



การปรับอากาศ **2**

Air Conditioning

พิมพ์ครั้งที่ 1

นพรัตน์ เกตุขาว และคณะ

Keep learning

การปรับอากาศ **Air Conditioning 2**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ เกตุขาว และคณะ

ราคา 400 บาท

หนังสือเล่มนี้สงวนลิขสิทธิ์ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พุทธศักราช 2558

ห้ามผู้ใดพิมพ์ซ้ำ ลอกเลียน ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้

ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ISBN (e-book) 978-616-623-431-2

จัดทำโดย

นพรัตน์ เกตุขาว ที่อยู่ 125/4 หมู่ 5 ต.วังทองแดง อ.เมือง จ.สุโขทัย 64210

คำนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีการปรับอากาศและการทำความเย็นมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว การทำความเข้าใจและออกแบบระบบเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้นเป็นสิ่งจำเป็น ไม่ว่าจะเป็นในเชิงพาณิชย์ อุตสาหกรรม หรือที่พักอาศัย หนังสือเล่มนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางและแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาหรือพัฒนาทักษะด้านระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำความเข้าใจในระบบต่างๆ เช่น ระบบปรับอากาศแบบแปรผันน้ำยา (VRF) ซึ่งมีความสำคัญมากขึ้นในสถาปัตยกรรมสมัยใหม่

หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมเนื้อหาที่ครอบคลุมทุกแง่มุมของระบบปรับอากาศ ตั้งแต่หลักการการทำงานของระบบ การเลือกใช้อุปกรณ์ การออกแบบที่ถูกต้องตามมาตรฐาน จนถึงขั้นตอนการติดตั้งที่เหมาะสม เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ใช้งานจะได้รับประโยชน์สูงสุดจากระบบที่ติดตั้ง ในแต่ละบท ผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาอย่างละเอียด และแทรกด้วยตัวอย่างที่ชัดเจน เพื่อให้ผู้อ่านสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้รับในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากการนำเสนอเทคโนโลยีและวิธีการที่ทันสมัยแล้ว หนังสือเล่มนี้ยังให้ความสำคัญกับการควบคุมเสียงและการสั่นสะเทือนในระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เงียบสงบและน่าอยู่ พร้อมทั้งมีการนำเสนอวิธีการในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ อย่างถูกต้องตามมาตรฐานสากล เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

ผู้แต่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็เครื่องมือที่ทรงคุณค่าสำหรับวิศวกร ผู้ออกแบบ และผู้ติดตั้งระบบปรับอากาศทุกท่าน ในการพัฒนาผลงานที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานในปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ เกตุขาว และคณะ

ธันวาคม 2567

คณะผู้จัดทำ

คณะกรรมการผู้จัดทำ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ เกตุขาว		ประธานกรรมการ
2. นายพัฒนา	เมฆขำ	กรรมการ
3. นายสุวัจชัย	จุ่งจิตรดำรงค์	กรรมการ
4. นางสาวรินทร์ลภัส	ทัพพีดิเรกกลาก	กรรมการ
5. นายยุทธนา	สุโง๊ะ	กรรมการ
6. นายฉัตรชัย	ชุตติมาทร	กรรมการ
7. นายดวงภรณ์	ศิริ	กรรมการ
8. นายวสันต์	จันทร์ลอย	กรรมการ
9. นายณภัทร	วิเชียรแพทยาคม	กรรมการ
10. นายณัฐพงษ์	มีมา	กรรมการ
11. นายจักรพงษ์	พร้อมมูล	กรรมการ
12. นายมนโน	จันทร์กระจ่าง	กรรมการ
13. นายวันเฉลิม	พีรพัฒน์ภูมิ	กรรมการ
14. นายเอกกุล	คำชนะ	กรรมการ

คณะที่ปรึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตกร กนกนัยการ		ที่ปรึกษา
2. นายไชยวัฒน์	ปิยสสพันธุ์	ที่ปรึกษา
3. นายณัฐพล	ประชาเสรี	ที่ปรึกษา
4. นายวัลลภ	อยู่ภิญโญ	ที่ปรึกษา

สารบัญ

บทที่

หน้า

บทที่ 1 ระบบปรับอากาศแบบแปรผันน้ำยา

1.1	นิยาม.....	1
1.2	หลักการทำงานและอุปกรณ์ในระบบ	2
1.3	หลักการออกแบบระบบ.....	7
1.3.1	ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบ VRF	7
1.3.2	ตัวอย่างในการออกแบบระบบ VRF	14
1.3.3	การเลือกขนาดท่อสารทำความเย็น.....	22
1.4	การติดตั้งระบบ VRF	22
1.5	กรณีศึกษา ปัญหาที่เกิดจากการติดตั้งระบบ VRF ไม่ถูกต้อง	29

บทที่ 2 สารทำความเย็น

2.1	ประวัติความเป็นมาของสารทำความเย็น.....	41
2.2	ประเภทของสารทำความเย็น	42
2.3	การกำหนดหมายเลขสารทำความเย็น.....	46
2.4	การจำแนกประเภทความปลอดภัยของสารทำความเย็น.....	48
2.5	สารหล่อลื่นระบบทำความเย็น	53
2.6	รหัสสีของถังสารทำความเย็น.....	56
2.7	การจัดเก็บและการจัดการถังสารทำความเย็น	58

บทที่ 3 การควบคุมเสียงและการสั่นสะเทือน

3.1	บทนำ.....	61
3.2	ข้อแนะนำในการออกแบบทั่วไป.....	64
3.3	อุปกรณ์ส่งลม.....	78
3.4	อุปกรณ์ส่งน้ำ.....	87
3.5	การแยกการสั่นสะเทือน.....	92

บทที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

4.1	เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller).....	107
4.2	เครื่องส่งลมเย็น (FCU และ AHU).....	117
4.3	เครื่องสูบน้ำ (Pump).....	126
4.4	หอผึ่งเย็น (Cooling Tower).....	133
4.5	ถังขยายตัว (Expansion Tank).....	137
4.6	ถังเติมสารเคมี (Chemical Feeder Tank).....	143
4.7	ถังแยกอากาศ (Air Separator).....	145
4.8	เกจวัดความดัน (Pressure Gauge).....	147
4.9	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer).....	149
4.10	ชุดบายพาสน้ำเย็นอัตโนมัติ.....	152
4.11	ระบบเติมสารเคมีในน้ำระบายความร้อน.....	156
4.12	พัดลม (Fan).....	160
4.13	วัสดุประกอบท่อลม.....	163
4.14	ระบบท่อลมพิเศษ.....	166
4.15	การประกอบท่อลม.....	169
4.16	การประกอบข้อต่อท่อ Phenolic.....	194
4.17	การติดตั้ง Volume Damper เพื่อเตรียมปรับสมดุลลม.....	200

