞ + 10°C and Opening Superheat OS = 4 K

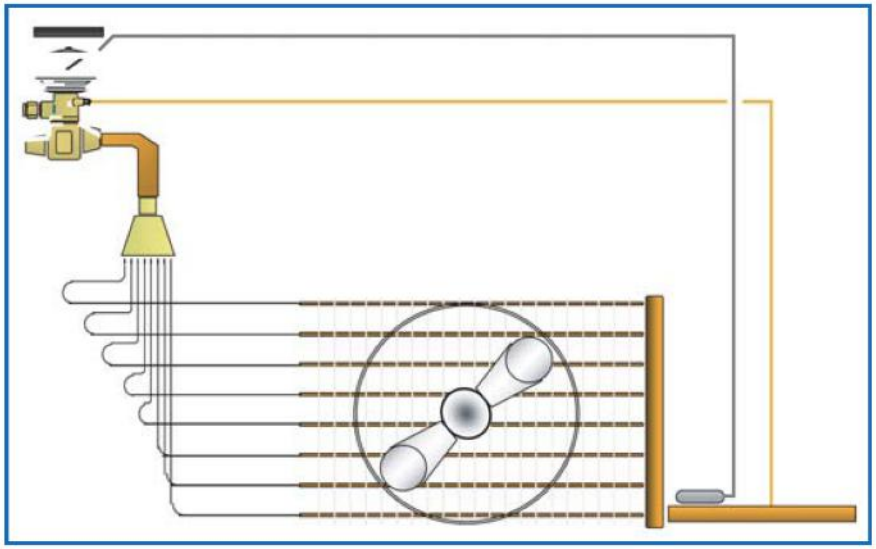
Type	Orifice Number	Pressure Drop across valve Δp; Bar							
		2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating Temperature 0°C									
DTU	00	0.40	0.50	0.56	0.60	0.63	0.65	0.67	0.67
	01	0.55	0.71	0.80	0.86	0.91	0.93	0.95	0.96
	02	0.73	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
	03	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9
	04	1.5	2.0	2.3	2.5	2.7	2.8	2.8	2.8
	05	2.0	2.7	3.1	3.4	3.5	3.7	3.8	3.8
	06	3.1	4.0	4.6	5.0	5.3	5.5	5.7	5.8
	07	4.1	5.4	6.2	6.7	7.1	7.4	7.6	7.7
	08	6.1	8.0	9.2	10.1	10.6	11.0	11.3	11.5
	09	9.1	12.1	13.8	15.0	15.9	16.4	16.8	17.1

ข้อแนะนำและข้อควรระวังในการติดตั้ง Expansion valve

- การเลือกประเภทของ Expansion valve (Internal equalizer / External equalizer)

