TRC

เอกสารเผยแพร่

คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ

หมายเลข 10

# การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น

# The Economic Use of Refrigertion Plant

คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ FE-TD-TRC-440010

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน

โครงการที่ประสบผลสำเร็จ

ด้านการอนุรักษ์พลังงาน

"เอกสารนี้แปลและเรียบเรียงมาจากหนังสือ Fuel Efficency Booklet
เรื่อง **The Economic Use of Refrigeration Plant**
ภายใต้โครงการ UK Government's Energy Efficiency
Best Practice Programme
ของ Department of The Environment Transport and Regions,London UK."

**แนะนำหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน**

กองฝึกอบรม ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากร ด้านการอนุรักษ์พลังงานได้เปิดหลักสูตรอบรมต่างๆ ในช่วงแต่ละปี ตัวอย่างของหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน และหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร เป็นต้น

ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

*หมายเลขโทรศัพท์ 0 2577 7035-41* *โทรสาร 0 2577 7047*

**แนะนำ WEB SITE ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้พัฒนา WEB SITE เพื่อเป็นช่องทางให้ผู้ที่สนใจเข้าไปหาข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานที่ *http : // www. dedp.go.th และ http : // www.teenet-dedp.com*

ภายใน WEB SITE ผู้ที่สนใจสามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน / ตัวอย่างโรงงานที่ประสบความสำเร็จ / รายชื่อที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน / พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และกฎกระทรวง

# การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น

# The Economic Use of Refrigeration Plant

# คำนำ

ในสภาวะปัจจุบันรูปแบบการใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็นมูลเหตุให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงินการลงทุนของทุกประเทศที่จะต้องจัดหาพลังงานมาให้เพียงพอและเหมาะสม นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปจากการใช้ พลังงานจำนวนมหาศาลดังกล่าวด้วย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะเพื่อเสริมรากฐานในการปฏิบัติงานตามอำนาจหน้าที่ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยมีกองฝึกอบรมเป็นหน่วยงานหนึ่งที่สนับสนุนกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานภายใต้แผน อนุรักษ์พลังงานของประเทศ เพื่อทำหน้าที่ฝึกอบรมพัฒนาความรู้ด้านการจัดการและเทคโนโลยีด้านพลังงานแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชนตลอดจนผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนส่งเสริมให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานเพื่อให้มีการใช้เครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นการช่วยลด ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเห็นว่าหากได้นำแนวทางการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพที่ได้รับความร่วมมือจาก Department of Environment Transport and Regions, London ประเทศสหราชอาณาจักรให้ความสนับสนุนเอกสารภายใต้โครงการ UK Government’s Energy Efficiency Best Practice Programme เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานอันจะเป็นการเสริมสร้างประโยชน์ต่อการพัฒนาบุคลากรและเพิ่มศักยภาพของบุคลากรได้อย่างเป็นรูปธรรมจึงได้จัดทำเอกสารดังกล่าวมาเรียบเรียงเป็นภาษาไทยเพื่อเผยแพร่แก่ผู้เกี่ยวข้องต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานขอขอบคุณ Department of Environment Transport and Regions, London ประเทศสหราชอาณาจักร ที่ให้ความสนับสนุนเอกสาร และคณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ให้การสนับสนุนในการจัดทำ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านในฐานะเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน สมตามเจตนารมณ์ของ การจัดการจัดทำคู่มือนี้

***กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน***
***กระทรวงพลังงาน***

*** *อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ประจำวันที่ 14 พฤศจิกายน 2544*
*สหราชอาณาจักร ปอนด์สเตอร์ลิง ตั๋วเงิน : 63.5765 บาท ทางโทรเลข : 63.7353 บาท*
*อัตราขายถัวเฉลี่ย :64.3911 บาท*

# สารบัญ

**1. บทนำ (Introduction)** **1**

**2. ระบบการทำความเย็นและการใช้งาน (The use of refrigeration)** **2**

**3. กระบวนการทำความเย็น (The refrigeration Process)** **3**

3.1 วัฏจักรอัดไอ (The vapour compression cycle) **3**

3.2 ส่วนประกอบหลักของวัฏจักรอัดไอ (Main components of the vapour compression cycle) **6**

*3.2.1 อีวาพอเรเตอร์ (Evaporators)* **6**

*3.2.2 คอมเพรสเซอร์ (Compressors)* **6**

*3.2.3 เครื่องควบแน่น (Condensers)* **7**

*3.2.4 อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion Devices)* **7**

*3.2.5 สารทำความเย็น (Refrigerants)* **8**

*3.2.6 ฉนวน (Insulation)* **8**

3.3 ขนาดพิกัด การใช้กำลังงานและประสิทธิภาพ (Capacity, power consumption and efficiency) **9**

3.4 รูปแบบต่างๆของระบบทำความเย็น (Variations to the simple circuit) **10**

*3.4.1 ระบบที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนด้านดูด/ของเหลว (Suction/liquid heat exchangee)* **10**

*3.4.2 ระบบที่มีอีวาพอเรเตอร์หลายชุด(Multiple evaporator circuits)* **11**

*3.4.3 ระบบคอมเพรสเซอร์หลายตัว (Multiple compressor Systems)* **11**

3.5 ระบบสองขั้นตอน (Two stage systems) **11**

*3.5.1 คอมเพรสเซอร์แบบมอเตอร์กับชุดอัดอยู่ภายในตัวถัง* **13**
*(Internally compounded compressors)*

*3.5.2 คอมเพรสเซอร์แบบมอเตอร์กับชุดอัดอยู่ภายนอกแยกกัน* **14**
*(Externally compounding compressors)*

3.6 ระบบคาสเคด (Cascade Systems) **14**

**4. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporators)** **15**

4.1 แบบขยายตัวโดยตรง หรือแบบแห้ง (Direct expansion) **15**

*4.1.1 ลักษณะสำคัญในการออกแบบ (Design features)* **15**

*4.1.2 ลักษณะสำคัญในการทำงาน (Operating features)* **17**

*4.1.3 ปัญหาในการทำงาน* (Operational problems) **17**

4.2 แบบมีสารทำความเย็นท่วมหรือแบบเปียก (Flooded) **18**

*4.2.1 ชนิดเปลือกและท่อ (Shell and tube)* **18**

*4.2.2 ชนิดแผ่นเพลต (Plate type)* **19**

4.3 การควบคุมน้ำมันหล่อลื่นในอีวาพอเรเตอร์ (Oil control in evaporators) **19**

*4.3.1 แบบขยายตัวโดยตรง (Direct expansion evaporators)* 19
*4.3.2 แบบมีสารทำความเย็นท่วม (Flooded evaporators)* 19
4.4 การทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของอีวาพอเรเตอร์ (Energy efficient operation of evaporators) 22
4.5 การละลายน้ำแข็ง (Defrosting) 22
**5. คอมเพรสเซอร์ (Compressors)** 23
5.1 ชนิดของเรือนคอมเพรสเซอร์ (Types of compressor housing) 23
*5.1.1 คอมเพรสเซอร์แบบหุ้มปิดและกึ่งหุ้มปิด (Hermetic and Semi-hermetic compressors)* 23
*5.1.2 คอมเพรสเซอร์แบบเปิด (Open compressors)* 24
5.2 ชนิดของคอมเพรสเซอร์ (Types of motion work) 25
*5.2.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ(Reciprocating compressors)* 25
*5.2.2 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw compressors)* 26
*5.2.3 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย (Scroll compressors)* 26
5.3 ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ (Compressor performance data) 27
5.4 การควบคุมขนาดพิกัด (Capacity control) 28
*5.4.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressors)* 28
*5.4.2 คอมเพรสเซอร์แบบเกลียว (Screw compressors)* 29
**6. คอนเดนเซอร์ (Condensers)** 29
6.1 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled condensers) 30
6.2 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled condensers) 31
6.3 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย (Evaporative condensers) 32
6.4 การสูญเสียประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์เนื่องจากมีอากาศปนอยู่ในระบบ (Loss of condensers efficiency due to air in system) 32
**7. อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion devices)** 33
7.1 วาล์วขยายตัวชนิดเทอร์โมสแตติก (Thermostatic expansion valves) 33
*7.1.1 วาล์วปรับความสมดุลย์ (Balanced port valves)* 35
*7.1.2 วาล์วขยายตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic expansion valve)* 36
7.2 ระบบวาล์วลูกลอย (Float valve systems) 36
*7.2.1 วาล์วลูกลอยความดันสูง (Hight pressure (HP) float valve)* 37
*7.2.2 วาล์วลูกลอยความดันต่ำ (Low pressure (LP) float valve)* 37
**8. สารทำความเย็น (Refrigerants)** 38
8.1 การใช้แอมโมเนีย (The use of ammonia) 41
8.2 สารทำความเย็นทุติยภูมิ (Secondary refrigerants) 42

**9. การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Heat recovery)** **42**
9.1 ตัวลดความร้อนยวดยิ่ง (Desuperheaters) **43**
9.2 การนำความร้อนทิ้งจากคอนเดนเซอร์ (Heat recovery from a condenser) **43**
9.3 การนำความร้อนจากน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ (Heat recovery from compressor oil) **45**
9.4 การใช้ประโยชน์จากอัตราไฟฟ้าราคาถูก (Optimum use of cheap rate power) **46**
**10. การทำงานของระบบทำความเย็น (Plant operation)** **47**
10.1 อุปกรณ์การตรวจวัดและควบคุม (Instrumentation) **47**
10.2 การติดตามการทำงานของระบบทำความเย็น (Plant monitoring) **49**
10.3 การหาจุดขัดข้องและการวินิจฉัย (Fault finding and diagnosis) **52**
10.4 การบันทึกข้อมูลและการทำงานของระบบ (Plant records) **54**
**11. การจัดซื้ออุปกรณ์ทำความเย็น (Purchasing refrigeration equipment)** **55**
11.1 การระบุความต้องการของระบบ (Specifying the system requirements) **55**
11.2 มาตรฐานและหลักเกณฑ์การปฏิบัติ (Standards and Codes of Practice) **57**
11.3 การตรวจรับ (Commissioning) **57**
11.4 รายละเอียดที่ต้องการในเอกสารเสนอประมูล (Information required in proposals) **57**
**12. ประมวลคำศัพท์ที่ใช้ในงานทำความเย็นเชิงพาณิชย์**
**(Glossary of terms used in commercial refrigeration)** **58**
**13. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม (Sources of further information)** **64**
***ภาคผนวกที่ 1 แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน***
***(Appendix 1 Example of pro forma information for proposals)*** **67**

# 1. บทนำ

คู่มือเล่มนี้เขียนขึ้นมาเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับบุคลากรที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับระบบทำความเย็นค่อนข้างน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งอาจจะเป็นผู้ที่ต้อง รับผิดชอบในการใช้งานการจัดซื้อ การกำหนดข้อมูลจำเพาะหรือการประเมินระบบทำความเย็น ความมุ่งหมายของคู่มือนี้ก็เพื่อให้บุคลากรดังกล่าวมีความรู้ อย่างเพียงพอเพื่อเป็นหลักประกันว่า สามารถเลือกระบบที่ดีที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับระบบที่มีอยู่แล้วเพื่อให้ บรรลุถึงเป้าหมายดังกล่าว สิ่งสำคัญก็คือความเข้าใจหลักการขั้นพื้นฐานในการ ทำงานของระบบทำความเย็น

ระบบการทำความเย็นมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายอย่างมาก ในกรณีที่ระบบเกิดผิดปกติ ความน่าเชื่อถือของระบบ จึงมีความสำคัญยิ่งกว่าค่าใช้จ่าย ในการเดินเครื่อง ดังนั้นขั้นตอนของการออกแบบนั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนทำให้มีคำถามเบื้องต้นหลายประการ ที่ควรจะถามเมื่อทำการเลือกระบบที่เหมาะสม :

- ภาระทำความเย็นสูงสุดเท่ากับเท่าใด ?
- มีส่วนใดของภาระดังกล่าวสามารถใช้วิธีทางธรรมชาติทำความเย็นได้บ้างหรือไม่ ?
- มีทางเลือกอื่นในการทำความเย็นหรือไม่ ?
- ควรจะใช้ระบบแบบใด และควรจะออกแบบอย่างไร?

  ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับเท่าใด หากเลือกใช้ระบบที่แพงขึ้น และมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ?
- ควรจะใช้สารทำความเย็นตัวใด ?
- ควรจะกำหนดระบบอย่างไร ?
- มีวิธีการใดที่จะให้หลักประกันได้ว่าระบบสามารถที่จะบรรลุประสิทธิภาพที่ออกแบบไว้ ?

- มีตัวบ่งชี้ใดหรือไม่ที่จะให้หลักประกันว่าระบบยังคงทำงานที่ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

## 2. ระบบทำความเย็นและการใช้งาน

ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่ที่ใช้งานในประเทศไทย แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

- การทำความเย็นในกระบวนการผลิต
- การเก็บรักษาและการจำหน่ายอาหาร
- ระบบปรับอากาศ

แม้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในงานข้างต้นจะมีหลายรูปแบบแต่มีการทำงานภายใต้วัฏจักรทำความเย็นพื้นฐานเดียวกันชนิดของสภาวะในการจัดเก็บความเย็นหรือกระบวนการผลิตที่ต้องการจะเป็นตัวกำหนดภาวะการทำงานและส่วนประกอบ ที่จะประกอบรวมเข้าไปในระบบทำความเย็นตามที่ออกแบบไว้

โดยทั่วไป แบบของระบบทำความเย็นสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

- การปรับอากาศโดยการขยายตัวโดยตรง (direct expansion air cooling)
- การทำน้ำเย็นโดยการขยายตัวโดยตรง (direct expansion water cooling)
- การทำของเหลวเย็นแบบเปียก (flooded evaporative liquid chilling)
- ระบบหมุนเวียนด้วยปั๊มแบบเสริมกันหลายตัว ( integrated pumped circulation systems)

ก่อนที่จะเริ่มต้นทำการหาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบทำความเย็นทางกลควรจะทำการตรวจสอบดูว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะทำความเย็นโดยอาศัยธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นเพียงบางส่วนหรือทำให้เกิดความเย็นทั้งระบบ ซึ่งถ้าเป็นไปได้ก็จะเสีย-ค่าใช้จ่ายน้อยลงจากเดิม มีแหล่งให้ความเย็นหลายแหล่ง ซึ่งสามารถให้อุณหภูมิที่ค่อน-ข้างต่ำสำหรับภาระการระบายความร้อน ในกระบวนการผลิตหรืองานอื่นๆ ตัวอย่างเช่น

- น้ำจากหอระบายความร้อนอาจจะมีอุณหภูมิต่ำถึง 30°C แม้แต่ในวันที่ อากาศ-ร้อนชื้นที่สุดก็ตาม และในหลายกรณีจะมีค่าต่ำกว่านี้อีก

# 3. กระบวนการทำความเย็น

ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่ได้รับการขับเคลื่อนโดยเครื่องจักรกลซึ่งจะทำการดูดและอัดไอสารทำความเย็นไปตามวงจรซึ่งได้รับการซีลไว้ ความร้อนถูกส่งถ่ายและปล่อยทิ้งโดยอาศัยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระบบเหล่านี้ทำงาน ด้วยวัฏจักร-ที่เรียกว่า ***วัฏจักรอัดไอ (vapor-compression cycle)***

ยังมีระบบทำความเย็นแบบอื่นๆที่สามารถใช้ในการทำให้เกิดการทำความเย็น-ได้ เช่น ระบบดูดซึม (absorption system) ระบบนี้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมที่มีความร้อนเหลือใช้หรือมีน้ำร้อนเหลือจากกระบวนการผลิต เป็นระบบที่ช่วย ประหยัด-ไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่ำ

## 3.1 วัฏจักรอัดไอ

โดยธรรมชาติแล้วความร้อนจะต้องถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูง ไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำในระบบทำความเย็นนั้น จะต้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในทางตรงกันข้าม การจะทำให้บรรลุความต้องการดังกล่าวจะต้องใช้ตัวกลางที่เรียกว่าสารทำความเย็นซึ่งจะทำการดูดกลืนความร้อนแล้วเกิดการเดือดหรือระเหยที่ความดันต่ำ ทำให้ เปลี่ยน-สถานะจากของเหลวกลายเป็นไอขึ้น ต่อจากนั้นไอดังกล่าวจะถูกอัดให้มี ความดันสูง-ขึ้นซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย และจะถ่ายเทความร้อนที่ได้รับมาให้แก่ อากาศรอบข้าง-พร้อมกับการควบแน่นกลับคืนไปเป็นของเหลว เป็นผลให้เกิดการดูดกลืนหรือดึง-ความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำและถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งความร้อนที่มี-อุณหภูมิสูงกว่า

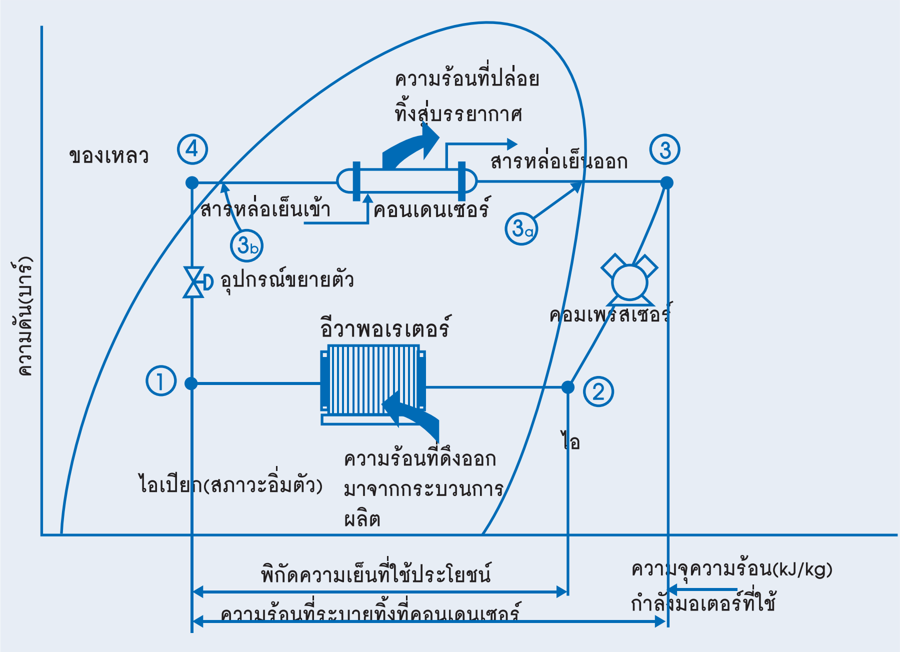
มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้การทำงานของวัฏจักรอัดไอเป็นไปได้ กล่าวคือ

- อุณหภูมิซึ่งสารทำความเย็นเกิดการเดือดจะแปรผันตามความดัน กล่าวคือ ความดันยิ่งสูงจุดเดือดจะสูงตามไปด้วย
- เมื่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวเกิดการเดือดกลายเป็นไอ มันจะดูด ความ-ร้อนจากบริเวณโดยรอบ

- สารทำความเย็นสามารถเปลี่ยนจากไอกลับคืนไปเป็นของเหลว โดยการ ทำให้มันเย็นลง ซึ่งตามปกติจะใช้อากาศหรือน้ำเป็นตัวระบายความร้อน

***ข้อสังเกต*** : ในอุตสาหกรรมทำความเย็นมักจะใช้คำว่าระเหยแทนคำว่า "เดือด" ถ้าไอได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดจะเรียกว่า "ไอร้อนยวดยิ่งหรือไอดง (superheated vapor)" และถ้าของเหลวถูกทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิควบแน่นเราเรียกว่า "ของเหลวเย็นยิ่ง (subcooled liquid)"

เพื่อช่วยให้ไอสารทำความเย็นสามารถควบแน่นได้ สารทำความเย็นจะต้องถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อน เครื่อง-




**รูปที่ 1 แผนภาพความดัน-เอนทาลปีแสดงการทำงานของวัฏจักรอัดไอขั้นตอนเดียว**

จักรกล เพื่อทำงานนี้ เครื่องจักรกลนี้เรียกว่า **"คอมเพรสเซอร์"** และโดยทั่วไป จะถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า

การทำงานของระบบทำความเย็นอย่างง่ายถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 1 แผนภาพนี้แสดงความดันสารทำความเย็น (บาร์) และความจุความร้อน (kJ/kg)

วัฏจักรทำความเย็นสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1 ➤ 2 สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวที่มีความดันต่ำในอีวาพอเรเตอร์ จะดูดซับความร้อนจากบริเวณโดยรอบซึ่งตามปกติคืออากาศ น้ำ หรือของเหลว ในกระบวนการผลิตอื่นๆ ในระหว่างกระบวนการดังกล่าว สารทำความเย็น จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ และที่ทางออกของอีวาพอเรเตอร์ สารทำความเย็นจะมีสภาพเป็นไอร้อนยวดยิ่งเล็กน้อย

2 ➤ 3 ไอยวดยิ่งจะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์เพื่ออัดเพิ่มความดันให้สูงขึ้น ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากพลังงานที่ป้อนเข้าไปในกระบวนการอัดจะถูกเก็บสะสมอยู่ในสารทำความเย็น

3 ➤ 4 ไอร้อนยวดยิ่งของสารทำความเย็นจะถูกส่งต่อจากทางออกของคอมเพรสเซอร์ไปสู่คอนเดนเซอร์ ในช่วงแรกของกระบวนการระบายความร้อน (3 ➤ 3a) เป็นการลดสภาพไอร้อนยวดยิ่ง จากนั้นในช่วงถัดไป (3a ➤ 3b) จะเป็นการเปลี่ยนสถานะจากไอไปเป็นของเหลว การระบายความร้อนในกระบวนการนี้มักจะใช้น้ำหรืออากาศ การลดลงของอุณหภูมิต่อจากนี้ (3b ➤ 4) จะเกิดขึ้นในท่อ และถังพักสารทำความเย็นเหลวทำให้สารทำความเย็นมีสภาพเป็นของเหลว เย็นยิ่งในขณะที่เข้าสู่อุปกรณ์ขยายตัว

(4 ➤ 1) ของเหลวเย็นยิ่งความดันสูงจะไหลผ่านอุปกรณ์ขยายตัวซึ่งทำหน้าที่ทั้งลดความดันและควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์

จะเห็นได้ว่า คอนเดนเซอร์จะต้องมีความสามารถ ในการระบายความร้อนรวมทั้งจากเครื่องระเหยและคอมเพรสเซอร์ กล่าวคือ พลังงานในช่วง (1 ➤ 2)

+ (2 ➤ 3) จะต้องเท่ากับช่วง (3 ➤ 4) เมื่อไม่มีการสูญเสียความร้อนหรือรับความร้อนที่อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion value)

## 3.2 ส่วนประกอบหลักของวัฏจักรอัดไอ

### 3.2.1 อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)

**อีวาพอเรเตอร์** คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งได้รับการออกแบบให้ทำการดึงความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ หรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น การดึงความ-ร้อนออกโดยตรงระหว่างผลิตภัณฑ์กับอีวาพอเรเตอร์ โดยปกติไม่สามารถจะกระทำ-ได้จึงมักจะต้องมีของไหลอื่นที่เหมาะสม เช่น อากาศ หรือสาร ทำความเย็นทุติยภูมิ-เป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน ตัวอย่างเช่น ในห้องเย็น หรือชั้นโชว์อาหารในซูเปอร์-มาเก็ตนั้น อากาศถูกทำให้เย็นลงที่อีวาพอเรเตอร์แล้ว ถูกจ่ายให้หมุนเวียนไปรอบๆ ผลิตภัณฑ์