บทที่ 5 การกำหนดชั้นความดันของอุปกรณ์

5.1	ชั้นความดัน (Pressure Class) ในท่อ	207
5.2	ความดัน (Pressure)	209
5.3	ความดันทำงานของระบบท่อ (System Working Pressure)	214
5.4	ชั้นความดันในระบบท่อ	222

บทที่ 6 Fire Life Safety

6.1	บทนำ	227
6.2	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	228
6.3	อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันไฟของระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	229
6.4	ท่อลมทนไฟ (Fire Rated Duct)	241
6.5	การป้องกันไฟสำหรับการระบายควันจากครัว (Kitchen Ventilation)	243
6.6	การทำงานร่วมกันกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire alarm system)	249

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง	251
หน่วย	253
ตารางแปลงหน่วย	254

ระบบปรับอากาศแบบแปรผันน้ำยา

Variable Refrigerant Flow

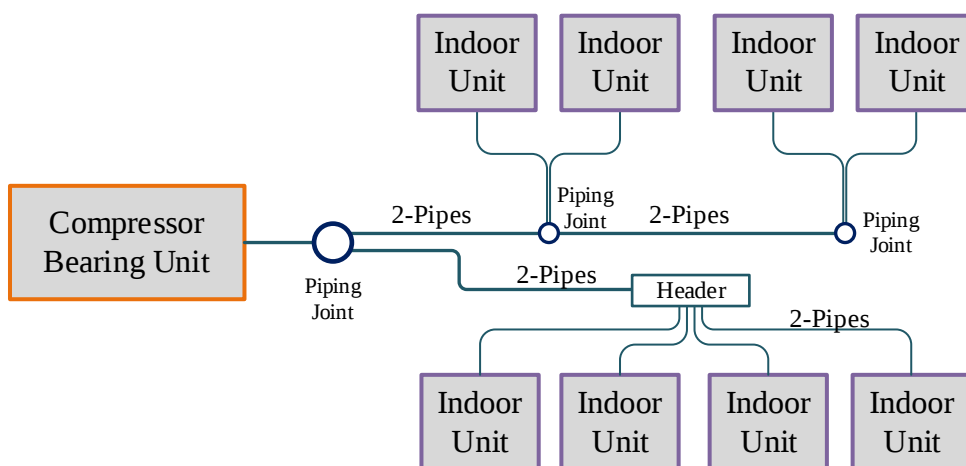
พัฒนนะ เมฆขำ และดวงภรณ์ ศิริ

1.1 นิยาม

ระบบปรับอากาศแบบแปรผันปริมาณน้ำยา (Variable Refrigerant Flow, VRF) หรือระบบปรับอากาศชนิด VRF เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน โดยที่ชุดคอยล์ร้อน (Condensing Unit, CDU) 1 ชุดสามารถต่อระบบท่อสารทำความเย็นเข้ากับชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) ได้หลายชุด และสามารถเดินท่อสารทำความเย็นได้ไกลมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นอย่างมาก และมีระบบควบคุมส่วนกลางเพื่ออำนวยความสะดวกของผู้ดูแลระบบอีกด้วย ระบบ VRF เป็นระบบที่ได้รับความนิยมสำหรับอาคารทั้งขนาดเล็กและขนาดกลาง เนื่องจากการลดจำนวน CDU ที่ใช้ให้เหลือจำนวนน้อยลงและง่ายต่อการควบคุมอีกด้วย

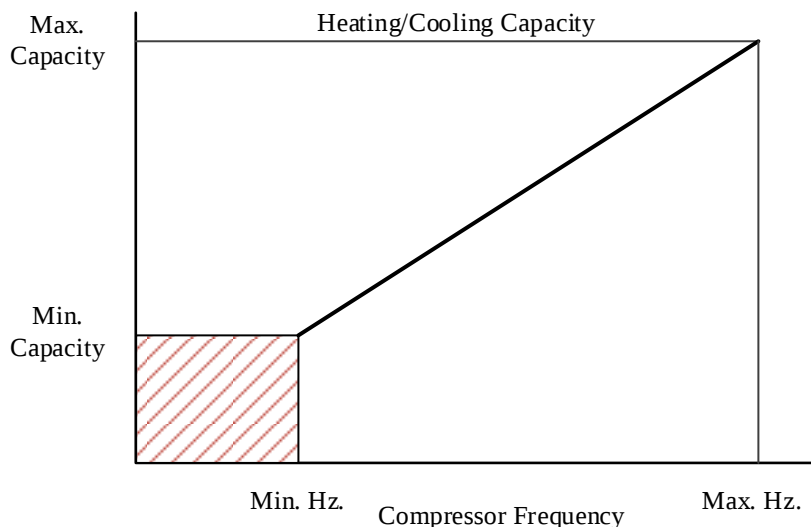
นิยามที่ระบุว่าเครื่องปรับอากาศใดเป็นชนิด VRF จะมีดังนี้

- 1) FCU จำนวนมากกว่า 1 ชุด ต่อเข้ากับระบบกับ CDU เพียง 1 ชุด



รูปที่ 1.1 การต่อ FCU เข้ากับ CDU

- 2) อัตราการไหลของสารทำความเย็นจะแปรผันโดยการปรับลดหรือเพิ่มรอบของเครื่องอัดไอ (Compressor) อย่างต่อเนื่องด้วยการควบคุมรอบของ Compressor