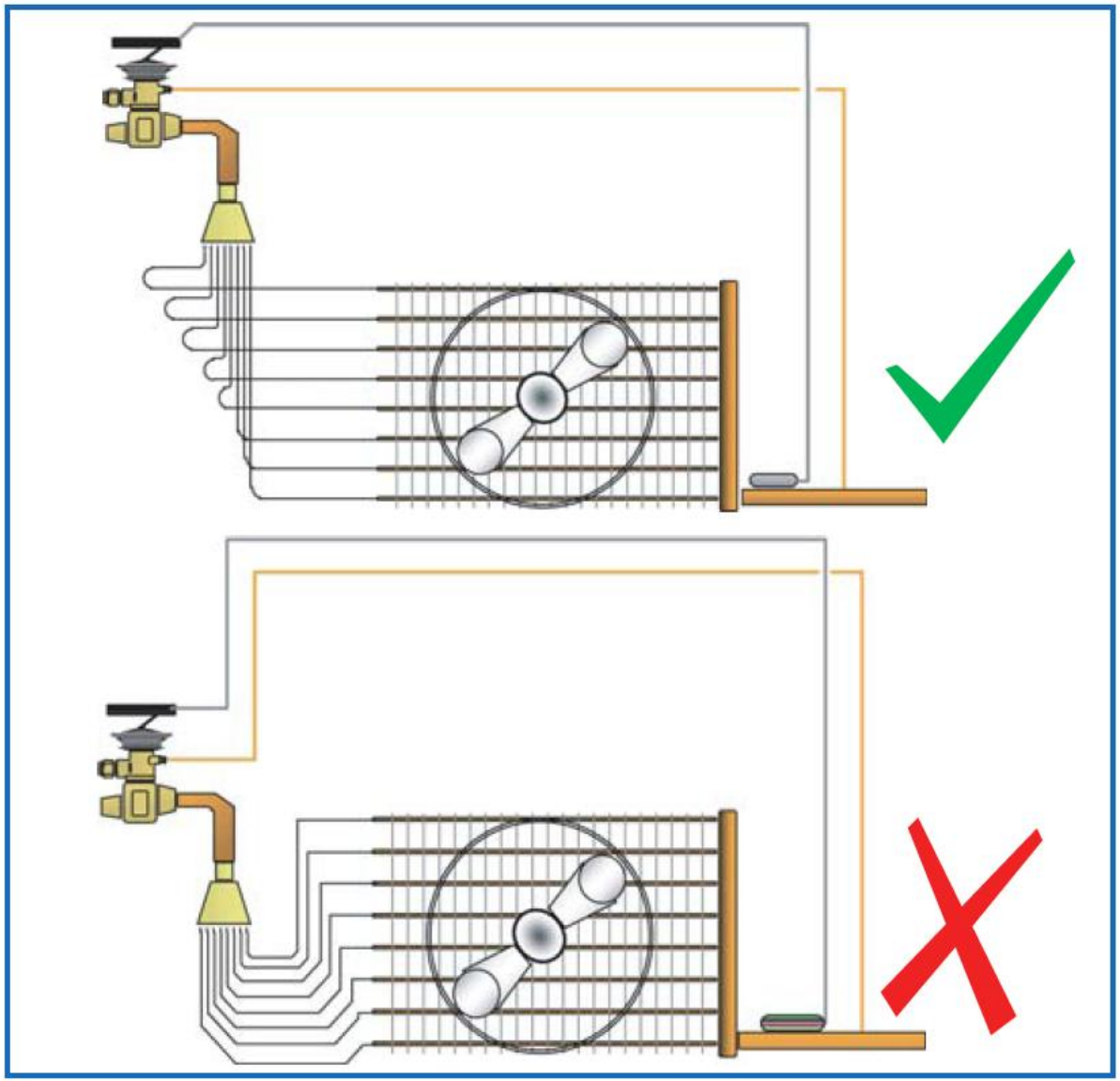


Internal equalizer



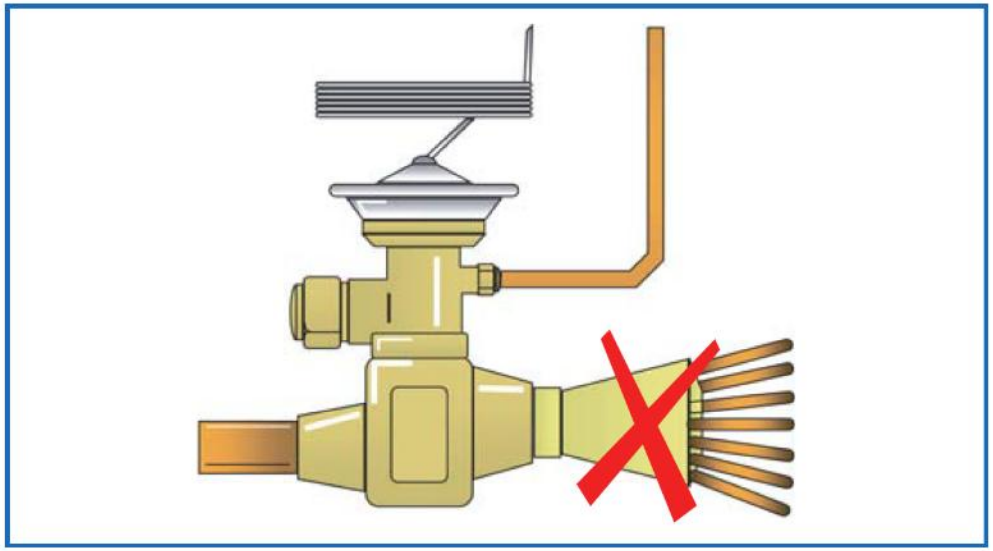
External equalizer

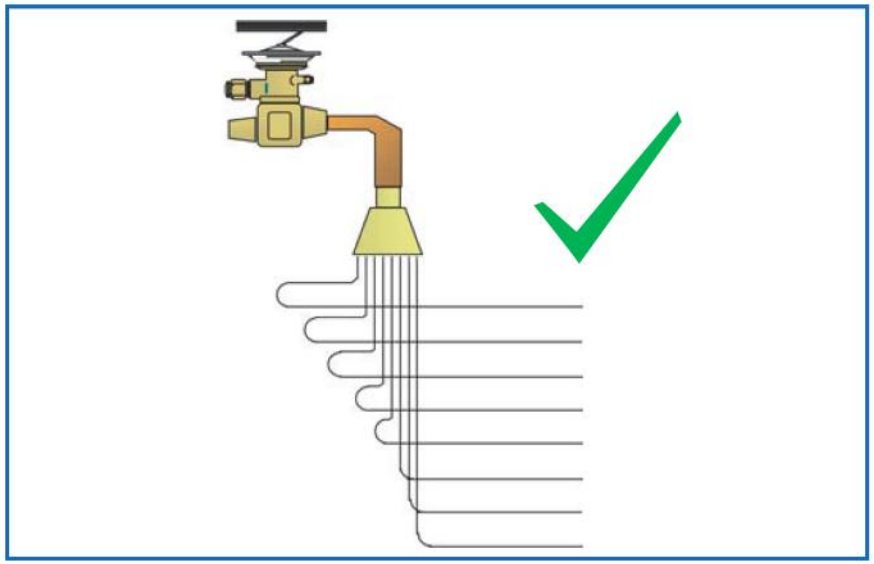
❑ การติดตั้งท่อจาก Distributor ไปยัง cooling coil แบบ multi section



ควมยาวของท่อหลังจาก distributor

- การติดตั้ง Distributor : ไม่ติดตั้งที่ทางออกของ expansion valve ทันที จะต้องเดินท่อน้ำยา ยาวไม่น้อยกว่า 4 เท่าของ dia. เพื่อให้สารทำความเย็นไหลเต็มท่อก่อนที่เข้าไปยัง distributor