ความจุของอีวาพอเรเตอร์ จะสัมพันธ์กับ :

- ผลต่างอุณหภูมิระหว่างสิ่งที่กำลังถูกทำให้เย็นลง กับสารทำความเย็น
- อัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับตัวกลางที่ถูกทำให้เย็นลง
- ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์

ปัจจัยเหล่านี้จะถูกควบคุมโดยวัสดุที่ใช้ในการผลิตอีวาพอเรเตอร์ และขนาด-ทาง กายภาพของมัน อีวาพอเรเตอร์ยิ่งมีขนาดใหญ่ ก็จะยิ่งมีความสามารถทำความเย็น-สูง และมีประสิทธิภาพของระบบสูง อย่างไรก็ตาม ขนาดจะมีผลต่อราคาด้วย

### 3.2.2 คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์มีหลายประเภทแตกต่างกัน ลักษณะคุณสมบัติและการใช้งานของคอมเพรสเซอร์เหล่านี้จะอธิบายโดยละเอียดในหัวข้อที่ 5

คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ระบบทำความเย็น ดังนั้นการเลือกใช้คอมเพรสเซอร์อย่างถูกต้องจึงมีผลกระทบสูงต่อการประหยัดพลัง-งาน ของระบบ สิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นอยู่ที่

การเลือกให้ถูกต้องเหมาะสมกับภาระการทำความเย็น และในกรณีที่ภาระการทำความเย็นมีการแปรเปลี่ยนค่อนข้างมาก ความจุของคอมเพรสเซอร์จะต้องสามารถปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับการแปรเปลี่ยนดังกล่าวให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ พึงสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลกระทบอย่างมากต่อความเชื่อถือของระบบ โดยรวมด้วย

### 3.2.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์ก็คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งมักจะมีโครงสร้างคล้ายกับอีวาพอเรเตอร์ การระบายความร้อนจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศ หรือน้ำก็ได้

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกคอนเดนเซอร์จะคล้ายกับการเลือก อีวาพอเรเตอร์คอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลดความดันควบแน่น ให้ต่ำลงได้ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น อย่างไรก็ตามราคาของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับขนาดของมัน

ในการเลือกคอนเดนเซอร์จะต้องไม่ลืมว่าระบบท่อและการระบายความร้อนโดยอุปกรณ์เก็บคืนความร้อนจะมีการสูญเสียความร้อนอยู่บ้างเล็กน้อย แต่มี คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบทำความเย็น ซึ่งเป็นความร้อนที่มาจากอีวาพอเรเตอร์ คอมเพรสเซอร์ และภาระเสริมต่างๆ เช่น แสงสว่าง ปั๊ม พัดลม เป็นต้น รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับคอนเดนเซอร์จะให้ไว้ใน หัวข้อที่ 6

### 3.2.4 อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion Device)

หน้าที่ของอุปกรณ์ขยายตัวคือ

- ลดความดันของสารทำความเย็นยิ่งไปเป็นความดันของอีวาพอเรเตอร์
- ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น เพื่อรักษาระดับสารทำความเย็นใน เครื่องระเหยให้เพียงพอ เพื่อให้สามารถทำความเย็นได้สูงสุดโดยให้มีเฉพาะไอร้อน ยวดยิ่งเท่านั้นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์

ชนิดของอุปกรณ์ขยายตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับการออกแบบอีวาพอเรเตอร์ เช่น อาจจะเป็นวาล์วขยายตัว (expansion value) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิของสารทำความเย็น ที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์หรือเป็นวาล์วลูกลอย ซึ่งทำหน้าที่รักษาระดับสารทำความเย็นให้เหมาะสมที่สุดภายในอีวาพอเรเตอร์ที่มีสารทำความเย็นท่วมขัง รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุปกรณ์ขยายตัวจะให้เพิ่มเติมในหัวข้อที่ 7

### 3.2.5 สารทำความเย็น

การเลือกสารทำความเย็นจะถูกกำหนดโดยความต้องการของอุณหภูมิของกระบวนการผลิตหรืออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมาก ต่อการออกแบบและการทำงานของระบบทำความเย็น และยังมีประเด็นเกี่ยวกับ เรื่องสิ่งแวดล้อมมีกฎหมายเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเช่นกัน สำหรับแง่มุมต่างๆ ในการเลือกสารทำความเย็นจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 8

### 3.2.6 ฉนวน

การหุ้มฉนวนที่ดีของระบบท่อและอุปกรณ์ มีความสำคัญต่อการประหยัดพลังงานและความน่าเชื่อถือของระบบทำความเย็น ฉนวนมีความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับระบบที่มีอุณหภูมิการระเหยต่ำ ดังนั้นการวางท่อทางดูดผ่านพื้นที่ที่ไม่ได้มีการทำความเย็นจะทำให้อุณหภูมิไอสารทำความเย็นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์ที่ สูงขึ้นซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ต่ำลง ดังนั้นฉนวนที่ชำรุดเสียหายหรือการหุ้มฉนวนที่ไม่หนาพอในโครงสร้างของห้องเย็นจะทำให้มีการ รับความร้อนผ่านผนังมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระทางความร้อนต่อระบบ และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น รายละเอียดเกี่ยวกับฉนวนสามารถหาได้ใน คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ เล่มที่ 8 และ 13 ซึ่งครอบคลุมการ หุ้มฉนวนท่อและอุปกรณ์กระบวนการผลิต ตามลำดับ

### 3.3 ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ และประสิทธิภาพ

ขนาดพิกัดของระบบทำความเย็น คือ ปริมาณการทำความเย็นสูงสุดที่ระบบนั้นสามารถทำได้ และจะเป็นสัดส่วนกับความยาวท่อระหว่างจุด 1 กับจุด 2 ในรูปที่ 1

กำลังเกือบทั้งหมดที่ป้อนให้แก่ระบบจะถูกใช้ไปในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ โดยที่พลังงานบางส่วนถูกใช้ไปโดยมอเตอร์ในอีวาพอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ ปั๊ม เป็น-ต้น เมื่อความดันในการระเหยลดต่ำลงกำลังที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์และกำลัง-ความจุของระบบจะลดลงตามไปด้วย ในกรณีนี้กำลังที่ใช้ไปกับมอเตอร์อื่นๆ ก็จะ-กลายเป็นตัวแปรที่สำคัญของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแยกพิจารณาได้เป็น 2 ส่วน คือ

- ประสิทธิภาพของระบบโดยรวม
- ประสิทธิภาพของตัวคอมเพรสเซอร์

ประสิทธิภาพโดยทั่วไปสามารถนิยามได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{สิ่งที่ได้รับจากระบบ}}{\text{สิ่งที่ป้อนให้กับระบบ}}$$

ดังนั้นเราจึงสามารถหาประสิทธิภาพของระบบได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบ} = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่ดูดซับออกจากระบบ (kW)}}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับระบบ (kW)}}$$

ส่วนประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์สามารถหาได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์} = \frac{\text{อัตราการอัดน้ำยา (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์ (kW)}}$$

ประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นมักจะเรียกว่า สัมประสิทธิ์ ในการทำงาน (Coefficient of Performance) ซึ่งใช้ตัวย่อว่า COP

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความสิ้นเปลืองกำลังของ

ระบบทำความเย็น ตัวอย่างเช่น

- ภาระจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ ปริมาณและชนิดของผลิตภัณฑ์หรือของไหลในกระบวนการผลิต
- สภาวะการทำงานในส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น การระเหยน้ำยา การควบแน่นน้ำยาในส่วนของน้ำยาที่เป็นของเหลวและอุณหภูมิความร้อนยิ่งยวดทางวาล์วขยายตัว
- เทคโนโลยีของอุปกรณ์ประกอบ เช่น ชนิดของคอมเพรสเซอร์และคอนเดนเซอร์
- วิธีการในการละลายน้ำแข็ง ซึ่งมีความแตกต่างในแง่ของวิธีการให้ความร้อนและวิธีการในการเริ่มต้นและหยุดการละลายน้ำแข็ง
- การควบคุมระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์นับว่ามีความสำคัญมาก
- สารทำความเย็นที่ใช้และรูปลักษณะของระบบ

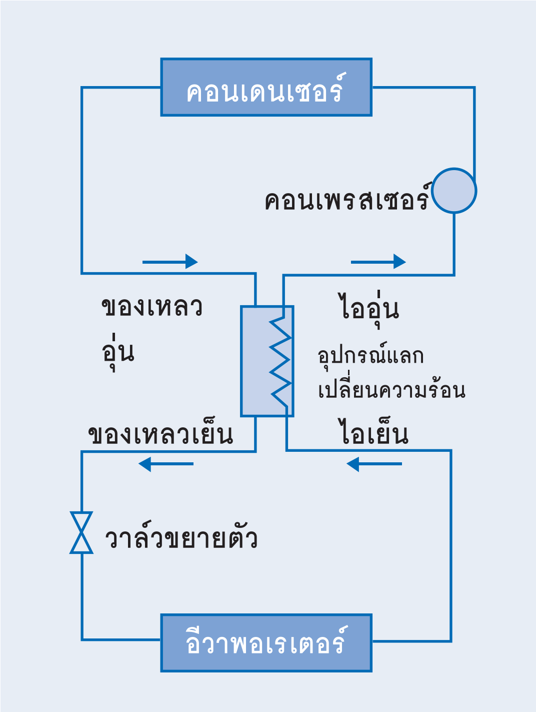
## 3.4 รูปแบบการดัดแปลงวงจรอย่างง่าย

### *3.4.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างด้านดูด/ของเหลว*

ความสามารถทำความเย็นของอีวาพอเรเตอร์จะเป็นสัดส่วนกับความยาวของ-ท่อ ระหว่างจุด 1 กับ 2 ในรูปที่ 1 การทำความเย็นสามารถเพิ่มได้โดยการเพิ่มระดับความเย็นยิ่งที่ทางเข้าของวาล์วขยายตัว

เนื่องจากอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ต่ำกว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นเหลวที่เข้าสู่วาล์วขยายตัว ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะลด-อุณหภูมิของสารทำความเย็นเหลวโดยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่าง-ท่อทั้งสองส่วน รูปที่ 2 เป็นแผนภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน-ระหว่างด้านดูดและด้านของของเหลวเข้าไปในวงจรการทำความเย็น

พึงระลึกไว้ว่าการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวมีผลให้ไอ สาร-ทำความเย็น ที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งมีผลให้ขนาดพิกัดของ คอมเพ-รสเซอร์ลดลง เนื่องจากไอสารทำความเย็นจะมีความหนาแน่นลดลง คอมเพรสเซอร์-จึงปั๊มสารทำความเย็นได้น้อยลง จากประสบการณ์พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมของ-




**รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นเหลวและไอ-สารทำความเย็นทางด้านดูดของคอมเพรสเซอร์**

ระบบจะดีขึ้นที่อุณหภูมิการระเหยที่สูง โดยทั่วไปถ้าอุณหภูมิการระเหยมีค่าต่ำกว่า--15°C การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างด้านดูดและด้านของของเหลว-จะไม่ได้ประโยชน์ จะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เมื่อจะใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยน-ความร้อนนี้กับระบบที่ใช้สารทำความเย็น R22 และ R717 (แอมโมเนีย) เนื่องจาก-อุณหภูมิทางด้านดูดที่เพิ่มขึ้นอาจจะทำให้อุณหภูมิ ด้านออกของคอมเพรสเซอร์มีค่า-สูงเกินไป

*3.4.2 วงจรที่มีอีวาพอเรเตอร์หลายชุด (Multiple evaporator circuits)*

ในบางครั้งอาจจะจำเป็นต้องใช้อีวาพอเรเตอร์หลายตัวในระบบเดียวกัน ความต้องการดังกล่าวจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ถ้าอีวาพอเรเตอร์ทุกตัวทำงานที่อุณหภูมิเดียวกัน เพียงแต่ต่ออีวาพอเรเตอร์ทั้งหมดทำงานขนานกันเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม ถ้าอีวาพอเรเตอร์ตัวหนึ่งจำเป็นจะต้องทำงานที่อุณหภูมิ แตกต่างจากตัวอื่นๆ แล้ว จำเป็นต้องให้อีวาพอเรเตอร์ตัวนั้นทำงานที่ความดัน ที่เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต้องการ ส่วนอีวาพอเรเตอร์ตัวอื่นๆ จะต้องถูกควบคุมให้ ทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่า โดยการติดตั้งตัวควบคุมความดันอีวาพอเรเตอร์ไว้ระหว่าง ทางออกของอีวาพอเรเตอร์กับด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ ข้อเสียของการทำ เช่นนี้คือ การให้ระบบทำงานที่ความดันด้านดูดที่ต่ำจะทำให้ ประสิทธิภาพและกำลังความจุ ของคอมเพรสเซอร์ลดลง ถ้าภาระหลักมีอุณหภูมิที่ต่ำ การติดตั้งระบบเพิ่มเติม สำหรับภาระที่อุณหภูมิสูงเพียงเล็กน้อยอาจจะไม่คุ้ม แม้ว่าจะทำให้ ประสิทธิภาพ เพิ่มขึ้นก็ตาม ถ้าภาระหลักมีอุณหภูมิสูงค่อนข้างแน่นอนว่าควรจะให้ภาระส่วนน้อยที่อุณหภูมิต่ำทำงานด้วยระบบของ ตัวเองเป็นการเฉพาะ และให้ภาระหลักทำงานที่ความดันระเหยที่สูงขึ้นซึ่งให้ประสิทธิภาพดีกว่า

*3.4.3 ระบบคอมเพรสเซอร์หลายตัว (Multiple Compressor systems)*

ในระบบจำนวนมาก ภาระมีค่าสูงเกินกว่าที่จะรองรับได้โดยคอมเพรสเซอร์เพียงตัวเดียว ในกรณีนี้มักจะใช้คอมเพรสเซอร์หลายตัวต่อกันแบบขนาน ซึ่งมีข้อดีที่สามารถควบคุมเพื่อปรับกำลังความจุให้สอดคล้องกับภาระได้

**3.5 ระบบสองขั้นตอน (Two stage system)**

ระบบสองขั้นตอนหรือแบบผสมจะใช้ในกรณีที่อุณหภูมิระเหยกับอุณหภูมิควบแน่นแตกต่างกันมาก โดยปกติจะเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการหรือสภาวะการ เก็บผลิตภัณฑ์ต้องการอุณหภูมิระเหยที่ต่ำ เช่น การทำให้แห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง หรือการเก็บไอศครีม

อัตราส่วนการอัด ในงานเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ระบบแบบสองขั้นตอน เนื่องจากระบบขั้นตอนเดียวจะทำให้อุณหภูมิด้านออกของคอมเพรสเซอร์มีค่าสูงจนยอมรับไม่ได้ นอกจากนี้ในบางกรณีคอมเพรสเซอร์สองขั้นตอนจะให้ ประสิทธิภาพการอัดที่ดีกว่า

ไม่ใช่เรื่องง่ายที่จะบอกว่าเมื่อใดจึงควรใช้การอัดสองขั้นตอนทั้งนี้เนื่องจากระบบการอัดสองขั้นตอนมีความซับซ้อนในการออกแบบและติดตั้งมากกว่า การอัดขั้นตอนเดียว โดยทั่วไปเมื่อใช้สารทำความเย็น R22 เราอาจจะใช้การอัดสองขั้นตอนในระบบที่ด้านดูดของคอมเพรสเซอร์เกิดการระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่า -30°C

การอัดแบบสองขั้นตอนสามารถบรรลุผลได้สองวิธี และวิธีที่เลือกจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ในทั้งสองกรณีเราอาจจะได้ขนาดพิกัดเพิ่มเติม โดยส่งสารทำความเย็นที่ใช้สำหรับระบายความร้อนระหว่างขั้นตอนทั้งสองให้ไหล ผ่านท่อของเหลวของตัวทำให้เย็นยิ่งยวด ถ้าการทำความเย็นยิ่งยวดด้วยวิธีนี้จะต้องใช้ความระมัดระวังอย่าให้ของเหลวอุ่นขึ้นมากเกินไปก่อนที่จะเข้าสู่ อุปกรณ์ ขยายตัว

### *3.5.1 คอมเพรสเซอร์แบบมอเตอร์กับชุดอัดอยู่ภายในตัวถัง (Internally compounded compressors)*

การอัดสองขั้นตอนสามารถบรรลุผลได้ภายในคอมเพรสเซอร์ที่ได้รับการ ออกแบบเป็นพิเศษเพียงตัวเดียว ไอจะถูกอัดไปที่ความดันระหว่างกลางใน กระบอกสูบที่หนึ่งซึ่งเป็นขั้นตอนแรก จากนั้นจะถูกอัดไปสู่ความดันควบแน่นใน กระบอกสูบในขั้นตอนที่สอง สภาวะระหว่างกลางเรียกว่า ความดันระหว่างขั้นตอน และตามปกติจะมีการระบายความร้อนในรูปใดรูปหนึ่งเพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าสู่การอัดในขั้นตอนที่สอง

การเลือกและประยุกต์ใช้คอมเพรสเซอร์ดังกล่าวค่อนข้างจะง่าย อย่างไรก็ตามคอมเพรสเซอร์มีขนาดให้เลือกค่อนข้างจะจำกัดการเลือกแบบที่สอดรับกับเงื่อนไขที่เฉพาะเจาะจงของระบบมีทั้งข้อดีและข้อเสียซึ่งอาจจะต้องยอมให้ประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานหย่อนไปบ้าง สำหรับอัตราส่วนปริมาตรที่ตายตัวของการอัดแบบสอง-ขั้นตอนทำให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เมื่อความต้องการความเย็นแปรเปลี่ยนไป

*3.5.2 คอมเพรสเซอร์แบบมอเตอร์กับชุดอัดอยู่ภายนอกแยกกัน*

*(Externally compounding compressors)*

ในกรณีนี้การอัดสองขั้นตอนจะสัมฤทธิผลโดยการใช้คอมเพรสเซอร์สองตัวแยกกัน ตัวหนึ่งสำหรับขั้นตอนแรกและอีกตัวหนึ่งสำหรับขั้นตอนที่ 2 วิธีนี้ซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่าและเปิดโอกาสให้ผู้ออกแบบระบบสามารถเลือกจับคู่คอมเพรส-เซอร์ให้สอดรับกับภาระได้เที่ยงตรงยิ่งขึ้น และเลือกความดันระหว่างขั้นตอนที่ให้-ประโยชน์สูงสุด

กระบวนการออกแบบและการเลือกในกรณีนี้มีความซับซ้อนกว่าในกรณีของคอมเพรสเซอร์แบบมอเตอร์กับชุดอัดอยู่ภายในตัวถัง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยให้การเลือกสะดวกและรวดเร็วขึ้นมาก เพื่อจำกัดอุณหภูมิส่งออก ขั้นสุดท้ายจึงมักจะ ต้องมีการระบายความร้อนในระหว่างจังหวะที่ทำงานร่วมกันซึ่งตามปกติจะ-ใช้วิธี ฉีดพ่น สารทำความเย็น เหลวปริมาณเพียงเล็กน้อยเข้าไปในไอสารทำความเย็นโดยอาจจะ ใช้การระบายความร้อน วิธีอื่นๆก็ได้

## 3.6 ระบบคาสเคด (Cascade System)

ระบบคาสเคด (cascade system)เป็นอีกวิธีหนึ่งในการประยุกต์ใช้งาน เพื่อแก้ปัญหาในกรณีที่ต้องการอุณหภูมิระเหยที่ต่ำ ในกรณีนี้จะใช้วงจรทำความเย็นแยกกันสองวงจร ซึ่งตามปกติจะใช้สารทำความเย็นที่แตกต่างกันในแต่ละวงจร

โดยที่อีวาพอเรเตอร์ที่มีแรงดันต่ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของระบบหรือ-อุณหภูมิการกักเก็บผลิตภัณฑ์ สำหรับคอนเดนเซอร์ของวงจรนี้จะเป็น อีวาพอเรเตอร์-ของระบบความดันสูงด้วย โดยระบบที่มีความดันสูงจะทำการถ่ายเท ความร้อนจาก-คอนเดนเซอร์/อีวาพอเรเตอร์ตัวนี้ไปสู่คอนเดนเซอร์ภายนอก ระบบที่มีแรงดันต่ำ

จึงสามารถใช้สารทำความเย็นที่มีจุดเดือดต่ำที่เหมาะสมได้ โดยที่ความดันควบแน่นของระบบความดันต่ำสามารถควบคุมให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ โดยใช้ขั้นตอนควบคุมของระบบความดันสูงในระบบคาสเคด

ตามปกติระบบคาสเคดจะมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าระบบมอเตอร์กับชุดอัดอยู่ภายนอกที่ได้รับการออกแบบอย่างดีได้ เนื่องจากมีการสูญเสียประสิทธิภาพจากการถ่ายเทความร้อนระหว่างวงจรทั้งสอง อย่างไรก็ตามระบบนี้ให้ความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากภาระอุณหภูมิต่ำที่ไม่มากนักสามารถจะประกอบเข้ากับระบบ อุณหภูมิสูงที่มีอยู่แล้วได้ ในหลายๆกรณีระบบคาสเคดเป็นเพียงทางเลือกเดียว ถ้าต้องการอุณหภูมิที่ต่ำมากๆ

## 4. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporators)

อีวาพอเรเตอร์แบ่งออกเป็นชนิดหลักๆ สองแบบคือ

- แบบขยายตัวโดยตรง บางทีเรียกว่า การขยายตัวแบบแห้ง (Dry expansion, DX)
- แบบมีสารทำความเย็นท่วมหรือแบบเปียก (Flooded)

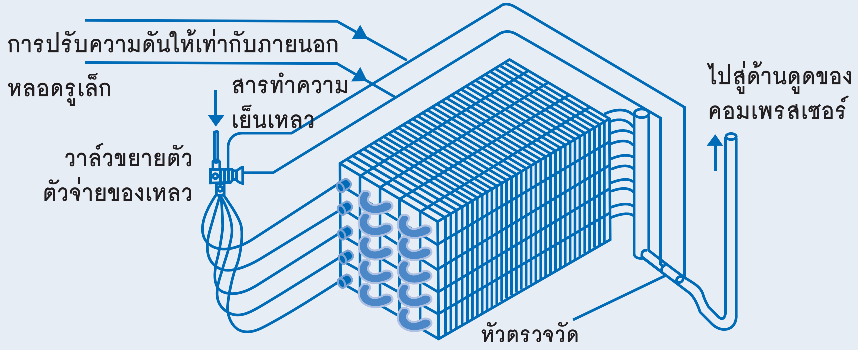
### 4.1 อีวาพอเรเตอร์แบบขยายตัวโดยตรงหรือแบบแห้ง (Direct expansion)

อีวาพอเรเตอร์แบบนี้โดยทั่วไปใช้ในการทำความเย็นให้แก่อากาศหรือของเหลว อุปกรณ์ขยายตัวที่ใช้กับอีวาพอเรเตอร์แบบนี้คือ วาล์วขยายตัว (ดูหัวข้อที่ 7)