รูปที่ 1.2 การแปรผันปริมาณสารทำความเย็น

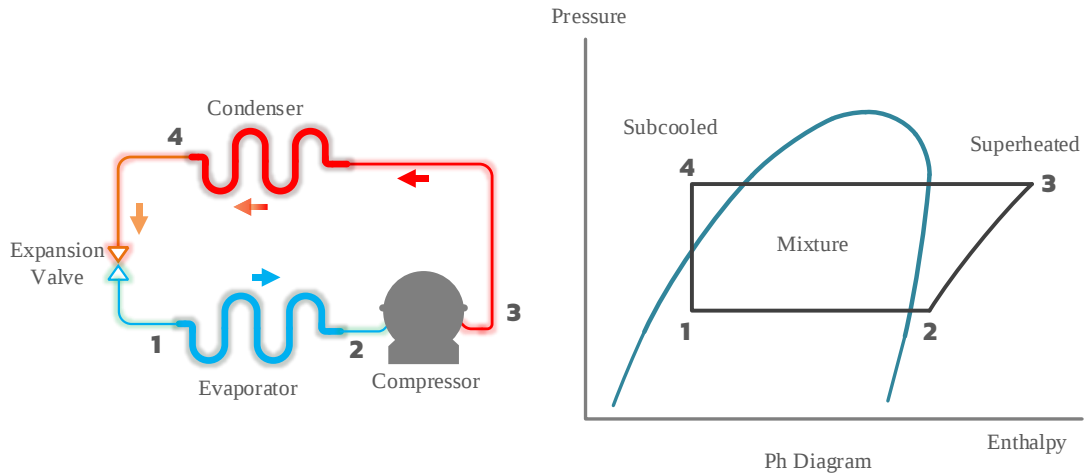
1.2 หลักการทำงานและอุปกรณ์ในระบบ

วัฏจักรการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ (Vapor Compression) สามารถแสดงดังรูปที่ 1.3 ซึ่งสามารถอธิบายแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

กระบวนการ 1 – 2; เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

กระบวนการ 2 – 3; เป็นกระบวนการอัดตัวโดย Compressor จะทำการอัดสารทำความเย็นในสภาวะไออิ่มตัว ให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน (Condenser)

กระบวนการ 3 - 4; เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะไอแดง (Superheated Vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น

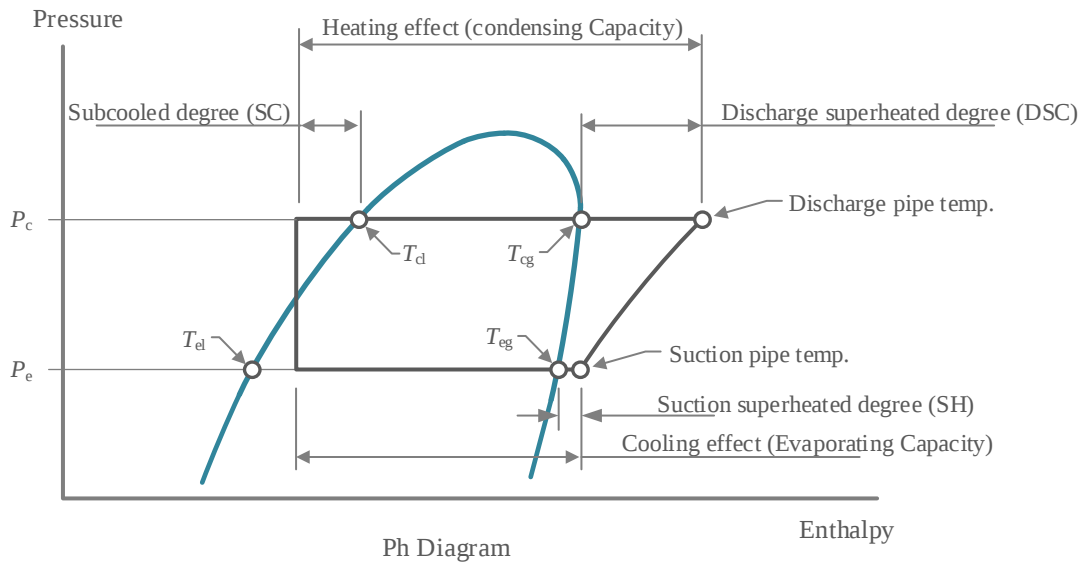


รูปที่ 1.3 การแปรผันปริมาณสารทำความเย็น

กระบวนการ 4 – 1; เป็นกระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันที่คอยล์ระเหย (Evaporator)

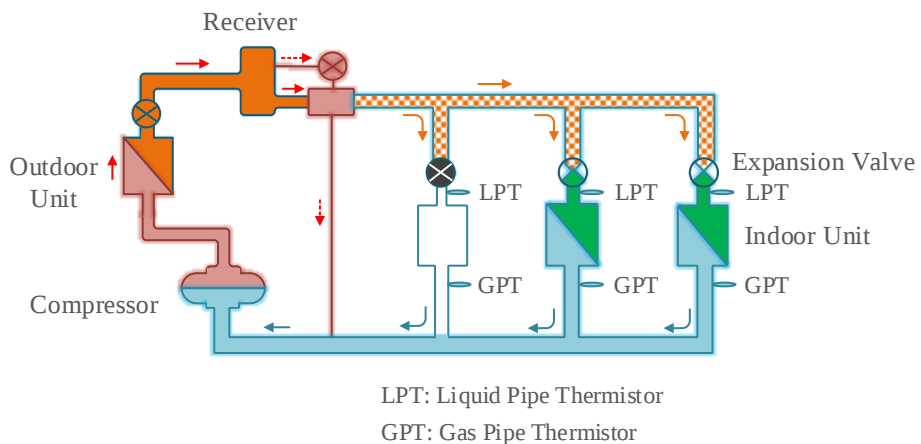
วัฏจักรของระบบ VRF จะเหมือนวัฏจักรการทำงานของระบบทำความเย็นทั่วไป โดยจะมีตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความดันที่มากขึ้นและซับซ้อนยิ่งขึ้น แต่ก็ทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีความแม่นยำสูง ในวงจรจะมีการควบคุมค่า Superheated และ Sub Cool ของสารทำความเย็นให้คงที่และแม่นยำตลอดเวลา ดังรูปที่ 1.4 นอกจากนี้ในระบบ VRF ยังมีวงจรที่เพิ่มค่า Sub Cool ให้มากขึ้นและคงที่ขึ้นเพื่อที่จะทำให้สามารถเดินท่อได้ไกลขึ้น โดยมี Pressure Sensor ทั้ง Low Pressure และ High Pressure เพื่อควบคุมการทำงานของ Compressor ให้ทำงานให้ได้ตามเป้าหมาย เช่น กรณีที่มีการเดินท่อไกลมาก ค่า Low Pressure ที่ตรวจวัดได้อาจต่ำเกินไป ระบบก็จะมีการสั่งให้คอมเพรสเซอร์เพิ่มรอบการทำงานขึ้นเพื่อเพิ่มความดันให้ได้ตามที่กำหนด

ระบบ VRF ในปัจจุบันในประเทศไทยจะใช้ R-410A เป็นสารทำความเย็นเป็นหลัก มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่อง VRF ถูกระบุในมาตรฐาน AHRI Standard 1230 : Performance Rating of Variable Refrigerant Flow (VRF) Multi-Split Air-Conditioning and Heat Pump Equipment



