สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T042455

การควบคุมการทำความเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารความเย็น

REFRIGERATION CONTROL BY VAPOR BY-PASS

นางสาว กันยา อินทรพานิชย์
นาย สมบูรณ์ เสาวลักษณ์สิริโสภา
นาย อัคเรศ โรจน์ทิพย์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42455
วัน, เดือน, ปี 23 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการทำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารความเย็น

REFRIGERATION CONTROL BY VAPOR BY-PASS

ผู้จัดทำ

1. นางสาว กันยา อินทรพานิชย์ รหัสประจำตัว 40010033
2. นาย สมบูรณ์ เสาวลักษณ์สิริโสภา รหัสประจำตัว 40010813
3. นาย อัคเรศ โรจน์ทิพย์ รหัสประจำตัว 40010980



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการทำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารความเย็น

นางสาว กันยา อินทรพานิชย์
นาย สมบูรณ์ เสาวลักษณ์สิริโสภา
นาย อัคเรศ โรจน์ทิพย์
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เครื่องทำความเย็นเป็นสิ่งที่เอื้อประโยชน์ต่องานทางด้านวิศวกรรม,เกษตรกรรม และอื่นๆ การใช้งานอย่างถูกต้องเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ประหยัดพลังงาน แต่องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เครื่องทำงานอย่างมีสมรรถนะที่สูงสุดคือตัวของระบบทำความเย็นเองการควบคุมอุณหภูมิของการทำความเย็นมีหลายวิธีการระบายไอร้อน เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิผลต่อการลดพลังงานที่ต้องให้กับคอมเพรสเซอร์ของระบบทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิให้มีช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อย และมีการหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ดี ทำให้ยืดอายุการใช้งานได้นานขึ้น การทดลองในครั้งนี้จะทำการทดลองเทียบกับระบบที่ใช้เทอร์โมสตัทและการใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Refrigeration Control by Vapor By-pass

Kanya Intharapanich
Somboon Saowalaksirisopa
Agkared Rojtip
Assist. Prof. Tawatchai Nakpipat Advisor

ABSTRACT

Refrigerator is the equipment that is useful for engineering , agricultural and etc. Proper operation is one way to save energy. However the most important factor , that helps the machine work at its maximum performance, which is the system itself. There are several ways tocontrol temperature of refrigerating system. By-pass is an effective way to reduce compressor load , the technique to stabilize temperature and reduce compressor load , the technique to stabilize temperature fluctuation and also maintain the compressor lubrication system. Therefore duration of the system will be better. This experiment is to compare the performance of the system using thermostat with the one using inverter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาและเอาใจใส่ดูแลเสมอมา ปริญญานิพนธ์นิพนธ์ฉบับนี้จึงสามารถดำเนินการและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล รุ่นพี่ปริญญาโทผู้ร่วมทำปริญญานิพนธ์ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่มิอาจลืมได้ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ผู้ซึ่งอบรมเลี้ยงดู ให้โอกาสในการศึกษา และเป็นกำลังใจให้สามารถฟันฝ่าอุปสรรค จนกระทั่งมีวันนี้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

สมบูรณ์ เสาวลักษณ์สิริโสภา
อัคเรศ โรจน์ทิพย์
กันยา อินทรพานิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 วิธีในการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 ทฤษฎีการทำความเย็น	4
2.2 ประเภทของการทำความเย็น	4
2.3 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	5
2.4 วงจรของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	5
2.5 คอนเดนซิ่งยูนิต	7
2.6 โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม	7
2.7 รายละเอียดของโครงสร้าง P-h ไดอะแกรม	8
2.8 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	10
2.9 การแบ่งการทำงานของระบบทำความเย็น	11
2.10 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น	11
2.11 สมการที่ใช้ในการคำนวณ	12
2.12 ทฤษฎีบายพาส	13
2.13 การควบคุมความเย็นในระบบปัจจุบัน	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้และวิธีการทดลอง 15
3.1 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 15
3.2 ชุดอุปกรณ์บริการ 23
3.3 การบริการระบบ 25
3.4 วิธีการทดลอง 40
บทที่ 4 ผลการทดลอง 44
4.1 ระบบปกติใช้มือปรับ 44
4.2 ระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 47
4.3 ระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 50
4.4 ระบบที่ใช้การบายพาส 53
4.5 แนวโน้มที่ได้จากการทดลอง 56
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 57
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 57
5.2 สรุปผลการทดลอง 61
5.3 ข้อเสนอแนะ 62
บรรณานุกรม 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 4-1 ตารางผลการทดลองระบบปกติที่ใช้มือปรับ 44
ตารางที่ 4-2 ตารางผลการคำนวณระบบปกติที่ใช้มือปรับ 44
ตารางที่ 4-3 ตารางผลการทดลองระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 47
ตารางที่ 4-4 ตารางผลการคำนวณระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 47
ตารางที่ 4-5 ตารางผลการทดลองระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 50
ตารางที่ 4-6 ตารางผลการคำนวณระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 50
ตารางที่ 4-7 ตารางผลการทดลองระบบที่ใช้การบายพาส 53
ตารางที่ 4-8 ตารางผลการคำนวณระบบที่ใช้การบายพาส 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็น 5
รูปที่ 2-2 โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม 7
รูปที่ 2-3 โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรมแสดงเส้นความดันคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ เส้นเอนทาลปี้ 8
รูปที่ 2-4 แผนภูมิ P-h ไดอะแกรมของน้ำยา R-12 9
รูปที่ 2-5 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น 10
รูปที่ 2-6 P-h ไดอะแกรม 11
รูปที่ 2-7 สภาพวงรอบทางทฤษฎีและวงรอบแท้จริง 12
รูปที่ 2-8 P-h ไดอะแกรมของทฤษฎีบายพาส 13
รูปที่ 3-1 ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ชุดทดลอง 15
รูปที่ 3-2 บอร์ดติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์ 15
รูปที่ 3-3 อีวาพอเรเตอร์แบบใช้ของเหลวพาความเย็น 16
รูปที่ 3-4 คอนเดนเซอร์แบบใช้น้ำหล่อเย็น 16
รูปที่ 3-5 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ 17
รูปที่ 3-6 วาล์วควบคุมการไหลของสารความเย็น 17
รูปที่ 3-7 แผนภาพการทำงานของวาล์วขยายอัตโนมัติเทอร์โมสแตติก 18
รูปที่ 3-8 กระจกมองน้ำยา 18
รูปที่ 3-9 มาตรวัดอัตราการไหลสารความเย็น 18
รูปที่ 3-10 ถังพักสารความเย็น 19
รูปที่ 3-11 ตัวดูดความชื้น 19
รูปที่ 3-12 วาล์วปรับมือ 20
รูปที่ 3-13 เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล 20
รูปที่ 3-14 เกจวัดความดัน 20
รูปที่ 3-15 มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำ 21
รูปที่ 3-16 สวิตช์หรี่กระแสไฟ 21
รูปที่ 3-17 แอมป์มิเตอร์ 21
รูปที่ 3-18 วัตต์มิเตอร์ 22
รูปที่ 3-19 คัตเตอร์ตัดท่อ 23
รูปที่ 3-20 รีมเมอร์ 23
รูปที่ 3-21 เครื่องมือบานแฟลร์ท่อ 23
รูปที่ 3-22 เหล็กขยายท่อ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-23 เครื่องมือดัดท่อ 24
รูปที่ 3-24 ชุดเกจแมนิโฟลด์ 24
รูปที่ 3-25 ตะเกียงตรวจรั่ว 25
รูปที่ 3-26 เครื่องมือตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ 25
รูปที่ 3-27 ลักษณะการตัดท่อ 26
รูปที่ 3-28 เลื่อยตัดท่อ 26
รูปที่ 3-29 การลบมุมท่อภายในและภายนอก 26
รูปที่ 3-30 สปริงดัดท่อ 27
รูปที่ 3-31 การใช้เครื่องมือดัดท่อ 27
รูปที่ 3-32 การบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว 27
รูปที่ 3-33 ขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว 28
รูปที่ 3-34 ขั้นตอนการบานท่อ 29
รูปที่ 3-35 รูปตัดของการต่อท่อ โดยใช้แฟลร์นัตและข้อต่อ 29
รูปที่ 3-36 รูปตัดของการต่อท่อ โดยการเชื่อม 29
รูปที่ 3-37 ตัวอย่างข้อต่อ 30
รูปที่ 3-38 ขั้นตอนการปฏิบัติการเชื่อมท่อ 30
รูปที่ 3-39 การต่อใช้เกจแมนิโฟลด์ 31
รูปที่ 3-40 รูปวาล์ว A และวาล์ว B ในตำแหน่งปิด 31
รูปที่ 3-41 รูปวาล์ว A อยู่ในตำแหน่งเปิด วาล์ว B ในตำแหน่งปิด 32
รูปที่ 3-42 รูปวาล์ว A อยู่ในตำแหน่งปิด วาล์ว B ในตำแหน่งเปิด 32
รูปที่ 3-43 รูปวาล์ว A และวาล์ว B ในตำแหน่งเปิด 32
รูปที่ 3-44 การตรวจรั่วโดยใช้ฟองสบู่ 34
รูปที่ 3-45 ตะเกียงตรวจรั่ว 34
รูปที่ 3-46 อุปกรณ์ตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ 34
รูปที่ 3-47 อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายใต้ความดันสุญญากาศ 35
รูปที่ 3-48 ปั๊มสุญญากาศ 35
รูปที่ 3-49 การทำสุญญากาศระบบ 36
รูปที่ 3-50 การชาร์จน้ำยาในสถานะไอเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ 37
รูปที่ 3-51 การชาร์จน้ำยาเข้าระบบในการทดลอง 38
รูปที่ 3-52 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยวิธีสุญญากาศ 39
รูปที่ 3-53 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยวิธีใช้เครื่องอัด 40
รูปที่ 3-54 วาล์วปรับมือที่ใช้ในการทดลอง 40
รูปที่ 3-55 ทิศทางแสดงการไหลของสารความเย็นในระบบปกติใช้มือปรับ 40
รูปที่ 3-56 ทิศทางแสดงการไหลของสารความเย็นในระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-57 ทิศทางแสดงการไหลของสารความเย็นในระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 42
รูปที่ 3-58 ทิศทางแสดงการไหลของสารความเย็นในระบบที่ใช้การบายพาส 43
รูปที่ 4-1 กราฟค่าเอนทาลปี้ระบบปกติใช้มือปรับ 45
รูปที่ 4-2 กราฟค่าเอนทาลปี้ระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 48
รูปที่ 4-3 กราฟค่าเอนทาลปี้ระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 51
รูปที่ 4-4 กราฟค่าเอนทาลปี้ระบบที่ใช้การบายพาส 54
กราฟที่ 4-1 แสดงผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบปกติที่ใช้มือปรับ 46
กราฟที่ 4-2 แสดงผลค่า ER และค่า R.E./m ของระบบปกติที่ใช้มือปรับ 46
กราฟที่ 4-3 แสดงผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 49
กราฟที่ 4-4 แสดงผลค่า ER และค่า R.E/m. ของระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว 49
กราฟที่ 4-5 แสดงผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 52
กราฟที่ 4-6 แสดงผลค่า ER และค่า R.E./m ของระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ 52
กราฟที่ 4-7 แสดงผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบที่ใช้การบายพาส 55
กราฟที่ 4-8 แสดงผลค่า ER และค่า R.E./m ของระบบที่ใช้การบายพาส 55
กราฟที่ 5-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง C.O.P – Power 57
กราฟที่ 5-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ER – Power 58
กราฟที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง R.E – Power 59
กราฟที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง R.E./m – Power 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากในปัจจุบันนี้การทำความเย็นได้เข้าไปมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการนำระบบการทำความเย็นมาอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันตลอดจนนำไปใช้ในการเก็บรักษาอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค และยังได้นำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งจากอดีตถึงปัจุบันได้มีการศึกษา ค้นคว้าและพัฒนาระบบการทำความเย็นให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

ระบบของการทำความเย็นที่ใช้อยู่ในอดีตจนถึงปัจุบันที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย จะเป็นแบบมีการตัดและต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะตัดเมื่อถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ให้แก่เครื่องทำความเย็น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีการต่อให้คอมเพรสเซอร์ทำงานอีกครั้ง ซึ่งในการใช้งานในระบบทำความเย็นขนาดเล็กๆ จะไม่แสดงถึงข้อเสียมากนัก แต่ในระบบทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่ไม่ว่าจะเป็นอาคารสำนักงาน บริษัท โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้จำนวนตันของการทำความเย็นมากๆ จะได้รับข้อเสียโดยตรงก็คือการตัดต่อการทำงานแต่ละครั้งจะแสดงถึงอัตราภารกินกำลังงานไฟฟ้าที่สูงมาก เนื่องจากภารเกิดกระแสกระชากของการสตาร์ทคอมเพรสเซอร์แต่ละครั้ง อีกทั้งยังเป็นผลให้เกิดการสึกหรอต่อสมรรถนะการทำงานและอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์เอง

ต่อมาในยุคปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและนำอินเวอเตอร์มาใช้ในระบบการทำความเย็น โดยการใช้อินเวอเตอร์สามารถทำให้ระบบสามารถประหยัดกำลังงานที่ใช้ได้มากขึ้น การใช้อินเวอเตอร์นี้จะใช้โดยการนำไปปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ ในขณะที่อุณหภูมิที่ตั้งไว้ให้แก่เครื่องทำความเย็นถึงจุดที่ต้องการ หรือในขณะที่เครื่องมีภาระของระบบลดลง คอมเพรสเซอร์ก็จะหมุนด้วยความเร็วรอบที่ต่ำลง ซึ่งจะไม่มีการตัดต่อ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการประหยัดกำลังงานไฟฟ้าแต่เนื่องจากราคาของอินเวอเตอร์มีราคาสูง จึงเป็นข้อจำกัดที่จะนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และอีกทั้งยังมีปัญหาด้านการหล่อลื่นในตัวคอมเพรสเซอร์เอง ในขณะที่ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำๆ

โครงงานในการวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำเทคนิคของการทำความเย็นอีกวิธีหนึ่งมาทำการวิจัย ซึ่งก็คือการบายพาสสารความเย็น ซึ่งใช้ความรู้พื้นฐานทางด้านการทำความเย็นและวิธีทางวิศวกรรมเป็นแนวทางที่ใช้ในการวิจัย เพื่อหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็น รวมทั้งการประหยัดอัตราการใช้กำลังงานของระบบการทำความเย็น แต่เนื่องจากการทำงานวิจัยในครั้งนี้ยังคงขาดแคลนทุนทรัพย์ที่จะนำมาใช้อย่างเพียงพอ จึงเป็นผลให้ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ออกมาสมบูรณ์ที่สุด และการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นถึงของการบายพาส ซึ่งความเป็นไปได้ในการใช้งานต้องมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบทำความเย็น แนวโน้มการเปลี่ยนต่างๆที่เกิดขึ้นภายในระบบ เมื่อระบบเกิดการปรับสภาพซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากภาระที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของระบบ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบต่างๆ และศึกษาถึงสมรรถนะของแต่ละระบบและนำมาเปรียบเทียบว่าควรนำไปใช้งานในกรณีใดบ้าง เพื่อให้ได้การใช้งานที่เหมาะสม

1.2.3 เพื่อศึกษาและวิจัยถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็น ตลอดจนการประหยัดพลังงานของระบบและการเพิ่มอายุการใช้งานของระบบทำความเย็น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการทำความเย็น ซึ่งงานวิจัยนี้จะดำเนินการสร้างระบบทำความเย็นขึ้นแล้วนำระบบที่สร้างขึ้นนี้มาทำการทดลองหาประสิทธิภาพและสมรรถะของการทำความเย็นรวมถึงอัตราการกินพลังงานของแต่ละระบบ

ระบบที่สร้างขึ้นนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการทำความเย็นทั้งหมด แต่จะมีการติดตั้งวาล์วบายพาสเพิ่มเข้าไปในระบบ และได้มีการนำอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์หรืออินเวอเตอร์มาใช้ในการทดลองด้วย เพื่อที่จะนำระบบที่มีการบายพาสไปเปรียบเทียบกับระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์วเป็นตัวควบคุมปริมาณสารความเย็นในระบบ และใช้เทอร์โมสตัทเป็นตัวตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ รวมถึงระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์

งานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงงานวิจัยเบื้องต้นว่า เมื่อทำการบายพาสสารความเย็นแล้วสามารถลดกำลังงานที่ใช้และเพิ่มประสิทธิภาพในระบบว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ ดังนั้นการปรับวาล์วบายพาสจะทำการทดลองโดยการปรับด้วยมือ เมื่อได้ผลที่น่าพอใจแล้วก็จะมีการพัฒนาต่อๆไปเพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกใช้ในอุตสาหกรรม

1.4 วิธีในการดำเนินงานวิจัย

วิธีและขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้หลักๆเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งในขั้นแรกนี้จะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการทำความเย็นแบบปกติเสียก่อนว่าเป็นระบบมีการทำงานอย่างไร ต่อมาก็ได้ศึกษาถึง P-h ไดอะแกรมที่ใช้ในระบบการทำความเย็น ตลอดจนวิธีการคำนวณค่าต่างๆของระบบ หลังจากนั้นก็จะศึกษาถึงทฤษฎีการบายพาส และเปรียบเทียบทฤษฎีการบายพาสกับทฤษฎีระบบทำความเย็นแบบปกติโดยใช้ P-h ไดอะแกรม ต่อมาจะทำการศึกษาถึงการควบคุมคอมเพรสเซอร์ของระบบทำความเย็นในปัจจุบัน และคุณสมบัติของสารความเย็นที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งก็คือฟรีออน 12 ซึ่งเนื้อหาส่วนนี้จะมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 2

หลังจากที่ได้ศึกษาทางทฤษฎีแล้วก็จะเริ่มทำการหาอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการนำมาสร้างเป็นชุดทดลอง เมื่อสร้างชุดทดลองระบบทำความเย็นเสร็จแล้ว ก็ต้องมีการตรวจรั่วระบบโดยการอัดสารความเย็นเข้าระบบแล้วหาจุดที่รั่ว ถ้ามีจุดรั่วก็ต้องทำการติดตั้งส่วนนั้นใหม่ ถ้าไม่มีก็จะทำการสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเพื่อดูดอากาศและความชื้นออกจากระบบ หลังจากนั้นก็จะทำการชาร์จน้ำยาเข้าสู่ระบบและทำการเดินระบบเพื่อทำการทดสอบ รายละเอียดทั้งหมดนี้รวมถึงวิธีการทดลองจะอยู่ในบทที่ 3

เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วก็นำผลที่ได้มาคำนวณ โดยส่วนนี้จะอยู่ในบทที่ 4 ซึ่งจะประกอบด้วยการคำนวณโดยค่าที่ได้หามาจาก P-h ไดอะแกรม และนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาเขียนกราฟเพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของแต่ละระบบ

ส่วนสุดท้ายจะอยู่ในบทที่ 5 ซึ่งจะนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้ ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ รวมทั้งการปรับปรุง แก้ไข เพิ่มเติมอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อให้ได้ผลงานวิจัยที่ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการทำความเย็น

2.1.1 การทำความเย็น (Refrigeration)

โดยทั่วไปสามารถนิยามการทำความเย็นอย่างสั้นๆว่าเป็นการเอาความร้อนออก แต่ที่จริงแล้วการทำความเย็นเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงวิธีในการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่าง หรือของเทหวัตถุให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

2.1.2 ความร้อนที่คิดเป็นภาระ (The Heat Load)

คือ อัตราหรือจำนวนความร้อนที่ออกจากบริเวณเนื้อที่ที่ต้องทำความเย็น หรือความร้อนจากเทหวัตถุ เพื่อทำให้มีอุณหภูมิที่ต้องการและสามารถรักษาสภาวะของอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ความร้อนที่คิดเป็นภาระในการทำความเย็นจะเป็นผลรวมจากความร้อนแหล่งต่างๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึม ความร้อนจากร่างกายคน ความร้อนจากผลิตภัณฑ์ ความร้อนจากมอเตอร์ หลอดไฟฟ้า หรือจากอุปกรณ์ต่างๆซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องนำมาคิดในการกำหนดขนาดของอุปกรณ์การทำความเย็นทั้งสิ้น

2.1.3 สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid Refrigerant)

ขณะที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ มันสามารถดูดความร้อนแฝงไว้ได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งได้นำมาใช้เป็นหลักการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นในปัจจุบัน การกลายเป็นไอของของเหลวในลักษณะเป็นตัวทำความเย็นจะมีข้อดีกว่าการหลอมละลายของของแข็ง และการกลายเป็นไอสามารถควบคุมได้ง่ายกว่า ผลของความเย็นที่ได้จากกลายเป็นไอของสารความเย็นสามารถที่จะเริ่มต้นหรือหยุดขณะใดขณะหนึ่งก็ได้ สามารถที่จะกำหนดความเย็นล่วงหน้าได้ และอุณหภูมิการกลายเป็นไอของของเหลวสามารถควบคุมได้โดยการปรับความดัน และของเหลวที่กลายเป็นไอแล้วสามารถเก็บรวบรวมไว้และพร้อมที่จะทำให้เป็นของเหลวนำกลับมาใช้ได้อีก ในปัจจุบันของเหลวที่นิยมนำมาเป็นสารความเย็นที่แพร่หลาย ก็คือ Fluorinated hydrocarbon of methane series ใช้ชื่อทางเคมีว่า Dichlorodifluoromethane (CCL_2F_2) ใช้ชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน โดยมีชื่อทางเคมีทั่วไปว่า Refrigerant – 12 (R –12) หรือ ฟรีออน – 12

2.2 ประเภทของระบบการทำความเย็น

ในการทำให้อุณหภูมิลดลงจากปกติ(Ambient Air Temperature)]ลงมาถึงอุณหภูมิที่ต้องการนั้น สามารถใช้ระบบทำความเย็นได้หลายแบบ ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นแบบทางกลและไม่ใช่ทางกล ดังนี้

2.2.1 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)

2.2.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดละลาย (Absorption Refrigeration System)

2.2.3 ระบบทำความเย็นด้วยอากาศ(ระบบปิด) (Air Refrigeration System Closed)

2.2.4 ระบบทำความเย็นแบบใช้หัวฉีด-ไอน้ำ (Steam Jet Refrigeration System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเลคทริค (Thermoeletric Refrigeration System)

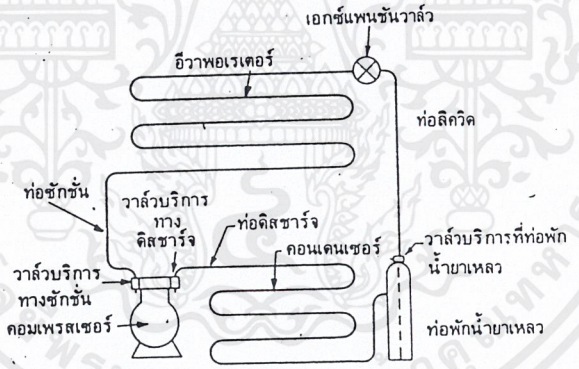
2.2.6 ระบบแม่เหล็กที่ใช้ในการทำอุณหภูมิต่ำ (Magnetic System of Producing Low Temperature)

ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบทำความเย็นชนิดอัดไอเท่านั้น

2.3 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)

ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอได้ออกแบบ และสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โม-ไดนามิกส์ ดังนี้

1. ของไหลดูดความร้อนในขณะที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ และยอมให้ความร้อนขณะเปลี่ยนแปลงจากสถานะไอเป็นของเหลว
2. ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะอุณหภูมิจะคงที่ แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงกับความดัน ที่ความดันคงที่จุดหนึ่ง การกลายเป็นไอจะเกิดขึ้น ณ จุดที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น
3. ความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิต่ำ
4. การเลือกโลหะที่ใช้ทำเครื่องควบแน่นจะต้องเป็นโลหะที่มีการนำความร้อนสูง
5. พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก โดยกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์



รูปที่ 2-1 อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็น

2.4 วงจรของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ

ในวัฏจักรการทำความเย็นจะประกอบด้วยการระเหย การหลอมตัว และการหมุนเวียนของสารความเย็นในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอเกิดเมื่อมีวามดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ การหลอมตัวจากไอเป็นของเหลวเกิดเมื่อมีความดันสูงและอุณหภูมิสูง ซึ่งวงจรของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญและมีหน้าที่ดังนี้

1. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยสถานะเป็นไอจะดูดปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นไอ โดยดูดไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ และอัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง จนถึงจุดที่ไอพร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา
3. คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นไอควบแน่นเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยา กล่าวคือน้ำยาในสถานะไอ อุณหภูมิและความดันสูงซึ่งถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายความร้อนแฝงออกจะควบแน่นเป็นของเหลว แต่จะมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่
4. ถังเก็บน้ำยาเหลว (Receiver Tank) น้ำยาเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งมาเก็บที่นี่ก่อนถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชั่นวาล์วอีกหนึ่ง
5. วาล์วควบคุมการไหลของสารความเย็น (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆในอีวาพอเรเตอร์
6. ท่อดูด (Suction Line) ท่อทางเดินน้ำยาในสถานะไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ไปยังทางดูดของคอมเพรสเซอร์
7. ท่อส่ง (Discharge Line) ท่อทางเดินน้ำยาในสถานะไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจากทางจ่ายของคอมเพรสเซอร์ไปยังคอนเดนเซอร์
8. ท่อของเหลว (Liquid Line) ท่อทางเดินน้ำยาที่ต่อระหว่างถังพักน้ำยาเหลวกับเอกซ์แพนชั่นวาล์ว น้ำยาเหลวที่อุณหภูมิและความดันสูงจากถังพักน้ำยาจะถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชั่นวาล์วผ่านท่อนี้

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ซึ่งอาจมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งในระบบทำความเย็นบางระบบ แต่อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับอีกระบบหนึ่งซึ่งมีดังต่อไปนี้

9. ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Drier) เป็นอุปกรณ์ที่จะให้น้ำยาทำความเย็นผ่านได้ แต่จะป้องกันสารดูดความชื้น ฝุ่นผง หรือสิ่งสกปรกอื่นๆที่ติดมากับน้ำยาทำความเย็นในระบบไม่ให้ผ่านไปได้ดรายเออร์หรือสารดูดรับความชื้นที่ใช้กันทั่วไปมีซิลิกาเจล (Silica Gel) แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulphate) อะลูมินาเจล (Alumina Gel) เป็นต้นซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น ตะกอน กรด ออกจากน้ำยาที่ไหลเวียนในระบบ ฟิลเตอร์ดรายเออร์จะติดตั้งอยู่ที่ท่อลิควิดใกล้กับทางเข้าของเอกซ์แพนชั่นวาล์ว และตำแหน่งที่ติดตั้งต้องอยู่ในบริเวณที่เย็นไม่ถูกปะทะด้วยลมร้อน เพราะสารดูดความชื้นจะดูดรับความชื้นได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถ้าอยู่ในที่ร้อนเปอร์เซนต์การดูดรับความชื้นจะลดลง ทำให้ความชื้นในระบบที่ดูดรับไว้ถูกคายออกมาบางส่วนและจะไปอุดตันที่เอกซ์แพนชั่นวาล์ว
10. กระจกมองน้ำยา (Sight Glasses) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อใช้สำหรับมองดูน้ำยาภายในระบบเครื่องทำความเย็นว่ามีเพียงพอหรือไม่ ซึ่งปกติแล้วจะติดในช่วงท่อของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ มีหน้าที่คอยป้องกันไม่ให้มีน้ำยาเหลวจากอีวาพอเรเตอร์ดูดกลับเข้าคอมเพรสเซอร์โดยตรง

2.5 คอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit)

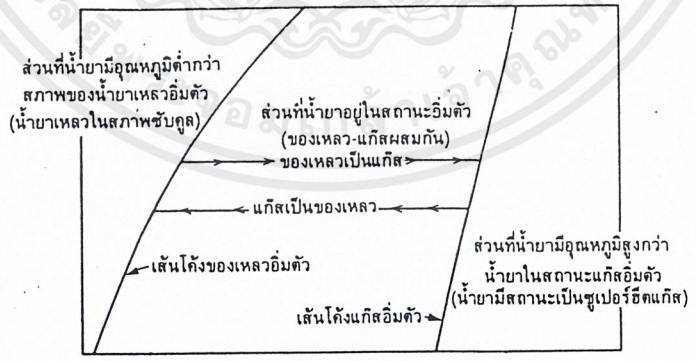
หมายถึง ส่วนของระบบซึ่งทำหน้าที่ทำให้น้ำยาภายในระบบกลั่นตัวเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นน้ำยาเหลวซึ่งประกอบไปด้วยคอมเพรสเซอร์ ท่อส่ง คอนเดนเซอร์ และท่อพักน้ำยา โดยปกติแล้วคอนเดนซิ่งยูนิตแบ่งออกได้เป็น 2 แบบตามลักษณะการระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์คือ

1. คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled Condensing Unit)
2. คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water- cooled Condensing Unit)

2.6 โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม

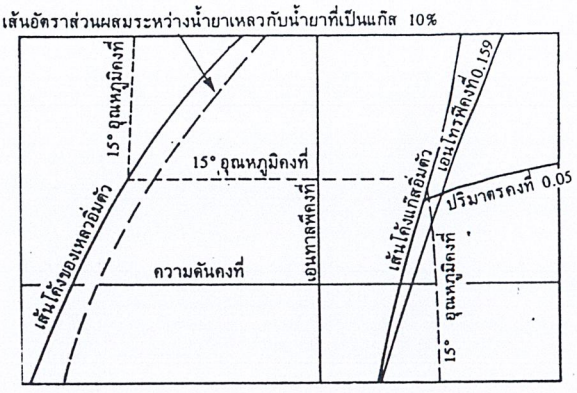
โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม ได้แสดงดังรูปที่ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่น้ำยามีสภาพอิ่มตัวซึ่งอยู่ตรงกลาง ส่วนนี้น้ำยาที่มีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหยหรือเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ในทางกลับกันน้ำยาที่มีสถานะเป็นไอพร้อมที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลว
2. ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพของน้ำยาเหลวอิ่มตัวซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายมือ น้ำยามีสถานะเป็นของเหลวอัดตัว (Subcooled)
3. ส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพของน้ำยาในสถานะไออิ่มตัว ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของน้ำยา ซึ่งมีสถานะเป็นไอดง (Superheated)



รูปที่ 2-2 โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

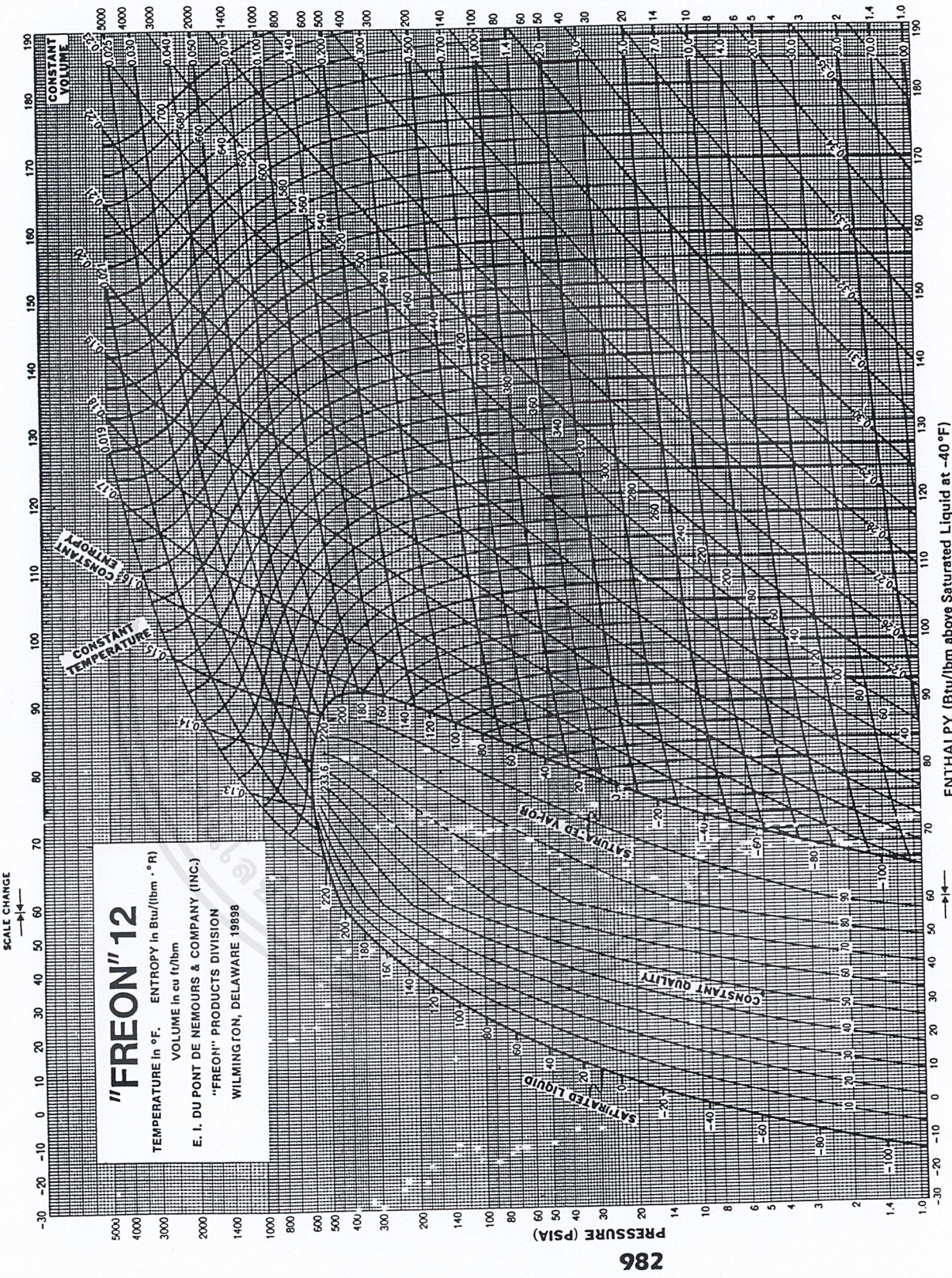


รูปที่ 2-3 โครงสร้าง P-h ไดอะแกรมแสดงเส้นความดันคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ เส้นเอนทาลปี

2.7 รายละเอียดของโครงสร้าง P-h ไดอะแกรม

1. เส้นความดันสมบูรณ์มีหน่วยเป็น psia เป็นเส้นที่อยู่ในแนวนอนตลอด
2. เส้นอัตราส่วนระหว่างน้ำยาเหลวกับน้ำยาที่เป็นไอ มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์เป็นเส้นโค้งในแนวตั้ง ซึ่งอยู่ในส่วนกลาง 11 เส้น แต่ละเส้นจะบอกถึงจำนวนเปอร์เซนต์ของน้ำยาอิ่มตัวที่มีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหย หรือเดือดเป็นไอ ในทางกลับกันไอที่จะกลั่นตัว เป็นของเหลวเส้นซ้ายมือสุดเป็นเส้นของเหลวอิ่มตัว ส่วนเส้นที่อยู่ขวามือสุดเป็นเส้นไออิ่มตัว
3. เส้นอุณหภูมิมีหน่วยเป็น ฟาเรนไฮต์ เป็นเส้นประ เส้นอุณหภูมินี้จะอยู่ในแนวนอนเฉพาะที่น้ำยามีสภาพอิ่มตัวเท่านั้นจะสูงขึ้น เมื่อน้ำยามีสภาพเป็นของเหลวอิ่มตัว หรือมีอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว และจะต่ำลงเมื่อน้ำยามีสภาพเป็นไอดง หรือมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว
4. เส้นเอนทาลปีคงที่ (Constant Enthalpy) มีหน่วยเป็น Btu/lb เป็นเส้นที่อยู่ในแนวตั้ง
5. เส้นปริมาตรจำเพาะ (Constant Volume) มีหน่วยเป็น lb/ft^3 เป็นเส้นโค้งในแนวนอน ซึ่งอยู่ในส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำยาที่มีสภาพเป็นไออิ่มตัว
6. เส้นเอนโทรปีคงที่ (Constant Entropy) มีหน่วยเป็น Btu/lb-R เป็นเส้นทแยงมุมในแนวดิ่งแยกขึ้นจากเส้นไออิ่มตัว ซึ่งอยู่ในส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไออิ่มตัว เส้นนี้แสดงการอัดตัวของน้ำยาที่มีสภาพเป็นไอให้มีความดันสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยไม่มีการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทาน

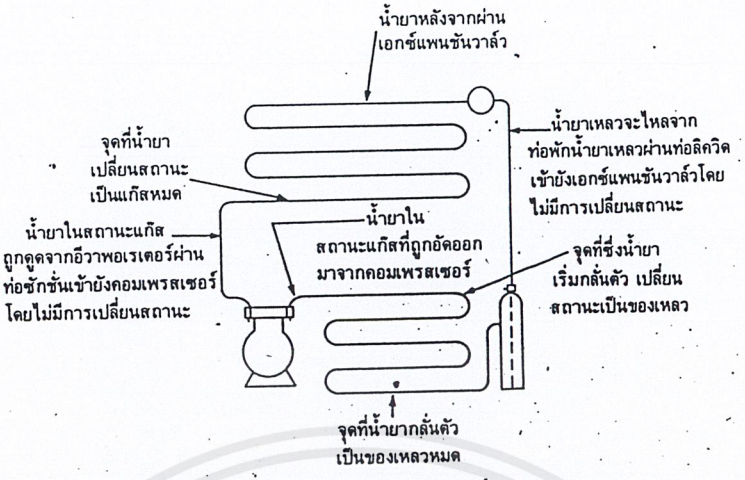
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 แผนภูมิ P-h ไดอะแกรมของน้ำยา R-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ



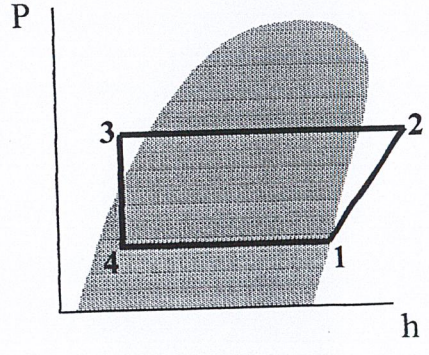
รูปที่ 2-5 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น

เริ่มจากถังพักน้ำยาเหลว น้ำยาในถังพักมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังเอกซ์แพนชั่นวาล์วโดยผ่านทางท่อของเหลว ซึ่งเอกซ์แพนชั่นวาล์วจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์ โดยลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอ และดูดรับปริมาณความร้อนภายในอีวาพอเรเตอร์

ขณะที่น้ำยาเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นไอ จะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำลง และถ้ามีฉนวนกันความร้อนกั้นโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ไว้ ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถผ่านเข้าไปได้เลยหรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง

ไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์จะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดผ่านทางท่อดูดและอัดส่งออกทางท่อส่งในลักษณะไอดงที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์โดยการระบายความร้อนออก แต่น้ำยาเหลวนี้ยังคงมีอุณหภูมิและความดันสูงอยู่ และถูกส่งเข้าไปยังถังพักน้ำยาเหลว ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชั่นวาล์วอีกครั้งหนึ่งเป็นอันครบวัฏจักรของการทำความเย็น

จากรูปหลักการทำงานของระบบทำความเย็นสามารถแสดงด้วย P-h ไดอะแกรม ดังนี้



รูปที่ 2-6 P-h ไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สภาวะ 1 >> 2 สารความเย็นสถานะไออิ่มตัว ที่ความดัน P_1 และอุณหภูมิ T_1 ถูกอัดตัวแบบไอเซนโทรปิกโดยคอมเพรสเซอร์ จนเป็นไอดงซึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น P_2 และ T_2 ตามลำดับ

ที่สภาวะ 2 >> 3 สารความเย็นสถานะไอดงไหลเข้าคอนเดนเซอร์ และถูกหล่อเย็นโดยกระบวนการความดันคงที่ สารความเย็นสถานะไอดงจะคายความร้อนให้กับเครื่องควบแน่น จนกระทั่งควบแน่นเป็นของเหลว

ที่สภาวะ 3 >>4 สารความเย็นไหลผ่านทรอทเทิ้ลวาล์ว (Throttle Valve) และจะขยายตัวแบบสม่ำเสมอเป็นกระบวนการเอนทาลปี้คงที่ไม่มีงาน จนทำให้อุณหภูมิและความดันลดลงเป็น P_4 และ T_4 ตามลำดับ

ที่สภาวะ 4 >>1 สารความเย็นไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอโดยดูดความร้อนในอีวาพอเรเตอร์ ทำให้อุณหภูมิภายในอีวาพอเรเตอร์ลดต่ำลงแล้วให้ความเย็นออกมา

2.9 การแบ่งการทำงานของระบบทำความเย็น

พิจารณาจากความดันภายในระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำของระบบ

1. ด้านความดันสูง (High Side) ประกอบท่อทางส่งของคอมเพรสเซอร์ ท่อส่ง คอนเดนเซอร์ ถังพักน้ำยาเหลว ท่อของเหลว และทางเข้าของเอกซ์แพนชั่นวาล์ว ความดันของน้ำยาด้านความดันสูงนี้บางครั้งเราเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (Condensing Pressure) หรือ ความดันด้านอัด (Discharge Pressure)
2. ด้านความดันต่ำ (Low Side) ประกอบด้วยทางออกของเอกซ์แพนชั่นวาล์ว อีวาพอเรเตอร์ ท่อดูด และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ความดันของน้ำยาด้านต่ำนี้ บางครั้งเรียกว่า ความดันทางอีวาพอเรเตอร์ หรือ ความดันด้านดูด(Suction Pressure) หรือ ความดันด้านกลับ (Back Pressure)

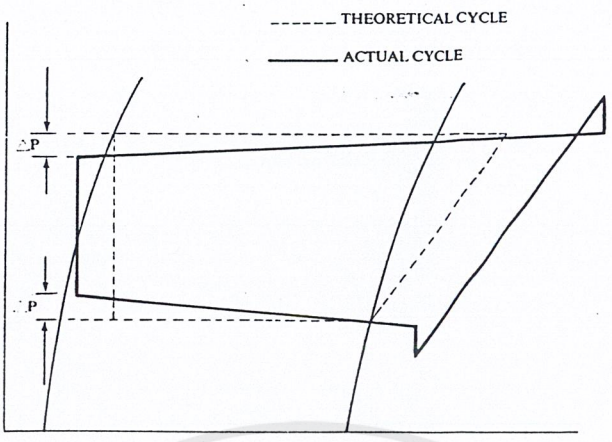
2.10 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น (Actual Vapor Compression Refrigerating Cycle)

สิ่งที่ทำให้วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็นชนิดอัดไอแตกต่างจากทางทฤษฎี คือ

1. อุณหภูมิของสารความเย็นในคอนเดนเซอร์ถูกทำให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว (Subcooled liquid) ก่อนที่จะผ่านเข้าไปในวาล์วขยายตัว (Expansion valve) เพื่อทำให้ค่าการทำความเย็น(Refrigerating Effect ,R.E.) ต่อหน่วยมวลของสารความเย็นเพิ่มขึ้น
2. ไอของสารความเย็นจะเป็นไอร้อนยวดยิ่งก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ เป็นการทำให้ค่าการทำความเย็นต่อ หน่วยมวลสารความเย็นเพิ่มขึ้นอีก
3. ในทางทฤษฎี การอัดสารความเย็นเป็นแบบไอเซนโทรปิกแต่ในทางปฏิบัติยุ่งยากมาก และไม่สามารถทำได้ และความดัน ในช่วงอัดตัวนี้จะแตกต่างจากอีวาพอเรเตอร์ และคอนเดนเซอร์ โดยความดันก่อนการอัดตัวจะลดลง เนื่องจากเกิดความสูญเสียในขณะผ่านท่อ และไอร้อนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ไอสารความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เย็นดูดไว้จากผนังกระบอกสูบ



รูปที่ 2-7 สภาพวงรอบทางทฤษฎี (Theoretical cycle) ตามเส้นประและวงรอบแท้จริง (Actual cycle) ของระบบเครื่องทำความเย็น

2.11 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์สามารถหาได้จาก

$$W_c = m (h_2 - h_1)$$

เมื่อ W_c คือ กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

h_1 คือ เอนทาลปี้ของสารความเย็นก่อนที่จะเข้าคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

h_2 คือ เอนทาลปี้ของสารความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

m คือ ปริมาณสารความเย็นที่ไหลผ่านคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น lb/min

คอนเดนเซอร์ (Condenser) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกที่คอนเดนเซอร์หาได้จาก

$$q_c = m (h_3 - h_2)$$

เมื่อ q_c คือ ปริมาณความร้อนที่คายออกที่คอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

h_3 คือ เอนทาลปี้ของสารความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ค่าการทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์หาได้จาก

$$R.E. = m (h_1 - h_4)$$

เมื่อ Refrigerating Effect (R.E.) คือ ค่าการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu/hr

h_4 คือ เอนทาลปี้ของสารความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

h_1 คือ เอนทาลปี้ของสารความเย็นออกจากอีวาพอเรเตอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

ประสิทธิภาพของการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C.O.P = R.E. / W_c$$

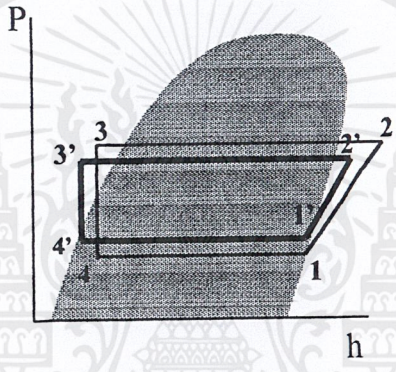
อัตราการกินพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

$$ER = Btu / hr = C.O.P / 3.41$$

System Capacity อัตราความสามารถในการดูดความร้อนของสารความเย็น

$$Q_e = m (R.E.)$$

2.12 ทฤษฎีบายพาส



รูปที่ 2-8 แสดงถึง P-h ไดอะแกรมทฤษฎีบายพาส

การบายพาสไอสารความเย็น เป็นการระบายไอร้อนของสารความเย็นจากท่อด้านความดันสูงซึ่งก็คือด้านออกของคอมเพรสเซอร์กับไปยังท่อความดันต่ำ หรือด้านทางเข้าคอมเพรสเซอร์ซึ่งจะมีผลให้ความดันในท่อความดันสูงลดลงและท่อความดันต่ำมีค่าเพิ่มขึ้น

จากกราฟรูปที่ เป็นการเปรียบเทียบระหว่างวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอกับวัฏจักรแบบบายพาสจะพบว่า

- งานที่คอมเพรสเซอร์ต้องทำ (W_c)

$1 >> 2 >> 3 >> 4$ $\quad W_c = h_2 - h_1$

$1' >> 2' >> 3' >> 4'$ $\quad W_c = h_{2'} - h_{1'}$

พบว่า งานที่คอมเพรสเซอร์จะต้องทำในวัฏจักรบายพาสมีค่าน้อยกว่าวัฏจักรจากปกติ

- ค่าการทำความเย็น (R.E.)