อีวาพอเรเตอร์แบบขยายตัวโดยตรงที่ใช้ในการทำความเย็นสำหรับอากาศถูกแสดง อยู่ในรูปที่ 3 มีแบบให้เลือกหลายแบบซึ่งมีทั้งท่อผิวเรียบธรรมดาหรือท่อติดครีบ อาจใช้แบบที่มีหรือไม่มีการหมุนเวียนของอากาศหรือมีของไหลในกระบวนการผลิต ก็ได้ท่อบางแบบอาจจะมีอุปกรณ์ภายในเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้มาก ที่สุดซึ่งจะช่วยให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำให้ของไหลเกิดการปั่นป่วนขึ้นเพื่อช่วยให้ การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับผิวท่อดีขึ้น

#### *4.1.1 ลักษณะสำคัญในการออกแบบ (Design Features)*

อีวาพอเรเตอร์โดยทั่วไปจะมีวงจรขนานหลายวงจรซึ่งออกแบบในลักษณะนี้เพื่อ




**รูปที่ 3 การแจกจ่ายของเหลวในวงจรขยายตัวโดยตรง**

- ถ่ายเทความร้อนได้สูงสุด
- น้ำมันไหลกลับได้ดี
- มีการสูญเสียความดันน้อยที่สุด

ต้องแน่ใจว่าตัวแจกจ่ายสารทำความเย็นถูกจัดไว้ในที่เหมาะสมที่สามารถจ่ายสารทำความเย็นให้กับวงจรขนานได้อย่างเหมาะสม

ในการออกแบบให้ท่อสารทำความเย็นให้มีอากาศถ่ายเทได้ดีพื้นผิวของท่อ-สารทำความเย็นมักจะเสริมด้วยครีบภายนอกเพื่อให้ได้พื้นผิวครีบให้มากที่สุด ครีบ-เหล่านี้จะถูกจัดให้อยู่ใกล้กันที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของอากาศในระบบอุณหภูมิต่ำมาก ซึ่งอาจจะเกิดน้ำแข็งเกาะบนพื้นผิวครีบนั้น จึงจำเป็น-ต้องจัดให้ครีบอยู่ห่างกันมากขึ้น เพื่อให้อากาศไหลอย่างพอเพียงเมื่อ มีน้ำแข็งเกิดขึ้น

ในหลายปีที่ผ่านมาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลตแบบกะทัดรัดได้รับความนิยมมากขึ้นโดยใช้ตัววาล์วแบบขยายตัวควบคุมโดยตรง สำหรับทำความ-เย็นกับของเหลว ลักษณะการออกแบบทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยน

ความร้อนชนิดนี้มีขีดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและมีประสิทธิภาพสูงมาก สำหรับอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่สามารถจะถอดออกเพื่อทำความสะอาดได้ ส่วนระบบที่มีขนาดเล็กอาจจะบัดกรีเพื่อให้เป็นชุดที่ซีลแน่น อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถใช้ได้กับสารทำความเย็นฮาโลคาร์บอนทุกชนิด แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับสารแอมโมเนียเนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นโลหะ

### *4.1.2 ลักษณะเด่นในการทำงาน (Operating)*

สารทำความเย็นอิ่มตัวจะถูกป้อนผ่านตัวจ่ายเข้าไปในท่อขยายตัวทำให้สารทำความเย็นจะเกิดการระเหยจนหมดสิ้นก่อนที่จะไปถึงทางออก

จากการเฝ้าตรวจดูการไหลของสารทำความเย็น วาล์วขยายตัวจะรักษาระดับไอร้อนยวดยิ่งไว้ที่ประมาณ 5°C ที่ทางออกของอีวาพอเรเตอร์ การทำเช่นนี้ก็เพื่อให้แน่ใจว่าในทางปฏิบัติว่าระบบจะทำความเย็นสูงสุดเท่าที่จะทำได้ ขณะเดียวกับที่ยังสามารถป้องกันไม่ให้มีของเหลวเข้าไปในด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ มาตรการ ดังกล่าวมีความสำคัญมากสำหรับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบแต่จะสำคัญน้อยลง สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบโรตารี

### *4.1.3 ปัญหาในการทำงาน (Operational Problems)*

ประสิทธิภาพของอีวาพอเรเตอร์อาจจะลดลงเมื่อการกระจายสารทำความเย็นที่ไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้การทำความเย็นไม่สามารถทำได้ดีเมื่อเทียบกับในวงจรอื่น

สภาวะดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นได้ถ้าตัวจ่ายสารทำความเย็นถูกวางในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นตัววางสารทำความเย็นจะต้องอยู่ในแนวดิ่งเสมอเพื่อให้มีการป้อนอย่างสม่ำเสมอกันในทางออกทุกตัวเพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อท่อจ่ายตัวใดตัวหนึ่งได้รับความเสียหาย

เป็นไปไม่ได้ที่จะให้ทุกวงจรมีสารทำความเย็นอิ่มตัว (Superlent) ซึ่ง หมายถึงเอ็กแพบชื่อวาล์วจะต้องสามารถควบคุมการไหลของสารทำความเย็นให้อยู่ในระดับ

ไอร้อนยิ่งยวดทั้งหมดเมื่อทำเช่นนั้นก็จะทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจะลดลงที่ส่วนท้ายของแต่ละวงจรซึ่งเป็นไอร้อนยวดยิ่ง

การอั้นน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้ประสิทธิภาพของอีวาพอเรเตอร์ลดลงได้เช่น-กัน รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องนี้จะให้ไว้ในหัวข้อที่ 4.3

## 4.2 อีวาพอเรเตอร์แบบมีสารทำความเย็นท่วม (Flooded Evaporator)

อีวาพอเรเตอร์แบบมีสารทำความเย็นท่วมแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ

ชนิดเปลือกและท่อ (shell & tube)

ชนิดแผ่นเพลต (Plate)

### *4.2.1 อีวาพอเรเตอร์ชนิดเปลือกและท่อ (Shell and tube)*

อีวาพอเรเตอร์ชนิดนี้มักจะใช้ในระบบขนาดใหญ่สำหรับการทำความเย็นที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งมีการออกแบบแตกต่างกันหลายแบบแต่ทั้งหมดต่างก็มีหลักการพื้นฐานเหมือนกัน

- ลักษณะสำคัญในการออกแบบและการทำงาน

ในอีวาพอเรเตอร์ชนิดเปลือกและท่อนั้น ของไหลที่จะทำให้เย็นจะถูกส่งให้ไหลไปในท่อ ในขณะที่สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไออยู่ภายในเปลือก

ระดับสารทำความเย็นในเปลือกจะถูกควบคุมให้ท่วมท่อบนสุดเสมอเพื่อที่จะ-ทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนดีที่สุดคือ จากของเหลวสู่ของเหลว-ตลอดช่วงของการทำความเย็น เพื่อให้หลักประกันประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ระดับของ-เหลวตามปกติจะถูกควบคุมโดยวาล์วลูกลอยความดันต่ำ การทำงานของ อุปกรณ์ชนิด-นี้จะอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 7 ในอีกทางเลือกหนึ่งอาจจะใช้อุปกรณ์ขยายตัวกับตัวตรวจ-วัดระดับก็ได้

เนื้อที่ส่วนบนของเปลือกทำหน้าที่ช่วยแยกละอองหรือหยดของเหลวออกจากไอที่ไหลไปสู่คอมเพรสเซอร์ การแยกของเหลวออกจากไอนี้บางครั้งจะกระทำในภาชนะแยกต่างหากที่เรียกว่า ถังเสิร์จ (Surge drum)

- ปัญหาเกี่ยวกับการทำงาน

อีวาพอเรเตอร์ชนิดเปลือกและท่อแบบที่มีสารทำความเย็นท่วมตามปกติมี-ขนาดใหญ่ และราคาค่อนข้างแพงการสะสมของน้ำมันหล่อลื่นจะทำให้การถ่ายเทความร้อน และประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง ดูรายละเอียดเพิ่ม-เติม ในหัวข้อ ที่4.3 คราบสกปรกของผิว (fouling) ภายนอกของท่อทางด้านของไหลของระบบเป็นสิ่งที่กำจัดได้ยากจะทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลงเช่นเดียวกัน

เนื่องจากความจุขนาดใหญ่ของถัง ทำให้ต้องใช้สารทำความเย็นในปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งมีผลให้ค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วยตลอดจนปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยหากมีการรั่วไหลเกิดขึ้น

### *4.2.2 อีวาพอเรเตอร์ชนิดแผ่นเพลต (Plate type)*

ในระยะหลังนี้เริ่มพบเห็นมีการใช้อีวาพอเรเตอร์ชนิดแผ่นเพลต สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนเหมือนกับอีวาพอเรเตอร์แบบมีน้ำท่วมมากขึ้น อีวาพอเรเตอร์ชนิดนี้-มี ข้อดีเหนือกว่าชนิดเปลือกและท่อดังต่อไปนี้:

- มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงกว่า
- ให้ผลต่างอุณหภูมิระหว่างสารทำความเย็นกับของเหลวที่ทำให้เย็นมีค่าต่ำ ซึ่ง-อุณหภูมิการระเหยมีค่าสูงขึ้นและเป็นผลให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น
- มีขนาดกะทัดรัด จึงสิ้นเปลืองเนื้อที่ติดตั้งน้อย
- ใช้ปริมาณสารทำความเย็นน้อย
- สามารถทำความสะอาดได้(สำหรับอุปกรณ์ที่ไม่ได้บัดกรี) ช่วยให้คงรักษาขีดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่ดีได้

### **4.3 การควบคุมน้ำมันหล่อลื่นในอีวาพอเรเตอร์ (Oil control in evaporators)**

ในการรักษาประสิทธิภาพที่ดีของระบบสิ่งสำคัญจะต้องระมัดระวัง คือ อย่าให้-น้ำมันหล่อลื่นไปสะสมในอีวาพอเรเตอร์ เนื่องจากจะทำให้น้ำมันไปเคลือบอยู่บน-พื้นผิวท่อ ซึ่งมีผลให้ขีดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง วิธีการควบคุม-

น้ำมันหล่อลื่นสามารถกระทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของ อีวาพอเรเตอร์และสารทำความเย็น

### *4.3.1 อีวาพอเรเตอร์แบบขยายตัวโดยตรง (Direct expansion evaporators)*

หลักการที่สำคัญสำหรับอีวาพอเรเตอร์นี้ คือ อยู่ที่การรักษาให้สารทำ ความเย็นมีความเร็วสูงพอที่จะชักพาน้ำมันหล่อลื่นไปตามระบบท่อไม่ว่าจะเป็นสารทำความเย็นฮาโลคาร์บอนหรือแอมโมเนีย

อาจจะเกิดปัญหาขึ้นได้ถ้าอีวาพอเรเตอร์ต้องทำงานกับภาระที่แปรผันใน ช่วงกว้าง เนื่องจากที่ภาระต่ำความเร็วสารทำความเย็นจะไม่สอดคล้องความเร็ว ต่ำสุดที่ต้องการภายใต้สภาวะดังกล่าว เราจำเป็นต้องแบ่งภาระรวมของระบบ ออกโดยใช้อีวาพอเรเตอร์ขนาดเล็กหลายตัว และหยุดการทำงานบางตัวเมื่อภาระลดลง

### *4.3.2 อีวาพอเรเตอร์แบบมีสารทำความเย็นท่วม (Flooded evaporators)*

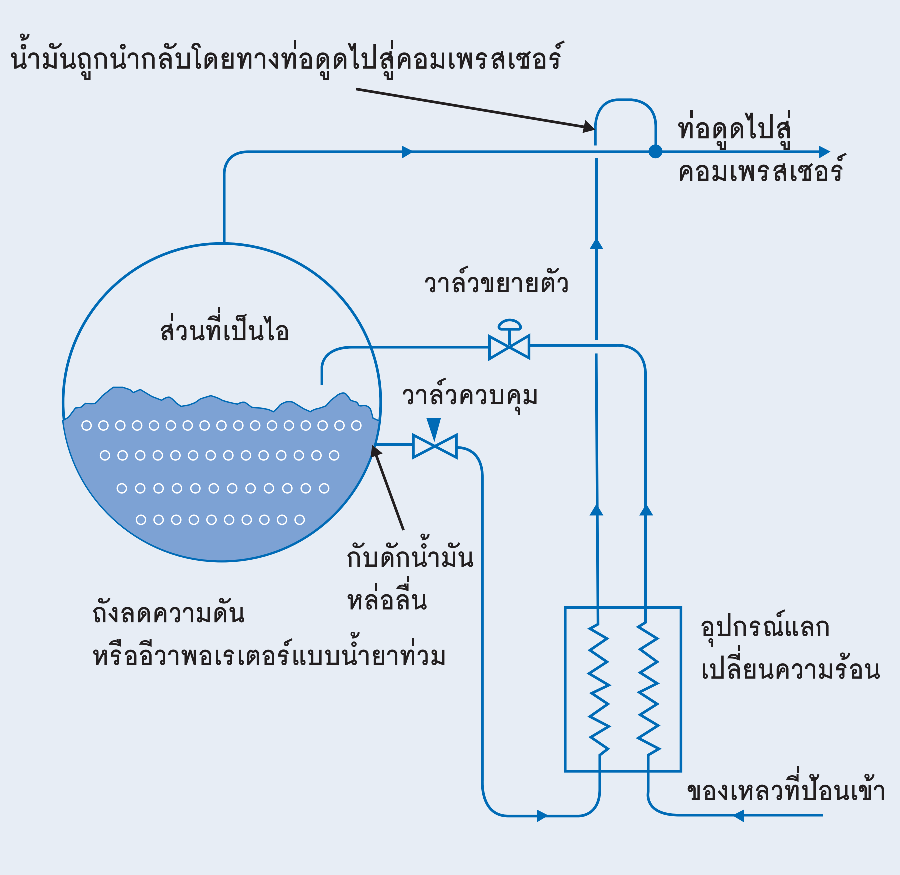
- ระบบที่ใช้แอมโมเนีย

น้ำมันหล่อลื่นแทบจะไม่ละลายในแอมโมเนียเลย โดยจะแยกตัวออกมา และเกิดการสะสมอยู่ที่ส่วนล่างของอีวาพอเรเตอร์ และจะต้องถ่ายทิ้งไปเป็นระยะๆ ซึ่งสามารถควบคุมด้วยมือหรือใช้ระบบอัตโนมัติก็ได้ งานดังกล่าวไม่มีความเสี่ยงต่ออันตราย แต่ประการใดถ้าปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด โดยจะต้องมีการจัดเก็บบันทึกข้อมูลเป็นอย่างดีเกี่ยวกับการเติมหรือการถ่ายน้ำมันหล่อลื่นออกจากระบบ

การเชื่อมต่อท่อของชุดควบคุมใดๆ จะต้องต่อที่ส่วนล่างของเปลือกของ อีวาพอเรเตอร์โดยให้อยู่เหนือระดับสูงสุดของน้ำมันเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากน้ำมัน มีความหนืดสูงมากที่อุณหภูมิต่ำและอาจจะเกิดการอุดตันในท่อขนาดเล็กได้

- ระบบฮาโลคาร์บอน

สารทำความเย็นบางตัว เช่น R11 และ R12 สามารถผสมเข้ากับน้ำมันได้ อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะการทำงานทุกแบบ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีมาตรการ




**รูปที่ 4 แผนภาพแสดงตัวอย่างทั่วไปในการแยกน้ำมันออกจากน้ำยา**

พิเศษใดๆเพื่อป้องกันการอุดตันของน้ำมัน

สารทำความเย็นตัวอื่น เช่น R22 และ R502 ผสมเข้ากันได้กับน้ำมัน ที่อุณหภูมิสูง แต่ที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดเป็นชั้นของน้ำมันอยู่เหนือสารทำความเย็นเหลว จึงจำเป็นต้องระมัดระวังเรื่องการหาตำแหน่งที่ต่อท่อจากเปลือกของอีวาพอเรเตอร์ ชั้นที่มีน้ำมันดังกล่าวก็จะถูกกำจัดออกไปจากอีวาพอเรเตอร์ได้ และถูกส่งไปยังตัว

เรคติฟายเออร์ ตัวเรคติฟายเออร์จะถูกทำให้ร้อนขึ้นเพื่อ ทำให้สารทำความเย็น ระเหยออกจากน้ำมันก่อนที่จะถูกส่งกลับคืนไปยังคอมเพรสเซอร์ วิธีการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ การนำความร้อนจากท่อสารความเย็น ซึ่งไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าพลังงานเพิ่มเติมแต่ประการใด นอกจากนั้นวิธีนี้ยังมีข้อดีคือทำให้สารความเย็นที่เป็นของเหลวระบายความร้อนได้ยิ่งขึ้น ตัวอย่างวิธีการแยกน้ำมันที่ใช้กันทั่วไปถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 4

### 4.4 การทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของอีวาพอเรเตอร์ (Energy efficient operation of evaporators)

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของการระเหยสูงขึ้น ซึ่งสามารถทำได้ด้วยวิธีการต่อไปนี้

- เพิ่มขนาดของอีวาพอเรเตอร์ให้ใหญ่ขึ้น
- รักษาให้อัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ให้อยู่ที่จุดสูงสุด

การเลือกขนาดของอีวาพอเรเตอร์จะถูกกำหนดขึ้นในขณะที่ทำการออกแบบ โดยการตัดสินใจเลือกระหว่างค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้นของอีวาพอเรเตอร์กับค่าใช้จ่ายที่ลดลงในการทำงานของอีวาพอเรเตอร์ โดยเปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุนอย่างง่ายๆ

การถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ตัวอย่างเช่น การอุดตันของน้ำมันหล่อลื่น

- การเกิดคราบสกปรกตะกรันเกาะและการกัดกร่อนของพื้นผิวถ่ายเทความร้อน
- การควบคุมที่ไม่ถูกต้องของอัตราไหลน้ำยาหรือระดับน้ำยาในอีวาพอเรเตอร์
- การเกิดน้ำแข็งเกาะ

### 4.5 การละลายน้ำแข็ง (Defrosting)

ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.1.1 แล้วว่า จะต้องมีการเผื่อระยะห่างระหว่างครีบเพื่อรองรับการเกิดน้ำแข็งด้วยสำหรับอีวาพอเรเตอร์ที่ทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C เพื่อให้ลมสามารถไหลผ่านครีบได้อย่างพอเพียง จำเป็นจะต้องมีการละลายน้ำแข็ง

เป็นครั้งคราวโดยใช้ความร้อนช่วย

- การละลายน้ำแข็งโดยใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในเชิงพลังงานขึ้นอยู่กับ ปัจจัยต่อไปนี้
- การละลายน้ำแข็งควรกระทำเฉพาะเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ต่อเมื่อสมรรถนะของเครื่องลดลง
- ใช้วิธีการให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด
- จัดการให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอไปทั่วชุดครีบ
- หยุดการละลายน้ำแข็งทันทีที่น้ำแข็งละลายหมดสิ้น
- ควบคุมคปริมาณความร้อนที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งซึ่งอาจมีการรั่วไหลไปสู่ของไหลในระบบหรือของที่แช่ให้น้อยที่สุดหรือผลิตภัณฑ์ให้น้อยที่สุด

## 5. คอมเพรสเซอร์ (Compressors)

หน้าที่ของคอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็นก็คือ ดูดไอสารทำความเย็นความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์แล้วอัดให้มีความดันสูงขึ้น การกระทำเช่นนี้จะช่วยให้ไอสารทำความเย็นควบแน่นกลับคืนเป็นของเหลวโดยการใช้วิธีการระบาย ความร้อนที่สะดวกและราคาถูก เช่น ใช้อากาศหรือน้ำ

### 5.1 ชนิดของเปลือกหุ้มคอมเพรสเซอร์ (Type of compressor housing)

คอมเพรสเซอร์ส่วนมากขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งบางชนิด ถูกสร้างขึ้นโดยตัวมอเตอร์และชุดวัดความดันอยู่ในเปลือกหุ้มเดียวกัน คอมเพรสเซอร์บางงานถูกขับเคลื่อนจากภายนอก ซึ่งจุดที่เพลาขับทะลุผ่านเปลือกหุ้มจะต้องได้รับการซีลอย่างดี

#### *5.1.1 คอมเพรสเซอร์แบบหุ้มปิดและกึ่งหุ้มปิด (Hermetic and semi-hermetic compressors)*

คอมเพรสเซอร์เหล่านี้จะมีมอเตอร์ต่อตรงเข้ากับเพลาหลัก และโครงสร้าง ทั้งชุดจะถูกบรรจุรวมกันอยู่ในเปลือกหุ้มที่ผนึกกันรั่ว คอมเพรสเซอร์ปิดผนึกถูกสร้าง-

ไว้ภายในเปลือกหุ้มที่มีการเชื่อมอย่างดี และไม่สามารถเปิดเข้าไปภายใน เพื่อการบริการหรือซ่อมแซมได้ คอมเพรสเซอร์กึ่งหุ้มปิดเป็นคอมเพรสเซอร์ ที่ได้รับการซีลในส่วนของประเก็นเป็นอย่างดีสำหรับ ในส่วนของฝาครอบสามารถเปิดออกได้เพื่อทำการบำรุงรักษาหรือแก้ไขได้

คอมเพรสเซอร์ทั้งสองประเภทจะต้องออกแบบและสร้างโดยเลือกมอเตอร์ที่ได้รับการคัดเลือกเป็นพิเศษ ทั้งขนาดและชนิดของมอเตอร์ยังสามารถใช้งานได้สอดคล้องกับการใช้งานของคอมเพรสเซอร์แต่ละประเภทและสารทำความเย็นแต่ละชนิด และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดคอมเพรสเซอร์จะต้อง สัมพันธ์กับการใช้งานของระบบ

คอมเพรสเซอร์แบบหุ้มปิดและชนิดกึ่งหุ้มปิดขนาดใหญ่มักจะต้องอาศัย ความเย็นทางด้านดูดในการระบายความร้อน กล่าวคือจะใช้สารทำความเย็นไหลผ่านขดลวดมอเตอร์ก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ ลักษณะเช่นนี้จะช่วยระบายความร้อนให้แก่ขดลวดมอเตอร์ แต่จะทำให้ความจุของคอมเพรสเซอร์ลดลง สำหรับคอมเพรสเซอร์ที่มีการระบายความร้อนจากภายนอก ไอสารทำความเย็นจะไหลเข้าไปในคอมเพรสเซอร์โดยตรง ตามปกติจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า 8% เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดระบายความร้อนด้านดูดที่ขนาดเดียวกัน อย่างไรก็ตามคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มีขนาดใหญ่สุดที่ประมาณ 5 kW เท่านั้น

### *5.1.2 คอมเพรสเซอร์แบบเปิด (Open compressors)*

คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้จะมีเพลาขับเคลื่อนอยู่ภายนอกเพื่อต่อกับมอเตอร์ที่มีขนาดเหมาะสม ซึ่งอาจจะเชื่อมต่อโดยตรงหรือผ่านสายพานก็ได้ สิ่งที่สำคัญก็คือจะต้องเลือกขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระของคอมเพรสเซอร์ การให้มอเตอร์ทำงานต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ ทำให้ตัวประกอบกำลังของมันลดลง และประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ต่ำลง

การเปรียบเทียบกำลังป้อนเข้าของคอมเพรสเซอร์ชนิดเปิดและชนิดกึ่ง

ปิดผนึกจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของมอเตอร์และการสูญเสียที่เกิดขึ้นในชุดขับเคลื่อนของคอมเพรสเซอร์ชนิดเปิดด้วย