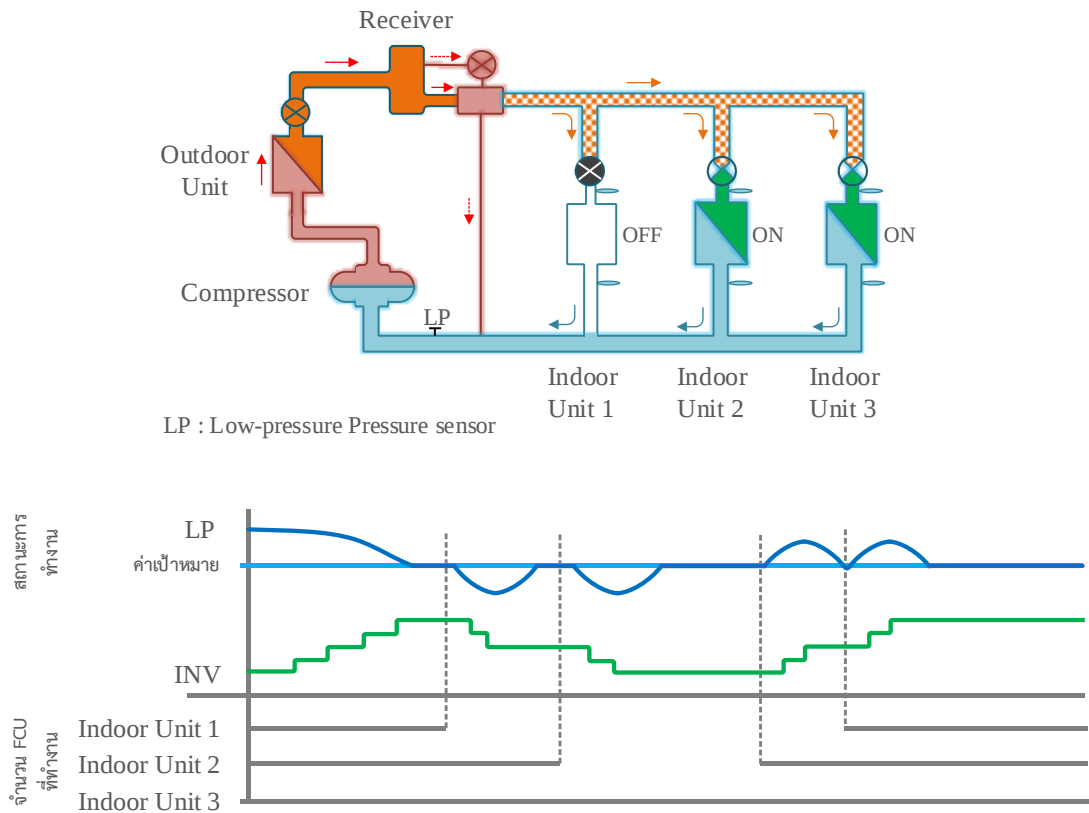
รูปที่ 1.4 วงจรของระบบ VRF

เนื่องจากระบบ VRF สามารถปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารทำความเย็นได้ จึงมีอุปกรณ์เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่เครื่อง FCU ที่เรียกว่า Electronic Expansion Valve (EEV) ที่ชุด Fan Coil Unit โดยใช้การควบคุมการเปิดปิดเล็กน้อยของสารทำความเย็นด้วย Temperature sensor ตรวจวัดอุณหภูมิของสารทำความเย็นทั้งด้าน Liquid และ Gas เพื่อควบคุมรักษาอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจาก Evaporator ที่มีสถานะเป็น Superheated Vapor ให้ใกล้เคียงที่ 5°C (41°F) หรือค่าที่ต้องการจากผู้ผลิต



รูปที่ 1.5 อุปกรณ์เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่เครื่อง FCU

ในการควบคุมการทำงานของ Compressor ให้เหมาะสมกับปริมาณโหลดที่เกิดขึ้นจริงนั้น จะอาศัยการวัดความดันก่อนเข้า Compressor ด้วย Low Pressure sensor เพื่อตรวจจับความดันทางด้านดูดของ Compressor โดยแปลงค่าความดันที่วัดได้นี้เป็นค่าอุณหภูมิที่สถานะ Superheated ของสารทำความเย็น เพื่อควบคุมรอบของ Compressor ด้วย VSD ให้ได้ตามภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจริงของ FCU ทุกตัวเพื่อให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นนั้นได้ค่าตามที่ตั้งไว้จากผู้ผลิต (โดยทั่วไปจะประมาณ 5°C (41°F)) ดังแสดงในรูปที่ 1.6