$1 >> 2 >> 3 >> 4$ $\quad R.E. = h_1 - h_4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1'>>2'>> '>> 4' R.E. = $h_{1'} - h_{4'}$

พบว่าค่าการทำความเย็นของวัฏจักรบายพาสมีมากกว่าวัฏจักรปกติ

- ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P)

$C.O.P = R.E. / W_C$

เพราะฉะนั้นเมื่อให้ขนาดของคอนเดนเซอร์เท่ากันทั้งสองวัฏจักร จะพบว่าความสามารถในการทำให้อุณหภูมิของสารความเย็นต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว (Subcooled) ของวัฏจักรบายพาสดีกว่าวัฏจักรปกติ

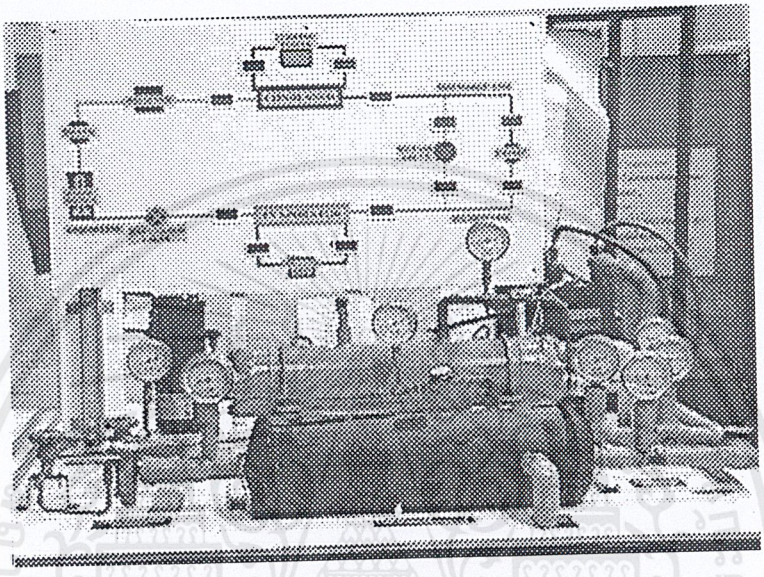
2.13 การควบคุมความเย็นในระบบปัจจุบัน

1. **เทอร์โมสตัท (Thermostat)** เป็นตัวตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อความเย็นถึงจุดที่ต้องการ คอมเพรสเซอร์จะถูกตัดออกจากวงจรโดยเทอร์โมสตัท และจะสตาร์ทอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น คล้ายกับการเปิด-ปิดคอมเพรสเซอร์อยู่ตลอดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นการเปิด-ปิดทำให้ภาระของคอมเพรสเซอร์มาก เครื่องทำความเย็นก็จะกินไฟมากนั่นเอง
2. **อินเวอร์เตอร์(Inverter)** ควบคุมความเร็วรอบในการหมุนของคอมเพรสเซอร์ ตามอุณหภูมิที่วัดได้จากอีวาพอเรเตอร์ถ้าในระบบมีภาระต่ำ หรืออุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์เย็นตามที่ต้องการแล้วคอมเพรสเซอร์จะหมุนในรอบต่ำต่างกับที่เทอร์โมสตัท พราะที่อินเวอร์เตอร์ไม่มีการตัดและการทำงาน โดยอินเวอร์เตอร์จะให้รอบการหมุนในคอมเพรสเซอร์ที่ต่อเนื่องมากกว่า การติดตั้งชุดอินเวอร์เตอร์ก็เพื่อหลีกเลี่ยงการตัดและสตาร์ทในคอมเพรสเซอร์ ช่วยประหยัดกระแสไฟฟ้าได้แต่เนื่องจากต้นทุนที่สูงกว่าเครื่องทำความเย็นธรรมดา และการหมุนในรอบที่ไม่คงที่ในคอมเพรสเซอร์ที่ควบคุมโดยอินเวอร์เตอร์ โดยเฉพาะในรอบต่ำๆ จะทำให้การหล่อลื่นไม่ดี มีผลต่ออายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ลดลง
3. **By-pass Valve** ระบบที่ติดตั้งวาล์วบายพาส จะควบคุมอุณหภูมิสารความเย็นในระบบ โดยใช้อุณหภูมิที่วัดได้จากอีวาพอเรเตอร์เป็นตัวแปรที่สำคัญในการสั่งเปิด-ปิดวาล์วจะเปิดมากหรือน้อยขึ้นกับภาระในระบบ วาล์วบายพาสเป็นเสมือนอุปกรณ์ที่ช่วยแบ่งเบาภาระของคอมเพรสเซอร์ ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงซึ่งหมายถึงการประหยัดค่าไฟฟ้า และที่สำคัญการทำงานที่โหลดคงที่คอมเพรสเซอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่จะทำให้เกิดการทำงานที่ต่อเนื่อง และยังช่วยขจัดการหล่อลื่นที่ไม่ดีในระบบเก่าได้อีกด้วย

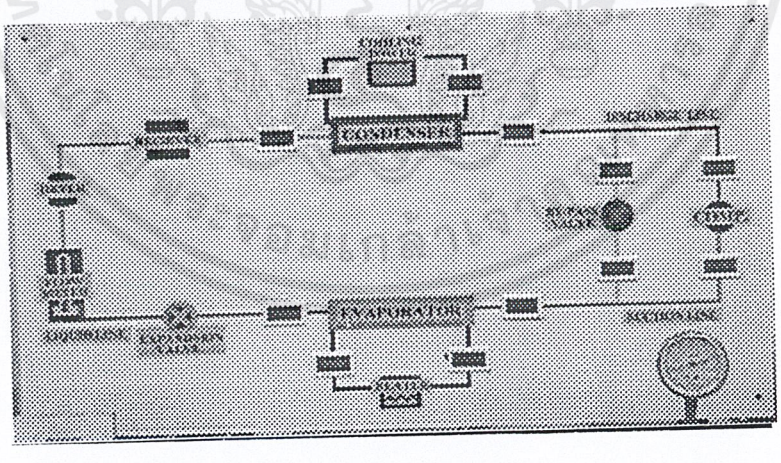
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ที่ใช้และวิธีการทดลอง

3.1 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3-1 ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ของชุดทดลอง

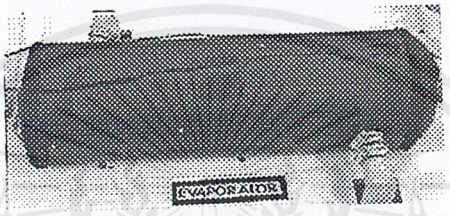


รูปที่ 3-2 บอร์ดติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

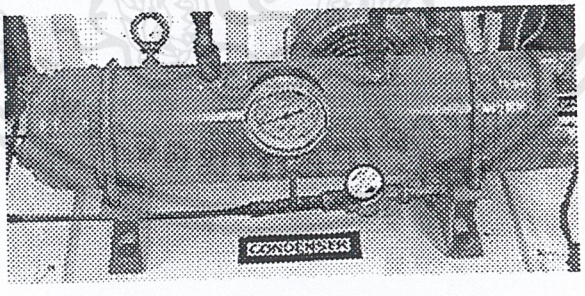
อุปกรณ์ที่ติดตั้งในชุดทดลองวัฏจักรความเย็นชนิดอัดไอประกอบด้วย อุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่

1. อีวาพอเรเตอร์แบบใช้ของเหลวพาความเย็น Liquid Chilling Evaporator) ชนิดเปลือกและท่อ (Shell-and-tube Cooler) แบบนี้ค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพสูง บำรุงรักษาง่าย ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย และสามารถดัดแปลงใช้กับแบบอื่นๆ ได้เกือบทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ จึงใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด ถึงแม้ว่าการออกแบบจะแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับสารความเย็นที่ใช้ และแบบเปลือกและท่อนี้ประกอบขึ้นด้วยเหล็กทรงกระบอกซึ่งทำเป็นเปลือก และข้างในเปลือกจะบรรจุด้วยท่อตรงขนานกันหลาย ๆ ท่อ และที่ปลายท่อเหล่านี้จะมีท่อตรงเชื่อมติดกัน



รูปที่ 3-3 อีวาพอเรเตอร์แบบใช้ของเหลวพาความเย็น

2. คอนเดนเซอร์แบบใช้น้ำหล่อเย็น (Water-cooled Condenser) ชนิดเปลือกและท่อ (Shell and Tube Condenser) ประกอบด้วยเปลือกเหล็กทรงกระบอก ซึ่งจัดเรียงเป็นท่อตรงขนานกันหลาย ๆ ท่อ แล้วเชื่อมปลายท่อทั้งหมดต่อถึงกัน น้ำหล่อเย็นจะไหลในท่อขนานเหล่านี้ ส่วนสารความเย็นจะไหลในเปลือกระหว่างท่อและเปลือก

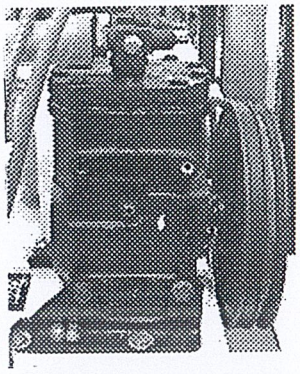


รูปที่ 3-4 เครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น

3. คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ใช้กับสารความเย็นที่ต้องการปริมาตรในการอัดตัวน้อย และความดันในการควบแน่นสูง เป็นเครื่องอัดทางเดียว (Single Acting) ซึ่งข้อดีของเครื่องอัดชนิดนี้คือ ใช้กับอีวาพอเรเตอร์ที่มีความดันมากกว่า 1 บรรยากาศ และยังใช้ได้ดีกับการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิต่ำยวดยิ่ง ซึ่งในชุดทดลองใช้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเปิด (Open Type) ขนาด 1.5 HP 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3-5 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

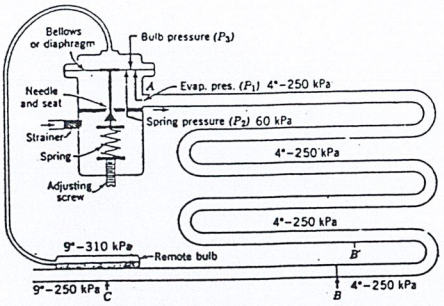
4. วาล์วควบคุมการไหลของสารความเย็น (Refrigerant Flow Control) แบบขยายตัวอัตโนมัติ เทอร์โมสแตติก (Thermostatic Expansion Valve) หรือ T.E.V. ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมสารความเย็นเหลวจากท่อของเหลว (Liquid Line) ไปยังอีวาพอเรเตอร์ในอัตราส่วนที่สัมพันธ์กับการระเหยของสารความเย็นเหลว ที่เกิดขึ้นในอีวาพอเรเตอร์และควบคุมความแตกต่างของความดันระหว่างด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำของระบบให้พอดีกับการระเหยของสารความเย็นด้านความดันต่ำในอีวาพอเรเตอร์ โดยอาศัยหลักการควบคุมให้อุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์คงที่อยู่เสมอ T.E.V. จะติดตั้งอยู่ใกล้กับท่อทางเข้าของอีวาพอเรเตอร์ และเป็นตัวแบ่งระหว่างด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำของระบบ ลิ้นของวาล์วจะเปิดเพียงเล็กน้อย เพื่อให้น้ำยาเหลวไหลผ่านได้แต่เพียงเล็กน้อย แรงดันของน้ำยาจะลดลงจนสามารถเดือดเปลี่ยนสถานะได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ตามอุณหภูมิของอีวาพอเรเตอร์ ลิ้นของ T.E.V. จะเปิดได้กว้างที่สุดประมาณ 0.02 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่าแม้ลิ้นจะอยู่ในตำแหน่งที่เปิดกว้างสุด ก็จะมีน้ำยาเหลวจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นที่ผ่านไปได้



รูปที่ 3-6 วาล์วควบคุมการไหลของสารความเย็น

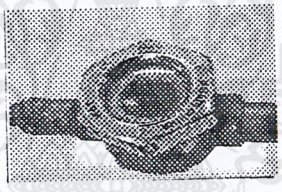
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42455



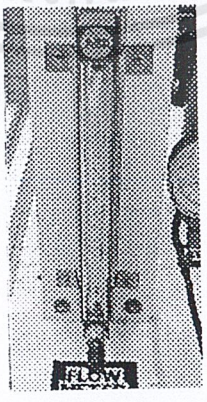
รูปที่ 3-7 แผนภาพแสดงการทำงานของวาล์วขยายตัวอัตโนมัติเทอร์โมสแตติก

5. กระจกมองน้ำยา (Sight Glass) ติดตั้งสำหรับมองดูสารความเย็นภายในระบบทำความเย็นว่าเพียงพอหรือไม่ ถ้าภายในระบบมีสารความเย็นน้อย ซึ่งอาจจะเกิดจากการรั่วของระบบหรือชาร์จสารความเย็นน้อยเกินไปจะเห็นฟองสารความเย็นวิ่งผ่านกระจก แต่ถ้าสารความเย็นเต็มจะมีแต่ของเหลววิ่งผ่าน การเชื่อมต่อกัน ทำโดยการถอดกระจกออกก่อนการเชื่อม ป้องกันการกระทบกระแทก



รูปที่ 3-8 กระจกมองน้ำยา

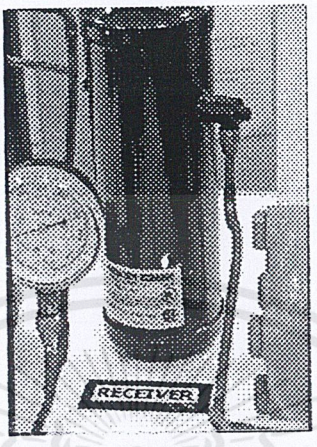
6. มาตรวัดอัตราการไหลของสารความเย็นชนิดใช้ลูกลอยวัดปริมาณการไหล (Rotameter) สำหรับสารความเย็น R-12



รูปที่ 3-9 มาตรวัดอัตราการไหลของสารความเย็น

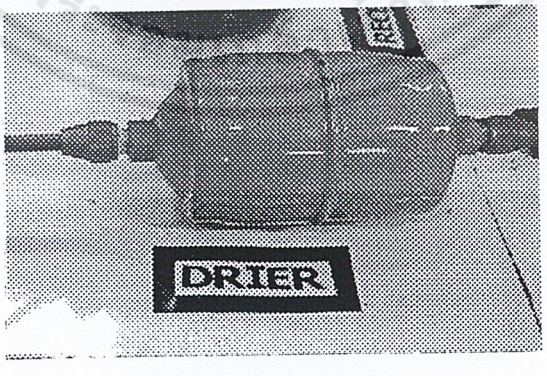
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ถังพักสารความเย็น (Receiver tank) เป็นถังพักสารทำความเย็นที่ควบแน่นออกจากคอนเดนเซอร์ โดยจะกักสารความเย็นที่เป็นไอไว้ แล้วให้สารความเย็นที่เป็นของเหลวผ่านไปได้



รูปที่ 3-10 ถังพักสารความเย็น

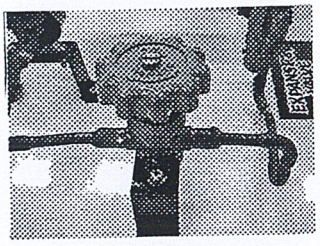
8. ฟิลเตอร์ ดรายเออร์ (Filter-drier) จะติดตั้งอยู่ที่ท่อลิควิดใกล้กับทางเข้าของชุดปรับอัตราการไหลของน้ำยา เพื่อทำหน้าที่ดูดความชื้นในระบบที่หลงเหลืออยู่ไม่ให้ผ่านเข้าไปอุดตันที่เอ็กแพนชั่นวาล์ว และตำแหน่งที่ติดตั้งฟิลเตอร์ ดรายเออร์ จะต้องอยู่ในบริเวณที่เย็นเพราะสารดูดรับความชื้น จะดูดรับความชื้นได้มากที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะมีตะแกรงกรองทำหน้าที่แทนฟิลเตอร์ ดรายเออร์ หรือสารดูดความชื้นที่ใช้ทั่วไป มีซิลิกาเจล (Siliga Gel) แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulphate) อลูมินาเจล (Alumina Gel) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น, ตะกอน และกรด ออกจากสารความเย็นในระบบ



รูปที่ 3-11 ตัวดูดความชื้น

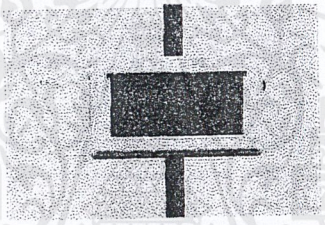
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. วาล์วเปิด-ปิดสารความเย็นด้านความดันต่ำและด้านความดันสูง



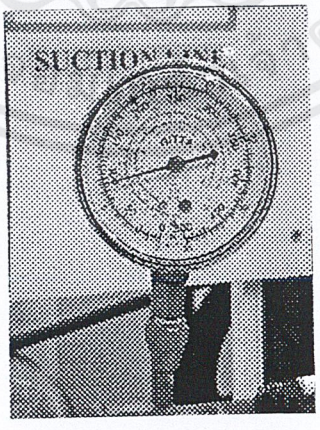
รูปที่ 3-12 วาล์วปรับมือ

10. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Digital Thermometer)



รูปที่ 3-13 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

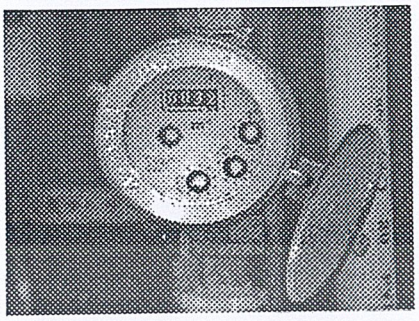
11. เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)



รูปที่ 3-14 เกจวัดความดัน

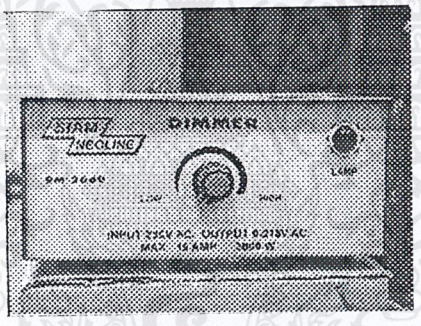
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำ (Water Meter)



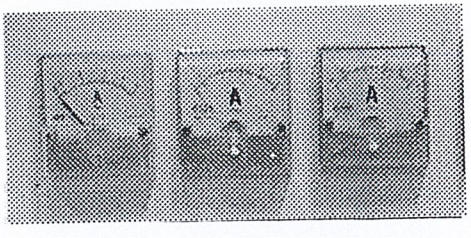
รูปที่ 3-15 มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำ

13. สวิตช์หรี่กระแสไฟ (Dimmer Light)



รูปที่ 3-16 สวิตช์หรี่กระแสไฟ

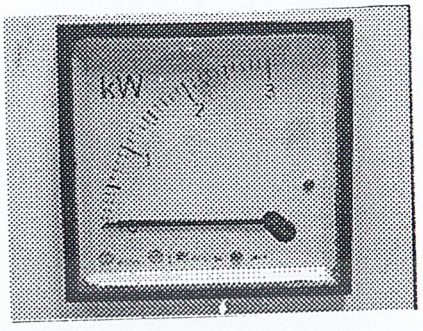
14. แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)



รูปที่ 3-17 แสดงแอมป์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter)



รูปที่ 3-18 วัตต์มิเตอร์

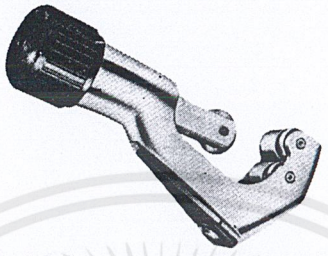
16. สารความเย็น R-12 ($CCl_2 F_2$) เป็นสารความเย็นที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากเป็นสารที่มีความปลอดภัยทั้งไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟและไม่ลุดระเบิด นอกจากนี้ยังสามารถคงสภาพได้ดีมากไม่เสียหาย แม้ว่าจะอยู่ในสภาวะงานหนักๆ แต่อย่างไรก็ตามถ้า R-12 สัมผัสกับเปลวไฟหรือได้รับความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าก็อาจกลายเป็นสารพิษได้ R-12 ควบแน่นที่ความดันปานกลางมีจุดเดือดต่ำกว่าความดันบรรยากาศ มีจุดเดือด –29.8 องศาเซลเซียส สามารถใช้ได้ทั้งระบบที่มีอุณหภูมิสูง ปานกลางและต่ำ และใช้ได้กับเครื่องอัดทั้งสามแบบ R-12 สามารถผสมผสานกับน้ำมันได้ แต่กลับมีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เนื่องจากจะไม่มีฟิล์มน้ำมันเกิดขึ้นในอีแวปโพเรเตอร์และเครื่องควบแน่น ซึ่งต่างจากสารความเย็นชนิดอื่น ที่รวมกับน้ำมันแล้ว ทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของอีแวปโพเรเตอร์ และเครื่องควบแน่นลดลง
17. ความร้อน (Heater) ขนาด 3,000 Watt
18. ปั๊มน้ำ (Water Pump) ขนาด ½ hp. จำนวน 2 ตัว
19. ท่อทางเดินน้ำยา(Tubing) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดอ่อน (Soft) และท่อชนิดแข็ง (Hard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์บริการระบบ

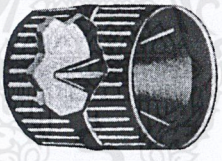
งานติดตั้งเครื่องทำความเย็นต้องอาศัยเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินการติดตั้ง โดยมีอุปกรณ์บริการดังต่อไปนี้