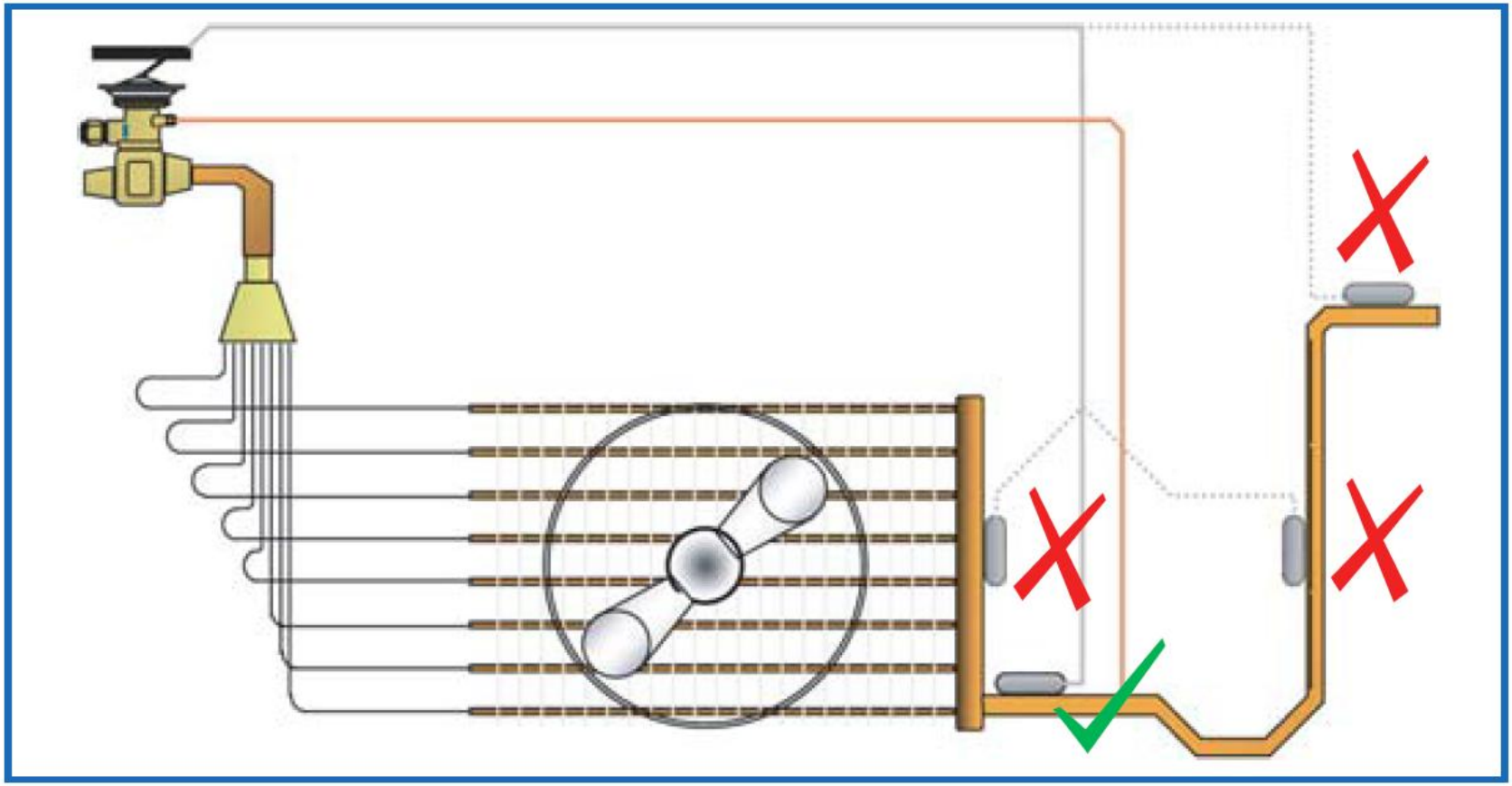




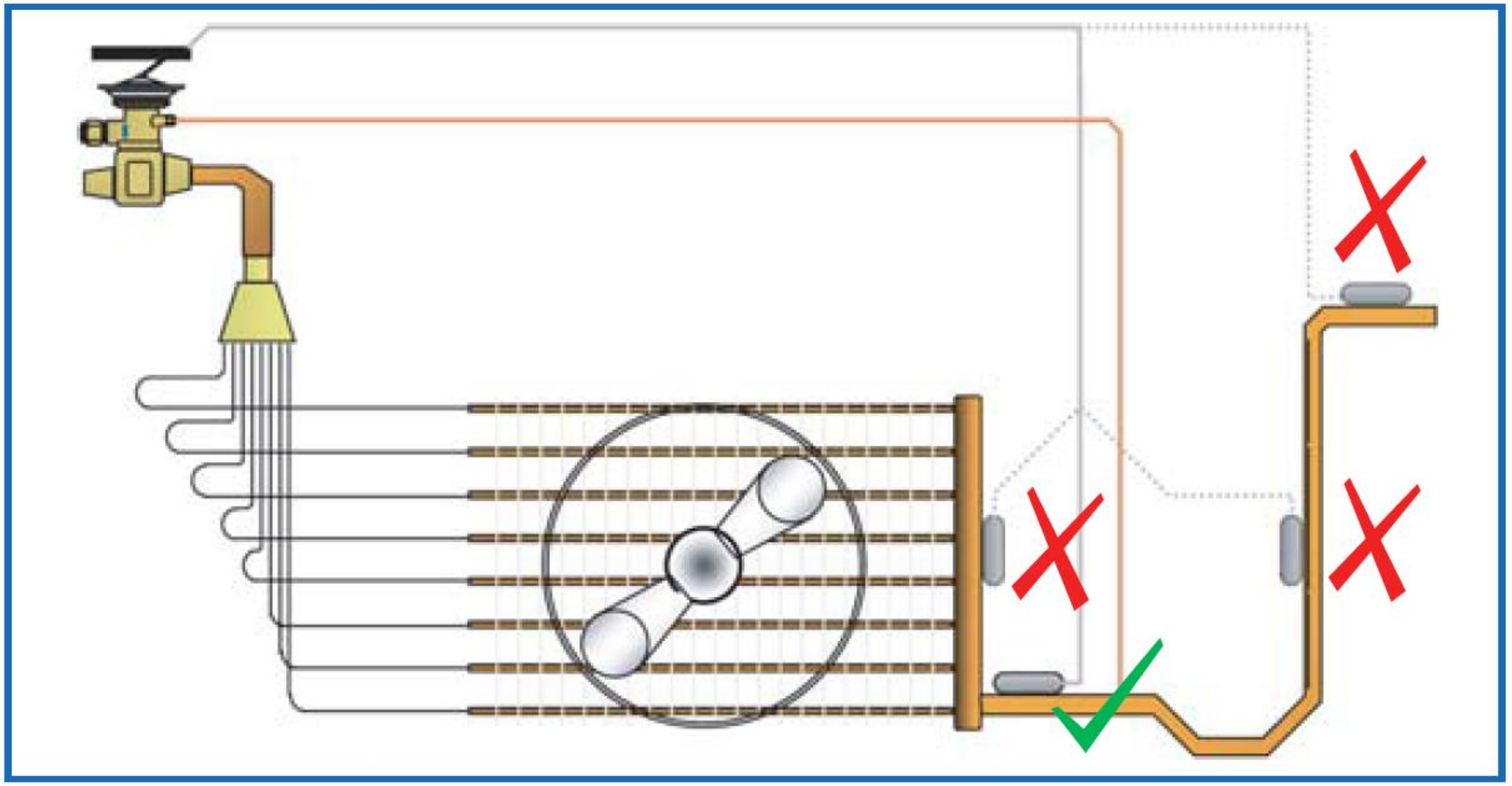
ตำแหน่งการติดตั้งกระเปาะ (bulb) ของ expansion valve

ติดตั้งในแนวราบและให้ใกล้กับท่อทางออกของ cooling coil ให้มากที่สุด

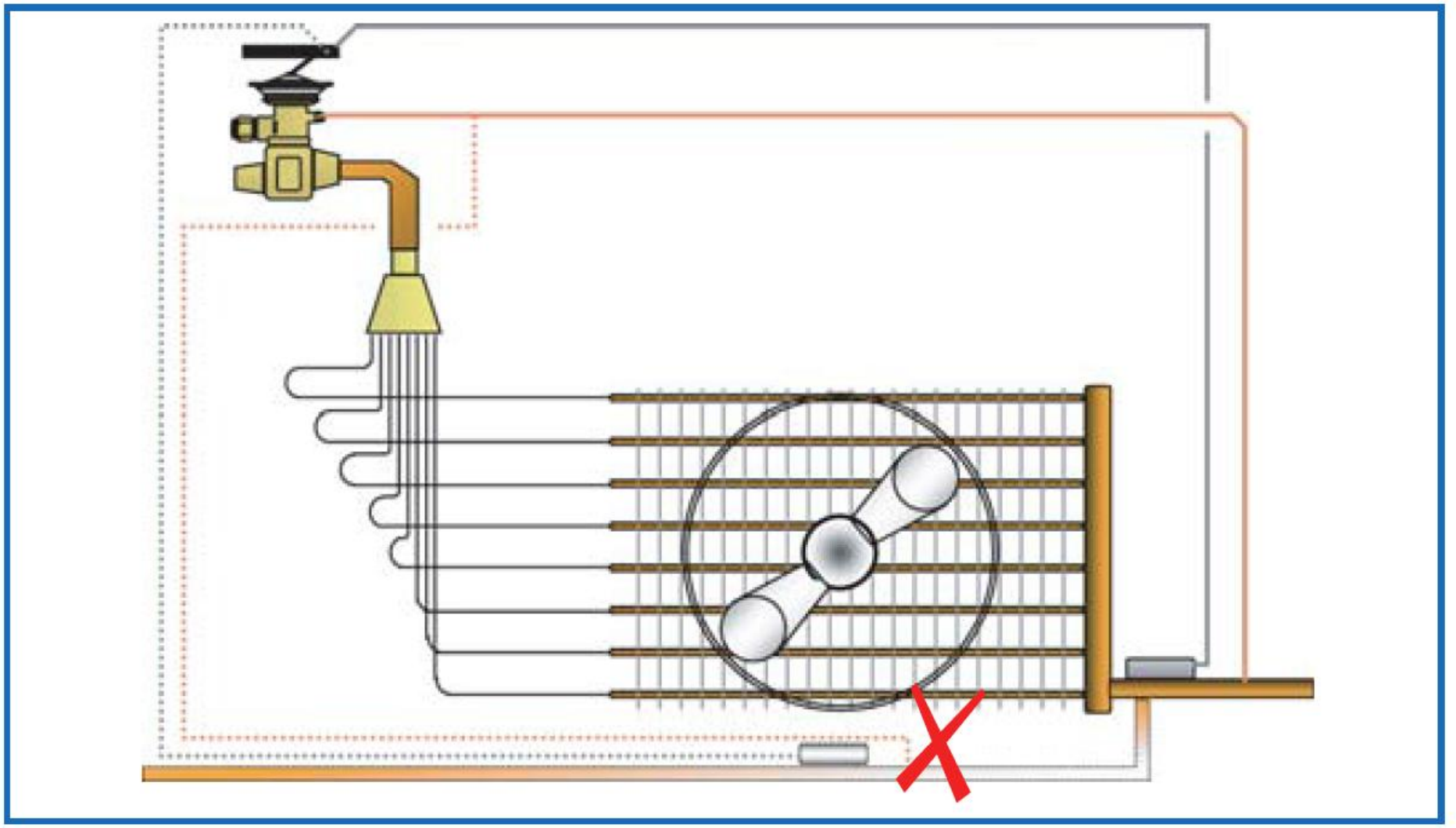
กรณี external equalizer….ท่อ equalizer ควรถูกเชื่อมต่อด้านหลังกระเปาะให้ใกล้กับกระเปาะมากที่สุด