ในกรณีที่ระบบทำความเย็นจะต้องทำงานเป็นเวลาที่ยาวนาน ควรเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ในปัจจุบันราคาของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังสูงกว่ามอเตอร์ทั่วไปมาก แต่ในอนาคตคาดว่าความแตกต่างดังกล่าวคงจะลดลงเรื่อยๆ จากการวิเคราะห์อย่างง่าย จะเห็นว่าระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่าสองปี สำหรับระบบ ที่มีชั่วโมงทำงานสูง และในบางกรณีอาจจะให้ผลตอบแทนการลงทุนที่ดีกว่านี้

## 5.2 ชนิดของคอมเพรสเซอร์(แบ่งตามลักษณะการทำงาน)

### *5.2.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressor)*

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบเป็นแบบทีมีการใช้งานแพร่หลายและมีให้เลือกใช้กับงานต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

การออกแบบคอมเพรสเซอร์จะต้องเลือกให้มีความเหมาะสมที่สุดกับการทำงานภายในขอบเขตที่กำหนดกับสารทำความเย็นที่ใช้การ ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง โดยออกแบบใช้วาล์วทำงานที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการดูดถึง 10% คอมเพรสเซอร์จำนวนมากมีการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์และเป็นผลให้อุปกรณ์ป้องกันตัดทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน

คอมเพรสเซอร์ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นตลอดเวลา ส่วนสำคัญที่มีการปรับปรุงได้แก่

- การลดปริมาตรช่องว่างของลูกสูบ
- ปรับปรุงการไหลผ่านวาล์ว
  - เส้นทางการไหลที่คล่องขึ้น
  - ลดการสูญเสียความดัน
- ลดการสูญเสียความร้อนจากไอด้านส่งออกไปสู่ด้านดูด

การปรับปรุงดังกล่าวอาจจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ถึง 20% แต่อย่างไรก็ตาม

ต้นทุนการผลิตคอมเพรสเซอร์ก็จะสูงตามไปด้วยเนื่องจาก ความซับซ้อนในการผลิต-ที่เพิ่มขึ้น สิ่งที่มีความสำคัญของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบอยู่ที่การป้องกัน ไม่ให้สาร-ทำความ เย็นเหลวหรือน้ำมันหล่อลื่นจำนวนมากหลุดเข้าไปใน กระบอกสูบ เนื่องจาก-จะทำให้การเคลื่อนที่ขัดข้อง

### *5.2.2 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw compressor)*

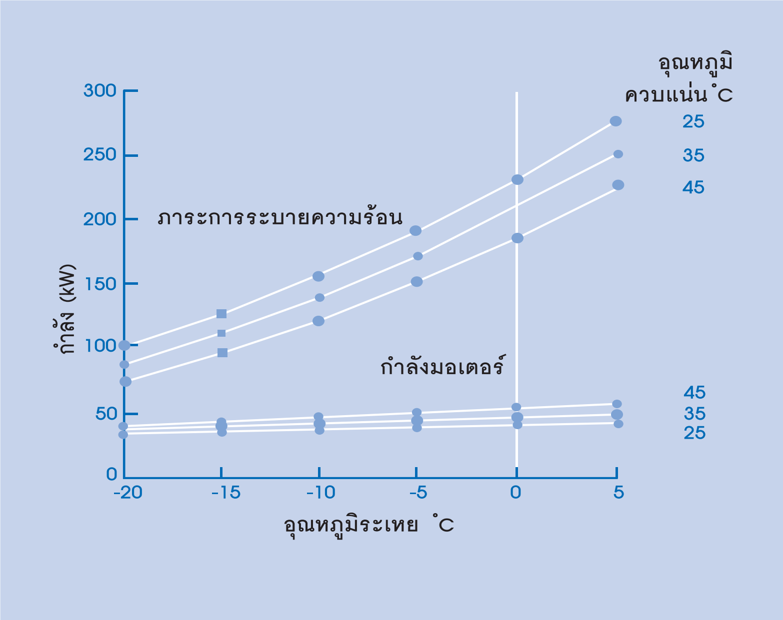
คอมเพรสเซอร์แบบสกรูมีขนาดให้เลือกใช้ได้ตั้งแต่ 50 ถึงพันกิโลวัตต์ โดยทั่ว-ไปถูกนำไปใชกับงานที่มีอุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง รูปทรงทาง เรขาคณิตของ-มันจะเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนความดันที่เหมาะสมที่สุด การทำงาน ที่อัตราส่วนความ-ดันผิดไปจากนี้จะทำให้ประสิทธิภาพตกลงไป ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตจึงมักผลิต-คอมเพรสเซอร์ให้มีการทำงานที่กว้างเพื่อให้ได้ลักษณะสมบัติ การทำงานที่แตกต่าง-กัน

น้ำมันหล่อลื่นจำนวนมากจะถูกฉีดเข้าไปในคอมเพรสเซอร์แบบสกรู เพื่อเป็น-การซีลช่องห่างระหว่างโรเตอร์กับเปลือกหุ้ม น้ำมันดังกล่าวจะต้องแยก ออกจากสาร-ทำความเย็นโดยตัวแยกที่มีขนาดที่เหมาะสม สำหรับความร้อนที่เกิดจากการอัดส่วน-หนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้โดยน้ำมัน ซึ่งจะต้องได้รับการระบายทิ้งไปโดยตัวระบายความ-ร้อน ซึ่งตามปกติมักจะใช้อากาศหรือน้ำ การใช้สารทำความเย็นเป็นตัวระบายความ-ร้อนจะทำให้กำลังความจุของระบบหายไปถึง 10% และทำให้ประสิทธิภาพของ-ระบบลดลงไปด้วย

### *5.2.3 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย (Scroll compressor)*

คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอยได้รับความสนใจเมื่อไม่นานมานี้ และได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางด้วยเทคนิคการผลิตที่ดีขึ้นทำให้สามารถผลิตคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้เป็นที่แพร่หลาย

คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอยได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเมื่อไม่นานมานี้และ-ได้มีงานปรับอากาศขนาดเล็กและขนาดกลางเนื่องจากการทำงานที่เงียบ และมีการ-




**รูปที่ 5 ข้อมูลสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์โดยทั่วไป**

สั่นสะเทือนต่ำรวมทั้งมีประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพที่เหนือกว่าคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบซึ่งอัตราการอัดต่ำ ทำให้คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย มีความเหมาะสมกับงานทำความเย็นที่อุณหภูมิสูง เช่น ช่องเก็บเบียร์และการทำความเย็นให้ถังเก็บนม เป็นต้น

### 5.3 ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ (Scroll Compressors)

อัตราการดึงความร้อนออกและกำลังป้อนเข้าของคอมเพรสเซอร์ โดยมากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการระเหยและอุณหภูมิการควบแน่น สมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ตามปกติจะแสดงเป็นรูปกราฟ ดังรูปที่ 5 หรือแสดงเป็นตาราง

ข้อมูลเหล่านี้ถูกแสดงไว้เป็นสภาวะที่ระบุไว้ ตามข้อกำหนดจำเป็นต้อง ทำการปรับแก้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานจริง กล่าวคือ:

- อุณหภูมิไอทางด้านดูด
- ระดับความเย็นยิ่งของของเหลว (liquid subcooling)

สำหรับคอมเพรสเซอร์ชนิดเปิด (open type) จะต้องระมัดระวังเรื่องความเร็วที่ใช้งานจริงของคอมเพรสเซอร์ ส่วนคอมเพรสเซอร์ชนิดกึ่งปิดความเร็วจะถูกกำหนดตายตัวโดยมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน

## 5.4 การควบคุมพิกัดการทำความเย็น (Capacity control)

สิ่งที่สำคัญจะต้องรักษาประสิทธิภาพของระบบให้สูงอยู่เสมอในขณะที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงของภาระในช่วงกว้างดังนั้น คอมเพรสเซอร์จะต้องสามารถทำงานเปลี่ยนแปลงการทำงานตามภาระได้ ในระบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์หลายตัว เราสามารถแปรเปลี่ยนพิกัดทำความเย็นได้โดยการหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์บางตัวหรือลดกำลังความจุของคอมเพรสเซอร์บางตัว วิธีที่ดีที่สุดที่จะช่วยประหยัด พลังงานคือ หยุดการทำงานของเครื่องที่ไม่จำเป็น

### *5.4.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressors)*

วิธีการในการลดกำลังความจุของคอมเพรสเซอร์มีหลายวิธีคือ:

- การปิดกั้นการไหลของแก๊สทางด้านดูด
- การยกวาล์วทางด้านดูดขึ้น
- การให้ไอร้อนด้านอัดไหลหมุนเวียนกลับมาที่เดิม

สิ่งสำคัญในการเลือกคอมเพรสเซอร์ คือ จะต้องตรวจสอบข้อมูลของผู้ผลิตเพื่อให้มั่นใจว่ารุ่นที่เลือกเป็นชนิดที่ประหยัดพลังงาน การใช้พลังงานต้องสอดคล้องกับภาระงานเมื่อภาระการทำความเย็นลดลง การใช้พลังงานก็จะลดลงด้วย

ควรทำการตรวจสอบด้วยว่าคอมเพรสเซอร์จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนเสริมหรือไม่ในขณะที่มีการควบคุมพิกัดการทำความเย็น เนื่องจากการระบายความ-

ร้อนดังกล่าวต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

จำนวนของขั้นตอนในการลดกำลังความจุที่สามารถยอมรับได้ของ-คอมเพรสเซอร์ จะขึ้นอยู่กับการออกแบบคอมเพรสเซอร์และมีผลโดยตรงกับจำนวน-กระบอกสูบ สำหรับ คอมเพรสเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยไอของสารทำความเย็น-ด้านดูด กำลังความจุบางส่วนถูกใช้ไปในการระบายความร้อนให้กับมอเตอร์

*5.4.2 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw compressors)*

ขนาดพิกัดทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์แบบสกรูขนาดใหญ่สามารถแปร-เปลี่ยน ได้จาก 100% ถึง 10% โดยการใช้แผ่นเลื่อน (slide vane) ขณะเดินเครื่องที่-ภาระ บางส่วน (partload) ประสิทธิภาพจะลดลงเหลือ 50% ของพิกัดการทำความเย็น แต่ถ้าค่าพิกัดการทำความเย็นต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพก็จะตกลงอย่างรวดเร็ว

## 6. คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์ที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมีสามชนิดคือ

- ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (ใช้อากาศจากบรรยากาศ)
- ระบายความร้อนด้วยน้ำ (ใช้น้ำประปา น้ำแม่น้ำ หรือน้ำจากหอผึ่งน้ำ) (cooling tower)
- ระบายความร้อนโดยการระเหย (evaporative cooled) ใช้อากาศจากบรรยากาศและน้ำที่ไหลเวียน

สองชนิดหลังมีข้อดี คืออุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ต่ำกว่าอุณหภูมิรอบๆ และการ-ถ่ายเทความร้อนของน้ำดี จึงสามารถทำงานที่อุณหภูมิควบแน่นที่ต่ำลงได้ สำหรับการ-เปรียบเทียบการใช้งานของคอนเดนเซอร์ต่างชนิดกัน ต้องนำเอากำลังป้อนเข้าของ-พัดลมปั๊มน้ำและเครื่องทำความร้อนมาคิดด้วย โดยทั่วไประบบทำความเย็นขนาด-กำลังความจุต่ำกว่า 100 kW จะใช้คอนเดนเซอร์ชนิดที่ ระบายความร้อนด้วยอากาศ เว้นแต่จะมีข้อจำกัดทางด้านเนื้อที่และเสียงรบกวน

กรณีที่มีการกำหนดกำลังความจุค่าหนึ่ง และมีการเลือกคอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีผลทำให้อุณหภูมิควบแน่นต่ำกว่าปกติ ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าปกติ แต่อาจจะมีปัญหาเกิดขึ้นในกรณีที่ระบบมีการใช้วาล์วขยายตัวแบบเทอร์โมสแตติกได้ ถ้าความดันควบแน่นมีการแปรเปลี่ยนในช่วงกว้าง วาล์วขยายตัวไม่สามารถควบคุมการไหลของสารทำความเย็นอย่างถูกต้องภายใต้สภาวะดังกล่าวก็จะมีผลต่อความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพของระบบได้ ในกรณีเช่นนี้สามารถทำการควบคุมความดันควบแน่น โดยเพิ่มความดันเทียมเข้าไปในระบบ ถึงแม้ว่าการกระทำเช่นนี้จะให้ประสิทธิภาพที่ไม่ดีและอาจจะไม่จำเป็นถ้าใช้อุปกรณ์ขยายตัวที่ซับซ้อนขึ้นแทน เช่น วาล์วขยายตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์

### 6.1 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled condensers)

ในคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศนั้น สารทำความเย็นจะเกิดการควบแน่นภายในท่อโดยใช้พัดลมพัดอากาศให้ไหลผ่านผิวท่อด้านนอกเพื่อ ทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น พื้นผิวภายนอกของท่อมักจะได้รับการเสริมด้วย ครีบโลหะลูกฟูก

ระบบทำความเย็นที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมควรจะทำงานโดยมีอุณหภูมิควบแน่นสูงกว่าอุณหภูมิรอบข้างไม่เกิน 14 °C สำหรับคอนเดนเซอร์ขนาดใหญ่ วิธีปฏิบัติทั่วไปในการควบคุมความดันคอนเดนเซอร์ก็คือการปิดพัดลมหรือให้พัดลมหมุนช้าลงแม้ว่าจะเป็นวิธีที่ประสิทธิภาพไม่ดีนักก็ตาม

ถ้าคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศทำงานในบริเวณที่มีการกัดกร่อน (เช่น อยู่ใกล้ทะเลหรือในอากาศที่มีมลพิษ) ควรเลือกใช้วัสดุสำหรับท่อหรือครีบ ให้เหมาะสมหรือทำการเคลือบป้องกันผิว

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมักจะมีความเสี่ยงต่อการอุดตันจากเศษวัสดุที่ลอยมาในอากาศ เช่น ฝุ่น ขนนก เป็นต้น จึงต้องมีการทำความสะอาด เป็นระยะๆ (ไม่ใช่ด้วยสารทำความเย็น) เพื่อป้องกันการสะสมของสิ่งสกปรก ซึ่งจะลด-

การไหลผ่านของอากาศและทำให้ความดันควบแน่นสูงขึ้น

### 6.2 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled condensers)

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำจะเป็นแบบเปลือกและท่อ (shell and tube) โดยน้ำที่ระบายความร้อนจะไหลอยู่ในท่อภายในเปลือกหุ้มส่วนสารทำความเย็นจะไหลอยู่ภายในเปลือกหุ้มและเกิดการควบแน่นตามบริเวณพื้นผิวภายนอกของท่อที่เย็น การถ่ายเทความร้อนที่ดีขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ ระบบที่มีประสิทธิภาพ น้ำที่ระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นประมาณ 5°C ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะมีค่าแตกต่าง กับอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เกิดการควบแน่นประมาณ 5°C

สำหรับระบบทำความเย็นขนาดเล็กมากที่ใช้ในเชิงพาณิชย์โดยทั่วไปจะใช้น้ำประปาระบายความร้อนโดยตรง แต่ถ้าในระบบใหม่ๆ จะมีการออกแบบให้มีการใช้น้ำน้อยลง เนื่องจากราคาค่าน้ำประปาสูงขึ้น

ส่วนระบบขนาดใหญ่น้ำระบายความร้อนจะถูกทำให้เย็นลง โดยใช้หอผึ่งน้ำ (cooling tower) ผลของการระบายความร้อนให้กับน้ำ น้ำบางส่วนจะระเหยไปกับอากาศ และถ้าหากทางเดินของอากาศและน้ำเกิดการอุดตันจะทำให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนลดลงอย่างมาก การอุดตันดังกล่าวเกิดขึ้นได้เสมอโดยมีต้นเหตุจากตะกรันในน้ำกระด้างหรือตะไคร่น้ำ ดังนั้นน้ำระบายความร้อนควรได้รับการบำบัด เพื่อป้องกันปัญหาข้างต้นและป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย สำหรับน้ำจากหอผึ่งน้ำ (cooling tower) ควรมีอุณหภูมิระหว่าง 13-18°C ของอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ (ซึ่งอาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง 10°C)

สำหรับน้ำที่ใช้กับคอนเดนเซอร์อาจมีความเสี่ยงต่อการอุดตัน เนื่องจากตะกรันของน้ำกระด้าง กรณีที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดปัญหาดังกล่าวควรจะเลือกใช้คอนเดนเซอร์ชนิดที่สามารถทำความสะอาดได้

## 6.3 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย *(Evaporative condensers)*

ในคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหยนั้น สารทำความเย็นจะเกิดการควบแน่นในท่อ โดยการทำให้ท่อภายนอกเปียกน้ำและมีอากาศพัดผ่าน สำหรับน้ำที่ใช้ในการฉีดพ่นพื้นผิวภายนอกของท่อจะถูกปั๊มให้หมุนเวียน โดยต้อง-มีน้ำเติม เพื่อชดเชยส่วนที่ระเหยไป คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการ-ระเหย ควรจะทำงานที่อุณหภูมิคล้ายคลึงกับคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยใช้ หอผึ่งน้ำ (Cooling tower) สำหรับน้ำที่ใช้จำเป็นจะต้องได้รับการบำบัด เช่น-เดียวกัน กับในคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

## 6.4 การสูญเสียประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ เนื่องจากมีอากาศปนอยู่ในระบบ (Loss of condenser efficiency due to air in system)

อากาศและก๊าซต่างๆ ที่ไม่ควบแน่นโดยปนอยู่ในระบบทำความเย็นจะทำให้อุณหภูมิควบแน่นสูงขึ้นซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง ตัวอย่างเช่น ระบบทำความเย็นอุณหภูมิปานกลางที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น เมื่อทำงานในขณะที่มีอากาศปนอยู่ในคอนเดนเซอร์ 15% จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง เพิ่ม-ขึ้นถึง 12%

อากาศที่ค้างอยู่ในระบบหลังจากการติดตั้งหรือการให้บริการถ้าดูดอากาศออก-จากระบบไม่ได้ดีพอ หรือในระบบมีการซีลไม่ดีพอเมื่อทำการอัดสารทำความเย็นเข้า-ไป ขณะที่ทำการเดินระบบ ถ้าหากระบบมีการรั่วด้านแรงดันต่ำอากาศภายนอก-สามารถไหลเข้าไปในระบบได้ เนื่องจากภายในระบบมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

มีความเป็นไปได้ที่จะทำการตรวจหาอากาศหรือก๊าซอื่นๆ ที่ไม่ควบแน่น ในขณะ-ที่ระบบหยุดทำงานและปล่อยให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะเสถียร ถ้าไม่มีอากาศปนอยู่ใน-คอนเดนเซอร์อุณหภูมิในคอนเดนเซอร์ควรจะเท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบข้างหรือ-อุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเพื่อระบายความร้อนแก่คอนเดนเซอร์

ถ้ามีอากาศตกค้างอยู่ในระบบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้น ดังนั้น การไล่อากาศหรือก๊าซใดๆ จะต้องไล่ออกไปจากระบบอย่างปลอดภัยโดยช่างเครื่องทำความเย็นที่ชำนาญ โดยให้มีการรั่วไหลของสารทำความเย็นออกไปสู่อากาศน้อยที่สุด

## 7. อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion devices)

หน้าที่ของอุปกรณ์ลดความดันได้แก่

- ลดความดันของสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจากคอนเดนเซอร์ไปเป็นความดันระเหย
- ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเหลวเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์

การเลือกและการติดตั้งอุปกรณ์ลดความดันอย่างถูกต้องเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากถ้าอุปกรณ์ทำงานคลาดเคลื่อนจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ และความเชื่อถือของระบบได้

วาล์วลดความดันที่มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในระบบทำความเย็นเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

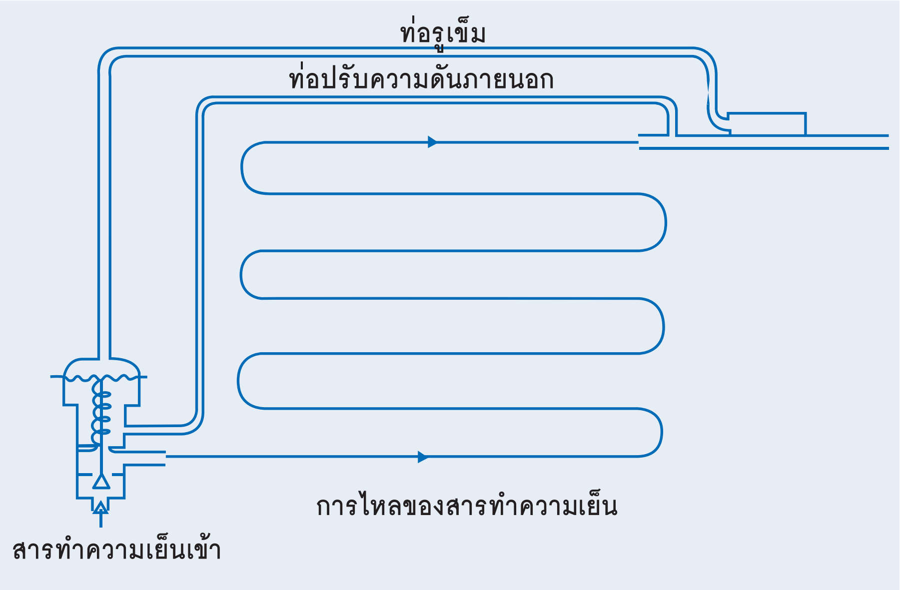
- วาล์วลดความดันชนิดเทอร์โมสแตติก
- วาล์วลูกลอยความดันสูง
- วาล์วลูกลอยความดันต่ำ

ท่อรูเข็ม (Capillary tube) (ซึ่งเป็นตัวทำให้ความดันสารทำความเย็นลดลง อย่างเดียวแต่ไม่สามารถควบคุมการไหลได้) ส่วนใหญ่เป็นระบบที่ใช้ในบ้านพัก อาศัย ท่อรูเข็มจะประกอบสำเร็จมาจากโรงงานและไม่สามารถปรับได้

### 7.1 วาล์วลดความดันชนิดเทอร์โมสแตติก

***(Thermostatic expansion valves)***

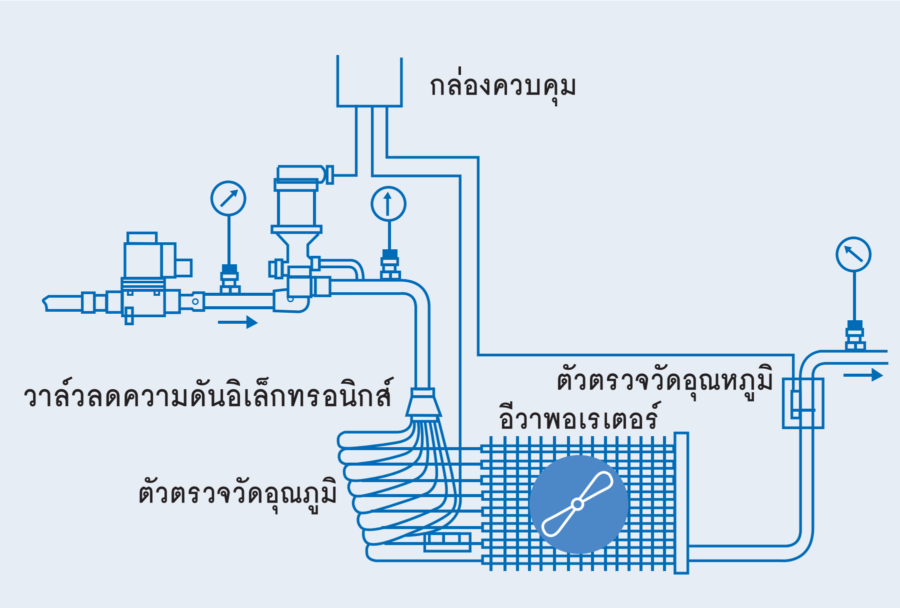
วาล์วลดความดันชนิดเทอร์โมสแตติกมีใช้อยู่ในระบบเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่ รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างของวาล์วลดความดันชนิดเทอร์โมสแตติก จะเห็นได้ว่าความดัน