1. มีดตัดท่อหรือคัตเตอร์ (Cutter) เป็นเครื่องมือสำหรับตัดท่อที่ใช้ในระบบวงจรน้ำยาทำความเย็นมีด้วยกันหลายขนาดเพื่อเหมาะสมกับงานที่ทำ



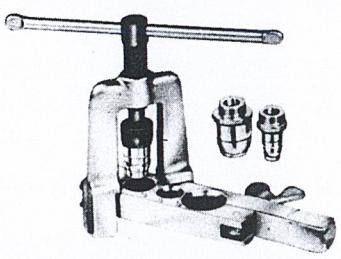
รูปที่ 3-19 คัตเตอร์ตัดท่อ

2. รีมเมอร์ (Reamer) เป็นตัวปรับแต่งพื้นที่ผิวปากท่อหลังจากที่ได้ตัดท่อแล้วปากท่อจะไม่เรียบก่อนที่จะนำไปใช้งาน ต้องปรับแต่งบริเวณปากท่อ ให้เรียบเสียก่อน ด้วยรีมมอร์ ตัวรีมมอร์นี้ อาจมีอยู่ในชุดมีดตัดท่อด้วยก็ได้



รูปที่ 3-20 รีมมอร์

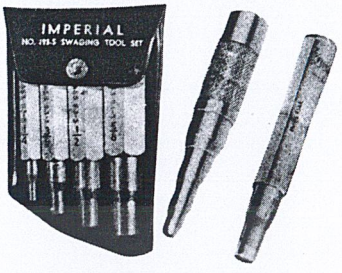
3. เครื่องมือบานแฟลร์ (Flaring Tool) เป็นเครื่องมือที่ใช้บานแฟลร์ท่อทองแดงประกอบด้วยตัวจับท่อทองแดง (Flaring Bar) ซึ่งมีขนาดรูต่างๆตั้งแต่ 1/4 - 5/8 นิ้ว เป็นชุดจับท่อให้แน่นในขณะตอกหรือขันทำบานแฟลร์ตัวขันหรือตอกเพื่อบานแฟลร์ซึ่งสามารถทำการ บานแฟลร์ได้ทั้งชั้นเดียวและสองชั้นแล้วแต่งานที่จะนำไปใช้ สำหรับบานแฟลร์ชั้นเดียวเป็นการบานชนิดธรรมดา



รูปที่ 3-21 เครื่องมือบานแฟลร์ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เหล็กขยายท่อ (Swaging Tools) เมื่อต้องการต่อท่อขนาดเดียวกันด้วยการเชื่อมประสาน ปากท่อที่จะเอามาต่อกันนั้นจะต้องขยายด้านใดด้านหนึ่งให้โตพอที่จะนำปากท่ออันที่จะนำปากท่ออันที่ไม่ได้ขยายใส่เข้าไปได้พอดี ซึ่งในการนี้จะต้องขยายท่อ



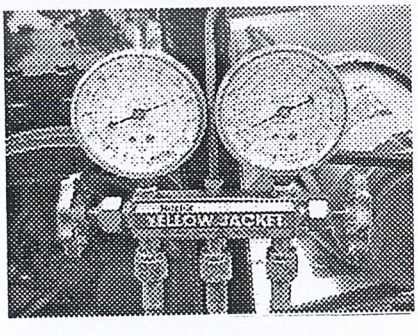
รูปที่ 3-22 เหล็กขยายท่อ

5. เครื่องมือดัดท่อ (Tube Bender) เพื่อให้การดัดท่อเป็นไปตามที่ต้องการโดยไม่เกิดความเสียหายแก่ท่อ เครื่องมือดัดท่อที่มีขนาดรูปร่างต่างๆ กันสามารถดัดท่อให้อยู่ในรูปและมุมองศาต่างๆ กันได้



รูปที่ 3-23 เครื่องมือดัดท่อ

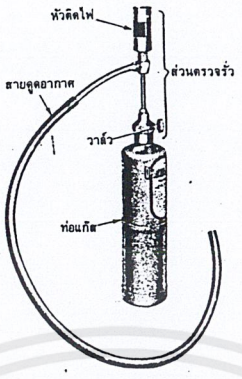
6. เกจแมนิโฟลด์ (Manifold Gauge Set) ใช้สำหรับวัดแรงดันของน้ำยาทำความเย็นทั้งทางด้านต่ำและด้านสูงของเครื่องทำความเย็นว่ามีมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 3-24 ชุดเกจแมนิโฟลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ตะเกียงตรวจรั่ว (Halide Torch) ใช้สำหรับตรวจรั่วระบบเครื่องทำความเย็นที่ใช้น้ำยาทำความเย็น R-12 หรือ R-22



รูปที่ 3-25 ตะเกียงตรวจรั่ว

8. เครื่องมือตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Leak Detector) ใช้สำหรับตรวจหารอยรั่วของระบบขณะที่มีน้ำยาเหลืออยู่ในระบบ หรือ อัดน้ำยาทำความเย็น R-12 หรือ R-22 เข้าไปเพื่อตรวจรั่ว



รูปที่ 3-26 เครื่องมือตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์

3.3 การบริการระบบ

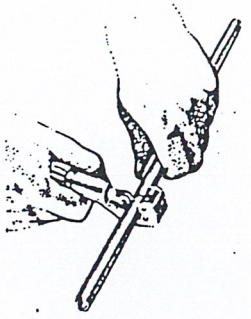
3.3.1 การตัดท่อ (Cutting Tubing)

โดยทั่วไปมีเครื่องใช้อยู่ 2 ชนิด คือ

1. การตัดท่อโดยใช้คัตเตอร์ ส่วนมากใช้สำหรับตัดท่อทองแดงชนิดอ่อน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

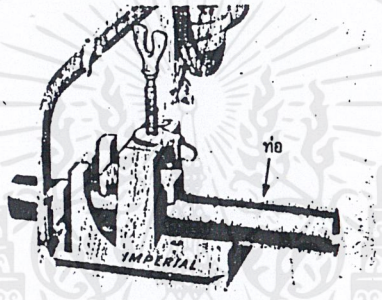
- วางท่อลงระหว่างโรลเลอร์ และใบมีดของคัตเตอร์
- หมุนตัวปรับตั้งระยะใบมีดให้ฝังลงเนื้อท่อเล็กน้อย
- หมุนตัวคัตเตอร์ช้าๆ รอบท่อจะทำให้ใบมีดหมุนฝังเนื้อท่อโดยรอบ
- หมุนหัวปรับระยะใบมีดลงในเนื้อท่ออีก แล้วหมุนตัวคัตเตอร์ช้าๆ รอบท่อ ทำซ้ำจนท่อขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-27 ลักษณะการตัดท่อ

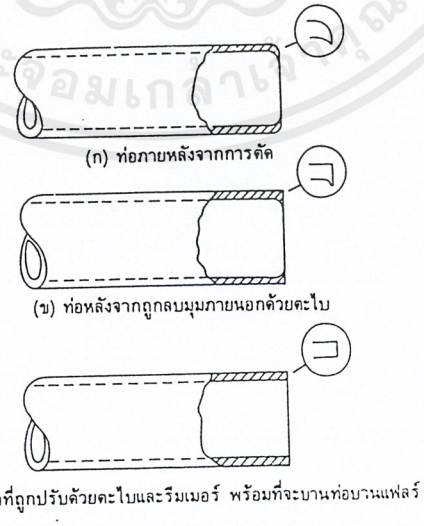
2. การตัดท่อโดยใช้เลื่อย ส่วนมากใช้สำหรับตัดท่อชนิดแข็ง ซึ่งควรมีตัวจับท่อ (Clamp) ไว้สำหรับจับยึดท่อเพื่อความสะดวกในการเลื่อยตัดท่อด้วย



รูปที่ 3-28 เลื่อยตัดท่อ

3.3.2 การคว้านปลายท่อ (Reamed)

เมื่อเสร็จจากการตัดท่อทุกครั้งจะต้องคว้านปลายท่อให้เรียบร้อย ข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญมาก ในการเตรียมท่อเพื่อการบานท่อและบานแฟลร์ใช้ในการตัดท่อต่อไป



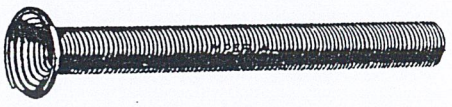
รูปที่ 3-29 การลบมุมท่อภายในและภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การดัดท่อ (Bending Tubing)

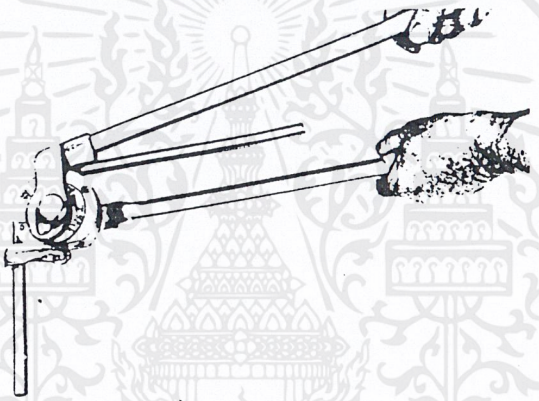
ในการดัดท่อทางเดินน้ำยามีเครื่องช่วยในการดัดท่อดังนี้

1. สปริง (Tube Bending Spring) เป็นเครื่องช่วยดัดท่อ อาจใช้สวมทั้งภายในท่อและภายนอกท่อเพื่อช่วยการดัด มีขนาดต่างๆ กันตามขนาดของท่อ



รูปที่ 3-30 สปริงดัดท่อ

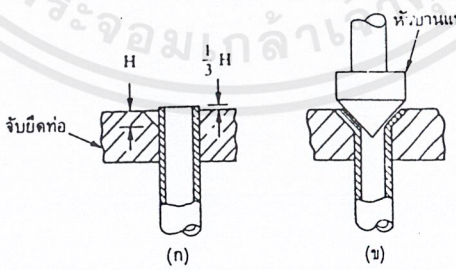
2. เครื่องมือดัดท่อ มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้คือ องศาการดัด ด้ามหมุนดัดท่อ(Operating Lever) ด้ามยึดท่อที่ดัด (Bending Tool)



รูปที่ 3-31 การใช้เครื่องมือดัดท่อ

3.3.4 การบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว (Single Thickness Flare)

โดยการเริ่มบานแฟลร์ จะต้องแน่ใจว่า ที่ปลายท่อได้รับการคว้านเรียบร้อย



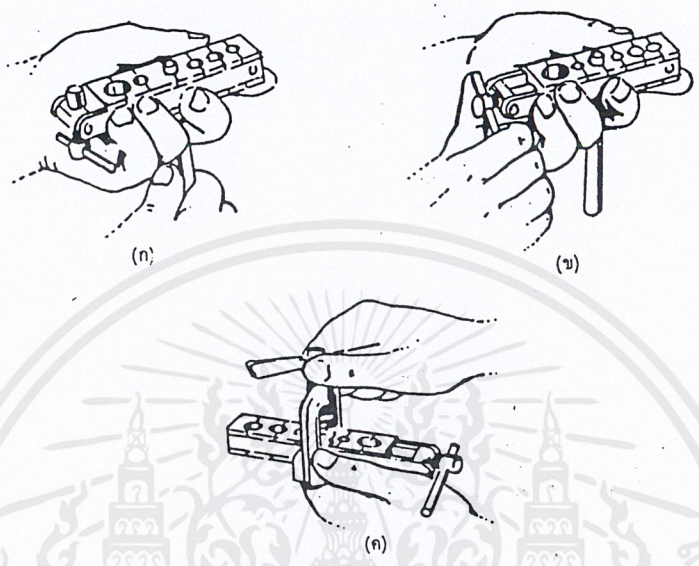
รูปที่ 3-32 การบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว

ขั้นตอนการทำงานของการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว

1. ใส่ท่อที่ตัดและคว้านปลายท่อไว้เรียบร้อยแล้วเข้าในตัวจับท่อ ให้ขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากัน ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับเล็กน้อยประมาณ 3/16 นิ้ว
2. ขันยึดตัวจับให้แน่น
3. สวมตัวบานแฟลร์เข้าในตัวจับท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หยดน้ำมันคอมเพรสเซอร์เล็กน้อย ลงบนกรวยของตัวบานแฟลร์ท่อ ค่อยๆ หมุนให้กรวยกดลงบนปลายท่อ
5. เมื่อบานแฟลร์ท่อเรียบร้อย ให้คลายเกลียว ถอนกรวยออกและถอดตัวบานแฟลร์ท่อออกจากตัวจับท่อ
6. คลายตัวจับท่อ ถอดเอาท่อที่บานแฟลร์เรียบร้อยแล้วออก



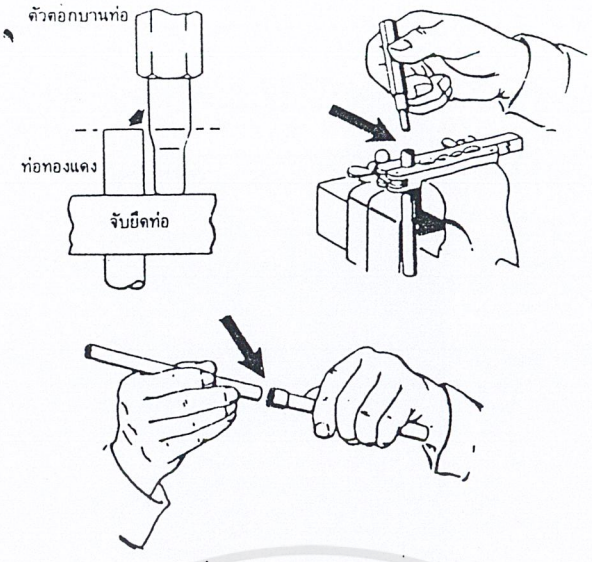
รูปที่ 3-33 ขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว

3.3.5 การบานท่อแบบตอกบานท่อ (Punch Type)

ต้องใช้เครื่องมือซึ่งประกอบด้วยตัวจับยึดท่อและเหล็กตอกบาน ซึ่งจะมีขนาดต่างๆ กันตามแต่ขนาดของท่อ ที่ต้องการตอกบาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ใส่ท่อที่ตัดและคว้านปลายท่อไว้เรียบร้อยแล้วเข้าในตัวจับท่อ ให้ขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากัน ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับท่อ ประมาณเท่ากับช่วงบนของตัวตอกบาน
2. ขันยึดตัวจับให้แน่น
3. ใส่ตัวบานท่อลงในท่อจับให้ตรง
4. ใช้ค้อนค่อยๆ ตอกตัวบานท่อเข้าไปในท่อจนสุด
5. เมื่อบานท่อเรียบร้อยแล้ว ขันตัวบานท่อออก
6. คลายตัวจับท่อถอนเอาท่อที่บานเรียบร้อยแล้วออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

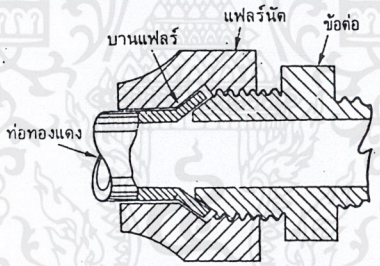


รูปที่ 3-34 ขั้นตอนการบานท่อ

3.3.6 การต่อท่อทางเดินน้ำยา

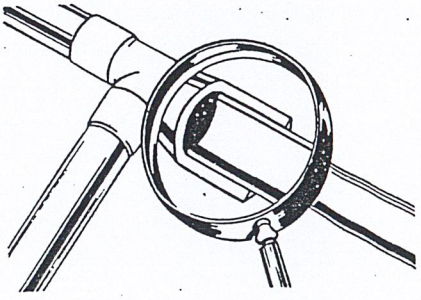
ในการต่อท่อทางเดินน้ำยาของระบบเครื่องทำความเย็นนั้น ทำได้ 2 วิธีคือ

1. การต่อท่อโดยใช้แฟลร์นัตและข้อต่อ เมื่อขันให้แฟลร์นัต กระชับแน่นเข้ากับตัวข้อต่อ จะบีบปลายท่อที่บานแฟลร์ไว้ ทำให้น้ำยาภายในท่อทางเดินน้ำยาไม่รั่วออกมา แต่ถ้าการบานแฟลร์ท่อ ไม่เรียบร้อย ผิวหน้าของท่อที่บานแฟลร์ไว้ สัมผัสกับแฟลร์นัตและข้อต่อไม่ดี ก็จะเกิดการรั่วของน้ำยาในระบบที่จุดต่อนี้ได้



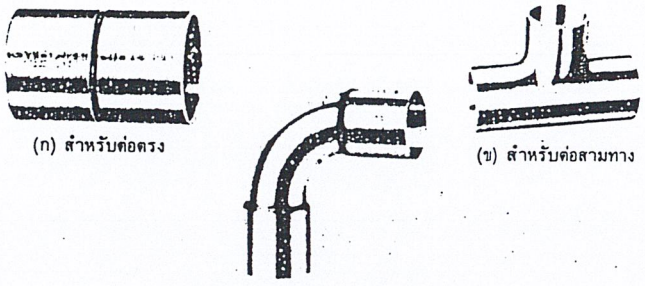
รูปที่ 3-35 รูปตัดของการต่อท่อ โดยใช้แฟลร์นัตและข้อต่อ

2. การต่อท่อโดยการเชื่อมต่อ ในการเชื่อมต่อท่อนี้ ถ้าเป็นท่อชนิดแข็งการบานท่อ ทำไม่ได้ เพราะท่อจะแตก เพราะฉะนั้นจึงใช้ข้อต่อสำเร็จรูป หากเป็นท่อทองแดงชนิดอ่อนการเชื่อมต่อโดยทั่วไป การเชื่อมต่อท่อ ถ้าเป็นการต่อท่อทองแดงเข้าด้วยกันแล้ว มักใช้เชื่อมเงิน (Silver Brazing) และถ้าเป็นการต่อระหว่างท่อทองแดงกับเหล็กควรใช้เชื่อมทองเหลือง



รูปที่ 3-36 รูปตัดของการต่อท่อโดยการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

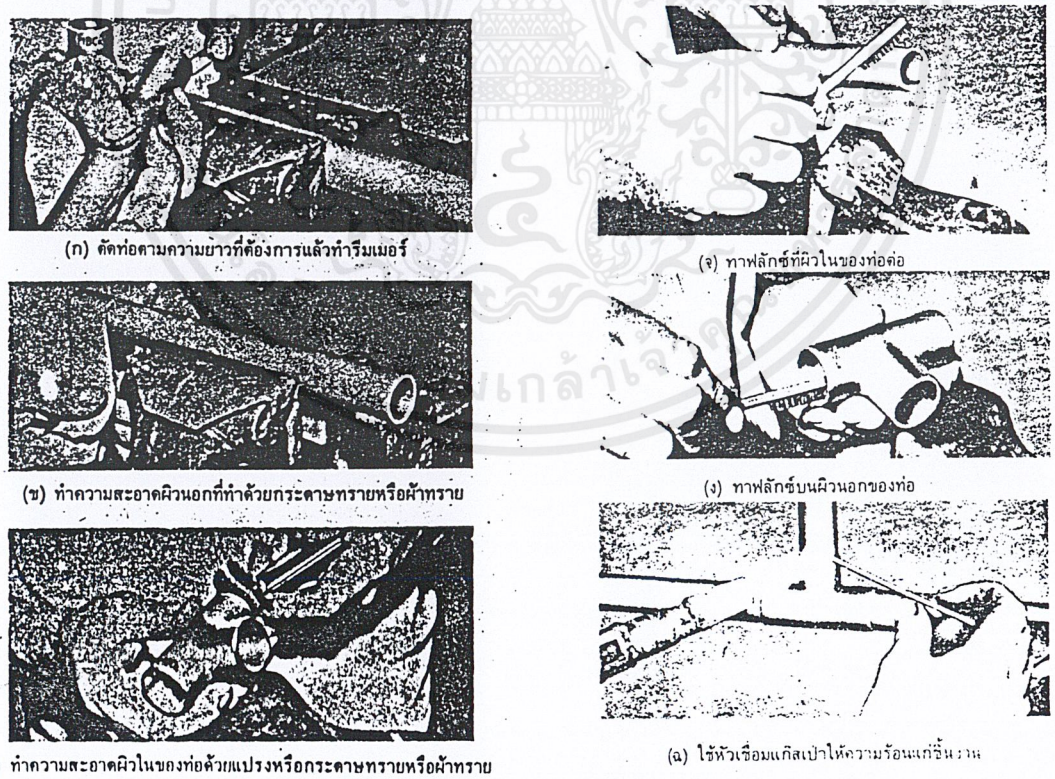


(ก) สำหรับต่อตรง (ข) สำหรับต่อสามทาง

รูปที่ 3-37 ตัวอย่างของข้อต่อ

ขั้นตอนการปฏิบัติงานเชื่อมต่อท่อ

1. ตัดท่อตามความยาวที่ต้องการ ทำรีมเมอร์ให้เรียบร้อย
2. ทำความสะอาดผิวนอก ด้วยกระดาษทราย หรือผ้าทราย
3. ทำความสะอาดผิวในท่อต่อด้วยแปลงหรือกระดาษทราย
4. ทาฟลักซ์ (Flux) ผิวในของข้อต่อ
5. ทาฟลักซ์บนผิวนอกของท่อ
6. ใช้หัวเชื่อมแก๊สเป่าให้ความร้อนชิ้นงานจนแดง แล้วนำไปแตะลวดเชื่อม สังเกตดูการวิ่งของเนื้อเงินเชื่อมคอยดึงเปลวไฟออกให้พอดี ให้เนื้อเงินจับโดยรอบ



(ก) ตัดท่อตามความยาวที่ต้องการแล้วทำรีมเมอร์

(ข) ทำความสะอาดผิวนอกที่ทำด้วยกระดาษทรายหรือผ้าทราย

(ค) ทำความสะอาดผิวในของท่อด้วยแปรงหรือกระดาษทรายหรือผ้าทราย

(จ) ทาฟลักซ์ที่ผิวในของท่อต่อ

(ง) ทาฟลักซ์บนผิวนอกของท่อ

(ฉ) ใช้หัวเชื่อมแก๊สเป่าให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน

รูปที่ 3-38 ขั้นตอนการปฏิบัติงานเชื่อมท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

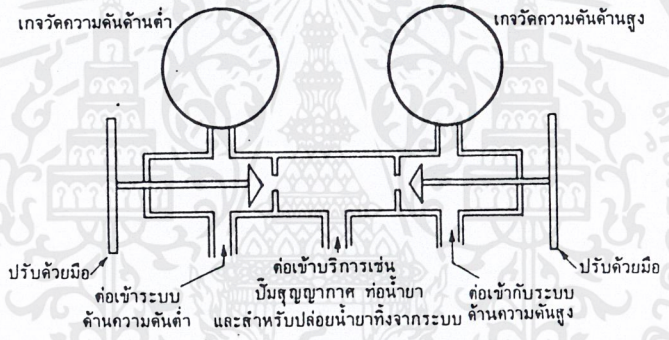
3.3.7 เกจแมนิโฟลด์

เกจแมนิโฟลด์ประกอบด้วย

1. เกจวัดความดันด้านสูง (High Pressure Gauge) มีสเกลบอกค่าความดันบนหน้าปัดเพียงอันเดียว ตามปกติจะเริ่มจาก 0 – 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
2. เกจวัดความดันด้านต่ำ (Low Pressure Gauge) เป็นเกจวัดความดันแบบผสม (Compound Gauge) ใช้วัดค่าความดันที่สูงและต่ำกว่าความดันบรรยากาศ สเกลที่บอกค่าความดันจะบอกตั้งแต่ –30 – 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ 0 – 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
3. วาล์วปรับด้วยมือ 3 ตัว
4. สายชาร์จน้ำยา

การใช้เกจแมนิโฟลด์

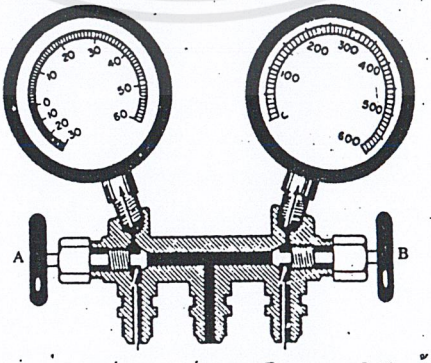
1. ท่อซ้ายมือของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อเข้ากับด้านความดันต่ำ
2. ท่อขวามือของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อเข้ากับด้านความดันสูง
3. ท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อสำหรับบริการเช่น ปั๊มสุญญากาศ ท่อน้ำยาเป็นต้น



รูปที่ 3-39 การต่อใช้เกจแมนิโฟลด์

ลักษณะต่างๆ ของการใช้เกจแมนิโฟลด์

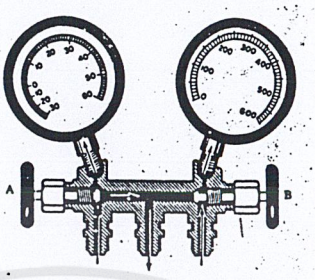
1. ใช้อ่านค่าความดันของระบบ ซึ่งวาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่ความดันในระบบทางด้านความดันต่ำและความดันสูง อ่านได้จากเกจทั้งคู่



รูปที่ 3-40 วาล์ว A วาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่

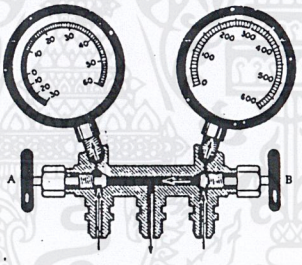
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้สำหรับชาร์จน้ำยาเข้าระบบหรือปล่อยน้ำยาออกจากระบบ วาล์ว A อยู่ตำแหน่งเปิด วาล์ว B อยู่ตำแหน่งปิด ใช้สำหรับให้น้ำยา (สถานะไอ) จากท่อบรรจุน้ำยาผ่านเข้าในระบบ ในทางกลับกัน ถ้าปล่อยสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากท่อน้ำยา และวาล์วอยู่ในตำแหน่งนี้แล้วก็จะเป็นการปล่อยน้ำยาออกจากระบบทิ้ง



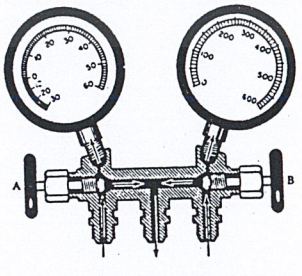
รูปที่ 3-41 วาล์ว A อยู่ในตำแหน่งเปิด วาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิด

3. ใช้สำหรับไล่อากาศในสาย (Purging) หรือปล่อยน้ำยาออกจากระบบทางด้านความดันสูงวาล์ว A อยู่ในตำแหน่งปิด และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิด เป็นการใช้น้ำยาจากระบบทางด้านความดันสูงไล่อากาศในสาย หรือเป็นการปล่อยน้ำยาทิ้งออกจากในระบบ



รูปที่ 3-42 วาล์ว A อยู่ในตำแหน่งปิด วาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิด

4. ใช้สำหรับทำสุญญากาศระบบ วาล์ว A และ วาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิดทั้งคู่ สายท่อกลางของระบบต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 3-43 วาล์ว A วาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิดทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้เกจแมนิโฟลด์

1. หาตำแหน่งของวาล์วบริการในระบบ
2. คลายฝาครอบสำหรับต่อเข้าเกจที่วาล์วบริการอย่างช้าๆ
3. ตรวจดูว่า วาล์วของเกจแมนิโฟลด์อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่หรือยัง
4. ต่อสายเกจเข้ากับวาล์วบริการ
5. ถ้าเป็นระบบที่ใช้วาล์วบริการปรับด้วยมือ หมุนวาล์วบริการตามเข็มนาฬิกา ประมาณ 1/4 รอบ
6. ขณะนี้ควรอ่านค่าความดันเกจได้บนเกจทั้งคู่ ถ้าไม่มีความดันเกิดขึ้น แสดงว่าภายในระบบไม่มีน้ำยา ให้หาตำแหน่งรั่ว และทำการแก้ไข
7. ไล่อากาศในสายที่จุดนี้โดย
   - คลายสายที่เกจแมนิโฟลด์เล็กน้อย ปล่อยไอสารความเย็น ทิ้งออกประมาณ 3 วินาที หรือ
   - คลายปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากท่อน้ำยาเล็กน้อย ใช้น้ำยาในระบบไล่อากาศ โดยเปิดวาล์วของเกจแมนิโฟลด์ทั้งคู่ ปล่อยให้น้ำยาจากในระบบรั่วทิ้งออกจากปลายสายกลางแล้วจึงขันปลายสายกลางเข้ากับท่อน้ำยาให้แน่น ปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ทั้งคู่อีกครั้งหนึ่ง
8. เกจแมนิโฟลด์ขณะนี้พร้อมใช้งานได้แล้ว

3.3.8 การตรวจรั่วระบบ

1. สุญญากาศระบบเพื่อตรวจรั่ว

   ทำโดยเมื่อทำสุญญากาศระบบแล้ว ให้ปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ทิ้งไว้ประมาณ 8-24 ชั่วโมงแล้วดูว่าเข็มเกจสูงขึ้นหรือไม่

   - ถ้าเข็มเกจสูงขึ้นแสดงว่าระบบรั่ว ต้องหาจุดที่รั่วและแก้ไขใหม่
   - ถ้าเข็มเกจไม่สูงขึ้นแสดงว่าระบบไม่รั่ว สามารถชาร์จน้ำยาเข้าระบบต่อได้

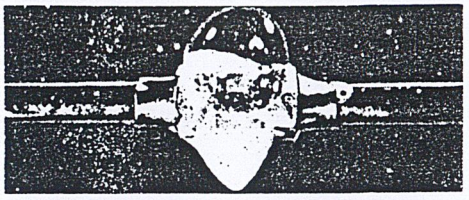
2. เพิ่มความดันให้แก่ระบบเพื่อตรวจรั่ว

   ทำโดยอัดไอสารความเย็น R-12 เข้าระบบ กระทำ 3 ขั้นตอนดังนี้

   - อัดไอสารความเย็นเข้าในระบบประมาณ 20 –30 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นการตรวจรั่วครั้งที่ 1
   - อัดไอสารความเย็นเพิ่มเข้าในระบบจนถึง 70 – 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นการตรวจรั่วครั้งที่ 2
   - ถ้าพบว่าไม่มีการรั่วทั้งสองครั้งที่อัดไอสารความเย็นแล้ว ให้อัดไอสารความเย็นเพิ่มเข้าในระบบอีก จนถึง 200–250 ปอนด์/ตารางนิ้ว และเป็นการตรวจสอบครั้งสุดท้าย

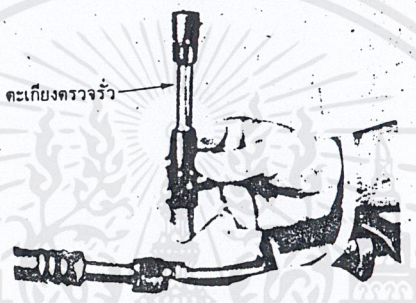
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ฟองสบู่ ใช้การอัดไอสารความเย็นเข้าไปในระบบ และใช้ฟองสบู่ตรวจรั่วตามข้อต่างๆ ตามท่อทางเดินน้ำยา หากมีการรั่วฟองสบู่จะโป่งออกจนแตก



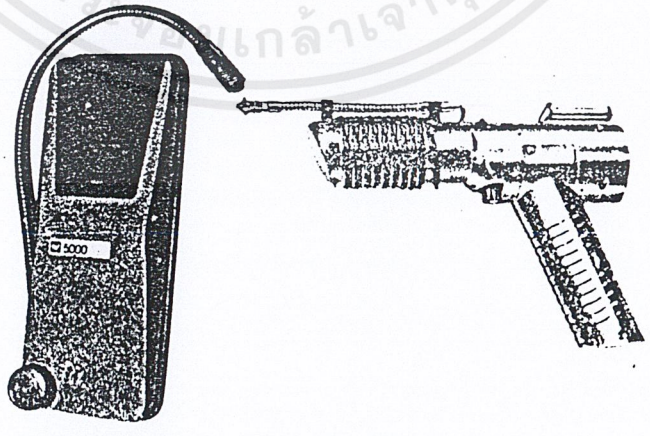
รูปที่ 3-44 การตรวจรั่วโดยใช้ฟองสบู่

4. ใช้ตะเกียง การตรวจรั่ววิธีนี้อาศัยหลักคุณสมบัติน้ำยา R-12 , R-22 นั่นคือ เมื่อถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนสีเปลวไฟ จากสีเหลืองส้ม เป็นสีเขียวตองอ่อน



รูปที่ 3-45 ตะเกียงตรวจรั่ว

5. ใช้เครื่องตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ การตรวจรั่ววิธีนี้ใช้ตรวจระบบที่ใช้น้ำยา R-12 และ R-22 เท่านั้น เครื่องตรวจรั่วนี้ อาจมีลักษณะเป็นแบบปืนหรือแบบกล่อง มีหลักการทำงานคือ มีปลายรับสัมผัสแก๊สที่ไวมาก ซึ่งถ้าพบว่า มีน้ำยารั่วจะทำให้เกิดเสียงดังเป็นสัญญาณให้รู้



รูปที่ 3-46 อุปกรณ์ตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 การทำสุญญากาศระบบ (Evacuating The System)

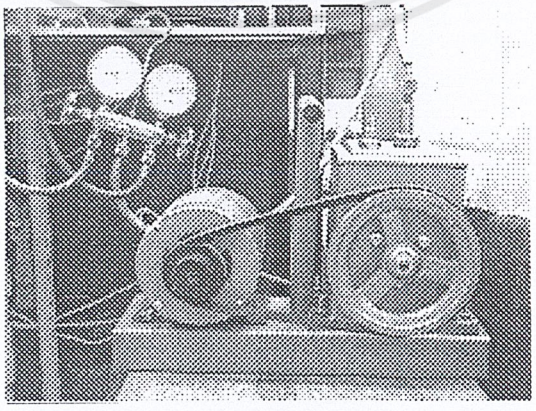
การทำสุญญากาศระบบ หรือที่เรียกว่า การทำแวคคั่ม จะกระทำภายหลังจากการตรวจรั่วระบบแต่ก่อนที่จะน้ำยาเข้าระบบ การทำสุญญากาศเป็นการใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ดูดเอาอากาศและความชื้นภายในระบบออกให้หมด ถ้าเป็นระบบเก่าก็รวมการขจัดน้ำยาที่เสื่อมคุณภาพออกจากระบบ

ในขณะที่กำลังทำสุญญากาศระบบ ค่าความดันของเกจความดันต่ำ จะอ่านได้ต่ำกว่า 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว เกจจะแสดงให้เห็นว่าในระบบเป็นสุญญากาศซึ่งหมายถึงว่าความดันในระบบขณะนี้น้อยกว่าความดันบรรยากาศ

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการทำสุญญากาศคือ ต้องดูดความชื้นออกจากระบบให้หมด จากหลักการที่ว่าเมื่อลดความดันที่ผิวหน้าของของเหลวจะทำให้จุดเดือดของของเหลวลดต่ำลงด้วย ฉะนั้นเมื่อระบบสุญญากาศหรือที่ความสูงของปรอทใกล้ 29 นิ้วปรอท น้ำจะมีจุดเดือดที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นที่เหลืออยู่ในระบบจะถูกเปลี่ยนสถานะ และถูกดูดออกมา

ระบบสุญญากาศ (นิ้วปรอท)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (°F)
24.04	140
25.30	130
26.45	120
27.32	110
27.99	100
28.50	90
28.89	80
29.18	70
29.40	60
29.66	50
29.71	40
29.76	30
29.82	20
29.86	10
29.87	5
29.88	0
29.90	-10
29.91	-20

รูปที่ 3.47 อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายใต้ความดันสุญญากาศ

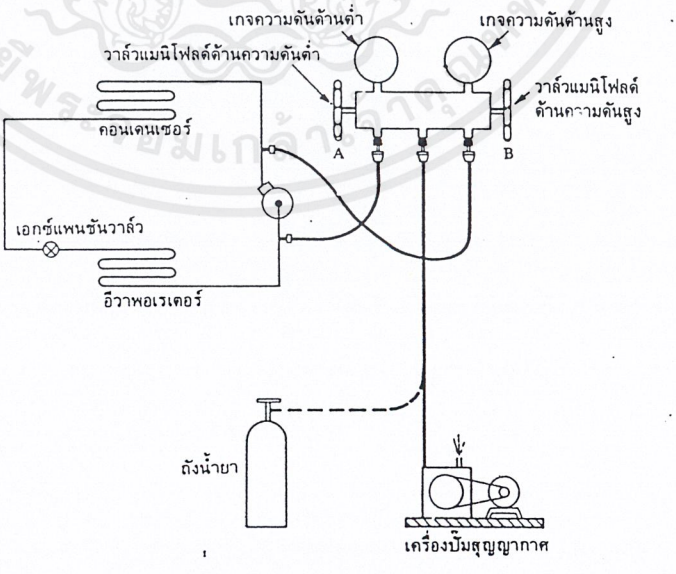


รูปที่ 3-48 ปั๊มสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำสุญญากาศระบบควรทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อชุดเกจแมนิโฟลด์เข้ากับวาล์วบริการ
2. เปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์
3. ต่อสายท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์เข้ากับปั๊มสุญญากาศ
4. เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ
5. เข็มความดันของเกจวัดความดันต่ำเริ่มลดกว่าตำแหน่ง 0 (เกจวัดความดันสูงจะไม่สามารถอ่านค่าได้
6. เมื่อเข็มวัดความดันต่ำอ่านค่าถึง – 29.92 นิ้วปรอท ให้เดินเครื่องปั๊มสุญญากาศต่อไปอีก 20 นาที
7. ถ้าเข็มของเกจวัดความดันต่ำไม่สามารถลดลงถึง – 29.92 นิ้วปรอท ให้ทำการตรวจข้อต่อต่างๆ ใหม่หมด
8. เกจทางสุญญากาศที่อ่านได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ให้หมุนวาล์วทั้งคู่ของ เกจแมนิโฟลด์ ให้อยู่ในตำแหน่งปิด ถ้าค่าความดันสูงขึ้น (แต่ยังต่ำกว่า 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว) แสดงว่าระบบรั่ว ให้หยุดเครื่องปั๊มสุญญากาศ แล้วค้นหาที่รั่ว
9. ถ้าเกจทางสุญญากาศคงที่ อยู่ในขณะที่วาล์วทั้งคู่ของแมนิโฟลด์เกจ อยู่ในตำแหน่งปิด แสดงว่าปั๊มสุญญากาศไม่ดีพอ
10. ภายหลังจากเดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ 20 – 30 นาที แล้ว ปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโฟลด์
11. หยุดเครื่องเดินเครื่องปั๊มสุญญากาศ
12. ขณะนี้ระบบทำสุญญากาศเรียบร้อย พร้อมที่จะชาร์จน้ำยาเข้าในระบบต่อไป



รูปที่ 3-49 การทำสุญญากาศระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

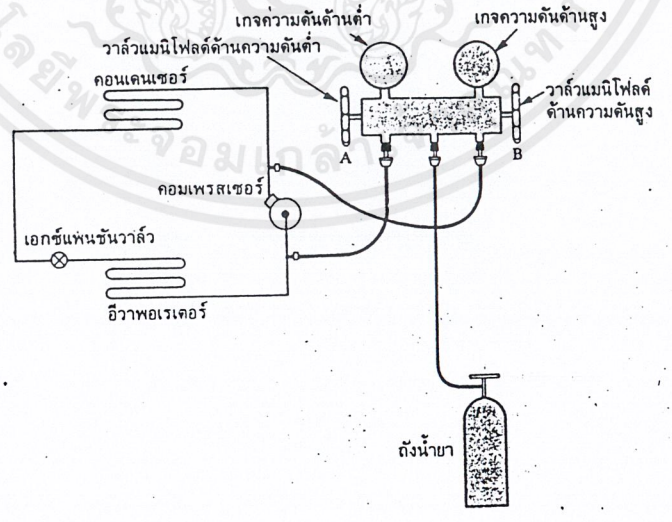
3.3.10 การชาร์จน้ำยาเข้าระบบ (Charging The System)

การชาร์จน้ำยาเข้าระบบเป็นการปฏิบัติต่อจาการทำสุญญากาศระบบ สายกลางของแมนิโฟลด์ที่ปลดออกจากปั๊มสุญญากาศ หลังจากหยุดการทำสุญญากาศระบบแล้วจะถูกต่อเข้ากับกับท่อบรรจุน้ำยา

การชาร์จน้ำยาในสถานะไอเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ เป็นการชาร์จไอสารความเย็น เข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ โดยเดินมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ดูดน้ำยาเข้าในระบบการเติมน้ำยาเข้าระบบโดยวิธีนี้จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เป็นวิธีที่ธรรมดาๆ และปลอดภัย

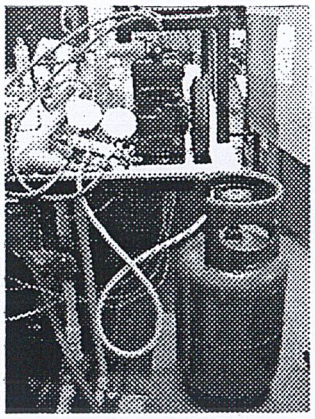
ลำดับการชาร์จน้ำยาในสถานะไอเข้าระบบมีดังนี้

1. ถอดปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากเครื่องปั๊ม แล้วต่อเข้ากับถังน้ำยา
2. เปิดวาล์วท่อน้ำยา (สถานะไอ)
3. ใช้น้ำยาในท่อไล่อากาศที่ค้างอยู่ในเกจแมนิโฟลด์ โดยคลายปลายสาย ด้านติดกับเกจแมนิโฟลด์ออกเล็กน้อยปล่อยให้น้ำยาจากในท่อไล่อากาศออกทิ้ง ขันปลายสายกลับแน่นดังเดิม
4. เปิดวาล์ว A ชาร์จน้ำยาเข้าระบบเล็กน้อย ที่ความดันเกจประมาณ 30 ปอนด์/ตารางนิ้ว แล้วปิดวาล์ว A
5. เดินมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของระบบเครื่องทำความเย็น
6. ค่อยๆ เปิดวาล์ว A ควบคุมให้น้ำยาสถานะแก๊ส ชาร์จน้ำยาเข้าในระบบ สังเกตดูเข็มของเกจแมนิโฟลด์ทางด้านความดันสูงและความดันต่ำ ให้ได้ตามเกณฑ์
7. ปิดวาล์ว A เมื่อความดันในระบบทางด้านสูงและด้านต่ำได้ตามเกณฑ์แล้ว
8. ทดลองเดินเครื่องทำความเย็นในขณะที่ยังติดเกจแมนิโฟล์อยู่กับระบบอย่างน้อยประมาณ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 3-50 การชาร์จน้ำยาในสถานะแก๊สเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-51 การชาร์จน้ำยาเข้าระบบ ในการทดลอง

หลักการชาร์จน้ำยามีหลักพึงสังเกตในขณะปฏิบัติดังนี้

1. ดูค่าความดันเกจของระบบ จะต้องคอยสังเกตดูค่าความดันเกจของระบบทางด้านความดันต่ำและคอยคุมให้ได้ค่าความดันตามเกณฑ์ สำหรับเรื่องทำความเย็นโดยทั่วไปที่ใช้น้ำยา R-12 ค่าความดันภายในระบบควรมีค่าโดยประมาณดังนี้
   - ด้านความดันต่ำ 8 - 12 ปอนด์/ตารางนิ้ว
   - ด้านความดันสูง 160 – 170 ปอนด์/ตารางนิ้ว
2. สังเกตดูน้ำยาเหลวที่กระจกมองน้ำยา ถ้าชาร์จน้ำยาเข้าระบบเต็มพอดีแล้วจะเห็นน้ำยาเหลวใสไหลผ่านกระจกมองน้ำยาที่ติดตั้งในช่วงท่อลิควิดโดยไม่มีฟองไอสารความเย็นวิ่งผ่านให้เห็นเลย
3. สังเกตการจับตัวของหยดน้ำโดยรอบนอกท่อทางดูด จะต้องระวังอย่าชาร์จน้ำยาเข้าในระบบมากเกินไป จนเกิดน้ำแข็งจับรอบท่อทางดูดเลยเข้าไปถึงหัวคอมเพรสเซอร์ ซึ่งแสดงว่าน้ำยาเหลวท่วมเลยเข้ามาเดือดเปลี่ยนสถานะดูดรับปริมาณความร้อนถึงบริเวณนี้ อาจทำให้เกิดอันตรายแก่ลิ้นของคอมเพรสเซอร์ได้

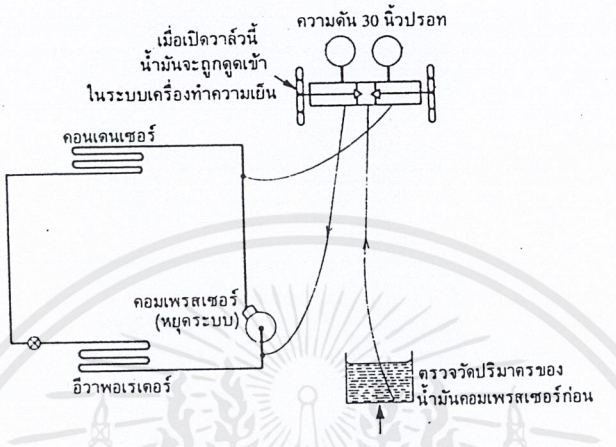
3.3.11 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์

จะกระทำเมื่อระบบมีการรั่วของน้ำยาและน้ำยาได้พาเอาน้ำมันคอมเพรสเซอร์ ออกจากระบบมาก หรือในกรณีที่เปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบน้ำยาเครื่องทำความเย็นแล้วน้ำมันคอมเพรสเซอร์ถูกพ่นทิ้งออกมาด้วย