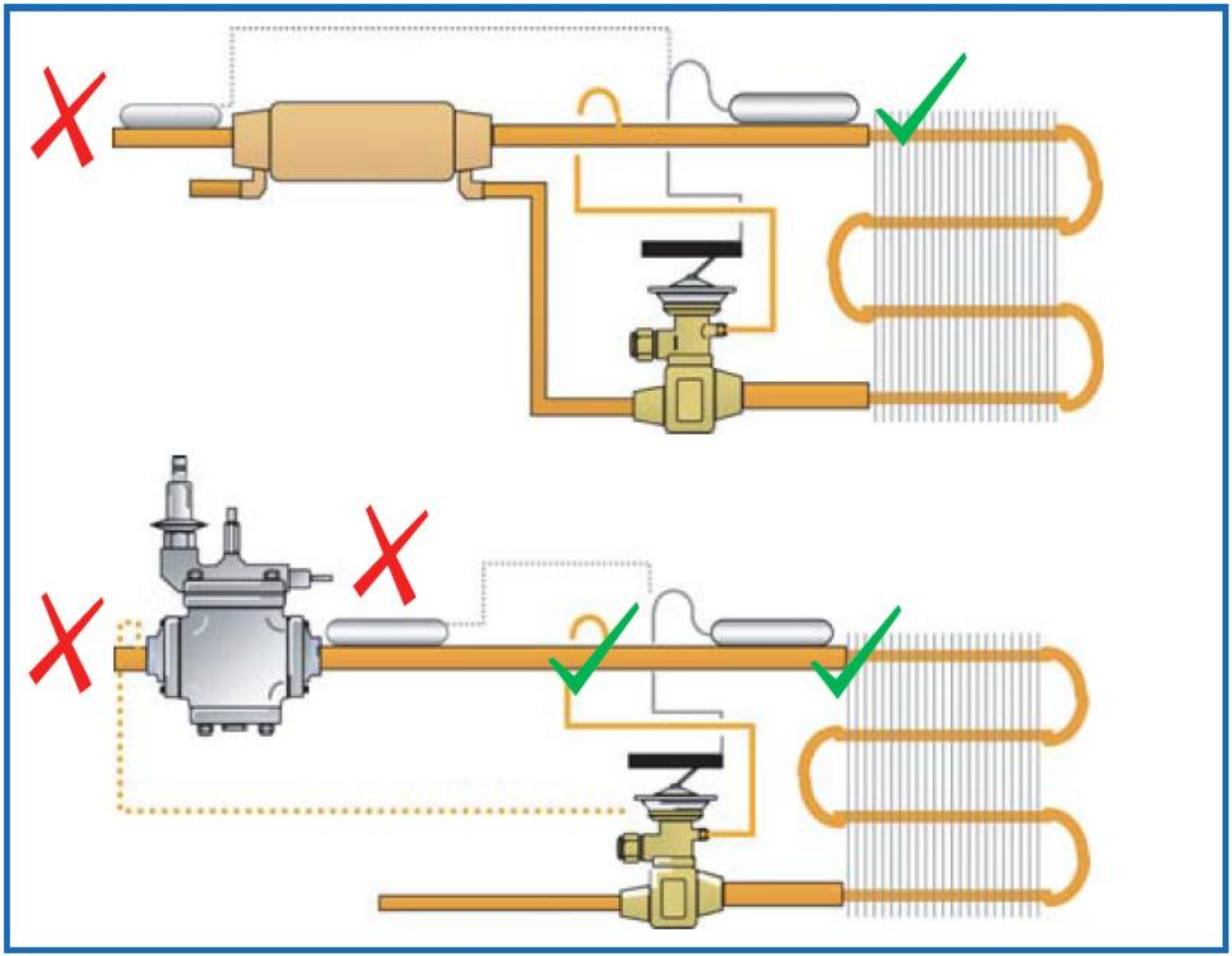
- ไม่ติดตั้งกระเปาะ (bulb) ที่ท่อ header ของ cooling coil (ถ้ามี)
- ไม่ติดตั้งกระเปาะ (bulb) หลังจาก U-trap หรือ P-trap (ถ้ามี)
- ไม่ติดตั้งกระเปาะ (bulb) ในแนวตั้ง เพราะทำให้ของเหลวในกระเปาะมีพื้นที่สัมผัสกับท่อน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพของวาล์วลดลง