**รูปที่ 6 วาล์วลดความดันชนิดเทอร์โมสแตติก**
**พร้อมด้วยตัวปรับความดันภายนอก**

สารทำความเย็นจะลดลงเมื่อไหลผ่านรูออริฟิส และการไหลของสารทำความเย็นจะถูกควบคุมโดยวาล์วรูเข็มและแผ่นไดอะแฟรม แผ่นไดอะแฟรมจะเกิดการ เคลื่อนตัวเนื่องจากความดันภายในกระเปาะควบคุม ซึ่งเชื่อมต่อกับเปลือกของ อีวาพอเรเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ ปกติจะทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิระเหยประมาณ 5°C เพื่อให้ความมั่นใจว่า ไม่มีของเหลวหลงเหลืออยู่ที่ทางเข้าของคอมเพรสเซอร์เนื่องจากของเหลว อาจจะสร้างความเสียหายแก่คอมเพรสเซอร์ได้ ความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าวเป็นค่าที่ใช้ในการปรับตั้งค่าความร้อนยวดยิ่งของวาล์ว ซึ่งสามารถปรับตั้งโดยการปรับวาล์วได้ การปรับตั้งที่ถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพและ ความเชื่อถือได้ของระบบทำความเย็น

ถ้าภาระของอีวาพอเรเตอร์เปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ย่อมจะเปลี่ยนตามไปด้วย กระเปาะควบคุมจะตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงนี้และจะทำการปรับการไหลโดยอัตโนมัติเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของภาระดังกล่าว




**รูปที่ 7 วาล์วลดความดันอิเล็กทรอนิกส์แบบขยายตัวโดยตรงเพื่อใช้ให้ลมเย็น**

### *7.1.1 วาล์วปรับความสมดุลย์ (Balanced port valves)*

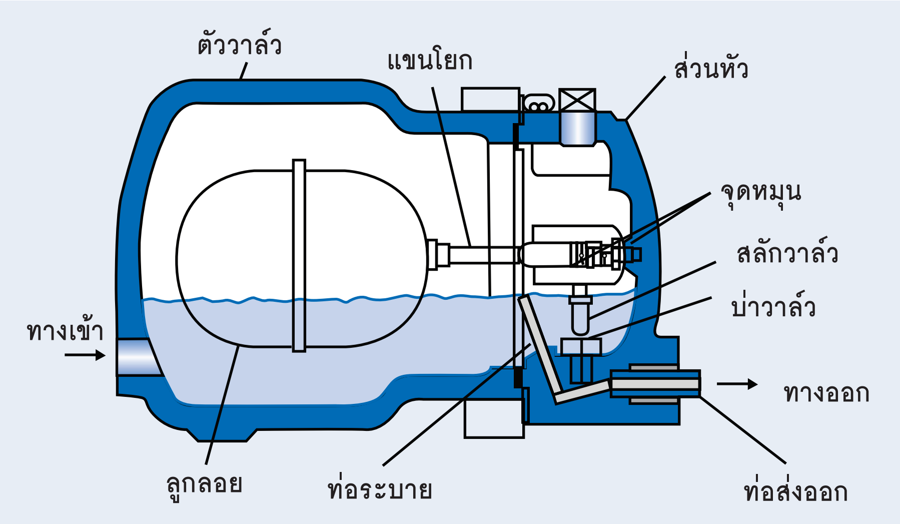
วาล์วมีการออกแบบและการทำงานคล้ายคลึงกับวาล์วแบบเทอร์โมสแตติกที่ใช้กันทั่วไปเพียงแต่แตกต่างกันตรงที่มีช่องปรับสมดุลภายใน ซึ่งช่องปรับสมดุลดังกล่าวจะช่วยให้วาล์วสามารถควบคุมความดันเข้าได้อย่างเที่ยงตรงในช่วงที่กว้างมาก วาล์วชนิดนี้แพงกว่าวาล์วทั่วไปประมาณ 20% แต่ในปัจจุบันมีให้เลือกใช้เพียงบางขนาดเท่านั้น

*7.1.2 วาล์วลดความดันอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic expansion valve)*

วาล์วลดความดันอิเล็กทรอนิกส์ทำงานในทำนองเดียวกันกับวาล์วแบบเทอร์โมสแตติก เพียงแต่อุณหภูมิจะถูกตรวจวัดด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสัญญาณจะถูกสั่ง ไปปิดหรือเปิดรูออริฟิสโดยอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็ก ฉะนั้นวาล์วชนิดนี้ สามารถทำงานได้ที่ความแตกต่างของความดันตกคร่อมตัววาล์วในช่วงกว้างมาก ข้อดีอีกประการหนึ่งของวาล์วชนิดนี้คือ สามารถติดตั้งเข้ากับระบบควบคุมทาง อิเล็กทรอนิกส์หรือไมโครโพรเซสเซอร์ได้อย่างง่ายดาย รูปที่ 7 แสดงการใช้วาล์ว ขยายตัวอิเล็กทรอนิกส์กับตัวทำลมเย็นแบบขยายตัวโดยตรง

วาล์วขยายตัวอิเล็กทรอนิกส์มีราคาสูงกว่าวาล์วแบบเทอร์โมสแตติกที่ใช้กันทั่วไปมาก และจะให้เวลาคืนทุนต่ำกว่าหนึ่งปีเฉพาะในระบบที่มีขนาดพิกัดเกินกว่า 100 kW

## 7.2 ระบบวาล์วลูกลอย (Float valve systems)




**รูปที่ 8 วาล์วลูกลอยความดันสูง**

วาล์วลูกลอยจะใช้ห้องลูกลอยพร้อมด้วยวาล์วขยายตัวควบคุมแยกออกจากกัน โดยเชื่อมต่อโดยท่อนำ (pilot line) ห้องลูกลอยสามารถทำงานที่ความดันสูง (ความ-ดันถังพัก) หรือที่ความดันต่ำ (ความดันของอีวาพอเรเตอร์) ของระบบ

*7.2.1 วาล์วลูกลอยความดันสูง (High pressure float valve)*

วาล์วลูกลอยความดันสูงได้แสดงไว้ในรูปที่ 8 วาล์วชนิดนี้ใช้สำหรับรักษาระดับของเหลวในถังพักและทำงานที่ความดันของถังพัก

ความดันถังพักจะควบคุมความดันในท่อต่อ และเมื่อความดันนี้แปรเปลี่ยนไป วาล์วลดความดันจะเปิดและปิดเพื่อจ่ายสารทำความเย็นเหลวจากถังพักไปสู่อีวาพอ-เรเตอร์

วาล์วลูกลอยความดันสูงมักจะใช้ในระบบทำความเย็นอุตสาหกรรมขนาด-ใหญ่ ที่มีอีวาพอเรเตอร์ตัวเดียว เนื่องจากระบบนี้ไม่มีการควบคุมระดับของเหลวในอีวาพอเรเตอร์ ปริมาณของสารทำความเย็นในระบบจะต้องมีค่าที่ถูกต้อง กล่าวคือ ต้อง-อัดสารทำความเย็นให้ถูกต้องพอดี เพื่อเป็นหลักประกันการทำงานอย่างถูกต้อง อีวา-พอเรเตอร์จะต้องติดตั้งเกจระดับซึ่งได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

*7.2.2 วาล์วลูกลอยความดันต่ำ (Low pressure float value)*

วาล์วลูกลอยความดันต่ำที่ใช้ทั่วไปวาล์วลูกลอยความดันต่ำนี้ใช้ในการรักษา-ระดับของเหลวในอีวาพอเรเตอร์และทำงานที่ความดันควบคุมของอีวาพอเรเตอร์ ระดับของเหลวนี้จะมีผลต่อความดันในท่อ (pilot line) และเมื่อความดันแปรเปลี่ยนไปวาล์วลดความดันจะทำการปรับการจ่าย ของเหลวจากถังพักไปอีวาพอเรเตอร์

วาล์วลูกลอยความดันต่ำใช้ในระบบที่มีอีวาพอเรเตอร์หลายตัวต่อเข้ากับ คอม-เพรสเซอร์หนึ่งตัวหรือคอมเพรสเซอร์หลายตัวต่อกันแบบขนาน

สิ่งสำคัญก็คือวาล์วลดความดันต้องติดตั้งอยู่ที่ระดับต่ำกว่าผิวของเหลวในถังพัก เพื่อป้องกันไม่ให้ไอสารทำความเย็นไหลเข้าไปในวาล์วซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพ ลดลงของระบบการทำความเย็น และจะต้องมีเกจวัดระดับสาร

ความความเย็นติดตั้ง ไว้บนถังพักเพื่อให้สามารถตรวจสอบระดับของเหลวได้เพื่อให้ความมั่นใจว่า ระบบได้รับการรักษาให้มีสมรรถนะที่ดี

## 8. สารทำความเย็น (Refrigerants)

มีสารทำความเย็นอยู่หลายตัวที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในทุกวันนี้เป็นสารเคมี ที่อยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า CFCs (chlorofluorocarbons) ซึ่งเป็นที่รู้กันดีแล้วว่า มีผลในการ ทำลายชั้นโอโซนของบรรยากาศซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาน ใหญ่ทั้งในด้านการพัฒนา และการใช้สารทำความเย็น ปัจจุบันสารทำความเย็นในกลุ่ม CFC และ HCFC (hydrochlorofluorocarbons) เช่น R11, R12, R502 และ R22 กำลังจะเลิกใช้ โดยข้อตกลงนานาชาติ

ตารางที่ 1 ข้อตกลงเกี่ยวกับการใช้และการผลิตสาร CFC และ HCFC

| ปี พ.ศ. | ข้อตกลง Montreal CFC | ข้อตกลง Montreal HCFC | EC CFC |
|---|---|---|---|
| 2537 | ลดลง 70% | | ลดลง 85 % |
| 2538 | | | ลดลง 100 % |
| 2539 | ลดลง 100 % | | |
| 2547 | | ลดลง 35 % | |
| 2553 | | ลดลง 65 % | |
| 2558 | | ลดลง 90 % | |
| 2563 | | ลดลง 99.5 % | |
| 2573 | | ลดลง 100 % | |

ข้อตกลง Montreal เกี่ยวกับสารที่ทำลายโอโซนได้รับความเห็นชอบครั้งแรกในปี พ.ศ.2531 และขณะนี้มีผู้ลงนามแล้วมากกว่า 90 ประเทศ ข้อตกลงดังกล่าว ได้รับการพิจารณาทบทวนและเสริมให้แข็งแกร่งขึ้นหลายครั้ง และได้มีการกำหนด วันยกเลิกการใช้ CFC เป็นวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2539 ในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของประชาคมยุโรป ประเทศสหราชอาณาจักรจึงได้ออกกฎหมายที่เข้มงวดกว่านั้นโดยได้ กำหนดวันที่จะยกเลิกการผลิตสาร CFC เป็นวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2538 วันที่จะ มีการยกเลิกจริงสำหรับการผลิตและการลดปริมาณการใช้ถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 1 โดยลดการผลิตลง 50% ทั้ง CFC และ HCFC มีผลบังคับใช้แล้วในขณะนี้ โดยใช้ระดับ การผลิตในปี พ.ศ.2529 เป็นฐาน

สาร HCFC เช่น R22 ซึ่งมีศักยภาพการทำลายโอโซนต่ำกว่า CFC มาก ถูกจัดให้เป็นสารที่อยู่ในช่วงเปลี่ยนแปลง และพิจารณาไม่ให้ใช้เป็นสารทำความเย็นในระยะยาว สารHCFC ตัวใหม่กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา ซึ่งจะถูกใช้ร่วมกับ R22 ในการทดแทนสาร CFC ในการใช้งานหลายๆอย่าง

สารทำความเย็นที่ไม่ทำลายโอโซนกำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา สาร R134a ซึ่งเป็นสารตัวแรกในกลุ่มนี้ ในขณะนี้มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์แล้ว เพื่อทดแทน R12 ที่ใช้ในระบบปรับอากาศในยานพาหนะและระบบขนาดเล็ก สาร R134a ไม่สามารถเข้ามาแทนที่ R12 ได้ทันที แม้ว่าจะทำงานที่อุณหภูมิ และความดันที่คล้ายคลึงกันมากก็ตาม สาร R134a ไม่สามารถผสมกลมกลืนกับ น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับสาร CFC และ HCFC อยู่ในขณะนี้ได้ จึงต้องมีการพัฒนา น้ำมันสังเคราะห์ตัวใหม่ขึ้นมา ระบบที่ทำงานกับ R12 สามารถจะดัดแปลงเพื่อใช้ กับสาร R134a ได้ ถ้าเปลี่ยนน้ำมันที่ใช้ด้วย แต่ส่วนประกอบในระบบดังกล่าวจะต้องสามารถใช้กับสารความเย็นตัวใหม่ได้ การดัดแปลงเพื่อใช้สารตัวใหม่ได้รับความสำเร็จอย่างดี โดยมีผลกระทบในการทำความเย็นน้อยมาก

ยังคงมีการพัฒนาสารทำความเย็นที่ไม่ทำลายโอโซนเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งจำเป็น ต้อง-

**ตารางที่ 2 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสารทำความเย็นที่ไม่ใช้ CFC ซึ่งมีจำหน่ายในขณะนี้ และสารทำความเย็นที่จะมีจำหน่ายในอนาคตอันใกล้**

| น้ำยา | ODP[1] | GWP[2] | มีจำหน่าย | จุดเดือดที่ 1 บาร์ (˚C) | ประสิทธิภาพ[3] | การใช้งาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R22 | 0.05 | 0.34 | ในขณะนี้ | -40.8 | ดีกว่า R12; เหมือนกับ R502 | ทดแทน R12, R502 |
| MP39 | 0.03 | 0.22 | ในขณะนี้ | -28.9 | คล้ายกับ R12 | ขายปลีกอาหาร อุณหภูมิปานกลาง |
| MP66 | 0.035 | 0.024 | ในขณะนี้ | -30.7 | คล้ายกับ R12 | ทดแทน R12 |
| HP81 | 0.03 | 0.52 | ในขณะนี้ | -47.4 | เหมือนกับหรือดีกว่า R12 เล็กน้อย | ขายปลีกอาหาร อุณหภูมิปานกลาง และเครื่องทำน้ำแข็ง |
| R134a | 0 | 0.34 | ในขณะนี้ | -26.1 | เหมือนกับหรือ ดีกว่า R12 เล็กน้อย | ขายปลีกอาหาร อุณหภูมิปานกลางและสูง |
| 69S | 0.04 | ประมาณ 4.0 | ในขณะนี้ | -50.0 | เหมือนกับหรือดีกว่า R502 เล็กน้อย | ระบบเชื่อมโยงกันที่อุณหภูมิต่ำ |
| 69L | 0.028 | 4.09 | ในขณะนี้ | -50.6 | เหมือนกับหรือดีกว่า R502 เล็กน้อย | ระบบระยะไกล อุณหภูมิต่ำ |
| HP80 | 0.02 | 0.63 | ในขณะนี้ | -49.0 | ด้อยกว่า R502 เล็กน้อย | ขายปลีกอาหารและขนส่ง อุณหภูมิต่ำ |
| FX10 | 0.023 | 0.76 | ในขณะนี้ ปี 2536/4 | -49.7 | ดีกว่า R502 เล็กน้อย | อุณหภูมิต่ำ |
| HP62 | 0 | 0.94 | ปี 2536 เพื่อทดลองใช้ | -46.5 | คล้ายกับ R502 | อุณหภูมิต่ำ |
| FX40 | 0 | 0.88 | ในขณะนี้ | -55.0 | ด้อยกว่า R502 เล็กน้อย คล้ายกับ R502 | อุณหภูมิต่ำ |
| KLEA60 | 0 | 0.35 | | -38.0 ถึง -45.0 | | อุณหภูมิต่ำ |

**หมายเหตุ**

1) ODP = ศักยภาพการทำลายโอโซนเทียบกับ R11 ดังนั้น R11 มีค่า ODP เท่ากับ 1

2) GWP =ศักยภาพการทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกเทียบกับ R11 ดังนั้น R11 มีค่า GWP เท่ากับ 1

3) BP = จุดเดือด

4) ประสิทธิภาพจุดเดือดตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลการทดลองที่จำกัด (ไม่ใช่การคำนวณทางทฤษฎี)ในกรณีที่เป็นน้ำยาที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ดังนั้นจึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพคาดหมายของระบบจริง ข้อมูลเหล่านี้เป็นการประมาณการณ์ ผลกระทบจริงของสารทำความเย็นตัวใหม่ต่อประสิทธิภาพของระบบควรจะได้รับการตรวจสอบที่สภาวะทำงานของระบบ

ใช้น้ำมันสังเคราะห์ตัวใหม่ด้วย เป็นการยากที่จะหาสารตัวหนึ่งตัวใดเพียง ตัวเดียวให้เหมาะสมเป็นสารทำความเย็นที่สมบูรณ์แบบ จึงได้มีการพัฒนาสาร ตัวใหม่ขึ้นมาแล้วโดยการผสมสารตัวใหม่กับสารที่มีอยู่เดิม ขณะนี้จะใช้สาร HCFC ทดแทนไปก่อน โดยที่อยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงการใช้สารทำความเย็น อย่างไรก็ตาม จะต้องมั่นใจว่าสารผสมที่ใช้นี้จะคงสภาพในการใช้งานได้ตลอดอายุ การใช้งานของระบบ

ตารางที่ 3 สารทำความเย็นทุติยภูมิ

| ของเหลว | พิสัยอุณภูมิ(°C) | ความร้อนจำเพาะ (kJ/kg-K) | ราคา(เงิน) Bath | ความหนืด(cP) |
|---|---|---|---|---|
| น้ำ | ตั้งแต่ 0 ขึ้นไป | 4.18 | <64 | 1.5 |
| โพรพิลีนไกลโคล (Propylene glycol) | ต่ำสุด-30 | 3.6 | 25,600 | 20 |
| เอทิลีนไกลโคล (Ethylene glycol) | ต่ำสุด-40 | 2.9 | 9,600 | 10 |
| เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethy1 alcohol) | ต่ำสุด-20 | 3.0 | 16,000 | 10 |
| แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) | ต่ำสุด-20 | 2.8 | 6,400 | 10 |

**8.1 การใช้แอมโมเนีย (The use of ammonia)**

มีการนำเอาแอมโมเนียไปใช้เป็นสารทำความเย็นกันอย่างกว้างขวางในระบบโดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ทั้งนี้เพราะเป็นสารทำความเย็นที่เชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพ แต่ด้วยความเป็นสารมีพิษและความสามารถติดไฟได้ของสารทำความเย็นตัวนี้ทำให้การใช้งานของมันถูกจำกัดเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเข้าถึงเท่านั้น

การที่จะใช้แอมโมเนียเป็นตัวทดแทนสารทำความเย็นในระบบเชิงพาณิชย์ (เช่น ตู้แช่สำหรับร้านอาหารแบบขายปลีก) โดยสารทำความเย็นนี้จะต้องใช้ร่วมกับ

สาร ทำความเย็นทุติยภูมิ ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพของระบบลดลง (อาจจะลดลง-ได้ถึง 25%) เนื่องจากจะต้องมีกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นเพื่อ ระบาย-ความร้อนให้แก่สารทำความเย็นทุติยภูมิ

### 8.2 สารทำความเย็นทุติยภูมิ (Secondary refrigerants)

ในบางกรณีอาจจะมีความเหมาะสมที่จะใช้สารทำความเย็นทุติยภูมิ ตัวอย่าง-เช่น อาจจะเกิดการปนเปื้อนของสารทำความเย็นปฐมภูมิกับผลิตภัณฑ์ เมื่อสารทำ-ความเย็นเกิดการรั่วไหลขึ้น ตารางที่ 3 เป็นรายการสารทำความเย็นที่ มักจะใช้เป็น-สารทำความเย็นทุติยภูมิและคุณสมบัติของสารทำความเย็นเหล่านั้น

## 9. การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (Heat recovery)

ระบบทำความเย็นที่ติดตั้งโดยทั่วไปจะปล่อยความร้อนทิ้งที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิรอบข้าง ความร้อนที่ปล่อยทิ้งจะมีปริมาณเท่ากับความร้อนจากการ ทำความ-เย็นรวมกับพลังงานเกือบทั้งหมดที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ ความร้อนที่ สามารถ-นำกลับมาใช้ใหม่ได้เป็นความร้อนจาก :

- ไอสารทำความเย็นซึ่งอาจจะสูงถึง 150°C
- คอนเดนเซอร์ซึ่งตามปกติจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิรอบข้างประมาณ 10 ถึง 30°C
- น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำมันซึ่งมีค่าระหว่าง 60 ถึง 80°C

สิ่งที่สำคัญก็คือจะต้องมีการวิเคราะห์อย่างละเอียดถึง ผลกระทบของ การนำ-ความร้อนกลับมาใช้ใหม่ที่มีต่อสมรรถนะของระบบทำความเย็น ในหลายกรณีการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่จากคอนเดนเซอร์เป็นผลให้ประสิทธิภาพ การทำ-งานของระบบลดลง และประโยชน์ที่ได้จากการนำความร้อน กลับมาใช้ใหม่ อาจจะ-ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการทำความเย็น

การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ควรจะได้รับการพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอน

ของการออกแบบเพื่อให้ความมั่นใจว่าไม่มีผลทางลบต่อสมรรถนะของระบบ ระบบการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ส่วนใหญ่แทบทุกชนิดไม่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมได้

### 9.1 ตัวลดความร้อนยวดยิ่ง (Desuperheater)

การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่จากตัวลดความร้อนยวดยิ่งโดยใช้อุณหภูมิของไอสารทำความเย็นที่ส่งออกจากคอมเพรสเซอร์ ปกติอุณหภูมิด้านออกของคอมเพรสเซอร์จะขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของระบบและถ้าเป็นสารทำความเย็นที่ใช้ R22 และแอมโมเนียทำงานที่อุณหภูมิด้านออกของคอมเพรสเซอร์จะค่อนข้างสูงกว่าสารทำความเย็นตัวอื่นๆ

ตัวอย่างเช่น ระบบทำความเย็นจังหวะเดียวที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นจะมีข้อกำหนดจำเพาะดังต่อไปนี้

- ขนาดพิกัด 100 kW
- อุณหภูมิระเหย -15°C
- อุณหภูมิควบแน่น 30°C
- กำลังป้อนเข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 30 kW

ตัวลดความร้อนยวดยิ่งที่ได้รับการออกแบบอย่างดีจะสามารถนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ได้ 24 kW ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางอุณหภูมิของน้ำสูงได้ถึง 90°C

ตัวลดความร้อนยวดยิ่งควรจะวางไว้เหนือคอนเดนเซอร์เสมอเพื่อว่าเมื่อไอเกิดการควบแน่นของเหลวจะสามารถไหลระบายออกได้อย่างปลอดภัย