ในขณะที่ระบบทำงาน ระดับของน้ำมันคอมเพรสเซอร์ที่มองเห็นในกระจกมองระดับน้ำมันควรอยู่ที่ระดับกึ่งกลาง สำหรับระบบเครื่องทำความเย็นที่จำเป็นต้องเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์เข้าระบบ อาจสามารถทำได้โดย ทำสุญญากาศระบบ แล้วดูดเอาน้ำมันเข้าในระบบ หรืออาจทำได้โดยใช้เครื่องอัดน้ำมันเข้าระบบ ซึ่งการทำสุญญากาศเพื่อดูดน้ำมันเข้าระบบ เมื่อระบบเครื่องทำความเย็นได้ทำสุญญากาศระบบไว้แล้วปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ทั้งคู่ เตรียมถ่ายน้ำมันคอมเพรสเซอร์ไว้ในถัง ให้มีปริมาตรเท่าที่ต้องการ

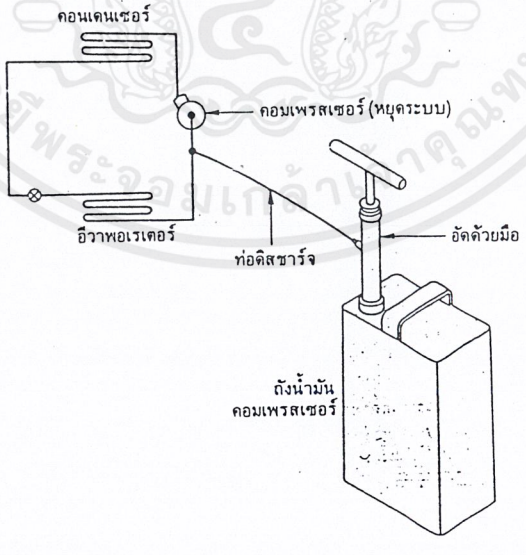
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาร์จเข้าในระบบ ปลดปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์ จากเครื่องสุญญากาศมาจุ่มลงในถังน้ำมันที่เตรียมไว้ เมื่อเปิดวาล์วทางด้านความดันต่ำของเกจแมนิโฟลด์ น้ำมันคอมเพรสเซอร์จะถูกดูดเข้าในระบบให้ปลายสายกลาง จุ่มอยู่ในน้ำมันตลอดเวลาเพื่อให้ดูดน้ำมันเข้าในระบบจนหมด จากนั้นเครื่องทำความเย็นจะต้องทำสุญญากาศใหม่เพื่อชาร์จน้ำยาเข้าในระบบต่อไป



รูปที่ 3-52 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยใช้วิธีสุญญากาศ

การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยใช้เครื่องอัดที่ใช้กำลังมือสูบเอาน้ำมันออกจากถังบรรจุ อัดเข้าในระบบที่ทางดูดของคอมเพรสเซอร์ หรือเข้าห้องเพลาข้อเหวี่ยงของคอมเพรสเซอร์ การอัดน้ำมันเข้าในระบบด้วยกำลังมือนี้จะต้องทำในขณะที่หยุดระบบเครื่องทำความเย็น

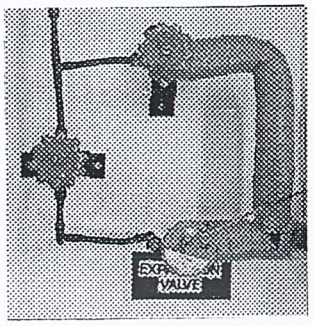


รูปที่ 3-53 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยวิธีใช้เครื่องอัด

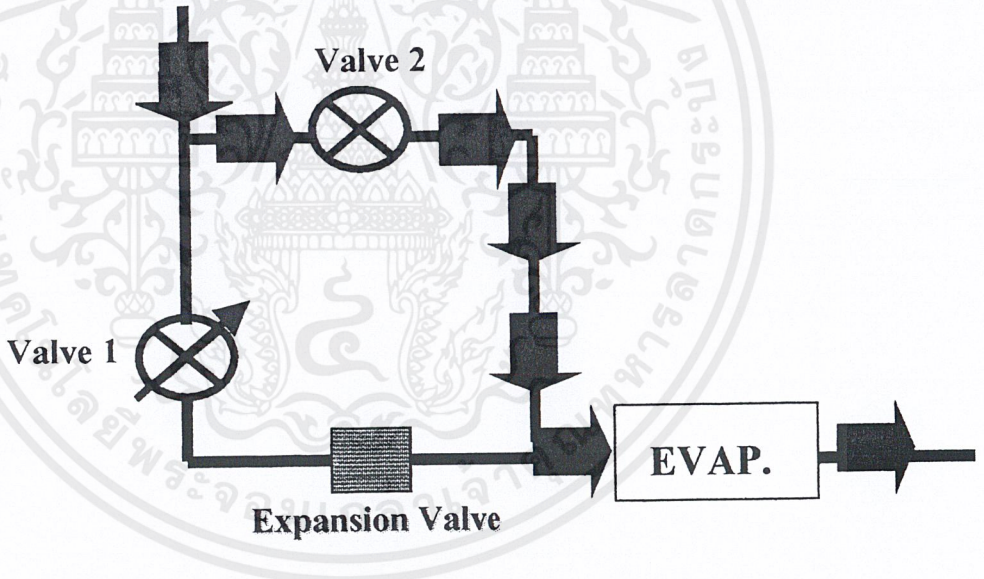
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ระบบปกติใช้มือปรับ (Manual)



รูปที่ 3-54 วาล์วปรับมือที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3-55 แสดงทิศทางการไหลของสารความเย็นในระบบปกติใช้มือปรับ

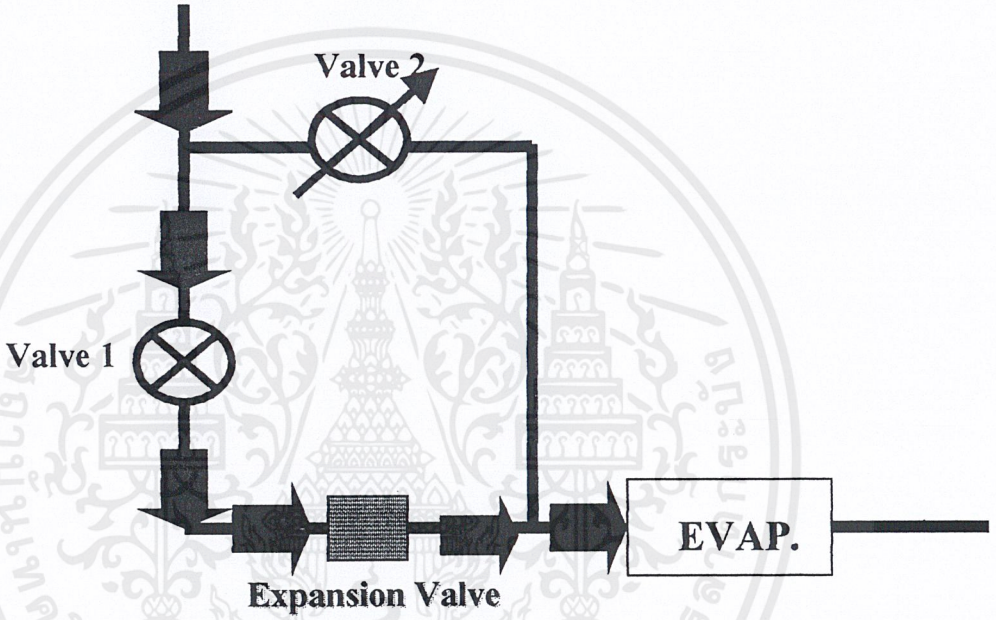
1. วาล์ว 1 และวาล์วบายพาสจะถูกปิด เปิดเฉพาะวาล์ว 2 เท่านั้น
2. ทำการเดินระบบโดยการให้ภาระสูงสุดแก่ระบบ และเปิดวาล์ว 2 ให้อัตราการไหลของสารความเย็นที่ค่าหนึ่ง รอจนระบบเสถียรแล้วบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น
3. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบโดยการปรับอุณหภูมิน้ำที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ และปรับวาล์ว 2 ให้มีอัตราการไหลของสารความเย็นลดลง โดยให้อุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์มีค่าคงที่เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งแรก เมื่อระบบเสถียรทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น

4. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบอีก แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 3 จนถึงภาระที่ต่ำสุดที่สามารถทำได้
5. นำค่าที่ได้ไปเขียนใน P-h ไดอะแกรมแล้วทำการคำนวณหาค่า R.E. , W_c, C.O.P, ER แล้วนำไปเขียนกราฟ

3.4.2 ระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve)

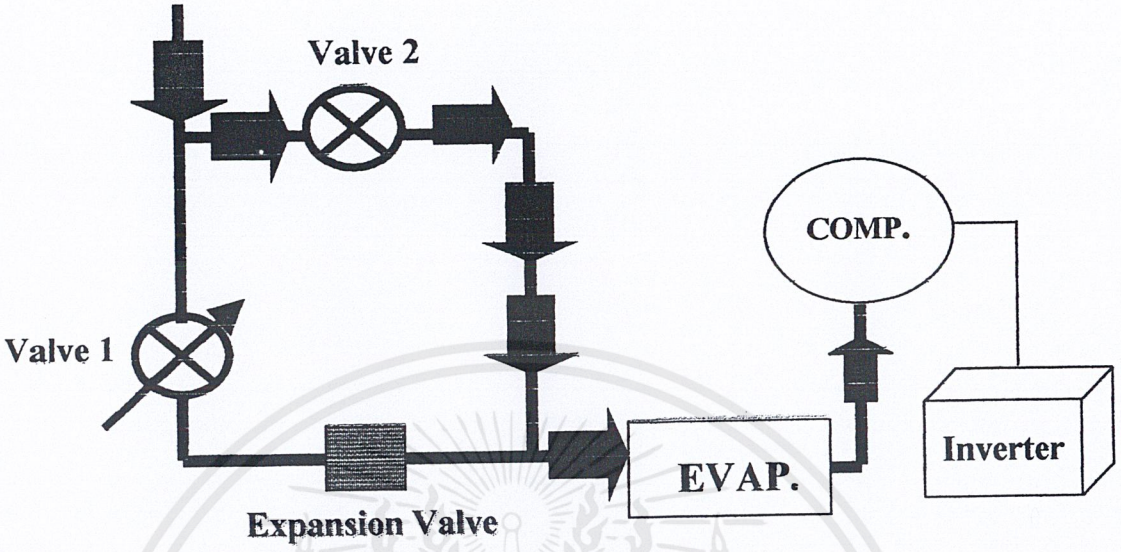


รูปที่ 3-56 แสดงทิศทางการไหลของสารความเย็นในระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว

1. วาล์ว 2 และวาล์วบายพาสจะถูกปิด เปิดเฉพาะวาล์ว 1 เท่านั้น
2. ทำการเดินระบบโดยการให้ภาระสูงสุดแก่ระบบ และปรับเอกซ์แพนชั่นวาล์ว ให้อัตราการไหลของสารความเย็นที่ค่าหนึ่ง รอจนระบบเสถียรแล้วบันทึกค่าอุณหภูมิความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น
3. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบ โดยการปรับอุณหภูมิน้ำที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ แล้วรอให้เอกซ์แพนชั่นวาล์วทำการปรับตัว จนเมื่อระบบเสถียรทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น
4. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบอีก แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 3 จนถึงภาระที่ต่ำสุดที่สามารถทำได้
5. นำค่าที่ได้ไปเขียนใน P-h ไดอะแกรมแล้วทำการคำนวณหาค่า R.E. , W_c, C.O.P, ER แล้วนำไปเขียนกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ (Inverter)

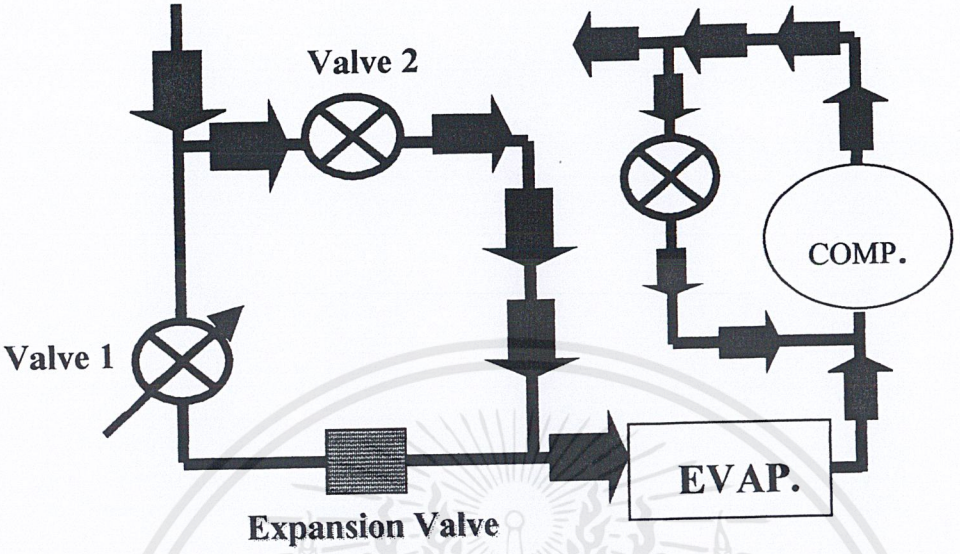


รูปที่ 3-57 แสดงทิศทางการไหลของสารความเย็นในระบบใช้อินเวอเตอร์

1. ปิดวาล์ว 1 เพื่อตัดเอกซ์แพนชั่นวาล์วออกจากระบบและวาล์วบายพาส เปิดเฉพาะวาล์ว 2 เท่านั้น
2. ทำการเดินระบบโดยการให้ภาระสูงสุดแก่ระบบ และปรับวาล์ว 2 ให้อัตราการไหลของสารความเย็นที่ค่าหนึ่ง ใช้อินเวอเตอร์ปรับความถี่ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ ที่ 50 Hz รอจนระบบเสถียร แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลของสารความเย็น
3. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบโดยการปรับอุณหภูมิน้ำที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ แล้วปรับความถี่อินเวอเตอร์ให้ลดลง โดยให้อุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์มีค่าคงที่เท่ากับครั้งแรก จนเมื่อระบบเสถียรทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น แล้วทำการวัดความเร็วรอบที่คอมเพรสเซอร์
4. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบอีก แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 3 จนถึงภาระที่ต่ำสุดที่สามารถทำได้
5. นำค่าที่ได้ไปเขียนใน P-h ไดอะแกรมแล้วทำการคำนวณหาค่า R.E. , W_c, C.O.P, ER แล้วนำไปเขียนกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ระบบที่ใช้วาล์วบายพาส (By-pass Valve)



รูปที่ 3-58 แสดงทิศทางการไหลของสารความเย็นในระบบใช้การบายพาส

1. ปิดวาล์ว 1 เพื่อตัดเอกซ์แพนชั่นวาล์วออกจากระบบ เปิดเฉพาะวาล์ว 2 เท่านั้น
2. ทำการเดินระบบโดยการให้ภาระสูงสุดแก่ระบบ เปิดวาล์ว 2 ให้อัตราการไหลของสารความเย็นที่ค่าหนึ่ง รอจนระบบเสถียรแล้วบันทึกค่าอุณหภูมิความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น
3. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบโดยการปรับอุณหภูมิน้ำที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ เปิดวาล์วบายพาสเพื่อให้ไอร้อนบางส่วนกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์อีกครั้ง โดยให้อุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์มีค่าคงที่เท่าเดิม จนเมื่อระบบเสถียรทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและอัตราการไหลของสารความเย็น
4. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบอีก แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 3 จนถึงภาระที่ต่ำสุดที่สามารถทำได้
5. นำค่าที่ได้ไปเขียนใน P-h ไดอะแกรมแล้วทำการคำนวณหาค่า R.E. , W_c, C.O.P, ER แล้วนำไปเขียนกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดที่ได้แบ่งออกเป็น 4 การทดลองมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ระบบปกติที่ใช้มือปรับ

Flow rate (R-12) kg/min	0.85	0.79	0.73	0.66	0.60
	Temperature F				
Load Temperature F	97.5	96.5	95.4	94.5	93.4
Liquid line	96.4	96.0	95.7	95.0	94.3
Suction line	55.6	56.8	58.1	59.0	60.0
Discharge line	146.7	146.9	147.2	150.0	151.9
	Pressure psi				
Evaporator in	36.7	34.7	32.7	30.2	27.7
Evaporator out	32.7	30.2	27.7	25.7	23.7
Condenser in	159.7	154.7	149.7	147.2	144.7
Condenser out	159.7	154.7	149.7	147.2	144.7
Compressor in	31.7	28.7	25.7	24.2	22.7
Liquid line	149.7	147.2	144.7	144.7	144.7

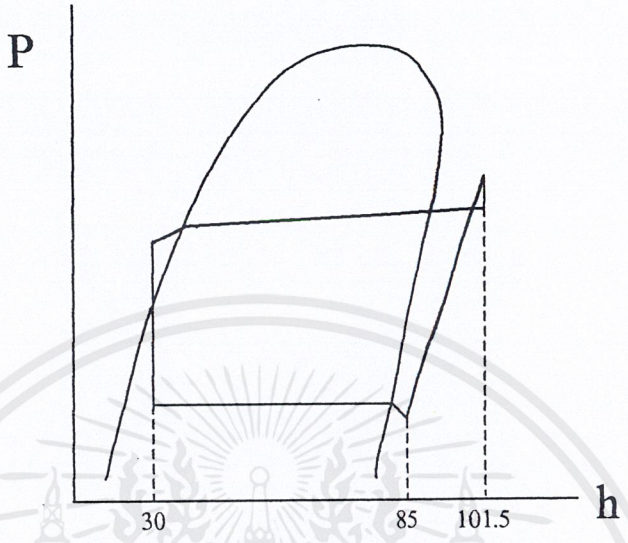
ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองระบบปกติที่ใช้มือปรับ

W_c Watt	C.O.P	R.E. Btu/hr	ER	R.E./m Btu/lb
476.42	2.75	4484.15	9.41	56.50
524.07	2.75	4932.45	9.41	56.50
547.49	2.85	5321.34	9.71	55.48
566.09	3	5799.53	10.24	55.50
543.28	3.33	6183.91	11.38	55.0

ตารางที่ 4-2 ผลการคำนวณของระบบปกติที่ใช้มือปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการคำนวณของระบบปกติที่ปรับวาล์วด้วยมือ ซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการทดลองดังตารางที่ 4-1 มาเขียน ใน P-h ไดอะแกรมเพื่อหาค่าเอนทาลปี้ (Enthalpy)



รูปที่ 4-1 กราฟค่าเอนทาลปี้ของระบบปกติปรับด้วยมือ

จากกราฟ P-h ไดอะแกรม $h_1 =$ 85 Btu/lb

$h_2 =$ 101.5 Btu/lb

$h_4 =$ 30 Btu/lb

Load Temperature 97.5 F

มวลสารทำความเย็น $m_{R\text{-}12} = (0.85 \text{ kg/min})(2.2046 \text{ lb/kg}) = 1.874 \text{ lb/min}$

ค่าการทำความเย็น $R.E. = m_{R\text{-}12}(h_1 - h_4)$

$= (1.874 \text{ lb/min})(55 \text{ Btu/lb})(60 \text{ min/hr}) = 6183.91 \text{ Btu/hr}$

งานที่คอมเพรสเซอร์ $W_c = m_{R\text{-}12}(h_2 - h_1)$

$= (1.874 \text{ lb/min})(16.5 \text{Btu/lb})(17.57) = 543.28 \text{ Watt}$

ประสิทธิภาพการทำความเย็น $C.O.P = 55/16.5 = 3.33$

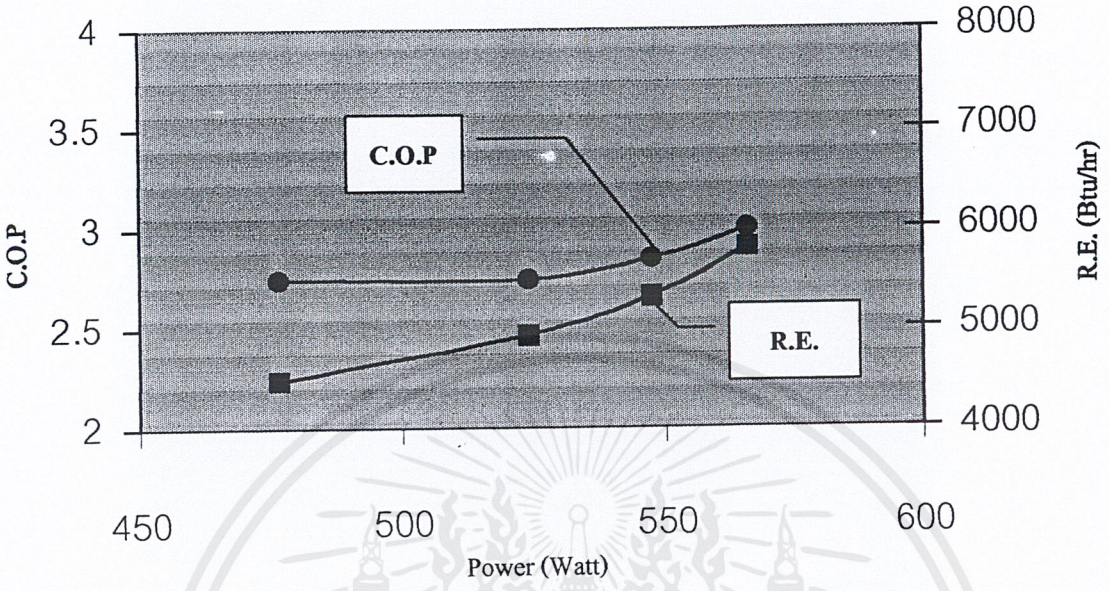
อัตราการประหยัดพลังงาน $ER = (\text{Btu/hr})/\text{Watt}$

$= (6183.91 \text{ Btu/hr})/(543.28 \text{ Watt}) = 11.38$

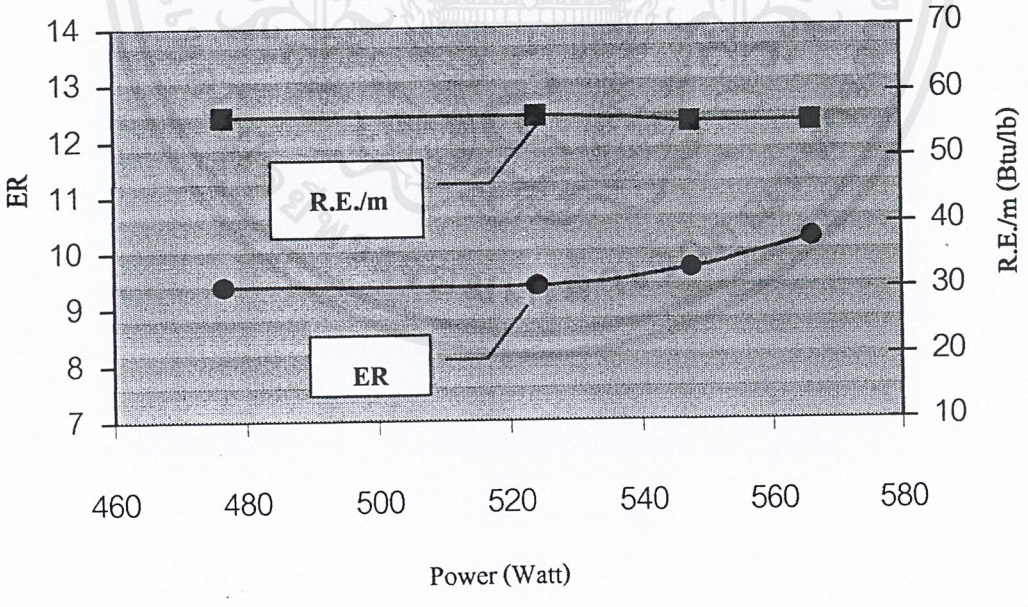
ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น