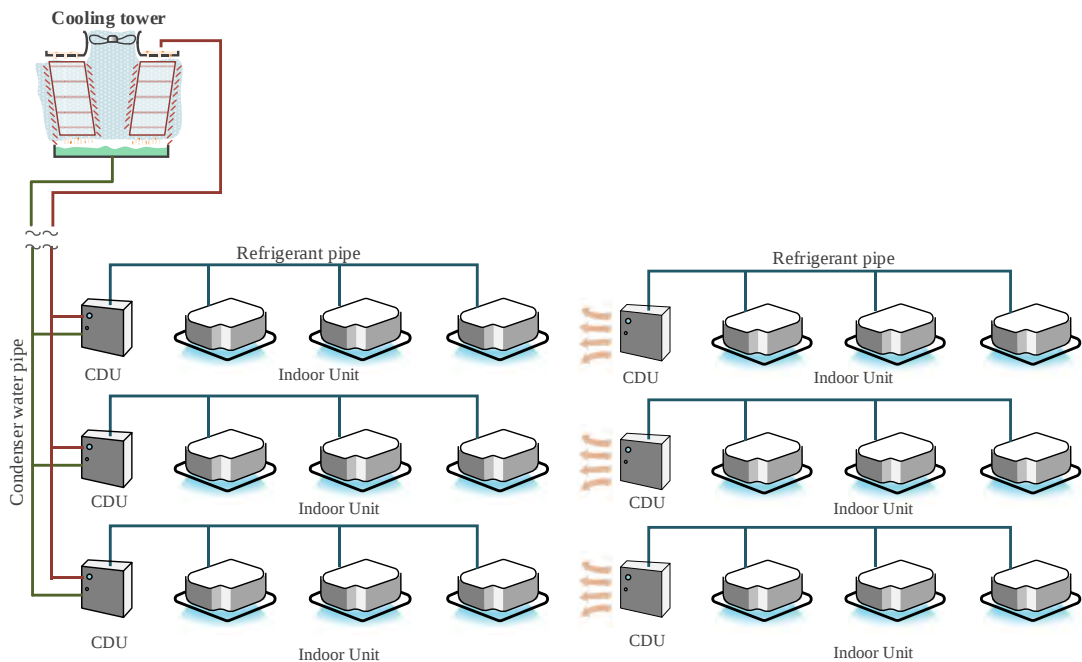


รูปที่ 1.6 การควบคุมการทำงานของ Compressor

จากรูปจะเห็นได้ว่า ในขณะที่เริ่มทำการเปิดเครื่อง FCU ทั้งหมด 3 เครื่อง ค่า Low Pressure sensor (LP) จะอยู่สูงกว่าความดันเป้าหมายที่ต้องการ (Target) เนื่องจากอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ด้านดูดของ Compressor ที่เป็นสถานะ Superheated จะมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่าความดันด้านดูดจะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิห้องเริ่มลดต่ำลงและเข้าใกล้สู่ค่าที่ต้องการ จากนั้น เมื่อทำการปิด FCU 1 ตัว จะส่งผลให้ความดันด้านดูดต่ำลงไปอีก เมื่อ LP เห็นค่าความดันด้านดูดต่ำลงไปกว่าที่ต้องการ VSD จะสั่งลดรอบ Compressor ลงเพื่อ

ควบคุมให้ความดันด้านดูดสูงขึ้นเข้าสู่ค่าที่ต้องการ และเมื่อทำการปิด FCU ตัวที่ 2 ความดันด้านดูดก็จะลดลงอีกครั้ง Compressor ก็จะถูกปรับรอบลดลงเพื่อให้ได้ค่าความดันตามที่ต้องการ แต่เมื่อทำการเปิด FCU เครื่องที่ 1 อีกครั้ง จะสังเกตได้ว่าความดันด้านดูดของ Compressor จะสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับเปิด FCU เครื่องที่ 2 ขึ้นมาอีกครั้ง จะทำให้ LP ส่งสัญญาณไปเพิ่มความเร็วรอบของ Compressor เพื่อให้ได้ค่าความดันด้านดูดตามที่ต้องการ

ระบบปรับอากาศ VRF แบ่งตามประเภทการระบายความร้อนได้ 2 ประเภท คือ ระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยการระบายความร้อนด้วยอากาศนั้นจะเหมือนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน อาศัยอากาศภายนอกมาระบายความร้อนที่ Condensing Unit เพื่อให้สารทำความเย็นเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว ส่วนระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำจะใช้น้ำมาระบายความร้อนที่ Condensing Unit ซึ่งชุด Condensing Unit จะเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) ทำให้สามารถตั้ง Condensing Unit ไว้ภายในพื้นที่ปิดได้ โดยน้ำที่ระบายความร้อนให้ Condensing Unit จะถูกนำไประบายความออกจากน้ำด้วย Cooling Tower



ระบบ VRF ระบายความร้อนด้วยน้ำ

ระบบ VRF ระบายความร้อนด้วยอากาศ

รูปที่ 1.7 ประเภทการระบายความร้อนของระบบ VRF

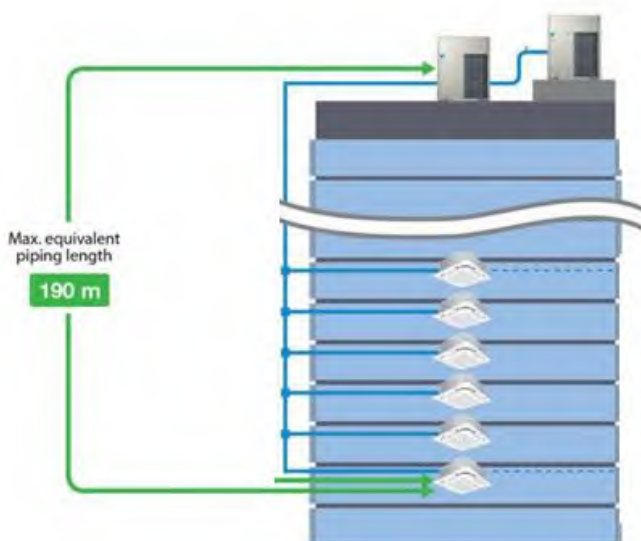
1.3 หลักการออกแบบระบบ

1.3.1 ข้อพิจารณาในการออกแบบและติดตั้งระบบ VRF

ระบบ VRF มีข้อจำกัดเนื่องจากตัวระบบและอุปกรณ์ในตัวเครื่องอยู่หลายข้อจำกัดขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต ซึ่งจะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ในการออกแบบระบบ VRF จำเป็นที่จะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ นี้ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์

ข้อพิจารณาที่ 1 : ระยะทางในการเดินท่อสารทำความเย็นสูงสุดระหว่าง CDU และ FCU ตัวไกลสุด

ข้อดีของระบบปรับอากาศ VRF คือการที่สามารถเดินท่อสารทำความเย็นได้ไกลมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แต่ระยะในการเดินนั้นก็มีข้อจำกัดอยู่ โดยระยะการทางในการเดินท่อสารทำความเย็นระหว่าง CDU และ FCU ตัวไกลสุดจะมีจำกัด เนื่องจากกำลังของ Compressor ที่ความความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่อ โดยระบบปรับอากาศ VRF ในปัจจุบันสามารถเดินท่อสารทำความเย็นระหว่าง Condensing Unit และ Fan Coil Unit ตัวที่อยู่ไกลที่สุดเป็นความยาวรวมสมมูลเทียบเท่า (Equivalent pipe length) ประมาณไม่เกิน 190 เมตร หรือแล้วแต่ละผู้ผลิตจะกำหนด

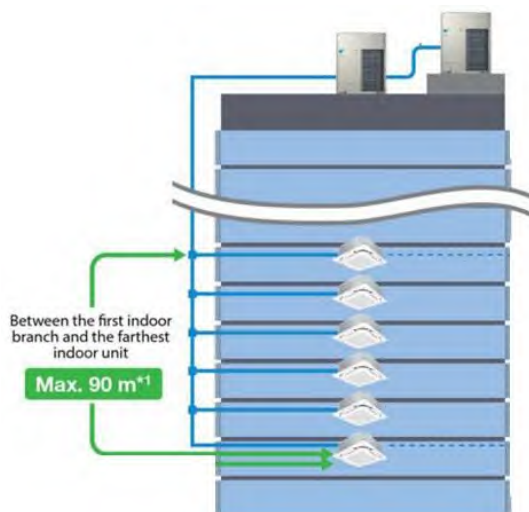


Products courtesy of Daikin Industries

รูปที่ 1.8 ตัวอย่างระยะทางในการเดินท่อสารทำความเย็นสูงสุดระหว่าง CDU และ FCU ตัวไกลสุด