### 9.2 การนำความร้อนจากคอนเดนเซอร์กลับมาใช้ใหม่ (Heat recovery from a condenser)

ในระบบทำความเย็นที่ได้รับการออกแบบอย่างดีอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ควรมีค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ความร้อนใดๆจากคอนเดนเซอร์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้จะทำให้ระบบดังกล่าวจะมีอุณหภูมิต่ำมาก และสามารถนำความร้อน ดังกล่า-

วไปใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อนเบื้องต้นได้ในกรณีที่เป็นคอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ตารางที่4 แสดงผลที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มอุณหภูมิควบแน่นเพื่อให้ได้ความร้อน-ที่ใช้ประโยชน์มากขึ้น ข้อมูลในตารางเป็นข้อมูลสำหรับระบบตัวอย่าง ที่ใช้-คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งมีกำลังความจุในการทำความเย็น 100 kW โดยอุณหภูมิที่ทำให้สารทำความเย็นระเหยเท่ากับ 0°C สมมติราคา ไฟฟ้าเท่ากับ 2.8 บาท/kWh

ในกรณีที่ 1 ไม่มีการนำความร้อนที่คอนเดนเซอร์ กลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นระบบ-ทำความเย็นจะทำงานที่อุณหภูมิควบแน่นตามปกติทั่วไป

ในกรณีที่ 2 อุณหภูมิควบแน่นเพิ่มขึ้นเป็น 45°C เพื่อให้น้ำที่ออกจาก คอนเดน-เซอร์มีอุณหภูมิถึง 40°C ขนาดของคอมเพรสเซอร์จะต้องใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ กำลังความ-จุในการทำความเย็นได้ 100 kW ตามต้องการ ระบบทำความเย็นต้องเสีย ค่าใช้จ่ายดำเนิน-การเพิ่มขึ้น 28.8 บาทต่อชั่วโมงในการนำความร้อนทิ้ง กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 119.68บาทต่อชั่วโมง ทำให้ได้ผลการประหยัดสุทธิ 90.88 บาท ต่อชั่วโมง เมื่อคิดที่ราคา-เชื้อเพลิง 21.12 บาท/therm และประสิทธิภาพเชิง ความร้อนของหม้อไอน้ำเท่ากับ 78% เมื่อนำน้ำที่ร้อนไปใช้กับ หม้อไอน้ำ

อุณหภูมิน้ำสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการปล่อยให้น้ำไหลผ่านตัวลดความร้อนยวดยิ่งของไอสารทำความเย็นหลังจากที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์แล้วผลจากการกระทำเช่นนี้ถูกแสดงอยู่ในกรณีที่ 3

ระบบที่มีประสิทธิผลดีที่สุดคือกรณีที่ 4 โดยใช้ตัวทำให้เย็นยิ่ง (subcooler) เสริมเข้ากับตัวลดความร้อนยวดยิ่งที่ใช้อยู่ในกรณีที่3 ในเบื้องต้นใช้น้ำในการ ระบาย-ความร้อนให้แก่สารทำความเย็นเหลวที่จ่ายให้กับวาล์วขยายตัวก่อน จากนั้นก็ให้น้ำไหลผ่านคอนเดนเซอร์และตัวลดความร้อนยวดยิ่ง (superheat) วิธีการทำให้เย็นยิ่ง (subcooler) แก่สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะเป็นการเพิ่มกำลังความจุของ

อีวาพอเรเตอร์ โดยไม่ต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าป้อนเข้าเป็นผลให้สามารถลดขนาดของคอมเพรสเซอร์ที่ต้องใช้สำหรับการทำความเย็นขนาด 100 kW และช่วยประหยัดพลังงานมากขึ้น

ตัวอย่างในกรณีต่างๆ ข้างต้น ยังไม่ได้รวมภาระเสริม เช่น ปั๊มน้ำเป็นต้น ภาระเสริมนี้จะทำให้ผลการประหยัดลดลง ในการพิจารณาการนำความร้อนทิ้ง กลับมาใช้ใหม่โดยจะต้องทำการคำนวณหาผลการประหยัดโดยรวม

**ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนที่ได้จากการเก็บคืนความร้อนจากคอนเดนเซอร์**

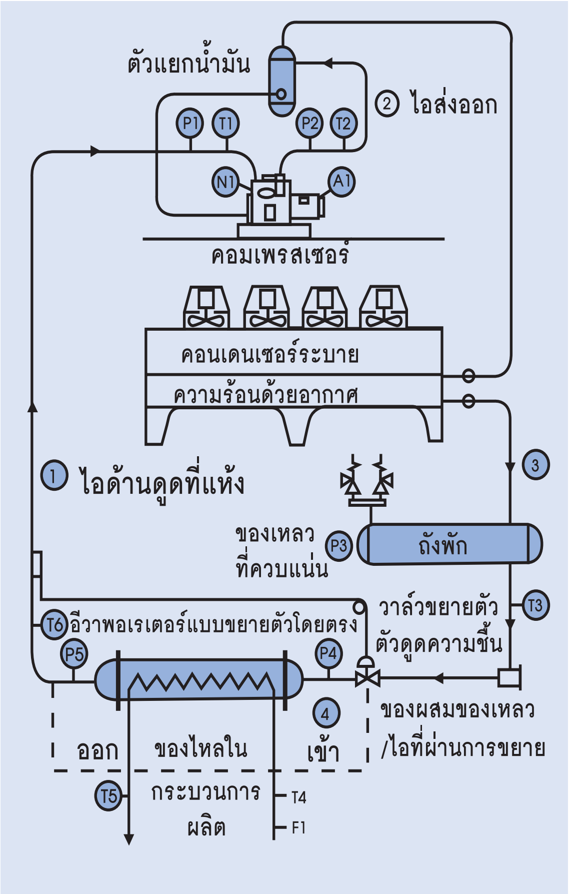
| ชนิดของกรณีศึกษา | อุณหภูมิควบแน่น (˚C) | กำลังคอมเพรสเซอร์ (kW) | ความร้อนปล่อยทิ้ง (kW) | อุณหภูมิน้ำระบายความร้อน (˚C) เข้า/ออก | อัตราไหลน้ำระบายความร้อน (kg/s) | ค่าไฟฟ้า (เงินบาท/ชั่วโมง) | มูลค่าของการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่(เงินบาท/ชั่วโมง) | ประหยัดสุทธิ(เงินบาท/ชั่วโมง) | ขนาดสัมพัทธ์ของคอมเพรสเซอร์ที่ 100kW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.มาตรฐานทั่วไป | 30 | 20 | 130 | 15/25 | 2.87 | 57.6 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| 2.ควบแน่นที่อุณหภูมิสูง | 45 | 30 | 130 | 15/40 | 1.24 | 86.4 | 119.68 | 90.88 | 1.13 |
| 3.ควบแน่นที่อุณหภูมิสูงพร้อมตัวลดความร้อนยวดยิ่ง | 45 | 30 | 130 | 15/45.8 | 1.01 | 86.4 | 119.68 | 90.88 | 1.13 |
| 4.ควบแน่นที่อุณหภูมิสูงพร้อมตัวลดความร้อนยวดยิ่งและทำให้เย็นยิ่ง | 45 | 24.8 | 124.8 | 15/44.9 | 1.00 | 71.68 | 115 | 101 | 0.93 |

### 9.3 การนำความร้อนจากน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์กลับมาใช้ใหม่ (Heat recovery from compressor oil)

ในคอมเพรสเซอร์แบบสกรู (screw compressors) ชนิดแช่น้ำมันนั้น ความร้อนจากมอเตอร์ส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนไปโดยน้ำมันหล่อลื่น ตามปกติน้ำมันหล่อลื่นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิประมาณ 40˚C และอุณหภูมิที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ประมาณ 60-80˚C สำหรับระบบที่ใช้ R22 ความร้อนจะถูกน้ำมันหล่อลื่นพาออกไปประมาณ 38%ของกำลังมอเตอร์ ซึ่งสามารถนำความร้อน กลับมาใช้ใหม่ได้ สำหรับระบบที่ใช้แอมโมเนียตัวเลขดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 60%

### 9.4 การใช้ประโยชน์จากอัตราไฟฟ้าราคาถูก (Optimum use cheap rate power)

บางระบบที่มีถังเก็บน้ำเย็นขนาดใหญ่อาจจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้โดยการทำน้ำเย็นเก็บไว้ในช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าต่ำ แต่ผลการประหยัดมักจะน้อยเมื่อเทียบกับค่าก่อสร้างถังเก็บน้ำเย็นขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงต้องทำการคำนวณโดยละเอียด เพื่อ-




**อุปกรณ์วัดคุมความดัน**

P1 - ด้านดูดของคอมเพรสเซอร์
P2 - ด้านส่งออกของคอมเพรสเซอร์
P3 - ถังพักของเหลว
P4 - ทางเข้าอีวาพอเรเตอร์ (ด้านสารทำความเย็น)
P5 - ทางออกอีวาพอเรเตอร์ (ด้านสารทำความเย็น)

**อุณหภูมิ**

T1 - ด้านดูดของคอมเพรสเซอร์
T2 - ด้านส่งออกของคอมเพรสเซอร์
T3 - ของเหลวจากถังพักน้ำยา
T4 - ทางเข้าเครื่องระเหย (ด้านของไหลกระบวนการผลิต)
T5 - ทางออกอีวาพอเรเตอร์ (ด้านของไหลกระบวนการผลิต)
T6 - ทางออกอีวาพอเรเตอร์ (ด้านสารทำความเย็น)

**อื่น ๆ**

A1 - กระแสมอเตอร์คอมเพรสเซอร์
N1 - ตัวชี้บอกภาระของคอมเพรสเซอร์
F1 - มาตรวัดของไหลกระบวนการผลิต

**รูปที่ 10 แสดงจุดที่ควรจะทำการตรวจวัดในระบบทำน้ำเย็น**

หาว่าระบบดังกล่าวคุ้มหรือไม่

สำหรับงานที่มีความจุความร้อนสูง เช่น ห้องเย็น เราอาจจะประหยัดค่าใช้จ่ายได้โดยการทำความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่าปกติในระหว่างที่ค่าไฟฟ้ามีอัตราถูก ลดหรือหยุดการทำงานของระบบทำความเย็นในช่วงที่ค่าไฟฟ้าแพง

## 10. การควบคุมการทำงานของระบบทำความเย็น (Plant operation)

ระบบทำความเย็นจะคงมีสมรรถนะที่ดีเสมอ ถ้ามีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ควรจะมีอุปกรณ์ตรวจวัดอย่างพอเพียงเพื่อช่วยให้สามารถเฝ้าติดตามการทำงาน ได้โดยสะดวก การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์จะทำให้เห็นจุดที่ควร จะทำการตรวจสอบก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้น

### 10.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัด (Instrumentation)

ควรจะมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดอย่างพอเพียงเพื่อช่วยในการประเมินสมรรถนะ และวินิจฉัยจุดบกพร่อง สำหรับระบบทำความเย็นเชิงพาณิชย์ขนาดเล็ก การใช้เกจความดันเทอร์โมมิเตอร์ และตัววัดกระแสแบบที่วิศวกรซ่อมบำรุง ใช้กันทั่วไปน่าจะเพียงพอ ส่วนระบบขนาดใหญ่ควรจะทำการติดตั้งอุปกรณ์วัด อย่างถาวรเพื่อการวัดและติดตามค่าต่อไปนี้

- ความดัน
- อุณหภูมิ
- กระแสไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้า

**ความดัน**

การวัดความดันจะแสดงให้รู้สภาวะการควบแน่นและการระเหยของระบบทำความเย็น และสามารถบ่งบอกการอุดตันหรือการเกิดความสกปรกของผิว (Fouling) ของ อีวาพอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์

เกจความดันที่ใช้ควรเป็นชนิดที่มีคุณภาพเหมาะสำหรับงานทำความเย็นและ-

ควร ได้รับการสอบเทียบอยู่เสมอ เกจความดันส่วนใหญ่จะมีมาตราส่วนที่แสดงอุณหภูมิ อิ่มตัวด้วย อย่างไรก็ตามมาตราส่วนเหล่านี้ไม่ค่อยเที่ยงตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่ความดันต่ำจึงไม่แนะนำให้นำมาใช้

**อุณหภูมิ**

การวัดอุณหภูมิที่เที่ยงตรงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ความแตกต่างอุณหภูมิมีค่าน้อยมากๆ ตัวอย่างเช่น ระบบที่มีเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) หลายตัว สำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 18 มม.ขึ้นไป ตำแหน่งที่ดีที่สุด สำหรับหัววัดอุณหภูมิ ควรติดตั้งในตำแหน่งที่ของเหลวในท่อไหลผ่าน และหัววัดอุณหภูมิ ควรมีชุดรับความร้อนและสารที่ช่วยให้การถ่ายเท ความร้อน ดีขึ้นในระบบที่ไม่มีหัววัดอุณหภูมิดังกล่าว ตัวตรวจวัดควรจะถูกยึดตรึงให้มั่นคง เข้ากับผิวภายนอกของท่อและหุ้มฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนกับอากาศ รอบข้าง

เทอร์โมคัปเปิลและเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานที่มีหน้าจอแสดงค่าเป็นแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการวัดในระบบทำความเย็น เทอร์โมคัปเปิล สามารถให้ความเที่ยงตรงในระดับ 0.5°C และเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทาน ที่ทำจากแพลตินัมสามารถให้ความเที่ยงตรงได้ถึง 0.1°C จอแสดงผลไม่จำเป็น จะต้องต่อเข้ากับตัวตรวจวัดอย่างถาวร แต่อาจจะเป็นอุปกรณ์พกพาโดยวิศวกร บำรุงรักษาก็ได้

**กำลังไฟฟ้า**

แอมมิเตอร์สามารถใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กได้ (กำลังไม่เกิน 5 kW) ส่วนมอเตอร์ขนาดใหญ่ควรติดตั้งมิเตอร์วัดกำลังไว้ จอแสดงผลควรจะมีส่วน แสดงให้รู้ว่ามอเตอร์ตัวไหนกำลังทำงาน เพื่อแสดงให้รู้ว่าคอมเพรสเซอร์ตัวใด กำลังทำงานในกรณีที่มีคอมเพรสเซอร์หลายตัว หรือแสดงให้รู้ว่าพัดลมตัวใด กำลังทำงาน

**ข้อมูลอื่นๆ**

ควรจะมีช่องกระจกสำหรับมอง (sightglass) ติดตั้งไว้ในท่อ สารทำความเย็น-

เหลวเพื่อใช้สำหรับตรวจดูว่ามีไอร้อนปนอยู่หรือไม่ และติดตั้ง ในท่อนำน้ำมันด้าน-กลับเพื่อแสดงให้รู้เมื่อมีน้ำมันจากถังพักคืนสู่คอมเพรสเซอร์

ถ้าเป็นไปได้ควรจะติดตั้งมาตรวัดอัตราไหลบนวงจรสารทำความเย็น ทุติยภูมิ-และทางด้านน้ำของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ

คอมเพรสเซอร์เป็นจำนวนมากสามารถใช้งานที่กำลังความจุไม่เต็มพิกัด และ-จำนวนลูกสูบที่กำลังทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ สามารถบอกได้ โดยใช้-สัญญาณส่งไปยังโซลีนอยด์วาล์วเพื่อทำการปลดการทำงานของกระบอกสูบ สำหรับ-คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งหรือแบบสกรูการแสดงสัญญาณควบคุมในรูป อะนา-ล็อกก็เป็นประโยชน์เช่นกัน

ควรจะมีเกจบอกระดับติดตั้งไว้บนอุปกรณ์ทุกชนิดที่บรรจุสารทำความเย็น เช่น ถังเก็บสารทำความเย็น อีวาพอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อรวมทั้ง-อุปกรณ์ใน ระบบสองขั้นตอน โดยบนเกจบอกระดับควรมีเครื่องหมายบอกระดับสาร-ทำ ความเย็นระดับปกติระดับต่ำสุดและระดับสูงสุดที่ยอมรับได้

### 10.2 การเฝ้าติดตามการทำงานของระบบทำความเย็น (Plant monitoring)

อุปกรณ์การตรวจวัดและควบคุมที่ติดตั้งอยู่ในระบบช่วยให้ผู้คุมเครื่อง ในโรง-งานหรือผู้รับช่วงงานนอกสถา นที่สามารถเฝ้าติดตามสมรรถนะของระบบ และตรวจ-หาข้อบกพร่องก่อนที่จะมีผลให้ประสิทธิภาพตกลง

**แบบบันทึกการทำงาน (log sheet)**

แบบบันทึกการทำงานของระบบควรจะประกอบด้วยข้อมูลแสดงการทำงานตามปกติรวมทั้งการทำงานในแต่ละวัน แบบบันทึกนี้จะช่วยในการประเมินสมรรถนะของระบบถ้า:

- ข้อมูลนั้นได้รับการวัดและบันทึกอย่างถูกต้อง
- ข้อมูลนั้นได้รับการวิเคราะห์อย่างถูกต้อง

| | | คอมเพรสเซอร์ | | | | | | | | | คอนเดนเซอร์ | | อีวาพอเรเตอร์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | อุณหภูมิด้านดูด | | อุณหภูมิส่งออก | | | ผลต่าง | ของเหลวควบแน่น | | น้ำ | | | อุณหภูมิระเหย | |
| ค่าที่แนะนำ | | ชั่วโมงทำงาน | กระแส | อิ่มตัว P1 1-5 | ค่าจริง T1 P1+3˚C ถึง P1+7˚C | อิ่มตัว P2 | ค่าจริง T2 | เวลาทำงาน % | ความดันของน้ำมัน >3 บาร์ | อิ่มตัว P3 | อุณหภูมิของเหลว T3 P2-2˚C ถึง P2-5˚C | อุณหภูมิเข้า T4 7/10˚C | อุณหภูมิออก T5 2/5˚C | อัตราไหล F1 550 1/min | เข้า P4 | ออก P5 |
| วันที่ 18.7. 2535 | เวลา 14.00 | 2326 | 92.5 | 3.0 | 6.1 | 30.0 | 57.2 | 100 | 4.2 | 30.0 | 28.0 | 8.4 | 3.6 | 547 | 0.5 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

**รูปที่ 11 ตัวอย่างแฟ้มบันทึกการทำงานของระบบทำความเย็น (log sheet)**

**หมายเหตุ** อุณหภูมิที่อ่านจากเกจวัดความดัน (p) หมายถึงอุณหภูมิอิ่มตัวจากเกจที่มีสเกลสองมาตรา

- ปัญหาที่ตรวจพบได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสมและทำการบันทึกไว้

รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างของแบบบันทึกสำหรับระบบทำความเย็นที่แสดง ในรูป-ที่ 10 ข้อมูลที่บันทึกอยู่บนแบบบันทึกสำหรับระบบใดๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะ สมบัติของ-ระบบนั้นๆ

- การติดตามและการตรวจวัดสมรรถนะการทำงาน

ข้อมูลที่บันทึกอยู่บนแบบบันทึกจะต้องเพียงพอสำหรับการประเมินสมรรถนะ-ของ ระบบได้และถ้าเป็นไปได้ควรจะทำการเปรียบเทียบกับสมรรถนะที่ออกแบบไว้ ถ้าตรวจพบว่าค่าของสมรรถนะต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้จะต้องพยายามหาสาเหตุและทำการแก้ไขให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

การคำนวณกำลังความจุ เราจำเป็นต้องรู้ข้อมูลดังต่อไปนี้

อัตราไหลของของไหลที่ถูกทำให้เย็น
ผลต่างอุณหภูมิของของไหลที่ถูกทำให้เย็น
ความจุความร้อนของของไหล

ในกรณีที่อากาศถูกทำให้เย็น การวัดอัตราไหลที่ถูกต้องอาจจะไม่สามารถ กระ-ทำได้ ดังนั้นการคำนวณดังกล่าวจึงไม่สามารถกระทำได้เช่นกัน

กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์และกำลังความจุที่ได้จากการคำนวณสามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานสำหรับคอมเพรสเซอร์นั้นที่สภาวะทำงานจริงของระบบ

สมรรถนะของคอนเดนเซอร์สามารถจะตรวจสอบได้เช่นกัน ในกรณีของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศอาจจะทำได้ยากเช่นเดียวกันกับ อีวาพอ-เรเตอร์

**การเฝ้าติดตามสมรรถนะการทำงานแบบอัตโนมัติและการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ**

ระบบทำงานด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบเฉพาะงานในขณะนี้ มีให้-เลือกใช้ได้สำหรับการเฝ้าติดตามและควบคุม ณ จุดที่ทำงานหรือควบคุมระยะไกลเพื่อ-

ให้สอดคล้องกับมาตรฐานทางด้านความปลอดภัย สวิตช์ความดันสูงของคอมเพรสเซอร์ยังคงต้องต่อสายโดยตรง ส่วนการควบคุมอื่นๆ และสวิตช์ตัวอื่นๆ สามารถต่อเข้ากับไมโครโพรเซสเซอร์ได้ การตรวจพื้นที่ทำงานโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญด้านการทำความเย็น ยังคงมีความจำเป็นเพื่อเป็นหลักประกันว่าไม่ได้มีการละเลยสิ่งบอกเหตุต่างๆ เช่น การรั่วไหลของน้ำมันและเสียงผิดปกติ เป็นต้น

ไมโครโพรเซสเซอร์สามารถจะโปรแกรมให้ทำการคำนวณด้วยก็ได้ หรืออาจจะทำการป้อนข้อมูลเข้าไปในคอมพิวเตอร์ต่างหากเพื่อการประมวลผลก็ได้ ข้อมูลของอุปกรณ์ประกอบ เช่น คอมเพรสเซอร์ อาจจะรวมไว้ในนั้นด้วยก็ได้เพื่อ การวิเคราะห์อย่างละเอียดโดยคอมพิวเตอร์

### 10.3 การหาจุดขัดข้องและการวินิจฉัย (Fault finding and diagnosis)

การเฝ้าติดตามและการวิเคราะห์ที่บรรยายข้างต้นมักจะให้การบ่งชี้ที่ดีมากของปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ วิศวกรผู้เชี่ยวชาญทางด้านการทำความเย็นที่มีความเข้าใจพื้นฐานทางด้านการทำความ เย็นเป็นอย่างดีสามารถวินิจฉัยความบกพร่องจากผลลัพธ์ดังกล่าวได้ ตารางที่ 5 แสดง ปัญหาและสาเหตุที่มักจะเกิดขึ้นรวมทั้งผลกระทบที่มีต่อระบบ อย่างไรก็ตามตารางนี้ไม่ได้มุ่งหมายให้เป็นเครื่องมือแทนวิศวกรผู้เชี่ยวชาญแต่ประการใด ตัวเลขที่อ้างอิงถึงจะเกี่ยวกับการสูญเสีย ประสิทธิภาพและกำลังความจุซึ่งเป็นค่าตัวเลขทั่วไปที่เกิดขึ้นจริงในระบบ ค่าที่ได้แต่ละที่อาจจะดีกว่านี้หรือเลวกว่านี้ก็ได้ขึ้นอยู่กับตัวระบบและความยาวนานของ ปัญหาที่เกิดขึ้น

สาเหตุของความผิดปรกติที่เกิดขึ้นจนกระทั่งสวิตช์นิรภัยตัดการทำงาน จะต้องได้รับการแก้ไขก่อนที่ทำการเดินเครื่องใหม่และอย่างปล่อยให้ทำงานโดย ไม่มีการดูแลอย่างใกล้ชิด