$R.E./m = (6183.91 \text{ Btu/hr})/(1.874 \text{ lb/min})(60 \text{min/hr}) = 55 \text{ Btu/lb}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4-1 แสดงผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบปกติที่ใช้มือปรับ



กราฟที่ 4-2 แสดงผลค่า ER และค่า R.E./m ของระบบปกติที่ใช้มือปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว (Expansion Valve)

Flow rate (R-12) kg/min	0.65	0.68	0.70	0.75	0.80
	Temperature F				
Load Temperature F	90.5	91.7	94.1	97.5	98.7
Liquid line	94.8	94.8	96.6	98.4	98.6
Suction line	53.2	54.3	58.2	60.0	60.8
Discharge line	152.4	152.0	155.4	154.6	156.5
	Pressure psi				
Evaporator in	29.7	30.7	31.7	29.7	30.7
Evaporator out	25.7	26.7	27.7	23.7	26.7
Condenser in	142.7	144.7	144.7	149.7	154.7
Condenser out	142.7	142.7	144.7	149.7	154.7
Compressor in	24.7	24.7	23.7	26.7	24.7
Liquid line	138.7	139.7	139.7	146.7	149.7

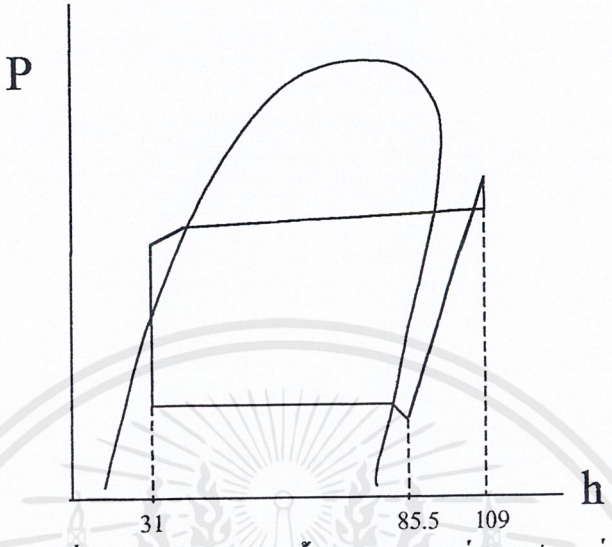
ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว

W_c Watt	C.O.P	R.E. Btu/hr	ER	R.E./m Btu/lb
528.70	2.62	4728.57	8.94	55.00
579.40	2.50	4947.12	8.54	54.99
623.62	2.39	5092.56	8.17	55.00
682.72	2.34	5456.55	7.99	55.00
727.93	2.29	5820.14	7.99	55.00

ตารางที่ 4-4 ผลการคำนวณของระบบปกติใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการคำนวณของระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว ซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการทดลองดังตารางที่ 4-3 มาเขียนใน P-h ไดอะแกรมเพื่อหาค่าเอนทาลปี้ (Enthalpy)



รูปที่ 4-2 กราฟค่าเอนทาลปี้ของระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว

จากกราฟ P-h ไดอะแกรม $h_1 =$ 85.5 Btu/lb

$h_2 =$ 109 Btu/lb

$h_4 =$ 31 Btu/lb

Load Temperature 98.78 F

มวลสารทำความเย็น $m_{R\text{-}12} =$ (0.8 kg/min) (2.2046 lb/kg) = 1.763 lb/min

ค่าการทำความเย็น $R.E. = m_{R\text{-}12} (h_1 - h_4)$

= (1.763 lb/min) (55Btu/lb) (60 min/hr) = 5820.14 Btu/hr

งานที่คอมเพรสเซอร์ $W_c = m_{R\text{-}12} (h_2 - h_1)$

= (1.763 lb/min)(24Bttu/hr)(17.57) = 727.93 Watt

ประสิทธิภาพการทำความเย็น

C.O.P = 55/24 = 2.29

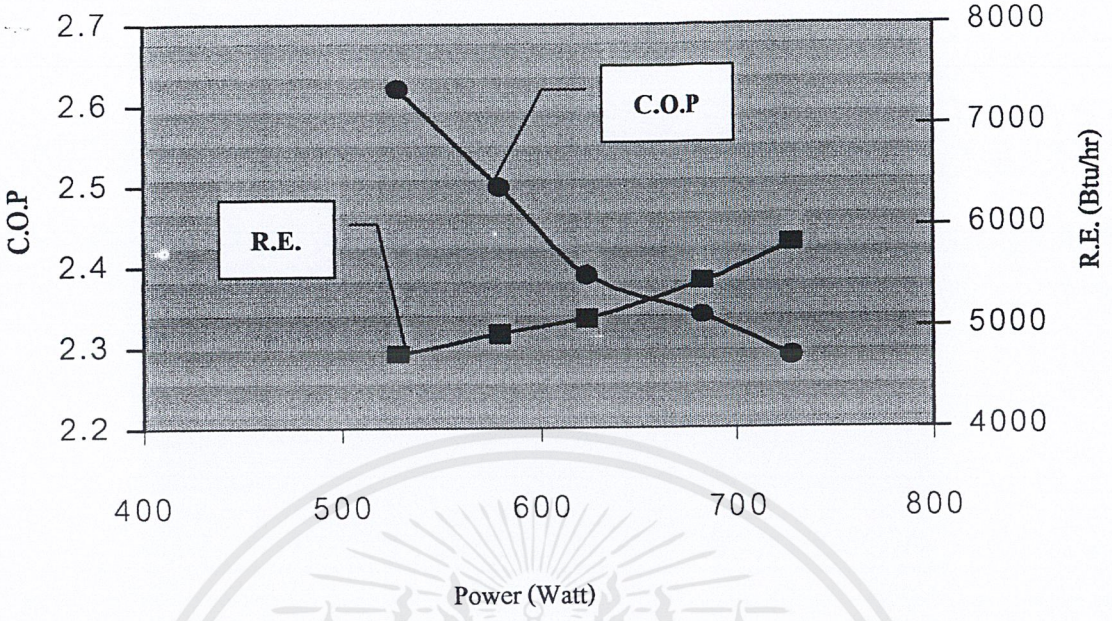
อัตราการประหยัดพลังงาน ER = (Btu/hr)/Watt

= (5820.14 Btu/hr) /(727.93 Watt) = 7.995

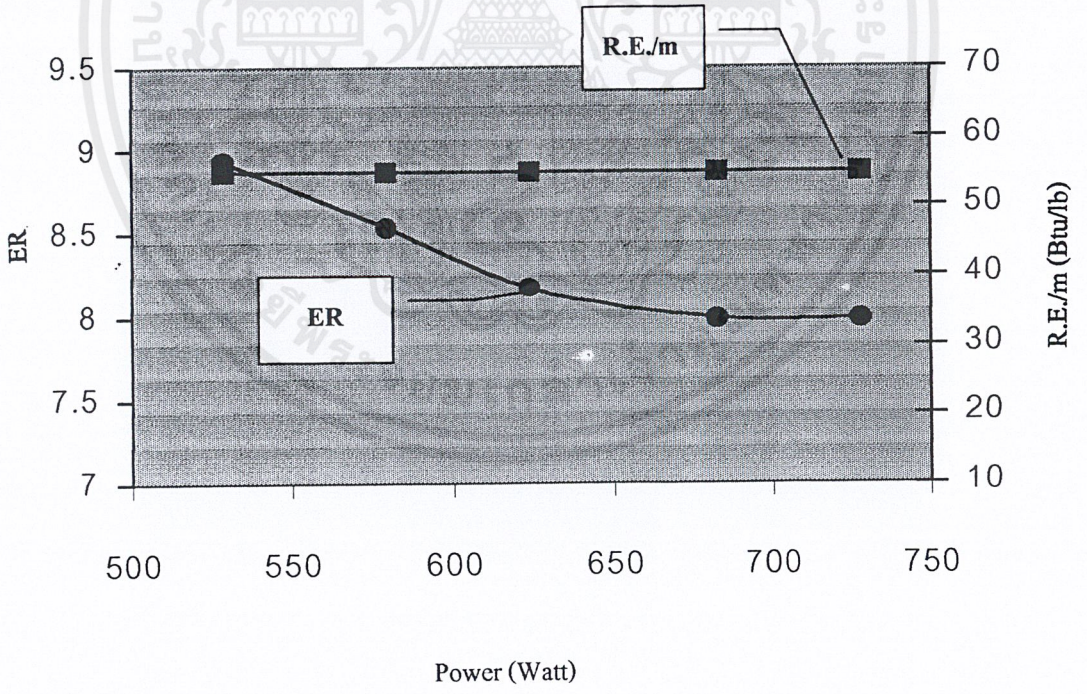
ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น

R.E./m = (5820.14 Btu/hr) /(1.763 lb/min)(60 min/hr) = 55.0 Btu/lb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4-3 ผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว



กราฟที่ 4-4 ผลค่า ER และค่า R.E. /m ของระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์

ความเร็วรอบมอเตอร์ rpm	756.4	656.0	552.0	518.2
Flow rate (R-12) kg/min	0.900	0.875	0.825	0.775
	Temperature F			
Liquid line	94.80	92.80	91.17	90.83
Suction line	53.00	53.20	53.40	53.40
Discharge line	139.00	144.00	143.33	139.00
	Pressure psi			
Evaporator in	35.7	37.7	38.7	39.2
Evaporator out	31.7	33.7	34.7	35.7
Condenser in	149.7	144.7	141.7	139.7
Condenser out	149.7	144.7	141.7	139.7
Compressor in	30.7	31.7	33.7	34.7
Liquid line	144.7	139.7	134.7	132.7

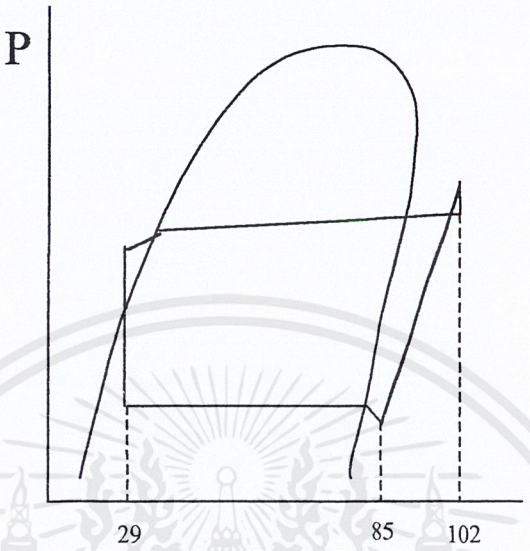
ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์

W_c Watt	C.O.P	R.E. Btu/hr	ER	R.E./m Btu/lb
627.50	3.05	6547.2	10.43	55.00
576.17	3.29	6481.4	11.25	55.99
479.14	3.73	6108.5	12.75	55.97
450.14	3.86	5943.8	13.20	57.98

ตารางที่ 4-6 ผลการคำนวณระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการคำนวณของระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ ซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการทดลองดังตารางที่ 4-5 มาเขียน ใน P-h ไดอะแกรมเพื่อหาค่าเอนทาลปี้ (Enthalpy)



รูปที่ 4-3 กราฟค่าเอนทาลปี้ของระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์

จากกราฟ P-h ไดอะแกรม $h_1 = 85$ Btu/lb

$h_2 = 102$ Btu/lb

$h_4 = 29$ Btu/lb

Load Temperature 93.17 F

มวลสารความเย็น $m_{R\text{-}12} = (0.875 \text{ kg/min})(2.2046 \text{ lb/kg}) = 1.929 \text{ lb/min}$

ค่าการทำความเย็น $R.E. = m_{R\text{-}12}(h_1 - h_4)$

$= (1.929 \text{ lb/min})(56 \text{ Btu/lb})(60 \text{ min/hr}) = 6481.44 \text{ Btu/hr}$

งานที่คอมเพรสเซอร์ $W_c = m_{R\text{-}12}(h_2 - h_1)$

$= (1.929 \text{ lb/min})(17 \text{ Btu/lb})(17.57) = 576.17 \text{ Watt}$

ประสิทธิภาพการทำความเย็น

$C.O.P = 56/17 = 3.29$

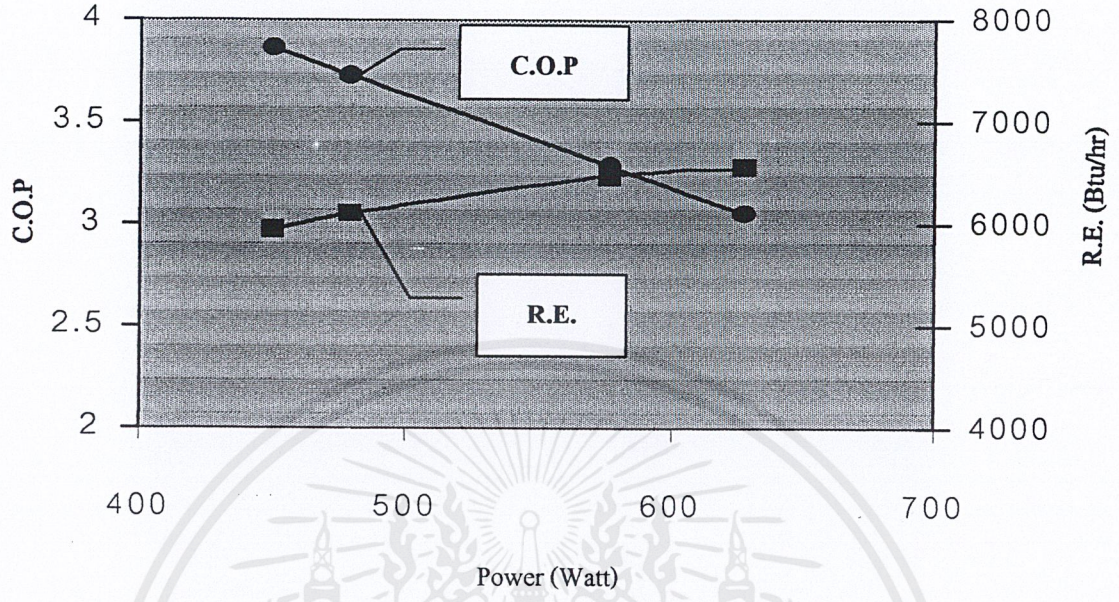
อัตราการประหยัดพลังงาน $ER = (\text{Btu/hr})/\text{Watt}$

$= (6481.44 \text{ Btu/hr})/(576.17 \text{ Watt}) = 11.25$

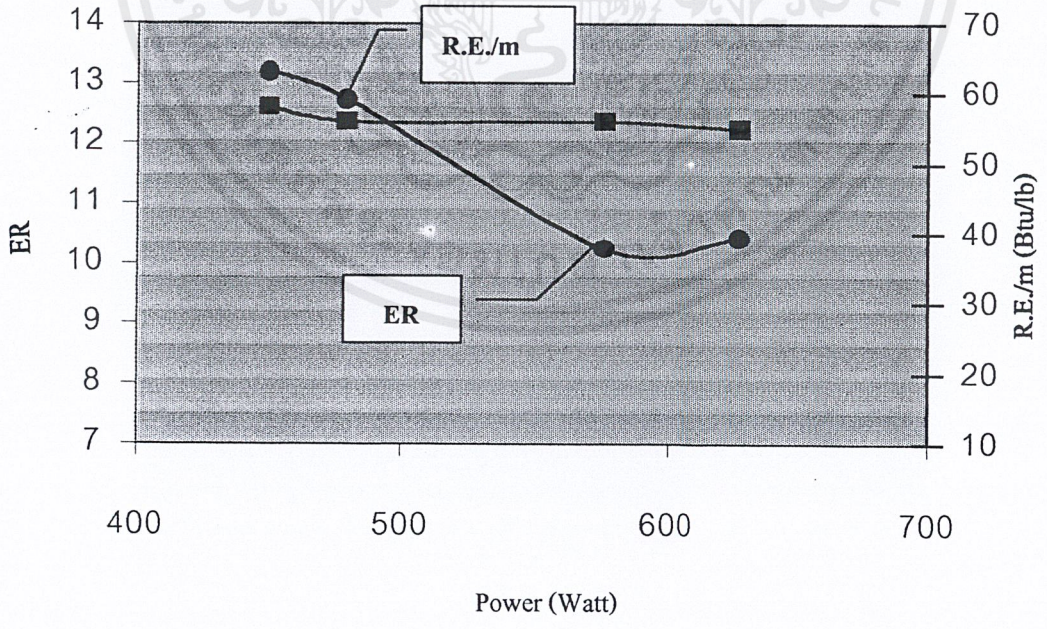
ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น

$R.E./m = (6481.44 \text{ Btu/hr})/(1.929 \text{ lb/min})(60 \text{ min/hr}) = 55.99 \text{ Btu/lb}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4-5 แสดงผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบที่ใช้อินเวอเตอร์



กราฟที่ 4-6 แสดงผลค่า ER และค่า R.E./m ของระบบที่ใช้อินเวอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบที่ใช้การบายพาส

Flow rate (R-12) kg/min	0.825	0.850	0.870	0.925	0.975
	Temperature F				
Load Temperature F	89	91	92	94	95
Liquid line	90	91	91	94	95
Suction line	73	67	67	56	56
Discharge line	153	150	150	149	145
	Pressure psi				
Evaporator in	39.7	39.2	38.7	38.2	37.7
Evaporator out	36.7	35.7	35.7	34.2	33.7
Condenser in	139.7	144.7	151.7	154.7	154.7
Condenser out	139.7	144.7	151.7	149.7	154.7
Compressor in	34.7	34.7	34.7	32.7	31.5
Liquid line	131.7	134.7	139.7	144.7	144.7

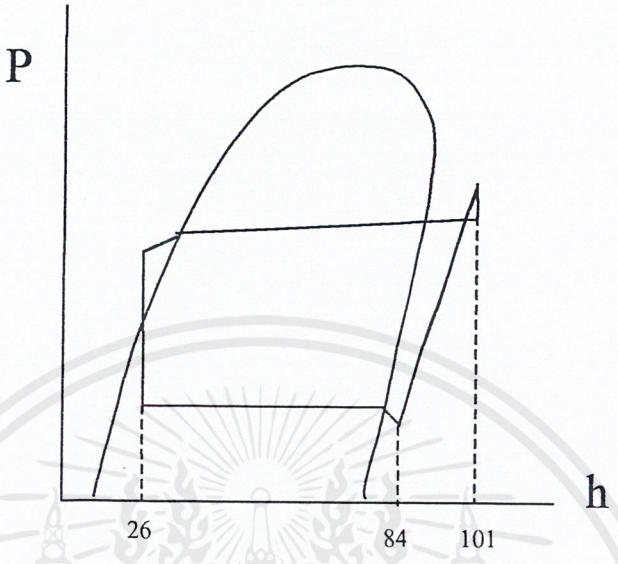
ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองระบบที่ใช้วาล์วบายพาส

W_c Watt	C.O.P	R.E. Btu/hr	ER	R.E./m Btu/lb
594.82	3.06	6220.28	10.46	56.98
613.70	3.08	6464.98	10.53	57.50
623.14	3.11	6617.10	10.62	57.50
642.02	3.24	7096.60	11.05	58.00
660.91	3.31	7480.21	11.32	58.00

ตารางที่ 4-8 ผลการคำนวณระบบที่ใช้วาล์วบายพาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการคำนวณของระบบที่ใช้การบายพาส ซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการทดลองดังตารางที่ 4-7 มาเขียน ใน P-h ไดอะแกรมเพื่อหาค่าเอนทาลปี้ (Enthalpy)



รูปที่ 4-4 กราฟค่าเอนทาลปีของระบบการบายพาส

จากกราฟ P-h ไดอะแกรม $h_1 = 84$ Btu/lb

$h_2 = 101$ Btu/lb

$h_4 = 26$ Btu/lb

Load Temperature 94.0 F

มวลสารทำความเย็น $m_{R\text{-}12} = (0.925 \text{ kg/min})(2.2046 \text{ lb/kg}) = 2.0372 \text{ lb/min}$

ค่าการทำความเย็น $R.E. = m_{R\text{-}12}(h_1 - h_4)$

$= (2.0372 \text{ lb/min})(58 \text{ Btu/lb})(60\text{min/hr}) = 7096.6 \text{ Btu/hr}$

งานที่คอมเพรสเซอร์ $W_c = m_{R\text{-}12}(h_2 - h_1)$

$= 2.0372 \text{ (lb/min)} \times 17.0 \text{ (Btu/lb)} \times 17.57 = 642.03 \text{ Watt}$

ประสิทธิภาพการทำความเย็น $C.O.P = 58/17 = 3.24$

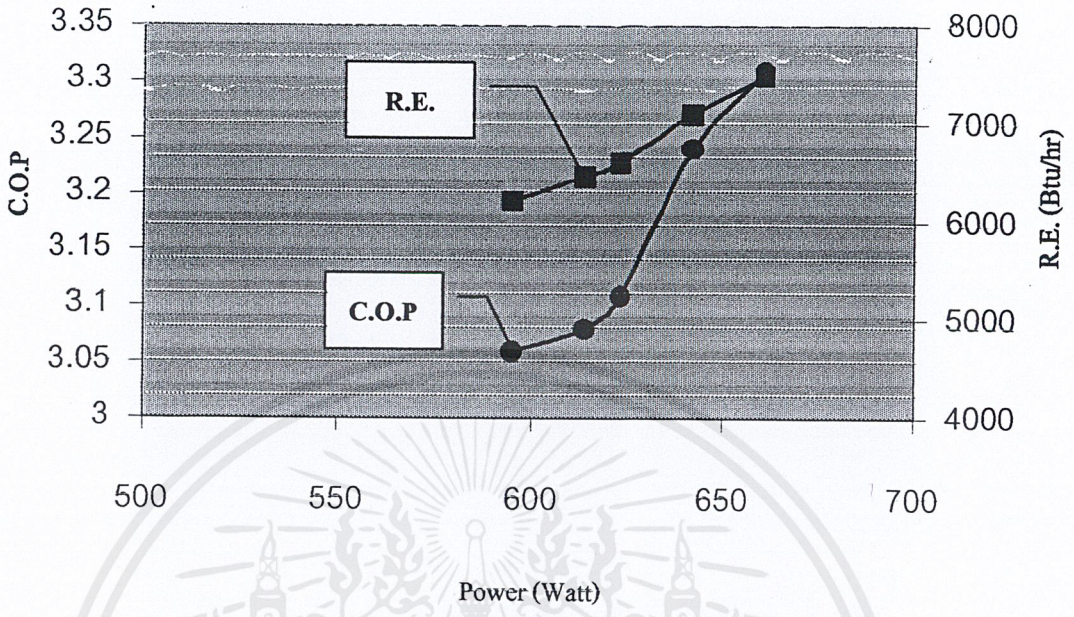
อัตราการประหยัดพลังงาน $ER = (\text{Btu/hr})/\text{Watt}$