❑ ไม่ติดตั้งกระเปาะ (bulb) ในบริเวณที่มีลมเย็นจาก cooling coil พัดผ่าน

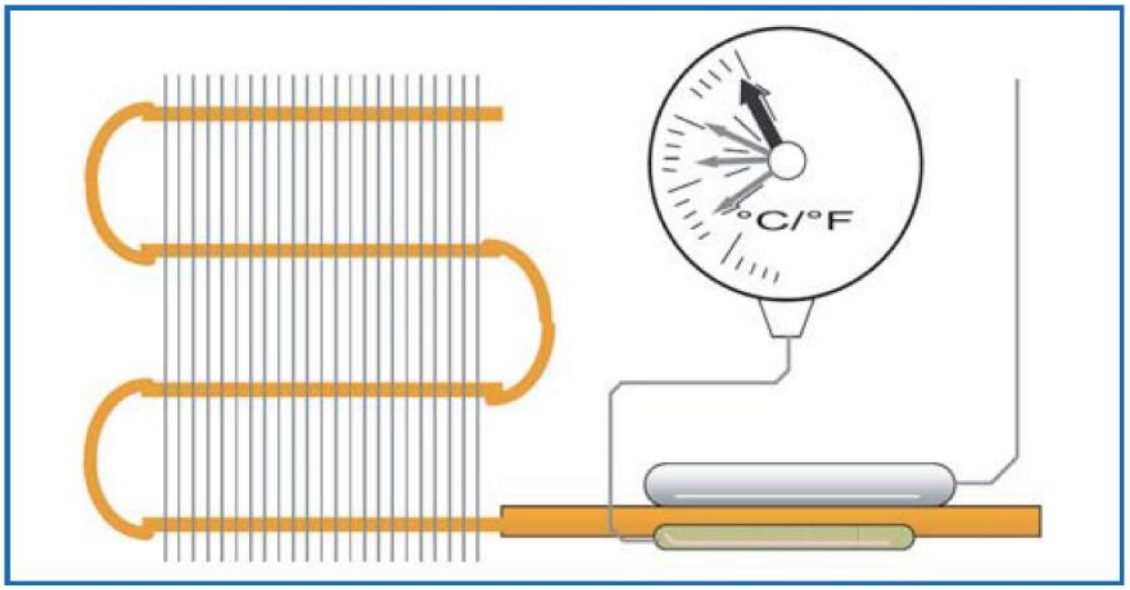


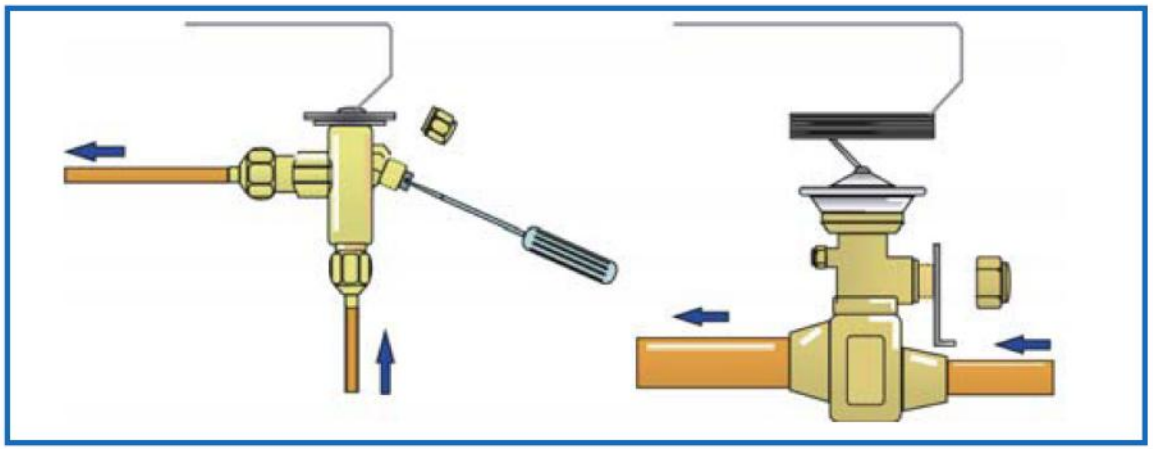
- กรณีที่มี heat exchanger หรือ modulating valve ติดตั้งอยู่ที่ suction line……กระเปาะ (bulb) และท่อ equalizer จะต้องอยู่ก่อนหน้าและไกลจากอุปกรณ์เหล่านั้นให้มากที่สุด