ระบบที่ควบคุมโดยไมโครโพรเซสเซอร์สามารถจะโปรแกรมข้อมูลให้ ทำการวินิจฉัยปัญหาโดยอัตโนมัติก็ได้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาก่อนเกิด ปัญหาร้ายแรงอันเนื่องจากขาดการระบายความร้อน ถ้าไม่สามารถหาระบบ ในลักษณะดังกล่าว-

ได้ ก็อาจจะใช้คอมพิวเตอร์แยกต่างหากเพื่อรับข้อมูลและ วินิจฉัยปัญหา วิธีนี้อาจจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าแต่ความเที่ยงตรงไม่ดีเท่า เนื่องจากไม่มีการบันทึกเหตุการณ์อย่างต่อเนื่อง

**ตารางที่ 5 ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในระบบทำความเย็น**

| ตารางที่ 5 ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในระบบทำความเย็น | | | | |
|---|---|---|---|---|
| อาการหลัก | อาการข้างเคียง | ปัญหาวิธี | วิธีแก้ไข | ผลกระทบต่อการทำงาน |
| ทำความเย็นได้ต่ำกว่ากราฟการทำงานของคอมเพรสเซอร์ | มีฟองในท่อของเหลวและการทำให้ความเย็นยิ่งของคอนเดนซอร์มีน้อยหรือไม่มีเลย | ระบบลูกลอยความดันต่ำ (LP Float) หรือระบบวาล์วเทอร์โมสแตติก (TEVX) มีสารทำความเย็นน้อยเกินไป | เติมสารทำความเย็นจนถึงระดับที่ถูกต้อง | อาจสูญเสียการทำความเย็นหรือค่า COP ได้เพียง 25% |
| | ในระบบลูกลอยความดันสูง : | วาล์วลูกลอยความดันสูงเปิดค้าง มีไอสารทำความเย็นไหลผ่าน | ตรวจหาว่าทำไมวาล์วบายพาสจึงปิด แก้ไขแล้วปิดวาล์วบายพาส | อาจสูญเสียการทำความเย็นหรือค่า COP ได้เพียง 50% |
| | ด้านออกของคอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิสูงและคอมเพรสเซินกำลังน้อย | วาล์วด้านดูดของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบชักหักหรือติดขัด | ซ่อมวาล์วและค้นหาสาเหตุที่ทำให้แตกหักหรืออุดตัน | อาจสูญเสียการทำความเย็นเป็นสัดส่วนกับจำนวนสูบที่เกิดปัญหา |
| | ด้านออกของคอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิสูง | วาล์วด้านออกของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบชักหักหรืออุดตัน | ซ่อมวาล์วและค้นหาสาเหตุที่ทำให้แตกหักหรืออุดตัน | สูญเสียการทำความเย็นและค่า COP เป็นสัดส่วนกับจำนวนสูบที่เกิดปัญหา |
| ประสิทธิผลของอีวาพอเรเตอร์ | ความดันระเหยต่ำความดันตกสูงทางด้านน้ำ/อากาศ | เกิดการสกปรกทางด้านน้ำ/อากาศ | ทำความสะอาดอีวาพอเรเตอร์ ค้นหาและกำจัดแหล่งกำเนิดความสกปรกของผิวท่อ (Fouling) | อาจสูญเสียการทำความเย็นได้ถึง 25% สูญเสียค่า COP ได้ถึง 15% |
| | ความดันระเหยต่ำความร้อนยวดยิ่งสูง | ไส้กรองด้านดูดอุดตัน | ทำความสะอาดไส้กรองค้นหาและกำจัดแหล่งกำเนิดการอุดตัน | อาจสูญเสียการทำความเย็นได้ถึง 25% สูญเสีย COP ได้ถึง 15% |
| | สูญเสียน้ำมันจากห้องข้อเหวี่ยงคอมเพรสเซอร์ | มีการสะสมของน้ำมันในอีวาพอเรเตอร์แบบแช่สารทำความเย็น | กำจัดน้ำมันส่วนเกินออกไป ติดตั้งตัวระบายน้ำที่มีประสิทธิผล | อาจสูญเสีย COP ได้ถึง 30% |

| ตารางที่ 5 ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในระบบทำความเย็น (ต่อ) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | สูญเสียน้ำมันจากห้องข้อเหวี่ยงคอมเพรสเซอร์ | ระบบนำน้ำมันกลับจากวาล์วขยายตัวทำงานไม่ดี | ออกแบบระบบท่อด้านดูดใหม่ | อาจสูญเสีย COP ได้ถึง 25% |
| | อาจจะเกิดความเย็นยิ่งสูงทางท่อของเหลวความดันสูงเกิดความร้อนยวดยิ่งสูงทางด้านดูด | เกิดการอุดตันในท่อของเหลว | ตรวจหาจุดอุดตันและแก้ไข ค้นหาสาเหตุของการอุดตันและแก้ไข | อาจสูญเสียการทำความเย็นและ COP ได้ถึง 25% |
| ประสิทธิผลของคอนเดนเซอร์ต่ำ | อุณหภูมิควบแน่นสูงของเหลวมีความเย็นยิ่งสูง | มีสารทำความเย็นมากเกินไปที่ระบบลูกลอย ความดันต่ำหรือวาล์วเทอร์โมสแตติก | ถ่ายสารทำความเย็นส่วนเกินออกจากระบบ | อาจสูญเสียการทำความเย็นได้ถึง 10% สูญเสียCOP ได้ถึง 15% |
| | อุณหภูมิควบแน่นสูงของเหลวมีความเย็นยิ่งสูง | มีอากาศหรือแก๊สที่ไม่ควบแน่นปนอยู่ในระบบ | ไล่อากาศหรือแก๊สที่ไม่ควบแน่นออกจากระบบ | อาจสูญเสียCOP ได้ 10% |
| | ความดันตกสูงทางด้านน้ำ/อากาศ | เกิดความสกปรกของผิวท่อ(Fouling)ทางด้านน้ำ/อากาศของคอนเดนเซอร์ | ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ ค้นหาและกำจัดแหล่งเกิดความสกปรกของผิวท่อ (Fouling) | อาจสูญเสียการทำความเย็นได้ถึง 10% สูญเสียCOP ได้ถึง 25% |
| ด้านดูดมีความร้อนยวดยิ่งต่ำ | ลูกลอยความดันต่ำและวาล์วเทอร์โมสแตติกด้านออกของคอมเพรสเซอร์อาจจะมีอุณหภูมิต่ำ | อุปกรณ์ขยายตัวทำงานไม่ถูกต้อง | ค้นหาจุดที่เป็นปัญหาและทำการแก้ไข | อาจสูญเสียการทำความเย็นได้ถึง 15% และคอมเพรสเซอร์เกิดความเสียหายจากของเหลวที่ปนเข้าไป |
| ด้านดูดมีความร้อนยวดยิ่งสูง | อีวาพอเรเตอร์แบบลูกลอยความดันสูงมีระดับสารทำความเย็นต่ำ | อัดสารทำความเย็นน้อยเกินไป | เติมสารทำความเย็นจนได้ระดับที่ถูกต้อง | อาจสูญเสียการทำความเย็นได้ถึง 10% สูญเสียCOP ได้ 7.5% |

## 10.4 การบันทึกของระบบ

การบันทึกการทำงานของระบบทำความเย็นที่ครบถ้วนสมบูรณ์มีความ สำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยของระบบทำความเย็น บันทึกนี้ควรประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

- แผนภูมิแสดงวงจรทำความเย็น หรือแผนภาพการไหล (Flow diagram)
- แผนภาพการเดินสายไฟ (Wiring diagram)

- ข้อมูลที่มีการปรับให้ทันสมัยอยู่เสมอ ได้แก่
  - -ข้อกำหนดจำเพาะของระบบ
  - -รายละเอียดของส่วนประกอบทุกตัว
  - -การทดสอบความดันและความดันทำงานสูงสุด
  - -การตรวจสอบอุปกรณ์นิรภัย
  - -รายละเอียดการตรวจตามระยะ
- รายละเอียดใดควรจะบันทึกศึกษาได้จาก Institute of Refrigeration Code of Practice

ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์จากการอ่านค่าและคำนวณในการทดสอบเดินเครื่อง ซึ่งเป็นหลักฐานที่ดีที่สุดของสมรรถนะการทำงานที่ถูกต้องของระบบ

### การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบ

ผู้ใช้ควรจะมีการวางผังงานที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือที่ติดตั้งใช้งาน และระบุตัวบุคคลที่สามารถปฏิบัติภารกิจดังกล่าวได้กำหนดการของเครื่องมือศึกษา ได้จากข้อปฏิบัติของ Institute of Refrigeration

## 11. การจัดซื้ออุปกรณ์ทำความเย็น

### 11.1 การระบุความต้องการของระบบ

หัวข้อนี้ครอบคลุมรายละเอียดที่ควรจะมีอยู่ในข้อกำหนดจำเพาะของระบบ ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนๆดังต่อไปนี้

- กำลังความจุในการทำความเย็น

วิธีการในการนิยามกำลังความจุในการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงไปตามการประยุกต์ใช้งาน วิศวกรที่ประยุกต์ใช้งานจำเป็นต้องรู้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์หรือ กระบวนการผลิตอย่างครบถ้วนเพื่อการคำนวณอย่างแม่นยำของวัฏจักรการทำงานที่ระบบจะต้องทำงานสนองตอบ ตัวอย่างเช่น ภาระทำความเย็นในกระบวนการผลิตอาจจะระบุในรูป :

- ปริมาณและชนิดของของเหลวที่จะทำความเย็น
- อุณหภูมิของของเหลวที่เข้าสู่อีวาพอเรเตอร์
- อุณหภูมิที่ต้องการเมื่อผ่านการทำความเย็นแล้ว

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของพารามิเตอร์เหล่านี้จะต้องกำหนดไว้ด้วยข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับการใช้งานแต่ละส่วนจะต้องหมายเหตุไว้ด้วยเพื่อ ออกแบบเผื่อไว้รองรับการเปลี่ยนแปลงของภาระที่อาจจะเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งอุณหภูมิที่จ่ายและการไหลแต่อุณหภูมิสุดท้ายของ กระบวนการจะต้องเสถียร

- ถ้าเป็นการใช้งานสำหรับเก็บอาหารจำเป็นจะต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมซึ่งระบุ:
  - ปริมาณอาหารที่จะเก็บ
  - ระยะเวลาที่ต้องการเก็บ
  - ชนิดของหีบห่อ

**สภาวะแวดล้อม**

สภาวะแวดล้อมเป็นตัวกำหนดขีดจำกัดซึ่งเป็นขอบเขตการทำงานของระบบทำความเย็น ตัวอย่างเช่น การทำงานของคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศจำเป็นต้องรู้ค่าคาดหมายของอุณหภูมิกระเปาะแห้งส่วนการทำงานของคอนเดนเซอร์ ชนิดระบายความร้อนด้วยการระเหยจำเป็นต้องรู้อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ สภาวะแวดล้อมขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งระบบทำความเย็น

**ค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินการ**

วิธีการที่ใช้ในการประเมินเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินการจะต้องถูกระบุไว้เพื่อเป็นทางเลือกในการพิจารณาระหว่างลเงินลงทุนด้วยค่าลงดับค่าใช้จ่ายดำเนินการที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถเลือกข้อเสนอที่เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาตลอดอายุการใช้ งานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานคาดการณ์ของระบบ

## 11.2 มาตรฐานและข้อปฏิบัติ

Institute of Refrigeration ได้ตีพิมพ์ข้อปฏิบัติสำหรับงานทุกประเภท ซึ่งได้ให้มาตรฐานและสิ่งตีพิมพ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การสร้าง และการบำรุงรักษาระบบทำความเย็น สิ่งที่ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษคือ BS 4434 (ดูหัวข้อที่ 13)ซึ่งกล่าวถึงความปลอดภัยของระบบทำความเย็น พึงสังเกตว่า มีข้อกำหนดความปลอดภัยเป็นการเฉพาะสำหรับระบบที่ใช้แอมโมเนียแยก ต่างหากจากระบบที่ใช้ฮาโลคาร์บอน

ระบบทำความเย็นทั้งหมดที่จัดซื้อและติดตั้งในประเทศอังกฤษจะต้องเป็นไป ตามข้อกำหนดของข้อปฏิบัติดังกล่าว ข้อกำหนดจำเพาะของระบบทำความเย็น ควรจะแสดงข้อกำหนดของระบบเพื่อเป็น หลักประกันว่ามีความสอดคล้องกับข้อปฏิบัติดังกล่าว

## 11.3 การตรวจรับ

การตรวจสอบสมรรถนะโดยสมบูรณ์ควรระบุไว้ในข้อกำหนดจำเพาะของระบบด้วย โดยจะต้องดำเนินการให้เรียบร้อยก่อนการส่งมอบให้แก่ผู้ใช้ ระบบจะต้องทำงาน ได้ตามข้อกำหนดจำเพาะ และไม่ควรจะรับมอบระบบจนกว่าการทำงานจะเป็นที่ น่าพึงพอใจ

เอกสารเกี่ยวกับการทำงานของระบบอย่างสมบูรณ์จะต้องส่งมอบให้ แก่ผู้ใช้พร้อมๆกับการส่งมอบของเพื่อช่วยให้สามารถบำรุงรักษาระบบให้มี ประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้เอกสารเหล่านี้ควรจะเก็บไว้ในที่ที่ปลอดภัย ณ สถานที่ติดตั้งระบบและสามารถให้ช่างบำรุงเครื่องดูได้ตามความต้องการ

## 11.4 รายละเอียดที่ต้องการในเอกสารเสนอประมูล

ข้อเสนอใดๆ ที่ยื่นประมูลควรจะมีข้อเสนอราคาพร้อมกับข้อเสนอทาง เทคนิคซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์และพารามิเตอร์การทำงานของระบบถ้าขาดข้อมูล เหล่านี้ย่อมเป็นการยากที่จะทำการเปรียบเทียบข้อเสนอได้

วิธีการหนึ่งที่จะให้หลักประกันว่ามีรายละเอียดที่จำเป็นอยู่ในข้อเสนออย่างครบถ้วนก็คือ การระบุสิ่งที่ต้องการในตารางซึ่งควรจะส่งกลับคืนมาพร้อมกับ ข้อเสนอ ตัวอย่างของตารางดังกล่าวแสดงอยู่ในภาคผนวกที่ 1

## 12. ประมวลคำศัพท์ที่ใช้ในงานทำความเย็นเชิงพาณิชย์

| | |
|---|---|
| Air-cooled condenser | คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ด้วยวิธีทางกลหรือโดยธรรมชาติ |
| Ambient temperature | อุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ ในที่ที่อุปกรณ์ ที่กำลังพิจารณาทำงานอยู่ |
| Atmospheric pressure | ความดันบรรยากาศเป็นแรงกดที่เกิดจาก อากาศในบรรยากาศกดทับอยู่เหนือจุดอ้างอิง |
| Balanced port valve | เป็นวาล์วขยายตัวชนิดหนึ่งซึ่งให้การทำงาน ที่เสถียรภายใต้สภาวะทำงานที่แปรผันมาก |
| Boiling point | จุดเดือดเป็นค่าอุณหภูมิที่ของเหลว จะเกิดการเดือดที่ความดันที่กำหนดให้ |
| Capacity control | การแปรเปลี่ยนปริมาณการไหลเวียนของสารทำความเย็นเพื่อปรับกำลังความจุ การทำความเย็น |
| Cascade system | ระบบทำความเย็นที่ประกอบด้วยวงจร ทำความเย็นมากกว่าหนึ่งวงจร โดยที่ กระบวนการระเหยของวงจรอุณหภูมิสูง ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้แก่ คอนเดนเซอร์ของระบบอุณหภูมิต่ำ |
| CFC Chlorofluorocarbon | เป็นสารประกอบที่สกัดมาจาก |

| | |
|---|---|
| | ไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีคลอรีนอยู่ด้วย |
| Coefficient of performance | สัมประสิทธิของสมรรถนะเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังความจุการทำความเย็นต่อกำลังป้อนเข้าให้คอมเพรสเซอร์ |
| Compression ratio | อัตราส่วนการอัด เป็นอัตราส่วนระหว่างความดันสมบูรณ์ก่อนและหลังการอัด |
| Compressor | คอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความดันแก่แก๊สด้วยวิธีทางกล |
| Condense | ควบแน่นกระบวนการที่ไอเปลี่ยนไปเป็นของเหลวพร้อมกับการคายความร้อนออกมา |
| Condenser | คอนเดนเซอร์ เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งเปลี่ยนไอไปเป็นของเหลวโดยการระบายความร้อนออกมา |
| Condensing pressure | ความดันซึ่งไอเปลี่ยนไปเป็นของเหลวที่อุณหภูมิเฉพาะค่าหนึ่ง |
| Condensing temperature | อุณหภูมิไอเปลี่ยนไปเป็นของเหลวที่ความดันค่าหนึ่ง |
| Condensing unit | ชุดควบแน่น เป็นกลุ่มของอุปกรณ์ซึ่งตามปกติประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และถังพัก ประกอบเข้าด้วยกันภายใต้โครงเดียวกัน |
| Defrost on demand | ระบบละลายน้ำแข็งอัตโนมัติซึ่งจะเริ่มทำงานเมื่อมีน้ำแข็งเกาะในระดับที่ยอมรับไม่ได้และจะหยุดเมื่อน้ำแข็งละลายหมดแล้ว |

| | |
|---|---|
| Defrost | การกำจัดน้ำแข็งออกจากพื้นผิวของอีวาพอเรเตอร์ |
| Desuperheat | การลดภาวะความร้อนยวดยิ่งให้แก่ไอร้อน |
| Discharge | ทางด้านที่ส่งของไหลออกของคอมเพรสเซอร์ |
| Discharge temperature | อุณหภูมิของของไหลที่ถูกอัดส่งออกจากคอมเพรสเซอร์ |
| Discharge pressure | ความดันของของไหลที่ถูกอัดส่งออกจากคอมเพรสเซอร์ |
| Electronic expansion valve | วาล์วลดความดันทางกล-ไฟฟ้าซึ่งถูกควบคุมโดยไมโครโพรเซสเซอร์ซึ่งมีตัวตรวจวัดติดเข้ากับอีวาพอเรเตอร์กับท่อที่อยู่ใกล้กัน |
| Evaporating temperature | อุณหภูมิซึ่งของไหลกลายเป็นไอภายในอีวาพอเรเตอร์ที่ความดันค่าหนึ่งๆ |
| Evaporating pressure | ความดันซึ่งของไหลกลายเป็นไอภายในอีวาพอเรเตอร์ที่อุณหภูมิค่าหนึ่งๆ |
| Evaporator | อีวาพอเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งของเหลวกลายเป็นไอเพื่อทำให้เกิดการทำความเย็นขึ้น |
| Externally cooled | วิธีการระบายความร้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์โดยการให้อากาศหรือน้ำไหลผ่านด้านนอกของเปลือกหุ้ม |
| Extraction rate | ปริมาณความร้อนที่ระบบทำความเย็นสามารถดึงออกไปได้ภายใต้สภาวะที่ระบุ |
| Fin block | กลุ่มของท่อซึ่งถูกขยายไปเป็นครีบเพื่อทำให้ |

| | |
|---|---|
| | เกิดเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน |
| Heat exchanger | อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลสองตัวที่แยกจากกัน |
| Heat recovery | การนำความร้อนที่ปล่อยออกจากระบบทำความเย็นเพื่อใช้ในกระบวนการให้ความร้อน |
| Hermatic compressor | คอมเพรสเซอร์ที่ต่อตรงกับมอเตอร์แล้วหุ้มปิดด้วยตัวเปลือกหุ้มซึ่งเชื่อมซีลกันอากาศรั่ว |
| High pressure switch | สวิตช์ความดันสูง เป็นสวิตช์ซึ่งทำ หน้าที่หยุดการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ |
| Hot gas bypass | ระบบซึ่งสารทำความเย็นที่ส่งออกจากคอมเพรสเซอร์บางส่วนหรือทั้งหมดถูกส่งกลับคืนไปที่ทางด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ |
| Immiscible | สภาวะซึ่งน้ำมันกับสารทำความเย็นไม่สามารถผสมเข้าด้วยกันได้ |
| Liquid refrigerant injection | การส่งสารทำความเย็นเหลวเข้าไปในไอสารทำความเย็นอุณหภูมิสูงเพื่อระบายความร้อน |
| Montreal Protocol | ข้อตกลง Montreal เพื่อเลิกผลิตสาร CFC และสารทำลายชั้นโอโซนอื่นๆ |
| Oil separator | อุปกรณ์แยกน้ำมันออกจากไอสารทำความเย็น |
| Open compressor | คอมเพรสเซอร์ซึ่งขับเคลื่อนโดยกำลังขับเคลื่อนจากภายนอก ต้องมีการซีลตัวเพลา |
| Operating conditions | สภาวะการทำงานของระบบทำความเย็นซึ่งครอบคลุมความดันระเหยและ |

| | |
|---|---|
| | ความดันควบแน่น |
| Ozone depletion potential | ศักยภาพของสารในการทำลายชั้นโอโซน |
| Performance data | อัตราการดึงความร้อนออกและกำลังป้อนเข้าให้ระบบทำความเย็น |
| Plant room | พื้นที่ที่จัดไว้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบความดันสูงของระบบทำความเย็นพร้อมด้วยแผงควบคุมทางไฟฟ้า |
| Receiver | ถังพัก เป็นภาชนะซึ่งติดตั้งอย่างถาวรในระบบทำความเย็นระหว่างคอนเดนเซอร์กับวาล์วลดความดันเพื่อเป็นที่เก็บกักสารทำความเย็นเหลว |
| Reciprocating compressor | คอมเพรสเซอร์ชนิดแทนที่โดยตรงพร้อมด้วยลูกสูบซึ่งเคลื่อนที่เชิงเส้นไปมาในทิศทางตรงกันข้ามภายในลูกสูบ |
| Refrigerant | สารทำความเย็น เป็นของไหลทำงานในระบบทำความเย็น ซึ่งจะดูดกลืนความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ (โดยการระเหย) และคายความร้อนทิ้งที่อุณหภูมิสูง(โดยการควบแน่น) |
| Refrigeration capacity | กำลังความจุของการทำความเย็นเป็นปริมาณความร้อนที่ระบบทำความเย็นสามารถจะดึงออกไปได้ภายใต้ สภาวะของเวลาและอุณหภูมิที่ระบุไว้ |
| Rotary compressor | คอมเพรสเซอร์โรตารีเป็นคอมเพรสเซอร์ซึ่งมีการหมุนของส่วนประกอบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของห้องอัด |

| | |
|---|---|
| Saturation | อิ่มตัวเป็นสภาวะที่ของเหลวและไอสามารถคงสภาพร่วมกันได้ |
| Semi-hermetic compressor | คอมเพรสเซอร์ที่ต่อตรงกับมอเตอร์แล้วหุ้มปิดด้วยตัวเปลือกหุ้มซึ่งขันด้วยสลักเกลียวซีลกันอากาศรั่ว |
| Shut-off valve | วาล์วที่ใช้ปิดเพื่อแยกอุปกรณ์ชิ้นใดชิ้นหนึ่งออกจากระบบ |
| Sight glass | ช่องกระจกสำหรับมองสารทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ ที่ช่วยให้สามารถใช้สายตาตรวจดูระดับของเหลวภายในภาชนะความดัน |
| Subcooled liquid | ของเหลวเย็นยิ่ง เป็นของเหลวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิควบแน่นที่ความดันนั้น |
| Suction return temperature | อุณหภูมิของไอสารทำความเย็นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์ |
| Suction | ส่วนความดันต่ำของคอมเพรสเซอร์ซึ่งจะดูดไอสารทำความเย็นจากระบบ |
| Suction cooled | คอมเพรสเซอร์ซึ่งใช้มอเตอร์ระบายความร้อนโดยการปล่อยให้สารทำความเย็นผ่านไปบนขดลวดมอเตอร์ |
| Superheat | ความร้อนยวดยิ่งเป็นปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับไออิ่มตัวแห้งเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมันจากอุณหภูมิอิ่มตัวไปสู่อุณหภูมิที่สูงขึ้น |
| Temperature difference | ผลต่างอุณหภูมิระหว่างสารสองตัวระหว่างพื้นผิวหรือสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการ |

| | |
|---|---|
| | ถ่ายเทความร้อน |
| Thermostat | เทอร์โมสแตต เป็นสวิตช์อัตโนมัติที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิ |
| Thermostatic expansion valve | วาล์วขยายตัวแบบเทอร์โมสแตติก เป็นวาล์วที่คุมค่าการไหลโดยอัตโนมัติของสารทำความเย็นเหลวเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์ เพื่อรักษาระดับร้อนยวดยิ่งของไอสารทำความเย็นให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดในขณะที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ |
| Water-cooled condenser | คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนโดยใช้น้ำหมุนเวียนผ่าน |