ข้อพิจารณาที่ 2 : ระยะทางเดินท่อสารทำความเย็นไกลสุดจากทางแยกแรก (First Branch)

ทางแยกแรก (First Branch) คือทางแยกที่มีข้อต่อสามทางที่ใกล้ Condensing Unit มากที่สุด เพื่อให้แน่ใจว่าทุก Fan Coil Unit ในระบบ VRF จะได้รับสารทำความเย็นในปริมาณและความดันที่เหมาะสม ระบบปรับอากาศ VRF จึงมีข้อจำกัดของระยะทางจากทางแยกแรกไปถึง Fan Coil Unit ตัวไกลที่สุดด้วย ทำให้ในการออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงทางแยกแรกเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกเหนือระยะเดินท่อไกลสุดจาก Condensing Unit ถึง Fan coil Unit ตัวไกลที่สุดเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะมีผลกับการเลือกแบ่งกลุ่ม Condensing Unit ของระบบ ว่า Fan Coil Unit ตัวไหนควรจะใช้ Condensing Unit ชุดเดียวกัน เพื่อให้มีระยะทางไม่เกินข้อจำกัด โดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 90 เมตรขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต

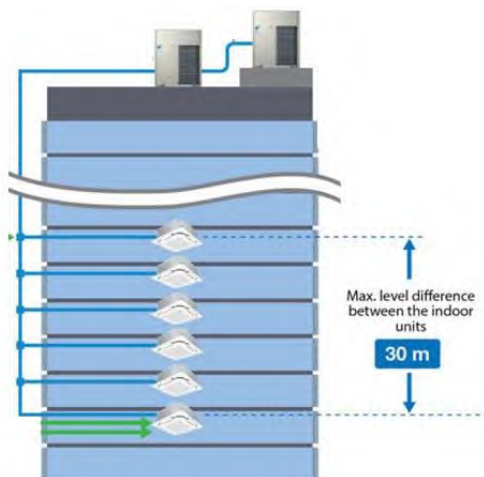


Products courtesy of Daikin Industries

รูปที่ 1.9 ตัวอย่างระยะทางเดินท่อสารทำความเย็นไกลสุดจากทางแยกแรก

ข้อพิจารณาที่ 3 : ระยะทางเดินท่อสารทำความเย็นระหว่าง Fan Coil Unit ที่อยู่ระดับสูงที่สุด และ Fan Coil Unit ที่อยู่ระดับต่ำที่สุดในแนวดิ่ง

ระบบปรับอากาศ VRF สามารถเดินท่อสารทำความเย็นไปให้กับ Fan Coil Unit ที่อยู่ต่างชั้นกันได้ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางระหว่าง Fan Coil Unit ที่อยู่ระดับสูงที่สุด และ Fan Coil Unit ที่อยู่ระดับต่ำที่สุดในระบบ โดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 30 เมตรขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต

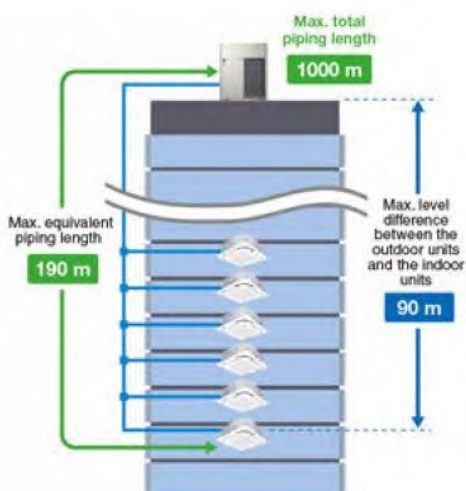


Products courtesy of Daikin Industries

รูปที่ 1.10 ตัวอย่างความแตกต่างของความสูงระหว่าง FCU ที่สูงที่สุด กับที่ต่ำที่สุด

ข้อพิจารณาที่ 4 : ระยะเดินท่อสารทำความเย็นระหว่าง Condensing Unit ที่อยู่ระดับบน และ Fan Coil Unit ที่อยู่ระดับต่ำที่สุดในแนวดิ่ง

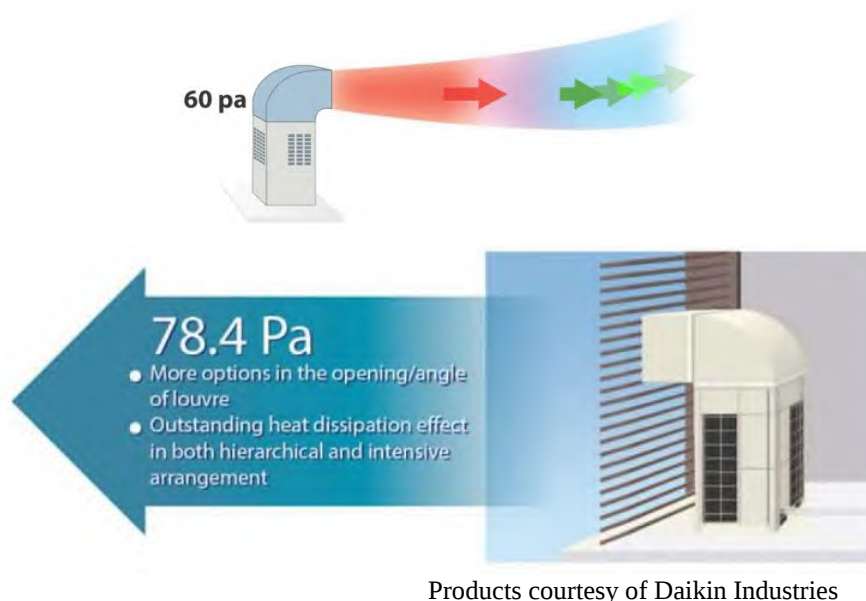
ระบบปรับอากาศ VRF มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางระหว่าง Condensing Unit ที่อยู่ระดับบน และ Fan Coil Unit ที่อยู่ระดับต่ำที่สุดในระบบ ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันน้ำมัน Compressor ไม่ไหลกลับ ช่วยป้องกันไม่ให้ความดันสถิตเกินขีดจำกัดของอุปกรณ์และระบบ และลดการเกิด Flash Gas ก่อนถึง Expansion valve ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 90 เมตร ขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต



รูปที่ 1.11 ตัวอย่างระยะทางเดินท่อสารทำความเย็นระหว่างที่สูงที่สุด

ข้อพิจารณาที่ 5 : ความดันของพัดลมระบายความร้อน CDU

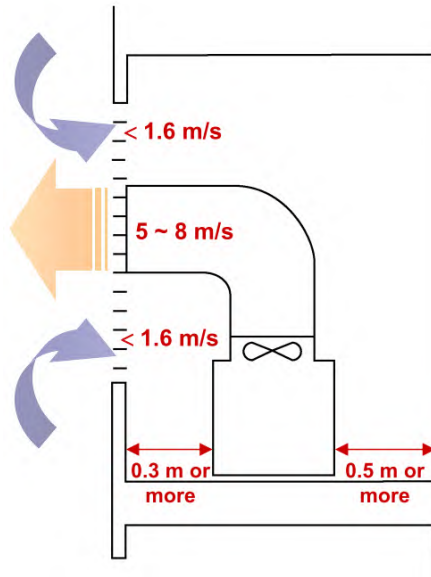
ในการวางตำแหน่งของ **Condensing Unit** นั้น ควรจะวางในพื้นที่โล่งแจ้งภายนอก แต่ในบางอาคารก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการวาง **Condensing Unit** ภายในอาคารได้เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่อาคารหรืออื่นๆ ดังนั้นพัดลมระบายอากาศของ **Condensing Unit** ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจึงถูกออกแบบมาให้มีความดันสถิตที่สามารถต่อท่อลมได้ ทำให้สามารถต่อท่อลมเพื่อระบายความร้อนไปสู่อาคารหรือช่องเปิดต่างๆ ได้ โดยพัดลมระบายความร้อนนี้มีค่าความดันสถิตที่จำกัดโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 60-78.4 Pa (0.24-0.32 in. of water) หรือขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต



รูปที่ 1.12 ตัวอย่างค่าความดันสถิตของพัดลมระบายความร้อน CDU

ถ้า **Condensing Unit** อยู่ภายในอาคารและทำการต่อท่อลมเป่าออกผ่านระแนง และลมที่นำมาระบายความร้อนจากภายนอกเข้าผ่านระแนงในพื้นที่หน้าตัดเดียวกัน ให้ใช้ความเร็วด้านเป่าประมาณ 5-8 m/s (1000-1600 fpm) และความเร็วในการดูดที่ไม่เกิน 1.6 m/s (320 fpm) เพื่อหาขนาดพื้นที่ว่าง (Free Area) ของระแนง และแนะนำให้ระแนงเอียงลงทำมุม 20 องศา เพื่อป้องกันการลมร้อนย้อนกลับไปที่ **Condensing Unit** ที่อยู่ชุดบนในกรณีที่ **Condensing Unit** วางเรียงกันขึ้นไปเป็นแนวเดียวกัน

ตัวอย่างเช่น ต่อท่อลมจากพัดลมระบายความร้อนโดยมีความดันสูญเสียที่ท่อลมรวมข้อต่อเท่ากับ 15 Pa (0.06 in. of water) และความดันสูญเสียผ่านระแนงเท่ากับ 40 Pa (0.16 in. of water) รวมความต้านทานการไหลที่เกิดขึ้นในระบบเท่ากับ 55 Pa (0.22 in. of water) ดังนั้น พัดลมระบายความร้อนสามารถทำงานได้เนื่องจากความต้านทานการไหลในระบบท่อลมน้อยกว่าความดันสถิตของพัดลม



Products courtesy of Daikin Industries

รูปที่ 1.12 ตัวอย่างค่าความเร็วลมที่แนะนำ

หมายเหตุ: พื้นที่ว่างโดยรอบเครื่องควรเป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำ

ข้อพิจารณาที่ 6 : อัตราส่วนของผลรวม (Combination Ratio)

อัตราส่วนของผลรวม (Combination Ratio) คือสัดส่วนของขนาดการทำความเย็นของ Fan Coil Unit รวมทุกตัว ต่อขนาดการทำความเย็นของ Condensing Unit 1 ระบบที่สามารถรองรับได้ ซึ่งข้อจำกัดนี้เป็นผลจากอัตราการถ่ายเทความร้อนของ Fan Coil Unit และ Condensing Unit ที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยสามารถออกแบบให้ความสามารถในการทำความเย็นของ Fan Coil Unit ทุกตัวรวมกันสูงกว่าความสามารถในการทำความเย็นของ Condensing Unit ได้ โดยทั่วไปค่าอัตราส่วนของผลรวม (Combination Ratio) ที่ระบบทำงานได้จะอยู่ที่ 50-130%

Nominal horse power			10HP	12HP
Power source			3 Phase 380-415V, 50Hz	
Starting current		A	5	
Max current		A	21.2	
Nominal capacity	Cooling	kW	28.0	33.5
	Heating	kW	31.5	37.5
Electrical characteristics	Power consumption	kW	7.24	8.96
	Cooling Heating	kW	7.28	9.04
Exterior dimensions	HxWxD	mm	1690x1350x720	
Net weight		kg	272	
Refrigerant charge	R410A	kg	11.0	
Sound pressure level	Cooling/Heating	dB(A)	55/57	61/58
Refrigerant piping size	Liquid line	mm(in)	ø9.52(3/8")	ø12.7(1/2")
	Gas line	mm(in)	ø22.22(7/8")	ø25.4(1") [ø22.22(7/8")]
Capacity connection		%	50-130	
Number of connectable indoor units			24	29

1. The data are measured under the following conditions(ISO-T1). Cooling: Indoor temp. of 27°CDB, 19°CWB, and outdoor temp. of 35°CDB. Heating: Indoor temp. of 20°CDB, and outdoor temp. of 7°CDB, 6°CWB. Piping length is 7.5m.
2. Sound pressure level indicates the value in an anechoic chamber. During operation these values are somewhat higher due to ambient conditions.
3. [] : Pipe sizes applicable to European installations are shown in parentheses.