การปรับแต่งค่า superheat ของระบบ

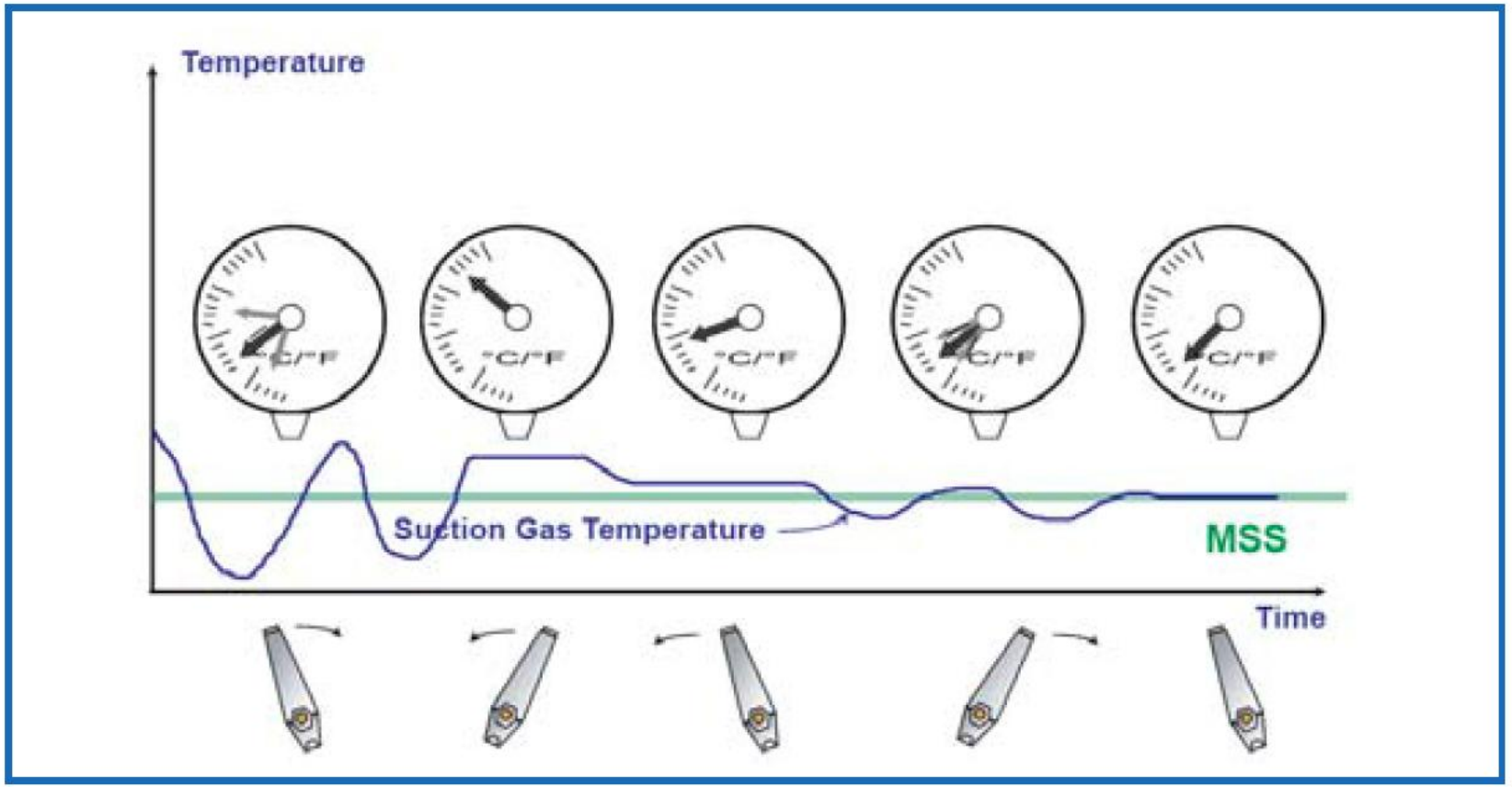
- วาล์วที่ใหญ่เกินไป.....สภาวะ Hunting การเปิดปิดของวาล์ว จะไม่ราบรื่น วาล์วจ่ายสารทำความเย็นเข้าสู่ cooling coil ในปริมาณมากสลับกับน้อย เป็นผลให้ความดันและอุณหภูมิใน cooling coil แกว่ง ไม่คงที่