$= (7096.6\text{Btu/hr})/(642.03 \text{ Watt}) = 11.05$

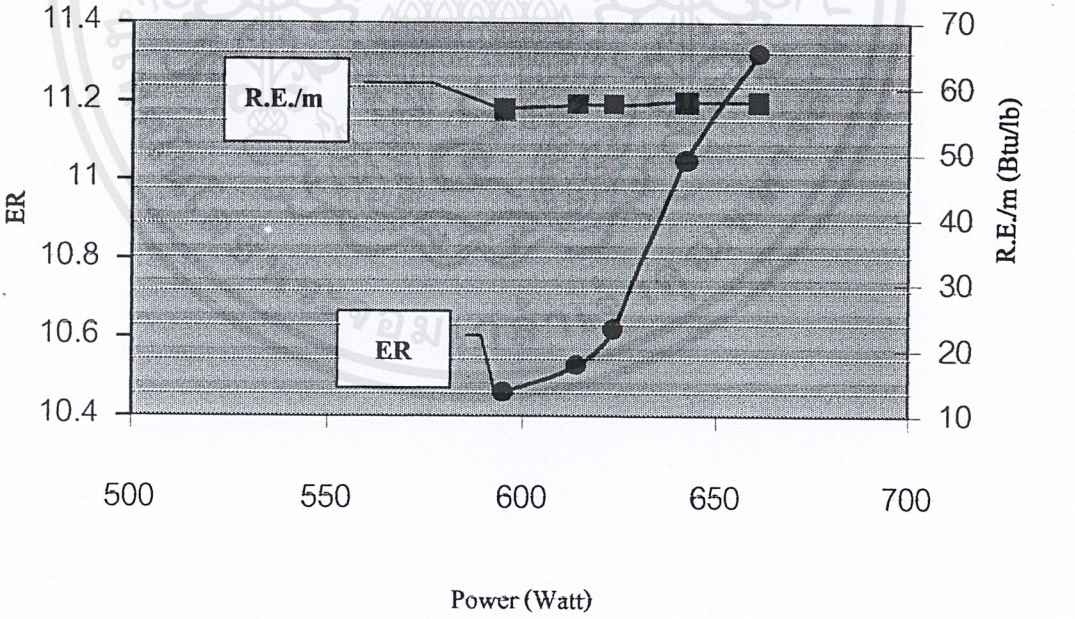
ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น

$R.E./m = (7096.6\text{Btu/hr})/(2.0372 \text{ lb/min})(60\text{min/hr}) = 58.5 \text{ Btu/lb}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4-7 ผลค่า C.O.P และค่า R.E. ของระบบที่ใช้การบายพาส



กราฟที่ 4-8 ผลค่า ER และค่า R.E./m ของระบบที่ใช้การบายพาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 แนวโน้มที่ได้จากการทดลอง

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟ โดยให้แกนนอนเป็นแกนของกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบ เทียบกับค่าการทำความเย็น (R.E.) , ประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) , ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) และอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) แบ่งออกได้เป็นดังนี้

1. ระบบปกติที่ใช้มือปรับ

จากกราฟที่ 4-5 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงค่าการทำความเย็น (R.E.) และประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) จะมีค่าลดลง

จากกราฟที่ 4-6 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) จะมีค่าลดลงแต่ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) ของระบบมีค่าค่อนข้างคงที่

2. ระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว

จากกราฟที่ 4-7 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงค่าการทำความเย็น (R.E.) มีค่าลดลงและประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) จะมีค่าเพิ่มขึ้น

จากกราฟที่ 4-8 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) จะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) ของระบบมีค่าค่อนข้างคงที่

3. ระบบที่ใช้อินเวอเตอร์

จากกราฟที่ 4-9 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงค่าการทำความเย็น (R.E.) มีค่าลดลงและประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) จะมีค่าเพิ่มขึ้น

จากกราฟที่ 4-10 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) จะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) ของระบบมีค่าค่อนข้างคงที่

4. ระบบที่ใช้การบายพาส

จากกราฟที่ 4-11 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงค่าการทำความเย็น (R.E.) และประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) จะมีค่าลดลง

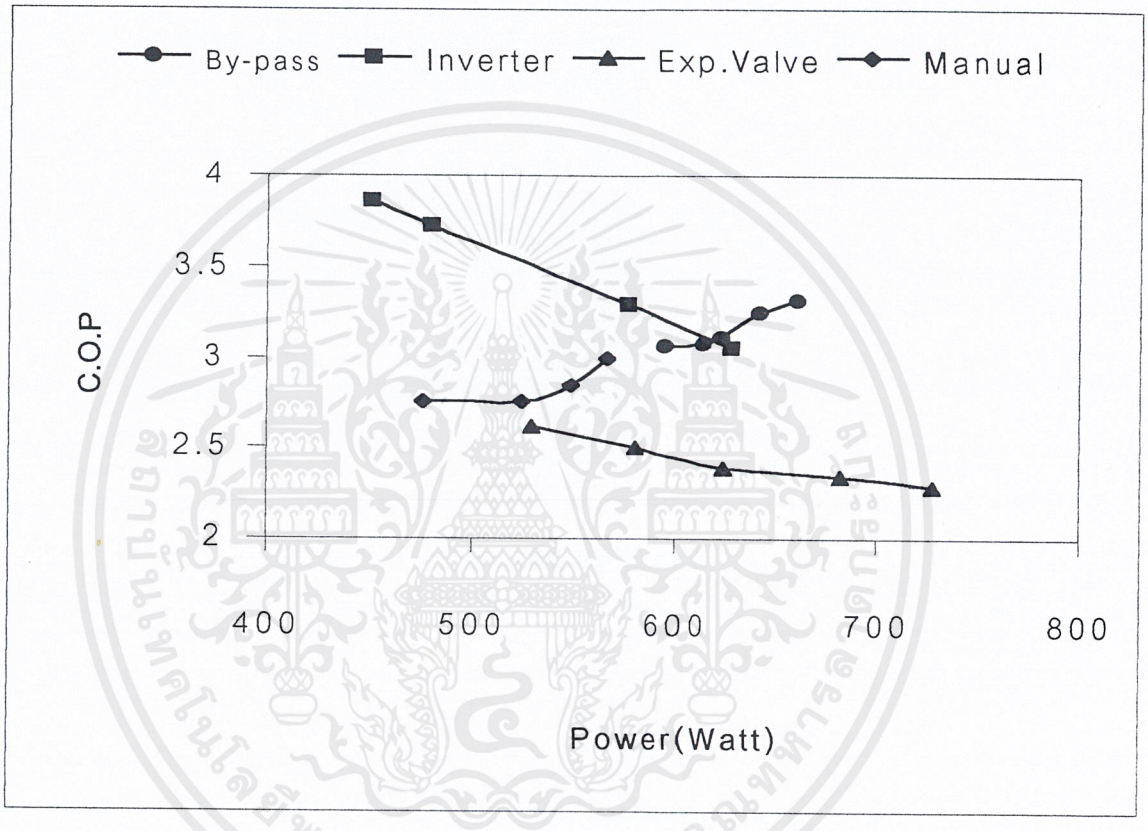
จากกราฟที่ 4-12 จะเห็นว่าเมื่อกำลังงาน (Power) ที่ใช้ในระบบลดลงหรือระบบมีภาระต่ำลงอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) จะมีค่าลดลงแต่ค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) ของระบบมีค่าค่อนข้างคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

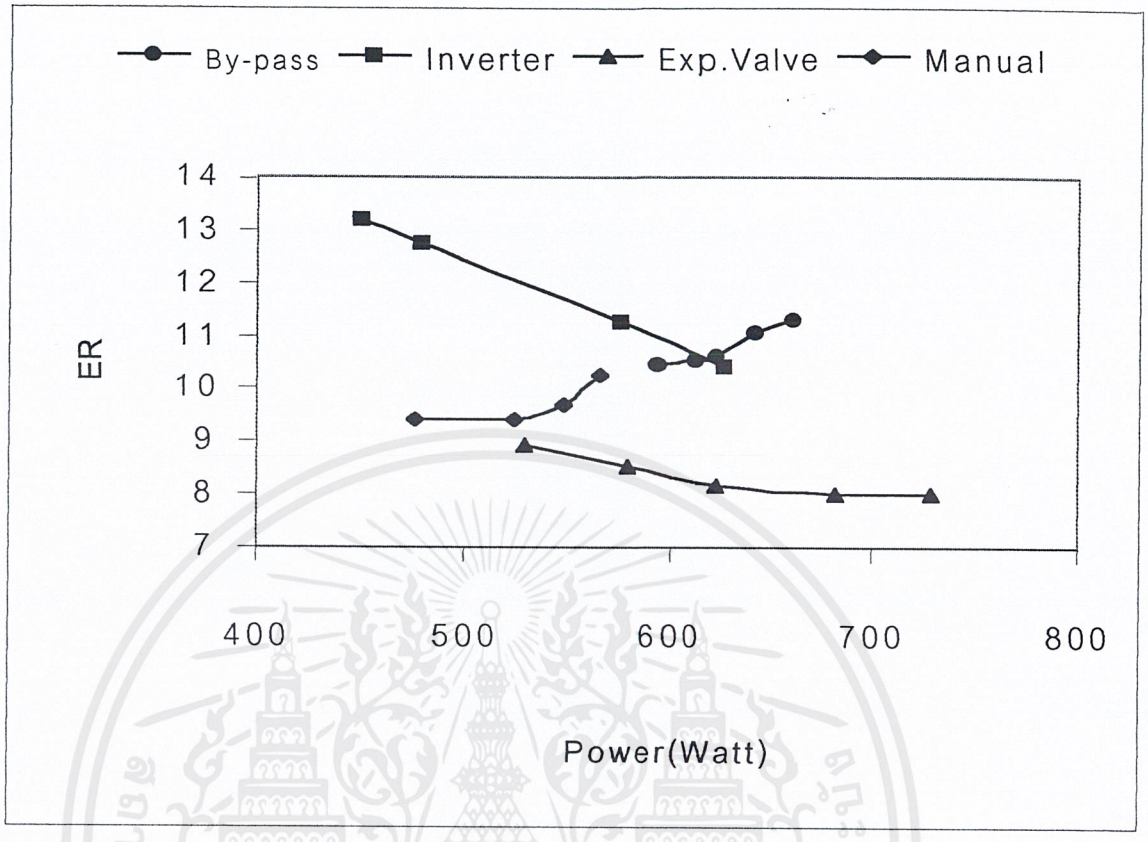
จากผลการทดลองทั้งหมดที่ได้ สามารถนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าต่างๆได้ดังต่อไปนี้



กราฟที่ 5-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง C.O.P – Power

จากกราฟที่ 5-1 จะเห็นว่าค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) ของระบบที่ใช้อินเวอเตอร์และระบบที่ใช้การบายพาสจะมีค่าสูงกว่าระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว จากกราฟถ้าแบ่งกำลังงานที่ใช้ในระบบหรือภาระของระบบออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ภาระสูง ภาระกลาง และภาระต่ำ จะเห็นว่าระบบที่ใช้การบายพาสสามารถใช้ปรับได้ในช่วงภาระกลาง ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) สูงกว่าระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์วเมื่อกำลังงานที่ใช้ในระบบมีค่าเท่ากัน แต่เมื่อภาระของระบบมีค่าต่ำลงระบบที่ใช้อินเวอเตอร์จะให้ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) ได้สูงกว่าระบบอื่นๆ

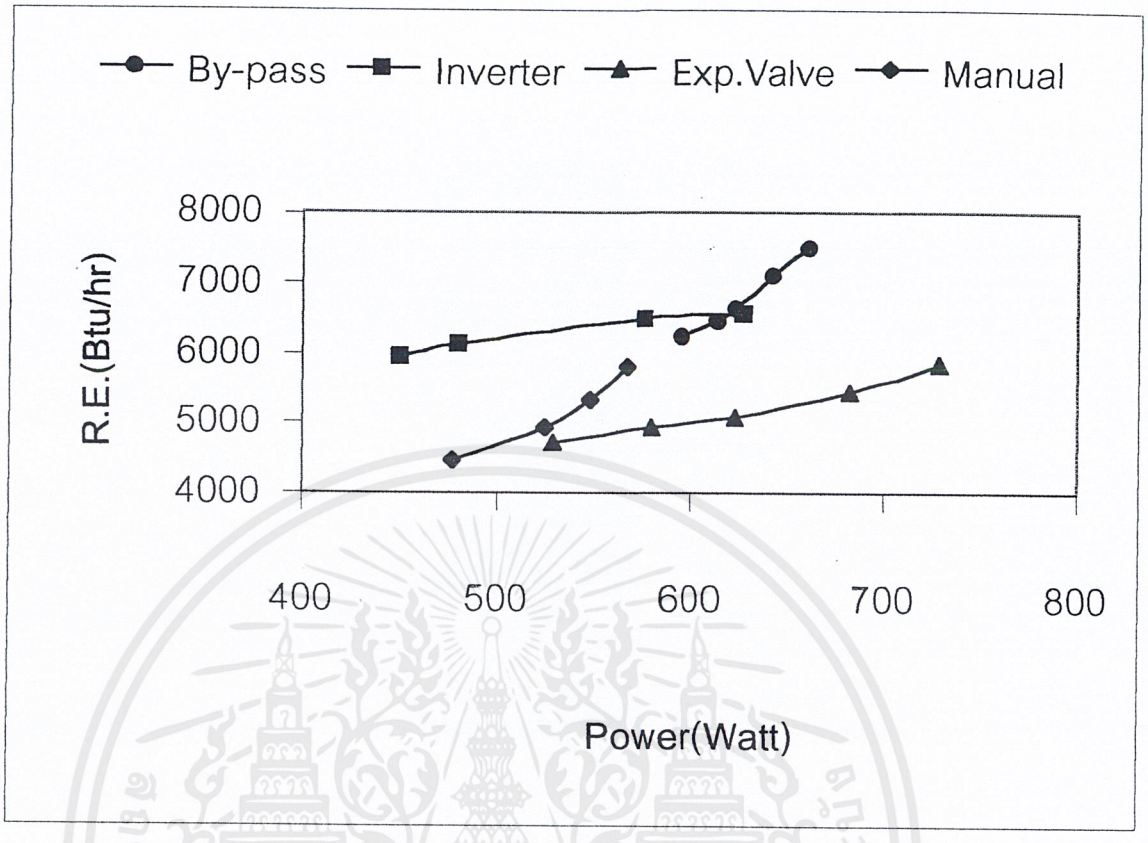
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ER – Power

จากกราฟที่ 5-2 จะเห็นว่ามีลักษณะแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) ก็คือระบบที่ใช้อินเวอเตอร์และระบบที่ใช้การบายพาสจะมีค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) สูงกว่าระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว ถ้าแบ่งกำลังงานที่ใช้ในระบบหรือภาระของระบบออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ภาระสูง ภาระกลาง และภาระต่ำ จะเห็นว่าระบบที่ใช้การบายพาสสามารถใช้ปรับได้ในช่วงภาระกลาง และค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) จะมีค่าลดลงในช่วงแคบๆ แต่ก็ยังจะให้ค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) สูงกว่าระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์วเมื่อกำลังงานที่ใช้ในระบบมีค่าเท่ากัน แต่เมื่อภาระของระบบมีค่าต่ำลงระบบที่ใช้อินเวอเตอร์จะให้ค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) ได้สูงกว่าระบบอื่นๆ

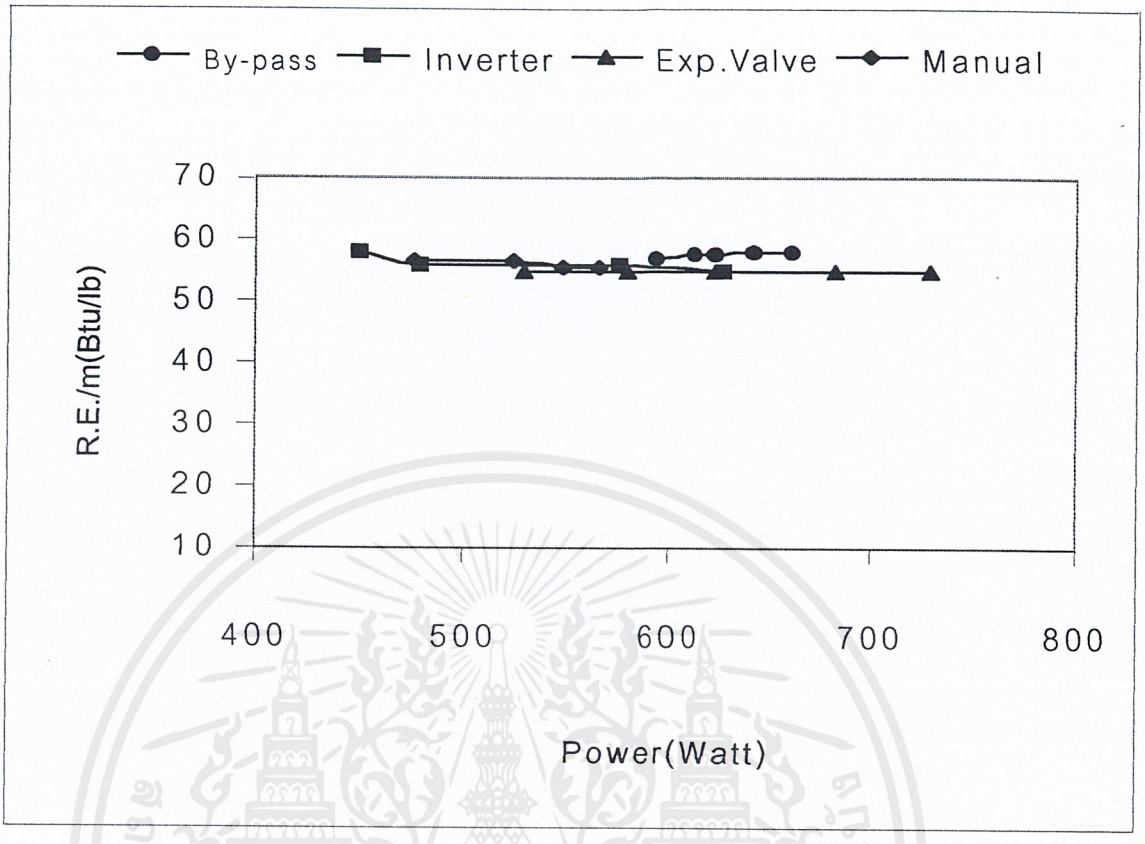
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง R.E.- Power

จากกราฟที่ 5-3 จะเห็นว่าค่าการทำความเย็น (R.E.) ของทุกระบบจะมีลักษณะเหมือนกันก็คือ เมื่อกำลังงานที่ใช้ในระบบหรือภาระของระบบต่ำลง ค่าการทำความเย็น (R.E.) จะมีค่าลดลง และเมื่อดูจากกราฟแล้วจะพบว่าระบบที่ใช้อินเวอเตอร์และระบบที่ใช้การบายพาสสามารถให้ค่าการทำความเย็น (R.E.) ได้สูงกว่าระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว ในขณะที่ระบบใช้กำลังงานเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง R.E./m – Power

จากกราฟที่ 5-4 จะเห็นว่าค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) ของทุกๆระบบ จะมีค่าใกล้เคียงกันและค่อนค้างคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สรุปผลการทดลอง

1. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทำความเย็น (R.E.) กับกำลังงานที่ใช้ในระบบ เมื่อภาระของระบบลดลงค่าการทำความเย็น (R.E.) จะมีลดลงเนื่องจาก ระบบมีการปรับตัวให้มีอัตราการไหล ของสารความเย็นที่จะนำมาใช้ในการทำความเย็นมีค่าน้อยลง
2. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) กับกำลังงานที่ใช้ในระบบ จะเห็นได้ว่าค่าการทำความเย็นต่อมวลสารความเย็น (R.E./m) ในทุกระบบจะมีค่าค่อนข้างคงที่เนื่องจากการทดลองมีการใช้สารความเย็นชนิดเดียวกันตลอดการทดลอง ซึ่งก็คือฟรีออน 12
3. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) และค่าประสิทธิภาการทำความเย็น (C.O.P) กับ กำลังงานที่ใช้ในระบบ จะเห็นว่าค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) และ ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) ของระบบที่ใช้การบายพาส เมื่อเทียบกับระบบปกติที่ใช้เอกซ์แพนชั่นวาล์ว มีค่าสูงกว่าเมื่อกำลังงานที่ใช้มีค่าเท่ากัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อดี ของระบบที่ใช้การบายพาส
4. ในขณะที่ระบบมีภาระต่ำๆ ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์จะมีค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) และค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) สูงกว่าระบบที่อื่นๆ
5. แนวโน้มของค่าอัตราการประหยัดพลังงาน (ER) และค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (C.O.P) ของระบบที่ใช้การบายพาสจะมีค่ามากขึ้นเมื่อภาระของระบบสูงขึ้น
6. ระบบที่ใช้การบายพาสจะให้การประหยัดพลังงานเช่นเดียวกับระบบที่ใช้อินเวอเตอร์ แต่จะสามารถใช้ปรับได้ในช่วงใดช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบเท่านั้น แต่ระบบบายพาสจะมีราคาของระบบที่ถูกกว่าและไม่มีปัญหาเรื่องการหล่อลื่นของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อนำระบบที่ใช้การบายพาสกับระบบที่ใช้อินเวอเตอร์มาทำงานร่วมกัน จะสามารถทำให้ ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากระบบบายพาสจะสามารถทำงานได้ดีในขณะที่ภาระของระบบอยู่ในเกณฑ์ปานกลางและระบบที่ใช้อินเวอเตอร์จะให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อระบบมีภาระต่ำๆ
2. ถ้ามีผู้สนใจจะทำโครงงานนี้ต่อไปควรมีการปรับปรุง เพิ่มเติม และแก้ไขอุปกรณ์ ที่ใช้ในระบบที่ได้สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถวัดค่าที่ใช้ในการทดลองได้ละเอียดยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] อัครเดช สินธุภัค, *"การทำความเย็น"*, ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] อัครเดช สินธุภัค, *"การปรับอากาศ"*, ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] ผศ.วิจิตร บุญยธโรกุล, *"ตู้เย็น-ห้องเย็น"*, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ

[4] สมศักดิ์ สุโมตยกุล, *"เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ"*, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

[5] วรเทพ ยอดดี, *"คู่มือปฏิบัติงาน ระบบปรับอากาศรถยนต์"*, โครงการความร่วมมือจักพิมพ์ตำราตามหลักสูตรของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น (สสท)

[6] รศ.บรรเลง ศรนิล, ดร.ธีรวุฒิ บุณยโสภณ, อ.วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์,อ.นิติ สงวนสัตย์, *"พื้นฐานเครื่องทำความเย็น"*, สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ วิทยาเขตพระนครเหนือ ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ ดุสิต กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้