รูปที่ 1.13 ตัวอย่างค่าอัตราส่วนของผลรวม (Combination Ratio)

ข้อพิจารณาที่ 7 : การทำงานขั้นต่ำของ Compressor (Compressor Minimum Load)

เนื่องจาก Compressor เป็นอุปกรณ์ที่มี Capacity ขั้นต่ำที่อุปกรณ์การจะสามารถยังคงทำงานได้ ทำให้ระบบปรับอากาศ VRF มีข้อกำหนดในการทำงานขั้นต่ำนี้ด้วย ส่งผลให้การเลือกแบ่งกลุ่มของ Condensing Unit ในระบบ ควรจะเลือกจัดกลุ่มเครื่อง Fan Coil Unit ที่ทำงานพร้อมกันให้อยู่ในกลุ่มของ Condensing Unit ชุดเดียวกัน เพื่อไม่ให้งานของ Compressor ต่ำกว่าค่า Capacity control ขั้นต่ำที่ Compressor ทำงานได้ ซึ่งโดยทั่วไป ค่าการทำงานขั้นต่ำของ Compressor จะอยู่ที่ 3-10% ขึ้นอยู่กับขนาดของ Condensing Unit และอาจแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิต

Power supply		3-phase 4-wire system, 380 -415/380 V, 50/60 Hz						
Cooling capacity	kcal/h	27,500	33,000	38,500	41,300	46,800	52,300	57,800
	Btu/h	109,000	131,000	153,000	164,000	186,000	207,000	229,000
	kW	32.0	38.4	44.8	48.0	54.4	60.8	67.2
Power consumption	kW	7.10	8.68	10.3	10.7	12.2	13.8	15.4
Capacity control	%	10-100	10-100	10-100	7-100	7-100	7-100	7-100
Casing colour		Ivory white (5Y7.5/1)						
Compressor	Type	Hermetically Sealed Scroll Type						
	Motor output	kW	(2.4X1)+ (2.4X1)	(2.4X1)+ (3.4X1)	(3.4X1)+ (3.4X1)	(2.4X1)+ (2.4X1)+ (2.4X1)	(2.4X1)+ (2.4X1)+ (3.4X1)	(3.4X1)+ (3.4X1)+ (3.4X1)
Airflow rate	m ³ /min	119+119	119+157	157+157	119+119+119	119+119+157	119+157+157	157+157+157
Dimensions (HxWxD)	mm	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)+ (1,657x930x765)	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)+ (1,657x930x765)	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)+ (1,657x930x765)	(1,657x930x765)+ (1,657x930x765)+ (1,657x930x765)
Machine weight	kg	185+185	185+185	185+185	185+185+185	185+185+185	185+185+185	185+185+185
Sound level	dB(A)	58	59	59	60	60	60	61
Operation range	°CDB	15 to 49						
Refrigerant	Type	R-410A						
	Charge	kg	6.4+6.4	6.4+6.4	6.4+6.4	6.4+6.4+6.4	6.4+6.4+6.4	6.4+6.4+6.4
Piping connections (Indoor unit)	Liquid	mm	φ12.7 (Brazing)	φ12.7 (Brazing)	φ12.7 (Brazing)	φ15.9 (Brazing)	φ15.9 (Brazing)	φ15.9 (Brazing)
	Gas	mm	φ28.6 (Brazing)	φ28.6 (Brazing)	φ28.6 (Brazing)	φ28.6 (Brazing)	φ28.6 (Brazing)	φ34.9 (Brazing)
Piping connections (Heat exchanger unit)	Inlet pipe	mm	φ19.1(Brazing 2X)			φ19.1(Brazing 3X)		
	Outlet pipe	mm	φ19.1(Brazing 2X)			φ19.1(Brazing 3X)		

Products courtesy of Daikin Industries

รูปที่ 1.14 ตัวอย่าง Capacity Control ของ Compressor

ข้อพิจารณาที่ 8 : การใช้ Outdoor Air Unit และ Fan Coil Unit ในกลุ่ม Condensing Unit เดียวกัน

Outdoor Air Unit (OAU) หรือ Pre-Cooling Air Unit (PAU) เป็นเครื่องปรับอากาศที่นำอากาศจากภายนอกมาผ่านการลดอุณหภูมิและความชื้นผ่าน Coil เพื่อนำอากาศเข้าไปจ่ายในพื้นที่เพื่อเจือจางก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเพื่อสร้างความดันบวกให้กับอาคาร ทำให้อากาศร้อนขึ้นและฝุ่นต่างๆ จากภายนอกไม่สามารถไหลเข้ามาในอาคารได้ ในระบบปรับอากาศ VRF มีเครื่อง OAU แบบประกอบสำเร็จรูปที่สามารถนำมาใช้กับระบบนี้ได้ โดยมีข้อจำกัดเมื่อระบบนั้นมี OAU และ FCU อยู่ในกลุ่ม Condensing Unit เดียวกัน โดยทั่วไป หาก OAU ใช้ร่วมกับ FCU ทั่วไป ผู้ผลิตจะแนะนำให้ความสามารถในการทำความเย็นรวมของ OAU ไม่เกิน 30% ของความสามารถในการทำความเย็นของ Condensing เนื่องจากเครื่อง OAU ต้องการปริมาณสารทำความเย็นเข้าเครื่องในปริมาณสูง อาจทำให้ Fan Coil Unit ตัวอื่นๆ ในระบบเดียวกันได้รับสารทำความเย็นในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อภาระการทำความเย็นจริง หากไม่ต้องการให้เกิดปัญหานี้เลย ก็แนะนำให้แยก

Condensing Unit เป็นของ OAU โดยเฉพาะ ออกจาก Condensing Unit ที่ใช้กับ Fan Coil Unit ทั่วไป

1.3.2 ตัวอย่างในการออกแบบระบบ VRF

ในบทนี้จะเป็นอย่างของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง จำนวน 12 ชั้น ความสูงรวมชั้น 1 ถึงชั้น 12 (คาดฟ้า) 45.3 เมตร ต้องการออกแบบระบบปรับอากาศ VRF สำหรับห้องพักผู้ป่วยชั้น 6-11 โดยมีการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกผ่านเครื่อง OAU



รูปที่ 1.15 ผังอาคาร ชั้นห้องพักผู้ป่วย

ขั้นตอนที่ 1 : คำนวณภาระการทำความเย็น หาขนาดเครื่องปรับอากาศในแต่ละห้องและกำหนดขนาดเครื่องปรับอากาศและ OAU

ขั้นตอนที่ 2 : เขียนแผนภาพการเดินท่อของระบบปรับอากาศ VRF และเขียนเส้นทางการเดินท่อลงในแบบแปลน