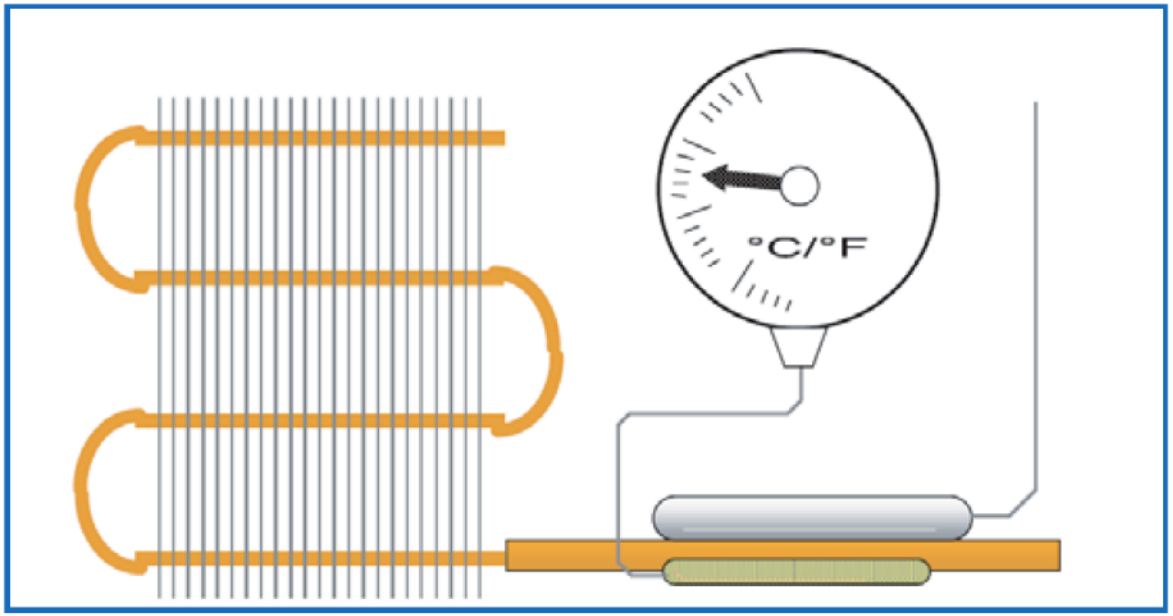


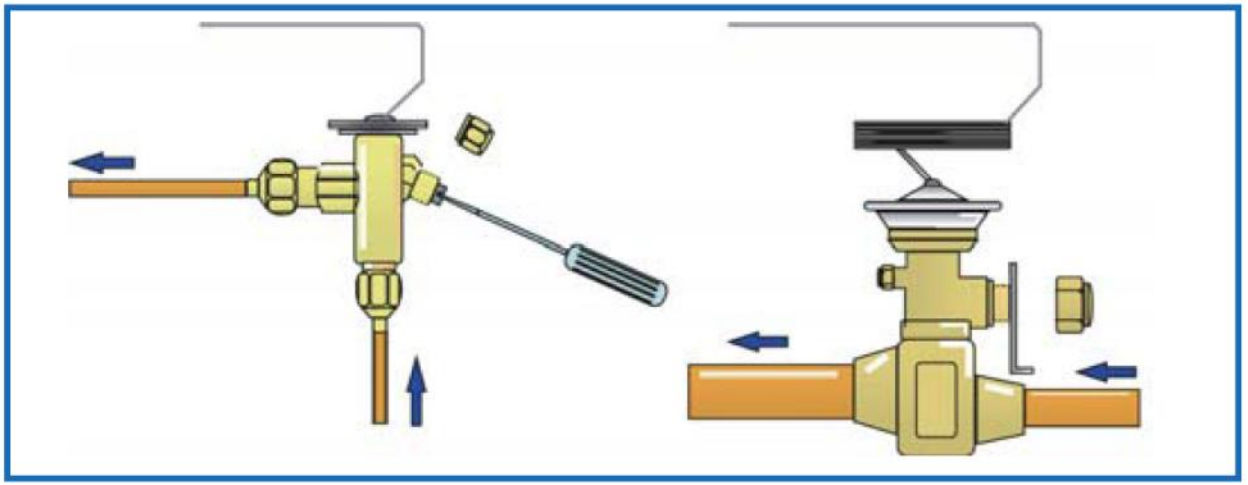
ปรับค่า superheat ให้สูงขึ้น.....

- โดยการหมุนสกรูปรับแต่งที่ตัววาล์วเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเข็มบนมาตรวัดหยุดแกว่ง
- ปรับลดค่า superheat ลงมาช้าๆ จนกระทั่งระบบเกิดการ Hunting อีกครั้ง
- ณ จุดนี้ให้ปรับเพิ่มค่า superheat ขึ้นอีกประมาณ ¼ รอบ แล้วรอจนกระทั่งเข็มบนมาตรวัดหยุดแกว่ง
- เมื่อเข็มหยุดแกว่งแล้วให้ทำการ lock สกรูปรับแต่ง



- วาล์วที่เล็กเกินไป.... ไม่มีสภาวะ Hunting แต่ระบบจะมีค่า superheat ที่สูงเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ หรือค่า COP ไม่ดี





ปรับค่า superheat ให้ต่ำสุดเท่าที่จะทำได้....

- ❑ โดยการหมุนสกรูปรับแต่งที่ตัววาล์วลงมาจนกระทั่งเข็มบนมาตรวัดเริ่มแกว่ง
- ❑ ณ จุดนี้ให้ปรับเพิ่มค่า superheat ขึ้นอีกประมาณ ¼ รอบ แล้วรอจนกระทั่งเข็มบนมาตรวัดหยุดแกว่ง
- ❑ เมื่อเข็มหยุดแกว่งแล้วให้ทำการ lock สกรูปรับแต่ง