## 13. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

**British Standard**

มาตรฐานตาม British Standard ต่อไปนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความ ปลอด-ภัยของระบบทำความเย็น:

BS 4434: 1989

ข้อกำหนดจำเพาะเกี่ยวกับความปลอดภัยในการออกแบบ สร้างและติดตั้งอุปกรณ์ระบบทำความเย็น

*เอกสารของ British Standard สามารถสั่งซื้อได้จาก:*

British Standard Institution (Sales Department)

Linford Wood

Milton Keynes

MK14 6LE

**Institute of Refrigeration**

Institute of Refrigeration ได้ตีพิมพ์ข้อปฏิบัติสำหรับระบบทำความเย็นทุกประเภทระบบทำความเย็นที่ซื้อและติดตั้งใช้งานในประเทศอังกฤษควรจะ สอดคล้องกับข้อปฏิบัตินี้

*เอกสารของ Institute of Refrigeration สามารถสั่งซื้อได้จาก*

The Institute of Refrigeration

Kelvin House

76 Mill Lane

Carshalton

Surrey SM5 2JR

**ข่าวล่าสุดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ**

"Energy Management" เป็นวารสารแจกฟรี ซึ่งตีพิมพ์ในนามของ EEO ภายในวารสารประกอบด้วยข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับพัฒนาการด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานและรายละเอียดของกิจกรรมที่ส่งเสริมการนำเทคโนโลยีไปใช้งาน

*วารสาร "Energy Management" สามารถขอได้จาก:*

Maclean Hunter Limited

Maclean Hunter House

Chalk Lane

Cockfosters Road

Barnet

Hertfordshire

EN4 0BU

**สิ่งตีพิมพ์ของสำนักงานการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (EEO)**

สิ่งตีพิมพ์ของ EEO ที่เกี่ยวข้องกับการทำความเย็นและประสิทธิภาพ การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปสามารถขอได้จาก:

Energy Efficiency Enquiries Bureau

DTSU (Energy Technology Support Unit)

Harwell

Oxon

OX11 0RA

Tel No: 0235 436747  Fax No: 0235 432923

# ภาคผนวกที่ 1

## ตัวอย่างรายการรายละเอียดสำหรับแบบเสนอประมูล

*รายละเอียดข้อเสนอที่ต้องการสำหรับส่วนประกอบหลักของระบบทำความ-เย็น*

- อีวาพอเรเตอร์
- พื้นที่ผิว
- จำนวนและขนาดของท่อ
- จำนวนเที่ยว
- มิติรวม
- อัตราไหลของของไหลที่ต้องการทำให้เย็น
- อุณหภูมิออกของของไหลที่ต้องการทำให้เย็น
- ความดันตกทางด้านของไหลที่ต้องการทำให้เย็น
- อุณหภูมิระเหยตามการออกแบบ
- สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนตามการออกแบบ

*รายละเอียดเพิ่มเติม*

- แผ่นพับโฆษณาของผู้ผลิตเกี่ยวกับคอมเพรสเซอร์และท่อระบายความร้อน
- แผนภาพการไหลของสารทำความเย็นและกระบวนการผลิต
- ค่าดำเนินการทั้งปีคิดตามลักษณะภาระที่จัดให้โดยผู้ซื้อแยกเป็นค่าไฟฟ้าของเฉพาะคอมเพรสเซอร์และค่าไฟฟ้าของส่วนประกอบอื่นๆที่อ้างถึงในการ เสนอ-ราคา

***ปั๊มน้ำเย็น***

- ผู้ผลิตปั๊มและเครื่องหมาย
- ผลต่างความดันใช้งาน
- ความเร็วรอบ

- พิกัดมอเตอร์
- กำลังมอเตอร์ตามการออกแบบ

### ปั๊มน้ำคอนเดนเซอร์

- ผู้ผลิตปั๊มและเครื่องหมาย
- ผลต่างความดันใช้งาน
- ความเร็วรอบ
- พิกัดมอเตอร์
- กำลังมอเตอร์ตามการออกแบบ

### คอมเพรสเซอร์

- เครื่องหมายของผู้ผลิต
- ความดันและอุณหภูมิด้านดูดตามการออกแบบ
- ความดันและอุณหภูมิด้านออกตามการออกแบบ
- ความต้องการกำลังตามการออกแบบ
- ความต้องการกำลังที่ภาระ 75%
- ความต้องการกำลังที่ภาระ 50%
- ความต้องการกำลังที่ภาระ 25%
- คำบรรยายโดยละเอียดเกี่ยวกับขีดจำกัดการทำงาน (ผลต่าง ความดัน ความดันสมบูรณ์ และ %ภาระ)

### คอนเดนเซอร์ชนิดเปลือกและท่อ

- พื้นที่ผิว
- จำนวนและขนาดของท่อ
- จำนวนเที่ยว
- มิติรวม
- อัตราไหลของของไหลควบแน่น

- อุณหภูมิด้านเข้าของของไหลควบแน่น
- อุณหภูมิด้านออกของของไหลควบแน่น
- อุณหภูมิระเหยตามการออกแบบ
- สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนตามการออกแบบ
- ความเร็วน้ำในท่อตามการออกแบบ

***ท่อระบายความร้อน***

- เครื่องหมายของผู้ผลิต
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกตามการออกแบบ
- อัตราไหลของอากาศตามการออกแบบ
- อัตราไหลของน้ำตามการออกแบบ
- อุณหภูมิด้านเข้าของน้ำตามการออกแบบ
- อุณหภูมิด้านออกของน้ำตามการออกแบบ

***คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ***

- เครื่องหมายของผู้ผลิต
- อุณหภูมิกระเปาะแห้งตามการออกแบบ
- อัตราไหลของอากาศตามการออกแบบ
- อุณหภูมิพัดลมเปิดตามการออกแบบ
- อุณหภูมิพัดลมปิดตามการออกแบบ

## แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ซึ่งเป็น หน่วยงานหลักแห่งหนึ่งของรัฐบาลในการประชาสัมพันธ์ ส่งเสริม และกำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยเดิมคือ การพลังงานแห่งชาติ จัดตั้งขึ้นโดยมี พระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ เมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2496 และมีประกาศพระราชบัญญัติในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 70 ตอนที่ 3 เมื่อวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2496 ให้มีผลบังคับใช้พระราชบัญญัติ ตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2496 จึงอาจถือได้ว่าการพลังงานแห่งชาติ หรือ สำนักงานพลังงานแห่งชาติกำเนิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม 2496

เมื่อเริ่มก่อตั้งโดยพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2496 เรียกชื่อว่า *"การพลังงานแห่งชาติ"* สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี และมีสำนักงานชั่วคราวอยู่ที่ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อมาเมื่อปี พ.ศ.2497 ได้ย้ายสำนักงานไปอยู่ที่ศาลาลูกขุนในพระบรมมหาราชวัง และได้ย้ายมาอยู่ที่บ้านพิบูลธรรม เชิงสะพานกษัตริย์ศึก เมื่อ พ.ศ.2502 ซึ่งเป็นที่อยู่ในปัจจุบัน

วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ.2506 การพลังงานแห่งชาติได้โอนมาขึ้นอยู่กับกระทรวงพัฒนาการแห่งชาติโดยพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2506 วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2515 ย้ายมาสังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี และ เปลี่ยนชื่อเป็น "สำนักงานพลังงานแห่งชาติ"

วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2535 เปลี่ยนชื่อเป็น "กรมพัฒนาและส่งเสริม พลังงาน" สังกัดกระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ตามพระราช- บัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 109 ตอนที่ 9 ลงวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2535 และในวันที่ 4 เมษายน พ.ศ.2535 เปลี่ยนชื่อสังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงานเป็น "กระทรวงวิทยาศาสต์เทคโนโลยีและการพลังงาน เป็น "กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ

สิ่งแวดล้อม”

วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2545 เปลี่ยนชื่อเป็น “กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และ-อนุรักษ์พลังงาน” สังกัดกระทรวงพลังงาน โดยพระราชบัญญัติระเบียบ บริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2545 และพระราชบัญญัติปรับปรุง กระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 119 ตอนที่ 99ก ลงวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2545

## 1. กองฝึกอบรม และสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน
## *กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)*

อำนาจหน้าที่ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่เกี่ยวข้อง-กับการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดโดย พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์ พลังงาน พ.ศ. 2535 ครอบคลุมประเด็นต่างๆ เกี่ยวกับพลังงาน

ตัวอย่างเช่น การวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทน การสำรวจและรวบรวม ข้อมูล-เกี่ยวกับพลังงาน การค้นคว้า พัฒนาและสาธิตการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น ดังนั้น พพ. จึงประกอบด้วยหน่วยงานหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับความพยายาม ในการอนุรักษ์พลังงาน และรับผิดชอบต่อการ ปฏิบัติตามกฎหมาย ในการอนุรักษ์ พลังงานของอุตสาหกรรม ได้แก่ กองฝึกอบรมและสำนักกำกับ และอนุรักษ์พลังงาน

### *1.1. กองฝึกอบรม มีอำนาจหน้าที่*

- ดำเนินการเกี่ยวกับการฝึกอบรมและพัฒนาความรู้ด้านการจัดการ และเทคโนโลยีด้านพลังงานแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน
- ฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริม การอนุรักษ์-พลังงาน
- ปฏิบัติงานร่วมกับหรือสนับสนุนการปฏิบัติงานหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือ-ที่ได้รับมอบหมาย

ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

***กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน***

*กระทรวงพลังงาน ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120*

*โทรศัพท์ 0 2577 7035-41 โทรสาร 0 2577 7047*

*1.2. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน มีอำนาจหน้าที่*

- พัฒนาเทคโนโลยี ส่งเสริม ช่วยเหลือ และกำกับดูแลการอนุรักษ์พลังงาน และดำเนินการอื่นที่เกี่ยวข้องตาม กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- ดำเนินการเกี่ยวข้องกับการอนุญาตการผลิตและการขยายการผลิตพลังงานควบคุม รวมทั้งกำกับดูแลงานและกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรฐานด้านการ พลังงาน-ควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
- ประสานงานและวางแผนเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน
- ปฏิบัติงานร่วมกับ หรือสนับสนุนการปฏิบัติงานหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องหรือได้รับมอบหมาย

ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

***สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน***

*เลขที่ 17 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก ถ.พระราม1 แขวงรองเมือง*

*เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330*

*โทรศัพท์ 0 2223 0021-9 โทรสาร 0 2226 1416*

## 2. การประชาสัมพันธ์ข้อมูลด้านการอนุรักษ์พลังงานของพพ.

การอนุรักษ์พลังงานหมายความว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมี ประสิทธิภาพและประหยัด

จุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยมีมาตั้งแต่ปี 2516 ซึ่งขณะ-นั้นทั่วโลกเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ราคาน้ำมันมีค่าสูงขึ้นมาก ประเทศไทยเป็นหนึ่ง-ในหลายประเทศที่ประสบปัญหาด้านพลังงานเชื้อเพลิง จึงได้กำหนดมาตรการเพื่อ-

แก้ไขการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศขึ้นมา อาทิเช่น การปิดสถานีบริการ-น้ำมันเชื้อเพลิงในเวลากลางคืน ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ในทาง สาธารณะลงร้อย-ละ 50 เป็นต้น ซึ่งมาตรการเหล่านี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว จวบจนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์-พลังงานของโลกครั้งที่ 2 จึงเป็นจุดที่ก่อให้เกิด แนวความคิดที่จะต้องออกกฎหมาย-เพื่อการอนุรักษ์พลังงานใช้บังคับกัน อย่างจริงจังเช่นในหลายๆ ประเทศที่มีกฎหมาย-ลักษณะนี้ขึ้นมา

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดให้ กลุ่ม-เป้าหมาย คือโรงงาน อาคารธุรกิจต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ โดยรัฐจะให้การสนับสนุนทางเทคนิคและวิชาการทางเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งให้ความสนับสนุนทางการเงินในการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็น-การ สนับสนุนมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน พพ. จึงจัดตั้งศูนย์บริการ ลูกค้า สัมพันธ์ (One Stop Service) โดยมีแนวคิดในการดำเนินการ ดังนี้

### ศูนย์บริการลูกค้า สัมพันธ์ ( One Stop Service )

ศูนย์บริการลูกค้า สัมพันธ์ ( One Stop Service ) เป็นหน่วยงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อให้มีการแก้ไขปัญหาของโรงงานและอาคารควบคุมอย่างต่อเนื่องและเบ็ดเสร็จ โดยจะให้บริการคำปรึกษาช่วยเหลือและติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ของโรงงานและอาคารควบคุม ตลอดจนรับทราบปัญหา และช่วยแก้ไขปัญหาให้อย่างรวดเร็วและทันท่วงทีรวมทั้งยังให้บริการข้อมูลข่าวสารอื่นๆที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลการดำเนิน-การอนุรักษ์พลังงานตาม พ.ร.บ. สถานภาพการดำเนินการ อนุรักษ์พลังงานของโรง-งาน/อาคารควบคุม และสถานภาพการดำเนินงานของ ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลัง-งาน (RC) เป็นต้น นอกจากนี้ยังจะนำปัญหาต่างๆ ที่ได้รับทราบจากโรงงานและ-อาคารควบคุมมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางในการป้องกัน ปัญหาดังกล่าว เพื่อไม่-ให้เกิดซ้ำและกำหนดกิจกรรมต่างๆที่จะกระตุ้นและช่วยเหลือ โรงงานและอาคาร-

ควบคุมในการดำเนินงานตาม พ.ร.บ.

สถานที่ดำเนินการ : อาคาร 8 ชั้น 1

โทรศัพท์ : 0 2223 0021 - 9 ต่อ 1650, 1668, 1411, 1427 (ในเวลาราชการ )

Email : dedeoss@dedp.go.th

### 3 แนะนำหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานของ พ.พ.

กองฝึกอบรม ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากร ด้านการอนุรักษ์ พลังงานได้เปิดหลักสูตรอบรมต่างๆ ในช่วงแต่ละปี ตัวอย่างของหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรผู้รับผิดชอบด้าน พลังงาน หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในขบวนการผลิตของอุตสาหกรรม แต่ละประเภท หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร และหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน เป็นต้น

*ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่*

หมายเลขโทรศัพท์ 0 2577 7035-41 โทรสาร 0 2577 7047

### 4 แนะนำ WEB SITE ของ พ.พ. ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้พัฒนา WEB SITE เพื่อเป็นช่องทางให้ผู้ที่สนใจเข้าไปหาข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานที่

http : // www. dedp.go.th และ http : // www.teenet-dedp.com

ภายใน WEB SITE ผู้ที่สนใจสามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ รายชื่อโรงงาน/อาคารควบคุม รายชื่อที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับ พ.พ. ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานและรายละเอียดเกี่ยวกับการฝึกอบรม

## แบบสั่งจองเอกสารเผยแพร่

“แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน”

ผู้สนใจสั่งจองเอกสารเผยแพร่ *“แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน”* สามารถกรอกรายละเอียดตามแบบฟอร์มด้านล่าง และส่งเอกสารพร้อมแสตมป์เป็นค่าจัดส่ง 10 บาทต่อเล่ม มายัง

***ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กองฝึกอบรมตามที่อยู่ในปกหลังของเอกสาร***

หน่วยงาน........................................................................................................................
ชื่อ..................................................................................................................................
ที่อยู่...............................................................................................................................
โทรศัพท์ ....................................................... โทรสาร ..............................................................

โปรดใส่เครื่องหมาย ✔ สำหรับเอกสารที่ท่านสั่งจอง

***เอกสารเผยแพร่แนวทางการปฏิบัติงานที่ดี***

- ☐ 1. คู่มือจัดการพลังงานที่ดี (The Good energy manager’s guide)
- ☐ 2. รูปแบบของการจัดการด้านพลังงาน (Aspects of energy man gement)
- ☐ 3. กลยุทธ์ในการจัดการด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม (A strategic approach to energy and environmental management)
- ☐ 4. การจัดการโครงการด้านประสิทธิภาพให้ประสบผลสำเร็จ (Successful project management for energy efficiency)
- ☐ 5. การสอดแทรกเรื่องพลังงานเข้าไปในระบบคุณภาพทั่วทั้งองค์กร - แนวทางสำหรับผู้จัดการพลังงาน (Putting energy into Total Quality - A giude for energy managers)
- ☐ 6. การจัดการและการสร้างแรงจูงใจทีมงานเพื่อการประหยัดพลังงาน (Manging and motivating staff to save energy)
- ☐ 7. การฝึกอบรมด้านการจัดการพลังงาน (Energy manament training)
- ☐ 8. การนำความร้อนทิ้งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมมาใช้ใหม่ (Waste heat recovery in the process industries)
- ☐ 9. เทคนิคการนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้ใหม่ (Waste heat recovery from high remperature gas strams)
- ☐ 10.การปฏิบัติงานว่าด้วยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับหม้อไอน้ำในอุตสาหกรรม (Energy efficient operation of industrial boiler plant)
- ☐ 11.การบริหารงานบุคคล และการบริการด้านการพลังงาน (Managinf people, Managinf energy)

## *คู่มือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ*

- ☐ 1. คู่มือการใช้หม้อไอน้ำชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงอย่างประหยัด
  (Economic use of oil - fired boiler plant)
- ☐ 2. คู่มือการใช้หม้อไอน้ำชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงอย่างประหยัด
  (Economic use of gas - fired boiler plant)
- ☐ 3. คู่มือการใช้หม้อไอน้ำชนิดใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอย่างประหยัด
  Economic use of coal - fired boiler plant
- ☐ 4. การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม FE-TD-TRC-44004
  (Energy Audits For Industry)
- ☐ 5. การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร FE-TD-TRC-44005
  (Energy Audits For Building)
- ☐ 6. ไอน้ำ FE-TD-TRC-44006 (Steam)
- ☐ 7. การใช้พลังงานในเครื่องอัดอากาศ FE-TD-TRC-44007
  (Compressed Air And Energy Use)
- ☐ 8. การใช้ฉนวนสำหรับท่อร้อน FE-TD-TRC-44008
  (The Economic Thickness of Insulation For Hot Pipe)
- ☐ 9. การใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด FE-TD-TRC-44009
  (Economic Use Electricity in Industry)
- ☐ 10.การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น FE-TD-TRC-44010
  (The Economic Use of Refrigertion Plant)
- ☐ 11.การจัดการพลังงานและระบบแสงสว่าง FE-TD-TRC-44011
  (Enrrgy Management And Good Lighting Practices)
- ☐ 12.มาตรการลดความสูญเสีย FE-TD-TRC-44012
  (Waste Avoidance Measures)
- ☐ 13.การใช้ฉนวนในกระบวนการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ
  FE-TD-TRC-44013 (Process Plant Insulation And Fuel Efficiency)

รวมเอกสารเผยแพร่ทั้งหมดที่สั่งจอง .................. เล่ม
พร้อมแสตมป์เป็นค่าจัดส่ง จำนวน ..................... บาท

ลงชื่อ.............................................ผู้สั่งจอง
( )
วันที่.........................................................

## แบบสอบถามเกี่ยวกับเอกสารเผยแพร่

" การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น "

ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานขอความร่วมมือจากท่านผู้อ่านในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเอกสารฉบับนี้ เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้ว ขอความกรุณาส่งกลับ

*กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน*

*ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120 โทรสาร 0 2577 7047*

หน่วยงาน.......................................................................................................................

ชื่อ.................................................................................................................................

ที่อยู่...............................................................................................................................

โทรศัพท์ ...................................................... โทรสาร ..................................................

***กรุณากรอกข้อมูล***

1. ท่านคิดว่าท่านได้รับความรู้จักจากเอกสารฉบับนี้เพียงไร

| | |
|---|---|
| มากที่สุด | พอใช้ |
| มาก | ต้องปรับปรุง |

ข้อเสนอแนะ.....................................................................................................................

2. ท่านคิดว่ารูปเล่มของเอกสารฉบับนี้เป็นอย่างไร

| | |
|---|---|
| ดีมาก | พอใช้ |
| ดี | ต้องปรับปรุง |

ข้อเสนอแนะ.....................................................................................................................

3. ท่านคิดว่ารูปภาพในเอกสารฉบับนี้มีความเหมาะสมหรือไม่

| | |
|---|---|
| เหมาะสมมาก | พอใช้ |
| เหมาะสม | ต้องปรับปรุง |

ข้อเสนอแนะ.....................................................................................................................

4. ท่านคิดว่าภาษาที่ใช้ในการนำเสนอเป็นภาษาที่เข้าใจได้ง่ายหรือไม่

| | |
|---|---|
| เข้าใจได้ดีมาก | พอใช้ |
| เข้าใจดี | ต้องปรับปรุง |

ข้อเสนอแนะ.....................................................................................................................

5. รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในระดับที่สามารถที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่

ดีมาก พอใช้
ดี ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ..........................................................................................................................................

6. ความสะดวกในการรับเอกสารฉบับนี้

ดีมาก พอใช้
ดี ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ..........................................................................................................................................

7. ความรวดเร็วในการได้รับการติดต่อก่อนได้รับเอกสาร

ดีมาก พอใช้
ดี ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ..........................................................................................................................................

8. ท่านคิดว่าการจัดลำดับเนื้อหาในเอกสารฉบับนี้เป็นอย่างไร

เหมาะสมมาก พอใช้
เหมาะสม ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ..........................................................................................................................................

9. ท่านคิดว่าเอกสารในหมวดใดควรต้องปรับปรุงมากที่สุด

ปก รูปภาพ
เนื้อหา รูปเล่ม

ข้อเสนอแนะ..........................................................................................................................................

ข้อเสนอแนะที่อยากจะให้ทำเพิ่มเติมในครั้งต่อไป

.......................................................................................................................................................
.......................................................................................................................................................
.......................................................................................................................................................
.......................................................................................................................................................